

零件几何量 检测

● 主 编 胡照海

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

零件几何量检测

主 编 胡照海
副主编 邱 红 吴廷婷
主 审 朱 超



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书充分地反映了公差配合与技术测量的最新理论和国家标准,突出公差在实际工作中的应用。

全书共分12章,包括:绪论、极限与配合基础、技术测量基础、几何公差、表面粗糙度及测量、光滑极限量规、圆锥的公差配合与测量、滚动轴承的公差与配合、螺纹的公差配合与测量、键和花键的配合与测量、圆柱齿轮传动的公差与测量及尺寸链等。

本书为高等院校机械类各专业的教材,也可供从事机械设计、机械制造、标准化管理和计量测试工作的工厂技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

零件几何量检测 / 胡照海主编. —北京:北京理工大学出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-5682-6144-9

I. ①零… II. ①胡… III. ①机械元件-几何量-检测-高等学校-教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第190611号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 347千字

版 次 / 2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷

定 价 / 59.00元

责任编辑 / 张旭莉

文案编辑 / 张旭莉

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

本课程是机械类各专业的一门重要技术基础课。根据高等教育发展的需要，本课程的教学任务是：使学生获得零件几何量检测的基本理论知识；通过零件几何量检测技能的培训，掌握常用测量器具的操作技能；让学生初步掌握零件几何量精度在机械设计中的选用方法。

本教材编写的指导思想是：按照高等院校相关专业的培养目标和人才规格，根据本课程的教学大纲，安排相应的基本理论知识，贯彻最新的国家标准，突出培养学生解决实际工作问题的能力，强化动手能力的训练，并尝试让学生基本学会在机械设计中如何进行零件几何量精度的选用。

本教材比较全面地介绍了互换性、极限与配合基础、技术测量基础、几何公差、表面粗糙度及测量、光滑极限量规、圆锥的公差配合与测量、滚动轴承的公差与配合、螺纹的公差配合与测量、键和花键的配合与测量、圆柱齿轮传动的公差与测量和尺寸链等基本知识；《零件几何量检测》采用最新国家标准，既注重基本知识的讲解和标准的应用，又突出了尺寸、形状和位置、表面粗糙度、光滑极限量规、圆锥、滚动轴承、螺纹、键和花键和齿轮的检测能力的培养；设计了大量的检测实训项目，便于开展理论与实践一体化教学。《零件几何量检测》通过四川省精品资源共享课网站：http://course.scetc.net/webapps/bb-quickLogin-bb_bb60/quickLogin.jsp?cid=825；中国大学资源共享课网站：http://www.icourses.cn/coursestatic/course_4221.html 提供完整的讲课和检测技能培训视频、Flash动画、行业标准、电子教案、教师课堂设计、学生课堂记录、学习指南、知识点、考点、习题集、试题库、实验实训指导书和报告册等全面的教学资源，可供教师授课和学生学习时参考。本书具有以下特点：

1. 校企合作编审，内容新颖实用，体现工学结合

本书在编审过程中特别注重学校与企业的沟通与合作，由教学经验丰富的专业教师和工厂计量检测部门的高级工程师共同编审，组织校内教师和工厂技术人员开展专题研讨会，认真分析、研究当前制造业中生产现场工程技术人员常用公差知识和必备的检测技能，结合专业的培养目标和教学质量要求，形成编写提纲，并分头负责编写。书中所涉及的标准和专用名词全部来自国家和行业的最新标准，反映了国内外本行业的最新动态，紧跟行业技术发展方向。实训内容基于工厂实际的检测案例，实训就是工作，就是完成一个个真实的检测任务，让学生通过“工作”进行学习，真正体现工学结合。

2. 教材框架符合认知规律，便于实现理论与实践一体化教学

本书主要章节都是先介绍基本知识，然后是具体的实训内容。主要章节均设计了几个检测实训项目，每个检测项目按照工厂检测工作的顺序进行编排，便于实现理论与实践一体化教学；这些检测项目都是从企业的具体工作中提炼优化的，学生只要完成了这些检测实训项



