



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学土木工程系列教材

Frontier and Development in Civil Engineering

土木工程科学前沿

叶列平 主编

Ye Lieping



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学土木工程系列教材

TU

51

2006

Frontier and Development in Civil Engineering

土木工程科学前沿

叶列平 主编

Ye Lieping



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为清华大学土木水利学院土木工程前沿课程的教材,由十几位相关领域的教授介绍土木工程主要学科方向研究的最新发展,主要包括:结构的安全性与耐久性、土木工程与可持续发展、工程结构的工程建设标准规范体制改革、土木工程计算机技术、材料科学与工程新进展、纤维增强复合材料的发展与应用、现代高层建筑、减震技术、大跨度空间钢结构的新发展与工程应用、轻型房屋钢结构体系与应用、工程项目管理的研究前沿、房地产业与社会经济的协调关系等。

本书可作为土木、水利、工程管理等有关专业高年级本科生和研究生的教材和参考用书,同时还可作为相关专业的教师、科研人员和工程技术人员的参考读物。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

土木工程科学前沿/叶列平主编. —北京:清华大学出版社,2006.10

ISBN 7-302-13081-7

I. 土… II. 叶… III. 土木工程—研究 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 051681 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:汪亚丁

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:203×253 印张:23.25 字数:639 千字

版 次:2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-13081-7/TU·293

印 数:1~3000

定 价:34.00 元

前 言

目前,我国正处于大规模建设高峰时期,经济建设发展十分迅速,土木工程的发展和建设占有重要地位和意义。2001年,清华大学土木工程系开始给本科4年级学生开设土木工程前沿课程,主要由清华大学土木水利学院的教授和部分校外知名专家,就各自所研究和关注的领域,介绍当前土木工程各学科方向发展的前沿动态。与土木工程专业新生开设的土木工程概论课程相呼应,土木工程前沿课程对即将毕业的土木工程专业高年级学生及时了解和掌握土木工程的最新进展和今后的发展趋势有很大参考价值,也为他们今后从事土木工程领域的工作起到很好教育作用,激发更多的学生投身于我国的土木工程事业发展和研究。

这门课程开设后深受学生的欢迎,都希望能够得到各位教授和专家的讲稿。为使土木工程专业学生以及从事土木工程专业的广大工程技术人员能够了解土木工程前沿的发展动态,我们组织了担任课程讲学的教授和专家将他们的报告整理汇集,出版了这本《土木工程前沿》。本书不仅有助于即将毕业的高年级本科生拓宽土木工程专业的知识面,领略土木工程魅力,进一步全面深入认识土木工程专业的今后发展趋势,也可引导他们选择自己今后感兴趣的研究或工作方向,投身国家的土木工程事业。

本书包括以下一些土木工程的前沿发展领域:2020年的中国工程技术发展研究,工程结构的安全性和耐久性,土木工程与可持续发展,工程建设标准规范体制改革,土木工程计算机技术新进展,材料科学与工程新进展,现代高层建筑结构,工程结构的减震技术,大跨度空间钢结构的最新进展及工程应用,轻钢结构的发展与应用,纤维增强复合材料在土木工程结构中的应用与发展,混凝土结构的检测与加固,工程管理专业与工程管理学科的建设与发展,工程项目管理前沿知识,房地产业及其与社会经济的协调关系,交通规划的现状与发展展望。由于土木工程所涉及的领域十分多,本书尚无法全部包括,我们今后将在课程建设中不断补充、丰富和完善。此外,本课程部分讲座有录像资料提供。

我们希望本书的出版能够对培养和激发年轻一代的土木工程技术人员,加快推广新技术和新理论在我国土木工程行业的应用,促进我国土木工程事业的发展有所贡献。同时,也希望国内的有关专家能够提供更多的前沿报告,并欢迎提出宝贵意见。

编者

2006年4月

于清华园

目 录

第 1 章 2020 年的中国工程技术发展研究	工程技术发展研究综合专题组
1.1 工程技术的发展现状与展望	1
1.2 工程技术的发展趋势	4
1.3 工程技术发展的总体战略目标和重点	5
1.4 工程关键技术的发展重点与战略	6
1.5 工程技术发展的保障措施	16
1.6 结语	18
第 2 章 工程结构的安全性及耐久性	陈肇元
2.1 工程结构的安全性	21
2.2 工程结构的耐久性	28
2.3 改善工程结构安全性与耐久性的主要途径	37
2.4 结语	46
参考文献	47
第 3 章 土木工程与可持续发展	江见鲸
3.1 可持续发展的由来和内涵	49
3.2 能源问题	53
3.3 水资源问题	54
3.4 建材资源	55
3.5 环境污染	56
3.6 土木工程师的职责	58
第 4 章 土木工程在国民经济中的地位和作用	崔京浩
4.1 土木工程的内涵及发展简史	61
4.2 土木工程投入大、难点多、难度高	64
4.3 土木工程涉及面广,效益大且具有恒久性	72
4.4 土木工程社会需求量大,不易饱和,学科上属长线专业、硬专业	73
4.5 土木工程对抗灾、减灾具有不可比拟的优势	74
4.6 土木工程可以大幅度拉动国民经济	75
4.7 结语	78
参考文献	78

