

建筑工程技术基础知识

主 编	张 哲 民	
副主编	萧 绍 统	朱 象 清
撰稿人	吴 中 伟	黄 熙 龄
	夏 靖 华	杜 拱 辰
	蓝 天	李 世 英
	时 慧 珍	吴 世 英



中国建筑工程工业出版社

支撑，保证了结构的稳定，做到了安全施工，与上例形成鲜明的对比。

由于上述特点，本书对于有实践经验的基层干部是一本具有特色的好教材，可学到许多必须掌握的基本知识，更可使他们已有的感性认识提高到理性认识，增强对工程质量的预见性和施工中的应变能力与科学管理能力。本书对于建筑业各级干部和科技人员也是一本极有价值的读物，从中可以得到不少启迪。

撰写这样的书，确有相当大的难度，真如出版界一位负责同志所说的：“自己准备一桶水才能给人一杯水”。本书的作者虽写过许多学术论著，但为撰写这本书还是费尽了心血。他们以高度负责的精神，在极其丰富的专业知识中精选出施工最需要的东西，在规范规程的众多条款中找出关键的问题，在纷繁的事物中找出最典型的实例，在无数的技术信息中找出方向性的新事物，又要力求用通俗的文字、示意图和较少的篇幅使读者获得较大的收益，往往反复构思，数易文稿始克完成。在本书出版之际，谨对他们的辛勤劳动和无私奉献表示诚挚的感谢和敬意。

本书最后一篇文章“施工项目经理必须掌握技术理论的基础知识”，是全国建筑施工界知名总工程师吴世英同志根据自己半个多世纪以来的切身体会所写，从文中列举的实践经验也可以看出担任一线施工指挥的基层领导干部，其技术工作责任是何等重大，愿他们在百忙中尽可能挤出时间加强学习，本书为他们的学习提高发挥出应有的作用。

撰写和出版这样的书，还是第一次，难免有不足之处，深望读者多提意见，俾在再版时加以改进。

张哲民

1995年9月

作者简介

-
- 吴中伟 中国工程院院士，清华大学教授、博士生导师，中国建筑材料科学研究院高级技术顾问、原总工程师、副院长。
- 黄熙龄 中国工程院院士，中国建筑科学研究院顾问总工程师、博士生导师，原地基基础研究所所长。
- 夏靖华 中国建筑科学研究院顾问总工程师、原总工程师，中国土木工程学会混凝土与预应力混凝土学会理事长。
- 杜拱辰 中国科技咨询中心预应力结构专家组组长，欧洲钢筋混凝土学会(CEB)顾问委员会荣誉委员，中国建筑科学研究院原副总工程师。
- 蓝天 中国建筑科学研究院研究员，中国土木工程学会常务理事、空间结构委员会副主任，国际薄壳及空间结构学会执行委员。
- 李忠 教授级高工，中国工程建设焊接协会常务副理事长，中国钢结构焊接协会副理事长，中国气压焊协会理事长，中建一局党委书记。
- 时慧珍 教授级高工，中建一局原技术处副处长。
- 吴世英 教授级高工，原上海市建筑工程局总工程师，原核工业部基建局总工程师。
- 张哲民 建设部科技委顾问，原建工部科技局局长、建筑科学研究院院长、国家建工总局副总局长。
- 萧绍统 教授级高工，北京市政府建工专业顾问组组长，原建设部建筑管理局副总工程师。
- 朱象清 编审，中国建筑工业出版社总编辑。

序 一

不久前，党中央、国务院召开全国科学技术大会，号召全党全国人民全面落实邓小平关于科技是第一生产力的思想，投身于实施科教兴国战略的伟大事业，把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质轨道上来。江泽民主席也多次指出，发展生产力的决定因素是人的素质，特别是各级领导干部的科学文化素质。并号召各级干部学习《现代科学技术基础知识》一书，以丰富大家的科技知识，提高领导现代化建设的水平。改革开放以来，我国建筑业发展迅速，建筑队伍扩大很快，很多干部的科学文化素质不能适应生产与建设发展的要求，尤其是施工基层领导干部（项目经理、工地主任等），他们中许多同志是从实践中成长起来的，虽有相当丰富的实践经验，但缺乏必要的技术理论知识，亟需学习提高。

