

新编

土木工程概论

XINBIAN TUMU GONGCHENG
GAILUN

(第2版)

郑晓燕 胡白香 主 编
刘利清 王 郑 副主编

中国建材工业出版社

新编土木工程概论

(第2版)

主 编 郑晓燕 胡白香
副主编 刘利清 王 郑

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新编土木工程概论/郑晓燕, 胡白香主编. —2 版
—北京: 中国建材工业出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-5160-0165-3

I. ①新… II. ①郑… ②胡… III. 土木工程—高等学校—教材 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 103681 号

内 容 提 要

本书以工程概论为主线, 全面扼要地介绍了土木工程的各个层面, 将国内外土木工程的最新进展介绍给学生, 开阔学生的视野, 以激发学生们对土木工程学科的兴趣和热情。

在内容组织上, 用简明理论作铺垫, 避免教材局限于科普性介绍; 力求反映土木工程领域的最新成果及热点问题。全书共分 14 章, 分别为绪论, 土木工程材料, 土木工程荷载及基本构件, 基础工程, 房屋建筑工程, 交通土建工程, 桥梁工程, 港口工程与海洋工程, 隧道及地下工程, 水利水电工程, 给水排水工程, 土木工程的防灾、减灾, 土木工程的建设, 计算机技术在土木工程中的应用。

本书可作为土木工程、给排水工程、工程管理、测绘工程等专业的教材, 也可作为建筑学、城市规划、环境工程、会计学、审计学专业的选修课教材, 同时也可作为建设管理、审计、设计、施工、投资等单位及工程技术人员的参考用书。

为了方便广大教师教学使用, 本书制作有与本书配套的《新编土木工程概论 CAI》。

新编土木工程概论 (第 2 版)

郑晓燕 胡白香 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 17.75

字 数: 435 千字

版 次: 2012 年 6 月第 2 版

印 次: 2012 年 6 月第 1 次

定 价: 39.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn 责任编辑邮箱: jiancai186@sohu.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

第2版前言

本书第1版问世以来，经过近5年的使用，获得了广大师生的好评。

考虑到近几年土木工程的新进展，尤其是2008年金融危机发生后政府在基础设施方面的巨大投入，使该领域的发展突飞猛进，教材所用数据、资料需要更新。本次修订在保留教材原有风格的基础上，更新陈旧内容，以体现土木工程学科新技术、新方法、新工艺、新材料、新规范；在大多数章节中加上了“工程案例”，意在体现教材内容生动、具体和前沿性。

本书第一、九章由南京林业大学郑晓燕编写；第四、十章由江苏大学胡白香编写；第三、六、十二章由南京林业大学刘利清编写；第八、十一章由南京林业大学王郑编写；第七、十三章由南京审计学院王巧平编写；第二、五、十四章由江苏大学陆春华编写，全书由郑晓燕和胡白香统稿，刘利清和王郑负责完成了与本书配套使用的CAI的制作。

本书可作为土木工程、给排水工程、工程管理、测绘工程等专业的教材，也可作为建筑学、城市规划、环境工程专业的选修课教材，同时也可作为建设管理、审计、设计、施工、投资等单位工程技术人员的参考用书。

由于编者水平所限，错误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者
2012年6月

第1版前言

本书是一本介绍“土木工程”总体情况的教材，教材以工程概论为主线，全面扼要地介绍了土木工程的各个层面，以让学生及早了解本专业概况性内容，逐步构建学生的专业知识；开阔学生的视野，激发学生对土木工程学科的兴趣和热情。

教材立足于大学新生所具备的知识水平以及土木工程专业课程需要，把握内容的深度和广度。在内容组织上，用简明理论作铺垫，以引导学生自己去思考，避免教材局限于科普性介绍，并力求做到理论与工程实际相联系，反映土木工程学科新技术、新方法、新工艺、新材料、新规范。

具体内容包括绪论、土木工程材料，土木工程荷载及基本构件，基础工程，房屋建筑工程，交通土建工程，桥梁工程，港口工程与海洋工程，隧道及地下工程，水利水电工程，给水排水工程，土木工程的防灾、减灾，土木工程的建设，计算机技术在土木工程中的应用等方面的内容。

本书第一、九章由南京林业大学郑晓燕编写；第四、十章由江苏大学胡白香编写；第七、十三章由南京审计学院王巧平编写；第三、六、十二章由南京林业大学刘利清编写；第八、十一章由南京林业大学王郑编写；第二、五、十四章由江苏大学陆春华编写，全书由郑晓燕和胡白香统稿。

本书可作为土木工程、给排水工程、工程管理、测绘工程等专业的教材，也可作为建筑学、城市规划、环境工程专业的选修课教材，同时也可作为建设管理、审计、设计、施工、投资等单位工程技术人员的参考用书。

