



高等学校“十二五”重点规划教材
工程训练系列丛书

认识工程

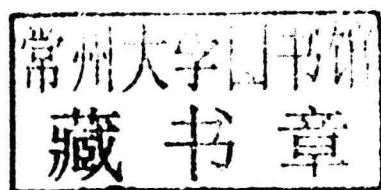
主编 聂志强 刘思嘉



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

认 识 工 程

主 编 聂志强 刘思嘉
副主编 米伟哲 陈 宁



哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书分3篇:工程发展篇、工程技术篇、工程未来与工程人才篇共11章。在内容上通过对工程的历史沿革、现状与未来发展趋势的介绍,展现不同时期的工程活动在人类社会发展、国家经济建设中的地位及作用。全书在编写过程中围绕工程“造物”这个核心,以“现代机电产品”为载体,以“制造加工”为主线,分别从工程材料、机械结构、控制技术、工程管理以及机电一体化等多个方面介绍工程基础知识,并对进行的“工程认识训练”进行了介绍。

全书在编写风格上采用图文并茂的形式,从了解工程概貌入手,认知并了解最基本的工程知识。

本书可作为大学本科生低年级的高等工程教育教学用书,也可作为中等专业学校、职业技术学校教学的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

认识工程/聂志强,刘思嘉主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2012. 8
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0444 - 1

I. ①认… II. ①聂… ②刘… III. ①工程 - 高等学校 - 教材 IV. ①T

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 207681 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东市一兴印刷有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 14. 75
字 数 353 千字
版 次 2012 年 8 月第 1 版
印 次 2012 年 8 月第 1 次印刷
定 价 30. 00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

代序

——写给未来工程师们的一封信

Scientists study the world as it is, engineers create the world that never has been.

——Theodore Von Karman

(科学家探究已有的世界,工程师开创全无的天地。)

——美国著名空气动力学家西奥多·冯·卡门)

当你通过互联网与大洋彼岸的朋友视频聊天的时候,当你乘坐高速列车由哈尔滨到北京朝发夕至的时候,当你在高层公寓里享受安逸的时候……你一定会常常感叹现代生活的便捷和美好。可是,你是否意识到这一切都是“工程活动”带给我们的福祉,这一切都直接和“工程师”的辛勤劳动密不可分(当然,并不是否定科学家以及一切与之相关的人的劳动)。从这个意义上说,“工程”改变了我们的生活,“工程”就在我们身边。正是因为“工程师”们不懈努力,我们今天才有了孙悟空的“千里眼”和“顺风耳”,我们才能乘着“人工岛”跟随凡尔纳去“八十天环绕地球”,我们明天也能骑着“飞天扫帚”去遨游哈利·波特的“魔法世界”。不然的话,我们也许还在茹毛饮血,也许还要披兽皮、住洞穴……

到这里,难道你没有产生一点点了解“工程”的兴趣,进而萌生将来“与爱迪生为伍”,用自己的双手“为人类创造更美好的明天”的愿望吗?

那么,你想迈出与“工程”亲密接触的第一步吗?首先欢迎你走进《工程认识》课堂,认识一下熟悉而又陌生的“工程”,进一步感受一下“工程”的魅力。这里通过实物、模型、多媒体资料向你展现一个丰富多彩的“工程世界”,这里有比你早几年、十几年甚至几十年了解工程的人——你们的老师恭候并陪伴你遨游“工程世界”。

欣赏着精美绝伦的工程历史文物,你的脑海里或许会浮现出古代能工巧匠们红火壮观的劳动场面,赞叹先人们精湛的制造技艺;浏览着浩如烟海的工程历史著作,你或许听到了古代科学家、发明家锲而不舍探索的脚步声,折服于前辈们博大精深的工程思想;面对现代工程师匪夷所思的奇思妙想,你似乎会与他们一起冥思苦想,一起品尝失败的迷茫和成功的喜悦;纵观工程科学与技术的过去、现在和将来,你仿佛也把握到了发明创新的脉搏,激发起了发明创新的渴望。

徜徉在工程技术的历史长廊里,我们没有理由不为我们祖先早期对世界工程技术发展的重要贡献而自豪,我们也无法坦然面对泱泱大国在西方列强坚船利炮面前因工程技术的落后而显现出的衰微与颓败,我们更深切地体会到发展工程技术,振兴中华民族的责任之重大和刻不容缓。

通过一周时间的学习,相信你一定能从感性的角度宏观地认识“工程活动”的概貌,进一步感受“工程”的魅力,初步把握“工程创新”的脉搏,也相信你一定会更加明确“当一名工程师,用自己的双手为人类创造更美好的生活”的愿望和决心。

