



高等职业教育“十二五”规划教材

公差配合 与技术测量

Tolerance and
Technical Measurement

主 编 蒋红卫 肖 弦

副主编 向清然 邓中华

周春华 宋新华 陈育新



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



高等职业教育“十二五”规划教材

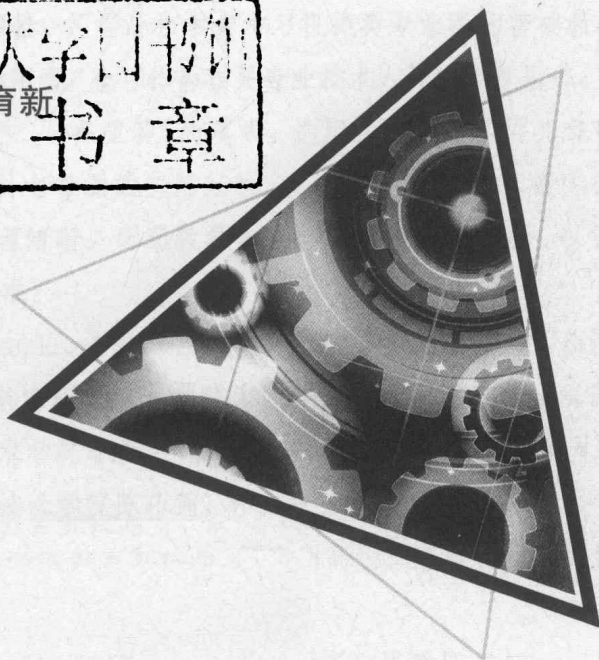
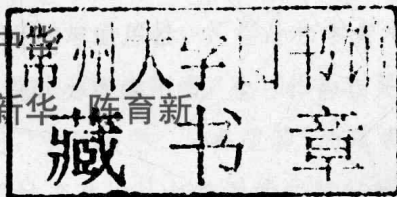
公差配合 与技术测量

Tolerance and
Technical Measurement

主 编 蒋红卫 肖 弦

副主编 向清然 邓中

周春华 宋新华



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量/蒋红卫,肖弦主编.

—长沙:中南大学出版社,2013.11

ISBN 978-7-5487-1011-0

I.公... II.蒋... III.①公差-配合-高等职业教育-教材
②技术测量-高等职业教育-教材 IV.TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第268057号

公差配合与技术测量

蒋红卫 肖弦 主编

☐责任编辑 谭平

☐责任印制 周颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 国防科技大学印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 13 ☐字数 320千字

☐版 次 2014年1月第1版 ☐2014年1月第1次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1011-0

☐定 价 35.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容提要

“公差配合与技术测量”是机械类各专业必修的重要基础课。本教材的编写是为了配合理实一体化的课程教学需要，主体采用了“项目教学、任务驱动”的模式，选用实际产品零件为载体，以项目任务的形式展开，结合机械产品设计与检测的实际经验，完成典型零件加工精度要求设计及检测的全过程。所选教学内容与工作任务相适应，够用为度。采用最新国家标准，具有较强的实用性与通用性，是指导初学者学习机械类专业课的基础教材，可供高职高专院校、高级技师学院作为教学用书，也可作为相关专业技术人员的参考用书。

全书共分为七个项目，分别为尺寸公差与配合的设计、几何公差的设计、表面结构要求的设计、尺寸链应用、长度尺寸检测、几何误差检测、其他常用检测。建议学时为40~60。

前言 PREFACE.

“公差配合与技术测量”是高等职业院校机械类以及近机械类各专业必修的重要基础课程，也是机械行业所有从事技术类岗位工作人员必备的专业基础知识与技能。其教学内容与机械设计、机械制造、质量控制等方面密切相关，在生产实践中具有极其广泛的实用性。

编写本教材的工作团队是高级工程师、副教授、高级技师的组合，他们既有丰富的企业实践工作经历，也有多年的高职教学经验。按照机械类相关专业的培养目标与培养方案的要求，根据高职教育的特点及发展需要，本着“强调基础、注重能力、突出应用、力求创新”的原则，贯彻“理论够用、应用为主”的理念，适应最新国家标准，引入大量实际应用和工程实例，兼顾设计与制造类、应用与技能型的不同教学要求，充分体现《关于职业院校学生专业技能抽查考试标准开发项目申报工作的通知》（湘教通[2011]214号）精神，力求将专业技能抽查考试相关内容融入教材之中；具有较强的实用性与通用性，是指导初学者学习机械类专业课的基础教材，可供高职高专院校、高级技师学院作为教学用书，也可作为相关专业技术人员的参考用书。

