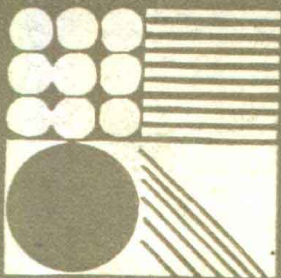


样

# 机械零件

吴宗泽 主编



JI JIE LING JIAN

● 中央广播电视大学出版社

# 机 械 零 件

清华大学机械设计教研组 合编  
中央广播电视大学机械组

吴 宗 泽 主 编

中央广播电视大学出版社

## 机械零件

清华大学机械设计教研组  
中央广播电视大学机械组 合编

吴宗泽 主编

\*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷三厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 27 千字 605

1986年1月第1版 1988年2月第2次印刷

印数 58,001—94,000

书号:15300·31 定价:5.00元

ISBN 7-304-00137-2/TH·5

## 内 容 提 要

本书根据 1980 年 5 月审定的高等工业学校机械类专业适用的《机械零件教学大纲(草案)》结合广播电视大学的特点编写而成。

本书除绪论外共十五章,可分为设计总论(第一、二章)、联接件设计(第三、四章)、传动件设计(第五至十章)、轴系零部件设计(第十一至十四章)及弹簧(第十五章)等五个部分。

本书适当地增加了各章的习题和作业,其中有一部分是结构设计题目。

本书有图 502 个,表 130 个,习题 147 题(其中带 \* 号的难题 29 题)。

本书主要用作电大机械类专业教材,也可供要求相近的各类学校使用,并可供其他有关专业的师生和技术人员参考。

## 前 言

本书根据 1980 年 5 月审订的高等工业学校机械类专业适用的《机械零件教学大纲(草案)》结合广播电视大学的特点编写而成。在编写中努力贯彻了“打好基础,精选内容,逐步更新,利于教学”的原则。

参加本书编写的有:张祖明(第 2、4 章),言穆宏(第 3 章),周宜、庄企华(第 5、7、8 章),冼健生(第 6、9 章),张玉琴(第 11、12 章),葛中民(第 13 章),王序云(第 14、15 章),其余各章由吴宗泽编写并担任主编。温诗铸、俞海清对本书进行了初审。

由中央广播电视大学邀请,北京工业大学董庆华教授和北京钢铁学院余梦生副教授对本书的编写提出了很多宝贵的意见,并由余梦生副教授审阅了全书,对提高本书质量给予了很大的帮助,编者对两位教授致以衷心的感谢!

全书文稿和插图由冼健生整理和编目。

最后,编者热切希望广大读者对本书提出意见和建议。

编 者

1985 年 12 月

## 绪 论

**机器对发展国民经济和实现四个现代化的作用** 物质资料的生产,是人类社会存在和发展的基础。而现代化的大规模的机器生产,是生产高度发展的重要标志。在工业、农业、国防和科研中,广泛地使用高效能的机器设备,能大大提高劳动生产率和产品质量,节约能源和材料,促进我国国民经济各部门的飞速发展。我国从1949年以来,机械工业有了巨大的发展,现在已拥有三百万台机床,形成了品种基本齐全的体系,制造了多种机器设备,包括许多重点建设项目的成套设备。我国第六个五年计划中规定:“机械工业要把改进质量,发展品种,提高技术水平作为中心任务,加强科研攻关和新产品开发研究。”要“提高产品的设计水平,加强新产品开发能力。”体现了为实现四个现代化对机械工业提出的迫切要求。

**机械设计的内容和主要设计顺序** 机械设计的任务是要设法实现一个具有一定使用功能的机械技术系统,而在实现它的各个环节中力求按综合最优方案进行。

机械系统的功能,是把一种现存的物质,转换成另一种可直接使用的物质。机械系统可以分为三类:

第一类是实现能量流和能量转换,如内燃机、机床、电机、纺织机械、农业机械、建筑机械、家用机械等。

第二类是实现信号流和信号转换,如计算仪器、电影机、照相机、打字机、测量仪器、控制仪器等。

第三类是实现材料流和材料转换,如过滤器、离心分离机、筛选机、蒸发器等。

完成上述机械技术系统的设计顺序,一般可以分为几个阶段:

1. 计划阶段 根据市场需要、用户咨询、科研成果及本单位的技术情况,制定设计对象的功能要求、有关指标和限制条件,完成设计任务书。

2. 方案设计阶段 目标是确定产品设计方案。首先分析产品的总功能,为实现此总功能,机械常必须有若干部分,每部分具有一定的分功能。然后分析利用什么手段可以实现这些功能。实现这些功能要利用自然界的规律(如物理、化学、生物等各种规律)作为机械系统的基本原理。