《工程认识》课程不是压缩饼干。要了解“工程”的全部内涵,要成为一名合格的“现代

工程师”，绝不可能仅仅用短短一周时间的《工程认识》就“毕其功于一役”。

那么，当你想亲身体验一下制造过程的时候，就请你在二年级进入《工程实践》课程的教学环节，用自己的双手制作一个工具，并为相关课程的理论学习奠定感性认识的基础。

当然，你也一定要认真学好老师们为你精心设计的每一门课程，同时也要根据自己的兴趣上好选修课程，打下坚实的理论基础。

当你羽翼渐丰，萌生冲动，想在“工程创新”上“小试牛刀”的时候，就请你在三年级进入《工程综合》课程的教学环节或者更早地加入工程训练中心的 SUNWISE 协会。那里的场地、工具、仪器和设备在等着你使用，那里有实践经验丰富的教师为你提供帮助。在那里，老师和同学会倾听你的“异端邪说”，鼓励你的“异想天开”，助推你的“奇思妙想”，那里是你综合运用各学科知识把自己的“工程创意”变成“工程实物”的舞台。在那里，通过“工程创新”，你会重新认识自己无尽的潜能，你会树立起面对未来挑战的满满自信。你在那里迈出的“一小步”或许就是“中国人踏上火星的第一步”的预演！

希望你们当中有更多的人有志把自己的一生与“工程”紧密联系在一起。

未来的工程师们，没有你们，没有你们的献身精神，中华民族的“强国之梦”只能是“一枕黄粱”，“东方醒狮”的雄姿只能是“海市蜃楼”！

“工程创新报国，工程创新强国”——致力工程技术创新，集“中国的爱迪生们”的聪明才智和默默奉献锻造我中华民族所向披靡的“倚天利剑”，铸造我中华民族坚不可摧的“中华神盾”，成就我泱泱大国傲视群雄的伟业。

未来的工程师们，任重而道远。努力吧！从我做起，从现在做起！

哈尔滨工程大学教授 王冬

前 言

哈尔滨工程大学于 2003 年成立工程训练中心,以“三段式”课程体系承担全校本科生以及部分研究生的工程实践训练教学任务。其中“第一段”即为大学一年级学生开设的《工程认识》课程,从其在学校人才培养方案中的地位、功能以及作用来分析,我们把它定位为_{基础实践类}导论课程,是对全体学生进行工程启蒙,引导学生走向工程师职业的入门课。通过本课程的学习,使学生从宏观的视角了解“工程”的全貌;了解现代工程师在工程中的角色和职责;初步建立现代机电产品制造工程的概貌(“工程链”);通过了解工程对人类社会发展的推动作用及国内外的差距,激励“献身工程”志向和“工程强国”使命感的形成,树立正确的学习动机和目标;了解现代工程师应具备的素质和知能结构,提高进一步学习的目的性和主动性。

根据对当前大学生现状的调查分析,中国目前的中小学教育过程中,绝大多数学生很少有机会和条件参加社会实践,造成目前的高中生很少关注工程,缺乏基本的工程知识,对工程技术不感兴趣,几乎没有与工程亲密接触的经历。那么怎样在他们刚进入大学校门,就能在最短的时间内了解工程、认识工程,并且对工程产生兴趣和好奇心?作为导论类课程,《工程认识》课程教学目标的核心强调的是“概貌性的介绍”,是引导学生走向工程职业的入门课程,具有“启蒙、励志、导向”的功能。

但是,《工程认识》课程自开课以来一直没有教材,学生在学习时缺少参考以及预、复习的书面资料。教师在课堂有限的讲授时间内,传递的信息量也受到限制。目前国内外都没有此类课程的相关教材和书籍。为此,我们组织担任《工程认识》课程的相关教师,结合我校 2009 版人才培养方案以及本课程的教学要求,编写了本教材。旨在使同学们能更好地、更多地了解在人类社会的发展进程中,工程所起到的重要作用,工程发展与人类社会进步的相互作用。本书围绕工程“造物”这个核心,采用通俗易懂,图文并茂的形式,以制造为主线,对工程材料、机械结构、控制技术、工程管理等工程基本知识进行了介绍,采用“机电一体化设计体验”等实践活动,对相关工程内容进行集成、优化。并对工程发展史、未来的工程发展趋势以及未来社会建设发展对高等工程人才的素质要求和特征进行了描述与分析。

本书由哈尔滨工程大学聂志强、刘思嘉担任主编,米伟哲、陈宁担任副主编,宋以国、李文逸、李泽辉、周莹担任参编。全书由聂志强统稿。

本书在编写过程中,参考或引用了一些专家学者的论著,在此一并表示感谢。

编 者

2012 年 6 月

第一篇 工程发展篇

第一章 工程的起源	1
第一节 人类的起源与工程的起源	1
第二节 工程的起源与技术的起源	3
第二章 工程的发展	5
第一节 原始工程时期	5
第二节 古代工程时期	7
第三节 近代工程时期	12
第四节 现代工程时期	14
第五节 工程类型的历史演变	16
第三章 工程的本质和特征	20
第一节 工程的概念	20
第二节 工程的本质和工程活动的标志	22
第三节 工程的基本特征	23

