



普通高等教育“十二五”规划教材
机械类专业系列规划教材

互换性与测量技术 学习指南及习题指导

齐新丹 主 编

奚天鹏 王海巧 副主编

郑凤琴 主 审



与齐新丹主编《互换性与测量技术(第二版)》
配套使用



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高

规划教材

机械类专业系列规划教材

T6801
75-20

互换性与测量技术 学习指南及习题指导

主 编 齐新丹
副主编 奚天鹏 王海巧
编 写 李 骅 蒋全胜
徐秀英 凌秀军
主 审 郑凤琴



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书为由齐新丹主编的《普通高等教育“十二五”规划教材 互换性与测量技术（第二版）》的配套指导书。包括学习指南与练习提高两部分，两部分内容均与主教材章节安排相对应，分12章，包括概述、测量技术基础、尺寸公差与检测、几何公差与检测、表面粗糙度与检测、滚动轴承的公差与检测、键结合的公差与检测、圆锥结合的公差与检测、普通螺纹连接的公差与检测、圆柱齿轮传动公差与检测、尺寸链、产品几何技术规范（GPS）。

本书可作为高等工科院校机械类相关专业的互换性与测量技术课程的配套指导书，也可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

互换性与测量技术学习指南及习题指导/齐新丹主编. —北京：中国电力出版社，2011.12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-2491-6

I. ①互… II. ①齐… III. ①零部件-互换性-高等学校-教学参考资料②零部件-测量技术-高等学校-教学参考资料
IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 263839 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn)）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 12 月第一版 2011 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 201 千字

定价 16.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书为由齐新丹主编的《普通高等教育“十二五”规划教材 互换性与测量技术（第二版）》的配套指导书，是编者在总结多年教学实践的基础上，按照最新颁布的国家标准编写的。

本书学习指南共分 12 章，包括概述、测量技术基础、尺寸公差与检测、几何公差与检测、表面粗糙度与检测、滚动轴承的公差与检测、键结合的公差与检测、圆锥结合的公差与检测、普通螺纹连接的公差与检测、圆柱齿轮传动公差与检测、尺寸链、产品几何技术规范（GPS）。

每章均包括两方面的内容，即学习指南和练习提高。学习指南部分是对课程相关内容的总结，指出学习的主要内容和重点难点，并避免与教材内容重复；习题指导部分是根据教材内容给出相应的习题，有填空、判断、计算、标注、改错等形式，难度适中，并附答案。

本书第一部分由南京工业大学齐新丹编写；第二部分第 1~5 章由南京农业大学李骅编写；第二部分第 6 章由巢湖学院蒋全胜编写；第二部分第 7 章由南京农业大学徐秀英编写；第二部分第 8 章由编写金陵科技学院凌秀军编写；第二部分第 9、10 章由南京工业大学奚天鹏编写；第二部分第 11 章由三江学院王海巧编写。文字校对由潘亦成、连静完成。本书由齐新丹任主编，奚天鹏、王海巧任副主编。

本书由南京工业大学郑凤琴主审，并提出了宝贵的意见和建议，在此表示感谢。

编 者

2011 年 11 月

目 录

前言

第一部分 学习指南	1
第1章 概述.....	1
第2章 测量技术基础.....	2
第3章 尺寸公差与检测.....	5
第4章 几何公差与检测	13
第5章 表面粗糙度与检测	24
第6章 滚动轴承的公差与检测	26
第7章 键结合的公差与检测	27
第8章 圆锥结合的公差与检测	31
第9章 普通螺纹连接的公差与检测	34
第10章 圆柱齿轮传动公差与检测.....	37
第11章 尺寸链.....	42
第12章 产品几何技术规范 (GPS)	45
第二部分 练习提高	48
第1章 概述	48
第2章 测量技术基础	50
第3章 尺寸公差与检测	53
第4章 几何公差与检测	58
第5章 表面粗糙度与检测	70
第6章 滚动轴承的公差与检测	72
第7章 键结合的公差与检测	74
第8章 圆锥结合的公差与检测	76
第9章 普通螺纹连接的公差与检测	78
第10章 圆柱齿轮传动公差与检测.....	82
第11章 尺寸链.....	86
参考答案	94
参考文献	128

第一部分 学 习 指 南

第 1 章 概 述

本章的基本内容是介绍互换性的含义、重要性、分类及其与公差、测量技术和标准化之间的关系。

1. 互换性的含义

注意互换性应同时具备两个条件：①不需要挑选、不经修配或调整便可进行装配；②装配后满足预定的使用要求。仅满足第一点是不完整的。也就是说，互换性表现在产品零部件装配过程的三个阶段：装配前，不需挑选；装配时，不经修配或调整；装配后，满足预定的使用要求。

2. 互换性的重要意义

由于互换性对产品的设计、制造、使用、维修等各方面都带来极大的方便，所以，它不仅适用于大批量生产，也适用于单件小批生产，是现代制造业中普遍遵守的原则。互换性的思想贯穿于本课程始终。

