

“十三五”国家重点出版物出版规划项目  
装配式混凝土结构工程理论及关键技术丛书

# 装配式混凝土预制构件 制作与运输

主 编 吴耀清 鲁万卿  
副主编 赵冬梅 陈孝珍



“十三五”国家重点出版物出版规划项目  
装配式混凝土建筑基础理论及关键技术丛书

# 装配式混凝土预制构件 制作与运输

主 编 吴耀清 鲁万卿  
副主编 赵冬梅 陈孝珍

黄河水利出版社  
· 郑 州 ·

## 内 容 提 要

本书根据现行技术标准及施工单位生产实践编写,比较系统地阐述了装配式混凝土预制构件制作与运输各环节的工作内容,包含了丰富的图片和视频等资料,并配有案例分析及习题,可实现二维码在线学习。本书主要分为六个模块:第一,工厂布置及制作工艺;第二,构件深化设计及制作;第三,构件存放及运输;第四,信息化技术应用;第五,质量控制、安全文明施工及环境保护;第六,资料管理。

本书可作为装配式混凝土建筑从业人员培训学习的专业资料,还可作为大、中专院校建筑工程相关专业学生学习的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

装配式混凝土预制构件制作与运输/吴耀清,鲁万卿  
主编. —郑州:黄河水利出版社,2017. 12  
(装配式混凝土建筑基础理论及关键技术丛书)  
“十三五”国家重点出版物出版规划项目  
ISBN 978 - 7 - 5509 - 1947 - 1

I. ①装… II. ①吴… ②鲁… III. ①装配式混凝土结构-装配式构件-制作 ②装配式混凝土结构-装配式构件-运输 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 331342 号

策划编辑:谌莉 电话:0371-66025355 E-mail:113792756@qq.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhs1cbs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13.5

字数:330 千字

印数:1—4 000

版次:2017 年 12 月第 1 版

印次:2017 年 12 月第 1 次印刷

定价:49.00 元

“十三五”国家重点出版物出版规划项目  
装配式混凝土建筑基础理论及关键技术丛书  
编审委员会

主任:焦安亮

副主任:崔恩杰

委员:(按姓氏笔画为序)

王 军	王红平	冯大阔	孙钢柱	孙耀乾
李乃红	吴耀清	张中善	张海东	张献梅
张 鹏	陈晓燕	庞 瑞	赵 山	赵冬梅
郜玉芬	顿志林	黄延铮	鲁万卿	路军平
樊 军				



## 序

党的十八大强调,“坚持走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路。”十八大以来,习近平总书记多次发表重要讲话,为如何处理新“四化”关系、推进新“四化”同步发展指明了方向。推进新型工业化、信息化、城镇化和农业现代化同步发展是新阶段我国经济发展理念的重大转变,对于我们适应和引领经济新常态,推进供给侧结构性改革,切实转变经济发展方式具有重大战略意义,是建设中国特色社会主义的重大理论创新和实践创新。

在城镇化发展方面着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展,尽可能减少对自然的干扰和损害,节约集约利用土地、水、能源等资源。2016年印发了《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》,明确要求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%。住房和城乡建设部又先后印发了《“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》等文件,全国部分省、自治区和直辖市也印发了各省(区、市)装配式建筑发展的实施意见,大力发展装配式建筑是促进建筑业转型升级、实现建筑产业现代化的需要。

发展装配式建筑本身是一个系统性工程,从开发、设计、生产、施工到运营管理整个产业链必须是完整的。企业从人才、管理、技术等各个方面都提出了新的要求。目前,装配式建筑专业人才不足是装配式建筑发展的重要制约因素之一,相关从业人员的安全意识、质量意识、精细化意识与实际要求存在较大差距。要全面提升装配式建筑质量和建造效率,大力推行专业队伍建设已刻不容缓。这就要求我们必须建立装配式建筑全产业链的人才培养体系,须对每个阶段各个岗位的技术、管理人员进行专业理论与技术培训;同时,建筑类高等院校在专业开设方面应向装配式建筑方向倾斜;鼓励社会机构开展装配式建筑人才培养,支持有条件的企业建立装配式建筑人才培养基地,为装配式建筑健康发展提供人才保障。

