

高等学校教材

机械制造

技术基础

主 编 邓志平
副主编 陈 朴 苏 蓉
主 审 卢秉恒



西南交通大学出版社
<http://press.swjtu.edu.cn>

高等学校教材

机械制造技术基础

主 编 邓志平
副主编 陈 朴 苏 蓉
主 审 卢秉恒

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

机械制造技术基础 /邓志平主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2004.8

ISBN 7-81057-830-8

I. 机... II. 邓... III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 050285 号

机械制造技术基础

主编 邓志平

*

责任编辑 王 旻

封面设计 绿光设计室

西南交通大学出版社出版发行

新华书店 经销

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.875

字数: 503 千字 印数: 1—3000 册

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-830-8/TH·341

定价: 28.00 元

图书如有印装问题, 本社负责退换

版权所有, 盗版必究, 举报电话: (028) 87600562

前 言

本书是在教育部 1998 年颁布的《普通高等学校本科专业目录》基础上,结合西华大学多年来的教学经验,并参考了其他大学近年来所出版的教材编写而成。

机械制造技术基础是机械类本科专业主要的技术基础课,为了适应我国社会主义市场经济和改革开放的需要,适应现代社会、经济、科技、文化及教育的发展趋势,考虑到近年来科学技术的不断发展,本教材内容包括:公差与技术测量、金属切削刀具与金属切削原理、金属切削机床概论、金属工艺学、机械制造工艺学、机床夹具设计和先进制造技术的部分内容。本教材重点是介绍金属材料在机械制造过程中,所涉及的金属零件需达到的要求、使用的机床设备及机床夹具与刀具、机械加工工艺过程与机械加工方法的基本原理和设计方法。

本教材理论教学为 80 学时,使用时可根据具体情况增减。书中部分内容可供学生自学和课外阅读。为便于教学,每一章后附有习题。

本教材供机械类本科专业教学使用,也可供专科、电大以及从事机械制造工作的技术人员使用。

本书由西华大学教师编写。邓志平任主编,陈朴、苏蓉任副主编,参加编写的有:程建一(第 1 章)、何义忠(第 2 章)、陈朴(第 3 章)、邓志平(第 4 章)、苏蓉(第 5 章)、尹洋(第 6 章)、董霖(第 7 章)。

本书由教育部教育指导委员会设计制造分会副主任、中国机械工程学会理事、西安交通大学卢秉恒教授主审。

在本书编写过程中西华大学吴能章教授、费凌教授、蔡长韬教授给予了很多帮助,在此表示感谢。

由于我们水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 5 月

目 录

第 1 章 公差与互换性原理	1
1.1 互换性与优先数	1
1.1.1 互换性概念	1
1.1.2 优先数和优先数系	1
1.2 孔和轴的极限与配合	3
1.2.1 极限与配合的基本定义	3
1.2.2 标准公差系列	8
1.2.3 基本偏差系列	10
1.2.4 国家标准规定的公差带与配合	18
1.2.5 公差带与配合的选用	19
1.2.6 一般公差与线性尺寸的未注公差	27
1.3 形状和位置公差	27
1.3.1 术语及定义	28
1.3.2 形位公差项目及标注	28
1.3.3 形状公差	31
1.3.4 位置公差	34
1.3.5 公差原则	39
1.3.6 形位公差的选择	45
1.4 表面粗糙度	47
1.4.1 表面粗糙度的术语及定义	48
1.4.2 表面粗糙度评定参数及参数值	49
1.4.3 表面粗糙度的选择	52
习题与思考题	54
第 2 章 金属切削与刀具设计基础	57
2.1 金属切削加工及刀具的基本知识	57
2.1.1 切削加工基本知识	57
2.1.2 常用刀具材料和刀具种类	68
2.1.3 高速切削简介	74
2.2 金属切削过程中的物理现象	78
2.2.1 切屑和积屑瘤	78
2.2.2 切削力	81
2.2.3 切削热及切削温度	87
2.2.4 刀具磨损及刀具使用寿命	89

