1 绪 论

知识目标

1. 掌握土木工程的概念；

2. 掌握土木工程的分类；

3. 掌握土木工程的基本属性；

4. 了解土木工程发展简史；

5. 掌握土木工程的建设程序。

能力目标

1. 熟练阐述土木工程的基本概念和属性；

2. 熟练阐述土木工程的建设程序。

学前导读

对于刚刚跨入大学校门，并且选择了土木工程专业的同学来说，非常关心的问题是：什么是土木工程？土木工程涉及哪些领域？土木工程的发展历史是怎样的？土木工程的建设程序有哪些？

1.1 土木工程的基本概念

1.1.1 土木工程的基本概念

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，即建设在地上、地下、水中的各类工程设施；也指所应用的材料、设备和所进行的勘测设计、施工、保养、维修等技术活动。

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；“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；“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。

1.1.2 土木工程的基本属性

1. 社会性

土木工程是伴随着人类社会的发展而发展起来的。它所建造的工程设施反映出各个历史

时期社会经济、文化、科学、技术发展的面貌，因而土木工程也就成为社会历史发展的见证之一。远古时代，人们就开始修筑简陋的房舍、道路、桥梁和沟渠，以满足简单的生活和生产需要。后来，人们为了适应战争、生产和生活以及宗教传播的需要，兴建了城池、运河、宫殿、寺庙以及其他各种建筑物。许多著名的工程设施显示出人类在这个历史时期的创造力，例如，中国的长城、都江堰、大运河、赵州桥、应县木塔，埃及的金字塔，希腊的帕提农神庙，罗马的给水工程、科洛西姆圆形竞技场（罗马大斗兽场），以及其他许多著名的教堂、宫殿等。

2. 综合性

建造一项工程设施一般要经过勘察、设计和施工三个阶段，需要运用工程地质勘察、水文地质勘察、工程测量、土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑设备、工程机械、建筑经济等学科和施工技术、施工组织等领域的知识以及电子计算机和力学测试等技术。因而土木工程是一门范围广阔的综合性学科。

随着科学技术的进步和工程实践的发展，土木工程这个学科也已发展成为内涵广泛、门类众多、结构复杂的综合体系。土木工程已发展出许多分支，如房屋工程、铁路工程、道路工程、飞机场工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种结构工程、给水和排水工程、城市供热供燃气工程、港口工程、水利工程等学科。其中有些分支，例如水利工程，由于自身工程对象的不断增多以及专门科学技术的发展，业已从土木工程中分化出来成为独立的学科体系，但是它们在很大程度上仍具有土木工程的共性。

3. 实践性

由于影响土木工程的因素错综复杂，土木工程是具有很强实践性的学科。在早期，土木

工程是通过工程实践，总结成功的经验，尤其是吸取失败的教训发展起来的。从 17 世纪开始，以伽利略和牛顿为先导的近代物理学家将力学同土木工程实践结合起来，逐渐形成材料力学、结构力学、流体力学、岩体力学，作为土木工程的基础理论学科。这样土木工程才逐渐从经验发展成为科学。在土木工程的发展过程中，工程实践经验常先行于理论，工程事故常显示出未能预见的新因素，触发新理论的研究和发展。至今不少工程问题的处理，在很大程度上仍然依靠实践经验。

4. 技术上、经济上和建筑艺术上的统一性

人们力求最经济地建造一项工程设施，用以满足使用者的预定需要，其中包括审美要求。而一项工程的经济性又是和各项技术活动密切相关的。工程的经济性首先表现在工程选址、总体规划上，其次表现在设计和施工技术上。工程建设的总投资、工程建成后的经济效益和使用期间的维修费用等，都是衡量工程经济性的重要方面。这些技术问题联系密切，需要综合考虑。

符合功能要求的土木工程设施作为一种空间艺术，首先是通过总体布局、本身的体形、各部分的尺寸比例、线条、色彩、明暗阴影与周围环境，包括它同自然景物的谐调表现出来的；其次是通过附加于工程设施的局部装饰反映出来的。工程设施的造型和装饰还能够表现出地方风格、民族风格以及时代风格。

在土木工程的长期实践中，人们不仅对房屋建筑艺术给予了很大注意，取得了卓越的成就；而且对其他工程设施，也通过选用不同的建筑材料，例如采用石料、钢材和钢筋混凝土，配合自然环境建造了许多在艺术上十分优美、功能上又良好的工程。古代中国的万里长城，

