

高等职业教育 数控技术应用专业 课程改革规划新教材

机械精度检测与 产品质量管理

Jixie jingdu jiance yu
chanpin zhiliang guanli

◎ 朱士忠 金仲伯 宋浩 编 · · · · ·

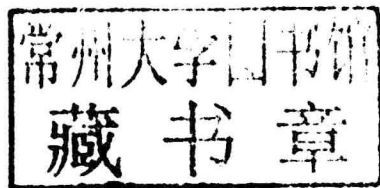


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育数控技术应用专业课程改革规划新教材

机械精度检测与产品质量管理

朱士忠 金仲伯 宋浩 编



机械工业出版社

本书共分十一章,内容包括机械精度设计、检测技术基础、测量误差及数据处理、尺寸精度设计与评定、几何精度设计与评定、几何公差与尺寸公差的关系、尺寸精度测量、几何误差检测、表面结构要求及其检测、常用典型件的精度检测以及机械零件几何精度的质量管理,系统阐述了机械产品精度设计的基本知识、各种典型零件精度设计的基本原理及最新国家标准在设计中的应用,也阐述了一些典型零件的检测原理和新的测试技术,以及机械零件几何精度的质量管理。

本书既可供高等职业院校机械类各专业和数控技术应用专业师生在教学中使用,也可作为继续教育院校机械类各专业的教材,还可供从事机械设计、机械制造、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

机械精度检测与产品质量管理/朱士忠,金仲伯,宋浩编. —北京:机械工业出版社,2012.10

高等职业教育数控技术应用专业课程规划新教材

ISBN 978-7-111-40285-5

I. ①机… II. ①朱… ②金… ③宋… III. ①机械—精度—设计—高等职业教育—教材 ②机械元件—测量—高等职业教育—教材 IV. ①TH122 ②TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第261791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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 安桂芳

版式设计:闫玥红 责任校对:张 征

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京东海印刷有限公司印刷厂印刷

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13印张·321千字

0 001—2 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40285-5

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

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

“机械精度检测与产品质量管理”是高等职业院校机械类各专业的重要技术基础课，包含机械精度设计、误差检测与产品质量管理三大方面的内容。该课程把精度设计和计量学两个领域的有关知识有机地结合在一起，与机械设计、机械制造、质量控制密切相关，是机械类专业技能型人才必须掌握的基本内容，也是机械工程技术人员和产品质量管理人员必备的基本知识和技能。

本书从培养技术应用能力出发，按照“从生产岗位中来，又服务于生产”的指导思想，根据“工学结合、项目导向”的原则选材编写，特别强调对技术应用能力的培养。本书在内容上力求贴近生产，使其具有鲜明的生产实用性、技术先进性、启发自学性和内容科学性，以突出职业技术教育、注重劳动态度培养和职业能力培养为特色，以适应培养应用型高技能人才的需要。本书的学习内容、目的、要求和方法明确，内容层层递进，强调对知识的综合运用和能力培养，并将其贯穿于全书。

本书共分十一章，内容包括机械精度设计、检测技术基础、测量误差及数据处理、尺寸精度设计与评定、几何精度设计与评定、几何公差与尺寸公差的关系、尺寸精度测量、几何误差检测、表面结构要求及其检测、常用典型件的精度检测以及机械零件几何精度的质量管理。

本书由无锡机电高等职业技术学校朱士忠、金仲伯、宋浩编写。在编写过程中，得到了无锡机电高等职业技术学校的领导和有关部门的支持和帮助，参考了许多教授、专家的有关文献，在此一并表示衷心的感谢！

