



河南省“十二五”普通高等教育规划教材
经河南省普通高等学校教材建设指导委员会审定

机械设计基础

主编 高清冉 孙海燕

JIXIE SHEJI JICHU



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



河南省“十二五”普通高等教育规划教材

经河

指导委员会审定

机械设计基础

主 编 高清冉 孙海燕

副主编 刘红艳 苗雅丽



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/高清冉,孙海燕主编. —西安:

西安交通大学出版社,2016.11

ISBN 978-7-5605-9145-2

I. ①机… II. ①高… ②孙… III. ①机械设计

IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 271496 号

燕淑恒 冉昕高 编 主
侯君英 孙迎新 编 主 编

书 名	机械设计基础
主 编	高清冉 孙海燕
责任编辑	侯君英 李迎新

出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
------	---

网 址	http://www.xjupress.com
印 刷	三河市艺海万诚印务有限公司

开 本	787 mm×1 092 mm 1/16	印张	14	字数	349 千字
版次印次	2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷				
书 号	ISBN 978-7-5605-9145-2/TH·132				
定 价	33.00 元				

联系电话:400-615-1233

版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》，并结合编者多年的教学经验编写而成的，主要适用于机电类、机械类、近机械类各专业的教学，参考学时数为 60~80 学时。

本书编排新颖，作者打破机械设计基础课程中知识点系统化设计的传统，以真实零部件作为载体设立学习情境，按照生产实际中的设计思路，对载体中出现的典型零部件进行相关设计；而将本课程应知应会的知识点穿插在具体的零部件设计中，设计中用到的工程力学知识则以知识链接的形式穿插其中；同时将载体中没有涉及的知识点，如间歇运动机构、蜗杆蜗轮、离合器、制动器等，作为拓展知识供学生课余学习之用。

本书实践性强，对基本理论，本书遵循“以必需、够用为度”和“掌握概念、强化应用”的原则，对各种公式不做详细推导，例题和习题的编写更突出理论的应用性。本书具体的学时分配如下表所示：

学习情境	学习内容	参考学时		
		理论	实践	小计
综述	理解课程的研究对象和内容，分清机械、机器、机构、构件、零件的区别与联系	2		2
学习情境一 颚式破碎机机构设计	读懂平面机构运动简图并能够绘制，正确计算平面机构自由度	4	2	6
	熟悉平面连杆机构（四杆机构）的应用、特点、类型、运动特性，能够设计简单平面连杆机构	4	2	6
学习情境二 内燃机配气凸轮设计	熟悉凸轮机构的应用和分类，常用从动件的运动规律，并可以用图解法设计凸轮轮廓	5	1	6
	了解棘轮机构、槽轮机构的应用和工作原理	1	1	2
学习情境三 输送机带传动装置设计	熟悉 V 带传动的工作原理和工作能力分析；能够设计 V 带传动；了解带轮结构、传动的使用和维护	4	2	6
	熟悉平键连接的特点；正确设计平键连接	2		2
学习情境四 链传动设计	了解链传动的特点 and 设计方法	2		2

续表

学习情境	学习内容	参考学时		
		理论	实践	小计
学习情境五 输送机齿轮减速器 典型零部件设计	掌握齿轮传动啮合原理及几何尺寸计算、齿轮设计准则	7	1	8
	根据轴的受力情况正确识别轴的类别;了解制造轴的主要材料及热处理方法;能够设计轴的结构并校核	6		6
	了解滚动轴承的特点和应用场合;掌握滚动轴承的类型、代号的含义	4		4
	掌握轮系的类型及轮系的传动比计算	3	1	4
学习情境六 输送机轴端连接 装置设计	了解联轴器的种类和选择方法	2		2
	掌握螺纹的基本参数,会查阅相应国家标准,并进行螺栓连接设计	4		4
总计		50	10	60

本书由济源职业技术学院高清冉、孙海燕任主编,刘红艳、苗雅丽任副主编,参加编写的还有王国栋、张明伟。具体分工为:孙海燕编写综述;高清冉编写学习情境一、学习情境二、学习情境三、学习情境四;刘红艳编写学习情境五的任务一和任务二;张明伟编写学习情境五的任务三;王国栋编写学习情境五的任务四;苗雅丽编写学习情境六。全书由高清冉统稿。

