


公差与配合

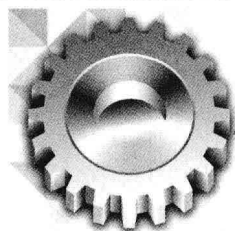


速查手册 第二版

孙开元 于战果 主编

 化学工业出版社

公差与配合



速查手册 第二版

孙开元 于战果 主编

常州大学图书馆
藏书章



化学工业出版社

·北京·

本手册是机械行业的实用工具书，内容翔实可靠，简明易查。主要包括：极限与配合、几何公差及其检测、表面粗糙度、圆锥公差与配合、键和花键的公差与配合、螺纹的公差与配合、齿轮的公差与配合、轴承的公差与配合、铸件和冲压件的公差、公差尺寸英寸和毫米的互换算等内容。

本手册可供工矿企业、科研院所从事机械设计、加工制造、检验测量工作的工程技术人员和工人使用，也可供相关专业的大专院校及中等职业学校师生参考，还可作为机械设计、加工检测人员的技术培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

公差与配合速查手册/孙开元，于战果主编. —2 版.
北京：化学工业出版社，2012.4
ISBN 978-7-122-13543-8

I. 公… II. ①孙…②于… III. 公差-配合-技术手册 IV. TG801-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 026009 号

责任编辑：张兴辉

文字编辑：项 激

责任校对：吴 静

装帧设计：张 辉

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 443 千字 2012 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：58.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

在机械行业，设计者为了满足机械零部件的功能要求，实现机械零件的互换性，必须规定机械零件的几何量、表面粗糙度等精度要求，并在设计图样上用规定的方法加以标明。而制造者在完成制造以后，必须采用适当的方法对完工的工件进行检测，并采用相应的误差值的评定方法，确定其合格性。这就要求相关的工程技术人员掌握基础互换性国家标准和机械零件的精度要求，在机械设计、制造、检测及学科研究方面加以应用并完善。

为了加深读者对基础性互换性内容的理解，方便工程技术人员查阅常用件、常见结构和常见加工方法的公差与配合，提高检验人员检测技能，我们将基础互换性内容、常见几何公差的检测方法、常用件公差与配合、螺纹公差与配合、常见加工方法的尺寸公差等内容整合在一起，编写了本手册。

本手册具有以下主要特点：

(1) 内容翔实

内容完整齐全，努力做到尽读者之所需。

基础互换性部分，主要介绍了线性尺寸的极限与配合、几何公差、尺寸公差与几何公差的关系（公差原则）、几何公差的检测、圆锥的公差与配合、表面粗糙度以及公差尺寸英寸和毫米的互换算等基础性的有关国家标准。

常用件公差与配合部分，主要包括渐开线圆柱齿轮、圆弧圆柱齿轮、锥齿轮、普通圆柱蜗杆蜗轮的公差与配合，平键、半圆键、楔键、矩形花键、圆柱直齿渐开线花键、圆锥直齿渐开线花键的公差与配合，滚动轴承、滑动轴承的公差与配合。

螺纹公差与配合部分，主要包括常用普通螺纹的公差与配合、普通螺纹的过渡配合、普通螺纹的过盈配合，小螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹及管螺纹的公差。

常见加工方法的尺寸公差部分，主要包括铸造件和冲压件的尺寸公差。

(2) 实用可靠

主要是从工程常用和实用角度编写的，内容实用可靠。

基础互换性内容是在机械零件的几何精度设计、制造和检测的实际工作中应用最为广泛的国家标准，也是机械零件及其结构要素精度标准的基础。

常用件、常见结构及常见加工方法的公差与配合，重点介绍公差与配合的概念和术语、参数数据、选择原则、检验项目、图样标注等内容，为在工程中正确选择和合理检测提供依据。

本手册数据和资料全部来自于国家最新标准、规范和其他权威机构，数据选取原则均经过长期实践检验。

(3) 简明易查

为方便读者查阅，本手册在理论上，取其精华、言简意赅；在文字叙述上，尽量做到简明扼要，使之条文化；在内容整合上，尽可能将相关内容编排在一起。

本手册由孙开元、于战果主编，张晴峰、董宏国、许爱芬、骆素君副主编，参加本书编写工作的还有邵汉强、袁一、廖苓萍、韩继富、王开勇、匡小平、张文斌、冯叔忠、汤向东、白雪峰、李立华、李改灵、冯晓梅、张宇、郝振洁、柴树峰、孙爱丽、刘文开、张丽杰、王文照。李长娜主审。