2.2.5	刀具合理几何参数的选择	93
2.2.6	切削用量的选择	98
2.2.7	切削液的选择	99
	习题与思考题	101
第3章	机械加工方法与设备	103
3.1	金属切削机床概述	103
3.1.1	金属切削机床的分类	103
3.1.2	金属切削机床型号的编制	104
3.1.3	金属切削机床的技术性能	108
3.1.4	金属切削机床的运动	109
3.1.5	金属切削机床的传动	110
3.2	车削加工与设备	117
3.2.1	车削的工艺特点及应用	117
3.2.2	CA6140型普通卧式车床概述	118
3.2.3	CA6140型普通卧式车床的传动系统	120
3.2.4	CA6140型普通卧式车床的主要结构	130
3.2.5	其他车床简介	137
3.2.6	车刀	140
3.3	铣削加工与设备	142
3.3.1	铣削的工艺特点及应用	142
3.3.2	铣削方式	143
3.3.3	铣床	146
3.3.4	铣刀	147
3.3.5	分度头及分度法	149
3.4	磨削加工与设备	150
3.4.1	磨削原理	151
3.4.2	砂轮的性质和使用选择	152
3.4.3	磨削方式	156
3.4.4	M1432A型万能外圆磨床	159
3.4.5	其他类型磨床	161
3.5	齿面加工方法与设备	162
3.5.1	概述	163
3.5.2	滚齿原理	164
3.5.3	Y3150E型滚齿机传动系统及其调整计算	167
3.5.4	其他齿形加工方法与机床	173
3.6	孔的加工方法与设备	178
3.6.1	钻削加工与设备	178
3.6.2	镗削加工与设备	182

3.7 其他加工方法与设备	185
3.7.1 刨削加工与刨床	185
3.7.2 拉削加工与拉床	187
3.7.3 组合机床	189
3.7.4 数控加工与数控机床	191
习题与思考题	197
第4章 机械加工质量	199
4.1 概述	199
4.1.1 机械加工精度	200
4.1.2 影响机械加工精度的因素	201
4.1.3 机械加工表面质量	208
4.2 工艺系统的刚度及受力变形	212
4.2.1 概述	213
4.2.2 工艺系统受力变形对加工精度的影响	214
4.3 工艺系统受热变形	220
4.3.1 工艺系统受热变形的概述	220
4.3.2 工艺系统热变形对加工精度的影响	221
4.4 影响零件加工精度与使用性能的其他因素	227
4.4.1 工艺系统磨损的影响	227
4.4.2 工艺系统残余应力的影响	228
4.4.3 机械加工表面质量对零件使用性能的影响	229
习题与思考题	231
第5章 机械加工工艺规程	233
5.1 机械制造过程概述	233
5.1.1 生产过程和工艺过程	233
5.1.2 机械加工工艺过程及其组成	234
5.1.3 生产纲领、生产类型及工艺特征	236
5.1.4 制订机械加工工艺规程的步骤	238
5.2 工件的定位及定位误差	239
5.2.1 工件的安装方式	239
5.2.2 基准的概念及分类	241
5.2.3 工件定位的基本规律及定位误差计算	242
5.3 尺寸链原理	261
5.3.1 尺寸链的定义及其组成	261
5.3.2 直线尺寸链的基本计算公式	262
5.3.3 尺寸链在工艺过程中的应用	264
5.4 工艺规程设计	266

5.4.1	概述	266
5.4.2	制定机械加工工艺流程	268
5.4.3	时间定额与提高机械加工生产率的工艺措施	283
5.4.4	工艺过程的技术经济分析	286
	习题与思考题	289
第 6 章	机械产品的装配工艺	292
6.1	概述	292
6.1.1	装配及装配精度	292
6.1.2	装配尺寸链	293
6.2	获得装配精度的方法	295
6.2.1	互换法	295
6.2.2	分组法	295
6.2.3	修配法	297
6.2.4	调整法	298
6.3	装配工艺规程的制定	299
6.3.1	制定装配工艺规程的原则	299
6.3.2	制定装配工艺规程的原始资料	300
6.3.3	装配工艺规程的内容及制定步骤	301
第 7 章	先进制造技术	303
7.1	计算机集成制造系统	303
7.1.1	CIM 和 CIMS 的基本概念	303
7.1.2	CIMS 的系统构成	304
7.1.3	CIMS 中的集成技术	306
7.1.4	CIMS 研究和应用中值得注意的几个问题	307
7.2	并行工程系统	307
7.2.1	并行工程的定义和内涵	307
7.2.2	并行工程的特点与效益	308
7.2.3	并行工程的关键技术	309
7.3	精良生产系统	310
7.3.1	精良生产的提出与内涵	310
7.3.2	精良生产的特征	311
7.3.3	精良生产系统的主要措施	311
7.4	敏捷制造系统	313
7.4.1	敏捷制造的概念和内涵	313
7.4.2	敏捷制造系统的基本特征	313
7.4.3	实现敏捷制造的主要措施	314
7.5	CALS	315

