



卓越系列·国家示范性高等职业院校重点建设专业教材



机 械 设 计

MECHANICAL DESIGN

主 编 金桂霞 刘艳杰



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列·国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

机械设计

Mechanical design

主 编 金桂霞 刘艳杰

副主编 孔庆玲

参 编 朱欣顺 温红真 姚瑞珊

工业学院图书馆
藏书章



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本教材根据高等职业教育的实际需求,将传统的理论力学、材料力学、机械原理、机械零件知识体系进行解构,以工作任务为导向设置课程体系。全书共分3个任务,分别为设备的常用机构设计任务、挠性件传动设计任务和减速器设计任务。任务下共设14个工作情境,分别为平面连杆机构设计,凸轮机构设计,间歇机构设计,螺旋机构设计,带传动设计,链传动设计,螺纹连接设计,齿轮传动设计,蜗杆传动设计,轴的设计,键连接及其他常用连接设计,轴承的设计与选择,联轴器、离合器和制动器选择,减速器设计。

本教材是高职院校材料专业系列教材,可作为高等职业技术学院、高等专科学校等材料类、近机类和机械类专业教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/金桂霞,刘艳杰主编. —天津:天津大学出版社,2009.1

ISBN 978-7-5618-2817-5

I. 机… II. ①金…②刘… 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 154559 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 22.5

字 数 625 千

版 次 2009 年 1 月第 1 版

印 次 2009 年 1 月第 1 次

印 数 1-3 000

定 价 33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

高等职业教育作为高等教育的一个类型,是职业教育的重要组成部分,是以培养具有一定理论知识和较强实践能力,面向基层、面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业教育。它的课程特色是在必需、够用的理论知识基础上进行系统的学习和专业技能的训练。

本教材具有以下几个特点。

(1)将各情境中所涉及的理论知识高度融合,形成以设计任务为主线的课程体系。对原有的知识体系进行大胆的解构,按照学习情境重构教学体系,将所需力学知识融入各个学习情境中,做到用什么,学什么。

(2)本课程以机械设计为目的,以工程实际中的设备、机构、零件为案例规划课程内容。

(3)各情境下设单元,每个单元后设有一定量的思考题,便于学生及时消化学习内容。每个情境后设有实训题和一定量的练习题,对学生的设计技能进行训练,并附有必要的数据、图表以供查阅。

(4)教材中采用了最新的设计标准。

参加本书编写的有:黑龙江建筑职业技术学院金桂霞(情境八)、姚瑞珊(情境九、十)、温红真(情境七、十一);黑龙江科技学院嵩山校区刘艳杰(情境一至四)、朱欣顺(总论、情境五、六);黑龙江农业经济职业学院孔庆玲(情境十二至十四)。

本教材是在全国示范性高职院校建设课程体系改革的思路下编写的,由于编者水平有限,编写中一定还存在许多不足之处,请使用本书的教师和读者给予批评指正。

编 者
2008年4月

目 录

总 论	(1)
任务一 设备的常用机构设计	
情境一 平面机构连杆机构设计	(12)
单元一 平面机构运动简图及自由度	(12)
单元二 常用设备的平面连杆机构	(20)
单元三 平面机构的受力分析	(26)
单元四 平面四杆机构设计的图解法	(43)
实训一 平面连杆机构分析	(48)
练习题一	(49)
情境二 凸轮机构设计	(55)
单元一 常用设备的凸轮机构	(55)
单元二 凸轮从动件常用的运动规律	(59)
单元三 凸轮轮廓设计的图解法	(62)
单元四 凸轮机构设计中的几个问题	(66)
单元五 凸轮常用材料和结构	(68)
实训二 图解法设计凸轮轮廓	(70)
练习题二	(71)
情境三 间歇机构设计	(73)
单元一 棘轮机构	(73)
单元二 槽轮机构	(77)
单元三 不完全齿轮机构	(79)
实训三 间歇机构	(80)
练习题三	(81)
情境四 螺旋机构设计	(82)
单元一 螺旋机构的特点及应用	(82)
单元二 螺旋机构的受力分析	(85)
单元三 螺旋机构的机械效率	(91)
实训四 螺旋机构	(92)
练习题四	(93)



任务二 挠性件传动设计

情境五 带传动设计	(94)
单元一 带传动概述	(94)
单元二 带传动的工作能力分析和运动分析	(96)
单元三 普通 V 型带和 V 型带轮的结构和标准	(99)
单元四 V 型带传动的失效形式与设计计算	(105)
单元五 V 型带传动的张紧、安装和维护	(111)
实训五 带传动的设计	(113)
练习题五	(113)
情境六 链传动设计	(114)
单元一 链传动概述	(114)
单元二 链传动的运动特性	(115)
单元三 滚子链传动	(116)
单元四 滚子链传动的设计	(120)
单元五 链传动的使用与维护	(124)
实训六 链传动的设计	(127)
练习题六	(128)

