

第1章

绪论

1.1 土木工程概论课程的任务

1.3 土木工程的未来

1.2 土木工程发展历史简述

1.4 土木工程的学习建议

1.1 土木工程概论课程的任务

对于刚刚跨进大学校门,并且选择了土木工程专业的同学们来说,非常关心的问题是:“土木工程”包括哪些内容?掌握“土木工程”要学习哪些知识、掌握哪些基本技能、具备哪些能力?怎样才能学好“土木工程”等。回答这些问题便是本书的主要任务。

什么是“土木工程”?中国国务院学位委员会在学科简介中定义:“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”。可见土木工程的内容非常广泛,它和人民群众的日常生活密切相关,在国民经济中起着非常重要的作用。

土木工程,英语为“Civil Engineering”,直译是“民用工程”,它的原意是与军事工程“Military Engineering”相对应的,即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。现在已经把军用的战壕、掩体、碉堡、浮桥、防空洞等防护工程也归入了土木工程的范畴。

英语的“民用工程”(Civil Engineering)怎么会译成“土木工程”呢?原来中国古代哲学(五行学说)认为,世界万物是由五大类物质:“金”、“木”、“水”、“火”、“土”组成的。而在几千年漫长的时间内,土木工程所用的材料,主要是五行中的“土”(包括岩石、沙子、泥土、石灰,以及由土烧制成的砖、瓦和陶、瓷器等)和“木”(包括木材、茅草、藤条、竹子等植物材料),古代常将大兴土木作为大搞工程建设的代名词。因而将“Civil Engineering”翻译成“土木工程”了。

土木工程的范围非常广泛,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、水渠等水利工程也包括于土木工程之中。人民生活离不开衣、食、住、行,其中“住”是与土木工程直接相关的,而“行”则需要建造铁道、公路、机场、码头等交通土建工程,与土木工程关系也非常紧密。而“食”需要打井取水,筑渠灌溉,建水库蓄水,建粮食加工厂、粮食储仓等。而“衣”的纺纱、织布、制衣,也必须在工厂内进行,这些也离不开土木工程。此外,各种工业生产必须要建工

业厂房,即使是航天事业也需要发射塔架和航天基地,这些都是土木工程人员可以施展才华的领域。正因为土木工程内容如此广泛,作用如此重要,所以国家将工厂、矿井、铁道、公路、桥梁、农田水利、商店、住宅、医院、学校、给水排水、煤气输送等工程建设称为基本建设,大型项目由国家统一规划建设,中小型项目也归口各级政府有关部门管理。

对以上所介绍各种类型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。作为入门教材,本书在以下各章将对以上各种类型的土木工程进行简要的介绍。

1.2 土木工程发展历史简述

土木工程的发展经历了古代、近代和现代三个阶段。

1.2.1 古代土木工程

古代土木工程的历史跨度很长,它大致从旧石器时代(约公元前 5000 年起)到 17 世纪中叶。这一时间的土木工程说不上有什么设计理论指导,修建各种设施主要依靠经验。所用材料主要取之于自然,如石块、草筋、土坯等,在公元前 1000 年左右开始采用烧制的砖。这一时期,所用的工具也很简单,只有斧、锤、刀、铲和石夯等手工工具。尽管如此,古代还是留下了许多具有历史价值的建筑,有些工程即使从现代角度来看也是非常伟大的,有的甚至难以想像。

西方留下来的宏伟建筑(或建筑遗址)大多是砖石结构的。如埃及的金字塔,建于公元前 2700 至公元前 2600 年间,其中最大的一座是胡夫金字塔,该塔基底呈正方形,每边长 230.5 m,高约 140 m,用 230 余万块巨石砌成。又如希腊的帕特农神庙、古罗马斗兽场等都是令人神往的古代石结构遗址。修建于公元 532 年至 537 年间的土耳其伊斯坦布尔的索菲亚大教堂为砖砌穹顶,直径 30 余米,穹顶高 50 多米,整体支承在用巨石砌成的大柱(截面约 $7\text{ m} \times 10\text{ m}$)上,非常宏伟。

中国古代建筑大多为木构架加砖墙建成。公元 1056 年建成的山西应县木塔(佛宫寺释迦塔),塔高 67.3 m,共 9 层,横截面呈八角形,底层直径达 30.27 m。该塔经历了多次大地震,历时近千年仍完整耸立,足以证明我国古代木结构的高超技术。其他木结构如北京故宫、天坛,天津蓟县的独特寺观音阁等均是具有漫长历史的优秀建筑。

中国古代的砖石结构也拥有伟大成就。最著名的当数万里长城,它东起山海关,西至嘉峪关,全长 5 000 余公里。又如公元 590 年至 608 年间在河北赵县洹河上建成的赵州桥为单孔圆弧弓形石拱桥,全长 50.82 m,桥面宽 10 m,单孔跨度 37.02 m,矢高 7.23 m,用 28 条并列的石条拱砌成,拱肩上有 4 个小拱,既可减轻桥的自重,又便于排泄洪水,且显得美观,经千余年后尚能正常使用,确为世界石拱桥的杰作。

我国一直有兴修水利的优秀传统。传说中的大禹因治水有功而成为我国受人敬仰的伟大人物。四川灌县的都江堰水利工程,为秦昭王(公元前 306 年~公元前 251 年)时由蜀太守李冰父子主持修建,建成后使成都平原成为“沃野千里”的天府之乡。这一水利工程,至今仍造福于四川人民。在今天看来,这一水利设施的设计也是非常合理、十分巧妙的,许多国际水利工程专家参观后均十分叹服。隋朝时开凿修建的京杭(北京—杭州)大运河,全长 2 500 km,是世界历史上最

长的运河。至今该运河的江苏、浙江段仍是重要的水运通道。

在交通土建工程方面,古代也有伟大成就。秦朝统一全国后,以咸阳为中心修建了通往全国群县的驰道,主要干道宽 50 步(古代长度单位,1 步等于 5 尺),形成了全国的交通网。在欧洲,罗马帝国也修建了以罗马为中心的道路网,包括 29 条主干道和 322 条联系支线,总长度达 78 000 km。

这一时期还出现了一些经验总结和描述外形设计的土木工程著作。其中比较有代表性的为公元前 5 世纪的《考工记》,北宋李诫著的《营造法式》,意大利文艺复兴时代贝蒂著的《论建筑》等。

1.2.2 近代土木工程

一般认为,近代土木工程的时间跨度为 17 世纪中叶起到第二次世界大战前后,历时 300 余年。在这一时期,土木工程逐步形成为一门独立学科。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。

