

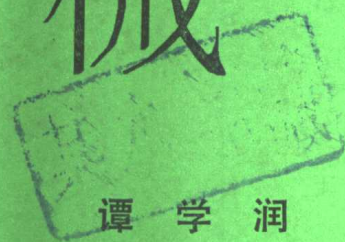
977534

TH13
3193

石油化工大专院校统编教材



机械零件



谭学润 主编

中国石化出版社

石油化工大专院校统编教材

机械零件

谭学润 主编

中国石化出版社

明

·m)

m²
Pa

(京)新登字048号

内 容 提 要

本书为石油化工大专院校机械零件课程的统编教材。内容包括机械零件的设计和计算,主要涉及螺纹,键、花键联接和销联接,带传动,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,弹簧以及减速器等。本书注重技术基础理论的教学,并与实际应用紧密结合,叙述简明扼要,层次分明,方便教学;并注意介绍本学科领域的新发展;强调培养学生分析、解决一般工程实际问题的能力。

本书可作为大专院校机械零件课程教材使用。

石 油 化 工 大

机 械

谭 学 润

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码:100029)

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 19³/₄印张 48.6千字 印1—2000

1994年5月北京第1版 1994年5月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-298-X/TH·049 定价:9.40元

前 言

本书是为了适应普通高等学校工程专科教育的培养目标和对其毕业生的基本要求，并根据一九八六年中国石油化工总公司石化大专教材会议精神而编写的。

在编写过程中，依据石油化工企业的特点和人才的需要，着重注意了以下几个原则：

一、注意了与本科教材的区别，强调技术基础理论的教学以应用为目的，以掌握概念、强化应用为教学重点。

二、注意了实践性教学环节，强调培养学生具有分析、解决一般工程实际问题的能力。

三、注意了教材内容的改革，强调少而精，力求做到主、次分明，详、略恰当。

四、注意了本学科领域内新的发展趋向和成就，目的在于开阔学生的视野和思路。

参加本书编写的有谭学润（绪论、第二章）、区志奎（第一、八、十一章）、姜万成（第三章）、隋仲琨（第四、五、十二章）、阎瑞华（第六、十三章）、何清源（第七、九、十章）等同志，由谭学润同志担任主编。

本书承清华大学俞海清、北京航空航天大学郭可谦二位教授主审，提出了许多宝贵的意见，对提高本书的质量给予了很大帮助，在此表示衷心的感谢。

编者

主要符号表

A ——面积	t ——时间、温度、节距
a ——中心距	u ——齿数比、速度
B, b ——宽度	v ——速度
C ——常数、刚度、滚动轴承额定动负荷、弹簧旋绕比	W ——截面模量
c ——间隙	X ——系数
D, d ——直径	x ——系数
E ——材料的拉、压弹性模量	Y ——系数
e ——偏心距	y ——挠度、距离
F ——力	Z ——系数
f ——摩擦系数、振动频率	z ——数目
G ——材料的剪切弹性模量	α, β ——角度、系数
g ——重力加速度	γ ——角度、运动粘度
H, h ——高度	Δ ——间隙
I ——截面的轴惯性矩	δ ——系数、厚度、间隙
i ——传动比、惯性半径	ε ——指数
J ——截面的极惯性矩	η ——机械效率、动力粘
K, k ——系数	θ ——角度
L ——长度、距离、寿命	κ ——弹簧刚度
l ——长度、距离	λ, μ, ξ ——系数
M ——力矩、弯矩	ν ——材料的泊松比
m ——模数、指数	ρ ——曲率半径、密度
N ——功率、应力循环次数	σ ——正应力、拉应力
n ——转速、螺纹线数、弹簧圈数	τ ——剪应力
P ——功率、压力、滚动轴承的当量动负荷	Φ, ψ ——系数
p ——节距、压强、比压	φ ——角度
Q ——力、流量	ω ——角速度
q ——蜗杆直径系数、单位长度重量	以下为角注符号
R ——半径	a ——轴向、齿顶、端面
r ——半径	b ——弯曲、基圆
S ——安全系数	c ——压缩、计算、离心
s ——宽度	cr ——临界
T ——转矩(用于外力计算)、扭矩(用于内力计算)、时间	e ——当量、外径
	F, f ——齿根
	H ——齿面、接触
	m ——平均

