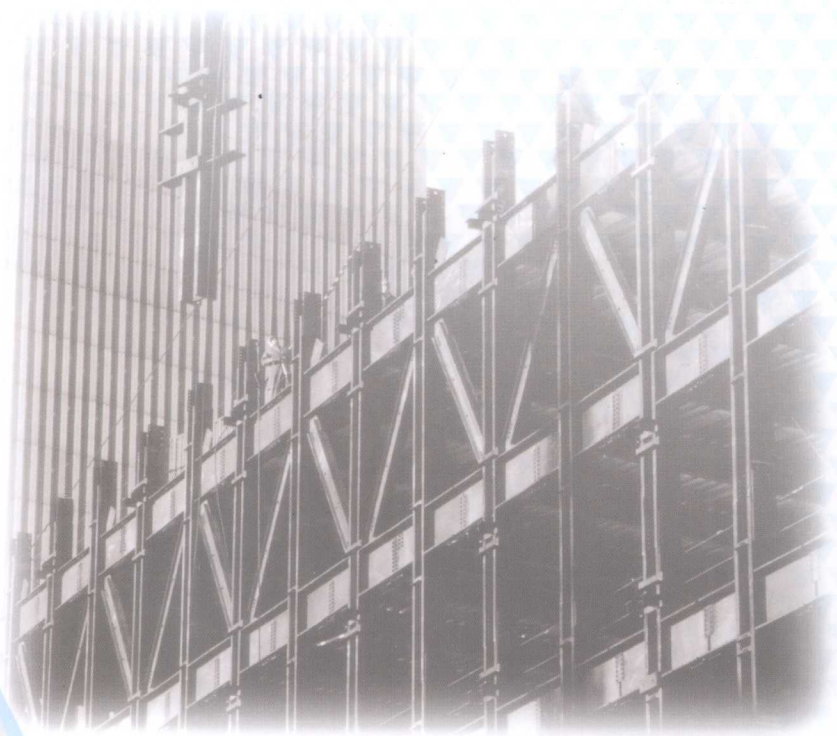




高职高专“十一五”机电类专业规划教材

公差配合 与测量技术

冯丽萍 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专“十一五”机电类专业规划教材

公差配合与测量技术

主 编 冯丽萍
副主编 徐秀娟 安宏宇
参 编 杨亚辉

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

机械工业出版社“十一五”高专高专

全书共分9章,主要包括绪论、尺寸公差与配合、测量技术基础、形位公差与检测、表面粗糙度及测量、圆锥公差与检测、光滑极限量规、常用联接件的公差与检测、渐开线圆柱齿轮的公差与检测等。本书采用最新国家标准,内容简明扼要,理论联系实际,各章均配置了习题及授课、解题所需要的公差表格,以配合教学所需。

本书可作为高等职业技术学院机械类各专业的教材,也可供电大、职大机械类各专业的师生在教学中使用,以及从事机械设计与制造、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/冯丽萍主编. —北京:机械工业出版社, 2007.12
高职高专“十一五”机电类专业规划教材
ISBN 978-7-111-23113-4

I. 公… II. 冯… III. ①公差-配合②技术测量 IV. TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第195578号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:王海峰 责任编辑:王海峰
责任校对:王欣 封面设计:马精明 责任印制:洪汉军
北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷
2008年2月第1版第1次印刷
184mm×260mm·11.25印张·278千字
0001-4000册
标准书号:ISBN 978-7-111-23113-4
定价:18.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 68354423
封面防伪标均为盗版

机械工业出版社

前 言

“公差配合与测量技术”是高等职业教育与高等工科院校机械类各专业的一门重要技术基础课，是与制造业发展紧密相联系的一门综合性技术基础学科。它包含几何量公差与检测两大方面内容，将计量学和标准化两个领域的相关内容有机地结合在一起，与机械设计、机械制造、质量控制、生产组织管理等许多领域密切相关，是机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识和技能。

本书采用我国最新的公差标准编写，结合高职高专的教学特点，尽量做到深入浅出，理论联系实际，在叙述基本概念、基本理论的基础上，重点强调标准的应用能力，同时加强常用几何量检测基本技能的培养。为了巩固课堂教学效果，配合教学的需要，每章均配备了适量的习题，提供了相关的公差表格。此外，本书各章既有联系，又保持内容上的相对独立性和系统性，以适应不同专业教学的需求。

全书内容包括绪论、尺寸公差与配合、测量技术基础、形位公差与检测、表面粗糙度及测量、圆锥公差与检测、光滑极限量规、常用联接件的公差与检测、渐开线圆柱齿轮的公差与检测等。本书还就新一代 GPS (Geometrical Product Specifications and Verification) 作了简单介绍。新一代 GPS 是信息时代几何产品技术规范和计量认证综合为一体的新型国际标准，它标志着标准和计量进入了一个全新的时代。