本教材的编写主体采用了“项目教学、任务驱动”的模式，选用实际产品零件为载体，以项目任务的形式展开，结合机械产品设计与检测的实际经验，完成典型零件加工精度要求设计及检测的全过程。教学目标明确，思理清晰。所选教学内容与工作任务相适应，以够用为度。所引用的各项标准均为最新国家标准。

本教材由长沙航空职业技术学院蒋红卫、肖弦任主编，衡阳技师学院向清然，长沙航空职业技术学院邓中华、周春华，张家界航空职业技术学院宋新华，娄底职业技术学院陈育新任副主编，参与编写的还有常德职业技术学院李金兰，湖南生物机电职业技术学院周莉，长沙航空职业技术学院林章辉，郴州职业技术学院陈巧莲，怀化职业技术学院宋玲等。

本教材在编写过程中得到湘潭电机集团公司力源模具研究所高级工程师孙孝文的协助与审核。

本教材在编写过程中参考了众多专家学者的教材，在此表示衷心感谢！

因编者水平有限，教材中难免存在不足之处，恳请广大师生、读者提出宝贵批意见，以促进本教材的完善与提高。

编者

CONTENTS. 目录

课程引入(2 h)	(1)
0.1 课程性质与要求	(1)
0.2 互换性	(2)
0.3 标准化	(3)
项目一 尺寸公差与配合的设计(12 ~ 16 h)	(6)
1.1 项目任务	(6)
1.2 项目相关知识	(7)
1.2.1 基本术语	(7)
1.2.2 标准公差系列	(16)
1.2.3 基本偏差系列	(19)
1.2.4 公差带与配合的标注	(26)
1.2.5 一般公差的规定	(27)
1.2.6 公差带与配合代号的优选	(28)
1.2.7 公差与配合的选用	(30)
1.3 项目实施	(41)
1.4 项目拓展	(44)
思考与练习	(45)
项目二 几何公差的设计(8 ~ 12 h)	(48)
2.1 项目任务	(48)
2.2 项目相关知识	(49)
2.2.1 概述	(49)
2.2.2 几何公差的标注	(52)
2.2.3 几何公差释义	(58)
2.2.4 几何公差的选用	(74)
2.3 项目实施	(90)
2.4 项目拓展	(92)
思考与练习	(107)

项目三 表面结构要求的设计(4~6 h)	(112)
3.1 项目任务	(112)
3.2 项目相关知识	(113)
3.2.1 基本术语及定义	(113)
3.2.2 表面结构特征的评定	(114)
3.2.3 表面结构要求的标注	(117)
3.2.4 表面结构要求的设计选用	(124)
3.3 项目实施	(128)
思考与练习	(129)
项目四 尺寸链应用(6~8 h)	(131)
4.1 项目任务	(131)
4.2 项目相关知识	(132)
4.2.1 尺寸链概述	(132)
4.2.2 尺寸链的建立与分析	(134)
4.2.3 极值法解尺寸链	(135)
4.3 项目实施	(135)
4.4 项目拓展	(139)
4.4.1 概率法解尺寸链	(139)
4.4.2 解装配尺寸链的其他方法	(140)
思考与练习	(142)
项目五 长度尺寸检测(6~8 h)	(144)
5.1 项目任务	(144)
5.2 项目相关知识	(145)
5.2.1 技术测量基本知识	(145)
5.2.2 常用测量器具	(148)
5.2.3 测量器具的选择	(155)
5.2.4 测量误差与数据处理	(158)
5.3 项目实施	(160)
5.4 项目拓展	(161)
5.4.1 三坐标测量机	(161)
5.4.2 光滑极限量规	(162)
思考与练习	(163)
项目六 几何误差检测(4~6 h)	(164)
6.1 项目任务	(164)
6.2 项目相关知识	(165)

6.2.1 形状误差的检测原则	(165)
6.2.2 形状误差评定与检测方法	(167)
6.2.3 位置误差的评定与常用检测方法	(172)
6.3 项目实施	(181)
思考与练习	(183)
项目七 其他常用检测(2~4 h)	(184)
7.1 表面粗糙度检测	(184)
7.2 角度与锥度检测	(186)
7.3 螺纹结合的检测	(190)
7.4 齿轮传动的检测	(191)
参考文献	(198)

