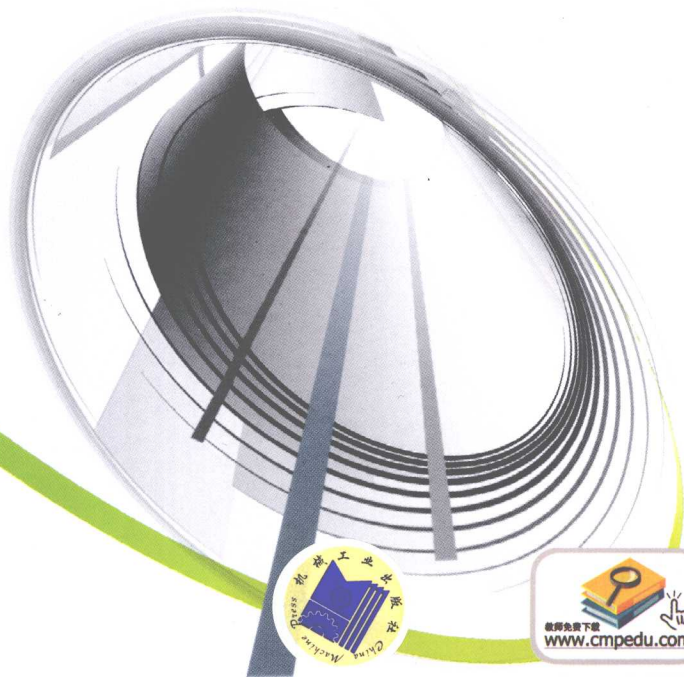
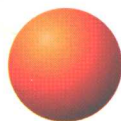




全国高等专科教育机械工程类专业规划教材

互换性与 测量技术基础

同长虹 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配 电 子 课 件

全国高等专科学校教育机械工程类专业规划教材

互换性与测量技术基础

主 编 同长虹

参 编 徐 晔 张雷涛 董世方

主 审 黄建龙 赵妙霞



机械工业出版社

全书共分9章, 主要内容包括绪论、极限与配合、测量技术基础、形状和位置公差与检测、表面粗糙度与检测、量规设计基础、常用联接件的公差与检测、圆锥和角度公差及检测、渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测。本书力求体现定位准确、注重能力、内容最新、结构合理、通俗易懂的编写特色。

本书可作为高等职业院校机械类各专业的教材, 也可供机械行业工程技术人员及计量、检验人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

互换性与测量技术基础/同长虹主编. —北京: 机械工业出版社, 2009. 1
全国高等专科学校机械工程类专业规划教材
ISBN 978-7-111-26162-9

I. 互… II. 同… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材②零部件—测量—技术—高等学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 013548 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王海峰 责任编辑: 王海峰 周璐婷

版式设计: 张世琴 责任校对: 申春香

封面设计: 姚毅 责任印制: 杨曦

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.25 印张·300 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-26162-9

定价: 21.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是按照 21 世纪高职高专的培养要求和编写纲要编写的，主要作为高职高专机械类各专业的专业基础课教材，也可供各级各类院校或职业教育学校的师生培训使用，还可作为机械行业工程技术人员的参考书。本书参考课时为 50~70 学时。

全书共分 9 章：第 1 章为绪论，介绍了互换性和标准化的基本知识；第 2 章主要介绍光滑圆柱体极限与配合的国家标准及选用，并将滚动轴承的公差与配合作为特例；第 3 章介绍测量技术的基础知识，为技术测量作准备；第 4 章介绍了形位公差及其检测；第 5 章介绍了表面粗糙度与检测；第 6 章介绍了量规设计基础；第 7 章介绍了键、螺纹等常用联接件的公差与检测；第 8 章可作为选学内容，介绍了圆锥和角度的公差及检测；第 9 章介绍了渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测。

本书在保持内容系统性的同时，兼顾各专业课时的不同的特点。对于少学时专业，建议以前 5 章内容为重点，其他章节可选学或不讲。

本书由同长虹教授担任主编。参加本书编写的有：徐晔（第 6 章，第 7 章）、张雷涛（第 5 章，第 9 章）、董世方（第 3 章，第 8 章）、同长虹（第 1 章，第 2 章，第 4 章）。黄建龙教授和赵妙霞高级工程师对本书进行了认真细致的审阅，并提出了很多宝贵意见，甘肃省计量情报所对所涉及的有关标准进行了检查和修改，在此表示诚挚的谢意。

