



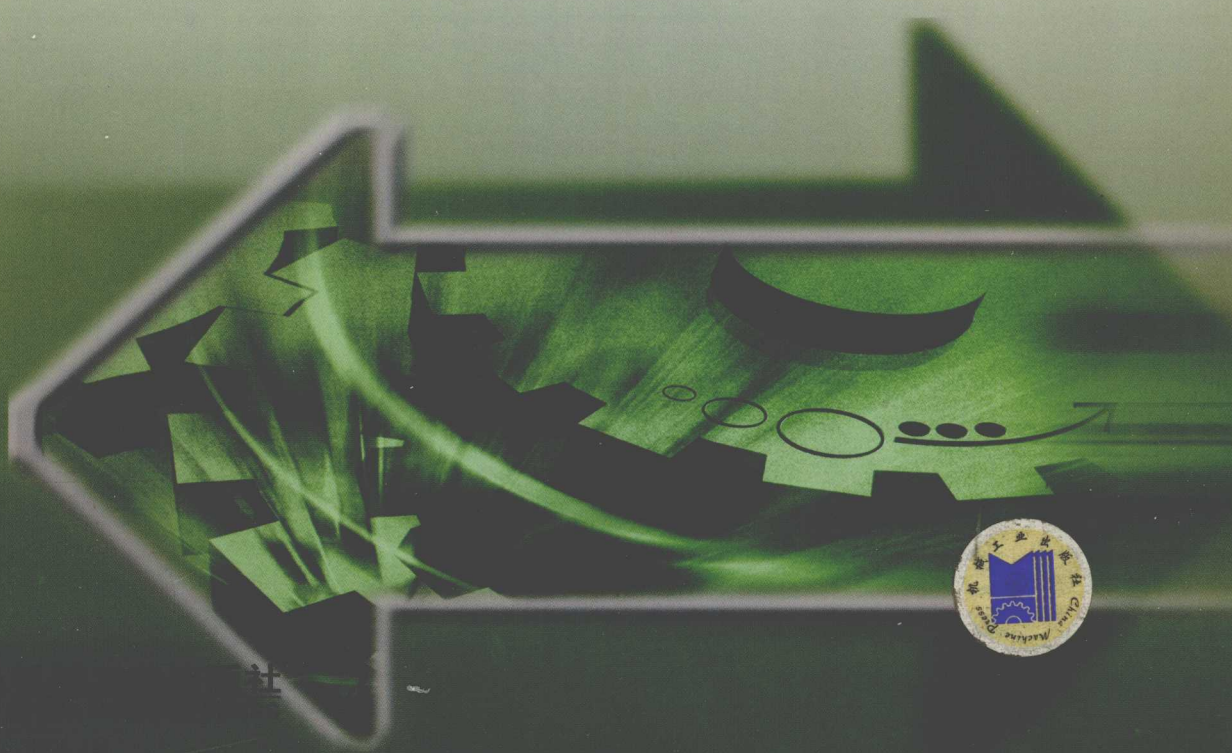
教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校机械专业教学用书

中等职业技术教育规划教材

公差与配合

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会

何兆凤 主编



801
1



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校机械专业教学用书

中等职业技术教育规划教材

公差与配合

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会

主 编 何兆凤

机械工业出版社

本书主要包括：绪论、极限与配合、技术测量的基本知识及常用计量器具、形状公差和位置公差、公差原则、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检测等。

本书供中等职业技术学校机械类专业使用，也可作为中级技能人才培养和工人自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

公差与配合/中国机械工业教育协会, 全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会编. —北京: 机械工业出版社, 2004.1 (2006.8 重印)
中等职业技术教育规划教材
ISBN 7-111-13262-9

I. 公... II. ①中... ②全... III. ①公差—专业学校—教材
②配合—专业学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 096391 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王英杰 版式设计: 张世琴 责任校对: 申春香

责任印制: 李 妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2006 年 8 月第 1 版 · 第 6 次印刷

184mm×260mm · 9.25 印张 · 226 千字

定价: 15.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线: (010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

“中等职业技术教育规划教材” 编审委员会名单

主 任 郝广发

副主任 周学奎 刘亚琴 李超群 何阳春 林爱平 李长江 付 捷
单渭水 卓 嘉 王兆山 张仲民

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 平 王 珂 王 军 王洪琳 付元胜 付志达
刘大力 (常务) 刘家保 许炳鑫 孙国庆 李木杰
李稳贤 李鸿仁 李 涛 何月秋 杨柳青 (常务)
杨耀双 杨君伟 张跃英 林 青 周建惠 赵杰士 (常务)
郝晶卉 荆宏智 (常务) 贾恒旦 黄国雄 董桂桥 (常务)
曾立星 甄国令