本书是一部教改力度比较大的教材,加之编者水平有限,书中难免存在疏漏和欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录 CONTENTS

1

8

35

综 述

一、机械认识	1
二、机械设计	5
知识拓展	6
思考与练习	7

学习情境一 颞式破碎机机构设计

任务一 计算平面机构自由度	8
知识资讯	9
一、平面机构组成	9
二、机构运动简图	11
三、平面机构的自由度计算	13
四、机构具有确定运动的条件	16
任务执行	16
任务总结	17
任务二 平面连杆机构设计	18
知识资讯	18
一、铰链四杆机构	18
二、铰链四杆机构的演化	21
三、平面四杆机构的工作特性	25
四、平面四杆机构图解法设计	29
任务执行	31
任务总结	31
思考与练习	32

学习情境二 内燃机配气凸轮设计

任务一 认识凸轮机构	35
知识资讯	36
一、凸轮机构的组成及特点	37
二、凸轮机构的分类	37
任务实施	39
知识拓展	39
任务二 分析从动件的运动特性	39
知识资讯	40

一、凸轮机构的工作原理及有关名词术语	40
二、从动件的运动规律	40
任务实施	42
任务三 凸轮轮廓设计	43
知识资讯	43
一、凸轮轮廓线设计方法的基本原理	43
二、用图解法设计凸轮轮廓线	44
三、凸轮轮廓线设计的解析法	46
四、凸轮轮廓的加工方法	47
任务实施	47
任务总结	48
知识拓展	48
思考与练习	51

53

学习情境三 输送机带传动装置设计

任务一 V 带传动的设计	53
知识资讯	54
一、带传动的组成和特点	54
二、带传动的类型及应用	55
三、普通 V 带的结构和尺寸	55
四、普通 V 带轮的材料和结构尺寸	57
五、带传动的工作情况分析	59
六、普通 V 带的设计方法和步骤	68
七、V 带传动的张紧、使用和维护	72
任务实施	74
任务总结	75
思考与练习	76
任务二 平键的设计	77
知识资讯	78
一、键连接的类型	78
二、键连接的步骤	81
任务实施	84
任务总结	84
思考与练习	85

87

学习情境四 链传动设计

知识资讯	88
一、链传动的工作原理和类型	88
二、链传动的特点和应用范围	88
三、滚子链和链轮	89
四、平均链速和平均传动比	92
五、链传动的失效及设计步骤	92
任务执行	96
任务总结	97

99

学习情境五 输送机齿轮减速器典型零部件设计**任务一 齿轮传动设计**

知识资讯

- 一、齿轮传动的特点 100
- 二、齿轮传动的类型及应用 100
- 三、渐开线的形成及其性质 101
- 四、渐开线齿廓的啮合特性 102
- 五、渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸 104
- 六、渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动 106
- 七、渐开线齿轮的加工和根切 108
- 八、齿轮的失效形式和设计准则 110
- 九、齿轮的常用材料及选用 111
- 十、齿轮传动精度及选择 113
- 十一、渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 113
- 十二、斜齿圆柱齿轮传动 117
- 十三、齿轮的结构设计 119

任务实施 120

任务总结 124

知识拓展 124

思考与练习 125

任务二 输出轴的设计与选用

知识资讯

- 一、轴的分类 128
- 二、轴的组成 129
- 三、对轴设计的基本要求 130
- 四、轴的常用材料和毛坯 130
- 五、轴的工作情况分析 131
- 六、轴的结构设计 147
- 七、轴设计步骤 150

任务实施 152

任务总结 157

思考与练习 157

任务三 滚动轴承的选用

知识资讯

- 一、滚动轴承的基本组成 159
- 二、滚动轴承的类型和特点 160
- 三、滚动轴承的代号 162
- 四、滚动轴承的选择 166
- 五、滚动轴承疲劳寿命的校核计算 168
- 六、滚动轴承的当量动载荷计算 169

七、滚动轴承疲劳寿命计算	170
八、滚动轴承的组合设计	171
九、滚动轴承的配合与装拆	172
十、轴承的润滑与密封	173
任务实施	175
任务总结	176
思考与练习	176
任务四 轮系的工作情况分析	177
知识资讯	178
一、轮系的种类	178
二、轮系的应用	180
三、定轴轮系传动比计算	181
四、周转轮系的组成和传动比计算	183
任务实施	185
任务总结	186
思考与练习	186

