

图解

TUJIE JIXIE LINGJIAN
JIAGONG
JINGDU CELIANG JI SHILI



机械零件加工 精度测量及实例

周湛学 赵小明 编著

The Second Edition

第二版



化学工业出版社

014034889

TG806

20-2



机械零件加工 精度测量及实例

第二版

周湛学 赵小明 编著



TG806



化学工业出版社

· 北京 ·

20-2



北航

C1714777

888880410

本书主要介绍常用的机械零件加工检测检验的方法,根据零件的结构特点将零件分为轴类零件、套类零件、盘类零件、叉架类零件、箱体类零件、孔类零件、沟槽类零件、齿轮类零件、螺纹类零件、成型面类零件、角度与锥度类零件,依据零件的技术条件和要求(主要是几何精度要求)对零件进行检测,还重点介绍了常用的测量量具的分类和使用方法。第二版修订主要增加数控机床的精度检验、数控加工零件的精度检验,并且对公差配合、表面粗糙度等内容按照最新标准进行了更新。

本书适用于从事技术工人、检验人员和工程技术人员查阅和使用,而且为大、中专院校、职业技术学院、技工学校的学生在生产实习和实践中的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解机械零件加工精度测量及实例/周湛学等编
著. —2版. —北京:化学工业出版社,2014.1

ISBN 978-7-122-19152-6

I. ①图… II. ①周… III. ①机械元件-精密测试-图解 IV. ①TG806-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第283699号

责任编辑:张兴辉

装帧设计:王晓宇

责任校对:宋夏

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)

印装:三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张17 字数496千字

2014年4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:69.00元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

机械加工行业对机械产品的质量检测是制造业发展的基础,它不仅能显著提高劳动生产率,而且能有效地保证产品的质量和降低成本。对机械产品的检测,几何量的检测是最重要部分,也是提高机械加工精度的重要保证。为了提高技术工人掌握机械产品的检测方法,提高检验人员对机械产品的检测水平,编者根据多年的生产和教学实践。根据生产中经常遇到的机械产品检测问题编写了本书。内容包括公差与配合、常用测量仪器的分类和使用、零件形状和位置误差的检测、尺寸精度和表面粗糙度的检测、常用机械零件的检测、用常用量具检测普通机床等。

本书的主要特点是根据常用机械零件的结构,将零件分为轴类零件、套类零件、盘类零件、叉架类零件、箱体类零件、孔类零件、沟槽类零件、齿轮类零件、螺纹类零件、成型面类零件、角度与锥度类零件,依据零件的技术条件和要求(主要是几何精度要求即尺寸、形状、相互位置等精度)对零件进行检测。采用了对每个零件分别进行技术条件分析、检测量具的选用、尺寸精度、形状和位置精度、表面粗糙度的检测的编写方法。第二版修订主要增加数控机床的精度检验、数控加工零件的精度检验,并且对公差配合、表面粗糙度等内容按照最新标准进行了更新。内容新颖,易懂易用,由浅入深,收录了很多检测的方法并列举了大量的实例,便于读者学习掌握,按本书实例读者能够付诸实践。

本书深入浅出,内容丰富,详简得当,适用于从事机械加工工程技术人员、技术工人、检验人员查阅和使用,同时也可以作为大、中专院校、职业技术学院的学生在生产实习和实践中

的参考用书。

参加本书编写的有周湛学、赵小明、雒运强。其中第1章、第2章、第3章、第4章、第6章由周湛学和雒运强编写；第5章由周湛学和赵小明编写。全书由周湛学统稿。特别感谢傅卫在本书的编写中给予的鼓励和帮助！同时也感谢郑惠萍、尹成湖、郑海起、张利平、吴书迎、张英、马海荣、张武坤、张冰、赵彤、孔瓦玲、连平等老师在本书资料收集和编写过程中给予的帮助！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳求读者批评指正。

