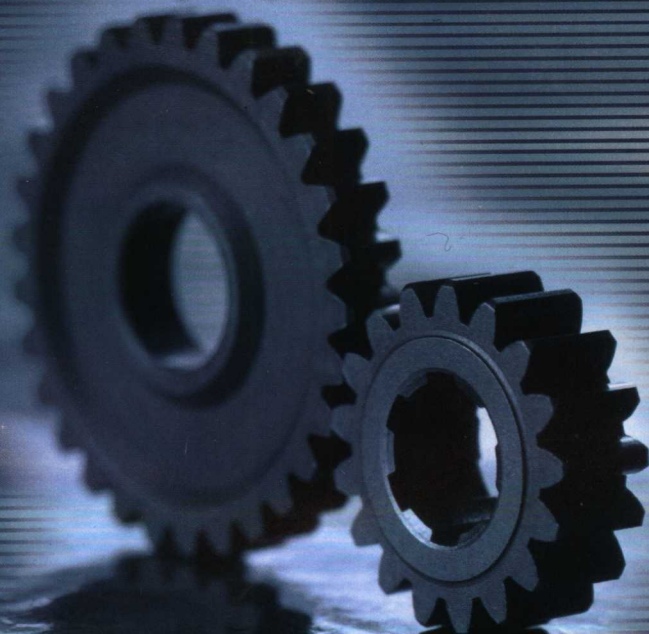




高职高专“十一五”规划教材

机电类

机械设计基础



● 孔凡杰 燕居怀 汤长清 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专“十一五”规划教材·机电类

机械设计基础

主 编 孔凡杰 燕居怀 汤长清
副主编 韩 磊 齐 强 孟雅丽

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据高职高专教育“培养技能,重在应用”的原则,总结多年的教学和科研经验,从实用角度出发,编写的一本独具特色的教材。本书针对高职高专院校学生特点而编写,理论适中,突出实训,以阐述机械设计基础理论与方法为主线,通过对常用机构和通用零件的运动设计、强度设计和结构设计的研究,将课程内容贯穿起来。

本书以技术应用为出发点,加强理论知识和实践训练的统一,重点突出应用能力的培养,力求简明实用,可作为高职高专和成人教育学院机电类专业及其他职业学校相关专业教材,亦可作为相关工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/孔凡杰,燕居怀,汤长清主编. —北京:北京理工大学出版社,2007.8

高职高专“十一五”规划教材.机电类

ISBN 978-7-5640-1220-5

I.机… II.①孔… ②燕… ③汤… 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(2007)第 134509 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(总编室) 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 / 北京市业和印务有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17.25

字 数 / 395 千字

版 次 / 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

责任校对 / 张 宏

定 价 / 32.00 元

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

· 前 言

“机械设计基础”是一门介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的重要技术基础课程，重在培养学生创新意识和工程设计能力，是高职高专学校机械类、机电类、近机类专业必修的一门技术基础课。它通过理论与实践有机的联系，为学生提供必要的机械设计基础知识，在教学中起着承前启后的作用，为后续的专业课学习打下必要的基础。

本书总结编者多年的教学和科研经验，根据高职高专教育“培养技能，重在应用”的原则，从实用角度出发，理论适中，突出实训，以阐述机械设计基础理论与方法为主线，通过对常用机构和通用零件的运动设计、强度设计和结构设计的研究，将课程内容贯穿起来。

本书共分为十章，主要内容包括：机械设计基础知识，常用机构，摩擦轮传动和挠性传动，齿轮传动，齿轮系与减速器，轴，轴承，联接，机械装置的润滑、密封与平衡调整、弹簧。书中内容紧扣高职高专教育的特点，注意取材的可用性与实用性，注重培养学生理论知识的应用和解决实际问题的能力，可作为高职高专和成人教育学院机电类专业及其他职业学校相关专业选用，亦是相关工程技术人员的参考用书。

本书由孔凡杰、燕居怀、汤长清担任主编，由韩磊、齐强、孟雅丽担任副主编。由于编者的水平有限，书中的缺点在所难免，恳请使用本书的广大师生和读者批评指正。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，请向编者（bjzhangxf@126.com）踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