近年来,在国家政策的引导下,部分科研院校、企业、行业团体纷纷进行装配式建筑技术和人才培养研究,并取得了丰硕成果。此次由河南省建设教育协会组织相关单位编写的装配式混凝土建筑基础理论及关键技术丛书就是在此背景下应运而生的成果之一。依托中国建筑第七工程局有限公司等单位在装配式建筑领域20余年所积蓄的科研、生产和装配施工经验,整合国内外装配式建筑相关技术,与高等院校进行跨领域合作,内容涉及装配式建筑的理论研究、结构设计、施工技术、工程造价等各个专业,既有理论研究又有实际案例,数据翔实、内容丰富、技术路线先进,人工智能、物联网等先进技术的应用更体现了多学科的交叉融合。本丛书是作者团队长期从事装配式建筑研究与实践的最新成果展示,具有很高的理论与实际指导价值。我相信,阅读此书将使众多建筑从业人员在装配式建筑知识方面有所受益。尤其是,该丛书被列为“十三五”国家重点出版物出版规划项目,说明我们工作方向正确,成果获得了国家认可。本丛书的发行也是中国建设教育协会在装配式建筑人才培养实施计划的一部分工作,为协会后续开展大规模装配式建筑人才培养做了先期探索。

期待丛书能够得到广大建筑行业从业人员,建筑类院校的教师、学生的关注和欢迎,在



分享本丛书提供的宝贵经验和研究成果的同时,也对其中的不足提出批评和建议,以利于编写人员认真研究与采纳。同时,希望通过大家的共同努力,为促进建筑行业转型升级,推动装配式建筑的快速健康发展做出应有的贡献。

中国建设教育协会

二零一七年十月于北京



## 前 言

装配式建筑具有“标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用”等特点。发展装配式建筑有利于提升建筑品质、实现建筑行业节能减排和可持续发展的目标,符合“绿水青山就是金山银山”的科学理念。随着中共中央、国务院《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》和国务院办公厅《关于大力发展装配式建筑的指导意见》等文件的相继出台,大力发展装配式建筑已成为国家中长期发展战略。

人才的培养与储备是发展装配式建筑的重要保障和关键要素。目前,建筑行业急需一大批新型装配式建筑的相关技术和管理人才,而中、高等院校开展装配式建筑相关课程较少,出现了行业需求与人才培养脱节的现象。为解决装配式建筑教材紧缺问题,河南省建设教育协会组织中国建筑第七工程局有限公司(以下称中建七局)与相关高校合作,编制了《装配式混凝土预制构件制作与运输》教材,以加快装配式建筑相关技术人才培养步伐。

本教材以培养建筑产业化工人和管理人员为目标,以中建七局装配式建筑产业基地实践为基础,结合现行国家、行业、地方及企业技术标准,系统阐述了工厂布置及制作工艺、构件深化设计及制作、构件存放及运输、信息化技术应用、质量控制、安全文明施工及环境保护、资料管理等内容。

本书图文并茂、案例丰富、可操作性强,大部分内容为国内同类教材首次采用,对有志于从事装配式建筑相关职业的工程技术人员及大、中专院校学生具有一定的指导作用。

本书由吴耀清、鲁万卿担任主编,赵冬梅、陈孝珍担任副主编。其他参编人员有魏金桥、郭壮雨、田培园、冯林、李胜杰、孟旭、贺新辉、缪金良、詹立、杜珂、韩超、崔凯、赵晋、王炎、周支军、李佳男、杨松强。在本书的编写和出版过程中得到了参编单位和有关领导的大力支持和帮助,“十三五”国家重点研发计划项目“装配式混凝土工业化建筑高效施工关键技术与示范”(项目编号:2016YFC0701700)提供了最新研究成果,在此表示衷心的感谢。

