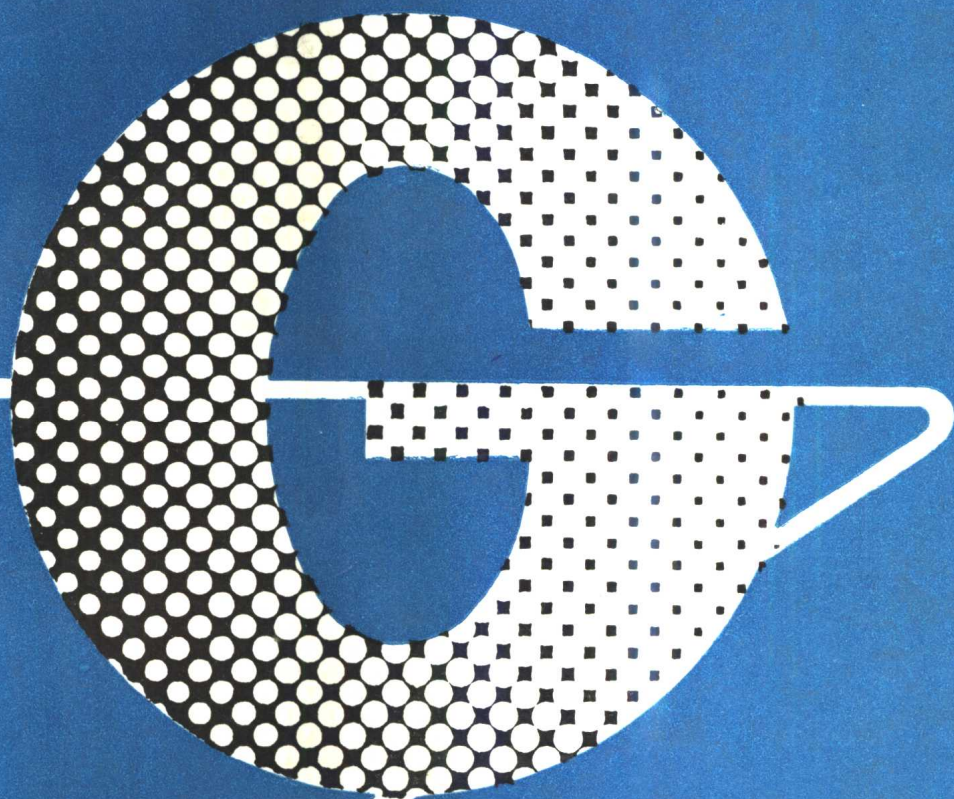


高等专科学校试用教材

机械零件



郑州机械专科学校
南京机械专科学校

张绍甫 主编
徐锦康

机械工业出版社

高等专、科学 校 试 用 教 材

机 械 零 件

郑州机械专科学校 张绍甫
南京机械专科学校 徐锦康 主编

机 械 工 业 出 版 社

社。

第31

(京)新登字054号

本书是根据1990年审订的“高等专科学校机械零件课程教学基本要求”编写的。全书共十三章,包括:绪论,机械零件设计概论,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,滚动轴承,滑动轴承,轴和轴毂联接,联轴器、离合器和制动器,螺纹联接和螺旋传动,弹簧,机械设计实例分析。在内容选材上遵循了理论联系实际和“少而精”的原则。各章中均有例题和一定数量的习题。

本书可作为高等专科学校机械类专业机械零件课程的教材,也可作为近机类专业机械零件课程的教材,也可供各有关专业师生和工程技术人员参考。

机 械 零 件

郑州机械专科学校 张绍甫 主编
南京机械专科学校 徐锦康

责任编辑:王世刚 责任校对:张 佳
封面设计:刘 代 版式设计:张世琴
责任印制:尹德伦

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $17^{5/8}$ ·字数 434 千字
1991年10月北京第一版·1991年10月北京第一次印刷
印数 00,001—10,100·定价:5.00元

ISBN 7-111-02859-7/TH·299 (课)

前 言

本书是在全国高等专科学校机械专业协会机械设计课程组的组织下,根据1990年国家教委审订的《高等专科学校机械零件课程教学基本要求》编写的,作为全国高等专科学校机械类专业机械零件课程的教材(70~80学时)。

根据专科学校培养应用型人才的总目标,本着“掌握概念,强化应用”和“少而精”的原则,在突出本课程基本知识、基本理论和基本方法的基础上,作了以下几个方面的努力和尝试:

1. 本书按“机械传动—轴系零部件(包括轴毂联接)—联接—其他零件”的体系编写,既加强了教材内容的内部联系,又方便于教学。
2. 对本课程基础理论部分,根据专科教学要求,精选内容,力求深入浅出,详略适当。
3. 加强应用和基本技能的训练。教材中加强了零件结构设计的内容,并在习题中配有—定数量的结构设计和结构改错题。
4. 为加强综合运用本课程知识的能力和设计方法的训练,专门编入“机械设计实例分析”一章。

此外,还须说明—下几点:

1. 本书采用的设计计算方法,在保证技术上正确可靠的前提下,从本课程性质及方便教学出发,有些地方作了“修改”与简化,因此在实际设计时,应查阅有关资料和手册。
2. 本书尽量引用了较新的标准、规范、数据及资料。但近年来我国标准变化频繁,实际设计时均应以当时实行的标准、规范为依据。
3. 本书采用了我国法定计量标准及规定的名称、单位与符号,个别不符之处加注说明。
4. 带*号的内容根据情况可讲可不讲。

参加本书编写工作的有郑州机械专科学校张绍甫(第一、二、十、十二章),南京机械专科学校徐锦康(第七、八、十三章),西南交大成都分部邢尧贤(第六、十一章),上海纺织专科学校王庆敖(第五章),江南大学黄罗伦(第三、四章),湘潭机电专科学校文朴(第九章)。全书由张绍甫、徐锦康主编,扬州工学院殷梅生副教授主审。本书还经机电部专科教材编审委员会委员王明初副教授审阅,编者在此特表谢意。

限于编者水平和时间仓促,书中缺点和错误在所难免,敬希读者随时批评指正。

编者 1990年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 机械设计的基本原则	3
第三节 机械设计的一般程序和主要内容	5
第四节 机械设计的新发展	6
习 题	7
第二章 机械零件设计概论	8
第一节 机械零件的设计方法和一般步骤	8
第二节 机械零件的失效形式和设计准则	9
第三节 机械零件所受的载荷和应力	11
第四节 机械零件的体积强度	13
第五节 机械零件的表面强度	18
第六节 机械零件常用材料及选用原则	19
第七节 机械零件的结构设计	21
第八节 摩擦、磨损和润滑概述	24
习 题	30
第三章 带传动	33
第一节 带传动的工作原理、类型、特点和应用	33
第二节 带传动的工作情况分析	36
第三节 普通V带传动的设计计算	39
第四节 普通V带带轮设计	46
第五节 普通V带传动的张紧装置和维护	48
第六节 同步带简介	49
习 题	51
第四章 链传动	53
第一节 链传动的工作原理、类型、特点和应用	53
第二节 滚子链和链轮	54
第三节 链传动的工作情况分析	59
第四节 链传动的设计计算	63
第五节 链传动的布置、张紧和润滑	66
习 题	71
第五章 齿轮传动	73
第一节 概述	73
第二节 轮齿的失效形式及设计准则	73
第三节 齿轮传动的计算载荷	76
第四节 齿轮常用材料及许用应力	79
第五节 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	84

第六节 齿轮传动的精度	90
第七节 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	94
第八节 直齿圆锥齿轮的强度计算	101
第九节 齿轮的结构和齿轮传动的润滑	106
习 题	110
第六章 蜗杆传动	112
第一节 蜗杆传动的特点和类型	112
第二节 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸计算	114
第三节 蜗杆传动的滑动速度和受力分析	117
第四节 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	118
第五节 蜗杆传动的强度计算	119
第六节 蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算	123
第七节 蜗杆和蜗轮的结构	125
习 题	131
第七章 滚动轴承	133
第一节 概述	133
第二节 滚动轴承的主要类型及选择	134
第三节 滚动轴承受力分析、失效形式及计算准则	141
第四节 滚动轴承的寿命计算	142
第五节 滚动轴承的静强度计算	150
第六节 滚动轴承的组合结构设计	151
第七节 滚动轴承的润滑与密封	158
习 题	162
第八章 滑动轴承	164
第一节 概述	164
第二节 滑动轴承的典型结构	164
第三节 轴瓦的结构和材料	168
第四节 滑动轴承的润滑	173
第五节 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	175
第六节 液体动压润滑轴承的工作原理	178
*第七节 液体静压滑动轴承和气体轴承简介	182
习 题	183
第九章 轴和轴毂联接	184
第一节 轴的分类和设计要求	184
第二节 轴的材料及其选择	185
第三节 轴的结构设计	187
第四节 轴的强度计算	193
第五节 轴的刚度计算和轴的振动简介	195
第六节 轴毂联接	198
习 题	205
第十章 联轴器、离合器和*制动器	207
第一节 概述	207