课程引入

(建议学时: 2 h)

教学目标

一、知识目标

1. 了解本课程的性质与任务要求;
2. 了解互换性的定义与分类;
3. 了解互换性与标准化的作用及实现互换性生产的条件;
4. 了解标准化的意义。

二、技能目标

1. 能理解互换性与标准化的重要性;
2. 能判断机械零件是否具有互换性。

0.1 课程性质与要求

公差配合与测量技术是机械类各专业的一门重要专业基础课,是联系机械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。

任何机械产品的设计,总是包括运动设计、结构设计、强度设计和精度设计。本课程主要研究机械零件的精度设计。

机械零件是构成机械产品的基本装配单元,机械零件的精度设计,就是要根据使用要求和制造的经济性,为机械零件确定合适的尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度数值,以便将零件的制造误差限制在一定的范围内,使机械产品装配后能按预期的要求正常工作。

零件加工后是否符合设计的精度要求,只有通过检测才能知道,所以检测是精度要求的技术保证,是本课程研究的另一重要问题。

总之,本课程的任务是使学生获得有关精度设计和几何量检测的基础理论知识和实际操作技能,为后续主要专业课的教学和毕业后的实际工作锻炼提供一定的专业技术基础。具体要求如下:

- (1) 建立几何参数互换性与标准化的概念。
- (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) 学会查用有关公差表,对常用的公差要求会正确标注和解释,初步做到合理选用公差与配合。

(4)能正确选择、使用生产现场的常用计量器具,对一般几何量进行综合检测和数据处理。

0.2 互换性

一、互换性的概念

所谓互换性是指同规格的一批产品在尺寸、功能上能够具有彼此相互替换的功能。机械制造业中的互换性是指对同一规格的一批零件或部件任取其一,不需作任何挑选、调整或附加修配(如钳工修配)就能进行装配,并且具有满足机械产品使用性能要求的一种特性。这样的一批零件或部件,称为具有互换性的零件或部件。互换性原则是产品设计的最基本原则。

零件或部件的互换性,既包括几何参数(如零件的尺寸、形状、位置和表面粗糙度等)的互换性,又包括物理、机械性能参数(如强度、硬度和刚度等)的互换性。本书仅对几何参数的互换性加以论述。

二、互换性的分类

在生产中,互换性按其互换的程度和范围的不同可分为完全互换性(也称绝对互换)和不完全互换性(也称有限互换)。

1. 完全互换

完全互换是指一批零件在装配或更换时,不需选择,不需调整与修理,装配后即可达到使用要求的方法称为完全互换。如螺栓、螺母等标准件的装配大都属于此类情况。

2. 不完全互换

当装配精度要求非常高时,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,则可采用不完全互换法进行生产。

将有关零件的尺寸公差(尺寸允许变动范围)放宽,在装配前进行测量,按量得尺寸大小分组进行装配,以保证使用要求。此法亦称分组互换法。

在装配时允许用补充机械加工或钳工修刮办法来获得所需的精度,称为修配法。

用移动或更换某些零件以改变其位置和尺寸的方法来达到所需的精度,称为调整法。

究竟采用何种方式生产为宜,要由产品精度、产品的复杂程度、生产规模、设备条件以及技术水平等一系列因素决定。一般大量和批量生产采用完全互换法生产。精度要求很高,常采用分组装配,即不完全互换法生产。而小批量和单件生产,常采用修配法或调整法生产。

三、互换性生产在机械制造业中的作用

互换性是现代机械制造业进行专业化生产的前提条件。只有机械零件具有了互换性,才可能将一台机器中的成千上万个零部件进行高效率的、分散的专业化生产,然后集中起来进行装配。它不仅能显著地提高生产效率,而且也能有效地保证产品质量,降低生产成本。

互换性原则广泛用于机械制造中的产品设计、生产制造、装配过程和使用过程等各个方面。

1. 产品设计

由于标准零部件采用互换性原则设计和生产,因而可以简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,加速产品的更新换代,且便于计算机辅助设计(CAD)。

