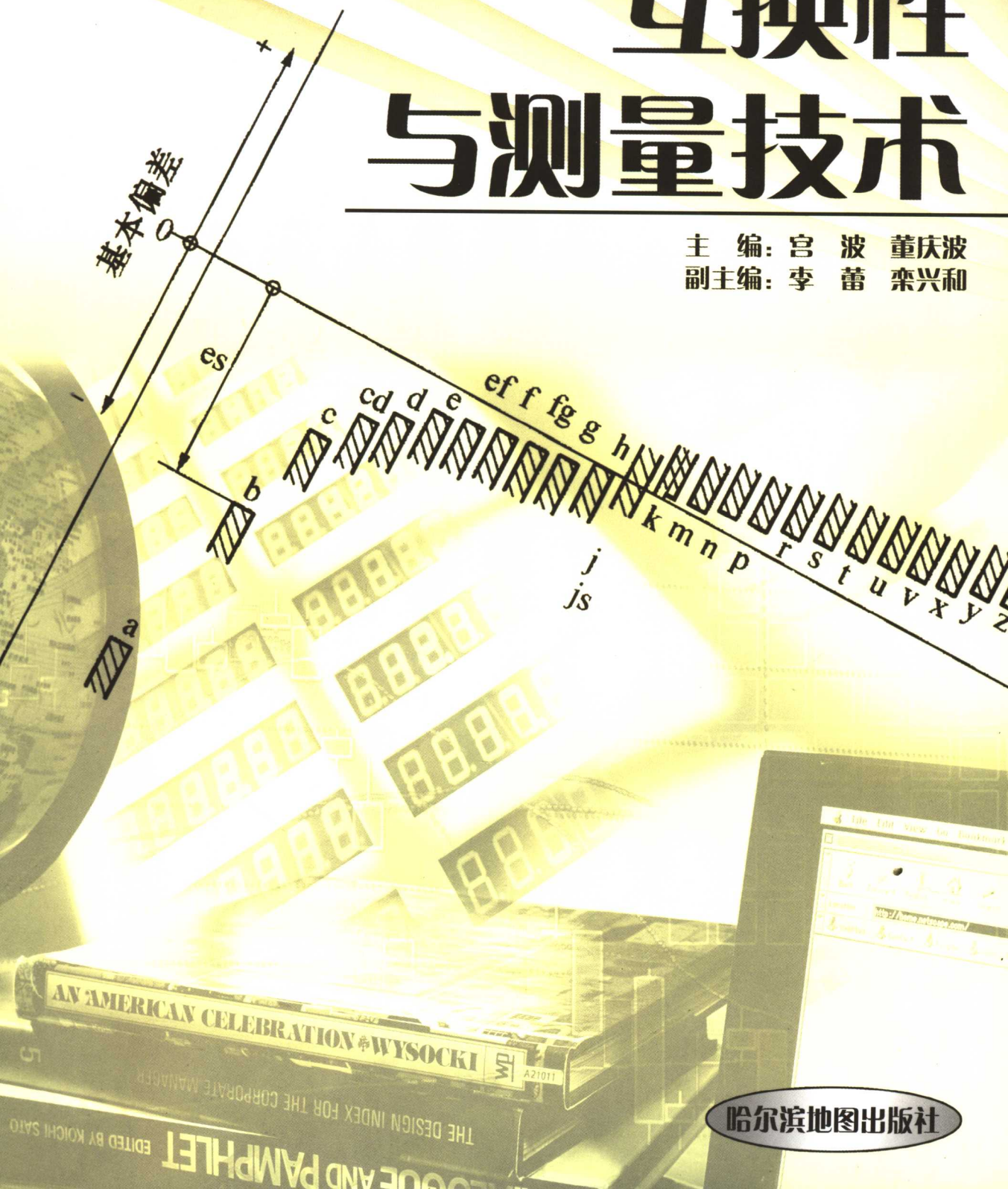


HU HUAN XING YU CE LIANG JI SHU

互换性 与测量技术

主 编：宫 波 董庆波
副主编：李 蕾 栾兴和



哈尔滨地图出版社

互换性与测量技术

HUHUANXING YU CELIANG JISHU

主 编 宫 波 董庆波
副主编 李 蕾 栾兴和

哈尔滨地图出版社

• 哈尔滨 •

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术/宫波, 董庆波主编. —哈尔滨:
哈尔滨地图出版社, 2005. 12

ISBN 7-80717-227-4

I. 互... II. ①宫...②董... III. ①零部件 - 互换
性 - 高等学校: 技术学校 - 教材 ②零部件 - 测量 - 技术
- 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 156144 号

哈尔滨地图出版社出版、发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

哈尔滨海天印刷设计有限公司印刷

开本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 12.25 字数: 298 千字

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1~2000 定价: 24.50 元

前 言

互换性与测量技术是机械类、仪器仪表类和机电相结合类各专业必需的主干技术基础课,是联系基础课及其他技术基础课与专业课的纽带与桥梁。它是一门与机械工业发展紧密联系的基础学科,是从事机电技术类各岗位人员必备的基础知识和技术,在生产一线具有广泛的实用性。

