

装配式建筑系列标准应用

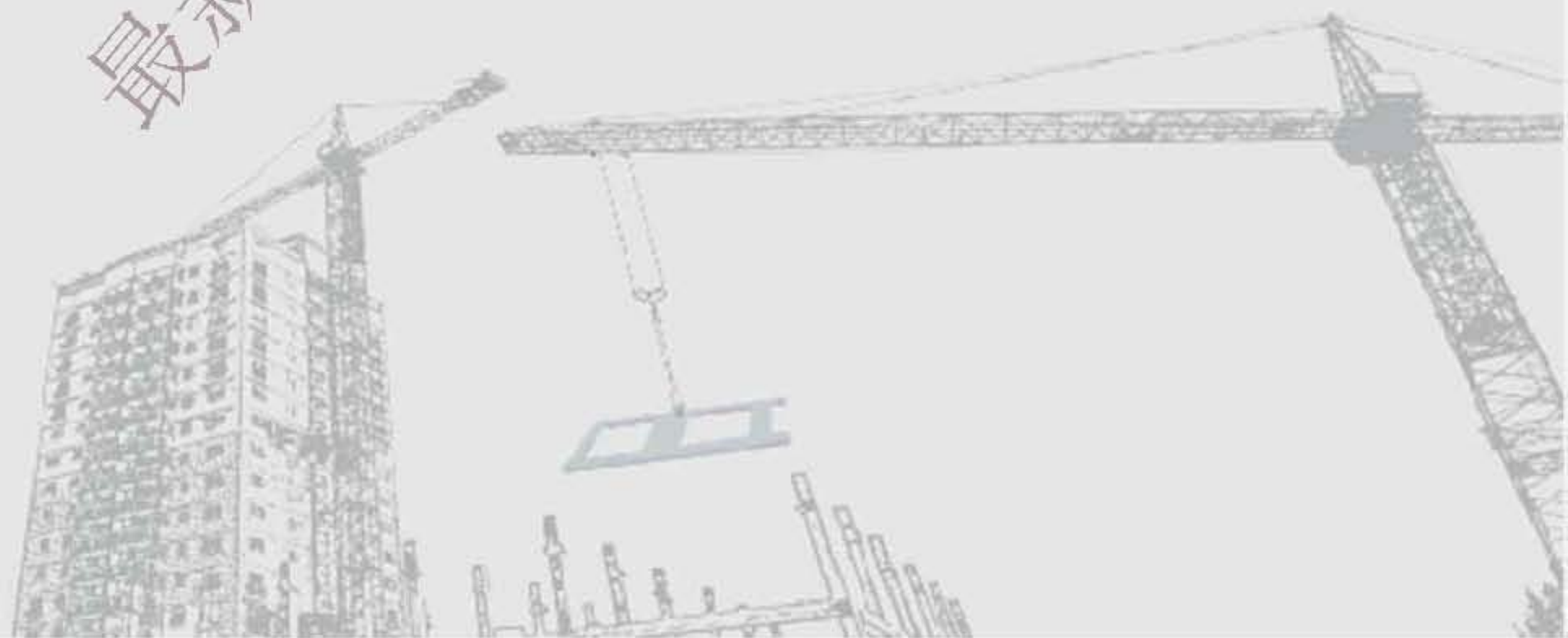
2016

实施指南

钢结构建筑

SS
ZN

最新标准首发Q群: 141160466



装配式建筑系列标准应用 实施指南 (钢结构建筑)

图书在版编目 (CIP) 数据

装配式建筑系列标准应用实施指南. 钢结构建筑 /
中国建筑标准设计研究院主编. —北京: 中国计划出版
社, 2016. 4

ISBN 978-7-5182-0369-7

I. ①装… II. ①中… III. ①建筑工业化-标准-中
国-指南②钢结构-建筑工程-标准-中国-指南 IV.
①TU-65②TU391-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 042030 号

装配式建筑系列标准应用实施指南 (2016)
(钢结构建筑)

中国建筑标准设计研究院 主编

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906433 63906381)

北京国防印刷厂印刷

889mm×1194mm 1/16 25.5 印张 785 千字

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

☆

ISBN 978-7-5182-0368-0

定价: 98.00 元

以标准化铸就装配式建筑发展之基

——《装配式建筑系列标准应用实施指南》序言

党的十八届五中全会提出“创新、协调、绿色、开放、共享”的五大发展理念，明确了“十三五”时期经济社会发展的总体要求。建筑业作为国民经济的支柱产业，要切实贯彻新的发展理念，加大改革创新力度，从根本上改变传统的、落后的生产建造方式，加快推进产业转型升级，走可持续发展的道路。

发展新型建造模式，大力推广装配式建筑，是中央城市工作会议提出的任务，是贯彻“适用、经济、绿色、美观”的建筑方针、实施创新驱动战略、实现产业转型升级的必然选择，是推动建筑业在“十三五”和今后一个时期赢得新跨越、实现新发展的重要引擎。《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出，力争用10年左右时间，使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%。住房城乡建设部已将推广装配式建筑作为落实中央城市工作会议精神的重大举措。

装配式建筑是对传统建造方式的根本变革。与传统施工方法相比，装配式建筑可以大大缩短建造工期，全面提升工程质量，在节能、节水、节材等方面效果非常显著，并且可以大幅度减少建筑垃圾和施工扬尘，更加有利于保护环境。装配式建筑以标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用为主要特征，标准化是发展装配式建筑的基本前提和技术支撑。随着装配式建筑技术体系的快速发展，生产的社会化和规模化要求越来越高，技术难度和工程复杂程度也越来越大，标准化的地位和作用更加突出。在装配式建筑推广过程中，任何一项新的技术、材料、工艺、设备、部品部件，其科学性、先进性、适用性都需要以标准为依托。要通过标准的制定和实施，有效搭建设计、生产、施工、管理之间技术协同的桥梁，为推广装配式建筑打下坚实基础。

近年来，各地和有关单位研究编制了大量的标准，初步建立了我国装配式建筑的标准体系。但是，当前标准化工作中仍然存在一些突出问题：一是标准数量多，标准要求比较分散。国家、行业、地方等相关标准协调性差，使标准应用起来不系统、不方便，给执行标准造成了困难。二是标准实施不力。近两年开展的“工程质量治理两年行动”中检查发现的很多问题，或多或少都反映出对标准化工

作不重视、标准实施不到位的问题。三是对执行标准的监管还需加强。各地执行标准的尺度不一，监管的力度不同，实施效果千差万别，未能充分发挥标准的支撑和引领作用。

为切实解决这些问题，充分发挥标准化的积极作用，住房城乡建设部组织开展了装配式建筑标准体系及应用实施指南课题研究，并委托中国建筑标准设计研究院牵头，组织有关科研、设计、施工和生产单位，编制形成了一套共三本完整的《装配式建筑系列标准应用实施指南》。这套标准的编制出版，旨在为装配式建筑相关标准的实施提供权威指导，并为标准实施的监督检查提供重要参考。

发展装配式建筑是建设行业意义深远的重大变革，标准化是引领这场变革的重要技术支撑。希望各地、各有关单位要认真抓好装配式建筑系列标准的落地实施和有效监管，进一步发挥标准化的技术保障作用，加快推进产业转型升级，为建设行业的改革发展贡献力量！

住房城乡建设部部长

陈政高

前言

《装配式建筑系列标准应用实施指南（钢结构建筑）》 编审名单

编写组负责人：郁银泉 王 喆 董庆园

编写组成员：（按姓氏笔画为序）

王 琼 牟京芳 刘潇睿 刘贵旺 李克勤 邱林波
陈 飞 宋传新 陈雨嘉 周雄亮 岳清瑞 郑 云
周观根 周 盈 姜学宜 郝 伟 侯兆新 施 刚
段智超 班慧勇 贾毅明 徐 博 郭 苏 温 静
樊熙超

审查组组长：娄 宇

审查组副组长：蔡昭昀

审查组成员：（按姓氏笔画为序）

余海群 陈 琪 林常青 郑小梅 贺贤娟 贺明玄
郭 景 黄小坤

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

参编单位：（按章节先后顺序）

清华大学
中冶京诚工程技术有限公司
新疆德坤实业集团有限公司
浙江东南网架股份有限公司
中冶建筑研究总院有限公司

一、编制背景：

大力推广装配式建筑，减少建筑垃圾和扬尘污染，缩短建造工期，提升工程质量是国务院加强城市规划管理工作的重点，同时又是建筑业调结构、促改革，以及建筑企业转型升级的重要内容。2015 年，住房城乡建设部标准定额司主管的三个科研课题“装配式建筑系列标准应用实施指南（钢结构、预制装配式混凝土结构、木结构）”的研究是发展装配式建筑必不可少的一项研究，也是为了进一步推进和发展装配式建筑这种新型建造方式的标准实施和技术指导的一件大事，这是国内首次从装配式建筑技术需求的角度全面梳理现行有关标准、系统解决标准实施中需要协调、配套的有关问题。从而为用 10 年左右时间使装配式建筑占新建建筑的比例达到 30% 做好标准方面的准备。三个课题均由中国建筑标准设计研究院有限公司牵头，组织行业内数十家设计、施工、生产及科研单位，经过大量细致调研、深入分析和系统梳理编写，形成课题研究报告。作为课题的研究成果，分别完成了《装配式建筑系列标准应用实施指南（钢结构建筑）》、《装配式建筑系列标准应用实施指南（预制装配式混凝土结构建筑）》、《装配式建筑系列标准应用实施指南（木结构建筑）》三本实施指南，这三本指南将对装配式建筑系列标准的实施落地，起到积极地推动作用。

《装配式建筑系列标准应用实施指南（钢结构建筑）》是三个结构体系中的钢结构建筑部分。我国钢结构建筑经过多年来不断的发展，结构专业的技术标准体系是比较完善的。但目前钢结构建筑的推广和发展还存在以下问题：一、熟悉钢结构建筑各专业设计、施工、验收、运营维护的技术人员人数还不多；二、钢结构加工厂和施工单位数量虽然众多，但是技术质量水平呈现明显的两极分化，技术水平高的单位数量不多；三、钢结构应用在以住宅为代表的居住类建筑时，其产业化内装、围护体系、机电部品等配套技术正处在发展之中，熟悉其技术标准实施的专业人员较少。《装配式建筑系列标准应用实施指南（钢结构建筑）》的编制针对以上三个问题，对钢结构建筑相关的标准规范体系进行了系统的梳理和解读，旨在指导钢结构建筑全过程的标准应用，培养一批懂标准、会用标准的技术人才，从而为推动建筑产业现代化（钢结构建筑）提供技术支撑。

二、编制依据：

本实施指南依据住房和城乡建设部标准定额司科研项目“建筑工业化系列标准应用实施指南（钢结构）”的成果而编制。

编制要体现三全一突出：全建筑过程、全专业、全覆盖、突出装配式。

编制要坚持系统性、协调性；科学性、合理性；简明性、实用性的原则。

三、编制内容：

指南中的钢结构建筑类型包括了多、高层钢结构、钢-混凝土混合结构建筑（包括公用建筑和居住类建筑），门式刚架结构建筑、大跨空间网格结构建筑、低层冷弯薄壁型钢建筑；实施阶段包括了设计，生产，施工，验收，运营和维护；专业包括了建筑，结构，机电，围护和内装部品。

编制内容以国家、行业现行钢结构建筑标准为主，对国家标准和行业标准没有涉及到的技术环节、而实施过程中又不可缺少的，选用协会标准和地方标准、企业标准作为补充，从而保证指南在钢结构建筑实施的各个阶段和技术环节上的完整性和可操作性。

指南以钢结构建筑为对象，以标准各阶段的实施为重点，突出标准在执行、使用方面的技术环节和执行措施。将工程实施中的技术环节和各级标准规范中的具体规定有机对应并联系起来，以梳理技术的逻辑形成主线、指明了相应规范条款的含义和具体的实施方法，本指南编制思路是一个技术点串几本规范中的一个或多个条文（涉及到的现有规范措施的相关条款），以“要点说明”的形式对技术点加以论述，以“措施方法”的形式对规范条文在执行中的重点、难点和疑点给出恰当的建议。要点说明中，有些是规范的条文说明，有些是专家在实际使用中的经验建议。

四、编制格式：

指南的编制分为以下三个层次：

第一层次：正文包括五章：第一章概述、第二章多高层钢结构公建和住宅、第三章门式刚架结构建筑、第四章大跨空间网格结构建筑、第五章低层冷弯薄壁型钢建筑，及附录钢结构建筑标准和规范。

第二层次：对于第二章~第五章中的四种体系：多高层钢结构公建和住宅、门式刚架结构建筑、大跨空间网格结构建筑、低层冷弯薄壁型钢建筑，又各自按照建筑设计、结构设计、建筑设备、建筑部品与部件、围护结构、构件生产与运输、施工、施工验收、运营和维护的脉络进行阐述。

第三层次：对第二~五章中四种体系在各专业实施中的技术环节按照技术点、规范条文、要点说明、措施方法的格式进行编制。

指南正文为宋体，凡是引用的规范、标准原文均用“【规范条文】”明确标出，并注明规范号、条、款，并加下划线与其它内容加以区分，引用规范、标准强条均为黑体并加下划线。条文说明和措施及方法用“【要点说明】”及“【措施方法】”加以框示，作为独立的标题。

五、其他：

指南仅对钢结构建筑特有的工程技术和标准规范实施做指导，凡是通用的技术和标准规范条文本指南均未包括。

本指南的编制工作得到了住房和城乡建设部标准定额司领导的大力支持，汇聚了各个编制单位编制人员的辛勤劳动，各审查专家提供了宝贵的意见，编入内容是业内有关人士多年共同研究、创造的成果，是共有的技术结晶和财富。在此特向各位领导、有关单位和专家致以真挚的谢意。

由于本指南内容广、工作量大，加之时间仓促，难免存在一些缺点和问题，敬请批评指正，以便不断修正和更新。

联系地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际2号楼

中国建筑标准设计研究院

邮 编：100048

联系电话：010-88426874

联 系 人：董庆园

E-mail: dongqy@cbs.com.cn

网 址: www.chinabuilding.com.cn

《装配式建筑系列标准应用实施指南（钢结构建筑）》编写组

二〇一六年二月

目 录

► 1 概述	(1)
1.1 我国钢结构建筑的发展历史	(1)
1.2 钢结构建筑技术应用现状	(2)
1.3 钢结构建筑术语	(5)
► 2 多高层钢结构公建和住宅	(8)
2.1 建筑设计	(8)
2.2 结构设计	(36)
2.3 建筑设备（水、暖、电）	(74)
2.4 内装部品与部件	(105)
2.5 围护结构	(123)
2.6 构件生产与运输	(153)
2.7 施工	(181)
2.8 施工质量验收	(219)
2.9 运营与维护	(255)
► 3 门式刚架结构建筑	(277)
3.1 建筑设计	(277)
3.2 结构设计	(281)
3.3 建筑设备（水、暖、电）	(301)
3.4 建筑部品与部件	(301)
3.5 围护结构	(301)
3.6 构件生产与运输	(310)
3.7 施工	(312)
3.8 施工质量验收	(325)
3.9 运营与维护	(328)

► 4 大跨空间网格结构建筑	(340)
4.1 建筑设计	(340)
4.2 结构设计	(344)
4.3 建筑设备（水、暖、电）	(356)
4.4 建筑部品与部件	(356)
4.5 围护结构	(356)
4.6 构件生产与运输	(357)
4.7 施工	(363)
4.8 施工质量验收	(366)
4.9 运营与维护	(368)
► 5 低层冷弯薄壁型钢建筑	(369)
5.1 建筑设计	(369)
5.2 结构设计	(374)
5.3 建筑设备（水、暖、电）	(383)
5.4 建筑部品与部件	(383)
5.5 构件生产与运输	(383)
5.6 施工	(385)
5.7 施工质量验收	(387)
5.8 运营与维护	(389)
► 6 附录 A 钢结构建筑标准和规范	(390)
A.1 工程标准	(390)
A.2 协会标准	(391)
A.3 地方标准	(392)
A.4 产品标准	(392)
A.5 标准图集	(393)
A.6 企业标准	(393)
A.7 其它	(393)

1 概 述

推进装配式建筑的发展和应用是实现整个建筑行业升级转型和可持续发展的必由之路。装配式建筑是一场建造方式的变革，改变了传统建筑业的运营模式，通过工厂施工和现场组装，将大部分工作放在了工厂，可以减小现场人为因素的过多干扰、提高工程质量。建筑工业化可以大幅提高劳动生产率、大大减少施工现场的工人数量、节约劳动成本，是解决目前中国人口红利逐渐消失、农民工人数快速减少、农民工工资持续增长、人工费用占建筑成本比例越来越高等问题的必要途径。建筑工业化还可以促进多行业整体的技术进步和升级转型，据统计建筑工业化可以带动包括建材业、制造业、冶金、材料、化工、电子、机械等 50 多个关联产业的发展。

目前的装配式建筑可以分为装配式主体结构和装配式内装部品两大部分，其中装配式主体结构包括三种主要的结构形式：钢结构、预制混凝土结构和木结构。建筑钢结构天然就是符合装配式建筑特点的结构形式。钢结构建筑的结构构件完全是在工厂完成加工，在现场仅进行拼装来完成结构施工。钢结构建筑在我国已经有多年的发展经验，技术上可以说比预制混凝土结构和木结构更加成熟。但是因为钢结构建筑造价稍高、人们对传统现浇混凝土建筑已经习惯等原因，前些年钢结构并没有在我国大面积得到应用，绝大多数已建成的钢结构工程仍然属于“大（跨度大）、高（高度高）、特（用途特殊）、重（荷载重）”的特殊工程，此类工程都是用常规混凝土结构难以实现的。目前国内建筑行业面临的环境发生了巨大的变化：如近年国内钢铁产量迅速增加、钢铁产能已经出现过剩，多年经济发展中积累的环境污染、资源紧缺问题变成社会经济发展的主要矛盾，经济发展的人口红利逐渐消失。钢结构建筑作为装配式建筑的一种重要形式，将在未来的中国得到更大的发展。

钢结构建筑尽管在我国已经发展多年，但由于过去完成的工程数量较少、在我国始终不占主流地位，所以国内熟悉钢结构建筑技术的建筑师和结构工程师还比较匮乏。为了推动钢结构建筑产业化发展，必须尽快培养一批合格的能够担负起钢结构建筑工程的各阶段顺利实施的专业人员，这正是本书的任务之一。

钢结构建筑的产业化，不是仅包括结构专业，而是包括建筑、结构、机电设备、建材、部品、装修等全部专业的；不仅涉及生产和施工环节，而是涵盖设计、生产、施工、验收、运营维护的建筑全生命周期。钢结构建筑的主体结构技术经过多年的工程实践已经比较成熟，但是符合产业化要求的围护系统、内装系统、机电设备部品系统等部分的产品和技术与建筑、结构等各专业的协调配合还不成熟，也不为广大的技术人员所熟悉。本书的另一个任务就是对包括建筑、结构、内装、外围护、机电设计等全专业，在设计、生产、施工、验收、运营维护等建筑全生命周期的实施过程中的技术重点和难点，结合相关国家、行业、协会、和地方标准进行解释和说明，帮助钢结构建筑从业技术人员快速建立起所需的知识体系，安全、经济、合理的完成钢结构建筑的工程实施。

1.1 我国钢结构建筑的发展历史

我国钢结构建筑和钢结构标准规范体系的发展可以概括为四个发展阶段。上世纪 50 年代为第一阶段、60~70 年代为第二阶段、80~90 年代为第三阶段、本世纪初为第四阶段。

上世纪 50 年代建国初期，前苏联援建我国 156 个大型建设项目，其中大型工业厂房项目多数采用了钢结构。这些厂房的设计直接催生了我国第一版钢结构设计规范，54 版规范的诞生。我国 54 版钢结构设计规范直接采用了前苏联钢结构规范的内容。

到了上世纪 60~70 年代，因为工业发展的需求，国家各部门对钢材的需求量大幅增加，但是钢产量仍然有限。而 54 版钢结构规范采用了前苏联设计规范，适用前苏联的气候条件和经济条件，造成建筑用钢量较大。于是我国结合本国国情和 10 余年工程、设计、科研成果，编写了自己的钢结构规范，69 版《弯曲薄壁型钢结构技术规范》和 74 版《钢结构设计规范》。另外由于节约钢材的政策和焊接空心球和螺栓球网架节点的成功研发，全国各地的网架工程快速增多。其中 1964 年第一个平板网架工程在上海完成。

上世纪 80~90 年代，改革开放政策带动全国工程建设的巨大需求，钢结构建筑迎来快速发展时期。很多新技术或研发成功或从国外引入，并应用于工程实践。如 1987 年我国第一栋高层钢结构建筑，高 165 米的深圳发展中心大厦建成。其它如厂房框架结构，包括平板网架和网壳的空间结构，空间结构和拱、钢架组成的混合体系，钢和混凝土混合结构，悬索结构，膜结构，以门式刚架、拱形波纹屋顶为代表的轻钢结构等工程的出现，标志着钢结构工程技术的逐渐成熟。

本世纪初至今，随着经济的持续发展和基础设施的广泛建设，我国钢结构工程达到了空前的快速发展阶段：大批采用钢结构和钢-混凝土组合结构的高层、超高层地标性建筑，大量应用空间大跨度钢结构体系的体育场馆、展览文化建筑和车站、航站楼类型建筑出现。传统结构形式如高层钢结构、空间结构继续快速发展的同时，新结构形式和技术如钢板剪力墙结构、张悬梁、张悬桁架、预应力钢结构、钢结构住宅等也不断出现、并快速发展。2006 年我国粗钢年产量达到 4 亿吨，居世界首位；2014 年我国粗钢年产量达到 8 亿吨，约占全世界的一半。当前面对钢铁产量的增加、甚至产能的过剩，以及我国在经济发展中遇到的诸如环境污染、资源紧缺、人口红利逐渐消失等新问题，传统的现浇混凝土结构遇到了无法解决的难题，国家不断推出政策推广钢结构在建筑领域的应用，钢结构在我国建筑行业迎来了全新的发展机遇。

1.2 钢结构建筑技术应用现状

1.2.1 钢结构建筑的结构体系

20 世纪 80 年代以后，随着我国经济的快速、持续发展，国内建筑钢结构领域的科学研究也蓬勃发展，同时广泛吸收和引进了发达国家钢结构方面先进的技术，随着结构计算技术的不断提升，各种新材料、新工艺国外引进和国内研发的成功，我国钢结构的科研实力和工程技术水平迅速强大，水平已经开始向国际先进技术靠拢和接轨。目前在我国广泛应用的钢结构建筑体系主要有：各种钢结构、钢-混凝土混合结构多高层建筑体系，各种大跨度空间结构体系，重型和轻型钢结构厂房结构体系，以冷弯薄壁型钢结构为代表的轻型钢结构体系等。本书主要包括了目前应用最广泛的几种钢结构建筑形式，包括钢结构、钢-混凝土混合结构多高层公共建筑和居住类建筑体系，大跨度空间网格结构体系，门式钢架轻型房屋钢结构体系和低层冷弯薄壁型钢结构体系。

高层建筑钢结构、钢-混凝土混合结构体系通常包括：框架结构；框架-支撑结构（包括框架-中心支撑、框架-偏心支撑和框架-屈曲约束支撑结构）；框架-延性墙板结构；框架-筒体结构；筒体结构（包括框筒、筒中筒、桁架筒和束筒结构）；巨型框架结构等。以上结构可以采用纯钢结构，也可以用混凝土构件或钢-混凝土组合构件取代一部分钢构件，组成钢-混凝土组合结构体系。当建筑超过一定高度，采用混凝土结构的经济性和安全性将差于钢结构；当建筑高度更高，采用混凝土结构将无法实现，只能采用钢结构或钢-混凝土混合结构。近些年我国一线城市、甚至很多二三线城市都建造了很多超高层建筑，结构形式基本都采用钢结构或钢-混凝土组合结构体系。当前在大规模推广和发展钢结构建筑的背景之下，钢结构在以住宅为代表的普通多高层建筑中的应用越来越受到社会各界的重视和认可，政府、建筑工程从业人员、甲方和开发商都在齐心协力推动钢结构住宅的发展。在不久的将来钢结构住宅必将占有一定的市场份额，本书也重点给出了钢结构住宅建筑标准的实施方法。

大跨空间网格结构包括平板型网架、单层与多层网壳，同时也包括目前工程中常用的立体管桁架。

平板网架将整个网架产生的弯曲、剪切效应转化为单个网架杆件承受的轴向拉力和压力,所有杆件均以轴向受力为主,材料获得充分的利用而达到较好的经济效益。网壳结构利用自身的形状效应,整个网壳以受轴向力为主、产生的弯矩很小,使网壳杆件所受轴力比平板网架小得多,可以比平板网架获得更好的经济效益。近几十年来虽然不断有新的大跨度结构体系出现,但传统的网架及网壳仍然是应用范围最广(工业厂房、火车站、航站楼、文体设施等)、应用面积最大的空间结构形式。在网格结构节点形式领域,虽然不断有新型网格节点的出现,但性能最可靠、应用最广泛的依然是焊接球节点和螺栓球节点,部分形式复杂和受力较大的网格节点也会采用相贯节点与铸钢节点。

门式刚架轻钢结构是采用根据构件受力大小而变截面的工字形梁、柱组成框架在平面内受力,框架在平面外以支撑、檩条和墙梁等相连接受力的结构体系。因其能够有效利用材料,构件尺寸小、重量轻、工业化程度高、可以在工厂批量生产而保证质量、工地连接采用高强度螺栓连接而简便迅速、土建施工量小、施工周期短、施工质量易于控制,近年来被广泛应用在一般工业与民用建筑中。门式刚架轻型房屋在很多领域都可以应用:如各行各业各种类型的厂房、仓库,超市、批发市场等商店建筑、小型体育馆、训练馆、健身房等体育建筑、展览馆、展示场等文化建筑。巨大的市场需求也促使从事门式刚架钢结构房屋加工、安装的企业如雨后春笋般的发展起来。门式刚架结构基于自身的一系列优点和广泛的适用性,只要在不影响使用功能的前提下适当增加一些柱子,很多情况下已经取代了混凝土框架+网架的结构体系。

冷弯薄壁型钢结构采用板件厚度小、板件宽厚比很大的小截面冷弯型钢构件作为受力构件,利用型钢构件屈曲后的有效截面受压。冷弯薄壁型钢杆件在低多层建筑中通常作为钢龙骨按照一定的模数紧密布置,钢龙骨之间设置连接和支撑体系,钢龙骨两侧安装结构板材、保温层、隔热层、装饰层等功能层形成墙体和楼板,特别适用于低层(3层以下)住宅、别墅、和普通公用建筑。低层冷弯薄壁型钢建筑具有以下优点:自重轻,基础造价和运输安装费用低;型钢构件、配套板材及各种配件均为工厂化生产,容易保证质量;建筑内不露梁、柱,龙骨墙布置灵活,各种建筑空间和建筑造型易于实现,容易满足客户个性化设计的需要;施工安装基本实现干作业,施工步骤简便,施工速度快,材料易于回收;龙骨体系和墙板体系施工结合了设备管线布置和二次装修。

1.2.2 钢结构构件生产

钢结构作为一种全装配式的建筑结构形式,所有结构构件都是在钢结构加工厂完成生产加工的。钢结构加工的一般工艺包括零部件加工、组装、焊接、预拼装、除锈和涂装、包装和运输等。据统计,我国目前从事钢结构的企业超过1万家,年产能5万吨以上的企业有几十家。企业类型有国有企业、民营企业和外资企业三类。

我国钢结构厂家的规模和生产技术实力存在着较严重的两极分化。一方面经过本世纪初至今近十多年里许多超大型、高难度钢结构建筑工程的实施,一批高水平的钢结构厂家涌现出来,部分大型国有钢结构企业、大型民营钢结构企业和部分尖端外资或中外合资的钢结构企业以技术和质量取胜,设计、加工和施工能力较强,擅长于各种大型厂房、各种复杂大跨度空间结构建筑、高层和超高层钢结构建筑。另一方面数量众多的中小型民营钢结构企业整体实力较弱、技术能力不高、技术人员缺乏、产品品质一般,主要承接各种小型工程,如厂房、多层项目、钢结构改造加固项目等的构件加工,市场经营范围往往集中在一个特定区域,生产运营成本较低。如何规范钢结构加工企业,特别是众多中小型民营钢结构企业的管理,提高这些中小型民营钢结构企业整体的生产技术水平,是将来推广钢结构建筑在我国的应用、保证工程质量的重要问题。

1.2.3 钢结构施工技术

钢结构建筑中的结构构件在加工厂完成生产运输到工程现场后,完全通过螺栓连接、焊接等方式组装成最终结构,本身不包括湿作业、施工速度快、现场人员少、对环境的影响也小,是一种工业化程度极高的结构形式。和钢结构加工厂情况类似,施工方面也存在施工企业技术水平发展不平衡的情况。少数大型钢结构企业施工技术和能力较高,多数企业的施工水平一般、甚至较低。近年我国钢结构工程飞

速发展的背后,存在着许多令人担忧的工程质量问题,而这些工程质量问题很大部分是出在施工阶段。工程质量是工程项目的生命,质量低劣势必带来安全隐患,甚至会导致生命和财产的巨大损失。钢结构施工质量的整体提高是钢结构建筑发展的必要条件。

钢结构施工技术包括很多内容,如施工组织设计、施工阶段设计、焊接、紧固件连接、安装、压型金属板工程、涂装、施工测量、施工监测等。除了专门的《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012外,很多钢结构体系的技术规范、规程都规定了一部分钢结构施工方面的内容,本书根据实际工程的需要,选取并讨论了以下规范中对于钢结构施工真正实用和重要的规定:《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022-2015、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015、《空间网格结构技术规程》JGJ 7-2010、《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS 159-2004、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014、《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230:2008、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010、《组合楼板设计与施工规范》CECS 273:2010、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002等。

钢结构施工质量验收方面主要使用的规范是国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001,这本规范是所有钢结构工程进行施工验收时都必须依据的国家规范,本研究以这本规范为主要依据,并包括其他钢结构规范的相关内容介绍了钢结构施工验收的步骤和标准执行情况。

1.2.4 围护结构

钢结构建筑的外围护可分为以下三种:①适用于工业厂房及大跨度屋盖的轻型屋面、墙面系统;②适用于多高层钢结构公共建筑的幕墙体系;③适用于钢结构居住类建筑的轻型外墙板体系。其中前两种维护体系有着多年的工程应用经验,其技术体系和工程标准相对健全;第三种用于钢结构居住类建筑的轻型外墙板方面,我国目前只有针对于具体墙板专门做出规定的标准规程,对于墙板与主体结构的连接构造以及对整个外墙系统安全性、功能性以及耐久性的规定还比较缺乏。

本书包括了轻型屋面系统、幕墙体系和以下几种技术比较成熟的用于钢结构居住类建筑的轻型外墙板体系:蒸压轻质加气混凝土板(ALC板)系统,装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板系统,轻型水泥夹芯复合墙板系统,由轻钢龙骨、水泥纤维板面层以及内部灌浆料组成的灌浆墙体系统。

1.2.5 SI内装

SI内装是近年开始迅速兴起的一种工业化的建筑内装修体系。S指skeleton,即作为建筑骨骼的主体结构;I指infill,即建筑物里面的充填体,包括设备管线、部品和内装修等。本书中SI内装主要包括以下部品与部件:卫生间、厨房、收纳、吊顶、隔墙、地面、室内门窗。

SI内装系统具有以下特点和优势:①内装部品在工厂制作,现场装修采用干作业,可以最大限度的保证产品质量;②大大缩短现场施工周期,节省大量人工和管理费用;③施工现场噪声、粉尘和建筑垃圾等污染大大减少,降低原材料的浪费;④采用集成部品可以有效解决施工生产的尺寸误差和模数接口问题;⑤隔墙和主体建筑结构分离,主体结构可以形成大空间,户内空间可以灵活的改变功能划分,具有满足今后生活方式变化的适应性;⑥主体结构部分和内装及管线部分相分离,管线的更换维修方便简单,不会损坏主体结构;⑦住宅主管道设置在公共空间部分,便于管线与设备的维护更换,建筑的公共部分和私有部分分界清晰、责任分明。

SI内装系统和钢结构都是工业化程度很高的系统,特别是当SI内装系统用在钢结构住宅中时,将最大限度的体现装配式建筑的特点和优势。在人工成本不断攀升、环保问题愈发凸显、建筑长期品质越来越受到关注的今天,SI内装系统和钢结构建筑结合的工程必将大量出现。

1.2.6 运营和维护

推行装配式建筑,不仅要注重建设阶段的节能减排,还要关注建筑使用阶段的运营管理和日常维护,使其在整个建筑生命期内实现绿色环保、人居和谐。因此在推行建筑产业化的过程中,不仅要重视施工作业方式的转变,还要重视运营阶段的科学维护和管理,才能使建筑达到设计正常使用年限,并且建筑功能不降低。

钢结构建筑有别于钢筋混凝土结构建筑或砌体结构建筑的是耐腐蚀性差,容易锈蚀,影响使用寿命。钢结构的运营和维护包括了钢结构建筑日常使用期间的运营和维护管理、在各种条件针对不同目的

1.2.7 集成技术的应用

装配式建筑要求技术集成化,对于预制构件来说,其集成的技术越多对后续的施工环节越容易,这是装配式建筑发展的一个重要方向。

部分钢结构建筑用外墙板功能中集成了自承重、保温两项技术;国外部分外墙板甚至集成了自承重、保温、内外装修等系列功能,施工安装完成后只需处理墙板接缝即可投入使用,工业化程度极高。目前国内也有很多建材厂家在对此类高度集成、高度工业化的钢结构用外墙板进行研发。

香港近年对整体卫生间有着深入的研究,目前已发展到第四代。整体卫生间一次内装到位,内墙面瓷砖可在工厂预贴,洁具也可在工厂预设,但为了减少运输、施工阶段的破损也常在施工完成之后安装,上下水管均布置在墙外,卫生间一侧设置毛面与承重墙体现浇在一起,卫生间墙体非承重,其自重荷载由本层承受。

1.3 钢结构建筑术语

1.3.1 装配式建筑 prefabricated building

装配式建筑是指用预制的构件在工地装配而成的建筑。

1.3.2 预制构件 prefabricated component

在工厂或现场预先制作的结构构件。

1.3.3 中心支撑框架 concentrically braced frame

支撑杆件的工作线交汇于一点或多点,但相交构件的偏心距应小于最小连接构件的宽度,杆件主要承受轴心力。

1.3.4 偏心支撑框架 eccentrically braced frame

支撑框架构件的杆件工作线不交汇于一点,支撑连接点的偏心距大于连接点处最小构件的宽度,可通过消能梁段耗能。

1.3.5 支撑斜杆 diagonal bracing

承受轴力的斜杆,与框架结构协同作用以桁架形式抵抗侧向力。

1.3.6 屈曲约束支撑 buckling restrained brace

支撑的屈曲受到套管的约束,能够确保支撑受压屈服前不屈曲的支撑,可作为耗能阻尼器或抗震支撑。

1.3.7 钢板剪力墙 steel-plate shear wall

设置在框架梁柱间的钢板,用以承受框架中的水平剪力。

1.3.8 延性墙板 shear wall with refined ductility

具有良好延性和抗震性能的墙板。

1.3.9 加强型连接 strengthened beam-to-column connection

采用梁端翼缘扩大或设置盖板等形式的梁与柱刚性连接。

1.3.10 空间网格结构 space frame, space latticed structure

按一定规律布置的杆件、构件通过节点连接而构成的空间结构,包括网架、曲面型网壳以及立体桁架等。

1.3.11 网架 space truss, space grid

按一定规律布置的杆件通过节点连接而形成的平板型或微曲面型空间杆系结构,主要承受整体弯曲内力。

1.3.12 网壳 latticed shell, reticulated shell

按一定规律布置的杆件通过节点连接而形成的曲面状空间杆系或梁系结构,主要承受整体薄膜内力。

1.3.13 立体桁架 spatial truss

由上弦、腹杆与下弦杆构成的横截面为三角形或四边形的格构式桁架。

1.3.14 焊接空心球节点 welded hollow spherical joint

由两个热冲压钢半球加肋或不加肋焊接成空心球的连接节点。

1.3.15 螺栓球节点 bolted spherical joint

由螺栓球、高强螺栓、销子(或螺钉)、套筒、锥头或封板等零部件组成的机械装配式节点。

1.3.16 门式刚架轻型房屋 light weight building with gabled frames

承重结构采用变截面或等截面实腹刚架,围护系统采用轻型钢屋面和轻型外墙的单层房屋。

1.3.17 摇摆柱 leaning column

设计为只承受重力荷载而不考虑侧向刚度的柱子。

1.3.18 蒸压加气混凝土板材 autoclaved aerated concrete plates

蒸压加气混凝土制成的板材,可分为屋面板、外墙板、隔墙板和楼板。根据结构构造要求,在加气混凝土内配置经防腐处理的不同数量钢筋网片。

1.3.19 轻型钢丝网架聚苯板 light steelmesh framed expanded polystyrene panel

以模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)板为芯材,两侧外覆高强钢丝网片,网片用镀锌钢丝斜插穿过聚苯板,点焊连接而成的三维空间组合板材。简称3D板。

1.3.20 金属屋面 metal roof

由金属屋面与支撑体系组成,不分担主体结构所受作用且与水平方向夹角小于75°的建筑围护结构。

1.3.21 预拼装 test assembling

为检验构件形状和尺寸是否满足质量要求而预先进行的试拼装。

1.3.22 预变形 preset deformation

为使施工完成后的结构或构件达到设计几何定位的控制目标,预先进行的初始变形设置。

1.3.23 腐蚀速率 corrosion rate

单位时间内钢结构构件腐蚀效应的数值。

1.3.24 涂装 coating

将涂料涂覆于基体表面,形成具有防护、装饰或特定功能涂层的过程。

1.3.25 装配式住宅 assembled housing system

以工业化建筑通用体系为特征,建筑结构体和建筑内装体中全部或部分构件、部品采用装配方式建造的住宅。

1.3.26 建筑通用体系 open system

以工业化生产方式为基础,其构件、部品可互换通用、可进行多样化住宅组合的开放性建筑体系。

1.3.27 建筑承重结构 skeleton

建筑的承重结构体系,或称建筑的支撑体。

1.3.28 建筑内装体 infill

建筑的内装部品体系,或称建筑的填充体。

1.3.29 主体构件 skeleton components

在工厂或现场预先制作完成的、装配式混凝土结构预制构件或钢结构构件。

1.3.30 内装部品 infill components

由工厂生产、现场组装,满足住宅功能要求的系统技术集成的部品或基本单元。

1.3.31 装配式内装 assembly infill

将工厂生产的标准化集成内装部品,采用干式工法进行现场组合安装的建造方式。

1.3.32 模数协调 modular coordination

应用基本模数或扩大模数实现尺寸及安装位置协调的方法和过程。

1.3.33 整体厨房 system kitchen

由工厂生产的具有炊事活动功能空间构成的、配置整体橱柜、炊事灶具、吸油烟机 etc 设备和管线组装成独立功能单元的内装部品。

1.3.34 整体卫浴 unit bathroom

由工厂生产的具有洗浴、洗漱、便溺等功能空间构成的、配置卫生洁具和设备管线,由墙板、防水底盘、顶板组装成一个独立功能单元的内装部品。

1.3.35 装配式隔墙 assembled partition wall

由工厂生产的满足分隔空间要求,具有隔声、轻质、防火、防潮等性能、并采用干式工法组装的内装部品。

1.3.36 干式工法 non-wet construction

在现场采用干作业施工工艺、对构件、部品或材料进行建造的方式。

1.3.37 管线分离 pipe&wire detached from skeleton

建筑结构体中不预埋建筑内装体的设备管线,将建筑内装体的设备管线与建筑结构体相分离的方式。

1.3.38 装配率 assembled ratio

装配式住宅建筑中主体构件、内装部品的数量或面积占同类构件、部品总数量或总面积的比率。

1.3.39 协同设计 collaborative design

建筑结构体与建筑内装体进行的一体化设计,各专业之间的配合设计,并符合建筑设计、构件生产、装配施工、运营维护等要求的系列化设计。

1.3.40 建筑部品 construction component

工业化生产、现场安装的具有建筑使用功能的建筑产品,通常由多个建筑构件或产品组合而成。

1.3.41 集成式厨房 integrated kitchen

采用建筑部品并通过技术集成在现场装配的厨房。

1.3.42 集成式卫生间 integrated toilet

采用建筑部品并通过技术集成,在现场装配的卫生间。

2 多高层钢结构公建和住宅

2.1 建筑设计

2.1.1 一般规定

随着城市化进程的加快,城市人口显著增多。在人口密集的大型城市和发展中城镇,无论是住宅还是公共建筑,需求量都在日益增长。本着节能、节地、节材、节水和环境保护的原则以及对空间的充分利用,新建建筑中多高层的建筑占有比例也越来越高。随着时代的发展和人们环保观念的加强,我国对于建筑的设计建造也有了更新的要求,即走向更加绿色的可持续发展工业化建造之路。

多高层钢结构形式不仅广泛适用于商业、办公、酒店、医院、公寓、学校等民用建筑,还在住宅类建筑中倍受青睐。特别是在钢结构住宅领域,近几年建筑师引领社会对居住建筑普遍短寿命的现象进行了反思并发现:现有住宅多为砌体和剪力墙结构,其承重墙体系严重限制了居住空间的尺寸和布局,不能满足居住者家庭结构的变化和居住者对居住品质的更高要求。而框架体系所能提供的大开间正好满足了居住建筑中对于空间可变性的要求,由此开创了工业化时代钢结构住宅的新篇章。

本书中的多高层钢结构建筑不仅是指狭义的纯钢结构建筑体系、也包括钢-混凝土混合结构建筑体系,通常包括:框架结构;框架-支撑结构(包括框架-中心支撑、框架-偏心支撑和框架-屈曲约束支撑结构);框架-延性墙板结构;框架-筒体结构;筒体结构(包括框筒、筒中筒、桁架筒和束筒结构);巨型框架结构等。

对于多高层公共建筑的设计在现行的标准规范中没有专门针对钢结构体系的特殊规定。针对多高层住宅设计,也仅有几本地方标准和协会标准可供设计人参考。在设计钢结构公建时,主要按照建筑功能相对应的设计规范进行设计,同时可以参考钢结构住宅设计规程中的部分相关条文。

作为工业化建筑标准在钢结构建筑中应用的指南,本节先从工业化建筑要求入手,阐述民用公建和住宅类建筑设计时应参照的原则。工业化建筑并非专指工业类建筑,而是源于工业建筑中厂房、仓库的设计建造过程,将其设计、生产、建造的工业化特点加以发扬运用。

2.1.1.1 工业化建筑的设计应符合建筑全寿命周期的可持续性原则,满足建筑体系化、实现设计标准化、生产工程化、施工装配化、装修部品化和信息化的要求。联合国定义的工业化的6条标准:生产的连续性、生产物的标准化、生产过程的集成化、工程建设管理的规范化、生产的机械化、技术科研生产一体化。采用以标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理等为主要特征的工业化生产方式建造的建筑。

《工业化建筑评价标准》GB/T 51129-2015给出了工业化建筑的定义。相对于传统的现浇混凝土结构、砌体结构建筑设计,工业化建筑设计更强调标准化设计,以满足建筑构件工厂化生产,并利于实现构件的通用性、可互换性,节约造价并满足建筑的可持续发展。根据工业化建设的特点,可以在民用建筑中圈定一个比较符合工业化建筑的范围,即相对常规、量大的且具有较多标准元素的民用建筑,如学校、酒店、办公、公寓、普通住宅、小型商业等以框架结构支撑的建筑。

2.1.1.2 工业化建筑的设计必须执行国家的有关方针、政策和法规,满足建筑的使用功能和性能要求,体现以人为本、可持续发展和节能、节地、节材、节水、环境保护的指导思想。

建筑采用钢结构作为主体结构、配合可再循环材料的板材为围护结构均符合绿色建筑的要求。

【规范条文】

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014:

[7.2.10] 合理采用高强建筑结构材料,评价总分为10分,并按下列规则评分。

1 混凝土结构 略

2 钢结构: Q345 级以上高强钢材用量占钢材总量的比例达到 50%, 得 8 分; 达到 70%, 得 10 分。

[7.2.11] 合理采用高耐久性建筑结构材料,对于钢结构,采用耐候结构钢或耐候性防腐涂料,评价分值为 5 分。

[7.2.12] 采用可再利用材料和可再循环材料用量比例达到 6%, 得 8 分; 达到 10%, 得 10 分。

[11.2.5] 采用资源消耗少和环境影响小的建筑结构,评价分值为 1 分。

条文解释: 当主体结构采用钢结构、木结构,或预制构件用量比例不小于 60% 时,本条可得分。

【要点说明】

建造绿色建筑鼓励采用钢结构及工业化方式生产的可循环利用的墙板等各类预制构件。在保证安全的前提下,使用工业化生产方式的墙板等预制构件,既能减少材料浪费,又能减少施工队环境的影响,同时钢材的可回收利用率较高,为将来建筑拆除后钢材的再利用甚至提供应急战备用钢创造条件。

2.1.1.3 工业化建筑的设计宜采用主体结构、装修和设备管线的装配化集成技术。

在国家标准及地方标准中均提出了装配式建筑宜采用和推行主体结构、装修和设备管线的装配化集成技术。钢结构建筑主体本身已经是全工业化建造,其装修和设备管线更适合采用装配化集成技术。

装配式建筑设计的关键在于技术集成,新型装配式建筑不等于传统生产方式和装配化简单相加,用传统的设计、施工和管理模式进行装配化施工不是真正的建筑工业化。只有将主体结构、围护结构和内装部品等集成为完整的体系,才是完全的装配建筑,才能体现工业化大生产的优势,实现提高效率、减少人工、减少浪费的目的。

目前我国的装配式建筑采用系统性集成方法,其体系通常包括:一建筑结构体的系统与技术集成;二建筑内装体的系统与技术集成;三围护结构的系统与技术集成;四设备及管线的系统与技术集成。

【规范条文】

《工业化建筑评价标准》GB/T 51129-2015:

[4.1.2] 项目应进行建筑、结构、机电设备、室内装修一体化设计。

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.1.5] 钢结构住宅的建筑设计应与结构、水、电、燃气、采暖、通风各专业协调。做到设计合理,技术先进。

《轻型钢结构住宅技术规程》JCJ/T 209-2010:

[4.1.2] 轻型钢结构住宅应按照建筑、结构、设备和装修一体化设计原则,并按配套的建筑体系和产品为基础进行综合设计。

【要点说明】

实现一体化设计是工业化建筑的特点和基本要求。

建筑是一个完整的系统,土建、机电和装修都是系统的重要组成部分,如果各自分割,将不可避免会有机电安装和装修阶段的拆改、剔凿,造成效率低下、质量瑕疵和材料浪费。一体化设计是工厂化生产和装配化施工的前提。

【措施方法】

工业化建筑一体化设计的关键是做好各相关单位、相关专业的“协同”工作,并结合实际需要找到“协同”的实施路径和办法。“协同”是参与建设各方的“共识”,很多标准规范中都强调了“协同”的重要性;

2.1.1.4 工业化建筑设计宜采用建筑结构体与建筑内装体、设备管线相分离的方式。

预制装配式建筑采用结构体与建筑内装体相分离的建筑通用体系,成功解决了建筑大批量生产中标准化与多样化需求之间的矛盾。装配式住宅通过结构体与建筑内装相分离,既可以满足用户的多样化与适应性需求,也解决了室内翻新装修的浪费,保证了建筑全寿命周期过程中主体结构的安全性。

2.1.2 平面设计

民用建筑分为公共建筑和住宅建筑两大类,民用公共建筑又包含众多的建筑类型,大部分公共建筑的功能适用于框架结构体系。除了高温、潮湿和腐蚀性环境,多高层钢结构体系(表现为框架体系或框架-支撑体系、框架-墙板体系等)对于公共建筑的设计并无太多影响。反而给个性化、大跨度、超高层的单体设计提供了异型设计的可能性。

传统的住宅建筑多是砌体和剪力墙结构。钢结构住宅则要求套型、户型等设计不再以房间开间为设计要素,而是以框架柱网为设计要素,且框架柱布置应尽量连续规整。

采用钢结构与采用传统混凝土结构的建筑相比,无论公共建筑还是住宅,其平面设计除了要满足建筑使用功能的要求外,还应采用标准化的设计方法以达到方便实现工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理,达到全面提升建筑品质的目的。因此,钢结构建筑的平面设计应采用合理的钢结构体系排布,尽量统一轴网和标准层高,为钢梁、钢柱等钢结构构件的标准化提供条件。

2.1.2.1 平面布置

1 钢结构建筑设计应通过模数协调实现建筑结构体和建筑内装体之间的整体协调。应采用基本模数或扩大模数,做到构件部品设计、生产、和安装等尺寸的相互协调。

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50100-20013:

[3.2.2] 建筑物的开间或柱距,进深或跨度,梁、板、隔墙和门窗洞口宽度等分部件的截面尺寸宜采用水平基本模数和水平扩大模数数列,且水平扩大模数数列宜采用 $2nM$, $3nM$ (n 为自然数)。

[4.3.2] 部件优先尺寸的确定应符合下列规定:

4 承重墙和外围护墙厚度的优先尺寸系列宜根据 $1M$ 的倍数及其与 $M/2$ 的组合确定,宜为 $150mm$, $200mm$, $250mm$, $300mm$;

7 柱、梁截面的优先尺寸系列宜根据 $1M$ 的倍数与 $M/2$ 的组合确定;

[3.2.4] 优先尺寸宜满足下列要求:

1 外墙厚度优先尺寸系列宜采用: 100 , 150 , 200 , 250 , 300 (单位为 mm);

2 内墙厚度优先尺寸系列宜采用: 60 , 80 , 100 , 120 , 150 , 200 (单位为 mm);

3 层高优先尺寸系列宜采用: $22 \sim 30M$, 间隔 $1M$; 当采用密排钢次梁或肋形板、井字梁楼盖时可扩充至 $32M$; 当外墙选用蒸压轻质加气混凝土板 (ALC) 横排时,层高宜采用 $n \times 6M$;

4 室内净高优先尺寸系列宜采用: $20 \sim 28M$, 间隔 $1M$;

5 厨房、卫生间和管井的平面优先尺寸宜按现行国家标准《住宅建筑模数协调标准》GB/T 50100-2001 表 3.4.1-1, 3.4.1-2, 3.4.1-3 采用;

6 开间、进深方向宜在 $3M$ 数列中选取,优先尺寸为 $6M$ 。

【要点说明】

模数协调的应用,有利于协调建筑空间与建筑部件的尺寸关系,有利于建筑部件的定位和安装,是推进建筑工业化发展的基础。

过去我国在平面设计上多采用 $3M$ ($300mm$),为适应建筑多样化的需求,增加设计的灵活性,目前多选择 $2M$ ($200mm$)、 $3M$ ($300mm$)。中国工程建设协会标准《钢结构住宅设计规范》CECS 261;

2009 中给出了进一步规定:

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.2.1] 多高层钢结构住宅的建筑设计应在优选设计模数的基础上以模数网格线定位。结构构件的轴线与模数网格线的关系以及围护、分隔构件的定位应符合所选建筑体系的特征并有利用构配件的生产、安装和其他附加构造层次的实施;主要构件的标志尺寸(厚度或断面尺寸除外)应尽量为设计模数的倍数。并符合模数协调的原则,在相邻构配件之间互相留下模数化的空间。

[3.2.3] 水平方向的模数应按下列原则确定:

3 宜采用 6M(600mm)为基本设计模数,以 3M(300mm)和 2M(200mm)为水平分模数。

[3.2.4] 垂直方向的模数应采用 1M(100mm)为基本设计模数。

【措施方法】

平面设计在模数应用的基础上,应做好各专业的协同工作,共同确定好平面定位,通常采用梁、柱等结构部件的中心线定位法,在结构部件水平尺寸为模数尺寸的同时获得装配空间也为模数空间,实现结构与内装的协调。

2 建筑平面布置设计应考虑有利于钢结构建造的要求。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ/T 209-2010:

[4.3.6] 平面设计宜采用大开间。

【要点说明】

各种钢结构体系因材料的高强度特性,柱网及钢架适合大跨度、大开间的布置,做钢结构建筑设计时要避免受到混凝土剪力墙结构设计思路的限制。平面设计不仅应考虑建筑各功能空间当时的使用需求,还应该考虑建筑全生命周期的空间适应性,让建筑空间适应社会不同时期的不同需要。采用钢结构形式有助于实现这一目标。

【措施方法】

尽量按一个结构空间来设计公共建筑的单元空间或住宅的套型空间,根据结构受力特点合理设计柱跨的距离,并注意预制构配件(部件)的模数尺寸既应满足平面功能需要,同时应符合模数协调的原则。

【规范条文】

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014:

[7.2.4] 公共建筑中可变换功能的室内空间采用可重复使用的隔断(墙),评价总分为 5 分,根据可重复使用隔断墙的比例按表 7.2.4 的规则评分。

表 7.2.4 可重复使用隔断(墙)比例评分规则

可重复使用隔断(墙)比例 Rrp	得分
$30\% \leq Rrp < 50\%$	3
$50\% \leq Rrp < 80\%$	4
$Rrp \geq 80\%$	5

【措施方法】

钢结构建筑内的大空间可根据使用功能需要,采用轻钢龙骨石膏板、轻质条板等轻质隔墙进行灵活的空间划分,轻钢龙骨石膏板内可布置设备管线,方便检修和改造更新,满足建筑的可持续发展,符合国家工程建设节能减排、绿色环保的大政方针。

2.1.2.2 平面形状

1 平面形状设计应保证结构的安全及满足抗震设计的要求。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ/T 209-2010:

[4.3.4] 建筑平面设计应与结构体系相协调,并应符合下列要求:

1 平面几何形状宜规则,一其凹凸变化及长宽比例应满足结构对质量、刚度均匀的要求,平面刚度中心与质心宜接近或重合

2 空间布局应有利于结构抗侧力体系的设置及优化;

3 应充分兼顾钢框架结构的特点,房间分隔应有利于柱网设置。

【要点说明】

多高层钢结构建筑的平面布置是以钢框架结构为基础的,应避免出现单跨布置,且不宜有过多凹凸变化。

【措施方法】

在建筑设计中要从结构合理性和经济性角度优化设计方案,避免不必要的不规则和不均匀布局。此原则不仅适用于钢结构住宅,也适用于公共建筑。

2 采用规则的平面形状符合国家工程建设节能减排,绿色环保的大政方针。

【规范条文】

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014:

[7.2.1] 择优选用建筑形体,评价总分值 9 分。根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 规定的建筑形体规则性评分,建筑形体不规则,得 3 分;建筑形体规则,得 9 分。

【要点说明】

钢结构建筑平面设计的规则性,有利于结构的安全性,符合建筑抗震设计规范的要求;特别不规则的平面设计在地震作用下内力分布较复杂。为实现相同的抗震设防目标,形体不规则的建筑,要比形体规则的建筑耗费更多的结构材料,不规则程度越高,结构材料的消耗量越大,不利于节材。同时平面设计的规则性可以减少水平结构构件的类型、预制楼板的类型,也符合结构的经济合理性。

【措施方法】

在建筑设计中,要从结构设计角度和经济性角度优化设计方案,尽量减少平面的凹凸变化。避免不必要的不规则和不均匀布局。

2.1.2.3 门窗洞口

传统混凝土和砌体结构建筑的平面设计是在确定功能空间的开间、进深尺寸及开窗位置、形式时重点考虑结构的安全性、合理性。而钢框架结构建筑的外围护体系为非受力构件,门窗的设置相对比较灵活。

【要点说明】

因为钢结构建筑的围护构件多为幕墙体系及轻型板材,幕墙体系与钢结构连接时应注意保证结构的安全性。在轻型板材上开设的门窗,其定位应结合轻型板材的排板,避免板材裁切过多或剩余尺寸过小。除此之外平面设计在门窗选型上还应符合《建筑门窗洞口尺寸系列》GB/T 5824-2008 的规定。

2.1.2.4 标准化设计

平面设计应采用标准化、模数化、模块化、系列化的设计方法。

【规范条文】

《工业化建筑评价标准》GB/T 51129-2015:

[4.2.1] 项目应体现标准化设计概念,基本单元、构件、建筑部品应符合重复使用率高、少规格、多组合的要求。标准化设计评价应符合表 4.2.1 的规定。评价分值为 25 分。

表 4.2.1 标准化设计评价表

项 目	评价指标及要求		评价方法	评价分值
模数协调	建筑设计采用统一模数协调尺寸,并符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002 的有关规定		查阅资料	2
建筑单元	居 住 建筑	在单体住宅建筑中重复使用最多的某三个基本户型的面积之和占总建筑面积的比例不低于 70%		4
	公 共 建筑	在单体公共建筑中重复使用最多的某三个基本单元的面积之和占总建筑面积的比例不低于 60%		
平面布局	各功能空间布局合理、规则有序,符合建筑功能和结构抗震安全要求			2
连接节点	连接节点具备标准化设计,符合安全、经济、方便施工等要求			2
预制构件	预制梁、预制柱、预制外承重墙板、内承重墙板、外挂墙板在单体建筑中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类构件总个数的比例分别不低于 50%			4
	预制楼板、预制叠合楼板在单体建筑中重复使用最多的三个规格构件的总个数占预制楼板总数的比例不低于 60%			2
	预制楼梯在单体建筑中重复使用最多的一个规格的总个数占楼梯总个数的比例不低于 70%			2
	预制内隔墙板在单体建筑中重复使用最多的一个规格构件的面积之和占同类型墙板总面积的比例不低于 50%			2
	预制阳台板在单体建筑中重复使用最多的一个规格构件的总个数占阳台板总数的比例不低于 50%			1
建筑部品	外窗在单体建筑中重复使用最多的三个规格的总个数占外窗总数量的比例不低于 60%			2
	集成式卫生间、整体橱柜、储物间等室内建筑部品在单体建筑中重复使用最多的三个规格的总个数占同类部品总数量的比例不低于 70%,并采用标准化接口、工厂化生产、装配化施工			2

【要点说明】

预制构件和建筑部品的重复使用率是项目标准化程度的重要指标,根据对工程项目初步调查,在同一项目中对相对复杂或规格较多的构件,同一类型的构件一般控制在三个规格左右并占总数量的较大比重,可控制并体现标准化程度。对于规格简单的构件宜用一个规格构件数量控制。

标准化的基础是模数化,模数协调的目的是实现建筑构件的通用性与互换性,使规格化、通用化部件适用于各类常规建筑,满足各种要求。同时,大批量的规格化、定型化部件生产可稳定质量,降低成本。通用化部件所具有的互换功能,可促进市场的竞争和部件生产水平的提高。

公共建筑的基本单元是指标准的结构空间,居住建筑则是基本套型。

【措施方法】

平面的标准化设计离不开模数协调,平面设计应在模数化的基础上以基本单元或基本户型为模块并采用基本模数、扩大模数、分模数的方法实现建筑主体、建筑内装 和内装部品等相互间尺寸协调。

钢结构宜采用扩大模数网格,且优选尺寸应为 2nM、3nM 模数系列。部件定位可采用中心线定位法、界面定位法,或者中心线与界面定位法混合使用的方法。方法的选择应符合部件受力合理、生产简单、优化尺寸和减少部件种类的需要,满足部件的互换、位置可变的要求;应优先保证部件安装空间符合模数,或满足一个及以上部件间净空尺寸符合模数。

平面设计应在模数化的基础上以公共建筑基本单元或住宅建筑基本户型为模块,进行组合设计。任何功能空间都可以通过模块化的方式进行设计,把一个标准模块分解成多个小而独立的、相互作用的分模块,对不同模块设定不同的功能,以便于更好地处理复杂、大型的功能问题。模块应具有“接口、功能、逻辑、状态”等属性。其中接口、功能与状态反应模块是外部属性,逻辑反应模块是内部属性。模块应是可组合、分解和更换的。

2.1.2.5 模块设计(以欧洲 Modular construction system 模块结构房屋为例)

如图 2.1 所示,模块结构适用于标准房间重复率高的建筑类型,如旅馆客房、医院病房、学生宿舍、军用营房以及市民公寓。用于居民住宅时也可以设计为一居室模块,二居室模块,并以两个一居室模块拼合成为三居室。



图 2.1 英国、荷兰钢结构模块化酒店和住宅工程实例(图片来自实际项目考察)

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261: 2009:

[3.3.4] 为推行设计标准化, 钢结构住宅可采用模块单元组合的设计方法, 并应满足下列要求:

- 1 每一模块单元含有一处竖向交通和一组完整的套型组合;
- 2 相关模块可互换;
- 3 模块单元具有结构独立性, 结构体系同一性、可组性, 组合后具备结构整体性;
- 4 模块单元的设备系统是独立的。

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014:

[7.2.6] 采用整体化定型设计的厨房、卫浴间, 评价总分为 6 分, 并按下列规则分别评分并累计:

- 1 采用整体化定型设计的厨房, 得 3 分;
- 2 采用整体化定型设计的卫浴间, 得 3 分;

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.3.3] 厨房、卫生间宜采取整体化设计。

【要点说明】

就目前生产建造水平而言, 实施模块化住宅是一个渐进的过程, 对于成熟的、重要的以及影响面较大的部位可先期运行, 如建筑部品中的集成厨房、整体卫生间。采用整体厨房、卫浴间符合绿色建筑的要求, 符合建筑工业化发展的要求。

整体厨房空间尺寸应符合现行国家标准《住宅整体厨房》JG/T 184-2011 和《住宅厨房模数协调标准》JGJ/T 262-2012 的要求。整体卫浴空间尺寸应符合现行国家标准《住宅整体卫浴间》JG/T 183-2011 和《住宅卫生间模数协调标准》JGJ/T 263-2012 的要求。

厨房和卫生间是住宅建筑的核心功能空间, 其功能主要是通过其功能部品和设备设施实现的。一方面, 其空间不大但设施复杂, 需要用标准化、集成化的手段来实现; 另一方面, 其功能部品的工业化程度高, 适宜标准化、集成化。因此在套型设计中要重点考虑厨房和卫生间的标准化, 宜将用水空间集中布置, 结合功能管线要求合理确定整体厨房和整体卫浴间的位置。

【措施方法】

根据住宅套型的定位, 设计各功能分模块, 处理好系统间的接口, 结合工厂生产和工程实际预留合理的结构空间、集成应用。

1 起居室、卧室、餐厅模块设计要点

(1) 起居室模块应满足家庭团圆、看电视、会客等功能需求, 并应尽可能控制开向起居室的门的数量和位置, 以保证墙面的完整性, 便于家具布置。

(2) 卧室模块一般包括双人卧室、单人卧室以及卧室与起居室合为一室的三种类型。卧室与起居室合为一室时, 在不低于起居室设计标准, 并且满足复合睡眠功能空间后, 适当考虑空间布局的多样性。空调室内机出风口不应正对床的位置, 且宜不设置在电视机或床头上方。床头应设置台灯位置, 以及卧室照明双联开关。

(3) 设置独立餐厅或在客厅划分出就餐区域时, 用餐区宜设置独立照明。小户型中, 在餐厅或兼餐厅的客厅增加冰箱摆放的空间, 缩减厨房面积。餐桌旁设餐具柜, 摆放微波炉等厨房电器, 并预留插座。

(4) 合理控制窗洞与侧墙的距离, 并结合家具尺寸设置, 避免家具遮挡窗户采光。合理设计强、弱电及开关面板位置, 避免面板被家具遮挡, 影响使用。

(5) 起居室、卧室与餐厅模块设计应考虑适老性需求。

2 厨房模块设计要点

(1) 厨房模块的设计尺寸宜满足标准化整体橱柜的要求及《住宅整体厨房》JG/T 184-2011 的

规定。

(2) 厨房模块应包括橱柜、管道井、冰箱等功能单元。

(3) 厨房模块中的管道井应集约布置, 煤气表、煤气立管宜统一布置在管道井内, 并设检修口, 方便维修。

3 卫生间模块设计要点:

(1) 卫生间模块的设计尺寸宜满足标准化整体卫浴的要求及《住宅整体卫浴间》JG/T 183-2006 的规定。

(2) 建筑宜采用同层排水设计, 应结合房间净高、楼板跨度、设备管线等因素确定降板方案。

(3) 卫生间模块应满足如厕、盥洗、淋浴、管道井等基本功能要求。

(4) 卫生间中的各功能单元应根据一般使用频率和生活习惯进行合理排序。

4 门厅模块设计要点:

(1) 门厅模块应包括收纳、临时置物、整理妆容、装饰等功能单元模块。

2.1.2.6 交通核设计

交通核模块主要由楼梯间、电梯井、前室、候梯厅、设备管道井等功能组成, 其中楼梯、电梯、管井根据规范限定和使用需求, 应以标准化方法进行设计。

公共建筑中的楼梯数量、宽度及分布应按照平面功能中各个防火分区中的使用人数经计算得出的疏散宽度及疏散距离来确定。

住宅中的交通核应满足《住宅设计规范》GB 50096-2011、《建筑设计防火规范》GB 50016-2014、《民用建筑设计通则》GB 50352-2005 及工业化建筑标准的相关要求。

1 前室、候梯厅、公共走道等组成部分由于关系到立面形象, 套型布局的朝向、采光、通风等因素, 决定了核心筒设计的品质, 影响居民居住环境, 可综合各项因素进行设计。

2 楼梯的设置除了满足规范的疏散要求, 还应尽可能的按照标准化的模数进行设置, 方便后期进行工业化预制与施工。在模块设计中, 根据宽度和高度可确定整个楼栋预制楼梯构件尺寸, 楼梯通过预制可以实现标准化工厂生产、现场吊装、质量可靠。

3 设备机电井道设计要点

机电设备管线系统采用集中布置方式, 合理利用交通核的空间。

2.1.2.7 电梯设置

钢结构公共建筑的电梯、扶梯设计按照各类公共建筑的功能需求和使用频率确定数量和位置, 且应满足《无障碍设计规范》GB 50763-2012 的要求, 消防电梯按照《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 的要求设置。钢结构住宅建筑的电梯设置应符合《建筑设计防火规范》GB 50016-2014、《住宅建筑规范》GB 50368-2005 和《住宅设计规范》GB 50096-2011。由于《建筑设计防火规范》是最新执行版本, 对住宅消防电梯的设置以建筑高度为界线, 不应再按《住宅建筑规范》中的层数界线, 但应做为参考同时满足。

【规范条文】

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014:

[7.3.1] 下列建筑应设置消防电梯:

- 1 建筑高度大于 33m 的住宅建筑;
- 2 一类高层公共建筑和建筑高度大于 32m 的二类高层公共建筑;
- 3 设置消防电梯的建筑的地下或半地下室, 埋深大于 10m 且总建筑面积大于 3000 m² 的其他地下或半地下建筑 (室)。

[7.3.2] 消防电梯应分别设置在不同防火分区内, 且每个防火分区不应少于 1 台。

《住宅建筑规范》GB 50368-2005:

[5.2.5] 七层及七层以上的住宅或住户入口层楼面距室外设计地面的高度超过 16m 以上的住宅必

须设置电梯。

《住宅设计规范》GB 50096—2011:

[6.4.2] 十二层及十二层以上的住宅,每栋楼设置电梯不应少于两台,其中应设置一台可容纳担架的电梯。

[6.4.3] 十二层及十二层以上的住宅每单元值设置一部电梯时,从第十二层起应设置与相邻住宅单元连通的联系廊。联系廊可隔层设置,上下联系廊之间的间隔不应超过5层。联系廊的净宽不应小于1.10m,局部净高不应低于2.00m。

[6.4.4] 十二层及十二层以上的住宅由二个及二个以上的住宅单元组成,且其中有一个或一个以上住宅单元未设置可容纳担架得电梯时,应从第十二层起设置与可容纳担架得电梯连通的联系廊。联系廊可隔层设置,上下联系廊之间的间隔不应超过5层。联系廊的净宽不应小于1.10m,局部净高不应低于2.00m。

[6.4.5] 七层与七层以上住宅电梯应在设有户门和公共走廊的每层设站。住宅电梯宜成组集中布置。

[6.4.6] 候梯厅深度不应小于多台电梯中最大轿厢的深度,且不应小于1.5m。

[6.4.7] 电梯不应紧邻卧室布置。当受条件限制时,电梯不得不紧邻兼起居的卧室布置时,应采取隔声、减震的构造措施。

【要点说明】

电梯在钢结构建筑中不能当作安全疏散之用,仅作为平常的竖向交通工具和无障碍设施。在33m以上的住宅建筑中,担架梯还为医护急救提供了条件。在设计中要注意的是当普通电梯与担架电梯同时设置时,井道尺寸须满足各自的设备要求,候梯厅尺寸应同时满足无障碍要求及担架梯轿厢深度。当十二层及十二层以上的住宅单元通过联系廊解决担架电梯不足问题时,联系廊应通过公共空间相连通,且应处理好设置联系廊的楼层住户窗防盗问题。

钢结构住宅中电梯的设置特别要避免设置了支撑的电梯墙与居室贴邻。

【措施方法】

钢结构住宅的核心筒无论是混凝土结构还是钢框架结构,电梯的设置应注意噪音问题。当电梯不得不贴邻起居室、书房等房间时,可设双墙等隔声措施,具体做法详见国标图集08J931《建筑隔声与吸声构造》。

2.1.3 立面设计

工业化建筑的立面应带有工业化特色,立面上的元素应由功能产生,不应有过多的纯装饰性的构件,且应多研发、使用工业化的产品部件来丰富立面效果。

钢结构建筑的立面设计,应采用标准化的设计方法,通过模数协调,依据工业化建筑“少规格、多组合”的原则,依据钢结构建造方式的特点实现立面的个性化和多样化。

2.1.3.1 立面设计中的预制构件要求

立面设计应最大限度采用预制构件,并依据少规格、多组合的原则尽量减少立面预制构件的种类。在国家标准及地方标准中都有明确规定。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08—2029—2007:

[3.5.1] 外墙应满足下列规定:

1 外墙应轻质、高强、防火、并应根据钢结构住宅的特点选用标准化、产业化的墙体材料。

2 外墙应优先采用轻型墙板,墙体本身及其与钢结构的连接节点应符合现行国家标准《结构抗震设计规范》(GB 50011) 13.3.2的要求。

《钢结构住宅设计规范》CECS 261: 2009:

[5.1.3] 住宅填充墙除选用轻型块材砌筑外,宜积极提高预制装配化程度,可选用、发展和推广

下列各类新型外墙:

1 蒸压轻质加气混凝土板外墙(ALC);

2 薄板钢骨—砌筑复合外墙;

3 薄板钢骨骨架轻质复合外墙;

4 保温填充钢板现场二次复合外墙;

5 钢筋混凝土幕墙板现场复合外保温外墙(墙板在工厂或在现场预制);

6 钢丝网混凝土预制保温夹芯板外墙。

实际工程选用的墙体构件和工程做法宜为经过工程试点并通过国家或省、部级鉴定的产品和技术。

[5.1.5] 外墙板标准化设计应满足互换性的要求。

【要点说明】

预制构件、轻型外墙板的标准化、大批量的规格化、定型化生产可稳定质量、降低成本,通用化部件所具有的互换能力可促进市场的竞争和部件生产水平的提高。

【措施方法】

通过设计优化,包括用模数协调的原则集成各种要素、简化构件的品种,通过合并化零为整减少构件数量,并进行多样化的组合,节约造价、贯彻“少规格、多组合”原则。如集中布置外立面的装饰构件与阳台、空调板等,减少预制构件的种类,提高预制外墙板的标准化和经济性。

应充分考虑钢结构建筑的工业化因素,建筑平面应规整,外墙无凹凸,立面避免凸窗,少装饰构件,避免外墙构件的复杂。利用标准开间,采用模数化设计,居住建筑的户型或公共建筑的基本单元在满足建设项目要求的配置比例前提下尽量统一,通过标准单元的简单复制、组合达到高重复率的标准层组合方式,实现立面外墙的标准化和类型的最少化。呈现工业化立面的效果,整齐划一、简洁重复、富有韵律。

2.1.3.2 建筑的层高

多高层钢结构建筑的层高应由其使用功能要求的净高加上结构高度和楼面做法决定。钢结构建筑的层高应符合下列要求:

1 模数协调

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50002—2013:

[3.2.3] 建筑物的高度、层高和门窗洞口的高度宜采用竖向模数或竖向模数扩大模数数列,且竖向扩大模数数列应选用nM。

[4.3.2] 部件优先尺寸的确定应符合下列规定:

6 层高和室内净高的优先尺寸系列宜为nM。

[5.3.4] 建筑沿高度方向的部件或分部件定位应根据不同条件确定基准面并符合以下规定:

1 建筑层高和室内净高宜满足模数层高和模数室内净高的要求。

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08—2029—2007:

[3.4.1] 住宅的层高宜控制在2.80—3.00m,不宜超过3.30m,并应为基本模数1M的倍数。

【要点说明】

钢结构建筑层高的设计应按照建筑模数协调要求,采用基本模数、扩大模数nM的设计方法实现结构构件、建筑部品之间的模数协调,为工业化建筑构件的互换性与通用性创造条件,便于工厂化统一加工。层高和室内净高的优先尺寸间隔为1M。

【措施方法】

立面高度的确定涉及到预制墙板等构件的规格尺寸,应在立面设计中认真贯彻建筑模数协调的原则,定出合理的设计参数,以保证建设过程中在功能、质量和经济效益方面获得优化。

室内净高应以地面装修完成面与吊顶完成面为基准面来计算模数高度。为实现垂直方向的模数协调,达到可变、可改、可更新的目标,需要将层高设计成模数层高。

2 层高设计

【规范条文】

《民用建筑设计通则》GB 50352-2005:

[6.2.1] 建筑层高应结合建筑使用功能、工艺要求和技术经济条件综合确定,并应符合专用建筑设计规范的要求。

《CSI住宅建设技术导则(试行)》(住房和城乡建设部住宅产业化促进中心[2010]57号):

[3.2.2] 套型与空间设计

2 应结合架空夹层构造方法选择适宜住宅层高,实现套内各种管线同层敷设,架空高度根据实际需要确定。

《钢结构住宅设计规范》CECS 261:2009:

[3.4.2] 含装修在内的楼盖技术层厚度为 h_1 ,普通钢结构住宅当 $h_1 \leq 250\text{mm}$ 时,层高宜为2.8m;当 $250\text{mm} < h_1 \leq 350\text{mm}$ 时,层高宜为2.9m;当 $h_1 \geq 350\text{mm}$ 时,层高宜为3.0m。

【要点说明】

影响建筑物的层高的因素有以下几个:

1 室内的净高

室内净高应为地面完成面(有架空层的应按架空层面层完成面)至吊顶底面之间的垂直距离计算。室内净高要求越高,相应的层高就越高。室内的净高除满足建设项目使用的要求外,应符合《民用建筑设计通则》及各专用建筑设计规范的要求。

2 结构的高度

结构体系不同,结构构件(如梁、板)相对位置及占用的高度也不同。应与结构专业密切配合确定结构所需的高度,按照设计的要求确定层高及室内模数净高。

3 楼地面的构造做法

公共建筑的楼地面做法根据使用功能、工艺要求和技术经济条件综合确定,并应符合《楼地面建筑构造》12J304的规定。

住宅建筑中采用CSI住宅建设技术的架空楼板楼地面做法与采用传统叠合楼板混凝土垫层的楼地面做法的构造高度是不同的。

4 吊顶的高度

建筑专业应与机电专业及室内装修进行一体化设计,协同确定室内的吊顶高度。吊顶内的机电管线应布置合理、避免交叉、利于维修与维护,尽量减小吊顶内高度。

【措施方法】

钢结构建筑特别是住宅类建筑的层高与梁板形式、设备系统紧密相关。钢结构建筑的楼板可以是现浇混凝土板,也可以采用各种预制叠合楼板;楼板位置可以置于钢梁上,也可以位于钢梁高度内;设备管线可以埋于楼板现浇层内也可穿钢梁、桁架,还可以位于梁下或架空地板内;诸多可能性综合考虑才能最终确定建筑层高。

钢结构建筑外露的梁、柱等钢构件均需要防火处理,各类建筑应结合设备管线和内装设计一起综合考虑吊顶的位置和形式。

3 住宅的层高

钢结构住宅的层高要根据不同的建设方案、结构选型、内装方式等综合考虑。钢结构住宅中设置的设备系统,尤其是空调、新风系统,其设备及管线占用的高度、管线与梁的位置(是否穿梁)都对室内净高及层高的确定有重要影响。

(1) 采用CSI体系的住宅

层高=房间净高+楼板厚度+架空层高度+吊顶高度。CSI体系的设计采用的是建筑结构体与建筑内装体、设备管线相分离的方式。影响住宅层高的因素主要为架空层与吊顶的高度。

【要点说明】

在钢结构设计中,结构构件、建筑填充体、管线设备三部分本身就是自然分离的,只要管线不埋于楼板现浇层、管线不穿钢梁,就可实现内装修、管道设备与主体结构的分离设计。结构主体与填充体分离使住宅具备结构耐久性,室内空间在全寿命周期内可根据需要灵活多变,装修及设备管线可更新,同时兼备低能耗、高品质和长寿命的优势。

【措施方法】

为提高工业化程度,钢结构住宅的楼地面宜采用架空地板系统,架空层内敷设排水和供暖等管线,吊顶内敷设电力、空调管线等。架空层和吊顶空间的设置应根据不同建筑的特点和需求,采用同层设置或局部设置。架空层和吊顶的高度根据实际设计需要确定。

设备管线架空层的通层设置是指整个建筑平面内设置架空层,由于此法使设备管线全部同层布置,有利于建筑平面布局的整体改造(厨卫均可移位),其弊病是建筑层高较大。而局部设置设备管线架空层是通过厨卫局部降板来实现管线的同层布置,其优点是层高较小,但厨卫房间要相对固定不能移位,不利于平面布局的整体改造。设计师可根据经济性分析合理选用架空方案来控制住宅的层高。

采用装配化集成技术通层设置架空层的住宅层高不宜低于3.00m,采用局部设置架空层的住宅层高不宜低于2.80m。

参考《CSI住宅建设技术导则(试行)》(建住中心[2010]57号)的规定,采用CSI技术的住宅层高不宜低于3.00m。

(2) 采用叠合楼板与混凝土垫层常规做法的住宅

钢结构住宅的柱跨通常都比传统混凝土剪力墙结构开间要大,因此板厚往往比混凝土结构大,采用叠合楼板的钢结构建筑,无论是地板采暖方式,还是传统的散热器采暖,都应比混凝土住宅的层高加高100以上,如混凝土住宅层高宜为2.8m。则钢结构层高宜为2.9m以上。

4 公共建筑的层高

钢结构公共建筑的层高应满足建设使用要求及规范对净高的要求。与传统现浇建筑的设计过程相比,地面构造做法区别不大,但是在吊顶的设计中应加强与各专业的协同设计,合理布局机电管线、设备管道及设备设施,减少管线交叉。同时,进行更加准确、详细的预留、预埋及构件预留洞设计。

2.1.3.3 立面门窗

多高层钢结构建筑立面门窗的设计不仅要经济美观,还应满足建筑的使用功能、采光、日照、消防、节能等国家现行标准规范的要求。对于玻璃幕墙的使用应符合国家及各地消防部门的最新规定。

1 门窗洞口的尺寸应符合模数协调的原则,宜采用优先尺寸,并符合《建筑门窗洞口尺寸系列》GB/T 5824-2008的规定。

【要点说明】

门窗洞口尺寸应符合模数协调标准,扩大模数为nM。

【措施方法】

门窗洞口选用优先尺寸可以在满足功能要求的前提下,减少门窗类型、降低工厂生产和现场装配的复杂程度而提高效率,利于门窗各部件的互换性,方便管理,减少浪费。同一地区同一建筑物内,门窗洞口尺寸应优选标准门窗洞口尺寸系列的基本规格,其次选用辅助规格,并减少规格数量,使其相对集中。

建筑设计采用组合门窗时,宜优先选用基本门窗组合的条形窗、带型窗、连门窗等。

2 门窗洞口的立面布局方式

钢结构建筑的围护墙体推荐采用各类轻型墙板,对开窗位置、尺寸限制较少。如采用外挂 PC 整板时,则尽量统一预制挂板类型,便于施工管理。

3 门窗的安装

钢结构建筑门窗的安装贴近钢柱时,应注意隔声构造处理。

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261:2009:

[4.3.5] 门窗固定在钢构件上时,连接件应具有弹性且应在连接处设置软填料填缝。

【要点说明】

钢结构主体钢构件均为工业化生产建造,施工精度比传统混凝土结构要高,利于工业化墙板和门窗的安装,在门窗与钢结构梁柱直接连接时,要注意钢结构传声的特性,做好隔声措施。

【措施方法】

从施工误差和安装精度的匹配度,可以实现门窗洞口尺寸和外门窗尺寸的公差协调,也就是门窗可以在工厂根据设计图纸“缩尺加工”,实现门窗的定型生产、高效装配和“零渗漏”。

2.1.3.4 外墙装饰材料

1 钢结构建筑的外墙板饰面材料应结合装配式建筑的特点,考虑经济性原则及符合绿色建筑的要求。随着建材与产品的不断更新发展,钢结构建筑的外墙板发展趋势为自带装饰效果的轻型板材。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.5.1] 外墙应满足下列规定:

3 外墙选用应符合结构规定的耐久年限并满足建筑装饰功能要求。

4 外墙的燃烧性能和耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》(GB 50016)。

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014:

[7.2.14] 合理采用耐久性好、易维护的装饰建筑材料,评价总分为 5 分,并按下列规则分别评分并累计:

2 采用耐久性好、易维护的外立面材料,得 2 分。

【要点说明】

外饰面采用耐久性好、易维护的装饰建筑材料,可有效保持建筑物的立面风格、视觉效果和人居环境的绿色健康,减少建筑全寿命周期内的材料更新替换和维护成本,减少施工带来的有毒有害物质排放、粉尘及噪声等问题。钢结构建筑建议配套使用幕墙体系或饰面保温一体板,此类预制外墙板饰面在构件厂一体完成,其质量、效果和耐久性都要大大优于现场湿作业,并大大减少了人工劳动。饰面的质量应符合《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 的有关规定。

【措施方法】

预制外墙一体板饰面宜结合当地条件,外饰面采用陶板、涂料、面砖和石材等耐久性好、不宜污染的材料。保温饰面一体板可在工厂生产时,可处理为涂料、石材、陶板、面砖等,不同的质感和色彩可满足设计的多样化要求。为确保预制外墙板外饰面的质量,设计人员应在构件生产前确认构件样品的表面颜色、质感、图案等要求。

涂料饰面整体感强,装饰性良好、施工简单、维修方便,较为经济。宜优先选用聚胺脂、硅树脂、氟树脂等耐候性好的材料,满足设计要求。

面砖饰面、石材饰面坚固耐用,具备很好的耐久性和质感,且易于维护。生产预制外墙的过程中,与预制外墙板采用反打工艺同时制作成型,可减少工序,提高与外墙板的粘结性能和质量。

2 外墙连接构造注意事项

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.5.2] 外墙的连接构造应符合下列规定:

1 外墙应采用整体外包的构造连接方式,满足建筑节能要求。

2 外墙与主体钢结构连接构造节点应保证在重力荷载、风荷载及多遇地震作用的影响下不发生破坏。

3 外墙与主体钢结构的连接接缝应柔性连接,接缝应满足在温度应力、风荷载及地震作用等外力作用下,其变形不会导致密封材料的破坏。有防火要求的应采用防火材料嵌填。

4 墙板间或墙板与不同材质墙体相接的板缝应采取可靠的弹性密封材料连接措施。

5 外墙与配件的连接,宜采取加强构造。金属连接配件或预埋件,应采取防腐处理,其做法按现行国家防腐标准执行。

【要点说明】

采用幕墙(如石材幕墙、金属幕墙、玻璃幕墙、人造板材幕墙等)作为围护结构,幕墙厂家须配合预制构件厂做好结构受力构件上预埋件的预留预埋工作。

2.1.3.5 热工设计

热阻值低是钢材的一大特性,也是钢结构建筑设计相对于传统建筑设计要特别注意的地方。

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261:2009:

[5.3.2] 外墙结构热桥部位的内表温度不应低于室内空气露点温度,当不满足时应改变构造设计或在热桥部位的一侧采取保温措施。

[5.3.3] 采暖地区的轻型复合墙体宜采用双重保温措施,主保温层主要用于降低墙体的传热系数,夹芯保温层主要用于隔绝结构件和连接件与外层的联系,防止形成“热桥”。

【要点说明】

钢结构建筑的梁、柱导热性高,除采用整体玻璃幕墙系统外,宜采用外保温形式。当外墙采用内嵌式保温复合夹芯板时,仍需要整体或局部外保温阻断梁柱位置的热桥。保温复合夹芯板本身也要保证在内部保温层中不产生结露,否则松散的保温夹芯材料(如岩棉)遇水后保温性能严重下降,直接导致墙体保温失效。

【措施方法】

钢结构建筑外保温层厚度、复合夹芯板内的保温层厚度应通过节能软件计算,使复合外墙的墙体内部和室内表面均不产生结露。必要时,复合保温夹芯板内应增加防水透气层。

2.1.4 节点构造

钢结构建筑节点构造详图可参阅国标图集 05J910-2《钢结构住宅(二)》。

2.1.4.1 构造节点的模数协调

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50002-2013:

[3.2.4] 构造节点和分部件的接口尺寸等宜采用分模数数列,且分模数数列宜采用 M/10、M/5、M/2。

2.1.4.2 梁板形式设计

钢结构建筑的楼板形式根据楼板施工方式分为现浇混凝土板、预制混凝土板和二次浇注叠合楼板;根据梁与板的相对位置分为梁上楼板和梁嵌楼板。

梁嵌楼板的形成,避免了管线穿梁的情况,减少了梁板占用高度,解决了钢结构住宅中板下露梁的最大弊端。如图 2.2 所示,当梁嵌楼板的形成时,如何在结构受力计算上考虑楼板的整体性能折减,有待进一步研究,梁嵌楼板的标准规范也有待进一步制定。

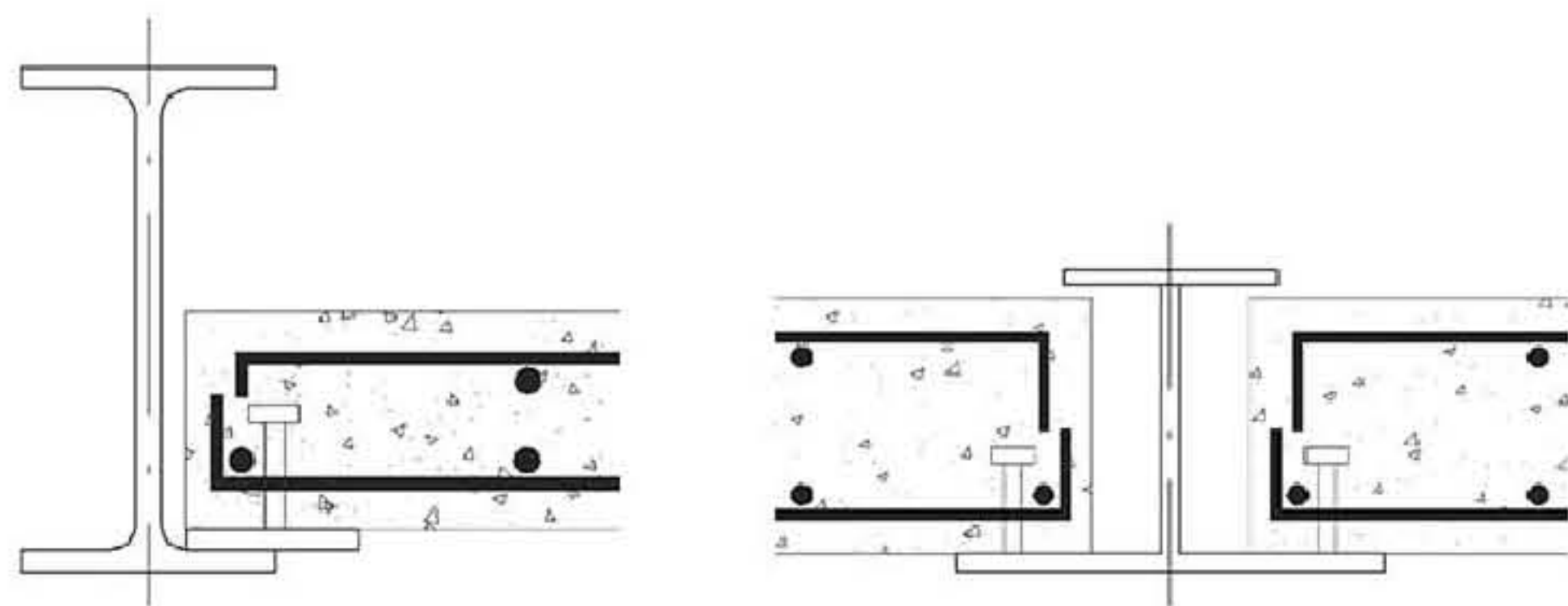


图 2.2 钢梁嵌楼板的做法示意

2.1.4.3 楼地面构造设计

1 钢结构建筑的楼板如采用叠合楼板设计，楼地面的构造设计应适合叠合楼板的施工与建造特点，可参考 PC 结构技术标准的相关规定。

(1) 结合叠合层及建筑垫层的构造设计

【规范条文】

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[7.0.3] 叠合楼板的建筑设备管线布线宜结合楼板的现浇层或建筑垫层统一考虑。

【要点说明】

多高层钢结构公建和住宅的楼板应该与外墙等其它预制构件相匹配，形成体系化的工艺工法，发挥装配式建筑省时、省工、省模板、支撑简便、湿作业少的特点，因此钢结构住宅宜优先选用叠合楼板。

叠合楼板为预制楼板通过现场浇筑组合而成，其工序由工厂预制、现场装配浇筑、建筑垫层施工组成。宜采用 SI 分离的设计让结构与管线分离，但考虑到实际国情，在不能采用 CSI 分离体系时，还需要将建筑设备管线布线等预埋在现浇叠合层及建筑垫层中。

【措施方法】

结合设备和电气专业设计进行楼面的管线设计综合对于降低叠合层和垫层厚度，减少管线交叉非常重要，在叠合楼板的设计中应进行建筑设备管线综合设计。机电设备专业管线一般布置在建筑垫层中，垫层厚度宜为 100~120mm。

(2) CSI 体系的地面

【规范条文】

《CSI 住宅建设技术导则（试行）》（建住中心 [2010] 57 号）:

[3.2.2] 套型与空间设计

2 应结合架空夹层构造方法选择适宜住宅层高，实现套内各种管线同层敷设，架空高度根据实际需要确定。

3 燃气管道有其特殊性和对消防安全的要求，要按燃气要求实铺接入。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[7.0.5] 住宅底层厨房的地面遇有室外燃气管接入时，应采用实铺地面。

2 厨房、卫生间等用水房间，管线敷设较多，条件较为复杂，设计时应提前考虑，可采用现浇混凝土结构。如采用叠合楼板，要求预制构件开洞、留槽、降板等，均应详细设计、提前在工厂加工完成，并应在湿区采取可靠的防水措施。

【规范条文】

《装配整体式建筑技术规程（暂行）》DB21/T 1924-2011:

[3.3.4] 设置用水管线的架空层底板应做柔性防水并向上泛起，严密防水及防渗漏。其顶板应在

适当位置设置检修用活动盖板。

2.1.4.4 屋面的构造设计

【规范条文】

《屋面工程技术规范》GB 50345-2012:

[4.1.4] 防水材料的选择应符合下列规定:

4 薄壳、装配式结构、钢结构及大跨度建筑屋面，应选用耐候性好、适应变形能力强的防水材料。

[4.3.2] 卷材、涂膜的基层宜设找平层。找平层厚度和技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 找平层厚度和技术要求

找平层分类	适用的基层	厚度 (mm)	技术要求
水泥砂浆	整体现浇混凝土	15-20	1:2.5 水泥砂浆
	整体材料保温层	20-25	
细石混凝土	装配式混凝土板	30-35	C20 混凝土、宜加钢筋网片
	板状材料保温层		C20 混凝土

【要点说明】

钢结构建筑屋面防水层的整体性受结构变形与温差变形叠加的控制，变形超过防水层的延伸极限时就会造成开裂及漏水。

【措施方法】

钢结构建筑屋面应形成连续的完全封闭的防水层；选用耐候性好、适应变形能力强的防水材料，能够承受因气候条件等外部因素作用引起的老化，防水层不会因基层的开裂和接缝的移动而损坏破裂；增强结构的整体刚度，基层的找平层应采用细石混凝土找平层，基层刚度较差时，宜在混凝土内加钢筋网片。

2.1.4.5 墙体构造设计

1 墙体构造

(1) 外墙构造

外墙是组成多高层钢结构建筑的一个重要部分，即围护结构。钢结构建筑的外墙应满足结构、热工、防水、防火、保温、隔热、隔声及建筑造型设计等要求。

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261:2009:

[4.1.2] 钢结构住宅围护结构（外墙和屋面）的热工设计可采取以下措施:

1 外墙和屋顶宜采用含有重质材料和轻质高效保温隔热材料组合的复合结构；构造适宜时，可设置空气间层、铝箔反射层、防水层；当保温隔热材料可能受潮时，宜采用防水透气膜或覆铝的防水透气膜外包，使保温隔热材料保持干燥；

2 严寒地区围护结构保温层内侧宜设置隔汽层，隔汽层宜选用膜材料，敷设时应连续；

3 采用假期混凝土、泡沫混凝土等单一材料外墙时，在其内外侧移设混合砂浆、水泥砂浆等重质饰面；当采用带有外装饰表面的蒸压轻质加气混凝土板时，内侧宜抹灰或衬装其他薄板；

4 应采取措施减少热桥。当无法避免时，应使热桥部位内表面温度不低于室内空气露点温度；

5 外墙保温层宜设置在钢构件外侧，当钢构件外侧保温材料厚度受限制时，应进行露点验算；

6 采暖地区室外钢构件与室内主体结构连接宜采用铰接（如腹板连接）或特殊设计，以减少传热截面。连接部位宜采用保温层覆盖。当室外钢构件伸入室内时，在室内部分的一定长度范围内应采取延续保温措施，并进行露点验算。

【要点说明】

预制外墙板板缝应采用构造防水为主，材料防水为辅的做法。嵌缝材料应在延伸率、耐久性、耐热

2 门窗与墙体的连接

预制外墙板的门窗安装方式,不同的气候区域存在施工工法的差异,应根据项目区域的地方实际条件进行设计。

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261: 2009:

[4.3.5] 门窗固定在钢构件上时,连接件应具有弹性且应在连接处设置软填料填缝。

【要点说明】

传统的现浇混凝土体系门窗洞口在现场手工支模浇筑完成,施工误差较大,工厂化制造的外门窗的几何尺寸误差很小,两者之间的不匹配导致外门窗施工工序复杂、效率低下,而且质量控制困难,容易造成门窗漏水。钢结构建筑的主体均为工厂生产,钢构件的精度决定了其门窗洞口尺寸偏差很小、便于控制,与工厂化制造的外门窗比较匹配,施工工序简单、省时省工。一般门窗都会在完成楼板后施工,钢梁已经承受楼板荷载完成一定的挠度变形,但门窗温度变化较大,仍不应直接与梁刚性连接。

【措施方法】

注意南北方地域差别,根据本地区的实际情况采用合理的门窗安装方案。图 2.6 给出了某钢结构住宅工程外墙和窗户的连接构造做法。

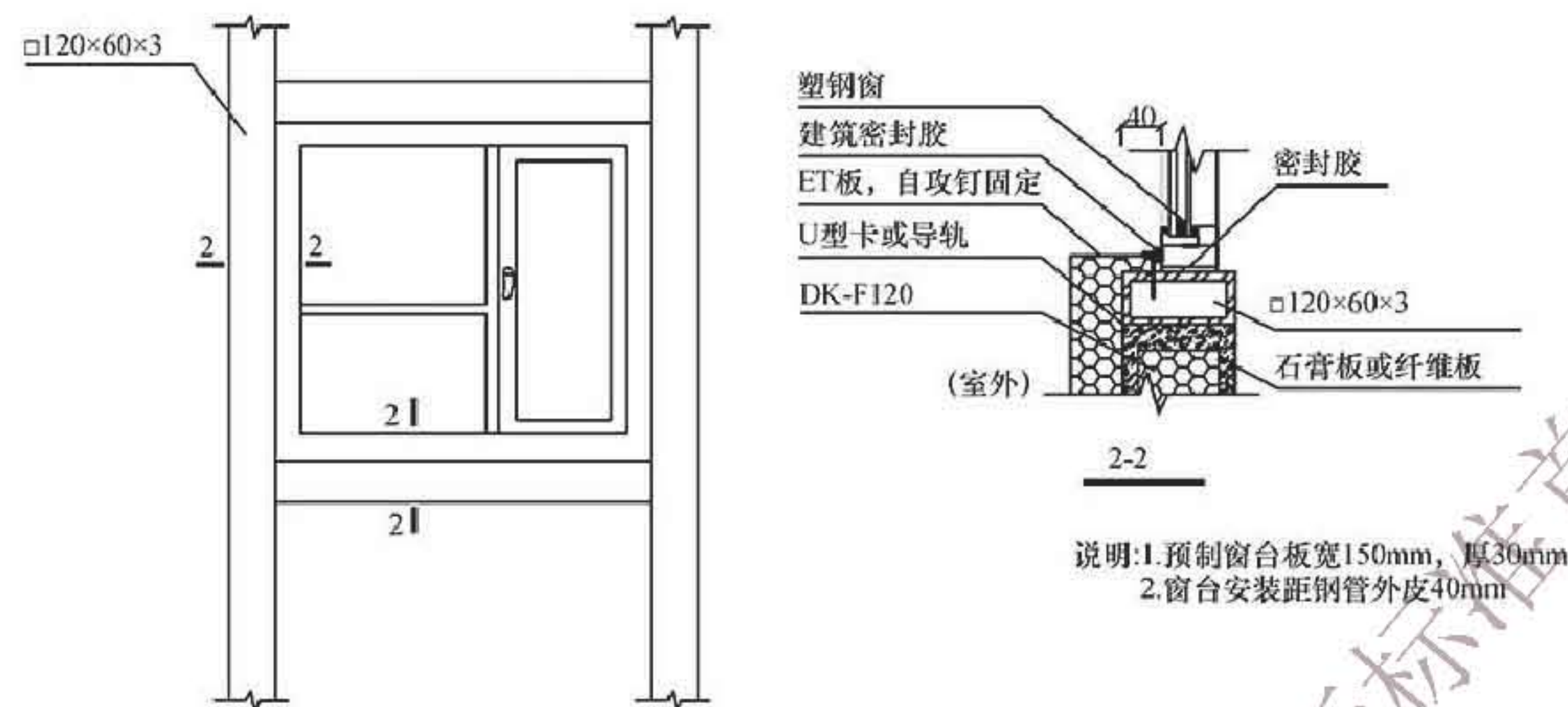


图 2.6 某钢结构住宅工程窗口构造及节点大样

3 结构转换节点

地下室外墙部分由于有挡土和防潮的要求,钢结构建筑通常会在地面以上某一标高转换为现浇混凝土结构,如图 2.7 所示。

结构转换可以结合功能在某一层加厚楼板作为转换层,也可以在首层室内正负零标高变换为混凝土结构。在钢柱与混凝土结构墙交接的位置,钢柱要插进混凝土柱一定长度,钢柱表面需要外包 50mm 以上的混凝土层。当建筑室外地坪标高低于室内正负零标高,在高差范围内墙身上将会出现一道自然勒脚。

