

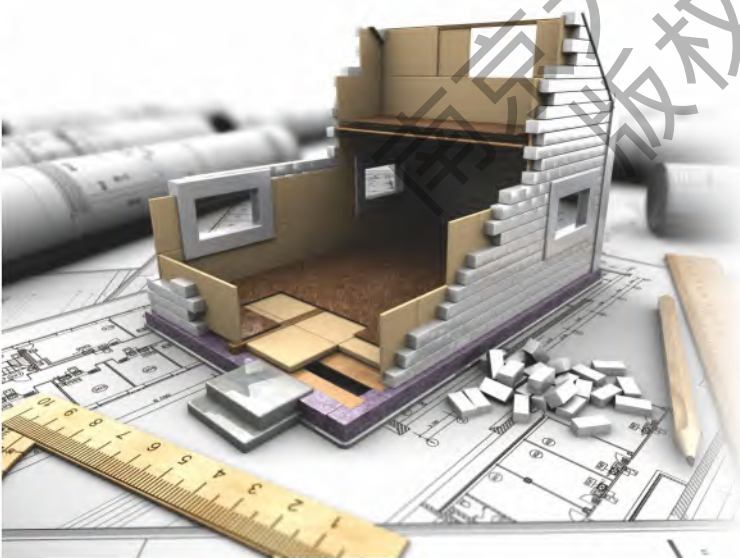


“十四五”职业教育国家规划教材

# 装配式建筑概论

(第三版)

◎主编 高路恒 曹留峰



以“互联网+教材”模式全新修订  
扫码查看课件、视频、拓展阅读等教学资源



南京大学出版社



“十四五”职业教育国家规划教材

第二批江苏省成人高等教育重点专业（精品资源共享课程）项目成果

# 装配式建筑概论

(第三版)

南京大学出版社  
版权所有

主 编	高路恒	曹留峰
副主编	张珂峰	王斯海
	方金强	余 佳
参 编	时书宝	王尉铭
主 审	成 军	



南京大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

装配式建筑概论 / 高路恒, 曹留峰主编. —3 版.

南京: 南京大学出版社, 2025. 7. — ISBN 978-7-305-28682-7

I. TU3

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024VL5377 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

书 名 装配式建筑概论  
ZHUANGPEISHI JIANZHU GAILUN

主 编 高路恒 曹留峰

责任编辑 朱彦霖 编辑热线 025-83597482

照 排 南京开卷文化传媒有限公司

印 刷 南京凯德印刷有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16 印张 15.75 字数 403 千

版 次 2019 年 7 月第 1 版 2022 年 2 月第 2 版

2025 年 7 月第 3 版 2025 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-28682-7

定 价 49.80 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

微信服务号: NJUyuxue

销售咨询热线: (025)83594756

---

\* 版权所有, 侵权必究

\* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购  
图书销售部门联系调换

发展装配式建筑是建造方式的重大变革,是推动建筑业产业转型和高质量发展的必然要求,是新型建筑工业化与智能建造的必经之路。2022年1月19日,国家住房和城乡建设部发布《“十四五”建筑业发展规划》明确,到2035年,建筑业发展质量和效益大幅提升,建筑工业化全面实现,建筑品质显著提升,企业创新能力大幅提高,高素质人才队伍全面建立,产业整体优势明显增强,“中国建造”核心竞争力世界领先,迈入智能建造世界强国行列,全面服务社会主义现代化强国建设。《规划》还提出,“十四五”时期建筑业增加值占国内生产总值的比重保持在6%左右;智能建造与新型建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系基本建立,装配式建筑占新建建筑的比例达到30%以上;绿色建造方式加快推行,新建建筑施工现场建筑垃圾排放量控制在每万平方米300吨以下;建筑工人实现公司化、专业化管理,中级工以上建筑工人达1000万人以上。2022年10月,党的二十大胜利召开,推动我国建筑业建造加速优化升级,我国将进一步深化建筑业改革,坚持创新驱动、科技引领,推动建筑业转型升级和高质量发展,继续打造“中国建造”品牌,为我国经济社会持续健康发展作出更大贡献。

随着国家大力发展装配式建筑,越来越多的学校开设了“装配式建筑概论”“装配式建筑施工”等课程,“装配式建筑概论”逐渐成为智能建造技术、建筑工程技术等专业中的一门专业必修课,通过本课程学习,学生可以了解目前建筑领域施工新技术及未来行业发展趋势,能够熟悉装配式建筑从设计到施工、管理等全过程特点。

本书为“十四五”职业教育国家规划教材、“十三五”职业教育国家规划教材,第二批江苏省成人高等教育重点专业(精品资源共享课程)项目成果。教材编写

内容主要包括国内外装配整体式建筑的发展概况、常用装配式结构形式分类、预制构件生产、全预制装配整体式剪力墙结构、装配式木结构、装配式钢结构、BIM技术在装配式建筑中的应用等。全书也有有机融入了课程思政元素，贯彻落实党的二十大精神。

本书由江苏工程职业技术学院高路恒、曹留峰担任主编，南通大学成军教授主审。南通开放大学张珂峰，江苏工程职业技术学院王斯海、余佳，连云港职业技术学院方金强，华盛兴伟工程咨询有限公司时书宝，南通中房建设工程集团有限公司王尉铭参与编写。

本书编写过程中得到了南通大学、江苏中南建设集团有限公司、上海模卡建筑工程科技发展有限公司、南通昆腾新材料科技有限公司、南通中房建设工程集团有限公司、江苏晟功建设集团有限公司、华盛兴伟工程咨询有限公司、南通市建设工程质量监督站、浙江交投高速公路建设管理有限公司及江苏南通睿创建筑科技有限公司等单位的大力支持与帮助。同时也感谢江苏工程职业技术学院教务处、科技处和规划处对本书出版的支持。此外，本书还参考了部分专家的著作和文献，谨在此表示诚挚的谢意。

提供一部符合当前建筑业转型发展要求的教材是全体编者追求的目标，但鉴于编者水平有限，书中若有不当之处，恳请读者谅解并提出宝贵意见。

特别鸣谢江苏建筑职业技术学院陈年和教授对本书编写提供的全程指导和帮助！

编 者

2024年12月

扫码查看



配套资源

<b>绪 论</b> .....	1
0.1 认识装配式建筑 .....	2
0.2 装配式建筑在国外发展情况 .....	4
0.3 装配式建筑在国内发展情况 .....	7
0.4 装配式建筑未来发展展望 .....	15
0.5 常用术语 .....	18
0.6 本章小结 .....	21
思考练习题 .....	22

## 第 1 篇 装配式混凝土结构建筑

<b>学习情境 1 装配式混凝土建筑部品构配件与连接</b> .....	25
1.1 装配式混凝土建筑部品和构配件分类 .....	26
1.2 预制柱 .....	27
1.3 预制墙板 .....	28
1.4 楼板(叠合板) .....	42
1.5 预制梁 .....	45
1.6 预制楼梯 .....	49
1.7 其他构件 .....	50
1.8 粗糙面与键槽 .....	52
1.9 预制剪力墙接缝 .....	53
1.10 梁柱节点连接 .....	53
1.11 节点灌浆 .....	55
1.12 连接节点后浇段 .....	57
1.13 外墙板接缝 .....	57
1.14 竖向构件底部连接部位封堵构造做法 .....	57

1.15 支撑体系 .....	58
思考练习题 .....	59
<b>学习情境 2 预制构件生产工艺 .....</b>	<b>60</b>
2.1 预制构件生产基本要求 .....	61
2.2 钢筋加工 .....	63
2.3 预制构件生产工艺 .....	65
思考练习题 .....	105
<b>学习情境 3 预制构件运输与堆放 .....</b>	<b>106</b>
3.1 预制构件脱模、起吊 .....	107
3.2 构件运输与堆放 .....	107
3.3 墙板起吊 .....	109
3.4 预制墙板运输 .....	111
3.5 预制墙板堆放 .....	113
3.6 其他要求 .....	117
3.7 应用 .....	117
思考练习题 .....	119
<b>学习情境 4 装配式混凝土结构施工 .....</b>	<b>120</b>
4.1 施工准备工作 .....	121
4.2 装配式框架结构安装 .....	126
4.3 装配-整体式框架结构施工 .....	131
4.4 装配板式结构施工 .....	132
4.5 升板法施工 .....	135
4.6 应用 .....	136
4.7 安全文明施工措施 .....	139
4.8 装配式建筑生产全过程 .....	140
思考练习题 .....	140
<b>学习情境 5 装配式混凝土结构验收 .....</b>	<b>141</b>
5.1 装配式混凝土结构整体验收要求 .....	142

5.2 模具验收要求 .....	144
5.3 预埋件和预留孔洞验收要求 .....	145
5.4 钢筋验收要求 .....	146
5.5 混凝土验收要求 .....	147
5.6 预制构件验收要求 .....	147
5.7 具体验收项目 .....	151
5.8 质量监督 .....	158
5.9 工程验收 .....	160
思考练习题 .....	161
<b>学习情境 6 装配式混凝土结构建筑案例 .....</b>	<b>162</b>
6.1 基本信息 .....	162
6.2 项目概况 .....	163
6.3 工程承包模式 .....	163
6.4 建筑专业 .....	163
6.5 结构专业 .....	164
6.6 水暖电专业 .....	168
6.7 装配式装修设计(全装修技术) .....	170
6.8 装饰装修部品件、重点装饰部位设计 .....	170
6.9 信息化技术应用 .....	173
6.10 构件生产阶段工艺 .....	179
6.11 构件施工安装工法及特点 .....	181
6.12 预制装配整体式框架-现浇剪力墙结构体系 .....	184
6.13 施工特点 .....	187
6.14 效益分析 .....	187
思考练习题 .....	188

## 第 2 篇 其他结构装配式建筑

<b>学习情境 7 装配式木结构建筑 .....</b>	<b>191</b>
7.1 装配式木结构建筑介绍 .....	192
7.2 装配式木结构性能 .....	192

7.3 木结构建筑在国内外应用概况 .....	194
7.4 我国装配式木结构发展现状 .....	197
7.5 我国装配式木结构相关政策 .....	199
7.6 装配式木结构体系和构配件 .....	199
7.7 制约中国木结构建筑发展的因素 .....	201
7.8 我国装配式木结构建筑发展展望 .....	201
思考练习题 .....	202
<b>学习情境 8 装配式钢结构建筑 .....</b>	<b>203</b>
8.1 装配式钢结构建筑定义 .....	204
8.2 装配式钢结构建筑优缺点分析 .....	205
8.3 装配式钢结构国外发展现状 .....	206
8.4 装配式钢结构国内发展现状 .....	210
8.5 我国装配式钢结构建筑及产业政策 .....	212
8.6 装配式钢结构建筑部品和构配件分类 .....	213
8.7 装配式钢结构建筑存在的问题 .....	214
思考练习题 .....	215
 <b>第 3 篇 BIM 技术在装配式建筑中的应用</b> 	
<b>学习情境 9 BIM 技术推进装配式建筑建造全过程发展 .....</b>	<b>219</b>
9.1 数字化建造: BIM 驱动下的装配式建筑创新 .....	220
9.2 BIM 技术在装配式建筑中的应用 .....	223
9.3 BIM 技术在装配式建筑中的应用案例 .....	232
9.4 BIM 技术在装配式建筑全生命周期中的系统应用 .....	232
思考练习题 .....	240
<b>参考文献 .....</b>	<b>241</b>

# 绪 论

## 素质目标

(依据专业教学标准)

- (1) 坚定拥护中国共产党领导和我国社会主义制度,践行社会主义核心价值观,具有深厚的爱国情感和中华民族自豪感。
- (2) 崇尚宪法、遵纪守法、崇德向善、诚实守信、尊重生命、热爱劳动,履行道德准则和行为规范,具有社会责任感和社会参与意识。
- (3) 具有质量意识、环保意识、安全意识、信息素养、工匠精神和创新意识。
- (4) 勇于奋斗、乐观向上,具有自我管理能力和职业生涯规划意识,具有较强的集体意识和团队合作精神。
- (5) 具有健康的体魄、心理和健全的人格,以及良好的行为习惯。
- (6) 具有正确的审美和人文素养。

## 知识目标

- (1) 了解我国推进装配式建筑发展的原因。
- (2) 了解装配式混凝土结构的含义。
- (3) 了解装配式混凝土结构、新型建筑工业化、建筑产业现代化的关系。
- (4) 了解国内外装配式建筑发展水平。
- (5) 了解装配式建筑未来发展方向。
- (6) 掌握国内目前典型的装配式建筑建造技术体系。
- (7) 掌握装配式建筑目前存在的问题及提升策略。

## 能力目标

- (1) 能够准确区别装配式建筑与传统现浇结构建筑在建造方式上的不同。
- (2) 能够熟练查阅国家相关技术标准、规范等资料文件。
- (3) 能够编写装配式建造技术发展调研报告。

## 学习资料准备

- (1) 中华人民共和国住房和城乡建设部.《“十四五”建筑业发展规划》(建市〔2022〕11号),2022.1.19.
- (2) 中华人民共和国住房和城乡建设部.装配式混凝土结构技术规程:JGJ 1—2014[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- (3) 中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土结构设计规范(2015版):GB 50010—2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.

## ▶ 0.1 认识装配式建筑 ◀

### ▶▶ 0.1.1 为什么要做装配式建筑

装配式建筑是对传统“湿作业”建造方式的重大变革。装配式建筑表现出耗能少、污染小、劳动力需求低、建设速度快和文明施工等优点,符合行业发展转型升级需求。预制装配式建筑(Prefabricated Construction,简称 PC)是一种新型建筑生产方式,标准化设计、工业化生产、机械化施工、智能化管理等全产业链的建造模式。装配式建筑起源于 20 世纪初,到六十年代在德、英、法、美、日本、新加坡等国率先开展实施,“像搭积木一样建房子”“像造汽车一样建房子”。新中国成立以后,随着社会飞速发展和人口迅速增长,住房问题成了社会的焦点问题,在充分学习和借鉴国外建造新技术的基础上,我国开始大力发展装配式建筑。装配式建筑的出现不仅仅是单纯学习国外先进水平,更是顺应国内社会发展的需要。2016 年 2 月,中共中央、国务院印发《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》,提出发展新型建造方式,大力推广装配式建筑,力争用 10 年左右时间使国内装配式建筑占新建建筑的比例能够达到 30%。为深入实施国家战略,各地方也纷纷出台了相关的政策法规,“十四五”时期将是装配式建筑发展关键期,装配建造比例预计远超计划要求。装配式建筑发展是社会发展、行业进步的重要表征,“绿色建造”是未来建筑发展的主流,符合国家的产业发展政策,具有深远的历史意义。

### ▶▶ 0.1.2 装配式建筑与现浇混凝土建筑的区别

现有混凝土建筑结构多为现浇混凝土结构,其施工工序主要包括现场绑扎钢筋笼、现场制作构件模板、浇捣混凝土、养护及拆模等,结构整体性能与刚度较好,适合于抗震设防及整体性要求较高的建筑。但整个施工过程必须在现场操作、工序繁多、养护时间长、施工工期长、大量使用模板等问题的存在。同时,现浇混凝土还有一个显著缺点就是易开裂,尤其在混凝土体积大、养护情况不佳的情况下,易导致大面积开裂。

装配式混凝土结构(Precast Concrete Structure),简称 PC 结构,是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。采用装配式混凝土结构,具有节约劳动力、克服季节影响、节能减排等优点。推广装配式混凝土结构,是实现建筑工业化的重要途径之一。PC 结构建筑实现工业化生产,具有多种优势:

- (1) 预制构件工业化流水施工,工业化程度高;构件精度高,质量容易控制。
- (2) 成型模具和生产设备可以重复使用,降低模板消耗,节约资源与费用。
- (3) 现场装配施工可避免或者减轻对施工场地周围环境的影响,节能降耗效果显著。
- (4) 工程周期短,劳动力资源投入相对减少。
- (5) 机械化程度高,操作人员劳动强度得到缓解。

### 0.1.3 装配式建筑存在的问题及提升策略

#### 1. 装配成本较高

装配式建筑的建造成本较高的原因主要归于预制构件的集成化生产与运输过程产生的费用,由于当前我国装配式建筑标准化设计水平还未达到更好的效果,各地区、各企业装配式建筑设计、施工对预制部品部件未能够形成统一的设计标准,这就导致了不同的项目各类型构件生产的模具不统一,模具生产根据不同的项目再利用程度不高,模具定制费用贵;另外,装配式建筑预制构件运输成本较高,运输成本也是影响建造成本高的主要原因之一,不同的地区交通线路不同,各地区成本也不一,比如江浙沪区域由于交通网络线发达,运输成本相比其他地区可能要少一些,但总体装配式建筑建造成本要比现浇结构高很多。建议就近选择预制装配式厂供货,仔细规划路线,尽量缩短路程,减少运输费用。

#### 2. 构件尺寸精度高,专业间协调难度大

装配式建筑由各种预制构件现场吊装、拼装而成,对于预制构件基本尺寸、机械设备吊装水平、机械工吊装水平等要求极高,前期预制构件生产、土建与水电管线专业协调要充分考虑得当,不可采用后期在预制构件上开槽设管方式。针对该问题,首先应鼓励开发更加精密的测量仪器和安装设备,实施 EPC 管理模式。

#### 3. 层数、高度、跨度限制

《集装箱模块化组合房屋技术规程》(CECS 334—2013)中规定集装箱模块化建筑适用于非地震区或抗震设防烈度为 8 度以下的地区,其层数不宜超过 6 层,高度不超过 24 m。从经济指标方面来说对高度、跨度限制有如下研究,国内装配式建筑高度为 30.8 m,柱截面为 600 mm×600 mm 时,跨度 7.8 m 比较合理;高度为 44.8 m,柱截面为 800 mm×800 mm 时,跨度 9.0 m 比较合理。对于装配式模块化建筑在尺寸中的应用问题,有学者提出采用以下结构体系来解决装配式建筑在层数、高度上限制,即外框架、核心筒、剪力墙与预制构件模块结合。在国家政策驱动下,我国装配式建筑设计层数、高度以及跨度的设计有了更大灵活的调整空间,尤其是在高层建筑中,不同的地区推进预制率、装配率的要求也在不断地创新发展,比如江苏地区重点推进“三板”装配,对于大跨度预制构件有效结合预应力技术等创新发展手段。

#### 4. 运输、存放限制

装配式建筑在预制构件运输、存放方面存在很大问题,比如装配式预制叠合梁、预制楼梯、预制柱等单根构件重量较大,运输难度大,每次不能大批量集中运输,导致运输次数多,运输成本高等问题凸显,并且运输过程中对预制构件的保护难度大,运输构件过程中受损构件验收不通过、修补难度高等也是问题;同时,由于项目现场可利用空间相对紧凑,预制构件堆放问题难以解决。建议合理化进行组织设计安排,协调好不同批次预制构件的进场与吊装时间。

#### 5. 构件重量大、施工工序增加、连接质量难以检查

装配式混凝土构件现场吊装施工,由于预制构件重量大,对于吊装机械的要求较高,吊装过程各道工序多、就位精度要求也高,致使相比现浇混凝土结构施工,装配式混凝土建筑

构件吊装对施工人员配置、技术方案可行性分析、吊装就位误差调整等均有更高的要求。同时,装配式混凝土建筑吊装连接,比如“灌浆节点”,大多属于“隐蔽工程”,对吊装就位完毕后的连接节点质量检查难度较大,隐蔽工程验收质量不好把关,可控性有待完善。建议装配式建筑预制构件吊装应严格按照验收标准,层层把控,优化好现场施工技术方案,加强施工人员培训,全方位做好精细化施工。

## 0.2 装配式建筑在国外发展情况

国外装配式建筑发展起源于 20 世纪,二战战后快速经济复苏重建成了装配式建筑发展的“导火索”。尤其是欧洲,在战后欧洲国家由于二战的影响受到极大的创伤,经济萧条、住房问题、就业问题、社会安定问题等凸显,欧洲采取“工业化流水线”的建造方式快速重建新家园,并针对装配式建造技术形成了一系列的标准体系。

### 1. 德国

装配式建造技术发展起源于约 20 世纪 20 年代,“大板建筑”成为德国在装配式建筑领域的典型代表。20 世纪 70—80 年代,德国在东德地区建造的预制装配式建筑占当时新建建筑



图 0-1 德国最早的预制混凝土建筑——柏林施普朗曼居住小区

就达 60% 以上。随后德国开始研究建筑节能,又提出了零能耗的被动式建筑体系的概念。典型案例就是柏林利希滕伯格-弗里德希菲尔德(Berlin-Lichtenberg, Friedrichsfelde)建造的战争伤残军人住宅区。该项目共有 138 套住宅,为两到三层建筑,如今该项目的名称是施普朗曼(Splanemann)居住区(图 0-1),该项目采用现场预制混凝土多层复合板材构件,构件最大重量达到 7 吨。

德国的装配式住宅主要采取叠合板、剪力墙结构体系,剪力墙板、梁、柱、楼板、内隔墙板、外挂板、阳台板等构件采用预制装配式混凝土结构,耐久性较好。由此可见,德国的装配式建造方式采用了多类型构件形式,构件连接方式也是德国政府大力提倡、强制革新的手段,因此德国产业现代化发展的步伐特别快。

### 2. 法国

法国是世界上推行建筑工业化最早的国家之一,在 1891 年就已实施了装配式混凝土结构建造技术研究与应用,迄今有 130 年的历史,代表性建造技术为混凝土装配式框架结构体系,该技术体系在当时吸引了众多行业学者的关注,装配率极高,可达 80% 以上。到了 20 世纪 70 年代,法国在标准化设计方面属于“先行者”,逐步开展“建筑模数制”,使法国装



图 0-2 法国巴黎 28 套公寓楼 (法国世构体系建筑)

配建筑技术发展在国际上产生了重大影响力,其中“世构体系”成了法国装配式建筑发展的典型建造新技术,即预制预应力框架结构体系(图 0-2)。

### 3. 英国

英国装配式建筑甚至可以追溯到一战时期,世界上第一座采用玻璃和铁架进行装配的大型建筑——英国水晶宫(图 0-3)。它是近代最早的装配式建筑,开创了近代功能型装配式建筑的先河。到了 21 世纪初期,英国装配式建筑行业的产值约占新建建筑市场的 3.6%,并以每年 25%的比例持续增长。

### 4. 美国

美国的装配式建筑起源于 20 世纪 30 年代,经济大萧条迫使美国人民采取“流动式”生存模式,“房车式”住宅是美国装配式建筑的“雏形”。到 20 世纪 70 年代,美国国会通过了国家工业化住宅建造及安全法案,同年住房和城市发展部(HUD)又制定行业内统一标准规范,并沿用至今。美国在装配式钢结构和装配式木结构方面发展快速(图 0-4),不完全统计,1997 年美国的装配式建筑占比达到了新建建筑的 77%,其中装配式木结构更是占了 88%,装配式钢结构占比达 22%。同时,美国城市发展部出台了一系列严格的行业标准规范,一直沿用至今,并与后来的美国建筑体系逐步融合。美国城市住宅结构基本上以工厂化、装配式混凝土结构和装配式钢结构为主,降低了建设成本,提高了工厂通用性,增加了施工的可操作性。总部位于美国的预制和预应力混凝土协会 PCI 编制的《PCI 设计手册》中着重强调加强装配式构件连接节点构造设计,并要求在项目实施过程中及时更新技术手段,不断对已编制的《PCI 设计手册》进行优化,逐步形成一套更加成熟的设计规程。



图 0-3 英国水晶宫



图 0-4 美国钢结构、PC 挂板组合结构

### 5. 日本

日本装配式建筑发展速度更快,二战结束后,日本政府颁布了一系列相关法律法规助推装配式建筑在日本快速发展。1951 年,日本颁布了《公营住宅法》,1968 年提出住宅产业化的理念,颁布《推动住宅产业标准化五年计划》。到了 70 年代,日本又建立 BL 认定制度,住宅产品进行统一审核鉴定。随后发布《住宅建设计划法》《住生活基本法》《住宅品质确保促进法》等住宅方面的相关法规。到 2008 年,日本装配式住宅占全部住房总量的 42%,装配式

钢结构、装配式木结构在日本装配式建造技术领域发展水平较高。同时,日本在建筑抗震方面做得比较好,比如东京塔(图0-5)。

日本住宅建筑工业化的三个特点:

#### (1) 建筑设计标准化,产品选择多样化

设计标准化是建筑生产工业化的前提条件,包括建筑设计的标准化、建筑体系的定型化、建筑部品的通用化和系列化。建筑设计标准化就是在设计中按照一定的模数标准规范构件和产品,形成标准化、系列化的部品,减少设计的随意性,并简化施工手段,以便于建筑产品能够进行成批生产。钢结构小别墅,标准化产品。顾客可以直接过来看实体房子,选定房子后就按图施工建造,减少设计过程的改动,简化施工手段,方便产品批量生产。但标准化并不代表产品单一,为了适应不同经济条件、审美品位的顾客,房产公司设置了不同面积段,从两百平方米到四五百平方米,从现代风格、英式、日式到美洲草原别墅风格(图0-6)。



图0-5 日本东京塔



图0-6 日本住宅展示区

#### (2) 生产方式工业化,建造过程精细化

生产方式工业化是指将建筑产品形成过程中需要的中间产品(包括各种构配件等)生产由施工现场转入工厂化制造,用工业产品的方式控制建筑产品的建造,实现以最短的工期、最小的资源消耗,保证住宅最好的品质。日本建筑工业化借助信息化手段,用整体集成的方法把工程建设组织起来,使得设计、采购、施工、机械设备和劳动力配置更加优化,提高了资源的利用效率。由于机械化程度高,现场都是专业施工技术人员,而不是我们工地现场的建筑班组。由于建筑构配件大部分在工厂制造,机械及技术施工受气象因素影响小,工人严格按照8小时工作,现场有条不紊,房屋建造过程特别精细(图0-7~图0-8)。



图 0-7 日本装配建筑特色样板房构造剖析



图 0-8 日本装配式预制构件精细化生产

### (3) 产品展示强调技术,寻找客户的需求和痛点

日本是一个地震多发地区,国民特别关注建筑的安全和抗震性能。另外,日本也是一个高纬度国家,保温节能也是购房者的现实需求。某些样板房会直接把一栋楼内的结构体系、维护构造做法、隐蔽工程的施工层面等内容展示给购房者,让购房者对建筑技术和材料有直观的了解。再加上技术人员的现场讲解,更有一种身临建造过程的感觉。对于一些较为专业的概念,房屋还设置有专门的工法展示区,和国内的做法类似,只是增加了一些声、光、电的试验仪器,使得展示更加清晰直观,提高说服力。

### 6. 新加坡

新加坡装配式建筑发展主要表现在住宅领域,装配式建筑发展的典型代表就是“装配式组屋”。由于新加坡在装配式建造领域发展相对较晚,直到 20 世纪 70 年代,新加坡政府才将装配式建筑作为行业发展的需要,主要研究预制剪力墙、楼板、梁、柱、卫生间、楼梯、垃圾槽等装配式构件。成果就是新加坡最著名的达土岭组屋(图 0-9),高度达到 150 m,预制装配率达到了 90%以上。



图 0-9 新加坡达土岭组屋

## ▶ 0.3 装配式建筑在国内发展情况 ◀

我国装配式建筑发展经受了历史的严峻考验,装配式建筑发展起源于 20 世纪 50 年代,受到战争的严重影响,居住问题成为我国当时社会最为关

微课



装配式建筑发展  
历程及展望

注的问题。战后快速重建成为国家的战略发展之一,苏联的帮助成为我国装配式建筑发展的历史基础,诸多学者一时间深入研究装配式建造技术。到20世纪70—80年代,我国国民经济得到一定的发展,人口数量增加,很多厂家、建筑人士大量生产、研究装配式建筑,促使装配式建筑的发展达到顶峰,这个时期是我国装配式建筑的辉煌时期,装配式混凝土建筑和采用预制空心楼板的砌体建筑的应用普及率最高。

1999年国务院办公厅颁布了《关于推进住宅产业现代化提高住宅量的若干意见的通知》(国办发〔1997〕72号),提出了5~10年内通过建立住宅技术保障体系、完善住宅的建筑和部品体系、建立完善的质量控制体系等达到解决过程质量通病、初步实现住宅建筑体系以及节能降耗的主要目标。自此我国开始以住宅产业化为突破口,推进建筑业发展。在各级政府与企业的积极组织与实施下,在借鉴学习发达国家成功经验的基础上,我国的住宅产业化尤其在近几年取得了显著的成就。

2013年初,国务院转发了国家发展改革委、住房和城乡建设部《绿色建筑行动方案》(国办发〔2013〕1号文件),将推动新型建筑工业化作为一项重要内容;2015年底,在中国工程建设项目管理发展大会上,住建部新型建筑工业化集成建造工程技术研究中心,关于《建筑产业现代化发展纲要》明确提出,到2020年,装配式建筑占新建建筑的比例20%以上,到2025年,装配式建筑占新建建筑的比例50%以上。

明确了建筑产业现代化发展目标,在《发展纲要》中强调未来5年~10年建筑产业现代化的发展目标:到2020年,基本形成适应建筑产业现代化的市场机制和发展环境、建筑产业现代化技术体系基本成熟,形成一批达到国际先进水平的关键核心技术和成套技术,建设一批国家级、省级示范城市、产业基地、技术研发中心,培育一批龙头企业。装配式混凝土、钢结构、木结构建筑发展布局合理、规模逐步提高,新建公共建筑优先采用钢结构,鼓励农村、景区建筑发展木结构和轻钢结构。

(1) 装配式建筑占新建建筑的比例20%以上,直辖市、计划单列市及省会城市30%以上,保障性安居工程采取装配式建造的比例达到40%以上。

(2) 新开工全装修成品住宅面积比率30%以上。直辖市、计划单列市及省会城市保障性住房的全装修成品房面积比率达到50%以上。

(3) 建筑业劳动生产率、施工机械装备率提高1倍。到2025年,建筑品质全面提升,节能减排、绿色发展成效明显,创新能力大幅提升,形成一批具有较强综合实力的企业和产业体系。

(4) 装配式建筑占新建建筑的比例50%以上,保障性安居工程采取装配式建造的比例达到60%以上。

(5) 全面普及成品住宅,新开工全装修成品住宅面积比率50%以上,保障性住房的全装修成品房面积比率达到70%以上。

2016年9月27日,国务院办公厅又印发了《关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71号),提出以京津冀、长三角、珠三角三大城市群为重点推进地区,常住人口超过300万的其他城市为积极推进地区,其余城市为鼓励推进地区,因地制宜发展装配式混凝土结构、钢结构和现代木结构建筑。

90年代以后,我国进入房地产发展的高潮,这种发展以资金和土地的大量投入为基础,建筑技术仍然停留在原有水平,而此时建筑工业化的研究和发展几乎处于停滞甚至倒退阶

段。直至 1995 年以后,为了 2000 年实现小康的需要,我国开始注重住宅的功能和质量,在总结和借鉴国内外经验教训的基础上,重新提出建筑工业化的口号。尤其是住宅建筑工业化仍将是今后发展的方向,并提出了发展住宅产业化和推进住宅产业化的思路,从而使住宅建设步入一个新的发展阶段。

虽然国家大力支持,但是国内装配式的技术规范和标准还跟不上大力发展装配式建筑的需求,因此,住房和城乡建设部和中国建筑标准设计研究院牵头编制了《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016)、《装配式钢结构建筑技术标准》(GB/T 51232—2016)两本国家标准,各地也在积极推动装配式建筑的发展。北京、浙江提出到 2020 年,提前实现装配式建筑占新建建筑比例 30% 的目标;河北明确提出把钢结构建筑作为发展装配式建筑的主攻方向;吉林提出了创造条件,试点发展木结构建筑产业化的工作思路;山东省实施“四个强制”政策,积极发展装配式建筑。除了上述提到的城市,上海也是较早推进装配式建筑的城市之一。早在 2015 年 1 月,上海市住房保障房屋管理局、市发展改革委、市规划国土资源局、市财政局就联合印发了《关于推进本市装配式建筑发展的实施意见》,里面提到,各区县政府和相关管委会在本区域供地面积总量中落实的装配式建筑的建筑面积比例,2015 年不少于 50%,2016 年起外环线以内新建民用建筑应全部采用装配式建筑、外环线以外超过 50%;2017 年起外环线以外在 50% 基础上逐年增加。

此外,各地方也颁布了如《装配式混凝土建筑工程施工及验收技术标准》(DBJ 41/T 251—2021)、《装配式混凝土建筑施工安全技术标准》(DBJ 43/T 103—2020)等地方标准。装配式建筑发展至今,国家大力推进装配式建筑在国内新建建筑中的占比,建筑产业化基地建设、政府对于装配式建筑建造的优惠政策、装配式新技术人才培养、培训如春笋般在我国快速实施,“绿色建筑”“文明施工”“智慧工地”“BIM 技术”等成为行业发展的主导方向。

随着建筑产业现代化的发展,国内先后引进了日本、澳大利亚、新加坡、德国、法国、芬兰等先进混凝土预制装配结构技术;目前深圳万科、长沙远大、长春亚泰、江苏中南、黑龙江宇辉、南京大地、龙信集团、华新集团等企业的预制装配技术在自主创新的基础上,分别参与了江苏、上海、深圳、北京、辽宁、湖南、黑龙江、安徽等地的保障房建设及部分房地产开发项目。国内预制装配式结构技术体系如图 0-10、图 0-11 所示。