189

学习情境六 输送机轴端连接装置设计

任务一 联轴器的设计	190
知识资讯	190
一、联轴器的类型及应用	191
二、联轴器轴孔形式、轴孔键槽形式及标记方法	194
三、联轴器的选择	196
任务实施	197
任务总结	198
知识拓展	199
思考与练习	202
任务二 螺栓的设计	203
知识资讯	203
一、螺纹的类型	203
二、常用螺纹	204
三、螺纹的主要几何参数	205
四、螺纹连接的基本类型	205
五、标准螺纹连接件	207
六、螺纹连接的应用	207
七、螺栓连接的强度计算	209
任务实施	212
任务总结	213
思考与练习	213

216

参考文献

综 述

一、机械认识

在人们的生产和生活中广泛地使用着各种类型的机械以减轻或代替人们的劳动,提高生产效率、产品质量和生产水平。常用的如自行车、缝纫机、洗衣机、电动机、飞机、车床、火车、电风扇、打印机等(见图 0-1)。它们的构造、性能和用途等各不相同,但从机械的组成分析,又有共同点。



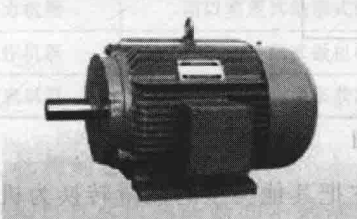
自行车



缝纫机



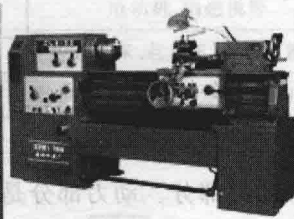
洗衣机



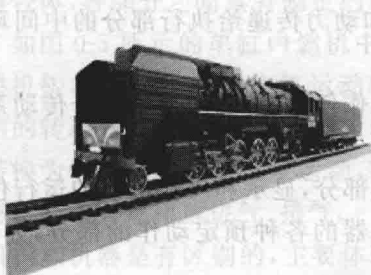
电动机



飞机



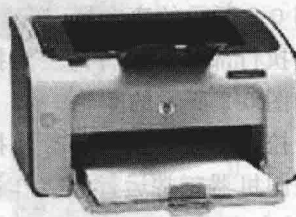
车床



火车



电风扇



打印机

图 0-1 常用机械

1. 机器的组成和特征

机器种类繁多,各类机器的功用不同,工作原理和结构特点也不相同,但都具有三个共同的特征,即都是人为的实物组合,各实体之间具有确定的相对运动,能转换、传递能量或信息。凡具备上述三个特征的实物组合就称为机器。