第5章 工程建设标准规范体制改革	徐有邻
5.1 基本概念	80
5.2 改革的背景	82
5.3 改革的思路	84
5.4 从业人员所面临的问题	87
第6章 土木工程计算机技术新进展	任爱珠
6.1 前言	88
6.2 计算机辅助设计	89
6.3 科学计算可视化	93
6.4 虚拟现实技术	96
6.5 多媒体技术和网络技术	101
6.6 人工智能技术	104
6.7 激光扫描技术	108
6.8 3S技术	109
6.9 结语	111
参考文献	111
第7章 材料科学与工程新进展	覃维祖
7.1 材料科学领域发展前沿	113
7.2 几种主要建筑材料的新进展	115
第8章 提高材料使用效率、走节约型结构的发展道路	徐有邻
8.1 技术背景	129
8.2 提高结构材料的强度和综合性能	130
8.3 发展预应力混凝土结构	131
8.4 优化截面形式发展空心结构	132
8.5 推广应用预制构件和叠合结构	133
8.6 采用钢-混凝土组合结构	134
8.7 重视混凝土结构的耐久性	134
8.8 已有建筑结构的利用和改造	135
8.9 提高设计水平	136
8.10 精心施工减少材料耗费	137
8.11 废料的再生利用	138
结语	138
第9章 结构减震控制技术	叶列平
9.1 概述	139

9.2 结构控制的发展	142
9.3 结构减震控制原理	143
9.4 结构减震控制方法	144
9.5 结语	168
参考文献	169
第 10 章 大跨空间及钢结构的最新进展与工程应用	郭彦林
10.1 概述	170
10.2 杂交结构及整体张拉结构体系	172
10.3 钢管结构	180
10.4 树枝结构	181
10.5 玻璃结构及其支承体系	182
10.6 拱形钢结构	184
10.7 高层钢结构新型抗侧力体系——钢板剪力墙	186
10.8 防屈曲耗能支撑	189
10.9 新型构件及铸钢节点	190
10.10 国内大型钢结构工程及其结构形式	193
10.11 大型复杂钢结构施工技术创新及施工力学问题探讨	208
参考文献	212
第 11 章 轻型房屋钢结构体系与应用	石永久
11.1 前言	216
11.2 门式刚架房屋结构体系	217
11.3 冷弯薄壁型钢结构体系	218
11.4 多层房屋钢结构体系	219
11.5 冷弯薄壁金属波纹拱形屋面	220
11.6 张拉结构	221
11.7 玻璃结构	222
11.8 结语	223
参考文献	223
第 12 章 现代高层建筑	钱稼茹
12.1 国外高层建筑	224
12.2 我国的高层建筑	240
参考文献	253
第 13 章 开发地下空间的重要性和迫切性	崔京浩
13.1 耕地减少和人口增加的矛盾日益尖锐	254

13.2 现代战争的特点和人防的需要	256
13.3 地下工程具有较强的抗灾能力	258
13.4 开发地下空间是最廉价的建筑节能措施	261
13.5 城市化和城市集约度的需要	263
13.6 认识并开发地壳是土木科技工作者亟待突破的难点	264
13.7 城市地下空间的用途及近期可供开发的层次	266
13.8 两个当今开发地下空间的热点领域	268
参考文献	274

第 14 章 纤维增强复合材料在工程结构中的应用与发展 叶列平 冯 鹏

14.1 概述	276
14.2 FRP 材料	277
14.3 工程结构加固补强	281
14.4 FRP 筋和预应力 FRP 筋混凝土结构	283
14.5 FRP 结构及组合结构	284
14.6 FRP 在桥梁中的应用	285
14.7 FRP 大跨结构体系	289
14.8 CFRP 用于工程结构的安全自监测	290
14.9 结语	291
参考文献	291

第 15 章 建筑物整体平移技术 张 鑫

15.1 前言	295
15.2 建筑物整体平移技术的工程实践	296
15.3 建筑物整体平移技术的研究进展	303
参考文献	304

第 16 章 工程管理专业与工程管理学科的建设与发展 刘洪玉 方东平 王守清

16.1 工程管理专业	305
16.2 工程管理学科	308
16.3 我国工程管理面临的问题与挑战	310
16.4 国外工程管理科学技术的现状和发展趋势	311
16.5 促进中国工程管理学科发展的政策建议	314
16.6 清华大学建设管理系的学科发展规划	315
参考文献	317

第 17 章 工程项目管理前沿知识 王守清

17.1 工程项目管理的发展与借鉴	318
-------------------------	-----

17.2 国际工程项目承包方式的发展	322
17.3 项目融资 BOT/PPP/PFI 的应用	324
17.4 项目风险管理	328
17.5 IT 应用和研究趋势	344
参考文献	348
第 18 章 房地产业及其与社会经济的协调关系	刘洪玉
18.1 房地产业的产业界定	350
18.2 中国房地产业与住宅产业的产业界定	353
18.3 房地产业的运行环境及与社会经济的主要协调关系	359
参考文献	362

