

王宪军 王亚波 徐永利 著

土木工程与环境保护



——普通高等教育国家“十三五”规划教材

张一博

土木工程与环境保护

王宪军 王亚波 徐永利 著



九州出版社
JIUZHOU PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程与环境保护 / 王宪军, 王亚波, 徐永利著
— 北京 : 九州出版社, 2017. 10
ISBN 978-7-5108-6271-7

I. ①土… II. ①王… ②王… ③徐… III. ①土木工程—关系—环境保护—研究 IV. ①TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 257942 号

土木工程与环境保护

作 者: 王宪军 王亚波 徐永利 著

出版发行: 九州出版社

地 址: 北京市西城区阜外大街甲 35 号 (100037)

发行电话: (010) 68992190/3/5/6

网 址: www.jiuzhoupress.com

电子信箱: jiuzhou@jiuzhoupress.com

印 刷: 北京朗翔印刷有限公司

开 本: 710 毫米×1000 毫米 16 开

印 张: 23

字 数: 350 千字

版 次: 2018 年 6 月第 1 版

印 次: 2018 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5108-6271-7

定 价: 89.00 元

★ 版权所有 侵权必究 ★

土木工程与环境保护

编委会成员

主 编：王宪军

王亚波

徐永利

副主编：陆总兵

前言

土木工程是指建造各类工程项目的工程技术，包括建造在地面以上、地下、水中的各类工程，其建造过程包括工程的勘测、设计、施工、经济、管理等方面，还包括建造材料、设备，建成以后的运行维护等方面的专业技术。

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。

土木工程的目的是形成人类生产或生活所需要的、功能良好且舒适美观的空间和通道。它既是物质方面的需要，也有象征精神方面的需求。随着社会的发展，工程结构越来越大型化、复杂化，超高层建筑、特大型桥梁、巨型大坝、复杂的地铁系统不断涌现，满足人们的生活需求，同时也演变为社会实力的象征。

当前社会，环境问题已经成为重中之重。人类赖以生存和发展的环境受到严峻挑战，资源的迅猛开发与有效利用，使其在日益枯竭。生态环境遭到了严重破坏，造成各种污染事故频频发生。环境问题已经成为当今人类面临的全球性问题之一，引起了各国的普遍关注。环境问题的实质是发展问题，要实现人类同环境的协调发展，创造美好家园，再造秀美山川，就要走可持续发展的道路。近年来，随着国家对以基础建设力度的加大，矿山建设得到迅猛发展，造成的对环境的影响越来越受到社会的关注。基础建设对社会和经济的发展有着非常重要的劳动作用，但它同时对环境产生严重的影响。因此如何在土木工程建设的同时，保护生态环境，节约土地，并处理好同社会、经济的关系，进而实现交通环境的可持续发展，把我国建设成一个社会主义和谐社会。

本书共二十二章，合计 35 万字。由来自河南工业和信息化职业学院的王宪军担任第一主编，负责第一章至第七章的内容，合计 11 万字以上；由

来自吉林建筑大学的王亚波担任第二主编，负责第十六章至第二十二章的内容，合计 10 万字以上；由来自陕西地矿第三地质队的徐永利担任第三主编，负责第八章至第十二章的内容，合计 9 万字以上。由来自南通新华建筑集团有限公司的陆总兵担任副主编，负责第十三章至第十五章的内容，合计 3 万字以上。

本书可作为普通高等教育国家“十三五”规划教材使用。在本书的编写过程中，我们参阅并引用了国内外学者的有关著作和论述，并从中受到了启迪，特向他们表示诚挚的敬意。由于我们知识与经验的局限性，书中的错误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见和建议，以使我们的学术水平能不断提升。

