

普通中等专业教育机电类规划教材

公差配合与测量技术

重庆机器制造学校 黄云清 主编



机械工业出版社

普通中等专业教育机电类规划教材

公差配合与测量技术

| | | |
|----------|-----|----|
| 重庆机器制造学校 | 黄云清 | 主编 |
| 广东省机械学校 | 高 锋 | 参编 |
| 西安仪表工业学校 | 张远平 | |
| 河北机电学校 | 符锡琦 | 主审 |



机械工业出版社

本书为机械工业部中专机械制造专业“八五”规划出版的必修课教材，实用性强，内容少而精。全书突出介绍了常见几何参数的公差，配合要求的标注、查表与解释以及对几何量的常见检测方法和数据处理。全书采用新的国家标准，表述新颖、通俗易懂，方便自学。

本书可作为中专与职工大学、业余大学机械制造或其它机械类专业的教材，也可供从事机械设计与机械制造的工程技术人员、工人学习参考。

公差配合与测量技术

重庆机器制造学校 黄云清 主编

*

责任编辑：林 松 版式设计：张世琴

封面设计：郭景云 责任校对：孙志筠

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京市百万庄大街22号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京交通印务实业公司印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 17.25·字数 418千字

1998年10月第1版·第5次印刷

印数：103 001—123 000 定价：20.00元

*

ISBN 7-111-04876-8/TH·638（课）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

序 言

《机械制造工艺学》《机床夹具设计》《金属切削机床》《金属切削原理与刀具》《液压传动》《公差配合与测量技术》《机械加工基础》《机床电气控制技术》《计算机应用基础》《数控机床及其应用》《冷冲模设计》《机械设备维修工艺学》等 12 种教材,系机械工业部中等专业学校机械制造专业教学指导委员会组织编写的第四轮中等专业教育机电类规划教材。本轮教材是在机械工业部教育司领导下和机械工业出版社教材编辑室的直接指导下编写而成的。

机械制造专业教学指导委员会为组织本轮教材的编写做了各项准备工作:根据机械工业部教育司下达的“关于制(修)订机械工业中等专业学校教学计划的原则和规定”,指导委员会从 1992 年 11 月到 1994 年 7 月,先后四次对机械制造专业教学计划进行制订修改;1993 年 4 月,指导委员会分别组织各门课程骨干教师参加“教学计划”“教学大纲”的研讨,并于同年 8 月扩大至由 37 所学校 49 名科主任以上代表参加的扩大会议,对“大纲”“计划”进行了广泛讨论,因而教学计划和各课大纲反映和总结了各校教改的经验和成果,反映了各地区对机制专业的共同要求;为了把好教材质量关,指导委员会对各课程的编审人员进行严格筛选,从各校推荐名单中选出学术水平高并具有一定教材编写经验的教师参加本轮教材的编审工作。

为适应市场经济的需要,根据机械制造专业的教改精神,本轮教材在“必需”“够用”的前提下,保证了机械制造专业中专生有关知识的基本要求,其内容既体现了实用性,又体现了灵活性和先进性。根据每周实行五天工作制的具体情况,对教材内容作了进一步调整,每门课程的知识含量规定了上、下限,教材中除基本要求以外,还编入带“*”的内容,供各校选用,因而教材的适用范围较大,除供初中四年制中专应用以外,也可供初中三年制和高中两年制中专应用,还可供有关高等职业学校应用。热忱欢迎有关学校选用,并提出宝贵意见。

本轮教材的编写,得到了有关部门和学校的大力支持,在此表示衷心感谢。

机械工业部中等专业学校
机械制造专业教学指导委员会
1995 年 5 月

前 言

本书是中等专业学校机械制造专业与其它机械类专业的必修课教材。系根据机械工业部中等专业学校教材编审“八五”出版规划及机械工业部审定的招收初中毕业生、学制为四年的《公差配合与测量技术》教学大纲组织编写的。本书教学总学时数为 70 学时。

针对机械制造专业培养目标和对毕业生的基本要求,本书在编写中,遵循了理论教学以应用为主的原则,本着理论以必须、够用为度,注意了加强实用性内容,突出了常见几何参数公差要求的标注、查表、解释以及对几何量的一般常见检测方法和数据处理的内容,全书采用了新的国家标准,内容尽可能做到少而精。表述上力求通俗、新颖,方便读者自学。

本书可作为中专、职工大学、业余大学机械制造专业和其它机械类专业的教材,也可供一般从事机械设计与制造的工程技术人员、工人学习参考。

本书由重庆机器制造学校黄云清主编;西安仪表工业学校张远平、广东省机械学校高锋参编;由河北机电学校符锡琦主审。本书绪论,第一、二、三章由黄云清编写,第五、六、八、十章由张远平编写,第四、七、九章由高锋编写。

参加本书教学大纲讨论、审稿会及资料整理的还有:福建机电学校陈泽民、邢闽芳、秦立训;北京市机械工业学校林从滋;武汉市机械工业学校朱志恒;哈尔滨机械工业学校李文彬;广西机械学校贾玉蓉;山西长治机电学校赵雪花;沈阳机电学校赵辉;山东省机械工业学校张蔚波;重庆机器制造学校夏小玲;江西省机械工业学校陈舒拉等。谨此表示衷心地感谢。

