

**XIANDAI JIXIE SHEJI
LILUN YU FANGFA YANJIU**

现代机械设计 理论与方法研究

主编 冯景华 李 珊 李文春



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

现代机械设计 理论与方法研究

主 编 冯景华 李 珊 李文春

副主编 张林静 宋志强 郭文斌



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要对机械设计的基本理论、常用机械零件的原理和设计方法、典型整机设计过程和具体设计方法几个方面进行讨论,力求做到逻辑清晰、层次分明,便于读者对知识点的理解和掌握。主要特点有:强化基本原理、基本设计方法;对于具体的机械零部件设计,注重知识逻辑顺序;强化对设计步骤的介绍;对关键知识点和要求掌握的程度进行了明确的说明。

本书可作为机械类的工程技术人员和机械加工人员的参考书和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代机械设计理论与方法研究/冯景华,李珊,李文春主编.--北京:中国水利水电出版社,2014.10

ISBN 978-7-5170-2608-2

I. ①现… II. ①冯… ②李… ③李… III. ①机械设计—研究 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 236404 号

书 名	现代机械设计理论与方法研究
作 者	主 编 冯景华 李 珊 李文春 副主编 张林静 宋志强 郭文斌 张丹丹 徐秀英
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京鑫海胜蓝数码科技有限公司
印 刷	三河市天润建兴印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 26印张 665千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	89.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

科学技术起源于人类对原始机械和力学问题的研究。随着人类社会的发展,机械出现在人们日常生活、生产、交通运输、军事和科研等各个领域。人们不断地要求机械最大限度地代替人的劳动,并产生更多、更好的劳动成果,这就要求机械不断地向自动化和智能化方向发展。如今,具有自动化功能的机器越来越多,如各种数控机床、机器人、柔性自动化生产线、自动导航的大型客机、适合不同用途的运载火箭等。自动化机械具有完成各种功能的机械结构的同时,还具有控制机械结构完成所需动作的自动控制系统,这两部分有机地结合在一起,形成一个具有希望功能的现代机电一体化系统。如何使自动化机械系统具有优良的性能,是一个复杂的系统工程问题。系统的设计者不仅应该拥有全面的现代机械设计理论知识和丰富的实践经验,同时应该拥有设计自动控制系统的理论和经验。

本书便是基于上述背景和问题,力求以新的观点、方式和体系编写,以现代机械工程中常见的机电系统为研究对象,注重系统硬件设计方法与控制理论基本概念的深入理解,强调基本原理和方法的内在联系及其在工程实际中的应用。为了达到以上目的,本书在编写过程中采取了理论与实际紧密结合的方法,力求内容翔实,体系新颖,突出基础性、实用性、综合性和先进性。着重体现如下思路和特点:按认知规律编排内容和重难点布局,注重知识衔接与交叉引用,注重概念及工程性;全书围绕工程设计的基本要求“快速性、稳定性、准确性”开展系统分析与校正;坚持“系统”和“动态”两个观点,将分析研究的对象抽象为系统,运用控制理论的方法,解决机械工程中的稳态和动态实际问题。全书的具体内容包括:机械零部件设计中的强度与耐磨性、螺纹连接与轴毂连接、带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器与离合器、弹簧、机械可靠性设计、机械优化设计以及计算机辅助设计。本书在文字叙述上力求深入浅出、循序渐进;在内容安排上既注意基础理论的系统阐述,同时也考虑到工程技术人员的实际需要,在介绍各种控制原理和方法时尽可能具体和实用。帮助读者从整体上掌握现代机械控制系统的设计和分析方法。

全书由冯景华、李珊、李文春担任主编,张林静、宋志强、郭文斌、张丹丹、徐秀英担任副主编,并由冯景华、李珊、李文春负责统稿。具体分工如下:

