

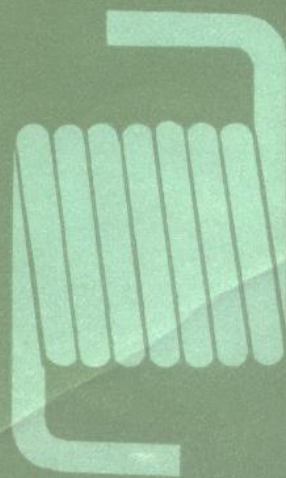
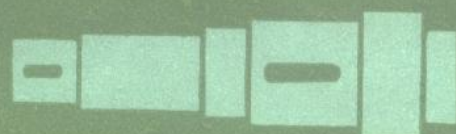
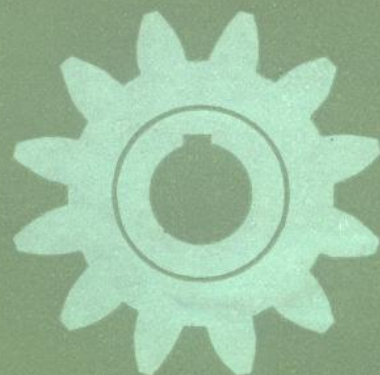
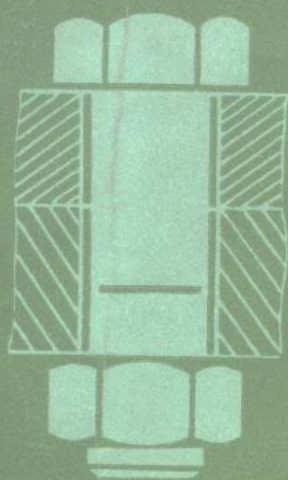
[苏] B·H·库德里亚夫采夫著

汪一麟 等译

机械零件

[苏] B·H·库德里亚夫采夫著

机械零件



高等教育出版社

TH13

机 械 零 件

[苏] B. H. 库德里亚夫采夫 著

汪一麟 等译

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是根据苏联 B. H. 库德里亚夫采夫 (B. H. Кудрявцев) 著《机械零件》(Демали машин) 1980 年版译出的。原书是苏联高等工业学校机械类专业的教科书。

全书分为四篇二十一章: 第一篇机械零部件的计算和设计原理, 第二篇机械零件的联接, 第三篇机械传动, 第四篇轴、轴承、弹性元件和联轴器。本书的特点之一是, 加强了机械零部件设计计算基础理论的内容, 并集中在第一篇中讲述。

本书可作为我国高等工业学校机械类专业师生的参考用书, 也可供有关工程技术人员参考。

2064/3213

机 械 零 件

[苏] B. H. 库德里亚夫采夫 著

汪一麟 等译

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 22 字数 500,000

1985 年 3 月第 1 版 1985 年 9 月第 1 次印刷

印数 00,001—16,750

书号 15010·0573 定价 4.25 元

译 序

本书是苏联高等工业学校机械类专业用的教材,是按照苏联高等和中等专业教育部制定的“机械零件”课程教学大纲编写的。作者讲授“机械零件”课程有较丰富的经验,他还长期从事齿轮传动的科学研究工作,发表了不少齿轮方面的专著。本书是苏联目前有一定影响的《机械零件》教材。

本书与苏联六十年代的同类教材相比,有了较大的革新,特别是加强了机械零件设计计算基础理论的内容。本书第一篇“机械零部件的计算和设计原理”的篇幅约占全书的四分之一,其中阐述了摩擦学的基本问题,介绍了机械零件的疲劳强度计算和变形计算,简述了机械零件的概率计算和可靠性问题。第二篇“机械零件的联接”和第四篇“轴、轴承、弹性元件和联轴器”比以往教材有所精简,而第三篇“机械传动”中的齿轮传动一章则大大加强了,其中提出了作者本人的新观点和新计算方法。总的说来,本书的篇幅不大,但内容却相当丰富。

考虑到本书对我国高等工业学校“机械零件”的教学有一定的参考价值,因此我们把它译出,供国内讲授和学习“机械零件”课程的教师和学生参考。译校的具体分工如下:谢绍玄译第一、八、十二、十七章,王统译第四、五章,范明德译第六、七章,朱安仁译第九、十、十一章,沈继飞译第十四、十五章,王世佐译第十八、二十、二十一章,董勋译第十九章,汪一麟译其他几章,最后由汪一麟总校和统稿。限于我们的学术水平和教学经验,译文中一定有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

