

高职高专“十一五”机电类专业规划教材

JIXIE SHEJI JICHU

JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

■ 马晓丽 肖俊建 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专“十一五”机电类专业规划教材

机械设计基础

主 编 马晓丽 肖俊建
副主编 陈晓英 周建强
参 编 张庆功 黄云峰 岳丽敏
周兆忠 吴明明

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是根据目前高职高专教学改革、精品课程建设和课程 CAI 教学的实际需要,按照“十一五”高职高专机械设计基础课程教学基本要求编写的。

全书主要包括:课程基本介绍;平面连杆、凸轮等机构的工作原理及设计;带传动和齿轮传动等机械传动的工作原理及设计;螺纹件和轴承等机械零、部件的设计;机械的润滑和机械的平衡等选修内容;具有教学改革成效特点的机械创新设计。各章附有一定数量的练习题,便于学生做作业和考前复习。

本书可作为高职高专院校机电类、近机类各专业的教材,也可以作为成人高等学校相关专业的教材,还可作为有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/马晓丽,肖俊建主编. —北京:机械工业出版社,2008.8

高职高专“十一五”机电类专业规划教材

ISBN 978-7-111-24988-7

I. 机… II. ①马…②肖… III. 机械设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 129522 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王海峰

责任编辑:王海峰 张双国 版式设计:霍永明 责任校对:魏俊云

封面设计:马精明

责任印制:邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 18 印张 · 440 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24988-7

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379171

封面无防伪标均为盗版

前 言

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》和国家有关标准编写而成的。

本书从培养实用型技能人才应具有的基本技能出发,坚持“以应用为目的,以必需、够用为度”的编写原则,并适当考虑了知识的连续性和学生今后继续学习的需要。本书在每一章后安排有一定量的习题,便于学生课后做作业和考前复习。本书对基本理论的理解力求深入浅出,着重讲解典型机构、主要零部件的性能特点及设计方法。在最后两章,还根据近几年的实践教学和组织学生开展机械设计竞赛活动所取得的成效,介绍了机械创新设计的理念、一般方法、机械创新设计的软件工具以及机械创新设计实例等,供大学生开展机械设计学科竞赛选修。

本书文字简明,通顺易读,便于学生自学和教师根据教学需要组织教学。

本书由马晓丽、肖俊建任主编,陈晓英、周建强任副主编。参加本书编写的人员有:浙江工业大学浙西分校马晓丽、吴明明(第五章、第八章、第十五章)、浙江工业大学浙西分校肖俊建、周兆忠(第六章、第七章、第十四章)、浙江工业大学浙西分校陈晓英(第一章、第二章、第三章)、浙江工业大学浙西分校周建强(第四章、第九章)、浙江工业大学浙西分校张庆功(第十六章、第十七章)、浙江工业大学浙西分校黄云峰(第十一章、第十二章)、郑州铁路职业技术学院岳丽敏(第十章、第十三章)。在本书编写过程中得到有关院校的大力支持,在此表示感谢。

由于编者的水平和实践知识所限,虽经几次改稿,但还可能有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	习题	69
第一章 绪论	第六章 带传动和链传动	71
第一节 机械设计基础研究的对象 和内容	第一节 带传动概述	71
1	第二节 V带和V带轮	72
第二节 机械设计的基本要求及 一般过程	第三节 带传动的工作情况分析	75
2	第四节 V带传动的设计计算	78
第三节 机械零件的失效形式及设计 计算准则	第五节 带传动的张紧、安装与维护	83
4	第六节 链传动概述	84
第四节 机械零件常用材料及选择	习题	88
6	第七章 齿轮传动	90
第五节 机械零件的标准化、系列化 及通用化	第一节 齿轮传动的特点及基本类型	90
7	第二节 渐开线的形成和基本性质	91
习题	第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 主要参数及几何尺寸	93
8	第四节 渐开线直齿圆柱齿轮 的啮合传动	97
第二章 平面机构的结构分析	第五节 渐开线齿轮的加工方法 与根切现象	102
9	第六节 变位齿轮传动简介	105
第一节 构件及运动副	第七节 齿轮常见的失效形式 与设计准则	107
9	第八节 齿轮传动的精度及齿轮 的常用材料	108
第二节 平面机构的运动简图	第九节 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动 的设计计算	113
10	第十节 渐开线斜齿圆柱齿轮传动	119
第三节 平面机构的自由度	第十一节 直齿锥齿轮传动	124
12	第十二节 齿轮的结构	127
第四节 平面机构的速度分析	第十三节 齿轮传动的润滑与维护	129
14	习题	130
习题	第八章 蜗杆传动	133
16	第一节 蜗杆传动的类型和特点	133
第三章 平面连杆机构	第二节 蜗杆传动的主要参数和 几何尺寸的计算	134
19	第三节 蜗杆传动的失效形式和 设计准则	138
第一节 铰链四杆机构的基本形式 及其演化	第四节 蜗杆传动的材料、精度	
19		
第二节 平面四杆机构的基本特性		
22		
第三节 平面四杆机构的设计		
25		
习题		
27		
第四章 凸轮机构		
31		
第一节 概述		
31		
第二节 从动件常用运动规律 及其选择		
36		
第三节 盘形凸轮轮廓的图解法设计		
42		
第四节 凸轮机构的基本尺寸确定		
46		
第五节 凸轮机构的结构设计		
49		
习题		
52		
第五章 其他常用机构		
55		
第一节 棘轮机构		
55		
第二节 槽轮机构		
57		
第三节 不完全齿轮机构		
59		
第四节 螺旋机构		
60		