2.1.4.6 声学设计

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261: 2009:

[4.3.3] 钢构件在户间、户内空间可能形成声桥的部位,应采用隔声材料或重质材料填充或包覆,使相邻空间隔声指标达到设计标准。

[4.3.6] 压型钢板组合楼板、倒置槽型板下方应设置隔声吊顶。

[4.3.7] 外墙与楼板端面间的缝隙应以防火、隔声材料填塞。

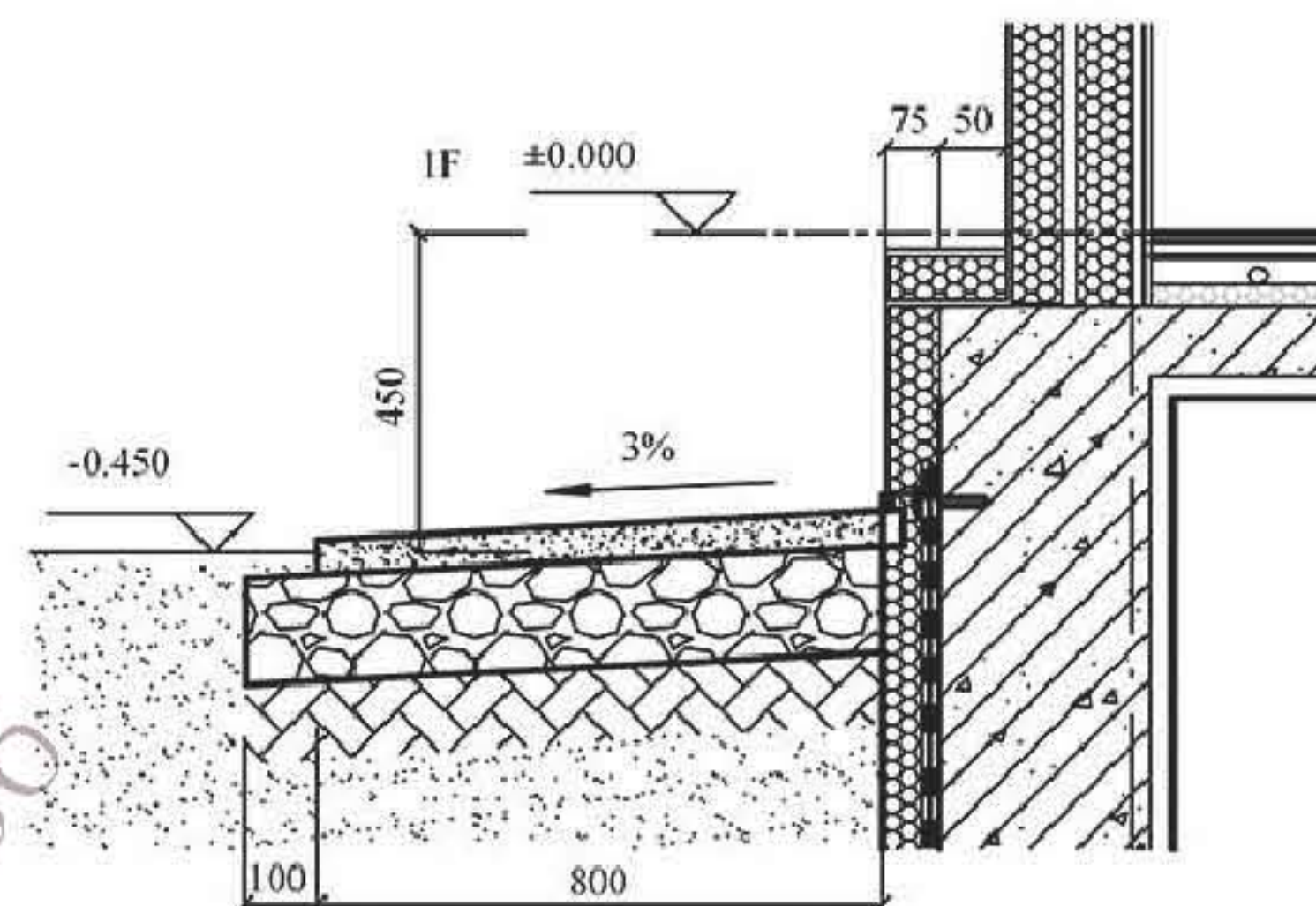


图 2.7 某钢结构住宅工程结构转换形成的勒脚示意图

【要点说明】

根据金属传声特性,钢结构建筑要在对声学有要求的建筑或房间中做好结构隔声构造。

【措施方法】

- 1 根据建筑选定的墙板材料,以厂家提供的产品隔声检测报告为依据确定墙板厚度。
- 2 钢结构住宅分户墙根据 08J931《建筑隔声与吸声构造》选用满足计权隔声量大于 45dB 的构造做法,如图 2.8 所示。

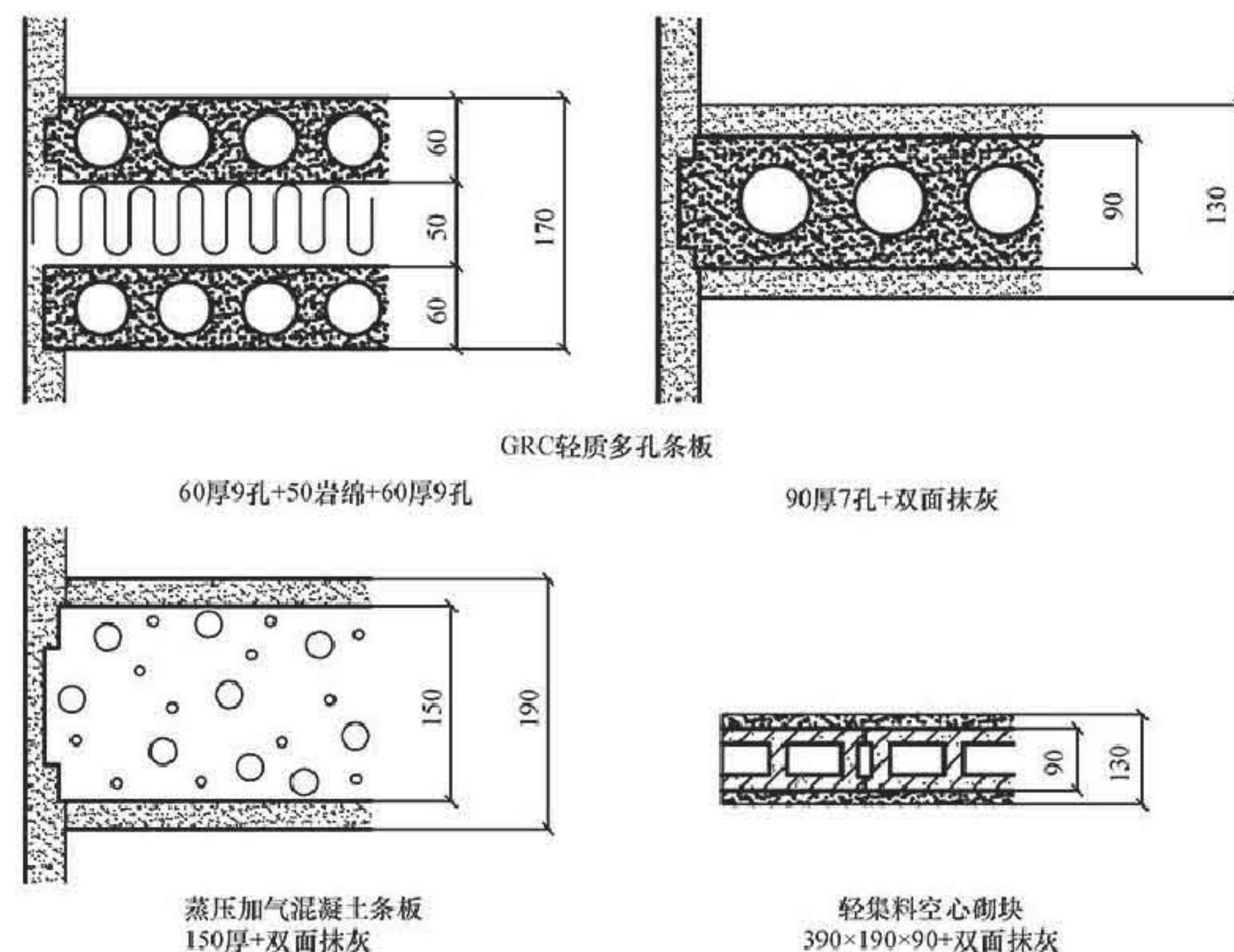


图 2.8 计权隔声量大于 45dB 的隔墙做法

(注:引自 08J931《建筑隔声与吸声构造》)

- 3 外露钢柱表面可采用减震隔声板或结合防火构造达到隔声要求,如图 2.9 所示。

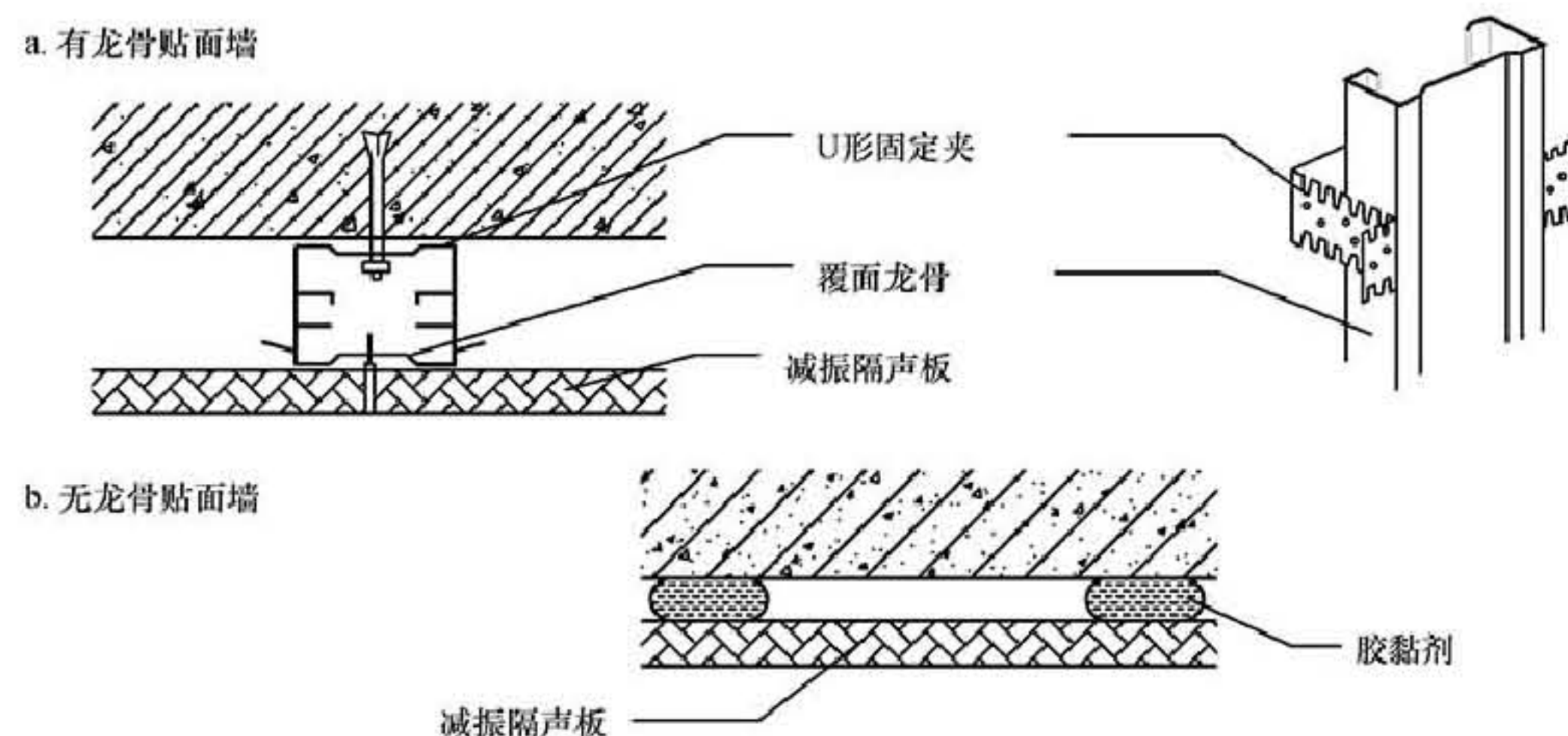


图 2.9 钢柱表面隔声构造

(注: 引自 08J931 《建筑隔声与吸声构造》)

2.1.4.7 钢结构防火构造

钢材的耐火性差, 室内金属承重构件的外露部位, 必须加设防火保护层。钢结构构件应采用包敷不燃烧材料 (浇注混凝土或砌块、采用轻型防火板、内填岩棉、玻璃棉等柔性毡状材料复合保护) 或喷涂防火涂料的措施。有特殊需要的建筑可采用特种耐火钢。

【规范条文】

《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200: 2006:

[4.3.1] 当钢结构采用防火涂料保护时, 可采用膨胀型或非膨胀型防火涂料。

[4.3.2] 钢结构防火涂料的技术性能除应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》(GB 14907) 的规定外, 还应符合下列要求:

1 生产厂家应提供非膨胀型防火涂料的热传导系数 (500℃ 时)、比热容、含水率和密度参数, 或提供等效热传导系数、比热容和密度参数。非膨胀型防火涂料的等效热传导系数可按附录 A 的规定测定。

2 主要成份为矿物纤维的非膨胀型防火涂料, 当采用干式喷涂施工工艺时, 应有防止粉尘、纤维飞扬的可靠措施。

[4.4.1] 当钢结构采用防火板保护时, 可采用低密度防火板、中密度防火板和高密度防火板。

[4.4.2] 防火板材应符合下列要求。

1 应为不燃性材料。

2 受火时不炸裂, 不产生穿透裂纹。

3 生产厂家应提供产品的热传导系数 (500℃ 时) 或等效热传导系数、密度和比热容等参数。防火板的等效热传导系数可按附录 A 的规定测定。

[9.1.1] 钢结构可采用下列防火保护措施:

1 外包混凝土或砌筑砌体。

2 涂敷防火涂料。

3 防火板包覆。

4 复合防火保护, 即在钢结构表面涂敷防火涂料或采用柔性毡状隔热材料包覆, 再用轻质防火板作饰面板。

5 柔性毡状隔热材料包覆。

[9.1.3] 钢结构防火涂料品种的选用, 应符合下列规定:

1 高层建筑钢结构和单、多层钢结构的室内隐蔽构件, 当规定的耐火极限为 1.5h 以上时, 应选用非膨胀型钢结构防火涂料。

2 室内裸露钢结构、轻型屋盖钢结构和有装饰要求的钢结构, 当规定的耐火极限低于 1.5h 时, 可选用膨胀型钢结构防火涂料。

3 耐火极限要求不小于 1.5h 的钢结构和室外的钢结构工程, 不宜选用膨胀型防火涂料。

4 露天钢结构应选用适合室外用的钢结构防火涂料, 且至少应经过一年以上室外钢结构工程的应用验证, 涂层性能无明显变化。

5 复层涂料应相互配套, 底层涂料应能同普通的防锈漆配合使用, 或者底层涂料自身具有防锈功能。

6 膨胀型防火涂料的保护层厚度应通过实际构件的耐火试验确定。

[9.1.4] 防火板的安装应符合下列要求:

1 防火板的包敷必须根据构件形状和所处部位进行包覆构造设计, 在满足耐火要求的条件下充分考虑安装的牢固稳定。

2 固定和稳定防火板的龙骨粘结剂应为不燃材料。龙骨材料应便于构件、防火板连接。粘接剂在高温下应能保持一定的强度, 保证结构的稳定和完整。

[9.1.5] 采用复合防火保护时应符合下列要求:

1 必须根据构件形状和所处部位进行包敷构造设计, 在满足耐火要求的条件下充分考虑保护层的牢固稳定。

2 在包敷构造设计时, 应充分考虑外层包敷的施工不对内层防火层造成结构破坏或损伤。

[9.1.6] 采用柔性毡状隔热材料防火保护时应符合下列要求:

1 仅适用于平时不易受损且不受水湿的部位。

2 包覆构造的外层应设金属保护壳。金属保护壳应固定在支撑构件上, 支撑构件应固定在钢构件上。支撑构件应为不燃材料。

3 在材料自重作用下, 毡状材料不应发生体积压缩不均的现象。

[9.2.2] 采用防火涂料的钢结构防火保护构造宜按图 9.2.2 选用。当钢结构采用非膨胀型防火涂料进行防火保护且符合下列情形之一时, 涂层内应设置与钢构件相连接的钢丝网。

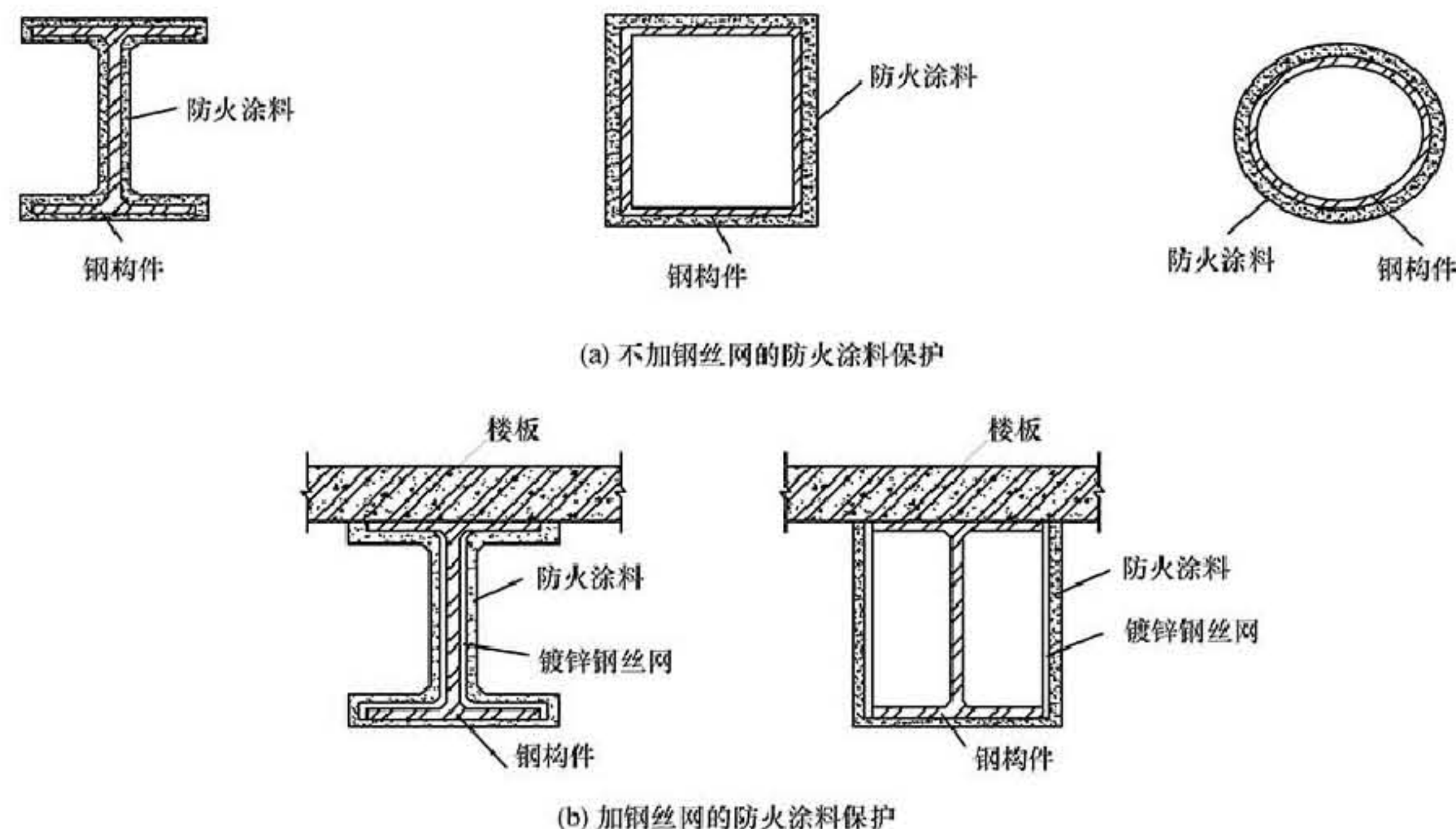


图 9.2.2 采用防火涂料的钢结构防火保护构造

- 1 承受冲击、振动荷载的构件。
- 2 涂层厚度不小于 30mm 的构件。
- 3 粘结强度不大于 0.05MPa 的钢结构防火涂料。
- 4 腹板高度超过 500mm 的构件。
- 5 构件幅面较大且涂层长期暴露在室外。

[9.2.3] 采用防火板的钢结构防火保护构造宜按图 9.2.3-1、图 9.2.3-2 选用。

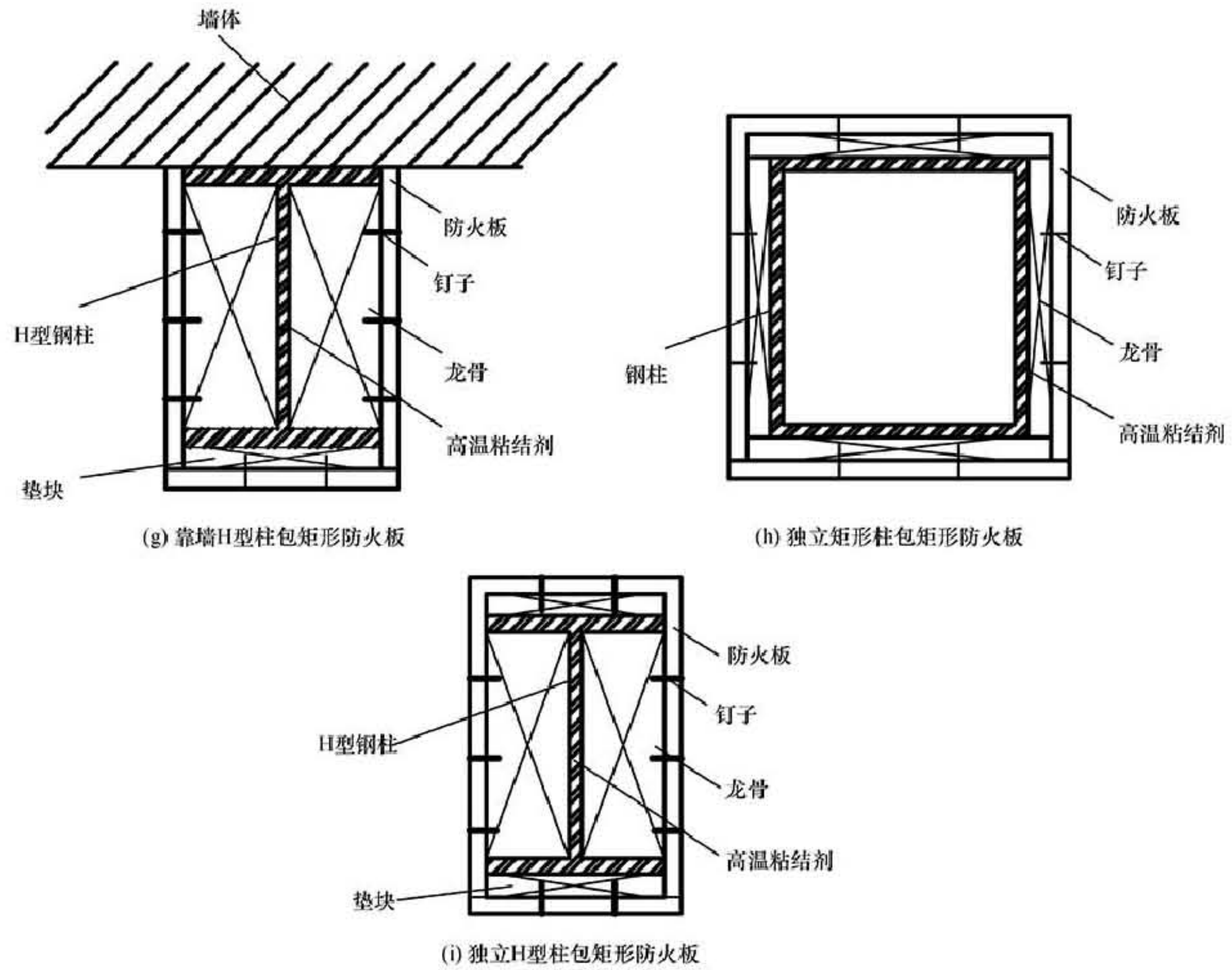
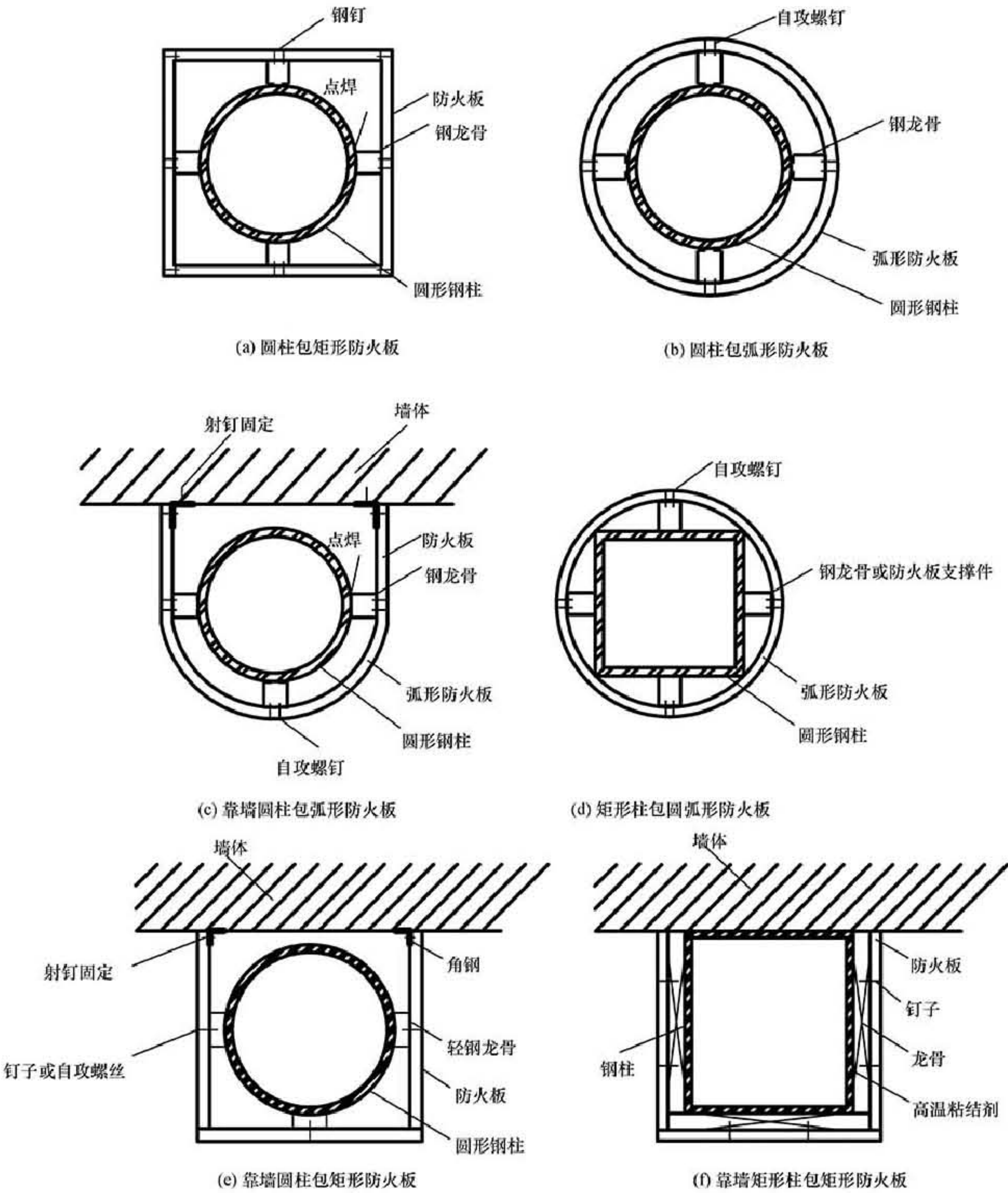


图 9.2.3-1 钢柱采用防火板的防火保护构造

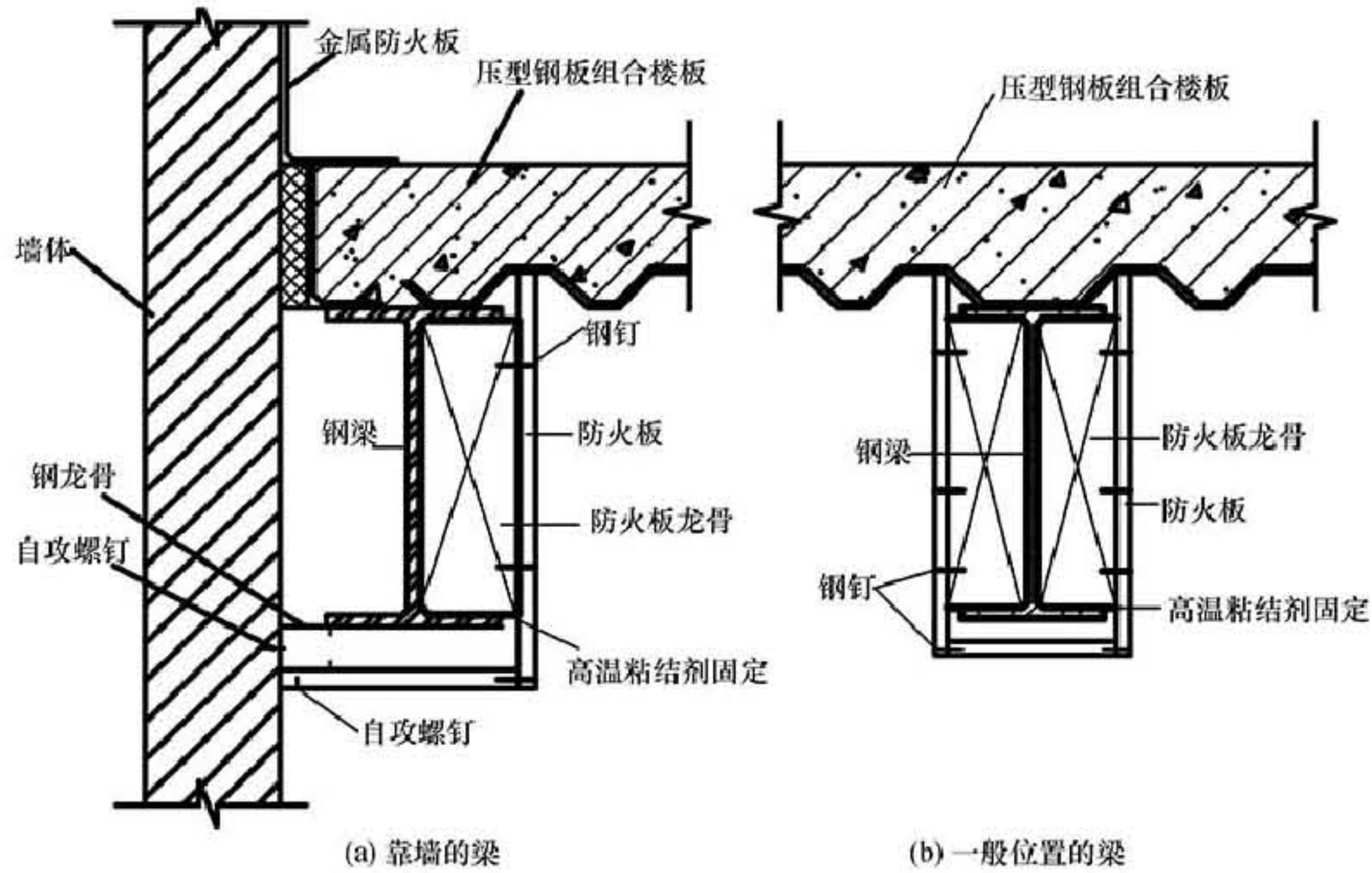


图 9.2.3-2 钢梁采用防火板的防火保护构造

[9.2.4] 采用柔性毡状隔热材料的钢结构防火保护构造宜按图 9.2.4 选用。

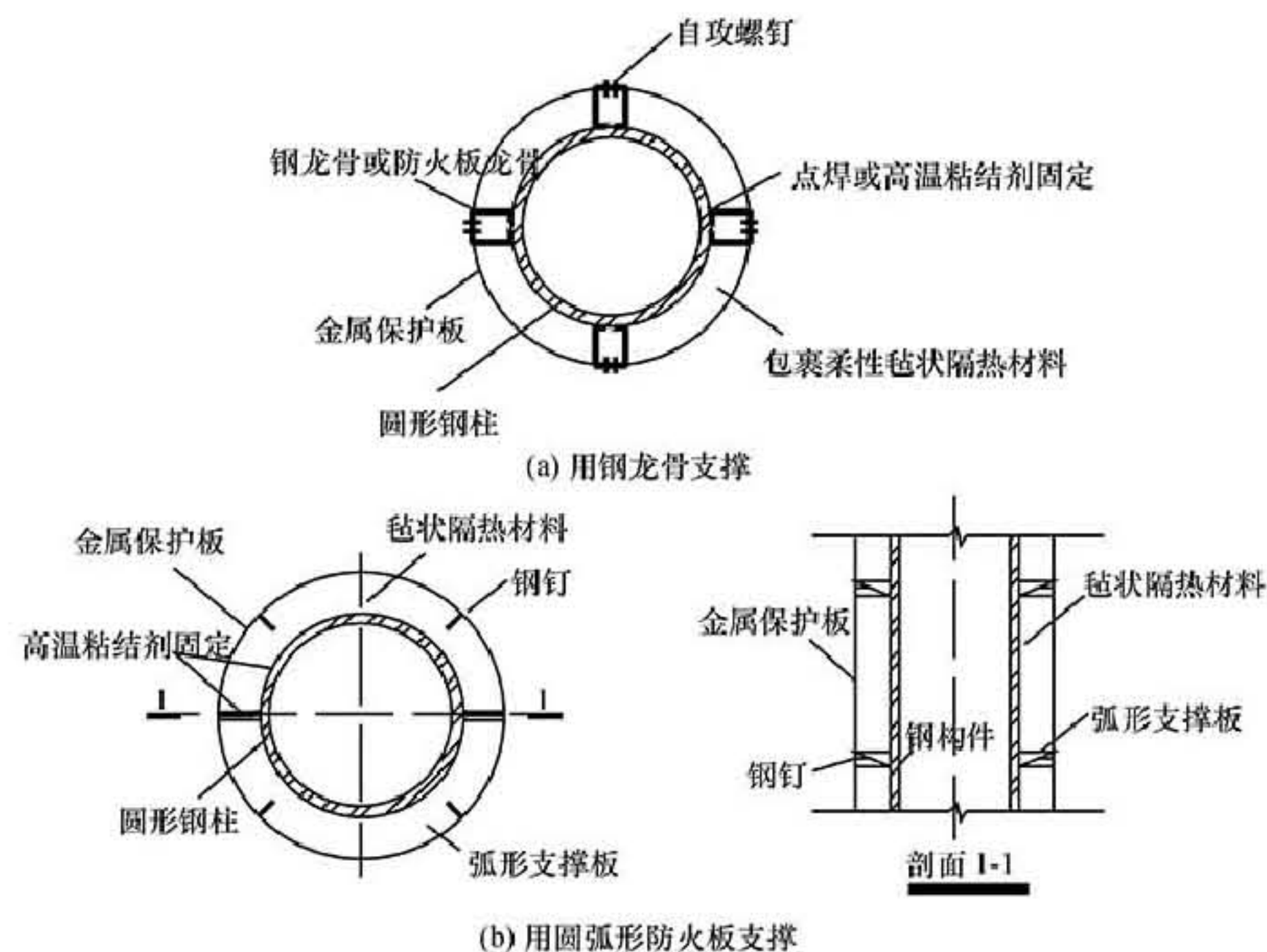


图 9.2.4 采用柔性毡状隔热材料的防火保护构造

《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222-95:

[2.0.4] 安装在钢龙骨上的纸面石膏板,可作为 A 级装修材料使用。

【要点说明】

本条规定中的钢龙骨不可理解为主体钢结构的受力构件。该条文中的吊顶钢龙骨为非受力构件,是在梁、柱、楼板均满足防火要求时,因实际情况对吊顶材料的燃烧级别做了放宽,钢结构建筑的梁、柱、支撑等外露构件应经过防火设计,采取相应构造措施。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.11.2] 钢结构住宅装修设计应充分考虑钢材的特性,实行防火构造优先的原则。

《钢结构住宅设计规范》CECS 261:2009:

[4.3.4] 当组合楼盖的压型钢板置于梁上时,与梁上翼缘间形成的空隙应以膨胀型的防火材料封堵。防火墙处应满足耐火极限的要求。

[4.3.7] 外墙与楼板端面间的缝隙应以防火、隔声材料填塞。

【要点说明】

钢构件防火保护层采用包敷不燃材料的做法占用空间大,适用于公共建筑而不适合用于钢结构住宅建筑;防火板、复合防火板也容易受到住户装修改造的破坏。随着化工工业的发展,薄型防火涂料的性能已可以满足钢结构耐火时间的要求,在钢结构住宅中宜采用薄型防火涂料加装饰板的防火构造。钢结构防火构造可参考图集 06SG501《民用建筑钢结构防火构造》。

【措施方法】

选用钢结构防火涂料应符合以下要求:

- 1 应有产品鉴定证书,以及国家制定的防火建材检测机构提供的产品耐火性能的检测报告并有消防监督部门合法的生产许可证;
- 2 非膨胀型防火涂料应提供导热系数、比热和密度参数;
- 3 用于制造防火涂料的原料不得使用石棉材料和苯类溶剂。使用干式喷涂施工工艺,不得采用主

要成分为矿物纤维的涂料,以免有害人体健康和污染环境;

4 防火涂料应呈碱性或偏碱性。底层涂料应能同防锈漆或钢板相容,并有良好的结合力。

2.1.4.8 防水设计

【规范条文】

《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008:

[3.1.3] 地下工程的防水设计,应根据地表水、地下水、毛细管水等的作用,以及由于人为因素引起的附近水文地质改变的影响确定。单建式的地下工程,宜采用全封闭、部分封闭的防排水设计;附建式的全地下或半地下工程的防水设防高度,应高出室外地坪高程 500mm 以上。

【要点说明】

常规的砌体或混凝土结构建筑由于外饰面日趋现代化的简洁风格而不使用常用的勒脚做法,因此也常常忽视首层勒脚处的防水设防高度,地下室外包防水材料通常在散水位置收头,无地下室的地面防潮层也设置在首层地面垫层处。除此以外,还应采用 500 高防水砂浆进行墙面防水设防。

【措施方法】

钢结构建筑、特别是没有地下室的钢结构建筑,当时内外高差小于 500mm 时,其首层的外墙当采用轻质条板墙体时不应直接落在地面上。首层外墙宜采用不低于 500mm 的密实材料设置地垄墙,防止地表水及散水上溅起的雨水渗入轻质墙体与地面的接缝。

2.1.5 专业协同

2.1.5.1 一般规定

工业化建筑讲求工业化生产率高,装配精度高,应该改变传统建造方式后期随意剔凿的习惯。尤其是钢结构建筑,金属构件不像混凝土建筑可以随意开小洞,因此在前期设计时要将方方面面的情况想到,各种条件留足,避免建成后又面临改造修补的困难。协同设计应从建筑设计、建造、运营维护等建筑全生命周期进行考虑。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ/T 209-2010:

[4.1.2] 轻型钢结构住宅应按照建筑、结构、设备和装修一体化设计原则,并按配套的建筑体系和产品为基础进行综合设计。

【要点说明】

协同设计应进行建筑、结构、机电设备、室内装修一体化设计。应充分考虑工业化建筑的特点以及项目所在地的技术经济条件,利用信息化技术手段实现各专业间的协同配合,尤其是室内装修设计与建筑结构、机电设备形成系统的有机结合,并能保证生产、施工过程中顺利实现工业化建筑的各种技术要求。

2.1.5.2 建筑设计协同

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.1.5] 钢结构住宅的建筑设计应与结构、水、电、燃气、采暖、通风各专业协调。做到设计合理,技术先进。

【措施方法】

1 方案设计阶段协同设计

方案阶段,应了解业主需求,确定项目定位,根据技术要点的要求做好平面设计和立面设计。平面设计在保证使用功能的基础上,通过全体系的模数协调,实现平面组合的模块化和多样化。立面设计要根据建造地点的气候条件选择外围护材料,确定外墙与柱的位置关系。

2 初步设计阶段协同设计

初设阶段,结合各专业的工作进一步优化和深化。根据项目设备系统和梁高反推层高,并及早与甲

方确定。

- (1) 应结合当地地域特点和技术、习惯等因素,实现外围护构件和连接节点的标准化设计。
- (2) 根据排水形式,确定降板范围和降板方式。
- (3) 在规划设计中,确定场地内构件运输、存放、吊装等设计方案。
- (4) 从户型标准化、模块化方面进行户型的优化设计。
- (5) 建筑与结构专业应对外围护结构连接节点部位在构造、防水、防火、隔声、节能等方面的可行性研究。

(6) 应体现工业化建筑的特点,尽量采用预制外墙保温饰面一体板面层做法,可采用涂料、陶板、面砖等做法。

(7) 结合节能设计,确定外围护结构保温做法,寒冷、严寒地区宜采用复合夹芯保温板结合外保温体系。

(8) 与机电专业和室内精装修设计确定强电箱、弱电箱、预留预埋管线和开关点位的预留预埋方案。

3 施工图设计阶段协同设计

施工图阶段按照初设确定的技术路线深化设计,各专业与建筑部品、装饰装修、构件厂等上下游厂商加强配合,做好构件组合深化设计,提供能够实现的预制构件大样图,尤其是做好节点的防水、防火、隔音和系统集成设计,解决好连接节点之间和部品之间的“错漏碰缺”。在建筑工程设计图纸深度要求基础上增加围护构件排版大样图、墙板连接节点构造详图等。

- (1) 预制构件设计应注意建筑节能保温的形式,选取适合地域需求的保温材料。
- (2) 饰面保温一体板宜采用装饰混凝土、涂料、面砖、石材等耐久、不宜污染的材料,板块分格宜结合材料标准尺寸进行统一。
- (3) 根据室内装修图和机电设备管线图,进行套内管线综合,确定钢梁腹板的留洞定位。
- (4) 对管线相对集中、交叉、密集的部位,如强弱电盘、表箱等进行管线综合,并在建筑设计和结构设计中加以体现,同时依据精装修施工图纸进行整体机电设备管线的预留预埋。
- (5) 预埋设备及管道安装所需要的支吊架或预埋件,支吊架安装应牢固可靠,并具有耐久性,支吊架间距应符合相关工艺标准的要求。穿越预制墙体的管道应预留套管,穿越预制楼板的管道应预留洞,穿越预制梁的管道应预留套管。安装固定于预制外墙上的管线,应在工厂安装预埋固定件。

2.1.5.3 内装协同

【规范条文】

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014:

[7.2.3] 土建工程与装修工程一体化设计,评价总分为10分,并按下列规则评分:

- 1 住宅建筑土建与装修一体化设计的户数比例达到30%,得6分;达到100%,得10分。
- 2 公共建筑的公共部位土建与装修一体化设计的户数比例达到30%,得6分;所有部位均土建与装修一体化设计,得10分。

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.11.1] 新建钢结构住宅宜提供菜单式的全装修,一次装修到位,以减少装修对结构安全可能造成的损害。

【要点说明】

钢结构住宅的全装修设计应遵循建筑、装修、部品一体化的设计原则,部品体系应满足国家相应标准要求,并满足安全、经济、节能、环保的要求,部品体系宜实现以集成化为特征的成套供应,部品安装应满足干法施工要求。钢结构住宅是先天的SI体系,特别适合结合内装修设计,以内装工业化带动部品工业化继而实现构件和部品制造工厂化、施工安装装配化要求,并执行优化参数、公差配合和接口技术等有关规定,以提高其互换性和通用性。

【措施方法】

1 内装设计采用标准化、模数化设计;各构件、部品与主体结构之间的尺寸应匹配、协调,应提前预留、预埋接口,采用易于装修工程的装配化施工;墙、地面块材铺装基本保证现场无二次加工。

2 在设计过程中,应确定所有点位的定位,并在预制构件中进行预埋。

3 全装修设计应综合考虑不同材料、设备、设施具有不同的使用年限,装修体应具有可变性和适应性,便于施工安装、使用维护和维修改造。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[3.11.2] 钢结构住宅装修设计应充分考虑钢材的特性,实行防火构造优先的原则。

【要点说明】

钢材的防火是钢结构建筑设计中要解决的重要内容。不仅在建筑建造时保证钢结构构件的安全,也要保证在交付使用后的结构构件安全,应结合内装一次到位,使业主不易私自破坏钢结构防火构造。

【措施方法】

凡室内外露的金属承重构件都应按照《建筑设计防火规范》GB 50016-2014要求和项目耐火级别确定各构件的耐火时间,根据建筑类型和使用年限选用经济耐久的防火构造措施。

2.2 结构设计

多高层钢结构民用建筑可以分为公共建筑和住宅。多高层钢结构住宅类建筑在结构设计方面基本和多高层钢结构公共建筑相同,仅在部分细节上和钢结构公建有所区别,本节对多高层钢结构建筑的结构设计统一叙述,在钢结构住宅和公建不同的地方分别进行了描写。

目前我国常用的多高层钢结构建筑的结构体系可分为纯钢结构和钢-混凝土混合结构。其中纯钢结构建筑的结构体系主要包括:钢框架结构、钢框架支撑结构(包括框架-中心支撑、框架-偏心支撑和框架-屈曲约束支撑结构)、钢框架-延性墙板结构、筒体结构(包括框筒、筒中筒)、桁架筒和束筒结构、巨型框架结构等。其中框架是具有抗弯能力的钢框架;框架-支撑体系中的支撑在设计中可采用中心支撑、偏心支撑和屈曲约束支撑;框架-延性墙板体系中的延性墙板主要指钢板剪力墙、无粘结内藏钢板支撑剪力墙板和内嵌竖缝混凝土剪力墙板等。筒体体系包括框筒、筒中筒、桁架筒、束筒,这些筒体才可才用钢结构、也可采用钢-混凝土混合结构。巨型框架主要是由巨型柱和巨型梁(桁架)组成的结构。常用的多高层钢-混凝土混合结构体系主要包括钢支撑-钢筋混凝土框架、钢框架-钢筋混凝土核心筒、钢外筒-钢筋混凝土核心筒等。

考虑抗震设计时,多高层建筑钢结构体系应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径,应具有必要的承载能力,足够大的刚度,良好的变形能力和消耗地震能量的能力,并设置多道抗震防线,避免因部分结构或构件的破坏而导致整个结构丧失承受重力荷载、风荷载和地震作用的能力;结构刚度、承载力和质量在竖向和水平方向的分布应合理,避免因局部突变或结构扭转效应而形成薄弱部位,对可能出现的薄弱部位,应采取有效的加强措施。

《钢结构设计规范》GB 50017-2003规定了钢结构设计中的基本规定和构件设计方法;《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015对高层纯钢结构建筑的设计进行了规定;《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010的部分章节以及《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014、《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ 138-2001、《钢管混凝土结构技术规范》YB 9082-2006等规范标准对钢-混凝土混合结构的设计作了规定;《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209-2010对低层和多层钢结构住宅的设计作了规定。

2.2.1 一般规定

本节包括多高层钢结构建筑、钢-混凝土混合结构建筑在进行结构设计时的基本要求、钢材材料的规定、结构整体变形规定、以及结构的形式和布置等要求。

2.2.1.1 基本要求

多高层纯钢结构建筑的设计首先应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中第三章和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 1 章与第 3.1 节的各项基本要求。对于钢-混凝土混合结构，《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 做出结构设计方面的基本规定。对于层数不超过 6 层的轻型钢结构住宅，《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209-2010 第 5.1 节给出了结构设计的一般规定，主要基于《钢结构设计规范》GB 50017、《建筑结构荷载规范》GB 50009 以及《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[1.0.2] 本规程适用于 10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28m 的住宅建筑以及房屋高度大于 24m 的其它高层民用建筑钢结构的设计、制作与安装。非抗震设计和抗震设防烈度为 6 度至 9 度抗震设计的高层民用建筑钢结构，其适用的房屋最大高度和结构类型应符合本规程的有关规定。

本规程不适用于建造在危险地段以及发震断裂最小避让距离内的高层民用建筑钢结构。

[1.0.3] 高层民用建筑钢结构应注重概念设计，综合考虑建筑的使用功能、环境条件、材料供应、制作安装、施工条件因素，优先选用抗震抗风性能好且经济合理的结构体系、构件形式、连接构造和平立面布置。在抗震设计时，应保证结构的整体抗震性能，使整体结构具有必要的承载能力、刚度和延性。

[3.1.5] 高层民用建筑的填充墙、隔墙等非结构构件宜采用轻质板材，应与主体结构可靠连接。房屋高度不低于 150m 的高层民用建筑外墙宜采用建筑幕墙。

[3.1.6] 高层民用建筑钢结构构件的钢板厚度不宜大于 100mm。

【要点说明】

大量地震震害及其他自然灾害表明，在危险地段及发震断裂最小避让距离之内建造房屋和构筑物较难幸免灾祸，由于缺乏相关工程实践和研究成果，规程并未提出具体条款。此外，注重高层民用建筑钢结构的概念设计，保证结构的整体性，是国内外历次大地震及风灾的重要经验总结。

多高层钢结构建筑非结构构件采用轻质板材可有效减轻结构自重和地震反应，同时便于实现与主体结构的可靠连接，能够适应较大的层间变形。结构构件采用过厚钢板容易导致结构构件的加工制作及安装难度大，且焊接部位残余应力影响显著、受力复杂、疲劳性能不易保证，因此为尽量避免上述缺点，规程给出了板厚的限值。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.1.1] 本章规定的混合结构，系指由外围钢框架或型钢混凝土、钢管混凝土框架与钢筋混凝土核心筒所组成的框架-核心筒结构，以及由外围钢框筒或型钢混凝土、钢管混凝土框筒与钢筋混凝土核心筒所组成的筒中筒结构。

【要点说明】

钢-混凝土混合结构体系是近年来在我国迅速发展的一种新型结构体系，由于其在降低结构自重、减少结构截面尺寸、加快施工进度等方面的显著优势，已引起工程界和投资商的广泛关注，已有大量高度在 150m~200m 的建筑甚至更高的高层建筑采用了钢-混凝土混合结构，其中使用最多的是框架-核心筒及筒中筒混合结构体系。

2.2.1.2 钢材材料规定

一般多高层钢结构、钢-混凝土混合结构建筑的结构构件和连接部件选材应参考《钢结构设计规

范》GB 50017-2003 和《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 的规定。根据具体结构形式的不同，还应参考其它相应的专用规范，如《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ 138-2001、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014 等。协会标准《钢结构钢材选用与检验技术规程》CECS 300:2011 对各种钢材的选用和材质性能做出了更详细的规定，可供设计人员进一步参考。

多高层钢结构建筑所用钢材首先应满足《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 和《钢结构设计规范》GB 50017-2003 等相关规范中针对钢材的材料要求。

【规范条文】

《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010:

[3.9.2] 结构材料性能指标，应符合下列最低要求:

3 钢结构的钢材应符合下列规定:

1) 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85;

2) 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%;

3) 钢材应有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

《钢结构设计规范》GB 50017-2003:

[3.3.3] 承重结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。

焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[4.1.2] 钢材的牌号和等级应符合下列规定:

1 主要承重构件所用钢材的牌号宜选用 Q345 钢、Q390 钢，一般构件宜选用 Q235 钢，其材质和材料性能应分别符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 或《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。有依据时可选用更高强度级别的钢材。

2 主要承重构件所用较厚的板材宜选用高性能建筑用 GJ 钢板，其材质和材料性能应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。

3 外露承重钢结构可选用 Q235NH、Q355NH 或 Q415NH 等牌号的焊接耐候钢，其材质和材料性能要求应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171 的规定。选用时宜附加要求保证晶粒度不小于 7 级，耐腐蚀指数不小于 6.0。

4 承重构件所用钢材的质量等级不宜低于 B 级；抗震等级为二级及以上的高层民用建筑钢结构，其框架梁、柱和抗侧力支撑等主要抗侧力构件钢材的质量等级不宜低于 C 级。

5 承重构件中厚度不小于 40mm 的受拉板件，当其工作温度低于 -20℃ 时，宜适当提高其所用钢材的质量等级。

6 选用 Q235A 或 Q235B 级钢时应选用镇静钢。

[4.1.4] 高层民用建筑中按抗震设计的框架梁、柱和抗侧力支撑等主要抗侧力构件，其钢材性能要求尚应符合下列规定:

1 钢材抗拉性能应有明显的屈服台阶，其断后伸长率 A 不应小于 20%;

2 钢材屈服强度波动范围不应大于 120N/mm²，钢材实物的实测屈服比不应大于 0.85;

3 抗震等级为三级及以上的高层民用建筑钢结构，其主要抗侧力构件所用钢材应具有与其工作温度相应的冲击韧性合格保证。

[4.1.6] 钢框架柱采用箱形截面且壁厚不大于 20mm 时，宜选用直接成方工艺成型的冷弯方（矩）形焊接钢管，其材质和材料性能应符合现行行业标准《建筑结构用冷弯矩型钢管》JG/T 178 中 I 级产品的规定；框架柱采用圆钢管时，宜选用直缝焊接圆钢管，其材质和材料性能应符合现行行业标准《建筑结构用冷成型焊接圆钢管》JG/T 381 的规定，其截面规格的径厚比不宜过小。

【要点说明】

随着我国钢材生产工业的发展，结构钢材品种不断完善、质量性能不断提高，现有国产结构用钢已可在保证较高强度的同时，也具有较好的延性、韧性和焊接性能，能够满足抗风、抗震高层钢结构用钢的综合性能要求，因此在材料选用方面，规程包括 Q390 钢、高性能建筑用 GJ 厚钢板等钢材，也提出有依据（如进行性能化设计）时可选用更高强度的钢材。

钢材的延性要求主要为保证高层钢结构建筑在地震作用下的安全性和可靠性。在罕遇地震下，造成建筑物破坏的循环周次通常在 100~200 周以内，结构响应带有高应变低周疲劳工作特点，因此承重结构钢材需具有适应大应变与塑性变形的延性和韧性性能，从而有效消耗地震能量，减小地震作用，达到大震不倒的设防目标。

多高层钢结构建筑中，箱形截面与方（矩）钢管截面特性优良，工程应用广泛，型材产品质量也更有保证，推荐采用。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 4.2 节给出了各牌号钢材、焊接结构用铸钢件、焊缝以及螺栓的强度设计值，包括 Q345GJ 钢的相关材料设计指标。

【措施方法】

当多高层钢结构建筑工程中选用较大截面圆钢管时，宜选用直焊缝焊接圆钢管，同时应避免过大的冷作硬化效应降低钢管的延性，截面径厚比不应过小，主要承重构件不宜小于 20（Q235 钢）或 25（Q345 钢）。

对于轻型钢结构住宅建筑，《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209-2010 对材料选用的要求，主要基于《钢结构设计规范》GB 50017-2003 和《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010，并推荐宜主要采用 Q235B 碳素结构钢以及 Q345B 低合金高强度结构钢。这两种牌号的钢材具有多年的生产和使用经验，材质稳定，性能可靠，经济指标较好；B 级钢材的韧性能够完全满足住宅环境的使用温度，没有必要使用更高级别或更高强度等级的钢材。

2.2.1.3 结构整体变形规定

外围钢框架或型钢混凝土、钢管混凝土框架与砼核心筒组成的框架-核心筒结构，以及由外围钢框架或型钢混凝土、钢管混凝土框筒与砼核心筒组成的筒中筒结构，层间位移比限值参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 中第 3.7.3 条和第 3.7.5 条的规定。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[3.5.2] 在风荷载或多遇地震标准值作用下，按弹性方法计算的楼层层间最大水平位移与层高之比不宜大于 1/250。

[3.5.4] 高层民用建筑钢结构薄弱层或薄弱部位弹塑性层间位移不应大于层高的 1/50。

[3.5.5] 房屋高度不小于 150m 的高层民用建筑钢结构应满足风振舒适度要求。在现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应大于表 3.5.5 的限值。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度，可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算，也可通过风洞试验结果判断确定。计算时钢结构阻尼比宜取 0.01~0.015。

表 3.5.5 结构顶点的顺风向和横风向风振加速度限值

使用功能	a_{lim}
住宅、公寓	0.20m/s ²
办公、旅馆	0.28m/s ²

[3.5.7] 楼盖结构应具有适宜的舒适度。楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应大于表 3.5.7 的限值。楼盖结构竖向振动加速度可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定计算。

表 3.5.7 楼盖竖向振动加速度限值

人员活动环境	峰值加速度限值（m/s ² ）	
	竖向自振频率不大于 2Hz	竖向自振频率不小于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

注：楼盖结构竖向频率为 2Hz~4Hz 时，峰值加速度限值可按线性插值选取。

【要点说明】

多高层建筑层数多、高度大，为保证在正常情况下主体结构基本处于弹性受力状态以及填充墙板、隔墙和幕墙等非结构构件的完好，多高层钢结构建筑须具有必要的刚度，同时保证用户的舒适度。刚度控制主要通过控制层间位移角来实现，并不扣除整体弯曲转角产生的侧移。在正常使用状况下（风荷载或多遇地震标准值作用下），按弹性方法计算的层间最大水平位移不超过层高的 1/250；对于薄弱层或薄弱部位一般按弹塑性方法计算，其最大层间水平位移不超过层高的 1/50。

高层建筑结构的风振反应加速度包括顺风向的最大加速度、横风向最大加速度和扭转角速度，最大限值的确定主要依据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的相关规定。

对于大跨度楼盖结构，其舒适度的保证主要通过控制其竖向自振频率和加速度限值来实现，避免跳跃时周围人群的不舒适。

当钢结构住宅结构为纯钢结构时，参照《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010，新版《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 的规定，层间侧移比应控制在 1/250。但是对于纯钢结构住宅，如果采用外墙挂板，内隔墙砌块等做法，在层间侧移比接近 1/250 时主体结构可以保证弹性，但是可能内外墙已经发生明显破坏。针对外墙体系和主体钢结构的连接形式，纯钢结构住宅的层间位移比宜根据具体情况考虑适当从严控制。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ209-2010：

[5.1.8] 轻型钢结构住宅在风荷载和多遇地震作用下，楼层内最大弹性层间位移分别不应超过楼层高度的 1/400 和 1/300。

[5.1.9] 层间位移计算可不计梁柱节点域剪切变形的影响。

【要点说明】

由于轻型钢结构住宅的钢构件截面尺寸通常较小，变形主要是构件刚度控制，因此节点域变形可忽略不计。

2.2.1.4 结构形式和布置

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[3.2.2] 非抗震设计和抗震设防烈度为 6 度至 9 度的乙类和丙类高层民用建筑钢结构适用的最大高度应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 高层民用建筑钢结构适用的最大高度 (m)

结构体系	6 度、7 度 (0.10g)	7 度 (0.15g)	8 度		9 度 (0.40g)	非抗震 设计
			(0.20g)	(0.30g)		
框架	110	90	90	70	50	110
框架—中心支撑	220	200	180	150	120	240
框架—偏心支撑、框架—屈曲 约束支撑、框架—延性墙板	240	220	200	180	160	260
筒体 (框筒、筒中筒、桁架 筒、束筒)、巨型框架	300	280	260	240	180	360

- 注：1 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度 (不包括局部突出屋顶部分)；
2 超过表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施；
3 表内筒体不包括混凝土筒；
4 框架柱包括全钢柱和钢管混凝土柱；
5 甲类建筑 6、7、8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高 1 度后符合本表要求，9 度时应做专门研究。

[3.2.3] 高层民用建筑钢结构的高宽比不宜大于表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 高层民用建筑钢结构适用的最大高宽比

烈度	6、7	8	9
最大高宽比	6.5	6.0	5.5

- 注：1 计算高宽比的高度从室外地面算起；
2 当塔形建筑底部有大底盘时，计算高宽比的高度从大底盘顶部算起。

[3.2.4] 房屋高度不超过 50m 的高层民用建筑可采用框架、框架—中心支撑或其它体系的结构；超过 50m 的高层民用建筑，8、9 度时宜采用框架—偏心支撑、框架—延性墙板或屈曲约束支撑等结构。高层民用建筑钢结构不应采用单跨框架结构。

【要点说明】

对于最大适用高度的限值，将框架—偏心支撑（延性墙板）单列，有利于促进它的推广应用。筒体和巨型框架以及框架—偏心支撑的适用最大高度，与国内现有建筑已达到的高度相比是保守的。高层民用建筑的高宽比，是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制；在结构设计满足本规程规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后，仅从结构安全角度讲高宽比限值不是必须满足的，主要影响结构设计经济性。此外，根据不同结构类型高层钢结构建筑房屋的受力特点，按房屋高度和设防烈度给出了具体的结构选型要求。

多高层钢结构建筑的建筑设计应根据抗震概念设计的要求明确建筑形体的规则性。不规则的建筑方案应按规定采取加强措施；特别不规则的建筑方案应进行专门研究和论证，采用特别的加强措施；严重不规则的建筑方案不应采用。《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015 中第 3.3 节对高层钢结构建筑形体及其结构布置的平面、竖向不规则性的判断依据、具体的加强措施、构造要求、楼盖整体性要求以及侧向刚度计算方法和变化限值作出了规定，与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定基本一致。

【规范条文】

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010：

[G.1.3] 钢支撑—混凝土框架结构的结构布置，应符合下列要求：

- 1 钢支撑框架应在结构的两个主轴方向同时设置。
2 钢支撑宜上下连续布置，当受建筑方案影响无法连续布置时，宜在邻跨延续布置。

3 钢支撑宜采用交叉支撑，也可采用人字支撑或 V 形支撑；采用单支撑时，两方向的斜杆应基本对称布置。

4 钢支撑在平面内的布置应避免导致扭转效应；钢支撑之间无大洞口的楼、屋盖的长宽比，应符合本规范 6.1.6 条对抗震墙间距的要求；楼梯间宜布置钢支撑。

5 底层的钢支撑框架按刚度分配的地震倾覆力矩应大于结构总地震倾覆力矩的 50%。

【要点说明】

钢支撑—混凝土框架结构的结构布置主要是指钢支撑在混凝土框架中的布置，总体原则要求是满足连续性和对称性，保证结构两个主轴方向的刚度，同时避免扭转效应，使这一混合结构的受力更加合理。

【规范条文】

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010：

[G.2.3] 钢框架—钢筋混凝土核心筒结构房屋的结构布置，尚应符合下列要求：

1 钢框架—核心筒结构的钢外框架梁、柱的连接应采用刚接；楼面梁宜采用钢梁。混凝土墙体与钢梁刚接的部位宜设置连接用的构造型钢。

2 钢框架部分按刚度计算分配的最大楼层地震剪力，不宜小于结构总地震剪力的 10%。当小于 10% 时，核心筒的墙体承担的地震作用应适当增大；墙体构造的抗震等级宜提高一级，一级时应适当提高。

3 钢框架—核心筒结构的楼盖应具有良好的刚度并确保罕遇地震作用下的整体性。楼盖应采用压型钢板组合楼盖或现浇钢筋混凝土楼盖，并采取措施加强楼盖与钢梁的连接。当楼面有较大开口或属于转换层楼面时，应采用现浇实心楼盖等措施加强。

4 当钢框架柱下部采用型钢混凝土柱时，不同材料的框架柱连接处应设置过渡层，避免刚度和承载力突变。过渡层钢柱计入外包混凝土后，其截面刚度可按过渡层下部型钢混凝土柱和过渡层上部钢柱二者截面刚度的平均值设计。

【要点说明】

钢框架—混凝土核心筒结构中，核心筒主要承担地震剪力，钢框架则分担较少；为保证结构的整体性，二者的刚性连接可靠性要求较高，同时楼板与钢梁的连接也建议加强。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3—2010：

[11.1.2] 混合结构高层建筑适用的最大高度应符合表 11.1.2 的规定。

表 11.1.2 混合结构高层建筑适用的最大高度 (m)

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度				
			6 度	7 度	8 度		9 度
					0.2g	0.3g	
框架—核心筒	钢框架—钢筋混凝土核心筒	210	200	160	120	100	70
	型钢 (钢管) 混凝土框架—钢筋混凝土核心筒	240	220	190	150	130	70
筒中筒	钢外筒—钢筋混凝土核心筒	280	260	210	160	140	80
	型钢 (钢管) 混凝土外筒—钢筋混凝土核心筒	300	280	230	170	150	90

注：平面和竖向均不规则的结构，最大适用高度应适当降低。

[11.1.3] 混合结构高层建筑的高宽比不宜大于表 11.1.3 的规定。

表 11.1.3 混合结构高层建筑适用的最大高宽比

结构体系	非抗震设计	抗震设防烈度		
		6 度、7 度	8 度	9 度
框架—核心筒	8	7	6	4
筒中筒	8	8	7	5

【要点说明】

钢—混凝土混合结构房屋的最大适用高度主要依据已有的工程经验。此外研究表明，混合结构中钢框架承担的地震剪力过少，会导致混凝土核心筒的受力状态和地震下的表现与普通钢筋混凝土结构几乎无差别，甚至混凝土墙体更易破坏，因此，对钢框架—核心筒结构体系的最大适用高度较 B 级高度的全混凝土框架—核心筒体系的最大适用高度适当减少。

考虑到混合结构中钢（型钢混凝土、钢管混凝土）框架—钢筋混凝土筒体结构的主要抗侧力体系仍然是钢筋混凝土筒体，因此其高宽比限值和层间位移角限值均取钢筋混凝土结构体系的同一数值，而筒中筒体系混合结构，外周筒体抗侧刚度较大，承担水平力较多，钢筋混凝土内筒分担的水平力减少，且外筒延性更好，故其高宽比要求适当放宽。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209—2010:

5.1.2] 轻型钢结构住宅的结构体系应根据建筑层数和抗震设防烈度选用轻型钢框架结构体系或轻型钢框架—支撑结构体系。

5.1.3] 轻型钢结构住宅框架结构体系，宜利用镶嵌填充的轻质墙体侧向刚度对整体结构抗侧移的作用，墙体的侧向刚度应根据墙体的材料和连接方式的不同由试验确定，并应符合下列要求：

1 应通过足尺墙片试验确定填充墙对钢框架侧向刚度的贡献，按位移等效原则将墙体等效成交叉支撑构件，并提供支撑构件截面尺寸的计算公式；

2 抗侧力试验应满足：当钢框架层间相对侧移角达到 1/300 时，墙体不得出现任何开裂破坏；当达到 1/200 时，墙体在接缝处可出现修补的裂缝；当达到 1/50 时，墙体不应出现断裂或脱落。

【要点说明】

国内外关于框架填充墙体抗侧力的研究表明，忽略填充墙体的侧向刚度作用，对抗震不利。填充墙使得结构的侧向刚度增大，同时也增大了地震作用。框架与填充墙之间的相互作用，使得钢框架的内力重分布。考虑填充墙的作用，有利于结构抗震，从而减少框架设计的用钢量，使结构轻型成为可能。

【措施方法】

在轻型钢结构住宅结构体系的选择中，除轻型钢框架结构体系和轻型钢框架—支撑结构体系外，也可以采用小型方钢管组成的格构式梁柱体系，与轻钢龙骨墙体结合，适用低层建筑，并由专业公司进行设计。

2.2.2 结构计算

多高层钢结构建筑、钢—混凝土混合结构建筑的结构计算主要包括荷载作用及各种作用的组合、结构分析方法、结构稳定性分析以及地震作用分析等内容。

2.2.2.1 作用及作用组合

多高层钢结构建筑的结构设计须考虑竖向荷载、温度作用、风荷载、屋面雪荷载等以及水平和竖向地震作用，主要参考现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

对于钢结构住宅所用的一些新型内外墙体系，如一些外墙板（ALC 板）、阳台成品部件的恒荷载会比较大，宜根据具体情况考虑。另外，《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 对住宅活荷载规定为

2kN/m²，对浴室、卫生间的活荷载规定为 2.5kN/m²。而对钢结构住宅目前推广的内装工业化为了保证设备管线的维修，如果采用室内六面架空、整体卫浴等做法，装修荷载可能会比较大。在结构设计中宜考虑将二次装修荷载和外墙、内隔墙荷载制定为恒荷载进行结构计算，以免计算中漏载。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015:

5.1.2] 计算构件内力时，楼面及屋面活荷载可取为各跨满载，楼面活荷载大于 4kN/m² 时宜考虑楼面活荷载的不利布置。

5.1.3] 施工中采用附墙塔、爬塔等对结构有影响的起重机械或其他施工设备时，应根据具体情况验算施工荷载对结构的影响。

【要点说明】

多高层钢结构建筑的竖向荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的相关规定采用。当业主对楼面活荷载有特别要求时，可按业主要求采用，但不应小于现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定值。此外，针对活荷载的计算，由于该类结构中活荷载与永久荷载相比较小，可不考虑活荷载不利分布可简化计算；但楼面活荷载大于 4kN/m² 时，宜考虑不利布置。高层民用建筑钢结构的设计要考虑施工时的情况，对结构进行验算。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015:

5.1.7] 宜考虑施工阶段和使用阶段温度作用对钢结构的影响。

【要点说明】

考虑到钢结构对温度比较敏感，宜考虑由季节性气温变化、太阳辐射、使用热源等因素引起的温度作用对结构的影响。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015:

5.2.2] 对于房屋高度大于 30m 且高宽比大于 1.5 的房屋，应考虑风压脉动对结构产生顺风向振动的影响。结构顺风向风振响应计算应按随机振动理论进行，结构的自振周期应按结构动力学计算。

对横风向风振作用效应或扭转风振作用效应明显的高层民用建筑，应考虑横风向风振或扭转风振的影响。横风向风振或扭转风振的计算范围、方法及顺风向与横风向效应的组合方法应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

5.2.4] 基本风压应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。对风荷载比较敏感的高层民用建筑，承载力设计时应按基本风压的 1.1 倍采用。

5.2.6] 当多栋或群集的高层民用建筑相互间距较近时，宜考虑风力相互干扰的群体效应。一般可将单栋建筑的体形系数 μ_s 乘以相互干扰增大系数，该系数可参考类似条件的试验资料确定，必要时通过风洞试验或数值技术确定。

5.2.7] 房屋高度大于 200m 或有下列情况之一的高层民用建筑，宜进行风洞试验或通过数值技术判断确定其风荷载：

- 1 平面形状不规则，立面形状复杂；
- 2 立面开洞或连体建筑；
- 3 周围地形和环境较复杂。

【要点说明】

多高层钢结构建筑的风荷载计算主要依据《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定执行。一般高层钢结构建筑高度较高，高宽比较大，结构顶点风速可能大于临界风速，引起较明显的结构横向振动，因此设计人员应特别注意考虑结构顺风向风振、横风向风振或扭转风振对高层民用建筑钢结构的影响。

对风荷载比较敏感的高层民用建筑,其基本风压应适当提高(承载力设计时应按基本风压的1.1倍采用),无论其设计使用年限为50年或100年。

当高层民用建筑群的房屋相互间距较近时,漩涡相互干扰显著,局部风压显著增大,应在设计中注意。对重要的高层建筑,建议在风洞试验中考虑周围建筑物的干扰因素;另外对于结构平面及立面形状复杂、开洞或连体建筑及周围地形和环境复杂的结构,也建议进行风洞试验或其他数值技术合理确定风荷载取值。

【措施方法】

高层钢结构建筑对风荷载是否敏感,主要与高层建筑的体型、结构体系和自振特性有关,目前工程界尚无实用的划分标准。《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015建议,一般情况下高度大于60m的高层民用建筑,承载力设计时风荷载计算可按基本风压的1.1倍采用;对于房屋高度不超过60m的高层民用建筑,风荷载取值是否提高,可由设计人员根据实际情况确定。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015中第6.4.1条~第6.4.5条详细规定了荷载组合和地震作用组合的方法。

【要点说明】

主要根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153以及《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定制订;其中针对高层民用建筑钢结构的特别规定包括:①增加了考虑设计使用年限的可变荷载(楼面活荷载)调整系数,设计使用年限为50年时取1.0,设计使用年限为100年时取1.1;②仅规定了持久、短暂设计状况下以及地震设计状况下,作用基本组合时的作用效应设计值的计算公式,对偶然作用组合、标准组合不做强制性规定;③明确了本节规定不适用于作用和作用效应呈非线性关系的情况;④表6.4.4中增加了7度(0.15g)时,也要考虑水平地震、竖向地震作用同时参与组合的情况;⑤对水平长悬臂结构和大跨度结构,表6.4.4增加了竖向地震作用为主要可变作用的组合工况。此外,一般情况下,可不考虑风荷载与罕遇地震作用的组合效应。

2.2.2.2 结构分析方法

多高层钢结构、钢-混凝土混合结构建筑在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下可采用弹性分析方法,在罕遇地震作用下可采用弹塑性分析方法。

《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014对各类钢管混凝土结构,包括框架、框架支撑、框架-剪力墙、框架-筒体结构的结构分析和分析结果控制做出了具体的要求。《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ 138-2001和《钢管混凝土结构技术规程》YB 9082-2006中少量内容规定了在计算中合理考虑钢管混凝土构件的方法,其它计算参数和计算结果控制参数索引到《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010的相关部分。

当钢结构住宅采用钢框架结构,墙体所用的不同形式填充墙、墙板的抗侧移刚度会影响钢框架结构的整体抗侧刚度,从而影响结构的自振周期大小。当内墙、外墙较多,对结构侧向变形限制较明显时,应对钢框架结构自振周期进行合理的折减。钢结构住宅类建筑多采用外挂墙板,内隔墙墙板或砌块,结构计算阻尼比可能会比《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015的规定偏大。如纯钢结构在50m~200之间,规范规定阻尼比是0.03,如采用外墙挂板和填充墙内墙,计算阻尼比0.03宜根据实际情况适度增大。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[6.1.2] 计算高层民用建筑钢结构的内力和变形时,可假定楼盖在其自身平面内为无限刚性,设计时应采取相应措施保证楼盖平面内的整体刚度。当楼盖可能产生较明显的面内变形时,计算时应采用楼

盖平面内的实际刚度,考虑楼盖的面内变形的影响。

[6.1.3] 高层民用建筑钢结构弹性计算时,钢筋混凝土楼板与钢梁间有可靠连接,可计入钢筋混凝土楼板对钢梁刚度的增大作用,两侧有楼板的钢梁其惯性矩可取为 $1.5I_b$,仅一侧有楼板的钢梁其惯性矩可取为 $1.2I_b$, I_b 为钢梁截面惯性矩。弹塑性计算时,不应考虑楼板对钢梁惯性矩的增大作用。

【要点说明】

一般情况下,可将楼盖视为平面内无限刚性,结构计算时取为刚性楼盖。根据楼板开洞等实际情况,确定结构计算时是否按弹性楼板计算。钢筋混凝土楼板与钢梁连接可靠时,楼板可作为钢梁的翼缘,两者共同工作,计算钢梁截面的惯性矩时,可计入楼板的作用。大震时,楼板可能开裂,不计入楼板对钢梁刚度的增大作用。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[6.2.1] 高层民用建筑钢结构的弹性计算模型应根据结构的实际情况确定,应能较准确地反映结构的刚度和质量分布以及各结构构件的实际受力状况;可选择空间杆系、空间杆-墙板元及其它组合有限元等计算模型;延性墙板的计算模型,可按本规程附录B、附录C、附录D的有关规定执行。

[6.2.2] 高层民用建筑钢结构弹性分析时,应计入重力二阶效应的影响。

[6.2.5] 梁柱刚性连接的钢框架计入节点域剪切变形对侧移的影响时,可将节点域作为一个单独的剪切单元进行结构整体分析,也可按下列规定作近似计算:

1 对于箱形截面柱框架,可按结构轴线尺寸进行分析,但应将节点域作为刚域,梁柱刚域的总长度,可取柱截面宽度和梁截面高度的一半两者的较小值。

2 对于H形截面柱框架,可按结构轴线尺寸进行分析,不考虑刚域。

3 当结构弹性分析模型不能计算节点域的剪切变形时,可将框架分析得到的楼层最大层间位移角与该楼层柱下端的节点域在梁端弯矩设计值作用下的剪切变形角平均值相加,得到计入节点域剪切变形影响的楼层最大层间位移角。任一楼层节点域在梁端弯矩设计值作用下的剪切变形角平均值可按下式计算:

$$\theta_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{GV_{p,i}} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (6.2.5)$$

式中: θ_m —楼层节点域的剪切变形角平均值;

M_i —该楼层第*i*个节点域在所考虑的受弯平面内的不平衡弯矩(N·mm),由框架分析得出,即

$M_i = m_{i1} + m_{i2}$, m_{i1} 、 m_{i2} 分别为受弯平面内该楼层第*i*个节点左、右梁端同方向的地震作用组合下的弯矩设计值;

n —该楼层的节点域总数;

G —钢材的剪切模量(N/mm²);

$V_{p,i}$ —第*i*个节点域的有效体积(mm³),按本规程第7.3.6条的规定计算。

[6.2.6] 钢框架-支撑结构、钢框架-延性墙板结构的框架部分按刚度分配计算得到的地震层剪力应乘以调整系数,达到不小于结构总地震剪力的25%和框架部分计算最大层剪力1.8倍二者的较小值。

【要点说明】

高层钢结构建筑是复杂的三维空间受力体系,计算分析时应根据结构实际情况,选取能较准确地反映结构中各构件的实际受力状况的力学模型,且在分析中应考虑几何非线性影响。为更准确地计算结构侧移,应考虑节点刚域的剪切变形,或采用简化方法进行考虑,使计算结果偏于安全。

依据多道防线的概念设计,钢框架—支撑结构、钢框架—延性墙板结构体系中,支撑框架、带延性墙板的框架是第一道防线,在强烈地震中支撑和延性墙板先屈服,内力重分布使框架部分承担的地震剪力增大,二者之和大于弹性计算的总剪力。美国规范认为当框架部分的剪力调整不小于结构总地震剪力的25%时可以被认为是双重抗侧力体系。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[6.3.3] 高层民用建筑钢结构弹塑性变形计算应符合下列规定:

1 房屋高度不超过100m时,可采用静力弹塑性分析方法;高度超过150m时,应采用弹塑性时程分析法;高度为100m~150m时,可视结构不规则程度选择静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法;高度超过300m时,应有两个独立的计算。

2 复杂结构应首先进行施工模拟分析,应以施工全过程完成后的状态作为弹塑性分析的初始状态。

3 结构构件上应作用重力荷载代表值,其效应应与水平地震作用产生的效应组合,分项系数可取1.0。

4 钢材强度可取屈服强度 f_y 。

5 应计入重力荷载二阶效应的影响。

[6.3.5] 采用静力弹塑性分析法进行罕遇地震作用下的变形计算时,应符合下列规定:

1 可在结构的两个主轴方向分别施加单向水平力进行静力弹塑性分析;

2 水平力可作用在各层楼盖的质心位置,可不考虑偶然偏心的影响;

3 结构的每个主轴方向宜采用不少于两种水平力沿高度分布模式,其中一种可与振型分解反应谱法得到的水平力沿高度分布模式相同;

4 采用能力谱法时,需求谱曲线可由现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的地震影响系数曲线得到,或由建筑场地的地震安全性评价提出的加速度反应谱曲线得到。

【要点说明】

结构材料的性能指标(如弹性模量、强度取值等)以及本构关系,与结构或构件的抗震性能有密切关系,应根据实际情况合理选用。如进行钢结构弹塑性分析时,钢材一般选用材料的屈服强度,结构弹塑性变形往往比弹性变形大很多,考虑结构几何非线性进行计算是必要的,结果的可靠性也会因此有所提高。

采用静力弹塑性分析方法时,可用能力谱法或其它有效方法确定罕遇地震时结构层间弹塑性位移角,可取两种水平力沿高度分布模式得到的层间弹塑性位移角的较大值作为罕遇地震作用下该结构的层间弹塑性位移角。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.3.3] 竖向荷载作用计算时,宜考虑钢柱、型钢混凝土(钢管混凝土)柱与钢筋混凝土核心筒竖向变形差异引起的结构附加内力,计算竖向变形差异时宜考虑混凝土收缩、徐变、沉降及施工调整等因素的影响。

【要点说明】

外柱与内筒的竖向变形差异宜根据实际施工工况进行计算。在施工阶段,宜考虑施工过程中已对这些差异逐层进行调整的有利因素,也可考虑采取外伸臂桁架延迟封闭、楼面梁与外周柱及内筒体采用铰接等措施减小差异变形的影响。在伸臂桁架永久封闭以后,后期的差异变形会对伸臂桁架或楼面梁产生附加内力,伸臂桁架及楼面梁的设计应考虑这些不利影响。

2.2.2.3 结构稳定性分析

对钢-混凝土混合结构建筑,《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010第5.4部分规定了结构稳定性验算的要求。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[6.1.7] 高层民用建筑钢结构的整体稳定性应符合下列规定:

1. 框架结构应满足下式要求:

$$D_i \geq 5 \sum_{j=1}^n G_j / h_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.1.7-1)$$

2. 框架—支撑结构、框架—延性墙板结构、筒体结构和巨型框架结构应满足下式要求:

$$EJ_d \geq 0.7H^2 \sum_{i=1}^n G_i \quad (6.1.7-2)$$

式中: D_i ——第*i*楼层的抗侧刚度(kN/mm);可取该层剪力与层间位移的比值;

h_i ——第*i*楼层层高(mm);

G_i, G_j ——分别为第*i, j*楼层重力荷载设计值(kN),取1.2倍的永久荷载标准值与1.4倍的楼面可变荷载标准值的组合值;

H ——房屋高度(mm);

EJ_d ——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度($\text{kN} \cdot \text{mm}^2$),可按倒三角形分布荷载作用下结构顶点位移相等的原则,将结构的侧向刚度折算为竖向悬臂受弯构件的等效侧向刚度。

【要点说明】

多高层钢结构建筑的整体稳定性通过控制重力P-Δ效应不超过20%,使结构的稳定具有适宜的安全储备。在水平力作用下,高层民用建筑钢结构的稳定应满足本条的规定,不应放松要求。如不满足本条的规定,应调整并增大结构的侧向刚度。

2.2.2.4 地震作用分析

多高层钢结构建筑的地震作用分析基本可按《建筑抗震设计规范》GB 50011执行,同时《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015针对其结构受力特点增加了部分补充条款。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[5.3.1] 高层民用建筑钢结构的地震作用计算除应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 扭转特别不规则的结构,应计入双向水平地震作用下的扭转影响;其他情况,应计算单向水平地震作用下的扭转影响;

2 9度抗震设计时应计算竖向地震作用;

3 高层民用建筑中的大跨度、长悬臂结构,7度(0.15g)、8度抗震设计时应计入竖向地震作用。

[5.3.2] 高层民用建筑钢结构的抗震计算,应采用下列方法:

1 高层民用建筑钢结构宜采用振型分解反应谱法;对质量和刚度不对称、不均匀的结构以及高度超过100m的高层民用建筑钢结构应采用考虑扭转耦联振动影响的振型分解反应谱法;

2 高度不超过40m、以剪切变形为主且质量和刚度沿高度分布比较均匀的高层民用建筑钢结构,可采用底部剪力法;

3 7~9度抗震设防的高层民用建筑,下列情况应采用弹性时程分析进行多遇地震下的补充计算:

1) 甲类高层民用建筑钢结构;

2) 表5.3.2所列的乙、丙类高层民用建筑钢结构;

3) 不满足本规程第3.3.2条规定的特殊不规则的高层民用建筑钢结构。

表 5.3.2 采用时程分析的房屋高度范围

烈度、场地类别	房屋高度范围 (m)
8 度 I、II 类场地和 7 度	> 100
8 度 III、IV 类场地	> 80
9 度	> 60

4 计算罕遇地震下的结构变形,应接现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,采用静力弹塑性分析方法或弹塑性时程分析法。

5 计算安装有消能减震装置的高层民用建筑的结构变形,应接现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,采用静力弹塑性分析方法或弹塑性时程分析法。

【要点说明】

大跨度指跨度大于 24m 的楼盖结构、跨度大于 12m 的转换结构,长悬臂指悬挑长度大于 5m 的悬挑结构。大跨度、长悬臂结构应验算自身及其支承部位结构的竖向地震效应。与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定相比,大跨度、长悬臂结构 7 度 (0.15g) 时也应计入竖向地震作用的影响,主要原因是高层建筑由于高度较高,竖向地震作用效应放大比较明显。

多高层钢结构建筑主要采用振型分解反应谱法,底部剪力法的应用范围较小;弹性时程分析法作为补充计算方法,在高层民用建筑中已得到比较普遍的应用,特别是高度较高或刚度、承载力和质量沿竖向分布不均匀的特别不规则建筑或特别重要的甲、乙类建筑,需采用弹性时程分析法进行补充计算。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 还规定了地震加速度时程曲线的选取、建筑结构地震影响系数曲线的阻尼调整和形状参数、多遇地震下应验算单向水平地震作用下考虑偶然偏心影响的计算参数。此外,《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 5.4 节和第 5.5 节分别详细介绍了水平和竖向地震作用的计算方法,其内容主要引用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,并在水平地震作用计算中增加了考虑双向水平地震作用下的地震效应组合方法。

【规范条文】

《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010:

[G.1.4] 钢支撑—混凝土框架结构的抗震计算,尚应符合下列要求:

1 结构的阻尼比不应大于 0.045,也可按混凝土框架部分和钢支撑部分在结构总变形能所占的比例折算为等效阻尼比。

2 钢支撑框架部分的斜杆,可按端部铰接杆计算。当支撑斜杆的轴线偏离混凝土柱轴线超过柱宽 1/4 时,应考虑附加弯矩。

3 混凝土框架部分承担的地震作用,应按框架结构和支撑框架结构两种模型计算,并宜取二者的较大值。

4 钢支撑—混凝土框架的层间位移限值,宜按框架和框架—抗震墙结构内插。

【要点说明】

钢支撑—混凝土框架结构介于混凝土框架结构与支撑框架(或框架—抗震墙)结构之间,因此在抗震计算时,两种计算模型均应考虑,并偏于安全地取承担地震作用的最大值;层间位移限值则进行插值确定。

【规范条文】

《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010:

[G.2.4] 钢框架—钢筋混凝土核心筒结构的抗震计算,尚应符合下列要求:

1 结构的阻尼比不应大于 0.045,也可按钢筋混凝土筒体部分和钢框架部分在结构总变形能力所占的比例折算为等效阻尼比。

2 钢框架部分除伸臂加强层及相邻楼层外的任一楼层按计算分配的地震剪力应乘以放大系数,达

到不小于结构底部总地震剪力的 20% 和框架部分计算最大楼层地震剪力 1.5 倍二者的较小值,且不少于结构底部地震剪力的 15%。由地震作用产生的该楼层框架各构件的剪力、弯矩、轴力计算值均应进行相应调整。

3 结构计算宜考虑钢框架柱和钢筋混凝土墙体轴向变形差异的影响。

4 结构层间位移限值,可采用钢筋混凝土结构的限值。

【要点说明】

钢框架部分各构件的内力计算值均应进行放大调整,以达到结构底部总地震剪力的一定比例限值,保证结构的安全性。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.3.5] 混合结构在多遇地震作用下的阻尼比可取为 0.04。风荷载作用下楼层位移验算和构件设计时,阻尼比可取为 0.02~0.04。

【要点说明】

钢—混凝土混合结构的阻尼比介于钢结构和钢筋混凝土结构之间,考虑到钢—混凝土混合结构抗侧刚度主要来此混凝土核心筒,故阻尼比取为 0.04,偏向于混凝土结构;在风荷载作用下,结构塑性变形一般比设防烈度地震作用下小,因此阻尼比也应比后者设计采用的小,并根据房屋高度和结构形式选取不同的值。

2.2.3 构件设计

多高层钢结构建筑、钢—混凝土混合结构建筑的结构构件设计主要包括一般规定、构件设计限值、构件计算、其他要求等内容。

2.2.3.1 一般规定

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.1.3] 当梁上设有符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中规定的整体式楼板时,可不计算梁的整体稳定性。

[7.1.4] 梁设有侧向支撑体系,并符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 规定的受压翼缘自由长度与其宽度之比的限值时,可不计算整体稳定。按三级及以上抗震等级设计的高层民用建筑钢结构,梁受压翼缘在支撑连接点间的长度与其宽度之比,应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 关于塑性设计时的长细比要求。在罕遇地震作用下可能出现塑性铰处,梁的上下翼缘均应设侧向支撑点。

【要点说明】

梁的整体稳定性一般由刚性隔板或侧向支撑体系来保证,当有压型钢板现浇钢筋混凝土楼板或现浇钢筋混凝土楼板在梁的受压翼缘上并与其牢固连接,能阻止受压翼缘的侧向位移时,梁不会丧失整体稳定,不必计算其整体稳定性。在梁的受压翼缘上仅铺设压型钢板,当有充分依据时方可不计算梁的整体稳定性。这与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 中的相关规定一致。

框架梁在预估的罕遇地震作用下,在可能出现塑性铰的截面(为梁端和集中力作用处)附近均应设置侧向支撑(隅撑),由于地震作用方向变化,塑性铰弯矩的方向也变化,故要求梁的上下翼缘均应设支撑。如梁上翼缘整体稳定性有保证,可仅在下翼缘设支撑。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.3.1] 与梁刚性连接并参与承受水平作用的框架柱,应按本规程第 6 章的规定计算内力,并按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定及本节的规定计算其强度和稳定性。

【要点说明】

框架柱的内力经过计算得到以后,其强度和稳定验算直接按现行《钢结构设计规范》GB 50017 的

有关规定和本节各项规定计算。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.5.1] 高层民用建筑钢结构的中心支撑宜采用: 十字交叉斜杆 (图 7.5.1-1a), 单斜杆 (图 7.5.1-1b), 人字形斜杆 (图 7.5.1-1c) 或 V 形斜杆体系。中心支撑斜杆的轴线应交汇于框架梁柱的轴线上。抗震设计的结构不得采用 K 形斜杆体系 (图 7.5.1-1d)。当采用只能受拉的单斜杆体系时, 应同时设不同倾斜方向的两组单斜杆 (图 7.5.1-2), 且每层不同方向单斜杆的截面面积在水平方向的投影面积之差不得大于 10%。

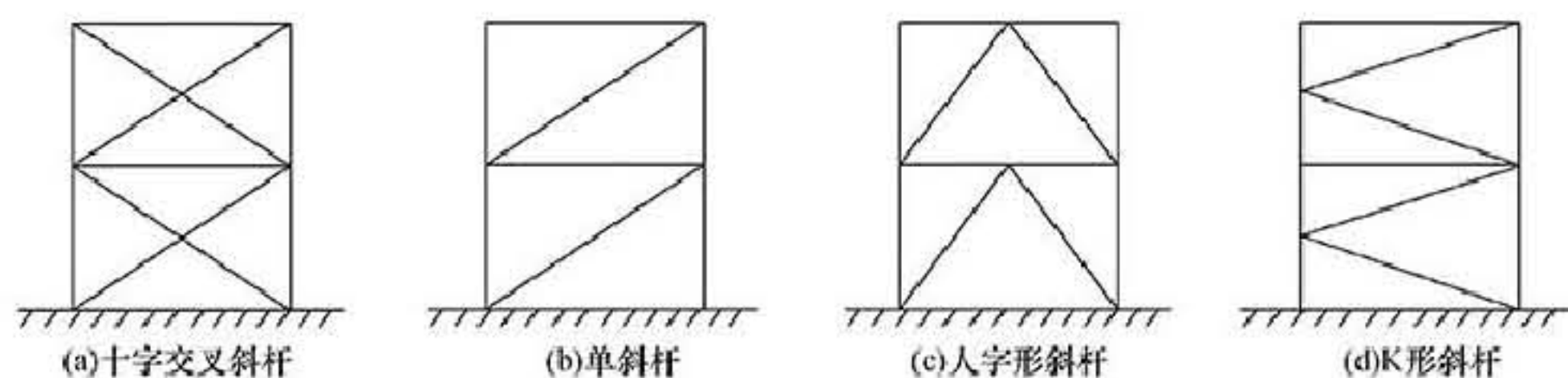


图 7.5.1-1 中心支撑类型

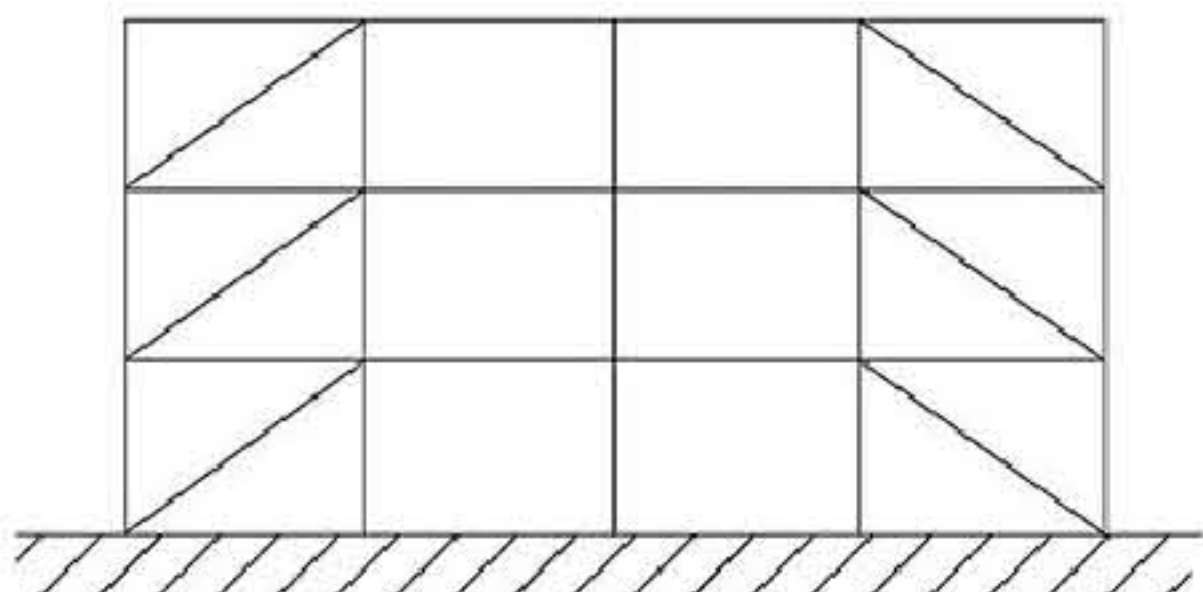


图 7.5.1-2 单斜杆支撑

【要点说明】

该条给出了高层钢结构建筑中的中心支撑布置原则, 其中 K 形支撑体系在地震作用下, 可能因受压斜杆屈曲或受拉斜杆屈服, 引起较大的侧向变形, 使柱发生屈曲甚至造成倒塌, 故不应在抗震结构中采用。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.6.1] 偏心支撑框架中的支撑斜杆, 应至少有一端与梁连接, 并在支撑与梁交点和柱之间或支撑同一跨内另一支撑与梁交点之间形成消能梁段 (图 7.6.1)。超过 50m 的钢结构采用偏心支撑框架时, 顶层可采用中心支撑。