目 录

第一章 土木工程绪论.....	1
第一节 土木工程的概念.....	1
第二节 土木工程专业的培养目标和人才素质要求.....	5
第三节 土木工程的发展历史与展望.....	10
第四节 土木工程的课程任务和学习建议.....	19
第二章 土木工程材料.....	22
第一节 早期土木工程材料.....	22
第二节 近代土木工程材料.....	27
第三节 现代土木工程材料.....	34
第三章 建筑工程.....	39
第一节 房屋建筑的分类与构成.....	39
第二节 单层与多层建筑.....	45
第三节 高层与超高层建筑.....	51
第四节 特种结构.....	58
第四章 道路工程.....	62
第一节 道路分类与分级.....	62
第二节 道路的基本组成.....	67
第三节 路基路面结构.....	69
第四节 道路工程发展概况.....	72
第五节 道路在交通运输体系中的地位、特点及功能.....	76
第五章 铁路工程.....	78
第一节 概述.....	78
第二节 铁路发展历史.....	81
第三节 铁路选线与铁路路基.....	85
第四节 铁路轨道.....	88
第六章 桥梁工程.....	91
第一节 桥梁的概念.....	91
第二节 桥梁的组成与分类.....	92
第三节 桥梁工程的总体规划设计及其设计作用.....	97
第四节 桥梁工程的发展概况.....	102
第七章 港口与机场工程.....	105

第一节 港口工程.....	105
第二节 机场工程.....	108
第八章 隧道与地下工程.....	112
第一节 隧道的概念与分类.....	112
第二节 隧道工程的发展概况.....	116
第三节 隧道结构构造与建造方法.....	117
第四节 城市地下综合体.....	125
第五节 城市地下空间的开发与利用.....	127
第九章 岩土工程.....	131
第一节 基本概念.....	131
第二节 岩土工程主要研究方向.....	134
第三节 岩土的结构性.....	135
第四节 岩土工程测试技术.....	140
第五节 岩土工程可靠度分析.....	142
第十章 水利水电工程.....	145
第一节 水工建筑物的分类、特点与等级.....	145
第二节 挡水建筑物.....	148
第三节 水电站建筑物.....	154
第四节 施工导、截流图.....	159
第十一章 给排水工程.....	161
第一节 给排水工程概述.....	161
第二节 室外给排水工程.....	163
第三节 建筑给排水工程.....	169
第四节 建筑消防给水工程.....	172
第五节 建筑排水工程.....	175
第六节 管材.....	180
第十二章 土木工程施工.....	183
第一节 基本工程施工.....	183
第二节 结构工程施工.....	188
第三节 现代施工技术.....	199
第四节 施工技术发展趋势.....	204
第十三章 结构工程.....	206
第一节 砌体结构.....	206
第二节 混凝土结构.....	207

第三节 钢结构	210
第四节 木结构	211
第五节 旧房加固与改造	213
第十四章 全寿命设计与施工思想	214
第一节 全寿命设计结构工程的思想	214
第二节 施工期工程结构安全性和可靠性	216
第三节 全寿命设计的理论	218
第四节 全寿命设计的方法	219
第五节 全寿命成本分析	220
第十五章 再生混凝土	227
第一节 再生混凝土的含义和分类	227
第二节 再生骨料的生产工艺	228
第三节 废弃混凝土再生利用的环境效益、社会效益和经济效益	229
第四节 再生混凝土粗骨料的性能	231
第五节 再生混凝土的主要性能	234
第十六章 海砂混凝土	241
第一节 海砂中主要有害物质对混凝土的影响	241
第二节 “海砂屋”危害无穷	245
第三节 海砂混凝土结构腐蚀破坏实例分析	247
第四节 海砂用于抹面砂浆对建筑工程耐久性的影响	251
第五节 建筑中合理利用海砂资源的新技术	253
第六节 淡化海砂在高性能混凝土中的应用	255
第七节 淡化海砂高性能混凝土氯离子渗透性研究	260
第十七章 高性能复合砂浆钢筋网加固工程结构	262
第一节 高性能水泥混合砂浆钢筋网薄层 (HPFL) 加固混凝土结构技术	262
第二节 HPFL 加固混凝土结构的柱顶端部及节点处理	268
第三节 HPFL 加固混凝土受弯构件正截面承载力计算	272
第四节 HPFL 加固混凝土结构斜截面承载力计算	280
第五节 HPFL 加固钢筋混凝土梁裂缝宽度及刚度计算	287
第六节 HPFL 加固混凝土柱正截面受压承载力计算	296
第十八章 土木工程发展与环境保护	303
第一节 土木工程应用	303
第二节 环境保护	304