2. 生产制造

按照互换性原则组织加工,实现专业化协调生产,便于计算机辅助制造(CAM),以提高产品质量和生产效率,同时降低生产成本。

3. 装配过程

零部件具有互换性,可以提高装配质量,缩短装配时间,便于实现现代化的大工业自动化,提高装配效率。

4. 使用过程

由于工件具有互换性,则在它磨损到极限或损坏后,很方便地用备件来替换。可以缩短维修时间和节约费用,提高修理质量,延长产品的使用寿命,从而提高机器的使用价值。

综上所述,在机械制造业中,遵循互换性原则,不仅能保证又多又快地进行生产,而且能保证产品质量和降低生产成本。因此,互换性生产是在机械制造中贯彻“多快好省”方针的技术措施。

四、互换性生产的实现条件

具有互换性的零件,其几何参数是否必须制造得绝对精确呢?事实上,不但不可能,而且也不必要。

零件在加工过程中,由于机床系统误差、机床振动、刀具磨损等原因,其几何参数不可避免地会产生误差。例如,单个零件尺寸不可能制造得绝对准确,一批零件尺寸不可能完全一致等。具有互换性的零件,尺寸并不是完全一致。实践证明,只要将这些误差控制在一定的范围内,则零件的使用功能和互换性都能得到保证。

换句话说,我们通过对零件的各个几何参数规定公差,加工时只要将零件产生的误差严格控制在公差范围内,零件就具有互换性。

公差是零件几何参数允许的变动量,它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度等。公差用来控制误差,以保证零、部件的互换性,因此,研究几何量误差及其控制范围,需要建立公差标准,这是科研生产中的一个重要课题,是保证互换性的基础。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。通过检测,几何参数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。

综上所述,合理确定公差标准与正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

0.3 标准化

一、标准和标准化

标准是指为了在一定范围内获取最佳秩序,经协商一致指定并由公认机构批准,共同使

用和重复使用的一种规范性文件。标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳的共同效益为目的。

标准分为国际标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

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。

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关系密切,所以要实现互换性生产必须建立尺寸公差与配合标准、形状与位置公差标准、表面粗糙度标准等,先进的公差标准是实现互换性的基础。

二、公差的标准化

1959年,我国颁布《公差与配合》国家标准(GB159~174—1959)。此国家标准完全依赖1929年前苏联的国家标准,这个标准指导了我国20年的工业生产。

公差与配合的标准化,对机电工业生产的组织和发展具有重要的作用。随着我国经济建设快速发展,旧国家标准已不能适应现代大工业互换性生产的要求。从适应国际贸易、技术交流的角度考虑,必须进一步与国际标准化接轨。因此,在原国家标准局的统一领导下,我国从1979年起,有计划、有步骤地对旧的基础标准进行了三次修订,第一次是20世纪80年代初期:《公差与配合》(GB1800~1804—1979),《形状和位置公差》(GB1182~1184—1980),《表面粗糙度》(GB1031—1983);第二次是20世纪90年代中期:《极限与配合》(GB/T1800.1—1997、GB/T1800.4—1999等),《形状和位置公差》(GB/T1182—1996等),《表面粗糙度》(GB/T1031—1995等);第三次是21世纪初期:《极限与配合》(GB/T1800.1—2009、GB/T1800.2—2009等),《几何公差》(GB/T1182—2008),《表面粗糙度》(GB/T1031—2009)等多项国家标准。这些新国家标准的修订,正在对我国的机械制造业产生着越来越大的作用。

三、标准化过程中所应用的优先数和优先数系

在制定公差标准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,影响并决定螺钉的直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等一系列相关产品的直径数值。为了避免造成产品的数值杂乱无章、品种规格过于繁多,减少给组织生产、协作配套、供应、使用、维修和管理等所带来的困难,必须对实际应用的数值进行优选、协调、简化和统一。人们在生产实践中总结出了一种科学的数值分级制度,它不仅适用于标准的制定,也适用于标准制定前的规划与设计,使产品参数的选择一开始就纳入标准化轨道,这就是优先数和优先数系。凡在科学数值分级制度中被确定的数值,称为优先数;按一定公比由优先数所形成的等比级数系列,称为优先数系。

优先数系是一个国际上统一的重要的基础标准,标准规定了五个等比数列,它们的公比分别为: $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$, $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$, $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$, $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$, $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$, 并分别用R5, R10, R20, R40基本系列和R80补充系列表示。其代号R是优先数系创

始人 Renard 的缩写。
优先数系基本系列的常用值见表 0-1。

表 0-1 优先数系的基本系列 (摘自 GB 321/T321—2005)