译 者

1983年7月

原 序

本书是作者在列宁格勒机械学院讲课用的教材，其内容是按照苏联高等学校机械制造专业用的“机械零件”课程大纲编写的。

使用本书时必须考虑到，计算和设计所依据的基本前提已合并在本书的第一篇(第一章到第七章)中。按照这样的体系，就能根据相同的原理和关系式来设计和计算不同用途的零部件。这一篇提出了表征接合表面承载量的准则，根据疲劳强度准则进行了寿命计算，并说明了影响强度的各种因素；介绍了如何用概率法和确定性方法求安全系数；列出了关于润滑油和向摩擦副供油方法的资料，并介绍了关于如何防止摩擦接点过热、污染和漏油的知识。

在第一篇中还讨论了误差和变形对零件相互作用区内载荷分布的影响，介绍了关于通用机械零件最有代表性的材料的知识，说明了如何根据对设计对象提出的重量和外廓尺寸要求并考虑接触区的工作特点和可能的损伤形式来选择材料。这时使用了零件(部件)重量与许用应力(与机械性能)的关系式和滑动速度与接触点相对于接触区的速度代数比的比值。

在本书的其他几篇中未讨论上述问题，但在研究其中所述的内容时必须使用第一篇中的资料。例如，疲劳磨损问题往往是啮合传动、摩擦轮传动、滚动轴承的共同问题，因此应该把它集中在一处讲。对于接合表面的非疲劳性磨损问题，也同样处理。表征接合表面承载量的准则在第一篇中作了讨论，然后在本书的其他几篇中多次用到。螺纹联接、齿(花键)联接和焊接单位长度上以及齿圈单位宽度上的载荷分布可用第一篇中所述的通用于这些情况的数学模型来描述。用了这个模型，就能求得接合表面的修正参数，以保证获得最佳的压力分布(提高承载能力)。轴承中各滚动体之间的载荷分布、圆键和无间隙安装的螺栓表面上的压力分布以及承受力和力矩(其方向垂直于轴线)而接合表面为圆柱面的联接中的压力分布，都可用通式来描述。第一篇中的通式也可用于求可能的间隙、过盈、硬度和安全系数。

本书的某些章节采纳了В. Л. Вейц、К. М. Горелов、Г. Б. Иосилевич、Ю. В. Левитан、М. Е. Подольский 和 В. Л. Файншмидт 所提出的许多有用的意见。作者向他们表示衷心感谢。作者也向 А. Д. Игнатовский 帮助抄写原稿表示感谢。

目 录

绪论	1	第五章 变形和制造误差对零件接合区	
约定的基本符号	4	载荷分布的影响	56
第一篇 机械零部件的计算和设计原理		§ 5.1 概述	56
第一章 公差与配合、表面粗糙度和机械		§ 5.2 零件接合区单位载荷和力的分布	59
零件的工艺性	5	§ 5.3 圆柱接合表面上的压力分布	67
§ 1.1 公差与配合	5	第六章 机械制造用材料及其使用说明	72
§ 1.2 表面粗糙度	7	§ 6.1 机械零件用材料简述	72
§ 1.3 机械零件的工艺性	8	§ 6.2 材料选择原则	76
第二章 接合表面、接合表面工作条件		§ 6.3 设计机械零部件时用的几种节约	
和磨损种类	11	材料方法	80
§ 2.1 概述	11	第七章 机械零件的概率计算和可靠性	
§ 2.2 表征接合表面工作条件的参数和		问题简述	82
磨损度	12	§ 7.1 基本概念	82
§ 2.3 磨损种类	18	§ 7.2 机械零件概率计算法的应用实例	88
第三章 接合表面的润滑和发热计算	25	§ 7.3 提高机械零件可靠性的方法	89
§ 3.1 概述	25	第二篇 机械零件的联接	
§ 3.2 滑动摩擦种类	26	第八章 螺纹联接	93
§ 3.3 重载接触	29	§ 8.1 概述、螺纹分类和螺纹的基本参数	93
§ 3.4 润滑材料和重载接触用润滑油粘度		§ 8.2 螺纹联接装拆力矩	96
的选择	30	§ 8.3 紧固件的结构和材料	99
§ 3.5 润滑装置和密封装置	32	§ 8.4 螺栓联接中作用力的计算	101
§ 3.6 发热计算简述	35	§ 8.5 螺栓的强度计算	108
第四章 影响零件强度的因素和变载荷		§ 8.6 提高螺纹联接承载能力的方法	113
作用下的疲劳强度计算	39	§ 8.7 螺栓组联接的计算例题	115
§ 4.1 应力变化循环次数对零件强度的		第九章 焊联接、钎焊联接和粘联接	117
影响	39	§ 9.1 焊联接概述	117
§ 4.2 零件尺寸、形状和表面状态对零件		§ 9.2 焊联接型式及其强度计算	119
强度的影响	46	§ 9.3 焊联接的许用应力	125
§ 4.3 零件与试件疲劳极限之间的关系		§ 9.4 钎焊联接	126
和在不同的不对称循环系数下的极		§ 9.5 粘联接	128
限应力	51	第十章 铆钉联接	130
§ 4.4 许用应力与安全系数	53	§ 10.1 概述	130