为了适应新形势下国家对高职人才的培养目标,培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高技术应用型人才,本教材的编写力求做到突出高职特色,本着强调基础、注重能力、突出应用、力求创新的总体思路,优化整合课程内容,删去了一些不必要的章节。本教材共分九章,依次为:绪论,极限与配合及检测,形状和位置公差及检测,表面粗糙度及检测,测量技术基础,光滑极限量规,键、花键的公差及检测,普通螺纹结合的公差及检测,滚动轴承的公差与配合,渐开线圆柱齿轮传动公差及检测。

近几年,为了适应新技术的发展,实现互换性,与国际标准接轨,国家陆续更新颁布了一些新的国家标准,本教材在编写中全部采用现今颁布的最新国家标准,标准内容齐全完整。同时本书加强了实际应用及工程实例的介绍,做到理论联系实际,学以致用。为方便学习与练习,各章均酌量配置了习题和解题所需的公差表格。

本书适用面广,既可作为高职高专各有关专业教材,也可供从事机械设计、制造工艺、计量等工作的工矿企业有关工程技术人员和管理人员参考。本书既适用于多学时讲授,也适用于少学时讲授。由于各章内容独立,可根据专业的不同情况选用。

本书由黑龙江工商职业技术学院宫波、董庆波主编,黑龙江工商职业技术学院李蕾、栾兴和任副主编。具体编写分工如下:宫波编写绪论、第1、9章,董庆波编写第2、6、7章,李蕾编写第3、5章,栾兴和编写第4、8章,黑龙江工商职业技术学院高维艳参与了本书的制图工作。

本书编写过程中,得到许多同志的热情支持和帮助,在此表示谢意。

由于编者水平所限,书中难免存在疏漏和不当之处,殷切希望使用本书的师生和其他读者给予批评指正。

编 者

2005年12月于哈尔滨

目 录

绪论	1
习题	4
第 1 章 极限与配合及检测	5
1.1 极限与配合的基本术语及定义	5
1.2 极限与配合标准的主要内容	10
1.3 极限与配合的选用	24
1.4 尺寸的检测	34
习题	44
第 2 章 形状和位置公差及检测	46
2.1 概述	46
2.2 形位公差标注	48
2.3 形位公差带及形位公差	58
2.4 公差原则与公差要求	71
2.5 形位公差的选择	83
2.6 形状和位置误差的检测	86
习题	92
第 3 章 表面粗糙度及检测	95
3.1 概述	95
3.2 表面粗糙度国家标准	95
3.3 表面粗糙度的选用及标注	98
3.4 表面粗糙度检测	104
习题	106
第 4 章 测量技术基础	108
4.1 概述	108
4.2 计量器具与测量方法	112
4.3 测量误差及数据处理	114
习题	123
第 5 章 光滑极限量规	124
5.1 概述	124
5.2 量规设计的原则	126
5.3 工作量规设计	129
习题	134
第 6 章 键、花键的公差及检测	135
6.1 单键联结的公差与配合	135
6.2 矩形花键的公差	138
6.3 键和花键的检测	142

习题	143
第 7 章 普通螺纹结合的公差及检测	144
7.1 概述	144
7.2 螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	147
7.3 普通螺纹的公差与配合	150
7.4 螺纹的检测	157
习题	159
第 8 章 滚动轴承的公差与配合	160
8.1 概述	160
8.2 滚动轴承与轴和外壳孔的配合	161
习题	167
第 9 章 渐开线圆柱齿轮传动精度及检测	168
9.1 对齿轮传动的基本要求	168
9.2 齿轮精度的评定指标及检测	169
9.3 齿轮副和齿坯的精度	177
9.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	180
习题	188
参考文献	189

绪论

1 互换性概述

(1) 互换性及其意义

所谓互换性是指：同一规格的一批零部件，任取其一，不需任何挑选和修理就能装在机器上，并能满足其使用功能要求。换言之，零部件所具有的不经任何挑选或修配便能在同规格范围内互相替换作用的特性叫做互换性。在工业及日常生活中到处都能遇到互换性。例如，机器上丢了一个螺钉，可以按相同的规格装上一个；灯泡坏了，可以换个新的；自行车、缝纫机、钟表的零部件磨损了，也可以换个相同规格的新的零部件，即能满足使用要求。互换性是机器和仪器制造行业中产品设计和制造的重要原则，具有重要意义。

在设计方面，零部件具有互换性，就可以最大限度地采用标准件和通用件，大大简化了绘图和计算工作，缩短了设计周期，有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化。

在制造方面，互换性有利于组织专业化生产，有利于采用先进工艺和高效率的专用设备，有利于用计算机辅助制造，有利于实现加工过程和装配过程机械化、自动化，从而可以提高劳动生产率和产品质量，降低生产成本。

在使用和维修方面，具有互换性的零部件在磨损及损坏后可及时更换，因而减少了机器的维修时间和费用，保证机器连续运转，从而提高机器的使用价值。

总之，互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面具有重要的意义。它已成为现代化机械制造业中一个普遍遵守的原则，对我国的现代化建设起着重要作用。