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40								
1.00	1.00	1.00	1.00	2.50	2.50	2.50	2.24	6.30	6.30	5.00	5.00								
			1.06				2.36				5.30								
			1.12				2.50				5.60								
			1.18				2.65				6.00								
		1.25	1.25			1.25	2.80			2.80	6.30	6.30	6.30	6.30					
															1.32	3.00	6.70		
															1.40	3.15	3.15	7.10	7.10
															1.50	3.35	7.50		
		1.60	1.60			1.60	4.00			4.00	4.00	4.00	4.00	10.00	10.00	10.00	10.00		
																		1.70	3.75
1.80	1.80			4.00	4.00	4.00		4.00	9.00		9.00								
																		1.90	4.25
2.00	2.00			2.00	4.50	4.50		10.00	10.00		10.00							10.00	
																			2.12

- (1) 优先数系中的任意数均为优先数，任意两项的积或商都为优先数，任意一项的整数乘方或开方也都为优先数。
- (2) 从 R5, R10, R20, R40 前一数系的项值包含在后一数系之中。
- (3) 表列以 1~10 为基础，所有大于 10 或小于 1 的优先数，均可用 10 的整数次幂乘以表 0-1 中数值求得，这样可以使该系列向两端无限延伸。
- 根据生产需要，亦可派生出变形系列。派生系列指从某一系列中按一定项差取值所构成的系列，如 R10/3 系列，即在 R10 数列中每隔 3 项取 1 项组成的数列，其公比为 $R10/3 = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$ ，如 1, 2, 4, 8, ……。
- 优先数系在各种公差标准中被广泛采用，公差标准表格中的数值，都是按照优先数系选定的。例如，《公差与配合》国家标准中 IT5~IT18 级的标准公差值主要是按 R5 系列确定的。

项目一 尺寸公差与配合的设计

(建议学时: 12 ~ 16 h)

教学目标

一、知识目标

1. 理解有关尺寸、偏差、公差与配合的基本术语;
2. 熟悉尺寸公差与配合的相关国家标准;
3. 掌握尺寸公差与配合的设计方法及一般原则。

二、技能目标

1. 能够对孔轴配合的极限尺寸、偏差、公差等进行转换计算;
2. 能够正确运用国家标准查找孔、轴的公差与配合;
3. 能够对工程图中的各尺寸进行正确的识读和标注;
4. 能够根据使用要求对孔、轴的极限尺寸及配合进行初步的设计。

1.1 项目任务

1. 任务引入

机械产品都是由零件装配而成的,产品精度的高低及性能的优劣在很大程度上取决于零件的几何精度,包括几何尺寸精度、几何要素的形状与位置精度等。但任何机械零件的加工不可避免会产生误差,零件精度高同时也意味着零件加工难度大、产品制造成本高。实践证明,只要使加工误差控制在一定的允许范围,仍然可以保证产品的正常使用。如何协调产品使用要求与制造经济性之间矛盾,主要在于制定合适的“公差”,即允许误差范围。本项目的任务是机械零件的尺寸精度设计,也就是为零件尺寸确定允许误差范围,并将设计结果正确标注在设计图样中。

2. 任务内容

如图 1-1 所示导柱与导套是冲压模具中的一组相配的导向零件,其结构形状已确定,但图中各尺寸只是名义尺寸:

(a) 导柱下端 $\phi 22$ 圆柱段压入下模座板相应孔,与下模部分实现固定连结,长度 35 保证连结的稳定可靠,并与下模座板厚度协调。上端 $\phi 22$ 圆柱段与导套孔 $\phi 22$ 形成滑动连接,另外,总长 120 根据模具工作行程确定, 10×0.5 是退刀槽, 3° 斜角在压入安装时起引入作用, $R3$ 圆角在滑动配合时起引入作用。

(b) 导套上端 $\phi 35$ 处压入上模座板相应孔,与上模部分实现固定连结,台肩高度 23 控制

其压入深度,内孔 $\phi 22$ 与导柱形成滑动配合, $\phi 23$ 是避让孔,深度略超过台肩高度,总长尺寸 66 结合模具工作行程确定, $R1.5$ 是储油槽, 3×0.5 是退刀槽, 3° 斜角在压入安装时起引入作用,孔口圆角 $R2$ 在滑动配合时起引入作用,外部圆角 $R2$ 是过渡圆角。

