

高等学校教材

机械设计教程

(1994年修订本)

主编 濮良贵
陈庚梅

西北工业大学出版社

(陕)新登字 009 号

0271/16

【内容简介】 本书内容包括绪论与机械设计总论、不可拆联接(焊、胶)与可拆联接(轴-毂、螺纹)、机械传动(螺旋、带、链、齿轮、蜗杆)、轴系零部件(轴承、联轴器、离合器、轴)及其它零部件(弹簧、减速器、变速器、机械零件结构设计、润滑剂)五部分。本书主要用来与西北工业大学出版社出版的《机械原理教程》(1994年修订本)配合使用,作为“机械设计基础”课程(110~130学时)的教材,也可作为某些近机类专业分别开设“机械原理”及“机械设计”时后一门课程的教材。此外还可供其它有关专业师生及工程技术人员参考。

高等学校教材
机械原理教程
(1994年修订本)
主编/濮良贵 陈炎彬
* 责任编辑/胡步仙
* 责任校对/钱伟峰

© 1994,西北工业大学出版社出版
(710072 西安市友谊西路127号 4253407)

全国各地新华书店发行
陕西省委印刷厂印装

ISBN 7-5612-0048-X/TH·4(课)

开本 787×1092毫米 1/16 印张 16.5 字数 399千字
1988年4月第1版 1994年12月第2版第3次印刷
印数:1—5 000册 定价:11.00元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

第一版前言

根据教学需要,我室组织编写了《机械原理教程》和《机械设计教程》两本教材。这两本教材(适用学时范围各为40~50学时),以合并使用作为“机械设计基础”(原“机械原理及机械零件”)课程(参考学时范围为110~130学时)的教材为主;也可作为某些近机类专业分别开设的“机械原理”课程及“机械设计”课程的教材。

本书在编写过程中,力求突出本课程的基本理论、基本知识和基本方法,以期在师生共同努力下,深化教学改革,搞好搞活教学的情况下,取得更为满意的教学效果。

还需说明以下几点:

1. 本书采用我国法定计量标准及规定的名称、单位与符号,并附有“常用量的名称、单位、符号及换算关系表”。

2. 本书的编写次序,仅为本类教材内容编排的一例,各位教师使用时,可根据教学经验、具体专业与班级的实际情况,作出灵活的调整。

3. 本书采用的设计计算方法,是根据本课程的“教材基本要求”、教学对象的一般情况、技术基础课程的教学特点等取定的,在进行专业产品或设备的设计时,应结合具体情况,区别对待。

4. 本书引用的有关标准、规范等,仅为摘取撰稿时期正在实施的标准、规范中与阐明问题有关的部分;实际设计时,均应以当时的现行标准、规范等为依据。

参加本书编写工作的有濮良贵、王步瀛、沈允文、屈中元和陈庾梅,由濮良贵担任主编。由于我们的水平和时间所限,误漏之处,在所难免,敬希读者随时批评指正。

西北工业大学机械学教研室

1988年1月

第二版前言

本书第一版 1988 年面世以来,深受使用该书的兄弟院校师生和社会青年读者们的欢迎。这次在原书基础上,根据 1993 年 11 月国家教委机械设计课程教学指导小组扩大会议提出的“教学基本要求”报批修订稿,结合有关院校的使用意见,进行了全面修订,以第二版和读者们见面了。

这次修订主要进行了下列工作:

1. 进一步精选内容,突出重点,充实例题及习题(含少量思考题),以利加深对课程内容的理解和加强实践能力的锻炼。

2. 根据近几年颁布的有关标准,更新了一些计算方法、插图、表格及设计数据。

3. 改进了少数不够清晰的插图,更正了某些印刷错误。

4. 对进一步学习某些重点内容时所需的参考资料作了简略的介绍。

此外,注意控制篇幅,以利有关院校师生在规定的学时范围内教好学好,切实提高教学质量。

本书付印前,承国家教委机械设计课程教学指导小组成员、西安交通大学张言羊教授审阅全稿,提出了许多改进意见,各地师生也写来了不少中肯的建议,编者在此一并致以衷心的感谢!