3. 互换性的分类

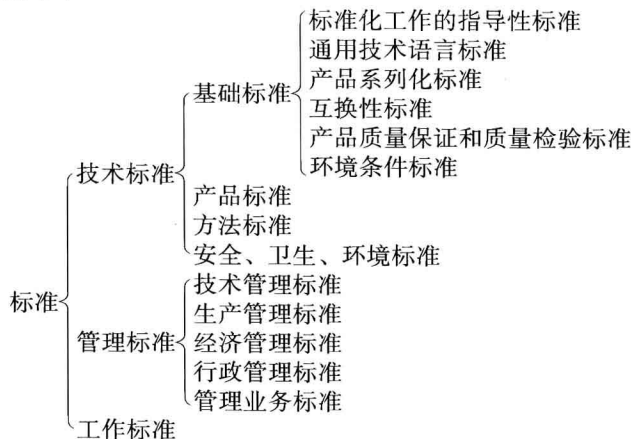
互换性可以从不同角度分类：按互换的范围，可分为几何参数互换和功能互换；按互换的程度，可分为完全互换（完全符合定义）和不完全互换（装配时需分组或调整）。

4. 对标准的认识

标准化是实现互换性的前提条件，而技术检测是实现互换性的必要保证，三者是一个有机整体。

标准的分级：我国标准分为国家标准（代号 GB）、行业标准（如 JB）和企业（Q）标准三个等级。

标准的分类：按照法律属性，分为强制性和推荐性两大类。本课程所涉及的多为推荐性标准。按照性质分类如下：



5. GB/T 321—2005《优先数和优先数系》的有关规定

标准对优先数系规定了 R5、R10、R20、R40 四个基本系列和 R80 补充系列，也允许采用派生系列。

第2章 测量技术基础

一、概述

1. 测量、计量与检验的概念及其四要素

(1) 测量。测量是指为确定被测量的量值而进行的实验过程。一个完整测量过程包含以下4个要素:

- 1) 测量对象——本课程研究的测量对象是几何量。
- 2) 计量单位——我国法定的长度单位为米, 角度单位为弧度和度、分、秒等。
- 3) 测量方法——测量原理、计量器具、测量步骤等。
- 4) 测量精度——测量误差及其处理。

(2) 计量。计量是研究测量、保证量值准确一致的一门科学, 具有准确性、一致性、溯源性和法制性的特点。过去我国称为“度量衡”, 其含义是关于长度、容积和重量的测量, 主要器具是尺、斗、秤。

(3) 检验。检验是指判断被测几何量是否合格(在规定范围内)的过程, 通常不一定要得到被测几何量的具体数值。检验包括测量、比较与判断3个过程。

2. “米”的定义及长度量值传递系统

(1) 最初定义: 通过巴黎的地球子午线全长的四千万分之一。

(2) 1960年定义: 米的长度等于 Kr^{86} 原子在真空中从能级 2P_{10} 至 5d_5 跃迁时辐射的谱线波长的 $1\,650\,763.73$ 倍。

(3) 最终定义: 米是光在真空中 $1/299\,792\,458\text{s}$ 时间间隔内经过的距离。

为了将米的定义传递到实际测量中使用的各种计量器具上, 建立了长度量值传递系统。长度量值由两个平行系统向下传递: 一个是量块系统, 一个是线纹尺系统, 前者应用较广。

3. 量块的特点、精度和使用

量块按一定的尺寸系列成套生产, 国家规定了17种成套的量块系列, 使用时常常将几块量块组合成所需尺寸。为减小量块的组合误差, 一般测量时不超过4块。

量块的精度有两种规定: 按“级”划分和按“等”划分。

(1) 按“级”使用时, 量块分为5级, 即00、0、1、2、3级, 其中, 00级精度最高, 3级精度最低。此外, 还规定了一个校准级, 即K级。按“级”使用时, 以标记在量块上的公称尺寸为准, 使用较为方便, 但包含量块的制造误差。

(2) 按“等”使用时, 量块分为1、2、3、4、5、6等, 精度依次降低。按“等”使用时, 以量块的实际尺寸为准, 排除了制造误差, 仅包含检定实际尺寸时较小的测量误差。

[例1-2-1] 从83块一套2级的量块中组成尺寸46.35、25.385、40.79mm。

解 选择量块时采用消尾法, 每选一块量块就消去至少一位小数。因是同时组合, 所以一块量块不能使用两次以上, 组合时注意块数越少越好。

$$46.35\text{mm} = (1.05 + 5.3 + 40)\text{mm}$$

$$25.385\text{mm} = (1.005 + 1.38 + 3 + 20)\text{mm}$$

$$40.79\text{mm} = (1.29 + 9.5 + 30)\text{mm}$$

二、计量器具

1. 计量器具的分类

计量器具按用途,可分为基准量具、通用量具、专用量具和计量装置四类;按结构和工作原理,可分为机械式、光学式、气动式、电动式、光电式等。

2. 计量器具的基本度量指标

(1) 分度值。分度值是指一个刻度间距所代表的被测量的量值。分度值越小,计量器具精度越高。

(2) 示值范围和测量范围。示值范围是指计量器具所显示的最小值到最大值的范围,测量范围是指被测量值的范围。两者含义是不同的,如立式光学比较仪的示值范围是 $\pm 0.1\text{mm}$,而测量范围是 $0\sim 180\text{mm}$ 。