- 第 1 章、第 4 章、第 13 章:冯景华(景德镇陶瓷学院);
- 第 3 章、第 5 章、第 12 章第 3 节:李珊(昆明理工大学);
- 第 9 章、第 10 章:李文春(阿拉尔万达农机有限公司);
- 第 6 章、第 12 章第 5 节:张林静(天津科技大学);
- 第 8 章、第 12 章第 2 节:宋志强(呼伦贝尔学院);
- 第 2 章、第 11 章:郭文斌(内蒙古农业大学);
- 第 7 章、第 12 章第 4 节:张丹丹(内蒙古民族大学);
- 第 12 章第 1 节、第 14 章:徐秀英(乌海职业技术学院机电工程系)。

本书在编写过程中参考了不少同类书籍和论文,对这些书籍的编著者和论文作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在遗漏和不足之处,欢迎读者和同行批评指正。

编者

2014年7月

目 录

前言	1
第 1 章 绪论	1
1.1 机械设计的基本要求和一般程序	1
1.2 机械零件的主要失效形式和计算准则	5
1.3 机械零件常用材料和选用原则	7
第 2 章 机械零部件设计中的强度与耐磨性	10
2.1 机械零部件设计中的载荷和应力	10
2.2 机械零件的疲劳强度	13
2.3 机械零件的接触强度	20
2.4 摩擦、磨损与润滑	22
第 3 章 螺纹连接与轴毂连接	37
3.1 螺纹	37
3.2 螺纹连接的类型和标准连接件	40
3.3 螺纹连接的预紧和防松	43
3.4 单个螺栓连接的强度计算	47
3.5 螺栓组连接的结构设计与受力分析	53
3.6 提高螺纹连接件强度的措施	59
3.7 螺旋传动	64
3.8 键连接、花键连接和销连接	70
第 4 章 带传动与链传动	80
4.1 带传动概述	80
4.2 带传动的工作情况分析	83
4.3 V 带传动的设计计算	87
4.4 链传动概述	96
4.5 链传动的工作情况分析	100
第 5 章 齿轮传动	104
5.1 概述	104

5.2	齿轮传动的失效形式和设计准则	105
5.3	齿轮材料及其热处理	109
5.4	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	113
5.5	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	120
5.6	直齿锥齿轮传动的强度计算	123
5.7	齿轮的结构设计	128
5.8	齿轮传动的润滑和效率	131
第6章	蜗杆传动	134
6.1	概述	134
6.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	137
6.3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	144
6.4	蜗杆传动的受力分析和强度计算	146
6.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	150
6.6	圆弧圆柱蜗杆传动	155
第7章	轴	157
7.1	概述	157
7.2	轴的结构设计	161
7.3	轴的强度计算	169
7.4	轴的刚度计算	176
第8章	滑动轴承	179
8.1	概述	179
8.2	滑动轴承的结构	180
8.3	滑动轴承材料与轴瓦结构	184
8.4	滑动轴承的润滑	191
8.5	非液体摩擦滑动轴承的计算	194
8.6	液体动力润滑径向滑动轴承的计算	198
第9章	滚动轴承	206
9.1	概述	206
9.2	滚动轴承的类型与代号	209
9.3	滚动轴承的失效形式和计算准则	215
9.4	滚动轴承的寿命计算	220
9.5	滚动轴承的静载荷计算	226
9.6	滚动轴承的组合设计	227

9.7 滚动轴承的润滑与密封	231
第 10 章 联轴器与离合器	236
10.1 概述	236
10.2 联轴器	238
10.3 离合器	247
第 11 章 弹簧	254
11.1 概述	254
11.2 圆柱螺旋弹簧的材料、结构及制造	256
11.3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算	260
第 12 章 机械可靠性设计	267
12.1 概述	267
12.2 可靠性设计中常用的概率分布	274
12.3 机械可靠性设计原理	286
12.4 机械零件可靠性设计	291
12.5 机械系统可靠性设计	305
第 13 章 机械优化设计	323
13.1 概述	323
13.2 优化设计的数学基础	331
13.3 一维搜索优化方法	341
13.4 无约束优化方法	347
13.5 约束优化方法	358
13.6 多目标优化方法	376
第 14 章 计算机辅助设计	381
14.1 概述	381
14.2 CAD 系统的组成	385
14.3 CAD 系统的图形处理	388
14.4 工程数据的处理	397
参考文献	407

