

21

世纪高等教育工程管理体系规划教材

建筑工程 施工技术

李 伟 王 飞 主编
李慧民 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育工程管理系列规划教材

建筑工程施工技术

主 编 李 伟 王 飞
参 编 裴剑平 刘红艳 赵春艳 袁志阳
主 审 李慧民



机 械 工 业 出 版 社

本书是工程管理专业的专业基础课教材之一。全书共分为十一章。内容包括：土方工程、桩基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构吊装工程、钢结构工程、防水工程、装饰工程、脚手架工程、季节性施工等。本书既可作为应用型高等院校、高等职业技术学院的工程管理专业及相关专业的教材，也可供从事工程管理、工程造价管理、房地产经营管理及相关工作人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程施工技术/李伟, 王飞主编. —北京: 机械工业出版社, 2006.1

(21 世纪高等教育工程管理系列规划教材)

ISBN 7-111-17936-6

I. 建... II. ①李...②王... III. 建筑工程—工程施工—高等学校—教材 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 136748 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 冷 彬 版式设计: 冉晓华 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 张 静 责任印制: 陶 湛

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·11.75 印张·456 千字

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

序

随着 21 世纪我国建设进程的加快,特别是经济全球化的迅猛发展和我国加入 WTO,工程建设领域对从事项目决策和全过程管理的复合型高级管理人才的需求逐渐增加,而这种增加又主要体现在对应用型人才的需求上。这使得高校工程管理专业人才培养面临新的挑战与机遇。

工程管理专业是教育部将原有本科专业目录中的建筑管理工程、国际工程管理、投资与工程造价管理、房地产经营管理(部分)等专业进行整合后,设置的一个具有较强综合性和较大专业覆盖范围的新专业。应该说,该专业的建设与发展还需要不断地改革与完善。

为了能更有利于推动工程管理专业教育的发展及专业人才的培养,机械工业出版社组织编写了一套该专业的系列教材。鉴于该学科的综合性和交叉性以及近年来工程管理理论与实践知识的快速发展,本套教材本着“概念准确、基础扎实、突出应用、淡化过程”的编写原则,力求做到既能够符合现阶段该专业教学大纲、专业方向设置及课程结构体系改革的基本要求,又可满足目前我国工程管理专业培养应用型人才目标的需要。

本套教材的编写,在总结以往教学经验的基础上注重突出以下几个特点:

(1) 专业的融合性 工程管理专业是个多学科的复合型专业,根据国家提出的“宽口径、厚基础”的高等教育办学思想,本套教材按照该专业指导委员会制定的四个平台课程的结构体系方案,即土木工程技术平台课程及管理学、经济学和法律专业平台课程来规划配套。编写时注意不同的平台课程之间的交叉、融合,不仅有利于形成全面的教学体系,同时可以满足于不同类型、不同专业背景的院校开办工



程管理专业的教学需要。

(2) 知识的系统性、完整性 因为所培养的工程管理专业人才是在国内外工程建设、房地产、投资与金融等领域从事相关管理工作,同时又可能是在政府、教学和科研单位从事教学、科研和管理工作的复合型高级工程管理人才,所以本套教材所包含的知识点较全面地覆盖了不同行业工作实践中需要掌握的各方面知识,同时在组织和设计上也考虑了相邻学科与有关课程的关联与衔接。

(3) 内容的实用性 教材编写遵循教学规律,避免大量理论问题的分析和讨论,提高可操作性和工程实践性,特别是紧密结合了工程建设领域实行的工程项目管理注册制的内容,与执业人员注册资格培训的要求相吻合,并通过具体的案例分析和独立的案例练习,使学生能够在建筑施工管理、工程项目评价、项目招投标、工程监理、工程建设法规等专业领域获得系统深入的专业知识和基本训练。

(4) 教材的创新性与时效性 本套教材及时地反映工程管理理论与实践知识的更新,将本学科最新的技术、标准和规范纳入教学内容,同时在法规、相关政策等方面与最新的国家法律法规保持一致。