2020 年的中国工程技术发展研究

第 1 章

(简写版)

工程技术发展研究综合专题组

【摘要】 为了对国家中长期科技发展规划的制定提供参考,同时促进各学科的发展,中国科学技术协会于 2003 年要求有关全国性学会负责组织相关学科专家,分别就 15 个综合专题进行 2020 年的中国科学技术发展研究。2003 年底,中国土木工程学会将其作为牵头学会承担的工程技术综合专题委托清华大学土木水利学院具体负责。为此,清华大学土木水利学院成立了以袁驷院长为组长的工作组,组织业内有关专家 80 余人,并多方征求意见,历时约 4 个月,圆满完成了“2020 年中国工程技术发展研究”报告。本章即为该报告的简写本。

报告针对工程建设技术展开论述。首先深入分析了其发展现状与趋势,进而纵观国家战略需求及国际工程技术发展前沿,提出了我国工程技术发展的总体战略目标,建议以工程建设中的江河治理与调水工程技术、城市防灾减灾工程技术、高坝水电工程技术、海洋与港口工程技术、桥梁与道路工程技术、大跨及高层建筑结构工程技术、地下空间开发利用工程技术、工程信息化与智能化技术、智能交通系统工程技术、建筑节能技术、特种工程技术(含防护工程技术、核能利用工程技术、文物保护技术、宇宙空间建筑工程技术)和工程管理科学技术等 12 类关键技术,作为工程技术发展的战略重点,并对每一类关键技术的发展现状与差距、目标与重点、措施与对策进行了深入的阐述。最后,报告还就实现工程技术发展的总体战略目标提出了有关保障措施的建议。

1.1 工程技术的发展现状与展望

1. 工程技术所涉及的范围

本章内容是“2020 年的中国科学技术”发展研究 15 个综合性研究专题*中的第 9 项。工程技术,大而言之,是指将自然科学原理应用到生产和建设中去而形成的多学科的技术总体;小而言之,是指建设工程中的技术,它的范围也势必涉及诸如“城市建设科学技术”、“交通科学技术”、“材料科学技术”乃至“生态环境科学技术”等其他几个综合专题的内容。因此本章内容与其他综合专题范围搭接、内容重叠在所难免。应当认识到,当今时代,任何一门科学技术的发展都将是一个系统工程问题,都应该注意与其他相关的科学与技术,乃至环境、社会、人文等因素相辅相成、协调发展。

本章内容以工程建设为核心展开,以工程建设技术为主线,又以其中建议重点发展的关键技术为重点,包括:江河治理与调水工程技术,城市防灾减灾工程技术,高坝水电工程技术,海洋与港口工程技术,桥梁与道路工程技术,大跨及高层建筑结构工程技术,地下空间开发利用工程技术,工程信息化与智能化技术,智能交通系统工程技术,建筑节能技术,特种工程技术(含防护工程技术、核能利用工程技术、文物保护技术、宇宙空间建筑工程技术)和工程管理科学技术等。

2. 工程技术发展的良好机遇

目前全世界公认中国正在进行世界上最大规模的工程建设,这是与我国城市化的进程密切相关的。

* 见:周光召主编. 2020 年中国科学技术发展研究. 北京:中国科学技术出版社(上),474~558。

众所周知,一个国家城市化(我国的提法为“城镇化”)的水平是一个国家发展水平的重要指标。一般发展中的国家,在发展的初级阶段,随着城市化的发展,国家和人均收入增长是缓慢的;当城市化达到一定水平后,国家和人均收入增长就会陡然加快,而且城市化的进程也随之加速。根据国际上,特别是亚洲一些国家和地区发展的规律统计,这个国家的人均收入增长从缓慢到加快的转折点大约在城市化率(城市人口占总人口的比例)为30%左右时。中国在1999年,城市(镇)化率已达30.9%,2000年出现跳跃达36.22%,最新的国家统计数字显示,2002年中国城市(镇)化率已达39.1%。估计到2020年,这个比率可超过50%,到那时也就是刚刚达到2020年的世界平均水平。也就是说,目前中国正处在城市(镇)化加速的起点,国家和人均收入增长加快,是国家建设的大好时期。由于人口向城镇的流动,大量的居住建筑和公共设施需要建设;由于城镇的发展,城镇之间的联结要加强,大量的空港(点与点的联系)、铁路(线与线的联系)和大小公路网(面和面的联系)都要兴建。由国家统计局历年发布的国民经济与社会发展统计公告可知,近几年,国家基本建设投资占国内生产总值(GDP)的比例一直稳定在15%左右,而且有稳步上升的趋势。可以预计,至少到2020年,中国将持续地进行世界上几乎是最大规模的工程建设。