第 1 章 绪 论

1.1 机械设计的基本要求和一般程序

1.1.1 机械设计的基本要求

机械设计一般应满足以下几方面的要求：

1. 功能要求

机械产品必须具有设计任务书中规定的功能。这就要求设计时必须正确确定机器的工作原理，并选用适当的执行机构、传动装置和原动机。必要时，还需要合理配置控制系统和辅助系统。

2. 机械零部件结构设计的要求

机械设计的最终结果都是以一定的结构形式表现出来的，且各种计算都要以一定的结构为基础。所以，设计机械时，往往要事先选定某种结构形式，再通过各种计算得出结构尺寸，将这些结构尺寸和确定的几何形状绘制成零件工作图，最后按设计的工作图制造、装配成部件乃至整台机器，以满足机械的使用要求。

3. 经济性要求

机械产品的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中。设计制造的经济性主要表现为低成本，使用中的经济性主要表现为生产效率高，能源、材料消耗少，以及管理、维护费用低等方面。

4. 可靠性要求

在预期的使用期限内，能够安全可靠地工作，是对机械产品的基本要求之一。为满足此项要求，在设计阶段往往需要进行强度、刚度、寿命方面的计算。

5. 社会性要求

主要是指机械产品不应对人、环境和社会造成不良影响。例如，操作要舒适，要保证操作者的安全，要符合国家在环境保护方面的法规要求等。

6. 操作使用方便的要求

机器的工作和人的操作密切相关。在设计机器时，必须注意操作要轻便省力，操作机构要

适应人的生理条件,机器的噪音要小,有害介质的泄漏要少等。

7. 其他特殊要求

有些机械由于工作环境和要求的不同,对设计提出某些特殊要求。如高级轿车的变速箱齿轮有低噪声的要求,机床有较长保持精度的要求,食品、纺织有不沾染污染品的要求等。

1.1.2 机械零件设计的基本要求

1. 刚度要求

机械零件应满足刚度要求,即防止它在工作中产生的弹性变形超过允许的程度。通常只是当零件过大的弹性变形会影响机器的工作性能时,才需要满足刚度要求。一般对机床主轴、导轨等零件需作强度和刚度计算。

提高机械零件的刚度可以采用以下几项措施:

- ①增大零件的截面尺寸。
- ②缩短零件的支承跨距。
- ③采用多点支承结构等。

2. 强度要求

机械零件应满足强度要求,即防止它在工作中发生整体断裂或产生过大的塑性变形或出现疲劳点蚀。机械零件的强度要求是最基本的要求。

提高机械零件的强度是机械零件设计的核心之一,为此可以采用以下几项措施:

- ①采用强度高的材料。
- ②使零件的危险截面具有足够的尺寸。
- ③用热处理方法提高材料的力学性能。
- ④提高运动零件的制造精度,以降低工作时的动载荷。
- ⑤合理布置各零件在机器中的相互位置,减小作用在零件上的载荷等。

3. 经济性要求

经济性是机械产品的重要指标之一。从产品设计到产品制造应始终贯彻经济原则。设计中在满足零件使用要求的前提下,可以从以下几个方面考虑零件的经济性:

- ①先进的设计理论和方法,采用现代化设计手段,提高设计质量和效率,缩短设计周期,降低设计费用。
- ②尽可能选用一般材料,以减少材料费用,同时应降低材料消耗,例如,多用无切削或少切削加工、减少加工余量等。
- ③零件结构应简单,尽量采用标准零件,选用允许的最大公差和最低精度。
- ④提高机器效率,节约能源,例如尽可能减少运动件、创造优良润滑条件等,包装与运输费用也应注意考虑。