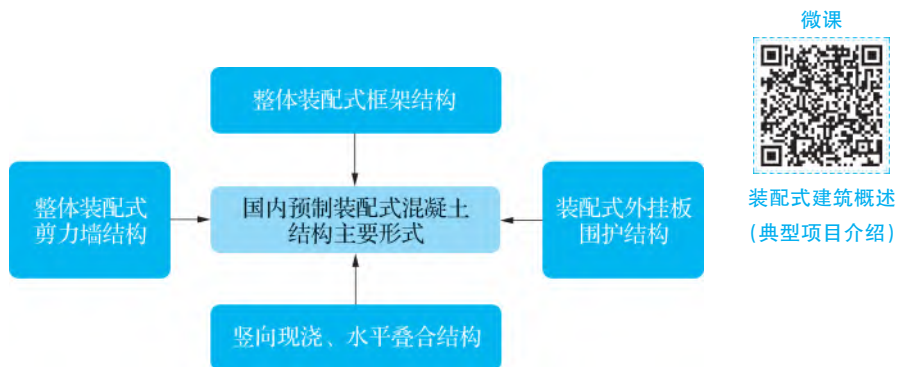


图 0-10 国内预制装配式混凝土结构主要形式

微课



装配式建筑概述  
(典型项目介绍)



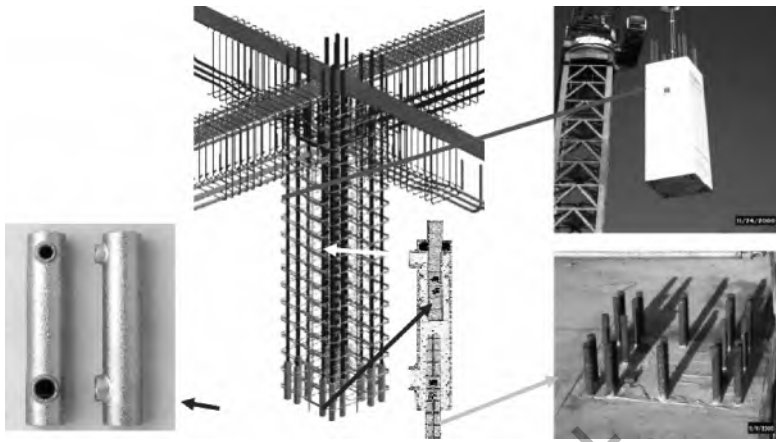


图 0-13 预制柱注浆采用套筒连接器连接



图 0-14 吊装工艺

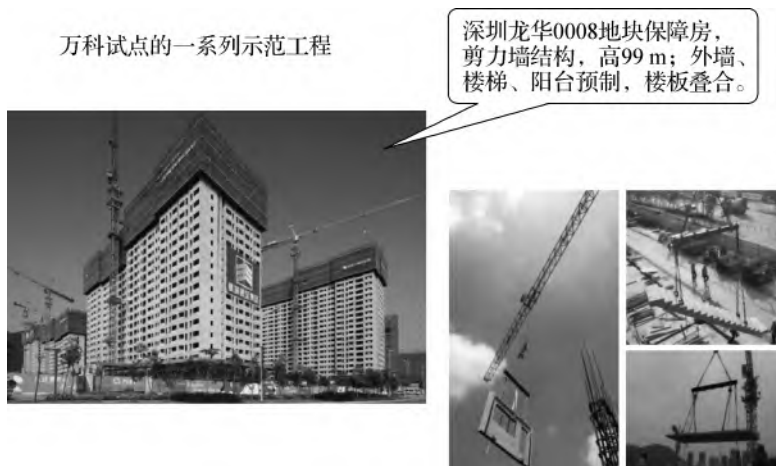


图 0-15 典型项目

## 2. 预制预应力混凝土装配整体式框架结构体系——南京大地

预制预应力混凝土装配整体式框架结构(世构体系)(图 0-16、图 0-17)是从法国引进的一种装配框架结构体系,其预制构件包括预制混凝土柱、预制预应力混凝土叠合梁板。

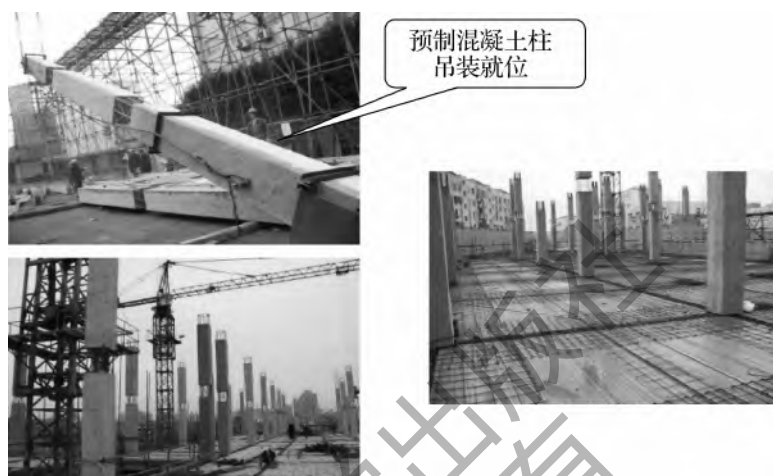


图 0-16 世构体系

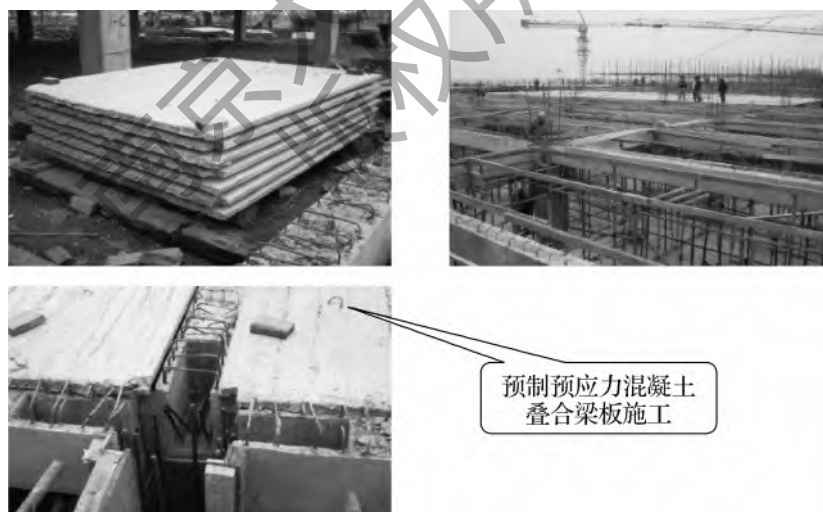


图 0-17 预制预应力混凝土叠合梁板施工

## 3. 约束浆锚搭接连接技术——黑龙江宇辉

黑龙江宇辉预制装配技术在沈阳、黑龙江等地保障房得到运用。剪力墙竖向采用“约束浆锚搭接连接”(图 0-18),水平向采用“环状水平钢筋搭接连接”及叠合梁;外墙采用外保温,保温板厚 5 cm。

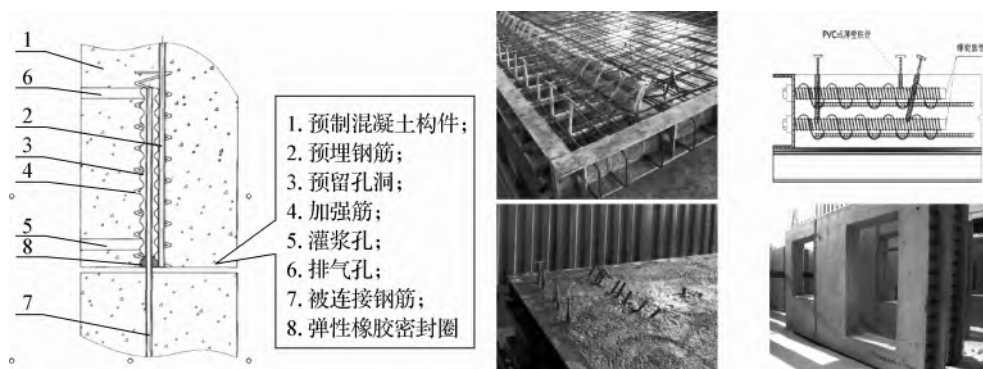


图 0-18 约束浆锚搭接连接

#### 4. 预制外挂板体系(PCF)——万科

万科和上海建工二建、北京榆树庄构件厂等联合开发 PCF (precast concrete form) 技术,即预制混凝土模板技术(图 0-19),该技术主要用于预制混凝土剪力墙外墙模以及叠合楼板的预制板等。结构其他部分,如内部剪力墙、部分内隔墙、电梯井等仍然采用支模现浇。



图 0-19 预制墙板构件运输及现场安装

#### 5. 装配式复合外挂板围护结构——长沙远大

长沙远大预制装配技术在沈阳、长沙等地保障房得到运用,其外墙板采用夹心式围护结构(三明治板)(图 0-20),内部剪力墙、柱均采用现浇混凝土结构。

#### 6. 预制叠合板式剪力墙结构体系——合肥西韦德

合肥西韦德公司引进德国的叠合板式混凝土剪力墙结构体系技术,该体系构件采用格构钢筋叠合墙板和叠合楼板(图 0-21)。叠合墙板可应用于地上剪力墙结构和地下车库工程。

#### 7. 浆锚搭接连接技术(预埋波纹管)——江苏中南

预制装配整体式剪力墙结构(NPC)体系:竖向构件剪力墙、柱、电梯井采用预制,水平构件梁、板采用叠合形式;竖向构件连接节点采用浆锚连接,水平构件与竖向构件连接节点及

水平构件间连接节点采用预留钢筋叠合现浇连接,形成整体结构体系(图0-22~图0-24)。

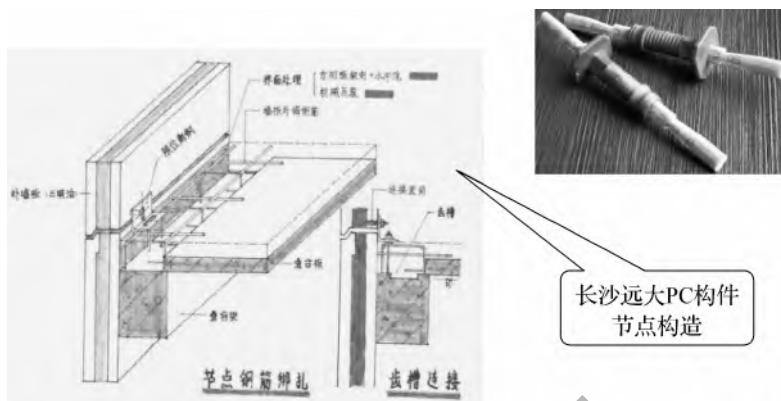


图0-20 外墙夹心式围护结构(三明治板)



叠合板式剪力墙安装

竖向接缝增设加强筋

图0-21 预制叠合板式剪力墙结构体系

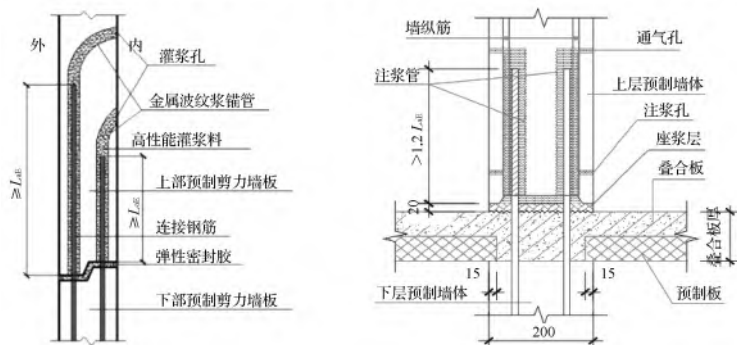
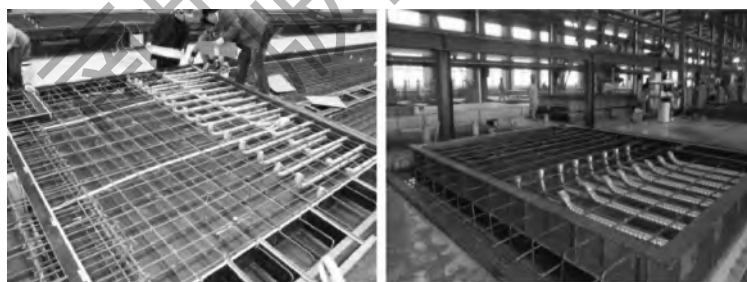
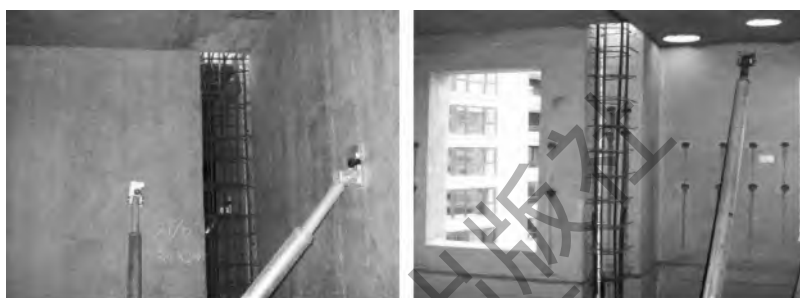


图0-22 浆锚搭接连接技术(预埋波纹管)



图 0-23 浆锚搭接连接现场吊装



剪力墙“T”型连接节点

剪力墙“L”型连接节点

图 0-24 剪力墙连接形式

## ▶ 0.4 装配式建筑未来发展展望 ◀

党的二十大的胜利召开,将推动我国建筑业建造加速优化升级。“十四五”时期是新发展阶段的开局起步期,是实施城市更新行动、推进新型城镇化建设的机遇期,也是加快建筑业转型发展的关键期。一方面,建筑市场作为我国超大规模市场的重要组成部分,是构建新发展格局的重要阵地,在与先进制造业、新一代信息技术深度融合发展方面有着巨大的潜力和发展空间。另一方面,我国城市发展由大规模增量建设转为存量提质改造和增量结构调整并重,人民群众对住房的要求从“有没有”转向追求“好不好”,将为建筑业提供难得的转型发展机遇。建筑业迫切需要树立新发展思路,将扩大内需与转变发展方式有机结合起来,同步推进,从追求高速增长转向追求高质量发展,从“量”的扩张转向“质”的提升,走出一条内涵集约式发展新路。

### ▶▶ 0.4.1 2035 年远景目标

2022年1月,住房和城乡建设部发布的《“十四五”建筑业发展规划》(建市〔2022〕11号)(以下简称《规划》)明确提出,以建设世界建造强国为目标,着力构建市场机制有效、质量安全可控、标准支撑有力、市场主体有活力的现代化建筑业发展体系。到2035年,建筑业发展质量和效益大幅提升,建筑工业化全面实现,建筑品质显著提升,企业创新能力大幅提高,高素质人才队伍全面建立,产业整体优势明显增强,“中国建造”核心竞争力世界领先,迈入智能建造世界强国行列,全面服务社会主义现代化强国建设。

## 0.4.2 “十四五”时期发展目标

对标 2035 年远景目标,初步形成建筑业高质量发展体系框架,建筑市场运行机制更加完善,营商环境和产业结构不断优化,建筑市场秩序明显改善,工程质量安全保障体系基本健全,建筑工业化、数字化、智能化水平大幅提升,建造方式绿色转型成效显著,加速建筑业由大向强转变,为形成强大国内市场、构建新发展格局提供有力支撑。

《规划》明确提出,智能建造与新型建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系基本建立,装配式建筑占新建建筑的比例达到 30%以上,打造一批建筑产业互联网平台,形成一批建筑机器人标志性产品,培育一批智能建造和装配式建筑产业基地。

## 0.4.3 完善智能建造政策和产业体系

实施智能建造试点示范创建行动,发展一批试点城市,建设一批示范项目,总结推广可复制政策机制。加强基础共性和关键核心技术研发,构建先进适用的智能建造标准体系。发布智能建造新技术新产品创新服务典型案例,编制智能建造白皮书,推广数字设计、智能生产和智能施工。培育智能建造产业基地,加快人才队伍建设,形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系。

## 0.4.4 夯实标准化和数字化基础

完善模数协调、构件选型等标准,建立标准化部品部件库,推进建筑平面、立面、部品部件、接口标准化,推广少规格、多组合设计方法,实现标准化和多样化的统一。加快推进建筑信息模型(BIM)技术在工程全寿命期的集成应用,健全数据交互和安全标准,强化设计、生产、施工各环节数字化协同,推动工程建设全过程数字化成果交付和应用。

2025 年,基本形成 BIM 技术框架和标准体系。

(1) 推进自主可控 BIM 软件研发。积极引导培育一批 BIM 软件开发骨干企业 and 专业人才,保障信息安全。

(2) 完善 BIM 标准体系。加快编制数据接口、信息交换等标准,推进 BIM 与生产管理系统、工程管理信息系统、建筑产业互联网平台的一体化应用。

(3) 引导企业建立 BIM 云服务平台。推动信息传递云端化,实现设计、生产、施工环节数据共享。

(4) 建立基于 BIM 的区域管理体系。研究利用 BIM 技术进行区域管理的标准、导则和平台建设要求,建立应用场景,在新建区域探索建立单个项目建设与区域管理融合的新模式,在既有建筑区域探索基于现状的快速建模技术。

(5) 开展 BIM 报建审批试点。完善 BIM 报建审批标准,建立 BIM 辅助审查审批的信息系统,推进 BIM 与城市信息模型(CIM)平台融通联动,提高信息化监管能力。

## 0.4.5 推广数字化协同设计

应用数字化手段丰富方案创作方法,提高建筑设计方案创作水平。鼓励大型设计企业建立数字化协同设计平台,推进建筑、结构、设备管线、装修等一体化集成设计,提高各专业协同设计能力。完善施工图设计文件编制深度要求,提升精细化设计水平,为后续精细化生

产和施工提供基础。研发利用参数化、生成式设计软件,探索人工智能技术在设计中应用。研究应用岩土工程勘测信息挖掘、集成技术和方法,推进勘测过程数字化。

#### ▶▶ 0.4.6 大力发展多类型装配式建筑结构体系

构建装配式建筑标准化设计和生产体系,推动生产和施工智能化升级,扩大标准化构件和部品部件使用规模,提高装配式建筑综合效益。完善适用不同建筑类型装配式混凝土结构体系,加大高性能混凝土、高强钢筋和消能减震、预应力技术集成应用。完善钢结构建筑标准体系,推动建立钢结构住宅通用技术体系,健全钢结构建筑工程计价依据,以标准化为主线引导上下游产业链协同发展。积极推进装配化装修方式在商品住房项目中的应用,推广管线分离、一体化装修技术,推广集成化模块化建筑部品,促进装配化装修与装配式建筑深度融合。大力推广应用装配式建筑,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。培育一批装配式建筑生产基地。

#### ▶▶ 0.4.7 打造建筑产业互联网平台

加大建筑产业互联网平台基础共性技术攻关力度,编制关键技术标准、发展指南和白皮书。开展建筑产业互联网平台建设试点,探索适合不同应用场景的系统解决方案,培育一批行业级、企业级、项目级建筑产业互联网平台,建设政府监管平台。鼓励建筑企业、互联网企业和科研院所等开展合作,加强物联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等新一代信息技术在建筑领域中的融合应用。

2025年,建筑产业互联网平台体系初步形成,培育一批行业级、企业级、项目级平台和政府监管平台。

(1) 加快建设行业级平台。围绕部品部件生产采购配送、工程机械设备租赁、建筑劳务用工、装饰装修等重点领域推进行业级建筑产业互联网平台建设,提高供应链协同水平,推动资源高效配置。

(2) 积极培育企业级平台。发挥龙头企业示范引领作用,以企业资源计划(ERP)平台为基础,建设企业级建筑产业互联网平台,实现企业资源集约调配和智能决策,提升企业运营管理效益。

(3) 研发应用项目级平台。以智慧工地建设为载体推广项目级建筑产业互联网平台,运用信息化手段解决施工现场实际问题,强化关键环节质量安全管控,提升工程项目建设管理水平。

(4) 探索建设政府监管平台。完善全国建筑市场监管公共服务平台,推动各地研发基于建筑产业互联网平台的政府监管平台,汇聚整合建筑业大数据资源,支撑市场监测和数据分析功能,探索建立大数据辅助科学决策和市场监管的机制。

#### ▶▶ 0.4.8 加快建筑机器人研发和应用

加强新型传感、智能控制和优化、多机协同、人机协作等建筑机器人核心技术研究,研究编制关键技术标准,形成一批建筑机器人标志性产品。积极推进建筑机器人在生产、施工、维保等环节的典型应用,重点推进与装配式建筑相配套的建筑机器人应用,辅助和替代“危、繁、脏、重”施工作业。推广智能塔吊、智能混凝土泵送设备等智能化工程设备,提高工程建

设机械化、智能化水平。

2025年,形成一批建筑机器人标志性产品,实现部分领域批量化应用。

(1) 推广部品部件生产机器人。以混凝土预制构件制作、钢构件下料焊接、隔墙板和集成厨卫生产等工厂生产关键环节为重点,推进建筑机器人创新应用。

(2) 加快研发施工机器人。以测量、材料配送、钢筋加工、混凝土浇筑、构部件安装、楼面墙面装饰装修、高空焊接、深基坑施工等现场施工环节为重点,加快建筑机器人研发应用。

(3) 积极探索运维机器人。在建筑安全监测、安防巡检、高层建筑清洁等运维环节,加强建筑机器人应用场景探索。

## 0.4.9 推广绿色建造方式

持续深化绿色建造试点工作,提炼可复制推广经验。开展绿色建造示范工程创建行动,提升工程建设集约化水平,实现精细化设计和施工。培育绿色建造创新中心,加快推进关键核心技术攻关及产业化应用。研究建立绿色建造政策、技术、实施体系,出台绿色建造技术导则和计价依据,构建覆盖工程建设全过程的绿色建造标准体系。在政府投资工程和大型公共建筑中全面推行绿色建造。积极推进施工现场建筑垃圾减量化,推动建筑废弃物的高效处理与再利用,探索建立研发、设计、建材和部品部件生产、施工、资源回收再利用等一体化协同的绿色建造产业链。

2025年,各地区建筑垃圾减量化工作机制进一步完善,实现新建建筑施工现场建筑垃圾(不包括工程渣土、工程泥浆)排放量每万平方米不高于300吨,其中装配式建筑排放量不高于200吨。

(1) 完善制度和标准体系。构建依法治废、源头减量、资源利用制度体系和建筑垃圾分类、收集、统计、处置及再生利用标准体系。探索建立施工现场建筑垃圾排放量公示制度,研究建筑垃圾资源化产品准入与保障机制。

(2) 推动技术和管理创新。支持开展建筑垃圾减量化技术和管理创新研究,打造一批技术转化平台,形成基础研究、技术攻关、成果产业化的建筑垃圾治理全过程创新生态链。

(3) 提升建筑垃圾信息化管理水平。引导和推广建立建筑垃圾管理平台。构建全覆盖、精细高效的监管体系,实现建筑垃圾可量化、可追踪的全过程闭环管理。

## 0.5 常用术语

### 1. 建筑产业

建筑产业包括建筑业、房地产业、市政公用业、勘察设计业以及相关装备制造、运输物流在内的广泛的产业概念。

### 2. 建筑工业化

建筑工业化是随西方工业革命出现的概念,工业革命让造船、汽车生产效率大幅提升,随着欧洲兴起的新建筑运动,实行工厂预制、现场机械装配,逐步形成了建筑工业化最初的理论雏形。二战后,西方国家亟须解决大量的住房而劳动力严重缺乏的情况,为推行建筑工

业化提供了实践的基础,因其工作效率高而在欧美风靡一时。1974年,联合国出版的《政府逐步实现建筑工业化的政策和措施指引》中定义了“建筑工业化”:按照大工业生产方式改造建筑业,使之逐步从手工业生产转向社会化大生产的过程。它的基本途径是建筑标准化,构配件生产工厂化,施工机械化和组织管理科学化,并逐步采用现代科学技术的新成果,以提高劳动生产率,加快建设速度,降低工程成本,提高工程质量。

建筑工业化,指通过现代化的制造、运输、安装和科学管理的大工业的生产方式,来代替传统建筑业中分散的、低水平的、低效率的手工业生产方式。它的主要标志是建筑设计标准化、构配件生产工厂化,施工机械化和组织管理科学化。

### 3. 建筑产业现代化

建筑产业现代化是将现代科学技术和方法应用于整个建筑产业,以工业化、信息化、产业化的深度融合实现对建筑全产业链进行更新、改造和全面提升。建筑产业现代化是以发展绿色建筑为方向,以新型建筑工业化生产方式的手段,以住宅产业现代化为重点,以“标准化设计、工厂化生产、装配化施工、成品化装修、信息化管理、智能化运营”为主要特征的高级产业形态及其实现过程。

### 4. 装配式建筑

由预制构件在工地装配而成的建筑,称为装配式建筑。

### 5. 装配式混凝土结构

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。

装配整体式混凝土结构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。全装配混凝土结构指所有结构构件均为预制构件,并采用干式连接方法形成的混凝土结构。

### 6. 装配式木结构

装配式木结构是指单纯由木材或主要由木材承受荷载的结构,通过各种金属连接件或榫卯手段将各类预制构件进行连接和固定的建筑结构形式。木结构体系的优点很多,如维护结构与支撑结构相分离,抗震性能较高,取材方便,施工速度快等特点。

### 7. 装配式钢结构

装配式钢结构建筑是指建筑的结构系统由钢(构)件构成的装配式建筑。钢结构是天然的装配式结构,但并非所有的钢结构建筑均是装配式建筑,必须是钢结构、围护系统、设备与管线系统和内装系统做到和谐统一,才能算得上是装配式钢结构建筑。

### 8. 预制混凝土构件

在工厂或现场预先制作的混凝土构件,简称预制构件。包括全预制梁、叠合板、全预制柱、全预制剪力墙、单层叠合剪力墙、双层叠合剪力墙、外挂墙板、全预制楼梯、叠合楼板、叠合阳台板、预制飘窗、全预制空调板、全预制女儿墙等。

### 9. 装配整体式混凝土框架结构

框架结构中全部或部分框架梁、柱采用预制构件建成的装配整体式混凝土框架结构,简

称装配式框架结构。

#### 10. 装配整体式混凝土剪力墙结构

剪力墙结构中全部或部分剪力墙采用预制墙板构建成的装配整体式混凝土结构,简称装配式剪力墙结构。

#### 11. 混凝土叠合受弯构件

预制混凝土梁、板顶部在现场后浇部分混凝土而形成的整体受弯构件,简称叠合板、叠合梁。

#### 12. 预制混凝土叠合墙板

在墙厚方面,部分采用预制,部分采用现浇工艺生产制作而成的钢筋混凝土墙体。

#### 13. 预制混凝土叠合夹心保温板墙

在墙厚方面,部分采用预制,部分采用现浇,而预制和现浇之间夹保温材料,并通过连接件将预制与现浇部分连接为整体而成的钢筋混凝土叠合墙体。

#### 14. 预制混凝土叠合板(梁)

在预制混凝土板、梁构件安装就位后,在其上部浇筑混凝土而形成整体的混凝土构件。

#### 15. 预制外挂墙板

安装在主体结构上,起围护、装饰作用的非承重预制混凝土墙板,简称外挂墙板。

#### 16. 预制混凝土夹心保温外墙板

中间夹有保温层的预制混凝土外墙板,简称夹心外墙板。

#### 17. 连接件

连接预制混凝土夹心保温墙体内、外墙板,用于传递荷载,并将内、外墙板连成整体的连接器。

#### 18. 钢筋套筒灌浆连接

在预制混凝土构件内预埋的金属套筒中插入钢筋并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋连接方式。

#### 19. 钢筋浆锚搭接连接

在预制混凝土构件中预留孔道,在孔道中插入需搭接的钢筋,并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋搭接连接方式。

#### 20. 预制率

装配混凝土结构住宅建筑单体±0.000标高以上的主体结构和围护结构中,预制构件部分的混凝土用量占对应部分混凝土总用量的体积比。

#### 21. 装配率

装配式混凝土结构住宅建筑中预制构件、建筑部品的数量(或面积)占同类构件或部品总数量(或面积)的比率。

#### 22. 有机类保温板

由有机材料制成的保温板称为有机类保温板,如聚苯乙烯板、硬泡聚氨酯板和酚醛泡沫板等。

#### 23. 无机类保温板

由无机材料制成的保温板称为无机类保温板,如发泡水泥板和泡沫玻璃板等。

#### 24. 外墙饰面砖(或石材)反打工艺

构件加工厂生产预制夹心外墙板时,先将饰面砖(或石材)铺设在模具内,在浇筑混凝土,将饰面砖(或石材)与外墙板连接成一体的制作工艺。

#### 25. 临时支撑系统

预制构件安装时起到临时固定和垂直度或标高等空间位置调整作用的支撑体系。根据被安置的预制构架的受力形式和形状,临时支撑系统又可分为斜撑系统和竖向支撑系统。

##### (1) 斜撑系统

由撑杆、垂直度调整装置、锁定装置和预埋固定装置等组成的用于竖向构件安装的临时支撑体系。主要功能是将预制柱和预制墙板等竖向构件吊装就位后起到临时固定的作用,同时,通过设置在斜撑上的调节装置对垂直度进行微调。

##### (2) 竖向支撑系统

单榀支撑架沿预制构件长度方向均匀布置构成的用于水平向构件安装的临时支撑系统。单榀支撑架由立柱、斜拉杆和横梁组成,并设有标高调整装置。主要功能是用于预制主次梁和预制楼板等水平承载构件在吊装就位后起到垂直荷载的临时支撑作用,同时,通过标高调节装置对标高进行微调。

#### 26. 建筑信息模型

以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础,进行建筑模型的建立,通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。全寿命期工程项目或其组成部分物理特征、功能特性及管理要素的共享数字化表达。

#### 27. 无线射频识别技术 RFID

利用射频方式进行非接触双向通信以实现自动识别目标对象并获取相关数据。

## ▶ 0.6 本章小结 ◀

随着现代工业技术的发展,建造房屋可以像机器生产那样,成批成套地制造。只要把预制好的房屋构件,运到工地装配起来就成了。装配式建筑在 20 世纪初就开始引起人们的兴趣,到六十年代终于实现。英、法、苏联等国首先作了尝试。由于装配式建筑的建造速度快,而且生产成本较低,迅速在世界各地推广开来。我国装配式建筑规划自 2015 年以来密集出台,2015 年底召开的全国住房城乡建设工作会议上,提出 2016 年全国全面推广装配式建筑,并取得突破性进展;2016 年 3 月 5 日政府工作报告提出要大力发展钢结构和装配式建筑,提高建筑工程标准和质量;2016 年 7 月 5 日住房和城乡建设部发布《住房和城乡建设部 2016 年科学技术项目计划——装配式建筑科技示范项目》(建科〔2016〕137 号)并公布了 2016 年科学技术项目建设装配式建筑科技示范项目名单;2016 年 9 月 14 日国务院召开国务院常务会议,提出要大力发展装配式建筑,推动产业结构调整;2016 年 9 月 27 日国务院出台《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),对大力发展装配式建筑和钢结构重点区域、未来装配式建筑占比新建筑目标、重点发展城市进行了明确要求要

因地制宜发展装配式混凝土结构、钢结构和现代木结构等装配式建筑,力争用 10 年左右的时间,使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到 30%;2017 年 3 月 23 日,住房和城乡建设部印发《“十三五”装配式建筑行动方案》《装配式建筑示范城市管理办法》《装配式建筑产业基地管理办法》(建科〔2017〕77 号);2020 年 08 月 28 日,住建部发布《住房和城乡建设部等部门关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》(建标规〔2020〕8 号);2020 年 9 月 10 日,住房和城乡建设部发布《住房和城乡建设部办公厅关于认定第二批装配式建筑范例城市和产业基地的通知》(建办标函〔2020〕470 号);2022 年 1 月,住房和城乡建设部发布了《“十四五”建筑业发展规划》(建市〔2022〕11 号),明确“十四五”时期,我国要初步形成建筑业高质量发展体系框架,建筑市场运行机制更加完善,工程质量安全保障体系基本健全,建筑工业化、数字化、智能化水平大幅提升,建造方式绿色转型成效显著,加速建筑业由大向强转变,还提出 2035 年远景目标,到 2035 年,建筑业发展质量和效益大幅提升,建筑工业化全面实现,建筑品质显著提升,企业创新能力大幅提高,高素质人才队伍全面建立,产业整体优势明显增强,“中国建造”核心竞争力世界领先,迈入智能建造世界强国行列。因此,为加快我国建筑业更好的转型升级,行业内对装配式建造技术的学习、应用与技术创新成为当下的重要任务。

### 思考练习题

1. 了解装配式建筑的含义。
2. 了解装配式建筑、新型建筑工业化、建筑产业现代化的关系。
3. 了解装配式建筑在国内外的发展历程。
4. 了解装配式建筑的发展方向与趋势。
5. 了解我国为推进装配式建筑的发展出台的各项政策。

第 1 篇

# 装配式混凝土结构建筑

南京大学出版社  
版权所有



南京大学出版社  
版权所有

## 学习情境 1

# 装配式混凝土建筑部品 构配件与连接

### 素质目标

(依据专业教学标准)

(1) 坚定拥护中国共产党领导和我国社会主义制度,践行社会主义核心价值观,具有深厚的爱国情感和中华民族自豪感。

(2) 崇尚宪法、遵纪守法、崇德向善、诚实守信、尊重生命、热爱劳动,履行道德准则和行为规范,具有社会责任感和社会参与意识。

(3) 具有质量意识、环保意识、安全意识、信息素养、工匠精神和创新意识。

(4) 勇于奋斗、乐观向上,具有自我管理能力和职业生涯规划意识,具有较强的集体意识和团队合作精神。

(5) 具有健康的体魄、心理和健全的人格,以及良好的行为习惯。

(6) 具有正确的审美和人文素养。

### 知识目标

(1) 了解预制墙板的类型与分类。

(2) 了解预制构件的混凝土强度等级设计标准。

(3) 了解叠合楼板的构造设计及特点。

(4) 掌握柱纵向受力钢筋在柱底采用套筒灌浆连接时的加密区设置。

(5) 掌握预制剪力墙开洞构造设计要求。

(6) 根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014),掌握外挂墙板设计要求。

### 能力目标

(1) 能初步编写叠合板吊装方案。

(2) 能初步编写预制剪力墙接缝设计方案。

(3) 能初步编写钢筋套筒灌浆连接接头和钢筋浆锚搭接连接接头设计方案。

### 学习资料准备

(1) 中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土结构设计规范(2015版):GB 50010—2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.