工程建设最大的特点是它所涉及的技术除了其综合性外,还有很强的个性。这个个性是指工程建设与建设的地域、环境有非常密切的联系。一个工程项目是不可能像一条连续生产线一样全部引进的。它可以采用国外的设计,但是设计规范一定要和本地的相协调或相符合,而且建筑材料也很难全部引进,即使全部引进国外的先进建筑材料,建筑工人基本上还要依靠本地解决。这无疑给工程技术中的自主创新和技术改造留有很大的空间。这也就注定,到2020年,我国工程技术的发展,仍然要高度强调自力更生,大力依靠自主创新,在此前提下再和国外先进技术的引进有机结合起来,才有可能实现我国工程技术的跨越式发展。

发达国家在其发展历程中积累了许多成功的经验,可以为我们今后的发展所借鉴。但是,在认真学习发达国家成功经验的同时,我们也必须注意到他们许多失败的教训,例如,国外在城市的发展方面,那种在城市中建造高楼集中金融商业中心的发展模式,在2001年“9·11”事件以后,引起了很大的质疑。人们发现,高楼密集的中心地区不仅带来严重的人口集中的“城市病”(环境污染、交通堵塞等),而且还造成财富集中、风险集中。这对于我们正处于城市化加速起点的国家是很有参考价值的。又如,国外在发展私人小轿车方面也有许多教训,无序地发展私人小轿车造成能源的低效消耗、环境污染、交通堵塞,尽管采用了许多高科技的管理手段也无济于事,现在国外已开始感到最有效和最环保的还是发展公共交通,特别是轨道交通,这对我们也有很大的参考意义。再如,由于大建设时期的忽视,发达国家的大量工程已出现了严重的耐久性问题,据美国土木工程师学会(ASCE)2003年底公布的最新的调查结果,美国在未来五年内,需投入16000亿美元改善基础设施的安全不良状态。这就意味着,美国现在平均每年应该投入相当于我国目前每年在新建工程上投入资金的1.5~2.0倍来维护、修缮原有的基础设施和已建工程,因此我们必须现在就特别重视工程耐久性问题。在学习发达国家成功经验的同时,若能够避免发达国家已经走过的弯路,我们就完全可以实现所谓的工程“技术上的跨越”,切实做到可持续发展。

新世纪的特点是高新技术的迅猛发展。十余年的经验证明,我国单纯在高新技术方面与西方强国展开竞争有很大的难度。但是,我国正处在城市化加速的起点,大量的人居环境建设和能源需求为高科技的发展提供了巨大的载体和最佳的机遇。

中国的古代哲学一直强调“以人为本”、“天人合一”,这也正是目前可持续发展战略的基本思想。作为世界上人口最多的国家,我们有责任在加速自我发展的同时,重视保护环境、保护全世界共同拥有的

地球。中国在这方面的成就,不仅造福了我们的子孙万代,而且也是对世界各国的重大贡献。

3. 工程技术发展面临的严峻挑战

在21世纪,由于信息技术的发展,经济全球化的趋势越来越明显。目前,尽管我国的经济一直保持持续的发展,但在国际上的科技排名并不靠前。2003年初,世界经济论坛发表的《2002年至2003年度全球竞争力报告》显示,在2002年度全球102个国家和地区经济增长竞争力排名中,中国才从2001年度的第39位上升到2002年度的第33位;而前不久同一报告公布的2003—2004年的排名显示,中国的增长竞争力又回落到第44位。目前,由于世界大多数地区的经济增长陷于停滞,受中国市场劳动力“巨大潜力”的诱惑,外国公司竞相进入中国以抢占一席之地,他们纷纷将公司的制造部门转移到中国,形成了外国企业竞相与中国结合的所谓“中国蜜月”。面对这样的局面,如果我们不及时地抓紧建立自主的经济产业,仅仅得意于一时的国内生产总值(GDP)的增长,我们有可能在逐渐形成的整个世界生产链中被定位为“加工厂”,这样下去,发达国家将利用他们占据的大量知识产权和专利在这个生产链中占据有利地位,大量赢利,而我们只有靠廉价的劳力赚取微薄的利润。

我国人口众多,给经济发展带来很大困难。西北地区与东南地区相比,人口分布密度很不均匀,平均收入可差20倍以上。我国就业难度之大,是世界上没有哪一个国家能与之相比的。这几年进城务工的农民不断增加,如何在城市化的过程中保证这部分弱势群体的生活和工作权益是一个非常重要的问题,也是我国城市化的重要特点。

我国能源短缺,人均能源可采储量远低于世界平均水平。能源安全尤其是石油安全越来越突出。随着人均收入水平的提高,我国石油消费量显著增加,到2020年,我国石油对外依存度可能接近60%。尽管在过去的20年中,我国实现了节能目标,GDP翻两番而能源消费仅翻一番,能耗不断下降,但与发达国家相比还有不少的差距。从能源利用效率来看,我国单位产品的能耗水平较高。在这种约束条件下,大规模的工程建设投入和工程材料的使用都必须时时处处注重能源的节约。