§ 10.2 铆钉联接的计算	131
第十一章 轴-毂联接	132
§ 11.1 键联接	132
§ 11.2 齿(花键)联接	134
§ 11.3 成形(无键)联接	140
§ 11.4 过盈联接	141

第三篇 机械传动

第十二章 摩擦轮传动和无级变速器	147
§ 12.1 概述	147
§ 12.2 摩擦轮传动接触处的滑动和滚动体工作表面的疲劳强度计算	148
§ 12.3 摩擦无级变速器简述	151
第十三章 带传动	155
§ 13.1 概述	155
§ 13.2 几何关系	159
§ 13.3 带传动的弹性滑动和运动学	160
§ 13.4 带传动中的作用力和应力	161
§ 13.5 带传动的工作能力准则和计算	163
§ 13.6 带传动的带轮	171
第十四章 齿轮传动	174
§ 14.1 概述	174
§ 14.2 渐开线啮合的圆柱齿轮传动	176
§ 14.3 圆柱齿轮传动的啮合作用力	187
§ 14.4 制造误差和零件变形对齿轮传动工作的影响	188
§ 14.5 工作齿面的接触强度计算	197
§ 14.6 圆柱齿轮传动轮齿的弯曲强度计算	203
§ 14.7 诺维科夫外啮合圆柱齿轮传动	207
§ 14.8 圆锥齿轮传动	213
§ 14.9 齿轮传动的摩擦损失和啮合功率概念	219
§ 14.10 行星齿轮传动	222
§ 14.11 齿轮减速器	229
§ 14.12 齿轮传动的设计计算说明	236
§ 14.13 齿轮传动计算例题	240
§ 14.14 轴线交错的齿轮传动简述	243
§ 14.15 谐波传动	244
第十五章 蜗杆传动	249
§ 15.1 概述	249
§ 15.2 圆柱蜗杆传动的几何学、运动学和	

精度	250
§ 15.3 圆柱蜗杆传动的啮合作用力和效率	253
§ 15.4 蜗杆对的强度计算	256
§ 15.5 凹齿廓圆柱蜗杆传动和圆弧面蜗杆传动	259

第十六章 链传动

§ 16.1 概述	260
§ 16.2 传动链和链轮、几何计算	261
§ 16.3 链传动的运动不均匀性和作用力	265
§ 16.4 链传动的工作能力准则、传动零件的材料和耐磨性计算	267
§ 16.5 链传动的损失和润滑方法	269

第十七章 螺旋-螺母传动

§ 17.1 概述	271
§ 17.2 滑动螺旋-螺母传动的计算	273
§ 17.3 滚动螺旋-螺母传动的计算特点	275

第四篇 轴、轴承、弹性元件和联轴器

第十八章 轴

§ 18.1 概述	277
§ 18.2 轴的强度计算	278
§ 18.3 轴的刚度和振动	280

第十九章 作相对转动和移动时用的支承装置

§ 19.1 概述	287
§ 19.2 滑动轴承的结构	289
§ 19.3 滑动轴承的计算	292
§ 19.4 滚动轴承的结构和分类	296
§ 19.5 滚动轴承的运动学、动力学和摩擦损失	299
§ 19.6 载荷在各滚动体之间的分布、滚动轴承的接触应力和刚度	300
§ 19.7 滚动轴承的寿命和静载荷计算	303
§ 19.8 关于滚动轴承实用计算(选择)的说明	305

第二十章 弹性元件

§ 20.1 概述	311
§ 20.2 金属弹簧的材料和许用应力的选择	313
§ 20.3 圆柱螺旋弹簧	314
§ 20.4 变刚度弹性元件	316
§ 20.5 碟形弹簧和环形弹簧	317

第二十一章 联轴器	319	§ 21.6 操纵式离合器.....	330
§ 21.1 概述.....	319	§ 21.7 自动离合器.....	333
§ 21.2 固定式联轴器.....	319	附录 3k 型行星齿轮传动在给定的 i_{oe}^b	
§ 21.3 补偿式联轴器.....	320	值下的齿数表	337
§ 21.4 可移式联轴器.....	323	参考文献	341
§ 21.5 弹性联轴器.....	326		

绪 论

在国民经济的大多数部门中,生产过程是由机械来完成的,而物质福利的进一步改善和增长是同机械制造业的发展密切相关的。所以,机械制造业在国民经济的其他部门中起着主导作用。在苏维埃政权的年代里,苏联的机械制造业获得了蓬勃发展,目前苏联的生产量占世界第二位。

机械是由零件组成的,零件就是不经装配而得到的制品(螺栓、轴、齿轮等)。按共同的用途结合起来的零件组合称为装配单元(部件)。有代表性的部件例子是减速器、变速箱、轴承、联轴器等。