和结构	139	第三节 滚动轴承的代号和 类型选择	212
第五节 蜗杆传动的强度计算	141	第四节 滚动轴承的失效形式和 设计准则	215
第六节 蜗杆传动的润滑、效率和 热平衡计算	144	第五节 滚动轴承的寿命计算	215
第七节 普通圆柱蜗杆和蜗轮 设计计算	146	第六节 滚动轴承的组合设计	219
习题	148	习题	222
第九章 齿轮系	152	第十三章 其他常用零部件	225
第一节 齿轮系及其分类	152	第一节 弹簧	225
第二节 定轴轮系传动比的计算	154	第二节 联轴器	226
第三节 周转轮系传动比的计算	157	第三节 离合器	230
第四节 复合轮系传动比的计算	160	习题	233
第五节 轮系的应用	163	第十四章 机械的润滑与密封	234
第六节 其他类型行星齿轮传动简介	166	第一节 摩擦与磨损	234
第七节 减速器	168	第二节 润滑	237
习题	173	第三节 密封	242
第十章 螺纹联接	175	习题	243
第一节 螺纹联接的基本知识	175	第十五章 机械的平衡与调速	244
第二节 螺纹联接的预紧与防松	179	第一节 回转件的平衡	244
第三节 螺栓组联接的设计	181	第二节 机械速度波动的调节	248
第四节 螺栓联接的强度计算	182	习题	251
第五节 提高螺栓联接强度的措施	187	第十六章 三维 CAD	253
习题	189	第一节 概述	253
第十一章 轴和轴毂联接	191	第二节 零件设计	254
第一节 概述	191	第三节 三维球装配	254
第二节 轴的结构设计	192	第四节 二维工程图生成	259
第三节 轴的强度和刚度计算	195	第五节 简单机构的动画设计	262
第四节 轴的材料及其选择	198	第十七章 机械创新设计	264
第五节 键和花键联接	201	第一节 概述	264
第六节 销联接和过盈配合联接	203	第二节 创新机械的方案设计	264
习题	204	第三节 常用机构、零部件的选择	270
第十二章 轴承	205	第四节 创新机械设计制作实例	273
第一节 滑动轴承概述	205	参考文献	279
第二节 滚动轴承的结构、类型 和特点	211		

第一章 绪 论

本章介绍本课程的研究对象和主要内容,机器的组成及其特征,机械设计的主要内容及一般过程,机械零件设计的主要计算准则、常用材料及机械零件标准化。

第一节 机械设计基础研究的对象和内容

本课程研究的对象是“机械”,而研究的内容则是有关机械的一些基本理论和设计方法问题。从内容上来看,包含有机械原理和机械零件两个部分。

人类在日常生活和生产实践中广泛使用着各种机器,如汽车、洗衣机、电风扇、机床、起重机等。机器能实现能量转换或完成有用的机械功,以减轻或代替体力劳动,提高生产率。随着生产和科技的发展,机器的种类、形式和功能越来越多,使用机器进行生产的水平也成为衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志。

图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机。它由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8 和齿轮 9、10 组成。当内燃机工作时,混合气体推动活塞 2 作往复运动,经连杆 5 使曲轴 6 作旋转运动,曲轴经齿数比为 1:2 的齿轮 10、9 带动凸轮轴旋转,凸轮 7 推动顶杆 8 按一定的规律运动,从而带动进、排气阀开启、关闭。活塞往复两次,曲轴旋转两周,进、排气阀各开启、关闭一次,把混合气体的热能转换为曲轴转动的机械能。