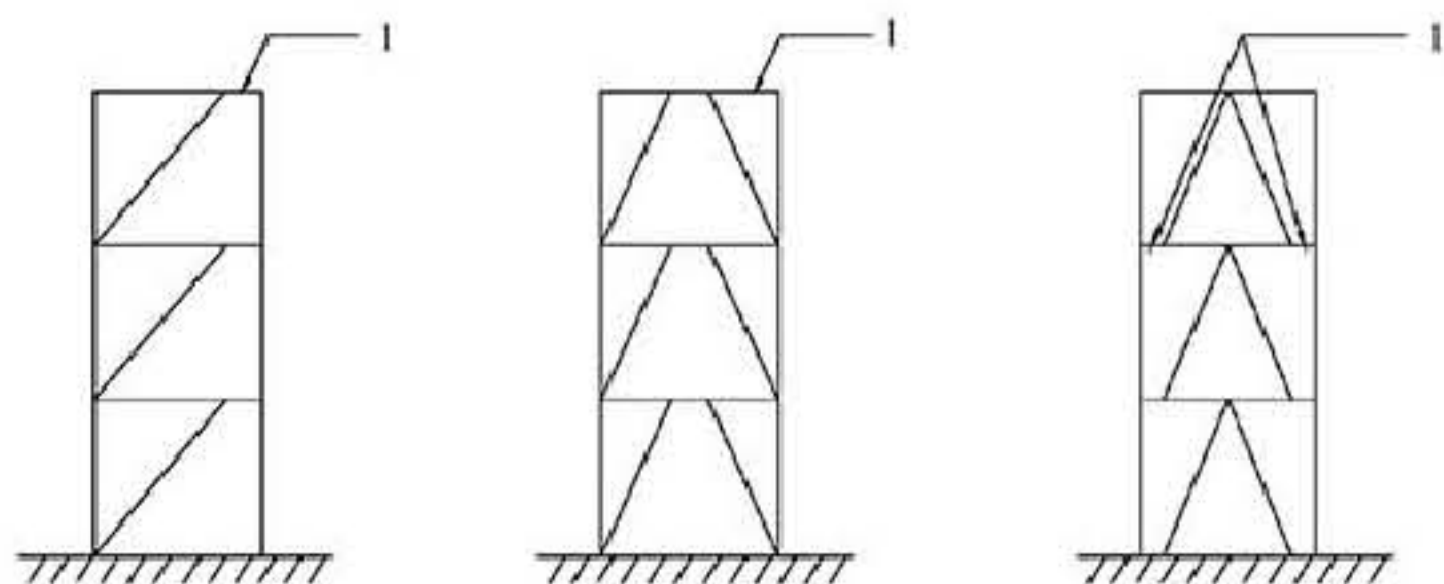


图 7.6.1 偏心支撑框架立面图

1—消能梁段

【要点说明】

偏心支撑框架中, 在支撑与柱之间或支撑与支撑之间有一段梁, 称为消能梁段。消能梁段是偏心支撑框架的“保险丝”, 在大震作用下通过消能梁段的非弹性变形耗能, 而支撑不屈曲。因此, 每根支撑至少一端必须与消能梁段连接。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.7.1] 伸臂桁架及腰桁架的布置应符合下列规定:

1 在需要提高结构整体侧向刚度时, 在框架-支撑组成的筒中筒结构或框架-核心筒结构的适当楼层 (加强层) 可设置伸臂桁架, 必要时可同时在外框柱之间设置腰桁架。伸臂桁架设置在外框柱与核心构架或核心筒之间, 宜在全楼层对称布置。

2 抗震设计结构中设置加强层时, 宜采用延性较好、刚度及数量适宜的伸臂桁架及 (或) 腰桁架, 避免加强层范围产生过大的层刚度突变。

3 巨型框架中设置的伸臂桁架应能承受和传递主要的竖向荷载及水平荷载, 应与核心构架或核心筒墙体及外框巨柱有同等的抗震性能要求。

4 9 度抗震设防时不宜使用伸臂桁架及腰桁架。

【要点说明】

根据统计, 对于 200m~300m 高度的结构, 设置伸臂桁架后刚度可提高 15% 左右, 设置腰桁架可提高 5% 左右, 设计中为提高侧向刚度主要设置伸臂桁架。但与此同时, 伸臂桁架的设置所形成的加强层会造成结构竖向刚度不均匀, 使墙、柱形成薄弱层。因此对于抗震设计的结构为提高侧向刚度, 应优先采用其它措施, 尽可能不设置或少设置伸臂桁架, 也因此 9 度抗震设防区不宜采用伸臂桁架。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209-2010:

[5.3.5] 轻型钢结构住宅框架柱可采用钢异形柱。用 H 型钢可拼接成的异形截面如图 5.3.5 所示, 其中 L 形截面柱的承载力可按本规程附录 A 计算。

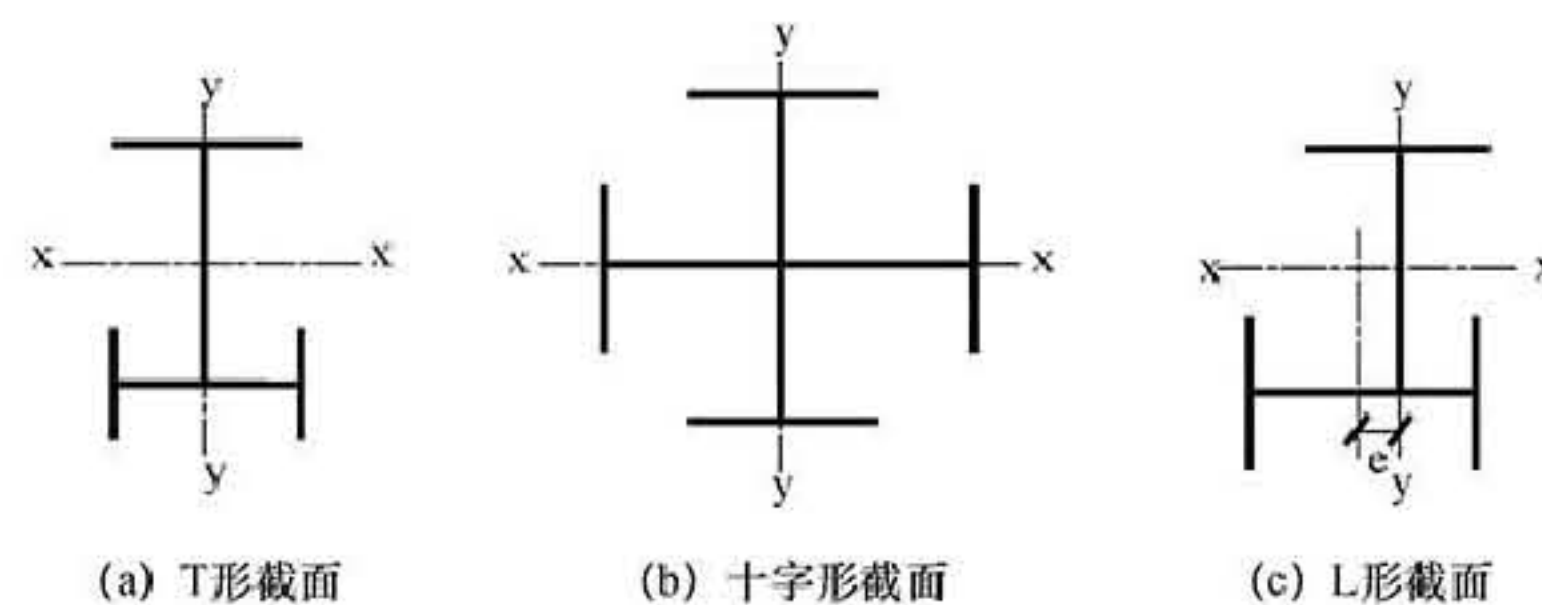


图 5.3.5 钢异形柱

【要点说明】

异形柱的提出, 主要是为了解决实际工程中钢结构住宅室内露柱的问题。

2.2.3.2 构件设计限值

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.2.2] 轴心受压柱的长细比不宜大于 $120\sqrt{235/f_y}$, f_y 为钢材的屈服强度。

【要点说明】

轴心受压柱一般为两端铰接, 不参与抵抗侧向力的柱。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.3.7] 柱与梁连接处,在梁上下翼缘对应位置应设置柱的水平加劲肋或隔板。加劲肋(隔板)与柱翼缘所包围的节点域的稳定性,应满足下式要求:

$$t_p \geq (h_{0b} + h_{0c}) / 90 \tag{7.3.7}$$

式中: t_p ——柱节点域的腹板厚度(mm),箱形柱时为一块腹板的厚度(mm);

h_{0b} 、 h_{0c} ——分别为梁腹板、柱腹板的高度(mm)。

【要点说明】

节点板域的稳定通过限制其板厚与高度和宽度之和的比值来控制,不同研究结论略有不同;考虑到设计中一般不起控制作用,统一采用1/90。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.3.9] 框架柱的长细比,一级不应大于 $60 \sqrt{235/f_y}$, 二级不应大于 $70 \sqrt{235/f_y}$, 三级不应大于 $80 \sqrt{235/f_y}$, 四级及非抗震设计不应大于 $100 \sqrt{235/f_y}$ 。

【要点说明】

框架柱的长细比关系到钢结构的整体稳定。研究表明,钢结构高度加大时,轴力加大,竖向地震对框架柱的影响很大。本条规定比现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定严格。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.4.1] 钢框架梁、柱板件宽厚比限值,应符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 钢框架梁柱板件宽厚比限值

板件名称		抗震等级				非抗震设计
		一级	二级	三级	四级	
柱	工字形截面翼缘外伸部分	10	11	12	13	13
	工字形截面腹板	43	45	48	52	52
	箱形截面壁板	33	36	38	40	40
	冷成型方管壁板	32	35	37	40	40
	圆管(径厚比)	50	55	60	70	70
梁	工字形截面和箱形截面翼缘外伸部分	9	9	10	11	11
	箱形截面翼缘在两腹板之间部分	30	30	32	36	36
	工字形截面和箱形截面腹板	72 - 120ρ	72 - 100ρ	80 - 110ρ	85 - 120ρ	85 - 120ρ
		≥ 30	≥ 35	≥ 40	≥ 45	

- 注: 1 $\rho = N / (Af)$ 为梁轴压比;
2 表列数值适用于 Q235 钢,采用其它牌号应乘以 $\sqrt{235/f_y}$, 圆管应乘以 $235/f_y$;
3 冷成型方管适用于 Q235GJ 或 Q345GJ 钢。

【要点说明】

钢框架梁板件宽厚比应随截面塑性变形发展的程度而满足不同要求,形成塑性铰后需要实现较大转动者,要求最严格,所以按不同的抗震等级划分了不同的要求,梁腹板宽厚比还要考虑轴压力的影响。按照强柱弱梁的要求,钢框架柱一般不会出现塑性铰,但是考虑材料性能变异,截面尺寸偏差以及一般未计及的竖向地震作用等因素,柱在某些情况下也可能出现塑性铰。因此,柱的板件宽厚比也应考虑按塑性发展来加以限制。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.5.2] 中心支撑斜杆的长细比,按压杆设计时,不应大于 $120 \sqrt{235/f_y}$, 一、二、三级中心支撑斜杆不得采用拉杆设计,非抗震设计和四级采用拉杆设计时,其长细比不应大于 180。

[7.5.3] 中心支撑斜杆的板件宽厚比,不应大于表 7.5.3 规定的限值。

表 7.5.3 钢结构中心支撑板件宽厚比限值

板件名称	一级	二级	三级	四级、非抗震设计
翼缘外伸部分	8	9	10	13
工字型截面腹板	25	26	27	33
箱形截面壁板	18	20	25	30
圆管外径与壁厚之比	38	40	40	42

注:表列数值适用于 Q235 钢,采用其它牌号应乘以 $\sqrt{235/f_y}$, 圆管应乘以 $235/f_y$ 。

【要点说明】

已有研究表明,支撑杆件的低周疲劳寿命与其长细比成正相关,而与其板件的宽厚比成负相关。为了防止支撑过早断裂,可适当放松对按压杆设计的支撑杆件长细比的控制。

在罕遇地震作用下,支撑杆件要经受较大的弹塑性拉压变形,为了防止支撑过早地在塑性状态下发生板件的局部屈曲,引起低周疲劳破坏,板件宽厚比取得比塑性设计要求更小一些,对支撑抗震有利。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.4.1] 型钢混凝土构件中钢板件(图 11.4.1)的宽厚比不宜超过表 11.4.1 的规定。

表 11.4.1 型钢板件宽厚比限值

钢号	梁		柱		
	b/t_f	h_w/t_w	H、十、T 形截面		箱形截面
			b/t_f	h_w/t_w	h_w/t_w
Q235	23	107	23	96	72
Q345	19	91	19	81	61
Q390	18	83	18	75	56

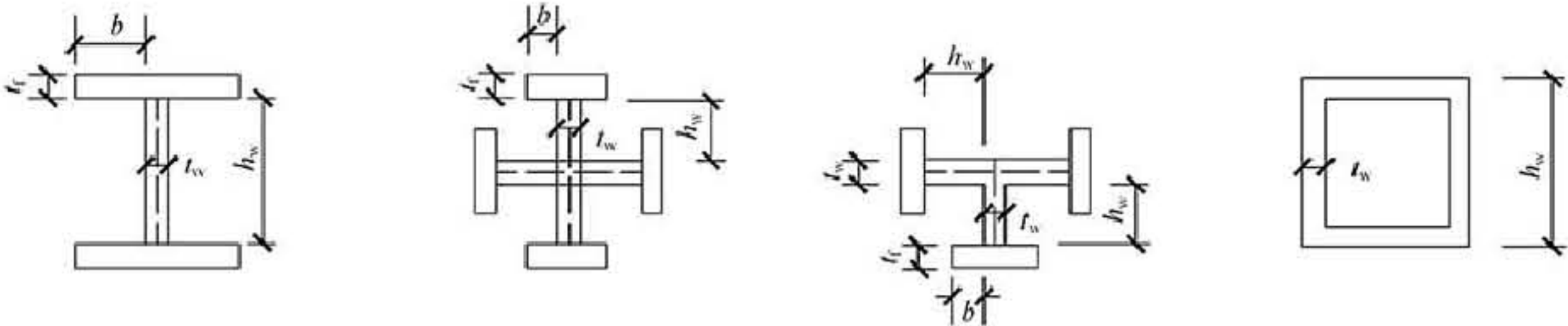


图 11.4.1 型钢板件示意

【要点说明】

型钢混凝土中,由于有混凝土及箍筋、腰筋对型钢的约束作用,型钢截面板件的宽厚比限值可较纯

钢结构适当放宽。

【规范条文】

对于层数不超过 6 层的轻型钢结构住宅，其构件的设计限值详见《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209-2010 第 5.2 节，其中框架柱和中心支撑的长细比限值汇总如下表：

表 2.1 轻型钢结构住宅框架柱和中心支撑长细比限值

构件类型	设计条件	长细比限值
框架柱	低层轻型钢结构住宅或 非抗震设防的多层轻型钢结构住宅	$\leq 150 \sqrt{235/f_y}$
	需进行抗震验算的多层轻型钢结构住宅	$\leq 120 \sqrt{235/f_y}$
中心支撑 (按受压设计)	低层轻型钢结构住宅或 非抗震设防的多层轻型钢结构住宅	$\leq 180 \sqrt{235/f_y}$
	需进行抗震验算的多层轻型钢结构住宅	$\leq 150 \sqrt{235/f_y}$
中心支撑 (按拉杆设计)	非张紧拉杆	$\leq 250 \sqrt{235/f_y}$
	张紧拉杆	无

2.2.3.3 构件计算

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 7.1.1 条给出了梁的抗弯强度计算公式，与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定一致，并规定抗震设计时截面塑性发展系数取 1.0、材料强度设计值除以 γ_{RE} ；第 7.1.2 条给出了梁的稳定计算方法，与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定一致，并规定抗震设计时材料强度设计值除以 γ_{RE} ；第 7.1.5 条给出了在主平面内受弯的实腹梁的抗剪强度计算公式，与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定一致，并补充了框架梁端部截面的抗剪强度计算公式、规定抗震设计时材料强度设计值除以 γ_{RE} ；第 7.1.6 条给出了托柱梁在地震作用下的设计方法。

【要点说明】

高层民用建筑钢结构除在预估的罕遇地震作用下出现一系列塑性铰外，在多遇地震作用下应保证不损坏。抗震设计时梁截面塑性发展系数取 1.0，主要是考虑现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 对直接承受动力荷载的梁取 1.0。梁的稳定、抗剪承载力验算方法与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 一致。托柱梁的地震作用产生的内力应乘以增大系数是考虑地震倾覆力矩对传力不连续部位的增值效应，以保证转换构件的设计安全度并具有良好的抗震性能。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 7.2.1 条给出了轴心受压柱的设计计算方法，与现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定一致，并规定抗震设计时材料强度设计值除以 γ_{RE} 。《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 7.3 节给出了框架柱的设计计算方法，其中第 7.3.2 条给出了框架柱的稳定计算方法，包括二阶效应系数、计算长度系数等；第 7.3.3 条给出了框架柱的抗震承载力验算方法和计算公式；第 7.3.4 条给出了框筒柱的计算公式；第 7.3.5 条给出了框架柱节点域的抗剪承载力计算公式；第 7.3.8 条给出了框架柱抗震设计时节点域的屈服承载力计算公式。

【要点说明】

框架柱的强度和稳定按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定和本节的各项规定

计算。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 7.5.5 条给出了中心支撑斜杆在多遇地震效应组合下的受压承载力计算公式。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[7.5.8] 一、二、三级抗震等级的钢结构，可采用带有耗能装置的中心支撑体系。支撑斜杆的承载力应为耗能装置滑动或屈服时承载力的 1.5 倍。

【要点说明】

在预估的罕遇地震作用下斜杆反复受拉压，且屈曲后变形增长很大，转为受拉时变形不能完全拉直，这就造成再次受压时承载力降低，即出现退化现象，长细比越大，退化现象越严重，这种现象需要在计算支撑斜杆时予以考虑。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 7.6.2 条给出了消能梁段的受剪承载力验算方法；第 7.6.3 条给出了消能梁段的受剪承载力计算方法；第 7.6.4 条给出了消能梁段的受弯承载力验算公式；第 7.6.5 条给出了有地震作用组合时，偏心支撑框架中除消能梁段外的构件内力设计值调整计算方法；第 7.6.6 条给出了偏心支撑斜杆的轴向承载力验算方法。

【要点说明】

消能梁段的抗剪验算及承载力计算需考虑轴力设计值。当轴力设计值超过 $0.15Af$ 时，则降低梁段的受剪承载力，以保证消能梁段具有稳定的滞回性能。

根据抗震等级对支撑的轴压力设计值、柱的设计内力、同一跨框架梁的设计弯矩等进行调整，是为保证消能梁段能进入非弹性变形而支撑不屈曲、塑性铰出现在梁而不是柱中、塑性铰出现在消能梁段而不是同一跨的框架梁，以达到消能梁段耗能的目的。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 7.8.1 条～第 7.8.4 条给出了其它抗侧力构件的设计方法，包括钢板剪力墙、无粘结内藏钢板支撑墙板、钢框架-内嵌竖缝混凝土剪力墙板以及屈曲约束支撑的设计，并在附录中给出了具体方法和公式。《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 11 章给出了高层民用建筑钢结构防火设计的一般规定以及钢梁、钢柱、压型钢板组合楼板的防火设计方法。

钢-混凝土混合结构多高层建筑的构件设计可参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 第十一章、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014 第五～七章、《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ 138-2001 第五～八章、《钢骨混凝土结构技术规范》YB 9082-2006 第六、七章的规定，并满足现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017、《混凝土结构设计规范》GB 50010 等的有关规定。

2.2.3.4 其他要求

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[7.5.6] 人字形和 V 形支撑框架应符合下列规定：

1 与支撑相交的横梁，在柱间应保持连续。

2 在确定支撑跨的横梁截面时，不应考虑支撑在跨中的支承作用。横梁除应承受大小等于重力荷载代表值的竖向荷载外，尚应承受跨中节点处两根支撑斜杆分别受拉屈服、受压屈曲所引起的不平衡竖向分力的作用。在该不平衡力中，支撑的受压力和受拉力应分别按 $0.3\phi Af$ 及 Af 计算。为了减小竖向不平衡力引起的梁截面过大，可采用跨层 X 型支撑（图 7.5.6a）或采用拉链柱（图 7.5.6b）。

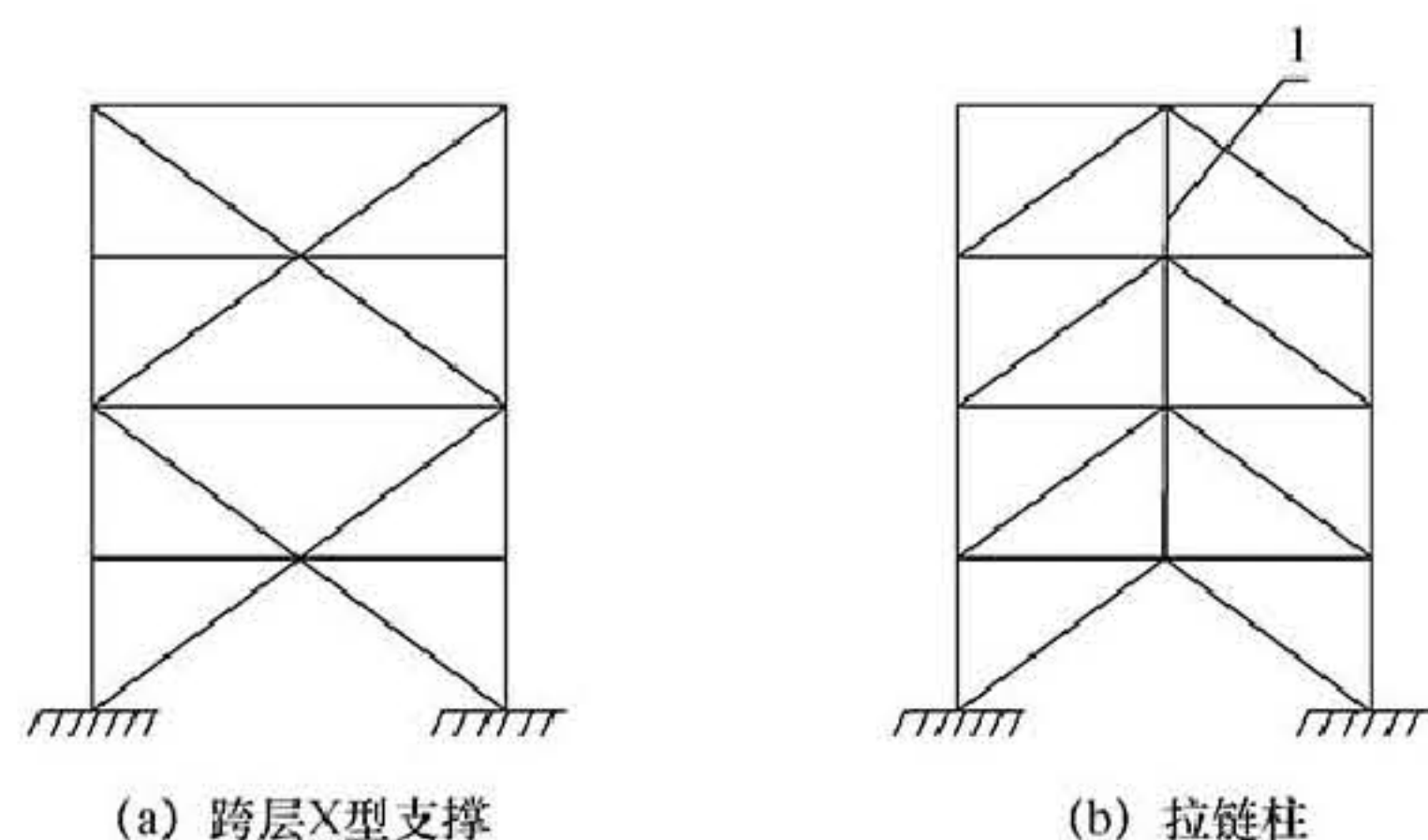


图 7.5.6 人字支撑的加强

1—拉链柱

3 在支撑与横梁相交处,梁的上下翼缘应设置侧向支承,该支承应设计成能承受在数值上等于 0.02 倍的相应翼缘承载力 $f_y b_f t_f$ 的侧向力的作用, f_y 、 b_f 、 t_f 分别为钢材的屈服强度、翼缘板的宽度和厚度。当梁上为组合楼盖时,梁的上翼缘可不必验算。

【要点说明】

相关研究表明,在罕遇地震作用下,人字形和 V 形支撑框架中的成对支撑会交替经历受拉屈服和受压屈曲的循环作用,反复的整体屈曲,使支撑杆的受压承载力降低到初始稳定临界力的 30% 左右,而相邻的支撑受拉仍能接近屈服承载力,在横梁中产生不平衡的竖向分力作用。支撑截面越大,该不平衡力也越大,将使梁截面增大很多,因此该形支撑的设计内力不需放大,并引入了跨层 X 形支撑和拉链柱的概念,以便进一步减少支撑跨梁的用钢量。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[7.7.2] 伸臂桁架及腰桁架的设计应符合下列规定:

1 伸臂桁架、腰桁架宜采用钢桁架。伸臂桁架应与核心构架柱或核心筒转角部或有 T 形墙相交部位连接。

2 对抗震设计的结构,加强层及其上、下各一层的竖向构件和连接部位的抗震构造措施,应按规定的结构抗震等级提高一级采用。

3 伸臂桁架与核心构架或核心筒之间的连接应采用刚接,且宜将其贯穿核心筒或核心框架,与另一边的伸臂桁架相连,锚入核心筒剪力墙或核心框架中的桁架弦杆、腹杆的截面面积不小于外部伸臂桁架构件相应截面面积的 1/2。腰桁架与外框架柱之间应采用刚性连接。

4 在结构施工阶段,应考虑内筒与外框的竖向变形差。对伸臂结构与核心筒及外框柱之间的连接应按施工阶段受力状况采取临时连接措施,当结构的竖向变形差基本消除后再进行刚接。

5 当伸臂桁架或腰桁架兼作转换层构件时,应按本规程第 7.1.6 条规定调整内力并验算其竖向变形及承载能力;对抗震设计的结构尚应按性能目标要求采取措施提高其抗震安全性。

6 伸臂桁架上、下楼层在计算模型中宜按弹性楼板假定。

7 伸臂桁架上、下层楼板厚度不宜小于 160mm。

【要点说明】

由于设置伸臂桁架所在层及上下层的核心筒与柱的剪力、弯矩都增大,构件截面设计及构造上需加强。

在高烈度设防区,当在较高的、或者特别不规则的高层民用建筑中设置加强层时,宜采取进一步的性能设计要求和措施。在设防地震或预估的罕遇地震作用下,对伸臂桁架及相邻上下各一层的竖向构件

提出抗震性能的更高要求,但伸臂桁架腹杆性能要求宜低于弦杆。

由于伸臂桁架上下弦同时承受轴力、弯矩、剪力,与一般楼层梁受力状态不同,在计算模型中应按弹性楼板假定计算上下弦的轴力。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.4.5] 型钢混凝土柱设计应符合下列构造要求:

1 型钢混凝土柱的长细比不宜大于 80。

2 房屋的底层、顶层以及型钢混凝土与钢筋混凝土交接层的型钢混凝土柱宜设置栓钉,型钢截面为箱形的柱子也宜设置栓钉,栓钉水平间距不宜大于 250mm。

3 混凝土粗骨料的最大直径不宜大于 25mm。型钢柱中型钢的保护层厚度不宜小于 150mm;柱纵向钢筋净间距不宜小于 50mm,且不应小于柱纵向钢筋直径的 1.5 倍;柱纵向钢筋与型钢的最小净距不应小于 30mm,且不应小于粗骨料最大粒径的 1.5 倍。

4 型钢混凝土柱的纵向钢筋最小配筋率不宜小于 0.8%,且在四角应各配置一根直径不小于 16mm 的纵向钢筋。

5 柱中纵向受力钢筋的间距不宜大于 300mm;当间距大于 300mm 时,宜附加配置直径不小于 14mm 的纵向构造钢筋。

6 型钢混凝土柱的型钢含钢率不宜小于 4%。

【要点说明】

型钢混凝土柱关于栓钉、混凝土保护层厚度等构造要求,主要是为满足型钢混凝土柱的耐久性、防火性、可靠良好的粘接锚固以及便于混凝土浇筑等要求。

型钢混凝土柱的型钢含钢率小于 4% 时,其承载力和延性与钢筋混凝土柱相比无明显提高,因此建议工程设计中不小于该值;同时也不宜过大,以降低浇筑施工的难度。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.4.9] 圆形钢管混凝土柱尚应符合下列构造要求:

1 钢管直径不宜小于 400mm。

2 钢管壁厚不宜小于 8mm。

3 钢管外径与壁厚的比值 D/t 宜在 $(200 \sim 100) \sqrt{235/f_y}$ 之间, f_y 为钢材的屈服强度。

4 圆钢管混凝土柱的套箍指标 $f_a A_a / (f_c A_c)$, 不应小于 0.5, 也不宜大于 2.5。

5 柱的长细比不宜大于 80。

6 轴向压力偏心率 e_0/r_c 不宜大于 1.0, e_0 为偏心距, r_c 为核心混凝土横截面半径。

7 钢管混凝土柱与框架梁刚性连接时,柱内或柱外应设置与梁上、下翼缘位置对应的加劲肋;加劲肋设置于柱内时,应留孔以利混凝土浇筑;加劲肋设置于柱外时,应形成加劲环板。

8 直径大于 2m 的圆形钢管混凝土构件应采取有效措施减小管内混凝土收缩对构件受力性能的影响。

[11.4.10] 矩形钢管混凝土柱应符合下列构造要求:

1 钢管截面短边尺寸不宜小于 400mm;

2 钢管壁厚不宜小于 8mm;

3 钢管截面的高宽比不宜大于 2,当矩形钢管混凝土柱截面最大边尺寸不小于 800mm 时,宜在柱子内壁上焊接栓钉、纵向加劲肋等构造措施;

4 钢管管壁板件的边长与其厚度的比值不应大于 $60 \sqrt{235/f_y}$;

5 柱的长细比不宜大于 80;

6 矩形钢管混凝土柱的轴压比应按本公式 (11.4.4) 计算,并不宜大于表 11.4.10 的限值。

表 11.4.10 矩形钢管混凝土柱轴压比限值

一级	二级	三级
0.70	0.80	0.90

【要点说明】

工程中圆形钢管混凝土柱一般采用薄壁钢管，但不宜太薄以避免钢管壁屈曲。套箍指标是衡量钢管对内部混凝土约束程度的重要指标，其限值规定是为保证有效提高钢管内混凝土轴心抗压强度和变形能力的同时，能够做到节约用材、经济合理。

矩形钢管截面边长比不宜过大，其限值是保证钢管与混凝土共同工作，而宽厚比不宜过大是为保证钢管全截面有效、避免钢管壁板件局部屈曲先于柱子整体承载能力丧失之前发生。轴压比的限值规定则是为保证其延性。

2.2.4 连接设计

多高层钢结构建筑、钢-混凝土混合结构建筑的连接设计主要包括一般规定、节点设计、节点构造要求等内容。

2.2.4.1 一般规定

高层钢结构建筑的连接主要包括：梁与柱的连接、支撑与框架的连接、柱脚的连接以及构件拼接。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[8.1.2] 钢框架抗侧力构件的梁与柱连接应符合下列规定：

1 梁与 H 形柱（绕强轴）刚性连接以及梁与箱形柱或圆管柱刚性连接时，弯矩由梁翼缘和腹板受弯区的连接承受，剪力由腹板受剪区的连接承受。

2 梁与柱的连接宜采用翼缘焊接和腹板高强度螺栓连接的形式。一、二级时梁与柱宜采用加强型连接或骨式连接。三、四级和非抗震设计时，梁与柱的连接可采用全焊接连接。

3 梁腹板用高强度螺栓连接时，应先确定腹板受弯区的高度，并应对设置于连接板上的螺栓进行合理布置，再分别计算腹板连接的受弯承载力和受剪承载力。

[8.1.3] 钢框架抗侧力结构构件的连接系数 α 应按表 8.1.3 的规定采用。

表 8.1.3 钢构件连接的连接系数 α

母材牌号	梁柱连接		支撑连接/构件拼接		柱脚	
	母材断裂	螺栓断裂	母材断裂	螺栓断裂		
Q235	1.40	1.45	1.25	1.30	埋入式	1.2 (1.0)
Q345	1.35	1.40	1.20	1.25	外包式	1.2 (1.0)
Q345GJ	1.25	1.30	1.10	1.15	外露式	1.0

注：1 屈服强度高于 Q345 的钢材，按 Q345 的规定采用；

2 屈服强度高于 Q345GJ 的 GJ 钢材，按 Q345GJ 的规定采用；

3 括号内的数字用于箱形柱和圆管柱；

4 外露式柱脚是指刚接柱脚，只适用于房屋高度 50m 以下。

【要点说明】

传统的悬臂段式梁柱连接，所需钢材和螺栓用量均偏高，影响工程造价，且运输和堆放不便。梁端宜采用加强型连接或狗骨形连接，目的是将塑性铰由柱表面外移以减小梁柱连接的破坏。

连接系数包括了超强系数和应变硬化系数；连接系数随钢种的提高而递减，也随钢材的强度等级递增而递减，是以钢材超强系数统计数据为依据的。

2.2.4.2 节点设计

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 8.2 节给出了梁与柱刚性连接的设计计算方法，其中第 8.2.1 条给出了梁与柱的刚性连接的验算公式；第 8.2.2 条给出了非抗震设计时梁与柱刚性连接的受弯承载力的计算公式；第 8.2.3 条给出了梁与柱刚性连接中梁腹板的有效受弯高度计算公式；第 8.2.4 条给出了抗震设计时，梁与柱刚性连接的极限受弯承载力计算公式；第 8.2.5 条给出了梁腹板与 H 形柱（绕强轴）、箱形柱或圆管柱的连接的设计规定和计算方法。

【要点说明】

梁截面通常由弯矩控制，梁的极限剪力设计值取与极限受弯承载力对应的剪力加竖向荷载产生的剪力。

梁柱连接极限承载力的设计计算方法，适用于抗震设计的所有等级，包括可不作结构抗震计算但仍需满足构造要求的低烈度区抗震结构。钢框架梁柱连接，弯矩除由翼缘承受外，还可由腹板承受，但由于箱形柱壁板出现平面外变形，过去无法对腹板受弯提出对应的计算公式，采用了弯矩由翼缘承受的方法。新规范提出了梁腹板参与承受弯矩的计算方法。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[8.5.1] 梁的拼接应符合下列规定：

1 翼缘采用全熔透对接焊缝，腹板用高强度螺栓摩擦型连接；

2 翼缘和腹板均采用高强度螺栓摩擦型连接；

3 三、四级和非抗震设计时可采用全截面焊接；

4 抗震设计时，应先做螺栓连接的抗滑移承载力计算，然后再进行极限承载力计算；非抗震设计时，可只做抗滑移承载力计算。

[8.5.4] 次梁与主梁的连接宜采用简支连接，必要时也可采用刚性连接（图 8.5.4）。

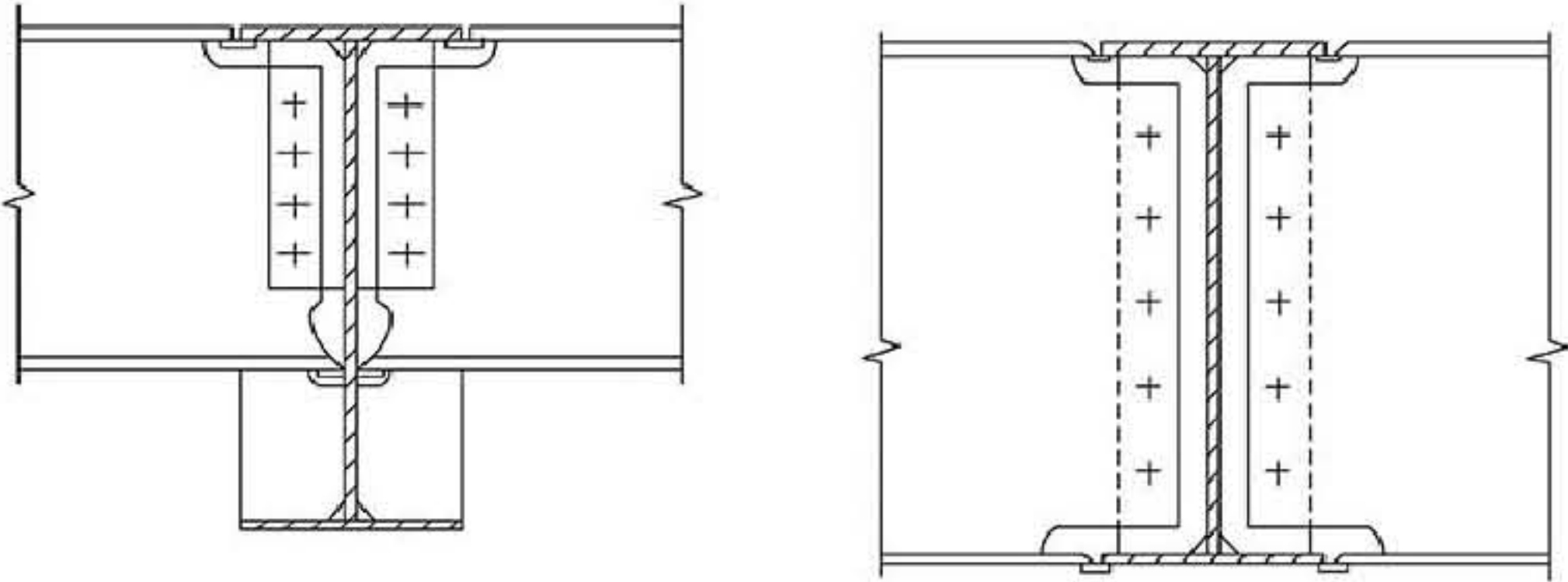


图 8.5.4 梁与梁的刚性连接

[8.5.5] 抗震设计时，框架梁受压翼缘根据需要设置侧向支承（图 8.5.5），在出现塑性铰的截面上、下翼缘均应设置侧向支承。当梁上翼缘与楼板有可靠连接时，固端梁下翼缘在梁端 0.15 倍梁跨附近均宜设置隅撑（图 8.5.5a）；梁端采用加强型连接或骨式连接时，应在塑性区外设置竖向加劲肋，隅撑与偏置 45° 的竖向加劲肋在梁下翼缘附近相连（图 8.5.5b），该竖向加劲肋不应与翼缘焊接。梁端下翼缘宽度局部加大，对梁下翼缘侧向约束较大时，视情况也可不设隅撑。相邻两支承点间的构件长细比，应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 对塑性设计的有关规定。

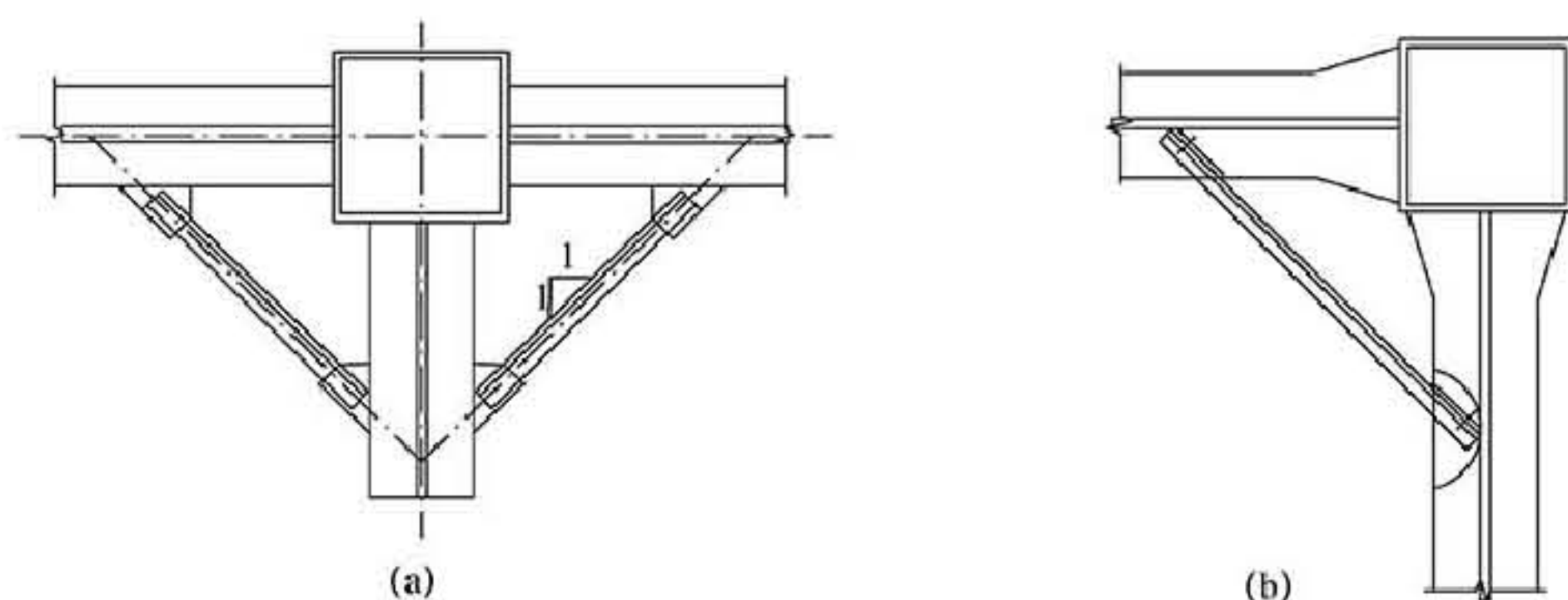


图 8.5.5 梁的隅撑设置

【要点说明】

实际工程中，翼缘采用全熔透对接焊缝、腹板用高强度螺栓摩擦型连接的梁的拼接形式应用最多。

本规范第 8.5.2 条给出了梁拼接的受弯承载力验算公式。高强度螺栓拼接在弹性阶段的抗弯计算，腹板的弯矩传递系数需乘以降低系数，是因为梁弯矩是在翼缘和腹板的拼接板间按其截面惯性矩所占比例进行分配的，由于梁翼缘的拼接板长度大于腹板拼接板长度，在其附近的梁腹板弯矩，有向刚度较大的翼缘侧传递的倾向，其结果使腹板拼接部分承受的弯矩减小。

次梁与主梁的连接，一般为次梁简支于主梁，次梁腹板通过高强度螺栓与主梁连接。次梁与主梁的刚性连接主要用于次梁的跨度较大，要求减小梁的挠度时。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 8.6.2 条给出了外露式柱脚的设计方法，具体包括混凝土基础承压面积、所需锚栓面积、柱脚极限受弯承载力以及抗剪设计的确定；第 8.6.3 条给出了外包式柱脚的设计方法，具体包括混凝土基础承压面积、受弯承载力验算、柱脚极限受弯承载力、受剪承载力等内容；第 8.6.4 条给出了埋入式柱脚的设计方法，具体包括混凝土基础承压面积、极限受弯承载力验算、采用箱形柱和圆管柱时埋入式柱脚的构造要求、抗震设计时 U 形加强钢筋的设计等。

【措施方法】

外露式柱脚的锚栓承载力计算参考了高强度螺栓连接（承压型）同时受拉受剪的承载力计算规定。锚栓抗剪时的孔径不大于锚栓直径加 5mm 左右的要求，在国内已有工程成功采用；当不能做到时，应设置抗剪键。

外包式柱脚设计应注意的主要问题是：①当外包层高度较低时，外包层和柱面间很容易出现粘结破坏，为了确保刚度和承载力，外包层应达到柱截面的 2.5 倍以上，其厚度应符合有效截面要求。②若纵向钢筋的粘结力和锚固长度不够，纵向钢筋在屈服前会拔出，使承载力降低。为此，纵向钢筋顶部一定要设弯钩，下端也应设弯钩并确保锚固长度不小于 25d。③如果箍筋太少，外包层就会出现斜裂缝，箍筋至少要满足通常钢筋混凝土柱的设计要求，其直径和间距应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。④抗震设计时，在柱脚达到最大受弯承载力之前，不应出现剪切裂缝。⑤采用箱形柱或圆管柱时，若壁板或管壁局部变形，承压力会集中出现在局部。为了防止局部变形，柱壁板宽厚比和径厚比应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 关于塑性设计的规定，也可在柱脚部分的钢管内灌注混凝土。

对于埋入式柱脚，当边（角）柱混凝土保护层厚度较小时，可能出现冲切破坏，可用下列方法之一补强：①设置栓钉。根据过去的研究，栓钉对于传递弯矩没有什么支配作用，但对于抗拉，由于栓钉受剪，能传递内力。②锚栓。因柱子的弯矩和剪力是靠混凝土的承压力传递的，当埋深较深时，在锚栓中几乎不引起内力，但柱受拉时，锚栓对传递内力起支配作用。在埋深较浅的柱脚中，加大埋深，提高

底板和锚栓的刚度，可对锚栓传力起积极作用，已得到试验确认。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 8.7.1 条给出了中心支撑与框架连接和支撑拼接的设计承载力验算方法。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[8.7.2] 当支撑翼缘朝向框架平面外，且采用支托式连接时（图 8.7.2a、b），其平面外计算长度可取轴线长度的 0.7 倍；当支撑腹板位于框架平面内时（图 8.7.2c、d），其平面外计算长度可取轴线长度的 0.9 倍。

【要点说明】

为了安装方便，有时将支撑两端在工厂与框架构件焊接在一起，支撑中部在工地拼接，此时拼接应按《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 式（8.7.1）计算。

采用支托式连接时的支撑平面外计算长度，是参考日本的试验研究结果和有关设计规定提出的。H 形截面支撑腹板位于框架平面内时的计算长度，是根据主梁上翼缘有混凝土楼板、下翼缘有隅撑以及楼层高度等情况提出来的。

【规范条文】

钢-混凝土混合结构多高层建筑的节点设计可参照《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 第十一章、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936-2014 第五、六、七章、《型钢混凝土组合结构技术规程》JGJ 138-2001 第五、六、七、八章、《钢管混凝土结构技术规程》YB 9082-2006 第六、七章的内容。

2.2.4.3 其它要求

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[8.3.1] 框架梁与柱的连接宜采用柱贯通型。在互相垂直的两个方向都与梁刚性连接时，宜采用箱形柱。箱形柱壁板厚度小于 16mm 时，不宜采用电渣焊焊接隔板。

[8.3.2] 冷成型箱形柱应在梁对应位置设置隔板，并应采用隔板贯通式连接。柱段与隔板的连接应采用全熔透对接焊缝（图 8.3.2）。隔板宜采用 Z 向钢制作。其外伸部分长度 c 宜为 25mm~30mm，以便将相邻焊缝热影响区隔开。

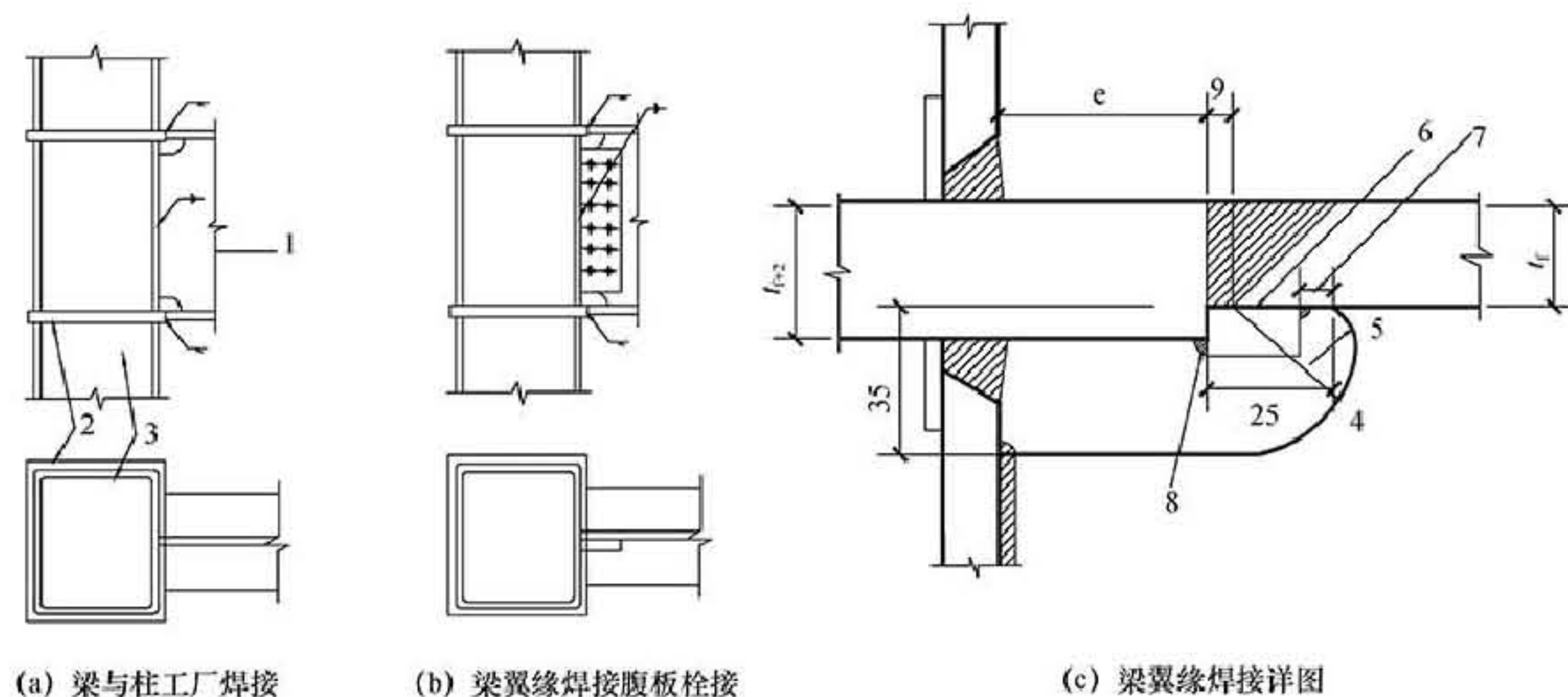


图 8.3.2 框架梁与冷成型箱形柱隔板的连接

1—H 型钢梁；2—横隔板；3—箱型柱；4—大圆弧半径 $\approx 35\text{mm}$ ；
5—小圆弧半径 $\approx 10\text{mm}$ ；6—衬板厚度 8mm 以上；7—圆弧端点至衬板边缘 5mm；
8—隔板外侧衬板边缘采用连续焊缝；9—焊根宽度 7mm，坡口角度 35°

第8.3.4条给出了梁与柱的加强型连接或骨式连接的几种形式（包括梁翼缘扩翼式连接、梁翼缘局部加宽式连接、梁翼缘盖板式连接、梁翼缘板式连接、梁骨式连接）的具体要求。

[8.3.5] 梁与H形柱（绕弱轴）刚性连接时，加劲肋应伸至柱翼缘以外75mm，并以变宽度形式伸至梁翼缘，与后者用全熔透对接焊缝连接。加劲肋应两面设置（无梁外侧加劲肋厚度不应小于梁翼缘厚度之半）。翼缘加劲肋应大于梁翼缘厚度，以协调翼缘的允许偏差。梁腹板与柱连接板用高强螺栓连接。

[8.3.6] 框架梁与柱刚性连接时，应在梁翼缘的对应位置设置水平加劲肋（隔板）。对抗震设计的结构，水平加劲肋（隔板）厚度不得小于梁翼缘厚度加2mm，其钢材强度不得低于梁翼缘的钢材强度，其外侧应与梁翼缘外侧对齐（图8.3.6）。对非抗震设计的结构，水平加劲肋（隔板）应能传递梁翼缘的集中力，厚度应由计算确定；当内力较小时，其厚度不得小于梁翼缘厚度的1/2，并应符合板件宽厚比限值。水平加劲肋宽度应从柱边缘后退10mm。

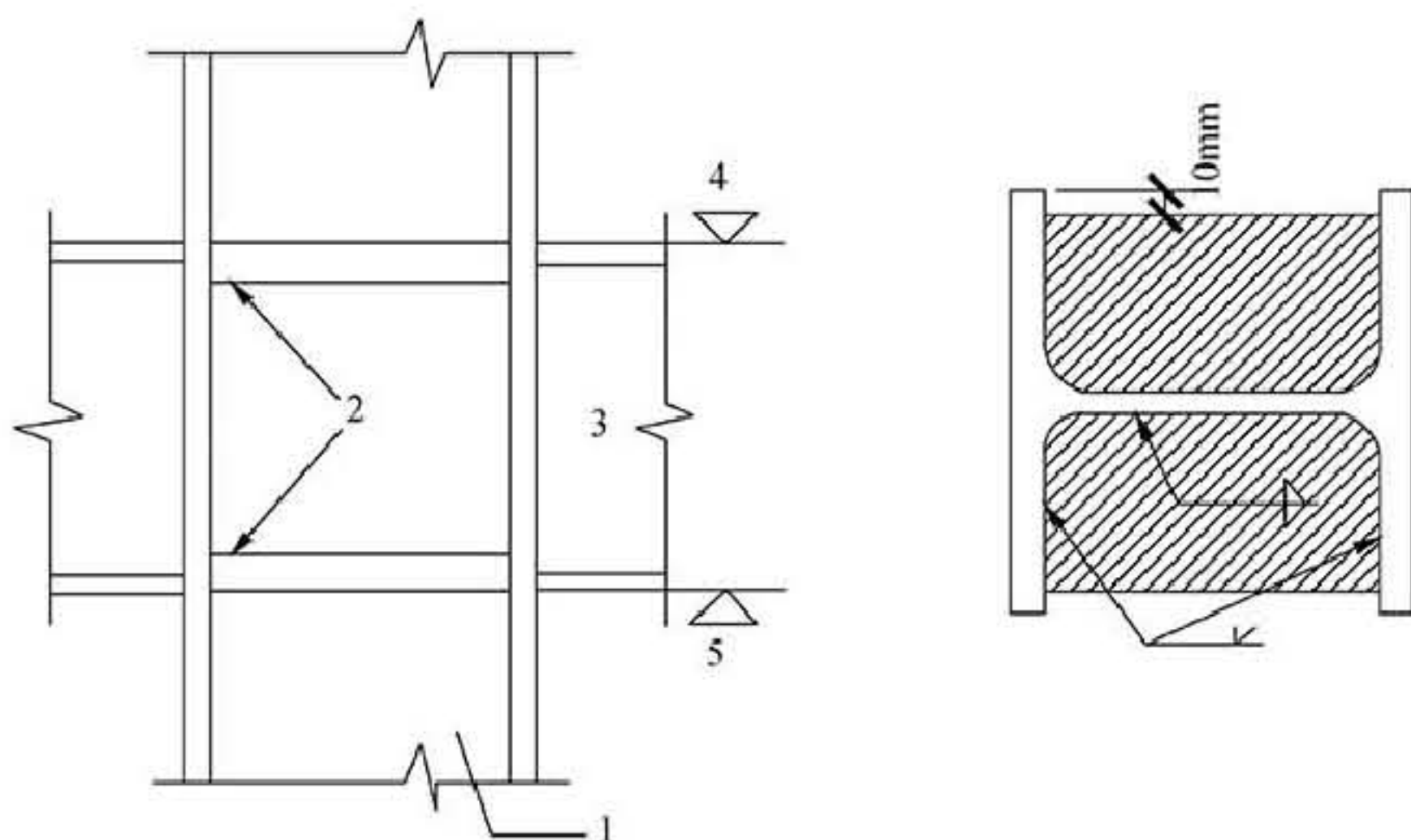


图 8.3.6 柱水平加劲肋与梁翼缘外侧对齐

1—柱；2—水平加劲肋；3—梁；4—强轴方向梁上端；5—强轴方向梁下端

【要点说明】

梁柱连接节点采用柱贯通的形式，有利于保证强柱弱梁的设计理念以及提高框架的抗倒塌能力。

梁翼缘加强型节点塑性铰外移，是通过在梁上下翼缘局部焊接钢板或加大截面，达到提高节点延性，在罕遇地震作用下获得在远离梁柱节点处梁截面塑性发展的设计目标。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[8.4.1] 柱与柱的连接应符合下列规定:

- 1 钢框架宜采用H形柱、箱形柱或圆管柱，钢筋混凝土柱中钢筋宜采用H形或十字形。
- 2 框架柱的拼接处至梁面的距离应为1.2m~1.3m或柱净高的一半，取二者的较小值。抗震设计时，框架柱的拼接应采用坡口全熔透焊缝。非抗震设计时，柱拼接也可采用部分熔透焊缝。
- 3 采用部分熔透焊缝进行柱拼接时，应进行承载力验算。当内力较小时，设计弯矩不得小于柱全塑性弯矩的一半。

[8.4.7] 当需要改变柱截面积时，柱截面高度宜保持不变而改变翼缘厚度。当需要改变柱截面高度时，对边柱宜采用图8.4.7a，对中柱宜采用的做法（图8.4.7b），变截面的上下端均应设置隔板。当变截面段位于梁柱接头时，可采用的做法（图8.4.7c），变截面两端距梁翼缘不宜小于150mm。

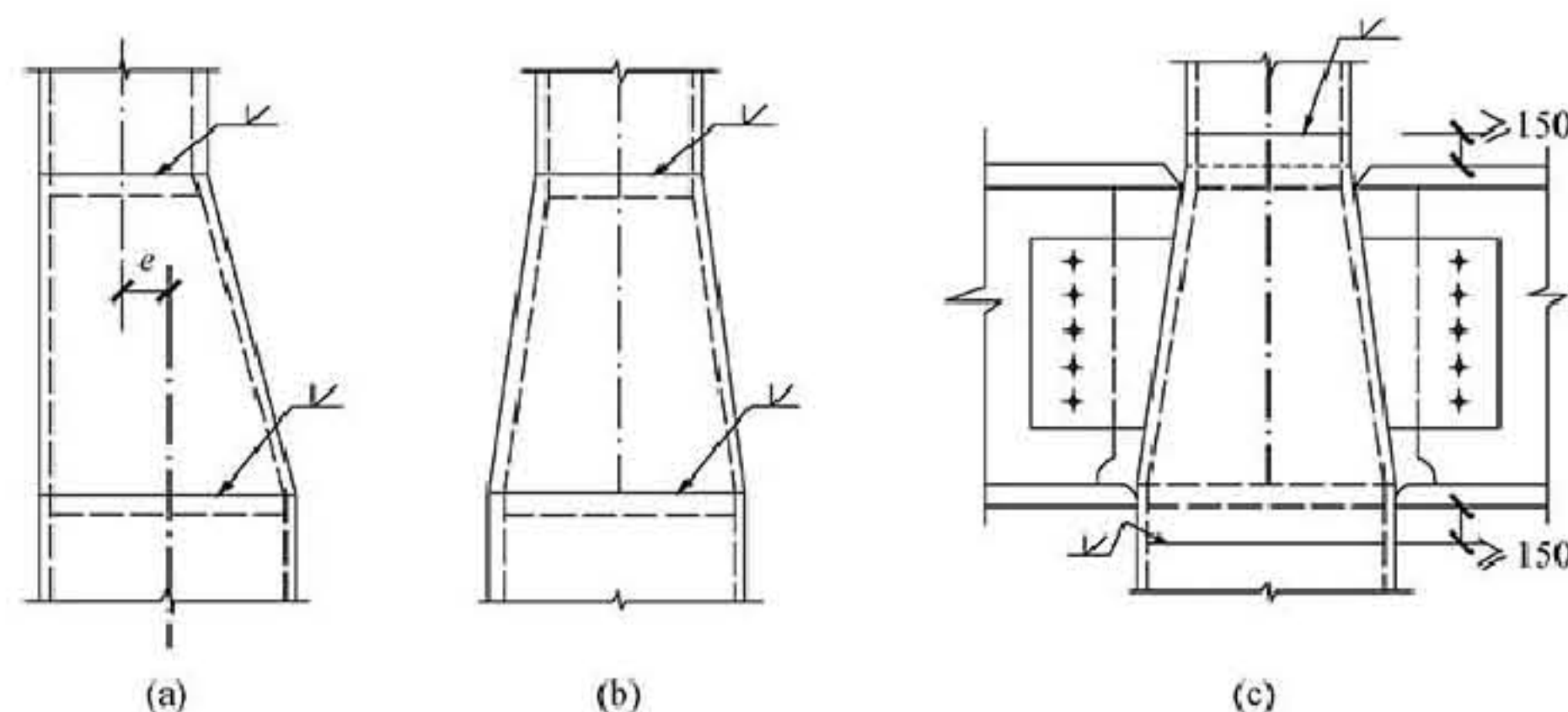


图 8.4.7 柱的变截面连接

[8.4.8] 十字形柱与箱形柱相连处，在两种截面的过渡段中，十字形柱的腹板应伸入箱形柱内，其伸入长度不应小于钢柱截面高度加200mm（图8.4.8）。与上部钢结构相连的钢筋混凝土柱，沿其全高应设栓钉，栓钉间距和列距在过渡段内宜采用150mm，最大不得超过200mm；在过渡段外不应大于300mm。

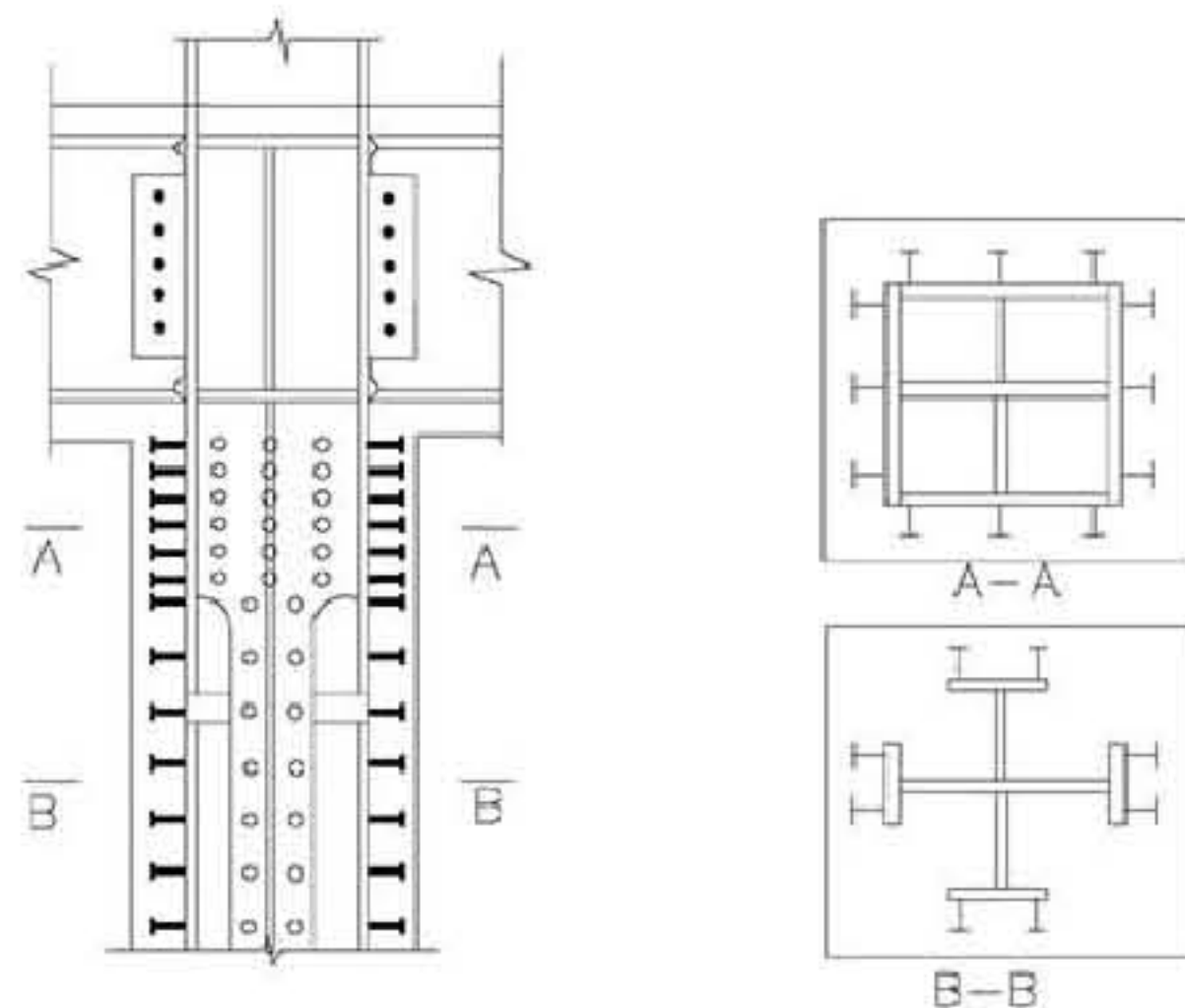


图 8.4.8 十字形柱与箱形柱的连接

【措施方法】

当高层民用建筑钢结构底部有钢筋混凝土结构层时，H形截面钢柱延伸至钢筋混凝土中仍为H形截面，而箱形柱延伸至钢筋混凝土中，应改用十字形截面，以便于与混凝土结合成整体。框架柱拼接处距楼面的高度，考虑了安装时操作方便，也考虑位于弯矩较小处。柱拼接属于重要焊缝，抗震设计时应采用一级全熔透焊缝。

当柱需要改变截面时，宜将变截面段设于梁接头部位，使柱在层间保持等截面，变截面端的坡度不宜过大。为避免焊缝重叠，柱变截面上下接头的标高，应离开梁翼缘连接焊缝至少150mm。

十字形截面柱的接头，在抗震设计的结构中应采用焊接。十字形柱与箱形柱连接处的过渡段，位于主梁之下，紧靠主梁。伸入箱形柱内的十字形柱腹板，通过专用工具来焊接。在钢结构向钢筋混凝土结构过渡的楼层，为了保证传力平稳和提高结构的整体性，栓钉是不可缺少的。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[8.6.1] 钢柱柱脚包括外露式柱脚、外包式柱脚和埋入式柱脚三类（图8.6.1-1）。抗震设计时，

宜优先采用埋入式；外包式柱脚可在有地下室的高层民用建筑中采用。各类柱脚均应进行受压、受弯、受剪承载力计算，其轴力、弯矩、剪力的设计值取钢柱底部的相应设计值。各类柱脚构造应分别符合下列规定：

1 钢柱外露式柱脚应通过底板锚栓固定于混凝土基础上（图 8.6.1-1a），高层民用建筑的钢柱应采用刚接柱脚。三级及以上抗震等级时，锚栓截面面积不宜小于钢柱下端截面积的 20%。

2 钢柱外包式柱脚由钢柱脚和外包混凝土组成，位于混凝土基础顶面以上（图 8.6.1-1b），钢柱脚与基础的连接应采用抗弯连接。外包混凝土的高度不应小于钢柱截面高度的 2.5 倍，且从柱脚底板到外包层顶部箍筋的距离与外包混凝土宽度之比不应小于 1.0。外包层内纵向受力钢筋在基础内的锚固长度（ l_a ， l_{aE} ）应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定，且四角主筋的上、下都应加弯钩，弯钩投影长度不应小于 15d；外包层中应配置箍筋，箍筋的直径、间距和配箍率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中钢筋混凝土柱的要求；外包层顶部箍筋应加密且不应少于 3 道，其间距不应大于 50mm。外包部分的钢柱翼缘表面宜设置栓钉。

3 钢柱埋入式柱脚是将柱脚埋入混凝土基础内（图 8.6.1-1c），H 形截面柱的埋置深度不应小于钢柱截面高度的 2 倍，箱形柱的埋置深度不应小于柱截面长边的 2.5 倍，圆管柱的埋置深度不应小于柱外径的 3 倍；钢柱脚底板应设置锚栓与下部混凝土连接。钢柱埋入部分的侧边混凝土保护层厚度要求（8.6.1-2a）： C_1 不得小于钢柱受弯方向截面高度的一半，且不小于 250mm， C_2 不得小于钢柱受弯方向截面高度的 2/3，且不小于 400mm。

钢柱埋入部分的四角应设置竖向钢筋，四周应配置箍筋，箍筋直径不应小于 10mm，其间距不大于 250mm；在边柱和角柱柱脚中，埋入部分的顶部和底部尚应设置 U 形钢筋（图 8.6.1-2b），U 形钢筋的开口应向内；U 形钢筋的锚固长度应从钢柱内侧算起，锚固长度（ l_a ， l_{aE} ）应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定。埋入部分的柱表面宜设置栓钉。

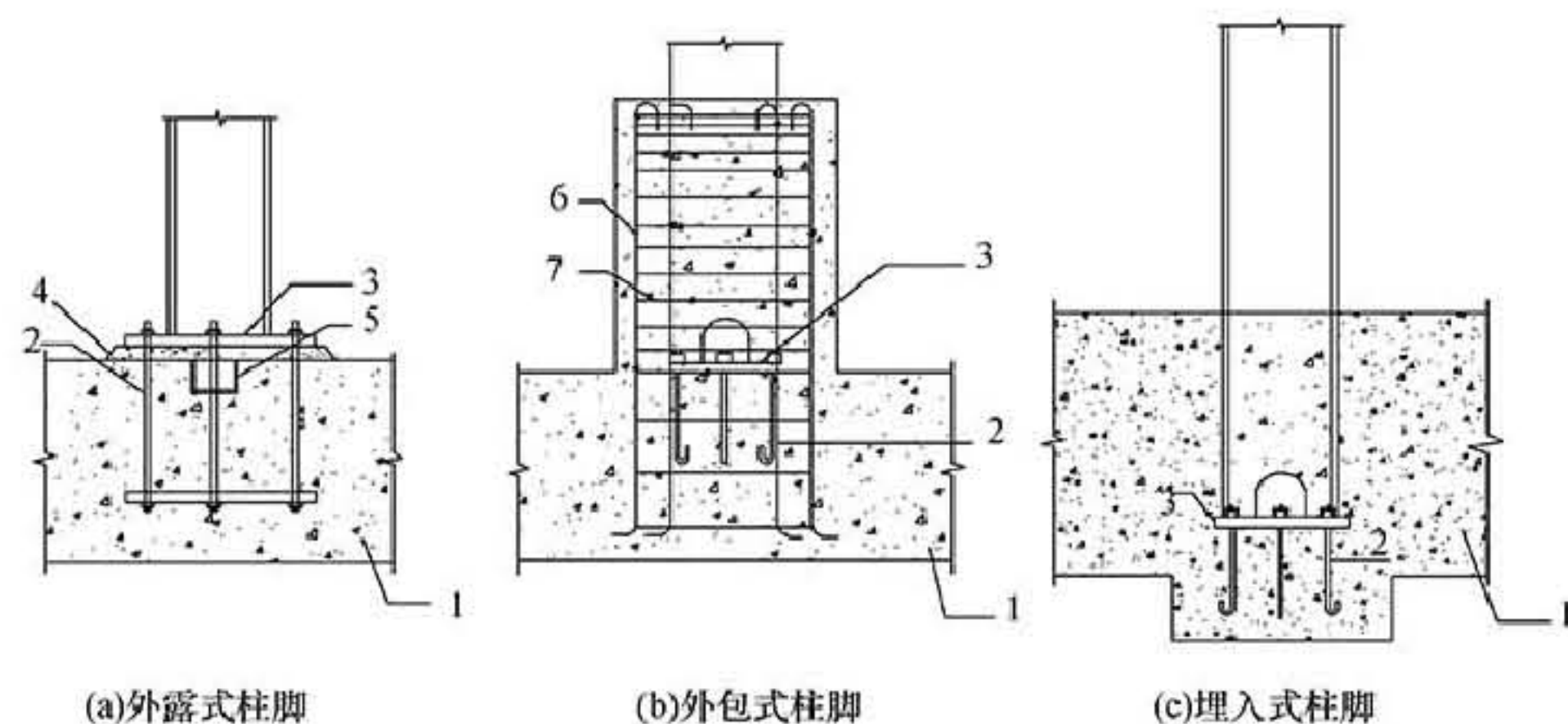


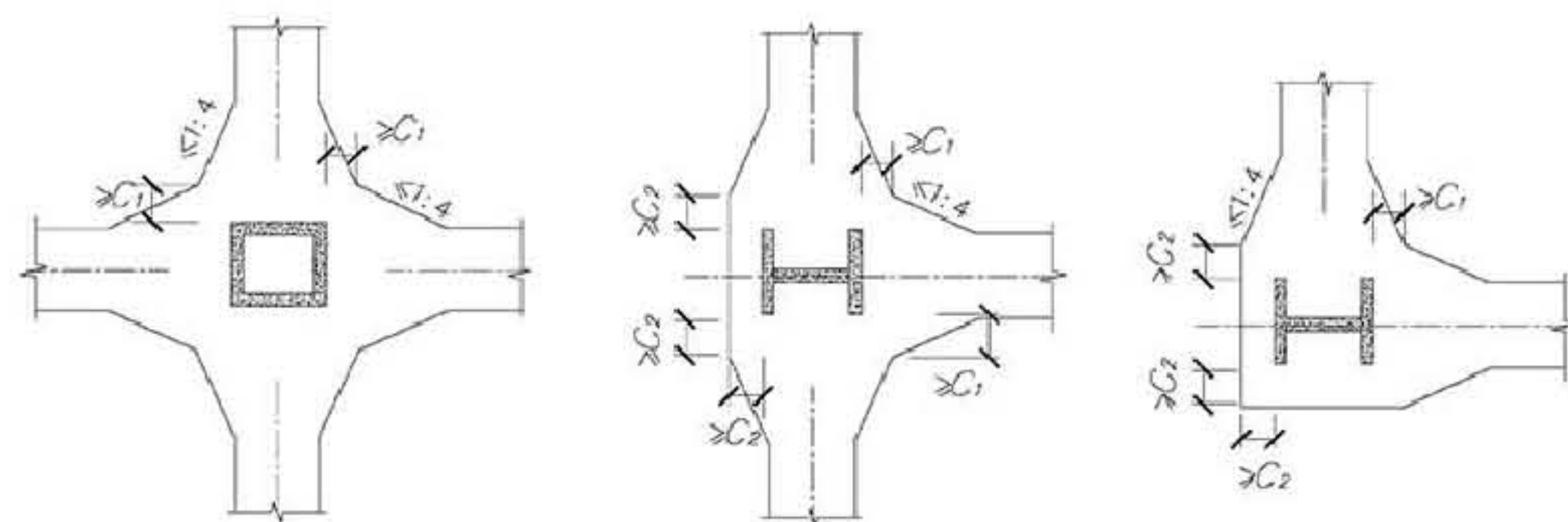
图 8.6.1-1 柱脚的不同形式

1—基础梁；2—锚栓；3—底板；4—无收缩砂浆；5—抗剪键；6—主筋；7—箍筋

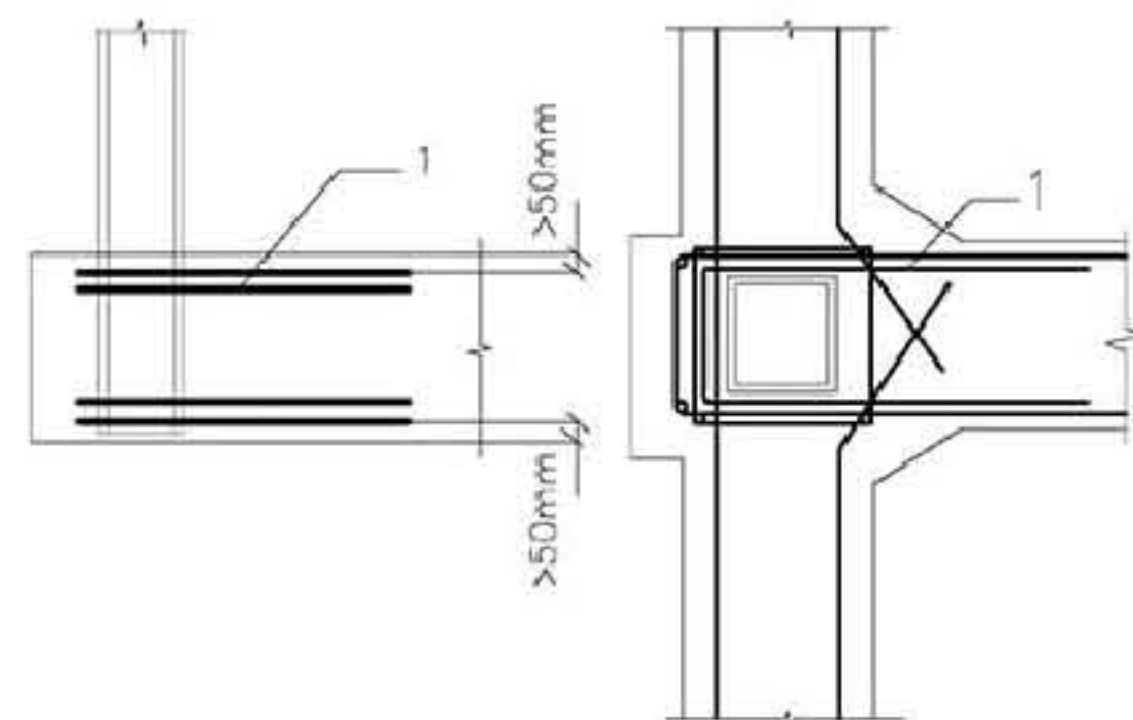
在混凝土基础顶部，钢柱应设置水平加劲肋。当箱形柱壁板宽厚比大于 30 时，应在埋入部分的顶部设置隔板；也可在箱形柱的埋入部分填充混凝土，当混凝土填充至基础顶部以上 1 倍箱形截面高度时，埋入部分的顶部可不设隔板。

4 钢柱柱脚的底板均应布置锚栓按抗弯连接设计（图 8.6.1-3），锚栓埋入长度不应小于其直径的 25 倍，锚栓底部应设锚板或弯钩，锚板厚度宜大于 1.3 倍锚栓直径。应保证锚栓四周及底部的混凝土有足够厚度，避免基础冲切破坏；锚栓应按混凝土基础要求设置保护层。

5 埋入式柱脚不宜采用冷成型箱形柱。



(a) 埋入式钢柱脚的保护层厚度



(b) 边柱 U 形加强筋的设置示意图

图 8.6.1-2 埋入式柱脚的其它构造要求

1—U 型加强筋（二根）

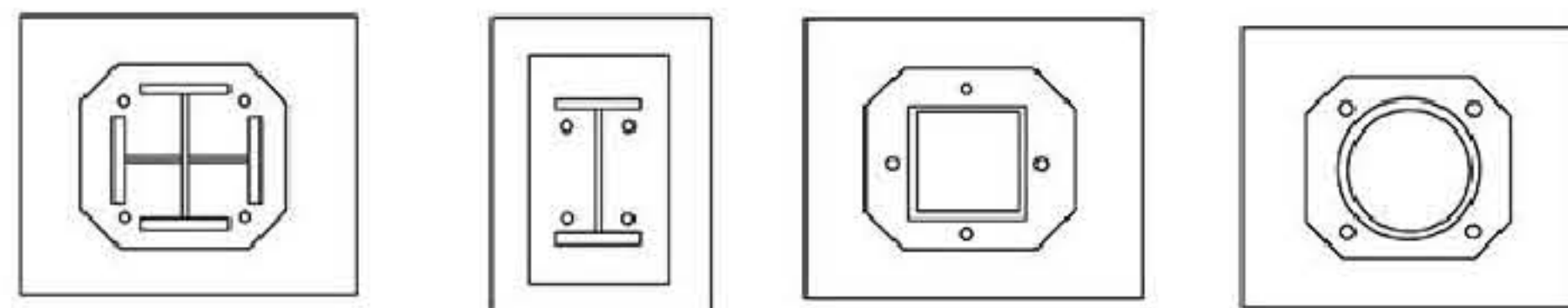


图 8.6.1-3 抗弯连接钢柱底板形状和锚栓的配置

【要点说明】

埋入式柱脚管壁局部变形引起的应力集中，使角部应力最大，而冷成型钢管柱角部因冷加工使钢材变脆。在埋入部分的上端，应采用内隔板、外隔板、内填混凝土或外侧设置栓钉等措施，对箱形柱壁板进行加强。当采用外隔板时，外伸部分的长度应不小于管径的 1/10，板厚不小于钢管柱壁板厚度。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

【8.7.3】中心支撑与梁柱连接处的构造应符合下列规定：

1 柱和梁在与 H 形截面支撑翼缘的连接处，应设置加劲肋。加劲肋应按承受支撑翼缘分担的轴心力对柱或梁的水平或竖向分力计算。H 形截面支撑翼缘与箱形柱连接时，在柱壁板的相应位置应设置隔板（图 8.7.2）。H 形截面支撑翼缘端部与框架构件连接处，宜做成圆弧。支撑通过节点板连接时，节点板边缘与支撑轴线的夹角不应小于 30°。

2 抗震设计时，支撑宜采用 H 型钢制作，在构造上两端应刚接。当采用焊接组合截面时，其翼缘和腹板应采用坡口全熔透焊缝连接。

3 当支撑杆件为填板连接的组合截面时,可采用节点板进行连接(图 8.7.3)。为保证支撑两端的节点板不发生出平面失稳,在支撑端部与节点板约束点连线之间应留有 2 倍节点板厚的间隙。节点板约束点连线应与支撑杆轴线垂直,以免支撑受扭。

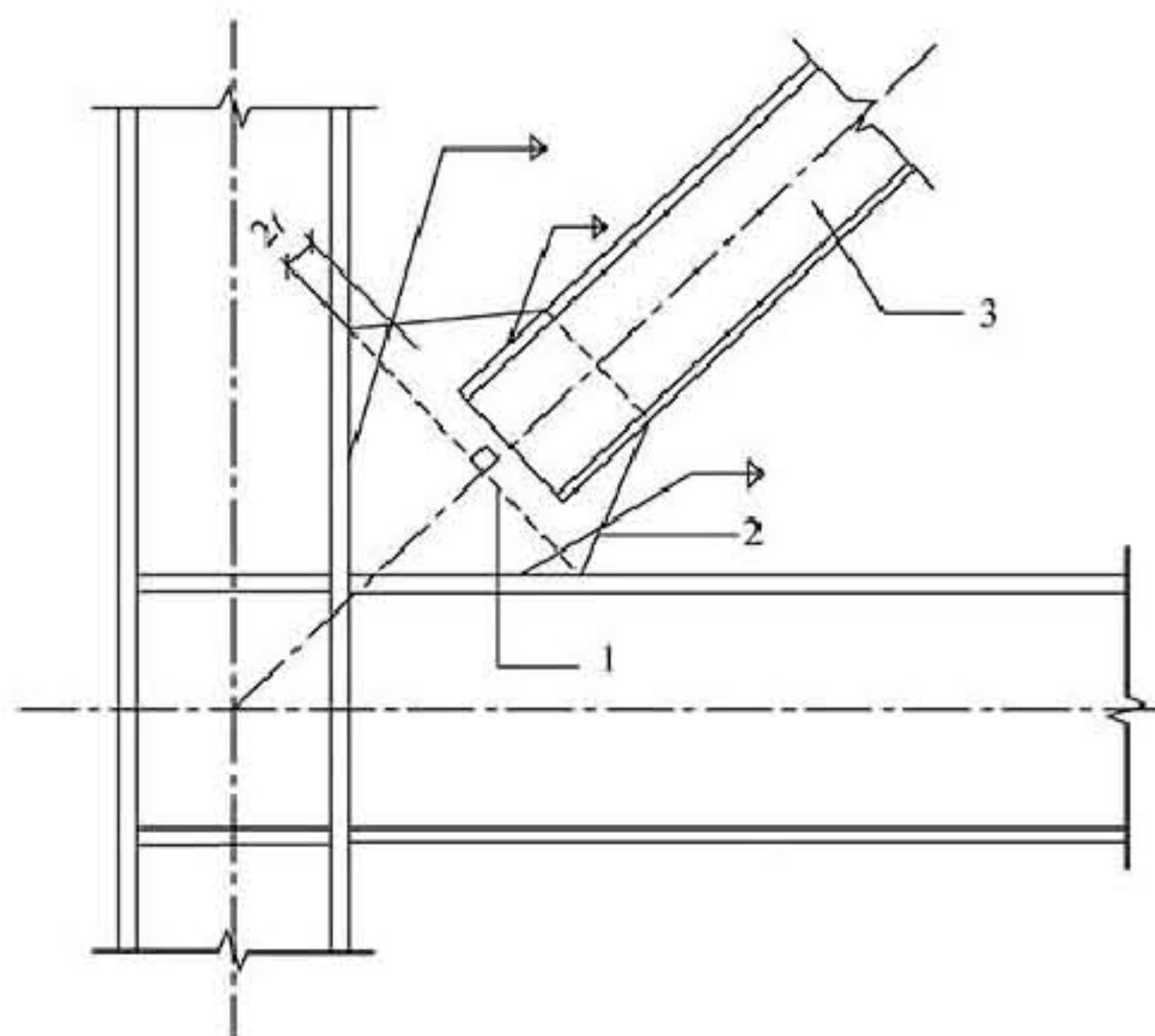


图 8.7.3 组合支撑杆件端部与单壁节点板的连接

1—假设约束; 2—单壁节点板; 3—组合支撑杆;
t—节点板的厚度

【要点说明】

试验表明当支撑杆件发生出平面失稳时,将带动两端节点板的出平面弯曲。为了不在单壁节点板内发生节点板的出平面失稳,又能使节点板产生非约束的出平面塑性转动,可在支撑端部与假定的节点板约束线之间留有 2 倍节点板厚的间隙。按 UBC 规定,当支撑在节点板平面内屈曲时,支撑连接的设计承载力不应小于支撑截面承载力,以确保塑性铰出现在支撑上而不是节点板。当支撑可能在节点板平面外屈曲时,节点板应按支撑不致屈曲的受压承载力设计。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[8.8.1] 消能梁段及与消能梁段同一跨内的非消能梁段,其板件的宽厚比不应大于表 8.8.1 规定的限值。[此条为强制性条款,设计中必须遵守]

表 8.8.1 偏心支撑框架梁板件宽厚比限值

板件名称		宽厚比限值
翼缘外伸部分		8
腹板	当 $N/(Af) \leq 0.14$ 时	90 $[1 - 1.65N/(Af)]$
	当 $N/(Af) > 0.14$ 时	33 $[2.3 - N/(Af)]$

注:表列数值适用于 Q235 钢,当材料为其他钢号时应乘以 $\sqrt{235/f_y}$, $N/(Af)$ 为梁轴压比。

第 8.8.3 条给出了消能梁段净长的设计要求;第 8.8.4 条规定消能梁段的腹板不得贴焊补强板,也不得开洞;第 8.8.5 条给出了消能梁段腹板加劲肋的设计计算要求。

[8.8.6] 消能梁段与柱的连接应符合下列规定:

1 消能梁段与柱翼缘应采用刚性连接,且应符合本规程第 8.2 节、第 8.3 节框架梁与柱刚性连接的规定。

2 消能梁段与柱翼缘连接的一端采用加强型连接时,消能梁段的长度可从加强的端部算起,加强

的端部梁腹板应设置加劲肋,加劲肋应符合本规程第 8.8.5 条第 1 款的要求。

[8.8.7] 支撑与消能梁段的连接应符合下列规定:

1 支撑轴线与梁轴线的交点,不得在消能梁段外;

2 抗震设计时,支撑与消能梁段连接的承载力不得小于支撑的承载力,当支撑端有弯矩时,支撑与梁连接的承载力应按抗压弯设计。

[8.8.8] 消能梁段与支撑连接处,其上、下翼缘应设置侧向支撑,支撑的轴力设计值不应小于消能梁段翼缘轴向极限承载力的 6%,即 $0.06f_y b_f t_f$ 。 f_y 为消能梁段钢材的屈服强度, b_f 、 t_f 分别为消能梁段翼缘的宽度和厚度。

[8.8.9] 与消能梁段同一跨框架梁的稳定不满足要求时,梁的上、下翼缘应设置侧向支撑,支撑的轴力设计值不应小于梁翼缘轴向承载力设计值的 2%,即 $0.02f_b t_f$ 。 f 为框架梁钢材的抗拉强度设计值, b_f 、 t_f 分别为框架梁翼缘的宽度和厚度。

【要点说明】

构件宽厚比限值主要参考了美国抗震设计规范的相关规定,并作了适当调整。

支撑斜杆轴力的水平分量成为消能梁段的轴向力,当此轴向力较大时,除降低此梁段的受剪承载力外,还需减少该梁段的长度,以保证消能梁段具有良好的滞回性能。

由于腹板上贴焊的补强板不能进入弹塑性变形,因此不能采用补强板,腹板上开洞也会影响其弹塑性变形能力。

为使消能梁段在反复荷载作用下具有良好的滞回性能,需采取合适的构造并加强对腹板的约束:①消能梁段与支撑斜杆连接处,需设置与腹板等高的加劲肋,以传递梁段的剪力并防止梁腹板屈曲;②消能梁段腹板的中间加劲肋,需按梁段的长度区别对待,较短时为剪切屈服型,加劲肋间距小些;较长时为弯曲屈服型,需在距端部 1.5 倍的翼缘宽度处设置加劲肋;中等长度时需同时满足剪切屈服型和弯曲屈服型要求。消能梁段一般应设计成剪切屈服型。

偏心支撑的斜杆轴线与梁轴线的交点,一般在消能梁段的端部,也允许在消能梁段内,此时将产生与消能梁段端部弯矩方向相反的附加弯矩,从而减少消能梁段和支撑杆的弯矩,对抗震有利;但交点不应在消能梁段以外,因此时将增大支撑和消能梁段的弯矩,于抗震不利。

消能梁段两端设置翼缘的侧向隅撑,是为了承受平面外扭转作用。与消能梁段处于同一跨内的框架梁,同样承受轴力和弯矩,为保持其稳定,也需设置翼缘的侧向隅撑。

【规范条文】

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010:

[11.4.7] 型钢混凝土梁柱节点应符合下列构造要求:

1 型钢柱在梁水平翼缘处应设置加劲肋,其构造不应影响混凝土浇筑密实;

2 箍筋间距不宜大于柱端加密区间距的 1.5 倍,箍筋直径不宜小于柱端箍筋加密区的箍筋直径;

3 梁中钢筋穿过梁柱节点时,不宜穿过柱型钢翼缘;需穿过柱腹板时,柱腹板截面损失率不宜大于 25%,当超过 25% 时,则需进行补强;梁中主筋不得与柱型钢直接焊接。

【要点说明】

节点箍筋的间距规定是为避免钢梁腹板开洞导致的削弱效应过大,同时也便于施工。

【措施方法】

实际工程中,一般可在柱中型钢腹板上开孔使梁纵筋贯通;翼缘上的孔对柱抗弯十分不利,因此应避免在柱型钢翼缘开梁纵筋贯通孔。也不能直接将钢筋焊接在翼缘上;梁纵筋遇到柱型钢翼缘时,可采用翼缘上预先焊接钢筋套筒、设置水平加劲板等方式与梁中钢筋进行连接。

【规范条文】

《轻钢结构住宅技术规程》JGJ 209-2010:

[5.4.1] 钢框架梁柱节点连接形式宜采用高强度螺栓连接, 高强度螺栓宜采用扭剪型。

[5.4.5] H 型钢梁、柱可采用外伸端板式全螺栓连接 (图 5.4.5), 端板厚度和高强度螺栓数可按刚性节点设计计算。

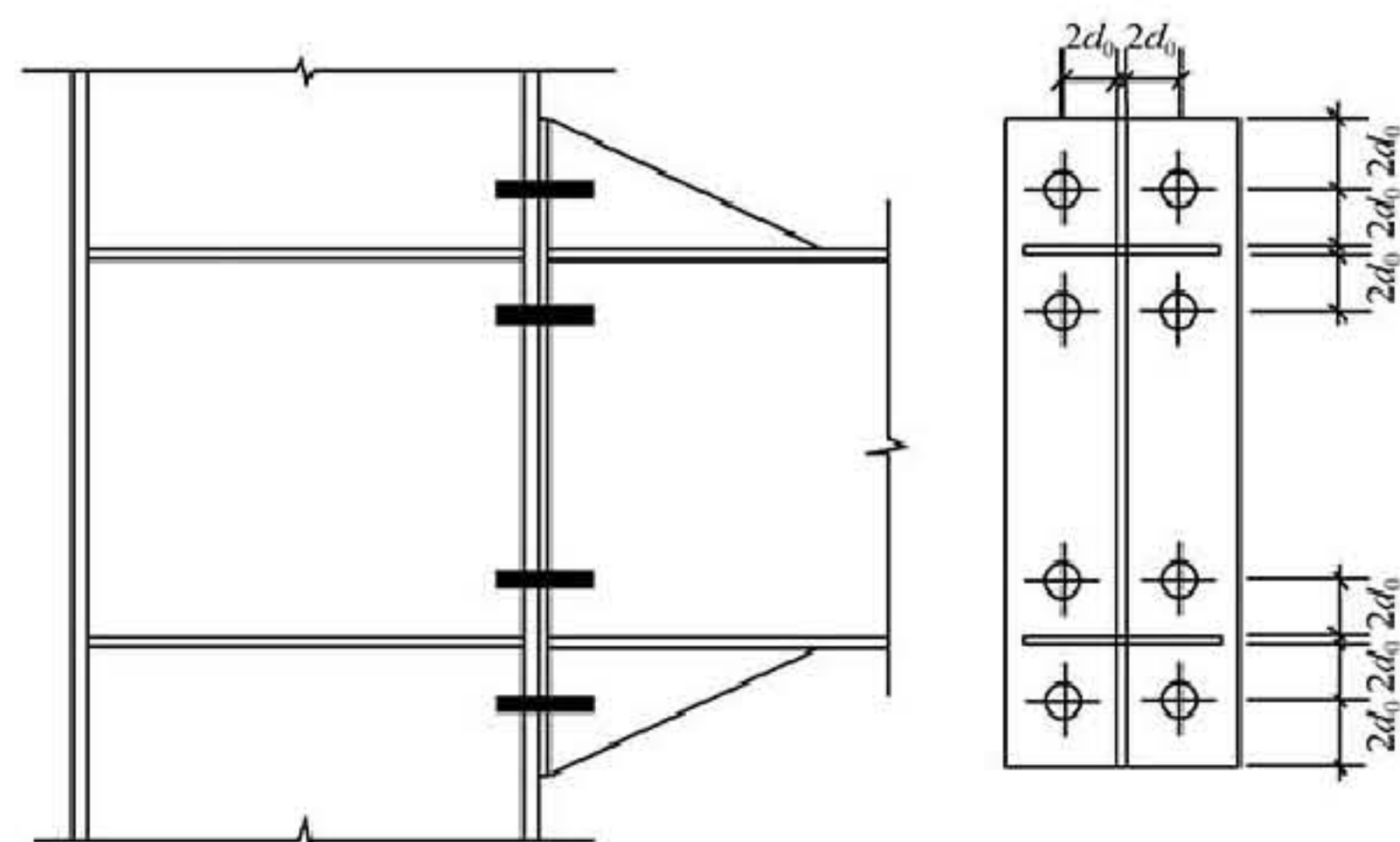


图 5.4.5 外伸端板式全螺栓连接
 d_0 ——螺栓孔径

[5.4.6] 钢管柱与 H 型钢梁的刚性连接可采用柱带悬臂梁段式连接 (图 5.4.6), 梁的拼接可采用全螺栓连接或焊接和螺栓连接相结合的连接形式。

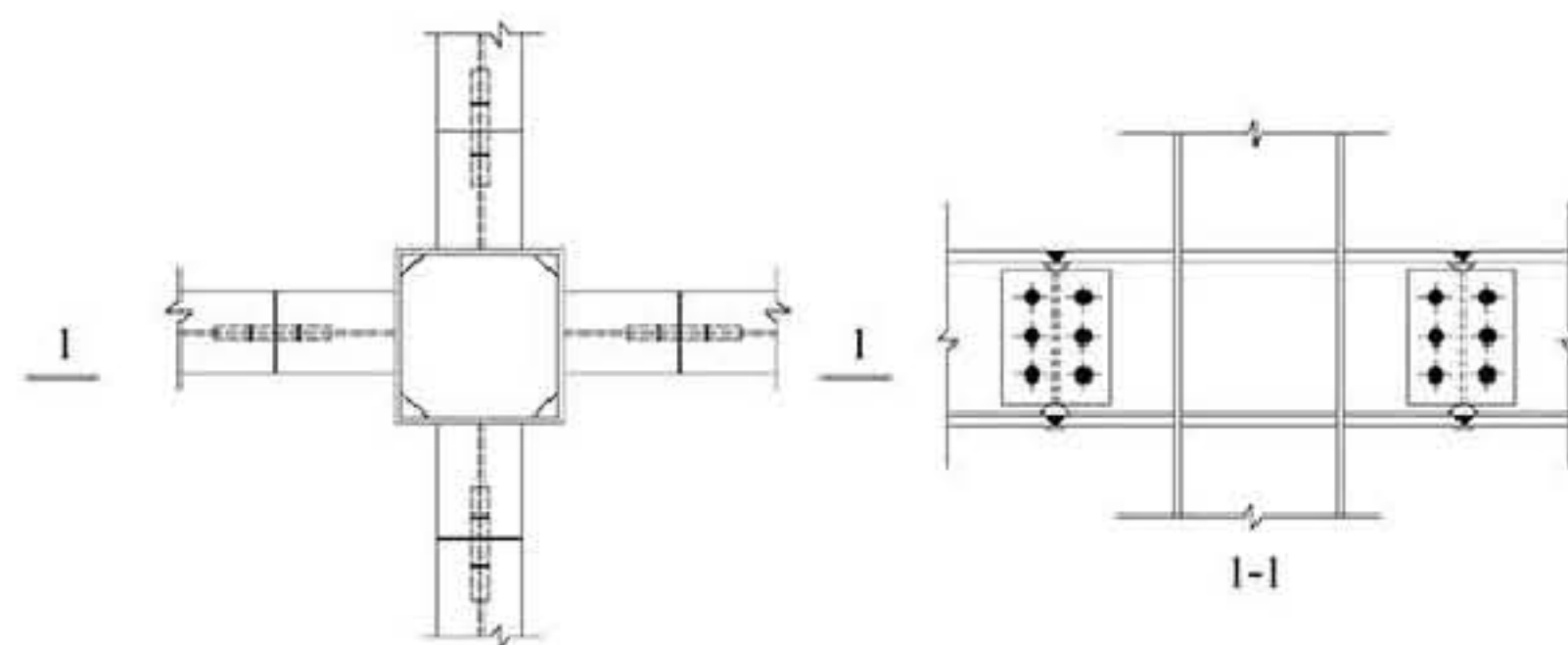


图 5.4.6 柱带悬臂梁段式连接

[5.4.7] 钢管柱与 H 型钢梁的刚性连接可采用圆弧过渡隔板贯通式节点 (图 5.4.7-1), 也可采用变宽度隔板贯通式节点 (图 5.4.7-2)。

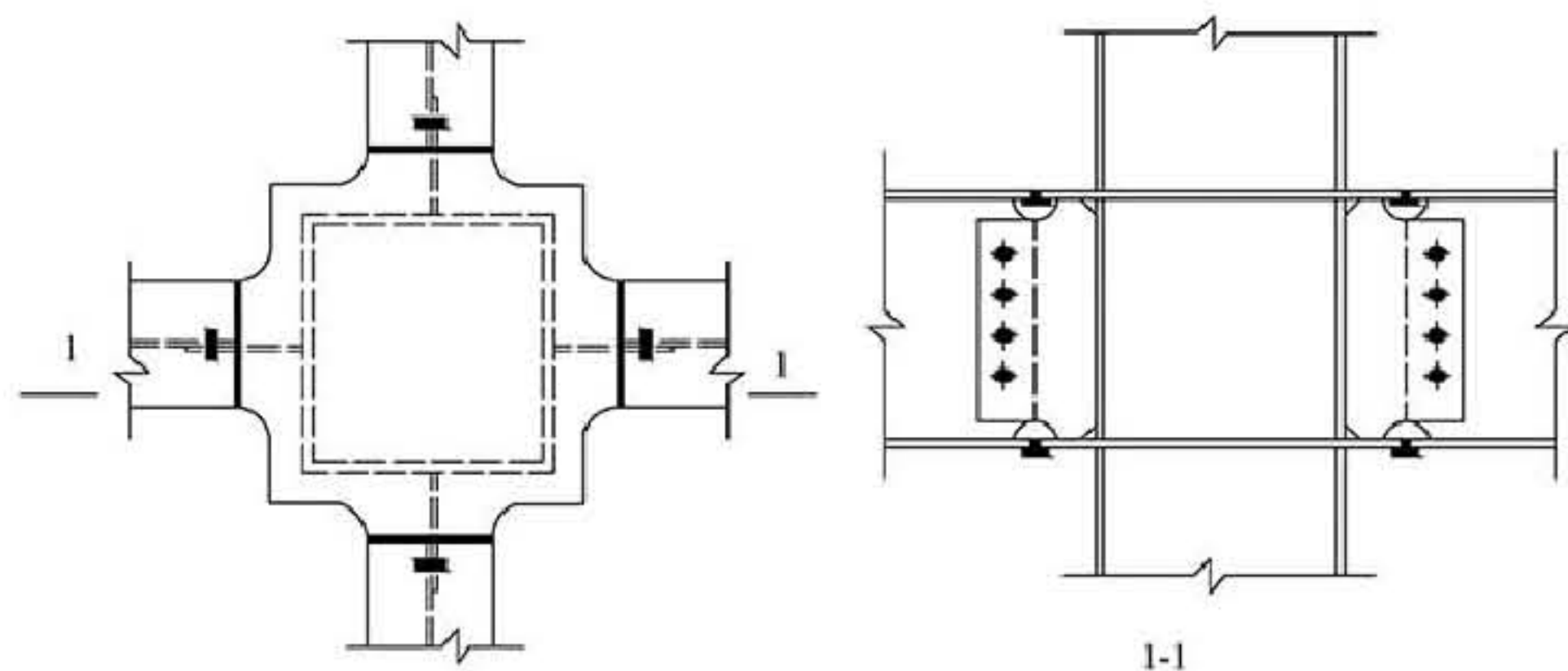


图 5.4.7-1 圆弧过渡隔板贯通式节点

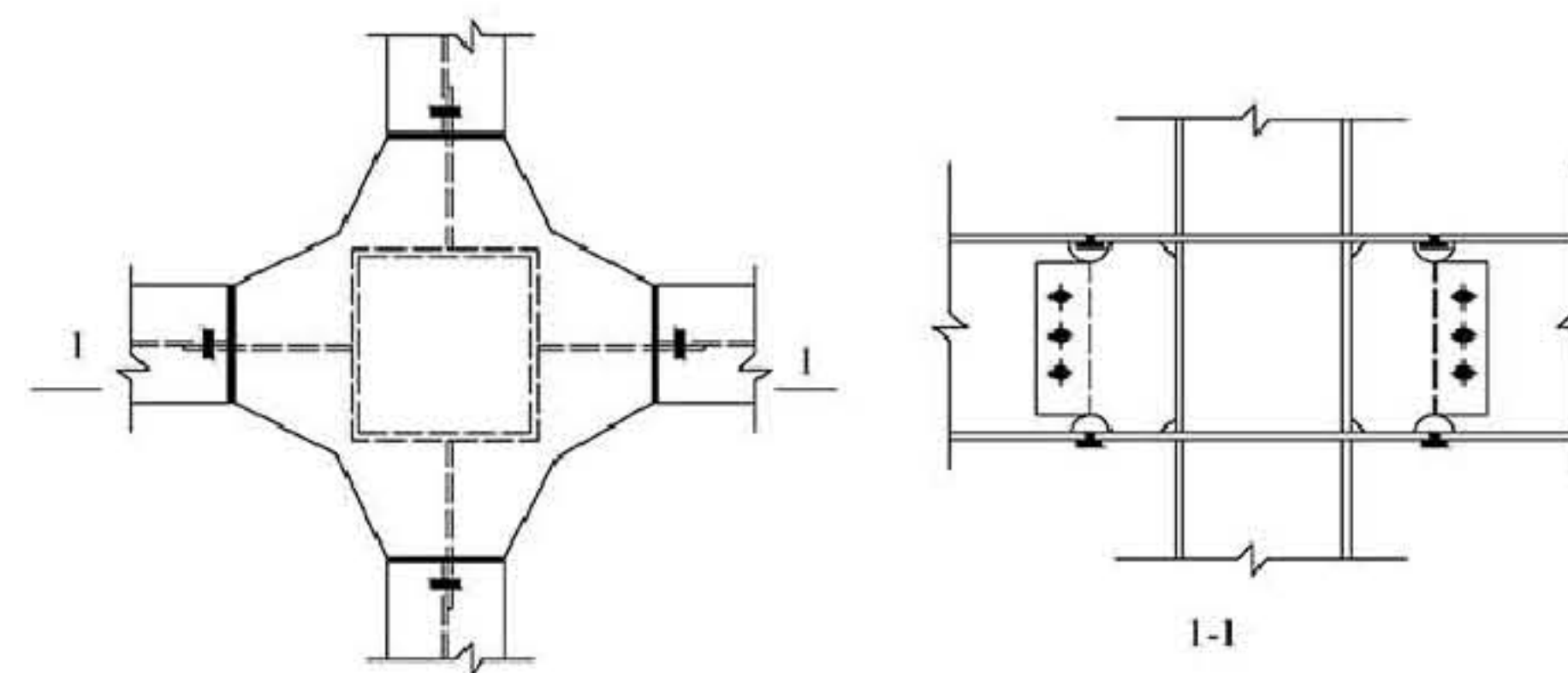


图 5.4.7-2 变宽度隔板贯通式节点

[5.4.8] 钢管柱与 H 型钢梁的连接也可采用在柱外面加套筒的套筒式梁柱节点 (图 5.4.8), 其构造应符合下列要求:

- 1 套筒的壁厚应大于钢管柱壁厚与梁翼缘板厚最大值的 1.2 倍;
- 2 套筒的高度应高出梁上、下翼缘外 60mm ~ 100mm;
- 3 除套筒上、下端与柱焊接外, 还应在梁翼缘上下附近对套筒进行塞焊, 塞孔直径 d 不宜小于 20mm。

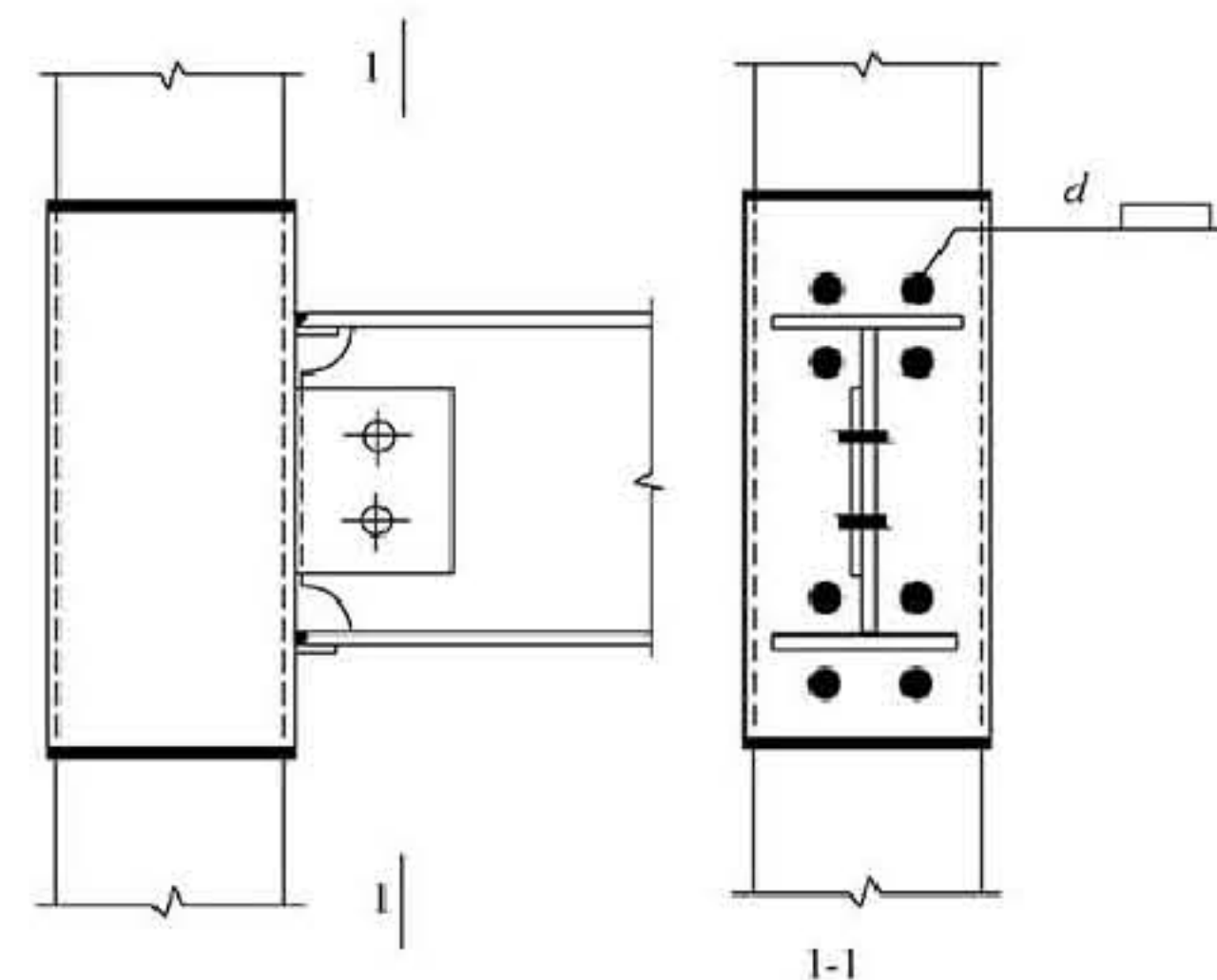


图 5.4.8 套筒式梁柱节点

[5.4.9] 钢柱脚可采用预埋锚栓与柱脚板连接的外露式做法, 也可采用预埋钢板与钢柱现场焊接, 并应符合下列要求:

- 1 柱脚板厚度不应小于柱翼缘厚度的 1.5 倍。
- 2 预埋锚栓的长度不应小于锚栓直径的 25 倍。
- 3 柱脚钢板与基础混凝土表面的摩擦极限承载力可按下列公式计算:

$$V = 0.4(N + T) \quad (5.4.9)$$

式中: N ——柱轴力设计值;

T ——受拉锚栓的总拉力, 当柱底剪力大于摩擦力时应设抗剪件。

- 4 柱脚与底板间应设置加劲肋。
- 5 柱脚板与基础混凝土间产生的最大压应力标准值不应超过混凝土轴向抗压强度标准值的 $2/3$ 。
- 6 对预埋锚栓的外露式柱脚, 在柱脚底板与基础表面之间应留 50mm ~ 80mm 的间隙, 并应采用灌浆料或细石混凝土填实间隙。

7 钢柱脚在室内平面以下部分应采用钢丝网混凝土包裹。

【要点说明】

建议采用高强度螺栓连接,主要是体现和倡导钢结构装配化施工的特点,施工速度快,质量容易控制。H型钢梁、柱采用端板全螺栓式连接,可满足现场全装配施工的需要,而且能避免现场焊接质量不能保证的弊端。柱带外伸梁段后,将梁的现场连接外移。柱横隔板贯通的节点形式由于在工厂施焊,焊缝质量更容易得到保证。对小截面的方、矩形钢管柱,在梁柱连接节点处,当不方便加焊内横隔板时,可以采用外套筒式的节点加强方法进行梁柱连接。

对柱脚的做法建议是出于施工便利考虑的,按照此做法的柱脚为刚接柱脚。式(5.4.9)中 T 可根据柱脚板下反力直线分布假定,按柱受力偏心距的大小确定。

2.2.5 楼板体系

钢结构建筑应尽量避免现场混凝土浇筑,即减少现浇混凝土楼板的使用。多高层钢结构工程中常选用混凝土叠合板、压型钢板组合楼板、钢筋桁架楼承板等楼板体系来提高其工业化程度。

【规范条文】

《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010:

[9.5.1] 二阶段成形的水平叠合受弯构件,当预制构件高度不足全截面高度的40%时,施工阶段应有可靠的支撑。

施工阶段有可靠支撑的叠合受弯构件,可按整体受弯构件设计计算,但其斜截面受剪承载力和叠合面受剪承载力应按本规范附录H计算。

施工阶段无支撑的叠合受弯构件,应对底部预制构件及浇筑混凝土后的叠合构件按本规范附录H的要求进行二阶段受力计算。

[9.5.2] 混凝土叠合梁、板应符合下列规定:

2 叠合板的叠合层混凝土厚度不应小于40mm,混凝土强度等级不宜低于C25。预制板表面应做成凹凸差不小于4mm的粗糙面。承受较大荷载的叠合板以及预应力叠合板,宜在预制底板上设置伸入叠合层的构造钢筋。

【要点说明】

后浇混凝土高度不足全高40%的叠合式受弯构件,由于底部较薄,施工时应有可靠的支撑,使预制构件在二次成形浇筑混凝土的重量及施工荷载下,不至于发生影响内力的变形。有支撑二次成形的叠合构件按整体受弯构件设计计算。

混凝土叠合板的构造要求,是保证界面两侧混凝土共同承载、协调受力的必要条件。当预制板为预应力板时,由于预应力造成的反拱、徐变的影响,宜设置界面构造钢筋加强其整体性。

此外,应保证混凝土叠合板与钢结构主体结构的可靠连接,并满足《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。混凝土叠合板的计算应参照《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010附录H部分。

【规范条文】

对压型钢板组合楼板,《组合楼板设计与施工规范》CECS 273-2010第五章对其设计方法做了规定,包括施工阶段和使用阶段承载力和变形的计算。

《组合楼板设计与施工规范》CECS 273-2010:

[8.1.1] 组合楼板用压型钢板基板的净厚度不应小于0.75mm,作为永久模板使用的压型钢板基板的净厚度不宜小于0.5mm。

[8.1.2] 压型钢板浇筑混凝土面,开口型压型钢板凹槽重心轴处宽度($b_{l,m}$)、缩口型和闭口型压型钢板槽口最小浇筑宽度($b_{l,m}$)不应小于50mm。当槽内防止栓钉时,压型钢板总高度 h_c (包括压痕)不宜大于80mm(图8.1.2)。

[8.1.3] 组合楼板总厚度 h 不应小于90mm,压型钢板肋顶部以上混凝土厚度 h_c 不应小于50mm。

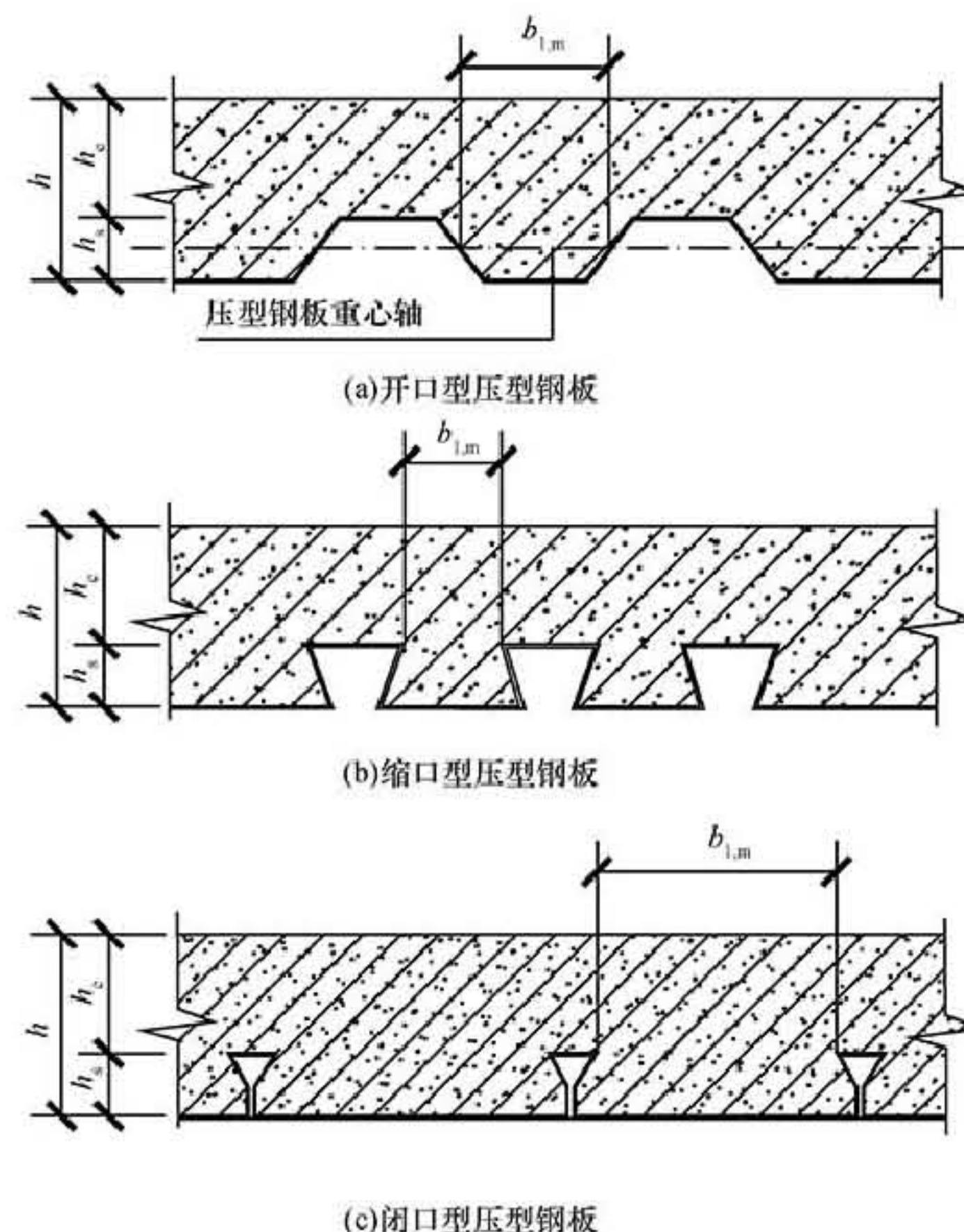


图 8.1.2 组合楼板截面凹槽宽度

【要点说明】

尽管标准未对压型钢板基板厚度做上限要求,但工程实践表明,采用栓钉穿透焊时,当基板净厚度大于1.20mm,有必要采取相应的措施保证栓钉穿透焊接质量。保证一定的凹槽宽度,便于使混凝土骨料浇入压型钢板槽口内,从而保证混凝土密实。组合楼板的板型和厚度取值,应综合考虑正常使用阶段验算、施工阶段验算和耐火性能等要求确定。

【规范条文】

《组合楼板设计与施工规范》CECS 273:2010:

[8.3.1] 组合楼板在钢梁上的支承长度不应小于75mm(括号内数字适合于组合楼板支承在混凝土梁上),在混凝土梁上的支承长度不应小于100mm(图8.3.1)。当钢梁按组合梁设计时,组合楼板在钢梁上的最小支承长度应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017的构造规定。

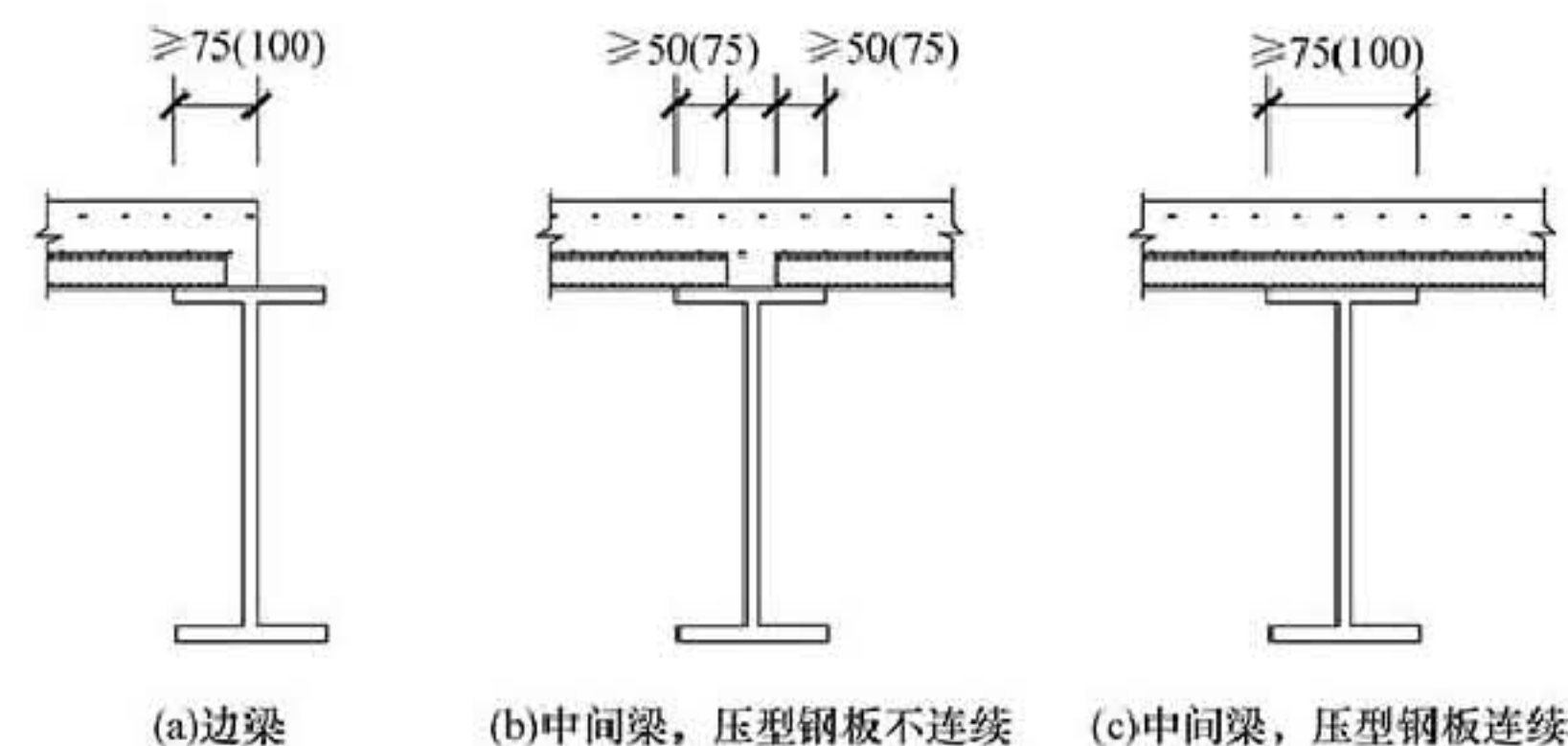


图 8.3.1 组合楼板的支承要求

[8.3.2] 组合楼板与梁之间应设有抗剪连接件。一般可采用栓钉连接，栓钉焊接应符合现行行业标准《栓钉焊接技术规程》CECS 226 的规定。

[8.3.7] 当组合楼板在与柱相交处被切断，且梁上翼缘外侧至柱外侧的距离大于75mm时，应采取加强措施。可采取在柱上或梁上翼缘焊支托方式（图8.3.7）进行处理。当柱为开口型截面（如H型截面）时，可在梁上翼缘柱截面开口处设置水平加劲肋。

【要点说明】

组合楼板与梁之间设抗剪连接件是为保证梁板结构的整体性，形成可靠的组合楼盖，而栓钉是目前建筑工程中最常用的抗剪连接件。

压型钢板在与柱相交处被切段，将造成压型钢板局部悬臂；当被切段的压型钢板宽度大于75mm时，对组合楼板的承载力影响将会显著增大，应采取避免压型钢板悬臂的措施。对柱为开口型截面，如H型截面，当梁柱连接按铰接设计时，按计算梁柱连接处可能不需要设置水平加劲肋，但为防止楼板空缺，一般在梁上翼缘柱截面开口处设置水平加劲肋。

【措施方法】

栓钉焊接后通常会使其长度减少5mm左右。当梁按组合梁设计时，栓钉的外侧边缘至混凝土翼板边缘的距离不应小于100mm。

当压型钢板端部与梁采用栓钉固定时，且栓钉固定件满足规定，可作为组合楼板和梁之间的抗剪连接件。当压型钢板端部与梁采用焊接固定时，组合楼板与梁之间应另设抗剪连接件。压型钢板在梁上连续布置也应设置抗剪连接件。

【规范条文】

对于钢筋桁架组合楼板，《组合楼板设计与施工规范》CECS 273-2010 第六章对其设计方法做了规定、包括施工阶段和使用阶段承载力和变形的计算。

《组合楼板设计与施工规范》CECS 273：2010：

[9.1.1] 钢筋桁架板底模，施工完成后需永久保留的，底模钢板厚度不应小于0.5mm，底模施工完成后需拆除的，可采用非镀锌板材，其净厚度不宜小于0.4mm。

[9.1.2] 桁架节点与底模接触点均应点焊，且点焊实测承载力不应小于本规范第3.5.2条的要求。

[9.1.3] 钢筋桁架杆件（图9.1.3）钢筋直径应按计算确定，但弦杆直径不应小于6mm，腹杆直径不应小于4mm。

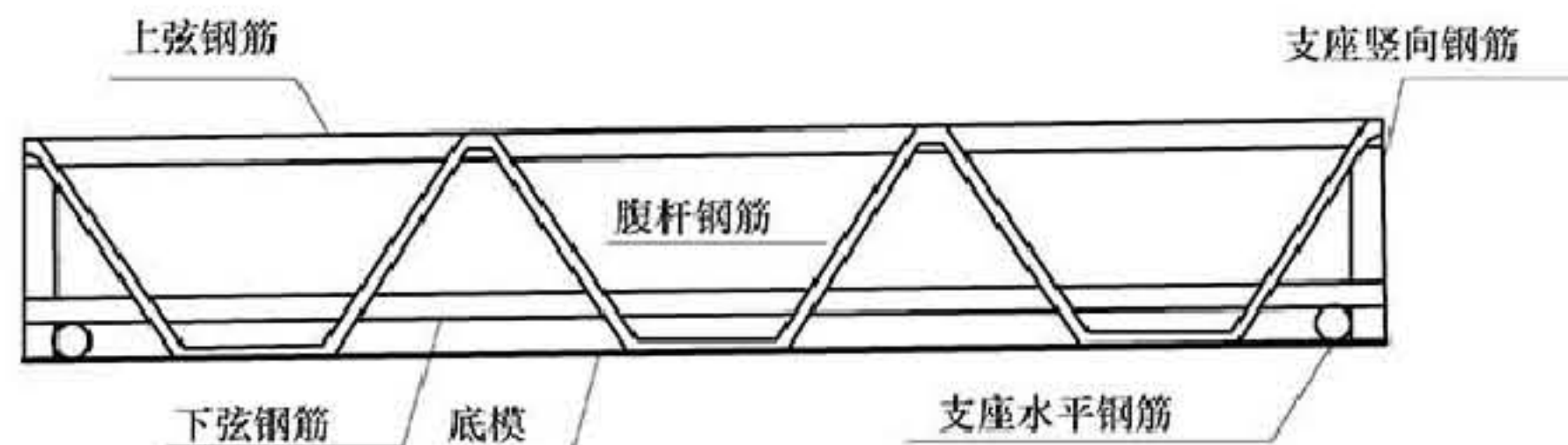


图 9.1.3 钢筋桁架杆件

[9.1.4] 支座水平钢筋和竖向钢筋直径，当钢筋桁架高度不大于100mm时，直径不应小于10mm和12mm；当钢筋桁架高度大于100mm时，直径不应小于12mm和14mm（图9.1.3）。当考虑竖向支座钢筋承受施工阶段的支座反力时，应按计算确定其直径。

[9.1.5] 两个钢筋桁架相邻下弦杆间距 l_1 （图9.1.5）及一榀桁架上的两个下弦杆之间的间距均不应大于200mm。

【要点说明】

要求钢筋桁架节点与底模接触点全部点焊，不仅是承载力的要求，还是为了保证混凝土板底部的平整程度，焊点过少可能会出现局部凸出。

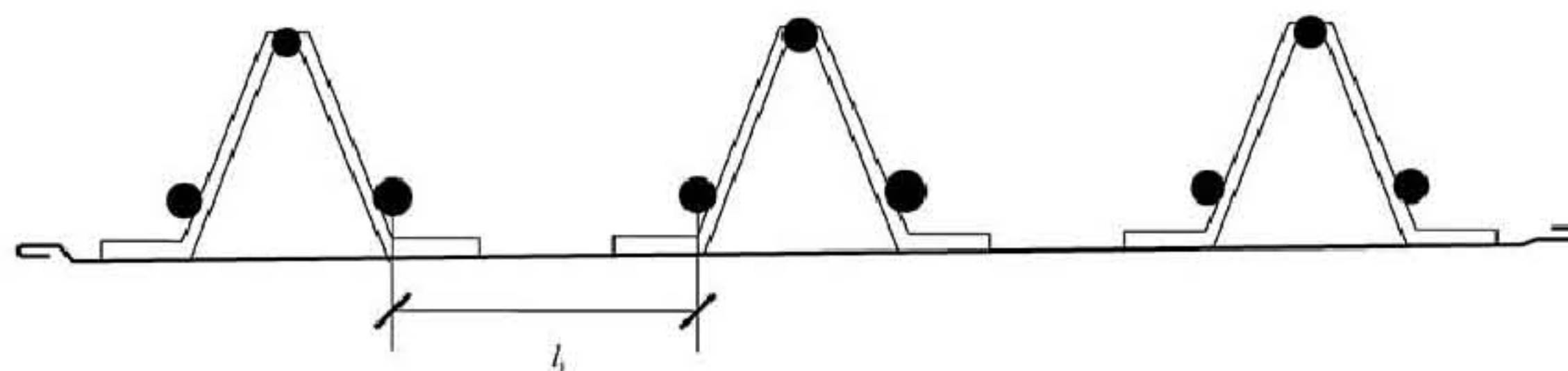


图 9.1.5 下弦杆间距

支座钢筋起着对钢筋桁架整体固定的作用，实际上支座竖向钢筋承受着较大的施工荷载，如不考虑其作用，可按构造配置；当考虑其作用时，应按计算确定其直径。

下弦杆作为受力钢筋，其构造尺寸应满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 的要求。

【规范条文】

《组合楼板设计与施工规范》CECS 273：2010：

[9.3.1] 桁架下弦钢筋伸入梁边的锚固长度不应小于5倍的下弦钢筋直径，且不应小于50mm。

[9.3.2] 组合楼板抗剪连接件设置应符合本规范第8.3.2条~第8.3.6条的规定。

[9.3.3] 组合楼板在与钢柱相交处被切段，柱边板底应设支承件，板内应布置附加钢筋（图9.3.3）。

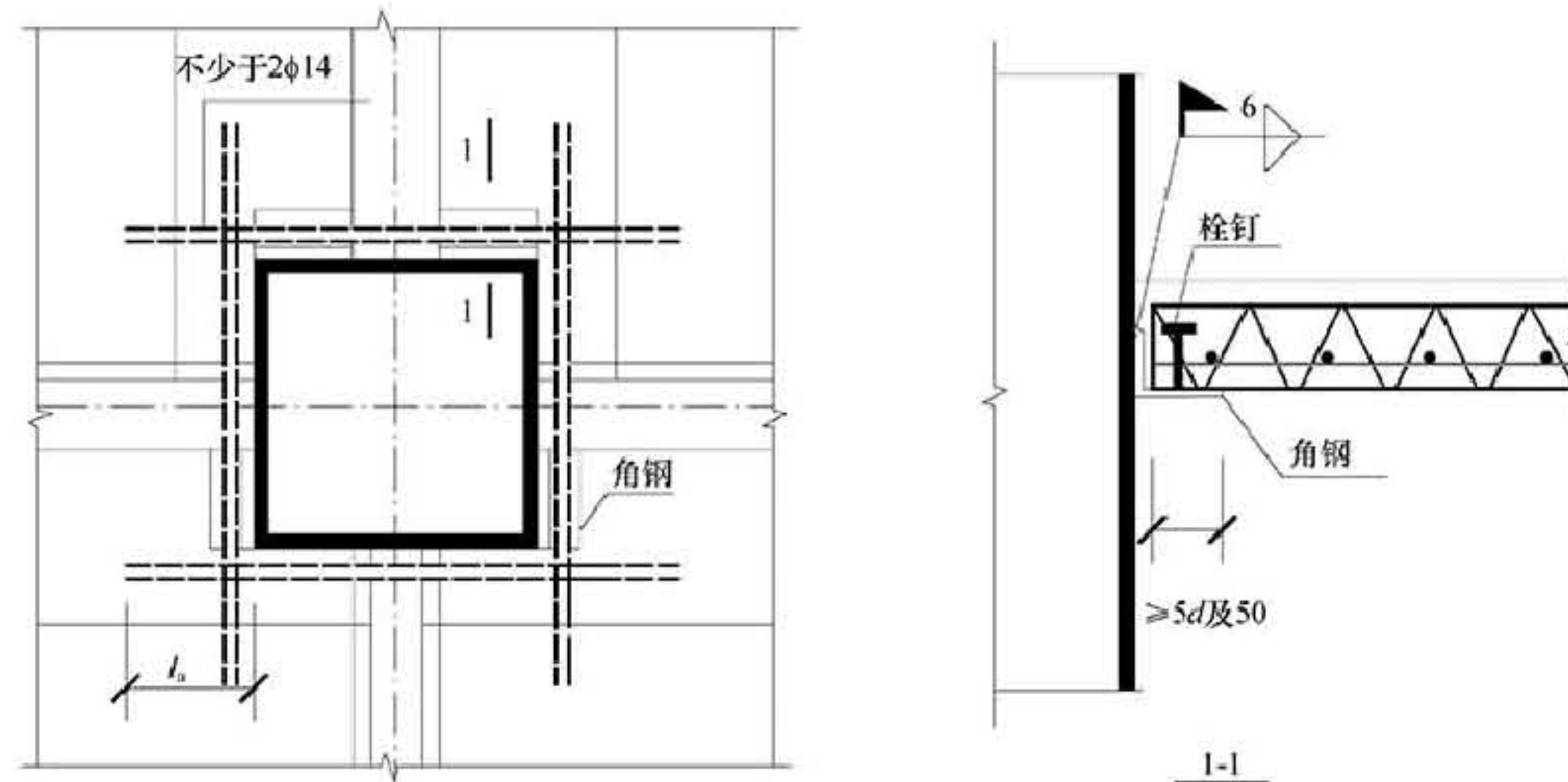


图 9.3.3 柱边板底构造

【要点说明】

钢筋桁架组合楼板的构造与主体结构构件的连接构造要求，基本与压型钢板组合楼板的一致或设置原理相同，均是为了形成有效的梁板结构和连接的可靠性。

2.3 建筑设备（水、暖、电）

2.3.1 一般规定

2.3.1.1 基本编制说明

1 装配式建筑应在符合国家和地方现行相关标准规范规定的基础上进行设计。除此之外，还应执行装配式建筑各项技术规程的规定。

2 本节编制中所引用的标准、规范、规程等均为国家、地方或者企业现行标准。

3 建筑设备（水、暖、电）专业有一部分通用技术，无论在钢结构还是装配式混凝土建筑中均能

应用（例如：管线综合），故本实施指南部分引用了装配式混凝土规范、规程的相关条文。

2.3.1.2 建筑设备管线综合

在进行装配式钢结构建筑内部设备管线设计时，应特别注意管线综合。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007：

[5.1.3] 建筑设备管线设计应相对集中、布置紧凑，合理占用空间。

《装配式混凝土结构设计规程》JGJ 1-2014：

[5.4.3] 设备管线应进行综合设计，减少平面交叉；竖向管线宜集中布置，并满足维修更换的要求。

【要点说明】

装配式钢结构建筑应做好建筑设备管线综合设计，满足建筑给水、排水、燃气供应、采暖、通风和空气调节设施、照明供电等建筑设备各系统功能使用、运行安全、维修管理方便等要求。住宅建筑设备管线的综合设计应特别注意套内管线的综合设计，每套的管线应户界分明。

【措施方法】

- 1 居住建筑内的给水立管、雨水立管、消防立管、电气和电信干线（管）、公共功能的阀门和电气设备以及用于总体调节和检修的部件，均应统一集中设置在居住建筑的公共部位。
- 2 公共建筑内竖向管线宜集中布置在独立的管道井内，且布置在现浇楼板处。
- 3 当条件受限管线必须暗埋时，宜结合叠合楼板、压型钢板现浇层以及建筑垫层进行设计。
- 4 当管线综合条件受限管线必须穿越时，钢结构构件内应预留孔洞，但预留的位置不应影响结构安全。
- 5 建筑设备及其管线需要与结构构件连接时宜采用预埋埋件的安装方式。当采用其他安装固定法时，不得影响结构构件的完整性与结构的安全性。
- 6 建筑部件与设备之间的连接宜采用标准化接口。

2.3.1.3 钢结构构件上孔洞、沟槽预留

从安全和经济两方面考虑，钢结构构件上的孔洞和沟槽应做好预留。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007：

[5.1.5] 管道与管线穿过钢梁、钢柱时，应与钢梁、钢柱上的预留孔留有空隙，或空隙处采用柔性材料填充；当穿越防火墙或楼板时，应设置不燃型的套管，管道与套管之间的空隙应采用不燃、柔性材料填封。管道不得敷设在剪力墙内。

【要点说明】

出于安全考虑，钢结构建筑不应在钢结构构件安装完毕后现场剔凿孔洞、沟槽。

【措施方法】

当条件受限，钢结构预制构件中需预埋管线、或预留沟、槽、孔、洞的位置，预留、预埋应遵守结构设计模数网络，不应在结构构件安装后凿剔沟、槽、孔、洞；设备及其管线必须暗埋时，应结合结构楼板及建筑垫层进行设计，集中敷设在现浇区域内；预制构件上为设备及其管线敷设预留的孔洞、套管、坑槽不得影响构件完整性与结构安全。

2.3.1.4 建筑设备施工隐检及验收

钢结构建筑中建筑设备的各种管道、风机、电缆等施工安装后必须进行隐检及验收工作。

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T 1925-2011：

[6.9.1] 各种承压管道系统和设备应做水压试验，非承压管道系统和设备应做灌水试验。管道系统试验压力均为工作压力的1.5倍，且不得小于0.6MPa。

[6.9.2] 风管应按风管系统的类别和材质进行漏光检测或漏风量测试。

[6.9.3] 采暖和通风空调工程安装完毕，必须进行系统的测定和调整（简称调试），系统调试应包括下列项目：

- 1 设备单机试运转及调试；
- 2 系统无生产负荷下的联合试运转及调试。

[6.9.4] 工程检验、验收项目除应执行本规程外，尚应与《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《地面辐射供暖技术规程》JGJ 142等国家现行的标准和规范配套使用。

[7.6.1] 各种承压管道系统和设备应做水压试验，非承压管道系统和设备应做灌水试验，并满足以下规定：

- 1 各种材料的给水管道系统试验压力必须符合设计要求。当设计未注明时，均为工作压力的1.5倍，但不得小于0.6MPa。
- 2 给水管道在交付使用前必须冲洗和消毒，并经有关部门取样检验，符合国家《生活饮用水标准》方可使用；
- 3 排水管道在隐蔽前必须做灌水试验，其灌水高度应不低于卫生器具的上边缘，灌水后各连接件不渗不漏；
- 4 排水立管及水平干管管道均应做通球试验，通球球径不小于排水管道管径的2/3，通球率必须达到100%；
- 5 卫生器具在交工前应做满水和通水试验。

[7.6.2] 工程检验、验收项目除应执行本规程外，尚应与《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300等国家现行的标准和规范配套使用。

《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2002：

[3.3.11] 电线导管、电缆导管和线槽敷设应按以下程序进行：

现浇混凝土板内配管在底层钢筋绑扎完成，上层钢筋未绑扎前敷设，且检查确认，才能绑扎上层钢筋和浇捣混凝土；

被隐蔽的接线盒和导管在隐蔽前检查合格，才能隐蔽。

【要点说明】

钢结构建筑中的给排水、暖通专业安装特点主要是设备管线与主体结构的分离，同层排水及成套卫浴、厨房使用较多，但器具、管道安装的工艺方法和技术质量要求与普通建筑基本相同，施工质量、工序交接、过程检查验收、隐蔽验收及检验批、分项、分部工程的划分和验收应符合国家现行的有关标准和规范要求。

钢结构建筑即使在钢结构构件安装完成后，尚有后浇混凝土的工作。如叠合楼板的现浇层、现浇式一体化成型墙体的现浇层、构件连接部位、预留的管道连接空间等等。故要求在施工浇筑前，做好隐蔽工程的验收工作。

2.3.2 给水排水系统及管线设计

2.3.2.1 给排水管道的设计、布置和敷设

1 住宅建筑中共用给排水、消防管道及阀门等的设置

【规范条文】

《住宅建筑规范》GB 50368-2005：

[8.1.4] 住宅的给水总立管、雨水立管、消防立管、采暖供回水总立管和电气、电信干线（管），不应布置在套内。公共功能的阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件，应设在共用部位。

《住宅设计规范》GB 50096-2011：

[8.1.7] 下列设施不应设置在住宅套内，应设置在共用空间内：

- 1 公共的管道，包括给水总立管、消防立管、雨水立管、采暖（空调）供回水总立管和配电和弱

电干线(管)等,设置在开敞式阳台的雨水立管除外;

2 公共的管道阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件,户内排水立管检修口除外;

3 采暖管沟和电缆沟的检查孔。

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[5.2.2] 住宅的给水总干管、雨水管、消防管不应布置在住户套内。

[5.2.3] 住宅单元的给水系统和消防系统总阀门,应设置在住户套外公用部位。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[4.1.4] 共用给水、排水立管应设在独立的管道井内(公共建筑可设置在部品内)。公共功能的控制阀门、检查口和检修部件应设在公用部位。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[10.3.1] 共用给水、排水立管应设在独立的管道井内,且布置在现浇楼板处。公共功能的控制阀门、检查口和检修部件应设在公共部位。雨水立管、消防管道应布置在公共部品内。

【要点说明】

公共管道、设备和部件如设置在住宅套内,不仅占用套内空间的面积、影响套内空间的使用,住户在装修时往往会将管道加以隐蔽,给维修和管理带来不便。在其他住户发生事故需要关闭检修阀门时,因设置阀门的住户无人而无法进入,不能正常维修,这样的事故经常发生。公共建筑给排水系统虽然不受套内外限制,但考虑到存在套内出售或出租性质,仍建议公共功能的给排水、消防总立管、阀门、部件等设于公共部品内。

装配式建筑的给排水设计中最重要的是应结合预制构件的特点,尽量将构件的生产与设备安装分开。这样规定,对于方便维护和管理、减少预制构件中管道穿楼板预留洞和预留套管的数量、减少构件规格及降低造价具有非常重要的意义。

【措施方法】

给水总立管、雨水立管、消防管道及公共功能的控制阀门、检查口和检修部件应设置在套外的公共部位。其中雨水立管指建筑物屋面等公共部位的雨水排水管,不包括为住宅各户敞开式阳台服务的各层共用雨水立管及设于住宅敞开式阳台的屋面雨水共用雨水立管。

对于分区供水的横干管,也应布置在其服务的套内,而不应布置在与其无关的套内;当采用远传水表或IC水表而将供水立管设在套内时,为便于维修和管理,供检修用的阀门应设在公共部位的横管上,而不应设在套内的立管顶部。

应将共用给水、排水立管集中设在在独立的管道井内,并布置在现浇楼板区域。

2 建筑中给水管道的设置

【规范条文】

《建筑给水排水设计规范》GB 50015-2003(2009年版):

[3.5.18] 给水管道暗设时,应符合下列要求:

1. 不得直接敷设在建筑物结构层内;
2. 干管和立管应敷设在吊顶、管井、管窿内,支管宜敷设在楼(地)面的垫层内或沿墙敷设在管槽内;
3. 敷设在垫层或墙体内管槽内的给水支管的外径不宜大于25mm;
4. 敷设在垫层或墙体内管槽内的给水管管材宜采用塑料、金属与塑料复合管材或耐腐蚀的金属管材;
5. 敷设在垫层或墙体内管槽内的管材,不得有卡套式或卡环式接口,柔性管材宜采用分水器向各卫生器具配水,中途不得有连接配件,两端接口应明露。

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[5.2.6] 卫生间排水宜采用同层排水方式。

[5.2.7] 穿越墙板和钢柱的管道应有支架固定。

《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ 08-2154-2014:

[5.6.3] 装配整体式混凝土公共建筑应做好建筑设备管线综合设计,并应符合下列规定:

1. 设备管线应减少平面交叉,竖向管线宜集中布置,并应满足维修更换的要求。

2. 机电设备管线宜设置在管线架空层或吊顶空间中,各种管线宜同层敷设。

3. 当条件受限管线必须暗埋时,宜结合叠合楼板现浇层以及建筑垫层进行设计。

4. 当条件受限管线必须穿越时,预制构件内可预留套管或孔洞,但预留的位置不应影响结构安全。

5. 建筑部件与设备之间的连接宜采用标准化接口。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[10.1.1] 装配式剪力墙住宅的机电管线应进行综合设计、公共部分和户内部分的管线连接宜采用架空连接的方式,如需暗埋,则应结合结构楼板及建筑垫层进行设计,集中敷设在现浇区域内。

[10.1.3] 装配式住宅建筑卫生间宜采用同层排水方式;给水、采暖水平管线宜暗敷于本层地面下的垫层中;空调水平管线宜布置在本层顶板吊顶下;电气水平管线宜暗敷于结构楼板叠合层中。也可布置在本层顶板吊顶下。

【要点说明】

给水横管设置按其在楼层所处位置可分为楼层底部设置及楼层顶部设置两大类。其中楼层底部设置可采用建筑垫层(回填层)暗埋或架空地板设置,给水管道不论管材是金属管还是塑料管(含复合管),均不得直接埋设在建筑结构层内。如一定要埋设时,必须在管外设置套管,以解决在套管内敷设和更换管道的技术问题,且要经结构工种的同意,确认埋在结构层内的套管不会降低建筑结构的安全性。楼层顶部设置可采用穿梁设置或梁下设置,管线穿越钢结构构件处需预设孔洞,孔洞管径及定位应经结构专业确认,且管线设置高度应满足建筑净高要求。

给水立管应设置于管井、管窿内或沿墙敷设在管槽内。

埋设在楼板建筑垫层内或沿墙敷设在管槽内的管道,因受垫层厚度或轻体砌块墙体保护层厚度限制,一般外径不宜大于25mm。

【措施方法】

沿墙接至用水器具的小管径给水立管,如遇轻体砌块墙体时,需在墙体近用水器具侧预留竖向管槽,管槽定位及槽宽应考虑结构设计模数并避让钢筋。一般管槽宽30~40mm、深15~20mm(开槽方式参考图2.10~12),管道外侧表面的砂浆保护层不得小于10mm,当给水支管无法完全嵌入管槽,管槽尺寸又不能扩大时,需增加装饰面厚度。

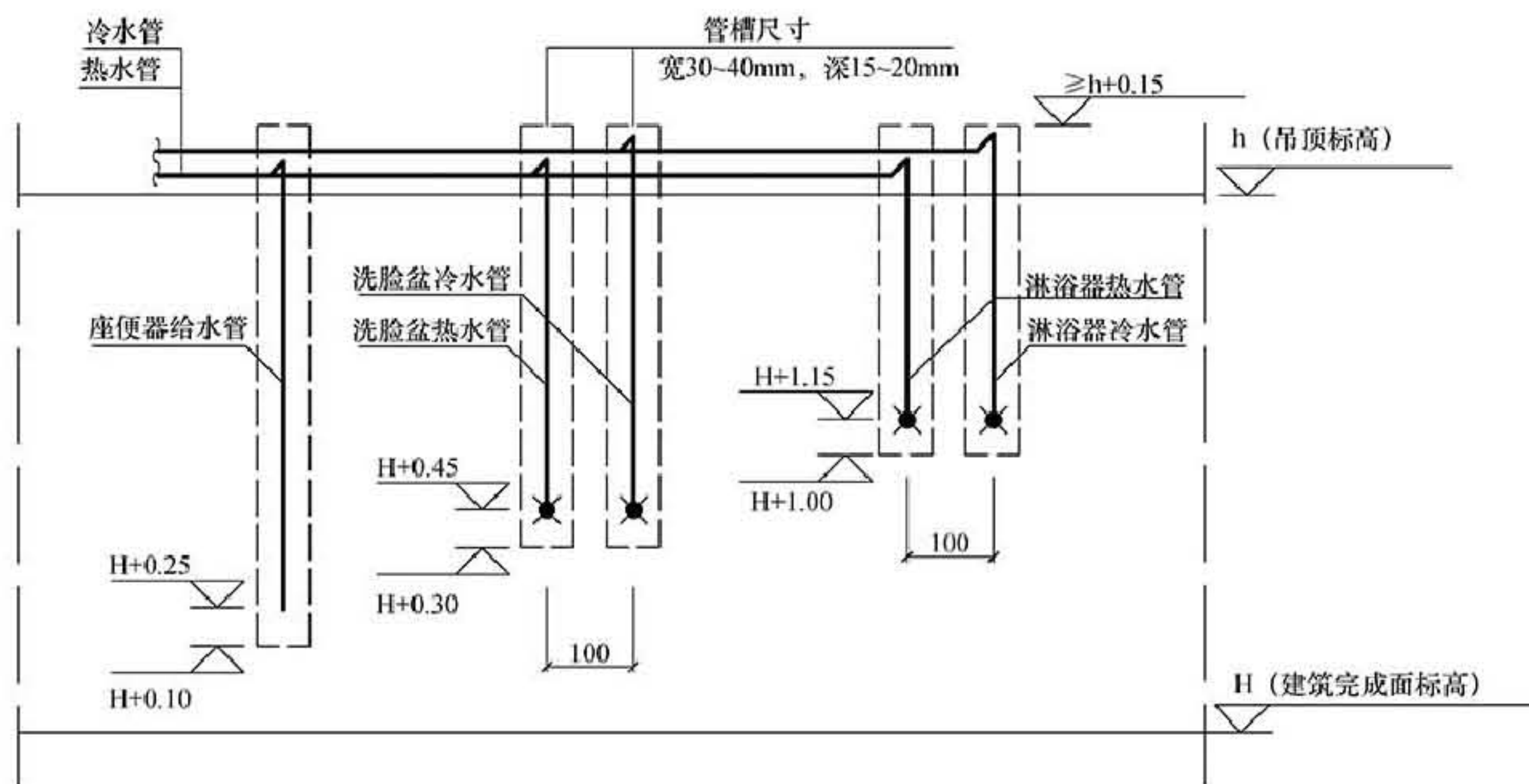


图 2.10 卫生间管槽示例一(给水干管设于吊顶内)

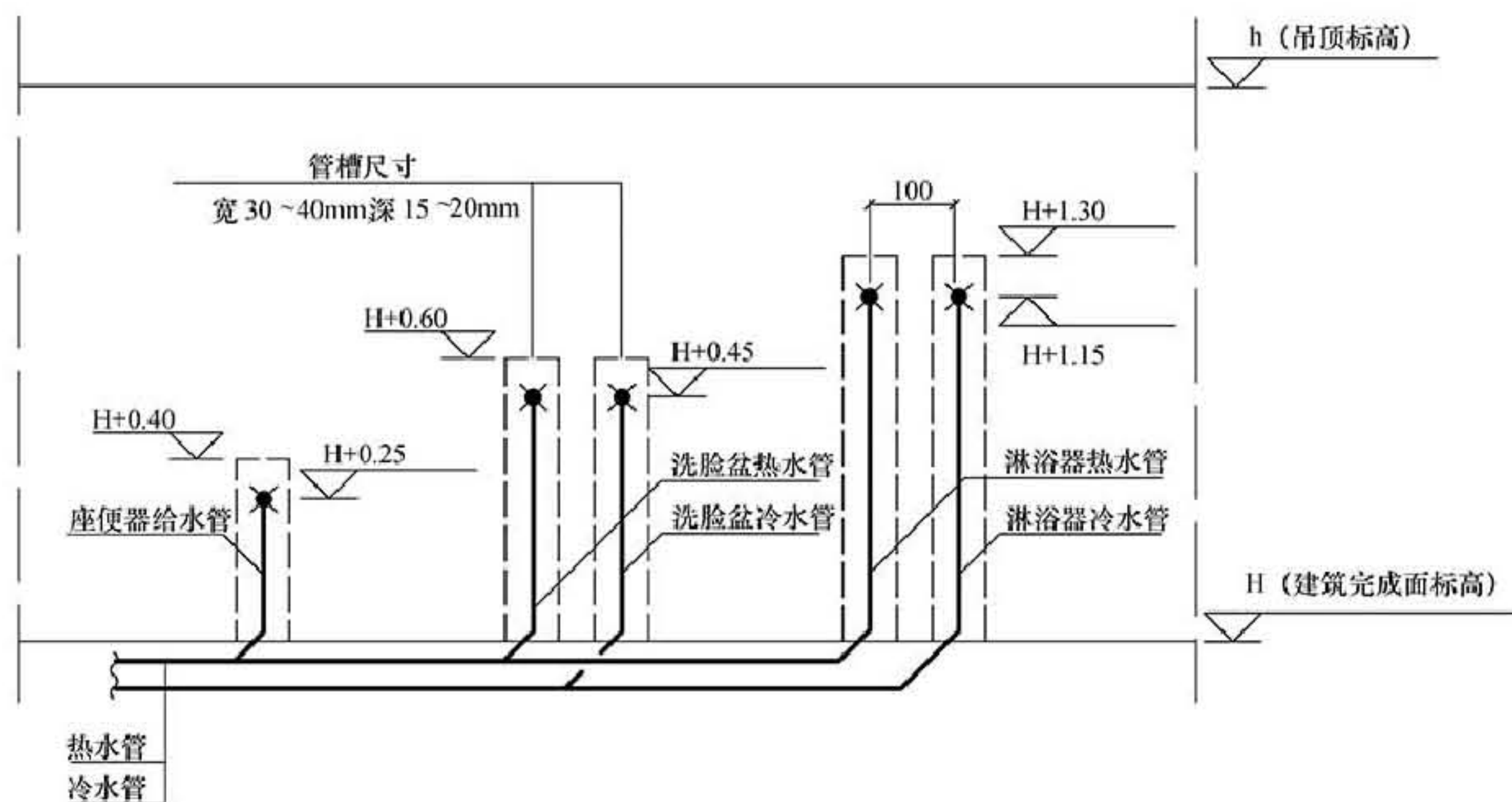


图 2.11 卫生间管槽示例二（给水干管设于建筑垫层内）

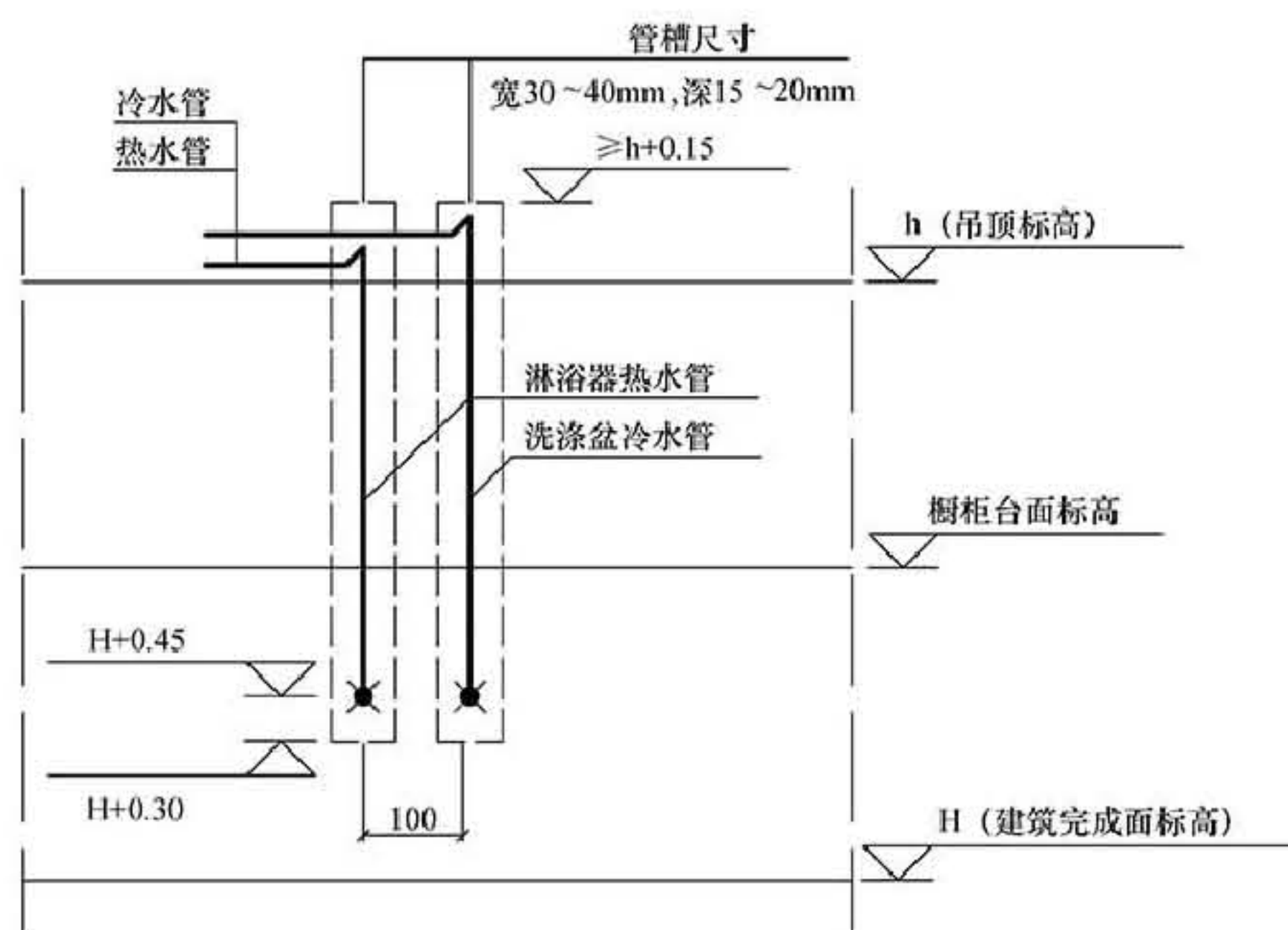


图 2.12 厨房管槽示例（给水干管设于吊顶内）

穿梁管道应在梁内预留孔洞，孔洞尺寸一般大于所穿管道1~2档，遇带保温管道，则预留孔洞尺寸应考虑管道保温层厚度；敷设于架空层内的管道，应采取可靠的隔声减噪措施；给水管明装时管道需做防结露保温；给水管与排水管共设于架空层或回填层时，给水管应敷设在排水管上方。

3 住宅卫生间排水管道的设置

【规范条文】

《住宅设计规范》GB 50096-2011：

[8.2.8] 住宅的污废水排水横管宜设于本层套内；当敷设于下一层的套内空间时，其清扫口应设于本层，并应进行夏季管道外壁结露验算，采取相应的防止结露的措施。污废水排水立管的检查口宜每层设置。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T 1925-2011：

[4.1.5] 住宅套内排水管道应同层敷设，器具排水竖管不得穿越楼板进入另一套内，同层排水的

卫生间地坪应有可靠的防渗漏措施。

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007：

[5.2.8] 高层住宅室内采用硬聚氯乙烯排水管道，当管径大于或等于110mm时，在以下管道部位，必须设置防止火势蔓延的阻火圈。

1 不设管道井或管窿的立管穿越楼层的贯穿部位。

2 横管穿越防火分区隔墙和防火墙的两侧。

3 横管与管道井或管窿内立管相连接的墙体的贯穿部位。阻火圈的耐火极限不应小于现行国家标准的有关规定。

《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014：

[5.4.5] 建筑宜采用同层排水设计，并结合房间净高、楼板跨度、设备管线等因素确定降板方案。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013：

[10.3.2] 套内排水管道宜优先采用同层敷设。同层排水的卫生间地坪应有可靠的防渗漏措施。

[10.3.5] 整体卫浴、整体厨房的同层排水管道和给水管道，均应在设计预留的安装空间内敷设。同时预留和明示与外部管道接口的位置。

【要点说明】

住宅卫生间采用同层排水，即排水横支管布置在排水层、器具排水管不穿越楼层的排水方式，此种排水管设置方式有效地避免了上层住户卫生间管道故障检修、卫生间地面渗漏及排水器具楼面排水接管处渗漏对下层住户的影响。同层排水的卫生间建筑完成面应做好严格的防水处理，避免降板的回填（架空）层积蓄污水或污水渗漏至下层住户室内。

【措施方法】

同层排水形式可采用排水横支管沿装饰墙敷设、排水横支管降板回填（架空）敷设及整体卫浴（横排）等形式，给排水专业应向土建专业提供相应区域地坪荷载及降板（垫层）高度要求，荷载要求应确保满足卫生间设备及回填层等的荷载要求，降板（垫层）高度应确保排水管道管径、坡度满足相关规范要求。当同层排水采用排水横支管降板回填（架空）敷设：排水管路采用普通排水管材及管配件时，卫生间区域降板或垫层高度不宜小于300mm，并应满足排水管设置最小坡度要求；当采用同层排水特殊排水管配件时，卫生间区域降板或垫层高度不宜小于150mm，并应满足排水管道及管配件安装要求。当同层排水采用整体卫浴横排形式时，降板高度 $H = \text{下沉高度} - \text{地面装饰层厚度}$ （参考图2.13），装饰层厚度根据土建不同工艺要求取值。

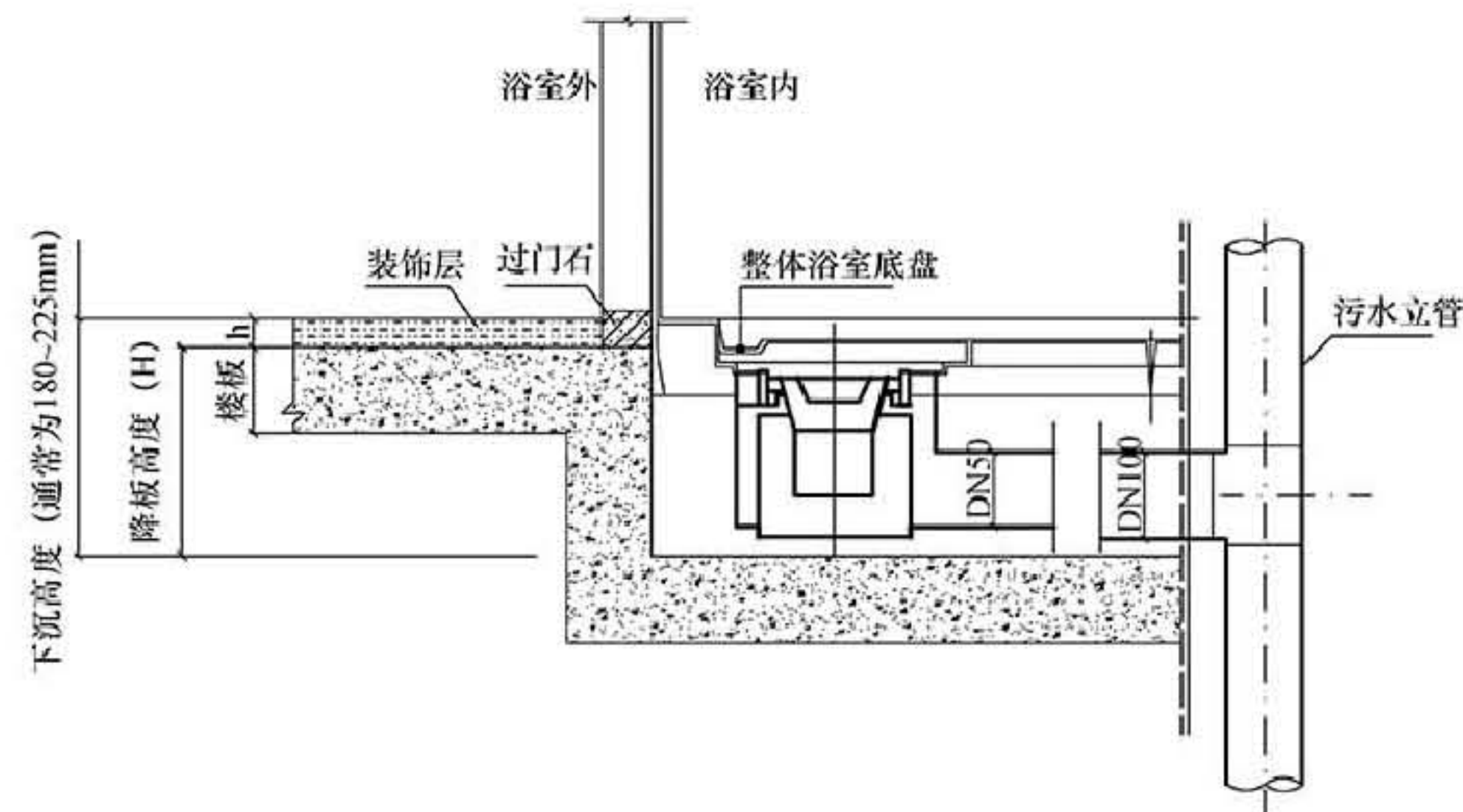


图 2.13 整体浴室（横排）降板高度示意图

同层排水卫生间的楼板面及建筑地坪皆应做好防水工程,防水层做法见图 2.14、图 2.15。

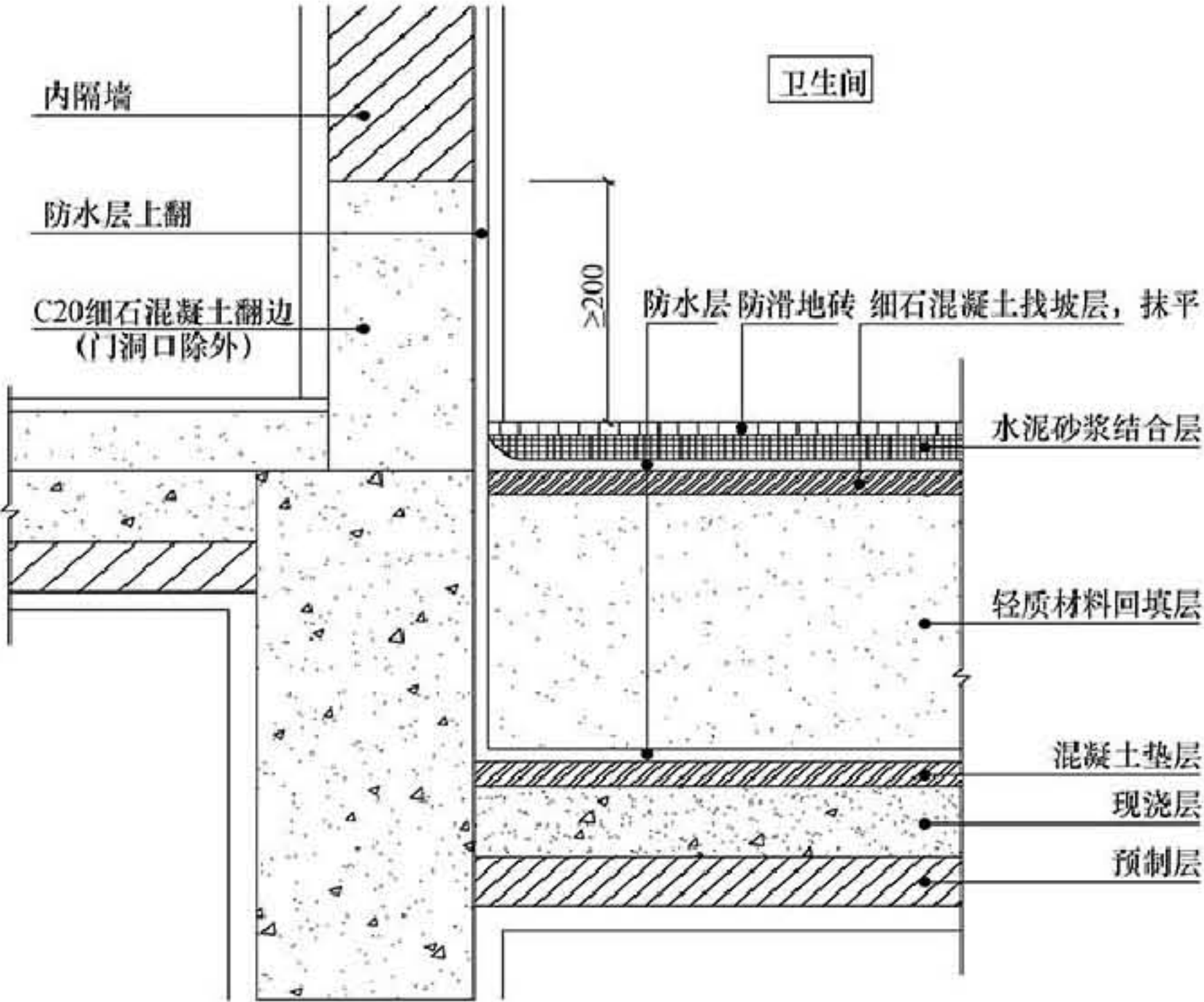


图 2.14 同层排水防水工程示例—降板型

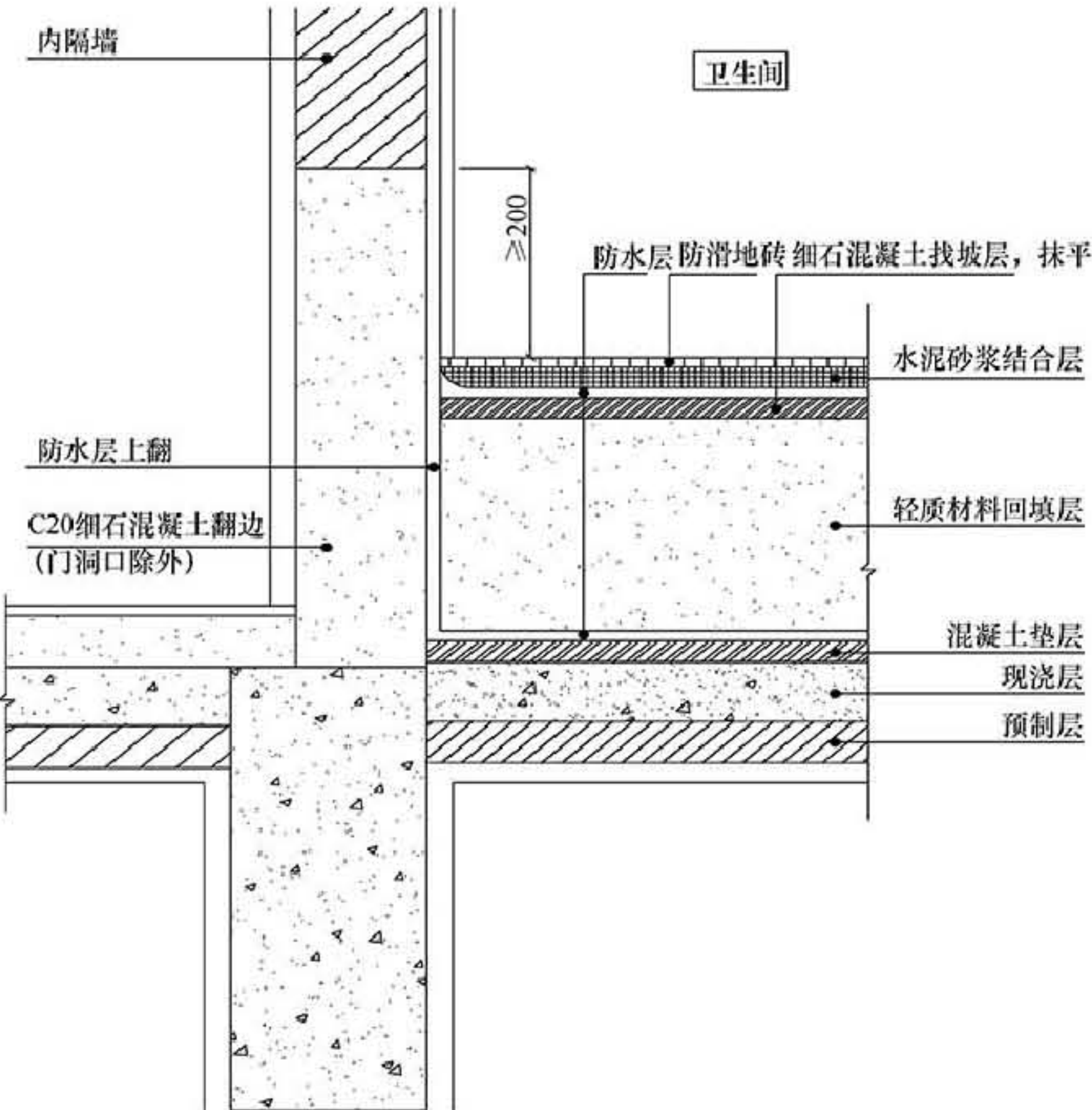


图 2.15 同层排水防水工程示例—垫层型

4 给水立管与部品水平管道连接方法

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程》DB21/T 1925-2011:

[4.3.1] 给水系统的给水立管与部品水平管道的接口宜设置内螺纹活接连接;

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》JGJ 1-2014:

[10.3.3] 给水系统的给水立管与部品水平管道的接口宜设置内螺纹活接连接。

【要点说明】

考虑到日后管道维修拆卸要求,故要求给水立管与部品水平管道的接口采用内螺纹活接连接。实际施工中,如果未采用活接头,在遇到有拆卸管路要求的检修时只能采取断管措施,将会增加不必要的施工难度。

2.3.2.2 预留洞和预埋套管

1 给排水管道的预留套管、孔洞设置要求

【规范条文】

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242-2002:

[3.3.13] 管道穿过墙壁和楼板,应设置金属或塑料套管。安装在楼板内的套管,其顶部应高出装饰地面 20mm;安装在卫生间及厨房内的套管,其顶部应高出装饰地面 50mm,底部应与楼板底面相平;安装在墙壁内的套管其两端与饰面相平。穿过楼板的套管与套管之间缝隙应用阻燃密实材料和防水油膏填实,端面光滑。穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实,且端面应光滑。管道的接口不得设在套管内。

《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DGJ 08-2154-2014:

[5.6.1] 设备及其管线和预留孔洞(管道井)设计应做到构配件规格化和模数化,符合装配整体式混凝土公共建筑的整体要求。

[5.6.2] 预制构件上预留的孔洞、套管、坑槽应选择在构件受力影响最小的部位。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[10.3.4] 穿越预制墙体的管道应预留套管;穿越预制楼板的管道应预留洞;穿越预制梁的管道应预留钢套管。

【要点说明】

装配式钢结构建筑的梁、柱等预制构件是由工厂预制的,不允许现场凿洞、剔槽。因此设计时,所有需穿越预制构件的管线应结合构件规格化、模数化的要求,给结构专业准确提资,提供预埋套管、预留孔洞及开槽的尺寸、定位等。

【措施方法】

1 阳台地漏、采用非同层排水方式的厨卫排水器具及附件预留孔洞尺寸参见表 2.2:

表 2.2 排水器具及附件预留孔洞尺寸表 (mm)

排水器具及附件种类	大便器	浴缸、洗脸盆、洗涤盆、小便斗	地漏、清扫口			
			DN50	DN75	DN100	DN150
所接排水管管径	DN100	DN50	DN50	DN75	DN100	DN150
预留圆洞 Φ	200	150	200	230	250	300
预留方洞 BxB	200×200	150×150	200×200	230×230	250×250	300×300

2 给水、消防管穿预制梁、柱预留普通钢套管尺寸参见表 2.3:

表 2.3 给水管预留普通钢套管尺寸表 (mm)

管道公称直径 DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
钢套管公称直径 DN1 (适用无保温)	32	40	50	50	65	80	100	125	150	150	200
钢套管公称直径 DN2 (适用带保温)	80	80	100	100	125	125	150	200	200	250	250

3 排水管穿越预制梁预留普通钢套管尺寸参见给水、消防管预留普通钢套管尺寸 DN1, 排水管穿预制楼板预留孔洞尺寸参见表 2.4:

表 2.4 排水管穿楼板预留洞尺寸表 (mm)

管道公称直径 DN	50	75	100	150	200	250	300
圆洞 Φ (适用塑料排水管)	80	125	150	200	250	300	350
钢套管公称直径 DN (适用金属排水管)	80	125	150	200	250	300	350

4 管道穿越屋面楼板时, 应预埋刚性防水套管, 具体套管尺寸及做法参见国标图集 02S404。

2 管道及其预留套管、孔洞的防水、防火、隔声措施要求

【规范条文】

《建筑给水排水设计规范》GB 50015-2003 (2009 年版):

[4.3.11] 当建筑塑料排水管穿越楼层、防火墙、管道井井壁时, 应根据建筑物性质、管径和设置条件以及穿越部位防火等级等要求设置阻火装置。

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014:

[6.1.6] 除本规范第 6.1.5 条规定外的其他管道不宜穿过防火墙, 确需穿过时, 应采用防火封堵材料将墙与管道之间的空隙紧密填实, 穿过防火墙处的管道保温材料, 应采用不燃材料; 当管道为难燃及可燃材料时, 应在防火墙两侧的管道上采取防火措施。

[6.3.6] 建筑内受高温或火焰作用易变形的管道, 在贯穿楼板部位和穿越防火分隔的两侧宜采取阻火措施。

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242-2002:

[3.3.13] 管道穿过墙壁和楼板, 应设置金属或塑料套管。安装在楼板内的套管, 其顶部应高出装饰地面 20mm; 安装在卫生间及厨房内的套管, 其顶部应高出装饰地面 50mm, 底部应与楼板底面相平; 安装在墙壁内的套管其两端与饰面相平。穿过楼板的套管与套管之间缝隙应用阻燃密实材料和防水油膏填实, 端面光滑。穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实, 且端面应光滑。管道的接口不得设在套管内。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程 (暂行)》DB21/T 1925-2011:

[4.1.7] 管道穿越楼板和墙体时, 孔洞周边应采取密封隔声措施。

[4.6.6] 塑料排水管道穿越防火墙时, 应在管道穿越墙体处两侧采取防止火灾贯穿的措施。

《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014:

[5.4.8] 设备管线穿过楼板的部位, 应采取防水、防火、隔声等措施。

【要点说明】

为了保证防火分隔的可靠性, 避免高温烟气和火势穿过防火墙及楼板的开口和空隙等蔓延扩散, 预留的套管与套管之间、套管与管道之间、孔洞与管道之间的缝隙需采用阻燃密实材料填塞。对于采用塑料管等遇高温易收缩变形或烧蚀的材质管道, 要采取措施使该类管道在受火后能被封闭。对于穿越楼板的管道, 除应考虑防火、隔声措施外, 还应在套管与套管之间、孔洞与管道之间采取防水措施以避免上层对下层的渗漏影响。上述规范及其条文说明虽然对管道及其预留套管孔洞的防火等措施皆有相关阐

述, 但各有偏重与局限, 譬如《建筑给水排水设计规范》GB 50015-2003 对给水塑料立管穿越楼板的防火措施无相应说明, 那么都应执行《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 的第 6.3.6 条规定。

【措施方法】

1 预留套管、孔洞的缝隙填塞要求:

所有预留的套管与套管之间、套管与管道之间、孔洞与管道之间的缝隙需采用阻燃密实材料填塞。除以上防火、隔声措施要求外, 还应注意穿过楼板的套管与套管之间需采取防水措施。

2 管道阻火装置设置要求:

(1) 具备下列条件应设置阻火装置:

横管穿越防火隔墙及立管贯穿楼板时, 不论高层建筑还是多层建筑, 不论管径大小, 不论明设还是暗设 (一般暗设不具备防火功能), 都应设置阻火装置。

(2) 建筑排水塑料管阻火装置应采用热膨胀型阻火圈 (给水塑料管参考此执行), 阻火圈设置部位如下: 立管穿越楼板处的下方; 管道井内各层防火封隔时, 横管接入立管穿越管道井井壁或管窿围护墙体的贯穿部位外侧; 横管穿越防火分区的隔墙和防火墙的两侧。

2.3.2.3 管道支吊架

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程 (暂行)》DB21/T 1925-2011:

[4.6.3] 敷设管道应有牢固的支、吊架和防晃措施。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[10.3.6] 固定设备、管道及其附件的支吊架安装应牢固可靠, 并具有耐久性, 支吊架应安装在主体结构上, 支架间距应符合相关工艺标准的要求, 同一部品内的管道支架应设置在同一高度上。

[10.3.7] 任何设备、管道及器具都不得作为其它管线和器具的支吊架。

【要点说明】

固定设备、管道及其附件的支吊架应注意安装于承重结构上, 尤其应注意安装于轻质隔墙上的设备、管线支架。当轻质隔墙采用轻钢龙骨石膏板时, 支架受力点应设于龙骨位置; 当轻质隔墙采用不满足支架承重要求的材料时, 需与土建专业协商, 支架受力区域应局部以满足荷载要求的实心块材替换。

2.3.2.4 预埋附件

【规范条文】

《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》GB 50368-2005:

[5.4.9] 设备管线宜与预制构件上的预埋件可靠连接。

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[10.3.8] 成排管道或设备应在预制构件上预埋用于支吊架安装的埋件。

[10.3.9] 太阳能热水系统集热器、储水罐等的安装应考虑与建筑一体化, 做好预留预埋。

【要点说明】

实际工程中, 太阳能集热系统或储水罐都是在建筑结构主体完成后再由太阳能设备厂家安装施工, 就不能保证不剔凿预制构件, 尤其是安装在阳台墙板上的集热器和储水罐, 因此规定需做好预埋件。这就要求在太阳能系统施工中一定要考虑与建筑一体化建设。一般情况各方都认为后期用膨胀螺栓可以安装集热器和储水罐, 但膨胀螺栓有老化失效的年限, 因此必须考虑在建筑使用寿命期内保证安装牢固可靠, 不允许后期使用膨胀螺栓。

2.3.2.5 消防给水与灭火设施

【规范条文】

《建筑设计防火规范》GB50016-2014:

[8.2.1] 下列建筑或场所应设置室内消火栓系统:

1 建筑占地面积大于 300m² 的厂房和仓库；

2 高层公共建筑和建筑高度大于 21m 的住宅建筑；

注：建筑高度不大于 27m 的住宅建筑，设置室内消火栓系统确有困难时，可只设置干式消防竖管和不带消火栓箱的 DN65 的室内消火栓。

3 体积大于 5000m³ 的车站、码头、机场的候车（船、机）建筑、展览建筑、商店建筑、旅馆建筑、医疗建筑和图书馆建筑单、多层建筑；

4 特等、甲等剧场，超过 800 个座位的其他等级的剧场和电影院等以及超过 1200 个座位的礼堂、体育馆等单、多层建筑；

5 建筑高度大于 15m 或体积大于 10000m³ 的办公建筑、教学建筑和其他单、多层民用建筑。

[8.3.1] 除本规范另有规定和不宜用水保护或灭火的场所外，下列厂房或生产部位应设置自动灭火系统，并宜采用自动喷水灭火系统：

1 不小于 50000 锭的棉纺厂的开包、清花车间，不小于 5000 锭的麻纺厂的分级、梳麻车间，火柴厂的烤梗、筛选部位；

2 占地面积大于 1500m² 或总建筑面积大于 3000m² 的单、多层制鞋、制衣、玩具及电子等类似用途的厂房；

3 占地面积大于 1500m² 的木器厂房；

4 泡沫塑料厂的预发、成型、切片、压花部位；

5 高层乙、丙、丁类厂房；

6 建筑面积大于 500m² 的地下或半地下丙类厂房。

[8.3.2] 除本规范另有规定和不宜用水保护或灭火的仓库外，下列仓库应设置自动灭火系统，并宜采用自动喷水灭火系统：

1 每座占地面积大于 1000m² 的棉、毛、丝、麻、化纤、毛皮及其制品的仓库；

注：单层占地面积不大于 2000m² 的棉花库房，可不设置自动喷水灭火系统。

2 每座占地面积大于 600m² 的火柴仓库；

3 邮政建筑内建筑面积大于 500m² 的空邮袋库；

4 可燃、难燃物品的高架仓库和高层仓库；

5 设计温度高于 0℃的高架冷库或每个防火分区建筑面积大于 1500m² 的非高架冷库；

6 总建筑面积大于 500m² 的可燃物品地下仓库。

7 每座占地面积大于 1500m² 或总建筑面积大于 3000m² 的其他单层或多层丙类物品库房。

[8.3.3] 除本规范另有规定和不宜用水保护或灭火的场所外，下列高层民用建筑或场所应设置自动灭火系统，并宜采用自动喷水灭火系统：

1 一类高层公共建筑（除游泳池、溜冰场外）及其地下、半地下室；

2 二类高层公共建筑及其地下、半地下室的公共活动用房、走道、办公室和旅馆的客房、可燃物品库房、自动扶梯底部；

3 高层民用建筑内的歌舞娱乐放映游艺场所；

4 建筑高度大于 100m 的住宅建筑。

[8.3.4] 除本规范另有规定和不宜用水保护或灭火的场所外，下列单、多层民用建筑或场所应设置自动灭火系统，并宜采用自动喷水灭火系统：

1 特等、甲等剧场，超过 1500 个座位的其他等级的剧场，超过 2000 个座位的会堂或礼堂，超过 3000 个座位的体育馆，超过 5000 人的体育场的室内人员休息室与器材间等；

2 任一层建筑面积大于 1500m² 或总建筑面积大于 3000m² 的展览、商店、餐饮和旅馆建筑以及医院中同样建筑规模的病房楼、门诊楼和手术部；

3 设置送回风道（管）的集中空气调节系统且总建筑面积大于 3000m² 的办公建筑等；

4 藏书量超过 50 万册的图书馆；

5 大、中型幼儿园，总建筑面积大于 500m² 的老年人建筑；

6 总建筑面积大于 500m² 的地下或半地下商店；

7 设置在地下或半地下或地上四层及以上楼层的歌舞娱乐放映游艺场所（除游泳场所外），设置在首层、二层和三层且任一层建筑面积大于 300m² 的地上歌舞娱乐放映游艺场所（除游泳场所外）。

[8.3.5] 根据本规范要求难以设置自动喷水灭火系统的展览厅、观众厅等人员密集的场所和丙类生产车间、仓库等高大空间场所，应设置其他自动灭火系统，并宜采用固定消防炮等灭火系统。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T 1925 - 2011；

[4.7.1] 建筑内应配置建筑灭火器。

[4.7.2] 8 层及 8 层以上的住宅建筑应设置室内消火栓给水系统。

[4.7.3] 35 层及 35 层以上的住宅应设置自动喷水灭火系统。

[4.7.4] 建筑高度小于等于 24m 的公共建筑和建筑高度大于 24m 的单层公共建筑的下列建筑应设置消火栓给水系统，也应按功能使用要求设置自动灭火系统。

1 科研楼、试验楼；

2 建筑体积大于 5000m³ 展览建筑、商店、旅馆、病房楼、门诊楼；

3 大于 800 座位的剧院、电影院、食堂、礼堂和体育馆；

4 建筑层数等于大于 6 层或建筑体积大于 10000m³ 的办公楼、教学楼等其他民用建筑。

【要点说明】

为了保证建筑满足防火要求，装配式建筑应按规范要求设置相应的防火设置，并需要整体考虑消防泵房、消防值班室等附属建筑物的配置。上述规范及其条文说明虽然对消防标准皆有相关阐述，但各有偏重与局限，均应以《建筑设计防火规范》GB 50016 - 2014 相关规定为准。

2.3.3 供暖通风空调系统及管线设计

2.3.3.1 供暖通风空调管道的设计、布置和敷设

1 供暖通风空调管道穿建筑物

【规范条文】

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 - 2012；

[5.9.8] 穿越建筑物基础、变形缝的供暖管道，以及埋设在建筑结构里的立管，应采取预防由于建筑物下沉而损坏管道的措施。

【要点说明】

在布置供暖系统时，若管道必须穿过建筑物变形缝，应采取预防由于建筑物下沉而损坏管道的措施。

【措施方法】

在管道穿过基础或墙体处，可采取埋设大口径套管内填以弹性材料等措施。

【规范条文】

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 - 2012；

[5.9.9] 当供暖管道必须穿越防火墙时，应预埋钢套管，并在穿墙处设置固定支架，管道与管套之间的空隙应采用耐火材料严密封堵。

【要点说明】

本条的目的是为了保持防火墙墙体的完整性，以防止发生火灾时，烟气或火焰通过管道穿墙处波及到其他房间；另外，要求对穿墙或楼板处的管道与管套之间的空隙进行封堵，除了能防止烟气或火灾的蔓延外，还能起到防止房间之间串音的作用。

【规范条文】

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 - 2012；

[6.6.16] 可燃气体管道、可燃液体管道和电线等，不得穿过风管的内腔，也不得沿风管的外壁敷设。可燃气体管道和可燃液体管道，不应穿过通风机房。

【要点说明】

可燃气体（煤气等）、可燃液体（甲、乙、丙类液体）和电线等，易引起火灾事故，为防止火势通过风管蔓延，作此强条规定。即穿过风管（通风、空调机房）内的可燃气体、可燃液体管道一旦泄露会很容易发生和传播火灾，火势也容易通过风管蔓延；电线由于使用时间长、绝缘老化，会发生短路起火，并通过风管蔓延，因此不得在风管内腔敷设或穿过。

【措施方法】

配电线路与风管的间距不应小于0.1m，若采用金属套管保护的配电线路，可贴风管外壁敷设。

2 钢结构住宅建筑中供暖通风空调管道的设置要求

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[5.1.3] 建筑设备管线设计应相对集中，布置紧凑，合理占用空间。

[5.1.5] 管道与管线穿过钢梁、钢柱时，应与梁柱上的预留孔留有空隙，或空隙处采用柔性材料填充；当穿越防火墙或楼板时，应设置不燃型的套管，管道与套管之间的空隙应采用不燃、柔性材料填充。管道不得敷设在剪力墙内。

【要点说明】

使用中的管道与管线常有微小的振动，当与钢梁柱的孔洞接触时会产生磨损和震动声，应予避免，所以本条文要求架空安装。穿越防火墙或楼板采用不燃、柔性材料填充的目的是为了避免火灾时的火焰通过这些缝隙烧到相邻防火分区去。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[5.1.6] 管道波纹补偿器、法兰及焊接接口不应设置在钢梁或钢柱的预留孔中。

[5.1.8] 当有垂直管道穿越楼板，应预留套管。

[5.3.1] 采暖系统应符合下列要求：

- 1) 采暖系统宜采用热水作热媒；
- 2) 集中采暖系统中需要专业人员操作的阀门、仪表等装置不应设置在套内的住宅单元空间内；
- 3) 采暖系统中的散热器、管道及其连接管配件等应满足系统承压的要求；
- 4) 采暖管道应按相关规范要求作保温处理，当管道固定于钢梁柱等钢构件上时，应采用绝热支架；

5) 钢梁柱的预留孔与穿越管道之间的空隙应充分考虑管道热膨胀的变形量；

[5.3.2] 通风与空调系统设计应符合下列要求：

- 1) 通风与空调系统风管的材料应采用不燃材料制作；
- 2) 空调冷热水、冷凝水管道、室外进风管道及经过冷热处理的空气管道应遵照相关规范的要求采用防结露和绝热措施，空调冷热水管应采用绝热支架固定；
- 3) 室内外空调机组之间的冷媒管道应按产品的安装技术要求采取绝热措施；
- 4) 空调室内机组的冷凝水和室外机组的融霜水应有组织地排放；
- 5) 通风机安装时应设置减震、隔震装置；
- 6) 空调室外机组直接或间接地固定于钢结构上时，应设置减震、隔震装置；

[5.3.3] 采暖空调冷热水管的固定支座设置于钢结构上时，应考虑管道热膨胀推力对钢结构的影响。

【要点说明】

空调冷热水、冷凝水管道、室外进风管道及经过冷热处理的空气管道应遵照相关规范的要求采用防

结露和绝热措施，应遵照现行国家标准《设备与管道保冷设计导则》GB/T 18856、《设备与管道保温设计导则》GB 8175、《公共建筑节能设计标准》GB 50189 中的有关规定。

当空调室外机组直接或间接地固定于钢结构上时，由于空调室外机组的机械运行功率过大，容易通过钢结构构件传递噪音，所以应根据具体条件设置减震、隔震装置。

3 住宅建筑中采暖供回水共用总管道及阀门等的设置要求

【规范条文】

《住宅建筑规范》GB 50368-2005:

[8.1.4] 住宅的给水总立管、雨水立管、消防立管、采暖供回水总立管和电气、电信干线（管），不应布置在套内。公共功能的阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件，应设在共用部位。

《住宅设计规范》GB 50096-2011:

[8.1.7] 下列设施不应设置在住宅套内，应设在共用空间内：

- 1) 公共功能的管道，包括给水总立管、消防立管、雨水立管、采暖（空调）供回水总立管和配电和弱电干线（管）等，布置在开敞式阳台的雨水立管除外；
- 2) 公共的管道阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件，户内排水立管检修口除外；
- 3) 采暖管沟和电缆沟的检查孔。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T1925-2011:

[3.2.2] 装配整体式居住建筑供暖系统的供、回水主立管和热计量表及分户控制阀门等部件应设置户外公共区域的管道井内；户内供暖系统宜设置独立环路。

【要点说明】

公共管道、设备和部件如设置在住宅套内，不仅占用套内空间的面积、影响套内空间的使用，住户在装修时往往会将管道加以隐蔽，给维修和管理带来不便。在其他住户发生事故需要关闭检修阀门时，因设置阀门的住户无人而无法进入，不能正常维修，这样的事故经常发生。公共建筑供暖系统可根据其出售或出租方式，计量收费方式等确定，不做统一规定。

装配式建筑的供暖设计中最重要的是应结合预制构件的特点，尽量将构件的生产与设备安装分开。这样规定，对于方便维护和管理、减少预制构件中管道穿楼板预留洞和预留套管的数量、减少构件规格及降低造价具有非常重要的意义。

【措施方法】

在套外公共部位设置公共管井，将供暖总立管及公共功能的控制阀门、户用热计量表等设置在其中，各户通过总阀或表后进入户内的横管可以敷设在公共空间地面垫层内入户。

对于分区供水的横干管，属于公共管道，也应设置在套外，而不应设置在与其无关的套内。

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T1925-2011:

[3.2.1] 装配整体式居住建筑室内供暖系统优先采用低温热水地面辐射供暖系统，也可采用散热器供暖系统。

[3.2.3] 装配整体式居住建筑的有外窗卫生间，当采用整体式卫浴或采用同层排水架空地板时，宜采用散热器供暖。

【要点说明】

装配式钢结构住宅的外墙一般采用预制外墙板，采用散热器供暖时，要与土建密切配合，需要在实体墙上准确预埋为安装散热器使用的支架或挂件，并且散热器的安装应在外墙的内表面装饰完毕后才能进行，施工难度较大，周期长；而采用地板辐射供暖，其安装施工可以在土建施工完毕后即可施工，不受装饰装修的制约，也减少了预埋工作量。此外，地板辐射采暖的舒适度优于散热器采暖。基于以上考虑，建议优先采用地板辐射供暖系统。

整体式卫浴和同层排水的架空地板下面有很多给水和排水管道，为了方便维修，不建议采用地面辐

射供暖方式。而有外窗的卫生间又有一定热负荷,采用电热风之类的供暖方式是不近合理的,应当采用散热器供暖方式,一般采用毛巾架卫浴散热器的方式。

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[3.2.6] 装配整体式居住建筑设计低温热水地面辐射供暖系统时应符合下列规定:

1) 供水温度不宜超过 50°C ,供、回水温差宜等于或小于 10°C ;系统的工作压力不应大于 0.8MPa 。
2) 宜按房间划分供暖环路,并配置室温自动调控装置。在每户分水器的进水管上,应装置水过滤器和户用热量表。

3) 地面辐射供暖系统的加热管不应安装在地板架空层下面,应安装在地板架空层上面;地面加热管上面不应设置与该系统无关的其他管道与管线,地面加热管铺设应预留其他管线的检修位置。

4) 地面辐射供暖系统的加热管上面不宜设计采用湿式填充料,宜采用干式施工。

[3.2.12] 低温热水地面辐射供暖系统和章鱼式供暖系统的分、集水器宜设置在架空地板上面或其他便于维修管理的位置。

【要点说明】

做装配整体式居住建筑的目的之一是要节材、提高效率、降低现场扬尘、保持现场干净。因此需尽量减少湿作业,不宜采用湿式施工,因此规定低温热水地面辐射供暖系统加热管的上面宜采用干式施工。

分、集水器的位置设置的是否得当是很重要的,因此特别提出。

【措施方法】

分、集水器一般宜设置在各户入口处,可与入口装修结合,这样可以减少户内埋地管的交叉。目前大量开发商住宅要求分、集水器设置在厨房洗涤盆下面,而厨房洗涤盆一般都在比较靠里的靠外窗区域,地暖总管需要先进入厨房到洗涤盆处再从厨房出来到各房间,管道局部排布很密或交叉较多,不利于施工和维修。

其余应遵照现行国家标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012、《地面辐射供暖技术规范》DB11/806-2011等的规定,按照国标或各地方标准图集进行施工。