我们相信,本套系列教材的出版将对工程管理专业教育的发展及高素质的复合型工程管理人才的培养起到积极的作用,同时也为高等院校专业教育资源和机械工业出版社的深入结合,实现相互促进、共同发展的良性循环奠定基础。

前 言

“建筑工程施工技术”是工程管理专业的主要专业课之一，该课程在培养学生独立分析和解决建筑工程施工中有关施工技术问题的基本能力方面起着重要作用。

建筑工程施工技术主要研究的是建筑工程施工中主要工种工程施工的工艺原理、施工操作方法以及保证工程质量和安全施工的技术措施。这门课程的实践性强，涉及的知识面广。

本书是依据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》和高等学校工程管理专业指导委员会制定的课程教学大纲编写的。本书较为系统、全面地介绍了建筑工程施工技术的基本知识和基本理论，结合建筑工程施工的新技术、新工艺、新材料及新颁布的工程设计规范和施工质量验收规范，对课程内容进行了整合，力求做到科学地反映当前建筑工程施工的高科技施工技术水平，加强学生对现行规范、规程的了解和运用，加深对建筑工程施工技术理论与应用的研究，以促进学生对建筑工程施工技术全面和深入的掌握。

本书针对应用型高等院校的教学特点和学生未来工作岗位的要求，在注重理论阐述深度和广度的同时，兼顾了可操作性和适用性，既可作为应用型高等院校及高等职业技术学院的工程管理专业各研究方向及相关专业的教材，也可供从事建筑工程施工管理及相关行业的工作人员学习参考。

本书由李伟、王飞担任主编，由李伟负责统稿并校审，并由西安建筑科技大学李慧民教授担任主审。本书具体的编写分工为：绪论及第三章、第七章、第十一章由长春工程学院李伟编写；第一章、第五章由河北工程学院王飞编写；第六章、第十章由平顶山工学院裴剑平编写；第四章由辽宁工学院刘红艳编写；第八章、第九章由沈阳大学



赵春艳编写；第二章由长春工程学院袁志阳编写。

本书编写过程中参考了有关专家、学者的论著、文献、教材，吸取了一些最新的研究成果，在此我们表示衷心的感谢。

由于水平有限，加之时间仓促，书中难免有不足之处和尚待探讨的问题，恳请有关专家、学者和广大读者多加批评和指正。

编 者

目 录

序

前言

绪论	1
第一章 土方工程	9
第一节 土的分类与性质	9
第二节 土方量计算	12
第三节 基坑(槽)降水	19
第四节 土方机械化施工	40
复习思考题	58
习题	59
第二章 桩基础工程	61
第一节 钢筋混凝土预制桩施工	62
第二节 混凝土灌注桩施工	74
第三节 桩基础工程常见的质量事故及防治	88
复习思考题	91
第三章 砌筑工程	93
第一节 砌筑材料准备及运输	93
第二节 砖砌体施工	95
第三节 中小型砌块的施工	107
第四节 砌筑工程的质量与安全保证措施	109
复习思考题	110
第四章 混凝土结构工程	111
第一节 钢筋工程	111
第二节 模板工程	134
第三节 混凝土工程	151
第四节 混凝土结构工程常见的质量事故及防治	174
复习思考题	178
习题	179
第五章 预应力混凝土工程	181
第一节 先张法施工	181



第二节 后张法施工	193
第三节 无粘结预应力混凝土楼面结构施工	213
复习思考题	217
第六章 结构吊装工程	219
第一节 起重机械	219
第二节 装配式钢筋混凝土单层工业厂房结构吊装	231
第三节 多层装配式钢筋混凝土框架结构吊装	242
第四节 大型墙板结构房屋结构吊装	245
第五节 升板法施工	247
第六节 结构吊装工程的质量与安全保证措施	248
复习思考题	251
习题	252
第七章 钢结构工程	253
第一节 普通钢结构工程	253
第二节 薄壁型钢结构工程	262
第三节 轻钢结构单层厂房安装	264
第四节 大跨度结构吊装	273
第五节 钢结构工程的质量通病及预防	281
复习思考题	282
第八章 防水工程	283
第一节 屋面防水工程	283
第二节 楼面防水工程	289
第三节 地下防水工程	290
第四节 防水工程常见的质量缺陷	295
复习思考题	296
第九章 装饰工程	297
第一节 抹灰工程	297
第二节 饰面板(砖)工程	302
第三节 涂饰和裱糊工程	306
第四节 门窗工程	311
第五节 轻质隔墙和幕墙工程	313
第六节 吊顶工程	319
第七节 装饰工程常见的质量事故及防治	324
复习思考题	324
第十章 脚手架工程	325



