



Academic
Monograph

学 | 术 | 专 | 著

基于行业特色的 土木工程专业培养模式研究

李明华 著

JIYU HANGYE TESE DE
TUMU GONGCHENG ZHUANYE
PEIYANG MOSHI YANJIU



中南大学出版社

www.csupress.com.cn



Academic
Monograph

学 | 术 | 专 | 著

基于行业特色的 土木工程专业培养模式研究

李明华 著

JIYU HANGYE TESE DE
TUMU GONGCHENG ZHUANYE
PEIYANG MOSHI YANJIU



中南大学出版社

www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

基于行业特色的土木工程专业培养模式研究/李明华著.
—长沙:中南大学出版社,2014.7
ISBN 978-7-5487-1115-5
I.基... II.李... III.土木工程-专业-培养模式-文集
IV.TU-4
中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第147463号

基于行业特色的土木工程专业培养模式研究

李明华 著

☐责任编辑 刘 辉
☐责任印制 易红卫
☐出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
☐印 装 长沙印通印刷有限公司

☐开 本 720×1000 B5 ☐印张 13.25 ☐字数 267千字 ☐插页
☐版 次 2014年7月第1版 ☐2014年7月第1次印刷
☐书 号 ISBN 978-7-5487-1115-5
☐定 价 35.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

序

教育教学改革的根本目的是提高人才培养质量。人才培养质量，有两种评价尺度。一种是学校内部的评价尺度，另一种是学校外部的评价尺度，即社会的评价尺度。人才培养质量，既要接受学校自身对高等教育内部质量特征的评价，又要接受社会对高等教育外显质量特征的评价，因此，以提高人才培养质量为核心的高等学校人才培养模式改革，必须遵循教育的外部关系规律与教育的内部关系规律。

行业特色型大学是我国高等教育的一支重要力量，在高等教育体系中占有重要位置，在高等教育领域具有重要的影响。高教体制改革后，行业特色型大学的发展面临考验，如何定位行业特色型大学的办学定位，如何建立其自身特色的人才培养模式，是行业特色型大学发展的重中之重。

从人才培养的服务定位上看，不同类型、层次的高校，其服务面向范围是不同的，由此直接决定了其人才培养目标的定位。以培养研究型人才为主要目标的重点大学，其人才培养目标的服务面向范围主要是国家高科技人才、高级管理人才和各行业的领军精英；应用型本科的培养目标是面对现代社会的高新技术产业，在区域经济和行业相关领域的生产、建设、管理、服务等第一线岗位，直接从事解决实际问题、维持工作正常运行的高等技术型人才。

随着土木工程专业的工作内容不断扩展，已经涉及研究、开发、设计、施工、运营、管理、咨询等诸多方面。在土木工程人才培养方面需要依托行业，使学生获得土木工程师的基本训练，将行业素质教育贯穿于每一教学环节中，为行业企业培养合格人才。

李明华教授在广泛阅读和深入研究前人成果的基础上，结合自己近 10 年的行业企业工作经验以及近 20 年的土木工程专业教学实践，在本书中剖析了行业特色的应用型人才培养与土木工程专业整体教学的关系，分析了特色教育的真正内涵，同时通过对应用型特色人才培养中课程设置的现状、教学内容存在的问题进行分析以及对国内外相关高校应用型特色人才培养方案分析和特色培养要求分析，为基于行业特色的应用型人才培养提供基础依据；通过不同行业特点分析，进一步进行特色人才培养的课程比例研究、课程内容研究、教学大纲研究，合理

取舍、协调并整合特色课程与学科专业课程设置,构建具有科学性与可操作性的行业特色应用型人才培养方案。

本书通过对培养行业应用型人才方面的相关研究与探索,为以行业为依托、以培养应用型特色人才为方向的相关高校在进行土木工程人才培养中提供了方案理论,可供以应用型本科教育作为努力方向的教育工作者、教育管理者阅读参考,希望从事土木工程专业特色人才培养的相关人员不断探索、勇于创新,为我国高等教育事业作出更大贡献。