第二篇 工程技术篇

第一章 加工与制造	28
第一节 制造技术的起源与发展历程	28
第二节 基本制造技术	39
第三节 现代制造技术	47
第四节 单元实践环节	56
第二章 材料的发展与应用	59
第一节 材料发展与人类文明	59
第二节 工程材料的分类与工程应用	63
第三节 工程材料的加工成形	74
第四节 工程材料以及材料成形技术的发展趋势	83
第五节 单元实践环节	84
第三章 机械组成与运动	88
第一节 古代与近代机械	88
第二节 现代机械工程	93
第三节 机器与机构概述	93
第四节 运动与动力的传递	96
第五节 运动形式的转换与典型机构	104
第六节 零件的标准化	113
第七节 单元实践环节	114
第四章 控制系统与应用	129
第一节 自动装置的出现和应用	130
第二节 自动化技术形成	134

第三节 现代控制系统的分类及应用	136
第四节 现代工业控制系统	137
第五节 控制器的发展趋势	139
第六节 工业电气自动化——继电控制	141
第七节 单元实践环节	150
第五章 机电一体化概论	156
第一节 机电一体化技术的诞生与发展	156
第二节 机电一体化技术的应用	160
第三节 机电一体化系统的构成及关键技术	169
第四节 机电一体化技术的发展趋势	172
第五节 单元实践环节 1	173
第六节 单元实践环节 2	183
第六章 工程管理的发展与应用	187
第一节 管理思想的起源	187
第二节 工程管理的产生与发展	195
第三节 工程管理的要素	199
第四节 单元实践环节	207

第三篇 工程未来与工程人才篇

第一章 未来工程发展的总体背景和基本趋向	210
第一节 未来工程发展的总体背景	210
第二节 未来工程发展的基本趋向	212
第二章 面向未来的工程人才	217
第一节 未来工程人才的素质要求	217
第二节 未来十年中国创新型工程科技人才需求的态势	219
第三节 当代工程科技创新人才的特征分析	221
结束语	224
参考文献	225

第一篇 工程发展篇

第一章 工程的起源

第一节 人类的起源与工程的起源

工程是将自然科学原理应用到工农业生产部门中去而形成各学科的总称。

“工程”是科学的某种应用,通过这一应用,使自然界的物质和能源的特性能够通过各种结构、机器、产品、系统和过程,以最短的时间和精而少的人力做出高效、可靠且对人类有用的东西。

随着人类文明的发展,人们可以建造出比单一产品更大、更复杂的产品,这些产品不再是结构或功能单一的东西,而是各种各样的所谓“人造系统”(如建筑物、轮船、铁路工程、海上工程、飞机等),于是工程的概念就产生了,并且它逐渐发展为一门独立的学科和技艺。

在现代社会中,“工程”一词有广义和狭义之分。就狭义而言,工程定义为“以某组设想的目标为依据,应用有关的科学知识和技术手段,通过一群人的有组织活动将某个(或某些)现有实体(自然的或人造的)转化为具有预期使用价值的人造产品过程”。广义而言,工程则定义为由一群人为达到某种目的,在一个较长时间周期内进行协作活动的过程。那么工程是从什么时间出现并开始为人类的进化造福的呢?

由于工程活动可以被理解为使用工具和制造工具、制造器物的活动,于是对工程活动起源的追溯与对工具起源问题的追溯就密切联系在一起了,从而“工程起源”问题和人类起源问题、技术起源问题也就密切地联系在一起了。

工程起源问题与人类起源问题的密切“联结”,既凸显了工程起源问题的重要性,又显示了这个问题的复杂性和解决这个问题的困难性。

马克思在《资本论》中说:“劳动资料的使用和创造,虽然就其萌芽状态来说已为某几种动物所具有,但是这毕竟是人类劳动过程独有的特征,所以富兰克林给人下的定义是(A tool making animal),制造工具的动物。”许多人都接受了富兰克林这个关于“人是制造工具的动物”的观点。雅科米在《技术史》一书中也明确主张“唯一与生命有关的不可辩驳的人类标准是工具的出现”。根据这种观点,可以认为工程和人类有着“合二而一”的起源,工程的历史和人类的历史一样长久。目前,考古发现的最早的工具的化石(最初的琢石工具)被检测距今已有 200 万 ~ 250 万年。依据这个发现,似乎可以说工程和人类是在 250 万年前同时诞生的(图 1-1-1)。