绪论.....	1	2.4.3 对心直动从动件盘形 凸轮轮廓的设计.....	33
0.1 机构、机器与机械的概念.....	1	2.4.4 凸轮机构基本尺寸的确定.....	34
0.1.1 机器与机构.....	1	2.4.5 凸轮的材料、结构与加工.....	36
0.1.2 零件、构件和部件.....	2	2.5 其他常用机构.....	36
0.2 本课程的性质、内容和任务.....	3	2.5.1 螺旋机构.....	36
0.3 机械设计的基本要求、原则和 一般程序.....	3	2.5.2 棘轮机构.....	38
0.3.1 机械设计的基本要求.....	3	2.5.3 槽轮机构.....	40
0.3.2 机械设计的一般过程.....	4	2.5.4 不完全齿轮机构.....	40
第1章 机械设计基础知识.....	5	习题.....	41
1.1 机械零件的工作能力和计算准则.....	5	第3章 摩擦轮传动和挠性传动.....	44
1.2 机械零件的结构工艺性和标准化.....	7	3.1 概述.....	44
1.3 机械中的摩擦、磨损和润滑.....	9	3.1.1 摩擦轮传动.....	44
习题.....	11	3.1.2 挠性传动.....	46
第2章 常用机构.....	12	3.2 带传动的类型和特点.....	47
2.1 自由度及机构运动简图.....	12	3.2.1 带传动的主要类型.....	47
2.1.1 自由度.....	12	3.2.2 带传动的特点.....	52
2.1.2 机构运动简图.....	13	3.3 带传动的工作情况分析.....	52
2.1.3 机构具有确定运动的条件.....	14	3.3.1 带传动的受力分析与打滑.....	52
2.1.4 平面机构自由度计算.....	14	3.3.2 带传动的应力分析与 疲劳强度.....	53
2.2 平面连杆机构.....	17	3.3.3 带传动的弹性滑动 及其传动比.....	55
2.2.1 铰链四杆机构.....	17	3.4 V带传动设计.....	56
2.2.2 铰链四杆机构类型 的判断.....	19	3.4.1 带传动的主要失效形式 和设计准则.....	56
2.2.3 四杆机构的基本特性.....	20	3.4.2 V带传动设计计算和 参数选择.....	56
2.3 平面四杆机构的演化与设计.....	22	3.5 带传动的张紧、安装与维护.....	65
2.3.1 四杆机构的演化型式.....	22	3.5.1 V带传动的张紧.....	65
2.3.2 平面四杆机构的设计.....	25	3.5.2 V带传动的安装和维护.....	66
2.4 凸轮机构.....	28	3.6 链传动类型和特点.....	66
2.4.1 凸轮机构的应用和分类.....	28	3.6.1 链传动的类型.....	66
2.4.2 凸轮机构工作过程及从 动件常用运动规律.....	30		

3.6.2 链传动的特点	70	4.6.1 齿轮传动的失效形式	97
3.7 链传动的工作情况分析	71	4.6.2 齿轮传动的计算准则	100
3.8 滚子链传动设计	72	4.6.3 齿轮传动常用材料	100
3.8.1 滚子链传动的失效形式	72	4.7 齿轮传动的受力和计算载荷	102
3.8.2 滚子链传动设计计算及 主要参数的选择	73	4.7.1 轮齿的受力分析	102
3.9 链传动的布置和润滑	77	4.7.2 轮齿的计算载荷	104
3.9.1 链传动的布置	77	4.8 直齿圆柱齿轮的强度计算	105
3.9.2 链传动的张紧	78	4.8.1 齿面接触疲劳强度计算	105
3.9.3 链传动的润滑	79	4.8.2 齿根弯曲疲劳强度计算	106
习题	81	4.8.3 直齿圆柱齿轮传动设计	108
第4章 齿轮传动	82	4.9 斜齿圆柱齿轮传动	109
4.1 齿轮传动的特点和类型	82	4.9.1 斜齿圆柱齿轮齿廓的形成 及啮合特点	109
4.1.1 齿轮传动的特点	82	4.9.2 斜齿圆柱齿轮的基本参数和 几何尺寸计算	110
4.1.2 齿轮传动的常用类型	82	4.9.3 斜齿轮正确啮合的条件和 重合度	112
4.2 渐开线及渐开线齿廓啮合特性	83	4.10 直齿圆锥齿轮传动	119
4.2.1 渐开线的形成	83	4.10.1 锥齿轮机构的特点 及应用	119
4.2.2 渐开线的性质	84	4.10.2 直齿圆锥齿轮齿廓曲面 的形成	119
4.2.3 渐开线齿廓的啮合特性	84	4.10.3 直齿圆锥齿轮的背锥和 当量齿数	119
4.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 几何尺寸计算	86	4.10.4 直齿圆锥齿轮的啮合 传动和几何尺寸计算	121
4.3.1 齿轮各部分名称及符号	86	4.10.5 直齿锥齿轮传动的 强度计算	122
4.3.2 渐开线齿轮的基本参数	87	4.11 蜗杆传动	124
4.3.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮 的几何尺寸计算	89	4.11.1 蜗杆蜗轮的形成、 类型和特点	124
4.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 啮合条件	90	4.11.2 蜗杆蜗轮机构正确啮合 条件、主要参数及几何 尺寸计算	125
4.4.1 正确啮合条件	90	4.11.3 蜗杆传动的失效形式及 设计准则	129
4.4.2 标准中心距和标准安装	91	4.12 齿轮的结构	131
4.4.3 连续传动条件	92	4.12.1 齿轮结构	132
4.5 渐开线齿轮的加工方法与 根切现象	93	4.12.2 蜗杆蜗轮结构	134
4.5.1 渐开线齿轮的加工方法	93		
4.5.2 根切的成因与不产生根切 的最小齿数	96		
4.5.3 避免根切的措施	97		
4.6 齿轮传动的失效形式、计算准则 与常用材料	97		