2014年3月20日

雷晓燕:华东交通大学校长、教授;国家“百千万人才工程”第一、二层次人才;江西省“井冈学者”特聘教授;博士生导师;中国交通运输协会常务理事、中国力学学会理事。

前 言

土木工程专业是个古老的学科,底蕴深,内容多,经过长时间的发展,社会对其人才培养的要求更高,强调培养理论基础扎实、综合素质优良、具有创新精神和实践能力的应用型复合型专业人才,与之相对应的人才培养模式也在不断地进行研究与探索,集教学内容与课程体系、教学方法与教学手段及教学管理改革于一体的综合改革实践也在相关高校进行,宽口径,厚基础,结合学分制进行模块化教学,已成为各高校土木工程专业制定培养方案的基本思路。然而对于如何依托行业、服务行业,彰显行业特色则研究趋少,行业特色的人才培养相关研究尤显重要。

按照高等学校土木工程专业指导委员会的要求,为在有限的学时内构建合理的课程体系,制定科学的培养方案,实现培养目标,各高校都在实践中积极摸索。评价土木工程专业办学效果目前尚无统一的标准,而衡量高等教育价值的标准是所培养的人才能否满足社会发展的需要,在推动社会发展中能起多大作用。因而,在社会需求不断变化的新形势下,对土木工程专业特色人才培养方案的研究具有重要意义。

对于高等教育而言,培养德、智、体、美全面发展,人文素养和科学素质相结合,扎实的基础理论和宽广的专业知识相并重,并具备较强的实践创新能力以及一定的国际视野的高级专业人才是总体目标。精英高等教育与大众化高等教育的培养目标是不同的。对于以应用型为目标的高校而言,既不应以学术型的精英教育标准为目标,也不应以职业教育培养的一般技能型人才为方向。而是以行业企业需求为导向,以工程实际为背景,以工程技术为主线,通过加强高校和行业企业的合作,着力提升人才工程素养,着力培养工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力。

20 世纪六七十年代的本科教育是精英高等教育时代,土木工程本科的教学计划与其他学科类似,沿袭前苏联教育模式,目的是培养高级工程技术人才。1993 年后土木工程本科教育从精英高等教育向大众化高等教育转变,教育部 1998 年专业目录设置的土木工程专业成为一个宽口径的“大土木”专业,目的是培养高级专业人才。

但近年来建设人才市场对土木工程专业的需求发生了变化,从事与土木工程专业工作有关的本科毕业生中 90% 以上在施工、监理、管理等部门就业,在高等院校、研究、设计单位工作的大学生越来越少。由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同,导致了对本科人才的需求也不尽相同。因此以高等学校按照统一的人才标准进行培养,已经不再适应社会和企业的需求。教育趋同化,考核指标统一化不能较好地完成人才培养目标。需要强调行业特色,脚踏实地地进行相关教学改革实践,建立和制定各种完善的课程体系与人才培养方案,使其形成专业特色。

本书是在笔者从事多年的行业现场工作和多年的专业教学经验基础上,在相关课题的资助下完成的,除教育部教育科学规划课题、江西省教育科学规划课题及江西省教学改革研究课题外,还有教育部财政部高等学校特色专业建设点(土木工程(TS10332)),江西省高校教学团队(道路与铁道工程教学团队),江西省专业综合改革试点(土木工程)等项目的资助。

书中内容主要是笔者近些年发表的 30 余篇论文成果,涉及土木工程专业的特色专业建设、人才培养模式、课程体系、实践性教学、课堂教学效果等内容,故而逻辑性和完整性可能存在缺陷。本书在编写过程中,除所列参考文献外,还引用了许多前人及同行的研究成果,在此谨向他们表示衷心的感谢和由衷的敬意。

