

21 世纪普通高等院校规划教材——机械类

机械制造

(第 2 版)

技术基础

JIXIE ZHIZAO
JISHU JICHU

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](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪普通高等院校规划教材——机械类

机械制造技术基础

(第2版)

主 编 邓志平

副主编 陈 朴 苏 蓉

主 审 卢秉恒

责任编辑 吴 正

封面设计 苏 蓉

西南交通大学出版社

成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行科电话: 87602471

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

成都西南交通大学出版社有限责任公司印刷

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 21

字数: 356千字 印数: 3 001—6 000册

2004年8月第1版

2008年8月第2版 2008年8月第2次印刷

ISBN 978-7-2643-0040-1

定价: 33.00元

西南交通大学出版社

成都·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康

成都·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康·益康

类机械——机械制造技术基础——机械类

图书在版编目 (C I P) 数据

机械制造技术基础 / 邓志平主编. —2 版. —成都: 西南交通大学出版社, 2008.8

21 世纪普通高等院校规划教材. 机械类

ISBN 978-7-5643-0040-1

I. 机… II. 邓… III. 机械制造工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 131920 号

21 世纪普通高等院校规划教材——机械类

机械制造技术基础

(第 2 版)

主编 邓志平

*

责任编辑 王 旻

封面设计 翼虎书装

西南交通大学出版社出版发行

(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>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 21

字数: 526 千字 印数: 3 001—6 000 册

2004 年 8 月第 1 版

2008 年 8 月第 2 版 2008 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5643-0040-1

定价: 33.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

第2版前言

本书是在2004年西南交通大学出版社出版的《机械制造技术基础》的基础上，根据这几年教学实践和一些兄弟院校在使用中提出的宝贵意见，结合西华大学多年来的教学经验，并参考了近年来所出版的相关教材而编写。

第2版编写的重点是根据新的规范对第1章、第2章、第3章和第4章进行修订，并保持了原《机械制造技术基础》便于教学和使用的特点。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。

在此亦对使用本书并对本书提出宝贵意见的读者，表示衷心感谢。

编者

2008年6月

香 港

2004年

第 1 版前言

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

795	.....	.....	.....
795	.....	.....	.....
00E	.....	.....	.....
40E	.....	.....	.....
80E	.....	.....	.....
第 1 章 公差与互换性原理	.....	.....	1
80E	1.1 互换性与优先数	.....	1
E1E	1.2 孔和轴的极限与配合	.....	3
81E	1.3 形状和位置公差	.....	28
81E	1.4 表面粗糙度	.....	48
350	习题与思考题	.....	55
E3E	第 2 章 金属切削与刀具设计基础	.....	58
05E	2.1 金属切削加工及刀具的基本知识	.....	58
05E	2.2 金属切削过程中的物理现象	.....	79
05E	习题与思考题	.....	103
第 3 章 机械加工方法与设备	.....	.....	104
3.1	金属切削机床概述	.....	104
3.2	车削加工与设备	.....	118
3.3	铣削加工与设备	.....	144
3.4	磨削加工与设备	.....	153
3.5	齿面加工方法与设备	.....	165
3.6	孔的加工方法与设备	.....	181
3.7	其他加工方法与设备	.....	188
习题与思考题	.....	.....	200
第 4 章 机械加工质量	.....	.....	203
4.1	概 述	.....	203
4.2	工艺系统的刚度及受力变形	.....	217
4.3	工艺系统受热变形	.....	224
4.4	影响零件加工精度与使用性能的其他因素	.....	232
习题与思考题	.....	.....	235
第 5 章 机械加工工艺流程	.....	.....	237
5.1	机械制造过程概述	.....	237
5.2	工件的定位及定位误差	.....	243
5.3	尺寸链原理	.....	266
5.4	工艺流程设计	.....	271
习题与思考题	.....	.....	294