限于编者水平,书中难免谬误与错漏之处,恳切希望广大读者批评指正。

1995 年 5 月

目 录

| | |
|----------------------|-----|
| 序言 | |
| 前言 | |
| 绪论 | 1 |
| 第一节 互换性概述 | 1 |
| 第二节 互换性生产的实现 | 2 |
| 第三节 本课程的任务 | 5 |
| 思考题 | 5 |
| 第一章 光滑圆柱的公差与配合 | 6 |
| 第一节 光滑圆柱公差与配合的基本概念 | 6 |
| 第二节 公差与配合标准的主要内容简介 | 12 |
| 第三节 公差配合选择 | 26 |
| 第四节 滚动轴承的公差与配合 | 38 |
| 习题 | 46 |
| 第二章 测量技术基础 | 48 |
| 第一节 概述 | 48 |
| 第二节 测量误差 | 55 |
| 第三节 光滑工件尺寸的检测 | 66 |
| 习题 | 72 |
| 第三章 形状和位置公差及检测 | 74 |
| 第一节 概述 | 74 |
| 第二节 形状公差和形状误差检测 | 80 |
| 第三节 位置公差和位置误差检测 | 95 |
| 第四节 形位公差与尺寸公差的关系 | 110 |
| 第五节 形位公差的选择 | 117 |
| 习题 | 132 |
| 第四章 表面粗糙度及其检测 | 139 |
| 第一节 概述 | 139 |
| 第二节 表面粗糙度的评定 | 140 |
| 第三节 表面粗糙度评定参数及数值的选用 | 143 |
| 第四节 表面粗糙度符号和代号及其注法 | 147 |
| 第五节 表面粗糙度的检测 | 149 |
| 习题 | 153 |
| 第五章 量规设计基础 | 154 |
| 第一节 光滑极限量规的设计 | 154 |
| 第二节 位置量规简介 | 161 |
| 习题 | 170 |
| 第六章 圆锥和角度的公差与检测 | 171 |
| 第一节 概述 | 171 |
| 第二节 圆锥公差 | 174 |
| 第三节 圆锥配合 | 180 |
| 第四节 角度公差 | 183 |
| 第五节 角度和锥度的检测 | 184 |
| 习题 | 188 |
| 第七章 平键、花键联结的公差与检测 | 189 |
| 第一节 平键联结的公差与检测 | 189 |
| 第二节 矩形花键联结的公差与检测 | 193 |
| 习题 | 200 |
| 第八章 普通螺纹结合的公差与检测 | 201 |
| 第一节 概述 | 201 |
| 第二节 普通螺纹的公差与配合 | 206 |
| 第三节 机床丝杠、螺母公差简介 | 213 |
| 第四节 螺纹的检测 | 215 |
| 习题 | 218 |
| 第九章 渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测 | 219 |
| 第一节 概述 | 219 |
| 第二节 齿轮的误差及其评定指标与检测 | 220 |
| 第三节 齿轮副的精度及侧隙评定指标 | 234 |
| 第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用 | 237 |
| 习题 | 255 |
| 第十章 尺寸链 | 257 |
| 第一节 基本概念 | 257 |
| 第二节 用完全互换法解算尺寸链的基本公式 | 261 |
| 第三节 完全互换法解算尺寸链 | 261 |
| 习题 | 266 |
| 参考文献 | 266 |

绪 论

第一节 互换性概述

不论如何复杂的机械产品，都是由大量的通用与标准零部件所组成的，这些零部件可以由不同的专业化厂家来制造，这样，产品生产厂只生产少量的零部件，其它零部件将由其他厂家制造及提供。产品生产厂家不仅可以大大减少生产费用还可以缩短生产周期，及时满足市场用户的需要。

一、互换性的概念

既然现代化生产是按专业化、协作化组织生产的，这就提出了一个如何保证互换性的问题。在人们的日常生活中，有大量的现象涉及到互换性，例如机器或仪器上掉了一个螺钉，按相同的规格换一个就行了；灯泡坏了，同样换个就行了；汽车、拖拉机乃至自行车、缝纫机、手表中某个机件磨损了，也可以换上一个新的；便能满足使用要求。

1. 互换性的含义

所谓互换性是指机械产品中同一规格的一批零件或部件，任取其中一件，不需作任何挑选、调整或辅助加工（如钳工修配），就能进行装配，并能保证满足机械产品的使用性能要求的一种特性。

2. 互换性的种类

按互换性的程度可分为完全互换（绝对互换）与不完全互换（有限互换）。

若零件在装配或更换时，不需选择、不需调整或辅助加工（修配），则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时，采用完全互换性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，而在零件完工后，再用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组，使每组零件间实际尺寸的差别减小，装配时按相应组进行（例如，大孔组零件与大轴组零件相配，小孔组零件与小轴组零件相配）。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。此种仅组内零件可以互换，组与组之间不能互换的特性，称之为不完全互换性。

