



“十四五”职业教育国家规划教材

ZHUANGPEISHI
HUNNINGTU
JIANZHU SHIGONG JISHU

装配式 混凝土建筑 施工技术

(第4版)

长沙远大教育科技有限公司 编 著
湖南城建职业技术学院

主 编 肖 在 徐运明 万巨波
副主编 欧阳文利 朱换良 胡婷婷
王雅明 林丽萍 邹品增



中南大学出版社
www.csupress.com.cn
·长 沙·

内容简介

本书共分为九个模块，包括装配式混凝土建筑基本认识，预制构件运输、进场验收与存放，预制构件吊装施工，预制构件连接，模板工程，防护工程，防水工程，质量验收，项目案例等内容。

本书内容具有原创性、先进性、指导性、实用性、规范性。全书内容与工程实际紧密结合，通俗易懂。为突出实用性，本书减少了文字描述篇幅，尽量配以插图说明。全书参考国家颁布的最新规范与标准编写。

本书可作为高等职业院校装配式建筑工程技术、建筑工程技术、工程造价、建设工程管理及相关专业的教学用书，也可供从事装配式建筑施工及管理的技术人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

装配式混凝土建筑施工技术 / 长沙远大教育科技有限公司, 湖南城建职业技术学院 编著. —4 版. —长沙: 中南大学出版社, 2024. 7

ISBN 978-7-5487-5820-4

I. ①装… II. ①长… ②湖… III. ①装配式混凝土结构—混凝土施工—高等职业教育—教材 IV. ①TU755

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 081474 号

装配式混凝土建筑施工技术

长沙远大教育科技有限公司 编著
湖南城建职业技术学院

肖在 徐运明 万巨波 主编

□出版人 林绵优

□策划编辑 谭平

□责任编辑 谭平

□责任印制 唐曦

□出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-88876770

传真: 0731-88710482

□印装 长沙雅鑫印务有限公司

□开本 787 mm×1092 mm 1/16 □印张 17.75 □字数 454 千字

□版次 2024 年 7 月第 4 版 □印次 2024 年 7 月第 1 次印刷

□书号 ISBN 978-7-5487-5820-4

□定价 59.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

出版说明



Publication instructions

2016年9月国务院办公厅印发的《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71号)以及2017年3月中华人民共和国住房和城乡建设部印发的《“十三五”装配式建筑行动方案》等文件明确指出,未来10年内,在我国新建建筑中,装配式建筑比例将达到30%。由此,我国每年将建造几亿平方米的装配式建筑,这个规模和发展速度在世界建筑产业化进程中也是前所未有的,我国建筑业面临巨大的转型和产业升级压力。据统计,我国建筑产业化专业人才缺口已近100万人,人才匮乏成为制约建筑产业化发展的瓶颈。着力于发展低碳环保、适用经济的混凝土结构、钢结构等装配式建筑,反映了我国建筑建造市场的重大变革,同时标准化、数字化、智能化、模数化的建筑技术更强调专业技能人才队伍的创新建设。而教育必须服务社会经济发展,服从当前经济结构转型升级需求,土建类专业要想实现装配式建筑标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用的要求,全面提升建筑品质,达到建筑业节能减排和可持续发展的目标,人才培养是其中一项最为关键的、艰苦而又迫切的任务。

基于对我国建筑业经济结构转型升级、供给侧改革和行业发展趋势的认识,以及针对高职建筑工程技术专业人才培养方案改革及教育教学规律的把握,2018年4月17日,湖南省职业教育与成人教育学会高职土木建筑类专业委员会、长沙远大住宅工业集团股份有限公司(以下简称远大住工)、湖南城建职业技术学院、中南大学出版社有限责任公司战略合作签约仪式暨“湖南装配式建筑产教联盟”揭牌成立大会在远大住工成功举行,由四方作为联合发起单位,共同挂牌成立了“湖南装配式建筑产教联盟”,以此建立稳定长效的校企合作机制,共建基于行业标准的人才培养模式,包括专业共建、师资培养、教材共建、课程共建、科研合作、基地建设、资格认证、就业推荐等,为行业和社会培养、输送装配式建筑专业人才,缓解

供需矛盾,推动中国建筑产业走向绿色“智造”。

教材是实现教育目的的主要载体,目前契合装配式建筑技术的图书、师资、课程、教材等都相对空白,市场极缺可供借鉴的书籍,为此,由“湖南装配式建筑产教联盟”牵头成立了“装配式建筑‘十三五’规划‘互联网+’系列教材”编审委员会,编审委员会由全国土木建筑类专业委员会专家,中国建筑学会工业化建筑学术委员会专家,高等学校土木工程专业教授、博士生导师、专业带头人,湖南省装配式建筑专家委员会技术专家,湖南省职业教育与成人教育学会高职土木建筑类专业委员会专家,远大住工行业专家、技术骨干等组成。通过推荐、遴选等方式,编审委员会聘请了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的骨干教师及一线装配式建筑设计、制造、施工、监理技术骨干组成编写队伍,共享资源,共智共赢,共铸精品,形成了装配式建筑图书出版中心,出版一批在全国具有影响力的高质量“互联网+”精品系列图书,包括高校教材、技术图书、在职人员培训教材、职业资格证考试教材等系列图书,建设完整的开放式教学资源库。

本套教材依据学校定位及人才培养目标的要求编写,既具有普通教材的科学性、先进性、严谨性等共性,又体现了建工类教材的综合性、实践性、区域性、时效性、政策性等特色,其具体体现在以下几个方面。

1. 具有原创性、权威性

远大住工是国内很具规模和实力的绿色建筑制造商之一,是首批国家住宅产业化基地,具有丰富的装配式混凝土制品设计研发、生产制造、质量管理的经验,同时拥有一批高素质的专业技术人才。本套教材全面阐述了企业深耕装配式建筑领域 22 年、6 代技术、1000 余个项目的技术成果与成功经验,涵盖了管理、技术手册 100 余册的核心内容,总结了企业多年来的成功培训经验,其核心技术和管理模式为国内首创。本套教材填补了国内空白,具有原创性、权威性。

2. 具有实践性、指导性

本套教材紧贴行业规范标准,对接职业岗位要求。作为高校与企业合作开发的教材,本套教材根据装配式建筑规范和施工、制造、设计等岗位的任职要求编写,理论与实践有机结合,书中所有的生产技术、施工技术及管理经验均来自真实的工程实践,具有很强的实用性和可借鉴性。教材对装配式建筑全产业链企业,包括科研、咨询、设计、生产、施工、装修、管理等单位都具有重要的指导意义,能有效帮助当前的建筑工程技术和管理人员从容应对即将到来的装配式混凝土建筑大潮这一革命性变革。

3. 具有先进性、规范性

本套教材系统地阐述了装配式混凝土建筑从构件生产到建筑产品实现的全过程的新生产工艺、新管理理论、新施工工艺、新验收标准，精准对接装配式建筑最新技术标准。装配式建筑技术的迅猛发展需要成熟的技术标准做支撑。2018年初，国家颁布了一系列装配式建筑的相关技术标准，而目前市场上没有精准对接新标准的相应出版物，本套教材依据最新的技术标准编写，具有先进性、规范性。

4. 新形态立体化出版

本套教材将纸质出版与数字出版有机融合，通过“互联网+”及在线平台增加在线资源，其在线学习平台“远大学堂”是全国首个上线运营的建筑工业现代化教育平台。书中采用AR技术、二维码技术等将现场施工技术、标准生产工艺与流程以及关键技术节点，以生动、灵活、动态、重复、直观的形式呈现，形成丰富的资源库。书中大量的工程实例、施工现场视频、操作动画、工程图片均来自企业真实项目。

本套教材旨在为加快推进我国装配式建筑的规模化发展提供有益的参考和借鉴，更好地指导各地建设主管部门推动装配式建筑发展，创新政策机制和监管模式；帮助装配式建筑全产业链企业，包括科研、咨询、设计、生产、施工、装修等单位，尽快了解并掌握装配式建筑技术及规范，提高装配式建筑的组织效率、生产质量和产品性能，加快推进装配式建筑的产业化与规模化发展。

衷心希望广大读者对本套教材提出宝贵的建议，我们将根据装配式建筑行业发展的趋势与高等教育改革和发展的要求，不断地对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应人才培养的需要，为促进装配式建筑领域人才培养，缓解供需矛盾，满足行业需求，助力中国建筑业全面转型升级、全面走向绿色“智造”贡献绵薄之力。

中南大学出版社

第4版前言



Preface to the fourth edition

为深入贯彻党的二十大精神，围绕建筑业高质量发展总体目标，把“像造汽车一样造房子”的理念贯穿建筑业全产业链，加快向高效益、高质量、低消耗、低排放的建造方式转变，实现建筑业转型升级和持续健康发展，编著者坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，努力提高教材的质量，增强教材的适应性，收集了职业院校教学中对教材反馈的意见，并结合企业需求及装配式建筑发展趋势，对本教材进行了以下几个方面的修订：

1. 坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，立德树人，德技并修，补充了课程思政育人素材；
2. 紧扣国家标准和规范，进一步细化和完善了教材内容，对个别错误之处进行了修订；
3. 将新技术、新工艺、新规范及典型案例纳入教材；
4. 新增 SPCS 空腔墙吊装方案，作为混凝土装配式结构体系，实现传统现浇安全可靠与智能制造效率的结合；
5. 新增装配整体式叠合混凝土结构地下工程防水内容；
6. 新增装配整体式叠合混凝土结构子分部工程验收，完善了分部工程验收相关内容；
7. 新增“装配式建筑施工员职业标准”相关内容；
8. 增加插图，图文并茂，学生更易理解专业内容；
9. 增加装配式混凝土构件制作、运输和吊装施工等视频素材，学生通过扫描二维码可直接观看，让专业知识实景化、形象化。

修订后的教材坚持立德树人，落实课程思政，政治导向正确。坚持职业教育类型定位，体现职教特色，组建了复合型编写队伍，由长沙远大住工集团有限公司、三一筑工科技股份有限公司的技术专家、能工巧匠与湖南城建职业技术学院专业带头人、骨干教师联合编写，

强强合作、优势互补，校企“二元”合作开发。教材编写以国家专业目录、专业教学标准、课程标准等为编写依据，对接行业岗位要求，以真实生产项目、典型工作任务、实践实操案例等为载体组织教学单元，适应“工学结合”的人才培养要求。教材内容上强调“新”和“实”，及时反映技术进步、产业升级对职业岗位的新要求，体现新知识、新技术、新工艺、新规范，实践性强。教材是纸媒与数媒融合的新形态一体化教材。

本次修订由长沙远大教育科技有限公司肖在、湖南城建职业技术学院徐运明和湖南三一工业职业技术学院万巨波担任主编；湖南建筑高级技工学校欧阳文利，长沙远大教育科技有限公司朱换良、王雅明，湖南城建职业技术学院胡婷婷、林丽萍、邹品增担任副主编；湖南城建职业技术学院胡望、邓羿、陈梦琦，湖南三一工业职业技术学院王斌斌，三一筑工科技股份有限公司马云飞、盛珏、王景龙、孙海宾、陈明、王艳蔚、马钊、颜迎胜、许圣洁参与修订工作。

在本书的修订过程中参考了部分国内外教材、著作及网络资源，特别是引用了湖南建设投资集团有限责任公司、长沙远大住宅工业集团股份有限公司、三一筑工科技股份有限公司的项目案例，在此谨向有关专家、原作者及相关单位表示衷心的感谢。

课程资源建设和教学改革是一项系统工程，需要持续更新与完善，恳切希望广大专家、同仁和读者向编者提供宝贵意见和珍贵素材(QQ 邮箱：383184793@qq.com；微信公众号：GZ-hnucxsls)，不胜感激。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编著者

2024 年 7 月

第3版前言



Preface to the third edition

建筑领域是我国能源消耗和碳排放的重要领域，绿色建筑是促进我国实现碳达峰碳中和的重要力量。党的二十大报告提出，要实施全面节约战略，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。装配式建筑能显著提高建筑质量、提高建设效率、提升绿色发展水平，是绿色建筑的重要内容。“火神山医院、雷神山医院”等一批代表性工程，是建筑业转型发展的成果展现，也彰显了中国建造的速度。《“十四五”建筑业发展规划》明确了到2025年装配式建筑占新建建筑的比例达到30%以上的发展目标，并提出在发展混凝土装配式建筑的同时，大力发展钢结构装配式建筑工程，积极推进高品质钢结构住宅建设，鼓励学校、医院等公共建筑优先采用钢结构。

为深入贯彻落实党的二十大精神，坚持立德树人，德技并修，编写团队对本教材进行了修订工作。

主要修订内容包括：

1. 坚持立德树人，贯彻德技并修，充分挖掘课程中的思想政治教育元素，使之在教材中得到体现，做到既传播课程内容底蕴，又浸润其中的思想价值观念。在课程教学中培养学生热爱劳动意识，树立劳动光荣、技能宝贵、创造伟大的观念；培养学生一丝不苟、精益求精的大国工匠精神；注重学生科学思维方法的训练，提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力；培养学生敢于质疑、敢于创新的科学精神，激发学生技能报国、科技报国的家国情怀和使命担当。把爱国主义、四个自信、集体观念、法律意识、职业素养、工匠精神、节能环保等思政元素有机融入教材。在每个模块增加课程思政【导读】案例、【思考】、【职业技能要求】等栏目，体现教材为国育人、为党育人的政治导向。

2. 对本教材个别错误之处进行了修订。

3. 优化教材结构, 根据装配式建筑施工员的岗位工作标准调整了教材部分内容。
4. 将新技术、新工艺、新规范及典型案例纳入教材。
5. 增加“装配式建筑构件制作与安装职业技能等级标准”相关内容。

本书修订工作由徐运明全面负责。胡婷婷、林丽萍、邹品增参与修订工作。

在本书的修订过程中参考了部分国内外教材、著作及网络资源, 特别是引用了湖南建设投资集团有限责任公司、长沙远大住宅工业集团股份有限公司等企业的真实案例, 在此谨向有关专家、原作者及相关单位表示衷心的感谢。

课程资源建设和教学改革是一项系统工程, 需要持续更新与完善, 恳切希望广大专家、同仁和读者向编者(QQ 邮箱: 383184793@qq.com; 微信公众号: GZ-hnucxsls)提供宝贵意见和珍贵素材, 不甚感激。

由于编者水平有限, 书中难免有疏漏之处, 恳请读者批评指正。

编著者

2023 年 5 月

第2版前言



Preface to the second edition

本教材自2019年出版以来,被全国高等院校广泛采用,受到了广大读者的好评。读者一致认为本教材参照最新标准及规范编写,吸收了前沿的施工技术,内容深度和宽度契合高职高专人才培养规格,非常适用于装配式建筑工程技术专业、建筑工程技术专业、工程造价专业及建设工程管理专业的全日制高职高专人才的培养,也适用于装配式建筑施工现场管理人员的继续学习。

通过发挥全国装配式建筑科技创新基地的平台优势,调动在湘国家级装配式建筑产业基地和湖南省装配式建筑产业基地的参与积极性,融合“装配式建筑培训资源开发”课题(主持人,徐运明;课题编号,JGJTK 2019—09)的研究成果,以及结合第一版教学反馈,我们对本教材进行了修订。

主要修订内容包括:

- (1)对本教材个别错误之处进行了修改;
- (2)优化教材结构,根据装配式建筑施工员的岗位工作标准调整了教材部分内容;
- (3)增加了新标准、新规范的相应内容。

本书由肖在、徐运明主编,全面负责修订工作。其中第1章、第2章由徐运明、邹品增修改;第3章由徐运明、王勇龙修改;第4章、第5章由徐运明、尹建国修改;第6章、第7章由徐运明、姜嘉龙修改;第8章由徐运明、张艺修改。

在本书的修订过程中参考了部分国内外教材、著作及网络资源,特别是引用了长沙远大住宅工业集团股份有限公司、湖南建工集团有限公司的实际案例,在此谨向有关专家、原作者及相关单位表示衷心的感谢。

课程资源建设和教学改革是一项系统工程,需要持续更新与完善,恳切希望广大专家、

同仁和读者向编者提供宝贵意见和珍贵素材(QQ 邮箱: 383184793@qq.com; 微信公众号: GZ-hnucxsls), 不胜感激。

由于编者水平有限, 书中难免有疏漏之处, 恳请读者批评指正。

编著者

2021 年 8 月

前言



Preface

装配式建筑是指结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。大力发展装配式建筑是建造方式的重大变革，是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产率和质量安全水平，有利于促进建筑业与信息化工业化深度融合、培育新产业新动能、推动化解过剩产能。《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，要发展新型建造方式，大力推广装配式建筑，力争用 10 年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑的比例达到 30%。全国各省区市也相继出台加大装配式建筑发展的指导意见和相关配套措施，政策红利不断释放。

装配式建筑的发展需要大量技术技能人才支撑。湖南省《湖南省人民政府办公厅关于加快推进装配式建筑发展的实施意见》指出，要加强人才培养，积极探索和建立装配式建筑人才引进培养机制，加强高层次管理人员的培养和储备。目前，装配式建筑设计、施工、生产、安装等各环节都存在人才不足的问题，这是制约行业发展的最大瓶颈。据《三湘都市报》统计，截至 2017 年，湖南省装配式建筑的专业技术人员缺口近 8 万人。2018 年 7 月，《湖南省住房和城乡建设厅关于加强装配式建筑工程设计、生产、施工全过程管控的通知》（湘建科〔2018〕145 号），提出要加强装配式建筑技术人员和作业人员的培训，全省装配式建筑项目各参建单位要加大培训力度，积极参加或组织各类培训，培养自有专业人才队伍；开展装配式建筑工人技能评价，健全岗前培训、岗位技术培训制度，大力提升设计人员、构件生产和装配施工的管理人员的能力和水平；创新教育培训方式，加强企业与相关高校、行业协会合作，联合培养适应我省装配式建筑发展需求的管理、开发、设计、生产和施工队伍。

本书编写团队发挥装配式建筑企业与职业院校的资源优势，参照《装配式混凝土建筑技

术标准》(GB/T 51231—2016)、《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)、《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017),在总结装配式混凝土建筑施工经验的基础上,从概述、常用连接技术及连接节点构造、施工策划、施工技术、质量验收、项目案例等方面详细介绍了装配式混凝土建筑施工技术,为相关专业技术人员提供系统的学习资源,为职业院校装配式建筑教学和装配式建筑企业人才培养提供教材。

本书由长沙远大教育科技有限公司、湖南城建职业技术学院编著,由肖在、徐运明担任主编,由李融峰、王雅明、朱换良、胡婷婷、邹品增、林丽萍担任副主编,参编人员有胡前云、陈湘宁、谢卓、曾中波、李勃、邓可、张艺、王勇龙、尹建国、姜嘉龙。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料,收集了装配式建筑相关企业及行业内专家的最新研究成果,谨向有关专家和原作者致以真诚的感谢。由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

2019年3月

目录



Contents

模块一 装配式混凝土建筑基本认知	1
1.1 装配式建筑的概念	2
1.2 装配式混凝土结构体系	3
1.2.1 装配整体式剪力墙结构体系	4
1.2.2 装配整体式框架结构体系	6
1.2.3 装配式框架-剪力墙结构体系	8
1.2.4 多层全装配式混凝土墙-板结构	10
1.3 装配式混凝土建筑施工特性	11
课后习题	14
模块二 预制构件运输、进场验收与存放	16
2.1 预制构件运输	17
2.1.1 预制构件装车	18
2.1.2 预制构件运输	20
2.2 预制构件进场验收	22
2.2.1 预制构件质量证明文件和出厂标识检查	23
2.2.2 外观质量检查	24
2.2.3 预制构件尺寸偏差	24
2.3 预制构件施工现场存放	26
课后习题	30
模块三 预制构件吊装施工	32
3.1 常用吊装设备及工具	33
3.1.1 常用吊装设备	33
3.1.2 常用吊具	35
3.1.3 吊装施工前的安全注意事项	37

3.2 施工准备	38
3.2.1 施工现场准备	38
3.2.2 施工现场平面布置图	38
3.2.3 材料准备	40
3.2.4 支撑准备	42
3.2.5 施工流程	48
3.3 竖向构件安装	50
3.3.1 预制框架柱吊装施工	51
3.3.2 预制剪力墙安装	52
3.3.3 外墙挂板吊装施工	58
3.3.4 内墙、隔墙安装	63
3.4 水平构件安装	71
3.4.1 叠合梁安装	71
3.4.2 叠合板安装	74
3.4.3 楼梯安装	78
3.4.4 阳台板安装	82
3.5 SPCS 空腔墙吊装方案	85
3.5.1 SPCS 体系介绍	85
3.5.2 工艺原理	87
3.5.3 工艺流程及操作要点	87
课后习题	99
模块四 预制构件连接	101
4.1 常用连接节点构造	102
4.1.1 装配整体式剪力墙结构常用连接节点构造	102
4.1.2 装配整体式叠合空腔剪力墙结构一般规定及常用连接节点构造	106
4.1.3 装配整体式框架结构常用连接节点构造	111
4.1.4 装配式框架-现浇剪力墙结构常用连接节点构造	114
4.1.5 多层装配式混凝土墙-板结构常用连接节点构造	115
4.1.6 叠合楼盖及预制楼梯常用连接节点构造	115
4.2 常用连接技术	119
4.2.1 钢筋套筒灌浆连接技术	119
4.2.2 钢筋浆锚搭接连接技术	121
4.3 灌浆施工	124
4.3.1 钢筋套筒灌浆连接材料	124
4.3.2 灌浆设备及工具	125
4.3.3 灌浆作业	128

课后习题	135
模块五 模板工程	137
5.1 装配式混凝土建筑模板体系	138
5.1.1 铝合金模板体系	138
5.1.2 大模板	139
5.1.3 木模板	140
5.1.4 塑料模板	141
5.1.5 主要技术经济指标分析	141
5.2 装配式混凝土建筑模板连接设计	143
5.2.1 预埋套筒	143
5.2.2 预埋对穿孔	146
5.3 铝合金模板	147
5.3.1 安装要求	147
5.3.2 施工工艺流程	148
5.4 大模板	151
5.4.1 安装要求	151
5.4.2 施工工艺流程	151
课后习题	156
模块六 防护工程	157
6.1 三角防护架	158
6.2 装配式混凝土建筑专用外挂式作业平台	161
6.3 夹具式防护架	166
课后习题	167
模块七 防水工程	168
7.1 外墙拼缝防水	169
7.2 装配整体式叠合混凝土结构地下工程防水	183
7.3 室内拼缝处理	190
7.4 施工工艺流程	193
7.5 集成卫生间安装	196
7.5.1 防水盘安装	198
7.5.2 壁板安装	202
7.5.3 顶板安装	203
7.5.4 卫生间部件安装	203
7.5.5 集成卫生间与外部接口及预留预埋	204

课后习题	208
模块八 质量验收	209
8.1 预制构件结构性能检验	210
8.2 与灌浆套筒相关的预制构件验收	210
8.3 预制构件其他验收	211
8.4 装配式混凝土结构的验收	221
8.5 预制构件修补及报废	224
8.6 常见质量问题及处理	225
课后习题	226
模块九 项目案例	227
9.1 平面布置	227
9.1.1 塔吊	227
9.1.2 施工道路及堆场	230
9.2 安装策划	230
9.2.1 绘制三维模型	230
9.2.2 编制施工流程图	231
9.2.3 绘制测量放线图	232
9.2.4 编制外墙挂板吊装顺序	233
9.2.5 编制叠合梁、内墙板吊装顺序	234
9.2.6 编制隔墙板吊装顺序	235
9.2.7 编制叠合楼板吊装顺序	236
9.2.8 绘制板底支撑平面布置图	237
9.2.9 绘制梁底支撑平面布置图	238
9.3 施工预留预埋	239
9.3.1 编制斜支撑平面布置图	239
9.3.2 绘制模板平面布置图	240
9.3.3 装配式建筑专用外挂式作业平台	241
9.4 BOM 清单及工况图	242
9.4.1 设备清单	242
9.4.2 材料清单	243
9.4.3 人员清单	246
9.4.4 工况图	247
参考文献	266

模块一

装配式混凝土建筑基本认知



【导读】

2020 年春节前后，一场突如其来的新冠肺炎疫情席卷全球，全国上下万众一心打响了疫情防控阻击战。火神山医院建设现场，128 名工人党员组成党员突击队，带领上千名建筑工人上演争分夺秒的“生死时速”。短短十天内，一座可容纳上千张床位的医院拔地而起，这是中国速度的奇迹。

概况：位于武汉蔡甸的火神山医院，是参照 2003 年抗击“非典”期间北京小汤山医院的建设模式，在武汉职工疗养院建设的一座专门医院，其集中收治新冠肺炎患者。医院总建筑面积 3.39 万平方米，编设床位 1000 张，开设重症监护病区、重症病区、普通病区，设置感染控制、检验、特诊、放射诊断等辅助科室，不设门诊。

建设过程：

2020 年 1 月 24 日，武汉火神山医院相关设计方案完成；

2020 年 1 月 29 日，武汉火神山医院建设已进入病房安装攻坚期；

2020 年 2 月 2 日上午，武汉火神山医院正式交付；

2020 年 2 月 4 日，武汉火神山医院开始正式接诊新冠肺炎确诊患者，并于当日 9 时许收治首批患者。

2021 年，中建三局集团有限公司火神山项目机电施工班组凭借快速、精益建造为核心的质量管理模式获第四届中国质量奖提名奖。



【思考】

火神山医院是装配式建筑的典型代表，这一类型的项目在施工过程中有什么特点呢？



【职业技能要求】

1. 能够参与装配式建筑评价。
2. 能够建立协同工作机制，并运用与之相适应的生产、施工全过程管理平台，实现信息共享。



装配式混凝土建筑
施工发展及特点

为了降低建筑能耗、减少建筑业带来的环境问题,政府大力提倡资源节约的新型建造方式,装配式建筑正符合这一要求。从2013年发布《绿色建筑行动方案》开始,国务院以及各省区市就陆续颁布了一系列推动装配式建筑应用的方针政策,如2016年颁布的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》提出10年装配式建筑30%占比的发展目标;2017年确定了第一批装配式建筑示范城市和产业基地;2018年已有30多个省区市颁布了装配式建筑发展规划和配套措施,鼓励、引导装配式建筑建设;2019年,北京、天津、上海、南京、深圳、长沙、西安等城市明确了一批必须100%实施装配式建筑的项目。国家一系列政策的颁布,给装配式建筑带来充分的发展空间和机会,推广装配式建筑势在必行。

自2016年国务院办公厅印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》以来,以装配式建筑为代表的新型建筑工业化快速推进,建造水平和建筑品质明显提高。2019年全国新开工装配式建筑面积达4.2亿平方米,较上年增长45%,2016—2019年年均增长率为55%。这些年通过发展以装配式建筑为代表的新型建筑工业化带动和催生了一批新企业,形成了新的产业集群,仅全国新建的预制构件厂就超过3000家。一些装配式建筑项目还获评“鲁班奖”,取得了很好的示范效果。

按照党中央、国务院的总体部署,住房和城乡建设部稳步推进装配式建筑发展,指导各地出台相关政策措施,相继编制了《装配式混凝土建筑技术标准》《装配式钢结构建筑技术标准》《装配式木结构建筑技术标准》和《装配式建筑评价标准》等标准规范,装配式建筑技术体系日益成熟。2021年是“十四五”开局之年,如何在“十三五”已经取得的一系列成绩基础上,以住房和城乡建设部等9部门联合印发的《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》为指引,全过程、全要素、全系统地推进和发展新型建筑工业化,尽早实现以工业化制造取代传统建造,以装配化作业取代手工砌筑作业等,是当下建筑产业界普遍关注和重点思考的问题。

1.1 装配式建筑的概念

装配式建筑是用预制部品部件在工地装配而成的建筑,装配式建筑的结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成。

按结构主材来看,装配式混凝土结构、钢结构、木结构都可以称为装配式建筑,是工业化建筑的重要组成部分。

广义的装配式建筑,包括成品住宅在内的装修一体化建筑;狭义的装配式建筑,仅指装配式主体结构,其中又具体指混凝土结构、装配式结构、预制构件。

依据《装配式建筑评价标准》(GB/T 51129—2017),装配式建筑应同时满足下列要求:

- (1)主体结构部分的评价分值不低于20分。
- (2)围护墙和内隔墙部分的评价分值不低于10分。
- (3)采用全装修。
- (4)装配率不低于50%。

其中装配率应根据表1-1,装配式建筑评分表中评价项分值按下式计算:

$$P = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{100 - Q_4} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中：P——装配率；

Q_1 ——主体结构指标实际得分值；

Q_2 ——围护墙和内隔墙指标实际得分值；

Q_3 ——装修和设备管线指标实际得分值；

Q_4 ——评价项目中缺少的评价项分值总和。

表 1-1 装配式建筑评分表

评价项	评价要求	评价分值	最低分值
主体结构 (50 分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	$35\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	20~30 *
	梁、板、楼梯、阳台、空调板等构件	$70\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	10~20 *
围护墙和 内隔墙 (20 分)	非承重围护墙非砌筑	比例 $\geq 80\%$	5
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5 *
	内隔墙非砌筑	比例 $\geq 50\%$	5
	内隔墙与管线、装修一体化	$50\% \leq \text{比例} \leq 80\%$	2~5
装修和 设备管线 (30 分)	全装修	—	6
	干式工法楼面、地面	比例 $\geq 70\%$	6
	集成厨房	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6 *
	集成卫生间	$70\% \leq \text{比例} \leq 90\%$	3~6 *
	管线分离	$50\% \leq \text{比例} \leq 70\%$	4~6 *

注：表中带“*”项的分值采用内插法计算，计算结果取小数点后1位。

装配式建筑评价等级划分为 A 级、AA 级、AAA 级，装配率 60%~75%、76%~90%、 $\geq 91\%$ 分别对应装配式建筑等级 A 级、AA 级、AAA 级。

要加快发展方式绿色转型，实施全面节约战略，发展绿色低碳产业。是落实党的二十大精神，实现中国式现代化的“国之大者”。装配式建筑具有工业化水平高、便于冬期施工、减少施工现场湿作业量、减少材料消耗、减少工地扬尘和建筑垃圾等优点，有利于实现提高建筑质量和生产效率、降低成本、节能减排和保护环境的目。发展装配式建筑是建筑行业意义深远的重大变革，而技术体系和标准规范是引领这场变革的重要技术支撑。本书结合现行规范、标准图集和施工案例重点介绍目前常用的装配式混凝土建筑的结构体系和施工技术。

1.2 装配式混凝土结构体系

装配式混凝土结构是指由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构，包括装配整体式混凝土结构、全装配混凝土结构等。在建筑工程中，简称装配式建筑；在结构工程中，简称装配式结构。



装配式混凝土
结构体系简介

装配式结构可以包括多种类型。当主要受力预制构件之间通过后浇混凝土和钢筋套筒灌浆连接等技术进行连接时,足以保证装配式结构的整体性能,使其结构性能与现浇混凝土基本等同,即等同现浇,此时称其为装配整体式结构。

当主要受力预制构件之间通过干式节点进行连接时,此时结构的总体刚度与现浇混凝土结构相比,会有所降低,此类结构不属于装配整体式结构。

装配整体式混凝土结构是指由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。主要包含的结构类型有装配整体式剪力墙结构、装配整体式框架结构、装配整体式框架-现浇剪力墙结构等。

全装配混凝土结构主要应用于多层建筑,主要指多层装配式墙-板结构,这种结构的特点是全部墙、板采用预制构件,通过可靠的连接方式进行连接,采用干式工法施工。干式连接暂未有成熟的技术规范。

根据预制混凝土构件在装配式混凝土建筑中的使用部位不同又可以分为三种类型:①竖向承重结构构件采用现浇结构,外围护墙、内隔墙、楼板、楼梯等采用预制混凝土构件;②部分竖向承重构件以及外围护墙、内隔墙、楼板、楼梯等采用预制构件;③竖向承重结构、水平构件和非结构构件均采用预制构件。上述三种装配式混凝土结构的预制率由低到高。目前三种类型均有运用,其中第一种类型与现浇混凝土结构最为接近。

由于预制构件之间的接缝数量多且构造较复杂,接缝的构造措施及施工质量对结构整体的抗震性能影响较大,使装配整体式混凝土结构抗震性能很难完全等同现浇结构。近年来,我国对装配整体式混凝土结构已进行了大量的研究工作,但工程实践的数量还偏少,因此现行《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)对装配整体式混凝土结构采取从严要求的规定。如适当降低其最大适用高度(见表 1-2)、限制其最大高宽比等。

表 1-2 装配整体式结构房屋的最大适用高度

单位: m

结构类型	非抗震设计	抗震设防烈度			
		6 度	7 度	8 度(0.20g)	8 度(0.30g)
装配整体式框架结构	70	60	50	40	30
装配整体式框架-现浇剪力墙结构	150	130	120	100	80
装配整体式剪力墙结构	140(130)	130(120)	110(100)	90(80)	70(60)
装配整体式部分框支剪力墙结构	120(110)	110(100)	90(80)	70(60)	40(30)

注:房屋高度指室外地面到主要屋面的高度,不包括局部突出屋顶的部分。

1.2.1 装配整体式剪力墙结构体系

装配整体式混凝土剪力墙结构是指除底部加强区以外,根据结构抗震等级的不同,其竖向承重构件全部或部分采用预制墙板构件构成的装配式混凝土结构,简称装配整体式剪力墙结构。如图 1-1 所示,装配整体式剪力墙结构基本组成构件为墙、梁、板、楼梯等,一般情况下,楼板采用叠合楼板,墙为预制墙体,墙端部的暗柱及梁墙节点采用现浇。装



装配式剪力墙结构施工动漫

配整体式剪力墙结构主要适用于高层建筑。

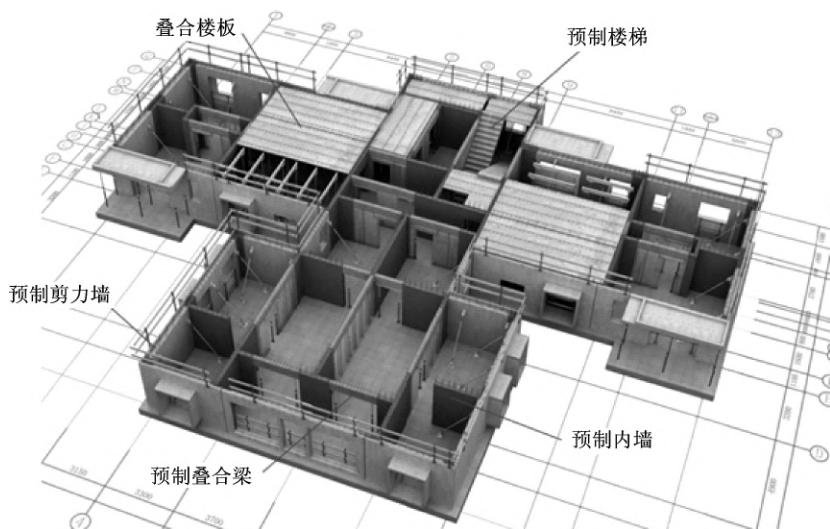


图 1-1 装配整体式剪力墙结构体系图

装配整体式剪力墙结构体系中，关键技术在于剪力墙构件之间的接缝连接形式。目前，预制墙体竖向接缝基本采用后浇混凝土区段连接，墙板水平钢筋在后浇段内锚固或者搭接，预制剪力墙竖向钢筋采用套筒灌浆、浆锚搭接等可靠的连接方式进行连接。

