

普通高等教育“十三五”规划教材

土木工程概论

朱彦鹏 王秀丽 主 编

Civil Engineering



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

土木工程概论

朱彦鹏 王秀丽 主 编

Introduction to
Civil Engineering



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据《高等学校土木工程本科指导型专业规范》编写，将土木工程的过去、现在和将来展示给学生。

“土木工程概论”是一门入门专业基础教育课，全书共分7章，从什么是土木工程开始，讲述了土木工程的发展简史，土木工程涵盖的内容，着重讲述了世界和我国著名的土木工程案例，简要介绍了土木工程的决策与管理，土木工程防灾减灾，什么是绿色建筑与建筑节能、建筑工业化以及土木工程管理中的BIM技术等内容。通过本课程的学习希望能培养起学生学习土木工程的浓厚兴趣和神圣使命。

本书为土木工程专业本科专业基础课教材，也可供其他希望了解土木工程专业的人员和行政管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论 / 朱彦鹏, 王秀丽主编. —北京: 化学工业出版社, 2017. 8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-30189-5

I. ①土… II. ①朱…②王… III. ①土木工程—概论 IV. ①TU

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第163476号

责任编辑: 刘丽菲
责任校对: 王素芹

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装: 高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张11 字数289千字 2017年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 55.00元

版权所有 违者必究



在高等学校土木工程专业指导委员会编撰的《高等学校土木工程本科指导型专业规范》颁布之后，土木工程专业本科“土木工程概论”有了明确的知识点要求，本书根据专业规范的基本要求并考虑土木工程的未来发展，编写了能服务于大多数土木工程院校的一本概论教材，在满足规范要求的同时拓展土木工程的研究领域，将土木工程的过去、现在和美好未来展示给学生。

作者从事土木工程教育教学三十余年，深知刚入校的土木工程专业大学生迫切想了解专业的强烈愿望。从1996年我国土木工程专业评估开始，大多数院校就陆续开设“土木工程概论”课，国内各出版社陆续出版了多个版本的《土木工程概论》教材，本教材的特点在于作者讲授“土木工程概论”近二十年，长期的教学体会就是本门课程的主要目的是让学生认识土木工程、了解土木工程、开拓土木工程视野、增加学生学习土木工程的兴趣和责任。

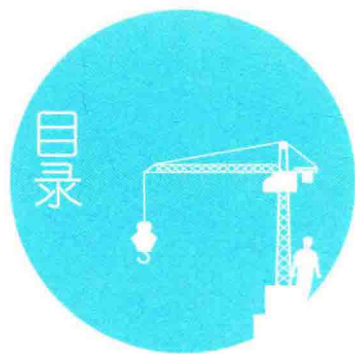
“土木工程概论”是一门入门专业教育课，本书将主要介绍土木工程专业、土木工程师的责任和义务、土木工程发展简史、土木工所包含的内容、土木工程决策与管理、土木工程防灾减灾以及绿色土木工程与建筑节能、土木工程管理中的BIM技术等内容，编写中力求图文并茂、简单易懂，通过本课程的学习希望能培养起学生学习土木工程的浓厚兴趣和神圣使命。

全书由朱彦鹏和王秀丽主编，其中陈长流博士编写了6.4节和第7章。研究生李亚胜、石磊、李庚、王露、李凤岐、杨奎斌、王海明、杜晓启、朱轶凡和栗惠珺参与了相关资料的收集，对他们的劳动特表感谢。主审米海珍教授提出了很多宝贵意见，对本书质量的提高起到了画龙点睛的作用，在此对米海珍教授表示衷心感谢！

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2017年6月30日



1 绪论

1

- 1.1 什么是土木工程? / 1
- 1.2 土木工程如何出现和发展的? / 1
- 1.3 现代技术是如何促进土木工程发展的? / 2
- 1.4 土木工程专业学习内容有哪些? / 3
- 1.5 如何学好土木工程? / 5

