



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械设计基础

(机械类)
第二版

主编 黄森彬



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械设计基础

(机械类)
第二版

主 编 黄森彬
责任主审 张 策

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材修订版。本书的修订是在第一版的基础上根据新形势下的教学需求、课程改革成果和相关新技术、新国标等进行的。

本书修订时沿用第一版的内容框架结构,为适应近年来中职生源情况的变化,突出“以服务为宗旨、以就业为导向、以能力为本位”的职业教育办学理念,坚持以学生为本,降低难度。本书主要内容包括机械概述、联接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、支承零部件、机械的润滑和密封、机械的调整和平衡等内容,各章节基本上按照工作原理、典型结构、强度概念、使用维护的顺序安排内容,体现职业教育的技术应用性,以达到提高全面素质,培养综合职业能力的目的。

本书可作为中等职业学校机械类专业教材,也可作为相关行业人员岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/黄森彬主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2008. 6

机械类

ISBN 978-7-04-023472-5

I. 机… II. 黄… III. 机械设计-专业学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 071034 号

策划编辑 张春英 责任编辑 王瑞丽 封面设计 于涛 责任绘图 尹莉
版式设计 陆瑞红 责任校对 金辉 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京京科印刷有限公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.00
字 数 380 000

版 次 2000年12月第 1 版
2008年6月第 2 版
印 次 2008年6月第 1 次印刷
定 价 19.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23472-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

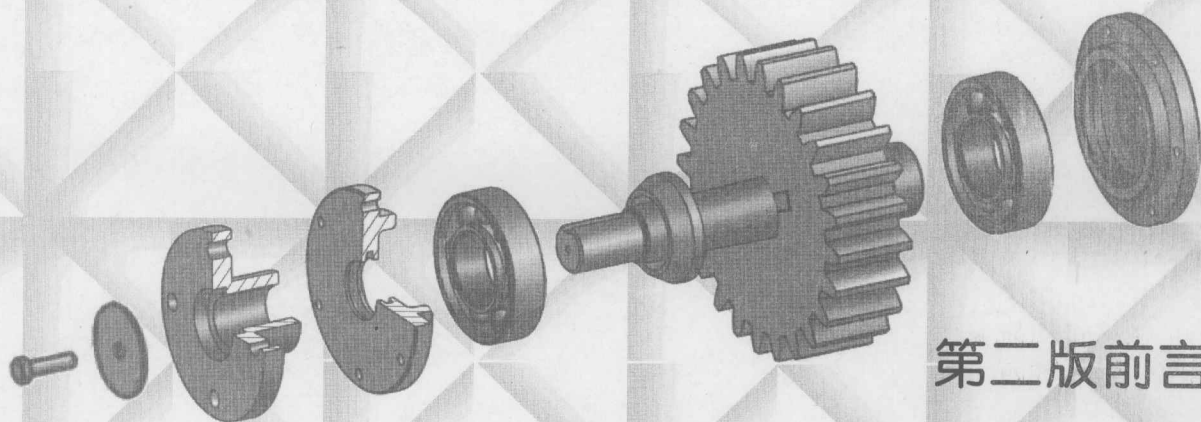
为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为学校选用教材提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的学校的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001年5月



第二版前言

根据近几年来教学实践的经验和中等职业教育改革和发展的实际以及我国工业发展的需要,本书在第一版的基础上进行修订。

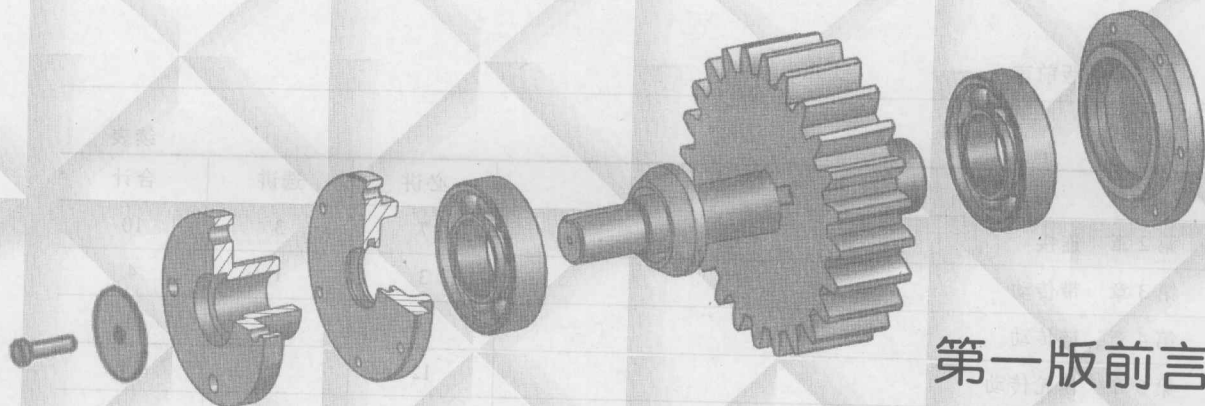
为了便于教学,本修订版维持原版的教材体系,只在各章节的内容方面进行了适当的增减和更新。修改的主要内容如下:

1. 按照教学要求,适当删减练习题中偏难的题目;
2. 作图法综合连杆机构和凸轮机构的实用意义已不大,进行了删除和简化;
3. 为适应自动机械中广泛应用连杆机构的现状,加强了连杆机构的应用内容;
4. 增加新型传动的应用实例。

本书难免仍有错误和不妥之处,敬请各位教师和广大读者批评指正。

编 者

2008年2月



第一版前言

本教材是根据中等职业学校培养生产、服务、建设、管理第一线的高素质劳动者和中初级专门人才的培养目标，按照教育部 2000 年颁发的中等职业学校“机械设计基础教学大纲”编写而成的，是教育部审批的中等职业教育国家规划教材之一。

21 世纪国际经济的竞争将越来越激烈，机械产品将不断创新，人才培养也向提高全面素质和综合职业能力的方向发展，作为培养机械类人才的机械设计基础课程的教材必须不断地创新。多年来，编者在课程改革和创新方面进行了不懈的探索和实践，同时吸收了中等职业学校教学改革成果和经验，力图使本教材成为具有较大改革力度的机械设计基础教材，并体现如下的特色：

1. 改革原有中职教材体系，按照“机械概述、连接、机械传动、支承零部件、机械的润滑和调整”的新体系组织内容，力图更符合教学规律。
2. 各章节按照工作原理、典型结构、强度概念、使用维护的顺序组织内容，体现职业教育的技术应用性。
3. 注重实践能力和创新精神的培养，减少理论论述、计算等内容，更好地与生产实际相结合。
4. 为了扩大知识面，除重点内容外，内容的选取尽可能宽，但阐述少而精，给学生留有一定的思考余地，恰当地处理好“宽、浅、用、能、新、活”的关系。
5. 为便于学生复习掌握每章节的基本知识、基本理论和基本技能，培养分析问题和解决问题的能力，每章节的末尾列出了思考题和练习题。

由于各校的学制和教学安排可能不同，在进行本课程教学时，教师可以根据实际情况调整教材内容和教学顺序。各章节中带*号的为选学内容。

理论教学学时分配建议如下：

教 学 内 容	必 讲	选 讲	合 计
绪 论	1		1
第 1 章 机械概述	5		5

II 第一版前言

教 学 内 容	续表		
	必讲	选讲	合计
第2章 连接	7	3	10
第3章 带传动	3	1	4
第4章 链传动	3		3
第5章 齿轮传动	12	2	14
第6章 蜗杆传动	2	2	4
第7章 齿轮系	3	1	4
第8章 平面连杆机构	5	1	6
第9章 凸轮机构	3		3
*第10章 间歇运动机构		2	2
第11章 支承零部件	8	2	10
第12章 机械的润滑和密封	2		2
第13章 机械的调速和平衡	2		2
合计	56	14	70

参加本教材编写的有吉林化工学校栾学钢(第2、7、8章)、徐州建筑职业技术学院张天熙(第3、4、6、12、13章)、浙江机械工业学校胡家秀(第9、10、11章)、福建高级工业专门学校黄森彬(绪论、第1、5章),并由黄森彬担任主编。