3. 总体设计阶段 完成机械的总体设计图,并对总体进行综合技术经济评价,采用优化方法,作出最佳的设计。

4. 结构设计阶段 完成各零件的设计及优化。确定各部分的尺寸、形状、加工工艺要求、材料热处理等。完成全部施工所需的图纸及技术文件。

5. 试制、试验鉴定及生产阶段 这是由设计转入生产的阶段,也是对设计是否正确进行考验,从而不断改进,提高产品性能和质量的重要阶段。

设计过程的各个阶段是互相联系的,在某一阶段发现的一些问题,有可能会改变甚至推翻前

面所作出的决定,因而要进行修改。在这样多次反复分析、决定和思考过程中,能够接近最优的结果。

机械设计是一门综合性很强的技术,本课程是机械设计系统课程中的一门技术基础课,它的重点在使学生掌握零部件设计的基础知识和分析、解决问题的方法,最后作一个部件设计,以达到机械结构设计能力的基本训练要求。这些必然有助于掌握总体设计和方案设计的能力。

**机械零件课程的内容、性质和任务** 本课程研究的对象是一般参数的通用零件的设计和计算方法。通用零件是在各类机器中经常见到的零件,如齿轮、螺钉、弹簧等,一般参数是指在速度、尺寸、精度及环境条件(如温度、压力、腐蚀等)属于一般范围。特殊参数的通用零件、专用零件(如曲轴、活塞、汽轮机叶片、螺旋桨等专门在某些机械中使用的零件)不属于本课程范围。

本课程所涉及的零件可以分为三大类:

1. 联接零件 如螺纹联接、键、销、过盈配合联接等,弹簧可作为弹性联接。这类零件解决两个相对静止件之间的联接问题。

2. 传动零件 如带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动等,其任务主要是传递运动或动力。

3. 轴系零件 如轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器等,其主要任务是支承或联接传动零件。

在分章讲述各种零件之前,对零件设计的基本知识作一概述(第一章),并对强度计算提供一些补充知识(第二章)。

本课程的主要任务是:

1. 培养学生运用基础理论解决零件的设计问题,掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用及其计算方法,初步具有分析失效原因和提出改进措施的能力。

2. 培养学生树立正确的设计思想,具有设计机械传动部件和简单机械的能力。

3. 学会运用手册、标准、规范等设计资料。

本课程的性质和内容与过去所学的课程不同,思路上有其明显的特点,初学者往往因为不能迅速适应而影响学习效果。因此要求学习本课程时要尽快地掌握本课程的特点和分析解决问题的方法,把这门课程学好,为今后的学习和工作打下基础。

# 目 录

## 前 言

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 绪 论                         | I   |
| 第一章 机械零件设计概述                | 1   |
| § 1-1 机器应满足的基本要求            | 1   |
| § 1-2 机械零件设计的一般步骤           | 1   |
| § 1-3 机械零件的主要失效形式、计算准则和计算方法 | 2   |
| § 1-4 机械零件材料的选用原则           | 4   |
| § 1-5 机械零件的结构工艺性            | 5   |
| § 1-6 机械设计中的标准化             | 10  |
| 第二章 机械零件的强度                 | 16  |
| § 2-1 载荷与应力的分类              | 16  |
| § 2-2 静应力下机械零件的强度计算         | 18  |
| § 2-3 材料的疲劳极限               | 20  |
| § 2-4 稳定变应力下机械零件的疲劳强度计算     | 23  |
| § 2-5 非稳定变应力下机械零件的疲劳强度计算    | 29  |
| § 2-6 机械零件的接触疲劳强度           | 32  |
| 第三章 螺纹联接和螺旋传动               | 35  |
| § 3-1 螺 纹                   | 35  |
| § 3-2 螺纹联接的主要形式, 标准联接件      | 38  |
| § 3-3 螺纹联接的预紧和防松            | 41  |
| § 3-4 螺栓组联接的设计与受力分析         | 44  |
| § 3-5 单个螺栓联接的强度计算           | 52  |
| § 3-6 螺纹联接的材料和许用应力          | 58  |
| § 3-7 提高螺栓联接强度的措施           | 60  |
| § 3-8 螺旋传动                  | 70  |
| 第四章 键、销、过盈配合联接              | 88  |
| § 4-1 键联接                   | 90  |
| § 4-2 花键联接                  | 94  |
| § 4-3 销联接                   | 96  |
| § 4-4 过盈配合联接                | 98  |
| 第五章 传动总论                    | 108 |
| § 5-1 传动装置的作用               | 108 |
| § 5-2 传动装置的分类               | 108 |
| § 5-3 传动的基 本 参 数 计 算        | 110 |