虽然机器的种类很多,在生活中普遍存在、发挥着各不相同的作用,这些机器的具体构造也各不相同,但是所有的机器都具有以下 3 个特征:

- 1) 它是人为的实物(构件)组合体。
- 2) 组成机器的各构件之间具有确定的相对运动。
- 3) 具有变换或传递能量、物料、信息的功能。

如果仅具备前两个特征,则称为机构。机构是一个构件系统,它能实现预期的机械运动,并传递运动和力,是机器的主体部分。如图 1-1 所示的内燃机中,活塞、连杆、曲轴和气缸体组成一个连杆机构,将活塞的往复运动变为曲轴的旋转运动,并输出转矩。曲轴和凸轮轴上的齿轮与气缸体组成齿轮机构,使两轴保持一定的速比。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构,将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的间隙移动。一部机器可包含一个或多个机构,如鼓风机、电动机只包含一个机构,而内燃机则包含 3 个机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。从运动观点来看,机器和机构之间并无区别,因此,习惯上把机器和机构统称为机械。

构件是组成机械的基本运动单元,它可以是单一的零件,也可以是多个零件组成的刚性结构。如图 1-2 所示的内燃机的连杆就是由连杆体、螺栓、螺母和连杆盖等零件组成的刚性结构,各零件相互之间没有相对运动。

零件是机械的制造单元,可以分为两类:一类是通用零件,在各种机器中普遍使用,如螺栓、螺母、齿轮、弹簧等;另一类是专用零件,仅在某些特定类型的机器中使用,如内燃

机的活塞、汽轮机的叶片等。

机械设计基础主要研究机械中常用机构和通用零件的工作原理、运动特性、结构特点、使用和维护、标准和规范、基本设计理论和计算方法,简要介绍机械产品设计的基本方法和技术。

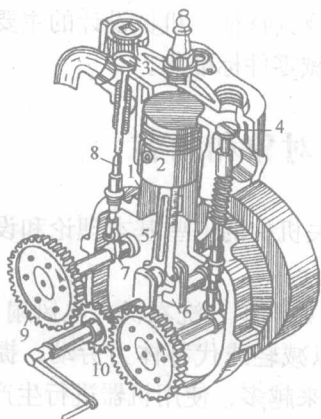


图 1-1 单缸四冲程内燃机

- 1—气缸体 2—活塞
- 3—进气阀 4—排气阀
- 5—连杆 6—曲轴
- 7—凸轮 8—顶杆
- 9、10—齿轮



图 1-2 连杆

第二节 机械设计的基本要求及一般过程

一、机械设计的基本要求

机械设计是指设计实现预期功能的新机械或改进现有机械的性能。由于机械设计质量在很大程度上决定了机械产品的性能、价格和经济效益,因此机械设计应满足以下基本要求。

1. 使用要求

设计的机械要能够实现预期的功能,即在规定的工作条件下,达到规定的预期功能要求,并保证在规定的工作期限内正常运转。为此,在机械设计时必须确定机械的工作原理和实现工作原理的机构组合,从而使机械性能好、效率高。

2. 经济性要求

机械产品的经济性应体现在设计、制造和使用的全过程。设计经济性体现在降低机械成本和缩短设计周期等;制造经济性体现在省工、省料、装配简便和缩短制造周期等;使用经济性体现在生产效率高、能源和材料消耗少、维护及管理费用低等。

3. 可靠性要求

机械的可靠性是指机械在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。机械的可

可靠性取决于设计、制造、管理、使用等各阶段。设计和制造阶段决定了机械的固有可靠性，而管理、使用等阶段只能保证机械的固有可靠性，但不能超过其固有可靠性的界限。

4. 操作方便、安全

机械的操作系统要简便可靠，符合人的生理特征，有利于减轻操作人员的劳动强度；要有各种保险装置，以保证人、机安全。

5. 造型美观、减少环境污染

所设计的机械产品要重视外形和色彩方面的要求，使其外形美观；要尽量避免机械对环境的污染，做到绿色设计。

6. 其他要求

在满足以上基本要求的前提下，一些机械还有特殊要求，例如：航空产品要质量轻，食品机械要防止污染等。

二、机械设计的一般过程

在明确设计要求后，机械设计的主要内容有：

- 1) 确定机械的工作原理，选择合适的机构，拟定设计方案。
- 2) 进行运动分析和动力分析，计算作用在各构件上的载荷。
- 3) 进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。

