

GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE JIAOCAI
高职高专机械系列教材

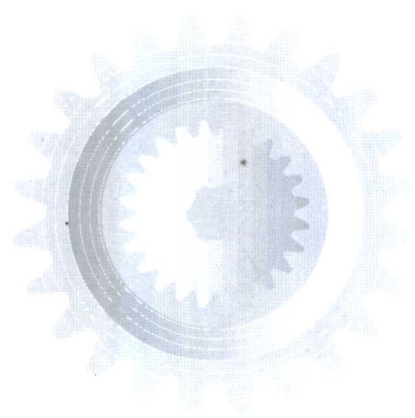
JIXIE

机械设计基础

Jixie Sheji Jichu

◎主 编 张群生 韩 莉

◎副主编 李光智 张东生 孙学强



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是为适应我国迅猛发展的高等职业教育的改革而编写的。全书共分16章,主要内容包括绪论、平面机构的运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、联接与螺旋传动、带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴、轴承、联轴器和离合器、弹簧、机械装置的润滑与密封、创新思维与创新方法简介等内容。各章配有适量的例题和习题,并附有必要的数据和资料可供查阅。书中内容紧扣职业教育的特点,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。

本书可作为高职高专、成人教育等学校的机械、机电及近机类专业的机械设计基础课教材,也可供其他有关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/张群生主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.9

(高职高专机械类系列教材)

ISBN 7-5624-2449-7

I. 机... II. 张... 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(2004)第 063439 号

机械设计基础

主 编 张群生 韩 莉

副主编 李光智 张东生 孙学强

责任编辑:谭 敏 版式设计:谭 敏

责任校对:蓝安梅 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人 张曙盛

社址 重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编 400030

电话 (023) 65102378 65105781

传真 (023) 65103686 65105565

网址 <http://www.cqup.com.cn>

邮箱 fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

*全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:468千

2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2449-7/TH·114 定价:25.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

近年来,高等职业教育迅速发展,为我国的职业教育事业带来了蓬勃生机。鉴于高职教育急需具有高职特色的教材的实际情况,根据科学技术、社会、经济的发展对人才的需求以及高职高专的办学特色,结合参编学校多年来教学改革的实践,我们编写了这本《机械设计基础》,该教材与现行同类教材相比较,有如下特点:

1)适应面宽 考虑到目前高职有高中后(三年制、二年制)、中职后(三年制、二年制)和初中后(五年制)等多种生源形式,起点不一,本书特别在第1章绪论中,将本课程必要的基础知识(金属材料热处理常识等)进行了概括介绍,供教师选用。

2)内容简明 按照“以应用为目的,以必需够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则,精选教学内容,在各部分内容的处理上抛弃了以往理论性过强、内容较深、偏重理论推导的做法,直接切入应用主题,既减小了篇幅,降低了学生的学习难度,又突出了职业教育的特点。便于学生掌握“必须”的知识群,好教好学。

3)实用性强 本书着重基本知识的理论应用与实践,列举的工程实例较多。收编了较多与机械设计有关的图表、标准以及实用图例,以便查找使用。使用了国家最新的标准。各章均附有复习题,便于学生思考和练习,从而加深了对课程内容的理解。

4)重组体系 该书对传统学科型教材中各章、节进行了分离与综合,把相似、相关的内容并在一起,章节既独立又紧密联系,便于教学中取舍。

5)内容新颖 本书为拓宽知识面和增加学科新内容,特别增加了“创新思维与创新方法”一章,突出学习本课程时注重创新思维的重要性。

6)教材选用了国家最新的标准、规范,采用新题例,增加了新内容,力图体现教材的新颖性。

本书由张群生、韩莉主编,李光智、张东生、孙学强副主编。参加编写的有:太原大学韩莉(第2章、第11章、第16章),重庆工业高等专科学校李光智(第3章、第13章)、羊健(第7章),陕西理工学院张东生(第4章、第14章),昆明大学孙学强(第9章、第10章)、南宁职业技术学院林琳(第12章、第15章),广西机电职业技术学院唐汉坤(第8章)、张群生(第1章、第5章、第6章)。