限于作者的学术水平及工程实践方面的能力,书中难免存在疏漏与不足之处,真诚欢迎广大读者批评指正。

作 者

2017年10月



# 目 录

序	刘 杰
前 言	
第一章 工厂布置与制作工艺 .....	(1)
第一节 工厂布置 .....	(3)
第二节 制作工艺 .....	(8)
第三节 车间布置 .....	(12)
习 题 .....	(15)
第二章 深化设计与模具设计 .....	(17)
第一节 构件设计 .....	(17)
第二节 整体预制卫生间 .....	(27)
第三节 模具设计 .....	(29)
习 题 .....	(30)
第三章 制作准备 .....	(32)
第一节 生产准备 .....	(32)
第二节 技术准备 .....	(34)
第三节 工装准备 .....	(37)
第四节 原材准备 .....	(56)
习 题 .....	(63)
第四章 构件制作 .....	(65)
第一节 设备的使用 .....	(65)
第二节 模具安装 .....	(91)
第三节 钢筋与预埋件制作安装 .....	(96)
第四节 混凝土浇筑与养护 .....	(100)
第五节 成品防护 .....	(103)
第六节 典型构件制作介绍 .....	(104)
习 题 .....	(108)
第五章 工序与成品质量验收和缺陷修复 .....	(110)
第一节 工序质量验收 .....	(110)
第二节 模 具 .....	(115)
第三节 钢 筋 .....	(117)
第四节 预应力构件 .....	(118)
第五节 混凝土施工、养护及脱模 .....	(119)
第六节 成品预制构件 .....	(121)
第七节 构件一般缺陷修复 .....	(127)





习 题 .....	(128)
<b>第六章 构件存放及运输 .....</b>	<b>(130)</b>
第一节 预制构件厂内转运 .....	(130)
第二节 预制构件存放 .....	(131)
第三节 预制构件厂外运输 .....	(134)
第四节 工程案例 .....	(138)
习 题 .....	(145)
<b>第七章 预制构件生产信息化管理 .....</b>	<b>(146)</b>
第一节 生产管理系统 .....	(146)
第二节 BIM 技术应用 .....	(158)
习 题 .....	(168)
<b>第八章 资料管理与交付 .....</b>	<b>(170)</b>
第一节 制作准备阶段资料 .....	(170)
第二节 制作过程阶段资料 .....	(175)
第三节 成品交付阶段资料 .....	(176)
习 题 .....	(178)
<b>第九章 安全文明施工与环境保护 .....</b>	<b>(180)</b>
第一节 安全生产 .....	(180)
第二节 预制构件厂文明施工措施 .....	(191)
第三节 环境保护和职业健康安全 .....	(192)
习 题 .....	(197)
<b>习题参考答案 .....</b>	<b>(199)</b>
<b>附 表 .....</b>	<b>(203)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(204)</b>