习题.....	135	7.4.1 滚动轴承的类型.....	174
第 5 章 齿轮系与减速器	136	7.4.2 滚动轴承的结构.....	177
5.1 轮系及其类型.....	136	7.4.3 滚动轴承的代号.....	178
5.2 定轴轮系传动比的计算.....	138	7.4.4 滚动轴承类型的选择.....	180
5.2.1 一对齿轮啮合的传动比.....	138	7.5 滚动轴承的寿命计算和尺寸选择.....	181
5.2.2 定轴轮系的传动比.....	139	7.5.1 滚动轴承的载荷分析.....	181
5.3 行星轮系传动比的计算.....	141	7.5.2 滚动轴承的失效形式及 计算准则.....	182
5.4 混合轮系传动比的计算.....	144	7.5.3 滚动轴承的寿命计算.....	182
5.5 轮系的功用.....	145	7.5.4 滚动轴承的静强度计算.....	188
5.6 减速器的类型、特点和应用.....	148	7.6 滚动轴承的组合设计.....	190
习题.....	151	7.6.1 滚动轴承的组合和 轴系的定位.....	191
第 6 章 轴	154	7.6.2 滚动轴承的配合与装拆.....	194
6.1 轴的类型、功用和常用材料.....	154	习题.....	195
6.1.1 轴的分类.....	154	第 8 章 联接	196
6.1.2 轴的材料.....	155	8.1 键联接.....	196
6.2 轴的结构设计.....	156	8.1.1 键联接的类型与应用.....	196
6.2.1 轴上零件的定位和固定.....	157	8.1.2 平键联接的设计.....	200
6.2.2 轴的结构工艺性.....	158	8.2 销联接.....	203
6.2.3 减小应力集中, 提高轴 的疲劳强度.....	159	8.3 螺纹联接.....	204
6.2.4 轴的直径和长度确定.....	159	8.3.1 螺纹.....	204
6.3 轴的强度计算、设计步骤与 设计实例.....	160	8.3.2 常用螺纹的特点和应用.....	205
6.3.1 按抗扭强度计算.....	160	8.3.3 螺纹联接的基本类型及 标准联接件.....	206
6.3.2 按弯扭组合强度计算.....	160	8.3.4 螺纹联接的预紧和防松.....	209
习题.....	164	8.3.5 螺栓组联接设计.....	211
第 7 章 轴承	166	8.3.6 螺栓联接的强度计算.....	213
7.1 滑动轴承的典型结构.....	166	8.3.7 提高螺栓联接强度的措施.....	219
7.1.1 径向滑动轴承.....	166	8.4 联轴器和离合器.....	222
7.1.2 推力滑动轴承.....	167	8.4.1 联轴器.....	222
7.2 滑动轴承的材料和轴瓦结构.....	168	8.4.2 离合器.....	227
7.2.1 轴瓦和轴承衬的常用材料.....	168	8.5 不可拆联接.....	231
7.2.2 轴瓦和轴承衬的结构.....	171	习题.....	232
7.3 非液体摩擦滑动轴承的校核计算.....	173	第 9 章 机械装置的润滑、密封与 平衡调整	233
7.3.1 径向滑动轴承.....	173	9.1 润滑和密封的作用.....	233
7.3.2 推力滑动轴承.....	174		
7.4 滚动轴承的类型、结构和代号.....	174		

9.1.1 润滑的主要作用	233	9.5.2 动密封	250
9.1.2 密封的主要作用	234	9.6 刚性回转件的静平衡及调整	254
9.2 润滑剂及其选择	234	9.7 刚性回转件的动平衡及调整	255
9.2.1 润滑油	234	习题	258
9.2.2 润滑脂	237	第 10 章 弹簧	259
9.2.3 固体润滑剂	239	10.1 弹簧的功用和类型	259
9.2.4 气体润滑剂	239	10.2 弹簧的材料和制造	261
9.2.5 添加剂	239	10.2.1 弹簧的常用材料及 许用应力	261
9.3 润滑方式和润滑装置	240	10.2.2 弹簧的制造和制造精度	263
9.3.1 常用的润滑方式及 润滑装置	240	10.3 圆柱形螺旋弹簧	265
9.3.2 润滑方式的选择	243	10.3.1 圆柱形螺旋弹簧的 端部结构	265
9.4 常用传动装置和典型零 部件的润滑	243	10.3.2 圆柱形螺旋弹簧的参数 和几何尺寸计算	266
9.4.1 齿轮传动的润滑	243	10.3.3 圆柱形螺旋弹簧的 特性曲线	267
9.4.2 蜗杆传动的润滑	245	习题	268
9.4.3 滑动轴承的润滑	246		
9.4.4 滚动轴承的润滑	247		
9.4.5 导轨的润滑	249		
9.5 密封装置	249		
9.5.1 静密封	249		