编者

目 录

CONTENTS

Chapter 1	第 1 章 公差与配合	1
	1.1 尺寸公差与配合	1
	1.1.1 公差的概念	1
	1.1.2 基本术语	1
	1.1.3 配合	6
	1.1.4 基准制 (配合制度)	12
	1.1.5 公差与配合举例	16
	1.2 形状和位置公差	19
	1.2.1 常用基本术语	19
	1.2.2 形状、位置误差和公差	20
	1.2.3 各种加工方法能达到的形状和位置经济精度	26
	1.3 表面粗糙度	28
	1.3.1 表面粗糙度的概念	28
	1.3.2 表面粗糙度符号、参数代号及标注	29
	1.3.3 各种加工方法能达到的表面粗糙度值	33
Chapter 2	第 2 章 常用的测量器具与使用方法	35
	2.1 测量器具的分类	35
	2.1.1 基准量具	35
	2.1.2 极限量规	36
	2.1.3 通用测量器具	38
	2.2 测量方法的分类	48
	2.2.1 按获得结果的方式分类	49
	2.2.2 按零件上同时测得被测参数的数目分类	49
	2.2.3 按被测工件表面与测量头之间是否接触分类	50
	2.2.4 按比较的方式分类	50

2.2.5	按技术测量在机械制造工艺过程中所起的作用分类	50
2.2.6	按被测的量或零件在测量过程中所处的状态分类	50
2.3	常用的测量仪器的使用及维护	51
2.3.1	游标卡尺的使用	51
2.3.2	万能角度尺的使用	59
2.3.3	高度游标卡尺的使用	61
2.3.4	齿厚游标卡尺的使用	63
2.3.5	常用游标类量具的维护保养	66
2.3.6	千分尺的使用	66
2.3.7	常用螺旋副测微量具使用中的注意事项	80
2.3.8	常用螺旋副测微量具的维护保养	80
2.4	指示表	81
2.4.1	百分表	81
2.4.2	千分表	85
2.4.3	杠杆表	85
2.4.4	内径表	87
2.4.5	常用表类量具使用中的注意事项	89
2.4.6	常用表类量具的维护保养	89
2.5	常用角度量具	90
2.5.1	正弦规	90
2.5.2	水平仪	92
2.5.3	角尺	97
2.6	量规的使用	100
2.6.1	光滑极限量规	100
2.6.2	圆锥量规	102
2.6.3	花键综合量规	104
2.6.4	键槽检测用量规	104
2.7	常用辅助量具	105
2.7.1	检验平板	105
2.7.2	弯板	105
2.7.3	方箱	106
2.7.4	V形铁	107
2.7.5	标准圆柱、圆球和心轴	107

2.8	常用的数表与计算	108
2.9	常用测量计算	110
2.9.1	圆弧面的测量计算	110
2.9.2	用圆柱测量圆锥形工件的计算	113
2.9.3	测量燕尾槽计算	116
2.9.4	螺纹测量计算	118

Chapter 3 第3章 形状和位置误差的检测 121

3.1	形状和位置误差的检测方法示例中的 常用符号	121
3.2	形状和位置公差的检测原则	121
3.2.1	与理想要素比较原则	121
3.2.2	测量坐标值原则	122
3.2.3	测量特征参数原则	122
3.2.4	测量跳动原则	122
3.2.5	控制实效边界原则	123
3.3	形状误差的检测	123
3.3.1	直线度误差的检测	123
3.3.2	平面度误差的检测	128
3.3.3	圆柱度误差的检测	130
3.3.4	圆度误差的检测	132
3.3.5	线轮廓度误差的检测	135
3.3.6	面轮廓度误差的检测	137
3.4	位置误差的检测	138
3.4.1	平行度误差的检测	138
3.4.2	垂直度误差的检测	141
3.4.3	倾斜度误差的检测	145
3.4.4	同轴度误差的检测	150
3.4.5	对称度误差的检测	152
3.4.6	位置度误差的检测	156
3.4.7	圆跳动误差的检测	161
3.4.8	全跳动误差的检测	165