从图 0-2 中可以看出,一台完整的机器一般由动力部分、传动部分、执行部分、控制部分和支撑及辅助部分组成。机器的组成框图如图 0-3 所示。

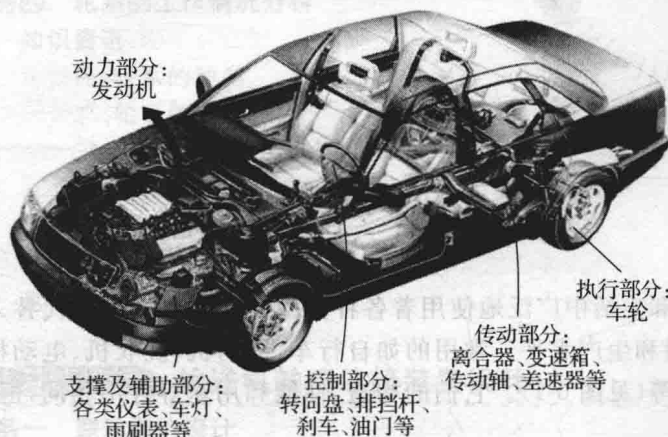


图 0-2 轿车的组成

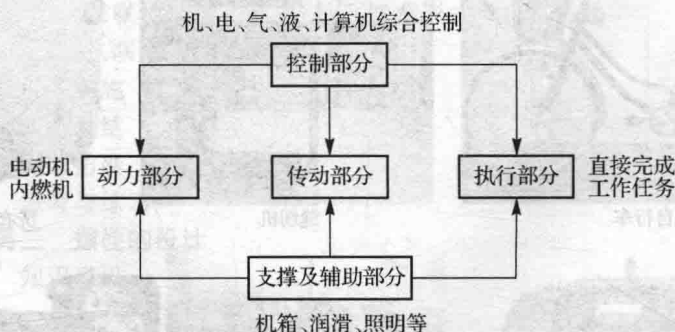


图 0-3 机器的组成框图

(1)动力部分。动力部分是机器工作的动力来源,它把其他类型的能量转换为机械能,以驱动机器各部分运动,如图 0-2 所示的发动机。

(2)传动部分。传动部分是指将动力部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节部分,如图 0-2 所示的离合器、变速箱、传动轴、差速器等。

(3)执行部分。执行部分是指直接完成机器预定工作任务的部分,处于整个传动系统的终端,如图 0-2 所示的车轮。

(4)控制部分。控制部分是指控制机器的其他组成部分,显示和反映机器的运行位置和状态,控制机器正常运行和工作,并随时实现或终止机器的各种预定动作的部分,如图 0-2 所示的转向盘、排挡杆、刹车、油门等。

(5)支撑及辅助部分。支撑及辅助部分是指起支撑机器及辅助机器完成预定工作任务

的部分,如图 0-2 所示的各类仪表、车灯、雨刷器等。

从上述各组成部分分析,能不能将动力部分和执行部分直接相连接而免去传动装置呢?从结构上看这样简化了机器,降低了成本,但由于动力部分速度较高,而执行部分速度较低,或执行部分运动不是旋转运动等原因,通常不直接把原动机(动力部分)的动力传给工作(执行)部分,而是通过不同的传动装置(传动部分)来转换。因此,传动部分在机器中的作用是:改变速度(增速、减速、调速);传递运动及改变运动形式;传递动力。传动装置有机械传动、电力传动、液压传动、气压传动等多种形式。其中常见的机械传动分类如图 0-4 所示。

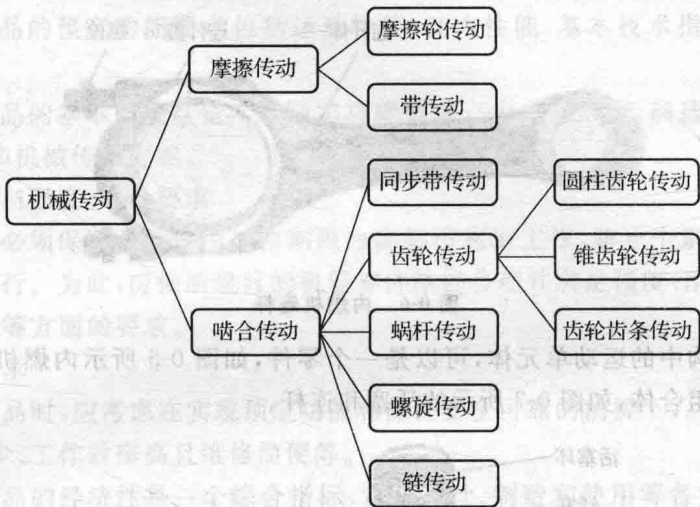


图 0-4 常见的机械传动分类

按照用途不同可把机器分为动力机器、工作机器和信息机器,见表 0-1。

表 0-1 机器类型及应用

类 型	特 点	应用举例
动力机器	用以实现其他形式的能量与机械能间的转换	电动机、内燃机等
工作机器	用来做机械功或搬运物品	各类机床、起重机、运输车辆等
信息机器	用来获取或变换信息	照相机、打印机、计算机、复印机等

2. 机构的组成和特征

机构只具备机器的前两个特征,是人为的组合体,各部分之间具有确定的相对运动。如图 0-5 所示的单缸内燃机中,曲柄滑块机构将活塞的直线往复运动转换为曲柄的转动,而凸轮机构则将凸轮轴的转动转换为气阀杆的直线往复运动,确保了内燃机能够有规律地进气、排气。

机构和机器是有区别的,主要体现在以下两个方面:

(1)机构只是一个构件系统,而机器

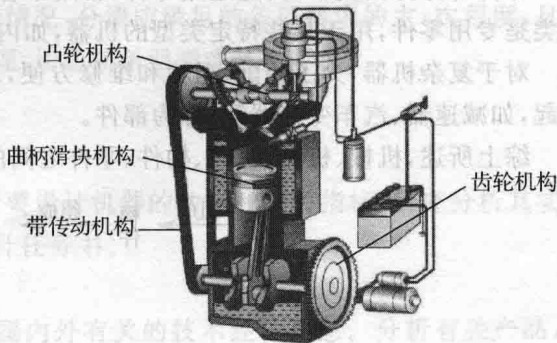


图 0-5 单缸内燃机结构

除构件系统外,还包含电气、液压等其他系统。

(2)机构只用来传递运动和动力,而机器除传递运动和动力外,还具有变换或传递能量、物料和信息的功能。

因此,机器是由机构组成的,而机构却不能像机器一样实现能量转换。若仅从结构和运动的观点来看,机器与机构之间并无区别,所以二者统称为机械。

3. 零件和构件

零件是指机器中不可拆的单元,即制造单元。如图 0-6 所示内燃机连杆上的螺栓、连杆盖等。

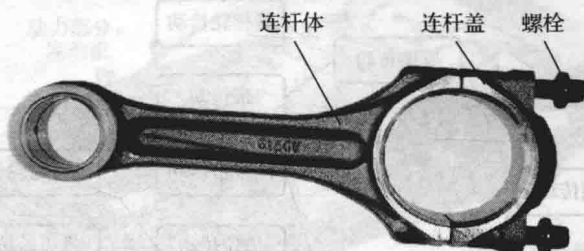


图 0-6 内燃机连杆

构件是指机构中的运动单元体,可以是一个零件,如图 0-5 所示内燃机中的曲轴;也可以是多个零件的组合体,如图 0-7 所示的活塞和连杆。

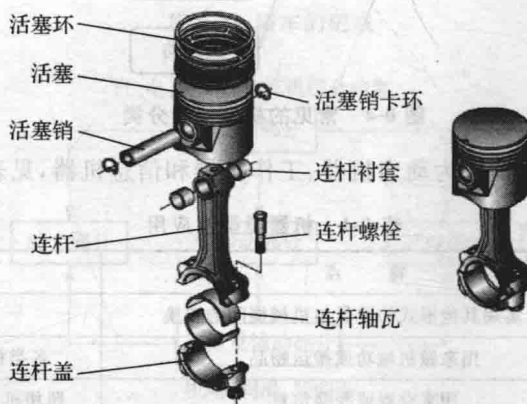


图 0-7 活塞连杆组

零件可分为两类:一类是通用零件,常用于各种机器,如齿轮、轴、螺栓、螺母、弹簧等;另一类是专用零件,用于某些特定类型的机器,如内燃机的曲轴、汽轮机的叶片等。

对于复杂机器,为了装配、运输和维修方便,总装前常把一起协同工作的零件先组装在一起,如减速器、汽车变速器等,称为部件。

综上所述,机械、机器、机构、构件、零件之间的关系如图 0-8 所示。

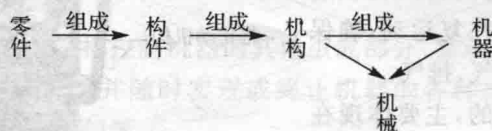


图 0-8 机械组成关系

二、机械设计

机械设计是指设计人员按照机器应具有的功能要求进行调查、分析、研究、构思、计算、实验和决策,并将结果用图样和文字形式表达出来的创造性工作过程。通常先进行机器的总体设计,然后再进行零件设计。

1. 机械设计的基本要求

机械产品的类型很多,但基本要求大致相同,主要包括以下几方面:

1) 预定功能要求

一般机械产品的预定功能要求包括运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构等方面。

设计机械产品的基本出发点是实现预定功能要求。为此,必须正确选择机械的工作原理、机构的类型和机械传动方案。

2) 安全可靠与强度、寿命要求

设计的机械必须保证在预定的工作期限内能够可靠地工作,防止个别零件的破坏或失效而影响正常运行。为此,应使所设计的机器零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性、振动稳定性及其寿命等方面的要求。

