



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会规划推荐教材

TU MU GONG CHENG SHI GONG

土木工程施工

大连理工大学 李忠富 周智 主编

中国建筑工业出版社

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会规划推荐教材

土木工程 施工

大连理工大学 李忠富 周 智 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/李忠富,周智主编. —北京:中国建筑工业出版社,2018.2

住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材.
高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-21762-5

I. ①土… II. ①李… ②周… III. ①土木工程-工程施工-高等学校-教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 007731 号

本书是土建类专业的专业课教材之一,全书共分十六章,分别叙述了常见施工过程的施工技术与管理方法,包括土方与基坑工程、深基础工程、砌体与脚手架工程、钢筋混凝土工程、预应力钢筋混凝土工程、结构安装工程、桥梁工程、道路工程、防水工程、装饰工程、季节性施工以及施工组织概论、流水施工基本原理、网络计划技术、施工组织设计等内容。

本书可作为高等院校工程管理、土木工程及相关专业的教材,也可供从事工程技术、工程管理、工程造价、房地产开发与管理等相关人员的工作学习参考。

责任编辑:牛松 王跃 冯江晓

责任校对:刘梦然

住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校工程管理和工程造价学科专业指导委员会规划推荐教材

土木工程施工

大连理工大学 李忠富 周智 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:27 $\frac{1}{4}$ 字数:677千字

2018年6月第一版 2018年6月第一次印刷

定价:58.00元

ISBN 978-7-112-21762-5

(31602)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

“土木工程施工”是土建类专业的主要专业课之一，主要研究土木建筑工程施工中的主要工种、工程施工的工艺原理、施工操作过程、操作方法、保证工程质量安全的措施，以及基本的组织管理方法。本课程培养学生独立分析和解决土木建筑工程施工中的技术与问题的能力。本课程涉及的知识范围广，实践性强。

本书按照住房和城乡建设部颁布的土木工程专业和工程管理专业的本科指导性专业规范要求编写，较为系统全面地介绍了建筑工程施工技术组织管理的基本知识和基本理论，并介绍了近年来土木建筑工程领域产生的新材料、新技术、新工艺设备等对施工技术的进步产生的重要影响，如混凝土预制装配技术、大跨结构和桥梁结构吊装等。

本书针对土木工程和工程管理专业的特点和未来工作岗位的要求，在以理论阐述为主的同时，兼顾可操作性和实用性。因此本书可作为高等院校土木工程、工程管理及相关专业的教材，也可供从事工程技术、工程管理、工程造价、房地产开发与管理等相关人员的工作学习参考。

本书由李忠富、周智主编，具体分工如下：第1章、第12章、第13章、第14章由大连理工大学李忠富编写；第4章、第5章、第7章由大连理工大学周智编写；第2章由大连理工大学张明媛编写；第3章由大连理工大学李静编写；第6章由大连理工大学宋永发编写；第8章由大连理工大学潘盛山编写；第9章由大连理工大学潘宝峰编写；第10章和第11章由东北财经大学汪振双编写；第15章由大连理工大学石磊编写；第16章由大连理工大学张国军编写。全书由李忠富负责统稿和审校。

本书编写中参考了有关专家学者的论著、文献和教材，吸取了一些最新的研究成果，大部分都列入了后面的参考文献，在此向他们表示衷心感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中错漏之处在所难免，恳请各位专家学者和广大读者批评指正。