限于各种主、客观因素，书中难免还会存在一些不足，恳请广大读者提出宝贵意见和建议，以便今后进一步改进。

编 者

目 录

前言

第1章 机械精度设计	1
1.1 机械精度设计概述	1
1.2 互换性概述	2
1.2.1 互换性及其意义	2
1.2.2 互换性的分类	2
1.2.3 互换性与公差、检测	3
1.3 标准化与优先数系	3
1.3.1 标准	3
1.3.2 标准化	3
1.3.3 优先数和优先数系	4
思考题	4
第2章 检测技术基础	5
2.1 测量概述	5
2.2 尺寸传递	5
2.2.1 长度计量单位与量值传递	5
2.2.2 量块的形状和尺寸	6
2.2.3 量块的精度	6
2.2.4 量块的使用	7
2.3 计量器具分类与选择	8
2.3.1 计量器具分类	8
2.3.2 计量器具的基本度量指标	9
2.4 测量原则及方法	10
2.4.1 测量原则	10
2.4.2 测量方法	11
2.5 测量器具的选择原则	12
2.6 测量基准面和定位形式的选择	13
2.7 测量条件的选择	13
思考题	14
第3章 测量误差及数据处理	16
3.1 测量误差概述	16
3.1.1 测量误差的概念	16
3.1.2 测量误差的产生	16
3.2 测量误差的分类	17
3.2.1 系统误差	17
3.2.2 随机误差	17
3.2.3 粗大误差	17
3.3 测量精度	18

3.4 测量误差的数据处理	18
3.4.1 系统误差的发现	18
3.4.2 系统误差的消除	19
3.4.3 测量列中随机误差的处理	20
3.4.4 测量不确定度	24
思考题	24
第4章 尺寸精度设计与评定	25
4.1 尺寸精度设计的基本术语和定义	25
4.1.1 有关孔和轴的定义	25
4.1.2 有关尺寸的术语和定义	25
4.1.3 有关配合的术语和定义	27
4.2 极限与配合的国家标准	29
4.2.1 基准制	29
4.2.2 标准公差系列	30
4.2.3 基本偏差系列	31
4.2.4 公差带代号与配合代号	34
4.3 尺寸精度的检验	36
思考题	38
第5章 几何精度设计与评定	39
5.1 几何误差的基本概念	39
5.1.1 几何要素	39
5.1.2 几何公差带的概念	39
5.2 形状公差与形状误差	42
5.3 方向、位置和跳动公差与方向、位置和跳动误差	45
5.4 基准	50
思考题	51
第6章 几何公差与尺寸公差的关系	52
6.1 公差原则与公差要求	52
6.2 有关术语及定义	52
6.3 独立原则	54
6.4 相关要求	55
6.4.1 包容要求	55
6.4.2 最大实体要求	55
6.4.3 最大实体要求的零几何公差	56
6.4.4 最小实体要求	57
6.4.5 可逆要求	57
6.4.6 可逆要求用于最小实体要求	58
思考题	59
第7章 尺寸精度测量	60
7.1 尺寸精度常用测量器具概述	60
7.2 游标类量具	60
7.2.1 游标卡尺	60
7.2.2 深度游标卡尺	63

7.2.3 高度游标卡尺	63
7.2.4 齿厚游标卡尺	64
7.3 千分尺类量具	64
7.3.1 千分尺类量具的读数原理	66
7.3.2 外径千分尺的操作方法	67
7.3.3 内径千分尺的操作方法	68
7.3.4 深度千分尺	69
7.3.5 杠杆千分尺	69
7.4 指示表类量具	70
7.4.1 百分表	70
7.4.2 内径百分表	72
7.4.3 杠杆百分表	73
7.4.4 杠杆齿轮比较仪	73
7.5 水平仪	74
7.5.1 水平仪的分类	74
7.5.2 水准式水平仪的工作原理	74
7.5.3 水准式水平仪的结构和规格	74
7.6 角度量具	76
7.6.1 游标万能角度尺	76
7.6.2 正弦规	77
7.7 量规	79
7.7.1 光滑极限量规的用途	79
7.7.2 光滑极限量规的结构	80
7.8 数字式立式光学计及其操作步骤	81
7.8.1 量仪介绍	81
7.8.2 工作原理	81
7.8.3 操作步骤	82
7.9 万能测长仪及其操作步骤	83
7.9.1 量仪介绍	83
7.9.2 工作原理	83
7.9.3 操作步骤	84
思考题	85
第8章 几何误差检测	86
8.1 一般规则	86
8.2 形状误差的检测与评定	86
8.2.1 直线度误差的检测与评定	86
8.2.2 平面度误差的检测与评定	92
8.2.3 圆度误差的检测与评定	95
8.2.4 圆柱度误差的检测与评定	99
8.3 方向误差的测量	101
8.3.1 平行度误差的测量	101
8.3.2 垂直度误差的测量	103
8.3.3 倾斜度误差的测量	104
8.4 位置误差的测量	105

