

国家“十三五”重点图书出版规划项目

新型建筑工业化丛书

吴刚 王景全 主编

# Research and Application of Emulative Precast Concrete Structures

## 装配整体式混凝土结构 研究与应用

著 郭正兴 朱张峰 管东芝

南大学出版社

国家“十三五”重点图书出版规划项目

“江苏省新型建筑工业化协同创新中心”经费资助

新型建筑工业化丛书

吴 刚 王景全 主 编

# 装配整体式混凝土结构 研究与应用

著 郭正兴 朱张峰 管东芝



东南大学出版社

SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

## 内 容 提 要

本书针对我国装配整体式混凝土结构理论问题与技术特点,以装配整体式剪力墙结构与框架结构为主要研究对象,在系统梳理我国当前各种形式装配整体式混凝土结构技术体系重要特征的同时,全面、系统地阐述了课题组开展的装配整体式混凝土结构所涉及的预制构件钢筋与节点连接技术、结构设计技术、预制与安装技术及工程示范等方面的研究工作及重要成果。本书总结、提炼了课题组近 10 年来的研究与应用成果,内容自成体系,且基本覆盖了装配整体式混凝土结构的方方面面,既是汇集研究成果的理论著作,也是指导工程实践的技术工具书。

本书适用于从事装配式混凝土结构的科研、设计、生产及施工技术人员,也可高校相关专业师生开展本技术领域教学提供较好的参考与借鉴。

### 图书在版编目(CIP)数据

装配整体式混凝土结构研究与应用/郭正兴,朱张峰,  
管东芝著. —南京:东南大学出版社,2018. 6

(新型建筑工业化丛书/吴刚,王景全主编)

ISBN 978-7-5641-7057-8

I. ①装… II. ①郭…②朱…③管… III. ①装配  
式混凝土结构-研究 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 047440 号

### 装配整体式混凝土结构研究与应用

著 者 郭正兴 朱张峰 管东芝

---

出版发行 东南大学出版社  
社 址 南京市四牌楼 2 号 邮编:210096  
出 版 人 江建中  
责任编辑 丁 丁  
编辑邮箱 d.d.00@163.com  
网 址 <http://www.seupress.com>  
电子邮箱 [press@seupress.com](mailto:press@seupress.com)  
经 销 全国各地新华书店  
印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司  
版 次 2018 年 6 月第 1 版  
印 次 2018 年 6 月第 1 次印刷  
开 本 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张 25  
字 数 547 千  
书 号 ISBN 978-7-5641-7057-8  
定 价 98.00 元

---

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

## 作者简介



郭正兴：教授，博导，东南大学土木工程专业，结构工程和土木工程建造与管理方向。中国工程建设标准化协会建筑工程质量和施工安全标委会专家，中国建筑学会高校建筑施工学科研究会理事长。

郭正兴教授主持并完成“十二五”国家科技支撑项目“装配式建筑混凝土剪力墙结构关键技术研究”（2011BAJ10B03）。目前正主持“十三五”国家重点研发计划项目课题“装配式建筑关键节点连接高效施工及验收技术与示范”（2016YFC0701703）。主编江苏省工程建设标准《装配整体式混凝土剪力墙结构技术规程》（DGJ32/TJ125-2016），参编国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》（GB/T51231-2016）；主持完成的“装配式混凝土结构创新与应用”项目获2017年江苏省科学技术奖一等奖，为本专著撰写奠定了良好的基础。

# 序

改革开放近四十年以来,随着我国城市化进程的发展和新型城镇化的推进,我国建筑业在技术进步和建设规模方面取得了举世瞩目的成就,已成为我国国民经济的支柱产业之一,总产值占 GDP 的 20% 以上。然而,传统建筑业模式存在资源与能源消耗大、环境污染严重、产业技术落后、人力密集等诸多问题,无法适应绿色、低碳的可持续发展需求。与之相比,建筑工业化是采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理为主要特征的生产方式,并在设计、生产、施工、管理等环节形成完整有机的产业链,实现房屋建造全过程的工业化、集约化和社会化,从而提高建筑工程质量和效益,实现节能减排与资源节约,是目前实现建筑业转型升级的重要途径。