从材料方面来讲,1824 年波特兰水泥的发明及 1867 年钢筋混凝土开始应用是土木工程史上的重大事件。1859 年转炉炼钢法的成功使得钢材得以大量生产并应用于房屋、桥梁的建筑中。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。在近代及现代建筑中,凡是高耸、大跨、巨型、复杂的工程结构,绝大多数应用了钢结构或钢筋混凝土结构。

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有很多,下面列举的一些的例子只是其中的一小部分。

1875 年法国莫尼埃主持修建了一座长达 16 m 的钢筋混凝土桥。

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。

1889 年法国建成了高达 300 m 的艾菲尔铁塔,该塔由 18 000 余个构件组成,将这些构件联结起来用了 250 万个铆钉,铁塔总重约 8 500 t。该塔已成为巴黎乃至法国的标志性建筑,至今观光者陆续不绝。

1886 年美国首先采用了钢筋混凝土楼板,1928 年预应力混凝土发明,随后预应力空心板在世界各国被广泛使用。

1825 年英国修建了世界上第一条铁路,长 21 km,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上第一条地下铁道,随后美、法、德、俄、中国等国均在大城市中相继建设地下铁道交通网。

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起来,在全球运输中发挥了巨大作用。

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1 280 m,是世界上第一座单跨超过千米的大桥,桥头塔架高277 m。主缆直径1.125 m,由27 512根钢丝组成,其中每452根钢丝组成1股,由61股再组成主缆索,索重11 000 t左右。锚固缆索的两岸锚锭为混凝土巨大块体,北岸混凝土锚锭重量为130 000 t,南岸的小一些,也达50 000 t。帝国大厦共102层,高378 m,钢骨架总重超过50 000 t,内装67部电梯。这一建筑高度保持世界纪录达40年之久。

这一时期的中国,由于清朝采取闭关锁国政策,土木工程技术发展缓慢。直到清末开始洋务运动,才引进了一些西方先进技术,并建造了一些对中国近代经济发展有影响的工程。例如,1909年詹天佑主持修建的京张铁路,全长200 km。当时,外国人认为中国人依靠自己的力量根本不可能建成,詹天佑的成功大长了中国人的志气,他的业绩至今令人缅怀。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。

1.2.3 现代土木工程

第二次世界大战以后,许多国家经济起飞,现代科学技术迅速发展,从而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

近代的土木建筑工程已经超越本来意义上的挖土盖房、架梁为桥的范围。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”、“风雨不浸”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,城市人口密度迅速加大,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。美国的高层建筑最多,其中高度在200 m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,中国、马来西亚、新加坡等东南亚国家的高层建筑得到了迅猛发展。现在,马来西亚的石油双塔大厦高452 m,居世界第一。美国芝加哥的西尔斯大厦高443 m,居世界第二,中国上海的金茂大厦高420.5 m,居世界第三。城市为了解决交通问题,光靠传统的地面交通已无能为力,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。而高架道路的造价比地下铁道要经济得多,因而大中城市纷纷建设高架公路、高架轨道交通。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。现代化城市建设是地面、空中和地下同时展开,形成了立体化发展的局面。

3. 交通工程快速化

由于市场经济的繁荣与发展,对运输系统提出了快速、高效的要求,而现代化技术的进步也为满足这种要求提供了条件。现在人们常说:“地球越来越小了”,这是运输高速化的结果。

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。据不完全统计,全世界50多个国家和地区拥有高速公路,总长超过17万公里。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150~200 km/h以上的高速铁路先后在日本、法国和德国建成。我国的高速铁道已在沈阳至山海关段建设,上海引进磁悬浮高速铁道系统,其试验速度已达500 km/h以上,目前已建成并投入商业营运。飞机是最快捷的运输工具,但成本高、运输量小。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。1974年投入使用的巴黎戴高乐机场,拥有4条跑道,跑道面层混凝土厚400 mm,机场占地面积 $2.995 \times 10^7 \text{ m}^2$,高峰时每分钟可起降2~3架飞机。又如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。这种庞大的空中交通设施,对机场的导航系统、客货出入分流系统、安全检查系统、故障紧急救援系统均有很严格的要求,完成这样巨大的航空港建设没有现代土木工程技术是不能实现的。

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。

古代建设交通道路是“逢山开路,遇水架桥”,但真的遇到大江大河或高山险岭,还是得绕行。如我国长江,直到1956年才有了第一座跨江大桥。有了现代化的施工技术,跨江河甚至跨海湾的大桥陆续建成。自1937年美国金门悬索桥一跨超过千米以后,目前已有6座悬索桥的跨度超过了金门大桥。其中日本明石海峡大桥,主跨1991 m,于1998年建成,它连接了日本的本洲与四国岛,是目前世界上跨度最大的悬索桥。居世界第二位的是丹麦的大贝尔特东桥,跨度1624 m。第三大跨为英国的恒伯尔桥,主跨1410 m。值得自豪的是,中国于1999年建成的江阴长江大桥,主跨1385 m,香港于1997年建成的青马大桥主跨1377 m,分别居世界第四、第五位。

在拱桥方面,南斯拉夫克尔克二号混凝土拱桥跨度达390 m,在相当长时间内位居世界第一。但中国于1997年在四川万县建成一座跨长江的混凝土拱桥,拱跨420 m,跃居世界第一。同时,中国黄河的江界河混凝土拱桥跨度330 m,广西邕江大桥,采用了钢筋混凝土组合拱结构,跨度312 m,均已成为世界名桥。在钢拱桥方面,悉尼港湾桥跨度503 m,是悉尼的标志性建筑之一。美国的奇尔文科钢拱桥跨度503.6 m,略超悉尼港湾桥,列世界第一。

斜拉桥是二战以后出现的新桥型。1993年在上海建成的杨浦斜拉桥,主跨602 m,当时居世界第一。现在跨度最大的斜拉桥为法国诺曼底桥,跨度达856 m。上海南浦斜拉桥,跨度423 m与杨浦桥及高架公路配合,组成内环交通线,不仅解决了上海浦东的交通问题,此二桥也是显示上海新风貌的宏伟工程。

在隧道方面,近代开凿了许多穿过大山或越过大江、海峡的通道。目前世界上最长的山区隧道是挪威的山岭隧道,全长25.8 km,其次为瑞士的圣哥大隧道,长16.91 km,于1980年建成。1980年德国、意大利之间开凿了开尔其隧道,全长近13 km。中国京广复线开凿的大瑶山隧道,

全长 14.295 km。跨海峡的隧道常比穿山隧道要长,目前穿越英吉利海峡的隧道长 50.3 km,于 1993 年建成,日本于 1985 年建成的连接北海道的青函海底隧道,长 53.8 km,居世界第一。