8.4.1 同轴（同心）度误差的测量	105
8.4.2 对称度误差的测量	106
8.4.3 位置度误差的测量	107
8.5 跳动误差的测量	108
8.5.1 圆跳动误差的测量	109
8.5.2 全跳动误差的测量	110
思考题	111
第9章 表面结构要求及其检测	112
9.1 有关表面结构的术语和定义	112
9.2 表面粗糙度的评定参数	115
9.2.1 评定参数的定义	115
9.2.2 表面粗糙度参数值的选择	117
9.3 表面结构代号及标注	117
9.3.1 表面结构的图形符号	117
9.3.2 表面结构要求在完整图形符号上的注写	118
9.3.3 表面结构要求在零件图上的标注	121
9.4 表面粗糙度的检测	124
9.4.1 用光切显微镜检测表面粗糙度	124
9.4.2 用干涉显微镜检测表面粗糙度	126
9.4.3 用表面粗糙度检查仪检测表面粗糙度	128
思考题	132
第10章 常用典型件的精度检测	133
10.1 螺纹的检测	133
10.1.1 螺纹的种类及使用要求	133
10.1.2 普通螺纹的基本牙型和几何参数	133
10.1.3 普通螺纹的公差	134
10.1.4 螺纹的旋合长度与精度等级	136
10.1.5 普通螺纹的标记	137
10.1.6 螺纹的检测方法	138
10.2 齿轮的检测	147
10.2.1 渐开线圆柱齿轮的精度	147
10.2.2 齿轮精度的检测	149
10.3 键与花键的测量	156
10.3.1 键槽的测量方法	156
10.3.2 用光学分度头检测矩形花键等分度	157
10.3.3 花键对轴线的对称度测量	158
10.3.4 花键大径、小径、键宽与侧面对轴线的平行度的测量	158
10.4 样板的检测	159
10.4.1 用万能工具显微镜测量样板	159
10.4.2 用投影仪测量样板轮廓	160
10.4.3 非整圆弧的测量	162
10.4.4 凸轮（曲面）的测量	163
10.5 三坐标测量机简介	163
思考题	166

第 11 章 机械零件几何精度的质量管理	167
11.1 质量检测在质量控制中的作用及意义	167
11.2 质量检验的主要任务与检验过程	168
11.3 质量检验过程职能的改进和发展	168
11.4 制造过程中的质量检测	169
11.5 零废品生产中的测量控制	171
11.6 现代制造质量控制	171
11.6.1 制造过程质量控制的主要任务	171
11.6.2 做好现场质量检验	172
11.7 工序质量	174
11.7.1 工序能力	174
11.7.2 工序能力指数	175
11.7.3 工序能力指数的评定及改进	176
11.8 质量管理中常用的数理统计工具	178
11.8.1 排列图	178
11.8.2 因果分析图	179
11.8.3 直方图	180
11.8.4 散布图	184
11.8.5 控制图	185
11.9 质量管理点及质量管理小组活动	189
11.9.1 质量管理点	189
11.9.2 质量管理小组的特点和组成	191
11.10 制造过程自动化质量控制系统及其工作原理简介	193
思考题	194
附录	196
附录 A 轴的基本偏差数值 (摘自 GB/T 1800.1—2009)	196
附录 B 孔的基本偏差数值 (摘自 GB/T 1800.1—2009)	198
参考文献	200