中国建筑业出版社根据中央指示精神和建设部许多老领导的意见，结合建筑业的实际需要，特约请吴中伟院士、黄熙龄院士等多位知名专家，撰写了《建筑工程技术基础知识》一书。针对施工中的重大问题，用较少的篇幅、深入浅出地阐明基本的理论概念和工艺原理，指出技术关键和处理方法，使读者能在较短时间内提高对设计意图和国家标准、规范的理解能力。毛泽东同志在《实践论》中指出：“只有理解了的东西才更深地感觉它”。有实践经验的同志学习掌握这些基础理论知识后，必将有大的收益，可以更好地完成当前的施工任务，适应今后越来越复杂的新任务。本书对于已有一定专业理论基础的同志，也有加深理解、抓准关键的启迪作用；对于建筑业其他各级干部则有普及工程知识、扩

大知识面，并了解技术发展方向的作用。

撰写本书的难度是相当大的，作者们都担负着繁重的技术工作，他们不辞辛劳，倾注了极大的心血，表现了高度负责和无私奉献的精神，谨向他们表示深挚的谢意。

侯 捷

1995 年 9 月 14 日

序 二

改革开放以来，我国建筑业发展迅速，建筑科学技术日新月异，广大工程技术人员的科学技术知识日趋老化，难以适应形势的需要。为了加强对在职职工的继续教育，进一步提高广大建筑企业基层管理人员（项目经理、工地主任等）的技术理论水平，中国建筑业出版社组织建筑科技界的多位知名专家撰写了《建筑工程技术基础知识》一书。

本书内容丰富，包括建筑工程设计和施工等多方面的技术知识以及新技术的发展动态。全书各章均由各领域学术造诣很深而又有丰富实践经验的知名专家撰写，具有较高的科学性和权威性。作者深入浅出地介绍学科的基础理论知识，并密切联系工程实际，概念明确，使读者不仅知其然，而且知其所以然，并能起到举一反三的作用。同时作者用多年的研究成果和经验体会，说明了理论指导实践的意义。本书融科学性、实用性、可读性于一体，适合建筑施工企业广大领导干部以及工程技术人员阅读。

当前，我国一些建筑施工企业在工程建设中，工程质量事故或安全事故时有发生，急切要求提高施工企业基层管理人员的技术素质和妥善处理工程技术难题的应变能力。特别是一些施工技术复杂、质量要求高、工期紧的工程，更要求提高施工管理人员的管理水平和技术素质。近几年来，我们在全中国进行的建筑施工企业项目经理培训，正是为了培养和建立一支职业化的懂技术、会管理、善经营的建筑施工企业项目经理队伍。而本书是项目经理学习建筑工程技术知识的好教材，也值得建筑施工企业其他干部好好学习。希望各单位领导及职教部门积极开展在职干部，尤其是基层领导干部的继续教育工作，采取短训班或辅导自学的方式，

掀起一个学习科学技术的热潮，从而进一步提高建筑企业的管理水平。

建设部建筑业司

1995 年 9 月

前 言

党的十一届三中全会以来，随着我国经济的高速发展和建设任务的猛增，建筑施工队伍发展十分迅速。1978年全国施工队伍共879万人，现在已增至3100万人，为当年的3.5倍。在这样的发展速度下，由于培训工作跟不上，形成了队伍业务技术素质的整体下降，基层管理薄弱，特别是一线指挥施工的项目经理（工地主任）技术素质与任务需要不相适应的局面尤为突出。

这些基层干部中，相当一部分是从实践中成长起来的，他们有丰富的实践经验，但由于缺乏基本技术理论知识，对设计意图和国家标准、规范等各项要求难以理解清楚，不仅影响工程质量，制约新技术的推广应用，先进施工方案的制订和科学管理的实行；而且对今后越来越复杂的新技术、新任务也就更难适应。因此，对他们进行系统技术理论知识的继续教育已刻不容缓。考虑到他们都担负着繁重的工作任务，很难抽出较多时间脱产学习，在教学方法、教材内容等方面也必须相应地改进。