参加这次修订工作的有濮良贵(第一、二、十三、十五章)、李育锡(第三、十二章)、王爱青(第四、五章)、孟筱英(第六、十四章)、袁茹(第七、十一章)、陈庾梅(第八、九章)、吴立言(第十、十六章),由濮良贵、陈庾梅担任主编。由于水平和时间所限,误漏之处,敬希随时批评指正。

编者

1994 年 3 月

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1-1 引言.....	1
§ 1-2 机器的组成.....	1
§ 1-3 本课程的内容、性质与任务	2
第二章 机械设计概论	4
§ 2-1 机械设计的一般过程和主要内容.....	4
§ 2-2 机器应满足的基本要求.....	6
§ 2-3 机械零件应满足的基本要求.....	7
§ 2-4 机械零件强度计算	10
§ 2-5 机械制造常用的材料及其选择原则	15
第三章 轴毂联接	18
§ 3-1 键联接	18
§ 3-2 花键联接	21
§ 3-3 无键联接	23
§ 3-4 销联接	25
§ 3-5 过盈联接	26
习 题	27
第四章 焊接和胶接	28
§ 4-1 焊接	28
§ 4-2 胶接	32
习 题	34
第五章 螺纹联接和螺旋传动	36
§ 5-1 螺纹	36
§ 5-2 螺纹联接的基本类型和螺纹紧固件	39
§ 5-3 螺栓(螺柱、螺钉)组的结构设计.....	42
§ 5-4 螺纹联接的预紧和防松	43
§ 5-5 螺栓联接的强度计算	46
§ 5-6 螺纹紧固件的材料与许用应力	51
§ 5-7 提高螺栓联接强度的措施	53
§ 5-8 螺旋传动	57
§ 5-9 滚动螺旋传动简介	61

习 题	62
第六章 带传动	64
§ 6-1 概述	64
§ 6-2 带传动的工作原理	67
§ 6-3 带传动的应力分析	69
§ 6-4 带传动的弹性滑动和传动比	71
§ 6-5 普通 V 带传动的设计计算	72
§ 6-6 V 带轮的设计	82
§ 6-7 V 带传动的张紧装置	84
习 题	85
第七章 链传动	86
§ 7-1 概述	86
§ 7-2 传动链、链轮及几何计算	86
§ 7-3 链传动的运动分析	90
§ 7-4 链传动的主要参数及其选择	91
§ 7-5 链传动的设计计算	93
习 题	98
第八章 齿轮传动	99
§ 8-1 概述	99
§ 8-2 齿轮传动的失效形式及设计准则	99
§ 8-3 齿轮的材料及其选择	101
§ 8-4 直齿圆柱齿轮强度计算	104
§ 8-5 斜齿圆柱齿轮强度计算	114
§ 8-6 直齿圆锥齿轮强度计算	120
§ 8-7 齿轮结构设计	124
§ 8-8 齿轮传动的润滑	128
习 题	131
第九章 蜗杆传动	132
§ 9-1 蜗杆传动的类型和特点	132
§ 9-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	133
§ 9-3 蜗杆传动的承载能力计算	136
§ 9-4 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡核算	141
§ 9-5 蜗杆和蜗轮的结构设计	143
§ 9-6 几种类型蜗杆传动的比较	144
习 题	147
第十章 轴承	148

§ 10-1 滚动轴承的结构、类型和代号	148
§ 10-2 滚动轴承的类型选择	155
§ 10-3 滚动轴承的尺寸选择	156
§ 10-4 滚动轴承装置设计	164
§ 10-5 滑动轴承及其润滑状态	170
§ 10-6 滑动轴承的结构、材料与润滑	174
§ 10-7 不完全液体润滑滑动轴承的设计计算	181
§ 10-8 其它	184
习 题	186
第十一章 联轴器和离合器	187
§ 11-1 联轴器	187
§ 11-2 离合器	194
§ 11-3 特殊功用的联轴器和离合器	197
习 题	199
第十二章 轴	200
§ 12-1 概述	200
§ 12-2 轴的结构设计	202
§ 12-3 轴的强度计算	206
§ 12-4 轴的刚度计算	210
习 题	214
第十三章 弹簧	215
§ 13-1 概述	215
§ 13-2 圆柱螺旋弹簧的结构、材料及制造	216
§ 13-3 圆柱螺旋拉伸及压缩弹簧的设计计算	222
§ 13-4 圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算	228
§ 13-5 板弹簧、碟形弹簧及环形弹簧简介	231
习 题	232
第十四章 减速器和变速器	233
§ 14-1 减速器	233
§ 14-2 变速器	237
第十五章 机械零件结构设计简介	241
§ 15-1 概述	241
§ 15-2 机械零件结构设计要点	241
第十六章 润滑剂简介	248
§ 16-1 润滑油	248