“十二五”以来,建筑工业化得到了党中央、国务院的高度重视。2011 年国务院颁发《建筑业发展“十二五”规划》,明确提出“积极推进建筑工业化”;2014 年 3 月,中共中央、国务院印发《国家新型城镇化规划(2014—2020 年)》,明确提出“绿色建筑比例大幅提高”“强力推进建筑工业化”的要求;2015 年 11 月,中国工程建设项目管理发展大会上提出的《建筑产业现代化发展纲要》中提出,“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”;2016 年 8 月,国务院印发《“十三五”国家科技创新规划》,明确提出了加强绿色建筑及装配式建筑等规划设计的研究;2016 年 9 月召开的国务院常务会议决定大力发展装配式建筑,推动产业结构调整升级。“十三五”期间,我国正处在生态文明建设、新型城镇化和“一带一路”倡议实施的关键时期,大力发展建筑工业化,对于转变城镇建设模式,推进建筑领域节能减排,提升城镇人居环境品质,加快建筑业产业升级,具有十分重要的意义和作用。

在此背景下,国内以东南大学为代表的一批高校、科研机构和业内骨干企业积极响应,成立了一系列组织机构,以推动我国建筑工业化的发展,如:依托东南大学组建的新型建筑工业化协同创新中心、依托中国电子工程设计院组建的中国建筑学会工业化建筑学术委员会、依托中国建筑科学研究院组建的建筑工业化产业技术创新战略联盟等。与此同时,“十二五”国家科技支撑计划、“十三五”国家重点研发计划、国家自然科学基金等,对建筑工业化基础理论、关键技术、示范应用等相关研究都给予了有力资助。在各方面的支持下,我国建筑工业化的研究聚焦于绿色建筑设计理念、新型建材、结构体系、施工与信息化管理等方面,取得了系列创新成果,并在国家重点工程建设中发挥了重要作用。将这些成果进行总结,并出版《新型建筑工业化丛书》,将有力推动建筑工业化基础理论与技术的发展,促进建筑工业化的推广应用,同时为更深层次的建筑工业化技术标准体系的研究奠定坚实的基础。

《新型建筑工业化丛书》应该是国内第一套系统阐述我国建筑工业化的历史、现状、理论、技术、应用、维护等内容的系列专著,涉及的内容非常广泛。该套丛书的出版,将有助于我国建筑工业化科技创新能力的加速提升,进而推动建筑工业化新技术、新材料、新产品的应用,实现绿色建筑及建筑工业化的理念、技术和产业升级。

是以有序。

清华大学教授  
中国工程院院士



2017年5月22日于清华园

# 丛书前言

建筑工业化源于欧洲,为解决战后重建劳动力匮乏的问题,通过推行建筑设计和构配件生产标准化、现场施工装配化的新型建造生产方式来提高劳动生产率,保障了战后住房的供应。从20世纪50年代起,我国就开始推广标准化、工业化、机械化的预制构件和装配式建筑。70年代末从东欧引入装配式大板住宅体系后全国发展了数万家预制构件厂,大量预制构件被标准化、图集化。但是受到当时设计水平、产品工艺与施工条件等的限定,导致装配式建筑遭遇到较严重的抗震安全问题,而低成本劳动力的耦合作用使得装配式建筑应用减少,80年代后期开始进入停滞期。近几年来,我国建筑业发展全面进行结构调整和转型升级,在国家和地方政府大力提倡节能减排政策引领下,建筑业开始向绿色、工业化、信息化等方向发展,以发展装配式建筑为重点的建筑工业化又得到重视和兴起。

