



全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）
经全国机械职业教育教学指导委员会审定


数 控 技 术 专 业

全国机械职业教育数控技术专业教学指导委员会（高职） 组编

公差配合与测量技术

马恒 孙素荣 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠电子课件等



全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）
经全国机械职业教育教学指导委员会审定

公差配合与测量技术

全国机械职业教育数控技术类专业教学指导委员会（高职） 组编

主 编 马 恒 孙素荣

副主编 于 颖 郭佳萍

参 编 王海霞 于 洋 李桂娇

刘利萍 聂 影

主 审 王晓东



机械工业出版社

本书是全国机械行业职业教育优质规划教材,经全国机械职业教育教学指导委员会审定。

本书是根据最新的职业教育教学改革精神,体现高职高专人才培养特色,以必需够用、实用为原则编写的。全书采用最新国家标准,重点突出几何公差在图样上的标注与检测的基本知识。

全书共分10章:绪论、尺寸公差与配合及其检测、几何公差及其检测、表面粗糙度及其检测、圆锥公差与配合及其检测、普通螺纹的公差与配合及其检测、齿轮公差及其检测、键和花键的公差配合及其检测、滚动轴承公差配合及其检测和三坐标测量机简介。

本书是机械类专业必修课教材,实用性强,编写中在考虑内容的系统性时,特别注意遵循由浅入深、由简到繁、循序渐进的原则,语言通俗易懂,以方便读者自学。

本书可作为高职高专院校机械类专业教材,也可作为一般从事机械制造的工人、工艺人员参考用书。

本书配有电子课件,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>),注册后免费下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/马恒,孙素荣主编. —北京:机械工业出版社,2016.11

全国机械行业职业教育优质规划教材(高职高专) 经全国机械职业教育教学指导委员会审定

ISBN 978-7-111-55245-1

I. ①公… II. ①马… ②孙… 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. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第257553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:王英杰 武晋 责任编辑:王英杰 武晋

责任校对:陈延翔

封面设计:鞠杨

责任印制:常天培

涿州市星河印刷有限公司印刷

2017年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.25印张·317千字

0001—1900册

标准书号:ISBN 978-7-111-55245-1

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

为了适应我国高职高专教育发展，满足培养技能型、应用型人才的需要，贯彻落实“十二五”规划关于专业建设与课程改革相关文件精神，完善课程教材体系建设工作，我们编写了这本《公差配合与测量技术》。

本教材编写过程中，全部采用最新国家标准，坚持“以能力培养与素质提高”为目标，以“宽基础、重技能”为指导思想，遵循理论联系实际，体现了应用性、实用性、综合性和先进性。本教材是编者根据多年教学工作经验编写而成的，以综合素质为基础，以能力为本位，以企业需求为基本依据，以就业为导向，适应企业技术发展，体现教学内容的先进性和前瞻性。

在基础理论与专业知识的安排上，紧密结合高等职业院校的专业培养目标和学生特点，本着“必需、够用、实用”的原则，摒弃“繁难偏旧”的知识，加强实践（实验）教学的力度，强化动手能力的培养和知识运用能力的提高。

随着职业教育改革的不断深入，各高等职业院校专业设置与专业培养目标不断优化、调整，致使各院校、各专业开设课程不尽相同。使用本教材时，可根据专业课程设置的具体情况，适当取舍教材内容。

本教材由具有二十多年专业教学经验的教师组成的编写组编写，编写分工如下：马恒第4章；孙素荣第5章；于颖第7章；郭佳萍第8章；王海霞第2章；聂影第1章；李桂娇第3章；刘利萍第6章；于洋第9、10章。本教材由马恒、孙素荣任主编，于颖、郭佳萍任副主编，王晓东任主审。马恒负责全书的统稿工作，于颖、郭佳萍负责全书的校对工作。