4. 结构工艺性要求

机械零件应有良好的工艺性,即在一定的生产条件下,以最小劳动量、花最少加工费用制成能满足使用要求的零件,并能以最简单的方法在机器中进行装拆与维修。因此,零件的结构工艺性应从毛坯制造、机械加工过程及装配等几个生产环节加以综合考虑。

5. 减轻重量的要求

机械零件设计应力求减轻重量,这样可以节约材料,对运动零件来说可以减小惯性,改善机器的动力性能,减小作用于构件上的惯性载荷。减轻机械零件重量的措施有:

- ①采用轻型薄壁的冲压件或焊接件来代替铸、锻零件。
- ②从零件上应力较小处挖去部分材料,以改善零件受力的均匀性,提高材料的利用率。
- ③采用与工作载荷相反方向的预载荷。
- ④减小零件上的工作载荷等。

机械零件的强度、刚度是从设计上保证它能够可靠工作的基础,而零件可靠地工作是保证机器正常工作的基础。零件具有良好的结构工艺性和较轻的重量是机器具有良好经济性的基础。在实际设计中,经常会遇到基本要求不能同时得到满足的情况,这时应根据具体情况,合理地做出选择,保证主要的要求能够得到满足。

1.1.3 机械设计的一般方法

机械设计的方法分为常规设计方法和现代设计方法两种。

1. 常规设计方法

常规设计方法是工程技术人员进行机械设计的重要基础,可分为理论设计、经验设计和模型实验设计三种。

(1) 理论设计

根据经过长期研究与实践总结出来的传统理论和实验数据所进行的设计称为理论设计。理论设计可得到比较精确、可靠、合理的结果。大多数机构的尺寸设计和重要零部件的工作能力设计等均采用理论设计。理论设计的计算过程又分为校核计算和设计计算两种。校核计算则是参照已有的实物、图纸和经验数据,采用类比法、实验法等初步定出零件的形状和尺寸,再用理论公式校核其强度是否满足使用要求。转轴的强度校核等属于校核计算。设计计算是指按照机械中零件已知的运动要求、受力情况、材料的特性以及失效形式等,运用一定的理论公式设计出零件的主要尺寸或危险剖面的尺寸,然后根据结构和工艺等方面的要求,设计出具体的结构形状。齿轮、轴的强度计算等属于设计计算。

(2) 经验设计

根据现有机械在使用中总结出的经验数据或公式进行的设计。或者根据设计者本人的经验采用类比法所进行的设计称为经验设计。对于一些次要的零件,如受力较小的螺钉,一些理论上不够成熟或者虽有理论但没有必要进行复杂的理论设计的零部件,如机架、箱体等,通常采用经验设计的方法。对于通过经验设计的零部件来说,一般不进行理论性的校核计算。

经验设计的特点是简便、可靠,避免了繁琐的计算过程,在工程实际中,这是一种使用有效的设计方法。但是,有时由于缺乏相似类型的机械可供类比,导致这种设计方法受到一定的限制。

(3)模型实验设计

把初步设计的零部件或机器制成小模型或小尺寸样机。通过实验的手段对其各个方面的特性进行检验,再根据实验结果修改初步设计的模型或样机,从而获得尽可能完善的设计结果,这种设计称为模型实验设计。

对于一些尺寸较大、结构复杂而又十分重要的零部件,例如新型重型设备、飞机的机身、新型船舶的船体等,由于难以进行可靠的理论设计,可采用模型实验设计的设计方法。

2. 现代设计方法

现代设计方法是科学方法论应用于设计领域而形成的设计方法。近年来的现代机械设计方法已经得到了迅速发展,形成了许多相对比较成熟的分支学科,如优化设计方法、可靠性设计方法、有限元分析方法、计算机辅助设计、绿色设计以及模块化设计方法等。在一些机械产品的实际设计中,这些方法得到了不同程度的应用,取得了相应的效益。但是,这些方法在工程实践中还没有被普遍采用,一些新的设计思想和方法更有待于探索发展。

1.1.4 机械设计的一般程序

一部新机器,从提出设计任务到形成定型产品,通常需要经过以下几个阶段:

1. 明确设计任务

在工作环境、经济性以及寿命等各方面,根据实际需要确定机器应具有的功能范围和指标,提出全面的设计要求和设计条件,并形成设计任务书。同时对提出的设计任务进行可行性分析。

2. 方案设计

首先进行机器功能分析,分析清楚应该实现哪些主要功能;之后,进行设计方案分析,根据所预期的功能,确定机器的工作原理及技术要求。通常会对不同的设计方案从经济、技术方面进行评价,选出其中最好的作为最终的设计方案。

本阶段是决定整个设计成败与否的关键。在这一阶段,设计工作中的创新性体现得最为充分。

3. 技术设计

通过总体规划设计,确定机器的各主要组成部分以及各部分的总体布置方案,产生机器的总装配图。之后,进行零、部件设计,产生各主要部件的装配图和零件的工作图。同时,对关键零件进行必要的计算,形成计算说明书。

4. 试制评价,定型投产

按技术设计产生的图样试制出样机并进行试验后,根据试验结果对样机进行全面的评价,以决定设计方案是否可用或是否需要修改。必要时修改设计后,重新进行试验,直至达到预期目标为止。

设计过程是一个逐步优化的过程,通过综合的反复实践过程,经过多次修改设计方案和设计参数后,才能获得比较好的设计结果。

1.2 机械零件的主要失效形式和计算准则

1.2.1 机械零件的失效形式

机械零件常见的失效形式有过大变形、整体断裂、破坏正常工作条件而引起的失效、表面失效等。

1. 过大变形

零件工作过程中受外力载荷作用必然发生弹性变形,如果零件的应力超过材料的屈服极限,则零件将产生残余塑性变形而失效。虽然有时候零件还没有发生塑性变形,但是较大的弹性变形也可能导致零件或机器不能正常工作而失效。例如,高速回转轴受径向载荷产生较大弹性变形,从而因挠曲量过大而发生偏心振动导致失效。

2. 整体断裂

断裂分为脆性断裂、韧性断裂和疲劳断裂。脆性断裂和韧性断裂分别发生在脆性材料和韧性材料上,它们是零件在载荷作用下,其危险截面的应力超过零件的强度极限而导致的断裂;而当零件在长期变应力作用下发生断裂时,称为疲劳断裂,零件所受载荷不同,对应零件疲劳应力极限则不同,如齿轮轮齿根部的折断、螺栓的断裂等。

3. 破坏正常工作条件而引起的失效

有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作,例如液体摩擦的滑动轴承,只有存在完整的润滑油膜时才能正常工作;带传动只有在传递的有效圆周力小于临界摩擦力时才能正常工作;高速转动的零件,只有在转速与转动件系统的固有频率避开一个适当的间隔时才能正常工作,否则,可能会发生轴承卡死、带传动打滑、传动噪声和共振等失效形式。

4. 表面失效

磨损、腐蚀和接触疲劳等都会导致零件表面失效。

零件在工作时会发生哪一种失效,这与零件的工作环境、载荷性质等很多因素有关。有统计结果表明,一般机械零件的失效主要是由于疲劳、磨损、腐蚀等因素引起的。

1.2.2 机械零件的设计准则

为了使设计零件能在预定的时间内和规定工作条件下正常工作,设计机械零件时应满足下述基本设计准则。

1. 强度准则

零件在外载荷作用下所产生的最大应力 σ 不超过零件的许用应力 $[\sigma]$ 。这是机械零件工作能力最基本的计算准则,反映了机械零件抵抗断裂、塑性变形、耐冲击等某些表面失效的能力。强度准则可表示为

$$\sigma \leq [\sigma]$$

式中, σ 为工作应力; $[\sigma]$ 为许用应力,而许用应力 = 材料极限应力 / 安全系数,即

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{s}$$

式中, s 为零件的许用安全系数。

为了提高机械零件的强度,设计时可采用下列措施:①用强度高的材料;②使零件具有足够的截面尺寸;③合理设计机械零件的截面形状,以增大截面的惯性矩;④采用各种热处理和化学处理方法来提高材料的机械强度特性。