仔细观察了各种各样机械和仪器(例如金属切削机床、汽车、直升飞机、轧钢机、钟表等)的机构后不难发现,这些不同的装置具有许多用途相同的零部件,即:紧固件(螺钉、螺母等)、传动装置(齿轮传动、蜗杆传动、挠性件传动装置等)、轴和轴承、各种联接(齿联接、键联接、螺纹联接)、弹簧、密封、壳型零件、联轴器等。

“机械零件”课程就是研究这些零件及其联接和绝大多数现代机械中有代表性的部件的原理、计算和设计。

少数专用机械中有代表性的零部件将在专业课程中进行研究。“机械零件”课程是最后一门公共技术课程,它教学生如何有效地运用一些先修课程中的知识来解决工程问题。例如,为了计算零件上的作用力、摩擦损失和进行运动分析,需要具备理论力学和机械原理课程中的知识,而强度计算和变形计算是根据材料力学和弹性理论课程中的资料来进行的。选择机械零件的材料、热处理方式、制造方法、合理形状、精度是根据材料学、冷加工和热加工工艺学、焊接工艺学等课程中的知识来进行的。

制定设计文件的顺序和性质已在ГОСТ2.103—68中作了规定,它包括下面几个主要阶段。

技术任务书 在这一文件中,要说明对象的用途和特点,据以规定生产率、可靠性和寿命、重量-外廓尺寸、能量、成本等指标。

技术建议 要根据技术建议的分析来确定合理地制定制品文件的技术论据和技术-经济论据,这是考虑了所设计的和现有的制品的特点以及专利资料通过各种不同的可能解法的评比来确定的。

方案设计 在这一阶段,要按选择最佳方案所需的技术-经济论据来制定对象总体和主要部件方案。与此同时,要确定关于工作原理、可靠性和强度的问题范围,这些问题必须加以研究并得到实验验证。

技术设计 在技术设计中,要拟定设计对象的总体和部件,具体确定零件的结构。这时也可能要继续进行上述的研究。

制定工作文件 这一阶段包括绘制总图和部件图(经过技术设计后得到具体化)、零件图,编制说明书,制定制造和装配工艺文件、实验文件等。

因此,工作设计包括具体完成技术任务所需的一切内容,这时要在设计和研究过程中加以修正。

在方案设计阶段,要不对不致太大影响技术任务书中所规定的设计对象最终主要指标的那些结构要素作近似计算。如果现有接近于设计对象的实验样机,就可以不经过计算而拟定各个结构要素。但是在方案设计中,为了进行与选择最佳方案有关的技术-经济计算,必须充分精确地估计对最终结果有影响的参数。例如,在设计机械传动装置时,为了选择传动型式(定轴齿轮传动、行星齿轮传动、蜗杆传动等),必须具有一些数据能求得要素尺寸,从而确定对比方案的重量和外廓尺寸,而其误差对最终结果没有很大影响。

在技术设计中,要按基本工作能力准则精确计算设计对象的各个零件。

对所设计的机械提出的最重要要求是制造和使用经济、操纵方便而安全、可靠性高而使用期长。为了保证能符合这些要求,零件应满足一些准则,其中最重要的准则是强度、耐磨性、刚度、抗振性、耐热性、工艺性。

操纵方便对机械的可靠性和劳动生产率有很大的影响,因为很多对象的工作效果取决于人-机系统的指标。这个系统的缺点是噪声大、振动强烈、手柄上的力大、检查不便、变速困难等等,因而会加快疲劳,违反技术条件而可能引起事故。

标准化对设计出制造和使用经济而可靠的机械具有很大的意义,标准化就是制定标准和使用标准的过程。

苏联现行的标准有:全苏标准(ГОСТ)、部颁标准(ОСТ)、共和国标准(РСТ)和企业标准(СТП)。机械零部件方面的标准化包括材料、几何参数(轴径和孔径、螺纹形状和尺寸、齿联接、键联接、啮合的原始齿廓等)、精度规格、制图规则等。有很多零部件已标准化了,例如紧固件、传动带和传动链、联轴器、滚动轴承等。由于实现了标准化,机械的成本有所降低,设计周期有所缩短,而可靠性有所提高。

近年来,广泛开展了计算方法的标准化,例如齿联接、齿轮传动等计算方法的标准化。

从1974年起,苏维埃经济互助组织(СЭВ)在标准化方面开展了工作。这一重要开端能进一步加强和扩大СЭВ成员国的社会主义经济合作和集约化,从而提高劳动生产率和生产质量。СЭВ的标准也广泛用于机械零件方面。

在设计整个机械及其零部件时,要考虑工业美学的要求。机械应该同时具有合理的形状和美丽的外观。例如,壳型零件所需的刚度和强度应该不是靠加筋,而是靠图14.57所示的那种平滑过渡而获得。这时,材料消耗少,易于清除污垢,而且外观给人以较好的印象。