Chapter 4 第4章 尺寸精度和表面粗糙度的检测 ... 167

4.1	尺寸精度的检测	167
-----	---------------	-----

4.1.1	检测方法	167
4.1.2	用测量器具直接测量	170
4.2	表面粗糙度的检测	177
4.2.1	目测检测方法	177
4.2.2	比较检测方法	178
4.2.3	光切法	179
4.2.4	干涉法	180
4.2.5	感触法	181

Chapter 5 第5章 常用机械零件的检测实例 ... 183

5.1	轴类零件的检测实例	183
5.1.1	光轴	183
5.1.2	交换齿轮轴	186
5.1.3	主轴	190
5.1.4	阶梯轴	194
5.2	套类零件的检测实例	198
5.2.1	导套	198
5.2.2	轴套	202
5.2.3	定量泵偏心定子	205
5.2.4	薄壁套	209
5.2.5	花键套	211
5.3	盘盖类零件的检测实例	216
5.3.1	法兰盘	217
5.3.2	丝杠支座	219
5.4	叉架类零件的检测实例	223
5.4.1	托架	223
5.4.2	支架	226
5.4.3	接头	229
5.5	箱体类零件的检测	233
5.5.1	箱体类零件主要技术要求	233
5.5.2	箱体类零件的检测	234
5.5.3	圆锥齿轮箱体的检测	247
5.6	孔类零件检测	249
5.6.1	平行孔系	249
5.6.2	同轴孔系	257
5.6.3	垂直孔	268

5.6.4	相交孔系	274
5.6.5	斜孔	291
5.6.6	长圆孔	302
5.6.7	盲孔	304
5.6.8	型孔	307
5.7	沟槽类零件的检测实例	310
5.7.1	矩形花键轴	313
5.7.2	V形定位块	316
5.7.3	定位体	324
5.7.4	滑座(宽槽)	328
5.7.5	动模板(方槽、U形槽)	330
5.7.6	叶轮(均布窄槽)	333
5.7.7	定位滑座	335
5.7.8	六方套	338
5.7.9	梳尺(等距窄槽)	343
5.7.10	支架	347
5.7.11	定刀块	348
5.8	齿轮类零件的检测实例	350
5.8.1	齿条	350
5.8.2	直齿圆柱齿轮	356
5.8.3	斜齿轮	368
5.8.4	圆锥齿轮	376
5.8.5	蜗轮	382
5.8.6	铰刀	386
5.9	螺纹类零件的检测	390
5.9.1	精密梯形螺纹丝杠	390
5.9.2	阿基米德普通圆柱蜗杆(ZA蜗杆)	396
5.10	成形表面类零件的检测实例	405
5.10.1	圆弧形导轨	405
5.10.2	球面轴	410
5.10.3	塑料模活动型芯	413
5.11	角度与锥度零件的检测	415
5.11.1	角度块零件的角度检测	415
5.11.2	圆锥类零件的测量实例	420
5.11.3	顶尖变径套	428

Chapter 6

第6章 数控机床加工零件的精度检验 ... 433

6.1 数控机床最适合加工零件的特点	433
6.2 数控机床加工零件的精度检验方法	433
6.3 数控机床加工零件的检测实例	435
6.3.1 偏心轮	435
6.3.2 立板	439
6.3.3 承重梁	442
6.3.4 托轮	449