任务三 减速器设计

情境七 螺纹连接设计	(130)
单元一 常用的螺纹连接	(130)
单元二 零件的拉伸与压缩计算	(135)
单元三 零件的剪切与挤压变形计算	(144)
单元五 螺纹连接的强度计算	(148)
单元四 螺纹连接的预紧和防松	(154)
单元六 提高螺纹连接强度的措施	(157)
实训七 拆装螺纹连接	(159)
练习题七	(160)
情境八 齿轮传动设计	(163)
单元一 常用齿轮传动	(163)
单元二 渐开线齿轮的齿廓及传动比	(164)
单元三 渐开线齿轮的参数及几何尺寸	(166)
单元四 渐开线齿轮的啮合传动	(169)
单元五 渐开线齿轮的加工方法	(171)
单元六 根切现象与渐开线变位齿轮传动	(173)



单元七 零件的弯曲变形计算	(176)
单元八 齿轮传动的设计	(191)
单元九 标准直齿圆柱齿轮传动的设计计算	(196)
单元十 斜齿圆柱齿轮传动	(204)
单元十一 锥齿轮传动	(207)
单元十二 齿轮传动的润滑	(210)
实训八 齿轮设计	(211)
练习题八	(212)
情境九 蜗杆传动设计	(215)
单元一 常用蜗杆传动	(215)
单元二 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	(217)
单元三 蜗杆传动的相对滑动速度与效率	(220)
单元四 蜗杆传动的失效形式、材料和精度	(221)
单元五 蜗杆传动的强度计算	(223)
单元六 蜗杆传动的润滑和热平衡计算	(225)
单元七 蜗杆和蜗轮的结构	(227)
实训九 蜗杆传动效率的计算及测定	(230)
练习题九	(231)
情境十 轴的设计	(232)
单元一 常用轴	(232)
单元二 轴的结构设计	(234)
单元三 空间力系分析	(240)
单元四 轴的扭转变形计算	(247)
单元五 轴的组组合变形	(254)
单元六 轴的设计计算	(261)
实训十 转轴的结构设计及强度校核	(268)
练习题十	(269)
情境十一 键连接及其他常用连接设计	(273)
单元一 常用键连接	(273)
单元二 花键连接	(279)
单元三 销连接	(280)
单元四 铆接、焊接和粘接	(281)
实训十一 链连接设计	(285)
练习题十一	(286)
情境十二 轴承的设计与选择	(287)
单元一 常用轴承	(287)



单元二 滚动轴承的结构、类型和代号	(288)
单元三 滚动轴承的选择计算	(293)
单元四 滚动轴承的组合设计	(300)
单元五 滚动轴承的润滑与密封	(305)
单元六 滑动轴承	(310)
实训十二 滚动轴承的设计	(315)
练习题十二	(316)
情境十三 联轴器、离合器和制动器选择	(317)
单元一 联轴器	(317)
单元二 离合器	(321)
单元三 制动器	(324)
实训十三 联轴器的选用	(325)
练习题十三	(326)
情境十四 减速器设计	(327)
单元一 轮系	(327)
单元二 减速器类型、特点和应用	(331)
单元三 减速器的设计	(335)
实训十四 了解轮系特点	(339)
练习题十四	(340)
附录	(342)
参考文献	(351)

总 论

一、机械设计的基本概念

人类在生产和生活中创造、发明和使用着各种机器,用以减轻人类的体力劳动,提高劳动生产率,完成各种复杂的工作,提高人们的生活品质。随着社会生产力和科学技术水平的不断提高,各种机器不断得到发展和完善。

机器种类极其繁多,其构造、工作原理和用途各不相同。如图 0-1 所示的单缸内燃机,通过燃气在汽缸内的进气→压缩→爆燃→排气过程,使其燃烧的热能转变为曲轴转动的机械能。如图 0-2 所示为颚式破碎机,电动机的转动通过传动带带动偏心轴转动,进而使动颚板产生平面运动,与定颚板一起实现压碎物料的功能。