现场施工时，由于这种结构预制构件标准化程度较高，预制墙体构件、楼板构件均为平面构件，生产、运输效率较高；竖向连接方式采用套筒灌浆、浆锚搭接等连接技术，构件安装时，要求安装精度达毫米级，安装精度要求高；水平连接节点部位为后浇混凝土，预制剪力墙 T 形、十字形连接节点钢筋密度大，施工操作难度大。图 1-2 为采用装配整体式剪力墙结构体系的杭州·三墩北经济适用房项目。



图 1-2 杭州·三墩北经济适用房项目效果图

此外,剪力墙结构中应用较为普遍的还有装配式内浇外挂体系。该体系竖向承重结构均采用现浇,即剪力墙和框架柱采用全现浇;水平承重构件的楼板、梁和阳台采用预制和现浇叠合的方式,楼梯的梯段和空调板采用全预制;非承重构件的外围护墙采用预制钢筋混凝土外墙挂板,内墙为预制钢筋混凝土内墙板或轻质条板隔墙。外墙挂板伸筋入梁,形成了四周围护的空间;一般外墙挂板自带保温,既能达到四周围合的保温效果,也能起到作为现浇竖向承重结构的外模板的作用。装配式建筑“内浇外挂”体系有利于结构整体性与外墙施工便利性,可等同现浇,施工效率高,经济性较好,在成本与环保之间取得了较好的平衡点,适用于高层、超高层建筑。图 1-3 为采用该体系的长沙尖山印象公租房项目效果图。



图 1-3 长沙尖山印象公租房项目效果图

1.2.2 装配整体式框架结构体系

装配整体式混凝土框架结构体系是指全部或部分框架梁、柱采用预制构件,采用可靠的方式进行连接,形成整体的装配式混凝土结构。其最大适用高度低于剪力墙结构及框架-剪力墙结构。如图 1-4 所示,装配整体式框架结构体系平面布置灵活,施工方便。因此在厂房、仓库、商场、停车场、办公楼、教学楼、医务楼、商务楼等建筑中广泛应用。图 1-5 为装配整体式框架结构施工现场。

国内外的研究成果表明,装配整体式框架结构,采用可靠的节点连接方式和合理的构造措施后,其性能等同于现浇混凝土框架结构。

装配整体式框架结构根据构件形式及连接方式,大致可分为两种:

(1) 框架柱预制,梁、楼板、楼梯等采用预制叠合构件或预制构件。

当采用预制柱与叠合梁组成框架时,预制柱的纵向连接应符合下列规定:①当房屋高度

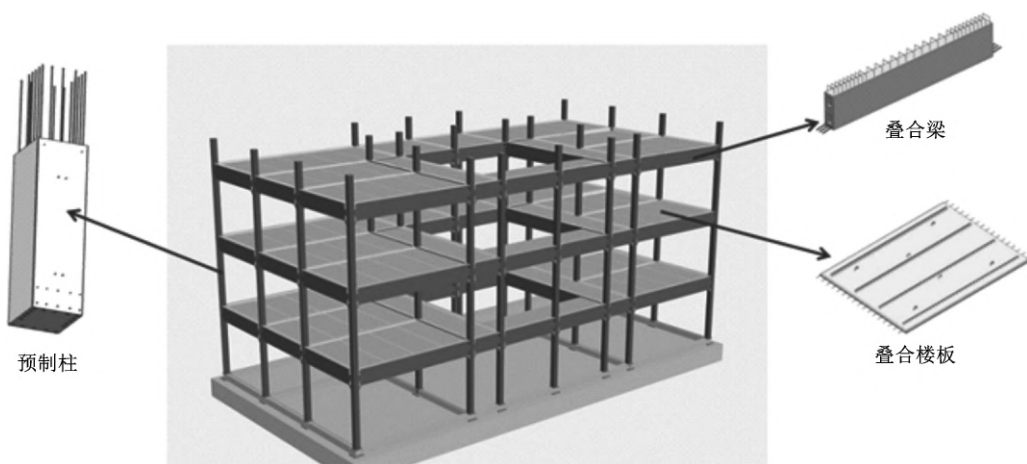


图 1-4 装配整体式框架结构体系图



图 1-5 装配整体式框架结构施工现场

不大于 12 m 或层数不超过 3 层时,可采用套筒灌浆、浆锚搭接、焊接等连接方式;②当房屋高度大于 12 m 或层数超过 3 层时,宜采用套筒灌浆连接。

梁钢筋在节点中的锚固及连接方式是决定施工可行性及节点受力性能的关键。梁、柱构件尽量采用较粗直径、较大间距的钢筋布置方式,节点区的主梁钢筋较少,有利于节点的装配施工,保证施工质量。设计过程中,应充分考虑到施工装配的可行性,合理确定梁、柱截面尺寸,钢筋的数量、间距及位置等。同时应注意合理安排节点区箍筋、预制梁、梁上部钢筋的安装顺序,控制节点区箍筋的间距满足要求。

中国建筑科学研究院完成的低周反复荷载试验研究表明,在保证构造措施与施工质量的同时,该形式节点均具有良好的抗震性能,与现浇节点基本相同。

(2) 框架柱现浇,梁、楼板、楼梯等采用预制叠合构件或预制构件。

当采用现浇柱与叠合梁组成框架时,节点做法与预制柱、叠合梁的节点做法类似,节点

区混凝土应与梁板后浇混凝土同时现浇,柱内受力钢筋的连接方式与常规的现浇混凝土相同。柱的钢筋布置灵活,对加工精度及施工要求略低。

同济大学等单位完成的低周反复荷载试验研究表明,该形式节点均有良好的抗震性能,与现浇节点基本等同。

现场施工时,预制构件标准化程度高,构件种类较少,各类构件重量差异较小,起重机械性能利用充分,技术经济合理性较高;建筑物拼装节点标准化程度高,有利于提高工效;钢筋连接及锚固可全部采用统一形式,具有机械化施工程度高、质量可靠、结构安全、现场环保等特点。但装配式框架结构梁柱节点尤其是有多根梁相交时,钢筋密度大,要求加工精度高,操作难度较大。图 1-6 为采用装配整体式框架结构体系的上海宝业中心。



图 1-6 上海宝业中心

1.2.3 装配式框架-剪力墙结构体系

装配式框架-剪力墙结构是我国目前广泛应用的一种结构体系,在《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中明确规定,考虑目前的基础研究,建议剪力墙采用现浇结构,以保证结构整体的抗震性能。因此,现阶段这种结构主要是以装配整体式框架-现浇剪力墙结构(简称装配式框架-现浇剪力墙结构)为主(图 1-7)。

如图 1-8 所示,装配式框架-现浇剪力墙结构体系中,框架柱采用全部或部分预制,剪力墙全部采用现浇。一般情况下,楼盖采用叠合板,梁采用预制,柱可以预制也可以现浇,剪力墙为现浇墙体,梁柱节点采用现浇。预制构件一般有墙(非剪力墙)、柱、梁、板、楼梯等。结构性能与现浇框架等同,整体结构使用高度与现浇的框架-剪力墙结构高度相同。装配式框架-现浇剪力墙结构既有框架结构布置灵活、使用方便的特点,又有较大的刚度和较强的抗震能力,因此可广泛地用于高层建筑中。



装配式框架-剪力墙
结构施工动漫

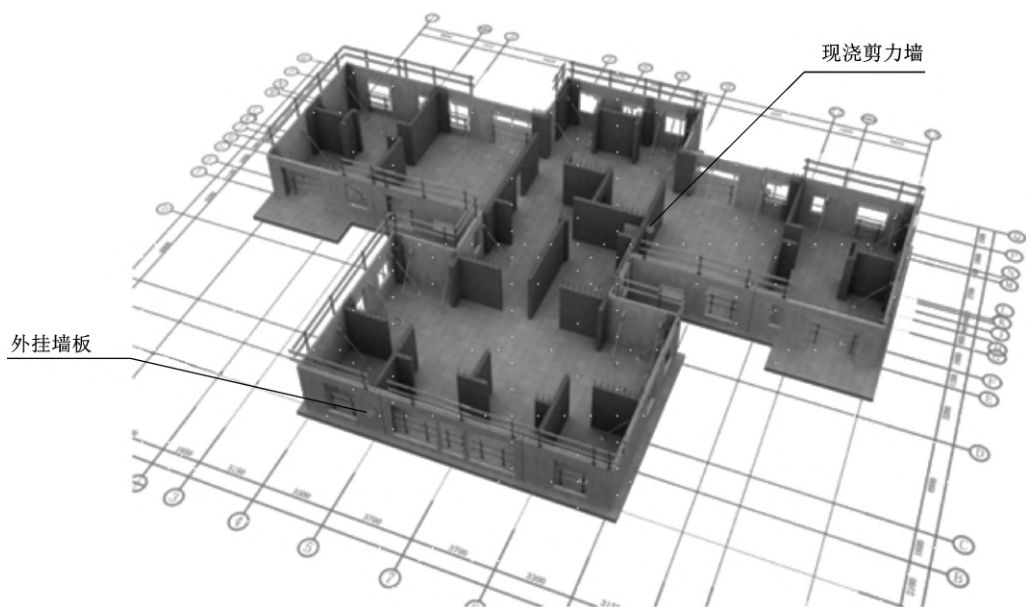


图 1-7 预制框架-现浇剪力墙结构体系图



图 1-8 装配整体式框架-现浇剪力墙结构施工现场

当装配式框架-现浇剪力墙结构中框架柱也采用现浇时，即所有竖向受力构件现浇、水平构件叠合，这种结构完全可参考传统现浇混凝土结构的相关标准和规范。由于结构的可靠性及可施工性，这种结构被大规模地应用。这种体系的优点在于未改变传统混凝土建筑的结构，能适用现浇混凝土结构的相关规范，抗震性能好，预制构件标准化程度较高，以预制梁、叠合楼板、预制楼梯为平面构件的生产、运输效率较高等。但由于现场同时存在预制和现浇两种作业方式，施工组织和管理较为复杂。图 1-9 为采用装配式框架-现浇剪力墙结构的长沙西雅韵项目。



图 1-9 长沙西雅韵项目

1.2.4 多层全装配式混凝土墙-板结构

多层全装配式混凝土墙-板结构,是指全部的墙、板均采用预制构件,通过可靠的连接方式进行连接的结构体系。如图 1-10 所示,这种结构中预制混凝土墙板作为竖向承重及抗侧力构件,预制混凝土楼板作为楼盖,施工现场采用干式工法施工。

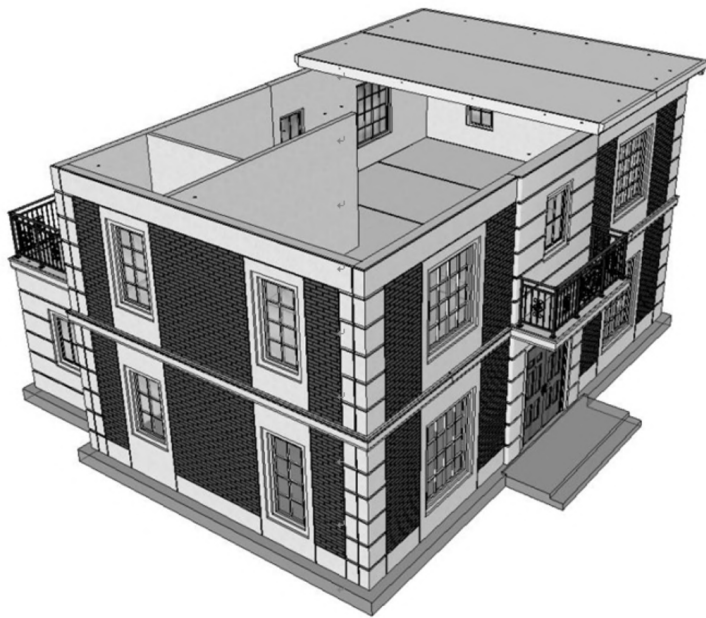


图 1-10 多层全装配式混凝土墙-板结构体系图

多层全装配式混凝土墙-板结构的连接方式以盒式连接应用最多。盒式连接是通过预埋在墙板内伸出的预留螺纹钢筋或螺栓套筒与相邻墙板的预埋连接盒子螺栓连接后，再在连接盒子内填充混凝土，主要用于多层建筑。图 1-11 为采用多层装配式混凝土墙-板结构的长沙远大学院办公楼项目。



图 1-11 长沙远大学院办公楼

1.3 装配式混凝土建筑施工特性

20 世纪 80 年代，为了快速解决人民对住房的刚性需求，装配式大板建筑开始出现并快速发展。但到了 20 世纪 90 年代初，装配式大板建筑“突然消亡”。究其原因主要有：一是市场要求户型多样化、装饰个性化，装配式大板结构体系未能解决设计标准化与多样化的矛盾，造成工厂生产难度增加，成本增加；二是装配式大板结构体系未能很好地解决防水问题，在建成 15 年左右出现了大量渗漏现象；三是现浇混凝土建造技术（如大模板技术）发展较快，农民工进城，人工成本低廉，加速了大板结构体系的消亡；四是未能及时运用新的技术、工艺及材料。

“绿水青山就是金山银山”，随着我国人口红利的减少和对生态环境的重视，建筑行业必须走节约资源能源、减少环境污染的工业化道路，推动能源清洁低碳高效利用，实现建筑、交通等领域清洁低碳转型。采用装配式建筑是主要的手段之一。

装配式建筑与过去的装配式大板建筑有本质的区别。目前，装配式建筑的制造与施工技术，已克服抗震、渗漏、开裂等技术问题，装配式建造和传统现浇方式建造的成本差异逐步缩小。同时，通过标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用，能有效提高工程质量和安全生产水平、提高效率和缩短工期，降低资源能源消耗、减少建筑垃圾和扬尘噪声污染。

1. 标准化设计，协同作业程度高

只有采用标准化设计，装配式混凝土建筑的预制构件才能规模化生产与采购，从而带来经济效益。同时，预制构件的工厂化生产有一个重要前提就是设计必须精细化、协同化。如果设计不精细，构件制作好了才发现问题，就会给施工带来很大的损失。装配式建筑的建造

模式倒逼设计深入、细化、协同,由此会提高设计质量和建筑品质。

另外,装配式建筑通过标准化设计利于实行建筑、结构、装饰的集成化、一体化,会大量减少质量隐患。如装配式混凝土建筑外墙保温可采用夹心保温方式,即“三明治板”,保温层外有超过 50 mm 厚的钢筋混凝土外叶板,比常规的铺网刮薄浆料粘贴保温板的工艺安全性、可靠性大大提高,保温层不会脱落,防火性能得到保证。最近几年,相继有高层建筑外墙保温层大面积脱落和火灾事故发生,主要原因是保温层粘接不牢,刮浆保护层太薄。三明治板解决了这两个问题。

装配式建筑建设过程中,施工单位不是最后参与进来的,在预制构件的深化设计阶段,施工单位就应根据实际情况对构件图纸进行深化设计,以满足后期施工需求。预制装配式结构建筑的设计流程:(1)完成建筑方案设计(必要的话精装修设计也要前置)。(2)按现浇结构体系完成相关结构计算(局部有考虑到装配式的参数调整)及初步施工图设计。(3)完成预制件的深化设计(构件加工图、连接节点图、预留预埋加工图、安装平面布置图、保温连接件的设计等)。(4)完成整套施工图。

预制深化设计要求:(1)预制构件制作详图应综合设计各专业和生产、施工的预留埋设要求绘制。当发现详图中有冲突时,应及时指出需要改进之处,以便设计方能及时修改。(2)核查预制构件详图,确保满足规范要求,符合安装需求。施工方应了解装配式相关标准、规范,在深化设计时检查预制构件制作详图的内容和深度等要素是否满足预制构件制作、工程量统计的需求和安装施工要求。

2. 工厂化生产,生产效率高

装配式混凝土建筑是一种集约生产方式,构件制作可以实现机械化、自动化和智能化,大幅度提高了生产效率。欧洲生产叠合楼板的专业工厂,年产 120 万平方米楼板,生产线上只有 6 名工人。而以手工作业方式生产这么多的楼板大约需要近 200 名工人。更为重要的是,工厂化生产可以提高建筑精度。现浇混凝土结构的施工误差往往以厘米计,而预制构件的误差以毫米计,误差大了就无法装配。预制混凝土构件在工厂模台上和精致的模具中生产,实现和控制品质比现场容易。同时,工厂化生产的构件在浇筑、振捣和养护环节也便于控制质量。

3. 装配化施工,精度要求高

装配式混凝土构件在工厂内进行产业化生产预制完成后,将被运输到施工现场,采用机械化吊装装配。吊装过程及预制构件生产过程可与现场各专业施工同时进行。再加上装配式建筑施工方法不再遵循传统的操作面工序而转为工厂生产,起到了减少操作面的施工工序、降低施工难度的作用,使工程建设劳动效率得到很大的提高,大大缩短了工程建设周期,并且受天气影响小,利于冬季施工。

由于工厂化生产,构件尺寸经预制不可改变,放线尺寸偏小会导致预制构件无法安装,偏大又会导致拼缝过大。标高测量也需更加准确,剪力墙的标高如果控制不好会造成叠合板不能平整安装,或者导致剪力墙与板间缝隙过大需重新支模。装配式混凝土结构预留预埋时,孔的位置和尺寸必须精准,否则重新开槽或开洞会给施工增加难度甚至影响结构安全。装配式混凝土建筑施工时对放线及标高测量精度、预留孔位置要求较高。

4. 发包模式采用工程总承包 EPC(engineering procurement construction)模式

很多地方和企业认为,装配式建筑就是将传统的建筑进行拆分,将部分构件转移到工厂



去生产,然后将生产出来的构件运到施工现场进行“组装”。在管理上还是沿用了过去“层层分包、以包代管”的管理模式,将设计-采购-施工环节分开经营。由此造成业主、设计单位、施工单位互不信任、不协同;业主注重各环节成本,忽视工程整体成本;设计单位按项目收费,不注重工程的合理造价;施工单位按图索骥,不能发挥自己应有的价值。结果在实践中出现了很多问题。如原设计是按现浇的逻辑进行的,因拆分方案不合理至少会造成土建造价上升 30%;工厂里生产的构件误差是 3~5 mm,而在现场手工安装の木模板误差是 3~5 cm,很可能造成现场无法“组装”;构件吊装时需要高度协调的组织管理,如各工种不配合,轻则费时返工,重则造成伤亡事故;构件与现浇的连接段,是装配式建筑的薄弱环节,必须进行严格的质量控制,按设计要求实施到位,如质量管控不到位,很容易造成建筑整体质量的安全隐患。由于有不少装配式建筑实施单位缺乏经验,技术水平低下、管理不到位,甚至造成很多装配式建筑的工程质量比不上传统现浇混凝土建筑,极大地制约了装配式建筑的发展。

国务院在《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》中指出发展装配式建筑的重要任务是“推广工程总承包”,推行工程总承包可以促进装配式建筑的发展。工程总承包(EPC)可以实现设计、制作、装配一体化,有利于实现装配式建筑产品与技术标准化、工程建设成本的最优化、工程总体质量的控制、施工的绿色建造。

5. 现场施工工人转型升级

装配式混凝土结构施工安装过程相对复杂,对从业人员的工程实践经验以及技术水平、管理能力要求更高。施工人员不再是传统的施工现场农民工,而是以产业工人、技术操作工人为主,如构件装配工、构件制作工、预埋工、灌浆工、构件工艺员、信息管理员和构件质量检验员。

随着装配式建筑施工阶段对相关人员在技术、管理等方面要求的变化,装配式建筑从业岗位萌生出了新的技术、管理岗位,如表 1-3 所示。

装配式建筑的变革,可以总结为以下五大变革:制作方式由“手工”变为“机械”;场地由“工地”变为“工厂”;做法由“施工”变为“总装”;工厂生产人员由“技术工人”变为“操作工人”;现场作业人员由“农民工”变为“产业工人”。这些变革最大限度地消除了人为因素的制约(作业层中的人)。这样的变化,同时也使装配式建筑施工过程中一些传统作业工种的工作内容发生改变,如表 1-4 所示。

表 1-3 装配式建筑施工产生的新岗位和相关要求表

类别	新增岗位	岗位要求	工作内容
施工	施工工装设计师	掌握装配式施工工艺、工法,掌握施工验收标准、规范	为装配式施工设计施工工具、设计施工工况图,研发新的装配式施工工法
	施工方案设计师	掌握传统施工方案编制要求,熟悉装配式施工工艺、工法和施工验收标准、规范	编制装配式施工方案,研究新的工艺、工法
	吊装施工员	熟练传统施工技术工艺、标准和规程;掌握装配式施工工艺、工法	负责项目吊装现场管理,进行相关施工技术指导;与相关人员进行协调沟通,保障吊装进度,负责相关的技术及质量把关

表 1-4 装配式建筑原工种新增工作内容表

工种	新增工作内容
起重司机	司机必须与指挥人员密切配合,严格按指挥信号进行吊装机械(塔吊、吊车)操作。熟悉装配式吊装作业特点
信号指挥工	向起重司机、司索工进行旗语、手势、音响信号的发出。吊装作业人员在工作或吊运作业未结束时,不准擅自离开作业岗位
司索工	吊装作业中主要从事地面挂钩、吊装完成后摘钩等,司索工的工作质量与整个吊装装配作业安全关系极大
吊装工	对预制预制构件的就位、连接安装进行预制装配的统称
装配工	对其他部品、部件进行专业安装(整体浴室、整体橱柜)
外墙防水工	对预制外墙板缝进行基础处理及防水施工作业
焊接工	对预制构件的临时固定或永久性连接进行电焊作业

6. BIM 技术应用

(1) 施工现场组织及工序模拟。

将施工进度计划写入 BIM 信息模型,将空间信息与时间信息整合在一个可视的 4D 模型中,就可以直观、精确地反映整个建筑的施工过程。提前预知本项目主要施工的控制方法、施工安排是否均衡,总体计划、场地布置是否合理,工序是否正确,并可以进行及时优化。

(2) 施工安装培训。

通过虚拟建造,安装和施工管理人员可以非常清晰地获知装配式建筑的组装构成,避免二维图纸造成的理解偏差,保证项目的如期进行。

(3) 施工模拟碰撞检测。

通过碰撞检测分析,可以对传统二维模型下不易察觉的“错漏碰缺”进行收集更改。如预制构件内部各组成部分的碰撞检测、地暖管与电器管线潜在的交错碰撞问题。

(4) 复杂节点的施工模拟。

通过施工模拟对复杂部位和关键施工节点进行提前预演,增加工人对施工环境和施工措施的熟悉度,提高施工效率。



课后习题

一、填空题

- 装配式建筑主要有_____、_____、_____三种结构形式。
- 装配式建筑应满足_____、_____、_____、_____和_____的要求。
- 装配式混凝土结构包括_____、_____。

二、选择题

1. 下列不是装配整体式混凝土结构类型的是()。

- A. 装配整体式剪力墙结构
- B. 装配整体式框架结构
- C. 装配整体式框架-现浇剪力墙结构
- D. 全装配混凝土结构

2. 由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构,称为()。

- A. 装配式结构
- B. 装配整体式混凝土结构
- C. 装配式混凝土结构
- D. 全装配混凝土结构

三、简答题

1. 简述什么是装配式建筑。

2. 总结装配式混凝土结构的常用结构形式。

模块二

预制构件运输、进场验收与存放



【导读】

2020 年来，人类在戴着口罩对抗新冠病毒的同时，蝗灾、雪灾、沙尘暴等多种灾难也在全球范围内肆虐着，所有的这些，都是大自然对人类敲响的一声声警钟。人类依赖自然环境而生存，环境污染会直接破坏和影响生态环境，造成空气污染、水污染、沙漠化、森林破坏等。我国是能源资源消耗大国，其中，每年产生的建筑垃圾高达数亿吨，建筑活动造成的污染约占国内每年产生污染的 1/3。

相比装配式建筑方式而言，传统的建筑方式相对粗放、高耗能、高污染、低效率，且在建造过程中，几乎所有的施工工作都在现场完成，手工化程度较高，施工的机械化作用得不到完全发挥，导致施工效率低下。施工现场的噪声，建筑扬尘、粉末，以及建筑垃圾都会对环境造成影响。此外，由于现场作业，受天气和环境的影响，出现建筑质量问题和安全事故的概率较大。

装配式建筑方式就显得十分“绿色”。装配式建筑的预制构件通过自动化流水线成批生产出来，产品精度达到毫米级，经过严格的检测后被运往项目施工现场，极大地避免了材料损耗和浪费。而且在项目建设过程中，工人只需要把提前制作好的楼梯、墙板等预制构件像“搭积木”一样垒起来。从生产、施工到使用的过程中，综合能耗极大降低。同时，还有效提升了空间和土地的使用率。

利用装配式建筑技术可实现节能约 70%、节水约 50%，劳动效率可提高 3 倍多。同时，扬尘、噪声明显减少，施工现场的建筑垃圾排放基本为零，成功实现了将建筑工程对环境的破坏降到最低，有效推进了建筑“双碳”工作。



【思考】

大家知道预制构件从工厂出发到施工现场的运输有什么要求？进场如何验收？验收合格后现场存放方式、标准、要点有哪些呢？



【职业技能要求】

1. 能够编写预制构件运输方案。
2. 能正确使用常用检测工具对装配式进场预制构件质量进行检查验收。
3. 能够编写预制构件现场存放方案。

2.1 预制构件运输

预制构件的运输首先应该考虑公路管理部门的要求和运输路线的实际状况,以满足运输安全为前提。装载构件后,货车的总宽度不得超过 2.5 m,货车高度不得超过 4.0 m,总长度不得超过 15.5 m。一般情况下,货车总重量不得超过汽车的允许载重,且不得超过 40 t。特殊预制构件经过公路管理部门的批准并采取措施后,货车总宽度不得超过 3.3 m,总高度不得超过 4.2 m,总长度不超过 24 m,总载重不得超过 48 t。

预制构件的运输可采用低平板半挂车或专用运输车,并根据构件的不同种类而采取不同的固定方式,墙板通过专用运输车运输到工地,运输车分“人”字架式(斜卧式)运输车(图 2-1)和立式运输车(图 2-2)。



图 2-1 墙板“人”字架式(斜卧式)运输车



图 2-2 墙板立式运输车

2.1.1 预制构件装车

1. 起吊装车

预制构件须按项目提供的吊装顺序进行装车,否则预制构件到施工现场后会给施工现场的物流带来阻碍(图 2-3)。

(1)工厂行车、龙门吊、提升机主钢丝绳、吊具、安全装置等,必须进行安全隐患检查,并保留点检记录,确保无安全隐患。

(2)工厂行车、龙门吊操作人员必须培训合格,持证上岗。

(3)预制构件装架和(或)装车均以架、车的纵心为重心,保证两侧重量平衡的原则摆放。

(4)采用 H 钢等金属架枕垫运输时,必须在运输架与车厢底板之间的承力段垫橡胶板等防滑材料。

(5)墙板、楼板每垛捆扎不少于两道,必须使用直径不小于 10 mm 的天然纤维芯钢丝绳将预制构件与车架载重平板扎牢、绑紧。

(6)墙板运输架装运须增设防止运输架前、后、左、右四个方向移位的限位块。

(7)预制板上、下部位均须有铁杆插销,运输架每端最外侧上、下部位应装 2 根铁杆插销。

(8)装车人员必须保证插销紧靠预制构件,三角固定销敲紧(图 2-4、图 2-5)。

(9)运输发货前,物流发货员、安全员对运输车辆、人员及捆绑情况进行安全检查,检查合格方能进行预制构件运输。



图 2-3 叠合板装车

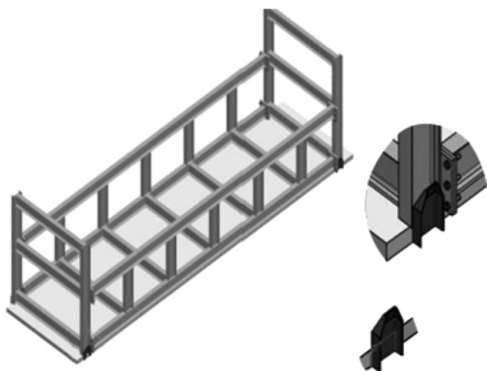


图 2-4 墙板运输架装车限位示意图

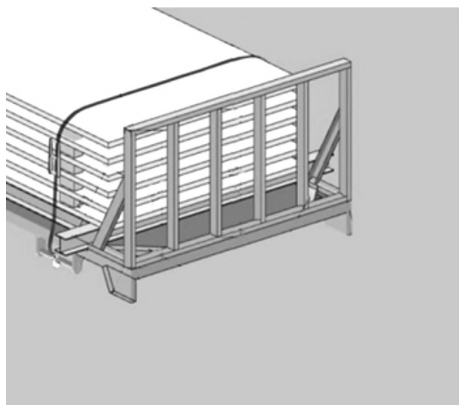


图 2-5 楼板前挡边工装示意图

2. 基本要求

- (1) 运输车辆可采用大吨位卡车或平板拖车。
- (2) 在吊装作业时必须明确指挥人员, 统一指挥信号。
- (3) 不同构件应按尺寸分类叠放。
- (4) 装车时先在车厢底板上做好支撑与减震措施, 以防构件在运输途中因震动而受损, 如装车时先在车厢底板上铺两根 100 mm×100 mm 的通长木方, 木方上垫 15 mm 以上的硬橡胶垫或其他柔性垫。
- (5) 上下构件之间必须有防滑垫块, 上部构件必须绑扎牢固, 结构构件必须有防滑支垫。
- (6) 构件运进场地后, 应按规定或编号顺序有序地摆放在规定的位置, 场内堆放地必须坚实, 以防止场地沉降使构件变形。
- (7) 堆码构件时要码靠稳妥, 垫块摆放位置要上下对齐, 受力点要在一条线上。
- (8) 装卸构件时要妥善保护, 必要时采取软质吊具。
- (9) 随运构件(节点板、零部件)应设标牌, 标明构件的名称、编号。

3. 常用构件装车

(1) 预制墙板装车。

1) 预制墙板运输架分为整装运输架、一般运输架(见图 2-6、图 2-7)。

车型选择: 一般采用 9.6 m 平板车为运输车辆, 具体根据各区域情况而定; 装车前, 检查运输架是否有损伤, 如有损伤立即返修或者更换运输架; 在平板车上加焊运输架限位件, 防止运输架在运输过程中移动或倒塌; 严格按照运输安全规范和手册操作, 注意安全; 装车墙板重量不超过平板车极限荷载。

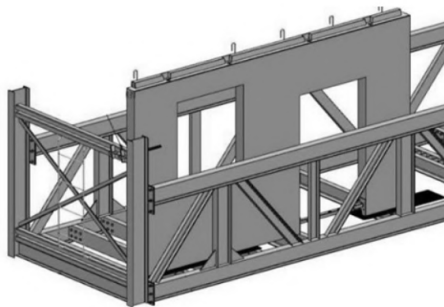


图 2-6 整装运输架



图 2-7 一般运输架

- 2) 墙板布置顺序要求: 按照吊装顺序进行布置, 优先将重板放中间; 先吊装的预制板放置在货架外侧, 后吊装的预制板放置在货架内侧, 保证现场吊装过程中, 从两端往中间依次吊装。
- 3) 重量限制要求: 预制板整体重量控制在 30 t 以下, 货架放置完毕后, 重量偏差控制在 ± 0.5 t。
- 4) 当装车布置顺序要求与重量限制要求冲突时, 优先考虑重量限制要求。
- 5) 预制墙板与预制墙板之间需加插销固定, 间距为 60 mm。
- 6) 如预制墙板有伸出钢筋时, 在装车过程中需考虑钢筋可能产生的干涉。

(2) 叠合板装车。

1) 车型选择：一般采用 13.5 m 或 17.5 m 平板车为运输架运输车辆，具体根据各区域情况而定；装车前，检查车况，保证运输车辆无故障；所有运输楼板车辆前端一定要有车前挡边工装；叠合楼板装车需要用绑带捆压固定在车上，如使用钢丝绳捆绑，一定要在顶层边上加装楼板护角；装车重量不超过平板车极限荷载(图 2-8)。

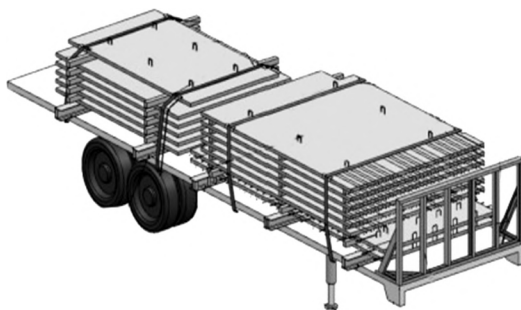


图 2-8 叠合板装车设计

①每块预制楼板上均需要标示预制板编号、重量、吊装顺序信息均以预制楼板详图俯视图为参考。

②堆码要求，需按照大板摆下、小板摆上以及先吊摆上、后吊摆下的原则；当两者冲突时优先大板摆下、小板摆上的原则；板长宽尺寸差距在 400 mm 范围内的，上下位置可以任意对调。通过调节尽量保证先吊摆上、后吊摆下的原则。

③限制要求：板总重控制在 30 t 以下；预制板叠加量为叠合楼板控制在 6~8 层、预应力楼板控制在 8~10 层。

2) 叠合板装车原则。

①当采用 9.6 m 或 10 m 高低挂平板车装运楼板时：a. 大垛堆码楼板往车前部堆放，车后部可装小垛堆码楼板；b. 当垛堆楼板超长，只能堆放 1 垛时，此楼板尽量放置在后轮轮轴上方，保证车轮承重在轮轴处。当采用 13.5 m 或 17.5 m 平板车装运楼板时：大垛堆码楼板堆放在后轮轮轴上方，小垛堆码楼板堆放在前部。

