

中等专业学校试用教材

# 公差配合与测量技术

福建机电学校 忻良昌 主编

ZHONGDENG

ZHUANYE

XUEXIAO

JIAOCAI



机械工业出版社

中国标准出版社 北京 2000年10月第1版第1次印刷

# 公差配合与测量技术

机械工业出版社 机械工业出版社

本书是根据《机械制图》课程的教学大纲编写的。

本书可作为机械类专业的教材。

本书由机械工业出版社出版。

本书由机械工业出版社发行。



机械工业出版社 机械工业出版社

## 前 言

本书是根据1987年原国家机械工业委员会颁布的中等专业学校机械制造专业的教学计划和《公差配合与测量技术》的教学大纲,以及1986年至1990年中等专业学校教材编审出版规划的指示,组织编写的教材。

遵循“内容精选,深浅适度,加强应用,注意更新”的教材编写原则,采用国家新的公差标准,并从使用标准的观点来选用;对于测量器具,本书在选型方面立足于国内产品,并介绍其工作原理,主要结构和选用原则。力求内容的阐述、结构的编排符合教学规律,以利教学。

全书共分十章。其中:第一章至第五章介绍了公差配合与测量技术的基础知识,包括光滑圆柱形的公差与配合、形状和位置公差与测量、表面粗糙度及其测量、测量技术基础、光滑工件尺寸的检测及量规设计等内容;第六章至第九章介绍了圆锥、键、花键、螺纹和齿轮等典型表面的公差和测量;第十章介绍了尺寸链的基本知识。

本书由福建机电学校忻良昌主编,由沈阳市机电工业学校杨集志主审。参加编写的如下:绪论、第三、六、八、九章由忻良昌编写,第一、四章由河北机电学校符锡琦编写,第二、五、七、十章由咸阳机器制造学校张元琛编写。

在主审杨集志主持下,于1988年5月在武汉召开了审稿会,参加本书审稿的有王先骞、陈泽民、赵爱宁、倪汝楣、夏克坚、李文彬、周兴科、朱志恒等。

本书在编写过程中得到原国家机械工业委员会教育局、教材编辑室的指导和支持,得到委属《公差配合与测量技术》课程组、各院校的帮助和支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者 1989年11月

# 目 录

前言	
绪论	1
思考题	5
第一章 光滑圆柱的公差与配合	
§ 1-1 有关公差配合的术语及其定义	6
§ 1-2 公差与配合标准的主要内容	17
§ 1-3 公差配合的选择	28
§ 1-4 滚动轴承的公差与配合	41
习题	46
第二章 测量技术基础	
§ 2-1 概述	50
§ 2-2 长度计量单位和基准量值的传递	50
§ 2-3 计量器具与测量方法的分类	54
§ 2-4 计量器具的参数和特性	55
§ 2-5 长度测量中常用计量器具的测微原理与基本结构	57
§ 2-6 测量误差的基本知识	72
§ 2-7 计量器具的选择、检定和维修	84
习题	85
第三章 形状和位置公差和测量	
§ 3-1 概述	87
§ 3-2 形位误差和形位公差	89
§ 3-3 形位公差带及其特点、定义	93
§ 3-4 形位公差的标注	104
§ 3-5 公差原则	107
§ 3-6 形位公差的等级与公差值	117
§ 3-7 形位误差的检测	119
§ 3-8 形位公差的选择	129
习题	132
第四章 表面粗糙度和测量	
§ 4-1 概述	138
§ 4-2 表面粗糙度的评定标准	139
§ 4-3 表面粗糙度的标注	143
§ 4-4 表面粗糙度的选择	146
§ 4-5 表面粗糙度的测量	147
习题	150
第五章 光滑工件尺寸的检测及量规设计	
§ 5-1 概述	152
§ 5-2 用普通计量器具检测光滑工件	152
§ 5-3 用光滑极限量规检验光滑工件尺寸	156
§ 5-4 位置量规(综合量规)简介	162
习题	171
第六章 圆锥结合的公差和测量	
§ 6-1 概述	172
§ 6-2 圆锥配合中直径偏差、素线角偏差对基面距的影响	173
§ 6-3 锥度、锥角系列与圆锥标准	176
§ 6-4 圆锥公差的给定方法及标注	180
§ 6-5 锥度和角度的测量	182
习题	187
第七章 平键、花键联结的公差和测量	
§ 7-1 平键联结的公差和测量	188
§ 7-2 矩形花键联结的公差和测量	192
习题	198
第八章 螺纹结合的公差和测量	
§ 8-1 概述	199
§ 8-2 螺纹几何参数误差对互换性的影响	201
§ 8-3 普通螺纹的公差与配合	207
§ 8-4 丝杠和丝杠螺母的公差	212
§ 8-5 螺纹的检测	214
习题	224
第九章 传动圆柱齿轮的公差和测量	