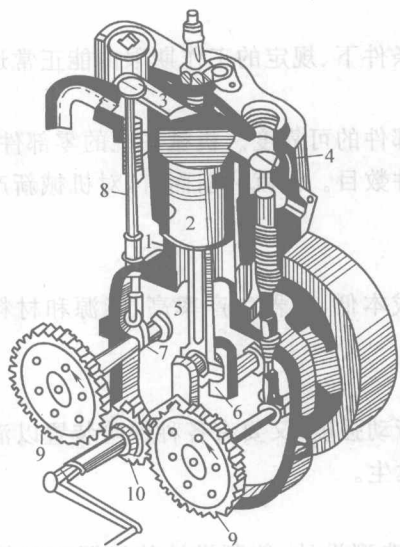


图 0-1 单缸内燃机

1—机架(汽缸体);2—曲柄;3—连杆;4—活塞;
5—进气阀;6—排气阀;7—推杆;8—凸轮;9、10—齿轮

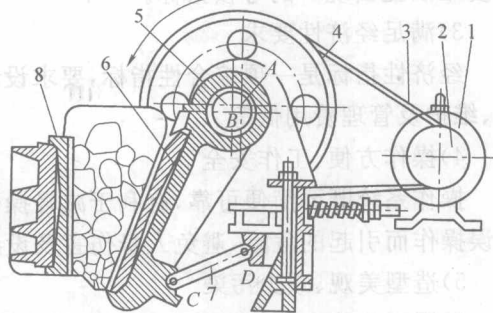


图 0-2 颚式破碎机

1—电动机;2—带轮;3—V型带;4—带轮;
5—偏心轴;6—动颚板;7—肘板;8—定颚板

通过上述 2 个例子可以看出,尽管它们的构造、工作原理和用途等不相同,但作为机器,它们又有下列 3 个共同的特征:①都是一种人为的实物组合;②各部分形成运动单元,各单元之间具有确定的相对运动;③能完成有用的机械功或实现能量的转换。同时具备这 3 个特征的称为机器,仅具备前 2 个特征的称为机构。图 0-1 所示的内燃机可视为下列 3 种机构的组合:①曲柄滑块机构,由活塞 4、连杆 3、曲柄 2 和机架 1 构成,其作用是将活塞的往复移动转换为曲柄的连续转动;②齿轮机构,由齿轮 9、10 和机架 1 构成,其作用是改变转速的大小和转动的方向;③凸轮机构,由凸轮 8、推杆 7 和机架 1 构成,其作用是将凸轮的连续转动转换为推杆的



往复移动。机构在机器中的作用是传递运动和动力,但从运动观点来看两者并无差别,工程上统称为机械。

构件是组成机构或机器的一个运动的整体。它可以是单一的零件,也可以是几个零件连接而形成的一个刚性整体。例如,齿轮用键和轴刚性地连接在一起,键、轴、齿轮之间没有相对运动,成为一个运动的整体。由此可知,构件是运动的单元,而零件是制造的单元。各种机械中经常使用的机构称为常用机构,如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇机构等。各种机构中普遍使用的零件称为通用零件,如齿轮、轴、螺钉和弹簧等;只在某一类型机械中使用的零件称为专用零件,如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。

二、机械设计的基本准则及一般步骤

1. 机械设计的基本要求

机械设计包括以下 2 种设计:①应用新技术、新方法开发创造新机械;②在原有机械的基础上重新设计或进行局部改造,从而改变或提高原有机械的性能。在机械设计中,设计质量的高低直接关系到机械新产品的性能、价格及经济效益,所以,机械产品设计应满足以下几方面的基本要求。

1) 实现预定功能

设计的机器能实现预定的功能,并在规定的工作条件下、规定的工作期限内能正常运行。

2) 满足可靠性要求

机器由许多零件及部件组成,其可靠度取决于零部件的可靠度。机械系统的零部件越多,其可靠度也就越低,因此在设计机器时应尽量减少零件数目。但就目前而言,对机械新产品可靠度难以提出统一的考核指标。

3) 满足经济性要求

经济性指标是一项综合性指标,要求设计及制造成本低、机器生产率高、能源和材料耗费少、维护及管理费用低等。

4) 操作方便、工作安全

操作系统既要简便可靠,有利于减轻操作人员的劳动强度;又要有各种保险装置以消除由于误操作而引起的危险,避免人身伤害及设备事故的发生。

5) 造型美观、减少污染

运用工业艺术造型设计方法对机械产品进行工业造型设计,使所设计的机器不仅使用性能好、尺寸小、价格低廉,而且外形美观、富有时代特点。机械产品的造型影响到产品的销售和竞争力,当前在机械设计中是一个不容忽视的环节。

尽可能地降低噪声,减轻对环境的污染。从某种意义上来说,噪声也是反映机械质量的一种综合指标。

2. 机械设计的内容与步骤

机械设计是一项复杂、细致和科学性很强的工作。随着科学技术的发展,对设计的理解在不断地深化,设计方法也在不断地发展。近年来发展起来的“优化设计”、“可靠性设计”、“有限元设计”、“模块设计”、“计算机辅助设计”等现代方法已在机械设计中得到了推广与应用。即使如此,常规设计方法仍然是工程技术人员进行机械设计的重要基础,必须很好地掌握。常规设计方法又可分为理论设计、经验设计和模型实验设计等。