在本教材的编写过程中，借鉴了大量的参考文献，选用了极具价值的技术资料，同时得到有关领导和同志的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于教材编写时间仓促，缺点在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第 1 章 绪论	1	2.4.1 基准制的选择	23
1.1 课程简介	1	2.4.2 尺寸公差等级的选择	24
1.2 互换性概述	1	2.4.3 配合的选择	26
1.2.1 互换性的含义	1	2.5 技术测量基础	29
1.2.2 互换性的分类	2	2.5.1 检测的基本概念与量值传递	29
1.2.3 互换性生产在机械制造业中的作用	2	2.5.2 计量器具与测量方法的分类	31
1.3 标准化与标准	2	2.5.3 常用计量器具的基本结构与工作原理	32
1.3.1 标准化与标准的含义	2	思考与练习	35
1.3.2 标准的分类和分级	3	第 3 章 几何公差及其检测	36
1.3.3 优先数和优先数系	3	3.1 零件几何要素和几何公差的特征项目	36
1.4 零件的加工误差和公差	6	3.1.1 零件几何要素及其分类	36
1.4.1 机械加工误差	6	3.1.2 零件几何公差的特征项目及符号	37
1.4.2 几何量公差	6	3.1.3 几何公差公差带的主要形状	38
1.5 本课程的性质与要求	6	3.2 几何公差在图样上的表示方法	39
1.5.1 本课程的性质	6	3.2.1 公差框格和基准符号	39
1.5.2 本课程的要求与学习方法	7	3.2.2 被测要素的标注方法	40
思考与练习	7	3.2.3 基准要素的标注方法	41
第 2 章 尺寸公差与配合及其检测	8	3.2.4 几何公差的简化标注方法	42
2.1 极限与配合的基本术语及定义	8	3.3 几何公差及其公差带	43
2.1.1 孔和轴的尺寸	8	3.3.1 公差带的定义及作用	43
2.1.2 偏差、公差和公差带图	9	3.3.2 形状公差及其公差带	43
2.1.3 配合	11	3.3.3 方向公差及其公差带	45
2.2 标准公差及基本偏差的国标规定	13	3.3.4 位置公差及其公差带	48
2.2.1 标准公差系列	13	3.3.5 跳动公差及其公差带	49
2.2.2 基本偏差系列	13	3.4 公差原则	50
2.2.3 基准制	20	3.4.1 有关公差原则的一些术语及定义	50
2.3 国标中规定的公差带与配合	21	3.4.2 独立原则	51
2.3.1 国标中规定的公差带	21	3.4.3 包容要求	52
2.3.2 国标中规定的配合	22	3.4.4 最大实体要求	53
2.3.3 一般公差——线性尺寸的未注公差	23	3.5 几何公差的选择	54
2.4 常用尺寸段公差与配合的选用	23		



3.5.1 几何公差特征项目及基准要素的选择	54	5.5 角度与锥度的检测	107
3.5.2 公差原则的选择	54	思考与练习	109
3.5.3 几何公差值的选择	55	第6章 普通螺纹的公差与配合及其检测	110
3.6 几何误差及其检测	59	6.1 基础知识	110
3.6.1 几何误差及其评定	59	6.1.1 螺纹分类及使用要求	110
3.6.2 几何误差的检测原则	61	6.1.2 普通螺纹的主要几何参数	111
3.6.3 常用检测工具的使用和保养方法	63	6.2 普通螺纹的几何参数误差对互换性的影响	113
3.6.4 常用的几何误差检测方法	65	6.2.1 螺距误差对螺纹互换性的影响	113
思考与练习	72	6.2.2 牙型半角误差对互换性的影响	114
第4章 表面粗糙度及其检测	76	6.2.3 中径误差对螺纹互换性的影响	115
4.1 表面粗糙度概述	76	6.2.4 普通螺纹的互换性	115
4.1.1 表面粗糙度的概念	76	6.3 普通螺纹的公差与配合	116
4.1.2 表面粗糙度对零件使用性能的影响	77	6.3.1 普通螺纹的公差带	116
4.2 表面粗糙度的评定	78	6.3.2 螺纹旋合长度和配合精度	119
4.2.1 基本术语	78	6.3.3 普通螺纹的公差带和配合选用	120
4.2.2 表面粗糙度的评定参数	81	6.3.4 普通螺纹的标记	121
4.3 表面粗糙度的符号、代号及其注法	83	6.3.5 螺纹的表面粗糙度要求	122
4.3.1 表面粗糙度的符号、代号	83	6.3.6 应用举例	122
4.3.2 表面粗糙度在图样上的标注方法	86	6.4 普通螺纹的测量	123
4.4 表面粗糙度的选用	89	6.4.1 普通螺纹的综合检验	123
4.5 表面粗糙度的检测	92	6.4.2 普通螺纹的单项测量	124
4.5.1 比较法	92	思考与练习	129
4.5.2 光切法	92	第7章 齿轮公差及其检测	131
4.5.3 干涉法	93	7.1 齿轮传动及其加工误差	131
4.5.4 针描法	94	7.1.1 齿轮传动的使用要求	131
思考与练习	95	7.1.2 齿轮传动的加工误差	132
第5章 圆锥公差与配合及其检测	97	7.2 齿轮精度的评定指标及其检测	134
5.1 圆锥的锥度与锥角	97	7.2.1 影响齿轮传动准确性的偏差及其检测	134
5.1.1 圆锥的基本定义及参数	97	7.2.2 影响齿轮传动平稳性的偏差及其检测	138
5.1.2 锥度与锥角系列	98	7.2.3 影响齿轮载荷分布均匀性的偏差及其检测	141
5.2 圆锥公差	100	7.2.4 齿侧间隙及其检验项目	142
5.2.1 圆锥公差的基本术语及定义	100	7.3 齿轮副和齿坯的精度评定指标及其检测	145
5.2.2 圆锥公差项目	102	7.3.1 齿轮副的精度评定指标及其检测	145
5.2.3 圆锥公差的给定方法	103	7.3.2 齿坯精度评定指标及其检测	146
5.3 圆锥配合	104	7.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	148
5.3.1 圆锥配合的定义和基本参数	104		
5.3.2 圆锥配合的分类	104		
5.3.3 圆锥配合的形成	105		
5.4 角度公差	106		