由于编者水平所限，错误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者
2007年6月

目 录

第1章	绪论	1
1.1	土木工程内涵及特点	1
1.2	土木工程的发展简述	6
1.3	土木工程的未来	11
1.4	土木工程专业的培养目标及要求	13
第2章	土木工程材料	16
2.1	石材、砖、瓦和砌块	17
2.2	胶凝材料及拌合物	20
2.3	钢材和钢筋混凝土	22
2.4	木材	29
2.5	土木工程材料的发展前景	31
第3章	土木工程荷载及基本构件	35
3.1	荷载的定义	35
3.2	荷载的种类	35
3.3	基本构件	36
3.4	简单的应力和应变	44
第4章	基础工程	48
4.1	工程地质勘察	49
4.2	基础类型	53
4.3	地基处理	63
4.4	工程案例（某学院动力馆地基处理工程）	67
4.5	加固方案及效果	68
第5章	房屋建筑工程	69
5.1	建筑工程的类别和结构形式	69
5.2	单层与多层建筑	72
5.3	高层与超高层建筑	79
5.4	特种建筑与智能建筑	85
5.5	工程案例——国家体育场“鸟巢”	90

第6章	交通土建工程	93
6.1	道路工程	93
6.2	铁路工程	100
6.3	机场工程	108
6.4	工程案例——京沪高铁工程	115
第7章	桥梁工程	118
7.1	桥梁的种类	118
7.2	桥梁结构形式及受力特点	125
7.3	桥墩与桥台	133
7.4	桥梁的总体规划和设计要点	135
7.5	工程案例——港珠澳大桥	136
第8章	港口工程与海洋工程	139
8.1	港口分类与组成	139
8.2	港口规划与布置	141
8.3	港口中的主要建筑物	144
8.4	海洋工程的种类及特点	153
8.5	工程案例1——北洋山港区总体规划	158
8.6	工程案例2——海洋石油981平台	161
第9章	隧道及地下工程	163
9.1	公路隧道	164
9.2	铁路隧道	167
9.3	水底隧道	170
9.4	地下工程概述	174
9.5	城市地下综合体	176
9.6	地下工业设施	180
9.7	隧道及地下工程的施工方法及技术	181
9.8	工程案例——秦岭终南山特长公路隧道	186
第10章	水利水电工程	189
10.1	防洪工程	190
10.2	农田水利工程	196
10.3	水电工程	199
10.4	工程案例——三峡水利枢纽工程	202

第 11 章	给水排水工程	205
11.1	城市给水工程	205
11.2	城市排水工程	209
11.3	建筑给水工程	214
11.4	建筑排水工程	220
11.5	工程案例——法国巴黎梅里奥塞 (Mery-sur-Oise) 水厂	223
第 12 章	土木工程的防灾、减灾	227
12.1	工程灾害	227
12.2	工程结构灾害检测	237
12.3	工程结构抗灾与加固	243
12.4	工程案例——庙子坪岷江大桥震害及加固	247
第 13 章	土木工程的建设	252
13.1	土木工程的建设程序	252
13.2	土木工程设计	254
13.3	土木工程施工	256
13.4	建设项目审计	259
13.5	物业管理基本知识	264
第 14 章	计算机技术在土木工程中的应用	266
14.1	计算机辅助设计 CAD	266
14.2	工程结构计算机仿真分析与计算	267
14.3	信息化与智能化在土木工程中的应用	269
参考文献		272

第1章 绪 论

1.1 土木工程的内涵及特点

1.1.1 土木工程的内涵

中国国务院学位委员会在学科简介中把土木工程定义为：“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”。土木工程专业就是为培养掌握土木工程技术人才而设置的专业，土木工程是一个专业覆盖极广的一级学科。

土木工程，英语为“Civil Engineering”，直译是“民用工程”，它的原意与军事工程“Military Engineering”相对应，即指除了服务于战争的工程设施以外，所有服务于生活和生产需要的民用设施均属于土木工程，后来这个界限也不明确了。按照学科划分，军用的地下防护工程、航天发射塔架等也都属于土木工程的范畴。

土木工程的内涵非常广，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、水渠等水利工程也属于土木工程的范畴。土木工程建设在我国有一个通称为基本建设，它渗透到了工业（厂房、矿山）、农业（水利工程）、交通运输业（路、桥、隧）、国防（地下防空、发射塔（井））及人民生活（民用建筑、市政设施）各个方面。