§ 16-2 润滑脂	251
§ 16-3 固体润滑剂	253
附 录.....	254
参考资料.....	256

第一章 绪 论

§ 1-1 引 言

在国民经济的绝大多数部门中，都要利用机器来完成其生产过程，因而从事各类生产、建设的工程技术人员，都需要掌握一定的机械技术知识，才能完成其工作任务。

我国当前正处在改革开放，大力发展国民经济的重要历史时期，急待充实与更新各类生产技术装备和促进技术改造，以便迅速提高劳动生产率，因而对机器的品种和功能，不断提出更多更高的要求。为此，每个机械设计工作者都应积极钻研机械设计理论，切实掌握机械设计技能，结合我国国情，设计出品种齐全、原理先进、性能优越的机器；各行各业的有关技术人员，都应充分了解、正确使用与科学管理机器，使之充分发挥其潜力，取得更大的效益，从而推动国民经济的加速发展，促进我国社会主义现代化建设。

§ 1-2 机器的组成

常见的机器，例如图 1-1 所示的牛头刨床和图 1-2 所示的起重机等，一般都包含：一个（或几个）用来接受外界能源的原动机（如电动机、内燃机、蒸汽机等）；实现机器生产职能的执行部分（如牛头刨床的刨刀、起重机的吊钩）；把原动机的运动和动力传递给执行部分的传动部分（如牛头刨床的齿轮及连杆机构、起重机的齿轮及卷筒-钢丝绳-滑轮系统）。所以机器的主体一般是由原动部分、传动部分和执行部分组成的。

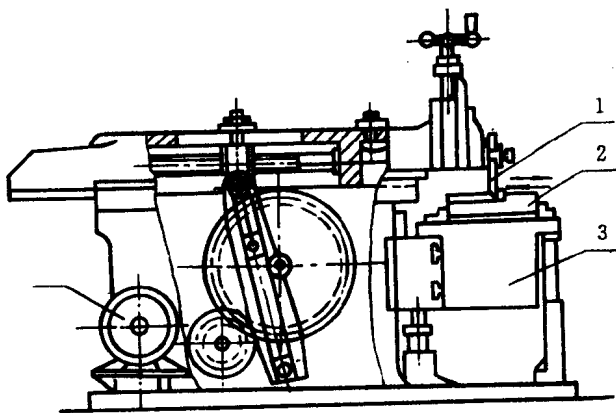


图 1-1 牛头刨床

1—刨刀 2—工件 3—工作台 4—电动机

如果把机器进行分解，最后得到的总是一些各式各样的零件。所以，机器的基本组成要素就是机械零件。

机械零件可以概括地划分为两大类：一类是在各种机器中经常都要用到的零件，例如螺钉、螺母、轴承、齿轮等，称为通用零件；另一类则是在一定类型的机器中才会用到的零件，例如飞机的螺旋桨、内燃机的活塞等，称为专用零件。此外，还常把一些协同工作的零件所组成的零件组合体称为部件或组件，例如滚动轴承、减速器、联轴器等。