本书主编 何兆凤

审定专家 崔文元 赵香梅

前 言

为贯彻落实全国职业教育工作会议精神,克服原有的教材专业设置落后,缺乏新的专业和复合专业,技术内容比较陈旧,理论课内容偏深、偏难的弊端,更好地满足中等职业技术教育教学改革的需要,中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织编写了这套适合新形势的中等职业技术教育规划教材。首批所选五个专业为机床切削加工、数控机床加工、机械设备维修、模具制造与维修、电气维修。本套教材的编写指导思想是:贯彻党的教育方针,依据《劳动法》、《职业教育法》的规定和《国家职业标准》的要求,更新教学内容,突出技能训练,强化创新能力的培养,以培养具备较宽理论基础和复合型技能的人才,使培养的人才适应科技进步、经济发展和市场的需要。其宗旨是:促职业教育改革,助技能人才培养。

为实现这一宗旨,中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织了30多所高、中级技工学校参加了首批五个专业教学计划、教学大纲的制定和教材的编审工作。各学校对新教材的专业选择、课程设置、学时安排、教学计划和教学大纲的制定、教材定位、编写方式等,参照《国家职业标准》相关工种中级工的要求和各校实际,经过三次会议进行了广泛的讨论和充分论证,首先完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作。在教材的编写过程中,贯彻了“简明、实用、够用”的原则,反映了新知识、新技术、新工艺和新方法,体现了科学性、实用性、代表性和先进性,正确处理了理论知识与技能的关系。同时通过对原有教材进行评价,针对其不足并在编写过程中进行了改进,以充分反映学校的实际需要,新教材的价值在于兼顾了学生学习真本事与达到职业技能鉴定考试两种要求。综上所述,本套教材具有以下特色:

- 1) **职业性** 专业设置参照有关专业目录,并根据职业发展变化和社会实际需求确定。
 - 2) **科学性** 教学内容与现代科学技术发展和先进技术装备、技术水平相适应,体现了科学性和先进性。
 - 3) **实践性** 重视实践性教学环节,加强了技能训练和生产实习教学,努力实现产教结合。
 - 4) **衔接性** 与企业培训和其他类型教育相沟通,与国家职业资格证书体系相衔接。
 - 5) **实用性** 教学内容符合职业标准及企业生产实际需要,有利于培养实用型人才。
- 与本教材配套的还有相应教材的习题集。

本套教材的编写工作得到了各学校领导的重视和支持,参加教材编审的人员均为各校的教学骨干,保证了本套教材能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的技术保证,在此对各个学校的支持表示感谢。

由于时间和编者水平有限,书中难免存在某些缺点或错误,敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言

绪论 1

复习与思考题 2

第一章 极限与配合 3

第一节 基本术语及定义 3

第二节 公差带的标准化 8

第三节 极限与配合的选择 23

复习与思考题 27

第二章 技术测量的基本知识 及常用计量器具 29

第一节 技术测量的基本知识 29

第二节 测量长度尺寸的常用 计量器具 33

第三节 测量角度的常用计量器具 46

复习与思考题 54

第三章 形状公差和位置公差 57

第一节 基本概念 57

第二节 形位误差和形位公差 59

第三节 形位公差的标注 63

第四节 形位误差的检测 77

复习与思考题 84

第四章 公差原则 88

第一节 基本概念 88

第二节 公差原则 91

复习与思考题 97

第五章 表面粗糙度 100

第一节 表面粗糙度的概述 100

第二节 表面粗糙度的评定 101

第三节 表面粗糙度的符号、 代号及标注 106

第四节 表面粗糙度的应用及 检测 110

复习与思考题 113

第六章 光滑工件尺寸的检测 114

第一节 用普通计量器具检测 光滑工件 114

第二节 光滑极限量规 118

复习与思考题 124

附录 125

附录 A 轴的极限偏差 125

附录 B 孔的极限偏差 134

绪 论

一、互换性概述

1. 互换性的含义 在人们日常生活中,有大量现象涉及到互换性。例如,机器或仪器上掉了一个螺钉,按相同的规格买一个装上就行了;灯泡坏了,买一个安上就行了;汽车、自行车、手表、电视机等小家电中的零部件,若有损坏,只需换一个新的即可正常使用。

在制造业中,互换性是指制成的同一规格的一批零件或部件,不需作任何挑选、调整或辅助加工(如钳工修理),就能进行装配,并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。显然,互换性应同时具备两个条件,即不需挑选、不经修理就能进行装配;装配以后能满足使用要求。

要使零件具有互换性,就必须保证零件的几何参数的准确性。但是,零件在加工过程中不可避免地要产生误差,而且,这些误差可能会影响到零件的使用性能。如何解决这个问题呢?实践证明,只要将这些误差控制在一定范围内,即按“公差”来制造,仍能满足零件使用功能要求,也就是说仍可以保证零件的互换性要求。公差是指零件的几何参数允许的变动量,它主要包括尺寸误差、形状误差、位置误差和表面微观形状误差——表面粗糙度。

2. 互换性的种类 互换性按其程度和范围的不同可分为完全互换性(绝对互换性)与不完全互换性(有限互换性)。

若零件在装配或更换时,不需选择、不需调整与修理,其互换性称为完全互换性。当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,可将零件的制造公差适当地放大,使之便于加工,加工后,零件按尺寸大小分成若干组,使每组零件之间的实际尺寸差别减小,装配时则按相应组进行(例如,大孔与大轴相配,小孔与小轴相配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难,降低成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,将此种互换性称为不完全互换性。