相对于其他学科而言，土木工程诞生早，其发展及演变历史长，但又是一个“朝阳产业”，其强大的生命力在于人类生活乃至生存对它的依赖，可以说，只要人类存在，土木工程就有强大的社会需求和广阔的发展空间。随着时代的发展和科学技术的进步，土木工程早已不是传统意义上的砖、瓦、灰、砂、石，而是由新理论、新材料、新技术武装起来的专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业。

1.1.2 土木工程的特点

（1）土木工程投入大、工期长、难度高

改革开放以来，尤其是进入 21 世纪后，我国在基本建设固定资产上的投资逐年增长，投资额是空前的，表 1-1 列出的是国家统计局发布的 2006 ~ 2011 年我国的 GDP、固定资产投资和房地产开发企业投资情况，可以看出基本建设对 GDP 的贡献是巨大的，最高的年份（2010 年）竟达 69.8%，较低的年份（2006 年）也在 52.4%。这六年期间，房地产开发企业投资，约占固定资产的比例 16.0% ~ 22.1%。

表 1-1 2006 ~ 2011 年 GDP 及固定资产投资情况

年份	GDP 总量 (万亿元)	固定资产投资 (万亿元)	占 GDP 百分比 (%)	房地产开发企业(单位) 投资(万亿元)	占固定资产 投资百分比(%)
2006	21.0	11.0	52.4	1.9	17.3
2007	24.7	13.7	55.5	2.5	18.2
2008	31.4	17.2	54.8	3.8	22.1
2009	33.5	22.5	67.2	3.6	16.0
2010	39.8	27.8	69.8	4.8	17.3
2011	47.2	30.2	64.0	6.2	20.5

就单项工程而言,其投资规模也是相当惊人的,少则几百万元,多则上千亿元。表 1-2 给出的是江苏省境内较为著名的越江工程的投资情况。

表 1-2 江苏省境内越江工程的投资情况

序号	工程名称	建成年代	投资(亿元)	简要概况
1	南京长江大桥	1968	2.82	双层双线公路铁路两用铁桁梁桥
2	南京长江二桥	2001	32.0	南汊主桥为钢箱梁斜拉桥 北汊主桥为钢筋混凝土连续桥梁
3	南京长江三桥	2006	33.6	钢塔斜拉桥
4	南京长江四桥	在建,预计 2013 建成	55.0	悬索桥
5	江阴长江大桥	1999	36.3	悬索桥
6	润扬长江大桥	2005	53.0	南汊主桥为悬索桥 北汊主桥为斜拉桥
7	苏通长江大桥	2008	64.5	主桥为双塔斜拉桥
8	长江南京段 上游过江隧道	2009	30	过江隧道由左右线盾构隧道组成
9	泰州长江大桥	2011	93.7	主跨 2 × 1080 米的三塔双跨钢箱梁悬索桥

21 世纪,我国在基本建设上的投资规模将继续保持稳定增长的态势,以铁路为例,按照 2004 年国务院审议通过的《中长期铁路网规划》,到 2020 年,初步估算中国铁路投资规模将在 2 万亿元以上,全国铁路营运里程要达到 10 万公里。为此,中国将建设超过 1.2 万公里的客运专线和约 1.6 万公里的其他新线,完成既有线增建二线 1.3 万公里和既有电气化 1.6 万公里。表 1-3 列出的是“十一五”期间铁路交通的部分工程。

表 1-3 “十一五”期间铁路交通的部分工程

序号	项目名称	投资金额(亿元)	建设年限
1	京沪高速铁路	1400	2006 ~ 2010
2	武汉—广州客运专线	930	2005 ~ 2010
3	哈尔滨—大连客运专线	820	2006 ~ 2010
4	上海—南京城际轨道交通	224	2005 ~ 2009
5	上海—杭州城际轨道交通	350	2005 ~ 2010

2004年12月,《国家高速公路网规划》已经国务院审议通过,按照国家高速公路网规划,我国将用30年时间,建成总里程8.5万公里国家高速公路网,年均投资1500亿人民币,共45000亿元。规划体现以人为本原则,总体上贯彻了“东部加密、中部成网、西部连通”的布局思路。

土木工程的施工工期一般都较长,单个工程短则一年左右,长则几年,大型工程项目甚至几十年才能完工,表1-3中所列的几项工程工期都在五年左右。

由于地质条件、使用功能的不同,一般来说没有完全相同的工程,对一些大型工程尤其如此,工程建设有很多技术难关需要攻克,下面就具有重大意义的世纪性工程——三峡工程、南水北调工程以及2006年通车的青藏铁路工程为例,进一步说明。