|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| § 5-4      | 各种传动形式的比较 .....            | 113        |
| <b>第六章</b> | <b>带传动 .....</b>           | <b>117</b> |
| § 6-1      | 带传动的主要类型、特点和应用 .....       | 117        |
| § 6-2      | 带传动的工作情况分析 .....           | 121        |
| § 6-3      | 带传动的失效形式和设计准则 .....        | 126        |
| § 6-4      | 三角胶带传动的设计计算 .....          | 129        |
| § 6-5      | 三角胶带传动的结构设计 .....          | 133        |
| § 6-6      | 同步齿形带传动简介 .....            | 137        |
| <b>第七章</b> | <b>齿轮传动 .....</b>          | <b>141</b> |
| § 7-1      | 概述 .....                   | 141        |
| § 7-2      | 齿轮传动的失效形式 .....            | 143        |
| § 7-3      | 齿轮材料及其热处理 .....            | 147        |
| § 7-4      | 圆柱齿轮传动的载荷计算 .....          | 150        |
| § 7-5      | 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....      | 156        |
| § 7-6      | 设计参数选择及许用应力 .....          | 165        |
| § 7-7      | 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....      | 175        |
| § 7-8      | 变位齿轮传动强度计算的特点 .....        | 183        |
| § 7-9      | 直齿圆锥齿轮的强度计算 .....          | 184        |
| § 7-10     | 齿轮的结构设计 .....              | 190        |
| § 7-11     | 齿轮传动的润滑 .....              | 193        |
| <b>第八章</b> | <b>蜗杆传动 .....</b>          | <b>200</b> |
| § 8-1      | 概述 .....                   | 200        |
| § 8-2      | 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算 ..... | 202        |
| § 8-3      | 蜗杆传动的滑动速度和效率 .....         | 206        |
| § 8-4      | 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择 .....  | 207        |
| § 8-5      | 蜗杆传动的受力分析和计算载荷 .....       | 208        |
| § 8-6      | 蜗杆传动的承载能力计算 .....          | 210        |
| § 8-7      | 蜗杆传动的润滑及热平衡计算 .....        | 214        |
| § 8-8      | 蜗杆和蜗轮的结构 .....             | 215        |
| § 8-9      | 其它类型的蜗杆传动 .....            | 217        |
| <b>第九章</b> | <b>链传动 .....</b>           | <b>224</b> |
| § 9-1      | 链传动的主要类型、特点和应用 .....       | 224        |
| § 9-2      | 套筒滚子链的结构和规格 .....          | 225        |
| § 9-3      | 套筒滚子链链轮的结构和材料 .....        | 227        |
| § 9-4      | 链传动的工作情况分析 .....           | 230        |
| § 9-5      | 套筒滚子链传动的设计计算 .....         | 233        |
| § 9-6      | 链传动的布置和润滑 .....            | 239        |
| <b>第十章</b> | <b>摩擦轮传动和无级变速器 .....</b>   | <b>245</b> |
| § 10-1     | 摩擦轮传动的工作原理和应用 .....        | 245        |
| § 10-2     | 传动比基本固定的摩擦轮传动设计 .....      | 246        |
| § 10-3     | 机械无级变速传动 .....             | 252        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第十一章 轴</b>           | 257 |
| § 11-1 轴的分类和应用          | 257 |
| § 11-2 轴的材料及其选择         | 258 |
| § 11-3 轴的设计准则和设计步骤      | 258 |
| § 11-4 轴的结构设计           | 259 |
| § 11-5 轴的强度计算           | 265 |
| § 11-6 轴的刚度计算           | 281 |
| § 11-7 轴的振动概念           | 283 |
| <b>第十二章 滚动轴承</b>        | 288 |
| § 12-1 概述               | 288 |
| § 12-2 滚动轴承的基本类型、特点和代号  | 289 |
| § 12-3 滚动轴承的载荷分析        | 294 |
| § 12-4 滚动轴承失效形式和计算准则    | 300 |
| § 12-5 滚动轴承的寿命计算        | 300 |
| § 12-6 滚动轴承的静载荷计算       | 308 |
| § 12-7 滚动轴承的极限转速        | 309 |
| § 12-8 修正的轴承寿命计算        | 310 |
| § 12-9 非稳定载荷下滚动轴承的计算    | 310 |
| § 12-10 滚动轴承的组合结构设计     | 311 |
| <b>第十三章 滑动轴承</b>        | 324 |
| § 13-1 摩擦、磨损与润滑的基本知识    | 324 |
| § 13-2 液体动压润滑的基本方程      | 339 |
| § 13-3 液体动压润滑单油楔向心轴承的计算 | 342 |
| § 13-4 滑动轴承的型式与应用       | 355 |
| § 13-5 轴承材料与轴瓦结构        | 359 |
| § 13-6 滑动轴承的润滑          | 366 |
| § 13-7 非液体润滑轴承的计算       | 369 |
| § 13-8 多油楔液体动压轴承简介      | 373 |
| § 13-9 液体静压轴承简介         | 376 |
| <b>第十四章 联轴器和离合器</b>     | 381 |
| § 14-1 概述               | 381 |
| § 14-2 联轴器              | 382 |
| § 14-3 离合器              | 390 |
| <b>第十五章 弹簧</b>          | 398 |
| § 15-1 概述               | 398 |
| § 15-2 弹簧材料和制造          | 401 |
| § 15-3 普通圆柱压缩和拉伸弹簧的设计计算 | 404 |
| § 15-4 圆柱形扭转螺旋弹簧        | 411 |
| § 15-5 碟形弹簧             | 412 |
| § 15-6 其它类型弹簧简介         | 417 |
| <b>主要参考文献</b>           | 420 |