②垛堆楼板居车辆中间堆放，严禁垛堆楼板重心偏移车辆中心。

③垛堆楼板宽度或伸出钢筋尽量不超出车辆宽度，单边超出长度不大于 200 mm。

④所有垛堆楼板装车均需用绑带或钢丝绳捆绑。

⑤保证装车平衡，严禁轻边。

⑥装车楼板重量不超过车辆极限荷载。

2.1.2 预制构件运输

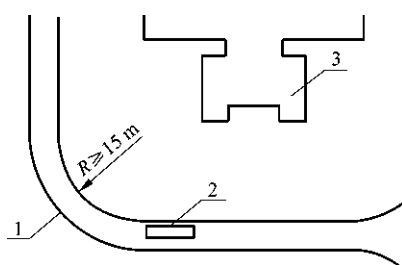
1. 场内运输道路

由于装配式混凝土建筑的预制构件需要从工厂运输到现场，平面布置必须考虑运输车的重量、尺寸大小，合理规划运输道路。

(1) 施工道路宜结合永久道路布置，车载重量参照运输车辆最大载重量，车重+构件约为 50 t，道路承载力需满足载重要求，构件运输车行驶道路一般采用混凝土硬化处理或根据现场实际情况，铺设钢板或路基箱，道路两侧应有排水构造设施。

(2) 施工道路宜设置成环形道路。根据预制构件运输车长，现场布置道路时设计宽度不宜小于 4 m，会车区道路不宜小于 8 m，转弯半径不宜小于 15 m(图 2-9)。

(3) 当没有条件设置环形道路时需设置不小于 12 m×8 m 的回车场(图 2-10)。



1—转弯道路；2—构件运输车；3—建筑物。

图 2-9 施工道路转弯半径

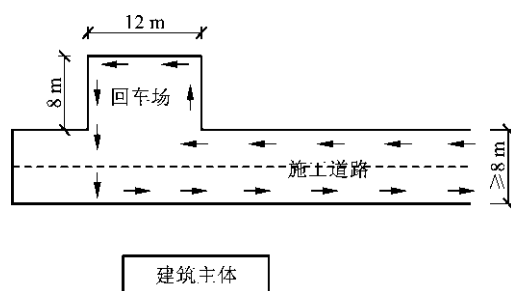


图 2-10 现场预制构件运输车回车场示意图

(4) 施工现场预制构件运输道路坡度布置宜满足：施工现场道路坡度 $\leq 15^\circ$ ，坡道过渡处圆弧半径 ≥ 15 m (图 2-11)。

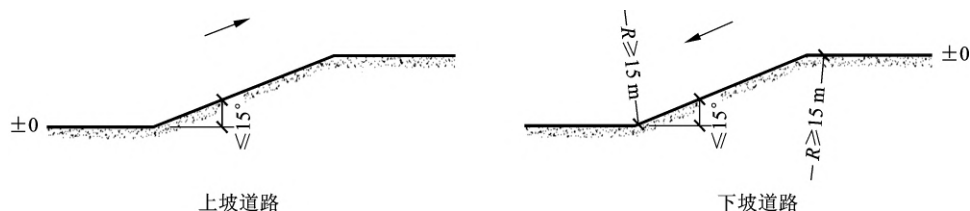
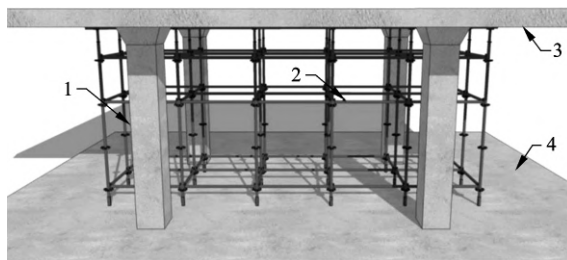


图 2-11 预制构件运输车行驶道路坡度示意图

(5) 若运输车辆需经过地下室顶板，应提前规划行车路线并对路线范围内地下室顶板结构进行验算和加固处理，加固处理方案须经原设计单位核算 (图 2-12)。



1—地下室柱；2—支撑架体；3—地下室顶板；4—地下室底板。

图 2-12 预制构件运输车通行道路地下室顶板加固示意图

2. 运输要求

运输过程是预制构件由工厂交施工现场的最后一个环节，直接影响施工现场进度。在每个项目开始前由工厂编制运输专项方案。在编制方案前工厂需要对运输线路全程进行踏勘。踏勘内容：预制构件车辆运输单程总时间、全程路面状况、限制高度情况、每个弯道情况、坡道情况、全天车流量分布情况等。

(1) 各类构件首车运输时，工厂必须有专人跟车，发现运输过程中的异常，明确重点管控路段、注意事项。如有改进、调整时，须再次确认。

(2) 重载车辆必须按照确定的运输路线行驶, 不得随意变更。

(3) 运输途中, 行驶里程达 30 km 左右时, 必须停车检查构件捆绑状况, 每隔 100 km, 必须停车检查, 并保留记录及拍照留底。

(4) 工厂务必严格监管预制构件运输时的车辆行驶速度。道路条件与相应的行驶速度要求如下:

① 大于 6% 的纵坡道、平曲半径大于 60 m 弯道的完好路况限速 30 km/h;

② 大于 6%、小于 9% 的纵坡道, 平曲半径小于 60 m、大于 15 m 的弯道等路域限速 5 km/h;

③ 厂区、9% 的纵坡道、平曲半径 15 m 的弯道、二级路面及项目工地区域限速 5 km/h;

④ 各工厂须于项目发运前, 与项目人员确认工地路况达基本发运要求;

⑤ 低于限速 5 km/h 及三级路面(土路、碎石路、连续盘山路路面、坡度 10°路面、有 20 cm 以下的硬底涉水路面、冰雪覆盖的二级路面)要求的路况停运。

3. 卸车要求

(1) 应当由专业人员进行起吊卸车。

(2) 预制构件应卸放在指定位置, 地面应平整稳固。

(3) 卸车时应注意车辆重心稳定和周围环境安全, 避免车辆侧翻。

(4) 严格按照构件上吊点数量挂钩进行卸车。

(5) 严格按吊装规程进行卸车。

预制构件的物流时效性直接影响施工装配的实际进度。施工现场实际进度的其他影响因素多, 工程实际进度计划的可变性大。施工现场实际进度计划是一个阶段调整的动态进度计划。施工现场的动态计划会影响预制构件工厂的物流计划; 在施工现场, 与工厂的对接计划及实施采用“三天一计划, 一天一核实”制度进行调控。施工现场在提供给工厂预制物流节点计划的同时, 实行现场提前三天提供给工厂一次动态进度计划, 工厂物流计划员提前一天向施工现场核实第二天施工现场需求的预制构件。

2.2 预制构件进场验收

预制构件包括在专业企业生产和总承包单位制作的构件。对于专业企业的预制构件, 《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015) 规定其作为“产品”需进行进场验收, 具体应符合国家现行有关标准的规定。现场制作的预制构件, 按照现浇结构相关要求进行现场分分项工程验收。

装配式建筑宜建立预制混凝土构件生产首件验收制度。预制混凝土构件生产首件验收制度是指预制混凝土构件制作的同类型首个预制构件, 应由建设单位组织设计单位、施工单位、监理单位、预制混凝土构件制作单位进行验收, 验收合格后才能进行批量生产。当采用驻厂监理时, 驻厂监理工程师应在预制构件隐蔽验收部位、混凝土浇筑等关键工序进行监理旁站。

混凝土预制构件专业生产企业制作的预制构件或部件进场后, 预制构件或部件性能检验应考虑构件特点及加载检验条件, 《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015) 提出了梁板类简支受弯预制构件的结构性能检验要求; 其他预制构件除设计有专门要求外, 进场时可不作结构性能检验。

对所有进场时不做结构性能检验的预制构件,可通过施工单位或监理单位代表驻厂监督生产的方式进行质量控制,此时构件进场的质量证明文件应经监督代表确认。当无驻厂监督时,预制构件进场时应应对预制构件主要受力钢筋数量、规格、间距及混凝土强度、混凝土保护层厚度等进行实体检验,具体可按以下原则执行:

(1)实体检验宜采用非破损方法,也可采用破损方法,非破损方法应采用专业仪器并符合国家现行有关标准的有关规定。

(2)检查数量可根据工程情况由各方商定。一般情况下,可为不超过 1000 个同类型预制构件为一批,每批抽取构件数量的 2%且不少于 5 个构件。

(3)对所有进场时不做结构性能检验的预制构件,进场时的质量证明文件宜增加构件生产过程检查文件,如钢筋隐蔽工程验收记录、预应力筋张拉记录等。

预制构件进场须附隐蔽验收单及产品合格证,施工单位和监理单位应对进场预制混凝土构件进行质量检查。预制构件进场质量检查内容如下:

(1)预制构件质量证明文件和出厂标识。

(2)预制构件外观质量。

(3)预制构件尺寸偏差。

重点注意做好构件图纸编号与实际构件的一致性检查和预制构件在明显部位标明的生产日期、构件型号、生产单位、构件生产单位验收标志的检查。

2.2.1 预制构件质量证明文件和出厂标识检查

质量证明文件包括产品合格证明书、混凝土强度检验报告及其他重要检验报告等;预制构件的钢筋、混凝土原材料、预应力材料、预埋件等检验报告在预制构件进场时可不提供,但应在构件生产企业存档保留,以便需要时查阅。

埋入灌浆套筒的,应按行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》(JGJ 355—2015)的有关规定提供验收资料,包括套筒灌浆接头型式检验报告、套筒进场外观检验报告、第一批灌浆料进场检验报告、接头工艺检验报告、套筒进场接头力学性能检验报告。

预制构件表面的标识应清晰、可靠,以确保能够识别预制构件的“身份”,并可追溯在施工全过程中发生的质量问题。预制构件表面的标识内容(图 2-13)一般包括生产单位、构件型号、生产日期、质量验收标志等,如有必要,尚需通过约定标识表示构件在结构中安装的位置和方向、吊运过程中的朝向等。



图 2-13 预制构件标识

2.2.2 外观质量检查

预制构件外观质量不应有严重缺陷,有严重缺陷的构件不得使用。有一般缺陷时,应由预制构件生产单位或施工单位进行修整处理,修整技术处理方案应经监理单位确认后方可实施,经修整处理后的预制构件应重新检查,检查数量为全数检查。预制构件外观质量缺陷如下表 2-1 所示。

表 2-1 预制构件外观质量缺陷

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面因缺少泥浆而形成的石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位少量夹渣
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位少量疏松
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接铁件松动,插筋严重锈蚀、弯曲,灌浆套筒堵塞、偏位,灌浆孔洞堵塞、偏位、破损等	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞出凸肋等,装饰面砖黏结不牢、表面不平、砖缝不顺直等	清水混凝土构件内有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	表面麻面、起砂、掉皮、污染、门窗框材划伤	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷
外露钢筋锈蚀	构件外露钢筋发生锈蚀	构件外露钢筋完全锈蚀,且有锈蚀剥落	构件外露钢筋有部分少量锈蚀

2.2.3 预制构件尺寸偏差

预制构件尺寸偏差及检验方法应符合下表 2-2 的规定,设计有专门规定时,应符合设计要求。施工过程中临时使用的预埋件,其中心线位置允许偏差可取表 2-2 中规定数值的 2 倍。

表 2-2 预制楼板类构件的外形尺寸允许偏差及检验方法

序号	检查项目			允许偏差/mm	检验方法
1	规格尺寸	长度	<12 m	±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
≥12 m 且<18 m			±10		
≥18 m			±20		
2		宽度		±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
3		厚度		±5	用尺量板四角和四边中部位置共8处，取其中偏差绝对值较大值
4	对角线差			6	在构件表面，用尺量测两对角线的长度，取其绝对值的差值
5	外形	表面平整度	内表面	4	将2 m靠尺安放在构件表面，用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙
外表面			3		
6			楼板侧向弯曲		$L/750$ ， 且≤20 mm
7		翘翘		$L/750$	四对角拉两条线，量测两线交点之间的距离，其值的2倍为翘翘值
8	预埋部件	预埋钢板	中心线位置偏差	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
平面高差			0，-5	将尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙	
9		预埋螺栓	中心线位置偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
			外露长度	+10，-5	用尺量
10	预埋线盒、电盒	在构件平面的水平方向中心位置	10	用尺量	
		与构件表面混凝土高差	0，-5	用尺量	
11	预留孔	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		孔尺寸		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
12	预留洞	中心线位置偏移		5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		洞口尺寸、深度		±5	用尺量测纵横两个方向尺寸，取其最大值
13	预留插筋	中心线位置偏移		3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
		外露长度		±5	用尺量

续表2-2

序号	检查项目		允许偏差/mm	检验方法
14	吊环、木砖	中心线位置偏移	10	用尺量测纵横两个方向的中心线位置,取其中较大值
		留出高度	0, -10	用尺量
15	桁架钢筋高度		+5, 0	用尺量

检查数量:同一类型的构件,每楼层宜不超过100个为一批,每批应抽查构件数量的5%,且不应少于3个。

2.3 预制构件施工现场存放

预制构件的堆场是否合理,直接影响吊装效率及吊装质量。预制构件堆场的大小根据项目实际情况确定,当施工场地宽裕时,宜在构件堆场预存一层预制构件,以便应对突发情况;当施工场地受限时,应提前一天将需要吊装的预制构件运抵构件堆场堆放。

预制构件的堆场应设置在起重设备工作范围内,不得有障碍物,并应有满足预制构件周转使用的场地。如构件堆场设置在地下室顶板上时,需核算地下室顶板的荷载(图2-14、图2-15)。



图 2-14 施工现场预制墙板存放



图 2-15 施工现场叠合楼板存放

1. 存放方式

预制构件存放方式有平放和竖放两种,原则上墙板采用竖放方式,楼面板、屋顶板和柱构件可采用平放或竖放方式,梁构件采用平放方式。

(1)平放时的注意事项。

①在水平地基上并列放置2根木材或钢材制作的垫木,放上构件后可在上面放置同样的垫木,再放置上层构件,一般构件放置不宜超过6层。

②上下层垫木必须放置在同一条线上,如果垫木上下位置之间存在错位,构件除了承受垂直荷载,还要承受弯矩和剪力,有可能造成构件损坏。

(2)竖放时的注意事项。

①存放区地面在硬化前必须夯实,然后再进行硬化,硬化厚度应 ≥ 200 mm,以防止构件堆放地面沉降造成预制板堆放倾斜。

②要保持构件的垂直或一定角度,并且使其保持平衡状态。

③柱和梁等立体构件要根据各自的形状和配筋选择合适的存放方式。

2. 存放标准

(1)预制柱构件存储宜平放,且采用两根垫木支撑,堆放层数不宜超过1层。

(2)桁架叠合楼板存储应平放,以6层为基准,在不影响构件质量的前提下,可适当增加1~2层。

(3)预应力叠合楼板存储应平放,以8层为基准,在不影响构件质量的前提下,可适当增加1~2层。

(4)预制阳台板/空调板构件存储宜平放,且采用两根垫木支撑,堆码层数不宜超过2层。

(5)预制沉箱构件存储宜平放,且采用两根垫木支撑,堆码层数不宜超过2层。

(6)预制楼梯构件存储宜平放,采用专用存放架支撑,叠放存储不宜超过6层。

3. 预制构件项目现场存放区的布置

(1)按照总平面图布置要求,设置预制构件专用堆场,避免交叉作业形成安全隐患,应尽量靠近道路,道路应平整、坚实。

(2)堆场应平整、坚实(宜硬化,满足平整度和地基承载力要求),并应有排水措施。在地下室顶板等部位设置的堆场,应有经过施工单位技术部门批准的支撑方案。

(3)现场构件堆场应按规格、品种、所用部位、吊装顺序分别设置,构件堆垛之间应设置合理的工作人员安全通道。堆放区应设置隔离围栏,不得与其他建筑材料、设备混合堆放,防止搬运时相互影响造成伤害。

(4)预制构件存放时,预埋吊件所处位置应避免遮挡,易于起吊。

(5)构件叠放层数应符合规范要求,防止构件堆放超限产生安全隐患。

(6)插架应有足够的刚度和稳定性,相邻插架宜连成整体并定期进行检查。

(7)夹心保温外墙构件存放处2 m范围内不应有动火作业。

(8)构件堆场周围应设置围栏,并悬挂安全警示牌。

(9)构件宜布置在塔吊起重能力覆盖范围之内,堆场中预制构件堆放以吊装次序为原则,并对进场的每块板按吊装次序编号,应尽量布置在建筑物的外围并严格分类堆放。

(10)构件标识信息清晰、完整,宜布置在构件正面或侧面,便于识读,并注意保护。

4. 常用预制构件堆放要求

(1) 预制墙板堆放(图 2-16)。

①预制内外墙板采用专用支架直立存放，吊装点朝上放置，支架应有足够的强度和刚度，门窗洞口的构件薄弱部位，应用采取防止变形开裂的临时加固措施。

②L 形墙板采用插放架堆放，方木在预制内外墙板的底部通长布置，且放置在预制内外墙板的 200 mm 厚结构层的下方，墙板与插放架空隙部分用方木插销填塞。

③一字型墙板采用联排堆放，方木在预制内外墙板的底部通长布置，且放置在预制内外墙板的 200 mm 厚结构层的下方，上方通过调节螺杆固定墙板。

④采用叠层平放时，应采取防止构件产生裂缝的措施。

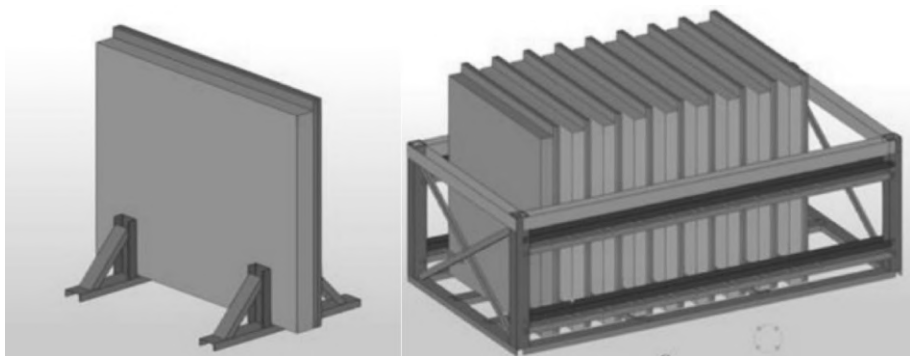


图 2-16 预制墙板堆放

(2) 叠合板堆放(图 2-17)。

①多层码垛存放构件，层与层之间应垫平，各层垫块或方木(长宽高为 200 mm×100 mm×100 mm)应上下对齐。垫木放置在桁架侧边，板两端(至板端 200 mm)及跨中位置均应设置垫木且间距不大于 1.6 m，最下面一层支垫应通常设置，并采取防止堆垛倾覆的措施。

②采取多点支垫时，一定要避免边缘支垫低于中间支垫，形成过长的悬臂，导致因较大负弯矩而产生裂缝。

③不同板号应分别堆放，堆放高度不宜大于 6 层。每垛之间纵向间距不得小于 500 mm，横向间距不得小于 600 mm。堆放时间不宜超过两个月。

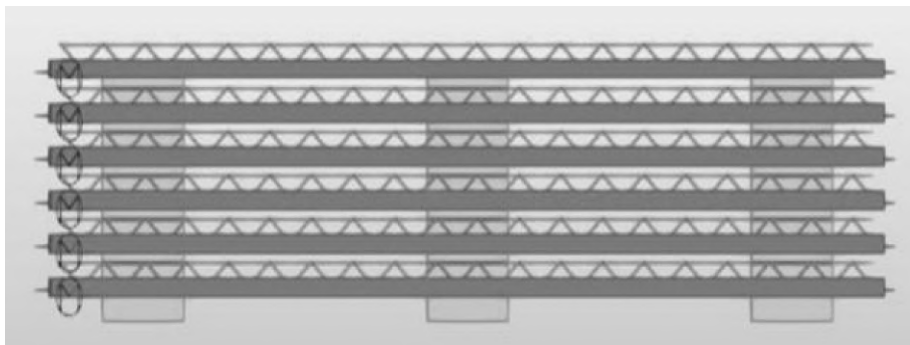


图 2-17 叠合板堆放

(3) 空调板堆放(图 2-18)。

① 预制空调板叠放时,层与层之间垫平,各层垫块或方木(长宽高为 200 mm×100 mm×100 mm)应放置在靠近起吊点(钢筋吊环)的里侧,分别放置四块,应上下对齐,最下面一层支垫应通长设置,堆放高度不宜大于 6 层。

② 标识放置在正面,不同板号应分别堆放,伸出的锚固钢筋应放置在通道外侧,以防行人碰伤,两垛之间将伸出锚固钢筋一端对立而放,其伸出锚固钢筋一端间距不得小于 600 mm,另一端间距不得小于 400 mm。

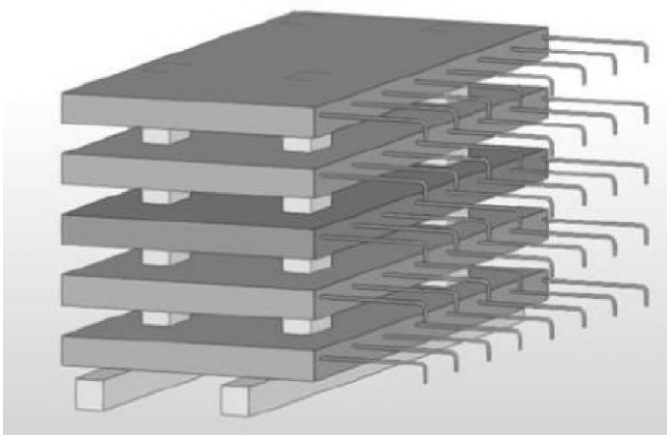


图 2-18 空调板堆放

(4) 叠合梁堆放(图 2-19)。

① 在叠合梁起吊点对应的最下面一层采用宽度为 100 mm 的方木通长垂直设置,将叠合梁后浇层面朝上并放置整齐;各层之间在起吊点的正下方放置宽度为 50 mm 的通长方木,要求其方木高度不小于 200 mm。

② 层与层之间垫平,各层方木应上下对齐,堆放高度不宜大于 4 层。

③ 每垛构件之间,其伸出的锚固钢筋一端间距不得小于 600 mm,另一端间距不得小于 400 mm。

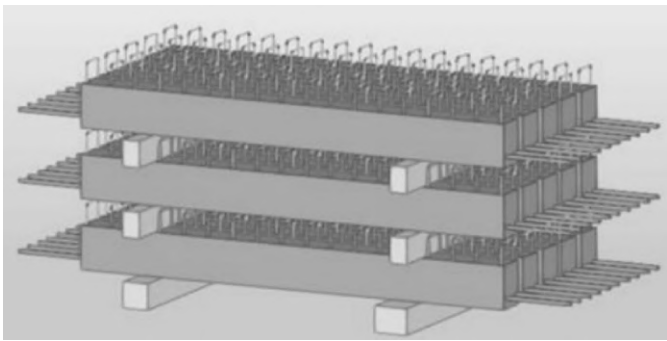


图 2-19 叠合梁堆放

(5) 预制楼梯堆放(图 2-20)。

①楼梯正面朝上,在楼梯安装点对应的最下面一层采用宽度为 100 mm 的方木通长垂直设置。同种规格依次向上叠放,层与层之间垫平,各层垫块或方木应放置在起吊点的正下方,堆放高度不宜大于 4 层。

②方木选用长宽高为 200 mm×100 mm×100 mm,每层放置四块,并垂直放置两层方木,应上下对齐。

③每垛构件之间,其纵横向间距不得小于 400 mm。

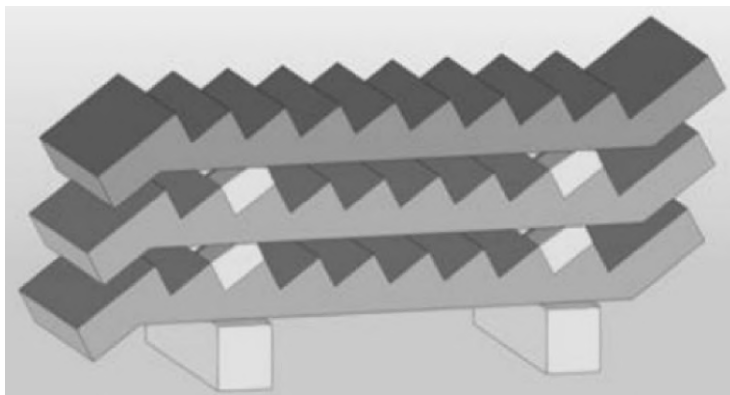


图 2-20 预制楼梯堆放

5. 注意事项

(1) 堆放构件时应使构件与地面之间留有空隙,须放置在木头或软性材料上,堆放构件的支垫应坚实。堆垛之间宜设置通道,必要时应设置防止构件倾覆的支撑架。

(2) 连接止水条、高低口、墙体转角等薄弱部位,应采用定型保护垫或专用式套件做加强保护。

(3) 当预制构件存放在地下室顶板时,要对存放地点进行加固处理。

(4) 构件应按型号、单位工程、出厂日期分别存放。

(5) 预制构件的堆放应预埋吊点向上,标志向外;垫木或垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致。



课后习题

一、填空题

1. 预制楼板、叠合板、空调板、阳台板等构件应平放,叠放层数不宜超过_____层。
2. 预制构件堆放存储对场地要求要_____、_____、_____。
3. 墙板采用靠放架堆放时与地面倾斜角度宜大于_____。
4. 根据运输路线进行道路勘察,对于普通预制墙板,道路较平的情况速度应不大于_____ km/h。
5. 预制叠合板进场后,堆放时间不宜超过_____。

6. 在运输构件时,大型货运汽车载物高度从地面起不准超过_____m。
7. 为了保证预制构件在运输过程中安全,运输车辆的总重量不得超过_____t。

二、选择题

1. 预制构件重叠平运时,各层之间必须放()木方支垫,且垫块位置应保证构件受力合理,上下对齐。

- A. 100×100 B. 80×80 C. 60×60 D. 50×50

2. 预制柱堆放时,其层数不宜大于()层。

- A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

3. 施工现场应根据施工平面规划设置运输通道和存放场地,下列说法不符合规定的是()。

- A. 现场运输道路和存放场地应坚实平整,并应有排水设施
B. 施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度
C. 预制构件运送到施工现场后,所有构件堆放在一起,不需要分类码放
D. 构件的存放架应具有足够的抗倾覆能力

4. 对于超高、()形状特殊的大型构件的运输和堆放需要采取专门质量安全保护措施。

- A. 预制楼梯构件 B. 预制超宽构件 C. 预制外墙板构件 D. 预制楼板构件

5. 墙板码放储存时,储存架类型有立式码放存储架、斜式码放存储架、模块式存放码储架、专用码放存储架和()。

- A. 叠合码放存储架 B. 悬吊码放存储架
C. 固定式码放存储架 D. 竖向码放存储架

6. 根据运输路线进行道路勘察,对于普通预制墙板,人车稀少道路平坦视线清晰的情况下速度应不大于()km/h。

- A. 15 B. 35 C. 40 D. 50

7. 预制构件码放储存通常可采用()和竖向固定码放两种方式。

- A. 平面码放 B. 叠层码放 C. 插式码放 D. 立向码放

8. 预制构件需要采用水平码放和运输,下列不符合的是()

- A. 叠合板 B. 墙板 C. 楼梯 D. 预制梁

三、简答题

1. 简述预制叠合板的现场堆放、码放储存及运输要求。
2. 简述预制水平构件装载及卸车时应注意事项。

模块三

预制构件吊装施工



【导读】

龙信集团为房屋建筑工程施工总承包特级企业。企业员工戴祝泉高中毕业后学习木工手艺,1994年来到大连的龙信集团五分公司从事木工工作。2011年,戴祝泉与其他6名员工被公司选派赴日本鹿岛株式会社学习预制装配式结构吊装施工技术。作为集团第一批在绿色建筑方面“吃螃蟹”的人,戴祝泉每天上午学习理论知识,下午去施工现场学习实操,晚上再整理资料,短短3个月,就熟练地掌握了预制装配式结构吊装施工技术。

学有所成,戴祝泉回国后积极配合集团开展预制装配式建筑产业工人的培养和技术开发,并投入预制装配式建筑工厂的建设之中。2012年,戴祝泉参与沈阳第十二届全国运动会安全保卫指挥中心大楼建设,第一次把在日本学到的预制装配式施工技术运用其中。戴祝泉凭着刻苦钻研的精神,带领大家在尝试中摸索前进:吊装工具国内没有成品出售,他就自己动手研制;施工工法没有,他就自己琢磨编写。经过团队的努力,大楼完美竣工,并获评中国建筑施工优质工程优秀奖等诸多荣誉。

第一个预制装配式建筑项目的成功,迅速拉开了公司转型升级的序幕。截至目前,戴祝泉及其团队获得1项发明专利、4项实用新型专利、4项江苏省级工法。其参与建设的南通政务中心停车综合楼于2018年获“国家优质工程奖”;参与建设的海门龙馨家园老年宾馆为国内第一个建筑高度达到88m的预制装配式建筑,获评住建部科技计划项目。由于戴祝泉为我国绿色建筑、装配式技术的发展做出了积极的贡献,其被授予2020年度“全国优秀农民工”荣誉称号,2021年获评省劳模。

27年来,戴祝泉发扬“敬业创新”的工匠精神,不仅自己一步步成长为集团预制装配式建筑产业施工的“土专家”,也推动了集团加快实现装配式建筑的转型升级。



【思考】

戴祝泉劳模刻苦钻研的装配式建筑预制构件吊装施工技术究竟是怎么施工的呢?需要注意的施工要点有哪些呢?