1) 三峡水利枢纽工程。长江三峡水利枢纽工程位于长江西陵峡中段,坝址在湖北省宜昌市三斗坪,坝址控制流域面积100万 km^2 ,工程于1992年开始建设,2009年全面完工,总投资1800亿元。该工程是当今世界上最大的水利枢纽工程,它在水电站总装机、主体建筑物土石方挖填、水库总库容量、泄洪闸最大泄洪能力、航运效益、船闸规模及施工难度等方面开创了世界之最。这项工程先后攻克了十多项世界级技术难题。

2) 青藏铁路。举世闻名的青藏铁路已于2006年7月1日全线通车,青藏铁路一期工程西宁至格尔木段于1958年开工,1984年交付营运。但限于当时国家的经济实力以及高原、冻土等筑路技术难题尚未解决,格尔木至拉萨段被迫停建。2001年青藏铁路二期工程格尔木至拉萨段开工,全长1142km,总投资330亿元人民币。全线路共完成路基土石方7853万 m^3 ,桥梁675座,涵洞2050座,隧道7座。值得一提的是,青藏铁路环保措施相关投资达15.4亿元,其中就包括专门为藏羚羊等野生动物迁徙而建设的最长的“以桥代路”特大桥。这个最具挑战性的工程项目,在高原铁路的长度、海拔高度、穿越冻土里程、冻土隧道规模及冻土铁路桥规模等方面创造了世界之最。多年冻土、高寒缺氧、环境保护是制约青藏铁路的三大技术难题。在中国科学院、铁路科学院、铁路建设部门及有关高校的科研及工程技术人员联合努力下,顺利解决了这三大难题。

3) 南水北调工程。南水北调工程是迄今世界上最大的调水工程,南水北调总体规划推荐东线、中线和西线三条调水线路。规划到2050年调水总规模为448亿 m^3 ,其中东线148亿 m^3 ,中线130亿 m^3 ,西线170亿 m^3 。整个工程将根据实际情况分期实施,预计总投资约5000亿元。其中东线工程从长江下游扬州抽引长江水,利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北送至东平湖后分两路,向北穿黄河为京津地区供水,向东输水至胶东,2002年开工,预计2013年竣工;中线工程从丹江口水库提水,经黄淮海平原西部边缘,在郑州以西孤柏嘴处穿过黄河,继续沿京广铁路西侧北上,可基本自流到北京、天津。规划分两期实施,工程于2005年开工,预计2014年通水。西线工程计划在长江上游通天河、支流雅砻江和大渡河上游筑坝建库,开凿穿过长江与黄河的分水岭巴颜喀拉山的输水隧洞,调长江水入黄河上游。西线工程的供水目标主要是解决涉及青、甘、宁、内蒙古、陕、晋等6省(自治区)黄河上中游地区和渭河关中平原的缺水问题,由于种种原因至今未开工。

南水北调工程分东线、中线、西线三条调水线路,与长江、淮河、黄河、海河相互连接,构成我国水资源“四横三纵、南北调配、东西互济”的总体格局。

就中线工程而言,有四大技术难关:

难关之一。汉江水如何穿越黄河是南水北调技术难度最大的工程之一。2010年6月,

在黄河底部 35m 深处，长 4250m、直径 7m 的两条隧洞，随着盾构机的掘进顺利到达黄河南岸的进水口，标志着南水北调中线穿黄河上游隧洞全线贯通，清澈的汉江水将由此北上，与滔滔黄河十字立交，各行其道。

难关之二。丹江口水库大坝加高加厚，扩大库容。丹江口水库，是南水北调中线的源头，丹江口水库大坝原来高度为 162m，总库容是 174.5 亿 m³，大坝加高后，提高至 170m，相应库容增加到 290.5 亿 m³，相当于增加了两个半北京密云水库。

难关之三。南水北调工程中线输水干线长、温度变化大，由南往北跨越北纬 33°~40°，气候由温和区走向寒冷区，中线河南安阳段以北，渠水在冬季会结冰，控制不好，容易出现流冰、冰塞等威胁，影响输水能力和工程安全。工程采取控制水流形成冰盖，实行冰盖下输水来解决这一难题。

难关之四。南水北调中线输水总干渠经过的南阳、沙河及邯郸等地均分布有膨胀土，累计长度达 300 多公里，约占总干渠全长的 27%。如何防止膨胀土变形滑坡引起渠道渗水是一个技术难题，经过科研人员和工程技术人员 5 年不懈的努力，提出了水泥土、土工格栅和土工袋处理膨胀土渠坡的全套技术。这个被称为南水北调工程“拦路虎”的难关终于被克服了。

(2) 土木工程可以大幅度拉动国民经济

在我国拉动国民经济的三驾马车中（投资、消费和出口），投资的增长始终是主导力量。从表 1-1 可以看出，我国社会固定资产的投入连年高速增长，这些资金集中用于基础设施和基础产业建设，有效促进了我国国民经济的快速发展。房地产业历来是衡量国家经济消长的重要产业，又是建筑行业的主要产业之一。从表 1-1 可以看出，最近 6 年大陆房地产开发建设投资总规模日益增大，在全社会固定资产投资中所占比重不断提高，2006 至 2011 年 6 年总投资达 22.8 万亿元。