在全书的编写过程中,有关兄弟院校的领导和老师给予了大力支持,谨在此向他们表示感谢。

本书主要作为高职高专及成人高校机械类专业的机械设计基础课教材,还可供工厂技术管理人员参阅。

本书力图为教材改革做一些努力,但限于编者的水平和经验,书中难免存在不足之处,欢迎专家、学者、同行及广大读者批评指正。

编 者
2004 月 1 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机器的组成	1
1.2 机械设计概述	3
1.3 本课程的性质、任务、内容	5
1.4 机械零件常用材料和钢热处理常识	6
思考题与习题	10
第2章 平面机构的运动简图及自由度	11
2.1 平面机构概述	11
2.2 平面机构的运动简图	13
2.3 平面机构的自由度	15
2.4 小结	21
思考题与习题	21
第3章 平面连杆机构	24
3.1 平面四杆机构的基本型式	24
3.2 平面四杆机构类型的判别方法及特性	31
3.3 平面四杆机构的运动设计	35
思考题与习题	39
第4章 凸轮机构	41
4.1 概述	41
4.2 从动件常用运动规律	44
4.3 图解法设计凸轮轮廓	49
4.4 凸轮机构设计中应注意的几个问题	53
思考题与习题	56
第5章 间歇运动机构	58
5.1 棘轮机构	58
5.2 槽轮机构	62
5.3 不完全齿轮机构	64
5.4 凸轮式间歇运动机构	64
思考题与习题	65

第6章 联接与螺旋传动	67
6.1 螺纹与螺旋传动	67
6.2 螺纹联接	72
6.3 键和花键联接	81
6.4 销联接	86
6.5 其他常用联接	87
思考题与习题	90
第7章 带传动和链传动	93
7.1 带传动的类型、特点和应用	93
7.2 V带的结构和带轮	94
7.3 带传动的工作情况分析	98
7.4 带传动的设计	102
7.5 带传动的安装、张紧及维护	108
7.6 其他带传动	110
7.7 链传动的类型、特点及应用	113
7.8 链传动的工作情况分析	118
7.9 滚子链传动的设计	121
7.10 链传动的使用与维护	127
思考题与习题	129
第8章 齿轮传动	130
8.1 齿轮传动概述	130
8.2 渐开线直齿圆柱齿轮	131
8.3 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	135
8.4 渐开线斜齿圆柱齿轮传动	136
8.5 渐开线齿轮的切齿原理及检测	140
8.6 齿轮传动的失效形式与设计准则	147
8.7 齿轮常用材料及热处理	149
8.8 渐开线齿轮传动的设计计算	151
8.9 圆柱齿轮传动参数的选择和设计步骤	159
8.10 齿轮的结构	164
思考题与习题	165
第9章 蜗杆传动	168
9.1 蜗杆传动的类型、特点及应用	168
9.2 蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	171
9.3 蜗杆传动的主要失效形式、材料和结构	175
9.4 蜗杆传动的强度计算及受力分析	176

9.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	180
9.6 蜗杆和蜗轮的结构	182
思考题与习题	185
第10章 轮系	187
10.1 轮系的分类	187
10.2 定轴轮系的传动比计算	188
10.3 周转轮系的传动比计算	190
10.4 混合轮系传动比的计算	192
10.5 轮系的功用	195
10.6 其他类型的行星轮系传动简介	198
思考题与习题	201
第11章 轴	204
11.1 概述	204
11.2 轴的结构设计	208
11.3 轴的强度计算	211
11.4 轴的零件工作图绘制	214
11.5 小结	219
思考题与习题	219
第12章 轴承	221
12.1 概述	221
12.2 滑动轴承的结构	221
12.3 滚动轴承的结构、类型、代号及选择	230
12.4 滚动轴承的组合设计	241
12.5 滚动轴承与滑动轴承的比较	246
思考题与习题	246
第13章 联轴器和离合器	249
13.1 联轴器	249
13.2 离合器	258
思考题与习题	263
第14章 弹簧	265
14.1 弹簧的功用及类型	265
14.2 弹簧的材料及制造	269
思考题与习题	271
第15章 机械装置的润滑与密封	272
15.1 常用润滑剂及选择	272
15.2 常用润滑方式及装置	275
15.3 常用传动装置的润滑	277

15.4 机械装置的密封	281
思考题与习题	283
第16章 创新思维和创新技法简介	284
16.1 创新思维	284
16.2 创新技法简介	285
思考题与习题	291
主要参考文献	292