李明华

2014 年 3 月于南昌

目 录

第 1 章 土木工程与土木工程专业	(1)
1.1 土木工程的概念与特点	(1)
1.2 土木工程的发展简史	(2)
1.3 土木工程基本属性	(8)
1.4 土木工程的对象与体系	(10)
1.5 土木工程专业概念	(11)
1.6 土木工程专业人才培养	(12)
第 2 章 问题的提出与研究背景	(20)
2.1 问题的提出	(20)
2.2 研究目的	(26)
2.3 研究意义	(27)
2.4 研究假设	(27)
2.5 国内外相关研究现状分析	(29)
2.6 研究理论基础	(30)
2.7 国内相关研究成果	(33)
第 3 章 特色应用型人才培养研究	(41)
3.1 人才概述	(41)
3.2 特色教育与应用型人才	(42)
3.3 特色专业建设	(48)
3.4 土木工程专业就业特点	(51)
3.5 行业特色人才危机与应对	(55)
3.6 大众化教育下特色专业建设	(59)
3.7 土木工程特色专业建设	(61)
第 4 章 土木工程人才培养模式研究	(66)
4.1 人才培养模式	(66)
4.2 基于行业特色的人才培养模式	(77)
4.3 交通特色应用型人才培养方法	(81)

4.4	大众化教育下的人才培养模式构建	(83)
4.5	特色人才培养融合于学科专业教学	(86)
4.6	土木工程专业培养方案	(89)
4.7	培养方案的调研与分析	(101)
第5章	土木工程实践性教学研究	(108)
5.1	概述	(108)
5.2	土木工程现场实践性教学模式研究	(109)
5.3	不同实习模式的效果比较与分析	(113)
5.4	我校土木工程专业实践性教学体系构建	(118)
第6章	土木工程专业课程体系研究	(124)
6.1	概述	(124)
6.2	特色专业课程体系构建若干问题探讨	(126)
6.3	我校土木工程特色专业课程体系构建	(131)
第7章	土木工程专业教学效果研究	(137)
7.1	教学方法	(137)
7.2	影响教学效果若干关系	(139)
7.3	行业特色人才培养教学方法	(141)
7.4	土木工程专业教学存在的问题	(145)
7.5	课程教学的方法策略与组织形式	(148)
7.6	建立积件思想 提高课堂教学效果	(153)
7.7	行业特色培养的毕业设计	(157)
第8章	“3+1”人才培养模式研究	(161)
8.1	“第七学期”现象剖析与对策探讨	(161)
8.2	我校土木工程专业“3+1”培养模式试点方案	(165)
第9章	主要结论与展望	(172)
9.1	主要结论	(172)
9.2	展望	(179)
附录	土木工程专业道路与铁道工程方向“3+1”培养计划	(184)
参考文献		(201)

第1章 土木工程与土木工程专业

1.1 土木工程的概念与特点

1.1.1 土木工程的一般概念

土木工程作为一门学科,称为土木工程学。它是运用数学、物理、化学等基础科学知识,力学、材料等技术科学知识以及工程技术知识来规划、设计、修建各种建筑物和构筑物的一门学科。国务院学位委员会在学科简介中为土木工程所下的定义是:“土木工程”(Civil engineering)是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指工程建设的对象,即建造在地上、地下、水中的各种工程设施,也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等专业技术。

从狭义定义上来说土木工程就等于 civil engineering,即建筑工程或称结构工程这个小范围。“土木工程”中国国务院学位委员会在科学简介中定义为“土木工程是建造各类工程设施的科学技术的总称,它既指工程建设的对象,即建在地上、地下、水中的各种工程设施,也指所应用的材料、设备和所进行的勘测设计、施工、保养、维修等技术”。由此可以知道土木工程不但内容广泛,而且和广大人民群众的日常生活密切相关,在我国国民经济中起着非常重要的作用。

土木工程的范围是非常广泛的,它包括房屋建筑工程,公路与城市道路工程,铁道工程,桥梁工程,隧道工程,机场工程,地下工程,给水排水工程,港口、码头工程等。国际上,运河、水库、大坝、水渠等水利工程也包括于土木工程之中。