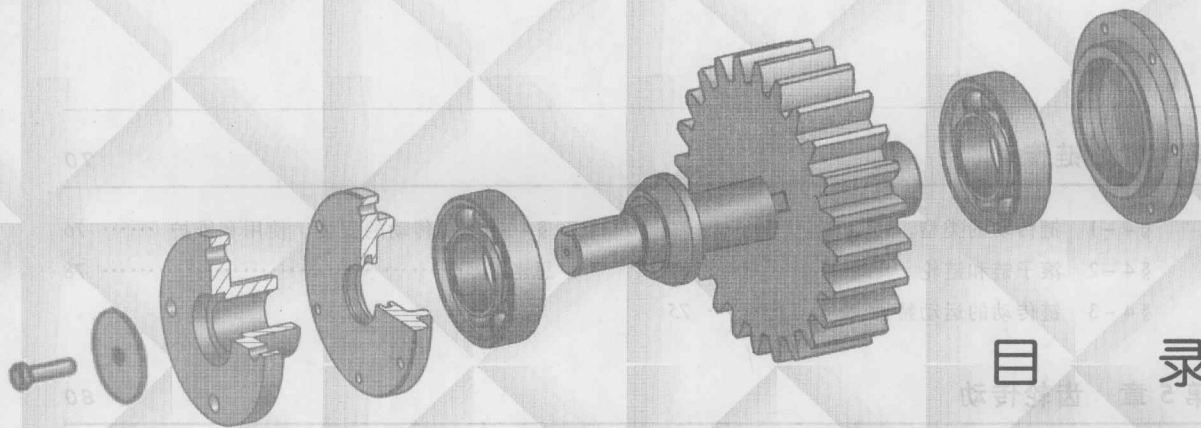
本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定,由天津大学张策教授任责任主审,陈树昌、李文录审稿。高等教育出版社聘请郑州铁路职业技术学院赵祥审阅了全书。他们提出了许多宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,错误与不当之处在所难免,敬请各位机械设计基础课程的教师 and 广大读者批评指正。

编 者

2001年2月

书号	册数	册次	书内页码
1		1	31册
2		2	31册



目 录

绪论

1

思考题	3
-----	---

第 1 章 机械概述

4

§ 1-1 机器的组成及基本要求	4
§ 1-2 机构的组成及机构运动简图	5
§ 1-3 机械零件的强度	8

§ 1-4 摩擦、磨损和润滑	12
思考题	16
练习题	16

第 2 章 连接

17

§ 2-1 键连接	17
§ 2-2 花键连接	21
§ 2-3 销连接	22
§ 2-4 螺纹连接及螺旋传动	23
§ 2-5 螺栓连接的强度计算	31
§ 2-6 联轴器和离合器	36

§ 2-7 弹性连接	42
§ 2-8 圆柱形压缩(拉伸)弹簧的计算	47
思考题	50
练习题	51

第 3 章 带传动

53

§ 3-1 带传动的类型、特点和应用	53
§ 3-2 V 带和 V 带轮	56
§ 3-3 V 带传动的工作能力分析	60

§ 3-4 V 带传动的计算	64
思考题	69
练习题	69

第4章 链传动

70

- §4-1 链传动的类型、特点和应用 70
- §4-2 滚子链和链轮 71
- §4-3 链传动的运动特性 75

- §4-4 链传动的安装、使用和维护 76
- 思考题 78

第5章 齿轮传动

80

- §5-1 齿轮传动的特点和分类 80
- §5-2 渐开线直齿圆柱齿轮 82
- §5-3 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动 86
- §5-4 渐开线齿轮的加工原理 92
- * §5-5 渐开线直齿圆柱齿轮传动的尺度综合 99
- §5-6 斜齿圆柱齿轮传动的几何

- 尺寸 102
- §5-7 直齿锥齿轮传动的几何尺寸 107
- §5-8 齿轮的结构和精度 110
- §5-9 齿轮的失效形式及材料选择 113
- * §5-10 圆柱齿轮传动的强度计算 116
- §5-11 齿轮传动的维护和修复 127
- 思考题 131
- 练习题 132

第6章 蜗杆传动

134

- §6-1 蜗杆传动的类型、特点和应用 134
- §6-2 圆柱蜗杆传动的参数和几何尺寸计算 136
- §6-3 蜗杆、蜗轮的失效、材料和

- 结构 139
- * §6-4 蜗杆传动的工作能力分析 141
- 思考题 144
- 练习题 144

第7章 齿轮系

145

- §7-1 定轴齿轮系的传动比 145
- §7-2 行星齿轮系的传动比 147
- * §7-3 组合行星齿轮系的传动比 149
- §7-4 齿轮系的应用 150