(2) 中华人民共和国住房和城乡建设部.装配式混凝土结构技术规程:JGJ 1—2014[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.

## ▶ 1.1 装配式混凝土建筑部品和构配件分类 ◀

根据《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231—2016),装配式混凝土建筑是指建筑的结构系统由混凝土部品(预制构件)构成的装配式建筑,包括结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统。其中:

结构系统是指由结构构件通过可靠的连接方式装配而成,以承受或传递力的作用,包括预制梁、预制柱、叠合楼盖、外挂墙板等构件(表 1-1)。

表 1-1 装配式混凝土建筑部品和构配件分类

类别	名称	
部品	装饰件	
	内装修部品	内隔墙
		吊顶
		地面
		墙面
		整体厨房
		整体卫浴
	预制墙板	夹芯保温墙板(围护体系用)
		双面叠合墙板(围护体系用)
		轻质预制条板
		预制外墙挂板
	功能性盒子房	
	装配式给排水设备及管线系统	
	装配式电气和智能化设备及管线系统	
预制构件	预制梁	
	预制柱	
	全预制剪力墙板	
	夹芯保温墙板(结构体系用)	
	双面叠合墙板(结构体系用)	
	预制楼板	
	预制楼梯	
	预制阳台	
	预制凸窗	

(续表)

类别	名称	
	预制空调板	
	预制女儿墙	
	预制基础	
配件	连接件	钢筋机械连接接头
		套筒灌浆连接组件
		保温拉结件
	锚固件	
	预埋件	吊装预埋件

外围护系统主要包括建筑外墙、屋面、外门窗及其他部品部件,用于分隔建筑室内外环境。

设备与管线系统主要包括给水排水、供暖通风空调、电气和智能化、燃气等设备与管线,用于满足建筑使用功能。

内装系统主要包括楼地面、墙面、轻质隔墙、吊顶、内门窗、厨房和卫生间,用于满足建筑空间使用要求。

## 1.2 预制柱

微课



预制构件

预制混凝土结构柱是通过在工厂进行结构柱的钢筋绑扎和混凝土浇筑,在柱的底部通过预留孔洞与楼板上预留的钢筋进行灌浆连接,同时顶部也预留钢筋,与板、梁等构件进行灌浆连接或者叠合连接(图 1-1)。



图 1-1 预制柱

预制柱的设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范(2015 版)》(GB 50010—2010)的要求,并应符合下列规定:

- (1) 柱纵向受力钢筋直径不宜小于 20 mm。
- (2) 矩形柱截面宽度或圆柱直径不宜小于 400 mm,且不宜小于同方向梁宽的 1.5 倍。
- (3) 柱纵向受力钢筋在柱底采用套筒灌浆连接时(图 1-2、1-3),柱箍筋加密区长度不

应小于纵向受力钢筋连接区域长度与 500 mm 之和,套筒上端第一道箍筋距离套筒顶部不应大于 50 mm。

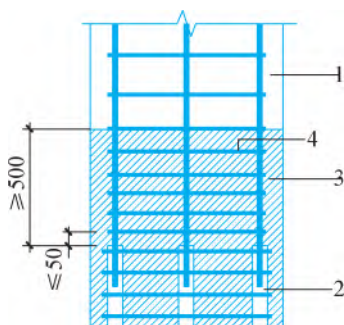


图 1-2 钢筋采用套筒灌浆连接时柱底箍筋加密区域构造示意

1—预制柱;2—套筒灌浆连接接头;3—箍筋加密区(阴影部分);4—加密区箍筋

现场视频



柱底灌浆孔

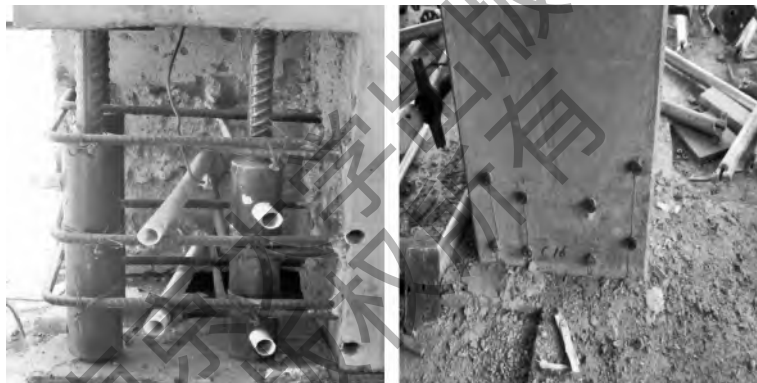


图 1-3 柱纵向钢筋的连接节点(套筒灌浆节点)

微课



预制墙板

## ▶ 1.3 预制墙板 ◀

采用横墙承重的预制装配式住宅建筑的墙板类型,可按所在位置、构造做法、材料选用等方面分类。

### ▶▶ 1.3.1 按所在位置分类

#### 1. 内墙板

内墙板又分为横向内墙板、纵向内墙板和隔墙板三种。

##### (1) 横向内墙板

横向内墙板是建筑物的主要承重构件,要求具有足够的强度和足够的厚度,以满足承受荷载的要求和保证楼板有足够的支承长度。这类墙板多采用单一材料,分别采用钢筋混凝土板、粉煤灰矿渣混凝土板和振动砖墙板,其中钢筋混凝土板又分为实心板和空心板

两种。

### (2) 纵向内墙板

纵向内墙板在结构平面布置中处于非承重墙体的位置,不承受楼板荷载。为了保证整个建筑物的空间刚度,共同抵御地震力,纵向内墙板要与横向内墙板共同作用,因此,常采用与横向内墙板同一种类和强度的材料。

### (3) 隔墙板

主要用于内部的分隔。这种墙板没有承重要求,但应满足建筑功能上隔声、防火、防潮等方面的要求,采用较多的有钢筋混凝土薄板、加气混凝土条板、石膏板等。

所有的内墙板,为了满足内装修减少现场抹灰湿作业的要求,墙面必须平整。

## 2. 外墙板

横墙承重时,除山墙板为承重墙板外,纵向外墙板都是自承重板材。外墙板主要应该满足保温、隔热、防止雨水渗透等围护功能的要求,同时也应起到立面装饰的作用。外墙板也应有一定的强度,这样与横墙结合后,能承担一部分纵向地震力和风力,以保证整个建筑物的整体性。

外墙板亦可用于框架结构的挂板。

外墙板在我国北方多采用复合板材,既带有各种保温材料夹芯的钢筋混凝土板,也有用各种轻骨料如陶粒、浮石等做成的单一材料板材;用于框架结构的挂板亦可采用加气混凝土拼装大板。在我国南方地区则采用单一材料空心板材较多。

山墙板是外墙板中的特殊类型,既要满足承重要求,也要满足保温、隔热和防止雨水渗透的围护功能要求。

## 1.3.2 按构造分类

### 1. 单一材料板墙

单一材料板材是用一种材料做成的实心板或空心板(见表1-2、表1-3)。根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款4.1.2规定,预制构件的混凝土强度等级不宜低于C30;预应力混凝土预制构件的混凝土强度等级不宜低于C40,且不应低于C30;现浇混凝土的强度等级不应低于C25。

表1-2 实心墙板类型参考

名称	材料	混凝土强度等级	墙板规格	用途
普通混凝土墙板	水泥、砂、石	C20	一间一块,厚140 mm	承重内墙板 高层承重内墙板 隔墙板
		≥C20	一间一块,厚160 mm	
		≤C20	一间一块,厚60~100 mm	
轻骨料混凝土墙板	水泥、膨胀矿渣珠水泥、膨胀珍珠岩、页岩陶粒水泥、粉煤灰陶粒	C10	一间一块,厚240 mm	自承重外墙板 承重内墙板 自承重外墙板
		C15	一间一块,厚160 mm	
		C10	一间一块,厚200 mm	

(续表)

名称	材料	混凝土强度等级	墙板规格	用途
工业废料墙板	胶结料: 粉煤灰、生石灰粉、石膏 骨料: 硬矿渣(用于内墙板) 膨胀矿渣(用于外墙板)	C15 C10	一间一块, 厚 140 mm 一间一块, 厚 240 mm	承重内墙板 自承重外墙板

- 注: 1. 膨胀矿渣是将热熔渣(约 1 500 ℃)在倾倒渣池过程中, 受到从水管喷嘴喷出压力为 0.6 MPa 侧向压力水的冲击, 与水混合膨胀成半固体状态, 再经 328 r/min 的滚筒将半固体状态的矿渣高速甩出, 冷却后, 即成膨胀矿渣。  
2. 膨胀矿渣珠的生产工艺基本和膨胀矿渣相同, 膨胀矿渣为开孔骨料, 膨胀矿渣珠为闭孔骨料。  
3. 一间一块是指一块的尺寸为层高×开间(或进深), 以下同。

表 1-3 空心墙板类型参考

名称	材料	混凝土强度等级	墙板规格	用途
普通混凝土墙板	水泥、砂、石	C25	一间一块, 厚 150 mm, 抽 $\phi$ 114 孔 一间一块, 厚 140 mm, 抽 $\phi$ 89 孔	内、外墙板
轻骨料混凝土墙板	水泥、粉煤灰陶粒、砂	C20 C15	一间一块, 厚 160 mm, 抽 $\phi$ 100 孔 一间一块, 厚 220 mm, 抽 $\phi$ 159 孔	承重内墙板 自承重外墙板
工业废料墙板	胶结料: 粉煤灰、生石灰粉、石膏 骨料: 液态渣	C15 C15 C15	一间一块, 厚 140 mm, 抽 $\phi$ 50 孔 一间一块, 厚 160 mm, 抽 $\phi$ 80 孔 一间一块, 厚 240 mm, 抽 $\phi$ 80 孔	隔墙板 内墙板 外墙板

注: 液态渣是由火力发电厂锅炉中液态排出的煤粉废渣, 这种渣基本上呈细小颗粒, 粒径为 0.6~5 mm, 活性较高, 粉状物较少, 含碳量低。

## 2. 复合材料板材

复合材料板材是由几种按功能要求所选用的材料组合而成的, 一般用于外墙板。复合材料外墙板由三层复合组成。

### (1) 承重层

承重层是复合外墙板的主要承重结构, 它除了承担荷载和板自身的重量外, 还要分担一部分纵向水平力。承重层的材料密度较大, 一般多放在板的内壁, 这样对于减少室内水蒸气的渗透, 防止在内墙面产生凝结水有利。承重层一般多采用普通混凝土或承重的轻骨料混凝土。

### (2) 保温隔热层

保温隔热层一般置于中间夹层的部位, 其材料多采用容重较轻的无机或有机材料, 如加气混凝土、岩棉、泡沫聚苯乙烯等。

### (3) 面层

面层是复合板材的外层, 主要起装饰和防雨水等防护作用, 一般均采用细石混凝土。

面层的装饰作法较多, 除了在面层上做干粘石、水刷石和镶贴陶瓷锦砖(马赛克)、面砖外, 还可利用混凝土的可塑性, 采用不同的衬模, 制作出不同纹理、质感和线条的装饰混凝土立面。

复合材料墙板类型参考见表 1-4。

表 1-4 复合材料墙板类型

名称	材料	材料强度等级	规格	用途
加气混凝土 夹层墙板	结构层:普通混凝土 保温层:加气混凝土 面层:细石混凝土	C20 C3 C15	厚 100 mm、125 mm 厚 125 mm 厚 25 mm、30 mm	自承重外墙板(一间一块)
无砂大孔炉渣 混凝土夹层 墙板	结构层:水泥炉渣混凝土 保温层:水泥矿渣无砂大孔 混凝土 面层:水泥砂浆	C10 C3 M7.5	厚 80 mm 厚 200 mm 厚 20 mm	自承重外墙板(一间一块)
混凝土岩棉 复合墙板	结构层:普通混凝土 保温层:岩棉 面层:细石混凝土	C20 C15	厚 150 mm 厚 50 mm 厚 50 mm	自承重外墙板(一间一块)

### 1.3.3 按材料分类

我国各地用于装配式大板建筑及框架挂板的墙板材料较多,一般根据“因地制宜、就地取材”的原则,按照建筑物对墙体不同功能的要求,合理选用墙体材料。常用的有以下几种:

#### 1. 振动砖墙板

振动砖墙板一般采用普通烧结黏土砖或多孔黏土砖制作而成,灰缝填以砂浆,采用振捣器振实,包括面层厚度分为 140 mm 和 210 mm(表 1-5),分别用于承重内墙板和外墙板。

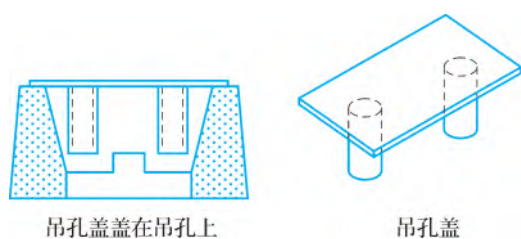
表 1-5 振动砖墙板类型参考

名称	材料	材料强度等级	墙板规格	用途
普通黏土砖 墙板	砖(240 mm×115 mm×53 mm) 水泥砂浆 普通混凝土(板肋部位)	大于 MU7.5 M10 大于 C15	一间一块、厚 140 mm	承重内墙板
多孔黏土砖 墙板	砖(240 mm×115 mm×90 mm, 孔率 19%) 水泥砂浆 普通混凝土(板肋部位)	M10 M10 C20	一间一块、厚 140 mm	承重内墙板
	砖(240 mm×180 mm×115 mm, 孔率 28%) 水泥砂浆 普通混凝土(板肋部位)	MU10 M7.5 C20	一间一块、厚 210 mm	自承重外墙板

振动砖墙板的制作一般采取在台座上进行,亦可利用建筑物的房心地面作台座,生产墙板。

普通黏土砖振动砖墙板的排砖方法是采用横排错缝,这样可以避免墙板出现竖向裂缝。为了脱模起吊方便,在板内预埋为安设活动吊环用的混凝土吊孔块,这样可以节省吊环钢材。预制混凝土吊孔为 C20 普通混凝土,净体积每 100 个约为 4 m<sup>3</sup>。在墙板制作时,按照设计图纸规定的位置安放混凝土吊孔。为防止灰浆杂物进入吊孔,墙板制作时必须盖好吊

孔盖(图 1-4),待墙板成型后,随即取出吊孔盖,并清除渗入吊孔内的灰浆,用活动吊环在吊孔内转动(图 1-5),确保活动吊环在吊孔内能灵活转动。墙板脱模起吊时,将活动吊环从吊孔缝隙中插入,并旋转 90°,使吊环嵌在吊孔凹槽中,即成了临时吊环。活动吊环可在墙板起吊就位后取出重复使用。另外,为了增强墙板脱模起吊时的抗折能力,墙板中应布置竖向混凝土肋,每三皮砖设一个咬口。在墙板的四周要布置连续钢筋骨架。



吊孔盖盖在吊孔上

吊孔盖

图 1-4 吊孔盖及用法示意

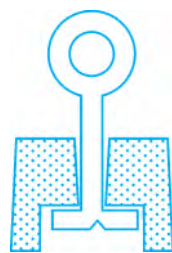


图 1-5 活动吊环用法示意图

多孔黏土砖振动墙板亦采取横排错缝。为使墙板脱模起吊不出现裂缝,在墙板内设置工具式预应力钢筋吊具(图 1-6)。用预应力钢筋吊具给墙板施加预应力,不但可以减少墙板抗脱模起吊弯矩的竖向配筋数量,使墙板不致因受弯而产生裂缝,并且可提高墙板在装卸、运输过程中的刚度。另外,在施加预应力时,因产生压缩而破坏了墙板与台座间的吸附力,便于脱模起吊。但是这种方法一次耗钢量较大(一个四单元五层的居住建筑需准备 300~400 根,每根用钢约 20 kg),且需加强保管,防止损坏和丢失。

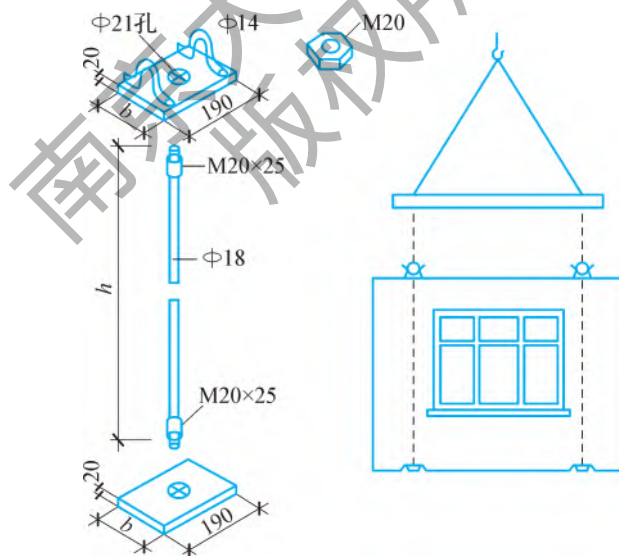


图 1-6 预应力钢筋吊具及使用示意图

$b$ —墙板厚度; $h$ —墙板支承面间距加螺杆长度

预应力钢筋吊具是由一根击 18 冷拉 II 级或 III 级钢筋,两端各焊接螺丝端杆。底端螺杆的丝杆长 40 mm,供旋入底座钢垫板中;上端丝杆长 150~200 mm,以便套入带吊钩的顶座钢垫板中,丝杆末端有方头,以便于施加预应力。杆长应根据墙板尺寸决定,为便于施加预应力,应留有 40~50 mm 余量。

生产墙板时,先将 $\Phi 19$ 钢管作为芯管埋入构件内,上下端模穿 $\Phi 30$ 孔。芯管还可兼做固定模板的拉杆使用,即在芯管伸出模板外50 mm处打一个圆孔,插上钢筋,用木楔楔紧(图1-7)。

墙板灌筑混凝土振捣成型后,开始转动芯管,并定人定时(一般每隔半小时)转动。待墙板混凝土或砂浆终凝表面不致塌陷时,将芯管拔出,如由一端看另一端孔洞明亮呈圆形则合格,否则需用小于芯管直径的钢筋疏通,如疏通后不呈圆形,则应将芯管重新插入,待混凝土或砂浆具有一定强度后再拔出芯管。

如设计无规定,待墙板混凝土达到设计强度等级的70%时,穿预应力钢筋吊具并施加预应力。采用振动砖墙板,则砂浆的强度等级应不低于 $7.5 \text{ N/mm}^2$ 。施加预应力可采用人工或机械方法。按理论计算,每根预应力钢筋应施加的张拉力约45 kN。人工施加预应力时,可用活动扳手,一般到扳不动为止。墙板上下两端安放钢垫板的凹槽面要清理干净,施加预应力时,应使垫板与墙板凹槽面贴紧,杆尾套入垫板后外露长度不应超过凹槽。

墙板安装就位固定焊接后方可抽出预应力钢筋,先松螺帽,再撤垫板,然后垂直地抽出预应力钢筋。抽出的预应力钢筋,丝口要涂油保护,与垫板、螺帽配套由专人负责保管。凡有损伤、滑丝的预应力钢筋,严禁使用。

## 2. 粉煤灰矿渣混凝土墙板

这种墙板的原材料全部或大部分均采用工业废料制成,有利于贯彻环保的要求。其配合比(重量比)可参见表1-6。

表 1-6 粉煤灰矿渣混凝土配合比

墙板类别	强度等级	胶结材料		水胶比	胶结料:细骨料: 粗骨料	砂率(%)	坍落度 (cm)
		粉煤灰:生石灰:石膏					
内墙板	C15	65:35:5		0.75~0.85	1:1.4~1.5: 2.4~2.7	36	8~10
外墙板	C10	65:35:5		0.80~0.90	1:1.3:1.9	40	6~8

注:1. 内墙板粗骨料为硬矿渣,细骨料为6%矿渣屑和30%的水渣。

2. 外墙板粗骨料为膨胀矿渣,细骨料为10%矿渣屑和30%的水渣。

## 3. 钢筋混凝土墙板

这种墙板多用于承重内墙板,北方多采用实心墙板,南方多采用空心墙板。

## 4. 轻骨料混凝土墙板

这种墙板以粉煤灰陶粒、页岩陶粒、浮石、膨胀矿渣珠、膨胀珍珠岩等轻骨料配制的混凝土,制作单一材料外墙板,质量密度小于 $1900 \text{ kg/m}^3$ ,以满足外墙围护功能的要求。

## 5. 加气混凝土等轻质板材

加气混凝土板材是由水泥(或部分用水淬矿渣、生石灰代替)和含硅材料(如砂、粉煤灰、尾矿粉等)经过磨细并加入发气剂(如铝粉)和其他材料按比例配合,再经料浆浇注、发气成

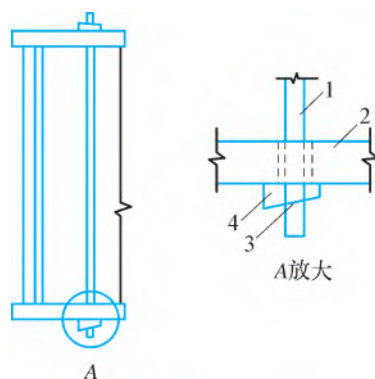


图 1-7 预应力钢筋吊具芯管安放示意图

1—预应力钢筋吊具的芯管;  
2—下端楔;3—钢筋;4—木楔

型、静停硬化、坯体切割与蒸汽养护(蒸压或蒸养)等工序制成的一种轻质多孔建筑材料,配筋后可制成加气混凝土条板,用于外墙板、隔墙板。加气混凝土条板规格见表 1-7。

表 1-7 加气混凝土条板规格参考

名称	板规格	板标号	用途
加气混凝土条板	长度:2 700~6 000,按 300 mm 变动 宽度:600 mm 厚度:100~250 mm,按 25 mm 变动	30	框架挂板
	长度:1 000~3 500,按 100 mm 变动 宽度:600 mm 厚度:100 mm、125 mm	30	隔断墙

其他轻质材料板还有石膏板等,亦用于隔断墙。

### 1.3.4 墙板构造设计

装配式建筑预制剪力墙属于竖向预制构件,预制剪力墙宜采用一字型,也可采用 L 型、T 型或 U 型;开洞预制剪力墙洞口宜居中设置,洞口两侧的墙肢宽度不应小于 200 mm,洞口上方连梁高度不宜小于 250 mm。

预制剪力墙的连接不宜开洞;当需要开洞时,洞口宜预埋套管,洞口上、下截面的有效高度不宜小于梁高的 1/3,且不宜小于 200 mm;被洞口削弱的连梁的截面应进行承载力验算,洞口处应配置补强纵向钢筋和箍筋,补强纵向钢筋的直径不应小于 12 mm。

预制剪力墙开有边长小于 800 mm 的洞口且在结构整体计算中不考虑其影响时,应沿洞口周边配置补强钢筋;补强钢筋的直径不应小于 12 mm,截面面积不应小于同方向被洞口截断的钢筋面积;该钢筋自孔洞边角算起伸入墙内的长度,非抗震设计时不应小于  $l_a$ ,抗震设计时不应小于  $l_{aE}$ ,如图 1-8 所示。

当采用套筒灌浆连接时,自套筒底部至套筒顶部向上延伸 300 mm 范围内,预制剪力墙的水平分布筋应加密(如图 1-9),加密区水平分布筋的最大间距和最小直径应符合表 1-8 的规定,套筒上端第一道水平分布筋距离套筒顶端不应大于 50 mm。

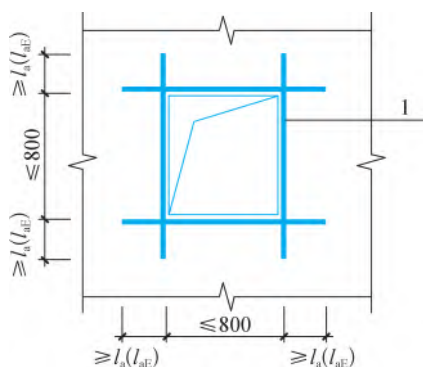


图 1-8 预制剪力墙洞口补强钢筋配置示意

1—洞口补强钢筋

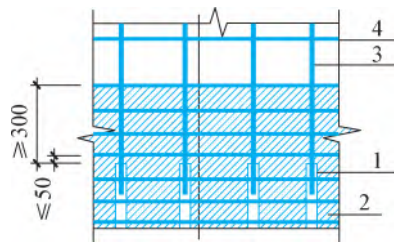


图 1-9 钢筋套筒灌浆连接部位分布钢筋的加密构造示意

1—灌浆套筒;2—水平分布筋加密区(阴影部分);  
3—竖向钢筋;4—水平分布筋

表 1-8 加密区水平分布钢筋的要求

抗震等级	最大间距(mm)	最小直径(mm)
一、二级	100	8
三、四级	150	8

端部无边缘构件的预制剪力墙,宜在端部配置 2 根直径不小于 12 mm 的竖向构造钢筋;沿该钢筋竖向应配置拉筋,拉筋直径不应小于 6 mm、间距不宜大于 250 mm。

### 1.3.5 墙板连接设计

楼层内相邻预制剪力墙之间应采用整体式接缝连接,且应符合下列规定:

(1) 当接缝位于纵横墙交接处的约束边缘构件区域时,约束边缘构件的阴影区域(图 1-10)宜全部采用后浇混凝土,并应在后浇段内设置封闭箍筋。

(2) 当接缝位于纵横墙交接处的构造边缘构件区域时,构造边缘构件宜全部采用后浇混凝土(图 1-11);当仅在一面墙上设置后浇段时,后浇段的长度不宜小于 300 mm(图 1-12)。

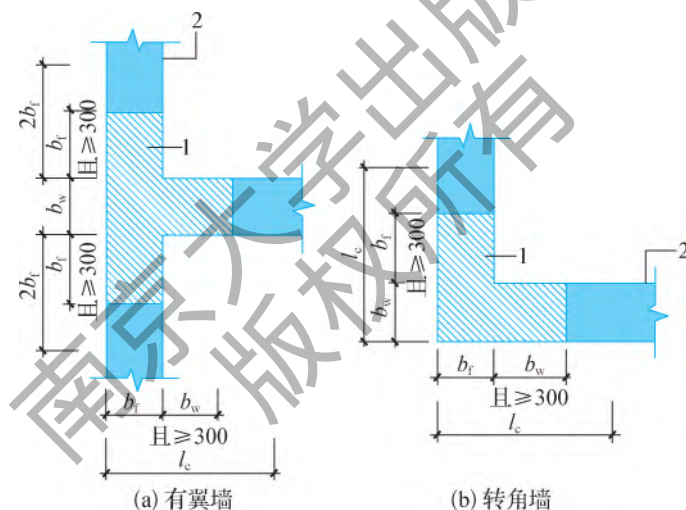


图 1-10 约束边缘构件的阴影区域全部后浇构造示意

$l_c$ —约束边缘构件沿墙肢的长度;1—后浇段;2—预制剪力墙

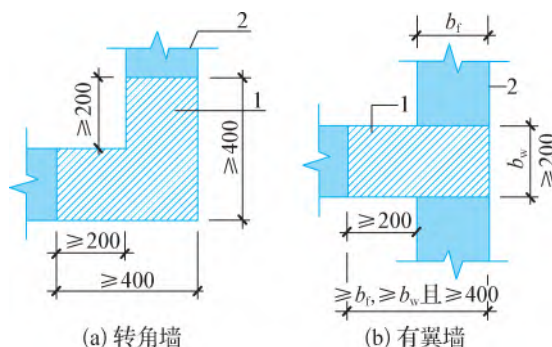


图 1-11 构造边缘构件全部后浇构造示意

(阴影区域为构造边缘构件范围);1—后浇段;2—预制剪力墙

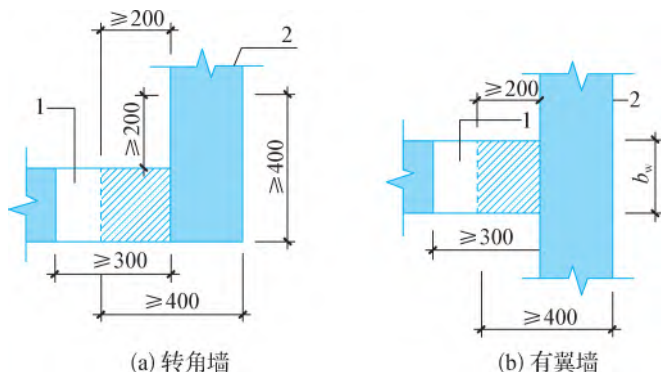


图 1-12 构造边缘构件部分后浇构造示意

(阴影区域为构造边缘构件范围);1—后浇段;2—预制剪力墙

(3) 非边缘构件位置,相邻预制剪力墙之间应设置后浇段,后浇段的宽度不应小于墙厚且不宜小于 200 mm;后浇段内应设置不少于 4 根竖向钢筋,钢筋之间不应小于墙体竖向分布钢筋直径且不应小于 8 mm;两侧墙体的水平分布筋在后浇段内的锚固、连接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的有关规定。

预制剪力墙底部接缝宜设置在楼面标高处,应符合下列规定:

- ① 接缝高度宜为 20 mm;
- ② 接缝宜采用灌浆料填实;
- ③ 接缝处后浇混凝土上表面应设置粗糙面。

上、下层预制剪力墙的竖向钢筋,当采用套筒灌浆连接和浆锚搭接连接时,应符合下列规定:

- ① 边缘构件竖向钢筋应逐根连接;
- ② 预制剪力墙的竖向分布钢筋,当仅部分连接时(图 1-13),被连接的同侧钢筋间距不应大于 600 mm,且在剪力墙构件承载力设计和分布钢筋配筋率计算中不得计入不连接的分布钢筋;不连接的竖向分布钢筋直径不应小于 6 mm。

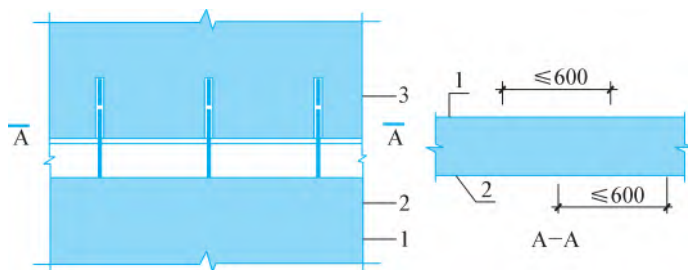


图 1-13 预制剪力墙竖向分布钢筋连接构造示意

1—不连接的竖向分布钢筋;2—连接的竖向分布钢筋;3—连接接头

(4) 一级抗震等级剪力墙以及二、三级抗震等级底部加强部位,剪力墙的边缘构件竖向钢筋宜采用套筒灌浆连接。

(5) 预制剪力墙与基础的连接应符合下列规定:

- ① 基础顶面应设置现浇混凝土圈梁,圈梁上表面应设置粗糙面;
- ② 预制剪力墙与圈梁顶面之间的接缝构造应符合《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中 9.3.3 条款相关规定,连接钢筋应在基础中可靠锚固,且宜伸入到基础底部;
- ③ 剪力墙后浇暗柱和竖向接缝内的纵向钢筋应在基础中可靠锚固,且宜伸入到基础底部。

### 1.3.6 外挂墙板

预制混凝土外挂墙板,指应用于外挂墙板系统中的非结构预制混凝土墙板构件。安装在主体结构上由预制混凝土外挂墙板、墙板与主体结构连接节点、防水密封构造、外饰面材料等组成,具有规定的承载能力、变形能力、适应主体结构位移能力、防水性能、防火性能等,起围护或装饰作用的外围护结构系统,简称外挂墙板系统。外挂墙板系统的混凝土构件和节点连接件的设计使用年限宜与主体结构相同。

外挂墙板应采用合理的连接节点并与主体结构可靠连接。有抗震设防要求时,外挂墙板及其与主体结构的连接节点,应进行抗震设计。外挂墙板与主体结构宜采用柔性连接节点应具有足够的承载力和适应主体结构变形的能力,并应采用可靠的防腐、防锈和防火措施。