冲压模工作时,上、下模的开合动作受到导柱导套滑动的限制,可以认为模具动作精度取决于导柱导套滑动配合的间隙大小。现根据模具导向精度要求,设定导柱导套配合间隙不允许超过 0.035 mm ,试为图中各尺寸设定合适的制造公差。

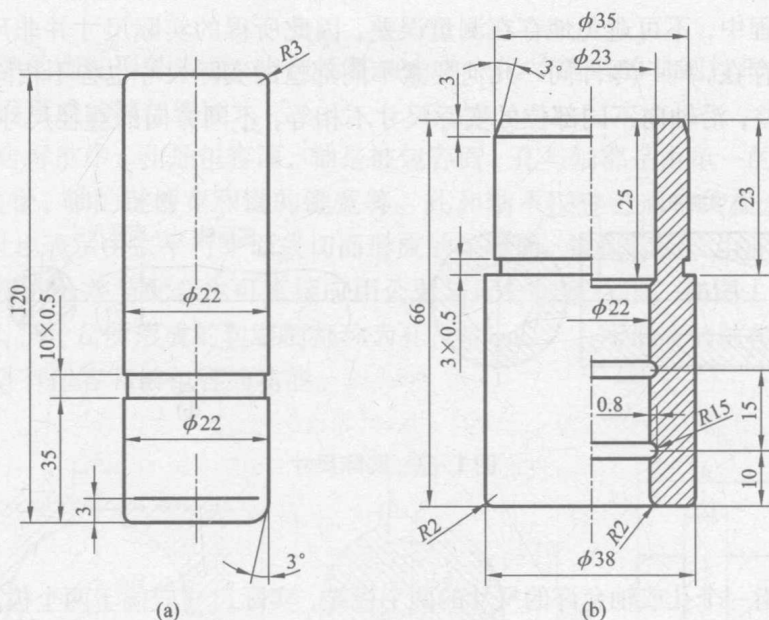


图 1-1 导柱与导套零件简图

(a) 导柱; (b) 导套

1.2 项目相关知识

1.2.1 基本术语

一、尺寸的术语及其定义

1. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸值的数值称为尺寸。在机械零件中,线性尺寸值包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。由尺寸的定义可知,尺寸由数值和特定单位两部分组成,如 30 mm (毫米)、 $60 \mu\text{m}$ (微米)等。在机械制图中,图样上的尺寸通常以 mm 为单位,如以此为单位时,可省略单位的标注,仅标注数值。采用其他单位时,则必须在数值后注写单位。

2. 基本尺寸(D, d)

标准规定:通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸称为基本尺寸。孔的基本尺寸用“ D ”表示;轴的基本尺寸用“ d ”表示(标准规定:大写字母表示孔的有关代号,小写字母表示轴的有关代号,后同)。基本尺寸由设计给定,是在设计时考虑零件的强度、刚度、工艺及

结构等方面的因素,通过试验、计算或依据经验确定。

为了减少定值刀具(如钻头、铰刀等)、量具(如量规等)、型材和零件尺寸的规格,国家标准 GB/T 已将尺寸标准化。因而基本尺寸应当选取标准尺寸,即通过计算或试验的方法,得到尺寸的数值,在保证使用要求的前提下,此数值接近哪个标准尺寸(一般为大于此数值的标准尺寸),则取这个标准尺寸作为基本尺寸。基本尺寸也称作公称尺寸。

3. 实际尺寸(D_a, d_a)

实际尺寸是指通过测量获得的某一孔、轴的尺寸,孔和轴的实际尺寸分别用 D_a 和 d_a 表示。由于测量过程中,不可避免地存在测量误差,因此所得的实际尺寸并非尺寸的真值。又由于加工误差的存在,同一零件同一几何要素不同部位的实际尺寸也各不相同,如图 1-2 所示,由于形状误差,沿轴向不同部位的实际尺寸不相等,不同方向的直径尺寸也不相等。