第 1 章

绪 论

1.1 机器的组成

在日常生活和生产实践中,人们广泛地使用着各种机器,例如自行车、缝纫机、洗衣机、汽车、机床、电动机、起重机等,机器的作用是实现能量转换或完成有用的机械功,用来减轻或代替人的劳动。

图 1.1 所示为单缸四冲程内燃机,它由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、顶杆 5、凸轮 6、连杆 7、曲轴 8、齿轮 9 和齿轮 10 组成。当燃气推动活塞 2 做往复移动时,通过连杆 7 使曲轴 8 做连续转动,从而将燃气的压力能转换为曲轴的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律控制阀门的启闭,以吸入燃气和排出废气。

从研究机器的工作原理和分析运动特点的角度出发,机器是若干机构的组合。图 1.1 所示的内燃机中,活塞 2、连杆 7、曲轴 8 和气缸体 1 组成一个曲柄滑块机构,将活塞的往复移动变为曲轴的连续转动。凸轮 6、顶杆 5、气缸体 1 组成凸轮机构,将凸轮的连续转动转换为顶杆有规律的往复移动。凸轮轴上的齿轮 9、曲轴上的齿轮 10、气缸体 1 组成齿轮机构,保证两轴具有一定的转速比,使进气阀 3、排气阀 4 和活塞 2 之间协调动作。可见,内燃机主要由曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构 3 个机构组合而成。一台机器常包含几个机构,至少也有一个机构。

由上述分析可知,机器的作用是传递运动和力,实现运动形式或速度的变化。机器具有如下共同的特点:

- 1) 它们都是由各制造单元(通常称零件)经装配而成的组合体。
- 2) 组合体中各运动单元之间都具有确定的相对运动。组成机构的各个相对运动的单元称为构件。构件可以是单一的零件,如内燃机中的曲轴;也可以是由几个零件装配而成的运动单元,如图 1.2 所示的连杆,由连杆体 1、连杆盖 5、螺栓 2 以及螺母 3 等几个零件组成。
- 3) 组合体能变换或传递能量、物料和信息。例如,电动机、内燃机用来变换能量;起重运输机用来传送物料;计算机用来变换信息等。

凡具备上述 1)、2) 两个特征的称为机构。仅从结构和运动方面来看,机器和机构两者之

间并无区别,习惯上常将机器和机构统称为机械。从功能角度分析,任何一种机器都主要由原动部分、工作部分和传动部分等组成。原动部分是机器工作的动力源,最常用的原动机有电动机、内燃机等。工作部分是直接完成机器预定功能的部分,传动部分是机器中将原动机的运动和动力传递给工作部分的中间部分,常由凸轮机构、齿轮机构、带传动等组成。

