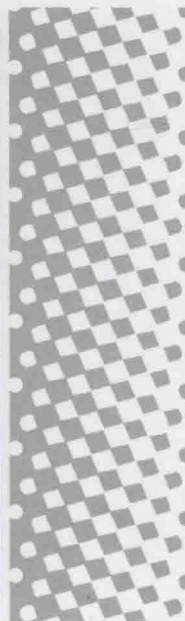




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
面向21世纪高等学校机械基础课程系列规划教材

机械工程概论

◎主编 张春林 焦永和 ◎主审 蔡 颖



普通高等教育“十一五”国家级规划教材、
面向 21 世纪高等学校机械基础课程系列规划教材

机械工程概论

主编 张春林 焦永和
主审 蔡 颖

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是为普及机械和机械工程的基本概念、基本知识、基本内容的目的而编写的教材。主要介绍机械工程的发展与人类社会进步的关系及机械发展的趋势；介绍工程力学、工程材料、机械工程制图的基本知识，简述机械的组成原理、常用机械零件强度、刚度、精度的概念以及机械产品的制造技术、液压传动和气动技术、现代设计方法等相关内容。附录中还选编了一些典型的机械工程事故案例分析供学习时参考。

该教材可作为文科类、管理类、法律类、计算机类等非机械类专业学生普及机械工程基本知识用书；该教材还可以作为机械类专业学生了解机械工程基本内容入门的教科书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

机械工程概论/张春林，焦永和主编. —北京：北京理工大学出版社，
2011.6 重印

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 面向21世纪高等学校机械
基础课程系列规划教材

ISBN 978 - 7 - 5640 - 0092 - 9

I. 机… II. ①张…②焦… 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（2007）第 002784 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 20.25

字 数 / 480 千字

版 次 / 2011 年 6 月第 1 版第 6 次印刷

印 数 / 13501 ~ 15500 册

定 价 / 39.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题，本社负责调换

前 言

机械工程概论是普及机械和机械工程的基本知识、基本概念和基本内容的课程。对综合性大学的文科类、管理类、法律类、计算机类、艺术设计类专业,具有开拓学生的视野、增加知识面、拓宽专业、提高学生的工程能力的作用;其任务是培养学生认识机械和机械工程的能力,使工科类非机械类专业具有工程特色,适应高新科学技术社会发展的需要。

随着我国科学技术的普及、国民经济建设的快速发展以及人民法制意识的增强,工程问题、特别是工程质量纠纷日益增多。有关产品、产品质量,工程、工程质量的隐患及其危害事故不断上升,其发生原因大都涉及到产品质量和工程质量。设置法律等文科专业的学校更有条件首先进行普及工程教育,充分发挥这类学校文科专业的工程优势,办出具有工程特色的文科专业,适应现代社会的人才培养需求。

本课程在机械类和机电类专业的教学过程中也具有一定的独特作用。具有培养学生对机械工程全局的了解,培养学生的专业意识,从而提高后续课程学习的目的性和针对性。

本教材的内容选择是根据机械工程的基本内容确定的。主要讲授机械发展与人类社会进步的关系及机械工程发展的趋势,介绍工程力学、工程材料、工程制图的基本知识,简述机械的组成原理与工作原理、常用机械零件强度、刚度概念及精度设计等概念、机械产品的制造技术、液压传动和气动技术的概念、现代设计方法等内容。力图从机械的概念、机械设计(机械的组成、机械制图、机械力学、机械传动、机械设计方法等)、到机械制造,建立机械工程的完整概念。该教材可作为文科类、管理类、计算机类等非机类专业学生普及机械工程基本知识用书,也可用于机械类专业学生的入门教育用书。

全书由张春林教授统稿。参加本书编写的人员有:张春林(第一章、第二章、第六章),路敦勇(第三章、第九章),余志勇(第四章),焦永和(第五章、附录),王晓力(第七章),殷耀华(第八章),杨志兵(第十章、第十一章、第十二章)。全书由蔡颖教授担任主审。

本教材的基本内容适合 50 个教学学时讲授,其中含实验学时 6 个。实验内容建议采纳机械制造工厂参观实习和典型机械事故的案例分析与讨论。

在本教材的编写过程中,在加强本书的知识性、科学性、科普性、实用性和趣味性的同时,力求简单易懂、易教、易学,但该书涉及的内容极其广泛,加之作者水平有限,在内容的选择和编排方面,难免会出现这样或那样问题以及许多欠妥或不当之处,敬请读者批评指正。

本教材是针对学校中不同的专业设置,为加强基础、拓宽专业的宽口径教育模式,办出以理工为主的文科专业的工程意识特色编写的,从课程设置到编写大纲的审定,都得到了教务处、教改专家组的大力支持,提出了许多宝贵意见并提供了很多帮助。本书是北京理工大学机械基础课群系列教材之一,在编写与出版过程中,得到北京理工大学出版社的大力支持和帮助,黄祖德老师也作了大量工作,一并表示感谢。

