

普通高等院校“十一五”规划教材

制造技术

(第2版)

ZHIZAO JISHU

庄万玉 丁杰雄 凌丹 秦东兴 编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

21 世纪高等学校规划教材

制造技术

(第 2 版)

庄万玉 丁杰雄 凌丹 秦东兴 编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书全面系统地整合更新了制造技术基础课程的内容。以制造技术为主线,知识结构体系涵盖了几何精度设计、金属切削原理与刀具、机械制造工艺学、特种加工技术、现代机械加工新技术和先进制造技术等基本内容。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业、宽口径机械类专业及近机类专业教材,亦可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

制造技术/庄万玉等编. —2版. —北京:国防工业出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-118-05813-0

I. 制... II. 庄... III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 092123 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 388 千字

2008 年 8 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价:28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书在高等教育深入改革的进程中诞生,是一本改革力度较强的教材,尤其适应于宽口径机械类专业人才培养模式的课程要求。

编者长期从事制造技术基础课程及机械类相关课程的教学,深谙新世纪机械专业人应该具备的能力、素质和知识结构。

本书具有如下特色:

(1) 课程内容和体系上进行了力度较大的改革,以制造技术为主线,加强了与制造技术密切相关的几何量精度设计内容,占全书五分之一篇幅,使零件的精度设计与制造技术相融合,使学生了解零件精度与制造的紧密联系,提高学生的综合设计能力。

(2) 对机械制造中传统工艺方法及相关内容精心取舍,只保留了影响较大的切削加工技术中的基础知识、基本理论和基本方法;同时大幅度地增加了制造技术中的新技术、新工艺、特种加工技术及学科前沿知识。这两部分内容各占全书五分之二篇幅,更新了传统意义上的制造技术基础课程内容,建立了课程新体系。

(3) 集几何精度设计、切削加工技术和先进制造技术等内容为一体,贯彻“够用为准”的原则,力求以较少的篇幅完成相关知识的介绍;力图加强各章节间的相互关系,在主要章节的联系上尽量做到有利于学生学习、掌握和运用。

(4) 针对制造技术及相关内容具有很强的实践性的特点,尽可能引用典型实例进行分析,以加深对所述内容的理解。各章附有习题,以方便教学。

本书在第1版(2005年9月)的基础上,对内容的编排作了适当的调整和修订。

全书共分11章,第1章~第5章由庄万玉编写;第6章、第9章~第11章由凌丹编写;第7章、第8章由丁杰雄编写;第9章由秦东兴编写;赵瑾负责全部插图的绘制。全书由庄万玉统稿。编写过程中参阅了大量文献及教材,谨此向各位作者表示感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,本书难免有不妥之处,恳请各位读者提出宝贵意见。

编 者

2008年5月

目 录

第一篇 几何精度

第 1 章 几何精度概述	1
1.1 零件与产品的互换性	1
1.2 加工过程与加工误差	2
1.3 几何精度设计的基本原则和表达	3
思考题与习题	4
第 2 章 几何精度设计的基本内容	5
2.1 《极限与配合》国标的主要内容	5
2.1.1 基本术语及定义	5
2.1.2 极限与配合在图样上的标注	16
2.1.3 国标推荐的公差带与配合	17
2.1.4 一般公差	18
2.2 《形状和位置公差》国标的主要内容	19
2.2.1 概述	19
2.2.2 形位公差的图样标注	21
2.2.3 形状公差	24
2.2.4 位置公差	28
2.3 《表面粗糙度》国标的主要内容	35
2.3.1 概述	35
2.3.2 基本术语	35
2.3.3 评定参数	37
2.3.4 表面粗糙度标准及图样表示	38
思考题与习题	40
第 3 章 几何精度的设计	42
3.1 几何精度设计的方法	42
3.2 极限与配合的选用	43
3.2.1 孔轴配合的使用要求	43
3.2.2 基准制的选择	43
3.2.3 公差等级的选择	44
3.2.4 配合的选择	44
3.2.5 有关计算过程	48