限于编者的水平，书中难免存在一些缺点和不足，真诚地希望读者给予批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 孔、轴公差与配合	1
1.1 基本术语及其定义	1
1.1.1 孔和轴的定义	1
1.1.2 尺寸的术语及定义	1
1.1.3 偏差和公差的术语及定义	3
1.1.4 配合的术语及定义	4
1.2 极限与配合的标准化	6
1.2.1 极限制和配合制	6
1.2.2 标准公差系列	7
1.2.3 基本偏差系列	10
1.2.4 孔轴的常用公差带	19
1.2.5 基孔制优先、常用配合	20
1.2.6 基轴制优先、常用配合	20
1.3 极限与配合的选择	21
1.3.1 极限与配合的选择方法	21
1.3.2 极限与配合的选择步骤	21
1.4 一般公差 线性 and 角度尺寸的未注公差	26
1.4.1 线性尺寸的一般公差	26
1.4.2 角度尺寸的一般公差	27
1.4.3 一般公差的标注	27
1.4.4 一般公差的应用和有关说明	27
第 2 章 几何公差与几何误差检测	28
2.1 基本概念	28
2.1.1 零件几何要素及其分类	28
2.1.2 几何公差特征项目及符号	29
2.1.3 几何公差带	30
2.2 几何公差的标注	37
2.2.1 公差框格	37
2.2.2 被测要素的标注	38
2.2.3 基准要素的标注	39
2.2.4 公差带的标注	40
2.2.5 附加标记的标注	42
2.2.6 理论正确尺寸的标注	42
2.2.7 限定性规定的标注	43
2.2.8 延伸公差带用附加符号的标注	44
2.2.9 最大实体要求的标注	44
2.2.10 最小实体要求的标注	44
2.2.11 自由状态下要求的标注	44
2.3 几何公差的原则	44
2.3.1 有关公差原则的基本术语和定义	44
2.3.2 独立原则	46
2.3.3 包容要求	47
2.3.4 最大实体要求	48
2.4 几何公差的选择	50
2.4.1 公差项目的选择	50
2.4.2 公差原则的选择	51
2.4.3 基准的选择	51
2.4.4 公差值的选择	51
2.5 几何误差的评定及检测原则	51
2.5.1 几何误差的评定	51
2.5.2 几何误差的检测原则	58
2.6 直线度误差的检测	60
2.6.1 常用直线度误差的测量方法及适用场合	60
2.6.2 比较法	61
2.6.3 节距法测量直线度误差	62
2.6.4 顶尖法测量任意方向的直线度误差	63
2.7 平面度误差的检测	64
2.7.1 平晶干涉法测量平面度误差	64
2.7.2 三点法测量平面度误差	64
2.7.3 四点法测量平面度误差	65
2.7.4 基面旋转逼近法评定平面度	65

误差	66	2.11.3 打表法测量面对线的垂直度	
2.8 圆度误差的检测	66	误差	74
2.8.1 用光学分度头检测轴的圆度		2.11.4 心轴打表法测量线对线的垂直度	
误差	66	误差	74
2.8.2 用圆度仪检测圆度误差	67	2.12 同轴度误差的检测	75
2.8.3 二点法、三点法测量圆度误差	68	2.12.1 顶尖法测量同轴度误差	75
2.9 圆柱度误差的检测	69	2.12.2 V形架法测量同轴度误差	75
2.9.1 用圆度仪测量圆柱度误差	69	2.13 对称度误差的检测	76
2.9.2 V形法测量圆柱度误差	69	2.13.1 差值法测量对称度误差	76
2.10 平行度误差的检测	70	2.13.2 打表法测量对称度误差	76
2.10.1 面对基准平面的平行度误差的		2.14 直角坐标法测量位置度误差	77
检测	70	2.15 跳动误差的检测	78
2.10.2 直线对基准平面的平行度误差		2.15.1 用跳动检查仪测量径向圆	
的检测	70	跳动	78
2.10.3 面对基准直线的平行度误差的		2.15.2 用双V形块测量径向圆跳动	78
检测	71	2.15.3 用跳动检查仪测量端面圆跳动	78
2.10.4 直线对基准直线的平行度误差		2.15.4 打表法测量端面圆跳动	79
的检测	72	2.15.5 打表法测量斜向圆跳动	80
2.11 垂直度误差的检测	73	2.15.6 用跳动检查仪测量径向全跳动	80
2.11.1 打表法测量面对面的垂直度		2.15.7 打表法测量径向全跳动	80
误差	73	2.15.8 用跳动检查仪测量端面全跳动	81
2.11.2 线对面垂直度误差的检测	73	2.15.9 打表法测量端面全跳动	81
第3章 表面结构表示法	82		
3.1 标注表面结构的图形符号	82	3.4 加工余量注法	86
3.1.1 图形符号的比例和尺寸	82	3.5 表面结构要求在图样上的注法	86
3.1.2 各位置的内容	82	3.6 表面结构要求标注代号新旧国标	
3.1.3 图形符号的种类及意义	83	对照	91
3.2 表面结构参数的标注	83	3.7 零件表面的粗糙度参数值	92
3.2.1 国家标准定义的表面结构参数	83	3.7.1 各种加工方法能达到的粗糙度参	
3.2.2 表面结构代号的含义	84	数值	92
3.2.3 图样标注与文中标注对照	85	3.7.2 R_a 的应用范围	95
3.3 纹理注法	85	3.8 国外标准中零件的表面结构表示法	95
第4章 圆锥的公差与配合	97		
4.1 圆锥结合的特点及基本参数	97	4.2.3 圆锥配合的形成	100
4.1.1 圆锥的概念	97	4.2.4 圆锥公差项目	100
4.1.2 圆锥结合的特点	97	4.2.5 圆锥公差的给定和标注	102
4.1.3 基本参数	98	4.3 锥度的检测	104
4.1.4 锥度的标注	99	4.3.1 正弦规测量	104
4.2 圆锥的公差与配合	99	4.3.2 钢球法测量	105
4.2.1 圆锥公差的术语及定义	99	4.3.3 圆锥量规检测	105
4.2.2 圆锥配合的种类	100		