编 者

CAI 课件出版说明

机械工程概论 CAI 课件是配合《机械工程概论》的课堂教学而编写的计算机辅助教学软件。可作为电子教案供教师上课使用,也可以供学生与文字教材配合学习使用。

在本课程的教学过程中,涉及到大量的机器实物图片和动画,文字教材很难体现出来,所以根据课程特点编写了本教学课件。本课件是用 PowerPoint 制作的开放式软件,教师可以根据自己的教学特点进行编辑使用,学生也可以在此基础上编辑加工作为自己的电子学习笔记。

光盘使用说明:

1. 在屏幕页面左下角有 PowerPoint 软件自带功能图标,点击该图标或直接在页面上点击右键即可根据提示选择上一页、下一页、退出放映等选项。在页面点击左键则自动按幻灯片顺序进入下一页。

2. 点击页面左上角图标  进入上一级目录。

3. 点击页面右上角图标  进入当前章首页。

4. 点击页面右下角图标  退出。

5. 点击下划线文字可进入相关链接内容。

6. 点击图标  进入相关动态图片链接,在进入系统时若有善意提示,请忽略,可放心使用。

7. 点击图标  或  进入相关静态图片链接。

8. 退出放映时,若因使用该软件跨章、节较多而没有一次完全退出放映,只需连续几次点击键盘 Esc 键就可完全退出。

CAI 课件主编 汪虹(兼版面设计) 路敦勇

CAI 课件制作 汪虹 路敦勇 张春林 焦永和 杨志兵 王晓力 苏伟 张颖
黄祖德

CAI 课件监制 张春林

该课件编辑制作时间非常仓促,不足之处在所难免,欢迎使用该软件的各位老师及同学提出宝贵意见和建议,我们将在再版中加以改进和完善。

目 录

第一篇 绪论篇

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 机械与机械工程	(1)
§ 1-2 机械工程概论的基本内容	(12)
§ 1-3 机械工程与国民经济	(13)
§ 1-4 机械工程概论课程的学习目的与方法	(16)
第二章 机械工程简史及其发展	(18)
§ 2-1 概述	(18)
§ 2-2 中国机械发展史简介	(19)
§ 2-3 世界机械发展史简介	(27)
§ 2-4 现代机械工程	(29)
§ 2-5 机械工程展望	(31)

第二篇 机械基础知识篇

第三章 工程力学	(35)
§ 3-1 工程静力学	(35)
§ 3-2 工程运动学	(47)
§ 3-3 工程动力学	(48)
§ 3-4 材料力学基础知识	(61)
§ 3-5 载荷与构件应力分析	(65)
§ 3-6 构件失效分析	(73)
第四章 工程材料	(78)
§ 4-1 工程材料的种类与性能	(78)
§ 4-2 常用金属材料	(82)
§ 4-3 金属材料的改性与成型	(92)
§ 4-4 非金属材料及其成型	(102)
第五章 工程制图	(108)
§ 5-1 投影法与投影图	(108)
§ 5-2 立体与组合体的视图	(112)
§ 5-3 制图国家标准的基本规定	(120)
§ 5-4 图样画法	(129)
§ 5-5 零件图	(138)

§ 5-6 装配图	(154)
第六章 机器的组成	(162)
§ 6-1 机器的组成	(162)
§ 6-2 机构的运动简图	(166)
§ 6-3 机构的基本类型及其组合	(172)
§ 6-4 机构在机器中的应用	(182)
第七章 机械设计综述	(189)
§ 7-1 机械设计的主要内容及基本要求	(189)
§ 7-2 机械零件的主要失效形式及设计准则	(190)
§ 7-3 连接	(191)
§ 7-4 机械传动	(195)
§ 7-5 轴系零部件	(208)
第八章 液压与气压传动简介	(220)
§ 8-1 概述	(220)
§ 8-2 液压与气压传动的工作原理	(223)
§ 8-3 液压传动系统的组成	(225)
§ 8-4 液压传动系统的主要故障形式	(234)
§ 8-5 气压传动系统简介	(236)
第九章 机械设计方法简介	(238)
§ 9-1 常规设计方法	(238)
§ 9-2 现代设计方法	(240)
§ 9-3 机械创新设计方法	(259)
§ 9-4 反求设计创新法	(262)

第三篇 机械制造篇

第十章 机械制造的基本概念	(268)
§ 10-1 机械零件制造方法的分类	(268)
§ 10-2 机械制造过程与系统	(269)
§ 10-3 生产纲领与生产类型	(272)
第十一章 机械制造的发展	(276)
§ 11-1 设计与制造的发展关系	(276)
§ 11-2 先进技术与制造的发展	(278)
第十二章 机械加工方法	(282)
§ 12-1 常规机械加工方法	(282)
§ 12-2 特种加工方法	(291)
附录 机械工程事故案例分析	(297)
案例分析一 简易升降机重大机械事故	(297)
案例分析二 起重机机械事故案例	(299)
案例分析三 机械伤人事故鉴定及其法律适用	(300)

案例分析四	林启梁诉漳州市供销合作社电梯事故赔偿纠纷案	(301)
案例分析五	挂钩缺陷引起的产品责任索赔案	(303)
案例分析六	四川宜宾南门大桥垮塌案	(305)
案例分析七	民用灶热水器爆炸事故案	(307)
案例分析八	实验室电机坠落砸伤试验人员事故案	(309)
案例分析九	铸铁烘缸爆炸事故案	(311)
案例分析十	产品设计缺陷致人伤害纠纷案	(312)
参考文献		(315)