(2) 互换性的分类

机器和仪器制造业中的互换性，通常包括几何参数(如尺寸)和力学性能(如硬度、强度)的互换，本课程仅讨论几何参数的互换。

所谓几何参数互换，主要包括零部件的尺寸、几何形状、相互的位置关系以及表面粗糙度等参数的互换。

互换性按其互换程度，可分为完全互换和不完全互换。若一批零部件在装配时，不需要挑选、调整和修配，装配后即能满足预定的要求，这些零部件属于完全互换。当装配精度要求较高时，采用完全互换将使零件制造精度要求很高，加工成本增高，这时可适当降低零件的制造精度，使之便于加工。零部件在加工完后，通过测量将零件按实际尺寸大小分为若干组，使各组组内零件间实际尺寸的差别减小，装配时按对应组进行。这样，既可保证装配精度和使用要求，又能解决加工上的困难，降低成本。但此时，仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换，故称为不完全互换。装配时需要进行挑选或调整的零部件也属于不完全互换。

一般来说，零部件需厂际协作时应采用完全互换，部件或构件在同一厂制造和装配时，可采用不完全互换。

对标准部件，互换性还可分为内互换和外互换。组成标准部件的零件的互换称内互换；标准部件与其他零部件的互换称外互换。例如滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动

体的互换称为内互换；外圈外径、内圈内径以及轴承宽度与其相配的机壳孔、轴颈和轴承端盖的互换称为外互换。

2 加工误差、公差及检测

具有互换性的零件，其几何参数是否必须完全一致呢？这在我们的生产实践中，由于种种因素的影响，是不可能实现的，也是不必要的。零件在加工过程中，不可能做得绝对准确，总是不可避免地会产生误差，这样的误差称为几何量误差。实际上，只要零部件的几何量误差在规定的范围内变动，就能满足互换的目的。

允许零件几何参数的变动量称为“公差”。工件的误差在公差范围内，为合格件；超出了公差范围，为不合格件。误差是在加工过程中产生的，而公差是设计人员给定的。设计者的任务就在于正确地确定公差，并把它在图样上明确地表示出来。这就是说，互换性要用公差来保证。显然，在满足功能要求的条件下，公差应尽量规定得大些，以获得最佳的技术经济效益。

完工后的零件是否满足公差要求，要通过检测加以判断。检测包含检验与测量。几何量的检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内，并作出合格性判断，而不必得出被测量的具体数值；测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较，以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量，而且用于分析产生不合格品的原因，及时调整生产，监督工艺过程，预防废品产生。检测是机械制造的“眼睛”。无数事实证明，产品质量的提高，除设计和加工精度的提高外，往往更有赖于检测精度的提高。

由此可见，合理确定公差并正确进行检测，是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

3 标准化与优先数

为了实现互换性生产，必须采用一种手段，使各个分散的、局部的生产部门和生产环节之间保持必要的技术统一，以形成一个统一的整体，标准与标准化正是建立这种关系的重要手段，是实现互换性生产的基础。

(1) 标准与标准化

所谓标准，就是指为了取得国民经济的最佳效果，对需要协调统一的具有重复特征的物品(如产品、零部件等)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值等)，在总结科学试验和生产实践的基础上，由有关方面协调制订，经主管部门批准后，在一定范围内作为活动的共同准则和依据。

所谓标准化，就是指标准的制订、发布和贯彻实施的全部活动过程，包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，进而制订和贯彻标准，以后还要修订标准等等。标准化是以标准的形式体现的，也是一个不断循环、不断提高的过程。

按照标准化对象的特性，标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用、具有广泛指导意义的标准，如《公差与配合》标准、《形状和位置》公差标准等。

对需要在全国范围内统一的技术要求，应当制定国家标准，代号为 GB，对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求，可制定行业标准，如机械标准(JB)

等。对没有国家标准和行业标准而又需要在某个范围内统一的技术要求，可制定地方标准或企业标准，它们的代号分别用 DB, Q 表示。

制定了标准，并且正确贯彻实施，就可以保证产品质量，缩短生产周期，便于开发新产品和协作配套，提高企业管理水平。所以标准化是组织现代化生产的重要手段之一，是实现专业化协作生产的必要前提，是科学管理的重要组成部分。

标准化早在人类开始创造工具时代就已出现，它是社会生产劳动的产物。在近代工业兴起和发展的过程中，标准化显得日益重要。在 19 世纪，标准化的应用就非常广泛，特别在国防、造船、铁路运输行业中的应用更为突出。20 世纪初期，一些资本主义国家相继成立全国性的标准化组织机构，推进了本国的标准化事业。以后，随着生产的发展，国际间的交流越来越频繁，出现了地区性和国际性的标准化组织。1926 年成立了国际标准化组织 (ISO)。现在，这个世界上最大的标准化组织正成为联合国甲级咨询机构。据统计，ISO 制定了约 8000 多个国际标准。我国在 1978 年恢复为 ISO 成员国，1982 年、1985 年两届当选为 ISO 理事国，已开始承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准起草工作。

总之，标准化是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。搞好标准化，对于高速度发展国民经济、提高产品和工程建设质量、提高劳动生产率、搞好环境保护和安全生产、改善人民生活等都有重要作用。

