

TU
L98

781

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育委员会 审定

土木工程(专业)概论

主 编	罗福午
参 编	刘伟庆
	王毅红

武汉工业大学出版社

内 容 提 要

《土木工程(专业)概论》是一本供土木工程专业所开设“土木工程概论”课程用的教科书,也是一本对学生进行专业思想教育的教材。其内容围绕以下4个方面展开:①为什么学习——阐述了土木工程专业的培养目标和对所培养人才的素质要求。它是学习的目的;②学习什么——概述了土木工程,其中着重介绍了建筑工程、桥梁工程、道路工程、铁路工程和隧道工程,以及土木工程建设中的若干主要问题。它是学习的对象;③怎样学习——介绍了土木工程专业的课程设置、教学安排和学习方法要点。它是学习的内容;④为何这样学习——讲述了大学学习的规律、原则和主要原理。它是学习的理论。

本书的作用是指导大一新生了解专业,引导他们适应大学生活,遵循学习规律,掌握学习方法,建立热爱土木工程的感情和对土木工程事业的责任心,为今后积极主动地学好课程,培养自主学习的能力打下思想基础。

本书也可供高等专科学校、高等职业技术学校教学用,以及供土建工程技术人员了解土木工程用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程(专业)概论/罗福午主编. —武汉:武汉工业大学出版社,2000.2
ISBN 7-5629-1542-3

I. 土… II. 罗… III. ①土木工程-高等学校-教材 IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 11128 号

出版者:武汉工业大学出版社(武汉市:武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

印刷者:武汉工业大学出版社印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16 印张:9.75 插页:2 字数:320 千字

版 次:2000 年 2 月第 1 版 2000 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5629-1542-3/TU·128

印 数:1—10 000 册

定 价:13.80 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

前言

在跨入高等学校大门,准备接受土木工程专业教育的时候,每个学生都渴望了解:

——土木工程在我国社会主义建设中的地位和作用,当前土木工程的概貌和未来土木工程的发展。

——学校将通过哪些途径把自己培养成具有怎样素质的土木工程技术人才?

——自己在学校环境里将学到哪些知识,获得哪些方法,培养哪些能力?

——在大学接受高等教育和在中学接受中等教育有何区别,怎样适应大学学习生活,怎样最大限度地调动自己的学习潜能,发挥自己的学习主动性,施展自己的特长和才华?

“土木工程概论”就是在入学之初,为引导土木工程专业新生正确认识和处理上述4方面问题而设置的一门课程。其目的是,使学生认识土木工程的地位和作用,了解土木工程专业培养目标和教学内容,树立正确的学习观和工程意识,为今后在校学习,激发自己的学习潜能,打下良好的思想和方法基础。

为了达到这个目的,本课程要选择适宜的教学体系和教学内容,组成这本与课程名称相似的教科书,为课堂教学作准备;同时,还要采用恰当的教学方法,在专业培养和个人发展的“需要”,以及学生当前消化吸收的“可能”之间,架设一座“桥梁”。

本书第1章“专业培养目标和人才素质要求”,是土木工程专业素质教育的起点;第2章“土木工程概述”中的技术问题、管理问题以及第3章“土木工程专业教学安排”,是土木工程专业教学内容的核心;第4章“学习方法要点”,总结了大学学习方法的要领;第5章“学习原理”,从“学习论”的高度揭示学习的客观规律,激励学生的自主学习动力。

与本教科书相应的教学环节应采用多种教学方式相结合。它们是:

——理性传授和多媒体感性展现相结合;

——课堂讲解和现场教学参观相结合;

——课内教学和课外专业思想讨论相结合;

——言教和身教、认知教育和情感教育相结合;

.....

在上述教学环节中,教学过程不只是一个教师讲、学生听的过程,还是一个师生思想沟通、感情交流的过程。教师对土木工程事业的挚爱和敬业精神,会在很大程度上激发学生的学习热情。

与本教科书相应的“土木工程概论”的课程学时分配(参考)如下:

学时分配参考表

章次	内 容	学 时
1	专业培养目标和人才素质要求	2
2	土木工程概述	8~10
3	土木工程专业教学安排	3
4	学习方法要点	
5	学习原理	3
合 计		16~18

本书各章内容多于相应学时分配。教师在教学过程中可以有选择地应用。不同专业方向更应该有所侧重地选用不同内容。教师不讲的其余内容,留待学生自学。本书的第1、3、4、5章适用于大学的全学习过程,可以作为大学生在校期间完成学习任务的“参谋”。

本教科书为普通高等学校土木工程专业新编系列教材之一,由普通高等学校土木工程新编系列教材编审委员会组织撰稿。其中第1、3、4、5章由罗福午编写;第2章2.1,2.2.2~2.2.5,2.4由刘伟庆编写;第2章2.2.1,2.4.2由王毅红编写;第2章2.2.6~2.2.10,2.3,2.5由罗福午编写。全书由罗福午修改定稿。

编者
1999年12月

1 专业培养目标和人才素质要求

1.1 土木工程和土木工程专业

土木工程是建造各类工程设施的科学技术的总称。它既指与人类生活、生产活动有关的各类工程设施如建筑工程、公路与城市道路工程、铁路工程、桥梁工程、隧道工程等,也指应用材料、设备在土地上进行勘测、设计、施工等工程技术活动。土木工程是社会和科技发展所需要的“衣、食、住、行”的先行官之一;它在任何一个国家的国民经济中都占有举足轻重的地位。

土木工程需要解决的问题,首先表现为形成人类活动所需要的,功能良好和舒适美观的空间和通道;它既有物质方面的需要,又有精神方面的需要。这是土木工程的根本目的和出发点。

土木工程需要解决的问题,其次表现为能够抵御自然或人为的作用力。前者如地球引力、风力、气温和地震作用等;后者如振动、爆炸等。这是土木工程之所以存在的根本原因。

土木工程需要解决的问题,第三表现为充分发挥所采用材料的作用。土木工程都是应用石、砖、混凝土、钢材、木材乃至合金材料、塑料等在地球表面的土层或岩层上建造的。材料所需的资金占土木工程投资的大部分。材料是建造土木工程的根本条件。

土木工程需要解决的问题,第四表现为怎样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、财力和物力,把社会所需要的工程设施建造成功,付诸使用。这是土木工程的最终归宿。

土木工程具有以下四个基本属性:

(1)社会性 土木工程随社会不同历史时期的科学技术和管理水平而发展。

(2)综合性 土木工程是运用多种工程技术,进行勘测、设计、施工工作的成果。

(3)实践性 由于各种影响土木工程的因素既众多又错综复杂,使得土木工程对实践的依赖性很强。

(4)技术、经济和艺术统一性 土木工程是为人类需要服务的,它必然是每个历史时期技术、经济、艺术统一的见证。

发展土木工程的根本因素是培养大批掌握土木工程科学技术,懂得土木工程基本属性,具有能解决上述四方面问题的人才。土木工程专业就是为培养这类人才所设置的学业门类。

土木工程专业在两类学校里设置:一是高等学校(包括普通高等学校,高等专科学校和高等职业技术学校),培养的是未来的土木工程师;二是中等专科学校,培养的是未来的土木工程技术人员。

1.2 我国高等学校土木工程专业的培养目标

我国高等学校土木工程专业的培养目标是:培养适应社会主义现代化建设需要,德智体全面发展,掌握土木工程学科的基本理论和基本知识,获得土木工程师基本训练(大专提获得土木工程师初步训练)的,具有创新精神的高级工程科学技术人才(大专提高级工程技术应用人才)。毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作,具有初步的工程项目规划和研究开发能力。