结合设计内容，机械产品的设计过程，一般可概括为如下几个阶段。

1. 明确设计要求阶段

根据市场预测、用户需求进行可行性分析，给出可行性报告及设计任务书。任务书中应规定机器的功能、主要性能参数、工作环境、生产批量、预期成本、设计完成期限以及使用条件等。

2. 方案设计阶段

方案设计是在满足设计任务书要求的前提下，确定机器的工作原理，选择合适的机构，拟定粗线条的总体布置、传动方案和机构运动简图，并进行概略计算，得出可供比较评价的多个设计方案，经方案评审，选取最佳方案。

3. 总体设计阶段

总体设计是在既定设计方案的基础上，确定机械各部件的总体布置，运动配合和人—机—环境的合理关系，并进行分析计算和经济评价，绘制出总体设计图。

4. 结构设计

结构设计又称为施工图设计，它在总体设计的基础上进行总装配图、部件装配图和零件工作图的设计，完成全部生产图样并编制设计说明书和使用说明书等技术文件。

5. 试制、鉴定阶段

经过加工、安装及调试，制造出样机，对样机进行试运行或生产现场试用，并将信息反馈给设计人员。对经过修改完善后的产品从技术上、经济上作出全面评价，即验收或鉴定。

作为设计人员，必须善于把设计构思用语言、文字和图形方式传递给主管者和协作者，以获得批准和赞同。同时，设计人员要富有创新精神，从实际出发，充分地调查研究，广泛地听取用户和工艺人员的意见，在设计、加工、安装和调试过程中及时发现问题，及时修改，以取得最佳成果，并从中积累设计经验。

第三节 机械零件的失效形式及设计计算准则

机械零件由于某种原因丧失预定功能或预定功能指标降低至许用值以下的现象,称为失效。机械零件设计必须根据零件的失效形式分析其失效机理,提出防止或减轻失效的措施,并根据不同的失效形式确定不同的设计计算准则。

一、机械零件的主要失效形式

机械零件有以下几种主要失效形式。

1. 断裂

机械零件在外载荷作用下,如果某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时,就会造成零件断裂失效。如果零件是在循环变应力作用下长时间工作,则容易发生疲劳断裂,例如齿轮轴的断裂、螺栓的断裂等。

2. 过大的变形

机械零件在外载荷作用下,会产生弹性变形,过大的弹性变形会影响机器的精度,如机床导轨;对旋转零件还会产生较大的振动,如轴类零件。当零件的应力超过材料的屈服极限时,将会发生塑性变形,造成零件的尺寸和形状改变,破坏各零件的相对位置和配合关系,使机器不能正常工作。

3. 表面失效

表面失效是指工作表面的过度磨损或损伤。磨损、腐蚀和接触疲劳等都会导致零件表面失效。有相对运动的零件接触表面都会产生磨损;处于潮湿空气中或与水、汽及其他腐蚀介质接触的零件,均有可能产生腐蚀失效;在接触变应力作用下工作的零件表面将可能发生疲劳点蚀,如齿轮轮齿表面的失效。

4. 正常工作条件遭破坏而引起的失效

一些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作,当正常工作条件遭破坏时,就会引起失效。如液体滑动轴承只有在保持完整的润滑油膜时才能正常工作,否则将发生过热、胶合、磨损等形式的失效。

二、机械零件的设计计算准则

设计机械零件时,根据不同的失效原因建立的工作能力判定条件,称为设计计算准则。主要的设计计算准则有如下几个方面。

1. 强度准则

机械零件的强度可分为整体强度和表面强度。

(1) 整体强度 指零件在外载荷作用下抵抗断裂、塑性变形失效的能力,如螺栓的强度。其计算准则可采用许用应力法或安全系数法。

许用应力法:设计计算时,使零件在危险截面处的最大应力 σ 、 τ 不超过零件材料的许用应力 $[\sigma]$ 、 $[\tau]$,即

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma], [\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{[S_{\sigma}]} \\ \tau &\leq [\tau], [\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{[S_{\tau}]} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中, σ_{lim} 、 τ_{lim} 分别为极限正应力和极限切应力; $[S_{\sigma}]$ 、 $[S_{\tau}]$ 分别为正应力和切应力的许用安全系数。

安全系数法: 设计时, 使零件危险截面处的安全系数 S_{σ} 、 S_{τ} 不小于许用安全系数 $[S_{\sigma}]$ 、 $[S_{\tau}]$, 即

$$\left. \begin{aligned} S_{\sigma} &= \frac{\sigma_{\text{lim}}}{\sigma} \geq [S_{\sigma}] \\ S_{\tau} &= \frac{\tau_{\text{lim}}}{\tau} \geq [S_{\tau}] \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