夹心保温外挂墙板,指由内叶墙板、外叶墙板、夹心保温层和拉结件组成的预制混凝土外挂墙板。内叶墙板和外叶墙板在平面外协同受力时,称为组合夹心保温墙板;内叶墙板和外叶墙板单独受力时,称为非组合夹心保温墙板;内叶墙板和外叶墙板受力介于二者之间时,称为部分组合夹心保温墙板。

(1) 根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中 10.3 条款相关规定,外挂墙板设计应符合以下规定:

- ① 外挂墙板的高度不宜大于一个层高,厚度不宜小于 100 mm;
  - ② 外挂墙板宜采用双层、双向钢筋,竖向和水平钢筋的配筋率不应小于 0.15%,且钢筋直径不宜小于 5 mm,间距不宜大于 200 mm;
  - ③ 门窗洞口周边、角部应配置加强钢筋。
- (2) 外挂墙板最外层钢筋的混凝土保护层厚度除有专门要求外,应符合下列规定:
- ① 对石材或面砖饰面,不应小于 15 mm;
  - ② 对清水混凝土,不应小于 20 mm;
  - ③ 对露骨料装饰面,应从最凹处混凝土表面计起,且不应小于 20 mm。
- (3) 外挂墙板间接缝的构造应符合下列规定:
- ① 接缝构造应满足防水、防火和隔声等建筑功能要求;
  - ② 接缝宽度应满足主体结构的层间位移、密封材料的变形能力、施工误差、温差引起变形等要求,且不应小于 15 mm。
- (4) 当预制外墙采用夹心板墙时(图 1-14),应满足下列要求:
- ① 外叶墙板厚度不应小于 50 mm,且外叶墙板应与内叶墙板可靠连接;
  - ② 夹心外墙板的夹层厚度不宜大于 120 mm;
  - ③ 当作为承重墙时,内叶墙板应按剪力墙进行设计。



图 1-14 夹心保温板墙(三明治板)

(5) 根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》(JGJ/T458—2018)中 3.0.3 条款相关规定,外挂墙板系统在地震作用下的性能应符合下列规定:

① 当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震作用时,外挂墙板应不受损坏或不需修理可继续使用;

② 当遭受相当于本地区抗震设防烈度的设防地震作用时,节点连接件应不受损坏,外挂墙板可能发生损坏,但经一般性修理后仍可继续使用;

③ 当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震作用时,外挂墙板不应脱落;

④ 使用功能或其他方面有特殊要求的外挂墙板系统,可设置更高的抗震设防目标。

(6) 外挂墙板的混凝土强度等级不宜低于 C30。当采用轻骨料混凝土时,轻骨料混凝土强度等级不宜低于 LC25。当采用清水混凝土或装饰混凝土时,混凝土强度等级不宜低于 C40。

(7) 夹心保温墙板中连接内外叶墙板的拉结件宜采用纤维增强塑料拉结件或不锈钢拉结件(考虑金属材料热传导问题)。当有可靠依据时,也可采用其他材料拉结件。

(8) 夹心保温板墙中的保温材料,其导热系数不宜大于  $0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,体积比吸水率不宜大于  $0.3\%$ ,燃烧性能不宜低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》(GB 8624—2012)中 B<sub>2</sub>级的规定。

(9) 外挂墙板接缝密封胶的背衬材料可采用直径为缝宽 1.3 倍~1.5 倍的发泡闭孔聚乙烯棒或发泡氯丁橡胶棒;当采用发泡闭孔聚乙烯棒时,其密度不宜大于  $37 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

(10) 外挂墙板接缝应符合下列规定:

① 接缝宽度应考虑主体结构的层间位移、密封材料的变形能力及施工安装误差等因素;接缝宽度不应小于  $15 \text{ mm}$ ,且不宜大于  $35 \text{ mm}$ ;当计算接缝宽度大于  $35 \text{ mm}$  时,宜调整外挂墙板的板型或节点连接形式,也可采用具有更高位移能力的弹性密封胶;

② 密封胶厚度不宜小于  $8 \text{ mm}$ ,且不宜小于缝宽的一半;

③ 密封胶内侧宜设置背衬材料填充(图 1-15)。

(11) 外挂墙板与主体结构之间的接缝应采用防火封堵材料

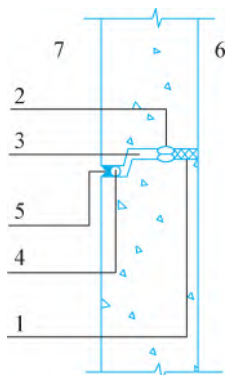


图 1-15 外挂墙板水平缝企口构造示意

1—防火封堵材料;2—气密条;  
3—空腔;4—背衬材料;  
5—密封胶;6—室内;7—室外

进行封堵(图1-16、1-17),防火封堵材料的耐火极限不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范(2018年版)》(GB 50016—2014)中楼板的耐火极限要求。外挂墙板之间的接缝应在室内侧采用A级不燃材料进行封堵。

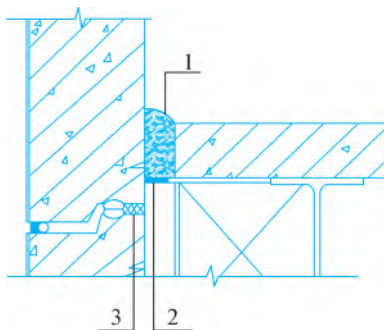


图1-16 非节点连接处防火构造

1—墙板与主体间防火封堵材料;2—钢板或钢丝网;  
3—墙板间防火封堵材料,采用耐火气密条时不可设置

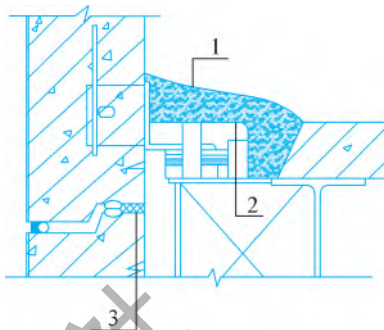


图1-17 节点连接处防火构造

1—墙板与主体间防火封堵材料;2—钢板或钢丝网;  
3—墙板间防火封堵材料,采用耐火气密条时不可设置

(12) 外挂墙板装饰面层采用石材时,石材背面应采用不锈钢锚固卡钩与混凝土进行机械锚固。石材厚度不宜小于25 mm,单块尺寸不宜大于1 200 mm×1 200 mm或等效面积。

(13) 当外挂墙板与主体结构采用点支承连接时,面外连接点不应少于4个,竖向承重连接点不宜少于2个;外挂墙板承重节点验算时,选取的计算承重连接点不应多于2个。当外挂墙板与主体结构采用线支承连接时,宜在墙板顶部与主体结构支承构件之间采用后浇段连接,墙板的底端应设置不少于2个仅对墙板有平面外约束的连接节点,墙板的侧边与主体结构应不连接或仅设置柔性连接。

(14) 夹心保温墙板的夹心保温层厚度不宜小于30 mm,且不宜大于100 mm。

(15) 夹心保温墙板的拉结件应符合下列规定:

- ① 应满足夹心保温墙板的节能设计要求;
- ② 应满足防腐、防火设计要求;
- ③ 拉结件在墙板内的锚固构造应满足受力要求,且锚固长度不应小于30 mm。

(16) 夹心保温墙板应用过程中的关键技术点(4点):

① 夹心保温墙板边缘封边问题:温度变化导致的弯曲变形(图1-18)和混凝土收缩导致的弯曲变形(图1-19)。

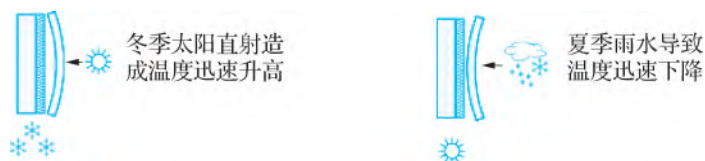


图1-18 温度变化导致的弯曲变形

收缩主要取决于混凝土的干燥-由外到内的过程  
 内部结构层和面板层往相反的方向弯曲  
 外部迅速干燥和内部缓慢干燥会产生巨大的变形  
 ⇒ 使用吸水性小的保温层  
 ⇒ 刚生产出来的夹芯板应避免直接暴露在日晒和风力条件下

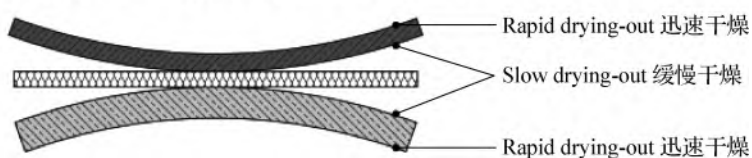


图 1-19 混凝土收缩导致的弯曲变形

建议:混凝土封边宽度不宜太大,30 mm~40 mm 为宜,封边内不宜配置拉结钢筋以弱化内外叶墙板的组合作用;应在内叶墙板混凝土封边处开凹槽处理,单块板边缘凹槽宽度不宜小于 60 mm,凹槽深宜为 20 mm;外叶墙板单向配筋率均不应小于 0.15%,且钢筋直径不宜小于 6 mm,间距不宜大于 200 mm。

② 转角带保温悬翼 PC 板加强问题(图 1-20)。



图 1-20 转角带保温悬翼 PC 板加强问题

③ FRP 连接件松脱问题(图 1-21)。



图 1-21 FRP 连接件松脱问题

④ 不锈钢连接件安装相关问题(图 1-22~1-25)。

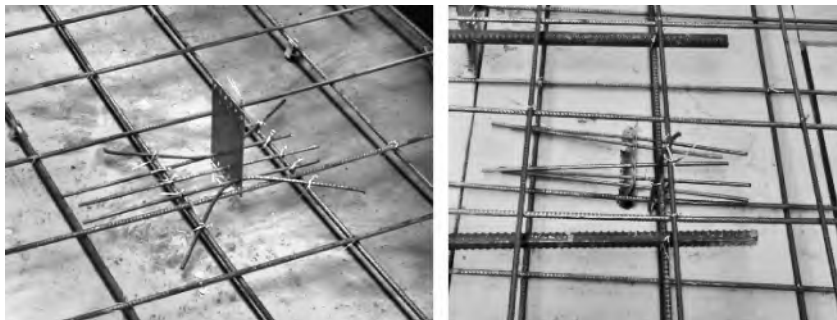


图 1-22 穿孔锚固筋未放置于钢筋网外侧



图 1-23 别针连接件无限位易下沉

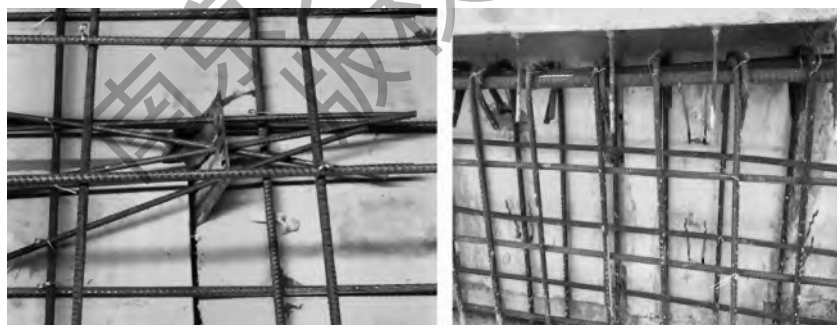


图 1-24 连接件宜被折弯或倾斜

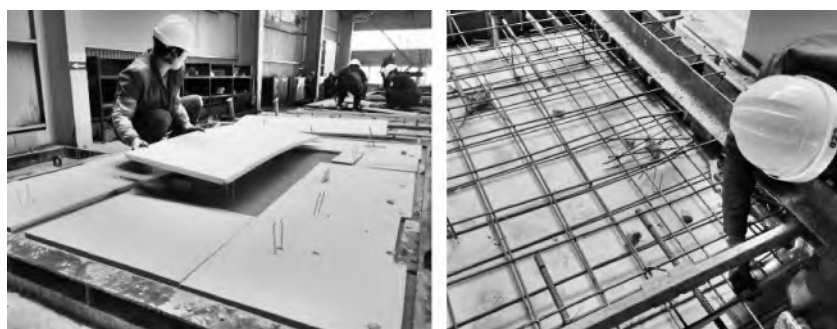


图 1-25 别针连接件局部需要加密设置

微课



叠合楼板

## ▶ 1.4 楼板(叠合板) ◀

### ▶▶ 1.4.1 预制叠合板

叠合板是由预制板和现浇钢筋混凝土层叠合而成的装配整体式楼板(图 1-26、1-27)。叠合楼板整体性好,板的上下表面平整,便于饰面层装修,适用于对整体刚度要求较高的高层建筑和大开间建筑。



图 1-26 预制叠合板



图 1-27 叠合楼下支撑体系

叠合楼板厚度因楼板的跨度大小而异,由于在现浇混凝土层内配置了负钢筋,形成“峰间支点”。叠合楼板跨度一般为 4~6 m,最大跨度可达 9 m。

叠合板应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)进行设计。叠合板预制厚度不宜小于 60 mm,后浇混凝土叠合层厚度不小于 60 mm;跨度大于 3 m 的叠合板,宜采用桁架钢筋混凝土叠合板。

叠合板根据预制接缝构造、支座构造、长宽比按单向板或双向板设计。当预制板之间采用分离式接缝时,宜按单向板设计;对长宽比不大于 3 的四边支承叠合板,当预制板之间采用

整体式接缝或无缝时,可按双向板设计。

### 1.4.2 叠合楼板特点

- (1) 采用整间整板布置,增加吊装效率,减少拼缝。
- (2) 60 mm 厚预制底板,代替传统底模板,同时作为结构受力板;降低建筑成本,促进环境保护。
- (3) 现场仅需绑扎现浇层板面钢筋,现场混凝土浇筑量较少,且板底无需粉刷。

### 1.4.3 叠合楼板节点连接

- (1) 轻质隔墙及轻质围护墙墙板与主体结构可采用预埋件焊接的方式连接。
- (2) 叠合板与预制墙板的连接可采用叠合层整浇节点。

根据江苏省《预制装配整体式剪力墙结构体系技术规程》(DGJ 32/TJ 125—2011)中条款 8.2.4 规定,在浇筑楼面叠合板后,下层预制内墙板的主筋应插入本层预制内墙板底部预留的金属浆锚管内,插入长度应不小于  $30d$  ( $d$  为主筋公称直径),并应采用强度不小于 50 MPa 的无收缩水泥基灌浆料灌浆。

根据江苏省《预制装配整体式剪力墙结构体系技术规程》中条款 8.2.5 规定,预制外墙板拼缝截面采用内高外低的防雨水渗漏构造。下层预制外墙板的主筋应插入本层预制外墙板底部预留的金属浆锚管内,插入长度应不小于  $30d$  ( $d$  为主筋直径),并应采用强度不小于 50 MPa 的无收缩水泥基灌浆料灌浆。

- (3) 叠合板的预制板上宜设置增强叠合板叠合面抗剪力的纵向钢筋桁架。
- (4) 叠合板的预制板之间拼缝处可在预制板面铺钢筋网片,拼缝宽度不宜小于 40 mm,预制板搁置在梁上、墙上的宽度分别不宜小于 20 mm 和 15 mm。
- (5) 板底钢筋锚入梁内或墙内的长度应符合现浇楼盖的要求,现浇层混凝土强度等级应比预制板高出一个等级。
- (6) 叠合楼板采用密拼的单向板连接方式如图 1-28 所示。

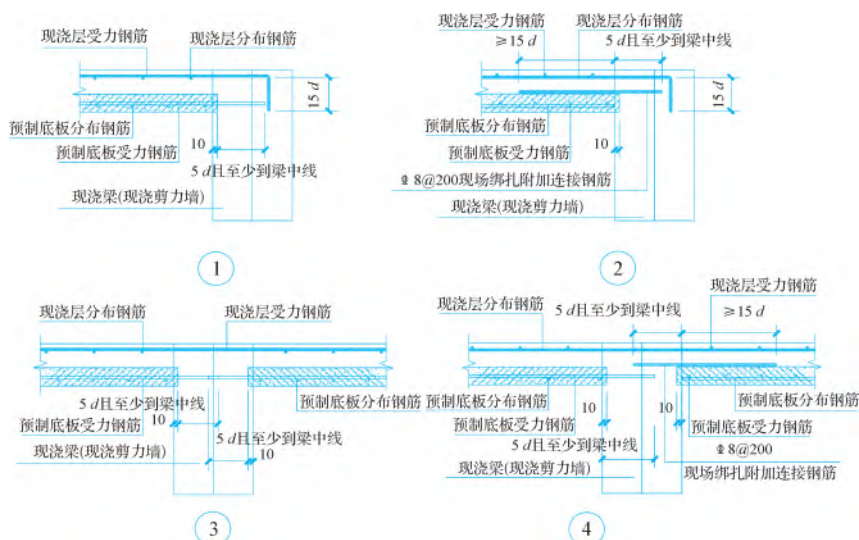


图 1-28 叠合楼板采用密拼的单向板连接方式

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中 6.6.4 条款相关规定,叠合板支座处的纵向钢筋应符合下列规定:

(1) 板端支座处,预制板内的纵向受力钢筋宜从板端伸出并锚入支承梁或墙的后浇混凝土中,锚固长度不应小于  $5d$  ( $d$  为纵向受力钢筋直径),且宜伸过支座中心线(图 1-29a)。

(2) 单向叠合板的板侧支座处,当预制板内的板底分布钢筋伸入支承梁或墙的后浇混凝土中时,应符合上述第(1)条款要求;当板底分布钢筋不伸入支座时,宜在紧邻预制板顶面的后浇混凝土叠合层中设置附加钢筋,附加钢筋截面面积不宜小于预制板内的同向分布钢筋面积,间距不宜大于 600 mm,在板的后浇混凝土叠合层内锚固长度不宜小于  $15d$  ( $d$  为附加钢筋直径)且宜伸过支座中心线(图 1-29b)。

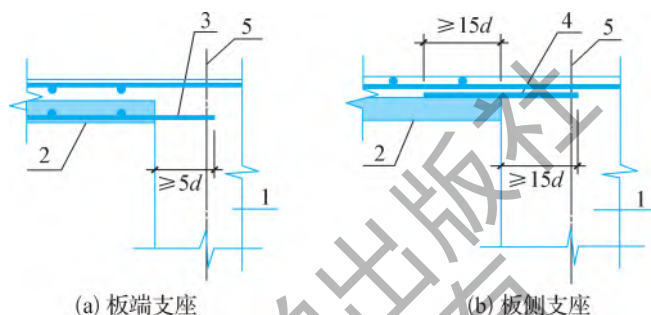


图 1-29 叠合板端及板侧支座构造示意

1—支承梁或墙;2—预制板;3—纵向受力钢筋;4—附加钢筋;5—支座中心线

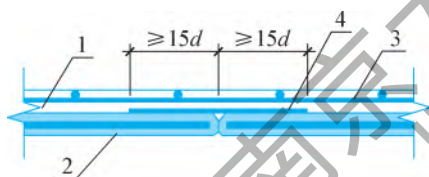


图 1-30 单向叠合板板侧分离式接缝构造示意

1—后浇混凝土叠合层;2—预制板;  
3—后浇层内钢筋;4—附加钢筋

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中 6.6.5 条款相关规定,单向叠合板板侧的分离式接缝宜配置附加钢筋(图 1-30),并应符合下列规定:

(1) 接缝处紧邻预制板顶面宜设置垂直于板缝的附加钢筋,附加钢筋伸入两侧后浇混凝土叠合层的锚固长度不应小于  $15d$  ( $d$  为附加钢筋直径)。

(2) 附加钢筋截面面积不宜小于预制板中该方向钢筋面积,钢筋直径不宜小于 6 mm、间距不宜大于 250 mm。

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中 6.6.6 条款相关规定,双向叠合板板侧的整体式接缝宜设置在叠合板的次要受力方向上且宜避开最大弯矩截面。接缝可采用后浇带形式,并应符合下列规定:

(1) 后浇带宽度不宜小于 200 mm。

(2) 后浇带板侧梁底纵向受力钢筋可在后浇带中焊接、搭接连接、弯折锚固。

(3) 当后浇带板侧梁底纵向受力钢筋在后浇带中弯折锚固时(图 1-31),应符合下列规定:

① 叠合板厚度不应小于  $10d$ ,且不应小于 120 mm( $d$  为弯折钢筋直径的较大值);

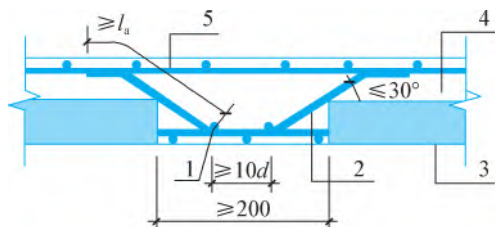


图 1-31 双向叠合板板侧整体式接缝构造示意

1—通长构造钢筋;2—纵向受力钢筋;3—预制板;  
4—后浇混凝土叠合层;5—后浇层内钢筋

② 接缝处预制板侧伸出的纵向受力钢筋应在后浇混凝土叠合层内锚固,且锚固长度不应小于 $l_a$ ;两侧钢筋在接缝处重叠的长度不应小于 $10d$ ,钢筋弯折角度不应大于 $30^\circ$ ,弯折处沿接缝方向应不少于2根通长构造钢筋,且直径不应小于该方向预制板内钢筋直径。

#### 1.4.4 桁架钢筋

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中 6.6.7 条款相关规定,桁架钢筋混凝土叠合板应满足下列要求:

- (1) 桁架钢筋应沿主要受力方向布置。
- (2) 桁架钢筋距板边不应大于 300 mm,间距不宜大于 600 mm。
- (3) 桁架钢筋弦杆钢筋直径不宜小于 8 mm,腹杆钢筋直径不应小于 4 mm。
- (4) 桁架钢筋弦杆混凝土保护层厚度不应小于 15 mm。

当未设置桁架钢筋时,在下列情况下,叠合板的预制板与后浇混凝土叠合层之间应设置抗剪构造钢筋:

- (1) 单向叠合板跨度大于 4.0 m 时,距制作 1/4 跨范围内。
- (2) 双向叠合板短向跨度大于 4.0 m 时,距四边支座 1/4 短跨范围内。
- (3) 悬挑叠合板。
- (4) 悬挑板的上部纵向受力钢筋在相邻叠合板的后浇混凝土锚固范围内。

现场视频



桁架筋

微课



预制(叠合)梁

## 1.5 预制梁

在装配整体式框架结构中,常将预制梁做成 T 形截面,在预制板安装就位后,再浇筑部分混凝土,即形成所谓的叠合梁(图 1-32、1-33)。

叠合梁是分两次浇筑混凝土的梁,第一次在预制场做成预制梁;第二次在施工现场进行,当预制梁吊装安放完成后,再浇筑上部的混凝土使其连成整体。叠合梁按受力性能又可分为“一阶段受力叠合梁”和“二阶段受力叠合梁”两类。前者是指施工阶段在预制梁下设有可靠支撑,能保证施工阶段作用的荷载全部传给支撑;后者则是指施工阶段在简支的预制梁下不设支撑,施工阶段的全部荷载完全由预制梁承担。



图 1-32 预制叠合梁



图 1-33 叠合梁现场吊装

### 1.5.1 基本要求

- (1) 叠合梁两端设抗剪键槽。
- (2) 在外侧边和高低板连接处叠合梁高的一侧设计 PC 模板。
- (3) 叠合梁底伸出钢筋锚入柱内。

### 1.5.2 承载力设计计算

预制混凝土叠合梁竖向接缝的受剪承载力设计值应按下列公式计算：

- (1) 持久设计状况：

$$V_u = 0.07f_c A_{cl} + 0.10f_c A_k + 1.65A_{sd}(f_c f_y)$$

- (2) 地震设计状况：

$$V_{uE} = 0.04f_c A_{cl} + 0.06f_c A_k + 1.65A_{sd}(f_c f_y)$$

式中： $A_{cl}$ ——叠合梁端截面后浇混凝土叠合层截面面积；

$f_c$ ——预制构件混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_y$ ——垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计；

$A_k$ ——键槽根部截面面积之和；

$A_{sd}$ ——垂直穿过结合面所有钢筋面积(图 1-34)，包括叠合层内的纵向钢筋。

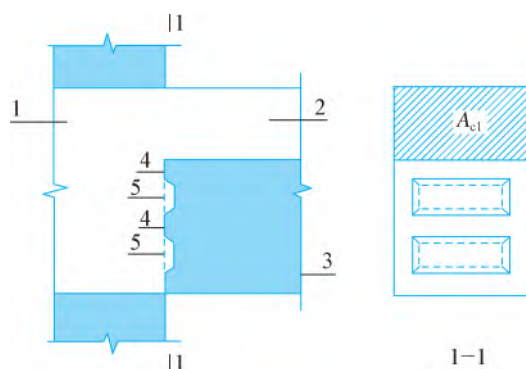


图 1-34 叠合梁端受剪承载力计算参数示意

1—后浇节点区;2—后浇混凝土叠合层;3—预制梁;  
4—预制键槽根部截面;5—后浇键槽根部截面

### 1.5.3 构造设计

(1) 抗震等级为一、二级的叠合框架梁的梁端箍筋加密区宜采用整体封闭箍筋。

(2) 采用组合封闭箍筋的形式时,开口箍筋上方应做成  $135^\circ$  弯钩,非抗震设计时,弯钩端头平直段长度不应小于  $5d$  ( $d$  为箍筋直径);抗震设计时,平直段长度不应小于  $10d$ ,现场应采用箍筋帽封闭开口箍,箍筋帽末端应做成  $135^\circ$  弯钩,非抗震设计时,弯钩端头平直段长度不应小于  $5d$ ;抗震设计时,平直段长度不应小于  $10d$ 。

(3) 叠合梁可采用对接连接,并应符合下列规定:

① 连接处应设置后浇段,后浇段的长度应满足梁下部纵向钢筋连接作业的空间需求;

② 梁下部纵向钢筋在后浇段内宜采用机械连接、套筒灌浆连接或焊接连接;

③ 后浇段内的箍筋应加密,箍筋间距不应大于  $5d$  ( $d$  为纵向钢筋直径),且不应大于  $100\text{ mm}$ (图 1-35)。

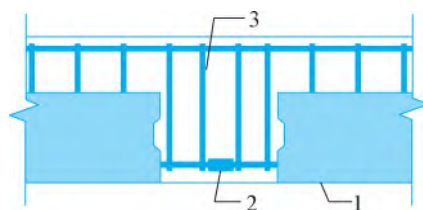


图 1-35 叠合梁连接节点示意

1—预制叠合梁;2—钢筋连接接头;3—后浇段

### 1.5.4 主次梁连接节点

(1) 装配整体式框架结构中,当采用叠合梁时,框架梁的后浇混凝土叠合层厚度不宜小于  $150\text{ mm}$ ,次梁的后浇混凝土叠合层厚度不宜小于  $120\text{ mm}$ ;当采用凹口截面预制梁时,凹口深度不宜小于  $50\text{ mm}$ ,凹口边厚度不宜小于  $60\text{ mm}$ 。

(2) 主梁与次梁采用后浇段连接时,应符合下列规定:

① 在端部节点处,次梁下部纵向钢筋伸入主梁后浇段内的长度不应小于  $12d$ 。次梁上部纵向钢筋应在主梁后浇段内锚固。当采用弯折锚固或锚固板时,锚固直段长度不应小于  $0.6l_{ab}$ ;当钢筋应力不大于钢筋强度设计值的  $50\%$  时,锚固直段长度不应小于  $0.35l_{ab}$ ;弯折锚固的弯折后直段长度不应小于  $12d$  ( $d$  为纵向钢筋直径)。

② 在中间节点处,两侧次梁的下部纵向钢筋伸入主梁后浇段内长度不应小于  $12d$  ( $d$  为纵向钢筋直径);次梁上部纵向钢筋应在现浇层内贯通。

## 1.5.5 锚固板

对框架顶层端节点,梁下纵向受力钢筋应锚固在后浇节点区域内,且宜采用锚固板的锚固方式;梁柱其他纵向受力钢筋的锚固应符合下列规定:

(1) 柱宜伸出屋面并将柱纵向受力钢筋锚固在伸出段内(图 1-36、1-37a),伸出段长度不宜小于 500 mm,伸出段内箍筋间距不应大于  $5d$  ( $d$  代表柱纵向受力钢筋直径),且不应大于 100 mm;柱纵向钢筋宜采用锚固板锚固,锚固长度不应小于  $40d$ ;梁上部纵向受力钢筋宜采用锚固板锚固。

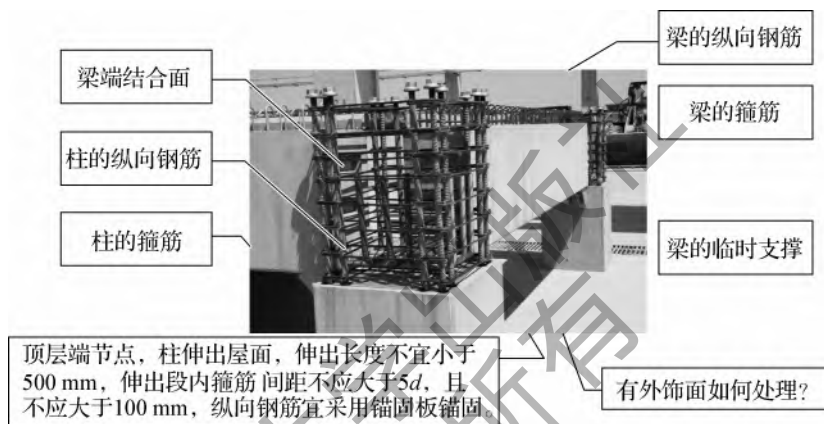


图 1-36 梁柱节点锚固板连接

(2) 柱外侧纵向受力钢筋也可与梁上部纵向受力钢筋在后浇节点区域搭接(图 1-37b),其构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范(2015 版)》(GB 50010—2010)中的规定;柱内侧纵向受力钢筋宜采用锚固板锚固(图 1-38)。

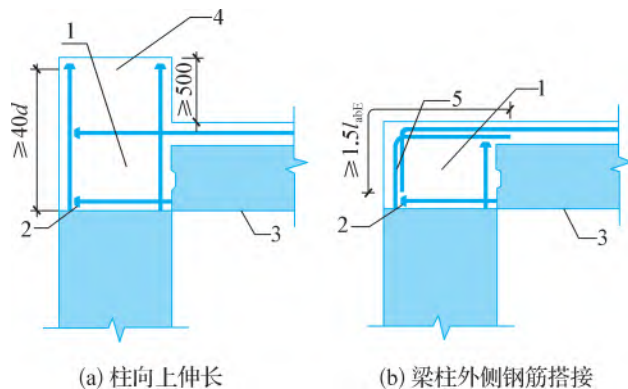


图 1-37 预制柱及叠合梁框架顶层端节点构造示意

1—后浇区;2—梁下部纵向受力钢筋锚固;  
3—预制梁;4—柱延伸段;5—梁柱外侧钢筋搭接



图 1-38 现场叠合梁纵向钢筋锚固板

现场视频



预制楼梯

## ▶ 1.6 预制楼梯

楼梯采用预制装配式(图 1-39)。楼梯段与休息板之间,休息板与楼梯间墙板之间均采用可靠的连接。常用的做法是在楼梯间墙板上预留洞、槽或挑出牛腿以及焊接托座,保证休息板的横梁有足够的支承长度。



图 1-39 预制楼梯

### ▶▶ 1.6.1 预制楼梯特点

- (1) 构件制作简单,施工方便,节省工期,减少现场的工作量。
- (2) 预制梯段板上端铰接连接,下端铰接滑动于梯梁挑边上。
- (3) 预制楼梯面一次成型,无需抹灰。

## 1.6.2 技术要求

- (1) 预制楼梯设计遵循模数化、标准化、系列化。
- (2) 楼梯梯段板按简支计算模型考虑,支座处为销键连接,上端支承处为固定铰支座,下端支承处为滑动铰支座,可不参与整体结构计算。
- (3) 预制楼梯梯段板应进行结构性能检验(型式检验)。

## 1.6.3 连接方式

- (1) 预制楼梯连接节点:上端固定铰,下端滑动铰。
- (2) 根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款 6.5.8 规定,预制楼梯与支承构件之间宜采用简支连接。采用简支连接时,应符合下列规定:

① 预制楼梯宜一段设置固定铰,另一端设置滑动铰,其转动及滑动变形能力应满足结构层间位移的要求,且预制楼梯端部在支承构件上的最小搁置长度应符合表 1-9 的规定。

表 1-9 预制楼梯端部在支承构件上的最小搁置长度

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
最小搁置长度(mm)	75	75	100

② 预制楼梯设置滑动铰的端部应采取防止滑落的构造措施(图 1-40)。

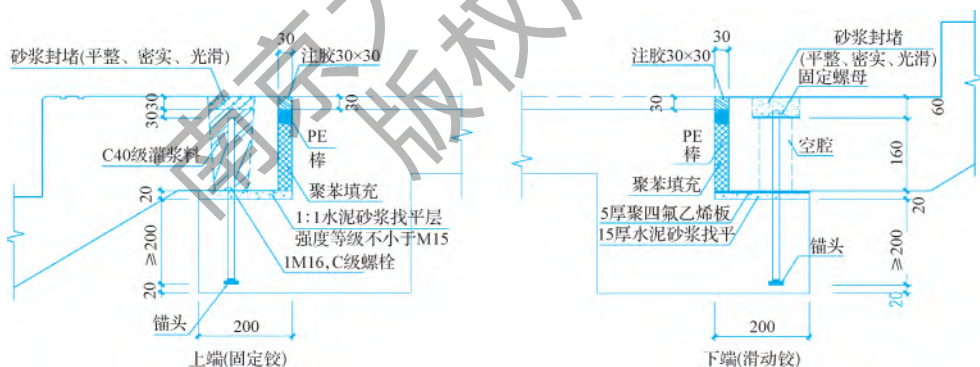


图 1-40 预制楼梯连接节点构造示意

## 1.7 其他构件

### 1.7.1 女儿墙

装配式建筑中的女儿墙有砌筑和预制两种做法。预制女儿墙一般是在轻骨料混凝土墙板的侧面做出销键,预留套环,板底有凹槽与下层墙板结合。板的厚度可与主体墙板一致。女儿墙板内侧设凹槽预埋木砖,供与屋面防水卷材交接(图 1-41)。