鉴于编者的水平所限，本书虽几易其稿，但仍难免有错误或不妥之处，恳望读者批评指正。

编 者

目 录

前言		本章小结	119
第1章 绪论	1	思考题与习题	119
1.1 互换性	1	第6章 量规设计基础	120
1.2 标准化	2	6.1 光滑极限量规	120
1.3 本课程的性质与任务	4	6.2 量规设计原理	121
思考题与习题	5	6.3 工作量规设计	124
第2章 极限与配合	6	6.4 位置量规简介	126
2.1 基本术语及定义	6	本章小结	126
2.2 极限与配合国家标准的基本构成	12	思考题与习题	126
2.3 极限与配合的选用	24	第7章 常用联接件的公差与检测	127
2.4 滚动轴承的公差与配合	33	7.1 单键联接的公差与检测	127
本章小结	38	7.2 花键联接的公差与检测	131
思考题与习题	38	7.3 普通螺纹联接的公差与检测	136
第3章 测量技术基础	40	本章小结	147
3.1 概述	40	思考题与习题	148
3.2 计量器具与测量方法	43	第8章 圆锥和角度公差及检测	149
3.3 测量误差及数据处理	46	8.1 圆锥与圆锥配合	149
本章小结	54	8.2 圆锥公差及其应用	151
思考题与习题	54	8.3 角度与角度公差	156
第4章 形状和位置公差及检测	56	8.4 锥度与锥角的测量	157
4.1 概述	56	本章小结	160
4.2 形位公差标注	58	思考题与习题	161
4.3 形位公差带与形位公差	67	第9章 渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测	162
4.4 公差原则与公差要求	81	9.1 概述	162
4.5 形位公差的选择	88	9.2 齿轮的误差及其评定指标与检测	163
4.6 形状和位置误差的检测	93	9.3 齿轮副的精度及侧隙评定指标	173
本章小结	100	9.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	176
思考题与习题	100	本章小结	188
第5章 表面粗糙度与检测	102	思考题与习题	188
5.1 概述	102	参考文献	190
5.2 表面粗糙度的评定	103		
5.3 表面粗糙度的标注	108		
5.4 表面粗糙度的选用	113		
5.5 表面粗糙度的检测	115		

第1章 绪 论

1.1 互换性

1.1.1 互换性及其重要意义

互换性是指同一规格的零部件不需要任何选择、调整和修配就能装配到机器中去，并完全满足使用性能要求的特性，又称为完全互换性。

现代化工业生产常采用专业化协作生产，即通过分散制造、集中装配的方式来提高劳动生产率，保证产品质量和降低成本。从使用者来看，机械产品具有互换性，可以更换失效零件，方便维修，延长机器的使用寿命；从制造者来看，互换性是实现大规模专业化生产的基础，零部件实现专业化、标准化，可以降低制造成本，提高生产率，保证产品质量；从设计者来看，可以采用标准件、通用件，大大减少设计计算和绘图量，缩短新产品的设计周期。因此，互换性是现代化大工业生产的前提，对于提高生产率，保证产品质量，方便使用和维护，提高设计质量和效率具有重要的意义，互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的重要原则。

1.1.2 互换性的分类

按互换的范围，可以分为几何参数互换和功能互换。几何参数互换是指零部件的尺寸、形状、位置、表面粗糙度等几何参数具有互换性。零部件的几何参数、物理和化学性能及力学性能等都具有互换性，称为功能互换。本课程主要研究几何参数的互换性。

按互换程度和条件，可以分为完全互换和不完全互换。完全互换的定义如前所述，不需要任何挑选、调整和修配就能互换。但是，当装配精度要求较高时，若采用完全互换生产，将使零件的制造精度要求过高，导致加工困难和成本增加，甚至无法实现。如果适当降低零件的制造精度要求（按经济加工精度加工），然后对加工的一批零件或部件按其加工后的实际尺寸大小进行分组，再分组装配，此时，组内零件具有互换性，但组与组之间不能互换。这种允许装配时进行挑选、调整，仅能在组内互换，称为不完全互换。不完全互换既能保证装配精度，又可以降低制造成本，因此，广泛用于装配精度要求高的大批量生产中。