正是基于上述实际情况，中国建筑业出版社根据中央关于加强在职干部继续教育的指示精神，特约请吴中伟院士、黄熙龄院士等多位知名专家撰写了这册《建筑工程技术基础知识》。针对当前施工中的重大技术问题，分混凝土、建筑物地基、钢筋混凝土结构、预应力混凝土、空间结构、焊接和施工中的稳定措施七个方面，用较少的篇幅，深入浅出地阐明基本的技术理论概念和工艺原理，指出带有共性的技术关键和处理方法。本书在内容和写法上不同于教科书和学术专著，具有如下特点：

一、以基础理论引路，重在提高理性认识

在工程建设中，遇到的问题十分复杂，只有掌握基础理论，提高理性认识，具有对事物进行分析的能力，才能作出正确的判断。因此，本书对每个领域，都尽力使读者对基本概念有较深的理解。例如在讲混凝土时，提出了“人造石”的概念，对混凝土的组成，硬化机理，获得耐久性、强度和最佳经济效果等的条件和相互的关系都讲得比较清楚，指出努力目标就是要制造出“均匀优质”的混凝土。在讲预应力混凝土时，则以日常生活中常见的物体为例，形象地说明预应力混凝土优于普通钢筋混凝土的基本原理，进而提出了目前处在发展主流地位的“部分预应力混凝土”的概念。当讲到空间结构时，为了使读者从概念上区分平面结构和空间结构中力的传递规律，作者形象地把平面结构比作按“级别”原则运作，即荷载所产生的力，由小构件逐层传递给大构件，把空间结构的杆件比作按“平等”原则办事，荷载所产生的力就均匀地扩散到周围的杆件中去。有了上述理论概念，对施工中实际问题的理解自然会有所提高。

二、融会贯通，建立设计与施工的桥梁

让施工人员懂得设计意图，是本书的突出特点。例如在介绍钢筋混凝土结构时，就指出设计的总意图是：充分发挥混凝土与钢筋两种材料各自的受力性能优势，使构件发挥最大抵抗外荷载的能力。因此，在施工中必须了解各种构件的受力状态，千万不能把钢筋的位置放错，对构件支座和节点部位的钢筋，强调必须按图纸的要求如数放够放准，同时要保证混凝土的浇筑质量。又如对钢筋混凝土结构的构造处理，特别说明了伸缩缝、沉降缝和抗震缝三种变形缝的不同作用和特点，并联系实际强调施工中应注意的事项。

三、拥有新颖内容，指导作用强

本书作者均为理论造诣甚深又有丰富实践经验的知名专家。在撰写混凝土一章中，作者将多年的研究成果“均匀优质混凝土的主要因素表”、“普通混凝土配合比调整规律”首次在本书发表。建筑物地基是建筑施工的一项重要内容，为了使读者在较短的时

间内尽量多地掌握一些土的性能和处理方法，作者从大量专业规程中找出关键内容，同时阐明土的成因复杂、地区性强、质的差别大等特点，作者又根据近年来处理重大质量事故的许多新经验，对于高大建筑物基坑的开挖与支护、地基承载力及边坡的稳定性问题，以及软土地基、特殊地基的处理问题，详细介绍了判别方法、处理原则以及注意事项，对指导设计与施工具有十分重要的意义。在焊接一章中，作者应用自己广泛的专业知识和实践经验，介绍了各种焊接工艺特点和基础理论知识，并着重讲解了钢结构焊接、管道焊接和一般容器焊接的工艺要点。

本书在介绍当今世界新技术发展趋势时，不以多推荐一些国外的新技术为满足，而是针对国情与发展的可能性，引导大家注意我们自己的发展方向。如在介绍高性能混凝土（HPC）的研究和应用时，既指出它能满足强度、工作性、耐久性三项更高的要求，对近代工程发展的需要有着重大的意义，同时又论证我国已具备生产和用好此类混凝土的条件。在此基础上进一步介绍了国外正在研究的几种特高性能（超高强度）水泥基新材料，如 MDF（无宏观缺陷“水泥”）与 DSP（超细粒聚密“水泥”）等新材料。这些材料具有极高的抗冲击、耐磨和耐腐蚀性能，能在某些高科技领域中代替昂贵的金属材料。这些说明了混凝土的材性、生产技术与应用方面还有很大的开发余地，有待我们去为之奋斗。