(3) 示值误差和不确定度。示值误差是指计量器具上的示值与被测量真值的代数差,可以用修正值进行修正;不确定度是指对被测量的值不能肯定的程度,是一项综合指标,包括示值误差、回程误差等,不能修正,只能用来估计测量误差的范围。例如,分度值为 0.01mm 的千分尺在车间条件下,测量 $0\sim 50\text{mm}$ 的尺寸时,其不确定度为 $\pm 0.004\text{mm}$,这说明测量结果与被测量真值之间的差值最大不会大于 $+0.004\text{mm}$,最小不会小于 -0.004mm 。

[例 1-2-2] 用标称长度为 10mm 的量块对百分表调零,用此百分表测量工件,读数为 $+15\mu\text{m}$ 。若量块的实际尺寸为 10.0005mm ,试求被测零件的实际尺寸。

解 仪器的调零误差(示值误差)为 $10 - 10.0005 = -0.0005(\text{mm})$,修正值为 $+0.0005\text{mm}$,工件的实际尺寸为 $10 + 0.015 + 0.0005 = 10.0155(\text{mm})$ 。

3. 两个重要的测量原则

(1) 阿贝原则:欲使计量器具给出正确的测量结果,必须使仪器的读数刻度尺安放在被测尺寸线的延长线上,也就是说,被测零件的尺寸线和计量器具中作为读数用的基准线(如线纹尺)应依次排成一条直线。

(2) 封闭原则:指圆周分度首尾相接的间隔误差的总和为 0 。封闭原则利用圆周 360° 这个自然基准,可在不需要高精度角度基准件的情况下,实现对被测角度的高精度测量(自检)。

三、测量误差与数据处理

1. 测量误差的种类及处理原则

测量误差按其性质和出现的规律可分为三大类,对各类测量误差的处理原则是不同的。

(1) 系统误差:在一定条件下,多次重复测量同一量时,误差的大小和符号均不变(定值系统误差)或按一定规律变化(变值系统误差)。处理原则是发现、消除或修正。

(2) 随机误差:在一定条件下,多次重复测量同一量时,误差的大小和符号以不可预定的方式变化。处理原则是估计其数值范围,减小对测量结果的影响。

(3) 粗大误差:由于主观疏忽大意或客观条件突变而产生的误差。处理原则是剔除这次测量数据。

2. 随机误差的处理方法

(1) 随机误差绝大多数情况下符合正态分布规律,具有对称性、单峰性、抵偿性和有

界性。

(2) 正态分布曲线的两个基本参数是平均值 $\bar{x}$ 和标准偏差 σ 。

(3) 正态分布随机误差出现的概率可用公式 $y=f(\delta)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}}$ 来计算。

(4) 因为服从正态分布的随机误差具有有界性，一般取界限值 $\delta_{\text{lim}}=\pm 3\sigma$ ，置信概率为 99.73%。在实际测量中，若只测量了一次，测得值为 x_i ，且无系统误差，则测量结果可表示为 $x_e=x_i\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ 。

(5) 理论证明，对同一量重复测量 n 次，其算术平均值 $\bar{x}$ 比单次测量值 x_i 更加接近被测量的真值。

(6) 对随机误差的处理方法就是多次重复测量，用 $x_e=x_i\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ 表示测量结果。

3. 系统误差的处理方法

用上述多次重复测量的方法不能消除系统误差，只有通过分析、观察发现系统误差，进而设法消除或减少它。

对定值系统误差可采用实验对比法查找，用加修正值的方法消除；对变值系统误差可用残差观察法查找，用对称法消除线性系统误差，用半波法消除周期变化的系统误差。

一般而言，严格按照使用说明书要求的操作规程进行测量，即可消除系统误差。

4. 粗大误差的处理方法

多大的误差才算是粗大误差，有各种判断准则。当测量列服从正态分布时，常用拉依达准则，即认为绝对值超过 3σ 的残差是粗大误差，并将此次测量的数据予以剔除。

5. 直接测量数列的数据处理方法

在消除了定值系统误差后，将测得的一组数据按教材所述步骤处理，此处不再赘述。

第3章 尺寸公差与检测

一、国家标准对尺寸公差与配合的主要规定

GB/T 1800.1—2009 产品几何技术规范 (GPS) 极限与配合 第1部分:公差、偏差和配合的基础

GB/T 1800.2—2009 产品几何技术规范 (GPS) 极限与配合 第2部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表

