

高等学校教材

工程认知实践

肖晓华 赖天华 主编
郑悦明 主审

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

工程认知实践

肖晓华 赖天华 主编
郑悦明 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书结合近年来教学改革和实践经验,并针对大学新生缺乏工程基本素质的实际情况而编写。

本书主要包括机械结构认知、机械制造认知、电子工艺认知、工程控制认知、工程管理认知、石油工程认知、创新与创业等七部分内容,涉及机械、电子、控制、管理、石油、创新与创业等方面的相关知识。

本书适用于高等学校和高职学校各专业新生使用,同时部分章节内容还可用于对中、小学生进行工程素质的科普教育。

图书在版编目(CIP)数据

工程认知实践/肖晓华,赖天华主编.

北京:石油工业出版社,2014.8

(高等学校教材)

ISBN 978-7-5183-0316-8

I. 工…

II. ①肖…②赖…

III. 机械工程-高等学校-教材

IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 171004 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: <http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010) 64523580 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:16.25

字数:391 千字

定价:28.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

“工程认知实践”课程是部分高等学校教学改革以后开设的一门新课，它是大学生进校以后接触的第一门工程素质教育类课程，也是一门基本理论与实践相结合的课程。该课程的目的是让学生认知工业过程，激发工程兴趣，建立工程背景，培养工程素质。

本书主要内容包括机械结构认知、机械制造认知、电子工艺认知、工程控制认知、工程管理认知、石油工程认知、创新与创业等七部分，在编写时主要有以下特点：

- (1) 既注重学生工程素质的培养，又注重学生工程兴趣的提高；
- (2) 在内容上，既有机电、控制、管理等工程基础知识介绍，又有具有行业特色的石油工程认知，同时还有创新思维、创业方法的介绍，有点有面，点面结合；
- (3) 各模块既相对独立，又相互联系，反映出基础性、实践性和创新性的教学理念；
- (4) 各章节列举了大量案例进行分析，使整本书具有趣味性、生动性和启发性。

编者2010年在石油工业出版社出版的《机械认知实践》教材主要针对工科学生缺乏机械方面的感性认知而编写。近年来随着我国高等教育的改革，工程素质的培养已成为当代所有大学生必须具备的基本素质，本书正是在此背景下编写的，它适用于高等学校和高职学校各专业新生使用，不同专业可以选择不同章节学习，同时部分章节内容还可用于对中、小学生进行工程素质的科普教育。

本书由西南石油大学肖晓华、赖天华主编，孙茜、程亮、秦莉、杜超、尹文峰、包泽军、敬爽、黄建明、汪浩涵、安先彬、杨先桂参加编写，郑悦明教授主审。其中第一章由程亮编写，第二章由肖晓华编写，第三章由秦莉编写，第四章由汪浩涵、黄建明、杨先贵编写，第五章由杜超、尹文峰编写，第六章由赖天华、包泽军、安先彬编写，第七章由孙茜编写。书中部分图形处理由蔡静完成。

由于编者水平有限，漏误及不当之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。

编者

2014年5月

目 录

绪论.....	1
第一章 机械结构认知.....	5
第一节 机械发展简史.....	5
第二节 机器功能与组成	12
第三节 常用机构	15
第四节 机械传动	22
第五节 常用连接	25
第六节 典型机械构造分析	30
第七节 慧鱼创意组合模型	38
第二章 机械制造认知	46
第一节 机械制造概述	46
第二节 工程材料及热处理基本知识	51
第三节 毛坯制造基本知识	55
第四节 切削加工基本知识	63
第五节 特种加工基本知识	76
第六节 先进制造技术	80
第七节 常用量具	86
第三章 电子工艺认知	91
第一节 安全用电常识	91
第二节 印刷电路板简介	94
第三节 焊接工艺	97
第四节 常用电子元器件.....	105
第五节 常用仪器仪表简介.....	118
第六节 工艺设计与安装技术.....	123
第四章 工程控制认知.....	124
第一节 控制系统概述.....	124
第二节 液压传动介绍.....	136
第三节 气压传动介绍.....	143
第四节 PLC 技术和变频技术介绍	148
第五章 工程项目管理认知.....	156
第一节 工程项目管理的起源与发展.....	156
第二节 生产过程管理.....	159
第三节 人力资源配置.....	167

第四节 生产计划与控制..... 169
 第五节 现场管理..... 171
 第六节 质量管理..... 173
 第七节 成本管理..... 178
 第六章 石油工程认知..... 183
 第一节 石油概述..... 183
 第二节 油气藏的形成..... 191
 第三节 石油勘探和开发..... 195
 第四节 油气田开发..... 197
 第五节 油气井工程..... 199
 第六节 油气井工程工艺流程..... 203
 第七节 油气开采工程..... 206
 第八节 采气工程原理与方法..... 207
 第九节 油气储运工程..... 209
 第十节 天然气储运工程..... 212
 第七章 创新与创业..... 216
 第一节 创新活动概述..... 216
 第二节 创新设计常用技法..... 225
 第三节 创新失误分析及专利基本知识..... 232
 第四节 创业活动概述..... 240
 第五节 评估创业市场..... 246
 第六节 创业形式及创业计划编制..... 249
 参考文献..... 251