凡在装配前需要进行附加的修配或辅助加工的零件均无互换性。

在生产中采用完全互换还是不完全互换，要视使用要求、制造条件和制造成本等因素确定，不能一概而论。一般采用完全互换性生产；对于装配精度要求很高、完全互换性难以达到要求的大批量生产，如轴承工业，常采用分组装配，即不完全互换生产；对于单件配制或小批量生产，多采用修配法加工，没有互换性。

1.2 标准化

1.2.1 标准化及其意义

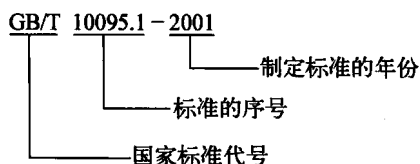
为了实现互换性生产，必须采用统一的标准来进行各个零件的生产。在现代化生产中，人们把生产的标准化、系列化、专业化、通用化称为机械工业的“四化”。几何量的要求及其检测也必须实现标准化，因此，标准化是实现互换性生产的前提。

标准化是指在经济、技术、科学以及管理等社会实践中，对重复性的物品（如产品、零件、部件）和概念（如术语、规则、方法、代号、量值），在一定范围内通过简化、优选和协调，作出统一的规定，经审批后颁布、实施，以获得最佳秩序和社会效益。标准化又是一个动态过程，它包括制定、贯彻和修订标准，而且循环往复，不断完善。

标准化是通过一系列具体标准实现的。标准是对重复性事物和概念所作的统一规定，由主管机关批准，以特定方式发布，作为共同遵守的准则和依据。标准具有强制性，受一定法律保证。标准的范围很广，涉及到人类生活的各个方面。

(1) 标准的分类 按性质不同，标准分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三类。按适应程度不同，标准分为基础标准和一般标准两类。机械制图、公差与配合、表面粗糙度、术语、符号、计量单位、优先数系等标准，都属于基础标准。基础标准是产品设计和制造中必须采用的技术数据和语言。按法律属性不同，标准又分为强制性标准和推荐性标准两类。涉及人身安全、健康、卫生及环境保护等的标准属于强制性标准，其代号为“GB”，其余属于推荐性标准，代号为“GB/T”。

(2) 标准的分级 标准按颁发的级别和部门不同分为五个级别：国际标准（ISO）、国家标准（GB、GB/T）、行业标准（如机械行业标准 JB）、地方标准（DB）和企业标准（QB）。标准的表示形式举例如下：



国际标准化组织（简称为 ISO）颁发的标准称为国际标准，代号为 ISO，如 ISO9002。

世界各国的经济发展过程表明，标准化是现代化的一个重要前提。我国对标准化工作十分重视，不断以国际标准为基础，制定和完善国家标准，并逐步采用国际标准。特别是加入 WTO 以后，为加强和扩展我国与世界各国的技术交流和贸易，必须加快标准化步伐。

1.2.2 优先数和优先数系标准

在工程设计中，为了使各种技术参数简化、协调和统一，国家标准（GB/T 321—2005）规定了《优先数和优先数系》。在确定机械产品的技术参数时，应尽可能地选用该标准中的数值。

GB/T 321—2005 规定以十进制等比数列为优先数系，并规定了五个系列，分别用系列

代号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示，各系列的公比分别为

$$\text{R5 的公比} \quad q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$\text{R10 的公比} \quad q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$\text{R20 的公比} \quad q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$\text{R40 的公比} \quad q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$\text{R80 的公比} \quad q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

可见，优先数系的五个数列的公比均为无理数，在实际应用中均采用理论公比经化整后的近似值。优先数系中的前四个为基本系列，R80 为补充系列，仅用于分级很细的特殊场合。另外，还有派生系列。优先数系的基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列

基本系列（常用值）				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
			1.06	1.0593
		1.12	1.12	1.1220
			1.18	1.1885
	1.25	1.25	1.25	1.2589
			1.32	1.3335
		1.40	1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
		1.80	1.80	1.7783
			1.90	1.8836
	2.00	2.00	2.00	1.9953
			2.12	2.1135
		2.24	2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
		2.80	2.80	2.8184
			3.00	2.9854
	3.15	3.15	3.15	3.1623
			3.35	3.3497
		3.55	3.55	3.5481
			3.75	3.7584

(续)