GB/T 1801—2009 产品几何技术规范 (GPS) 极限与配合 公差带和配合的选择

GB/T 1803—2003 极限与配合 尺寸至 18mm 孔、轴公差带

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性角度尺寸的公差

本书主要介绍关于公称尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的常用尺寸段的规定,大尺寸(公称尺寸 $> 500\text{mm} \sim 3150\text{mm}$)和小尺寸(公称尺寸至 18mm,特别是公称尺寸 $< 3\text{mm}$)的有关规定暂不涉及。

1. 基本术语

(1) 孔和轴定义。孔与轴是最基本的装配关系,不仅表示圆柱形内、外表面,而且表示其他几何形状内、外表面中由单一尺寸确定的部分,是由一个零件的内表面包容另一个零件的外表面所形成的。

(2) 公称尺寸、极限尺寸和实际尺寸。

公称尺寸是设计时通过计算或试验确定并经过圆整后得到的。它只表示尺寸的基本大小,并不是对完工后零件实际尺寸的要求,不能认为零件的设计尺寸越接近公称尺寸越好。

极限尺寸是根据使用要求,用来限制尺寸的变化范围,零件实际尺寸只要在该范围内即认为合格。

实际尺寸是测量得到的,不能直接从图样上看出。由于测量不可避免有误差,故实际尺寸一般不是真值。由于有形状误差,零件各部位的实际尺寸是不同的,称为局部实际尺寸。

(3) 尺寸偏差、上偏差、下偏差、极限偏差、基本偏差。尺寸偏差是某一尺寸减其公称尺寸的差;上偏差(ES、es)是最大极限尺寸减其公称尺寸的差;下偏差(EI、ei)是最小极限尺寸减其公称尺寸的差。上、下偏差总称极限偏差。基本偏差是上、下偏差中接近公称尺寸的那个偏差。

实际偏差在上、下偏差之间,尺寸就是合格的。偏差都是代数值,可正、可负或者为零。

(4) 尺寸误差和尺寸公差。尺寸公差是实际尺寸的允许变化范围,只能是正值。尺寸误差是实际尺寸与公称尺寸的差,可正可负。

极限与配合各概念之间的关系见图 1-3-1。

(5) 公差带与公差带图。公差带由以下两个要素确定:

- 1) 基本偏差(即一般是靠近零线的那个极限偏差)用以确定公差带相对于零线的位置。
- 2) 公差数值用以确定公差带的大小(在垂直于零线方向的宽度)。

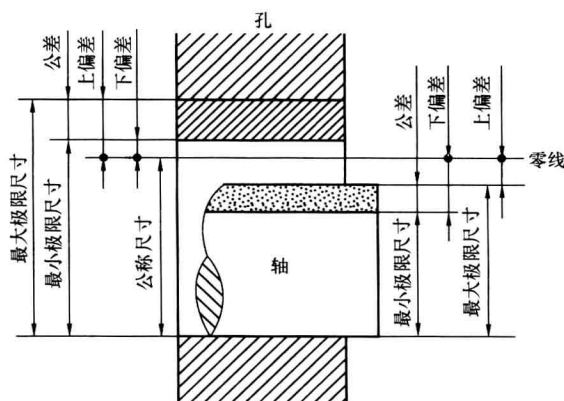


图 1-3-1 极限与配合示意

越小，配合精度越高，使用性能越好；但从制造角度考虑，配合公差越小，要求相配的孔、轴的尺寸公差越小，加工越困难，成本越高。所以，设计时要协调好这一对矛盾。

(8) 基孔制与基轴制。将孔的公差带位置固定（基本偏差代号为 H），与不同基本偏差轴的公差带形成各种配合的一种制度，称为基孔制，如图 1-3-2（a）所示；反之，将轴的公差带位置固定（基本偏差代号为 h），与不同基本偏差孔的公差带形成各种配合的一种制度，称为基轴制，如图 1-3-2（b）所示。

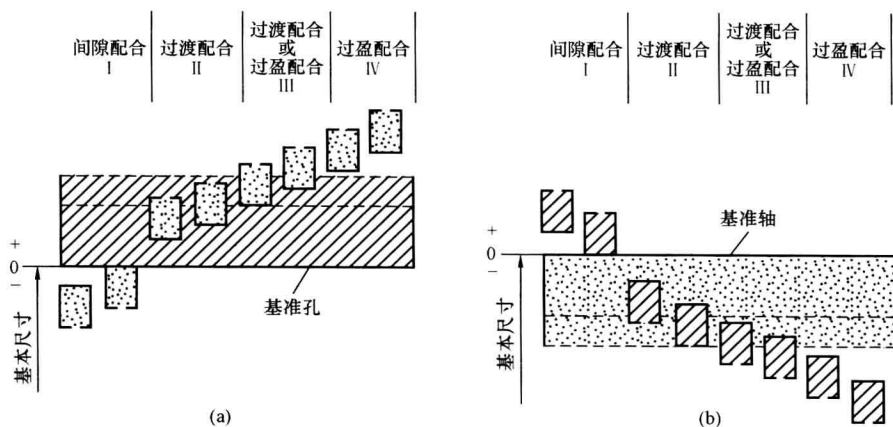


图 1-3-2 基孔制和基轴制

(a) 基孔制；(b) 基轴制

【例 1-3-1】 根据表 1-3-1 已知数据填表。

表 1-3-1

【例 1-3-1】表

mm

公称尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差
轴 $\phi 55$	55.000				0.046
轴 $\phi 45$			-0.025		0.025
孔 $\phi 25$			+0.026	-0.026	