在高层建筑方面,1972 年美国纽约建成了世界贸易中心大楼(2001 年在美国“911”事件中倒塌),110 层,高 417 m,1994 年美国芝加哥建成的西尔斯大厦,也为 110 层,高 443 m。目前中国最高的建筑为上海金茂大厦,88 层,高 420.5 m。国内其他有代表性的高层建筑有:深圳地王大厦,高 325 m;广州中天广场,高 321.9 m;广东国际会议中心,高 200 m。

在高耸结构方面,加拿大多伦多电视塔,横截面为 Y 形,高 549 m,为世界之冠。第二位则为 1967 年建成的莫斯科电视塔,高 537 m。我国上海于 1995 年建成的上海东方明珠塔,高 468 m,居世界第三。以下依次为吉隆坡电视塔,高 421 m;天津电视塔,高 406 m;北京电视塔,高 380 m。

在大跨度建筑方面,主要是体育馆、展览厅和大型储罐。如美国西雅图的金群体育馆为钢结构穹球顶,直径达 202 m。法国巴黎工业展览馆的屋盖跨度为 218 m \times 218 m,由装配式薄壳组成。北京工人体育馆为悬索屋盖,直径 90 m。日本于 1993 年建成的预应力混凝土液化气储罐,容量达 14×10^4 m³,在瑞典、挪威、法国等欧洲国家,在地下岩石中修建不衬砌的油库和气库,其容量高达几十万甚至上百万立方米。

为了满足日益增加的能源要求,海上采油平台、核电站等也加快了建造速度。20 世纪 50 年代才开始和平利用核能建造原子能电站,到 20 世纪 80 年代已有 277 座核电站分布于 23 个国家,在建的尚有 613 座,分布于 40 个国家。目前我国已有大亚湾、秦山与连云港核电站,核电站相配合的土木工程非常复杂,为防辐射泄露及防爆的核安全壳就是要求十分严格的特种结构。再如海上采油平台,全世界已有 300 多座,中国在渤海、东海和南海也建有多座采油钻井平台,正在开采海底石油。这种平台所处环境恶劣、荷载复杂、施工困难而功能要求很高,平台的建造可以显示其土木工程的技术水平。

水利工程中筑坝蓄水,对灌溉、航行、发电有许多利益。目前世界上最高的重力坝为瑞士的大狄克桑坝,高 285 m,其次为俄罗斯的萨杨苏申克坝,高 245 m,我国于 1989 年建成的青海龙羊峡大坝,高 178 m。为了减小坝体断面,减少工程量,二战后发展了钢筋混凝土拱坝。当今世界上最高的双曲拱坝是俄罗斯的英古里坝,坝高 272 m。我国贵州乌江渡坝为拱形重力坝,坝高 165 m。在装机发电容量方面,超过 1×10^7 kW 的电站有 3 座,分别为美国大古里水电站,总装机容量 $1\ 030 \times 10^4$ kW;委内瑞拉水电站,装机容量 $1\ 083 \times 10^4$ kW;巴西—巴拉圭的伊泰普水电站,总装机容量为 $1\ 260 \times 10^4$ kW,居世界第一。我国在建的三峡水利枢纽,水电站主坝高 190 m,总装机容量预计 $1\ 820 \times 10^4$ kW,建成后将列世界第一。中国近期建成的水电站还有:四川二滩水电站,拱坝高 242 m,装机容量 300×10^4 kW;黄河小浪底水利枢纽,主坝为堆石坝,坝高 154 m,总装机用量 180×10^4 kW;均属世界先进水平。

综观土木工程历史,中国在古代土木工程中拥有光辉成就,至今仍有许多历史遗存,有的已列入世界文化遗产名录。土木工程在近代进展很慢,这与封建时代末期落后的制度有关。在现代土木工程中,我国在近 20 年来取得了举世瞩目的成就。以往在列举世界有名的土木工程时,只有长城、故宫、赵州桥等古代建筑,而现在无论是高层建筑、大跨桥梁,还是宏伟机场、港口码头,中国在前十名中均有建树,有的已列前三名,甚至第一名。这些成就均是改革开放以来取得的。土木工程的发展可以从一个侧面反映出我国经济的发展,显示中华民族正在开始复兴。这一进程仅仅是开始,有志于土木工程建设的同学们是非常幸运的,可望在未来土木工程的建设中

贡献才华,缔造亮丽的人生。

1.3 土木工程的未来

土木工程是一门古老的学科,它已经取得了巨大的成就,未来的土木工程发展的前景怎样,首先要弄清目前人类社会所面临的挑战和发展机遇。土木工程目前面临的形势是:

(1) 世界正经历工业革命以来的又一次重大变革,这便是信息(包括计算机、通讯、网络等)工业的迅猛发展,可以预计人类的生产、生活方式将会发生重大变化。

(2) 航空、航天事业等高科技事业快速发展,月球上已经留下了人类的足迹,对火星及太阳系内外星空的探索已取得了巨大进步。

(3) 地球上居住人口激增,目前世界人口已超过 60 亿,预计到 21 世纪末,人口要接近百亿。而地球上的土地资源是有限的,并且因过度消耗而且日益枯竭。

(4) 生态环境受到严重破坏,如:森林植被破坏,土地荒漠化,河流海洋水体污染,城市垃圾成山,空气混浊,大气臭氧层破坏等,随着工业的发展、技术的进步,而人类生存环境却日益恶化。

人类为了争取生存,为了争取舒适的生存环境,预计土木工程必将有重大的发展。

1. 重大工程项目将陆续兴建

为了解决城市土地供求矛盾,城市建设将向高、深方向发展。例如高层建筑,如前文所述,目前最高的建筑为马来西亚的石油双塔大厦,高 452 m。目前拟建的更高的建筑有:上海的环球金融大厦,高 460 m;芝加哥 Mglin - Beitler 大厦,地上 141 层,高 610 m。日本竹中工务店技术研究所提出了一个摩天城市的方案,底座为 400 m × 400 m,地下深 60 m,地上高 1 000 m,总建筑面积 800 万平方米,可居住 3 ~ 4 万人。在我国除了修建标志性的大厦以外,还要大量修建商品住房。目前我国城市人口人均住房面积在 10 m² 左右,而发达国家多在 20 m² 以上。考虑到我国人口基数巨大,加上城市化进程加速,对住宅的需求压力是很大的。这也为今天的学生、明天的工程师们提供了广泛的就业机会和施展才能的舞台。