目，基本就可以胜任工厂现场的几何量检测工作。《零件几何量检测》章节内容丰富完整，可供教师根据学时多少、专业差异和学生掌握的情况有选择地安排教学。

3. 多层次的课程网络平台，教学资源丰富，方便读者学习交流

由于编者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，请读者不吝赐教，以便修订时改进。

编 者



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 本课程的作用和任务	2
1.2 互换性概述	2
1.3 零件的加工误差和公差	4
1.4 优先数和优先数系	5
习题	8
第 2 章 极限与配合基础	9
2.1 概述	10
2.2 极限与配合的基本术语和定义	10
2.3 极限与配合国家标准的组成与特点	15
2.4 极限与配合在设计中的应用	29
习题	46
第 3 章 技术测量基础	49
3.1 技术测量的基本概念	50
3.2 计量器具和测量方法的分类	54
3.3 长度测量中常用计量器具和新技术应用	56
3.4 测量误差和数据处理	65
3.5 光滑工件尺寸的检验 (GB/T 3177—2009)	71
习题	75
第 4 章 几何公差 (形状、方向、位置和跳动公差)	77
4.1 概述	78
4.2 形状公差	80
4.3 位置公差	83
4.4 公差原则	89
4.5 几何公差的选用	94
4.6 几何误差的检测原则	98
习题	99
第 5 章 表面粗糙度及测量	103
5.1 概述	104

5.2	表面粗糙度的评定参数	105
5.3	表面特征代号及标注	110
5.4	表面粗糙度数值的选择	116
5.5	表面粗糙度的测量	117
	习题	119
第 6 章	光滑极限量规	121
6.1	概述	122
6.2	量规尺寸公差带	123
6.3	量规设计	124
	习题	127
第 7 章	圆锥的公差配合与测量	129
7.1	基本术语及定义	130
7.2	圆锥公差	135
7.3	圆锥角和锥度的测量	139
	习题	143
第 8 章	滚动轴承的公差与配合	145
8.1	滚动轴承的公差等级及应用	146
8.2	滚动轴承公差及其特点	148
8.3	滚动轴承与轴及外壳孔的配合	149
	习题	155
第 9 章	螺纹的公差配合与测量	157
9.1	概述	158
9.2	普通螺纹各参数对互换性的影响	159
9.3	普通螺纹的公差与配合	164
9.4	梯形螺纹丝杠、螺母技术标准简介	169
9.5	螺纹的检测	170
	习题	180
第 10 章	键和花键的配合与测量	181
10.1	单键连接	182
10.2	花键连接	186
	习题	191
第 11 章	圆柱齿轮传动的公差与测量	193
11.1	圆柱齿轮传动的要求	194
11.2	齿轮加工误差的主要来源及其特性	194
11.3	齿轮精度评定	196



11.4 齿轮精度检测	201
11.5 齿轮精度选用	204
习题	214
第 12 章 尺寸链	215
12.1 尺寸链的基本概念	216
12.2 尺寸链的计算	219
习题	225
参考文献	227



第 1 章

绪 论

1.1 本课程的作用和任务

本课程是机械类各专业的一门技术基础课，起着连接基础课及其他技术基础课和专业课的桥梁作用。同时也起着联系设计类课程和制造工艺类课程的纽带作用。

本课程的任务是：研究机械设计中是怎样正确合理地确定各种零部件的几何精度及相互间的配合关系，着重研究测量工具和仪器的测量原理及正确使用方法，掌握一定的测量技术，具体要求如下：

- (1) 初步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) 了解多种公差标准，重点是圆柱体公差与配合，几何公差以及表面粗糙度标准。
- (3) 基本掌握公差与配合的选择原则和方法，学会正确使用各种公差表格，并能完成重点公差的图样标注。
- (4) 建立技术测量的基本概念，具备一定的技术测量知识，能合理、正确地选择量具、量仪并掌握其调试、测量方法。

机械设计过程，从总体设计到零件设计，是研究机构运动学问题，即完成对机器的功能、结构、形状、尺寸的设计的过程。为了保证实现从零、部件的加工到装配成机器，实现要求的功能，正常运转，还必须对零、部件和机器进行精度设计。本课程就是研究精度设计及机械加工误差的有关问题和几何量测量中的一些问题。所以，这也是一门实践性很强的课程。