Chapter 7

第7章 常用量具检验机床的几何精度 ... 453

7.1 卧式车床几何精度检验	453
7.1.1 用水平仪检验床身导轨在垂直平面内的 直线度	453
7.1.2 主轴的精度检验	454
7.2 普通铣床几何精度检验	456
7.2.1 铣床主轴精度检验	456
7.2.2 铣床工作台面的精度检验	460
7.3 普通镗床的检验	463
7.3.1 卧式镗床的精度检验	463
7.3.2 坐标镗床的精度检验	467
7.3.3 万能转台的几何精度检验 (也适用于 水平转台)	472
7.4 刨床几何精度检验	476
7.4.1 牛头刨床几何精度检验	476
7.4.2 龙门刨床几何精度检验	477
7.5 数控机床几何精度检验	480
7.5.1 检验数控机床的几何精度常用的 检验工具	480
7.5.2 数控车床的几何精度检验	490
7.5.3 数控铣床的几何精度检验	497
7.5.4 数控卧式加工中心的几何精度检验	505
7.5.5 数控立式加工中心几何精度检验	518

参考文献

.....	534
-------	-----

公差与配合

公差与配合是为实现机器零件具有互换性以便在装配时不经选择和修配就能达到预期的配合性质的技术制度。互换性要求零件的尺寸保持在一个合理的范围内。在机械加工中高素质劳动者应该掌握必要的极限与配合的基本知识,几何量测量的基本知识及检测产品的基本技能。

1.1 尺寸公差与配合

1.1.1 公差的概念

(1) 零件的互换性 在机械制造中,孔与轴的配合是最广泛的结合形式。例如,把衬套和轴装配起来,最理想的是任取一根轴和一件衬套就能顺利地装配好。如果零件具备这样的性质,就可以说零件具有互换性。

(2) 公差 为使零件具有互换性,最理想的状态是加工零件时保证尺寸丝毫不差。由于零件在加工过程中受机床精度、加工者的技术水平和测量准确性的限制,所以零件的尺寸不可能达到绝对准确。为了满足零件的互换性要求,对于零件的加工尺寸给出了一个变动的范围,允许尺寸在一定范围内变动。把这个允许尺寸变动的范围称为公差。

1.1.2 基本术语

(1) 尺寸 用特定单位表示长度值的数字。在机械设计与机械加工中,常选用毫米(mm)作为尺寸单位。

(2) 基本尺寸 设计时给定的尺寸称为基本尺寸,如尺寸

“ $\phi 50 \pm 0.056$ ”、“ $\phi 80 \pm 0.125$ ”中的“50”、“80”，如图 1-1(b) 中的“ $\phi 30$ ”，就是基本尺寸。

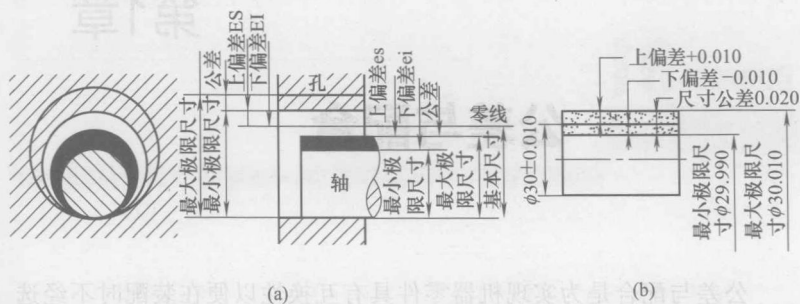


图 1-1 公差与配合基本术语

(3) 实际尺寸 零件加工后实际测量所得的尺寸。实际尺寸在最大极限尺寸与最小极限尺寸之间，说明零件合格。

(4) 极限尺寸 极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值。允许的最大尺寸称为最大极限尺寸（孔用 $D_{\max}$ 表示，轴用 $d_{\max}$ 表示），允许的最小尺寸称为最小极限尺寸（孔用 $D_{\min}$ 表示，轴用 $d_{\min}$ 表示）。它们是以基本尺寸为基数来确定的。图 1-1(b) 中的“ $\phi 30.010$ ”为最大极限尺寸，“ $\phi 29.990$ ”为最小极限尺寸。

(5) 尺寸偏差（简称偏差） 尺寸偏差是某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为上偏差（孔用 ES 表示，轴用 es 表示）。如图 1-1(b) 中的 $\phi 30.010 - \phi 30 = +0.010$ 。最小极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为下偏差（孔用 EI 表示，轴用 ei 表示）。如 $\phi 29.990 - \phi 30 = -0.010$ 。