【职业技能要求】

1. 能够对不同的吊点做法选择合适的吊具,完成构件与吊具的连接。
2. 能够安全起吊构件、吊装就位,进行标高、位置及垂直度的校核与调整。
3. 能够安装、调整临时支撑,并对构件的垂直度进行微调。

预制构件的吊装施工是装配式混凝土建筑的关键施工技术,相比传统现浇的施工方式,装配式混凝土建筑的施工要求精度高,吊装作业量大,对现场管理及操作人员的要求也更严格。要成为一名合格的装配式混凝土建筑施工现场管理人员,必须熟悉装配式混凝土建筑吊装施工时的设备选型,掌握各类预制构件的施工工艺流程及安全技术措施,从而提高施工质量和效率。

3.1 常用吊装设备及工具

3.1.1 常用吊装设备

装配式混凝土建筑的构件吊装具有构件重、数量多、接头复杂、安装精度要求高等特点。项目施工主要围绕预制构件的吊装展开。因此,吊装设备型号、数量、位置将直接影响到整个项目的工期以及预制构件的拆分设计。

装配式混凝土建筑选用的吊装设备主要有汽车吊、塔吊(图 3-1)。



汽车吊



塔吊

图 3-1 常用吊装设备

1. 汽车吊

汽车吊的优点是机动性好、转移迅速;缺点是工作时要支腿,不能负荷行驶,也不适合在松软或泥泞的场地上工作,适用于建筑单体面积较小的多层建筑。

选择汽车吊需综合考虑以下因素:

- (1) 根据项目预制构件的重量及总平面图初步确定汽车吊所在位置,然后根据汽车吊参数,来确定汽车吊型号,优先选择满足施工要求且较小的汽车吊型号。
- (2) 汽车吊的布置位置还需满足汽车吊的尺寸以及支腿纵、横向跨距范围要求。
- (3) 对汽车吊的起吊停靠位置的地面进行夯实硬化处理,满足承载力要求。
- (4) 根据汽车吊起重高度及吊装距离的起重量选择合适的汽车吊型号。

2. 塔吊

塔吊适用于占地面积大的多层建筑；所有的中高层以上建筑，优先选用塔吊做构件的起重设备(图 3-2)。

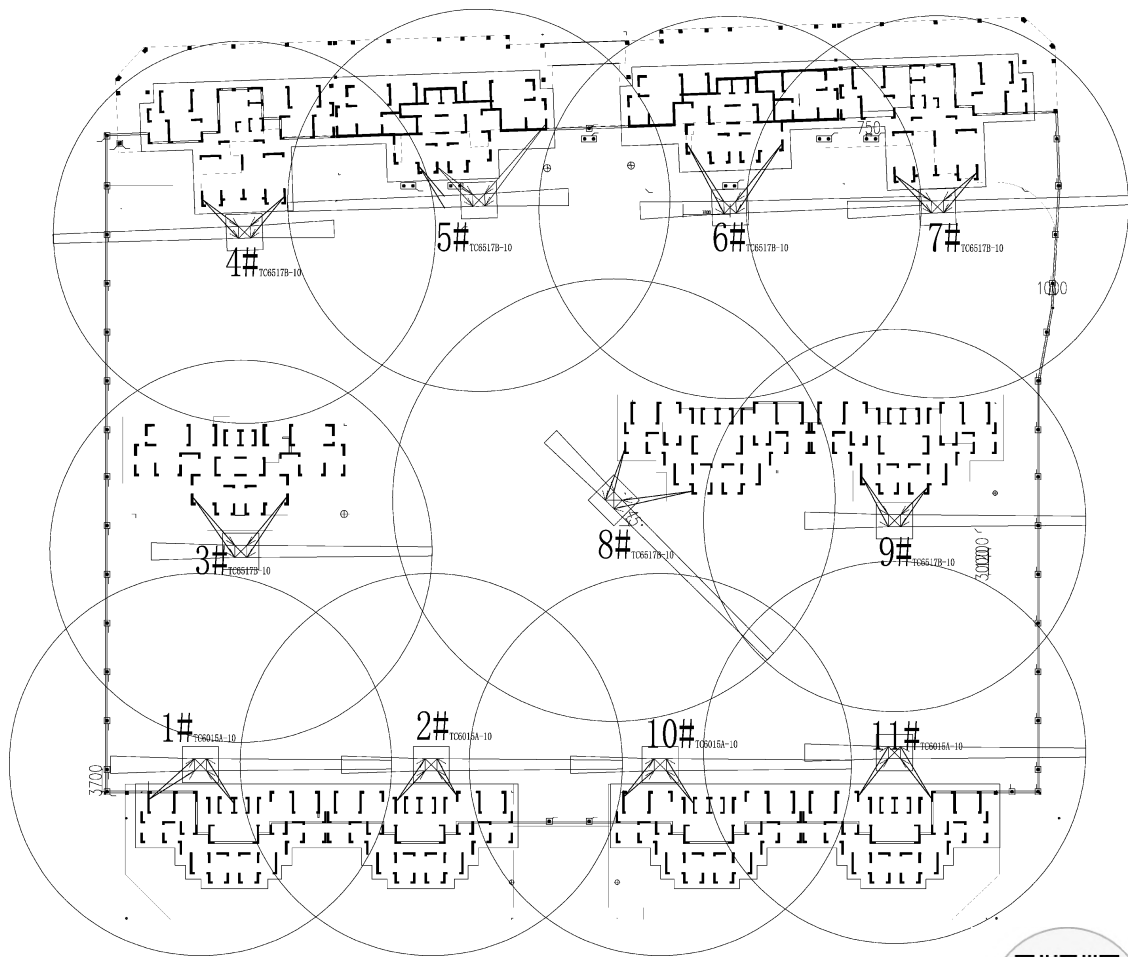


图 3-2 塔吊总平布置图



智能塔吊作业视频

选择塔吊需综合考虑以下因素：

- (1) 根据项目预制构件的重量及总平面图初步确定塔吊所在位置；根据塔吊参数，以 5 m 为一个梯段找出最重构件的位置，来确定塔吊型号，优先选择满足施工要求且较小的塔吊型号。
- (2) 平面中塔吊附着方向与标准节所形成的角度应在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，附着所在剪力墙的宽度不得小于埋件宽度，长度需满足要求。
- (3) 塔吊基础参照设备厂家资料，不满足地基承载力要求时需对地基进行处理。
- (4) 塔吊所在位置应满足塔吊拆除要求，即塔臂平行于建筑物外边缘之间净距离大于等于 1.5 m；塔吊拆除时前后臂正下方不得有障碍物。

- (5)钢扁担吊具的重量约为 500 kg，起重时应考虑该重量。
- (6)塔吊之间间距以及距已有建筑物、高压电线等的安全距离需满足《塔式起重机安全规程》(GB 5144—2006)中的有关规定：
- ①塔机的尾部与周围建筑物及其外围施工设施之间的安全距离不小于 0.6 m。
- ②有架空输电线的场合，塔机的任何部位与输电线的安全距离，应符合表 3-1 中的规定。如因条件限制不能保证表 3-1 中的安全距离，应与有关部门协商，并在采取安全防护措施后方可架设。

表 3-1 塔机与输电线安全距离一览表

安全距离	电压/kV				
	<1	1~15	20~40	60~100	220
沿垂直方向/m	1.5	3.0	4.0	5.0	6.0
沿水平方向/m	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0

③两台塔机之间最小架设距离应保证处于低位塔机的起重臂端部与另一台塔机的塔身之间至少有 2 m 的距离；处于高位塔机的最低位置的部件(吊钩升至最高点或平衡重的最低部位)与低位塔机中处于最高位置部件直接垂直距离不应小于 2 m。

3.1.2 常用吊具

预制构件吊装施工吊具的选择，直接关系到各类构件是否能够安全起吊和顺利安装就位，吊具应根据不同的构件类型进行正确选用，常用的吊具如表 3-2 所示。

表 3-2 吊装施工常用吊具一览表

序号	名称	图例	计算规则	备注
1	钢梁		塔吊数×1	竖向预制构件吊装工具
2	吊架		塔吊数×1	叠合楼板吊装工具

续表3-2

序号	名称	图例	计算规则	备注
3	吊爪		吊装班组数×8	与预制构件上的吊钉连接
4	卸扣		吊装班组数×8	直接与被吊物连接,用于索具与末端配件之间
5	吊钩		吊装班组数×4	借助滑轮组等部件悬挂在起重设备的钢丝绳上
6	钢丝绳		整栋层数 /15×2×塔吊数	预制构件吊装
7	缆风绳		钢梁×2	墙板落位时使墙板保持稳定
8	防坠器		吊装班组数×6	安全防护用品

续表3-2

序号	名称	图例	计算规则	备注
9	悬挂双背安全带		吊装班组数×6	安全防护用品
10	检测尺		吊装班组数×1	测量墙板垂直度
11	人字梯		吊装班组数×2	方便人员取钩

3.1.3 吊装施工前的安全注意事项

在根据项目特征选定吊装设备和吊具之后，在吊装施工之前，还需注意以下安全事项：

(1) 施工单位应对从事预制构件吊装作业及相关人员进行安全培训与交底，识别预制构件进场、卸车、存放、吊装、就位各环节的作业风险，并制定防控措施。

(2) 安装作业开始前，应对安装作业区进行围护并做出明显的标识，拉警戒线，根据危险源级别安排旁站，严禁与安装作业无关的人员进入。

(3) 施工作业使用的专用吊具、吊索、定型工具式支撑、支架等，应进行安全验算，使用过程中进行定期、不定期检查，确保其安全状态良好。

(4) 预制构件起吊后，应先将预制构件提升 300 mm 左右，停稳构件，检查钢丝绳、吊具和预制构件状态，确认吊具安全且构件平稳后，方可缓慢提升构件。

(5) 吊机吊装区域内，非作业人员严禁进入；吊运预制构件时，构件下方严禁站人，应待预制构件降落至距地面 1 m 以内方准作业人员靠近，就位固定后方可脱钩。

- (6) 高空吊装应通过缆风绳改变预制构件方向, 严禁直接用手扶预制构件。
- (7) 遇到雨、雪、雾天气, 或者风力大于 5 级时, 不得进行吊装作业。

3.2 施工准备

装配式混凝土结构施工应制定专项方案。专项施工方案宜包括工程概况、编制依据、进度计划、施工场地布置、预制构件运输与存放、安装与连接施工、绿色施工、安全管理、质量管理、信息化管理、应急预案等内容。预制构件、安装用材料及配件等应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定, 并应按照国家现行相关标准的规定进行进场验收。

3.2.1 施工现场准备

施工现场就是建筑产品的组装厂, 由于建筑工程和施工场地的千差万别, 使得施工现场平面布置因人、因地制宜。合理布置施工现场, 对保证工程施工顺利进行具有重要意义, 施工现场平面布置应遵循方便、经济、高效、安全、环保、节能的原则。

施工现场应符合下列规定:

- (1) 现场运输道路和存放场地应坚实平整, 并应有排水措施。
- (2) 施工现场内道路应按照构件运输车辆的要求合理设置转弯半径及道路坡度。
- (3) 预制构件运送到施工现场后, 应按规格、品种、使用部位、吊装顺序分别设置存放场地。存放场地应设置在吊装设备的有效起重范围内, 且应在堆垛之间设置通道。
- (4) 构件的存放架应具有足够的抗倾覆性能。
- (5) 构件运输和存放对已完成结构、基坑有影响时, 应经计算复核。

3.2.2 施工现场平面布置图

施工现场平面布置图是在拟建工程的建筑平面上(包括周围环境), 布置为施工服务的各种临时建筑、临时设施及材料、施工机械等, 是施工方案在现场的空间体现。它反映已有建筑与拟建工程间、临时建筑与临时设施间的相互空间关系(图 3-3)。布置得恰当与否、执行的好坏, 对现场的施工组织、文明施工及施工进度、工程成本、工程质量和安全都将产生直接的影响。

施工现场平面布置图一般需分施工阶段来编制。如基础阶段施工现场平面布置图、主体结构阶段施工现场平面布置图、装修工程阶段施工现场平面布置图等。

1. 设计内容

- (1) 一切地上、地下已有和拟建的建筑物、构筑物及其他设施的位置和尺寸。
- (2) 一切为施工服务的临时设施的布置, 其中包括:
 - ①工地上各种用于运输业务的建筑物和道路。
 - ②各种加工厂、半成品制备站及机械化装置。
 - ③各种建筑材料、半成品、构配件的仓库及堆场。
 - ④行政管理用的办公室、施工人员的宿舍以及文化福利用的临时建筑物。
 - ⑤临时给、排水的管线, 动力、照明供电线路。
 - ⑥保安及防火的设施等。



图 3-3 某项目施工现场平面布置实景

2. 设计依据

(1)设计资料。包括：建筑总平面图、竖向设计图、地貌图、区域规划图、建设项目范围内有关的一切已有和拟建的地下管网位置图等。

(2)已调查收集到的地区资料。包括：建筑企业情况，材料和设备情况，交通运输条件，水、电、蒸汽等条件，社会劳动力和生活设施情况，可能参加施工的各企业力量状况等。

(3)施工部署和主要工程的施工方案。

(4)施工总进度计划。

(5)各种材料、构件、加工品、施工机械和运输工具需要量一览表。

(6)构件加工厂、仓库等临时建筑一览表。

(7)工地业务量计算结果及施工组织设计参考资料。

3. 设计原则

(1)在满足施工条件的前提下，要布置紧凑，尽可能减少施工占地面积，少占或不占农田。

(2)使场内运输距离最短，尽量做到短运距、少搬运，减少材料的二次搬运。各种材料、构件等要根据施工进度并在能保证连续施工的前提下，有计划地组织分期分批进场，充分利用场地；合理安排生产流程，材料、构件要尽可能布置在使用地点附近，要通过垂直运输者，尽可能布置在垂直运输机具附近，力求减少运距，达到节约用工和减少材料的损耗的目的。

(3)在保证工程施工顺利进行的条件下，尽量减少临时设施的搭设。合理使用场地，一切临时性建筑设施，尽量不占用拟建的永久性建筑物的位置，以免造成不应有的搬迁和浪费；各种临时设施的布置，应便于生产和生活。

(4)各项布置内容，应符合劳动保护、技术安全、防火和防洪的要求。为此，机械设备的钢丝绳、缆风绳以及电缆、电线与管道等不得妨碍交通，要保证道路畅通；各种易燃库、棚（如木工、油毡、油料等）及沥青灶、化灰池应布置在下风向，并远离生活区；炸药、雷管要严

格控制并由专人保管；根据工程具体情况，考虑各种劳保、安全、消防设施；在山区雨期施工时，应考虑防洪、排涝等措施，做到有备无患。

4. 施工平面设计步骤

- (1) 确定起重设备的数量及其位置。
- (2) 布置运输道路。
- (3) 布置仓库、材料和构件堆场、加工场的位置。
- (4) 布置行政管理、文化、生活福利用临时房屋。
- (5) 布置水电管线。
- (6) 计算技术与经济指标。

3.2.3 材料准备

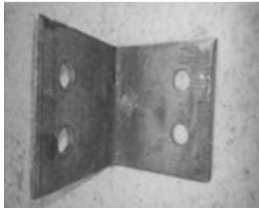
在正式吊装施工前，施工人员应检查各类施工器具、材料，确保器具、材料种类齐全，型号、尺寸符合要求，数量不少于一层的用量。

材料应根据材料的不同性质存放于符合要求的专门材料库房，应避免潮湿、雨淋，防爆、防腐蚀；各种材料应标识清楚，分类存放。

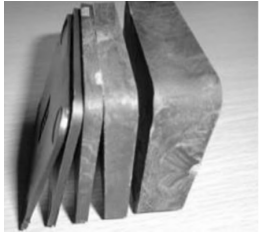
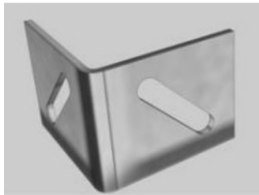
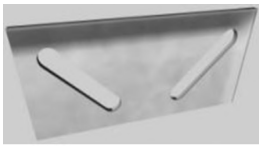
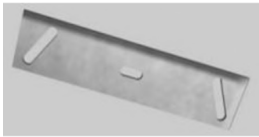
施工现场应建立限额领料制度。对于材料的发放，要实行“先进先出，推陈储新”的原则，项目部的物资耗用应结合分部、分项工程的核算，严格实行限额领料制度，在施工前必须由项目施工人员开签限额领料单，限额领料单必须按栏目要求填写，不可缺项。对贵重和用量较大的物品，可以根据使用情况，凭领料小票分多次发放。对易破损的物品，材料员在发放时需做较详细的验交，并由领用双方在凭证上签字认可。

预制构件吊装施工常用材料如表 3-3 所示。

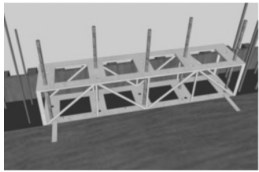
表 3-3 吊装施工常用材料

序号	名称	图例	计算规则	备注
1	外墙板定位件		$(\text{外墙块数} \times 2 \text{ 个}) \times 1 (\text{层})$	将外墙与楼面连成一体，同时方便外墙板就位
2	内墙板定位件		$(\text{内墙及隔墙块数} \times 4 \text{ 个}) \times 1 (\text{层})$	将内墙与楼面连成一体，同时方便内墙板就位

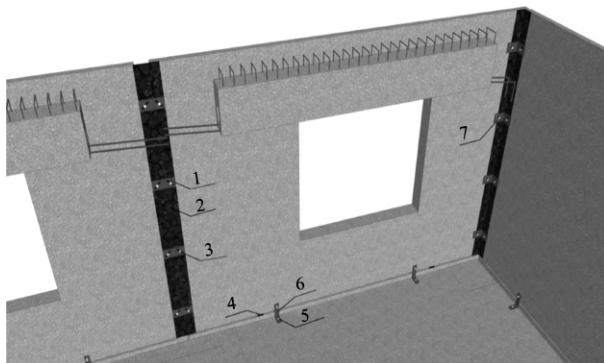
续表3-3

序号	名称	图例	计算规则	备注
3	垫块		$(\text{预制墙板数} \times 2 \text{ 个}) \times 0.7$ $(\text{系数}) \times \text{层数}$	各种规格均按此计算 用于预制构件水平调整
4	L形连接件		标准层外墙板平面布置图 大阳角数 $\times 3$ (道) $\times$ 整栋层数	外墙阳角处拼缝连接
5	一字连接件		两块共面外墙拼缝条数及 两块外墙板阴角拼缝条数 (浇筑在砼内) $\times 3$ (道) $\times$ 层数	外墙一字墙拼缝连接处
6	一字加长连接件		两块共面外墙夹一块分户 墙处 $\times 3$ (道) $\times$ 层数	两块外墙套筒间隔较大处(两块外墙板中隔着一块墙板)
7	连接螺栓		$[\text{一字连接件数(周转)} \times 2$ $\text{个} + \text{墙板定位件数(周转)} +$ $\text{斜支撑数(带拉钩及不带拉钩)}] \times 1(\text{层})$	斜支撑固定、L形连接件固定、一字连接件固定、墙板定位件固定
8	自攻钉		$(\text{外墙块数} \times 2 \text{ 个} + \text{内墙及隔墙块数} \times 4 \text{ 个}) \times \text{层数/可周转层数}$	斜支撑固定、墙板定位件底部固定

续表3-3

序号	名称	图例	计算规则	备注
9	定位钢板		根据设计图纸确定	调整预制剪力墙插筋间距
10	小镜子		吊装班组×1(块)	吊装, 观察灌浆套筒落位情况

连接件施工现场布置如图 3-4 所示。



1——一字连接件; 2——防水卷材; 3——连接螺栓; 4——垫块; 5——自攻钉; 6——定位件; 7——L 形连接件。

图 3-4 连接件施工现场布置

3.2.4 支撑准备

支撑分竖向构件的斜支撑和水平构件的板底支撑、梁底支撑。

斜支撑主要分为两种, 一种是带拉钩的斜支撑(图 3-5), 一种是自攻钉式斜支撑(图 3-6), 前者适用于预埋管线较多的位置, 后者适用于预埋管线较少的位置和一些特殊位置。

水平构件的支撑分为叠合板底支撑和梁底支撑。

叠合板底支撑分为独立式三角架支撑体系、工具式支撑体系(如盘扣式、轮扣式、碗扣式等)、键槽式支撑体系和钢管扣件式支撑体系, 不同的支撑体系在实际使用的过程中操作步骤、注意事项和适用范围各不相同。

梁底支撑分为 Z 形梁底支撑和 U 形梁底支撑。



图 3-5 带拉钩的斜支撑



图 3-6 自攻钉式斜支撑

1. 斜支撑

预制构件的斜支撑的主要作用是临时固定预制构件及调整预制构件的安装垂直度。斜支撑由单杆组成，两头都设有可调螺杆，调节方便，操作简单、稳定性强。

(1) 斜支撑平面布置的基本原则，如图 3-7 所示。

① 根据墙板的长度确定斜支撑的根数，4 m 以下的墙板布设两根，4 m 以上的墙板布设三根，且布置在预制构件的同一侧（先布置板两端的斜支撑，后布置中间斜支撑）。

② 斜支撑的连接方式为竖向预留套筒、水平预埋拉环。

③ 斜支撑的安装位置需考虑模板安装，建议距现浇剪力墙 ≥ 500 mm。带窗框的预制构件，斜支撑预埋套筒不宜安装在窗框以内。

④ 同一块预制构件的斜支撑拉环不能共用。

⑤ 斜支撑预埋拉环的方向应与斜支撑方向在同一平行线上。

⑥ 斜支撑的布置需考虑施工通道。

⑦ 斜支撑的样式需通用，特殊部位（电梯井、楼梯间等）特殊设计。

⑧ 阳角处两块预制构件上的斜支撑在平面图上有相交时，两根斜支撑的交点分别距预制构件的距离的差至少大于 100 mm。

(2) 拉钩斜支撑的套筒预留预埋。

① 墙板需在相应位置预埋套筒，套筒规格根据不同构件采用不同的型号。

② 斜支撑距地面高度不宜小于构件高度的 $\frac{2}{3}$ ，且不应小于构件高度的 $\frac{1}{2}$ 。

③ 楼板需在相应位置预埋支撑环（图 3-8），支撑环一般采用 $\phi 14$ 圆钢。

(3) 根据层高及预制构件的高度不同，一般

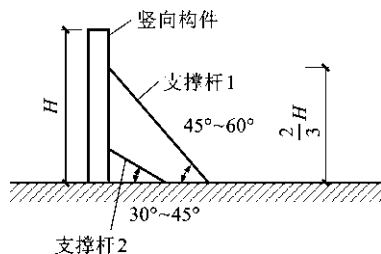


图 3-7 斜支撑

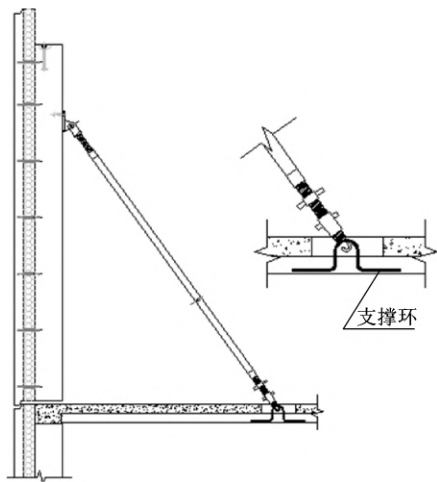


图 3-8 支撑环预埋大样

选用 2 m(使用长度 2.5~2.7 m)或 2.5 m(使用长度 3.0~3.2 m)长斜支撑。

2. 独立三脚架支撑

独立三脚架支撑主要由三脚架、独立立杆、独立顶托、工字木四部分组成。其中独立立杆分为上部的插管与下部的套管两部分,主要用于叠合板底支撑(图 3-9、图 3-10)。

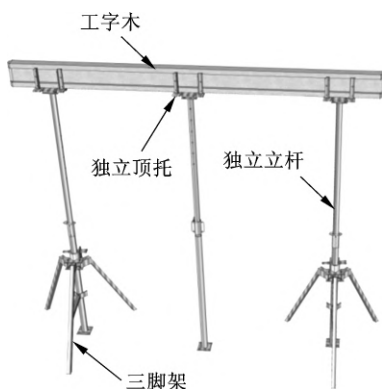


图 3-9 独立三脚架支撑



图 3-10 独立三脚架支撑体系应用案例

(1) 布置原则(图 3-11)。

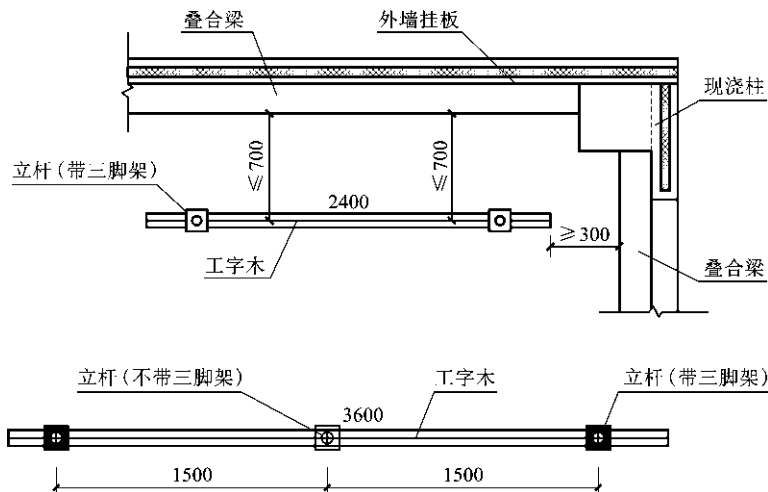
①工字木长端距墙边不小于 300 mm, 侧边距墙边不大于 700 mm。

②独立立杆距墙边不小于 300 mm, 不大于 800 mm。

③独立立杆间距小于 1.8 m。当同一根工字木下两根立杆之间间距大于 1.8 m 时, 需在中间位置再加一根立杆, 中间位置的立杆可以不带三脚架。工字木方向需与预应力钢筋(桁架钢筋)方向垂直。

④工字木端头搭接长度不小于 300 mm。

⑤独立支撑体系不适用于悬挑构件, 如空调板、外阳台、楼梯休息平台等。



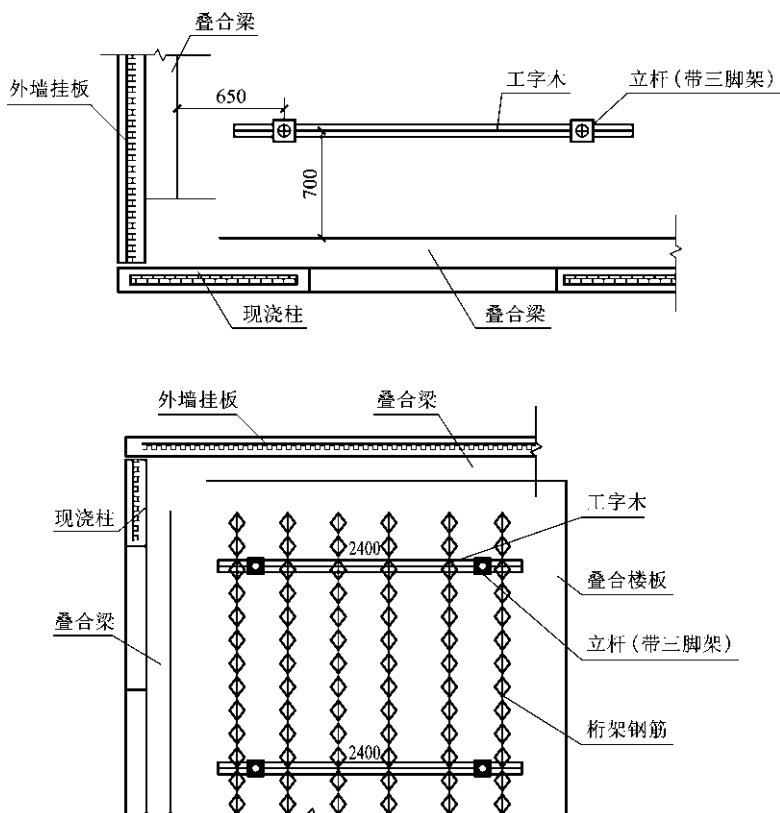


图 3-11 支撑示意图

(2) 优点。

①应用方便：独立支撑可伸缩调节长度尺寸，相互之间无固定水平链接杆件，独立支撑顶部配有相应的支撑头同主次梁，连接、安装、拆除方便。

②施工速度快：独立支撑系统结构简单，用钢量少，劳动率效率高。以塔式住宅楼为例，每层 $600\sim 800\text{ m}^2$ 支模面积仅需半天时间，仅为其他支撑系统的 $1/3$ 至 $1/2$ 。

③节省大量钢材：在同样的支模面积条件下，独立支撑比碗口式支模架、钢管扣件支模架耗钢量少，约为碗扣架或钢管架的 30% 。

④降低施工成本：由于减少了水平模板及支撑系统的一次投入量，又能实现梁板模板早拆，加速模板及支撑系统的周转，同时，节约了大量人工费，因此能明显降低施工成本。

⑤施工现场通畅整洁：独立支撑的施工现场，立杆少，无水平杆，因而人员通行、材料搬运通畅，现场整洁。

⑥垂直运输减少：独立支撑可由人工从楼梯间倒运，也可集中到卸料平台上，由塔吊垂直运输，由于独立支撑用钢量少，因此垂直运输量明显减少。

(3) 缺点。

由于独立三脚支撑稳定性较差，一般不适用于跨度过大或层高超过 3.0 m 的项目，同时不宜作为悬挑及现浇构件的板底支撑来使用。

3. 盘扣式支撑

盘扣式支撑分为立杆、横杆、斜杆。其中立杆上带有圆盘，圆盘上有八个孔，四个小孔为横杆专用，四个大孔为斜杆专用。横杆、斜杆的连接方式均为插销式，可以确保杆件与立杆牢固连接。立杆的连接方式以四方管连接棒为主，而连接棒已固定在立杆上，不需另外的接头组件来组合，防止组件丢失(图 3-12、图 3-13)。

盘扣式支撑具有用量少、重量轻、操作方便等优点，适用范围广。

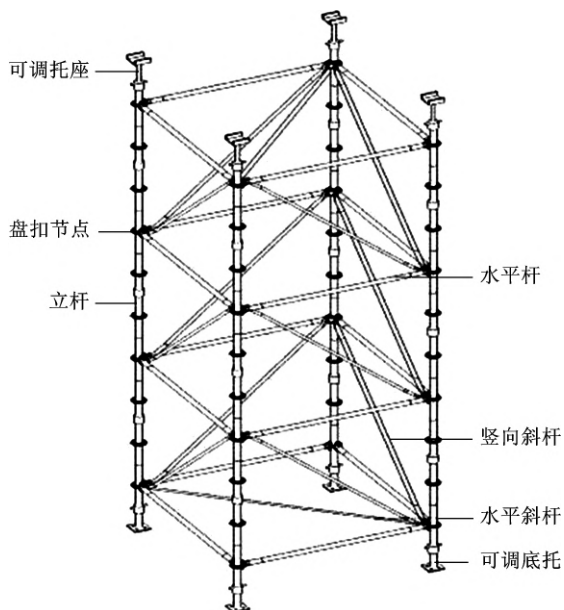


图 3-12 盘扣式支撑



图 3-13 盘扣式支撑体系应用案例

4. 键槽式支撑

承插型键槽式支撑由承插型键槽式钢管承重支架、可调丝杆代替主龙骨的水平加强杆、活动扣件、可调早拆头组成。承插型键槽式支撑搭设简便，坚固耐用，适用范围广，较盘扣式支撑减少了插销零散构配件的使用，精简了施工工艺流程，减少了材料的损耗，但对扣件质量及工人操作水平的要求较高。承插型键槽式支撑具有显著的经济效益和良好的社会效益，是一种工具化的新型支撑体系(图 3-14、图 3-15)。

5. 叠合梁底支撑

选择梁底支撑类型时应考虑叠合梁尺寸、搭设位置、搭设高度等因素，现场施工应严格按照施工策划图纸进行，以提高施工效率、避免事故发生。远大住工根据多年项目经验设计开发了几种叠合梁底支撑体系，见表 3-4。

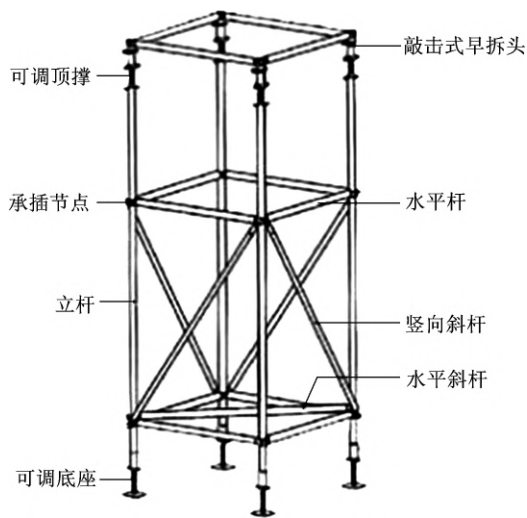
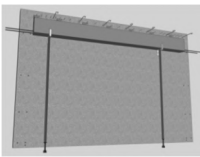
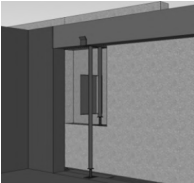
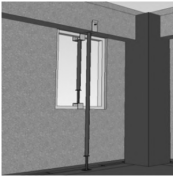
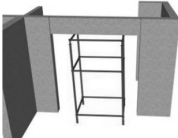


图 3-14 键槽式支撑



图 3-15 键槽式支撑体系应用案例

表 3-4 叠合梁支撑体系

序号	类型	图例		备注
1	Z 形梁底支撑			适用于外墙板无洞口处
2	U1 形梁底支撑			适用于叠合梁底与外墙窗洞口平齐位置
3	U2 形梁底支撑			适用于外墙窗洞口带窗框处
4	脚手架梁底支撑			适用于内墙、隔墙之间的梁的支撑

布置原则:

- (1) 叠合梁长度超过 4 m 时, 宜采用 3 个支撑点。
- (2) 梁支撑立杆距剪力墙或柱不得小于 500 mm 且不大于 1000 mm (在条件允许时, 优先取值 700 mm, 特殊情况特殊考虑)。
- (3) 当叠合梁底与外墙窗洞口平齐时, 布置 U1 形梁底夹具; 布置间距为距外墙板窗端口面 200~300 mm。
- (4) 当叠合梁底与外墙窗洞口平齐并预埋了成品窗框时, 采用 U2 形梁底夹具; 梁底支撑布置间距为距外墙板窗端口 200~300 mm。
- (5) 当叠合梁宽大于下部墙板时, 在墙板两端预留套筒与 Z 形连接件固定, 距墙端 500~600 mm, 两端布置, 每块板不少于 4 个 Z 形连接件。

6. 主要技术经济指标分析

以一栋单层建筑面积 900 m² 的 30 层标准层、层高为 3 m 的高层作为计算载体。支撑面积按 1:1 计算, 总建筑面积 27000 m², 一般内支撑材料除木方外均为租赁, 准备 3 层用量。独立式三角支撑、盘扣式支撑、键槽式支撑的费用分别详见表 3-5~表 3-7。

表 3-5 独立式三角支撑

单位: 元/m²

分项	计算依据	费用计算
材料费	按建筑面积	12
人工费		5
合计		17

表 3-6 盘扣式支撑

单位: 元/m²

分项	计算依据	费用计算
材料费	按建筑面积	8
人工费		10
合计		18

表 3-7 键槽式支撑

单位: 元/m²

分项	计算依据	费用计算
材料费	按建筑面积	7
人工费		10
合计		17

3.2.5 施工流程

1. 装配整体式混凝土剪力墙结构施工流程

装配整体式混凝土剪力墙结构由水平受力构件(如梁、板、楼梯等)和竖向受力构件(如

剪力墙)组成,主要构件在预制构件厂生产或剪力墙现场浇筑,然后运送至施工现场经过装配及后浇叠合而形成整体。其连接节点通过后浇混凝土结合,水平向钢筋通过机械连接和其他方式连接,竖向钢筋通过钢筋灌浆套筒连接或其他方式连接。

装配整体式混凝土剪力墙结构施工流程根据剪力墙为预制或现浇可分为两种情况:

(1)剪力墙为预制时施工流程如图 3-16 所示。

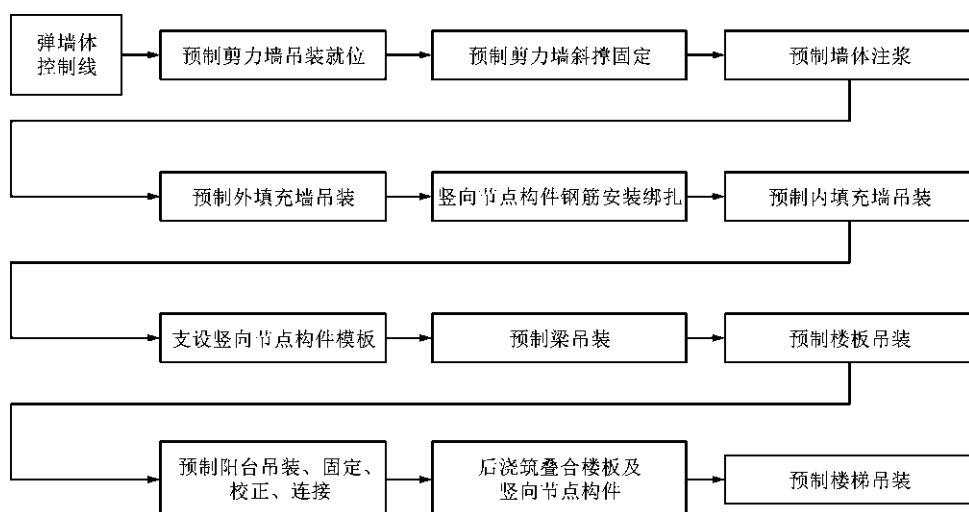


图 3-16 剪力墙为预制时装配整体式剪力墙结构施工流程

(2)剪力墙为现浇时施工流程如图 3-17 所示。

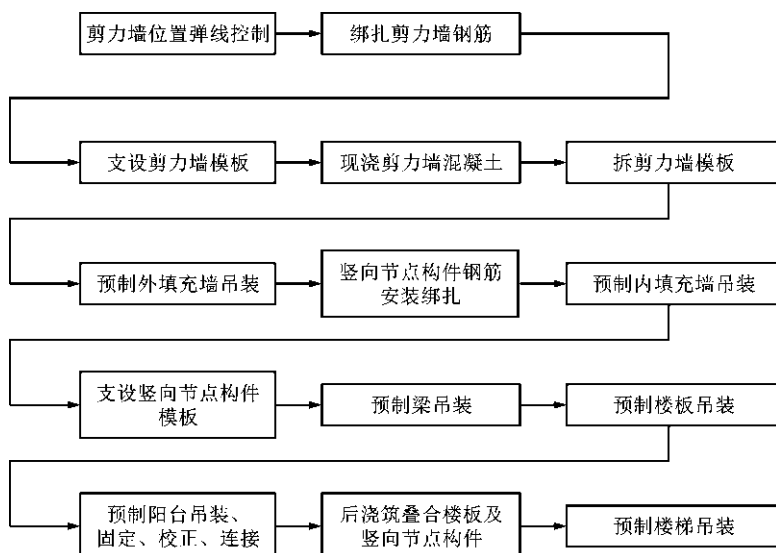


图 3-17 剪力墙为现浇时装配整体式剪力墙结构施工流程

2. 装配整体式混凝土框架结构施工流程

装配整体式混凝土框架结构是以预制柱(或现浇柱)、叠合板、叠合梁为主要预制构件,并通过叠合板的现浇及节点部位的后浇混凝土而形成的混凝土结构。水平向钢筋通过钢筋灌浆套筒连接、机械连接或其他方式连接,竖向钢筋通过钢筋灌浆套筒连接或其他方式连接。