n ——法向	τ_T ——扭应力
p ——节线	σ_B, τ_B ——材料的拉伸、剪切强度极限
r ——径向	σ_s, τ_s ——材料的拉伸、剪切屈服极限
t ——切向	σ_{lim} ——极限应力(用于齿轮)
v ——动载荷、当量(用于齿轮、蜗轮)	σ_a, τ_a ——正应力和剪应力的应力幅
以下为复合符合	σ_{-1}, τ_{-1} ——材料的正应力和剪应力的对称循环疲劳极限
σ_o ——压应力	σ_0, τ_0 ——材料的正应力和剪应力的脉动循环疲劳极限
σ_{co} ——复合应力	W_l ——抗弯截面模量
σ_b ——弯曲应力	W_J ——抗扭截面模量
σ_p ——挤压应力	
σ_H ——接触应力	

绪 论

物质资料的生产，是人类生存和发展的基础，而机器是人类用于生产以减轻体力劳动、脑力劳动和提高生产率的主要劳动工具。因此，使用机器进行生产的水平是衡量一个国家生产发展水平的重要标志。这就要求机械工业部门尽快地提供最新、最好的成套机械装备，以满足生产单位实现机械化和自动化的需要。机械设计工作者正面临着十分艰巨而又光荣的考验。

一、机械设计的主要内容和设计顺序

机械设计任务是根据生产的发展、生活的需要而提出的。而要实现上述职能，应力求按综合最优化方案进行，以满足经济性、安全可靠性以及其它方面的有关要求。

经济性是一个综合指标，即在设计、制造过程中，要求成本低，生产周期短；在使用中，要求生产率高，产品成本低，适用范围广、能量消耗低，使用方便、维修简单。为此，要力求做到三化：即产品系列化、部件通用化，零件标准化，并应引进新技术，新结构及新材料等。

安全可靠性是—台机器的质量指标，即在给定的期间内应具有高度的安全性。因此，设计时，应注意人和机器间的各个联系环节，保证操作方便、省力。对于石油化工企业所用的机器，尤其应注意安装技术、安全保护装置及信号报警系统，以防止发生人身及设备事故。

其它方面要求是指要为劳动者提供良好、舒适的劳动条件，即尽可能的降低机器的噪音及环境污染，石油化工企业尤其要严防跑、冒、滴、漏等；在机器的外观和色彩方面也应注意美观、协调，给人以舒适的感觉。除此之外，还应注意不同行业对机器的特殊要求，如重型机器的运输，制药和食品机器的卫生，石油化工机器的防腐，家用机器的材料、造型等。

多年来，机械设计一直按传统顺序，即总体设计、结构设计和零件设计三个阶段进行。

(1) 总体设计 这个阶段主要包括选定为实现预定职能的工作结构方案，拟定机器的总体布置及传动方案、选定原动机、绘制机构运动简图等。通过不同方案的比较，优选最佳设计。

(2) 结构设计 这个阶段主要是根据总体设计完成零部件的设计及优化，根据运动和动力要求确定各部分尺寸、形状、加工工艺要求以及材料热处理等，绘制部件装配图。

(3) 零件设计 这个阶段主要是绘制机器的总图、零件工作图、编写设计说明书等。

设计过程的各个阶段是互相联系的，各阶段在设计过程中又可能出现一些新问题、新矛盾，因此，有可能改变甚至推翻原方案而进行修改，这样多次地反复就可以接近最优化的结果。

随着科学技术的发展和生产、生活的需求，传统设计顺序的三个阶段已不能完全适应。为此，应在总体设计前调查市场需求，进行市场预测；机器投放市场后注意用户咨访、市场反馈，再根据反馈意见不断改进旧机器，设计新机器，以适应新的需求。

二、机械零件课程的研究对象、课程内容和任务

组成机器的基本单元称为机械零件。机械零件可分为通用零件（如螺钉、齿轮、轴等）

和专用零件（如汽轮机叶片、空气压缩机的曲轴、活塞等）。为完成同一职能，在同一结构上装配在一起、协同工作的零件总成称为部件，如机器中的联轴器、离合器、减速机等。

机械零件课程的研究对象是指在普通条件下工作、一般参数的通用零件的基本设计理论和计算方法。

通用零件是指在各种机器中经常见到的零件，专用零件的设计计算将在不同专业的专业课中讲授；普通条件是指温度、压力、腐蚀等无特殊要求；一般参数是指速度、尺寸、精度在一般范围。