本书由陕西工业职业技术学院冯丽萍主编。本书的编写分工为：第 1、2、3、9 章由冯丽萍编写，第 6、8 章由徐秀娟编写，第 4、7 章由安宏宇编写，第 5 章由杨亚辉编写。朱航科和王丽两位老师参加了本书的资料整理工作，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在错误与疏漏，恳请读者和专家批评指正。

编 者

目 录

前言	5.2 表面粗糙度的评定	98
第1章 绪论	5.3 表面粗糙度的标注	101
1.1 互换性与公差	5.4 表面粗糙度参数的选择	106
1.2 标准与标准化	5.5 表面粗糙度的测量	108
1.3 优先数与优先数系	习题5	109
1.4 检测与计量	第6章 光滑极限量规	111
1.5 新一代GPS简介	6.1 概述	111
1.6 本课程的任务	6.2 量规设计	112
习题1	习题6	117
第2章 尺寸公差与配合	第7章 圆锥公差与检测	118
2.1 基本术语及定义	7.1 基本术语及定义	118
2.2 《极限与配合》国家标准的构成	7.2 圆锥公差与配合	120
2.3 公差与配合的选择	7.3 圆锥的检测	124
习题2	习题7	126
第3章 测量技术基础	第8章 常用联接件的公差与检测	127
3.1 概述	8.1 键联接的公差与检测	127
3.2 长度、角度量值的传递	8.2 普通螺纹的公差与检测	134
3.3 计量器具与测量方法	8.3 滚动轴承的公差与配合	144
3.4 测量误差	习题8	151
3.5 测量误差的处理	第9章 渐开线圆柱齿轮的公差与检测	152
3.6 光滑工件尺寸的检测	9.1 对齿轮传动的使用要求	152
习题3	9.2 齿轮传递运动准确性的误差根源与评定指标	153
第4章 形位公差与检测	9.3 齿轮传动平稳性的误差根源与评定指标	157
4.1 概述	9.4 齿轮载荷分布均匀性的误差根源与评定指标	160
4.2 形位公差的标注	9.5 齿轮副侧隙的评定指标	162
4.3 形位公差带	9.6 渐开线圆柱齿轮精度等级及应用	163
4.4 公差原则	9.7 齿轮副与齿坯精度	168
4.5 形位公差的选择	习题9	174
4.6 形位误差及其检测	参考文献	176
习题4		
第5章 表面粗糙度及测量		
5.1 概述		

第1章 绪论

1.1 互换性与公差

1.1.1 互换性的含义

所谓互换性 (interchangeability), 就是事物之间可以相互替换的性能。互换性在日常生活及工程中的应用比比皆是, 例如, 灯泡坏了, 买个同规格的换上即可达到照明目的; 电视机的集成芯片坏了, 换上同规格的新芯片便能保证电视机正常使用; 自行车、缝纫机、汽车的零部件坏了, 换一个相同规格的新零件就能满足要求。

在机械制造业中, 互换性是指按照规定技术要求制造的同一规格零部件, 能够彼此相互替换而效果相同的性能。零部件的互换性包括几何量、力学性能和理化性能等方面的互换性。本课程仅讨论几何量的互换性。

1.1.2 互换性的保证——公差

在零件的加工过程中, 几何量误差是不可避免的, 要使同一规格零件的几何量参数完全一样是不可能的, 也是没有必要的。实践证明, 只要将零件实际几何量的变动控制在一定范围内, 即可实现互换性。这里, 几何量允许的变动范围称为公差。公差越小, 几何量精度越高, 加工难度越大; 反之, 几何量精度越低, 加工难度越小。公差可以控制误差, 从而保证互换性的实现。

1.1.3 互换性的种类

互换性按其互换程度可分为完全互换性和不完全互换性。

1. 完全互换性

简称互换性, 指零部件在装配前, 不作任何选择; 装配时, 不需调整和修配; 装配后, 满足使用要求。

2. 不完全互换性

也称有限互换性, 指零部件在装配前, 允许有附加的选择; 装配时, 允许有附加的调整; 装配后, 能满足使用要求。不完全互换性可以用分组互换法、调整法或其他方法来实现。

(1) 分组互换法 当装配精度要求很高时, 若采用完全互换会使零件的公差很小, 而导致加工困难, 成本增高, 甚至无法加工。因此, 可按分组互换法组织生产: 将零件公差适当扩大, 以减小加工难度, 在加工后将零件按实际参数值大小分为若干组, 使同组零件实际参数值的差别减小, 然后按对应组进行装配。此时, 仅同组内的零件可以互换, 组与组之间不能互换。分组互换, 既可保证装配精度及使用要求, 又能使零件易于加工, 降低

