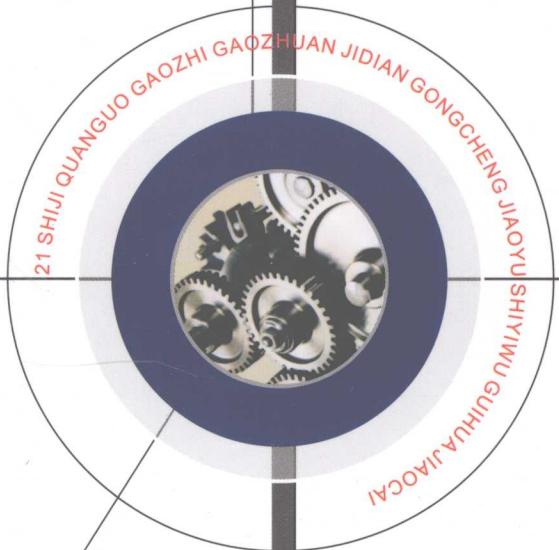




21世纪全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材



机电工程系列

机械设计基础

主编 朱凯 夏祥春 李浩

西北工业大学出版社

21 世纪全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材

机械设计基础

主 编 朱 凯 夏祥春 李 浩
副主编 王亚辉



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

【内容简介】 本书是根据机械类、机电类相关专业“机械设计基础”课程教学基本要求,并结合近几年专业课程改革和发展的实际情况编写的。主要内容有机械设计基础概论、平面机构、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动与螺旋传动、轮系、机件的连接、轴、轴承、联轴器与离合器等。

本书可作为高职高专机械类、机电类及其相关专业“机械设计基础”课程的教材,也可作为相关专业知识爱好者的自学用书及有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/朱凯,夏祥春,李浩主编. —西安:西北工业大学出版社,2009.3

21世纪全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5612-2536-3

I. 机… II. ①朱…②夏…③李… 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(2009)第037076号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号

邮 编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:17.375

字 数:421千字

版 次:2009年5月第1版

2009年5月第1次印刷

定 价:28.00元

前 言

本书是以教育部制定的高职高专教育机械基础课程教学基本要求为依据,全面总结和广泛吸纳了高职院校同类课程教学实践经验编写而成的。主要作为高职高专或高等技术学校机械专业、机电专业及相关专业技术基础课程教材,也可供其他各级各类院校或社会职业教育培训使用。

本课程是一门技术基础课,它综合运用了工程力学、金属工艺学、机械制图、公差配合等课程知识,解决常用机构及通用零部件的分析设计问题。较之以往的同类课程更接近工程实际,但也有别于专业课程,它主要是研究各类机械所具有的共性问题,在机电类专业课程体系中占有重要位置。

本课程在内容安排方面注重机械分析,注重对现有机械或机械传动系统及其零部件的定性分析,注重与机械设计有关的工程应用知识,淡化设计性内容。本书选用了丰富的工程案例,图文并茂,简明实用。在考虑使用最新国家标准的同时,也考虑到目前我国生产一线的现状,突出了现场问题的分析能力,强调通用机械装置的设计、测绘、装配、调试、运行和维护技能,注重学生动手能力和创新能力的培养。

本书共分 15 章,参加本书各章的编写人员分别为郑州轻工业学院李浩(第十一章,第十二章,第十三章,第十四章,第十五章),商丘职业技术学院朱凯(第三章,第四章,第五章),永城职业学院夏祥春(第二章,第七章,第八章,第九章,第十章),濮阳职业技术学院王亚辉(第一章,第六章)。本书由朱凯、夏祥春、李浩任主编,王亚辉任副主编共同审定。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,欢迎专家、学者、读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 3 月