第一篇 绪论篇

第一章 绪 论

本章介绍机器、机械、机械工程的基本概念,开设“机械工程概论”课程的目的以及机械工程概论课程的学习内容、学习方法,其目的是使学生对机械工程涉及的领域有基本的认识 and 了解,同时培养法律等文科专业学生的工程意识和工程认识能力。

§ 1-1 机械与机械工程

1. 机械与机器

机械是伴随人类社会的不断进步逐渐发展与完善的。从原始社会早期人类使用的诸如石斧、石刀等最简单的工具,到杠杆、辘轳、人力脚踏水车、兽力汲水车等简单工具,发展到较复杂的水力驱动、风力驱动的水碾和风车等较为复杂的机械。18 世纪英国的工业革命以后,以蒸汽机、内燃机、电动机作为动力源的机械促进了制造业、运输业的快速发展,人类开始进入现代化的文明社会。20 世纪电子计算机的发明、自动控制技术、信息技术、传感技术的有机结合,使机械进入完全现代化阶段。机器人、数控机床、高速运载工具、重型机械及其大量先进机械设备加速了人类社会的繁荣和进步,人类可以遨游太空、登陆月球,可以探索辽阔的大海深处,可以在地面以下居住和通行,所有这一切都离不开机械,机械的发展已进入智能化阶段。机械已经成为现代社会生产和服务的五大要素(人、资金、能量、材料、机械)之一。

不同的历史时期,人们对机械的定义也有所不同。从广义角度讲,凡是能完成一定机械运动的装置都是机械。如螺丝刀、锤子、钳子、剪子等简单工具是机械,汽车、坦克、飞机、各类加工机床、宇宙飞船、机械手、机器人、复印机、打印机等高级复杂的装备也是机械。无论其结构和材料如何,只要是能实现一定的机械运动的装置就称之为机械。现代社会中,人们常把最简单的、没有动力源的机械称为工具或器械,如钳子、剪子、手推车、自行车等最简单的机械常称为工具。

工程中,常把每一个具体的机械称为机器。机器的真正含义是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。汽车、飞机、轮船、车床、起重机、织布机、印刷机、包装机等大量具有不同外形,具有不同性能和用途的设备都是具体的机器。日常生活中的“桌子”是一个集

合名词,是各种各样桌子的统称。办公桌、饭桌、课桌、写字台、计算机桌等各种各样的桌子才是具体的桌子,也就是说,谈到具体的机械时,常使用机器这个名词,泛指时则用机械来统称。

2. 机械分类

机械分类方法很多,本书按机械的功用分类,主要有动力机械、交通运输机械、作业机械、机器人、兵器、民用生活机械和信息机械,以下分别作简要说明。

1) 动力机械

把其他形式的能量转换为机械能输出的机械,统称动力机械。常用的动力机械如图 1-1 所示三大类。

(1) 电动机:把电能转换为机械能输出的机械。三相交流异步电动机、单相交流异步电动机、直流电动机、伺服电动机等是工程中最常用的电动机。三相交流异步电动机在工业生产设备中用的较多;单相交流异步电动机在家用电器和仪器仪表中用的较多,伺服电动机的可控性好,在自动化系统中用的较多。图 1-1(a)为电动机示意图。

(2) 内燃机:把热能转换为机械能的机械。汽油机和柴油机是最常用的内燃机。内燃机主要用于交通运输领域。各种地面车辆、飞机和舰船都采用内燃机作为动力源。图 1-1(b)为内燃机示意图。

(3) 一次能源动力机:把自然能源直接转换为机械能输出的机械。主要有风力机、水力机、潮汐发动机、地热发动机、太阳能发动机等。图 1-1(c)为风力机示意图。

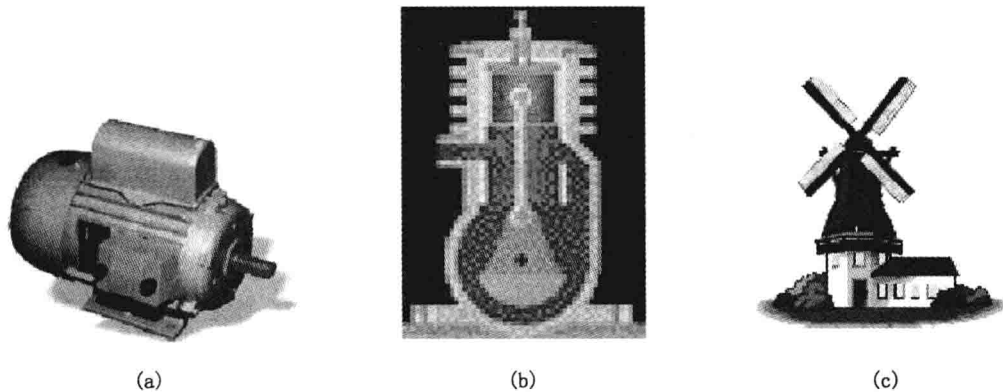


图 1-1 动力机械
(a) 电动机; (b) 内燃机; (c) 风力机

电动机和内燃机都是利用二次能源的动力机。随着工业建设的发展,环境污染日益严重,环境保护的呼声渐高。研制和使用无公害的动力机已是当务之急。风力机已作为风力发电的原动机,水轮机已作为水力发电的原动机,太阳能汽车已经问世,这些利用自然能源的动力机在发展国民经济和净化环境起了很好的作用。