极限应力 σ_{lim} 、 τ_{lim} 应根据零件材料性质及所受应力类型来选择。对静应力下工作的塑性材料零件, 采用材料的屈服极限 σ_s 、 τ_s ; 对静应力下工作的脆性材料零件, 采用材料的强度极限 σ_b 、 τ_b ; 对变应力下工作的零件, 采用材料的疲劳极限。

(2) 表面强度 分为表面挤压强度和表面接触强度。如果表面挤压强度不足, 将产生表面塑性变形、表面压溃失效; 如果表面接触强度不足, 将产生疲劳点蚀。其计算准则分别为:

1) 对表面挤压强度, 在设计计算时应使零件的挤压应力 σ_p 不超过零件材料的许用挤压应力 $[\sigma_p]$, 即

$$\sigma_p \leq [\sigma_p] \quad (1-3)$$

2) 对表面接触强度, 在反复的接触应力作用下, 设计计算时应使零件在接触处的接触应力 σ_H 不超过零件材料的许用接触应力 $[\sigma_H]$, 即

$$\sigma_H \leq [\sigma_H] \quad (1-4)$$

2. 刚度准则

机械零件的刚度是指零件在外载荷的作用下抵抗弹性变形的能力, 如轴的刚度。其计算准则为: 应使零件在外载荷作用下产生的弹性变形量不超过机器正常工作的许用变形量, 即

$$\text{挠度} \quad y \leq [y] \quad (1-5)$$

$$\text{偏转角} \quad \theta \leq [\theta] \quad (1-6)$$

$$\text{扭转角} \quad \phi \leq [\phi] \quad (1-7)$$

弹性变形量可按理论计算或实验方法确定; 许用变形量应根据不同的使用场合, 按理论或经验确定其合理数值。

3. 耐磨性准则

在运动中, 摩擦使表面物质不断损失的现象称为磨损。磨损会逐渐改变零件尺寸和摩擦表面状态。耐磨性是指零件抗磨损的能力。设计时应使零件磨损量在预定使用期限内其不超过允许值, 如螺旋传动的耐磨性计算。由于磨损现象是相当复杂的, 有物理、化学和机械等方面的原因, 因此实用的耐磨性计算准则为: 接触表面的正应力 p 与 p_v 值不超过许用值 $[p]$ 、 $[p_v]$, 即

$$p \leq [p] \quad (1-8)$$

$$p_v \leq [p_v] \quad (1-9)$$

4. 热平衡准则

零件工作时会因为摩擦产生热量, 如果散热不良, 零件温度过高, 将导致润滑剂失去作用, 从而使零件不能正常工作。因此, 应对发热较大的零件进行热平衡计算, 如蜗杆蜗轮传

动。热平衡准则为：根据热平衡条件，应使工作温度 t 不超过许用工作温度 $[t]$ ，即

$$t \leq [t] \quad (1-10)$$

第四节 机械零件常用材料及选择

一、机械零件常用材料

机械零件最常用的材料是钢和铸铁，其次是有色金属合金。随着机械制造业的发展，非金属材料及各种复合材料的使用也越来越广泛。

钢和铸铁都是铁碳合金，含碳量小于 2.11% 的称为钢，含碳量大于 2.11% 的称为铸铁。钢具有较高的强度、韧性和塑性，并可通过热处理改善其力学性能和切削性能。按照用途分，钢可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢；按照化学成分分，钢可分为碳素钢和合金钢。钢制零件毛坯可通过铸造、锻造、冲压、焊接等方法制得，故应用十分广泛。铸铁具有良好的铸造性能，可制成形状、内腔复杂的零件。常用铸铁可分为灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁和合金铸铁等。灰铸铁具有良好的减振性、耐磨性和切削性，故应用广泛。

常用钢铁材料的力学性能见表 1-1。

表 1-1 常用钢铁材料的力学性能

材 料		力 学 性 能			试件尺寸厚度 或直径 d/mm
类 别	牌 号	强度极限 σ_b/MPa	屈服极限 σ_s/MPa	延伸率 $\delta_s/\%$	
碳素结构钢	Q215	335 ~ 450	215	31	$d \leq 16$
	Q235	375 ~ 500	235	26	
	Q275	490 ~ 630	275	20	
优质碳素结构钢	20	410	245	25	$d \leq 25$
	35	530	315	20	
	45	600	355	16	
合金结构钢	35SiMn	885	735	15	$d \leq 25$
	40Cr	980	785	9	$d \leq 25$
	20CrMnTi	1080	835	10	$d \leq 15$
	65Mn	980	785	8	$d \leq 80$
铸钢	ZG270—500	500	270	18	$d \leq 100$
	ZG310—570	570	310	15	
	ZG40SiMn	600	380	12	
灰铸铁	HT150	145	—	—	壁厚 10 ~ 20
	HT200	195	—	—	
	HT250	240	—	—	
球墨铸铁	QT400—15	400	250	15	壁厚 30 ~ 200
	QT500—7	500	320	7	
	QT600—3	600	370	3	