第1章 机械精度设计

1.1 机械精度设计概述

在机械产品的设计过程中，总体设计、结构设计和几何精度设计是三个基本组成部分。其中，精度设计是机械产品设计的重要环节，是实现产品功能要求的关键和保证，如果没有精度及配合关系的要求，则机器功能要求的体现是无从谈起的。当前，随着我国机械工业的迅速发展，机械产品的几何精度设计、制造和检验等方面的知识及经验不仅成为我国机械产品设计能力、制造质量及技术水平进一步提高的关键因素，而且对吸收引进国际相关领域先进技术，提高机械产品质量和技术水平，增强产品市场竞争能力起着至关重要的作用。

精度设计是指根据产品的使用性能要求和加工制造误差确定机械零部件几何要素允许的加工和装配误差——公差，所以精度设计也称公差设计。精度设计的主要依据是产品性能对零部件的静态与动态精度要求，以及产品生产和维护的经济性。众所周知，虽然相同型号机械产品的零部件的几何结构、形状、大小基本相同，但是它们具有不同的外观感觉、使用性能、无故障工作时间和使用寿命，其主要原因是产品的零部件在制造、装配过程中的误差大小不同（即几何精度差异）。因此，在机械产品的设计、生产和使用过程中，任何加工方法都不可能没有误差。所以，对零件每个几何要素的各类误差都应给出公差。正确合理地给定零件几何要素的公差是设计工程技术人员的任务。

一般说来，机械产品几何精度设计的基本原则是尽可能经济地满足功能要求。任何机械产品都是为满足人们生活、生产或科学研究的某种特定需要而设计和制造的，这种需要表现为机械产品可以实现的功能。因此，机械精度设计首先必须满足产品的功能要求。机械产品功能要求的实现，在相当程度上依赖于组成该产品的零部件的几何精度。因此，零部件几何精度的设计是实现产品功能要求的基础。

在满足功能要求的前提下，精度设计还必须充分考虑到经济性的要求。高精度（小公差）固然可以实现高功能的要求，但必须要求高投入，即提高生产成本。实践表明，公差与相对生产成本的关系曲线如图 1-1 所示。由图可见，虽然公差减小（即精度提高）一定会导致相对生产成本的增加，但是当公差较小时，相对生产成本随公差减小而增加的速度远远高于公差较大时的速度。因此，在对具有重要功能要求的几何要素进行精度设计时，特别要注意生产的经济性，应该在满足功能要求的前提下，选用尽可能低的精度（即较大的公差），从而提高产品的性价比。

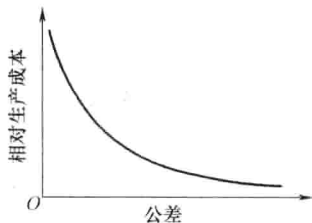


图 1-1 公差与相对生产成本的关系曲线

根据经济地满足使用功能要求的基本原则，给出机械零件各几何要素的公差，并按标准规定的方法在设计图样上进行标注以后，还需要采用相应的制造和检测方法予以实现。制造

与检测方法的选择应遵循经济地满足设计要求的原则。所用制造方法应在确保产品精度要求的前提下,尽可能降低生产成本,满足市场需要。这不仅要分析零件的精度要求,而且要考虑生产批量和规模、协作的可能性、工艺装备的折旧与更新,以及技术开发与储备等多种因素。

选择检测方法时,首先分析测量误差及其对检验结果的影响。因为测量误差将导致误判,或将合格品判为不合格而误废,或将不合格品判为合格而误收。误废将增加生产成本,误收则会影响产品的功能要求。检测准确度的高低直接影响到误判的概率,又与检测费用密切相关。其次是确定合理的验收合格判断条件。验收条件与验收极限的确定将影响误收和误废在误判中所占的比重。因此,综合诸多因素,国家标准规定几何精度设计应遵循互换性与标准化原则。