四、实例分析，举一反三

保证结构在施工中的稳定性十分重要。为了引起大家的注意，本书采用正反两方面的实例加以分析对比，起到举一反三的作用。如某地一座高达近 40m 的装配式钢筋混凝土框架，四角立有截面达 75cm×75cm 的大柱，框架分 8 层，每层用 1m 高的横梁连接。由于施工中未及时将接头固定使框架形成整体，致使这座偌大的框架被大风刮倒。又如某地一座 54m×48m 的方形飞机库，一边敞开，其他三边有 24 根细长柱子，网架屋盖重达 340t，在滑升混凝土柱子的同时提升至高 19m 的柱顶就位。对这样一座特大的空旷结构，由于在滑升过程中分段加焊柱子间的剪刀撑和临时水平

目 录

序一	(侯捷)	
序二	(建设部建筑业司)	
前言	(张哲民)	
第一章	混凝土 (吴中伟)	1
第一节	概述	1
第二节	混凝土的原材料及其对混凝土性能的影响	3
一、水泥		3
二、集料		6
三、水		8
四、细掺料		10
五、外加剂		11
第三节	混凝土的配合比	16
一、“试配与调整”的配合比设计法		17
二、配合比的调整		18
第四节	混凝土制作工艺的几个问题	20
一、拌和问题		20
二、捣实问题		22
三、养护问题		23
第五节	混凝土的质量控制	25
一、混凝土强度的评定与统计分析		25
二、拔出法用作混凝土质量控制		31
第六节	混凝土技术的发展	32
第二章	建筑物地基 (黄熙龄)	38
第一节	地基土的物理性质及分类	38
一、土的组成及特征指标		38
二、岩土分类		41

原
书
缺
页

第三章 钢筋混凝土结构 (夏靖华)	121
第一节 钢筋混凝土的基本概念	121
一、钢筋混凝土是一种很好的结构材料	122
二、钢筋与混凝土的共同工作	123
三、混凝土	126
四、钢筋	126
五、钢筋混凝土结构的设计与施工	132
第二节 钢筋混凝土基本构件	137
一、板	137
二、梁	141
三、柱	146
四、墙	149
五、桁架	152
第三节 钢筋混凝土结构体系	155
一、排架结构	155
二、刚架结构	161
三、框架结构	165
四、装配式墙板结构	168
五、板柱结构	170
六、剪力墙结构	173
七、框架-剪力墙结构	175
八、筒体结构	176
第四节 钢筋混凝土结构的质量检测与修补加固	179
一、质量问题及其产生原因	179
二、钢筋混凝土质量的检测方法	182
三、钢筋混凝土结构的修补与加固	185
第四章 预应力混凝土结构 (杜拱辰)	192
第一节 预应力混凝土基本概念	192
一、什么叫预应力	192
二、混凝土为什么要预加应力	194
三、预应力混凝土的定义及分类	195
四、预应力筋的布置及其对结构的影响	198
五、预应力混凝土发展简史	206
第二节 预应力高强钢材与高强混凝土	208
一、预应力高强钢材品种	208

二、预应力高强钢材的松弛、应力腐蚀	210
三、高强混凝土	212
第三节 预应力混凝土工艺	214
一、预应力混凝土的主要生产方法	214
二、无粘结预应力筋的应用	216
三、在生产中要特别注意的几个问题	217
四、先张、后张法预应力混凝土的发展前景	219
第四节 预应力损失值	220
一、引起预应力损失的各种原因	220
二、减少预应力损失值的措施	221
第五节 预应力混凝土对房屋建筑的影响	222
一、对梁板等受弯构件的影响	222
二、对建筑与结构平面布置的影响	223
三、对建筑功能的影响	225
四、对建筑造型的影响	226
五、用预应力技术解决工程中的疑难杂症	228
第六节 预应力混凝土结构的专业化生产	232
一、先张法预制工厂	233
二、后张预应力混凝土专业公司	233
第五章 空间结构 （蓝天）	235
第一节 空间结构的基本概念和特点	235
一、什么是空间结构	235
二、空间结构和曲面	237
三、空间结构的优缺点	239
第二节 空间结构的形式及其适用范围	242
一、薄壳与折板	242
二、网架结构	246
三、网壳结构	251
四、悬索结构	254
五、膜结构	260
第三节 空间网格结构的材料与节点构造	265
一、钢材与截面的选用	266
二、焊接钢板节点	266
三、焊接空心球节点	268
四、螺栓球节点	269