2) 交通运输机械

具有较大活动范围的、以搬运为主要目的的机械,称为交通运输机械。

地面运载机械主要有各种汽车、拖拉机、火车、电车(有轨或无轨电车)、装甲运兵车等;水上运载机械主要有各种舰船等;空中运载机械主要有各种飞机、飞船、火箭等。图 1-2 所示机

械都是交通运输机械。

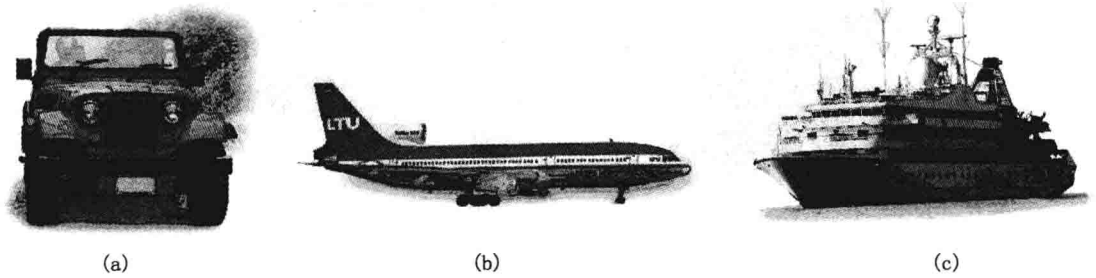


图 1-2 交通运输机械

(a) 汽车; (b) 飞机; (c) 轮船

3) 作业机械

作业机械是指能进行材料加工、管理产品的机械,类型极其繁多,常按行业性质分类。

(1) 各类加工机床:以材料加工为主,主要有车床、铣床、刨床、钻床、磨床、加工中心等。

图 1-3 所示为车床和电火花数控线切割机床。

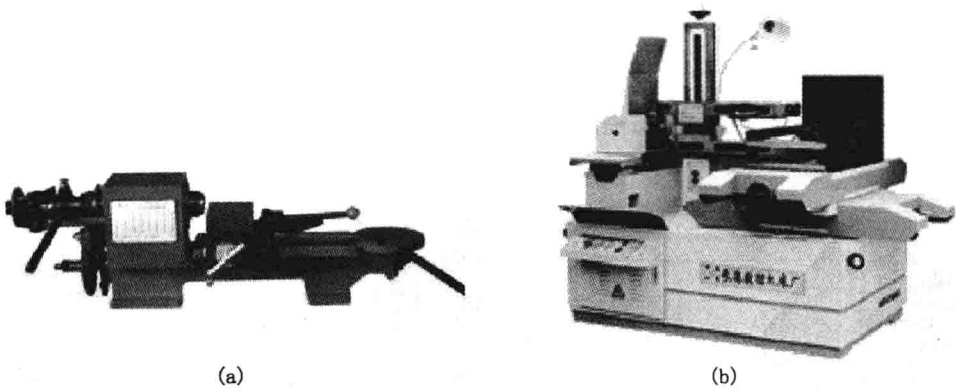


图 1-3 加工机床

(a) 仪表车床; (b) 电火花数控线切割机床

(2) 农业机械:以农业生产及其产品加工为主的机械。主要有耕耘机、开沟机、犁地机、播种机、联合收割机、脱粒机、农田灌溉机、采棉机等。发达国家已经实现从耕种、管理(含施肥、灌溉、锄草、除虫等)、收割、农产品加工全过程的农业机械化,我国正在努力实现农业机械化。图 1-4 所示机械为收割机和播种机。