作为刚跨进高等学校大门的学生,理解本专业的培养目标,就是懂得“为什么学习”这个根本问题。这是由高等教育区别于中等教育的特点所决定的。

高等教育,就广义上说,是指一切建立在普通教育(中学进行的就普通教育)基础上的专业教育。高等学校里任何一个专业的培养目标,就是这个专业教育活动的根本出发点和归宿,也是高等学校所培养人才在毕业时预期的素质特征。大学生在学习过程中要按照这个目标接受教育,进行学习,在思想、知识、技能、能力、体魄等各方面严格要求自己。毕业时,用人单位将根据这个目标评价和选择每一个毕业生;学生自己则要

按照这个目标进行自我评价,选择适合自己发展的工作岗位。

1.2.1 关于科学、技术、工程和工程师的概念

为了认清土木工程专业的培养目标,需要讨论关于科学、技术、工程和工程师的概念。

(1)科学

科学指关于事物的基本原理和事实的有组织有系统的知识。科学的任务是研究关于事物和事实(自然界和社会)的本质和机理,以及探索它们发展的客观规律。其中,基础科学(Basic Science)如数学、物理、化学、天文、地学、生物等,其任务是研究自然界最基本的客观规律。近百余年来发展了技术科学(Technological Science),如固体力学、流体力学、机械学、电工学、电子学等,其任务是研究相邻几门工程方面共同性的自然规律。科学家(Scientist)则是从事科学研究的专门家,包括自然科学家和社会科学家。

(2)技术

技术指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种生产工艺、作业方法、操作技能、设备装置的总和。技术的英文名词有两个:Technology 和 Technique。前者全名为技术学,是一种学术,有它的理论基础,也有实用技术;后者是单纯经验性的技术。技术的任务是利用和改造自然,以其生产的产品为人类服务。其中工程技术有土木、机械、电机、电讯、化工、计算机等;农业技术有种植、畜牧、造林、园艺等。技术家(Technologist)则是从事技术工作的专门家、工程师、农艺师、医师等都称为技术家。

(3)科学和技术的区别和联系

科学和技术是两个不同的概念。它们的区别可以用表 1.1 加以概括(也见图 1.1)。

科学和技术的区别 表 1.1

	科 学	技 术
范 畴	知 识	实 践
目 的	解决是什么(What)和为什么(Why),以发现为己任	解决怎么做(How),以应用、革新、发明为宗旨
目 标	相对确定的[如图 1.1(a)]	相对不确定的[如图 1.1(b)]
方 法	侧重于分析,探索规律	侧重于综合,受到各种约束
评价标准	正(准)确与否	有效与否

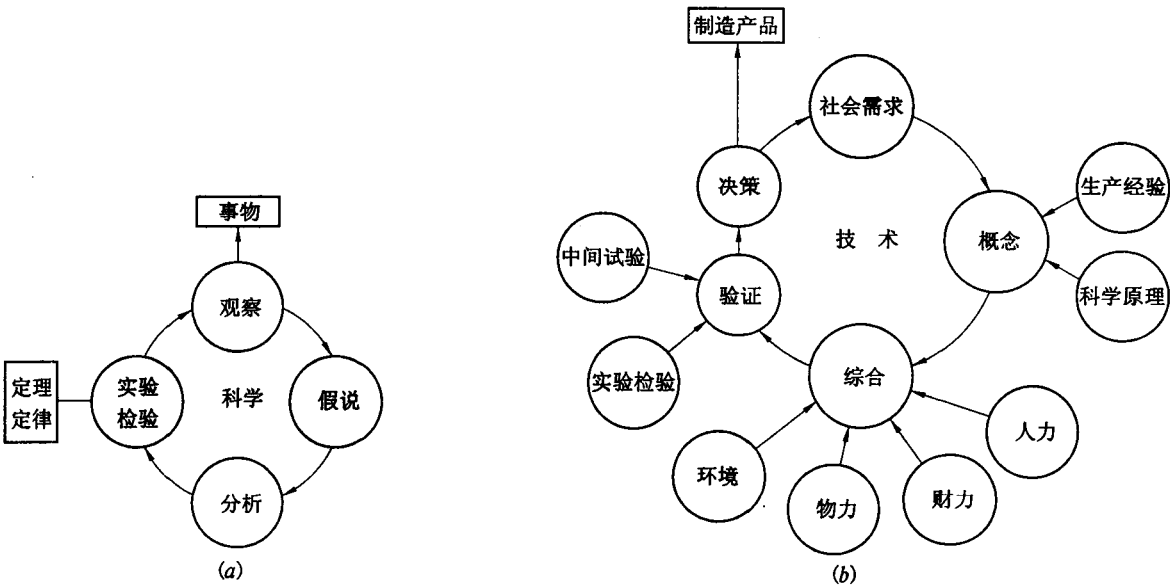


图 1.1 科学和技术的区别

但是,科学与技术又有联系。远古时期,生产力低下,人类凭借在生存中获得的经验形成各种技术,如种植技术、畜牧技术等。逐渐,人类开始有目的地观察自然现象,有意识地认识物质运动状态,从而产生了科学。

到了中古时期,随着封建社会的兴盛,科学和技术都得到发展:如哲学、天文学、物理学、医学等有较大发展,我国的火药、指南针、印刷术的技术发明对世界作出贡献,各国的建筑技术、航海技术等相继兴起。但是封建制度较长时期的存在总的还是抑制了科学技术发展。例如在中国,古代教育中多讲儒学,很少涉及科学和生产技术知识;在欧洲,学校教育内容主要讲修辞、神学、算术、天文学,而技术指匠人传授技艺,不能进入学校。从18世纪中到19世纪末,是近代科学技术发展时期。这时,科学促进技术进步,逐渐发展了技术学;技术又推动新的科学理论不断涌现。例如人们对热现象的科学研究促进了蒸汽机的发明和改进,也为热力学的产生准备了条件,而热力学的研究又指导了内燃机的研制。19世纪末,很多大学开设了科学和技术的课程,技术学进入了大学。到了20世纪,科学和技术紧密相连,如现代物理学推动了原子能利用,电子技术产生了电子计算机带动着一切学科的发展等等。与此同时,技术科学得到迅猛发展,它们愈来愈成为大学中的重要学科,与各种工程相应的工程技术课程也得到应有发展。

从上述科学技术发展简史看,科学是基础,应用科学原理可以开发技术;技术的发展,会出现新的现象和问题,人们对它们进行研究,就能进一步发展科学。所以,科学与技术相互促进,相辅相成,而且互相渗透,两者之间没有明确的界限。但是,科学与技术毕竟是两个不同的概念。

(4)工程

工程是将自然科学的原理应用到工农业生产部门中去而形成的各学科的总称……,其目的在于利用和改造自然来为人类服务(《辞海》);但工程并不等于科学。

工程是应用科学知识使自然资源最佳地为人类服务的一种专门技术(《简明大英百科全书》);但工程并不等于技术,它还受到政治、经济、法律、美学等非技术内容的影响。工程是利用和改造自然的实践过程;技术存在于工程之中。

工程中含有丰富的艺术内涵,包括工程形象的创造、工程管理的艺术以及工程师的想象力和创造力……,但工程不等于艺术。

工程的完整概念是运用科学原理、技术手段、实践经验,利用和改造自然,生产开发对社会有用的产品和实践活动的总称;任何工程都是工程师(含建筑师、工艺师等)的艺术作品和全体工程人员的劳动成果。