机械设计的过程通常可分为以下几个阶段。

1) 产品规划

产品规划的主要工作是提出设计任务和明确设计要求,这是机械产品设计首先需要解决的问题。通常是人们根据市场需求提出设计任务,通过可行性分析后才能进行产品规划。

2) 方案设计

在满足设计任务书中具体设计要求的前提下,由设计人员构思出多种可行方案并进行分析比较,从中优选出一种满足功能要求、工作性能可靠、结构设计合理、成本低廉的方案。

3) 技术设计

在既定设计方案的基础上,完成设计产品的总体设计、部件设计、零件设计等,设计结果以工程图及计算书的形式表达出来。

4) 制造及试验

经过加工、安装及调试制造出样机,对样机进行试运行或在生产现场试用,将试验过程中发现的问题反馈给设计人员,经过修改完善,最后通过鉴定。

与设计机器时一样,设计机械零件也常需拟订出几种不同方案,经过认真比较选用其中最好的一种。设计机械零件的一般步骤如下。

(1) 根据机器的具体运转情况和简化的计算方案确定零件的载荷。根据零件工作情况的分析,判定零件的失效形式,从而确定其计算准则。

(2) 进行主要参数选择,选定材料,根据计算准则求出零件的主要尺寸,考虑热处理及结构工艺性要求等。

(3) 进行结构设计。

(4) 绘制零件工作图,制订技术要求,编写计算说明书及有关技术文件。

对于不同的零件和工作条件,以上这些设计步骤可以有所不同。此外,在设计过程中,这些步骤又是互相交错、反复进行的。

应当指出,在设计机械零件时往往是将较复杂的实际工作情况进行一定的简化,才能应用力学等理论解决机械零件的设计计算问题,因此,这种计算或多或少带有一定的条件性,成为条件性计算。机械零件设计基本上是按条件性计算进行的,如注意到公式的适用范围,一般计算结果具有一定的可靠性,并充分考虑了机械零件的安全性。为了使计算结果更符合实际情况,必要时可进行模型试验或实物试验。

3. 机械零件的失效形式及设计计算准则

机械零件丧失预定功能或预定功能指标降低到许用值以下的现象,称为机械零件的失效。由于强度不够引起的破坏是最常见的失效形式,但并不是零件失效的唯一形式。进行机械零件设计时必须根据零件的失效形式分析失效的原因,提出防止或减轻失效的措施,根据不同的失效形式提出不同的设计准则。

1) 失效形式

机械零件最常见的失效形式大致有以下几种。

(1) 断裂。机械零件的断裂通常有以下2种情况:①零件在外载荷的作用下,某一危险截面上的应力超过零件的疲劳强度极限时将发生断裂;②零件在循环变应力的作用下,危险截面上的应力超过零件的疲劳强度而发生疲劳断裂。

(2) 过量变形。当零件上的应力超过材料的屈服极限时,零件将发生塑性变形。当零件的



弹性变形量过大时也会使机器的工作不正常。

(3) 表面失效。表面失效主要有疲劳点蚀、磨损、压溃和腐蚀等形式。表面失效后通常会增加零件的摩擦,使零件尺寸发生变化,最终造成零件的报废。

(4) 破坏正常工作条件引起的失效。有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作,否则就会引起失效,如传动带因过载发生打滑,使传动不能正常工作。

2) 设计计算准则

同一零件对于不同失效形式的承载能力也各不相同。根据不同的失效原因建立起来的工作能力判定条件,称为设计计算准则,主要包括以下几种。

(1) 强度准则。强度是零件应满足的基本要求。强度是指零件在载荷作用下抵抗断裂、塑性变形及表面失效(摩擦磨损、腐蚀除外)的能力。强度可分为整体强度和表面强度(接触与挤压强度)两种。

整体强度的判定准则:零件在危险截面处的最大应力 σ 、 τ 不应超过材料的许用应力 $[\sigma]$ 、 $[\tau]$,或危险截面上的安全系数 S 不应小于许用的安全系数 $[S]$,即