新一轮的建筑工业化与传统的建筑工业化相比又有了更多的内涵,在建筑结构设计、生产方式、施工技术和管理等方面有了巨大的进步,尤其是运用信息技术和可持续发展理念来实现建筑全生命周期的工业化,可称为新型建筑工业化。新型建筑工业化的基本特征主要有设计标准化、生产工厂化、施工装配化、装修一体化、管理信息化五个方面。新型建筑工业化最大限度节约建筑建造和使用过程的资源、能源,提高建筑工程质量和效益,并实现建筑与环境的和谐发展。在可持续发展和发展绿色建筑的背景下,新型建筑工业化已经成为我国建筑业的发展方向的必然选择。

自党的十八大提出要发展“新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化”以来,国家多次密集出台推进建筑工业化的政策要求。特别是2016年2月6日,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》,强调要“发展新型建造方式,大力推广装配式建筑,加大政策支持力度,力争用10年左右时间,使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%”;2016年3月17日正式发布的《国家“十三五”规划纲要》,也将“提高建筑技术水平、安全标准和工程质量,推广装配式建筑和钢结构建筑”列为发展方向。在中央明确要发展装配式建筑、推动新型建筑工业化的号召下,新型建筑工业化受到社会各界的高度关注,全国20多个省市陆续出台了支持政策,推进示范基地和试点工程建设。科技部设立了“绿色建筑与建筑工业化”重点专项,全国范围内也由高校、科研院所、设计院、房地产开发和构件生产企业等合作成立了建筑工业化相关的创新战略联盟、学术委员会,召开各类学术研讨会、培训会等。住建部等部门发布了《装配式混凝土建筑技术标准》《装配式钢结构建筑技术标准》《装配式木结构建筑技术标准》等一批规范标准,积极推动了我国建筑工业化的进一步发展。

东南大学是国内最早从事新型建筑工业化科学研究的高校之一,研究工作大致经历了三个阶段,第一个阶段是海外引进、消化吸收再创新阶段:早在20世纪末,吕志涛院士敏锐地捕捉到建筑工业化是建筑产业发展的必然趋势,与冯健教授、郭正兴教授、孟少平教授等共同努力,与南京大地集团等合作,引入法国的世构体系;与台湾润泰集团等合作,引入润泰预制结构体系;历经十余年的持续研究和创新应用,完成了我国首部技术规程和行业标准,成果支撑了全国多座标志性工程的建设,应用面积超过500万 $\text{m}^2$ 。第二个阶段是构建平台、协同创新:2012年11月,东南大学联合同济大学、清华大学、浙江大学、湖南大学等高校以及中建总公司、中国建筑科学研究院等行业领军企业组建了国内首个新型建筑工业化协同创新中心,2014年入选江苏省协同创新中心,2015年获批江苏省建筑产业现代化示范基地,2016年获批江苏省工业化建筑与桥梁工程实验室。在这些平台上,东南大学一大批教授与行业同仁共同努力,取得了一系列创新性的成果,支撑了我国新型建筑工业化的快速发展。第三个阶段是自2017年开始,以东南大学与南京市江宁区政府共同建设的新型建筑工业化创新示范特区载体(第一期面积5000 $\text{m}^2$ )的全面建成为标志和支撑,将快速推动东南大学校内多个学科深度交叉,加快与其他单位高效合作和联合攻关,助力科技成果的良好示范和规模化推广,为我国新型建筑工业化发展做出更大的贡献。

然而,我国大规模推进新型建筑工业化,技术和人才储备都严重不足,管理和工程经验也相对匮乏,亟须一套专著来系统介绍最新技术,推进新型建筑工业化的普及和推广。东南大学出版社出版的《新型建筑工业化丛书》正是顺应这一迫切需求而出版,是国内第一套专门针对新型建筑工业化的丛书,丛书由十多本专著组成,涉及建筑工业化相关的政策、设计、施工、运维等各个方面。丛书编著者主要是来自东南大学的教授,以及国内部分高校科研单位一线的专家和技术骨干,就新型建筑工业化的具体领域提出新思路、新理论和新方法来尝试解决我国建筑工业化发展中的实际问题,著者资历和学术背景的多样性直接体现为丛书具有较高的应用价值和学术水准。由于时间仓促,编著者学识水平有限,丛书疏漏和错误之处在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