成本。

(2) 调整法 指在机器装配或使用过程中,对某一特定零件按所需尺寸进行调整,以达到装配精度要求。例如,可以通过调整减速器端盖与箱体之间的垫片厚度来达到调整轴承轴向间隙的目的。

一般来说,对于厂际间协作,应采用完全互换性。厂内生产零部件的装配,则可采用不完全互换性。

1.1.4 互换性的作用

机械制造业中互换性的作用体现在产品的设计、制造、装配和使用等方面。

从设计方面看,由于零部件具有互换性,可以最大限度地采用标准件、通用件,从而简化计算、绘图等工作,缩短设计周期,并有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化。

从制造方面看,互换性有利于组织专业化生产。由于产品单一、数量多、分工细,可广泛采用高效专用加工设备,甚至计算机辅助制造,实现加工过程的机械化、自动化,提高产量和质量,降低生产成本。

从装配方面看,由于零部件具有互换性,不需辅助加工和修配,从而可减轻劳动强度,缩短装配周期,并可按流水作业方式进行装配,便于采用自动装配,大大提高装配生产率。

从使用方面看,零部件具有互换性,可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零部件,减少了机器的维修时间和费用,保证机器能连续而持久地运转,提高了设备的利用率。

综上所述,互换性是机器制造业可持续发展的重要生产原则和技术基础。互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面均有重大意义。但是,应该指出,互换性原则不是在任何情况下都适用,有时零件只能采用单个配制才符合经济原则。

1.2 标准与标准化

现代工业生产规模大、分工细,一种机械产品的制造,往往涉及到许多部门和企业,为了适应生产中各部门和企业之间技术上相互协调,生产环节之间相互衔接的要求,必须有一种手段,使独立的、分散的部门和企业之间保持必要的技术统一,使其成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段。标准化是互换性生产的基础。

1.2.1 概念

标准(standard)是对重复性事物和概念所作的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。由此可见,标准化包括制定、发布、贯彻实施以及不断修订标准的全部活动过程,其核心内容是贯彻实施标准。

1.2.2 标准的分类

标准按其性质可分为技术标准和管理标准两类。通常所说的标准，大都指技术标准。按标准化对象的特征，技术标准分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境标准等，如图 1-1 所示。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础，被普遍使用并具有广泛指导意义的标准，如计量单位、优先数系、机械制图、极限与配合、形状和位置公差、表面粗糙度等标准。

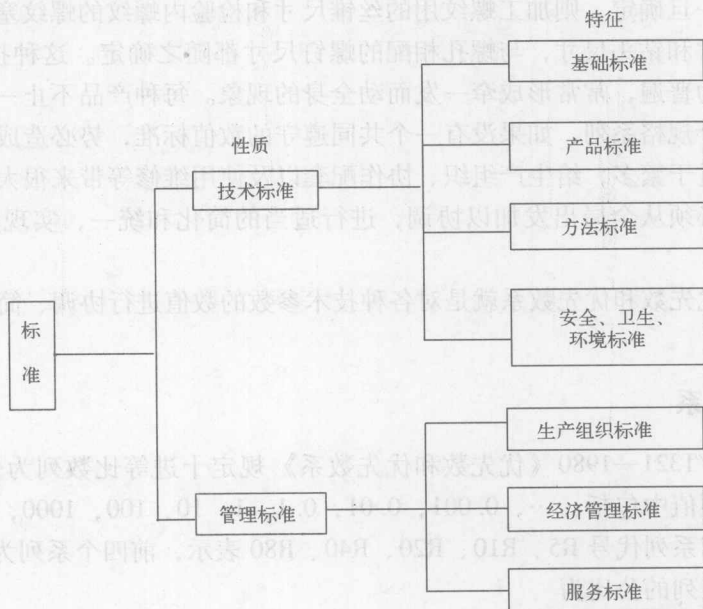


图 1-1 标准分类

1.2.3 标准的级别

标准制定的范围不同，其级别也不一样。我国标准分为四个级别：国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。在全国范围内统一制定的标准为国家标准；在全国同一行业内制定的标准为行业标准；在省、自治区、直辖市范围内制定的标准为地方标准；在企业内部制定的标准为企业标准。后三个级别的标准不得与国家标准相抵触。

从世界范围看，有国际标准和国际区域性标准两级。国际标准是指由国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）制定发布的标准。国际区域性标准是指由国际地区（或国家集团）性组织，如欧洲标准化委员会（CEN）、欧洲电工标准化委员会（CENELEC）等所制定发布的标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后，陆续修订了自己的标准。