“机械零件”课程设计是学生第一次独立进行的创造性工程作业,其中包括强度计算、耐磨性计算、耐热性计算、材料选择等问题,这时脱离基础课程最少,而实际上是根据所有的先修课程进行的。在具体实现了所选的机构简图,并综合了材料力学、机械原理、理论力学、材料学、工艺学和其他课程的知识后,学生不但能获得工程创造能力,同时还能巩固基础课程的知识。

在增长设计技能和应用理论知识时,对象最好不仅应用广泛并具有很大的实用价值,而且在展望未来时从教育意义上看不致老化。“机械零件”课程中所研究的对象完全具有这些性能,这些对象是任何条件下(从海洋深处到宇宙)使用的一切现代机器、机构、仪器所固有的。因此应该指出,有很多零部件例如滑动转动副、阿基米德螺旋副、齿轮、利奥纳德·达·芬奇所发明的滚动轴承和其他许多零部件,早就为人所知,但是改进这些零部件却是进一步发展科学技术的必要条件。

在解决复杂的工程问题时,绝不是一切都可以形式化。为了达到目的,要花时间去消灭许多“白斑”,这通常要比花在设计上的时间多好多倍。因此,必须制定工程解法,其中包括善于综合以往的经验,探索新的构思,通过比拟建立模型。“机械零件”课程设计能在很大程度上发展这些性能。设计时解法的多样性能促进思维活动,即发挥积极性。从理论课程的形式逻辑过渡到工程师的启发性工作,是这种艰巨的质变的一个组成部分,学生在学习“机械零件”课程时面临着要完成这种过渡。

约定的基本符号

$C(C_p)$ ——刚度系数(扭转刚度系数)	N_0 ——应力变化循环次数
$C_q(C_{qH})$ ——单位刚度系数(单位接触刚度系数)	N_{H0}, N_{F0} ——轮齿的接触应力和弯曲应力变化循环基数[见式(14.48)和201、206页]
$C_H([C_H])$ ——接触应力系数(许用接触应力系数)(MPa)[见式(14.47)和(14.59)]	R ——不对称循环系数(见39页)
E ——拉压弹性模量(MPa)	s ——安全系数
$F(F_n)$ ——力(法向力)(N)	T ——扭矩(N·m)
F_f ——摩擦力(N)	T_f ——摩擦力矩(N·m)
f ——摩擦系数	T_{H1}, T_{F1} ——小齿轮上的计算扭矩(N·m)(见198和205页)
G ——剪切弹性模量(MPa)	t ——时间
J_p ——极惯性矩	t_k ——工作时间(h)
$K_0([K_0])$ ——综合接触应力系数(许用综合接触应力系数)(MPa)	$v_{r1}(v_{r2})$ ——接触点相对于接触区(一开始为线接触时)的速度在接触线的法线上的投影(见16页)
K_{Hp} ——考虑载荷在零件相互作用区内分布不均匀的系数(见58页)	v_Σ —— v_{r1} 与 v_{r2} 代数和的绝对值
$K_{\sigma\sigma}, K_{\sigma\tau}$ ——考虑应力变化循环次数的系数(见42页)	W_p ——抗扭截面模量
K_{HL}, K_{FL} ——按接触应力和弯曲应力计算轮齿强度时考虑应力变化循环次数的系数(寿命系数)(见200和206页)	Y_F ——齿形系数(见图14.35)
K_{Ha} ——考虑载荷在各齿之间分配的系数(见189页)	Z_H ——接触体材料的弹性常数(见14页)
$K_{H\beta}, K_{F\beta}$ ——计算接触强度和弯曲强度时考虑载荷沿齿圈宽度分布不均匀的系数(见190和191页,图14.24和14.25)	$\alpha_\sigma, \alpha_\tau$ ——理论应力集中系数
$K_{H\alpha}, K_{F\alpha}$ ——计算接触强度和弯曲强度时考虑啮合中动载荷的系数(见194和239页)	$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$ ——在周期性载荷作用下的绝对尺寸影响系数
K_σ, K_τ ——有效应力集中系数	ε_α ——端面重合系数(见183页)
k ——传热系数	η ——传动效率
M ——弯矩(N·m)	θ ——温度,滑动速度比
N_{sm}, N_{sk} ——主动轮和从动轮的功率	λ, λ_p ——柔度系数
N_0 ——应力变化循环基数(见41页)	μ ——动力粘度(MPa·s①)
	ν ——运动粘度(m ² /s)
	ρ_m ——密度(kg/m ³)
	σ_s, τ_s ——强度极限(MPa)
	$\sigma_{H\max}$ ——最大接触应力(MPa)
	σ_{-1}, τ_{-1} ——疲劳极限(MPa)