丛书主编 吴 刚 王景全

# 前 言

装配整体式混凝土结构除具有“等同现浇”的良好整体性与抗震性能外,较现浇混凝土结构又具有质量可靠、施工快速、节能环保等显著优势,是我国建筑行业转型升级、发展“绿色建筑与建筑工业化”的重要方向,也成为目前我国研发装配式混凝土结构的重要路径。

目前,在借鉴国外成熟技术的基础上,在我国标准规范框架的引导下,各具特色的装配整体式混凝土结构技术不断涌现,示范工程在全国范围内大量建设,在短期内我国的装配整体式混凝土结构实现了飞跃式发展。基于“十二五”国家科技支撑计划项目课题“装配式建筑混凝土剪力墙结构关键技术研究”及对装配式混凝土框架结构的持续研究,课题组对装配整体式混凝土结构有了更加深入的理解与全面的认识,相关研究成果已体现在国家或地方标准中,并得到了广泛应用。

本书以课题组近10年来在装配整体式混凝土剪力墙结构与框架结构方面所开展的科研工作及取得的重要成果为基础,从装配整体式混凝土结构所涉及的预制构件钢筋连接技术、剪力墙结构与框架结构预制构件节点连接技术、叠合板技术、结构设计技术、预制与安装技术及工程示范等方面进行了全面、系统的阐述。本书内容丰富、结构完整,同时介绍了课题组研发的且经过实践检验的新技术、新工艺,在为设计、制作与施工人员提供直接技术指导的同时,更可作为科研人员的参考与借鉴。

本书共分8章,主要内容包括:第1章绪论,系统总结我国及国外装配整体式混凝土结构的技术体系与特点,深度剖析我国装配整体式混凝土结构的发展态势与存在问题;第2章装配整体式混凝土结构钢筋连接技术研究,重点叙述浆锚连接技术及套筒研发的研究工作及重要成果;第3章装配整体式混凝土剪力墙结构节点连接技术研究,重点叙述预制剪力墙竖向连接节点、水平连接节点、预制剪力墙-连梁连接节点、预制剪力墙-楼板连接节点及子结构模型的构造技术研发与试验研究成果;第4章装配整体式混凝土框架结构节点连接技术研究,重点叙述预制框架梁柱不对称混合连接技术、钢绞线锚入式预制混凝土梁柱连接技术及新型梁端底筋锚入式预制梁柱连接节点技术的研发工作与试验研究成果;第5章新型预制叠合板技术研究,重点叙述钢筋桁架叠合板技术与新型预制预应力叠合板技术的研发工作与试验研究成果;第6章装配整体式混凝土结构设计技术研究,重点叙述装配整体式混凝土结构的设计特点、原则、流程与方法、预制构件拆分、预制构件设计及连接设计;第7章构件预制技术与安装工艺研究,重点叙述了构件“游牧式”预制技术、短线法预应力叠合板生产线技术及先墙后梁的安装工艺;第8章工程应用案例,重点叙述了应用本书相关专项技术的代表性工程的实际应用情况。