学习本课程，是为了获得机械工程技术人员必备的公差配合与检测方面的基本知识、基本技能。随着后续课程的学习和实践知识的丰富，将会加深对本课程的内容的理解。

1.2 互换性概述

1. 互换性的含义

互换性是广泛用于机械制造、军品生产、机电一体化产品的设计和制造过程中的重要原则，并且能取得巨大的经济效益。

在机械制造业中，零件的互换性是指在同一规格的一批零、部件中，可以不经选择、修配或调整，任取一件都能装配在机器上，并能达到规定的使用性能要求。零、部件具有的这种性能称为互换性。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。

汽车、摩托车、拖拉机行业就是运用互换性原理，形成规模经济，取得最佳技术经济效益的。



2. 互换性的分类

互换性按其互换程度可分为完全互换与不完全互换。

1) 完全互换性

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。如螺栓、圆柱销等标准件的装配大都属此类情况。

2) 不完全互换性

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，这时可采用不完全互换法进行生产，将其制造公差适当放大，以便于加工。在完工后，再用量仪将零件按实际尺寸大小分组，按组进行装配。如此，既保证装配精度与使用要求，又降低成本。此时，仅是组内零件可以互换，组与组之间不可互换，因此，叫分组**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办法来达到所需的精度，称为**调整法**。

不完全互换只限于部件或机构在制造厂内装配时使用。对厂外协作，则往往要求完全互换。究竟采用哪种方式为宜，要由产品精度、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、拖拉机厂大都采用完全互换法生产；精度要求很高，如轴承工业，常采用分组装配，即不完全互换法生产；而小批和单件生产，如矿山、冶金等重型机器业，则常采用修配法或调整法生产。

3. 互换性的技术经济意义

互换性原则被广泛采用，因为它不仅仅对生产过程发生影响，而且还涉及产品的设计、使用、维修等各个方面。

在设计方面：由于采用具有互换性的标准件、通用件，可使设计工作简化，缩短设计周期，并便于用计算机辅助设计。

在制造方面：当零件具有互换性时，可以采用分散加工、集中装配。这样有利于组织专业化协作生产，有利于使用现代化的工艺装备，有利于组织流水线和自动线等先进的生产方式。装配时，不需辅助加工和修配，既减轻工人的劳动强度，又缩短装配周期，还可使装配工作按流水作业方式进行。从而保证产品质量，提高劳动生产率和经济效益。

在使用、维修方面：互换性也有其重要意义。当机器的零件突然损坏或按计划定期更换时，便可在最短时间内用备件加以替换，从而提高了机器的利用率和延长机器的使用寿命。

在某些方面，例如战场上使用的武器，保证零（部）件的互换性是绝对必要的。在这些场合，互换性所起的作用很难用价值来衡量。

综上所述，在机械工业中，遵循互换性原则，对产品的设计、制造、使用和维修具有重要的技术经济意义。

互换性不仅在大量生产中广为采用，而且随着现代生产，逐步向多品种、小批量的综合生产系统方向转变。互换性也为小批生产，甚至单件生产所要求。但是应当指出，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配才能制成或才符合经济原则，例如模具常用修配法制造。然而，即使在这种情况下，不可避免地还要采用具有互换性的刀具、量具

等工艺装备。因此，互换性仍是必须遵循的基本的技术经济原则。

1.3 零件的加工误差和公差

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位置、轮廓的微观不平程度等）的实际值与设计理想值相符合的程度。

加工误差是指实际几何参数对其设计理想值的偏离程度，加工误差越小，加工精度越高。

机械加工误差主要有以下几类。

（1）尺寸误差：零件加工后的实际尺寸对理想尺寸的偏离程度。理想尺寸是指图样上标注的最大、最小两极限尺寸的平均值，即尺寸公差带的中心值。

（2）形状误差：指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异（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对于其理想位置的差异（或偏离程度），如同轴度、位置度等。

（4）表面微观不平度：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表示。

加工误差是由工艺系统的诸多误差因素所产生的。如加工方法的原理误差，工件装卡定位误差，夹具、刀具的制造误差与磨损，机床的制造、安装误差与磨损，机床、刀具的误差，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。

2. 几何量公差

为了控制加工误差，满足零件功能要求，设计者通过零件图样，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允许的变动范围。