绪论

一 工程概述

1 工程的定义

什么是“工程 (Engineering)”？人们从不同的角度对它有不同解释。《新牛津英语词典》定义工程为：一项精心计划和设计以实现一个特定目标的单独进行或联合实施的工作。《中国百科大辞典》把工程定义为：将自然科学原理应用到工农业生产部门中而形成的各学科的总称。这些学科是应用数学、物理学、化学、生物学等基础科学的原理，结合在科学实验与生产实践中所积累的经验而发展出来的。

工程起源于人类生存的需求，伴随着人类社会进步的历史产生和发展，有着漫长的历史发展过程。现代工程的概念十分广泛，涉及的领域也非常多，如机械工程、电子工程、控制工程、管理工程、石油工程、土木建筑工程、化工工程、核电工程、林业工程、通信工程、智能工程等各种工程领域。“工程”主要有如下三方面的含义：

(1) 工程学科。工程学科是人们为了解决生产和社会中出现的问题，将科学知识、技术或经验用以设计产品，建造各种工程设施、生产机器或材料的技能，是人们知识的结晶，是科学技术的一部分。

(2) 工程的建造过程。工程是人们为了达到一定的目的，应用相关科学技术和知识，利用自然资源最佳地获得上述技术系统的过程或活动。这些活动通常包括：工程的论证与决策、规划、勘察与设计、施工、运营和维护；还可能包括新型产品与装备的开发、制造和生产过程，以及技术创新、技术革新、更新改造、产品或产业转型过程等。在这个意义上，“工程”又有人们经常使用的“工程项目”的概念。

(3) 工程技术系统。工程是人类为了实现认识自然、改造自然、利用自然的目的，应用科学技术创造的，具有一定使用功能或实现价值要求的技术系统。工程的产品或带来的成果都必须有使用价值（功能）或经济价值，如一幢建筑物、一条公路、一个工厂。

通过以上介绍可知，工程具有如下属性：

(1) 工程的社会性。工程的目标是服务于人类，为社会创造价值和财富。工程的产物要满足社会的需要。所以工程活动的过程受社会政治、经济、文化制约，其社会属性贯穿工程的始终。

(2) 工程的创造性。工程的创造性是工程与生俱来的本质属性。在工程活动中，科学



和技术综合并应用于生产实践中,从而创造出社会效益和经济效益。

(3) 工程的综合性。工程的综合性一方面表现在工程实践过程中所使用的学科和专业知识是综合的,必须综合应用科学和技术的各种知识,才能保证工程产出的质量和效率;另一方面也表现在工程项目在实施过程中,除技术因素外,还应综合考虑经济、法律、人文等因素,只有这样,才能保证工程能够获得最佳的社会效益和经济效益。

(4) 工程的科学性与经验性。遵循科学规律是保证工程顺利实施的重要前提。同时,为使工程能够达到预期效果,要求工程的设计和实施人员必须具备较为丰富的相关领域的实践经验。

(5) 工程的伦理约束性。工程的最终目的是为了造福人类,因此,为了确保工程的力量用于造福人类而不是摧毁人类,工程在应用过程中必须受到道德的监视和约束。尽管工程对人类作出了巨大贡献,但是如果缺乏道德制约,它对人类生活也会产生破坏性乃至毁灭性的影响。

2 工程的作用

1) 工程是人类开发自然、改造自然的物质基础

工程是人类为了解决一定的社会、经济和生活问题而建造的,具有一定功能或具有一定价值的系统。人类为了改变自己的生活环境,为了探索未知世界,一直在进行着各种各样的工程。从最简单的房屋建筑,到大型的宇宙探索工程,工程改变了人类的生活,增强了人类认识自然和改造自然的能力。人们通过工程改善自己的生存环境,提高物质生活水平。通过建筑房屋为人们提供舒适的住宅条件。借助工程所提供的平台,进行科学研究,探索未知世界,认识自然。例如,为开展科学研究建立的大型实验室,为认识微观世界建造的正负离子对撞机,为探索宏观世界建造的空间站、宇宙探测器,等等。

2) 工程是人类文明的体现和文明传承的载体

工程是人类开发自然和改造自然的产物,是人类在地球上生活、进行科学研究和探索所留下的重要痕迹。它标志着当时社会的科学技术发展水平和文明程度,见证着历史,记载了历史上大量的经济、文化、科学技术的信息。例如,人们通过对大量古建筑遗址或古代陵墓考察,可以了解当时的政治、经济、军事状况,通过对历史上一些重大工程,特别是建筑、工程材料和工程结构的分析和研究,人们可以清晰地了解到科学技术发展的轨迹。我国前人留下的大量规模庞大、工艺精美的建筑工程是中华民族勤劳、勇敢和智慧的历史证明之一。长城、都江堰、苏州园林、北京故宫等建筑,使我们在世界民族之林中光彩夺目,极具吸引力。

3) 工程是科学技术发展的动力

工程科学是科学技术的重要组成部分,工程建设和工程科学的发展为整个科学技术的发展提供了强大的动力。科学知识是人们通过研究探索或通过生产和生活实践获得的。在工程中会遇到许多新的问题、发现新的现象,通过研究,解决这些问题的新方法以及针对这些现象的新解释,就形成了新的科学知识。所以,大量的科学知识是通过工程获得的。工程建设