本书由东南大学土木工程学院郭正兴教授、南京工业大学土木工程学院朱张峰副教授及东南大学土木工程学院管东芝博士执笔完成,本书涉及的研究成果是作者所在课题组与课题组研究生们共同完成的,课题组成员包括东南大学刘家彬副教授,课题组研究生包括博士研究生陈申一、梁培新、段凯元、陈云钢、肖全东、郑永峰、于建兵、吴东岳、杨建等,硕士研究生刘晓楠、王志峰、裴家媛、刘洋、张建玺、袁富、丁桂平、熊鑫鑫、陈乐琦、朱寅、李亚坤、王俊、尹航等。在本书撰写过程中得到课题组的合作单位南京长江都市建筑设计股份有限公司、江苏中南建筑产业集团有限责任公司、龙信建设集团有限公司、江苏华江祥瑞现代建筑发展有限公司、江苏元大建筑科技有限公司等提供的应用工程技术资料,在此表示衷心的感谢。

装配式混凝土结构在我国尚处于起步阶段,课题组仍在开展持续研究,尚有更多、更深层次的问题正在探索过程中,且由于作者理论水平与实践经验有限,书中难免存在不足甚至谬误之处,恳请读者批评指正。

笔 者

2018年1月

责任编辑：丁 丁  
责任印制：周 荣 虎  
封面设计：东南视觉

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论                   | 1  |
| 1.1 预制混凝土概述                | 1  |
| 1.2 装配整体式混凝土结构的特点及主要形式     | 2  |
| 1.2.1 装配整体式混凝土结构的特点        | 2  |
| 1.2.2 装配整体式混凝土结构的主要形式      | 4  |
| 1.3 装配整体式混凝土结构国外典型技术体系     | 9  |
| 1.3.1 美国                   | 9  |
| 1.3.2 日本                   | 14 |
| 1.3.3 欧洲                   | 18 |
| 1.4 我国装配整体式混凝土结构的发展态势与存在问题 | 22 |
| 1.4.1 我国装配整体式混凝土结构的发展态势    | 22 |
| 1.4.2 存在的问题                | 23 |
| 第 2 章 装配整体式混凝土结构钢筋连接技术研究   | 26 |
| 2.1 钢筋连接技术概述               | 26 |
| 2.1.1 浆锚连接                 | 26 |
| 2.1.2 套筒灌浆连接               | 28 |
| 2.1.3 两种连接技术的比较            | 29 |
| 2.2 钢筋浆锚连接接头结构性能研究         | 30 |
| 2.2.1 金属波纹管浆锚连接接头锚固性能试验    | 31 |
| 2.2.2 金属波纹管浆锚连接接头搭接性能试验    | 34 |
| 2.2.3 约束金属波纹管浆锚连接接头搭接性能试验  | 36 |
| 2.2.4 主要结论                 | 41 |
| 2.3 钢筋套筒灌浆连接接头结构性能研究       | 42 |
| 2.3.1 试件设计                 | 44 |
| 2.3.2 单向拉伸试验               | 46 |
| 2.3.3 反复拉压试验               | 57 |
| 2.3.4 GDPS 套筒工作机理          | 65 |
| 2.3.5 主要结论                 | 67 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| <b>第3章 装配整体式混凝土剪力墙结构节点连接技术研究</b> | 68  |
| 3.1 装配整体式混凝土剪力墙结构节点概述            | 68  |
| 3.1.1 结构性节点                      | 69  |
| 3.1.2 非结构性节点                     | 73  |
| 3.2 预制剪力墙竖向连接节点技术研究              | 74  |
| 3.2.1 金属波纹管浆锚连接预制剪力墙竖向连接节点技术研究   | 74  |
| 3.2.2 双板叠合剪力墙竖向连接节点技术研究          | 120 |
| 3.3 预制剪力墙水平连接节点技术研究              | 145 |
| 3.4 预制剪力墙-连梁连接节点技术研究             | 157 |
| 3.5 预制剪力墙-楼板连接节点技术研究             | 170 |