绪 论

人类从使用简单工具到今天能够设计、制造和利用现代机械改造自然，造福社会，经历了漫长的过程。如今，人们的日常生活和工作中已经广泛使用着各种各样的机械，而且人们也越来越离不开机械。在当今世界，机械的设计水平和机械现代化程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志之一。因此努力学习机械方面的基础知识，掌握机械方面的基本技能是十分必要的。

0.1 机构、机器与机械的概念

0.1.1 机器与机构

为了满足生活和生产的需要，人们普遍使用着各样的机器，人们熟知的如汽车、火车、飞机、轮船、自行车、洗衣机、发电机和各种机床等都是机器。机器的种类繁多，其结构、性能和用途也各不相同，但在机器的组成、运动和功能关系上都具有一些共同的特征。下面来分析两种机器实例。

如图 0-1 所示的单缸内燃机，它是由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、气缸体(机架)4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、推杆 8、进、排气阀 9 和 10 等组成。它可把燃料燃烧产生的热能转化为机械能。具体工作原理如下：燃气通过进气阀被下行的活塞 1 吸入气缸，然后进气阀关闭，活塞上行压缩燃气，点火使燃气在气缸中燃烧，燃烧的气体膨胀产生压力，推动活塞下行，通过连杆带动曲轴转动，向外输出机械能。当活塞再次上行时，排气阀打开，废气通过排气阀排出。这种内燃机可视为下列三部分的组合：主体部分(由活塞、连杆、曲柄和机架构成)，其作用是将活塞的往复移动转化为曲柄的连续转动；控制部分(由凸轮、推杆和机架构成)，其作用是将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动；传动部分(由齿轮和机架构成)，其作用是改变转速的大小和方向。

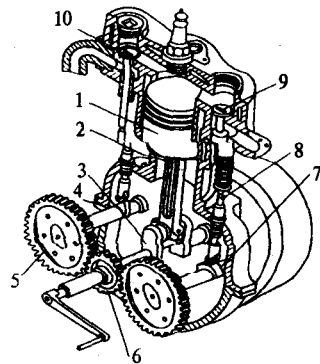


图 0-1 单缸内燃机

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

又如如图 0-2 所示的颚式碎矿机。它主要是由机架 1、动颚板 2、杆件 3、4、5 和曲轴 6 等组成。当电动机(图中未示出)驱动曲轴绕轴心 A 连续转动时，动颚板绕轴心 F 做往复摆动，从而将矿石轧碎。

从以上两个实例可以看出，尽管这些机器结构、性能和用途不同，但却具有以下共同

特征：都是一种人为的实物组合体；各实体间具有确定的相对运动；能做有用的机械功或进行功能转换。

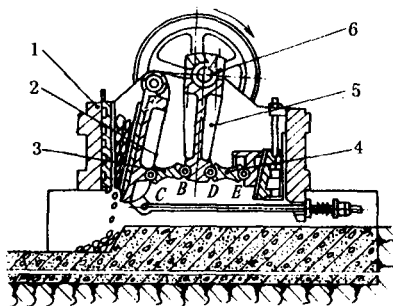


图 0-2 颚式碎矿机

1—机架；2—动颚板；3、4、5—杆件；
6—曲轴

凡具备上述三个特征的实物组合体称为机器，也可以说机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料与信息等。

具有前两个特征的实物组合体称为机构，可见，机构是具有确定相对运动的实物组合体，它的作用是传递运动和力，它能实现各种预期的机械运动。机构中接受外部给定运动规律的活动构件称为主动件，随主动件的运动而运动的活动构件称为从动件，支承活动构件的构件称为固定件(机架)。

从组成上看，机构是机器的主要组成部分，一台机器可由一个机构组成，也可由多个机构组成。

图 0-1 所示的内燃机中，就包括连杆机构、凸轮机构和齿轮机构等多个机构。从功能上看，机器能做有用的机械功或完成能量形式的转换。图 0-2 所示的颚式碎矿机工作时即是电能转化为机械能，而机构主要用于传递和转换运动。若单从运动观点来看，机器与机构并无本质区别，因此，我们常把机器与机构统称为机械。

机械一般由以下几个部分组成：原动机、传动部分和工作机。原动机是机械的动力来源，它主要为工作机提供运动和动力。常用的原动机有电动机、内燃机和液压机等。传动部分处于原动机和工作机之间，其作用是将原动机的运动和动力传给工作机。工作机是执行工作任务的部分，处于整个传动路线的终端。随着微电子技术、计算机技术和自动检测技术等的发展，现代机械又增加了控制部分和检测部分，使机械的结构、功能达到了更高的水平。