第一节 外脚手架	325
第二节 内脚手架	335
第三节 脚手架工程的质量与安全保证措施	339
复习思考题	341
第十一章 季节性施工	342
第一节 冬期施工的基本知识	342
第二节 雨期施工的基本知识	361
复习思考题	364
参考文献	365

绪 论

一、建筑业及建筑工程施工的特点

建筑业是一个古老的行业。人类进入文明社会以来，建筑业不仅提供了人类“衣、食、住、行”四大基本需求中的“住”，也是实现“衣、食、行”的先导产业。及至现代，建筑业更成为社会进步的标志性产业。目前，我国建筑业在国民经济五大物质生产部门中，年产值仅低于工业、农业，而高于运输业和商业，位居第三；建筑业生产年增加值近 3600 亿元，占国内国民经济生产总值的 6.2%；从业人口达 3200 万人，占全国总劳动力的 5%；加上建筑业的先导性与带动性，建筑业已成为我国社会的支柱型产业。建筑业的产品是庞大的建筑物，因此，建筑产品与工业产品相比，具有迥然不同的特殊性。

其一，人类社会对物质的需求是多种多样的，而一般的商品如电视机、汽车等，总是可以组成若干类型后再统一规格大批量组织生产，惟独建筑产品各有的造型与风格。因建筑产品不是建筑商预先设计好生产销售的，而是按业主对功能要求设计的，故建筑产品的差异是一切产品之最，建筑物的单一性决定了建筑施工没有固定不变的模式。

其二，工业产品一般都是在固定的生产地点生产或组装成产品后运输销售给使用者的，惟独建筑产品是固定不动的，称为建筑物。它建造在一个选定地点，通过建筑施工过程将物资与活劳动，凝固成设想的建筑产品供人们享用。产品的固定性决定了建筑施工的从属地位，建筑施工不能自己设计一个理想空间，选定一套工艺稳定地组织生产，而是服从产品设定地点的需要，不断地按工程要求，流动设备与人员，使自己的生产最有效地适应工程特定的空间，包括环境、交通、气象、地质等。因地制宜，是建筑施工的基本原则。

其三，没有一种工业产品可与建筑产品比较体型。比如，一幢大楼几百米高，几十万平方米建筑面积，生产这样一个产品要动用成百上千台设备与成千上万名员工，从开工到竣工，时间跨度多达几年。建筑产品的生产过程是通过不断变换的人流将物资有机地凝聚成逐步扩大的产品，而最终产品是一个需要符合一系列功能的统一体，所以建筑产品的生产是一个“多维”的系统工程。人、机、物在产品所给定的空间与时间中被调度安排，选择是否得当将直接影响着效率、效益与产品的质量。

由于建筑产品单一、固定与体型庞大的特性，决定了建筑工程施工的复杂



性,没有统一的模式与章法。建筑施工技术必须兼顾天时、地利、人和,因时、因地、因人制宜,充分认识主客观条件,选用最合适的方法,经过科学组织来实现施工。所谓的建筑工程施工也就是施工技术与施工组织管理,其中施工技术一般就是指完成一个主要工序或分项工程的单项技术,施工组织管理则是优化组合单项技术,科学地实施物料与劳动的结合,最终形成建筑产品。技术是生产力,管理也是生产力,两者是同样重要的。因为没有科学的组织管理,技术效果不能发挥;而没有先进技术,管理也就没有了基础,两者是相辅相成的。