| 3.6 装配整体式混凝土剪力墙子结构抗震性能研究         | 183 |
| 3.6.1 四层子结构模型抗震性能试验              | 183 |
| 3.6.2 二层子结构模型抗震性能试验              | 193 |
| <b>第4章 装配整体式混凝土框架结构节点连接技术研究</b>  | 229 |
| 4.1 装配整体式混凝土框架结构节点概述             | 229 |
| 4.1.1 结构性节点                      | 232 |
| 4.1.2 非结构性节点                     | 235 |
| 4.2 预制框架梁柱不对称混合连接技术研究            | 236 |
| 4.3 钢绞线锚入式预制混凝土梁柱连接技术研究          | 245 |
| 4.4 新型梁端底筋锚入式预制梁柱连接节点技术研究        | 263 |
| <b>第5章 新型预制叠合板技术研究</b>           | 283 |
| 5.1 叠合板技术概述                      | 283 |
| 5.2 钢筋桁架叠合板技术研究                  | 285 |
| 5.3 新型预制预应力叠合板技术研究               | 294 |
| <b>第6章 装配整体式混凝土结构设计技术研究</b>      | 303 |
| 6.1 装配整体式混凝土结构设计概述               | 303 |
| 6.1.1 结构设计特点                     | 303 |
| 6.1.2 结构设计原则                     | 303 |
| 6.1.3 结构设计流程与方法                  | 304 |
| 6.1.4 预制构件拆分                     | 313 |
| 6.2 预制构件设计                       | 321 |
| 6.2.1 基本要求                       | 321 |
| 6.2.2 构件设计详图                     | 322 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 6.2.3 构件设计详图示例              | 322        |
| 6.3 连接设计                    | 327        |
| 6.3.1 钢筋浆锚连接设计              | 327        |
| 6.3.2 钢筋 GDPS 套筒灌浆连接设计      | 328        |
| 6.3.3 后浇混凝土连接设计             | 329        |
| <b>第7章 构件预制技术与安装工艺研究</b>    | <b>336</b> |
| 7.1 构件预制技术研究                | 336        |
| 7.1.1 构件工厂化预制综述             | 336        |
| 7.1.2 构件“游牧式”预制技术           | 342        |
| 7.1.3 短线法预应力叠合板生产线          | 344        |
| 7.2 构件安装工艺研究                | 345        |
| 7.2.1 构件安装工艺概述              | 345        |
| 7.2.2 先墙后梁的安装工艺             | 356        |
| <b>第8章 工程应用案例</b>           | <b>358</b> |
| 8.1 装配整体式剪力墙结构应用案例          | 358        |
| 8.1.1 海门中南世纪城 3.5 期 96# 楼项目 | 358        |
| 8.1.2 苏州太湖论坛城 7# 地块项目       | 365        |
| 8.1.3 江苏元大装配整体式住宅试验示范项目     | 369        |
| 8.2 装配整体式框架/框剪结构应用案例        | 374        |
| 8.2.1 南通海门老年公寓项目            | 374        |
| 8.2.2 南京河西新城南部小学项目          | 379        |
| <b>参考文献</b>                 | <b>383</b> |