3.3 形位公差的选择	49
3.3.1 公差项目的选择	49
3.3.2 形位公差值的选择	49
3.3.3 尺寸公差与形位公差的关系	52
3.4 表面粗糙度的选用	64
3.5 典型结构几何精度设计	67
思考题与习题	68

第二篇 切削加工技术

第4章 金属切削的基本知识	70
4.1 切削运动与切削用量	70
4.1.1 工件表面的成形方法	70
4.1.2 切削运动	73
4.1.3 切削用量	74
4.1.4 切削用量的选择	75
4.2 刀具	76
4.2.1 刀具切削部分的基本定义	76
4.2.2 刀具角度	78
4.2.3 刀具几何参数的合理选择	80
4.2.4 刀具材料	85
4.3 金属切削过程	86
4.3.1 切削变形	86
4.3.2 切削力	88
4.3.3 切削过程中的物理现象	91
思考题与习题	94
第5章 机械加工方法及设备	95
5.1 金属切削机床的基本知识	95
5.1.1 金属切削机床的分类	95
5.1.2 金属切削机床的型号编制	95
5.1.3 机床的主要技术参数	101
5.1.4 机床的基本要求	101
5.2 外圆表面加工方法	103
5.2.1 外圆表面的技术要求	103
5.2.2 外圆表面的加工方法	103
5.3 内孔表面加工方法	108
5.3.1 内孔表面的技术要求	108
5.3.2 内孔表面加工方法	108
5.4 平面加工方法	113
5.4.1 平面的技术要求	113

5.4.2 平面的加工方法	114
5.5 成形表面加工方法	123
5.5.1 常见具有成形表面的零件	123
5.5.2 成形表面的加工方法	124
5.6 零件表面加工方案的确定	125
思考题与习题	132
第6章 机械零件特种加工技术	133
6.1 概述	133
6.2 超声波加工技术	134
6.2.1 超声波加工原理	134
6.2.2 超声波加工设备	135
6.2.3 超声波加工的应用	138
6.3 电火花加工技术	140
6.3.1 电火花加工原理	140
6.3.2 电火花加工装置	141
6.3.3 电火花加工的应用	142
6.4 电化学加工技术	144
6.4.1 电化学加工原理	144
6.4.2 电化学加工设备及其组成部分	145
6.4.3 电化学加工的应用	146
6.5 激光加工	147
6.5.1 激光加工的原理	147
6.5.2 激光加工的基本设备及其组成部分	147
6.5.3 激光加工的应用	148
6.6 电子束离子束加工技术	149
6.6.1 电子束加工技术的原理和特点	149
6.6.2 电子束加工的装置	150
6.6.3 电子束加工的应用	150
6.6.4 离子束加工的应用	151
思考题与习题	152
第7章 机械加工质量	153
7.1 加工精度和表面质量	153
7.1.1 加工精度	153
7.1.2 表面质量	154
7.2 机械加工误差的综合分析方法	155
7.2.1 误差的性质	155
7.2.2 加工误差的分布曲线分析法	156
7.2.3 点图法	159
思考题与习题	161

第 8 章 机械加工工艺	162
8.1 机械加工工艺过程的基本概念	162
8.1.1 生产过程与工艺过程	162
8.1.2 机械加工工艺过程的组成	162
8.1.3 生产纲领与生产类型	164
8.2 定位基准的选择	166
8.2.1 基准的分类	166
8.2.2 定位基准的选择	168
8.3 零件加工工艺的制定	170
8.3.1 制定零件加工工艺的内容和要求	170
8.3.2 制定零件加工工艺的步骤	171
8.4 工序尺寸的确定	175
8.4.1 加工余量	175
8.4.2 工序尺寸的基本概念	178
8.4.3 尺寸链	179
8.4.4 工艺设计实例	185
8.5 工艺方案经济分析	189
思考题与习题	192