2. 刚度准则

刚度是零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。若零件刚度不够,将产生过大的挠度或转角而影响机器正常工作。为了使零件具有足够的刚度,设计时必须满足下面的设计准则:

$$y \leq [y]$$

$$\theta \leq [\theta]$$

$$\varphi \leq [\varphi]$$

式中, y 、 θ 、 φ 分别为零件工作时的挠度、偏转角和扭转角; $[y]$ 、 $[\theta]$ 、 $[\varphi]$ 分别为零件工作时的许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

3. 耐磨性准则

耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。例如,齿轮的轮齿表面磨损量超过一定限度后,轮齿齿形有较大的改变,使齿轮转速不均匀,产生噪声和动载,严重时因齿根厚度变薄而导致轮齿折断。因此在磨损严重的条件下,以限制与磨损有关的参数作为磨损计算的准则。

4. 耐热性准则

机器运转时,有关机械零件的摩擦面间相互摩擦发热使机器温度上升。由于温度升高可能引起金属材料性能降低,润滑失效,配合间隙变化,产生热应力等。常用的方法是限制零件或部件的温升,使其不超过允许值,温升由热平衡计算求得。

5. 振动稳定性准则

在设计时保证机器中受激振作用的各零件的固有频率与激振源的频率错开,以避免产生

共振。该准则可以表示为

$$|f_p - f| \geq 0.15f$$

式中, f 为零件的固有频率, f_p 为激振源的频率。

6. 可靠性原则

可靠性表示系统、机器或零件等在规定时间内能稳定工作的程度或性质, 常用可靠度 R 来表示。

如有一大批某种被试零件, 共有 N_T 件, 在一定条件下进行试验, 在预定时间 t 内, 有 N_f 个零件失效, 剩下个零件 N_s 仍能继续工作, 则

$$\text{可靠度 } R = \frac{N_s}{N_T} = \frac{N_T - N_f}{N_T} = 1 - \frac{N_f}{N_T}$$

1.3 机械零件常用材料和选用原则

1.3.1 机械零件常用的材料

机械零件常用的材料有钢、铸铁、有色金属和非金属等。常用的材料牌号、性能及热处理知识可查阅机械设计手册。

选择材料和热处理方法是机械设计的一个重大问题。不同材料制造的零件, 不但机械性能不同, 而且加工工艺和结构形状也有很大差别。如铸造大齿轮与锻造大齿轮的结构形状就有很大的不同。图 1-1 为铸造杆件和钢板焊接杠杆的不同形状。

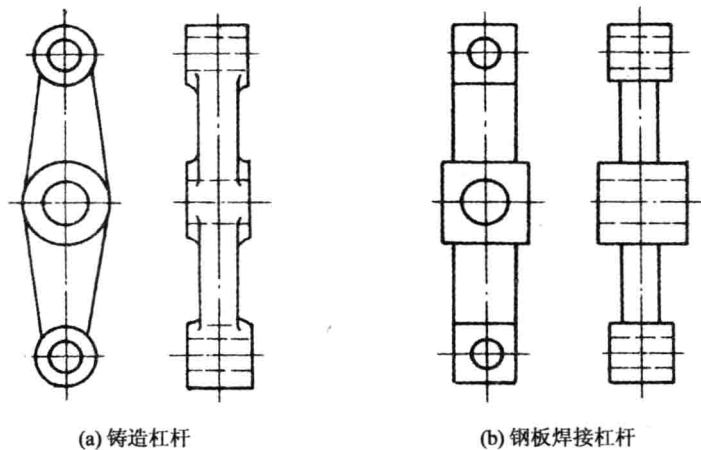


图 1-1 不同加工方法的零件形状

1.3.2 机械零件的工作和使用条件

机械零件使用要求一般包括零件的工作和受载情况, 对零件尺寸和重量的限制, 零件的重要程度等。

零件的受力情况主要包括载荷大小和应力种类,工作状况为零件所处的环境。若零件尺寸取决于刚度,则应选用弹性模量较大的材料;若零件尺寸取决于强度,且尺寸和重量又有所限制时,则应选用强度较高的材料;若零件的接触应力较高,则应选用可进行表面强化处理的材料;在高温下工作的零件应选用耐热材料;在滑动摩擦下工作的零件,应选用减摩性能好的材料;在腐蚀介质中工作的零件应选用耐腐蚀材料等。

