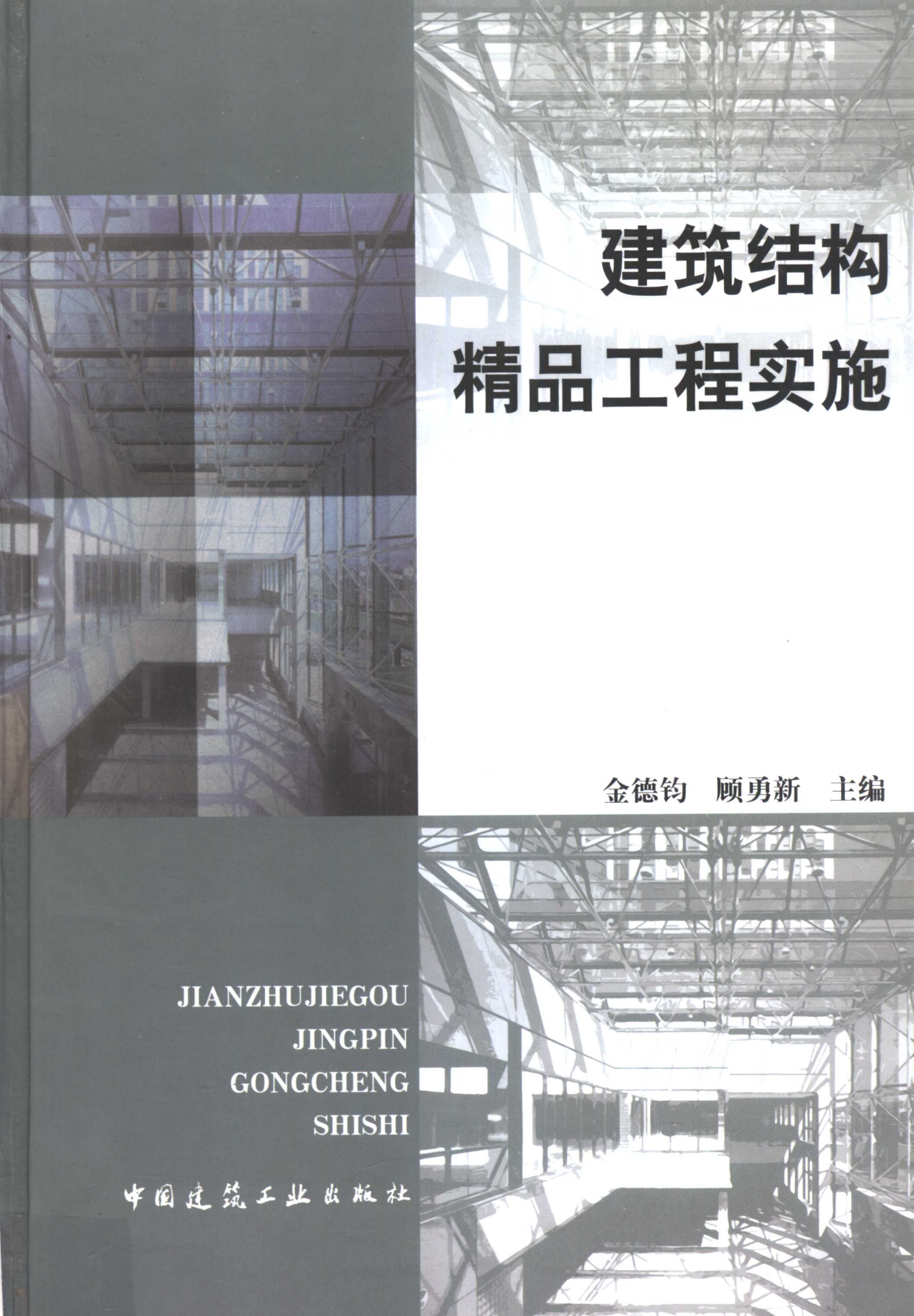




建筑结构 精品工程实施

金德钧 顾勇新 主编

JIANZHUJIEGOU
JINGPIN
GONGCHENG
SHISHI

中国建筑工业出版社

建筑结构精品工程实施

金德钧 顾勇新 主编
张寿岩 刘仲元 主审



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构精品工程实施/金德钧, 顾勇新主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

ISBN 7-112-05956-9

I. 建… II. ①金…②顾… III. 建筑工程-工程施工 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 066858 号

本书以创建建筑结构精品的工程管理和施工实践为基础, 全面系统地介绍建筑企业如何策划和实施建筑结构精品工程。内容包括十项新技术的应用介绍、建筑结构精品策划、建筑结构精品工程实施和控制、建筑结构精品工程质量标准、技术文件 (施工组织设计、施工方案及技术交底) 的编写和技术文件案例、建筑施工技术资料管理等。

本书可供施工企业管理人员、项目经理及广大施工技术人员参考使用, 也可作为工程质量管理、监理人员的培训用书。

* * *

责任编辑 胡永旭 周世明

责任设计 孙 梅

责任校对 黄 燕

建筑结构精品工程实施

金德钧 顾勇新 主编

张寿岩 刘仲元 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 29 字数: 720 千字

2003 年 11 月第一版 2003 年 11 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 53.00 元