总之，标准化是组织现代化大生产的重要手段，是实现专业化协作生产的必要前提，是科学管理的重要组成部分，是整个社会经济合理化的技术基础，是发展贸易，提高产品在国内、外市场上竞争能力的技术保证。搞好标准化工作，对提高产品和工程建设质量、提高劳动生产率、改善人民生活、高速发展国民经济等都有重要的意义。

1.3 优先数与优先数系

1.3.1 数值标准

在设计机械产品时,需要确定许多技术参数。当选定一个数值作为某种产品的参数指标时,这个数值就会按照一定的规律,向一切相关制品、材料等有关的参数指标传播扩散。例如,螺孔的尺寸一旦确定,则加工螺纹用的丝锥尺寸和检验内螺纹的螺纹塞规尺寸,甚至攻螺纹前的钻孔尺寸和钻头尺寸,与螺孔相配的螺钉尺寸都随之确定。这种技术参数的传播,在生产实践中极为普遍,常常形成牵一发而动全身的现象。每种产品不止一种参数,而每一种参数又不止一个规格系列,如果没有一个共同遵守的数值标准,势必造成产品的数值杂乱无章,品种规格过于繁多,给生产组织、协作配套以及使用维修等带来很大困难。因此,对各种技术参数,必须从全局出发加以协调,进行适当的简化和统一,实现数值系列的标准化。

实践证明,优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值制度。

1.3.2 优先数系

国家标准 GB/T321—1980《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系(所谓十进,即数列的项值中包括:…, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000, …),共规定了五个系列,分别用系列代号 R5、R10、R20、R40、R80 表示,前四个系列为基本系列,R80 为补充系列。各系列的公比为

$$R5 \text{ 的公比: } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$R10 \text{ 的公比: } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R20 \text{ 的公比: } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R40 \text{ 的公比: } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$R80 \text{ 的公比: } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

选用优先数系时,采用“先疏后密”的原则,即按 R5、R10、R20、R40 的顺序选用,补充系列 R80 仅用于分级很细的特殊场合。

1.3.3 优先数

优先数系中的每一个数(项值)即为优先数。按照公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数幂外,都是无理数,在工程技术上不能直接应用。实际应用的数值都是经过化整后的近似值,根据取值的精确程度,数值可以分为:

- 1) 计算值:取五位有效数字,供精确计算用。
 - 2) 常用值:即通常所称的优先数,取三位有效数字,是经常使用的。
 - 3) 化整值:将常用值进一步圆整,一般取两位有效数字,较少采用。
- 优先数系的基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列 (摘自 GB/T321—1980)

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
		1.06	1.06	1.0593
		1.12	1.12	1.1220
		1.18	1.18	1.1885
		1.25	1.25	1.2589
		1.32	1.32	1.3335
		1.40	1.40	1.4125
		1.50	1.50	1.4962
		1.60	1.60	1.5849
		1.70	1.70	1.6788
1.60	1.60	1.80	1.80	1.7783
		1.90	1.90	1.8836
		2.00	2.00	1.9953
		2.12	2.12	2.1135
		2.24	2.24	2.2387
		2.36	2.36	2.3714
		2.50	2.50	2.5119
		2.65	2.65	2.6607
		2.80	2.80	2.8184
		3.00	3.00	2.9854
2.50	2.50	3.15	3.15	3.1623
		3.35	3.35	3.3497
		3.55	3.55	3.5481
		3.75	3.75	3.7584
		4.00	4.00	3.9811
		4.25	4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
		4.75	4.75	4.7315
		5.00	5.00	5.0119
		5.30	5.30	5.3088
4.00	4.00	5.60	5.60	5.6234
		6.00	6.00	5.9566
		6.30	6.30	6.3096
		6.70	6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795
		7.50	7.50	7.4989
		8.00	8.00	7.9433
		8.50	8.50	8.4140
		9.00	9.00	8.9125
		9.50	9.50	9.4406
6.30	6.30	10.00	10.00	10.0000

1.3.4 优先数系的特点

- 1) 优先数系中任意两项的积、商和任意一项的整次幂仍为同系列的优先数，便于计算。
- 2) R5 的项值包含在 R10 中，R10 的项值包含在 R20 中，R20 的项值包含在 R40 中，R40 的项值包含在 R80 中，便于数值扩散。
- 3) 优先数系中的项值可按十进法向两端无限延伸，因而优先数的范围是不受限制的。
- 4) 优先数系中相邻项的相对差为常数（相对差是指后项减前项的差值与前项之比的百分数），即系列中数值间隔相对均匀。