对标准部件或机构来说，互换性又可分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机构与其相配件间的互换性，例如，滚动轴承内圈内径与轴的配合，外圈外径与轴承孔的配合。

内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性，例如，滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠（滚柱）直径的装配。

为使用方便起见，滚动轴承的外互换采用完全互换；而其内互换则因其组成零件的精度要求高，加工困难，故采用分组装配，为不完全互换。一般地说，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。

二、互换性的作用

从使用上看,由于零件具有互换性,零件坏了,可以以新换旧,方便维修,从而延长了机器的使用寿命。

从制造上看,互换性是组织专业化协作生产的重要基础,而专业化大生产才有可能采用高科技和高生产率的先进工艺和装备,从而提高生产率,提高产品质量,降低生产成本。

从设计上看,可以简化制图、计算工作,缩短设计周期,并便于用计算机进行辅助设计(CAD),这对发展系列产品十分重要。例如,手表在发展新品种时,采取了使用具有互换性的统一机心,不同品种只需进行外观的造型设计,这就使设计与生产准备的周期大大缩短。

互换性生产是随着大批量生产而发展和完善起来的,它不仅在大批量生产中广为采用,而且在生产由单一品种的大批量生产,逐步向多品种、小批量生产的发展中,以及由传统的生产方式向现代化的数字控制(NC)、计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)及柔性生产系统(FMS)和更先进的计算机综合自动化生产系统(CIMS)的逐步过渡中也仍起着重要的作用。科学技术越发展,对互换性的要求越高、越严格。例如柔性生产系统的主要特点,是可以根据市场需求改变生产线上产品的型号和品种。当生产线上工序变动时,信息送给多品种控制器,控制器接受将要装配哪些零件的指令后,指定机器人(机械手)选择零件,进行装配,并经校核送到下一工序。库存零件提取后,由计算机通知加工站补充零件。显然按这种生产系统对互换性的要求更加严格。

因此,互换性原则是组织现代化生产的极为重要的技术经济原则。

第二节 互换性生产的实现

一、公差的概念

任何一台不论简单或复杂的机械,都不外乎是由若干最基本的零件所构成。这些具有一定尺寸、形状和相互位置几何参数的零件,可以通过各种不同的连接形式而装配成为一个整体。

图 0-1 所示齿轮液压泵的各个零件,便是通过光滑圆柱结合(如图中 $\phi 15H7/f6$ 、 $\phi 34$ 、 $42H8/f7$ 等部位)、圆锥结合、键联结、螺纹结合(如图中 $M22\times 1.5$ 部位)、齿轮传动等各种形式而连接成为一个整体。显然,要满足齿轮液压泵的使用功能,保证装配质量,首先必须控制零件的制造质量。

由于任何零件都要经过加工的过程,无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高,要使加工零件的尺寸、形状和位置做得绝对准确,不但不可能,也是没有必要的。只要将零件加工后各几何参数(尺寸、形状和位置)所产生的误差控制在一定的范围内,就可以保证零件的使用功能,同时还能实现互换性。

零件几何参数这种允许的变动量称为公差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。公差用来控制加工中的误差,以保证互换性的实现。因此,建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