工程和各方面的关系见图1.2(a),以房屋建造为例如图1.2(b)。

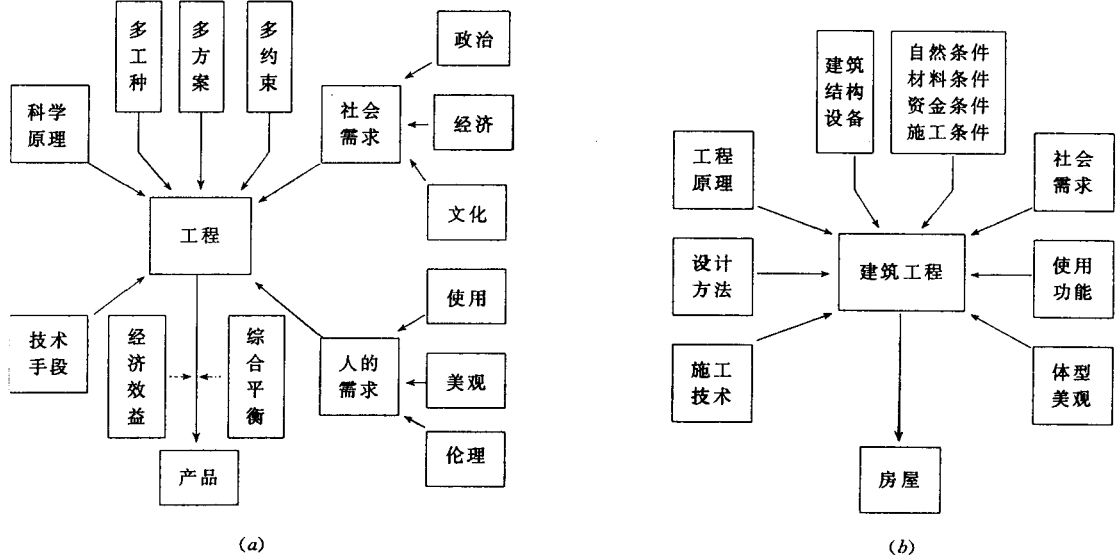


图1.2 工程和各方面的关系
(a)一般过程;(b)建筑过程

(5)与工程有关的科学技术概貌

以土木工程为例,如图1.3所示。

(6)工程师

工程师是从事工程活动的技术家。工程师具有的特征可以从其英文名词 Engineer=Engine+er 上看出

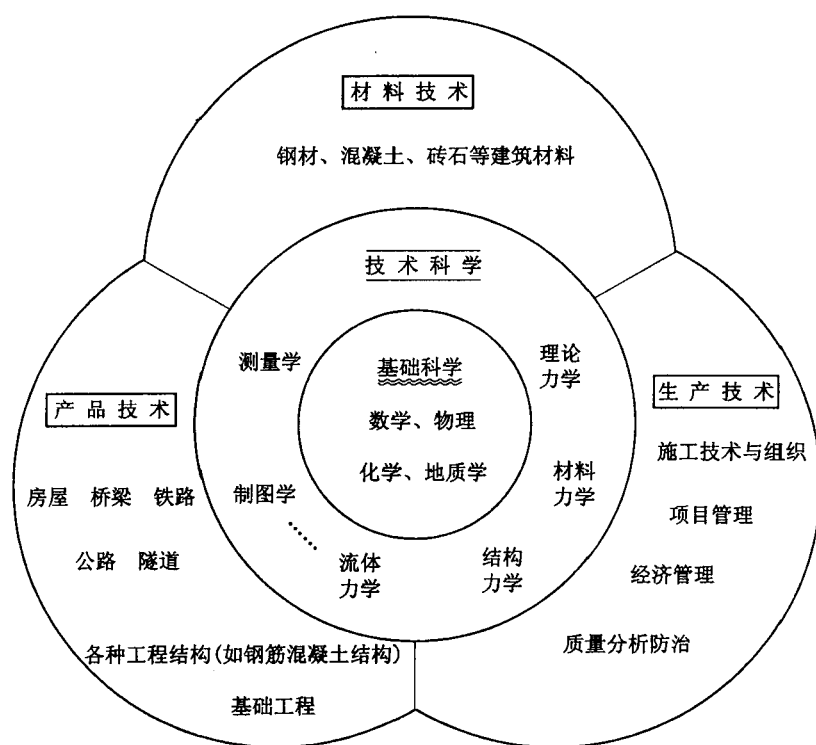


图 1.3 土木工程和有关科学、技术的关系

来。Engine 指发动机,是实现一个目标的原动力;它的同义词 ingenuity 指创造性。可见,工程师必须具有创新精神,是工程的原动力、启动者;工程师的核心职能是革新和创造。工程师有三种类型:

①技术实施型 他们是在工业生产第一线从事工程设计、制造、施工、运行等技术工作的人才。他们应该善于解决工程实施中出现的各种复杂的技术问题。这类人才约占工程师总数的 65%~75%。

②研究开发型 他们是从事工程技术开发研究、工程基础研究(或称技术科学研究)的人才。他们应该具有开发新材料、新工艺、新产品,使工业生产具有竞争力的能力。这类人才约占工程师总数的 15%。

③工程管理型 他们是以技术背景为主的从事规划、管理、经营、销售等工作的人才。他们的知识面要宽、组织能力要强,对工业生产的发展有洞察力和识别力。他们约占工程师总数的 10%~20%。

在工程实践中,这三类工程师往往因工作需要而互换。每一个成为工程师的人都应该胜任这三类工程师的工作。因而,对工程师的素质要求应该是:

①有较强的基础科学和技术科学的理论基础(包括数学、物理、化学以及与工程有关的技术科学、工程技术)和较宽的知识面(包括政治、经济、社会学、伦理学、环境学、法律、美学、方法论等)。

②具备以下几方面的能力:

- a. 设计能力 进行工程的设计和技术标准、法规的制订。
- b. 实施能力 掌握生产工艺、技术设施,主持生产运行,能解决实践中遇到的复杂问题。
- c. 开发能力 具有新概念,对工程发展有预见,具备开发新技术的能力。
- d. 管理能力 能够系统地进行规划、管理、经营,使工业生产在尽可能少的投入下获得尽可能多的社会效益和经济效益。
- e. 评价能力 对现有工程进行政治、经济、技术、质量、效益等方面的评价。

显然,具有本科学历的工程师和具有大专学历的工程师(可称技术工程师)所从事的工作和对人才的素质要求是不一样的。后者主要从事工业第一线的制造、施工、运行、维修、测试等方面的工艺、技术、管理工作,能解决工程实施中遇到的一般性问题;他们在理论基础方面的要求可以较低一些,但知识结构带有很强的实用性;他们在基本技能方面(如制图、测试、工艺操作等)应有较高的要求。

科学家、具有本科学历的工程师和具有大专学历的技术工程师在工作意向、工作特征、才能要求方面的区别如表 1.2 所示。

科学家、工程师、技术工程师的差异

表 1.2

	科 学 家	工 程 师	技术工程师
工作意向	对自然或社会现象为什么会发生和怎样发生有兴趣 有志于研究和发现未知世界的事实及其规律	对工程技术问题为什么会发生和怎样发生有兴趣 有志于研究、开发新技术和新设计,即在已有社会中创造尚没有的世界	对工程技术问题怎样做,怎样解决有兴趣 有志于一般性的设计、制造、试验、检查、质量控制、工程管理,即实现、完善、改进已有的世界
工作特征	开展基础理论、应用科学或技术科学原理的研究	发展用于未来的新技术、新设计、新工艺、新材料、新方法	将已有的科技知识应用于日常生产,节约材料、节约能源,进行技术革新
才能要求	探索者 开拓者 发现者 新概念创造者	设计者 开发者 新技术形成者 标准制订者 能规划 能预见 能系统地处理问题 能评价	生产技术的管理者 技术标准的执行者 技术措施的处理者 技术革新的推行者 能设计 能制造 能组织 能判断