ISBN 7-112-05956-9

TU·5233 (11595)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

在我国加入 WTO 和建筑市场日益开放的形势下，如何尽快提高我国建筑业的整体素质和企业的竞争能力，以期在激烈的市场竞争中求得生存和发展，是当前我国建筑业迫切需要解决的问题。在这种大环境中，企业之间的竞争日趋激烈，每个建筑公司要想发展必须坚持精品名牌战略，塑造自身的企业形象，将大量新的技术应用到施工中，建立和健全建筑施工企业的工程质量管理体系，努力创建企业精品，增强企业的核心竞争力，是解决以上问题的最重要的途径之一。结构施工是整个施工中最基础也是最重要的一环，是关系到国计民生的大事。

本书编者根据多年现场施工管理和实践，总结了一批获得北京市“结构长城杯”工程的管理和施工具体做法和经验，在大家的帮助下编写了这本书。本书从策划、管理、施工各方面论述了创建筑结构精品工程过程中每一步需考虑和控制的要点及控制方法。

本书在编写过程中得到北京市工程建设质量管理协会、北京市新海玖仟科技发展有限公司及中国建筑一局（集团）有限公司技术人员的大力支持，在此表示感谢。

同系列图书还有：

《建筑精品工程策划与实施》

《建筑精品工程实施指南》

《住宅精品工程实施指南》

目 录

第一章 中国建筑业发展形势	1
第一节 建筑业科学技术获得发展的背景	1
第二节 建筑科学技术在国内的发展情况和应用	2
一、地基基础工程施工技术	3
二、高强高性能混凝土	7
三、高效钢筋和预应力	9
四、粗直径钢筋连接技术	14
五、新型模板与脚手架应用	17
六、建筑节能和新型墙体应用	26
七、新型建筑防水和塑料管应用	30
八、钢结构工程应用	40
九、大型设备与结构整体吊装技术	43
十、计算机应用及管理技术	46
第三节 提高建筑技术水平的对策	48
一、强化科技意识,牢固树立“科学技术是第一生产力”的观点	49
二、强化科技管理,建立健全科技管理新机制	49
三、加大新技术推广应用力度,提高建筑科技整体水平	49
四、加强企业的技术改造,培育和发展机械设备的租赁和调剂市场	50
五、提高建筑工业化水平	50
第二章 结构精品工程策划	51
第一节 结构精品工程策划	51
一、工程目标策划	51
二、组织策划	52
三、施工组织管理策划	57
四、结构工程精品策划	58
第二节 精品工程技术文件的编制	58
一、施工组织设计、方案、技术交底的作用、重要性	58
二、施工组织设计、方案、技术交底之间的关系	59
三、施工组织设计的编制	59
四、施工组织设计编制内容	60
五、施工组织设计编制要点	60
六、施工方案的编制	80
七、技术交底的编制	87
八、施工组织设计、方案、技术交底的落实与管理	88

第三节 精品工程技术资料的整理	89
一、管理职责	89
二、施工资料收集整理	89
三、施工资料的管理流程	90
四、工程资料的分类	95
五、施工技术资料的组成及要求	107
六、分项施工资料内容	110
第三章 结构精品工程施工管理控制	141
第一节 精品工程施工制度的建立	141
一、目标管理 (MBO) 制度	141
二、培训交底制度	141
三、样板制度	143
四、三检制度	143
五、材料验收制度	144
六、现场挂牌标识制度	144
七、质量会诊制度	145
八、质量追根制度	146
九、质量奖罚制度	146
十、生产例会制度	146
十一、成品保护制度	147
十二、计划考核制度	147
第二节 精品工程计划管理	147
一、项目计划管理职责	147
二、计划编制程序	149
三、计划编制规定	149
四、计划的实施	150
五、专项网络施工进度计划	151
六、计划调整	151
第三节 精品工程安全管理	152
一、项目安全管理策划	152
二、安全管理	152
三、安全生产具体管理点	154
四、安全培训	154
五、安全防护方案	157
六、安全防护方案案例	158
第四章 结构精品工程的实施	180
第一节 地基与基础工程	180
一、土方工程	180
二、降水工程	182
三、基坑支护工程	187

四、桩基础工程	193
五、地基处理工程	196
六、浅基础工程	200
七、地下防水工程	206
第二节 模板工程	207
一、基本要求	207
二、模板设计和制作	208
三、模板体系的选用	208
四、模板安装	221
五、模板拆除	222
六、模板工程实施要点及规矩	224
第三节 钢筋工程	224
一、基本要求	224
二、钢筋加工	225
三、钢筋锚固和搭接要求	225
四、钢筋焊接连接	226
五、钢筋机械连接	227
六、钢筋绑扎	232
七、钢筋质量要求	233
八、钢筋绑扎控制要点	234
第四节 混凝土工程	237
一、混凝土原材料的质量控制	237
二、混凝土配合比	240
三、混凝土的配制	242
四、混凝土浇筑	244
五、混凝土质量检验	250
六、混凝土工程控制要点及规矩	254
七、冬期施工	255
八、大体积混凝土	258
第五节 预应力混凝土工程	265
一、预应力筋的制作、运输	265
二、预应力筋锚具、夹具和连接器	266
三、施加预应力	268
四、先张法施工	269
五、后张法施工	270
六、无粘结预应力施工	271
第六节 钢结构工程	274
一、钢结构详图设计	274
二、钢构件的制作	277
三、构件运输、卸货、存储和验收	283