目 录

第一章 机械设计基础概论	1
第一节 机械及其组成	1
第二节 机械设计的基本要求和一般程序	3
第三节 金属材料的性能	7
第四节 机械零件的常用材料	9
第五节 机械零件的力学基础	12
第六节 摩擦、磨损及润滑	28
第七节 本课程的研究内容、性质及任务	37
习题	37
第二章 平面机构	41
第一节 运动副	41
第二节 平面机构运动简图的绘制	43
第三节 平面机构的自由度	47
习题	51
第三章 平面连杆机构	56
第一节 四杆机构的基本形式	56
第二节 平面四杆机构的演化	58
第三节 平面四杆机构的基本特性	61
第四节 图解法设计平面四杆机构	64
习题	68
第四章 凸轮机构	70
第一节 凸轮机构的应用与分类	70
第二节 常用的从动件运动规律	72
第三节 用图解法设计盘形凸轮轮廓曲线	75
第四节 解析法设计凸轮轮廓	79
第五节 凸轮机构基本尺寸的确定	81

习题	83
第五章 间歇运动机构	85
第一节 棘轮机构	85
第二节 槽轮机构	87
第三节 其他间歇运动机构简介	87
习题	89
第六章 带传动和链传动	90
第一节 带传动主要特点、类型和应用	90
第二节 普通 V 形带和 V 形带轮	92
第三节 带传动的基本理论	95
第四节 V 形带传动设计	99
第五节 带传动的安装、张紧及维护	111
第六节 链传动的特点、类型及应用	112
第七节 传动链的结构特点	113
第八节 链传动的运动特性	118
第九节 滚子链传动的设计计算	121
第十节 链传动的使用和维护	126
习题	128
第七章 齿轮传动	129
第一节 齿轮传动的特点、分类和齿廓啮合的基本定律	129
第二节 渐开线齿廓	131
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的基本参数及几何尺寸	132
第四节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	135
第五节 渐开线齿廓的加工	137
第六节 齿轮传动的失效形式及设计准则	139
第七节 齿轮材料及选择原则	140
第八节 渐开线直齿圆柱齿轮传动的计算	143
第九节 变位齿轮传动	145
第十节 斜齿圆柱齿轮传动	147
第十一节 直齿圆锥齿轮传动	150
第十二节 齿轮的结构设计及齿轮传动的润滑	154
习题	160
第八章 蜗杆传动	163
第一节 蜗杆传动的特点和类型	163

第二节	蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	164
第三节	蜗杆传动设计基础	167
第四节	蜗杆传动的计算	169
第五节	螺旋传动简介	173
习题	.....	174
第九章	轮系	176
第一节	轮系及其分类	176
第二节	定轴轮系的传动比计算	178
第三节	周转轮系的传动比计算	179
第四节	混合轮系	181
第五节	轮系的应用	182
习题	.....	184
第十章	机件的连接	187
第一节	螺纹	187
第二节	螺纹连接的基本类型	188
第三节	螺纹连接的强度计算和结构设计	195
第四节	轴毂连接	198
习题	.....	200
第十一章	轴	203
第一节	轴的分类及材料的选择	203
第二节	轴的结构设计	205
第三节	轴的强度计算	209
第四节	轴的设计步骤	211
习题	.....	212
第十二章	轴承	213
第一节	轴承的功用与类型	213
第二节	滚动轴承的组成、类型和代号	213
第三节	滚动轴承类型的选择	218
第四节	滚动轴承的寿命计算和静载荷能力计算	219
第五节	滚动轴承的组合设计	223
第六节	滑动轴承简介	225
第七节	滚动轴承与滑动轴承的比较	228
习题	.....	229

第十三章 联轴器与离合器	231
第一节 概述	231
第二节 联轴器	231
第三节 离合器	236
习题	239
第十四章 其他零、部件	241
第一节 弹簧	241
第二节 机座和箱体设计	258
习题	260
第十五章 计算机辅助设计技术简介	261
第一节 概述	261
第二节 常用 CAD 软件简介	264
习题	269
参考文献	270

第一章 机械设计基础概论

第一节 机械及其组成

通常把机器和机构统称为机械。机械是人类在长期的生产实践中产生的。机械工具的使用可以减轻劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率等,例如汽车、机床等。机械已经成为人类改造自然,促进社会进步的主要工具。机械工业的生产水平是一个国家现代化建设水平的主要标志之一,在现代化建设中起着主导作用。