第二节	联轴器	207
第三节	离合器	214
*第四节	制动器	216
习 题		218
第十一章	螺纹联接和螺旋传动	219
第一节	螺纹的类型、特点和应用	219
第二节	螺纹联接的主要类型	220
第三节	螺纹联接的预紧和防松	221
第四节	螺栓组的结构设计和受力分析	224
第五节	单个螺栓联接的强度计算	229
第六节	螺纹联接件的材料和许用应力	233
第七节	提高螺栓联接强度的措施	235
第八节	螺旋传动	240
习 题		245
第十二章	弹簧	247
第一节	概述	247
第二节	弹簧材料和制造	249
第三节	普通圆柱形压缩和拉伸螺旋弹簧的设计	251
第四节	圆柱形扭转螺旋弹簧简介	259
习 题		260
第十三章	机械设计实例分析	261
第一节	卷扬机设计	261
第二节	机座及箱体	274
参考文献		277

第一章 绪 论

第一节 概 述

机械是人类进行生产和生活的主要劳动工具，用以改善劳动条件、提高劳动生产率和产品质量。同时，国民经济各部门使用机械的程度，也是社会生产力发展水平的重要标志。

通常所称的机械是各种机器的通称，其范围可大可小。例如，炼铁厂所用的机器称为炼铁机械，炼钢厂的称为炼钢机械，二者统称为冶炼机械；轧钢厂所用机器称为轧钢机械，它与冶炼机械都属冶金厂的机械设备，称为冶金机械。

我国古代劳动人民，在机械方面有许多杰出的发明和创造，如指南车、记里鼓、候风地动仪等等。如今，要振兴中华，急待充实与更新各类生产技术装备和促进技术改造。因而对机械的品种和功能，不断提出更多更高的需求。为此，从事机械工作的人们，要发挥其聪明才智，设计和制造出更多的先进机器，从而推动国民经济的加速发展，促进社会主义现代化建设。

一、机器的组成及基本定义

一台完整的机器，通常都是由原动机、传动机构和工作机构三部分所组成的功能系统。如图1-1所示为广泛应用的卷扬机。电动机1通过联轴器2驱动减速器4，减速器又通过联轴器5带动卷筒6，卷筒的转动使钢丝绳完成升降重物的动作。3为制动器，用以控制升降的位置。这样的一个机械系统主要是由电动机（原动机）、齿轮减速器（传动机构）和卷筒（工作机构）三部分组成。

尽管在一台现代化的机器中，常包含有机械、电器、控制、润滑和监测等部分，但是机

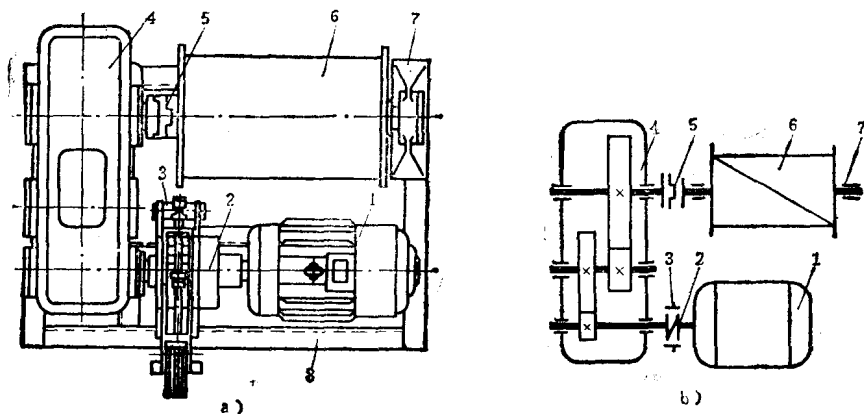


图 1-1 卷扬机

a) 结构图 b) 机构示意图

1—电动机 2、5—联轴器 3—制动器 4—减速器 6—卷筒 7—轴承 8—机架

器的主体是它的机械系统。机械系统总是由一些机构组成,而每个机构又是由许多零件组成。所以,机器的基本组成要素就是机械零件。

机器的种类繁多,所用的机械零件更是多种多样。根据它们的应用情况,可概括地将机械零件分为两大类:一类是在各种机器中经常使用且具有同一功能和性能的零件,称为通用零件,如螺钉、齿轮等;另一类则是在特定类型的机器中才能用到的零件,它们的功能各异,称为专用零件,如涡轮机的叶片、内燃机的曲轴、纺织机的纺锭和织梭等。另外,还常把由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的合体称为部件或组件,如联轴器、减速器、滚动轴承等。

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,一些主要零件或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。