1.1.2 土木工程的一般特点

(1)土木工程所提出的课题是特殊的,因为所有的建筑物和构筑物都是独特的,难以有一个建筑物(构筑物)与另一个是完全相同的。

(2)土木工程的范围非常广泛,它包括建筑工程、桥梁工程、公路与城市道路工程、铁路工程、隧道工程、水利工程、港口工程、海洋工程等。

(3)土木工程是一种与人民的衣食住行密切相关的工程。

(4)土木工程是一门历史悠久的学科,但其领域随相关学科的发展、经济建设和社会进步的需要而不断更新、不断发展。

1.1.3 土木工程的要求

土木工程是个系统工程,涉及方方面面的知识和技术,是运用多种工程技术进行勘测、设计、施工的成果。土木工程随着社会科学技术和管理水平而发展,

是技术、经济、艺术统一的历史见证。影响土木工程的因素既多又复杂,使得土木工程对实践的依赖性很强。

土木工程需要解决的根本问题是工程的安全,使结构能够抵抗各种自然或人为的作用力。任何一个工程结构都要承受自身重量,以及承受使用荷载和风力的作用,湿度变化也会对土木工程结构产生影响作用。在地震区,土木工程结构还应考虑抵御地震作用。此外,爆炸、振动等人为作用对土木工程的影响也不能忽略。具体体现在如下方面:

- (1) 创造新的环境,形成人类所需,功能良好和舒适美观的空间;
- (2) 能够实施对各种灾害的防御,抵御自然或人为的作用力;
- (3) 充分发挥材料的功能和作用;
- (4) 好快省地组织人力、财力和物力,把工程设施建造成功。

1.1.4 土木工程的分类

建造工程设施的物质基础是土地、建筑材料、建筑设备和施工机具。借助于这些物质条件,经济而便捷地建成既能满足人们使用要求和审美要求,又能安全承受各种荷载的工程设施,是土木工程学科的出发点和归宿。目前土木工程分类情况大体如下:

(1) 中国将土木工程分为:房屋工程、铁路工程、道路工程、机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种工程结构、给排水工程(现已是一门独立的学科)、城市供热供燃气工程、交通工程(已经分化出来成为了独立的学科)、环境工程、港口工程、水利工程(已经分化出来成为了独立的学科)、土力工程等。

(2) 美国将土木工程分为:结构工程(Structural engineering)、大地工程(Geotechnical engineering)、交通工程(Transportation engineering)、环境工程(Environmental engineering)、水利工程(Hydraulic engineering)、建设工程(Construction engineering)、材料科学(Materials science)、测量学(Surveying)、城市工程(Urban engineering)等。

(3) 土木工程(代码:0814)学科分类:岩土工程、结构工程、市政工程、隧道工程、供热、供燃气、通风及空调工程、防灾减灾工程及防护工程、桥梁与隧道工程等。

1.2 土木工程的发展简史

1.2.1 土木工程的发展阶段

土木工程的发展经历了古代、近代和现代三个阶段。

(1) 古代土木工程时间是从旧石器时代公元前 5000 年起到 17 世纪中叶。原始人时期的居住方式主要是“穴居”和“巢居”。西方古代的建筑大多是砖石结构的。比如埃及金字塔、古罗马斗兽场、希腊的帕特农神庙等都是令人神往的古代

砖石及结构遗址。中国古代建筑大多是木构架加砖墙建成,我国古代的砖石结构也有一些伟大的成就,比如山西应县木塔、北京故宫、天坛、赵州桥等都是我国古代优秀的建筑代表。

(2)近代土木工程时间是从17世纪中叶到第二次世界大战前后。这一时期土木工程逐步形成一门独立的学科,土木工程设计有了比较系统的理论指导。从材料方面来讲,水泥的发明和钢筋混凝土的开始应用是土木工程史上的最重大事件。其他方面如产业革命促使工业、交通运输业的发展为土木建造提供了新的施工机械和施工方法。

(3)现代土木工程时间是第二次世界大战后。这一时期的土木工程,有如下几个特点:即功能要求多样化、城市建设立体化、交通工程快速化、工程设施大型化。

1.2.2 土木工程的发展进程

对土木工程的发展起关键作用的,首先是作为工程物质基础的土木建筑材料,其次是随之发展起来的设计理论和施工技术。每当出现新的优良的建筑材料时,土木工程就会有飞跃式的发展。

人们在早期只能依靠泥土、木料及其他天然材料从事营造活动,后来出现了砖和瓦这种人工建筑材料,使人类第一次冲破了天然建筑材料的束缚。中国在公元前11世纪的西周初期制造出瓦片。最早的砖出现在公元前5世纪至公元前3世纪战国时的墓室中。砖和瓦具有比土更优越的力学性能,可以就地取材,而又易于加工制作。