我国人口众多,赖以生存的水问题仍然存在。当前水利发展面临的主要问题是:江河防洪形势依然严峻,防洪减灾体系不够完善;水资源短缺导致供需矛盾尖锐;水生态环境恶化的趋势未得到有效遏制,已对我国国民经济和社会发展产生全局性影响,同时环境污染的问题仍无明显改善。国家最新的统计数据显示,2003年监测的340个城市中,有91个城市还未达到环境三级标准,占26.7%,颗粒物仍是我国城市空气中的主要污染物,部分城市的二氧化硫污染程度有所加重。

我国平均受教育水平偏低,直接影响到工程质量的保证与控制。资料显示,在众多的同类行业中,工程建设的人员素质是最低的;加之大量的农民涌入城市,从事大量繁重的体力劳动,他们本来不具备专业知识,又缺乏足够的培训和管理,很难把严格的技术质量要求贯彻到施工过程中。现在进城务工的农民总数达到2000万,已占全国建筑业总人数的三分之二,对他们的关心、教育和培养是一件大事。否则,不但工程建设中工人的安全不能保证,而且工程质量也得不到保证,在这种条件下的大建设,很可能工程建设还未完成就要开始花很多的钱来维修。

在整个国家从社会主义计划向市场经济转轨的过程中,政府的职能亟待转变。政府要用政策引导市场,而不要代替市场去操作。目前,由于法制不健全,市场不规范,在资金转换、土地开发和企业转股的过程中出现了大量的非法经营活动,一些政府官员也以权谋私、从中渔利,从而造成严重的环境污染、偷工减料,甚至工程事故。调查显示,在群众心目中,建设工程领域名列五大“腐败重地”之最!能不能杜绝此类活动不仅是事关国家法制建设的大事,也是保证我国工程技术健康发展、城市化进程顺利完成

的大问题。在从社会主义计划经济向市场经济转轨的过程中,还应该注意的是,我国的国际招投标制度不够完善。特别是最近外国设计的工程在我国频频施工,他们迎合我国一些业主喜好标新立异的心理,在国外难以上马的设计却可以在中国中标,他们不按中国的规范,而我们又缺乏足够的科学依据去审核。这样下去,中国会变成外国工程技术发展的“试验场”,中国的建设市场也会被别人占领(这种现象已在东南亚出现)。这使我们在高科技领域追赶西方的同时,有可能在工程建设领域失去超越西方的宝贵机遇。

1.2 工程技术的发展趋势

1. 从单纯单体工程分析发展到对整个系统网络 and 环境的综合与控制

在世纪交替的十余年中,工程技术涉及的范围在空间领域上有明显的拓宽,已经从单体分析(project level)发展到对系统网络的综合与控制(network level),并且进一步考虑对整个环境可持续发展的影响。例如,国家正在调整江河防洪策略,强调在流域管理的大框架下部署防洪建设,统筹考虑防洪和抗旱问题,适度承担风险,从控制洪水向洪水管理转变,在防止水对人类的侵害的同时,也要防止人类对水的侵害,主动适应洪水、人与自然和谐的防洪战略。又如城市防灾减灾必须扩大到全城市区域统一规划。再如,国家设计规范的安全储备要逐步与经济发展的水平接轨,桥梁的维修、加固决策必须考虑整个交通网络的运行,甚至为了克服在工程设计和施工中大量数据交换的低效率和部门之间的分割,大规模的集成系统也开始研制。

2. 从单纯使用阶段的安全设计发展到工程全生命周期综合与决策

所谓工程的全“生命周期”是指包括工程建造、使用和老化的全过程。在不同的阶段,工程的风险来源不完全相同。建造阶段的风险来自于对未完成结构和它的支撑系统的分析的不完全,以及对人为错误的失控;而老化阶段的风险是来自结构或材料功能在长期自然环境和使用环境的逐渐退化。相对而言,工程使用阶段的平均风险率是最低的,其主要危险来自自然灾害和可能出现的人为灾害。已往的工程设计有的仅考虑在使用阶段工程的安全,现在除了考虑使用阶段的安全,还要考虑安全以外的内容,如结构的功能能否得到保证以及耐久性问题等。对一些重大的高坝、大库、桥梁、高层建筑、海洋工程和港口工程,目前比较科学的做法是综合考虑建造、使用、老化三个阶段,再做最后决策。

3. 从单纯依靠专一学科深化到依靠多学科的交叉

从20世纪70年代开始,世界工程领域发展的特点是学科交叉,这和50年代强调细分专业、“非常专业化”的情况相比,出现了根本的变化。尽管50年代的“非常专业化”在我国工程界仍很有影响,甚至有的地方由于政府部门之间的分割还有所加强,但学科方面的相互交流、领域方面的相互渗透已是必然的趋势。单纯偏重于单一学科(如力学)已经无法适应时代要求了,工程依靠的是多学科交叉,这种交叉体现在如下两方面:在层次上,工程分析的结果不足以作为工程决策的惟一依据,在此之上的系统工程,甚至社会工程也很重要;在内涵上,化学物理以及它们的基础——数学都变得十分重要。