目前在人类起源和工程起源方面还有许多问题未能完全解决。首先,种种迹象表明,似乎难以找到一个清晰的界限将原始人使用工具的原始工程活动与动物的本能活动截然分开。有一些学者认为在“从猿到人”的过程中存在着一个漫长的“亦猿亦人”的时期(图



图 1-1-1

1-1-2)。其次,在这里还遇到了“工程”和“人”的“相互作用”与“相互创造”的问题。一方面,需要承认只有“人”才能使用和制造工具、进行劳动和实施工程活动;另一方面,正如恩格斯所指出的那样又应该承认劳动和工程活动“创造了人”。

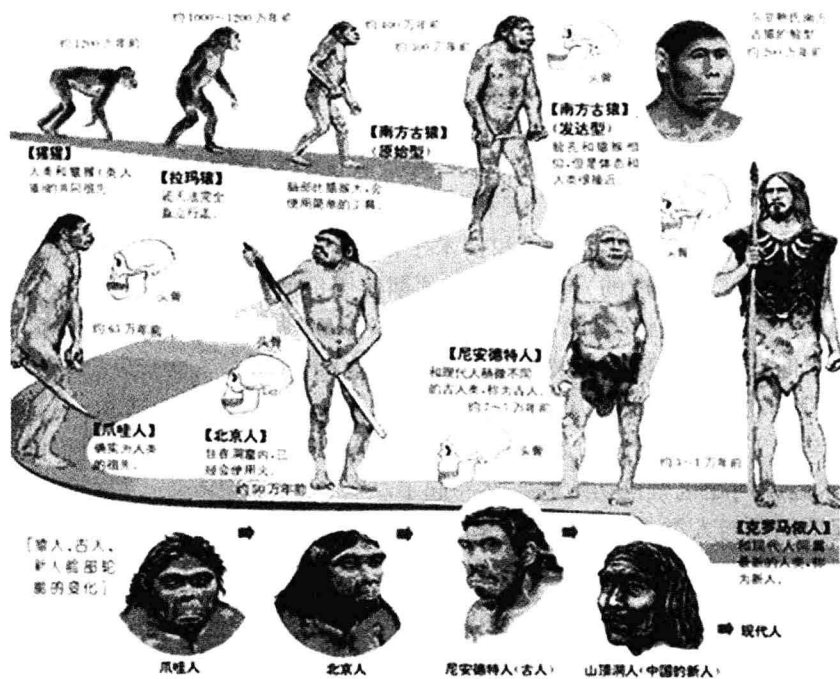


图 1-1-2

尽管在工程起源和人类起源的问题上,还有许多未解的理论之谜和历史之谜,但有一个观点是可以坚持的,这就是可以认为劳动和工程活动是人猿区别的标志,是人之所以称为人的根据。但必须注意的是如何理解这一观点,我们认为不能作过于机械化和绝对化的理解,应辩证地进行理解。

第二节 工程的起源和技术的起源

如果可以认为最初的工程和最初的技术是合一的,那么也就可以说有了技术就有了工程,技术的起源就是工程的起源。

工程的一般含义就是“造物”,“工程是一种将自然的材料和特质,通过创造性的思想和技术性的行为,形成具有独创性和有用性的器具的活动。”而最早的石器工具的出现就标志人类真正的造物活动的开始,从而就应该视为工程起源的标志。“工程的最早形式包括制造石器工具和其他人工制品以帮助人类的生存。”而石器工具的出现也被普遍地视为技术的起源,在这里,最初的人造物的出现既是工程也是技术诞生的标志,因此在起源上,工程和技术是不分家的,技术的起源就是工程的起源。同时,工程和技术在发展上也是紧密联系在一起,“工程分类的历史经常根据特殊的技术发展和事件来描述”。于是,工程史与技术史也就发生了许多内在的联系和结合。

在人与工具的关联性上,已有学者提出“人是工具的使用者和制造者”的观点。从人类起源方面看,人类最早可能仅仅是工具的使用者,后来才逐渐成为了工具的制造者。

在查尔斯·辛格等人主编的多卷本《技术史》中,作者把人类使用和制造工具分为六个文化阶段,并把这些阶段与已知的人科种类大致地联系起来。

(1)偶尔使用简易的工具和武器,为“始石器时代”的南方古猿和上新世人科动物所用(表明最早的原始人类很可能只是工具的使用者而不是工具的制造者)。

(2)偶尔制造工具,为旧石器时代早期开端的最早期的猿人和人所用。

(3)常规性工具制造,但缺乏标准化,为旧石器时代早期的猿人(如北京猿人)和某些智人(*Homo sapiens*)的早期先驱(如夏朗德的丰特谢瓦德人)所用(图1-1-3)。