- * §7-5 减速器及应用 152
- 思考题 153
- 练习题 153

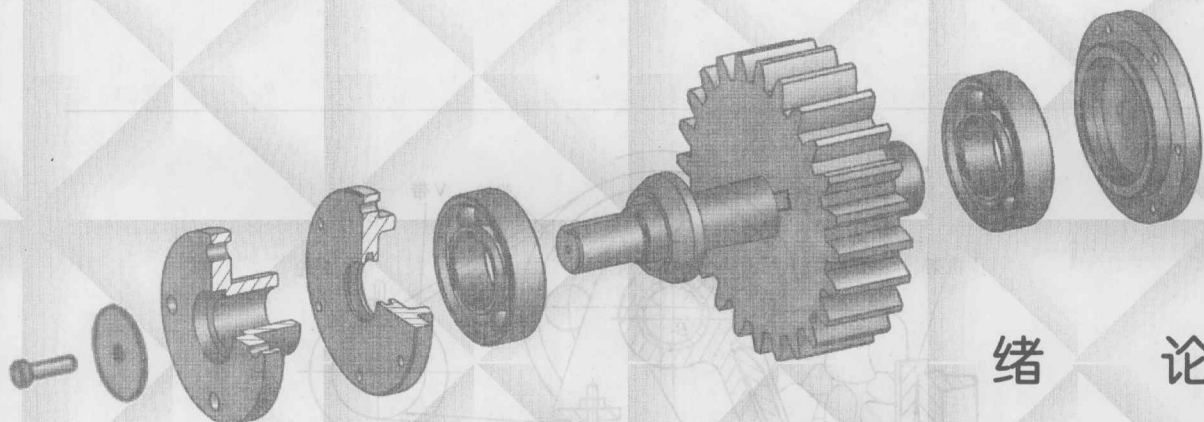
第8章 平面连杆机构

156

- §8-1 平面四杆机构及其应用 156
- §8-2 平面四杆机构的基本特性 161
- §8-3 构件和运动副的结构 164

- 思考题 167
- 练习题 167

第 9 章 凸轮机构	168
§ 9-1 凸轮机构的应用	168
§ 9-2 凸轮机构的特性分析	170
§ 9-3 凸轮机构的尺度综合	172
思考题	176
练习题	177
* 第 10 章 间歇运动机构	178
§ 10-1 棘轮机构	178
§ 10-2 槽轮机构	181
思考题	183
练习题	184
第 11 章 支承零部件	185
§ 11-1 轴	185
§ 11-2 滑动轴承	189
§ 11-3 滚动轴承的类型及选择	194
§ 11-4 轴系结构分析	200
* § 11-5 轴的强度计算	207
* § 11-6 滚动轴承的寿命计算和静强度计算	213
§ 11-7 轴系的维护	219
思考题	221
练习题	222
附表	224
第 12 章 机械的润滑和密封	226
§ 12-1 润滑剂及其选择	226
§ 12-2 润滑方法和润滑装置	230
§ 12-3 密封装置	232
思考题	234
练习题	234
第 13 章 机械的调速和平衡	235
§ 13-1 机械速度波动的调节	235
§ 13-2 机械的平衡	237
思考题	239
参考文献	241



机械工程是人类实现工业化的主导力量。在 200 多年的工业化进程中，创造了科学飞速进步和技术创新不断涌现的新时代。现在市场上可以看到千百万种大小机械，在一切可能的地方都由机械代替了人工劳动，它所创造的财富丰富了人类的物质文明和精神文明。在信息化、网络化、经济全球化、知识化时代，机械工程将提升到一个崭新阶段，从纳米机械直至航空航天机械，新的发明创造层出不穷，必将促进人类文明和生态文明，极大地造福于人类社会。

一、机器和机构

机器的种类繁多，如电动机、机床、汽车、纺织机、起重机、电脑绣花机、机器人等，分析它们的组成、运动和功用，可以得出一些共同的特征。

颚式破碎机如图 0-1 所示。电动机的转动经带传动带动偏心轴转动，进而使动颚板产生平面运动，与定颚板一起实现压碎材料的功能。

单缸四冲程内燃机如图 0-2 所示。燃气推动活塞移动，经连杆使曲轴作连续转动，将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

可见，机器是由多个人为实体组成的具有机械运动的装置，用以变换或传递能量、物料和信息。按照工作类型的不同，机器可以分为动力机器、工作机器和信息机器等三类。

动力机器用以将机械能变换成其他形式的能量，或者将其他形式的能量变换成机械能。例如，发电机、内燃机、电动机等都属于动力机器。

工作机器用以完成有用的机械功或搬运物料。例如，轧钢机、机床、飞机、运输机械等属于工作机器。

信息机器用以实现信息的变换、处理和传递。例如，照相机、复印机、传真机等属于信息机器。

如果从实现机械运动的角度分析，机器中含有一个或多个基本机构，如内燃机(图 0-2)中含有由曲轴、连杆、活塞和气缸体组成的曲柄滑块机构、由齿轮和机架组成的齿轮机构和由