优先数系广泛应用于技术标准的制定，它适用于各种尺寸、参数的系列化和质量指标的分级，使各种技术参数从一开始就纳入标准化轨道，对保证各种工业产品品种、规格的合理简化分档和协调配套具有重大意义。本课程所涉及的有关标准，如尺寸分段、公差分级、表面粗糙度参数系列等，都是按优先数系确定的。

1.4 检测与计量

1.4.1 检测

制定了先进的公差标准，对零件的几何量分别规定了合理的公差，还应采用适当的检测措施，才能保证零部件的互换性。检测是检验和测量的统称。测量能够获得被测几何量的具体数值；而检验只是对几何量合格性进行判别，不必得出具体数值。通过检测，零件几何参数的实际值在规定的公差范围之内就合格；反之，就不合格。但是必须指出，检测的目的不仅仅在于判别零件合格与否，还在于分析废品产生的原因，以便设法减小，甚至消除废品。实践证明，产品质量的提高，有赖于检测精度的提高；产品生产率的提高，一定程度上也有赖于检测效率的提高。

1.4.2 计量

说到检测，与其紧密关联的一个概念就是计量。计量是利用技术和法制手段保证检测实现统一和准确的一门科学。计量学主要研究以下内容：

- 1) 计量单位及其基准和标准的建立、复现、保存及使用。
- 2) 计量方法以及计量器具的特性。
- 3) 测量误差和不确定理论。
- 4) 测量者进行测量的能力。
- 5) 基本物理常数、标准物质及材料的测定。

要进行检测，就必须从计量上保证单位统一，量值准确。计量对整个检测领域起指导、监督、保证和仲裁的作用。

1.4.3 检测和计量在我国的发展

检测和计量在我国有悠久的历史，秦朝我国统一了度量衡制度，西汉时期制成了铜质卡尺。但由于长期的封建统治，检测技术和计量手段都处于落后的状态，直到解放后这种落后

的局面才得以改变。1959年国务院发布了《关于统一计量制度的命令》，确定采用米制为我国长度计量单位。1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》，健全了各级计量机构和长度量值传递系统，保证了全国计量单位的统一。1984年国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，在全国范围内统一实行了以国际单位制为基础的法定计量单位。1985年发布了《中华人民共和国计量法》，使我国计量单位制度更加统一，量值更加准确可靠。

随着科学技术的发展，检测技术也有了很大的发展，测量精度可达到纳米级，测量空间由二维发展到三维。另外，我国还研制出一些达到世界先进水平的量仪，如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、无导轨大长度测量仪等。

20世纪60年代发展起来的三坐标测量机也得到了广泛的应用。三坐标测量机有“测量中心”之称，它的基本功能就是指示测头所处空间位置的 X 、 Y 、 Z 坐标值，它的测量精度、测量效率高，能够测量几何形状复杂的表面，并能够进行在线测量，防止废品的发生。

现阶段，由于计算机的应用已深入到人类生活的各个方面，计算机在几何量检测领域的应用也日趋广泛。例如，计量仪器微机化，仪器可实现数据的自动采集、处理，前面所说的三坐标测量机都配有相应的测量软件；计算机辅助精度设计，利用计算机来完成公差数据的管理、相关零件公差的分配和各种公差的选取等；另外，还有计算机辅助专用量具设计，由计算机来完成大量公差数据的查找、计算及画图工作，减轻了人的劳动，提高了工作效率。

1.5 新一代GPS简介

GPS (Geometrical Product Specifications and Verification) 即产品几何量技术规范与认证的简称，它贯穿于几何产品的研究、开发、设计、制造、验收、出厂、使用以及维修的全过程。

随着计算机信息技术的发展，以前适用于手工设计环境的GPS标准不便于计算机的表达、处理和数据传递。公差理论和标准的落后已成为制约CAD/CAM技术继续深入发展的瓶颈。基于这个原因，ISO/TC 213 (国际产品尺寸和几何规范及认证技术委员会)着手全面修订ISO公差标准体系，研究和建立一个基于信息技术，适应CAD/CAM的技术要求，保证预定几何精度为目标的标准体系，这一新的GPS标准体系与现代设计和制造技术相结合，是对传统公差设计和控制思想的一次大的变革。

凡有大小和形状的产品都是几何产品，所以GPS的应用极为广泛。基于“标准和计量”的新一代GPS蕴含了工业大生产的基本特征，反映了技术发展的内在要求，为产品技术评估提供了“通用语言”。新一代GPS体系将有利于产品的设计、制造及检测，通过对规范和认证(检验)过程的不确定度处理，实现资源的自动化分配。更重要的是能够消除技术壁垒，便于商品和服务的交流，提升企业的国际竞争能力。标准体系不但影响一个国家的经济发展，而且对一个国家的科学技术和制造业水平起决定性作用。