本课程所研究的机械零件可分为以下三类：

（1）联接零件，如螺纹联接、键、销、过盈配合联接等，主要是解决两个相对静止零件之间的联接。

（2）传动零件，如带传动，链传动、齿轮传动等，主要用于传递运动和动力。

（3）轴系零件，如轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器等，主要用于支承或联接传动零件。

机械零件课程是机械类各专业教学计划中的最后一门重要技术基础课，这门课程将综合运用理论力学、材料力学、机械原理、金属工艺学、金属材料及热处理，公差以及机械制图等课程所学知识。通过本课程的学习及机械零件课程设计后，使学生初步具有一般机械设计的能力，即具有正确的思路，设计思想，运用手册、标准、规范、计算和绘图能力。同时，本门课程又为不同专业课的学习准备了必要条件，起到了从理论课程的形式逻辑向工程师的启发性工作的过渡作用。

目 录

主要符号表

绪论

第一章 机械零件设计和计算基础	1
§ 1-1 机械零件的工作能力准则	1
§ 1-2 静应力下机械零件的强度计算	8
§ 1-3 稳定变应力下机械零件的强度计算	10
第二章 螺纹联接	25
§ 2-1 螺纹联接的基本知识	25
§ 2-2 螺纹紧固件联接的基本类型及其应用	28
§ 2-3 螺纹联接的预紧	32
§ 2-4 螺栓组联接的受力分析	34
§ 2-5 单个螺栓联接的强度计算	40
§ 2-6 螺纹联接件的常用材料和许用应力	45
§ 2-7 提高螺栓联接强度的措施	50
§ 2-8 螺纹联接的防松	53
第三章 键、花键联接和销联接	57
§ 3-1 键联接	57
§ 3-2 花键联接	60
§ 3-3 销联接	62
第四章 带传动	65
§ 4-1 概述	65
§ 4-2 带传动的工作情况分析	67
§ 4-3 带传动的设计	70
第五章 链传动	81
§ 5-1 概述	81
§ 5-2 链传动的运动特性	84
§ 5-3 套筒滚子链传动的设计	87
第六章 齿轮传动	95
§ 6-1 概述	95
§ 6-2 齿轮传动的失效形式和计算准则	96
§ 6-3 齿轮的材料及热处理	100
§ 6-4 齿轮传动的计算载荷	102
§ 6-5 齿轮传动的受力分析	106
§ 6-6 齿轮传动的强度计算	110
§ 6-7 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	117

§ 6-8 齿轮传动的设计参数与许用应力·····	120
§ 6-9 齿轮传动的精度和强度计算说明及公式表·····	127
§ 6-10 齿轮传动的结构设计·····	131
§ 6-11 齿轮传动的润滑·····	135
第七章 蜗杆传动 ·····	145
§ 7-1 概述·····	145
§ 7-2 蜗杆传动的类型与加工·····	145
§ 7-3 蜗杆传动的运动关系和几何尺寸计算·····	147
§ 7-4 蜗杆传动的失效形式、计算准则及常用材料·····	152
§ 7-5 蜗杆传动的受力分析和强度计算·····	153
§ 7-6 蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算·····	159
§ 7-7 蜗杆和蜗轮的结构·····	162
第八章 轴 ·····	167
§ 8-1 概述·····	167
§ 8-2 轴的材料及其选择·····	169
§ 8-3 轴的结构设计·····	171
§ 8-4 轴的计算简图和强度计算·····	177
§ 8-5 轴的刚度计算·····	190
§ 8-6 轴的振动计算简介·····	192
第九章 滑动轴承 ·····	197
§ 9-1 摩擦、磨损与润滑的基础·····	197
§ 9-2 滑动轴承的结构类型·····	206
§ 9-3 滑动轴承的材料与轴瓦结构·····	208
§ 9-4 滑动轴承的润滑·····	213
§ 9-5 非液体摩擦轴承的计算·····	215
§ 9-6 流体动力润滑的基本理论·····	217
§ 9-7 流体动压润滑单油楔向心轴承的计算·····	221
§ 9-8 设计参数选择·····	227
* § 9-9 多油楔液体动压轴承简介·····	231
* § 9-10 液体静压轴承简介·····	233
第十章 滚动轴承 ·····	236
§ 10-1 概述·····	236
§ 10-2 滚动轴承的代号·····	240
§ 10-3 滚动轴承类型的选择·····	242
§ 10-4 滚动轴承的受力情况和失效分析·····	243
§ 10-5 滚动轴承的寿命计算·····	244
§ 10-6 滚动轴承的静载荷计算·····	250
§ 10-7 滚动轴承的极限转速·····	252
§ 10-8 滚动轴承的组合结构设计·····	254
第十一章 联轴器与离合器 ·····	265

