

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专机电类规划教材
机械工业出版社精品教材

公差配合与测量技术

第2版

主 编 黄云清
副主编 张远平
参 编 高 锋 程惠清
主 审 王化培



机械工业出版社

第2版前言

随着社会经济建设和科学技术的发展,社会劳动力市场对高技能人才的需求数量越来越大。为适应这种新的发展形势,高等职业技术教育的机电类专业也应根据生产的需要来设置课程。“公差配合与测量技术”正是从这个角度出发所设置的一门课程。对于机电类专业,“公差配合与测量技术”课程和“机械零件”课程及“机械制图”课程虽同属技术基础类课程,但他们彼此的任务却根本不同,“机械零件”课程主要是研究机械零件结构的设计;“机械制图”课程则主要是研究机械及结构的表达;而“公差配合与测量技术”课程的任务主要是研究机械几何精度的设计与检测。

以机械中的一个零件——传动轴为例:传动轴的结构形状和尺寸的确定是“机械零件”课程所要解决的问题;如何用机械图正确表达传动轴的结构形状和尺寸则是“机械制图”课程所要研究的主要问题;传动轴如何根据其功能要求确定结构形状、位置和尺寸的技术要求(公差)以及使用什么手段和方法检测技术要求,这就是“公差配合与测量技术”课程的主要研究任务。所以本课程与生产实践有着直接的联系。

在这次修订过程中,本教材为突出高职培养特色,理论遵循以应用为主的原则,围绕生产图样的技术要求,着重介绍了各种几何参数的精度确定和应用;围绕产品零件的生产质量,着重介绍了车间常用量具与量仪的使用和数据处理,并通过与实验及专用实训周的配合,培养学生熟练的检测技能。编写中,还注意体现加强基础、突出应用的特色。从第一章光滑圆柱的公差与配合至第六章表面粗糙度及其检测为通用基础内容,从第七章圆锥公差配合与检测至第十章渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测为复杂几何参数的应用内容。

新编写的教材在安排课程的系统性时,还特别注意遵循了由浅入深、由简到繁、循序渐进的原则,如先介绍圆柱(单参数),再依次介绍圆锥(二参数)、花键(三参数)、螺纹(五参数)、齿轮(多参数)。在介绍每种参数的公差配合后,联系生产车间实际,接着安排介绍车间常用的检测方法和手段,内容紧扣,目的明确,易于理解。

全书采用最新国家标准解读生产图样,并力求表达通俗易懂,以方便读者自学。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,也可供一般从事机械制造的工人、工艺人员学习参考。

本书由重庆工业职业技术学院黄云清主编并总纂、定稿,西安理工大学高等技术学院张远平为副主编,参加编写的有广东技术师范学院高锋、重庆工业职业技术学院程惠清,重庆工学院王化培任主审。本书绪论、第一章、第二章、第四章、第七章由黄云清编写,第三章、第五章、第九章由张远平编写,第六章由程惠清编写,第八章由高锋编写,第十章由黄云清、高锋编写。

本书电子教案由重庆工业职业技术学院唐健设计与制作,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请广大读者不吝批评指正。

编者

第 1 版前言

根据高等职业技术教育培养技术含量较高的生产第一线实用型和技能型的专业技术人员要求,机电类专业设置课程应以生产的需要为基础,以体现其显著的职业特点。公差配合与测量技术正是从这样的角度出发所设置的一门技术基础课程。机械图是生产中设计人员、工艺人员、工人的技术语言,随着现代工业的发展及产品性能与质量要求的提高,机械图上所标注的技术要求也相应复杂,而这些技术要求在实际生产中通过何种检测手段进行控制又至关重要。所以“公差”与“检测”内容既紧密相关又不可分割。

本书针对高职机电类专业的培养目标和对本毕业生的基本要求,在编写中遵循了理论教学以应用为主的原则,本着理论以必需、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。

本书由黄云清主编,张远平、高锋参编,符锡琦主审。本书第一、二、三、四章由黄云清编写,第六、七、九、十一章由张远平编写,第五、八、十章由高锋编写。

参加本书讨论、审稿及资料整理工作的还有:陈泽民、邢闽芳、秦元训、林从滋、朱志恒、李文彬、贾玉容、赵雪花、赵辉、张尉波、陈舒拉和夏小玲等,需特别一提的是屈波,在修稿与绘图中做了不少工作,一并谨此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免有谬误与错漏之处,恳切希望广大读者批评指正。