## 第一章 机械零件设计概述

### § 1-1 机器应满足的基本要求

机器应满足的要求主要有以下几个方面:

#### 一、能满足用户所需的各方面的使用性能

1. 能完成本机所担负的工作,如机床能加工零件达到所要求的尺寸、形状和精度,洗衣机能把衣服洗干净等;

2. 可靠性 包括功能的可靠性和适当的使用寿命;

3. 体积、重量的要求 对交通工具、便携式机械或仪器特别重要;

4. 维修条件 维修间隔合理,维修手段简单,维修费用低廉等;

5. 操作方便、人身安全 有必要的安全措施(如防爆防火等),对环境污染(噪声、废气、废液等)不超过规定;

6. 对安装、运输和储存有必要的技术措施;

7. 能在一定的环境条件下正常工作(温度、空气湿度、尘埃、空气压力、风力、海浪等);

8. 符合美观的要求。

#### 二、充分考虑制造的工艺性

1. 总体方案和各部分结构方案在能达到使用要求的前提下尽可能地简单、实用;

2. 毛坯制造、机械加工、装配、维修的工艺性好;

3. 合理地选择材料,恰当地选用新材料、新工艺;

4. 尽可能地选用标准件。

#### 三、技术经济的合理性

设计人员必须对各种方案进行技术经济的综合比较,全面考虑各方面的因素,最后选定最佳的设计方案。

### § 1-2 机械零件设计的一般步骤

#### 一、机械零件应满足的要求

机械零件是组成机器的单元,所以设计机械零件应该首先满足由机器整体出发对该零件提出的具体要求,能够正常地工作。其次,应考虑用最佳的方案实现该项要求。如果几个零件互相牵制,不可能同时都达到最优,则应予以综合考虑作出决定。

#### 二、机械零件设计一般步骤

设计普通零件的一般步骤可以概括为:

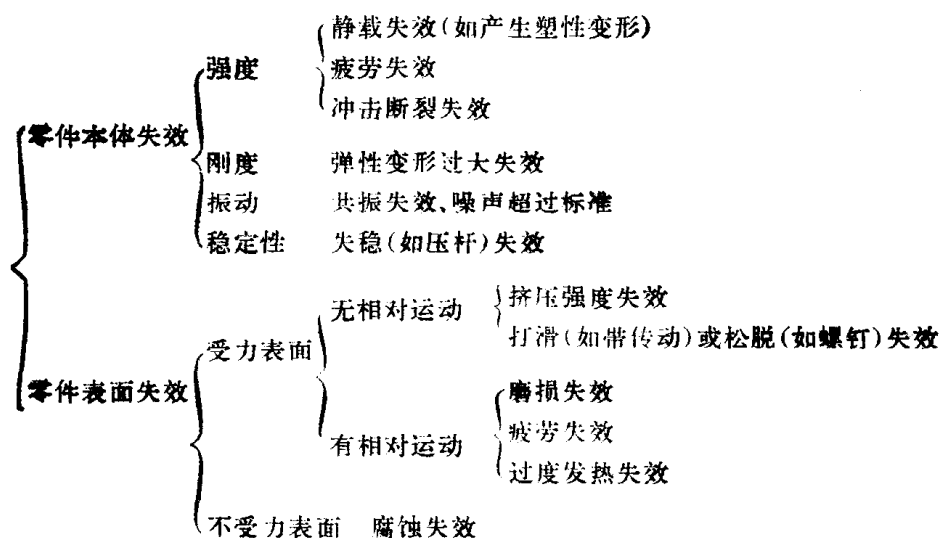
1. 分析所设计零件在机器整体中所起的作用,如传递动力、改变运动速度的大小或方向、储存能量、支承、联接、隔振、安全保护等;
2. 研究实现上述功能,可以依据的物理或化学等原理;
3. 设计零件(部件)的结构方案,使之可以按上述的物理或化学原理,实现规定的零件功能;
4. 对设计出来的零件结构进行分析和计算。包括简化力学模型,进行载荷分析,按可能出现的失效形式确定零件承载能力的计算准则,选择零件的材料和热处理,然后计算确定零件各部分的尺寸;
5. 按标准化和工艺要求等,圆整计算所得的各尺寸,绘制装配图和零件图。