需要应用科学知识,而科学研究也需要设计新的实验设备或模拟装置,这些实验设备本身就是工程。因此,工程技术和科学研究的建立和发展是相辅相成的。我国的“两弹一星”工程、三峡工程以及“载人航天”工程等,都是工程技术和科学研究的高度结合。

4) 工程是社会发展的动力

工程作为社会经济和文化发展的动力,主要体现在:(1)工程促进城市化的发展。城市化是现代社会的特征之一。城市化过程中,需要建设大量的房屋工程、城市基础设施工程等。(2)工程是社会经济、文化发展的依托。国民经济各部门的发展、力量的提升、人民物质和文化生活水平的提高,都依赖于工程所提供的平台。比如,信息产业的发展需要生产通信产品的工厂和建设通信设施;交通业发展需要建设高速公路、铁路、机场、码头等;国防力量的提升需要大量的国防设施,需要进行国防科学技术研究基地建设。(3)工程相关产业是国民经济的重要行业。通过工程建设完成产值,获取利润,提供税收,对国民经济作出很大的贡献。同时,工程相关产业也是解决劳动力就业的主要途径。比如,建筑业是劳动密集型产业,吸纳了大量的劳动力。2006年建筑业全行业从业人员数量约为2700万人(尚不包括大量的临时性劳务人员),占到全社会从业人员数量的3.5%。(4)工程建设消耗大量的自然和社会资源,消耗其他部门的产品,拉动整个国民经济的发展。工程建设是将社会资源整合后形成生产能力和固定资产的最基础的环节,在整个国民经济的资源配置中发挥着重要的枢纽作用。工程建设的发展带动国家经济各个行业的发展,包括建筑业、机械制造业(机械设备、施工设备、家电业、家具)、建筑材料(钢铁、水泥、木材、玻璃、铝、装饰材料、卫生洁具)、纺织业、服务业、石油化工、能源、环境工程、金融业、运输业等。

二 工程认知实践的目的

通过工程认知实践课程的学习和实践,使学生了解相关工程领域中的一些基本知识,形成对工程领域总体轮廓的初步认识;初步了解工程中常用的材料、机械结构、制造方法、控制方法、电子工艺、工程管理规则等;初步建立起工程中安全、环保、质量、成本、管理、经济的基本概念;形成创新和创业的初步意识;为后续课程的学习打下基础。特别是对石油工程相关知识的学习和实践,使学生建立一个完整的工程领域的认知。通过本课程的学习,最终让刚进校的大学新生了解和认识工业过程,体验实践乐趣,激发工程兴趣,建立工程背景知识,拓展知识结构和范围,拓宽视野。

三 工程认知实践的内容

工程认知实践课程主要包括机械结构认知、机械制造认知、电子工艺认知、工程控制认知、工程管理认知、石油工程认知、创新与创业等七部分内容,不同的专业可以根据自己的人才培养方案选择不同的章节内容学习。

其中,机械结构认知介绍了机械工程发展简史,常用的零件、机构、传动等;机械制造认知介绍常用的工程材料、热处理基础知识、常规制造及现代制造方法等;电子工艺认知介绍了安全用电的常识、印刷电路板、焊接基本知识和常用仪器仪表的使用等;工程控制认知介绍液压传动、气压传动、PLC技术、变频器技术等内容;工程管理认知介绍管理科学与工



程起源及发展,生产过程管理、人力资源配置、生产进度计划与控制、生产现场管理、产品质量管理和生产成本管理等内容;石油工程认知介绍了石油的形成,石油的勘探、开发、运输等方面的基本知识;创新与创业介绍了创新的思维、创新方法、专利撰写的基本知识,同时还介绍了创业必须具备的一些基本知识和条件。

四 工程认知实践的学习方法

工程认知实践课程是理论与实践动手相结合的一门课程,学生通过课堂教学、现场参观、动手实践等环节,实现对工程的认知。因此要求学生在各环节中充分发挥主动性和积极性,注意观察、深入领会、悉心研究、积极动手,努力做到“六勤”。眼勤:在现场要勤于观察,学习和了解更多的信息;耳勤:在课堂和现场参观时专心听讲,耐心细致;手勤:勤于记笔记,勤于动手实践、体验;嘴勤:不清楚、不明白的问题及时请教;脑勤:多思考、多分析、多讨论;腿勤:不清楚、不明白的问题,感兴趣的内容多到现场观察、体验。

在全球技术经济飞速发展、人才竞争日益激烈、用人标准不断提高的大背景下,工科院校学生,即便是经管、文法专业的学生,都应该审视自身所处的工程环境,不断拓展知识领域,注重培养工程素质,为今后专业课程的学习明确方向。

第一章

机械结构认知

机械是人类为了生活的需要，设计和制造出来的某种装置和器具，其最初目的是用来降低劳动强度并提高生产率。人类的生存、生活和工作都与机械密切相关，衣服需要用纺织机织布，用缝纫机缝制；粮食需要用机械播种、收割和加工；房屋需要用机械来建造；电力需要发电机获得；石油需要用机械钻探；马路需要用机械来修建；汽车、火车、飞机、轮船等交通工具是机械，也需要机械来制造；在网络化时代，手机、电脑更是改变了人们的交流方式，世界的距离在缩小。机械给人类带来了幸福，今天，人类已经越来越离不开机械。