(6) 实际偏差 实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

(7) 尺寸公差（简称公差） 尺寸公差是允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸或上偏差与下偏差代数差的绝对值，即

$$\text{公差} = \text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸} = | \text{上偏差} - \text{下偏差} |$$

孔公差用 T_D 表示，轴公差用 T_d 表示。公差不可能为零，且均为正值。

例 1-1 图 1-2 所示为阶梯轴, 指出各尺寸的偏差, 计算各尺寸的极限尺寸和公差。

解 计算结果见表 1-1。

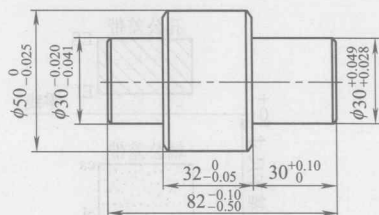


图 1-2 阶梯轴

表 1-1 阶梯轴各尺寸的极限尺寸和公差 mm

序号	尺寸	上偏差	下偏差	最大极限尺寸	最小极限尺寸	公差
1	$\phi 30^{+0.049}_{-0.028}$	$es = +0.049$	$ei = +0.028$	30.049	30.028	$T = 30.049 - 30.028 = 0.021$ 或 $T = 0.049 - 0.028 = 0.021$
2	$\phi 30^{-0.020}_{-0.041}$	$es = -0.020$	$ei = -0.041$	29.980	29.959	$T = 29.980 - 29.959 = 0.021$ 或 $T = -0.020 - (-0.041) = 0.021$
3	$\phi 50^{+0.020}_{-0.025}$	$es = 0$	$ei = -0.025$	50	49.975	$T = 50 - 49.975 = 0.025$ 或 $T = 0 - (-0.025) = 0.025$
4	$30^{+0.10}_{+0}$	$es = +0.10$	$ei = 0$	30.10	30	$T = 30.10 - 30 = 0.10$ 或 $T = 0.10 - 0 = 0.10$
5	$32^{-0.05}_{-0}$	$es = 0$	$ei = -0.05$	32	31.95	$T = 32 - 31.95 = 0.05$ 或 $T = 0 - (-0.05) = 0.05$
6	$82^{-0.10}_{-0.50}$	$es = -0.10$	$ei = -0.50$	81.90	81.50	$T = 81.90 - 81.50 = 0.40$ 或 $T = -0.10 - (-0.50) = 0.40$

(8) 公差带图 为了方便分析, 将尺寸公差与基本尺寸的关系, 按放大比例画成简图, 即为公差带图, 如图 1-3 所示。在公差带图中, 确定偏差的一条基准直线 (即偏差线) 称为零线。通常零线表示基本尺寸。零线上方为正偏差, 下方为负偏差。上、下偏差两条平行线之间的区域称为公差带。

① 公差带由公差带大小和公差带位置两个基本要素组成; 公差带的大小由标准公差确定, 公差带的位置由基本偏差

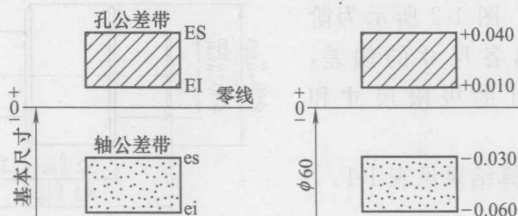


图 1-3 公差带图

确定。

② 公差带图中，由上、下偏差线段所确定的一个区域称为尺寸公差带，简称公差带。为了区别孔与轴的公差带，用斜线表示孔的公差带，用点表示轴的公差带。

(9) 标准公差 标准公差是国家标准中表列的用来确定公差带大小的任一公差值，见表 1-2。

(10) 标准公差等级 标准公差等级是确定尺寸精确程度的等级。国家标准规定标准公差等级分为 20 级。标准公差用符号 IT 表示，公差等级的代号用阿拉伯数字表示，即 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。从 IT01~IT18 等级依次降低，公差数值依次增大。其中 IT01 最为精确，IT18 最为粗糙。