二、标准化

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。

标准大都是指技术标准。它是指为产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所

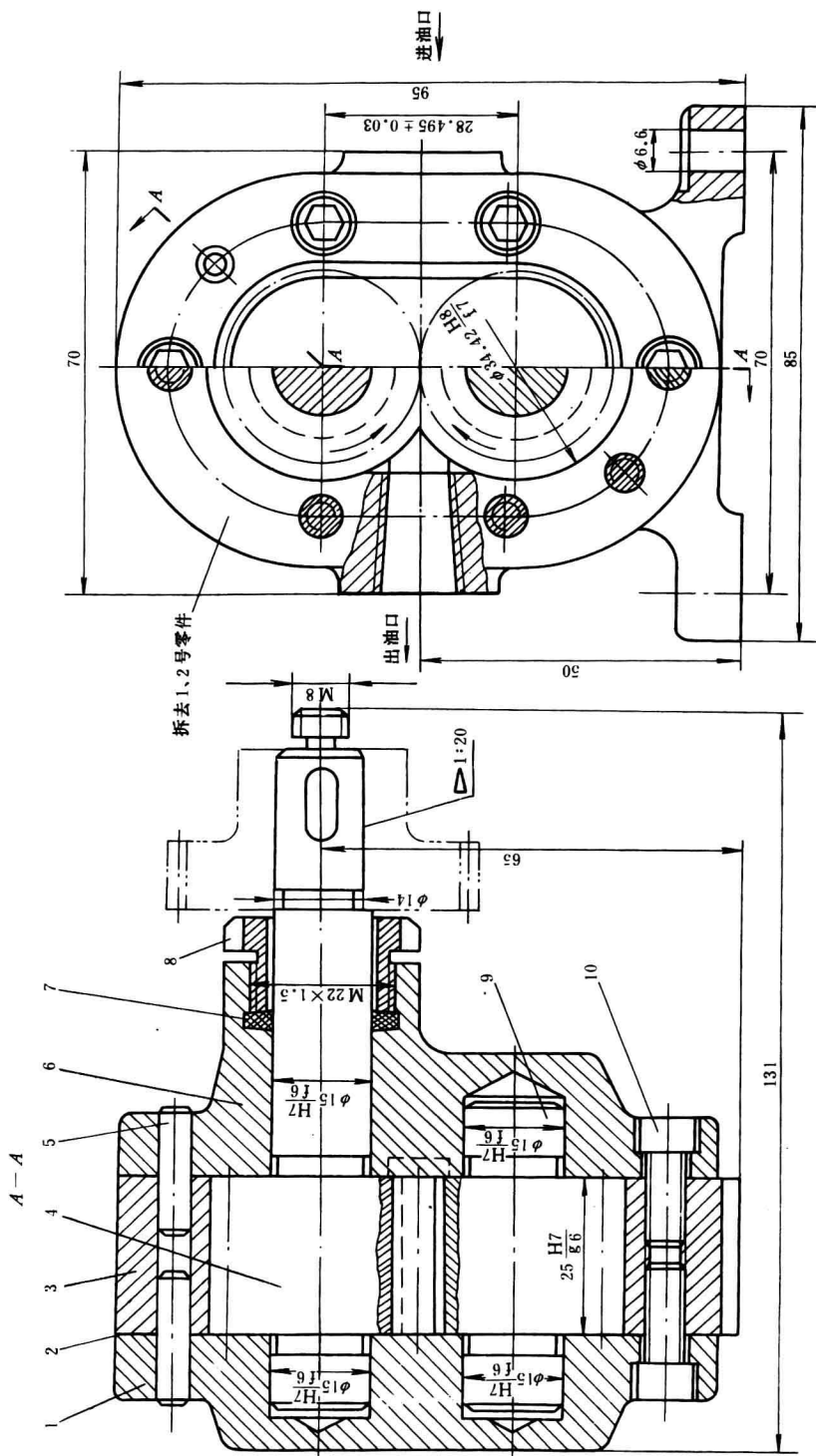


图 0-1 齿轮液油泵

- 1—泵盖 2—纸垫 3—泵体 4—齿轮轴 5—销
- 6—泵盖 7—毡圈 8—螺塞 9—内轮 10—螺钉

作的技术规定，是从事生产、建设工作的一种共同技术依据。

标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

标准中的基础标准则是指生产技术活动中最基本的、具有广泛指导意义的标准。这类标准具有最一般的共性，因而是通用性最广的标准。例如，公差与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等等。

在现代化生产中，标准化是一项重要的技术措施。因为一种机械产品的制造，往往涉及到许多部门和企业，为了适应生产上相互联系的各个部门与企业之间在技术上相互协调的要求，必须有一个共同的技术标准，使独立的、分散的部门和企业之间保持必要的技术统一，使相互联系的生产过程形成一个有机的整体，以实现互换性生产。所以标准化是实现互换性生产的基础。随着生产的社会化程度越高，分工越细，协作越密切，协调与衔接越不可缺，标准化就越显得重要。

三、优先数和优先数系

在制定公差标准的表格以及设计零件的结构参数时，都需要通过数值来表示。

任一产品的参数数值不仅与自身的技术特性有关，而且还直接、间接地影响到与其配套关系的一系列产品的参数数值。例如：螺母直径数值，影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等一系列产品的直径数值。

不仅如此，为了满足对产品不同的要求，产品必然会出现不同的规格。例如：上述螺母的参数还要从最大到最小取不同数值，从而形成不同规格的螺母系列。这个系列确定合理与否，与所取数值如何分级直接有关，并影响经济效益。而且每一种产品不止只有一种参数数值。而每一种参数又具有一系列数值，这样形成的数值更加繁多，如果没有一个共同遵守选用数值的准则，势必造成产品的数值杂乱无章，品种规格过于繁多，以致给组织生产、协作配套、供应、使用、维修和管理等方面带来困难。为了把实际应用的数值限制在较小范围内，又能适应各种场合的需要，所以必须对数值进行选优、协调、简化与统一。其根本的办法是建立一种必须共同遵守而又能够满足各种需要的科学数值分级制度，作为数值的统一标准。

实践证明，优先数系是一种科学的数值制度，适用于各种量值分级，不仅对数值的协调、简化起重要作用，而且是制定其它标准的依据。

优先数系是一种十进几何级数，所谓十进即几何级数的项值中包括 1, 10, 100, … 和 0.1, 0.01, 0.001, …, 10^{-n} 这些数（这里 n 为正整数）。按 1~10, 10~100, … 和 1~0.1, 0.1~0.01, … 划分区间，称为十进段。几何级数的特点是任意相邻二项之比为一常数（公比），所以它的数列为等比数列。并以 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$ 作为公比，这样的等比数列使用方便有利，于是就优先采用，称这样的几何级数为优先数系。

因此在工业标准化、设计等方面涉及选择数值系列时，必须采用优先数系。

国家标准《优先数和优先数系》GB321—80 规定五个系列，分别用符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示，称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列，其中前四个是常用的基本系列，后一种作为补充系列，仅用于分级很细的场合。