机械决定一个国家农业、工业、交通运输、医疗卫生、军事装备、信息通讯、文化等产业的发展，机械工业是国家的基础行业之一，决定着国家发展水平的高低。因此，当今大学生应该了解机械，认识机械，研究机械，甚至发展机械，并将机械服务于人们的工作和生活，带来人类社会的更大进步。

第一节 机械发展简史

在人类历史的长河中，类人猿因为要应对自然条件的变化，为了获得食物，为了与野兽抗争并生存下来，他们学会了使用木棍和石块等天然工具，由于对工具的熟练应用，他们的大脑和双手得到了锻炼，由此开始能制造和使用简单的木制和石制的工具，并开始逐步从事各种劳动。这种使用工具、发明工具以获得生存的创举是人类进化的重要标志和决定性因素。大约 50 万年前，古人类学会了钻木取火，利用火烧烤和煮熟食物，进而食物来源不断丰富，使人类生活质量有了很大提高。大约 15000 年前，古人类为了获得更多的食物，开始了农耕和畜牧，并大量使用简单机械，使劳动生产率得到不断提高。在 1750 年到 1850 年之间，蒸汽机的发明导致了一场工业革命，人们靠人力或畜力进行的手工生产逐步被以蒸汽为动力的机械化生产所取代，极大地推动了人类发展的进程。后来，随着人们对电力的广泛应用，以及计算机的发明，使人类生活发生了革命性改变。而今，机械作为推动人类历史进步的工具，更重要的是改变人们的生产方式，提高生活质量。

中国机械发明创造简史

机械始于工具，机械领域中绝大部分的发明创造是由于生存、生活的需要和生产中的需



要，一些发明创造是战争的需要，还有一些发明创造是为了探索科学技术的需要。50 万年前，中国猿人学会了制作石器。20 万年前，生活在我国四川资阳地区的古猿人学会了制作骨针、骨锥等骨器。15000 年前，古人类学会了用骨、角、牙、蚌壳等制作形状复杂的器械，并学会了磨制技术。5000 年前，人类进入新石器时代。在西安的半坡遗址中，发现了大量的制造技术水平较高的各种重要的骨器。4000 年前，人类发现了金属，并学会了冶炼技术，我国进入了金属时代。不久，又发明了由铜锡合金组成的青铜器，金属器械逐步取代了石制和骨制的器械。2000 年前，又发现了铁金属，并掌握了冶炼技术和制造技术，我国在春秋时代就已进入了铁器时代。

1 简单机械的发明创造

人类发明最早的机械主要有杠杆、滑车、斜面、螺旋等几大类。杠杆是发明最早且应用很普遍的一种简单机械。图 1-1 (a) 是杠杆在锥井机上的应用，利用人的跳上跳下动作，使锥具上下工作。图 1-1 (b) 是利用杠杆原理提水浇地。

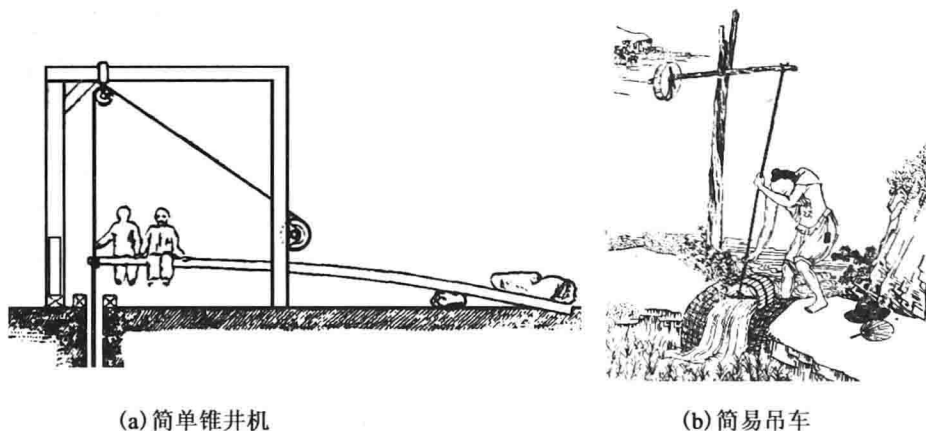


图 1-1 杠杆应用

由杠杆演化而成的滑车也是一种简单机械。使用较为普遍的有辘轳、绞车等。图 1-2 是提水用的辘轳，由于转动手柄的半径大于轮轴半径而达到省力的目的。

2 简单机械的发展和提高

利用物体的弹性力、重力、惯性力来帮助人类工作，是简单机械的进一步发展和提高。

1) 弹性力和惯性力的应用

弹弓和弓箭就是利用物体的弹性工作的，用在打猎和作战中。图 1-3 是公元前 500 年发明的弹棉弓，解放初期的农村中还在使用。

图 1-4 所示的轧棉机是利用惯性力工作的示例，脚踏板的摆动转化为飞轮的转动，飞轮的惯性克服了机构的死点位置。手柄的转动和飞轮的转动可带动两个有较小缝隙的滚轴转动，实现轧棉的目的。早在公元 1313 年以前，我国就知道了利用惯性克服死点的原理。图 1-5 是采用连续转动代替间歇运动的扇车，手转足踏，扇即随转，糠秕即去，乃得净米。