机器的用途和使用条件不同,对零件性能的要求也不同。例如,仪器支架、底座及主要构件多采用铸铁及钢。各种精密计量仪器和小型量具一般在计量室或车间生产现场使用,为了保证仪器本身的测量精度,必须使零件具有足够的刚度,以保证在测量中不产生变形。而一些军用光学仪器、航空航天仪器以及携带式仪器,则应考虑在保证性能的前提下减轻重量,故仪器的壳体、支座一般多采用铝合金。对温度变化范围较大的仪器,如航空航天仪器、大地测量仪器,为了避免运动部件的配合性质发生显著变化,应采用线膨胀系数相近的材料。

对承受载荷较大或虽然载荷不大,但尺寸较小而应力值较大的零件,应选用强度高的材料。对于要求精度高、经常处于相对运动状态的精密导轨、轴系等部件,应考虑选用刚度好、硬度高且耐磨的材料,如铬锰轴承钢、滚动轴承钢。对精密小型摩擦支承,可考虑选用红宝石做轴承,合金钢做轴颈或轴。

1.3.3 机械设计材料的选用原则

选择材料应考虑的主要问题有使用要求、制造工艺要求和经济要求。设计者必须了解材料的性质才能正确地选择材料。

1. 使用要求

①物理性能方面的要求。密度(要求机器减轻重量时)、线膨胀系数(要求尺寸稳定时)、热传导系数(要求散热性能时)等。

②力学性能方面的要求。包括强度(静强度、疲劳强度)、塑性(用延伸率 δ 或断面收缩率 φ 表示)、冲击韧性、硬度(常用布氏硬度 HBS、洛氏硬度 HRC 或维氏硬度 HV 表示)、弹性模量、阻尼或吸振性能等。

③化学性质方面的要求。抗腐蚀性等。

2. 工艺要求

零件形状和尺寸对工艺和材料也有一定要求。形状复杂、尺寸较大的零件难以锻造,如果采用铸造或焊接,则其材料必须具有良好的锻造性能或焊接性能,这些性能即指铸造的液态流动性,产生缩孔或偏析的可能性,材料的焊接性和产生裂纹的倾向性等。选用铸造还是焊接,应按批量大小而定。大批量生产的零件应考虑所选材料的可加工性。

选择材料还必须考虑热处理工艺性能,如淬硬性、淬透性、变形开裂倾向性、回火脆性等,以满足所需力学性能的要求。

3. 经济要求

材料的经济性主要应从以下六个方面进行考虑。

①材料的相对价格。在能够满足使用要求和工艺要求的前提下,应采用价格相对低的材料。

②材料的加工费用。要考虑不同材料的加工批量和加工费用,包括毛坯制造、机械加工及热处理等。

③材料的供应及储运情况。材料的货源供应要充足,储运成本不能太高。

④局部品质增强。采用局部品质增强原则,可以满足零件的不同部位对材料的不同要求。例如,蜗轮的齿圈采用青铜,而轮心采用铸铁等。

⑤材料的替代。在满足使用要求的前提下,尽量采用廉价的材料来代替价格相对昂贵的稀有材料。

⑥材料的利用率。提高材料的利用率也可降低成本。例如,采用无切削或少切削的材料及工艺,可提高材料的利用率。

总之,在选用材料时,必须从实际情况出发,全面考虑材料的使用性能、工艺性能和经济性等方面的因素,以保证产品取得最佳的技术经济效益。