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

图 1.1 所示为各类不同几何量公差的标注方法及数值。

3. 标准

在现代化生产中，一个机械产品的制造过程往往涉及许多行业和企业，有的还需要国际间的合作。为了满足相互间在技术上的协调要求，必须有一个共同遵守的规范的统一技术要求。

标准是规范技术要求的法规，是在一定范围内共同遵守的技术依据。标准按不同级别颁发，在世界范围，企业共同遵守的是国际标准（ISO）。我国标准分为国家标准（GB）、行

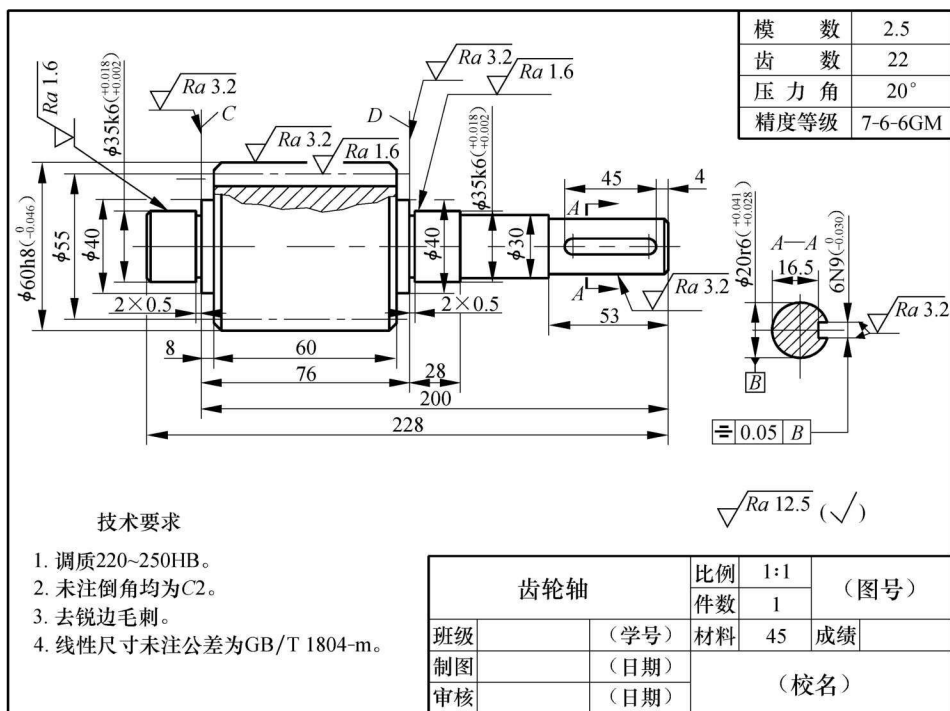


图 1.1 典型零件图

业标准（如机械标准（JB））、地方标准（DB）及企业标准。地方标准和企业标准是在没有国家标准及行业标准可依据、而在某个范围内又需要统一技术要求的情况下制定的技术规范。

标准的范围很广，涉及人们生活的各个方面。按照针对的对象，可以分为基础标准、产品标准、方法标准和安全与环境保护标准等。本书讨论的制造精度标准属于基础标准。

1.4 优先数和优先数系

在产品设计或生产中，为了满足不同要求，同一品种的某一参数，从大到小取不同值时（形成不同规格的产品系列），应该采用一种科学的数值分级制度或称谓。人们由此总结了一种科学的统一的数值标准，即为优先数和优先数系。

如机床主轴转速的分级间距、钻头直径尺寸的分类均符合某一优先数系。优先数系中的任一个数值均称为优先数。

优先数系是国际上统一的数值分级制度，是一种量纲为1的分级数系，适用于各种量值的分级。在确定产品的参数或参数系列时，应最大限度地采用优先数和优先数系。

产品（或零件）的主要参数（或主要尺寸）按优先数形成系列，可使产品（或零件）

走上系列化，便于分析参数间的关系，可减轻设计计算的工作量。

优先数的主要优点是：相邻两项的相对差均匀，疏密适中，运算方便，简单易记。在同系列中，优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。因此，优先数系得到广泛应用。