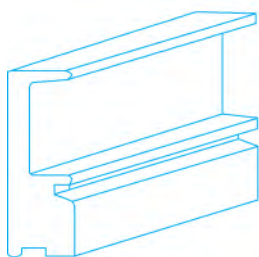


图 1-41 女儿墙

## 1.7.2 阳台板、空调板

阳台板、空调板宜采用叠合构件或预制构件(图 1-42~1-44)。预制构件应与主体结构可靠连接;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。



图 1-42 叠合阳台构件图



图 1-43 叠合阳台现场构件拼装



图 1-44 预制空调板

### 1. 预制阳台板特点

- (1) 板式阳台采用预制叠合阳台板,将立面装饰线条一起预制,取消了外脚手架。
- (2) 立面建筑造型与预制阳台一体化,无需二次装饰。

### 2. 节点连接要求

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款 6.6.10 规定,叠合构件中预制板底钢筋的锚固应符合下列规定:

(1) 当板底为构造配筋时,其钢筋锚固应符合《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款 6.6.4 条第 1 款的规定。

(2) 当板底为计算要求配筋时,钢筋应满足受拉钢筋的锚固要求。

微课



粗糙面与键槽

## 1.8 粗糙面与键槽

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款 6.5.5 规定,预制构件与后浇混凝土、灌浆料、坐浆材料的结合面应设置粗糙面、键槽,并应符合下列规定:

(1) 预制板与后浇混凝土叠合层之间的结合面应设置粗糙面。

(2) 预制梁端面应设置键槽(图 1-45、图 1-46)且宜设置粗糙面。键槽的尺寸和数量应按《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款 7.2.2 规定执行;键槽的深度  $t$  不宜小于 30 mm,宽度  $w$  不宜小于深度的 3 倍且不宜大于深度的 10 倍;键槽可贯通截面,当不贯通时槽口距离截面边缘不宜小于 50 mm;键槽间距宜等于键槽宽度;键槽端部斜面倾角不宜大于  $30^\circ$ 。

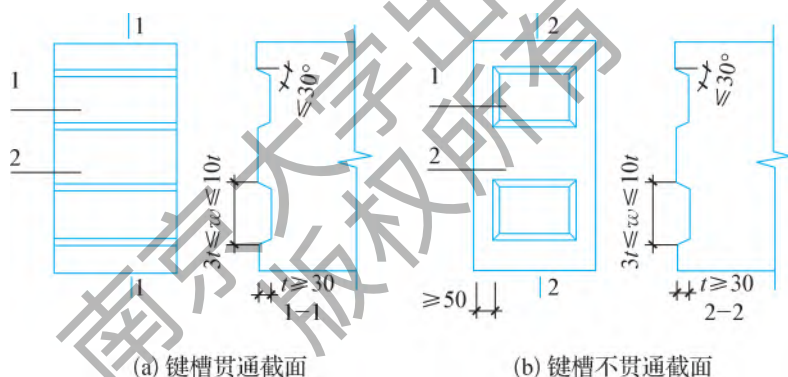


图 1-45 梁端键槽构造示意



图 1-46 成品预制梁端部键槽

(3) 预制剪力墙的顶部和底部与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面;侧面与后浇混凝土的结合面应设置粗糙面,也可设置键槽;键槽深度  $t$  不宜小于 20 mm,宽度  $w$  不宜小于深度的 3 倍且不宜大于深度的 10 倍;键槽间距宜等于键槽宽度;键槽端部斜面倾角不宜大于  $30^\circ$ 。

(4) 预制柱的底部应设置键槽且宜设置粗糙面,键槽应均匀布置,键槽深度不宜小于 30 mm,键槽端部斜面倾角不宜大于  $30^\circ$ 。

(5) 粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%(图 1-47),预制板的粗糙面凹凸深度不应小于 4 mm,预制梁端、预制柱端、预制墙端的粗糙面凹凸深度不应小于 6 mm。

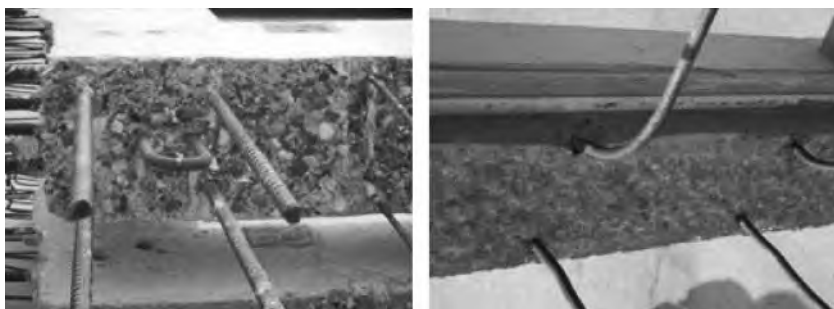


图 1-47 预制墙板端面设置粗糙面

## ▶ 1.9 预制剪力墙接缝 ◀

当房屋高度不大于 10 m 且不超过 3 层时,预制剪力墙截面厚度不应小于 120 mm;当房屋超过 3 层时,预制剪力墙截面厚度不宜小于 140 mm。当预制剪力墙截面厚度不小于 140 mm 时,应配置双排双向分布钢筋网,剪力墙中水平及竖向分布筋的最小配筋率不应小于 0.15%。

(1) 预制剪力墙底部接缝宜设置在楼面标高处,并应符合下列规定:

- ① 接缝高度宜为 20 mm;
- ② 接缝宜采用灌浆料填实;
- ③ 接缝处后浇混凝土上表面应设置粗糙面。

(2) 楼层内相邻预制剪力墙之间的竖向接缝可采用后浇段连接,并符合下列规定:

① 后浇段内应设置竖向钢筋,竖向钢筋配筋率不应小于墙体竖向分布筋配筋率,且不宜小于  $2\Phi 12$ 。

② 预制剪力墙的水平分布钢筋在后浇段内的锚固、连接应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范(2015 版)》(GB 50010—2010)的有关规定。

(3) 预制剪力墙水平接缝宜设置在楼面标高处,并应满足下列要求:

- ① 接缝厚度宜为 20 mm。
- ② 接缝处应设置连接节点,连接节点间距不宜大于 1 m;穿过接缝的连接钢筋数量应满足接缝受剪承载力的要求,且配筋率不应低于墙板竖向钢筋配筋率,连接钢筋直径不应小于 14 mm。
- ③ 连接钢筋可采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接、焊接连接。

现场视频



剪力墙交接处  
构造钢筋

微课



预制剪力墙接缝

## ▶ 1.10 梁柱节点连接 ◀

采用预制柱及叠合梁的装配整体式框架节点(图 1-48~图 1-50),梁纵向受力钢筋应伸入后浇节点内锚固或连接,并应符合下列规定:

(1) 采用预制柱及叠合梁的装配整体式框架节点,梁下部纵向受力钢筋也可伸至节点

区外的后浇段内连接,连接接头与节点区的距离不应小于  $1.5h_0$  ( $h_0$  为梁截面的有效高度), 见图 1-48。

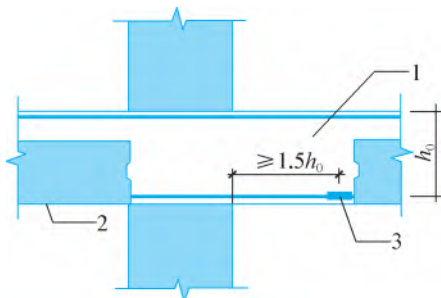


图 1-48 梁纵向钢筋在节点区域外的后浇段内连接示意

1—后浇段;2—预制梁;3—纵向受力钢筋连接

(2) 对框架中间层中节点,节点两侧的梁下部纵向受力钢筋宜锚固在后浇节点区内(图 1-49a),也可采用机械连接或焊接的方式直接连接(图 1-49b);梁的上部纵向受力钢筋应贯穿后浇节点区。

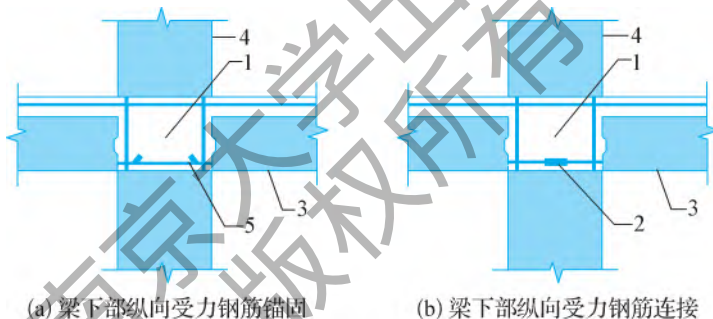


图 1-49 预制柱及叠合梁框架中间层中节点构造示意

1—后浇区;2—梁下部纵向受力钢筋连接;3—预制梁;4—预制柱;5—梁下部纵向受力钢筋锚固

(3) 对框架中间层端节点,当柱截面尺寸不满足梁纵向受力钢筋的直线锚固要求时,宜采用锚固板锚固(图 1-50),也可采用  $90^\circ$  弯折锚固。

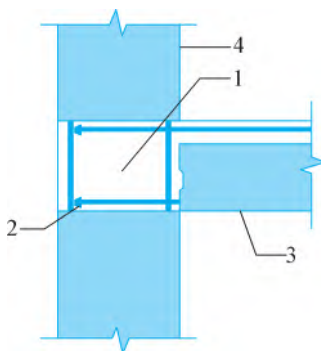


图 1-50 预制柱及叠合梁框架中间层端节点构造示意

1—后浇区;2—梁纵向受力钢筋锚固;3—预制梁;4—预制柱

(4) 对框架顶层中节点,梁纵向受力钢筋的构造如图 1-51 所示。柱纵向受力钢筋宜采用直线锚固;当梁截面尺寸不满足直线锚固要求时,宜采用锚固板锚固(图 1-52)。

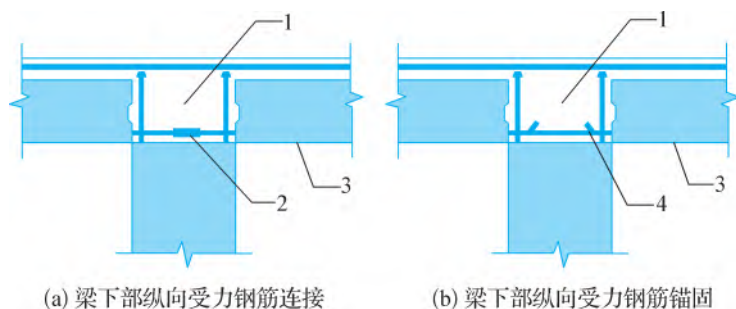


图 1-51 预制柱及叠合梁框架顶层中节点构造示意

1—后浇区;2—梁下部纵向受力钢筋连接;3—预制梁;4—梁下部纵向受力钢筋锚固

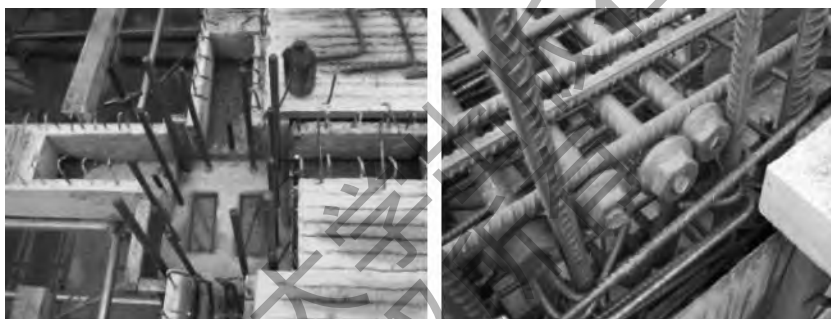


图 1-52 预制梁柱节点现场钢筋连接锚固板示意

现场预制梁柱节点安装如图 1-53 所示。



图 1-53 框架柱-梁后浇节点

## 1.11 节点灌浆

钢筋套筒灌浆连接接头、钢筋浆锚搭接连接接头应按检验批划分要求及时灌浆,灌浆作业应符合国家现行有关标准及施工方案的要求(图 1-54~1-55),并应符合下列规定:

(1) 灌浆施工时,环境温度不应低于 5 ℃;当连接部位养护温度低于 10 ℃时,应采取加热保温措施。

(2) 灌浆操作全过程应有专职检验人员负责旁站监督并及时形成施工质量检查记录。

(3) 应按产品使用说明书的要求计量灌浆料和水的用量,并搅拌均匀;每次拌制的灌浆料拌合物应进行流动度的检测,且其流动度应满足本规定的规定。

(4) 灌浆作业应采用压浆法从下口灌注,当浆料从上口流出后应及时封堵,必要时可设分仓进行灌浆。

(5) 灌浆料拌合物应在制备后 30 min 内用完。

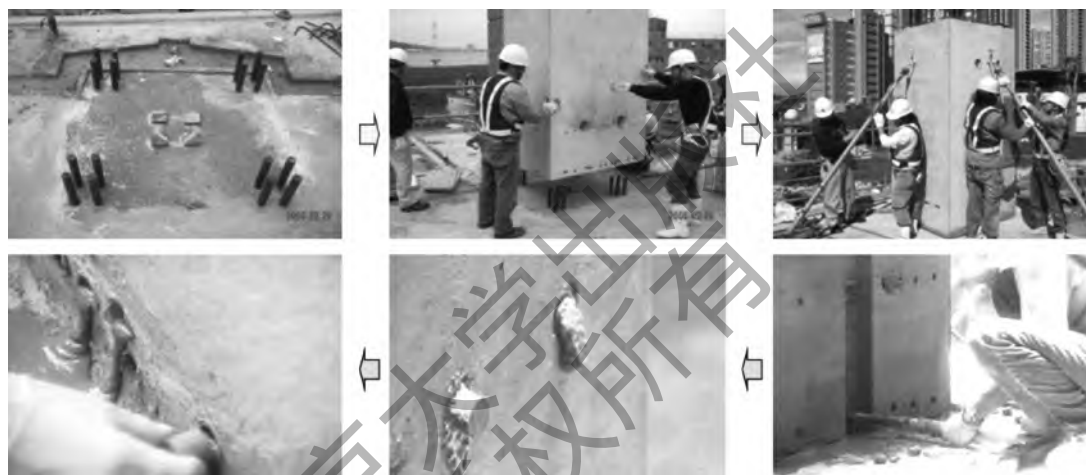


图 1-54 竖向构件钢筋灌浆套筒连接(预制柱)



图 1-55 水平构件钢筋灌浆套筒连接(叠合梁)

## ▶ 1.12 连接节点后浇段 ◀

- (1) 预制构件结合面疏松部分的混凝土应剔除并清理干净。
- (2) 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确,并应防止漏浆。
- (3) 在浇筑混凝土前应洒水润湿结合面,混凝土应振捣密实。
- (4) 同一配合比的混凝土,每工作班且建筑面积不超过 1 000 m<sup>2</sup> 应制作一组标准养护试件,同一楼层应制作不少于 3 组标准养护试件。

## ▶ 1.13 外墙板接缝 ▶

外墙板接缝防水施工应符合下列规定:

- (1) 防水施工前,应将板缝空腔清理干净。
- (2) 应按设计要求填塞背衬材料。
- (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。

## ▶ 1.14 竖向构件底部连接部位封堵构造做法 ◀

(1) 现浇混凝土浇筑完成 24 h 后,进行测量放线,包括轴线、边线、控制线、墙板的左右位置线等。

(2) 墙底根部标高的抄测。根据施工及工艺要求,墙板根部应留设 2 cm 缝隙,吊装前,在墙板根部垫设钢垫片,每块墙板不应少于垫设 2 处,以此控制预制墙板的上下位移。

(3) 连接钢筋的检查,在吊装之前,应根据施工控制线进行位置的检查,并抄测连接钢筋高度,根据套筒深度对高出的部分采用切割机进行切除,严禁超割(图 1-56)。

(4) 根部连接部位的封堵:在墙板吊装前,应沿外墙板保温板位置垫设保温板或者海绵条,厚度宜为 3 cm~5 cm,宽度同外墙板保温厚度,以此防止注浆时根部跑浆(图 1-57)。



图 1-56 高出部分钢筋现场切除



图 1-57 标高抄测及海绵条封堵

## ▶ 1.15 支撑体系 ◀



图 1-58 水平向预制构件临时支撑



图 1-59 竖向预制构件临时支撑



图 1-60 夹心保温外墙封模

### 思考练习题

1. 简述预制墙板的分类。
2. 简述预制剪力墙开洞构造技术要求。
3. 简述预制剪力墙底部接缝位置及技术要求。
4. 简述外挂墙板最外层钢筋的保护层厚度设置要求。
5. 简述预制柱底部加密区位置及基本要求。
6. 简述键槽设置要求。

南京大学出版社  
版权所有

## 学习情境2 预制构件生产工艺

### 素质目标

(依据专业教学标准)

(1) 坚定拥护中国共产党领导和我国社会主义制度,践行社会主义核心价值观,具有深厚的爱国情感和中华民族自豪感。

(2) 崇尚宪法、遵纪守法、崇德向善、诚实守信、尊重生命、热爱劳动,履行道德准则和行为规范,具有社会责任感和社会参与意识。

(3) 具有质量意识、环保意识、安全意识、信息素养、工匠精神和创新意识。

(4) 勇于奋斗、乐观向上,具有自我管理能力和职业生涯规划意识,具有较强的集体意识和团队合作精神。

(5) 具有健康的体魄、心理和健全的人格,以及良好的行为习惯。

(6) 具有正确的审美和人文素养。

### 知识目标

(1) 了解预制构件生产基本要求。

(2) 了解预制构件模具处理流程及操作要求。

(3) 了解国内外钢筋加工技术水平。

(4) 掌握抗剪键槽留置质量控制标准。

(5) 掌握混凝土养护质量标准。

### 能力目标

(1) 能编写铝合金窗墙一体化产品生产工艺流程及技术要点。

(2) 能编写预制石材倒模反打工艺流程及技术要点。

(3) 能编写典型工程预制构件生产、运输、堆放、吊装等全过程初步技术方案。

### 学习资料准备

(1) 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢筋连接用套筒灌浆料:JG/T 408—2019[S].北京:中国标准出版社,2019.

(2) 中华人民共和国住房和城乡建设部.普通混凝土配合比设计规程:JGJ 55—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

(3) 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢筋机械连接技术规程:JGJ 107—2016[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.

## 2.1 预制构件生产基本要求

预制构件生产质量直接影响整体装配式建筑建造质量,当前全国各地相关标准逐步趋于统一,装配式建筑预制构件在生产过程中应符合国家及行业相关标准的基本要求:

(1) 构件浇筑成型前,模具、脱模剂涂刷、钢筋骨架质量、保护层控制措施、预埋管道及线盒、配件和埋件、吊环等应进行隐蔽验收,符合有关标准规定和设计文件要求后方可浇筑混凝土(图2-1、图2-2)。



图2-1 台模涂刷脱模剂

- (2) 混凝土浇筑时的投料高度应小于500 mm。
- (3) 混凝土振捣宜采用插入式振动器振捣或工厂自动化振动台振捣(图2-2)。

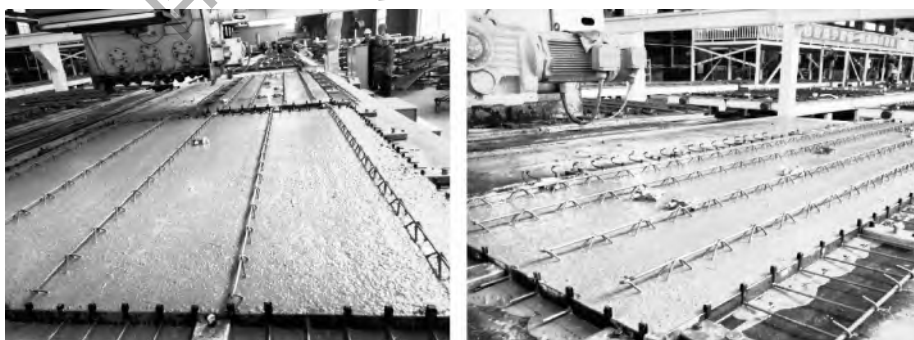


图2-2 叠合板浇筑与振捣

(4) 凝土浇筑应连续进行,浇筑过程中应观察模具、门窗框、预埋件等是否有变形和位移,如有异常应及时采取补救措施(图2-3)。

现场视频



台模处理

现场视频



PC工厂流水线

现场视频



预埋线盒

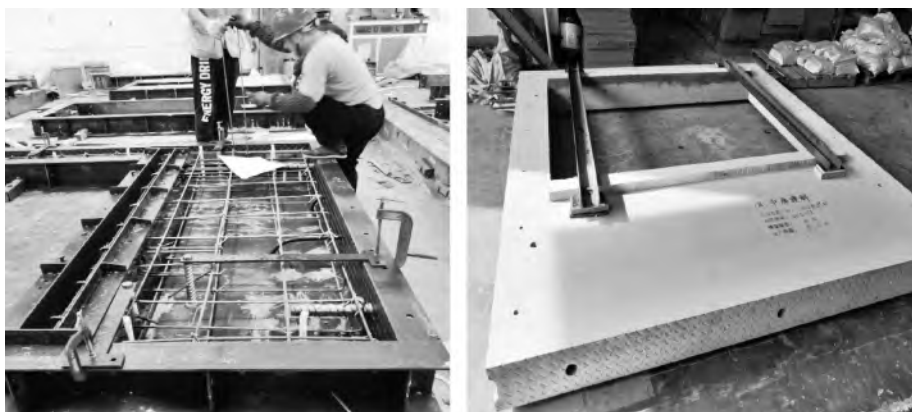


图 2-3 预制剪力墙窗口加固

现场视频



墙板混凝土  
浇筑成型

(5) 配件、埋件、门窗框处混凝土应浇捣密实,其外露部分应有防污染措施。

(6) 预制构件混凝土浇筑完毕后应及时养护。台模内混凝土浇筑振捣应减少漏浆量,采用的堵漏插件如图 2-4 所示。

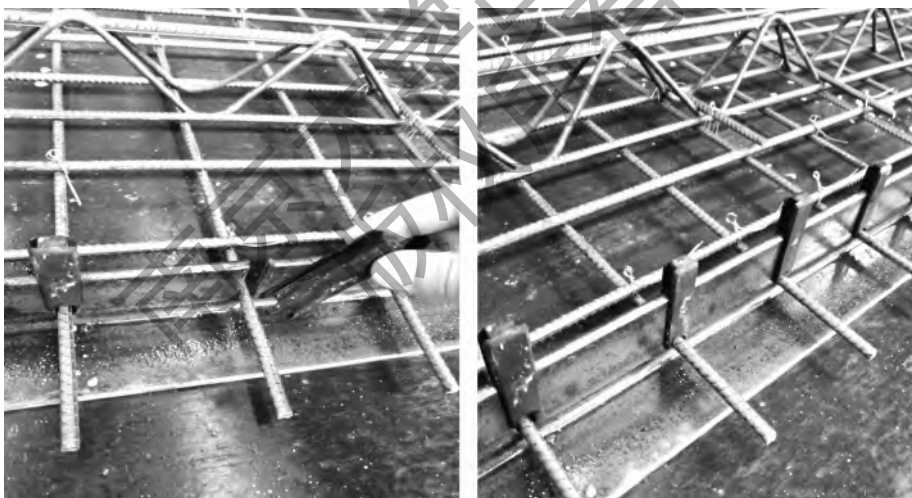


图 2-4 堵漏插件

(7) 当采用蒸汽养护时应符合下列要求:

- ① 静停时间为混凝土全部浇捣完毕后不宜小于 2 h。
- ② 升温速度不得大于 25 °C/h。
- ③ 恒温时最高温度不宜超过 70 °C,恒温时间不宜小于 3 h。
- ④ 降温速度不宜大于 15 °C/h,构件脱模后其表面与外界环境温差不宜大于 20 °C。

(8) 带饰面的预制构件宜采用反打成型,也可采用后贴工艺制作。面砖背面宜带有燕尾槽,石材背面应做涂覆防水处理。

(9) 对带保温材料的预制构件宜采用水平浇筑方式成型,保温材料宜在混凝土成型过程中放置固定。

(10) 带门窗框、预埋管线的预制构件,其制作应符合下列规定:

① 窗框、预埋管线应在浇筑混凝土前预先放置并固定,固定时应采取防止窗框破坏及污染窗体表面的保护措施;

② 当采用铝窗框时,应采取避免铝窗框与混凝土直接接触发生电化学腐蚀的措施;

③ 应采取措施控制温度或受力变形对门窗产生的不利影响。

(11) 预制构件与现浇结构的结合面应采取拉毛或凿毛处理,也可采用露骨料粗糙面(图2-5、图2-6)。



图2-5 剪力墙板端面粗糙处理



图2-6 夹心保温墙板端面粗糙处理

## 2.2 钢筋加工

现场视频



钢筋自动  
加工设备

### 2.2.1 国外钢筋加工设备的现状

欧美发达国家在钢筋加工设备自动化技术方面走在世界的前面,一些数控钢筋加工设备的知名企业都来自欧洲国家,其技术水平更是站在世界钢筋加工设备技术的前端。加之国外发达国家装配式建筑起步较早,其钢筋加工设备的智能化程度较高,而且在相关领域已经进行了很多标准化工作。比较知名的有 MEP 公司、德国 PEDAX、SCHNELL 公司、EVG 公司、普瑞集团等(表2-1)。

表2-1 国外钢筋加工设备厂家自动化水平及软件系统

公司名称	钢筋生产线性能	智能化软件系统
奥地利 EVG 公司	架焊接生产线:实现钢筋自动上料,桁架宽度可调,可实现特殊的焊接要求。数控钢筋网焊接生产线:实现横筋和纵筋的自动上料,可实现网片的开口自动焊接,焊接成品自动拉钩。	完成钢筋产品从设计到生产一体化。

(续表)

公司名称	钢筋生产线性能	智能化软件系统
意大利 MEP 公司	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 盘条钢筋网片焊机设备:能够在最大指定的尺寸范围内使用不同直径的线材,焊接成任何形状(带有预留的润,窗户或开口)的钢筋网片。</li> <li>2. 桁架焊接生产线:该设备由自动化电器控制,生产焊接、切割成型的钢筋架梁。</li> <li>3. 钢筋定尺剪切弯曲成型设备:设备由自动化程序控制,消除了剪切和折弯单元之间的中间存储和中间处理,该机器自动将需要折弯的钢从仅需进行长度剪切的钢筋中区分出来。</li> <li>4. 数控钢筋弯箍机:集弯箍、成型、剪切于一体,该设备为高端全自动,电气控制,盘圆钢筋均可加工。</li> </ol>	实现钢筋产业主数据的管理以及计划表和钢筋表的输入的程序。在主数据的基础上,可以形成新的计划表,可以对相应已有的计划表进行操作。能够打印钢材表、标签和计划表中能够加工的列表。接着输入的条形标签能被直接传递到机器。
德国 PEDAX 公司	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 数控剪切生产线:对棒材钢筋进行高质量的剪切、输送、储存、弯曲等一体化加工。</li> <li>2. 数控钢筋网焊接生产线:需手动将纵筋插入安装在传送装置上,能实现网片开窗焊接要求。</li> <li>3. 桁架筋焊接生产线:全自动数控焊接机、产能高,主筋和腹筋被伺服驱动的数控传输装置拉入焊接机。</li> </ol>	采用图形符号,操作系统良好,操作简单、直观。

### 2.2.2 国内钢筋加工设备的现状

目前国内的数控钢筋加工设备的设计研发、生产制造发展迅速,年生产总量 3 000 多台,年产销量位于世界前列。由于近些年我国城市建设的飞速发展,使国内钢筋加工行业也在快速进步。在参考 MEP、SCHNELL、PROGRESS、日本、韩国等公司产品情况下,结合现有技术,国内钢筋加工设备的技术水平迅猛提高,许多新型产品不断涌现。常用的数控钢筋加工设备种类已经全部开发出来。数控钢筋弯箍机、钢筋剪切生产线、钢筋弯曲生产线、钢筋网焊接生产线、钢筋笼焊接生产线、钢筋桁架焊接生产线等自动化生产设备得到广泛应用,主要功能方面已经处于国际一流水平,对钢筋的适用性优于国外设备。设备采用伺服电机、PLC 控制技术和工业级触摸屏人机交换界面技术,对于钢筋加工原材料的运输、焊接以及成品的收集工作都可以实现自动智能化的控制,大大减轻了工人劳动强度,提高了生产效率和加工质量,大大缩减了与国外钢筋加工机械产品的技术差距(表 2-2)。

现场视频

箍筋设备  
自动化加工

表 2-2 国内钢筋加工设备厂家自动化水平及软件系统

公司名称	钢筋生产线性能	智能化软件系统
天津建科	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 数控钢筋网焊接生产线:横向和纵向钢筋均能自动上料,现场生产线。</li> <li>2. 自动钢筋桁架焊接生产线:桁架焊接成型后由自动接料机构自动堆叠,通过辊道自动输送出主机进行存放。</li> </ol>	MES 智能化软件管理系统,实现图形编辑,数据下发,条码打印,配筋单打印,生产加工一体化。
廊坊凯博建设机械	包括数控钢筋弯箍机、钢筋调直切断机、数控立式弯曲中心、数控剪切生产线、自动钢筋桁架焊接生产线、数控钢筋焊机、钢筋直螺纹套丝机等设备,可实现自动上料、自动加工。	MES 智能化软件管理系统

(续表)

公司名称	钢筋生产线性能	智能化软件系统
天津施耐尔	<p>数控钢筋弯箍机、钢筋调直切断机:可以同时加工双线,压轮式调直方式,可以从上、下、前、后四个方向调直钢筋。</p> <p>数控剪切生产线:集原料分类铺存、输送、长度测量、剪切、分类收集等功能于一体。</p> <p>数控棒材钢筋弯曲中心:可以和剪切线联机使用,只需1人操作。</p>	Coil-H-Control 软件
天津市银丰机械	全自动柔性焊网生产线,数控钢筋桁架生产线、数控钢筋弯箍机、数控钢筋弯曲中心等全套设备均能自动识别钢筋产品图形,自动化生产加工成型钢筋。	MB-Manipulate 软件管理系统,实现与 BM 模型软件数据对接,自动软件数据对接,自动记录生产过程信息,生成产品条形码,生产加工一体化。

## ▶ 2.3 预制构件生产工艺 ◀

### ▶▶ 2.3.1 铝合金窗墙一体化产品生产工艺



图 2-7 窗框模板支模

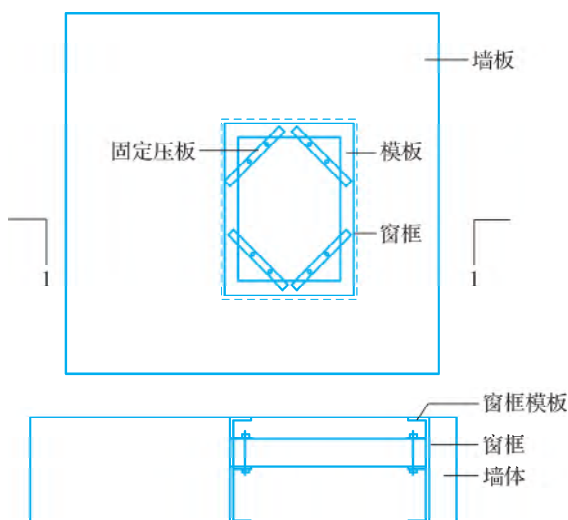


图 2-8 窗一体化示意图及 1—1 剖面图

微课



预制构件生产——预制构件生产基本要求

微课



预制构件生产——PC工厂规划设计

微课



预制构件生产——生产线布置及装备

现场视频



窗框预埋件

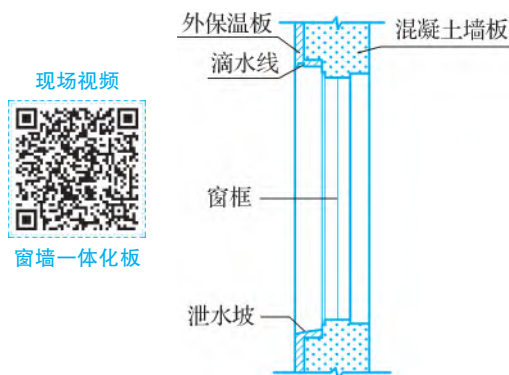


图 2-9 预制铝合金窗一次成型剖面图



图 2-10 成品示意图

铝合金窗一体化施工工艺:

### 1. 工艺流程

加工窗模—组合窗模窗框—铺设保温板—放钢筋笼—支侧模—放套筒等附属部件—浇筑混凝土

### 2. 操作工艺

(1) 根据窗框尺寸使用 5~8 mm 钢板分别制作两个窗模板,窗框高度、外包尺寸应根据设计要求加工。

(2) 加工前首先将窗框外侧边保护膜清除,使侧边凹槽外露,同时注意保留窗框表面保护膜。将窗框下模板放置在台模上,校准位置并固定,窗框放置在窗模板上,四边分别距离窗模板侧边 0.5 cm,窗框四周距侧边 0.5 cm 处四周粘贴 1 cm 宽双面胶条(起到保护窗框以及防止混凝土浆渗漏的作用)使框架与双面胶条贴合紧密。底部框架放置完成后依照同样原理在窗框上边放置上部窗模板,最后用螺杆和压条固定窗框。

(3) 在窗框固定完毕后,再次校准窗框位置。按照施工工艺要求,在窗框与外界接触侧壁放置保温板,紧贴窗框;窗框处断桥应铺设保温。其中窗框洞口上部按要求加设滴水线,下部保温板按要求裁设高差泄水坡度。

(4) 铺设外墙保温板,放置钢筋网片,支设墙板构件侧模及顶模,焊接埋件、套筒等附属部件。同时在此类工序中,应确保窗框外露保护膜完整,不得出现破损、撕毁等情况。以防浇筑混凝土时,水泥浆等污染物溅到窗框上,使窗框受损。

### 3. 质量要求

(1) 铝合金窗框的材质应符合现行行业标准。并具有相关检测资料及进场复检报告。

(2) 窗框模板材质厚度应不小于 5 mm,避免混凝土浇筑时产生形变。

(3) 铝合金窗应具有足够的刚度、承载能力和一定的变形能力。

(4) 铝合金型材牌号、截面尺寸应符合门窗设计要求。

(5) 铝合金门窗工程验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)、《建筑装饰装修工程质量验收标准》(GB 50210—2018)及《建筑节能工程施工质量验收标准》(GB 50411—2019)的有关规定。

### 2.3.2 外墙保温一体化产品生产工艺



图 2-11 保温板排布

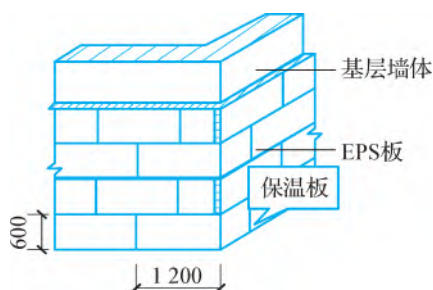


图 2-12 门窗洞口保温板排布

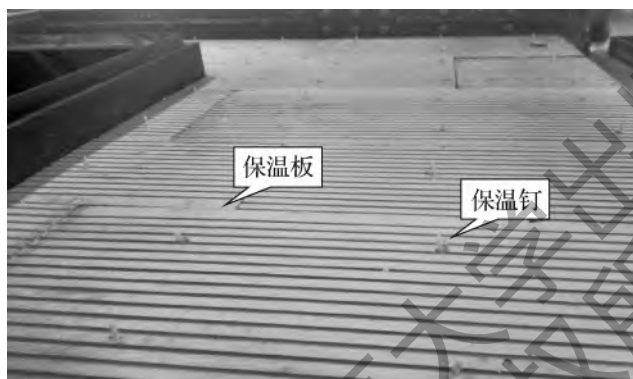


图 2-13 保温板排布



图 2-14 铺设钢筋笼及模板支模

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款 4.3.2 规定,夹心外墙板中的保温材料,其导热系数不宜大于  $0.040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,体积比吸水率不宜大于  $0.3\%$ ,燃烧性能不宜低于国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》(GB 8624—2012)中 A 级的要求。

保温一体化施工工艺:

#### 1. 工艺流程

清理台模—支模—铺设保温板—安装钢筋笼—浇筑混凝土—构件起吊—抹面层施工

#### 2. 操作工艺

(1) 根据墙板构件图纸,应预先将外墙图纸送至保温板加工区域,由制作人员画出外墙尺寸并标注需要铺设保温板的区域。根据铺设面积以及保温板尺寸,确定需要的保温板数量。

(2) 在保温板铺设区域内排布保温板,排布保温板时,接缝不平处应用粗砂纸进行打磨,打磨动作宜为轻柔的圆周运动,不要沿着保温板接缝平整的方向打磨。打磨后应用刷子或压缩空气将打磨产生的碎屑、浮灰清理干净。

(3) 保温板应竖缝逐行错缝,墙角处应交错互锁。有门窗洞口的,应放置  $30 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$  的保温条,起到隔热断桥作用,且门窗洞口四角保温板不得拼接,应采用整块板切割成形,且接缝应离开角部至少  $200 \text{ mm}$ 。

(4) 保温板在加工区域内排布完成后,应进行检查,确定无误。再在保温板上用记号笔编号,以方便在台模上铺设。编号完成后,按构件编号整理,并送至流水线保温板放置区域内。

(5) 外墙底模支模,清理模板内保温板铺设区域内垃圾、油污、脱模剂等可能污染保温板的异物。

(6) 按顺序铺设保温板,保温板铺设应保证平整,无损坏。铺设保温板时应在保温板中锚上保温锚钉,锚钉数量每平方米不应少于7个,不宜多于10个,且应均匀排布在保温层中(保温钉间距应小于400mm)。具体排布应根据实际保温板的排布方式确定。保温板铺设完成后,铺设钢筋笼、侧模和顶模支模。

(7) 构件平运成品保护,应在构件上下用于垫置木方的区域不排布保温板,预留尺寸200mm×200mm。构件必须达到拆模其强度才允许拆模,且必须采用专用拆模工具。构件起吊、运输过程中应缓慢、平稳,不得出现碰撞,构件四角宜用专用角条包裹。木方应垫置在指定的预留区域内,不得随意垫置,以防损坏保温层。构件出场前应定期检查,确保饰面层无污染、无空鼓等现象,确保保温层无损伤。

(8) 构件竖向运输成品保护,构件保温板应满铺外保温区域,构件吊运之竖向运输架时,应注意外保温面朝外,且构件必须确保固定在架子上,方可去除吊钩。构件出场前应定期检查,确保饰面层无污染、无空鼓等现象,确保保温层无损伤。

### 3. 质量要求

- (1) 外保温系统及主要组成材料性能应符合国家现行标准。
- (2) 保温板厚度应符合设计要求。
- (3) 保温板在施工过程中应确保表面无油污、无脚印等污染物。
- (4) 混凝土浇筑应充分振捣密实。
- (5) 保温钉排布应均匀且纵横向间距不应大于400mm。
- (6) 保温板排布应纵向逐行错缝,墙角处应交错互锁。
- (7) 保温板排布应紧凑,板与板之间不得有空隙、不得有漏浆现象。
- (8) 抹面层表面平整度1mm,立面垂直度1mm,阳、阴角方正。

## 2.3.3 外墙饰面产品生产工艺

### 1. 仿石饰面施工工艺



图 2-15 构件表面喷涂底漆



图 2-16 仿石饰面成品

### (1) 工艺流程

固定模具—刷脱模剂—布设抗裂网片—浇筑混凝土—混凝土养护—拆除模具—喷涂底漆—分割线处理—喷仿石漆—喷保护漆

### (2) 操作工艺

① 浇筑混凝土的同时制作三个立方体试块同条件下养护,待养护至混凝土强度的70%,拆除模具,并清理构件表面。

② 在构件需要做仿石饰面层的一面,喷涂一层多彩底涂巴盾白,并用墨斗弹出10 mm的分割线,在割线上涂上黑色原子灰,构件静置一段时间,待底漆凝固后,用10 mm的防水胶带贴在分割线上。

③ 按比例调制仿石漆,并用专用喷枪喷涂在巴盾白底漆上,喷涂应按照从上到下,从左到右的顺序进行。喷灌压力应控制在1 MPa,以保证喷涂均匀。

④ 待仿石漆喷涂完毕后,防水胶带方可拆除。仿石漆凝固后,在表面喷涂一层透明保护漆。

## 2. 镜面清水混凝土施工工艺

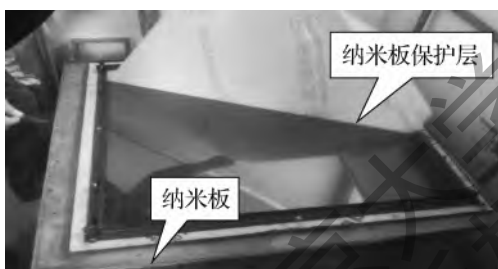


图 2-17 除去纳米板保护层

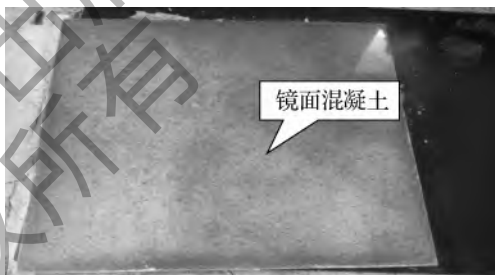


图 2-18 镜面混凝土成品

### (1) 工艺流程

剪裁纳米板作底模—固定侧模—刷脱模剂—配细石混凝土—除去纳米板保护层—浇筑混凝土—养护—拆模

### (2) 操作工艺

① 混凝土的搅拌:经试配选择出较优配合比,严格按配合比配置细石混凝土,控制混凝土坍落度。

② 有机纳米板的保护层需在浇筑混凝土时去除,不可提前去除,防止刮花纳米板表面。

③ 保证构件有充足的养护时间,不应少于3天,否则影响镜面效果。

④ 构件拆模后,应将其放置在不易污染的地方,严禁触摸构件的表面。待镜面效果完全显现,在其表面覆盖薄膜进行保护。

### (3) 质量要求

- ① 构件表面平整、光滑、色泽一致。
- ② 无蜂窝、麻面、露筋及气泡等现象。
- ③ 模板拼缝有规律。

### 3. 预制构件石材(或饰面砖)倒模反打施工工艺

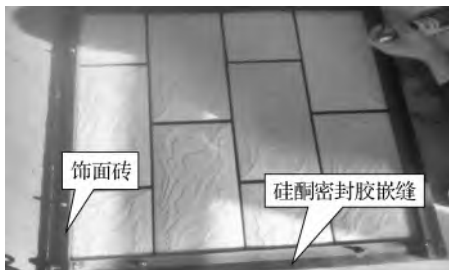


图 2-19 饰面砖铺设



图 2-20 硅胶浇筑



图 2-21 硅胶倒模



图 2-22 饰面砖倒模反打成品

#### (1) 工艺流程

模板安装—排列石材(或饰面砖)—打封闭胶—刷脱模剂—硅胶浇筑—取出硅胶—铺设硅胶倒模—刷脱模剂—浇筑混凝土—构件起模—清理构件—喷漆

#### (2) 操作工艺

① 在模板内进行试排列石材(或饰面砖),根据铺设要求,进行划分切割,将切割好的石材(或饰面砖)进行编号。根据编号,在模板内铺设石材(或饰面砖),石材(或饰面砖)背面和接缝处打上中性硅酮密封胶。

② 待中性硅酮密封胶凝固后方可刷脱模剂。

③ 在硅胶倒模铺设模板内之后,硅胶与模板间的缝隙应用硅酮密封胶嵌缝。

#### (3) 质量要求

① 根据要求排列石材(饰面砖),饰面砖的横竖宽度要一致。

② 硅胶配制要搅拌均匀,防止硅胶局部无法凝固或凝固时间变长。硅胶配制、浇筑过程应尽可能短,防止硅胶凝固。

### 4. 预制构件石材直接打施工工艺

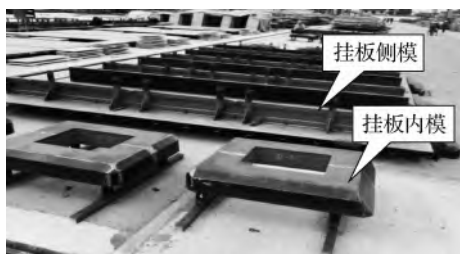


图 2-23 挂板模具

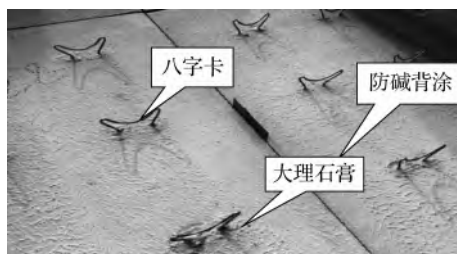


图 2-24 石材摆放



图 2-25 完成的石材铺设图



图 2-26 浇筑前挂板支模图

### (1) 工艺流程

石材加工—打孔—安装八字卡—固定模具—石材铺设—放钢筋笼—混凝土浇筑—构件起模

### (2) 操作工艺

- ① 根据图纸,放样出石材打孔位置,用干挂背栓钻孔机打孔,倾角 $45^{\circ}$ 孔深18 mm。
- ② 安装八字卡后,需对安装孔涂抹大理石膏。
- ③ 将挂板的外模板安装在台模上,在底模上预先铺一层塑料薄膜。按图纸要求将加工好的石材摆放在挂板模具内,先摆放底部石材,横缝6 mm,竖缝2 mm,用事先准备的铁片进行控制。再摆放竖向石材,暂时用U型钢筋固定,并辅助横撑。在调整好石材的横竖缝大小、垂直及水平后用大理石膏用废弃的面砖或石材黏贴在接缝处,对石材进行固定。
- ④ 石材固定好后,用中性硅酮密封胶嵌缝。对于6 mm横缝,先嵌入海绵条再用中性硅酮密封胶嵌缝。
- ⑤ 撕掉周边的薄膜,并用5 cm宽的透明胶带将侧模与石材顶部黏结固定。撤去U型钢筋及横撑等临时固定件。
- ⑥ 石材铺设工序验收合格后,方可放入钢筋笼,根据图纸要求,调整钢筋笼位置,并安装预埋件和套筒。
- ⑦ 钢筋笼及预埋件验收合格后方可浇筑混凝土。先安装挂板模具的端头模,预先浇筑一层5 cm厚混凝土,再安装内模,完成混凝土浇筑。
- ⑧ 混凝土浇筑完毕后,未缩短挂板的养护时间,采用蒸汽养护,待达到起模强度后,拆除挂板模具,构件起模。

### (3) 质量要求

- ① 石材摆放时需严格控制,石材的平整度与垂直度,缝宽要一致。
- ② 为了现场的安装方便,预埋件的安装精度一定要控制在 $\pm 1$  mm以内。预埋件须验收合格后才能浇筑混凝土。
- ③ 严格控制混凝土保护层厚度,在混凝土振捣时,要防止损坏石材。
- ④ 在挂板起模时,要控制桁吊的起吊速度,严禁猛然加速减速,尽量保持匀速。
- ⑤ 在防碱背涂时,石材除了外表面其他五个面均需防碱背涂。

## 2.3.4 混凝土压光产品生产工艺

### 1. 墙板正面人工压光质量标准

#### (1) 工艺流程

混凝土浇筑振捣—墙板上表面平仓—构件预养护—第一遍压光抹面—养护仓养护—构

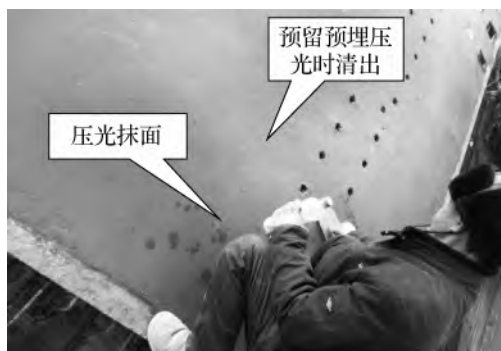


图 2-27 墙板表面压光抹面

件出仓—二次抹面收光—构件养护

### (2) 工艺操作标准

① 墙板构件在验收合格后浇筑混凝土,并振捣密实。

② 对构件上表面进行平仓处理,用刮尺初步刮平表面用木蟹打平压实。

③ 构件送入预养护间进行预养护以加快混凝土初凝速度。

④ 构件在预养护达到初凝后,对构件进行第一遍压光抹面,压光作业时从一侧开始,从前往后倒退作业。同时清理出表面注浆管管口,并用

用橡胶塞封堵管口,安放墙板上表面预埋支撑点及预埋件并检查验收合格。

⑤ 构件上送入养护仓养护以加快混凝土初凝速度。

⑥ 混凝土终凝前,构件出仓,进行第二次压光、收光,作业顺序同第一次压光作业。同时拔去注浆管管口橡胶塞,对该部位压光处理。清理出支撑点内填充物和预埋件上表面附着木板。

⑦ 构件表面覆盖塑料薄膜,送入养护仓养护。

### (3) 质量品质标准

① 墙板表观质量平整光滑无空隙,无铁板纹路。

② 墙板表面平整度 $\leq 3$  mm。

③ 注浆管口周围处理光滑,管口内无混凝土残留。

④ 预埋支撑点内及预埋件上表面无混凝土等杂物残留。

## 2.3.5 外墙保温抗裂砂浆抹灰质量标准

### 1. 外墙保温抗裂砂浆抹灰施工工艺



图 2-28 外墙保温抹面施工

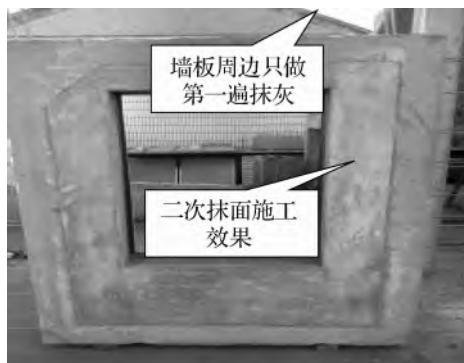


图 2-29 外墙抹面成品效果

### (1) 工艺流程

表面清理—第一道抹面—铺贴抗裂网片—第二道抹面—养护

## (2) 工艺操作标准

① 对墙板外保温抹面层进行清理,清除表面油污等妨碍抹面的污迹,对有损伤的外保温剔除处理,重新粘贴新保温板。

② 第一道抹面施工,用抹子抹一块略大于一块抗裂网片抗裂砂浆,厚度约为 2 mm,随后压入第一道抗裂网片,要求网片完全压入砂浆内,无空鼓、褶皱、翘曲、外露等现象。按此施工步骤对整片墙板铺贴抗裂网片。对门窗洞口四角、阴阳角等位置应做加强网施工,加强网搭接时应湿搭接。

③ 待第一道抹面层稍干硬至可触碰时,抹第二道抗裂砂浆,要求完全覆盖抗裂网片。第二道抹面施工时应注意,当墙板与其他外墙有搭接时应空出边界 200 mm 不抹,由现场加铺一道加强网后做二次抹面。对第二道抹面进行修饰,确保抹面层表面平整,无不锈钢抹子纹路。

④ 对抹面层进行养护。

## (3) 质量品质标准

① 抹面层不得有起皮、粉化、爆灰等现象。

② 抹面层表面平整度 $\leq 1$  mm。

③ 立面垂直度 $\leq 1$  mm。

④ 阴、阳角方正 $\leq 1$  mm。

## 2.3.6 混凝土养护质量标准

### 1. 固定台模蒸汽养护篷布施工工艺

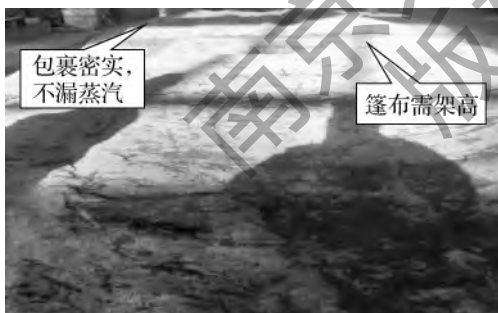


图 2-30 固定台模蒸汽养护篷布覆盖

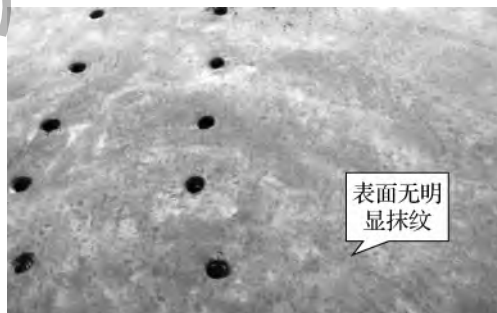


图 2-31 养护完成效果

### (1) 工艺流程

混凝土终凝后第二次压光—固定好蒸汽管—篷布覆盖—检查验收—拆除模板、成品验收

### (2) 工艺操作标准

① 混凝土终凝后最后一次压光。

② 蒸汽管需固定好,蒸汽管管口不能直接放置在构件表面,以免造成构件损伤;蒸汽管管口不能直接对着挤塑板,以免造成挤塑板变形,从而造成构件损坏。蒸汽管最宜放置在两个构件的中间,从而避免此类问题。

③ 篷布需将整个构件覆盖完全,且不能直接贴在构件表面,以使构件能够与蒸汽完全

接触,确保蒸养效果。

④ 针对以上要求,进行检查,确保蒸养效果,降低蒸汽损耗量。确定上述要求符合后,方能开启蒸汽,人为控制开关只需松开即可,不宜喷出蒸汽量过大。根据混凝土配合比及室内温度、蒸汽温度来确定构件的养护时间,一般不少于 6 h。

⑤ 蒸养强度达到要求后方可结束蒸养。

### (3) 质量品质标准

① 表面无明显抹纹,达到表观质量要求。

② 混凝土强度达到 75% 以上才能结束蒸养。

③ 冬季施工,需在车间静停半小时以上,确保构件表面温度与室外温度相差不得超过 15 ℃。

## 2. 蒸汽房养护施工工艺

### (1) 工艺流程

混凝土初凝后第一次压光—送入蒸养房—蒸养到终凝后送出蒸养房第二次压光—覆盖薄膜—拆除模板、成品验收

### (2) 工艺操作标准

① 混凝土初凝后第一次压光。

② 送入蒸养房,蒸养房操作室进行监控,确保蒸养温度、湿度等符合要求。

③ 蒸养达到终凝后送出蒸养房,进行二次压光,表面无明显抹纹。

④ 覆盖薄膜,确保构件表面上覆盖。

⑤ 蒸养强度达到要求后出仓。

### (3) 质量品质标准

① 表面无明显抹纹,达到表观质量要求。

② 混凝土强度达到 75% 以上才能结束蒸养。

③ 冬季施工,需在车间静停半小时以上,确保构件表面温度与室外温度相差不得超过 15 ℃。

## 2.3.7 混凝土原材料质量标准

### 1. 主控项目

#### (1) 水泥

水泥进场时间对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查,并应对其强度、安定性及其他必要的性能指标进行复验,其质量必须符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2023)等的规定。

当在使用中对水泥质量有怀疑或水泥出厂超过三个月(快硬硅酸盐水泥超过一个月)时,应进行复验,并按复验结果使用。

检查数量:按同一生产厂家、同一等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥,袋装不超过 200 t 为一批,散装不超过 500 t 为一批,每批抽样不少于一次。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

#### (2) 外加剂

混凝土中掺用外加剂的质量及应用技术应符合现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076—

微课



预制构件生产  
——材料准备

2008)、《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2013)等和有关环境保护的规定。

检查数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

### (3) 氯化物和碱含量

混凝土中氯化物和碱的总含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范(2015版)》(GB 50010—2010)和设计的要求。

检验方法:检验原材料试验报告和氯化物报告和氯化物、碱的总含量计算书。

### (4) 配合比设计

混凝土应按国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)的有关规定,根据混凝土强度等级、耐久性和工作性等要求进行配合比设计。

对有特殊要求的混凝土,其配合比设计上应符合国家现行有关标准的专门规定。

检验方法:检查配合比设计资料。

## 2. 一般项目

### (1) 矿物掺合料

混凝土中掺用矿物掺合料的质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2017)等规定。矿物掺合料的掺量应通过试验确定。

检验数量:按进场的批次和产品的抽样检验方法确定。

检验方法:检查出厂合格证和进场复验报告。

### (2) 粗、细混料

普通混凝土所用的粗、细混料的质量应符合国家现行标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)的规定。

检验数量:按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法:检查进场复验报告。

### (3) 水源

拌制混凝土宜采用饮用水;当采用其他水源时,水质应符合国家现行标准《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)的规定。

检验数量:同一水源检查不应少于一次。

检查方法:检查水质试验报告。

### (4) 配合比设计

首次使用的混凝土配合比,其工作性应满足设计配合比的要求,开始生产时应至少留置一组标准养护试件,作为验证配合比的依据。

检验方法:检查资料和试件强度试验报告。

混凝土拌制前,应测定砂、石含水率并根据测试结果调整材料用量,提出施工配合比。

检查数量:每工作班检查一次。

检验方法:检查含水率测试结果和施工配合比通知单。

### (5) 坍落度

对于固定台模所需混凝土,坍落度须控制在 160 mm 以内;对于自动化台模,坍落度控制在 100 mm 以内。

### 2.3.8 混凝土强度控制质量标准

(1) 设计合理的混凝土配合比。合理的混凝土配合比由实验室通过实验确定,除满足强度、耐久性要求和节约原材料外,应该具有施工要求的和易性。因此要实验室设计合理的配比,必须提供合格的水泥、砂、石。水泥控制强度,砂控制细度、含水率、含泥量等,石控制含水率及含泥量等。只有材料达到合格要求,才能做出合理的混凝土配合比,才能使施工得以正常合理地进行,达到设计和验收标准。

(2) 正确按设计配合比施工。按施工配合比施工,首先要及时测定砂、石含水率,将设计配合比换算为施工配合比。其次,要用重量比,不要用体积比。最后,要及时检查原材料是否与设计用原材料相符。

(3) 加强原材料管理,混凝土材料的变异将影响混凝土强度。因此应严把质量关,不允许不合格品进场,另外与原材料不符及时汇报,采取相应措施,以保证混凝土质量。

(4) 结构混凝土的强度等级必须符合设计要求,用于检查结构构件混凝土强度的试件,应在混凝土的浇筑地点随机抽取,取样与试件留置应符合下列规定:

- ① 每拌制 100 盘且不超过  $100 \text{ m}^3$  的同配合比的混凝土,取样不得少于一次;
- ② 每工作班拌制的同一配合比的混凝土不足 100 盘时,取样不得少于一次;
- ③ 当一次连续浇筑超过  $100 \text{ m}^3$  时,同一配合比的混凝土有  $200 \text{ m}^3$  取样不得少于一次;
- ④ 每一工作班、同一配合比的混凝土,取样不得少于一次;
- ⑤ 每次取样应至少留置一组标准养护试件,同条件养护试件的留置组数应根据实际需要确定。

(5) 强度达到 75% 方可起吊,达到 100% 方可出厂,以实验室实验报告为准。

(6) 叠合板机械拉毛、人工扫毛质量控制标准。

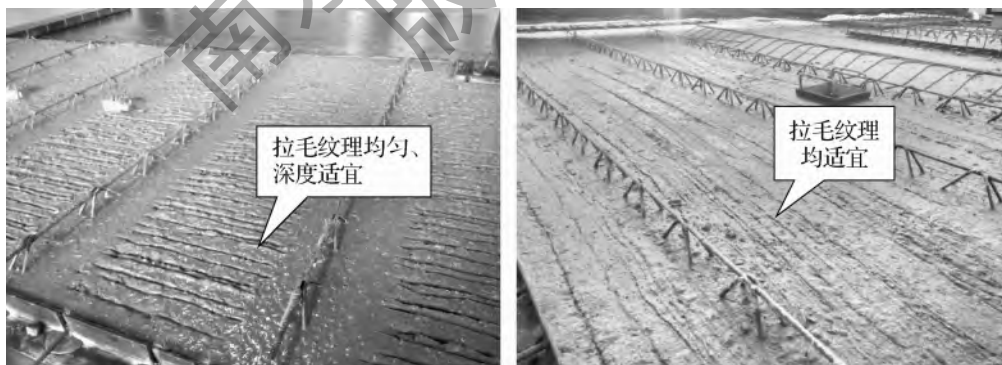


图 2-32 叠合板机械拉毛及人工扫毛效果图

#### 1. 叠合板机械拉毛施工工艺

##### (1) 工艺流程

台模就位—调整拉毛机高度—自动前进台模—清理

##### (2) 操作规程

- ① 振动完成的台模就位,确保台模前进工位内无台模或无人员阻碍。
- ② 调整拉毛机至标志的高度。

③ 自动前进台模,并注意机器是否发生异常情况,确保台模安全通过并完成拉毛工序。

④ 当班工作完成后,将拉毛机清洗干净,场地清扫干净。

⑤ 叠合板出仓后,将表面的混凝土浮灰等清理干净。

### (3) 质量品质标准

① 要求叠合板表面全部拉毛,纹理均匀、顺直,深度适宜。

② 拉毛面深度要求在 4 mm 左右,并且不影响结构厚度。

## 2. 人工扫毛施工工艺

### (1) 工艺流程

混凝土振捣完成—人工扫毛—清理

### (2) 操作规程

① 混凝土振捣完成后进行人工扫毛。

② 人工扫毛所用扫帚为塑料扫帚最宜。

③ 扫毛从一侧开始,从前往后倒退作业。

④ 拆模时将混凝土浮灰,颗粒等清理干净。

### (3) 质量品质标准

① 要求叠合板表面全部拉毛,纹理均匀、顺直,深度适宜。

② 拉毛面深度要求在 4 mm 左右,并且不影响结构厚度。

## 2.3.9 混凝土振捣质量标准做法及控制标准

### 1. 工艺流程

混凝土浇筑前的验收—混凝土浇筑—混凝土振捣

### 2. 工艺操作标准

#### (1) 混凝土浇筑前的验收

确保混凝土浇筑前的隐检验收,确保水电安装、模板支设、预埋件、抗剪键安装、钢筋安装等符合质量要求,经质检验收合格,做好隐检资料留底后,方能浇筑混凝土。

#### (2) 混凝土浇筑

混凝土浇筑在填充墙部位需注意,第一层混凝土浇筑控制在 3~5 cm,以防混凝土浇筑过多使上层混凝土过浅而导致混凝土表面开裂。

#### (3) 振捣

① 采用插入式振捣器振捣混凝土时,插入式振捣器的移动间距不宜大于振捣器作用半径的 1.5 倍,且插入下层混凝土内的深度宜为 50 mm~100 mm,与侧模应保持 50 mm~100 mm 的距离。

② 当振动完毕需变换振捣器在混凝土拌和物中的水平位置时,应边振动边竖向缓慢提出振捣器,不得将振捣器放在拌和物内平拖。不得用振捣器驱赶混凝土。

③ 表面振捣器的移动距离应能覆盖已振动部分的边缘。

④ 附着式振捣器的设置间距和振动能量应通过试验确定,并应与模板紧密连接。

⑤ 对有抗冻要求的引气混凝土,不应采用高频振捣器振捣。

⑥ 应避免碰撞模板、钢筋及其它预埋部件。

⑦ 钢筋密集区域或型钢与钢筋结合区域,应选择小型振动棒辅助振捣,加密振捣点,并应适当延长振捣时间。

⑧ 当采用振动台振动时,应预先进行工艺设计。

(4) 不管采用何种振捣机械,经过振动摊平的混凝土并未完全密实,平仓后仍须振捣,不得“以平代振”。

(5) 每一位置的振捣时间以混凝土不再显著下沉,大气泡不再逸出并开始泛浆为准,不得欠振,也不得过振。

(6) 质量标准

① 混凝土振捣密实、表面要平整,无露筋、蜂窝等缺陷。

② 构件允许偏差值为:截面尺寸+8 mm,-5 mm;表面平整+3 mm,-3 mm。

### 2.3.10 混凝土色差控制标准

关于混凝土色差控制,应做到以下标准:(1)表面平整,清洁,色泽一致;(2)表面无明显气泡,无砂带和黑斑;(3)表面无蜂窝、麻面、裂纹和露筋现象。为避免发生上述缺陷,采取如下控制措施。

#### 1. 模板控制

(1) 模板在制作安装时应保证误差在允许范围内,确保尺寸准确,拼缝严密。

(2) 模具清理保证表面无混凝土残渣,使用磨光机及抛光片进行打磨。

(3) 脱模剂刷涂均匀。

#### 2. 配合比控制

在材料和浇筑方法允许的条件下,应采用尽可能低的坍落度和水灰比,坍落度一般为 $90 \pm 10$  mm,以减少泌水的可能性。同时控制混凝土含气量不超过1.7%,初凝时间6~8 h。

#### 3. 原材料控制

(1) 水泥。首选硅酸盐水泥,要求确定同生产厂商、同强度等级、同批号,最好能做到同一熟料。即使相同品牌,不同厂家的水泥由于生产差异,如何混用,混凝土产生色差的概率会急剧增加。

(2) 粗骨料(碎石)。选用强度高、5~25 mm 粒径、连续级配好、同颜色、含泥量小于0.8%和不带杂物的碎石,要求定产地、定规格、定颜色。

(3) 细骨料(砂子)。选用中粗砂,细度模数2.5以上,含泥量 $< 2\%$ ,不得含有杂物,要求定产地、定砂子细度模数、定颜色。

(4) 粉煤灰。掺入粉煤灰可改善混凝土的流动性和后期强度,宜选用细度按《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GB/T 50146—2014)规定Ⅱ级粉煤灰以上的产品,要求定供应厂商、定细度,且不得含有任何杂物。