砖和瓦的出现使人们开始广泛地、大量地修建房屋和城防工程等。由此土木工程技术得到了飞速的发展。直至十八九世纪,在长达两千多年时间里,砖和瓦一直是土木工程的重要建筑材料,为人类文明作出了伟大的贡献,至今还被广泛采用。

钢材的大量应用是土木工程的第二次飞跃。17世纪70年代开始使用生铁、19世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋,这是钢结构出现的前奏。

从19世纪中叶开始,冶金业冶炼并轧制出抗拉和抗压强度都很高、延性好、质量均匀的建筑钢材,随后又生产出高强度钢丝、钢索。于是适应发展需要的钢结构得到蓬勃发展。除应用原有的梁、拱结构外,新兴的桁架、框架、网架结构、悬索结构逐渐推广,出现了结构形式百花争艳的局面。

建筑物跨径从砖结构、石结构、木结构的几米、几十米发展到钢结构的百米、几百米,直到现代的千米以上。于是在大江、海峡上架起大桥,在地面上建造起摩天大楼和高耸铁塔,甚至在地面下铺设铁路,创造出前所未有的奇迹。

为适应钢结构工程发展的需要,在牛顿力学的基础上,材料力学、结构力学、工程结构设计理论等应运而生。施工机械、施工技术和施工组织设计的理论也随

之发展,土木工程从经验上升成为科学,在工程实践和基础理论方面都面貌一新,从而促成了土木工程更迅速的发展。

19 世纪 20 年代,波特兰水泥制成后,混凝土问世了。混凝土骨料可以就地取材,混凝土构件易于成型,但混凝土的抗拉强度很小,用途受到限制。19 世纪中叶以后,钢铁产量激增,随之出现了钢筋混凝土这种新型的复合建筑材料,其中钢筋承担拉力,混凝土承担压力,发挥了各自的优点。20 世纪以来,钢筋混凝土广泛应用于土木工程的各个领域。

从 20 世纪 30 年代开始,出现了预应力混凝土。预应力混凝土结构的抗裂性能、刚度和承载能力,大大高于钢筋混凝土结构,因而用途更为广阔。土木工程进入了钢筋混凝土和预应力混凝土占主导地位的历史时期。混凝土的出现给建筑物带来了新的经济、美观的工程结构形式,使土木工程产生了新的施工技术和工程结构设计理论,这是土木工程的又一次飞跃发展。

1.2.3 土木工程的发展方向

1. 重大工程项目将陆续兴建

为了解决城市土地供求矛盾,城市建设将向高、深方向发展。例如高层建筑,目前最高的建筑为马来西亚的石油双塔大厦,高 452 m。目前拟建的更高的建筑有:上海的环球金融大厦,高 460 m;芝加哥 Mgin - Beitler 大厦,地上 141 层,高 610 m。日本竹中工务店技术研究所提出了一个摩天城市的方案,底座为 $400\text{ m} \times 400\text{ m}$,地下深 60 m,地上高 1000 m,总建筑面积 800 万 m^2 ,可居住 3 万~4 万人。在我国除了修建标志性的大厦以外,还要大量修建商品住房。目前我国城市人口人均住房面积在 10 m^2 左右,而发达国家多在 20 m^2 以上。考虑到我国人口基数巨大,加上城市化进程加速,对住宅的需求压力是很大的。这也为今天的学生、明天的土木工程师们提供了广泛的就业机会和施展才能的舞台。

目前高速公路、高速铁路的建设呈高速发展趋势,交通土建工程在 21 世纪将有巨大的进步。目前设想的环球铁道和环球高速公路已有多种方案。这一工程实现以后,人们可以从南美洲阿根廷的火地岛合恩角北上,经中美洲、北美洲,从阿拉斯加穿白令海峡到俄罗斯,经中、蒙、俄到东欧、西欧,再从西班牙穿直布罗陀海峡到摩洛哥,经北非,穿撒哈拉大沙漠到南非,直达好望角。其中跨白令海峡和直布罗陀海峡的大桥已有设计方案,并已在土木工程有关杂志上发表。