编者

目

录

第2版前言

第1版前言

绪论

- 第一节 技术要求与机械图 1
- 第二节 互换性、公差与高质量产品 1
- 第三节 互换性生产的实现 3
- 第四节 本课程的任务 5
- 习题 5

第一章 光滑圆柱的公差与配合

- 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 13
- 第三节 公差配合选择 28
- 第四节 配制配合与配作 40
- 第五节 统计尺寸公差 42
- 第六节 滚动轴承的公差与配合 44
- 习题 53

第二章 测量技术基础

- 第一节 概述 55
- 第二节 生产中常用长度量具与量仪 62
- 第三节 测量误差 76
- 第四节 光滑工件尺寸的检测 86
- 习题 90

第三章 光滑极限量规

- 第一节 光滑极限量规概述 92
- 第二节 工作量规的设计 97
- 习题 100

第四章 形状和位置公差及检测

- 第一节 概述 101

- 第二节 形状公差和形状误差检测 110
- 第三节 位置公差和位置误差检测 125
- 第四节 形位公差与尺寸公差的相关性要求 141
- 第五节 形位公差的选择 154
- 习题 169

第五章 位置量规

- 第一节 基本概念 175
- 第二节 位置量规的设计 177
- 习题 185

第六章 表面粗糙度及其检测

- 第一节 概述 186
- 第二节 表面粗糙度的评定 187
- 第三节 表面粗糙度评定参数及数值的选用 190
- 第四节 表面粗糙度符号和代号及其注法 194
- 第五节 表面粗糙度的检测 197
- 习题 201

第七章 圆锥的公差配合与检测

- 第一节 概述 202
- 第二节 圆锥的公差与配合 206
- 第三节 圆锥的检测 215
- 第四节 圆锥公差配合与检测的综合应用 218
- 习题 221