一般情况下,不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配,至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

3. 互换性的作用

1) 从设计看,按照互换性要求设计产品,最适合选用具有互换性的标准零部件、通用件,使设计、计算、制图等工作大为简化,且便于用计算机进行辅助设计,缩短设计周期,加速产品更新换代。

2) 从制造看,按互换性原则组织生产,各个工件可同时分别加工,实现专业化协调生产,便于用计算机辅助制造,以提高产品质量和生产率,降低制造成本。

3) 从装配看,由于零部件具有互换性,可提高装配质量,缩短装配周期,便于实现装配自动化,提高装配生产率。

4) 从使用看,由于具有互换性,若零部件坏了,可方便地用备件替换,既缩短维修时间,又能保证维修质量,从而可提高机器的利用率,延长机器的使用寿命。

二、标准化

要实现互换性,就要严格按照统一的标准进行设计、制造、装配、检验等。因为现代制造业分工细、生产规模大、协作工厂多、互换性要求高。因此,必须严格按标准协调各个生产环节,才能使分散、局部生产部门和生产环节保持技术统一,使之成为一个有机的生产系统,以实现互换性生产。

标准是指根据科学技术和生产经验的综合成果,在充分协商的基础上,对技术、经济和相关特征的重复之物,由主管机构批准,并以特定形式颁布统一的规定,作为共同遵守的准则和依据。本课程涉及的技术标准多为强制性标准,必须贯彻执行。

技术标准是指作为科研、设计、制造、检验和工程技术、产品、技术设备等制定的标准,其种类繁多,一般可归纳为基础标准、产品标准、方法标准、安全卫生与环保标准等。本课程所讲的极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等都属于基础标准。

标准是指在一定范围内作为共同遵守的准则。标准化是指在制订标准、组织实施标准和对标准实施进行监督的社会活动的全过程。可见,标准化不是一个孤立的概念,而是一个包括制订、贯彻、修订标准,循环往复,不断提高的过程。

各国经济发展的过程表明,标准化是实现现代化的重要手段之一,也是反映现代化水平的重要标志之一。随着科学技术和经济的发展,我国的标准化工作的水平日益提高,在发展产品种类、组织现代化生产、确保互换性、提高产品质量、实现专业化协作生产、加强企业科学管理和产品售后服务等方面发挥了积极的作用,推动了技术、经济和社会的发展。

标准化是组织现代化生产的一个重要手段,是实现专业化协调生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。同时,它又是联系科研、生产、物流、使用等方面的纽带,是社会经济技术合理化的技术基础,还是发展经贸、提高产品在国际市场竞争能力的技术保证。此外,在制造业,标准化是实现互换性生产的基础和前提。总之,标准化直接影响科技、生产、管理、贸易、安全卫生、环境保护等诸多方面,必须坚持贯彻执行标准,不断提高标准化水平。

三、本课程的性质、任务与基本要求

“公差与配合”是中等职业技术学校机械类专业的一门技术基础课。本课程的设置,是为了给专业课和生产实习打下必要的基础。

本课程的任务是通过学习有关国家标准,合理地解决产品使用要求与制造工艺之间的矛盾,并能根据不同零件选用适当的计量器具进行测量。

通过本课程的学习,应使学生熟练掌握公差与配合的术语和基本计算方法;知道形位公差代号和表面粗糙度代号标注的含义;掌握常用量具量仪的结构、工作原理及使用方法。

复习与思考题

1. 什么叫互换性?按互换性原则组织生产有哪些优越性?
2. 互换性有哪两种?各应用于什么场合?
3. 互换性是否只适用于大批量生产?
4. 何谓标准化?试述它在现代化生产中的意义。

第一章 极限与配合

国家标准 GB/T1800.1—1997《极限与配合 基础 第1部分：词汇》、GB/T1800.2—1998《极限与配合 基础 第2部分：公差、偏差和配合的基本规定》、GB/T1800.3—1998《极限与配合 基础 第3部分：标准公差与基本偏差数值表》、GB/T1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》、GB/T1801—1999《极限与配合 公差带与配合的选择》、GB/T1804—2000《一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差》，是涉及面广、影响大的重要基础标准。这些标准适用于圆柱表面和由单一尺寸确定的几何形状的内、外表面的尺寸公差，以及由它们组成的配合。

第一节 基本术语及定义

为了正确掌握极限与配合标准及其应用，统一设计、工艺、检验等人员对极限与配合标准的理解，必须明确规定极限与配合的术语和定义，即 GB/T1800.1—1997 中规定的术语及定义。

一、孔和轴

1. 孔 通常指工件的圆柱形内表面，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），如图 1-1a 所示。

2. 轴 通常指工件的圆柱形外表面，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），如图 1-1b 所示。