在我国,交通土建工程也有宏伟的规划。“十二五”规划纲要对构建综合交通运输体系有明确要求:按照适度超前原则,统筹各种运输方式发展,基本建成国家快速铁路网和高速公路网,初步形成网络设施配套衔接、技术装备先进适用、运输服务安全高效的综合交通运输体系。

(1) 完善区际交通网络。

加快铁路客运专线、区际干线、煤运通道建设,发展高速铁路,形成快速客

运网,强化重载货运网。完善国家公路网规划,加快国家高速公路网剩余路段、瓶颈路段建设,加强国省干线公路改扩建。大力推进长江等内河高等级航道建设和发展,使得内河运输船舶标准化、港口发展规模化。煤炭、石油、铁矿石、集装箱等运输系统也需得到完善,进一步提升沿海地区港口群现代化水平。此外,还要尽快完善以国际枢纽机场和干线机场为骨干、支线机场为补充的航空网络,积极推动通用航空发展,改革空域管理体制,提高空域资源配置使用效率。

(2) 建设城际快速网络。

适应城市群发展需要,以轨道交通和高速公路为骨干,以国省干线公路为补充,推进城市群内多层次城际快速交通网络建设。建成京津冀、长江三角洲、珠江三角洲三大城市群城际交通网络,推进重点开发区域城市群的城际干线建设。

(3) 优先发展公共交通。

实施公共交通优先发展战略,大力发展城市公共交通系统,提高公共交通出行分担比率。科学制定城市轨道交通技术路线,规范建设标准,有序推进轻轨、地铁、有轨电车等城市轨道交通网络建设。积极发展地面快速公交系统,提高线网密度和站点覆盖率。

规范发展城市出租车业,合理引导私人机动车出行,倡导非机动车出行。优化换乘中心功能和布局,提高出行效率。统筹城乡公共交通一体化发展。

(4) 提高运输服务水平。

按照客运零距离换乘、货运无缝化衔接的要求,加强铁路、公路、港口、机场、城市公共交通的有机衔接,加快综合交通枢纽建设。推广先进装备技术应用,提高交通运输信息化水平。优化运输组织,创新服务方式,推进客票一体联程、货物多式联运。大力发展节能环保的运输工具和运输方式。积极发展公路甩挂运输。加强安全管理,保障运输安全。

2. 土木工程将向太空、海洋、荒漠开拓

地球上的海洋面积占整个地球表面积的70%左右,由于人口的急剧膨胀以及陆地可利用面积的减少,人类首先想到的是向海洋纵深发展。向海洋的开拓,近代就已经开始。既是为了防止噪音对居民的影响,也是为了节约用地,如今国内外许多知名机场的建设都已开始填海造地。如中国澳门机场,日本关西国际机场均修筑了海上的人工岛,而且在岛上修建了跑道和候机楼。中国香港大屿山国际机场劈山填海,荷兰代尔夫特围海造城都是利用海面造福人类的宏大工程。现代海上采油平台体积巨大,在平台上建有生活区,工人在平台上一工作就是几个月,如果将平台扩大,建成海上城市是完全可能的。另外,从航空母舰和大型运输船的建造得到启发,人们已设想建立海上浮动城市。海洋土木工程的兴建,不仅可以解决陆地土地少的矛盾,同时也将对海底油气资源及矿物的开发提供立足之地。

全世界陆地中约有1/3为沙漠或荒漠地区,千里荒沙、渺无人烟,目前还很

少开发。沙漠难于利用主要是缺水,生态环境恶劣,昼夜温差太大,空气干燥,太阳辐射太强,不适合人类生存。

近代许多国家已开始沙漠改造工程。在我国西北部,利用兴修水利,种植固沙植物,改良土壤等方法,使一些沙漠变成了绿洲。但大规模改造沙漠,首先要解决水的问题。沙漠的改造利用不仅增加了有效土地利用面积,同时还改善了全球生态环境。