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \tau \leq [\tau]$$

或

$$S \geq [S]$$

表面接触强度的判定准则:在反复的接触应力作用下,零件在接触处的接触应力 σ_H 不应超过许用的接触应力值 $[\sigma_H]$,即

$$\sigma_H \leq [\sigma_H]$$

挤压强度的判定准则:对于受挤压的表面,挤压应力不应过大,否则会发生表面塑性变形、表面压溃等。挤压应力 σ_P 不应超过许用挤压应力 $[\sigma_P]$,即

$$\sigma_P \leq [\sigma_P]$$

(2) 刚度准则。刚度是指零件受载后抵抗弹性变形的能力,其设计准则为零件在载荷作用下产生的弹性变形量不应大于机器工作性能所允许的极限值,即

$$y \leq [y] \quad \theta \leq [\theta] \quad \phi \leq [\phi]$$

(3) 耐磨性准则。耐磨性是在载荷作用下相对运动的两零件表面抵抗磨损的能力。过度磨损会使零件形状和尺寸改变,配合间隙增大,精度降低,产生冲击振动从而失效。设计时应使零件在预期的寿命内的磨损量不超过允许范围。由于磨损机理比较复杂,通常采用条件性的计算准则,即零件的压强 p 不应大于零件的许用压强 $[p]$,即

$$p \leq [p]$$

(4) 散热性准则。零件工作时温度过高将导致润滑剂失去作用,使材料的强度极限下降,引起热变形及附加热应力等,从而使零件不能正常工作。散热性准则为:根据热平衡条件,工作温度 T 不应超过许用工作温度 $[T]$,即

$$T \leq [T]$$

(5) 可靠性准则。可靠性用可靠度表示,对那些大量生产而又无法逐件试验或检测的产品,更应计算其可靠度。零件的可靠度用零件在规定的使用条件下、规定的时间内能正常工作的概率来表示,即用在规定的寿命时间内能连续工作的件数占总件数的百分比表示。如有 N_t 个零件,在预期寿命内只有 N_s 个零件能连续正常工作,则其系统的可靠度为

$$R = N_t / N_s$$



4. 机械零件设计的标准化、系列化及通用化

有不少通用零件,例如螺纹连接件、滚动轴承等,由于应用范围广、用量大,已经高度标准化而成为标准件。设计时只需根据设计手册或产品目录选择型号和尺寸,向专业商店或工厂订购。此外,有很多零件虽使用范围极为广泛,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参数规定标准的系列化数列,如齿轮的模数等。

按规定标准生产的零件称为标准件。标准化给机械制造带来的好处是:①由专门化工厂大量生产标准件,能保证质量、节约材料、降低成本;②选用标准件可以简化设计工作,缩短产品的生产周期;③选用参数标准化的零件,在机械制造过程中可以减少刀具和量具的规格;④具有互换性,从而简化机器的安装和维修。设计中选用标准件时,由于要受到标准的限制而使选用不够灵活,若选用系列化产品则从一定程度上解决了这一问题。例如,对于同一类型、同一内径的滚动轴承,按照滚动体直径的不同使其形成各种外径、宽度的滚动轴承系列,从而使轴承的选用更为方便、灵活。

通用化是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,以减少零部件的种类,简化生产管理过程,降低成本和缩短生产周期。

由于标准化、系列化、通用化具有明显的优越性,所以在机械设计中应大力推广“三化”,贯彻采用各种标准。我国现行国家标准(GB)、行业标准和专业标准等,国际上则推行国际标准组织(ISO)的标准,我国也正在逐步向 ISO 标准靠近。

三、机械零件的材料及选择

材料的选择是机械零件设计中非常重要的环节。随着工程实际对机械及零件要求的提高,以及材料科学的不断发展,材料的合理选择愈来愈成为提高零件质量、降低成本的重要手段。

1. 机械零件常用的材料

1) 金属材料

在各类工程材料中,以金属材料(尤其是钢铁)使用最广。据统计,在机械制造产品中,钢铁材料占 90% 以上。钢铁之所以被大量采用,除了力学性能(如强度、塑性、韧性等)较好外,还因价格相对便宜和容易获得,而且能满足多种性能和用途的要求。在各种钢铁材料中,由于合金钢的性能优良,因而常常用来制造重要的零件。

除钢铁以外的金属材料均称为有色金属。在有色金属中,铝、铜及其合金的应用最多。

2) 高分子材料

高分子材料通常包含 3 大类型,即塑料、橡胶及合成纤维。高分子材料有许多优点,如:原料丰富,可以从石油、天然气和煤中提取,获取时所需的能耗低;密度小,平均只有钢的 1/6;在适当的温度范围内有很好的弹性;耐腐蚀性好等。例如,有“塑料王”之称的聚四氟乙烯,有很强的耐腐蚀性,其化学稳定性也极强,在极低的温度下不会变脆,在沸水中也不会变软。因此,聚四氟乙烯在化工设备和冷冻设备中有广泛应用。