1.2 互换性概述

1.2.1 互换性及其意义

同一规格的零部件不需要作任何挑选、调整或修配,就能装配到机器上,并且符合使用性能要求的特性称为互换性。

互换性原则是现代化生产中的一项重要技术经济原则,已经在各个行业被普遍而广泛地采用。从手表、缝纫机、自行车到机床、汽车、电视机、计算机以及各种军工产品,都无不在极大规模和极高程度上按照互换性原则进行生产。

互换性给产品的设计、制造、使用和维修都带来了很大的方便。

(1) 设计方面 可充分利用前人的经验,最大限度地采用标准件、通用件,大大减少了计算、绘图等工作量,缩短了设计周期,并有利于产品品种的多样化和计算机辅助设计,促进了新产品的高速发展。

(2) 制造方面 有利于组织大规模专业化生产;有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,如用计算机辅助制造;有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化,从而减轻工人的劳动量,提高生产率,保证产品质量,降低生产成本。

(3) 使用方面 零部件具有互换性,可以及时更换那些已经磨损或损坏的零部件,因此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。

1.2.2 互换性的分类

机械制造中的互换性可分为几何参数的互换性和功能的互换性。几何参数的互换性是指机器的零部件只在几何参数(如尺寸、形状、位置和表面粗糙度)方面和保证零件尺寸配合要求方面充分近似于所要达到的互换性,所以又称狭义互换性。功能的互换性是指机器的零部件在各种性能方面都达到了互换性的要求,如几何参数的精度、强度、刚度、硬度、使用寿命、抗腐蚀性和导电性等都能满足机器的功能要求,所以又称广义互换性。

互换性按其互换程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)两种。若一批零件或部件在装配时,不需分组、挑选、调整和修配,装配后即能满足预定的要求,则称为完全互换。当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造精度要求提高,加工困难,成本增高。这时可适当降低零件的制造精度,使之便于加工,而在加工好后,通过测量将零件按实际尺寸的大小分为若干组,两个相同组号的零件相装配,这样既可保证装配精

度,又能解决加工难的问题,这称为分组装配。仅同一组内零件有互换性,组与组之间不能互换,属不完全互换。装配时需要调整的零部件也属于不完全互换。

1.2.3 互换性与公差、检测

由于零件在加工过程中会不可避免地产生各种误差,要想把同一规格一批零件的几何参数做得完全一致是不可能的。实际上,这样做也没有必要。因为只要把几何参数的误差控制在一定的范围内,就能满足互换性的要求。零件几何参数误差的允许范围称为公差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和角度公差等。

加工好的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测不仅用于评定零件合格与否,而且用于分析其不合格的原因,以便及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生。检测是机械制造的“眼睛”。事实证明,产品质量的提高,除依靠设计和加工精度的提高外,往往更有赖于检测精度的提高。检测包含检验与测量。几何量的检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并作出合格性判断,而不必得出被测量的具体数值;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。

综上所述,合理确定公差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手段和条件。

1.3 标准化与优先数系

1.3.1 标准

现代生产的特点是品种多、规模大、分工细和协作多。为使社会生产有序进行,必须通过标准化使分散的、局部的生产环节相互协调和统一。

标准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。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

对需要在全国范围内统一的技术要求制定国家标准,代号为 GB;对于没有国家标准而又需要在全国某个行业内统一的技术要求,可制定行业标准,如机械标准(JB);对于没有国家标准和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(DB)和企业标准(QB)。

机械设计中的标准主要有极限与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度标准等,这些都属于国家基础标准,具有最一般的共性,是通用性最广的标准。