7.4.1 精度等级及其选择	148	9.1.2 滚动轴承的几何参数及定义	168
7.4.2 最小侧隙和齿厚偏差的确定	150	9.2 滚动轴承的公差等级、公差带及其	
7.4.3 检验组的选用	150	应用	170
7.4.4 齿轮在图样上的标注	151	9.2.1 滚动轴承的公差等级及其应用	170
思考与练习	152	9.2.2 滚动轴承内径和外径的公差带及	
第8章 键和花键的公差配合及其		配合	171
检测	153	9.2.3 影响轴承配合选择的因素	172
8.1 概述	153	9.2.4 轴颈和外壳孔的几何公差与表面	
8.1.1 单键联接	153	粗糙度	176
8.1.2 花键联接	154	9.2.5 滚动轴承配合选择实例	177
8.2 平键联接的公差带与配合	155	9.3 滚动轴承的检测	178
8.2.1 平键的几何参数及标记	155	9.3.1 轴承检测方法	178
8.2.2 平键、半圆键联接的公差配合		9.3.2 测量滚动轴承的游隙	179
及选用	156	思考与练习	192
8.2.3 键槽的几何公差和表面粗糙度	158	第10章 三坐标测量机简介	193
8.3 矩形花键的公差与配合	159	10.1 概述	193
8.3.1 矩形花键的几何参数及标记	159	10.1.1 三坐标测量机的产生	193
8.3.2 矩形花键联接的公差与配合	161	10.1.2 三坐标测量机的组成	193
8.3.3 矩形花键的几何公差和表面		10.1.3 三坐标测量机的分类	194
粗糙度	162	10.2 三坐标测量机的机械结构	195
8.4 键和花键的检测	164	10.2.1 结构形式	195
8.4.1 单键及其键槽的测量	164	10.2.2 测头系统	197
8.4.2 花键的测量	164	10.3 三坐标测量机的测量原理	199
思考与练习	166	10.3.1 坐标系、矢量和余弦误差	199
第9章 滚动轴承公差配合及其		10.3.2 常见元素的测量	200
检测	167	10.3.3 三坐标测量的流程及应用	
9.1 概述	167	举例	200
9.1.1 轴承的分类及组成	167	参考文献	203

第 1 章

1

绪论

知识目标：

1. 掌握互换性的概念和互换性的分类。
2. 了解互换性在实际生产中的应用。

能力目标：

对互换性的分类有明确的判断能力。

1.1 课程简介

几何量检测是机械类从业人员必备的基本技能，而公差配合和量具的知识则是进行几何量检测的基础。本书围绕“检测任务—必需的公差（或极限偏差）、误差（或偏差）、检测方法 与 计量器具知识—决策与计划—亲自动手完成检测任务—检查与评估”这条主线，重点介绍尺寸公差、几何公差、表面粗糙度以及圆锥、螺纹、圆柱齿轮等典型零件的特殊公差知识和相关误差（偏差）的检测方法与计量器具知识，系统设计了相关的检测任务。通过学习这些知识和完成检测任务，学生基本可以掌握生产一线几何量检测的基本技能。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，能识读一般的机械图样。学生学完本课程后，应初步达到下列要求：

- 1) 建立互换性的基本概念，熟悉有关公差配合的基本术语和定义。
- 2) 了解各种几何参数和典型零件的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和典型零件的公差要求，并能准确查用有关表格。
- 4) 掌握几何量检测的基本知识，会正确选择和使用生产现场的常用计量器具，能完成生产现场一般零件和典型零件几何量的检测任务。