0.1.2 零件、构件和部件

从制造角度看，机器是由若干个零件装配而成的，零件是构成机器的基本要素，是机器中不可拆卸的制造单元。从运动角度看，机器是由若干个运动的单元所组成，这种运动单元称为构件。构件可以是一个单独的零件，如图 0-1 中的齿轮，也可以是若干个零件刚性连接而成的，如内燃机中的连杆，如图 0-3，就是由连杆体 1、轴套 2、连杆盖 3、轴瓦 4、螺杆 5 和螺母 6 等零件刚性连接而成

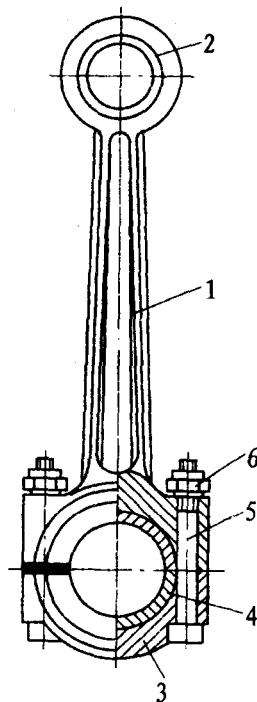


图 0-3 连杆的组成

1—连杆体；2—轴套；3—连杆盖；
4—轴瓦；5—螺杆；6—螺母

的。

零件按其是否具有通用性可以分为两大类：一类是通用零件，它的应用很广泛，几乎在任何一部机器中都能找到，如齿轮、轴、螺母、销钉、键等；另一类是专用零件，它仅用于某些机器中，常可表征该机器的特点，如内燃机中的活塞(见图 0-1)、起重机的吊钩等。

工程中也常将一组协同工作的零件分别装配或制造成一个个相对独立的组合体，然后再装配成整机，这种组合体常称为部件(或组件)，如汽车的发动机、变速器及后桥等，车床的主轴箱、尾座、进给箱以及自行车的脚蹬子等部件。将机器看成是由零部件组成的，不仅有利于装配，也有利于机器的设计、运输、安装和维修等。

0.2 本课程的性质、内容和任务

本课程是一门理论性和实践性都很强的专业技术基础课，是后续专业课程学习或解决工程实际问题的必备基础，是机械类和近机类专业的主干基础课程。本课程的研究对象为工程机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件。主要研究其工作原理、种类、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和选用及维护等方法；通过对本课程的学习，初步具备一般机构和零部件的分析和设计问题。

本课程的主要任务如下：

- (1) 培养学生树立正确的设计思想和机械设计能力，尤其创新设计能力。
- (2) 培养学生掌握机械设计的一般规律和常用机构及通用零部件设计原理、方法，要求学生具有与本课程有关的解题、运算、绘图、执行国家标准、收集和使用技术信息与资料的技能。
- (3) 培养学生熟悉常用机构及通用零部件的工作原理、特点、应用、结构和标准等。要求学生初步具有测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能，并具有正确使用和维护机械传动装置的能力。
- (4) 培养学生掌握典型机械零件实验方法的技能。
- (5) 了解机械设计的最新发展状况及现代设计方法在机械设计中的应用。

0.3 机械设计的基本要求、原则和一般程序

0.3.1 机械设计的基本要求

机械设计是人们从生产和生活的实际需要出发，运用设计理论、方法和技能，经过构思、计算、绘图等过程，规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能。尽管机械产品的类型很多，但其设计应满足的基本要求大致相同，即在满足预期功能的前提下，性能好、效率高、成本低，在预定使用期限内安全可靠，操作方便、维修简单和造型美观等。

0.3.2 机械设计的一般过程

在明确设计要求之后,机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合宜的机构;拟订设计方案;进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;然后进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。

机械产品设计一般可分为以下几个阶段。

1. 明确设计要求阶段

确定设计对象的预期功能、有关指标及限制条件。

2. 提出设计方案阶段

拟订粗线条的总体布置,进行概略计算,提出可供比较评价的多种设计方案,从中选取最佳方案。

3. 总体技术阶段

进行分析计算和经济评价,最后绘制总体设计图。

4. 结构设计阶段

完成施工所需的总装图、零件工作图及技术文件。

5. 试制、鉴定阶段

通过样机试制,从技术上、经济上作出全面评价。

6. 生产设计阶段

根据修改后的设计图样和其他技术文件,进行工艺流程和工艺装备的设计,完成生产准备。

7. 产品定型阶段

在设计工作中,特别要注意处理好继承与创新的关系,既要借鉴成功的经验,特别是新技术、新结构等,以免少走弯路,又要敢于突破旧的框框,运用创造性思维方法和技法去寻找新颖独特的设计,使产品具有竞争力。