3) 经济性要求

设计机械产品时,应考虑在实现预定功能和保证安全可靠的前提下,尽可能做到经济合理、投入的费用少、工作效率高且维修简便等。

由于机械产品的经济性是一个综合指标,它与设计、制造和使用等各方面有关。为此,设计者需要注意良好的工艺性与合理的选材,尽可能实现“三化”(零件标准化、部件通用化、产品系列化),以最大限度地提高经济效益。

4) 操作使用要求

设计的机械产品要力求操作方便,最大限度地减少工人操作时的体力消耗和脑力消耗,改善操作者的工作环境,降低机器噪声,净化废气、废液及灰尘,使其对环境的污染和公害尽可能小。

5) 其他特殊要求

某些机器还有一些特殊要求。例如,机床应能在规定的使用期限内保持精度;经常搬动的机器(如塔式起重机、钻探机等),要求便于安装、拆卸和运输;食品、药品、纺织等机械有不得污染产品的要求;等等。

总之,必须根据所要设计的机器的实际情况,分清应满足的各项要求的主、次程度,且尽量做到结构上可靠、工艺上可能、经济上合理,切忌简单照搬或乱提要求。

2. 机械设计的一般程序

1) 提出和制定产品设计任务书

首先应根据用户的需要与要求,确定所要设计机器的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制定产品设计任务书。

2) 总体设计

根据设计任务书,进行调查研究,了解国内外有关的技术经济信息。分析有关产品,参阅有关技术资料,并充分了解用户意见、制造厂的技术设备及工艺能力等。在此基础上确定

实现预定功能的机械工作原理,拟订出总体设计方案,进行运动和动力分析,从工作原理上论证设计任务的可行性,必要时对某些技术经济指标做适当修改,然后绘制机构简图。同时可进行液压、电气控制系统的方案设计。

3) 技术设计

在总体方案设计的基础上,确定机械各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。为此,必须对所有零件(标准件除外)进行结构设计,并对主要零件的工作能力进行计算,完成机械零件设计。

机械零件的设计是本课程研究的主要内容之一,其设计步骤如下:

- (1) 根据机械零件的使用要求,选择零件的类型与结构。
- (2) 根据机械的工作要求,分析零件的工作情况,确定作用在零件上的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件,考虑材料的性能、供应情况、经济因素等,合理选择零件的材料。
- (4) 根据零件可能出现的失效形式,确定计算准则,并通过计算确定零件的主要尺寸。
- (5) 根据零件的主要尺寸和工艺性、标准化等要求进行零件的结构设计。
- (6) 绘制零件工作图,制定技术要求。

以上这些内容可在绘制总装配图、部件装配图及零件图的过程中交错、反复进行,同时进行润滑设计。然后编写设计说明书、有关的技术文件、外购件的明细表等。

4) 样机的试制和鉴定

设计的机械是否能满足预定功能要求,需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过生产运行,进行性能测试,然后便可组织鉴定,进行全面的技术评价。

5) 产品的正式投产

在样机的试制与鉴定通过的基础上,才可能进行产品的正式投产。

将机械产品的全套设计图纸(总装图、部装图、零件图、电气原理图、液压传动系统图、安装地基图、备件图等)和全套技术文件(设计任务书、设计计算说明书、试验鉴定报告、零件明细表、产品质量标准、产品检验规范、包装运输技术条件等)提交产品定型鉴定会评审。在评审通过后,才能由有关部门下达任务,进行批量生产。



知识拓展

零件的标准化、系列化和通用化

1. 标准化和标准零部件

节能灯的灯泡坏了,到任何商店买一个新的来,不管哪家企业生产的,只要是同一型号,其螺纹口都能配上;手电筒上电池失效了,买来新的同号电池,装上都能用。我们购买某些商品,只需知道型号,买回就能用,这是因为这些商品都是标准化产品。

机械的类型和功用千千万万,但各种机械中都包含很多功能相同的通用零部件。将通用零部件的结构、尺寸、材料、参数和性能等指标加以统一规定,称为零部件的标准化。

常见的标准化零件有螺钉、螺母、螺栓、垫圈、键、V带、密封圈等。常见的标准化组件有滚动轴承、链条、联轴器等。常见的标准化部件有电动机、减速器、气泵、液泵等。在机械设计中,凡是标准零部件,都不必自行设计,而是查手册选购标准件。大工业生产中实行的标