① 原文误为 MПа/c——译者注。

第一篇 机械零部件的计算和设计原理

机械零部件最重要的指标是可靠性和经济性。评价经济性时,要考虑材料、制造和运转的费用。

可靠性和工作能力可用一些准则来表征,其中最重要的是耐磨性(第二、三章)、强度(第四章)、刚度(第五章等)、抗振性和耐热性(第三、六章)。

设计中所考虑的经济性,在选择材料、热处理、强化工艺(第四、六章)、形状和制造方法(第一章)时表现出来。评价机械零部件的经济性时,其重量-外廓尺寸特性是最重要的指标之一。“机械零件”课程中所研究的机械传动的效率是运转时重要的经济性指标。

工作载荷通常是时间的随机函数。材料的机械性能和在制造或运转过程中产生的对机械零件规定尺寸的偏差,同样是随机变量,因而它们非常分散。因此,应用概率论和数理统计方法是改进机械零部件计算和设计的重要条件(第七章)。

第一章 公差与配合、表面粗糙度和机械零件的工艺性

§ 1.1 公差与配合

机械零件的尺寸不可能制造得绝对精确,而大量生产的基本前提是互换性,即不经过附加的加工而能把同类零件相互交换,同时又满足对该部件(机械)提出的技术要求。互换性是由螺纹联接、齿(花键)联接、键联接和齿轮传动等的标准化公差与配合制度来保证的。

下面简要地介绍包容件(直径为 D 的孔)和被包容件(直径为 d 的轴)的相配圆柱表面的公差与配合(图 1.1)。

为了满足技术要求,必须使尺寸介于两个允许极限尺寸之间,这两个极限尺寸之差称为公差,对于孔和轴分别用 T_D 和 T_d 表示(图 1.1)。为了方便起见,要标注零件的公称尺寸 d ,它是偏差的计算基准。尺寸 d 从ГОСТ6636—69所规定的长度尺寸中选取,长度尺寸是公比为 $Ra5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 、 $Ra10 = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 等的几何级数,它们符合于ГОСТ8032—56*(加以必要的圆整)的优先数5、10、20、40系列①。

① 符合优先数系列的不仅有长度尺寸,而且还有某些机械参数,例如标准减速器的传动比,电动机、标准减速器和联轴器的许用扭矩等。

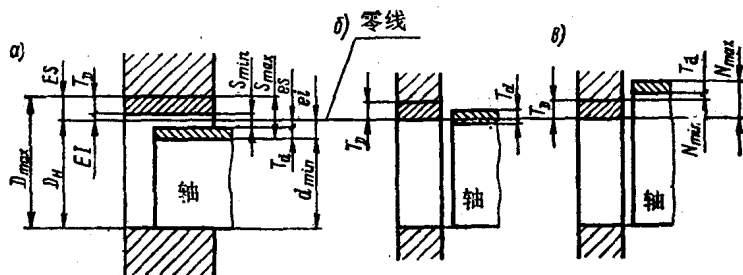


图 1.1 配合

a—间隙配合；b—过渡配合；c—过盈配合

D_{max} —孔的最大直径； D_H —孔的公称直径； d_{min} —轴的最小直径； ES 和 EI —孔直径的上偏差和下偏差； es 和 ei —轴直径的上偏差和下偏差； S_{max} 和 S_{min} —最大间隙和最小间隙； N_{max} 和 N_{min} —最大过盈和最小过盈； T_D 和 T_d —孔公差和轴公差

根据公差带的相对位置，配合可分为具有间隙 S 的配合、过渡配合和具有过盈 N 的配合(图 1.1)。间隙配合用于动联接(例如在滑动轴承中)和要保证装拆方便而对相配零件的同心度未提出严格要求的静联接。根据尺寸 D 和 d 的配合情况，过渡配合可以具有间隙，也可以具有过盈。它们用于要求很好对中的静联接，以及采用键、销、螺纹零件等作附加固定因而能反复装拆的场合。过盈配合用于静联接(见图 1.1c 和第十一章)。

圆柱面联接和平行平面联接的公称值公差和偏差见标准 CЭB, 即根据 ISO 国际公差和配合制度制定的 CT CЭB144—75 和 CT CЭB145—75。在这些标准中，给出了公式和按 19 个精度系列规定的公差数值，这些精度系列称为精度等级，以序号表示之。机械制造中最常用的精度等级是 5~12 级。4 级和 5 级精度用于特别精密的零件。6~8 级精度用于最常用的重要机械零件。工作速度中等而精度要求不高的零件，按 8 级和 9 级精度制造。对于低精度零件，特别是允许作无切屑加工的零件，应采用 10~12 级精度。

公差带相对于零线的位置取决于上下偏差(或者偏差之一和公差带大小)。孔和轴的公差带分别用大写和小写的拉丁字母表示，后加数字表示精度等级(例如 $F7$, $f8$)。