2 土木工程发展简史

6

- 2.1 古代土木工程 / 6
- 2.2 近代土木工程 / 15
- 2.3 现代土木工程 / 20
 - 2.3.1 现代土木工程特征 / 20
 - 2.3.2 建筑工程 / 22
 - 2.3.3 桥梁工程 / 24
 - 2.3.4 隧道工程 / 25
 - 2.3.5 公路、铁路和城市地下工程 / 26
 - 2.3.6 水利水电工程 / 27
 - 2.3.7 特种结构工程 / 28

3 土木工程的研究对象

30

- 3.1 土木工程材料 / 30

3.1.1	砌体	/ 31
3.1.2	混凝土	/ 32
3.1.3	钢材	/ 34
3.1.4	木材	/ 35
3.1.5	其他材料	/ 36
3.2	土木工程基础	/ 39
3.2.1	浅基础	/ 40
3.2.2	深基础	/ 42
3.2.3	地基处理	/ 43
3.3	土木工程功能及土木工程结构设计方法	/ 44
3.3.1	土木工程结构的功能	/ 44
3.3.2	土木工程结构设计方法	/ 45
3.4	土木工程结构的承载力、稳定性和变形	/ 46
3.4.1	土木工程结构的承载力	/ 46
3.4.2	土木工程结构的稳定性	/ 47
3.4.3	土木工程结构的变形	/ 47
3.5	土木工程环境	/ 48
3.5.1	水污染控制工程	/ 48
3.5.2	空气污染控制工程	/ 49
3.5.3	固体废物处理	/ 49
3.5.4	噪声处理	/ 50
3.6	建筑工程	/ 51
3.6.1	建筑工程分类	/ 51
3.6.2	结构设计理论的演变	/ 56
3.6.3	世界上现有的最高建筑物	/ 57
3.6.4	世界上最著名大跨度的建筑物	/ 62
3.7	桥梁工程	/ 65
3.7.1	世界现代桥梁发展中的主要技术创新	/ 65
3.7.2	中国近代桥梁的引进和现代桥梁的崛起	/ 66
3.7.3	世界上最著名的悬索桥	/ 66
3.7.4	世界上最著名的斜拉桥	/ 69
3.7.5	世界上最大跨度的拱桥	/ 73

- 3.8 岩土、隧道及地下工程 / 76
- 3.9 道路工程 / 81
- 3.10 机场工程 / 82
- 3.11 轨道交通工程 / 87
 - 3.11.1 我国轨道交通建设发展历程 / 87
 - 3.11.2 高速轨道交通工程 / 88
 - 3.11.3 城市轨道交通工程 / 88
- 3.12 港口工程 / 88
- 3.13 海洋工程 / 89
- 3.14 水利水电工程 / 90
 - 3.14.1 中国古代著名的水利工程 / 90
 - 3.14.2 世界著名的水利水电工程 / 93
- 3.15 环境工程 / 99
- 3.16 特种结构工程 / 100
- 3.17 土木工程的未来 / 101
 - 3.17.1 向高空延伸 / 101
 - 3.17.2 向地下发展 / 101
 - 3.17.3 向海洋发展 / 101
 - 3.17.4 向沙漠进军 / 102
 - 3.17.5 向太空迈进 / 102
 - 3.17.6 向低丘缓坡未利用地获取建设用地和良田 / 102
 - 3.17.7 向绿色节能方向发展 / 103
 - 3.17.8 土木工程智能化 / 104
 - 3.17.9 新型土木工程材料 / 104
 - 3.17.10 防灾减灾的重要手段 / 105

4 土木工程建设与决策

106

- 4.1 土木工程建设程序与项目决策 / 106
 - 4.1.1 土木工程项目决策 / 106
 - 4.1.2 土木工程项目选址 / 107
 - 4.1.3 土木工程项目建设程序 / 107

