

简明机械设计

王昌禄 编

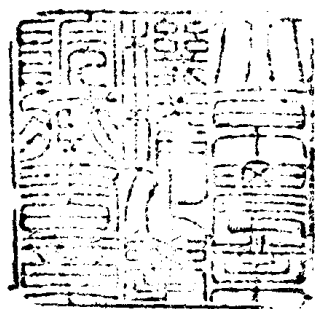


JIANMING JIXIE SHEJI

中国农业机械出版社

简明机械设计

王昌禄 编



中国农业机械出版社

2009/26

简明机械设计

中国矿业学院北京研究生部 王昌禄

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 167/8 371 千字

1984年6月北京第一版 · 1984年6月北京第一次印刷

印数: 00,001—31,000 定价: 2.60 元

统一书号: 15216·127

编 者 的 话

为便于广大机械工人以及从事这方面工作的人员，在工程设计、技术革新等活动中进行机械设计，提供简单机械设计的基本知识与方法，以便作出正确的设计，而编写了这本科普读物。

本书以解决实际设计为目的，简明扼要，着重介绍了实际的设计步骤和方法。文字通俗易懂，图例丰富，便于自学。全书共分绪论、力学基础、机械原理、机械零件设计、简单机械设计五篇。每个章、节均有计算例题、设计实例，章、节末附有练习题，书后给出了解题答案。因此，它适用于工、矿企业中有一定生产经验，具有初中文化的工人和知识青年自学参考，也可作为机械工人的培训教材。

本书是在北京市劳动人民文化宫科技组举办的“简明机械设计”短训班上进行了试讲，在试讲中多次吸取广大学员及有关方面意见后，修订而成。

本书在编写过程中，曾得我院各级党组织、以及院、研究生部、基础部、教研室的领导及同志们的关怀和支持，还得到有关单位，和北京市劳动人民文化宫科技组赵德明、王国英、刘振兴等同志，以及短训班学员们的热心支持。王昌福同志提供了夹具设计资料并设计绘制了部分插图。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中一定存在缺点与错误，恳请广大读者批评指正。另外读者在自学本书过程中，如有问题欢

迎来函询问，编者将尽可能利用寒、暑假日函复解答。（通讯地址：北京西郊中国矿业学院北京研究生部）

编者

1981.2

目 录

第一篇 绪 论

第一章 机械设计概述	1
§ 1-1 机械设计研究的对象与内容	1
§ 1-2 机械设计的基本要求、方法与步骤	3

第二篇 力学基础简介

第二章 理论力学基础简介	7
§ 2-1 力的基本概念和构件受力分析	7
一、力的基本概念	7
二、构件受力分析	9
§ 2-2 平面力系简介	23
一、平面力系概述	23
二、平面汇交力系的合成与平衡——图解法	26
三、平面汇交力系的合成与平衡——解析法	32
四、力矩与力偶	37
五、平面任意力系及平衡	39
§ 2-3 空间力系简介	47
一、空间力系概述	47
二、力对轴之矩	54
三、空间力系的平衡方程	56
第三章 材料力学基础简介	65
§ 3-1 概述	65

§ 3-2 拉伸与压缩	67
一、拉伸与压缩的基本概念	67
二、轴向拉伸与压缩时横截面上的内力和应力	68
三、材料在拉伸时的机械性质	71
四、材料压缩时的机械性质	76
五、许用应力与安全系数	77
六、拉伸与压缩的强度计算及举例	78
§ 3-3 剪切	84
一、剪切的基本概念	84
二、剪应力的分析	85
三、剪切变形及剪切虎克定律	86
四、挤压的基本性质	87
五、剪切和挤压的强度计算及举例	88
§ 3-4 扭转	94
一、扭转的基本概念	94
二、圆轴的外力偶、扭矩和扭矩图的绘制	95
三、圆轴扭转时的应力分析	98
四、最大剪应力的计算公式分析	101
五、圆轴扭转时刚度计算	103
六、圆轴扭转时的强度与刚度计算举例	105
§ 3-5 弯曲	108
一、梁与平面弯曲的基本概念	108
二、梁横截面上的内力——剪力和弯矩的分析	111
三、弯矩图与剪力图的绘制方法	115
四、弯曲时梁横截面上的正应力	126
五、截面的惯性矩和抗弯截面模量	131
六、弯曲时梁的强度条件	134
七、弯曲时梁的强度计算举例	135
八、弯曲时梁的刚度计算	137