目 录

| | |
|-------------------------------|-----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 土木工程施工的研究对象、任务和学习方法 | 1 |
| 1.2 土木工程施工发展状况与趋势 | 2 |
| 1.3 土木工程施工规范、规程 | 7 |
| 思考题..... | 8 |
| 第 2 章 土方与基坑工程 | 9 |
| 2.1 土的基本性质 | 9 |
| 2.2 场地平整土方量计算与调配..... | 14 |
| 2.3 排水与降低地下水..... | 19 |
| 2.4 土方边坡与支护..... | 30 |
| 2.5 土方机械化施工..... | 40 |
| 思考题 | 50 |
| 第 3 章 深基础工程 | 51 |
| 3.1 桩基础工程概述..... | 51 |
| 3.2 预制桩施工..... | 52 |
| 3.3 混凝土灌注桩施工..... | 60 |
| 3.4 沉井基础施工..... | 66 |
| 3.5 地下连续墙施工..... | 70 |
| 思考题 | 75 |
| 第 4 章 砌体与脚手架工程 | 77 |
| 4.1 脚手架施工..... | 77 |
| 4.2 砖砌体施工..... | 83 |
| 4.3 小型砌块施工..... | 86 |
| 4.4 石砌体施工..... | 89 |
| 思考题 | 92 |
| 第 5 章 钢筋混凝土工程 | 93 |
| 5.1 钢筋工程..... | 93 |
| 5.2 模板工程 | 105 |
| 5.3 混凝土工程 | 114 |
| 5.4 预制混凝土构件制作 | 126 |
| 思考题..... | 128 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 第 6 章 预应力钢筋混凝土工程 | 129 |
| 6.1 预应力材料 | 129 |
| 6.2 预应力筋张拉锚固体系及施工计算 | 132 |
| 6.3 先张法预应力施工 | 138 |
| 6.4 后张法预应力施工 | 142 |
| 思考题 | 151 |
| 第 7 章 结构安装工程 | 153 |
| 7.1 起重设备 | 153 |
| 7.2 单层工业厂房结构安装 | 165 |
| 7.3 多层高层房屋结构安装 | 179 |
| 7.4 大跨度空间结构安装 | 184 |
| 7.5 装配式混凝土建筑结构安装 | 192 |
| 思考题 | 200 |
| 第 8 章 桥梁工程 | 201 |
| 8.1 桥梁结构施工常用机具和设备 | 201 |
| 8.2 混凝土桥梁上部结构施工方法 | 210 |
| 8.3 钢桥施工 | 221 |
| 思考题 | 225 |
| 第 9 章 道路工程 | 227 |
| 9.1 路基工程施工 | 227 |
| 9.2 路面基层施工 | 232 |
| 9.3 沥青路面施工 | 237 |
| 9.4 水泥混凝土路面施工 | 240 |
| 思考题 | 246 |
| 第 10 章 防水工程 | 247 |
| 10.1 屋面防水施工 | 247 |
| 10.2 地下结构防水施工 | 254 |
| 10.3 卫生间防水工程 | 260 |
| 思考题 | 260 |
| 第 11 章 装饰工程 | 261 |
| 11.1 抹灰工程 | 261 |
| 11.2 饰面工程 | 267 |
| 11.3 涂饰和裱糊工程 | 270 |
| 11.4 门窗工程 | 275 |
| 11.5 幕墙工程 | 281 |
| 思考题 | 290 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 第 12 章 季节性施工 | 293 |
| 12.1 冬期施工 | 293 |
| 12.2 雨期施工 | 304 |
| 思考题 | 307 |
| 第 13 章 施工组织概论 | 309 |
| 13.1 建筑产品及其生产特点 | 309 |
| 13.2 施工项目划分 | 310 |
| 13.3 土木工程施工程序 | 313 |
| 13.4 土木工程施工的基本原则 | 315 |
| 13.5 施工准备工作 | 317 |
| 思考题 | 327 |
| 第 14 章 流水施工基本原理 | 329 |
| 14.1 流水施工的基本概念 | 329 |
| 14.2 流水施工的基本参数 | 333 |
| 14.3 流水施工的分类 | 338 |
| 14.4 流水施工的组织方式 | 339 |
| 14.5 流水施工综合运用 | 349 |
| 思考题 | 352 |
| 第 15 章 网络计划技术 | 353 |
| 15.1 网络计划技术基础 | 353 |
| 15.2 双代号网络计划 | 354 |
| 15.3 单代号网络计划 | 369 |
| 15.4 网络计划优化 | 380 |
| 15.5 网络进度计划的编制 | 385 |
| 思考题 | 387 |
| 第 16 章 施工组织设计 | 389 |
| 16.1 施工组织设计概述 | 389 |
| 16.2 单位工程施工组织设计 | 393 |
| 16.3 施工组织总设计 | 414 |
| 16.4 专项施工方案 | 423 |
| 思考题 | 427 |
| 参考文献 | 428 |