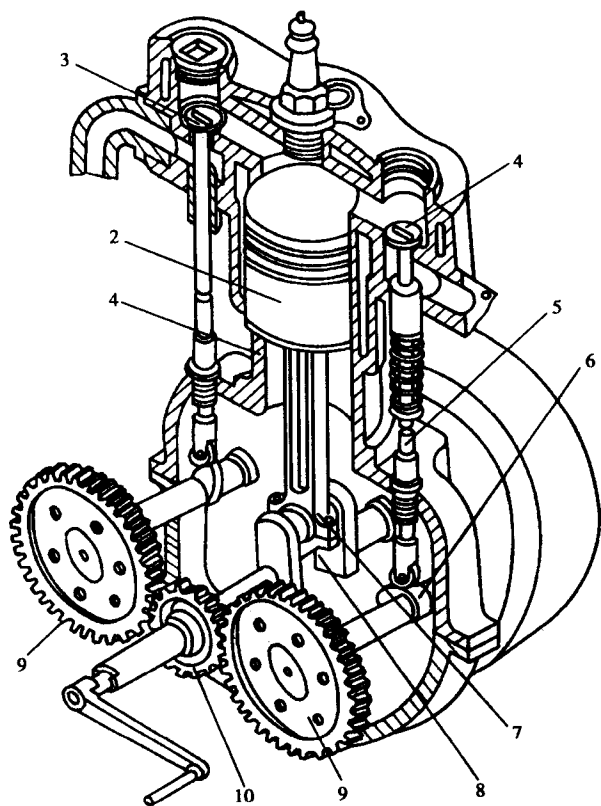


图 1.1 单缸四冲程内燃机

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

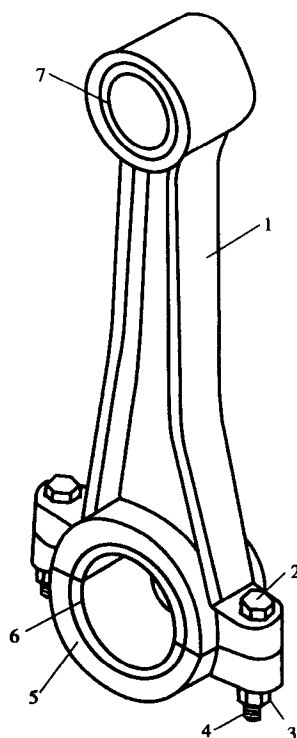


图 1.2 内燃机连杆

1—连杆体 2—螺栓 3—螺母
4—开口销 5—连杆盖
6—轴瓦套 7—轴套

各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如齿轮、轴、螺钉和弹簧等。只在某种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、起重机中的吊钩等。

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、齿轮机构和间歇运动机构等。为完成某种功能而装配在一起的一组零件的装配体称为部件,它是机器装配的单元,如联轴器、滚动轴承等。

1.2 机械设计概述

1.2.1 机械设计的基本要求和一般程序

机械设计是指从社会需要出发,创造性地设计出具有特定功能的新机械或改进原有机械性能的全过程。

设计机械时应满足的基本要求是:在规定的使用期限内保证预期功能的前提下,力求性能好、效率高、成本低、安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。此外,设计某些机械时还应考虑各自的特殊要求。例如,食品、纺织、制药等机械有防止污染的要求;航天、航空机械有重量轻的要求;大型或经常流动使用的机械有便于运输、安装、拆卸的要求等。

设计机械并无固定的程序,其设计过程通常分成3个阶段:

1) 计划阶段 根据社会生产或生活的需要提出要设计的新机械,并对其需求情况和环境、经济、加工以及期限等方面的限制条件做充分的调查研究和分析,明确机械应具备的功能,制定出设计任务书。

2) 方案设计阶段 此阶段是设计成败的关键环节。首先要对机械预期功能进行分析,确定机械实现其功能应采用的工作原理,其结果可能有多种方案。这就需要对各种方案从技术、经济等方面进行综合评价,确定最优方案。

3) 技术设计阶段 此阶段将实现功能的方案具体化、结构化。首先应进行总体结构设计,绘制整机装配草图及部件装配草图。通过草图,确定出各零部件的结构形状、基本尺寸及材料。此时,应对机械的运动和动力参数进行计算,并对主要零部件工作能力进行计算。最后给出专用零件的工作图、部件装配图和整机装配图,编写技术文件,包括设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。

上述3个阶段,往往需要反复交替进行,不断修改、完善。即使在机械制成后,尚需结合制造和使用中出现的问题,进一步修改,使设计更趋完善。

1.2.2 机械零件设计的计算准则和一般步骤

(1) 机械零件设计的计算准则

机械零件丧失规定的功能,称为失效。当零件失效时,将导致整部机器不能正常工作。常见的失效形式有断裂、过大的弹性变形或塑性变形、摩擦表面的过度磨损、打滑或过热、联接松动、运动精度达不到要求等。

机械零件在不发生失效的条件下,在预定使用期限内,零件所能工作的限度,称为零件的工作能力。衡量零件工作能力的指标,称为零件的工作能力准则。主要准则有强度、刚度、耐磨性、振动稳定性等。它们是确定零件基本尺寸的主要依据,故称为计算准则。

1) 强度准则 强度是零件抵抗破裂及塑性变形的能力。它分为体积强度和接触强度。零件在载荷作用下,若产生的应力在较大的体积内,则零件的强度称为体积强度,简称强度;若两零件由点、线接触变为小范围表面接触,且接触表面产生很大的局部应力,这时零件的强度称为接触强度。强度不足会影响机器正常工作或导致严重事故。满足强度准则,就是保证零

件在使用期限内既不会在交变应力作用下发生整体或表面的疲劳破坏,也不会因偶尔过载而断裂或产生超过允许的塑性变形。

2) 刚度准则 刚度是零件抵抗弹性变形的能力。如果刚度不足,导致失去正常的几何形状和相互之间的正确位置,会影响机器的正常工作。满足刚度准则,就是保证零件工作时弹性变形量不超过允许值。