(2) 优先数和优先数系

工程上各种技术参数的简化、协调和统一是标准化的一项重要内容。

在产品设计和制订技术标准时，涉及到很多技术参数，这些技术参数在生产各环节中往往不是孤立的。当选定一个数值作为某种产品的参数指标后，这个数值就会按一定的规律向一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。例如，螺栓的直径确定后，会传播到螺母的内径上，也会传播到加工这些螺纹的刀具如丝锥板牙上，还会传播到螺栓孔的尺寸和加工螺栓孔的钻头的尺寸以及检测这些螺纹的量具及装配它们的工具上。这种技术参数的传播，在生产实际中是极为普遍的现象。工程技术上的参数数值，即使只有很小的差别，经过多次传播以后，也会造成尺寸规格的繁多杂乱。如果随意取值，势必给组织生产、协作配套和设备维修带来很大困难。

为使产品的参数选择能遵守统一的规律，必须对各种技术参数的数值做出统一规定。

《优先数和优先数系》国家标准 (GB321—80) 就是其中最重要的一个标准，要求工业产品技术参数应尽可能采用它。

优先数系是由公比为 $\sqrt[3]{10}$, $\sqrt[10]{10}$, $\sqrt[20]{10}$, $\sqrt[40]{10}$, $\sqrt[80]{10}$, 且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号 R5, R10, R20, R40, R80 表示，分别称为 R5 系列，R10 系列，R20 系列，R40 系列，R80 系列。

R5 系列为以 $\sqrt[3]{10} \approx 1.60$ 为公比形成的数系；

R10 系列为以 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 为公比形成的数系；

R20 系列为以 $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 为公比形成的数系；

R40 系列为以 $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 为公比形成的数系；

R80 系列为以 $\sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 为公比形成的数系。

R5, R10, R20 和 R40 是常用系列，称为基本系列。而 R80 则作为补充系列。R5 系列的项值包含在 R10 系列中，R10 系列的项值包含在 R20 系列中，R20 系列的项值包含在 R40 系列中，R40 系列的项值包含在 R80 系列中。范围 1 到 10 的优先数系列如表 0-1 所示，所有大于 10 的优先数均可按表列数乘以 10, 100, ... 求得，所有小于 1 的优先数均可按表列数乘以 0.1, 0.01, ... 求得。

表 0-1 优先数系的基本系列

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	2.50	2.50	2.24	2.24	6.30	6.30	5.00	5.00	
			1.06				2.36				5.30	
			1.12			2.50	2.50				5.60	
			1.18				2.65				6.00	
	1.25	1.25	1.25	3.15	3.15	2.80	2.80			8.00	6.30	
			1.32				3.00				6.70	
			1.40			3.15	3.15				7.10	
			1.50				3.35				7.50	
	1.60	1.60	1.60	4.00	4.00	3.55	3.55	10.00	10.00		8.00	
			1.70				3.75				8.50	
1.80			4.00			4.00	4.00				9.00	
1.90						4.25	10.00					
2.00	2.00	2.00	4.50			4.50						
		2.12				4.75						

习题

- 0-1 什么是互换性？互换性的优越性有哪些？
- 0-2 互换性的分类有哪些？完全互换和不完全互换有何区别？
- 0-3 误差、公差、检测、标准化与互换性有什么关系？
- 0-4 什么是标准和标准化？
- 0-5 为何要采用优先数系？R5, R10, R20, R40 系列各代表什么？

第 1 章 极限与配合及检测

极限与配合是机械工程方面重要的基础标准，它不仅用于圆柱体内、外表面的结合，也用于其他结合中由单一尺寸确定的部分，例如键结合中键与槽宽、花键结合中的外径、内径及键与槽宽等。

极限与配合的标准化有利于机器的设计、制造、使用和维护。公差与配合标准不仅是机械工业各部门进行产品设计、工艺设计和制订其他标准的基础，而且是广泛组织协作和专业化生产的重要依据。公差与配合标准几乎涉及国民经济的各个部门，因此，国际上公认它是特别重要的基础标准之一。

为适应科学技术飞速发展，与国际标准接轨，国家技术监督局颁布了公差与配合标准《极限与配合》(GB / T1800.1—1997)、(GB / T1800.2~1800.3—1998)、(GB / T1804—1992)，代替了 1979 年颁布的旧标准(CB1800~1804—1979)中相应的部分内容。这些新标准是依据国际标准(ISO)制订的，以尽可能地使我国的国家标准与国际标准一致或等同。本章介绍的标准内容均为新颁布的国家标准。

1.1 极限与配合的基本术语及定义

1.1.1 孔和轴

1.1.1.1 孔 孔是指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由二平行平面或切面形成的包容面）。孔的直径尺寸用 D 表示。

1.1.1.2 轴 轴是指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由二平行平面或切面形成的被包容面）。轴的直径尺寸用 d 表示。

从装配关系讲，孔是包容面，轴是被包容面。从加工过程看，随着余量的切除，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小。如图 1-1 所示。