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
			4.75	4.7315
	5.00	5.00	5.00	5.0119
			5.30	5.3088
		5.60	5.60	5.6234
			6.00	5.9566
6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795
			7.50	7.4989
	8.00	8.00	8.00	7.9433
			8.50	8.4140
		9.00	9.00	8.9125
			9.50	9.4406
10.00	10.00		10.00	10.0000

1.2.3 公差与检测

零件在加工过程中不可避免地会产生误差,因此,在设计时必须根据使用要求和加工条件规定出允许尺寸的变动量,称为尺寸公差;允许零件形状、位置的变动量,称为形状或位置公差。可以看出,公差是用于限制加工误差的。

加工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。检验是借助一定手段(如量规)判断零件是否合格,而不必测出其具体数值。检验一般用专用量规实现,其过程简单,效率较高。而测量一般要通过一定的量具或量仪获得被测量的具体测量值。

合理地确定零件公差和正确地进行检测,是保证产品质量和实现互换性生产的必不可少的重要环节。正确地检测工件也是实现标准化的前提。

1.3 本课程的性质与任务

本课程是机械类各专业的一门重要的技术基础课,是联系机械设计课程与加工工艺课程的纽带,是真正读懂设计意图和实现设计目标的基础。

本课程的任务是了解国家关于几何参数互换性方面的标准,学会各种标准的选用和常用表格的查取,学习公差与配合的选用方法,学习技术测量基本知识,掌握常用检测和检验的方法,能够读懂图样上有关标注及技术要求的含义,并根据实际要求进行有关内容的图样标

注，掌握典型零件的有关标准。

本课程是一门应用性和实践性很强的课程，学习时需要理论联系实际，同时应穿插相应的检测实验。为了培养学生综合应用能力，需要进行适当的大作业训练。

思考题与习题

- 1-1 什么是互换性？在机械设计与制造中有何重要意义？
- 1-2 完全互换与不完全互换的区别是什么？各适用于何种场合？
- 1-3 什么是标准化？我国标准主要有哪几种？
- 1-4 指出代号“GB/T 1800.2—1999”、“GB/T 1804—2000”的含义。

第2章 极限与配合

在机械制造中,任何尺寸都是有一定要求的,其要求由极限尺寸与配合反映出来。因此,极限与配合是一项应用广泛而又非常重要的基础标准。为了适应我国机械制造业的发展以及与国际标准接轨,国家颁布了《极限与配合》(GB/T 1800.1—1997、GB/T 1800.2—1998、GB/T 1800.3—1998、GB/T 1804—2000)。这些标准依据国际标准(ISO)制定,并基本与国际标准一致。本章在介绍这些标准的基础上,介绍其在零件尺寸检测方面的应用。

2.1 基本术语及定义

2.1.1 有关尺寸的术语及定义

(1) 尺寸 是指用特定单位表示线性长度的数值,例如,零件的长、宽、高,圆柱体的直径,键槽的宽度和深度等。工业上通常以毫米(mm)为单位,在机械图样上,以毫米为单位时可以省略单位仅标注数值。

(2) 基本尺寸 是指设计给定的尺寸。设计时,根据零件的使用要求和有关设计准则确定的、标注在零件图上的尺寸就是基本尺寸。一般基本尺寸应尽量采用标准尺寸,执行 GB/T 2822—2005《标准尺寸》。孔用 D 表示,轴用 d 表示(标准规定孔的代号用大写字母表示,轴的代号用相应的小写字母表示)。如图 2-1 所示为 $\phi 25_{-0.021}^0$ mm 圆柱销,直径 $\phi 25$ mm 及长度 45 mm 就是圆柱体的基本尺寸。

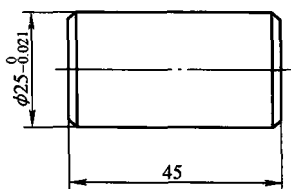


图 2-1 圆柱销

(3) 实际尺寸 是指测量得到的尺寸(D_a , d_a)。由于加工误差的存在,同一零件加工后各处的尺寸往往并不相同;同样,由于测量误差不可避免,因此,实际尺寸并非零件尺寸的真值,换句话说,真值是无法得到的。

(4) 极限尺寸 是指允许尺寸变化的两个界限值。其中,较大的称为最大极限尺寸($D_{\max}$, $d_{\max}$),较小的称为最小极限尺寸($D_{\min}$, $d_{\min}$)。如图 2-1 所示的圆柱销,允许的最大直径为 $\phi 25$ mm,最小为 $\phi 25.979$ mm。