第 5 章 键和花键的公差与配合	107
5.1 普通平键的公差与配合	107
5.1.1 普通平键和键槽的尺寸	107
5.1.2 普通平键的公差与配合	107
5.1.3 普通平键键槽尺寸和公差在图 样上的标注	108
5.1.4 普通平键的标记	109
5.2 其他单键及其连接的尺寸、公差和 配合	109
5.3 花键连接	123
5.3.1 花键基本术语 (GB/T 15758— 2008)	123
5.3.2 矩形花键连接	125
5.3.3 圆柱直齿渐开线花键连接的公差 与配合	127
5.3.4 圆锥直齿渐开线花键 (GB/T 18842—2002)	135
第 6 章 螺纹的公差与配合	141
6.1 螺纹术语 (GB/T 14791—1993)	141
6.1.1 一般术语	141
6.1.2 几何要素及参数术语	142
6.1.3 公差与配合及其有关术语	144
6.2 常用普通螺纹的公差与配合	144
6.2.1 普通螺纹的标记和基本尺寸的 计算	144
6.2.2 常用普通螺纹的公差 (GB/T 197—2003)	146
6.2.3 常用普通螺纹的配合	151
6.2.4 中径公差值、顶径公差值及基 本偏差值计算公式	151
6.3 普通螺纹的过渡配合 (GB/T 1167— 1996)	153
6.3.1 过渡配合的等级及其应用	153
6.3.2 螺纹副的材料	153
6.3.3 内、外螺纹公差带及其数值	153
6.3.4 优选的过渡配合	154
6.4 普通螺纹的过盈配合 (GB/T 1181— 1998)	155
6.4.1 过盈配合的应用	155
6.4.2 过盈配合的内螺纹公差带及其 数值	155
6.4.3 过盈配合的外螺纹公差带及其 数值	155
6.4.4 优选的过盈配合	155
6.4.5 螺距累积误差和牙侧角误差	157
6.4.6 旋合长度	157
6.4.7 螺纹零件的其他技术要求	157
6.4.8 装配质量要求	158
6.5 小螺纹的公差 (GB/T 15054—1994)	158
6.5.1 小螺纹及其应用	158
6.5.2 小螺纹的直径与螺距系列 (GB/T 15054.2—1994)	158
6.5.3 小螺纹的设计牙型	158
6.5.4 小螺纹的公差	159
6.5.5 小螺纹的标记	160
6.6 梯形螺纹公差	161
6.6.1 梯形螺纹的应用	161
6.6.2 梯形螺纹的牙型和基本尺寸计算公 式 (GB/T 5796.1~3—2005)	161
6.6.3 梯形螺纹的公差 (GB/T 5796.1~ 3—2005)	162
6.6.4 梯形螺纹的标记	168
6.6.5 梯形螺纹极限尺寸的计算	168
6.7 锯齿形 (3°、30°) 螺纹公差 (GB/T 13576.4—2008)	169
6.7.1 公差带	169
6.7.2 旋合长度	174
6.7.3 多线螺纹	176
6.7.4 螺纹标记	176
6.7.5 螺纹精度与公差带的选用	176
6.7.6 锯齿形螺纹的基本偏差与公差 计算式	176
6.8 管螺纹的公差	177
6.8.1 米制密封螺纹的基本尺寸和公差 (GB/T 1415—2008)	177
6.8.2 55°密封管螺纹圆柱内螺纹与圆锥 外螺纹的公差 (GB/T 7306.1— 2000)	179
6.8.3 55°密封管螺纹圆锥内螺纹与圆锥 外螺纹的公差 (GB/T 7306.2—	