1.1 土木工程施工的研究对象、任务和学习方法

1.1.1 土木工程施工课程的研究对象

土木工程施工是将设计图纸转化为土木工程实体的过程,房屋建筑工程、道路桥梁工程、市政工程等建设工程都属于土木工程范畴。土木工程施工是一项涉及多工种、多专业的复杂系统工程。如何根据施工对象的特点、规模、环境条件,选择合理的施工方法、制定有效的技术措施、进行科学合理的安排和部署,保证工程在实施过程中安全、可靠地缩短施工工期、节约成本,生产出高质量的产品,这些涉及施工技术与组织方面的相关理论和方法是本课程的研究对象。

土木工程施工主要包括土木施工技术和土木施工组织两大部分。施工技术以各工种施工为研究对象,针对现场施工,选择合理的施工方案,采用先进的生产工艺、原理、技术,选择合适的机械,保证工程质量与安全,经济、合理地完成各工种工程的施工。施工组织是以单项工程或建设项目的施工为对象,从技术与经济统一的全局出发,对人力、物力、时间和空间等进行科学合理地安排与组合,使各工种之间相互配合、相互协调,以达到高质量、低消耗、按期或提前完成工程项目实施任务的目标。

1.1.2 土木工程施工课程的任务

土木工程施工这一课程是对施工技术与施工组织问题不断的研究,通过实践、总结,找出其施工基本规律。本课程面向土木工程和工程管理专业,根据专业培养目标的要求,使学生知晓土木工程施工领域国内外的新技术和发展动态,了解各种建设工程项目的建造过程,掌握建造过程中主要工种的工艺原理和技术方法、单体建筑物或构筑物施工方案的选择和施工组织设计的编制,具有独立分析和解决土木工程施工技术和组织计划问题的初步能力,为毕业后较快地

适应工程施工与管理工作的打下基础。

1.1.3 土木工程施工课程的学习方法

本课程是一门综合性强并与生产实际联系紧密的应用型学科,其涉及的理论面广,具有综合性强、实践性强、技术发展迅速等特点。学习本课程时需要综合应用建筑材料、建筑三大力学、建筑结构、房屋建筑学、建筑构造等学科的知识,依据土木工程施工规范、规程的有关规定来分析处理和解决土木工程施工中的有关问题。

学生应把握土木工程施工重点,注重理论与实际结合,多浏览施工图片,最好能结合施工现场,观察实际工程的施工方法、使用材料设备、工程如何进展、不同工种之间在技术和组织角度如何搭接,将教材中的相关内容与实际施工现场相结合,以增强感性认识,加深对理论知识的理解与掌握。广泛阅读施工技术类杂志,扩展知识面,随时了解国内外土木工程施工的最新进展,并实时关注国家相关政策、法规、规程规范的发展变化。

1.2 土木工程施工发展状况与趋势

1.2.1 土木工程施工的发展状况

土木工程虽然是一个古老的学科,但在漫长的历史发展中不断注入了新的内涵,其中材料的变革和力学理论的发展起着重要的推动作用。土木工程随着人类的出现而诞生,又随着社会的进步而发展,至今已演变成为大型综合性的学科。土木工程的发展历程可分为三个时期,即古代土木工程时期、近代土木工程时期和现代土木工程时期。

1.2.1.1 古代土木工程施工

古代土木工程时期,指自新石器时代出现原始的土木工程活动开始,至16世纪末土木工程走上迅速发展道路为止。

早在远古时代,由于居住和交通的需要,人类开始了掘土为穴、架木为桥的原始土木工程活动。我国黄河流域的仰韶文化遗址和西安的半坡村遗址均发现,约公元前5000年至公元前3000年就有供居住用的浅穴和用土骨泥墙构成的圆形房屋,这是屋盖和基础工程的萌芽。在浙江余姚河姆渡新石器时代遗址中,还出现了榫卯结合的结点构造,为以木结构为主流的中国古建筑开了先河。古代的土木工程最初完全采用天然材料,以后才出现了人工烧制的砖和瓦,考古发现在我国西周时代出现了屋面板瓦与筒瓦,在战国(公元前475~公元前221年)墓葬中发现有烧制的砖。约自东汉时期(25—220年)起,砖石结构更有所发展。所谓“秦砖汉瓦”代表着中国建筑的主要传统材料,它们与木材结合使用,形成了独特的中国木结构体系。