向太空发展是人类长期的梦想,在 21 世纪这一梦想可能变为现实。美籍华裔科学家林柱铜博士利用从月球带回来的岩石烧制成了水泥。可以设想,只要将氢、氧带上月球化合成水,则可在月球上就地制造混凝土。林博士预计在月球上建造一个圆形基地,需水泥 100 t、水 300 t 和钢筋 360 t,而除水以外,其他材料均可从月球上就地制造。因为月球上有丰富的矿藏,美国已经计划在月球上建造一个基地。日本人设想在月球上建立六角形的蜂房式基地,用钢铁制成,可以拼接扩大,内部造成人工气候,使之适合人类居住。随着太空站和月球基地的建立,人类可向火星进发。与地球环境相似的是火星,但火星上缺氧,如何使火星地球化,人们设想利用生物工程,将制氧微生物及低等植物移向火星,使之在较短时间内走完地球几亿年才走完的进程,使火星适于人类居住,那时人类便可向火星移民,而火星到地球可用宇宙飞船联系,人们的生活空间将大大扩展。

3. 工程材料向轻质、高强、多功能化发展

近百年以来,土木工程的结构材料主要还是钢材、混凝土、木材和砖石。21 世纪在工程材料方面希望有较大突破。

(1) 传统材料的改性。混凝土材料应用很广,且耐久性好,但其强度(比钢材)低,韧性差,建造工程笨重而易开裂。目前常用混凝土强度可达 C50 ~ C60 (强度为 50 ~ 60 N/mm²),特殊工程可达 C80 ~ C100,今后将会有 C400 的混凝土出现,而常用的混凝土可达 C100 左右。为了改善韧性,加入微型纤维的混凝土,塑料混合混凝土正在开发应用之中。对于钢材,主要问题是易锈蚀、不耐火,必须研制生产耐锈蚀(甚至不锈)的钢材,生产高效防火涂料用于钢材及木材。

(2) 化学合成材料的应用。目前的化学合成材料主要用于门窗、管材、装饰材料,今后的发展将会是朝着大面积围护材料及结构骨架材料的方向发展。一些化工制品具有耐高温、保温隔热、耐磨耐压等优良性能,用于制造隔板等非承重功能构件很理想。此外,一些碳纤维以其轻质、高强、耐腐蚀等优点而用于结构补强,在其成本降低后可望用作混凝土的加筋材料。

4. 设计方法精确化、设计工作自动化

在 19 世纪至 20 世纪,力学分析的基本原理和有关微分方程已经建立,用之指导土木工程设计也取得了巨大成功。但是由于土木工程结构的复杂性和人类计算能力的局限性,人们对工程的设计计算还比较粗糙,有一些还主要依靠经验。

三峡大坝,用数值法分析其应力分布,其方程组可达几十万甚至上百万个,靠人工计算显然是不可能的。快速电子计算机的出现,使这一计算得以实现。类似的海上采油平台、核电站、摩天大楼、地下过海隧道等巨型工程,有了计算机的帮助,便可合理地进行数值分析和安全评估。此外,计算机的进步,使设计由手工走向自动化。目前许多设计部门已经丢掉了传统的制图版而改用计算机绘图,这一进程在未来的21世纪将进一步发展和完善。

数值计算机的进步使过去不能计算的带有盲目性的估计可以变为较精确的分析。例如,土木工程中的由各个杆件分析到整体分析;工程结构的定型分析到按施工阶段的全过程仿真分析;工程结构中在灾害载荷作用下的全过程非线性分析;与时间有关的长时间徐变分析和瞬间的冲击分析等。

5. 信息和智能化技术全面引入土木工程

信息、计算机、智能化技术在工业、农业、运输业和军事工业等各行各业中得到了愈来愈广泛的应用,土木工程也不例外,将这些高新技术应用于土木工程将是今后相当长时间的重要发展方向。现举一些例子加以说明。

(1) 信息化施工。所谓信息化施工是在施工过程中所涉及的各部分各阶段广泛应用计算机信息技术,对工期、人力、材料、机械、资金、进度等信息进行收集、存储、处理和交流,并加以科学的综合利用,为施工管理及时准确地提供决策依据。例如,在隧道及地下工程中将岩土样品性质的信息、掘进面的位移信息收集集中,快速处理及时调整并指挥下一步掘进及支护,可以大大提高工作效率并可避免造成安全事故。信息化施工还可通过网络与其他国家和地区的工程数据库联系,在遇到新的疑难问题时可及时查询解决。由此可见,信息化施工不但能大幅度提高施工效率和保证工程质量,还能降低工程事故的风险,并有效控制成本,实现施工管理现代化。