1.6 本课程的任务

本课程是机械类、近机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。它包含了公差和检测两大方面的内容,公差部分主要通过课堂教学来完成,检测部分主要通过实验教学来完成。

学生在学习本课程前,应具备一定的理论和生产实践知识,能读图,懂得图样标注法,了解机械加工的一般知识和常用机构的原理。学生学完本课程后应达到以下要求:

- 1) 掌握互换性与标准化的基本概念及有关术语定义。
- 2) 基本掌握有关公差标准的主要内容和主要规定。
- 3) 会查用有关公差表格,并能对公差配合要求进行正确标注和解释。
- 4) 具有初步选用公差与配合的能力。
- 5) 掌握测量技术的基本知识,会选用和使用测量器具,具有对典型几何量实施检测的能力。
- 6) 掌握光滑极限量规的设计原则和基本方法。

总之,本课程的任务在于使学生获得机械工艺技术人员所必须具备的几何量公差与检测的基本知识和技能。后续课程的学习及毕业后的工作实践,还会进一步加深学生对本课程的理解。

习 题 1

- 1-1 互换性的含义是什么?互换性按互换的程度分为哪几类?
- 1-2 什么是公差?它和互换性的关系是什么?
- 1-3 互换性在机械制造业中有什么作用?
- 1-4 何谓标准?何谓标准化?互换性生产与标准化的关系是什么?
- 1-5 检测和计量的关系是什么?
- 1-6 写出 R5 系列 0.1~100 的优先数。
- 1-7 试述新一代 GPS 建立的必要性。
- 1-8 本课程的主要任务是什么?

第2章 尺寸公差与配合

为了满足机械零部件的精度要求，保证其互换性，应对尺寸公差与配合进行标准化，因此，国家发布了一系列有关尺寸公差与配合的国家标准，它主要包括：GB/T 1800.1—1997《极限与配合 基础 第1部分：词汇》、GB/T 1800.2—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/T 1800.3—1998《极限与配合 基础 第3部分：标准公差和基本偏差数值表》、GB/T 1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》、GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带与配合的选择》、GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》。这些标准是我国机械工业重要的基础标准，它们的制定和实施可以满足我国机械产品设计和适应国际贸易的需要。

本章主要介绍有关尺寸公差与配合的基本术语及定义、国家标准的构成和公差配合的选择。

2.1 基本术语及定义

2.1.1 有关孔和轴的定义

1. 孔

孔通常是指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由二平行平面或切面形成的包容面）。

2. 轴

轴通常是指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由二平行平面或切面形成的被包容面）。

从装配关系讲，孔是包容面，轴是被包容面。从加工过程看，随着余量的切除，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小，如图2-1所示。

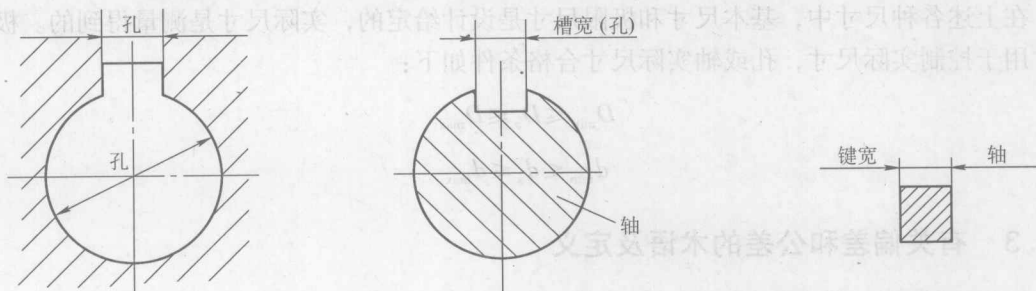


图2-1 孔和轴

2.1.2 有关尺寸的术语及定义

1. 尺寸

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值，通常指两点之间的距离，如直径、半径、

宽度、高度、深度、中心距等。

由尺寸的定义可知,尺寸由数值和特定单位组成。在机械制造中,常以 mm 作为特定单位,依据 GB/T 4458.4—1984《机械制图 尺寸注法》的规定,图样上的尺寸以毫米 (mm) 为单位时,单位省略,只标数值,但若以其他单位表示时,则必须注明单位。

2. 基本尺寸 (D, d)

基本尺寸是指由设计给定的尺寸。孔用 D 表示,轴用 d 表示。它是由设计者根据零件的使用要求,通过强度、刚度等的计算和结构设计,经过化整而确定的。基本尺寸一般应采用标准尺寸,执行 GB/T 2822—1981《标准尺寸》的规定。基本尺寸的标准化可以缩减定值刀具、量具、夹具的规格数量。