对于形状复杂的孔和轴可用以下几种方法来进行判断。从加工制造来看，孔的尺寸越加工越大，轴的尺寸越加工越小；从装配关系来看，孔是包容面，轴是被包容面；此外，孔、轴在测量上也有所不同，例如用游标卡尺测孔时用内量爪，测轴时用外量爪。

二、尺寸

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值，它包括直径、半径、宽度、深度、高度及中心距等的尺寸，由数字和特定单位组成。在技术图样和一定范围内，已经注明共同单位（如在尺寸标准中，以 mm 为单位）时，均可只写数字不写单位。

1. 基本尺寸 通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸。基本尺寸可以是一个整数或一个小数，它是设计者通过计算、试验或类比的方法确定的，一般应按标准尺寸系列取

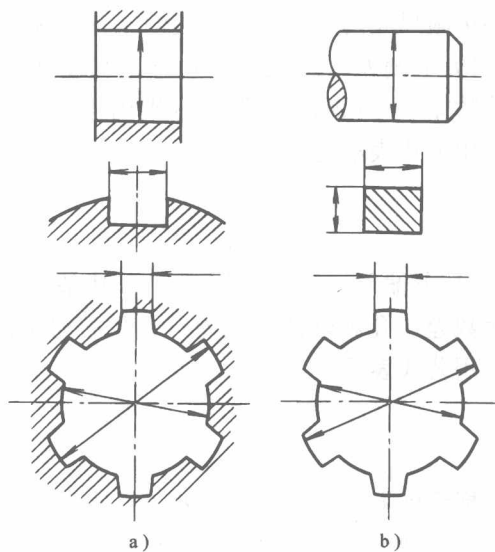


图 1-1 孔和轴

a) 孔 b) 轴

值,以减少定值刀具、量具的规格和数量。孔的基本尺寸用大写字母 D 表示,轴的基本尺寸用小写字母 d 表示。

2. 实际尺寸 通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于存在测量误差,实际尺寸并非被测尺寸的真值。真值是客观存在的,但又是不知道的,因此只能以测得的尺寸作为实际尺寸。

此外,由于工件存在着形状误差,所以不同部位的实际尺寸也不完全相同,如图 1-2 所示。孔的实际尺寸用 D_a 表示,轴用 d_a 表示。

3. 极限尺寸 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。孔或轴允许的最大尺寸为最大极限尺寸,即两个极端中较大的一个;孔或轴允许的最小尺寸为最小极限尺寸,即两个极端中较小的一个。孔的最大、最小极限尺寸分别用 $D_{\max}$, $D_{\min}$ 表示,轴的最大、最小极限尺寸分别用 $d_{\max}$, $d_{\min}$ 表示。

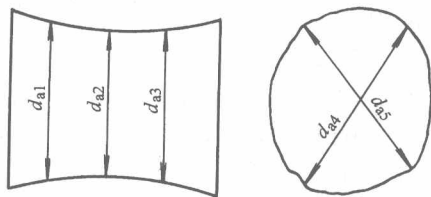


图 1-2 实际尺寸

上述尺寸中,基本尺寸和极限尺寸是设计者确定的尺寸,而实际尺寸是加工后对零件进行测量得到的尺寸。为了保证使用要求,零件的实际尺寸一定要控制在极限尺寸范围内,而基本尺寸却不一定。

三、偏差与公差

1. 偏差 某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等等)减其基本尺寸所得的代数差。根据某一尺寸的不同,偏差可分为极限偏差和实际偏差两种。

(1) 极限偏差 极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。由于极限尺寸有最大极限尺寸和最小极限尺寸两种,因而极限偏差有上偏差和下偏差之分,如图 1-3 所示。

1) 上偏差 最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔和轴的上偏差分别用符号 ES 和 es 表示,用公式表示为

$$ES = D_{\max} - D$$

$$es = d_{\max} - d$$

2) 下偏差 最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔和轴的下偏差分别用符号 EI 和 ei 表示,用公式表示为

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

$$ei = d_{\min} - d$$

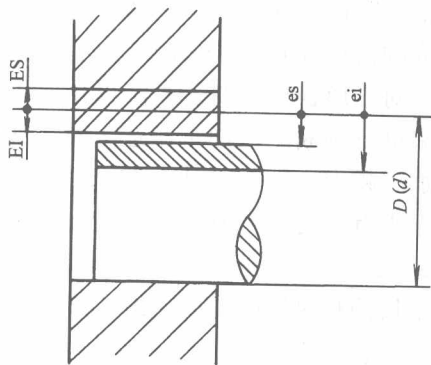


图 1-3 极限偏差

标注极限偏差时,上偏差应注在基本尺寸的右

上方,下偏差注在基本尺寸的右下方,且上偏差必须大于下偏差,偏差数字的字体比尺寸数字的字体小一号,小数点必须对齐,小数点后的位数也必须相同,如 $\phi 20^{+0.098}_{+0.065}$ mm、 $\phi 40^{-0.310}_{-0.560}$ mm; 若上偏差或下偏差为零时,也必须标注在相应的位置上,不可省略,并与上偏差或下偏差的小数点前的个数对齐,如 $\phi 100^0_{-0.087}$ mm、 $\phi 50^{+0.025}_0$ mm; 当上、下偏差数值相同符号相反时,需简化标注,偏差数字的字体高度与尺寸数字的字体相同,如 $\phi 80 \pm 0.023$ mm。