一、机器和机构

1. 机器

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能力、物流和信息。汽车、机床、自行车、通风机、打印机、机器人等都是机器。机械的种类繁多,形式各不相同,但却有一些共同的特征,就其组成而言,一部完整的机械主要有以下四个部分(见图 1-1):

(1)动力部分。它是机械的动力来源,其作用是把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动并做功,如电动机、内燃机。

(2)执行部分。它是直接完成机械预定功能的部分,如机床的主轴和刀架、起重机的吊钩等。

(3)传动部分。它是将动力部分的运动和动力传递给执行部分的中间环节,它可以改变运动速度,转换运动形式,以满足工作部分的各种要求。例如,减速器将高速转动变为低速转动,螺旋机构将旋转运动转换成直线运动。

(4)控制部分。它是用来控制机械的其他部分,使操作者能随时实现或停止各项功能,如机器的开停、运动速度和方向的改变等,这一部分通常包括机械和电子控制系统。

机械的组成不是一成不变的,有些简单机械不一定完整地具有上述四个部分,有的甚至只有动力部分和执行部分,如水泵、砂轮机,而对于较复杂的机械,除具有上述四个部分,还有润滑、照明装置等。

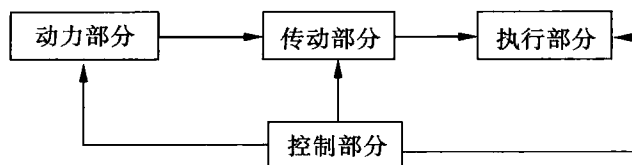


图 1-1 机械的组成

2. 机构

机构是用来传递运动和力的、有一个构件为机架的、用运动副连接起来的构件系统。如图 1-2 所示为单缸四冲程内燃机,它是由齿轮 1 和 2、凸轮 3、排气阀 4、进气阀 5、汽缸体 6、活塞 7、连杆 8、曲轴 9 组成。当燃气推动活塞 7 作直线往复运动时,经连杆使曲轴 9 作连续转动。凸轮 3 和顶杆是用来开启和关闭进气阀和排气阀的。在曲轴和凸轮轴之间两个齿轮的齿数比为 1:2,使其曲轴转两周时,进排气阀各启闭一次,这样就把活塞的往复运动转变为曲轴的转动,将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。这一机构包含了汽缸、活塞、连杆、曲轴组成的曲柄滑块机构,凸轮、顶杆、机架组成凸轮机构,齿轮和机架组成的齿轮机构。

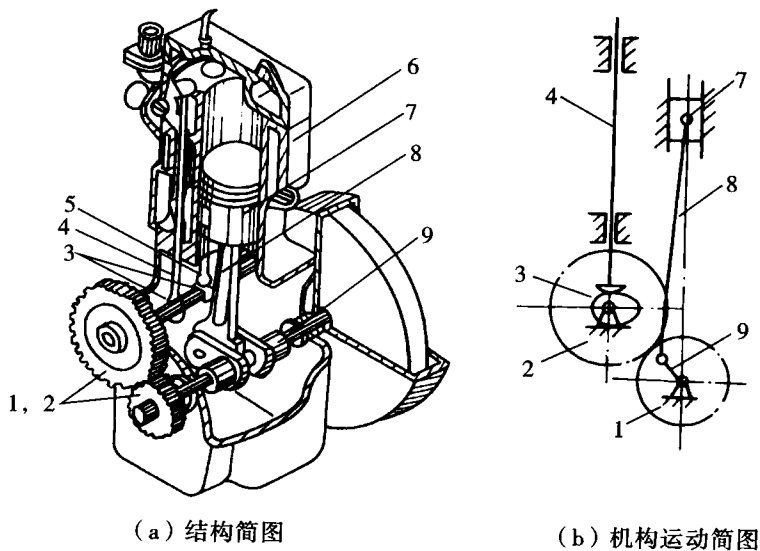


图 1-2 单缸四冲程内燃机

1,2—齿轮; 3—凸轮; 4—排气阀; 5—进气阀; 6—汽缸体; 7—活塞; 8—连杆; 9—曲轴

二、构件和零件

1. 构件

从运动学的角度看,机器是由若干个运动的单元所组成,这些运动单元称为构件。构件可以是单一的整体(如活塞),也可以是多个零件组成的刚性结构。如图 1-2 中的曲轴 9 和齿轮 1 作为一个整体作转动,它们构成一个构件,但在加工时是两个不同的零件。