2000)	179	6.8.5 60°密封管螺纹的公差 (GB/T	12716—2002)	181
6.8.4 55°非密封管螺纹的公差 (GB/T	7307—2001)	6.8.6 管螺纹的标记		183
第7章 齿轮的公差与配合		185		
7.1 渐开线圆柱齿轮精度 (GB/T 10095.1、	2—2008)	7.2.5 图样标注		215
	185	7.2.6 圆弧齿轮精度数值表		215
7.1.1 渐开线圆柱的齿轮传动的使用	要求	7.2.7 极限偏差及公差的关系式		219
	185	7.3 锥齿轮精度		220
7.1.2 影响齿轮使用要求的主要误差	185	7.3.1 锥齿轮、齿轮副误差与侧隙的定义	及代号	220
7.1.3 齿轮的强制性检测精度指标、	侧隙指标	7.3.2 精度等级		222
	187	7.3.3 齿坯的要求		222
7.1.4 评定齿轮精度时可采用的非强	制性检测精度指标	7.3.4 锥齿轮的检验组与公差		222
	189	7.3.5 齿轮副的检验与公差		229
7.1.5 齿轮精度指标的公差及其精度	等级	7.3.6 齿轮副侧隙		233
	191	7.3.7 锥齿轮极限偏差及公差与齿轮几何	参数的关系式	236
7.1.6 图样上齿轮精度等级的标注	206	7.3.8 图样标注		237
7.1.7 齿轮坯公差	207	7.4 普通圆柱蜗杆、蜗轮精度		237
7.1.8 齿轮齿面粗糙度	208	7.4.1 术语、定义和代号		237
7.1.9 齿轮副中心距极限偏差和轴线	平行度公差	7.4.2 精度等级及公差组		239
	208	7.4.3 蜗杆、蜗轮的检验及公差		240
7.1.10 齿轮侧隙指标的极限偏差	209	7.4.4 蜗杆副传动的检验及公差		244
7.2 圆弧圆柱齿轮精度 (GB/T 15753—	1995)	7.4.5 蜗杆副传动的侧隙规定		245
	211	7.4.6 齿坯精度		248
7.2.1 误差定义和代号	212	7.4.7 误差的关系式		248
7.2.2 精度等级及其选择	213	7.4.8 图样标注		249
7.2.3 侧隙	214			
7.2.4 推荐的检验项目	214			
第8章 轴承的公差与配合		251		
8.1 滚动轴承的互换性和精度等级	251	8.2.3 配合面的形状和位置公差		257
8.1.1 滚动轴承的互换性	251	8.2.4 配合表面的粗糙度		258
8.1.2 滚动轴承的精度等级	252	8.3 滑动轴承精度		258
8.1.3 滚动轴承精度等级的选择	252	8.3.1 压力供油径向圆柱轴承制造公差	和表面粗糙度	258
8.2 滚动轴承的公差与配合	253	8.3.2 曲轴轴瓦及相关零件公差与表面	粗糙度	259
8.2.1 滚动轴承公差带及其配合	253			
8.2.2 滚动轴承公差与配合选择的基本	原则			
	254			
第9章 铸件、冲压件公差		263		
9.1 铸造公差	263	2002)		264
9.2 冲压件的公差	264	9.2.2 冲压件的角度公差 (GB/T 13915—	2002)	267
9.2.1 冲压件的尺寸公差 (GB/T 13914—				

9.2.3 冲压件的形状和位置未注公差 (GB/T 13916—2002)	268	9.2.4 冲压件的未注公差尺寸的极限 偏差 (GB/T 15055—2007)	269
第 10 章 公差尺寸英寸和毫米的互换算	271		
10.1 基本通则	271	10.3.3 换算举例	274
10.2 英寸换算为毫米	271	10.4 专用的方法	275
10.2.1 方法 A (一般规则)	271	10.4.1 修约到最接近的舍入值	275
10.2.2 方法 B (按专门的协议)	271	10.4.2 基本尺寸和偏差	275
10.2.3 换算举例	272	10.4.3 与测量不确定度相应的极限	275
10.3 毫米换算为英寸	272	10.4.4 位置公差	275
10.3.1 方法 A (一般规则)	272	10.4.5 与无公差的坐标尺寸相关的公差 尺寸	276
10.3.2 方法 B (按专门的协议)	272		
参考文献	277		

第1章 孔、轴公差与配合

机械零件的精度取决于该零件的尺寸精度、几何精度以及表面粗糙度轮廓精度等。它们是根据零件在机器中的使用要求确定的。为了满足使用要求，保证零件的互换性，我国发布了一系列与孔、轴尺寸精度有直接关系的孔、轴公差与配合方面的国家标准。这些标准分别是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 公差带与配合的选择》，GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差》。这些标准都是我国机械工业重要的基础标准，它们的制定和实施可以满足我国机械产品的设计和适应国际贸易的需要。