(11) 基本偏差 基本偏差是用来确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差，把靠近零线的偏差称为基本偏差，如图 1-4 所示。基本偏差用拉丁字母表示，大写字母代表孔，小写字母代表轴。当公差带位于零线上方时，其基本偏差为上偏差；当公差带位于零线下方时，其基本偏差为下偏差。当上偏差与下偏差绝对值相等时，关于零线对称，可用 $+IT/2$ 或 $-IT/2$ 表示基本偏差。

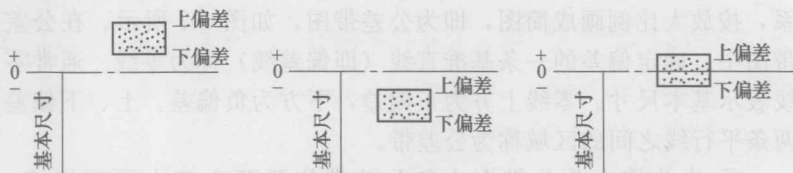


图 1-4 基本偏差

表 1-2 标准公差值 (GB/T 1800.3—2009)

基本尺寸 /mm		标准公差等级																		
		μm									mm									
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17
≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
>3~6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
>6~10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
>10~18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
>18~30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
>30~50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
>50~80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
>80~120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
>120~180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
>180~250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
>250~315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
>315~400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
>400~500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
>500~630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
>630~800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
>800~1000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
>1000~1250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
>1250~1600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
>1600~2000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
>2000~2500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
>2500~3150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：基本尺寸小于 1mm 时，无 IT14~IT18。

(12) 基本偏差代号及其特点 国家对孔和轴分别规定了 28 种基本偏差。每种基本偏差用一个或两个拉丁字母表示, 称为基本偏差代号。孔的基本偏差代号采用大写字母; 轴的基本偏差代号采用小写字母。在 26 个拉丁字母中, 去掉了易与其它含义混淆的 5 个字母: I、L、O、Q、W, 同时增加 7 个双写字母代号: CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC。28 种基本偏差代号, 反映了孔、轴各 28 种公差带位置, 构成的基本偏差系列图, 如图 1-5 所示。

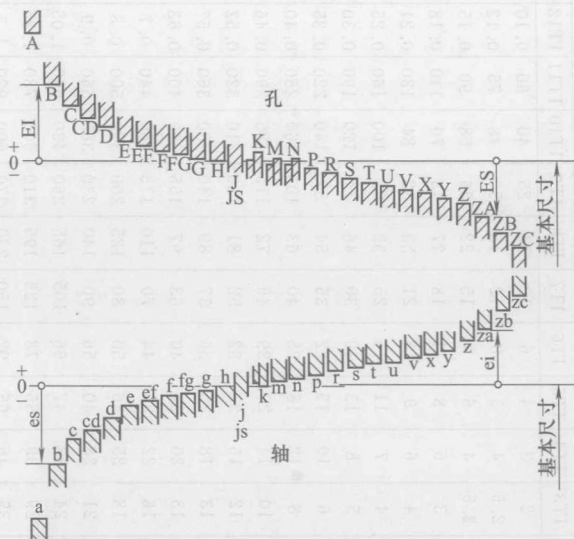


图 1-5 孔、轴基本偏差系列图

图 1-5 中各公差带只画出基本偏差一端, 另一端取决于标准公差数值的大小。

轴的基本偏差数值由表 1-3 查得, 孔的基本偏差数值由表 1-4 查得。

1.1.3 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。公差带决定轴在孔中的松紧程度, 根据使用要求确定。配合的种类及轴与孔配合的公差带的相对位置见表 1-5。