优先数系在各种公差标准中广泛采用，公差标准表格中数值，都是按照优先数系选定的。例如，《公差与配合》国家标准中的标准公差值主要是按 R5 系列确定的。

四、检测与计量

先进的公差标准是实现互换性的基础。但是，仅有公差标准而无相应的检测措施还不足

以保证实现互换性。必要的检测是保证互换性生产的手段。通过检测，几何参数的误差控制在规定的公差范围内，零件就合格，就能满足互换性要求。反之，零件就不合格，也就不能达到互换的目的。

检测的目的，不仅在于仲裁零件是否合格，还要根据检测的结果，分析产生废品的原因，以便设法减少废品，进而消除废品。

随着生产和科学技术的发展，对几何参数的检测精度和检测效率，提出了越来越高的要求。

要进行检测，还必须从计量上保证长度计量单位的统一，在全国范围内规定严格的量值传递系统及采用相应的测量方法和测量工具，以保证必要的检测精度。

第三节 本课程的任务

本课程是机械类各专业的一门重要技术基础课，是联系设计课程与工艺课程的纽带，是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

本课程是从互换性角度出发，围绕误差与公差这两个基本概念，研究如何解决使用要求与制造要求的矛盾。

学生在学习本课程之前，应具有一定的理论知识和初步的生产实践知识，能读图并懂得图样的注法，学生完成本课程的学习任务以后，初步达到：

- 1) 建立几何参数互换性与标准化的基本概念。
- 2) 认识各种几何参数有关公差标准的基本内容和主要规定。
- 3) 会初步选用公差和配合；对常见公差要求会正确标注、解释和查用有关表格。
- 4) 会正确选择、使用生产现场的常用量具和仪器，能对一般几何量进行综合检测和数据处理。
- 5) 会设计光滑量规和简单的位置量规。

本课程除课堂教学要讲授检测知识外，在机制专业教学计划中还安排了实验专用周，以配合本课程的讲授，强化学生的检测技能。此外，为了培养学生的综合运用能力和设计能力，还安排了半周的大型作业。

总之，本课程的任务在于使学生获得机械工艺技术员所必须具备的几何量公差与检测方面的基本知识和技能。而后续课程的教学和毕业后的实际工作锻炼，则将使学生进一步加深理解和逐渐熟练掌握本课程的内容。

思考题

- 0-1 什么是互换性？什么是完全与不完全互换？
- 0-2 为什么现代化生产必须按互换性原则进行？
- 0-3 怎样才能实现互换性生产？
- 0-4 为什么要规定公差？
- 0-5 何谓标准化？标准化有何重要意义？
- 0-6 为什么要采用优先数系？
- 0-7 为什么检测是实现互换性的重要手段？
- 0-8 本课程的主要任务是什么？

第一章 光滑圆柱的公差与配合

单一尺寸几何参数的光滑圆柱结合为众多连接形式中最基本的形式，在机械中亦应用最为广泛。这种尺寸结合形式所规定的公差与配合标准，还适用于零件上的其它表面与结构。本章在介绍光滑圆柱结合时，将着重讨论光滑圆柱的公差与配合标准的应用。

第一节 光滑圆柱公差与配合的基本概念

一、有关尺寸的术语定义

尺寸是指用特定单位表示长度值的数字。

长度值包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。在机械制图中，图样上的尺寸通常以 mm 为单位，在标注时常将单位省略，仅标注数值。当以其它单位表示尺寸时，则应注明相应的长度单位。

1. 基本尺寸

设计给定的尺寸称为基本尺寸（孔—— D 、轴—— d ）。

设计时，根据使用要求，一般通过强度和刚度计算或由机械结构等方面的考虑来给定尺寸。基本尺寸一般应按照标准尺寸系列选取（见 GB2822—81）。

2. 实际尺寸

通过测量所得的尺寸。由于测量过程中，不可避免地存在测量误差，同一零件的相同部位用同一量具重复测量多次，其测量的实际尺寸也不完全相同。因此实际尺寸并非尺寸的真值。另外，由于零件形状误差的影响，同一轴截面内，不同部位的实际尺寸也不一定相等，在同一横截面内，不同方向上的实际尺寸也可能不相等，如图 1-1 所示。

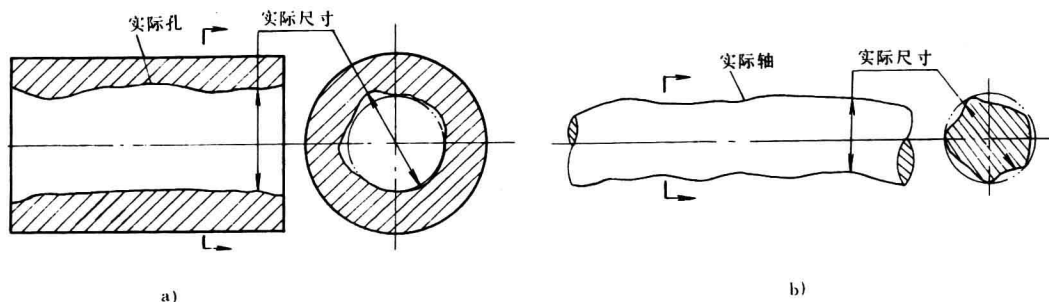


图 1-1 实际尺寸

3. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。其中较大的称为最大极限尺寸，较小的称为最小极限尺寸。