本章介绍上述标准的基本概念和应用，以及孔、轴公差与配合的确定。

1.1 基本术语及其定义

1.1.1 孔和轴的定义

(1) 孔的概念

通常是指圆柱形内表面。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），如：键槽或凹槽的宽度表面，如图1-1(a)所示。这些表面加工时尺寸由小变大。

(2) 轴的概念

通常是指圆柱形外表面。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），如：平键的宽度表面，如图1-1(b)所示。这些表面加工时尺寸由大变小。

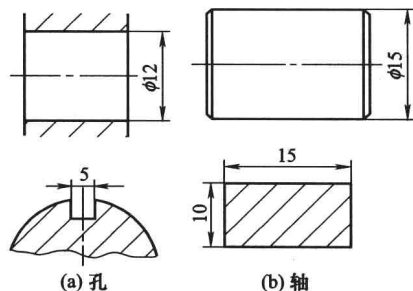


图 1-1 孔和轴

1.1.2 尺寸的术语及定义

(1) 线性尺寸

尺寸通常分为线性尺寸和角度尺寸两类。线性尺寸（简称尺寸）是指两点之间的距离，如直径、半径、宽度、高度、深度、厚度及中心距等。

根据 GB/T 4458.4—2003《机械制图 尺寸注法》的规定，图样上的尺寸以毫米（mm）为单位时，不需要标注计量单位的符号和名称。

(2) 公称尺寸

设计确定的尺寸，用符号 D 表示。如图 1-2 所示，“ $\phi 10$ ”为孔的公称尺寸，“ $\phi 15$ ”为轴的公称尺寸。公称尺寸在零件的图样上是可见的。

公称尺寸是根据零件的强度、刚度等的计算和结构设计确定；公称尺寸是圆整的尺寸，并尽量采用标准尺寸，执行 GB/T 2822—2005《标准尺寸》的规定；公称尺寸是非理想尺寸，因为在多数情况下它是理想尺寸（理论计算值）的圆整值。

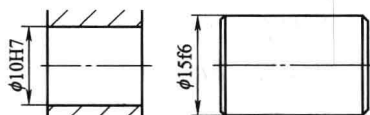


图 1-2 孔和轴的公称尺寸

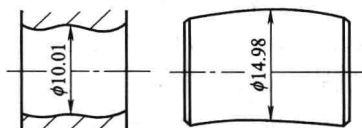


图 1-3 孔和轴的实际尺寸

(3) 实际尺寸

零件加工后通过测量获得的某一孔或轴的尺寸。孔用 D_a 表示，轴用 d_a 表示。实际尺寸在零件的图样上是不可见的，如图 1-3 所示。

由于测量误差的存在，实际尺寸并非真实尺寸，实际尺寸具有随机性。由于零件加工后存在的几何误差以及无法避免的测量误差，同一表面不同部位的实际尺寸往往是不同的，同一部位多次测量的结果也往往不同。实际尺寸一般用两点法测量。

(4) 极限尺寸

是指孔或轴允许的尺寸的两个极限值，如图 1-4 所示。其中，允许的最大尺寸称最大极限尺寸，孔用 D_{\max} 表示，轴用 d_{\max} 表示。允许的最小尺寸称最小极限尺寸，孔用 D_{\min} 表示，轴用 d_{\min} 表示。