第十九章 土木工程施工阶段的可持续发展	306
第一节 减少场地干扰, 尊重基地环境	306
第二节 施工结合气候	307
第三节 节约资源能源	308
第四节 减少环境污染, 提高环境品质	309
第五节 土木工程施工环保措施	311
第二十章 水利水电施工对环境的影响	313
第一节 水利水电施工对水环境的影响	313
第二节 水利水电施工对大气环境的影响	315
第三节 水利水电工程对声环境的影响	316
第四节 水利水电工程施工对地质环境的影响	317
第二十一章 水利水电工程环境保护措施	318
第一节 自然环境保护措施	318
第二节 社会环境保护措施	323
第三节 工程施工环境保护措施	325
第四节 水土流失预防	327
第五节 水土流失治理	328
第六节 环境保护实施的保证措施	342
第二十二章 环境保护投资概算	344
第一节 水利工程环境保护投资概算	344
第二节 其他环境保护设施概算	354

第一章 土木工程绪论

第一节 土木工程的概念

一、什么是土木工程

什么是土木工程、土木工程包括哪些方面的内容、怎样学好这个专业？这些都是刚刚跨进大学校门并且选择了土木工程专业同学非常关注的问题。回答这些问题便是本书的主要任务。

在 2009 年版的《中国大百科全书》中，土木工程被定义为：“土木工程是建造各类工程设施的科学技术总称，它既指工程建设涉及的工程材料和设备相关的勘测、设计、施工和保养维修等技术活动，也指工程建设的对象，如房屋、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、机场、海洋平台、给水排水以及防护工程等。”

土木工程的英语名称为 *civil engineering* 意为“民用工程”。它的原意是与“军事工程”（*military engineering*）相对应的。在英语中，历史上土木工程、机械工程、电气工程、化工工程都属于 *civil engineering*，因为它们都具有民用性。后来，随着工程技术的发展，机械、电气、化工逐渐形成独立的学科，*civil engineering* 就成为土木工程的专用名词。

土木工程是人类赖以生存的基础产业，它伴随人类的文明而产生和发展。该学科体系产生于 18 世纪的英、法等国，现在已发展成为现代科学技术的一个独立分支。中国土木工程教育开始于 19 世纪（1895 年），在新中国成立后取得了巨大的进展。由于历史的原因，在相当长的时间内，中国高等教育学科专业设置过于狭窄。土建类专业在过去被划分为桥梁与隧道工程、铁道工程、公路与城市道路工程、水利水电建筑工程、港口与海湾建筑工程、工业与民用建筑工程、环境工程和矿山建筑工程等十多个方向很窄的专业。1998 年教育部颁布了新的《普通高等学校本科专业目录》，使中国高等教育的专业设置更有利于人才的培养和社会发展的需要。

二、土木工程的分类和特点

土木工程所建造的每一项工程设施，需要经过可行性研究、勘测、设计、施工和养护等阶段，运用工程勘察、工程力学、工程结构及其设计理论、地基基础、建筑材料及设备、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及计算机和实验测试技术才能完成，因而土木工程是一门范围广阔的综合学科，并成为内涵广泛、门类众多、结构复杂的综合体系。

我国将土木工程分为房屋建筑工程、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、特种工程结构、给水排水工程、城市供热供燃气工程、交通工程、环境工程、港口工程和水利工程等学科。其中有些分支，如水利工程，由于自身工程的不断增多及专业科学技术发展，已从土木工程中划分出来成为独立的学科体系，但在很大程度上依然具有土木工程的共性。美国将土木工程概括为五个方面：建筑工程、交通运输工程、近海和水利工程、动力工程、公共卫生工程。

对以上介绍的各种类型的土木工程设施的规划、勘测、设计、施工、管理和维修便构成了土木工程专业所要学习的核心内容。作为入门，本书将对以上各种类型的土木工程作简要的介绍。

土木工程有下列五个基本性质：

(1) 综合性

建造一项工程设施一般要经过勘察、设计和施工三个阶段，需要综合运用工程地质勘察、水文地质勘察、工程测量、土力学、工程力学、工程结构设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济、施工技术、施工组织等学科知识。因而土木工程是一门范围广阔的综合学科。

(2) 社会性

土木工程是伴随着人类社会的进步发展起来的，它所建造的工程设施反映出各个历史时期社会、经济、文化、科学、技术发展的面貌和水平。因而土木工程也就成为社会历史发展的见证之一。