§ 11-1	概述	265
§ 11-2	联轴器	266
§ 11-3	操纵式离合器	271
§ 11-4	特殊功用的联轴器及离合器	276
第十二章	弹簧	281
§ 12-1	概述	281
§ 12-2	弹簧设计的基本概念	283
§ 12-3	圆柱形螺旋压缩（拉伸）弹簧的设计	289
第十三章	减速器	292
§ 13-1	减速器的特点及主要类型	292
§ 13-2	传动比分配	293
§ 13-3	减速器构造	294
§ 13-4	减速器的润滑与密封	295
§ 13-5	标准减速器	301
附录	常用单位表	303
	主要参考资料	304

第一章 机械零件设计和计算基础

§ 1-1 机械零件的工作能力准则

一、设计机械零件的基本要求

设计机器时，必须满足技术条件所规定的各项要求。这些要求是：(1) 必须有效地保证预定的解决生产或生活问题的功能；(2) 要有高生产率，高效率 and 低消耗；(3) 必须保证人身及机器的安全；(4) 要保证一定的可靠性。此外，有些机器还应满足一些特殊要求，如航空发动机要求在最小重量条件下得到最大推动力；对流动使用的机器要求便于装拆；对大型机械设备要求便于运输等。这样，才能提高机器的使用性能和保证机器的工作质量。

机器是由零件组成的，零件设计的好坏，将直接影响整部机器使用性能的优劣。根据上述设计机器应满足的要求，我们可提出设计机械零件所应满足的基本要求，概括起来就是保证安全、可靠和成本低廉。为此，要求机械零件具有足够的强度、刚度、耐磨性、振动稳定性、可靠性和耐热性等，这些是判断机械零件工作能力的基本准则。同时，要正确选择材料，合理规定精度等级，使零件具有良好的工艺性，贯彻执行现行的各种标准，尽可能选用标准件等，这些是设计机械零件时的经济性要求。如何满足上述这些要求，将在以后具体零件的设计中进行讨论。

二、机械零件的主要失效形式和工作能力的计算准则

1. 失效形式

机械零件由于某些原因而不能维持正常工作，称为失效。工程中，机械零件常见的失效形式有以下几种形式。

(1) 断裂 断裂有突然断裂和疲劳断裂两种。零件在严重过载或冲击载荷作用下，当危险剖面上的应力超过零件的强度极限时，就会出现突然断裂，因此，这是一种静强度问题；零件在变载荷作用下，经过较长时间的工作，当其危险剖面上的应力超过零件的疲劳极限时，就会出现疲劳断裂，这是大多数机械零件发生断裂的主要原因。例如压力容器联接螺栓的断裂，齿轮轮齿根部的折断等。

断裂是一种严重的失效形式，它可能会造成设备或人身事故。因此，对断裂原因，影响断裂的各种因素，防止断裂的措施等应进行研究。

(2) 过量变形 过量变形指的是塑性变形和过大的弹性变形。过量变形造成零件尺寸和形状的改变，影响零件之间的相互位置及配合关系，引起振动，使零件或机器不能正常工作。例如，机床主轴的弯曲变形量超过允许值时，就会产生振动，并且使加工精度下降；又如当电动机转子轴的弹性变形量过大时，就会改变转子与定子之间的间隙，使电动机不能正常工作。