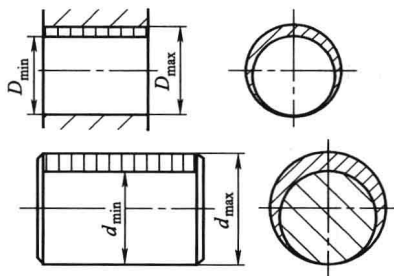


图 1-4 孔和轴的极限尺寸

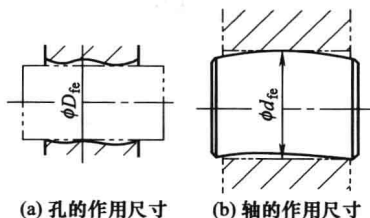


图 1-5 孔和轴的作用尺寸

公称尺寸和极限尺寸都是设计时给定的，孔或轴实际尺寸合格的条件为：

$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$$

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$$

(5) 作用尺寸

孔的作用尺寸是指在被测内表面的给定长度上，与实际被测内表面体外相接的最大理想轴（最大理想面）的直径（或宽度），用 D_{fe} 表示，如图 1-5(a) 所示。

轴的作用尺寸是指在被测外表面的给定长度上，与实际被测外表面体外相接的最小理想孔（最小理想面）的直径（或宽度），用 d_{fe} 表示，如图 1-5(b) 所示。

孔的作用尺寸总是不大于该孔的实际尺寸；轴的作用尺寸总是不小于该轴的实际尺寸。

1.1.3 偏差和公差的术语及定义

(1) 尺寸偏差

简称偏差，是指某一尺寸（如极限尺寸、实际尺寸）减其公称尺寸所得的代数差。孔用 E 表示，轴用 e 表示。

$$E = \text{某一尺寸} - D; e = \text{某一尺寸} - D$$

偏差值除零外，其前面必须冠以正号或负号；在图样标注中，上、下极限偏差分别标注在公称尺寸的右上角和右下角；孔或轴实际偏差合格的条件：

$$EI \leq E_a \leq ES; ei \leq e_a \leq es$$

(2) 实际偏差

是指实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差。孔用 E_a 表示，轴用 e_a 表示。

$$E_a = D_a - D; e_a = d_a - D$$

(3) 极限偏差

是指极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差，孔用 ES 表示，轴用 es 表示。最小极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差，孔用 EI 表示，轴用 ei 表示，如图 1-6 所示。

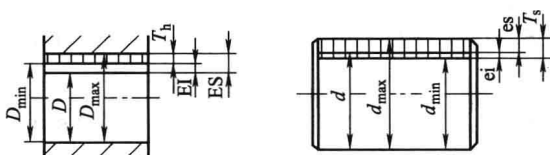


图 1-6 极限偏差和尺寸公差

$$ES = D_{\max} - D; EI = D_{\min} - D$$

$$es = d_{\max} - D; ei = d_{\min} - D$$

(4) 尺寸公差

简称公差，是指允许尺寸的变动量。孔用 T_h 表示，轴用 T_s 表示，如图 1-6 所示。

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI; T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

偏差和公差的比较：从数值上来说，偏差可以为正值、负值或零，而公差永远为无符号的大于零的正值；极限偏差用于限制实际偏差，而公差用于限制误差；对于单个零件只能测出尺寸的实际偏差，而对数量足够的一批零件，才能确定尺寸误差；偏差取决于加工机床的调整，不反映加工难易，而公差表示制造精度，反映加工难易程度；极限偏差主要反映公差带位置，影响配合的松紧程度，而公差代表公差带大小，影响配合精度。

(5) 公差带示意图及公差带

公差带图的作用：公差带图清楚而直观地表示相互结合的孔和轴的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差和尺寸公差之间的相互关系。

公差带图的作图步骤：

① 画一条水平线代表零线。零线有两个作用：公称尺寸的终点和极限偏差的正负分界点。零线代表偏差为零，零线之上的偏差为正，零线之下的偏差为负，公称尺寸的单位为 mm，极限偏差的单位可以为 mm，也可以为 μm ，习惯上用后者。

② 按比例画两条平行于零线的线段分别代表上极限偏差和下极限偏差。并将两线段左

右封口，这个区域就是公差带。

③ 将上极限偏差和下极限偏差的具体数值标注于相应公差带的右上角和右下角。

孔、轴公差带示意图，如图 1-7 所示。

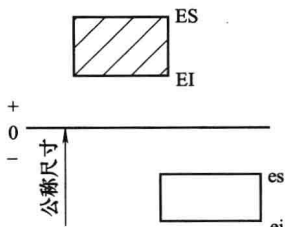


图 1-7 孔、轴公差带示意图

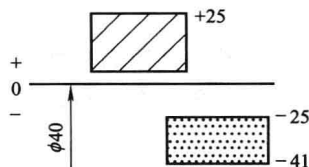


图 1-8 公差带示意图

(6) 孔轴公差带画法举例

【例 1-1】 公称尺寸为 40mm 的相互结合的孔、轴的极限尺寸分别为： $D_{\max} = 40.025\text{mm}$ ， $D_{\min} = 40\text{mm}$ ， $d_{\max} = 39.975\text{mm}$ ， $d_{\min} = 39.959\text{mm}$ 。测得加工后的一孔和一轴的实际尺寸分别为： $D_a = 40.01\text{mm}$ ， $d_a = 39.97\text{mm}$ 。求孔和轴的极限偏差、尺寸公差和实际偏差，并画出该孔轴的公差带示意图。