二、建筑工程施工技术课的研究对象、任务和学习方法

在建设工程中,建筑安装工程占有重要的地位。从投资角度来看,国家用于建筑安装工程方面的资金,约占建设工程投资总额的60%左右。所以,要全面而高效地完成建设工程任务,首先就要出色地完成建筑安装工程的施工任务。

一幢建筑物或一个建筑群的施工,是由许多工种工程(土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、装饰工程等)组成的。而每一个工种工程的施工,都可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备、不同的施工组织管理方法来完成。如何根据施工对象的特点和规模、水文地质和气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,从运用先进技术、提高经济效益出发,做到技术和经济的统一,选择各工种工程最合理的施工方案,研究其施工规律,是本课程的研究对象。建筑工程施工技术是工程管理专业的一门重要的专业课程。其研究的主要内容是建筑工程中主要工种工程施工的工艺原理和施工方法,同时还要研究保证工程质量和施工安全的技术措施。

建筑工程施工技术课是一门综合性很强的技术类课程。它与建筑工程测量、建筑材料、建筑施工机械、建筑电工、房屋建筑学、工程力学、工程结构学、施工组织与管理、工程计价等课程有着密切的关系。它们既相互联系,又相互影响。因此,要学好建筑工程施工技术课,首先应当学好上述课程。

由于本学科涉及的理论面广、实践性强,而且技术发展迅速,因此,学习中必须坚持理论联系实际的学习方法。除了对课堂讲授的基本理论、基本方法加以理解和掌握之外,还必须随时了解国内外的最新发展动态,充分利用幻灯、投影、录像等电化教学手段和多媒体课件,加强直观教学,并对有关的教学环节(如现场教学、案例教学、思考题和习题、课程作业、教学参观、生产实习等)给予足够的重视。

三、现代建筑工程施工技术发展概述

第二次世界大战前后,美国纽约和芝加哥、日本东京、马来西亚、香港等国家和地区兴建了一系列高层及超高层建筑,在钢结构与混凝土结构技术上,创造

了新的辉煌,形成了包含现代科技的一系列施工新技术。改革开放以后的中国,建筑业更是有了突飞猛进的发展,据不完全统计,近十几年我国已建成高层建筑7000多幢,建筑面积达1.3亿 m^2 。其中具有代表性的建筑有:深圳地王大厦,81层、高325m;广州中天广场,80层、高322m;上海金茂大厦,88层、高420.5m。正是由于工程建设的促进,中国的建筑工程施工技术已有一些项目赶上或超过发达国家,在总体上也正在接近发达国家水平。

(一) 基础工程施工技术

1. 人工地基施工技术

(1) 地基加固 包括换土、预压、强夯、水泥土旋喷、深层搅拌技术等。

(2) 承载桩 包括渣土桩、水泥土桩、木桩、混凝土桩(混凝土预制桩、预应力管桩、现浇混凝土灌注桩)、钢桩(钢管桩、H形钢桩)、特殊桩(成槽机施工的巨形桩、扩大头桩)等。

1) 现浇混凝土灌注桩:目前我国施工的现浇混凝土灌注桩最大直径达3m,深度达104m,工艺上可加注浆。国外有的混凝土灌注桩直径更大,还可以扩大头部;如果用连续墙成槽机做巨型现浇混凝土灌注桩,还可以成桩更大更深,例如日本的水平多轴式回转钻机(EM型),成桩壁厚1200~3200mm,深度达到170m。

2) 钢管桩:一般钢管桩直径约600~900mm,如在上海金茂大厦施工中,管桩深度达83m,直径900mm,最大桩锤可达30t。

2. 基坑支护技术

基坑支护广义上包括挡土结构、隔水帷幕、支撑技术、降水技术及环境保护技术等方面。

(1) 挡土结构 包括以下几种:

1) 重力坝式:用深层搅拌、旋喷等工艺形成的水泥土重力坝形式,能挡土、隔水,可不用支撑。

2) 各种板桩:有木板桩、钢筋混凝土板桩、钢板桩,主要作挡土用,同时也起一定的隔水作用。

3) 钢筋混凝土地下连续墙:这种工艺在世界上已经有50年历史,可以挡土和隔水,有现场浇筑与成槽后插入预制地下墙两种。对于现场浇筑地下墙,我国已做到深度60m,有的国家已经在考虑生产成槽能力200m深以上的水平多轴式回转钻机,其成桩壁厚可达到4m。

4) 就地灌注排桩:用人工开挖就地灌注成桩,并做成连续排桩,可起到地下连续墙一样的作用,但由于接搓不可能密贴,只能起挡土作用。

5) 劲性水泥土桩(SMW工法):在水泥土排桩内插入型钢,以型钢受力,水泥土作为隔水帷幕。



6) 其他挡土结构: 有喷锚护坡、钢桩插板等。

(2) 隔水帷幕 包括水泥土排桩、注浆帷幕、薄型地下连续墙等。日本近年研制成称之为 TRUST-21 型的成槽机, 成槽最小壁厚仅为 0.2m, 深度 200m, 采用泥浆固化成壁, 透水系数为 $10^{-6} \sim 10^{-8} \text{cm/s}$ 。

(3) 支撑技术 包括以下技术:

1) 钢支撑: 传统做法采用型钢支撑。

2) 钢筋混凝土支撑: 为适应不规则基坑的体形并使挖土有较大空间, 我国创造并发展了一种钢筋混凝土支撑体系, 有对撑、角撑、排撑及拱形、环圈形支撑。上海最大环圈直径达 92m, 天津也正在施工直径一百余米的大环圈。采用钢筋混凝土支撑体系的优点是一次性投入少、适应性强, 最大的缺点是只能一次性使用, 社会资源浪费大, 爆破拆除时对环境有影响。

3) 双向双股复加预应力钢管支撑: 双股井字形接头可以解决传统的钢支撑空间小的缺点, 以使挖土方便。双向施加预应力还可以针对土的流变特性, 复加预应力控制变形。

4) 土锚杆(土钉)拉锚: 在挡土结构外侧向基坑外土体深部打入锚杆, 可以施加预应力, 以达到锚桩挡土的目的。这种方法一般适用于土质较好的大型深基坑。

(4) 降水技术 地下水位较高的地区及较深的基坑都需要采取降水措施, 常用的有:

1) 轻型井点: 可深至 3~7m。

2) 喷射井点: 可深至 7~15m。

3) 深井及加真空深井: 可深至 10m 以下。

4) 大口径明排水管井: 在土质好的地区常有应用。

(5) 环境保护技术 包括以下内容:

1) 井点回灌技术: 目的是控制基坑外的水位, 防止坑外管线、道路、建筑物产生固结沉降。

2) 堵漏技术: 目的是控制向基坑内渗水, 有各种即时堵漏及注浆技术。

3) 信息监测与信息化施工技术: 基坑支护的应力应变计算由于参数选取不准, 往往只能作为参考值。为保护环境, 须在工程进行中监测即时变形, 并采取可靠的即时加固措施, 以防事故发生。目前随着工程规模增大及环境保护意识的加强, 监测技术发展很快, 通过计算机的应用, 可以提供施工过程中支护体系及环境的受力状态及变形数据。而且由于信息技术及各种加固技术水平的提高, 已经可以实现毫米级的变形控制。

4) 调节变形的技术手段: 可以在基坑内外进行双液快硬注浆; 可以对支撑施加预应力, 或增加支撑; 也可以调整挖土速度及支撑施工的程序。

3. 大体积混凝土施工技术

建筑构件三个方向的最小尺寸超过 800mm 的混凝土施工,称为大体积混凝土施工。由于水泥在水化过程中发热,引起混凝土构件在升、降温过程中,因各部位温差应力,加上混凝土本身的收缩等因素,易产生危及结构安全的裂缝。过去,大体积混凝土施工是一个重大技术问题,但自从宝钢转炉基础 7200m³ 一次浇捣无裂缝获得成功后,我国大体积混凝土施工技术开始有了新的飞跃,这其中主要是采取了四类措施:①减少混凝土本身发热;②内降温、外保温,运用信息监测技术,及时调整和控制结构构件内外部分的温差在 25℃之内;③延长并做好养护工作;④尽可能科学地组织施工,提高浇筑强度。