第三篇 现代制造技术

第 9 章 数控加工技术	195
9.1 数控加工技术概述	195
9.1.1 数控加工与传统加工的区别	195
9.1.2 数控加工的工作原理	196
9.1.3 数控加工中的数据转换过程	196
9.2 数控加工机床	197
9.2.1 数控加工机床的特点和应用	197
9.2.2 数控加工机床的组成	198
9.2.3 数控机床的分类	200
9.2.4 数控机床的主要性能指标	203
9.2.5 数控机床的发展趋势	205
9.3 常用数控加工方法	206
9.3.1 数控车削加工技术	206
9.3.2 数控铣削加工技术	207
9.3.3 数控加工中心技术	208
9.4 数控加工编程基础	210
9.4.1 数控加工程序手工编制	210
9.4.2 APT 语言自动编程	211
9.4.3 图像数控编程	213

思考题与习题	214
第 10 章 现代机械加工新技术	215
10.1 超高速切削技术	215
10.1.1 超高速切削技术及其特点	215
10.1.2 超高速切削技术的发展历史、现状与趋势	216
10.1.3 超高速切削的应用领域	218
10.1.4 超高速切削的关键技术	218
10.2 超精密加工技术	220
10.2.1 超精密加工方法	221
10.2.2 超精密加工技术的关键技术	222
10.2.3 超精密加工机床	224
10.2.4 超精密加工的发展趋势	225
10.3 干式切削技术	225
10.3.1 概述	225
10.3.2 干式切削的关键技术	226
10.3.3 干式切削技术的应用	227
10.4 快速原型制造技术	229
10.4.1 概述	229
10.4.2 典型 RPM 工艺方法	230
10.4.3 RPM 技术的应用	232
10.5 微机械加工技术	233
10.5.1 概述	233
10.5.2 超微机械加工	234
10.5.3 微机械加工技术	234
10.5.4 微机械加工技术的发展趋势	236
思考题与习题	236
第 11 章 先进生产制造技术	237
11.1 计算机辅助工艺设计	237
11.1.1 CAPP 概述	237
11.1.2 CAPP 系统的类型与原理	238
11.1.3 CAPP 的发展趋势	240
11.2 计算机辅助制造技术	241
11.2.1 CAM 概述	241
11.2.2 CAM 的工作流程	242
11.2.3 CAM 的关键技术	243
11.2.4 典型 CAM 软件介绍	244
11.3 柔性制造系统	245
11.3.1 FMS 概述	245
11.3.2 FMS 的组成	246

11.3.3	FMS 的分类	247
11.3.4	FMS 的发展趋势	248
11.4	计算机集成制造系统	249
11.4.1	CIMS 概述	249
11.4.2	CIMS 的组成	250
11.4.3	CIMS 的发展趋势	252
11.5	敏捷制造技术	253
11.5.1	AM 技术概述	253
11.5.2	AM 的实施方案	254
11.5.3	AM 的关键技术	256
11.5.4	AM 的发展趋势	257
11.6	智能制造系统	257
11.6.1	概述	257
11.6.2	智能制造系统的特征	258
11.6.3	IMS 的关键技术	259
	思考题与习题	260
	参考文献	261

第一篇 几何精度

第 1 章 几何精度概述

1.1 零件与产品的互换性

机械设计过程可以分为三个阶段:系统设计、参数设计和精度设计。

(1) 系统设计的任务是确定机械的基本工作原理和总体布局,以保证总体方案的合理性和先进性。

(2) 参数设计的任务是确定机构各零件几何要素的公称值。参数设计的主要依据是保证系统的能量转换和工作寿命。

(3) 精度设计的任务是确定机械各零件几何要素(包括零件的尺寸、宏观与微观几何形状、相互的位置关系)的允许误差——公差,所以精度设计也称公差设计。精度设计的主要依据是对机械的静态和动态精度要求。