现代世界上的许多电视塔和斜张桥，都是这方面的例子。

1.2 土木工程的发展历史

1.2.1 古代土木工程

古代土木工程的时间跨度较长，其经历新石器时代（公元前 5000 年起）—17 世纪中叶，前后约 7 000 年。古代土木建筑主要由砖、石头和木建造，这就是“土木”一词的来由。人类最初居无定所，原始人为避风雨、防兽害，利用山洞和森林等天然掩蔽物作为居处，如仰韶、龙山、河姆渡等文化创造的木骨泥墙、木结构榫卯、地面式建筑、干阑式建筑（见图 1-1、图 1-2）。农业出现以后需要定居，出现了原始部落，于是土木工程便开始萌芽。大规模的建筑活动是从奴隶社会开始的。随着古代文明的发展和社会进步以及生产经验的积累，古代土木建筑工程经历了它的形成期和发达期，不过因为受到社会经济条件的制约，发展不均衡，但是在房屋建筑、桥梁、水利和高塔工程等方面都取得了辉煌的成就。古代土木工程主要有木结构、石结构和砖结构。

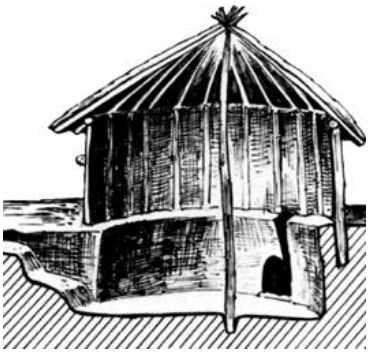

图 1-1 原始半穴居建筑复原图

图 1-2 河姆渡遗址干阑式民居复原图

该阶段的特点是以天然材料为主，辅以混合材料和加工后形成的材料；工艺技术简单，有打桩机、桅杆起重机等简单施工机械；分工逐步专业化；以经验总结和形象描述为主，缺乏理论依据。

1. 中国古代土木工程

（1）长　城

始建于 2 000 多年前的春秋战国时期，最初用黏土和乱石建造，秦朝统一中国之后联成万里长城。汉、明两代又曾大规模修筑，堪称世界奇迹，如图 1-3 所示。

长城是防备北方游牧民族的工事。两道平行的城墙，中间用土填满、夯实，主要用砖石砌筑。

图 1-3　万里长城

（2）都江堰

公元前 256～前 251 年，秦国蜀郡太守李冰父子率众修建；是世界上最长的无坝引水枢纽；由鱼嘴、飞沙堰和宝瓶口三部分组成。鱼嘴起分流和减灾作用，将岷江分为内外江；飞沙堰起泄洪、排砂作用；宝瓶口起分流和灌溉的作用。鱼嘴是利用装满卵石的竹笼堆放在江心形

成的狭长小岛，形似鱼嘴，江水流经鱼嘴，便被分为内外江，如图 1-4 所示。

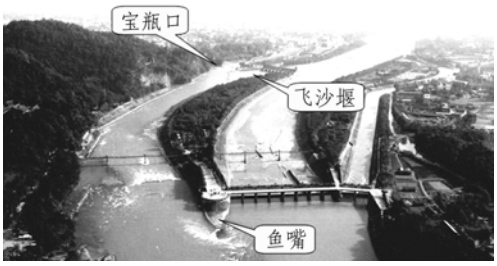

图 1-4 都江堰

飞沙堰的设计利用了“回旋流”原理，溢洪道前修有弯道，江水溢洪流经这里会形成环流，从而将泥沙携裹带入外江，这样就不会淤塞内江和宝瓶口水道。

宝瓶口，宽 13.3 m、长 26.6 m、高 53.3 m，是在玉垒山凿出的山口，形似瓶口。

（2）京杭大运河

我国的京杭大运河北起北京，南到杭州，流经冀、鲁、苏、浙四省，沟通海、河、淮、长江、钱塘江五大水系，全长 1 794 km，是世界最长的人工河。长度居世界第三的苏伊士运河，只有它的 1/10。这段运河开凿至今已有 2 400 多年的历史了，是我国历史上可与万里长城媲美的伟大工程。

（4）山西应县木塔和山西佛光寺祖师塔

应县木塔位于山西省应县西街北侧，建于公元 1056 年，因塔身全部用木质构成，俗称木塔。塔为楼阁式，用优质松木建成，高 66 m，底层直径 30 m，平面呈八角形。塔刹高 10 m，结构设计精巧，具有抗震、防灾、防火和防雷能力，保存至今已近千年，是国内外现存最古老最高大的木结构塔式建筑，如图 1-5 所示。