但是,高分子材料也有明显的缺点,如:容易老化,其中不少材料阻燃性差,总体上讲,耐热性不好。



3) 陶瓷材料

陶瓷材料的主要特点是硬度极高、耐磨、耐腐蚀、熔点高、刚度大以及密度比钢铁低等。陶瓷材料常被形容为“像钢一样强,像金刚石一样硬,像铝一样轻”的材料。目前,陶瓷材料已应用于密封件、滚动轴承和切削刀具等结构中。

但是陶瓷材料的主要缺点是比较脆、断裂韧度低,价格昂贵,加工工艺性差等。

4) 复合材料

复合材料是由两种或两种以上具有明显不同的物理和力学性能的材料复合制成的,不同的材料可分别作为材料的基体相和增强相。增强相起着提高基体相的强度和刚度的作用,而基体相起着使增强相定型的作用,从而获得单一材料难以达到的优良性能。

复合材料的基体相通常以树脂为主,而按增强相不同可分为纤维增强复合材料和颗粒增强复合材料。作为增强相的纤维组织物的原料主要有玻璃纤维、碳纤维、碳化硅纤维、氧化铝纤维等。作为增强相的颗粒有碳化硼、碳化硅、氧化铝等颗粒。复合材料的制备是按一定的工艺将增强相和基体相组合在一起,利用特定的模具而成型的。

复合材料的主要优点是有较高的刚度和弹性模量,而质量又特别小;但也有耐热性差、导热性和导电性能较差的缺点。此外,复合材料的价格比较昂贵,所以目前复合材料主要用于航空、航天等高科技领域,如在战斗机、直升机和人造卫星等中有不少的应用。在民用产品中,复合材料也有一些应用,如体育娱乐中的高尔夫球棒、网球拍、赛艇、划船桨等。

2. 机械零件材料的选择原则

从各种各样的材料中选择出适用的材料,是一项受多方面因素制约的工作。在以后的有关单元中,将分别介绍各种零件适用的材料和牌号。由于钢铁仍是机械设计中应用最多和最广的材料,所以下面就金属材料(主要是钢铁)的一般选用原则作简单介绍。

1) 载荷、应力的性质和大小

这方面的因素主要是从强度观点来考虑的,应在充分了解材料的力学性能的前提下进行选择。脆性材料原则上只适用于制造在静载荷下工作的零件。在多少有些冲击的情况下,应以塑性材料作为主要使用的材料。

金属材料的性能一般可通过热处理加以改善和提高,因此,要充分利用热处理的手段发挥材料的潜力。对于最常用的调质钢,由于其回火温度的不同,可得到力学性能不同的毛坯。回火温度愈高,材料的硬度和强度将愈低,而塑性愈好。所以在选择材料的品种时,应同时规定其热处理规范,并在图纸上注明。

2) 零件的工作情况

零件的工作情况是指零件所处的环境特点、工作温度、摩擦磨损的程度等。

在湿热环境下工作的零件,其材料应有良好的防锈和耐腐蚀的能力,例如选用不锈钢、铝合金等。

关于工作温度对材料选择的影响,一方面要考虑互相配合的两个零件的材料的线膨胀系数不能相差过大,以免在温度变化时产生过大的热应力,或者使配合松动;另一方面也要考虑材料的力学性能随温度而改变的情况。

零件在工作时有可能发生磨损之处,要提高其表面硬度,以增强耐磨性。因此,应选择适于进行表面处理的淬硬钢、渗碳钢、氮化钢等品种。



3) 零件的尺寸及质量

零件的尺寸及质量的大小与材料的品种及毛坯的制取方法有关。用铸造材料制造毛坯时,一般不受尺寸及质量大小的限制;而用锻造材料制造毛坯时,则须注意锻压机械及设备的生产能力。此外,零件尺寸及质量大小还和材料的强重比有关,应尽可能选用强重比大的材料,以便减小零件的尺寸和质量。

4) 零件结构的复杂程度及材料的加工可能性

结构复杂的零件宜选用铸造毛坯,或用板材冲压出元件后再经焊接而成。结构简单的零件可用锻造法制取毛坯。

对材料工艺性的了解,在判断加工可能性方面起着重要的作用。铸造材料的工艺性是指材料的液态流动性、收缩率、偏析程度及产生缩孔的倾向性等。锻造材料的工艺性是指材料的延展性、热脆性及冷态和热态下塑性变形的能力等。焊接材料的工艺性是指材料的焊接性及焊缝产生裂纹的倾向性等。材料的热处理工艺性是指材料的可淬性、淬火变形倾向性及热处理介质对它的渗透能力等。冷加工工艺是指材料的硬度、易切削性、冷作硬化程度及切削后可能达到的表面粗糙度等。