目前高速公路、高速铁路的建设仍呈发展趋势,交通土建工程在 21 世纪将有巨大的进步。已经设想的环球铁道和环球高速公路已有多种方案。这一工程实现以后,人们可以从南美洲阿根廷的火地岛合恩角北上,经中美洲、北美洲,从阿拉斯加穿白令海峡到俄国,经中、蒙、俄到东欧、西欧,再从西班牙穿直布罗陀海峡到摩洛哥,经北非,穿撒哈拉大沙漠到南非,直达好望角。其中跨白令海峡和直布罗陀海峡的大桥已有设计方案,并已在土木工程有关杂志上发表。

在中国,交通土建工程也有宏伟的规划。在“十五”期间,我国以“五纵、七横”为骨干建设全国公路网。“五纵”是从南到北的五条干线,一条是从黑龙江的同江南下直达海南省的三亚市,其间要穿越渤海湾、长江口和琼州海峡,所以不仅要筑路,而且要建设多座大桥或隧道。其他几条是:北京到福州,北京到珠海,内蒙古二连浩特到广西河口,重庆到湛江。“七横”是横贯东西的七条主干线,计有:绥芬河到满洲里,丹东到拉萨,青岛到银川,连云港到新疆霍尔果斯,上海到成都,上海到云南瑞丽,衡阳到昆明。这些干线贯通了首都、直辖市和各省市自治区的省会或首府,连接了人口 100 万以上的大城市和很多 50 万人口以上的城市。这个系统有完善的安全保障、通讯和综合服务系统,为各城市间提供了快速、直达、舒适的运输系统。

在铁路建设方面,北京到上海的高速铁路、上海到杭州的磁悬浮铁路正在规划决策之中。普

通铁道中江苏北部到福建的南北铁路、四川内江到昆明线、西安到南京线均在建设之中。青藏、川藏、滇藏的铁路和快速公路或高速公路也在研究中。此外,从昆明经缅甸、孟加拉国到印度的铁路,从昆明经仰光到曼谷,或从仰光经马来西亚到新加坡的国际铁道也已经过一些国际会议研究,在技术上已无重大障碍,只要投资及利益分配得到落实,21 世纪前半叶建成通车是有希望的。

航空港及海港和内河航运码头的建设也会在不久的将来取得巨大的进步。

2. 土木工程将向太空、海洋、荒漠开拓

地球上的海洋面积占整个地球表面积的 70% 左右,现在陆地上土地太少,首先想到的是可向海洋发展。向海洋开拓近代已经开始。为了防止噪音对居民的影响,也为了节约用地,许多机场已开始填海造地。如中国澳门机场,日本关西国际机场均修筑了海上的人工岛,在岛上建跑道和候机楼。香港大屿山国际机场劈山填海,荷兰 Delf 围海造城都是利用海面造福人类的宏大工程。现代海上采油平台体积巨大,在平台上建有生活区,工人在平台上一工作就是几个月,如果将平台扩大,建成海上城市是完全可能的。另外,从航空母舰和大型运输船的建造得到启发,人们已设想建立海上浮动城市。海洋土木工程的兴建,不仅可解决陆地土地少的矛盾,同时也将对海底油气资源及矿物的开发提供立足之地。

全世界陆地中约有 1/3 为沙漠或荒漠地区,千里荒沙、渺无人烟,目前还很少开发。沙漠难于利用主要是缺水,生态环境恶劣,日夜温差太大,空气干燥,太阳辐射太强,不适于人类生存。近代许多国家已开始沙漠改造工程。在我国西北部,利用兴修水利,种植固沙植物,改良土壤等方法,使一些沙漠变成了绿洲。但大规模改造沙漠,首先要解决水的问题。目前设想有以下几种可能:①首先在沙漠地下找水,如利比亚已发现撒哈拉大沙漠下有丰富的地下水,现已部分开始利用。②从南极将巨大的冰山拖入沙漠地区,如沙特阿拉伯曾进行可行性研究,运输不成问题,如何利用冰山才符合成本要求仍有待解决。③进行海水淡化,海水淡化方法有多种,但成本均居高不下,如果随着技术进步,成本降低,这是最有希望成为沙漠水源的。沙漠的改造利用不仅增加了有效土地利用面积,同时还改善了全球生态环境。

向太空发展是人类长期的梦想,在 21 世纪这一梦想可能变为现实。美籍华裔科学家林柱铜博士利用从月球带回来的岩石烧制成了水泥。可以设想,只要将氢、氧带上月球化合成水,则可在月球上就地制造混凝土。林博士预计在月球上建造一个圆形基地,需水泥 100 t、水 300 t 和钢筋 360 t,而除水以外,其他材料均可从月球上就地制造。因为月球上有丰富的矿藏,美国已经计划在月球上建造一个基地。日本人设想在月球上建立六角形的蜂房式基地,用钢铁制成,可以拼接扩大,内部造成人工气候,使之适合人类居住。随着太空站和月球基地的建立,人类可向火星进发。与地球相似的是火星,但火星上缺氧,如何使火星地球化,人们设想利用生物工程,将制氧微生物及低等植物移向火星,使之在较短时间内走完地球几亿年才走完的进程,使火星适于人类居住,那时人类便可向火星移民,而火星到地球可用宇宙飞船联系,人们的生活空间将大大扩展。

3. 工程材料向轻质、高强、多功能化发展

近百年以来,土木工程的结构材料主要还是钢材、混凝土、木材和砖石。21 世纪在工程材料方面希望有较大突破。

(1) 传统材料的改性。混凝土材料应用很广,且耐久性好,但其强度(比钢材)低,韧性差,建造工程笨重而易开裂。目前常用混凝土强度可达 C50~C60(强度为 50~60 N/mm²),特殊工程可

达 C80 ~ C100, 今后将会有 C400 的混凝土出现, 而常用的混凝土可达 C100 左右。为了改善韧性, 加入微型纤维的混凝土, 塑料混合混凝土正在开发应用之中。对于钢材, 主要问题是易锈蚀、不耐火, 必须研制生产耐锈蚀(甚至不锈)的钢材, 生产高效防火涂料用于钢材及木材。

(2) 化学合成材料的应用。目前的化学合成材料主要用于门窗、管材、装饰材料, 今后的发展是向大面积围护材料及结构骨架材料发展。一些化工制品具有耐高温、保温隔热、耐磨耐压等优良性能, 用于制造隔板等非承重功能构件很理想。目前碳纤维以其轻质、高强、耐腐蚀等优点而用于结构补强, 在其成本降低后可望用作混凝土的加筋材料。