干式热水地面辐射供暖典型地面做法见如图2.16所示。

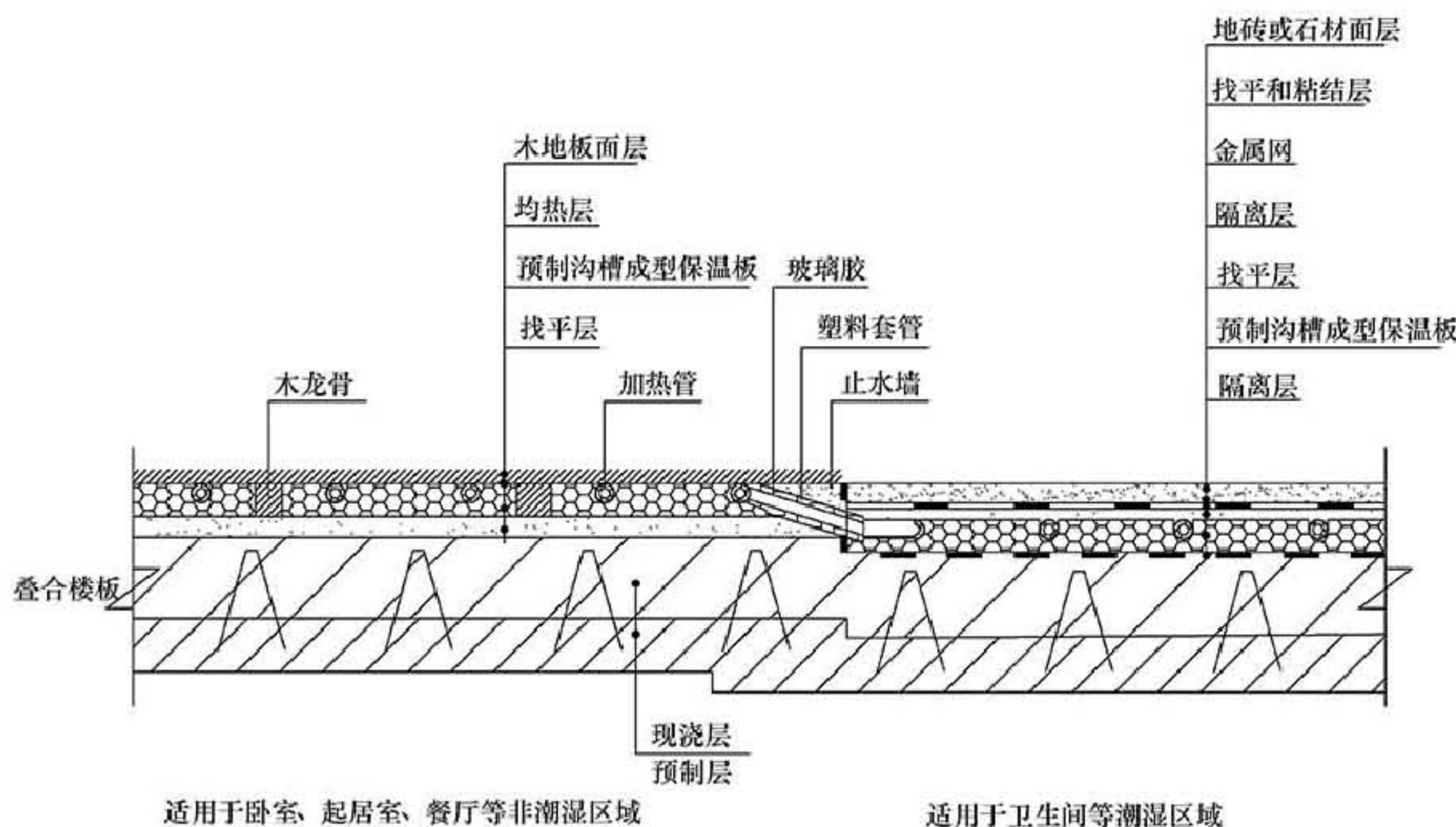
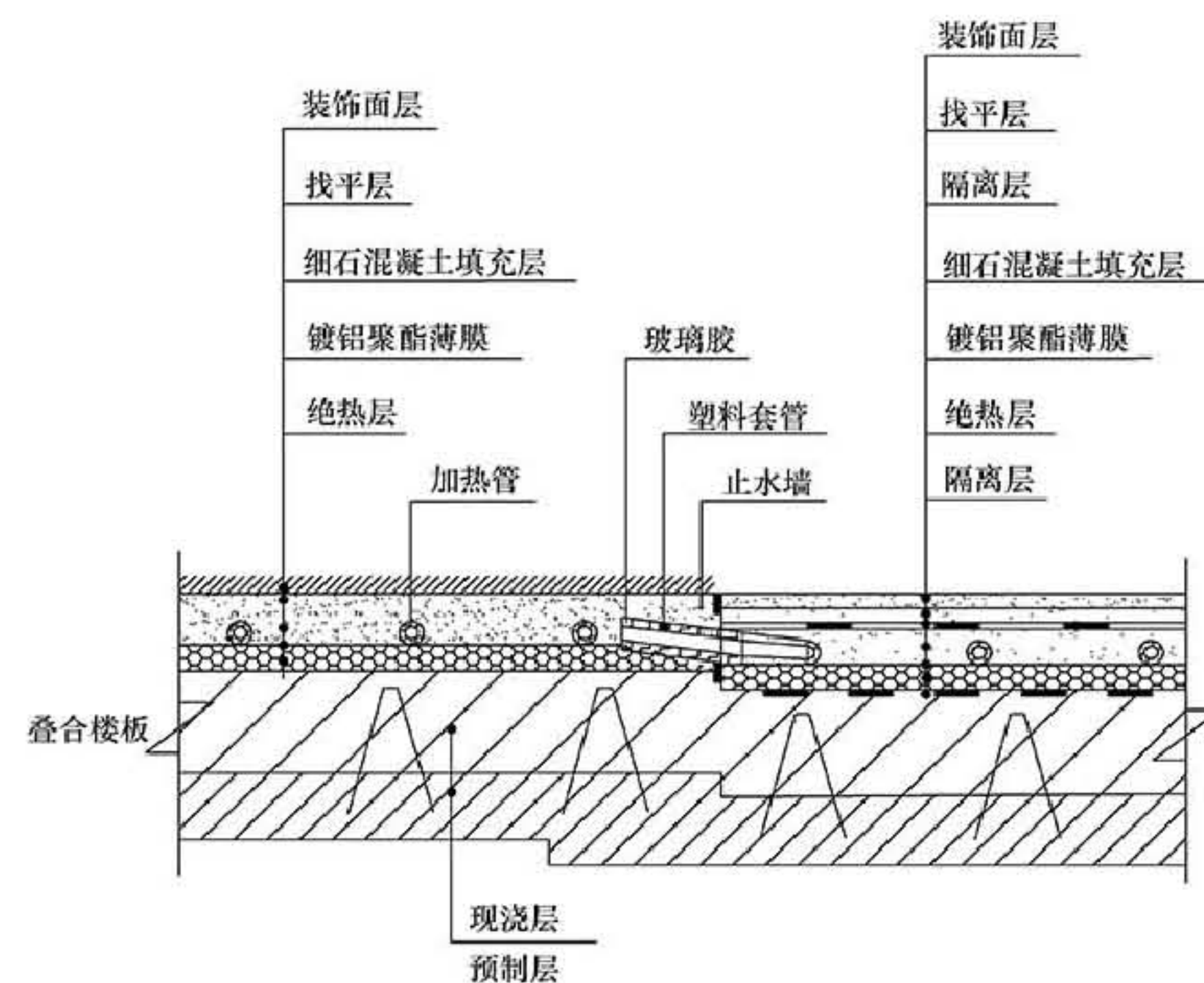


图 2.16 干式热水供暖地面做法

湿式热水地面辐射供暖典型地面做法见如图2.17所示。



适用于卧室、起居室、餐厅等非潮湿区域 适用于卫生间等潮湿区域

图 2.17 湿式热水供暖地面做法

4 散热器供暖系统的设置要求

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[3.2.7] 装配整体式建筑当采用散热器供暖时应符合下列规定:

1) 装配式居住建筑室内供暖系统的制式,户外宜采用双立管系统,户内宜采用单管跨越式系统、双管下供下回同程式系统,也可采用章鱼式供暖系统。

2) 装配式公共建筑供暖系统的划分和布置应能实现分区热量计量,在保证能分室(区)进行室温调节的前提下,宜采用区域双立管水平跨越式单管系统,系统主立管应设置在统一管井内。

【要点说明】

此条款与非装配式建筑的散热器供暖系统设置要求无差别,因此不再赘述。

5 供暖系统的管道设置要求

【规范条文】

《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012:

[3.2.11] 采用地面辐射供暖供冷时,生活给水管、电气系统管线不得与地面加热供冷部件敷设在同一构造层内。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[3.2.11] 装配整体式居住建筑户内供暖系统的供回水管道应敷设在架空地板内,并且管道应做保温处理。当无架空地板内时,供暖管道应做保温处理后敷设在装配整体式建筑的地板沟槽内。

【要点说明】

一般电气系统管线埋在叠合楼板的现浇层内。供暖管道包括接散热器管道、地板采暖系统接分集水器的管道以及地暖盘管,不允许埋在叠合楼板现浇层内,应敷设在建筑地面垫层内,或结合建筑架空层统一考虑。

6 居住建筑空调设施的设置要求

【规范条文】

《住宅设计规范》GB 50096-2011:

[8.6.1] 位于寒冷(B区)、夏热冬冷和夏热冬暖地区的住宅,当不采用集中空调系统时,主要房间应设置空调设施或预留安装空调设施的位置和条件。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[3.1.8] 装配整体式居住建筑的卧室、起居室应预留空调设施的位置和条件。

[3.3.2] 装配整体式居住建筑的卧室、起居室的外墙应预埋空调器凝水管排除的套管。

【要点说明】

一般的居住建筑多设置分体空调器或户式中央空调,其室外机可安装在空调板或设备阳台上,同时需在外墙上预留室外机冷媒管穿墙孔洞。装配整体式居住建筑中空调板多是预制墙板,不允许在施工现场剔凿。因此设计时应在预制外墙体上预埋分体空调冷凝水管排出的套管。

【措施方法】

装配整体式居住建筑中空调板多采用叠合构件或预制构件。叠合构件的负弯矩钢筋应在相邻叠合板的后浇混凝土中可靠锚固。预制构件应与主体结构可靠连接。如采用空调支架方式安装,应在预制外墙上预留安装支架的孔洞。

采用分体空调的装配式住宅的卧室、起居室的预制外墙上预留的空调冷媒管及冷凝水管的孔洞,孔洞位置应考虑模数,躲开钢筋。其高度、位置应根据室内空调机(立式或挂壁式)的形式确定。孔洞直径宜为 $\Phi 75$,挂墙安装的孔洞高度宜根据层高及室内机高度确定,一般距地2200mm,落地安装的孔洞高度距地150mm。

7 居住建筑卫生间、厨房通风道的设置要求

【规范条文】

《住宅建筑规范》GB 50368-2005:

[8.3.7] 当采用竖向通风道时,应采取防止支管回流和竖井泄漏的措施。

《住宅设计规范》GB 50096-2011:

[8.5.1] 排油烟机的排气管道可通过竖向排气道或外墙排向室外。当通过外墙直接排至室外时,应在室外排气口设置避风、防雨和防止污染墙面的构件。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[3.3.1] 装配整体式居住建筑的卫生间、厨房通风道宜就近设置防止倒流的主、次风道。

【要点说明】

目前南方有很多地区将卫生间和厨房的排风管直接排至外墙,但严寒和寒冷地区多采用竖向风道。为了节省能源,卫生间、厨房通风道不宜设置在距卫生间、厨房较远的公共区;同时为了防止各楼层厨房或卫生间之间的串味,应采取防止支管回流的措施,例如设置防止倒流的主、次风道。

【措施方法】

卫生间的竖向通风道是通风换气用的风道。目前卫生间、厨房的竖向风道基本都采用成品的土建风道包括变压式风道,但实际上其不是为厨房排油烟设计的。当卫生间、厨房采用竖向排风道时,应采用能够防止各层回流的定型产品,可参照相关图集,并应符合国家相关标准。竖向风道断面尺寸应根据层数经计算确定。当采用机械通风设施时,应预留孔洞及安装位置。

对于排油烟机的排气管道建议采用竖向排风道。尤其严寒、寒冷地区设置在北向的厨房,如果直接从外墙排放,由于冬季风向及风压作用,容易倒灌。对于其他气候区,设在南向凹槽处的厨房也建议采用竖向风道,因为南向凹槽处空气不易流通,油烟不易扩散,易形成滞留。

目前居住建筑设计中多利用厨房通风用的竖向风道作为排油烟的风道,由于没有按照排油烟的风量和风压要求详细计算,风道断面尺寸严重不足,且目前的定型产品防回流构造不过关,造成串味严重。

因此需要改变设计思路和方法,例如按照各层排油烟的风量风压要求设计厨房竖向风道,并在屋顶设置集中机械排油烟风机,可以较好解决此问题,但会带来风道占用更多的室内面积、增加少量初投资等弊端。

当厨房油烟通过外墙直接排至室外时,应在室外排气口设置避风、防雨和防止污染墙面的构件,并应在预制外墙上预留孔洞。

8 土建风道的设置要求

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[3.3.4] 装配整体式建筑的通风、空调系统设计中,当采用土建风道作为通风、空调系统的送风道时,应采取严格的防漏风和绝热措施;当采用土建风道作为新风进风道时,应采取防结露绝热措施。

[3.3.5] 装配整体式建筑的土建风道在各层或分支风管连接处在设计时应预留孔洞或预埋管件。

【要点说明】

由于混凝土等墙体的蓄热量大,没有绝热层的土建送风道会吸收大量的送风能量,而严重影响空调效果,因此要求土建送风道应进行严格的防漏风和绝热处理。同样,没有绝热层的土建风道作为新风进风道时,冬季风道内温度犹如室外,与土建进风道相邻房间的墙壁上容易结露,因此要求土建新风进风道应进行防结露绝热处理。此要求对所有类型建筑的空调土建风道都适用。

9 居住建筑风管水管(或冷媒管)的设置要求

【规范条文】

《装配式住宅设备技术规程》DBJ50/T-186-2014:

[3.3.6] 装配式居住建筑如设置机械通风或户式中央空调系统,宜在结构梁上预留穿越风管水管(或冷媒管)的孔洞。

【要点说明】

居住建筑为保证吊顶高度,管道多考虑穿梁,而装配整体式居住建筑的梁是工厂预制的,设计时应与土建专业密切配合,向结构专业提供准确的孔洞尺寸或预埋管件位置。如采用建筑自然通风器,在预制外墙上预留相应孔洞,预埋UPVC塑料套管,位置应避开结构的钢筋,避免断筋。

2.3.3.2 设备、管道及配件施工安装

1 暗装管道的施工安装规定

【规范条文】

《通风与空调工程施工规范》GB 50738-2011:

[8.1.9] 风管穿出屋面处应设防雨装置,风管与屋面交接处应有防渗水措施。

[8.1.11] 空调机组、风机盘管、阀门等设备及部件暗装在吊顶内时,应在其下部吊顶的适当位置处设置检查口,并应与装饰综合考虑,统一布置。

《建筑给排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242-2002:

[8.3.5] 散热器支架、托架安装,位置应准确,埋设牢固。散热器支架、托架数量,应符合设计或产品说明书要求。

[8.3.6] 散热器背面装饰后的墙内表面安装距离,应符合设计或产品说明书的要求,如未注明,应为30mm。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[6.3.6] 隐蔽在装饰墙体内部的管道,其安装应牢固可靠,管道安装部位的装饰结构应采取方便更换、维修的措施。

[6.3.5] 整体卫浴、整体厨房内的采暖设备及管道应在部品安装完成后进行水压试验,并预留和明示与外部管道的接口位置。

【要点说明】

在整体卫浴施工时,应预留出排风扇、散热器与排风道、供暖管道相接的接口,由于整体卫浴、整体厨房的施工单位与管道施工单位不同,一般由管道施工单位做最后的设备管道连接施工,因此应明示接口位置,便于管道施工单位安装。安装后供暖管道需进行水压试验,确保不漏水。建筑的部件之间、部件与设备之间的连接应采用标准化接口。

2 散热器及管道的施工安装要求**【规范条文】**

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[3.2.10] 采用散热器供暖系统装配整体式建筑,散热器的挂件或可连接挂件的预埋件应预埋在实体墙上。

【措施方法】

散热器安装应符合下列规定:①散热器安装应牢固可靠,安装在轻钢龙骨隔墙上时,可采用隐蔽支架固定在实体结构上;②安装在预制复合墙体上的散热器,其挂件应预埋在实体结构上,散热器的挂件要满足刚度要求;③当采用预留孔洞安装散热器挂件时,预留孔洞的深度应不小于120mm。

3 地板辐射供暖系统的施工安装要求**【规范条文】**

《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012:

[5.1.6] 施工过程中,加热电缆间有搭接时,严禁电缆通电。

【要点说明】

此条目的在于保护加热电缆,以免搭接时温度过高损坏电缆。

【规范条文】

《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012:

[5.1.7] 施工时不宜与其他工种交叉施工作业,所有地面预留洞应在填充层施工前完成。

[5.1.8] 辐射面应平整、干燥、无杂物、无积灰。

【要点说明】

地面平整与否会影响到泡沫塑料类绝热层、保温板和供暖板的敷设质量和加热管的安装;地面积灰还会使发泡水泥绝热层浆体中的水被灰尘吸收,导致发泡不均匀。

基层地面的平整与杂物清理,应由土建专业完成,地暖施工单位验收合格后再进行绝热层或保温板、供暖板的敷设工序。

【规范条文】

《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012:

[5.1.9] 施工过程中,加热供冷部件敷设区域,严禁穿凿、穿孔或进行射钉作业。(强条)

【要点说明】

此条目的在于保护加热供冷管、加热电缆等加热供冷部件免遭损坏。

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[6.5.3] 施工应符合下列规定:

1 基层面应平整、干净,平整度误差不大于5mm。

2 绝热板应清洁、无破损,铺设应平整,绝热层间的接缝应严密。

3 干式地暖铺设地暖模块后,应修整模块接缝和边缝,模块间的接缝应粘贴平整。

4 采用架空地板的干式地暖,绝热层应铺设在衬板上并与衬板固定。

5 设备和卫生器具下不得铺设加热盘管;

6 采用架空地板时,加热盘管应敷设在衬板上的绝热层凹槽内。导热板之间应预留3~5mm间隙;承压板之间应预留3~5mm间隙。

4 供暖通风空调设备的施工安装要求**【规范条文】**

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[6.6.5] 安装在预制构件上的设备,其设备基础和构件应连接牢固,并按设备技术文件的要求预留地脚螺栓孔洞。

5 管道支吊架的设置要求**【规范条文】**

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1925-2011:

[4.6.3] 敷设管道应有牢固的支、吊架和防晃措施。

【要点说明】

固定设备、管道及其附件的支吊架应注意安装于承重结构上,尤其应注意安装于轻质隔墙上的设备、管线支架。当轻质隔墙采用轻钢龙骨石膏板时,支吊架受力点应设于龙骨位置;当轻质隔墙采用不满足承重要求的材料时,需与土建专业协商,支架受力区域应局部已满足荷载要求的实心块材替换。实施方法详见各施工安装图集。

2.3.3.3 预留洞和预埋套管**1 建筑中供暖空调管道的预留套管、孔洞设置要求****【规范条文】**

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242-2002:

[3.3.3] 地下室或地下构筑物外墙有管道穿过的,应采取防水措施。对有严格防水要求的建筑物,必须采用柔性防水套管。

[3.3.13] 管道穿过墙壁和楼板,应设置金属或塑料套管。安装在楼板内的套管,其顶部应高出装饰地面20mm;安装在卫生间及厨房内的套管,其顶部应高出装饰地面50mm,底部应与楼板底面相平;安装在墙壁内的套管其两端与饰面相平。穿过楼板的套管与套管之间缝隙应用阻燃密实材料和防水油膏填实,端面光滑。穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实,且端面应光滑。管道的接口不得设在套管内。

【要点说明】

为了保证防火分隔的可靠性,避免高温烟气和火势穿过防火墙及楼板的开口和空隙等蔓延扩散,预留的套管与套管之间、套管与管道之间、孔洞与管道之间的缝隙需采用阻燃密实材料填塞。对于采用塑料管等遇高温易收缩变形或烧蚀的材质管道,要采取措施使该类管道在受火后能被封闭。对于穿越楼板的管道,除应考虑防火、隔声措施外,还应在套管与套管之间、孔洞与管道之间采取防水措施以避免上层对下层的渗漏影响。上述规范及其要点说明虽然对管道及其预留套管孔洞的防火等措施皆有相关阐述,但各有偏重与局限,都应执行《建筑设计防火规范》GB 50016-2014第6.3.6条规定。

【措施方法】

1 预留套管、孔洞的缝隙填塞要求:所有预留的套管与套管之间、套管与管道之间、孔洞与管道之间的缝隙需采用阻燃密实材料和防水油膏填实。除以上防火、隔声措施要求外,还应注意穿过楼板的套管与套管之间需采取防水措施。

2 横管穿越防火墙时,不论高层建筑还是多层建筑,不论管径大小,不论明设还是暗设,都必须设置阻火装置。

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[3.2.9] 装配整体式居住建筑设置供暖系统供、回水主立管的专用管道井应预留进户用供暖水管的孔洞或预埋套管。

[6.2.1] 穿越预制墙体的管道应预留套管；穿越预制楼板的管道应预留洞；穿越预制梁的管道应预留钢套管。其套管的规格应比管道大 1~2 号。

[6.2.2] 预留套管应按设计图纸中管道的定位、标高同时结合装饰、结构专业，绘制预留图，预留预埋应在预制构件厂内完成，并进行质量验收。

【要点说明】

钢结构建筑的墙、楼板等预制构件是由工厂预制的，不允许现场凿洞、剔槽。因此设计时，所有需穿越预制构件的管线应结合构配件规格化、模数化的要求，给结构专业准确提资，提供预埋预留洞或开槽的尺寸、定位等。

预制构件加工图纸应全面准确反映暖通设备管线预埋、预留的种类与定位尺寸。预留预埋应在预制构件厂内完成，并进行质量验收。

穿梁管道应在梁内设钢套管，套管尺寸一般大于所穿管道 1~2 档，如为保温管道，则预埋套管尺寸应考虑管道保温层厚度；敷设于架空层内的管道，应采取可靠的隔声减噪措施。

【措施方法】

1 供暖管、空调水管穿预制墙、楼板预留普通钢套管尺寸参见表 2.5：

表 2.5 管道预留普通钢套管尺寸表 (mm)

管道公称直径 DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
钢套管公称直径 DN2 (适用带保温)	80	80	100	100	125	125	150	200	200	250	250

2 管道穿越预制屋面楼板时，应预埋刚性防水套管，具体套管尺寸及做法参见国标图集。

3 风管穿过需要封闭的防火、防爆的预制墙体或预制楼板时，应设预埋管或防护套管，其钢板厚度不应小于 1.6mm。风管与防护套管之间应用不燃且对人体无危害的柔性材料封堵，并满足防火规范要求。

4 预留预埋应遵守结构设计模数网格，不应在围护结构安装后凿剔沟、槽、孔、洞，孔洞需避让钢筋，详见图 2.18。

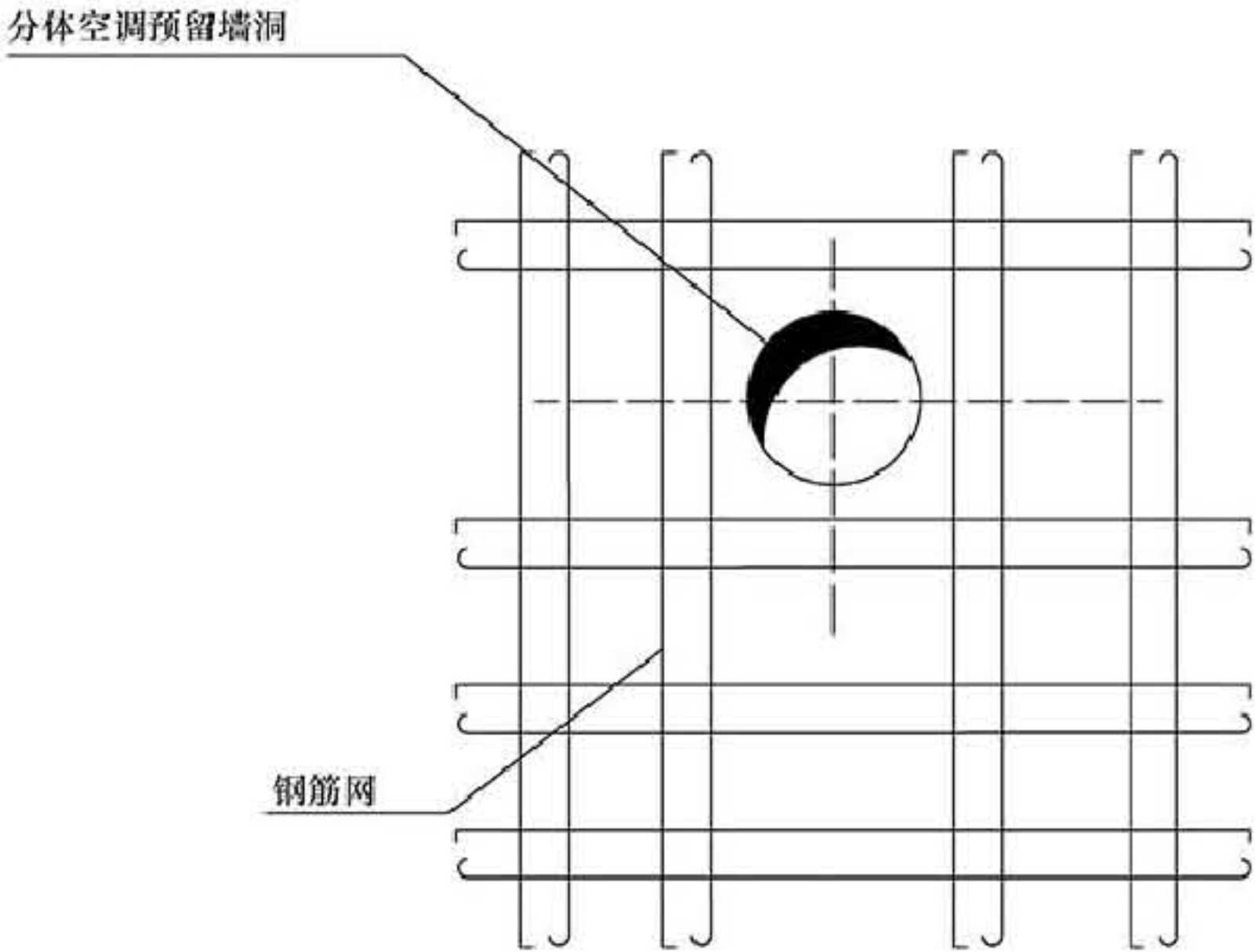


图 2.18 预制结构楼板和预制外墙上的留洞与钢筋的关系

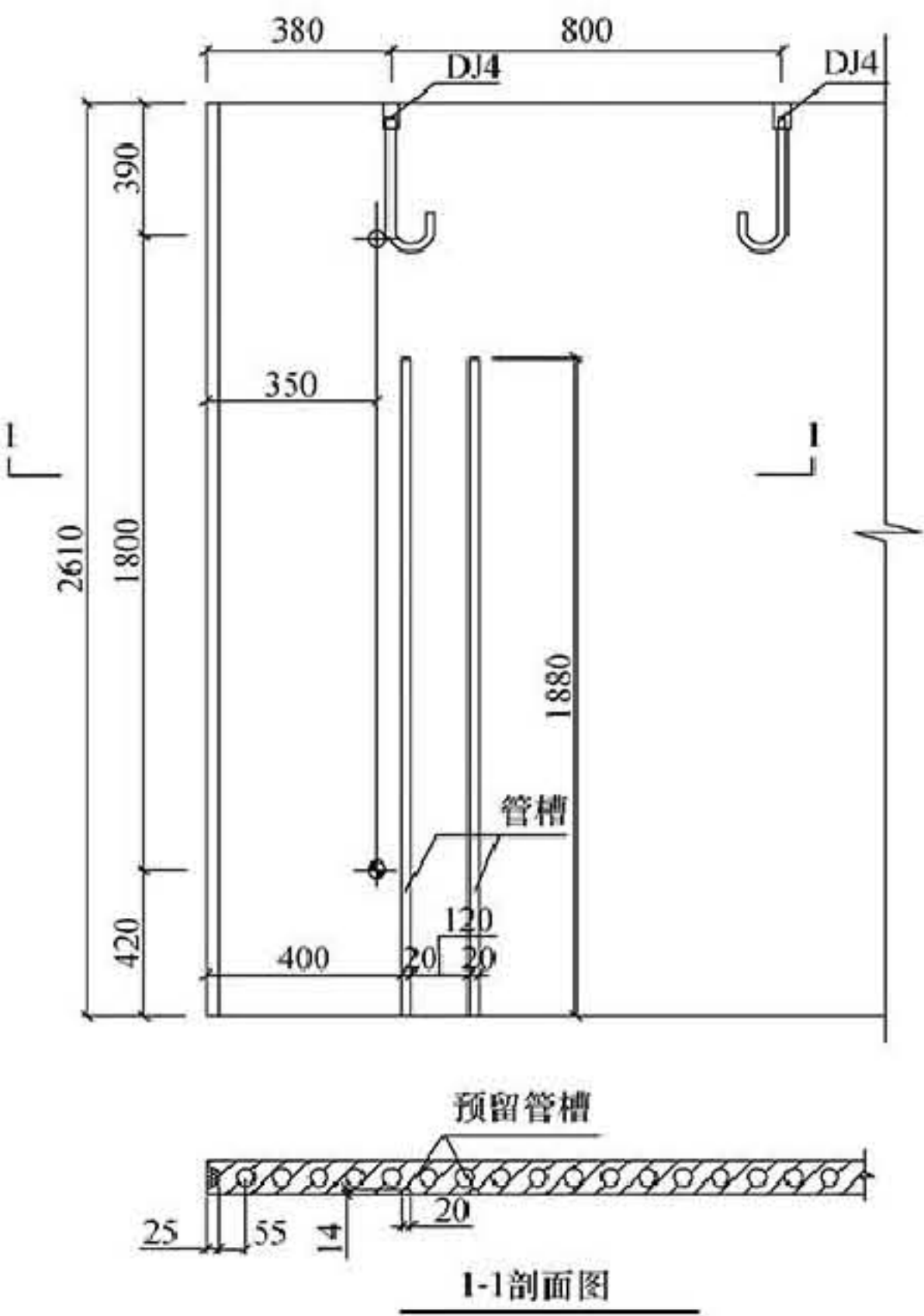


图 2.19 预制结构内墙上的管槽预留

埋设在楼板建筑垫层内或沿墙敷设在管槽内的管道，因受垫层厚度或预制墙体钢筋保护层厚度（通常为 15mm）限制，一般外径不宜大于 25mm。接卫生间内散热器的立支管可沿墙敷设在管槽内。立支管一般均为 DN15 或 DN20 的小管径管。当遇预制构件墙体时，需在墙体近散热器侧预留竖向管槽，管槽定位及槽宽应考虑结构设计模数并避让钢筋。一般管槽宽 30mm、深 15~20mm，管道外侧表面的砂浆保护层不得小于 10mm，当支管无法完全嵌入管槽，管槽尺寸又不能扩大时，需增加装饰面厚度。有的工程在墙内做横向管槽，这种方式易减弱结构强度，对于预制墙板也不利于运输，因此应尽可能避免采用这种方式。

2 管道及其预留套管、孔洞的防水、防火、隔声措施

【规范条文】

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014：

[6.1.6] 除本规范第 6.1.5 条规定外的其他管道不宜穿过防火墙，确需穿过时，应采用防火封堵材料将墙与管道之间的空隙紧密填实，穿过防火墙处的管道保温材料，应采用不燃材料；当管道为难燃及可燃材料时，应在防火墙两侧的管道上采取防火措施。

[6.3.5] 防烟、排烟、供暖、通风和空气调节系统中的管道及建筑内的其他管道，在穿越防火墙、楼板和防火墙处的孔隙应采用防火封堵材料封堵。

风管穿过防火隔墙、楼板和防火墙时，穿越处风管上的防火阀、排烟防火阀两侧各 2.0m 范围内的风管应采用耐火风管或风管外壁应采取防火保护措施，且耐火极限不应低于该防火分隔体的耐火极限。

(强条)

[6.3.6] 建筑内受高温或火焰作用易变形的管道，在贯穿楼板部位和穿越防火分隔的两侧宜采取阻火措施。

2.3.3.4 预埋附件

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T1925-2011:

[6.6.2] 吊装形式安装的暖通空调设备应在预制构件上预埋用于支吊架安装的埋件。

[6.7.1] 暖通空调设备、管道及其附件的支吊架应固定牢靠，应固定在实体结构上预留预埋的螺栓或钢板上。

【要点说明】

吊装形式安装的暖通空调设备应在预制构件上预埋用于支吊架安装的埋件。暖通空调设备、管道及其附件的支吊架埋设应牢固可靠，并具有耐久性，支吊架应安装在实体结构上。

2.3.3.5 隔音降噪

对于住宅建筑和一般公用建筑，《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012、《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 对常见的设备基础、供暖通风管道连接、穿墙穿孔洞减振降噪问题进行了规定。《住宅建筑规范》GB 50368-2005 的有关章节是对钢结构住宅暖通设计减振降噪方面的补充。

【规范条文】

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012:

[10.1.4] 设置风系统管道时，消声处理后的风管不宜穿过高噪声的房间；噪声高的风管，不宜穿过噪声要求低的房间，必须穿过时，应采取消声处理措施。

[10.1.6] 通风、空气调节与制冷机房等的位置，不宜靠近声环境要求较高的房间；当必须靠近时，应采取隔声和隔振措施。

[10.3.2] 对不带有隔振装置的设备，当其转速小于等于 1500r/min 时，宜选用弹簧隔振器；当其转速大于 1500r/min 时，根据环境需求和设备的振动大小，亦可选择橡胶等弹性材料的隔振垫块或橡胶减振器。

[10.3.7] 受设备振动影响的管道应采用弹性支吊架。

[10.3.8] 在有噪声要求严格的房间的楼层设置集中的空调机组设备时，应采用浮筑双隔振台。

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010:

[3.0.3] 产生噪声的建筑服务设备等噪声源的设置位置、防噪设计，应按下列规定：

1) 锅炉房、水泵房、变压器室、制冷机房宜单独设置在噪声敏感建筑外。住宅、学校、医院、旅馆、办公楼所在区域内有噪声源的建筑附属设施，其设置位置应避免对噪声敏感建筑产生噪声干扰，必要时应作防噪处理，区内不得设置未经有效处理的强噪声源。

2) 确需在噪声敏感建筑物内设置锅炉房、水泵房、变压器室、制冷机房时，若条件许可，宜将噪声源设置在地下，但不宜毗邻主体建筑或设在主体建筑下。并且应采取有效的隔振、隔声措施。

3) 冷却塔、热系机组宜设置在对噪声敏感建筑物噪声干扰较小的位置。

《住宅建筑规范》GB 50368-2005:

[7.1.4] 水、暖、电、气管线穿过楼板和墙体时，孔洞周边应采取密封隔声措施。

[7.1.6] 管道井、水泵房、风机房应采取有效的隔声措施，水泵、风机应采取减振措施。

2.3.4 电气系统及管线设计

2.3.4.1 一般规定

1 钢结构建筑的电气设计，应做到电气系统安全可靠、节能环保、设备布置整体美观

【规范条文】

《民用建筑电气设计规范》JGJ 16-2008:

[1.0.1] 为在民用建筑电气设计中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全可靠、经济合理、技术先进、整体美观、维护管理方便，制订本规范。

《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242-2011:

[1.0.1] 为统一住宅建筑电气设计，全面贯彻执行国家的节能环保政策，做到安全可靠、经济合理、技术先进、整体美观、维护管理方便，制定本规范。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T1-2011:

[5.1.1] 装配整体式建筑电气设计，应做到电气系统安全可靠、节能环保、设备布置整体美观。

【要点说明】

钢结构建筑电气设计要求做到电气系统安全可靠、节能环保、维修管理方便、设备布置整体美观，并遵循以下原则：①安全可靠：设计中应注意供电系统各级保护电器的合理设置，对于重要负荷各级间保护应有选择性配合，对于普通负荷尽量做到选择性配合。除此之外，消防设备的配电设计也应满足相应的消防设计规范和有关要求；②节能环保：推广装配整装式建筑本身就是从节能环保出发的，因此，在设计过程中节能环保应作为一条主线贯穿始终。对装配整装式建筑电气设计而言，除满足常规的电气节能设计外，尚应考虑采用标准化、模数化设计，以减少管材的浪费；③维修管理方便：设计中除按照相应的规范，将公共功能的电气设备和计量表计设置于便于维修的公共部位，对电气、电信干线采用集中布置敷设外，尚应对电气管线（尤其是公共部位的电气管线）的敷设方式做统一的规划，以方便维修更换；④设备布置整体美观：装配式建筑应考虑整体的美观性，人居环境杂乱无章会使人心情沮丧，降低生活质量。

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T1-2011:

[5.5.1] 装配整体式钢结构公共建筑宜开展建筑和室内装修一体化设计，做到建筑、结构、设备、装饰等专业之间的有机衔接。

【要点说明】

钢结构建筑的电气设计应采用标准化、系列化的设计方法，做到设备布置、设备安装、管线敷设和连接的标准化和系列化。

设计阶段，电气专业应要求建筑专业确定室内布置，并根据布置依此进行灯具、插座、开关等点位布置图的设计，并应对敷设管道的路径做准确定型定位，并与预制构件设计相协调。精装修交房的工程，应在建筑设计的同时进行室内装修设计，即采用精装一体化设计。

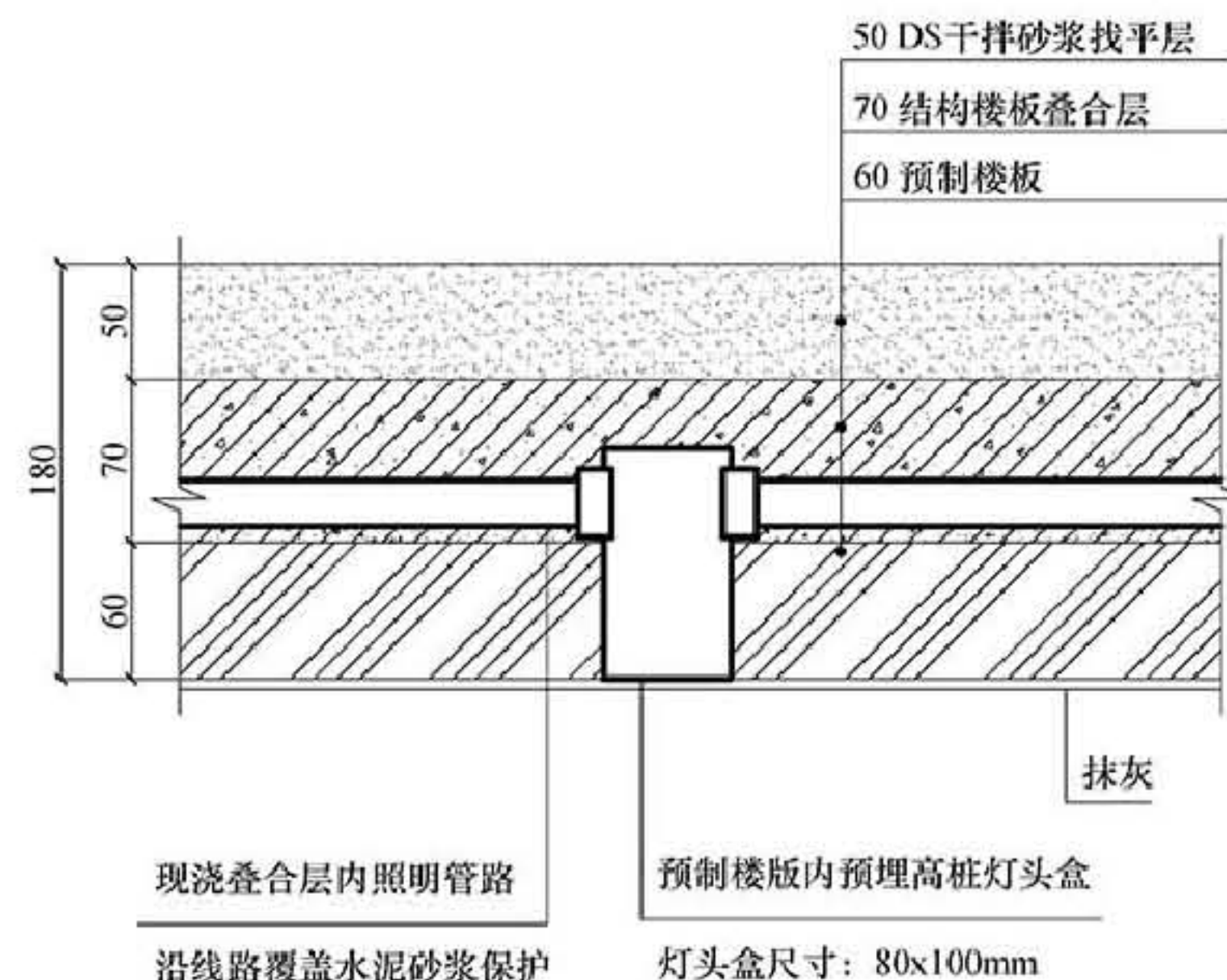


图 2.20 预制叠合板内预留接线盒做法大样一

在预制构件加工制作阶段,应将各专业、各工种所需的预留孔洞、预埋件等一并完成,避免在施工现场进行剔凿、切割,伤及预制构件,影响质量及观感。故在设计阶段,电气专业应配合结构预制构件深化设计单位编制预制构件的加工图纸,准确定位和反映构件中电气设备的要求,满足预制构件工厂化生产及机械化安装的需要。

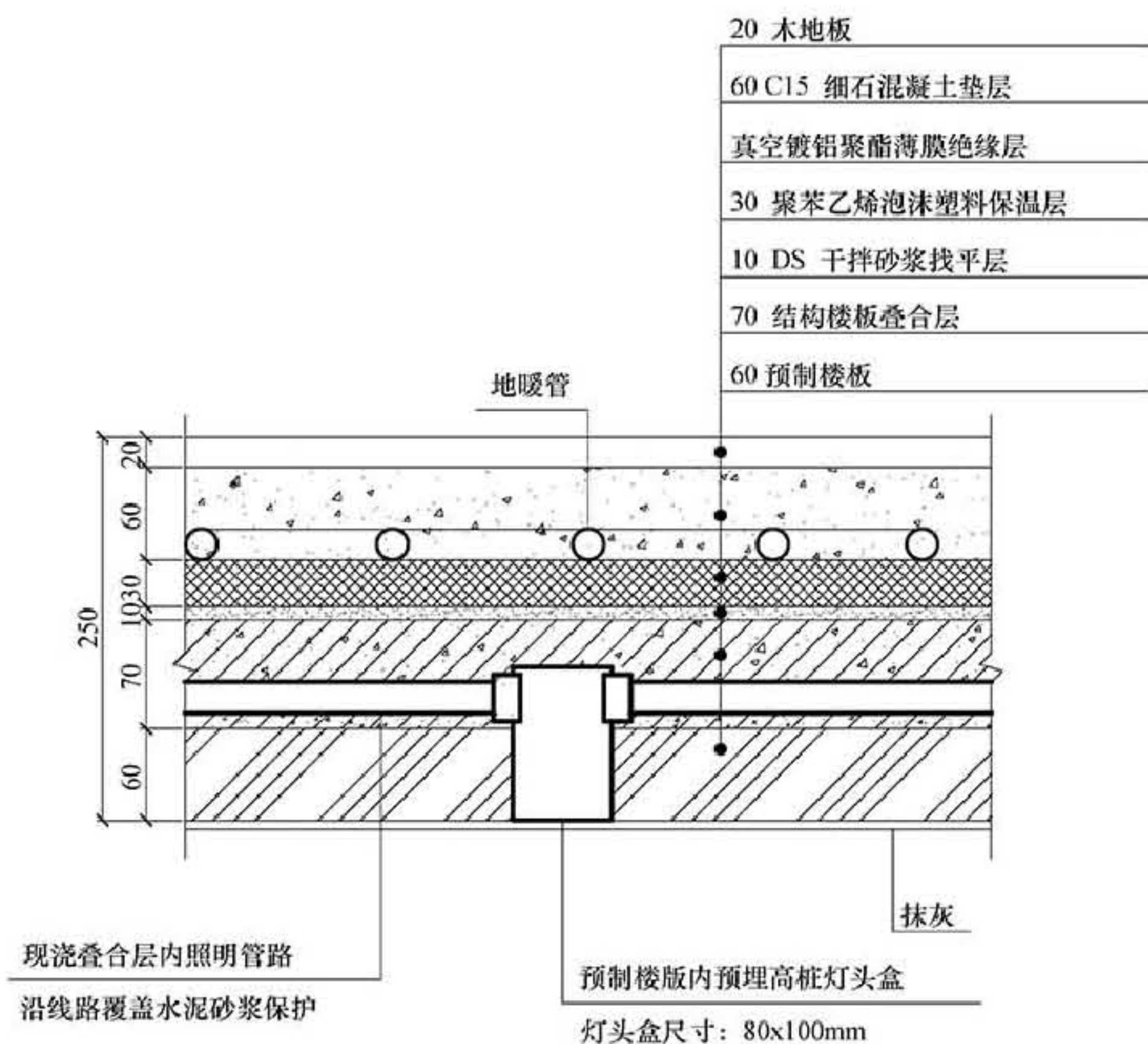


图 2.21 预制叠合板内预留接线盒做法大样二 (有地暖)

2 钢结构建筑应进行管线综合设计,尽可能减少管线的交叉

【规范条文】

《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014:

[5.4.3] 设备管线应进行综合设计,减少平面交叉;竖向管线宜集中布置,并应满足维修更换的要求。

《装配整体式混凝土公共建筑设计规程》DCJ 08-2154-2014:

[5.6.3] 装配整体式钢结构公共建筑应做好建筑设备管线综合设计,并应符合下列规定:设备管线应减少平面交叉,竖向管线宜集中布置,并应满足维修更换的要求。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T1-2011:

[5.8.16] 各弱电电子系统的管线应与各相关专业做好管道综合,管线宜确定具体位置及路由;应与相关专业配合,按照规范的要求在弱电设备管线穿越楼板或隔墙处采取相应的防水、防火及隔声密封等措施。

【措施方法】

由于钢结构建筑的特殊结构形式,其内部的管道综合尤为重要。竖向管线宜做集中敷设,满足维修更换的需要。水平管线宜在架空层或吊顶内敷设,当受条件限制必须做暗敷设时,尽可能敷设在现浇层或建筑垫层内。预制建筑的管道综合工作十分重要,预制构件在现场随意开孔开槽可能会影响到结构安全。设计可采用包含 BIM 技术在内的多种技术手段开展三维管线综合设计,对结构预制构件内的电气

设备、管线和预留洞槽等做准确定位,以减少现场返工。

例如户内配电盘与智能家居分开设置,可避免大量管线在叠合楼板内集中交叉,管线尽量均匀分布在顶板和底板内。

又如在电气和弱电设备管线在楼板中敷设时,应做好管线的综合排布,同一地点严禁两根以上电气管路交叉敷设。以预制叠合楼板为例,北方地区设计有地暖时,电气管线应与地暖管分层敷设。电气管线尽可能敷设在叠合楼板的现浇层内,叠合楼板现浇层的厚度通常只有 70mm 左右,综合电气管线的管径、埋深要求、板内钢筋等因素,最多只能满足两根管线的交叉。所以要求暗敷设的电气管线应进行综合排布,避免同一位置存在三根及以上的电气管线交叉敷设的现象发生。

2.3.4.2 电气设备

1 与传统建筑相比,钢结构建筑在预制构件上设置的家居配电箱、配线箱和控制器要求更加精确,故设备布置应做到布置合理,定位准确

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[5.3.4] 分户配电箱应选择暗装箱体,宜安装于进户处实体墙上,底边标高距架空地板或地坪 1.6m,并用工业化内隔墙板封闭。

[5.8.9] 弱电箱、弱电出线终端与强电配电箱及电源插座等宜保持一定距离,且二者边距不宜小于 200mm。

[5.8.10] 除特殊要求外,弱电出线终端的安装高度宜为中心距最终铺设完成后的地面 300mm,并宜与无特殊要求的强电插座的安装高度一致。

[5.8.12] 同类弱电箱及弱电管线的尺寸及敷设位置应规范统一,并与建筑模数、结构部品及构件等相协调。

《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242-2011:

[8.4.1] 每套住宅应设置不少于一个家居配电箱,家居配电箱宜暗装在套内走廊、门厅或起居室等便于维修维护处,箱底距地高度不应低于 1.6m。

[11.7.1] 每套住宅应设置家居配线箱。

[11.7.2] 家居配线箱宜暗装在套内走廊、门厅或起居室等的便于维修维护处,箱底距地高度宜为 0.5m。

[11.8.1] 智能化的住宅建筑可选配家居控制器。

[11.8.4] 固定式家居控制器宜暗装在起居室便于维修维护处,箱底距地高度宜为 1.3m~1.5m。

【措施方法】

建筑中的家居配电箱、配线箱和控制器是每户或每个功能单元电源和信号的源头和分配所在,集中有大量的电气进出管线。故应该按照相关规范,选择安全可靠、便于维修维护的位置来安放上述电气设备。

2 电线电缆敷设的要求

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007:

[5.5.2] 电线电缆敷设宜根据钢结构住宅的特点,采用模数化的,符合产业化要求的敷线方式,管线宜采用暗敷的方式,预制墙板、楼板中宜预制穿线管及接线盒,钢构件的穿孔宜在钢结构厂制作,其位置及孔径应与相关专业共同确定,墙体内现场敷管时,不应损坏墙体构件。

【措施方法】

电线电缆敷设宜根据钢结构建筑的特点,采用模数化的,符合产业化要求的敷线方式,管线宜采用暗敷的方式。电气管线敷设时,需与建筑结构专业设计及施工密切配合。管线敷设时,在预制墙板、楼

板中宜预制穿线管及接线盒。需在钢构件穿孔时,其位置和孔径应与相关专业共同确定,并宜在钢结构厂制作。现场敷管时不应损坏预制墙体构件,此时墙体构件可加大配筋保护层的厚度。在预制构件上设置的照明灯具和插座的数量应满足使用需求、并做到精确定位。灯具和插座的接线盒在预制构件上的预留位置应不影响结构安全。

【规范条文】

《装配式剪力墙住宅建筑设计规程》DB11/T 970-2013:

[10.4.4] 沿叠合楼板现浇层暗敷的照明管路,应在预制楼板灯位处预埋深型接线盒。

【措施方法】

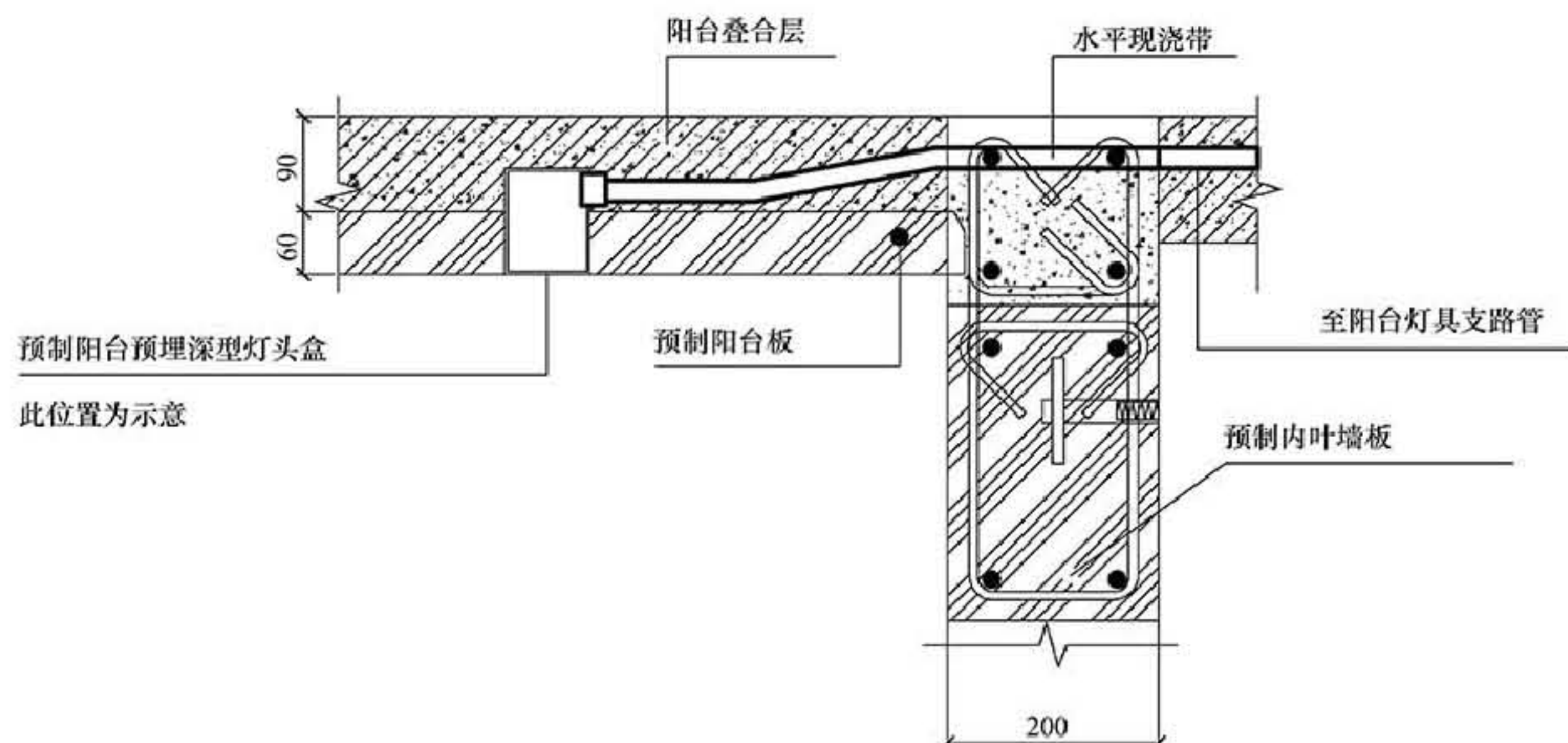


图 2.22 预制叠合阳台板照明线路敷设做法

建筑内各功能单元照明灯具和插座的数量应满足各功能单元的使用要求和相关设计规范的要求,此处不再赘述,这里重点说明照明灯具和插座接线盒在预制构件中的预埋问题。以楼板为例,楼板采用预制构件,分为全预制和叠合楼板两种做法。采用全预制楼板时,电气的接线盒和管线应全部预埋在结构预制构件内。采用叠合楼板时,电气的接线盒应预埋在结构预制构件内,电气管线则通常敷设在叠合楼板的现浇层内,这样电气接线盒和管线的连接就只能在叠合楼板的现浇层内实现了,故要求在叠合楼板预制构件中预埋的电气接线盒应采用深型接线盒。

2.3.4.3 电气管线设计

1 电气、电信主干线应集中设在共用部位,便于维修维护

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[5.4.4] 低压配电系统的主干线宜在公共区域的电气竖井内设置。

[5.8.2] 弱电管线埋设宜与装配式结构主体分离,竖向管线宜集中设置在建筑公共区域的管井内。必须穿越装配式结构主体时,应预留孔洞或保护管。

《住宅建筑规范》GB 50368—2005:

[8.1.4] 住宅的给水总立管、雨水立管、消防立管、采暖供回水总立管和电气、电信干线(管),不应布置在套内。公共功能的阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件,应设在共用部位。

《住宅设计规范》GB 50096-2011:

[8.1.7] 下列设施不应设置在住宅套内,应设置在共用空间内:

1 公共功能的管道,包括给水总立管、消防立管、雨水立管、采暖(空调)供回水总立管和配电和弱电干线(管)等,设置在开敞式阳台的雨水立管除外;

2 公共的管道阀门、电气设备和用于总体调节和检修的部件,户内排水立管检修口除外;

3 采暖管沟和电缆沟的检查孔。

【要点说明】

出于维修、管理、安全等因素考虑,配电干线、弱电干线应集中设在共用部位。工程中通常将配电干线、弱电干线集中设置在电气管井中。装配整体式建筑的电气管井选址时,要避免设置于采用预制楼板(如楼梯半平台等)的区域内,尽可能减少在预制构件中预埋大量导管的现象产生。

2 电气管线及其敷设要求

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程(暂行)》DB21/T 1925-2011:

[5.4.5] 户内的电气线路宜穿可挠金属电气导管或壁厚不小于1.4mm的镀锌钢管,在架空地板下、内隔墙及吊顶内敷设。当户内电气线路采用B1-1级难燃电缆时可不穿管敷设。

[5.4.6] 电气线路不应敷设于装配式实体墙内或楼板内。也不应在两板之间的缝隙内敷设。

[5.8.3] 当室内弱电线路采用B1-1级难燃电缆时,可不穿管敷设;阻燃级别在B1-2级及以下的弱电线缆均应在保护管或线槽内敷设,且线缆敷设中间不应有接头。弱电分支线路宜穿可挠金属电气导管或壁厚不小于1.4mm的薄壁镀锌钢管在吊顶、内隔墙及地面架空夹层内敷设。

[5.8.4] 弱电管线在内隔墙中敷设时,宜优先采用带穿线管的工业化内隔墙板。

[5.8.13] 当敷设条件允许时,弱电管线宜在吊顶夹层内及地面架空夹层内敷设。

《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242-2011:

[7.2.1] 住宅建筑套内配电线路布线可采用金属导管或塑料导管。暗敷的金属导管管壁厚度不应小于1.5mm,暗敷的塑料导管管壁厚度不应小于2.0mm。

[7.2.2] 潮湿地区的住宅建筑及住宅建筑内的潮湿场所,配电线路布线宜采用管壁厚度不小于2.0mm的塑料导管或金属导管。明敷的金属导管应做防腐、防潮处理。

[7.2.3] 敷设在钢筋混凝土现浇楼板内的线缆保护导管最大外径不应大于楼板厚度的1/3,敷设在垫层的线缆保护导管最大外径不应大于垫层厚度的1/2。线缆保护导管暗敷时,外护层厚度不应小于15mm;消防设备线缆保护导管暗敷时,外护层厚度不应小于30mm。

【要点说明】

电气线路布线可采用金属导管或塑料导管,但需直接连接的不同导管应采用一致的管材,导管壁厚应满足相关规范的要求。在叠合楼板的叠合层或建筑找平层中暗敷的电气管路宜选用有利于交叉敷设的难燃可挠管材。线缆保护导管暗敷时,外护层厚度不应小于15mm;消防设备线缆保护导管暗敷时,外护层厚度不应小于30mm。

3 管线的连接和施工要求

【规范条文】

《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2002:

[14.1.2] 金属导管严禁对口熔焊连接;镀锌和壁厚小于等于2mm的钢导管不得套管熔焊连接。

[14.2.4] 金属导管内外壁应防腐处理;埋设于混凝土内的导管内壁应防腐处理,外壁可不防腐处理。

[14.2.6] 暗配的导管,埋设深度与建筑物、构筑物表面的距离不应小于15mm;明配的导管应排列整齐,固定点间距均匀,安装牢固;在终端、弯头中点或柜、台、箱、盘等边缘的距离150~500mm

范围内设有管卡，中间直线段管卡间的最大距离应符合表 14.2.6 的规定。

表 14.2.6 管卡间最大距离

敷设方式	导管种类	导管直径 (mm)				
		15~20	25~32	32~40	50~65	65 以上
		管卡间最大距离 (m)				
支架或沿墙明敷	壁厚>2mm 刚性钢导管	1.5	2.0	2.5	2.5	3.5
	壁厚≤2mm 刚性钢导管	1.0	1.5	2.0	—	—
	刚性绝缘导管	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0

[14.2.9] 绝缘导管敷设应符合下列规定：

1 管口平整光滑；管与管、管与盒（箱）等器件采用插入法连接时，连接处结合面涂专用胶合剂，接口牢固密封；

2 直埋于地下或楼板内的刚性绝缘导管，在穿出地面或楼板易受机械损伤的一段，采取保护措施；

3 当设计无要求时，埋设在墙内或混凝土内的绝缘导管，采用中型以上的导管；

4 沿建筑物、构筑物表面和在支架上敷设的刚性绝缘导管，按设计要求装设温度补偿装置。

[14.2.10] 金属、非金属柔性导管敷设应符合下列规定：

1 刚性导管经柔性导管与电气设备、器具连接，柔性导管的长度在动力工程中不大于 0.8m，在照明工程中不大于 1.2m；

2 可挠金属导管或其他柔性导管与刚性导管或电气设备、器具间的连接采用专用接头；复合型可挠金属管或其他柔性导管的连接处密封良好，防液覆盖层完整无损；

3 可挠金属导管和金属柔性导管不能做接地（PE）或接零（PEN）的接续导体。

【措施方法】

钢结构建筑中，电气管线的接口应采用标准化的接口。但目前国内电气导管的连接还以往传统的连接方式居多，施工现场的工作量还有待优化减少，预制构件内导管的连接技术还有待研究提高。钢结构建筑中沿叠合楼板预埋的电气灯头盒、接线管及其管路与现浇部位相应电气管路连接时，应在其连接处预留接线足够空间，便于施工接管操作，连接完成后再用混凝土浇筑预留的孔洞。

2.3.4.4 防雷与接地

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08-2029-2007：

[5.5.3] 防雷安全接地应满足下列要求：

1 应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）确定住宅建筑物的防雷类别，并按防雷分类设置完善的防雷设施。

2 防雷接地宜与电源工作接地，安全保护接地等共同接地装置，防雷引下线是和公用接地装置应充分利用建筑和结构本身的金属物。

3 电源配电间和设洗浴设备的卫生间应设等电位连接的接地端子，该接地端子应与建筑物本身的钢结构金属物连接，金属外窗应与建筑物本身的钢结构金属物连接。

《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010：

[4.3.5] 利用建筑物的钢筋作为防雷装置时，应符合下列规定：

1 建筑物宜利用钢结构主体作为引下线。

2 构件之间必须连接成电气通路。

《民用建筑电气设计规范》JGJ 16-2008：

[11.7.1] 建筑物防雷装置宜利用建筑物钢筋混凝土中的钢筋或采用圆钢、扁钢作为引下线。

[11.7.4] 专设引下线宜沿建筑物外墙明敷，并应以较短路径接地，建筑艺术要求较高者也可暗敷，但截面应加大一级。

[11.7.6] 采用多根专设引下线时，宜在各引下线距地面 1.8m 以下处设置断接卡。

当利用钢筋混凝土中的钢筋、钢柱作为引下线并同时利用基础钢筋作为接地网时，可不设断接卡。当利用钢筋做引下线时，应在室内外适当地点设置连接板，供测量接地、接人工接地体和等电位联结用。

[11.7.9] 在易受机械损坏的地方，地面上 1.7m 至地面下 0.3m 的引下线应加保护设施。

2.3.4.5 电气防火

【规范条文】

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014：

[6.2.9] 建筑内的电梯井等竖井应符合下列规定：

建筑内的电缆井、管道井应在每层楼板处采用不低于楼板耐火极限的不燃材料或防火封堵材料封堵。建筑内的电缆井、管道井与房间、走道等相连通的孔隙应采用防火封堵材料封堵。

《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242-2011：

[7.4.5] 电气竖井内竖向穿越楼板和水平穿过井壁的洞口应根据主干线缆所需的最大路由进行预留。楼板处的洞口应采用不低于楼板耐火极限的不燃烧体或防火材料作封堵，井壁的洞口应采用防火材料封堵。

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T 1925-2011：

[8.10.2] 电气配管穿墙或穿越防火分区的孔洞应使用防火材料封堵。

[8.10.3] 线槽穿越楼层或横向跨防火区，应加装防火钢套填充防火枕，满足防火设计要求。

2.3.4.6 构件制作和检验

1 穿越预制构件的电气管线、线槽均应预留孔、洞，严禁剔凿

【规范条文】

《装配整体式建筑设备与电气技术规程（暂行）》DB21/T 1925-2011：

[8.2.1] 预制构件预埋时应按设计要求标高预留过墙孔洞，在加工预制梁或预制隔板时，预留孔洞应在预制梁或预制板材的上方，吊顶敷设，保护套管应按设计要求选材。

[8.2.2] 预制构件时应注意避雷引下线的预留预埋，在预制柱体下侧应预埋不少于两处规格为 100×150mm，厚度应不低于为 8mm 的钢板，钢板与主体内的竖向主体钢筋焊接，其钢板与下侧穿梁钢筋紧密焊接，焊接倍数必须达到要求。

【要点说明】

预制构件在工厂加工制作时，应遵守结构设计模数网络，将各专业、各工种所需的预留孔洞、预埋件等一并完成，避免在施工现场进行剔凿、切割，伤及预制构件，影响质量及观感。构件在工厂加工制作时，应根据预制构件的加工图纸，准确预埋接线盒、管线等设备，并预留沟、槽、孔、洞的位置。预制构件上为设备及其管线敷设预留的孔洞、套管、坑槽应选择在构件受力影响最小的部位。

当利用预制构件中的钢筋做防雷引下线或接地线使用时，应在构件表面的合适位置预留钢板等预埋件，预留的钢板应按要求与构件内利用的钢筋可靠连接，形成电气通路。

2 构件的检验见表 2.6

表 2.6 预制构件尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
预留孔	中心线位置	5	尺寸测量
	孔尺寸	±5	
预留洞	中心线位置	10	尺寸测量
	洞口尺寸、深度	±10	
预埋件	线管、电盒在构件平面的中心线偏差	20	尺寸测量
	线管、电盒与构件表面混凝土高差	0, -10	

注：检查中心线、孔道位置偏差时，应沿纵横两个方向测，并取其中偏差较大值。

【要点说明】

预制构件外观质量缺陷可分为一般缺陷和严重缺陷两类，预制构件的严重缺陷主要是指影响构件的结构性能或安装使用功能的缺陷，构件制作时应制定质量保证措施予以避免。

表中给出了预制构件上预留预埋的预埋件、孔、洞等偏差尺寸和检验方法。构件在安装前应按照要求进行检验。

2.4 内装部品与部件

建筑工业化应贯穿于建筑的全寿命期，并符合建筑可持续原则，这就要求在建筑体系化、设计标准化、生产工厂化、施工装配化、装修部品化和管理信息化等环节，积极推进建筑工业化的实施进程。建筑工业化按照建筑的具体实施阶段又可分为建筑结构体的工业化和建筑内装体的工业化，为实现建筑在适用性能、安全性能、耐久性能、环境性能和经济性能等方面的要求，建筑内装工业化的特点和作用显得尤为突出。

建筑在建造过程中，就应从建筑方案设计阶段进行整体策划，以统筹规划设计、构件部品生产和施工建造。建筑结构体和建筑内装体的有效分离、设备管线的装配化布置，能大大提高建筑结构体的实际使用寿命。内装部品与部件应具有通用性和互换性，满足易维护的原则要求，这就要求我们应遵循模数协调原则，满足构件部品标准化和通用化的要求，同时还应综合考虑使用功能、生产加工、安装施工、运输存放和成本造价的因素。

总体上，内装部品与部件应满足构造简单、施工便捷、适应可变等特性，采用标准化设计方法，选用标准化、系列化的参数尺寸，以少规格多组合的原则进行设计与选用，并积极采用节能环保的新技术、新工艺、新材料和新设备。

2.4.1 一般规定

2.4.1.1 建筑内装工业化要求

工业化建造的建筑，在设计初期就应坚持长寿命化的可持续发展建造基本理念，并应以系统的方法来统筹考虑住宅全寿命期的规划设计、施工建造、维护使用和再生改建的全过程。

在设计过程中，应确保建筑物的维护管理和检修更换的方便性，且考虑长期的住宅维修管理计划；应考虑建筑中不同的材料、设备设施和管线等的使用年限，使建筑主体结构 with 建筑内装部品相分离，确保建筑主体结构具有优良的耐久性，并保证建筑内装部品具有优良的可变性和适应性。

在施工过程中，应结合建筑内装部品特点，采用装配式干法施工的方式；减少施工现场的手工制作情况，运用标准化的施工工艺进行；不应破坏建筑主体结构，杜绝现场临时开洞、剔凿等对建筑主体结构耐久性有影响的情况，有效保证建筑主体结构的设计使用年限；合理利用施工机具，避免施工过程中的质量通病，提高施工效率。

【规范条文】

《住宅设计规范》GB 50096 - 2011：

[3.0.6] 住宅设计应推行标准化、模数化及多样化，并积极采用新技术、新材料、新产品，积极推广工业化设计、建造技术和模数应用技术。

条文说明 [3.0.6] 我国住宅建筑量大面广，工业化和产业化是住宅发展的趋势，只有推行建筑主体、建筑设备和建筑构配件的标准化、模数化，才能适应工业化生产。目前建筑新技术、新产品、新材料层出不穷，国家正在实行住宅产业现代化的政策，提高住宅产品质量。因此，住宅设计人员有责任在设计中积极采用新技术、新材料、新产品。

【要点说明】

积极推广并有效实施装配式建筑，是我国建筑发展的必然趋势。广义上讲，建筑工业化应包括工业建筑的工业化和民用建筑的工业化，民用建筑的工业化又可以细分为公共建筑的工业化和居住建筑的工业化。住宅属于居住建筑的一种，从目前我国建筑工业化发展的现状来说，在建筑室内装修和部品领域，住宅的建筑工业化可操作性更强，标准化设计、工业化建造、模数化应用的可控性更高，推广力度更大。所以首先积极推行住宅室内装修和部品的建筑工业化，符合我国目前的发展现状，有利于提高住宅的整体水平，使用者更能感受到建筑工业化给自己的生活质量带来的好处。

在住宅设计中，多样化的设计能满足使用者不同的居住需求，但应严格遵守标准化、模数化的相关要求，不能为了多样化而超越模数化应用的基本原则。积极推行在设计、生产、施工安装过程中的标准化，积极采用新技术、新材料、新产品，不仅能有效加快住宅的建造速度和提高住宅的建造质量，而且在后期的运行维护中，可做到快速反馈和修复。

【措施方法】

工程设计人员在建筑设计的初期就应遵循建筑工业化的思路，在初步方案设计、扩初设计、施工图设计中，将建筑工业化的设计方法融入每一个设计环节中，这样才有利于建筑工业化中内装部品与部件的落地实施。同时在工程设计多样化角度上，严格遵循套内空间和公用部分标准化、模数化的相关规定，不能为了多样化而派生出不符合标准化、模数化要求的空间尺寸和构件尺寸。

积极采用新技术、新材料、新产品，也要求建筑材料生产企业在研发、生产过程中，严格遵守标准化生产和模数化应用的基本准则，积极践行模数化设计、标准化生产，设计研发多样化的内装部品与部件，为工程设计提供多样化的设计思路与解决方案。

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261 - 2009：

[3.1.2] 钢结构住宅设计宜发挥下列优势：

- 1 套型结构可适应套型改变；
- 2 非承重部件可更换；
- 3 材料可回收利用。

条文说明 [3.1.2] 钢结构住宅结构一般以钢框架为主，大部分墙体不承重，有利于套型改变，满足使用要求的变化。钢结构住宅的一些部件可以设计为装配式，必要时可以更换，如外墙板、装配式卫生间等。钢结构住宅可以回收利用的材料比重高，特别是钢铁材料可以再利用，减少建筑垃圾。

【要点说明】

建筑内装工业化的特点之一就是在套内使用空间的布置上可做到灵活可变。采用钢框架作为钢结构住宅的结构支撑体系，在套内空间上很少设置剪力墙，给建筑内装工业化的实施提供了条件。

【措施方法】

在钢结构住宅的设计初期，尽可能多采用大空间的结构布置，方便使用功能的改变。

作为建筑内装工业化中采用的部品，具有非承重可更换的特性，使用中应多采用如整体卫浴、整体厨房、装配式轻质隔墙、架空地板、吊顶系统的装配式部品。

【规范条文】

《装配式建筑全装修技术规程（暂行）》DB21/T 1893—2011：

[3.2.2] 部品体系宜实现以集成化为特征的成套供应，部品安装应满足干法施工要求。

条文说明 [3.2.2] 提倡部品体系集成化成套供应，主要是为减少不同部品系列接口的非兼容性。

[3.4.4] 全装修工程施工以干法施工为主，并应在交接验收后进行全装修工程施工。

条文说明 [3.4.4] 本条旨在强调推广装配式干式工法施工。全装修工程应在结构检测验收合格后进行。

【要点说明】

建筑工业化的主要特征之一是内装部品与部件的干法施工，这就要求部品体系宜以集成化成套供应为主，避免出现接口非兼容性的情况出现；或者采用标准化接口方式，提高部品之间的兼容性。

【措施方法】

设计人员和工程采购人员在选择部品上应选择符合干法施工的相关内装部品。建筑材料生产企业也应以干法施工为前提进行部品的研发与生产，并满足接口兼容性的相关要求。施工人员应按照干法施工的工艺要求进行。

【规范条文】

《装配式建筑全装修技术规程（暂行）》DB21/T 1893—2011：

[4.1.3] 全装修设计应根据部品不同使用年限和权属的不同进行分类，部品之间的连接设计应遵循以下原则：

- 1 共用部品不宜设置在专用空间内；
- 2 设计使用年限较短部品的维修和更换不宜破坏设计使用年限较长的部品；
- 3 专用部品的维修和更换不影响共用部品和其它部品的使用。

【要点说明】

按照建筑工业化的基本要求，部品的设置应根据施工部位、运行维护年限的不同，进行布置连接设置。

【措施方法】

经常需要维修更换的部品配件，如开关、灯具等，应合理设置，不应影响使用年限较长的部品的正常使用，如隔墙部品、管材管件等。

【规范条文】

《多高层钢结构住宅技术规程》DG/TJ08—2029—2007：

[3.1.3] 钢结构住宅的建筑设计应以人为核心，在满足和方便近期使用要求的同时，兼顾使用的灵活性及今后改造的可能。

条文说明 [3.1.3] 以人为核心、人性化的设计，这在量大面广的住宅设计中已经是一条基本原则，而钢结构的特点是室内空间分隔的灵活性，不受户内分隔墙布置的影响，特别有利于近期不同使用的需求和远期发展扩建（如两户合为一户）的需求。

2.4.1.2 模数协调**【规范条文】**

《建筑模数协调标准》GB/T 50002—2013：

[3.1.1] 基本模数的数值应为 100mm（1M 等于 100mm）。整个建筑物和建筑物的一部分以及建筑部件的模数化尺寸，应是基本模数的倍数。

[3.1.2] 导出模数应分为扩大模数和分模数，其基数应符合下列规定：

- 1 扩大模数基数应为 2M、3M、6M、9M、12M……；
- 2 分模数基数应为 M/10、M/5、M/2。

条文说明 [3.1.2] 本标准按不同内容分为基本模数、导出模数、模数数列，重点强调 1M =

100mm 基本模数的概念，扩大模数和分模数只是应用；考虑到我国习惯和与 ISO 6513: 1982 (E) “房屋建筑—模数协调—水平尺寸的优选扩大模数系列” 中的 3M、6M、12M、15M、30M、60M 统一，原模数标准强调扩大模数 3M，本次修订依然保留 3M 系列，3M 模数不作为主推的模数系列，故取消原《建筑模数协调统一标准》第二章中的“第二节 模数数列的幅度”。

【要点说明】

本条规定了内装部品与部件的基本模数和导出模数的准则，适用于所有的内装部品的设计、生产和施工安装。内装部品在设计初期，就应遵循模数原则，目前建筑上常见的内装部品种类繁多，尺寸复杂。规定基本模数和导出模数后，有利于内装部品在建筑中的应用，并且在施工安装、维修更换上，可方便选用与采购。

【措施方法】

按照现有的设计习惯，多数内装部品采用的是 3M 系列，但考虑到建筑风格的多样化，建筑内部使用空间的个性化，应按照 1M 的标准进行设计与生产。尺寸小于 100mm 的内装部品，应以分模数的规定执行。

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50002—2013：

[4.1.5] 模数网格的选用应符合下列规定：

- 1 结构网格宜采用扩大模数网格，且优先尺寸应为 2nM、3nM 模数系列；
- 2 装修网格宜采用基本模数网格或分模数网格。隔墙、固定橱柜、设备、管井等部件宜采用基本模数网格，构造做法、接口、填充件等分部件宜采用分模数网格。分模数的优先尺寸应为 M/2、M/5。

条文说明 [4.1.5] 装修网络由装修部件的重复量和规格决定。

【要点说明】

装修模数网格的设置，是在隔墙部品、收纳柜部品、设备部品等室内装修部品基本尺寸上建立的。在装修模数网格的选择上，应充分考虑到所有室内装修和部品的尺寸数据，涉及套内空间和公共部分的网格不能违背建筑室内装修部品的的基本尺寸。

【措施方法】

部品的选择应根据建筑规模、经济性指标的要求确定，要详细了解各个部品的的基本尺寸，协调部品接口的尺寸对应关系，装修模数网格要能满足部品的安装施工，并保证建筑后期运行维护的有效实施。

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50002—2013：

[4.3.1] 部件的尺寸在设计、加工和安装过程中的关系应符合下列规定（图 4.3.1）

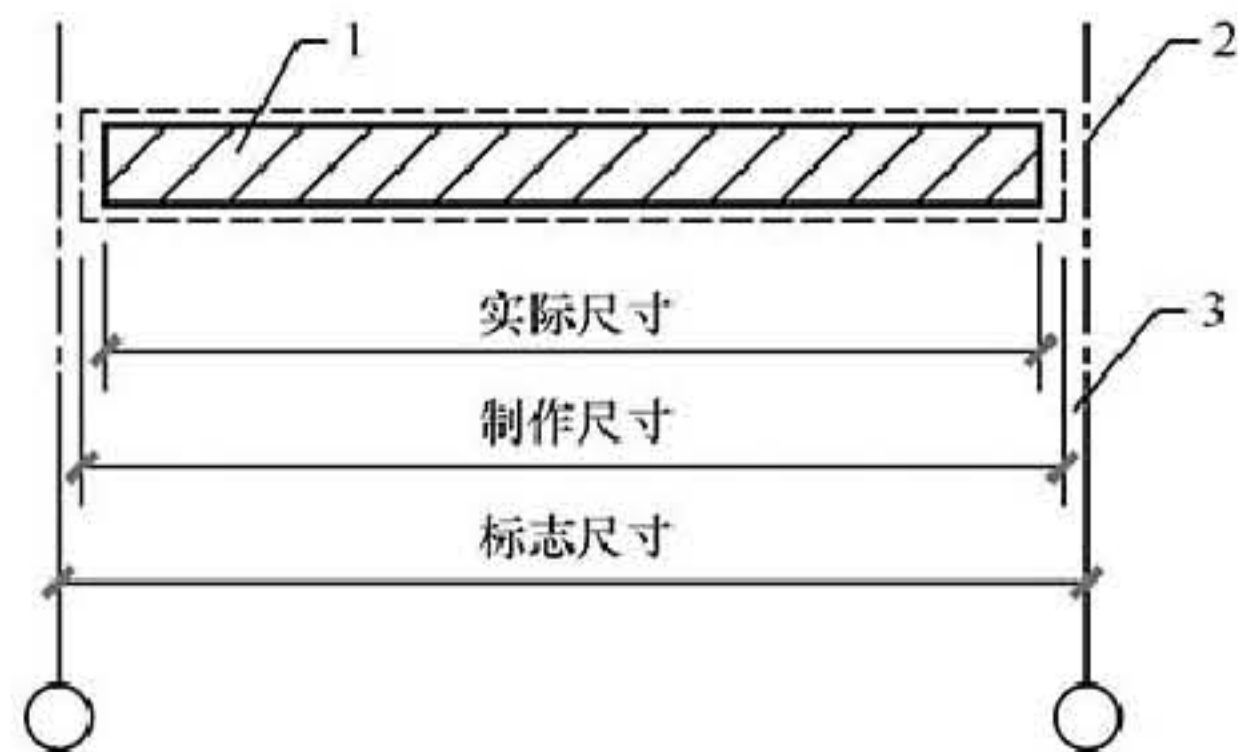


图 4.3.1 部件的尺寸

1—部件；2—基准面；3—装配空间

- 1 部件的标志尺寸应根据部件安装的互换性确定，并应采用优先尺寸系列；
- 2 部件的制作尺寸应由标志尺寸和安装公差决定；
- 3 部件的实际尺寸与制作尺寸之间应满足制作公差的要求。

条文说明 [4.3.1] 部件的尺寸对部件的安装有着重要的意义。在指定领域中，部件基准面之间的距离，可采用标志尺寸、制作尺寸和实际尺寸来表示，对应着部件的基准面、制作面和实际面。部件预先假设的制作完毕后的面，称为制作面，部件实际制作完成的面称为实际面。

对于设计人员而言，更关心部件的标志尺寸，设计师根据部件的基准面来确定部件的标志尺寸。

对制造业来说则关心部件的制作尺寸，必须保证制作尺寸基本符合公差的要求。

对承建商而言，则需要关注部件的实际尺寸，以保证部件之间的安装协调。

优先尺寸是从基本模数、导出模数和模数数列中事先挑选出来的模数尺寸。它与地区的经济水平和制造能力密切相关。优先尺寸越多，则设计的灵活性越大，部件的可选择性越强，但制造成本、安装成本和更换成本也会增加；优先尺寸越少，则部件的标准化程度越高，但实际应用受到的限制越多，部件的可选择性越低。

在指定领域的场合中，部件基准面与部件制作面之间的距离称为“连接空间”（亦称“空隙”），部件制作面和部件实际面之间的距离称为“误差”。

部件的安装应根据部件的标志尺寸以及部件公差，规定部件安装中的制作尺寸、实际尺寸和允许公差之间的尺寸关系。

[4.3.2] 部件优先尺寸的确定应符合下列规定：

1 部件的优先尺寸应由部件中通用性强的尺寸系列确定，并应指定其中若干尺寸作为优先尺寸系列；

2 部件基准面之间的尺寸应选用优先尺寸；

3 优先尺寸可分解和组合，分解或组合后的尺寸可作为优先尺寸；

4 承重墙和外围护墙厚度的优先尺寸系列宜根据 1M 的倍数及其与 M/2 的组合确定，宜为 150mm、200mm、250mm、300mm；

5 内隔墙和管道井墙厚优先尺寸系列宜根据分模数或 1M 与分模数的组合确定，宜为 50mm、100mm、150mm；

6 层高和室内净高的优先尺寸系列宜为 nM；

7 柱、梁截面的优先尺寸系列宜根据 1M 的倍数与 M/2 的组合确定；

8 门窗洞口水平、垂直方向定位的优先尺寸系列宜为 nM。

条文说明 [4.3.2] 本条规定了部件的优先尺寸的选用原则。

2 选择部件的优先尺寸，就是在保证基本需求的基础上，实行最少化参数，以便减少建筑部件的品种和规格，确保制造业经济、高效。

3 根据生产设备和部件装配的需要，对优先尺寸实行分解和组合的情况是常见的。为了取得模数空间，且有利于选择定型部件和系列部件，分解和组合后的尺寸仍可作为优先尺寸。

4 厚度的优选尺寸符合模数是为保证墙体部件围合后的空间符合模数空间的要求；考虑到新型墙体材料的应用、传统厚度墙体材料的存在以及经济等因素，外墙厚度的优先尺寸系列保留了 150、200、250、300 等尺寸系列。

5 内隔墙优先尺寸的选择应考虑材料、构造和后装部件的需要。

6 层高和室内净高的优先尺寸间隔为 1M。20M~22M 一般用于地下室、设备层和库房等。小于 20M 一般用于吊顶或设备高度。

室内净高也是内装部件高度标志尺寸。该标志尺寸的选择与施工工艺相关，可按结构基准面或建筑基准面确定。

7 柱截面尺寸通常根据结构计算确定的，在满足结构计算的前提下，梁、柱截面宜采用 1M 的倍数与 M/2 的组合确定，如柱子为 300、350、400……等，梁为 200、250、300……等，便于尺寸协调。

【要点说明】

在部品的优先尺寸选择上，这两条做了明确的说明。建筑从设计、生产加工、施工安装的各个领域，应将优先尺寸的概念融入其中。

【措施方法】

相关人员可根据条文说明中给出的建议，在室内装修设计和部品选用上结合建筑设计整体要求进行合理选择。

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50002-2013：

[4.5.1] 基本公差应符合下列规定：

1 部件或分部件的加工或装配应符合基本公差的规定。基本公差应包括制作公差、安装公差、位形公差和连接公差；

2 部件和分部件的基本公差应按其重要性和尺寸大小进行确定，并宜符合表 4.5.1 规定；

表 4.5.1 部件和分部件的基本公差（mm）

级别	部件尺寸					
	<50	≥50 <160	≥160 <500	≥500 <1600	≥1600 <5000	≥5000
1 级	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0
2 级	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0
3 级	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0	20.0
4 级	3.0	5.0	8.0	12.0	20.0	30.0
5 级	5.0	8.0	12.0	20.0	30.0	50.0

3 部件和分部件的基本公差，应按国家现行有关规定确定。

条文说明 [4.5.1] 公差是由部件或分部件制作、定位、安装中不可避免的误差引起的。公差一般包括制作公差、安装公差、位形公差及连接公差等几种。公差包括了尺寸的上限值和下限值之间的差。在设计中应当把公差的允许值考虑进去，并控制在合理的范围内，以保证在安装接缝、加工制作、放线定位中的误差发生在可允许的范围内。

表 4.5.1 中所列数值是从生产活动的经验中总结出来的，分为 5 个级别，分别根据部件或分部件的重要性的尺寸大小来确定。本表参照日本《建筑部件的基本公差》A0003-1963 编制，供选择应用。部件和分部件的基本公差数值的选择，应根据相关行业标准同时考虑技术上的、经济上的条件来确定。

[4.5.2] 公差与配合应符合下列规定：

1 部件的安装位置与基准面之间的距离（ d ），应满足公差与配合的状况，且应大于或等于连接空间尺寸，并应小于或等于制作公差（ t_m ）、安装公差（ t_e ）、位形公差（ t_s ）和连接公差（ e_s ）的总和，且连接公差（ e_s ）的最小尺寸可为 0（图 4.5.2）。

2 公差应根据功能部位、材料、加工等因素选定。在精度范围内，宜选用大的基本公差。

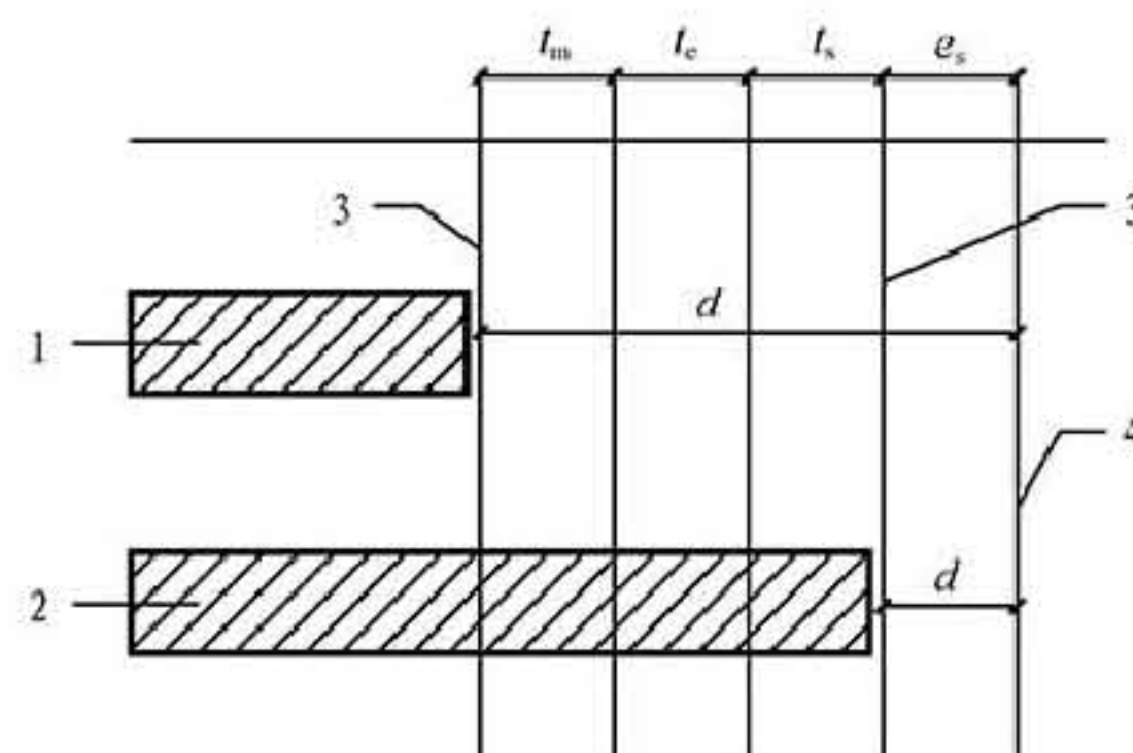


图 4.5.2 部件安装的公差与配合

1—部件的最小尺寸；2—部件的最大尺寸；3—安装位置；4—基准面

条文说明 [4.5.2] 选择尽可能大的基本公差，可以降低对材料的要求，容易加工，提高工效。只是在满足相当精度和相应功能的条件下，此举是恰当的。公差配合公式： $e_s \leq d \leq e_s + t_m + t_e + t_s$ ；部件的安装位置与基准面之间的距离（ d ），制作公差（ t_m ）、安装公差（ t_e ）、位形公差（ t_s ）、连接公差（ e_s ）。

【要点说明】

针对于内装部品与部件，这两条从基本公差的角度做了相应的规定。第4.5.1条主要从部品的生产加工角度对基本公差做了规定，第4.5.2条主要从部品的基本公差的安装施工角度做了规定。室内装修和部品的公差是客观存在的，一味的追求降低误差，势必会造成生产加工成本的增加。

【措施方法】

建筑材料生产企业应根据生产产品的定位，在满足建筑整体要求的前提下，合理确定基本公差，节约资源，降低造价。安装施工人员也应根据建筑材料生产企业提供的产品的基本公差，在安装位置合理布置尺寸距离，并根据基本尺寸合理制定施工工艺，安排施工工序，提高施工效率。

【规范条文】

《建筑模数协调标准》GB/T 50002—2013：

[5.4.1] 内部空间隔墙部件的安装，可采用中心线定位法和界面定位法。当要求多个部件汇集安装到一条线上时，应采用界面定位法（图5.4.1）。

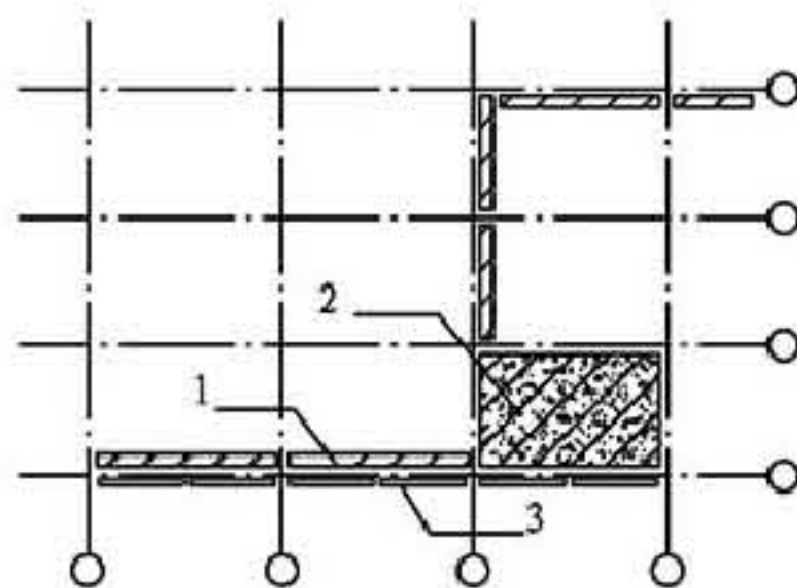


图 5.4.1 多个部件按界面定位法汇集安装

1—墙；2—结构柱；3—装饰墙板

条文说明 [5.4.1] 内装部品包括非承重的隔墙部件、吊顶部件、地板部件、厨房部件、卫浴部件、固定家具部件和装饰面材、块材、板材等，应首先取得模数优化尺寸系列。在模数网络的原则指导下，完成安装的集成化和系列化，实现干法施工、垃圾减量。

内装部件的安装，当隔墙的一侧或两侧需要模数空间时，一般采用界面定位法；当在隔墙两侧需要模数空间时，可采用双线网络界面定位法。

[5.4.2] 对于板材、块材、卷材等装修面层的安装，当内装修面层所在一侧要求模数空间时，应采用界面定位法。装修面层的安装面材应避免剪裁加工，必要时可利用技术尺寸进行处理。

条文说明 [5.4.2] 对于板材、涂料、卷材等装修面层的安装，一般采用界面定位法。通过调整装修基层和面层的厚度，来实现装修面层所在一侧为模数空间。

[5.4.3] 内装部件的尺寸的设计、加工应满足模数网络安装的要求。

【要点说明】

内装部品与部件的安装质量，关系到使用者对建筑质量的直观感受，在建筑施工过程中，在主体结构部件的定位精度要求前提之下，内装部品与部件的安装施工应遵循内装部件的定位准则。各个部品的安装施工是一个项目协同配合的过程，尤其是涉及到装修面层的施工，面层的安装质量，直接影响到部品的质量。第5.4.1条给出了隔墙部品在安装施工中的定位原则，第5.4.2条给出了装修面层的安装施工的定位原则，同时也包含了隔墙部品的原则要求，第5.4.3条主要就部品的尺寸与装修模数网络的关系给予了原则要求。

【措施方法】

在隔墙部品安装施工中，可采用中心线定位法和界面定位法。在具体的建筑工程中，隔墙两侧多数都是可使用的套内空间，所以采用中心线定位法，但由于两侧套内空间的使用频率与重要性存在差异，往往将重点的一面以界面定位法进行安装施工，施工人员应根据具体情况，合理选择定位方式。

在装修面层的安装施工中，应避免剪裁加工，一方面由于施工现场环境的条件所限，达不到工厂生产的精度要求，另一方面也是对建筑资源的浪费。在室内装修的设计初期，就应考虑到部品公差与配合的关系，如必要时，可将基本尺寸放样后，利用技术条件单独设计特殊尺寸。但应减少非常规尺寸的部品数量，或将非常规尺寸做技术研发，设置可调节量来适应安装施工要求。

2.4.1.3 施工和验收

采用建筑工业化建造的钢结构建筑，建筑部品与部件的施工与验收环节，与其他类型的建筑没有本质，主要以现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 为准，并可参考部品与部件生产厂家提供的产品施工手册。

2.4.2 室内部品

建筑工业化的室内装修用建筑部品体系，主要包括：卫生间、厨房、收纳、吊顶、隔墙、地面、室内门窗。其中，可作为装配式整体部品选用的主要包括：整体卫浴、整体厨房、整体收纳。

内装工业化装修应兼顾功能、效果系统统筹，合理选用装修材料和装修程度，避免过度装修，不应使用高能耗、施工繁琐、维修难度大、寿命短、易变色等的装修材料。室内装修材料及制品燃烧性能及应用应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求。室内装修材料及制品的环保性能应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范（2013版）》GB 50325，可以采用《建筑装饰装修材料挥发性有机物散发率测试方法—测试舱法》（在编）、《木制品甲醛和挥发性有机物散发率测试方法—大型测试舱法》（在编）、《建筑室内空气质量简便取样仪器检测方法》（在编）等方法进行环境质量的监测。

室内部品宜采用干式工法施工，部品接口应符合部品与管网连接、部品之间连接的要求，其接口应标准化。

室内部品应实现集成化为特征的成套供应，产品形式为装配式。室内部品采用标准化、通用化、模数化的工艺设计，工业化的生产方式，规模生产，在工厂预制，在施工现场进行装配，提高工作效率，最终提高住宅的整体质量，降低成本，降低物耗和能耗。部品集成是一个由多个小部品集成为单个大部品的过程，大部品可以通过小部品不同的排列组合增加自身的自由度和多样性。

室内部品性能应满足国家相应的规范要求，并注重提高以下性能：①安全性，包括部品的物理性能强度、刚度、使用安全、防火耐火等；②耐久性，部品应能够循环利用，且具有抗老化、可更换性等；③节能环保，尽量减少部品在制造、流通、安装、使用、拆改、回收的全寿命过程中对环境的持续影

响;④经济性,通过标准化、工业化、规模化的生产方式,降低成本;⑤高品质,用科技密集型的规模化工业生产取代劳动密集型的粗放的手工业生产,确保部品的高品质。

室内部品的接口应符合以下规定:①接口应做到位置固定,连接合理,拆装方便,使用可靠;②接口尺寸应符合模数协调要求,与系统配套、协调;③各类接口应按照统一、协调的标准进行设计;④套内水电管材和管件、隔墙系统、收纳系统之间的连接应采用标准化接口。

【规范条文】

《钢结构住宅设计规范》CECS 261-2009:

[3.1.3] 钢结构住宅设计应满足下列耐久性要求:

5 可维修部位,应在设计文件中规定维修周期和使用年限。

【要点说明】

室内部品的设计应满足内装部品连接及设备管线的使用年限和物权归属的要求,并应采用装配式内装的设计和建造方法,设计并选用符合建筑内装体的装配率及使用年限和维修周期要求的室内部品。

【措施方法】

作为室内装修用建筑部品,按照室内部品的耐用年限不同,可大致划分为5个等级:

05型:正常使用条件下耐久年限为3~5年;

10型:正常使用条件下耐久年限为6~11年;

15型:正常使用条件下耐久年限为12~24年;

30型:正常使用条件下耐久年限为25~50年;

50型:正常使用条件下耐久年限为50年以上。

2.4.2.1 卫生间

卫生间的使用与使用者的日常生活关系密切,无论从功能方面还是性能方面,都决定着建筑的品质。

在卫生间的选择与配置上,宜采用标准化的整体卫浴内装部品,选型和安装应与建筑结构体一体化施工。整体卫浴设计宜采用干湿分离方式,同层给排水、通风和电气等管道管线连接应在设计预留的空间内安装完成,并在与给排水、电气等系统预留的接口连接处设置检修口;整体卫浴的地面不应高于套内地面完成面的高度。