祖师塔在山西省五台县五台山的佛光寺内，建于北魏孝文帝时期（公元 471—499 年），

是创建佛光寺的初祖禅师的墓塔，塔身用青砖砌成，高约 8 m，呈六角平面，砖结构，如图 1-6 所示。

图 1-5　山西应县木塔

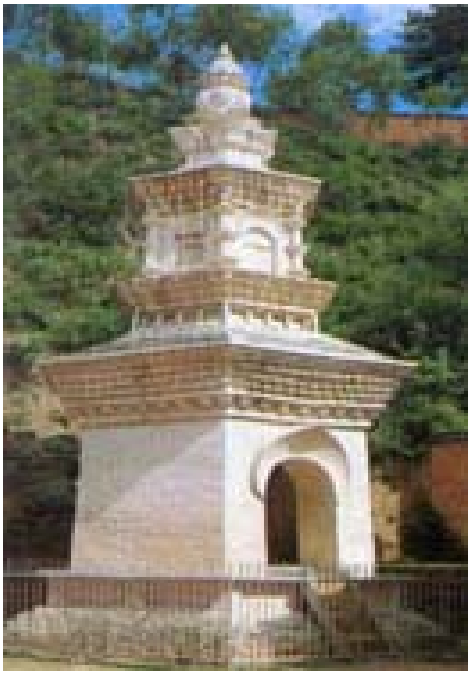

图 1-6　山西佛光寺祖师塔

（5）赵州桥

赵州桥位于河北省赵县，是世界桥梁史上第一座单孔弧形石拱桥，距今有 1 400 年的历史。

赵州桥全长 64 m，通体由巨大花岗岩石块组成，28 道独立石拱纵向并列砌筑组成单孔弧形。桥大拱两端之肩上又各设两个小拱，这些敞开的小拱在减轻桥身重量的同时，又起到了减少流水冲力、加速畅洪的作用，设计可谓非常科学合理，如图 1-7 所示。赵州桥是世界第 12 个土木工程里程碑（1991，ASCE）

图 1-7 赵州桥

2. 古埃及金字塔

古埃及金字塔是古埃及法老（Pharoah，意为“宫殿”，借指国王）的巨大陵墓。其中最为著名的是胡夫、哈夫拉和曼考拉 3 代法老在开罗以南 10 多千米处的吉萨修建的 3 座金字塔。其中又以胡夫金字塔最为高大雄伟。胡夫金字塔也称大金字塔，是埃及金字塔的登峰造极之作，用花岗石砌成。大金字塔原高 146 m（经数千年风雨侵蚀，现高 137 m），原塔基每边长 230 m（现长 227 m），占地 5.29 hm^2。在世界历史上，它保持作为最高建筑物的历史达 4 500 年之久，直到 19 世纪末才被埃菲尔铁塔超过。它的庞大的体积所需用的石料之多是空前绝后的。据估计，建成此塔共用了 230 万块石料，平均每块重 2.5 t，最大的一块重达 16 t，如图 1-8 所示。

图 1-8　金字塔和狮身人面像

3. 帕提农神庙

帕提农神庙是古代希腊雅典卫城中供奉雅典护神雅典娜的神庙，建于公元前 447—前 432 年，是希腊本土最大的多立克式神庙，古代建筑艺术杰作（见图 1-9）。帕提农神庙在卫城最高处，是卫城唯一的围廊式建筑，神庙东西两端各有多立克式柱 8 根（见古典柱式），两侧各有柱 17 根，立在三级台基上，没有柱础。台基最上一级长约 69.5 m，宽约 30.9 m，长宽比约为 9∶4。整个神庙用坚硬的大理石建造，结构均匀、比例合理，有丰富的韵律感和节奏感，建筑形象宏伟壮丽，神庙的装饰雕刻更为精美绝伦，被誉为“雅典的王冠”。

图 1-9　帕提农神庙

4. 古罗马竞技场

古罗马斗兽场，亦译作罗马大角斗场、罗马竞技场、罗马圆形竞技场、科洛西姆、哥罗塞姆，原名弗莱文圆形剧场（Amphitheatrum Flavium），建于公元 72—82 年间，是古罗马文明的象征。遗址位于意大利首都罗马市中心，它在威尼斯广场的南面，古罗马市场附近。从外观上看，它呈正圆形；俯瞰时，它是椭圆形的。它的占地面积约 2 hm^2，最大直径为 188 m，小直径为 156 m，圆周长 527 m，围墙高 57 m，这座庞大的建筑可以容纳近 9 万人数的观众。

围墙共分 4 层，前三层均有柱式装饰，依次为多立克柱式、爱奥尼柱式、科林斯柱式，也就是在古代雅典看到的 3 种柱式。科洛西姆斗兽场以宏伟、独特的造型闻名于世，如图 1-10 所示。