# 第一章 工厂布置与制作工艺

## 教学要求

1. 了解预制构件工厂布置的基本原则和要求。
2. 熟悉固定模台生产线和移动模台生产线制作工艺流程。
3. 掌握墙板生产线、叠合板生产线、钢筋生产线的工艺流程。

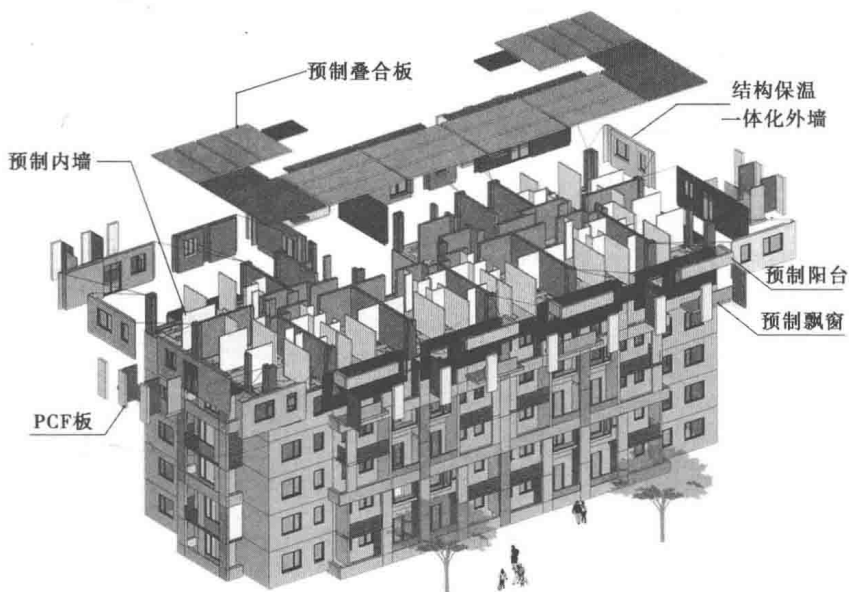


二维码 1-1

装配式建筑是结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。按结构材料分,包括装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑、装配式木结构建筑和装配式复合材料建筑等。与传统建造模式不同,装配式建筑特征是标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理和智能化应用,通过工业化、信息化深度融合,对建筑全产业链进行更新、升级和改造,实现建筑生产方式根本转变和科技进步,实现环境友好、节能减排和质量提升。

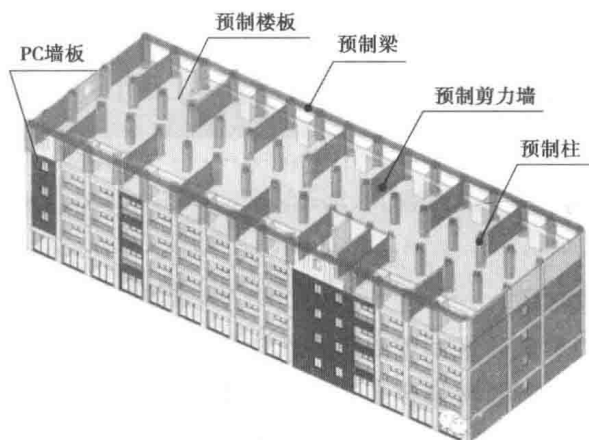
装配式建筑宣传片

装配式混凝土建筑是由预制混凝土构件(Precast Concrete Component,简称 PC 构件)通过可靠的连接方式装配而成的,与汽车、电脑等现代工业产品一样,是将建筑物拆分为单个构件(如图 1-1 所示),并在现代化工厂加工生产,之后运输到施工现场,通过装配技术拼装组合形成产品——建筑物。



(a)

图 1-1 结构模块化示意图



(b)

续图 1-1

装配式建筑不是新概念新事物,中国的木结构庙宇(见图 1-2)和宫殿等,都是在加工工场把石头构件凿好,或把木头桩、梁、斗拱等构件制作好,在现场以可靠的方式连接安装;世界上第一座现代建筑——1851 年伦敦博览会主展览馆——“水晶宫”(见图 1-3)就采用了



图 1-2 装配式建筑——五台山唐代庙宇

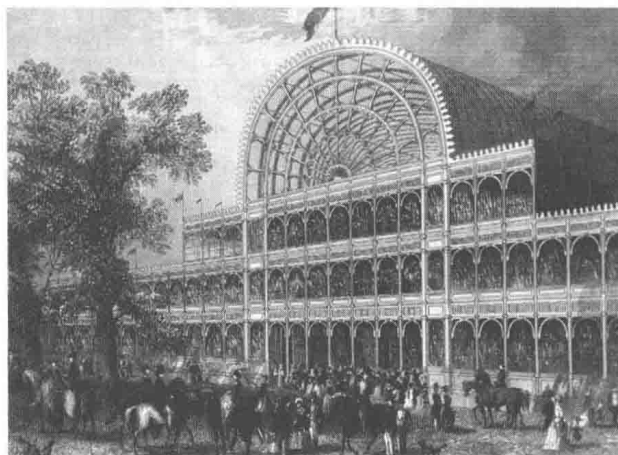


图 1-3 装配式建筑——水晶宫



装配式建筑技术,先在工厂制作好铸铁梁柱,在玻璃工厂按设计规格制作好玻璃,然后运到现场装配,这是世界上最早的装配式钢结构金属幕墙工程;1931年建造的帝国大厦(见图1-4),共102层,高达381 m,历时410 d,平均4 d一层,预制件主要包括了PC楼板、PC楼梯以及PC幕墙。