以后经过长期实践经验的积累,逐步形成了许多可以指导工程设计、施工的法规,并编写出了一些优秀的著作。如北宋时期,喻皓著的《木经》(我国第一部木结构建造手册)、李诫编纂的《营造法式》(1103年颁行,是我国第一部建筑标准法规)等。

这一时期,中国的土木工程取得了辉煌成就,建造了许多举世瞩目的重大工程,如长城(秦始皇于公元前214年基本建成)、都江堰(四川灌县,公元前256~前251年李冰

父子主持建成,见图 1-1)、赵州安济桥(河北赵县,公元 595~605 年隋代李春建造)、佛光寺大殿(山西五台县,建于公元 857 年唐宣宗时代)、佛宫寺木塔(山西应县,建于公元 1055 年)以及京杭大运河、北京故宫等,都是我国现存的具有代表性的著名土木工程。

1.2.1.2 近代土木工程施工

从 17 世纪中叶开始至 20 世纪 40 年代爆发第二次世界大战为止,是近代土木工程时期。在这一时期,土木工程作为一门技术科学进入了定量分析阶段,成为有理论基础的独立学科。

这个时期土木工程的主要特征是:在材料方面,由木材、石料、砖瓦、石灰发展到开始使用铸铁、钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土;在应用理论方面,材料力学、理论力学、结构力学、土力学、结构设计理论等学科逐步形成,使保证工程结构的安全与经济成为可能;在施工技术方面,由于不断出现新的机械和新的工艺,带来了施工技术进步、建设规模扩大、建造速度加快的效果,从而使土木工程发展到包括房屋、道路、桥梁、铁路、港口、市政等各类工程设施领域。15 世纪以后,随着近代自然科学的诞生和发展,奠定了土木工程的理论基础。1638 年伽利略首次用公式表达了梁的设计理论,成为材料力学的开端。1687 年牛顿总结的力学运动三大定律,至今仍是土木工程设计理论的基础。从此土木工程设计进入了定量分析的新阶段。18 世纪下半叶,蒸汽机的使用推动了工业革命。规模宏大的工业革命为土木工程建设提供了多种性能优良的建筑材料和施工机具,从而使土木工程以空前的速度向前迈进。

1850 年波特兰水泥开始生产;1856 年发明了转炉炼钢法,钢材越来越多地应用于土木工程;1875 年法国建成了第一座长 16m 的钢筋混凝土桥。在这个时期,土木工程施工方法也开始了机械化和电气化的进程,钻探、挖掘、起重等现场施工的专用机械相继使用。

工业革命还从交通方面推动了土木工程的发展。1825 年建成了世界上第一条铁路,出现了现代形式的梁式桥、拱桥。20 世纪初出现了飞机,机场工程迅速发展起来。1937

年美国旧金山建成的金门悬索大桥(跨度 1280m,见图 1-2)是公路桥的代表性工程。

工业的发展和城市人口的集中,使工业厂房向大跨度发展,民用建筑向高层发展。1931 年美国纽约帝国大厦落成(102 层,高 378m),它保持世界房屋建筑最高纪录达 40 年之久。1906 年和 1923 年美国旧金山和日本关东地区先后发生强烈地震,这些自然灾害推动了结构动力学和工



图 1-1 都江堰水利工程



图 1-2 金门悬索大桥

程抗震技术的发展。

近代土木工程发展的另一个重要标志是预应力混凝土的研究与应用。1886年美国首次应用预应力混凝土制作建筑构件。自20世纪30年代开始,预应力混凝土便广泛地进入工程领域。这一新技术的诞生把钢筋混凝土结构的应用推向了新阶段。