2.1.2 孔和轴

为了把光滑圆柱体的标准应用广泛化,GB/T 321—2005 规定了孔和轴的新定义。

1. 孔

孔主要是指工件圆柱形的内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面)。孔的基本尺寸用 D 表示。

2. 轴

轴主要是指工件圆柱形的外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切面形成

的被包容面)。轴的基本尺寸用 d 表示。

如图 2-2 所示, 直径为 ϕd 孔的圆柱形内表面以及键槽两平行侧面均为孔; 直径为 ϕd 轴的外表面以及键的两侧面均为轴。从装配关系来看, 孔为包容面, 轴为被包容面; 从加工过程来看, 孔的尺寸由小变大, 轴的尺寸由大变小。

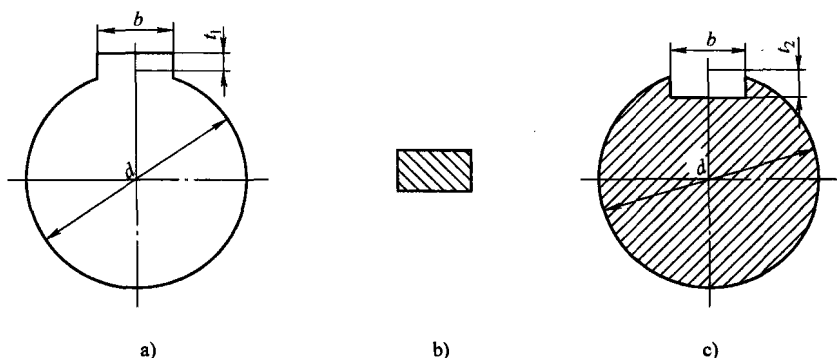


图 2-2 键与键槽
a) 轮毂孔 b) 平键 c) 轴

2.1.3 尺寸偏差与公差

1. 尺寸偏差

尺寸偏差是指某一尺寸与其基本尺寸的代数差, 简称为偏差。孔和轴的偏差分别用 E 和 e 表示。偏差可以为正值、零或负值。

(1) 实际偏差 是指实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差, 用 E_a 和 e_a 表示。记为

$$\begin{aligned} \text{孔} \quad E_a &= D_a - D \\ \text{轴} \quad e_a &= d_a - d \end{aligned} \quad (2-1)$$

(2) 极限偏差 是指极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差。其中, 最大极限尺寸与基本尺寸之差称为上偏差, 用 ES 和 es 表示。最小极限尺寸与基本尺寸之差称为下偏差, 用 EI 和 ei 表示。用符号表示为

$$\begin{aligned} \text{孔} \quad ES &= D_{\max} - D & EI &= D_{\min} - D \\ \text{轴} \quad es &= d_{\max} - d & ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (2-2)$$

注意: 偏差为代数差, 其值可以为正值、零和负值, 但当为正值时也要带上正号, 如 $\phi 30^{+0.008}_{-0.008} \text{mm}$ 。

2. 尺寸公差

尺寸公差是指允许尺寸的变动量, 简称为公差。用 T_h 表示孔的公差, T_s 表示轴的公差。公差与极限尺寸、极限偏差的关系为

$$\begin{aligned} \text{孔公差} \quad T_h &= |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \\ \text{轴公差} \quad T_s &= |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \end{aligned} \quad (2-3)$$

3. 标准公差

标准公差是指国家标准规定的已标准化的公差值。GB/T 1800.3—1998 规定的标准公差

数值见表 2-1。由于我国标准公差符合 ISO 标准，因此，标准公差符号用 IT 表示。

表 2-1 标准公差数值（摘自 GB/T 1800.3—1998）

基本尺寸 /mm		公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
>	至	μm													mm						
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

注：基本尺寸小于 1mm 时，无 IT14 ~ IT18。

2.1.4 公差带图

1. 公差带

前面有关定义之间的关系如图 2-3a 所示。可以看出，允许尺寸变动的范围可以用代表上下偏差的两条直线所限定的带形区域来表示，此带形区域称为公差带。这种用图解方式表示零件尺寸允许变动范围的带形图，称为公差带图，如图 2-3b 所示。