四、钢结构安装	284
五、钢结构焊接	289
六、高强度螺栓连接	292
七、压型钢板的安装	293
八、栓钉焊接	295
九、防火喷涂	295
第七节 外脚手架工程	296
一、脚手架工程概述	296
二、双排落地式脚手架	301
三、碗扣式脚手架	305
四、附墙悬挂脚手架	308
五、导轨式爬架	312
第五章 结构精品工程质量标准	317
第一节 混凝土结构工程质量评审标准	317
一、施工项目管理工作质量评审标准	317
二、模板工程质量评审标准	318
三、钢筋工程质量评审标准	320
四、混凝土工程质量评审标准	324
五、混凝土工程施工资料管理工作质量评审标准	327
第二节 钢结构工程质量评审标准	328
一、施工项目管理工作质量评审标准	328
二、钢结构材料质量评审标准	329
三、钢构件制作质量评审标准	329
四、钢结构安装工程质量评审标准	329
五、钢结构施工资料管理工作质量评审标准	331
第三节 砌体结构工程质量评审标准	331
一、施工项目管理工作质量评审标准	331
二、砌体工程材料质量评审标准	332
三、砌体砌筑工程质量评审标准	332
四、砌体工程质量评审标准	332
五、砌体工程施工资料管理工作质量评审标准	333
第四节 初评检查评议、评价方法	334
一、初评检查项目的评议方法	334
二、初评检查项目的评价方法	334
三、结构长城杯工程评价方法	336
第六章 案例	343
第一节 施工组织设计案例	343
一、编制依据	343
二、工程概况	345
三、施工部署	346

四、施工准备	349
五、主要施工方法及技术措施	353
六、主要施工管理措施	377
七、经济技术指标	384
八、现场平面布置	384
第二节 钢筋施工案例	385
一、编制依据	385
二、工程概况	385
三、钢筋工程施工质量目标	386
四、钢筋原材料的控制	386
五、钢筋加工、钢筋连接及钢筋锚固和搭接	387
六、钢筋工程施工	390
七、质量保证措施	399
八、成品保护	399
九、安全文明施工	400
十、环保措施	401
第三节 混凝土施工案例	402
一、编制依据	402
二、工程概况	402
三、质量目标	403
四、混凝土配合比设计及审核	403
五、混凝土的浇筑	406
六、混凝土试块和养护	411
七、质量保证措施	411
八、成品保护	412
九、安全文明施工	413
第四节 模板施工案例	414
一、编制依据	414
二、工程概况	415
三、施工准备	415
四、模板的设计及配置	416
五、施工缝设置	428
六、质量标准及保证措施	428
七、安全文明施工	430
八、附图	431
第七章 案例实施效果	436
主要参考文献	452

第一章 中国建筑业发展形势

中国建筑业是一个处于迅速发展的产业，在国民经济五大产业中，年完成总产值仅低于工业和农业，而高于运输业和商业，居第三位。2002 年全行业共拥有企业 65611 家，其中特级企业 106 家，占 0.2%；一级企业 3969 家，占 6%；二级企业 16929 家，占 25.8%；三级企业 42534 家，占 66.5%；劳务企业 2073 家，占 3.2%。从业人员 3669 万人，约占全社会劳动者总人数的 5%。近几年建筑业产值平均每年增长 10% 以上，2001 年建筑业总产值达 15361.56 亿元，建筑业增加值达 4023.57 亿元，施工面积 188328.68m²，竣工面积 36.74m²，房屋建筑面积竣工率 51.9%，单位工程质量优良品率 33.3%。2001 年全行业拥有施工机械 702.22 万台，总功率 10251.72 万 kW；装备固定资产净值 1506.25 亿元，建筑企业技术装备率 7136 元/人，动力装备率 4.9kW/人。

建筑业的发展也带动了建材、冶金、机电、石化和轻工的发展。建筑业耗用的钢铁约占全国总耗用量的 25%，水泥占 70%，木材占 22%。化学建材是继钢材、木材、水泥之后新兴的第四大建筑材料，用途非常广泛。我国的建材工业发展很快，并已由供方市场转为需方市场。建筑工程所需的各种原材料及制品已基本立足于国内生产。