§ 9-1	概述	226	附表17	直线度、平面度公差值/ $\mu\text{m}$	286
§ 9-2	齿轮误差的评定指标和测量	230	附表18	圆度、圆柱度公差值/ $\mu\text{m}$	287
§ 9-3	齿轮副误差及侧隙的评定指标	244	附表19	平行度、垂直度、倾斜度公差值/ $\mu\text{m}$	288
§ 9-4	斜齿轮特有的误差评定指标和测量	248	附表20	同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值/ $\mu\text{m}$	289
§ 9-5	齿轮、齿轮副的精度及侧隙的规定	250	附表21	位置度系数/ $\mu\text{m}$	290
习题		263	附表22	轴和孔的表面粗糙度参数推荐值	291
<b>第十章 尺寸链</b>			附表23	安全裕度及计量器具不确定度允许值/mm (摘自GB3177—82)	292
§ 10-1	尺寸链的基本概念	265	附表24	千分尺和游标卡尺的不确定度/mm	292
§ 10-2	直线尺寸链的分析与解算	267	附表25	指示表的不确定度/mm (摘自JB/Z181—82)	293
习题		273	附表26	比较仪的不确定度/mm (摘自JB/Z181—82)	293
<b>附表</b>			附表27	IT6~IT16级工作量规制造公差和位置要素值/ $\mu\text{m}$	294
附表1	优先数系的基本系列	275	附表28	分别检验时测量部位的基本偏差/ $\mu\text{m}$	295
附表2	标准尺寸 (10~100mm) (摘自GB2822—81)	276	附表29	同时检验时定位部位的基本偏差/ $\mu\text{m}$	295
附表3	标准公差数值 (摘自GB1800—79)	276	附表30	位置量规公差、允许最小磨损量和最小间隙/ $\mu\text{m}$	295
附表4	轴的基本偏差数值/ $\mu\text{m}$	277	附表31	一般用途圆锥的锥度与锥角 (摘自GB157—83)	296
附表5	孔的基本偏差数值/ $\mu\text{m}$	278	附表32	特殊用途圆锥的锥度与锥角 (摘自GB157—83)	297
附表6	轴的(孔的)极限偏差/ $\mu\text{m}$	279	附表33	锥角公差 (摘自ISO1947—1973)	298
附表7	基孔制与基轴制优先、常用配合极限间隙或极限过盈/ $\mu\text{m}$	280	附表34	圆锥长度为100mm的圆锥直径公差 $T_D$ 而产生的最大圆锥角偏差/ $\mu\text{m}$	300
附表8	安装向心轴承和角接触轴承的轴公差带	281	附表35	平键联结偏差数值表	302
附表9	安装向心轴承和角接触轴承的外壳孔公差带	282	附表36	内、外花键的基本尺寸系列	303
附表10	安装推力轴承的轴公差带	283	附表37	花键位置度公差	303
附表11	安装推力轴承的外壳孔公差带	383	附表38	花键对称度公差	303
附表12	轴颈和外壳孔的形位公差 (摘自GB275—84)	283	附表39	内、外螺纹的基本偏差/ $\mu\text{m}$	303
附表13	轴颈和外壳孔的表面粗糙度 (摘自GB275—84)	284	附表40	内螺纹小径公差 ( $TD_1$ ) / $\mu\text{m}$	304
附表14	概率函数积分值 $\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$	284			
附表15	直线度、平面度未注公差值 / $\mu\text{m}$	285			
附表16	同轴度、对称度未注公差值 / $\mu\text{m}$	286			

附表41	外螺纹大径公差 (Td) / $\mu\text{m}$ .....	305	附表55	螺母与丝杠配作的推荐径向 平均间隙 $\mu\text{m}$ (摘自JB2886—81) ...	314
附表42	内螺纹中径公差 (TD <sub>2</sub> ) / $\mu\text{m}$ .....	305	附表56	丝杠和螺母的表面粗糙度 Ra/ $\mu\text{m}$ (摘自JB32886—81) ...	315
附表43	外螺纹中径公差 (Td <sub>2</sub> ) / $\mu\text{m}$ .....	306	附表57	齿距累积公差 $F_p$ 及K个齿距累 积公差 $F_{pk}$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	315
附表44	螺纹旋合长度/mm .....	307	附表58	径向综合公差 $F_r^*$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	315
附表45	普通螺纹偏差表 .....	307	附表59	齿圈径向跳动公差 $F_r$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	316
附表46	丝杠的螺旋线公差/ $\mu\text{m}$ (摘自JB2886—81) .....	310	附表60	公法线长度变动公差 $F_w$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	316
附表47	丝杠螺距公差/ $\mu\text{m}$ (摘 自JB2886—81) .....	311	附表61	齿形公差 $f_f$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	316
附表48	分螺距误差的每转内等分 数 (摘自JB2886—81附录) .....	311	附表62	齿距极限偏差 $\pm f_{p1}, f_{p2}$ 值 / $\mu\text{m}$ .....	316
附表49	丝杠牙型半角的极限偏 差 (摘自JB2886—81) .....	311	附表63	基圆齿距极限偏差 $\pm f_{pb1}, f_{pb2}$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	317
附表50	丝杠的大径、中径、小径公 差/ $\mu\text{m}$ .....	311	附表64	一齿径向综合公差 $f_r^*$ 值 / $\mu\text{m}$ .....	317
附表51	丝杠螺母的大径、小径公差 / $\mu\text{m}$ (摘自JB2886—81) .....	313	附表65	齿向公差 $F_s$ 值/ $\mu\text{m}$ .....	317
附表52	非配作螺母的中径公差/ $\mu\text{m}$ (摘自JB2886—81) .....	314	附表66	接触斑点 .....	317
附表53	丝杠全长上中径尺寸变动量 的公差/ $\mu\text{m}$ .....	314	附表67	齿厚极限偏差 .....	318
附表54	丝杠中径跳动公差/ $\mu\text{m}$ (摘 自JB2886—81) .....	314	附表68	中心距极限偏差 $\pm f_o, f_o$ 值 / $\mu\text{m}$ .....	318
			附表69	齿坯公差 .....	318
			附表70	齿坯基准面径向和端面圆跳 动公差/ $\mu\text{m}$ .....	318
			参考文献	.....	319