- 4.2 土木工程场地测绘 / 107
- 4.3 土木工程场地勘察 / 109
 - 4.3.1 水文地质勘察 / 109
 - 4.3.2 工程地质勘察 / 110
- 4.4 土木工程设计 / 111
- 4.5 土木工程施工 / 112
- 4.6 土木工程监理 / 114
- 4.7 土木工程运营与维护 / 114

5 土木工程防灾减灾

115

- 5.1 概述 / 115
- 5.2 土木工程防震减灾 / 116
 - 5.2.1 地震的成因和分类 / 116
 - 5.2.2 地震的破坏效应 / 120
 - 5.2.3 地震对土木工程的破坏 / 121
 - 5.2.4 土木工程防震减灾 / 123
- 5.3 土木工程防治滑坡、泥石流等地质灾害 / 125
 - 5.3.1 滑坡 / 125
 - 5.3.2 泥石流 / 130
- 5.4 土木工程防治其他灾害 / 132

6 绿色土木工程与建筑节能

133

- 6.1 什么是绿色土木工程? / 133
 - 6.1.1 绿色土木工程对室内环境的要求 / 133
 - 6.1.2 绿色土木工程对室外环境的要求 / 134
 - 6.1.3 绿色土木工程统筹低碳城市新发展 / 135
- 6.2 建筑节能 / 135
 - 6.2.1 建筑节能的含义 / 136
 - 6.2.2 建筑节能的重要性 / 136

- 6.2.3 我国建筑节能的现状 / 136
- 6.2.4 实现建筑节能的技术途径 / 136
- 6.3 可再生能源在土木建筑中的应用——建筑与太阳能一体化 / 141
 - 6.3.1 建筑与太阳能一体化的实现途径 / 142
 - 6.3.2 建筑与太阳能一体化的设计方法 / 143
 - 6.3.3 建筑与太阳能光伏发电一体化 / 144
 - 6.3.4 构筑物与太阳能光伏发电一体化 / 146
 - 6.3.5 光热、光伏发电一体化系统设计 / 148
 - 6.3.6 光热供暖与空气源热泵辅助采暖系统 / 149
- 6.4 绿色土木工程施工——建筑工业化 / 149
 - 6.4.1 什么是建筑工业化 / 149
 - 6.4.2 装配式建筑 / 150
 - 6.4.3 国内外装配式建筑发展现状 / 151
 - 6.4.4 装配式建筑构件的制作及施工 / 154

7 土木工程管理中的BIM技术

159

- 7.1 概述 / 159
- 7.2 BIM标准、政策 / 160
- 7.3 BIM在土木工程中的应用 / 161
- 7.4 BIM应用软件 / 166
- 7.5 BIM特点 / 166
- 7.6 装配式建筑中BIM的应用 / 167

参考文献

168



绪论

刚一入校的土木工程本科生，可能对什么是土木工程一知半解，土木工程在英语中称为“Civil Engineering”，直译是民用工程，他是相对“Military Engineering”（军事工程）而命名的。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，也指应用的材料、设备和技术如勘测、设计、施工、保养、维修等。

土木工程需要解决以下四个问题：第一个是为人类活动需要（既有物质方面的也有精神方面的）提供功能良好、舒适美观的空间和通道，这是土木工程的根本目的和出发点；第二个是抵御自然灾害或人为作用力，前者如地震、风灾、水灾等作用，后者如工程振动、战争和人为破坏等；第三个问题是要充分发挥材料的作用，因为材料问题是建造土木工程的基本条件；第四个问题是通过有效的技术途径和组织手段，利用各个时期社会能够提供的物质设备条件，“好、快、省”地组织人力、财力、物力，把社会所需要的工程设施建造成功，付诸使用。

土木工程为国家经济发展和人民生活水平的提高提供了物质基础。因此，属于土木工程的基础设施建设、建筑业和房地产业成为许多国家的经济支柱之一。

1.1 什么是土木工程？

土木工程指工程建设的对象，即建造在地上或地下、陆上或水中，直接或间接为人类生活、生产、军事、科研服务的各种工程设施，例如房屋、道路、铁路、运输管道、隧道、桥梁、运河、堤坝、港口、电站、飞机场、海洋平台、给水和排水以及防护工程等。