配合制度有基孔制和基轴制两种。在基孔制中，孔的公差带 H 具有零值下偏差，而各种配合特性是靠改变轴的公差带来实现的(图 1.2)。在基轴制中，则不改变轴的公差带 h ，各种配合特性是靠改变孔的公差带来实现的。

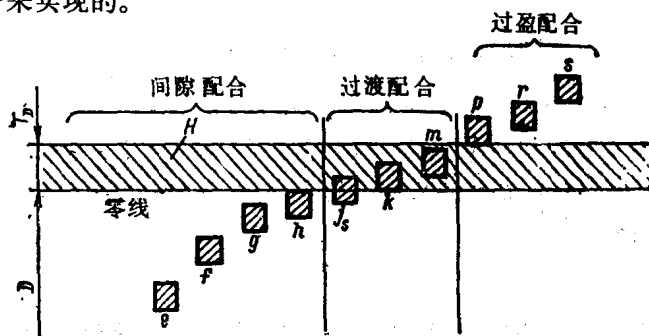


图 1.2 基孔制的配合举例

配合是通过计算(见第十一和十九章)或者根据本部门的经验来规定的。

最常用的是基孔制, 因为这样可减少加工孔用的贵重刀具品种。当采用光轴在工艺上是合理(例如, 最后加工工序是校准)的且它以不同的配合与零件相接合时, 或所用的标准零件具有被包容表面(滚动轴承的外圈等)时, 则用基轴制。

配合要根据联接的工作条件和装配条件以及精度要求来选择(见第七、十一、十九章)。这时要考虑在基本参数和运转条件上与所设计的机械相接近的机械中配合的使用经验。

§ 1.2 表面粗糙度

技术文件中所提出的机械零件表面是不考虑允许偏差的, 这种表面称为名义表面。实际表面不同于名义表面。其原因之一是实际表面具有粗糙度(不平度的组合)。当粗糙度等级为14级到1级时, 不平度高度大致在0.1到300 μm 之间变化。

加工后的表面状态对零件的使用性能有很大的影响。在机械加工中产生的裂纹和裂口可能有残余拉应力, 这样会促使疲劳裂纹和锈蚀扩展, 从而降低零件的接触强度和体积强度(见50和200页)。

随着粗糙度的增大, 实际接触面积减小(见12页), 局部压强增大, 磨损度和出现刮伤的危险性增长(见22页)。

随着粗糙度的增大, 接触刚度降低, 这会削弱机械零件的过盈配合联接(见141页), 并降低螺栓在循环载荷作用下的承载能力(见第八章)。

因此, 减小粗糙度(提高表面光洁度)能提高耐磨性、耐蚀性、体积强度和受力联接的承载能力及其气密性。

当粗糙度减小到一定极限时, 耐磨性获得提高。为了在接触处保留一层油和减小接合表面的磨损, 在很多情况下建立了最佳粗糙度^[90]。

根据ГОСТ2789--73, 评价表面粗糙度的基本参数是在十点上的测得的轮廓不平度高度 R_z 和在基本长度 l 上测得的轮廓算术平均偏差 R_a (图1.3和表1.1)。 R_z 和 R_a 的大小可按下式确定:

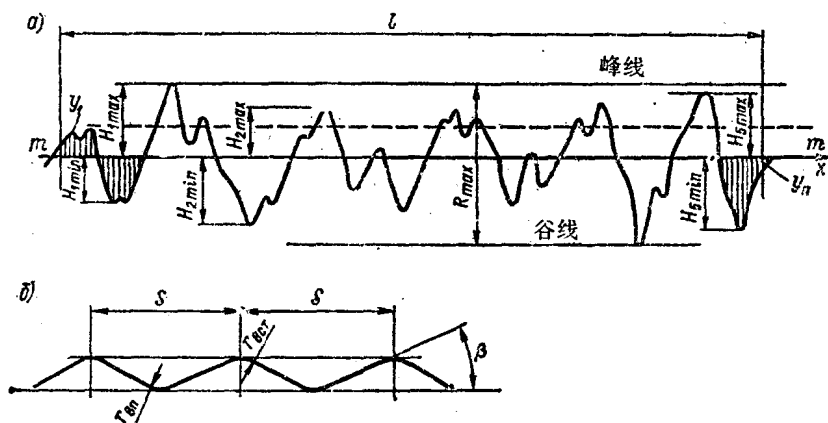


图 1.3 表征表面粗糙度的一些参数

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right)$$

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

式中, $H_{i \max}$ 和 $H_{i \min}$ 分别为轮廓的 5 个最大和最小偏差(图 1.3a)。 $H_{i \max}$ 、 $H_{i \min}$ 和 $y(x)$ 从具有公称轮廓形状的基线 $m-m$ 算起, 而作基线 $m-m$ 时要做到在基本长度 l 的范围内轮廓对该线的均方偏差为最小。