# 绪 论

## 一、互换性概述

### (一) 互换性的含义

互换性是现代化生产的基本的技术经济原则。它普遍应用于机床、拖拉机、家用电器、自行车、缝纫机等等产品的零件生产中，在使用、维修方面也广泛采用。例如：自行车、缝纫机的零（部）件坏了，可以迅速地换上一个新的，更换后仍能满足使用要求。之所以这样方便，是因为这些零（部）件都具有互相替换的性能。

在机械工业中，互换性是指制成的同一规格的零（部）件中，在装配或更换时，不作任何选择，附加调整或修配，能达到预定使用性能的要求。这样的零（部）件称为具有互换性的零件。能够保证零（部）件具有互换性的生产，就称为遵循互换性原则的生产。

零（部）件的互换性应包括其几何参数、机械性能、物理化学性能等方面的互换性。根据本课程的教学任务，下面仅就几何参数互换性加以论述。

### (二) 互换性的种类

互换性按其程度可分为完全互换性和不完全互换性。

#### 1. 完全互换性

当零（部）件在装配或更换前，不作任何选择；装配或更换时，不作调整或修配；装配或更换后，能满足预定使用要求。这样的零（部）件属于完全互换性或称绝对互换性。

#### 2. 不完全互换性

当零（部）件在装配前，允许有附加的选择；装配时允许有附加的调整但不允许修配；装配后能满足预定使用要求。这样的零（部）件属于不完全互换性或称有限互换性。

分组装配法即属不完全互换性。例如：当装配精度要求很高时，若采用完全互换将使相配零件的尺寸公差很小，这将导致加工困难，成本提高，甚至无法加工。为此，生产中往往把零件的尺寸公差适当放大，以便加工。而在加工后再根据实测尺寸的大小，将制成的相配零件各分成若干组，使同组的尺寸差别比较小。然后，按对应组进行装配，这样既保证了装配精度的要求，又解决了零件的加工困难。此时，仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换，故称不完全互换性。

上述两种互换性的使用场合不同，一般来说，不完全互换性常用于部件或机构的制造厂内部的装配。至于厂际协作，往往要求完全互换性。例如：滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠直径的配合，由于精度要求高，加工困难，采用分组装配，所以是不完全互换性；滚动轴承内圈内径与轴的配合，外圈外径与轴承座孔的配合，为完全互换性。

### (三) 互换性的技术经济意义

互换性原则被广泛采用，因为它不仅仅对生产过程发生影响，而且还涉及产品的设计、使用、维修等各个方面。

在设计方面：由于采用具有互换性的标准件、通用件，可使设计工作简化，缩短设计周期，并便于用计算机辅助设计。

在制造方面：当零件具有互换性，可以采用分散加工、集中装配。这样有利于组织专业化协作生产，有利于使用现代化的工艺装备，有利于组织流水线和自动线等先进的生产方式。装配时，不需辅助加工和修配，既减轻工人的劳动强度，又缩短装配周期，还可使装配工作按流水作业方式进行。从而保证产品质量，提高劳动生产率和经济效益。

在使用、维修方面：互换性也有其重要意义。当机器的零件突然损坏或按计划定期更换时，便可在最短时间内用备件加以替换，从而提高了机器的利用率和延长机器的使用寿命。

在某些方面：例如，战场上使用的武器，保证零（部）件的互换性是绝对必要的。在这些场合，互换性所起的作用很难用价值来衡量。

综上所述，在机械工业中，遵循互换性原则，对产品的设计、制造和使用和维修具有重要的技术经济意义。

互换性不仅在大量生产中广为采用，而且随着现代生产，逐步向多品种，小批量的综合生产系统方向转变，互换性也为小批生产，甚至单件生产所要求。但是应当指出，互换性原则不是在任何情况下都适用，有时零件只能采用单配才能制成或才符合经济原则，例如，模具常用修配法制造。然而，即使在这种情况下，不可避免地还要采用具有互换性的刀具、量具等工艺装备。因此，互换性仍是必须遵循的基本的技术经济原则。

## 二、几何量的误差

具有互换性的零件，其几何参数是否必须制成绝对精确呢？事实上不但不可能，而且也不必要。

零件在加工过程中由于种种原因，其几何参数不可避免地会产生误差，这样的误差称为几何量误差。几何量误差包含有尺寸误差、形状误差、位置误差、表面粗糙度等。

虽然零件上的几何量误差可能会影响零件的使用功能和互换性，但实践证明，只要将这些误差控制在一定范围内，则零件的使用功能和互换性都能得到保证。

零件几何参数允许的变动量和几何参数公差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。公差是用来控制误差，以保证互换性的实现。因此，研究几何量误差及其控制范围，需要建立公差标准，这是科研生产中的一个重要课题。

## 三、公差的标准

### （一）标准化、标准及其分级

标准化是指以制订标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。这一活动过程，主要是制订、贯彻标准，根据客观情况的变化，进而修订标准的过程。因此，标准化是一个不断循环而又不断提高标准水平的过程。

标准是标准化活动的核心。按其性质分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三大类。通常所说的标准，大都是指技术标准。

技术标准（简称标准）是指为产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定，是从事生产、建设工作的一种共同技术依据。它以科学技术和实践经验的综合成果，在充分协商的基础上，对具有多样性、相关性特征的重复事物，以特定程序、特定形式颁发的统一规定，在一定范围内作为共同遵守的技术准则。

在我国根据标准适应领域和有效范围，把标准分为四级：国家标准、专业标准、地方标准和企业标准。



标准按照对象的特征分为：基础标准、产品标准、方法标准和安全环境保护标准。

基础标准是指生产技术活动中最基本的、具有广泛指导意义的标准。即是最一般的共性，因而是通用性最广的标准。例如，精度与互换性方面的公差与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等等。