整体卫浴是以防水底盘、墙板、顶盖构成整体框架,结构独立,配上各种功能洁具形成的独立卫生单元,具有洗浴、洗漱、如厕三项基本功能或其它功能之间的任意组合。

整体卫浴是工厂化产品,是系统配套与组合技术的集成,整体卫浴在工厂预制,采用模具将复合材料一次性压制成型,现场直接整体安装在住宅上,适应建筑工业化与建筑长寿化的需求,可方便重组、维修、更换。另外,工厂的生产条件、质量管理等都要比传统卫浴装修施工现场好,有效提高了住宅质量,提高了施工效率,降低了建安成本。同时也实现了部品部件化,将质量责任划清,便于工程质量管理以及保险制度的实施。

整体卫浴应符合GB/T 13095-2008、JG/T 183-2011标准的规定,内部配件应符合相关产品标准的规定。一般要求如下:①整体卫浴内空间尺寸偏差允许为 $\pm 5\text{mm}$;②壁板、顶板、防水底盘材质的氧指数不应低于32;③整体卫浴间应有在应急时可从外面开启的门;④座便器及洗面器产品应自带存水弯或配有专用存水弯,水封深度至少为50mm。

对组成整体卫浴的构配件,应符合以下规定:

1 浴缸

(1) 玻璃纤维增强塑料浴缸应符合JC/T 779的规定,FRP浴缸、丙烯酸浴缸应符合JC/T 858的规定,搪瓷浴缸应符合QB/T 2664的规定。

2 卫生洁具及配件

(1) 洗面器、淋浴器、座便器及低水箱等陶瓷制品应符合GB/T 6952的规定,采用人造石或玻璃纤维增强塑料等材料时,应符合JC/T 644和相关标准的规定。

(2) 配件包括浴缸水嘴、洗面盆水嘴、低水箱配件和座便器及排水配件等。浴缸水嘴应符合JC/T 760的规定,洗面盆水嘴应符合JC/T 758的规定,座便器配件应符合JC/T 764的规定。排水配件也可以采用耐腐蚀的塑料制品、铝制品等,但应符合相应的标准。

3 电器

(1) 包括照明灯具、排风扇、电插座及烘干器等电器应符合GB 4706.1及其他相应标准。

(2) 插座接线应符合GB 50303的要求。

(3) 除电器设备自带开关外,外设开关不应置于整体卫浴间内。

在整体卫浴、卫生间部品的选择上,应遵循以下标准规定。

【规范条文】

《住宅设计规范》GB 50096-2011:

[5.4.1] 每套住宅应设卫生间,应至少配置便器、洗浴器、洗面器三件卫生设备或为其预留设置位置及条件。三件卫生设备集中配置的卫生间的使用面积不应小于 2.50m^2 。

条文说明 [5.4.1] 本次修编不再进行分类和规定设置卫生间的个数,仅规定了每套住宅应配置的卫生设备的种类和件数,强调至少应配置便器、洗浴器、洗面器三件卫生设备或为其预留设置位置及条件,以保证基本生活需求。

本次修编明确规定集中配置便器、洗浴器、洗面器三件卫生设备的卫生间使用面积不应小于 2.50m^2 ,比原规范规定数值减小 0.5m^2 。其修改依据是:由于住宅集成化技术的不断成熟,设备成套技术的不断推广,提高了卫生间面积的使用效率。

[5.4.2] 卫生间可根据使用功能要求组合不同设备。不同组合的空间使用面积应符合下列规定:

1 设便器、洗面器时不应小于 1.80m^2 ;

2 设便器、洗浴器时不应小于 2.00m^2 ;

3 设洗面器、洗浴器时不应小于 2.00m^2 ;

4 设洗面器、洗衣机时不应小于 1.80m^2 ;

5 单设便器时不应小于 1.10m^2 。

条文说明 [5.4.2] 本条规定了卫生间设备分室设置时几种典型设备组合的最小使用面积。卫生间设计除应符合本条规定外,还应符合本规范5.4.1条对每套住宅卫生设备种类和件数的规定。为适应卫生间成套技术和卫生设备组合多样化的要求,本次修编增加了两种空间划分类型,并规定了最小使用面积。由于不同设备组合而成的卫生间,其最小面积的规定依据是:以卫生设备低限尺度以及卫生活动空间计算最低面积;对淋浴空间和盆浴空间做综合考虑,不考虑便器使用与淋浴活动的空间借用;卫生间面积要适当考虑无障碍设计要求和为照顾儿童使用时留有余地。

【要点说明】

卫生间的设计,尤其是符合建筑工业化的整体卫生间的设置,在卫生设备的设置和卫生间使用面积上的要求是一致的。我国现阶段小户型的住宅越来越多,为了缩小每套住宅的整体面积,尽可能不要在卫生间的设置上打折扣。设置卫生间是使用者基本的生活需求,同时照顾到老年人以及儿童,应合理安排卫生设备的布置,增加相应的设施,并考虑无障碍的使用需求。

【措施方法】

整体卫生间推荐采用干湿分区的方式,有条件的建筑也可将干区和湿区做空间分离,更有利于功能划分。建筑材料生产企业可按照整体卫生间内部卫生设备种类的不同,设计相应标准化的产品,并对卫生设备布局进行多样化设计,达到建筑设计多样化的目的。

【规范条文】

《住宅设计规范》GB 50096-2011:

[5.4.6] 每套住宅应设置洗衣机的位置及条件。

条文说明 [5.4.6] 洗衣为基本生活需求,洗衣机是普遍使用的家用设备,属于卫生设备,通常设

置在卫生间内。但是在实际使用中有时设置在阳台、厨房、过道等位置。本条文强调，在住宅设计时，应明确设计出洗衣机的位置及专用给排水接口和电插座等条件。

【要点说明】

设置洗衣机的位置和条件，可采用设置洗衣机托盘的方式解决。洗衣机托盘采用模数化设计和生产，可解决洗衣水溅出、渗漏等问题，也可降低洗衣噪音对邻近住宅的影响。

【措施方法】

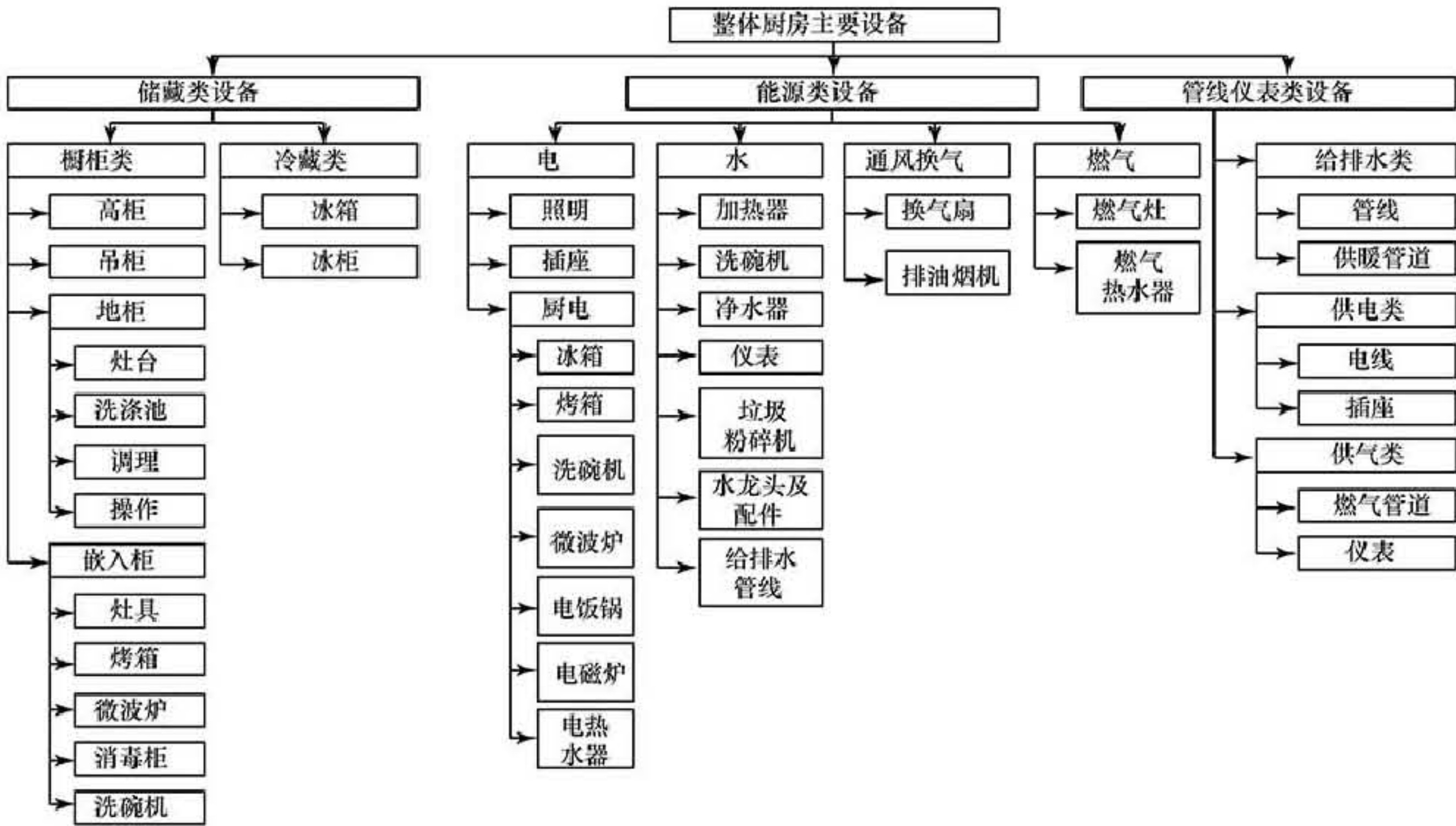
设置洗衣机托盘的位置，并配置相应的给排水接口和插座；还应注意洗衣机托盘尺寸的选择，应与室内装修模数网络相协调。

2.4.2.2 厨房

厨房的设置宜采用整体厨房的形式，整体厨房应采用标准化内装部品，选型和安装应与建筑结构体一体化设计施工；整体厨房的给排水、燃气管线等应集中设置、合理定位，并设置管道检修口。

整体厨房是住宅建筑中工业化程度比较高的部品，基本上都是工厂化生产现场组装。整体厨房部品采用标准化、模块化的设计方式，设计制造标准单元，通过标准单元的不同组合，适应不同空间大小，达到标准化、系列化、通用化的目标。

整体厨房的主要设备包括如下：



整体厨房功能模块的选用要点，可参考以下进行：

1 清洗功能模块设计要点

(1) 水槽的两边应留有足够的空间，一边靠墙时，应至少留有 80mm 以上的的间隙。间隙短时，靠墙的台面边容易断裂。

(2) 水槽处于拐角处时，两边应留有足够的空间，以方便操作。

(3) 排水系统、供水系统要在水槽柜内。

2 储藏功能模块设计要点

(1) 冰箱不应该放置在门后，否则会影响门的开启。

(2) 冰箱的旁边应有台面，这样从冰箱取出的食品可以暂时放在台面上。冰箱不宜和半高柜或高柜放在一起。

(3) 冰箱放在靠墙角的地方要留有足够的空间，以利于冰箱散热和冰箱门的开启。还要注意冰箱门应该是左开还是右开，要符合工作动线的要求。

3 烹饪/烘烤功能模块设计要点

(1) 水槽柜与灶台柜在设计时，如若靠墙则需留有 80mm 的间隙。

(2) 灶台柜低于正常台面时在灶台的两边留有足够的空间。

(3) 如果燃气灶和水槽在同一直线台面上，两者之间的距离不能太小，一方面考虑到两者之间留有一定的加工区域，另一方面是因为水火不容。两者之间的距离不应小于 400mm。

(4) 抽油烟机尽量靠近排烟口，这样可以缩短排烟管的长度，增强排除油烟的效果。

4 准备功能模块设计要点

(1) 在设计中，应特别注意转角处，要留有足够的调整板，以利于两边柜子的开启，转角处尽量不要出现抽屉柜。预留足够的调整板，在安装时就有足够的调整余地，不容易出现柜子装不进的情况。调整板也不宜过大，这样会影响美观。

(2) 在厨房的设计中，遇到不同位置的不同大小的障碍物时。当障碍物的正面尺寸小于 100mm 时，可以加填封板的方式处理；当障碍物正面尺寸大于 100mm 时，可以采用改变柜体深度的方法来处理。

厨房部品的选择，应考虑到厨房炊事工作的特点，并符合建筑模数化的要求，遵循以下标准规定：

【规范条文】

《住宅设计规范》GB 50096 - 2011：

[5.3.1] 厨房的使用面积应符合下列规定：

1 由卧室、起居室（厅）、厨房和卫生间等组成的住宅套型的厨房使用面积，不应小于 4.0m²；

2 由兼起居的卧室、厨房和卫生间等组成的住宅最小套型的厨房使用面积，不应小于 3.5m²。

条文说明 [5.3.1] 本次修编厨房的使用面积不再进行分类规定，而是规定其使用面积分别不应小于 4m² 和 3.5m²。其依据是：根据对全国新建住宅小区的调查统计，厨房使用面积普遍能达到 4m² 以上，所以本次修编对由卧室、起居室（厅）、厨房和卫生间等组成的住宅套型的厨房使用面积未进行修改，仍明确其最小使用面积为 4m²。对由兼起居的卧室、厨房和卫生间等组成的住宅套型的厨房面积则规定为 3.5m²。

[5.3.3] 厨房应设置洗涤池、案台、炉灶及排油烟机、热水器等设施或为其预留位置。

条文说明 [5.3.3] 厨房应设置洗涤池、案台、炉灶及排油烟机等设施或为其预留位置，才能保证住户正常炊事功能要求。

现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 规定，设有直排式燃具的室内容积热负荷指标超过 0.207kW/m³ 时，必须设置有效的排气装置，一个双眼灶的热负荷约为 (8~9) kW，厨房体积小于 39m³ 时，体积热负荷就超过 0.207kW/m³。一般住宅厨房的体积均达不到 39m³ (约大于 16m³)，因此均必须设置排油烟机等机械排气装置。

[5.3.4] 厨房应按炊事操作流程布置。排油烟机的位置应与炉灶位置对应，并应与排气道直接连通。

条文说明 [5.3.4] 厨房设计若不按操作流程合理布置，住户实际使用时或改造时都将带来极大不便。排油烟机的位置只有与炉灶位置对应并与排气道直接连通，才能最有效地发挥排气效能。

[5.3.5] 单排布置设备的厨房净宽不应小于 1.50m；双排布置设备的厨房其两排设备之间的净距不应小于 0.90m。

条文说明 [5.3.5] 单排布置的厨房，其操作台最小宽度为 0.50m，考虑操作人下蹲打开柜门、抽屉所需的空间或另一人从操作人身后通过的极限距离，要求最小净宽为 1.50m。双排布置设备的厨房，两排设备之间的距离按人体活动尺度要求，不应小于 0.90m。

【要点说明】

这四条主要从厨房的设计上做了尺寸、设备种类、设备布置等要求。

【措施方法】

我国现有的建筑工业化产品中，已经有了整体厨房部品，所以建筑材料生产企业在研发生产整体厨房产品时，应遵循这四条的规定。但目前市场上提到整体厨房时，更多指的是整体橱柜，所以在整体橱柜和厨房设备的布置上，也要严格按照这四条的要求执行。

【规范条文】

《住宅厨房模数协调标准》JGJ/T 262 - 2012；

[4.1.1] 厨房部件的尺寸应是基本模数的数倍或是分模数的数倍，并应符合人体工程学的要求。

[4.1.2] 厨房部件高度尺寸应符合下列规定：

1 地柜（操作台、洗涤池、灶柜）高度应为 750mm~900mm，地柜底座高度为 100mm。当采用非嵌入灶具时，灶台台面的高度应减去灶具的高度。

2 在操作台面上的吊柜底面距室内装修地面的高度宜为 1600mm。

条文说明 [4.1.2] 厨房家具、设备名称及尺寸如图 3 所示（包括操作台、洗涤台和灶台）

[4.1.3] 厨房部件深度尺寸应符合下列规定：

1 地柜的深度可为 600mm、650mm、700mm，推荐尺寸宜为 600mm。地柜前缘踢脚板凹口深度不应小于 50mm。

2 吊柜的深度应为 300mm~400mm，推荐尺寸宜为 350mm。

条文说明 [4.1.3] 本条所规定的厨房家具深度尺寸应包括台面板、灶具、烤箱等，只有手柄和开关可以突出在外。

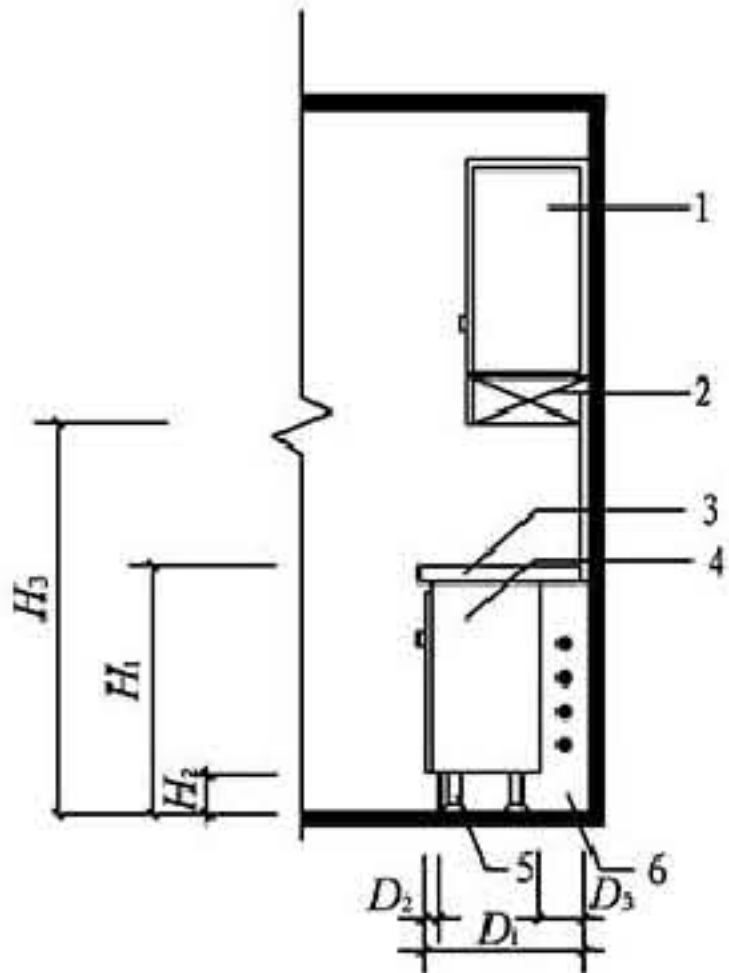


图 3 厨房家具、设备名称及尺寸

1—吊柜；2—建议用于照明设备的空间；3—操作台面；4—地柜；5—底座；6—水平管道空间；
H₁—地柜（操作柜、洗涤柜、灶柜）高度；H₂—地柜底座高度；H₃—吊柜底面距室内装修地面的高度；
D₁—地柜的深度；D₂—地柜前缘踢脚板凹口深度；D₃—水平管道空间距墙面的深度

[4.1.4] 厨房部件宽度尺寸应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 厨房部件的宽度尺寸（mm）

厨房部件	宽度尺寸
操作柜	600、900、1200
洗涤池	600、800、900
灶柜	600、750、800、900

【要点说明】

住宅厨房内部尺寸的详细规定，设计人员和建筑材料生产企业可按照推荐的类型执行。

【规范条文】

《住宅厨房模数协调标准》JGJ/T 262 - 2012；

[4.2.1] 厨房部件应根据部件大小和产品要求确定部件安装的精度。厨房部件的公差宜符合表 4.2.1 规定。

表 4.2.1 厨房部件的公差（mm）

公差级别	部件尺寸				
	<50	≥50 <160	≥160 <500	≥500 <1600	≥1600 <5000
1 级	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
2 级	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0
3 级	2.0	3.0	5.0	8.0	12.0

条文说明 [4.2.1] 在设计中应考虑到公差的允许值，并处理在合理的范围中，以保证在安装接缝、加工制作、放线定位中的误差处于允许的范围，满足接口的功能、质量和美观要求。表 4.2.1 参照日本《建筑部件的基本公差》A003 - 1963 编制，以供参考。表 4.2.1 中部件尺寸指与部件定位和安装相关的空间尺寸，与此无关的尺寸不需要满足表中的公差规定。根据不同用户对美观、经济，以及不同的设备产品对安装精度要求的不同，在具体建设与安装中，公差级别高度的选择具体要求确定。

【要点说明】

住宅厨房基本公差的要求，与《建筑模数协调标准》中的要求一致。

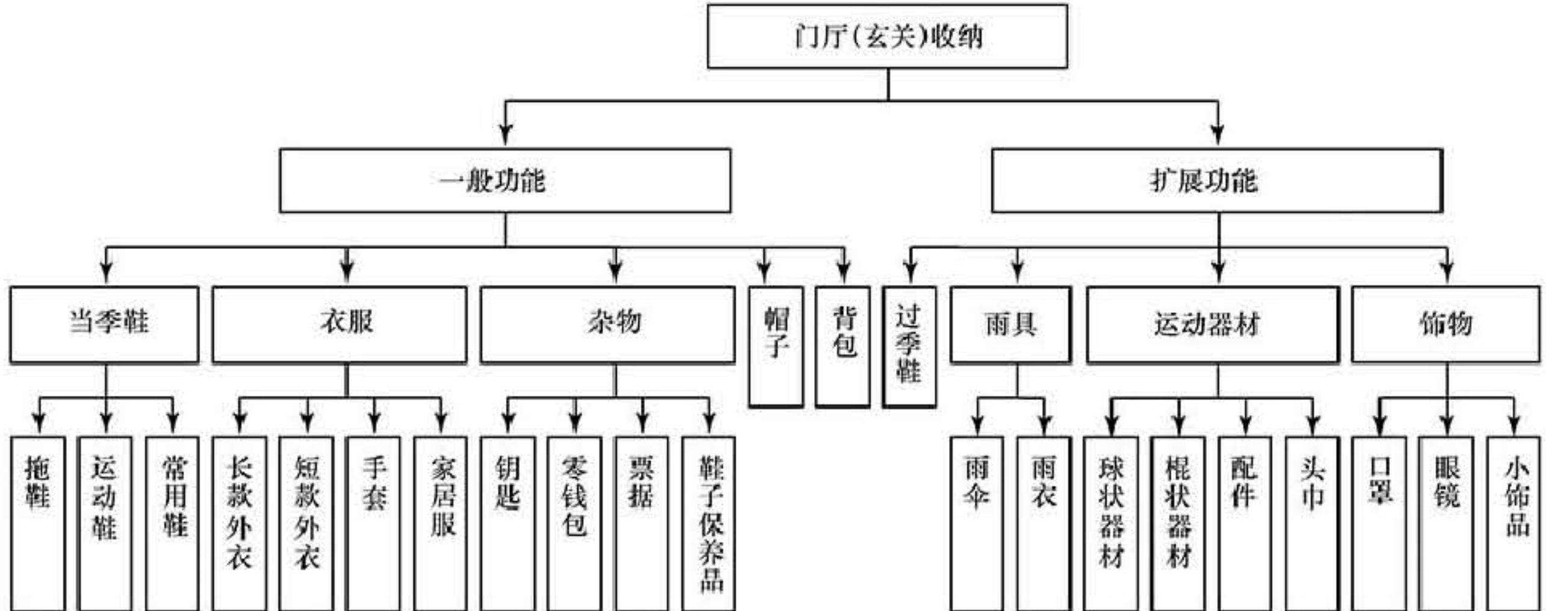
2.4.2.3 收纳

收纳部品在建筑工业化角度上，宜选用整体收纳，整体收纳应采用标准化内装部品，选型和安装应与建筑结构体一体化设计施工。

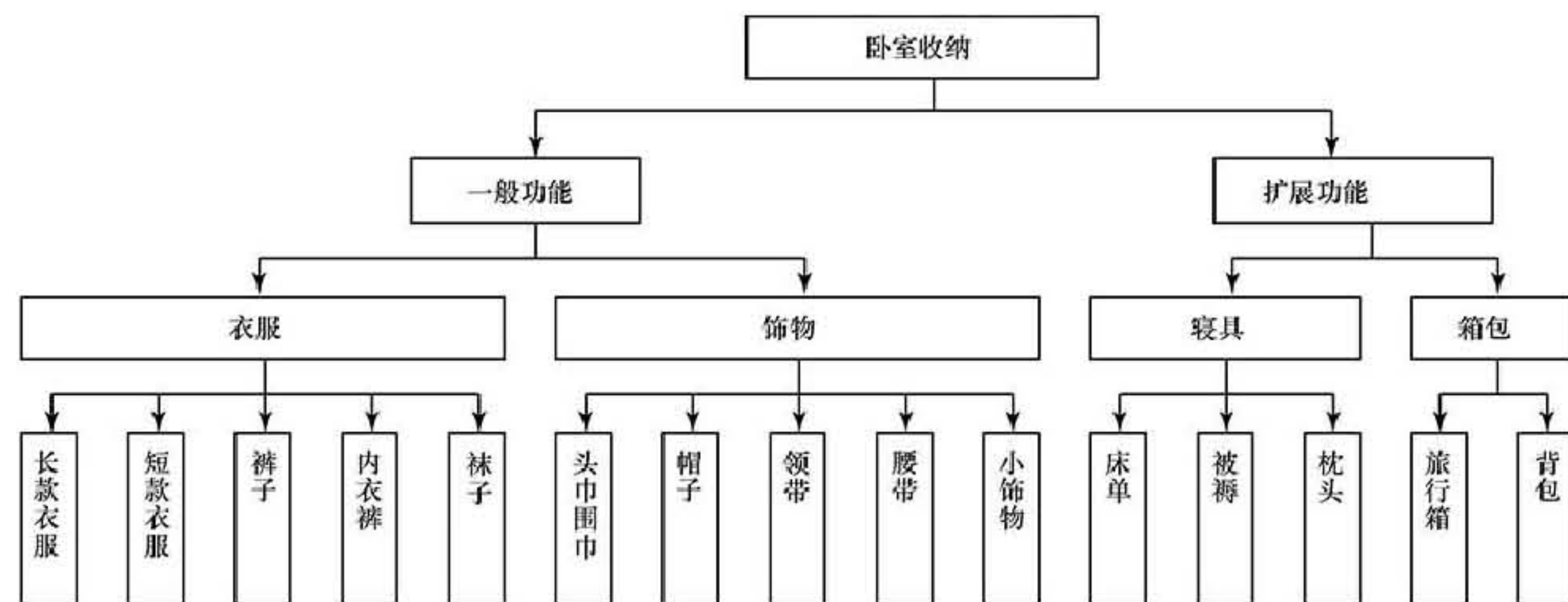
物品的尺寸是收纳系统功能模块参数设计的基础，收纳系统对不同物品的归类收放既要合理存放，又要不浪费空间。在收纳系统的设计中，应充分考虑人的尺寸、人的收取物品的习惯、人的视线、人群特征等各方面的因素，使收纳具有更好的舒适性、便捷性和高效性。

收纳系统的设计，可按照以下规定进行：

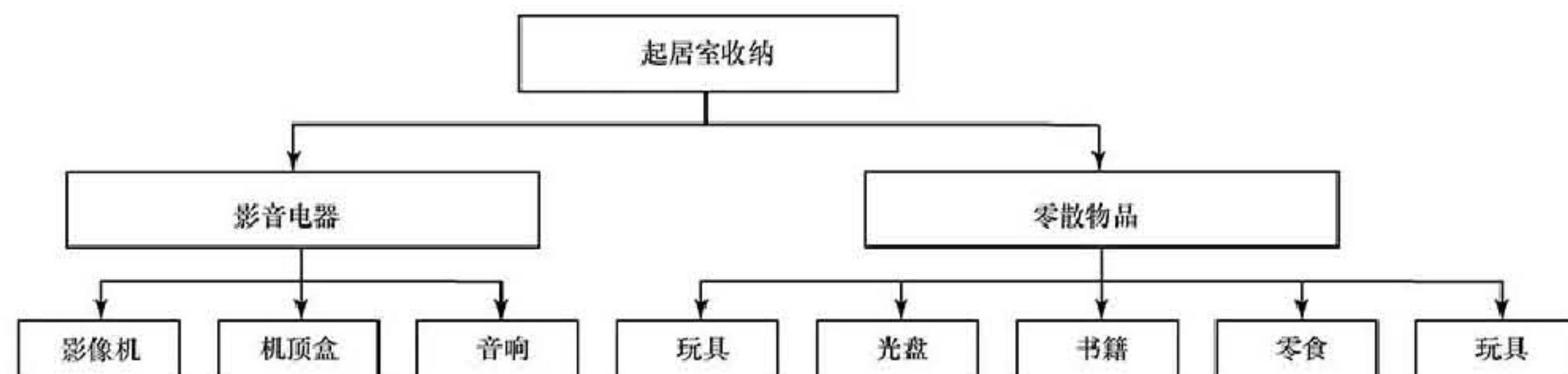
1 门厅（玄关）收纳



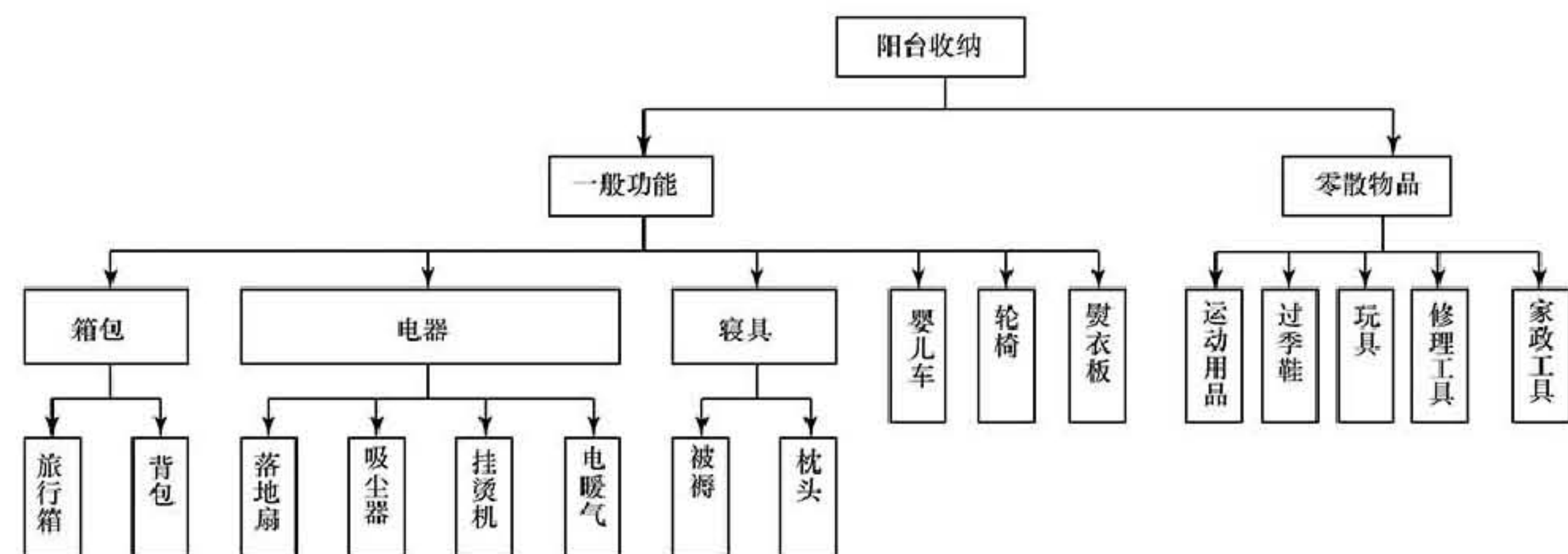
2 卧室收纳



3 客厅收纳



4 阳台收纳



【规范条文】

《装配式建筑全装修技术规程（暂行）》DB21/T 1893-2011；

【4.3.4】储藏收纳系统设计符合下列规定：

- 1 储藏收纳系统包含独立玄关收纳、入墙式柜体收纳、步入式衣帽间收纳、台盆柜收纳、镜柜收纳等；
- 2 储藏收纳系统设计应布局合理、方便使用，宜采用步入式设计，墙面材料宜采用防霉、防潮材

料，收纳柜门宜设置通风百叶；

2.4.2.4 吊顶

吊顶内宜设置可敷设管线的吊顶空间，厨房、卫生间的吊顶宜设有检修口。

【规范条文】

《公共建筑吊顶工程技术规程》JGJ 345-2014；

【4.2.8】当采用整体面层及金属板吊顶时，重量不大于1kg的筒灯、石英射灯、烟感器、扬声器等设施可直接安装在面板上；总量不大于3kg的灯具等设施可安装在U型或C型龙骨上，并应有可靠的固定措施。

【5.3.4】金属面板集成吊顶工程的施工应符合下列规定：

1 装饰模块的施工应符合本规程第5.3.3条的规定。

2 功能模块的施工应符合下列要求：

1) 功能模块上的采暖器具、通风器具、照明器具的电气配线应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303的规定。

2) 功能模块上的设备重量限制要求应符合本规范第4.1.8条和第4.2.8条的规定。

《钢结构住宅设计规范》CECS 261：2009；

【6.5.1】压型钢板现浇钢筋混凝土楼盖、密肋钢梁薄板楼盖、钢筋混凝土槽形或肋形板楼盖下方的居住空间应设置吊顶。

条文说明【6.5.1】除了楼盖板底为钢筋混凝土平整面以外的所有情况均应设置吊顶，当楼盖为压型钢板现浇钢筋混凝土板时，可在现浇混凝土之前在压型钢板上钻孔并设置吊件，龙骨可采用层次较少的龙骨系统如直卡式龙骨，这样在70mm~80mm的技术空间内就可以容纳吊顶板、龙骨、照明电气管线、灯具接口和水暖管线。

【6.5.3】吊顶空间内应能设置电气管线、灯具支座、水暖管线。

【6.5.4】卫生间、厨房的吊顶宜采用活动式吊顶，以便检修。

【6.5.5】压型钢板现浇楼盖宜在现浇前预置吊挂连接件，其设置精度应符合吊顶系统的要求；后装连接件（膨胀螺栓、射钉及其连接件）的承载力应满足吊顶系统的设计要求。

《装配式建筑全装修技术规程（暂行）》DB21/T 1893-2011；

【4.3.2】吊顶系统设计符合下列规定：

1 天棚宜采用全吊顶设计，通风管道、消防管道、强弱电管线等宜与结构楼板分离，敷设在吊顶内，并采用专用吊件固定在结构楼板（梁）上；

2 宜在楼板（梁）内预先设置管线、吊杆安装所需预埋件，不宜在楼板（梁）上钻孔、打眼和射钉；

3 吊杆、龙骨材料和截面尺寸应根据荷载条件进行计算确定；

4 吊顶龙骨可采用轻钢龙骨、铝合金龙骨、木龙骨等；

5 吊顶面板宜采用石膏板、矿棉板、木质人造板、纤维增强硅酸钙板、纤维增强水泥板等符合环保、消防要求的板材。

条文说明【4.3.2】第2款：隔墙、龙骨吊杆、机电设备和管线等连接件、预埋件应在结构板预制时事先埋设，一般不宜在楼板上射钉、打眼、钻孔。吊顶架空层内主要设备和管线有风机、空调管道、消防管道、电缆桥架，给水管也可设置在天棚内。龙骨吊杆、机电设备和管线应固定在结构梁或者楼板上，连接件、预埋件应在结构板预制时事先埋设，较轻管线可以采用后粘接措施固定。

2.4.2.5 地面

地面部品从建筑工业化角度出发，其做法宜采用可敷设管线的架空地板系统等集成化部品。

架空地板系统，在地板下面采用树脂或金属地脚螺栓支撑，架空空间内铺设给排水管线，在安装分水器的地板处设置地面检修口，以方便管道检查和修理使用。

【规范条文】

《装配式建筑全装修技术规程（暂行）》DB21/T 1893—2011：

〔4.3.1〕 架空地板系统设计符合下列规定：

1 在住宅的厨房、卫生间等因采用同层排水工艺而进行结构降板的区域，宜采用架空地板系统，架空地板内敷设给排水管线等；

2 架空地板高度应根据排水管线的长度、坡度进行计算；

3 架空地板系统由边龙骨、支撑脚、衬板、地暖系统、蓄热板和装饰面板组成；

4 衬板可采用经过阻燃处理的刨花板、细木工板等，厚度应根据荷载条件计算确定；

5 蓄热板宜采用热惰性好的板材；

6 地暖系统宜采用干式低温热水地面辐射采暖系统。

条文说明〔4.3.1〕第1款：架空地板系统可以在居住建筑套内空间全部采用也可部分采用，如果房间地面内无给排水管线，地面构造做法满足建筑隔声要求，该房间可不设架空地板系统。架空地板系统主要是为实现管线与结构体分离，管线维修与更换不破坏主体结构，实现百年建筑；同时架空地板也有隔声性好的优点，提高室内声环境质量，但是设置架空地板会使得建筑层高增加；

第2款：架空地板的高度主要是根据弯头尺寸、排水长度和坡度来计算，一般为250mm~300mm；如果房间地面内不敷设排水管线，房间内也可以采用局部架空地板构造做法，以降低工程成本，局部架空层沿房间周边设置，空腔内敷设给水、采暖、电力管线等；

第3~4款：支撑脚是指架空地板与结构板连接的支托。衬板是指铺设在支撑脚上的板材，在使用过程中承担地热系统、装饰面板的重量和使用活荷载。蓄热板是指铺设在采暖系统上面的板材。衬板一般采用刨花板，厚度一般为25mm，且不宜小于20mm。参照大连通世泰建材有限公司提供的技术标准制定，衬板600mm×1820mm×20mm，支撑脚间距可根据使用荷载情况进行设计，常规住宅架空地板支撑脚间距300mm×458mm，可以承受面荷载2.0kN/m²。

第5款：蓄热板可采用硅酸钙板、纤维水泥板或者其它板材；

第6款：地暖系统应设置在架空地板衬板上，干式低温热水地面辐射采暖系统一般由绝热层、传热板、地热管、承压板组成。地暖系统上饰面板宜采用木地板，如果饰面材料选用磁砖或者石材，一般在承压板上增加铺设2层胶合板，以增强瓷砖和石材的基层刚度，瓷砖和石材与胶合板采用粘接固定。新型地暖系统的构造做法宜按照相关产品技术标准执行。

2.4.2.6 隔墙

隔墙作为分隔室内空间的建筑部品，应发挥隔墙内空腔的特性，利用隔墙空腔敷设管线；当隔墙需要固定或吊挂物件时，其固定的位置和承载力应符合安全要求。

轻钢龙骨隔墙作为一种非承重内隔墙系统由于其具备隔声性能优越、易于安装、轻质高强、环保节能、占用空间小、全程干作业等特点，在各类建筑物内广泛应用。

隔墙面板的选用，可按照以下规定进行：

1 石膏板

(1) 普通纸面石膏板：适用于室内吊顶、隔墙和贴面墙系统。

(2) 耐火纸面石膏板：适用于防火要求高的室内吊顶、隔墙和贴面墙系统。

(3) 耐水纸面石膏板：适用于卫生间、厨房及其他湿度变化多的场合。也可使用水泥压力板代替。

2 纤维增强水泥板/硅酸钙板：防水防潮，强度高，不易变形，适用于卫生间、厨房等潮湿环境。

【规范条文】

《轻型钢结构住宅设计规程》JGJ 209—2010：

〔4.4.1〕 根据因地制宜、就地取材、优化组合的原则，轻质墙体和屋面材料应采用性能可靠、技术配套的水泥基预制轻质复合保温条形板、轻钢龙骨复合保温墙体、加气混凝土板、轻质砌块等轻质材料。

〔7.3.4〕 内隔墙板安装应符合下列要求：

1 应从主体钢柱的一端向另一端顺序安装，有门窗洞口时，宜从洞口向两侧安装；

2 应先安装定位板，并在板侧的企口处、板的两端均匀满刮粘结材料，空心条板的上端应局部封孔；

3 顺序安装墙板时，应将板侧榫槽对准另一板的榫头，对接缝隙内填满的粘结材料应挤紧密实，并应将挤出的粘结材料刮平；

4 板上、下与主体结构应采用U形钢卡连接。

条文说明〔7.3.4〕内隔墙条形板的安装，在其他工程中应用较广，技术成熟，有专门规范指导，该条归纳了常见做法，便于指导轻钢住宅墙体工程。

《钢结构住宅设计规范》CECS 261—2009：

〔6.3.4〕 卫生间、厨房采用装配式内隔墙时，应为管线、固定物件、固定装饰材料等设置预埋件，其位置和承载力应符合被装产品的要求；当被固定物体较重（如电热水器、烘干机、洗盆台面等）时，应在墙体空腔内设置型钢支架并与钢构件（或钢筋混凝土楼板）可靠连接；卫生间、厨房装配式内隔墙的龙骨间距不宜大于300mm。

条文说明〔6.3.4〕装配式内隔墙面板持钉力较弱，内部龙骨又为定距，因此固定物件的紧固件很难定位，所以应预先确定固定点的位置、形式和荷载，以便通过调整龙骨间距，增设龙骨横撑、预埋木方等方法为外挂安装提供条件。国外的一些厂家为装配式内墙系统开发出许多专用五金件和紧固件，使用起来非常方便。较重的物件如电热水器，墙体本身不能承受，需要利用中空部分设置钢支撑并与钢梁或楼板有可靠连接。

〔6.4.2〕 工业化钢结构住宅建筑体系中采用预制装配式轻质内隔墙板时，应采用模数设计网格法，经过模数协调确定隔墙板中基本板、洞口板、转角板和调整板等类型板的规格、截面尺寸和公差。

条文说明〔6.4.2〕为满足采用标准化的系列内隔墙板组成多样化户型的要求，工业化钢结构住宅建筑体系应采用模数设计网格法，以适应设计为不同户型的需要。一般按需求会发生基本板、洞口板、洞口上方板、阴角板、阳角板、终端板和调整板等；按板与梁柱关系会发生梁下（柱中）板、偏梁（偏柱）板；按电气需要会发生过线板和接线板；按不同表面装修要求会发生表面对称板和表面非对称板等。需要合理选择、逐一设计、系统协调。

《装配式建筑全装修技术规程（暂行）》DB21/T 1893—2011：

〔4.3.3〕 轻质内隔墙设计符合下列规定：

1 内隔墙宜采用轻质隔墙并设置架空层，架空层内敷设电气管线、开关、插座、面板等电气元件；

2 建筑外墙的室内墙板宜设置架空层；

3 分户隔墙、楼电梯间墙宜采用轻质混凝土空心墙板、蒸压加气混凝土墙板、复合空腔墙板或其他满足安全、隔声、防火要求的墙板；

4 住宅套内空间和公共建筑功能空间内隔墙可采用骨架隔墙板，面板可采用石膏板、木质人造板、纤维增强硅酸钙板、纤维增强水泥板等；

5 不应采用含有石棉纤维、未经防腐和防蛀处理的植物纤维装饰材料；

6 以轻钢、木质和其他金属材料为龙骨的架空隔墙板宜选用不燃型岩棉、矿棉或玻璃丝棉等做为隔声和保温填充材料；

7 内隔墙上需要固定电器、橱柜、洁具等较重设备或其它物品时，应在骨架墙板上采取可靠固定措施，或在龙骨上设置加强板。

条文说明〔4.3.3〕第3款：楼电梯间隔墙和分户隔墙采用复合空腔墙板主要是考虑隔声要求，此部位墙体不宜采用轻钢龙骨石膏板；

第7款：内隔墙一般不挂较重设备和电器，如果需要，应对龙骨进行受力计算，并采取局部补强加

固措施。

2.4.2.7 室内门窗

【规范条文】

《住宅室内装饰装修设计规范》JGJ 367-2015:

[4.11.1] 室内门的装饰装修设计应符合下列规定:

- 1 厨房、餐厅、阳台的推拉门宜采用透明的安全玻璃门;
- 2 安装推拉门、折叠门应采用吊挂式门轨或吊挂式门轨与地埋式门轨组合的形式, 并应采取安装牢固的构造措施; 地面限位器不应安装在通行位置上;

3 非成品门应采取安装牢固、密封性能良好的构造设计, 推拉门应采取防脱轨的构造措施;

4 门把手中心距楼、地面的高度宜为 0.95m~1.10m。

条文说明 [4.11.1] 根据装饰装修工程的实态调研, 本条文对室内门的装饰装修设计作了规定。

1 厨房、餐厅、阳台的推拉门采用透明的安全玻璃既可避免相临空间行人的碰撞, 又能保证玻璃破碎时不伤害人。

2 推拉门、折叠门占的空间小, 安装推拉门或折叠门采用吊挂式门轨或吊挂式门轨与地埋式门轨组合的方法有成熟的工艺。避免限位器安装于走道通行位置是为了方便通行。

3 对非成品的门做安装构造设计是提高安装门的施工质量的重要措施。

[4.11.2] 室内窗的装饰装修设计应符合下列规定:

1 当紧邻窗户的位置设有地台或其他可踩踏的固定物体时, 应重新设计防护设施, 且防护高度应符合现行国家标准《住宅设计规范》GB 50096 的规定;

2 窗扇的开启把手距装修地面高度不宜低于 1.10m 或高于 1.50m;

3 窗台板、窗宜采用环保、硬质、耐久、光洁、不易变形、防水、防火的材料;

4 非成品窗应采取安装牢固、密封性能良好的构造设计。

条文说明 [4.11.2] 根据现行国家标准《住宅设计规范》GB 50096 的相关规定和装饰装修的实态调研, 本条文对室内窗的装饰装修设计作了规定。

1 紧邻窗户的地台或可踩踏的装饰装修物为活动者提供可攀爬的条件, 故应重新设计防护设施, 并符合《住宅设计规范》GB 50096 中对于栏杆的要求, 否则将带来安全隐患。

2 模拟试验结果表明, 窗扇的开启把手设置在距装修地面高度 1.10m~1.50m 便于多数成年人的开启。

3 窗台板用材除符合《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的要求外, 还因其接触水、污染物, 使用频率较高等, 对耐晒、防水、抗变形的要求较高, 因此, 要求窗台板采用环保、硬质、耐久、光洁、不易变形、防水、防火的装修材料。

4 对非成品的窗做安装构造设计, 是提高窗户安装施工质量的重要措施。

2.5 围护结构

2.5.1 基本性能要求

多高层钢结构建筑一般用于住宅建筑或公共建筑, 其中公共建筑的外墙一般采用幕墙体系, 这与常规混凝土结构的公共建筑是一样的, 并没有特殊性, 因此本节对于幕墙结构只列出相关标准规范的名称, 并不给出详细的条文以及要点说明和措施方法。对于钢结构住宅来说, 幕墙体系造价高, 不能广泛使用, 因此在外围护墙板方面有着自己的特殊性, 本节将详细进行说明。就目前而言, 国家标准、行业标准中对建筑外围护墙板(自承重型)没有统一的性能指标要求, 建筑外围护系统的材料种类以及施工工艺相差较大, 节点构造也不尽相同。所以对建筑外围护墙板的性能指标, 只能从原则上去分析、归纳, 对具体的材料种类还有特殊的要求。对于钢结构建筑外围护系统应该满足的基本要求, 并没有一本

详细的规范规程来进行阐述, 在很多时候只能仿照有关规范进行总结归纳。

2.5.1.1 安全性能要求

安全性能要求是指关系到人身安全的关键性能指标, 钢结构建筑外围护体系应该符合基本的承载力要求以及防火性能要求, 具体可以分为抗风性能要求、抗震性能要求、耐撞击性能要求以及防火性能要求四个方面。

1 抗风性能要求

外围护结构抗风设计主要应该遵循《建筑结构荷载规范》GB 50009 当中有关围护结构风荷载的规定, 作用于墙体或附属结构构件表面上的风荷载标准值应按式计算:

$$w_k = \beta_{gz} \mu_s \mu_z w_0$$

式中: w_k ——作用于非结构构件表面上的风荷载标准值 (kN/m^2);

β_{gz} ——阵风系数;

μ_s ——风荷载体型系数;

μ_z ——风压高度变化系数;

w_0 ——基本风压 (kN/m^2)。式中各系数和基本风压应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用。另外按照《建筑幕墙》GB/T 21086 的规定, w_k 不应小于 1kN/m^2 。

2 抗震性能要求

外墙板的抗震性能应满足《非结构构件抗震设计规范》JGJ 339-2015 第 3.2 条款的规定, 当计算平面外的荷载作用时, 可采用等效侧力法, 集中力等效作用于外墙板的质心处, 墙体或附属构件自重产生的水平地震作用标准值应按式计算:

$$F = \gamma \eta \zeta_1 \zeta_2 \alpha_{\max} G$$

式中: F ——沿最不利方向施加于非结构构件重心处的水平地震作用标准值 (kN);

$\alpha_{\max}$ ——水平地震影响系数最大值, 按照《建筑抗震设计规范》GB50011 取值;

G ——非结构构件的重力荷载代表值 (kN);

平面内的地震效应按照非结构构件因为支撑点相对水平位移产生的内力、按下式计算:

$$F_d = K \cdot \Delta u$$

式中: F_d ——非结构构件因为支撑点相对水平位移产生的内力;

K ——非结构构件在位移方向的刚度;

Δu ——相邻楼层的相对水平位移, 按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 规定的限制采用, 一般多高层钢结构建筑可取 1/250。

3 耐撞击性能要求

外墙的耐撞击性能应符合《建筑幕墙》GB/T 21086-2007 中 5.1.7 条文中的规定, 耐撞击的试验方法应按照《建筑幕墙》GB/T 21086-2007 中附录 F 中的方法操作。软体重物为 50kg (轮胎+调重铁块), 轮胎内压力 (0.35 ± 0.02) MPa, 并按照下表中的等级进行划分。

表 22 建筑幕墙耐撞击性能分级

分级指标		1	2	3	4
室内侧	撞击能量 E ($\text{N} \cdot \text{m}$)	700	900	>900	—
	降落高度 (mm)	1500	2000	>2000	—
室外侧	撞击能量 E ($\text{N} \cdot \text{m}$)	300	500	800	>800
	降落高度 (mm)	700	1100	1800	>1800

4 防火性能要求

外墙防火构造应符合《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 中条文 6.7 中的规定。本条文增加了对于建筑保温和外墙装饰部分的条款, 这为外墙系统的防火构造及措施提供了依据。因此钢结构外墙系

统也必须严格遵照规范的相关规定。

【要点说明】

墙体应具备一定的防火性能，遇火在一定时间内能够保持结构稳定性，防止火势穿透和沿墙蔓延。墙的防火性能主要由材料的防火性能决定，但也会受构造作法的影响。我国在已有主要材料类型墙体的燃烧性能和耐火极限方面已积累了大量经验，对新材料和新构造作法的外墙特别是各类复合墙体系统防火性能，仍应继续作深入研究。

2.5.1.2 功能性能要求

功能性要求是指作为外围护体系，应该满足居住使用功能的基本要求。具体包括水密性能要求、气密性能要求、隔声性能要求、热工性能要求四个方面。

1 水密性能要求

【规范条文】

《建筑幕墙》GB/T 21086-2007:

[5.1.2.1] 幕墙水密性能指标应按如下方法确定:

a) GB50178 中, III_A和 IV_A地区, 即热带风暴和台风多发地区按下式计算, 且固定部分不宜小于 1000Pa, 可开启部分与固定部分同级。

$$P = 1000\mu_c\mu_zw_0$$

式中: P ——水密性能指标 (N/m^2);

μ_c ——风力系数, 可取 1.2;

μ_z ——风压高度变化系数, 应按 GB 50009 的有关规定采用;

w_0 ——基本风压 (kN/m^2), 应按 GB 50009 的有关规定采用。

b) 其他地区可按 a) 条计算值的 75% 进行设计, 且固定部分取值不宜低于 700Pa, 可开启部分与固定部分同级

【要点说明】

外墙的水密性能要求主要是防止水蒸汽渗透。目前我国建筑外墙体以单一构造为主, 缺少防水隔汽层的构造保护, 如果墙体产生裂缝则密闭性能就很难满足要求。而复合墙体则可以通过保温隔热层、隔汽层等, 防止水分通过裂缝渗透进墙体内部。由于没有专门的钢结构建筑外墙体系的规范, 对于水密性能的要求可以参考《建筑幕墙》GB-T 21086 的相关规定。

2 气密性能要求

【规范条文】

《建筑幕墙》GB/T 21086-2007:

[5.1.3.1] 气密性能指标应符合 GB 50176、GB 50189、JGJ 132-2001、JGJ 134、JGJ 26 的有关规定, 并满足相关节能标准的要求。一般可按表 14 确定。

表 14 建筑幕墙气密性能设计指标一般规定

地区分类	建筑层数、高度	气密性能分级	气密性能指标小于	
			开启部分 q_L	幕墙整体 q_A
夏热冬暖地区	10 层以下	2	2.5	2.0
	10 层以上	3	1.5	1.2
其他地区	7 层以下	2	2.5	2.0
	7 层以上	3	1.5	1.2

【要点说明】

外墙的气密性能要求主要是防止空气渗透。目前我国建筑外墙体以单一构造为主, 缺少空气屏障的

构造保护, 如果产生裂缝, 墙体的密闭性能就很难满足。而复合墙体则可以通过保温隔热层、空气屏障等, 防止空气通过裂缝渗透进墙体内部。由于没有专门的钢结构建筑外墙体系的范, 对于气密性能的要求可以参考《建筑幕墙》GB/T 21086 的相关规定。

3 隔声性能要求

为了防止室外及相邻房间噪声的影响, 获得安静的工作和休息环境, 住宅的墙体应该具备一定的隔声性能。对于外墙以及分户墙的隔声性能要求, 应该符合现行规范《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定。

4 热工性能要求

为防止室内温度受到外界大气温度变化的过度影响, 保证建筑室内热环境的舒适, 建筑外墙应做好节能和保温隔热构造处理。对于单一材料墙体, 热工性能较简单, 而新型复合墙体的热工性能则要复杂很多, 需要作进一步深入研究, 同时在一些细部节点上应注意防止内部冷凝和热桥现象的出现, 应符合现行标准《民用建筑热工设计规》GB 50176、《采暖居住建筑节能检验标准》JGJ 132、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 等的规定。

【要点说明】

外墙体的热阻可按实际构造叠加计算, 并应考虑内外表面换热组, 总传热阻应按下式计算:

$$R_0 = R_i + \sum_j \left(\frac{\delta_j}{\lambda_j} \right) + R_e$$

式中: R_0 ——总传热阻 ($m^2 \cdot K/W$);

R_i ——内表面换热阻 ($m^2 \cdot K/W$);

R_e ——外表面换热阻 ($m^2 \cdot K/W$);

δ_j ——第 j 层材料的厚度 (m);

λ_j ——第 j 层材料的导热系数 [$W/(m \cdot K)$]。

外墙体的传热系数 K 应按下式计算, 并应符合当地的节能指标要求。

$$K = 1/R_0$$

式中: K ——传热系数 ($W/(m^2 \cdot K)$)。

2.5.1.3 耐久性能要求

建筑外围护墙板的耐久性, 直接影响到其使用寿命和维护保养时限。不同的材料, 对耐久性的性能指标要求也不尽相同。经耐久性试验后, 还需对相关力学性能进行复测, 以保证使用的稳定性。一般来讲, 外墙的耐久性能要求参照《外墙用非承重纤维增强水泥板》JG/T 396-2012 附录 C 中的规定, 应满足抗冻性、耐热雨性能、耐热水性能以及耐干湿性能的要求。

2.5.2 装配式轻质外墙板

装配式轻质外墙板是指墙板在工厂预制、现场安装的轻质墙板。此类墙板不同于幕墙体系, 其构造简单、价格低廉, 在钢结构建筑尤其是住宅当中被广泛使用。目前常用的装配式轻质外墙板主要有蒸压加气混凝土板 (简称 ALC 板), 玻纤增强无机材料复合保温墙板 (简称复合板) 以及水泥夹芯板 (简称 DK 板) 等, 分别对应相应的规程《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008、《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015 以及企业标准《DK-F 复合保温板》Q/DK 001-2012。

2.5.2.1 一般规定

1 ALC 板的基本特点和要求

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[2.1.1] 蒸压加气混凝土制品: 是以硅、钙为原材料, 以铝粉 (膏) 为发气剂, 经过蒸压养护而

制造成的砌块、板材等制品。

【要点说明】

蒸压加气混凝土板（ALC板）是由经过防锈处理的钢筋网片增强，经过高温、高压、蒸汽养护而成的一种性能优越的新型轻质建筑材料。具有轻质高强、保温隔热、耐火抗震、隔声防渗、抗冻耐久等优越性能。蒸压加气混凝土板的性能应符合现行国家规范与标准的规定，满足建筑保温隔热、防火、防水抗渗、隔声、抗震、节能等方面的要求。

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[2.1.3] 蒸压加气混凝土板材：蒸压加气混凝土制成的板材，可分为屋面板、外墙板、隔墙板和楼板。根据结构构造要求，在加气混凝土内配置经防腐处理的不同数量钢筋网片。

【要点说明】

蒸压加气混凝土板用于外墙时，包含内嵌及外包两种形式，适用于框架及框剪结构的建筑。蒸压加气混凝土板用于屋面时，屋面板不应作为屋架的支撑系统。板材的使用应符合《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T17-2008的相关规定。

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[1.0.2] 本规程适用于在抗震设防烈度6-8度的地震区以及非地震区使用，强度等级为A2.5级及以上的蒸压加气混凝土砌块，强度等级为A3.5级以上的蒸压加气混凝土配筋板材的设计、施工与质量验收。

[3.0.3] 在下列情况下不得采用加气混凝土制品。

- 1 建筑物防潮层以下的外墙
- 2 长期处于浸水和化学侵蚀环境。
- 3 承重制品表面温度经常处于80℃。

【要点说明】

加气混凝土制品长期处于受水浸泡环境，会降低强度。在可能出现0℃以下的地区，易受局部冻融破坏，在浓度较大的二氧化碳以及酸碱环境下也易于破坏。其耐火性能较好，但长期在高温环境下采用承重制品如墙、屋面板应慎重，因其在长期高温环境下易开裂。

【规范条文】

《蒸压加气混凝土板》GB 15762-2008:

[3.2] 蒸压加气混凝土板常用规格见表1。

表1 常用规格

长度 (L)	宽度 (B)	厚度 (D)
1800 ~ 6000 (300 模数进位)	600	75、100、125、150、175、200、250、300
		120、180、240
注：其他非常用规格和单项工程的实际制作尺寸由供需双方协商确定		

【要点说明】

蒸压加气混凝土板均为配筋规格条板，板材墙体按照建筑结构构造特点可选用横板、竖板、拼装大板三种布置形式。建筑设计应尽量选用常用规格板材，节省造价，特殊规格的蒸压加气混凝土板可与企业定制生产或现场切锯组合。

【措施方法】

建筑设计应遵循模数协调的原则，进行标准化、规格化设计，基本单元模块的高度与宽度尽可能按照板材的常用规格尺寸组合设计，避免出现非模数及非标准的特殊规格板材。

【规范条文】

《蒸压加气混凝土板》GB 15762-2008:

[3.3] 蒸压加气混凝土板按蒸压加气混凝土强度分：A2.5、A3.5、A5.0、A7.5四个强度级别。蒸压加气混凝土板按蒸压加气混凝土干密度分为B04、B05、B06、B07四个干密度级别。

【要点说明】

蒸压加气混凝土外墙板的强度级别应至少为A3.5。

2 复合板的基本特点和要求

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015:

[1.0.2] 本规程适用于非抗震设防地区和抗震设防烈度8度及以下地区，民用与一般工业建筑工程非承重外围护墙及内隔墙的设计、加工制作、安装使用及验收。外围护墙板的应用高度不宜超过100m。

【要点说明】

玻纤增强无机材料复合保温墙板是以玻纤增强无机板为两侧面板、以保温绝热材料为芯材的复合墙板，也称夹芯墙板。其构造特征决定了不可能用于承重结构，同时其抗震要求也特别作出了规定。由于其质量和安装特点，应用高度也须符合规定。

【措施方法】

复合墙板按用途分为外围护墙板和隔墙板。玻纤增强无机材料复合保温墙板可以根据应用部位与使用环境，选择不同面板搭配，其夹心保温材料也可根据需求选择聚氨酯板、挤塑聚苯板、模塑聚苯板、岩棉板、无机保温砂浆板、泡沫混凝土板等。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015:

[3.1.1] 玻纤增强无机材料复合保温墙板应采用节能、利废、性能稳定、无放射性，以及对环境无污染的原材料。

【要点说明】

墙板原材料应按照国家节能、节材、环保的相关政策和规定进行选取应用。原材料不仅应性能稳定，对人体无害，而且对环境不造成污染，可实现资源综合利用。

【措施方法】

生产企业、设计单位不得采用国家限制和禁止使用的材料和制品，如黏土、石棉以及含有辐射超标的各类工业废渣等。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015:

[4.2.3] 外围护组合墙体单元的划分应满足功能、结构、经济性和立面形式等要求，并应便于组、运输和安装施工。

【要点说明】

装配式外围护组合墙体单元的划分应该在满足标准化、系列化要求和施工安装的三维可调性要求的同时，充分考虑其制作工艺、运输及施工安装的可行性。

【措施方法】

外围护组合墙体单元是由外围护组合墙板、钢骨架或轻钢龙骨及连接材料组合而成的外围护墙体。组合墙体单元按构造形式分为钢骨架组合墙体单元和轻钢龙骨组合墙体单元。外围护组合墙体单元宜以相邻两个承重柱中心距离为宽度，以相邻两层楼板之间距离为高度，进行复合墙体组合设计。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015:

[3.6.1] 外围护墙板的常用规格尺寸,宜符合下列要求:

- 1 长度宜为 2100mm、2400mm、2700mm、3000mm;
- 2 宽度宜为 600mm、900mm、1200mm;
- 3 厚度宜为 120mm、150mm、200mm;

【要点说明】

外围护墙板规格可根据便于加工组合墙体单元的尺寸来确定。

【措施方法】

外围护墙板必须严格符合相关模数协调标准,便于加工组合。

3 DK 板的基本特点和要求

对于采用聚苯板、挤塑板等有机材料作为保温的夹芯水泥板外墙体系有很多,构造均大同小异。其中工程应用量较高并且标准较为完善是 DK-F 复合保温板,其性能和基本参数可参考企业标准《DK-F 复合保温板》Q/DK 001-2012,该板材是用水泥为基本原料,掺和粉煤灰、钢渣等工业废料,采用阻燃性聚苯板或聚氨酯板夹心,双面配置钢丝网或玻璃纤维网增强,在工厂预制成型的条形板材。具有质量轻、强度高、保温隔热性能好、不燃烧、可再加工等优点,可用于建筑屋面板、内外墙板。

2.5.2.2 建筑设计

1 ALC 板外墙热工性能

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[6.1.1] 加气混凝土应用在具有保温隔热和节能要求的围护结构中时,根据建筑物性质、地区气候条件、围护结构构造形式,应合理地进行热工设计。当保温、隔热和节能设计要求的厚度不同时,应采用其中的最大厚度。

【要点说明】

这是加气混凝土围护结构热工设计的基本原则和方法的规定,在同一地区同一建筑中,从满足保温、隔热和节能要求出发,求得的加气混凝土外墙和屋面的保温层厚度可能不同,实际使用时应取其中的最大厚度。

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[6.2.6] 加气混凝土外墙和屋面的隔热性能应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB50176 的有关规定。单一加气混凝土围护结构的隔热低限厚度可按表 6.2.6-1 采用;

表 6.2.6-1 加气混凝土围护结构隔热低限厚度

围护结构类别	隔热低限厚度 (mm)
外墙 (不包括内外饰面)	175 ~ 200
屋面板	250 ~ 300

【要点说明】

蒸压加气混凝土板作为围护结构使用时,主要考虑板材的保温性能与安全性。

【措施方法】

建筑的外墙节能设计应满足国家节能规范的要求。外墙可采用蒸压加气混凝土板外敷保温材料的复合墙体,也可为单独的蒸压加气混凝土板外墙。板材厚度可根据经济性的原则和节能的要求以及外墙的保温形式根据热工计算的结果选定。

- 1 对于夏热冬暖地区和夏热冬冷地区,宜采用 150-200mm 的 ALC 墙板,满足外墙结构、保温、隔热要求。
- 2 对于寒冷地区根据不同体型系数,宜采用 250-275mm 的 ALC 外墙板。
- 3 对于严寒地区,宜采用 300-350mm 厚 ALC 外墙板。

2 ALC 板的构造要求

(1) 蒸压加气混凝土外挂墙板应设构造缝,外墙板的室外侧缝隙应采用专用密封胶密封,室内侧板缝应采用嵌缝剂嵌缝。

(2) 蒸压加气混凝土板作为外围护结构采用内嵌方式时,在严寒、寒冷和夏热冬冷地区,外墙中的钢筋混凝土梁、柱等热桥部位外侧应做保温处理。

(3) 板材与其他墙、梁、柱、顶板接触连接时,端部需留 10-20mm 缝隙,应用聚合物或发泡剂填充;有防火要求时应用岩棉填塞。

(4) 门窗洞口应满足建筑构造、结构设计及节能设计要求,门窗安装应满足气密性要求及防水、保温的要求,外门、窗框或附框与墙体之间应采取保温及防水措施。门窗口上端可采用聚合物砂浆抹滴水线或鹰嘴,也可采用成品滴水槽,窗台外侧聚合物砂浆抹面做坡度。

3 ALC 板的外饰面要求

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[3.0.6] 加气混凝土制品用作民用建筑外墙时,应做饰面防护层。

【要点说明】

加气混凝土的外饰面不仅是美观要求,也是保护加气混凝土制品耐久性必不可少的重要措施。良好的饰面是提高抗冻、抗干湿循环和抗自然碳化的有效方法。

【措施方法】

蒸压加气混凝土板外墙宜采用防水涂料、面砖做饰面。当采用石材或金属饰面时,主龙骨通常应固定在主体结构受力构件上。

4 复合板设计技术文件

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396:2015:

[4.1.1] 墙体安装前,工程设计单位应完成墙体的设计技术文件。设计技术文件应该包括下列内容:

- 1 墙体的轴线分布、墙体的厚度、门窗位置和洞口尺寸;
- 2 墙体的防火、隔声、防水、保温等技术性能要求;
- 3 墙体的抗震性能要求和相应的抗震、加固措施;
- 4 墙体的悬挂重物要求和相应的加固措施。

【要点说明】

工程设计单位对墙体的建筑功能、使用功能提出主要指标要求及构造要求,使墙体能满足工程设计要求。

5 复合板单元的限高

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396:2015:

[4.2.4] 外围护组合墙体单元的高度不宜大于一个层高,并应符合下列要求:

- 1 采用 120mm 厚外围护墙板的组合墙体单元高度不应大于 3.6m;
- 2 采用 150mm 厚外围护墙板的组合墙体单元高度不应大于 4.2m;
- 3 采用 200mm 厚外围护墙板的组合墙体单元高度不应大于 4.8m。

【要点说明】

由于玻纤增强无机材料复合保温墙板重量较轻,在限高范围内采用整板既安全可靠,又可节约连接件等材料。

【措施方法】

按照上述要求进行设计,当超过限高安装墙板时,应由工程设计人员另行设计。

6 复合板接缝做法**【规范条文】**

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015:

[4.2.5] 组合墙体单元接缝及门窗洞口等防水薄弱部位宜采用材料防水和构造防水相结合的做法,并应符合下列规定:

- 1 组合墙体单元间的水平接缝宜采用高低缝或企口缝构造;
- 2 组合墙体单元间的竖缝可采用平口或槽口构造;
- 3 当板缝口腔需设置导水管排水时,板缝内侧应增设气密条密封构造。

【要点说明】

装配式组合墙体的构造形式决定了必须重视接缝处及门窗洞口的防水工作,其接缝包括:组合墙体单元之间的接缝、组合墙体单元与地面或导墙的接缝、组合墙体单元与屋面板的接缝。外围护组合墙体单元之间的接缝应构造合理、施工方便、坚固耐久,并结合本地环境、材料、制作及施工条件进行综合考虑。

【措施方法】

材料防水是靠防水材料阻断水的通路,以达到防水的目的或增加抗渗漏的能力。如外围护组合墙体单元的接缝采用耐候性密封胶等防水材料,用以阻断水的通路。用于防水的密封材料应选用耐候性密封胶;接缝处的背衬材料宜采用发泡氯丁橡胶或发泡聚乙烯塑料棒;外墙板接缝中用于第二道防水的密封胶条,宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶或硅橡胶。结构防水是采取合适的构造形式,阻断水的通路,已达到防水的目的。如外墙板接缝外口设置适当的线型构造(立缝的沟槽,平缝的挡水台、坡水等),形成空腔,截断毛细管通路,利用排水构造将渗入接缝的雨水排出墙外,防止向室内渗漏。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396: 2015:

[4.2.6] 组合墙体单元间的接缝采用材料防水时,应采用防水性能可靠的嵌缝材料,并应符合下列要求:

- 1 接缝宽度设计应满足在热胀冷缩及风荷载、地震作用等外界环境的影响下,其尺寸变形不会导致密封胶的破裂或剥离破坏的要求。在设计时应考虑接缝的位移,确定接缝宽度,使其满足密封胶最大容许变形率的要求。
- 2 接缝宽度应控制在 6mm~20mm 范围内;接缝胶深度控制在 8mm~15mm 范围内。
- 3 接缝所用的密封材料应选用耐候性密封胶,耐候性密封胶与墙板的相容性、低温柔性、最大伸缩变形量、剪切变形性、防霉性及耐水性等均应根据设计要求选用。
- 4 采用密封胶条接缝的组合墙体单元之间,十字接头部位的纵、横密封胶条交叉处应采取必要的防水密封措施。

【要点说明】

本条规定是对上一条的具体补充,装配式外墙防水是外墙重要的物理性能要求,其各种接缝如果不进行防水处理就会造成房屋的漏水,因此应加强其防水设计。防水材料选用要符合各项物理性能及其外墙接缝宽度控制的要求。

【措施方法】

图 2.23 和图 2.24 分别为外围护组合墙体单元之间竖缝及水平缝的构造示例,供参考。

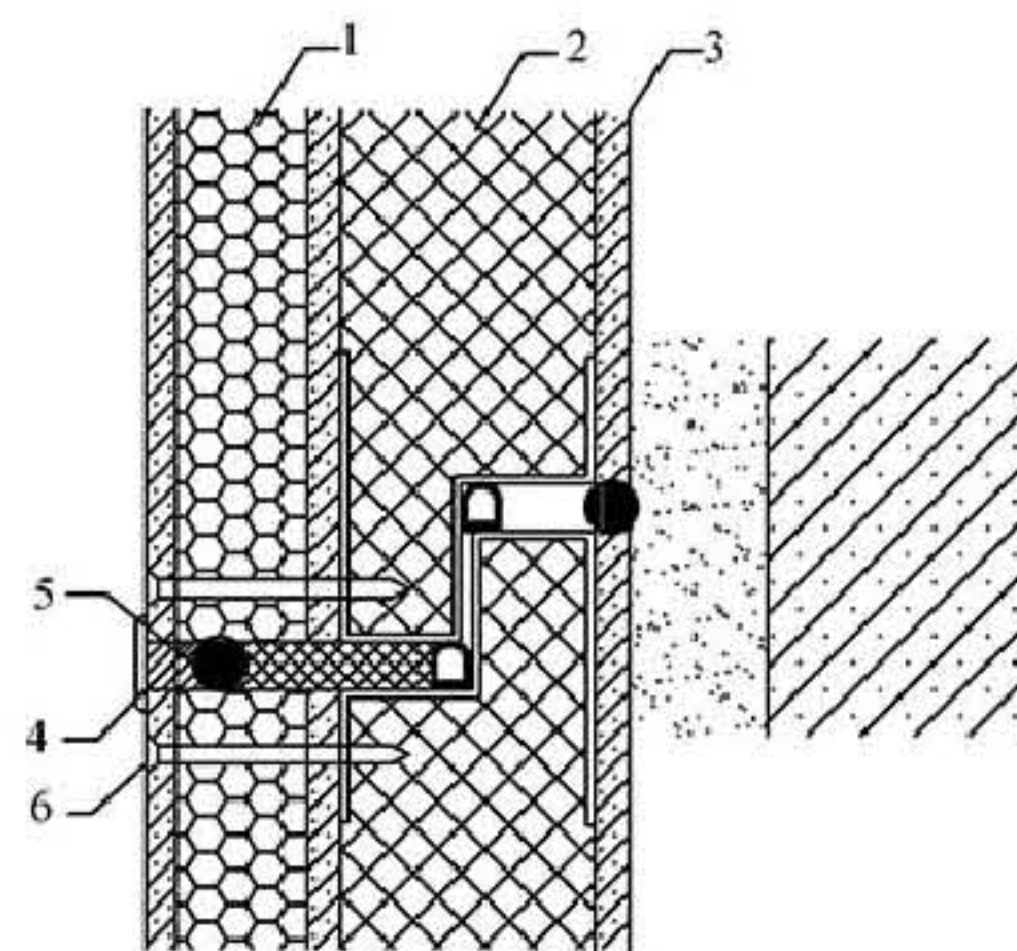


图 2.23 外围护组合墙体单元水平缝构造

1-复合墙板; 2-填充保温材料; 3-玻纤增强无机板;
4-胶条; 5-密封胶; 6-泡沫棒

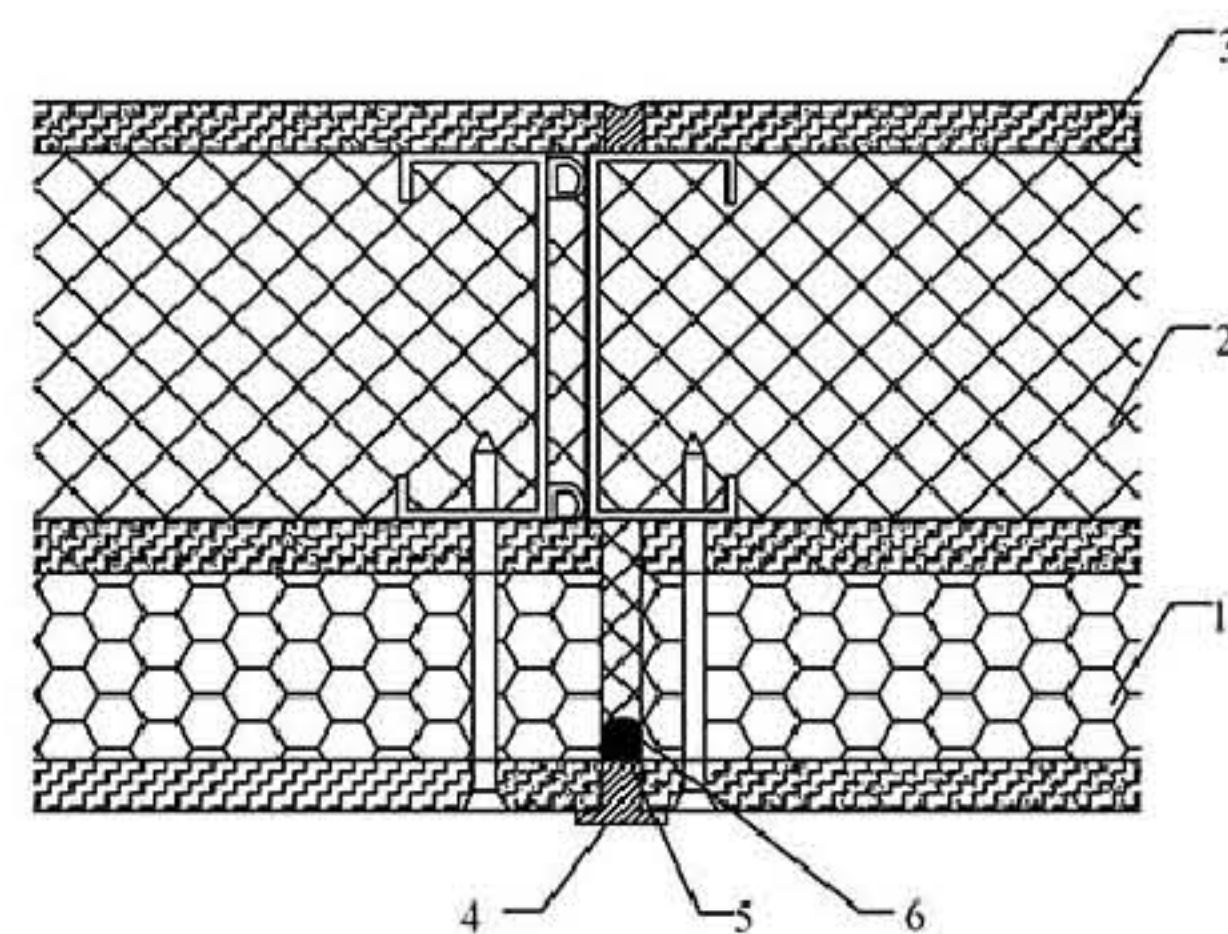


图 2.24 外围护组合墙体单元竖缝构造

1-复合墙板; 2-填充保温材料; 3-玻纤增强无机板;
4-胶条; 5-密封胶; 6-泡沫棒

7 DK 板的构造措施**【规范条文】**

《德坤钢结构建筑墙体施工技术规程》Q/DK004-2014:

[3.2.3] 外墙和屋面构造以及安装节点按图设计。其中外侧保温板应根据节能指标选取,中间墙板厚度一般为 120mm 厚的复合保温板,墙板内侧收口、收边和罩面的细工板可用纸面石膏板或薄型水泥纤维板或木质胶合板。

【措施方法】

作为外墙,钢结构建筑中 DK-F 板经常要与外侧保温装饰一体板进行结合,形成复合保温。一般情况下,120mm 的 DK-F 板可以符合要求,外墙上窗户安装时,应设置钢边框,窗户安装在钢框上,如图 2.25 所示。

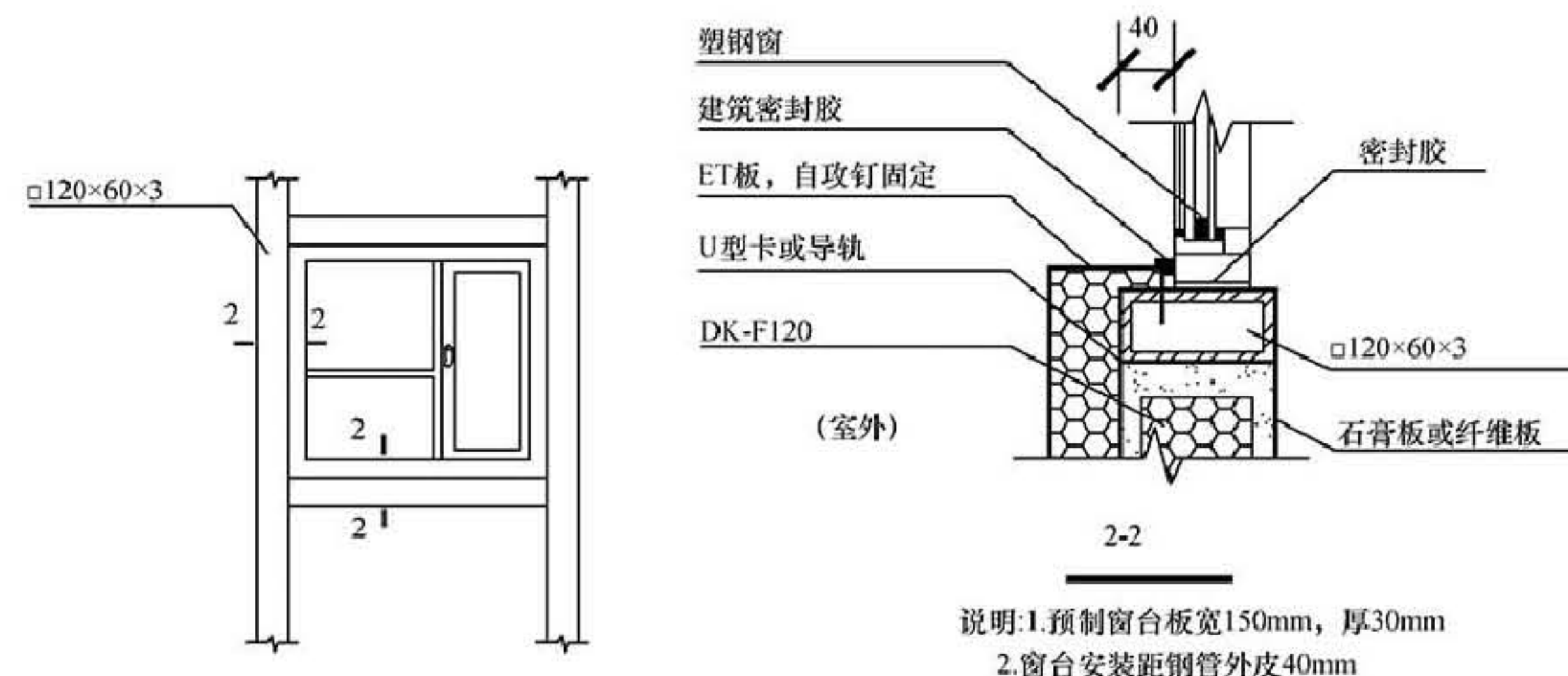


图 2.25 外墙窗洞处的构造措施

2.5.2.3 结构设计**1 ALC 板的结构验算****(1) 抗风设计:**

1) ALC 板用作外墙板时,应满足在风荷载作用下平面外的强度和变形要求;

2) 外墙板在风荷载作用下节点强度应满足下列条件:

$$R_j/S_{jw} \geq 2$$

式中: R_j —外墙板节点在风荷载作用下的破坏荷载, 通过实验确定。

S_{jw} —作用于外墙板节点处的风荷载标准值。

3) 外墙板安装连接件及焊缝应按照国家有关标准验算。

(2) 抗震设计:

1) ALC 外墙板在抗震设计中视为柔性连接的建筑构件, 不计入其刚度, 也不计入其抗震承载力。

2) 支承 ALC 墙板的结构构件, 应将 ALC 墙板的地震作用效应作为附加作用对待, 应满足连接件的锚固要求。

3) 地震作用下, ALC 墙板节点强度应符合以下条件:

$$R_j/S_{jd} \geq 2$$

式中: R_j —外墙板节点在地震作用下的破坏荷载, 通过实验确定。

S_{jd} —沿最不利方向作用于外墙板节点处的水平地震作用标准值。

2 ALC 板与主体结构连接

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[7.4.1] 加气混凝土墙板作非承重的围护结构时, 其与主体结构应有可靠的连接。当采用竖墙板和拼装大板时, 应分层承托, 横墙应按一定高度由主体结构承托。

在地震区采用外墙板时, 应符合抗震构造要求。

【要点说明】

加气混凝土用作外墙板, 因其强度偏低, 不宜将每层墙板层层叠压到顶, 根据实践经验, 以分层承托为宜, 尤其在地震区的高层建筑中, 必须各层分别承托本层的重量。

【措施方法】

ALC 板外墙与钢结构的连接方式有三种:

1 插入钢筋法: 用于钢结构和钢筋混凝土结构外墙, 墙体整体性较好, 如图 2.26 所示。

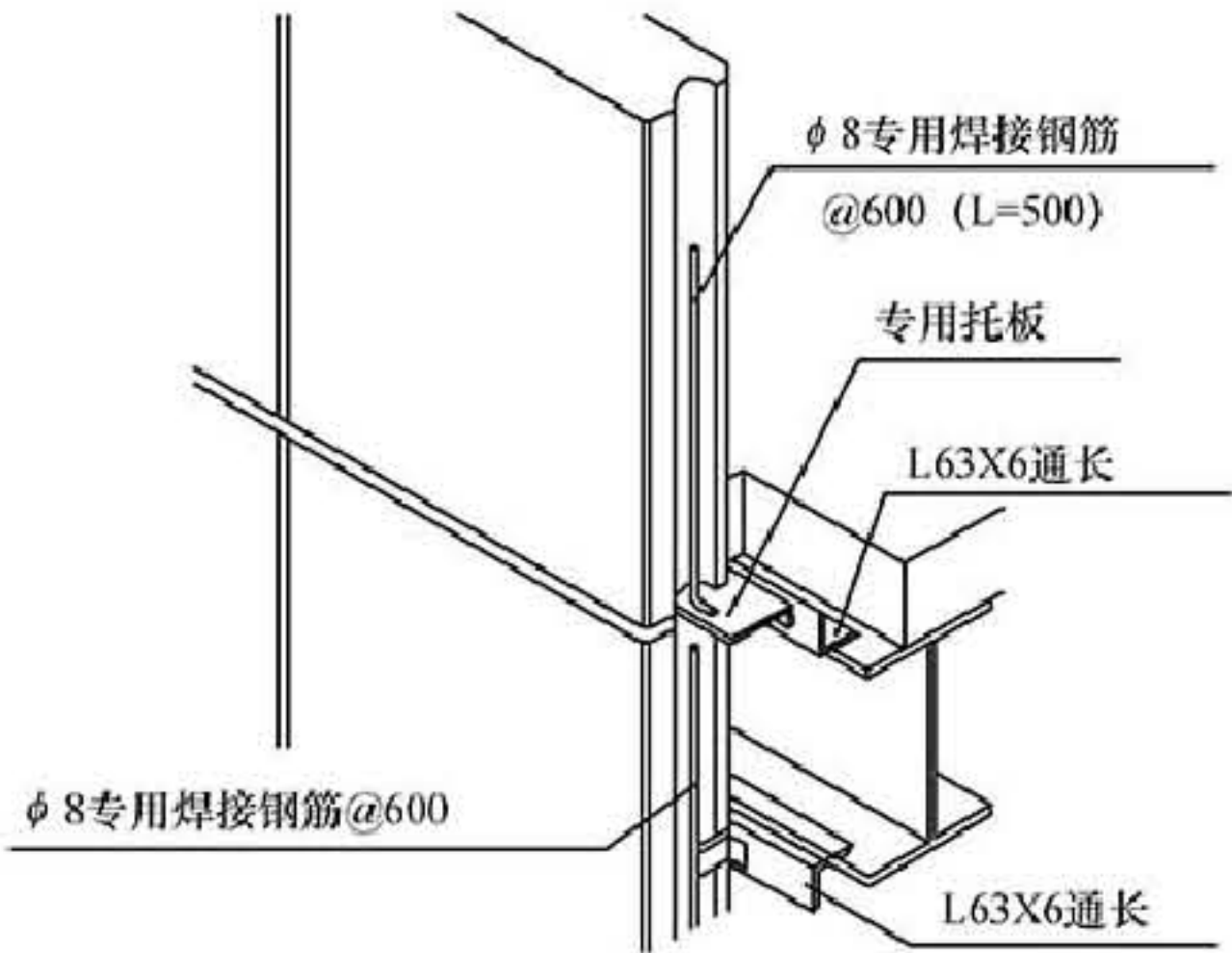


图 2.26 插入钢筋法

2 钩头螺栓法: 用于钢结构和钢筋混凝土结构, 多用于外墙横装和竖装, 节点强度大, 如图 2.27 所示。

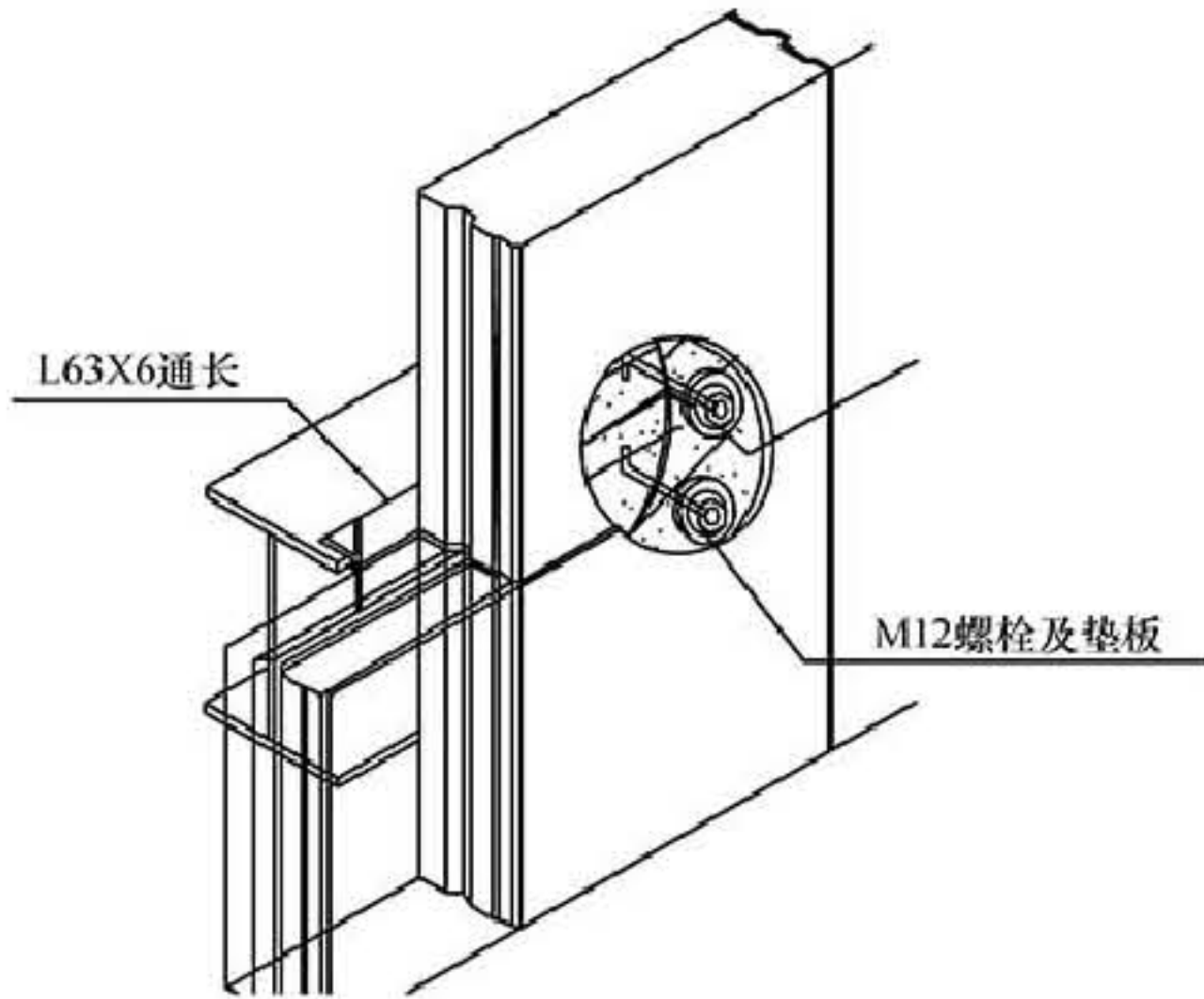


图 2.27 钩头螺栓法

3 NDR 摇摆工法: 用于钢结构和钢筋混凝土结构外墙, 特别适合于层间变位大的钢结构, 节点强度高, 变形能力强, 抗震性好, 如图 2.28 所示。

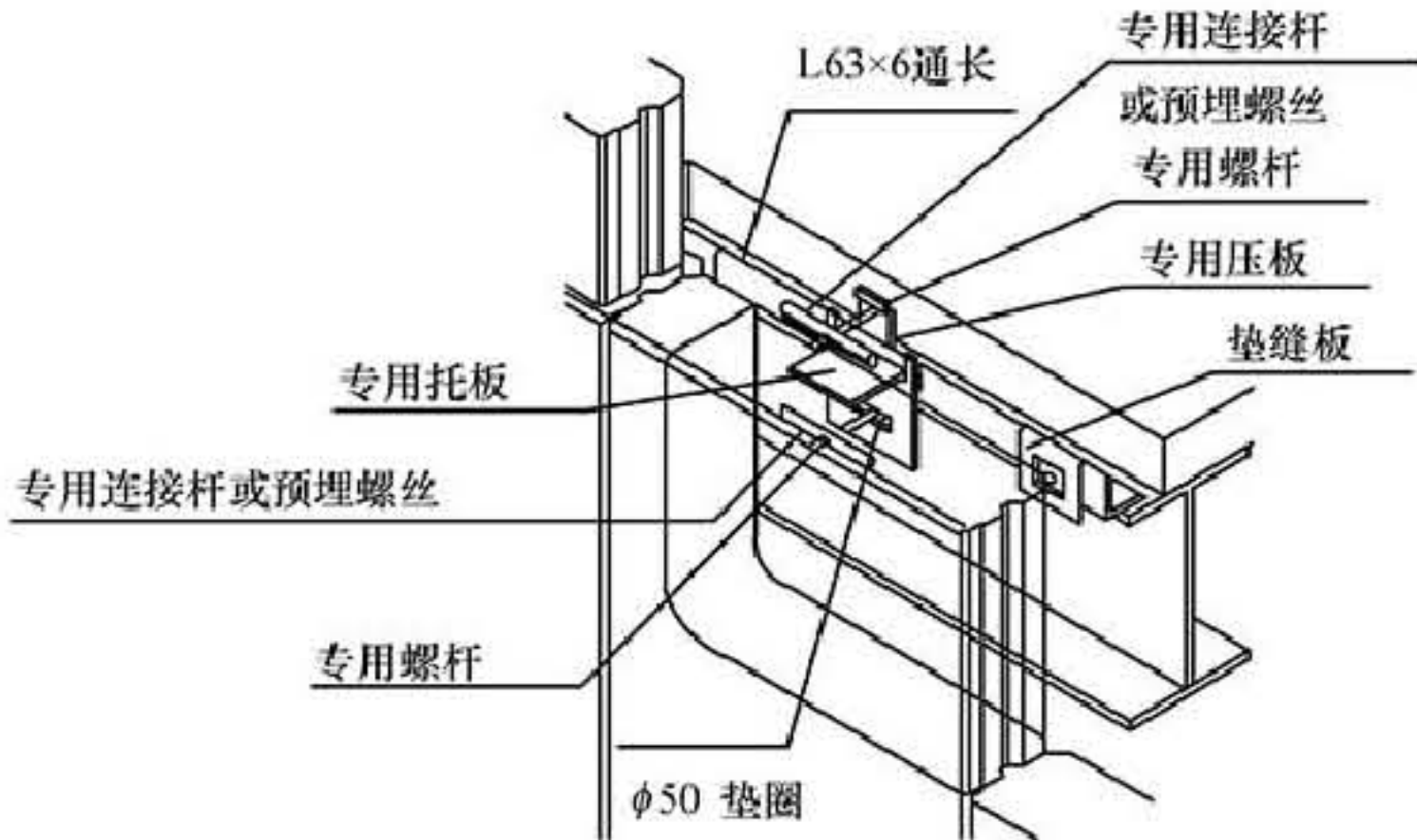


图 2.28 NDR 摇摆工法

外挂墙板节点安装可以按几种基本安装方法灵活变换组合成多种安装方法, 并根据技术经济比较确定, 但必须保证连接节点有足够强度 R_j (节点破坏强度) / S_k (节点荷载标准值作用效应) ≥ 2 , 以保证安全可靠; 同时这几种连接节点在平面内各具有不同的可转动性, 保证墙体满足在不同设防烈度下主体结构层间变形的要求。

3 ALC 板洞口和过梁规定

【规范条文】

《蒸压加气混凝土建筑应用技术规程》JGJ/T 17-2008:

[7.4.2] 外墙拼装大板, 洞口两边和上部过梁板最小尺寸应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 最小尺寸限值

洞口尺寸 宽×高 (mm)	洞口两边板宽 (mm)	过梁板板高 (mm)
900×1200 以下	300	300
1800×1500 以下	450	300
2400×1800 以下	600	400

注: 300mm 或 400mm 板材如需 600mm 宽的板材在纵向切锯, 不得切锯两边截取中段。如用作过梁板, 应经结构验算。

【要点说明】

外墙拼装大板是由过梁板、窗下板和洞口两边板三部分组合，洞口两边宽度和过梁板高度不宜太窄，否则在板材组装运输和吊装过程中易于损坏。外墙板一般为对称双面布筋每面4根，如要切锯成过梁板，最小宽度不宜小于300mm，以使切锯后的板内保持有4根钢筋，并根据洞口大小经结构验算后方可使用，也可与厂方协商生产专用板材。

4 复合板连接节点及构造**【规范条文】**

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396：2015：

【4.2.7】组合墙体单元与梁、板、柱相连时，其连接处应采取有效措施，保持墙体保温的连续性。

【要点说明】

装配式组合墙体单元与梁、板、柱相连时，其连接处经常会由于内外墙热传导不平衡而形成热桥，进而导致内墙出现结露、发霉，甚至滴水现象，故建筑外墙保温层宜连续。

【措施方法】

穿过保温层的连接件，应采取与结构耐久性相当的防腐蚀措施，如采用铁件连接时，宜优先选用不锈钢材料并应考虑连接铁件对保温性能的影响。外墙板有产生结露倾向的部位，应采取提高保温材料性能或在板内设置排除湿气的孔槽。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396：2015：

【4.2.11】组合墙体单元与主体结构的连接宜采用柔性连接构造，并应符合下列要求：

- 1 对规范规定的主体结构误差、墙体制作误差、安装施工误差等应具有三维调节适应能力；
- 2 应满足将组合墙体单元的荷载有效传递到主体结构承载要求的同时，可协调主体结构层间位移及垂直方向变形的随动性；
- 3 对组合墙体单元、连接构件的极限温度变形应具有自由变形的吸收能力。

【要点说明】

装配式外围护组合墙体单元与主体结构宜采用柔性连接，连接点应具有足够的承载力和适应主体结构变形的能力，并应采取可靠的防腐、防锈和防火等对温度和气候具有适应能力的措施。外围护墙体是依附于主体结构的维护构件，其与主体的连接锚固点，除了要满足外围护墙体自重荷载、风荷载和温度作用的承载能力要求，还要留有充分的余地，以防止地震作用或其他偶然因素作用而产生的突然破坏。