(4)常规性工具制作,并具有明显的标准化,但缺乏专业化,为旧石器时代的智人的早期先驱(如肯尼亚的卡纳姆人,肯特的斯旺斯柯姆人)所用(图1-1-4)。



图 1-1-3



图 1-1-4

(5)专业化工具和武器的制造,包括初级的、旧石器时代中期的尼安德特人(*Homo neanderthalensis*)和另一些早期智人、组合式(旧石器时期晚期和中石器时代的智人,如克罗马农人)的工具和武器(图1-1-5)。

(6)机械原理的使用(机械工具),现代智人所用,属于新石器时代和金属时代的特征,但在旧石器时代末期和中石器时代已有一些征兆(图1-1-6)。

人们常常将工程在严格意义上分为土木工程、机械工程、化学工程、电机工程、纺织工程和矿冶工程等。从历史上看,这几类工程中最早出现的是土木工程。土木工程是指基础设施的建造和维修,如造房修路,建桥挖河之类。在人类历史上,当原始人为了避雨遮风而建巢定居成为“居住”的动物时,他们兴建居所的活动就成为最早的“土木”工程。有人认为这才意味着“严格意义”上的工程的产生。

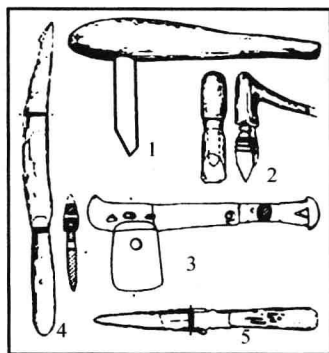


图 1-1-5

还有人认为,人类的工程也可以食物工程的出现为起点。由于食物工程也是许多单项技术的集合,为了取得“比较稳定”的食物来源,人类创造和发展了农业活动。农业的起源与居所的建造有紧密联系,正是由于种植性的农业才使人类开始了定居的时代。

根据以上所述,工程起源问题可以从两个层次上来认识。一是把工程活动与人类使用和制造工具的活动联系在一起,这就可以认为人类最初用物和造物的历史就是原初意义上工程活动的开端;二是从严格意义上,将“居住工程”和与此相关的食物工程的出现作为工程诞生的标志。

总而言之,工程起源于人类生存的需要,起源于人类对器物的需要,尤其是对工具的需要,然后是对居所的需要,以及对一切非自然生成的有用物的需要,概括而言就是人类对“衣、食、住、行”的需要。而制作、建造它们的活动,就成为人类的工程活动。

图 1-1-6 中国新石器时代的
几种安柄工具

- 1—洋渚遗址出土的带木柄石锤;
- 2—河姆渡遗址出土的石锤和曲尺形木柄的安接;
- 3—青墩遗址中层出土的陶质带柄穿孔斧;
- 4—鸳鸯池遗址出土的石刃骨柄刀;
- 5—鸳鸯池遗址出土的石刃骨柄匕首

第二章 工程的发展

在人类文明的发展历史上,工程活动经历了一个漫长、曲折、复杂的发展历程,从史前原始人制造的极其粗笨的石器直到今天制造太空飞船和电子芯片,有着一个漫长的激动人心的历史过程。从工程发展的历史进程中,不但可以看到人类社会在物质文明方面的进步和发展,而且同时可以看到人类社会在精神文明和制度方面的进步和发展。

正如徐匡迪院士所说:“工程是人类的一项创造性的实践活动,是人类为了改善自身生存、生活条件,并根据当时对自然规律的认识,而进行的一项物化劳动的过程……所谓改善生存、生活条件,中国人自古以来就习惯地把它简约为“衣、食、住、行”。可以说一部人类文明进化的历史,从物质方面来看无非是从狩猎捕鱼、刀耕火种到驯养畜禽、育种精耕;从树叶、兽皮蔽体到纺织制衣,乃至以服饰成为官阶、时尚的标志;从搭巢挖穴而居,到造屋筑楼、兴建市镇;从修土路搭木桥、乘坐马车、帆船,到构建高速公路、铁路四通八达,洲际航线朝发夕至。总之这一切都离不开工程活动,都和每个时期人类对自然规律的认识水平及对相关技术的综合集成能力有关。”那么,让我们看看工程在不同的历史时期,在满足人类最基本的生活需求“衣、食、住、行”方面,完成了哪些进化和取得了怎样的成就。