注：钢铁材料的硬度与热处理方法、试件尺寸等因素有关，具体可查阅机械设计手册。

钢铁材料以外的其他金属材料统称为有色金属。与钢铁材料相比，有色金属具有许多特殊的物理、化学和力学性能，是现代工业不可缺少的材料。在工业中运用较广的有色金属有铝合金、铜合金和轴承合金。铝合金依据成分和工艺特点的不同，可分为形变铝合金和铸造

铝合金两大类。根据主要的性能特点和用途的不同,形变铝合金又可分为防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金和锻造铝合金。铜合金可分为黄铜和青铜。黄铜是铜和锌的合金,并含有少量的锰、铝、镍等,具有良好的塑性及流动性。青铜可分为含锡青铜和无锡青铜,如铝青铜、铍青铜,它们的减磨性和耐腐蚀性均较好。轴承合金是用来制造滑动轴承中的轴瓦及内衬的合金。工业上应用最广的轴承合金是锡基和铅基轴承合金(巴氏合金)。

非金属材料包括有机高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料。根据其性质及用途的不同,有机高分子材料主要有塑料、橡胶、胶粘剂及涂料等。塑料比重小,易于制成形状复杂的零件;不同的塑料具有各自不同的特点,如耐蚀性、绝缘性、减磨性等,故应用日益广泛。橡胶富有弹性,能吸收较多的冲击能量,故常用来作联轴器等具有减振要求的弹性元件等。无机非金属材料如碳化钛基金属陶瓷可用于制作涡轮喷气发动机燃烧室、叶片等耐热件。复合材料(如玻璃钢)可用来制造车船体、直升飞机旋翼等。

二、机械零件材料的选择原则

合理选择材料是机械零件设计的一个重要原则。设计者在选择材料时必须首先保证零件的使用性能要求,然后考虑其工艺性和经济性。

1. 材料的使用性能

使用性能是保证零件完成规定功能的必要条件,是选材首先考虑的问题。使用性能主要指零件在使用状态下应具有的性能、物理性能和化学性能。力学性能要求是在分析零件工作条件和失效形式的基础上提出的。如轴类零件,应具有优良的综合力学性能,即要求有高的强度、韧性、疲劳极限和良好的耐磨性。除此之外,根据零件工作环境等其他要求,对材料可能还有密度、导热性、抗腐蚀性等物理、化学性能方面的要求。

2. 材料的工艺性

零件在制造过程中,需要经过一系列的加工过程。因此,材料加工成零件的难易程度,将直接影响零件的质量、生产效率和成本。在选材时必须考虑加工工艺的影响。铸件应选用共晶或接近共晶成分的合金,以保证材料的液态流动性;锻件、冲压件应选择呈固溶体组织的合金,以保证材料具有良好的塑性和较低的变形抗力;焊接零件应考虑材料的可焊性和产生裂纹的倾向性等;对于切削加工的零件要考虑材料的易切性等;对进行热处理的零件要考虑材料的可淬性、淬透性及淬火变形的倾向等。

3. 材料的经济性

在满足使用性能的前提下,选用材料时应注意降低零件的总成本。零件的总成本包括材料本身的价格、加工费用及其他一切费用。

第五节 机械零件的标准化、系列化及通用化

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制定、实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的过程。工业产品标准化是指对产品的品种、规格、质量、检验或安全、卫生要求等制定标准并加以实施。

产品标准化包括产品品种规格的系列化、零部件的通用化和产品质量标准化3方面的含义。系列化是将同一类产品的主要参数、型式、尺寸、基本结构等依次分档,按一定规律优化组合成产品系列,以减少产品型号数目,是标准化的主要内容。通用化是将同一类或不同

类型产品中用途、结构相近似的零部件经过统一后实现通用互换,如螺栓、联轴器。产品质量标准化是指为了保证产品质量合格和稳定而进行的设计、加工工艺、装配检验、包装储运等环节的标准化。