(3) 林业机械:以木材开采和加工为主的机械。主要有挖坑机、植树机、烟雾机、锯木机、木材加工机等。图 1-5 所示为木材加工机械。

(4) 矿山机械:以开矿和选矿为主的机械。主要有钻机、掘进机、开采机、粉碎机、选矿机、皮带运输机等。图 1-6 为矿山机械的示意图。

(5) 冶金机械:以从矿物中提炼金属或合金并成型为主的机械。主要有高炉、轧钢机、切断机、浇注机等。图 1-7 为冶金机械示意图。

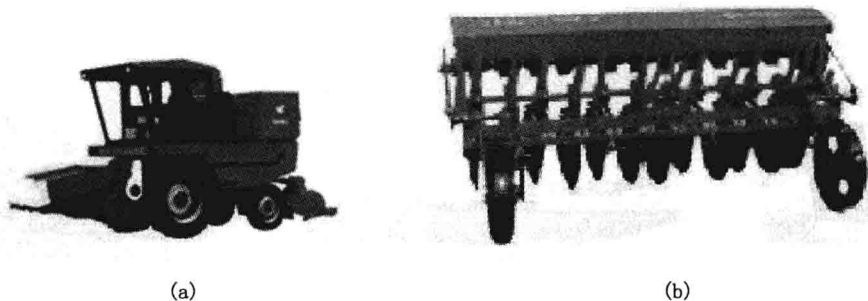


图 1-4 农业机械
(a) 4YD-2(4YWD-2)多功能玉米联合收获机; (b) 3BXC-12A2 谷物播种机

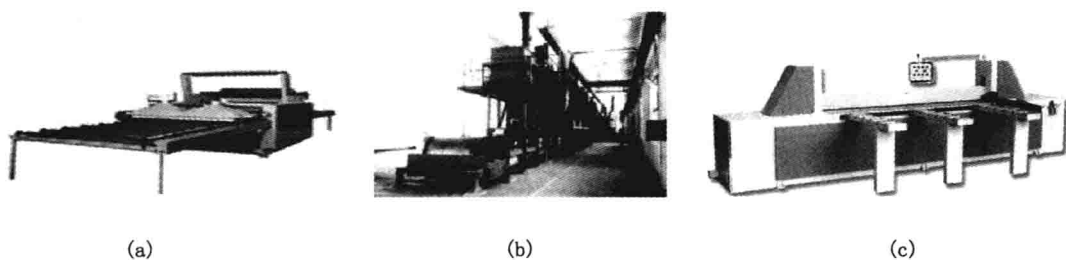


图 1-5 林业机械
(a) 贴面机; (b) 定向结构板生产线配合设备; (c) 全自动裁板锯

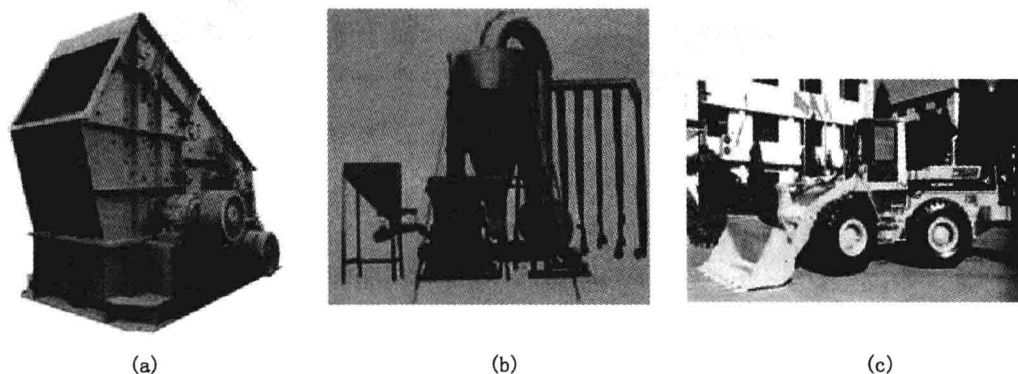


图 1-6 矿山机械
(a) 双转子破碎机; (b) 雷蒙磨; (c) 轮式装载机

(6) 化工机械: 化学工业的特点是物料的化学变化产生新物质的过程, 化工生产具有高压、高温和真空的特点。化工机械由化工反应设备、物料输送设备和液-液(气、固)分离设备组成。化工设备的环境污染已引起高度重视。图 1-8 为化工机械设备示意图。