图 1-2 提水辘轳

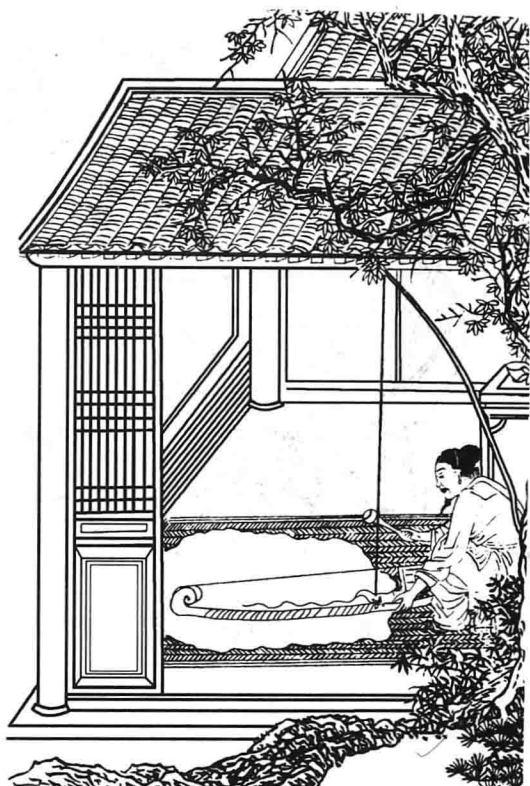


图 1-3 弹棉弓

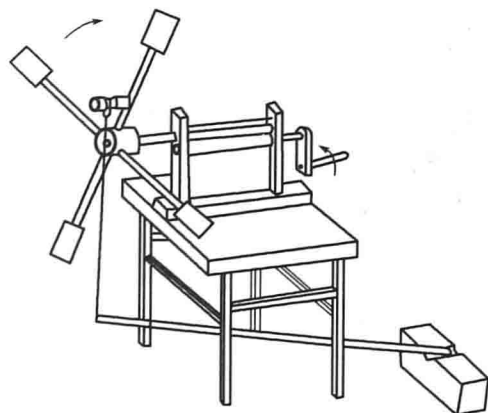


图 1-4 轧棉机



图 1-5 扇车

2) 畜力应用

公元 770 年前，已利用畜力耕田与播种，此时，中国古代早已使用了齿轮传动。图 1-6 是利用畜力磨面的示意图，图 1-7 是畜力翻车汲水图。

3 能源的利用

1) 水力和风力的应用

在有水资源的地方，我国古代人很早就懂得利用水力代替人力的工作，如图 1-8 所示，公元 31 年，在冶炼工业中已利用了水力鼓风机。另外，风能的利用也有 1700 年的历史，立式风帆是我国所独有的，如图 1-9 所示。