二、本课程的研究对象及内容

本课程的研究对象是:一般尺寸和参数的通用零、部件。对于巨型、微型以及高速、高压、高温、低温条件下工作的通用零、部件,则在有关专业课中研究。

本书讨论的具体内容如下:

(1) 概论部分有机器的组成,机械设计的原则和设计的一般程序。机械零件的设计计算基础,如机械零件的工作能力和计算准则,强度计算和结构设计,常用材料及选择原则,摩擦、磨损、润滑的基本知识等;

(2) 传动部分有带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,螺旋传动等;

(3) 联接部分有螺纹联接,键和花键联接,销联接等;

(4) 轴系零、部件部分有轴,滑动轴承和滚动轴承,联轴器、离合器与制动器等;

(5) 其它部分有弹簧,机械设计实例分析等。

三、课程的性质和任务

由前述可知,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与方法的技术基础课程。在学习机械工程技术的过程中,它起着承前启后的作用。既可综合运用先修课程的有关知识和技能来解决机械工程的实际技术问题,又为学习专业课及进行专业产品设计、工艺装备设计、技术改造等奠定基础。

本课程的主要任务是通过理论学习、作业、现场课和实验课、课程设计等环节,培养学生初步树立工程观点和正确的设计思想;掌握一般通用零、部件的工作原理、特点、选用、维护、设计计算方法和必要的设计理论,初步了解机械设计的一般知识,从而具有设计机械传动部件和较简单机械的能力,以及相应地分析问题和解决问题的能力,运用规范、标准和资料的能力等。

四、本课程的学习方法介绍

本课程的主要特点是理论紧密联系实际。课程所研究的零件种类繁多、特点各异,进行分析与设计的方法较多,应用的图表及公式多,涉及的理论范围和实际知识广泛。总之,所遇到的问题比较复杂,与基础课的性质有明显不同,所以学习方法也有较大的差别。

在学习过程中,要着重建立系统的概念,了解计算的出发点及公式的应用条件,各系数的物理概念,系数、参数对设计的影响以及分析问题的方法等。此外,影响零件设计的因素

甚多,有时不能单纯由理论计算解决。很多系数、数据来源于实验,有的公式是经验或半经验公式。因此,对公式、系数应了解它们的条件性和应用范围。同时,应重视结构设计在确定零件形状和尺寸方面的重要作用。学习时要积极主动地联系实际,多做练习和设计,加深对所学内容的理解。掌握各种基本方法,切实提高自己的实践能力。注意培养分析问题和解决问题的能力,并提高学习本课程的兴趣。

第二节 机械设计的基本原则

零件是组成机器的基本单元,设计机械零件又必须以机器对它的要求为依据,为了更好地解决机械零件的设计问题,就有必要先研究机械的设计。另外,无论是改造老产品或研制新机器,首先遇到的也是机械设计问题。机械设计是“根据对机械产品提出的任务,应用当代各种先进的技术成果,求得一个在技术上尽可能完善、经济上合算、外观上满足美学要求,并能集中反映先进生产力的研制机械产品的方案和手段”。因此,机械设计要体现时代性和创造性。为了设计出技术性能指标高、经济效益好、造型美观大方的机械产品,机械设计应遵循的基本原则(机器应满足的要求)如下:

一、功能性(具有预定功能的要求)

机械产品必须完成规定的功能,并保持功能参数在限定的范围内。人们为了生产及生活上的需要,才设计和制造出各式各样的机器,因而所设计制造的机器必须具有预定的解决生产或生活问题的功能,才能达到根本的目的,如起重机必须能够吊起规定的重量。对每个机械产品功能参数的要求,要视具体情况而定,如对汽车,要有功率、速度、载重量、最高速度、大修行驶里程等参数。

为了使所设计的机器能够具有预定的功能,主要靠正确地选择机器的工作原理和机构组合来保证。

二、可靠性

可靠性是保证机器正常运转的关键。可靠性的定量尺度是可靠度,它是指机器在规定的条件下和规定的时间内,无故障地完成规定功能的概率。它是衡量机器在寿命方面的指标。反之,完不成规定功能的概率,就是不可靠度,或称破坏概率。

设有 N_T 个零件在预定的时间 t 内,有 N_f 个零件不能正常工作(失效),剩下 N_s 个零件仍继续工作,则可靠度 R 为:

$$R = N_s / N_T = N_T - N_f / N_T = 1 - N_f / N_T \quad (1-1)$$

$$\text{不可靠度 } F \text{ 为:} \quad F = N_f / N_T \quad (1-2)$$

$$R + F = 1 \quad (1-3)$$

机器都是由零件所组成的系统,而系统的可靠度取决于其组成零件的可靠度。所以要精心设计零件,确保其可靠性。

为了提高可靠性,设计时可采用下列措施:

- 1) 根据产品的类型确定适当的可靠性水平,可靠性愈高,产品的成本也愈高。
- 2) 在满足机器性能要求的前提下,力求结构简单,零件数目少,并最好用等可靠度零件组成系统。
- 3) 采用各种措施,提高零件的耐磨性和疲劳强度,尽可能采用有可靠度保证的标准件。

- 4) 加强对零件的检验和测量, 减少由于材料和工艺缺陷造成的早期失效和偶然失效。
- 5) 将机器分为合理的组件和部件, 以便于独立更换修理, 并合理规定维修期。
- 6) 可靠性与安全系数有一定的关系, 所以要取较大的安全系数等。

三、使用和维修性

设计机器必须注意人机关系, 应力求操作安全舒适, 反应灵敏, 提高效率。

(一) 极力保证技术安全

安全系指人身安全和机器本身的安全。所以, 各种各样的防护装置及措施就成为机器不可缺少的组成部分。例如, 回转零件和有突出部分的零件要装防护罩, 冲床要有保护手指的装置等。另外, 可采用安全保险装置和信号报警系统, 以防止发生人身和设备事故。

(二) 力争减少工人操作时的体力及脑力消耗

操控零部件的外形要简单, 易于辨认, 重量轻, 动作要灵活, 这样可减少操作力和疲劳, 提高效率; 尽量减少操控手柄的数目, 且手柄、仪表和信号装置布局要合理; 采用各种可靠的联锁装置等。

(三) 努力改善操作者的环境

噪声是一种环境污染, 严重影响工人健康, 所以应力求降低机器的噪声; 有效地净化或排除操作时产生的废气、废液及灰尘屑末, 保证工作环境通风流畅, 温度适中; 注意机器的造型设计, 适当美化机器的外形及表面等。

(四) 易于维修

设计的机器必须便于管理、维护和修理。机器日常的清洁和润滑要方便, 易于检修和更换零件, 维修时间短等。

四、标准化、系列化和通用化

所谓标准, 就是由一定的权威组织, 对经济、技术和科学中重复出现的技术语言和技术事项, 以及产品的品种、质量、度量、方法等方面, 规定出来的统一技术准则。它是各方面必须共同遵守的技术依据。标准化就是制定标准和使用标准。标准分为国家标准 (GB)、部颁标准 (专业标准)、企业标准等三级。我国已是国际标准化组织成员, 可借鉴国际标准 (ISO), 出口产品应采用国际标准。

与标准化密切相关的是零、部件的通用化。通用化是最大限度地减少和合并产品的型式、尺寸和材料品种等, 使零、部件尽量在不同规格的同类产品甚至不同类产品上通用互换。通用化是广义的标准化。

系列化是指将产品尺寸和结构按大小分档, 按一定规律优化成系列。工程上系列化数值是采用几何级数做为优先数列的基础。目的是用较少的品种规格满足国民经济的广泛需要。

零件的标准化、部件的通用化、产品的系列化通称为“三化”。它是长期生产实践的总结和科研成果的应用, 也是我国现行的很重要的一项技术经济政策。“三化”的主要任务是研究用最少的劳动消耗和物资消耗, 而取得最好的经济效益。它对节约设计力量, 加速品种发展, 提高产品质量和劳动生产率, 便于使用和维修等方面起着重要作用。

五、经济性

经济性是机械产品的一个综合性指标, 它体现在设计、制造、使用的全过程中。据统计大约有75%~80%的生产费用将在设计阶段确定下来, 所以设计是实现经济效益的关键环节。设计及制造的经济性表现为设计制造成本的降低。使用经济性则表现为高效率、低消

耗（能源及材料），以及较低的管理和维护费用等。

设计时要提高机械经济价值，主要考虑以下几个方面：

- 1) 积极采用先进的设计理论和方法，运用电子计算机等先进工具，提高设计质量和效率，减少设计劳动量和费用。
- 2) 合理地选用材料、零部件的结构和制造工艺，降低成本。
- 3) 采用各种措施减轻产品重量，提高机械效率和降低能量消耗。
- 4) 将机器设计成便于装拆的组合物，以降低包装和运输费用。
- 5) 研究产品的造型设计以扩大销售量。
- 6) 力求做到“三化”。

经济性必须与其他设计原则综合考虑，例如重量轻固然成本低，但对于在冲击载荷下工作的轧锻类机械，其机座须有足够大的质量，以吸收冲击动能。又如形状十分复杂的零件需要采用铸件毛坯，但由于铸造壁厚度的要求，减轻重量就受到一定的限制。