4. 设计方法精确化、设计工作自动化

在 19 世纪与 20 世纪, 力学分析的基本原理和有关微分方程已经建立, 用之指导土木工程设计也取得了巨大成功。但是由于土木工程结构的复杂性和人类计算能力的局限性, 人们对工程的设计计算还比较粗糙, 有一些还主要依靠经验。三峡大坝, 用数值法分析其应力分布, 其方程组可达几十万甚至上百万个, 靠人工计算显然是不可能的。快速电子计算机的出现, 使这一计算得以实现。类似的海上采油平台、核电站、摩天大楼、地下过海隧道等巨型工程, 有了计算机的帮助, 便可合理地进行数值分析和安全评估。此外, 计算机的进步, 使设计由手工走向自动化。目前许多设计部门已经丢掉了传统的制图版而改用计算机绘图, 这一进程在未来的 21 世纪将进一步发展和完善。

数值计算机的进步使过去不能计算的带有盲目性的估计可以变为较精确的分析。例如, 土木工程中的由各个杆件分析到整体分析; 工程结构的定型分析到按施工阶段的全过程仿真分析; 工程结构中在灾害载荷作用下的全过程非线性分析; 与时间有关的长时间徐变分析和瞬间的冲击分析等。

5. 信息和智能化技术全面引入土木工程

信息、计算机、智能化技术在工业、农业、运输业和军事工业等各行各业中得到了愈来愈广泛的应用, 土木工程也不例外, 将这些高新技术应用于土木工程将是今后相当长时间的重要发展方向。现举一些例子加以说明。

(1) 信息化施工。所谓信息化施工是在施工过程中所涉及的各部分各阶段广泛应用计算机信息技术, 对工期、人力、材料、机械、资金、进度等信息进行收集、存储、处理和交流, 并加以科学地综合利用, 为施工管理及时准确地提供决策依据。例如, 在隧道及地下工程中将岩土样品性质的信息、掘进面的位移信息收集集中, 快速处理及时调整并指挥下一步掘进及支护, 可以大大提高工作效率并可避免不安全的事故。信息化施工还可通过网络与其他国家和地区的工程数据库联系, 在遇到新的疑难问题时可及时查询解决。信息化施工可大幅度提高施工效率和保证工程质量, 减少工程事故, 有效控制成本, 实现施工管理现代化。

(2) 智能化建筑。智能化建筑还没有确切的定义, 但有两个方面的要求应予满足。一是房屋设备应用先进的计算机系统监测与控制, 并可通过自动优化或人工干预来保证设备运行的安全、可靠、高效。例如有客来访, 可远距离看到形象并对话, 遇有歹徒可摄像、可报警、可自动关闭防护门等。又如供暖制冷系统, 可根据主人需要调至一标准温度, 室温高了送冷风, 室温低了送暖风。另一个方面是安装了对居住者的自动服务系统。如早晨准点报时叫醒主人, 并可根据需要放送新闻或提醒主人今天的主要日程安排, 同时早餐自动加工, 当你洗漱完毕后即可用餐。总之, 这是一个非常温馨的住宅。对于办公楼来讲, 智能化要求配备办公自动化设备、快速通讯设

备、网络设备、房屋自动管理和控制设备。

(3) 智能化交通。智能化交通(ITS),在欧美已于90年代开始研究,中国也在迎头赶上。智能化交通一般包括以下几个系统:①先进的交通管理系统;②交通信息服务系统;③车辆控制系统;④车辆调度系统;⑤公共交通系统等。它应具有信息收集、快速处理、优化决策、大型可视化系统等功能。

(4) 土木工程分析的仿真系统。许多工程结构是毁于台风、地震、火灾、洪水等灾害。在这种小概率、大荷载作用下的工程结构的性能很难一一去做实验去验证,一是参数变化条不可能全模拟,二是实体试验成本过高,三是破坏实验有危险性,设备达不到要求。而计算机仿真技术可以在计算机上模拟原型大小的工程结构在灾害荷载作用下从变形到倒塌的全过程,从而揭示结构不安全的部位和因素。用此技术指导设计可大大提高工程结构的可靠性。

当然计算机应用于土木工程的例子还有许多,本书难以一一列举。土木工程中引入高新技术后必将会有一个新的飞跃。

6. 土木工程的可持续发展

面临人口的增长、生态失衡、环境污染、人类生存环境恶化,一些学者呼吁:“我们只有一个地球”,并提出“冻结繁荣,停止发展”的口号。这一口号不仅受到发达国家人士的批评,更是受到发展中国家的一致反对。如果“停止发展”,则发展中国家永远停留在落后状态,这是不能接受的。20世纪80年代提出了“可持续发展”的原则,已被广大国家和人民所认同。“可持续发展”是指“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的发展构成危害”。例如,一代人过度消耗能源(如石油)以致枯竭,后代人则无法继续发展,甚至保持原有水平也不可能。这一原则具有远见卓识,我国政府已将“可持续发展”与“计划生育”并列为两大国策,大力加以宣传,我们土木工程工作者对贯彻这一原则具有重大责任。

建设与使用土木工程的过程与能源消耗、资源利用、环境保护、生态平衡有密切关系,对贯彻“可持续发展”原则影响很大。

从资源方面看,建房、修路大多要占地,而我国土地资源十分紧张,以至于美国学者提出质疑:21世纪谁来养活16亿中国人?因而在土木工程中不占或少占土地,尽量不占可耕地是必须坚持的。另外建材中的粘土砖毁地严重,应予禁止或限制。建材生产、工程施工还少不了消耗能源和水资源,这方面应尽可能采用可再生资源 and 循环利用已有资源,例如利用太阳能、利用处理过的废水等。

采用落后的生产工艺(如小造纸厂,小化肥厂等)建立工厂,会对环境造成严重污染,切不可因一时一地之利而容许建设,污染环境。我国对实行新建厂一定要实行环境评价,对环境不利的项目不准上马,这一政策应坚决贯彻。重大工程如有一些对生态不利的地方应采取措施避免。如长江三峡大坝修建将会影响长江鲟鱼回游产卵,而这一鱼种已极为稀少,且只有中国长江才有。对此,建坝时专门考虑了“鱼道”,来满足生态平衡的要求。

1.4 土木工程的学习建议

1.4.1 科学、技术与工程的关系

在日常交往与报刊文章中常将“科学技术”作为一个词来应用,中国政府部门设有“科技部”,既说明科学技术非常重要,同时也表明科学与技术的关系是非常紧密的。但仔细分辨起来,科学与技术还是有很大区别的。

科学是关于事物的基本原理和事实的有组织、有系统的知识。科学的主要任务是研究世界万物发展变化的客观规律,它解决一个为什么的问题,如解释电灯为什么会亮。科学的英文名为 Science。

技术则是指将科学研究所发现或传统经验所证明的规律发展转化成为各种生产工艺、作业方法、设备装置等。技术的主要任务为生产某种满足人类需要的产品服务,它解决一个如何实现的问题,如怎样使电灯发亮。技术的英文名为 Technique。