表 1-4 是进入 21 世纪后我国建筑业总产值（营业额），与表 1-1 进行比较分析可以得出，土木建筑行业是固定资产投资的高速增长的最大受益者，因为这直接决定建筑市场规模的不断扩大。可以说，改革开放尤其是进入 21 世纪后，土木工程对国民经济的拉动作用是前所未有的。我国城镇居民的住房条件得到了极大的改善，在 1980 年，改革开放的初始阶段，中国城镇居民的人均住房面积不足 5m²，2010 年全国城镇人均住宅建筑面积为 30m²。

表 1-4 中国建筑业总产值

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
总产值（万亿元）	3.5	4.0	5.0	6.9	7.6	9.5	11.8

土木工程的发展带动了相关行业的发展。水泥是土木工程的主要材料，据国家统计局公布的数据，1985 年至今，中国水泥已经连续 20 多年位居世界产量第一位，2011 年全年水泥总产量约达到 20.6 亿吨，创历史新高，占世界水泥总产量的一半以上，2011 年中国粗钢产量达到 6.8 亿吨，占全球粗钢产量近一半，其中有三分之一用于土木工程。与土木工程直接相关的还有能源、开采、矿山、冶炼、机械、环保等行业和产业，如果计及间接带动的行业就更多了。此外还有玻璃、陶瓷、铝制品、防水材料等土木工程必不可少的建筑材料，以及与它有关的各行各业。土木工程的规模之大，影响面之广，带动行业之多足以说明其对国民经济的拉动作用。

(3) 土木工程社会需求量大

土木工程是国家的基础产业和支柱产业，进入 21 世纪后，中国经济进入了一个新的增长时期，以接近两位数的速度高速增长，通过对各国 GDP 的增长历史分析发现，土木工程作为支柱产业，在国民经济发展中——尤其在发展中国家占有更大的比重。2003 年我国人均 GDP 首次突破 1000 美元（达到 1090 美元），此后逐年增加，2011 年已达到 4900 美元，虽然增长迅猛，但相对于发达国家，我国人均 GDP 还偏低（2011 年，日本人均 GDP43000 美元，美国人均 GDP48000 美元）。如果 2030 年中国人均 GDP 要到达美国的 50%，这就需要 2011 年到 2030 年中国人均 GDP 增加 3.3 倍，年增长率要达到 7.6%。如果未来美国人均 GDP 增长率放慢到只有 1%（1980~2010 年美国人均 GDP 增长率为 1.7%），这就需要未来中国人均 GDP 增长率要达到 8.6%，而要支撑这个速度，固定资产投资就必须保持 30% 以上的份额。

中国与发达国家相比，基础设施还比较落后，在投资和消费的双重作用之下，土木工程在未来几十年处于一个前所未有的发展机遇期。土木工程相对于其他行业而言，又属于劳动密集型行业，能够吸收大量就业人员。仅从建筑企业角度看就足以说明这一点，表 1-5 为 2006~2009 年中国建筑企业概况，不难看出，无论是企业单位个数，还是从业人员以及总产值都是其他行业无法比拟的。而且，随着固定资产投资的不断增加，这些数据不断上升。

表 1-5 建筑业企业概况

类别	年份	总计	内资企业	港澳台商投资企业	外商投资企业
企业单位数 (个)	2006	60166	59317	479	370
	2007	62074	61227	482	365
	2008	71095	70258	474	363
	2009	70817	70022	444	351
从业人员 (万人)	2006	2878.16	2861.16	8.94	8.07
	2007	3133.71	3112.46	9.81	11.43
	2008	3314.95	3295.26	10.48	9.21
	2009	3672.56	3651.46	10.86	10.24
建筑业总产值 (亿元)	2006	41557.16	41041.77	240.52	274.87
	2007	51043.71	50365.45	281.95	396.32
	2008	62036.81	61328.60	321.07	387.14
	2009	76807.74	76057.98	334.59	415.17

注：本表数据为具有资质等级的总承包和专业承包建筑业企业，不含劳务分包建筑业企业。

表 1-6 是 2008 年年底全国勘察设计机构、工程招标代理机构和建设工程监理企业个数、从业人员数和营业收入情况。

表 1-6 全国勘察设计机构、招标代理机构和建设工程监理企业概况

类别	企业数 (个)	职工人数 (万人)	高中级技术人员 (万人)	中高级人员比例 (%)	营业收入情况 (亿元)
勘察设计机构	14667	124.9	59.0	47.2	5968.3
工程招标代理机构	4961	29.0	15.7	54.1	977.2
建设工程监理企业	6080	54.3	31.8	58.6	657.4