7.5.1	CALS 的提出和内涵	315
7.5.2	实施 CALS 的关键技术	316
7.5.3	CALS 的应用实例	317
7.6	虚拟制造系统	317
7.6.1	虚拟制造系统的定义和内涵	317
7.6.2	虚拟制造系统的特点	318
7.6.3	虚拟制造系统的实现	318
7.7	绿色制造系统	320
7.7.1	绿色制造的概念、内涵和体系结构	320
7.7.2	绿色制造的实施	321
	习题与思考题	323
	参考文献	324

第1章 公差与互换性原理

1.1 互换性与优先数

1.1.1 互换性概念

现代化的工业生产是以相适应的专业化协作生产形式体现的。例如，一辆汽车是由成千上万个零件及部件组成，而这些零、部件则是由上百家专业工厂协作生产后，又集中在汽车厂装配而成。要实现这种专业化协作生产，必须要遵循互换性原则。

机械制造中的互换性，是指相同规格的零、部件可以相互替换，且能保证功能要求的一种特性。即零部件在制造时，按同一规格的要求；装配时，不需选择或附加修配（如钳工修配）；装配而成的产品能满足设计、使用和生产上的要求，这样的零、部件就称为具有互换性。能够保证产品具有互换性的生产，也就称为遵循互换性原则的生产。

零、部件的互换性可分为几何参数（如尺寸、形状等）的互换性和机械性能（如硬度、强度等）的互换性，本章仅讨论几何参数的互换性。

零、部件的几何参数包括尺寸大小、几何形状（宏观、微观）以及形面间的相互位置。在加工过程中，由于种种因素的影响，零件的实际几何参数不可避免地会产生误差。而这些误差对零件的使用功能和互换性都有影响。但实践证明，只要把这些误差控制在一定的范围内，同样能保证零件的功能要求，同样具有互换性。这个控制范围就是互换性所允许的几何参数的变动量，简称为“公差”（包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度）。即只要将加工零件的各种误差控制在相应的公差范围内，同样可以达到互换的目的。

零、部件在几何参数方面的互换性体现为公差标准。而公差标准又是机械制造业中的基础标准，它为机器的标准化、系列化、通用化提供了理论依据。在机械制造中按互换性原则，可以简化设计工作，缩短设计周期；使加工实现高效率的专业化协作生产；使装配实现流水作业乃至自动装配；使修理工艺简化，修理时间缩短。总之，遵循互换性原则，能使各工业部门获得最佳的经济效益和社会效益。

零、部件的互换性按其互换程度，可分为完全互换和不完全互换。前者要求零、部件在装配或互换时，不需选择或附加修配；而后者则允许在装配前进行预先分组或采取调整等措施。

1.1.2 优先数和优先数系

优先数和优先数系是一种数值分级制度。

任何机械产品所涉及的技术参数，往往都是用数值来表示的，而各参数之间又具有传播性和扩散性。例如，当某一螺栓的尺寸确定后，螺母、螺孔的尺寸也就确定，以及加工螺纹的刀具（钻头、丝锥、板牙等）、量具等规格也随之确定。然而在生产中根据不同的要求，对同一产品必然会有不同的规格。因此在制定标准时，对产品的同一参数就需要规定一系列从小到大的数值，以形成不同规格的产品系列。而系列值的确定合理与否，与所取的值如何分档、分级有关。优先数和优先数系就是一种科学的、国际上统一的数值分级制度。采用优先数系就可以防止数值传播紊乱、繁杂，保证参数间协调、简化、统一，就可以使工业生产部门以较少的产品品种和规格，经济合理地满足用户的各种需要。

我国的分级制度标准《优先数和优先数系》GB321—80，不仅适用于各种标准的制定，也适用于标准制定前的规划、设计等工作，从而引导产品品种的发展进入标准化轨道。

在《优先数和优先数系》GB321—80中规定，优先数系是由一些十进等比数列构成，每一数列叫一系列，用 R_r (R 是优先数系创始人 Renard 的第一字母， r 代表系列数) 表示。标准规定了五个系列，即 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 、 R_{80} ，系列的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$ ，故：