5) 材料的经济性

材料的经济性主要表现在以下几个方面。

(1) 材料本身的相对价格。当用价格低廉的材料能满足使用要求时,就不应选择价格高的材料。这对于大批量制造的零件尤为重要。

(2) 材料的加工费用。例如制造某些箱体类零件,虽然铸铁比钢板价廉,但在批量小时,选用钢板焊接反较有利,因其可以省掉铸模的生产费用。

(3) 材料的利用率。例如采用无切削或少切削毛坯(如精铸、模锻、冷拉毛坯等),可以提高材料的利用率。此外,在结构设计时也应设法提高材料的利用率。

(4) 采用组合结构。例如火车车轮是在一般材料的轮芯外部热套上一个硬度高、耐磨损的轮箍,这种选材的方法常叫做局部品质原则。

(5) 节约稀有材料。例如用铝青铜代替锡青铜制造轴瓦,用锰硼系合金钢代替铬镍系合金钢等。

(6) 材料的供应状况。选材时还应考虑到当时当地材料的供应状况。为了简化供应和贮存的材料品种,对于小批制造的零件,应尽可能地减少同一机器上使用的材料品种和规格。

四、摩擦、磨损机理及润滑

1. 摩擦与磨损机理

各类机器在工作时,其各个零件相对运动的接触部分都存在着摩擦,摩擦是机器运转过程中不可避免的物理现象。摩擦不仅消耗能量,而且使零件发生磨损,甚至导致零件失效。据统计,世界上 $1/3 \sim 1/2$ 的能源消耗在摩擦上,而各种零件因磨损失效的也占全部失效零件的一半以上。磨损是摩擦的结果,润滑则是减少摩擦和磨损的有力措施,这三者是相互联系、不可分割的。

1) 摩擦及其分类

在外力作用下,一个物体相对另一个物体运动趋势时,两物体接触面间产生的阻碍物体运动的切向阻力称为摩擦力。这种在两个物体接触区产生阻碍运动并消耗能量的现象,称为



摩擦。摩擦会造成能量损耗和零件磨损,在一般情况下是有害的,因此应尽量减少摩擦。但在有些情况下却要利用摩擦工作,如摩擦型传动带、摩擦制动器等。

根据摩擦副表面间的润滑状态将摩擦状态分为干摩擦、液体摩擦(润滑)、边界摩擦(润滑)和混合摩擦(润滑)4种,如图0-3所示。

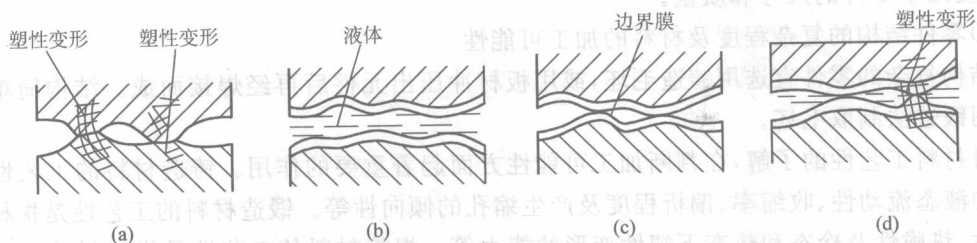


图0-3 摩擦副的表面润滑状态

(a)干摩擦 (b)液体摩擦 (c)边界摩擦 (d)混合摩擦

(1)干摩擦。两摩擦表面间无任何润滑剂或保护膜 of 纯净金属接触时的摩擦,称为干摩擦。在工程实际中没有真正的干摩擦,因为暴露在大气中的任何零件的表面,不仅会因氧气而形成氧化膜,而且或多或少也会被润滑油所湿润或受到“污染”,这时,其摩擦系数将显著降低。在机械设计中,通常把不出现显著润滑的摩擦,当作干摩擦处理。

(2)边界摩擦。两个摩擦表面各附有一层极薄的边界膜(油膜厚度小于 $1\text{ }\mu\text{m}$),两表面仍是凸峰接触的摩擦状态称为边界摩擦。与干摩擦相比,摩擦状态有很大改善,其摩擦和磨损程度取决于边界膜的性质、材料表面机械性能和表面形貌。

(3)液体摩擦。两个摩擦表面完全被油膜(油膜厚度一般为 $1.5\sim 2\text{ }\mu\text{m}$)隔开、表面凸峰不直接接触的摩擦称为液体摩擦。此种润滑状态亦称液体润滑。摩擦是在液体内部的分子之间进行,故摩擦系数极小。