【措施方法】

目前，外挂墙板与主体结构的连接节点主要采用柔性连接的点支承方式。一般情况下，外墙挂板与主体结构的连接宜设置四个支承点：当下部两个为承重节点时，上部两个宜为非承重节点；相反，当上部两个为承重节点时，下部两个宜为非承重节点。

采用螺栓连接的墙体连接件，应有可靠的防松弛、防滑脱措施；采用挂接或插接的墙体连接件，应有可靠的防滑脱措施。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396：2015：

【4.2.13】连接节点应采取可靠的防腐蚀措施，其耐久性应满足工程设计使用年限要求。

【要点说明】

装配式组合墙体单元与梁、板、柱以及门窗、洞口等的连接节点处属于易腐蚀薄弱地区，需要采取可靠的措施，使其耐久性满足工程设计的使用年限。

【措施方法】

防腐措施应根据引起腐蚀的原理和构筑物的结构选择相应的措施。

5 复合板的结构验算**【规范条文】**

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396：2015：

【4.2.10】组合墙体单元及连接节点按承载能力极限状态设计和按正常使用极限状态验算时，应考虑组合墙体自重（含窗重）、风荷载、地震作用及温度应力等荷载作用的不利组合。

【要点说明】

装配式外围护墙体及其支承结构组成的建筑物外围护结构体系，主要承受自重以及直接作用于其上的风荷载、地震作用、温度作用等，不分担主体结构承受的荷载和（或）地震作用。非抗震设计时，承受重力荷载、风荷载和温度作用；抗震设计时，还要考虑地震作用。各种构件产生的内力（应力）和变形不同，情况比较复杂，但均应满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的要求。

【措施方法】

墙体结构的可靠度与荷载的取值和材料强度设计值的取值有关。墙体结构的作用、作用效应、承载力（抗力）应采用统一的标准体系进行计算，以免产生设计安全过低或过高的情况。

6 DK板的配筋要求**【规范条文】**

《德坤钢结构建筑墙体施工技术规范》Q/DK 004-2014：

【3.1.4】用于高度超过20m建筑的外墙板应配置钢丝网增强。

【要点说明】

20m以下，配筋可为玻璃纤维网格布。20m以上，风荷载和地震效应比较大，根据需要设置钢丝网加强。

7 DK板挠度控制**【规范条文】**

《德坤钢结构建筑墙体施工技术规范》Q/DK 004-2014：

【3.2.12】外墙板和屋面板应按等效荷载设计值进行承载力检验，受弯承载力检验系数不应小于1.35，连接承载力检验系数不应小于1.50，在荷载效应的标准组合作用下，板受弯挠度最大值不应超过板跨度的1/200，且不应出现裂缝。

2.5.2.4 加工、运输和施工**1 复合板加工制作与运输**

组合墙体单元在制作前，应对其技术要求和质量标准进行技术交底，并应制订制作方案；制作方案应包括排板接图、制作工艺、制作计划、技术质量控制措施、成品保护、堆放及运输方案等内容。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396：2015：

【5.2.1】组合墙体单元宜水平制作，当室外侧面板带有饰面时，饰面宜朝上放置进行墙体组装。

【要点说明】

水平制作装配式组合墙体单元有利于保持墙体表面的平整，饰面朝上可以避免对饰面带来不必要的摩擦。

【规范条文】

【5.2.2】组合墙体单元所用插接件的加工制作应符合下列规定：

- 1 插接件宜使用非金属材料；
- 2 截料端头不得因加工而变形，并不应有毛刺。

【要点说明】

组合墙体单元所使用的插接件加工制作必须满足墙体的安全性和美观性要求。

【规范条文】

[5.2.3] 组合墙体单元组装应符合下列规定：

- 1 用于固定外围护墙板的螺钉应一次性钉入钢骨架或轻钢龙骨，间距不应大于200mm；
- 2 螺钉应沉入板面3mm；
- 3 轻钢龙骨组合墙体单元的竖向龙骨间距不应大于400mm。

【要点说明】

本条对组合墙体单元组装过程中固定螺钉的钉入方式、间距、深度和轻钢龙骨结构的竖向龙骨间距作出了具体规定，以满足组装质量的整体性和安全性。

【规范条文】

[5.2.7] 组合墙体单元中埋设管线应符合下列规定：

- 1 预埋管线种类与定位尺寸，应满足预制构件工厂化生产及机械化安装的需求；
- 3 管线不宜交叉敷设。

【要点说明】

组合墙体单元中埋设管线应遵循相关模数协调规定，满足工厂化生产及机械化安装的要求，实现生产和安装效率的提高。管线交叉敷设会对提高管线安装的复杂度和后期维修更换的难度。

【规范条文】

[5.3.1] 组合墙体单元的外观质量不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并应重新检验。

【要点说明】

本规定对装配式组合墙体单元的外观质量进行了相关规定，尤其是已出现的一般缺陷，应按照相应技术方案进行处理，并在处理完成后重新验收。如果仍不符合要求，应采取相应措施解决。组合墙体单元的外观质量缺陷可分为一般缺陷和严重缺陷，严重缺陷是指影响墙体结构性能或安装使用性能的缺陷，墙体制作时应制订技术质量保证措施予以避免。

【措施方法】

应提前制定相应的应急措施或替代方案应对该问题。组合墙体单元中防火隔离带的设置应检查材料、尺寸等。检查合格后，应设置表面标识，标识内容宜包括编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

【规范条文】

[5.4.1] 制作单位应制订组合墙体单元运输与堆放方案，其内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输路线、固定要求、堆放支垫及成品保护措施。

【要点说明】

组合墙体合理的运输与堆放方案是保证围护结构工程合理、高效、有序进行的关键。

【措施方法】

装配式组合墙体单元应根据运输车辆、墙体尺寸和载重等要求制定相应的单元运输与堆放方案，策划重点控制环节。墙体临时码放场地可合理布置在吊装机械可覆盖范围，避免二次搬运。

【规范条文】

[5.4.3] 组合墙体单元的运输与堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2 墙体连接件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- 3 当采用靠放架堆放或运输构件时，靠放架应具有足够的承载力和刚度，与地面倾斜角度宜大于80°；墙体宜对称靠放且外饰面朝外，墙体上部宜采用木垫块隔离；运输时墙体应采取固定

措施；

- 4 当采用插放架直立堆放或运输构件时，应采取直立运输方式；插放架应有足够的承载力和刚度，并应采取保持支架稳固的措施。

【要点说明】

组合墙体运输与堆放的环境、措施方法应满足相应的规定，以保证运输与堆放的科学合理。

【措施方法】

专门制定相应的运输与堆放方案，其中一定包括紧急情况应急响应预案部分。

2 复合板安装施工

墙体安装施工应在墙体安装部位的主体结构工程验收后进行。

【规范条文】

《装配式玻纤增强无机材料复合保温墙板》CECS 396：2015；

[6.1.2] 墙体安装前，施工单位应提供下列分项工程施工技术文件：

- 1 建筑主体轴线及标高误差实测记录；
- 2 墙体排版图；
- 3 墙体安装构造图及相关技术资料；
- 4 墙体专项施工方案。

【要点说明】

墙体安装前，施工单位有责任将上述相关资料交给墙板安装人员，以便安装人员进行相关工作。

【措施方法】

墙体安装前，施工单位应对墙板安装人员进行培训，安装人员应熟悉施工图及相关技术文件；安装班组操作人员应进行技术交底。

【规范条文】

[6.2.1] 外围护墙体安装前应做好下列准备工作：

- 1 外围护组合墙体单元已在加工区组装完成，并按建筑楼层与轴线编号；
- 2 对组合墙体单元进行质量验收，包括墙体尺寸、平整度、洞口加固及墙板连接质量；
- 3 安装施工前，应复核墙体装配位置、节点连接构造及临时支撑方案等；
- 4 与墙体连接处的楼面、梁面、柱面和地面已清理干净；
- 5 所有预埋件及连接件等应清理扶直，清除锈蚀；
- 6 安装施工前，应检查复核吊装设备及吊具处于安全操作状态。

【要点说明】

外围护组合墙体在安装前必须做好相应的准备工作，包括组装、质量验收、结构构造、清洁、安全检查等方面工作，保证墙体安装工作的安全有序进行。

【措施方法】

安排专人制定专门的准备工作方案。

【规范条文】

[6.3.1] 墙体与主体结构连接的预埋件，应在主体结构施工时按设计要求埋设。预埋件的形状、尺寸及埋设位置应符合设计要求。

【要点说明】

预埋件应按照相应的要求进行埋设，同时要要进行隐蔽工程验收。

【规范条文】

[6.4.1] 外围护组合墙体单元宜分层按顺序吊装，先下后上，逐层逐间依次安装。

【要点说明】

装配式组合墙体单元质量较轻，易于实施吊装，同时吊装的顺序先下后上，逐层逐间依次安装有利

于保证墙体安装的平整度和质量。

【规范条文】

[6.4.2] 外围护组合墙体单元的安装应符合下列要求:

- 1 吊装墙体时,起吊就位应垂直平稳,吊具绳与水平面夹角不宜小于 60° ;
- 2 墙体中线与板面垂直度的偏差,应以中线为参照物进行调整;
- 3 墙体就位后严禁撬动;
- 4 墙体与预埋件采用螺栓连接时应按设计要求或钢结构有关规范要求进行施工检查和质量控制,并做好露明铁件的防腐和防火处理。

【要点说明】

外围护组合墙体单元的安装应符合相关技术要求,做好防腐和防火处理,以提高安装工程的质量和安全性。

【措施方法】

应制定专门的安装方案,同时每层墙体安装完成后,应进行隐蔽工程验收,包括焊接质量或承托措施。

【规范条文】

[6.4.4] 外围护组合墙体单元接缝处施工应符合下列规定:

- 1 施工前,应将板缝空腔清理干净,并保持干燥;
- 2 应按设计要求填塞填充材料;
- 3 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑,其厚度应符合设计要求。

【要点说明】

外围护组合墙体单元接缝处应进行相应的处理,对其填充材料和密封材料要符合设计要求,保证接缝处的安全、防水、防火、防腐蚀、耐久等要求。

【措施方法】

制定专门的接缝施工专项方案,同时进行相应工程的验收工作。

【规范条文】

[6.6.5] 遇到雨、雪、大雾天气,或者风力大于5级时,不得进行吊装作业。

【要点说明】

吊装作业一定要严格遵守国家相关标准。

【措施方法】

一定要随时做好天气信息的获取工作,同时做好相应的安全预案,保证施工的安全有序进行。

2.5.3 现浇式外墙

由于砌块墙体用于高层钢结构建筑有开裂问题,因此经常采用现浇墙体来取代之。用于钢结构建筑的现场浇筑墙体分为以下两类,一类是轻型钢丝网架聚苯板混凝土板,是由两侧配筋混凝土面层以及中间的保温材料,通过钢丝拉结组成的轻质复合外墙板,聚苯的夹心部分以及钢筋绑扎部分在工厂制作,两侧混凝土面层部分现场浇筑的墙板(简称3D板),应该符合《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012;另一种是灌浆墙体,是由轻钢龙骨、纤维水泥板面层以及内部灌浆料组成,灌浆料可分为EPS混凝土和泡沫混凝土两种,分别应该符合《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21T 1794-2010、《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015这两本规程的规定。

2.5.3.1 一般规定

1 3D板的一般规定

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[4.1.1] 3D板混凝土构件的基本构造层依次为饰面层、混凝土及钢丝网片层、聚苯板(含斜插

丝)、混凝土钢丝网片层、饰面层组成。

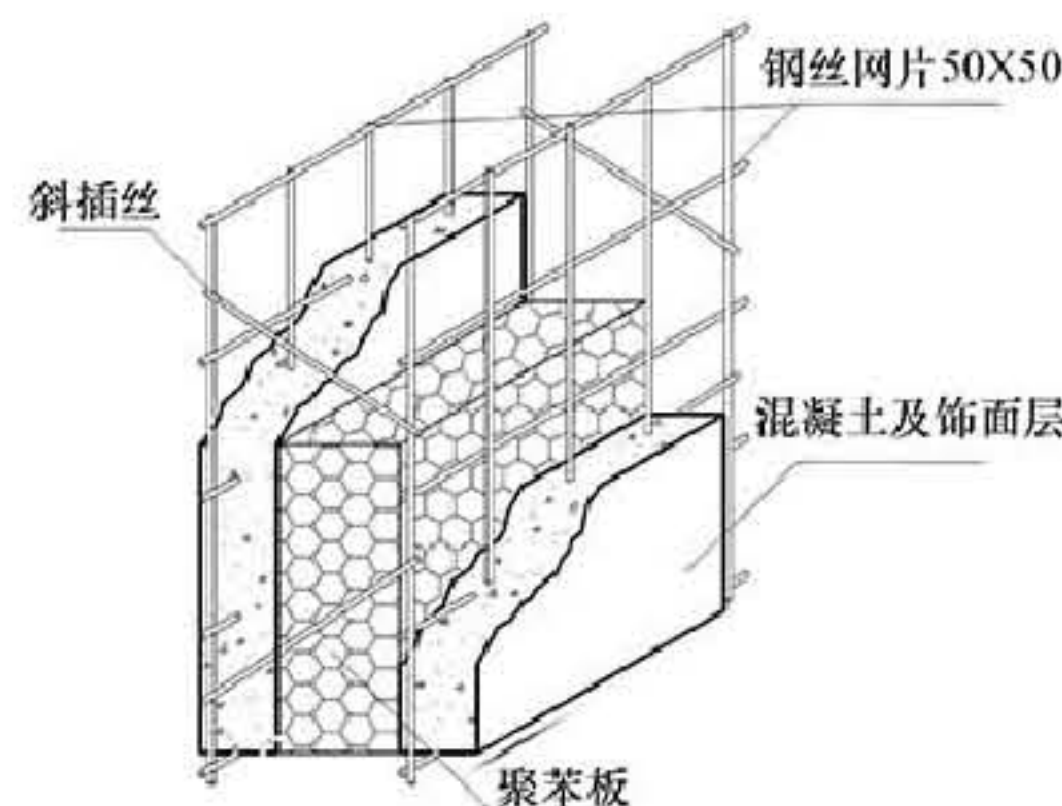


图 4.4.1 3D板混凝土构件基本构造

【要点说明】

3D板是由工厂预制,将其间两层钢丝网片用斜插丝相连,中间填有聚苯板的网架包覆混凝土后,形成中间为聚苯板两侧为钢丝网混凝土层的复合构件,称之为3D板混凝土构件。此构件可作为建筑上不同功能的构件,如3D墙板或3D楼板等。聚苯板作为芯材,主要起保温层的功能,双侧钢丝网混凝土层主要起受力功能,同时起墙体的保护及防火、防水等围护功能,作为外围护时,还起外围护体的热惰性的作用。

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[1.0.2] 本规程适用于抗震设防烈度8度及以下、建筑高度10m及以下、层数三层及以下的房屋承重墙体构件和楼板(屋面板)构件的设计和施工,也适用于一般工业和民用建筑的非承重墙体构件应用。本规程不适用于长期处于潮湿或有腐蚀介质环境的构件应用。

【要点说明】

轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件是由工厂生产的3D板和现场浇筑混凝土两部分组成。工厂生产的3D板是以阻燃型模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS)为芯材,两侧外覆高强钢丝网片,网片间用穿过聚苯板的斜插镀锌钢丝点焊连接成三维空间组合板材。3D板混凝土构件中钢丝较细,混凝土保护层也较薄,易受潮锈蚀,故不应在长期潮湿或有腐蚀介质环境中使用,也包括不能应用于室外地坪以下与土壤直接接触的部位。

2 灌浆墙体的一般规定

【规范条文】

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21T 1794-2010:

[3.1.1] 用于墙体工程的材料、构件等,其品种、规格及质量应符合相关标准和本规程的规定,并应在现场实施核查和检验。

[4.1.1] 现浇轻质复合墙体由墙体龙骨、纤维水泥平板和现浇用轻质浆料组成。

【要点说明】

生产龙骨的钢板及镀锌钢带的各项性能应符合《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518的规定,纤维水泥平板应符合《纤维水泥平板第一部分:无石棉纤维水泥平板》JC/T 412.1的规定,粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB 1596的规定,水泥应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定,料浆中外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076的要求和各专用外加剂标准的规定。

【措施方法】

材料宜按以下顺序入场:①轻钢龙骨、连接附件入场;②纤维水泥板入场;③水泥、砂、粉煤灰、

EPS 颗粒及添加剂等入场；④接缝材料及室内外涂料入场。轻钢龙骨可在施工现场的库棚或露天存放。露天存放时，必须采取防止其生锈的包装。纤维水泥板应采用软吊带吊装，不得使用钢索直接兜吊，避免在吊运过程中受到钢索挤压变形或破坏；吊运时应轻起轻放，不得碰撞。轻钢龙骨、纤维水泥板及岩棉板的保管应采取措施防止其受损、受潮、浸湿。水泥、粉煤灰、接缝腻子等材料的存放应采取措施防止受潮。

【规范条文】

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015；

[3.1.2] 复合墙体用材料应符合现行国家标准《墙体材料应用统一技术规范》GB 50574 的规定。

【要点说明】

目前现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体是灌浆料为泡沫混凝土的墙体，所用到的组成材料，多数均已各自的国家现行标准，标准中对材料性能及其原材料都有严格的规定。复合墙体所用材料无论有无各自的国家现行标准，均应符合现行国家标准《墙体材料应用统一技术规范》GB 50574 是对建筑工程中墙体材料的同一要求。

【措施方法】

现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体的应用，无论从目前的材料要求上说，还是从将来的材料应用发展的层面上讲，都应采用符合相关标准要求材料。当复合墙体所用材料各自的国家现行标准与现行国家标准《墙体材料应用统一技术规范》GB 50574 不一致时，应以此标准为准。

2.5.3.2 材料

1 3D 板保温材料

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012；

[3.1.1] 3D 板的芯材应采用阻燃型模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）板（以下简称聚苯板），其主要技术性能应符合表 5.1.1 的要求。

表 5.1.1 聚苯板主要技术性能指标

项目	性能指标	试验方法
表观密度, kg/m ³	18.0~20.0	GB/T 6343
导热系数, W/(m·K)	≤0.039	GB/T 10294 或 GB/T 10295
压缩强度, MPa	≥0.10	GB/T 8813
垂直于板面方向的抗拉强度, MPa	≥0.10	JG149
尺寸稳定性, %	≤0.50	GB/T 8811
吸水率, (%)	≤4	GB/T 8810
燃烧性能级别	不低于 C 级	GB 8624

[3.1.4] 聚苯板在出厂前应在自然条件下陈化不应少于 42d 或在 (60±5)℃ 环境中至少陈化 5d。

【要点说明】

聚苯板（EPS）是 3D 板混凝土构件的芯材，该材料的密度和导热系数小，是一种具有一定强度的性价比优良的绝热制品，可使 3D 板具有自重轻而热阻大的特性。

规程表 5.1.1 中的指标根据聚苯板的使用条件，主要按照国家标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1-2002 以及《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》JG 149-2003 的要求确定。其中尺寸稳定性考虑到用于芯材时，聚苯板的表面积与体积之比，在较多情况会小于用于外墙外保温的情况，故在行业标准《膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统》JG 149-2003 的基础上作了适当调整。

聚苯板在工程应用前经过一定条件、一定时间的陈化，是为了防止制品因后收缩而造成板与板之间

过大的间隙。后收缩是指制件中残留发泡剂向外扩散导致的收缩，是一种不可逆的尺寸变化。EPS 板材的后收缩过程可能需要几天或几周，取决于残留发泡剂的含量，并与加工条件以及制品表面积与体积之比等因素有关。聚苯板陈化，可使制品的尺寸基本稳定，满足尺寸稳定性的要求。本条对聚苯板的陈化要求系参照美国标准 ASTM²430-2005《外墙外保温及饰面孔应用膨胀聚苯乙烯泡沫（EPS）》的相关规定。该标准适用于建筑用聚苯乙烯泡沫保温板。

2 3D 板钢筋

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012；

[3.2.1] 3D 板的钢丝网片和斜插丝应采用冷拔低碳钢丝，且抗拉强度标准值不应小于 550N/mm²，抗拉强度的设计值 f_y 应取 320N/mm²，弹性模量 (E_s) 应取 2.0×10^5 N/mm²。

[3.2.2] 钢丝网片的钢丝直径不应小于 2.2mm，网孔宜为 50mm×50mm。斜插钢丝直径不应小于 3.0mm，并应有镀锌层。钢丝的主要技术指标应符合表 5.1.2 的要求，其它性能应符合国家标准《一般用途低碳钢丝》GB/T343 的规定。用于 3D 承重墙板、3D 楼板（屋面板）的斜插丝，每平方米用量不应少于 117 根，用于 3D 非承重墙板的斜插丝，每平方米用量不应少于 58 根。

表 5.1.2 钢丝的主要技术指标

直径 (mm)		抗拉强度 (N/mm ²)	冷弯试验 (次)	斜插丝 镀锌层质量 (g/m ²)	用途
公称	实际				
2.2	2.23+0.05	≥550	≥6	—	网片经、纬钢丝
3.0	3.03+0.05				
3.0	3.03+0.05		≥4	≥122	斜插丝
3.8	3.83+0.06				

注：冷弯试验为反复弯曲 180° 的次数。

【要点说明】

3D 板的钢丝网架由聚苯板芯材两侧的钢丝网片与穿过芯材连接钢丝网片的斜插丝经点焊而成。本条文规定网片钢丝和斜插丝的用料、抗拉强度与弹性模量要求。其相关指标均按行业标准《冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程》JGJ19-2010 对乙级冷拔低碳钢丝的要求取值。

根据结构计算以及国内外的应用实践，规定了网片钢丝与斜插钢丝的最小直径与最少用量，以及反复弯曲试验以及斜插丝镀锌层质量的要求。冷弯试验的次数按国家标准《一般用途低碳钢丝》GB/T 343-94 对冷拉普通用钢丝的要求确定。另外，斜插钢丝穿过聚苯板芯材部分是可能受潮的，故斜插丝应予镀锌，其镀锌质量根据轻工行业标准《镀锌电焊网》QB/T 3897-1999 以及建筑行业行业标准《胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统》JG 158-2004 对热镀锌电焊网的要求取不小于 122g/m²。

3 3D 板的混凝土

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012；

[3.4.1] 3D 墙板或楼板（屋面板）的面层材料应采用强度等级不低于 C20 的细石混凝土。

[3.4.2] 细石混凝土应采用强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥，并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

[3.4.3] 细石混凝土骨料的粒径应按混凝土的施工工艺确定。采用活塞泵喷射工艺时，粗骨料的最大粒径不应大于 8mm；采用涡轮泵喷射工艺时，粗骨料的最大粒径不应大于 5mm。粒径不大于 0.125mm 的细骨料应含总量的 4%~9%。采用现浇工艺时，粗骨料的粒径不应大于 16mm。

【要点说明】

3D 墙板和楼板（屋面板）两侧的细石混凝土面层厚度均较薄（50mm~35mm），且除楼板（屋面

板)上表面可采取现浇工艺外,面层混凝土的施工需采用喷浆或抹灰工艺,故其骨料粒径不能太粗,并应保证一定的小粒径细骨料含量。条文对采用喷浆法(包括喷浆设备为活塞泵和涡轮泵时)施工规定的粗细骨料粒径要求是国外多年来的工程实践经验值。当采用现浇抹灰工艺施工时(如楼板和屋面板面层),其粗骨料的粒径可相对较大。

4 灌浆墙体材料的基本规定

【规范条文】

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406:2015:

[3.1.5] 复合墙体用材料的核素限量不得超出现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 中 A 类的规定。

【要点说明】

在现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 中,将装饰装修材料根据放射性水平大小划分为三类:A类、B类、C类。其中,A类装饰装修材料产销与使用范围不受限制;B类装饰装修材料不可用于Ⅰ类民用建筑的内饰面,但可用于Ⅱ类民用建筑、工业建筑内饰面及其他一切建筑的外饰面;C类装饰装修材料只可用于建筑物的外饰面及室外其他用途。考虑到复合外墙在建筑工程中没有基层墙体,复合隔墙与日常生活息息相关,复合墙体所用材料的放射性水平高低直接影响到室内环境,所以对其放射性水平规定为应符合 A 类要求。

5 灌浆墙体密封材料

【规范条文】

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015:

[3.6.1] 复合墙体用密封材料的粘结性能和耐久性应满足设计要求,并应有与所接触材料的相容性试验报告。

【要点说明】

建筑密封胶是化学活性材料,经过长期存放,会出现粘结强度降低、耐候性能和伸缩性能下降等问题,必须在有效期内使用。复合墙体所采用的硅酮类密封胶、聚硫类密封胶等应具有与接触材料相适应的粘结性能和耐久性,并具有在主体结构有微小震动变形时相适应的能力。这些密封胶在建筑上已被广泛采用,而且已有了比较成熟的经验。

【措施方法】

复合墙体面板与建筑密封胶接触部位,密封胶中的小分子如增塑剂等非反应性物质从胶中渗出,渗入到面板孔隙中,使面板表面油污和沾灰,因此,使用前,应进行耐污染试验,证实无污染后,才能使用。

6 灌浆墙体的灌浆料

【规范条文】

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015:

[3.2.1] 复合墙体中的泡沫混凝土应采用普通硅酸盐水泥。

[3.2.4] 泡沫混凝土应采用物理发泡。

【要点说明】

由于矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥的硬化较慢,早期强度较低,而在泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体施工时,泡沫混凝土是分层浇筑的(每层浇筑高度应控制在 800mm 以下,待前次浇筑面达到初凝后方可再次浇筑),因此使用普通硅酸盐水泥可使泡沫混凝土的强度产生,从而避免泡沫混凝土沉降、塌陷。有些企业为使泡沫混凝土强度尽早发挥,使用硫铝酸盐水泥,但这种水泥碱度较低,可能造成对龙骨的腐蚀。另外试验结果表明,采用物理发泡的泡沫混凝土,气泡细小,大小均匀,且气泡间的连通率较低,可保证泡沫混凝土具有相对较低的吸水率。

【规范条文】

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015:

[4.2.1] 复合外墙中泡沫混凝土的干密度等级不应低于 A06,导热系数不应大于 $0.14\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;抗压强度不应低于 1.6MPa ,吸水率不应大于 20%。

[4.2.2] 复合隔墙的分户墙、楼梯间墙、卫生间隔墙及管道井墙体中泡沫混凝土的干密度等级不应低于 A05,导热系数不宜大于 $0.12\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;抗压强度不应低于 1.0MPa 。

[4.2.3] 复合隔墙的分室墙、隔断中泡沫混凝土的密度等级不应低于 A04;抗压强度不应低于 0.8MPa 。

【要点说明】

复合外墙的使用环境较室内相比温度、湿度、日照环境变化大,变化速度快,提高复合外墙中泡沫混凝土的干密度等级,同时降低吸水率,可有效保证安全性能和耐久性能。

分户墙、卫生间隔墙及管道井部位的墙体,常安装有入户门,或者需吊挂重物。在实际工程中,当泡沫混凝土的密度等级低于 A05 时,很难保证室内门的安装强度及重物吊挂的可靠性。

分室墙部位安装的室内门质量较小,同时仅吊挂质量较小的装饰画等,所以对泡沫混凝土的密度等级要求比分户墙、楼梯间墙、卫生间隔墙及管道井部位的墙体较低。

2.5.3.3 建筑设计

1 3D 墙板热工计算

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[4.4.1] 3D 板混凝土构件用于民用建筑时,围护结构的热工应符合国家现行有关建筑节能设计标准的规定。聚苯板的厚度应通过对围护结构热工性能的计算确定。当不能符合国家现行有关建筑节能设计标准的规定时,应另行采取保温措施。

【要点说明】

3D 板混凝土构件的芯材因采用聚苯板(EPS),其热阻较大,在一定范围内,是一种具有自保温功能的围护结构。为确保设计建筑物墙体、屋面和楼板的节能保温符合规定,聚苯板(EPS)的厚度应根据国家现行建筑节能设计标准的要求,通过对围护结构的热工计算确定。但聚苯板(EPS)的厚度与钢丝网架的宽度有关,目前国内引进设备所生产的钢丝网架,聚苯板(EPS)芯材的最大厚度只能达到 120mm,且聚苯板越厚则斜插钢丝承受剪力的能力越低,故不能达到节能设计标准时,应另外采取保温措施。

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[4.4.2] 进行 3D 板建筑围护结构热工性能计算时,其主要组成材料的导热系数(λ_c)和蓄热系数计算值(S_c)应按表 5.1.5 取值。

表 5.1.5 3D 板建筑围护结构主要组成材料的导热系数和蓄热系数的计算值

组成材料	密度 (kg/m^3)	导热系数计算值 $\lambda_c [\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	蓄热系数计算值 $S_c [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$
聚苯板(有斜插钢丝)	15.0~20.0	$0.041 \times 1.50 = 0.062$	$0.36 \times 1.50 = 0.54$
面层细石混凝土	2300	1.51	15.36
圈梁钢筋混凝土	2500	1.74	17.20
抹灰砂浆	1800	0.87	10.75

[4.4.3] 不同厚度 3D 板外墙主墙体的传热系数(K_p)和热惰性指标(D)的计算值可按表 5.1.6 取值。

表 5.1.6 不同构造层厚度 3D 板外墙主墙体 K_p 、 D 值

主墙体构造层厚度 (mm)					主墙体传热系数计算值 K_p [W/ (m ² · K)]	热惰性指标计算值 D
聚苯板	混凝土面层		抹灰层	总厚度		
	外侧	内侧				
100	50	35 ~ 50	两侧各 20	225 ~ 240	0.54	2.23 ~ 2.38
	50	35 ~ 50	—	185 ~ 200	0.55	1.74 ~ 1.89
120	50	35 ~ 50	两侧各 20	245 ~ 260	0.46	2.40 ~ 2.56
	50	35 ~ 50	—	205 ~ 220	0.47	1.91 ~ 2.06

【要点说明】

提供两种聚苯板厚度的内外两侧有抹灰层和无抹灰层 3D 外墙板的主墙体传热系数 (K_p) 和热惰性指标 (D) 计算值, 其中 K_p 可用于外墙平均传热系数 (K_m) 的计算。在 3D 板外墙中, 结构性热桥相对于常规外墙, 其面积不大, 故有利于外墙保温性能的提高。

2 灌浆墙体的模数规定

【规范条文】

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015:

[4.1.3] 复合墙体的厚度, 应根据使用部位、环境气候条件、主体结构承载力要求等因素综合确定, 厚度宜符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 复合墙体的厚度选用表 (mm)

复合墙体厚度	面板厚度	轻钢龙骨宽度
91、100、120	6、8、10、12	50、75、80、100
150~450	8~20	50~75 (双排安装) 130、180 (单排安装)

【要点说明】

复合墙体的厚度应以满足建筑工程设计要求为前提, 合理选择复合墙体厚度, 并优化面板厚度与轻钢龙骨厚度的组合模式, 复合墙体的厚度选用表中为推荐采用的厚度组合形式。

2.5.3.4 结构设计

1 3D 板保温材料的厚度取值

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[4.1.3] 3D 板中聚苯板厚度应根据建筑构造、结构和建筑热工的要求确定, 并应符合下列规定:

- 1 外墙板聚苯板厚度不应小于 100mm, 且不应大于 120mm;
- 2 承重内墙板聚苯板厚度不应小于 70mm, 非承重内墙板中聚苯板厚度不应小于 50mm;
- 3 楼板、屋面板中聚苯板厚度不应小于 70mm。

【要点说明】

聚苯板的厚度应根据不同气候地区 and 不同应用部位而不同。作为外围护结构时, 应根据不同气候地区不同节能保温隔热要求经计算后决定, 但目前受网架制作设备的制约, 采用的聚苯板最薄厚度为 50mm, 最大厚度为 120mm。

2 3D 板高宽比取值

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[4.2.5] 3D 板混凝土构件可用作承重内外墙板、非承重内外墙板、楼板及屋面板等。抗震设防烈度为 8 度时, 房屋高宽比不应大于 2.0, 抗震设防烈度为 8 度以下时, 房屋高宽比不应大于 2.5。3D 墙板和 3D 楼板 (屋面板) 常用规格应符合本规程附录 A 的规定。

【要点说明】

本条列出了 3D 板混凝土构件在工程中使用的构件种类。3D 板的规格、尺寸及构成, 除受建筑功能、结构安全、节能需要进行计算确定外, 也受到目前生产设备及工艺的限制, 例如目前聚苯板厚度最大只能做到 120mm, 钢丝网片的规格、斜插丝的设置也不能随意更改。因此建筑及结构设计应遵循现有条件按本规程附录 A 进行选用。

3 3D 结构计算的基本规定

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[6.1.2] 3D 板混凝土构件安全等级应为二级。

[6.1.4] 3D 板混凝土构件的正截面承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算中, 其截面应按翼缘宽度为 b 、腹板 (以斜插丝与网片组成的桁架) 宽度取为 0 的连体 I 形截面钢筋混凝土构件考虑。

【要点说明】

3D 板混凝土构件在纵向 (横截面, 即主截面) 是以钢筋混凝土作为翼缘与每隔一定距离由一片镀锌的斜插丝和网片焊接而成的钢筋骨架作为腹板连接成的钢筋混凝土与钢组合的翼缘宽度为全部 b (根据腹板的间距 $<6t_2$, $t_2/h_0 \geq 0.28$, 查《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 表 5.2.4 和《钢结构设计规范》GB 50017-2003 第 11.1.2 条得出)、腹板宽度为 0 的 I 形构件。此点已为国内外试验、国外评估和鉴定以及已建工程所确认。

4 3D 板受弯承载力

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[6.1.6] 3D 板混凝土受弯构件应按单向、单筋截面设计。

[6.1.7] 3D 板混凝土受弯构件正截面受压区混凝土的应力图形可简化为等效的矩形应力图; 其高度 x 取等于按截面应变保持平面的假定的中和轴高度 x_n 乘以系数 β_1 , 其应力值取为混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘以系数 α_1 。

【要点说明】

横向的纵截面为上下两片钢筋混凝土板, 仅起将荷载传到单向设置的腹板 (斜插丝组成的抗剪钢筋骨架) 或另加于聚苯板缝间的小梁的作用, 故 3D 板混凝土的楼板 (屋面板) 应能按单向板考虑。承载力计算的基本理论与《混凝土结构设计规范》GB 50011 相同。

5 3D 墙板的构造措施

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012:

[5.1.1] 3D 外墙板、非承重内墙板与基础的连接应采用双面预留插筋的方法, 钢筋直径不应小于 10mm, 间距不应大于 500mm, 长度不应小于 850mm, 其埋入基础深度不得小于 250mm。

插筋应设在钢丝网片内侧, 并应与钢丝网片绑扎连接。墙板底部与基础之间应有厚度不小于 40mm 的细石混凝土垫层。

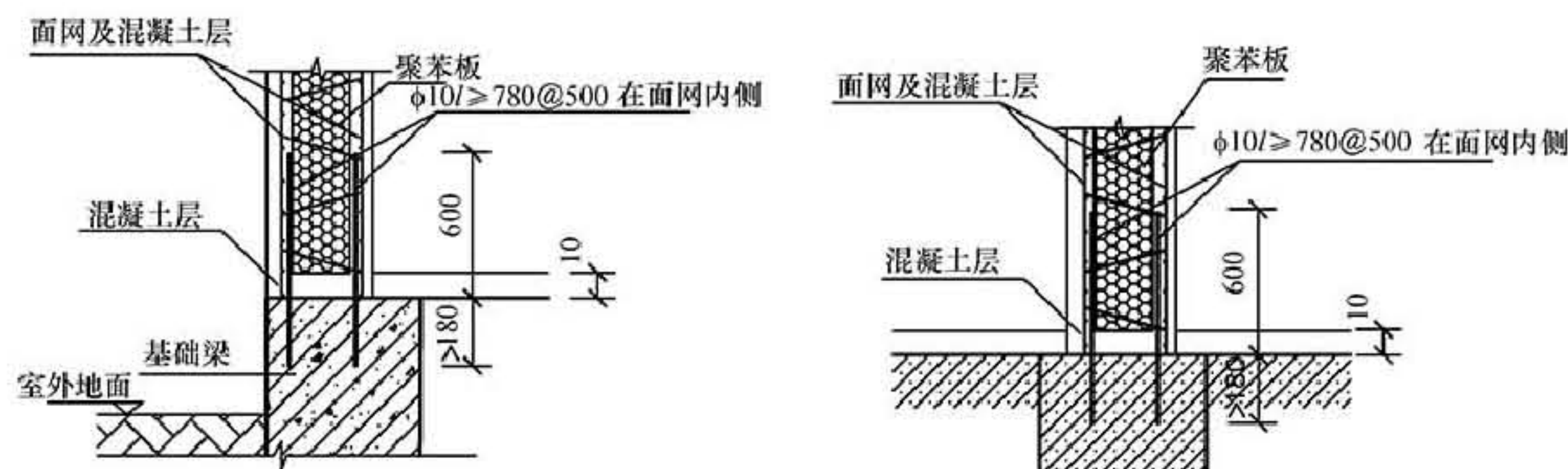


图 5.1.1 3D 墙板与基础的连接

【要点说明】

底层安装 3D 墙板时，在其基础上应先双面预埋插筋的主要目的是定位，同时起抗剪和连接作用，因此其埋入混凝土的深度不需像“计算中充分利用钢筋的抗拉强度时”的 382mm（《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（8.3.1-2 式））或“计算中充分利用钢筋的抗压强度时”的 267mm（《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 第 8.3.4 条）。根据国外多年实践和国内外实验证明，用 180mm 已有足够的安全保证；但为进一步确保安全采用了 250mm。插筋位置应在 3D 板钢丝网片和聚苯板之间，以确保钢筋外保护层厚度以及和钢丝网片连接的可靠度。

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012；

[5.1.4] 3D 非承重墙板洞口宽度小于等于 1800mm 时，洞顶可采用横放 3D 板作过梁，两侧上下各附加不小于 2φ8 钢筋，上下钢筋间距应大于等于 300mm，两侧搁置长度应大于或等于 250mm。

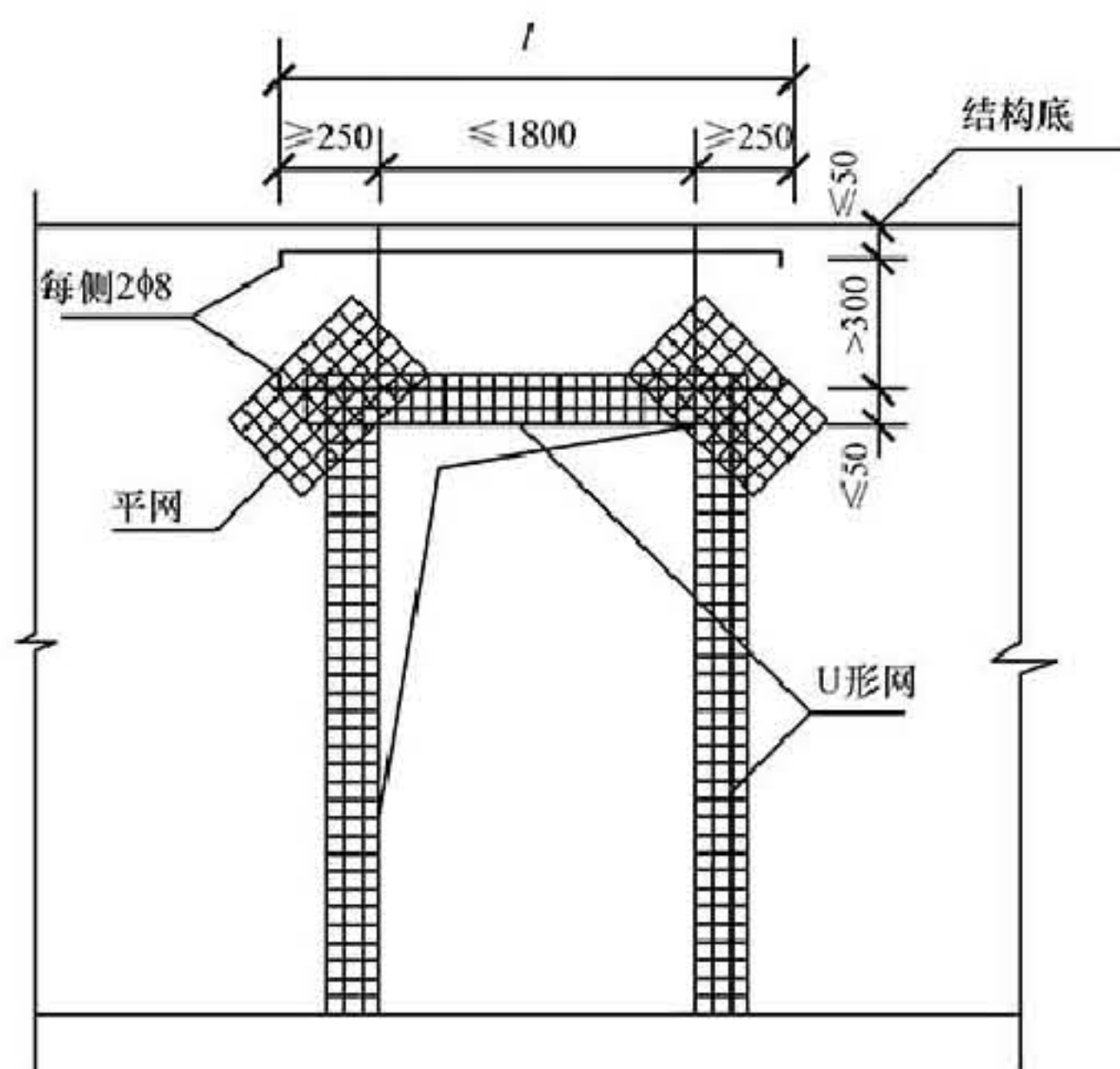


图 5.1.4 3D 墙板洞口过梁

【要点说明】

3D 墙板门窗洞口的加强，除应符合本规程第 4.3.5、4.3.6 条规定外，还应按承重墙、非承重墙、以及洞口的不同宽度设置过梁。3D 墙板横放是指将 3D 墙板按 90°转向，设置在门窗洞口，作为过梁。

【规范条文】

《轻型钢丝网架聚苯板混凝土构件应用技术规程》JGJ/T 269-2012；

[4.3.2] 3D 板混凝土构件的拼接应符合下列规定：

1 3D 墙板或 3D 楼板（屋面板）横向拼接时，其拼缝处两侧应各附加平网一层，且平网应与钢丝网片绑扎连接。

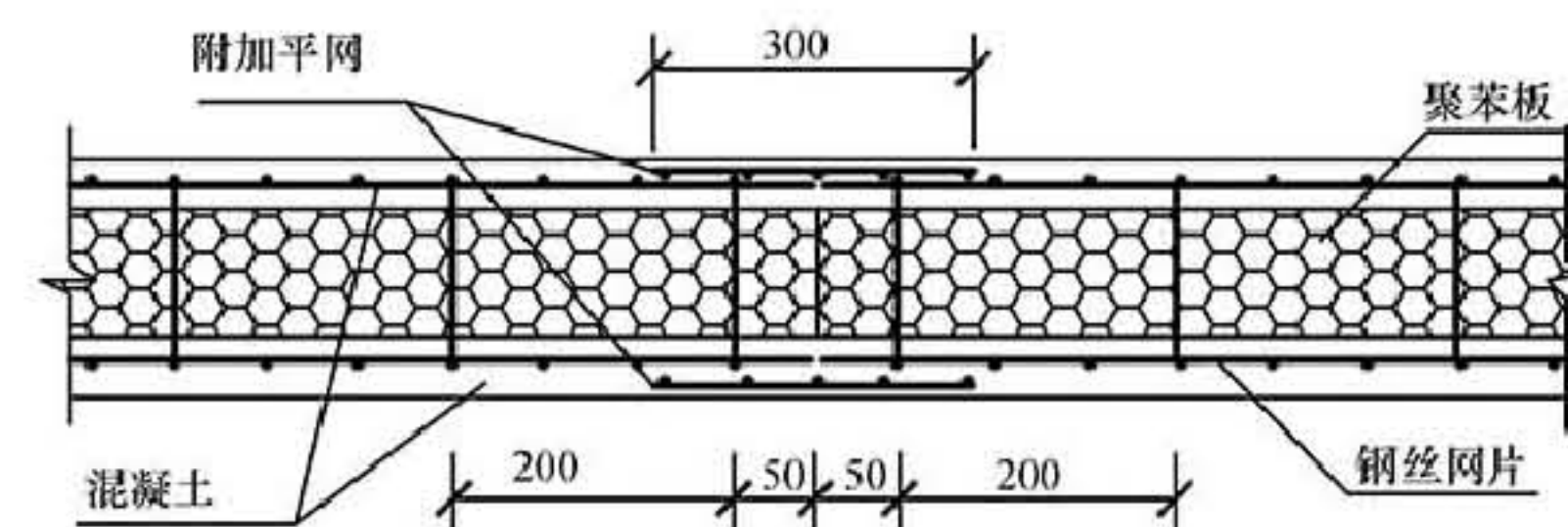


图 4.3.2-1 3D 墙板或 3D 楼板（屋面板）横向拼接

2 3D 墙板竖向拼接时，拼缝处两侧除各加平网一层外，尚应在墙板一侧钢丝网片内附加 1 根校平钢筋，钢筋直径宜为 10mm，间距宜为 500mm，长度宜为 600mm。

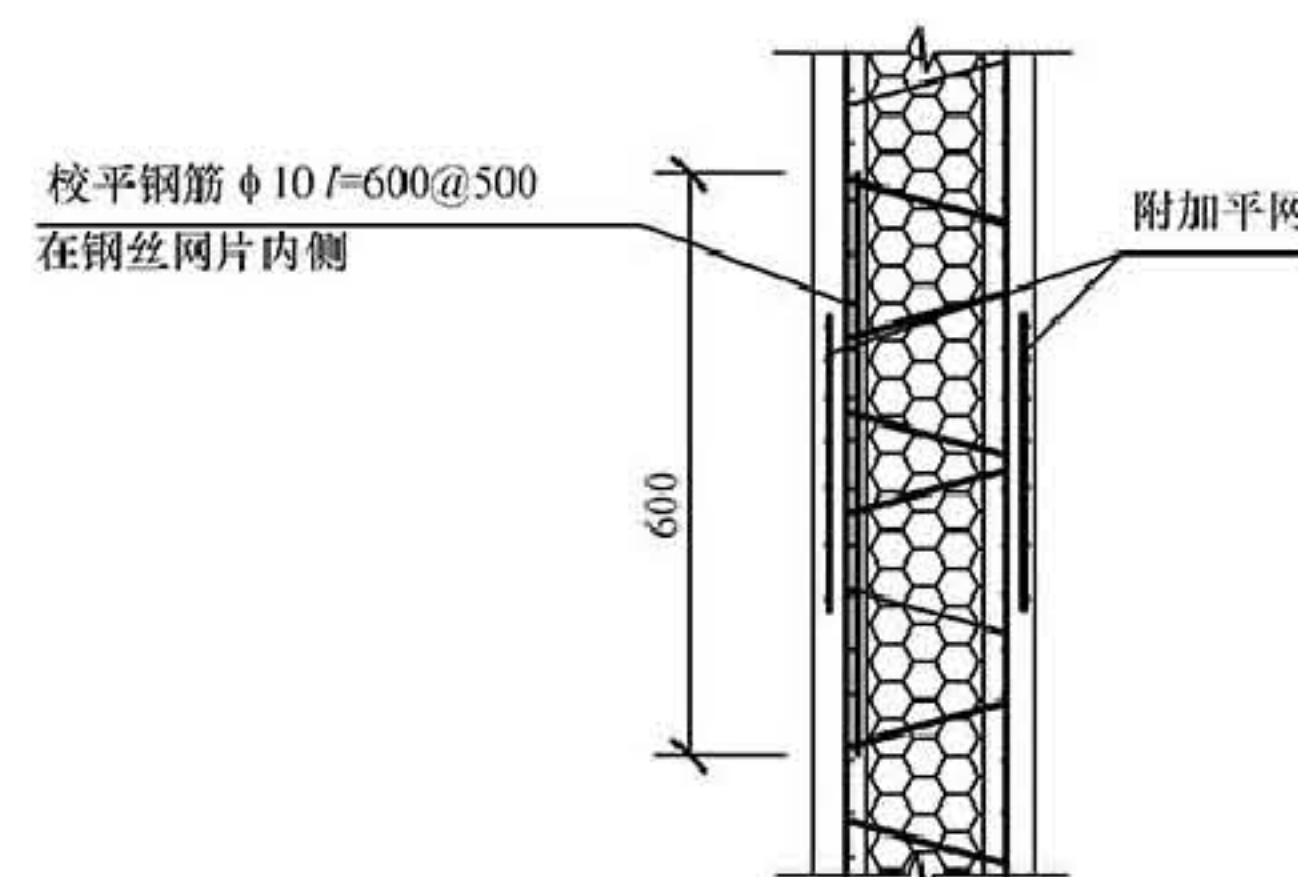


图 4.3.2-2 墙板竖向拼接时水平缝连接

[4.3.3] 3D 墙板的转角处，应按以下要求补强：

- 1 L 形拼接时，阴阳角均应附加角网。
- 2 T 形拼接时，阴角处应附加角网。
- 3 十字形拼接时，四阴角均应附加角网。
- 4 附加角网应与钢丝网片绑扎连接。

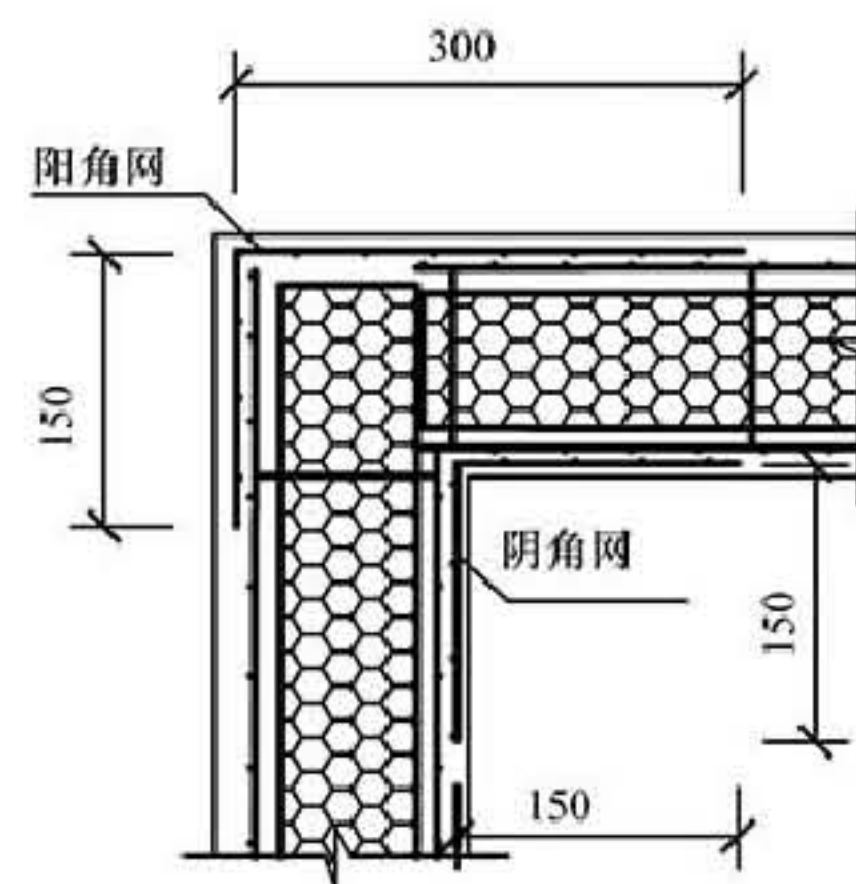


图 4.3.3-1 L 形转角墙板连接

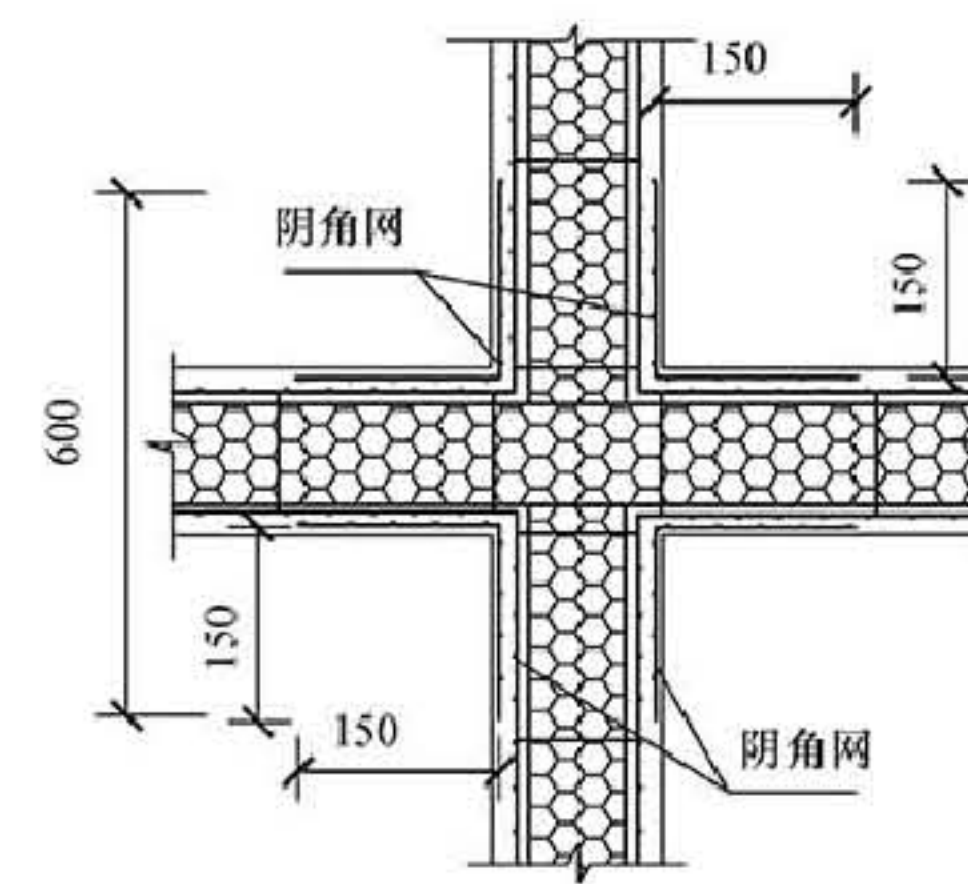


图 4.3.3-2 十字形墙板连接

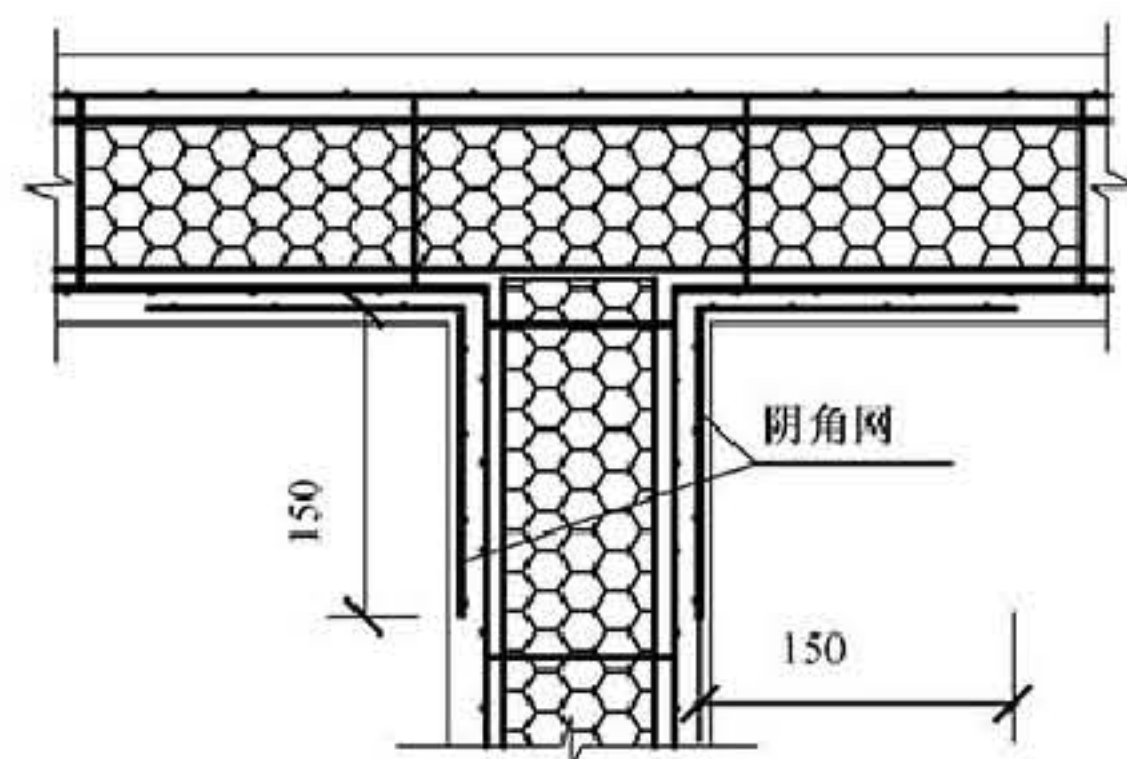


图 4.3.3-3 T形墙板连接

【要点说明】

3D 混凝土构件横向拼接时，接缝处附加平网可保持混凝土层的整体性和钢丝网片的连续性。在 3D 墙板竖向拼接时，除了钢丝网片外加平网外，在钢丝网片内侧（双面）增设校平钢筋，有利于轴力的传递及拼缝的补强，同时有利于墙身的平整度。3D 墙板转角处，均为应力集中和易开裂的部位，故均应假设阳角网、阴角网补强，并保持钢丝网片的连续性、混凝土层的整体性。

6 灌浆墙体的结构计算**【规范条文】**

《现浇泡沫混凝土轻钢龙骨复合墙体应用技术规程》CECS 406-2015:

[4.1.4] 复合墙体应进行承载力及稳定性计算，复合外墙在风荷载作用下应进行变形验算。

【要点说明】

承载力及稳定性计算是确保复合墙体在建筑工程所在气候地区、使用功能要求、抗震设防要求等综合因素下满足耐久性和使用年限要求的重要依据；风荷载作用下的变形验算，也是复合外墙安全性的设计验证条件。尤其在重要的建筑工程中，应严格审查计算书。风荷载取值应符合按照《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定关于围护结构的风荷载取值。

7 灌浆墙体的构造措施**【规范条文】**

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794—2010:

[4.1.2] 组成墙体龙骨的上横龙骨、下横龙骨和竖龙骨应满足以下要求:

1 上、下横龙骨与结构固定的膨胀螺栓的间距应不大于 800mm；与上、下横龙骨固定的竖龙骨的间距应不大于 600mm，竖龙骨与上横龙骨之间应留置 10mm 间距；

2 上、下横龙骨的两端与主体结构的柱、墙间的间隙应不小于 10mm，需要接长时，接长处两龙骨间也应预留不小于 10mm 的间隙；

3 上、下横龙骨在门窗洞口处需要截断时，膨胀螺栓或射钉固定点距端部不得小于 50mm；

4 墙体内水电预埋管线需要穿过上、下横龙骨时，应用扩孔器在龙骨中间部位的相应位置上开孔，开孔宽度不得大于龙骨截面宽度的 1/2；

5 上横龙骨固定在钢结构基层上时，应在上横龙骨和钢结构基层之间设置一层厚度为 3mm 的与上横龙骨同宽的橡胶垫板；

6 竖龙骨需要接长时，宜采用对接连接，对接处内衬龙骨长度不应小于 300mm，并用龙骨钳固定。

【措施方法】

竖龙骨与天龙骨之间应留有 10mm 间距，避免紧密接合，以预防变形时墙体产生裂缝。当出现由于竖龙骨长度短而使竖龙骨与天龙骨之间的间距大于 10mm 时，应上移竖龙骨，保证其与天龙骨 10mm 的

间距。

根据龙骨定位线，按设计将横龙骨与梁、楼板（或翻边）固定，间距满足设计要求，两端的固定点须离龙骨端部 50mm 且每根龙骨的固定点不应少于两处。当出现由于钢梁安装偏差而使天龙骨与梁接触的宽度小于 30mm 而无法打射钉时，应及时与设计人员沟通，由设计人员出具处理方案。

敷设管线时应采用专用开孔设备对龙骨腹板进行开孔，开孔直径不得超过竖龙骨腹板断面的 1/2。管线敷设时不允许在龙骨翼缘上开口。当两根管在同一位置水平布置时，二管应上下错开布置（图 2.29），以避免灌浆时空鼓问题的出现。

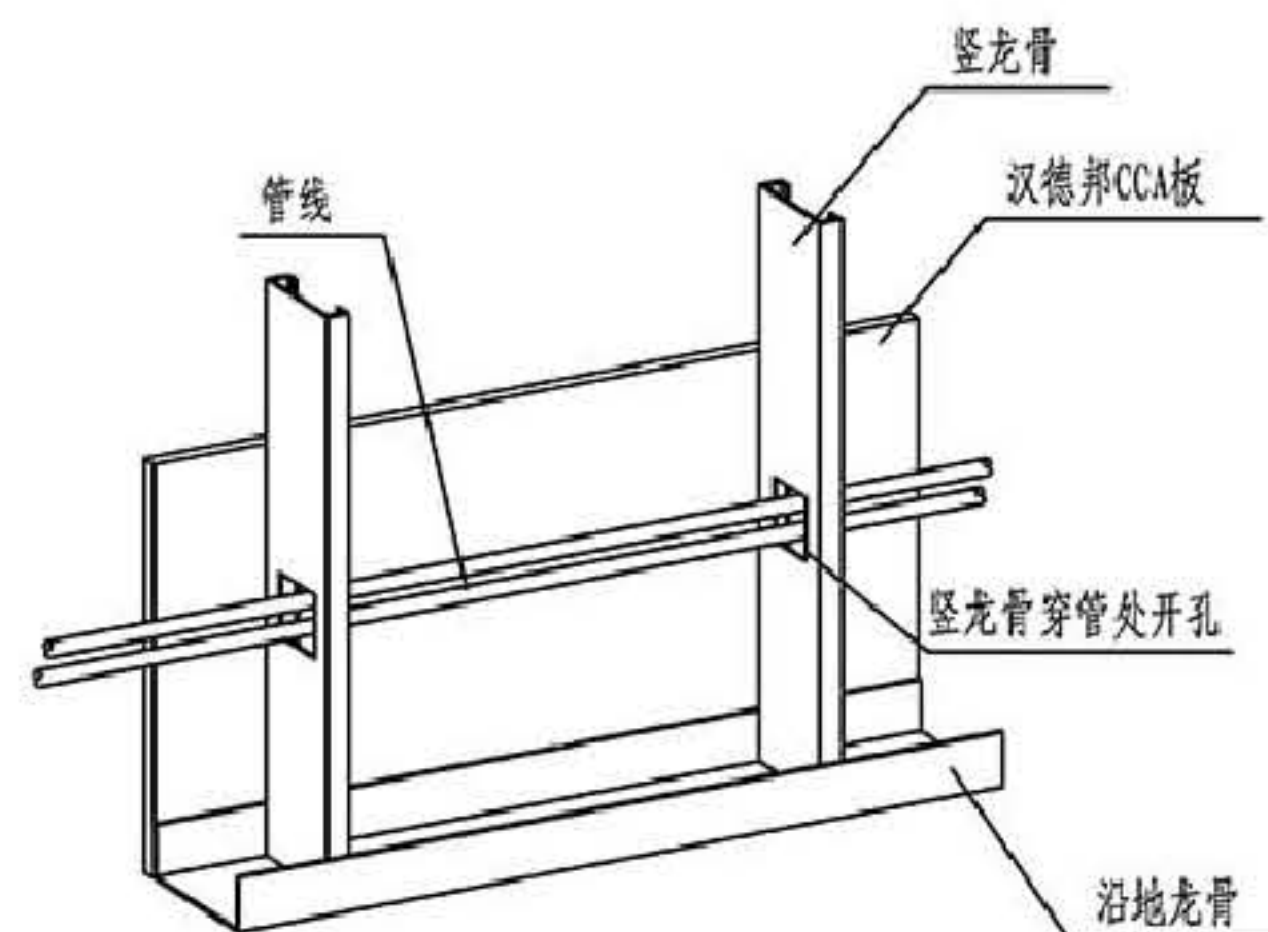


图 2.29 两根管在同一位置的布置

【规范条文】

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794-2010:

[4.2.2] 在墙体上开设的门窗等洞口处，应在四周设置龙骨或加强龙骨、龙骨组件，龙骨的开口应背向洞口。

【要点说明】

在建筑设计中，内隔墙上要开设门、窗或其它洞口，为了保证墙体的整体性，应在洞口的四周设置龙骨或根据需要增设加强龙骨（在凹槽中嵌入木质芯材的龙骨），以增强力学性能，保证墙体稳定性。龙骨的开口方向应背向洞口，给门框和窗框的安装提供方便。在门、窗洞两侧竖立洞边竖龙骨，龙骨开口背向门、窗洞。将加强木龙骨扣入附加竖龙骨内（如设计未要求，则不加设），并用自攻螺钉与附加竖龙骨固定。

【措施方法】

在门、窗洞两侧竖立洞边竖龙骨，龙骨开口背向门、窗洞。将加强木龙骨扣入附加竖龙骨内（如设计未要求，则不加设），并用自攻螺钉与附加竖龙骨固定。

【规范条文】

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794-2010:

[4.1.3] 纤维水泥平板的设计应满足以下要求:

1 纤维水泥平板板块的立边应与竖向龙骨固定，且同一龙骨两侧不能同时出现拼缝；

2 纤维水泥平板用沉头自攻螺钉固定在龙骨上，自攻螺钉的间距应不大于 200mm，自攻螺钉距离纤维水泥平板边缘为 10mm~15mm，拧紧后的自攻螺钉顶面应微凹入平板表面下 0.5mm~1mm，自攻螺钉固定平板时，应从板的中间向周边进行。板边的自攻螺钉的间距应不大于 100mm。

【要点说明】

说明组成墙体的纤维水泥平板的设计问题。其中第 1 条规定纤维水泥平板板块的立边应与竖向龙骨固定，是为了确保在墙体中不得有悬挑板块出现；规定同一龙骨两侧不能同时出现拼缝，是避免墙体出

现裂缝。第2条规定了纤维水泥平板与龙骨固定所用沉头自攻螺钉的设计和使用方法。

【措施方法】

面板垂直接缝处须在竖龙骨翼缘的中线，上下两块面板的竖向接缝保持T型交接，另一侧对应面板的竖向接缝必须错开，不得在同一龙骨上。直角边或切割边面板之间需留4mm的缝隙或开坡口。内墙自攻螺钉不允许钉入天龙骨，当包梁纤维水泥板与墙面纤维水泥板在同一立面上时，包梁纤维水泥板与墙体纤维水泥板的水平缝应留在天龙骨腹板下方150mm以外处。

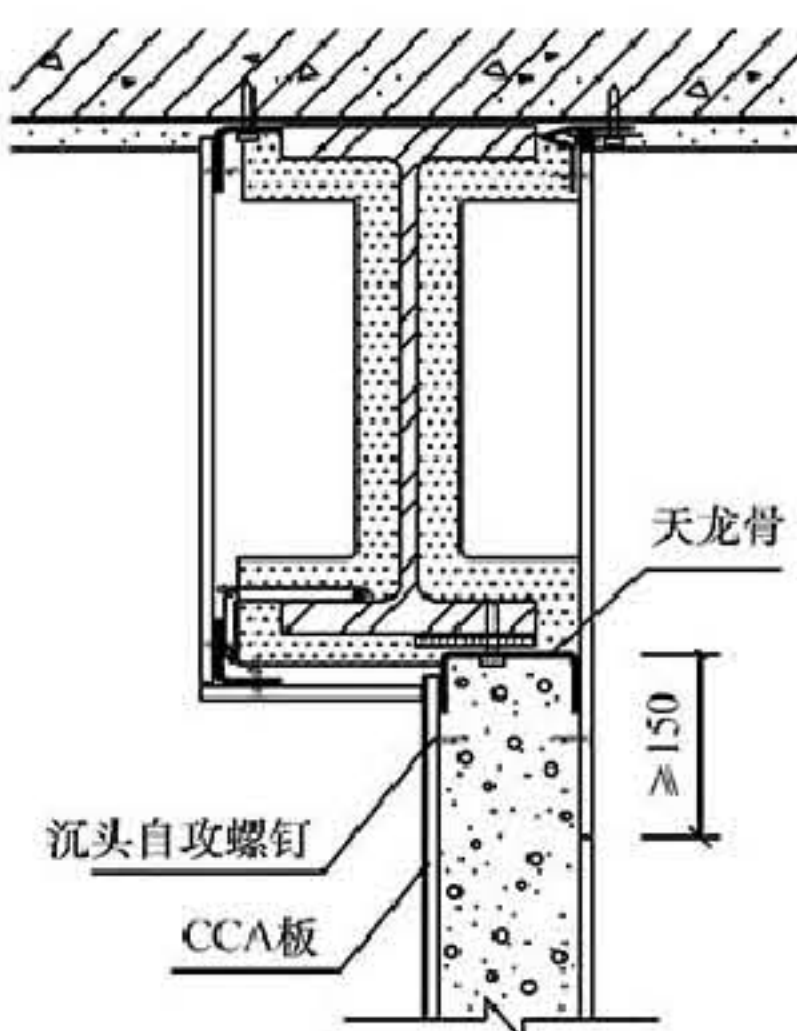


图 2.30 包梁纤维水泥板与墙体纤维水泥板的水平缝位置

【规范条文】

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794-2010；

[5.4.5] 开设灌浆孔应符合下列要求：

1 平板安装完成后，在墙体一侧平板上方开设灌浆孔，灌浆孔应靠近上横龙骨下边缘，灌浆孔宜为直径60mm~80mm的圆孔；

2 为了保证墙体浇注浆料密实，宜在适当位置开设排气孔。

【要点说明】

灌浆孔开设在墙体最高处，有利于灌浆饱满。同时在洞口下方或设置水平龙骨处容易产生漏斗形浇注不密实或空洞区域，因此也应设置灌浆孔或排气孔。

8 灌浆墙体的施工要求

灌浆墙体的浇筑是施工中的重要环节，应该符合《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794-2010的规定。

【规范条文】

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794-2010；

[5.5.4] 浇注浆料的施工应满足以下要求：

1 浆料浇注应在龙骨和纤维水泥平板安装验收合格后进行；

2 浇注浆料施工过程中，应注意保护墙体内预埋的水电管线不被破坏，预埋的箱、柜、盒等无变形移位；

3 浆料应分层浇注，每层浇注高度宜控制在800mm~1200mm，两层浆料浇注的间隔时间以不胀模为准，且不宜少于3h，必要时可采取临时加固措施或调整浆料的浇筑工艺；

4 浆料浇注过程中，宜采用橡皮锤随时轻轻敲击平板表面进行外部振动，当有浆料从上横龙骨与主体结构的缝隙中溢出即可结束浇筑；

5 浆料浇注完成后，应用木拉板抹平灌浆孔，并将板面和接缝处清理干净；

6 应在浆料浇注施工过程中留置检测试件。

【要点说明】

浆料分层浇注，以不致造成平板变形为准，实践证明，分层高度控制在800~1200mm，分层浇注间隔时间不少于3h，可满足以上要求。

【措施方法】

每层浇注高度宜控制在1.2m以内，如果有可靠的工程经验或措施保证纤维水泥板不出现鼓包、胀模等问题的发生，灌浆高度可适度提高，但不应超过1.5m。浇注完成后用干水泥或干水泥砂浆抹平灌浆口，并保证EPS混凝土填满整个墙体。如果灌浆时出现纤维水泥板鼓包或胀模的趋势时，应立即停止该处墙体的灌浆，同时采用龙骨对该处及周边有鼓包、胀模可能性的部位进行水平加固。第一道加固龙骨宜布置在300mm左右的位置，每道水平加固龙骨的间距视现场具体情况而定，如图2.31所示。

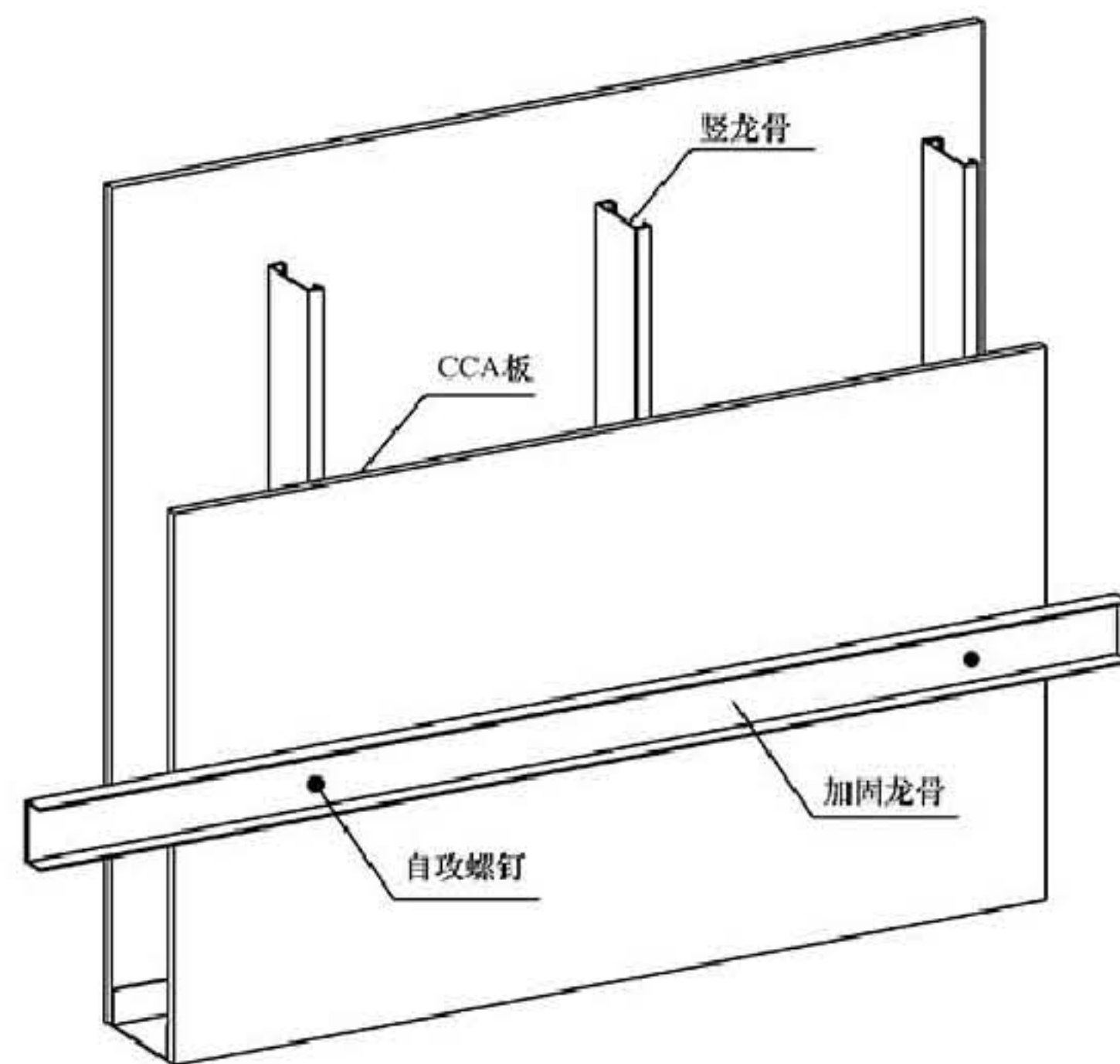


图 2.31 水平龙骨加固示意

【规范条文】

《现浇轻质复合墙体应用技术规程》DB21/T 1794-2010；

[4.2.5] 用于淋浴间、卫生间和厨房等有防水要求房间的墙体，其下部应先浇注高度不小于120mm、与墙同宽的细石混凝土基座。处于潮湿环境的墙体，应采取防潮措施。

【要点说明】

本条说明建筑的防水设计，即用于淋浴间、卫生间和厨房等有防水要求房间的墙体，其下部应先浇筑高度不小于120mm、与墙同宽的细石混凝土基座。关于建筑的防潮设计，没有给出固定设计做法，各地根据本地、本工程的自身特点采取防潮措施。

【措施方法】

混凝土基座俗称翻边，在浇注翻边处混凝土前，应对翻边部位的楼面进行清洁及润湿处理。对于未按设计要求预留插筋的外墙翻边部位，应采取在翻边部位楼板上打孔、补筋的措施，插筋应采取粘结剂等措施与楼板固定牢固。翻边混凝土宜采用商品混凝土。当采用现场拌制的混凝土时，应按《普通混凝土配合比设计规程》的规定进行混凝土配合比设计。待翻边混凝土的强度达到设计值的70%后，方可在其上进行地龙骨安装。

2.5.4 建筑幕墙

建筑幕墙一般用于多高层钢结构公共建筑，与多高层混凝土建筑基本相同，本节不做特殊说明，只给出相关规范标准的名称。

幕墙类主要参考的通用性标准为《建筑幕墙》GB/T 21086-2007、《小单元建筑幕墙》JG/T 216-2007。对于玻璃幕墙来说，应参考以下标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003、《玻璃幕墙工程质量检验标准》JGJ 139-2001、《点支式玻璃幕墙工程技术规程》CECS 127:2001。铝塑复合板类幕墙应参考《建筑幕墙用铝塑复合板》GB/T 17748-2008、《铝塑复合板幕墙工程施工及验收规程》CECS 231-2007。对于金属、石材以及其他类幕墙，应参考《金属与石材幕墙工程技术规范》JGJ 133-2001、《岩棉板或玻璃板保温幕墙工程技术规程》DB21/T 2159-2013、《石材幕墙工程技术规程》DB21/T 1705-2008、《合成树脂幕墙装饰工程施工及验收规程》CECS 157-2004。

另外，还可参照以下产品标准进行选用：《建筑幕墙用瓷板》JG/T 217-2007、《建筑幕墙用高压热固化木纤维板》JG/T 260-2009、《建筑幕墙用陶板》JG/T 324-2011、《建筑幕墙用氟碳铝单板制品》JG/T 331-2011、《铝幕墙板第1部分：板基》YS/T 429.1-2014、《铝幕墙板第2部分：有机聚合物喷涂铝单板》YS/T 429.2-2012。

2.6 构件生产与运输

2.6.1 施工详图设计

钢结构设计制图有钢结构设计图和钢结构施工详图两个阶段。设计图由设计单位编制完成，施工详图以设计图为依据，由钢结构制造厂家编制完成，并直接作为加工和安装的依据。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[4.4.1] 钢结构施工详图应根据设计文件和有关技术文件进行编制，并应经原设计单位确认；当需要进行节点设计时，节点设计文件也应经原设计单位确认。

[4.4.2] 施工详图设计应满足钢结构施工构造、施工工艺、构件运输等有关技术要求。

[4.4.3] 钢结构施工详图应包括图纸目录、设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图等内容；图纸表达应清晰、完整，空间复杂构件和节点的施工详图，宜增加三维图形表示。

[4.4.4] 构件重量应在钢结构施工详图中计算列出，钢板零部件重量宜按矩形计算、焊缝重量宜以焊接构件重量的1.5%计算。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[10.1.2] 施工详图设计时应综合考虑安装要求：如吊装构件的单元划分、吊点和临时连接件设置、对位和测量控制基准线或基准点、安装焊接的坡口方向和形式等。

【要点说明】

钢结构施工详图作为制作、安装和质量验收的主要技术文件，其设计工作主要包括节点构造设计和施工详图绘制两项内容。节点构造设计是以便于钢结构加工制作和安装为原则，对节点构造进行完善，根据结构设计施工图提供的内力进行焊接或螺栓连接节点设计，以确定连接板规格、焊缝尺寸和螺栓数量等内容；施工详图绘制主要包括图纸目录、施工详图设计总说明、构件布置图、构件详图和安装节点详图等内容。

钢结构施工详图的深度可参考国家建筑标准设计图集03G102《钢结构设计制图深度和表示方法》的相关规定，施工详图总说明是对钢结构加工制作和现场安装需强调的技术条件和对施工安装的相关要求；构件布置图为构件在结构布置图的编号，包括构件编号原则、构件编号和构件表；构件详图为构件及零部件的大样图以及材料表；安装节点详图主要表明构件与外部构件的连接形式、连接方法、控制尺寸和有关标高等。

钢结构施工详图设计除符合结构设计施工图外，还要满足其他相关技术文件的要求，主要包括钢结构制作和安装工艺技术要求，以及钢筋混凝土工程、幕墙工程、机电工程等与钢结构施工交叉施工的技术要求。

钢结构施工详图审批主要由原设计单位确认，其目的是验证施工详图与结构设计施工图的符合性。当钢结构工程项目较大时，施工详图数量相对较多，为保证施工工期，施工详图一般分批提交设计单位确定。

2.6.2 零部件加工

2.6.2.1 放样、号料和切割

放样和号料要着眼于产品的结构特点和整个制造工艺，充分考虑设计要求和工艺要求以达到合理用料的目的。钢材切割下料有多种方法，具体采用哪一种应根据切割对象、切割设备能力、切割精度、切割表面质量要求以及经济性等因素综合考虑。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[8.1.2] 零件及部件加工前，应熟悉设计文件和施工详图，应做好各道工序的工艺准备；并应结合加工的实际情况，编制加工工艺文件。

[8.3.1] 钢材切割可采用气割、机械切割、等离子切割等方法，选用的切割方法应满足工艺文件的要求。切割后的飞边、毛刺应清理干净。

[8.3.7] 钢网架（桁架）用钢管杆件宜用管子车床或数控相贯线切割机下料，下料时应预放加工余量和焊接收缩量，焊接收缩量可由工艺试验确定。钢管杆件加工的允许偏差应符合表8.3.7的规定。

表 8.3.7 钢管杆件加工的允许偏差（mm）

项目	允许偏差
长度	±1.0
端面对管轴的垂直度	0.005r
管口曲线	1.0

注：r为管半径。

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001:

[7.2.1] 钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于1mm的缺棱。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用放大镜及百分尺检查，有疑义时做渗透、磁粉或超声波探伤检查。

[7.2.2] 气割的允许偏差应符合表7.2.2的规定。

检查数量：按切割面数抽查10%，且不应少于3个。

检验方法：观察检查或用钢尺、塞尺检查。

表 7.2.2 气割的允许偏差（mm）

项目	允许偏差
零件长度、宽度	±3.0
切割面平面度	0.05t 且不大于2.0
割纹深度	0.3
局部缺口深度	1.0

注：t为切割面厚度

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[9.3.1] 放样和号料应符合下列规定：

1 需要放样的工件应根据批准的施工详图放出足尺节点大样；

2 放样和号料应预留收缩量（包括现场焊接收缩量）及切割、铣端等需要的加工余量，钢框架柱

尚应按设计要求预留弹性压缩量。

【要点说明】

1 零部件加工（切割）前，应有合理、完善的工艺文件，工艺文件应在能解决加工难题的同时，提醒避免低级错误，并提供自检和总检的允许偏差。

2 钢结构板类零部件切割可采用气割、机械剪切（板厚 12mm 以下）和等离子切割等方法，气割包括手工/半自动火焰切割、直条火焰切割和数控火焰切割等方式，各种方式参数应合理设置。

3 除平口无坡口钢管外，钢管切割应由专用切割机切割，切割时要设置坡口尺寸、角度和加工余量等参数。

4 钢材切割边缘的外观应满足后续加工和工程构件外观要求。

【措施方法】

1 工艺文件应由有经验的工艺人员编制，切割工艺内容包括放样号料、切割方法、技术要求、允许偏差以及检验方法等。

2 零部件切割应根据板厚调整切割机的割嘴型号、氧气/燃气的压力和切割速度等工艺参数（表 2.7、2.8、2.9 所示）。

表 2.7 多头直条气体火焰切割工艺参数

割嘴型号	割缝余量 mm	钢板厚度 t mm	氧气压力 (Mpa)	燃气压力 (Mpa)	气割速度 mm/min

表 2.8 数控气体火焰切割工艺参数

割嘴型号	割缝余量 mm	钢板厚度 t mm	氧气压力 (Mpa)	燃气压力 (Mpa)	气割速度 mm/min

表 2.9 数控等离子切割工艺参数

切割厚度 (mm)	空载电压 (V)	切割电流 (A)	切割电压 (V)	割嘴到工件距离	气体流量 (L/h)	切割速度 (mm/min)

3 相贯线切割可由钢管五维数控相贯线切割机切割，网架类平口带坡口钢管可由管子机切割，切割余量根据设备切割头预留，一般钢管下料留负偏差。

4 切割质量不满足外观和尺寸要求时，应修补合格，超差过大时，应重新下料。

5 下料余量和偏差应在满足规范要求的基础上，综合考虑后续组装、焊接、端铣等加工工序，以及安装和设计要求。

2.6.2.2 矫正和成型

成型加工可分为热加工和冷加工；矫正可分为热矫正和冷矫正。

【规范条文】

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 - 2001:

[7.3.1] 碳素结构钢在环境温度低于 -16℃、低合金结构钢在环境温度低于 -12℃ 时，不应进行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时，加热温度不应超过 900℃。低合金结构钢在加热矫正后应自然冷却。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

[7.3.2] 当零件采用热加工成型时，加热温度应控制在 900 ~ 1000℃；碳素结构钢和低合金结构钢

在温度分别下降到 700℃ 和 800℃ 之前，应结束加工；低合金结构钢应自然冷却。

检查数量：全数检查。

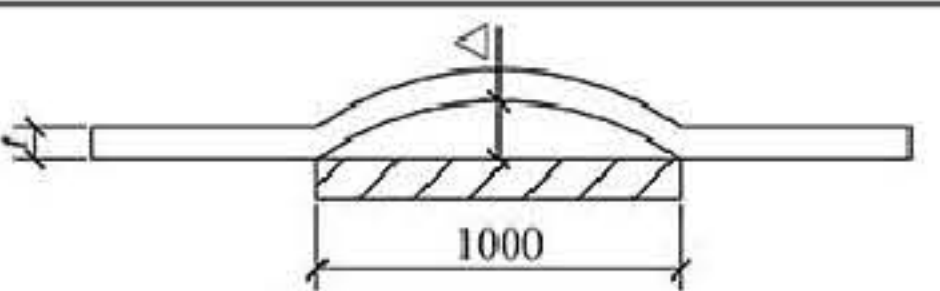
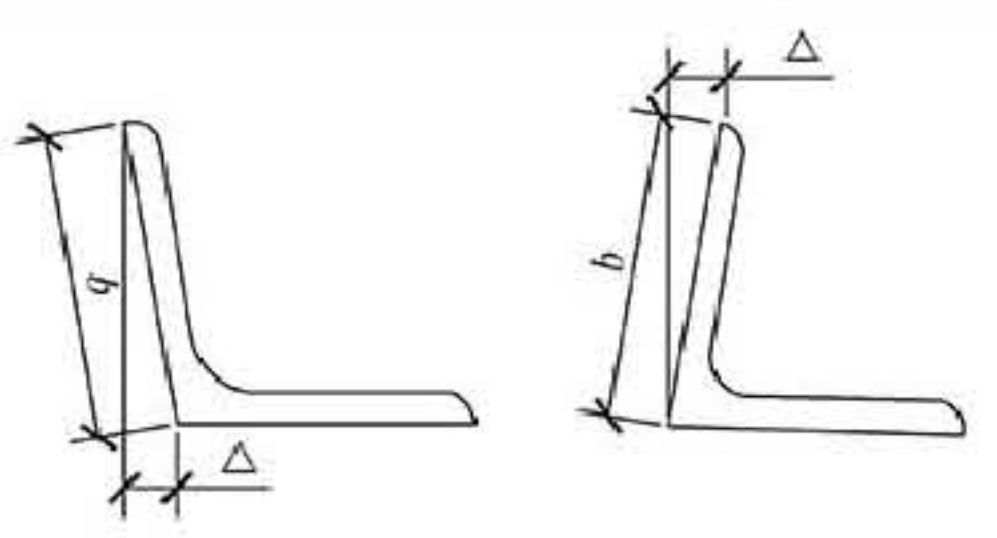
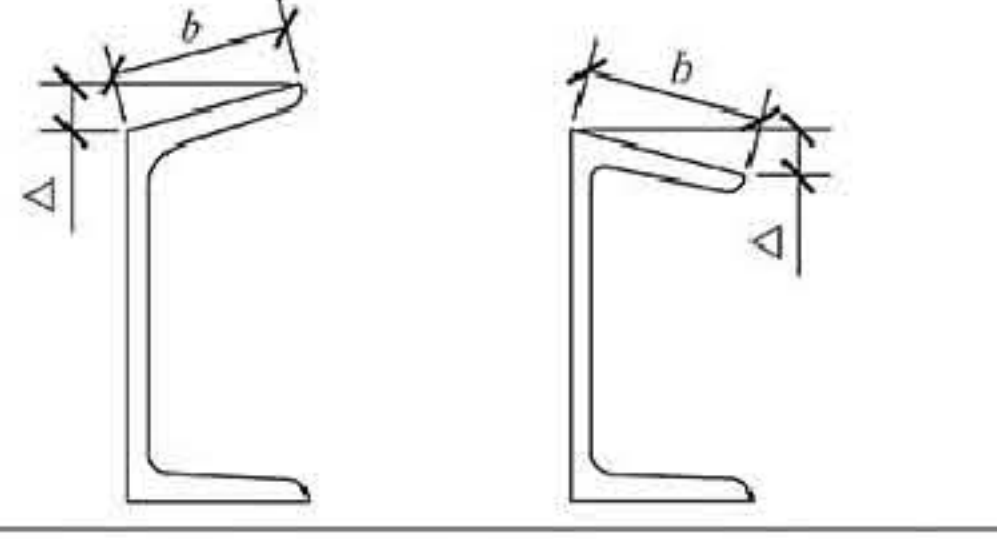
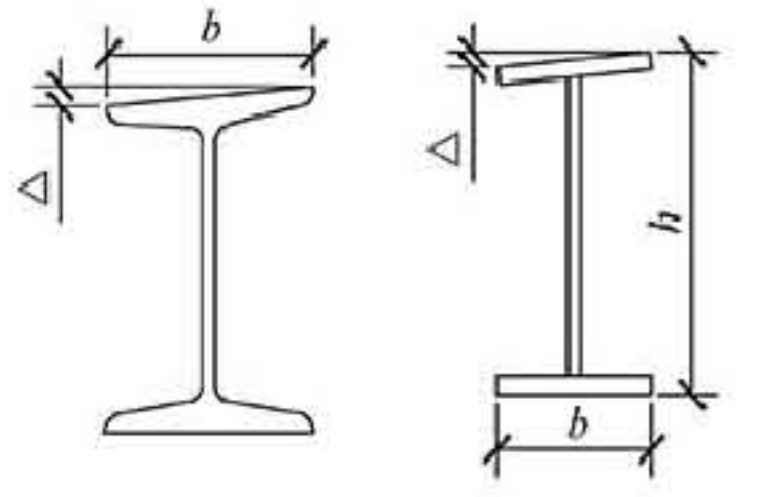
检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

《钢结构工程施工规范》GB 50755 - 2012:

[8.4.4] 热加工成型温度应均匀，同一构件不应反复进行热加工；温度冷却到 200℃ ~ 400℃ 时，严禁捶打、弯曲和成型。

[8.4.8] 钢材矫正后的允许偏差应符合表 8.4.8 的规定。

表 8.4.8 钢材矫正后的允许偏差（mm）

项目		允许偏差	图例
钢板的局部 平面度	$t \leq 14$	1.5	
	$t > 14$	1.0	
型钢弯曲矢高		1/1000 且不应大于 5.0	
角钢肢的垂直度		$b/100$ 双肢栓接角钢的 角度不得大于 90°	
槽钢翼缘对腹板的垂直度		$b/80$	
工字钢、H 型钢翼缘 对腹板的垂直度		$b/100$ 且不大于 2.0	

[8.4.9] 钢管弯曲成型的允许偏差应符合表 8.4.9 的规定。

表 8.4.9 钢管弯曲成型后的允许偏差（mm）

项目	允许偏差
直径	$\pm d/200$ 且 $\leq \pm 5.0$
构件长度	± 3.0
管口圆度	$d/200$ 且 ≤ 5.0
管中间圆度	$d/100$ 且 ≤ 8.0
弯曲矢高	$L/1500$ 且 ≤ 5.0

注：d 为钢管直径

2.6.2.3 边缘加工

在建筑钢结构构件加工中，下列部位一般需要进行边缘加工：①吊车梁翼缘板；②支座支承面；③焊接坡口；④尺寸要求严格的加劲板、隔板、腹板和有孔眼的节点板等；⑤有配合要求的部位；⑥设计有要求的部位。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012：

[8.5.3] 边缘加工的允许偏差应符合表 8.5.3 的规定。

表 8.5.3 边缘加工的允许偏差

项目	允许偏差
零件宽度、长度	$\pm 1.0\text{mm}$
加工边直线度	$L/3000$ ，且不应大于 2.0mm
相邻两边夹角	$\pm 6'$
加工面垂直度	$0.025t$ ，且不应大于 0.5mm
加工面表面粗糙度	$R_a \leq 50\mu\text{m}$

[8.5.4] 焊缝坡口可采用气割、铲削、刨边机加工等方法，焊缝坡口的允许偏差应符合表 8.5.4 的规定。

表 8.5.4 焊缝坡口的允许偏差

项目	允许偏差
坡口角度	$\pm 5.0^\circ$
钝边	$\pm 1.0\text{mm}$

[8.5.5] 零部件采用铣床进行铣削加工边缘时，加工后的允许偏差应符合表 8.5.5 的规定。

表 8.5.5 零部件铣削加工后的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差
两端铣平时零件长度、宽度	± 1.0
铣平面的平面度	0.3
铣平面的垂直度	$L/1500$

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001：

[7.4.1] 气割或机械剪切的零件，需要进行边缘加工时，其刨削量不应小于 2.0mm 。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查工艺报告和施工记录。

【要点说明】

- 1 边缘加工可采用气割和机械加工方法，对边缘有特殊要求时宜采用精密切割。
- 2 气割加工零部件边缘时，钢材表面会留下氧化皮，机械刨铣等冷加工可避免。
- 3 机械精密加工后的零部件端面，一般可作为后续加工的基准面，边缘加工形位精度质量应符合要求。

【措施方法】

- 1 当对零件外形尺寸有较高要求或对其边缘有特殊要求时，可采用机械刨边或铣边对零件边缘进行机械加工。
- 2 钢材坡口上氧化皮会对焊缝造成不利影响，应采取去除和保护措施。
- 3 基准面边缘加工检测宜采用游标卡尺、角度尺、百分尺等高精度测量工具。

2.6.2.4 制孔

孔加工在钢结构制造中占有一定的比例，尤其是高强度螺栓的采用，使孔加工不仅在数量上而且在精度要求上都有了很大的提高。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012：

[8.6.1] 制孔可采用钻孔、冲孔、铣孔、铰孔、镗孔和铰孔等方法，对直径较大或长形孔也可采用气割制孔。

[8.6.2] 利用钻床进行多层板钻孔时，应采取有效的防止窜动措施。

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001：

[7.6.1] A、B 级螺栓孔（Ⅰ类孔）应具有 H12 的精度，孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $12.5\mu\text{m}$ ，其孔径的允许偏差应符合表 7.6.1-1 的规定。

C 级螺栓孔（Ⅱ类孔），孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $25\mu\text{m}$ ，其允许偏差应符合表 7.6.1-2 的规定。

表 7.6.1-1 A、B 级螺栓孔径的允许偏差 (mm)

序号	螺栓公称直径、螺栓孔直径	螺栓公称直径允许偏差	螺栓孔直径允许偏差
1	10~18	0.00 -0.18	$+0.18$ 0.00
2	18~30	0.00 -0.21	$+0.21$ 0.00
3	30~50	0.00 -0.25	$+0.25$ 0.00

表 7.6.1-2 C 级螺栓孔允许偏差 (mm)

项目	允许偏差
直径	$+1.0$ 0.0
圆度	2.0
垂直度	$0.03t$ ，且不应大于 2.0

[7.6.3] 螺栓孔孔距的允许偏差超过本规范表 7.6.2 规定的允许偏差时，应采用与母材材质相匹配的焊条补焊后重新制孔。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

2.6.2.5 摩擦面处理

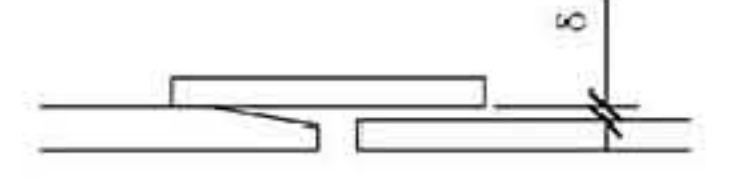
对于高强度螺栓连接，连接板接触摩擦面的处理是影响连接承载力的重要因素。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012：

[7.2.3] 高强度螺栓摩擦面对因板厚公差、制造偏差或安装偏差等产生的接触面间隙，应按表 7.2.3 规定进行处理。

表 7.2.3 接触面间隙处理

项目	示意图	处理方法
1		$\delta < 1.0\text{mm}$ 时不予处理
2		$\delta = (1.0 \sim 3.0)\text{mm}$ 时将厚板一侧磨成 1:10 的缓坡, 使间隙小于 1.0mm
3		$\delta > 3.0\text{mm}$ 时加垫板, 垫板厚度不小于 3mm, 最多不超过三层, 垫板材质和磨擦面处理方法应与构件相同。

[7.2.4] 高强度螺栓连接处的摩擦面可根据设计抗滑移系数的要求选择处理工艺, 抗滑移系数应符合设计要求。采用手工砂轮打磨时, 打磨方向应与受力方向垂直, 且打磨范围不应小于螺栓孔径的 4 倍。

[7.2.5] 经表面处理后的高强度螺栓连接摩擦面, 应符合下列规定:

- 1 连接摩擦面应保持干燥、清洁, 不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等;
- 2 经处理后的摩擦面应采取保护措施, 不得在摩擦面上作标记;
- 3 摩擦面采用生锈处理方法时, 安装前应以细钢丝刷垂直于构件受力方向除去摩擦面上的浮锈。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[9.8.4] 制作厂应在钢结构制作的同时进行抗滑移系数试验, 并出具试验报告。试验报告应写明试验方法和结果。