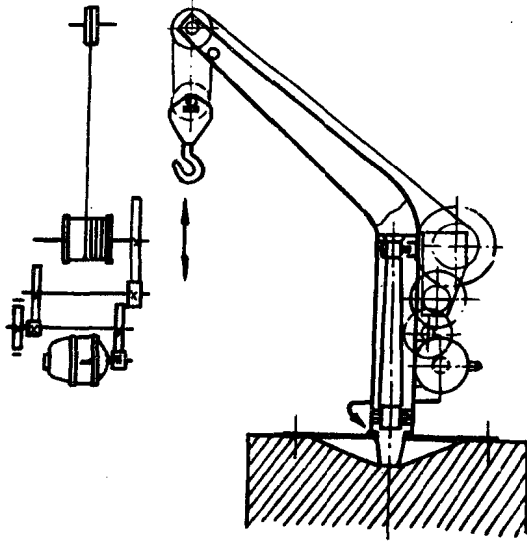


图 1-2 起重机

各式各样自由分散的零件，一旦装配到机器上，它们就要为实现机器的职能分担各自的责任，发挥各自的作用。因此，一些主要零件的性能或者某些关键零件的综合性能，就在很大程度上决定了机器的性能。由此可知，设计或选择任何零件时，都必须以机器对它的要求为依据。同理，设计、维修与管理机器时，都要对机器的总体有个基本的了解，并对各种零件的设计与选择掌握一定的知识与技能。为此，本书下面除了简要介绍机器设计的基本要求、主要内容和设计步骤等概论性知识外，还将分章重点论述通用机械零件的设计原理和选择方法。需要牢记的是，下面虽然是分章学习一种一种的零件，而且只能从中选择极少数典型的来学，但是决不应把它们视为分散孤立的。因为在具体应用时，它们都是作为一定的要素在机器的总体中按照预定的要求有机地联系在一起的。此外，还得注意透过典型，掌握一般，联系实际，勤于实践，才能把基本的机械知识与技能学到手。

§ 1-3 本课程的内容、性质与任务

本课程的主要内容是通用机械及零件设计的基本知识、基本理论和基本方法，包括通用机械设计的基本要求、主要内容和步骤；一般尺寸和参数的通用零件（巨型、微型以及在高速、高压、高温、低温条件下工作的通用零件不在此列）的基本设计理论、方法和选用原则等。

本书讨论的具体内容是：

- (1) 概论部分包括机器的组成，机械设计的一般步骤、主要内容和应满足的基本要求，机械零件的工作能力和计算准则，常用材料及其选择原则等；
- (2) 联接部分包括键、花键、无键、销及过盈联接，螺纹联接，焊接及胶接等；
- (3) 传动部分包括带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动等；
- (4) 轴系零、部件部分包括轴、滑动轴承与滚动轴承、联轴器与离合器等；
- (5) 其它部分包括弹簧、减速器与变速器等。

由上可知，本课程的性质是以通用机械设计为“轮廓”，并以一般通用零、部件的设计为“实体”的设计性课程，而且是论述它们的基本设计理论和方法的技术基础课程。

本课程的主要任务是：

(1) 培养学生掌握通用机械零件的工作原理、特点、应用、维护和设计计算的基本知识，并初步具有设计机械传动装置和较简单的机械的能力。

(2) 培养学生具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

当然，上述任务是通过本课程的课堂讲授、习题课（讨论课）、实验课、现场教学、设计作业和课程设计等全部教学环节的综合培养来完成的。因此，学习本课程时，不仅要努力掌握书本知识，而且要积极主动联系实际，认真加强设计技能的基本锻炼，切实提高自己的实践能力，真正达到并力争超过上述的培养要求。

第二章 机械设计概论

§ 2-1 机械设计的一般过程和主要内容

一台新的机器是根据设计任务书的要求进行设计的。任务书中必须明确规定：机器的用途、主要性能参数范围、工作环境条件、有关特殊要求、生产批量、预期成本范围、设计完成期限，以及承制单位生产条件等。在全面明确上述要求后，设计人员应在调查研究、分析资料、研究措施、拟定计划的基础上，按下述步骤进行设计。

一、机器工作原理的选择

工作原理是机器实现预期职能的基本依据。例如设计生产螺钉的机器时，可以用车床将预定的毛坯车制成螺钉，也可以用滚丝机将毛坯滚压成螺钉；又如采煤，可以用风镐开采，也可用高压水柱冲击煤层开采，还可用联合割煤机开采；再如挖泥，可以用挖泥机来实现，也可预先注水把泥混成泥浆，然后用泵汲出。所以实现同样的预期职能，可以有多种不同的工作原理。机器的工作原理是随着科学技术的发展而不断发展的。不断探讨与创造更先进的工作原理是设计人员的一项重要任务。研制新的机器时，应结合具体情况研究提出多种不同的工作原理，经过全面分析对比后，从中选择最满意的一种。机器工作原理的选择属于专业机械设计的范围，这里不作详述。