在这一时期,由于中国清朝政府实行闭关锁国政策,致使我国近代土木工程发展缓慢,直到清末才引进一些西方技术。20世纪早期,中国工程师设计并修建了一批大型土木工程,其中具有代表性的工程有:1909年杰出工程师詹天佑主持修建的京张铁路,1937年著名桥梁专家茅以升主持建成的钱塘江大桥,均达到了当时土木工程技术的世界先进水平。

随着土木工程学科的建立,近代土木工程教育也开始创立。1747年法国创立了巴黎路桥学校,培养道路桥梁和河渠方面的专业人才。中国土木工程教育事业始于1895年创办的天津北洋西学学堂(后称北洋大学,今天津大学)和1896年创办的北洋铁路官学堂(后称唐山交通大学、唐山铁道学院,今西南交通大学)。1912年中国第一个工程学术团体“中华工程师学会”成立,詹天佑为首任会长。

1.2.1.3 现代土木工程施工

1945年第二次世界大战结束后,社会生产力出现了新的飞跃,现代科学技术突飞猛进,土木工程进入一个新时代。现代土木工程以现代社会生产力发展为动力,以现代科学技术为背景,以现代工程材料为基础,以现代施工工艺与机具为手段,高速度地向前发展。工程功能化、城市立体化、交通高速化已成为现代土木工程的主要特征。

现代土木工程的功能化问题日益突出,工程设施要求与其使用功能或生产工艺更紧密结合。以住宅建筑和公共建筑为例,它已不再仅仅是徒具四壁的房屋了,而是要求具有采暖通风、给水排水、供电燃气、防水防火、装修装饰功能,乃至使用通信、计算机网络和智能化成套技术。高层建筑成了现代化城市的象征,由于设计理论的进步,材料与施工技术的改进,高层建筑出现了许多新的结构体系,如框架—剪力墙、筒中筒结构等。

为了满足现代世界人、物和信息的交流,要求交通高速化。高速公路虽于1934年就在德国出现,但世界范围内大规模修建发生于第二次世界大战后。至1983年,全世界已建成高速公路达11万km。我国的高速公路建设起步较晚,这几年发展迅速,至今已建成高速公路超过9.6万公里,已成为世界上具有总里程最多的国家之一。与此同时,铁路也实现了电气化和高速化,日本的“新干线”铁路和法国TGV北方线的高速铁路运行时速分别达每小时210km和300km。我国设计运行时速超过每小时300km的铁路已经有2.4万多千米投入运营,全国高铁路网已经形成。交通的高速化直接促进了长大桥梁与隧道技术的发展。

大跨度的悬索桥、斜拉桥大量兴建。现代航空与航海事业得到飞速发展。大型机场工程遍布世界各地,全球国际贸易港口超过2000个,中国的上海、塘沽、广州、北仑、大连、青岛等港口也逐步实现了现代化。

在这一时期,对土木工程有特殊功能要求的各类特种工程也发展起来。例如,核电站、海上钻井平台、电视塔工程等。这些特种工程所处环境险恶、荷载复杂、施工困难,必须运用现代科学技术,才能实现建造目标。

纵观现代土木工程的发展,主要在工程材料、施工技术和理论分析三个方面不断出现

新的进步。工程材料进一步轻质化和高强度化,工程用钢普遍采用低合金钢,节约了钢材用量并改善了结构性能。强度达到 1860MPa 的高强钢丝和钢绞线已在预应力混凝土结构中得到普遍使用。钢绞线的大量生产,使长大预应力混凝土桥梁和房屋结构得以推广。现代化的大跨度建筑、高层建筑和结构复杂的特种工程都迫切要求混凝土进一步轻质高强度化。通过在水泥中掺加硅粉、粉煤灰及早强剂、速凝剂等外加剂已能配制出强度为 C50~C80 的高性能混凝土和高强混凝土,其应用亦已相当普遍。此外,铝合金、石膏板、建筑塑料、玻璃幕墙等一系列新的工程材料也为土木工程广泛采用。