## （二）标准化是互换性生产的基础

在现代化生产中，标准化是一项重要的技术措施。因为一种机械产品的制造，往往涉及到许多部门和企业，为了适应生产上相互联系的各个部门与企业之间在技术上相互协调的要求，为了满足相互联系的各个生产环节之间互相衔接的要求，必须有一个共同的技术标准，使独立的、分散的部门和企业之间保持必要的技术统一，使相互联系的生产过程形成一个有机的整体，以实现互换性生产。如果没有标准化，没有标准将产品和技术要求统一起来，就不可能组织互换性生产，所以标准化是实现互换性生产的基础。随着生产的社会化程度越高，分工越细，协作越密切，协调与衔接越不可缺，标准化就越显得重要。

## （三）数值标准化——优先数系

### 1. 数值标准化

在制定公差标准的表格以及设计零件的结构参数时，都需要通过数值来表示。

任一产品的参数数值不仅与自身的技术特性有关，而且还直接、间接地影响到与其配套关系的一系列产品的参数数值。例如：螺母直径数值，影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等一系列产品的直径数值。参数数值之间的互相关联，不断传播扩散称“数值扩散”。

不仅如此，为了满足对产品不同的需求，产品必然会出现不同的规格。例如：上述螺母的参数还要从最大到最小取不同数值，从而形成不同规格的螺母系列。这个系列确定合理与否，与所取数值如何分级直接有关，并影响经济效益。而且每一种产品不止只有一种参数数值，而每一种参数又具有一系列数值，这样数值的扩散更加繁多。如果没有一个共同遵守选用数值的准则，势必造成产品的数值杂乱无章，品种规格过于繁多，以致给组织生产、协作配套、供应、使用、维修和管理等方面带来困难。为了把实际应用的数值限制在较小范围内，又能适应各种场合的需要，所以必须对数值进行选优、协调、简化与统一。根本的办法是建立一种必须共同遵守而又能够满足各种需要的科学的数值分级制度，作为数值的统一标准。

实践证明，优先数系是一种科学的数值制度，适用于各种量值分级，不仅对数值的协调、简化起重要作用，而且是制订其它标准的依据。

### 2. 优先数系

优先数系是一种十进几何级数，所谓十进即几何级数的各项数值中包括 1，10，100，…和 0.1，0.01，0.001，…这些数中，按 1~10，10~100，…和 1~0.1，0.1~0.01，…划分区间，称为十进段。几何级数的特点是任意相邻二项之比为一常数（公比），所以它的数列为等比数列。并以  $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$  作为公比，这样的等比数列使用方便有利，于是就优先采用，称这样的几何级数为优先数系。

因此在工业标准化、设计等方面涉及选择数值系列时，必须采用优先数系。

国家标准《优先数和优先数系》GB321—80规定五个系列，分别用符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示，称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。其中前四个是常用

的基本系列，后一种作为补充系列，仅用于分级很细的场合。各系列的公比为 $q_i$ ：

$$R5: q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6$$

$$R10: q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.2589 \approx 1.25$$

$$R20: q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.1220 \approx 1.12$$

$$R40: q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.0593 \approx 1.06$$

$$R80: q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1.0293 \approx 1.03$$

优先数系的基本系列的常用值见附表1，从表中可知：

1) 优先数系中的任一个项值均为优先数。优先数系中任意两项的积或商都为优先数，任意一项的整数乘方或开方也都为优先数。

2) 从 $R5$ 、 $R10$ 、 $R20$ 、 $R40$ 前一数系的项值都包含在后一数系之中。这也有利于中间插入，如 $R5$ 系列的两项之间再要插入一项，只要用 $R10$ 系列中间插入。

3) 表列以1~10十进制为基础，所有大于10或小于1的优先数，均可用10的整数幂乘以附表1中数值求得，这样可以使该系列向两端无限延伸。

优先数系在各种公差标准中广泛采用，公差标准表格中数值，都是按照优先数系选定的。例如，《公差与配合》国家标准中的标准公差值主要是按 $R_5$ 系列确定的。

#### 四、几何量的测量

实践证明，有了先进的公差标准，对零件的几何量分别给定了合理的公差，还要采取相应的技术测量措施，零件的使用功能和互换性才能得到保证。

进行几何量参数的测量，为了实现测量结果的准确可靠，现代计量要研究下列问题：

首先是计量单位、建立基准、标准，再现和保存单位，进行量值传递。我国的现代计量科学是新中国建立以后才开始的，是大规模经济建设的需要才发展起来的。1955年成立了国家计量局，以加强全国计量工作的领导。1959年国务院发布了关于统一计量制度的命令，正式确定采用米制作为长度计量单位。1977年国务院又发布了《中华人民共和国计量管理条例》，健全了各级计量机构和长度量值传递系统，保证了全国计量单位的统一，促进了产品质量的提高。1984年国务院发布了《关于在我国实行法定计量单位的命令》，在全国范围内统一实行了以国际单位制为基础的法定计量单位。

其次，研究测试理论，制订有关计量标准，设计、制造各种计量器具和培训各级计量人员，也是发展计量工作的重要内容。解放以来，我国在上述几个方面都取得了巨大的成就，已初步建立了独立而完整的体系。近年来，由于现代工业技术的迅速发展，测量技术已从应用机械原理、几何光学原理发展到应用新的物理原理，如：激光干涉技术用于测长；光栅、磁栅、感应同步器用作测长、测角元件；光电摄像用于测量零件；利用光导纤维传输光源；数字显示技术在测量上得到充分应用，使一些通用量具实行了电子化，不少场合摆脱了目测和计算任务，如测量过程的进行，测量数据的采集和处理，测量过程中系统误差的修正，和测量结果的评定等都能自动进行。因此，数字计算机引入了技术测量领域。所有这一些，标志着我国计量技术已进入了新的发展阶段。