解：计算孔和轴的极限偏差：

$$ES = D_{\max} - D = 40.025 - 40 = +0.025 \text{ (mm)}$$

$$EI = D_{\min} - D = 40 - 40 = 0$$

$$es = d_{\max} - D = 39.975 - 40 = -0.025 \text{ (mm)}$$

$$ei = d_{\min} - D = 39.959 - 40 = -0.041 \text{ (mm)}$$

计算孔和轴的公差：

$$T_h = ES - EI = +0.025 - 0 = 0.025 \text{ (mm)}$$

$$T_s = es - ei = -0.025 - (-0.041) = 0.016 \text{ (mm)}$$

计算孔和轴的实际偏差：

$$E_a = D_a - D = 40.01 - 40 = +0.01 \text{ (mm)}$$

$$e_a = d_a - d = 39.97 - 40 = -0.03 \text{ (mm)}$$

孔轴的公差带示意图如图 1-8 所示。

1.1.4 配合的术语及定义

(1) 配合

公称尺寸相同，相互结合的孔、轴公差带之间的关系，称为配合。

间隙或过盈：孔的尺寸减去相互配合的轴的尺寸所得的代数差。当该代数差为正值时，叫做间隙，用 X 表示；当该代数差为负值时，叫做过盈，用 Y 表示。

(2) 间隙配合

具有间隙（包括最小间隙为零的情况）的配合叫做间隙配合。在间隙配合中，孔的公差带在轴的公差带的上方，如图 1-9 所示。

间隙配合中的四个特征参数如下。

① 最大间隙 X_{\max} 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差，即：

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

② 最小间隙 X_{\min} 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差，即：

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

③ 平均间隙 X_{av} 孔的平均尺寸减去轴的平均尺寸所得的代数差, 即:

$$X_{av} = D_{av} - d_{av} = (X_{\max} + X_{\min})/2$$

④ 配合公差 T_f 间隙配合中间隙的允许变动量, 即:

$$T_f = X_{\max} - X_{\min} = T_h + T_s$$

(3) 过盈配合

具有过盈(包括最小过盈为零的情况)的配合叫做过盈配合。在过盈配合中, 孔的公差带在轴的公差带的下方, 如图 1-10 所示。

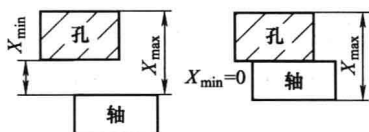


图 1-9 间隙配合的示意图

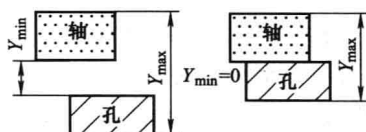


图 1-10 过盈配合的示意图

过盈配合中的四个特征参数如下。

① 最大过盈 Y_{\max} 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差, 即:

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

② 最小过盈 Y_{\min} 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差, 即:

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

③ 平均过盈 Y_{av} 孔的平均尺寸减去轴的平均尺寸所得的代数差, 即:

$$Y_{av} = D_{av} - d_{av} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2$$

④ 配合公差 T_f 过盈配合中过盈的允许变动量, 即:

$$T_f = Y_{\min} - Y_{\max} = T_h + T_s$$

(4) 过渡配合

具有间隙或过盈的配合叫做过渡配合。在过渡配合中, 孔的公差带和轴的公差带相互交叠, 如图 1-11 所示。

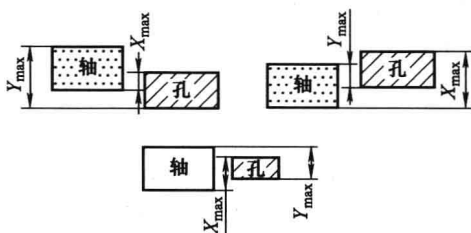


图 1-11 过渡配合的示意图

过渡配合中的四个特征参数如下。

① 最大间隙 X_{\max} 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差, 即:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

② 最大过盈 Y_{\max} 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差, 即:

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

③ 平均间隙 X_{av} 或平均过盈 Y_{av} 孔的平均尺寸减去轴的平均尺寸所得的代数差, 即:

$$X_{av} (Y_{av}) = D_{av} - d_{av} = (X_{\max} + Y_{\max}) / 2$$

④ 配合公差 T_f 间隙配合中间隙的允许变动量, 即:

$$T_f = X_{\max} - Y_{\max} = T_h + T_s$$

(5) 有关配合的说明

① 间隙数值的前面必须冠以正号;

② 过盈数值的前面必须冠以负号;

③ 无论是间隙配合、过盈配合还是过渡配合, 配合公差均等于相互配合的孔轴尺寸公差之和。

(6) 配合公差带图

配合公差带图的作用是直观地反映配合的性质和配合的精度。作图步骤如下。

① 画一条水平线表示零线, 代表间隙或过盈为零, 零线以上的纵坐标为正值, 代表间隙; 零线以下的纵坐标为负值, 代表过盈。

② 符号 II 代表配合公差带, 配合公差带上、下端线所对应的纵坐标值, 表示孔轴配合的极限间隙或极限过盈。当配合公差带 II 完全处在零线上方时, 是间隙配合; 当配合公差带 II 完全处在零线下方时, 是过盈配合; 当配合公差带 II 跨越零线时, 是过渡配合。