目 录

第 6 章 机械产品的装配工艺	297
6.1 概 述	297
6.2 获得装配精度的方法	300
6.3 装配工艺规程的制定	304
第 7 章 先进制造技术	308
7.1 计算机集成制造系统	308
7.2 并行工程系统	313
7.3 精益生产系统	316
7.4 敏捷制造系统	318
7.5 CALS	320
7.6 虚拟制造系统	323
7.7 绿色制造系统	325
习题与思考题	329
参考文献	330

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》GB/T321—2005, 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》GB/T321—2005 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 R5、R10、R20、R40、R80, 系列的公比为 $q_r = \sqrt[r]{10}$, 故:

R5 的公比为

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

R10 的公比为

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

R20 的公比为

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

R40 的公比为

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

R80 的公比为

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

R5、R10、R20、R40 是通常采用的系列, 称为基本系列; R80 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, R5 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, R10/3 系列, 是在 R10 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、…。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 R5、R20/3、R10 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	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。

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。

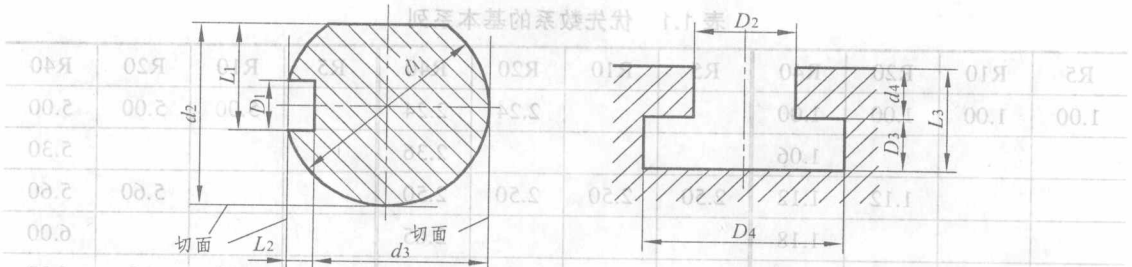


图 1.1 孔和轴

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。

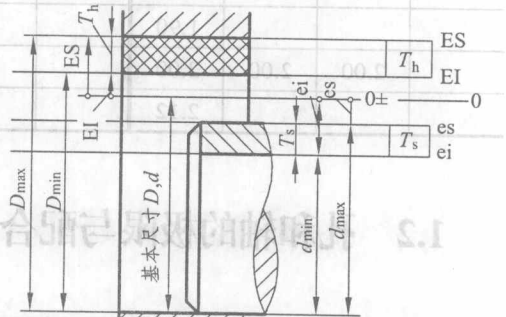


图 1.2 基本尺寸

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。

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:

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

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

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

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

• 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)