机械零件设计中的标准化工作十分重要,其内容包括设计参数、主要尺寸及型号、设计计算方法、检验方法、机械制图等方面的标准。作为设计人员,在机械设计中应遵守已颁布的各类标准,尤其是国家标准,具体可参看机械设计手册。

标准化在机械设计制造中的意义在于:可以简化设计工作;可由专门化工厂进行专业化、大批量的集中制造,从而保证质量、降低成本;选用参数标准化零件,可减少刀具和量具的规格;在管理维修方面,可减少库存量,便于修理和更换。

我国现行标准分为国家标准(GB)、行业标准(JB、YB等)、地方标准和企业标准4级。按照标准实施的强制程度,又可分为强制性标准(GB)和推荐性标准(GB/T)。在国际上普遍采用的是国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)等制定的标准。目前,我国新修订和发布的许多国家标准都采用了相应的国际标准。

习 题

1. 试举例说明机器、机构、构件、零件的区别。
2. 机械设计的基本要求有哪些?其设计过程如何?
3. 机械零件的常见失效形式有哪些?
4. 机械零件设计的主要计算准则有哪些?
5. 机械零件的常用材料有哪些?选择材料时要考虑哪些因素?
6. 机械零件标准化有何意义?

第二章 平面机构的结构分析

本章介绍机构运动副及其分类,平面机构运动简图的绘制,平面机构自由度的计算及机构具有确定运动的条件。

如绪论所述,机构是机器的主体部分,为了传递运动和力,组成机构的各构件间应有确定的相对运动。因此,在设计新机器或分析已有机器时,判断机器是否运动、在什么条件下才具有确定的运动,对其中的机构进行结构分析,确定机构的自由度,都是十分必要的工作。

由于实际机械的结构和外形比较复杂,为了便于分析研究,工程技术人员经常使用机构运动简图来表示实际机械,因而应当学会读,画机构运动简图。

机构可分为平面机构和空间机构两大类。所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构,其余的称为空间机构。工程中常见的机构多属于平面机构,因此,本章主要研究平面机构。

第一节 构件及运动副

一、构件及其分类

在机构运动时,运动和动力从一个构件传递至其他构件,每个构件都既是运动和动力的接受者,又是传递者,因而机构中的每个构件上至少应有两个运动副。根据构件在机构中所起的作用及所处的环节,构件可分为以下3类。

1. 机架(又称固定件)

它是机构中相对固定的件,用来支承其他活动构件。在一个机构中必有且只有一个构件为机架。图1-1所示内燃机中的气缸体即为机架,它用来支承活塞、曲轴等其他构件。在研究机构的运动时,常以固定构件作为参考坐标系。

2. 原动件(又称主动件)

它是机构中运动规律已知的活动构件。它的运动和动力由外界输入,故又称为输入构件,通常与动力源相关联。图1-1所示内燃机中的活塞就是原动件。

3. 从动件

它是机构中随原动件运动而运动的其余活动构件。其中按预期的规律向外界输出运动和动力的从动件称为输出构件。其余从动件则起传递运动和动力的作用。图1-1所示内燃机中的连杆和曲轴都是从动件。曲轴能输出预期的定轴转动,故为输出构件;连杆是传递运动的从动件。

二、运动副及其分类

使构件与构件之间直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。如轴与轴承、活塞与气缸、齿轮与齿轮形成的连接,都构成了运动副。

两构件之间的接触是通过点、线、面来实现的,按照接触特性,通常把运动副分为低副

和高副。

1. 低副

低副是两构件通过面接触组成的运动副。根据构成低副的两个构件间可以产生的相对运动形式的不同，低副又可分为移动副和转动副。

移动副如图 2-1 所示。组成运动副的两个构件只能沿某一轴线作相对移动的运动副称为移动副。如内燃机活塞与气缸、机床工作台与导轨的连接都构成移动副。

转动副如图 2-2 所示。组成运动副的两个构件只能在某一平面内作相对转动的运动副称为转动副。如轴与轴承、铰链连接都构成转动副。

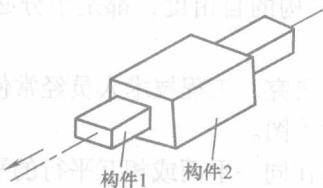


图 2-1 移动副

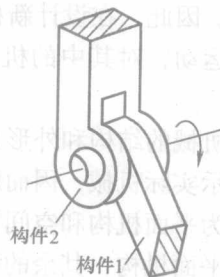
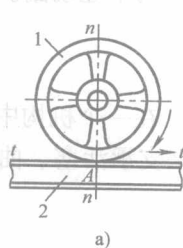