图 1-6 磨面机

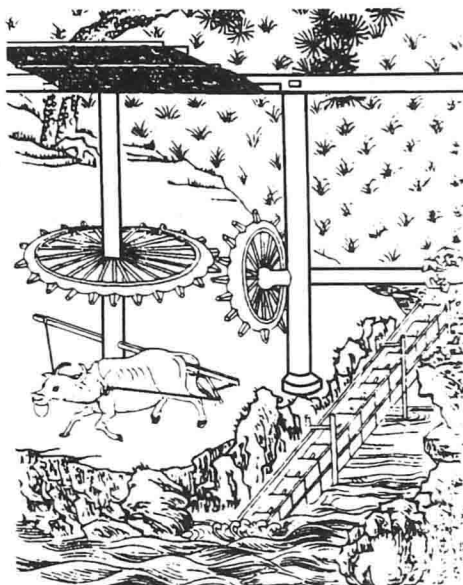


图 1-7 牛转翻车汲水图

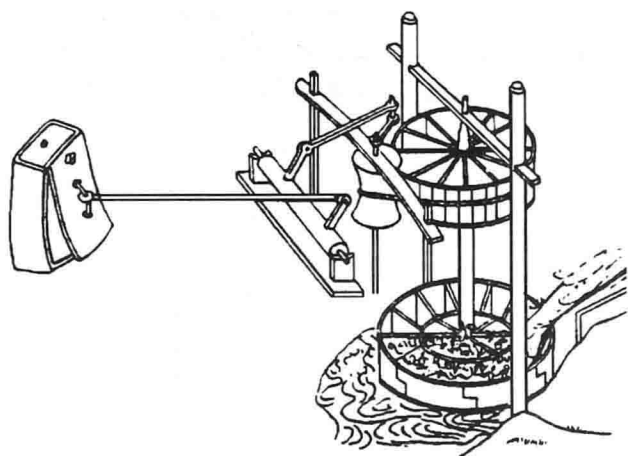


图 1-8 水力驱动鼓风机

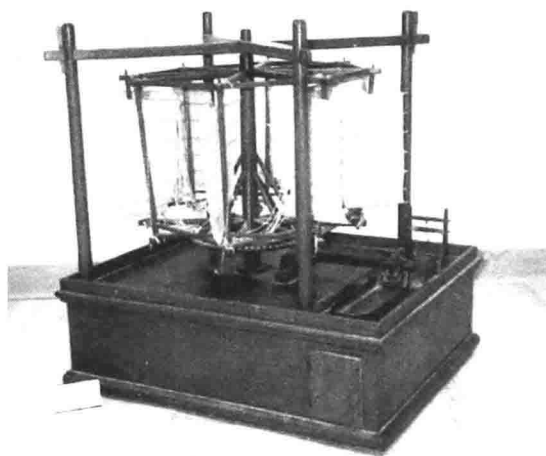


图 1-9 古代风车

2) 热能的应用

我国对于热力的利用、发明也较早。火箭是一种武器，全世界公认是中国发明的。利用高速喷射气流的反作用力推动物体快速运动是火箭的原理。图 1-10 是典型的火箭示意图。



图 1-10 古代火箭

4 机械传动领域的发明创造

随着人类的不断进步，古代人们已经开始利用绳索、链条和齿轮进行动力传递，使得各种工具的功能日趋强大，人的劳动强度得到了更进一步减轻，但其结构也逐渐变得复杂起来，在图 1-11 所示的木棉纺车中，双脚交替踏动摆杆时，大绳轮转动，再由一绳带动三个小绳轮高速转动。三个小绳轮上各装一锭，纺线人手持棉条，即可在锭子上纺出线来。如

图 1-12 所示，记里鼓车是我国机械发明的代表作之一，其应用了复杂的齿轮轮系，根据车轮走过的距离折算成转过的圈数，再通过齿轮传动比计算得出准确的里程，每走过一段距离击鼓一次。

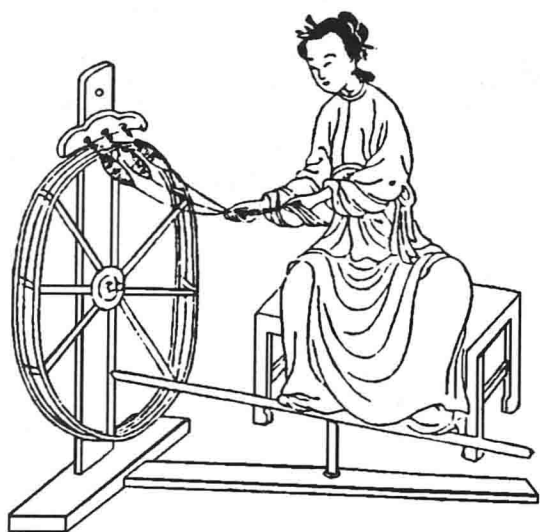


图 1-11 木棉纺车

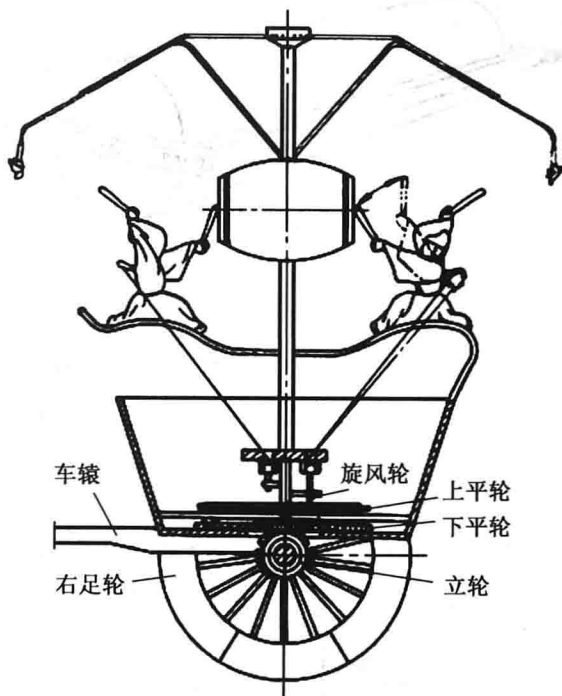


图 1-12 记里鼓车

二 西方机械发明创造简史

西方各国在科学技术领域的发展，特别是在机械工程领域的发明创造，在公元 14 世纪以后逐步超过中国。从中世纪沉睡中醒来的欧洲，约在公元 16 世纪进入了文艺复兴时代。机械工程领域中的发明创造如雨后春笋，机械制造业空前发展。文艺复兴时期的代表人物、意大利的著名画家达芬奇设计了变速器、纺织机、泵、飞机、车床、锉刀制作机、自动锯、螺纹加工机等大量机械，并画了印刷机、钟表、压缩机、起重机、卷扬机、货币制造机等大量机械草图。

在古希腊，统治者喜欢建造大型标志性建筑，无论是新建、续建还是扩建，都需要解决运输问题。其中一个难题是要将沉重的圆柱和作顶梁的方石通过松软的地面运到工地。这里不能用车，否则轮子会陷下去。于是将圆柱放倒，装上一个木支架，再用铁销穿住圆柱，这样柱子就能自由滚动，并能用牛来拉。这个方法还可以用到方石运输上，在方石两端安上宽大的轮子，这样方石就能变成轮轴，可以轻松地运送到工地，如图 1-13 所示。