工程建设的生命是工程质量。工程质量包括工程的建筑体系质量、制品体系质量、功能质量、环境质量和服务质量以及信息化技术的集成优化水平等。我国虽然已有大量的工程综合应用了多项新技术，提高了工程质量，加快了工程进度，取得了明显的经济效益和社会效益；但是，我国目前工程建设工业化水平低，材料、制品、设备的工厂预制水平低，现场施工作业量大，劳动生产率为发达国家 1/2 ~ 1/3，人均年竣工面积仅为美国和日本 1/5 ~ 1/6，建筑材料制品的生产与供应还停留在原材料供应的概念上，品种少（美国有 5 万种，日本有 1 万种，我国只有 1800 多种），不配套，部件化水平非常低，这是导致现场作业量大，施工效率低，建筑体系和制品体系质量提不高的主要原因。其次是工程的规划设计尚不能以现代新技术作为支撑，这与发达国家综合运用现代材料、电子信息、能源再生、环保等高新技术相比还有很大的差距。因此推进建筑业进步，提高行业整体素质，通过新技术的应用提高工程建设的质量是目前急需解决的重要问题。

第一节 建筑业科学技术获得发展的背景

1998 ~ 2001 年，我国经济持续高速增长，建设规模空前巨大，全社会固定资产投资年均增长 10.5%，重大工程建设项目进展顺利，成效显著；全国城市建设完成固定资产投资 7311 亿元，占全社会固定资产投资的 5.7%，其中，国债资金安排城市基础设施建设项目（包括新增和续建项目）3948 个，安排国债资金 1354.7 亿元；2002 年完成城市建设固定资产投资 2900 亿元，比上年增长 23%。新增城市供水能力 2421.4 万 m³/d，污水处理能力 1654.88 万 m³/d，污水处理率达到 40.3%；新增生活垃圾处理能力 4.5 万 t/d，生活垃

圾无害化处理率达到 58.02%；新增城市道路 1.5 万 km，集中供热面积 6.6 亿 m²。

城镇化进入快速增长期。2001 年底城镇化率达到 37.70%，四年提高了 7 个百分点。城镇人口数量增加到 4.81 亿。设市城市数量 662 个，建制镇 20358 个。东部地区初步形成京津环渤海地区、长江三角洲、珠江三角洲城镇密集地区格局，中西部省会的中心城市作用日益呈现。

改革开放以来，建成各类建设项目 24 万个，其中，大中型项目 845 个，新建城乡住宅 45 亿 m²。长江三峡、黄河小浪底工程相继开工，引大入秦等工程相继建成；新增发电装机容量 7500 万 kW；新增铁路营运里程 3000km，复线 3848km，基本建成了京九、宝中新线和兰新复线；新建和改造公路 9.2 万 km，其中，高等级公路 8000km；新建和改造港口中级以上泊位 170 个；新建和改造了一批机场；铺设长途光缆干线 10 万 km，新增电话交换机 5800 万门以及一批年产 15 万辆轿车、45 万 t 乙烯、300 万台彩电的大型工业生产基地。

城市的高层建筑、大型公用工程拔地而起，其数量之多、规模之大、外形之复杂、设计施工之新颖，绝非过去所能比拟。这些工程的相继建成，不仅大大增强了我国的经济实力，使人民物质文化生活和城乡面貌得到了明显的改善，同时也使建筑技术取得了长足的进步，基本上具备了解决工程实践中各种复杂技术问题的能力，标志着我国的建筑技术水平 and 施工能力又上了一个新台阶。

我国已累计建成高层建筑超过 1.3 亿 m²，国有建筑企业每年竣工的建筑面积中，高层已占 20%。除了向空中发展外，体量大又是我国工程建设中的一个特点，如上海杨浦大桥，桥面采用双塔双索面叠合梁斜拉结构，跨度 602m，一跨过江，在当时创造了世界斜拉桥跨度之最，该桥主塔高 220m，施工垂直度偏差仅为 1/15000；全桥 100 万个精制高强度螺栓，全部一次合格；桥面在自然状态下合龙只用了 90min。上海东方明珠电视塔，总高 468m，居亚洲第一，世界第三，施工中采用 300m 竖向预应力张拉和高强混凝土一次泵送高度达 350m 及 380t 天线桅杆高空安装就位，都创造了施工安装的新纪录。再如，深圳地王大厦，是一幢 80 层，高 384m 的钢和钢筋混凝土结构超高层建筑，建筑总面积 26.7 万 m²，地下三层采用半逆作法施工，上部钢筋混凝土结构施工采用大吨位、大行程千斤顶整体爬模，平均每一标准层只用 2.75d，又一次开创了高速施工的新纪录。这些工程不仅规模大，技术复杂，而且施工难度也极大，由于施工中采用了许多新技术，有些技术达到或接近当代国际先进水平，才使这些工程能按预定工期保质保量地建成，同时，也反映了当代我国施工技术的总体水平。

第二节 建筑科学技术在国内的发展情况和应用

目前建筑施工技术已经是一门综合性的应用技术，涉及工程建设和社会生活的很多方面，是一项系统工程，需要工程建设、科研、设计、施工等单位以及各相关协会、学会、中介组织的协同配合，共同努力，才能取得更广泛和更大的成效。多年来，全国的建筑施工企业围绕建筑产品，在开发应用新技术、新工艺、新材料、新机具等方面，不断地进行着探索和实践，在提高工程质量、降低能耗和材料消耗、缩短工期等方面都获得了明显的成效。为了促进建筑技术的发展，建设部早在 1994 年就从建筑业中量大面广、技术比较