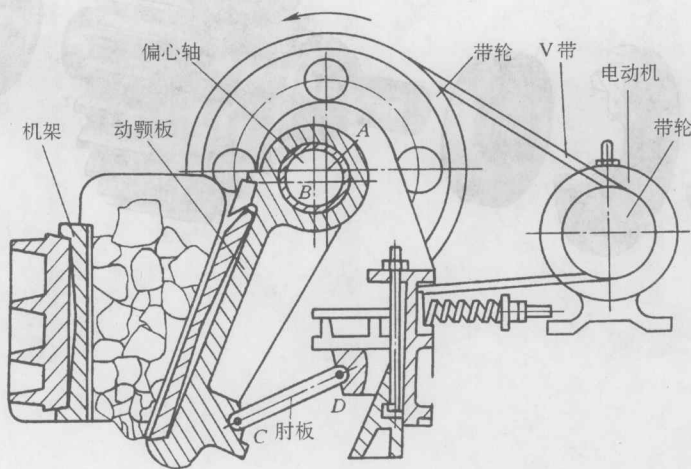


图 0-1 颞式破碎机

凸轮、顶杆和机架组成的凸轮机构。机器中各个机构通过有序的运动和动力传递，实现功能变换，完成有用的工作过程。

所谓机构，它也是多个实体的组合，能实现预期的运动和动力传递。如图 0-2 中所示的齿轮机构，将曲轴的转动传递给凸轮轴，而凸轮机构则将凸轮轴的转动变换为顶杆的直线往复移动，保证了进、排气阀有规律的启闭。

可见，机构主要用来传递和变换运动，而机器主要用来传递或变换能量、物料和信息。从运动和结构的观点来看，机构与机器之间并无区别。因此，通常将机构和机器统称为机械。

组成机械的各个相对运动的实体称为构件。机械不可拆的制造单元体称为零件。构件可以是单一零件，如内燃机的曲轴(图 0-3)；也可以是多个零件的组合物，如内燃机的连杆(图 0-4)，这样的结构便于选择材料、加工和安装。因此，构件是机械运动的单元体。机构中的各构件可以都是刚性的，也可以某些构件是挠性的或弹性的，或是由液压、气动、电磁件构成的。

零件可分为两类。一类是通用零件，它在各种机械中都可能用到，如螺栓、螺母、弹簧、键等；另一类是专用零件，它仅用于某些机械中，如起重机的吊钩，内燃机中的活塞、曲轴等。