土木工程是国家的重要行业和支柱产业，为人民的生活和生产提供各类设施，是提高人民生活水平和社会物质文明的基础保障，对拉动社会经济有重要作用，现代土木工程不仅满足了人们不断提高的需求，也促进了材料、能源、环保、机械、服务业等领域的快速发展。土木工程在今后相当长的阶段将面临更高居住质量、更便捷的出行需求、更全方位的空间拓展、更系统的基础设施维护、改造与升级以及更强抵御灾害的能力等诸多方面的挑战，同时这些挑战也构成了土木工程专业长久不衰、不断创新的源动力。

1.2 土木工程如何出现和发展的？

土木工程作为伴随人类发展而产生的一个传统产业，解决了人类生存和发展中住和行的问

题,从开始就是人类生活的重要组成部分,它的发展是伴随着人类进步而不断发展的。

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。根据材料的发展,土木工程经历了三次飞跃。

(1)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。我国在公元前11世纪的西周初期制造出瓦。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,不仅易于加工制作,而且就地取材。

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。在18~19世纪,长达两千多年的时间里,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,甚至在目前还被广泛采用。

(2)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。除应用于原有的梁、拱结构外,新兴的如桁架、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。建筑物跨径也从砖结构、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。

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。

(3)19世纪20年代,波特兰水泥制成后,混凝土问世了。混凝土的组成材料可以就地取材,混凝土制成的构件易于成型,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世纪初以来,钢筋混凝土广泛应用于土木工程的各个领域。

从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统治地位的历史时期。混凝土的出现给土木工程带来了新的经济、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。

1.3 现代技术是如何促进土木工程发展的?

现代土木工程的发展是伴随着土木工程基础理论研究的飞速进步,新材料的不断出现,材料性能的不断提高,新型结构的不断发明创造,大型高水平施工机械不断地研发创新,现代计算机技术的出现而快速发展的。其中计算机的出现与发展使复杂结构的分析不再是难以克服的工程问题,使土木工程建设日新月异、发展神速。

土木工程的信息化已经在土木工程实际施工的全过程得到应用。土木工程信息化是用计算机、通信、自动控制等信息汇集处理高新技术对传统土木工程技术手段及施工方式进行改造与提升,促进土木工程技术及施工手段不断完善,使其更加科学、合理,有效地提高效率,降低成本。实现土木工程的信息化将引起土木工程企业管理方式的深刻革命,必然推动企业团队的重组及施工流程的优化,促使企业管理理念和手段的革新。土木工程的信息化的土木工程市场

发展的高级阶段,必定融入现代物流业、电子商务业和信息产业,从而实现土木工程的高效益、高效率。土木工程信息化可以通过BIM技术实现,BIM是以三维数字技术为基础,集成了建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型,是对工程项目设施实体与功能特性的数字化表达。该技术将在第7章简要介绍。

随着经济持续稳定增长,城市化进程加快,以青藏铁路、南水北调、西气东输、西电东送等为代表的一大批西部大开发和国家能源交通基础设施项目,以北京奥运工程为代表的各大中城市的基础设施项目,还有量大面广的城乡住宅建设项目正处在建设高潮之中,实施迎接经济全球化挑战的大战略,土木工程作为国民经济的支柱产业之一,在这重要的发展机遇中肩负重任,必须把握住大课题,如土木工程的信息化建设,实现更高层次的技术创新和素质提升。

1.4 土木工程专业学习内容有哪些?