解 答案见表 1-3-2。

表 1-3-2 [例 1-3-1] 答案 mm

公称尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差
轴 $\phi 55$	55.000	54.954	0	-0.046	0.046
轴 $\phi 45$	44.975	44.950	-0.025	-0.050	0.025
孔 $\phi 25$	25.026	24.974	+0.026	-0.026	0.052

[例 1-3-2] 根据表 1-3-3 已知数据填表。

表 1-3-3 [例 1-3-2] 表 mm

公称尺寸	孔			轴			最大间隙 $X_{\max}$ 或最小 过盈 $Y_{\min}$	最小间隙 $X_{\min}$ 或最大 过盈 $Y_{\max}$	平均间隙 X_{av} 或平均 过盈 Y_{av}	公差 T_i
	ES	EI	T_h	es	ei	T_s				
$\phi 50$		-0.050				0.016		-0.083	-0.0625	
$\phi 60$			0.030	0			+0.028	-0.021		
$\phi 10$		0				0.022	+0.057		+0.035	

解 答案见表 1-3-4。

表 1-3-4 [例 1-3-2] 答案 mm

公称尺寸	孔			轴			最大间隙 $X_{\max}$ 或最小 过盈 $Y_{\min}$	最小间隙 $X_{\min}$ 或最大 过盈 $Y_{\max}$	平均间隙 X_{av} 或平均 过盈 Y_{av}	公差 T_i
	ES	EI	T_h	es	ei	T_s				
$\phi 50$	-0.025	-0.050	0.025	+0.033	+0.017	0.016	-0.042	-0.083	-0.0625	0.041
$\phi 60$	+0.009	-0.021	0.030	0	-0.019	0.019	+0.028	-0.021	+0.0035	0.049
$\phi 10$	+0.022	0	0.022	-0.013	-0.035	0.022	+0.057	+0.013	+0.035	0.044

2. 标准公差系列和基本偏差系列

GB/T 1800—2009 是对公差带的两个要素——公差带大小和位置分别进行标准化，形成标准公差系列和基本偏差系列。

(1) 标准公差系列。

1) 公差等级：国家标准规定了 20 个公差等级，IT01~IT18 级，精度依次降低，IT18 最低。公差等级可直接反映加工难度。

2) 公差数值：各等级的公差数值可以直接从《标准公差数值表》中查出。同一公称尺寸范围，公差等级越高，公差数值越小；同一公差等级，公称尺寸越大，公差数值越大。所以尺寸精度的高低，不能凭公差数值的大小来判断，而要根据公差等级来判断。

3) 公称尺寸分段：公称尺寸至 500mm 范围内，标准公差中的尺寸分为 13 段，基本偏差中的尺寸分为 25 段，以简化公差表格。

(2) 基本偏差系列。

对公差带相对于零线的位置进行标准化，形成基本偏差系列。国家标准对轴、孔分别规定了 28 个基本偏差代号，用拉丁字母表示，轴小写，孔大写。孔、轴的基本偏差分布规律如图 1-3-3 所示。