装配整体式框架结构施工流程根据混凝土柱为预制或现浇可分为两种情况:

(1) 混凝土柱为预制时施工流程如图 3-18 所示。

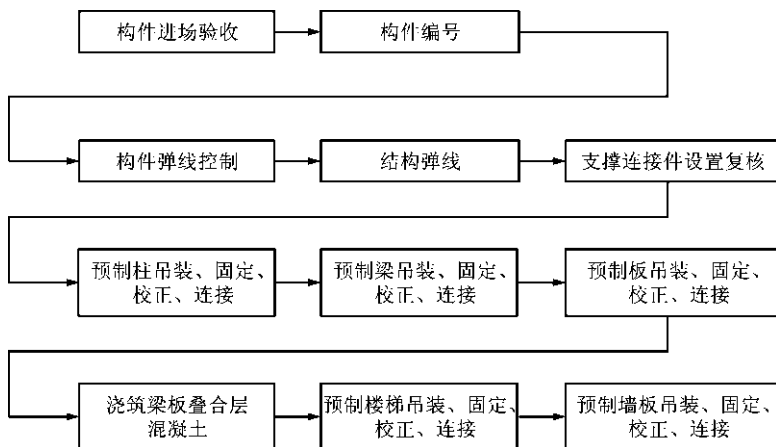


图 3-18 混凝土柱为预制时装配整体式框架结构施工流程

(2) 混凝土柱为现浇时施工流程如图 3-19 所示。

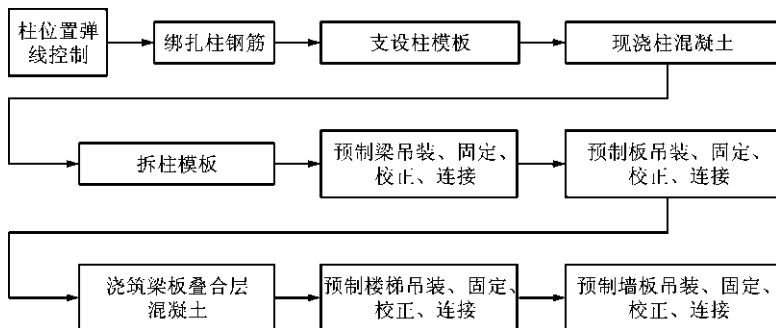


图 3-19 混凝土柱为现浇时装配整体式框架结构施工流程

3.3 竖向构件安装

装配式建筑施工相对于传统施工,最大的改变在于预制构件的吊装施工、吊装顺序的编制,为吊装作业提供了作业方向;而预制构件吊装施工工艺流程,为吊装作业按要求完成提供了保障。

装配式建筑主要的竖向构件有:预制柱、预制剪力墙、外墙板、内墙和隔墙。

3.3.1 预制框架柱吊装施工

(1) 预制框架柱吊装如图 3-20 所示。



图 3-20 预制框架柱吊装示意图

(2) 预制框架柱吊装施工流程如图 3-21 所示。

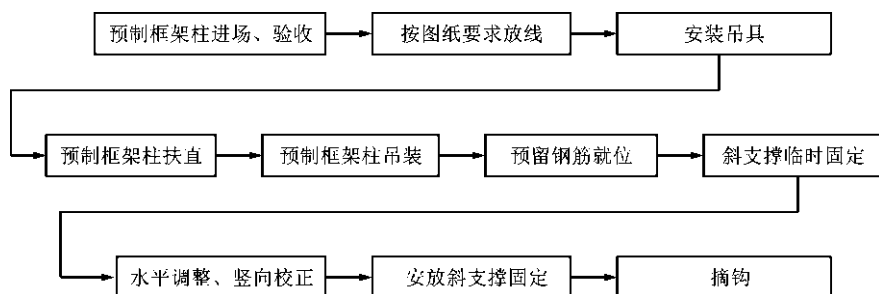


图 3-21 预制框架柱吊装施工流程示意图

(3) 施工要点。

1) 检查预制框架柱进场的尺寸、规格，混凝土的强度是否符合设计和规范要求，检查柱上预留套管及预留钢筋是否满足图纸要求，套管内是否有杂物；同时做好记录，并与现场预留套管的检查记录进行核对。

2) 根据预制框架柱平面各轴的控制线和柱框线校核预埋套管位置的偏移情况，并做好记录。若预制框架柱有小距离的偏移需借助就位设备进行调整，无问题方可进行吊装。

3) 吊装前在柱四角放置金属垫块，以利于预制柱的垂直度校正，按照设计标高，结合柱子长度对偏差进行确认。用经纬仪控制垂直度，若有少许偏差运用千斤顶等进行调整。

4) 预制框架柱初步就位时，应将预制柱下部钢筋套筒与下层预制柱的预留钢筋试对，无问题后准备进行固定。

5) 预制框架柱接头连接采用套筒灌浆连接技术。

①封边。柱脚四周采用坐浆材料封边，形成密闭灌浆腔，保证在最大灌浆压力(约

1 MPa)下密封有效。

②灌浆。用灌浆泵(枪)从接头下方的灌浆孔处向套筒内压力灌浆,特别注意正常灌浆浆料要在自加水搅拌开始 20~30 min 内灌完,以尽量保留一定的操作应急时间。

同一仓只能一个灌浆孔灌浆,不能同时选择两个以上孔灌浆;同一仓应连续灌浆,不得中途停顿,如果中途停顿,再次灌浆时,应保证已灌入的浆料有足够的流动性,还需要将已经封堵的出浆孔打开,待灌浆料再次流出后逐个封堵出浆孔。

③封堵。接头灌浆时,待接头上方的排浆孔流出浆料后,及时用专用橡胶塞封堵。灌浆泵(枪)口撤离灌浆孔时,也应立即封堵。通过水平缝连通腔一次向构件的多个接头灌浆时,应按浆料排出先后依次封堵灌浆排浆孔,封堵时灌浆泵(枪)一直保持灌浆压力,直至所有灌浆孔出浆并封堵牢固后再停止灌浆。如有漏浆须立即补灌损失的浆料。在灌浆完成、浆料凝结前,应巡视检查已灌浆的接头,如有漏浆及时处理。

3.3.2 预制剪力墙安装

预制剪力墙是指建筑物中剪力墙带保温及钢筋混凝土外页在工厂进行预制,运抵施工现场直接吊装至相应位置,在灌浆套筒里注入灌浆料拌合物,通过拌和物硬化而实现传力的钢筋对接连接(图 3-22)。按灌浆套筒的排数,预制剪力墙可分为单排灌浆套筒连接和双排灌浆套筒连接。一般预制剪力墙与相邻的预制剪力墙在设计时预留 20 mm 的安装拼缝。

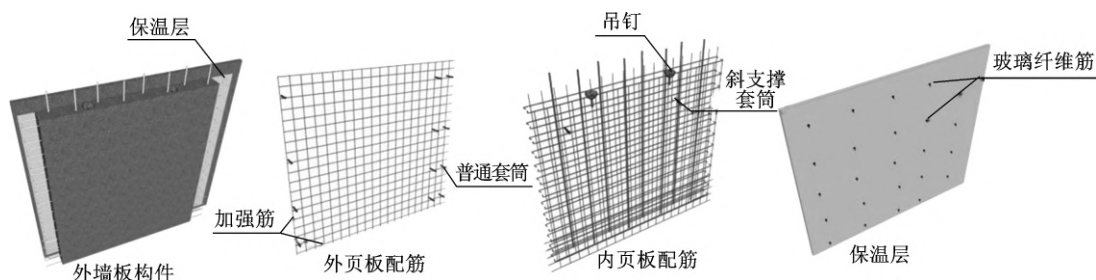


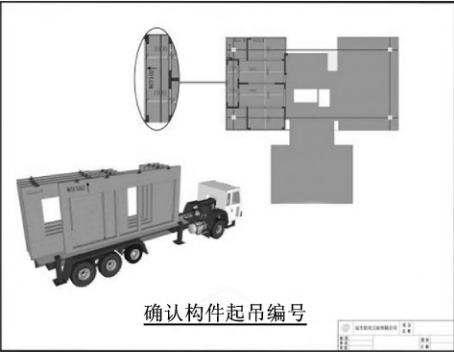
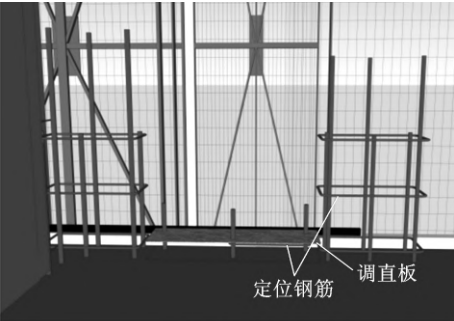
图 3-22 预制剪力墙

施工工艺流程:

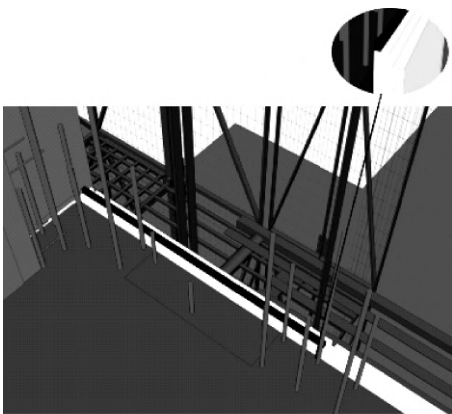
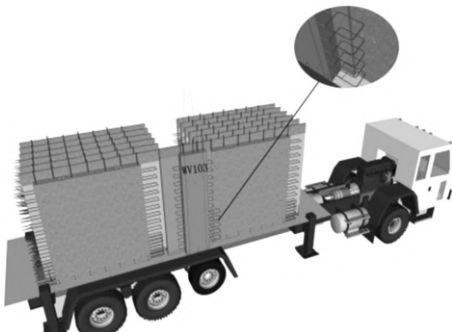
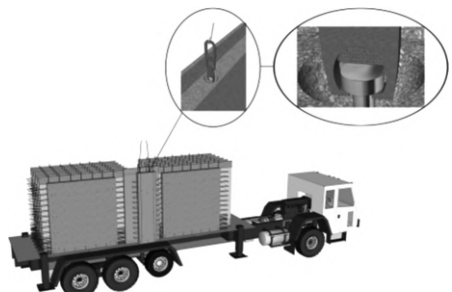
轴线、标高复核→确认构件起吊编号→钢筋调直→粘贴泡沫胶条→绑扎柱子箍筋至闭口箍上→安装吊钩→安装缆风绳,起吊→距地面 1 m 时静停→吊运→距楼面 500 mm 静停→钢筋对位→落位→安装斜支撑→安装定位件→取钩→垂直度检查。

具体流程详见表 3-8。

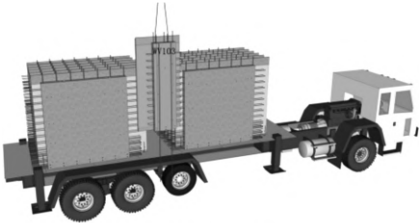
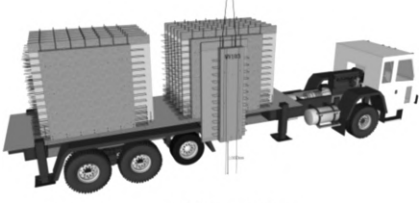
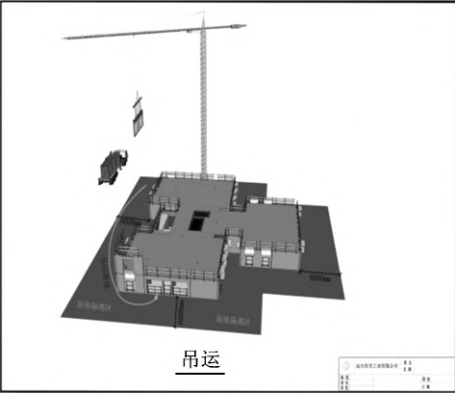
表 3-8 预制剪力墙施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 轴线、 标高复 核	1.1 复核主控线尺寸 1.2 复核控制线尺寸 1.3 复核垫块标高 厚度	 轴线、标高复核	外墙高于楼面的, 在距 墙板内侧 200 mm 处应 有控制边线; 垫块应根据垫块布置 图放置, 垫块应放置在 预制剪力墙砼上
2 确认构 件起吊 编号	对比楼面构件编号与 拖车上即将起吊的构 件编号是否一致	 确认构件起吊编号	核对编号是否为所对 应构件
3 钢筋 调直	3.1 在剪力墙连接钢 筋及两侧柱钢筋上绑 扎定位箍筋, 防止箍 筋跑位 3.2 楼面混凝土浇筑 完成并达到相应强度 要求后将连接部位的 箍筋取出, 降下调直 板, 并采用空心钢管 将弯曲的钢筋进行调 直	 定位钢筋 调直板 钢筋调直	注意地面垫块高度及 位置是否放置正确; 调直时避免破坏混凝 土面层

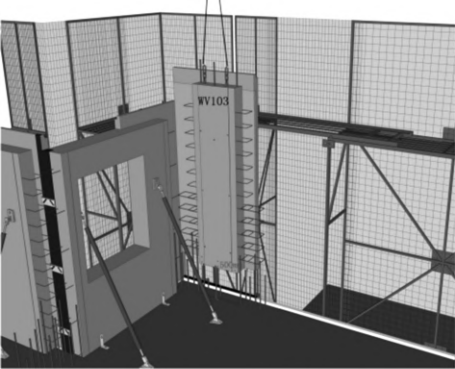
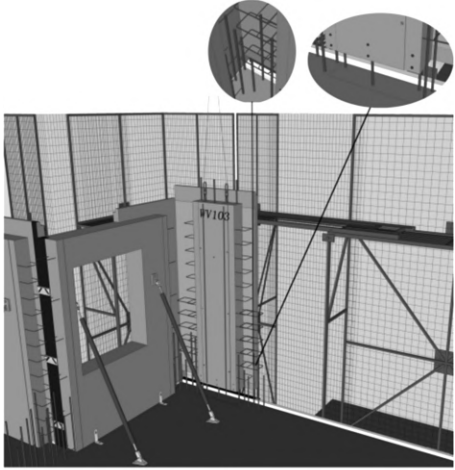
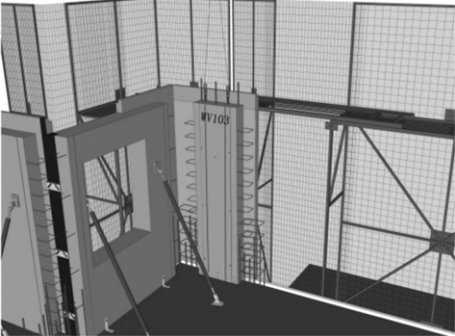
续表3-8

工序	工作要点	标准图片	注意事项
4 粘贴泡沫胶条	取出调直板及定位箍筋,并对该构件区域进行清理。采用规格为 20 mm×30 mm 的泡沫胶条粘贴在墙板翻边位置	 粘贴泡沫胶条	清理时避免造成套筒锚固钢筋偏位
5 绑扎柱子箍筋至闭口箍上	将剪力墙柱 1 m 以下的箍筋绑扎至叠合剪力墙闭口箍上,叠合剪力墙可避免箍筋安装不方便的问题	 绑扎柱子箍筋至闭口箍上	
6 安装吊钩	根据墙板的大小及重量,选定合适的钢丝绳、钢梁、吊钩,并按照要求将吊钩安装在吊钉上	 安装吊钩	安装吊钩之前应检查吊钩是否牢靠,吊钩与吊钉连接是否稳固;检查吊钉周围是否有蜂窝、麻面、开裂等影响吊钉受力的质量缺陷

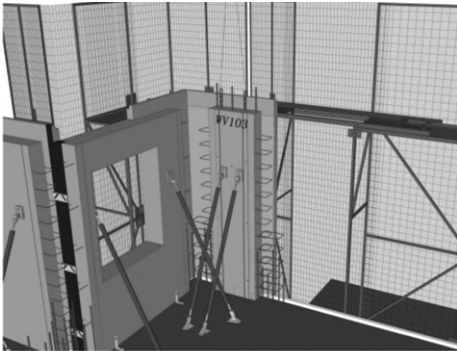
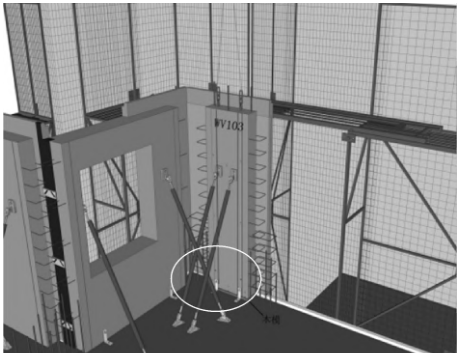
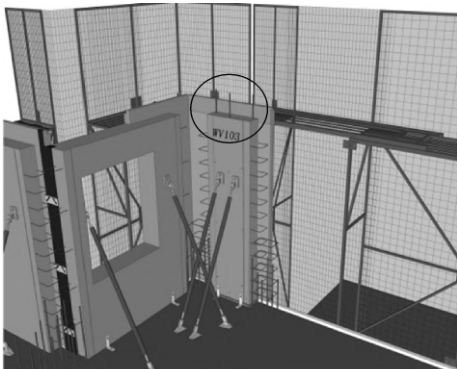
续表3-8

工序	工作要点	标准图片	注意事项
7 安装缆风绳，起吊	7.1 墙板与钢丝绳的夹角小于 45° 或墙板上 4 个或超过 4 个吊钉的，应采用钢梁 7.2 安装缆风绳有利于防止墙板在落位时发生碰撞	 安装缆风绳、起吊	缆风绳的长度为 5 m； 起吊时，注意构件是否水平，钢丝绳受力是否均匀； 构件起吊应缓慢； 起吊时，确保构件不与相邻构件碰撞
8 距地面 1 m 时静停	将构件吊离拖车至距地面 1 m 的位置静停 30 s	 距地1 m静停	检查塔吊起升、制动以及构件起吊有无异常
9 吊运	9.1 按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 9.2 吊运线路必须在防坠隔离区内	 吊运	构件在空中吊运时，防坠隔离区内不得有施工人员； 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸 6 m

续表3-8

工序	工作要点	标准图片	注意事项
10 距楼面 500 mm 静停	构件吊运至距安装位置上空 500 mm 处时静停 30 s	 距楼面500 mm静停	吊装工人应校核构件吊装位置, 为构件安装做准备
11 钢筋 对位	构件垂直缓慢下降, 保证柱子竖直筋包裹在叠合式剪力墙的箍筋内	 钢筋对位	柱子钢筋绑扎的高度应低于 1 m
12 落位	构件缓慢落位, 利用镜子观察套筒连接钢筋插入灌浆孔内	 落位	注意检查构件是否对齐其边线及端线; 竖直水平板缝通过端线控制为 20 mm

续表3-8

工序	工作要点	标准图片	注意事项
13 安装斜支撑	13.1 斜支撑安装先固定下部支撑点，再固定上部支撑点。上部支撑点安装高度在墙板 2/3 位置处 13.2 外墙有斜支撑套筒时应安装在套筒位置	 安装斜支撑	斜支撑安装具体位置应根据斜支撑布置图； 斜支撑底部固定不少于 2 个自攻钉； 斜支撑底部螺杆伸出长度应小于 200 mm
14 安装定位件	14.1 按照布置图安装外墙定位件，每块墙板安装 2 个定位件，防止构件偏移 14.2 定位件与预制构件之间加设 40 mm 高木模	 安装定位件	木模安装须紧贴预制构件，然后用定位件连接墙板并将木模固定，构件两侧均采用木模封堵
15 取钩	斜支撑安装紧固完成后，方可取钩	 取钩	确认吊钩完全取出后缓慢提升钢丝绳，避免吊钩及钢丝绳与其他构件发生碰撞
16 垂直度检查			

3.3.3 外墙挂板吊装施工



装配式建筑外墙板
吊装施工工艺

外墙挂板由钢筋混凝土外页、保温层、钢筋混凝土内页组成。外墙挂板通过连接钢筋锚入楼板现浇层或现浇梁内与主体连接(图 3-23), 安装在主体结构上, 是起围护、装饰作用的非承重预制混凝土构件。

施工工艺流程:

轴线、标高复核→确认构件起吊编号→安装吊钩→安装缆风绳、起吊→距地 1 m 静停→吊运→距楼面 1 m 静停→落位→安装斜支撑→取钩→垂直度检查→标高复核→安装墙板加固件→粘贴防水卷材→安装连接件及点焊固定。

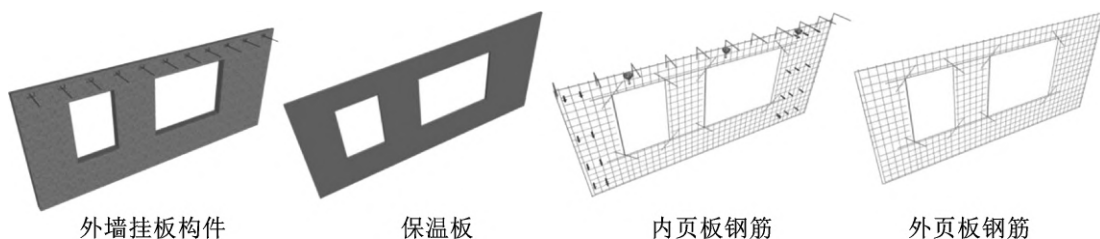


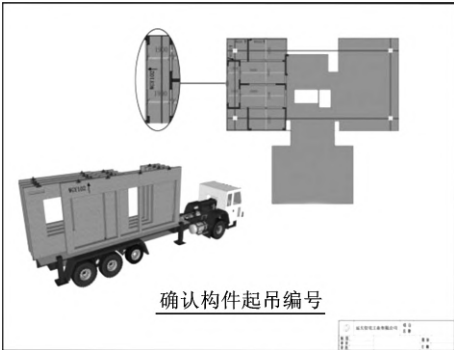
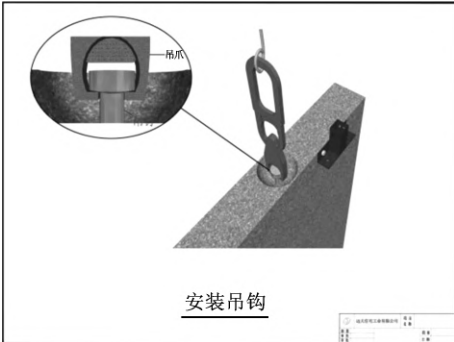
图 3-23 外墙挂板

具体流程详见表 3-9。

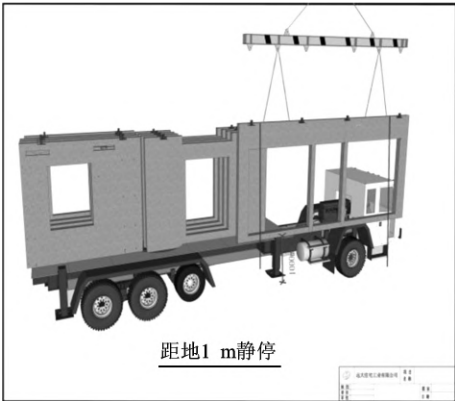
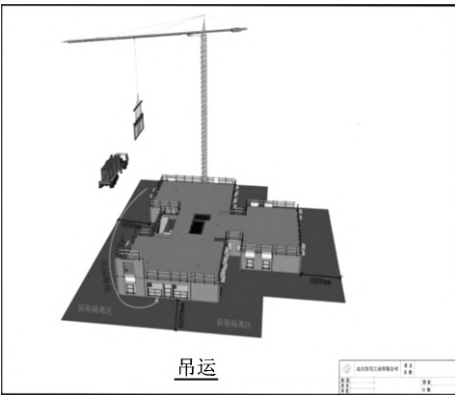
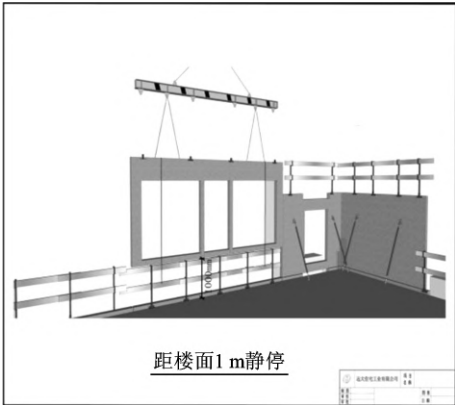
表 3-9 外墙挂板施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 轴线、 标高 复核	1.1 复核主控线尺寸 1.2 复核控制线尺寸 1.3 复核垫块标高厚度		外墙挂板高于楼面的, 在距墙板内侧 200 mm 处应有控制边线; 垫块应根据垫块布置图放置, 外墙挂板垫块应放置在内页混凝土坎台上

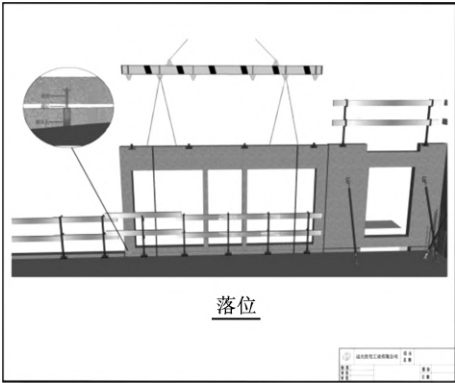
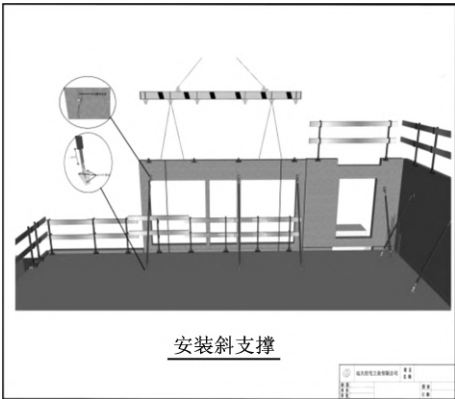
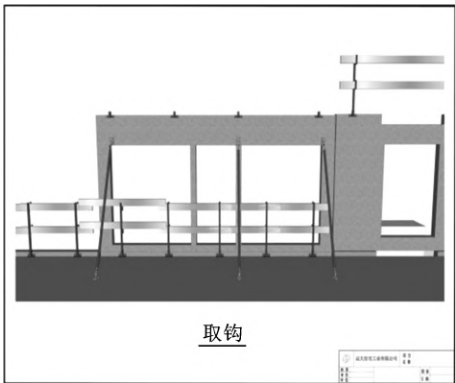
续表3-9

工序	工作要点	标准图片	注意事项
2 确认构件起吊编号	对比楼面构件编号与拖车上即将起吊的构件编号是否一致	 确认构件起吊编号	注意地面垫块高度及位置是否放置正确；合理安排存放位置
3 安装吊钩	根据墙板的大小及重量，选定合适的钢丝绳、钢梁、吊钩，并按照要求将吊钩安装在吊钉上	 安装吊钩	安装吊钩之前应检查吊钩是否牢靠，吊钩与吊钉连接是否稳固；检查吊钉周围是否有蜂窝、麻面、开裂等影响吊钉受力的质量缺陷
4 安装缆风绳、起吊	4.1 墙板与钢丝绳的夹角小于 45° 或墙板上 有 4 个或超过 4 个吊钉的，应采用钢梁 4.2 安装缆风绳有利于防止墙板在落位时发生碰撞	 安装缆风绳、起吊	缆风绳的长度为 5 m；起吊时，注意构件是否水平，钢丝绳受力是否均匀

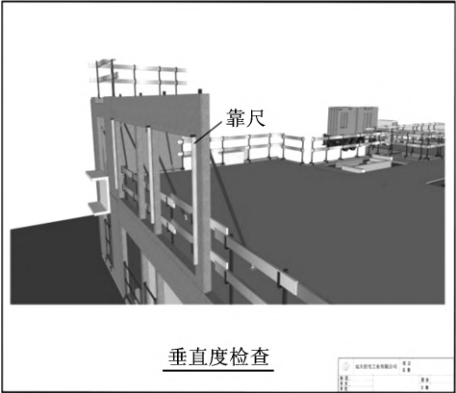
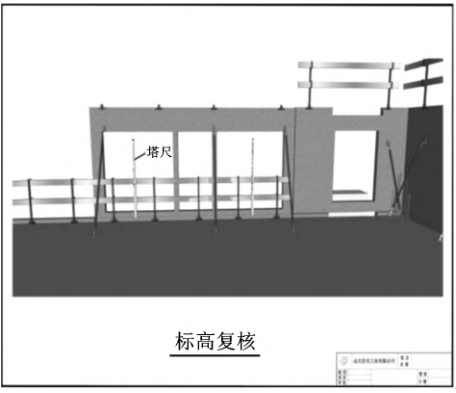
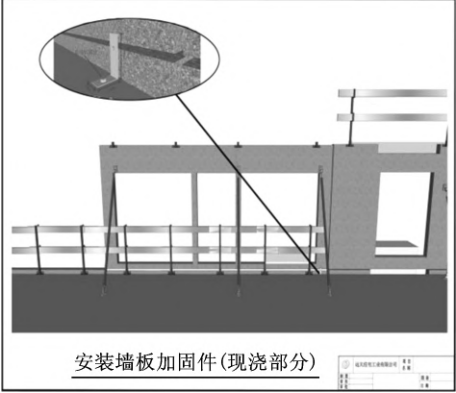
续表3-9

工序	工作要点	标准图片	注意事项
5 距地1 m 静停	5.1 塔吊起升前检查是否可以起升 5.2 将构件吊离拖车至距地面1 m的位置静待约30 s	 距地1 m静停	检查塔吊起升、制动以及构件起吊有无异常
6 吊运	6.1 按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 6.2 吊运线路必须在防坠隔离区内	 吊运	构件在空中吊运时，防坠隔离区内不得有施工人员； 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸6 m
7 距楼面1 m 静停	构件吊运至距安装位置上空1 m处时静停约30 s	 距楼面1 m静停	检查构件编号，调整构件安装正反面，检查垫块位置及数量

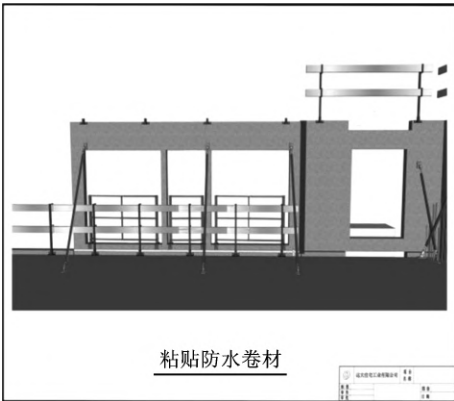
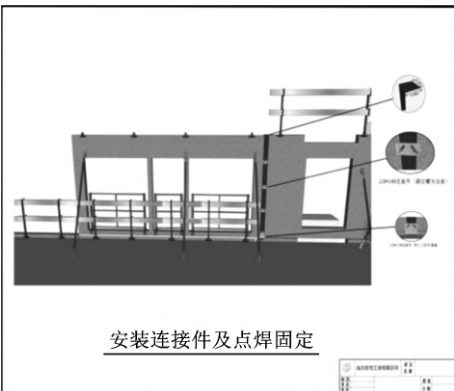
续表3-9

工序	工作要点	标准图片	注意事项
8 落位	构件缓慢落位		注意检查构件是否对齐其边线及端线； 做好防护措施
9 安装斜支撑	9.1 斜支撑安装先固定下部支撑点，再固定上部支撑点。上部支撑点安装高度在墙板 2/3 位置处 9.2 外墙有斜支撑套筒时应安装在套筒位置		斜支撑具体位置应依据斜支撑布置图安装； 斜支撑底部固定不少于 2 个自攻钉； 斜支撑底部螺杆伸出长度应小于 200 mm 原则：构件小于 4 m 布 2 根，4~6 m 布 3 根，6 m 以上布 4 根
10 取钩	斜支撑安装紧固完成后，方可取钩		严禁将楼梯搭在外墙挂板上取钩或者人员踩扶外墙挂板取钩

续表3-9

工序	工作要点	标准图片	注意事项
11 垂直度 检查	11.1 靠尺在距离墙板端边 500 mm 左右。构件小于 5 m 靠 2 尺, 构件大于 5 m 靠 3 尺 11.2 采用斜撑杆螺栓旋转调节墙板垂直度		外墙垂直度应控制在 ± 4 mm 以内; 垂直度调整时, 应将固定在墙板上的所有斜支撑同时旋转, 严禁一根往外旋转 一根往内旋转
12 标高 复核	采用水准仪将塔尺置于板底垫块处, 进行标高复核		复核的标高与后视点的差值不应大于 2 mm; 操作必须规范 (如塔尺必须立直、水准仪必须水平)
13 安装墙 板加固 件	在距地 50 mm 的套筒位置处安装墙板加固件		先安装底部 L 限位件固定, 上端用 M16 螺栓拧入外墙挂板套筒, 底部用自攻钉固定在楼面上; 将螺栓/自攻钉焊接固定在 L 限位件上, 然后焊接钢筋连接 L 限位件的上端与底部

续表3-9

工序	工作要点	标准图片	注意事项
14 粘贴防水卷材	预制板拼缝处贴100 mm宽防水卷材,卷材上翻至外墙板缸顶面50 mm,并在板端固定		防水卷材应紧贴墙面,不应有褶皱;铺贴卷材不能挡住装连接件的套筒
15 安装连接件及点焊固定	15.1 根据套筒位置安装墙板连接件,每个墙板拼缝安装3个,均用固定螺栓连接 15.2 固定件固定后,点焊固定连接件与固定螺栓		安装连接件时,必须注意防水卷材是否有褶皱,如果有,应铺平再安装

3.3.4 内墙、隔墙安装

1. 内墙安装

内墙是指带叠合梁的隔墙。隔墙顶部在工厂预制时与叠合梁连接,墙板底部通过坐浆与地面楼板连接,墙体两侧预埋柔性材料与现浇构件连接(图3-24)。

施工工艺流程:

确认构件起吊编号→安装吊钩→安装缆风绳、起吊→安装定位件→距地1 m静停→吊运→距楼面1 m静停→落位→安装斜支撑→取钩→垂直度检查。

具体流程详见表3-10。



内墙板、隔墙板
吊装施工工艺

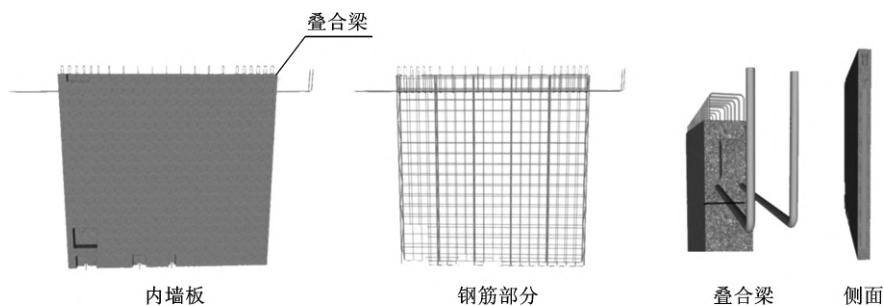
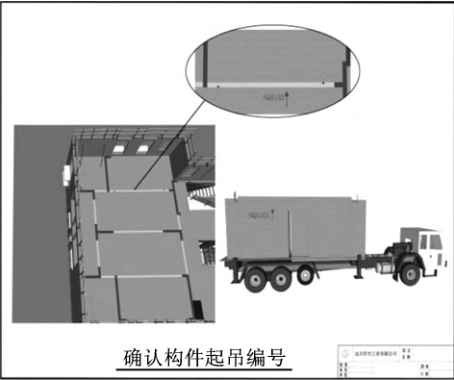
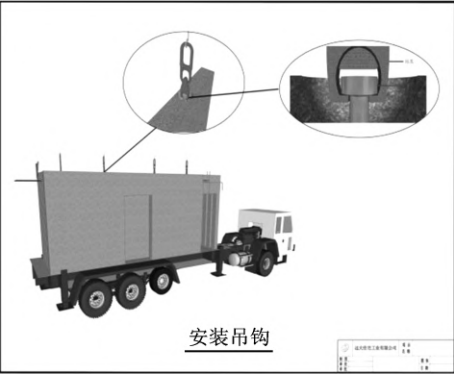
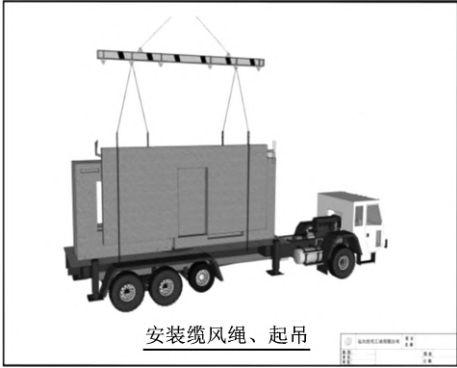
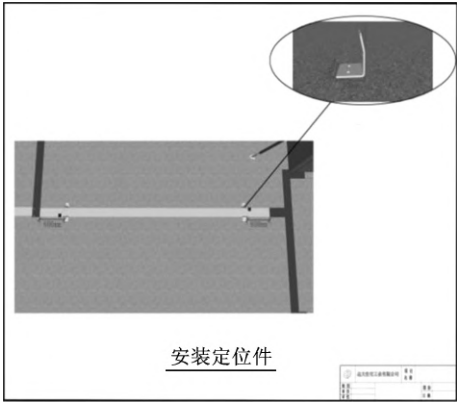
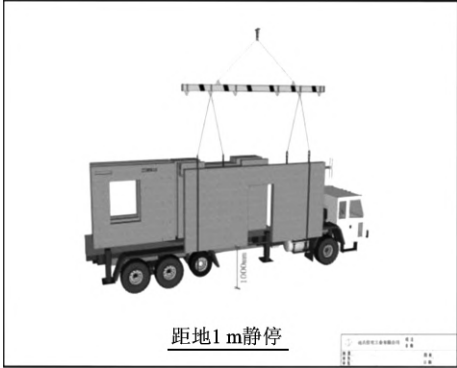


图 3-24 内墙

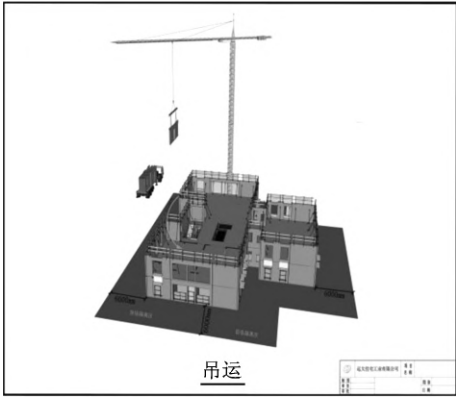
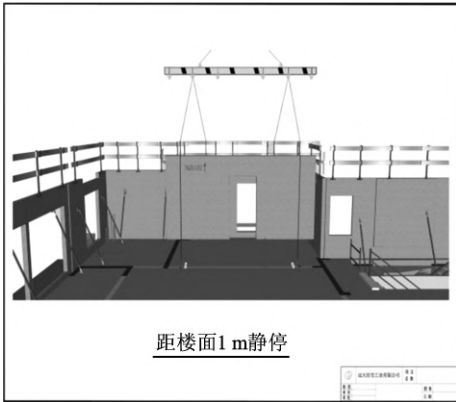
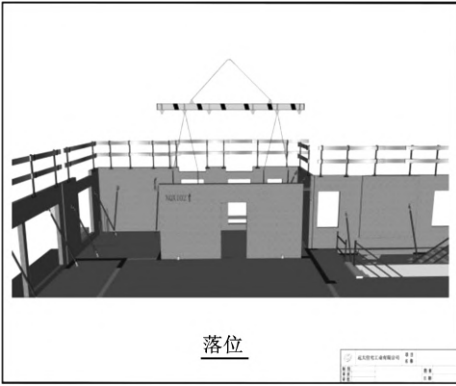
表 3-10 内墙施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 确认构件起吊编号	1.1 检查内墙标高定位线是否清晰完整, 根据楼面标高放置垫块 1.2 预制构件拖车到场后引导至塔吊适宜起吊位置 1.3 对照内墙吊装顺序图确认工厂供板是否正确		吊装作业人员安全防护用品应佩戴齐全; 检查塔吊、钢丝绳、吊钩是否完好; 现场吊装区域进行隔离
2 安装吊钩	2.1 安装吊钩人员爬上拖车对照吊装顺序图并找到需要吊装的内墙板 2.2 按照要求将吊钩安装在吊钉上 2.3 楼面内墙板安装处放置垫块		安装吊钩之前应检查吊钩是否牢靠, 吊钩与吊钉连接是否稳固; 检查吊钉周围是否有蜂窝、麻面、开裂等影响吊钉受力的质量缺陷, 如出现质量缺陷, 必须采取必要的加固措施; 垫块应分布在墙板两侧位置

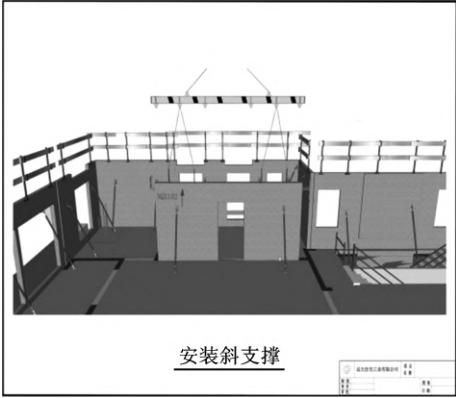
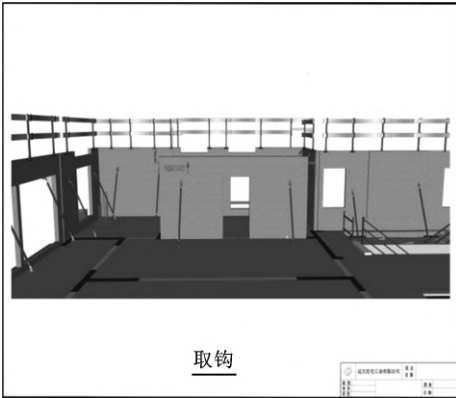
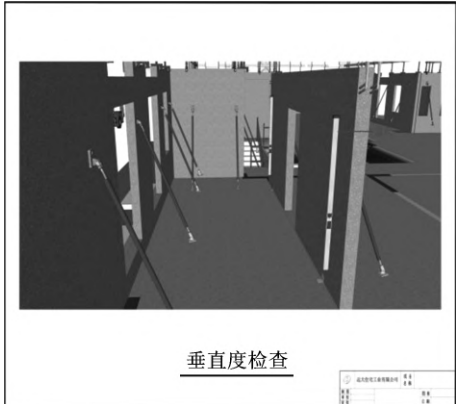
续表3-10

工序	工作要点	标准图片	注意事项
3 安装缆风绳、起吊	安装好缆风绳、保护索(保护索至少穿过3根箍筋),构件缓慢起吊	 安装缆风绳、起吊	墙板与钢丝绳的竖向夹角应小于 45°。采用四点起吊时,应增设型钢梁; 起吊时,注意构件是否水平,钢丝绳是否受力均匀,不水平或不均匀时用钢丝绳或加卸扣进行调整; 起吊时,构件提升速度不能过快
4 安装定位件	按照布置图安装内墙定位件,每块墙安装4个定位件	 安装定位件	定位件的安装必须紧贴内墙板的边线,使墙板能够精确落位
5 距地1m静停	将构件起吊至距地面1m的位置静停15~20s	 距地1m静停	检查构件的表观质量,看有无裂纹等质量缺陷; 检查吊具的受力情况,以及钢丝绳磨损、吊钩有无滑丝等状况; 保障吊运安全

续表3-10

工序	工作要点	标准图片	注意事项
6 吊运	6.1 按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 6.2 整个吊运应在防坠隔离区内进行	 吊运	吊运时,应遵守吊装安全要求; 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸6 m; 构件吊运区域设置警戒线,派专人看护
7 距楼面1 m 静停	构件吊运至距安装位置上空1 m处时静停10~15 s	 距楼面1 m静停	通过缆风绳调整墙板位置、方向,使其能顺利落位
8 落位	8.1 施工人员对照预制构件详图确定构件正反面并调整 8.2 静停后,作业人员用手扶住墙板,减速下降、缓慢落位	 落位	落位时要防止其碰撞其他已经吊装完成的墙板,以免造成二次返工

续表3-10

工序	工作要点	标准图片	注意事项
9 安装斜支撑	9.1 墙板落位后, 作业人员进行斜支撑安装, 先固定上方, 再固定下方 9.2 观察构件位置与边线是否有偏差或标高不一致, 用撬棍调整	 安装斜支撑	斜支撑底部自攻钉不少于 2 个 (带拉钩的直接挂在拉环上并锁紧); 斜支撑上部支撑点布置在墙板 2/3 处; “7”字形内墙在门洞处加设一根顶撑, 防止内墙由于两边重量不一致造成的倾斜
10 取钩	斜支撑安装固定后, 方可取钩	 取钩	工人用铝合金梯进行取钩
11 垂直度检查	11.1 使用铝合金靠尺靠在内墙板上查看其垂直度是否有偏差 11.2 旋转斜支撑杆件调整构件垂直度偏差, 直至其垂直度没有误差为止	 垂直度检查	内墙垂直度应控制在 $\pm 3 \text{ mm}$ 以内; 调整时, 同一墙板上所有斜支撑应同时旋转, 且方向一致; 斜支撑底部螺杆伸出长度不大于 200 mm

2. 隔墙安装

隔墙是指将室内空间分隔成为不同的活动空间的预制构件。墙板下部通过坐浆与板连接，墙板顶部通过插筋与顶面楼板连接(图 3-25)。

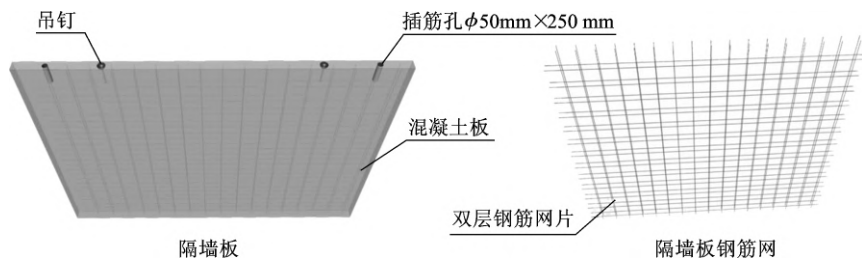


图 3-25 隔墙

施工工艺流程：

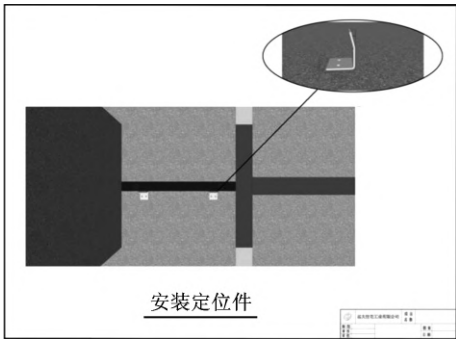
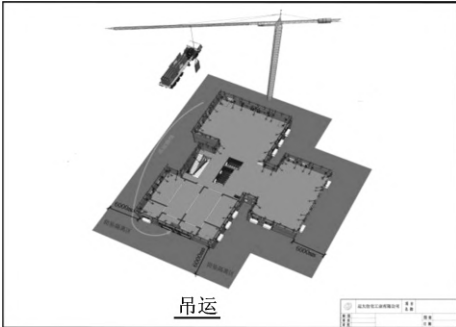
确认构件起吊编号→安装吊钩→安装缆风绳、起吊→安装定位件→距地 1 m 静停→吊运→距楼面 1 m 静停→落位→安装斜支撑→取钩→垂直度检查。

具体流程详见表 3-11。

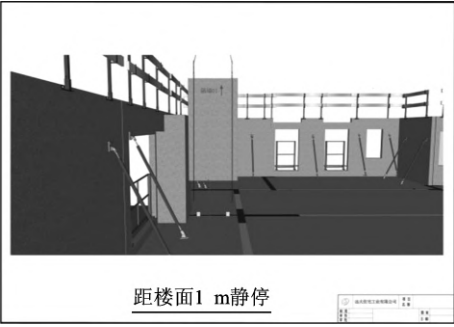
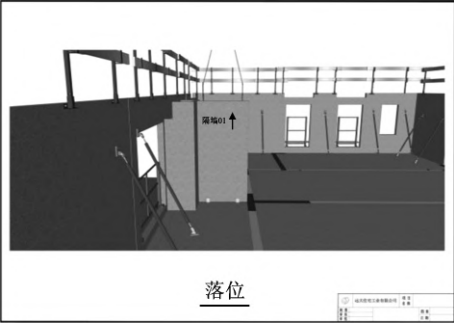
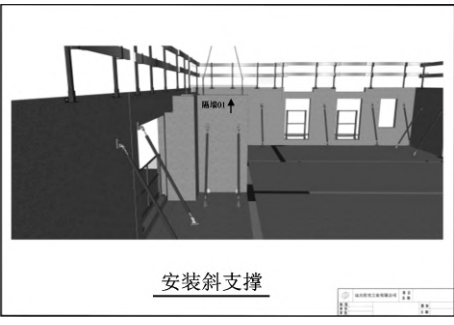
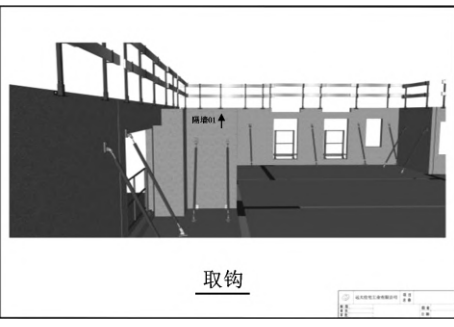
表 3-11 隔墙施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 确认构件起吊编号	1.1 检查隔墙标高定位线是否清晰完整，根据楼面标高放置垫块 1.2 预制构件拖车到场后引导至塔吊适宜起吊位置 1.3 对照隔墙吊装顺序图确认工厂供板是否正确	确认构件起吊编号	吊装作业人员安全防护用品应佩戴齐全； 检查塔吊、钢丝绳、吊钩是否完好； 现场吊装区域进行隔离
2 安装吊钩	2.1 根据隔墙板的大小及重量选定合适的钢丝绳及钢梁，并按照要求安装在吊钉上 2.2 检查吊钉周围砼质量	安装吊钩	安装吊钩之前检查吊钩是否牢靠，吊钩与吊钉连接是否稳固； 检查是否有影响吊钉受力的质量缺陷，必要时采取措施进行加固

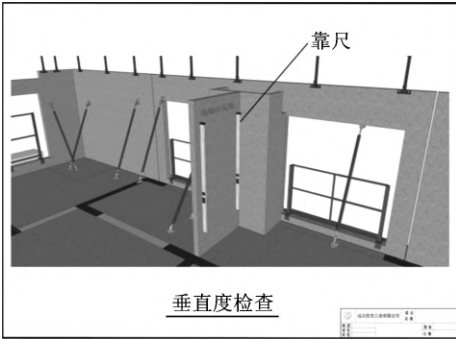
续表3-11

工序	工作要点	标准图片	注意事项
3 安装缆风绳、起吊	3.1 安装缆风绳, 限制墙板晃动 3.2 缆风绳安装好后, 构件缓慢起吊	 安装缆风绳、起吊	缆风绳的长度为 5 m; 起吊时, 注意构件是否水平, 钢丝绳是否受力均匀
4 安装定位件	按照隔墙定位件安装布置图进行安装, 一块墙板安装 2 个定位件	 安装定位件	定位件的安装必须紧贴隔墙板的边线, 使墙板能够精确落位
5 距地 1 m 静停	将构件吊离拖车至距地面 1 m 的位置静停 15~20 s	 距地 1 m 静停	保障吊运安全; 检查吊具的受力情况, 以及钢丝绳磨损、吊钩有无滑丝等状况; 检查构件有无表观质量缺陷
6 吊运	6.1 静停后, 按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 6.2 吊运线路必须在防坠隔离区内	 吊运	吊运时, 应遵守吊装安全要求; 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸 6 m

续表3-11

工序	工作要点	标准图片	注意事项
7 距楼面 1 m 静停	构件吊运至距安装位置上空 1 m 处时静停 10~15 s	 距楼面1 m静停	通过缆风绳调节墙板位置, 使其能顺利落位
8 落位	墙板下降至距地面 300 ~ 500 mm 后, 减速下降、落位	 落位	检查并对齐边线及端线; 检查垫块高度及位置
9 安装斜支撑	斜支撑安装先固定下部支撑点, 再固定上部支撑点, 上部支撑点安装在墙板 2/3 位置处	 安装斜支撑	按布置图进行斜支撑安装; 斜支撑底部自攻钉不少于 2 个; 斜支撑底部螺杆伸出长度不大于 300 mm; 斜支撑布置原则: 构件小于 4 m 布 2 根, 大于 4 m 布 3 根
10 取钩	斜支撑安装固定后, 方可取钩	 取钩	工人用铝合金梯进行取钩

续表3-11

工序	工作要点	标准图片	注意事项
11 垂直度 检查	在距离墙端 300 ~ 500 mm 处, 采用靠尺检查, 构件大于 5 m 时靠 3 尺, 小于 5 m 时靠 2 尺, 小于 1.5 m 时靠 1 尺		隔墙垂直度应控制在 ± 3 mm 以内; 调整时, 墙板上所有斜支撑应同时旋转, 且方向一致

3.4 水平构件安装

装配式建筑的水平构件主要有: 叠合梁、叠合板、楼梯、阳台板。



叠合梁吊装施工工艺

3.4.1 叠合梁安装

叠合梁是指将梁底筋及箍筋在工厂绑扎完成, 浇筑一层混凝土, 一般浇筑至梁所在位置楼板标高底部; 叠合梁两端锚入现浇剪力墙柱内, 并设置剪力键槽。在施工现场吊装完成之后再浇筑一层混凝土, 使其与其他受力构件形成一个整体(图 3-26)。

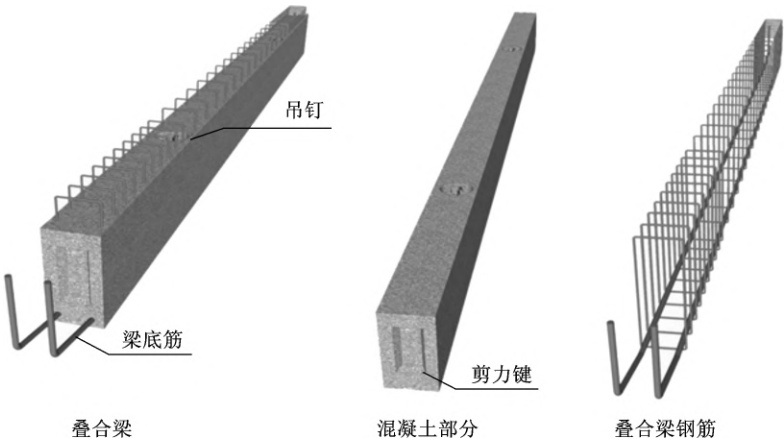


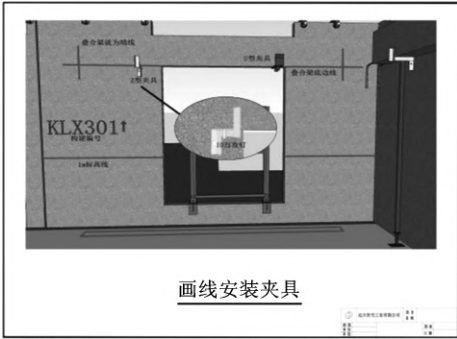
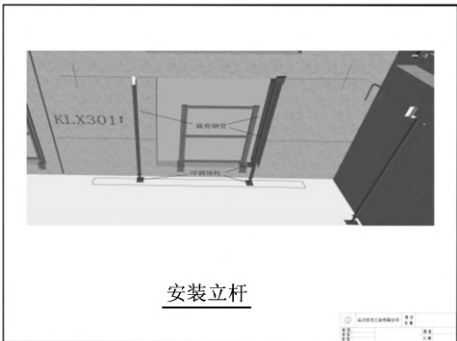
图 3-26 叠合梁

施工工艺流程:

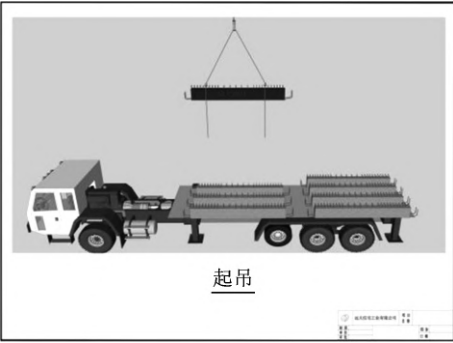
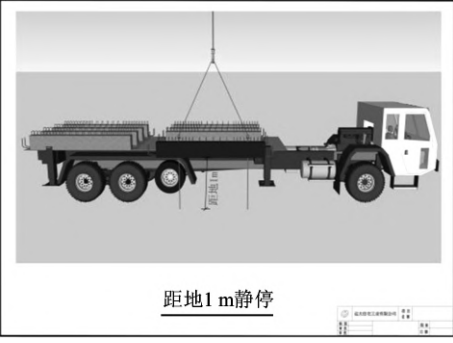
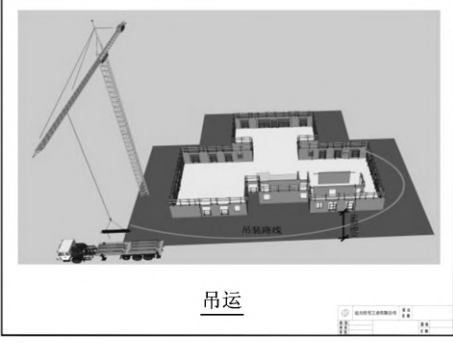
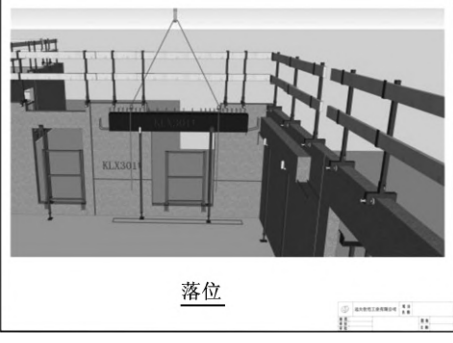
画线安装夹具→安装立杆→挂钩→安装缆风绳→起吊→距地 1 m 静停→吊运→落位→复核取钩→验收。

具体流程详见表 3-12。

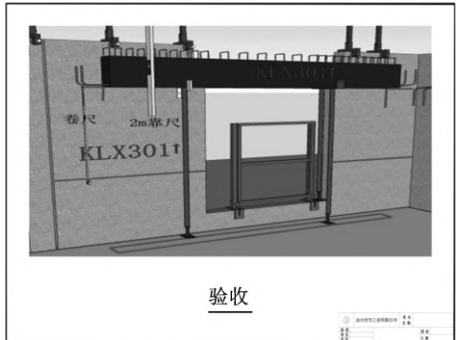
表 3-12 叠合梁施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 画线安 装夹具	1.1 根据 1 m 标高线定出叠合梁底边线；根据图纸定出叠合梁就位端线 1.2 根据实际情况安装 U 形夹具及 Z 形夹具	 画线安装夹具	Z 形夹具用自攻钉固定在外墙板上； 每根梁下夹具不得少于 2 个，夹具距梁端不得少于 600 mm； 梁长度大于 4 m 的底部支撑应不少于 3 个
2 安装 立杆	2.1 支撑钢管搭至梁下 150 mm 处 2.2 钢管底部安装调节顶撑	 安装立杆	钢管切割完后，在钢管上标识钢管对应的叠合梁编号； 可调顶托外露部分不能超过顶托丝杆长度的 3/5
3 挂钩	3.1 在平板拖车上找到将要吊装的梁 3.2 根据梁的大小及重量选定合适的钢丝绳并按照要求将卸扣安装在箍筋上	 挂钩	检查卸扣与构件连接是否牢固； 检查梁底支撑搭设是否稳固、安全； 外墙叠合梁端头线要求弹出来，以便定位； 现浇结构钢筋绑扎宜至叠合梁底，避免造成叠合梁放置不下
4 安装缆 风绳	4.1 吊运叠合梁时，在每个卸扣上绑一根缆风绳 4.2 缆风绳安装好后，构件缓慢起吊	 安装缆风绳	缆风绳长度应超过 5 m； 缆风绳要与卸扣绑扎牢固

续表3-12

工序	工作要点	标准图片	注意事项
5 起吊	起吊时要保持构件的水平		起吊时, 注意构件是否水平, 钢丝绳是否受力均匀, 不均匀时用钢丝绳或加卸扣进行调整, 如用钢丝绳或加卸扣都不能使其平衡, 则要考虑用手动葫芦使其平衡
6 距地 1 m 静停	6.1 将构件吊离拖车至距地面 1 m 的位置静停 10 ~ 30 s 6.2 检查吊装所用工器具是否正常, 卸扣、钢丝绳是否有磨损现象		以构件为圆心、半径为 3 m 的范围内不能有人活动; 钢丝绳、卸扣应检查是否完好, 卸扣要拧紧
7 吊运	7.1 按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 7.2 吊运线路必须在防坠隔离区内		构件在空中吊运时, 构件底下不应有人活动; 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸 6 m
8 落位	根据“慢起、快升、缓降”原则, 将叠合梁缓慢落在已安装好的底部夹具上		根据梁底边线与梁就位端线将构件放到相应位置; 叠合梁底部纵向钢筋注意必须放置在柱纵向钢筋内侧, 且应与外挂板有一定距离, 否则将会影响柱纵筋施工

续表3-12

工序	工作要点	标准图片	注意事项
9 复核 取钩	9.1 检查叠合梁有无向外偏移倾斜的情况 9.2 确认梁底支撑和夹具全部受力情况,全部受力后方可取钩		外墙叠合梁发生倾斜时,在夹具内加塞垫块; 确认安全后,方可取钩; 观察标高是否发生变化,如有变化应调整; 过道梁支撑搭设采用井字形工具式支撑时,应在构件左右横杆上用扣件固定,防止其发生偏位
10 验收	10.1 用2 m靠尺检测构件的平整度 10.2 卷尺检测构件安装标高轴线位置是否准确 10.3 使用吊线锤检测构件位置是否有偏移		叠合梁轴线位移允许偏差4 mm; 叠合梁安装标高允许偏差 ± 5 mm; 验收时,注意安全,切勿随意碰撞其支撑

叠合梁的吊装施工应该考虑底筋的避让,具体的底筋避让形式有如下几种(图3-27)。

3.4.2 叠合板安装

叠合板可分为桁架叠合板及预应力叠合板。

桁架叠合板是指叠合楼板上预埋桁架钢筋。桁架钢筋的主要作用是增加构件刚度,增加预制混凝土与现浇混凝土的连接。

预应力叠合板是指在浇筑混凝土前张拉预应力筋,并将张拉的预应力筋临时锚固在台座或钢模上,然后浇筑混凝土,待混凝土养护达到不低于混凝土设计强度值的75%,保证预应力筋与混凝土有足够的黏结时,放松预应力筋,借助于混凝土与预应力筋的黏结力,提高钢筋混凝土构件的抗裂性能以及避免钢筋混凝土构件过早出现裂缝。

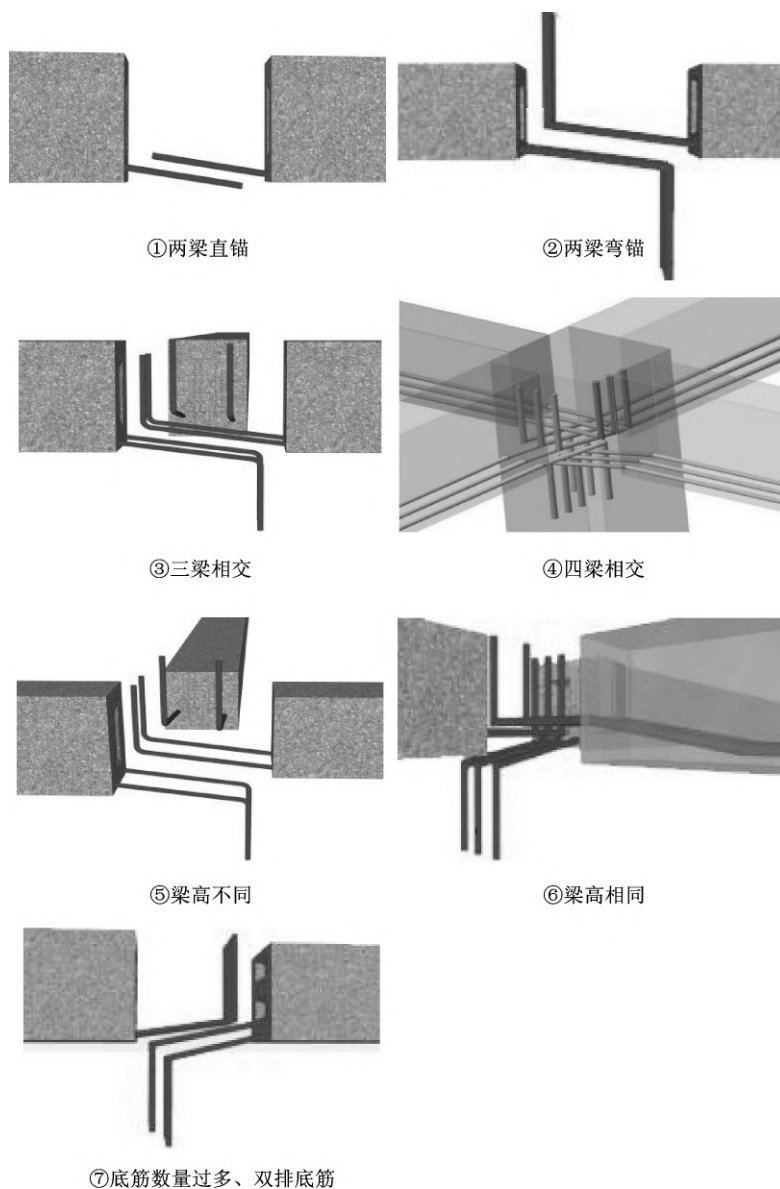


图 3-27 底筋避让形式

本小节只介绍桁架叠合板(图 3-28)。

施工工艺流程:

挂钩→起吊→距地 1 m 静停→吊运→就位→校核→标高复核→验收。

具体流程详见表 3-13。

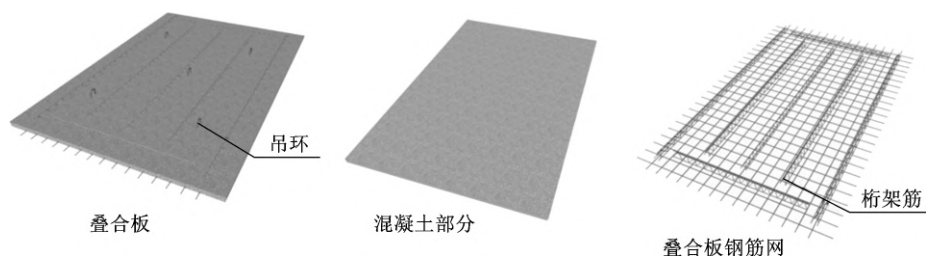
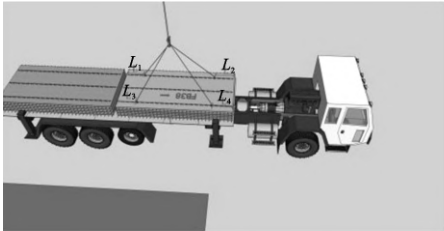
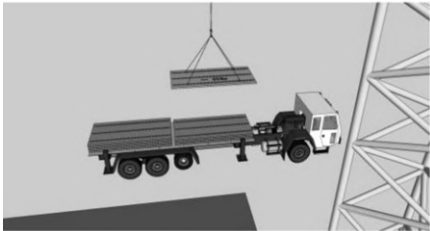
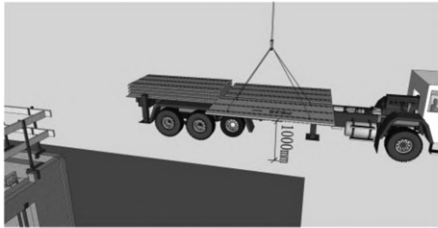
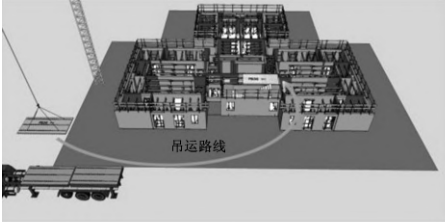
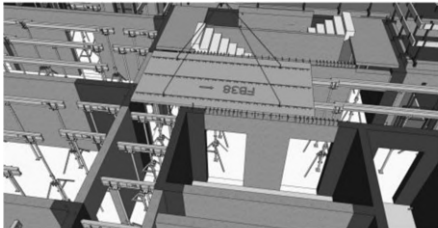
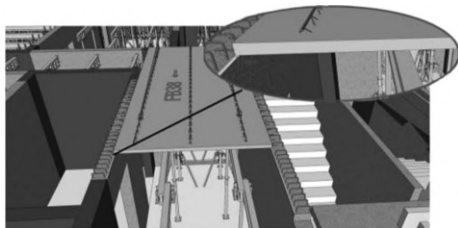
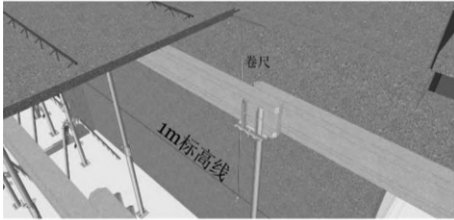