2. 零件

零件是组成构件的基本单元。零件可以分为两类,一类是通用零件,在各种机器中普遍使用,如螺母、齿轮、键等;另外一类是专用零件,在少数机器中使用,如内燃机的曲轴,汽轮机中的叶片等。

第二节 机械设计的基本要求和一般程序

设计是机械产品研制的第一步,设计水平的高低直接关系到产品的质量、性能和经济效益。机械设计就是从使用要求出发,对机械的工作原理、结构、运动形式、力和能量的传递方式,机械结构中各零件的材料、尺寸和形状,以及对机械的使用维护等问题进行构思、分析和决策的创造性过程。本课程主要讨论常用机械传动装置和通用零部件的设计。

一、机械零件的主要失效形式和设计准则

机械零件不能正常工作或达不到设计要求时,称该零件为失效。零件失效与破坏是两个概念,失效并不一定意味着破坏,如塑性材料制造的零件,工作时虽未断裂,但由于其过度变形而影响其他零件的正常工作就是失效;齿轮由于齿面发生点蚀丧失了工作精度;带传动由于摩擦力不足而发生打滑等都是失效。

机械零件的常见失效形式有断裂或过大的塑性变形,过大的弹性变形,工作表面失效(如磨损、疲劳点蚀、表面压溃、胶合等),发生强烈的振动以及破坏正常工作条件引起的失效(如连接松动、摩擦表面打滑等)。

同一种零件可能有多种失效形式,究竟什么是主要的失效形式,取决于零件的材料、受载情况、结构特点和工作条件。例如,对于轴,它可能发生疲劳断裂,也可能发生过大的弹性变形,也可能发生共振等。对于一般载荷稳定的转轴,疲劳断裂是其主要的失效形式。对于精密主轴,过量的弹性变形是其主要的失效形式。对于高速转动的轴,发生共振,失去稳定性是其主要的失效形式。

机械零件虽然有多种可能的失效形式,但归纳起来主要是强度、刚度、耐磨性和振动稳定性等方面的问题。设计机械零件时,保证零件在规定期限内不产生失效所依据的原则,称为设计计算准则。主要有强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则,其中强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为保证零件工作时有足够的强度,设计计算时应使其危险截面或工作表面的工作应力不超过零件的许用应力,即

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

$$\tau \leq [\tau]$$

二、机械设计应满足的基本要求

机械的性能和质量在很大程度上取决于设计的质量,而机械的制造过程实质上就是要实现设计所规定的性能和质量。机械设计是作为机械产品开发研制的一个重要环节,不仅决定着产品的性能好坏,而且还决定着产品质量的高低。设计和选用机械零件时,必须满足从机械整体出发对其提出的基本要求。

1. 功能性要求

机器应具有预定的使用功能,设计的机械零件应在规定条件下,规定的寿命期限内,有效地实现预期的全部功能。

(1) 满足运动性能要求。必须正确选择机器的工作原理,合理地设计机构组合,使机器有适宜的运动速度、平稳性、起动性、制动性和运动规律。

(2) 满足动力性能要求。要正确分析各机构和零件上的扭矩和作用力,正确决定机器所需的功率,以确保机器有克服阻力完成预定任务的功能。

(3) 满足可靠性要求。机器应该能够在预定的寿命期间内可靠地工作,各零部件应具有足够的强度和刚度。

2. 经济性要求

机器的经济性体现在设计、制造、使用的全过程中,在设计或选用工作机构、传动机构和原动机实现机器的工作原理时,就必须考虑制造成本、工作效率、能源消耗、工作可靠性及操作与维护费用等方面问题。