第八章 平键、花键联接的公差与检测

- 第一节 平键联接的公差与检测 223
- 第二节 矩形花键联接的公差与检测 228

习题 234

第九章 普通螺纹结合的公差与检测 235

第一节 概述 235

第二节 普通螺纹的公差与配合 240

第三节 机床丝杠、螺母公差简介 247

第四节 螺纹的检测 249

习题 252

第十章 渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测 254

第一节 概述 254

第二节 齿轮的误差及其评定指标与检测 255

第三节 齿轮副影响传动质量的误差分析 264

第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用 266

第五节 圆柱齿轮新国标的特点与内容简介 283

习题 289

参考文献 291

1 公差与配合 第2版

2 公差与配合 第3版

3 公差与配合 第4版

4 公差与配合 第5版

5 公差与配合 第6版

6 公差与配合 第7版

7 公差与配合 第8版

8 公差与配合 第9版

9 公差与配合 第10版

10 公差与配合 第11版

11 公差与配合 第12版

12 公差与配合 第13版

13 公差与配合 第14版

14 公差与配合 第15版

15 公差与配合 第16版

16 公差与配合 第17版

17 公差与配合 第18版

18 公差与配合 第19版

19 公差与配合 第20版

20 公差与配合 第21版

21 公差与配合 第22版

22 公差与配合 第23版

23 公差与配合 第24版

24 公差与配合 第25版

25 公差与配合 第26版

26 公差与配合 第27版

27 公差与配合 第28版

28 公差与配合 第29版

29 公差与配合 第30版

30 公差与配合 第31版

31 公差与配合 第32版

32 公差与配合 第33版

33 公差与配合 第34版

34 公差与配合 第35版

35 公差与配合 第36版

36 公差与配合 第37版

37 公差与配合 第38版

38 公差与配合 第39版

39 公差与配合 第40版

40 公差与配合 第41版

41 公差与配合 第42版

42 公差与配合 第43版

43 公差与配合 第44版

44 公差与配合 第45版

45 公差与配合 第46版

46 公差与配合 第47版

47 公差与配合 第48版

48 公差与配合 第49版

49 公差与配合 第50版

50 公差与配合 第51版

51 公差与配合 第52版

52 公差与配合 第53版

53 公差与配合 第54版

54 公差与配合 第55版

55 公差与配合 第56版

56 公差与配合 第57版

57 公差与配合 第58版

58 公差与配合 第59版

59 公差与配合 第60版

60 公差与配合 第61版

61 公差与配合 第62版

62 公差与配合 第63版

63 公差与配合 第64版

64 公差与配合 第65版

65 公差与配合 第66版

66 公差与配合 第67版

67 公差与配合 第68版

68 公差与配合 第69版

69 公差与配合 第70版

70 公差与配合 第71版

71 公差与配合 第72版

72 公差与配合 第73版

73 公差与配合 第74版

74 公差与配合 第75版

75 公差与配合 第76版

76 公差与配合 第77版

77 公差与配合 第78版

78 公差与配合 第79版

79 公差与配合 第80版

80 公差与配合 第81版

81 公差与配合 第82版

82 公差与配合 第83版

83 公差与配合 第84版

84 公差与配合 第85版

85 公差与配合 第86版

86 公差与配合 第87版

87 公差与配合 第88版

88 公差与配合 第89版

89 公差与配合 第90版

90 公差与配合 第91版

91 公差与配合 第92版

92 公差与配合 第93版

93 公差与配合 第94版

94 公差与配合 第95版

95 公差与配合 第96版

96 公差与配合 第97版

97 公差与配合 第98版

98 公差与配合 第99版

99 公差与配合 第100版

100 公差与配合 第101版

绪 论

第一节 技术要求与机械图

随着现代科学技术与生产的发展,对产品与零件的性能要求越来越高,而这些性能要求往往通过技术要求表达在零件图与装配图中。

为了适应我国改革开放的大好形势和现代科学技术的发展,有利于我国同世界各发达国家的技术交流、技术协作和贸易往来,我国已对影响产品与零件性能的各种几何参数颁布了相应的公差配合标准,并逐步与国际标准(ISO)接轨,而这些公差配合标准将直接出现在机械图中。

机械图是表达产品与零部件制造的技术语言,作为现代工程技术人员和工人,不仅要求能看懂机械图所表达的结构,更重要的是能识别在机械图上所表达的各种技术要求,并能初步掌握对这些技术要求如何进行检测,从而能正确判断产品与零部件的加工质量。

第二节 互换性、公差与高质量产品

一、市场竞争机制的发展

随着我国科学技术的发展和社会需求的逐渐多样化,在市场经济的激烈竞争中,要求企业的产品要不断地更新换代,这就必然要促使企业增加产品的品种,减小产品生产的批量。目前,我国进行多品种、中小批量生产的企业已越来越多,据不完全统计,已达到80%左右,并正呈上升的趋势。实际上,在美国和日本这样发达的国家,多品种、中小批量生产的企业早已超过80%,这是市场产品竞争的必然结果。

二、现代机械产品的基本要求——互换性

互换性是指机械产品在装配时,同一规格的零件或部件能够不经选择、不经调整、不经修配,并能保证机械产品使用性能要求的一种特性。机械产品实现了互换性,如果有的零件坏了,可以以新换旧,方便维修,延长机器的使用寿命。从制造来看,互换性可以使企业提高生产率、保证产品的质量和降低制造成本;从设计来看,可以缩短新产品的设计周期,及时满足市场用户的需要。例如:手表在发展新品种时,采取使用具有互换性的统一机芯,不同品种只需进行外观的造型设计。机械产品是如何具有互换性的将在下面介绍。

三、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所示的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、键联接、螺纹联接(如图中 $M22 \times 1.5$ 部位)、齿轮传动