1.3.2 标准化

标准化是指在经济、技术、科学及管理社会实践中,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的全部活动过程。即按照标准化的原理,给零部件制定统一的标准,将各项公差的术语、定义、代号、概念及原理、误差的测量与评定、图样上的标注方法等都规定在技术标准中。这不仅是零部件精度设计的依据,也是实现互换性的重要保证。为此,我国颁布了一系列的公差标准,如《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合》、《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注》、《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值》、《滚动轴承 向心轴承 公差》、《矩形花键尺寸、公差和检验》、《普通螺纹 公差》和

《圆柱齿轮 精度制》等，这一系列标准和国际标准基本上是一致的，是几何量标准化的具体体现，为我国机械工业的发展提供了技术上的保证。

1.3.3 优先数和优先数系

制定公差标准以及设计零件的结构参数时，都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关，还直接、间接地影响与其配套系列产品的参数值。例如：螺母直径数值影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规和钻头等系列产品的直径数值。由参数值间的关联产生的扩散称为“数值扩散”，为满足不同的需求，产品必然出现不同的规格，形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难。

为使产品的参数选择能遵循统一的规律，使参数选择一开始就纳入标准化轨道，必须对各种技术参数的数值作出统一规定。国家标准《优先数和优先数系》(GB/T 321—2005)就是其中最重要的一个标准，优先数系是一种无量纲的分级数值，它是十进制等比数列，适用于各种量值的分级。优先数系中的每一个数都为优先数，要求工业产品技术参数尽可能采用它。

国家标准规定的优先数系分挡合理，疏密均匀，有广泛的适用性，简单易记，便于使用。常见的量值，如长度、直径、转速及功率等分级，基本上都是按一定的优先数系进行的。本书所涉及的相关标准，如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度的参数系列等，基本上也采用优先数系。

思考题

1. 精度设计的特点是什么？
2. 什么是互换性？
3. 互换性原则已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则，请举例说明。
4. 按互换程度来分，互换性可分为哪两类？它们有何区别？
5. 什么是公差、标准和标准化？它们与互换性有何关系？

第2章 检测技术基础

2.1 测量概述

在机械制造中,为了保证机械零件的互换性和几何精度,应对其几何参数(尺寸、几何误差及表面粗糙度等)进行测量,以判断其是否符合设计要求。只有测量与检验都合格的零件,才具有互换性。

测量就是把被测的量与具有计量单位的标准量进行比较,从而确定被测量是计量单位的倍数或分数的实验过程。其实质是将被测几何量 L 与复现计量单位 E 的标准量进行比较,从而确定比值 q 的过程,即 $L/E = q$ 或 $L = qE$ 。

由测量的定义可知,任何一个测量过程都必须有明确的被测对象和确定的计量单位,还要有与被测对象相适应的测量方法,而且测量结果还要达到所要求的测量精度。因此,一个完整的测量过程应包括被测对象、计量单位、测量方法和测量精度四个要素。

- (1) 被测对象 这里主要指几何量,包括长度、角度、表面粗糙度以及几何误差等。
- (2) 计量单位 用以度量同类量值的标准量。
- (3) 测量方法 指测量时所采用的测量原理、计量器具和测量条件的总和。
- (4) 测量精度 指测量结果与真值的一致程度。

2.2 尺寸传递

2.2.1 长度计量单位与量值传递

为了进行长度计量,必须规定一个统一的标准,即长度计量单位。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》,决定在采用先进的国际单位制的基础上,进一步统一我国的计量单位,并发布了《中华人民共和国法定计量单位》,其中规定长度的基本单位为米(m)。在机械制造中,常用的长度计量单位为毫米(mm), $1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$;在精密测量中,常用的长度计量单位为微米(μm), $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$;在超精密测量中,常用的长度计量单位为纳米(nm), $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ 。常用的角度计量单位为弧度(rad)、微弧度(μrad)和度($^\circ$)、分(')、秒("), $1\mu\text{rad} = 10^{-6}\text{rad}$, $1^\circ = 0.0174533\text{rad}$, $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$ 。