(7) 工程机械: 以建筑工程施工为主的机械也称施工机械。主要指起重机、挖掘机、搅拌机、铲运机、吊车、压路机等。图 1-9 为典型工程机械示意图。

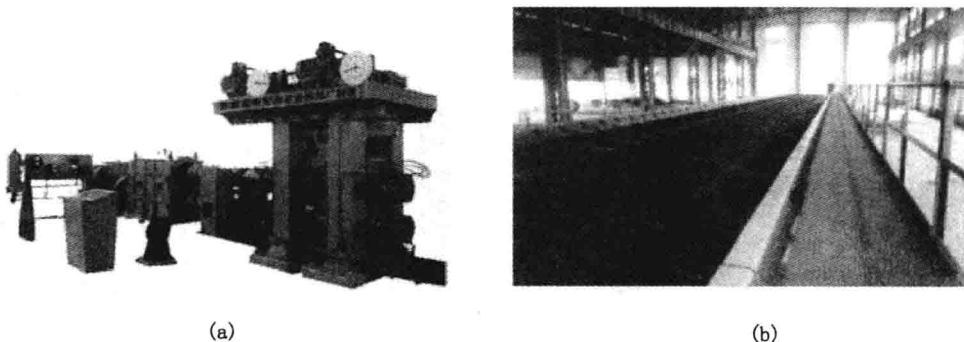


图 1-7 冶金机械
(a) 冷轧机组及酰洗、卷取、分条机组设备；(b) 步进式高速冷床

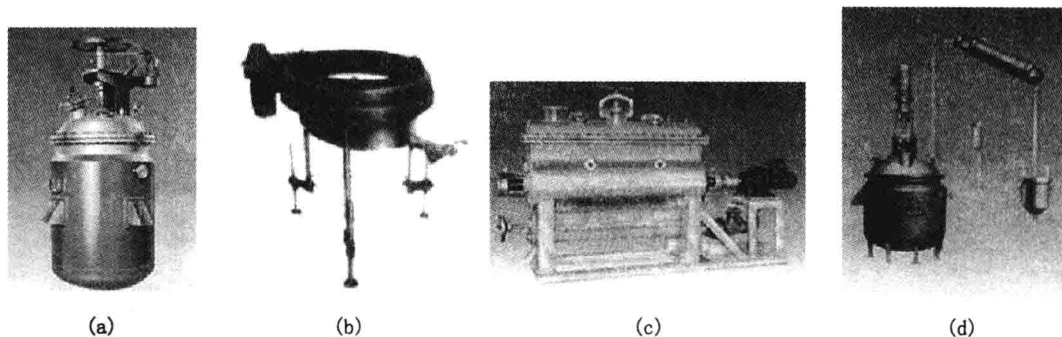


图 1-8 化工机械
(a) 发酵罐；(b) 振动筛；(c) 内搅拌真空干燥机；(d) 电加热反应锅

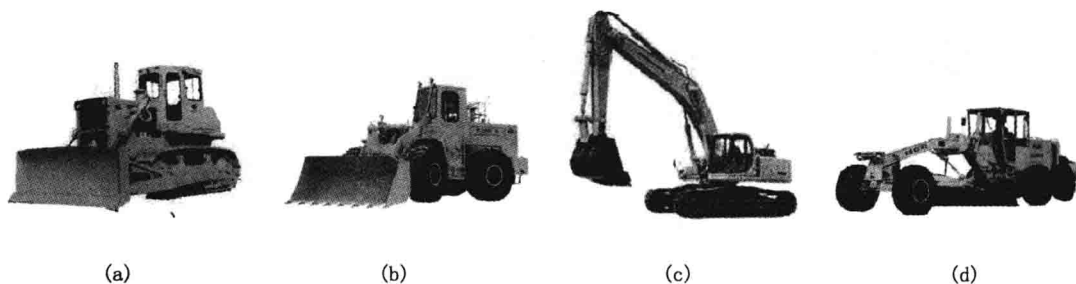


图 1-9 工程机械
(a) 推土机；(b) 装载机；(c) 挖掘机；(d) 平地机

(8) 纺织机械:以纺纱、织布、印染和制衣为主的机械。主要有织布机、纺纱机、印染机、缝纫机等。图 1-10 为纺织机械示意图。

(9) 印刷机械:用于造纸和印刷的机械。主要有造纸机、切纸机、印刷机等。印刷工业的污水处理,特别中小企业的污水处理是亟待解决的问题。图 1-11 为印刷机械示意图。

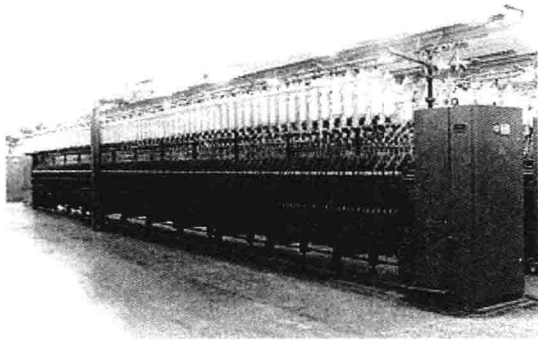


图 1-10 纺织机械

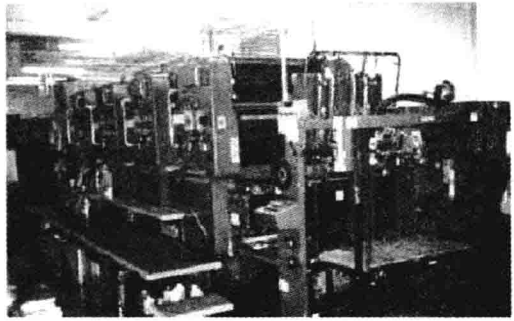


图 1-11 印刷机械(四开机)

(10) 包装机械:用于产品外包装的机械。主要有袋装、瓶装、罐装、盒装等机械。现代包装机械已经实现过程的自动化,可以实现粉料、颗粒料、片状料、流体和其他形状物体的自动包装。图 1-12 为包装机械示意图。

(11) 食品机械:从事饮食品加工的机械。面粉加工机、面条加工机、豆浆机、薯条加工机等。该类机械要求没有污染。图 1-13 为食品机械示意图。

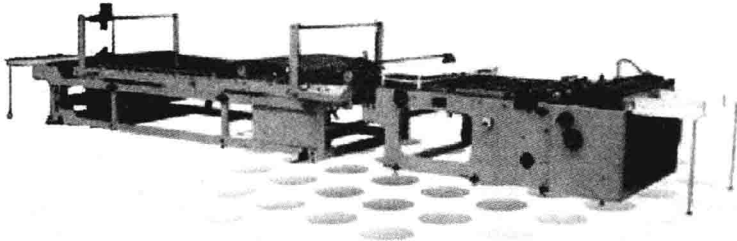


图 1-12 包装机械(半自动贴面机)