土木工程随着人类社会的进步而发展,至今已经演变成为大型综合性的学科,它已经分离出许多分支,如:建筑工程、铁路工程、道路工程、桥梁工程、特种工程结构、给水排水工程、港口工程、水利工程、环境工程等学科。土木工程共有五个专业:建筑学、城市规划、土木工程、建筑环境与能源应用工程、给水排水科学与工程。

以下为土木工程专业本科培养方案(参考方案)。

(1) 培养目标

本专业培养适应社会主义现代化建设需要,德、智、体、美全面发展,掌握工程力学、结构力学、水力学等土木工程学科的基本原理和基本知识,能胜任房屋建筑、道路、桥梁、隧道、岩土与地下工程等各类土木工程的技术与管理工作,培养具有扎实的基础理论、宽广的专业知识、较强的工程实践能力和具有国际视野和创新精神的应用型高级专门人才。

(2) 培养要求

本专业学生主要学习力学、结构、施工、工程项目管理与工程经济等方面的基本理论和基础知识,接受力学分析、结构设计、施工技术与工程管理、文字图纸表达等方面的基本训练,掌握在土木工程项目勘察、设计、施工、管理、教育、投资和开发、金融与保险等部门从事技术或管理工作的基本能力。

毕业生应获得以下几方面的知识和能力:

- ① 熟悉哲学、政治学、经济学、法学等方面的基本知识,了解文学、艺术等方面的基础知识,掌握工程经济、项目管理的基本理论和方法,并掌握一门外语;
- ② 了解物理、信息科学、工程科学、环境科学基本知识,了解当代科学技术发展的主要趋势和应用前景,掌握数学和力学的基本原理和分析方法;
- ③ 掌握工程材料的基本性能和选用原则,掌握工程测绘和工程制图的基本原理和方法;
- ④ 掌握工程结构选型、构造、计算原理和设计方法,掌握工程结构CAD和其他软件应用技术,掌握土木工程施工的一般技术、过程、组织和管理以及工程检测和试验基本方法;
- ⑤ 了解专业的有关法规、规范与规程,了解给水与排水、供热通风与空调、建筑电气等相关知识,了解土木工程机械、交通、环境的一般知识以及本专业的发展动态和相近学科的一般知识;
- ⑥ 具有综合运用各种手段查询资料、获取信息、拓展知识领域和继续学习的能力;
- ⑦ 具有应用语言、图表和计算机技术等进行工程表达和交流的基本能力;

⑧ 掌握至少一门计算机高级编程语言并能解决一般工程问题，具有计算机、常规工程测试仪器的运用能力；

⑨ 具有综合运用知识进行工程设计、施工和管理的能力；

⑩ 具有初步的科学研究和应用技术开发能力。

(3) 主干学科

力学、土木工程。

(4) 核心课程

材料力学、结构力学、水力学、土力学、土木工程制图、土木工程材料、工程测量、基础工程、混凝土结构设计原理、钢结构设计原理、房屋建筑学、混凝土结构设计、钢结构设计、建筑结构抗震、土木工程施工、高层建筑结构设计、道路勘测设计、路基路面工程、桥梁工程、隧道工程、地下空间规划与设计、地下结构设计、地下建筑施工等。

(5) 主要实践性教学环节

房屋建筑学课程设计、混凝土结构课程设计、钢结构课程设计、土木工程施工课程设计、基础工程课程设计、道路勘测课程设计、路基路面课程设计、桥梁工程课程设计、隧道工程课程设计、认识实习、生产实习、毕业实习及毕业设计等。

(6) 主要专业实验

材料力学实验、水力学实验、土木工程材料实验、工程测量实验、土力学实验、工程化学实验、土木工程结构试验、混凝土基本构件实验。

(7) 基本学制

四年。

(8) 毕业合格标准

具有学籍的学生，德育、智育、体育成绩合格，在规定的学习年限内修满培养计划规定的必修课、选修课及各种实践教学环节，获得的总学分不少于180学分，准予毕业，发给毕业证书。

(9) 学位授予条件

符合关于学校授予学士学位的有关规定条件的毕业生，可授予工学学士学位。

(10) 各类课程学分与学时分配（供参考，见表1.1）

表 1.1 各类课程学分与学时分配

课程类别	学分	学时	学分比例
公共基础必修课	61.5	1180	34.2
公共选修课	8	160	4.4
学科基础课	45.5	728	25.3
专业课	18	288	10.0
专业类选修课	8	128	4.4
创新教育	2	40	1.1
实践类课程	37	—	20.6
总计	180	2524	100

1.5 如何学好土木工程?