图 3-28 桁架叠合板

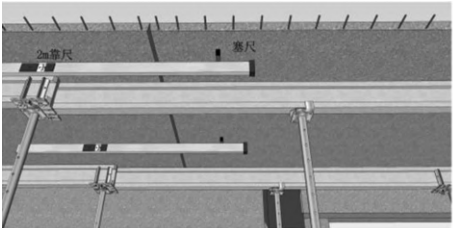
表 3-13 桁架叠合板施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 挂钩	1.1 在平板拖车上找到将要吊装的板 1.2 根据板的大小及重量选定合适的钢丝绳并按照要求将卸扣安装在吊环上 1.3 安装缆风绳、保护索	 挂钩	当板长大于 4 m 时应应用钢梁, 并采用 8 点挂钩, 图中 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 大小相等
2 起吊	2.1 塔吊起升前检查是否可以提升 2.2 起升后需要静停约 30 s	 起吊	起吊时应保持构件水平, 且钢丝绳受力均匀; 检查塔吊起升或制动时构件起吊有无异常, 关注现场安全
3 距地 1 m 静停	3.1 将构件吊离拖车至距地面 1 m 的位置静停 1 min 3.2 检查塔吊运行及制动是否能正常运转	 距地 1 m 静停	以构件为圆心、半径为 3 m 的范围内不能有人活动

续表3-13

工序	工作要点	标准图片	注意事项
4 吊运	4.1 按照吊运线路将构件吊至安装位置 4.2 吊运线路必须在防坠隔离区内	 <u>吊运</u>	构件在空中吊运时, 构件底下不应有人员活动; 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸 6 m
5 就位	根据“慢起、快升、缓降”原则, 将叠合板缓慢落在正确位置	 <u>就位</u>	注意构件落位方向是否正确; 与梁搭接位置的长度、宽度是否符合要求
6 校核	观察叠合板与梁的搭接位置及与工字梁的搭接面	 <u>校核</u>	根据叠合板与梁搭接位置判断板安装位置是否正确
7 标高复核	用卷尺检测楼板安装标高是否正确	 <u>标高复核</u>	发现问题应及时调整

续表3-13

工序	工作要点	标准图片	注意事项
8 验收	用 2 m 靠尺及塞尺检测板底拼缝高低差	 验收	发现问题应及时调整

3.4.3 楼梯安装



叠合板、空调板、
楼梯吊装施工工艺

楼梯可分为锚入式预制楼梯和搁置式预制楼梯。

锚入式预制楼梯是指楼梯在工程预制时上下两端伸出钢筋，在现场安装时锚入梯段暗梁。

搁置式预制楼梯是指楼梯在工厂预制时两端预留孔洞，歇台板在施工现场浇筑，并预留出插筋凸出楼面。搁置式预制楼梯在现场安装时，梯段下部与歇台板为滑动铰支座，上部与歇台板为固定铰支座。

本小节只介绍搁置式预制楼梯(图 3-29)。

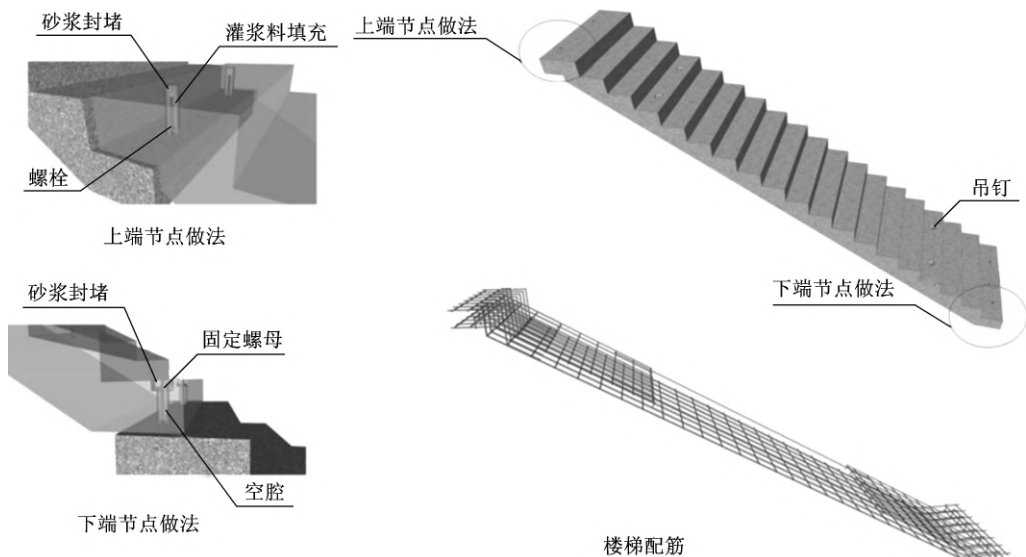


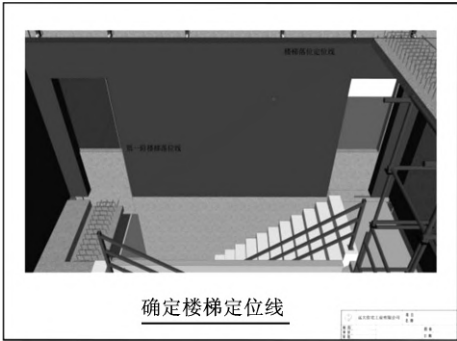
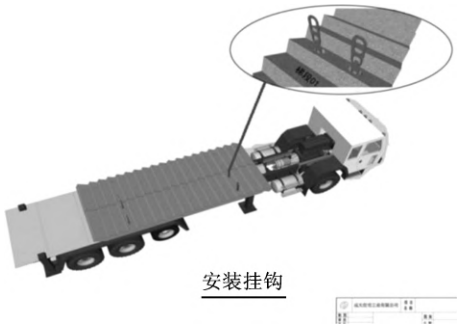
图 3-29 搁置式预制楼梯

施工工艺流程：

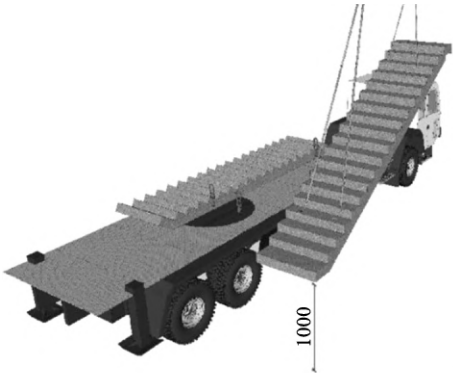
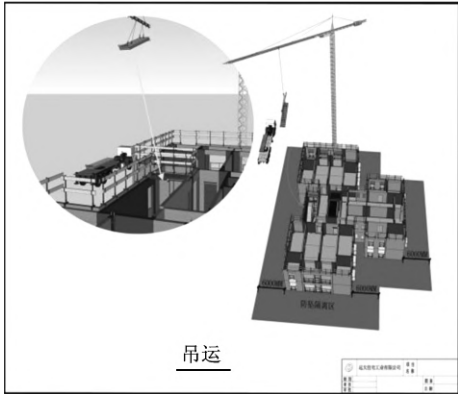
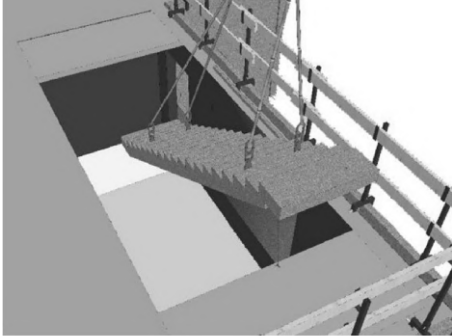
确定楼梯定位线→安装挂钩→楼梯起吊→距地 1 m 静停→吊运→距楼面 300 mm 静停→落位→调整→取钩→梯段支撑搭设→水泥砂浆封堵。

具体流程详见表 3-14。

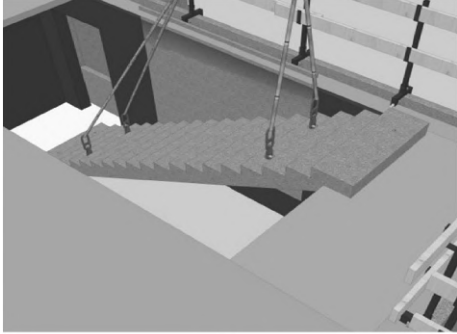
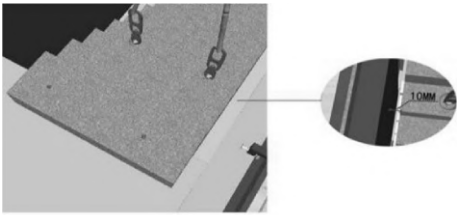
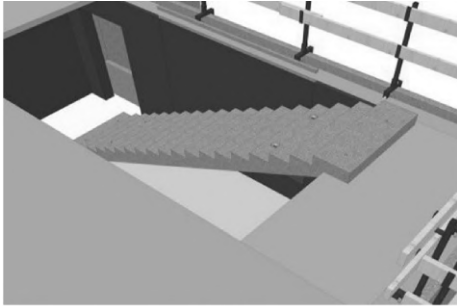
表 3-14 搁置式预制楼梯施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 确定楼梯定位线	根据构件装置，确定梯段定位线	 确定楼梯定位线	注意检查歇台板叠合板是否安装加固完成，因为歇台板需要支撑梯段荷载
2 安装挂钩	梯段吊装时应用 3 根同长钢丝绳 4 点起吊；梯段底部用 2 根钢丝绳分别固定 2 个吊钉，梯段上部由 1 根钢丝绳穿过吊钩，两端固定在 2 个吊钉上	 安装挂钩	安装挂钩之前应检查吊钩是否牢靠，吊钩与吊钉连接是否稳固
3 楼梯起吊	钢丝绳及吊具安装完毕，将梯段缓缓吊起	 楼梯起吊	起吊时，注意构件及钢丝绳是否受力均匀

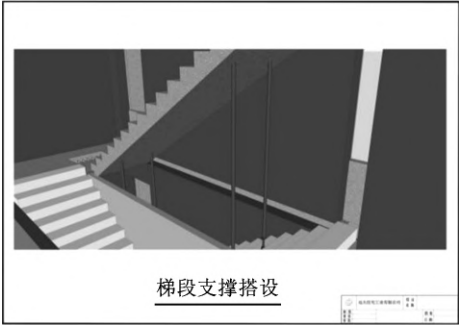
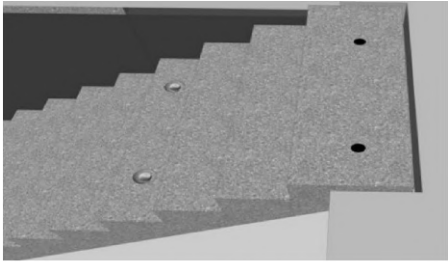
续表3-14

工序	工作要点	标准图片	注意事项
4 距地1 m 静停	将构件吊离拖车至距地面1 m的位置静停1 min	 距地1 m静停	以构件为圆心、半径为3 m的范围内不能有人活动； 检查吊具的受力情况
5 吊运	5.1 静停后，按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 5.2 吊运线路必须在防坠隔离区内	 吊运	构件在空中吊运时，构件下方不应有人活动； 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸6 m
6 距楼面300 mm 静停	构件吊运至距安装位置上方300 mm处时静停	 距楼面300 mm静停	找到梯段的定位线； 梯段底部不应有人活动

续表3-14

工序	工作要点	标准图片	注意事项
7 落位	梯段落位时,梯段伸出钢筋应插入歇台板箍筋内(梯段下部先安装,上部后安装)	 <u>落位</u>	梯段安装位置是否对正其梯段定位线
8 调整	梯段两端及两侧均需预留安装空隙,安装时注意调整安装空隙的尺寸	 <u>调整</u>	如图纸无特殊规定,梯段距梯段隔墙及两侧墙板空隙均为 10 mm
9 取钩	梯段落位歇台板受力后,方可取钩	 <u>取钩</u>	再次复核梯段标高及定位线是否正确

续表3-14

工序	工作要点	标准图片	注意事项
10 梯段支撑搭设	用钢管加顶托在梯段底部加支固定		梯段底部一般会有4个脱模吊钉,可将钢管支撑于此
11 水泥砂浆封堵	使用水泥砂浆将预留洞口填补,以保证楼梯不会发生位移		专用水泥砂浆封堵须做到平整、密实、光滑

3.4.4 阳台板安装

阳台板分为全预制阳台板、叠合阳台板。

全预制阳台板是指根据设计将阳台板全部在工厂生产,运抵现场之后直接安装即可,不需要再浇筑混凝土。

叠合阳台板是指根据设计图纸将阳台板在工厂预制一部分,运抵现场吊装之后还需预埋水电管线、绑扎楼板上部钢筋及拼缝钢筋,最后再浇筑一层砼使其与其他构件形成一个整体。

本小节只介绍叠合阳台板(图3-30)。

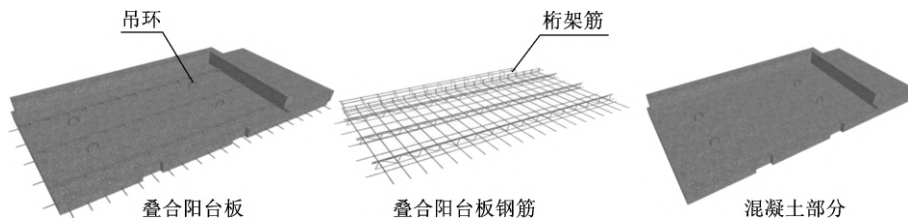


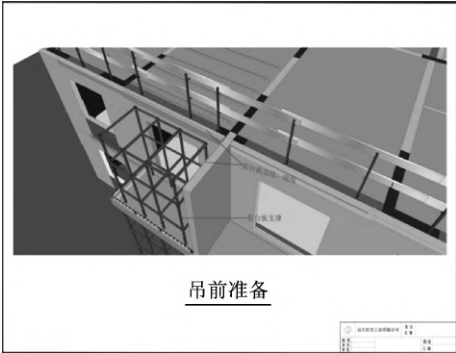
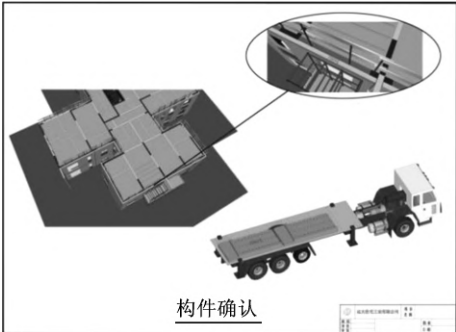
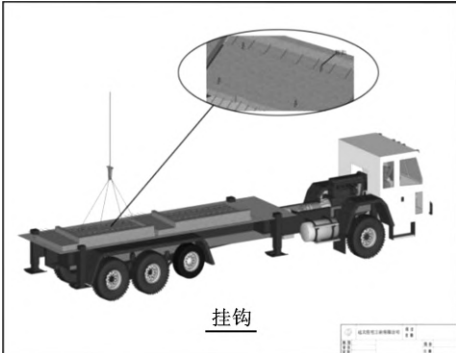
图3-30 叠合阳台板

施工工艺流程:

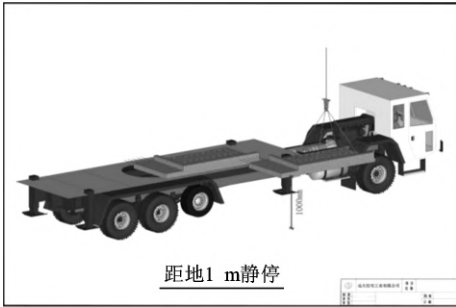
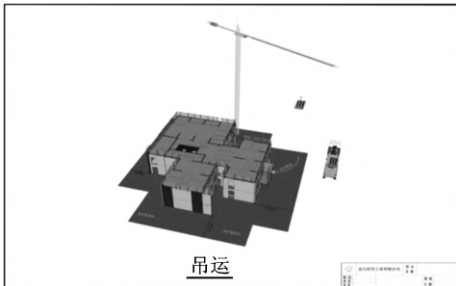
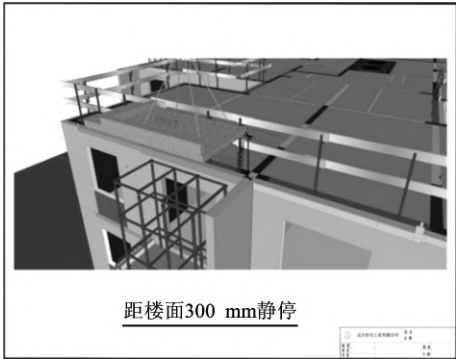
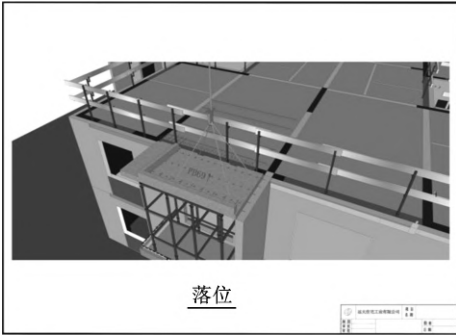
吊前准备→构件确认→挂钩→距地 1 m 静停→吊运→距楼面 300 mm 静停→落位→取钩→垂直度检查→固定。

具体流程详见表 3-15。

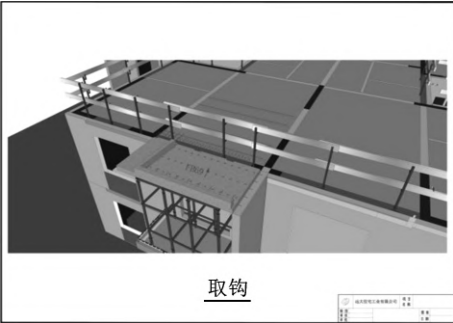
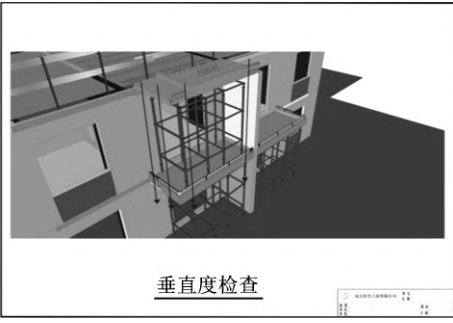
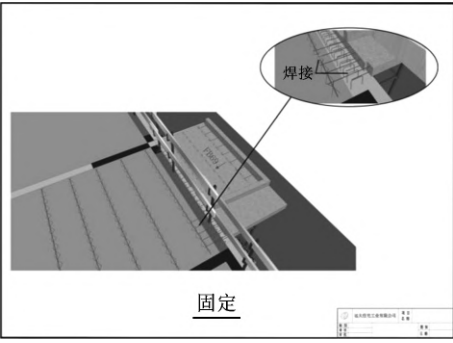
表 3-15 叠合阳台板施工工艺流程

工序	工作要点	标准图片	注意事项
1 吊前 准备	1.1 检查支撑搭设是否稳固, 标高是否正确 1.2 检查控制线是否清晰准确	 吊前准备	阳台板搭接在外墙板上 60 mm, 搭接在隔墙上 10 mm; 检查窗边线是否正确
2 构件 确认	对比楼面构件起吊编号与拖车上即将起吊的编号是否为同一构件	 构件确认	检查阳台板边线是否正确; 检查构件的外观质量
3 挂钩	将卸扣对称(4点)安装在阳台板吊环上, 起吊时应确保各吊点均匀受力	 挂钩	阳台板长于 4 m 时, 应增加吊点

续表3-15

工序	工作要点	标准图片	注意事项
4 距地 1 m 静停	将构件吊离拖车至距地面 1 m 的位置静停 15~20 s		起吊时, 注意构件是否水平, 钢丝绳受力是否均匀
5 吊运	5.1 按照构件吊运线路将构件吊至安装位置 5.2 吊运线路必须在防坠隔离区内		吊运时, 应遵守吊运安全要求; 防坠隔离区为建筑物外边线向外延伸 6 m
6 距楼面 300 mm 静停	构件吊运至距安装位置上空 300 mm 处静停 10~15 s		找到构件边线及支撑位置
7 落位	根据“慢起、快升、缓降”原则, 对照构件边线及端线将构件缓慢落位		注意构件落位方向是否正确; 检查并对齐边线和端线

续表3-15

工序	工作要点	标准图片	注意事项
8 取钩	调整完成并确认支撑完全受力后，方可取钩		取钩时,防护不应拆除; 取钩时,应确认下部各支撑点均受力
9 垂直度 检查	通过铅锤复核竖向安装偏差,每个边应吊两次铅锤,距端点不应超过300 mm		上下层安装偏差不应超过 5 mm,累计偏差不应超过 10 mm
10 固定	复核及调整完成后,将阳台板伸出钢筋焊接在楼板和梁上		阳台板下部钢筋与梁焊接,上部钢筋与楼板焊接; 阳台板钢筋应全部焊接完成

3.5 SPCS 空腔墙吊装方案

3.5.1 SPCS 体系介绍

1. SPCS 构件类型及特点

SPCS 体系构件有预制柱、预制内外墙板。新时代抓发展，必须更加突出发展理念，坚定不移贯彻创新。三一筑工 SPCS 剪力墙结构施工是通过预制空腔构件，将竖向空腔墙、水平

叠合构件(板、梁)、墙体边缘约束构件(现浇)等通过现浇混凝土结合为整体,充分发挥了预制混凝土构件和现浇混凝土的优点,如图 3-31 所示。

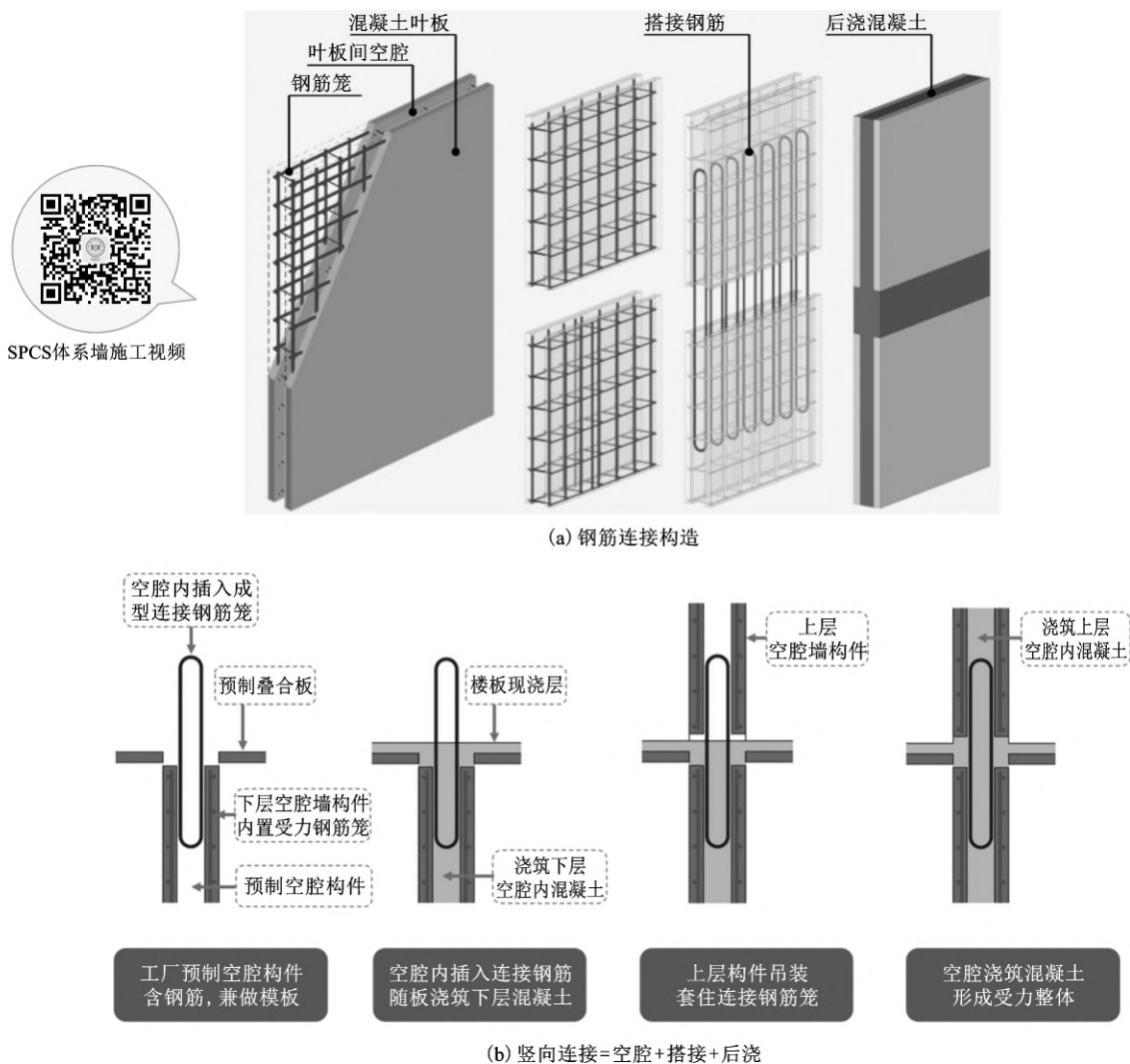


图 3-31 SPCS 空腔墙连接节点

SPCS 装配整体式剪力墙结构有很多的优点:

(1) 整体安全性高。利用混凝土叠合原理,将空腔墙(竖向构件)与叠合梁、叠合板(水平构件)、墙体边缘构件(现浇段)通过现浇混凝土结合为整体,整体刚度和抗震性等同于现浇结构。

(2) 施工质量好。SPCS 空腔墙为工厂钢模台生产,构件尺寸精度控制在毫米级,混凝土外观质量好,免抹灰。

(3) 节约成本。SPCS 剪力墙钢筋为工厂自动焊接成笼,能减少大量钢筋工绑扎作业量,混凝土外壳即可作为受力构件,亦可作为现场施工模板用,可减少现场模板 80%的工程量,

尤其是在高空或其他困难条件下,提高施工效率,节约人工及材料费用,提高经济效益。

(4)防水性能好。SPCS 剪力墙通过空腔与边缘构件及叠合板叠合层现浇成为整体,避免了传统装配式建筑的接缝漏水问题。

(5)构件质量轻。相对于传统的装配式施工方法,SPCS 装配式整体混凝土叠合结构中的空腔墙中间含有空腔,既减少了构件约 50%的自重,便于运输,现场施工塔吊选型等同于现浇结构,不增加机械费用,也便于现场施工安装。

(6)施工进度快。空腔墙与钢筋间接搭接,容错能力强,墙板吊装速度快,竖向刚性组装,另外大量的钢筋和模板工程已经完成,现场施工进度更快,最快三天一层的施工标准。

3.5.2 工艺原理

SPCS 剪力墙结构设计的基本原理是采用“等同原理”。通过采用可靠的连接技术和必要的结构与构造措施,使 SPCS 剪力墙结构体系与现浇混凝土结构的性能基本相同。其中,结构模型和计算与现浇模式相同,仅个别微调;配筋与现浇相同,仅在连接处或个别部位加强;水平缝受剪承载力计算理论与现浇相同。在混凝土预制与现浇的结合面设置粗糙面、键槽等抗剪构造措施。SPCS 剪力墙结构中重要且经典的连接节点如图 3-32 所示。

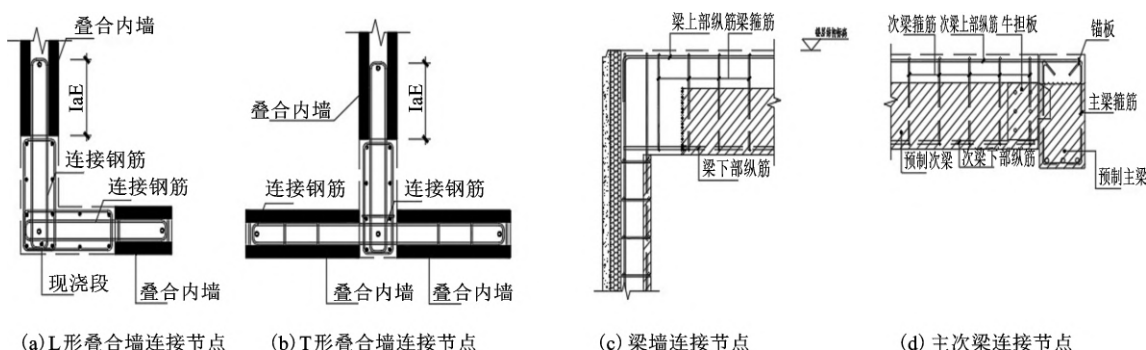


图 3-32 主要节点示意图

3.5.3 工艺流程及操作要点

1. 施工准备

(1) 材料准备。

预制空腔墙、塑料垫片、斜支撑(长、短)、水平环状连接钢筋(建议 80 mm 宽)、竖向环状连接钢筋(建议 60 mm 宽)、竖向钢筋笼。

(2) 工具准备。

吊梁、吊链、人字梯、专用钢筋扳手、电镐、电动扳手、靠尺、激光水平仪、水准仪、钢卷尺、撬棍、对讲机、爪式千斤顶等,如图 3-33 所示。

(3) 技术准备。

①SPCS 体系装配式专项施工方案、起重吊装方案、SPCS 首吊专项施工方案按流程审批完毕,并交底完成。

工装 工具 示例						
名称	垫片	吊装横梁	电动扳手	爪式千斤顶	数显靠尺	激光水平仪
配备 数量	按需配置	1个	每组1个	每组1个	每组1个	1个
工装 工具 示例						
名称	拉板	六角螺栓	撬棍	斜支撑	钢丝绳、吊链	人字梯
配备 数量	按图纸设计数量 配置	按图纸设计数量 配置	每组1个	按图纸设计数量 配置	按需配置	每组1个

图 3-33 工装工具

②所有吊装作业人员已经过上岗培训和三级安全教育,熟练掌握吊装安全技术操作规程。建议固定吊装人员,避免中途换人。每个吊装小组只需要4个工人,人员安排及分工如图3-34所示。

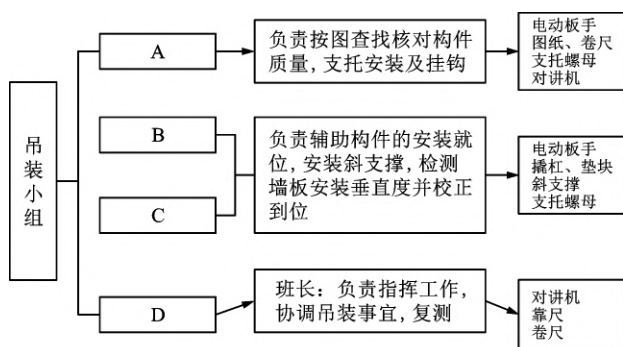


图 3-34 吊装小组人员分工

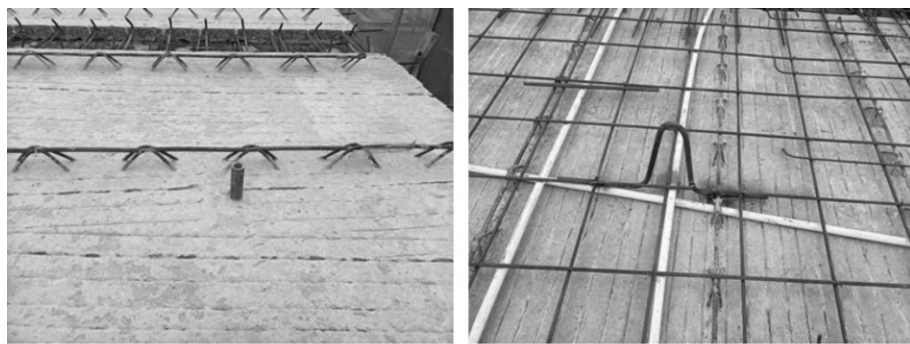
2. 工艺流程

基层清理→测量放线→插筋校正→标高调节→墙板吊装→临时固定→墙板校正→节点钢筋绑扎→空腔墙竖向拼缝封堵→空腔墙与楼板水平缝封堵→节点模板安装→竖向支撑搭设→叠合梁、板吊装→水电预留预埋→叠合板上层钢筋绑扎(含预埋及插筋)→混凝土浇筑及养护→质量检验。

空腔墙吊装之前,先做好楼层面上的地锚环预埋和竖向连接钢筋安装预埋,楼(地)面混凝土浇筑完成后再进行竖向墙板吊装,这个过程称为转换层施工,如图3-35所示。



预制空腔墙吊装视频



(a) 地锚环预埋



(b) 竖向连接钢筋安装预埋

图 3-35 转换层施工

(1) 基层清理。

安装预制空腔墙前，应对基层进行凿毛清理，用水清理结合面，并保持基面清洁，如图 3-36 所示。



图 3-36 基层清理

(2) 测量放线。

测量放线人员在作业层混凝土表面使用经纬仪，弹设控制线以便安装墙体就位，包括墙身线、墙端线、洞口边线、墙体平面位置 200 mm 控制线，并使用水准仪或激光水平仪在空腔墙底部进行测量，计算出垫片的高度，如图 3-37 所示。