1.2.2 对于我国高等学校土木工程专业培养目标的理解

(1)高等学校土木工程专业培养人才的目的,是塑造能为祖国社会主义现代化建设服务的第一线的土木工程师。由于在校进行的是工程师的基本(或初步)训练,学生毕业后只能是助理工程师。他们必须经过一定的实践锻炼和考核,才能成为工程师。

(2)土木工程专业所培养的未来工程师,属于技术家的范畴。本科生在学习过程中既要重视基础科学和技术科学的学习,又要重视本专业工程技术的学习;其中更为重要的是打好扎实的技术科学理论基础。大专生则要在学好基本的基础科学和技术科学理论上,更加重视本专业工程技术知识和技能的学习和应用。

(3)由于我国目前土木工程企事业部门多数还不能承受学生大学毕业后的专业技术培训任务,大学本科或专科都是一个“独立的培养阶段”;所以在大学教学和大学学生的学习过程中必须既要重视基础理论的学习,又要重视与工程实践有关的技能和能力训练,还要重视工程意识和创新精神的培养和形成,以便使学生毕业后较快地担任工程任务。

(4)社会对人才的需求和学校对人才的培养之间存在着两个根本矛盾:①社会需求的多样性和学校培养人才的规格较为单一之间的矛盾;②社会需求的可变性和学校教学的相对稳定性之间的矛盾。此外,人的个性发展需要和学校规定的学习内容之间也不一定协调。因此,学生在学好本专业规定的必修课之外,还应该具备一些其他知识面,以适应多样和多变的社会需求和个性发展的需要。

(5)培养目标“高级技术人才”中的“高级”二字,是相应于高等工程教育,相对于中等工程教育而言的。高等教育培养的人才才有四个层次:①博士生;②硕士生;③本科生;④大专生。所培养的人才都称为“高级……人才”;只有属于中等教育的中学和中专,所培养的人才才称为“中级……人才”。必须十分清楚,培养高级技术人才绝不是说工科大学生毕业后就成为高级工程师。高级工程师的称号是取得工程师称号的人经过较多的实践锻炼并在工程实践中作出较大贡献后才能获得的。

1.3 当前土木工程专业对所培养人才的素质要求

人的素质,按心理学解释,指“人的先天的主要在神经系统和感觉器官方面的生理解剖特点”,是人的心理发展的生理条件。而按教育学解释,则指“人在先天生理基础上受后天环境、教育影响,通过个体自身的认识与社会实践,养成的比较稳定的身心发展的基本品质”。

显然,后一解释更符合面向 21 世纪素质教育的需要。有人认为 21 世纪的工程师至少要做好回答以下 4 个问题的准备:

- ①会不会去做 能否在科学技术上解决工程中的难题。
- ②可不可以做 能否在政策法规下遵照法律把事办成。
- ③值不值得做 能否在人、财、物和时空约束下经济合理地完成任务。
- ④应不应该做 能否自觉地考虑生态可行性和工程持续性。

顺着这个思路去寻索土木工程专业对所培养人才应有的素质要求,是有志于学习土木工程专业的大学生今天应该追求的基本品质。它们大体有:

(1)认知方面——具有下列学科的知识 and 理解能力

- ①数理化基础理论的原理和方法;
- ②与专业需要相应的工程图学、工程力学、材料学、计算机科学、测量学……的原理、方法和应用;
- ③本专业主要的工程技术(原理、设计、分析、工艺、测试、处理、评价……)的知识和方法;
- ④与经济分析(成本、市场价值等)、技术经济(效益、评价等)、管理、建设法规等有关的知识;
- ⑤哲学及方法论、经济学、历史、法学、伦理、社会学、文学、艺术等人文社会科学方面以及军事方面的基本知识。

(2)技能和能力方面

- ①关于信息的技能和能力 获取、贮存、记忆、交流信息的技能(文献检索、写作表达、外语四会……),由此形成很强的自主学习能力;
- ②关于应用的技能和能力 运算、实验、测试、计算机应用、设计、绘图、操作等技能,由此形成较强的解决实际技术问题(尤其是本专业的设计和施工)的能力;
- ③关于心智的技能和能力 逻辑的、辩证的、形象的、创造的思维方式和对事物进行条理、统计、分析、综合、归纳、评价的技能,由此形成独立见解和研究、开发的创新能力;
- ④关于公关活动的技能和能力 交谈、联络、协调、合作、管理等方面的技能,由此形成的初步组织管理能力;
- ⑤关于体魄方面的技能和能力 掌握科学锻炼身体的基本技能,养成良好的体育锻炼和卫生习惯,受到必要的军事训练,达到国家规定的有关合格标准,能履行建设和保卫祖国的神圣义务。

(3)思想和情感方面

- ①政治品质 热爱祖国,拥护中国共产党和国家的路线方针,懂得政策,有法制观念,对思潮有辨别力。
- ②思想品质 懂得马列主义、毛泽东思想、邓小平理论的基本原理,树立辩证唯物主义世界观,走与工农群众、与生产劳动相结合的道路,对土木工程事业有情感、有信念、有责任心。
- ③道德品质 遵纪守法,有良好的品德修养和文明的行业准则,有鲜明的职业道德。

(4)意识和意志方面——建立下列与工程意识有关的意识和意志

- ①实践意识 一切从实际出发,实践检验是唯一标准。
- ②质量意识 对质量方针政策、现象、原因、危害的全面认识并能确保质量。
- ③协作意识 能与周围群众协同工作,协调配合。
- ④竞争意识 力争上游,在相互竞争中求发展。
- ⑤创新意识 鄙薄墨守成规,追求新意境、新见解。
- ⑥坚毅意志 克服困难、调节行动,顽强实现预定目标。

(5)心理和体魄方面

- ①学风上的勤奋、严谨、求实、进取;
- ②作风上的谦虚、谨慎、朴实、守信;
- ③健全的体质、良好的体能;
- ④旺盛的精力、活跃的思路。

思 考 题

1. 试述培养目标、大学生基本素质要求和学习目的之间的联系和区别。
2. 你在入学前的职业意向和本专业培养目标一致吗？如果一致，你准备怎样实现培养目标；如果不一致，你准备怎样进行调整？
3. 你对于人的素质是怎么看的？通过本章学习你认识到大学生全面素质包括哪些？为什么说在大学阶段培养学生的全面素质十分重要？
4. 大学生基本素质要求和发展大学生个性特征之间有什么关系？
5. 什么样的人科学家、工程师和技术工人？试述科学家、工程师以及技术工人对社会的贡献应该各是什么？它们间哪些是共同的，哪些却有很大不同？
6. 举例说明你所了解的本专业领域内属于科学的问题、属于技术的内容以及属于工程的表现各是什么？它们间哪些是共同的，哪些有很大不同？
7. 你当前认识到在高等学校工学院里工程师基本(初步)训练的内涵是什么？你准备怎样致力于这种训练？这种训练中最关键内容是什么？
8. 你为什么报考工科，为什么报考土木工程专业？你所了解到的学习本专业后未来从事的职业是什么？谈谈自己对未来的设想。
9. 你认为“高级工程科学技术人才”和“高级工程技术应用人才”两种培养目标有什么区别？
10. 工科大学培养的人才和实际工作岗位上的工程师之间有哪些重大差别？工科大学生毕业后成长的道路是什么？对于这条道路，工科大学生在校学习期间应该怎样有意识地进行模拟性的实践？

2 土木工程概述

2.1 土木工程的内涵和发展简史

2.1.1 土木工程的内涵

土木工程是一种工程分科,指用石材、砖、砂浆、水泥、混凝土、钢材、钢筋混凝土、木材、建筑塑料、铝合金等建筑材料修建房屋、铁路、道路、桥梁、隧道、运河、堤坝、港口等工程的生产活动和工程技术。这种生产活动和工程技术,包括对上述各类工程的勘测、设计、施工、保养、维修等活动以及它们所需要的相应工程技术。