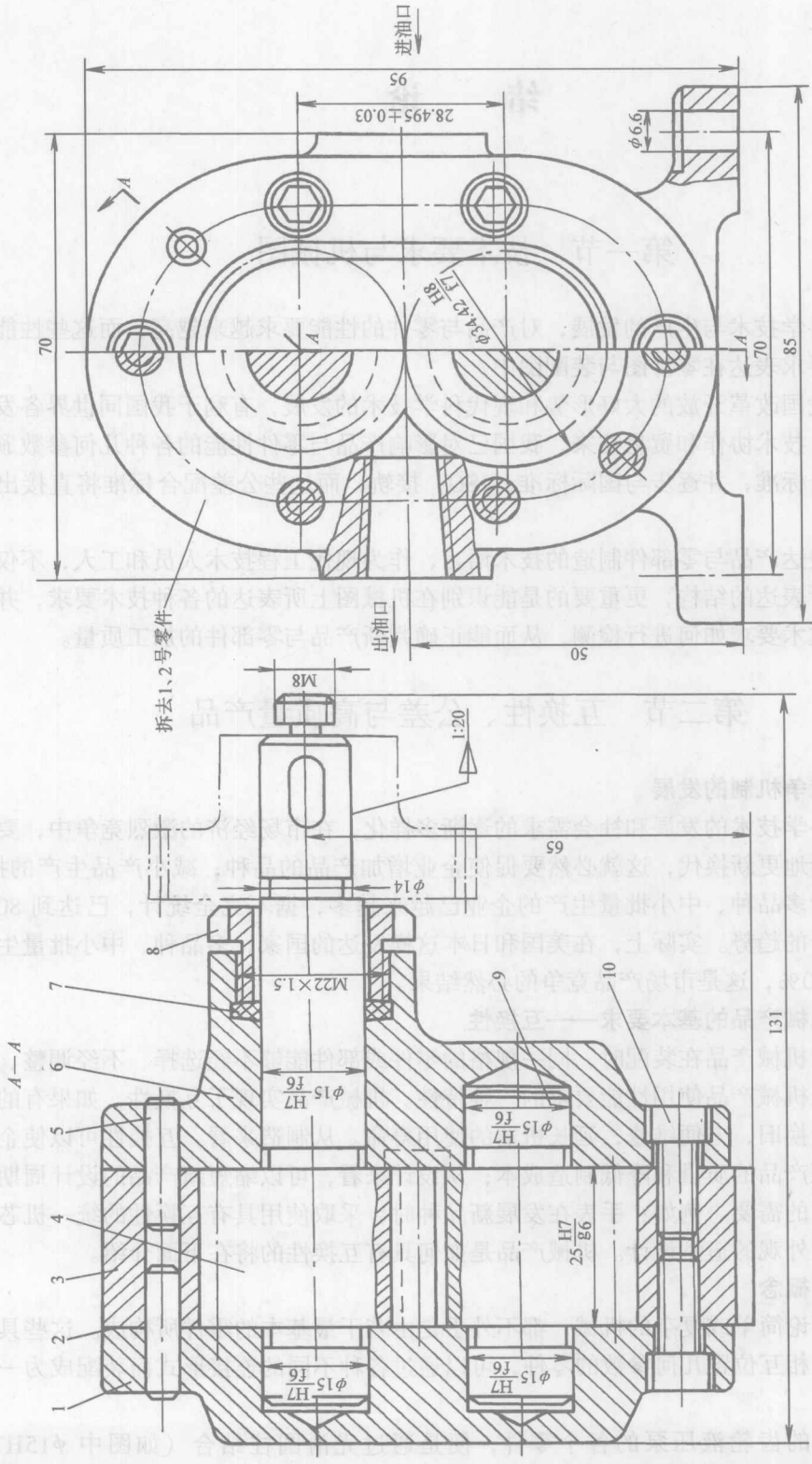


图0-1 齿轮液油泵
 1—泵盖 2—纸垫 3—泵体 4—齿轮轴 5—销 6—泵盖 7—毡圈 8—螺塞 9—齿轮 10—螺钉

等各种形式而连接成为一个整体。显然，要满足齿轮泵的使用功能，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，是不可能的，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，同时这样的零件也具有了互换性。零件几何参数的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。

以零件的尺寸公差为例：图 0-1 中齿轮轴 4 的两端轴颈与两端泵盖（1、6）的孔作间隙配合，由于轴颈要求在泵盖孔中作中速运转，因此配合间隙既不能过大，也不能过小（设计间隙允许范围为 $+0.016 \sim +0.045\text{mm}$ ），为此，对两轴颈和两端泵盖的孔分别规定了实际尺寸的变动范围。譬如：轴颈实际尺寸允许在 $\phi 14.984 \sim \phi 14.973\text{mm}$ 范围内变化；泵盖孔的实际尺寸允许在 $\phi 15.0 \sim \phi 15.018\text{mm}$ 范围内变化。只要制造时，将轴颈与泵盖孔的尺寸误差严格控制在各自的公差范围内（轴颈的公差等于 0.011mm 泵盖孔的公差等于 0.018mm ），就能使配合后的间隙在规定的范围内变化，轴颈与泵盖孔就能在装配时具有互换性。