为了更好地学习土木工程,我们必须对土木工程有进一步的了解,要熟悉各种概念,培养自己的空间想象、逻辑思维和形象思维的能力,培养自己的制图、识图能力。此外,还应该多到工地实地学习,为将来打下坚实的基础。

土木工程十分特殊而又具有系统性。因为几乎所有的土木工程师设计和建造的建构筑物都是独一无二的,绝不可能出现两个完全相同的建筑物。有些建筑物虽然看似相同,但是建筑的场地条件都是不同的。像水坝、桥梁或隧道这样的大型建筑物每一个都完全不同。因此,土木工程师随时要准备面对新的复杂情况。工程要考虑的相关影响因素非常多,任何设计上的疏忽都将导致一个工程的失败。这就意味着每一次的工程都是一次大的挑战。

对于大学生而言,最关心的莫过于未来的就业问题。就像看到身边的高楼大厦正在不断地拔地而起、一条条宽阔平坦的大道不断向四面八方延伸一样,土木建筑行业对工程技术人才的需求也随之不断增长。以房地产为例,当前房地产发展迅速,但专业的人才培养才刚刚起步,这方面的高级人才还是市场的稀有人才。近年来我国城市地下工程发展迅速,岩土与地下工程人才需求量大,另外,随着一带一路建设的快速发展,我国高速铁路在国内快速发展的同时已经走向世界,高速公路也修到了世界各地,大量的高速铁路、公路建设需要大量的土木工程技术人才,在铁路、公路建设方面也需要大量的人才。2016年进入各个人才招聘土木工程技术人员的企业共涉及100多个行业,在人才市场上,土木工程建筑行业的人才需求量已经居各行业第一位。随着经济发展和路网改造、城市基础设施建设工作的不断深入,土木工程技术人员在当前和今后一段时期内的需求量还将不断上升。再加上路桥和城市基础设施的更新换代,只要人才市场上没有出现过度饱和的状况,可以说土木工程技术人才一直有着不错的就业前景!

说起土木工程四年学习,首先要明白本专业是要培养掌握工程力学、流体力学、岩土力学、土木工程结构学和市政工程学科的基本理论和基本知识,具备从事土木工程的项目规划、设计、研究开发、施工及管理的能力,能在房屋建筑、地下建筑、隧道、道路、桥梁、矿井等的设计、研究、施工、教育、管理、投资、开发部门从事技术或管理工作的高级工程技术人才。所以数学、物理、化学和计算机技术等自然科学基础知识对学好土木工程来说尤为重要!我们必须学好工程规划与选型、工程材料、工程测量、画法几何及工程制图、结构分析与设计、基础工程与地基处理、土木工程现代施工技术、工程检测与试验等方面的基本知识;了解工程防灾与减灾的基本原理与方法以及建筑设备、土木工程机械等基本知识。具有综合应用各种手段查询资料、获取信息的能力;具有经济合理、安全可靠地进行土木工程勘测与设计的能力;具有解决施工技术问题、编制施工组织设计和进行工程项目管理、工程经济分析的初步能力;具有进行工程检测、工程质量可靠性评价的初步能力;具有应用计算机进行辅助设计与辅助管理的初步能力;具有在土木工程领域从事科学研究、技术革新与科技开发的初步能力。成为能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、桥梁等领域的设计、施工、管理、咨询、监理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作的高级工程技术人才。