零线即零偏差线，它在图上表示基本尺寸。

2. 公差带图的画法

画零线，标“+、0、-”（零线上方为正偏差，下方为负偏差）；用箭头垂直指向零线表示基本尺寸；画出代表上下偏差的两条直线，并标注上下偏差值。

注意问题：①由于公差数值较基本尺寸小得多，因此，不使用同一比例绘制，通常将公差“放大”绘制；②为了在同一图中同时表示出孔和轴的公差带，习惯，在孔的公差带画 45°斜线表示，轴的公差带用打点或空白表示，以区别孔、轴。

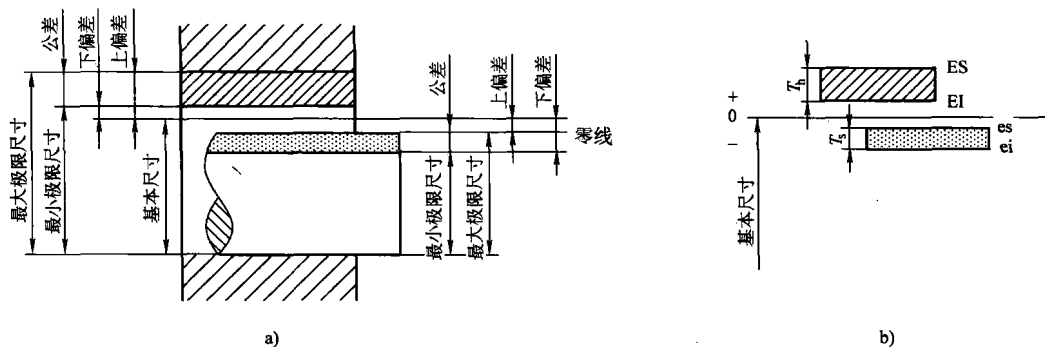


图 2-3 各尺寸之间的关系及公差带图

2.1.5 有关配合的术语和定义

1. 配合

配合是指基本尺寸相同的相互结合的孔与轴公差带之间的关系。根据孔与轴公差带之间的关系，配合分为三种类型：间隙配合、过盈配合和过渡配合。

2. 间隙或过盈

在孔与轴的配合中，孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差，其差值为正时称为间隙，为负时称为过盈。间隙用 X 表示，过盈用 Y 表示。

3. 配合的种类

(1) 间隙配合 具有间隙（包括最小间隙为零）的配合称为间隙配合。其公差带的特点是孔的公差带完全位于轴的公差带之上。例如， $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 孔与 $\phi 30^{-0.007}_{-0.020}$ mm 轴的配合以及 $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 孔与 $\phi 30^0_{-0.016}$ mm 轴的配合，其公差带分别如图 2-4a、b 所示。

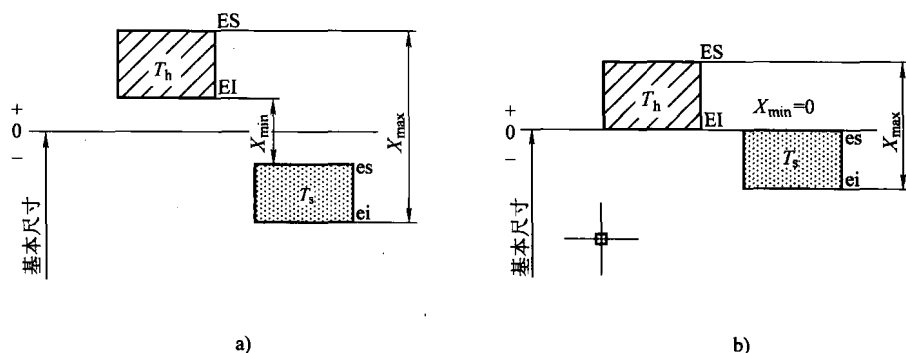


图 2-4 间隙配合

间隙配合的性质可以用最大间隙、最小间隙和平均间隙表示。

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-4)$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-5)$$

$$X_{av} = \frac{1}{2}(X_{max} + X_{min}) \quad (2-6)$$

(2) 过盈配合 具有过盈（包括最小过盈为零）的配合称为过盈配合。其公差带的特点是孔的公差带完全位于轴的公差带的下方。例如， $\phi 30_{-0.020}^{-0.007}$ mm 孔与 $\phi 30_{+0}^{+0.021}$ mm 轴的配合以及 $\phi 30_{-0.021}^0$ mm 孔与 $\phi 30_{+0}^{+0.016}$ mm 轴的配合，其公差带分别如图 2-5 所示。