# 第1章

## 绪论

### 1.1 预制混凝土概述

与原位浇筑的现浇混凝土不同,预制混凝土构件的制作一般在固定的工厂或施工现场临时建设的场地进行预制构件的立模、浇筑与养护,待混凝土达到要求强度后运送或吊装至施工现场,并安装在其设计位置;又与现浇混凝土相同,预制混凝土起源也较早,最早可追溯至 1875 年英国 William Henry Lascell 申请的发明专利“Improvement in the Construction of Buildings”中首次提出的预制混凝土墙板方案。

20 世纪后半叶开始,随着第二次世界大战结束,各国进入了战后重建过程。由于住房紧缺的社会现实需求,预制混凝土得到了快速发展。同时,受益于第二次工业革命,大型起重机械的发展、工具式钢模的使用及自动化生产线设备的应用等,使预制混凝土与现浇混凝土的区别有了新的含义,更突出地体现在产品质量、生产成本、施工工艺与环境影响等方面。如今,预制混凝土已经广泛应用于房屋、桥梁、隧道及市政等几乎所有建筑工程领域,扮演着与现浇混凝土同等重要的角色。如世界著名的悉尼歌剧院,其贝壳形尖屋顶[图 1-1(a)]则是由 2 194 块每块重 15.3 t 的弯曲形混凝土预制件,用预应力钢索预压拼接;80%运行在桥梁上的我国京沪高速铁路,在线路上大量采用 500 t、900 t 等标准预制梁段,并由架桥机逐跨架设,见图 1-1(b);在建的我国港珠澳大桥拱北隧道,采用 33 个巨型预制沉管施工,每节管道长 180 m,宽 37.95 m,高 11.4 m,单节重约 6.9 万吨,见图 1-1(c);近年我国许多城市兴建的地铁工程,则大量采用盾构隧道预制管片,见图 1-1(d)。

与传统现浇混凝土相比,采用工厂化生产方式的预制混凝土技术具有以下特性:

(1) 成本可负担性。在相对不是很高的成本投入的前提下,预制混凝土具备工厂制造的卓越品质。由于其良好的外观质量和产品品质,其修补与维护费用也相对较低。

(2) 环境友好性。预制混凝土取材一般来自当地天然未加工材料,更可大量利用废旧混凝土、工业废料等原料,工厂化生产可严格控制废水、废渣、废气的产生与排放。

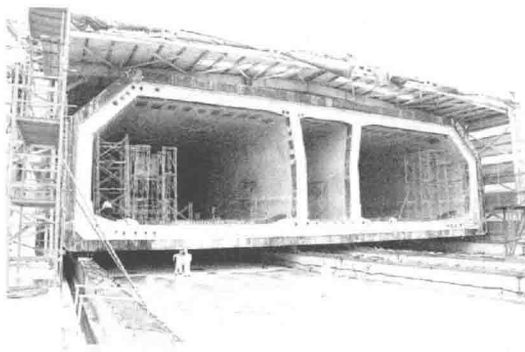
(3) 施工高效性。预制混凝土采用工厂生产,将不再受自然环境条件影响,且科学的生产工艺可有效缩短预制混凝土产品生产周期,合理的预制混凝土构件/部品安装工艺可减少现场施工间歇或缩短间歇时间。



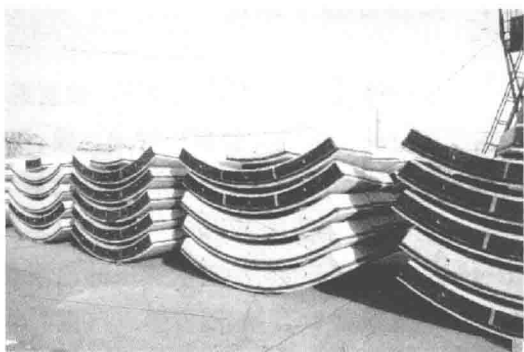
(a) 悉尼歌剧院屋顶



(b) 中国京沪高铁桥梁预制节段梁



(c) 港珠澳大桥拱北隧道预制沉管



(d) 地铁盾构隧道预制管片

图 1-1 应用预制混凝土的典型示例

(4) 质量可控性。工厂化使预制混凝土生产在理想的环境和精确工艺下进行,更便于实施高效的质量管控体系,与其他工业化产品严格的全过程质量控制相同,确保了产品质量。

(5) 设计灵活性。预制混凝土可提供丰富的色彩和多变的建筑纹理,灵活的设计使其可满足各类外形要求与装饰效果,从而充分发挥建筑设计师的想象力。

## 1.2 装配整体式混凝土结构的特点及主要形式

### 1.2.1 装配整体式混凝土结构的特点

由预制混凝土构件通过适当的连接方法进行连接所形成的整体受力结构,称为预制混凝土结构。按照受力性能与设计理念的不同,预制混凝土结构又可分为等同现浇混凝土结构和装配式混凝土结构。等同现浇混凝土结构,由 ACI 550.1R 中提出的“emulative precast concrete structure”翻译而来,此结构通过连接节点的合理设计与构造,使其整体受力性能与现浇混凝土结构一致,在我国又称之为装配整体式混凝土结构,通过“整体”隐含了等同现浇的要求;装配式混凝土结构,各预制构件间主要通过螺栓连