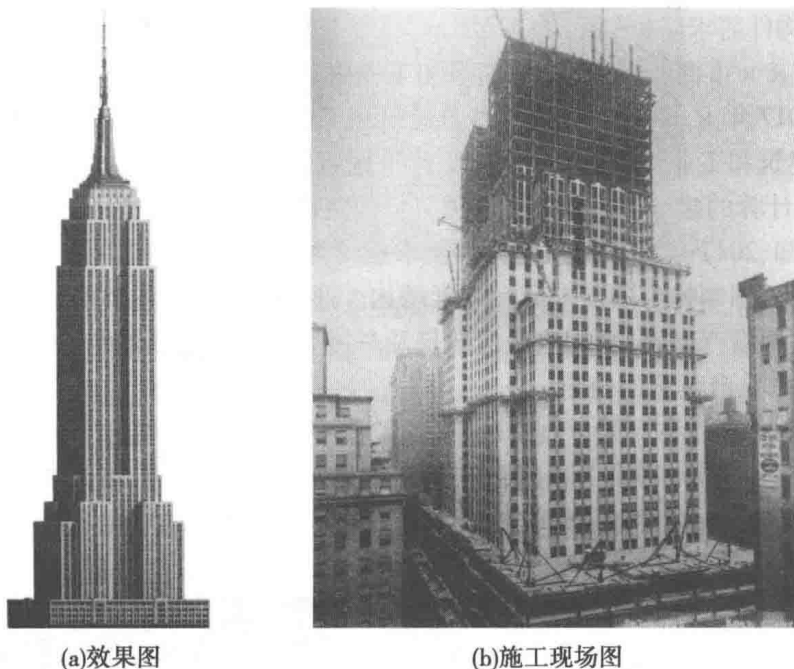


图1-4 装配式建筑(美国帝国大厦)

预制混凝土构件的工厂化生产是一种全面机械化、自动化和技术、资金等高度密集型产业,要求能够在标准化的环境中进行全过程的连续作业,因此构件生产企业的工厂布置、制作工艺及车间布置至关重要。

## 第一节 工厂布置

合理的工厂布置是保证整个生产系统能够高效、安全和经济运行的基础。因此,工厂布置与选址建设时,需结合区域总体规划,综合考虑周边环境、生产内容、产能需求、工艺流程、物流运输等因素。

### 一、生产规模

预制构件工厂的生产规模通常以年产预制构件混凝土立方量标识。生产规模由生产能力确定,并与工作平台数量和堆场面积有关。

#### (一) 生产能力的确定

按照城市周边市场的年规划建造面积,根据工厂生产的产品构成、市场平均预制率和装配率,计算出市场需求量。预制率是建筑室外地坪以上主体结构和围护结构中预制部分的混凝土用量占对应构件混凝土总用量的体积比。装配率是工业化建筑中预制构件、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。建筑面积与构件体积通常



按 3:1 换算。下面举例说明如何确定预制构件工厂的生产能力。

2016 年  $\times \times$  市住宅施工面积 5 731 万  $\text{m}^2$ , 竣工面积 1 132 万  $\text{m}^2$ , 销售面积 1 125 万  $\text{m}^2$ 。按照每年增长 10% 计算, 2017 年住宅地产项目开发面积可达 6 304 万  $\text{m}^2$ 。按住宅总量 5% 的比例采用装配式建筑, 建筑面积为 315.2 万  $\text{m}^2$ , 预制率按照 30% 计算的建筑面积为 94.56 万  $\text{m}^2$ , 预制构件需求量(体积)约 32 万  $\text{m}^3$ 。

2016 年  $\times \times$  市商业楼宇、办公建筑和工业建筑开工面积为 3 700 万  $\text{m}^2$ , 按照每年增长 10% 计算, 2017 年  $\times \times$  市商业楼宇、办公建筑和工业建筑开发面积约为 4 070 万  $\text{m}^2$ , 按商业楼宇、办公建筑和工业建筑总量 5% 的比例采用装配式建筑, 建筑面积为 203.5 万  $\text{m}^2$ , 预制率按照 30% 计算的建筑面积为 61.05 万  $\text{m}^2$ , 预制构件需求量(体积)约 20 万  $\text{m}^3$ 。

综上可知, 2017 年  $\times \times$  市预制构件需求量约为 52 万  $\text{m}^3$ , 随着装配式建筑比例的增加和预制率的提高, 预制构件的需求量大幅度增加。通过统计近年各类型预制构件年需求量, 推算发展趋势, 根据产品结构、周边工厂数量及产能等因素确定预制构件工厂的生产能力。