成熟的新技术中,选出了“预拌混凝土”、“粗钢筋连接”等10项新技术进行重点推广。建筑施工技术随着建设工程的发展,技术内容不断更新。为适应新形势的需要,1998年建设部对原来的10项新技术做了修改和调整,增加了“深基坑支护技术”、“钢结构技术”、“大型构件和设备整体安装技术”等项新技术,较为全面地涵盖了建筑技术中的43个技术子项。

在重点建设项目和大型工程的带动下,我国的建筑技术水平有了很大的提高。目前我国在岩土工程、钢筋混凝土工程、建筑节能、化学建材应用、工程抗震、大型结构与设备整体吊装等技术领域,不仅具有中国特色,且普遍达到或接近国际先进水平。具体体现在:

一、地基基础工程施工技术

随着国内高层建筑和市政建设的发展,基坑支护技术已成为地基基础领域的一个难点、热点问题,引起了行政技术管理部门、设计施工监理单位、建设单位及本领域众多专家学者、工程技术人员的普遍关注,地基基础的工程造价和工期,一般要占整个建筑工程的20%~30%。我国在研究合理利用天然地基的基础上,已掌握了软土地基加固的成套技术。目前,桩基仍然是高层和重载结构支承的主要方式。地下工程和深基坑支护技术发展较快,并逐渐形成成为地基基础的一个专门领域。

由于我国经济发展水平的特定国情,基坑支护结构作为地下结构施工期间的临时结构,一般是本着安全、经济的原则,在保证安全的前提下尽量合理节省工程投资。而在经济发达国家情况则不同,为了确保工程的安全可靠,不惜花费大量资金和建筑材料投入到临时的基坑支护工程中,工程设计安全度较高,也就造成了较大浪费。相对国外经济发达国家而言,国内对基坑支护计算理论、设计方法和施工技术的研究和开发更为必要,对基坑支护技术要求的难度更高,投入的精力更大。从20世纪80年代至今,国内在基坑支护技术领域取得了很大的发展,总结出了丰富的工程经验,同时在全国许多城市的基坑工程中,由于经验不足和对该技术掌握的不成熟等原因,也出现了少量的工程事故,留下了教训,值得人们总结和引以为戒。

在基坑支护领域国内的发展现状主要体现在以下几个方面:

(一) 基坑支护技术的发展

基坑开挖支护技术由20世纪70年代以前较浅基坑常采用的放坡和钢板桩支护,到20世纪80年代广泛采用钢筋混凝土护坡桩加锚杆或内支撑方法,由于这种支护结构产生的水平变形较小,因此解决了深基坑支护的问题,有效保护了城市市区基坑垂直开挖和周边既有建筑、地下管线的安全。

桩基是当前应用最广的一种基础形式。现浇灌注桩承载力大,施工对环境的影响比较少,应用比重日益提高,且桩径越来越大,最大已超过了3m,桩长可做到104m,单桩承载力1万kN以上。预制的混凝土方桩已部分地为预应力管桩所取代。新编的《建筑地基基础设计规范》和《建筑桩基技术规范》为工程设计、施工提供了依据,广泛地应用于高层、重载的建筑结构基础或深基坑支挡。长桩基础施工设备除少数采用有套筒护壁外,大多仍为泥浆护壁,水下浇灌混凝土。为克服桩底虚土和缩颈的缺陷,大量应用桩底、桩侧后注浆技术,并和超声检测技术相结合,形成了具有我国特色的超长灌注桩施工成套技术。为检验桩基承载力,除静载试验外,桩基动测检测技术结合计算机的应用业已成熟。

在深基础施工中,逆作法和半逆作法技术因造价太高,只有在特殊情况下采用,而多数是要求做好深基坑开挖时的临时支挡。

土钉墙支护技术与护坡桩和地下连续墙相比,工程造价低 20% ~ 60%。土钉墙施工与基坑土方开挖同步交叉进行,施工速度较快,操作方便,不占用现场的空间和时间,得到迅速的推广应用。该技术的应用从早期的 8m 以内范围基坑深度发展到在 15m 以上深度的基坑,目前也有基坑深度 20m 的工程采用了土钉墙支护技术。特别是复合土钉墙支护技术,将土钉墙与搅拌桩、旋喷桩或预应力锚杆结合起来,使得土钉墙技术在深基坑中应用及垂直土钉墙成为现实,并改善了土钉墙支护形式变形较大的缺陷。

锚杆技术自应用到基坑支护工程中以后,结合基坑支护的特点,其施工工艺也得到了很大的提高和改进。为了提高锚杆承载力,由常用的一次性注浆发展为二次、多次重复高压注浆。成孔工艺也出现了机械、水冲、爆破等扩孔方法。施工机械大量引进了国外较为先进的设备,使适用地层的范围、成孔速度、锚杆施工长度等方面的能力都有了明显提高。可拆卸锚杆工艺也在国内一些工程上开始采用,可以在锚杆使用功能完成后,将锚杆中钢绞线抽出回收,可用于解决对周边地下存在后期施工障碍的问题,并可提高锚杆的承载力。