土木工程也是一种学科,称为土木工程学。它是指运用数学、物理、化学等基础科学知识,力学、材料等技术科学知识以及土木工程方面的工程技术知识来研究、设计、修建各种建筑物和构筑物的一门学科。这里,建筑物(通称建筑)是指供人们进行生产、生活或其他活动的房屋或场所,如工业建筑、民用建筑、农业建筑、铁路建筑等;而构筑物则指人们一般不直接在内进行生产、生活活动的建筑物,如水塔、烟囱、栈桥、堤坝、蓄水池、囤仓等。

可见,土木工程是一种与人们的衣、食、住、行有着密切关系的工程。其中与“住”的关系是直接的。因为,要解决“住”的问题必须建造各种类型的建筑物。而解决“行、食、衣”的问题既有直接的一面,也有间接的一面。要“行”,必须建造铁路、道路、桥梁;要“食”,必须打井取水、兴修水利、进行农田灌溉、城市供水排水等,这是直接关系。而间接关系则是不论做什么,制造汽车、轮船也好,纺纱、织布、制衣也好,乃至生产钢铁、发射人造卫星、开展科学研究活动都离不开建造各类建筑物、构筑物和修建各种工程设施。因此,可以说,土木工程具有民用性。

土木工程,在英语里称为 Civil Engineering,直译为“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,随着工程科学技术的发展,机械、电气、化工都已逐渐形成独立的学科,Civil Engineering 就成为土木工程的专门名词。至今,在英语中,Civil Engineering 还包括水利工程、港口工程;而在我国,水利工程和港口工程也已成为与土木工程十分密切的相对独立分支。

任何一项土木工程都不可避免地受到自然界和人为的作用,如地心吸力(即重力)、风、地震、温度变化、爆炸等。各类土木工程都必须具备抵御上述各种作用的能力。

建造各类土木工程的物质基础是土地、材料以及各种施工机具。利用这些物质条件,满足人们生产、生活和其他活动的使用需要和审美要求,做到使各类土木工程既能完全地承受各种作用力,又能经济而迅速地完成其建造任务,是土木工程学科的出发点和归宿,也是土木工程学科对人类社会肩负的职责。

土木工程虽然是一门古老的学科,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深化,不断拓展。

2.1.2 土木工程的发展简史

土木工程的发展经历了古代、近代和现代三个历史时期。

(1) 古代土木工程

古代土木工程有着很长的时间跨度,它大致从新石器时代(约公元前 5000 年起)开始至 17 世纪中叶。随着年代的推移,古代土木工程具有代表性的有:

① 中国黄河流域的仰韶文化遗址(约公元前 5000~前 3000 年我国新石器时代的一种文化称仰韶文化,1921 年首次发现于河南渑池仰韶村,分布于黄河中下游流域),如西安半坡村遗址有很多圆形房屋的痕迹。经分析是直径为 5~6m 圆房屋的土墙,墙内竖有木柱,支承着用茅草做成的屋面,茅草下有密排树枝起龙骨

作用。现仍遗存有木柱底的浅穴和一些地面建筑残痕。半坡村房屋复原示意如图 2.1。

②埃及帝王陵墓建筑群——吉萨金字塔群,建于公元前 2700~前 2600 年。其中以古王国第四王朝法老胡夫的金字塔最大。该塔塔基呈方形,每边长 230.5m,高约 146m,用 230 余万块巨石砌成。塔内有甬道、石阶、墓室等(详见附录 1)。

③公元前 770 年秦襄公时期,人们曾用以木材(截面尺寸约为 150mm×150mm 的方材)和青铜质金钐^①做成的木框架建造房屋。其复原示意如图 2.2。

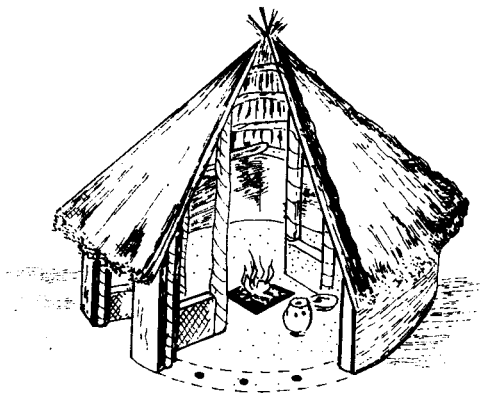


图 2.1 西安半坡村房屋复原示意

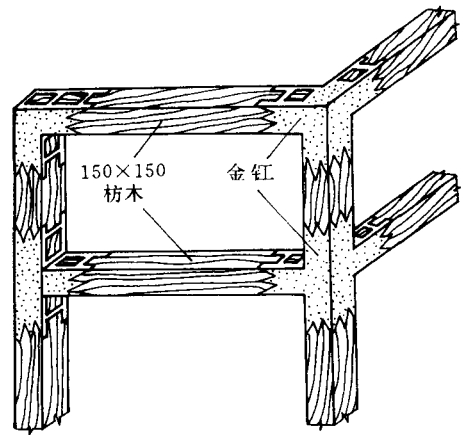


图 2.2 古代金钐木框架示意

④约公元前 256~前 251 年(战国时期)始建于秦昭王末年的四川都江堰大型引水枢纽,是世界历史上最长的无坝引水工程。此工程以灌溉为主,兼有防洪、水运、供水等多种效益,一直沿用至今。其规模之大,规划之周密,技术之合理,均为前所未有。

⑤公元 532~537 年间建造在君士坦丁堡(今土耳其伊斯坦布尔)的索菲亚(Hagia Sophia)大教堂。该教堂为砖砌穹顶(圆形球壳),直径 30 余米,穹顶高 50 余米,穹顶支承在大跨砖拱和用巨石砌筑的巨型柱(截面约 7m×10m)上,如图 2.3 所示,详见附录 2。

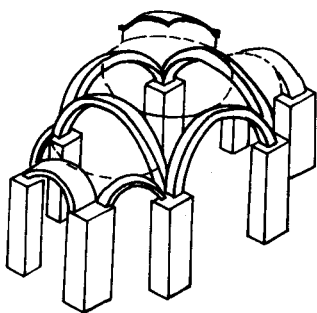


图 2.3 索菲亚大教堂结构示意图



图 2.4 赵州桥

⑥公元 590~608 年建造在河北省赵县 洺河上留存至今的隋代敞肩式单孔圆弧石拱桥,即赵州桥(图 2.4)。该桥全长 50.82m,桥面宽约 10m,跨度 37.02m,采用 28 条并列的石条砌成拱券形成。拱券矢高 7.23m。拱上设有四个小拱,既能减轻桥身自重,又便于排洪,且更显美观。该桥无论在材料使用、结构受力、艺术造型和经济上都达到极高成就,是世界上最早的敞肩式拱桥,早于欧洲同类桥约 1 000 年。

⑦公元 1056 年建成的山西应县木塔(佛宫寺释迦塔),塔高 67.3m,八角形,底层直径 30.27m。该塔共九层,其中八层是用 3m 左右长的木柱支顶重叠而成,为一内外两环柱网,用交圈的扶壁拱组成的双层套筒式

① 钐,音刚(gāng)或工(gōng),车毂内外口的铁圈,用以穿轴。

结构;是保存至今的唯一木塔,也是我国现存的最高的木结构之一。它经多次大地震仍完整无损,足以证明我国历史上木结构的辉煌成就[图见 2.2.1.4 节(2)图 2.29]。