R_5 的公比为

$$q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60;$$

R_{10} 的公比为

$$q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25;$$

R_{20} 的公比为

$$q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12;$$

R_{40} 的公比为

$$q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06;$$

R_{80} 的公比为

$$q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03。$$

R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 是通常采用的系列，称为基本系列； R_{80} 作为补充系列，是标准最密的系列，除特殊情况，一般不用。

优先数系中的数都是优先数。但按公比计算出的理论值，除了 10 的整数幂以外，其他都是无理数，实际不能用。因此，优先数都是在理论值的基础上，经过圆整后取三位有效数制定出的，表 1.1 是优先数的基本系列。

在每个优先数系中大于 10 和小于 1 的优先数，可根据相应系列 1~10 区间的优先数，按相隔 r 项，后项与前项的比值为扩大或缩小十倍的关系确定。例如， R_5 系列中 10~100 的优先数为 10.0、16.0、25.0、40.0、63.0、100。这一明显的规律性，可使设计、计算工作简化。

为满足生产的特殊需要，有时还需要采用 R_r 的变形系列，即派生系列和复合系列。派生系列是指在 R_r 的系列中，相隔 p 项取值所构成的系列，用“ R_r/p ”表示。例如， $R_{10/3}$ 系列，是在 R_{10} 中相隔三项取值所组成，即数系值为 1.00、2.00、4.00、8.00、16.0……等。复合系列是指由若干个公比混合构成的多公比系列，如 10.0、16.0、25.0、35.5、50.0、71.0、125、160 这一数系，就是由 R_5 、 $R_{20/3}$ 、 R_{10} 三个系列构成的复合系列。

表 1.1 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			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.28	2.80	6.30	6.30	6.3	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.0	4.0	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.60
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.0	10.0	10.0	10.0
			2.12				4.75				

1.2 孔和轴的极限与配合

为了保证零、部件的互换性，所制定的国家标准即《极限与配合》GB/T1800.1 ~ 1800.4、GB/T1801 ~ 1804 是参照国际标准制定的。它不仅用于孔与轴的结合，也用于其他结合中由单一尺寸确定的部分（如键与键槽的结合），同时还是制定其他标准的基础。因此，它是一个应用广泛、国际公认的最重要的基础标准之一。

1.2.1 极限与配合的基本术语

为了正确掌握极限与配合的标准及其应用，统一对标准的理解，有关的基本概念、术语和定义也是标准的内容之一。

1. 孔与轴（hole and shaft）

通常指工件的圆柱形内表面与外表面，也包括非圆柱形的内外表面（由两个平行平面或切面形成的包容面与被包容面），如图1.1所示。图中由 D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 各尺寸所确定的包容面称为孔，由 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各尺寸所确定的被包容面称为轴。

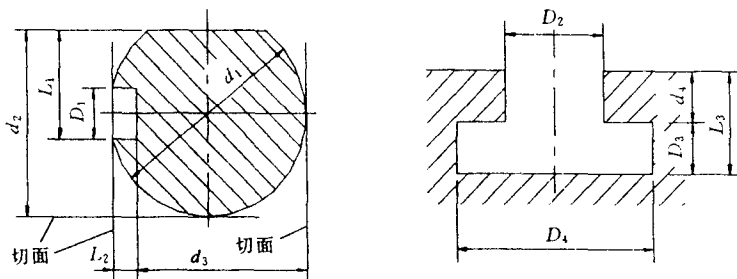


图 1.1 孔和轴

2. 尺寸 (size)

指以特定单位表示线性尺寸值的数值。尺寸除包括以长度单位（如以 mm 为单位）表示长度尺寸的数值以外，还包括以角度单位表示角度尺寸的数值。

3. 基本尺寸 (basic size)

通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸，即决定偏差和极限尺寸的一个基准尺寸（起始尺寸）。用 D 和 d 分别表示孔、轴的基本尺寸。它实际上是设计时根据计算或经验确定，并按标准尺寸圆整后所得到的尺寸。孔和轴配合的基本尺寸相同，如图 1.2 所示。

4. 实际尺寸 (actual size)

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。孔、轴的实际尺寸分别用 D_a 和 d_a 表示。由于存在测量误差，实际尺寸并非真实尺寸，另外，工件又存在形状误差。因此，零件同一表面上的不同部位，测得的实际尺寸往往也不相同。