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。

在公差带图解中, 公差带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。

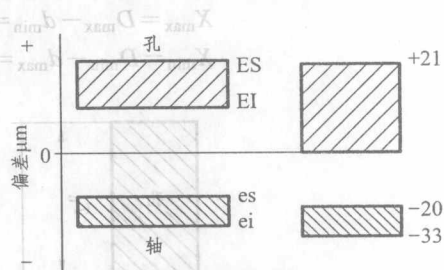


图 1.3 公差带图解

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

解

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

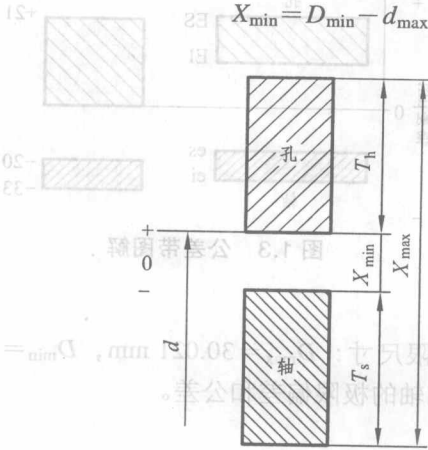


图 1.4 间隙配合

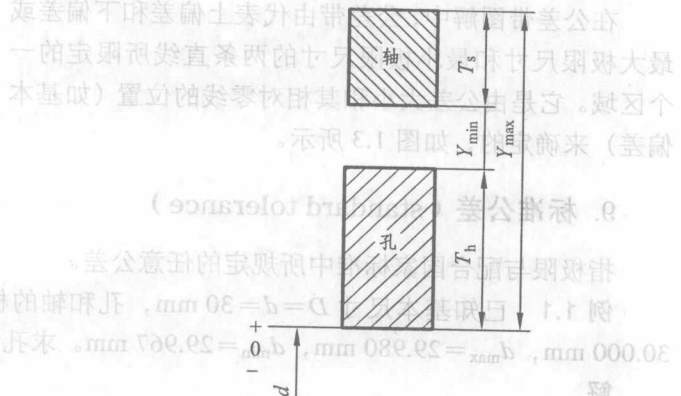


图 1.5 过盈配合

• 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:

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

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

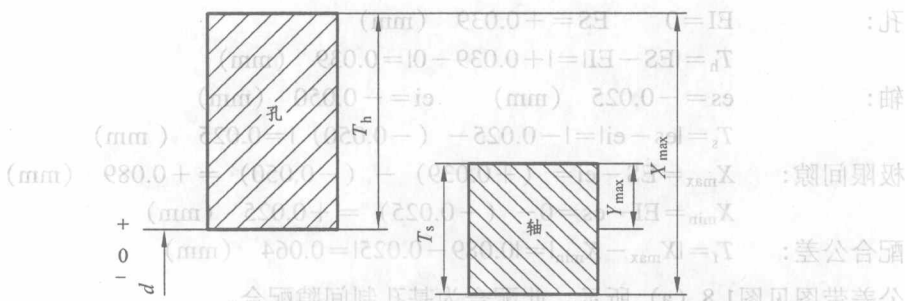


图 1.6 过渡配合

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:

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

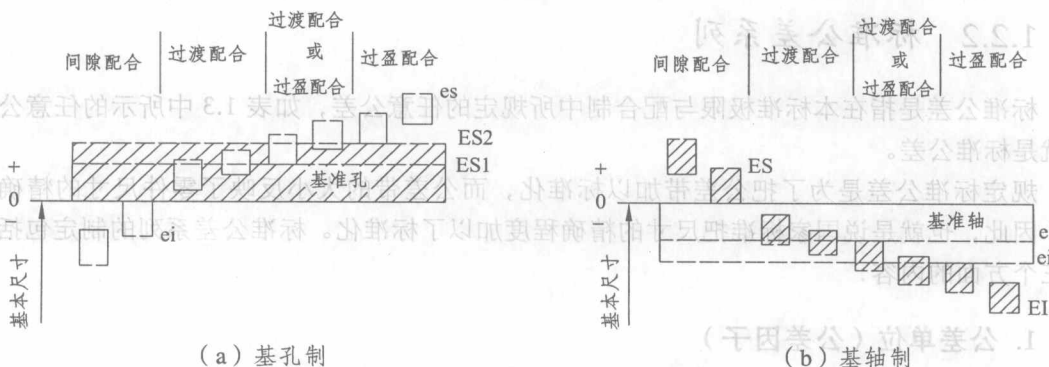
对过盈配合: $T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = T_h + T_s \quad (1.12b)$

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 $EI=0$ 。



(a) 基孔制

(b) 基轴制

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

孔: $EI=0$ $ES=+0.039$ (mm)

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

轴: $es = -0.025$ (mm) $ei = -0.050$ (mm)

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

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

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

配合公差: $T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.089 - 0.025| = 0.064$ (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。