### (二) 工作平台数量的确定

预制构件是在工作平台上制作的, 因此工作平台的数量决定了构件的产量。假定构件的混凝土用量平均为 1.3  $\text{m}^3$ , 根据日产量和工作平台周转次数, 可计算所需要的工作平台(见图 1-5)数量。在实际中, 为保证工厂的正常生产, 工作平台通常考虑 20% 的富余量。流水线生产工作平台如图 1-6 所示。



图 1-5 工作平台示意图



图 1-6 流水线生产示意图

### (三) 堆放场地面积的确定

构件堆放场地的面积须从工厂日生产能力, 生产 28 天的存放能力, 预制墙体、叠合板、阳台等主要构件所需要的存放面积, 以及必要的检修运输空间等方面考虑。某构件厂堆放场地示意图如图 1-7 所示。

## 二、基本设置

工厂场区布置主要分成三大部分: 第一部分是生产园区, 第二部分是生活配套园区, 第三部分为科研园区。场区布置应尽量确保后两者不会受到噪声等污染。

工厂主入口一般位于场地中部, 主路贯穿厂区, 入口处集中布置办公楼及配电机房, 便于满足整个厂区管理、办公及配电需求。预制构件车间和各种相关配套场地应紧密布置, 便于材料堆放, 产品整理、检验, 废弃物处理及运输。各类设备用房应分散布置于场地中, 为厂房提供全面的设备保障。



图 1-7 某构件厂堆放场地示意图

生活及科研配套园区由办公建筑、科研建筑、宿舍、食堂等配套设施以群落方式组合布置,结合园区景观设计,创造宜人的办公、生活及科研环境。

场区内主要建、构筑物布置方案如下。

#### (一) 预制构件车间

车间一般为单层钢结构厂房,主要布置部品部件生产线和钢筋加工线、混凝土搅拌站等,某构件厂车间布置图如图 1-8 所示。

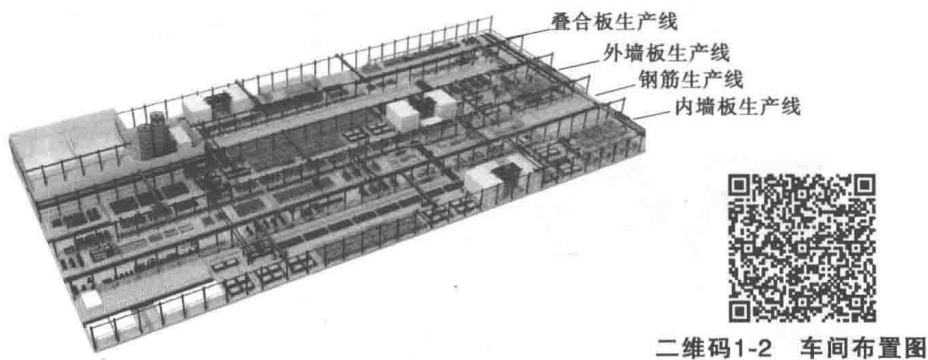


图 1-8 某构件厂车间布置图

#### (二) 构件储存区

构件储存区是生产车间的延伸,在长度方向上属于同一列,检验合格的半成品可以通过同一轨道的吊车转入构件储存区,形成流水作业。某构件厂构件临时储存区如图 1-9 所示。

#### (三) 材料存放区

材料存放区用于存放车间生产用材料,例如钢筋、保温板、铝窗、瓷砖、黏合剂、预埋件及其他生产辅助材料等,存放区宜设置在生产工位附近且便于管理的位置。

#### (四) 混凝土搅拌站

混凝土搅拌站(见图 1-10)主要提供生产用混凝土,包括原材料储存区、混凝土生产区与中控室等,采用全封闭车间生产模式,以减少粉尘和噪声的污染;砂石原材料自然堆放于指定储存区;水泥、粉煤灰等掺和料采用筒仓储存。车间生产线应根据实际生产规模合理确定水泥筒仓、粉煤灰筒仓、特殊添加剂筒仓等设施。