20 世纪 80 年代以前,在高地下水位的地层条件下,基坑开挖与支护一般常与井点降水相结合。施工期的场地降水,会引起场地周围地下水位的下降,易造成周围房屋的下沉开裂和危及建筑物安全等严重问题,因此常造成建设方与相邻建筑产权方的矛盾和纠纷。这类工程事故的发生,使人们逐渐重视对周边环境的保护,并成为基坑支护工程要解决的一个非常重要的问题。旋喷、摆喷、定喷方法的喷射注浆截水帷幕和搅拌桩截水帷幕在目前的基坑截水中常被采用,化学注浆的方法有时也被应用。

(二) 设计计算方法和计算应用软件的发展

基坑设计既要考虑坑壁土压力,降水隔水技术,开挖时环境的影响,同时,又要计算支挡结构的承载力和稳定性。当基坑深度不超过 6 ~ 7m 时,北方地区土质较好的情况下一般采用土钉支护或灌注桩做成的悬臂挡土壁。沿海地区地下水位高,往往用灌注桩挡土和搅拌桩隔水结合起来使用。当基坑深度超过 6 ~ 7m 时,应采用复合式支挡结构。基坑深度再增加,上述方法难以奏效,则应设置单支点或多支点的拉锚结构。沿海深 2 ~ 3 层的地下室基坑施工,有不少是采用环梁护壁(或中心岛)内支撑作为深基坑支挡。单支点或多支点拉锚的地下连续墙支护方法,在更深、更复杂的基础施工中,仍是一种重要的方法。地下连续墙技术在基坑支护工程中的应用,使得地下连续墙的优点得以充分发挥,既可以挡土,也能够有效截止基坑周边地下水向基坑内的渗流,解决了基坑开挖造成周边地面和建筑物的下沉问题。地下连续墙同时可作为地下室结构外墙,能扩大地下空间的利用范围。

基坑设计要综合考虑支撑或锚杆的变形刚度、支护结构嵌固段的变形、基坑在开挖过程中支护结构已产生的变形等因素,随着工程经验的积累和设计计算方法的完善,目前国内在工程应用中较为流行用弹性杆系有限元法计算支护结构。弹性支点法作为桩墙结构内力、位移、支点力计算方法已纳入现行的建设部行业标准《建筑基坑支护技术规程》。内支撑结构计算也普遍采用了杆系有限元法。作为支护结构计算方法的更深一步研究分析和发展,考虑土与支护结构相互作用的平面、空间有限元法也在探讨之中。

计算机技术突飞猛进的发展为岩土工程计算理论和方法提供了发展变革的契机。以前很多用手算不能解决的繁琐复杂的计算问题,现在也可以很轻松地通过计算机解决了。特别是在 Windows 等操作系统的平台下,开发出了一些图形用户界面的基坑支护设计计算软件。这类软件运行速度快,操作简单易学,形象直观,为不同支护方案的优化比较提供了方便工具。提高了设计计算速度和减少了人为因素的计算出错率。施工图软件也将大大减轻设计人员的劳动强度和提高其工作效率。

(三) 基坑支护结构的基本形式

基坑支护是保证地下结构施工及基坑周边环境的安全,对基坑侧壁采取的支挡、加固与保护措施。为了在基坑支护工程中做到技术先进,经济合理,确保基坑边坡、基坑周边建筑物、道路和地下设施的安全,应综合考虑场地工程地质与水文地质条件、地下室的要求、基坑开挖深度、降排水条件、周边环境和周边荷载、施工季节、支护结构使用期限等因素,因地制宜地选择合理的支护结构形式。

应用到基坑支护工程中的常用支护方法有:各种类型的桩锚体系、地下连续墙加锚杆、钢筋混凝土和钢结构内支撑、土钉和喷射混凝土护面、搅拌桩、旋喷桩、逆作拱墙、钢板桩、土体冻结法等。这些方法有的可以单独使用,也可以根据需要进行结合使用。到目前为止,在实际工程中已被采用的单独或组合形式已不下十几种。

虽然具体的支护形式很多,但按照支护结构受力特点划分可归并为以下五种基本类型:桩墙结构、土钉墙结构、重力式结构、拱墙结构、放坡。

1. 桩墙结构

桩墙结构是在基坑开挖前沿基坑边缘施工成排的桩或地下连续墙,并使其底端嵌入到基坑底面以下。随着基坑的分层向下开挖,在桩墙表面设置支点,支点形式可以采用内支撑,也可以采用锚杆。在桩墙结构侧壁上土压力的作用下,桩墙结构的受力形式相当于梁板结构,内支撑可根据具体结构形式及平面尺寸进行结构设计计算,锚杆则单独进行承载力的设计计算。这种结构不设置支点时,为悬臂梁结构,但悬臂结构只适用于基坑深度较浅同时周边环境对支护结构水平位移要求不高的情况下采用。实际工程中常采用的桩墙结构形式主要有:排桩—锚杆结构、排桩—内支撑结构、地下连续墙—锚杆结构、地下连续墙—内支撑结构等。桩的类型包括各种工艺的钻孔桩、冲孔桩、挖孔桩或沉管桩等受力结构形式。