九、弯曲时梁的变形计算	139
§ 3-6 组合变形	145
一、组合变形的基本概念	145
二、拉伸（或压缩）与弯曲的组合变形计算及举例	146
三、圆轴的弯曲与扭转的组合变形计算及举例	151

第三篇 机械原理基础简介

第四章 摩擦、功率与机械效率	163
§ 4-1 摩擦	163
一、摩擦的基本概念	163
二、滑动摩擦	164
三、摩擦角	165
四、应用举例	166
五、自锁	169
§ 4-2 功和功率	173
一、功和功率的基本概念	173
二、不变力的功率	174
三、不变力矩的功率计算	175
§ 4-3 机械效率	178
一、机械效率的基本概念	178
二、常见机构和轴承的效率	178
第五章 传动机构及设计简介	180
§ 5-1. 螺旋传动	180
一、螺旋机构的应用及其运动特性	180
二、螺旋机构的受力分析	183
三、螺旋机构的效率	186
§ 5-2 凸轮传动及设计	189
一、凸轮机构的基本概念	189

二、凸轮机构的分类	190
三、凸轮机构的传动特性	192
四、从动杆的常用运动规律	198
五、凸轮轮廓曲线的绘制	200
六、圆柱凸轮机构	203
§ 5-3 连杆机构及设计	206
一、连杆机构的基本概念	206
二、四连杆机构曲柄存在的条件	207
三、四连杆机构的传动特性	209
四、连杆机构的设计	212

第四篇 机械零件设计简介

第六章 常用传动件的设计	217
§ 6-1 皮带传动及设计(只介绍三角皮带传动)	217
一、概述	217
二、三角胶带的结构	217
三、三角带轮的设计	221
四、三角胶带传动的设计计算方法	226
五、三角胶带传动设计计算举例	233
§ 6-2 常用链传动及设计	240
一、概述	240
二、链传动的失效形式	241
三、链传动的主要参数的选择	241
四、套筒滚子链的磨损计算	245
五、链轮的几何尺寸计算	247
六、链传动的设计举例	248
§ 6-3 常用齿轮传动及设计	252
一、概述	252
二、圆柱齿轮各部分名称及其几何尺寸计算	253

三、圆柱齿轮的几何尺寸计算举例	256
四、直齿圆柱齿轮传动的强度计算概述	257
五、齿轮失效形式	258
六、齿轮的材料及性能	260
七、直齿圆柱齿轮的强度计算——轮齿受力分析	264
八、齿面接触强度的计算	267
九、轮齿的弯曲强度计算	271
十、轮齿过载时的强度计算	277
十一、齿轮强度计算的有关参数选择原则	278
十二、齿轮材料许用应力的确定	280
十三、齿轮强度计算的一般步骤	290
十四、齿轮的结构设计	292
十五、直齿圆柱齿轮传动设计举例	295
十六、斜齿圆柱齿轮传动设计	301
十七、斜齿圆柱齿轮传动设计计算举例	320
第七章 轴、键与销的设计	326
§ 7-1 轴的用途与分类	326
§ 7-2 轴的材料选择	328
§ 7-3 轴的结构设计	328
一、轴上零件定位方法	329
二、轴的结构工艺性	331
§ 7-4 轴的设计计算	333
一、概述	333
二、概略设计	333
三、轴的较精确的校核方法及实例	339
四、轴的精度等级、公差配合及表面光洁度的确定	350
五、轴的技术要求	352
六、轴的精确设计方法及实例	353
§ 7-5 键的设计	366

一、键的用途与分类	366
二、键的选用与验算	369
三、键的设计与验算实例	372
§ 7-6 销的设计	374
一、销的用途与分类	374
二、销的设计与验算实例	374
第八章 其他常用零、部件设计	377
§ 8-1 轴承的设计与选型	377
一、滚动轴承	377
二、滑动轴承	392
§ 8-2 联轴器与离合器的选用	410
一、联轴器的用途	410
二、联轴器的分类及应用	412
三、离合器的用途	418
四、离合器的分类及应用	419
§ 8-3 螺纹联接	430
一、概述	430
二、螺纹联接的分类	431
三、螺纹联接设计	434
四、螺栓组联接的设计举例	444
五、螺纹联接的防松结构	455
§ 8-4 弹簧的设计	459
一、弹簧的用途及分类	459
二、弹簧的材料及其机械性能	462
三、圆柱形压缩(拉伸)、扭转弹簧设计计算	463
四、弹簧的设计举例	476