5. 极限尺寸 (limits of size)

指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。实际尺寸应位于其中，也可达到极限尺寸。两个极端中，较大的一个称为最大极限尺寸，孔、轴的最大极限尺寸分别用 D_{\max} 、 d_{\max} 表示；较小的一个称为最小极限尺寸，孔、轴的最小极限尺寸分别用 D_{\min} 、 d_{\min} 表示，如图 1.2 所示。

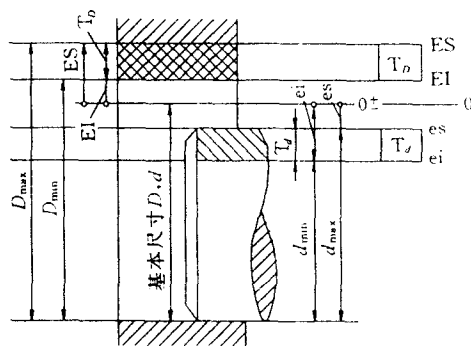


图 1.2 基本尺寸

6. 偏差 (deviation)

某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等）减其基本尺寸所得的代数差。

偏差可以是正值、负值或零，除零以外，使用偏差时必须注明正、负号。

· 极限偏差 (limit deviation)

指极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。极限偏差又分为上偏差和下偏差。其中最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差，孔用 ES （法文 *Ecart Superieur* 的缩写）、轴用 es 表示；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差，孔用 EI （法文 *Ecart Inferieur* 的缩写）、轴用 ei 表示（见图 1.2）。用公式表示为：

$$\text{孔: } ES = D_{\max} - D \quad (1.1)$$

$$EI = D_{\min} - D \quad (1.2)$$

$$\text{轴: } es = d_{\max} - d \quad (1.3)$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (1.4)$$

· 实际偏差 (actual deviation)

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差, 称为实际偏差。用公式表示为:

$$E_a = D_a - D \quad (1.5)$$

$$e_a = d_a - d \quad (1.6)$$

合格零件的实际偏差要在上、下偏差之内。

7. 尺寸公差 (简称公差) (size tolerance)

是指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。它是允许尺寸的变动量。孔和轴的公差分别用 T_h 和 T_s 表示, 其公式为:

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (1.7)$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (1.8)$$

尺寸公差是一个没有符号的绝对值, 且不能为零 (见图 1.2)。

8. 公差带 (tolerance zone)

在公差带图解中, 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所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置 (如基本偏差) 来确定的, 如图 1.3 所示。

为了清晰、直观地表示尺寸、偏差、公差以及孔、轴的配合关系, 又不必画出孔、轴的结构, 只画出放大的孔、轴公差带, 这样的图形叫公差带图解 (见图 1.3)。图解中的一水平线叫零线, 取基本尺寸为零线 (即零偏差线), 零线以上为正偏差, 零线以下为负偏差。

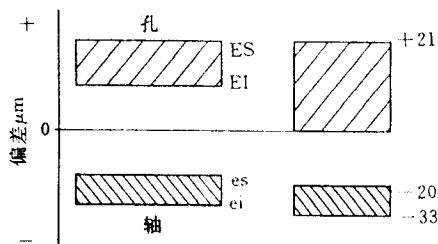


图 1.3 公差带图解

9. 标准公差 (standard tolerance)

指极限与配合国家标准中所规定的任意公差。

例 1.1 已知基本尺寸 $D = d = 30$ mm, 孔和轴的极限尺寸: $D_{\max} = 30.021$ mm, $D_{\min} = 30.000$ mm, $d_{\max} = 29.980$ mm, $d_{\min} = 29.967$ mm。求孔和轴的极限偏差和公差。

解

$$\text{孔: } ES = D_{\max} - D = 30.021 - 30 = +0.021 \quad (\text{mm})$$

$$EI = D_{\min} - D = 30.000 - 30 = 0$$

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| = |+0.021 - 0| = 0.021 \quad (\text{mm})$$

$$\text{轴: } es = d_{\max} - d = 29.980 - 30 = -0.020 \quad (\text{mm})$$

$$ei = d_{\min} - d = 29.967 - 30 = -0.033 \quad (\text{mm})$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| = |-0.020 - (-0.033)| = 0.013 \quad (\text{mm})$$