2. 土钉墙结构

最常用的土钉墙结构是在分层分段挖土的条件下,分层分段施做土钉和配有钢筋网的喷射混凝土面层,挖土与土钉施工交叉作业,并保证每一施工阶段基坑的稳定性。土钉的水平与竖向间距一般均在 1~2m 之间。其受力特点是通过斜向土钉对基坑边坡土体的加固,增加边坡的抗滑力和抗滑力矩,以满足基坑边坡稳定的要求。这类结构一般采用钻孔中内置钢筋,然后孔中注浆的土钉,坡面用配有钢筋网的喷射混凝土形成的土钉墙;也有采用打入式钢管再向钢管内注浆的土钉;也有采用土钉和预应力锚杆等结合的复合土钉墙结构。

3. 重力式结构

重力式结构是在基坑侧壁形成一个具有相当厚度和重量的刚性实体结构,以其重量抵抗基坑侧壁土压力,以满足该结构的抗滑移和抗倾覆要求。这类结构一般采用水泥土搅拌

桩，有时也采用旋喷桩，使桩体相互搭接形成块状或格栅状等连续实体的重力结构。

4. 拱墙结构

拱墙结构是将基坑开挖成圆形、椭圆形等弧形平面，并沿基坑侧壁分层逆作钢筋混凝土拱墙，利用拱的作用将垂直于墙体的土压力转化为拱墙内的切向力，以充分利用墙体混凝土的抗压强度。由于墙体内力主要为压应力，因此墙体厚度可做得较薄，很多情况下不用锚杆或内支撑就可能满足承载力和稳定的要求。这种结构一般采用分层分段施工的现浇钢筋混凝土拱墙结构。

5. 放坡

放坡是将基坑开挖成一定坡度的人工边坡，当基坑较深时可分级放坡，并保证边坡自身能够稳定，主要验算的是边坡的圆弧滑动稳定性。一般坡体应采用某种形式的护面进行保护。当坡体存有地下水时，应在坡面设泄水孔以减少水压力对边坡的不利影响。放坡后基坑开挖范围加大，只有在周边场地许可的情况下才能采用。

上述五种支护结构的基本形式具有各自的受力特点和适用条件，应根据具体工程情况合理选用。国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)在第3.3节中对各种支护结构的选型做了明确的规定，提出了各种支护形式的适用条件。表1-1为该规程中支护结构的选型表。

支 护 结 构 选 型 表

表 1-1

结 构 形 式	适 用 条 件
排桩或地下连续墙	1. 适于基坑侧壁安全等级一、二、三级 2. 悬臂式结构在软土地中不宜大于5m 3. 当地下水位高于基坑底面时，宜采用降水、排桩加截水帷幕或地下连续墙
水泥土墙	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级 2. 水泥土桩施工范围内地基土承载力不宜大于150kPa 3. 基坑深度不宜大于6m
土钉墙	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级的非软土地 2. 基坑深度不宜大于12m 3. 当地下水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施
逆作拱墙	1. 基坑侧壁安全等级宜为二、三级 2. 淤泥和淤泥质土地不宜采用 3. 拱墙轴线的矢跨比不宜小于1/8 4. 基坑深度不宜大于12m 5. 地下水水位高于基坑底面时，应采取降水或截水措施
放 坡	1. 基坑侧壁安全等级宜为三级 2. 施工场地应满足放坡条件 3. 可独立或与上述其他结构结合使用 4. 当地下水位高于坡脚时，应采取降水措施

(四) 基坑支护工程的应用

基坑支护工程数量越来越多，规模越来越大，深度越来越深。在各种地基基础学术会议和期刊杂志上发表的论文中，介绍基坑支护工程实例的文章数量很大，在全国范围内对基坑支护工程数量和规模很难进行全面统计。根据已公开发表的基坑支护工程报道，表1-2仅列出了国内几个大城市有代表性的大型基坑工程情况，可以代表目前国内基坑支护工程的规模 and 水平。

国内几大城市代表性大型基坑工程情况表 表 1-2

序号	地点	工程名称	层数	基坑深度 (m)	基坑面积 (m ²)	支护形式	支锚形式
1	北京	中银大厦	15	23	12000	地下连续墙	3~4层锚杆
2	北京	东方广场	20	17~23	480×190	钻孔灌注桩 H488工字钢桩	锚杆
3	上海	金茂大厦	88	15~20	约20000	地下连续墙	钢筋混凝土支撑
4	上海	恒隆广场	66	15~18	约25000	地下连续墙	钢筋混凝土及钢管支撑
5	广州	新中国大厦	43	19	100×70	地下连续墙	逆作法施工
6	广州	金汇大厦	28	19~22	66×52	地下连续墙	钢管支撑
7	深圳	贤成大厦	60	16~17	98×80	挖孔灌注桩	锚杆
8	深圳	侨光广场	49	20.4	144×90	挖孔灌注桩	锚杆