第五篇 简单机械设计简介

第九章 机床夹具设计简介	481
---------------------------	------------

§ 9-1 机床夹具的功用与构成	481
一、机床夹具的功用	481
二、机床夹具的构成	482
§ 9-2 工件的定位	483
一、工件的定位概述	483
二、定位规则	486
三、定位方法及定位件的选择	491
四、设计定位装置的一般方法	495
§ 9-3 工件的夹紧	496
一、对夹紧机构的要求	496
二、夹紧力的确定	497
三、简单夹紧机构介绍	503
§ 9-4 机床夹具设计	506
一、机床夹具设计的基本原则	506
二、机床夹具的设计步骤	508
三、机床夹具设计举例	509
附录 I 练习题答案	516
附录 II 主要字符表	523

第一篇 绪 论

第一章 机械设计概述

§ 1-1 机械设计研究的对象与内容

机械设计是研究各类机械、仪器、设备中通用零件及常用机构的设计原理、计算方法、以及材料的选择。在长期的生产实践过程中，劳动人民根据生产与科学实验的需要，发明创造和改进了各式各样的机械与设备。这些机械与设备，如汽车、火车、机床、飞机、轧钢机、挖土机等，尽管它们的外观不同，用途也是多种多样的，但是仔细深入分析它们的内部结构，可以发现任何一台完整的机械，一般都可以归纳为下列三个主要部分：

（1）动力部分：一台完整的机械，要实现一定运动或作功，总是需要动力的来源，需要将提供的动力能转换为机械能，并利用它作功。动力部分最常用的是电动机，例如机床就是利用电动机将电能转换为机械能。而蒸汽机火车则是利用煤燃烧，使水受热变为蒸汽来推动活塞，将热能转换为机械能。此外，还有用气压液压作为原动力的。近代技术中的核潜艇则是利用核动力。

（2）传动部分：是将动力部分的功率和运动传递到工作部分的中间环节。组成传动部分的零、部件形式很多。例如，自行车是利用链传动；机床是利用皮带及齿轮传动；汽

车的内燃机则是利用活塞、连杆机构及变速箱、万向联轴节等，将运动传递到车轮。从广义上讲，传动部分还应包括支承这些零件的轴和轴承，以及将上述零件联接起来的键、花键和螺纹联接等零件。传动部分在机械中的零件数量较大，对机器的效能影响也较大，对它们必须深入研究。但它们通用性强，有许多零、部件主要数据已标准化、系列化，设计时必须符合标准的要求或从标准中直接选用。

(3) 工作部分：是直接完成工作任务，实现预定目的的工作部件。例如，机床的刀架部分，挖土机的挖斗，轧钢机的轧辊，汽车的车轮等。

通过上述分析，可以发现各类机械的传动部分与工作部分，随着机械本身的用途不同而各异。但是它的传动部分或工作部分往往是采用几种相同的零件和机构，按不同的方式组成。例如，齿轮传动、链传动、皮带传动、连杆机构、凸轮、偏心机构、螺纹联接和键联接等是经常被使用的零件及机构，往往称为常用件或常用机构。机械设计的重点任务是对这些具有共性的东西进行分析、综合，并总结出它们的设计原理、计算方法、结构的确定与材料的合理选择。研究的具体内容可以大致分为下列几方面：

(1) 研究各种机械传动和常用机构的结构、工作特点、运动与动力特性，及其设计计算方法。

(2) 从强度、刚度、寿命、结构的工艺性等方面，研究通用零件和部件的设计计算方法，合理选择零件的材料、精度、公差配合与光洁度，以及技术要求等。

(3) 研究简单机械的工作原理，以达到预定目的，完成一定的工作任务。

(4) 研究零件、部件及机构的经济性，以达到工艺简

单、用料省、节约能源、成本低和效率高的目的。

§ 1-2 机械设计的基本要求、方法与步骤

在进行技术革新的过程中，尽管会遇到各种各样的任务和目的，要求设计出不同的部件或机构来实现。但设计时综合考虑的基本要求往往相同，一般应考虑下列几方面：

(1) 运动与动作要求：设计时首先应根据任务、目的，确定机械工作原理，选择合理的机构与传动方式，使其巧妙地组合起来，实现预定的动作。为了实现上述目的，应绘制机构运动简图，进行运动分析。必要时用类似缩小比例的模型，模仿动作，判断能否实现原设计的要求，各机构运动是否协调，机构是否可以进一步简化等。同时为进行机构动力、强度、刚度分析等提供初步数据。