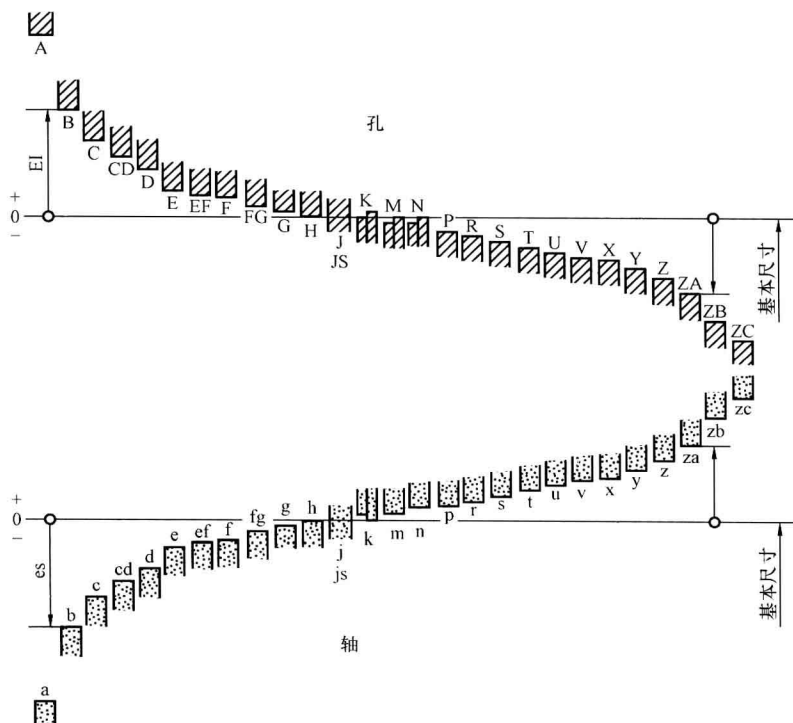


图 1-3-3 基本偏差系列

除代号为 J 的孔的基本偏差外, 其余孔的基本偏差是由相应轴的基本偏差换算而来的。换算时有两种规则。

1) 通用规则。孔的基本偏差与对应轴的基本偏差的绝对值相等而符号相反, 即

$$EI = -es, ES = -ei$$

对于 A~H, 不论孔、轴是否采用同等级的配合, 均适用此规则。

对于 K~ZC, 因标准公差大于 IT8 的 K、M、N 和大于 IT7 的 P~ZC, 一般孔、轴采用同等级配合, 故适用此原则。但标准公差大于 IT8、公称尺寸大于 3mm 的 N 除外 ($ES=0$)。

2) 特殊规则。孔、轴基本偏差的符号相反, 而绝对值相差一个 Δ 值, 即

$$ES = -ei + \Delta$$

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1}$$

式中: IT_n 和 IT_{n-1} 分别为某一级和比它高一级的标准公差。

这样规定的依据有以下两点:

1) 工艺等价: 在高精度配合 (轴的公差等级 ≤ 7 级或孔的公差等级 ≤ 8 级) 时, 由于孔比同级的轴难加工, 故一般孔的公差比轴低一级; 而在精度较低的配合中, 孔、轴同级。

2) 同名配合: 指公差等级和非基准制的基本偏差代号都相同, 只是基准不同的配合 (如 $\phi 25H7/f6$ 、 $\phi 25F7/h6$), 配合性质相同。具体如图 1-3-4 所示。

3. 公差与配合的标注

装配图上, 配合代号标注在公称尺寸之后, 有两种方法。

1) $\phi 25H7/f6$ 或 $\phi 25 \frac{H7}{f6}$ 。

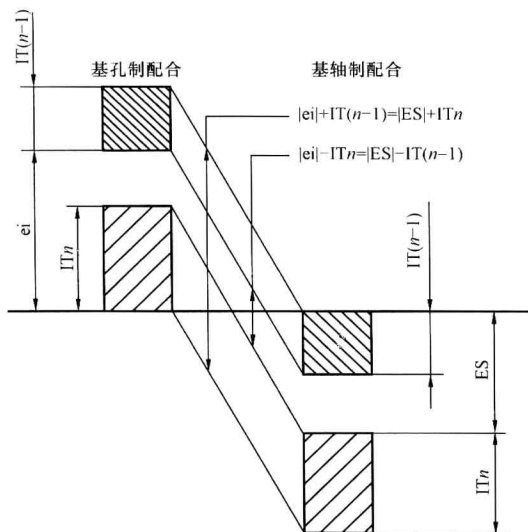


图 1-3-4 孔的基本偏差换算示意

$$2) \phi 25H7\left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)/f6\left(\begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix}\right) \text{ 或 } \phi 25 \frac{H7\left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)}{f6\left(\begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix}\right)}。$$

零件图上，在公称尺寸之后标注上、下偏差数值，或同时标注公差代号及上、下偏差数值。

$$1) \text{ 孔 } \phi 25_0^{+0.021} \text{ 或 } \phi 25H7\left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)。$$

$$2) \text{ 轴 } \phi 25_{-0.033}^{-0.020} \text{ 或 } \phi 25f6\left(\begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix}\right)。$$

4. 公差带与配合的标准化

(1) 当公差等级和基本偏差确定后，零件的公差带就完全确定了，另一个极限偏差可根据基本偏差和公差公式 $ES = EI + T_h$ 或 $es = ei + T_s$ 计算出来。

(2) 20 个公差等级和 28 个基本偏差可以组成很多种公差带，由孔、轴公差带又能组成数量更多的配合。为了经济地满足使用要求，国家

标准规定了一般、常用和优先公差带，以及常用、优先配合。设计时，应尽量选用优先公差带与配合；若不合适，再考虑常用的和一般的。为了简化公差带和配合的种类，减少定值刀、量具工艺装备的品种和规格，国家标准对尺寸至 500mm 的孔、轴规定了优先、常用和一般用途的公差带，分别为孔和轴的一般用途公差带（孔 105 种、轴 116 种），常用公差带（孔 44 种、轴 59 种），优先公差带（孔、轴各 13 种）。