4. 逆作法施工技术

逆作法是基础与上部结构同时施工的先进工艺,有减少和取消临时支护措施、降低成本及大大加快施工速度等优点,20 世纪 70 年代前后被一些发达国家采用。我国于 20 世纪 80 年代进行研究试验,90 年代在广州、上海等地应用。目前我国已大规模应用。

逆作法施工的关键技术包括:

- 1) 用地下连续墙作为永久地下室外壁。
- 2) 对建筑主体结构柱子下的承载桩,在成桩过程中要预先增加型钢支柱。
- 3) 先施工地面板,支承在型钢支柱与地下墙上,此地面板又是在挖土过程中对地下墙的支撑。
- 4) 在地下室最下部底板施工前,上部结构施工高度要控制在钢支柱桩的安全承载力之内。
- 5) 各支柱及地下墙在施工过程中的沉降差要控制在结构允许范围之内。
- 6) 施工有顶盖的地下部分要保证安全与一定的效率。

(二) 上部结构施工技术

结构施工技术范围很广,包括砖结构、木结构、钢结构、钢筋混凝土结构及其他特种结构,下面仅介绍当前钢筋混凝土结构中的模板、钢筋、混凝土以及结构吊装的先进工艺技术。

1. 模板施工技术

我国自 20 世纪 70 年代开始引进日本钢管脚手架与组合钢模板技术,80 年代后期逐步发展成自己的型钢骨架加大型贴面模板的平面模板体系。各种新型的平面模板体系,有传统的支架模板以及改进了的台模、飞模、排架式快拆模体系、独塔式快拆模体系等。

各种竖向模板与脚手架体系包括:

- (1) 爬模体系 利用模板与爬架交替支承在结构上,并用简易起重设备交替上升安装支架与模板。



(2) 滑模体系 滑模是相对成熟和比较老的施工技术,在烟囱等筒体上早有应用,以后又在高层建筑的剪力墙、框架上应用。滑模又分直接滑模浇捣与滑框倒模等工艺。滑模的缺点是每次只能滑升若干厘米,混凝土要连续浇捣,混凝土结构与模板一直在相对运动,所以混凝土表面容易出现横条纹甚至被拉裂,施工安排也比较繁琐。

(3) 液压整体提升模板体系 近年来在原滑模技术的基础上有所改进,原滑模动力体系仅作为提升设备,并加强支柱的力量,将模板做成整体,从而使模板可每层一次整体提升到位,混凝土分层浇筑。此法克服了原滑模的缺点。

(4) 分块提升式大模板 作为一种专用模板体系,如德国的 PERI,在国外使用很多。该模板体系支承在已完成的结构上,由专用液压机进行自升,技术较先进,但价格较贵。

(5) 升板机整体式提升模板与脚手架体系 这是利用升板机较大的提升能力,借助结构自身强度,提升钢制平台,而模板与脚手架就悬挂在钢平台上,随结构的上升而上升,是一种比较经济高效的模板体系。这种体系快速、安全、经济,其成本仅是德国 PERI 液压提升模板的 1/10。

2. 钢筋施工技术

(1) 钢筋点焊网片 由钢筋工厂生产焊接卷网,在施工现场进行钢筋焊接骨架整体安装。

(2) 钢筋接头 包括长度搭接、帮条焊接、对焊、电渣焊、压力焊接、套筒冷压接、套筒斜螺纹连接、可调螺纹连接等多种方式。这里特别要提出的是直螺纹等强接头,它利用加工过程使钢筋螺纹接头强度提高,可以保证接头强度超过母材,使接头位置与数量不受限制。