(3) 实践性

土木工程是一门具有很强实践性的学科。影响土木工程的因素众多且

错综复杂,使得土木工程对实践的依赖性很强。另外,只有进行新的工程实践,才能发现新的问题。例如,建造高层建筑、大跨桥梁时,工程的抗风和抗震问题就突出,因而发展出这方面的新理论技术。

(4) 工程周期长

土木工程(产品)实体庞大,个体性强,消耗社会劳动量大,影响因素多(因为工程一般在露天下进行,受到各种气候条件的制约,如冬季、雨季、台风、高温等),由此带来了生产周期长的特点。

(5) 工程的系统性

人们力求最经济地建造一项工程设施,用于满足使用者的预期要求,同时还要考虑工程技术要求、艺术审美要求、环境保护及其生态平衡等,任何一项土木工程都要系统地考虑这几方面的问题,土木工程项目决策的优良与否完全取决于这几项因素。

三、土木工程的重要性

土木工程对国家的经济建设和人们生活的影响非常明显,也是十分重要的。首先,人们生活离不开衣、食、住、行。为了改善人们的居住条件,国家每年在建造住宅方面的投资是十分巨大的。上世纪 70 年代以来,进展尤为迅速。1978 年城市人均居住面积为 3.6m^2 ,到 1990 年,尽管城市人口不断增长,但人均居住面积已达 7.1m^2 ,这是多么大的变化!我国计划从 1994 年到 2000 年建造城镇住宅 16.5 亿 m^2 。联合国曾将 1986 年定为“住宅年”,每年 10 月 1 日为“世界住宅日”。辽宁辽阳及江苏苏州仪征化纤生产基地的建成,对解决我国人们穿衣问题,起了很大的作用。公路(highway)(包括高速公路 expressway)、铁路(railway)(包括高速铁路 high-speed railroad)和水运、空运等在不断发展。截至 2013 年底,我国高速公路里程达 10.44 万 km,铁路营业里程达 10.31 万 km。与先进国家相比,我国飞机和机场(airport)数量还较少;港口(harbour)在不断扩建,内河轮船和码头(dock)设施等在不断改善。以上很多都与土木工程有关,亦即土木工程密切联系到每个人生活中的四件事:衣、食、住、行。

总体来说,土木工程是一门古老的学科,它已经取得了巨大的成就,

其领域随各种学科的发展也在不断发展扩大。因此，对土木工程技术人员的知识面要求更为宽广，学科间的相互渗透和相互促进的要求也更为迫切，而且要求知识不断更新，因此信息科学和国际交流对土木工程人员亦极端重要，对专业的掌握应更为深入，设计建造和科学研究更需紧密联系。现代的土木工程不仅要求保证质量并按计划完成它，而且必须按最佳方案并以最优方式来设计和建造。

第二节 土木工程专业的 培养目标和人才素质要求

一、土木工程专业的培养目标

随着我国社会经济的飞速发展,土木工程专业人才的需求已完全趋于市场化,并呈现出明显的多样化特征。一方面,是人才市场需求量的扩大,用人企业、单位的类型增多,除设计单位、教育部门、规划部门外,房产企业综合素质能力的要求在强化,除具有传统教育所注重培养的设计创新能力外,还应具有较强的经济意识和效益观念及竞争意识;再者,职业范畴与分工在细化,更加层次化、多样化,出现了专门承接涉外工程项目的设计人员、专门从事施工图的设计人才和专门从事方案设计的人才、专门从事 CAD 及效果图制作的人才等;还有,社会对专业人才的业务范畴要求多样,人才类型与职业不再一一对应,更加社会化、市场化,即要求具备一定相关学科背景知识,能够成为拥有宽口径的复合型人才,又要求学生具有可变性、适用性的潜能,在择业中具有更大的自主度,在社会竞争中有更多的机会。

按照“坚持教育创新,深化教育改革,全面推进素质教育,构建终身教育体制的方针和教育部有关文件精神”的要求,面对 21 世纪知识经济高速发展和教育全球化的趋势,土木工程专业人才培养的目标主要包括以下几个方面:

(1) 应用知识能力的培养

经过四年的大学学习,土木工程专业的毕业生应该掌握基本且系统的知识。对不同类型的建筑单元和环境规划能进行正确的解释与分析,最终设计出既能解决工程实际问题,又充满新意的空间环境。要求掌握高等数学,包括微分学与积分学、级数与微分方程、线性代数和概率论,掌握基于高等数学基础之上的现代物理学,掌握大学水平的普通化学;牢固掌握理论力学、材料力学、结构分析以及流体力学、地质工程和土石方学方面