任何加工方法都不可避免地存在加工误差,而允许误差的大小又与生产经济性和产品的使用寿命密切相关,因此,精度设计具有十分重要的意义。

零件上任何一个几何要素的误差都会以不同的方式影响其功能。例如,图 1-1 所示的法兰盘,直径 d_1 尺寸的变动受到零件重量、装配空间和直径 D 及螺孔直径 D_1 的制约;螺孔直径 D_1 的变动受螺母直径和螺母压力的制约;孔径 D_2 的变动受相配轴径及配合松紧的制约;圆角半径 r 的变动受螺母尺寸和疲劳强度的制约。此外,法兰盘装配端面的平面度误差,孔轴线对端面的垂直度误差,均布螺孔的位置误差等也将影响其装配和使用功能。

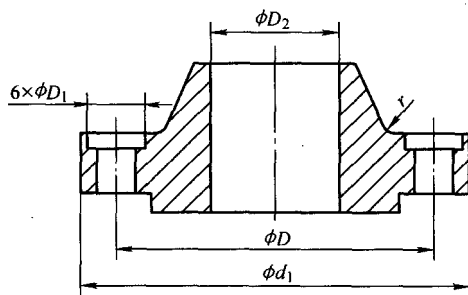


图 1-1 法兰盘

由此可见,对零件每个几何要素的各类误差都应给出相应的公差。能正确合理地给出零件几何要素的公差是工程设计人员的重要任务。

现代化产品的生产是建立在互换性原则基础之上的。

所谓互换性,是指按规定的技术条件和几何精度要求来制造产品的各个组成部分和零件,使其在装配和更换时,不需要任何挑选、辅助加工和修配,就能顺利地装入整机中的预定位置,并能满足使用性能要求。例如汽车、机床、自行车、钟表……当零部件损坏时,

可以快捷地换上相同规格的备件,使其迅速恢复使用性能,因为这些零部件都是按互换性要求生产的,它们都具有互换性。

广义的互换性除几何要素外,还应包括机械性能(如硬度、强度)及理化性能(如材质成分、电气性能)等内容,但本课程主要研究几何要素的互换性,优越性如下。

(1) 从设计的角度看 可大量采用按互换性原则设计的经过实践检验的标准零部件,以大幅度减少设计工作量,进行高效率的优化设计。

(2) 从生产的角度看 按互换性原则组织生产,可实行大规模的分工协作,尽可能多地采用标准化的刀、夹、量具和高效率的专用设备,组织专业化的流水生产线,从而提高产品质量和生产效率,降低成本。装配时不用修配,效率和工艺性得到明显提高和改善。

(3) 从使用角度看 不仅修配方便,而且有利于获得物美价廉的产品。在许多情况下,还有更明显的效益。如机器迅速更换易损零件,可保证不误工时;发电设备的立即修复,可保障连续供电;战场上武器弹药的互换性,可保证不贻误战机等。

综上所述,互换性是制造业的重要生产原则和效果显著的技术经济措施。

互换性伴随近代大规模生产特别是军火生产而出现,但互换性原则并不仅仅局限于大批量生产,近年发展起来的被称为机械工业生产重大改革阶段的柔性生产系统(FMS)和计算机集成生产系统(CIMS),可迅速在生产线上改变产品的规格和品种,以适应高精度、高效率、小批量、多品种生产。但它对产品零部件以及生产线本身的互换性和标准化程度,要求更高。

实际生产中,只要将零件的有关几何要素限制在公差范围内,就能满足使用性能要求。

规定公差,是保证互换性生产的一项基本技术措施。在设计机械产品时,合理地规定公差十分重要,公差过大,不能保证产品质量;公差过小,加工困难,成本增高。

生产出来的零件和产品是否满足公差要求,要靠正确的测量和检验来保证,所以测量检验是保证互换性生产的又一基本技术措施。

实现互换性生产,还要求广泛的标准化。产品的品种规格要标准化、系列化;各种尺寸、参数要标准化;各种零件的公差与配合以及一些检测方式方法也都要标准化。在满足广泛使用要求的前提下,应尽量减少产品的规格、品种、参数以及公差与配合的种类,以利于互换性生产。