3) 耐磨性准则 耐磨性是零件在工作中抵抗各种磨损的能力。零件过度磨损会使其尺寸与形状改变,配合间隙增大,削弱强度,降低机器的精度和效率。满足耐磨性准则,就是保证零件的磨损量不超过允许值。

4) 振动稳定性准则 当零件的固有频率和周期性外力的变化频率相等或接近时,就会发生共振。共振将影响机器正常工作,甚至造成破坏性事故。振动稳定性是零件不发生共振的性能。满足振动稳定性准则,就是使零件的固有频率与周期性外力的变化频率错开,以免发生共振。

除上述的计算准则外,对于某些在特殊条件下工作的机械或具有自身特点的机械,还应满足相应的准则。

综上所述,对于不同的失效形式,应有不同的计算准则。对于不同类型的零件,应根据实际承载情况和工作条件出发,分析其主要失效形式,再确定其计算准则,进行设计计算,不必同时进行上述所有计算,必要时再按其他准则进行校核。

(2) 机械零件设计的一般步骤

零件的设计与机器整体的设计不可分割,没有固定不变的顺序,一般步骤为:

- 1) 根据零件的使用要求,选择零件的类型及结构形式。
- 2) 根据零件的工作情况,确定作用在零件上的载荷,并分析零件中的应力状态和性质。
- 3) 根据零件的使用、工艺和经济等要求选择其材料及热处理方法。
- 4) 分析零件的主要失效形式,根据其计算准则,确定零件的主要尺寸。
- 5) 根据零件的作用和制造、装配工艺等要求,设计零件的结构及其尺寸。
- 6) 分析零件在机器中的作用,恰当地给出零件的尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度数值。
- 7) 绘制零件工作图,标注必要的技术条件。

1.2.3 机械设计的新发展

近30年来,科学技术的飞速发展,新技术、新工艺、新材料的不断涌现,使机械设计学科不断得到新的发展,设计方法更为科学、完善,计算精度更为准确,计算速度更快。主要体现在以下几方面:

1) 传统的机械设计往往从宏观方面研究问题,有关基础理论研究的深化,使得机械设计发生了巨大的变化,现正向微观方面发展。

2) 传统的机械设计偏重于零部件的静态设计,现正从静态设计走向动态设计,向以多种零件的综合或整机系统为对象的动态设计发展。动态设计更接近高速机器的实际工况,符合失效类型。

3) 机械设计从依赖于经验和实物类比,走向科学、理性、系统分析和创新;从单机走向系统;从单一目标走向多目标;从寻求较佳方案到走向最优化。在机械设计中,已广泛采用一系

列现代设计方法,如优化设计、可靠性设计、系统设计、动态设计、模块化设计、造型设计、人机学设计、计算机辅助设计、价值工程、有限元方法等,使产品设计更科学、更完善、更具有市场竞争力。

4)机械产品从单纯机械走向机电一体化,向着高效能、自动化、综合化和智能化等方向发展。机电一体化已成为当今机械产品发展的方向,其产品结构简单、技术先进、工作精度高、调整维修方便、更新换代快。

5)机械设计正步入计算机辅助设计(CAD)时代,计算机辅助设计能完成设计计算、工程制图、建立数据库和程序库等复杂工作,使优化设计方法、有限元方法等得到更好的应用;能有效地把设计人员的经验、构思、创造性与计算机高速而准确的运算功能结合起来,大大地提高了设计质量,缩短了设计周期。CAD还可与计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助管理结合起来,形成计算机集成制造系统(CIMS)。

1.3 本课程的性质、任务、内容

1.3.1 本课程的性质和任务

在工业生产中,机械工程科学是最基本的技术科学之一,其中,机械设计学科又是机械工程科学的基础。随着科学技术的进步和生产水平的提高,要求工程技术人员能够应用机械知识去解决机电设备中的使用、维护、管理问题,并具有简单机械的设计能力。因此,“机械设计基础”课程是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课。通过本课程的学习,应达到如下的基本要求:

- 1)掌握常用机构的结构、工作原理、运动特性、特点与应用。
- 2)掌握典型机械传动和通用零部件的工作原理、特点、结构、标准及选用、设计计算方法、公差设计与误差检测以及使用与维护的基本知识。
- 3)具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