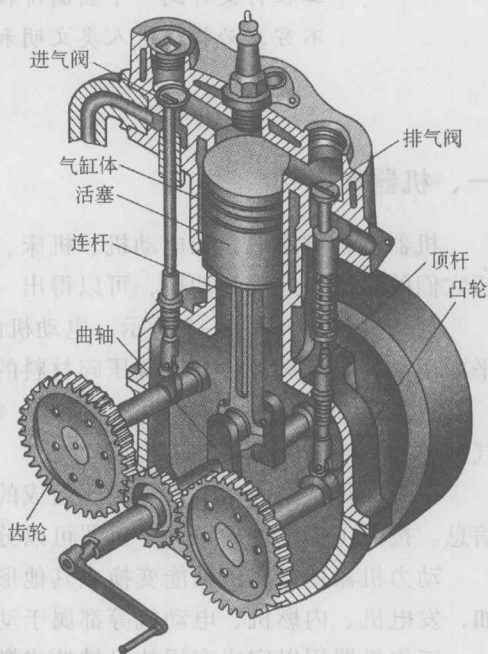


图 0-2 内燃机

二、本课程研究的对象、内容和任务

本课程研究的对象是常规通用零件和机械传动的原理、运用和维护方法。

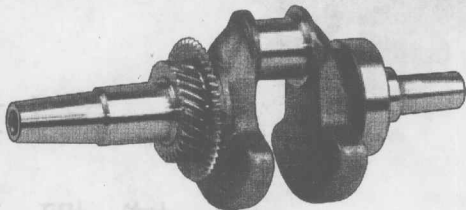


图 0-3 曲轴

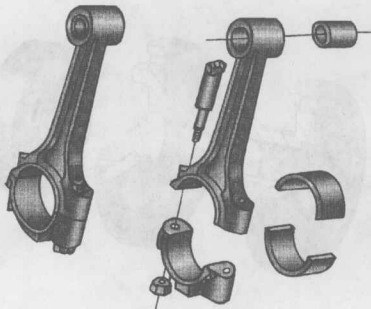


图 0-4 连杆

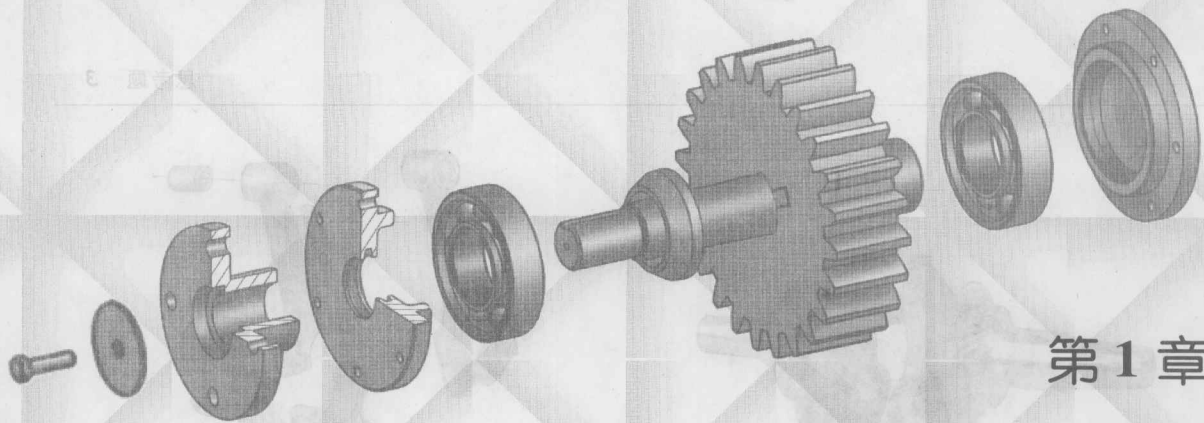
本课程的主要内容是：机械的组成和基本要求；连接的原理和计算方法；机械传动的运用和维护；执行机构的应用；支承零部件的结构和维护；机械的调整和平衡；摩擦、磨损和润滑的机理；机械设计基础的综合实训。

本课程综合应用各先修课程的基础理论知识和生产知识，是一门重要的技术基础课。通过本课程的学习，可以使 学生获得机械的基本知识、基本理论和基本技能，初步具备正确分析、使用及维护机械的能力，为学习有关专业机械 设备课程以及运用和维修机械 设备奠定必要的基础。因此，对于将来从事第一线生产工作、技术管理工作的中职学生，学习机械设计基础课程无疑是十分重要的。

本课程又是应用性强的工程课程。在学习过程中，必须多观察、细思考、勤练习、常总结。观察生活、生产中遇到的各种机械，熟悉典型结构，增强感性认识；思考明晰本课程的基本概念，注意各种知识的联系，融会贯通；勤练基本技能，提高分析能力和综合能力；及时总结、消化掌握课程内容，归纳学到的各种技术方法。特别应注重实践能力和创新精神的培养，提高全面素质和综合职业能力。

思考题

- 0-1 试述机器的特征。
- 0-2 说明机构与机器的异同点。列举 3 个机器实例，说明其功能及所包含的机构。
- 0-3 构件和零件有何区别和联系。观察单级圆柱齿轮减速器，说明它的功用及所含的构件数。
- 0-4 机械设计基础课程在培养机械类人才中有什么作用？



第1章

机械概述

机器是由各种机构和零件构成的系统。机器与零件是整体与局部关系，只有每个零件可靠地工作，才能保证机器的正常运行。本章介绍机械的若干共性问题。

§ 1-1 机器的组成及基本要求

一、机器的组成

按照各部分实体的不同功能，一台机器可以分为几个部分。图 0-1 所示的颞式破碎机可以分解为动力部分(电动机)、传动部分(带轮、V 带和机架组成的带传动)和执行部分(偏心轴、动颞板、肘板、定颞板和机架组成的连杆机构)等三大部分。有的机器如排风扇、水泵等，只有动力部分和执行部分。复杂的机器，除上述三部分外，还有控制装置和信息测量和处理系统。于是，机器的基本组成和相互关系可用图 1-1 表示。