综合上述，现代化的机械生产，必须符合互换性生产原则。由于几何量误差的存在，要规定相应的公差，研究几何量误差及其控制范围，需要建立公差标准，并采用相应的技术测量措施，这是实现互换性的必要条件。

因此，学习公差理论和有关标准，掌握几何量测量的基本知识，对从事机械工程方面的

研究、设计、制造和管理的人员都具有重要的意义。

### 思 考 题

1. 什么是互换性？在机械制造中遵循互换性原则有何优越性？
2. 试比较完全互换性和不完全互换性的异同点。各应用在什么场合？
3. 试述互换性与标准化的关系。
4. 优先数系采用的是何种数列？有何特点？技术参数采用优先数系中的优先数有何优越性？

# 第一章 光滑圆柱的公差与配合

光滑圆柱面的结合是机械中应用极其广泛的结合。《公差与配合》国标不仅是确定圆柱面及其它表面或结构的尺寸公差及其配合的依据，而且也是所有机械产品精度标准的基础。因此，它是一项十分重要的基础标准。

《公差与配合》国标包括五个标准：GB1800—79《总论、标准公差与基本偏差》是整个《公差与配合》国标的基础；GB1801—79《尺寸至500mm孔、轴公差带与配合》适用于500mm以内的尺寸，是机械制造中最常用和应用最广的标准；GB1802—79《尺寸大于500mm至3150mm常用孔、轴公差带》主要适用于重型机械中的大尺寸；GB1803—79《尺寸至18mm孔、轴公差带》主要适用于仪器仪表和钟表工业；GB1804—79《未注公差尺寸的极限偏差》是为图样上未注公差的尺寸规定其极限偏差的。

本章着重介绍GB1800—79、GB1801—79、GB1804—79三个标准的基本内容。

## § 1-1 有关公差配合的术语及其定义

### 一、有关尺寸的术语、定义

#### 1. 尺寸

尺寸是指用特定单位表示长度值的数字。从尺寸的定义可知，尺寸由数字和特定单位所组成。在机械零件上，长度值通常是两点之间的距离，如直径 $\phi 32\text{mm}$ 、长度 $30\text{mm}$ 、中心距、圆弧半径、高度、深度等（不包括角度）。在机械制图中，尺寸的单位明确用 $\text{mm}$ ，所以标准规定图样上的尺寸仅标数字， $\text{mm}$ 省略不标，而当采用其它单位时，则必须标出单位。

#### 2. 基本尺寸 ( $D$ 、 $d$ ) $\ominus$

基本尺寸是指设计给定的尺寸。设计时根据零件使用要求，可通过计算、试验或类比相似零件的方法确定基本尺寸。应注意确定时应按附表2所列的标准尺寸取值，其顺序是优先采用 $R10$ 或 $Ra10$ 系列、其次是 $R20$ 或 $Ra20$ 系列、再次是 $R40$ 或 $Ra40$ 系列。其中 $Ra$ 系列是根据 $R$ 系列圆整成整数。特殊需要时也允许使用非标准尺寸。

图样上标注的尺寸，通常均是基本尺寸。如图1-1所示， $\phi 25\text{mm}$ 为车床主轴箱中间轴直径的基本尺寸， $30\text{mm}$ 为齿轮衬套长度的基本尺寸。

#### 3. 实际尺寸 ( $D_a$ 、 $d_a$ )

实际尺寸是指通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差，所以实际尺寸并非尺寸的真值，且由于零件的同一表面总是存在形状误差，所以被测表面各部位的实际尺寸不尽相同，其放大后如图1-2所示。

还应指出，同一零件的相同部位用同一量具重复测量多次，由于测量误差的随机性，其测得的实际尺寸也不一定完全相同。

$\ominus$ 标准规定：大写字母表示孔的有关代号，小写字母表示轴的有关代号，后同。

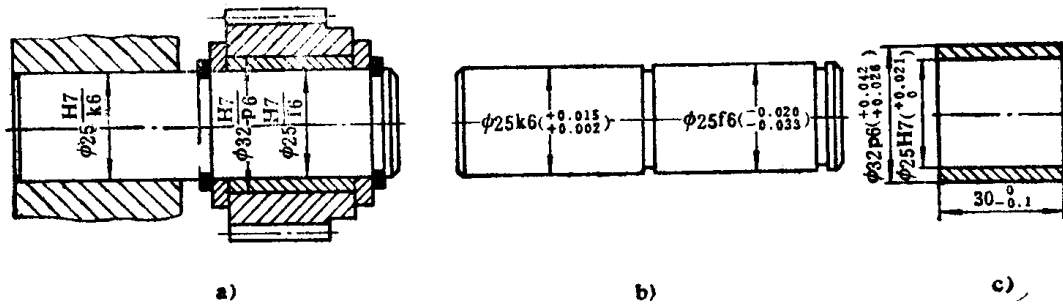


图 1-1 车床主轴箱中间轴装配图和零件图  
a) 装配图 b) 中间轴零件图 c) 齿轮衬套零件图

#### 4. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值，两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸 ( $D_{max}$ 、 $d_{max}$ )；较小的一个称为最小极限尺寸 ( $D_{min}$ 、 $d_{min}$ )。