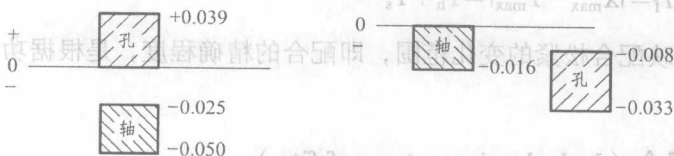
解

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

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

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

公差带图如图 1.8 (b) 所示。此配合为基轴制过渡配合。



(a) 基孔制间隙配合

(b) 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。

在长期实践和大量实验的基础上,通过对实际尺寸进行统计分析,结果表明:加工误差与基本尺寸之间是呈立方抛物线的关系。根据这一规律,国家标准确定:当尺寸 ≤ 500 mm时,公差单位按下式计算:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (\mu\text{m}) \quad (1.13)$$

式中 D ——基本尺寸的计算值, mm。

上式中第一项反映了加工误差的影响,第二项反映的是测量误差的影响,特别是温度变化引起的测量误差。

2. 公差等级

确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。规定和划分公差等级的目的,是为了简化和统一对公差的要求,使规定的等级既能满足不同的使用要求,又能基本代表各种加工方法的精度,为零件的设计和制造带来方便。

国家标准将标准公差分为 20 个等级,用 IT (ISO Tolerance 的缩写)与阿拉伯数字表示为: IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT18。公差等级依次降低,公差值依次增大。各等级标准公差的计算公式见表 1.2。

表 1.2 标准公差的计算公式

公差等级	公 式	公差等级	公 式	公差等级	公 式
IT01	$0.3 + 0.008D$	IT6	$10i$	IT13	$250i$
IT0	$0.5 + 0.012D$	IT7	$16i$	IT14	$400i$
IT1	$0.8 + 0.020D$	IT8	$25i$	IT15	$640i$
IT2	$(IT1) (IT5/IT1)^{1/4}$	IT9	$40i$	IT16	$1\ 000i$
IT3	$(IT1) (IT5/IT1)^{2/4}$	IT10	$64i$	IT17	$1\ 600i$
IT4	$(IT1) (IT5/IT1)^{3/4}$	IT11	$100i$	IT18	$2\ 500i$
IT5	$7i$	IT12	$160i$		

由表 1.2 可知, IT5~IT18 的标准公差计算是采用公差等级系数 a 和公差单位 i 的乘积,即按 $IT = a \cdot i$ 的公式确定。公差等级系数 a 是采用 R5 优先系数; IT01, IT0, IT1 三个高精度等级,主要考虑测量误差的影响,公式采用线性关系式,式中的系数与常数是采用派生系列 R10/2; 而 IT2~IT4 的标准公差,大体在 IT1~IT5 之间,按 $(IT5/IT1)^{1/4}$ 的几何级数排列。

3. 基本尺寸分段

根据表 1.2 所列标准公差计算公式可知,不同的基本尺寸,有不同的公差单位,其标准公差也不同。而实际生产中基本尺寸是大量的,这样,势必造成标准公差数量的繁多。因此,为了减少标准公差的数量,统一公差值,简化公差表格和便于应用,国家标准对基本尺寸进行了分段,使同一尺寸段内的所有基本尺寸,在公差等级相同时,其标准公差都一样,如表 1.3 所示。计算时,基本尺寸计算值 D 是按相应尺寸段内首、尾两尺寸的几何平均值计算。即:

$$D = \sqrt{D_{\text{首}} \times D_{\text{尾}}} \quad (1.14)$$

例 1.4 基本尺寸为 50 mm, 计算 IT6、IT7 的标准公差。

解 50 mm 属于 30~50 mm 尺寸段, 基本尺寸的计算值: $D = \sqrt{30 \times 50} \approx 38.73$ (mm)。
 (公差单位: $i = 0.45 \sqrt[3]{38.73} + 0.001 \times 38.73 \approx 1.56$ (μm))