1.2 互换性概述

1.2.1 互换性的含义

在日常生活中，人们经常会遇到使用可以相互替换的零部件的情况，如自行车上某个零



件损坏，只要到维修店更换一个同样规格的零件即可。这里就体现了一个在产品的设计、制造、维修中广泛使用的原则——互换性。

同一规格的一批零部件，可以不经选择、调整或修配，任取一件就能装配在机器上，并能达到规定的使用性能要求。零部件具有的这种性质称为互换性。

互换性是广泛用于产品设计、制造、维修的重要原则。能够保证产品具有互换性的生产，称为遵守互换性原则的生产。

1.2.2 互换性的分类

互换性按其互换程度可分为完全互换和不完全互换。

完全互换是指一批零部件装配前不经选择，装配时也不需修配和调整，装配后即可满足预定的使用要求。螺栓、圆柱销等标准件的装配大都属于此类情况。当装配精度要求很高时，若采用完全互换，将使零件的尺寸公差很小，加工困难，成本很高，甚至无法加工。为了便于加工，这时可将其制造公差适当放大，在完工后，再用量仪将零件按实际尺寸分组，按组进行装配。如此，既保证装配精度与使用要求，又可降低成本。此时仅是组内零件可以互换，组与组之间不可互换，因此称为不完全互换。有时需加工或调整某一特定零件的尺寸，以达到其装配精度要求，称为调整法，也属于不完全互换。

不完全互换只限于部件或机构制造厂内装配时使用，对于厂外协作，则往往要求完全互换。究竟采用哪种方式为宜，要根据产品精度、产品复杂程度、生产规模、设备条件及技术水平等一系列因素决定。

一般大量生产和成批生产，如汽车、拖拉机生产，大都采用完全互换法生产；精度要求很高的如轴承工业，常采用分组装配，即不完全互换法；而小批和单件生产，如矿山、冶金等重型机器生产，则常采用修配法或调整法。

1.2.3 互换性生产在机械制造业中的作用

按互换性原则组织生产，是现代化生产的重要原则之一，其优点如下：

① 在加工制造过程中，可以合理地进行生产分工和专业化协作，便于采用高效专用设备，尤其是计算机辅助制造（CAM）的产品，不但产量和质量高，且加工灵活性大，生产周期缩短，成本低，便于装配自动化。

② 在生产设计过程中，按互换性要求设计的产品最便于采用三化（标准化、系列化、通用化）设计和计算机辅助设计（CAD）。

由此可知，互换性原则是用来发展现代化机械工业、提高生产率、保证产品质量、降低成本的重要技术经济原则，是工业发展的必然趋势。

1.3 标准化与标准

1.3.1 标准化与标准的含义

在实行互换性生产的过程中，要求各分散的工厂、车间等局部生产部门和生产环节之间必须在技术上保持一定的统一性，而标准化正是实现这一要求的一项重要技术保证。



1. 标准化的含义

GB/T 20000.1—2014《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语》中规定，标准化的定义为：“为了在既定范围内获得最佳秩序，促进共同效益，对现实问题或潜在问题确立共同使用和重复使用的条款以及编制、发布和应用文件的活动。”实际上，标准化就是指在经济、技术、科学以及管理等社会实践中，对重复性的事物（如产品、零件、部件）和概念（如术语、规则、方法、代号、量值），在一定范围内通过简化、优选和协调，做出统一的规定，经审批后颁布、实施，以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。

2. 标准的含义

标准化的主要体现形式是标准。GB/T 20000.1—2014《标准化工作指南 第1部分：标准化和相关活动的通用术语》中规定，标准的定义为：“通过标准化活动，按照规定的程序经协商一致制定，为各种活动或其结果提供规则、指南或特性，供共同使用或重复使用的文件。”标准是以科学、技术和经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的，经有关方面协商一致而制定，由主管机构批准，以特定的形式发布，作为共同遵守的准则和依据。

1.3.2 标准的分类和分级

1. 标准的分类

标准的范围广泛，种类繁多，涉及人类生活的方方面面。

按性质不同，标准可分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三类。按适用程度不同，标准可分为基础标准和一般标准两类。本课程研究的公差与配合、表面粗糙度、术语、计量单位、优先数系等标准属于基础标准。