例1. 求图 1-1c 齿轮衬套内孔  $\phi 25H7(+0.021)$  和图 1-1b 中间轴  $\phi 25f6(-0.020; -0.033)$  轴径的极限尺寸。

解：

按规定图样上不标注极限尺寸，我们可根据《机械制图》课所学过的知识，算出极限尺寸：

$$\begin{aligned} \text{对孔: } D_{max} &= [25 + (+0.021)] \text{mm} = 25.021 \text{mm} \\ D_{min} &= [25 + 0] \text{mm} = 25 \text{mm} \\ \text{对轴: } d_{max} &= [25 + (-0.020)] \text{mm} = 24.980 \text{mm} \\ d_{min} &= [25 + (-0.033)] \text{mm} = 24.967 \text{mm} \end{aligned}$$

上述尺寸中，基本尺寸和极限尺寸是设计给定的。如前所述，由于几何测量误差是客观存在，故任何尺寸不可能也没有必要作为绝对准确的唯一数值。所以设计时必须根据零件的使用要求和加工经济性，以基本尺寸为基数确定其尺寸允许的变化范围，这个变化范围以两个极限尺寸为界限。由此可知，基本尺寸不能理解为加工后要获得的最理想的尺寸。

加工完后的零件通过测量获得的实际尺寸，若不计形状误差的影响，实际尺寸在两极限尺寸所确定的范围之内，则零件合格。所以极限尺寸是用来控制实际尺寸的。

### 二、有关尺寸偏差、公差的术语、定义

#### 1. 尺寸偏差

尺寸偏差（简称偏差）是指某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

(1) 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。

(2) 极限偏差 最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差 (ES、es)；最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差 (EI、ei)。上、下偏差统称极限偏差。极限偏差用以控制实际偏差。

根据定义，上、下偏差用公式表示为：

$$\begin{aligned} \text{对孔: } ES &= D_{max} - D \\ EI &= D_{min} - D \end{aligned}$$

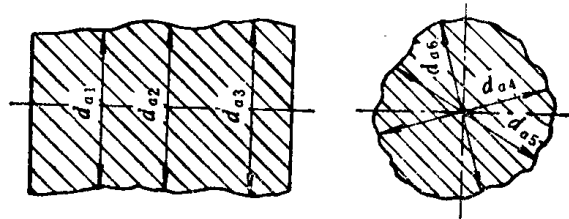


图 1-2 实际尺寸

对轴:

$$\begin{aligned} es &= d_{\max} - d \\ ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (1-1)$$

偏差可以为正、负或零值，它分别表示其尺寸大于、小于或等于基本尺寸。所以不等于零的偏差值，在其值前必须标上相应的“+”或“-”号，偏差值为零时，“0”也不能省略。

在图样和技术文件上标注极限偏差时，标准规定：上偏差标在基本尺寸右上角；下偏差标在基本尺寸右下角。如 $\phi 25^{+0.021}_{-0.033}$ 或 $\phi 25f6$  ( $^{+0.021}_{-0.033}$ )，当上、下偏差数值相等符号相反时，则标注为 $\phi 25 \pm 0.0065$ 。

## 2. 尺寸公差

尺寸公差（简称公差）是指允许尺寸的变动量。孔和轴的公差分别以 $T_h$ 和 $T_s$ 表示。

公差数值等于最大极限尺寸与最小极限尺寸的代数差的绝对值，也等于上偏差与下偏差的代数差的绝对值。用公式表示为：

$$\begin{aligned} T_h &= |D_{\max} - d_{\min}| = |ES - EI| \\ T_s &= |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \end{aligned} \quad (1-2)$$

公差和极限偏差是两个既有联系又有区别的重要概念。两者都是设计时给定的。在数值上，极限偏差是代数值，正、负或零值是有意义的；而公差是允许尺寸的变动范围，所以是没有正负号的绝对值，也不能取零值（零值意味着加工误差不存在，是不可能的）。实际计算时，由于最大极限尺寸大于最小极限尺寸（上偏差大于下偏差）故可省去绝对值符号。

以图 1-1 中，孔 $\phi 25H7$  ( $^{+0.021}_{-0.033}$ ) 和 $\phi 25f6$  ( $^{+0.021}_{-0.033}$ ) 为例计算公差值：

对 $\phi 25H7$  ( $^{+0.021}_{-0.033}$ ) 孔

$$T_h = (25.021 - 25) \text{mm} = (+0.021 - 0) \text{mm} = 0.021 \text{mm}$$

对 $\phi 25f6$  ( $^{+0.021}_{-0.033}$ ) 轴

$$T_s = (24.980 - 24.967) \text{mm} = [-0.02 - (-0.033)] \text{mm} = 0.013 \text{mm}$$

从作用上看，极限偏差用于控制实际偏差，是判断完工零件尺寸是否合格的根据；而公差则由于控制一批零件实际尺寸的差异程度。从工艺上看，对某一具体尺寸，公差大小反映的是加工难易程度，即加工精度的高低。它是制定加工工艺、选择机床、刀具、夹具、量具的主要根据；而极限偏差则是调整机床时决定切削工具与工件相对位置的依据。

应当指出：由于公差是上、下偏差之代数差的绝对值，所以确定了两极限偏差也就确定了公差。

## 3. 尺寸公差带图

为了清晰地表示上述术语及其相互关系，我们作公差与配合的示意图。由于零件的基本尺寸和公差、极限偏差相比较，其值相差十分悬殊，所以示意图中仅将公差与极限偏差部分放大，且不考虑形状误差的影响，如图 1-3 a 所示。从图上可以直观地分析、推导上述计算关系式。