1.3.2 本课程的内容

本课程是一门职业技术基础课。主要介绍常用机构的组成、工作原理、运动特性、设计的基本方法,以及通用零部件的工作原理、特点、选用、设计的方法,其中包括零件外形和尺寸的确定、标准件的选用、材料的选择、零件公差及表面粗糙度值的确定,以及零部件使用与维护的一般知识。在各种机械设计中,从庞然大物般的万吨水压机到袖珍机械式手表,从航天器中的高精度仪表到精度要求较低的简单机器,它们所用的同类机构和零件,虽然尺寸大小、具体结构形状、工作条件等有很大差异,但其工作原理、运动特点、设计计算的基本方法是类同的。

1.3.3 本课程的学习方法

本课程需要应用一些先修课程的知识,如数学、机械制图、机械制造基础、工程材料及工程力学等,涉及的知识面较广,且偏重于应用。本课程是一门实践性很强的课程,学习本课程应注意以下几点:

- 1)理论联系实际,对日常所遇到的机器要结合所学理论进行观察分析。
- 2)对于设计计算的公式与数据,应理解其中各量的物理意义、取值范围、应用条件以及它们之间的相互关系。
- 3)了解组成机器的各零件之间相互联系、相互制约的关系,从机器整体出发,体会本课程内容的系统性和规律性。
- 4)本课程名词术语多、公式多、系数多、图形多、表格多、标准多等。这就要求学生改变学习方法,不能死记硬背,要多观察、多思考、多分析、多比较,掌握处理问题的方法,注重理解和应用。
- 5)在机械零件设计中,计算很重要,但一个零件的设计计算结果并不是惟一正确的答案,很多尺寸要由结构设计确定。学生必须逐步树立理论计算、结构设计和制造工艺等综合考虑的思路,解决设计问题。
- 6)充分重视结构方面的设计,要多观察现有零部件的实物或图样,进行分析比较,提高和丰富结构设计方面的知识,为从事生产第一线的技术工作打下坚实基础。

1.4 机械零件常用材料和钢热处理常识

1.4.1 机械零件常用材料

机械零件常用材料有碳素结构钢、合金钢、铸铁、有色金属、非金属及各种复合材料。其中,碳素结构钢和铸铁应用最广,常用材料的分类和应用举例见表 1.1。

表 1.1 机械零件常用材料的分类和应用举例

材 料 分 类			应用举例或说明
钢	碳素钢	低碳钢	铆钉、螺钉、连杆、渗碳零件等
		中碳钢	齿轮、轴、蜗杆、丝杠、联接件等
		高碳钢	弹簧、工具、模具等
	合金钢	低合金钢	较重要的钢结构件、渗碳零件、压力容器等
		中合金钢	飞机构件、热锻锻模具、冲头等
		高合金钢	航空航天的重要构件、液体火箭壳体、核动力装置、弹簧等
铸钢	一般铸钢	普通碳素铸钢	机座、箱壳、阀体、曲轴、大齿轮、棘轮等
		低合金铸钢	容器、水轮机叶片、水压机工作缸、齿轮、曲轴等
	特殊用途铸钢		用于耐蚀、耐热、无磁、电工零件、水轮机叶片、模具等

续表

材 料 分 类			应用举例或说明
铸铁	灰铸铁 (HT)	低牌号 (HT100、150)	对力学性能无一定要求的零件,如盖、底座、手轮、机床床身等
		高牌号 (HT200—400)	承受中等静载的零件,如机身、底座、泵壳、齿轮、联轴器、飞轮、带轮等
	可锻铸铁 (KT)或球 墨铁(QT)	铁素体型	承受低、中、高动载荷和静载荷的零件,如汽车、拖拉机的轮壳、减速器壳、扳手、支座、弯头等
		珠光体型	要求强度和耐磨性较高的零件,如曲轴、凸轮轴、齿轮、活塞环、轴套、犁刀等
	特殊用铸铁		用于耐热、耐蚀、耐磨等场合
铜合金	铸造铜合金	铸铁黄铜	用于轴瓦、衬套、阀体、船舶零件、耐蚀零件、管接头等
		铸铁青铜	用于轴瓦、蜗轮、丝杠螺母、叶轮、管配件等
	变形铜合金	黄铜	用于管、销、铆钉、螺母、垫圈、小弹簧电气零件、耐蚀零件、减摩零件等
		青铜	用于弹簧、轴瓦、蜗轮、螺母、耐磨零件等
轴承合金	锡基轴承合金		用于轴承衬,其摩擦因数低、减摩性、抗烧蚀性、磨合性、耐蚀性、韧度、导热性均良好
	铅基轴承合金		强度、韧度和耐蚀性稍差,但价格较低
塑料	热塑性塑料(如聚乙烯)、 热固性塑料(如酚醛塑料)		用于一般结构零件,减摩、耐磨零件,传动件,耐腐蚀件,绝缘件,密封件,透明件等
橡胶	通用橡胶 特种橡胶		用于密封件,减振、防振件,传动带,运输带和软管,绝缘材料,轮胎,胶辊,化工衬里等