(5) 外加剂。要求定厂商、定品牌、不超过生产厂家的掺量标准。对首批进场的原材料经实验室取样复试合格后,应立即进行“封样”,以后进场的每批来料均与“封样”进行对比,发现有明显色差的不得使用。清水混凝土生产过程中,一定要严格按试验确定的配合比投

料,不得带任何随意性,并严格控制水灰比和搅拌时间,随气候变化随时抽验砂子、碎石的含水率,及时调整用水量。

#### 4. 混凝土搅拌控制

混凝土搅拌必须达到3个基本要求:计量准确、搅拌透彻、坍落度稳定。否则混凝土拌和物中必然出现水泥砂浆分布不匀现象,给混凝土灌注带来先天性不足,会在混凝土表面留下色差,或出现混凝土振捣容易离析、泌水等非匀质现象。

#### 5. 混凝土浇筑控制

振捣方式要求正确,严禁过振和漏振。混凝土振实特征为:混凝土已无显著沉落、表面呈现平坦,混凝土已不冒气泡而开始泛浆。

#### 6. 表面缺陷修补

拆模后由于混凝土的泌水性、模板的漏浆和混凝土本身的含气量较大,其表面局部可能会产生一些小的气泡、孔眼和砂带等缺陷。拆模后应立即清除表面浮浆和松动的砂子,采用相同品种、相同强度等级的水泥拌制成水泥浆体,修复和批嵌缺陷部位,待水泥浆体硬化后,用细砂纸将整个构件表面均匀地打磨光洁,并用水冲洗洁净,确保表面无色差。

### 2.3.11 构件钢筋质量标准

根据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)中条款4.1.3规定,钢筋的选用应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范(2015版)》(GB 50010—2010)的规定。普通钢筋采用套筒灌浆连接和浆锚搭接连接时,钢筋应采用热轧带肋钢筋。



图 2-33 钢筋垫块放置

预制构件钢筋保护层施工工艺:

#### 1. 工艺流程

钢筋清理—钢筋下料—绑扎钢筋—钢筋保护层检查

#### 2. 工艺操作标准

(1) 预制梁底、翼板等部位采用梅花形垫块,并绑扎牢固可靠,确保每平方米的垫块数量不少于4块。腹板钢筋采用穿心式圆饼垫块,垫块规格不得私自改变。

(2) 墙板钢筋上下排钢筋中间放置十字架钢筋支架,并绑扎牢固可靠,确保每平方米

的十字钢筋支架数量不少于4个。上下排钢筋保护层应使用高强度砂浆垫块,确保每平方米的垫块数量不少于4块。墙板翼缘板外露钢筋保护层要特别重视,采用可靠加固措施,确保钢筋位置准确且混凝土浇筑过程中不出现移位现象,必要时每根钢筋固定牢靠。墙板顶部预留孔位置必须准确,避免因模板预留空位偏差太大,导致钢筋保护层厚度超标。

(3) 叠合板下部保护层采用塑料垫块,每平方米不少于3个,将塑料垫块绑扎在钢筋上,防止混凝土振捣过程中将其振动跑位。

### 3. 质量品质标准

表 2-3 质量品质标准

项 目		允许偏差(mm)
预留孔	中心线位置	5
预留洞	中心线位置	12
主筋保护层	墙板、梁	+10,-3
	叠合板	+5,-3

#### 2.3.12 构件外露钢筋位置控制标准

##### 1. 预制构件钢筋保护层施工工艺



图 2-34 外露钢筋位置固定

##### (1) 工艺流程

钢筋清理—钢筋下料—绑扎钢筋—外露钢筋位置检查

##### (2) 工艺操作标准

根据要做的构件,预制构件在模具上根据出头钢筋位置在模具上部开方形孔,将绑扎好的钢筋放入模具中,用方形橡皮塞塞进方形孔以防止漏浆和固定出头钢筋;墙、板在模具上根据出头钢筋位置在模具中间开圆形孔,将绑扎好的钢筋放入模具中,用两块半圆形橡皮塞塞进圆形孔中以防止漏浆和固定出头钢筋。

### (3) 质量品质标准

表 2-4 质量品质标准

项 目		允许偏差(mm)
开孔	中心线位置	5
钢筋位置	孔中心线	3

#### 2. 构件外露钢筋外伸长度尺寸控制标准

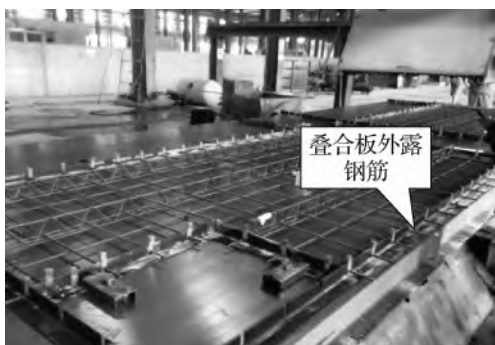


图 2-35 叠合板钢筋外露长度控制



图 2-36 叠合梁钢筋外露长度控制



图 2-37 预制墙板外露长度控制

#### 3. 预制构件钢筋施工工艺

##### (1) 工艺流程

钢筋下料—放线绑扎—模板固定—钢筋外露长度校正—检查验收

##### (2) 工艺操作标准

① 钢筋加工应符合现行国家标准《混凝土结构工程质量验收规范》(GB 50204—2015)的规定。钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求。不得使用电焊冲断外露钢筋。

② 钢筋绑扎前用钢筋扳手逐个校正伸出钢筋位置。验收合格后对伸出的钢筋应进行修整,宜在外露钢筋根部绑一道横筋定位。梁钢筋锚入柱内长度应符合设计要求;板伸出钢筋长度、弯起点需顺直在一条直线上;墙板竖向钢筋外露长度符合规范及设计要求。浇筑混凝土时应有专人看管,浇筑后混凝土初凝前再次调整以保证钢筋外伸长度的准确。

③ 质量品质标准。

表 2-5 钢筋加工允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差/mm	检验工具	检验数量
1	主筋和构造筋长度净尺寸	±10	钢尺	每个工作班同一类型、同一加工设备的钢筋抽查不应少于 3 件
2	弯起筋的弯折点位置	±5		
3	钢筋骨架(网)	±5		每片骨架用钢尺检查 4 点
4	钢筋弯起位置	±10		

2.3.13 构件外伸箍筋开口位置设置标准



图 2-38 剪力墙暗柱箍筋外伸及箍筋开口位置

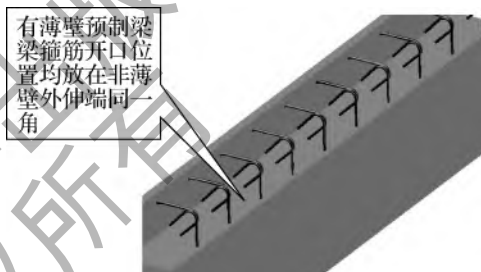


图 2-39 梁箍筋外伸及箍筋开口位置 1

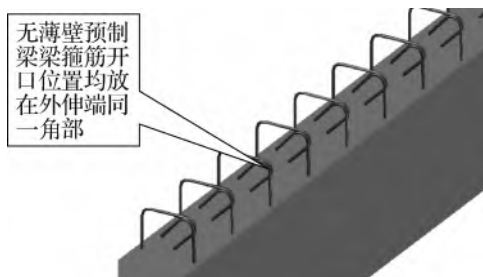


图 2-40 梁箍筋外伸及箍筋开口位置 2

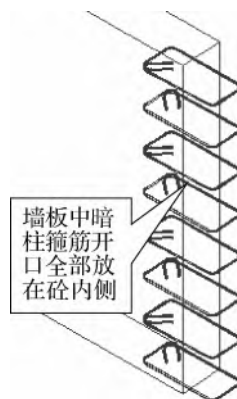


图 2-41 墙板在暗柱钢筋

2.3.14 预制墙板中的暗柱箍筋

预制构件模板施工工艺:

1. 工艺流程

蓝图+转化详图—钢筋翻样—原材进场检验—钢筋制作—钢筋绑扎—成型钢筋骨架编

号及堆放—成型钢筋骨架吊运—钢筋骨架安装—检查验收—封模—复查钢筋外伸长度—隐蔽验收—混凝土浇筑

## 2. 工艺操作标准

(1) **钢筋翻样**: 复核蓝图与转化详图配筋后, 严格按照转化详图尺寸翻样。

(2) **原材进场检验**: 检验合格的原材才能用于现场施工。

(3) **钢筋制作**: 应严格按照样单的规格、型号、数量、尺寸下料。

(4) **钢筋绑扎、安装**: 钢筋绑扎及成型钢筋骨架安装时应注意钢筋的外伸长度和箍筋的开口位置, 钢筋外伸长度除注明外, 均指混凝土边缘至钢筋外皮尺寸。箍筋开口位置: 除注明外, 预制墙中暗柱箍筋的开口位置或焊接封闭箍筋的焊点位置均设在构件混凝土内侧, 50%错开; 当有剪力墙水平筋外伸时, 水平筋外伸末端做 90 度弯折, 弯后平直长度不小于  $10d$ ; 预制梁中箍筋开口位置均设在外伸端同一角部, 有薄壁预制梁设在非薄壁角部。钢筋外伸部分采用  $\Phi 12$  以上钢筋作为临时架立筋绑扎固定。

(5) **复查钢筋外伸长度及箍筋开口位置**: 封模后, 混凝土浇捣前, 应及时复查和调整钢筋骨架的尺寸, 防止偏位, 特别是钢筋外伸长度和箍筋开口位置确保准确无误。

## 3. 质量品质标准

(1) 钢筋外伸长度允许偏差  $\pm 3$  mm。

(2) 钢筋外伸时的位置允许偏差  $\pm 3$  mm。

(3) 箍筋、构造筋间距允许偏差  $\pm 10$  mm。

现场视频



构件混凝土浇筑

### 2.3.15 构件外伸钢筋加工成型质量标准



图 2-42 叠合板外伸钢筋加工成型



图 2-43 叠合梁板钢筋混凝土浇筑成型

## 1. 工艺流程

钢筋下料—钢筋加工—按下料单绑扎钢筋—上台模—侧模支设—外伸钢筋位置校正—检查验收

## 2. 工艺操作标准

(1) 按设计要求计算下料长度、弯折角度、画出钢筋大样, 复核后进行下料。

(2) 钢筋加工下料应准确, 直径 12 mm 以及以下的钢筋用圆盘锯切割, 避免马蹄脚和端部弯曲, 影响观感。

(3) 梁和墙板钢筋在成型车间绑扎好钢筋骨架运送到台模上,叠合板在台模上绑扎安装,钢筋就位后调整好出头钢筋位置、间距,使出头钢筋平齐,间距均匀。

(4) 尤为注重墙板暗柱箍筋间距均匀,高低一致,水平筋定位绑牢,箍筋垂直不倾斜。出现偏差会直接影响构件吊装和节点部位钢筋二次施工。

(5) 检查时用靠尺或拉线检查外伸钢筋,出现问题及时调整,确保观感质量。

### 3. 质量品质标准

(1) 钢筋规格、形状、尺寸、数量、锚固长度、接头位置,符合设计施工图纸及规范的规定。

(2) 外伸钢筋误差不大于 1 cm。

(3) 运输过程中不得随意弯折出头钢筋,以免发生断裂。

## 2.3.16 预制梁底部主筋控制标准

预制梁钢筋安装工艺:

### 1. 工艺流程

钢筋安装—放置垫块—封模—放置固定卡

### 2. 工艺操作标准

(1) **钢筋安装**:将绑扎好的钢筋运送至对应的台模处,然后将钢筋放置在安装好的模板上,并调整钢筋,控制钢筋间距。

(2) **放置垫块**:在梁底部与侧边放置垫块,控制保护层厚度,垫块间距 500 mm。

(3) **封模**:上述工序完成后,将梁主筋外伸钢筋处模板进行固定。

(4) **放置固定卡**:封模完成后,将固定卡放置在外伸钢筋处模板外侧,起到控制梁底部主筋间距的作用。

### 3. 质量品质标准

主筋间距允许偏差 $\pm 5$  mm。

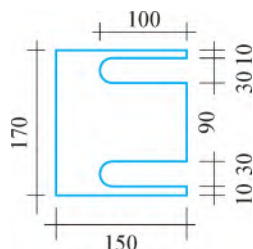


图 2-44 预制梁底部主筋固定卡

## 2.3.17 构件钢筋成品保护质量标准

现场视频



钢筋加工成型

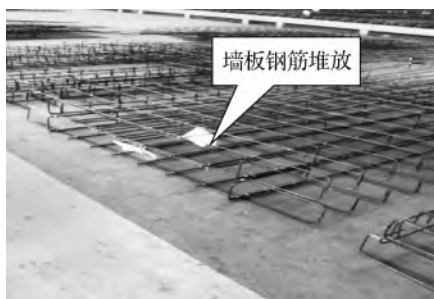


图 2-45 钢筋成品



图 2-46 钢筋分类堆放

### 1. 钢筋原材、半成品的吊运、储存

(1) 钢筋原材料进厂后,已检与未检的钢筋应分开堆放,不同规格的钢筋应分开堆放,钢筋堆放应制做专门的钢筋贮存架,钢筋贮存架的底部应离开地面 20 cm 以上,保证钢筋原

材料放贮存架后钢筋的中部及两端不与地面接触。

(2) 钢筋原材料应储存在加工车间内,防止钢筋淋雨表面发生锈蚀。

(3) 所在钢筋半成品应制做专门的料架进行存放,钢筋原材料经下料、弯曲等各道工序形成的半成品应挂牌分类存放入储存架。

(4) 钢筋半成品不得堆放于地面,不得与地面水或油污接触。

(5) 钢筋成品、半成品吊运过程应使用专用吊具,吊点选取应合理,吊运过程中钢筋成品、半成品不得变形。

### 2. 钢筋下料、弯弧、弯曲保护措施

(1) 接送料的工作台面应和切刀下部保持水平,加工过程中应有专人压住钢筋,防止钢筋发生扭曲。

(2) 严禁剪切直径及强度超过机械铭牌规定的钢筋,一次切断多根钢筋时,其总截面积应在规定范围内。

(3) 钢筋应平顺、匀速进入弯曲、弯弧机,弯芯轴直径不得小于钢筋直径的 2.5 倍,防止钢筋在弯制过程中产生裂纹。

(4) 应保证钢筋加工机械运转正常,防止因机械运转不正常造成钢筋半成品尺寸偏差。

(5) 应保持钢筋加工机械清洁,防止机械上油污污染钢筋。

### 3. 钢筋组装焊接保护措施

(1) 钢筋组装在专用靠模进行,各部件钢筋应对应正确安装,部件在靠模上摆放要平齐,部件与部件拼合必须稳固且成直角。

(2) 焊接电流应在合适范围内,不得过小或过大,防止假焊或烧筋。

### 4. 成品钢筋网片保护措施

(1) 成品钢筋网片应按型号挂牌分类堆放储存。

(2) 钢筋网片在运输、储存运输过程使用专用吊具,吊点及支撑点均应符合设计要求,吊运需轻起轻落,防止碰撞。

(3) 钢筋网片堆放最多不超过六层,每层之间使用垫木隔离,防止钢筋网片相互挤压碰撞。

(4) 钢筋网片储存堆放就位后,派专人进行维护看管,储存场周边设置栏杆防护,挂好标志。

## 2.3.18 叠合板钢筋桁架间距设置标准

### 1. 工艺流程

模板配模安装—模内清理—钢筋排布分线—桁架安装—主筋安装—检查验收

### 2. 工艺操作标准

(1) 叠合板侧模外伸胡子筋均采用电钻开孔,其中注意钢筋间距和保护层厚度根据设计要求控制准确。



图 2-47 叠合板桁架筋入模情况

(2) 台模面使用磨光机及抛光片进行打磨,根据构件尺寸放线。侧模安装好复核长宽尺寸,拉对角线,喷涂脱模剂。

(3) 拉尺分线用石笔划出桁架筋位置线。桁架应平直、无损伤,无几何形状变形现象,表面不得有油污、颗粒状或片状锈蚀。

(4) 钢筋桁架间距不得大于 600 mm,桁架间距的设置以满足板抗剪和叠合板吊装的要求,根据计算和构造确定桁架间距。

(5) 桁架钢筋与板主筋绑扎牢固,保护层垫块设置合理,间距符合设计要求。

### 3. 质量品质标准

- ① 模板宽度允许偏差 $\pm 1$  mm。
- ② 模板开孔间距允许偏差 $+5$  mm。
- ③ 保护层允许偏差 $+5$ 至 $-3$  mm。
- ④ 钢筋桁架间距 $\pm 10$  mm。

## 2.3.19 安装预留预埋质量控制标准

### 1. 3D 建模

图纸会审和图纸深化完成后,即开始 3D 建模。将机电安装的设备、管线在已完成的建筑 3D 数码模型建模,并结合装修等相关单位确定管道的标高、位置关系等。确定标高、位置关系时要充分了解现场安装的可行性,如采用不同于目前现场的施工工艺及时编制现场施工指导书;对于影响结构安全、装修效果的因素及时和结构、装修协调调整。

按照建筑的分解编号后的模块进行分解,确定位置;并绘制模块详图(成排管线需明确各种型号的管线位置),及时向厂内预留人员、现场安装人员交底。

### 2. 现场预制

#### (1) 叠合梁的预留预埋

叠合梁的预留预埋包括给水套管预留预埋及 PVC 线管预留预埋。

### 3. 工艺流程

准备—划线—定位—校正—检查验收

#### (1) 材料选用

PVC 线管、PVC 线管套管、PVC 给水套管、KBG 管、扎丝、铁模具、8 mm 通丝杆及 8 mm 钢筋。



图 2-48 给水套管

## (2) 施工工艺

### ① 给水套管

做法一：

A. 用 8 mm 钢筋制作两个“9”型箍筋，分别套在 PVC 给水套管两端将其固定。

B. 根据图纸，将制作好的 PVC 给水套管安放在预留位置，“9”型箍筋尾端钢筋绑扎在梁钢筋上。



图 2-49 “9”型箍筋固定给水套管

做法二：

A. 制作两块 3 mm 内接于 PVC 给水套管内径的方形铁板，中间开 8.5 mm 的圆孔。用一根铁管将两块铁板焊接在一起，制作成铁模具，模具总长度与梁宽度一致。

B. 根据图纸，在预埋给水套管的中心位置，开 8.5 mm 的圆孔。

C. 把制作好的铁模具事先放置于 PVC 给水套管内，用一根 8 mm 的通丝将给水套管及内部的铁模具一并固定在梁模具内。



图 2-50 8 mm 通丝固定给水套管于钢模上

### ② 线管

A. PVC 线管上端用一根辅助钢筋垂直绑扎固定在一起，形成一个“十”字型整体。

B. 根据图纸，安放 PVC 线管，并用扎丝将其上下固定在梁筋上。

C. 在浇筑混凝土前用胶带将管口封住。

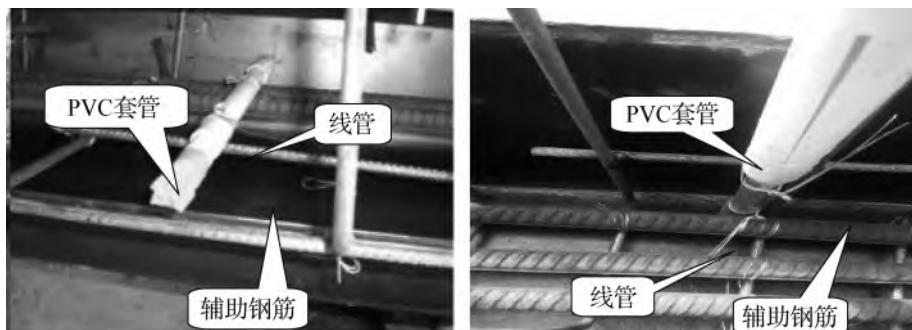


图 2-51 台模内辅助钢筋固定 PVC 套管

D. 成品示意图。

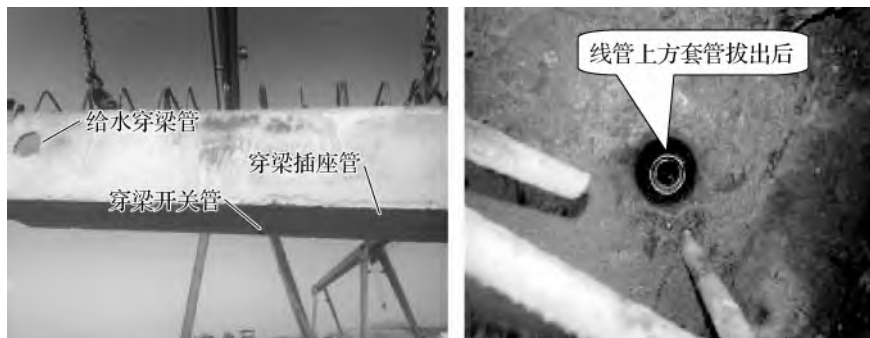


图 2-52 给水管与叠合梁一体化成型成品吊装

### (3) 质量控制

- ① PVC 管的定位要准确,偏差在 $\pm 10$  mm 以内。
- ② “9”型箍筋,圆端直径要略大于给水套管外径,直径偏差在 $\pm 10$  mm。
- ③ 开孔孔径,偏差在 $\pm 1$  mm。

### 4. 叠合板的安装预留预埋

叠合板安装预留预埋主要包括线盒的预埋、管套预埋、线管预留洞及排水管网洞预埋等。

#### (1) 工艺流程

准备—划线定位—设备安装—设备校正—检查验收

#### (2) 材料选用

86HS90 PVC 线盒、磁铁、12 mm 螺杆、12 mm 螺母、60 \* 60 铁片、86HS90 铁盒、50 \* 100 水泥套管、110 管套、50 管套 50 mm 高、50 管套 100 mm 高、直排地漏管套、相应的铁片等。



图 2-53 PVC 线盒、固定磁铁及固定件、铁盒、地漏、防水套管、固定件及水泥预块留洞

### (3) 施工工艺

#### ① 线盒的预埋

- A. 根据设计图纸,在叠合板钢筋完成验收之后,确定线盒的种类(PVC 线盒或铁盒)、线盒的通数并进行线盒定位。
- B. 放入磁铁固定器,磁铁固定器的中心必须放在线盒定位尺寸的中心位置。
- C. 放入线盒,并通丝、螺母将其与磁铁固定器连接在一起。

D. 根据图纸校核线盒的位置。



图 2-54 线盒预埋位置校核

### ② 管套预埋

- A. 根据图纸,在叠合板钢筋完成验收之后,确定地漏套管的形式并进行定位。
- B. 放入磁铁固定器,磁铁固定器的中心必须放在地漏定位尺寸的中心位置。
- C. 放入管套,并用专用的通丝、螺母和压板将其与磁铁固定器连接在一起。
- D. 根据图纸校核地漏套管的位置。

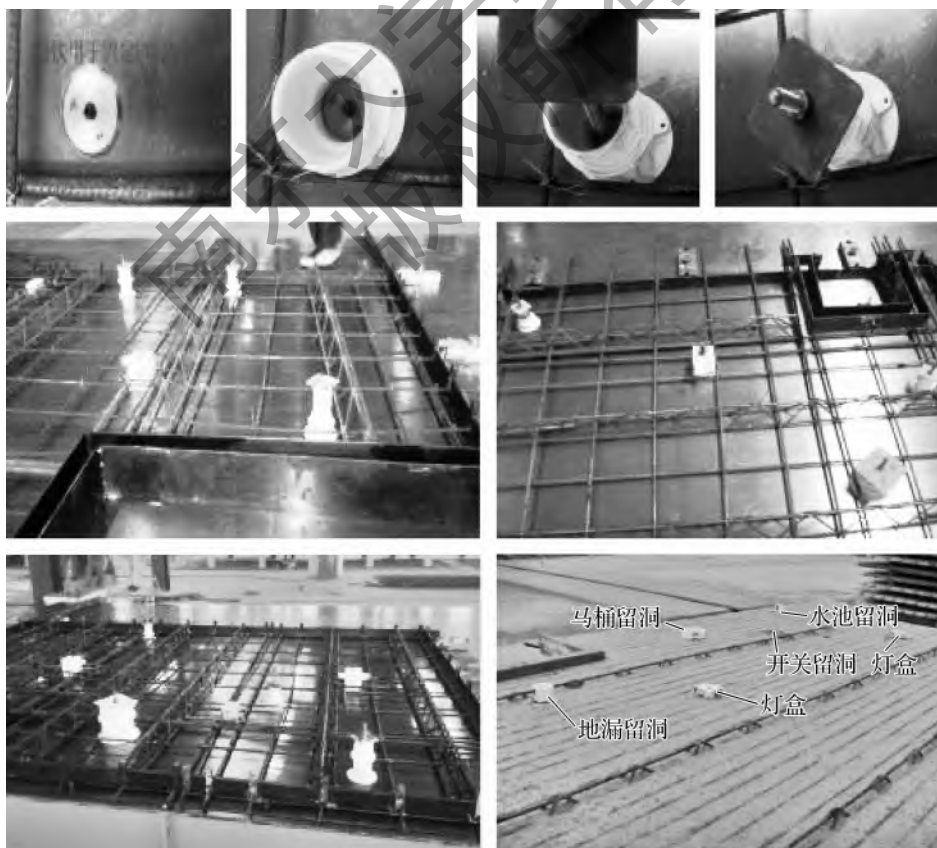


图 2-55 卫生间二次成型叠合板

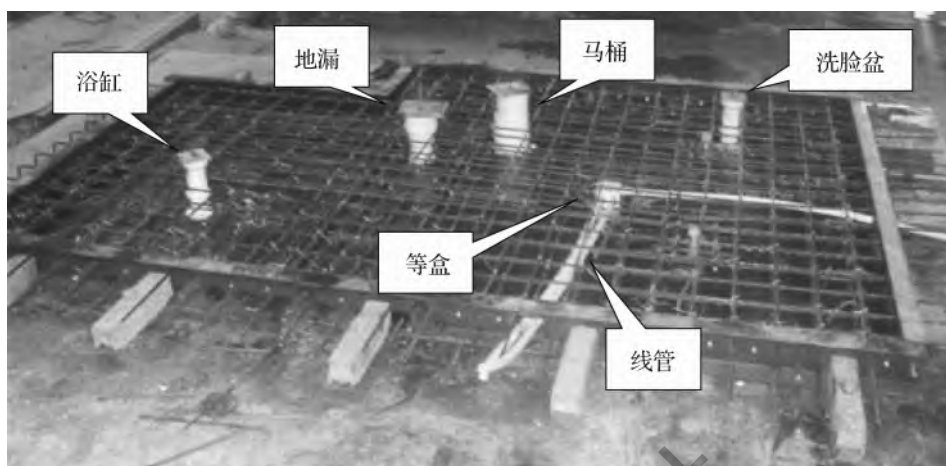


图 2-56 卫生间叠合板管线预埋

### ③ 电管预留洞

- A. 根据图纸,在叠合板钢筋完成验收之后,确定预留洞的数量以及预留洞的位置。
  - B. 将水泥预留套管,放入对应的位置,并进行固定。
  - C. 引至下面开关或插座水泥块留洞。
- ④ 根据图纸校核预留洞的位置

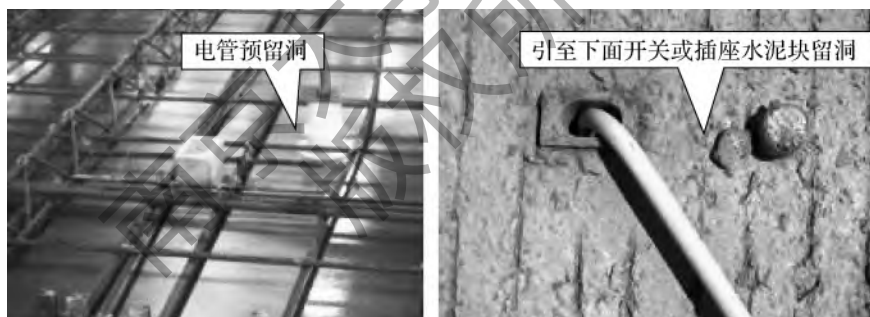


图 2-57 电管预留洞

### (4) 质量控制

- ① 线盒必须方正不得倾斜,凹进板面的尺寸控制在 1 cm 以内,线盒尺寸的安装偏差控制在 $\pm 5$  mm 以内。
- ② 地漏套管的安装,不得倾斜,尺寸的偏差应控制在 $\pm 5$  mm 以内。
- ③ 水泥预留套管的尺寸偏差应控制在 $\pm 5$  mm 以内。
- ④ 磁铁固定器与通丝、螺母连接必须牢固不得有松动。

### 5. 墙板安装预留预埋

墙板安装预留预埋主要包括线盒的预埋、强弱电箱的预埋、空调预留洞、等电位预埋及窗接地。

#### (1) 工艺流程

准备—划线定位—设备安装—设备校正—检查验收

## (2) 材料选用

PVC86 HS70 线盒、350 mm×200 mm×70 mm 预留接管口模具、150 mm×100 mm×70 mm 预留接管口模具、10 mm 螺杆、10 mm 螺母、PVC 线管、铁片、耐高温磁铁、LEB 盒、ADD 箱(网络信息箱)、PZ-30 箱(住户配电箱)、消防箱。



图 2-58 预制墙板内预留预埋所用材料

## (3) 施工工艺

### ① 线盒预埋

- A. 在墙板钢筋笼校正完毕,根据图纸选择线盒的类型、确定线盒的位置。
- B. 上部线盒在接好 PVC 管后,用扎丝将线盒固定在墙板钢筋笼上。下部线盒,在接好 PVC 管后,用螺杆将其与预留接管口模具连接,并准确固定在墙板钢筋笼上。
- C. 根据图纸进行定位校核。



图 2-59 上部线盒安装示意图



图 2-60 下部线盒安装示意图

### ② 强弱电箱预埋

- A. 根据图纸,选择合适的强弱电箱、确定安装位置。
- B. 在制作墙板钢筋笼时,预先留出强弱电箱大小的洞口。待墙板钢筋笼验收完毕后,将强弱电箱放入钢筋笼中。进行细部微调,直至电箱到达设计安装位置。
- C. 调整钢筋笼的预留洞,将电箱包在钢筋笼内部,接着进行 PVC 管的安装。上部强电电箱的上端 PVC 管安装,直接将 PVC 管穿出上模板,下端 PVC 管用螺杆将 PVC 管与 150 mm×100 mm×70 mm 预留接管口模具连接成整体,并固定在下模板上。下部弱电电箱的下端端安装好 PVC 管后,用螺杆将 PVC 管和 350 mm×200 mm×70 mm 预留接管口模具连接成整体,并固定在下模板上。
- D. 根据图纸复核电箱的位置。



图 2-61 PA-30 强电电箱的安装示意图

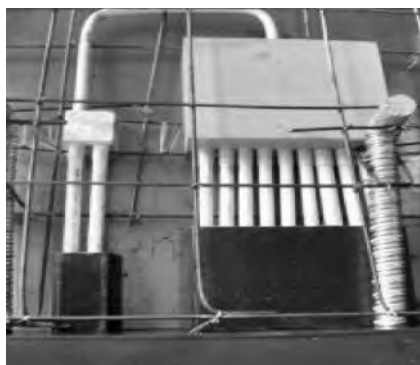


图 2-62 ADD 弱电箱安装示意图



图 2-63 电箱安装示意图

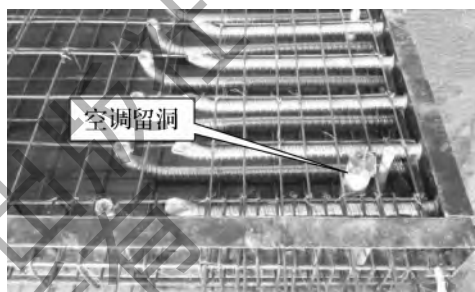


图 2-64 墙板内空调预留洞

- a. 根据图纸,确定空调预留洞的大小及位置。
- b. 依据预留洞的大小,制作相应的 PVC 管,将磁铁固定器安放在预留洞的中心位置。
- c. 用螺杆、螺母和铁片将 PVC 管与磁铁固定器连接成整体,固定在台模上。
- d. 根据图纸复核预留洞的位置。

### ③ 消防箱预埋

消防箱、预留接管口模具  $160\text{ mm} \times 400\text{ mm} \times 160\text{ mm}$  或预留接管口模具  $130\text{ mm} \times 130\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ 、10 mm 螺杆、10 mm 螺母、PVC 线管、铁片、支撑架、耐高温磁铁。

现场视频



磁铁盒



图 2-65 磁铁盒与支撑架



图 2-66 管子接口模具



图 2-67 消防箱就位



图 2-68 模具安装

- A. 根据图纸,选择合适的消防箱、确定安装位置,消防箱正面必须紧贴台模。
- B. 根据图纸尺寸在台模划线定位好磁铁盒,磁铁盒固定牢固,放入消防箱支撑架。
- C. 消防箱就位在磁铁盒位置,再用丝杆钢与磁铁盒固定牢固。
- D. 消防箱固定好进行模具的安装,消防箱下端用螺杆将预留接管口模具连接成整体。
- E. 等墙板钢筋就位后要复核消防箱尺寸是否偏移。