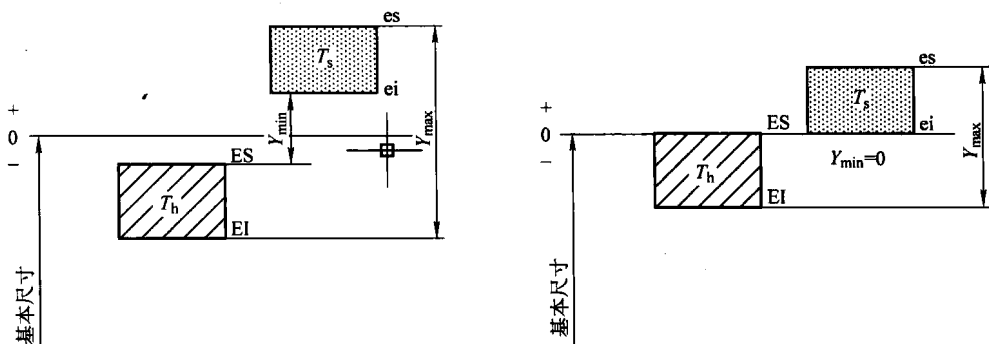


图 2-5 过盈配合

过盈配合的性质可以用最小过盈、最大过盈和平均过盈表示。

$$Y_{min} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (2-7)$$

$$Y_{max} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (2-8)$$

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

(3) 过渡配合 既可能具有间隙也可能具有过盈的配合称为过渡配合。其公差带的特点是孔的公差带与轴的公差带相互交叠。其公差带可能为如图 2-6 中的一种。它是介于间隙配合与过盈配合之间的一种配合，但其间隙或过盈的量都较小。

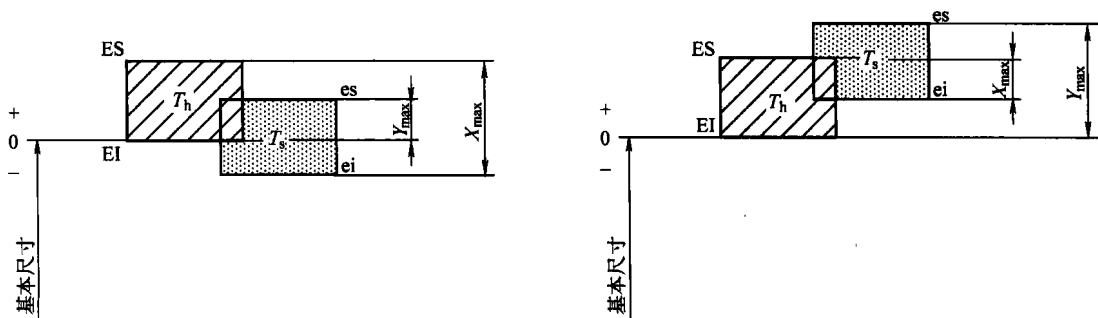


图 2-6 过渡配合

过盈配合的性质可以用最大间隙、最大过盈和平均间隙或过盈表示。

$$X_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (2-10)$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-11)$$

$$X_{av} (\text{或 } Y_{av}) = \frac{1}{2} (X_{\max} + Y_{\max}) \quad (2-12)$$

在式(2-12)中,如果计算结果为正,则为平均间隙 X_{av} ,反之则为平均过盈 Y_{av} 。

需要特别注意的是:判断三类配合的关键是要看孔与轴公差带之间的关系,而不是根据装配后孔与轴之间是否会具有间隙或过盈来判断。即:若孔的公差带完全在轴的公差带之上,则为间隙配合;若孔的公差带完全在轴的公差带之下,则为过盈配合;若孔的公差带与轴的公差带有部分重叠,则为过渡配合。

4. 配合公差

配合公差是指允许间隙或过盈的变动量。它表示配合的精度,是评定配合质量的一个重要指标。根据定义得出

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

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

$$\text{过渡配合} \quad T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$$

根据前面学过的公式,可以推导得出,无论哪种配合,配合公差均满足

$$T_f = T_h + T_s \quad (2-13)$$

无论是哪一类配合,其配合公差均等于相配合的孔和轴公差之和,由此表明,配合精度(配合公差)是由相配合的孔和轴零件的加工精度(尺寸公差)决定的。

5. 配合公差带图

表示相配合的孔与轴间隙或过盈变动范围的图形称为配合公差带图。零线上方表示间隙,下方表示过盈。配合公差带是用来表示允许的最大间隙(或最小过盈)和最小间隙(或最大过盈)限制的带域。其画法为:画零线,标双箭头分别表示间隙和过盈,标注“X、0、Y”;画出代表极限间隙或过盈的两条直线,并标注极限间隙或过盈值。