由于极限偏差是用代数差来定义的, 极限尺寸可能大于、小于、等于基本尺寸, 所以极限偏差可以为正、负或零值。偏差使用时, 除零外, 前面必须标上相应的“+”号或“-”号。

(2) 实际偏差 实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。合格零件的实际偏差应在规定的极限偏差范围内。

2. 尺寸公差 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, 简称公差, 如图 1-4 所示。它是允许尺寸的变动量。

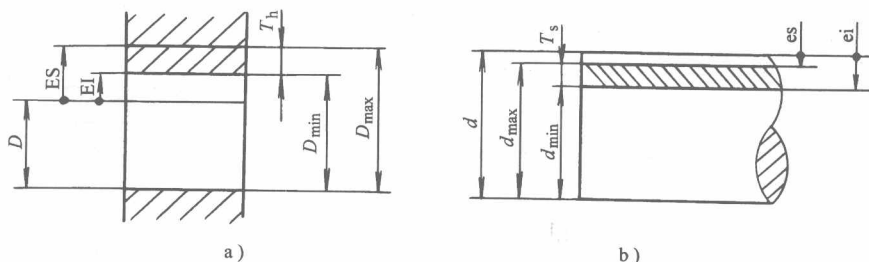


图 1-4 公差
a) 孔的公差 b) 轴的公差

零件的实际尺寸若想合格, 它只有在最大极限尺寸与最小极限尺寸之间的范围内变动。变动仅涉及到大小, 因此用绝对值定义, 所以公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值, 或等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。孔和轴的公差分别用 T_h 和 T_s 表示, 其计算方式为

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$$

应当指出, 公差与偏差是两个不同的概念, 公差是用绝对值来定义的, 没有正、负, 所以前面不能标“+”号或“-”号; 而且零件在加工时不可避免存在着各种误差, 其实际尺寸的大小总是变动的, 所以公差不能为零。

例 1 求孔 $\phi 30^{+0.075}_{+0.050}$ mm 的公差。

解 $T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |30.075\text{mm} - 30.050\text{mm}| = 0.025\text{mm}$

或 $T_h = |ES - EI| = | + 0.075\text{mm} - (+ 0.050)\text{mm}| = 0.025\text{mm}$

图 1-5 是极限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

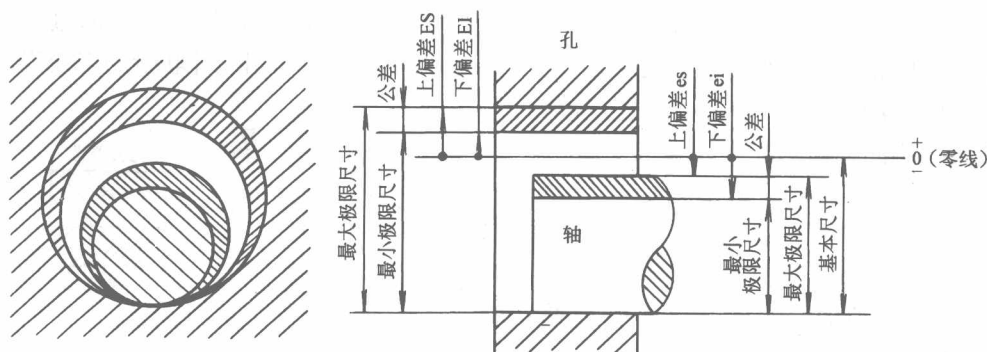


图 1-5 极限与配合示意图

尺寸、极限偏差与公差的关系。

3. 极限与配合图解 由于公差和偏差的数值比基本尺寸数值小得太多, 不便于用同一比例表示, 为此可只将公差值按规定放大画出, 这种图称为极限与配合图解, 简称公差带图, 如图 1-6 所示。公差带图由零线和公差带组成。

(1) 零线 在极限与配合图解中, 表示基本尺寸的一条直线, 以其为基准确定偏差和公差。通常, 公差带图的零线水平放置, 正偏差位于零线的上方, 负偏差位于零线的下方, 零偏差与零线重合。偏差数值以 mm 为单位时可省略标注, 而以 μm 为单位时, 则必须注明。

(2) 公差带 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。公差带由公差带大小和公差带位置两个要素组成, 前者指公差带在零线垂直方向上的宽度, 由标准公差确定; 后者指公差带相对于零线的位置, 由基本偏差确定。画公差带图时, 注意孔、轴公差带剖面线方向及疏密程度。

例 2 画出孔 $\phi 50^{+0.025}_0 \text{ mm}$ 、轴 $\phi 50^{-0.025}_{-0.041} \text{ mm}$ 的公差带图。