接、焊接连接、预应力筋压接等干性连接,形成整体受力结构,其受力性能与现浇混凝土结构截然不同。

装配整体式混凝土结构与装配式混凝土结构的具体差异见表 1-1,从表中可以看出:

表 1-1 装配整体式混凝土结构与装配式混凝土结构的区别

| 结构类型   | 装配整体式混凝土结构              | 装配式混凝土结构   |
|--------|-------------------------|------------|
| 结构分析   | 与现浇混凝土结构相同              | 与现浇混凝土结构不同 |
| 内力计算   | 与现浇混凝土结构相同              | 与现浇混凝土结构不同 |
| 构件配筋构造 | 与现浇混凝土结构基本相同            | 与现浇混凝土结构不同 |
| 连接技术   | 浆锚连接、后浇混凝土连接、焊接连接、螺栓连接等 | 焊接连接、螺栓连接等 |
| 现场施工   | 现场有必要的孔道灌浆及混凝土浇筑等湿作业    | 现场全部为干作业   |

(1) 装配整体式混凝土结构由于其性能等同于现浇,其结构分析模型、构件间内力传导方式均可参照现浇混凝土结构进行处理,而预制构件配筋在基本沿用现浇混凝土构件配筋构造的基础上,考虑预制构件间连接节点构造,一般会另外采取进一步加强措施。装配式混凝土结构由于其自身独特的受力性能,其强度、刚度等特性与现浇整体混凝土结构有明显差别,又由于构件间采用局部焊接、螺栓连接,结构内力呈现非连续传力特点,不仅需建立匹配的分析模型,而且构件配筋亦需按所受内力进行设计。

(2) 装配整体式混凝土结构为实现等同现浇性能,应使预制构件钢筋与混凝土受力状态基本保持与现浇混凝土结构相同。从构件截面层次而言,其所采用的连接技术应保证钢筋受拉及混凝土受压的连续性;从整体结构而言,与砌体结构设置圈梁与构造柱的目的类似,装配整体式混凝土结构一般通过水平叠合构件叠合现浇混凝土或竖向构件间设置后浇段来增加结构的空间共同工作性能,进一步增强结构整体性,后浇混凝土成为重要的连接手段;对于非结构构件与结构构件之间的连接,一般采用简易、可靠的焊接连接或螺栓连接工艺,一方面,满足非结构构件良好锚固及设计受力要求,另一方面,保证施工简便、快速,甚至可实现失效构件的快速修复或更换。

(3) 与装配式混凝土结构相比,装配整体式混凝土结构在施工过程中存在必要的孔道灌浆及混凝土浇筑等湿作业,但现场模板、脚手架使用量及混凝土浇筑量等均明显小于现浇混凝土结构,仍然可充分体现预制混凝土结构的特点。

装配整体式混凝土结构,有机结合了预制混凝土技术与现浇混凝土结构的优点,且由于其具有等同现浇特性,因此,装配整体式混凝土结构较装配式混凝土结构更易于被人们理解与接受,在我国甚至世界范围内都得到了广泛关注与认可,ACI 318 规定“预制混凝土结构,应通过试验与理论分析证实其强度与韧性等同于甚至超过现浇混凝土结构后,方可应用”,我国最新颁布的《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)即是基于装配整体式混凝土结构所编制,并在第 1.0.1 条条文说明也明确提出“要求装配整体式结构的可靠度、耐久性及整体性等基本上与现浇混凝土结构等同”。