第一节 原始工程时期

从人类的诞生尤其是可以制造石器工具时算起,到1万年前农业出现,通常被称为人类历史上的原始时代或史前时代,它对应于技术史分期中的旧石器时代。

从工程的造物活动上看,这个时期属于“器具的最初发现”时期。这个时期“人类开始收集和砸制石头,用于特殊的目的,这也成为后来工程的一个持续的特征”。

旧石器时代的早期,打制石器以粗厚笨重、器类简单、一器多用为其特点;中期出现了骨器;到了旧石器时代的晚期,石器趋于小型化和多样化,器类增多,并且已经能制造简单的组合工具,如弓箭、投矛器等复合工具,还会使用了钻孔技术,出现了少量磨器。“随着人类逐渐缓慢地变成工具制造者,在整个‘石器’中人们使用的主要材料就超出了石头的局限,用到了骨头和木甚至还包括少量牛角、鹿角和象牙。”工程的原材料为石头、骨、动物的筋、腱等。工程活动要选择合适的原料,“选材”(石材的选取)导致了原始的采矿工程活动,如通过燧石矿的发现,原始人可以得到最合适的燧石;当然还需要有其他工程操作如敲打、撞击、截砍等,才能形成有刃的斧头等工具。出乎许多人意料的事情是:那时有一些工程活动的“工序”是相当复杂的,例如,在中国广西百色发现的80万年前打制石器——一件手斧——甚至需要五十多道制作工序才能完成。为了形成锤、矛、枪等还要进行捆绑等工序。在这个时期,人类已经学会了用火,这是石器时代的一个划时代的成就。最早用火遗迹发现于非洲肯尼亚的切萨瓦尼亚,有40块烧过的黏土小碎块,可能是篝火的遗迹,其年代约为142万年前。欧洲最早用火遗迹是法国马赛附近的埃斯卡尔洞穴,在这里发现了75万年前的木炭和灰烬。中国的北京猿人已知用火,洞穴中留下了大量用火的遗迹。

(1)衣:在“人猿相区别”的初始时期,古人也是赤身裸体,利用自身的体毛生存,直到数

十万年前的旧石器时代中晚期,才逐步脱离了裸态生活,他们用石刀或骨制的刮刀把捕获的野兽的肉和脂肪除掉,剩下的兽皮就披挂在身上,或是采集叶草圈围在身上,这可以算是衣服的雏形,准确地说应该是“衣皮带茭”(《墨子》)(图1-2-1)。

(2)食:在这个时期,采集、狩猎和捕鱼是人类食物的全部来源。旧石器时代的人类以采集现成的天然产物为主,他们的基本食物是最容易得到的果实、块根,以及昆虫、蜥蜴等小动物,后来也猎取大动物。在英国旧石器时代早期的克拉克当遗址中曾经发现一段紫杉木的木矛,德国莱林根阿修尔文化层中也曾发现一根用石器削制的紫杉木矛。由于木制工具不易保存,这样的实物显得特别珍贵。它说明早在直立人时代,原始人类就已经用木矛进行狩猎了。狩猎是原始人最大的肉食来源,它使人们得到蛋白质、脂肪和碳水化合物等重要的营养物质,促进大脑和体质的发展。但是采集在经济生活中仍占有重要的位置,因为狩猎的成功带有偶然的因素,而采集则可提供相对稳定的食物来源。考古学者根据石器类型的分化,推测旧石器时代中期就有了性别的分工,男子从事狩猎,妇女则从事采集(图1-2-2)。



图1-2-1



图1-2-2

对旧石器时代的采集狩猎者来说,火的使用具有极其重要的意义。火不但可以用来猎取大动物,变生食为熟食,还可以用来照明,用来取暖,使人类能够到寒冷的地区生活,从而扩大了人们的活动范围。

(3)住:由于植物的四季不同和动物的迁移,原始人居无定所,有时就住在岩洞中。但到了旧石器时代后期,在一些缺乏天然洞穴的地区,出现粗糙简陋的人造居所,并且逐渐出现不同风格的(如帐篷型的和地下式的)人造居所。后来,房屋逐渐普遍化起来,房屋类型也随之发展,建筑的结构出现了多样化。“上古之世,人民少而禽兽众,人民不胜禽兽虫蛇,有圣人作构木为巢,以避群害。”(《韩非子·五蠹》)这段话记载了这样一个传说,“有巢氏”是最早教会人们搭屋建房的圣人。人们依据地势的不同,因地制宜,“下者为巢,上者为宫窟”,即在地势低洼潮湿地区建造巢居,而在地势较高的地方采用穴居(洞窟或地坑)(图1-2-3)。

(4)行:在远古时期,古人类的迁徙和移动只能在陆地上进行,为了生存与生活的需要,人们在自己的生活区域来往走动,踩踏出了便于行走的人行小道。大约在数十万年前,古人类在江河湖海边沿捕鱼、捉蟹的过程中,看到树叶、芦苇、葫芦等物体能够在水面上漂浮,就开始想到利用它们作为水上的移动工具。人类最早使用的渡河工具应该是浮瓠。浮瓠,