1.2 加工过程与加工误差

迄今为止,大多数机械零件都是由铸、锻、轧等工艺方法获得毛坯,经过各种切削加工实现设计要求。因此,组成切削过程的各环节的不完善,都将导致零件的实际几何要素偏离其理想状态,形成加工误差。

切削过程的主要误差源有机床、夹具、刀具、工艺、环境和人员等因素。

(1) 机床为加工过程提供刀具与工件间的相对运动,若刀具与工件的相对运动不准确,将使工件的几何要素产生形状误差,如直线度误差、平面度误差、圆柱度误差等;若刀具与工件的相对位置不准确,将使工件各几何要素间产生位置误差,如孔距误差、分度误差、同轴度误差等,同时也将使一批工件的尺寸产生变动,即产生尺寸误差。

(2) 夹具的作用是确定工件在机床上的位置。夹具的制造和安装误差将直接影响工件的正确定位,造成工件与刀具相对运动和相对位置的不准确,形成工件几何要素的方向和位置误差,如垂直度误差、同轴度误差和位置度误差等。

(3) 刀具的形状与尺寸将直接复现在已加工表面上,与各种切削用量(背吃刀量、进给量、切削速度)一起,共同影响工件的表面精度和尺寸,形成表面粗糙度、波纹度、形状误差和尺寸误差。生产过程中刀具的磨损是导致尺寸误差的主要原因。

(4) 切削热将导致工件与刀具的变形,温度变动将产生加工系统的变形,它们主要影响大尺寸工件的尺寸误差和形状误差。

(5) 切削用量、切削力及热处理工艺,将直接影响加工表面质量的工艺因素,产生受力变形和温度变形,形成工件表面粗糙度和形状误差。

原材料和毛坯的内应力和尺寸稳定性,也将影响完工工件的几何精度。

分析加工误差来源,采取相应的减小误差措施,是制造工程技术人员的重要任务。

1.3 几何精度设计的基本原则和表达

1. 几何精度设计的基本原则

几何精度设计的基本原则是经济地满足功能要求。

高精度(公差值较小)能够实现高功能的要求,但必将提高生产成本。实验得出公差与相对生产成本的关系如图 1-2 所示。进行精度设计时,特别要注意生产经济性。在满足功能要求的前提下,尽量选用低精度(公差值较大),以提高产品的性价比。

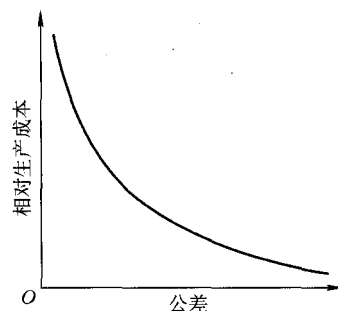


图 1-2 公差与相对生产成本关系曲线

2. 几何精度的表达

在确定了零件要素的几何精度以后,必须在零件的设计图样上表达,作为制造、检测和验收的依据。

零件几何精度的表达主要有两种方法:采用“一般公差”和单独标注。

(1) 采用“一般公差”

一般公差是指各种加工设备在正常条件下能够保证的公差,亦称常用精度或经济精度。

由于零件的多数要素采用一般公差就可以满足其功能要求,因此,对于采用一般公差的精度要求不需要在零件设计图样上逐一单独标注,只需要在图样或技术文件中以适当的方式做出统一规定。所以一般公差又称为“未注公差”。

采用一般公差来表示要素的几何精度,具有设计省时、图样简明和重点明确等优点。由于一般公差是在加工设备正常情况下可以达到的精度,所加工的零件通常都不需要检验。如果实际要素的误差超出规定的一般公差要求,只有当它对零件的功能要求有不利影响时,才给予拒收。所以采用一般公差可以减少检验费用和供需双方不必要的争议。