涉及人身安全、健康、卫生及环境保护等的标准属于强制性标准，其代号为“GB”。强制性标准颁布后，必须严格执行。此外还有推荐性标准，其代号为“GB/T”。

2. 标准的分级

按制定的范围不同，标准可分为国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准六个级别。由国际标准化组织或国际标准化组织通过并公开发布的标准称为国际标准，如“ISO”“IEC”等。由区域标准化组织或区域标准组织通过并公开发布的标准称为区域标准。由中国国家标准机构通过并公开发布的标准称为国家标准，用“GB”或“GB/T”表示。对于没有国家标准而又需要在某个行业范围内统一的技术要求，可制定行业标准，如机械标准（JB）等；对于既没有国家标准又没有行业标准而又需要在某个范围内统一的技术要求，可制定地方标准或企业标准，分别用“DB”“QB”表示。

世界各国的经济发展过程表明，标准化是实现现代化的一个重要手段，标准化也是联系科研、设计、生产和使用的纽带，是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争力的技术保证。加入世界贸易组织以后，为加强和扩大我国与国际先进工业国家的技术交流和国际贸易，我国对标准化工作更加重视，不断以国际标准为基础，制定新的标准，并逐步向国际标准靠拢。

1.3.3 优先数和优先数系

在产品设计或生产过程中，各种参数的简化、协调和统一，是标准化的一项重要工作



内容。

在进行机械产品设计时，需要确定许多技术参数。当选定一个数值作为某产品的参数指标后，这个数值就会按照一定的规律向一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。

例如，螺栓的尺寸确定后，就会影响螺母、丝锥、板牙等的尺寸，从而进一步影响加工螺栓孔的钻头的尺寸。这种技术参数的传播在实际生产中非常普遍，并且跨越行业和部门的界限。如果没有一个统一的标准，必然会导致各种参数的规格繁多杂乱，以致给组织生产、协作配套及使用、维修等带来很大的困难。因此，各种技术参数的制定，必须从全局出发、协调一致。

优先数系是国际上统一的数值分级制度，是一种无量纲的分级数系，适用于各种量值的分级，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标准，如 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》就是其中的一个重要标准。在确定机械产品的技术参数时，应尽可能地选用该标准中的数值。

GB/T 321—2005 规定了 5 个不同公比的十进制近似等比数列，作为优先数系。各数列分别用 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示，依次称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。其中，前 4 个系列是基本系列和常用系列；R80 系列为补充系列，仅在参数分级很细或者基本系列中的优先数不能适应实际情况时才考虑采用。它们的公比分别如下：

R5 系列 公比为 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$

R10 系列 公比为 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R20 系列 公比为 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R40 系列 公比为 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$

R80 系列 公比为 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

可见，优先数系中 5 个数列的公比都是无理数，不便于实际应用，因此在实际工程应用中均采用理论公比经圆整后的近似值。根据圆整的精确程度，可分为计算值和常用值。其中，计算值是对理论值取五位有效数字的近似值，在进行参数系列的精确计算时可以代替理论值。常用值即经常使用的通常所称的优先数，有 3 位有效数字。优先数基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数基本系列表

基本系列(常用值)				序号	理论值		基本系列和计算值间的相对误差/%
R5	R10	R20	R40		对数尾数	计算值	
1.00	1.00	1.00	1.00	0	000	1.0000	0
			1.06	1	0.25	1.0593	+0.07
		1.12	1.12	2	050	1.1220	-0.18
			1.18	3	075	1.1885	-0.71
	1.25	1.25	1.25	4	100	1.2589	-0.71
			1.32	5	125	1.3335	-1.01
		1.40	1.40	6	150	1.4125	-0.88
			1.50	7	175	1.4962	+0.25

(续)

基本系列(常用值)				序号	理论值		基本系列和计算值间的相对误差/%			
R5	R10	R20	R40		对数尾数	计算值				
1.60	1.60	1.60	1.60	8	200	1.5849	+0.95			
			1.70	9	225	1.6788	+1.26			
		1.80	1.80	10	250	1.7783	+1.22			
			1.90	11	275	1.8836	+0.87			
			2.00	12	300	1.9953	+0.24			
			2.00	2.00	13	325	2.1135	+0.31		
				2.12	14	350	2.2387	+0.06		
				2.24	15	375	2.3714	-0.48		
2.50	2.50	2.50	2.50	16	400	2.5119	-0.47			
			2.65	17	425	2.6607	-0.40			
			2.80	18	450	2.8184	-0.65			
			3.00	19	475	2.9854	+0.49			
			3.15	20	500	3.1623	-0.39			
			3.35	21	525	3.3497	+0.01			
			3.55	22	550	3.5481	+0.05			
			3.75	23	575	3.7584	-0.22			
			4.00	4.00	4.00	4.00	24	600	3.9811	+0.47
						4.25	25	625	4.2170	+0.78
4.50	26	650				4.4668	+0.74			
4.75	27	675				4.7315	+0.39			
5.00	28	700				5.0110	-0.24			
5.30	29	725				5.3088	-0.17			
6.30	6.30	6.30	5.60	30	750	5.6234	-0.42			
			6.00	31	775	5.9566	+0.73			
			6.30	32	800	6.3096	-0.15			
			6.70	33	825	6.6834	+0.25			
			7.10	34	850	7.0795	+0.29			
			7.50	35	875	7.4989	+0.01			
			8.00	36	900	7.9433	+0.71			
			8.50	37	925	8.4140	+1.02			
		9.00	9.00	38	950	8.9125	+0.98			
			9.50	39	975	9.4406	+0.63			
			10.00	40	1000	10.0000	0			