对于高温工作的零件，会出现热变形和热应力，还可能发生蠕变现象，即应力值虽保持不变，但变形随时间的增长而增加。

(3) 表面失效 表面失效包括表面磨损、疲劳点蚀、胶合、表面塑性变形和腐蚀等。这

些失效破坏了零件的工作表面，影响了零件之间的配合关系，加大了摩擦及能量损耗。

(4) 其他失效 有些零件，当不能维持正常工作所要求的条件时，就会失效。如带传动中，当所传递的有效圆周力大于临界摩擦力时，就会出现打滑；滑动轴承中，当完整的油膜受到破坏时，即会发生过热、胶合、磨损；高速转子将会由于共振而引起断裂。

2. 计算准则

概括上述的失效形式，我们可以得到相应的机械零件计算准则。

(1) 强度准则 强度是指零件承受载荷后抵抗破坏和过度变形的能力。强度要求对于保证机器的正常运转和安全生产是非常必要的。如果一部机器某一关键零件发生断裂，就可能造成停工停产，甚至发生人身事故。所以，强度是一切机械零件都必须满足的一个准则。

强度计算应满足的条件为：

$$S = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma} \geq S_{min} \quad (1-1)$$

或
$$\sigma \leq \frac{\sigma_{lim}}{S_{min}} = [\sigma] \quad (1-2)$$

式中 σ_{lim} ——机械零件的静力强度或疲劳强度的极限应力；

S, S_{min} ——安全系数，最小安全系数；

$[\sigma]$ ——许用应力。

(2) 刚度准则 刚度是零件受载时，抵抗弹性变形的能力。常用单位变形所需的力或力矩来表示。某些零件，例如机床主轴、导轨、丝杠等，当它们的弹性变形量超过一定数值后，就会影响机器工作的质量。对于这类零件，应根据刚度要求进行设计。刚度计算应满足的条件式为：

$$y \leq [y] \quad (1-3)$$

$$\phi \leq [\phi] \quad (1-4)$$

式中 y ——零件的变形量（伸长、挠度等）；

ϕ ——零件的变形角（转角、扭转角等）；

$[y], [\phi]$ ——许用变形量及许用变形角。

由于零件的刚度与材料的弹性模量 E 或 G 有很大关系，而各类钢材的弹性模量相差很小，因此，用高强度钢代替低强度钢对提高零件刚度不会产生明显效果。要提高零件刚度应从结构上采取有效措施。例如，合理设计剖面的形状和尺寸，以增大剖面的惯性矩；缩小支承点的距离，采用多支点结构或合理添置加强筋，以减少挠曲变形；适当增大贴合面或采用精加工及跑合的方法，以降低表面不平度，提高接触刚度等。

轴向受压的柱、杆或管类零件，要作稳定性校核。判断压杆是否丧失稳定不是用变形量作为依据，而是用临界应力或临界载荷。

(3) 耐磨性准则 耐磨性是指零件在载荷作用下抵抗磨损的能力。零件磨损后，就会改变形状或尺寸，使机器的精度降低，强度减弱，从而使零件报废。现今，在一般机械中，由于磨损而失效的零部件大约占全部报废零、部件的80%。

磨损的计算方法，一般分为两类，一类是非液体摩擦，有磨粒磨损的情况，主要是限定磨损量或正压力，有时还要限定正压力与速度的乘积，以控制发热量；另一类是液体摩擦，要进行液体动压或静压润滑计算，保证油膜有足够厚度，使两接触面完全隔开。

(4) 振动稳定性准则 振动稳定性是指机器在工作时不能发生超过允许的振动。振动的

特征一般用振幅和频率两个参数表示。当前机器的发展趋势是大功率、高速度和重量轻,这样,就更容易发生振动现象。振动会使零件产生额外的变应力,使零件疲劳断裂,使机器产生较大的噪音。当周期性载荷的变化频率与机器或零件的自振频率相同或接近时,就要发生共振,这时零件的振幅将急剧增大,造成破坏事故。因此,如何确保机器及零件的振动稳定性对于机械设计也是很重要的。