公差带图如图 1.3 所示。

10. 基本偏差 (fundamental deviation)

在本标准极限与配合制中，确定公差带相对零线位置的那个极限偏差如图 1.3 所示。它可以是上偏差或下偏差，一般为靠近零线的那个偏差。当公差带在零线之上时，其基本偏差为下偏差；当公差带在零线之下时，基本偏差为上偏差，如图 1.3 中孔的下偏差和轴的上偏差。

11. 配合 (fit)

指基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。由于配合是指一批孔和轴的相配关系，而不是指单个孔和轴的相配关系。因此，用公差带关系反映配合就比较确切。

12. 间隙或过盈 (clearance and interference)

指孔的尺寸减去轴的尺寸之差。差值为正时称为间隙，用 X 表示；差值为负时称为过盈，用 Y 表示。

间隙或过盈是指单个孔和轴的相配关系。

· 间隙配合 (clearance fit)

指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 1.4 所示，即在此配合中，任意孔、轴的结合都具有间隙。允许间隙的两个极限分别叫最大间隙和最小间隙，用 X_{max} 和 X_{min} 表示。计算式为：

$$X_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (1.9a)$$

$$X_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (1.9b)$$

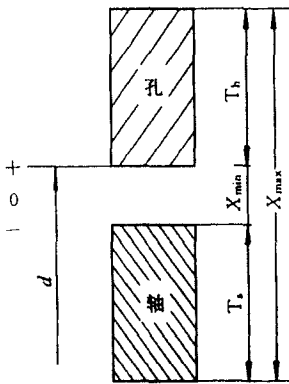


图 1.4 间隙配合

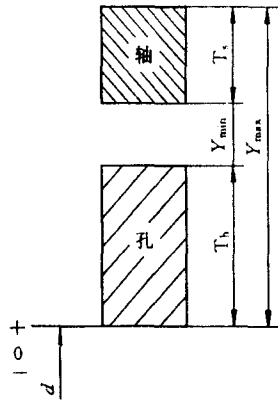


图 1.5 过盈配合

· 过盈配合 (interference fit)

指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下，如图 1.5 所示，即在此配合中，任意孔、轴的结合都具有过盈。允许过盈的两个极限分别叫最大过盈和最小过盈，用 Y_{max} 和 Y_{min} 表示。计算式为：

$$Y_{max} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (1.10a)$$

$$Y_{min} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (1.10b)$$

· 过渡配合 (transition fit)

指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，即在此配合中，任意孔、轴的结合可能具有间隙，也可能具有过盈。且只具有其中之一状态。此配合的两个极限分别叫最大间隙和最大过盈，用 X_{max} 和 Y_{max} 表示。计算式为：

$$X_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (1.11a)$$

$$Y_{max} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (1.11b)$$

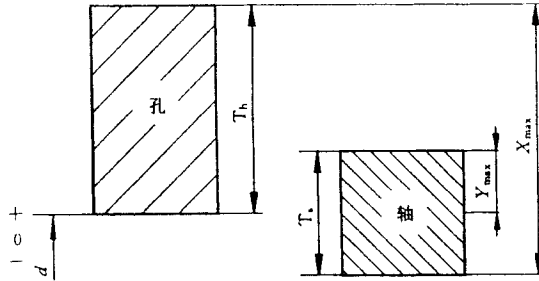


图 1.6 过渡配合

13. 配合公差 (tolerance of fit)

指组成配合的孔、轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量，用 T_f 表示。配合公差是一个没有符号的绝对值。其计算式为：

$$\text{对间隙配合: } T_f = |X_{max} - X_{min}| = T_h + T_s \quad (1.12a)$$

$$\text{对过盈配合: } T_f = |Y_{min} - Y_{max}| = T_h + T_s \quad (1.12b)$$

$$\text{对过渡配合: } T_f = |X_{max} - Y_{max}| = T_h + T_s \quad (1.12c)$$

配合公差是反映配合松紧的变化范围，即配合的精确程度，是根据功能要求（即设计要求）来确定的。

14. 基孔制配合 (hole-basis system of fits)

指基本偏差为一定孔的公差带，与不同基本偏差轴的公差带形成各种配合的一种制度，如图 1.7 (a) 所示。基孔制配合中的孔为基准孔，用 H 表示，基准孔的下偏差为零，即 $EI = 0$ 。