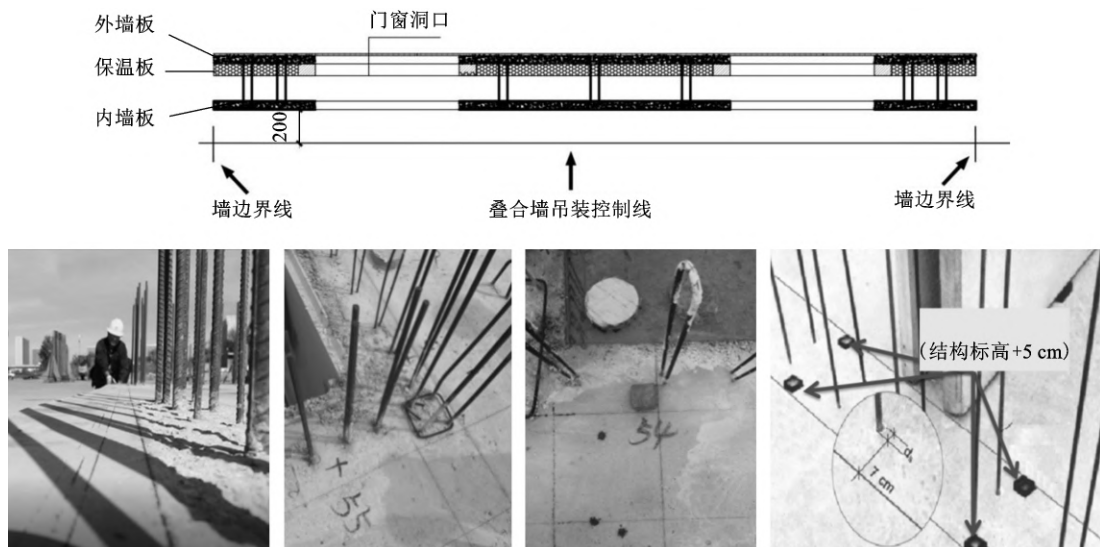


图 3-37 放线控制示意图

(3) 插筋校正。

空腔墙外露连接钢筋主要包括空腔区间接搭接钢筋及后浇节点连接钢筋，首先应去除预留钢筋上的保护，并清洁预留钢筋，同时，采用专用钢筋卡具等检查预留钢筋的位置与尺寸，对超过允许偏差的钢筋进行校正处理。预制构件安装层的底板浇筑混凝土之前，与预制构件连接的竖向钢筋应依据设计图纸事先预留并采用专用卡具进行固定，保证钢筋的间距、垂直度等，如图 3-38 所示。

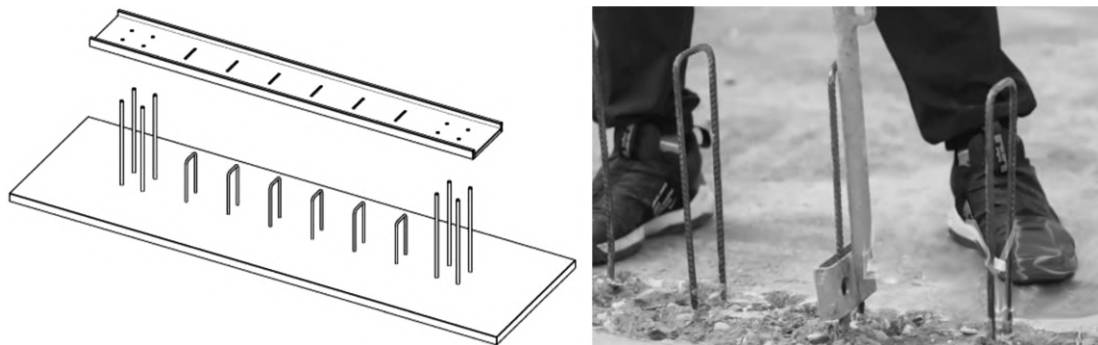


图 3-38 钢筋预埋示意图

(4) 标高调节。

空腔墙安装前，测量人员将预制件底部设计标高标注至预留钢筋处，施工人员依据设计标高放置垫片进行标高调节及找平，找平层通常设计为 50 mm，垫片采用专用垫块，应放置在空腔墙预制墙体下方，如图 3-39 所示。

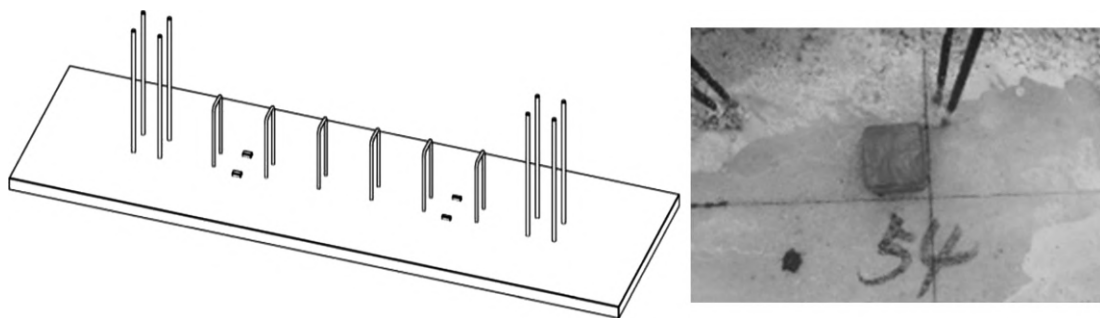


图 3-39 垫块标高调节示意图

(5) 墙板吊装。

1) 空腔墙板吊装前, 施工管理及操作人员应熟悉施工图纸, 按照吊装流程核对构件类型及编号, 确认安装位置, 并标注吊装顺序。

2) 起吊预制空腔墙板宜采用专用吊装钢梁, 用卸扣将钢丝绳与外墙上端的预埋吊环 (或经设计确定的桁架钢筋、格构钢筋吊装点) 连接, 并确认连接紧固。起重设备的主钩位置、吊具及构件中心在竖直方向上宜重合, 吊索与构件水平夹角不宜小于 60° , 不应小于 45° , 如图 3-40 所示。起吊过程中, 应注意预制外墙板板面不得与堆放架或其他预制构件发生碰撞。

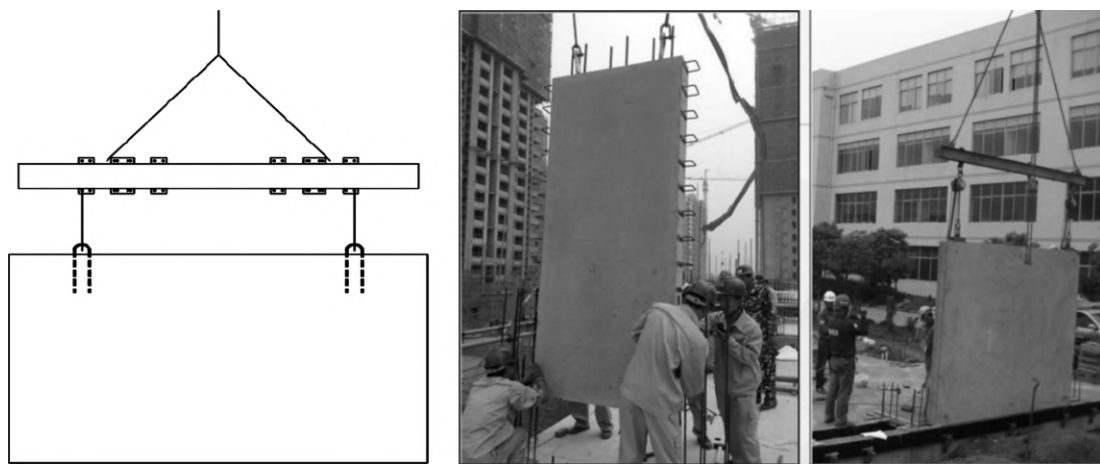


图 3-40 空腔墙板起吊示意图

3) 待板的底边升至距地面 300 mm 时略做停顿, 再次检查吊挂是否牢固, 板面有无污染破损, 若有问题, 需立即处理, 不得继续吊装作业。确认无误后, 继续提升使之慢慢靠近安装作业面。

4) 当空腔墙板吊装至距作业面上方 500 mm 左右的地方时略做停顿, 施工人员可以用搭钩钩住两根控制绳索, 通过拉拽方式使墙板靠近作业面, 手扶墙板, 控制墙板下落方向。

5) 安装就位。

① 安装墙体底部的封堵工装，如图 3-41 所示。



底部封堵模具安装视频



图 3-41 底部工装安装

② 墙板缓慢下降，待到预留引导钢筋顶部时，对准空腔区预留钢筋，将墙板缓缓下降，使之平稳就位，如图 3-42 所示。

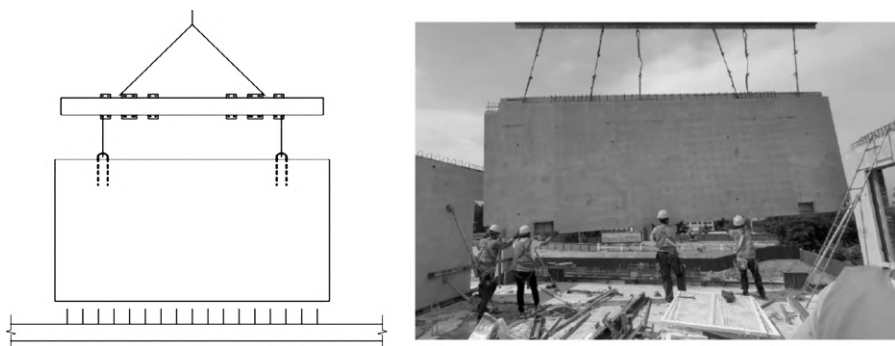


图 3-42 空腔墙板下落示意图

③ 墙板顺引导钢筋下落，在墙体根部预先安装好封底工装，便于墙板快速下落就位，实现墙板快速吊装，如图 3-43 所示。

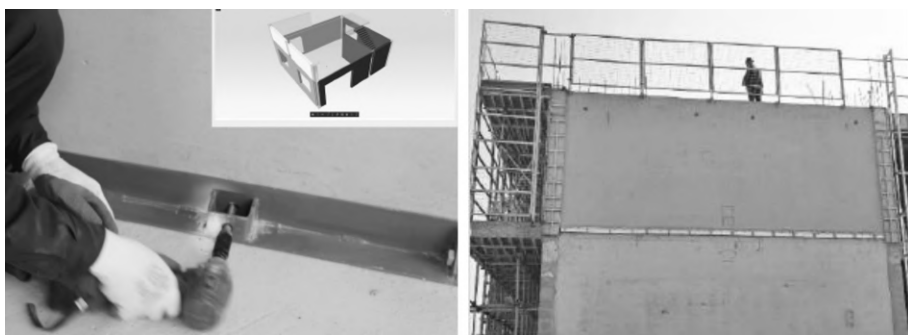


图 3-43 工装紧固及完成后示意图

④三明治外墙及内墙吊装连接节点详图，如图 3-44 所示。

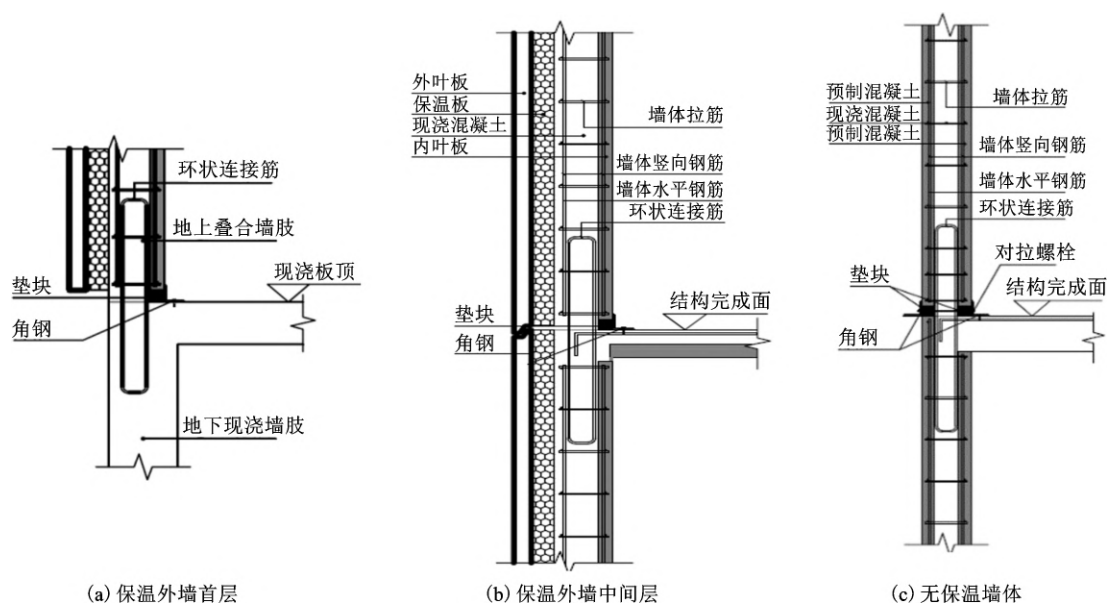


图 3-44 三明治外墙及内墙吊装连接节点

(6) 临时固定。

预制空心墙板应设置不少于 2 道可调节长度的斜支撑，斜支撑两端应分别与墙体和楼板固定，长斜支撑与板底的距离宜为构件高度的 $2/3$ ，短斜支撑与板底的距离宜为构件高度的 $1/4$ 。

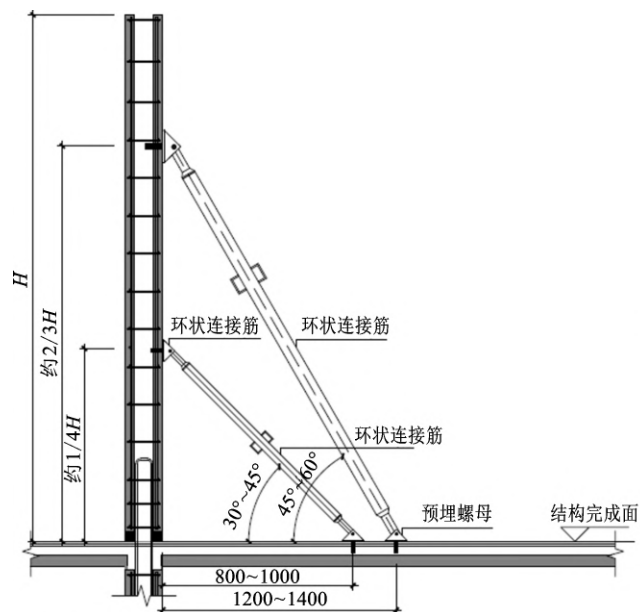


图 3-45 墙板临时固定

(7) 墙板校正。

空腔墙板校正包括平面定位和垂直度等方面，具体措施如下：

①平行墙板方向水平位置校正措施：根据楼板上弹出的墙板位置线对墙板位置进行校正。如有偏差，可用撬棍进行相应微调。

②垂直墙板方向水平位置校正措施：利用短斜支撑调节杆，对墙板根部进行调节来控制墙板水平的位置。

③墙板垂直度校正措施：待墙板水平就位调节完毕，利用长斜支撑调节杆，通过调整墙体顶部的水平位移来调节墙体的垂直度。

④墙板垂直度检测：待墙板位置调整完毕，使用垂直度检测尺对墙板的垂直度进行确认，满足允许误差方可进入下一个施工环节。

⑤墙板校正结束后，将墙板斜支撑进行拧紧，拧紧后再次检查墙体位置、垂直度是否满足要求，避免浇筑混凝土后出现错台问题；并确定浇筑混凝土前斜支撑未被扰动，如图 3-46 所示。



图 3-46 预制空腔墙精调

墙体错台的原因有以下两点：

①构件自身误差。可在构件进场时按验收要求进行检查，对不符合要求的构件进行退场处理，避免此种情况出现。

②下层构件位置存在偏差。出现此种情况的原因有两个，一是墙体校正最终完成时未对其进行再次检查；二是后续施工作业时对斜支撑进行扰动，导致墙体拉结力不够，将会在浇筑吊装水平构件及浇筑混凝土时对墙体位置和垂直度造成影响。针对此情况，施工人员应按工法要求进行操作，切勿省略墙体斜支撑校正后的再次检查，并向所有作业人员交底，使其明白斜支撑的重要性；同时在吊装水平构件时再次检查墙体位置及其垂直度，以避免后期出现墙体错台情况。

(8) 节点钢筋绑扎。

预制空腔墙后浇节点的水平附加钢筋、竖向连接钢筋的规格、数量、型号应参照设计图纸，三一筑工采用成品定型钢筋笼，与预留钢筋有效连接，省去大量的现场钢筋绑扎工作。其主要连接方式分为 L 形连接、T 形连接，连接流程如图 3-47 所示。

以典型 L 形墙体约束边缘暗柱钢筋笼绑扎步骤为例：

第一步：空腔墙安装就位后在内部放置 U 形连接钢筋。



水平环状钢筋工厂
预放视频

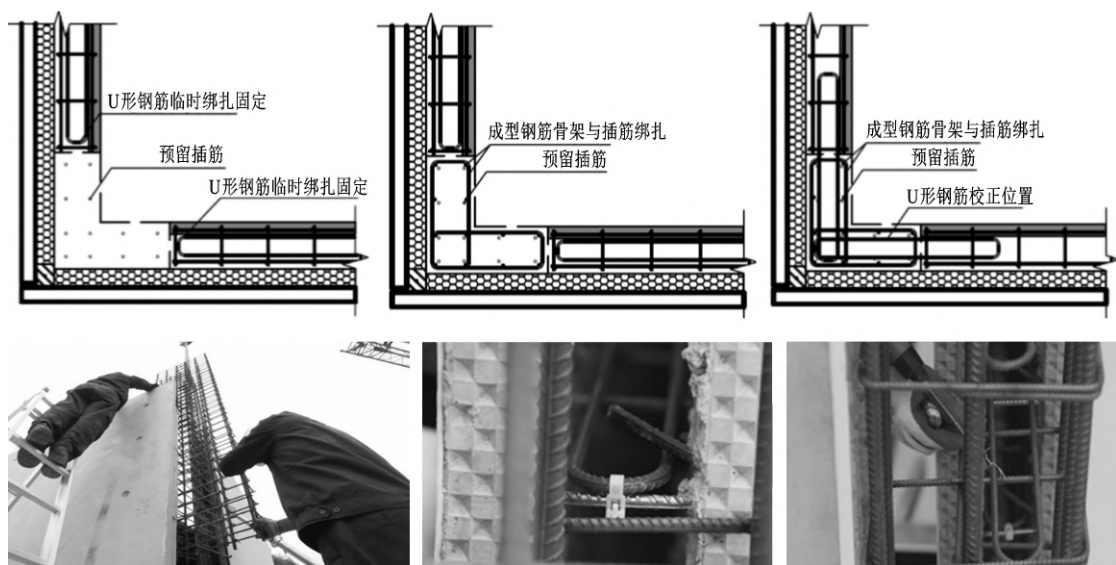


图 3-47 L 形连接段钢筋安装图

第二步：吊装 L 形成型钢筋笼。

三一筑工将钢筋笼在工厂采用自动焊接机器人整体焊接成型，将手工绑扎作业变为机械焊接，将现场钢筋绑扎作业变为工厂整体成型，既保证了钢筋笼的成型质量，加快了钢筋安装速度，提升了施工效率，又大大降低了工人作业强度，减少了人工。

第三步：将预放在空腔墙体外的 U 形钢筋笼穿入 L 形成型钢筋笼内。

(9) 空腔墙竖向接缝封堵。

空腔墙拼接缝位于建筑物室外时，应在浇筑混凝土之前用 PE 棒做好堵缝工作，并于外墙外装施工时，填补防水密封胶，如图 3-48 所示。空腔墙拼接缝在建筑物室内时，直接支设模板浇筑混凝土。



水平环筋安装视频

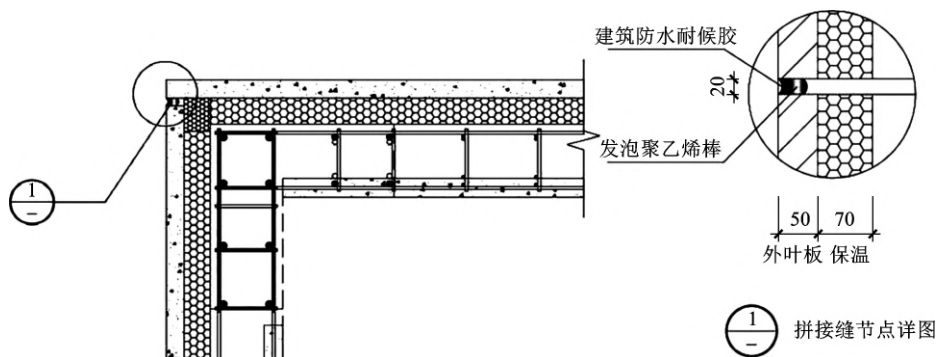


图 3-48 L 形连接段竖向接缝封堵图

(10) 空腔墙与楼板水平缝封堵。

空腔墙与下部楼板之间的缝隙通常为 50 mm 宽，采用定型封堵工装夹具进行封闭，也可选用木方或角钢进行封堵后进行加固，如图 3-49 所示。



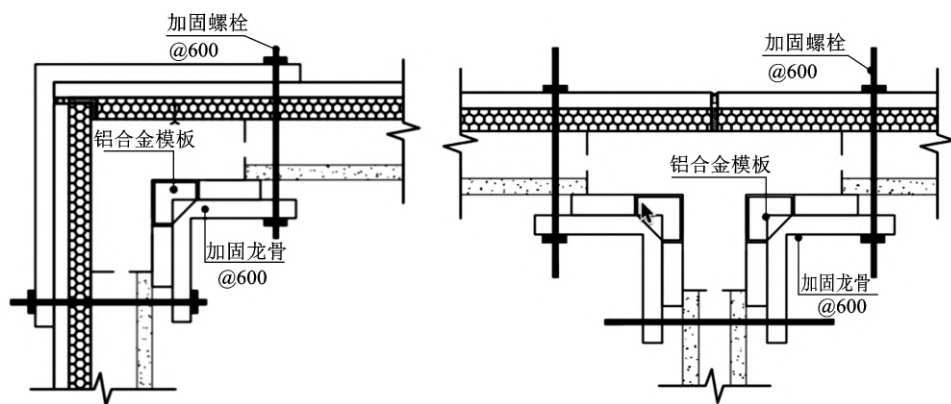
图 3-49 水平接缝封堵图



后浇边缘节点模具
安装视频

(11) 节点模板安装。

空腔墙节点处模板安装宜采用铝模，采用内外侧双侧支模，通过墙板拼缝处及空腔墙板留洞设置对拉螺杆，如图 3-50 所示。支设模板时，构件与现浇段连接处应采取粘贴海绵条等防漏浆措施，以保证混凝土的性能符合要求。



(a) 铝框塑模



(b) 铝模



(c) 木模

图 3-50 T 形连接节点模板安装图

(12) 竖向支撑搭设。

叠合梁、叠合板的安装均需竖向支撑体系，选用合适的支撑体系并通过验算确定支撑间距，模板优先选用轻质高强的面板材料。支撑可采用独立支撑、满堂脚手架等多种支撑形式。其中叠合梁底可采用独立支撑或搭设满堂脚手架，依据图纸标高及施工荷载确定其纵距、步距，满足叠合梁的后续施工要求。叠合板竖向支撑可采用独立支撑或搭设满堂脚手架，依据图纸标高及施工荷载确定其纵距、步距，满足叠合板的后续施工要求，如图 3-51 所示。



水平工业化支撑视频

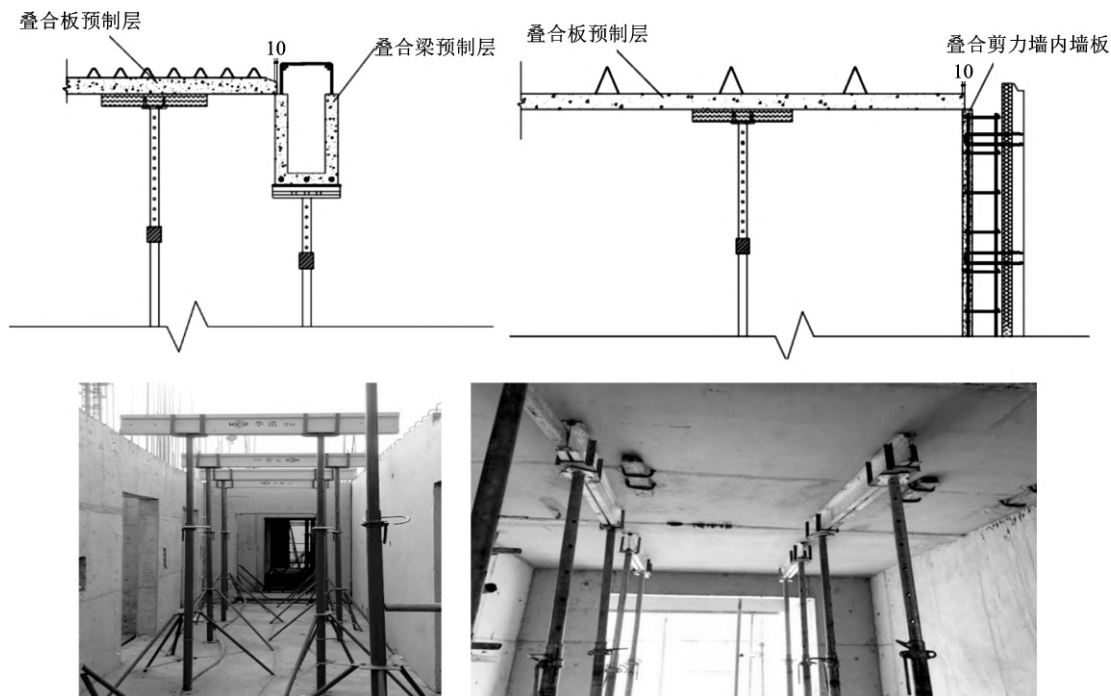


图 3-51 竖向独立支撑及节点图

(13) 叠合梁、板吊装。

① 预制叠合梁起吊时，宜采用一字形吊梁进行吊装，预制板吊装时，应选用框架吊梁进行吊装。同时使吊绳吊钩与梁、板预埋吊钉或桁架钢筋上指定的吊点位置，如图 3-52 所示。

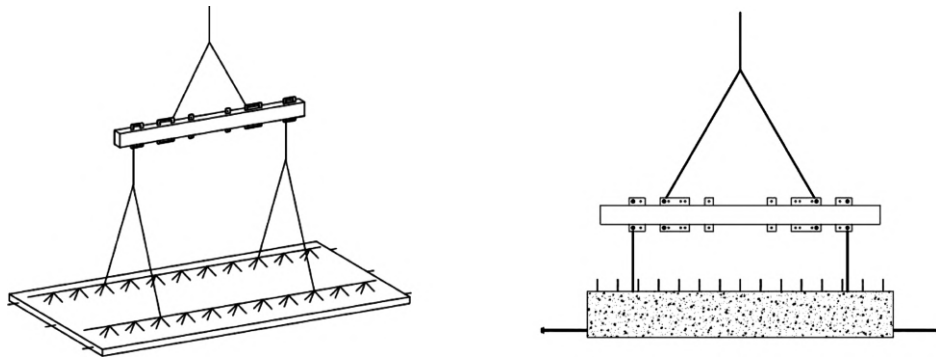


图 3-52 叠合梁、板吊装

②起吊时,先吊至距地面 500~1000 mm 处略做停顿,检查钢丝绳、吊钩的受力情况及叠合梁、板下方有无裂缝等质量问题,确认无误后,保持叠合梁、板水平吊至作业面上空。

③叠合梁、板就位时,应从上向下垂直安装,并在作业面上空 200 mm 处略做停顿,施工人员手扶叠合梁、板调整,将梁、板的边线与位置线对准,如图 3-53 所示。注意避免预制叠合板底板上预留钢筋与墙体或梁箍筋碰撞变形。其中叠合梁吊装时,应仔细审查图纸,按标高从低至高进行吊装。

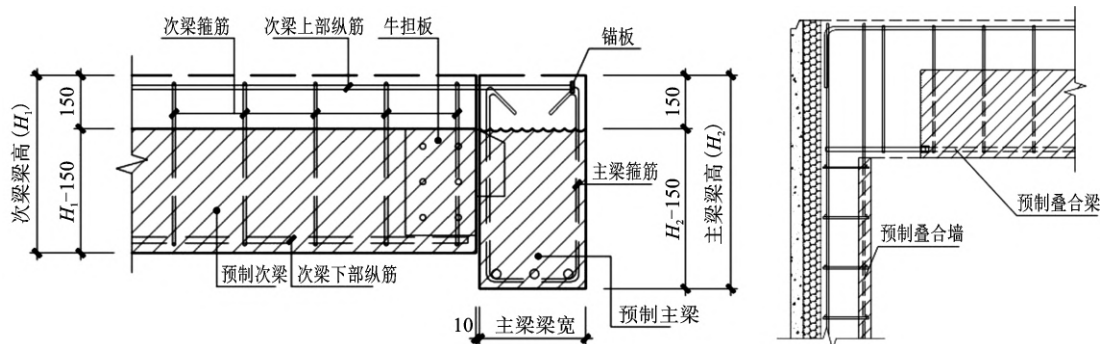


图 3-53 梁墙节点、主次梁节点

④叠合梁、板吊至施工位置时,如有些许偏差,应及时调整。调整叠合梁时,可使用橡胶锤轻轻敲击梁侧对梁进行微调;调整板的位置时,宜采用楔形小木块嵌入调整,不宜直接使用撬棍,以避免损坏板边角。注意叠合梁、板调整时,吊钩不松钩。

⑤叠合梁、板安装就位后,利用板下可调支撑(如采用满堂脚手架可调整 U 托)调整预制叠合板底板标高。

⑥预制叠合梁、板位置及标高调整完毕后,摘掉吊钩。

(14) 水电预留预埋。

机电管线铺设:叠合梁、叠合板安装之后,首先应铺设结构现浇层的机电管线。机电管线在深化设计阶段应进行优化,然后照图施工,合理排布,管线连接处应采用可靠的密封措施。

(15) 叠合板上层钢筋绑扎(含预埋及插筋)

在叠合层钢筋绑扎之前首先应对上一层的斜撑拉环进行预埋,以免后期对楼板进行打眼设置预埋螺栓。斜撑拉环可采用圆钢加工制作而成,并依据图 3-43 的要求进行留置,固定时可采用与叠合板绑扎或焊接等方式进行连接。

空腔层钢筋绑扎前,清理干净叠合板上面的杂物,并根据钢筋间距弹线绑扎,上部受力钢筋带弯钩时,弯钩向下摆放,应保证钢筋搭接和间距符合设计要求。插筋留置时,应仔细阅读结构插筋平面图及详图,明确钢筋的规格、间距及平面位置,为保证插筋位置准确,可将插筋下半部分与墙体内钢筋进行绑扎,或放置一根辅助钢筋固定好后,与插筋焊接连接,以确保钢筋位置不发生偏移。插筋上端部统一放置一根辅助钢筋,将所有插筋与辅助钢筋绑扎牢靠,待混凝土浇筑完成后再进行拆除,如图 3-54 所示。

节点有叠合梁及叠合板时,应先将叠合梁上铁进行绑扎,叠合梁通长上铁钢筋可采用直

螺纹接头连接或采用金碚连接件进行连接。

(16) 混凝土浇筑及养护。

为使叠合层与预制叠合板板底结合牢固,混凝土浇筑前,应清洁叠合面,如有污染部分,应先将污染部分凿去一层,露出未被污染的表面。

混凝土浇筑前,应采用定位卡具检查并校正预制构件的连接预埋钢筋,浇筑混凝土前将插筋露出部分做好保护,避免浇筑混凝土时污染钢筋接头。墙体空腔墙空腔部分宜采用自密实混凝土(保证其和易性、坍落度满足要求),楼板部分选用普通混凝土(方便混凝土收面,并节约成本)。

混凝土浇筑时,应先浇筑空腔墙空腔混凝土,且应按顺序就行分层浇筑,每层混凝土厚度不超过1000 mm,待所有空腔墙均浇筑完第一层混凝土后方可进行第二层浇筑。浇筑叠合板时,为保证预制叠合板板底受力均匀,混凝土浇筑宜从中间向两边浇筑。混凝土浇筑时,应控制混凝土入模温度。混凝土应连续浇筑,一次完成。

进行空腔构件与周边现浇混凝土结构连接处混凝土浇筑时,应加密振捣点,保证结合部位混凝土振捣质量。混凝土浇筑完成后,做好养护。

(17) 质量检验。

后浇混凝土浇筑养护后应按《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)、《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)、《装配整体式钢筋焊接网叠合混凝土结构技术规程》(T/CECS 579—2019)等规范和技术规程规定对构件进行验收。

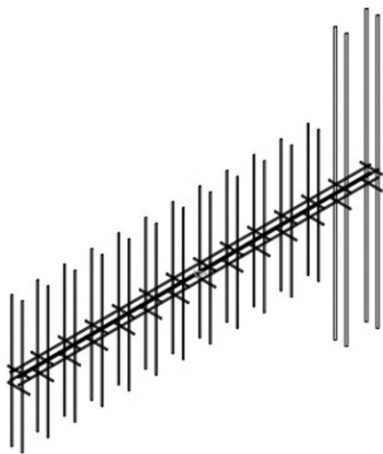


图 3-54 插筋构造图

课后习题

一、填空题

1. 装配式混凝土建筑选用的吊装设备主要有_____、_____。
2. 预制构件起吊后,应先将预制构件提升_____左右后,停稳构件,检查钢丝绳、吊具和预制构件状态,确认吊具安全且构件平稳后,方可缓慢提升构件。
3. 支撑分竖向构件的_____和水平构件的_____。
4. 遇到雨、雪、雾天气,或者风力大于_____级时,不得进行吊装作业。
5. 斜支撑距地面高度不宜小于构件高度的_____,且不应小于构件高度的_____。

二、单选题

1. 预制剪力墙施工工艺流程正确的是()。
 - A. 轴线、标高复核→确认构件起吊编号→钢筋调直安装吊钩→安装斜支撑→取钩
 - B. 轴线、标高复核→确认构件起吊编号→钢筋调直安装吊钩→取钩→安装斜支撑
 - C. 钢筋调直安装吊钩→确认构件起吊编号→轴线、标高复核→取钩→安装斜支撑
 - D. 钢筋调直安装吊钩→确认构件起吊编号→轴线、标高复核→安装斜支撑→取钩

2. 斜支撑的安装位置需考虑模板安装, 建议距现浇剪力墙 $\geq$ ()mm。
A. 200 B. 300 C. 400 D. 500
3. 叠合楼板吊装施工时, 以构件为圆心()米范围内不能有人活动。
A. 2 B. 3 C. 4 D. 5
4. 一般预制剪力墙与相邻的预制剪力墙在设计时预留()mm 的安装拼缝。
A. 10 B. 20 C. 30 D. 40
6. 由于独立三脚支撑稳定性较差, 一般不适用于跨度过大或层高超过()m 的项目, 同时不宜作为悬挑及现浇构件的板底支撑来使用。
A. 3 B. 4 C. 5 D. 6

三、简答题

1. 简述预制构件吊装施工时的安全注意事项。
2. 简述叠合梁的吊装施工应该考虑底筋避让的具体形式有几种?
3. 简述斜支撑平面布置的基本原则。
4. 装配式建筑项目施工现场平面布置图的设计依据有哪些?
5. 简述汽车吊和塔吊在吊装施工中的优缺点。