采用一般公差的前提是生产部门必须对所有加工设备的正常精度进行测定,并定期

进行抽样检查和维修,以确保其精度得到维持。

我国已对线性尺寸、角度尺寸、形状和位置公差的一般公差制订了相应的国家标准,可供设计时选用。

(2) 单独标注

当要素的功能要求高于一般公差的精度时,应在零件设计图样上以适当的方式逐一进行单独标注,通称“注出公差”。例如在基本尺寸后面加注上、下偏差或公差带代号,或用框格形式标注形位公差。

思考题与习题

1. 几何精度设计的重要性是什么?
2. 什么叫互换性? 机械零件几何量公差与互换性有何关系? 按互换性组织生产有何实际意义?
3. 加工过程的主要误差来源是什么?

第 2 章 几何精度设计的基本内容

2.1 《极限与配合》国标的主要内容

2.1.1 基本术语及定义

1. 尺寸

用特定单位表示长度值或角度值的数值称为尺寸。

代表长度值的尺寸称为线性尺寸,简称为尺寸;代表角度值的尺寸称为角度尺寸,简称为角度。

2. 基本尺寸

基本尺寸是设计给定的尺寸。

孔的基本尺寸常用 D 表示,轴的基本尺寸常用 d 表示。

基本尺寸是设计零件时,根据使用要求,通过刚度、强度计算或结构等方面的考虑,并经过标准化确定的尺寸。它是精度设计的起始尺寸,即计算极限尺寸和极限偏差的起始尺寸。孔、轴配合的基本尺寸相同,如图 2-1 所示。

3. 实际尺寸

实际尺寸是通过测量获得的尺寸。

孔的基本尺寸常用 D_a 表示,轴的基本尺寸常用 d_a 表示。

由于存在测量误差,所以实际尺寸并非尺寸的真值。同时,由于形状误差等影响,零件同一表面不同部位的实际尺寸往往是不等的。

4. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个极限值(见图 2-1)。

两个极限尺寸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($D_{\min}, d_{\min}$)。

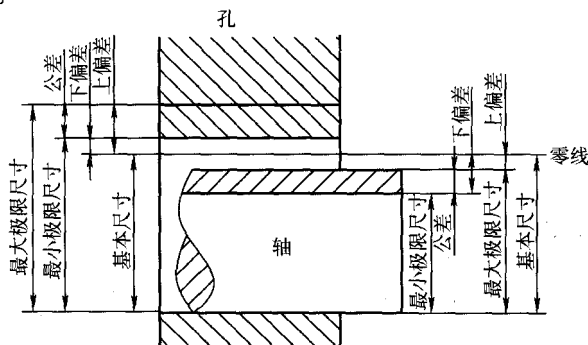


图 2-1 公差与配合示意图

5. 尺寸偏差(简称偏差)

尺寸偏差是指某一个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,即

$$ES = D_{\max} - D \quad es = d_{\max} - d$$

最小极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为下偏差,即

$$EI = D_{\min} - D \quad ei = d_{\min} - d$$

上偏差和下偏差统称为极限偏差。

实际尺寸减其基本尺寸的代数差称为实际偏差,即

$$E_a = D_a - D \quad e_a = d_a - d$$

偏差可以为正值、负值或零值。合格零件的实际偏差应在规定的极限偏差范围内。

6. 尺寸公差(简称公差)

尺寸公差是指允许尺寸的变动量。

公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之差,也等于上偏差与下偏差之差,即

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

7. 零线与公差带

图 2-1 所示是公差与配合的一个示意图,它表明了两个相互结合的孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。在实用中,为简单起见,一般以公差与配合图解(简称公差带图),如图 2-2 所示。