4. 信息技术从全方位渗入

21世纪是信息的时代。信息化是计算机与互联网及信息技术发展的必然结果,它包括信息技术的

产业化、传统产业的信息化、基础设施的信息化、生活方式的信息化等内容。工程的实施效率取决于工程各相关方面大量的技术和经济信息的高效处理、交换和表达。在工程建设中,技术方面的信息化已经展示了其特有的潜力:一方面,通过信息化,可以提高传统的工作效率和质量、降低成本;另一方面,信息化作为手段,可以使得人们实现更加复杂的工程。目前的信息技术已全方位地渗入工程的规划设计、工程的施工、运行管理和维护中,成为工程技术在新世纪发展的命脉。

5. 工程材料的发展空前活跃

工程材料是工程的基础。当前,工程材料的发展空前活跃。历史上,材料的变革促成了工程领域的每一个飞跃,而且往往使工程发生质的变化。从使用土、木、石料到使用钢材、混凝土,已实现了一次飞跃。虽然人们正期望着未来出现适应时代要求的全新工程材料,然而从目前看,还未发现可以全面代替钢材和混凝土的工程材料。近20年来,我国是世界上水泥生产的第一大国,但是必须看到,水泥生产行业是一项高耗资源、高耗能、污染环境的行业。以石灰石为例,有报道称我国已初步探明的储量约为450亿吨,可开采利用的约250亿吨,按目前的水泥生产量,35年以后,就会出现石灰石资源枯竭的问题,这是一个十分严重的问题。我国目前也是世界上产钢第一大国,但技术升级却一直进展缓慢。在2020年以前,新材料的出现仍处在酝酿阶段,在这个阶段,传统材料的改性仍然是主要的任务,而这个工作的原则仍是节约能源和可持续发展。

1.3 工程技术发展的总体战略目标和重点

1. 工程技术发展的总体战略目标

在21世纪的开始20年,中国正处在城市化的加速期,工程建设无疑是整个国民经济发展的主要支柱之一,而工程技术就是这一支柱的重要基础。应该清醒地看到,我国能源短缺,环境资源压力不断加大,我国工程技术的整体水平,在工程实践、工程理论和工程计算方面,与国际先进水平相比都有一定的差距,即使是我们认为与国外差距较小的工程理论也是如此,目前国际上较优秀的工程理论几乎均出自外国。在计算方面,除高层设计在国内比较普及外,大部分重要的应用软件是来自外国。在工程实践方面,我们在一些国家重点工程的施工技术方面可以达到很高的水平,甚至国际领先的水平。但是在整体上,从计划管理、工程设计到具体施工,从特大城市到中小城镇、农村,工程技术水平则存在很大的差距。我国在国际上知名的工程专家十分有限,这个现状与我国的人口总数和建设规模是不相称的。

同时也应当看到,尽管我国经济条件和技术人员有限,在一个局部、一个部门、一个单位很难一时建立起可以与发达国家竞争的条件,但是从整个国家讲,整体组织起来的实力并不差。只有加强统一的领导,同时做好科学的规划,才能变弱势为优势,迎接国际的挑战。

基于上述观点,工程技术发展的总体战略目标是:以中央提出的以人为本、全面、协调、可持续发展的科学发展观为根本的指导思想,在国家的统一领导下和科学规划的基础上,均衡发展,总体提高,重点突破,大幅提升我国工程技术在国际上的综合竞争力,使我国2020年的工程建设技术基本上达到国际水平,有重点地达到国际先进水平,有条件的方面达到国际领先水平,发挥工程技术领域在整个国民经济发展中主要支柱的作用,以确保我国全面建设小康社会的历史进程顺利推进及其宏伟目标的如期实现。

2. 工程技术发展的总体战略重点

工程技术发展战略重点的确定原则是:(1)对国家全面建设成小康社会、实现经济再翻两番有重大意义和广泛应用前景的关键问题;(2)能适应我国自然资源和人力资源的约束条件、充分节约能源、符合可持续发展战略的关键问题;(3)目前国际上十分重视且对今后工程技术发展预计有战略意义的关键问题。

具体来说,必须紧密地结合我国工程实际提出的要求,必须考虑我国已具备的实际条件,必须考虑有限的时间,必须谨慎地集中兵力、选好突破点,必须照顾整个工程技术的均衡发展以增加我国的综合竞争力。

考虑到我国目前的财力、人力限制,应以节约资源、符合可持续发展为指导思想,以质量安全控制为整个工作的中心。质量安全的概念不仅限于保证人员的安全,而且要保证工程功能的正常发挥,还要考虑到整个工程系统和网络的质量安全。