为了使配合的选择更为集中，国家标准规定了基孔制和基轴制优先配合（各 13 种）和常用配合（基孔制 59 种、基轴制 47 种）。

5. 线性尺寸的一般公差

图样上没有标注极限偏差的未注公差尺寸，主要用于精度较低的非配合尺寸，其公差称为一般公差。国家标准对线性尺寸的一般公差规定了 f、m、c、v 四个等级。采用一般公差时，应在图样的技术要求或有关技术文件中标明是按照哪一个等级。

采用一般公差的尺寸，通常不必每件都检验，只要抽检即可。

二、尺寸精度设计

尺寸精度设计即公差与配合的选用包括三个方面：①选择基准制；②选择公差等级；③选择配合种类。

1. 基准制的选择

基准制的选择通常遵循以下原则：优先采用基孔制，其次选用基轴制，特殊情况采用非基准制。

(1) 优先采用基孔制。优先采用基孔制可以大大减少定值刀具、量具的规格品种，经济性好。

(2) 其次采用基轴制。当轴为标准件（如与滚动轴承外圈的外径配合）或为不需加工的原材料时，采用基轴制。同一公称尺寸的轴与多个孔形成不同性质的配合时，采用基轴制可避免阶梯轴，有利于加工和装配。

(3) 特殊情况采用非基准制。所谓非基准制，是指既不是基孔制，也不是基轴制。当一

个孔与多个轴或一个轴与多个孔形成不同性质的配合时,可能出现非基准制。

2. 公差等级的选择

公差等级的高低与制造成本密切相关,公差等级越高,成本越高。公差等级选择的实质是解决零件的使用要求与制造工艺成本之间的矛盾。因此,其基本原则是在满足使用要求的前提下,尽量采用低的公差等级。公差等级的选择方法有类比法和计算法。在实际应用中,大多采用类比法,即参照经实践验证的合理的同类产品中相似结构、相同要求、相近尺寸的孔轴公差等级,经分析后确定选用的公差等级。

3. 配合种类的选择

配合种类的选择就是根据使用要求、配合公差(间隙或过盈)的大小确定非基准件的公差带位置,即选择非基准件的基本偏差的代号。下面以基孔制为例,简要说明各配合的应用。

(1) 孔、轴之间有相对运动。此种情况必须采用间隙配合。用基本偏差 $a \sim h$, 间隙依次减小。若在工作温度高、对中性要求低、相对运动速度高等情况下,应使间隙增大。

(2) 孔、轴之间无相对运动。此时情况较复杂,三种配合都有可能采用。

1) 用紧固件来保证孔、轴之间无相对运动,要装拆方便,对中性要求不高,可用间隙配合。

2) 既需要对中性好,又要便于拆装,可采用过渡配合,用基本偏差 $j \sim n$ (n 与高精度的基准孔形成过盈配合),字母越往后,获得过盈的机会越多,对中性越好。

3) 不用紧固件来保证孔、轴之间无相对运动,但需要靠过盈来传递载荷,不经常拆装(或永久性连接),此时采用过盈配合,用基本偏差 $p \sim zc$ (p 与低精度的基准孔形成过渡配合),字母越往后,过盈量越大,配合越紧。采用大过盈量的配合,容易将零件挤裂,很少采用。

[例 1-3-3] 有一孔、轴配合,公称尺寸为 25mm,要求配合的间隙为 $+0.020 \sim +0.086\text{mm}$,采用基轴制,试用计算法确定孔、轴的公差带代号。

解 该配合为间隙配合。

配合公差 $T_f = T_h + T_s = 0.086 - 0.020 = 0.066 \text{ (mm)}$

查公差表,取孔、轴均为 8 级, $T_h = T_s = 0.033\text{mm}$ 。

因要求采用基轴制,故轴的公差带为 $\phi 25h8 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.033 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$;

根据 $EI - es = X_{\min} = 0.020\text{mm}$, $EI = es + X_{\min} = 0 + 0.020 = +0.020 \text{ (mm)}$ 。

基轴制的间隙配合时,孔的下偏差就是基本偏差,查基本偏差表,得孔的基本偏差为 F,即公差带为 $\phi 25F8 \left(\begin{smallmatrix} +0.053 \\ +0.020 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$ 。

检查: $X_{\max} = ES - ei = +0.053 - (-0.033) = +0.086 \text{ (mm)}$

$X_{\min} = EI - es = +0.020 - 0 = +0.020 \text{ (mm)}$

符合要求。

[例 1-3-4] 已知公称尺寸为 60mm 的一对孔、轴配合,要求配合间隙和过盈为 $-0.035 \sim +0.045\text{mm}$,试确定孔、轴的公差带代号。