应当注意,在机械设计过程中,各个阶段的工作会不断地交叉和反复,极少出现一次就能依次进行到底的情况,这是机械设计中经常遇到的正常情况。

第1章 机械设计基础知识

在机械零件各章中，将主要从工作原理、承载能力、构造和维护等方面论述通用机械零件的设计问题。其中包括如何合理确定零件的形状和尺寸，如何适当选择零件的材料，以及如何使零件具有良好的工艺性等。本章将扼要阐明机械零件设计计算的共同性问题。

1.1 机械零件的工作能力和计算准则

1. 机械零件的工作能力

机械零件的失效是指机械零件丧失工作能力或不能达到设计的性能。在不发生失效的条件下，零件能安全工作的限度，称为机械零件工作能力。

常见的失效形式主要有：

1) 断裂

零件在拉、压、弯、扭、剪等外载荷的作用下，由于其一危险截面上的应力大于零件材料的极限应力而引起的断裂，或者零件在交变应力作用时，危险截面上发生的疲劳断裂，如轴的断裂、齿轮的断齿、螺钉的断裂等，大多数机械零件的断裂失效都属于疲劳断裂。

2) 过量的残余变形

作用在机械零件上的应力超过其材料的屈服极限，致使机械零件产生残余变形。过量的残余变形轻则影响机械的正常工作，重则使零件变形、损坏，使零件或机械无法正常工作。

3) 表面失效

腐蚀、磨损和接触疲劳是机械零件表面失效的主要形式。它影响机械零件的使用寿命。腐蚀常发生在零件不受力的表面，是一种化学或电化学现象，其结果使零件金属表面锈蚀而破坏。对于变应力的零件，还可能出现腐蚀疲劳现象。磨损是两个受力接触表面作相对运动过程中，表面物质丧失或转移的现象。如疲劳点蚀、胶合或表面塑性变形等。接触疲劳是受接触变应力长期作用的表面，产生裂纹或微粒剥落的现象。

4) 破坏正常工作条件的失效

有些零件只能在一定的工作条件下才能正常工作，若破坏了这些正常工作条件符合发生不同类型的失效。例如，液体摩擦滑动轴承，当润滑油膜破裂时会产生过热、胶合、磨损等失效；高速旋转的零件，其转速等于或接近零件的自振频率将发生共振，使振幅增大，导致零件的损坏失效等。

2. 机械零件的设计准则

不同的机械零件由于用途、材料、制造等各种原因，其失效形式不同或相同的机械零

件,在不同的环境下工作,都应有不同的设计准则。因此,设计前根据具体零件的主要失效形式,确定相应的计算准则,可保证设计的零件正常可靠地工作。

机械零件常用的设计准则有:

1) 强度准则

强度是指零件承受载荷时抵抗断裂,或超过允许限度的残余变形的能力。例如:零件某一截面的应力超过零件材料的强度极限,就会发生断裂,零件应力超过其材料的屈服极限,就会产生过量残余变形。如果零件的强度不够,就会丧失零件的工作能力。甚至发生安全事故。因此,零件设计应满足强度要求,即符合强度计算准则。

强度准则的基本表达式为

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\min}}{S} \quad (1-1)$$

式中 $[\sigma]$ ——材料的许用应力;

$\sigma_{\min}$ ——材料的极限应力;

S ——安全系数。

2) 刚度准则

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。例如,切削机床的主轴或丝杆的弹性变形过大,将会影响工件的切削精度;齿轮减速机中齿轮轴的挠度过大,将影响齿轮的正确啮合,重要零件的刚度不够,会改变零件正常的几何位置、形状,影响机械的正常工作。有的零件(如机床主轴、电动机轴等)的基本尺寸是根据刚度条件确定的。因此,零件设计应满足刚度要求,即符合刚度计算准则。刚度准则的基本表达式为

$$y \leq [y] \quad (1-2)$$

式中 y ——零件工作时的挠度;

$[y]$ ——零件的许用挠度。

3) 寿命准则

腐蚀、磨损及疲劳是零件表面失效的主要形式,直接影响零件的寿命,由于腐蚀、磨损及疲劳的发生影响因素复杂,因此,目前尚无法提出供工程应用的腐蚀和磨损的定量计算方法。至于疲劳寿命的计算,通常是以求出使用寿命时的疲劳极限或额定载荷作为疲劳寿命计算的依据。

4) 耐磨性准则

磨损是一种运动副摩擦表面的物质不断损失的现象,它是机械设备失效的重要原因。耐磨性准则是指零件抵抗磨损的能力。若机械零件之间构成运动副并有传力作用,其工作表面都会磨损,此时的耐磨性是表示零件工作能力的主要指标。因此,在机械设计中总是力求提高零件的耐磨性,减少磨损。对于在滑动摩擦下工作的零件,当滑动速度低、载荷大时,可仅限制工作表面的压力不超过规定值,保护工作表面油膜不破裂,减少磨损;滑动速度较高时,还须限制摩擦功耗,以免摩擦表面过热造成润滑失效;若滑动速度为高速时,还须限制滑动速度,以免产生高速磨损,降低零件的工作寿命。