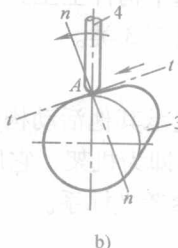
图 2-2 转动副

2. 高副

高副是两构件间通过点或线接触组成的运动副。如图 2-3a 所示的车轮 1 与钢轨 2、图 2-3b 所示的凸轮 3 与从动件 4、图 2-3c 所示的齿轮 5 和齿轮 6 分别在接触处 (A 处) 组成高副。组成平面高副两构件间的相对运动是沿接触处切线 $t-t$ 方向的移动和在平面内的转动。



a)



b)



c)

图 2-3 平面高副

1—车轮 2—钢轨 3—凸轮 4—从动件 5、6—齿轮

第二节 平面机构的运动简图

在分析机构的运动时，为了使问题简化，有必要剥离那些与运动无关的构件外形和运动副的结构等因素，仅用简单线条和符号来表示构件和运动副，并按一定的比例确定运动副的相对位置及与运动有关的尺寸。这种表明机构的组成和各构件间相对运动关系的简单图形，称为机构运动简图。

一、机构运动简图中运动副及构件的表示方法

两构件组成转动副的表示方法如图 2-4a、b、c 所示。图中的小圆圈表示转动副，其中图 2-4a 表示组成转动副的两构件都是活动件，图 2-4b、c 表示构件 1 可运动，构件 2 为机架。在表示机架的构件上画有阴影线。

两构件组成移动副的表示方法如图 2-4d、e、f 所示。移动副的导路必须与相对移动方向一致。同上所述，图中画阴影线的构件表示机架。

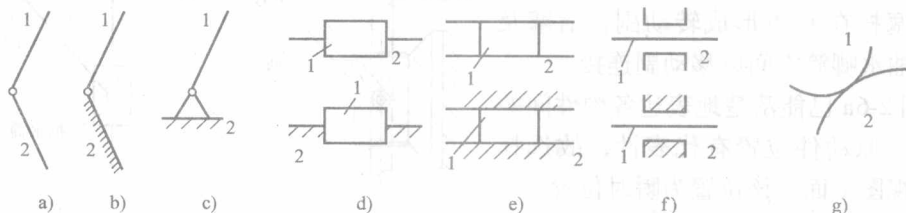


图 2-4 平面运动副的表示方法

两构件组成高副时，其相对运动与这两个构件在接触部位的轮廓形状有关，因而在表示高副时应当画出两构件接触处的轮廓，如图 2-4g 所示。

构件的表示方法如图 2-5 所示。图 2-5a 表示参与组成两个转动副的构件，图 2-5b 表示参与组成一个转动副和一个移动副的构件，图 2-5c 表示参与组成 3 个转动副并且 3 个转动副不在同一直线上的构件，图 2-5d 表示参与组成 3 个转动副并且 3 个转动副分布在同一直线上的构件。超过 3 个运动副的构件的表示方法可依此类推。对于常用构件和零件，也可采用惯画法，如用粗实线或点画线画出一对节圆来表示互相啮合的齿轮，或用完整的轮廓曲线来表示凸轮。其他常用零部件的表示方法可查看《机械制图机构运动简图符号》GB/T 4460—1984。

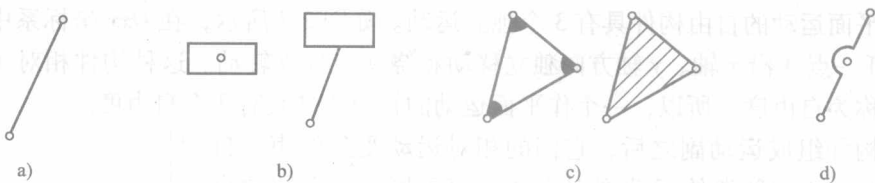


图 2-5 构件的画法

二、机构运动简图的绘制

绘制平面机构运动简图的一般步骤如下：

- 1) 分析机构运动，并找出固定件、原动件与从动件。
- 2) 从原动件开始，按照运动的传递顺序确定构件的数目及运动副的种类和数目。
- 3) 合理选择视图平面，并确定一个有代表性的瞬时机构位置。
- 4) 选择合适的比例尺，按比例定出各运动副之间的相对位置和尺寸，并用规定符号绘制机构运动简图。
- 5) 在机构运动简图上，标上构件号（如 1, 2, 3...）及运动副号（如 A、B、C...），并用箭头标明原动件。