准化,对提高效率、技术进步和提高人们生活质量方面所做的贡献,是难以估量的。

结构形状固定、部分尺寸参数符合国家标准的通用零件称为常用件。常见的常用件有齿轮、弹簧等。

2. 系列化与通用化

每种标准零部件,其尺寸均按一定规律从小到大、性能指标按一定的要求从低到高组成多种型号和规格,就是标准零部件的系列化。产品也按系列化的要求进行设计生产。例如,液晶显示器的尺寸有17、19、21、22...(英寸数)这样的一系列。另外,自行车按车轮直径、轴承按内外径和宽度、电动机按功率形成系列等。这都是产品系列化的例子。

一件产品内部或产品之间尽量采用统一规格、同一型号的零部件,以减少零部件的种类,便于制造、管理、使用、更换及维修,这称为通用化。以家用风扇为例,它上面各个部位有很多螺钉,如果采用同一规格尺寸,那么维修和清洗时就不需要更换工具,安装时也不必考虑逐一配对。因此,通用化的方式对生产厂家和用户都起到提高效率、降低成本的作用。

3. 机械设计中贯彻“三化”原则的意义

标准化、系列化、通用化合称“三化”,实现“三化”的意义如下:

(1)减轻设计工作量。标准零部件只需查手册选购,不必自己设计,可大大减轻设计工作量。

(2)标准零部件成本低。标准零部件是由专业标准件厂大规模生产的,效率高、质量可靠、成本低。设计新产品采用标准零部件,可以共享标准零部件的高效率、低成本的优点。

(3)便于维修维护。“三化”是设计应贯彻的原则,也是国家的一项技术政策。与机械结构设计相关的标准有国家标准(GB)、行业标准(机械行业标准JB)、地方标准和企业标准。出口产品要符合国际标准(ISO)。

思考与练习

- (1)以家用洗衣机为例,分析现代机械的五个组成部分,并说明各部分的作用。
- (2)用生活中的例子说明机构和机器的特征。
- (3)什么是构件?什么是零件?它们有什么区别和联系?试举实例加以说明。
- (4)试向你的朋友介绍一款新型24速自行车。

学习情境一 颞式破碎机机构设计

情境描述

颞式破碎机俗称颞破,又名老虎口。由动颞和静颞两块颞板组成破碎腔,模拟动物的两颞运动而完成物料破碎作业。颞式破碎机广泛运用于矿山冶炼、建材、公路、铁路、水利和化工等行业中各种矿石与大块物料的破碎,如图 1-1 所示。本学习情境通过对颞式破碎机的结构分析,理解运动副的概念和分类,解决机构的运动简图绘制、判断机构是否具有确定的相对运动、计算机构的自由度、图解法设计平面连杆机构四个问题。

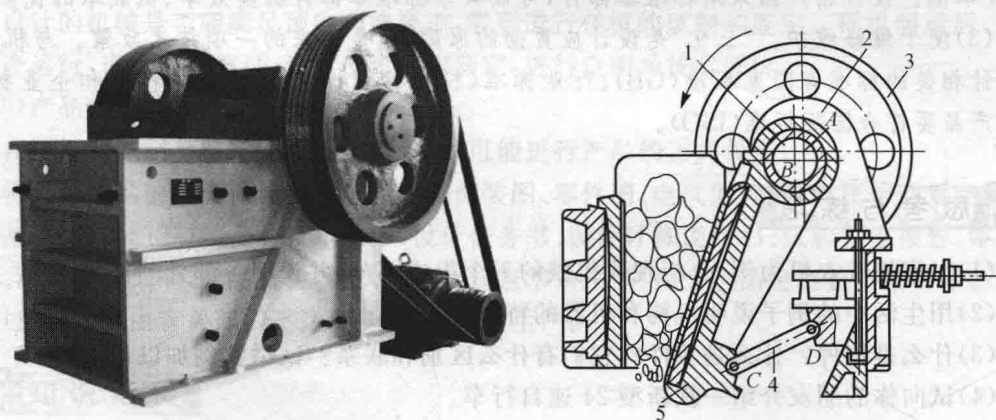


图 1-1 颞式破碎机

1—偏心轴;2—机架;3—皮带轮;4—肘板;5—动颞板

任务一 计算平面机构自由度

任务描述

对颞式破碎机中平面连杆机构的结构进行分析,绘制出机构的运动简图,并计算自由