六、其他特殊性能要求

有些机器还各自具有其特殊要求，例如航空发动机要求在最小重量的条件下，具有最大推力（或输出功率）；机床有长期保持精度的要求；流动使用的机械（如起重机械和钻探机械）有便于安装、拆卸和运输的性能；食品、纺织、造纸机械有不得污染产品的要求等。

上述机械设计的基本原则，也是评定机械产品的原则。当前我国提出的机械设计原则为可靠性、适应性、经济性三性兼顾。

第三节 机械设计的一般程序和主要内容

机械设计是研制新产品的重要环节，在机械工业进行产品“更新换代”和工艺装备设计中占有突出的地位。研究机械设计的工作阶段、步骤和方法等的程式化、规范化是关系设计质量和速度的一项重要工作。

机械产品设计有三种类型：1) 开发性设计，即按需求进行的全新设计；2) 适应性设计，即设计原理、方案不变，只对结构和零部件重新设计；3) 参变数设计，即仅改变部分结构尺寸而形成系列产品。其中开发性设计新产品，从提出任务到投放市场，要经过调查研究、设计、试制、运行考核、定型设计等一系列过程。但目前机械设计尚无一个通用的固定程序，须视具体情况而定。较为典型的一般程序如下：

一、设计任务的研究和制订

根据社会、市场、用户的需要和使用要求，确定机器的功能范围和工作指标，明确设计需要解决的课题和项目；研究实现的可能性；编制出完整的设计任务书及明细表。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。

二、方案设计（初步设计）

工作原理是机器实现预期功能的基本依据。在分析设计任务和要求的条件下，确定机器的工作原理和技术要求，拟定机器的总体布置、传动方案和机构运动简图等。首先分析机器的总功能，为实现总功能机器必须有若干部分，每部分具有一定的分功能，对各个部分功能逐项进行计算和试验，探索实现各个部分功能的方案，称为功能分析。在功能分析的基础

上,对各个部分功能的方案加以综合,在实现总功能的前提下,选定合适的综合设计方案,称为功能综合。

在方案设计阶段中,往往要进行多种方案的全面分析对比和技术经济评价,从中选定最佳设计方案,按比例画出初步设计总图。

三、总体设计(技术设计)

根据选定的最佳设计原理方案,以功能要求确定结构设计为出发点,本着简单、实用、经济、美观等原则,进行机构和总体布置;确定制造方法和选用材料的种类;对零、部件进行初步设计。在总体设计中,要进行机器运动学和动力学分析计算,零部件工作能力的计算,以及进行必要的模型试验和测试,并对总体结构设计进行技术经济评价,找出薄弱环节并采取消除措施,最后画出总体设计图(装配草图)。

四、工作图设计和编写技术文件(施工设计)

根据确定的总体设计,充分考虑零部件的工作能力,特别是从结构工艺性出发,将零部件的全部尺寸和形状、装配关系和安装尺寸完全确定下来,并绘出各种工作图(零件图、装配图、总体图等),编写出各种技术文件和说明书,为生产提供必备的条件。

由上述可知,整个设计过程的各个阶段是互相紧密联系的,某一阶段中发现的问题和不当之处,有时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反复、不断完善,逐渐接近最优结果的过程。

机械设计过程需要进行一系列艰巨而细致的工作,才能将预定的设想付诸实现。因此,设计者首先要树立正确的设计思想,努力掌握先进的科学技术知识和科学的辩证的思想方法,正确地理解和执行各项技术经济方针政策。同时,还要坚持理论联系实际,不断的总结和积累设计经验。特别是要向有关领域的科技工作者和从事生产实践的工作者虚心学习,才能较好的完成设计任务和提高设计水平。

第四节 机械设计的新发展

由于科学技术的迅猛发展,新材料、新工艺、新技术、新能源、新结构的不断涌现,特别是电子计算机的应用和计算数学的完善等,近年来机械设计有了许多新的发展,发展的动向主要是:迅速提高机器的效率、生产率和自动化程度,发展机械-电子-信息一体化技术和产品;广泛应用新的理论和技术,如断裂力学、摩擦学、有限元素法、统计强度理论,相似理论及程控、数控、模拟仿真技术、模态分析技术、高性能监测技术等;力求使数据符合实际;积极更新和采用新的设计方法,如计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计等。

计算机辅助设计简称“CAD”,它是设计人员依靠计算机的协助,自动完成包括设计计算和绘制工作图在内的一种设计方法。它将人和计算机各自最好的特长结合起来,构成一个工作组合,这个组合可以比人或计算机单独工作时能力更强。利用计算机运算快速、准确、存储记忆和逻辑判断功能等特点,与图形显示、自动绘图机相结合,在人机相互作用下进行设计。创造性的构思活动,主要还由设计者承担。这样可大大地提高设计质量和经济效益,缩短设计周期,加速产品的更新换代。