由于轴颈与泵盖孔加工时，实际尺寸可以在各自的公差范围内变化，因此装配后所得到的间隙也是变化的。从上例可看出：轴颈与泵盖孔的配合间隙变化范围为 $+0.016 \sim +0.045\text{mm}$ ，显然，轴颈与泵盖孔配合间隙处于最大间隙（ $+0.045\text{mm}$ ）和处于最小间隙（ $+0.016\text{mm}$ ）时，工作情况是不一样的。最大间隙时虽然润滑好、发热小，但定心精度相对差些；最小间隙时虽然定心精度高但润滑差、发热相对要大些。如果轴颈与泵盖孔的配合间隙处于中间值（即为 $+0.0305\text{mm}$ ），显然配合的工作性能就比较好，兼顾了定心精度和润滑。所以，随着现代机械产品性能的提高，不但要求产品零件具有互换性，而且要求“平均盈隙性”要好。所谓“平均盈隙性”是指制造的一批零件，任取一件齿轮轴的轴颈与任取的一件泵盖孔相配合时，均能获得接近平均间隙的间隙值。如果产品上的所有的结合零件副都能实现“平均盈隙”的互换性装配，便可大大地提高产品的质量，而且可以稳定的进行生产。

要实现一批产品零件的“平均盈隙”装配。唯一的办法就是在制造时，设备和工装如何能够按照齿轮轴轴颈与泵盖孔各自公差所确定的平均尺寸进行快速可靠的调整和控制。

第三节 互换性生产的实现

一、不同生产方式及其采用的加工手段

要保证互换性生产的实现，首先取决于不同的生产方式下所采用的加工手段。

1. 大批大量生产方式及其加工手段

大批大量生产零件通常是在固定不变的流水线、生产线或自动线上进行加工，在这些线上的设备和所使用的工艺装备（指夹具、刀具、量具等的总称），一般多采用专用性很强的组合机床、自动机床或高效专用机床，以及专用的夹具、刀具、量具、辅具等工装。加工零件时多采用调整法，根据零件公差范围所确定的平均尺寸反复进行调整。因此，这类生产方式所加工的零件的质量基本上不受人为操作因素的影响，质量稳定，互换性高，生产率高，

“平均盈隙性”较好，但是由于它的专用性很强，因此不能更换产品，加之受设备精度的限制，当零件加工精度要求很高时，往往难以保证。故此种生产类型及其加工手段只适用于那些产品更新换代时间较长（如一汽生产的第一代解放牌汽车，国防企业生产的轻、重武器等）以及一般精度的机械产品。目前，在我国制造业中，属于这类生产的企业所占的比例不大。

2. 中小批量生产方式及其加工手段

在机械制造业中，中小批量生产的企业完全采用传统的方式进行加工的目前已不多见。所谓传统生产方式是指采用通用设备和通用工装的生产。就目前较多的中小批生产企业而言，采用较多的加工手段是通用机床（也有部分专机）加专用夹具、刀具、量具等工装，虽然所生产的产品也具有互换性，也可以实现多品种的加工（通过更换工装），但仍存在加工精度不高、产品质量不稳定、更换产品时调整费事等弊端。随着现代科学的发展，使制造业的加工技术发生了翻天覆地的变化，以数控机床（CNC）、加工中心（MC）、柔性制造系统（FMS）以及计算机综合自动化制造系统（CIMS）为代表的最新机械加工技术的问世，为多品种、中小批量生产的发展，才真正创造了条件。由于这类设备调整方便、快速、自动化程度高、精度高、柔性好（即可变性好），所以特别适用于多品种、高精度、高质量机械产品的加工。

综上所述：要实现多品种、中小批量产品的高质量互换性，必须采用先进的现代加工手段。

二、公差标准化

标准化是以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。

标准大多是指技术标准，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。

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为一个有机的整体，以达到实现互换性生产的目的。为此，首先必须建立对那些在生产技术活动中最基本的具有广泛指导意义的标准。由于高质量产品与公差的密切关系，所以要实现互换性生产必须建立公差与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度等标准。

三、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，也就不能达到互换性的目的。

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，就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。

第四节 本课程的任务

本课程是从保证产品的高质量和如何实现互换性的角度出发，围绕误差与公差这两个基本概念，讨论如何解决图样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知识，能读图并懂得图样的标注方法。学生学完本课程后，初步达到：

- 1) 建立互换性、公差与高质量产品的概念。
- 2) 了解各种几何参数有关公差标准的基本内容和主要规定。
- 3) 能正确识读、标注常用的公差配合要求，并能查用有关表格。
- 4) 会正确选择和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。
- 5) 会设计光滑极限量规。