二、机器的运动设计

运动设计是根据机器工作原理的要求，确定机器执行部分的运动规律。例如牛头刨床的刨刀，要求前进刨削工件时运行慢些，而在后退的空程时运行快些（即要求传动机构具有急回作用）。所以运动设计就是要考虑适当选取原动机的类型与运动特性，妥善选择与设计机器的传动部分，把原动机的运动转变为机器执行部分所需的机械动作，并考虑在某些运动参数范围内灵活调整的必要性及可能性。这些工作可运用机械原理知识来完成。

三、机器的动力设计

动力设计是在初步确定机器的传动部分和执行部分后，根据机器的运转特性、执行部分的工作阻力与工作速度、传动部分的总效率等，算出机器所需的驱动功率，并结合机器的具体工作情况，选定一部（或按各个传动系统的需要分别选定几部）合适的原动机进行驱动。同时应考虑在适当范围内进行调节与控制的必要性及可能性。这方面的工作可运用机械原理和电工学的知识来完成。

四、机器零、部件的工作能力设计

机器零、部件的工作能力，可以根据原动机的功率和机器的运转特性进行设计，也可以

根据零、部件的实际工作载荷进行设计。不过对于一般的机器，通常是采用前一方法，并结合各个零、部件的具体工作情况，计算出任一零、部件的载荷，进而从机器的总体出发，考虑各个零、部件所需的工作能力（强度、刚度、寿命等）及技术经济性等一系列问题，设计或选择出各个零、部件。这些内容将在以后针对具体的零、部件分章进行讨论。

如果从图纸设计方面来看，上述设计过程在机器工作原理选定后，大体可分为下面的三个阶段：

1) 总体设计阶段 机器的总体设计，就是根据工作原理的要求，本着简单、实用、经济、美观等原则，布置出一套能够实现预期职能的装置。为了拟定机器的总体布置，分析比较各种可能的传动方案，以及进行具体机构的选择和设计，就需要把机器各部分之间的运动和动力关系，以及各个机构和主要零件在机器中的大体位置，用规定的简单符号清晰而简明地表示在图纸上。这就形成了机器的机构运动简图（其绘制方法和要求，已在“机械原理”课程里学过）。有了运动简图，机器的图形便有了“骨架”。这是图纸设计的第一阶段——从工作原理到运动简图阶段，常叫做总体设计（或方案拟定）阶段。

2) 结构设计阶段 由于运动简图并没有确定机器的形态，所以还要把运动简图中的符号变成具体的零、部件。这就需要考虑与决定各个部件的相对位置及联接方法，主要零件的具体形状、材料、尺寸、制造、安装、配合等一系列问题，并进行类比、选择和必要的计算与实验等，从而把运动简图变成具体的装配图（或结构图）。这样便描绘出了机器的形态。这是图纸设计的第二阶段——从运动简图到装配图的阶段，常叫做结构设计阶段。

3) 零件设计阶段 由于装配图只是初步确定了机器的总体尺寸及各个零、部件间的相对位置关系、配合要求等，并未反映出各个零件的全部尺寸、结构要素（如圆角半径、倒角尺寸）及加工要求（如尺寸公差、表面粗糙度等），因而装配图还是不能作为加工的依据。为了把零件制造出来，还得根据装配图设计出各个零件的工作图。设计零件（工作）图时，要从机器的总体要求出发，综合考虑零件的强度、刚度、寿命、工艺性，以及质量、体积、成本的限制等，来具体确定零件的材料、尺寸、结构要素、制造精度等，并规定出适当的技术条件（如材料的热处理方法及表面硬度等），从而绘制出零件图。这是图纸设计的第三阶段——从装配图到零件图的阶段，常叫做零件设计阶段。

当然，设计工作的各个局部都是与总体密切联系着的，所以上述三个阶段不可能是截然划分的，而是要相互牵连、相互影响、相互交叉地反复进行的。

还应指出，在一套完整的机器图纸和文件中，除应有机器的机构运动简图、总装配图、部件装配图及零件图外，还应包括各种明细表、各种系统图以及设计说明书和使用说明书等。

最后还需强调指出，实践是检验真理的唯一标准。在全套图纸设计绘制完毕后，整个设计是否能够完全符合客观外界的规律性，是否能够完全达到预想的设计目的，还得经过制造、装配、试车、生产等一系列实践的检验。因此，设计人员还应积极加入到制造、装配、试车、生产等全过程中去，及时发现问题，采取改进措施，总结设计经验，以便进一步提高设计思想与技术水平，更好地为我国的现代化建设服务。