为了方便起见，实用时对公差与配合示意图进行简化，不画孔和轴的全形且仅取纵截面视图的一部分，如图 1-3 b 所示，称尺寸公差带图，简称公差带图。

零线：在公差带图中，代表基本尺寸并确定偏差坐标位置的一条基准直线，即零偏差线。通常将零线画成水平位置的线段，正偏差位于零线上方，负偏差位于零线下方，零偏差重合于零线。公差带图中的偏差用 mm 为单位时，可省略不标；如用  $\mu\text{m}$  为单位，则必须注明。

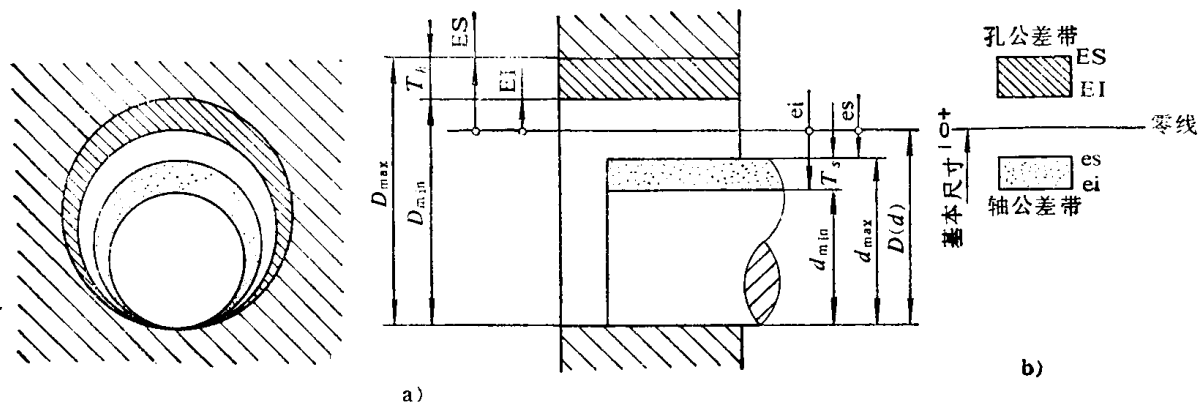


图 1-3 公差与配合的示意图和尺寸公差带图

a) 示意图 b) 尺寸公差带图

尺寸公差带：在公差带图中，表示上、下偏差的两条直线所限定的一个区域，称为公差带。公差带沿零线方向的长度可适当任取。

例2. 作图 1-1 中轴  $\phi 25f6$  ( $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix}$ ) 和孔  $\phi 25H7$  ( $\begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$ ) 的公差带图。

解：

作图步骤如下：

1) 作零线，并在零线左端标上“0”号和“+”、“-”号，在其左下方画出单箭头的尺寸线并标上基本尺寸  $\phi 25\text{mm}$ 。

2) 选择合适比例（一般可选 500:1，偏差值较小时可选 1000:1），按选定放大比例画出公差带。为了区别孔和轴的公差带，孔的公差带应画上剖面线；而轴的公差带应是全黑，标上公差带代号（后述）。一般将极限偏差值直接标在公差带的附近，如图 1-4 所示。

从公差带图上可清楚地看出，一个具体的公差带是由两个要素构成：一个是“公差带大小”，即公差带在零线垂直方向的宽度；另一个是“公差带位置”，即公差带相对于零线的坐标位置。只有既给定公差值以确定公差带大小，同时又给出一个极限偏差（上偏差或下偏差），才能完全确定一个公差带。

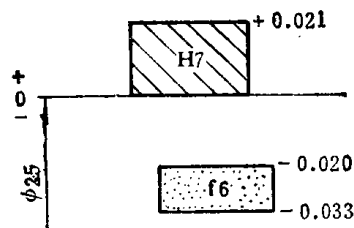


图 1-4 中间轴轴径和齿轮衬套内孔的公差带图

《公差与配合》标准对构成孔、轴公差带的两个要素——公差带大小和公差带位置，分别进行标准化，建立了标准公差和基本偏差两个系列，两者原则上彼此独立，使这项标准具有比较先进、比较科学的基本结构。

#### 4. 标准公差

公差带大小进行标准化后，确定了一系列标准公差值并列成表格，如附表 3 所列，表列中任一公差都称为标准公差，用以确定公差带的大小。设计时，在满足使用要求的前提下，尽量采用标准公差。

#### 5. 基本偏差

基本偏差是指用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差，一般是靠近零线或位于零线的那个极限偏差（有个别公差带例外）。以图 1-5 轴公差带为例，当公差带在零线

上方时, 其下偏差 $e_i$ 为基本偏差, 如 $e_i = +0.002\text{mm}$ ; 当公差带在零线下方时, 其上偏差 $e_s$ 为基本偏差, 如 $e_s = 0.020\text{mm}$ ; 公差带对称在零线两侧时, 其上、下偏差中任一个均可作为基本偏差, 如 $e_s = +0.010\text{mm}$ 或 $e_i = -0.010\text{mm}$ 。

基本偏差值也已标准化, 并列成表格如附表 4 和附表 5 所列。同理, 设计时尽量采用标准值。

### 三、有关配合的术语、定义

#### 1. 孔和轴

孔和轴, 习惯上单指圆柱形的内、外表面, 但在《公差与配合》国标中, 有更广泛的含义。

孔: 主要指圆柱形的内表面, 也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。

轴: 主要指圆柱形的外表面, 也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。

1) 定义中的内、外表面, 应从结合后的包容和被包容的关系来区分。例如图 1-6 中尺寸  $b$  为平键和轴槽宽度尺寸, 显然, 结合后轴槽是包容面为孔, 平键是被包容面为轴。从加工过程分析, 随着余量的逐渐切削, 尺寸由小变大者为孔, 由大变小者为轴。