本课程除课堂教学要讲授检测知识外，为了强化学生的检测技能，建议可考虑安排专用实验周以培养学生的综合检测能力。

习 题

- 0-1 什么是互换性？
- 0-2 零件为什么要规定公差？
- 0-3 什么是“平均盈隙”？
- 0-4 大批量生产方式及其采用的加工手段有何优缺点？
- 0-5 多品种、中小批量的生产为什么必须采用先进的加工技术才有出路？
- 0-6 什么是标准化？

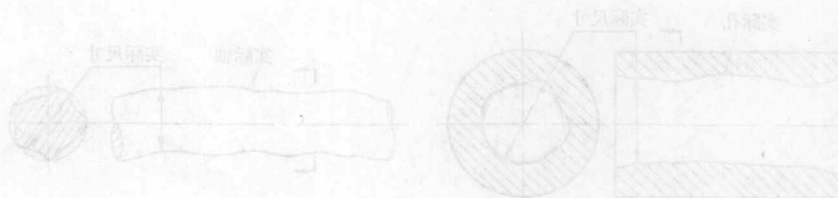


图 1-1 图

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联接形式中最基本的形式，在机械中的应用最为广泛。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他表面与结构。

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

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值。

线性尺寸值包括直径、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。当以其他单位表示尺寸时，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 GB/T 2822—2005）。

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。

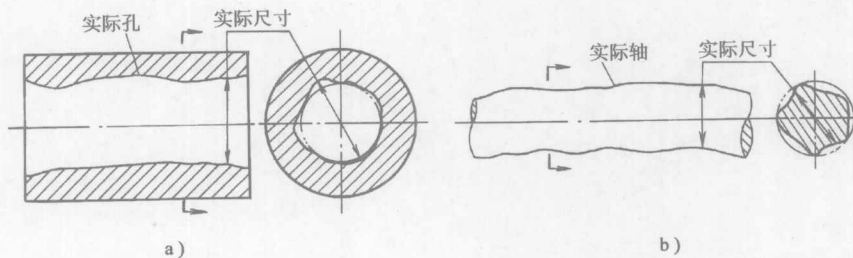


图 1-1 实际尺寸

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。若完工后的零件在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