5) 振动稳定性准则

零件发生周期弹性变形的现象称为振动。虽然振幅尺寸很小,但当机械或零件的自振

频率和周期性外力的变化频率相等或接近时会发生共振。这时, 振幅急剧增大, 这种现象称之为失去振动稳定性。其结果不仅影响机械的正常工作, 而且会发生破坏性事故。因此, 对于高速机械或对振动、噪声有限制的机械, 设计时都应符合振动稳定性准则, 即使零件的自振频率与外力作用的频率不相等也不接近。可通过改变零件的刚度、质量、系统刚度以及采用减振、防震措施, 来改善零件的振动稳定性。具体措施有提高零件加工精度、设置隔振零件、设置阻尼器或吸振器、转动零件作平衡、改变支承位置、改变零件刚度和质量等。

6) 可靠性准则

机械零件的可靠性是指机械零件在规定的工作条件下和规定的使用时间内完成规定的功能的能力。可靠度是指机械零件在规定的工作条件下和规定的使用时间内完成规定的功能的概率。可靠度是可靠性的数值标准常用指标之一。它可以评价机械零件的强度条件合格的概率有多大。因此, 机械零件设计遵循可靠性准则, 不仅可提高零件的可靠性, 而且可提高机械的可靠性。

1.2 机械零件的结构工艺性和标准化

1. 机械零件的结构工艺性

设计机械零件时, 所设计的机械零件应满足使用要求和功能要求; 同时还应满足生产工艺要求, 否则, 就可能使设计的零件无法制造, 或者虽能制造但费工费料很不经济, 使零件便于加工、耗材少、成本低。在实际工作中, 设计的大量工作是设计其具体结构。因此对零件的结构工艺性应给予足够的重视。

机械零件的具体结构是在进行零件结构设计时考虑工艺性后确定的。在具体生产中, 如所设计的机械零件便于加工, 加工的费用低, 而其结构又满足使用要求, 则该零件就具有良好的工艺性, 具有良好的工艺性就会具有好的经济性。

影响零件的结构工艺性的因素很多, 没有绝对的衡量指标, 通常应从下述几方面考虑机械零件的结构工艺性。

1) 零件的结构应与生产条件和批量相适应

零件的结构工艺性与生产条件和批量有着密切的联系。单件和小批生产的零件, 应利用现有生产条件制造, 例如大尺寸的齿轮毛坯, 在一般设备条件下锻造较困难, 就应采用铸件或焊接件; 当缺少磨齿设备时, 就不能用变形大的热处理工艺等。成批和大量生产的零件则可采用专用设备、数控加工中心和自动线生产, 这种条件应考虑用力切削或少切削成形工艺; 采用组装结构等。

2) 零件的结构应与毛坯种类相适应

零件的毛坯可以是铸件、锻件、焊件、型材、冲压件等, 铸件和锻件毛坯的加工余量大, 切削多, 由于制造容易, 所以应用最广。

设计铸件时, 应考虑到铸件的最小壁厚需满足液态金属的流动性要求, 铸件各部分的壁厚应均匀, 要避免局部材料集聚, 产生缩孔; 铸件不同壁厚的连接处, 应采用过渡结构, 各个面的交接处不应有锐角, 而应采用圆角连接; 垂直分型面的表面应有铸造斜度,

以便于造型和起模,如图 1-1(a)、(b)所示;尽量减少加工面等。

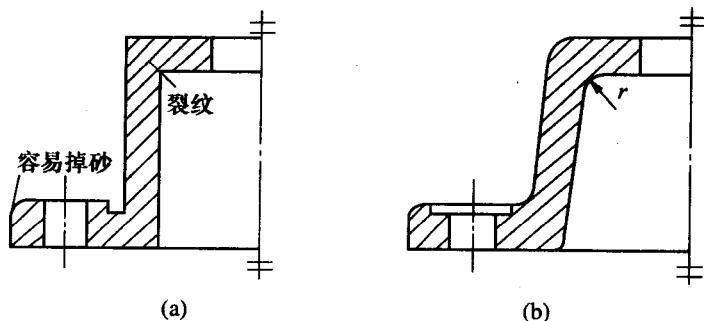


图 1-1 面的交接处

(a) 锐角连接(内、外壁没有起模斜度); (b) 圆角连接(内、外壁有起模斜度)