⑧中国历代封建王朝建造的大量宫殿和庙宇建筑,都系木构架结构。它是用木梁、木柱做成承重骨架,用木制斗拱做成大挑檐,四壁墙体都是自承重的隔断墙[图见 2.2.1.4 节(2)图 2.28]。

⑨西欧各国以意大利比萨大教堂和法国巴黎圣母院为代表的教堂建筑,都采用了砖石拱券结构。

在这个历史时期内,土木工程所用的材料最早只是当地的天然材料,如泥土、砾石、树干、树枝、竹、茅草、芦苇等。后来发展了土坯、石材、砖、瓦、木、青铜、铁、铅以及混合材料如草筋泥、混合土等。土木工程的工艺技术,最早只是利用石斧、石刀等简单工具,后来发展了斧、凿、钻、锯、铲等的青铜和铁制工具,兴起了窑制和锻烧加工技术,以及打桩机、桅杆起重机等施工机械。工程上的分工也日益细致,工种分化有木工、瓦工、泥工、土工、窑工、雕工、石工、彩画工等。

但是,在这个历史时期内,除了有一些经验总结和形象描述土木工程的著作,如我国公元前 5 世纪的《考工记》,北宋李诫(?~1110)在公元 1100 年编写成书的《营造法式》,意大利文艺复兴时期阿尔贝蒂著的《论建筑》外,土木工程缺乏理论上的依据和指导。

(2)近代土木工程

近代土木工程的时间跨度为从 17 世纪中叶至 20 世纪中叶的 300 年间。这个历史时期内土木工程的主要特征有:

——有力学和结构理论作为指导;

——砖、瓦、木、石等建筑材料得到日益广泛的使用;混凝土、钢材、钢筋混凝土以及早期的预应力混凝土得到发展;

——施工技术进步很大,建造规模日益扩大,建造速度大大加快。

在这个历史时期内,以下几件大事具有重大意义:

①意大利学者伽利略在 1638 年出版的著作《关于两门新科学的谈话和数学证明》中论述了建筑材料的力学性质和梁的强度,首次用公式表达了梁的设计理论。

②英国科学家牛顿在 1687 年总结了力学三大定律,它们是土木工程设计理论的基础。

③瑞士数学家欧拉 1744 年出版的《曲线的变分法》建立了柱的压屈理论,得到计算柱的临界受压力的公式,为分析土木工程结构物的稳定问题奠定了基础。

④1825 年纳维建立了土木工程中结构设计的容许应力分析法;19 世纪末里特尔等人提出极限平衡的概念。他们都为土木工程的结构理论分析打下了基础。

⑤1824 年英国人阿斯普丁取得了波特兰水泥的专利权,1850 年开始生产。这是形成混凝土的主要材料,使得混凝土在土木工程中得到广泛应用。后来,在 20 世纪初,有人发表了水灰比等学说,才初步奠定了混凝土强度的理论基础。

⑥1859 年发明了贝塞麦转炉炼钢法,使得钢材得以大量生产,并能愈来愈多地应用于土木工程。

⑦1867 年法国人莫尼埃用铁丝加固混凝土制成花盆,并把这种方法推广到工程中,建造了一座蓄水池,这是应用钢筋混凝土的开端。1875 年,他主持建造了第一座长 16m 的钢筋混凝土桥。

⑧1883 年美国在芝加哥建造的 11 层保险公司大楼,是最先最先用铁框架(部分钢梁)承受全部大楼里的重力,外墙仅为自承重墙的高层建筑。1889 年法国在巴黎建成高 300m 的埃菲尔铁塔,使用钢约 8 000t (详见附录 3)。它们是近代高层建筑结构的萌芽。

⑨1886 年美国工程师杰克逊首先应用预应力混凝土制作建筑配件,后又用它制作楼板。1930 年法国工程师弗涅希内将高强度钢丝用于预应力混凝土,克服了因混凝土徐变造成所施加的预应力完全丧失的问题。于是,预应力混凝土在土木工程中得到广泛应用。

⑩土木工程在铁路、公路、桥梁建设中得到大规模发展。如:

——1825 年英国人斯蒂芬森在英格兰北部斯多克顿和达林顿之间修筑了世界第一条长 21km 的铁路;接着,1863 年英国又在伦敦建成了世界第一条地下铁道。

——1779 年英国用铸铁建成跨度为 30.5m 的拱桥;1826 年英国用锻铁建成第一座跨度为 177m 的悬索桥;1890 年英国又建成两孔主跨达 521m 的悬臂式桁架梁桥。这样,现代桥梁的三种基本形式(梁式桥、拱桥、

悬索桥)相继出现。

——1931~1942年,德国率先修筑了长达3860km的高速公路网。

⑪1906年美国旧金山大地震,1923年日本关东大地震,这些自然灾害推动了结构动力学和工程抗震技术的发展。

(3)现代土木工程

现代土木工程为20世纪中叶第二次世界大战结束后至今的土木工程。它们具有以下一些特点:

首先是社会经济建设对土木工程提出日益复杂和高标准的要求。它一般表现为以下三个方面:

①土木工程功能化

即土木工程日益同它的使用功能或生产工艺紧密结合。如:

——公共和住宅建筑物要求建筑、结构、给水排水、采暖、通风、供燃气、供电等现代技术设备结合成整体。

——工业建筑物往往要求恒温、恒湿、防微振、防腐蚀、防辐射、防火、防爆、防磁、除尘、耐高(低)温、耐高(低)湿,并向大跨度、超重型、灵活空间方向发展。

——发展高新技术和新技术对土木工程提出高标准要求。如发展核工业需要建造安全度极高的核反应堆和核电站;研究微观世界需要建造技术要求极高的加速器工程;发展海洋采、炼、贮油事业要求建造多功能的海洋工程如海上钻井平台、海上炼油厂、海底油库等。

②城市建设立体化

20世纪中叶以来,城市建设有三个趋向:

——高层建筑的大量兴起。由于不少国家城市人口大量集聚,密度猛增,造成城市用房紧张、地价昂贵,因此就迫使建筑物向空间发展,不少国家的高层建筑几乎占整个城市建筑面积的30%~40%。美国的高层建筑数量最多,高度在160~200m的建筑就有100多幢。近10多年来,中国、马来西亚、新加坡、韩国等东南亚国家的高层建筑得到很大的发展。目前,世界最高的建筑为450m高的马来西亚的石油双塔大厦[见第2.2.1.4节(3)图2.31];拟建中的美国芝加哥米格林-拜特勒大厦的高度可达609.6m(1999.9ft)(详见附录4)。

——地下工程的高速发展。如地下铁道、地下商业街、地下停车库、地下体育馆、地下影剧院、地下工业厂房、地下仓库等,在有些城市已经形成规模宏大的地下建筑群(参见2.2.1.5节)。

——城市高架公路、立交桥大量涌现。如我国首都北京从1974年开始建造第一座全互通式立交桥起,至1991年底共建成各种形式和不同类型的道路立交桥160余座(其中规模最大的四元桥,见彩页介绍)。它们的修建,不仅缓解了城市交通的拥挤、堵塞现象,同时又为城市建设的面貌增添了风采。

③交通运输高速化

其标志是:

——高速公路的大规模修建。据不完全统计,至1993年底,全世界有50多个国家和地区拥有高速公路,总长约170000km,其中有近20个国家和地区拥有1000km以上,如美国约8.4万km,德国约9000km。我国台湾省也有373km。高速公路已在一定程度上取代了铁路的职能。

——铁路电气化的形成和大量发展。1964年10月世界铁路运营史上第一块高速金牌在日本东京至大阪的“新干线”上诞生,它的行车时速达到210km,为普通铁路列车行车时速的三倍。1983年建成的法国巴黎到里昂的高速铁路运行时速高达270km,把高速铁路的发展推向新阶段。