1.4 零件的加工误差和公差

1.4.1 机械加工误差

加工精度是指机械加工后，零件几何参数（尺寸、几何要素的形状和相互间的位置、轮廓的微观不平度等）的实际值与设计的理想值相一致的程度。加工误差是指零件实际几何参数对其设计理想值的偏离程度，加工误差越小，加工精度就越高。

机械加工误差主要有以下几类：

(1) 尺寸误差 指零件加工后的实际尺寸对理想尺寸的偏离程度。理想尺寸一般指图样上标注的上、下极限尺寸的平均值。

(2) 形状误差 指加工后零件的实际表面形状相对其理想形状的差异（或偏离程度），如圆度、直线度等。

(3) 位置误差 指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置相对其理想相互位置的差异（或偏离程度），如同轴度、位置度等。

(4) 方向误差 指零件加工后的实际平面、轴线、轮廓对其具有确定方向的理想要素的变动量。

(5) 跳动误差 分圆跳动误差和全跳动误差两种。

圆跳动误差是指零件实际要素在某种测量截面内相对于基准轴线的最大变动量。

全跳动误差是指加工后的零件整个提取表面相对于基准轴线的最大变动量。

(6) 表面微观不平度 指加工后的零件表面上由较小间距和峰谷所组成的微观几何形状误差。零件表面微观不平度用表面粗糙度的评定参数值来表示。

加工误差是由工艺系统的诸多误差因素造成的，如加工方法的原理误差，工件装夹定位误差，夹具、刀具的制造误差与磨损，机床的制造、安装误差与磨损，切削过程中的受力、受热变形和摩擦振动，还有毛坯的几何误差及加工中的测量误差等。

1.4.2 几何量公差

为了控制加工误差，满足零件的功能要求，设计者需通过零件图样，提出相应的加工精度要求，这些要求是用几何量公差的标注形式给出的。几何量公差就是实际几何参数值所允许的变动量。

相对于各类加工误差，几何量公差分为尺寸公差、形状公差、位置公差、方向公差、跳动公差、表面粗糙度允许值及典型零件特殊几何参数的公差等。

1.5 本课程的性质与要求

1.5.1 本课程的性质

本课程是机械及其相关专业的一门重要的技术基础课。它与机械设计、机械制造等专业课有着密切的联系，通过本课程的学习，学生可掌握精度理论和测量的基本知识与技能。



本课程的内容在生产过程中应用广泛、实践性强，它由“公差配合”与“技术测量”两部分组成。本课程的基本理论是精度理论，研究的对象是零部件几何参数的互换性。本课程的特点：术语定义、符号、代号、图形、表格多；公式推导少，经验数据、定性解释多；内容涉及面广，章节之间系统性、连贯性不强。

1.5.2 本课程的要求与学习方法

1. 本课程的要求

- ① 掌握本课程中有关国家标准的内容和原则。
- ② 初步学会和掌握零件的精度设计内容和方法。
- ③ 能够查用公差表格，并能正确标注图样。
- ④ 了解各种典型的测量方法，学会常用计量器具的使用。

2. 本课程的学习方法

- ① 在学习中注意及时总结、归纳，找出各要领、各规定之间的区别和联系，并多做练习。
- ② 注意实践环节的训练，尽可能独立操作、独立思考，做到理论与实践相结合。
- ③ 尽可能联系相关课程的知识来学习，能够利用学到的公差配合理论举一反三，达到实际应用的目的。

思考与练习

- 1-1 试述互换性在机械制造行业中的重要性，并举出互换性实例。
- 1-2 试述完全互换与不完全互换的区别，并指出它们主要用于什么场合。
- 1-3 何谓公差？如果没有公差标准，也能按互换性原则进行生产吗？为什么？
- 1-4 加工误差、公差、互换性三者的关系是什么？
- 1-5 何为优先数系？为什么要采用优先数系？我国标准采用了哪些优先数系？各优先数系有什么不同？