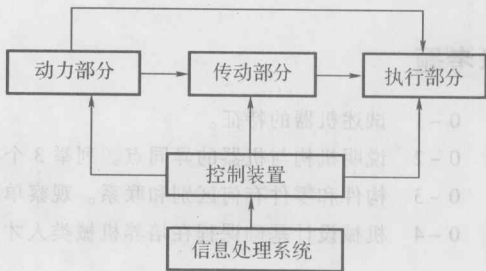


图 1-1 机器的组成

(1) 动力部分——机器完成预定功能的动力源，普遍应用电动机和内燃机等。

(2) 执行部分——直接完成工作任务的部分，其运动形式因机器的用途不同而异。

(3) 传动部分——介于动力部分和执行部分之间，用以完成运动和动力的传递和转换的部分。利用它可以减速、增速、改变运动形式、改变转矩及分配动力等，从而满足执行部分的各种要求。

(4) 控制装置——控制机器各部分工作的装置。控制装置可采用机械、电气、电子、光波等技术。

(5) 信息处理系统——采集、处理、传输信息的装置，多数由计算机完成，使机器达到机电一体化的水平。

二、机器应满足的基本要求

机器的用途在于满足生产和社会生活的需要，因此，机器应满足以下基本要求：

(1) 满足使用要求 机器应满足生产或生活上预期的使用要求，并在规定的工作期限内和预定的工作条件下有效地执行规定的功能、规定的运动和规定的生产率。

(2) 经济性好 经济性是一项综合性指标，它要求设计、制造成本低，使用机器时生产率高，能源和材料耗费少，维护及管理费用低。

(3) 操作方便、工作安全 操作系统要简便可靠，有利于减轻操作人员的劳动强度；要有各种保险装置以消除由于误操作而引起的危险，避免人身和设备事故。

(4) 造型美观、减少污染 从工业美学的角度出发，充分考虑机器的外形及色彩；尽可能降低噪声；减轻对环境的污染。

三、机器创新的思维特性

机器创新可以是应用新原理、新技术、新方法开发创造新机器，也可以是在原有机器的基础上重新设计或局部改造，从而改变或提高原有机器的性能。为了提高机器质量，降低成本，改善性能，提高生产率，增强竞争力，无论是机械设计人员还是工艺生产人员，都应重视机器创新工作。

机器创新过程是创造性思维的过程。创新过程中，有确定目标、收集资料、分析酝酿、突破进展、工程实践等各阶段。创新的目标可能是一台机器，也可能是机器中的某一部件、零件、结构或材料的突破性进展。取得突破性进展最关键的阶段是分析酝酿阶段。创新者分析酝酿时进行创造性思维应努力具备以下特性：

(1) 独创性 敢于怀疑，解放思想，突破框框，破除陈规戒律，具有独立创见。

(2) 推理性 善于由此及彼地进行逻辑推理和连动思维(纵向、横向和逆向连动)。

(3) 多向性 善于从不同的角度思考问题，通过发散(提出多种假设、答案)、换元(变换某一因素)、转向(转变受阻的思维方向)等途径，以获得多种思路 and 方案。

(4) 综合性 善于接受合作者、上下级、资料、信息乃至竞争者的启发，进行综合思维，把已有的概念、事实、多方面的信息通过巧妙的结合，形成新的成果。

(5) 坚持性 目的性明确，能够进行长期的坚持不懈的努力。这对创新者提出了更高的素质要求。

§1-2 机构的组成及机构运动简图

所有构件都在相互平行的平面内运动的机构称为平面机构，否则称为空间机构。工程中常见的机构大多数属于平面机构。

一、机构的组成

1. 运动副

为了使各构件间具有一定的相对运动, 构件之间必定要以某种方式连接起来。这种使两构件直接接触并能产生一定形式的相对运动的连接称为运动副, 例如图 0-2 中的活塞与气缸体、活塞与连杆、连杆与曲轴、曲轴与气缸体之间的连接。运动副的作用: 一是传递力, 二是限制两构件间的某些相对运动。这种限制称为约束。

2. 机构的组成

由上述可见, 机构是由构件和运动副组成的, 它们之间的关系可用图 1-2 表示。

机构中的构件按其运动性质可以分为三类: 固定件(机架)、原动件和从动件。

(1) 固定件——用来支承活动构件的构件。一个机构中, 必有一个固定件。

(2) 原动件——运动规律已知的活动构件, 它的运动规律由外界提供。一个机构中必有一个或几个原动件。图 0-1 中, 起压碎物料作用的连杆机构中, 偏心轴是原动件, 其动力由电动机经带传动提供。

(3) 从动件——随原动件的运动而运动的活动构件, 如图 0-1 连杆机构中的动颚板和肘板。完成工作动作的从动件, 又称为执行构件。

两构件间的平面运动副按接触特性可分为高副和低副。

(1) 高副——两构件通过点接触或线接触组成的运动副, 如图 1-3 中齿轮 1 与 2、凸轮 3 与从动杆 4、车轮 5 与轨道 6 分别在 A 处组成高副。这时, 两构件的相对运动是绕 A 点的转动和沿切线方向的移动, 而沿法线方向的移动被运动副限制了。