米是光在真空中($1/299792458$)s时间间隔内所经路径的长度。

在实际生产和科研中,不便于用光波作为长度基准进行测量,而是采用各种计量器具进行测量。为了保证量值统一,必须把长度基准的量值准确地传递到生产中应用的计量器具和工件上去。因此,必须建立一套从长度的最高基准到被测工件的严密而完整的长度量值传递系统。

我国从组织上自国务院到地方,已建立起各级计量管理机构,负责其管辖范围内的计量

工作和量值传递工作。在技术上,从国家基准波长开始,长度量值分两个平行的系统向下传递(图2-1),一个是端面量具(量块)系统,另一个是刻线量具(线纹尺)系统。其中以量块为媒介的传递系统应用较广。

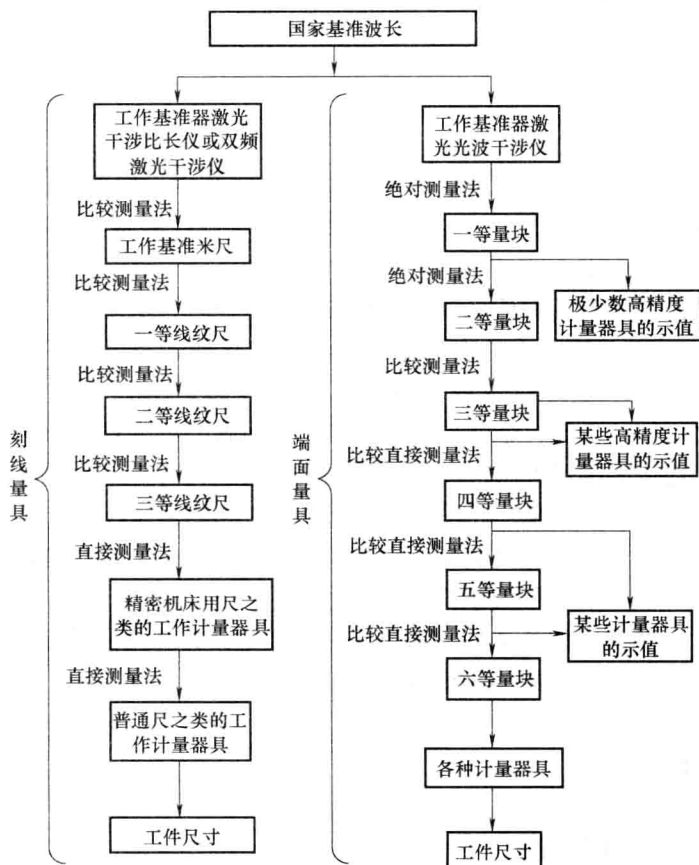


图2-1 长度量值传递系统

2.2.2 量块的形状和尺寸

量块是一种没有刻度的、截面为矩形的平行端面量具。作为长度尺寸传递的实物基准,量块用特殊合金钢制成,具有线胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好等特点。广泛用于计量器具的校准和鉴定,以及精密设备的调整、精密划线和精密工件的测量等。量块上有两个平行的测量面,其表面粗糙度值小且研合性好,两个测量面间具有非常精确的尺寸。另外,还有四个非测量面,在非工作面上标出的尺寸称为量块的标称长度,如图2-2a所示。

量块一个测量面上的任意点到与其相对的另一测量面相研合的辅助体表面之间的垂直距离,称为量块的任意点长度,如图2-2b所示的 l 。量块两个测量面上中心点的量块长度,称为量块的中心长度,如图2-2b所示的 l_c ,该尺寸具有很高的精度。