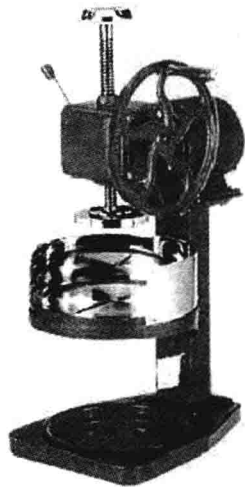


图 1-13 食品机械
(电动刨冰机)

(12) 钻探及开采机械:用于陆地和海洋石油、天然气以及地下水的开采或进行地质勘探的机械。主要有各类钻机、泵、采油机等。图 1-14 为钻探、开采机械示意图。

(13) 医疗器械:用于医疗和理疗用的机械,如自动升降床、椅、医用手术机械手、按摩器及许多康复器械等。图 1-15 为医疗器械示意图。

(14) 办公机械:办公机械是随着计算机技术的发展诞生的新型机械,主要以计算机(但计算机不是机械)、打印机、复印机、绘图机、传真机、碎纸机等为代表,网络技术加办公机械是办公自动化的象征。图 1-16 为一些办公机械示意图。

各种各样的作业机械很多,这里只对工程中常用的作业机械作简要介绍。

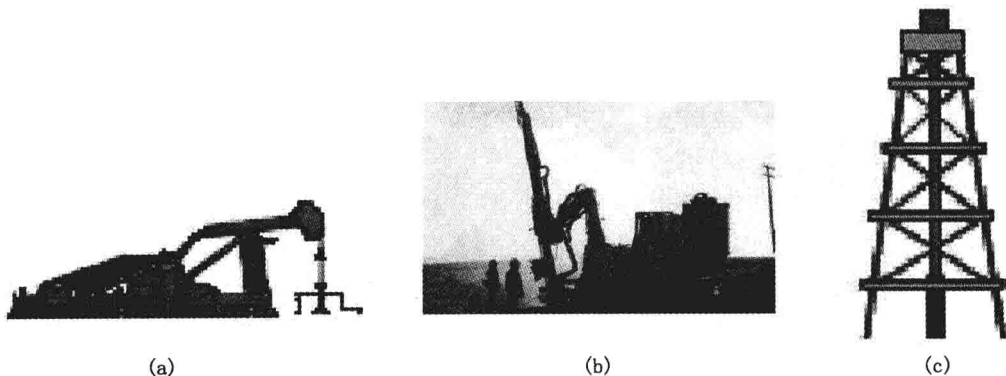


图 1-14 钻探及开采机械
(a) 抽油机; (b) 凿孔机; (c) 钻机

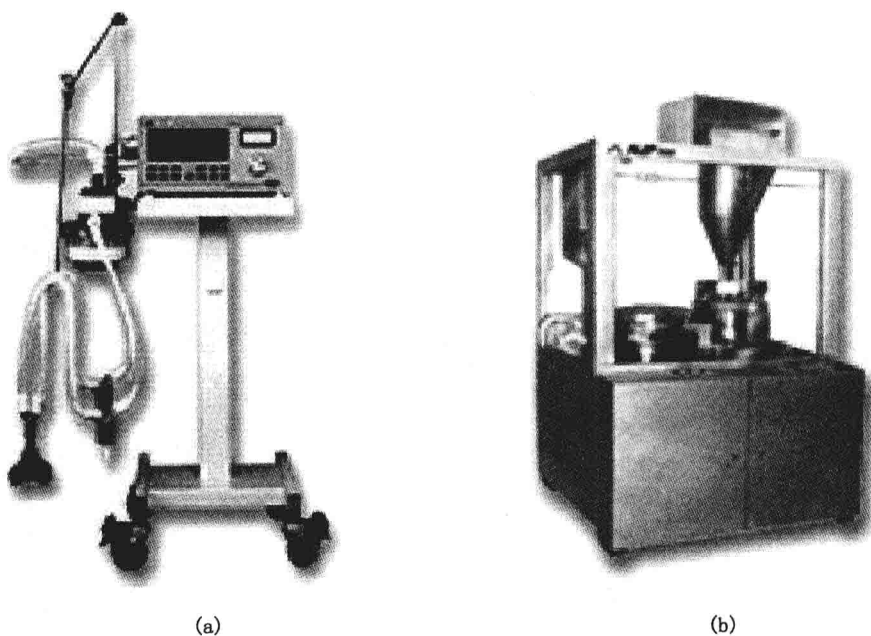


图 1-15 医疗器械
(a) 呼吸机; (b) 自动硬胶囊填充机

4) 机器人

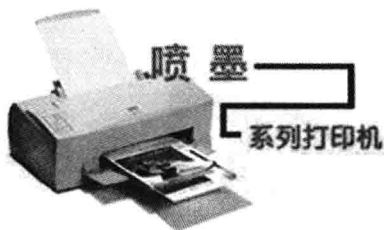
机器人是一种新兴的自动化程度很高的机电一体化相结合的智能机械系统,用途广泛。可以用于制造、装配,喷漆、焊接,还可以代替人进行排除爆炸物、代替人作战或从事其他危险工作。图 1-17 所示为军用机器人示意图。