3. 工艺性要求

设计机械零件时,不仅应使其满足使用要求,即具备所要求的工作能力,同时还应当满足生产要求,使所设计的零件具有良好的工艺性。工艺性是指在一定的生产条件下,采用合理的结构,便于制造、装配和维护,尽可能采用标准零部件。

4. 劳动保护和环境保护要求

机器的操作必须方便和安全可靠。机器的操作手柄或按钮的数量,放置的位置,操作时的力量和操作方式等都要符合人们的生理与习惯要求,例如,汽车方向盘向左打则汽车向左拐弯。在可能出现安全问题的部位,设置完善的安全防护装置、报警装置和警告装置。设计的机器应符合国家与政府的各种环境保护法规及条例的要求,从设计上就采取措施降低机器的工作噪声,防止有毒、有害介质的渗漏,控制废水、废气和废液的排放。

5. 可靠性要求

随着机器组成的复杂化,可靠性问题就渐渐地显露出来了。机器的可靠性是通过可靠度来衡量的,机器的可靠度是指在规定的使用条件和使用寿命内,机器能够正常工作的概率。机器的可靠性与机器的设计、制造、操作、维护、造价等有关。设计对机器的可靠性起着十分重要的作用。

6. 其他方面的要求

设计零件时还要考虑某些专门的要求,比如,航空器的零件在保证强度的前提下要轻,压路机械的零件要重,医疗器械、食品机械的零件要保证卫生,对防爆、防腐等要求都应重视。还有其他类似知识产权方面的要求,所设计的产品是否侵犯了别人的技术专利权,对产品误操作可能产生的危险是否给予了明确的提示,设计资料和产品说明书是否可能引发诉讼的法律文件等诸如此类应特别注意。

不言而喻,机器各项要求的满足,是以组成机器的机械零件的正确设计和制造为前提的,亦即机械零件设计的好坏,将对机器的使用性能的优劣起着决定性的作用。

三、机械零件设计的一般步骤

机械设计没有一成不变的固定程序,常因具体条件不同而异,但一般设计步骤如下:

(1) 根据零件在机械中的地位和作用,选择零件的类型和结构。

(2)分析零件的载荷性质,拟定零件的计算简图,计算作用在零件上的载荷。

(3)根据零件的工作条件及对零件的特殊要求,选择适当的材料。

(4)分析零件可能出现的失效形式,决定计算准则和许用应力。

(5)确定零件的主要几何尺寸,综合考虑零件的材料、受力以及加工装配工艺和经济性等因素,参照有关标准、技术规范以及经验公式,确定全部结构尺寸。

(6)绘制零件工作图,确定公差和技术要求,写出计算说明书。

广义地讲,在机器的制造过程中,随时都有可能由于工艺原因而修改设计的情况。如须修改设计时,则应遵循一定的审批程序。机器出厂后,应该有计划地进行跟踪调查;用户在使用过程中也会给设计或制造部门反馈出现的问题。设计部门根据这些信息,经过分析,也可对原设计进行修改,甚至改型。这些内容本书不再具体讨论。

四、机械零件设计的标准化、通用化及系列化

标准件是指按规定标准生产的零件。

标准化、通用化、系列化简称“三化”。

标准化指有不少零件,由于应用范围广、用量大,已经高度标准化形成标准件。

通用化指在不同规格的同类产品或不同类产品中采用同一结构和尺寸的零部件。

系列化指有很多零件适用范围极为广泛,但在具体设计时随着工作条件的不同,在材料、尺寸、结构等方面的选择也各不相同,这种情况则可对其某些基本参数规定标准的系列化数列。

“三化”的意义:

1. 提高设计效率,缩短产品的生产周期,把更多的时间与精力用于创造性的工作。
2. 保证质量,降低成本。把同类零件的型号与尺寸限定在合理的数量范围内,可以采用先进的工艺对标准零件进行专业化、大批量集中制造,从而保证质量,降低成本。
3. 有利于提高零件的可靠性。
4. 具有互换性,便于制造、安装和维修。

五、设计机器的一般过程和主要内容

一部机器的质量基本上决定于设计质量。制造过程对机器质量所起的作用,本质上就在于实现设计时所规定的设计质量。因此,机器的设计阶段是决定机器质量好坏的关键。

设计过程是一个创造性的工作过程,同时也是一个尽可能地利用已有的成功经验的工作过程。要很好地把继承与创新结合起来,才能设计出高质量的机器。而作为一部完整的机器,它是一个复杂的系统,要提高设计质量,必须有一个科学的设计程序与方法。

机器设计虽然不能列出一个在任何情况下都有效的唯一程序,但是,根据人们设计机器的长期经验,一部机器的典型设计程序一般可以分为如下几个步骤。

1. 设计任务的研究和制定

(1)任务的提出。设计任务通常是根据社会、市场分析预测或用户的实际要求来确定的。

(2)任务书的内容。详细的任务书大体上包括机器的功能、经济性及环保性的估计、制造要求方面的大致估计、基本使用要求、预期的总成本,以及完成设计任务的预期期限等。

(3)拟定计划。接到任务书后,应组织有关人员就设计任务书提出的各项要求进行全面分析和调查研究,以图较深地理解任务的核心技术、经济价值、技术要求、重点难点、须攻关的方向、完成任务的主要途径和关键的技术实验等。

2. 方案设计

本阶段对设计的成败起关键的作用。在这一阶段中也充分表现出设计工作有多个方案的特点。设计工作中的创新性在这一阶段表现得最为充分。

根据设计任务书的要求,确定机器的工作原理和技术要求,拟定机器的总体布局、传动方案和机构简图等。在这一阶段中,往往要进行多方案比较和技术经济评价,从中选出最佳方案。

3. 总体设计

机器的总体设计是根据方案设计中得到的最佳方案进行的。本阶段的目标是产生装配草图及部件之间的连接零、部件的外形及基本尺寸。最后绘制零件的工作图、部件装配图和总装图。本阶段主要内容包括:

(1)机器的运动学设计。根据确定的结构方案,确定动力机的参数(功率、转速、线速度等),然后作机构的运动学计算,从而确定各运动构件的运动参数(转速、速度、加速度等)。

(2)机器的动力学计算。结合各部分的结构和运动参数,计算各主要零件所承载荷的大小及特性。此时求出的载荷,只是作用于零件上的公称(或名义)载荷。

(3)零、部件的工作能力计算。根据已知主要零件所受的公称载荷的大小和特性,可作零、部件的初步设计。设计所依据的工作能力准则,须参照零、部件的一般失效情况、工作特性、环境条件等合理地拟定,一般有强度、刚度、振动稳定性、寿命等准则。通过计算或类比,即可决定零、部件的基本尺寸。

(4)部件装配草图及总装配草图的设计。根据已定出的主要零、部件的基本尺寸,设计出部件装配草图及总装配草图。草图上须对所有零件的外形及尺寸进行结构化设计。在此步骤中,须要很好地协调各零件的结构及尺寸,全面地考虑所设计的零、部件的结构工艺性,使全部零件有最合理的构形。

(5)主要零件的校核。有一些零件,在上述第(3)步中由于具体的结构未定,难于进行详细的工作能力计算,所以只能作初步计算及设计。在绘出部件装配草图及总装配草图以后,所有零件的结构及尺寸均为已知,相互邻接的零件之间的关系也为已知。只有在这时,才可以较为精确地定出作用在零件上的载荷,决定影响零件工作能力的各个细节因素。只有在此条件下,才有可能并且必须对一些重要的或者外形及受力情况复杂的零件进行精确的校核计算。根据校核的结果,反复修改零件的结构及尺寸,直到满意为止。