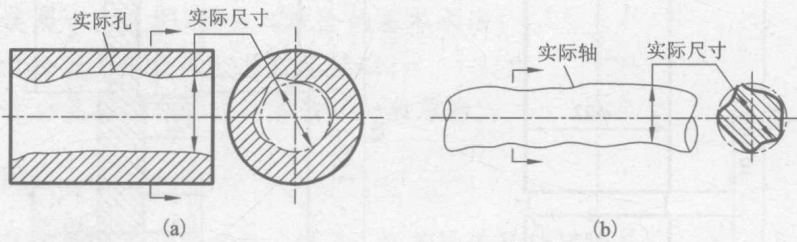


图 1-2 实际尺寸

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,实际尺寸应位于两个极限尺寸之间,也可达到极限尺寸。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸;孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸。孔的最大和最小极限尺寸分别以 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 表示,轴的最大和最小极限尺寸分别以 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 表示(如图 1-3 所示)。极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的,它用于控制实际尺寸。在机械加工中,由于机床、刀具、量具等各种因素而形成的加工误差的存在,要把同一规格的零件加工成同一尺寸是不可能的。从使用的角度来讲,也没有必要将同一规格的零件都加工成同一尺寸,只须将零件的实际尺寸控制在一个范围内,就能满足使用要求。这个范围由上述两个极限尺寸确定,即尺寸合格条件为: $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$; $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$ 。

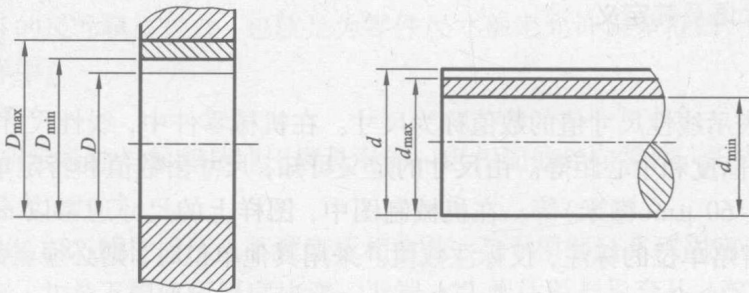


图 1-3 孔、轴的极限尺寸

二、孔和轴的定义

广义的孔与轴：孔为包容面(尺寸之间无材料)，在加工过程中，尺寸越加工越大；而轴是被包容面(尺寸之间有材料)，尺寸越加工越小。

1. 孔

孔主要指工件圆柱形的内表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱形的内表面部分(由二平行平面或切面形成的包容面)。

2. 轴

轴主要指工件的圆柱形外表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱形外表面部分(由二平行平面或切面形成的被包容面)。

在公差与配合标准中，孔是包容面，轴是被包容面，孔与轴都是由单一的主要尺寸构成，例如：圆柱形的直径、轴的键槽宽和键的键宽等。孔和轴不仅表示通常的概念，即圆柱体的内、外表面，而且也表示由二平行平面或切面形成的包容面、被包容面。由此可见，除孔、轴以外，类似键连接的公差与配合也可直接应用公差与配合国家标准。如图 1-4 所示的各表面，如 ϕD 、 B 、 B_1 、 L 、 L_1 所形成的包容面都称为孔；如 ϕd 、 l 、 l_1 所形成的被包容面都称为轴。因而孔、轴分别具有包容和被包容的功能。

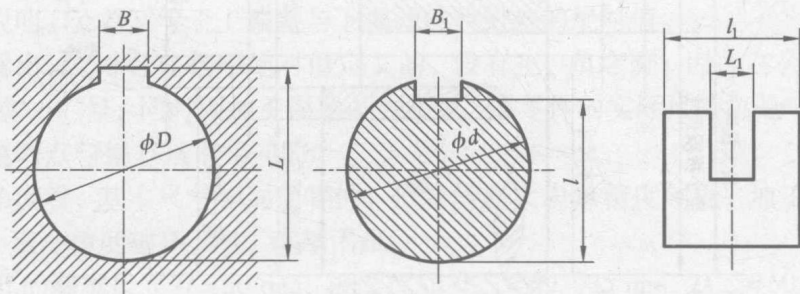


图 1-4 孔和轴的定义

对于形状复杂的孔和轴可以按照以下的方法进行判断。从装配关系上看：零件装配后形成包容与被包容的关系，凡包容面统称为孔，被包容面统称为轴。从加工过程看：在切削过程中尺寸由小变大的为孔，而尺寸由大变小的为轴。

三、偏差、公差的术语及其定义

1. 尺寸偏差(简称偏差)

某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差，简称偏差。偏差包括实际偏差和极限偏差，而极限偏差又包括上偏差和下偏差。

(1) 实际偏差

实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。实际偏差可以为正值、负值或零。合格零件的实际偏差应在上、下偏差之间。

孔的实际偏差为：

$$E_a = D_a - D \quad (1-1)$$

轴的实际偏差为：

$$e_a = d_a - d \quad (1-2)$$