的知识,掌握工程测量、工程制图、工程试验的基本技能,掌握土木工程规划、设计、施工的一般过程和相关技术,对某一个或若干个专门化领域的知识有深入的理解和掌握。

(2) 自学能力的培养

21 世纪,新理论新技术日新月异,土木工程专业学生要适应社会发展,所学知识要能同步更新,因此,仅仅学习课本知识是远远不够的,还应培养自学能力,主动通过网络和其他途径掌握土木工程的最新动向。这样才能开拓知识领域,才能将所学领域的知识融会贯通。

(3) 团队协同工作能力的培养

与某些科学领域的工作不同,工程师绝不可能单独完成自己的任务。每个工程项目都是一个系统,仅就设计工作而言,就包含了许多人的共同努力。对一个大型房屋建筑工程而言,结构工程师就必须和建筑师、测量工程师、地质勘探技师、机械和电气工程师等技术人员合作。过去,一个熟练的工程师可以担当若干个不同领域的技术工作,但现代大型工程设施中,已经难以看到这种情况了,不同专业领域的工作只会由该领域的专家胜任,特别是不同专门技术领域都有自己的职业资格。无论作为工作团队的领导还是其中一员,都要努力保持团队的和谐和合作。为此,工程师们要具有聆听和理解他人的能力,学会从自己和合作者的不同角度考虑问题,并通过讨论和研究获得必要的共识。

(4) 创造性思维和创新能力的培养

当今时代,各类土木工程专业理论层出不穷,多种设计思潮此起彼伏,新型建筑材料不断发明,先进施工工艺纷纷涌现。建筑科技的发展必须与时俱进,土木工程专业理论必须推陈出新。

土木工程专业学生的创新能力的培养需要有深厚的土木工程专业知识作基础,但知识不等于创新能力。创新意识、创新思维与创新性实践相结合,才能培养出创新能力。土木工程创新意识是指具有敏锐、强烈的空间设计动机;创造性思维是指空间想象丰富,风格新颖独特,能冲破传统模式、独辟路径的思维模式;创造性实践是指为了达到预期创造性目标,勤

奋探索、刻苦钻研、科学严谨、百折不挠地进行实践活动。只有将这三者有机地结合在一起，才有利于土木工程专业学生创新能力的培养。

有人认为，21 世纪的工程师至少要做好以下四个问题的准备：

①会不会做，即能否在科学技术上解决工程中的难题。

②可不可以做，即能否在政策法规下遵照法律把事办成。

③值不值得做，即能否在人、财、物和时空约束条件下经济合理地完成任务。

④应不应该做，即能否自觉地考虑生态可行性和工程持续性。

以上的四个问题也给土木工程专业的教学指明了方向，给本专业的学子指明了方向。

二、对所培养人才的素质要求

素质教育体系应能够培养学生的科学精神和人文精神，积累后发优势。以“两课”教育和课外科技及其校园文化为核心，提高学生的政治思想道德素质和文化修养。积极开展社会实践活动，着重培养学生的社会适应素质。将素质教育贯穿于理论教学和实践教学之中，培养学生的工程意识和工程素质。素质教育就是要积极引导学生融知、情、意、行于一体，集德、识、才、学于一身，工程建设与人文、社会背景息息相关。现代工程师应具有良好的交流能力、合作精神；懂得如何理解和运用工程技术与社会背景间的复杂关系；能胜任跨学科的合作；养成终身学习的能力与习惯，适应多变的职业领域。这是一个合格的现代工程师必须具备的能力和素质，也是我们人才培养方案追求的新目标。具体表现在以下几个方面：

（1）技术素质

技术素质是一个综合的概念，包括多种因素，学生可以通过多种途径加强自身的技术素质。首先可以从课程学习上来加强，比如“建筑构造”“建筑材料”等；其次在教学中则可结合实际工程、组织工地实习或参观建筑材料展览等方式，提高学生的学习兴趣；再次，提高学生的技术素质，增加绘图练习量，让学生基本掌握这门工程师的语言。对另外一些专业课程如“建筑设计”，尤其是高年级的建筑设计，可以结合建筑结构、设备、