尺寸公差与配合及其检测

知识目标:

1. 掌握极限与配合有关术语和标准规定。
2. 掌握极限偏差计算、极限盈隙、配合公差计算。
3. 初步掌握选择基准制、公差等级、配合类型。
4. 掌握轴和孔类零件常用的检测方法。

能力目标:

1. 能够正确识读及标注尺寸公差。
2. 能够运用极限与配合国家标准正确选用尺寸公差。
3. 能够使用常用量具对典型零件进行检测并判断其是否合格。

本章的学习目的是掌握公差与配合的一般规律,为合理选择尺寸公差与配合,学习其他典型零件的公差与配合打下基础。本章主要内容包括:理解尺寸公差有关的基本术语及定义,明确尺寸公差带的特点;掌握选用尺寸公差等级及其数值的原则和方法;学会尺寸公差在图样上的表达方法。

2.1 极限与配合的基本术语及定义

2.1.1 孔和轴的尺寸

1. 孔和轴

(1) 孔 通常是指工件的圆柱形内表面(图2-1a),孔径用大写字母 D 表示。孔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2-1c所示的 l_1)。

(2) 轴 通常是指工件的圆柱形外表面(图2-1b),轴径用小写字母 d 表示,轴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2-1c所示的 l_1)。

从装配关系讲,孔为包容面,在它之内无材料;轴为被包容面,在它之外无材料。

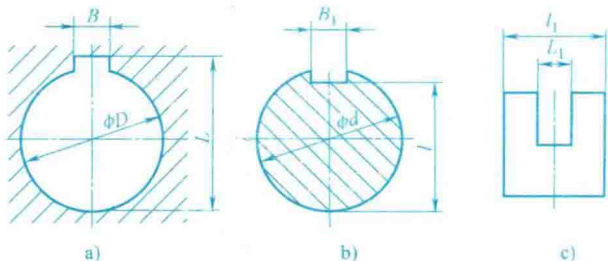


图 2-1 孔和轴

2. 尺寸

(1) 尺寸 用特定单位表示线性尺寸值的数值称为尺寸。在机械制图样中, 尺寸通常以 mm (毫米) 作为单位, 在标注时常常将单位省略, 仅标注数值。当以其他单位表示时, 则应注明相应的单位名称或符号。

(2) 公称尺寸 (孔 D 、轴 d) 是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸, 即设计时给定的尺寸, 是设计时根据使用要求, 经过强度、刚度计算和结构设计而确定的, 且按优先数系列选取的尺寸。公称尺寸应是标准尺寸, 即为理论值, 通常按标准选取, 以减少定值刀具、量具、夹具等的规格。

(3) 提取组成要素的局部尺寸 (孔 D_a 、轴 d_a) 提取组成要素是按规定方法, 由实际要素提取有限数目的点所形成的实际要素的近似替代。而一切提取组成要素上两对应点之间的距离统称为提取组成要素的局部尺寸。但由于存在测量误差, 所以局部尺寸并非尺寸的真值。同时由于工件存在形状误差, 所以同一个表面不同部位的局部尺寸也不相等。局部尺寸包括毛坯尺寸、工序间尺寸和零件完工后的尺寸, 通常指零件完工后的尺寸。

(4) 极限尺寸 尺寸要素允许的尺寸的两个极端。极限尺寸是以公称尺寸为基数来确定的。上极限尺寸 (孔 D_{\max} 、轴 d_{\max}) 是允许提取组成要素的局部尺寸变动的最大值; 下极限尺寸 (孔 D_{\min} 、轴 d_{\min}) 是允许提取组成要素的局部尺寸变动的最小值。

(5) 最大实体状态 (MMC) 和最大实体尺寸 (MMS) 当提取要素的局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最大的状态称为最大实体状态。确定要素最大实体状态的尺寸为最大实体尺寸。孔和轴的最大实体尺寸分别用 D_M 、 d_M 表示。根据定义可知, 最大实体尺寸是孔的下极限尺寸和轴的上极限尺寸。

(6) 最小实体状态 (LMC) 和最小实体尺寸 (LMS) 当提取要素的局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最小的状态称为最小实体状态。确定要素最小实体状态的尺寸为最小实体尺寸。孔和轴的最小实体尺寸分别用 D_L 、 d_L 表示。根据定义可知, 最小实体尺寸是孔的上极限尺寸和轴的下极限尺寸。