§ 2-2 机器应满足的基本要求

一、使用性要求

机器的使用性要求，首先是按照规定的技术条件顺利而有效地实现全部预定职能的可能性，这主要靠正确选择机器的工作原理及正确设计能够全面实现工作原理的机构组合来保证。再者是在预定寿命期间正常工作的可靠性，即机器在预期的使用过程中，不发生破坏，不因过度磨损或过度变形而导致机器的失效；也不因机器的运转不够准确，以及强烈的冲击和振动等而损害到机器的正常工作质量。所有这些，都要靠正确设计和选择机器的零、部件来保证。

二、经济性要求

机器的经济性是一个综合指标，它表现在设计、制造和使用的整个过程中，即在设计、制造上，要求成本低，生产周期短；在使用上，要求生产率高，效率高，适用范围大，燃料和辅助材料消耗少，照管方便，维护费用低廉等。

1. 提高设计及制造经济性的主要途径

(1) 力求做到产品系列化、部件通用化和零件标准化。这样将大大有利于开展专业协作，组织产品配套，缩短设计、制造周期，降低成本。例如标准减速器由于采用了产品系列化，大大缩短了设计及制造周期，大幅度地降低了生产成本。再如组合机床由于部件通用化程度高达80%以上，它既能起到专用机床的作用，又能弥补专用机床不易改装的缺点，使设计、制造及改装的成本显著降低。至于零件标准化，这在保证质量、降低成本、便利设计及保证互换性等方面，对国民经济的各个部门都有着极为重要的意义。

(2) 积极运用现代设计理论和制造方法，尽量采用新技术、新材料、新结构、新工艺。例如采用最优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计与制造、设计方法学、弹性流体润滑、有限元、边界元等现代理论与方法，进行机械设计及制造，对改进产品性能，提高生产率，取得显著经济效益等，已为大量事例所证实。

(3) 认真做好设计及制造的组织工作，实行科学管理，千方百计地降低材料用量及制造工时，以及提高机器的制造和装配工艺性等，亦可在不同程度上提高设计及制造的经济性。

2. 提高使用经济性的主要途径

(1) 提高机器的机械化和自动化水平，以提高劳动生产率及减少管理、维护费用。

(2) 选用效率高的传动系统及支承装置，以提高机械效率，减少动力或燃料消耗。

(3) 采用适当的防护（如闭式传动、表面喷涂）和润滑装置，以延长机器工作寿命及降低维护费用。

(4) 采用可靠的密封装置，防止漏油、漏气等无意义的损耗。

三、劳动保护性要求

劳动保护是设计机器时必须特别重视的要求。它可概括为三个方面：

1. 极力保证技术安全

对机器中易于造成危害工人安全的部分，均应加装安全罩；一切传动机构均应尽可能设计成闭式的；易于与工人接触的外露部位不应有锋利的棱角或灼热的介质等；采用各种可靠的安全保险装置和信号报警系统，例如在可能超过温升限制的地方，安装温限报警器（如带有电触头的信号温度计等），一旦该部位的工作温度高达报警温度时，信号系统立即报警，以防止发生人身或设备事故。

2. 力争减小工人操作时的体力及脑力消耗

注意减小机器所需的操作力；力求简化操作过程，并适当利用自动化操纵装置（如飞机上采用自动领航仪和自动驾驶仪等）；尽量减少操纵手柄的数目，并集中于适宜的位置，操作效果应符合人们的习惯；仪表及信号等指示装置亦应布置适中；采用各种可靠的联锁装置，例如在具有集中润滑的大型设备中，采用图 2-1 所示的联锁装置，即在油路中接入一个压力继电器，以保证在未接通油泵电机的电源及油压未达到预定的指标时，不可能开动机器，从而防止了摩擦副在润滑不良情况下启动时的过度磨损。这样就可以避免操作错误所引起的不良后果，从而消除了操作者的精神负担。