(2) 可靠性要求：一台完善优质的机械必须是工作可靠、效率高。而工作可靠性最重要，也就是要求机械能准确、可靠、及时地完成预定的任务，不应在使用过程中发生零、部件损坏，失效或过度磨损而产生有害的振动，影响工作质量和工作效率等问题。

(3) 动力性能要求：在上述运动与动作分析的基础上，对机构进行动力分析，进一步确定作用在机构及各零、部件上的拉力、压力、剪力、弯矩、扭矩以及功率等，为以后的强度、刚度、发热及效率等计算准备条件。为实现上述目的，在零件设计过程中，应考虑以下各项要求：

1) 强度，即零件在受力后，不发生断裂与超过容许的残余变形。这是很重要的，否则将产生严重后果，如设计的飞机在飞行中机翼突然断裂，则整架飞机将坠毁；汽车在山道行驶，如刹车操纵杆断裂，刹车失灵，则汽车也将滑落深

山峡谷之中。因此强度是最基本的要求。

2) 刚度, 即零件在外力作用下, 抵抗弹性变形的能力。若零件的弹性变形量超过一定数值, 会影响工作质量。例如, 轧钢机的轧辊刚度不够, 则轧钢时孔型变化, 轧制的钢材质量受影响; 机床主轴的刚度不够, 则加工零件的质量很难保证。

3) 寿命, 即零件能按预定计划正常工作的时间。一般影响零件寿命的因素有几方面: ①磨损, 零件相对运动时产生磨损, 例如, 机床导轨磨损太快则机床的精度受影响; 机床主轴上安装的轴承磨损太快, 也明显影响机床工作质量; ②疲劳, 零件在变应力(即力的大小与方向均是变化的)作用下产生疲劳(一种破坏方式), 使寿命降低; 例如有的齿轮轮齿在交变应力作用下, 由于齿轮质量不好, 在轮齿根部产生疲劳裂纹, 逐渐扩大, 最后会引起轮齿折断。③蠕变, 即零件在高温条件下产生变形, 如汽轮机叶片在高温下工作, 易产生此故障, 影响寿命。

4) 减振性, 即要求设计的机械在工作中振动小, 以免影响工作可靠性和工作质量, 特别是高精度的机械及仪器要求更严格。如在某些情况下, 当零、部件的自振频率与承受周期性外力而产生的振动频率相符合或接近时, 就可能产生共振, 其振幅急剧加大, 能在短期内导致零件破坏。因此, 在设计时应尽量避免产生这种情况。

(4) 经济效果: 在技术革新过程中设计各种机构或工、模、夹具等, 必须考虑经济效果。总的要求是在完成预定目的前提下, 尽可能降低成本, 节约材料, 节约能源, 减少消耗费用及维护保养费用。另一方面尽量使其发挥高效率, 使产品数量多, 质量好。为了实现此要求一般从下列几

方面入手：①首先使零、部件工艺性好，能用最少工时与加工费用加工出来，而安装、装配、调整方便；②在满足性能要求的前提下，零、部件的几何形状应尽可能简单，加工工序应尽可能少，并尽量避免采用复杂加工手段；③在满足工作性能前提下，加工精度及光洁度应尽可能选择低些，避免盲目提高；④在设计各种机构时应尽量采用标准零件与标准部件。因为标准件是由专门工厂生产，必然成本低，质量好。采用标准件还可以简化设计，保证互换性，便于装配与修理。

（5）设计的机械必须保证安全：在技术革新过程中，设计各种机械或工、模、夹具等，除了工作可靠，还必须考虑安全，避免引起工伤事故。例如皮带或链传动，一般应加保护罩，以免发生卷入挤压事故。机构本身最好有保安装置，在特殊情况下能自动停止工作保证安全。

机械设计的方法，一般分为下列二种：

（1）理论设计：由调查研究提出任务要求，根据已经掌握的科学理论和积累的实践知识进行设计。设计顺序有两种：一种是根据运动的要求，承受作用力情况，可能选择的材料与工艺条件，选择合理的公式进行理论设计计算，根据计算结果确定零件形状和尺寸；另一种是采用校核计算方法，即先初步确定零件形状及尺寸，然后再根据理论公式进行校核。

（2）经验设计：一般是根据现有的零、部件或机械长期使用中总结出来的经验公式进行设计。其优点是简便、快速，避免复杂计算。但若经验公式本身不太科学，缺乏先进性或有局限性，则设计的机械质量也将受到影响。

上述两种设计方法都可以辅助结合模型实验设计，对一些巨大或结构复杂的机械，可以先做出模型或缩小比例的同类机械，经过实验，测定主要零、部件受力情况及有关构件