第二次世界大战以后,战后恢复的大规模现代化建设促进了施工的工业化。人们力求在工厂中成批生产各种房屋和桥梁的构配件,然后运到现场装配。在 20 世纪 50 年代后期,这种预制装配化生产的潮流几乎席卷了以建筑工程为代表的许多土木工程领域。自 1970 年以来,工地开始使用大吨位塔式吊车,显著地提高了现场装配化水平。集中搅拌生产商品混凝土和混凝土运输车已相当普遍。当前,我国主要城市的商品混凝土普及率已达到 70% 以上。混凝土的泵送高度可达 400m。许多先进的施工方法如滑模、爬模得到了普遍采用。

理论上的成熟和进步是现代土木工程的一大特征。一些新的理论和分析方法,如计算力学、结构动力学、实验力学、随机过程理论等已深入到土木工程的各个领域。特别是随着计算机的问世和普及,许多过去不能分析也难以模拟的工程问题逐步得到了解决;又如计算机辅助设计、辅助制图、现场管理、网络分析、结构优化以及人工智能、专家系统等都已渗透到土木工程的各个方面。

此外,从 20 世纪 50 年代开始,在弹性与极限设计理论基础上,一些国家将可靠性理论引入土木工程领域。我国的一些工程结构设计标准,已将基于概率分析的可靠性理论应用于工程设计。考虑结构安全与耐久性的设计思想将进一步完善工程结构的设计理论。

总之,人类进入 20 世纪以后,随着科学技术的发展,土木工程技术得到了蓬勃发展。特别是钢材及混凝土在土木工程中的应用以及 20 世纪 20 年代后期实现了两个飞跃:高强度钢材和预应力混凝土的研制成功,使建造摩天大楼和跨海大桥成为可能;计算机的开发应用使土木工程的计算分析、设计、施工、管理呈现出全新的面貌。

进入 21 世纪后,中国的土木工程领域飞速发展,大桥飞架、高楼林立、道路纵横,伴随着中国城镇化的加速发展,中国的土木工程无论在建设规模还是发展速度上都令世界惊叹:高速公路从零起步,到 2015 年底已经达到 12.3 万 km,跃居世界第一;桥梁建造数量平均每年约 1 万座,至 2012 年底的中国公路桥梁和城市桥梁已分别建成 71.3 万座和 5.8 万座,占世界桥梁建设的一半以上,五十几座大桥横跨长江,桥梁建造技术已达到世界领先水平;已建成 9000 多座各类隧道与城市地铁工程;港口吞吐量居世界前列;举世瞩目的三峡工程、南水北调、西气东输工程顺利推进;世界海拔最高的青藏铁路已经通车,时速 350km 的京沪高速铁路建成开通;我国每年都要建设住宅 12 亿至 14 亿 m^2 ;以奥运工程为代表的大型体育场馆等公共建筑大量建造,如图 1-3 所示。预计至少到 2020 年,我国将持续地进行世界最大规模的工程建设,中国无疑将是世界公认的土木工程大国。然而,为了成为世界土木工程强国,我们还要不断提高自主创新的技术竞争能力,这是当代中国土木工程建设者的重大历史使命。



图 1-3 国家体育场（鸟巢）

1.2.2 土木工程施工发展趋势

1.2.2.1 科技化趋势

为实现经济效益最大化，土木工程施工技术发展必须要通过结合先进科学技术降低工程造价。先进科学技术可以降低工程过程中的人工费用以及机械设备费用，提高工作效率，促使工程实现机械化、智能化、自动化施工，而且土木施工技术在先进科学技术的推动下实现多方面发展，对原有施工技术中所存在的不足进行改善，进而达到提高施工效率的目的。

现如今的土木工程建筑单位施工还是以控制成本为主，但是未来工程造价中成本核算需要考虑到施工方面的新技术应用，需要采用新型的高科技来满足市场上对于生态环境以及质量效益的各种要求，将更多的资金投入推动施工技术的自动化、信息化以及智能化的发展上，努力降低一些不必要的人工费用，使得施工过程和科技能够很好的结合在一起，将科学技术作为施工过程中的第一生产力。

1.2.2.2 自动化趋势

随着计算机信息技术的快速发展，计算机学科与土木工程学科产生了极大的交叉和相互融合，计算机的高效计算、快速传输为土木工程的发展带来了极大的创新机遇。在计算机智能化的发展趋势下，土木工程施工技术也必然朝着更加自动化的趋势发展。