[9.8.5] 应根据现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JCJ 82 的规定或设计文件的要求, 制作材质和处理方法相同的复验抗滑移系数用的试件, 并与构件同时移交。

【要点说明】

- 1 列出了高强度螺栓接触面加工的偏差处理及技术要求。
- 2 列出了摩擦面处理的方法和表面处理后摩擦面外观的规定。
- 3 抗滑移系数试验试件和报告应规范制作, 并与构件同时移交。

【措施方法】

- 1 磨擦面的加工宜采用带有棱角的矿砂或配有一定比例钢丝头的钢丸进行喷砂或抛丸方法加工。
- 2 经处理的摩擦面应采取防油污和防损伤的保护措施。
- 3 当必须对摩擦面进行打磨处理时, 砂轮打磨方向应与构件受力方向垂直, 且打磨范围不得小于螺栓直径的 4 倍, 且保证打磨表面有足够的粗糙度。

4 除设计上采用摩擦系数小于 0.3, 并明确提出可不进行抗滑移系数试验外, 其余情况在制作时, 必须按《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001 中附录 B 的相关规定进行抗滑移系数试验, 并出具试验报告, 试验报告应写明试验方法和结果。

5 出厂前应根据现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》JG 82 的要求或设计文件的规定, 制作相同材质和相同处理方法的复验抗滑移系数用的试件三套, 并与构件同时移交。

6 摩擦面试件加工要求应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001 中附录 B 的有关规定。

2.6.3 组装

组装上靠加工质量, 下连焊接质量, 把加工完成的半成品和零件按图纸规定的运输单元装配成构件

或者部件, 是钢结构制作中最重要的工序之一。

【规范条文】

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001:

[8.2.1] 焊接 H 型钢的翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距不宜小于 200mm。翼缘板拼接长度不应小于 2 倍板宽; 腹板拼接宽度不应小于 300mm, 长度不应小于 600mm。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察和用钢尺检查。

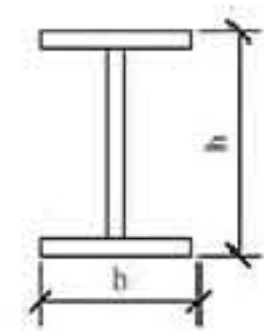
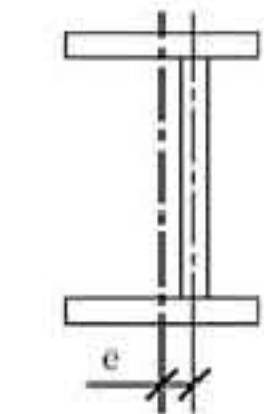
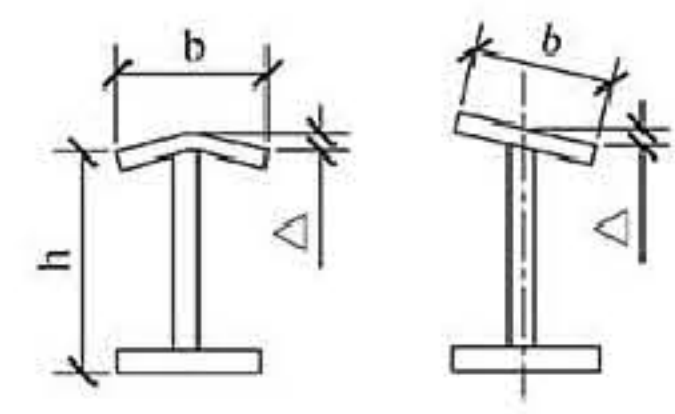
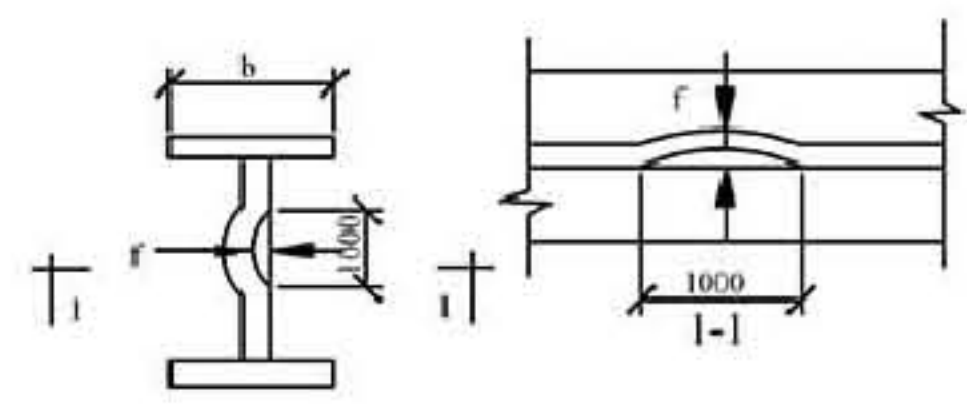
[8.2.2] 焊接 H 型钢人允许偏差应符合本规范附录 C 中表 C.0.1 的规定。

检查数量: 按钢构件数抽查 10%, 宜不应少于 3 件。

检查方法: 用钢尺、角尺、塞尺等检查。

[C.0.1] 焊接 H 型钢的允许偏差应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 焊接 H 型钢的允许偏差 (mm)

项目		允许偏差	图例
截面高度	$h < 500$	± 2.0	
	$500 < h < 1000$	± 3.0	
	$h > 1000$	± 4.0	
截面宽度 b		± 3.0	
腹板中心偏移		2.0	
翼缘板垂直度 (Δ)		$b/100$, 且不应大于 3.0	
弯曲矢高 (受压构件除外)		$L/1000$, 且不应大于 10.0	
扭曲		$h/250$, 且不应大于 5.0	
腹板局部平面度 f	$t < 14$	3.0	
	$t \geq 14$	2.0	

[8.3.1] 吊车梁和吊车桁架不应下挠。

检查数量: 全数检查。

检查方法: 构件直立, 在两端支承后, 用水准仪和钢尺检查。

[8.5.1] 钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差应符合表 8.5.1 的规定。

检查数量：全数检查。
检查方法：用钢尺检查。

表 8.5.1 钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差
单层柱、梁、桁架受力支托（支承面）表面至第一个安装孔距离	±1.0
多节柱铰平面至第一个安装孔距离	±1.0
实腹梁两端最外侧安装孔距离	±3.0
构件连接处的截面几何尺寸	±3.0
柱、梁连接处的腹板中心线偏移	2.0
受压构件（杆件）弯曲矢高	$l/1000$ ，且不应大于 10.0

[C.0.7] 钢管构件外形尺寸的允许偏差应符合表 C.0.7 的规定。

表 C.0.7 钢管构件外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
直径 d	$\pm d/500$ ± 5.0	
构件长度 L	±3.0	
管口圆度	$d/500$ ，且不应大于 5.0	
管面对管轴的垂直度	$d/500$ ，且不应大于 3.0	
弯曲矢高	$L/1500$ ，且不应大于 5.0	
对口错边	$l/10$ ，且不应大于 3.0	

注：对方矩形管，d 为长边尺寸。

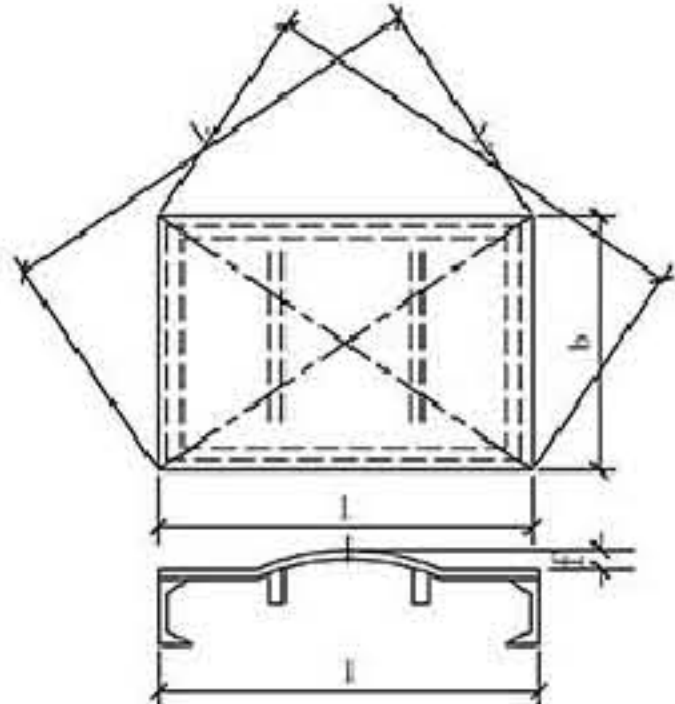
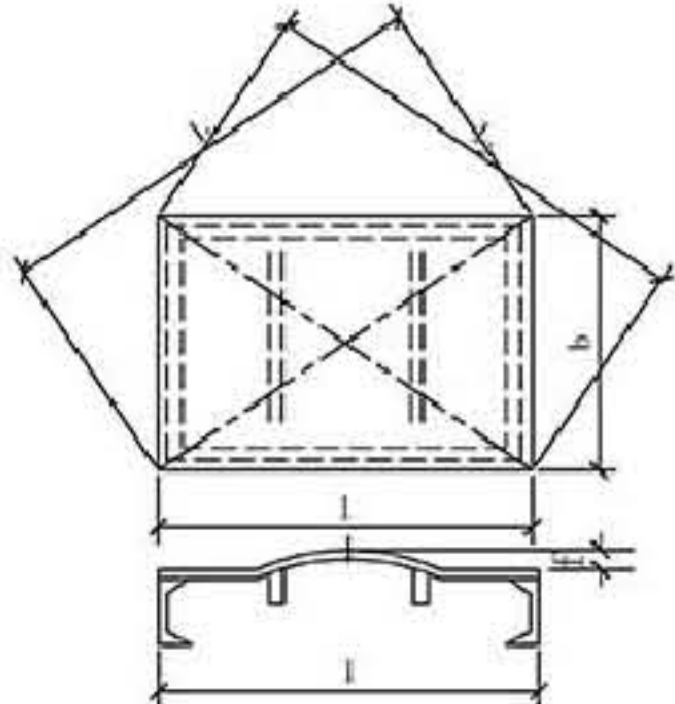
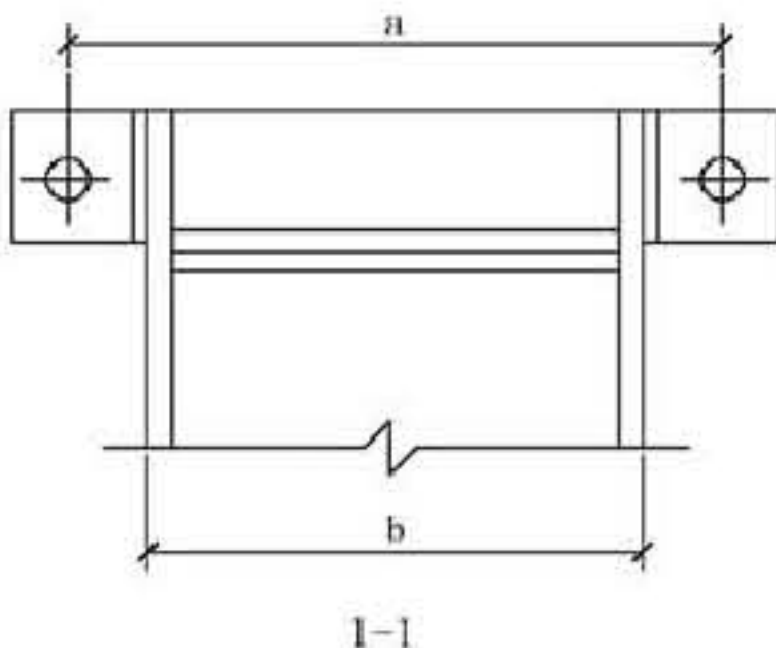
[C.0.8] 墙架、檩条、支撑系统钢构件外形尺寸的允许偏差应符合表 C.0.8 的规定。

表 C.0.8 墙架、檩条、支撑系统钢构件外形尺寸的允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	检查方法
构件长度 l	±4.0	用钢尺检查
构件两端最外侧安装孔距 l_1	±3.0	
构件弯曲矢高	$l/1000$ ，且不应大于 10.0	用拉线和钢尺检查
截面尺寸	+5.0 -2.0	用钢尺检查

[C.0.9] 钢平台、钢梯和防护栏杆外形尺寸的允许偏差应符合表 C.0.9 的规定。

表 C.0.9 钢平台、钢梯和防护栏杆外形尺寸允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	检查方法	图例
平台长度和宽度	± 5.0	用钢尺检查	
平台两对角线差 $ l_1 - l_2 $	6.0		
平台支柱高度	± 3.0		
平台支柱弯曲矢高	5.0	用拉线和钢尺检查	
平台表面平面度 (1m 范围内)	6.0	用 1m 直尺和塞尺检查	
梯梁长度 l	± 5.0	用钢尺检查	
钢梯宽度 b	± 5.0		
钢梯安装孔距离 a	± 3.0		
钢梯纵向挠曲矢高	$l/1000$	用拉线和钢尺检查	
踏步 (棍) 间距	± 5.0	用钢尺检查	
栏杆高度	± 5.0		
栏杆立柱间距	± 10.0		

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755 - 2012；

[9.1.2] 构件组装前，组装人员应熟悉施工详图、组装工艺及有关技术文件的要求，检查组装用的零部件的材质、规格、外观、尺寸、数量等均应符合设计要求。

[9.1.5] 构件组装应根据设计要求、构件形式、连接方式、焊接方法和焊接顺序等确定合理的组装顺序。

[9.2.4] 钢管接长时每个节间宜为一个接头，最短拼接长度应符合下列要求：

- 1 当钢管直径 $d \leq 500\text{mm}$ 时，不应小于 500mm；
- 2 当钢管直径 $500\text{mm} < d \leq 1000\text{mm}$ 时，不应小于直径 d ；
- 3 当钢管直径 $d > 1000\text{mm}$ 时，不应小于 1000mm；
- 4 当钢管采用卷制方式加工成型时，可有若干个接头，但最短拼接长度应符合本条第 1~3 款的要求。

[9.2.5] 钢管接长时，相邻管节或管段的纵向焊缝应错开，错开的最小距离（沿弧长方向）不应小于钢管壁厚的 5 倍，且不小于 200mm。

[9.3.1] 构件组装宜在组装平台、组装支承架或专用设备上进行，组装平台及组装支承平台及组装支承架应有足够的强度和刚度，并应便于构件的装卸、定位。在组装平台或组装支承架上宜画出构件

的中心线、端面位置线、轮廓线和标高线等基准线。

[9.3.4] 焊接构件组装时应预设焊接收缩量，并应对各部件进行合理的焊接收缩量分配。重要或复杂构件宜通过工艺性试验确定焊接收缩量。

[9.4.2] 构件的端部加工应符合下列规定：

1 应根据工艺要求预先确定端部铣削量，铣削量不宜小于 5mm；

2 应按设计文件及现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定，控制铣平面的平面度和垂直度。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015：

[9.12.1] 构件制作完毕后，检查部门应按施工详图的要求和本节的规定，对成品进行检查验收。成品的外形和几何尺寸的偏差应符合表 9.12.1-1、表 9.12.1-3、表 9.12.1-4 的规定。

【要点说明】

1 列出了焊接 H 型钢、钢桁架、次构件（钢梯等）、常规多节柱和异型箱体柱、钢板剪力墙等构件的组装标准。

2 起拱度或下挠度均指吊车梁（桁架）安装就位后的状况，因此吊车梁在工厂制作完后，要检验其起拱度或下挠与否，应与安装就位的支承状况基本相同，即将吊车梁立放并在支承点处将梁垫高一点，以便检测或消除自重对拱度的影响。

3 钢构件组装间隙应符合设计和工艺文件要求，当设计和工艺文件无规定时，组装间隙不宜大于 2.0mm。

【措施方法】

1 在组装前，组装人员应熟悉施工图、组装工艺及有关技术文件的要求。

2 对用于组装的零件，要在组装之前确认零件符号、材质、数量等，要检查有无超限的缺陷、偏差，必要时对构件进行更换或修理。

3 用于组装构件的零部件必须是焊接完成、矫正结束并经检验合格后的零部件。

4 组装焊接处的连接接触面及沿边缘 30~50mm 范围内的铁锈、毛刺、污垢和冰雪等影响焊接质量的杂质应在组装前打磨清除干净。

5 部件组装工作应在基础牢固的水平工作平台或专用工装设备上进行。

6 部件组装前应确立合理的基准面（线），组装完成并经检验合格后该基准面（线）标记于部件上，划取基准线应在构件组装完成后出胎前进行。

7 用于构件组装的胎具基面或专用工装设备上应标有明显的该构件的中心线（轴心线）、端面位置线或其它基准线、标高位置线等。

8 构件的隐蔽部位在焊接、涂装，并经检查合格后方可封闭。

9 对重要、特殊的批量构件应实行首件检验，交验制度。

2.6.4 焊接

2.6.4.1 焊接工艺评定

验证所拟定焊件的焊接工艺、并进行试验结果评价的过程，称为焊接工艺评定。它是通过对焊接接头的力学性能或其他性能的试验来证实焊接工艺规程正确性和合理性的一种方法。

【规范条文】

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001：

[5.2.3] 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并根据评定报告确定焊接工艺。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告。

《钢结构焊接规范》GB 50661-2011：

[6.1.4] 焊接工艺评定中的焊接热输入、预热、后热制度等施焊参数，应根据被焊材料的焊接性制订。

[6.1.8] 焊接工艺评定结果不合格时，可在原焊件上就不合格项目重新加倍取样进行检验。如还不能达到合格标准，应分析原因，制订新的焊接工艺评定方案，按原步骤重新评定，直到合格为止。

[6.6.1] 免于评定的焊接工艺必须由该施工单位焊接工程师和单位技术负责人签发书面文件，文件宜采用本规范附录 B 的格式。

【要点说明】

1 应对“新材料、新设备、新工艺”进行焊接工艺评定，焊接工艺评定应有针对性，评定报告公司自己应存档。

2 列出了焊评不合格时的处理。

3 列出了免于焊评的处理。

【措施方法】

1 焊接工艺评定所用的焊接参数，原则上是根据被焊钢材的焊接性试验结果制订，尤其是热输入、预热温度及后热制度。对于焊接性已经被充分了解，有明确的指导性焊接工艺参数，并已在实践中长期使用的国内、外生产的成熟钢种，一般不需要由施工企业进行焊接性试验。对于国内新开发生产的钢种，或者由国外进口未经使用过的钢种，应由钢厂提供焊接性试验评定资料，否则施工企业应进行焊接性试验，以作为制订焊接工艺评定参数的依据。

2 焊接工艺评定不合格时，应分析缺陷的性质种类和产生原因。如不是因焊工操作或执行工艺规范不严格造成的缺陷，应从工艺方面进行改进，编制新的焊接工艺指导书。

3 符合标准、规范规定的钢材种类、焊接方法、焊接坡口形状和尺寸、焊接位置、匹配焊接材料的组合可免于评定。凡施工企业使用免于评定的工艺进行施工焊接，则可以不进行或不重新进行焊接工艺评定。免于评定的焊接项目可以不再进行焊接工艺评定试验，但仍然需要根据规范格式要求编制焊接工艺评定报告（PQR）和焊接工艺指导书（WPS），这是指导焊工施焊的技术依据。并应将焊接工艺指导书下发给施焊操作人员。

2.6.4.2 焊接环境和温度控制

【规范条文】

《钢结构焊接规范》GB 50661-2011：

[7.6.2] 常用结构钢材采用中等热输入焊接时，最低预热温度宜符合表 7.6.2 的要求。

表 7.6.2 常用结构钢材最低预热温度要求（℃）

常用钢材牌号	接头最厚部件的板厚 t (mm)				
	t ≤ 20	20 < t ≤ 40	40 < t ≤ 60	60 < t ≤ 80	t > 80
I a	—	—	40	50	80
II	—	40	60	80	100
III	20	60	80	100	120
IV b	20	80	100	120	150

- 注：1 焊接热输入约为 15KJ/cm~25 KJ/cm，当热输入每增大 5 KJ/cm 时，预热温度应比表中的温度降低 20℃；
- 2 当采用非低氢焊接材料或焊接方法焊接时，预热温度应比该表规定的温度提高 20℃；
- 3 当母材施焊处温度低于 0℃ 时，应根据焊接作业环境、钢材牌号及板厚的具体情况将表中母材预热温度适当增加，且应在焊接过程中保持这一最低道间温度；
- 4 焊接接头板厚不同时，应按接头中较厚板的板厚选择最低预热温度和道间温度；
- 5 焊接接头材质不同时，应按接头中较高强度、较高碳当量的钢材选择最低预热温度；
- 6 本表各值不适用于供货状态为调质处理的钢材；控轧控冷（TMCP）钢最低预热温度可下降的数值由试验确定。
- 7 “—”表示焊接环境在 0℃ 以上时，可不采取预热措施；
- a 铸钢除外，I 类钢材中的铸钢预热温度宜参照 IV 类钢材的要求确定；
- b 仅限于 IV 类钢材中的 Q460、Q460GJ 钢。

[7.6.4] 焊接过程中,最低道间温度不应低于预热温度;静载结构焊接时,最大道间温度不宜超过250℃;需进行疲劳验算的动荷载结构和调质钢焊接时,最大道间温度不宜超过230℃。

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[6.3.3] 焊接时,作业区环境温度、相对湿度和风速等应符合下列规定,当超出本条规定且必须焊接时,应编制专项方案:

- 1 焊接环境温度不应低于-10℃;
- 2 焊接作业区的相对湿度不应大于90%;
- 3 当手工电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊时,焊接作业区最大风速不应超过8m/s;当气体保护电弧焊时,焊接作业区最大风速不应超过2m/s。

【要点说明】

1 焊接预热和层间温度控制是焊接工艺评定试验中除焊接材料、焊接方法、焊接工艺参数外必要的质量保障措施之一,须严格执行。

2 焊接环境包括温度、湿度和风速等,对于气体保护焊,风速过大时,焊缝会产生较多缺陷。

【措施方法】

1 焊前预热及层间温度控制加热方式常采用电加热法、火焰加热法和红外线加热法等,并采用红外线测温仪测量温度,加热区域应在焊缝坡口两侧,宽度应为焊件施焊处板厚的1.5倍以上,且不小于100mm;预热温度宜在焊件受热面的背面测量,测量点应在离电弧经过前的焊接点各方向不小于75mm处;当采用火焰加热器预热时正面测温应在火焰离开后进行。Ⅲ、Ⅳ类钢材及调质钢的预热温度、道间温度的确定应符合钢厂提供的指导性参数要求。

2 当焊接环境的风速超过规范要求时,可通过搭设焊接棚等措施来降低焊接作业区的风速。

2.6.4.3 焊前准备

焊前准备包括人员要求、材料要求和技术准备。

【规范条文】

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001:

[5.2.2] 焊工必须经过考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[6.3.8] 定位焊缝厚度应不小于3mm,不宜超过正式焊缝厚度的2/3。长度不宜小于40mm和接头中较薄部件厚度的4倍;间距宜为300mm~600mm。

《钢结构焊接规范》GB 50661-2011:

[4.0.1] 钢结构焊接工程用钢材及焊接材料应符合设计文件的要求,并应具有钢厂和焊接材料厂出具的产品质量证明书或检验报告,其化学成分、力学性能和其他质量要求应符合国家现行有关标准的规定。

[5.7.1] 承受动载需经疲劳验算时,严禁使用塞焊、槽焊、电渣焊和气电立焊接头。

[7.9.2] 在焊接接头的端部设置焊缝引弧板、引出板,应使焊缝在提供的延长段上引弧和终止。焊条电弧焊和气体保护电弧焊焊缝引弧板、引出板长度应大于25mm,埋弧焊引弧板、引出板长度应大于80mm。

[7.9.3] 引弧板和引出板宜采用火焰切割、碳弧气刨或机械等方法去除,去除时不得伤及母材并将割口处修磨至与焊缝端部平整。严禁锤击去除引弧板和引出板。

[7.9.5] 当使用钢衬垫时,应符合下述要求:

1 钢衬垫应与接头母材金属熔合良好,其间隙不应大于1.5mm;

2 钢衬垫在整个焊缝长度内应保持连续;

3 钢衬垫应有足够的厚度以防止烧穿。用于焊条电弧焊、气体保护电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊焊接方法的衬垫板厚度不应小于4mm;用于埋弧焊方法的衬垫板厚度应不小于6mm;用于电渣焊方法的衬垫板厚度不应小于25mm;

4 应保证钢衬垫与焊缝金属贴合良好。

[7.15.1] 临时焊缝的焊接工艺和质量要求应与正式焊缝相同。临时焊缝清除时应不伤及母材,并应将临时焊缝区域修磨平整。

[7.15.2] 需经疲劳验算结构中受拉部件或受拉区域严禁设置临时焊缝。

[7.16.1] 不应在焊缝区域外的母材上引弧或熄弧。

【要点说明】

1 焊工应定期培训和考核,资格证书应与操作工种相符,严禁混用。

2 定位焊、临时焊缝质量应与正式焊一样,引/熄弧板应有足够的长度和厚度,装焊应在焊道内。

3 衬垫板应连续,且有足够的厚度和宽度,引/熄弧板和钢衬垫的组装和去除应采用切割并打磨。

【措施方法】

1 焊工应持证上岗,临时焊、定位焊质量应与正式焊质量相同,临时焊缝和引/熄弧板的去除应用切割并打磨。去除时应不伤及母材,并将焊缝区域修磨平。对于Ⅲ、Ⅳ类钢材及厚板大于60mm的低合金钢,临时焊缝清除后,应采用磁粉或渗透探伤方法对母材进行检测,不允许存在裂纹等缺陷。

2 引弧板、引出板和钢衬垫选用强度不大于母材的同类别钢材。手工焊条电弧焊(SMAW)、气体保护电弧焊(GMAW、FCAW)时引弧板、引出板的宽度不应小于50mm,长度不小于1.5t(t为母材厚度)且不小于30mm,厚度与母材相同或不小于6mm。埋弧焊(SAW)时引弧板、引出板的宽度不应小于80mm,长度不小于2t(t为母材厚度)且不小于100mm,厚度与母材相同或不小于6mm。引弧板、引出板的坡口形式应与被焊焊缝相同。

3 定位焊缝应点焊在焊道内,严禁在焊道以外进行定位焊,如图2.32所示。

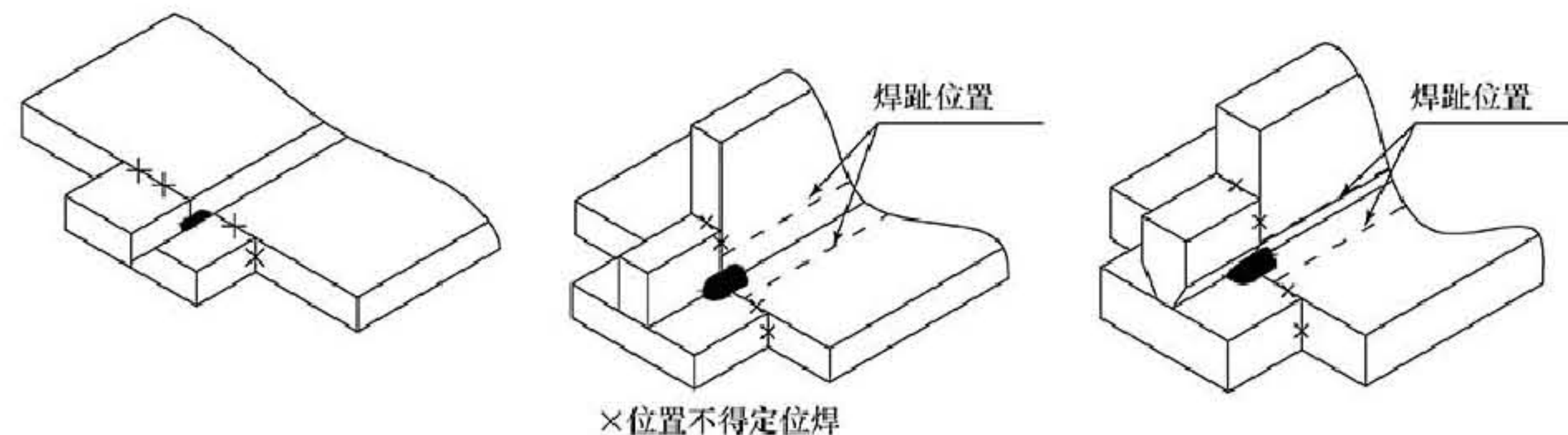


图 2.32 定位焊位置图

2.6.4.4 裂纹和变形控制

加工过程中通常通过调整焊接顺序和进行焊后处理来控制裂纹和变形。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[6.3.15] 采用的焊接工艺和焊接顺序应使构件的变形和收缩最小。可采用下列控制变形的焊接顺序:

1 对接接头、T形接头和十字接头，在构件放置条件允许或易于翻转的情况下，宜双面对称焊接；有对称截面的构件，宜对称于构件中性轴焊接；有对称连接杆件的节点，宜对称于节点轴线同时对称焊接；

2 非对称双面坡口焊缝，宜先焊深坡口侧部分焊缝、然后焊满浅坡口侧、最后完成深坡口侧焊缝，特厚板宜增加轮流对称焊接的循环次数；

3 长焊缝宜采用分段退焊法、跳焊法、多人对称焊接。

[6.3.18] 设计文件或合同文件对焊后消除应力有要求时，需经疲劳验算的结构中承受拉应力的对接接头或焊缝密集的节点或构件，宜采用电加热器局部退火和加热炉整体退火等方法进行消除应力处理；仅为稳定结构尺寸时，可选用振动法消除应力。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

[9.6.12] 板厚超过30mm，且有淬硬倾向和拘束度较大低合金高强度结构钢的焊接，必要时可进行后热处理。后热处理的时间应按每25mm板厚为1h。

后热处理应于焊后立即进行。后热的加热范围为焊缝两侧各100mm，温度的测量应在距焊缝中心线75mm处进行。焊缝后热达到规定温度后，应按规定时间保温，然后使焊件缓慢冷却到常温。

【要点说明】

1. 焊接变形控制除了保证构件或结构要求的尺寸，还应采取合理的工艺措施、装焊顺序、热量平衡等方法来降低或平衡焊接变形。

2. 焊接应力控制包括焊前设计合理的坡口形式、焊接顺序，焊后采用振动时效等方法。

【措施方法】

1 在节点和坡口形式设计时，对T形、十字形及角接接头，当翼缘板厚度等于或大于20mm，宜采取下列节点构造形式，必要时和设计单位进行沟通：

(1) 在满足焊透深度要求和焊缝致密性条件下，采用较小的焊接坡口角度及间隙，见图2.33(a)；

(2) 在角接接头中，采用对称坡口或偏向于侧板的坡口，见图2.33(b)；

(3) 采用双面坡口对称焊接代替单面坡口非对称焊接，见图2.33(c)；

(4) 在T形或角接接头中，板厚方向承受焊接拉应力的板材端头伸出接头焊缝区，见图2.33(d)；

(5) 在T形、十字形接头中，采用铸钢或锻钢过渡段，以对接接头取代T形、十字形接头，见图2.33(e)、(f)。

2 T形、H形及十字形柱宜采用图2.34的焊接顺序并采用对称跳焊法，以减少焊接变形和应力。

3 需经疲劳验算的结构中承受拉应力的对接接头或焊缝密集的节点或构件，宜采用电加热器局部退火和加热炉整体退火等方法进行消除应力处理；如仅为稳定结构尺寸，可选用振动法消除应力。用锤击法消除中间焊层应力时，应使用圆头手锤或小型振动工具（抛丸等）进行，不应在根部焊缝、盖面焊缝或焊缝坡口边缘的母材进行锤击。

2.6.4.5 焊接要求和参数

【规范条文】

《钢结构焊接规范》GB 50661-2011：

[7.10.1] 焊接施工前，施工单位应制定焊接工艺文件用于指导焊接施工，工艺文件可依据本规范第6章规定的焊接工艺评定结果进行制定，也可依据本规范第6章对符合免除工艺评定条件直接制定焊接工艺文件。焊接工艺文件应至少包括下列内容：

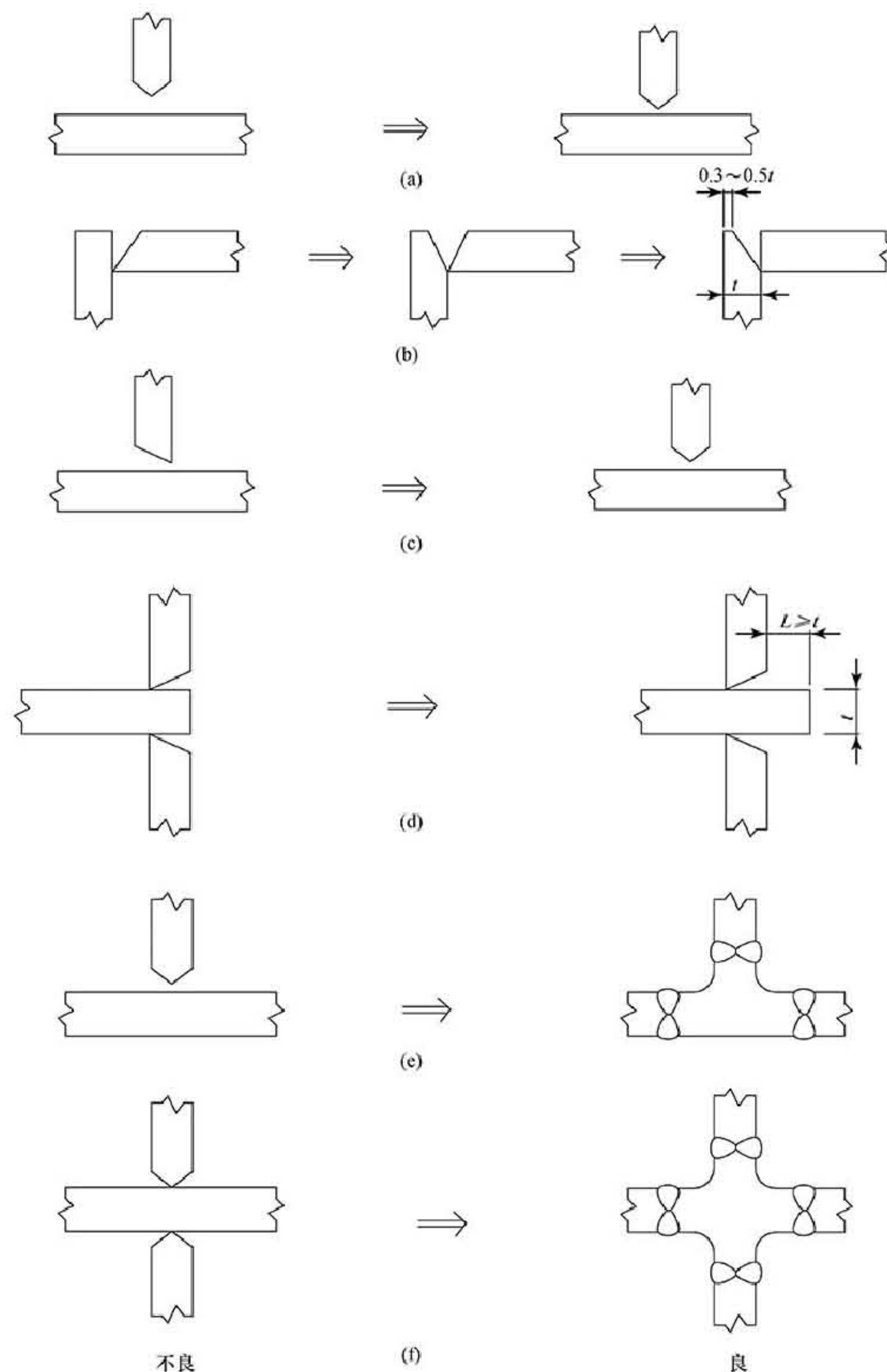


图2.33 T形、十字形、角接接头防止层状撕裂的节点设计构造示意

- 1 焊接方法或焊接方法的组合；
- 2 母材的规格、牌号、厚度及适用范围；
- 3 填充金属的规格、类别和型号；
- 4 焊接接头形式、坡口形式、尺寸及其允许偏差；

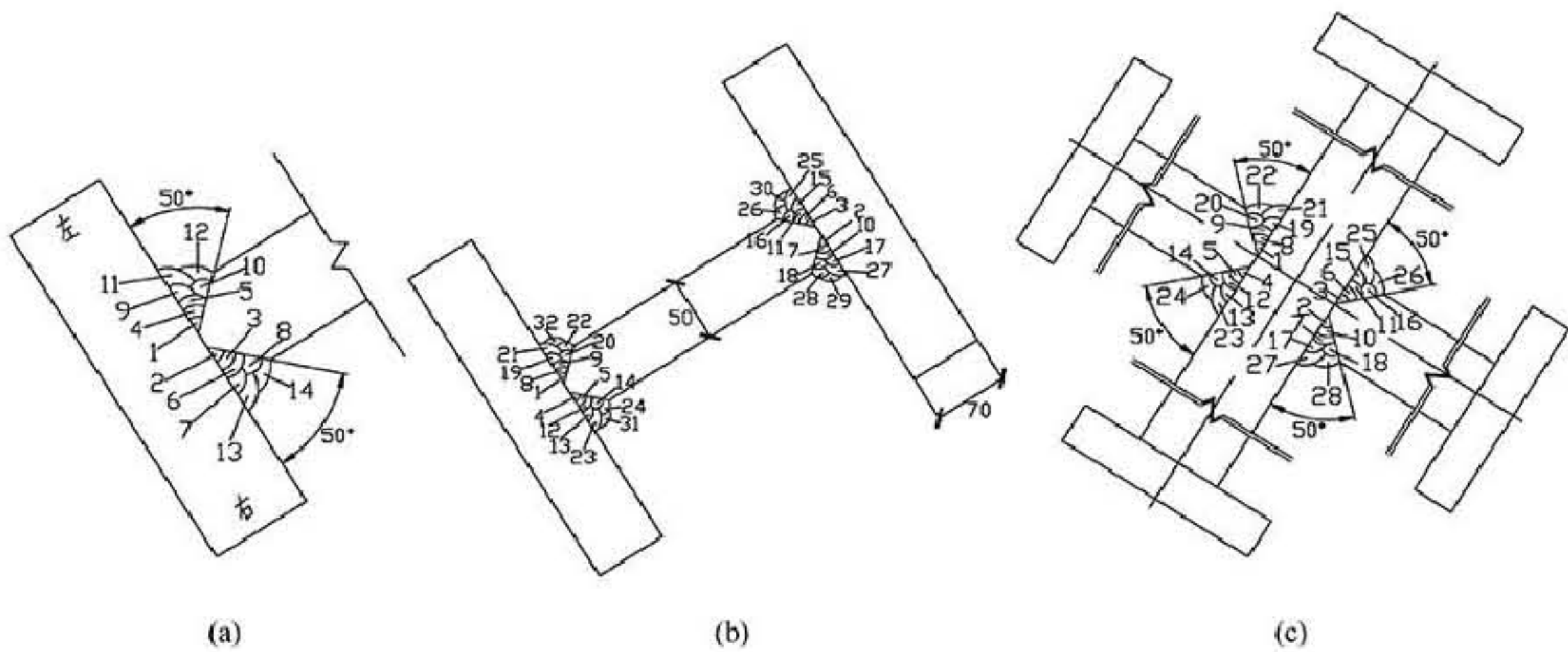


图 2.34 T形、H形、十字形柱焊接顺序

- 5 焊接位置;
- 6 焊接电源的种类和电流极性;
- 7 清根处理;
- 8 焊接工艺参数, 包括焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊层和焊道分布等;
- 9 预热温度及道间温度范围;
- 10 焊后消除应力处理工艺;
- 11 其他必要的规定。

[7.10.5] 多层焊时应连续施焊, 每一道焊道焊接完成后应及时清理焊渣及表面飞溅物, 遇有中断施焊的情况, 应采取适当的保温措施, 必要时应进行后热处理, 再次焊接时重新预热温度应高于初始预热温度。

[7.12.1] 焊缝金属或母材的缺欠超过相应的质量验收标准时, 可采用砂轮打磨、碳弧气刨、铲凿或机械等方法彻底清除。对焊缝进行返修, 应按下列要求进行:

- 1 返修焊接之前, 应清洁修复区域的表面;
- 2 焊瘤、凸起或余高过大: 采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属;
- 3 焊缝凹陷或弧坑、焊缝尺寸不足、咬边、未熔合、焊缝气孔或夹渣等应在完全清除缺陷后进行焊补;
- 4 焊缝或母材的裂纹应采用磁粉、渗透或其他无损检测方法确定裂纹的范围及深度, 用砂轮打磨或碳弧气刨清除裂纹及其两端各 50mm 长的完好焊缝或母材, 修整表面或磨除气刨渗碳层后, 并采用渗透或磁粉探伤方法确定裂纹是否彻底清除, 再重新进行补焊; 对于拘束度较大的焊接接头的裂纹用碳弧气刨清除裂纹前, 宜在裂纹两端钻止裂孔;
- 5 焊接返修的预热温度应比相同条件下正常焊接的预热温度提高 30~50℃, 并采用低氢焊接材料和焊接方法进行焊接;
- 6 返修部位应连续焊接。如中断焊接时, 应采取后热、保温措施, 防止产生裂纹。厚板返修焊宜采用消氢处理;
- 7 焊接裂纹的返修, 应由焊接技术人员对裂纹产生的原因进行调查和分析, 制定专门的返修工艺方案后进行;
- 8 同一部位两次返修后仍不合格时, 应重新制定返修方案, 并经业主或监理工程师认可后方可实施;

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[9.6.15] 高层民用建筑钢结构箱形柱内横隔板的焊接, 可采用熔嘴电渣焊设备进行焊接。箱形构

件封闭后, 通过预留孔用两台焊机同时进行电渣焊 (图 9.6.15), 施焊时应注意下列事项:

- 2 熔嘴孔内不得受潮、生锈或有污物;
- 5 焊接衬板的下料、加工及装配应严格控制质量和精度, 使其与横隔板和翼缘板紧密贴合; 当装配缝隙大于 1mm 时, 应采取措施进行修整和补救;
- 6 同一横隔板两侧的电渣焊宜同时施焊, 并一次焊接成型;
- 7 当翼缘板较薄时, 翼缘板外部的焊接部位应安装水冷却装置;
- 8 焊道两端应按要求设置引弧和引出套筒;
- 9 熔嘴应保持在焊道的中心位置;
- 10 焊接起动及焊接过程中, 应逐渐少量加入焊剂;
- 11 焊接过程中应随时注意调整电压;
- 12 焊接过程应保持焊件的赤热状态;
- 13 对厚度大于等于 70mm 的厚板焊接时, 应考虑预热以加快渣池的形成。

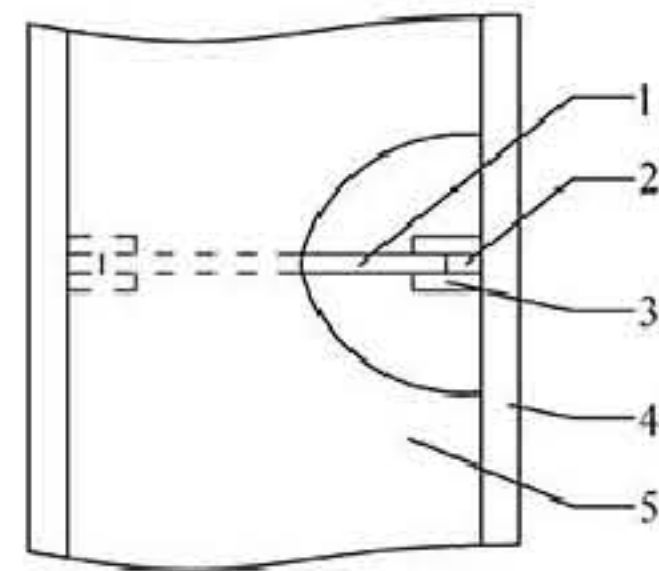


图 9.6.15 箱形柱横隔板的电渣焊

1—横隔板; 2—电渣焊部位; 3—衬板; 4—翼缘板; 5—腹板

[9.6.16] 栓钉焊接应符合下列规定:

- 1 焊接前应将构件焊接面上的水、锈、油等有害杂质清理干净, 并应按规定烘焙瓷环;
- 2 栓钉焊电源应与其他电源分开, 工作区应远离磁场或采取措施避免磁场对焊接的影响;
- 3 施焊构件应水平放置。

【要点说明】

- 1 焊接工艺文件应对焊材、钢材、设备、焊接方法等内容作出详细要求和说明。
- 2 焊接应尽量连续施工, 多层多道焊预热温度和层间温度控制应满足焊评要求。
- 3 焊缝返修的工艺应比正式焊接有所改进和提高。
- 4 电渣焊除应满足通用焊接对环境、钢材、焊材的要求外, 本身有较多的技术要求; 栓钉焊的操作应满足规范要求。

【措施方法】

1 CO₂ 保护焊工艺参数:

焊接道次	电源极性	焊丝直径 mm	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min	气体流量 l/min
根部	直流反接	~	~	~	~	~
填充		~	~	~	~	~
盖面		~	~	~	~	~

2 角焊缝及坡口角焊缝单丝埋弧焊工艺参数:

钢板厚度 t_1	坡口角度 坡口深度	焊脚尺寸 h_f (mm)	焊丝直径 mm	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min	备注
~	~	~	~	~	~	~	~

3 BH 角焊缝及坡口角焊缝双丝埋弧焊焊接工艺参数:

钢板厚度 t_1	焊丝直径 mm	电极			焊接电流 A	电弧电压 V	焊接速度 cm/min
		数量	极性	间距			
~	~	~	~	~	~	~	~

4 焊缝金属或部分母材的缺陷超过相应的质量验收标准时,施工单位可以选择局部修补或全部重焊。焊接或母材的缺陷修补前应分析缺陷的性质和种类及产生原因,如不是因焊工操作或执行工艺参数不严格而造成的缺陷,应编制新的工艺并经过焊接试验评定后进行修补,避免多次返修。

5 闭口钢管类对接节点处焊缝(环焊缝、纵焊缝和节点焊缝)宜避免焊缝交叉;

6 隐蔽部位焊缝必须焊接时,可在搭接杆件上设焊接手孔,在隐蔽部位施焊结束后封闭,或将搭接杆件在节点附近断开,等隐蔽部位施焊完成后再接上杆件。

7 电渣焊时,应调节焊接工艺参数和焊剂填加量以建立合适大小的熔池确保电渣焊焊缝质量,使焊缝金属与接头的坡口面完全熔合,焊接必须在积累了足够热量的状态下开始。如果在焊接接头内任一点因故焊接停止而熔渣或熔池开始凝固时,可以重新引弧焊接直至焊缝完成。

2.6.4.6 焊接检查

焊接质量检查主要包含三方面内容:焊缝内部质量检测(无损检测)、焊缝外观质量检测和焊缝尺寸偏差检测。

【规范条文】

《钢结构焊接规范》GB 50661-2011:

[8.3.3] 无损检测应符合下列规定:

1 无损检测应在外观检查合格后进行。Ⅰ、Ⅱ类钢材及焊接难度等级为 A、B 级的结构的焊缝应以焊接完成 24h 后检测结果作为验收依据,Ⅲ、Ⅳ类钢及焊接难度等级为 C、D 级的结构应以焊接完成 48h 后的检查结果作为验收依据;

2 焊缝无损检测报告签发人员必须持有相应探伤方法的 2 级或 2 级以上资格证书;

3 板厚小于等于 30mm (不等厚对接时,按薄板计)的对接焊缝除应按本条第 3 款用超声波探伤外,还用射线抽探其数量的 10% (不少于一个焊接接头);厚度大于 30mm 的对接焊缝除应按本条第 3 款用超声波探伤外,还应按接头数量的 10% (不少于一个焊接接头)增加检验等级为 C 级、质量等级为一级的超声波检验。此时焊缝余高应磨平,使用的探头折射角应有一个为 45°,探伤范围为焊缝两端各 500mm。焊缝长度大于 1500mm 时,中部加探 500mm。当发现超标缺欠时应加倍检验;

4 用射线和超声波两种方法检验的焊缝,必须达到各自的质量要求,该焊缝方可认为合格。

[8.3.4] 超声波检测应符合以下规定:

1 无损检测技术要求可按现行《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345 执行;

2 检测范围和检验等级应符合表 8.3.4-1 的规定。距离一波幅曲线及缺欠等级评定应符合表 8.3.4-2 及 8.3.4-3 的规定。

表 8.3.4-1 焊缝超声波探伤范围和检验等级

焊缝质量级别	探伤比例	探伤部位	板厚 t (mm)	检验等级
一、二级横向对接焊缝	100%	全长	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B (双面双侧)
二级纵向对接焊缝	100%	焊缝两端各 1000mm	$10 \leq t \leq 46$	B
			$46 < t \leq 80$	B (双面双侧)
二级角焊缝	100%	两端螺栓孔部位并延长 500mm,板梁主梁及纵、横梁跨中加探 1000mm	$10 \leq t \leq 46$	B (双面单侧)
			$46 < t \leq 80$	B (双面单侧)

表 8.3.4-2 超声波探伤距离一波幅曲线灵敏度

焊缝质量等级	板厚 (mm)	判废线	定量线	评定线
对接焊缝一、二级	$10 \leq t \leq 46$	$\varnothing 3 \times 40 - 6\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 14\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 20\text{dB}$
	$46 < t \leq 80$	$\varnothing 3 \times 40 - 2\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 10\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 16\text{dB}$
全焊透对接、角接组合焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$\varnothing 3 \times 40 - 4\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 10\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 16\text{dB}$
		$\varnothing 6$	$\varnothing 3$	$\varnothing 2$
角焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$\varnothing 3 \times 40 - 4\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 10\text{dB}$	$\varnothing 3 \times 40 - 16\text{dB}$
	$10 \leq t \leq 25$	$\varnothing 1 \times 2$	$\varnothing 1 \times 2 - 6\text{dB}$	$\varnothing 1 \times 2 - 12\text{dB}$
	$25 < t \leq 80$	$\varnothing 1 \times 2 + 4\text{dB}$	$\varnothing 1 \times 2 - 4\text{dB}$	$\varnothing 1 \times 2 - 10\text{dB}$

注:①角焊缝超声波探伤采用铁路钢桥制造专用柱孔标准试块或与其校准过的其它孔形试块;

② $\varnothing 6$ 、 $\varnothing 3$ 、 $\varnothing 2$ 表示纵波探伤的平底孔参考反射体尺寸。

表 8.3.4-3 超声波探伤缺欠等级评定

焊缝质量等级	板厚 t (mm)	单个缺欠指示长度	多个缺欠的累计指示长度
对接焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/4$,最小可为 8mm	在任意 $9t$,焊缝长度范围不超过 t
对接焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$,最小可为 10mm	在任意 $4.5t$ 焊缝长度范围不超过 t
全焊透对接、角接组合焊缝一级	$10 \leq t \leq 80$	$t/3$,最小可为 10mm	/
角焊缝二级	$10 \leq t \leq 80$	$t/2$,最小可为 10mm	/

注:1 母材板厚不同时,按较薄板评定。

2 缺欠指示长度小于 8mm 时,按 5mm 计。

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 - 2001:

[5.1.3] 碳素结构钢应在焊缝冷却到环境温度、低合金结构钢应在完成焊接 24h 以后, 进行焊缝探伤检验。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 - 2015:

[9.6.17] 栓钉焊应按下列规定进行质量检验:

- 1 目测检查栓钉焊接部位的外观, 四周的熔化金属应以形成一均匀小圈而无缺陷为合格。
- 2 焊接后, 自钉头表面算起的栓钉高度 L 的允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$, 栓钉偏离竖直方向的倾斜角度 θ 应小于等于 5° (图 9.6.17)。

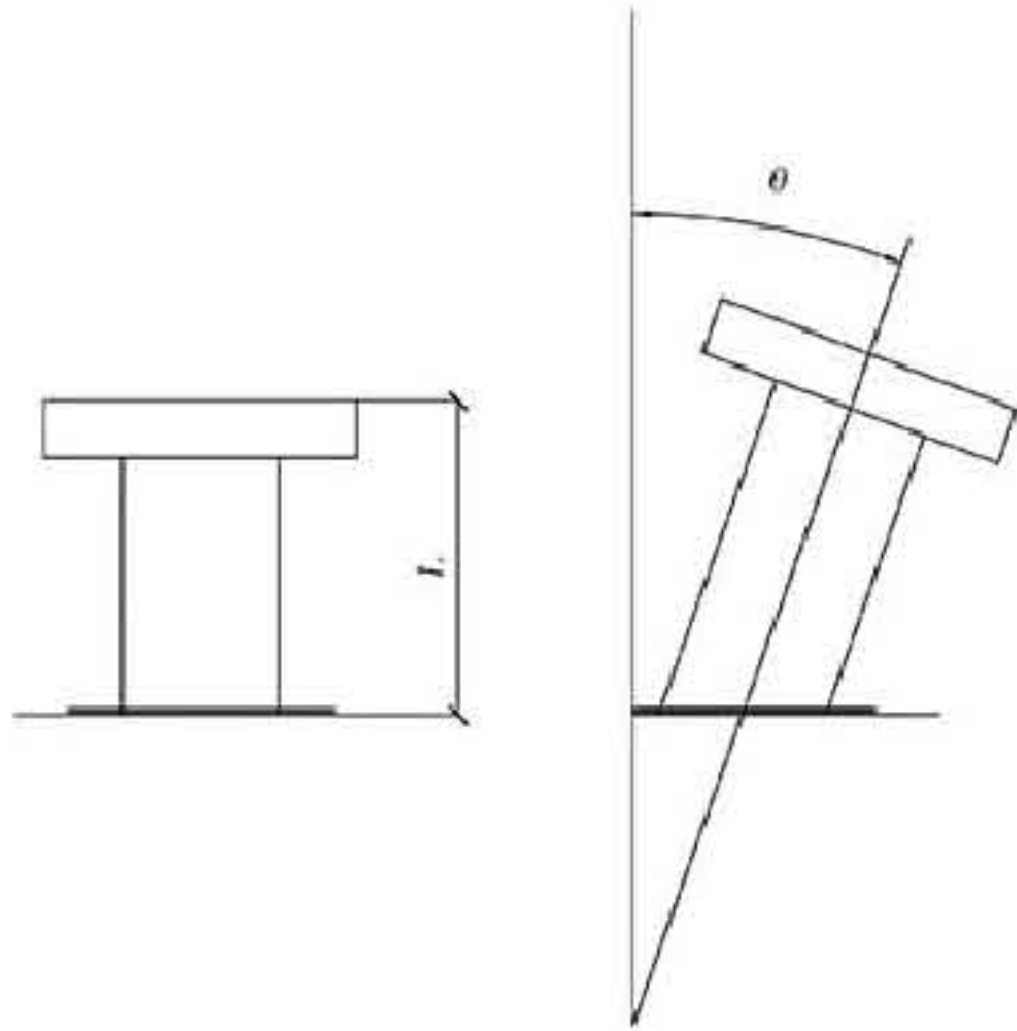


图 9.6.17 栓钉的焊接要求

- 3 目测检查合格后, 对栓钉进行弯曲试验, 弯曲角度为 30° 。在焊接面上不得有任何缺陷。栓钉焊的弯曲试验采取抽样检查。取样率为每批同类构件抽查 10%, 且不应少于 10 件; 被抽查构件中, 每件检查焊钉数是 1%, 但不应少于 1 个。试验可用手锤进行, 试验时应使拉力作用在熔化金属最小的一侧。当达到规定弯曲角度时, 焊接面上无任何缺陷为合格。抽样栓钉不合格时, 应再取两个栓钉进行试验, 只要其中一个仍不符合要求, 则余下的全部栓钉都应进行试验。

4 经弯曲试验合格的栓钉可在弯曲状态下使用, 不合格的栓钉应更换, 并应经弯曲试验检验。

【要点说明】

- 1 对焊缝检测的方式方法、探伤比例及合格判定进行了说明。
- 2 对栓钉的检测进行了说明。

【措施方法】

- 1 超声波检测设备及工艺要求应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB 11345 中的规定。
- 2 栓钉工艺要求及检测方法应符合现行行业标准《栓钉焊接技术规程》CECS 226 的规定。

2.6.5 预拼装

为保证施工现场顺利拼装, 应根据构件或结构的复杂程度、设计要求或合同协议规定, 对结构在工厂内进行整体或部分预拼装。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755 - 2012:

[10.1.2] 预拼装前, 单个构件应检查合格; 当同一类型构件较多时, 可选择一定数量的代表性构件进行预拼装。

[10.1.3] 构件可采用整体预拼装或累积连续预拼装。当采用累积连续预拼装时, 两相邻单元连接

的构件应分别参与两个单元的预拼装。

[10.2.1] 预拼装场地应平整、坚实; 预拼装所用的临时支承架、支承凳或平台应经测量准确定位, 并应符合工艺文件要求。重型构件预拼装所用的临时支承结构应时行结构安全验算。

[10.2.5] 采用螺栓连接的节点连接件, 必要时可在预拼装定位后进行钻孔。

[10.2.6] 当多层板叠采用高强度螺栓或普通螺栓连接时, 宜先使用不少于螺栓孔总数 10% 的冲钉定位, 再采用临时螺栓坚固。临时螺栓在一组孔内不得少于螺栓孔数量的 20%, 且不应少于 2 个; 预拼装时应使板层密贴。螺栓孔应采用试孔器进行检查, 并应符合下列规定:

- 1 当采用比孔公称直径小 1.0mm 的试孔器检查时, 每组孔的通过率不应小于 85%;
- 2 当采用比螺栓公称直径大 0.3mm 的试孔器检查时, 通过率应为 100%。

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 - 2001:

[D.0.1] 钢构件预拼装的允许偏差应符合表 D 的规定。

表 D 钢结构预拼装允许偏差 (mm)

构件类型	项目		允许偏差	检验方法
多节柱	预拼装单元总长		±5.0	用钢尺检查
	预拼装单元弯曲矢高		L/1500，且不应大于10.0	用拉线和钢尺检查
	接口错边		2.0	用焊缝量规检查
	预拼装单元柱身扭曲		H/200，且不应大于5.0	用接线、吊线和钢尺检查
	顶紧面至任一牛腿距离		±2.0	用钢尺检查
梁、桁架	跨度最外两端安装孔或两端支承面最外侧距离		+5.0 -10.0	
	接口截面错位		2.0	用焊缝量规检查
	拱度	设计要求起拱	±L/5000	用拉线和钢尺检查
		设计未要求起拱	L/2000 0	
	节点处杆件轴线错位		4.0	划线后用钢尺检查
管构件	预拼装单元总长		±5.0	用钢尺检查
	预拼装单元弯曲矢高		L/1500，且不应大于10.0	用拉线和钢尺检查
	对口错边		T/10，且不应大于3.0	用焊缝量规检查
	坡口间隙		+2.0 -1.0	
构件平面 总体预拼装	各楼层柱距		±4.0	用钢尺检查
	相邻楼层梁与梁之间距离		±3.0	
	各层间框架两对角线之差		H/2000，且不应大于5.0	
	任意两对角线之差		ΣH/2000，且不应大于8.0	

2.6.6 除锈和涂装

2.6.6.1 表面处理

在生产过程、储运过程及加工过程中, 钢材表面会产生氧化铁皮、铁锈和污染物, 如不认真清除, 会影响涂料的附着力和涂层的使用寿命。

【规范条文】

《涂覆涂料前表面处理表面清洁度的目视评定第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB 8923.1-2011：

【4】钢材表面目视评定程序

检查钢材表面不管是在良好的散射日光或在照度相当的人工照明条件下进行，都应凭借正常视力，将其与每一张照片（详见第5章）进行比较。将相应的照片尽量靠近待检测的钢材表面，并与其置于同一平面上。

评定锈蚀等级时，记录最差的等级作为评定结果。评定处理等级时，记录与钢材表面外观最接近的等级作为评定结果。

注1：影响目视评定结果的因素，除了所采用的清理方法类型外（例如，用某类磨料进行干法喷射清理），还有下列因素：

- a) 处于标准锈蚀等级A、B、C和D之外的钢材表面原始状态；
- b) 钢材本身的颜色；
- c) 由于腐蚀程度不同或附着物清除程度不均匀造成各部位粗糙度的不同；
- d) 表面不平整，例如有凹陷；
- e) 工具划痕；
- f) 照明不匀；
- g) 由于磨料喷射角度不同而造成的表面轮廓阴影；
- h) 表面嵌入磨料。

注2：目视评定涂覆过的钢材表面的处理等级，仅可采用带有锈蚀等级符号D或C的照片（例如，D Sa2 1/2 或 C Sa2 1/2），究竟选择哪一张（例如是选D Sa2 1/2，还是选C Sa2 1/2），取决于钢材表面点蚀的程度。

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012：

【13.1.8】构件表面的涂装系统应相互兼容。

【13.2.2】构件的表面粗糙度可根据不同底涂层和除锈等级按表13.2.2进行选择，并按现行国家标准《涂装前钢材表面粗糙度等级的评定（比较样块法）》GB/T 13288的有关规定执行。

表 13.2.2 构件的表面粗糙度

钢材底涂层	除锈等级	表面粗糙度 Ra (μm)
热喷锌/铝	Sa3 级	60 ~ 100
无机富锌	Sa2 1/2 ~ Sa3 级	50 ~ 80
环氧富锌	Sa2 1/2 级	30 ~ 70
不便喷砂的部位	St3 级	

【13.2.3】经处理的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等；对于镀锌构件，酸洗除锈后，钢材表面应露出金属色泽，并应无污渍、锈迹和残留酸液。

《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251-2011：

【4.2.6】喷嘴与被喷射钢结构表面的距离宜为100~300mm；喷射方向与被喷射钢结构表面法线之间的夹角宜为15°~30°。

【4.2.8】喷射清理所用的磨料应清洁、干燥。磨料的种类和粒度应根据钢结构表面的原始锈蚀程度、设计或涂装规格书所要求的喷射工艺、清洁度和表面粗糙度进行选择。壁厚大于或等于4mm的钢构件可选用粒度为0.5mm~1.5mm的磨料，壁厚小于4mm的钢构件应选用粒度小于0.5mm的磨料。

【4.2.9】涂层缺陷的局部修补和无法进行喷射清理时可采用手动和动力工具除锈。

2.6.6.2 防腐涂装

钢结构防腐涂装的目的是通过涂层的保护作用防止钢结构腐蚀，延长其使用寿命。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012：

【13.3.2】钢结构涂装时的环境温度和相对湿度，除应符合涂料产品说明书的要求外，还应符合下列规定：

- 1 当产品说明书对涂装环境温度和相对湿度未作规定时，环境温度宜为5~38℃，相对湿度不应大于85%，钢材表面温度应高于环境露点温度3℃，且钢材表面不应超过40℃；
- 2 被施工物体表面不得有凝露；
- 3 遇雨、雾、雪、强风天气时应停止露天涂装，应避免在强烈阳光照射下施工；
- 4 涂装后4h内应采取保护措施，避免淋雨和沙尘侵袭；
- 5 风力超过5级时，室外不宜喷涂作业。

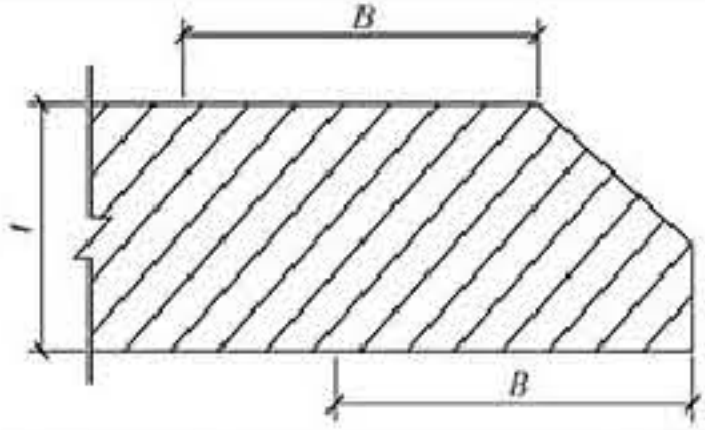
【13.3.3】涂装调制应搅拌均匀，应随拌随用，不得随意添加稀释剂。

【13.3.4】不同涂层间的施工应有适当的重涂间隔时间，最大及最小重涂时间间隔应符合涂料产品说明书的规定，应超过最小重涂间隔再施工，超过最大重涂间隔时应按涂料说明书的指导进行施工。

【13.3.5】表面除锈处理与涂装的间隔时间宜在4h之内，在车间内作业或湿度较低的晴天不应超过12h。

【13.3.6】工地焊接部位的焊缝两侧宜留出暂不涂装的区域，应符合表13.3.6的规定，焊缝及焊缝两侧也可涂装不影响焊接质量的防腐涂料。

表 13.3.6 焊缝暂不涂装的区域（mm）

图示	钢板厚度 t	暂不涂装区域的宽度 B
	$t \leq 50$	50
	$50 \leq t \leq 90$	70
	$t > 90$	100

【13.3.7】构件油漆补涂应符合下列规定：

- 1 表面涂有工厂底漆的构件，因焊接、火焰校正、曝晒和擦伤等造成重新锈蚀或附有白锌盐时，应经表面处理后再按原涂装规定予以补漆；
- 2 运输、安装过程的涂层碰损、焊接烧伤等，应根据原涂装规定进行补涂。

【13.4.2】钢结构表面处理与热喷涂施工的间隔时间，晴天或湿度不大的气候条件下应在12h以内，雨天、潮湿、有盐雾的气候条件下不应超过2h。

【13.4.3】金属热喷涂施工应符合下列规定：

- 1 采用的压缩空气应干燥、洁净；
- 2 喷枪与表面宜成直角，喷枪的移动速度应均匀，各喷涂层之间的喷枪方向应相互垂直、交叉覆盖；
- 3 一次喷涂厚度宜为25 μm ~80 μm ，同一层内各喷涂带间应有1/3的重叠宽度；
- 4 当大气温度低于5℃或钢结构表面温度低于露点3℃时，应停止热喷涂操作。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015：

【10.10.1】高层民用建筑钢结构在一个流水段一节柱的所有构件安装完毕，并对结构验收合格后，结构的现场焊缝、高强度螺栓及其连接点，以及在运输安装过程中构件涂层被磨损的部位，应补刷涂层。涂层应采用与构件制作时相同的涂料和相同的涂刷工艺。

【10.10.4】涂层外观应均匀、平整、丰满，不得有咬底、剥落、裂纹、针孔、漏涂和明显的皱皮流

坠,且应保证涂层厚度。当涂层厚度不够时,应增加涂刷的遍数。

[10.10.5] 经检查确认不合格的涂层,应铲除干净,重新涂刷。

[10.10.6] 当涂层固化干燥后方可进行下道工序。

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205-2001:

[14.2.2] 涂料、涂装遍数、涂层厚度、均应符合设计要求。当设计对涂层厚度无要求时,涂层干漆膜总厚度:室外应为150μm,室内应为125μm,其允许偏差为-25μm。每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差为-5μm。

检查数量:按构件数抽查10%,且同类构件不应少于3件。

检验方法:用干漆膜测厚仪检查。每个构件检测5处,每处的数值为3个相距50mm测点涂层干漆厚度的平均值。

[14.2.3] 构件表面不应误涂、漏涂,涂层不应脱皮和返锈等。涂层应均匀、无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察检查。

[14.2.4] 当钢结构处在有腐蚀介质环境或外露且设计有要求时,应进行涂层附着力测试,在检测处范围内,当涂层完整程度达到70%以上时,涂层附着力达到合格质量标准的要求。

检查数量:按构件数抽查1%,且不应少于3件,每件测3处。

检查方法:按照现行国家标准《漆膜附着力测定法》GB 1720或《色漆和清漆、漆膜的划格试验》GB 9286执行。

[14.2.5] 涂装完成后,构件的标志、标记和编号应清晰完整。

检查数量:全数检查。

检查方法:观察检查。

《建筑钢结构防腐技术规程》JGJ/T 251-2011:

[4.3.4] 防腐蚀涂料和稀释剂在运输、储存、施工及养护过程中,不得与酸、碱等化学介质接触。严禁明火,并采取防尘、防晒措施。

【要点说明】

1 涂装作业环境对涂层质量有较大的影响。
2 涂装作业操作要求,应根据不同的底、中、面漆的油漆种类和品牌、漆膜厚度等制定不同的油漆作业技术指导书。

3 列出了不作涂装部位的规定。

4 列出了构件热喷涂的操作要求。

5 列出了涂层的测量和检查要求。

6 列出了涂料的安全使用要求。

【措施方法】

1 对油漆涂装室内作业的温度、相对湿度和露点作出严格要求,室外作业在室内要求项的基础上还要对风速、日照和雨雪等天气作出要求。

2 根据不同工程对防腐的不同要求,编制不同的油漆作业技术指导书。

3 钢结构构件不作涂装或防腐处理的部位除焊缝两侧外,还有:

(1) 外包混凝土的钢柱或柱脚;

(2) 上面浇混凝土楼板的钢梁;

(3) 端部作封闭处理的杆件内壁;

(4) 螺栓连接的摩擦面两侧;

(5) 由耐候钢材料加工而成等无需处理的钢构件;

(6) 桥梁钢箱梁内表面;

(7) 设计认为可不作防腐要求或需搁置后续处理的部位或构件。

4 外露构件需热浸锌和热喷锌、铝者,除锈清洁度应为Sa2½~Sa3级,表面粗糙度应达到30~50μm。

5 对防腐涂装施工时,进行以下项目的过程控制:

(1) 环境条件检查要点:相对湿度、露点(可通过干湿球温度查表获得)、被涂表面温度、风速等。表面处理前和涂漆前均应进行环境条件检查;

(2) 结构性处理检查要点:飞溅、叠片、咬边、粗糙焊缝、锐边、焊烟、油污、包扎物等;

(3) 表面处理检查要点:清洁度(包括锈蚀、氧化皮、油污等)、粗糙度、灰尘清洁度等;

(4) 涂装施工检查要点:设备与工具、通风、包扎物、混合、稀释、搅拌、涂料储置、预涂或补涂、湿膜厚度等。

6 对防腐涂装施工后,进行以下项目的完工检查:

(1) 外观:色泽均匀,无明显的流挂、漆雾、污染等;

(2) 漆膜缺陷:无针孔、气泡、漏喷、流挂、起皮、起皱等漆膜弊病;

(3) 干膜厚度:干膜厚度检查应在每一道涂层施工完并硬干后进行,除有特殊要求外,干膜厚度检查可遵循“两个80%”原则,即80%的测量点要达到规定的设计厚度,余下20%的测量点要达到设计厚度的80%。检查的数量按构件数抽取至少10%,且同类构件不少于3件。每个构件上检测5处,每处在50mm范围内测量3次取平均值。除非进行仲裁分析或纠纷调解,否则不应使用破坏性检测方法检查涂层的干膜厚度;

(4) 附着力测试:附着力的测试方法主要有划格法(GB 9286)和拉开法(GB 5210),应根据漆膜厚度和现场的实际情况选择合适的方式进行测试。涂层的附着力和层间结合力的测试是一种破坏性测试方法,通常只是发生投诉或质量认可时用于指定或参照区域,不应作为常规检查项目。合格判定的准则应按照设计要求。

7 喷涂储存仓库、作业区内安全措施:

(1) 涂装现场或车间内不允许堆放易燃物品,并应远离易燃物品仓库;

(2) 涂装现场或车间严禁烟火,并应有明显的禁止烟火的宣传标志;

(3) 涂装现场或车间必须备有消防水源和消防器材;

(4) 擦过溶剂和油漆的棉纱、破布等应存放在带盖的铁桶内,并定期处理掉;

(5) 严禁向下水道倾倒涂料或溶剂。

2.6.6.3 防火涂装

钢结构防火涂装的目的是利用防火涂料使钢结构在遭遇火灾时,能在构件所要求的耐火极限内不倒塌。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[13.6.1] 防火涂料涂装前,钢材表面除锈及防腐涂装应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。

[13.6.2] 基层表面应无油污、灰尘和泥沙等污垢,且防锈层应完整、底漆无漏刷。构件连接处的缝隙应采用防火涂料或其他防火材料填平。

[13.6.3] 选用的防火涂料应符合设计文件和国家现行有关标准的规定,具有抗冲击能力和粘结强度,不应腐蚀钢材。

[13.6.4] 防火涂料可按产品说明要求在现场进行搅拌或调配。当天配置的涂料应在产品说明书规定的时间内用完。

[13.6.5] 厚涂型防火涂料,属于下列情况之一时,宜在涂层内设置与构件相连的钢丝网或其他相应的措施:

- 1 承受冲击、振动荷载的钢梁；
- 2 涂层厚度大于或等于 40mm 的钢梁和桁架；
- 3 涂料粘结强度小于或等于 0.05MPa 的构件；
- 4 钢板墙和腹板高度超过 1.5m 的钢梁。

[13.6.6] 防火涂料施工可采用喷涂、抹涂或滚涂等方法。

[13.6.7] 防火涂料涂装施工应分层施工，应在上层涂层干燥或固化后，再进行下道涂层施工。

[13.6.8] 厚涂型防火涂料有下列情况之一时，应重新喷涂或补涂：

- 1 涂层干燥固化不良，粘结不牢或粉化、脱落；
- 2 钢结构接头和转角处的涂层有明显凹陷；
- 3 涂层厚度小于设计规定厚度的 85%；
- 4 涂层厚度未达到设计规定厚度，且涂层连续长度超过 1m。

[13.6.9] 薄涂型防火涂料面层涂装施工应符合下列规定：

- 1 面层应在底层涂装干燥后开始涂装；
- 2 面层涂装应颜色均匀、一致，接槎应平整。

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001：

[14.3.1] 防火涂料涂装前钢材表面除锈及防锈底漆涂装应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

检查方法：表面除锈用铲刀检查和用现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 规定的图片对照观察检查。底漆涂装用干漆膜测厚仪检查，每个构件检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干漆膜厚度的平均值。

[14.3.3] 薄涂型防火涂料的涂层厚度应符合有关耐火极限的设计要求。厚涂型防火涂料涂层的厚度，80% 及以上面积应符合有关耐火极限的设计要求，且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

检验方法：用涂层厚度测量仪、测针和钢尺检查。测量方法应符合国家现行标准《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS 24：90 的规定及本规范附录 F。

[14.3.4] 薄涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 0.5mm；厚涂型防火涂料层表面裂纹宽度不应大于 1mm。

检查数量：按两类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

检验方法：观察和用尺检查。

《建筑钢结构防火技术规范》CECS 200：2006：

[10.2.1] 涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求。当产品说明书无要求时，环境温度宜在 5~38℃ 之间，相对湿度不应大于 85%。涂装时构件表面不应有结露；涂料未干前应避免雨淋、水冲等，并应防止机械撞击。

[10.2.2] 在防火涂料施工前，应对下列项目进行检验，并由具有检测资质的试验室出具检验报告后方可进行涂装。

1 对防火涂料的粘结强度进行检验，粘结强度应符合现行协会标准《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS 24 的规定，检验方法应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB14907 的规定。

2 对膨胀型防火涂料应进行涂层膨胀性能检验，最小膨胀率不应小于 5。当涂层厚度不大于 3mm 时，最小膨胀率不应小于 10。膨胀型防火涂料膨胀率的检验方法应符合附录 I 的规定。

[10.2.4] 膨胀型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 0.5mm，且 1m 长度内均不得多于 1 条。当涂层厚度不大于 3mm 时，涂层表面裂纹宽度不应大于 0.1mm。非膨胀型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 1mm，且 1m 长度内不得多于 3 条。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

检验方法：观察和用尺量检查。

[10.2.5] 当防火涂层同时充当防锈涂层时，则还应满足有关防腐、防锈标准的规定。

[10.2.6] 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥砂等污垢。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

[10.2.7] 防火涂料不应有误涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷，乳凸应剔除。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

【要点说明】

- 1 列出了防火涂料施工对基层和施工环境的要求。
- 2 列出了厚涂型防火涂料补强和补涂说明。
- 3 列出了涂层分层施工的操作要求。
- 4 列出了薄涂型防火涂料施工操作要求。
- 5 列出了防火涂料的测量和检查要求。

【措施方法】

1 防火涂料作业时，须检查环境温度、相对湿度和构件表面结露等技术要求是否满足涂料说明书。基层在施工前应清洁和填平。

2 薄涂型防火涂料的底涂层（或主涂层）宜采用重力式喷枪喷涂，局部修补和小面积施工时宜用手工抹涂，面层装饰涂料宜涂刷，喷涂或滚涂。厚涂型防火涂料宜采用压送式喷涂机喷涂，喷涂遍数、涂层厚度应根据施工要求确定，且须在前一遍干燥后喷涂。

3 施工下一道防火涂料前应对上一道涂膜检查合格，并应对上一道涂膜表面进行清理，去除油、水、灰尘、漆雾颗粒等污染物。

4 薄涂型防火涂料操作要求可参考油漆施工。

5 涂装施工中，应经常检测涂层厚度，直到干膜厚度符合设计要求和国家现行标准的规定。超薄型和薄型防火涂料的干膜厚度可使用电磁式测厚仪检测，厚型防火涂料的干膜厚度可使用测厚针检测。

6 防火涂料不应有误涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等缺陷。下列情况应加以修补：

- (1) 涂层干燥固化不良，粘结不牢或粉化、空鼓、脱落。应铲除重涂；
- (2) 钢结构的接头、节点、转角处的涂层有明显凹陷。应铲除重涂；
- (3) 涂层干膜厚度小于设计规定厚度较多时，且厚度偏低的涂层其连续面积的长度较长时，应补涂到合格的干膜厚度。合格的干膜厚度范围以当地消防部门验收处的规定为准。

2.6.7 包装和运输

构件的顺利运输是保证工程按期完工的重要措施之一，因此需根据工程地理位置、构件规格尺寸及重量选择合适的运输方式和运输路线。同时应选择合适的包装方式，防止构件变形，避免涂层损伤。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—2015：

[9.10.7] 钢结构的包装和发运，应按吊装顺序配套进行。

[9.10.8] 钢结构成品发运时，必需与订货单位有严格的交接手续。

【要点说明】

1 包装必须满足国家法律的有关规定和客户的相关要求。客户对包装提出的某些特殊要求，也要根据需求和可能予以满足。

2 包装方式均应根据杆件的形状、外形尺寸和刚度大小等特点，按照公路、铁路或海运的有关规

定执行。

3 按合同规定计划和安装单位确定的吊装先后顺序要求制定运输计划,并根据钢结构的安装顺序分单元成套(批、节、段、区域)运至指定地点。同一安装批次应尽量安排同期、同批运输。

【措施方法】

1 包装设计必须满足强度、刚度及尺寸要求,能保证经受多次搬运和装卸并能安全可靠地抵达目的地;同时,包装设计应当具有一定叠压强度,每个包装上应标注堆码极限。

2 成品包装一般采用框架捆装、裸装或箱装等几种方式:

(1) 框架捆装:断面较小且细而长的钢构件可考虑框架捆装方式。被包装物必须与框架牢固固定,在杆件之间以及杆件与框架之间应设置防护措施。框架设计时,应考虑安全可靠的起吊点和设置产品标志牌的位置。

(2) 裸装:对于外形较大、刚度较大、不易变形的杆件可采用裸装发运。在运输过程中杆件间应设置防护措施,裸装构件应标出中心位置和重量。

(3) 箱装:较小面积(或体积)的拼接板、填板、高强度螺栓等单件或组焊件均可做装箱包装(见图2.35)。拼接板等有栓接面的零部件装箱时,在两层之间加铺橡胶垫,并做好箱内防水保护。装箱前应绘制装箱简图并编制装箱清单。

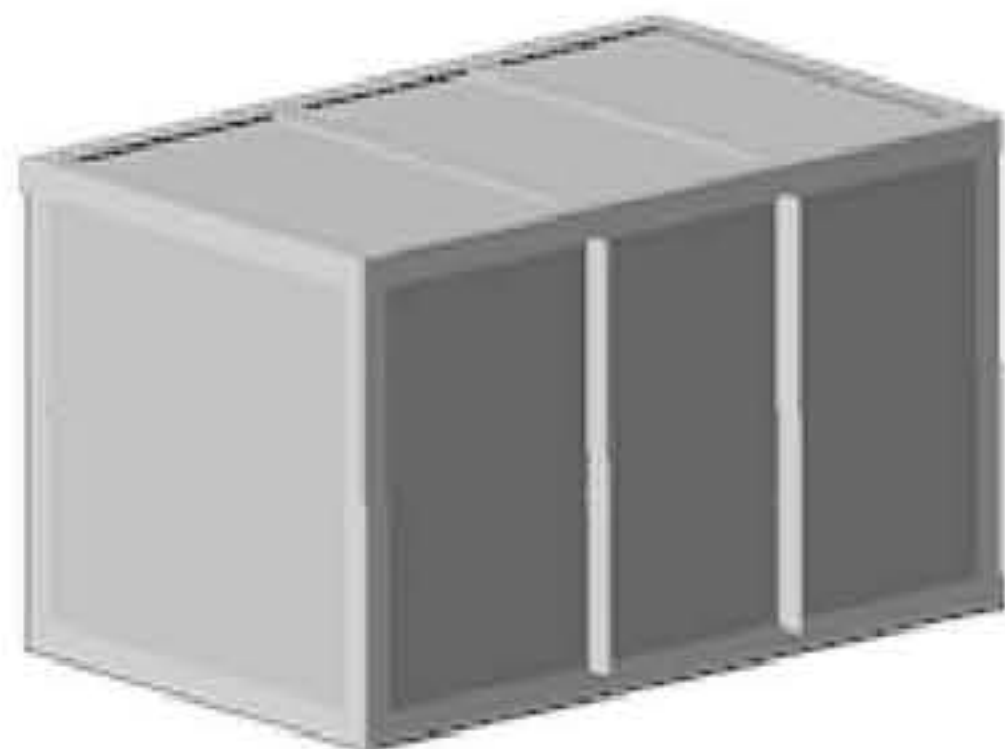


图 2.35 包装箱示意图

3 运输计划按使用时间要求预留提前量,以保证按计划到达指定地点,避免天气、路阻等影响交货时间。

(1) 发运的制成品应经品质保证部门检验合格,符合制成品的出厂要求。

(2) 制成品发运应按目的地(市内、市外、境外)及制成品的装箱情况确定运输工具及形式(铁路、公路、水路)。

(3) 装车时,必须有专人监管。发货清单上必须明确项目名称、构件号、成品件数量以及吨位,以便收货单位核查。

(4) 特殊制成品运输,应事先作好路线踏勘,对沿途路面、桥梁、涵洞作有效避让。

2.7 施 工

2.7.1 基本规定

2.7.1.1 施工方案、施工组织设计

施工组织设计是施工单位全面指导工程实施的技术性文件,施工组织设计的完善程度、准确程度直接影响工程的质量、进度。关于施工组织设计在《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第10.1.1条中均有规定。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[3.0.2] 钢结构工程实施前,应有经施工单位技术负责人审批的施工组织设计、与其配套的专项施工方案等技术文件,并按有关规定报送监理工程师或业主代表;重要钢结构工程的施工技术方案和安全应急预案,应组织专家评审。

【要点说明】

在工程施工前完成钢结构施工组织设计、专项施工方案等技术文件的编制和审批,以规范项目施工技术管理。

【措施方法】

钢结构施工组织设计一般包括编制依据、工程概况、资源配置、进度计划、施工平面布置、主要施工方案、施工质量保证措施、安全保证措施及应急预案、文明施工及环境保护措施、季节施工措施、夜间施工措施等内容,也可以根据工程项目的具体情况对施工组织设计的编制内容进行取舍。

异型、复杂结构施工过程中,结构构件的受力与设计使用状态有较大差异,结构应力会产生复杂的变化,甚至出现应力和变形超限的情况,施工过程模拟分析可以有效地预测施工风险,通过采取必要的安全措施确保施工过程安全。

对于异型、复杂结构等重要钢结构工程施工技术方案和安全应急预案,应广泛征求行业各方意见,以达到方案优化、结构安全的目的,需组织专家进行评审。评审可采取召开专家会、征求专家意见等方式。

2.7.1.2 计量器具

施工计量是保证建筑工程质量的重要手段,而计量器具是影响施工测量的主要因素。关于计量器具在《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012 中第3.0.5条、第3.0.6条和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中均有规定。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[9.1.4] 钢结构制作、安装、验收及土建施工用的量具,应按同一计量标准进行鉴定,并应具有相同的精度等级。

[10.1.7] 安装用的专用机具和工具,应满足施工要求,并定期进行检验,保证合格。

[10.1.10] 安装使用的钢尺,应符合本规程第9.1.4条的要求。土建施工、钢结构制作、钢结构安装应使用同一标准检验的钢尺。

【要点说明】

主要测量工具的校定、正确操作和使用,是确保工程安装质量和精度的关键。

【措施方法】

为保证计量的统一性,同一项目的制作单位、安装单位、土建单位和监理单位必须统一计量标准,测量工具必须是由同一计量部门由同一标准鉴定的。

由于高层民用建筑钢结构工程施工周期较长,随着气温的变化,会使量具产生误差,校定得出的钢卷尺各段尺寸的偏差表,在使用中应随时依照调整,保证尺寸精度。

2.7.2 施工阶段设计

当钢结构工程施工方法或施工顺序对结构的内力和变形产生较大影响,或设计文件有特殊要求时,应进行施工阶段结构分析,并应对施工阶段结构的强度、稳定性和刚度进行验算,其验算结果应满足设计要求。

2.7.2.1 一般规定

施工阶段设计中,各类施工荷载的确定与取值至关重要,确定合理的施工荷载取值是确保各种工况下施工过程安全的前提和基础。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[4.1.2] 进行施工阶段设计时,选用的设计指标应符合设计文件、现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 等的有关规定。

[4.1.3] 施工阶段的结构分析和验算时,荷载应符合下列规定:

1 荷载应包括结构自重、预应力等,其标准值应按实际计算;
2 施工活荷载应包括施工堆载、操作人员和小型工具重量等,其标准值可按实际计算;
3 风荷载可根据工程所在地和实际施工情况,按不小于 10 年一遇风压取值,风荷载的计算应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定执行;当施工期间可能出现大于 10 年一遇风压取值时,应制定应急预案;

4 雪荷载的取值和计算应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定执行;

5 覆冰荷载的取值和计算应按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 的有关规定执行;

6 起重设备和其他设备荷载标准值宜按设备产品说明书取值;

7 温度作用宜按当地气象资料所提供的温差变化计算;结构由日照引起向阳面和背阳面的温差,宜按现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 的有关规定执行;

8 本条第 1~7 款未规定的荷载和作用,可根据工程的具体情况确定。

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[10.1.3] 施工过程验算时应考虑塔吊设置及其他施工活荷载、风荷载等。施工活荷载可按 $0.6\text{kN/m}^2 \sim 1.2\text{kN/m}^2$ 选取,风荷载宜按现行国家标准《建筑荷载设计规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值采用。

《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230:2008:

[9.0.4] 施工阶段设计应分别考虑外框架以及核心筒在风荷载作用下的稳定性和侧向承载力。安装验算时可取重现期为 25 年的标准风荷载值,除构件受风面积外,尚应计入楼板边缘和楼面堆放材料等受风面积产生的风荷载。

2.7.2.2 施工阶段结构分析

对于简单结构可以采用手工计算进行施工阶段结构分析,对于大型、复杂的结构通常要采用 Mldas Gen 或 Sap2000 软件进行施工阶段结构分析。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[4.2.1] 当钢结构工程施工方法或施工顺序对结构的内力和变形产生较大影响,或设计文件有特殊要求时,应进行施工阶段结构分析,并应对施工阶段结构的强度、稳定性和刚度进行验算,其验算结果应满足设计要求。

[4.2.2] 施工阶段分析的荷载效应组合和荷载分项系数取值,应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 等的有关规定。

[4.2.3] 施工阶段分析结构重要性系数不应小于 0.9,重要的临时支承结构其重要性系数不应小于 1.0。

[4.2.4] 施工阶段的荷载作用、结构分析模型和基本假定应与实际施工状况相符合。施工阶段的结构宜按静力学方法进行弹性分析。

[4.2.5] 施工阶段的临时支承结构和措施应按施工状况的荷载作用,对构件进行强度、稳定性和刚度验算,对连接节点应进行强度和稳定验算。当临时支承结构作为设备承载结构时,应进行专项设计;若临时支承结构或措施对结构产生较大影响时,应提交原设计单位确认。

[4.2.6] 临时支承结构的拆除顺序和步骤应通过分析和计算确定,并应编制专项施工方案,必要

时应经专家论证。

[4.2.7] 对吊装状态的钢构件或结构单元,宜进行强度、稳定性和变形验算,动力系数宜取 1.1~1.4。

[4.2.8] 索结构中的索安装和张拉顺序应通过分析和计算确定,并应编制专项施工方案,计算结果应经原设计单位确认。

[4.2.9] 支承移动式吊装设备的地面或楼面,应进行承载力和变形验算。当支承地面处于边坡或临近边坡时,应进行边坡稳定验算。

《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》CECS 230:2008:

[9.0.3] 混合结构施工时,承包单位应对由施工顺序造成的、对结构承载力和稳定性产生影响的 结构状态进行验算,并对施工顺序和注意事项提出要求。在进行施工组织设计后,方可确定最后施工方案。

【要点说明】

对结构安装成形过程进行施工阶段分析主要为保证结构安全,或满足规定功能要求,或将施工阶段分析结果作为其他分析和研究的初始状态。在进行施工阶段的结构分析和验算时,验算应力限值一般在设计文件中规定,结构应力大小要求在设计文件规定的限值范围内,以保证结构安全;当设计文件未提供验算应力限值时,限值大小要求由设计单位和施工单位协商确定。

2.7.2.3 结构预变形

一般情况下钢结构的设计位形只是施工的目标位形,不能作为确定构件加工和安装位形的直接依据。为保证施工的顺利进行以及竣工时结构的位形满足设计要求,施工过程中需对结构设置变形预调值。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[4.3.1] 当在正常使用或施工阶段因自重及其他荷载作用,发生超过设计文件或国家现行有关标准规定的变形限值,或设计文件对主体结构提出预变形要求时,应在施工期间对结构采取预变形。

[4.3.2] 结构预变形计算时,荷载应取标准值,荷载效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定。

[4.3.3] 结构预变形值应结合施工工艺,通过结构分析计算,并应由施工单位与原设计单位共同确定。结构预变形的实施应进行专项工艺设计。

【要点说明】

本条对主体结构需要设置预变形的情况做了规定。预变形可按下列形式进行分类:根据预变形的对象不同,可分为一维预变形、二维预变形和三维预变形,如一般高层建筑或以单向变形为主的结构可采取一维预变形;以平面转动变形为主的结构可采取二维预变形;在三个方向上都有显著变形的结构可采取三维预变形。根据预变形的实现方式不同,可分为制作预变形和安装预变形,前者在工厂加工制作时就进行预变形,后者是在现场安装时进行的结构预变形。根据预变形的预期目标不同,可分为部分预变形和完全预变形,前者根据结构理论分析的变形结果进行部分预变形,后者则是进行全部预变形。

【措施方法】

结构预变形值通过分析计算确定,可采用正装法、倒拆法等方法计算。实际预变形的取值大小一般由施工单位和设计单位共同协商确定。

正装法是对实际结构的施工过程进行正序分析,即跟踪模拟施工过程,分析结构的内力和变形。正装迭代法计算预变形值的基本思路为:设计位形作为安装的初始位形,按照实际施工顺序对结构进行全过程正序跟踪分析,得到施工成形时的变形,把该变形反号叠加到设计位形上,即为初始位形。类似迭

代法,若结构非线性较强,基于该初始位形施工成形的位形将不满足设计要求,需要经过多次正装分析反复设置变形预调值才能得到精确的初始位形和各分步位形。

倒拆法与正装法不同,是对施工过程的逆序分析,主要是分析所拆除的构件对剩结构变形和内力的影响。倒拆迭代法计算预变形值的基本思路为:根据设计位形,计算最后一施工步所安装的构件对剩余结构变形的影响,根据该变形确定最后一施工步构件的安装位形。如此类推,依次倒退分析各施工步的构件对剩余结构变形的影响,从而确定各构件的安装位形。

体型规则高层钢结构框架柱的预变形值(仅预留弹性压缩量)可根据工程完工后的钢柱轴向应力计算确定。体型规则高层钢结构每楼层柱段弹性压缩变形 DH ,按《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012 第 4.3.3 条进行计算:

$$DH = Hs / E$$

式中: DH —每楼层柱段压缩变形;

H —为该楼层层高;

s —为竖向轴力标准值的应力;

E —为弹性模量。

本条规定的专项工艺设计是指在加工和安装阶段为了达到预变形的目的,编制施工详图、制作工艺和安装方案时所采取的一系列技术措施,如对节点的调整、构件的长度和角度调整、安装坐标定位预设等。结构预变形控制值可根据施工期间的变形监测结果进行修正。

2.7.3 焊接工程

目前钢结构现场施工中仍然有大量的焊接工作,焊缝质量易受材料、操作、环境等影响,尤其是现场焊接不能采用自动化作业,全部为人工操作,且多为高空作业,很容易出现各种质量缺陷从而影响施工质量,对结构安全造成不利影响,因此施工过程中必须严格按照各规范、规程的规定执行,以保证施工质量。

2.7.3.1 一般规定

对于焊接人员的要求在《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 10.1.5 条均有规定。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[6.1.2] 钢结构施工单位应具备现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 规定的基本条件和人员资质。

[6.2.1] 焊接技术人员(焊接工程师)应具有相应的资格证书;大型重要的钢结构工程,焊接技术负责人应取得中级及以上技术职称并有五年以上焊接生产或施工实践经验。

[6.2.2] 焊接质量检验人员应接受过焊接专业的技术培训,并应经岗位培训取得相应的质量检验资格证书。

[6.2.3] 焊缝无损检测人员应取得国家专业考核机构颁发的等级证书,并按证书合格项目及权限从事焊缝无损检测工作。

[6.2.4] 焊工应经考试合格并取得资格证书,应在认可的范围内焊接作业,禁止无证上岗。

【要点说明】

以上对从事钢结构焊接技术和管理的焊接技术人员、对直接从事焊接的焊工、对从事焊接质量检验、无损检测的人员进行了规定。

2.7.3.2 焊接作业条件

现场焊接作业与工厂内焊接的最大区别就是现场焊接受气候条件影响大。当现场焊接处于不利气候条件中时,应符合《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012 和《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 中第 10.8.2 条~第 10.8.4 条、第 10.8.14 条的规定。

【规范条文】

《钢结构工程施工规范》GB 50755-2012:

[6.3.3] 焊接时,作业区环境温度、相对湿度和风速等应符合下列规定,当超出本条规定且必须进行焊接时,应编制专项方案:

1 作业环境温度不应低于 -10°C ;

2 焊接作业区的相对湿度不应大于 90%;

3 当手工电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊时,焊接作业区最大风速不应超过 8m/s ;当气体保护电弧焊时,焊接作业区最大风速不应超过 2m/s 。

[6.3.4] 现场高空焊接作业应搭设稳固的操作平台和防护棚。

[6.3.5] 焊接前,应采用钢丝刷、砂轮等工具清除待焊处表面的氧化皮、铁锈、油污等杂物,焊接坡口宜按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定进行检查。

[6.3.6] 焊接作业应按工艺评定的焊接工艺参数进行。

[6.3.7] 当焊接作业环境温度低于 0°C 但不低于 -10°C 时,应采取加热或防护措施,应将焊接接头和焊接表面各方向大于或等于钢板厚度的 2 倍且不小于 100mm 范围内得母材,加热到规定的最低预热温度且不低于 20°C 后再施焊。

【要点说明】

在低温、刮风、雨天、潮湿的气候条件下,且没有防护措施下进行钢构件焊接作业对钢构件的焊接质量会产生重大影响。如在低温下焊接,会使钢材脆化,也会使焊缝和母材热影响区的冷却速度加快,易于产生淬硬组织,脆性增大,这对于含碳量较高的低合金钢的焊接危害性很大。刮风天焊接时,电弧不易稳定,特别是对 CO_2 气体保护焊焊接质量影响很大,因刮大风会破坏 CO_2 气流对弧柱区及熔池的隔离作用,而使空气中的氮侵入造成焊缝产生大量气孔,降低了焊缝质量。雨天、下雪天、潮湿环境中焊接,空气中含有较多水分,电弧高温会使水分热分解产生氢气,氢会导致焊接产生延迟裂纹,使构件连接存在隐患。

【措施方法】

1 在低温环境中焊接,大气温度低于 0°C 时,应将焊接部位各方向 2 倍的厚度,且不小于 100mm 范围内的母材预热到 20°C 以上方可施焊,并在焊接全过程保持这一温度。具体的预热温度和方法根据构件焊接节点类型、构造、板厚、拘束度、钢材的碳当量、强度级别、冲击韧度等级、施焊方法、焊接材料熔敷金属扩散氢含量等级等确定。在构件焊接完后还应采取适当可靠的保温、缓冷措施,如覆盖石棉布,防止急冷出现淬硬组织。此外,还应考虑焊工的保暖,以免低温影响其操作技能的正常发挥。

2 刮风天气,焊接作业区风速:焊条电弧焊超过 8m/s ,气体保护及自动保护焊超过 2m/s 时,应在作业区设置挡风装置或采取其他防风措施。

3 雨雪天、潮湿环境中焊接,作业区的相对湿度不得大于 90%。雨雪天气焊接应设防雨、雪棚,并应有相应的去湿措施;焊件表面潮湿时,应采用电加热器、火焰加热器等加热去湿措施。

2.7.3.3 现场焊接顺序

对于多高层钢结构,由于结构复杂,构件种类多,安装时为防止结构产生过大的变形而造成安全隐患,应严格按照焊接顺序进行焊接。

【规范条文】

《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015:

[10.5.5] 构件接头的现场焊接应按下列程序进行:

1 完成安装流水段内主要构件的安装、校正、固定(包括预留焊接收缩量);

2 确定构件接头的焊接顺序;

3 绘制构件焊接顺序图;