实体状态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。

最小实体状态和最小实体尺寸：概念与上相反，略。

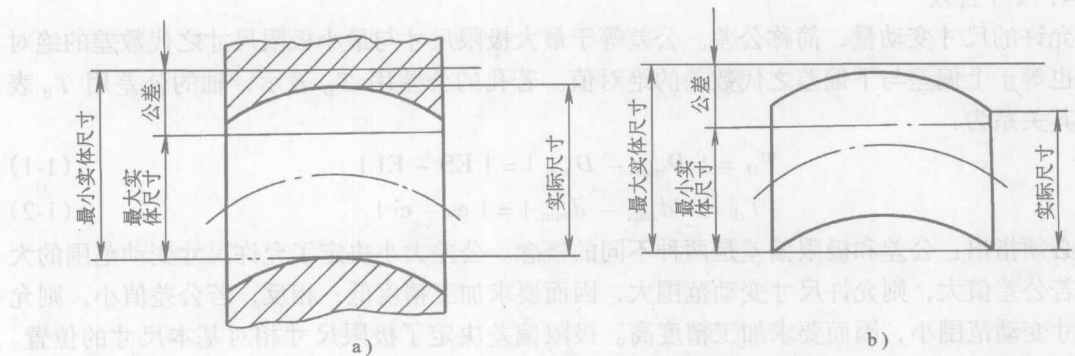


图 1-2 实体尺寸

a) 弯曲的孔 b) 弯曲的轴

二、有关尺寸偏差和公差的术语及定义

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。

以上所述基本尺寸、极限尺寸、极限偏差和公差之间的关系见图 1-3。

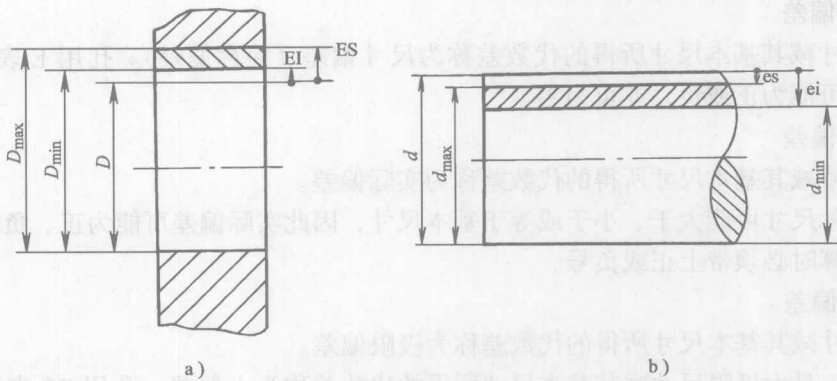


图 1-3 基本尺寸、极限尺寸与极限偏差

a) 孔 b) 轴

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相差悬殊，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。

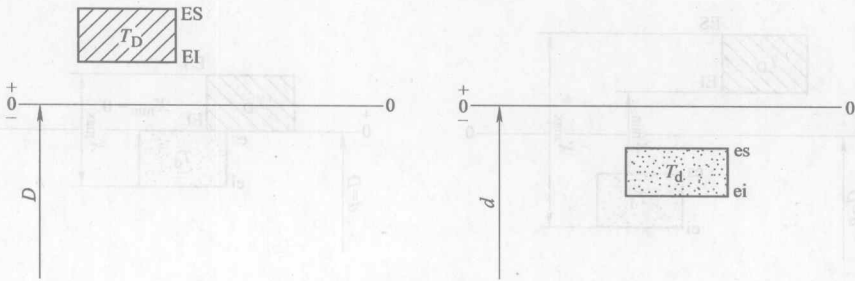


图 1-4 公差带图

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,基本偏差为上偏差),如图 1-5 所示。

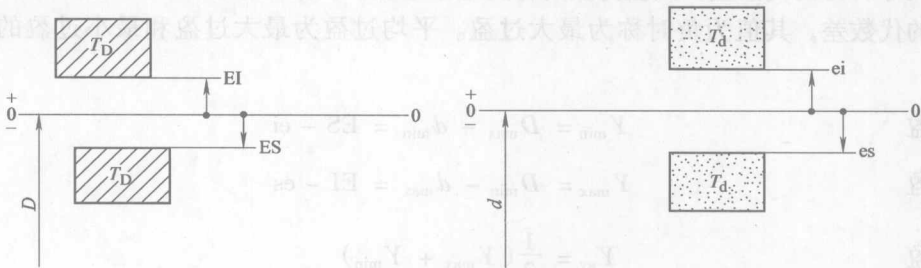


图 1-5 基本偏差示意图

必须指出:国标规定的个别基本偏差也有不遵守以上分布规律的,如 J, j 即是。

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,称为间隙配合。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 $X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$ (1-4)

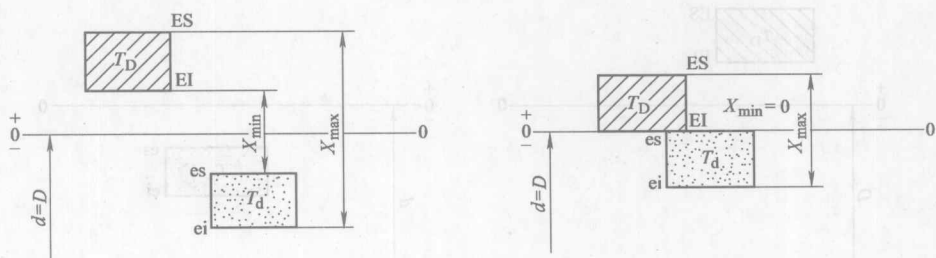


图 1-6 间隙配合

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，即平均间隙

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

3. 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

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

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

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

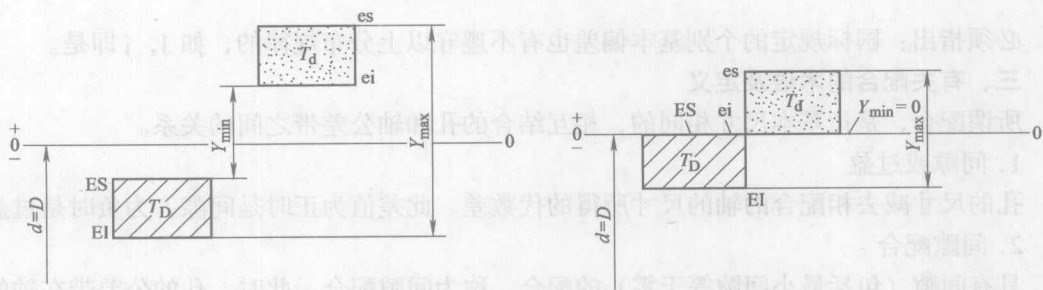


图 1-7 过盈配合

4. 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重叠，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。