图样上标注的尺寸,通常均为基本尺寸。

3. 实际尺寸 (D_a, d_a)

实际尺寸是指通过测量得到的尺寸。孔和轴的实际尺寸分别用 D_a 和 d_a 表示。由于测量误差的存在,测得的实际尺寸并非是被测尺寸的真值。由于加工误差的存在,按同一图样要求加工的各个零件,其实际尺寸往往不同,即使是同一零件不同位置、不同方向的实际尺寸也往往不一样,如图 2-2 所示。

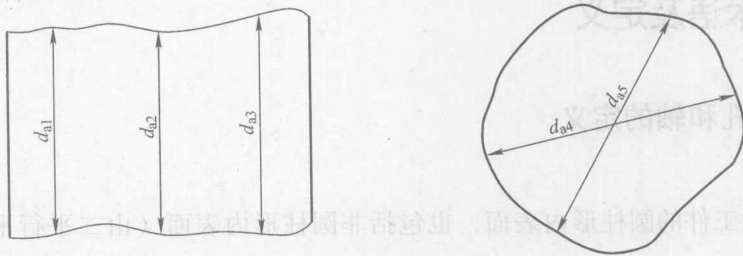


图 2-2 实际尺寸

4. 极限尺寸

极限尺寸是指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端,即允许尺寸变化的两个界限值。其中较大的一个称为最大极限尺寸,较小的一个称为最小极限尺寸。孔和轴的最大极限尺寸分别用 D_{\max} 和 d_{\max} 表示,最小极限尺寸分别用 D_{\min} 和 d_{\min} 表示。

在上述各种尺寸中,基本尺寸和极限尺寸是设计给定的,实际尺寸是测量得到的。极限尺寸用于控制实际尺寸,孔或轴实际尺寸合格条件如下:

$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$$

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$$

2.1.3 有关偏差和公差的术语及定义

1. 尺寸偏差 (简称偏差)

尺寸偏差是指某一尺寸 (实际尺寸、极限尺寸等) 减其基本尺寸所得的代数差,其值可正,可负或零。偏差值除零外,前面必须冠以正号或负号。

偏差分为实际偏差和极限偏差,而极限偏差又分为上偏差和下偏差。

(1) 实际偏差 (E_a, e_a) 实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔和轴的实际偏差分

别用符号 E_a 和 e_a 表示，公式如下：

$$\begin{aligned} E_a &= D_a - D \\ e_a &= d_a - d \end{aligned} \quad (2-1)$$

(2) 极限偏差 极限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所得的代数差称为上偏差，孔和轴的上偏差分别用符号 ES 和 es 表示；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差，孔和轴的下偏差分别用符号 EI 和 ei 表示，公式如下：

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D & es &= d_{\max} - d \\ EI &= D_{\min} - D & ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (2-2)$$

极限偏差用于控制实际偏差，孔或轴实际偏差合格条件如下：

$$\begin{aligned} EI &\leq E_a \leq ES \\ ei &\leq e_a \leq es \end{aligned}$$

2. 尺寸公差（简称公差）

尺寸公差是指允许尺寸的变动量。它等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之差，或上偏差与下偏差之差，是一个没有符号的绝对值，且不能为零。孔和轴的尺寸公差分别用符号 T_h 和 T_s 表示，公式如下：

$$\begin{aligned} T_h &= | D_{\max} - D_{\min} | = | ES - EI | \\ T_s &= | d_{\max} - d_{\min} | = | es - ei | \end{aligned} \quad (2-3)$$

需要注意的是，公差和极限偏差都是设计时给定的，但它们之间有本质的不同。在数值上，极限偏差是代数差值，可为正，为负或为零，公差是没有任何符号的绝对值，不能为零；在作用上，极限偏差用于控制实际偏差，是判别尺寸合格与否的依据，公差的大小反映尺寸的精度，公差值越小，精度越高，反之，精度越低；在工艺上，极限偏差是决定刀具与工件相对位置的依据，公差的大小则决定了加工的难易程度。

基本尺寸、极限尺寸、极限偏差和尺寸公差之间的关系如图 2-3 所示。

3. 公差带图

图 2-3 分析了基本尺寸、极限尺寸、极限偏差及公差之间的相互关系。但由于公差和偏差的数值与尺寸数值相差甚远，不能用同一比例画在一张图上，所以我们可以采用公差带图清晰而直观地来表示它们之间的关系，如图 2-4 所示。