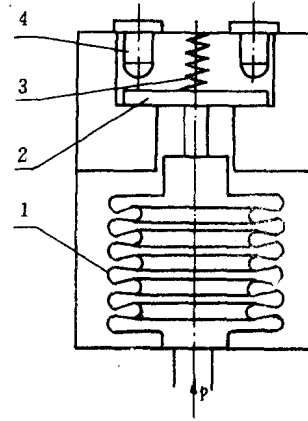


图 2-1 联锁装置

- 1—波纹管 2—金属片
- 3—弹簧 4—电触头

3. 努力改善操作者的工作环境

力争降低机器的噪声；有效地净化或排除操作时产生的废气、废液及灰尘屑末，保持工作环境通风流畅，温度适中；适当美化机器的外形及表面（如适当协调壳体、机架的外形，以及进行电镀或喷涂适当颜色的油漆）等。

四、工艺性要求

整台机器应具有良好的工艺性。在不影响工作性能的条件下，应使机器的结构尽可能简化，力求用最简单的机构和装置取代非必需的复杂装置去完成同样的预期职能。为此，应全面分析对比各种机构组合方案，尽量采用标准零、部件，力求制造及装配的劳动量少，装拆维修方便。

五、其它特殊的要求

有些机器还各自具有其特殊的要求。例如：飞机的构件有质量小的要求；机床有长期保持精确度的要求；经常搬动的机器（如建筑起重机、钻探机等）有便于安装、拆卸和运输的要求；食品、纺织、造纸机械有不得污染产品的要求等。

§ 2-3 机械零件应满足的基本要求

设计机械零件时，应根据它在机器中的作用及具体工作情况，满足下述强度、刚度、寿命、工艺性、经济性、可靠性以及某些特殊要求等的一部分或全部。

一、强度要求

零件的强度要求是工作时不发生任何形式的破坏,也不产生超过容许限度的残余变形。显然,这是机器正常运转和安全生产的基本条件。在机械设计中,除了那些受力很小不需进行强度计算,或结构形状较为复杂不易进行强度计算的零件,常按经验规范或工艺要求进行设计外,大多数重要的零件都是用强度条件式来判断是否满足要求的。

现以剖面面积为 A 的简单拉杆承受拉力 F 为例,按照材料力学可以写出下列强度条件式:

$$1) \quad \sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma] \quad (2-1a)$$

其含义为零件中的应力 σ 应当小于或等于其许用应力 $[\sigma]$ 才能满足强度要求。此式是用来校核零件的初定剖面 A 是否满足强度要求,所以叫做校核计算。又因零件的许用应力是由其材料的极限应力 σ_{lim} 除以设计安全系数 S 而求得的,所以式(2-1a)又可写成

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \quad (2-1b)$$

$$2) \quad A \geq \frac{F}{\frac{\sigma_{\text{lim}}}{S}} = \frac{F}{[\sigma]} \quad (2-2)$$

此式由式(2-1b)变换而来,其含义为零件的剖面面积 A 应当大于或等于其所受载荷 F 除以许用应力 $[\sigma]$ 。这是用来设计零件的剖面尺寸(原为待定量),所以叫做设计计算。这种设计计算方法,在零件受力情况较为简单、应力计算方法比较成熟时,是经常采用的。

$$3) \quad F \leq A \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} = \frac{F_{\text{lim}}}{S} \quad (2-3)$$

此式是由式(2-2)换算而得到,并引入零件的极限载荷 $F_{\text{lim}} = A\sigma_{\text{lim}}$ 。其含义是零件的载荷 F 应当小于或等于零件的极限载荷 F_{lim} 除以设计安全系数 S 。显然,这是校核零件的承载能力,也是一种校核计算。

$$4) \quad S_{\text{ca}} = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{\sigma_{\text{ca}}} \geq S \quad (2-4)$$

式中的 $\sigma_{\text{lim}}/\sigma_{\text{ca}}$ 表征了根据材料的极限应力 σ_{lim} 与零件的计算应力 σ_{ca} 对比而计算出的安全程度,所以把 S_{ca} 叫做计算安全系数。式(2-4)的含义是零件的计算安全系数 S_{ca} 应当大于或等于其设计安全系数 S 。这也是一种校核计算。