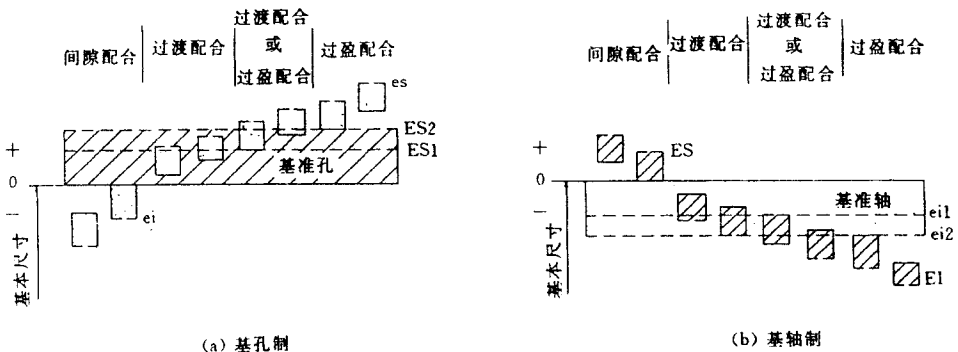


图 1.7 基准制

15. 基轴制配合 (shaft-basis system of fits)

基本偏差为一定轴的公差带, 与不同基本偏差孔的公差带形成各种配合的一种制度, 如图 1.7 (b) 所示。基轴制配合中的轴为基准轴, 用 h 表示, 基准轴的上偏差为零, 即 $es = 0$ 。

例 1.2 计算孔 $\phi 30_0^{+0.039}$ 与轴 $\phi 30_{-0.050}^{-0.025}$ 配合的极限间隙及配合公差, 画出公差带图并指出其配合性质。

解

$$\text{孔: } EI = 0 \quad ES = +0.039 \quad (\text{mm})$$

$$T_h = |ES - EI| = |+0.039 - 0| = 0.039 \quad (\text{mm})$$

$$\text{轴: } es = -0.025 \quad (\text{mm}) \quad ei = -0.050 \quad (\text{mm})$$

$$T_s = |es - ei| = |-0.025 - (-0.050)| = 0.025 \quad (\text{mm})$$

$$\text{极限间隙: } X_{\max} = ES - ei = (+0.039) - (-0.050) = +0.089 \quad (\text{mm})$$

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

$$\text{配合公差: } T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.089 - 0.025| = 0.064 \quad (\text{mm})$$

公差带图见图 1.8 (a) 所示。此配合为基孔制间隙配合。

例 1.3 计算孔 $\phi 30_{-0.033}^{-0.008}$ 与轴 $\phi 30_{-0.016}^0$ 配合的最大间隙、最大过盈及配合公差, 画出公差带图并指出其配合性质。

解

$$\text{最大间隙: } X_{\max} = ES - ei = (-0.008) - (-0.016) = +0.008 \quad (\text{mm})$$

$$\text{最大过盈: } Y_{\max} = EI - es = (-0.033) - 0 = -0.033 \quad (\text{mm})$$

$$\text{配合公差: } T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |T_h + T_s| = |(+0.008) - (-0.033)| = 0.041 \quad (\text{mm})$$

公差带图如图 1.8 (b) 所示。此配合为基轴制过渡配合。

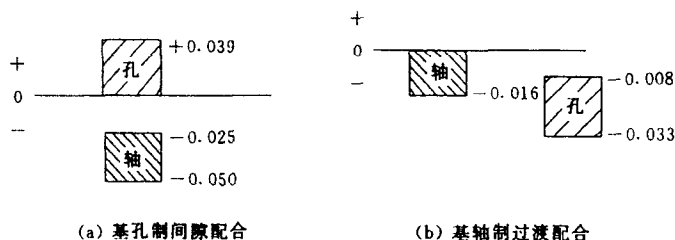


图 1.8 公差带图

1.2.2 标准公差系列

标准公差是指在本标准极限与配合制中所规定的任意公差, 如表 1.3 中所示的任意公差值就是标准公差。

规定标准公差是为了把公差带加以标准化, 而公差带的大小反映了零件尺寸的精确程度。因此, 也就是说国家标准把尺寸的精确程度加以了标准化。标准公差系列的制定包括以下三个方面的内容:

1. 公差单位 (公差因子)

公差单位是计算标准公差的基本单位, 是制定标准公差系列的基础。