第四节 大跨度屋盖结构的施工方法	271
一、高空散装	272
二、分条或分块安装	273
三、高空滑移	274
四、地面拼装整体吊装	275
五、地面拼装整体提升	277
六、地面拼装整体顶升	277
第六章 焊 接 (李忠)	279
第一节 焊接的基本概念	279
第二节 常用焊接方法及其应用	282
一、手工电弧焊及其应用	282
二、气焊及其应用	285
三、气压焊及其应用	286
四、电渣压力焊及其应用	287
第三节 焊接变形与应力	288
一、影响焊接结构变形的因素	289
二、焊缝收缩量的估计	291
三、焊接变形的基本形式和减少与防止残余变形的措施	294
四、焊接应力及防止措施	297
第四节 焊缝缺陷及检验方法	302
一、外观缺陷	302
二、未焊透	304
三、气孔	305
四、裂纹	306
五、夹渣	308
六、焊接接头的质量检查	309
第五节 建筑安装焊接工艺要点及实例	311
一、钢结构的焊接	311
二、管道的焊接	319
三、贮罐的焊接	327
第七章 施工中的稳定措施 (时慧珍)	335
第一节 钢筋混凝土结构施工	335
一、现浇钢筋混凝土结构施工	335
二、预制钢筋混凝土结构施工	345
第二节 砖石结构施工	352

一、砖石砌体的强度	352
二、砖石砌体的稳定	354
第三节 模板工程	358
一、模板的分类及适用范围	358
二、模板工程的设计与计算	367
第四节 脚手架的种类和稳定性验算	374
一、常用脚手架的分类	375
二、脚手架的选用	376
三、脚手架的安全保障	380
四、脚手架的计算	384
第五节 结构吊装	386
一、吊装工程的施工准备工作	386
二、吊装方法的选用	387
三、吊装设备的选择	392
四、稳定系统的设置与计算	394
五、起重设备受力状态下稳定性计算方法	398
施工项目经理（工地负责人）必须掌握技术理论的基础	
知识（吴世英）	400

第一章 混 凝 土

第一节 概 述

石材是一种优质建筑材料，以其质坚、耐久、美观为古今人民所喜爱。自从 1824 年英国阿斯帕丁获得波特兰水泥的专利后，水泥混凝土大量用于建筑工程，得到人造石的美名。我国工程界习惯地将混凝土简写作“砼”^①（读“tóng”，也有读作“混凝土”的），该词就是由“人”“工”“石”三字所组成。

混凝土从其组成的成分来看，原来也是岩石。混凝土中最多的组成材料是来源于天然岩石的粗细集料，约占混凝土体积的 70%，而胶结集料产生整体强度的硬化水泥浆（或称水泥石）中包含着呈晶体和胶体形态的水化物，也属于造岩矿物，如氢氧钙石、钙矾石、各种形态的托勃莫来石、水镁石等等；只是在水泥石中含有比优质岩石多一些的孔缝和不同形态的水，以致混凝土的强度、致密度与耐久性低于优质石材。所以经过努力，混凝土在质坚耐久方面完全有可能赶上石材。

混凝土超过石材的性能很多，最重要的是可塑性性与复合其他材料的能力。塑性状态的新拌混凝土也称混凝土拌合物能够充填任何尺度和形状模型，能够粘结其他材料和部件，制成符合要求的构筑物或构件。在水泥浆、砂浆和混凝土中能够复合进多种材料，得到各种特性，最有用的如钢筋混凝土、纤维增强混凝土、聚合物混凝土、预应力混凝土等等。复合化是材料发展史中

① 建筑工程上常将“混凝土”简写为“砼”，正式出版物中一般采用“混凝土”。