“CAD”的发展,要求建立一个具有专家级解决问题水平的计算机系统——专家系统,能模拟专家们工作中的思维过程;运用所积累的知识,进行推理和决策,来解决设计中的

问题。

优化设计是使各种机械设计问题（如方案选择、参数匹配、机构设计、结构设计、系统设计等），利用现代数学、物理、力学的成就及计算机这个强有力的工具，以寻求最佳设计的一种理论和方法。

可靠性设计是应用可靠性理论和设计参数的统计数据，对零部件、机器等在保证给定可靠度下进行设计的一种方法。

习 题

1-1 机械设计的基本原则是什么？请以一种机器为例（如汽车、电风扇或其他机器）说明设计时应考虑哪些原则和要求？

1-2 自己选择一种机械装置（如卷扬机、机床、自行车、门锁等）分析它的功能、原理和结构。

*1-3 你能否提出一种目前市场上没有，而人们在生产或生活中需要的机械产品？并大致定出这个产品的结构和方案。

第二章 机械零件设计概论

第一节 机械零件的设计方法和一般步骤

机械零件的种类繁多,用途、功能、工作条件等各异,但其设计方法、设计的一般过程和步骤却是大体相同。

一、机械零件的设计方法

目前常用的机械零件设计方法有:理论设计、经验设计、模型实验设计和计算机辅助设计等。

(一) 理论设计

根据现有的设计理论和实验数据所进行的设计,称为理论设计。理论设计又可分为:

1. 设计计算 由理论计算公式直接求得零件的主要尺寸,然后再根据工艺要求和具体工作条件,确定出零件的结构形状。这种方法多用于能通过简单力学模型进行设计的零件。

2. 校核计算 先按经验和某些简易的方法,初步选定零件的主要尺寸和形状,然后用理论校核公式进行校核计算。它多用于结构和应力分布比较复杂,且又能用现有的应力或变形分析方法进行计算的零件。

理论设计是有据可依比较科学的设计方法,所以进行零件设计时,都应尽可能采用理论设计。

(二) 经验设计

根据已有的设计和长期实践总结的经验公式和数据,或者用“类比法”所进行的设计,称为经验设计。经验设计简单方便,适用于已典型化的零件,例如箱体、机架、传动零件的结构设计等,但经验设计有较大的局限性。

(三) 模型实验设计

对于尺寸特大、结构复杂、工作条件特殊又难以进行理论计算的重要零件,如大型水轮机、大型轧钢机的关键零件等,可采用模型实验设计的方法。即把初步设计的零部件或机器,做成小模型或小样机,进行考核实验,根据实验结果对设计进行逐步的修改,使其符合实际要求。这样的设计过程称为模型实验设计。对于大量生产的机器(如汽车),则常用实物进行实验。

此外,还可用计算机辅助设计、优化设计和可靠性设计等方法,进行机械零件的设计。

二、机械零件设计的一般步骤

(1) 根据机器的总体设计方案,分析零件所起的作用;根据零件的使用要求,选择零件的类型。

(2) 根据机器的工作要求,进行零件的工作情况分析。确定作用在零件上的载荷和应力性质,并计算载荷和应力的数值。再根据应力种类和性质,分析零件可能出现的失效。

(3) 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求(例如高温、在腐蚀性介质中工作等),

选择适当的材料及热处理方法。

(4) 根据零件的主要失效形式确定计算准则, 根据计算准则导出的公式进行计算, 确定出零件的基本尺寸。

(5) 根据零件的工艺性及标准化原则, 圆整计算所得尺寸, 并进行零件的结构设计。

(6) 设计完成后, 必要时要进行详细的校核计算, 以判定结构的合理性, 最后画出零件工作图, 并写出计算说明书。

由上述步骤可知, 在机械零件设计过程中, 要涉及失效分析、载荷和应力分析、材料选择、设计计算、工艺性、标准化等问题, 后面将分别讨论。

第二节 机械零件的失效形式和设计准则

一、机械零件的主要失效形式

机械零件由于某些原因不能正常工作时, 称为失效, 其主要形式有:

(一) 断裂

断裂可分为延性断裂、脆性断裂和疲劳断裂等多种形式。当零件在载荷作用下, 由于某一危险剖面上的应力超过零件的强度极限时, 将发生前两种断裂; 当零件在循环变应力作用下, 工作时间较长, 危险剖面上最易发生疲劳断裂, 它是大多数机械零件的失效形式。