5) 兵器

兵器是用于战争的机械,主要有各种枪械、火炮、坦克、弹箭、雷达、飞机和舰船等。该类产品的可靠性、精度和性能要求极高,所以兵器工业代表一个国家机械工业和科学技术的最高水平。图 1-18 所示为典型作战兵器。

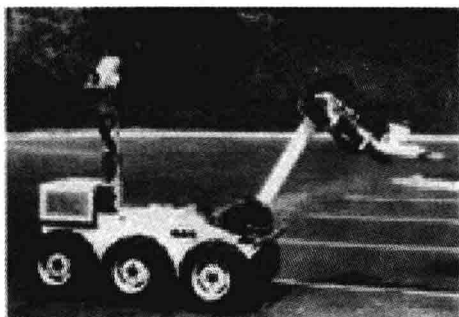


(a)



(b)

图 1-16 办公机械
(a) 传真机; (b) 打印机



(a)



(b)

图 1-17 机器人
(a) 排雷机器人; (b) 防爆机器人

6) 民用生活机械

民用生活机械主要指提高人类生活质量的机械。主要有空调机、洗衣机、照相机、吸尘器、钟表、电冰箱、电动玩具等。该类产品的用电安全性要求极高,很大程度上代表了一个国家的发达水平。图 1-19 为部分民用生活机械示意图。

7) 信息机械

信息机械是现代机械,一般指依靠信息的传递和变换来完成特定功能的机器,如打印机、

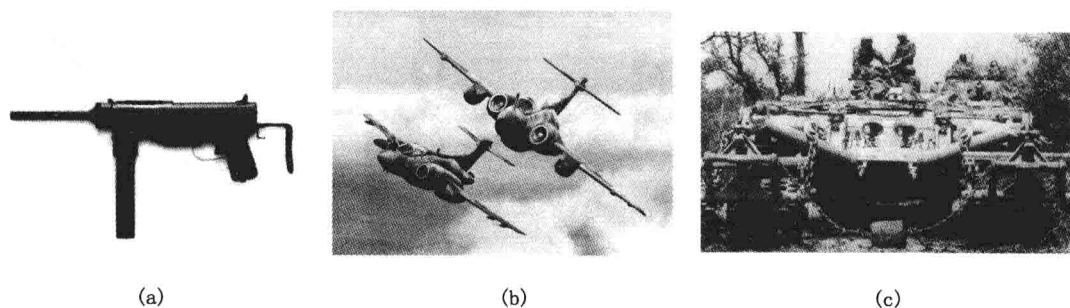


图 1-18 兵器
(a) 冲锋机; (b) 战机; (c) 坦克

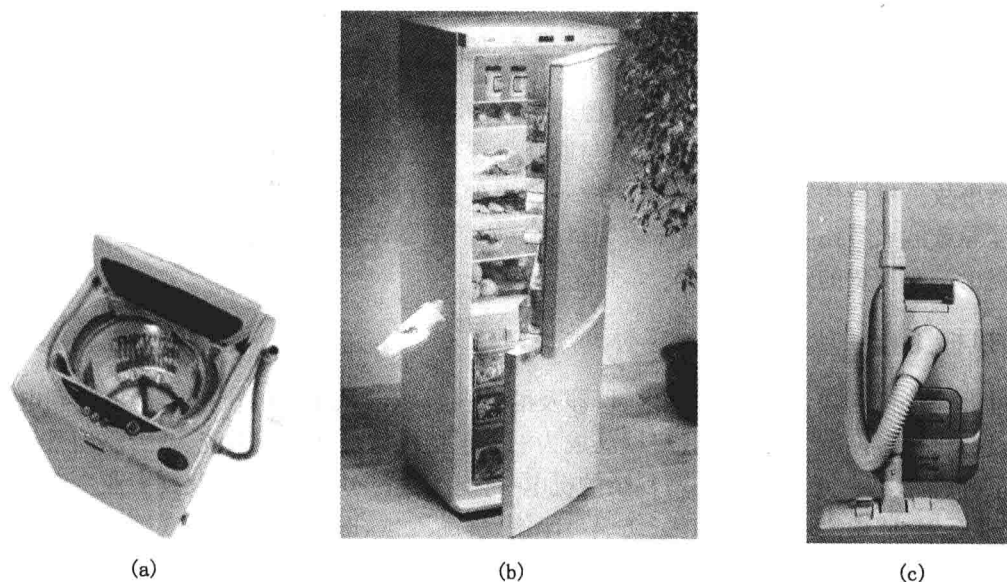


图 1-19 民用生活机械
(a) 洗衣机; (b) 电冰箱; (c) 吸尘器

复印机、传真机、绘图机、照相机等现代机械都是信息机械。图 1-20 为信息机械示意图。

3. 机械产品的基本要求

不同的机械产品有不同的功能和不同的作用,但他们的质量要求却有许多共同点。机械产品必须满足的基本要求如下:

- (1) 满足机械产品的功能要求和工作性能要求。
- (2) 满足安全性要求。
- (3) 符合人机工程,操作方便。
- (4) 工作可靠性好。
- (5) 优良的性能价格比。
- (6) 满足使用寿命要求。