1.1.2 有关尺寸的术语定义

1.1.2.1 尺寸 是指用特定单位表示线性尺寸值的数值。

长度值包括：直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。在机械制造中，一般常用毫米（mm）作为特定单位，在图样上标注尺寸时，可将单位省略，仅标注数值。当以其他单位表示尺寸时，则应注明相应的长度单位。

1.1.2.2 基本尺寸 (D, d) 基本尺寸是在设计时给定的，通过它应用上、下偏差可算出

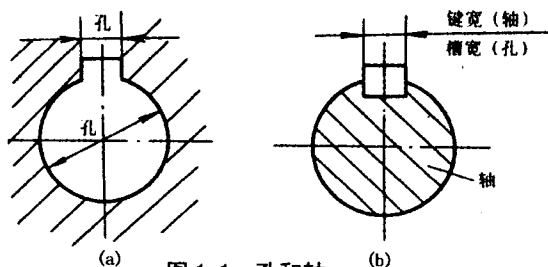
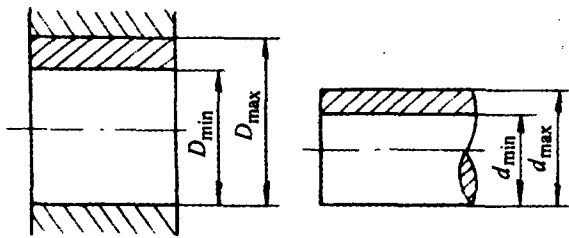


图 1-1 孔和轴

极限尺寸的尺寸。孔用 D 表示，轴用 d 表示。它是设计者根据使用要求，通过强度、刚度计算及结构等方面的考虑，并按标准直径或标准长度圆整后所给定的尺寸。基本尺寸可以是一个整数或一个小数值，例如 32，15，8.75，0.5，……等等。

1.1.2.3 实际尺寸 (D_a, d_a) 实际尺寸是通过测量所得的尺寸。孔的实际尺寸以 D_a 表示，轴的实际尺寸以 d_a 表示。由于存在测量误差，实际尺寸并非被测尺寸的真值，它只是接近真实尺寸的一个随机尺寸。由于零件存在形状误差，所以不同部位的实际尺寸也不尽相同，因此往往把它称为局部实际尺寸，用两点法测量。真值是客观存在的，但又是不知道的，因此只能以测得的尺寸作为实际尺寸。

1.1.2.4 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸；较小的一个称为最小极限尺寸。孔和轴的最大、最小极限尺寸分别用 $D_{\max}$ ， $d_{\max}$ 和 $D_{\min}$ ， $d_{\min}$ 表示，如图 1-2 所示。



1.1.3 有关尺寸偏差、公差的技术定义

1.1.3.1 尺寸偏差 某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差（简称偏差）。

图 1-2 极限尺寸

偏差可能为正或负，也可为零。

1.1.3.2 实际偏差 实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。

1.1.3.3 极限偏差 极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

(1) 上偏差 最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示；轴的上偏差用 es 表示。

(2) 下偏差 最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示；轴的下偏差用 ei 表示。极限偏差可用下列公式表示：

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D & es &= d_{\max} - d \\ EI &= D_{\min} - D & ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \tag{1-1}$$

偏差值除零外，前面必须标有正或负号。上偏差总是大于下偏差。标注示例：

$\begin{matrix} +0.034 \\ 50 +0.009 \end{matrix}$ $\begin{matrix} -0.009 \\ 50 -0.020 \end{matrix}$ $\begin{matrix} 0 \\ 30 -0.007 \end{matrix}$ $\begin{matrix} +0.011 \\ 30^0 \end{matrix}$ 80 ± 0.015

1.1.3.4 尺寸公差 (T_h, T_s) 允许尺寸的变动量称为公差。公差是用以限制误差的，工件的误差在公差范围内即为合格；反之，则不合格。

公差等于最大极限尺寸减最小极限尺寸之差，或上偏差减下偏差之差。孔公差用 T_h 表示；轴公差用 T_s 表示。公差、极限尺寸和极限偏差的关系如下：

孔公差 $T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$

轴公差 $T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$ (1-2)

由式 1-2 可知, 公差值永远为正值。

图 1-3 a 是公差与配合的一个示意图, 它表明了两个相互结合的孔和轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。