4. 技术文档编制阶段

技术文件的种类较多,常用的有机器的设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。编制设计计算说明书时,应包括方案选择及技术设计的全部结论性的内容。编制供用户使用的机器使用的说明书时,应向用户介绍机器的性能参数范围、使用操作方法、日常保养及简单的维修方法、备用件的目录等。

其他技术文件,如检验合格单、外构件明细表、验收条件等,视需要另行编制。

整个设计过程的各个阶段是相互紧密关联的,某一阶段中发现问题和不当之处,必须返回

到前面有关阶段去修改。因此,设计过程是一个不断返回、不断修改和完善,以逐渐接近最优结果的过程。

第三节 金属材料的性能

常用的机械工程材料可以分为两大类:金属材料和非金属材料。目前,机械工程中应用最广泛的是金属材料,是我们介绍的重点。

为了正确、合理地使用金属材料,必须了解其性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中所表现的性能,主要包括力学性能、物理性能(密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性等)和化学性能(耐腐蚀性、抗氧化性等)。工艺性能是指在制造机械零件的过程中,材料适应各种冷、热加工和热处理的性能,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、冲压性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

影响金属材料使用性能的主要方面是其力学性能,金属材料使用性能的好坏,决定了它的使用范围与使用寿命。在此,主要分析金属材料使用性能中的力学性能,简单介绍金属材料的工艺性能。

一、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的特性,也称之为机械性能。包括强度、塑性、硬度、冲击韧度等。

1. 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。强度指标一般用单位面积所承受的载荷即力表示,符号为 σ ,单位为MPa。

工程中常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。屈服强度是指金属材料在外力作用下,产生屈服现象时的应力,或开始出现塑性变形时的最低应力值,用 σ_s 表示。抗拉强度是指金属材料在拉力的作用下,被拉断前所能承受的最大应力值,用 σ_b 表示。

对于大多数机械零件,工作时不允许产生塑性变形,所以屈服强度是零件强度设计的依据;对于因断裂而失效的零件,而用抗拉强度作为其强度设计的依据之一。

2. 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不断裂的能力。

工程中常用的塑性指标有延伸率和断面收缩率。延伸率指试样拉断后的伸长量与原来长度之比的百分率,用符号 δ 表示。断面收缩率指试样拉断后,断面缩小的面积与原来截面积之比,用 Ψ 表示。

伸长率和断面收缩率越大,其塑性越好;反之,塑性越差。良好的塑性是金属材料进行压力加工的必要条件,也是保证机械零件工作安全,不发生脆断的必要条件。

3. 硬度

硬度是指材料表面抵抗比它更硬的物体压入的能力。硬度的测试方法很多,生产中常用的硬度测试方法有布氏硬度测试法和洛氏硬度试验方法两种。

(1)布氏硬度试验法。布氏硬度试验法是用一直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压

头,在载荷 P 的作用下压入被测试金属表面,保持一定时间后卸载,测量金属表面形成的压痕直径 d ,以压痕的单位面积所承受的平均压力作为被测金属的布氏硬度值。其工作原理如图 1-3 所示。

布氏硬度指标有 HBS 和 HBW,前者所用压头为淬火钢球,适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料,如退火钢、正火钢、调质钢及铸铁、有色金属等;后者压头为硬质合金,适用于布氏硬度值为 450~650 的金属材料,如淬火钢等。

布氏硬度测试法,因压痕较大,故不宜测试成品件或薄片金属的硬度。

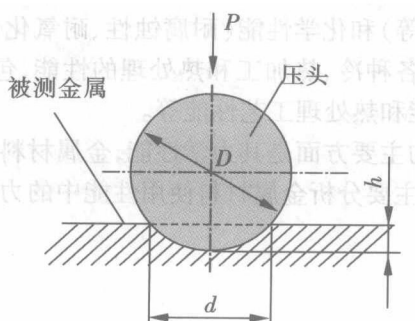


图 1-3 布氏硬度试验原理图

(2) 洛氏硬度试验法。洛氏硬度试验法是用一锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 $\phi 1.588\text{mm}$ ($1/16$ in) 的淬火钢球为压头,以一不同的载荷压入被测试金属材料表面,根据压痕深度可直接在洛氏硬度计的指示盘上读出硬度值。常用的洛氏硬度指标有 HRA, HRB 和 HRC 三种。