纵观我国工程建设领域中的各类工程技术的发展现状和趋势,立足国家战略需求,着眼国际上工程技术发展前沿,经过论证,建议以工程建设中的几类关键技术作为工程技术发展的战略重点,包括:江河治理与调水工程技术,城市防灾减灾工程技术,高坝水电工程技术,海洋与港口工程技术,桥梁与道路工程技术,大跨及高层建筑结构工程技术,地下空间开发利用工程技术,工程信息化与智能化技术,智能交通系统工程技术,建筑节能技术,特种工程技术(含防护工程技术、核能利用工程技术、文物保护技术、宇宙空间建筑工程技术)和工程管理科学技术。

1.4 工程关键技术的发展重点与战略

本节分别针对每一类建议发展的工程关键技术,从发展现状与差距、发展目标与战略重点、保障措施与对策等方面进行论述,而作为整个工程技术共同需要的保障措施则在下一节中统一论述。

1. 江河治理与调水工程技术

新中国成立 50 多年来,我国开展了大规模的水利建设,在江河治理、防洪工程、农田水利、水力发电和内河航运的建设等方面取得了举世瞩目的成就。21 世纪初期是我国实现社会主义现代化第三步战略目标的关键时期,对水利提出了更高的要求。当前水利发展面临三个主要问题,即:江河防洪形势依然严峻,防洪减灾体系不够完善;水资源短缺导致供需矛盾尖锐;水生态环境恶化的趋势未得到有效遏制。洪涝灾害、干旱缺水和水环境恶化三大水问题已对我国国民经济和社会发展产生全局性影响。

进入 21 世纪以后,水利面临前所未有的机遇与挑战。为实现水资源可持续利用支撑经济社会可持续发展这一国家目标,应在保持人与自然和谐、维持生态系统平衡的原则下,继续围绕江河治理和调水工程的重大问题开展科学研究与科技创新,实现水科学研究的跨越发展。防洪减灾方面:大江大河防洪减灾战略调整与洪水风险管理;洪水监测技术和预报网站的建设与管理;洪水资源化的技术与方法;大范围旱情动态监测与预警;国家防汛调度指挥系统现代化;分蓄洪区建设和有序发展战略;水旱损失对生态环境影响评价与管理。长江黄河开发治理与生态建设方面:面向生态的长江上游水电开发与运用管理模式;三峡工程建成后长江防洪战略研究;三峡工程建成后长江中下游河床演变响应与江湖关系调

整趋势及控制措施;黄河水沙优化配置与泥沙资源化研究;黄土高原侵蚀控制与生态修复的对策和方法;黄河下游河道整治与二级悬河治理;维持长江三角洲和黄河口生态系统健康发展的策略与技术。南水北调工程方面:东线工程水污染防治与水环境保护;中线工程水量调配和输水安全保障;西线工程缺氧、复杂地质条件下长隧洞关键技术;长距离输水系统通信及自动化监控;“四横三纵”水网与国民经济布局 and 生态系统间的耦合关系、发展战略。

为了实现水科学的跨越发展,必须转变治水观念,强调在流域生态系统重建的大框架下部署防洪建设,在风险管理理念的指导下,实现主动适应洪水、与自然协调共处的防洪战略。充分认识水资源作为基础自然资源的战略地位以及南水北调在我国社会经济发展中的战略意义。建立节水型社会,坚持节水优先、治污为本、多渠道开源的原则,保证水资源的可持续开发利用。调整和完善相关学科布局,加强学科基础设施平台建设,建立治河和水资源国家实验室。加强江河开发治理的法制化和制度化建设,强化流域机构的管理职能。

2. 城市防灾减灾工程技术

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一。每年因灾害造成的直接经济损失,约占国民生产总值的3%~5%。我国70%以上的大城市,半数以上的人口,75%以上的工农业产值位于灾害频发区。自然灾害严重地威胁着国家经济建设和可持续发展。我国在城市防灾减灾方面存在的主要问题是:城市人口密度与建筑密度过大;城市设防标准低,实际设防设施不足;城市防灾减灾中高新技术的研究和应用与发达国家相比还有较大差距。

2020年我国城市防灾减灾的发展目标是:建立与城市经济社会发展相适应的城市灾害综合防治体系和科学的防灾减灾规划,综合运用工程技术及法律、行政、经济、教育等手段,提高城市的综合防灾减灾能力,为城市的可持续发展提供保障。城市防灾减灾工程技术的主要研究重点是:防灾设施能力的提升与综合利用技术;城市应急反应技术与救灾系统的高新技术。

政府部门要从城市的综合利益和长远利益出发,把防灾减灾工作和城市经济与建设发展同步规划、设计和实施。工程技术方面应大力开展对城市灾害规律的研究,运用系统工程的理论与方法,建立完善的城市综合防灾减灾体系。通过多学科学术交叉与合作,研究和开发数字城市减灾系统。抗震方面要适度提高大中城市的抗震设防要求,对可能产生地震次生灾害及其他连锁反应的建筑物、构筑物和设备,以及可能造成严重经济损失和社会影响的工程设施,制定特殊的抗震防灾措施。防火方面要深入研究计算机火灾模拟技术和模拟技术,建立火灾风险评估理论和模型,建立合理的量化火灾风险评价体系,逐步完善性能化设计方法和性能化规范体系。防洪方面要开展防洪工程加固与应急抢险技术研究,城市防洪工程与城市其他功能有机结合的技术,充分发挥工程的综合效益。地质灾害方面要综合采用工程措施及非工程措施尽快治理城市中危险性较高的边坡和挡墙,综合治理地面坍塌,并建立城市地质灾害空间数据库、城市地质灾害管理与决策支持系统。反恐方面要开展建设工程抵御恐怖主义袭击灾害的相关技术研究。