(5) 可靠性准则 可靠性用“可靠度”来量度。机器、部件或零件的可靠度是指它们在规定的使用时间内和预定的环境条件下,能连续工作的概率;或者说可靠度是大量的零件在规定的使用寿命内,能继续工作的件数占总件数的百分数。如某种零件的总个数为 N_T ,在预定使用寿命内,能连续工作的个数为 N_s ,则可靠度

$$R = \frac{N_s}{N_T} \quad (1-5)$$

失效的零件数目为 $N_f = N_T - N_s$,则失效概率

$$Q = \frac{N_f}{N_T} \quad (1-6)$$

$$R + Q = 1 \quad (1-7)$$

显然,满足机器和零件的可靠性要求涉及的面很广,要考虑的问题很多,例如,在选择安全系数时,应考虑到可靠性要求,同样的零件,由于用途不同,可靠性的要求也就不一样。如飞机上的齿轮和汽车上的齿轮,即使所有其他条件均相同,但前者可靠性要求高,它们的安全系数就应有所差别。

随着科技和生产的发展,可靠性的理论 and 应用已发展成为专门学科领域,机器或零件的可靠性已从定性评价发展为可以量度的指标,成为机器或零件设计时应满足的一项基本要求。

(6) 耐热性准则 耐热性是指零件在高温环境中抗氧化、抗热变形和抗蠕变的能力。石油化工机械很多是在高温环境中工作的,而一般钢零件在 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 以上,轻合金和塑料零件在 $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 以上时,强度极限和疲劳极限都要下降,并且会出现蠕变,引起热变形和附加热应力,使零件的承载能力下降,塑性变形增加。同时,在高温下,又会破坏正常的润滑条件,发生氧化现象,改变联接零件间的间隙,降低机械的精度而使零件失效。对于在高温下工作的零件,除应采用耐热材料之外,有些零件还应进行蠕变计算或热平衡计算。如温升过高,就要采用水冷或气化冷却等降温措施。

机械零件设计时,并不要求对上述各种能力都要进行计算,而应根据具体情况,针对零件的主要失效形式,确定一项主要工作能力要求,以此为根据进行设计,必要时,再按其他要求进行校核计算。例如,在设计机床主轴时,主要是根据主轴加工精度和刚度要求确定尺寸,通常如能满足刚度要求也就能满足强度要求。只有对粗加工,重载荷的机床主轴,还需要进行强度验算。对高速主轴,例如内圆磨床主轴,要进行临界转速的验算,以防止发生共振。

三、机械零件设计的方法和步骤

1. 设计方法

(1) 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。它能获得比较可靠的结果。按照处理方法的不同,理论设计又可分为:

①设计计算根据零件的运动和动力要求及材料性能等,由理论公式直接计算零件的尺寸

和确定零件的形状。

②校核计算 按其他办法(如经验设计)初步确定零件的形状及尺寸,再引用理论公式进行校核。

(2) 经验设计 根据对已有的机器或机械零件的设计或长期使用所累积起来的经验归纳出来的某些经验公式和数据,或根据设计者本人的工作经验用类比的办法所进行的设计称为经验设计。这种设计方法简单方便,对于一些使用要求变动不大或结构形状已典型化的零件,如箱体、机架、齿轮及蜗轮轮体等是很有效的设计方法。但经验设计有局限性,当引用经验公式进行设计计算时,应对公式的来源及适用范围作出分析。

(3) 模型实验设计 对于一些尺寸巨大,结构复杂而又难以直接进行理论设计的重要零件,可通过模型实验方法进行设计。即把初步设计的零、部件或机器,作成小模型,经过实验测定其各方面的特性,根据实验结果对设计进行逐步的修改、完善。

(4) 计算机辅助设计(CAD) 随着科学技术的发展,电子计算机可直接应用于机械零件的设计计算及绘图。这样可缩短设计时间,提高设计精度。

(5) 优化设计 机械零件的优化设计就是在满足各种功能要求和约束的条件下使零件的结构参数获得最优值。它是把机械零件的各种功能参数(如刚度、重量、体积等)、结构参数(如直径、宽度等)及材料参数(如许用应力、拉压弹性模量 E 、剪切弹性模量 G 等)看成变量,通过零件的各有关设计公式把这些变量组成不同的函数式。在满足各种约束条件下通过求解一个多变量函数以获得某一设计目标的最优值。

优化设计分间接优化法与直接优化法两种。间接优化法-解析-图解法,是通过解析和线图而获得优化值,不需要复杂的计算,因而比较简单。但对有些约束条件无法仔细考虑,所得结果不一定能满足全部使用要求。直接优化法-解析-数值法,是使用数学规划论、电子计算机及其计算方法而获得优化值。