优先数系是在几何级数基础上形成的，但其公比值仍可以是各种各样的，如何确定公比值呢？由生产实践可知十进制和二进制的几何级数最能满足工程要求。所谓十进制就是 1, 10, 100, …, 10^n , 1, 0.1, 0.01, …, $1/10^n$ 组成的级数，其中， n 为正整数。1~10、10~100、…和 1~0.1、0.1~0.01、…称为十进段。十进段级数的规律就是每经 m 项就使数值增大 10 倍，设 a 为首项值，公比为 q ，则 $aq^m = 10a$ ，故 $q = \sqrt[m]{10} = 10^{1/m}$ 。

二进制级数具有倍增性质，如 1, 2, 4, …，在工程中同样应用十分广泛，如电动机转速为 375 r/min、750 r/min、1 500 r/min、3 000 r/min 即按二进制的规律而变化。如何把二进制和十进制相结合呢？可设在十进制几何级数中每经 x 项构成倍数系列，则 $q^x = 10^{x/m} = 2$ ，上式取对数后得 $x/m = \lg 2 = 0.301\ 03 \approx 0.3 = 3/10$ ，由此得到优先数列的 x 和 m 值的组合（ x 与 m 为正整数时，即能同时满足十进制和二进制）， $m/x = 10/3$ 、20/6、30/9、40/12、50/15、60/18、70/21、80/24、…。以 $m/x = 10/3$ 为例：当首项为 1 时，公比 $q^{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ ，即构成 1.00、1.25、1.60、2.00、2.50、3.15、4.00、5.00、6.30、8.00、10.00 等一系列数值，该系列每经 3 项构成倍数系列，每经 10 项构成十倍系列。

我国标准 GB/T 321—2005 与国际标准 ISO 推荐的 m 值是 5、10、20、40、80。除 5 外其他四种都含有倍数系列，5 是为了满足分级更稀的需要而推荐的。5、10、20、40 作为基本系列，80 作为补充系列。系列用国际通用符号 R 表示：

R5 系列 公比为 $q^5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$

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 $q^{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

范围为 1~10 的优先数系列见表 1.1。

表 1.1 优先数基本系列

基本系列（常用值）				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.000 0
			1.06	1.059 3
			1.12	1.122 0
			1.18	1.188 5
	1.25	1.25	1.25	1.258 9
			1.32	1.333 5
			1.40	1.412 5
			1.50	1.496 2



续表

基本系列（常用值）				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.60	1.60	1.60	1.60	1.584 9
			1.70	1.678 8
		1.80	1.80	1.778 3
		1.90	1.883 6	
	2.00	2.00	2.00	1.995 3
			2.12	2.113 5
		2.24	2.24	2.238 7
		2.36	2.371 4	
	2.50	2.50	2.50	2.511 9
			2.65	2.660 7
2.80		2.80	2.818 4	
3.00		2.985 4		
4.00	3.15	3.15	3.15	3.162 3
			3.35	3.349 7
		3.55	3.55	3.548 1
		3.75	3.758 4	
	4.00	4.00	4.00	3.981 1
			4.25	4.217 0
		4.50	4.50	4.466 8
		4.75	4.731 5	
	5.00	5.00	5.00	5.011 9
			5.30	5.308 8
		5.60	5.60	5.623 4
		6.00	5.956 6	
	6.30	6.30	6.30	6.309 6
			6.70	6.683 4
		7.10	7.10	7.079 5
		7.50	7.498 9	
8.00	8.00	8.00	7.943 3	
		8.50	8.414 0	
	9.00	9.00	8.912 5	
	9.50	9.440 6		
10.00	10.00	10.00	10.000 0	



1. 完全互换与不完全互换的区别是什么？各应用于何种场合？
2. 什么是优先数和优先数系？主要优点是什么？R5 系列、R40 系列各表示什么意义？
3. 加工误差、公差、互换性三者的关系是什么？



第 2 章

极限与配合基础

【本章知识点】

1. 理解有关尺寸、偏差、公差、配合等方面的术语和定义。
2. 掌握标准中有关标准公差、公差等级的规定。
3. 掌握标准中规定的孔和轴各 28 种基本偏差代号及它们的分布规律。
4. 牢固掌握公差带的概念和公差带图的画法，并能熟练查取标准公差和基本偏差表格，正确进行有关计算。
5. 明确标准中关于一般、常用和优先公差带与配合的规定。
6. 明确标准中关于未注公差的线性尺寸的公差的规定。
7. 学会公差与配合的正确选用，并能正确标注在图上。