解 1) 画零线, 标注出“0”、“+”、“-”, 用箭头指在零线的左侧, 注出基本尺寸 $\phi 50 \text{ mm}$ 。

2) 选适当比例, 画出孔、轴公差带, 并将极限偏差数值标注出来, 如图 1-7 所示。

4. 极限制 经标准化的公差与偏差制度。为了使公差带标准化, GB/T1800.1—1997 相应提出了标准公差和基本偏差两个术语, 后面将详细介绍。

四、配合

1. 配合的基本概念

(1) 配合 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、轴的装配关系, 而不是指单个孔和单个轴的相配关系, 所以用公差带关系来反映配合就比较确切。

(2) 间隙或过盈 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时是间隙, 用 X 表示, 为负时是过盈, 用 Y 表示。过盈就是负的间隙, 间隙就是负的过盈。间隙的大小决定两相配件的相对运动的活动程度, 过盈大小则决定两相配件联接的牢固程度。

2. 配合的类别 根据孔、轴公差带相对位置关系不同, 可把配合分成三类:

(1) 间隙配合 具有间隙 (包括最小间隙等于零) 的配合。间隙配合, 必须保证同一规格的一批孔的直径大于或等于相互配合的一批轴的直径。其配合特点是: 孔的公差带在轴的公差带之上, 如图 1-8 所示。

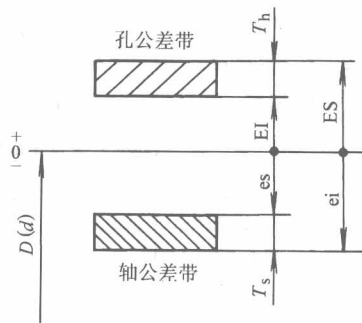


图 1-6 公差带图

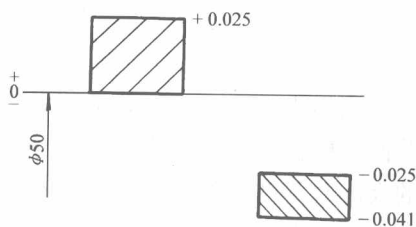


图 1-7 例 2 公差带图

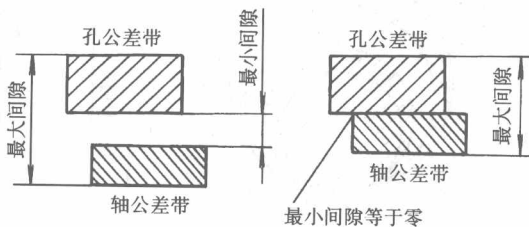


图 1-8 间隙配合

由于孔、轴的实际尺寸允许在最大极限尺寸和最小极限尺寸之间变动,因此配合后形成的实际间隙也是变动的。当孔为最大极限尺寸、轴为最小极限尺寸时,配合处于最松状态,此时的间隙称为最大间隙,用 $X_{\max}$ 表示。当孔为最小极限尺寸、轴为最大极限尺寸时,配合处于最紧状态,此时的间隙称为最小间隙,用 $X_{\min}$ 表示。最大间隙和最小间隙用下列公式确定

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es$$

最大间隙和最小间隙统称为极限间隙。

任何间隙配合,若孔、轴加工合格,其实际间隙 X 应该满足关系式 $X_{\min} \leq X \leq X_{\max}$ 。

例 3 试确定孔 $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 30^{+0.020}_{-0.033}$ mm 配合的极限间隙。

解 $X_{\max} = ES - ei = +0.021\text{mm} - (-0.033)\text{mm} = +0.054\text{mm}$

$$X_{\min} = EI - es = 0\text{mm} - (-0.020)\text{mm} = +0.020\text{mm}$$

(2) 过盈配合 具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。过盈配合,必须保证同一规格的一批孔的直径小于或等于相互配合的一批轴的直径。其配合特点是:孔的公差带在轴的公差带之下,如图 1-9 所示。

由于孔、轴的实际尺寸允许在最大极限尺寸和最小极限尺寸之间变动,因此配合后形成的实际过盈也是变动的。当孔为最小极限尺寸、轴为最大极限尺寸时,配合处于最紧状态,此时的过盈为最大过盈,用 $Y_{\max}$ 表示。当孔为最大极限尺寸、轴为最小极限尺寸时,配合处于最松状态,此时的过盈称为最小过盈,用 $Y_{\min}$ 表示。最大过盈和最小过盈用下列公式确定

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei$$

最大过盈和最小过盈统称为极限过盈。任何过盈配合,若孔、轴加工合格,其实际过盈 Y 应该满足关系式 $Y_{\max} \leq Y \leq Y_{\min}$ 。

间隙配合中的零间隙和过盈配合中的零过盈,都是孔的尺寸减轴的尺寸所得的代数差等于零,那么实际工作中如何判断它们是零间隙还是零过盈呢?若 $EI = es$,且 $ES > ei$,则是间隙配合的零间隙;若 $ES = ei$,且 $EI < es$,则是过盈配合的零过盈。零间隙是间隙配合中最小间隙等于零,孔、轴处于最紧的配合状态;零过盈是过盈配合中最小过盈等于零,孔、轴处于最松的配合状态。