所以,科学和技术虽联系密切,但毕竟是两个不同的概念。举例来说,科学上已发现,放射性元素(如铀 235)的核裂变可以释放出巨大的能量,这便是制造原子弹的科学依据。但是从原理到制造出原子弹还需解决一系列技术问题,如从铀矿中提纯铀 235、反应速度的控制、快速引爆机构等,这是每一个具有原子弹的国家用了较长的时间才得以实现的。而至今尚有一些国家渴望制造原子弹,但因技术不过关而未能如愿。

在高校入学考试、选择志愿时,理工科属于一个大类,其实选择理科(如数学、物理、化学、生物、力学等)的学生侧重学习科学,当然也要学习技术,以便应用;而选择工科(如土木、机械、电工电子、通讯等)的学生在学习中更侧重于学好技术,当然掌握技术的前提是掌握其科学原理。

工程的含义则更为广泛,它是指自然科学或各种专门技术应用到生产部门而形成的各种学科的总称,英文名 Engineering,其目的在于利用和改造自然来为人类服务。通过工程可以生产或开发对社会有用的产品。一般说来,工程不仅与科学和技术有关,而且受到经济、政治、法律、美学等多方面的影响。例如,利用多孔纤维吸附受污染水中的杂质使之可以饮用,这一技术已经成熟,用此技术制成的净水器在一些国家已在野战部队中得到应用。但是要在城市供水中大规模地应用,则因其成本太高而未能推广。又如基因工程的克隆技术,发达国家已经掌握了克隆动物的技术,并且克隆羊、克隆牛、克隆鼠等均已问世,但是克隆人,至今则没有一个国家被法律所允许,有的国家还明令禁止。可见,工程是科学技术的应用与社会、经济、法律、人文等因素结合的一个综合实践过程。对于选择了工科(包括土木工程)的同学来讲,必须非常重视这一点。

1.4.2 土木工程的知识、能力和素质要求

我国普通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,获得土木工程工程师基本训练,具有创新精神的高级工程科学技术人才,毕业后能从事土木工程设计、施工与管理工作的,具有初步的工程规划与研究开发的能力。

下面仅就土木工程的知识、能力方面的要求作简要介绍: ertongbook.com

基本理论包括基础理论和应用理论两个方面。基础理论主要包括高等数学、物理和化学。应用理论内容较多,包括基本工程力学(理论力学、材料力学)、结构力学、流体力学(重点在水力学)、土力学与工程地质学等。

土木工程的专业知识与技术包括:建筑结构(如钢结构、木结构、混凝土结构、砌体结构等)的设计理论和方法,土木工程施工技术与组织管理,房屋建筑学,工程经济,建筑法规,土木工程材料,基础工程,结构试验,土木工程抗震设计等。

学习土木工程需要的相关知识有:给水排水,供暖通风,电工电子,工程机械等。

土木工程需要掌握的技能或工具有:工程制图,工程测量,材料与结构试验,外语和计算机在土木工程中的应用等。

在土木工程学科的系统学习中,不仅要注意知识的积累,更应注意能力的培养。从成功的土木工程师的实践经验中得出以下几点值得重视:

(1) 自主学习能力。大学只有四年,每门课从十几个学时到上百个学时,所学的东西总是有限的,土木工程内容广泛,新的技术又不断出现,因而自主学习,扩大知识面,自我成长的能力非常重要。不仅要向老师学、向书本学,而且要注意在实践中学习,善于查阅文献,善于在网上学习。

(2) 综合解决问题的能力。在大学期间大多数课程是单科教学,有一些综合训练及毕业设计可训练综合解决问题的能力。实际工程问题的解决总是要综合运用各种知识和技能,在学习过程中要注意培养这种综合能力,尤其是设计、施工等实践工作的能力。

(3) 争强、创新能力。社会在进步,经济在发展,对人才创新要求也日益提高。所以在学习过程中要注意创新能力的培养。当然,土木工程是基础产业,大学学习的主要任务是打好基础,所以事事处处均要求创新是不现实的。但争强、争好的精神确是可以从具体工作做起的,同样的图纸要力争画得最好,要培养“扫地我也扫得比你干净”的精神。从大处着眼,从小处着手培养力争上游、开拓创新的精神和能力。

(4) 协调、管理能力。现代土木工程不是一个人能完成的,少则几个人,几百人,多则需成千上万人共同努力才能成功。为此培养自己的协调、管理能力非常重要。同学们毕业后,不论参加任何业务部分的工作,总会涉及到管理工作。如管理一部分人(当设计组长、项目负责人、工长等)和受人管理(上面有总工、总经理;主管部门有规划局、环境保护局、技术监督局等)。同学们在工作中一定要处理好上下左右的关系,对上级要尊重,有不同意见应当面提出讨论,要努力负责地完成上级交给的任务,使上级对您的工作“放心”;对同事要既竞争又友好;对下级要既严格要求又体贴关怀。总之,要有“厚德载物”的包容精神,做事要合理、合法、合情,要有团队精神,这样,工作才能顺利开展,事业才能更上一层楼。

1.4.3 土木工程主要教学方法及学习建议

大学的教学和训练与中学相比要多样化一些,主要的教学形式有课堂教学、实验课、设计训练和施工实习。下面对这几个环节作简要介绍。

1. 课堂教学

课堂教学是学校学习最主要的形式,即通过老师的讲授,学生听课而学习。大学的课堂教学与中学也有所区别,一是进度快,内容多,中学时很薄的一册课本讲得很仔细,反复讲反复练,大

学中很厚的一册书,很快就讲过去了,要注意适应;二是中学班级小,按班上课,几十个人一个班,老师认识每一个学生,大学许多课按专业甚至按系上课,大课堂有二、三个班上课是常事,老师未必熟悉每一个同学,听课效果好坏,主要靠学生自主努力;三是中学的教学内容是成熟的经典理论,变化很小,而大学教学,必须随时代发展而增添新的内容。有时对书本上还未编入的内容教师只能根据资料讲解,这时要注意听讲并作必要的记录。

课堂学习时,学生要注意记住老师讲授的思路、重点、难点和主要结论。大学生一般在课堂上作一些笔记,记下老师讲课的内容,有的学生记得极详细,几乎一字不漏;有的只记要点难点和因果关系。笔者建议采用后者,甚至可在教材的空白处旁记,并用自己约定的符号在书上划出重点和各内容之间的联系。

与大班课堂讲授相配套的可能还有一些小班的讨论课、习题课,以对课程的重点或难点加深理解。参加这样的课时,同学们一定要积极思考,主动参加讨论,这不仅能巩固和加深所学习的知识,也是对表达能力的一种训练。