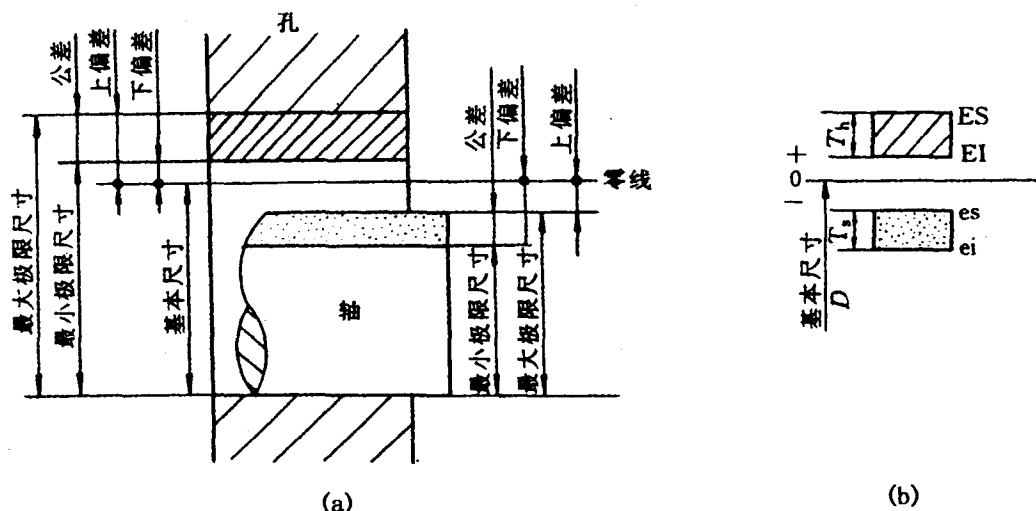


图 1-3 公差与配合示意图

1.1.3.5 尺寸公差带 零件的尺寸相对其基本尺寸所允许变动的范围, 叫做尺寸公差带。用图所表示的公差带称为公差带图。由于基本尺寸数值与公差及偏差数值相比相差悬殊, 不使用同一比例表示, 为了表示方便, 以零线表示基本尺寸, 由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线限定一个区域。公差带是由公差大小和其相对零线位置的基本偏差来确定, 如图 1-3 b 所示。

零线为确定极限偏差的一条基准线, 是偏差的起始线, 零线上方表示正偏差, 零线下方表示负偏差。在画公差带图时, 注上相应的符号“0”“+”和“-”号, 并在零线下方画上带单箭头的尺寸线标上基本尺寸值。

上、下偏差之间的宽度表示公差带的大小, 即公差值。公差带沿零线方向的长度可适当选取。公差带图中, 尺寸单位为毫米 (mm), 偏差及公差的单位也可以用微米 (μm) 表示, 单位省略不写。

1.1.3.6 标准公差 标准中表列的用以确定公差带大小的任一公差称为标准公差。

1.1.3.7 基本偏差 用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差称为基本偏差。一般为公差带靠近零线的那个偏差。当公差带位于零线的上方时, 其下偏差为基本偏差; 当公差带位于零线的下方时, 其上偏差为基本偏差。

1.1.4 有关配合的术语定义

1.1.4.1 配合 配合是指基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

1.1.4.2 间隙 (X) 或过盈 (Y) 在轴与孔的配合中, 孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差, 当差值为正时称为间隙, 用 X 表示; 当差值为负时称为过盈, 用 Y 表示。

1.1.4.3 间隙配合 具有间隙 (包括最小间隙等于零) 的配合称为间隙配合。在间隙

配合中, 孔的公差带在轴的公差带之上, 如图 1-4 所示。

当孔为最大极限尺寸而轴为最小极限尺寸时, 装配后得到最大间隙 $X_{\max}$; 当孔为最小极限尺寸而轴为最大极限尺寸时, 装配后得到最小间隙 $X_{\min}$ 。

$$\text{最大间隙} \quad X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-3)$$

$$\text{最小间隙} \quad X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-4)$$

间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙 X_{av} 。

$$\text{平均间隙} \quad X_{av} = \frac{1}{2} (X_{\max} + X_{\min}) \quad (1-5)$$

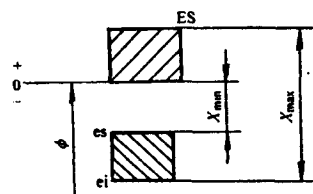


图 1-4 间隙配合图

1.1.4.4 过盈配合 具有过盈（包括最小过盈等于零）

的配合称为过盈配合。在过盈配合中, 孔的公差带在轴的公差带之下, 如图 1-5 所示。

当孔为最小极限尺寸而轴为最大极限尺寸时, 装配后得到最大过盈 $Y_{\max}$; 当孔为最大极限尺寸而轴为最小极限尺寸时, 装配后得到最小过盈 $Y_{\min}$ 。

$$\text{最大过盈} \quad Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-6)$$

$$\text{最小过盈} \quad Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-7)$$

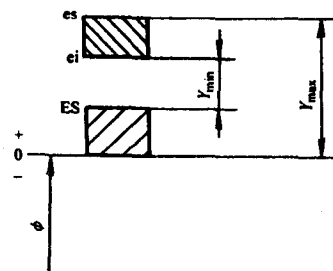


图 1-5 过盈配合图

平均过盈为最大过盈与最小过盈的平均值。

$$\text{平均过盈} \quad Y_{av} = \frac{1}{2} (Y_{\max} + Y_{\min}) \quad (1-8)$$

1.1.4.5 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合, 此时孔的公差带与轴的公差带相互交叠, 如图 1-6 所示。它是介于间隙配合与过盈配合之间的一种配合, 但间隙和过盈量都不大。

当孔为最大极限尺寸而轴为最小极限尺寸时, 装配后得到最大间隙 $X_{\max}$; 当孔为最小极限尺寸而轴为最大极限尺寸时, 装配后得到最大过盈 $Y_{\min}$ 。此类配合没有最小间隙和最小过盈。

$$\text{最大间隙} \quad X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$\text{最大过盈} \quad Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