注：表中数据是根据《中国统计年鉴》的统计数据分析得到的。

以上机构（或企业）也是土木工程专业学生就业的热门去处，它们都是知识密集型行业。

(4) 土木工程在学科上属于长线专业、硬专业，不易饱和。说土木工程为长线专业、硬专业，首先是它涵盖的内容和范围很大，而且和人类生活、生产乃至生存都密切相关。一方面，它是个古老的专业；另一方面，随着时代的进步和科技的发展，这个专业日益成长和壮大，人们对它的依赖越来越强，且要求越来越高，可以说时代不断赋予它新的内涵，从这个意义上讲，它又是朝阳专业。土木工程与其他行业的关系日益紧密，它服务于其他行业，随着现代高科技的发展，这些行业会对土木工程提出新的更高要求，反过来这些行业又为土木工程提供更加坚实的物质基础。其次，土木工程难度高、投资多，加之这个专业又涉及较多的数学、力学、结构、地质、材料多门学科，学习起来有一定难度，这也算得上是硬专业的理由。需求量大的长线专业、硬专业是不容易饱和的。

1.2 土木工程的发展简述

1.2.1 近代土木工程

从 17 世纪中叶起到第二次世界大战前后这 300 多年时间，土木工程逐渐形成一门独立学科。早在 1683 年，意大利学者伽利略发表了“关于两门新科学的对话”，首次用公式表达了梁的设计理论；1687 年牛顿总结出力学三大定律，为土木工程奠定了力学分析的基础；随后，在材料力学、弹性力学和材料强度理论的基础上，法国的纳维于 1825 年建立了土木工程中结构设计的容许应力法。从此，土木工程的结构设计有了比较系统的理论指导。

18 世纪中叶以瓦特发明蒸汽机为标志的产业革命带动了土木工程的发展，1824 年波特兰水泥的发明及 1859 年转炉炼钢法的成功为土木工程提供了充分而坚实的物质基础。由于混凝土及钢材的推广应用，使得土木工程师可以运用这些材料建造更为复杂的工程设施。这一时期内，产业革命促进了工业、交通运输业的发展，对土木工程设施提出了更广泛的需求，同时也为土木工程的建造提供了新的施工机械和施工方法。打桩机、压路机、挖土机、掘进机、起重机、吊装机等纷纷出现，这为快速高效地建造土木工程提供了有力手段。这一时期具有历史意义的土木工程大量兴建。

1777~1781 年，在英国什罗普郡建起了科尔布鲁克代尔大桥，是世界上第一座铸铁桥。它的建造者是钢铁大王亚伯拉罕·达比。这座桥横跨塞文河，跨度为 30.5m。

1825 年，英国修建了世界上第一条铁路——斯托克顿至达林顿铁路，全长约 21km，1869 年美国建成了横贯东西的北美大陆铁路。

1863 年，英国伦敦建成了世界最早的地下铁道——威廉王街至斯托克威尔，长度只有 6km。当时使用的是蒸汽火车，地铁里空气混浊。到 1890 年开始使用了电动火车，目前，伦敦的地铁长度已达 380km，全市已形成了一个四通八达的地铁网。随后美、法、德、俄等国均在大城市中相继建设地下铁道交通网，全世界已有 100 多座城市开通了 300 多条地铁线路，总长度超过 6000km。

1875 年，法国的一位园艺师蒙耶建成了世界上第一座钢筋混凝土桥。这座桥长 16m、宽 4m，是一座人行的拱式体系桥。

世界上第一条高速公路是意大利于 1924 年开始修建的, 长约 80km, 其后德国 (1928 年)、荷兰 (1936 年) 和美国 (1937 年) 陆续修建。德国是第一个提出修建高速公路网的国家, 1933 ~ 1942 年已有高速公路 3839km。美国掀起建设高速公路的高潮是在 1956 年颁布联邦资助公路法案后, 平均每年修建 3000km, 到 20 世纪 80 年代中期, 约占全世界高速公路网通车里程的 60%, 居世界第一位。

在水利建设方面宏伟的成就是两条大运河的建成通航, 一条是 1869 年开凿成功的苏伊士运河, 将地中海和印度洋联系起来, 这样从欧洲到亚洲的航行不必再绕行南非; 另一条是 1914 年建成的巴拿马运河, 它将太平洋和大西洋直接联系了起来, 在全球运输中发挥了巨大作用。