$$IT6 = 10i = 10 \times 1.56 = 15.6 \approx 16 \quad (\mu\text{m})$$

$$IT7 = 16i = 16 \times 1.56 = 24.96 \approx 25 \quad (\mu\text{m})$$

表 1.3 中的公差值就是根据以上计算过程, 并按规定的尾数化整规则进行圆整后得出的。实际应用可直接查表 1.3。

1.2.3 基本偏差系列

基本偏差是确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差。它可以是上偏差或下偏差, 一般为靠近零线的那个偏差。它是确定孔、轴公差带相对于零线位置的唯一指标, 只要改变孔、轴中某一公差带的位置, 就可以得到不同的配合性质。

1. 基本偏差代号

国家标准对孔、轴分别规定了 28 种基本偏差, 并用相应的拉丁字母表示, 大写字母表示孔, 小写字母表示轴。在 26 个拉丁字母中, 去掉易与其他含义相混淆的 I、L、O、Q、W (i、l、o、q、w) 5 个字母外, 另加了 7 个双写字母 CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC (cd、ef、fg、js、za、zb、zc)。孔、轴各 28 种基本偏差形成了基本偏差系列, 各基本偏差所确定的公差带位置如图 1.9 所示。

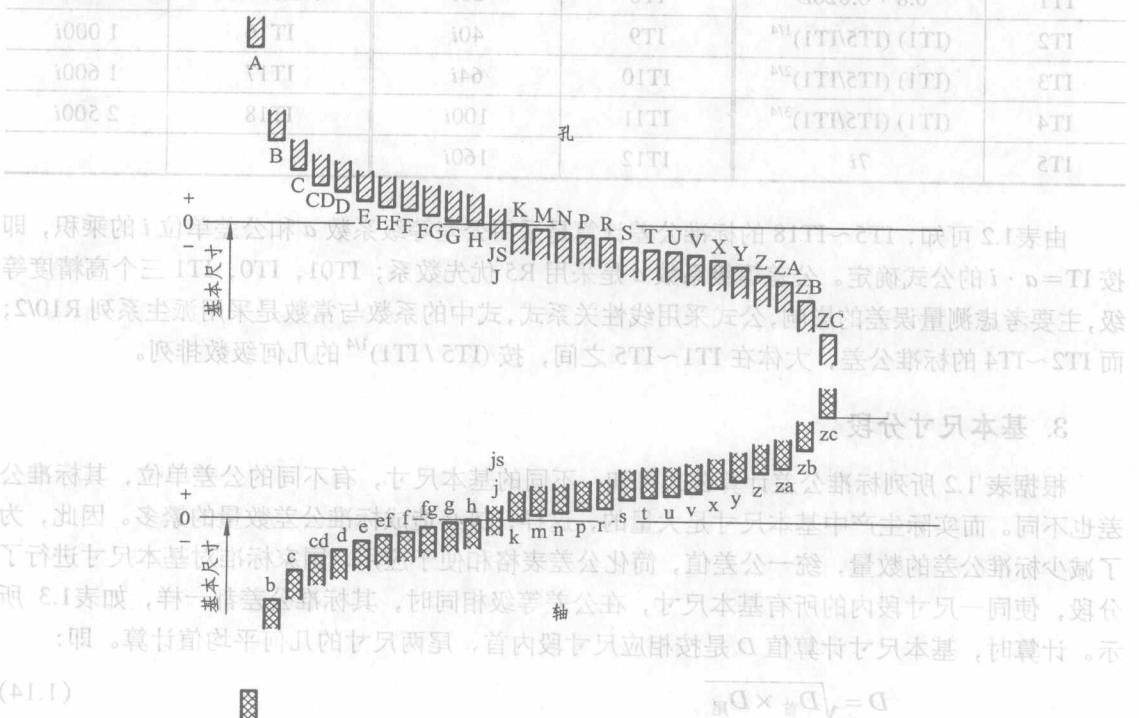


图 1.9 基本偏差系列