当然还可导出其它形式及含义的强度条件式,但应用甚少,故予从略。顺便提及,如果零件剖面上承受的 F 是剪切载荷时,显然可用 τ 、 $[\tau]$ 和 τ_{lim} 分别取代式(2-1a)~(2-4)中的 σ 、 $[\sigma]$ 和 σ_{lim} 。

应当看清,尽管上述四种强度条件式的形式各异,但从本质上说,都是把对零件起损伤作用的一方(如载荷和应力)与零件对损伤起抵抗作用的一方(如材料强度和剖面尺寸)进行对比来判断零件的强度的。

提高零件强度的原则措施有:① 增大零件危险剖面的尺寸,合理设计剖面形状,以增大剖面面积的惯性矩;② 采用高强度材料,对材料进行提高强度及降低内应力的热处理,控制加工工艺以减小或消除微观缺陷等;③ 力求降低零件上的载荷,例如减小轴的支承跨距以降低作用弯矩,采用减振结构以降低冲击载荷等;④ 妥善设计零件的结构以降低应力集中程度等。

二、刚度要求

零件的刚度要求是指工作时产生的弹性变形不超过规定的限度。这个要求只是对那些由于弹性变形过大就要降低机器工作性能的零件提出的。这类零件除了要作强度计算外,还必须进行刚度计算,或者直接按刚度要求设计,因为满足刚度要求的零件一般都是能够满足强度要求的。

零件是否满足刚度要求,也是用刚度条件式来判断的。设以 y 及 θ 分别代表零件弯曲变形时的挠度和挠角, φ 代表扭转变形时的扭转角,并以 $[y]$ 、 $[\theta]$ 及 $[\varphi]$ 分别代表对应于 y 、 θ 及 φ 的许用量,则弯曲及扭转刚度条件式可分别表示为

$$y \leq [y] \text{ 或 } \theta \leq [\theta] \quad (2-5)$$

$$\varphi \leq [\varphi] \quad (2-6)$$

上面讲的都属于零件的**体积刚度**。对于那些在压力下相接触且相对位置有严格要求的零件,还有**表面接触刚度**的要求。因为如果两个零件的接触面积较小或表面较为粗糙,则在大的压力作用下,接触表面的微观凸峰将被压平,就会引起两零件的相对位置发生超过容许限度的变化,这就不能满足接触刚度的要求。

提高零件整体刚度的原则措施有:适当增大零件的剖面尺寸,合理设计零件的剖面形状,合理添置加强肋,采用多支点结构等。提高零件接触刚度的原则措施有:提高接触表面加工精度或经适当跑合,以降低表面粗糙度;适当增大接触面积,以降低单位压力等。

三、寿命要求

寿命要求就是要求零件在预定的工作期间保持正常工作而不致报废。这个要求主要是对那些在变应力下工作和工作时受到磨损或腐蚀的零件提出的。这些零件可能在开始时能够正常工作,但经历一段~~一段时间~~后,却会由于疲劳、过度磨损或严重腐蚀而丧失其强度、刚度或精度以致报废。

由于影响零件材料疲劳极限的主要因素是应力集中、尺寸大小、表面质量和环境条件,所以提高零件寿命的主要措施有:妥善设计零件结构以降低应力集中程度;采用精加工或表面强化处理以提高零件工作表面质量;合理选择摩擦副配对材料、润滑剂与润滑方法以提高零件抗磨损能力;选用耐腐蚀材料制造在腐蚀性介质中工作的零件;利用热处理提高零件材料的机械性能或利用滚辗、喷丸等工艺使零件表面产生有利的残余预应力;等等。

四、工艺性要求

零件的工艺性要求就是在给定的工艺条件和生产水平下,能用很少的成本和劳动量把零件制造出来,并便于进行装配。这要从生产批量、材料、毛坯制作、加工方法、装配过程、使用要求等各方面考虑,合理设计零件的结构。这项工作在整个设计工作中居于很重要的地位,并占有很大的比重,初学设计的人员必须给予特别的重视。为此,本书特地编入了第十五章“机械零件结构设计简介”,以供初学者参考。

五、经济性要求

零件的经济性要求就是要用最低的成本和最少的工时制造出满足技术要求的零件。这与