由上述步骤可知,在机械零件设计过程中,要涉及设计计算、失效分析、材料选择、工艺性、标准化等问题,在下面分别讨论。

### § 1-3 机械零件的主要失效形式、计算准则和计算方法

**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。对于大部分受力较大的零件,如传递功率的传动系统和支承零件,强度、刚度、磨损失效常是主要形式,高速机械则还应考虑振动问题。现将机械零件的主要失效形式列表如下(见表 1-1)。

表 1-1 机械零件的主要失效形式



按实际情况,如果一个机械零件可能有几种失效方式,则应该分别进行考虑,然后选定能同时保证各种失效方式都不会发生的方案。

### 二、机械零件的计算准则

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,制定计算该零件工作能力所应依据的基本原则称为计算准则。机械零件计算常用的计算准则举例如下:

1. 强度准则 要求零件在工作时不产生强度失效,强度准则取为零件中的应力不超过所允许的限度,即许用应力。用公式表示为:

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

$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (1-2)$$

上二式中,  $\sigma$ 、 $\tau$  分别为拉伸(压缩、弯曲)及剪切工作应力,  $[\sigma]$ 、 $[\tau]$  为许用应力,  $S_{\sigma}$ 、 $S_{\tau}$  为安全系数,  $\sigma_{\text{lim}}$ 、 $\tau_{\text{lim}}$  为界限应力。对静应力, 界限应力取为屈服极限(塑性材料)或强度极限(脆性材料), 对变应力, 界限应力取为疲劳极限。

2. 刚度准则 刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。刚度计算准则或刚度要求为: 零件的弹性变形小于或等于允许值。此允许值根据变形对零件工作性能的影响由分析或实验的方法决定(如轴的弯曲变形量影响轴上齿轮的啮合情况)。

3. 耐磨性准则 耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。例如齿轮的轮齿表面磨损量超过一定限度后, 轮齿齿形有较大的改变, 使齿轮转速不均匀, 产生噪声和动载, 严重时因齿根厚度变薄而导致轮齿折断。因此在磨损严重的条件下, 以限制与磨损有关的参数作为磨损计算的准则。

4. 振动稳定性准则 如果某一个零件的固有频率  $f$  与激振源的频率  $f_p$  相同或为其整数倍时, 则这些零件就会产生共振, 破坏正常工作。根据实践结果,  $f_p$  与  $f$  接近在一定范围以内时, 即可能发生较大的共振, 因此按振动稳定性准则, 要求激振源的频率  $f_p$  在该范围之外, 一般要求  $0.85f > f_p$ ,  $1.15f < f_p$  (更高阶的共振也应避免)。

5. 可靠性准则 可靠性表示系统、机器或零件等在规定时间内能稳定工作的程度或性质。可靠性常用可靠度  $R$  来表示, 可靠度是指系统、机器或零件等在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下, 能正常地实现其功能的概率。

如有一大批某种被试零件, 共有  $N_T$  件, 在一定条件下进行试验, 在预定时间  $t$  内, 有  $N_f$  个零件失效, 剩下  $N_s$  个零件仍能继续工作, 则

$$\text{可靠度 } R = \frac{N_s}{N_T} = \frac{N_T - N_f}{N_T} = 1 - \frac{N_f}{N_T} \quad (1-3)$$

一个由多个零件组成的串联系统, 任意一个零件失效都会使整个机器失效, 如  $R_1$ 、 $R_2 \cdots R_n$  为各零件的可靠度, 则整个系统的可靠度为

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdots R_n \quad (1-4)$$

有些系统、机器或零件要求以可靠度作为计算准则。

### 三、机械零件的设计和计算方法

在设计机械零件过程中, 为了满足上述的机械零件计算准则, 必须采用各种适用的设计和计算方法, 常用的方法有:

1. 理论设计 按机械零件的结构及其工作情况, 将它简化成一定的物理模型, 运用力学(理论力学、材料力学、弹塑性力学、流体力学等)、热学、摩擦学理论或利用这些理论推导出来的设计公式和实验数据进行设计称为理论设计。这些设计公式有两种不同的使用方法:

(1) 设计计算 按设计公式直接求得零件的有关尺寸;

(2) 校核计算 已知零件各部分尺寸, 校核它是否能满足各有关的计算准则。

2. 经验设计 根据某些零件长期以来的设计与使用经验归纳出经验公式,或者设计者根据经验用类比的方法,确定一些尺寸进行设计,称为经验设计。这对于某些典型零件是很有效的设计方法。例如减速箱体、传动件、机床手柄等的某些结构尺寸。

3. 模型实验设计 对于一些尺寸大、结构复杂的重要零件,如大型水轮机、大型轧钢机的关键零件,为了提高设计的可靠性,可以把初步设计的零部件或机器作成小模型或样机,进行实验,根据实验结果改进产品的设计。而对于大量生产的机器(如汽车),则常用实物进行实验。

计算机辅助设计(CAD)近些年来有迅速的发展。可以用有限元、边界元、差分法等计算方法对复杂结构的强度、刚度、润滑、振动、传热等问题进行数值计算,能解决很多过去无法计算的问题,甚至可以代替一部分实验工作。可以用优化方法得到最佳的设计方案,例如在满足强度、尺寸、速比等限制条件下,可以得到单位功率重量最小的减速器优化设计方案。还可以利用自动绘图设备,绘制零件图和装配图,大大缩短某些新产品的的设计时间。因此,计算机的引入使设计速度和质量有了很大的提高,是一个很重要的发展方向。

#### § 1-4 机械零件材料的选用原则

选择材料和热处理方法是机械设计的一个重要的问题。不同材料制造的零件不但机械性能不同,而且加工工艺和结构形状也有很大的差别,如铸造和锻造的大齿轮结构形状就有很大的不同。图 1-1 是铸造与焊接杠杆的形状。

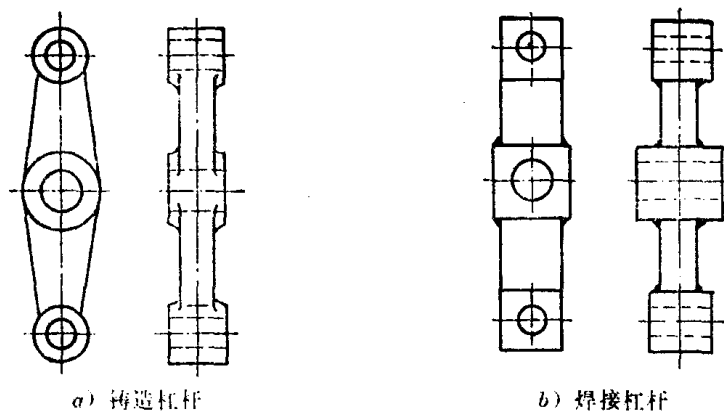


图 1-1 不同加工方法的零件形状

机械零件常用的材料有:钢、铸铁、有色金属、非金属材料等。有关材料的数据和知识可参见手册或有关的资料[5,6]。

选择材料应考虑的主要问题有:使用要求、制造工艺要求和经济要求。设计者必须了解材料的性质才能正确地选择材料。

**一、使用要求** 首先应保证机械零件不失效,其次还应满足其他的要求如重量轻、绝缘(导电)、防腐蚀、尺寸准确等。因此对材料常有下列几方面的要求:

1. 机械性质方面的要求 包括强度(静强度、疲劳强度)、塑性(用延伸率 $\delta$ 或相对面积收缩率 $\psi$ 表示)、冲击韧性、硬度(常用布氏硬度 HB, 洛氏硬度 HRC 或维氏硬度 HV 表示)、弹性模

量、阻尼或吸振性能(如机床床身)等;

2. 物理性质方面的要求 密度(要求机器减轻重量时)、线膨胀系数(要求尺寸稳定时)、热传导系数(要求散热性能时)等;

3. 化学性质方面的要求 抗腐蚀性等。

## 二、工艺要求

铸造毛坯可以制成各种复杂的形状,应考虑材料的液态流动性,产生缩孔或偏析的可能性等。锻造毛坯应考虑材料的延展性、热脆性和变形能力等。焊接零件要考虑材料的可焊性和产生裂纹的倾向等。对要进行热处理的零件,可考虑材料的可淬性,淬透性及淬火变形的倾向等。对于经过切削加工的零件要考虑材料的易切削性,切削后能达到的表面粗糙度和表面性质的变化等。