现场视频



吊点设置

### 2.3.20 预埋吊件、螺栓预埋标准做法及品质控制统一标准



图 2-69 吊件预埋



图 2-70 螺栓套筒

#### 1. 工艺流程

材料准备—绑扎吊件、焊接螺栓套筒—校正吊件、螺栓套筒的位置—检查验收—清理

#### 2. 工艺操作标准

(1) 螺栓套筒的规格根据构件详图自重的要求选择,自重超过两吨的构件使用 $\Phi 18$ 的吊钩,自重小于两吨的吊件采用 $\Phi 14$ 的吊钩,小于一吨的可使用 $\Phi 12$ 的吊钩。螺栓套筒的规格主要有两种:用于矫正墙板垂直度的支撑套筒使用 $\Phi 16$ 规格,用于预制楼梯吊运以及固定天沟等支架的使用 $\Phi 20$ 规格。套筒上表面用胶带封堵,防止混凝土进入套筒内部。

(2) 吊钩数量和平面位置严格按照图纸要求。

(3) 检查螺栓套筒的位置、规格、数量是否符合图纸设计要求。

(4) 振捣时,放料要求均匀,吊件和套筒部位振捣密实,振捣棒注意不要触碰以免产生位移。施工时注意不要破坏套筒包裹的胶带。

(5) 拆模时除去套筒表面的胶带,把螺栓拧在套筒中。

### 3. 质量品质标准

- (1) 吊钩顶端露出混凝土面 10 cm。
- (2) 螺栓套筒必须凹入混凝土面层 3~5 mm。
- (3) 螺栓套筒中心线位置误差不大于 5 mm。

## 2.3.21 波纹管预埋质量标准

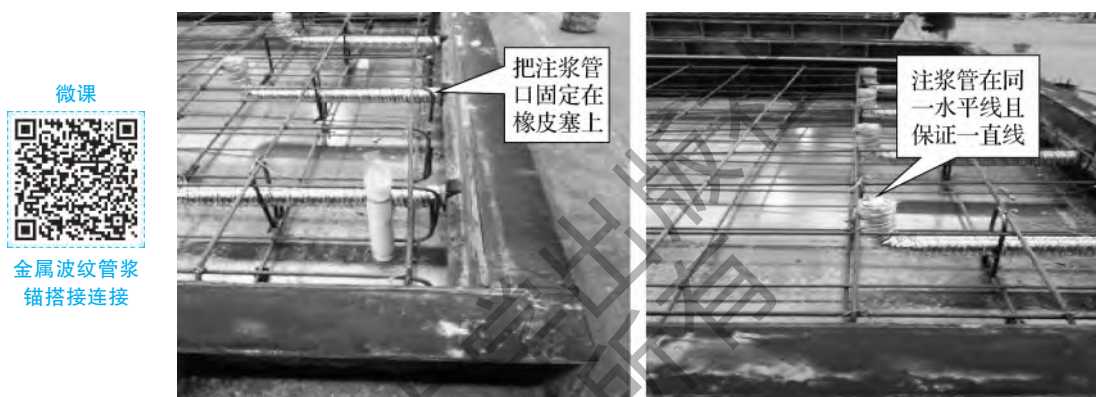


图 2-71 波纹管预埋



### 1. 工艺流程

放置波纹管—波纹管底口固定在橡胶塞上—波纹管绑扎在钢筋上—波纹管校正—检查验收

### 2. 工艺操作标准

- (1) **放置波纹管:**钢筋墙板笼子上上台模前,按图纸要求放置合适的波纹管。
- (2) **波纹管底口固定在橡胶塞上:**模板安装完成后,墙板底模上相应位置会固定橡胶塞,把先前放在钢筋笼子里的波纹管平直一头按图纸要求插入橡胶塞。
- (3) **波纹管绑扎在钢筋上:**按墙板水平筋间距绑扎牢固,弯头部分水平位置不得超过模板水平面,也不得低于模板水平面 3 mm。
- (4) **波纹管校正:**波纹管绑扎完成后,按照图纸要求进行校正。可以用一根长方管架在模板上,看波纹管是否超高或越低。
- (5) **检查验收:**质量验收时检查波纹管开口方向,高低水平度,绑扎是否牢固。

### 3. 质量品质标准

- (1) 波纹管管口面距混凝土面允许偏差 $\pm 3$  mm。
- (2) 各波纹管管口水平度 $\pm 3$  mm。
- (3) 波纹管口圆度不能有砸扁或者椭圆现象。
- (4) 绑扎必须牢固不能有松动现象。

### 2.3.22 芯片预埋质量标准



图 2-72 芯片现场埋放时间

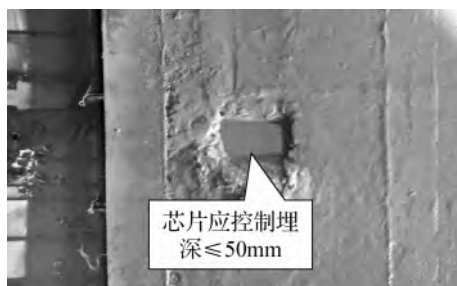


图 2-73 芯片埋放定位

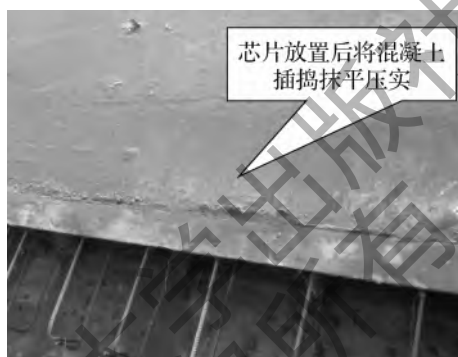


图 2-74 芯片埋放后插捣压实

构件信息芯片埋放工艺:

#### 1. 工艺流程

ERP 平台构件信息编写录入—芯片的构件信息加载—构件芯片的现场埋置—仪器读取确认—芯片位置校核、调整—芯片的统计记录

#### 2. 工艺操作标准

##### (1) ERP 平台构件信息编写录入

- ① 相应工程项目立项,根据项目生产总计划,编制月计划、周计划,计划平台审核。
- ② 平台 ERP 流程录入:构件配模派工、配模派工生产验收确认、构件生产各工种分别派工。
- ③ 根据设计部的设计图纸变更,及时编辑更新平台信息、芯片信息,做到平台信息与现场构件生产协调同步,实现动态管控,实时更新。

##### (2) 芯片的构件信息加载

- ① 根据构件生产计划并结合加工厂实际生产情况,适时进行芯片信息加载操作,以满足现场芯片放置进度需要。
- ② 加载操作过程中,在芯片上加注芯片对应构件的编号信息,做到一一对应,不重不漏。
- ③ 已加载信息的芯片,按构件类型、楼栋号的不同,分层归类存放。

### (3) 构件芯片的现场埋置

- ① 按构件每日的生产计划结合现场实际生产情况,埋置芯片。
- ② 在现场构件混凝土振捣后初凝前,将芯片埋放到位并将周边混凝土插捣密实,且水平放置,以便后期仪器探测及信息读取。

### (4) 芯片位置校核、调整

芯片埋放后,用手持终端机等设备对芯片进行试探读取,确认芯片放置到位,如未能成功读取,则及时进行调整。

### (5) 芯片的统计记录

对构件芯片从信息录入、分类存放、现场埋放的每部流程都应及时记录时间节点,整理统计台账,留底备查。

## 3. 质量品质标准

- (1) 芯片自身的信息存储、读取响应方面应满足信息录入及读取功能要求。
- (2) 对外侧保护层有破损的、在数据读存方面有问题的芯片一律不得使用。
- (3) 芯片应满足一定的耐碱、防水及抗张拉、扭曲性能,以适应混凝土中的作业环境。
- (4) 芯片埋设应与构件大面持平行放置,且距构件表面距离 $\leq 50$  mm。
- (5) 埋放时应尽量放置构件统一位置,以便后期探测读取。

## 2.3.23 填充墙预埋连接钢板预埋质量控制标准

### 1. 工艺流程

预埋钢板制作—绑扎预埋连接钢板—检查验收—拆除

### 2. 工艺操作标准

(1) 预埋连接钢板规格一般尺寸根据设计要求制作,其一侧表面焊接 4 根 100 mm 长锚固钢筋与墙板钢筋绑扎。

(2) 根据设计图纸的平面位置安装并调整好预埋连接钢板,要求与墙板钢筋绑扎牢固。

(3) 严格按照质量要求检查预埋连接钢板平面位置。采用 20 mm 厚木模板制作与预埋钢板面同尺寸的木板绑扎在钢板上表面,表面凹入混凝土面的深度为 20 mm,这样既不影响平仓,又能控制埋件深度。

(4) 浇筑混凝土时注意放料要均匀,振捣时不可触碰预埋件。如预埋钢板发生偏移及时采取措施调整就位。

(5) 构件起模前,拆除预埋连接钢板表面的模板,注意不可破坏钢板周边的混凝土。

### 3. 质量品质标准

- (1) 预埋连接钢板中心线位置允许误差不大于 3 mm。
- (2) 预埋连接钢板面内高差不大于 2 mm。



图 2-75 预埋连接钢板

### 2.3.24 构件构造措施控制标准

预制构件墙企口工艺：

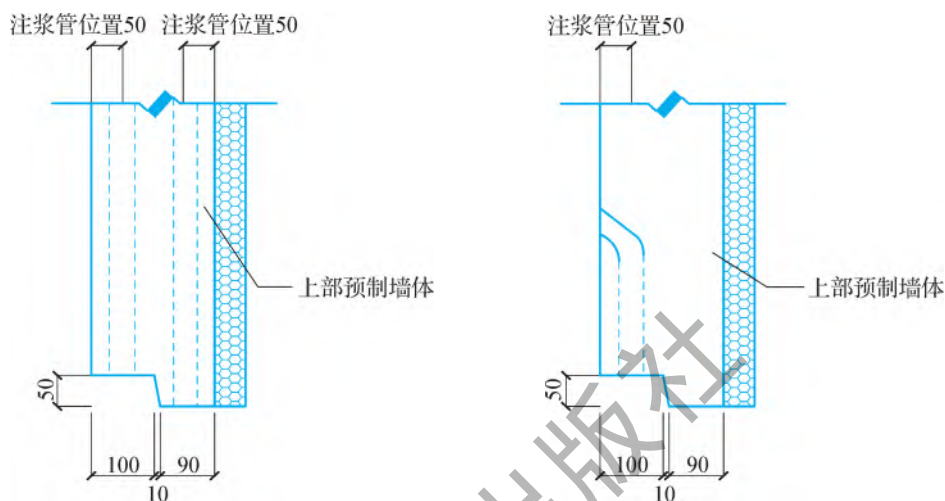


图 2-76 双排注浆管企口大样图

图 2-77 单排注浆管企口大样图

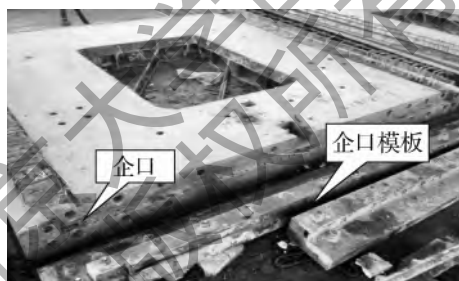


图 2-78 企口示意图

#### 1. 工艺流程

制作模具—放线—支模—模板校正—检查验收

#### 2. 操作工艺

- (1) 根据设计图纸制作企口模具,根据大样图设置顶部 90 mm 宽,底部 100 mm 宽,50 mm 高的梯形企口,形成 10 mm 斜坡,方便拆模。
- (2) 在台模上准确弹模板线,根据弹线安装模板。
- (3) 在模板安装完成后对模板进行校正,检验合格后方可进行下道工序。

#### 3. 质量要求

- (1) 企口模具应平整光洁,拆模时须小心,避免损坏构件。
- (2) 预留孔位置准确,偏差不得超过 $\pm 2$  mm。
- (3) 模板宽度允许偏差 $\pm 1$  mm。
- (4) 模板高度允许偏差 $-2$  mm。
- (5) 边肋平直度 $\leq 2$  mm。

### 2.3.25 门窗防水企口

预制构件窗洞企口工艺:

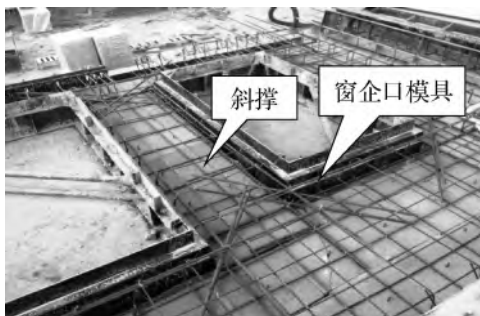


图 2-79 窗洞企口支模



图 2-80 窗洞企口成品示意图

#### 1. 工艺流程

制作模具—台模弹线—安装模具—模具校正—检查验收—浇筑混凝土—拆模

#### 2. 操作工艺

- (1) 根据图纸制作窗企口模具。
- (2) 在台模上准确弹出窗模具位置。
- (3) 根据弹线安装模具,定位须准确,在内部用高强磁铁固定。窗模具用斜撑固定,防止变形。振捣适中,避免因过度振捣产生窗模具的偏移。
- (4) 各分项工程检验合格后浇筑混凝土。
- (5) 窗企口模具在墙板起吊过程中拆模,墙板与台模面夹角为  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  为宜。

#### 3. 质量要求

- (1) 模板宽度允许偏差  $\pm 1\text{ mm}$ 。
- (2) 模板高度允许偏差  $-2\text{ mm}$ 。
- (3) 模板对角线差  $\leq 3\text{ mm}$ 。
- (4) 企口面平整度  $\leq 2\text{ mm}$ 。

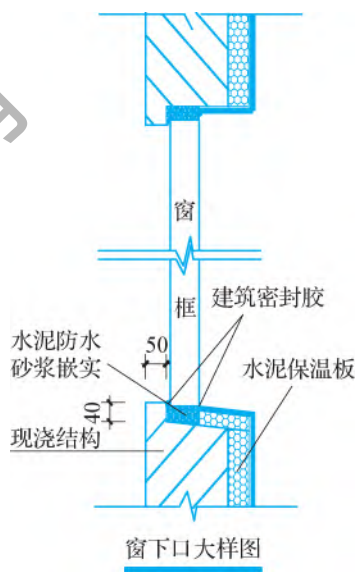


图 2-81 窗口大样图

### 2.3.26 抗剪键槽留置质量控制标准

构件的连接面、转角等处均需要留置抗剪键槽。根据连接部位的不同主要有两种不同的措施,可拆式槽型胶皮抗剪键(主用于侧边有外伸钢筋的暗柱剪力墙处,如图2-82所示)和钢筋三角铁毛面抗剪键槽(主用于侧边无外伸钢筋的填充墙等构件,如图2-83所示)。

### 1. 可拆式槽型胶皮抗剪键

#### (1) 制作工艺要求

采用 5 mm 钢板制作底部预留 5 cm, 胶皮抗剪键设置间距为 20 cm 一字居中排列, 使用沉头型螺栓两端锚固。如图 2-82 所示。

#### (2) 留置质量控制标准

① 抗剪键钢板要求平整、规则, 尺寸允许误差 3 mm。

② 抗剪键安装允许误差 5 mm, 要求安装牢固、连接紧密, 尺寸一致。

③ 安装时, 抗剪键与侧模板间隙值不大于 1.3 倍的钢筋直径, 以便模板拆卸安装、外伸钢筋的调整。

④ 抗剪键处混凝土需加强振捣, 保证构件成型后外观质量。

⑤ 抗剪键拆除需在其他侧模板拆除以后进行, 注意拆除过程对抗剪键和混凝土表面的保护。

### 2. 一体化铁质三角抗剪键

#### (1) 制作工艺要求

侧模和抗剪键一体化。侧模两端预留 10 cm, 100 mm×30 mm×3 mm 三角铁间距 15 cm 一字居中焊接于侧模。相邻三角铁间垂直均匀并排焊接 4 根 15 cm 长钢筋。如图 2-83 所示。

#### (2) 质量控制标准

① 抗剪键焊接位置尺寸允许误差 5 mm, 分布钢筋焊接位置尺寸分布均匀。

② 焊点要求其表面处理平整、光滑, 保证出模外观质量。

③ 抗剪键处加强振捣密实, 保证构件成品质量。

④ 拆除时, 避免抗剪键破坏混凝土, 影响外观质量。

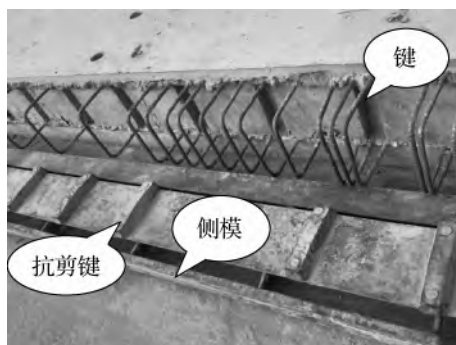


图 2-82 可拆式槽型胶皮抗剪键

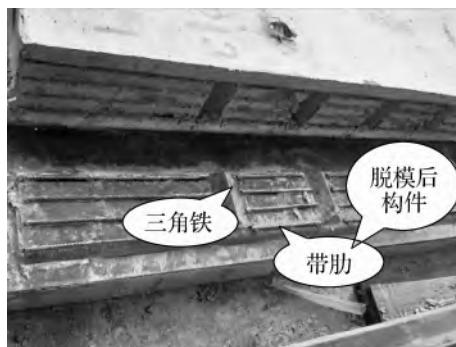


图 2-83 钢筋三角铁毛面抗剪键槽

## 2.3.27 构件悬挑梁加固措施质量控制标准

由于构件生产运输过程中, 均是平放, 构件起吊、安装均受较大的侧向力, 挑梁易产生断裂。现考虑在构件拆模后, 采用必要的措施进行加固, 以确保构件成品保护的有效落实。

### 1. 制作要求

统一采用 100 mm×48 mm×5.3 mm 规格的槽钢, 槽钢两端各居中制作一道 150 mm×15 mm 大小的空槽。

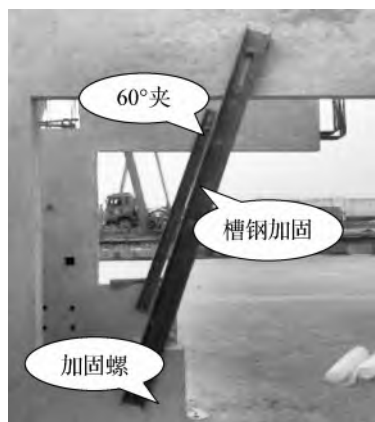


图 2-84 悬挑梁加固

## 2. 施工工艺流程和要求

钢筋入模后定位—预埋套筒固定—螺孔清理—放置加固槽钢—添加垫片—安装螺栓、拧紧

(1) 螺栓规格为 M10×30, 选用配套螺纹套筒。

(2) 螺栓套筒预埋深度不得高出混凝土面层, 凹入混凝土内 3~5 mm, 浇筑完成后孔内及周边及时清理要求干净无杂物。

(3) 依相关紧固件标准, 选用金属垫片, 外径不大于槽钢内壁尺寸。

(4) 根据结构设计, 螺栓套筒位置根据构件详图标注的施工定位, 加固槽钢宜 1.5 m 为宜, 约至构件中心线位置附近, 夹角宜为 45°~60°为宜。

## 3. 加固措施质量控制标准

(1) 构件出模起吊前, 即进行槽钢安装。

(2) 螺栓套筒预留位置尺寸允许偏差 5 mm, 要求垂直, 在混凝土表面以下 3~5 mm。

(3) 槽钢预留空槽尺寸允许误差 3 mm, 表面打磨平整, 没有毛刺。

(4) 不同尺寸悬挑梁, 选用符合要求长度的槽钢进行安装加固。

(5) 槽钢倾斜夹角取 45°~60°, 要求放置平整, 连接紧固。

(6) 螺栓安装要求牢固, 槽钢和混凝土面不会有滑动现象。

## 2.3.28 预制填充墙竖向拼缝侧面混凝土粗糙面质量控制标准

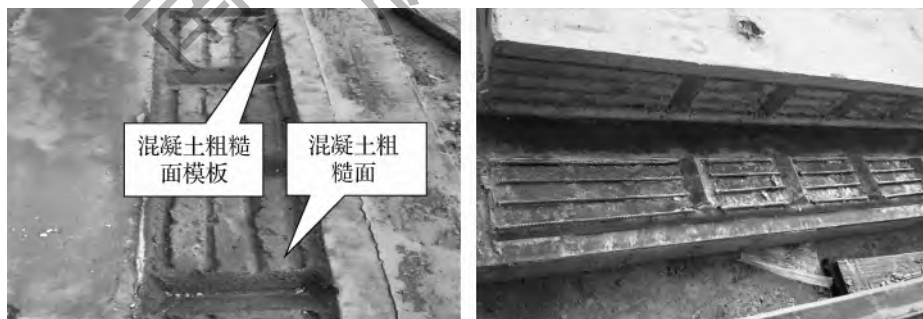


图 2-85 预制填充墙竖向拼缝侧面混凝土粗糙面

### 1. 工艺流程

模板加工—清理—刷涂脱模剂—模板支设—拆模

### 2. 工艺操作标准

(1) 侧模加工, 在侧模上焊接 6 mm 螺纹钢长 20 cm, 4 根, 一字排布于每个抗剪键之间。

(2) 每次模板用过及时清理, 保持螺纹钢本身以及每两根钢筋之间的干净, 不得有残留混凝土, 影响粗糙面效果。

### 3. 质量品质标准

- (1) 侧模钢筋焊接顺直。
- (2) 每次用后,及时清理干净侧模。

## 2.3.29 外墙板保温板反打质量控制标准



图 2-86 台模清扫

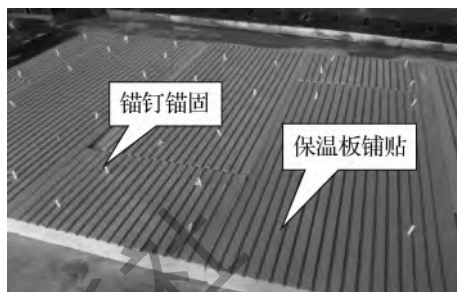


图 2-87 保温板铺贴

外墙板保温板反打施工工艺:

#### 1. 工艺流程

台模清扫—保温板裁剪—保温板铺设—检查验收

#### 2. 工艺操作标准

(1) 清扫台模,做到台模内无油污、混凝土残渣等残留。根据图纸确定需要铺贴外保温的部位。对于需要铺贴保温板的部位严禁涂刷脱模剂,必要时应用塑料薄膜覆盖该部位。

(2) 根据图纸确定具体铺贴外保温板的尺寸裁剪保温板。

(3) 对裁剪完成的保温板插入保锚钉,要求对 EPS(模塑聚苯乙烯泡沫保温板)、XPS(挤塑式聚苯乙烯隔热保温板)插入锚钉数量以控制在每平方 7~10 个,对发泡水泥基保温板锚钉控制数量为墙高 20 m 以下每平方 4~5 个、20 m 以上每平方 7~9 个。

(4) 在构件模板内铺设保温板,铺设时注意保护保温板的完整性和保证保温板的干净整洁。

(5) 铺设完成后检查验收合格后,在进入下道施工程序。对于发泡保温板要求浇筑混凝土前适当浇水湿润。

#### 3. 质量品质标准

- (1) 保温板干净整洁、无油污、无损伤。
- (2) 保温板之间空隙 $\leq 1$  mm。
- (3) 平整度 $\leq 3$  mm。
- (4) 立面垂直 $\leq 3$  mm。
- (5) 阴、阳角方正 $\leq 1$  mm。
- (6) 锚钉锚出长度 $\geq 25$  mm。

## 2.3.30 模板质量控制标准

模板尺寸精度控制质量标准:



图 2-88 模板

### 1. 工艺流程

模板下料—材料准备—配模—模板安装—检查验收

### 2. 工艺操作标准

(1) 配模人员根据设计图纸首先了解设计意图和质量控制要点,由技术和质量人员组织开展研讨会,进行施工交底。

(2) 材料准备:根据构件的型式,准备配模所用的材料,叠合板采用 3 mm 厚角钢,梁和墙板的侧模选用的钢板厚度不小于 5 mm。

(3) 严格按照图纸的设计要求配制,侧模高度一致上边平整,背肋间距 500 mm,焊点均匀饱满,模板表面平整光滑,不弯曲。

(4) 严格检查模板的宽度、高度、平整度是否符合质量标准。检查合格后方可使用。

(5) 模板严禁上油过多,使用沾油抹布涂抹均匀,表面存在一层油膜即可。

(6) 模板安装前先在台模上放线,复核无误后进行模板安装。要求连接牢固,贴合一致无错缝。

### 3. 质量品质标准

(1) 模板宽度允许偏差 $\pm 1$  mm。

(2) 模板高度允许偏差 $-2$  mm。

(3) 模板面平整度 $\leq 2$  mm。

(4) 相邻面板拼缝高低 $\leq 0.5$  mm。

(5) 模板对角线差 $\leq 3$  mm。

(6) 边肋平直度 $\leq 2$  mm。

## 2.3.31 防漏浆质量控制标准

侧模和台模接触面为保证安装牢固,接缝位置密闭不漏浆,是确保构件成型质量的重要措施。做好模板拼接和侧模与台模面的防漏浆处理。

### 1. 施工工艺

侧模板清理—贴海绵条—台模面清理—安装模板、固定模板

### 2. 质量控制标准

(1) 侧模板要求清理干净、打磨光滑,同时检查侧模的平整度,否则予以校正。

(2) 台模面清理干净、打磨抛光,台模面要平整,靠尺和水准仪检查。

(3) 海绵条规格严格控制,粘贴顺直,内外侧与侧模面齐平,宽度不小于 1 cm,与台磨面贴合良好。



图 2-89 海绵条防漏浆

- (4) 海绵条无法满足密闭要求的采用打胶的方法密闭处理,保证均匀、连续、无缝隙。
- (5) 侧模安装要求紧贴粘牢,海绵条要求被填充在缝隙内。

### 2.3.32 抗剪键部位

抗剪键部位主要针对可拆式槽型胶皮抗剪键做质量控制和技术方案的改进。因外伸封闭箍筋的影响,为了防漏浆需要进行抗剪键部位的优化。

#### 1. 施工工艺

安装、固定侧模—安装抗剪键连接模板—抗剪键模板调整、固定

#### 2. 质量控制标准

- (1) 钢筋绑扎应符合要求间距符合设计,外伸长度一致。
- (2) 抗剪键在侧模上应牢固,使用螺帽与钢板锚固。侧模上留置钢板肋以间距 30 cm 均匀设置,以抵挡浇筑混凝土时产生的侧向移位。
- (3) 抗剪键安装位置应严格控制,上下间隙不得大于外伸钢筋直径的 1.3 倍,内外两块模板表面齐平,不得有错缝。

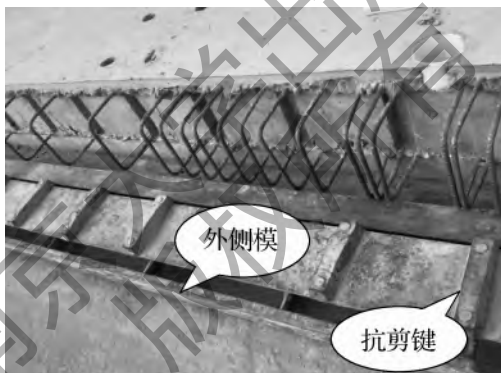


图 2-90 墙板侧边抗剪键槽

### 2.3.33 外伸钢筋处

构件外伸钢筋模板开洞直径为 3 cm,做好留洞位置的防漏浆处理是施工工艺的核心。本施工工艺采用橡皮塞堵塞的方法进行防漏浆处理。橡皮塞规格:圆台形,长边直径 3.5 cm,短边直径 2.5 cm,内孔径 8 mm。

#### 1. 施工工艺

放置钢筋—安装模板—安装橡皮塞

#### 2. 质量控制标准

- (1) 模板安装允许误差 3 mm,要求安装牢固,不能出现跑模、胀模。
- (2) 橡皮塞要求紧密、无缝隙,上下两半橡皮塞卡合牢固,深度一致。



图 2-91 台模外侧边防漏浆橡皮塞

### 2.3.34 标识、标志、标准

企业 LOGO 样式标准、构件合格标志样式标准、构件编号设置样式部位标准。

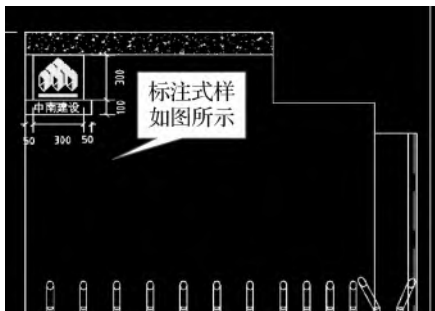


图 2-92 企业 LOGO 样式标准

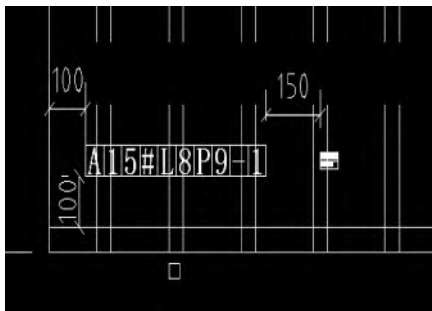


图 2-93 构件合格标志样式标准

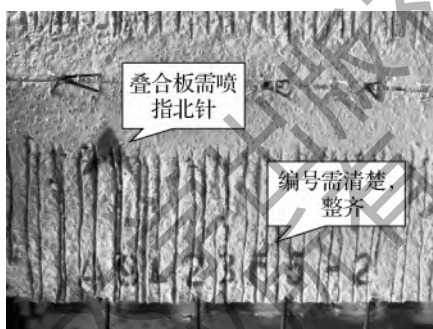


图 2-94 叠合板标识



图 2-95 叠合板位置标识



图 2-96 叠合板标注式样

#### 1. 工艺流程

模板拆除—核对图纸—标志涂喷—检查验收

#### 2. 操作规程

(1) 模板拆除完成, 拆除过程中确保成品质量。

(2) 针对构件, 核对图纸, 确定构件编号, 方能喷涂。

(3) 墙板上必须喷上 LOGO, 标志尺寸如上图 2-92 所示, 编号位置放置在左下角处; 叠合板上必须喷上指北针, 指北针在编号上方 10 cm 左右, 具体编号位置如上图 2-93 所示, 编号位置放置在叠合板的一角; 梁构件考虑到编号涂喷有所限制, 建议使用记号笔编写,

编号编写在梁两侧下部,标注好指北针。所用喷涂材料使用蓝色喷漆为宜。

(4) 由质检员进行编号检查,对构件编号不符合要求的,限时整改。构件检验合格后再编号右边 15 cm 处。

### 3. 质量品质标准

(1) LOGO 放置平直,LOGO 放置在墙板的左上角,如果存在门窗洞口等影响到 LOGO 放置,避开门窗洞进行设置,喷涂清楚,位置明显,放置端正。

(2) 墙和板编号放置平直,需喷涂清楚,位置明显,放置端正,不得遗漏个别编号。

(3) 质检员验收,核对好图纸,确保编号无错误。

## 2.3.35 构件出厂合格证填写标准

预制装配整体式剪力墙结构体系工程  
混凝土预制构件出厂合格证

合格证编号: A120130110

工程名称	沈阳中南世纪城 A1#楼		生产单位	中南建设(江苏)建筑产业有限公司	
使用部位	A1#楼八层		使用单位	中南建设(江苏)建筑产业有限公司	
构件名称	叠合板墙梁 楼梯		生产班组/批次	20130110	
生产日期	2013.1.10	出厂日期	2013.3.11	出厂楼层 (d)	62
主要质量技术指标	构件名称	设计强度	检验项目	检查结果	
	叠合板、楼梯	C30	脱模强度、安装强度、28d 抗压强度	合格	
	墙板、梁	C30			
	设计	长(±5)	宽(±5)	高(厚)(±5)	检查结果
尺寸规格	实测值	3	4	22	合格
	钢筋	牌号为 HRB235 的钢筋有 $\Phi 6$ 、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 10$ 复试合格,牌号为 HRB400 的钢筋有 $\Phi 6$ 、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 10$ 、 $\Phi 12$ 、 $\Phi 14$ 、 $\Phi 16$ 、 $\Phi 18$ 、 $\Phi 20$ 、 $\Phi 22$ 、 $\Phi 25$ 复试合格。			
预埋预埋	合格				
外观质量	合格				
出厂质量评定意见	内容	资料份数	检查结果		
	各种原材料质量证明文件及试验报告	1	合格(厂内保存)		
	混凝土预制构件合格证汇总表、钢筋隐蔽验收记录	1	合格(厂内保存)		
混凝土预制构件检验批质量验收记录		合格(厂内保存)			
出厂质量评定意见	合格		生产单位:	中南建设(江苏)建筑产业有限公司 (盖章)	

技术负责人: \_\_\_\_\_ 质检员: \_\_\_\_\_ 日期: 2013年3月11日  
说明: 以每天同一工序中抽查的构件为 1 个检验批。

图 2-97 预制构件出厂合格证

## 思考练习题

1. 简述采用蒸汽养护的基本规定。
2. 简述预制构件仿石饰面工艺要求。
3. 简述预制石材倒模反打工艺。
4. 简述固定台模蒸汽养护工艺要求。
5. 简述叠合板机械拉毛工艺要求。
6. 简述叠合板桁架筋间距设置标准。