1883 年美国芝加哥在世界上第一个采用了钢铁框架作为承重结构, 建造了一幢 11 层的保险公司大楼, 被誉为现代高层建筑的开端。

在第一次世界大战后, 许多大跨、高耸和宏大的土木工程相继建成。其中典型的工程有 1936 年美国旧金山建成的金门大桥和 1931 年美国纽约建成的帝国大厦。金门大桥为跨越旧金山海湾的悬索桥, 桥跨 1280m, 是世界上第一座单跨超过千米的大桥。帝国大厦共 102 层, 高 378m, 钢骨架总重超过 50000t, 这一建筑高度保持世界纪录达 40 年之久。

这一时期中国的土木工程也有一定的发展, 1909 年詹天佑主持修建的京张铁路, 全长 200km。1934 年上海建成了 24 层的国际饭店, 直到 20 世纪 80 年代广州白云宾馆建成前, 国际饭店一直是中国最高的建筑。1937 年, 茅以升先生主持建造了钱塘江大桥, 这是公路、铁路两用的双层钢结构桥梁, 也是我国近代土木工程的优秀成果。但总体上来讲, 由于清朝采取闭关锁国政策, 以及民国时期战乱, 我国土木工程技术进展缓慢。

1.2.2 现代土木工程

第二次世界大战以后, 由于战争恢复的需要以及现代科学技术迅速发展, 为土木工程的进一步发展提供了强大的物质基础和技术手段, 开始了以现代科学技术为后盾的土木工程新时代。这一时期的土木工程有以下几个特点:

(1) 功能要求多样化

为了满足人们生产生活的需要, 现代的土木工程已经超越本来意义上的挖土盖房、架梁为桥的范围。它与各行各业紧密相连、互相渗透、互为支承、相互促进。公共建筑和住宅建筑要求周边环境、结构布置、水电煤气供应、室内温湿度调节控制等与现代化设备相结合, 而不仅仅满足于提供“徒有四壁”、“风雨不侵”的房屋骨架。由于电子技术、精密机械、生物基因工程、航空航天等高技术工业的发展, 许多工业建筑提出了恒湿、恒温、防微振、防腐蚀、防辐射、防磁、无微尘等要求, 并向跨度大、分隔灵活、工厂花园化的方向发展。

(2) 城市建设立体化

随着经济发展和人口增长, 城市人口密度越来越大, 造成城市用地紧张、交通拥挤、地价昂贵, 这就迫使房屋建筑向高层发展, 使得高层建筑的兴建几乎成了城市现代化的标志。美国是最早发展高层建筑且数量最多的国家, 其中高度在 200m 以上的就有 100 余幢。许多发展中国家在经济起飞过程中也争相建造高层建筑。20 世纪 90 年代以来, 亚洲国家的高层建筑得到了迅猛发展, 超高建筑的重心已经从美国转移到了亚洲。2010 年竣工的迪拜哈利法塔, 高 828m, 是目前世界第一高楼。截至 2011 年底, 全球排名前十位的摩天大楼

(表 1-7)，亚洲占了 9 席，中国就占了 7 席，其中内地有 5 席。进入 21 世纪后，超高层建筑此起彼伏，高度纪录不断被刷新。

表 1-7 全球排名前十位的摩天大楼

序号	名称	高度 (m)	层数	结构特点	所在国家	建成年限
1	迪拜哈利法塔	828	160	下部钢筋混凝土 (- 30 ~ 601m) 上部钢结构 (601 ~ 828m)	阿联酋	2010
2	台湾 101 金融大厦	509	101	钢筋混凝土核心筒加外围钢结构	中国	2004
3	上海环球金融中心	492	101	钢筋混凝土核心筒加外围钢结构	中国	2009
4	香港环球贸易广场	484	118	钢筋混凝土核心筒加外围钢结构	中国	2010
5	吉隆坡双峰塔	452	88	钢筋混凝土筒中筒，轧制钢梁支托的金属板与混凝土复合楼板将内外筒连在一起	马来西亚	1997
6	南京紫峰大厦	450	89	钢筋混凝土核心筒加外围钢结构	中国	2008
7	深圳京基金融中心	446	102	框筒结构，核心筒为钢骨混凝土，外筒为钢管混凝土柱	中国	2010
8	西尔斯大厦	442	108	钢框架构成的成束筒结构体系	美国	1973
9	广州国际金融中心	432	103	钢管混凝土巨型斜交网格外筒与钢筋混凝土剪力墙内筒的结构体系	中国	2009
10	上海金茂大厦	421	88	钢筋混凝土核心筒加外围钢结构	中国	2007