对于品种繁多的单件、小批量生产,在设计锻件时,要考虑在自由锻造时使用简单通用锻模进行操作。因此,自由锻件结构的复杂程度受到很大限制,例如锥面、斜面和其他复杂剖面、非直线的交接结构、加强肋和凸台等应尽量避免,而采用简单、平直的形状。模锻对零件结构形状的限制有所减少,但零件的结构形状也应力求简单,避免剖面尺寸变化过大、薄壁、深槽和高肋等形状,应有一定的模锻斜度和圆角,以便于造型和起模。

3) 零件的结构应便于切削加工

零件的切削加工工艺对零件结构设计影响很大,因此应考虑零件的结构要能够加工,例如车、刨、磨加工应留有退刀槽或砂轮越程槽,如图 1-2(a)、(b)所示;零件的结构要便于加工,例如保证采用一般刀具加工时所需的工作空间和定位支承面。减少刀具及量具的种类,减少刀具调整次数等,合理地减少加工量及加工面积,例如留有凸台结构等。同时,要合理选择制造精度和表面粗糙度。



图 1-2 零件的退刀槽

(a) 无退刀槽或砂轮越程槽; (b) 有退刀槽或砂轮越程槽

4) 零件的结构应便于装拆和调整

零件的结构应便于装配、拆卸,并尽可能减少装配工作量,主要应考虑能装能拆。例如,为螺钉留出装入的空间和合理的扳手工作空间;对圆柱面过盈配合零件增设拆卸螺钉,采用便于装配的结构等,以保证正确的安装。力求降低装配精度要求,例如圆柱齿轮传

动中的小齿轮应比大齿轮宽一些,即使有装配误差,仍能保证两轮沿全齿宽接触等。

2. 机械零件设计中的标准化

标准化是组织现代化生产的重要手段,是科学管理的组成部分。推行标准化是国家的一项重要技术经济政策。标准化的主要任务是研究用最少的劳动消耗和最少的物资消耗而取得最好的经济效益。机械零件的标准化,就是对零件的尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计方法、制图要求等,制订出大家共同遵守的技术准则和依据。

现已发布的标准有国家标准(GB)、部颁标准和企业标准三个等级。我国已制订有很多国标和部标,目前还在不断发展和改进,并且已参加国际标准化组织(ISO)。采用标准化的目的是为了简化、统一刀具、量具、零件、毛坯、原材料等的规格,使之相互协调,便于组织生产,降低成本。特别是对于那些有互换性或系列化要求的主要尺寸,例如安装尺寸、联接尺寸、配合尺寸、决定产品系列的公称尺寸等,更应该使用标准尺寸,只有在标准和设计要求有矛盾,并有充分理由时,可以不取标准尺寸。

标准化的优越性是将同名零件的型号和尺寸限定在合理的数量范围内,可以用最先进的的工艺方法进行标准零件的专业化大量生产,可大幅度降低劳动力、材料消耗和总成本,并易于保证质量;生产零件的技术条件和检验、试验方法的标准化,可以改进零件的质量,提高零件的可靠件;设计中采用标准件,可以节省设计时间,简化设计工作,缩短设计周期有更多的时间和精力从事创造性设计;由于标准化带来的互换性,当标准零件失效时,可以很容易进行更换,维修工作大大简化。

与标准化密切相关的是通用化。通用化是最大限度地减少和合并产品的型号、尺寸和材料品种等,使零件和部件尽量在不同规格的同类产品,甚至不同类产品上通用。

对于同一产品,为了满足不同的使用要求,在基本结构或基本尺寸不变的条件下,规定出若干个辅助尺寸不同的产品,称为产品的系列化。系列化也是标准化的重要内容。例如对于同一结构、同一内径的滚动轴承,制出不同外径及宽度的产品,称为不同的系列。系列大小的规定,一般也是以优先数系为基础。工程上常采用几何级数作为优先数系的基础,例如 $R40$ 、 $R20$ 和 $R10$ 分别表示公比为 $q=10^{1/40}$ 、 $q=10^{1/20}$ 和 $q=10^{1/10}$,对于按它们求出的数字系列经圆整后,则称为 $R40$ 、 $R20$ 和 $R10$ 系列,选用系列时,应首先按照上述顺序,优先选用公比较大的基本系列。

1.3 机械中的摩擦、磨损和润滑

摩擦是自然界普遍存在的一种现象。两个相互接触的物体在外力作用下发生相对运动或具有相对运动趋势时,就会有摩擦,两个物体的接触面称为摩擦面。摩擦分为外摩擦和内摩擦,外摩擦是与两物体接触部分的表面相互作用有关,与物体内部状态无关。内摩擦是阻碍同一物体(如液体和气体)部分间相对移动的摩擦。按摩擦副的运动状态分动摩擦和静摩擦,静摩擦力随作用于物体的外力变化而变化,当外力克服了最大静摩擦力时,物体才开始宏观运动。动摩擦是一个物体沿另一物体表面相对运动时产生的摩擦,动摩擦力一般小于静摩擦力。