1.4.2 材料的选择原则

合理选择材料是机械设计中的重要环节。选择材料及其强化方法时,必须满足使用性能、工艺性能和经济性3个方面的要求。

1) 满足使用性能要求 使用性能是指零件在一定使用条件下,材料应具有力学性能、物理性能以及化学性能。它对机械零件而言,最重要的是力学性能。

零件的使用条件包括受力状况(如载荷类型、大小、形式及特点等)、环境状况(如温度特性、环境介质等)、特殊要求(如导电性、导热性、热膨胀等)3方面。

①零件的受力状况。当零件(如螺栓、杆件等)受拉伸或剪切这类分布均匀的静应力时,应选用组织均匀的材料,按塑性和强度性能选材;载荷较大时,可选屈服点或强度极限较高的材料。

当零件(如轴类零件等)受有弯曲、扭转这类分布不均匀的静应力时,按综合力学性能选材,应保证最大应力部位有足够的强度。常选用易通过热处理等方法提高强度及表面硬度的材料(如调质钢等)。

当零件(如齿轮等)受有较大接触应力时,可选用易进行表面强化的材料,受变应力时,应选用疲劳强度较高的材料,常用能通过热处理等手段,提高疲劳强度的材料。

对刚度要求较高的零件,宜选用弹性模量大的材料,同时还应考虑结构、形状、尺寸对刚度的影响。

②零件的环境状况及特殊要求。根据零件的工作环境及特殊要求不同,除对材料的力学性能提出要求外,还应对材料的物理性能及化学性能提出要求。如当零件在滑动摩擦条件下工作时,应选用耐磨性、减摩性好的材料;在高温下工作的零件,常选用耐热好的材料,如内燃机排气阀门可选用耐热钢,气缸盖则选用导热性好、比热容大的铸造铝合金;在腐蚀介质中工作的零件,应选用耐腐蚀性好的材料。

2)具有良好的加工工艺性 将毛坯加工成零件有许多方法,主要有热加工和切削加工两大类,不同材料的加工工艺性不同。

①热加工工艺性能。热加工工艺性能主要是指铸造性能、锻造性能、焊接性能和热处理性能。表 1.2 为常用金属热加工工艺性能比较。

②切削加工性能。金属的切削加工性能一般用刀具耐用度为 60 min 时的切削速度 v_{60} 来表示,如以 $\sigma_b = 600$ MPa 的 45 钢的 v_{60} 为标准,记作 $(v_{60})_f$,其他材料的 v_{60} 与 $(v_{60})_f$ 的比值 k_v 称为相对切削加工性。 k_v 值越大,金属切削加工性能越好,常用金属材料的相对加工性 k_v 分为 8 级,列于表 1.3。

3)经济性要求 选择材料要充分考虑经济性,以降低零件的总成本。

①在满足工艺及使用要求的前提下,尽量降低零件材料的价格。

②提高材料的利用率。如用精铸、模锻、冷拉毛坯,可以减少切削加工对材料的浪费。

③零件的加工和维修等费用要尽量低。

④采用组合结构。如蜗轮的齿圈可采用减摩性好的价格贵的金属,而其他部分采用廉价的材料。

⑤材料的合理代用。对生产批量大的零件,要考虑我国资源状况,材料来源要丰富;尽量避免采用我国稀缺而需进口的材料;尽量用高强度铸铁代替钢,采用适当的热处理方法,提高廉价材料的使用价值,用碳钢代替合金钢。