在战争时期，希腊人就开始采用新式攻城器械进攻城市，如图 1-14 所示，石弩这种兵器因张拉度较大，箭放置在石槽中，其射程、穿透力和精度均大于弓，这是人类最早使用到弹力的机械装置。随着城市人口的增加，中世纪中期的防御工事也越造越大，越造越坚固，因此新一轮攻城器械也随之出现，如图 1-15 所示抛石机，其杠杆短臂上固定一重物，长臂末端装填石头。发射时，用绞车把长臂向后拉至 A 处，突然放开，石头即迅速升起；当短



臂重锤完全落下时，石头沿约 45° 角飞出，B 处表示长臂松开之后的运动轨迹，C 表示发射炮弹之后的位置。

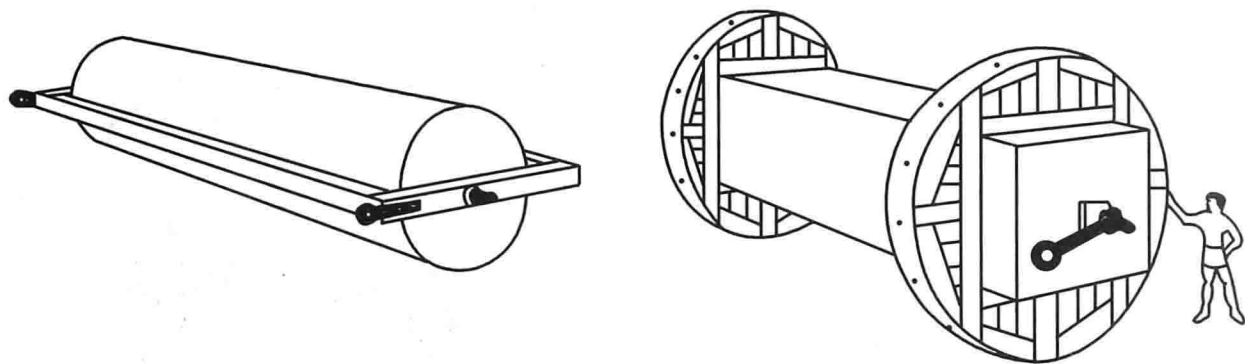


图 1-13 运输石料

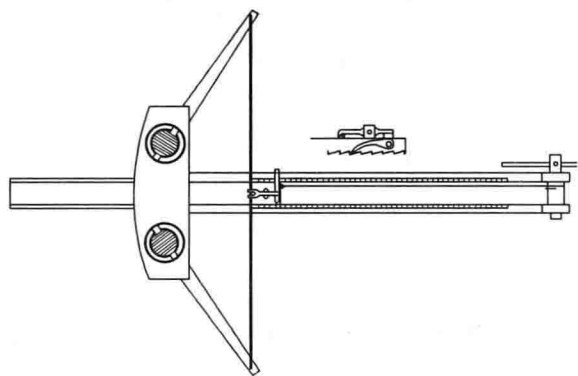


图 1-14 石弩

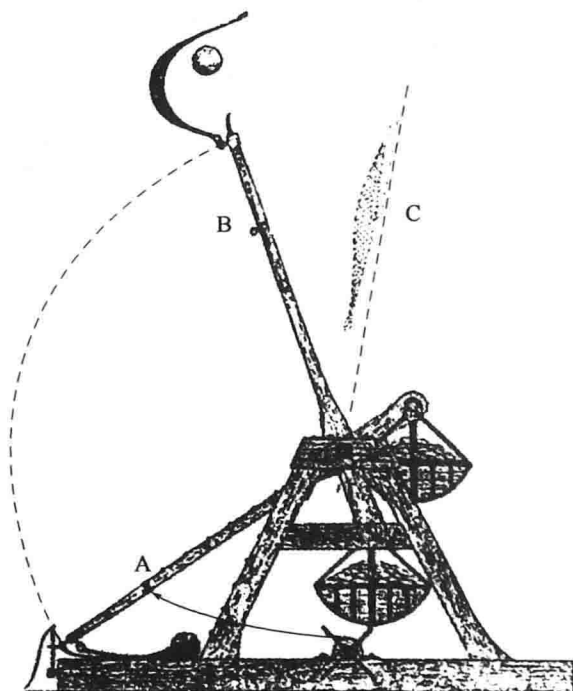


图 1-15 抛石机

水力资源一直是各个国家争夺的对象，中世纪末期，各行各业如啤酒酿造业，对水的需求量越来越大，管理者投入巨资用于制造汲水机械设备。16、17 世纪荷兰地区使用的风力

深水汲水装置通过两个水轮和一个阿基米德螺旋泵三级装置可以汲取 5.5m 深的水，如图 1-16 所示。

早期的设计因缺乏统一的制图标准，在制作时常常需要设计师口头表达或依靠操作工人的实际经验。随着图纸的应用越来越广泛，1400 年左右出现了许多新的制图技术，这对机器设备的图纸绘制具有重要的意义。近代早期工程师认