(1) 零线 用来表示基本尺寸的一条直线。以零线作为上、下偏差的起点，零线以上为正偏差，零线以下为负偏差，位于零线上的偏差是零。

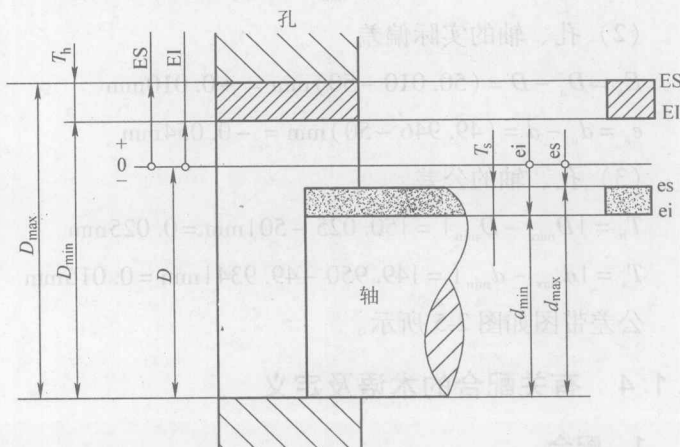


图 2-3 公差与配合示意图

(2) 尺寸公差带 (简称公差带) 是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。公差带在零线垂直方向上的宽度代表公差值, 沿零线方向的长度可适当选取。通常, 孔公差带用斜线表示, 轴公差带用网点表示。

公差带图中, 基本尺寸的单位用 mm 表示, 极限偏差和公差单位可用 mm 表示, 也可用 μm 表示。

(3) 公差带的两要素 公差带由“公差带大小”和“公差带位置”两个要素组成。公差带的大小由公差值确定, 位置由基本偏差确定。通常使用标准化的公差值和基本偏差。

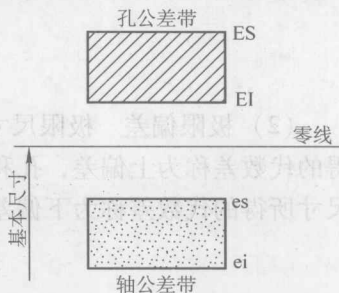


图 2-4 公差带图

1) 标准公差 指国家标准所规定的公差值。

2) 基本偏差 指国家标准中确定公差带相对零线位置的那个极限偏差, 一般为靠近或位于零线的那个极限偏差。当公差带在零线上方时, 其下偏差为基本偏差; 当公差带在零线下方时, 其上偏差为基本偏差; 当公差带相对于零线对称分布时, 其上、下偏差中的任何一个都可作为基本偏差。

这种标准化的公差和偏差制度称为极限制, 它是一系列标准的孔、轴公差数值和极限偏差数值。

例 2-1 已知基本尺寸 $D(d) = 50\text{mm}$, 孔的极限尺寸 $D_{\max} = 50.025\text{mm}$, $D_{\min} = 50\text{mm}$; 轴的极限尺寸 $d_{\max} = 49.950\text{mm}$, $d_{\min} = 49.934\text{mm}$ 。现测得孔、轴的实际尺寸分别为 $D_a = 50.010\text{mm}$, $d_a = 49.946\text{mm}$ 。求孔、轴的极限偏差、实际偏差及公差, 并画公差带图。

解:

(1) 孔、轴的极限偏差

$$ES = D_{\max} - D = (50.025 - 50)\text{mm} = +0.025\text{mm}$$

$$EI = D_{\min} - D = (50 - 50)\text{mm} = 0\text{mm}$$

$$es = d_{\max} - d = (49.950 - 50)\text{mm} = -0.050\text{mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = (49.934 - 50)\text{mm} = -0.066\text{mm}$$

(2) 孔、轴的实际偏差

$$E_a = D_a - D = (50.010 - 50)\text{mm} = +0.010\text{mm}$$

$$e_a = d_a - d = (49.946 - 50)\text{mm} = -0.054\text{mm}$$

(3) 孔、轴的公差

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |50.025 - 50|\text{mm} = 0.025\text{mm}$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |49.950 - 49.934|\text{mm} = 0.016\text{mm}$$

公差带图如图 2-5 所示。

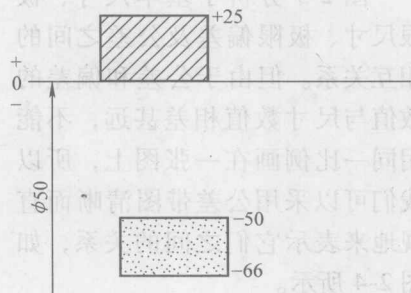


图 2-5 例 2-1 公差带图

2.1.4 有关配合的术语及定义

1. 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。孔和轴公差带之间关