——长距离海底隧道的出现。如日本越过津轻海峡连接本州(青森)与北海道(函馆)的青函海底隧道长达53.85km,是世界上最长的海底铁路隧道,见图2.5(a),它的埋深有100m,海水深度为140m。1990年贯通的英法海峡隧道长50.5km,它最浅处埋深45m,海水深度60m。我国1970年建成通车的第一条水底隧道(上海黄浦江打浦路隧道)全长2.76km,其隧道主体断面见图2.5(b)。

由于社会发展出现了以上三方面要求,必然使得构成土木工程的三个要素:材料、施工和理论也出现了新的发展趋势。它们是:

——建筑材料的轻质高强度。其中尤其发展迅速的是普通混凝土向轻骨料混凝土、加气混凝土和高性能混凝土方向发展,使混凝土的容重由24.0kN/m³降至6.0~10.0kN/m³,抗压强度由20~40N/mm²提高到

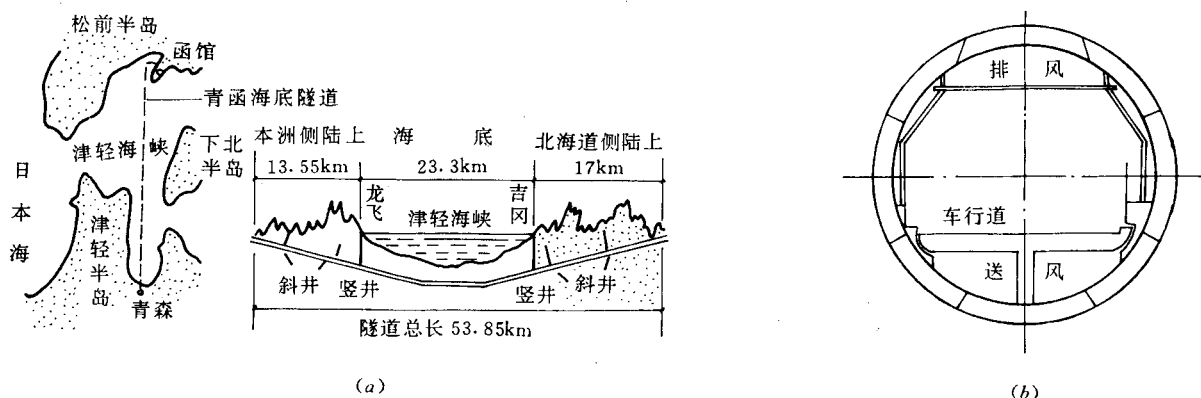


图 2.5

(a) 青函海底隧道路线示意; (b) 上海打浦路水下隧道主体断面

60~100N/mm²,其他结构性能也得到很大改善。此外,钢材也向低合金、高强度方向发展;一批轻质高强材料,如铝合金、建筑塑料、玻璃钢也得到迅速发展。

——施工过程的工业化、装配化。也即土木工程的施工出现了在工厂里成批生产房屋、桥梁的各种构配件、组合体,再将它们运到建设现场进行拼装的方式。此外,各种先进的施工手段如大型吊装设备、混凝土自动搅拌输送设备、现场预制模板、石方工程中的定向爆破等也得到很大发展。

——设计理论的精确化、科学化。它表现为理论分析由线性分析到非线性分析,由平面分析到空间分析,由单个分析到系统的综合整体分析,由静态分析到动态分析,由经验定值分析到随机分析乃至随机过程分析,由数值分析到模拟试验分析,由人工手算、人工做比较方案、人工制图到计算机辅助设计、计算机优化设计、计算机制图。此外,土木工程学的学科理论,如可靠性理论、土力学和岩体力学理论、结构抗震理论、动态规划理论、网络理论等也得到迅速发展。

2.2 土木工程的主要类型

土木工程包括有建筑工程、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、给水排水工程、环境工程等。下面分别进行概述。

2.2.1 建筑工程

2.2.1.1 引言

典型的建筑工程是房屋工程,它是兴建房屋的规划、勘察、设计(建筑、结构和设备)、施工的总称,目的是为人类生产与生活提供场所。人们对房屋的基本要求是“实用、美观和经济”。

“实用”指房屋要有舒适的环境,要有宽敞的空间和合理的布局,要有坚实可靠的结构,要有先进、优质和方便的使用设施。这些是房屋在规划、建筑布局 and 建筑技术、结构、设备方面的要求。它是功能性的。

“美观”指房屋的艺术处理,包括广义的美观和协调,以及观察者视觉和心灵的感受。它是房屋在建筑艺术方面的要求。它是精神性的。

“经济”指用尽可能少的资金、材料和人力,在尽可能短的时间里,优质地完成房屋的建设。它是房屋在施工、技术经济方面的要求。它是经济性的。

房屋好比一个人,它的规划就像人生活的环境,是由规划师负责的;它的布局和艺术处理相应于人的体型、容貌、气质,是由建筑师负责的;它的结构好比人的骨骼和寿命(图 2.6),是由结构工程师负责的;它的给排水、供热通风和电气等设施就如人的器官、神经,是由设备工程师负责的。也像自然界

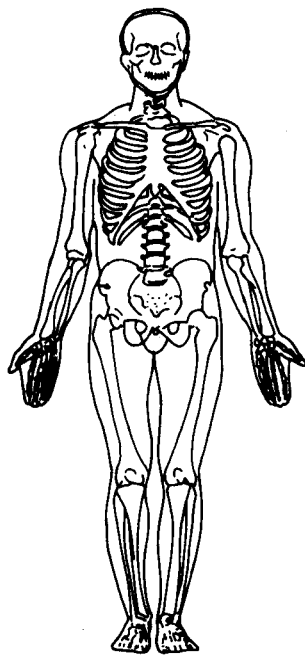


图 2.6 建筑结构好比人的骨骼

完好地塑造人一样,在城市和地区规划基础上建造房屋,是建设单位、勘察单位、设计单位的各种设计工程师和施工单位全面协调合作的过程。这个过程示意如下:

⑩建设单位提出使用要求→①初步设计构思→②明确各种功能要求→③形成总体设计方案→④处理各工种技术问题→⑤进行各工种细部设计→⑥完成总体设计,绘制施工图→⑦交付施工,同时实行施工质量、建设工期和建设资金使用的监督→⑧竣工、房屋落成

在这个过程中,①→③为初步设计阶段,④→⑥为施工图阶段,⑦、⑧为施工阶段,它们要经历相当长的历程,需要多方面通力合作,满足相互联系着的多种要求。如:

<u>建设单位要解决</u> (1)提出使用要求,编制设计任务书; (2)确定土地使用范围; (3)保证落实建设资金; (4)通过招标发包,选择设计、施工单位	<u>建筑师要解决</u> (1)与规划的协调,房屋体型和周围环境的设计; (2)合理布置和组织房屋室内空间; (3)解决好采光、隔音、隔热等建筑技术问题; (4)艺术处理和室内外装饰	<u>设备工程师要解决</u> (1)确定水源和给排水系统; (2)确定热源和供热、制冷、空调系统; (3)确定电源和照明、弱电、动力用电系统; (4)使水、暖、电系统和建筑、结构布置协调一致
<u>勘察单位要解决</u> (1)勘察测量房屋所在地段的地质和地形; (2)提供地质(含水文)资料,地形图; (3)提出对房屋结构基础设计的建议; (4)提出对不良地基的处理意见	<u>结构工程师要解决</u> (1)确定房屋结构承受的荷载,并合理选用结构材料; (2)正确选用结构体系和结构型式; (3)解决好结构承载力、变形、稳定、抗倾覆等技术问题; (4)解决好结构的连接构造和施工方法问题	<u>施工单位要解决</u> (1)施工组织设计和施工现场布置; (2)确定施工技术方案和选用施工设备; (3)建筑材料的购置、检验和使用;熟练技工和劳动力的组织; (4)确保工程质量和工期进度

土木工程专业面向房屋工程中的勘察、结构设计和施工,培养的是勘察、结构和施工工程师。他们在勘察、设计和建造房屋的过程中,首先遇到的是与房屋有关的“荷载”、“材料”、“地基”以及“结构的受力和失效”这几个最基本的问题。

2.2.1.2 建筑结构的荷载、材料、地基和作用效应(与失效)

(1)荷载

如果地球没有引力,空中没有风吹,土层不会下陷,气温没有变化,荷载就不会存在,房屋也就不需要结构。但实际上房屋的建造者必须考虑结构,因为结构能承受房屋所受的各种自然界给予的和人为的荷载(在土木工程中称为“作用”)。结构工程师的第一任务是确定哪些荷载会作用在房屋结构上?在极端情况下,这些荷载的值有多大?