例 4 试确定孔 $\phi 25^{+0.033}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{+0.069}_{+0.048}$ mm 配合的极限过盈。

解 $Y_{\max} = EI - es = 0\text{mm} - (+0.069)\text{mm} = -0.069\text{mm}$

$$Y_{\min} = ES - ei = +0.033\text{mm} - (+0.048)\text{mm} = -0.015\text{mm}$$

(3) 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合。过渡配合,同一规格的一批孔的直径可能大于、小于或等于相互配合的一批轴的直径。其配合特点是:孔的公差带与轴的公差带相互交叠,如图 1-10 所示。

过渡配合中,若孔的尺寸大于轴的尺寸时形成间隙,反之形成过盈,若孔的尺寸和轴的

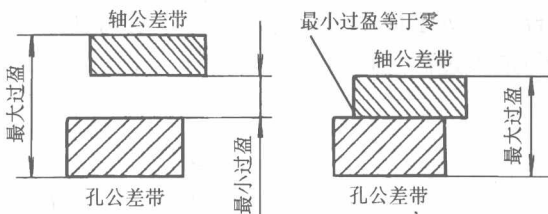


图 1-9 过盈配合

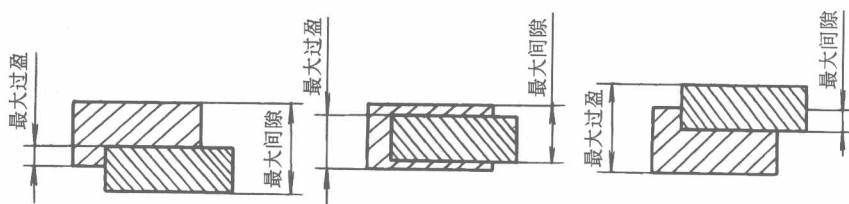


图 1-10 过渡配合

尺寸相等时形成零间隙或零过盈，但它不能代表过渡配合的性质特征。过渡配合松紧程度的特征值是最大间隙和最大过盈。

任何过渡配合，若孔、轴加工合格，实际间隙或实际过盈均应满足关系式 $Y_{\max} \leq X$ 或 $(Y) \leq X_{\max}$ 。

3. 配合公差 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。

对于间隙配合，配合公差等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值；对于过盈配合，配合公差等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对值；对于过渡配合，配合公差等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对值。计算公式如下

$$\text{间隙配合} \quad T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$$

$$\text{过盈配合} \quad T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$$

$$\text{过渡配合} \quad T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$$

若将以上三式中的极限间隙或极限过盈分别用孔和轴的极限尺寸代入，则可得出

$$T_f = T_h + T_s$$

当基本尺寸一定时，配合公差 T_f 表示配合松紧的变化范围，即配合的精确程度，是功能要求（即设计要求）；而孔公差 T_h 和轴公差 T_s 分别表示孔和轴加工的精确程度，是制造要求（即工艺要求）。通过关系式 $T_f = T_h + T_s$ ，将这两方面的要求联系在一起。若功能要求或设计要求提高，即 T_f 减小，则 $(T_h + T_s)$ 也要减小，加工更困难，成本也将提高。因此，这个关系式正好说明“公差”的实质，反映出零件的功能要求与制造要求的矛盾或设计与工艺的矛盾。

例 5 计算孔 $\phi 50^{+0.025}_0$ mm 与轴 $\phi 50^{+0.018}_{+0.002}$ mm 配合的最大间隙、最大过盈及配合公差。

$$\text{解} \quad X_{\max} = ES - ei = +0.025\text{mm} - (+0.002)\text{mm} = +0.023\text{mm}$$

$$Y_{\max} = EI - es = 0\text{mm} - (+0.018)\text{mm} = -0.018\text{mm}$$

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |(+0.023)\text{mm} - (-0.018)\text{mm}| = 0.041\text{mm}$$

4. 配合制 同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度。极限制和配合制，统称为“极限与配合制”。

第二节 公差带的标准化

公差带的标准化是指公差带大小和公差带位置的标准化，这是极限与配合标准的核心内容。

一、标准公差系列

标准公差 (IT) 是指标准极限与配合制中表列的用以确定公差带大小的任一公差。由若干标准公差所组成的系列称为标准公差系列, 它以表格的形式列出, 称为标准公差数值表 (表 1-1)。由此表可以看出标准公差的数值大小与两个因素有关: 标准公差等级和基本尺寸分段。

表 1-1 标准公差数值

基本尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	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: 1. 基本尺寸大于 500mm 的 IT1 至 IT5 的标准公差数值为试行的。

2. 基本尺寸小于或等于 1mm 时, 无 IT14 至 IT18。

1. 标准公差等级 确定尺寸精确程度的等级。同一公差等级对所有基本尺寸的一组公差被认为具有同等精确程度。其划分通常以加工方法在一般条件下所能达到的经济精度为依据, 并满足广泛且不同的使用要求。