(3) 预应力技术 预应力技术早在 20 世纪 30 年代已有方案提出,到 50 年代在世界上开始推广,此项技术使钢筋与混凝土充分发挥各自特性达到结构的最佳组合,以提高结构刚度和抗裂性能,减小结构构件断面。现在在一些大型大跨度的钢筋混凝土结构工程上几乎均采用预应力技术。按预应力施加时间分,可分为先张法与后张法;按混凝土的连接程度分为有粘结和无粘结两种;按预应力施加程度分为预应力结构及部分预应力结构。

3. 混凝土施工技术

近百年来,混凝土结构主宰了土木建筑业,没有一个重大工程可以离开混凝土。混凝土技术随建筑业的发展而发展,特别是近年发展得更快。

(1) 混凝土组分的发展 混凝土已在一般的水泥(胶凝料)、砂子(细骨料)、石子(粗骨料)加水的组分基础上,增加了很多新的品种。

1) 增加掺合料:粉煤灰(可改善混凝土性能)、磨细矿渣粉(可提高强度、改善性能)。

2) 掺加化学外加剂: 可适应减水、快硬、增塑、增稠、缓凝、抗冻、可泵送、自密实等功能的要求。

3) 掺加各种纤维: 如玻璃纤维、钢纤维、塑料纤维、碳纤维等, 以提高混凝土强度与抗裂性。

(2) 混凝土强度的发展 20 世纪 50 年代以前, 我国主要以生产 1:2:4 和 1:3:6 体积配比的混凝土为主; 50 年代主要生产 110 号、140 号、170 号、210 号混凝土; 60~70 年代主要生产 150 号~300 号混凝土; 80 年代主要生产 200 号、300 号、400 号混凝土; 90 年代发展为生产 C20~C80 等级的高强混凝土。目前, 我国已能在实验室配制 C100 等级以上混凝土, 但在实际应用中最高达到 C80 等级。

在国外, 如美国 ACI (美国混凝土协会) 在 1984 年确定 C50 以上为高强混凝土。实例包括: 马来西亚吉隆坡双塔大厦底层受压结构采用 C80 混凝土; 美国芝加哥 SOUTH WACKER 大厦底层柱为 C95 混凝土; 美国西雅图双联大厦 3m 直径的钢管混凝土采用 C130 混凝土, 成为国际上混凝土应用的高强度等级。虽然理论上可以配制 C200 以上的混凝土, 只是由于强度太高带来的脆性问题尚未根本解决, 因此目前在使用高强混凝土方面仍有一定的限度。

(3) 商品混凝土及泵送混凝土 商品混凝土发展很快, 发达国家的一些大城市几乎都采用商品混凝土, 约占混凝土使用总量的 60%~80%。我国近十年来预拌商品混凝土发展也很快, 2004 年全国商品混凝土产量超过 2.84 亿 m^3 。泵送混凝土是与商品混凝土一起发展起来的, 随着商品混凝土的快速发展, 混凝土泵送技术水平也有了很大提高。

(4) 高性能混凝土及其发展 高性能混凝土(即 HPC), 国际上提出这个名词已有 20 余年, 但不少发达国家都在这方面大做文章, 因为社会发展对建筑结构功能的要求越来越高, 而混凝土可以利用掺合料的变化, 实现符合多种要求的特殊功能, 如高强、耐久、耐油、抗裂。我国混凝土的耐久性存在极大问题, 需要在高性能混凝土上下大力气研究。由于国外高性能混凝土取得了突破, 混凝土施工也打破了传统习惯, 20m 高的混凝土墙体可以一次浇捣完成。

4. 结构吊装技术

目前, 国内外的结构吊装技术都有了突飞猛进的发展, 开始由传统的机械吊装向大型化与多机组合吊装发展。

(1) 整体提升吊装 包括卷扬机整体提升和计算机控制、钢绞线承重、液压整体提升。

(2) 平面滑行安装技术 当安装机具无施工位置时, 利用已安装的结构单体进行平面滑行安装, 也是非常实用的方法。

5. 房屋工厂的设想与实践

由于房屋建筑的固定性与体型庞大的特性, 所以房屋的生产没有工厂和流水