极限尺寸是根据设计要求而确定的，其目的是为了限制加工零件的尺寸变动范围。若完

工的零件，任一位置的实际尺寸都在此范围内，即实际尺寸小于或等于最大极限尺寸，大于或等于最小极限尺寸的零件方为合格。否则，为不合格。

4. 实体状态和实体尺寸

可分为最大实体状态和最小实体状态。

最大实体状态和最大实体尺寸：指孔或轴在尺寸公差范围内，允许占有材料是最多时的状态，在此状态下的尺寸为最大实体尺寸。对于孔为最小极限尺寸，对于轴为最大极限尺寸，如图 1-2 所示。

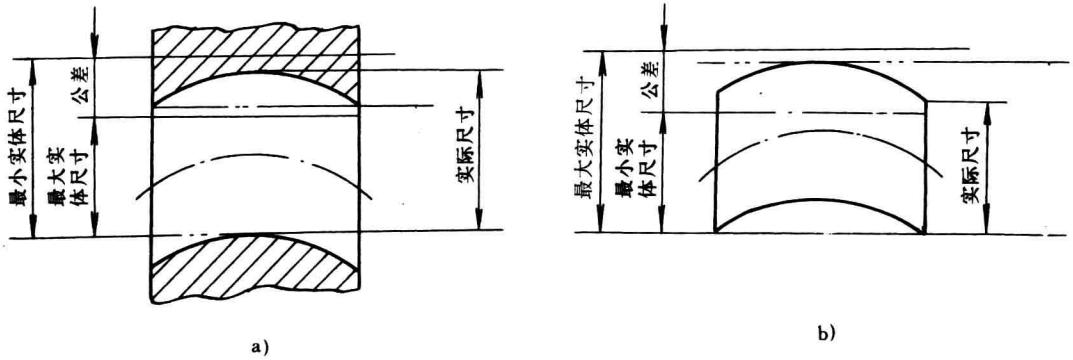


图 1-2 实体尺寸

a) 弯曲的孔 b) 弯曲的轴

二、有关尺寸偏差和公差术语及定义

1. 尺寸偏差

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差（简称偏差）。孔用 E 表示，轴用 e 表示。偏差可能为正或负，亦可为零。

2. 实际偏差

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。

由于实际尺寸可能大于、小于或等于基本尺寸，因此实际偏差可能为正、负或零值，不论书写或计算时必须带上正或负号。

3. 极限偏差

极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

上偏差：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 表示，轴用 es 表示。

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

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

式中 D_{\max} 、 D ——孔的最大极限尺寸和基本尺寸；

d_{\max} 、 d ——轴的最大极限尺寸和基本尺寸。

下偏差：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 表示，轴用 ei 表示。

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

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

式中 D_{\min} ——孔的最小极限尺寸；

d_{\min} ——轴的最小极限尺寸。

上、下偏差皆可能为正、负或零。因为最大极限尺寸总是大于最小极限尺寸，所以，上偏差总是大于下偏差。由于在零件图上采用基本尺寸带上、下偏差的标注，可以直观地表示出公差和极限尺寸的大小，加之对基本尺寸相同的孔和轴，使用上下偏差来计算它们之间的相互关系比用极限尺寸更为简便，因此在实际生产中极限偏差应用较广泛。

4. 尺寸公差

允许的尺寸变动量；简称公差。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，也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。若孔的公差用 T_D 表示，轴的公差用 T_d 表示。其关系为：

$$T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (1-1)$$

$$T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (1-2)$$

必须指出：公差和极限偏差是两种不同的概念，公差大小是决定了允许尺寸变动范围的大小，若公差值大，则允许尺寸变动范围大，因而要求加工精度低；相反，若公差值小，则允许尺寸变动范围小，因而要求加工精度高。极限偏差是决定了极限尺寸相对基本尺寸的位置。如图 1-3b 所示，轴的最大极限尺寸和最小极限尺寸皆小于基本尺寸，所以上、下偏差皆为负值。