(2) 智能化建筑。智能化建筑至今还没有确切的定义,但有两个方面的要求应予满足。一方面是房屋设备应用先进的计算机系统监测与控制,并可通过自动优化或人工干预来保证设备运行的安全、可靠、高效。例如有客来访,可远距离看到形象并对话,遇有歹徒可摄像、可报警、可自动关闭防护门等。又如供暖制冷系统,可根据主人需要调至一标准温度,室温高了送冷风,室温低了送暖风。另一方面是安装了对居住者的自动服务系统。如早晨准点报时叫醒主人,并可根据需要放送新闻或提醒主人今天的主要日程安排,同时早餐自动加工,当你洗漱完毕后即可用餐。总之,这是一个非常温馨的住宅。对于办公楼来讲,智能化要求配备办公自动化设备、快速通信设备、网络设备、房屋自动管理和控制设备。

(3) 智能化交通。智能化交通(ITS),在欧美已于20世纪90年代开始研究,中国也在迎头赶上。智能化交通具有信息收集、快速处理、优化决策、大型可视化系统等功能。

(4) 土木工程分析的仿真系统。许多工程结构是毁于台风、地震、火灾、洪水等自然灾害。在这种小概率、大荷载作用下的工程结构的性能很难一一做实验去验证,一是参数变化条不可能全模拟,二是实体试验成本过高,三是破坏实验有危险性,设备达不到要求。而计算机仿真技术可以在计算机上模拟原型大小的工程结构在灾害荷载作用下从变形到倒塌的全过程,从而揭示结构不安全的部位和因素。用此技术指导设计可大大提高工程结构的可靠性。

6. 土木工程的可持续发展

面临人口的增长、生态失衡、环境污染、人类生存环境恶化,一些学者呼吁:“我们只有一个地球”,并提出“冻结繁荣,停止发展”的口号。这一口号不仅受到发达国家人士的批评,更是受到发展中国家的一致反对。如果“停止发展”,则发展中国家永远停留在落后状态,这是不能接受的。

20 世纪 80 年代提出了“可持续发展”的原则,已被广大国家和人民所认同。“可持续发展”是指“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的发展构成危害”。例如,一代人过度消耗能源(如石油)以致枯竭,后代人则无法继续发展,甚至保持原有水平也不可能。这一原则具有远见卓识,我国政府已将“可持续发展”列为国策,大力加以宣传,我们土木工程工作者对贯彻这一原则具有重大责任。建设与使用土木工程的过程与能源消耗、资源利用、环境保护、生态平衡有密切关系,对贯彻“可持续发展”的方针影响很大。

从资源方面看,建房、修路大多要占地,而我国土地资源十分紧张,以至于美国学者提出质疑:21 世纪谁来养活 14 亿中国人?因而在土木工程中不占或少占土地,尽量不占可用耕地是必须坚持的。另外建材中的黏土砖毁地严重,应予禁止或限制。建材生产、工程施工还少不了消耗能源和水资源,这方面应尽可能采用可再生资源 and 循环利用已有资源,例如利用太阳能、利用处理过的废水等。

1.3 土木工程基本属性

1.3.1 综合性

建造一项工程设施一般要经过勘测、设计和施工三个阶段,需要运用工程地质勘察、水文地质勘察、工程测量、土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济等学科和施工技术、施工组织等领域的知识以及电子计算机和力学测试等技术。因而土木工程是一门范围广阔的综合学科。

随着科学技术的进步和工程实践的发展,土木工程这个学科也已发展成为内涵广泛、门类众多、结构复杂的综合体系。例如,就土木工程所建造的工程设施所具有的使用功能而言,有的供生息居住之用;有的作为生产活动的场所;有的用于陆海空交通运输;有的用于水利事业;有的作为信息传输的工具;有的作为能源传输的手段等。这就要求土木工程综合运用各种物质条件,以满足多种多样