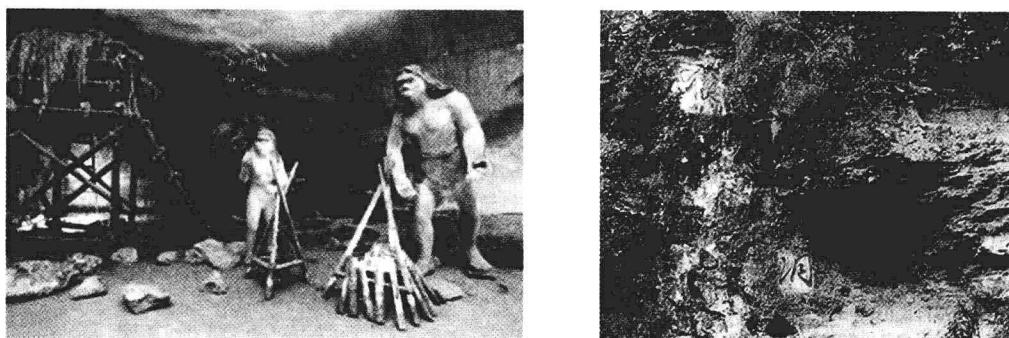


图 1-2-3

即是葫芦。“今子有五石之瓠,何不虑以为大樽而浮乎江湖。”(《庄子·逍遥游》)可见中国人很早就把葫芦作为渡河的工具了。

制造工具、用火、建筑居所、迁移是旧石器时代的主要工程内容。从特征上看,“在整个石器时代,从这个时代的开端一直到开始使用金属期间,把石头加工成器具和工具以及(后来的)家用器皿的技术相当缓慢而逐步地演变着,并兢兢业业地努力达到它们被设计的目的。另一方面,加工木头和骨头的技术一直都很简单,仅限于切割、劈砍、刮削以及很少使用的锯。大量的精力被倾注于设计快速、有效地制造石器工具和武器的方法中,而用这些工具加工骨头、象牙和木头的过程既缓慢又简单,在这整个时期中,其技术还不够精致,也没有什么大的发展”。这无疑也刻画了当时的工程发展状况。

第二节 古代工程时期

1 万年前人类开始使用新石器,技术上以磨制石器为主(而旧石器时代是以凿制石器为主),从而进入新石器时代。其结束时间在不同的地区从距今 5 000 多年至 2 000 多年不等。随着生产工具的改进和生产经验的积累,人类逐渐了解一些动植物的生活习性,并采取措施栽培植物和驯养动物,开始了靠人类的劳动来增加天然生产物的时期,从而产生了原始农业。这个时期农业与畜牧的经营使人类由逐水草而居变为定居下来,节省下更多的时间和精力,并且人类已经能够制作陶器、进行纺织。新石器时代以及随后的青铜时代,使人类的历史进入到古代文明时期,在工程上也出现了许多新领域、新特征、新面貌,人类的“衣、食、住、行”也随之发生了根本性的改变。

在新石器时代,陶器(或土器)的出现揭开了人类利用自然的新篇章(图 1-2-4)。一般认为陶器的发明是伴随着定居和种植农业的发生而出现的,是应谷物储藏、炊煮以及盛水盛汤之需而产生的,这也表明工程实践是由社会和生活需要的推动而发展的。陶器制作的工程过程包括使用黏土、纤维、太阳、热等工程原料,通过混合、成型、用火加热等工程活动,制成陶器、砖等人工物。布鲁诺·雅科米说:“陶器的来临,代表了以矿物为基础的技术系统的漫长发展道路上的一个重要阶段。石器是这个系统的起源,随着埃及人在建造他们那宏伟的纪念性建筑物的本领,这个技术系统达到了顶峰。”

新石器时代出现的制陶实践,使人们逐渐掌握了高温加工技术,导致人类进入熔化铜

和铁的金属时代。金属时代使得工程的形式和内容更加复杂和丰富,它以石头、金属、木、黏土、火为自然原料,需要进行探矿、采矿、冶炼、铸造和锻造等工程活动,并且还需要直觉、技艺、独创等工程思维活动,最后制成结构物、工具、武器、可贸易的货物等人造物。其中的技术成分也导致最先成为从事产业生产的专业人员(金属工匠)的出现。

公元前 6000 年左右,人类逐渐学会了从铜矿石中提炼铜,然后是铜与锡的合金——青铜工具——的出现。据考古发现,约在公元前 4000—公元前 3000 年,青铜器开始出现,由此标志人类进入青铜时代(图 1-2-5)。在青铜时代,人们使用的工具、武器、生活用具、货币、装饰品等器物,许多都是用青铜制造的。在制造青铜器时,工程活动中需要进行熔化和成型等许多工序。