图 1-9 某构件厂构件临时储存区

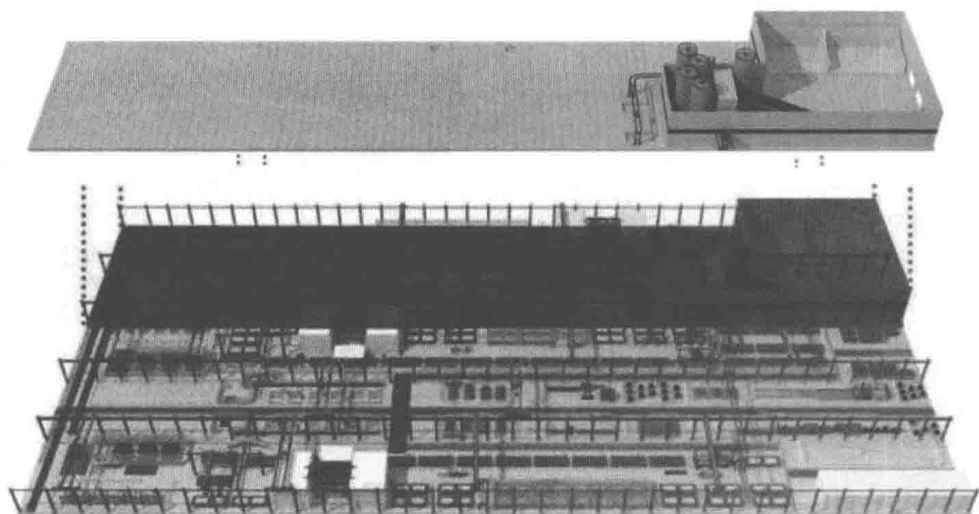


图 1-10 混凝土搅拌站

#### (五) 锅炉房

锅炉房宜就近配备,内设燃气锅炉,通过蒸汽管道为养护仓提供适宜的温度湿度条件,有效缩短构件养护时间;若距离养护仓较远,蒸汽管道应采取保温措施,以减少热能的损失。

#### (六) 实验室

实验室一般设在办公楼一楼或车间内,主要由地方材料室、混凝土室、力学室、标养室及留样室等组成。功能主要有:做砂石等材料的一般物理测试,进行混凝土试配、强度检验、试块养护、原材留样、配合产品研发等。

#### (七) 污水及废弃物处理设施

在车间成品区尾部设置三级污水处理池,混凝土搅拌站设置污水处理循环利用系统。考虑水循环利用,根据现场条件设置雨水、废水收集循环系统。厂区内应设置专门的固体废



弃物回收处,主要用于临时存放混凝土废渣等废弃物。

#### (八) 配套设施

配套设施主要指生产、生活的辅助设施。包括办公楼、职工宿舍、食堂及工作休闲区等,配套设施所在区域一般应该与生产园区有明显分界,使工人工作之余能够更好地休息。根据生产能力估算所需生产人员和管理人员数量,根据人数设定办公室、食堂与宿舍建筑规模和类型。场内绿化为工人及管理人员提供良好的生活环境。场区配套设施的平面布置(示例)如图 1-11 所示。

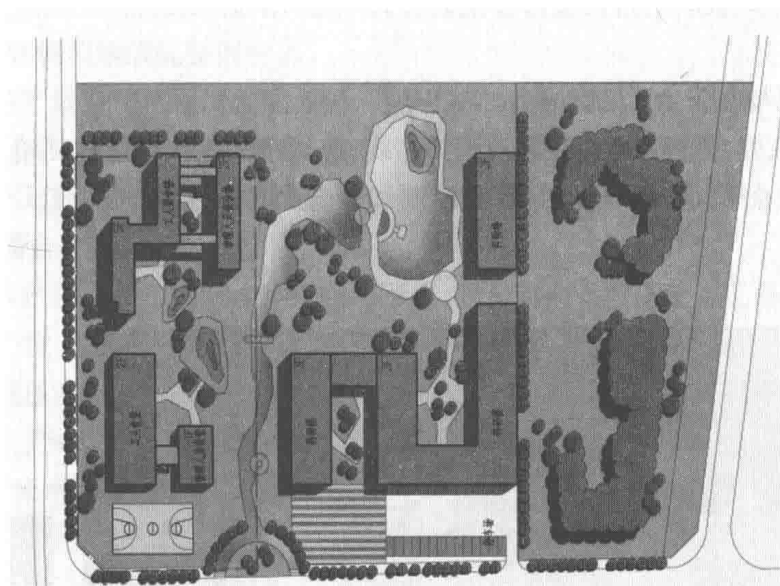


图 1-11 配套设施平面布置图(示例)