表 1.2 常用金属热加工工艺性能比较

热加工工艺性能	常用金属热加工工艺性能比较	备 注
铸造性能	金属铸造性能好坏排序为:铸造铝合金、铜合金、铸铁、铸钢	铸铁中,灰铸铁铸造性能最好
锻造性能	碳素结构钢中锻造性能排序:低碳钢、锻造性能、高碳钢;低合金钢锻造性能接近于中碳钢,高碳合金钢较差,铝合金塑性较差,锻造性能不很好,铜合金的锻造性能较好	含碳量及含合金元素越高的材料,其锻造性能相对越差
焊接性能	低碳钢和碳的质量分数低于 0.18% 的合金钢有较好的焊接性能,碳的质量分数大于 0.45% 的碳钢和质量分数大于 0.35% 的合金钢焊接性能较差;铝合金和铝合金的焊接性能较差,灰铸铁焊接性能更差	含碳量及含合金元素越高的材料,其焊接性能越差
热处理性能	金属材料中,钢的热处理性能较好,合金钢的热处理性能比碳素结构钢好,铝合金的热处理要求严格;钢合金只有很少几种可通过热处理方法强化	选材时要综合考虑淬硬性、淬透性、变形开裂倾向性、回火脆性等性能要求

表 1.3 常用金属切削加工性等级

等级	切削加工性能	材料名称	相对加工性 k_r	代表性材料
1	很容易加工	一般有色金属	>3.0	铝、镁合金
2	易加工	易切削钢	$2.5 \sim 3.0$	15Cr 退火
3		较易切削钢	$1.6 \sim 2.5$	30 钢正火
4	一般	一般切削材料	$1.0 \sim 1.6$	45 钢, 灰口铸铁
5		稍难切削材料	$0.65 \sim 1.0$	45 钢(轧材)、2Cr13 调质
6	难加工	较难切削材料	$0.5 \sim 0.65$	65Mn 调质、易切削不锈钢
7		难切削材料	$0.15 \sim 0.5$	1Cr18Ni9Ti、W18Cr4V
8		很难切削材料	<0.15	耐热合金、钴合金

1.4.3 钢热处理常识

在机械制造中,重要零件(如机床的主轴、齿轮,发动机的连杆等)多数使用钢材制造,而且都要进行热处理。通过热处理可以改变钢材内部的组织结构,从而改善其力学性能。因此,钢的热处理对于充分发挥材料的潜力、提高产品质量、延长零件的使用寿命等方面,均具有非常重要的作用。

所谓钢的热处理,就是将钢在固态范围内加热到一定的温度后,保温一段时间,再以一定的速度冷却的工艺过程(图 1.3)。钢的常用热处理方法包括退火、正火、淬火、回火以及渗碳等。

1) 退火 退火是把钢制零件加热到一定温度,保温一段时间后,使其随炉冷却到室温的过程。退火能使金属晶粒细化,组织均匀,可以消除零件的内应力,降低硬度,提高塑性,使零件便于加工。

2) 正火 正火其工艺过程与退火相似,不同之处是将零件置于空气中冷却。正火的作用与退火相同。但由于零件在空气中冷却速度较快,故可以提高钢的硬度与强度。

3) 淬火 淬火是把零件加热到一定温度,保温一段时间后,将零件放入水(油或水基盐碱溶液)中急剧冷却的处理过程。淬火可以大大提高钢的硬度,但材料的韧性降低,同时产生很大的内应力,使零件有严重变形和开裂的危险。因此,淬火后必须及时进行回火处理。

4) 回火 回火是将经过淬火的零件重新加热到一定温度(低于淬火温度),保温一段时间后,置于空气或油中冷却至室温的处理过程。回火不但可以消除零件淬火时产生的内应力,而且可以提高材料的综合力学性能,以满足零件的设计要求。

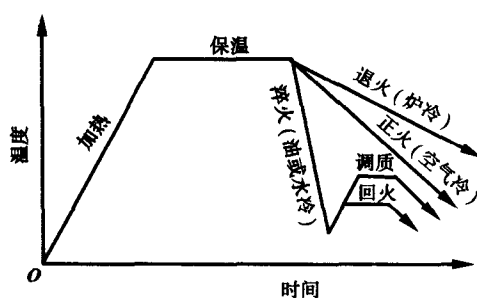


图 1.3 钢的热处理示意图

回火后材料的具体性能与回火的温度密切相关。根据回火温度的不同,通常分为低温回