传统的地面交通已经不能解决城市的交通问题，于是一方面修建地下交通网，另一方面又修建高架公路网或轨道交通。随着地下铁道的兴建，地下商业街、地下停车场、地下仓库、地下工厂、地下旅店等也陆续发展起来。高架道路与城市立交桥的兴建不仅缓解了城市交通问题，而且还为城市的面貌增添了风采。现代化城市建设已是地面、空中和地下同时展开。

(3) 交通工程快速化

高速公路出现于第二次世界大战前，但到战后才在各国大规模兴建。目前，全世界已有 80 多个国家和地区拥有高速公路，通车总里程超过了 26 万 km。目前，美国高速公路总长度为 10 万 km，世界第一名，已完成以州府为核心的高速公路网，连接了所有 5 万人以上的城镇。中国高速公路起步晚但发展迅速，1988 年 10 月，长度为 18.5km 的上海至嘉定高速公路建成通车，这是我国大陆第一条高速公路。截至 2010 年底，我国高速公路通车总里程达 7.4 万 km，跃居世界第二，可以说中国高速公路发展创造了世界奇迹，预计“十二五”末，中国高速公路通车总里程将有望超过 10 万 km，跃居世界第一。

铁路运输在公路、航空运输的竞争中也开始快速化和高速化。速度在 150 ~ 200km/h 以上的高速铁路先后在日本、法国和德国建成。中国大陆在既有线改造，提高列车运行速度方面已经取得巨大成就，目前时速在 160km 以上的线路延展里程达 14025km，时速在 200km 以上的线路延展里程达 5371km。2008 年 8 月，京津城际高速铁路通车，标志着我国系统掌握了时速 350km 的高速铁路成套技术，我国高速铁路技术从此跨入了世界的先进行列。截

至 2011 年底，包括京沪高铁在内的众多高铁干线相继贯通，中国高铁运营总里程突破 1.3 万 km，无论是规模还是运营速度均列世界第一。

飞机是最快捷的运输工具，二战以后飞机的容量愈来愈大，功能愈来愈多，对此许多国家和地区相继建设了先进的大型航空港。美国芝加哥国际机场，年吞吐量 4000 万人次，高峰时每小时起降飞机 200 架次，居世界第一。我国在北京、上海、香港新建或扩建的机场均已跨入世界大型航空港之列。

(4) 工程设施大型化

为了满足能源、交通、环保及大众公共活动的需要，许多大型的土木工程在二战后陆续建成并投入使用，以桥梁工程为例，桥型越来越丰富，跨越能力越来越强。

悬索桥是特大跨径桥梁的主要形式之一，自 1937 年美国金门悬索桥一跨超过千米以后，悬索桥的跨度不断被刷新。我国在悬索桥建设方面异军突起，1995 年在国内率先建成了汕头海湾大桥（主跨 452m），此后相继建成西陵长江大桥（主跨 900m）、宜昌长江大桥（主跨 960m）以及名列世界第二位的舟山西堠门大桥（主跨 1650m）等。表 1-6 为世界十大悬索桥一览表（截至 2011 年底）。

表 1-8 世界大跨径悬索桥排名

序号	桥名	主跨（m）	主梁结构形式	所在国家	建成年限
1	明石海峡大桥	1990	简支钢桁	日本	1998
2	舟山西堠门大桥	1650	钢箱梁	中国	2010
3	大伯特桥	1624	连续钢箱	丹麦	1998
4	润扬长江大桥	1490	钢箱梁	中国	2005
5	亨柏桥	1410	钢箱梁	英国	1981
6	江阴长江大桥	1385	简支钢箱	中国	1999
7	香港青马大桥	1377	连续钢箱	中国	1997
8	费雷泽诺桥	1298	简支钢桁	美国	1964
9	金门大桥	1280	简支钢桁	美国	1937
10	武汉阳逻长江大桥	1280	钢箱梁	中国	2007

现代斜拉桥可以追溯到 1956 年瑞典建成的主跨 182.6m 斯特伦松德桥。历经半个世纪，斜拉桥技术得到空前发展，世界已建成主跨 200m 以上的斜拉桥有 200 余座，1999 年日本建成的世界最大跨度的多多罗大桥（主跨 890m），是斜拉桥跨径的一个重大突破，成为世界斜拉桥建设史上的一个里程碑。

我国自 1975 年四川云阳建成第一座主跨为 76m 的斜拉桥，至今已建成各种类型斜拉桥 100 多座，1991 年建成了上海南浦大桥（主跨为 423m 结合梁斜拉桥），开创了我国修建 400m 以上大跨度斜拉桥的先河，大跨径斜拉桥如雨后春笋般地发展起来。目前已成为拥有斜拉桥最多的国家，在世界 10 大著名斜拉桥排名榜上（表 1-9），中国有 8 座。2007 年建成的苏通大桥成为世界第一。