③ 将极限间隙或极限过盈的具体数值分别标注在配合公差带 II 的右上角和右下角, 单位为 μm 。如图 1-12。

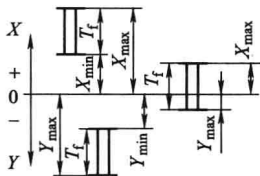


图 1-12 配合公差带图

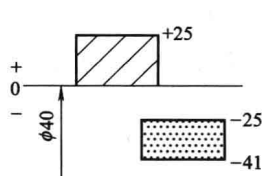


图 1-13 公差带示意图

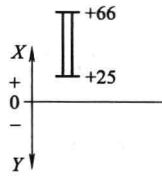


图 1-14 配合公差带图

(7) 配合公差带图画法举例

【例 1-2】 组成配合的孔轴在零件图上标注的公称尺寸和极限偏差分别为 $\phi 40^{+0.025}_0$ mm 和 $\phi 40^{0}_{-0.041}$ mm。试计算该配合的最大间隙、最小间隙、平均间隙及配合公差, 并画出孔轴公差带示意图和配合公差带示意图。

解: 经计算分别可以得到:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = +0.025 - (-0.041) = +0.066 \text{ (mm)}$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0 - (-0.025) = +0.025 \text{ (mm)}$$

$$X_{av} = D_{av} - d_{av} = (X_{\max} + X_{\min}) / 2 = [+0.066 + (+0.025)] / 2 = +0.0455 \text{ (mm)}$$

$$T_f = X_{\max} - X_{\min} = T_h + T_s = +0.066 - (+0.025) = 0.041 \text{ (mm)}$$

由此, 得到公差带示意图和配合公差带示意图, 如图 1-13 和图 1-14。

1.2 极限与配合的标准化

1.2.1 极限制和配合制

(1) 极限制

用标准化的公差与极限偏差组成标准化的孔轴公差带的制度称为极限制。公差带由“公差带大小”和“公差带位置”两个要素组成。公差带大小由公差值确定，公差带相对于零线的位置可以由上极限偏差或下极限偏差来确定。国家标准对这两个要素进行了标准化。

(2) 标准公差

国家标准所规定的公差值。标准公差数值取决于孔或轴的公差等级和公称尺寸。GB/T 1800.1—2009 对标准公差的数值进行了具体的规定。

(3) 基本偏差

国家标准规定的上极限偏差或下极限偏差。它一般是指靠近零线的那个极限偏差。GB/T 1800.1—2009 对其数值也进行了具体的规定。

(4) 配合制

用标准化的孔轴公差带（即同一极限制的孔和轴）组成各种配合的制度。GB/T 1800.1—2009 规定了两种平行的配合制：基孔制和基轴制。

(5) 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。基孔制的孔为基准孔，它的基本偏差（下极限偏差）为零，基孔制的轴为非基准轴，如图 1-15 所示。

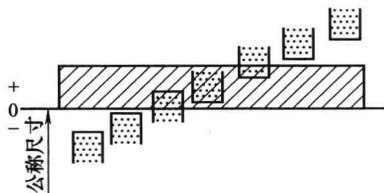


图 1-15 基孔制配合示意图

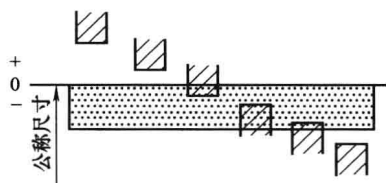


图 1-16 基轴制配合示意图

(6) 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。基轴制的轴为基准轴，它的基本偏差（上极限偏差）为零，基轴制的孔为非基准孔，如图 1-16 所示。

1.2.2 标准公差系列

(1) 标准公差等级及其代号

孔轴的标准公差等级各分为 20 个等级，等级代号由符号 IT 和阿拉伯数字组成。20 个精度等级分别为 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。其中 IT01 最高，等级依次降低，IT18 最低。

(2) 标准公差因子

用 i 表示，它是计算标准公差的基本单位，也是制定标准公差数值系列的基础。通过生产实践和统计分析发现，在相同的加工条件下生产一批零件（孔或轴），其加工后产生的加工误差与公称尺寸之间的关系成三次方抛物线关系，如图 1-17 所示。

公差用于限制加工误差，因此，公差与公称尺寸之间也有一定的关系，这种关系可以用标准公差因子来表示。

标准公差因子的数值并不是随意指定的，它是根据生产实

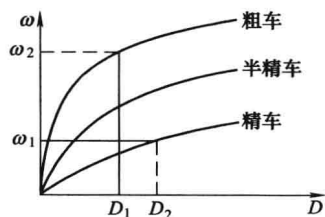


图 1-17 加工误差范围 ω 与公称尺寸 D 的关系