2.1.2 偏差、公差和公差带图

1. 偏差

某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为偏差。

(1) 极限偏差 极限尺寸减去公称尺寸得到的代数差。

上极限偏差: 上极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差, 符号有 ES、es。

下极限偏差: 下极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差, 符号有 EI、ei。

孔的上极限偏差: $ES = D_{\max} - D$; 孔的下极限偏差: $EI = D_{\min} - D$

轴的上极限偏差: $es = d_{\max} - d$; 轴的下极限偏差: $ei = d_{\min} - d$

【例 2-1】 已知轴的公称尺寸为 $\phi 80\text{mm}$, 轴的上极限尺寸为 $\phi 79.970\text{mm}$, 下极限尺寸为 $\phi 79.951\text{mm}$ 。求轴的极限偏差。

解: 将已知条件分别代入式 $es = d_{\max} - d$, $ei = d_{\min} - d$, 计算得:

$$es = d_{\max} - d = 79.970\text{mm} - 80\text{mm} = -0.030\text{mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = 79.951\text{mm} - 80\text{mm} = -0.049\text{mm}$$

(2) 实际偏差 (E_a , e_a) 实际要素减去其公称尺寸所得的代数差。偏差可以为正、负

或零值。

零件尺寸合格的条件：加工零件的实际尺寸在极限尺寸范围内，或者其误差在极限偏差范围内，即为合格产品，反之是不合格产品。

$$\text{孔: } D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}; EI \leq E_a \leq ES$$

$$\text{轴: } d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}; ei \leq e_a \leq es$$

2. 尺寸公差

尺寸公差是允许尺寸的变动量，简称公差。公差数值等于上极限尺寸与下极限尺寸之差，也等于上极限偏差与下极限偏差之差。尺寸公差是一个没有符号的绝对值。公差大小反映零件加工的难易程度和尺寸的精确程度。

$$\text{孔公差: } T_h = | D_{\max} - D_{\min} | = | ES - EI |$$

$$\text{轴公差: } T_s = | d_{\max} - d_{\min} | = | es - ei |$$

【例 2-2】 已知孔、轴的公称尺寸为 $\phi 60\text{mm}$ ，孔的上极限尺寸为 $\phi 60.030\text{mm}$ ，下极限尺寸为 $\phi 60\text{mm}$ ；轴的上极限尺寸为 $\phi 59.990\text{mm}$ ，下极限尺寸为 $\phi 59.970\text{mm}$ 。求孔、轴的极限偏差和公差。

解：将已知条件代入相应公式计算得

$$\text{孔的上极限偏差: } ES = D_{\max} - D = 60.030\text{mm} - 60\text{mm} = +0.030\text{mm}$$

$$\text{孔的下极限偏差: } EI = D_{\min} - D = 60\text{mm} - 60\text{mm} = 0$$

$$\text{轴的上极限偏差: } es = d_{\max} - d = 59.990\text{mm} - 60\text{mm} = -0.010\text{mm}$$

$$\text{轴的下极限偏差: } ei = d_{\min} - d = 59.970\text{mm} - 60\text{mm} = -0.030\text{mm}$$

$$\text{孔的公差: } T_h = | D_{\max} - D_{\min} | = | 60.030 - 60 | \text{ mm} = 0.030\text{mm}$$

$$\text{轴的公差: } T_s = | d_{\max} - d_{\min} | = | 59.990 - 59.970 | \text{ mm} = 0.020\text{mm}$$

公称尺寸、极限偏差和尺寸公差三者的关系如图 2-2 所示。

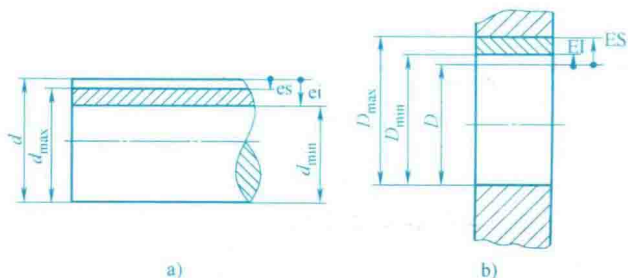


图 2-2 术语图解

用图解的形式表示零件的尺寸相对其公称尺寸所允许变动的范围，称为公差带图，如图 2-3 所示。

(1) 零线 它是在极限与配合图解中，表示公称尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。通常零线沿水平方向绘制，标注为“0”，偏差由此零线算起，零线以上为正偏差，零线以下为负偏差，分别标注“+”“-”号，若为零，可不标注。

(2) 公差带 公差带图解中，用与零线平行的直线表示上、下极限偏差（图中尺寸以 μm 为单位时标出单位，以 mm 为单位时则省略不写单位）或上、下极限尺寸的两条直线所