例 2-1 已知某配合的基本尺寸为 $\phi 60\text{mm}$,配合公差 $T_f = 0.049\text{mm}$,最大间隙 $X_{\max} = 0.019\text{mm}$,孔的公差 $T_h = 0.030\text{mm}$,轴的下偏差 $ei = +0.011\text{mm}$,试画出该配合的尺寸公差带图与配合公差带图,并判断配合的类型。

解: 1) 求孔和轴的极限偏差。

由式(2-13)可得

$$T_s = T_f - T_h = (0.049 - 0.030)\text{mm} = 0.019\text{mm}$$

$$es = T_s + ei = (0.019 + 0.011)\text{mm} = +0.030\text{mm}$$

因为 $X_{\max} = ES - ei$,所以

$$ES = X_{\max} + ei = (0.019 + 0.011)\text{mm} = +0.030\text{mm}$$

$$EI = ES - T_h = (0.030 - 0.030)\text{mm} = 0\text{mm}$$

2) 画出尺寸公差带图和配合公差带图(见图2-7)。因为孔和轴的公差带有交叠,故为过渡配合。

3) 求最大过盈。

因为配合公差 $T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$,所以

$$\text{最大过盈} \quad Y_{\max} = X_{\max} - T_f = (0.019 - 0.049)\text{mm} = -0.030\text{mm}$$

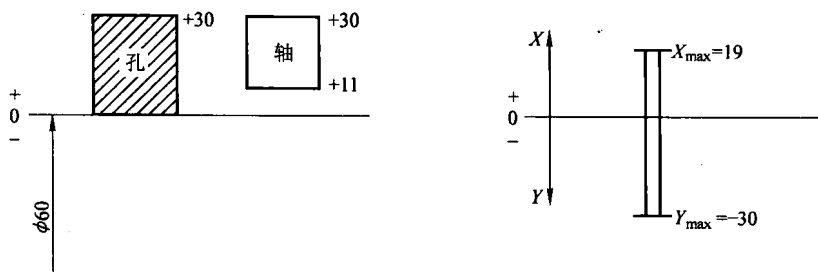


图 2-7 例 2-1 图 (图中偏差单位为 mm)

2.2 极限与配合国家标准的基本构成

极限与配合国家标准是机械工业最基础的标准之一，主要由标准公差系列、基本偏差系列和基准制等组成。

2.2.1 标准公差系列

前面介绍了标准公差的概念，国家标准规定的标准公差系列见表 2-1。它主要是由零件的基本尺寸和公差等级确定的。

公差等级是指确定尺寸精确程度的等级。为了满足生产需要，国标规定公差等级分为 20 级，用阿拉伯数字表示。

标准公差值代号用 IT01、IT0、IT1、IT2、IT3、…、IT17、IT18 来表示。其中，IT 表示标准公差代号，后面的数字表示公差等级。IT7 表示 7 级标准公差值。一般地，公差等级、公差数值、加工的难易程度、加工成本的关系如下：

	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	……	IT17	IT18
公差等级	高	←	←	←	←	←	←	低
公差数值	大	←	←	←	←	←	←	小
加工难易	难	←	←	←	←	←	←	易
加工成本	高	←	←	←	←	←	←	低

由表 2-1 可以看出，基本尺寸相同时，公差等级越高，标准公差值越小。为了简化表格，便于应用，对基本尺寸进行了分段，在同一尺寸分段内规定相同的标准公差值。

2.2.2 基本偏差系列

1. 基本偏差

在公差带图中，公差带的大小（宽度）由公差数值确定，而公差带对于零线的位置则可以由任意一个极限偏差确定。为了统一，规定靠近零线的那个极限偏差为基本偏差。因此，公差带的位置由基本偏差确定。

2. 基本偏差代号

根据生产实际需要，国家标准对孔和轴各规定了 28 种基本偏差，其代号分别用拉丁字母表示。其中，孔用大写字母表示，轴用相应的小写字母表示。在 26 个英文字母中，去掉