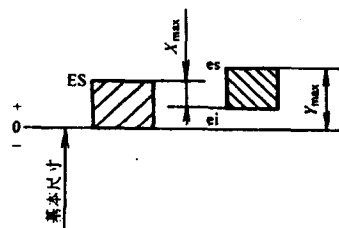


图 1-6 过渡配合图

在过渡配合中, 平均间隙或平均过盈为最大间隙与最大过盈的平均值, 所得值为正, 则为平均间隙; 为负则为平均过盈。

$$X_{av} (Y_{av}) = \frac{1}{2} (X_{\max} + Y_{\max}) \quad (1-9)$$

1.1.4.6 配合公差 允许间隙或过盈的变动量称为配合公差。它表明配合松紧程度的变化范围。配合公差用 T_f 表示, 是一个没有正负的绝对值。

$$\text{对间隙配合} \quad T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$$

$$\text{对过盈配合} \quad T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$$

对过渡配合

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| \quad (1-10)$$

在上式中,把最大、最小间隙和过盈分别用孔、轴的极限尺寸或偏差带入,可得三种配合的配合公差都为

$$T_f = T_h + T_s \quad (1-11)$$

上式表明配合件的装配精度与零件的加工精度有关,要提高装配精度,使配合后间隙或过盈的变动量小,则应减小零件的公差,提高零件的加工精度。

例 1-1 已知基本尺寸 $D=d=50\text{mm}$, 孔的极限尺寸 $D_{\max}=50.025\text{mm}$, $D_{\min}=50\text{mm}$; 轴的极限尺寸 $d_{\max}=49.950\text{mm}$, $d_{\min}=49.934\text{mm}$ 。现测得孔、轴的实际尺寸分别为 $D_a=50.010\text{mm}$, $d_a=49.946\text{mm}$ 。求孔、轴的极限偏差、实际偏差及公差。

解: 孔的极限偏差

$$ES=D_{\max}-D=50.025-50=+0.025\text{mm}$$

$$EI=D_{\min}-D=50-50=0$$

轴的极限偏差

$$es=d_{\max}-d=49.950-50=-0.050\text{mm}$$

$$ei=d_{\min}-d=49.934-50=-0.066\text{mm}$$

孔的实际偏差

$$D_a-D=50.010-50=+0.010\text{mm}$$

轴的实际偏差

$$d_a-d=49.946-50=-0.054\text{mm}$$

孔的公差

$$T_D=D_{\max}-D_{\min}=50.025-50=0.025\text{mm}$$

轴的公差

$$T_d=d_{\max}-d_{\min}=49.950-49.934=0.016\text{mm}$$

例 1-2 孔 $\Phi 50_0^{+0.039}\text{mm}$, 轴 $\Phi 50_{-0.050}^{-0.025}\text{mm}$, 求 $X_{\max}$, $X_{\min}$ 及 T_f , 并画出公差带图。

解: $X_{\max}=D_{\max}-d_{\min}=(50.039-49.950)\text{mm}=+0.089\text{mm}$

$$X_{\min}=D_{\min}-d_{\max}=(50-49.975)\text{mm}=+0.025\text{mm}$$

$$T_f=|X_{\max}-X_{\min}|=|0.089-0.025|\text{mm}=0.064\text{mm}$$

公差带图如图 1-7a 所示。

例 1-3 孔 $\Phi 50_0^{+0.039}\text{mm}$, 轴 $\Phi 50_{+0.054}^{+0.079}\text{mm}$, 求 $Y_{\max}$, $Y_{\min}$ 及 T_f , 并画出公差带图。

解: $Y_{\max}=D_{\min}-d_{\max}=(50-50.079)\text{mm}=-0.079\text{mm}$

$$Y_{\min}=D_{\max}-d_{\min}=(50.039-50.054)=-0.015\text{mm}$$

$$T_f=|Y_{\min}-Y_{\max}|=|-0.015-(-0.079)|\text{mm}=0.064\text{mm}$$

公差带图如图 1-7b 所示。

例 1-4 孔 $\phi 50_0^{+0.039}$ mm, 轴 $\phi 50_{+0.009}^{+0.034}$ mm, 求 $X_{\max}$ 、 $Y_{\max}$ 及 T_f , 并画出公差带图。

解: $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = (50.039 - 50.009) \text{ mm} = +0.030 \text{ mm}$

$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = (50 - 50.034) \text{ mm} = -0.034 \text{ mm}$

$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |0.030 - (-0.034)| \text{ mm} = 0.064 \text{ mm}$

公差带图如图 1-7c 所示。

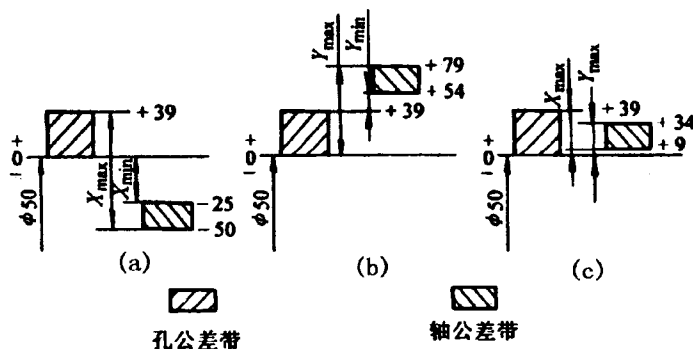


图 1-7 例 1-2, 1-3, 1-4 的公差带图

1.2 极限与配合标准的主要内容

1.2.1 配合制

配合制是以两个相配合的零件中的一个零件为基准件, 并对其选定标准公差带, 而改变另一个零件的公差带位置, 从而形成各种配合的一种制度。国家标准规定了两种配合制, 即基孔制和基轴制。