①恒载(图 2.7)

房屋是由基础、柱、墙、梁、板这样一些较重的结构构件组成的。它们首先要承受自身重量,这就是恒载。这里有一个矛盾,它们的重量只有在自身形状、尺寸和选用材料确定后才能知道,而结构设计却是要去确定它们。因此,重要的问

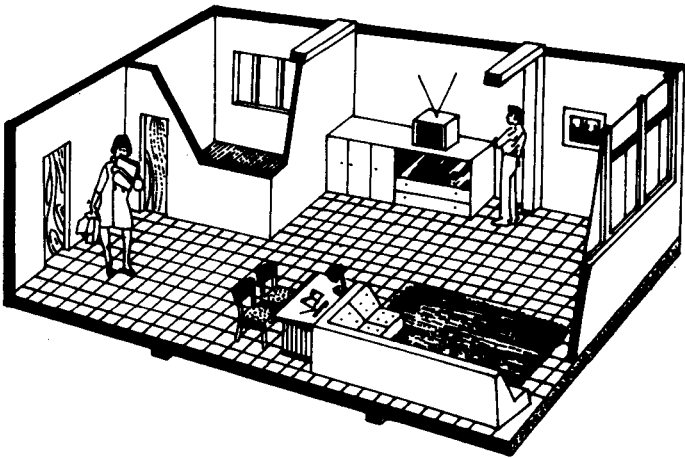


图 2.7 房屋的恒载和活载
(活载:人、家具、隔断;恒载:板、梁、墙、门、窗)

题是“要有经验”。恒载,顾名思义是“持久存在着的荷载”;除上述结构构件外,地面、屋面、顶棚、墙面上的门窗和抹灰层……都是恒载。恒载和下述活载的值都以 kN (千牛顿)、 kN/m (千牛顿每米)或 kN/m^2 (千牛顿每平方米)表示^①。

②活载(图 2.7)

房屋除恒载外还有人群、家具、贮存物、设备等可移动的活载。活载的数量、位置都是可变的,只能按照它们最可能大的值,放在最不利的位置进行设计。实际结构设计时的做法是按照《建筑结构荷载规范》(即国家标准)所规定的取值进行设计。例如,住宅楼面活载取 1.5kN/m^2 (或 2.0kN/m^2),它是经过大量统计得到的住宅楼面活载最不利分布时的等效值。

③静载、动载、周期和风载

恒载是不变的,活载如可变也是缓慢变化的,它们都是静载。此外,还可能有急剧快速变化的动载,如冲击力、落重等。动载对房屋的作用效应比它们自身作为静载的绝对值要大。那么,风对房屋的作用是静载还是动载?这要看房屋本身。对于低层房屋(刚度较大),它是静载;而对于高层房屋(刚度较小),它是动载。

让我们观察在风力作用下高层房屋顶端(图 2.8)的位移:开始时从中线东移 100mm ,接着往回走,又从中线西移 100mm ,然后像钟摆似地来回晃动,最后停止。这种从中线东移,摆回至西,又回到中线位置的时间,称为周期,以秒(s)计,它是房屋固有的动力特征。愈高的房屋,周期愈长(即房屋愈软);愈低的房屋,周期愈短(即房屋愈硬)。美国纽约的世界贸易中心大厦高 412m ,周期为 10s ;而一幢 5 层高砖混房屋的周期不足 0.5s 。知道这个规律后,就能分析风对房屋的作用了:如风施加于房屋的作用力在比房屋周期短的时间内消失,风就是动载;若在比房屋周期长的时间内消失,风就是静载。所以,对一般房屋,风是静载;而对高层房屋,风是动载。

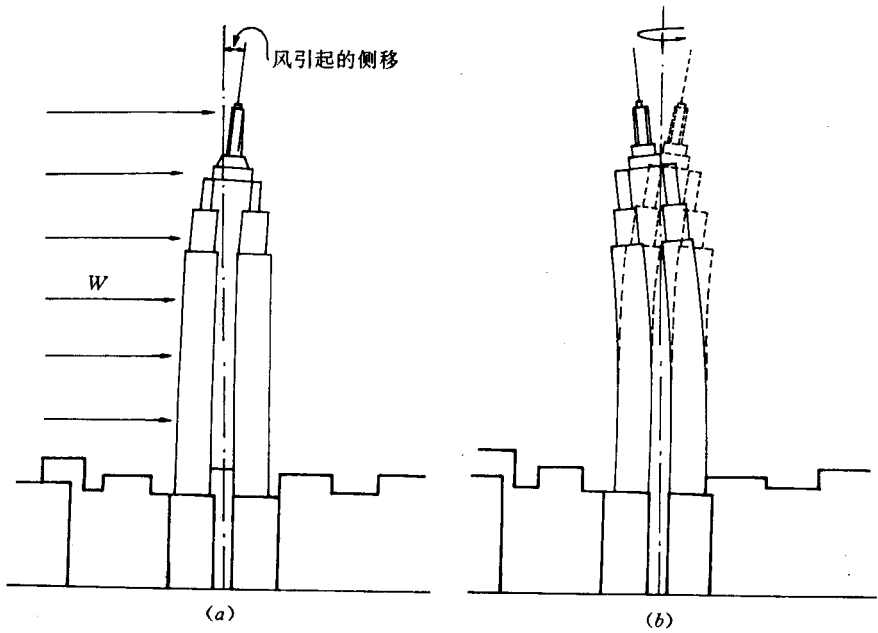


图 2.8 高层房屋风力作用下的位移和周期
(a) 位移情况; (b) 晃动周期

房屋所承受的风载有三个“不一样”:a. 不同地区不一样(如沿海大,内陆小);b. 同一地区每时每刻不一样;c. 同一时刻在房屋的不同高程和不同部位不一样(如 5m 高程处和 50m 高程处风载可能差一倍多,迎风面受到的是压力,背风面受到的是吸力),均见图 2.9。设计时依据《荷载规范》取值,《荷载规范》中的风载是考虑这三个“不一样”,按照 30 年一遇(指重现期为 30 年)的 10min 平均最大风速换算得到的。如图 2.9 所示北京郊区某 5m 高单层房屋外纵墙迎风面风载算得为 0.22kN/m^2 ,同处一幢 18 层高层房屋顶层外纵墙迎风面风载则可能达到 0.7kN/m^2 ,较之加大了 3 倍多,它是由于“不同高程”以及“风是动载”两个因素引起的。

^① kN 、 kN/m 、 kN/m^2 为法定计量单位, $9.81\text{kN}=1\text{t}=1\,000\text{kg}$,工程中常近似取 $10\text{kN}=1\,000\text{kg}$ 。