土木工程发展简史

为了满足住、行以及生产活动的需要，人类从构木为巢、掘土为穴的原始操作开始，到今天能建造摩天大厦、万米长桥，以至移山填海的宏伟工程，经历了漫长的发展过程。

土木工程的发展贯通古今，它同社会、经济，特别是与科学、技术的发展有密切联系。土木工程内涵丰富，而就其本身而言，主要是围绕着材料、施工、理论三个方面的演变而不断发展的。为便于叙述，权且将土木工程发展史划为古代土木工程、近代土木工程和现代土木工程三个时代。以17世纪工程结构开始有定量分析，作为近代土木工程时代的开端；把第二次世界大战后科学技术的突飞猛进，作为现代土木工程时代的起点。

人类最初居无定所，利用天然掩蔽物作为居处，农业出现以后需要定居，出现了原始村落，土木工程开始了它的萌芽时期。随着古代文明的发展和社会进步，古代土木工程经历了它的形成时期和发达时期，不过因受到社会经济条件的制约，发展颇不平衡。古代无数伟大的工程建设，是灿烂古代文明的重要组成部分。古代土木工程最初完全采用天然材料，后来出现人工烧制的瓦和砖，这是土木工程发展史上的一件大事。古代的土木工程实践使用简单的工具，依靠手工劳动，并没有系统的理论，但通过经验的积累，逐步形成了指导工程实践的成规。

15世纪以后，近代自然科学的诞生和发展，是近代土木工程出现的先声，开启了土木工程理论上的奠基时期。17世纪中叶，伽利略开始对结构进行定量分析，被认为是土木工程进入近代的标志。从此土木工程成为有理论基础的独立的学科。18世纪下半叶开始的产业革命，使以蒸汽和电力为动力的机械先后进入了土木工程领域，施工工艺和工具都发生了变革。近代工业生产出新的工程材料——钢铁和水泥，土木工程发生了深刻的变化，使钢结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构相继在土木工程中广泛应用。第一次世界大战后，近代土木工程在理论和实践上都臻于成熟，可称为成熟时期。近代土木工程几百年的发展，在规模和速度上都大大超过了古代。

第二次世界大战后，现代科学技术飞速发展，土木工程也进入了一个新时代。现代土木工程所经历的时间尽管只有几十年，但以计算机技术广泛应用为代表的现代科学技术的发展，使土木工程领域出现了崭新的面貌。现代土木工程的新特征是工程功能化、城市立体化和交通高速化等。土木工程在材料、施工、理论三个方面也出现了新趋势，即材料轻质高强度、施工过程工业化和理论研究精密化。

2.1 古代土木工程

土木工程是从新石器时代开始的。随着人类文明的进步和生产经验的积累，古代土木工程

的发展大体上可分为萌芽时期、形成时期和发达时期。

(1) 萌芽时期

大致在新石器时代,原始人为避风雨、防兽害,利用天然的掩蔽物,如山洞和森林作为住处。当人们学会播种收获、驯养动物以后,天然的山洞和森林已不能满足需要,于是使用简单的木、石、骨制工具,伐木采石,以黏土、木材和石头等,模仿天然掩蔽物建造居住场所,开始了人类早期的土木工程活动。

初期建造的住所因地理、气候等自然条件的差异,仅有“窟穴”和“槽巢”两种类型。

以我国为例,在北方气候寒冷干燥地区多为穴居,在山坡上挖造横穴,在平地则挖造袋穴。后来穴的面积逐渐扩大,深度逐渐减小。甘肃省天水市秦安县东北面的五营乡邵店村大地湾遗址(图2.1),是甘肃东部地区发现较完好的一处原始社会新石器时代古文化遗址,距今4900~8120年,共揭露面积13700m²,遗址总面积为110万平方米。出土房址238座,灰坑357个,墓葬79座,窑38座,灶台106座,防护和排水用的壕沟8条。特别值得提出的是大地湾的房屋建筑遗址,不仅规模宏伟,而且结构复杂。尤其是属于仰韶文化晚期(距今约5000年前)的F405大房子,是一座有三开门和带檐廊的大型建筑,其房址面积270m²,室内面积150m²,平地起建,采用木骨泥墙,其复原图为四坡屋顶式房屋(图2.1)。大地湾遗址的房屋,多采用白灰面、多种柱础的建筑方法,充分显示了当时生产力的提高和建筑技术的发展。距今5000年的大地湾四期文化发掘出的一座编号为“F901”的建筑(图2.2),是目前所见我国史前时期面积最大、工艺水平最高的房屋建筑。这座总面积420m²的多间复合式建筑,布局规整、中轴对称、前后呼应、主次分明,开创了后世宫殿建筑的先河(图2.2)。