1.2.1.1 基孔制 基本偏差为一定的孔的公差带, 与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。如图 1-8a 所示。

基孔制配合中的孔为基准孔, 是配合的基准件。标准规定, 基准孔的基本偏差为下偏差 EI , 数值为零, 即 $EI=0$, 上偏差为正值, 其公差带偏置在零线上侧。基准孔的代号为 H 。

1.2.1.2 基轴制 基本偏差为一定的轴的公差带, 与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。如图 1-8b 所示。

基轴制配合中的轴为基准轴, 是配合的基准件。标准规定, 基准轴的基本偏差为上偏差 es , 数值为零, 即 $es=0$, 下偏差为负值, 其公差带偏置在零线下侧。基准轴的代号为 h 。

从图 1-8 可见, 在基孔制中, 随着轴的公差带位置的不同, 可以形成间隙、过渡、过盈三种不同性质的配合; 在基轴制中, 随着孔的公差带位置的不同, 同样也可以形成这三

种配合。图中虚线表示公差带的大小是可以变化的。

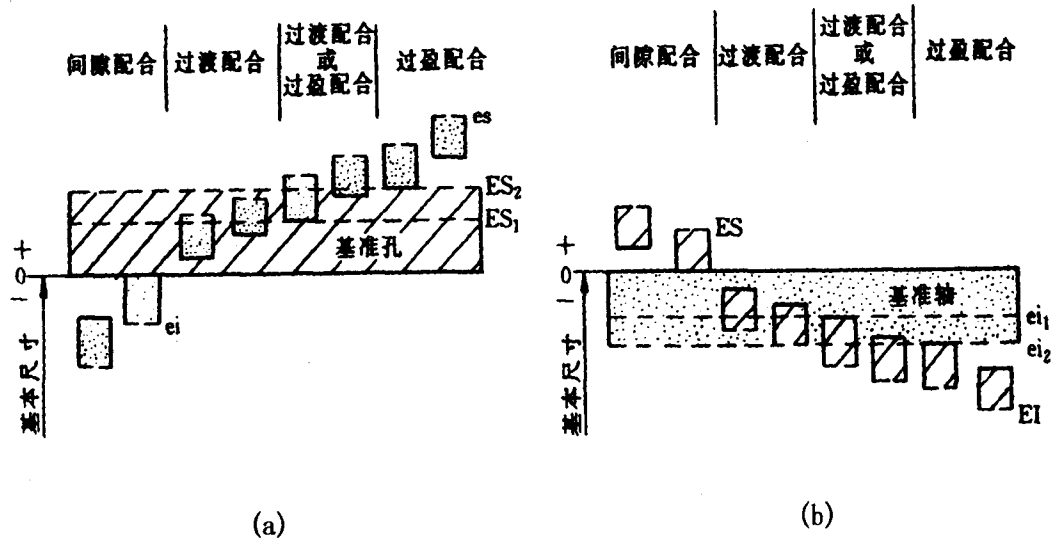


图 1-8 配合制
(a)基孔制 (b)基轴制

1. 2. 2 标准公差系列

标准公差系列是国家标准制定出一系列标准公差数值，它包含以下内容。

1. 2. 2. 1 标准公差因子（公差单位） 标准公差因子是用以确定标准公差的基本单位，该因子是基本尺寸的函数，是制定标准公差数值的基础。

在实际生产中，对基本尺寸相同的零件，可按公差大小评定其制造精度的高低，对基本尺寸不同的零件，评定其制造精度时就不能仅看公差大小。实际上，在相同的加工条件下，基本尺寸不同的零件加工后产生的加工误差也不同。为了合理规定公差数值，需建立公差单位。

国家标准总结出了公差单位的计算公式，对于基本尺寸≤500mm，IT5～IT18 的公差单位 i 的计算公式如下

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D \tag{1-12}$$

式中 D ——基本尺寸分段的计算尺寸（mm）；

i ——公差单位（ μm ）。

上式第一项主要反映加工误差，表示公差与基本尺寸符合立方抛物线规律；第二项反映的是测量误差的影响，主要是测量时温度的变化。

1. 2. 2. 2 公差等级 确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。不同零件和零件上不同部位的尺寸，对精确程度的要求往往不同，为了满足生产的需要，国家标准设置了 20 个公差等级，各级标准公差的代号为 IT01, IT0, IT1, IT2, …, IT18, IT01 精度最高，其余依次降低，标准公差值依次增大。

在尺寸≤500mm 的常用尺寸范围内，各级标准公差计算公式如表 1-1 所示。