#### (九) 园区道路

为了保证运输车辆能够在园区内通行、转弯,道路路面宽度宜设置在 9 m 以上,同时在材料及成品出入口设置一个大型货车停车区。

#### (十) 工人配置

预制构件厂工人根据产能和生产工艺灵活调整(见表 1-1)。在工厂达到满产及正常生产的情况下,辅助人员(保安、厨师、勤杂)根据公司运营状况配置。

表 1-1 车间的工人配置

生产单位	产量	工人数量	备注
构件厂车间	5 万 $\text{m}^3$ 以下	80 ~ 100	含钢筋加工等
	5 万 ~ 15 万 $\text{m}^3$	100 ~ 180	
	15 万 ~ 30 万 $\text{m}^3$	180 ~ 300	

### 三、布置原则与方法

园区总平面布置应按照构件生产加工企业的生产工艺要求进行布置,总平面布置原则如下:





(1) 园区不宜建在有碍产品生产、存放的区域,区内不得兼营有碍产品生产、存放的其他产品。

(2) 区内路面宜平整,无积水,无裸露自然地面。

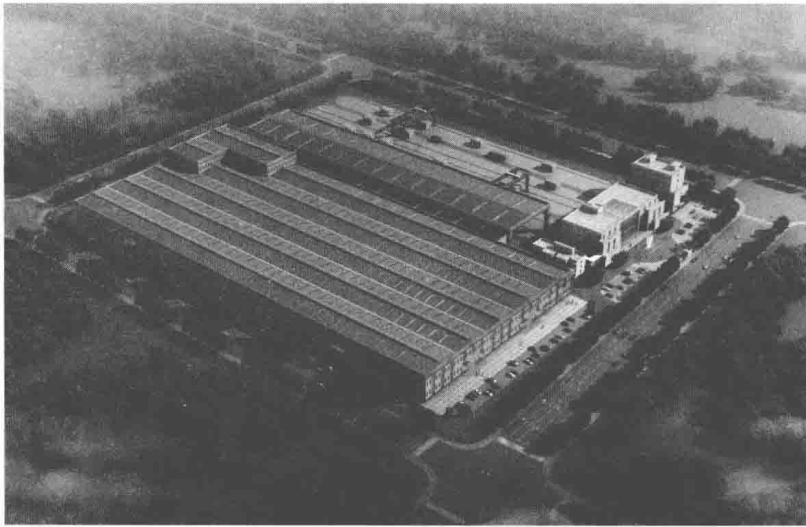
(3) 区内卫生间应有冲水、洗手等设施。

(4) 生产用配件、原料、辅料的存放应符合安全环保的相关要求,避免有害物质环境污染。

(5) 生产废水、废料的排放应符合国家有关规定,给排水系统应能适应生产需要,设施配置合理有效。

(6) 生产区与办公生活区宜隔离。

按照以上原则,园区布置以工艺流程为主线,兼顾产品生产企业的环境卫生需求,满足生产紧凑、占地面积小、便于生产集中控制和管理的要求。某构件工厂平面布置图见图 1-12。



二维码 1-3  
某构件工厂  
平面布置图

图 1-12 某构件工厂平面布置图

## 第二节 制作工艺

制作工艺指劳动者利用生产设备在具体生产环节中对原材料、零部件或半成品进行加工制造的总体流程。预制构件是在工厂利用现代工业技术生产制作而成的,其制作工艺是将各种原材料通过加工改变其形状、尺寸、性能或相对位置,使之成为成品或半成品的过程。不同构件的形状、组成、生产方式不尽相同,为实现产品设计,保证产品质量,需要完备的构件生产线和工艺流程。