3. 高坝水电工程技术

高坝水电工程技术是以河川水利水电枢纽工程建设为对象,以高坝-水电站等建筑物的设计理论和方法为依据,以数学、物理、化学、固体力学、水力学与流体力学、工程地质、水文水资源、水利材料学、水利施工与管理学等为基础的一门综合性工程技术。能源作为国民经济发展的基础产业,必须优先发展。

作为能源组成中不可缺少的水电,理应得到优先发展。预计国内水电占电力的比重最终达到 30% 左右。而我国大坝技术创新方面与国际水平还有一定差距,我国高坝大库工程艰巨复杂,远不是已有理论和经验可以解决的,特别是大坝设计建设中的问题,如大坝与自然环境的协调,溃坝风险、地震和超高速水流等破坏因子的影响,深埋大型地下洞室、新材料和高新技术在坝工中的应用等,都还要进行深入和系统的研究。

预计 2010 年全国水电总装机应在 1.65 亿千瓦到 1.75 亿千瓦之间,到 2020 年将达到 2.46 亿千瓦到 2.7 亿千瓦。中国未来的高坝水电工程的主要特点是坝高库大、泄洪流量大、地震烈度高、地质条件复杂、地下厂房机组容量大,其规模和将遇到的问题的技术难度都居世界前列。我国水坝将跻身世界最前列,世界高坝-水电站建设将集中在我国,世界高坝水电工程的技术高峰在等待我们去攀登,应着重在以下几个研究方向有所突破、创新:在大坝的安全工作年限和极限估计方面建立量化的设计准则;建立水坝对生态影响的评价模型和标准,促进水电建设与自然的和谐发展;开发溃坝的预测预警系统,提高大坝安全管理水平;加大对坝工实践中的新技术、新材料的开发应用,促进坝工建设现代化的进程;解决西部开发和跨流域引水中深埋长隧洞的地质灾害预报技术。

应建立国家级高坝水电工程技术研究中心,开展深入细致的工程前期科研和方案论证工作;强化生态和环保意识,促进高坝水电建设与自然的和谐发展;鼓励创新,开展对新结构形式、新构造、新工艺等的研究,促进新方法、新技术的推广;重视工程质量,完善施工监理制度和质量检测体系;强化生态和环保意识,促进高坝水电建设与自然的和谐发展。

4. 海洋与港口工程技术

(1) 海洋工程技术

我国是一个人口众多、资源相对不足的发展中国家。人均矿产资源占有量不足世界人均水平的一半,居世界第 53 位,尤其是关系到国民经济命脉的石油、铁、锰、铜、钾盐等大宗矿产的后备储量严重不足。据预测,至 2010 年,我国石油、天然气、富铁、铬、贵金属、钾盐等 45 种主要矿产有近一半保有储量将不能满足要求。海洋油气资源和其他海洋资源的开发将成为我国能源和资源开发的一项基本国策。我国海洋油气储量丰富,天然气水化合物也是海底储量丰富并且用途广泛的资源,目前正在大规模的勘探之中。

未来 20 年将是我国海洋资源开发蓬勃发展和大规模展开的重要时期。总体而言,结合我国海洋油气和其他资源开发的需求,建立我国完善的近海海洋环境条件观测体系,建立我国浅海和深海海洋平台结构独立自主的设计和建造技术,发展海洋油气资源开发保障技术,将是我国 21 世纪海洋工程技术的中长期发展目标。战略重点包括:近海工程环境观测与工程地质探测技术,浅海和深海海洋平台智能结构体系,海洋平台结构的智能安全监测与控制技术,海洋平台结构的检测、评定与维修技术,海洋油气开采设施的监测、诊断与应急控制技术,海底管道的检测与维修技术。

海洋工程技术的发展要走研究、开发与工程应用相结合,研究部门与产业部门相结合、国家投入、产业投入和企业需求相结合的道路,同时要走高技术发展的道路。建立国家级海洋工程技术研究中心,培植海洋工程技术和产品开发与产业化基地,抓紧制定海洋工程基础设施设计和运行管理的标准、规程。通过政策性的鼓励和强制措施,拉动海洋油气开发企业对海洋工程技术研究开发的投入,逐步建立以企业创新为主体的研究开发队伍。土木工程和水利工程应在宽口径培养人才的基础上设置海洋工程相关的高年级本科课程和研究生课程,加强从事海洋工程技术研究、开发和应用的人才培养。