采用 120° 金刚石圆锥体为压头,施加压为 600N 时,用 HRA 表示。其测量硬度值范围为 60~85,适于测量合金、表面硬化钢及较薄零件。

采用直径为 $\phi 1.588\text{mm}$ 淬火钢球为压头,施加压力为 1 000N 时,用 HRC 表示,其测量硬度值范围为 25~100,适于测量有色金属、退火和正火钢及锻铁等。

采用 120° 金刚石圆锥体为压头,施加压力为 1 500N 时,用 HRC 表示,其测量硬度值范围为 20~67,适于测量淬火钢、调质钢等。

洛氏硬度测试,操作迅速、简便,且压痕小不损伤工件表面,故适于成品检验。

硬度是材料的重要力学性能指标。一般材料的硬度越高,其耐磨性越好。材料的强度越高,塑性变形抗力越大,硬度值也越高。

4. 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷的能力称为冲击韧性,用 A_k 表示,单位为 J/cm^2 。

冲击韧性常用一次摆锤冲击弯曲试验测定,即把被测材料做成标准冲击试样,用摆锤一次冲断,测出冲断试样所消耗的冲击功,然后用试样缺口处单位截面积 F 上所消耗的冲击功表示冲击韧性。

Ak 值越大,则材料的韧性就越好。 Ak 值低的材料叫做脆性材料, Ak 值高的材料叫韧性材料。很多零件,如齿轮、连杆等,工作时受到很大的冲击载荷,因此要用 Ak 值高的材料制造。铸铁的 Ak 值很低,灰口铸铁 Ak 值近于零,不能用来制造承受冲击载荷的零件。

二、金属材料的工艺性能

1. 铸造性(可铸性)

铸造性是指金属材料能用铸造的方法获得合格铸件的性能。铸造性主要包括流动性、收缩性和偏析。流动性是指液态金属充满铸模的能力;收缩性是指铸件凝固时,体积收缩的程度;偏析是指金属在冷却凝固过程中,因结晶先后差异而造成金属内部化学成分和组织的不均匀。

2. 可锻性

可锻性是指金属材料在压力加工时,能改变形状而不产生裂纹的性能。它包括在热态或冷态下能够进行锤锻、轧制、拉伸、挤压等加工。可锻性的好坏主要与金属材料的化学成分有关。

3. 焊接性(可焊性)

焊接性是指金属材料对焊接加工的适应性能。主要是指在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它包括两个方面的内容:一是结合性能,即在一定的焊接工艺条件下,一定的金属形成焊接缺陷的敏感性;二是使用性能,即在一定的焊接工艺条件下,一定的金属焊接接头对使用要求的适用性。

4. 切削加工性(可切削性,机械加工性)

切削加工性是指金属材料被刀具切削加工后而成为合格工件的难易程度。切削加工性好坏常用加工后工件的表面粗糙度、允许的切削速度以及刀具的磨损程度来衡量。它与金属材料的化学成分、力学性能、导热性及加工硬化程度等诸多因素有关。通常是用硬度和韧性作为切削加工性好坏的大致判断。一般来讲,金属材料的硬度愈高愈难切削,硬度虽不高,但韧性大,切削也较困难。

5. 热处理工艺性能

金属材料适应各种热处理工艺的性能称为热处理性能。

衡量金属材料热处理工艺性能的指标包括导热系数、淬硬性、淬透性、淬火变形、开裂趋势、表面氧化及脱碳趋势、过热及过烧的敏感趋势、晶粒长大趋势、回火淬性等。钢的热处理主要考虑其淬透性,即钢接受淬火的能力。

第四节 机械零件的常用材料

机械零件的常用材料包括金属材料和非金属材料。其牌号、特性和用途如表 1-1 所示。