图2.1 大地湾遗址复原房屋

在我国黄河流域的仰韶文化遗址(公元前5000—前3000年)中,遗存有浅穴和地面建筑,建筑平面有圆形、方形和多室联排的矩形。西安半坡村遗址(公元前4800—前3600年)有很多圆形房屋,直径为5~6m,室内竖有木柱,以支顶上部屋顶,四周密排一圈小木柱,起到承托屋檐的结构作用,也是围护结构的龙骨;还有的是方形房屋,其承重方式完全依靠骨架,柱子纵横排列,这是木骨架的雏形(图2.3)。当时的柱脚均埋在土中,木杆件之间用绑扎结合,墙壁抹草泥,屋顶铺盖茅草或抹泥。在西伯利亚发现用兽骨、北方鹿角架起的半地穴式住所(图2.4)。



图2.2 甘肃秦安大地湾遗址考古房屋结构



图2.3 西安半坡遗址复原图



图2.4 西伯利亚半地穴式住所场景

从中国西安半坡村遗址还可看到有条不紊的部落布局，在泾河东岸的台地上遗存有密集排列的40~50座住房，在其中中心部分有一座规模相当大的（平面约为 $12.5\text{m} \times 14\text{m}$ ）房屋，可能是会堂。各房屋之间筑有夯土道路，居住区周围挖有深、宽各约5m的防范袭击的大壕沟，上面架有独木桥。

新石器时代已有了基础工程的萌芽，柱洞里填有碎陶片或鹅卵石，即是柱础石的雏形。洛阳王湾的仰韶文化遗址（公元前4000—前3000年）中，有一座面积约 200m^2 的房屋，墙下挖有基槽，槽内填卵石，这是墙基的雏形（图2.5）。在尼罗河流域的埃及，新石器时代的住宅是用木材或卵石做成墙基，上面造木构架，以芦苇束编墙或土坯砌墙，用密排圆木或芦苇束做屋顶。

在地势低洼的河流湖泊附近，则从构木为巢发展为用树枝、树干搭成架空窝棚或地窝棚，之后又发展为栽桩架屋的干栏式建筑。中国浙江吴兴钱山漾遗址（约公元前3000年），是在密桩上架木梁，上铺悬空的地板（图2.6）。西欧一些地方也出现过相似的做法，今瑞士境内保存着湖居人在湖中木桩上构筑的房屋。浙江余姚河姆渡新石器时代遗址（公元前5000—前3300年）中，有跨距达5~6m、联排6~7间的房屋，底层架空（图2.7，属于干栏式建筑形式），构件结点主要是绑扎结合，但个别建筑已使用榫卯结合。这种榫卯结合的方法代代相传，延续到后世，为以木结构为主流的中国古建筑开创了先例。



图2.5 洛阳王湾房屋遗址



图2.6 浙江吴兴钱山漾遗址



图2.7 浙江余姚河姆渡新石器时代遗址

这时期的土木工程还只是使用石斧、石、石锛、石凿等简单的工具，所用的材料都是取自当地的天然材料，如茅草、竹、芦苇、树枝、树皮和树叶、砾石、泥土等。掌握了伐木技术以后，就使用较大的树干做骨架；有了煅烧加工技术，就使用红烧土、白灰粉、土坯等，并逐渐懂得使用草筋泥、混合土等复合材料。人们开始使用简单的工具和天然材料建房、筑路、挖渠、造桥，土木工程完成了从无到有的萌芽阶段。