(二) 过量变形

机械零件受载工作时, 必然会产生弹性变形。当弹性变形量在允许范围内时, 对机器工作影响不大。但过量的弹性变形, 会使零件或机器不能正常工作, 有时还会造成较大的振动, 致使零件损坏。

当零件过载时, 塑性材料还会发生塑性变形, 从而造成零件的尺寸和形状的改变, 破坏零件之间的相互位置和配合关系, 使零件或机器不能正常工作。

(三) 表面失效

绝大多数零件之间都有动的或静的接触和配合关系。载荷作用于表面, 摩擦和磨损发生在表面, 环境介质包围着表面, 因此失效大都会出现在零件表面。

表面失效有: 表面疲劳、磨损、腐蚀、胶合、塑性变形和压溃等。零件表面破坏大多由表面疲劳、磨损和腐蚀而造成。

表面失效后通常都会增大摩擦, 增加能量消耗, 破坏零件的工作表面, 最终造成零件的报废。零件的使用寿命在很大程度上决定于表面失效。

此外, 有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作, 破坏正常工作条件便引起失效。例如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, 否则将发生打滑而失效。

影响零件失效的因素甚多, 零件到底会发生哪种失效形式, 必须根据实际情况进行分析。如果一个零件有多种失效形式, 则应分别考虑, 然后选定能同时保证各种失效方式都不会发生的方案进行设计。

二、机械零件的设计准则

根据零件的失效分析结果, 以防止产生各种可能的失效为目的, 制定的计算该零件工作能力所应依据的基本原则, 称为设计准则, 又称工作能力准则。机械零件常用的设计准则

如下:

(一) 强度准则

强度是指零件在载荷作用下, 抵抗断裂、塑性变形及表面破坏的能力。强度准则为零件中的应力 σ 不超过所允许的限度, 即许用应力 $[\sigma]$, 其表达式为:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2-1)$$

强度条件的另一种表达式是使零件工作时的实际安全系数 S , 不小于零件的许用安全系数 $[S]$, 即

$$S \geq [S] \quad (2-2)$$

提高零件强度的措施有: 1) 增大零件危险剖面的尺寸, 合理设计剖面形状; 2) 采用机械性能较高的材料, 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; 4) 妥善设计零件的结构以降低应力集中程度等。

必须强调指出, 强度虽然是零件首先应满足的基本要求, 但也不能过多地超过需要, 否则会使尺寸过大, 提高成本而造成浪费。

(二) 刚度准则

刚度是零件受载时抵抗弹性变形的能力。刚度准则为零件在载荷作用下产生的弹性变形量 y , 小于或等于机器工作所允许的极限值, 即许用变形量 $[y]$, 其表达式为:

$$y \leq [y] \quad (2-3)$$

弹性变形量可按各种求变形量的理论或实验方法确定, 而许用变形量则应随不同的使用场合, 按理论或经验来确定其合理的数值。

顺便指出, 各类钢材的弹性模量相差很小, 所以用高强度钢代替低强度钢的办法来提高刚度其效果甚微。提高刚度的有效措施是改变零件剖面尺寸和形状、缩短支承点间距、合理添置加强肋等。

应该明确, 某些零件反而要求有一定的弹性变形能力, 如弹簧、仪表中的弹性件等。

(三) 寿命和可靠性准则

寿命准则就是要求零件在预定的工作期间, 能保持正常工作而不致报废。由失效分析可知, 影响零件寿命的主要因素是磨损、疲劳和腐蚀。

耐磨性是指零件在载荷作用下抵抗磨损的能力。为了保证零件具有良好的耐磨性, 应运用摩擦学原理设计零件的结构、选定摩擦副的材料和热处理、表面状态和油品等。同时, 要给予合理而充分的润滑, 以延长零件的使用寿命。但目前尚无完善的理论计算方法。

迄今为止, 还没有提出关于腐蚀寿命的计算方法, 因而无法列出其计算准则。关于疲劳寿命, 通常是以求出使用寿命时的疲劳极限来作为计算依据的。

可靠性准则前面已讨论, 这里不再进一步深入研究。

(四) 振动稳定性准则

零件发生周期性变形的现象称为振动。振幅和周期是描述振动现象的两个主要参数。一般情况下, 机器中存在着很多周期性变化的激振源, 而零件的振幅与其尺寸相比是很小的, 不会造成大的危害。但是, 当零件本身的固有频率与激振源频率相同或成整数倍时, 则这些零件就会产生共振。此时振幅将急剧增大, 破坏正常工作, 这种现象称为“失去振动稳定性”。振动稳定性准则, 就是要求在设计时使机器中受激振作用的各零件的固有频率 f 与激振源频