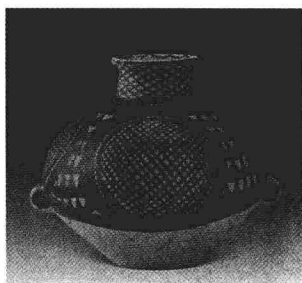


图 1-2-4

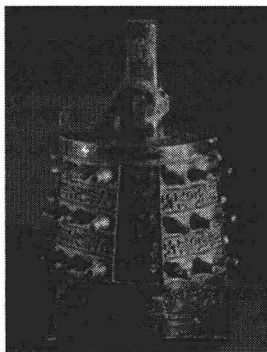
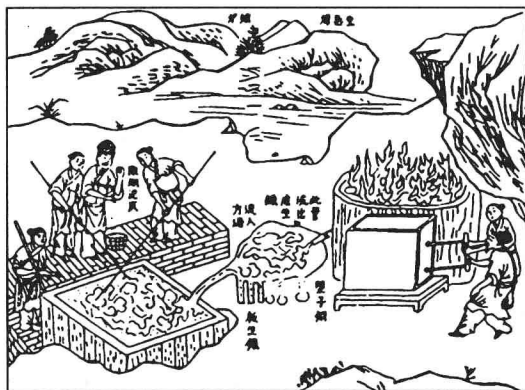


图 1-2-5

继青铜时代之后来临的铁器时代具有更重要的意义和更深远的影响。虽然人们已经在叙利亚北部发现了约公元前 2700 年的非常原始的炼铁炉,但铁的比较普遍的使用就要晚得多了。有人认为在公元前 12 世纪,铁在腓尼基和美索不达米亚的北部已经有了比较普遍的使用,但也有人认为铁的比较普遍的使用还要更晚一些(图 1-2-6)。

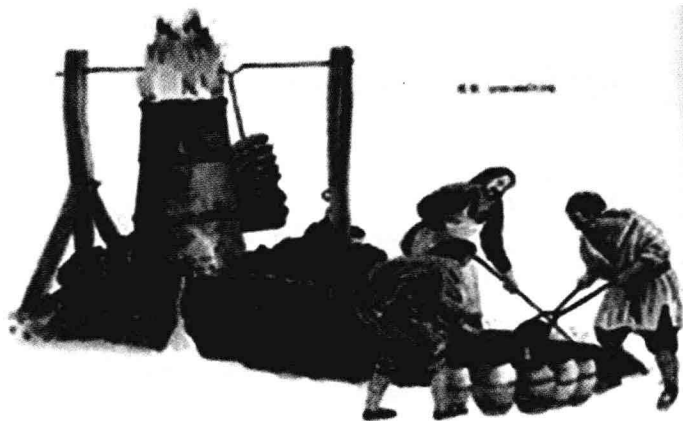


图 1-2-6

铁的普遍使用将人类的工程提高到了一个新的水平,因为铁的分布广泛且容易获得,铁制工具比青铜工具更为便宜有效,这使得大规模地砍伐森林、沼泽的排水以及耕作水平的提高都成为可能。就水利工程而言,青铜工具还不能为大型水利工程提供最基本的工具条件,因此在青铜器时代,还看不到大型水利工程。铁制工具的出现则不同,正如恩格斯在《家庭、私有制和国家的起源》中所说的那样:“铁使更大面积的农田耕作,开垦广阔的森林地区,成为可能;它给手工业工人提供了一种其坚固和锐利非石头或当时所知道的其他金属所能抵挡的工具。”铁器工具的使用一方面提高了社会生产力,导致食物生产以外的更多剩余劳动力的出现,另一方面大量的铁制工具还为大规模的、艰巨的施工提供了最重要的手段,使得大型水利工程开始出现。它还对农业工程产生了促进作用,铁器农具的使用使得深耕细作成为可能,再加上畜耕的普遍使用和播种、施肥、田间管理等一系列农业技术的革新,使农业生产力得到了空前的提高(图 1-2-7)。

生产力的发展使得社会的需求更加复杂多样,一些比较大型的建筑结构开始出现,以服务于象征性的目的,如宗教目的或政治目的。在新石器时代晚期和青铜器时代早期,建筑工程也从一般的居所发展到礼仪建筑,加入了更多的艺术、美学、精神因素等,具有美学意义的神殿、露天剧场、青铜雕塑、公共广场、庭院、窑集的屋群的出现,使工程建造物的社会内涵更加丰富。从古代亚述及巴比伦之金字形神塔(公元前 3500 年)到埃及的金字塔(公元前 2500 年);从英格兰的索尔斯堡大平原上的巨石阵(公元前 2700 年)到埃及的方尖碑(约公元前 2133—公元前 1786 年)(图 1-2-8),这些出于宗教性、纪念性、装饰性等复杂目的而兴建的大型结构工程,反映了人类工程活动中已具有越来越高的生产力水平、组织管理水平和土木建造技术以及其他相关的工程技术。同时,也证明了人类在生存最基本的条件“衣、食、住、行”得到满足后,在精神层面上的需求就逐步提到了新的高度,并通过工程活动加以实现。