图 1-10 古罗马竞技场

5. 索菲亚大教堂

索菲亚大教堂 335 年由君士坦丁大帝首建，532 年由查士丁尼一世续建。主体建筑结构采用砖砌穹顶，中央大穹顶直径为 32.6 m，由 107 根高大的大理石柱衬着金叶装饰，支撑着高达 56 m 的拱形圆顶，巍峨宏伟。大厅长 77 m、宽 71 m（见图 1-11），通体为白色大理石，雕工精细，被誉为古代奇迹。

图 1-11　索菲亚大教堂

6. 巴黎圣母院

圣母院约建造于 1163 年到 1250 年间，属哥特式建筑形式（见图 1-12），是法兰西岛地区的哥特式教堂群里面，具有关键代表意义的一座。始建于 1163 年，是巴黎大主教莫里斯·德·苏利决定兴建的，整座教堂在 1345 年全部建成，历时 180 多年。

巴黎圣母院平面宽约 47 m、深 125 m，可容纳近万人。正面是一对高 60 余米的塔楼，中部有高达 90 m 的尖塔。

图 1-12　巴黎圣母院

1.2.2　近代土木工程

近代土木工程的时间跨度：17 世纪中叶到第二次世界大战前后。

这一时期土木工程的特点：有力学和结构理论作为土木工程的设计指导；砖、瓦、石、木等建筑材料得到广泛应用；混凝土和钢筋混凝土、钢材、预应力混凝土得到发展；施工技术、施工机械、施工规模进步很快，施工速度加快。

对推动土木工程的发展具有重大意义的几件大事：意大利物理学家和天文学家伽利略在

公元 1638 年发表了《关于两门新科学的对话》，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；英国科学家牛顿在公元 1687 年总结出了力学三大定律，为土木工程的力学分析奠定了基础；瑞士数学家欧拉于公元 1744 年出版了《曲线的变分法》，建立了柱的压屈理论，得到柱的临界应力公式，为分析土木工程结构物的稳定问题奠定了基础；英国人阿斯普丁取得了“波特兰”水泥的专利权，公元 1850 年开始生产；法国科学家纳维建立了土木工程结构设计的“许用应力分析法”，19 世纪末，里特尔等人又提出了“极限平衡分析”的概念，他们都为土木工程结构理论打下了基础；贝塞麦转炉炼钢法的出现，使得钢材大量应用于土木工程之中，促进了土木工程的发展；法国人莫尼埃发明了钢筋混凝土，钢筋混凝土开始应用于土木工程中；公元 1886 年，美国人杰克逊应用钢筋砼制作楼板并应用预应力混凝土制作配件。

近代土木工程经典案例：

1. 美国 10 层保险公司大楼

公元 1883 年，美国芝加哥建成了世界上第一座用钢铁框架作为承重结构的保险公司大楼（见图 1-13），是真正意义上的钢结构，被誉为现代高层建筑的开端。该楼是世界上第一幢按现代钢框架结构原理建造的高层建筑，共 10 层，高 55 m，开摩天大楼建造之先河。

图 1-13　美国 10 层保险公司大楼

图 1-14　埃菲尔铁塔

2. 法国埃菲尔铁塔

公元 1889 年，法国工程师古斯塔夫·埃菲尔完成了他的惊世之作——埃菲尔铁塔。它是巴黎展览会的标志性建筑。

埃菲尔铁塔为镂空结构铁塔，高 300 m，天线高 24 m，总高 324 m。分为 3 楼，其中 1、2 楼设有餐厅，第 3 楼建有观景台（见图 1-14）。从塔座到塔顶共有 1 711 级阶梯，共用去钢铁 7 000 t、12 000 个金属部件、259 万只铆钉。

3. 铁路工程的兴起

公元 1825 年，英国人斯蒂芬森在英格兰北部斯托克顿和达灵顿之间修筑了世界上第一条长 21 km 的铁路。

4. 苏伊士运河和巴拿马运河的开凿（1869，1914）

公元 1859 年—1869 年，苏伊士运河开凿，将地中海和印度洋连接起来。

公元 1881 年—1914 年，中美洲的巴拿马共和国凿通了巴拿马地峡，使从太平洋到大西洋间的航程缩短了 1 万余千米。

5. 纽约帝国州大厦（1931）

帝国大厦 1930 年动工，1931 年落成，只用了 410 天；102 层，总高 381 m，雄踞世界最高建筑的宝座达 40 年之久，直到 1971 年才被世贸中心超过；钢筋混凝土结构，见图 1-15。

1945 年，一架 B52 轰炸机在浓雾中撞上帝国大厦，机毁人亡，帝国大厦第 79 层的边梁受到影响，电梯震落一部，但整体未受到影响。

图 1-15　纽约帝国州大厦

6. 美国旧金山金门大桥

金门大桥于 1933 年动工，1937 年 5 月竣工，历时 4 年、用去 10 万多吨钢材、耗资达 3 550