2. 设计步骤

(1) 选型 根据零件的使用要求和工作情况,选择其类型和结构,并拟定计算简图。

(2) 确定载荷 零件在正常工作时所受的载荷称工作载荷。当工作载荷难于确定时,常用原动机的额定功率计算,这样求出的载荷称为额定载荷。实际上,零件在工作时还可能受到各种附加载荷,这些附加载荷的影响可以用载荷系数来表示。工作载荷(或额定载荷)与载荷系数的乘积称为计算载荷。

(3) 材料选择 根据零件的使用要求、经济性和供应情况选择零件的材料及必要的处理方法。

(4) 确定计算准则 根据零件的主要失效形式确定计算准则,建立相应的计算公式,计算零件的主要参数及尺寸,并加以圆整或取标准值。

(5) 结构设计 根据工艺要求和标准化原则,对零件进行结构设计,绘制零件工作图并写出计算说明书。

四、机械零件常用材料及其选用原则

1. 机械零件常用材料

当今,可用作机械零件的材料大约在500种以上,其中,最常用的材料是钢和铸铁,其次是有色金属合金(如铝合金、镁合金和铜合金等)和非金属材料(如塑料、复合材料与橡胶等)。常用钢及铸铁材料的性能及应用举例见表1-1所示。而有色金属合金及非金属材料的性能和用途可参阅有关设计手册。

表 1-1 常用钢及铸铁材料的性能及应用举例

牌 号		抗拉强度限 σ_B MPa	弯曲强度限 σ_{bb} MPa	压缩强度限 σ_c MPa	屈服极限 σ_s MPa	硬 度 HB	弹性模量 E , GPa	应 用 举 例
灰 铸 铁	HT20-40	200	400	750	—	170~220	80~100	机壳、机架，一般机械零件
	HT25-47	250	470	1000	—	175~240	100~130	一般机械零件
	HT30-54	300	540	1100	—	180~250	130	重载零件与薄壁零件
球 墨 铸 铁	QT40-10	400	—	—	300	156~197	175	一般机械零件
	QT45-5	450	—	—	330	170~207	175	齿轮
	QT50-1.5	500	—	—	380	187~255	175	曲轴
		拉伸强度限 σ_B MPa	屈服极限 σ_s MPa	延伸率 δ %	硬 度			
					HB (正火、 回火)	HB (调质)	HRC (表面淬火)	
铸 钢	ZG35	500	280	16	≥ 143	—	40~45	机架，一般机械零件
	ZG45	580	320	12	≥ 153	—	40~45	重载零件如齿轮
	ZG42SiMn	600	380	12	163~217	—	45~53	重载耐磨零件如齿轮
	ZG55	650	350	10	169~229	—	45~55	重型机械重要零件如齿轮
普 通 与 优 质 碳 素 钢	A3	410~430	230	26	126~159	—	—	金属结构件、一般紧固件
	08F	320	180	35	≤ 131	—	—	垫片等冲压件
	20	400	220	24	103~156	—	—	锻压件、中载零件、 小螺栓、渗碳件
	35	520	270	18	149~187	—	35~45	中载零件如轴、螺栓
	45	600	300	15	170~217	—	40~50	重载耐磨零件如齿轮
	55	660	330	12	187~229	—	45~55	轮缘、不重要的小板簧
合 金 结 构 钢	35SiMn	800	520	15	—	229~286	45~55	中、小零件如齿轮、 轴、重要紧固件
	40Cr	750	550	15	—	241~286	48~55	中载重要零件如齿轮、轴
	42SiMn	800	520	15	—	217~269	45~55	大型重载零件如大齿轮齿圈
	40MnB	750	550	12	—	241~286	—	40Cr的代用钢材
	20CrMnTi	1100	850	10	—	—	56~62(渗碳)	重要渗碳零件如齿轮
	38CrMoAlA	1000	850	14	—	—	HV>850 (氮化)	重载氮化零件如齿轮、主轴
弹 簧 钢	65	1000	800	9	硬度HB(热轧) ≤ 255			小尺寸的各种普通弹簧
	65Mn	1000	800	8	≤ 269			大尺寸的各种普通弹簧
	60Si2Mn	1300	1200	5	≤ 302			各种重要弹簧