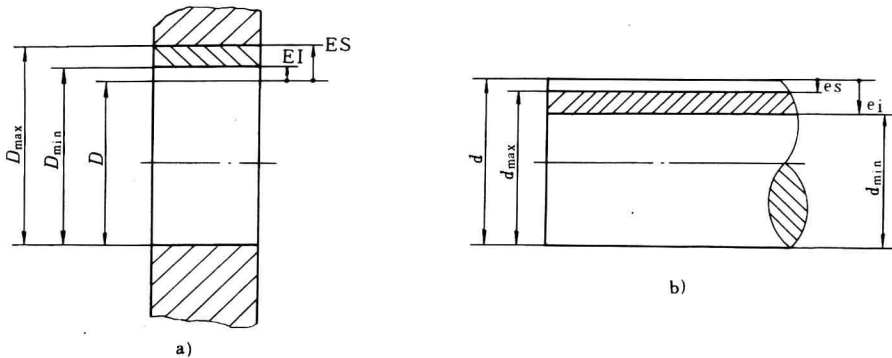


图 1-3 基本尺寸、极限尺寸与极限偏差

a) 孔 b) 轴

以上所述基本尺寸、极限尺寸、极限偏差和公差之间关系见图 1-3。

5. 尺寸公差带

表示零件的尺寸相对其基本尺寸所允许变动的范围，叫做公差带。用图所表示的公差带，称为公差带图（图 1-4）。

由于基本尺寸与公差值的大小悬殊，不便于用同一比例在图上表示，为了分析问题方便，以零线表示基本尺寸，相对于零线画出上、下偏差，以表示孔或轴的公差带。

在公差带图中，零线是确定极限偏差的一条基准线，极限偏差位于零线上方，表示偏差为正，位于零线下方，表示偏差为负，当与零线重合时，表示偏差为零。

上、下偏差之间的宽度表示公差带的大小，即公差值，此值由标准公差确定。公差带相对零线的位置由基本偏差确定。所谓基本偏差，一般为公差带靠近零线的那个偏差（当公差带位于零线的上方时，基本偏差为下偏差；当公差带位于零线的下方时，基本偏差为上偏

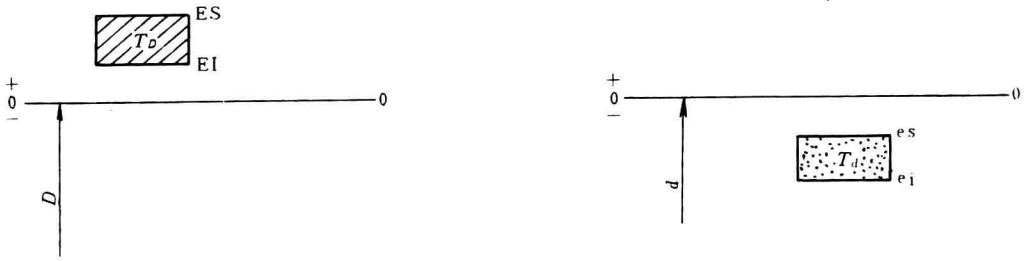


图 1-4 公差带图

差), 如图 1-5 所示。

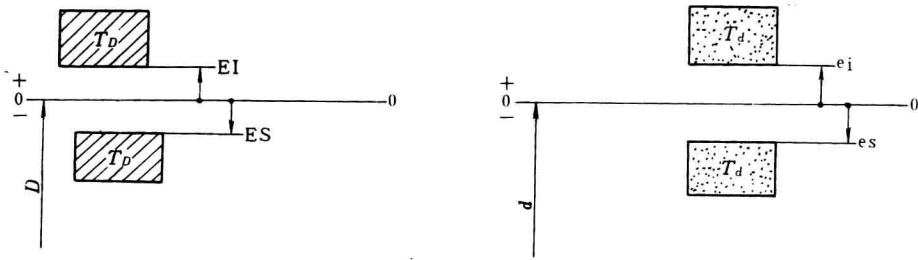


图 1-5 基本偏差示意图

三、有关配合的术语及定义

所谓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。

1. 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, 为负时是过盈。

2. 间隙配合

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(图 1-6)。由于孔和轴的实际尺寸在各自的公差带内变动, 因此装配后每对孔、轴间的间隙也是变动的。当孔制成最大极限尺寸轴制成最小极限尺寸时, 装配后得到最大间隙; 当孔制成最小极限尺寸轴制成最大极限尺寸时, 装配后便得到最小间隙。即

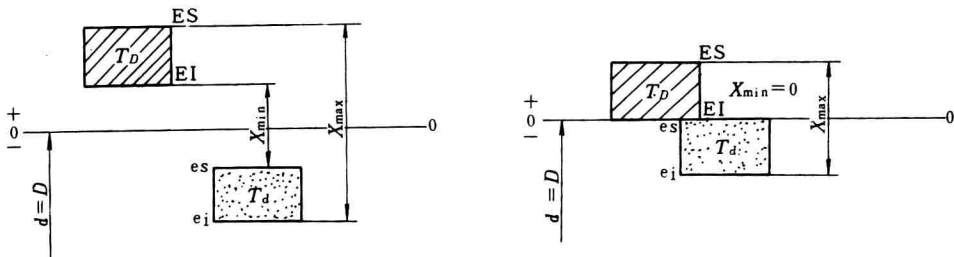


图 1-6 间隙配合

最大间隙

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-3)$$

最小间隙

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-4)$$

表 1-1 三大类配合综合比较表

(mm)