## 三、经济性

首先应考虑材料本身的价格,在能达到使用要求的前提下,应该尽可能地选用价格低廉的材料。

其次还应综合考虑选用材料的经济效果。如对于大量生产的零件,用铸件常比用焊接件便宜,而对于单件生产则焊接毛坯更为有利,因为它省去了铸造用的木模。对于某些机械零件采用精密的毛坯制造方法如精铸、精锻、冲压等,虽然毛坯制造费用有所提高,但节省了机械加工的费用,并提高了材料利用率,从而得到了经济效果。

## § 1-5 机械零件的结构工艺性

机械零部件的工艺性好,是指所设计的零部件在保证产品使用性能(如效率高、寿命长、安全可靠、保养容易、操纵灵活等)的前提下,根据既定的生产规模,能用生产率高,材料消耗少和生产成本低的方法制造出来。

在设计时要从材料选择、毛坯制造、机械加工、装配以及保养维修等各环节考虑工艺问题。关于工艺性资料很多(如[5]、[22]),这里只是举例说明一些原则。

### 一、铸造零件的工艺性

1. 为了防止浇铸不足,对于各种铸造方法铸件壁厚有一允许的最小值;

2. 零件箱壁交叉部分应有过渡圆角,以避免尖角处产生裂纹(图 1-2a),但是圆角不可太大,以免交点处尺寸过大,金属积聚产生缩松(图 1-2b)。建议  $D \approx 1.3d$  (图 1-2c);

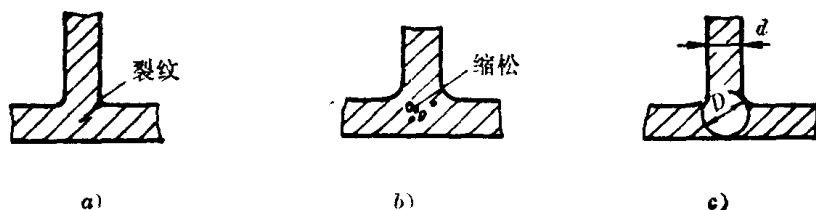


图 1-2 铸件过渡圆角大小应当适当

3. 铸件应有明显的分型面(图 1-3);



a) 不合理

b) 合理

图 1-3 铸件应有明显的分型面

4. 应尽量避免铸造水平位置的大薄板,在浇注过程中由于铁水漫流不易充满铸型,常产生浇注不足、冷隔等缺陷。如图 1-4b 把薄板的轮毂设计成倾斜的,则铁水可以由下到上逐渐充满铸型而避免漫流。此外还可以在薄板上加筋以增大流动通道并增加刚度,避免翘曲;

5. 铸件应有必要的斜度以便于取出模型;

6. 为避免采用活块,可将凸台加长(图 1-5b)引至分型面。如加工方便,也可不设凸台,采用垫平措施(图 1-5c);

7. 将箱形结构改为肋骨形结构,可省去型芯,但强度和刚度比箱形结构差(图 1-6);

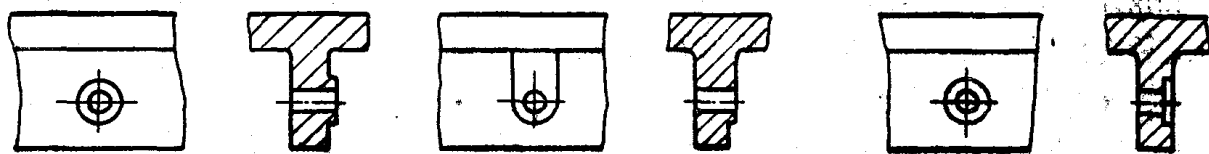
8. 铸铁抗拉强度差而抗压强度高,在设计零件形状时应尽可能把拉应力(或弯曲应力)化作压应力(图 1-7)。



a) 不合理

b) 合理

图 1-4 避免水平大薄板

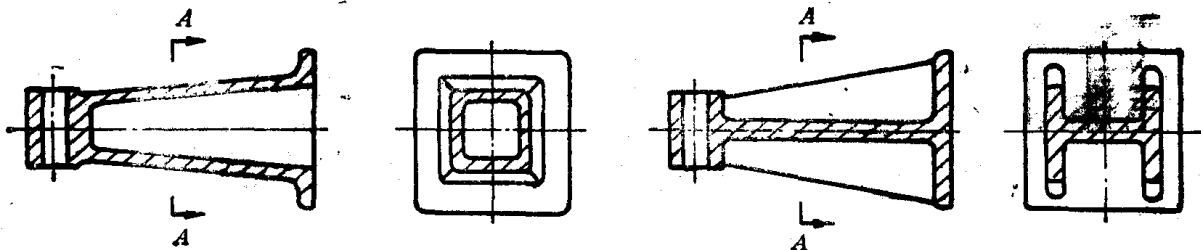


a) 不合理

b) 合理

c) 合理

图 1-5 避免采用活块



a) 箱形结构;