课堂教学后,要复习巩固,整理笔记,做到能用自己的语言表达所学内容。对于不懂的问题不要放过,可自己思索,也可与同学切磋,还不懂时,可记下来,适当的时候找老师答疑讨论。

2. 实验教学

通过实验手段掌握实验技术,弄清科学原理。其中,物理、化学等均开设实验课,这与中学差别不大,不过内容更加现代化,方法更加先进。在土木工程专业中还开设材料试验、结构检验的实验课,这不仅是学习基本理论的需要,同时也是同学们熟悉国家有关试验、检测规程,熟悉实验方法及学习撰写试验报告的需要。不要有重理论轻实验的思想,应认真做好每一次试验,并鼓励学生自主设计、规划试验。

3. 设计训练

任何一个土木工程项目确定以后,首先要进行设计,然后才交付施工。设计是综合运用所学知识,提出自己的设想和技术方案,并以工程图及说明书来表达自己的设计意图,在根本上培养学生自主学习、自主解决问题的能力。

设计土木工程项目一定会受到多方面的约束,而不像单科习题那样只有一两个已知条件约束,这种约束不仅有科学技术方面的,还有人文经济等方面的。使土木工程项目“满足功能需要,结构安全可靠,成本经济合理,造型美观悦目”是设计的总体目的,要做到这一点必须综合运用各种知识,而其答案也不会是惟一的,这对培养学生的综合能力、创新能力有很大作用。

4. 施工实习

贯彻理论联系实际的原则,让学生到施工现场或管理部门学习生产技术和知识。通常一个工地往往很难容纳一个班(几十人)的学生,因此,施工实习通常在统一要求下分散进行。这不仅是对学生能否在实际中学习知识技能的一种训练,也是对学生的敬业精神、劳动纪律和职业道德的综合检验。

主动认真地进行施工实习,虚心向工地工人、工程技术人员请教,可以学习到在课堂上学不到的许多知识和技能,但如马马虎虎,仅为完成实习报告而走过场,则会白白浪费自己宝贵的时间。能否成为土木工程方面的优秀人才,施工实习至关重要。

第2章

土木工程材料

2.1 传统土木工程材料

2.3 现代土木工程材料

2.2 近代土木工程材料

高楼、厂房、道路、桥梁、港口、码头、矿井、隧道等土木工程都是用材料按一定的要求建造成的，土木工程中所使用的各种材料统称为土木工程材料。它们将直接影响建筑物或构筑物的性能、功能、寿命和经济成本，从而影响人类生活空间的安全性、方便性、舒适性。

从古至今，土木工程的发展与材料的数量、质量之间存在着相互依赖和相互矛盾的关系。土木工程材料的生产和使用，就是在不断解决这个矛盾的过程中逐渐向前发展的。因此，了解材料在土木工程中的作用主要应从三个方面去认识：材料对保证工程质量的作用；材料对工程造价的影响；材料对工程技术进步的促进作用。

长期以来人类一直在从事着土木工程材料的各类研究工作，并不断开发新的材料。但这些研究开发工作，多数是为了满足建筑物的承载安全、尺寸规模、功能和使用寿命等方面的要求，以及人们对所构筑的生存环境的安全性、舒适性、方便性和美观性等更高的追求，而较少考虑到材料的生产和使用会给生态环境、能耗等方面造成的影响。

20世纪后半期，人居环境与可持续发展成为世界关注的焦点。土木工程材料在人类与自然界进行的物质交换活动中用量最大，对地球资源、能源的消耗和自然环境、生态平衡等具有重要的影响。因此，在从事土木工程材料的研究及开发过程中，不仅需要考虑材料的性能能否满足人类的需求，还要考虑材料的生产和使用对能源和环境是否带来过大的负面影响。

2.1 传统土木工程材料

早期使用的土木工程材料主要有砖、瓦、石、灰、木材等。它们至今仍在土木工程材料中占有重要的地位。

2.1.1 砖

砖是一种常用的砌筑材料。砖瓦的生产和使用在我国历史悠久，有“秦砖汉瓦”之称。制砖的原料容易取得，生产工艺比较简单，价格低，体积小，便于组合，所以至今仍然广泛地用于墙体、基础、柱等砌筑工程中。用粘土砖建造的建筑物可较长时间使用，有的可长达几百年甚至上千

年。我国古代的宫殿建筑、北方地区传统的四合院,万里长城都是用青砖建造的,至今仍保存完好。而且粘土砖不像石材那样坚硬,作为房屋建筑的墙体材料看上去感觉比较柔和,更容易使人接近。1911年建造的清华学堂(图2.1),将近一百年来一直作为教学楼使用,至今仍保持着古朴、典雅的风格。

但是由于生产粘土砖毁田取土量大、能耗高、砖自重大,施工生产中劳动强度高、工效低,因此有逐步改革并用新型材料取代的必要。比如推广利用工业废料制砖,这不仅可以减少环境污染,保护大片良田,而且可以节约大量燃料煤。

砖按照生产工艺分为烧结砖和非烧结砖;按所用原材料分为粘土砖、页岩砖、煤矸石砖、粉煤灰砖、炉渣砖和灰砂砖等;按有无孔洞分为空心砖、多孔砖和实心砖(图2.2,图2.3,图2.4)。

常用的工业废料有:粉煤灰、煤矸石等,它们的化学成分与粘土相近,但因其颗粒细度不及粘土,故可塑性较差,制砖时常需掺入一定量的粘土或水泥,以增加其可塑性。用这些原料烧成的砖,分别称为烧结粉煤灰砖、烧结煤矸石砖等。



图 2.1 清华学堂

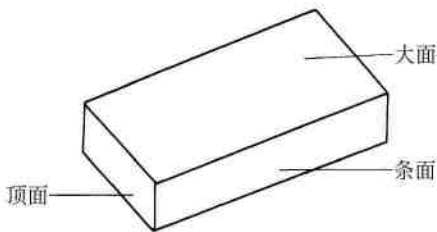


图 2.2 砖的各部分名称

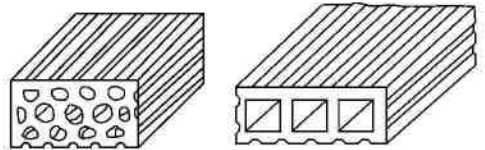


图 2.3 烧结多孔砖

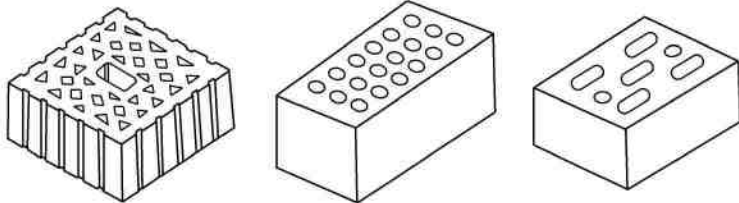


图 2.4 烧结空心砖

近年来国内外都在研制非烧结砖。非烧结粘土砖是利用不适合种田的山泥、废土、砂等,加入少量水泥或石灰作固结剂及微量外加剂和适量水混合搅拌压制成型,自然养护或蒸养一定时间即成。如:日本用土壤、水泥和 EER 液混合搅拌压制成型自然风干而成的 EER 非烧结砖;江西省建材研究院研制成功红壤土、石灰非烧结砖;深圳市建筑科学中心研制成功的水泥、石灰、粘土非烧结空心砖等。可见,非烧结砖是一种有发展前途的新型材料。