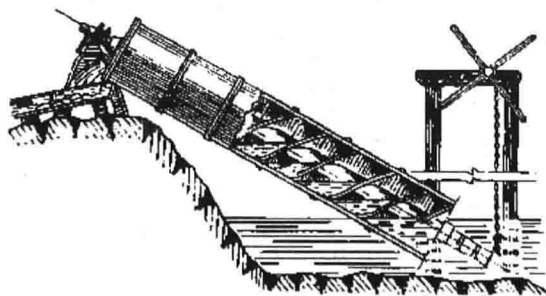


图 1-16 阿基米德螺旋水泵

为，几何是最重要的理论基础，几何学是最早将工程学的不同领域连接在一起的科学。人们设计出许多工具，将数据绘制在图纸上，图 1-17 是测量水轮功率的实验设备。

动力是发展生产的重要因素。17 世纪后期，随着各种机械的改进和发展，随着煤和金属矿石的需要量的逐年增加，人们感到依靠人力和畜力不能将生产提高到一个新的阶段。在英国，纺织、磨粉等产业越来越多地将工场设在河边，利用水轮来驱动工作机械。但当时已有一定规模的煤矿、锡矿、铜矿矿井中的地下水，仍只能用大量畜力来提升和排除。

18 世纪 60 年代至 19 世纪中期，一场大规模的工业革命在欧洲发生，蒸汽机的发明结束了人类对畜力、风力和水力的由来已久的依赖，机械代替了大量的手工业，生产迅速发展，具有非常重要的历史意义。纽科门的连杆式蒸汽机是历史上第一台真正的蒸汽机，它笨重、效率低，但在半个世纪内没有遇到对手，直到 1769 年瓦特发明了一种大大改进的蒸汽机为止，如图 1-18 所示。

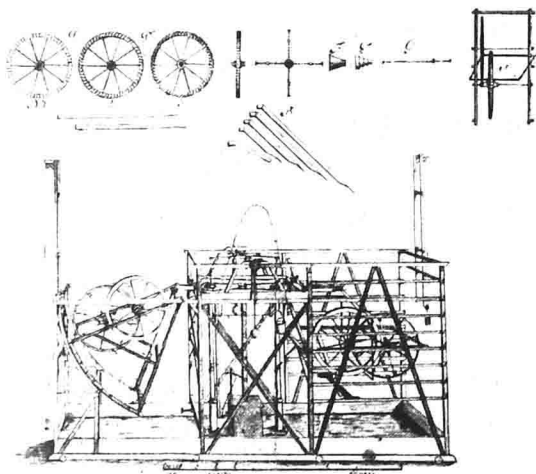


图 1-17 测量水轮功率的实验设备

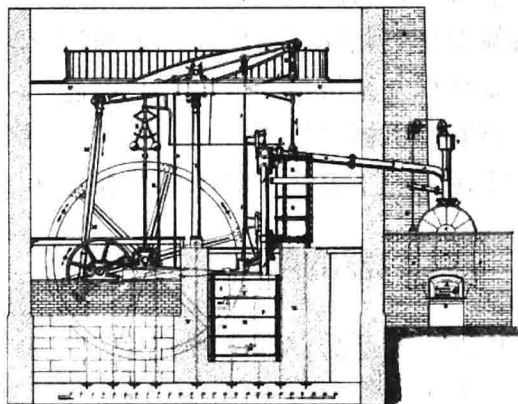


图 1-18 瓦特蒸汽机

到了后来，石油、天然气被相继发现，内燃机也被发明，逐渐取代了蒸汽机，解决了汽车、轮船等许多机器的动力源问题，机械工业发展进入一个新阶段，而机械制造技术也得到了重大进步。如图 1-19 所示，1876 年德国人奥托制成了第一台四冲程往复式内燃机，这是一部非常成功的发动机，其热效率相当于当时蒸汽机的两倍。

电的发现，给人类带来了光明。电动机的发明引起一场新的动力革命。1879 年，美国的发明家爱迪生发明了电灯。英国的法拉第阐述了发电机和电动机的原理。比利时的格拉姆制造出第一台实用的发电机，它由蒸汽机驱动，主要用于照明和电镀。由于偶然的因素而发明了电动机，1873 年，在维也纳举行了世界博览会，在实验发电机时，由于操作失误，外部电流流向了发电机，发电机却突然转动起来。这一意外的发现，触动了科学家的灵感。不久，实用的电动机诞生了。最初，电动机安装在机床以外的一定距离处，通过皮带传动。后来把电动机直接安置在机床本身内部。19 世纪末，已有少数机床使用两台或多台电动机，分别驱动主轴和进给机构等。至此，被称为

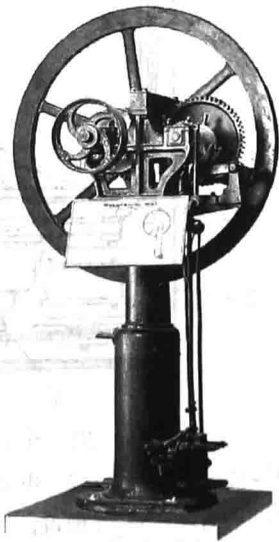


图 1-19 四冲程内燃机