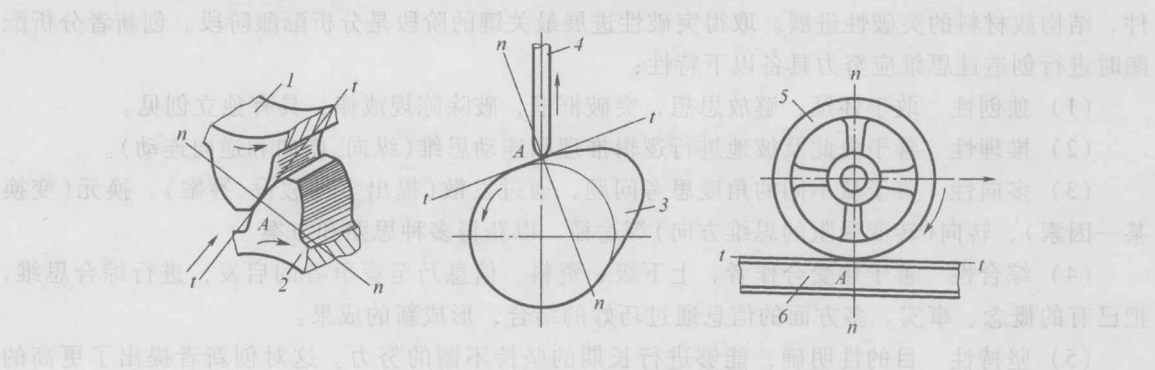


图 1-3 高副

(2) 低副——两构件通过面接触组成的运动副, 如图 1-4 所示。这时两构件只能作相对移动或转动。允许两构件作相对移动的低副称为移动副, 如图 0-2 中活塞与气缸体组成的是移动副。允许两构件作相对转动的低副称为转动副或铰链, 如图 0-2 中活塞与连杆组成的运动副是转动副。低副限制(约束)了两构件的两种相对运动。

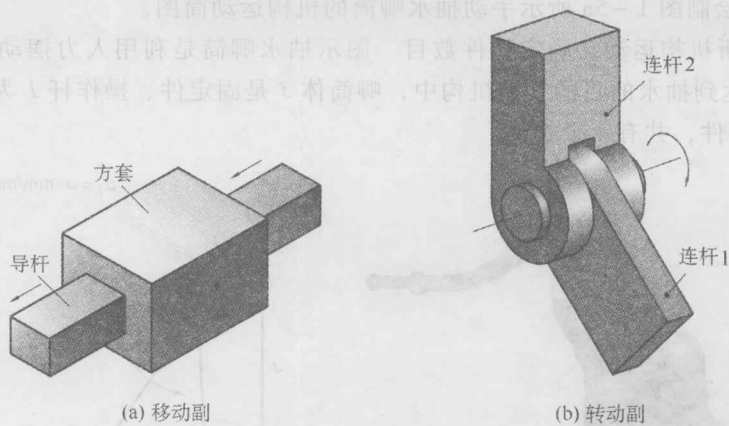


图 1-4 低副

二、平面机构运动简图

实际机构的外形和结构都很复杂，为了便于分析，通常不考虑构件的外形、截面尺寸和运动副的实际结构，而用简单的线条和规定的符号表示构件和运动副，并按一定的比例画出各运动副间相对位置的图形称为机构运动简图。表 1-1 列出了构件和运动副的常用表示方法。

在绘制机构运动简图时，首先要分析机构的运动，确定原动件、机架和从动件，分析原动件的运动如何传递给从动件，搞清构件数及各构件的相对运动；其次明确运动副的类型、数目和各运动副的相对位置；然后选择一个与各构件运动平面相平行的平面作为视图平面，选择适当的比例尺 μ_l ，画出机构运动简图。长度比例尺 μ_l ：

$$\mu_l = \frac{\text{实际长度 (mm)}}{\text{图示长度 (mm)}}$$

表 1-1 机构运动简图的常用符号

运动副类别	代表符号	运动副类别	代表符号
两活动构件 1 和 2 组成转动副		两活动构件 1 和 2 组成移动副	
活动构件 1 和机架 2 组成转动副		活动构件 1 和机架 2 组成移动副	
齿轮副		凸轮副	