(4)混合摩擦。两个摩擦表面间同时存在干摩擦、边界摩擦和液体摩擦的状态称为混合摩擦。

2) 磨损及其过程

运动副之间的摩擦将导致零件表面材料的逐渐损失,这种现象称为磨损。单位时间内材料的磨损量称为磨损率。磨损量可以用体积、质量或厚度来衡量。

机械零件严重磨损后,将降低机器的工作效率和可靠性,使机器提早报废。因此,预先考虑如何避免或减轻磨损,是设计、使用、维护机器的一项重要内容。但另一方面,磨损也并非全都是有害的,工程上常利用磨损的原理来减小零件表面的粗糙度,如磨削、研磨、抛光、跑合等。

在机械的正常运转中,磨损过程大致可分为以下3个阶段,如图0-4所示。

(1)跑合(磨合)磨损阶段。由于机械加工的表面存在一定的不平度,运转初期,摩擦副的实际接触面积较小,单位面积上的实际载荷较大,因此磨损速度较快。经跑合后尖峰高度降低,峰顶半径增大,实际接触面积增加,磨损速度降低。

(2)稳定磨损阶段。机件以平稳缓慢的速度磨损,这个阶段的长短就代表机件使用寿命的长短。

(3)剧烈磨损阶段。经稳定磨损阶段后,机件精度降低,间隙增大,从而产生冲击、振动和噪声,使磨损加剧、温度升高,短时间内使零件迅速报废。



3) 磨损分类

按破坏的机理,磨损主要有4种基本类型,即黏着磨损、接触疲劳磨损、磨粒磨损和腐蚀磨损

(1)黏着磨损。当摩擦表面的不平度凸峰在相互作用的各点产生结点后,再相对滑移时,材料从运动副的一个表面转移到另一个表面,便形成了黏着磨损。滑动轴承中的“抱轴”和高速重载齿轮的“胶合”现象均是严重的黏着磨损。

(2)接触疲劳磨损。受变应力的摩擦副,在其表面上形成疲劳点蚀,使小块金属剥落,这种现象称为疲劳磨损。接触疲劳磨损常发生在滚动轴承、齿轮、凸轮等零件上。

(3)磨粒磨损。从外部进入摩擦面间的游离硬质颗粒或摩擦表面上的硬质凸峰,在摩擦过程中引起材料脱落的现象称为磨粒磨损。

(4)腐蚀磨损。在摩擦过程中,摩擦表面与周围介质发生化学反应或电化学反应的磨损称为腐蚀磨损。腐蚀可在没有摩擦的条件下形成,而相对运动消除了化学反应的生成物,接着表面又受到腐蚀,如此不断反复。

实际上,大多数的磨损都以复合形式出现,即以上几种磨损相伴存在。微动磨损就是一种典型的复合磨损。微动磨损发生在相对静止的摩擦副上,但须在环境振动影响下,使结合面间沿表面方向有微幅振摆,才能产生。

2. 润滑

在摩擦副间加入润滑剂,以降低摩擦、减轻磨损,这种措施称为润滑。润滑的主要作用是降低摩擦、减轻磨损,同时润滑剂还能起减振、防锈等作用,液体润滑剂还能带走摩擦热、污物等。

1) 润滑剂的性能与选择

常用的润滑剂除了润滑油和润滑脂外,还有固体润滑剂(如石墨、二硫化钼等)、气体润滑剂(如空气、氢气、水蒸气等)。

(1)润滑油。润滑油是目前使用最多的润滑剂,主要有矿物油、动植物油、合成油3大类,其中应用最广泛的为矿物油。润滑油最重要的一项物理性能指标为黏度,它是选择润滑油的主要依据。黏度的大小表示了流体流动时其内摩擦阻力的大小,黏度愈大,内摩擦阻力就愈大,流体的流动性就愈差。

黏度可用动力黏度、运动黏度、条件黏度(恩氏黏度)等表示。我国的石油产品常用运动黏度来标定。

①动力黏度。对于 1 m^3 的液体,如果其上下表面发生相对速度为 1 m/s 的相对运动时所需要的切向力为 1 N ,则称该液体的黏度为 $1\text{ Pa}\cdot\text{s}(=1\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2)$ 。

②运动黏度。液体的动力黏度与液体在相同温度下密度的比值称为该液体的运动黏度,即

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

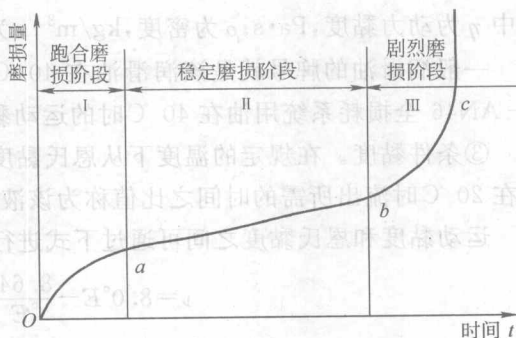


图 0-4 零件的磨损过程