二、高强高性能混凝土

混凝土材料，被认为是耐久性最好的传统建筑材料，为适应社会的发展的需要，不论是原材料、配合比设计技术，还是混凝土生产、运输和它的质量控制技术，都发生着深刻的变化。尤其是它的性能即为适应现代化施工需要的拌和物的性能、在严酷的条件下的耐久性以及它的各种物理力学性能，都达到了一个新水平。为与传统的混凝土技术相区别，称之为高性能混凝土（High Performance Concrete 简称 HPC）。

高性能混凝土是一种新型的高技术混凝土，是在大幅度提高普通混凝土性能的基础上采用现代混凝土技术制作的混凝土，它以耐久性作为设计的主要指标，针对不同用途要求，保证混凝土的适用性和强度并达到高耐久性、高工作性、高体积稳定性和经济性。为此，高性能混凝土在配制上的特点是低水胶比，选用优质原材料，并除水泥、水、骨料外，必须参加足够数量的磨细矿物掺合料和高性能外加剂。

关于高强混凝土与高性能混凝土的关系，高强混凝土不一定是高性能混凝土，高性能混凝土不只是高强混凝土，而是包括各种强度等级的混凝土，其应用范围十分广泛。这也正是高性能混凝土成为混凝土发展方向的重要原因。

(一) 混凝土技术发展步伐加快

混凝土仍然是我国工程结构最重要的材料。混凝土技术进步主要表现在材性的改善，平均强度等级的提高和工业化程度的提高上。

1. 用于工程结构的混凝土，不仅应具有足够的龄期强度，而且对其早强、缓凝、抗冻、抗渗、体积变化以及泵送性能等还会有不同的要求。预应力混凝土要求高强度、低收缩徐变的性能；基础大体积混凝土要求低发热量、低收缩、可泵性好等特点。由于胶凝材

料和高性能外加剂技术的进步,有可能按工程使用和施工需要,设计和配制特定性能的混凝土,以满足超高层、大跨度、大体积以及各种特殊性能的要求。

2. 混凝土平均强度稳步提高。我国混凝土结构的平均强度已达到 C30, C50、C60 的高强混凝土在一些高层和桥梁工程中应用, C80 混凝土已用在预应力管桩构件上。由于混凝土强度等级的提高,使结构截面和自重减少,密实度和耐久性也相应提高。

3. 预拌混凝土的发展是建筑工业化的重要标志,也为大型项目建设、高性能混凝土应用提供了可能。搅拌站采用机械上料,计算机控制和管理,并较普遍地使用了外加剂和掺合料,搅拌运输车输送,现场大多是用泵(固定泵或泵车)输送入模。目前,混凝土的最大泵送高度已达 350m;基础大体积混凝土一次连续浇灌已达 24000m³。我国的碾压混凝土已在大坝和公路工程中应用。

4. 为提高混凝土工程质量,降低工程成本,各地都重视现浇模板的研究与开发,并要求企业做好模板的配板设计。

(二) 高性能混凝土的结构特征

高性能混凝土的结构特征如下:

1. 孔隙率低,有良好的孔分布,不存在或有极少量的 100nm 以上的有害孔;
2. 水化物中 C~S~H 和 AFl 多而 Ca(OH)₂ 少;
3. 包括矿物掺合料在内的未水化颗粒多,且具有最佳孔隙率和最佳水泥结晶体;
4. 消除了骨料和水泥石界面薄弱层,使界面强度接近于水泥石或骨料强度。

为满足施工需要,混凝土拌和物必须在一定时间内保持良好的流动性。混凝土拌制后,拌和物的流动性随着水泥水化的进程,渐渐失去流动性。一般的方法是在外加剂中复合缓凝剂。然而过多的缓凝剂会延长混凝土的凝结时间,从而影响拆模时间和施工进度。

(三) 高性能混凝土拌和物配合比设计的基本要求

由于高性能混凝土的强度高,水灰比低,影响因素多,因此,通常作为混凝土配合比设计基础的鲍洛 m (Bolomey) 公式已不再适用。但是,迄今为止,世界上尚没有适合高性能混凝土配合比设计的统一方法,各国的研究人员也都是在各自的试验基础上,粗略地计算具体的配合比,然后通过试配,确定最终配合比。

高性能混凝土配合比设计的任务,就是要根据原材料的性能、工程要求及施工条件,合理地选择原材料,确定能满足工程要求和技术经济指标的各项组成材料的用量。具体说,高性能混凝土配合比设计的基本要求如下:

1. 高耐久性

高性能混凝土配合比设计与普通混凝土不同,首先是保证耐久性要求。因此,必须考虑以下内容:抗渗性、抗冻性、抗化学侵蚀性、抗碳化性、体积稳定性、碱—骨料反应等。

2. 强度

根据设计要求,配制出符合一定强度等级要求的混凝土。

3. 高工作性

一般新拌混凝土的施工性用工作性评价,亦即混凝土在运输、浇筑以及成型中不分离、易于操作的程度,这是新拌混凝土的一项综合性能。

4. 经济性