2.1.2 瓦

瓦是屋面材料。由于建筑业的发展,对屋面材料也提出了新的发展要求。瓦的种类较多,按成分分,有粘土瓦(图 2.5)、水泥瓦、石棉水泥瓦、钢丝网水泥瓦、聚氯乙烯瓦、玻璃钢瓦、沥青瓦等;按形状分有平瓦和波形瓦两类。根据尺寸偏差,外观质量和物理力学性能将瓦分为优等品、一等品和合格品三个等级,或分成一等品和合格品二个等级。



图 2.5 瓦

2.1.3 石

天然石材是最古老的土木工程材料之一。由于天然石材具有很高的抗压强度,良好的耐磨性和耐久性,经加工后表面美观富于装饰性,资源分布广,蕴藏量丰富,便于就地取材,生产成本低等优点,是古今土木工程中修建城垣、桥梁、房屋、道路及水利工程的主要材料。天然石材经加工后具有良好的装饰性,是现代土木工程的主要装饰材料之一。

石材具有良好的耐久性,用石材建造的结构物具有永久保存的可能。古代人早就认识到这一点,因此许多重要的建筑物及纪念性结构物都是使用石材建造的。

石材的耐水性好,抗压强度高。 1 m^2 面积的石材上面能承受 5000 t 重的压力。所以在石块上叠砌石块,有可能建成大型的结构物。以石材为主的西欧建筑,威严雄浑,给人以庄重高贵的感觉,石材建筑是欧洲文化的象征。许多皇家建筑多采用石材。例如欧洲最大的皇宫——法国凡尔赛宫(1661 年—1689 年建造),占地面积达 100 多万平方米,其中建筑面积为 11 万平方米,宫殿中建筑物的墙体以及外部的地面全部使用石材建成,如图 2.6 所示。



图 2.6 法国凡尔赛宫

石的种类:

1. 毛石

毛石也称片石,是采石场由爆破直接获得的形状不规则的石块。根据平整程度又将其分为乱毛石和平毛石两类。

毛石可用于砌筑基础、堤坝、挡土墙等,乱毛石也可用作毛石混凝土的骨料。

2. 料石

料石是由人工或机械开采出的较规则的六面体石块,再略经凿琢而成。根据表面加工的平整程度分为毛料石、粗料石、半细料石和细料石四种。

料石一般由致密均匀的砂岩、石灰岩、花岗岩加工而成。

3. 饰面石材

用于建筑物内外墙面、柱面、地面、栏杆、台阶等处装修用的石材称为饰面石材。饰面石材从

岩石种类分主要有大理石和花岗岩两大类。饰面石材的外形有加工成平面的板材,或者加工成曲面的各种定型件。表面经不同的工艺可加工成凹凸不平的毛面,或者经过精磨抛光成光彩照人的镜面。

4. 色石渣

色石渣也称色石子,是由天然大理石、白云石、方解石或花岗岩等石材经破碎筛选加工而成,作为骨料主要用于人造大理石、水磨石、水刷石、干粘石、斩假石等建筑物面层的装饰工程。

5. 石子

在混凝土组成材料中,砂称为细骨料,石子称为粗骨料,石子除用作混凝土粗骨粒外,也常用作路桥工程、铁道工程的路基道碴等。石子分碎石和卵石,由天然岩石或卵石经破碎、筛分而得到的粒径大于 5 mm 的岩石颗粒,称为碎石或碎卵石。岩石由于自然条件作用而形成的,粒径大于 5 mm 的颗粒,称为卵石。

2.1.4 砂

砂是组成混凝土和砂浆的主要组成材料之一,是土木工程的大宗材料。

砂一般分为天然砂和人工砂两类。由自然条件作用(主要是岩石风化)而形成的,粒径在 5 mm 以下的岩石颗粒,称为天然砂。按其产源不同,天然砂可分为河砂、海砂和山砂。山砂表面粗糙,颗粒多棱角,含泥量较高,有机杂质含量也较多,故质量较差。海砂和河砂表面圆滑,但海砂含盐分较多,对混凝土和砂浆有一定影响,河砂较为洁净,故应用较广。

砂的粗细程度是指不同粒径的砂粒混合在一起的平均粗细程度。通常有粗砂、中砂、细砂之分。

配制混凝土时,应优先选用中砂。当采用粗砂时,应提高砂率,并保持足够的水泥用量;当采用细砂时,宜适当降低砂率。砌筑砂浆用砂应符合混凝土用砂的技术性质要求。由于砂浆层较薄,对砂子最大粒径应有所限制。对于毛石砌体所用的砂,最大粒径应小于砂浆层厚度的 1/4 ~ 1/5。对于砖砌体以使用中砂为宜,粒径不得大于 2.5 mm。对于光滑的抹面及勾缝的砂浆则应采用细砂。

2.1.5 灰

所谓灰是指石灰和石膏。

凡能在物理、化学作用下,从浆体变成坚固的石状体,并能胶结其他物料而具有一定机械强度的物质,统称胶凝材料。胶凝材料可分为无机与有机两大类。石膏、石灰、水泥属无机胶凝材料(工地上常将无机胶凝材料俗称为灰)。无机胶凝材料可按照其硬化条件分为气硬性与水硬性两种。只能在空气中硬化的称为气硬性胶凝材料,如石膏、石灰,气硬性胶凝材料一般只适用于地上或干燥环境,不宜用于潮湿环境,更不可用于水中。拌砂后既能在空气中又能在水中硬化的称为水硬性胶凝材料,如水泥,水硬性胶凝材料既适用于地上,也适用于地下或水中。沥青和各种树脂属有机胶凝材料。

1. 石膏

我国石膏资源丰富,已探明天然石膏储量为 471.5 亿吨,居世界之首。

土木工程中使用最多的石膏品种是建筑石膏,建筑石膏加水后拌制的浆体具有良好的可塑