| 配合类型 | 间隙配合 | 过盈配合 | 过渡配合 |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 项目 | 具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合 | 具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合 | 可能具有间隙或过盈的配合 |
| 定义：一批合格轴孔按互换性原则组成 | | | |
| 轴孔公差带关系： 实例 | 孔公差带在轴公差之上 $\phi 30 \frac{H7 (+0.021)}{g6 (-0.007)}$ | 孔公差在轴公差之下 $\phi 30 \frac{H7 (+0.021)}{p6 (+0.035)}$ | 孔、轴公差带交叠 $\phi 30 \frac{H7 (+0.021)}{k6 (+0.002)}$ |
| | | | |
| 配合松紧的特征参数 | 孔轴均处于最大实体尺寸： $D_{min} - d_{max} = EI - es$ | | |
| | 可能最紧配合状态下的极限盈隙 $X_{min} = 0 - (-0.007) = +0.007$ | $Y_{max} = 0 - (+0.035) = -0.035$ | $Y_{max} = 0 - (+0.015) = -0.015$ |
| | 孔轴均处于最小实体尺寸： $D_{max} - d_{min} = ES - ei$ | | |
| 可能最松配合状态下的极限盈隙 $X_{max} = +0.021 - (-0.020) = +0.041$ | $Y_{min} = +0.021 - (+0.022) = -0.001$ | $X_{max} = +0.021 - (+0.002) = +0.019$ | |
| 平均间隙（或平均过盈） | $X_{av} = (X_{max} + X_{min}) / 2$ | $Y_{av} = (Y_{min} + Y_{max}) / 2$ | $X_{av} (Y_{av}) = (Y_{max} + X_{max}) / 2$ |
| 配合松紧变化程度特征参数配合公差 T_f | $ X_{max} - X_{min} $ | $ Y_{min} - Y_{max} $ | $ X_{max} - Y_{max} $ |
| | $T_f = T_D + T_d$ | | |
| 配合公差带图： | | | |

间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙，它是最大间隙与最小间隙的平均值。即

$$\text{平均间隙} \quad X_{av} = \frac{1}{2} (X_{max} + X_{min}) \quad (1-5)$$

3. 过盈配合

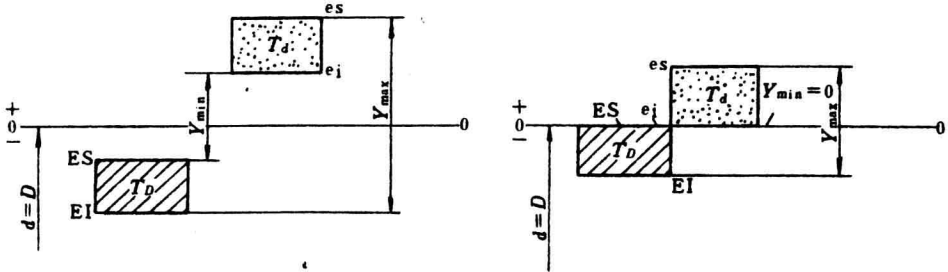


图 1-7 过盈配合

具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合，称为过盈配合。此时孔的公差带在轴的公差带之下。如图 1-7 所示，同样每对孔、轴的过盈也是变化的。孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差，其值为负时称为最小过盈。孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差，其值为负时称为最大过盈。平均过盈为最大过盈和最小过盈的平均值，即

$$\text{最小过盈} \quad Y_{min} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (1-6)$$

$$\text{最大过盈} \quad Y_{max} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (1-7)$$

$$\text{平均过盈} \quad Y_{av} = \frac{1}{2} (Y_{max} + Y_{min}) \quad (1-8)$$

4. 过渡配合

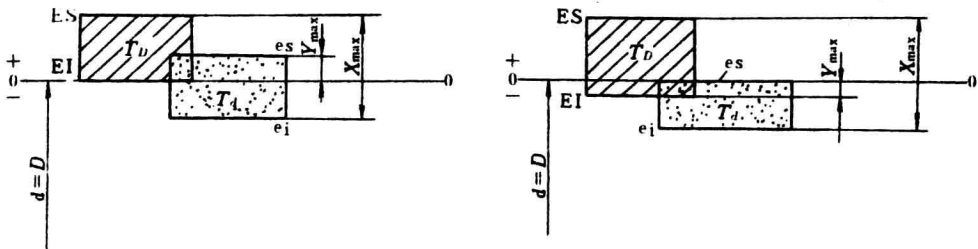


图 1-8 过渡配合

可能具有间隙或过盈的配合，称为过渡配合。此时，孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图 1-8 所示。过渡配合中，每对孔、轴间的间隙或过盈也是变化的。当孔制成最大极限尺寸轴制成最小极限尺寸时，配合后得到最大间隙；当孔制成最小极限尺寸轴制成最大极限尺寸时，配合后得到最大过盈。过渡配合的平均松紧程度，可能是平均间隙，也可能是平均过盈。当相互交叠的孔的公差带高于轴的公差带时，为平均间隙；当相互交叠的孔的公差带低于轴的公差带时，为平均过盈。

在过渡配合中，平均间隙或平均过盈为最大间隙与最大过盈的平均值，所得值为正，则为平均间隙；为负则为平均过盈。即

$$X_{av} (Y_{av}) = \frac{1}{2} (X_{max} + Y_{max}) \quad (1-9)$$

5. 配合公差