b) 肋骨形结构

图 1-6 避免采用型芯



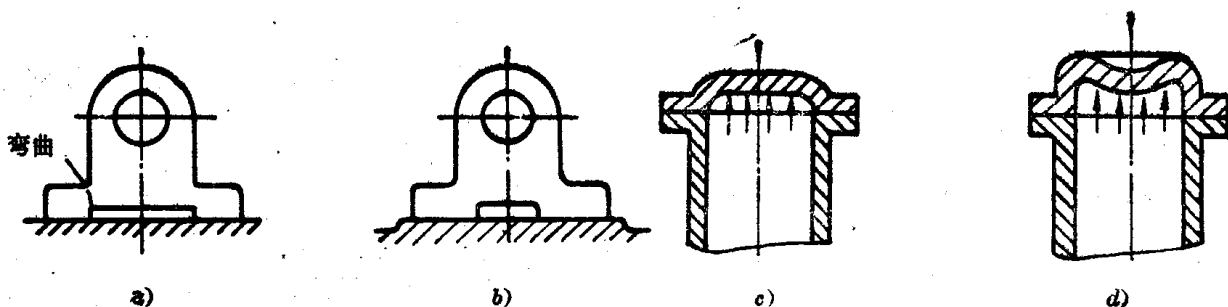


图 1-7 避免铸铁受拉力 a、c 不合理；b、d 合理

## 二、热处理零件的工艺性

为避免热处理零件产生裂纹或变形,在设计零件时,应注意:

1. 避免锐边尖角,应将它倒钝或改成圆角,圆角半径要大些;
2. 零件形状力求简单、对称;
3. 轴类、棒类零件的长度与直径之比不可太大;
4. 提高零件的结构刚性,必要时增加加强筋;
5. 形状特别复杂,或者不同部位有不同性能要求时,可用组合结构(如机床铸铁床身上镶钢导轨)。

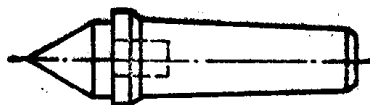
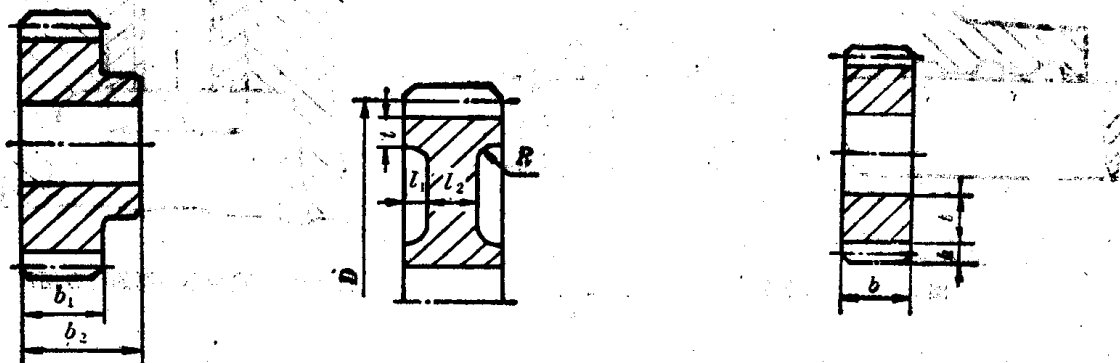


图 1-8 组合顶尖结构,可提高工艺性和节约高合金钢材料  
顶尖用 W18Cr4V,柄用 45 号钢

图 1-8 和图 1-9 举出了几个例子。



a)  $b_1, b_2$  应接近 b)  $t/D \geq 0.1 \sim 0.2$   $l_2 \approx 2l_1$ ,  $R$  要大 c)  $t \geq 2.5h$ ,  $b \leq 55\text{mm}$  (高频淬火)

图 1-9 淬火齿轮的推荐尺寸

## 三、切削加工工艺性

为提高加工质量和效率,在设计零件结构时应注意:

1. 加工表面的几何形状应尽量简单,尽可能布局在同一平面上或同一轴线上,尽可能统一尺寸,以便于加工,如图 1-10 减速箱体轴承座端面应取在同一平面上,三个轴承端盖槽的尺寸  $b_1$ 、 $b_2$  应力求一致;
2. 有相互位置精度要求的各表面最好能在一次安装中加工(图 1-11a 须从两端加工,改进后可一次加工),这样还能减少工件的安装次数提高加工效率;
3. 加工时应能准确定位、可靠夹紧、并便于加工、易于测量;
4. 尽可能避免零件内表面加工如图 1-12 的轴承密封装置,在轴上加工槽(b 图)就比在轴承