注：表中钢号后字母F代表沸腾钢。

2. 材料的选用原则

选择机械零件的材料，应该满足使用、工艺和经济三方面的要求，从材料各项性能的综合指标来考虑。

(1) 使用要求

①对于受力大或要求重量轻、尺寸小的零件可选用强度较高但价格较贵的材料。

②对于承受静应力的零件，可选用塑性或脆性材料；但对于承受冲击载荷的零件，必须选用冲击韧性较好的塑性材料。

③对于承受变应力的零件，应选择耐疲劳的材料，也可选用强度较低的材料，通过改进零件的结构形状或采用表面硬化处理来提高零件的疲劳强度。

④对于刚度要求高的零件，可选用一般强度的材料，通过合理设计零件的剖面形状和尺

寸以提高零件的刚度。

⑤对于要求耐磨的零件,可选用减摩材料,或选用一般强度的材料,通过表面硬化处理,提高零件的耐磨性。

(2) 工艺要求

①对于大尺寸的零件,例如直径大于500mm的齿轮毛坯在一般设备条件下应选用铸件(铸铁、铸钢)或焊接件。

②对于形状比较复杂的零件,例如箱形零件,应选用铸件或焊接件。

(3) 经济要求

①能用价格低的材料,就不选用价格高的材料。

②应综合考虑材料费与加工费。例如,对于单件或小批生产的某些箱形零件,选用钢板焊接比较有利,虽然钢板较铸铁贵,但可省掉制造木模的费用。

③应优先选用我国较丰富的材料。

④应采用组合结构来降低材料费用。如设计尺寸较大的蜗轮时,可选用减摩性和抗胶合能力较好的青铜作齿圈材料,而轮芯则用铸铁制造。

⑤为了生产准备和供应方便,要求同一部机器上使用的材料牌号、品种和规格尽可能统一,而且还要考虑到库存和当地材料的供应情况。

五、机械零件的结构工艺性

机械零件的设计计算主要是为了解决零件的强度、刚度和寿命等要求,而结构设计,则力求使零件做到用料少、成本低、制造和装配容易。计算出来的数据往往要在进行结构设计时作某些修改。因此,零件的结构设计在整个机械设计工作中是非常重要的环节。

在一般情况下,零件的结构应力求简单,尽量采用简单的表面(例如平面、圆柱面)及其组合,各个面最好互相平行或垂直,并力求减少加工面。机械零件的结构应与生产条件和规模相适应,例如有一零件毛坯,在批量生产及有大型设备的条件下,应选用锻钢件,但如果是单件和小量生产以及只有一般设备条件时,就只能采用铸件或焊接件。在进行零件结构设计时,还要根据零件的使用要求,规定出合理的加工精度与表面粗糙度,这都有助于改善零件的工艺性。

设计铸件时应注意铸件壁厚不宜过薄,以避免液态金属的流动不畅,使铸件不能完整地铸出。对于砂型铸造,一般取铸铁件壁厚 $\delta_i \geq 6\text{mm}$,铸钢件壁厚 $\delta_s \geq 8\text{mm}$;对于金属型铸造,则 $\delta_i \geq 4\text{mm}$, $\delta_s \geq 5\text{mm}$ 。但也不宜过厚。铸件各部分壁厚应接近均匀,以免产生缩孔及缺陷。铸件内腔因冷却较慢,故内腔壁厚应比外部壁厚减少15~20%。不同壁厚联接处,应采用过渡结构(图1-1),各个面的交接处应采用圆角结构。垂直于分型面的表面应有适当的铸造斜度,以利造型及起模(图1-2)。要避免发生困难造型的死角。此外,铸件结构还应考虑

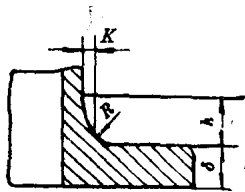


图 1-1 铸件过渡结构

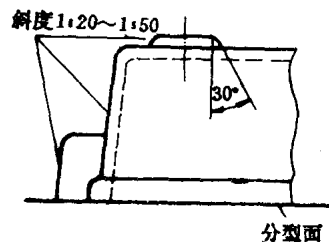


图 1-2 铸造斜度

便于清砂与运输。关于铸件的许用最小壁厚、圆角半径过渡结构的尺寸、铸造斜度等数据,