为实现自动化施工技术必须对传统的施工技术以及施工方式进行改革。这种自动化趋势主要体现在建设设备的使用上，例如采用标准化的技术对施工技术进行改革，施工方式可以采用流水线型或者互换型，进而可以实现高效的施工生产。这为自动化施工打下了基础，之后通过引进先进的机械设备，以实现自动化施工。

相较于传统的施工设备，现代化的电子设备嵌入到施工机具中，赋予了施工机具更加灵敏的反应能力以及更加精确的施工能力。在软件技术与电子技术的支持下，土木

工程施工技术必然会实现自动化测量技术、自动化检测技术等,进一步实现土木建设的自动化。

1.2.2.3 生态化趋势

世界环境问题愈演愈烈,在我国城镇建设过程中,雾霾、沙尘暴等恶劣天气现象的出现,已经广泛引发了社会各界对建筑施工的生态问题的关注。实际上,在土木工程施工中,施工人员要重视自然环境,注重对生态的保护,在工作中应该尽量采用低污染低能耗的环保材料,实际施工中要尽量避免采用有噪声污染的工程设备,保证与当地环境的和谐共存。土木工程的出现主要是为了改造和利用大自然,为人们提供便利,同时,还要保证施工技术符合生态化趋势要求。因此,土木施工技术的创新必须要以降低对环境的污染为前提,同时在施工过程中,通过使用环保建材,合理开发等方式,实现与环境的协调发展。

目前,我国土木工程的某些领域已处于世界先进行列,但我国土木工程的设计、施工和理论研究方面的总体水平与发达国家相比还有一定的差距。展望未来,不仅要加强新型结构形式、新型建筑材料、新的技术手段的理论探索和应用研究,更要加强土木工程二级学科间理论和技术的融合与渗透,实现土木工程的更大突破。

1.3 土木工程施工规范、规程

土木工程标准、规范、规程是我国土木工程界常用的标准表达形式,以土木工程科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由国务院有关部委批准、颁发,作为全国土木建筑界共同遵守的准则和依据。共分为四级:国家、专业(部)、地方和企业。土木工程施工方面的规范按土木建筑工程中的各分部工程,分别有《土方与爆破工程施工及验收规范》、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》、《砌体结构工程施工质量验收规范》、《混凝土结构工程施工质量验收规范》、《屋面工程质量验收规范》、《建筑装饰装修工程质量验收规范》等,由住房和城乡建设部、国家质量监督检验检疫总局颁发。施工规范是施工过程中必须执行的一种重要法规,其目的是为了加强工程的技术管理和统一施工验收标准,以达到提高施工技术水平、保证工程质量和降低工程成本的目的。

施工规程是比规范低一个等级的施工标准文件,由各部委、地方行政部门、行业协会或重要的科学研究单位编制,呈报规范的管理单位批准或备案后发布试行。它主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺而制定的标准。如《高层建筑混凝土结构技术规程》、《钢-混凝土组合楼盖结构设计与施工规程》、《整体预应力装配式板柱结构技术规程》等,其规定范围包括设计计算和构造要求以及施工和验收要求。在规程试行一段时间后可升级为国家规范,规程与规范的内容不能抵触,如有不同,应以规范为准。

对于规范和规程中有关规定条目的解释,由其发布通知中制定单位负责,随着设计和施工水平的提高,规范和规程需要不断进行补充修订。

工法是以工程为对象,工艺为核心,运用系统工程原理,把先进技术与科学管理相结合,经过工程实践总结形成的,较为成熟的综合配套技术的应用方法。它具有新颖、适用和保证工程质量、提高施工效率、降低工程成本等特点,是指导企业施工与管理的一种规范文件,并作为衡量企业技术水平和施工能力的重要标志。工法分为一级、二级、三级三

个等级，内容包括工法特点、适用范围、施工程序、操作要点、机具设备、质量标准、劳动组织及安全，经济技术指标和应用实例等。

思考题

1. 土木工程施工是一门怎样的学科？
2. 土木工程施工的历史进程中转折点在何处？
3. 土木工程施工为我们的生活带来了哪些改变？
4. 土木工程施工未来的发展趋势有哪些？
5. 施工规范、规程及工法的定义是什么？各有什么作用？