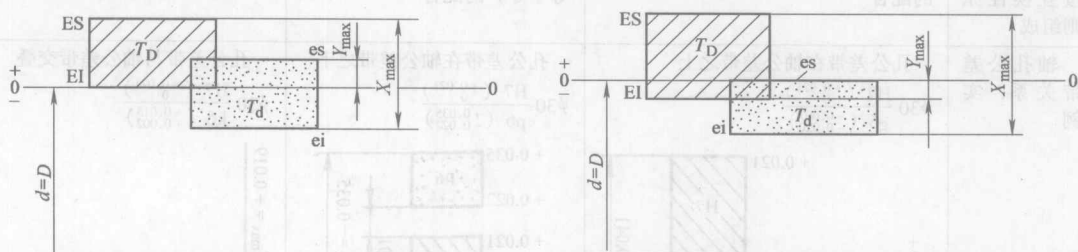


图 1-8 过渡配合

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

允许间隙或过盈的变动量，称为配合公差。它表明配合松紧程度的变化范围。在间隙配合中，最大间隙与最小间隙之差为配合公差。在过盈配合中，最小过盈与最大过盈之差为配合公差。在过渡配合中，配合公差等于最大间隙与最大过盈之差，即

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

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

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

上述三类配合的配合公差亦为孔公差与轴公差之和，即

$$T_f = T_D + T_d \quad (1-10)$$

式 (1-10) 的结论说明配合件的装配精度与零件的加工精度有关。若要提高装配精度，使配合后间隙或过盈的变化范围减小，则应减小零件的公差，即需要提高零件的加工精度。

用直角坐标表示出相配合的孔与轴的间隙或过盈的变动范围的图形叫做配合公差带图。如表 1-1 中图所示 0 坐标线上方表示间隙，下方表示过盈。图上左侧表示 $\phi 30 \frac{H7}{g6}$ 间隙配合的配合公差带，右侧表示 $\phi 30 \frac{H7}{k6}$ 过渡配合的配合公差带，中间表示 $\phi 30 \frac{H7}{p6}$ 过盈配合的配合公差带。

间隙配合、过盈配合与过渡配合通过实例进行综合比较的情况，可参看表 1-1。

表 1-1 三大类配合综合比较表

配合类型	间隙配合	过盈配合	过渡配合
项目	间隙配合	过盈配合	过渡配合
定义：一批合格轴孔按互换性原则组成	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
轴孔公差带关系：实例	<p>孔公差带在轴公差带之上</p> <p>$\phi 30 \begin{matrix} H7 (+0.021) \\ g6 (-0.020) \end{matrix}$</p> <p>$\phi 30 \begin{matrix} H7 \\ g6 \end{matrix}$</p>	<p>孔公差带在轴公差带之下</p> <p>$\phi 30 \begin{matrix} H7 (+0.021) \\ p6 (+0.022) \end{matrix}$</p> <p>$\phi 30 \begin{matrix} H7 \\ p6 \end{matrix}$</p>	<p>孔公差带与轴公差带交叠</p> <p>$\phi 30 \begin{matrix} H7 (+0.021) \\ k6 (+0.015) \end{matrix}$</p> <p>$\phi 30 \begin{matrix} H7 \\ k6 \end{matrix}$</p>
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/mm $X_{\min} = 0 - (-0.007) = +0.007$	$Y_{\max} = 0 - (+0.035) = -0.035$	$Y_{\max} = 0 - (+0.015) = -0.015$
	可能最松配合状态下的极限盈隙/mm $X_{\max} = +0.021 - (-0.020) = +0.041$	$Y_{\min} = +0.021 - (+0.022) = -0.001$	$X_{\max} = +0.021 - (+0.002) = +0.019$
	平均间隙(或平均过盈) $X_{av} = (X_{\max} + X_{\min}) / 2$	$Y_{av} = (Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$	$X_{av} (Y_{av}) = (Y_{\max} + X_{\max}) / 2$
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			