标准公差等级用字母 IT 加阿拉伯数字表示。IT 表示标准公差, 阿拉伯数字表示标准公差等级数。GB/T1800.3—1998 在基本尺寸至 500mm 内, 规定了 IT01, IT0, IT1…IT18 共 20 个标准公差等级, 但 IT01 和 IT0 在工业上很少用到, 因而将其数值列入了 GB/T 1800.3—1998 的附录中, 见表 1-2。从 IT01 至 IT18, 公差等级依次降低, 而相应的标准公差值依次增大。IT01 精度最高, IT18 精度最低。

表 1-2 IT01 和 IT0 的标准公差数值

基本尺寸/mm		标准公差等级		基本尺寸/mm		标准公差等级	
		IT01	IT0			IT01	IT0
大于	至	公差/ μm		大于	至	公差/ μm	
—	3	0.3	0.5	80	120	1	1.5
3	6	0.4	0.6	120	180	1.2	2
6	10	0.4	0.6	180	250	2	3
10	18	0.5	0.8	250	315	2.5	4
18	30	0.6	1	315	400	3	5
30	50	0.6	1	400	500	4	6
50	80	0.8	1.2				

2. 基本尺寸分段 在确定标准公差数值时, 每一个基本尺寸, 都可计算出一个相应的公差值。但在生产实践中, 基本尺寸很多, 这样会形成极为庞大的公差数值表, 它既不实用, 也没必要, 反而给生产带来困难。为了减少公差数目, 简化表格, 便于实现标准化, 必须对基本尺寸进行分段, 即在同一标准公差等级下, 同一尺寸段的所有基本尺寸, 规定相同的标准公差值。为此, GB/T1800.3—1998 对基本尺寸至 3150mm 的进行分段规定, 见表 1-3。

表 1-3 基本尺寸分段

(单位: mm)

主 段 落		中 间 段 落		主 段 落		中 间 段 落	
大 于	至	大 于	至	大 于	至	大 于	至
—	3	无细分段		50	80	50	65
3	6					65	80
6	10						
10	18	10 14	14 18	80	120	80 100	100 120
18	30	18 24	24 30	120	180	120 140 160	140 160 180
30	50	30 40	40 50	180	250	180 200 225	200 225 250

(续)

主 段 落		中 间 段 落		主 段 落		中 间 段 落	
大 于	至	大 于	至	大 于	至	大 于	至
250	315	250 280	280 315	800	1000	800 900	900 1000
315	400	315 355	355 400	1000	1250	1000 1120	1120 1250
400	500	400 450	450 500	1250	1600	1250 1400	1400 1600
500	630	500 560	560 630	1600	2000	1600 1800	1800 2000
				2000	2500	2000 2240	2240 2500
630	800	630 710	710 800	2500	3150	2500 2800	2800 3150

该表将基本尺寸分段分为主段落和中间段落，主段落用于标准公差中的基本尺寸分段（表 1-1 和表 1-2），中间段落用于基本偏差中的基本尺寸分段（表 1-5 和表 1-6）。

从标准公差数值表不难看出：公差等级相同时，随着基本尺寸的增大，标准公差数值也随之增大。为什么呢？因为在相同的加工精度条件下，加工误差是随着基本尺寸的增大而增大的。因此，尽管不同的基本尺寸所对应的标准公差值不同，但它们却具有相同的精度，即相同的加工难易程度。

二、基本偏差系列

基本偏差是指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。它可以是上偏差或下偏差，一般指靠近零线的那个偏差。当公差带在零线以上时，基本偏差为下偏差；当公差带在零线以下时，基本偏差为上偏差，如图 1-11 所示。基本偏差是决定公差带位置的参数。为了公差带位置的标准化，满足孔和轴配合松紧程度的不同要求，GB/T 1800.2—1998 规定了孔和轴各有 28 个基本偏差，如图 1-12 所示。这些不同的标准化了的基本偏差便构成了基本偏差系列。

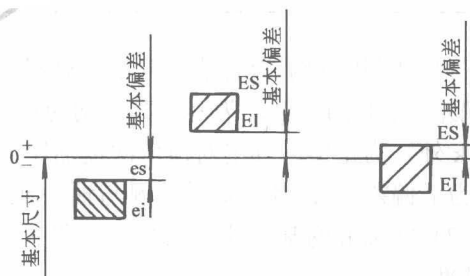


图 1-11 基本偏差

1. 基本偏差代号及特点 基本偏差代号用拉丁字母表示。大写字母表示孔，小写字母表示轴，如图 1-12 所示。在 26 个字母中，除去容易与其他含义混淆的 I, L, O, Q, W (i, l, o, q, w) 5 个字母外，再加上用两个字母 CD, EF, FG, JS, ZA, ZB, ZC, (cd, ef, fg, js, za, zb, zc) 表示的 7 个，共有 28 个代号（表 1-4），构成孔或轴的基本偏差系列，反映了 28 种公差带的位置。

由图 1-12 可以看出，基本偏差有如下特点：