万丈高楼平地起，土方工程是土木工程施工的主要工种之一，也是建筑工程施工的第一步。常见土方工程内容有：场地平整、浅基础（基槽、基坑）与管沟开挖与回填、路基开挖、深基坑开挖、地坪填土、路基填筑以及排水、降水、基坑支护等准备工作和辅助工程。

土方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点；土方工程施工受气候、水文、地质、场地限制、地下障碍等因素的影响，加大了施工的难度。在土方工程施工前，应详细分析与核对各项技术资料（如地形图、工程地质和水文地质勘察资料、地下管道、电缆和地下地上构筑物情况及土方工程施工图等），进行现场调查并根据现有的施工条件，制定出技术可行、经济合理的施工方案。

2.1 土的基本性质

2.1.1 土的工程分类

土的种类很多，分类方法多种多样，例如按土的颗粒级配或塑性指标分类、按土的沉积年代等。而其中土的开挖难度对土方工程的影响最大，直接影响施工方法的选择、劳动量的消耗和工程的费用，按土开挖的难易程度将土分为：松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。松软土和普通土可直接用铁锹开挖，或用铲运机、推土机、挖土机施工；坚土、砂砾坚土和软石要用镐、撬棍开挖，或预先松土，部分用爆破的方法施工；次坚石、坚石和特坚石一般要用爆破方法施工。故按施工时开挖的难易程度分为八类，前四种属于一般土，后四种属于岩土。土的工程分类见表 2-1。

土的工程分类

表 2-1

| 类别 | 土的名称 | 可松性系数 | | 密度 (t/m^3) | 开挖方法 |
|---------------|--|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
| | | K_s | K'_s | | |
| 第一类 (松软土) | 砂土；粉土；亚砂土；冲积砂土层；疏松的种植土；泥炭（淤泥） | 1.08~1.17 | 1.01~1.04 | 0.6~1.5 | 用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬 |
| 第二类 (普通土) | 粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂、粉土混卵（碎）石；种植土、填筑土 | 1.14~1.28 | 1.02~1.05 | 1.1~1.6 | 用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松 |
| 第三类 (坚土) | 软黏土及中等密实黏土；重粉质黏土；粗砾土；干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土；压实的填筑土 | 1.24~1.30 | 1.04~1.07 | 1.75~1.9 | 主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍 |
| 第四类 (砂砾坚土) | 坚硬密实的黏土及含碎石、卵石的中等密实的黏土和黄土；粗卵石；密实的黄土；天然级配的砂石；软泥灰岩及蛋白石 | 1.26~1.37 | 1.06~1.09 | 1.9 | 先用镐和撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤 |
| 第五类 (软石) | 硬石炭纪黏土；中等密实的页岩，泥灰岩白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰及贝壳石灰石 | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 | 1.1~2.7 | 用镐、撬棍或大锤挖掘，部分使用爆破方法 |
| 第六类 (次坚石) | 泥岩；砂岩；砾岩；坚实的页岩；泥灰岩；密实的石灰岩；风化的花岗岩；片麻岩及正长岩 | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 | 2.2~2.9 | 用爆破方法开挖，部分使用风镐 |
| 第七类 (坚石) | 大理岩；辉绿岩；粉岩；粗、中粒花岗岩；坚实白云岩、砾岩、片麻岩、石灰岩、有风化痕迹的安山岩、玄武岩 | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 | 2.5~3.1 | 用爆破方法开挖 |
| 第八类 (特坚石) | 安山岩；玄武岩；花岗片麻岩；坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、粉岩、角闪岩等 | 1.45~1.50 | 1.20~1.30 | 2.7~3.3 | 用爆破方法开挖 |

2.1.2 土的基本性质

通常，土是由固体颗粒、水和气体三部分组成，这三部分常被称为土的三相，分别对应着固相、液相和气相。当土中孔隙为水和气体共同填充，即土为三相时，称为湿土或非饱和土；特殊情况下，土为两相时称为饱和土或干土。三相互相之间比例不同所对应的土