解 该配合为过渡配合。

配合公差 $T_f = T_h + T_s = +0.045 - (-0.035) = 0.080 \text{ (mm)}$ 。

查公差表,取孔为 8 级, $T_h = 0.046\text{mm}$ 。

轴为 7 级, $T_s = 0.030\text{mm}$ 。

无特殊要求, 所以优先采用基孔制, 故孔的公差带为 $\phi 60\text{H}8 \left(\begin{smallmatrix} +0.046 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$ 。

因为是基孔制的过渡配合, 轴的基本偏差代号为 $j \sim p$, 基本偏差为下偏差。

根据 $ES - ei = X_{\max} = +0.045\text{mm}$, 故 $ei = ES - X_{\max} = +0.046 - 0.045 = +0.001$ (mm), 查基本偏差表, 其代号为 k 时, 其基本偏差为 $+0.002\text{mm}$, 则上偏差为 $+0.002 + 0.030 = +0.032$ (mm), 即公差带为 $\phi 60k7 \left(\begin{smallmatrix} +0.032 \\ +0.002 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$ 。

检查: $Y_{\max} = 0 - 0.032 = -0.032$ (mm)

$X_{\max} = ES - ei = 0.046 - 0.002 = +0.044$ (mm)

即极限间隙和过盈为 $-0.032 \sim +0.044\text{mm}$, 在 $-0.035 \sim +0.045\text{mm}$ 范围内, 符合要求。

三、尺寸的检测

尺寸检测通常有两大类方法: ①用通用计量器具检测; ②用光滑极限量规检测。

1. 用通用计量器具检测

用通用计量器具检测尺寸时, 主要遵照 GB/T 3177—2009《光滑工件尺寸的检验》的有关规定。GB/T 3177—2009 适用于公差等级为 IT6~IT18、公称尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的工件, 在车间生产现场用普通计量器具检测, 它主要规定了验收原则、验收极限、计量器具的选择等。

(1) 验收原则。为了保证产品质量, 只允许误废, 不允许误收。因测量有误差, 又只测量一次, 所以, 当测得值在工件极限尺寸附近时, 可能误废。

(2) 验收极限。验收工件时, 判断合格与否的尺寸界限。通常采用公差带内缩制:

上验收极限 = 工件最大极限尺寸 - A

下验收极限 = 工件最小极限尺寸 + A

A 称为安全裕度, A 越大, 越安全, 但制造更困难。标准规定, A 等于工件公差的 $1/10$, 如图 1-3-5 所示。

对于精度要求较低的非配合尺寸、一般公差尺寸、工艺上可以充分保障其精度的尺寸, 可以用图样上标注的极限尺寸作为验收极限, 此时 $A=0$ 。

(3) 计量器具的选择。选择计量器具时, 除了考虑其测量范围应与工件的形状、被测尺寸的位置、大小等相适应外, 还要考虑测量器具的不确定度与测量不确定度的允许值。这主要是为了既保证测量精度, 又不使测量的成本太高。

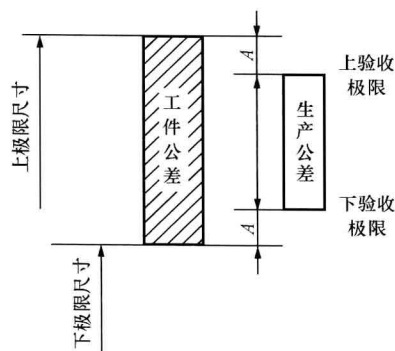


图 1-3-5 验收极限与安全裕度

2. 用光滑极限量规检测尺寸

(1) 光滑极限量规的用途、种类。

1) 用途。光滑极限量规主要用于检验遵守包容要求的工件。

2) 种类。在大批量生产中按被检验工件分为轴用量规（环规或卡规）和孔用量规（塞规）。

按用途分类如下：工作量规，生产者检验工件时用；验收量规，检验人员或用户代表验收工件时用；校对量规，校对轴用量规用（孔用量规不需要校对量规）。

按检验时量规是否通过合格工件分为通规和止规。

(2) 工作量规的设计原则。设计工作量规时应遵守泰勒原则。

1) 泰勒原则的内容。遵守包容要求的单一要素孔或轴的体外作用尺寸不得超过其最大实体尺寸，任意位置上的实际尺寸不得超过其最小实体尺寸。第4章几何公差中将介绍的包容要求其内容与泰勒原则是一致的，不过包容要求是从设计的角度而言的，而泰勒原则是从检验的角度而言的。

2) 符合泰勒原则的工作量规要求。

量规尺寸要求。通规的公称尺寸应等于工件的最大实体尺寸 (MMS)，止规公称尺寸应等于工件的最小实体尺寸 (LMS)。

量规形状要求。通规用来控制工件的作用尺寸，其测量面应设计成全形的，即与被测孔或轴具有相应的完整表面，长度等于配合长度，其公称尺寸等于孔或轴的最大实体极限，故通规与工件是面接触，因此称为全形量规。止规用于控制工件的实际尺寸，它的测量面理论上应为点状的，即不全形量规，其公称尺寸等于孔或轴的最小实体极限，止规与工件是点接触。