除了表征不平度高度的参数外, 不平度的均匀性及 S 、 r_{BH}/S 、 r_{BCT}/S 和 β 的大小(图 1.3b)对使用性能有很大的影响。特别当 β 为某一最佳值时(最好是 $\beta < 6^\circ$), 增加比值 r_{BH}/S 和 r_{BCT}/S 能提高体积强度和耐磨性。当几何形状合理时, 可用振动磨合法^[90]使微观不平度达到非常均匀。

选择表面粗糙度时, 要考虑零件的精度要求。 R_z 和 R_a 值通常随着公差减小而降低。

表 1.1 表面粗糙度等级*

粗糙度等级	类别	粗糙度参数 (μm)		基本长度 l (mm)
		R_a	R_z	
1	—	—	320~160	8.0
2	—	—	160~80	
3	—	—	80~40	
4	—	—	40~20	2.5
5	—	—	20~10	
6	a	2.5~2.0	10~8.0	0.8
	б	2.0~1.6	8.0~6.3	
	B	1.6~1.25	—	
7	a	1.25~1.00	6.3~5.0	
	б	1.00~0.80	5.0~4.0	
	B	0.80~0.63	4.0~3.2	
8	a	0.63~0.50	3.2~2.5	
	б	0.50~0.40	2.5~2.0	
	B	0.40~0.32	2.0~1.6	
9	a	0.32~0.25	1.60~1.25	0.25
	б	0.25~0.20	1.25~1.00	
	B	0.20~0.16	1.0~0.80	
10	a	0.160~0.125	0.80~0.63	0.25
	б	0.125~0.100	0.63~0.50	
	B	0.100~0.080	0.50~0.40	

* 本表中未列入 ГОСТ 2789—73 所规定的 11~14 级粗糙度。

§ 1.3 机械零件的工艺性

满足规定的技术要求, 而在既定的生产方式下能用最有效的方法(即保证资金、时间和劳动

量花费最少)制造出来的产品则具有良好的工艺性。零部件的工艺性是造出具有最佳技术-经济指标的机械的最重要条件之一。

选择形状时,不仅要考虑零件的工作条件和用途,而且要考虑制造方法。例如,在进行切削和磨削加工时,工艺性较好的表面是零件和刀具的相对运动最易实现时所得到的表面。因此,用上述加工方法时,大多采用平面、渐开线曲面、外圆柱面和圆锥面。

在中批量和大批量生产中,最经济的方法是用铸造或塑性变形(压力加工)方法使零件(局部或最终)成形。与切削成形不同,这种方法能加快生产过程、减少材料用量和降低电力与刀具消耗。

用铸造方法制造的零件约占全部机械零件的40%(按重量计)。苏联的铸件生产占全世界的25%。

设计铸件时,应力求保证造型简单,避免金属局部堆积,使壁厚一致或在不同壁厚之间实现平缓过渡,并规定铸造斜度。

金属压力加工的基本型式是自由锻、模锻、轧制和拉制。为了获得机械零件的毛坯,模锻用得最多。对于很多产品(具有滚压螺纹的螺栓和螺钉、板状模锻件等)来说,压力加工是最后一道工序。作为切削加工后的最后加工工序的压力加工,其应用范围在扩大,它能减小粗糙度,获得精确尺寸,产生残余压应力以便提高疲劳强度。由于材料损耗少、工艺过程的机械化和自动化水平高,压力加工的应用范围在扩大,而其他的成形方式则用得愈来愈少。例如,在飞机和汽车中,模锻零件约占全部零件的85%(按重量计)。

设计模锻零件时,要考虑使金属充满锻模的特点(这还取决于毛坯温度),并规定斜度,以使零件易于脱离锻模。设计铸件和锻件时,应力求保证随后的机械切削加工工作量最少,并使装夹在机床上时基准面处于最有利的位罝。

用铸造方法制造的零件,其复杂性几乎不受限制。用模锻方法制造的零件,其形状比较简单,但把模锻件焊接起来,可获得形状非常复杂的产品。

应当通过技术-经济计算,从许多可能的零件成形方法中选出一一种最佳方法。这时,重要的参数是生产规模。零件的成本 S_i 可近似地按下式确定:

$$S_i = M_i + Z_i + \frac{O_i}{n_i}$$

式中 M_i ——零件材料(包括残料)费用;

Z_i ——车间中每生产一个零件所支出的费用和杂项费用;

O_i ——所设计的零件的专用装备(刀具和量具、锻模、木模、专用机床、自动线等)费用;

n_i ——一批零件的数量(生产规模)。

从上式可知,在中批量生产和大批量生产(n_i 很大时)中,增加 O_i (例如采用模锻,而当产品形状复杂时,则采用铸造或把模锻件焊接起来)是合理的,因为从上述可见,这时 M_i 减小, Z_i 大大降低,而 O_i 分摊到每个产品上的份额不大。随着 n_i 的减小,专用装备费用的效果降低。当 n_i