(1) 零线 在公差与配合图解中,确定偏差的一条基准直线,即零偏差线。通常零线表示基本尺寸。正偏差位于零线的上方,负偏差位于零线的下方。

(2) 公差带 在公差带图中,由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域,称为公差带。

在国标中,公差带包括了“公差带大小”与“公差带位置”两个参数。前者由标准公差确定,后者由基本偏差确定。

8. 标准公差

标准公差是由国家标准规定的,用以确定公差带大小的任一公差,常用 IT 表示。GB/T 1800 系列国家标准规定了标准公差数值。标准公差数值的大小与两个因素相关:加工精度高低和基本尺寸大小,并由以下公式决定,即

$$IT = ai$$

式中: a 为公差等级系数,表示加工精度的高低; i 为标准公差因子,表示基本尺寸与标准公差的关系。

为了确定不同加工精度要求情况下的标准公差数值,国家标准规定了 20 个标准公差等级,按加工精度由高到低的顺序依次排列为

$$IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, \dots, IT17, IT18$$

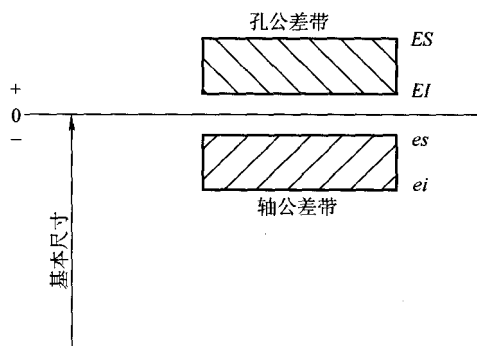


图 2-2 公差带图

由于公差数值与基本尺寸相关,理论上,对于每一个标准公差等级,每一个基本尺寸都应有一个相应的标准公差数值,但这样在实际使用时非常不便。为了减少标准公差数值的数目,统一和简化标准公差数值表格,采用对基本尺寸分段的方法,使得同一公差等级、同一尺寸分段内的各基本尺寸的标准公差数值相同。

各标准公差等级的标准公差数值见表 2-1。

9. 基本偏差

基本偏差是国标规定的,用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差,一般指靠近零线的那个偏差。当公差带位于零线上方时,其基本偏差为下偏差;位于零线下方时,其基本偏差为上偏差。

基本偏差系列如图 2-3 所示,基本偏差的代号用拉丁字母表示,大写代表孔,小写代表轴。在 26 个字母中,除去易与其他混淆的 I、L、O、Q、W(i, l, o, q, w)5 个字母外,采用 21 个字母。再加上用两个字母 CD、EF、FG、ZA、ZB、ZC、JS(cd, ef, fg, za, zb, zc, js)表示的 7 个,共有 28 个代号,即孔和轴各有 28 个基本偏差。其中 JS 和 js 在各个公差等级中完全对称,因此基本偏差可为上偏差(+IT/2),也可为下偏差(-IT/2)。JS 和 js 将逐渐取代近似对称偏差 J 和 j,故在国家标准中,孔仅保留了 J6、J7、J8,轴仅保留了 j5、j6、j7、j8 等几种。

对轴 a~h 的基本偏差为上偏差 es ,其绝对值依次逐渐减小;对 j~zc 的基本偏差为下偏差 ei 。对孔 A~H 的基本偏差为下偏差 EI ,其绝对值依次逐渐减小;对 J~ZC 的基本偏差为上偏差 ES 。H 和 h 的基本偏差为零,H 为基准孔,h 为基准轴。在基本偏差系列图中,仅绘出了公差带的一端,对公差带的另一端未绘出,因为它取决于公差等级和这个基本偏差的组合。

轴及孔的基本偏差数值见表 2-2 和表 2-3。

10. 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。

国家标准对配合规定有两种基准制,即基孔制与基轴制。

(1) 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。标准规定基准孔的下偏差为零,基准孔的代号为 H。

(2) 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。标准规定基准轴的上偏差为零,基准轴的代号为 h。

按照孔、轴公差带相对位置的不同,两种基准制都可以形成间隙配合、过渡配合和过盈配合三种类型的配合,如图 2-4 所示。

11. 间隙配合

在孔与轴的配合中,孔的尺寸减去相配合轴的尺寸,其差值为正时是间隙。

(1) 间隙配合 孔的公差带完全在轴的公差带之上,即具有间隙的配合(包括最小间隙等于零的配合)。