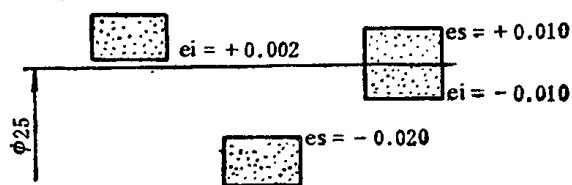


图 1-5 基本偏差

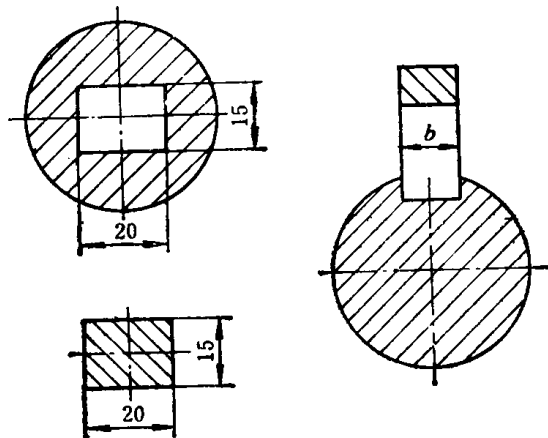


图 1-6 孔和轴

2) 对于多尺寸的内、外表面, 孔和轴仅指其中由单一尺寸所确定的部分。如图 1-6 中的长方形内、外表面, 由长度尺寸 20mm 组成一对孔与轴, 而宽度尺寸 15mm 又可组成另一对孔与轴。

《公差与配合》国标所规定的内容, 对广义的孔、轴都是适用的。

#### 2. 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) 配合的条件 相互结合的孔、轴, 其中, 孔处于包容状态, 轴处于被包容状态。且相互结合的孔和轴其基本尺寸相同。即它们各自的极限尺寸或极限偏差, 都是以同一的基本尺寸为基数来确定的, 如图 1-1 所示。

2) 配合的性质 指的是孔、轴装配后的松紧程度和松紧变化的程度两个方面。而这两方面都取决于相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

#### 3. 间隙和过盈 ( $X$ 和 $Y$ )

间隙或过盈是指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差, 此差值为正值时称间隙; 为负值时称过盈。因此量值前的“+”或“-”号不能省略, 以表示该量值是间隙还是过盈。需要指出的间隙量和过盈量的大小, 是以其“+”、“-”号后的数值大小来区分的, 不要和数学上的大小概念相混淆。



配合按其出现间隙或过盈的不同分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

#### 4. 间隙配合

间隙配合是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时孔的公差带全部在轴的公差带之上，如图 1-7 所示。只要孔和轴的实际尺寸都在各自的公差带之内，任取一对孔、轴，就能保证孔的实际尺寸一定大于轴的实际尺寸，相配后必有间隙。

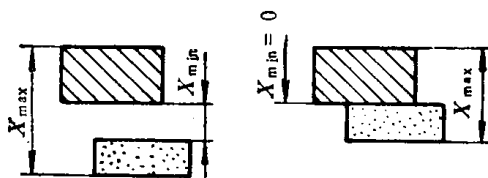


图 1-7 间隙配合

由于孔、轴的实际尺寸允许在各自公差带内变动，所以孔、轴配合的间隙也是变动的。其中，最松的配合状态发生在孔为最大极限尺寸而相配轴为最小极限尺寸之时，装配后间隙最大，称最大间隙  $X_{max}$ ；而最紧配合状态则孔为最小极限尺寸而相配轴为最大极限尺寸，装配后间隙最小称为最小间隙  $X_{min}$ 。用公式表示：

$$X_{max} = D_{max} - d_{min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei \quad (1-3)$$

$$X_{min} = D_{min} - d_{max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es \quad (1-4)$$

式中  $D = d$ ，故可消去。

最大间隙  $X_{max}$  和最小间隙  $X_{min}$  统称极限间隙，它们是间隙配合中配合性质的特征值。但在正常的生产中，出现  $X_{max}$  和  $X_{min}$  的机会是很少的。故有时用平均间隙  $X_{av}$  来表示配合性质。

$$X_{av} = D_{av} - d_{av} = \frac{X_{max} + X_{min}}{2} \quad (1-5)$$

式中  $D_{av}$  —— 孔的平均直径 ( $D_{av} = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}$ )；

$d_{av}$  —— 轴的平均直径 ( $d_{av} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}$ )。

例3. 计算图 1-1 所示齿轮衬套孔  $\phi 25H7(+0.021_0)$  和中间轴轴径  $\phi 25f6(-0.020_0)$  这对配合的极限间隙和平均间隙。

解：

由公式 (1-3) ~ (1-5)

$$X_{max} = ES - ei = [+0.021 - (-0.033)]\text{mm} = +0.054\text{mm}$$

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

$$X_{av} = \frac{X_{max} + X_{min}}{2} = \left(\frac{+0.054 + 0.020}{2}\right)\text{mm} = +0.037\text{mm}$$

也可以作公差带图（如图 1-4），并在图上直观地进行解算。这种方法简便，也不会因记混公式而出错。

#### 5. 过盈配合

过盈配合是指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时孔的公差带全部在轴的公差带之下，如图 1-8a 所示。同样，孔、轴公差带之间的如此关系，才能保证任何合格的孔、轴相配后都具有过盈。

同间隙配合一样，过盈配合中配合性质特征值为：

最松配合状态下的过盈量为最小过盈  $Y_{min}$ 。