2.2.3 量块的精度

根据不同的使用要求,将量块做成不同的精度等级。划分量块精度有两种规定:按“级”划分和按“等”划分。

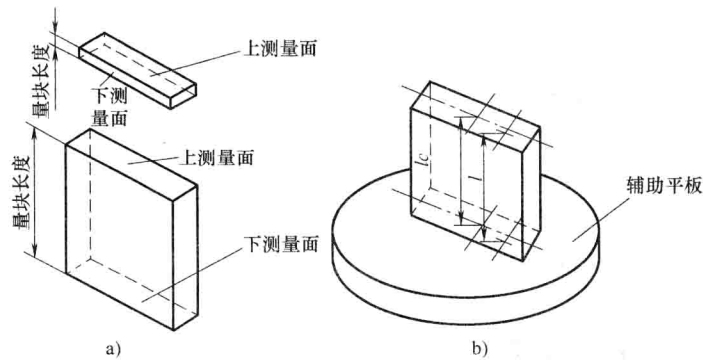


图 2-2 量块的形状与尺寸

国家标准 GB/T 6093—2001 按制造精度将量块分为 0、1、2、3、K 级，共五级，精度依次降低。量块按“级”使用时，应以量块的标称长度为工作尺寸，该尺寸包含了量块的制造误差，它们将被引入测量结果中。但因不需要加修正值，故使用较方便。

2.2.4 量块的使用

为了能用较少的块数组合成所需要的尺寸，量块应按一定的尺寸系列成套生产供应。国家标准共规定了 17 种系列的成套量块，其中两套量块的尺寸系列见表 2-1。

表 2-1 成套量块的尺寸（摘自 GB/T 6093—2001）

套别	总块数	级别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1	83	0, 1, 2	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02, …, 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, …, 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, …, 9.5	0.5	16
			10, 20, …, 100	10	10
2	46	0, 1, 2	1	—	1
			1.001, 1.002, …, 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, …, 1.09	0.01	9
			1.1, 1.2, …, 1.9	0.1	9
			2, 3, …, 9	1	8
			10, 20, …, 100	10	10

量块在使用时，常常用几个量块组合成所需要的尺寸，一般不超过 4 块，可以从消去尺寸的最末位数开始，逐一选取。

例 2-1 使用 83 块一套的量块组，从中选取量块组成 51.995mm 的尺寸。

解 查表 2-1，可按如下步骤选择量块尺寸：

51.995 需要的量块尺寸
- 1.005 第一块量块尺寸

$$\begin{array}{rcl}
 & 50.99 & \\
 - & 1.49 & \cdots \cdots \cdots \text{第二块量块尺寸} \\
 \hline
 & 49.5 & \\
 - & 9.5 & \cdots \cdots \cdots \text{第三块量块尺寸} \\
 \hline
 & 40 & \cdots \cdots \cdots \text{第四块量块尺寸}
 \end{array}$$

量块除了可以作为长度基准的传递媒介以外，也可以用来检定、校对和调整计量器具，还可以用于精密划线和精密调整机床。

2.3 计量器具分类与选择

2.3.1 计量器具分类

计量器具是测量仪器和测量工具的总称。按结构特点可以分为以下四类。

1. 量具

以固定形式复现量值的计量器具称为量具，一般结构比较简单，没有传动放大系统。量具又可分为单值量具和多值量具两种。单值量具是用来复现单一量值的量具，又称为标准量具，如量块、直角尺等。多值量具是用来复现一定范围内的一系列不同量值的量具，又称为通用量具。通用量具按其结构特点划分为以下几种：固定刻线量具，如钢直尺、卷尺等；游标量具，如游标卡尺、游标万能角度尺等；螺旋测微量具，如内、外径千分尺和螺纹千分尺等。成套的量块又称为成套量具。

2. 量规

量规是指没有刻度的专用计量器具，用来检验工件实际尺寸和几何误差的综合结果。量规只能判断工件是否合格，而不能获得被测几何量的具体数值，如光滑极限量规、螺纹量规等。

3. 量仪

量仪是指能将被测量转换成可直接观测的指示值或等效信息的计量器具，其特点是一般都有指示、放大系统。根据所测信号的转换原理和量仪本身的结构特点，量仪有以下两种分类方式。

(1) 按测量仪器输出方式分类

1) 显示式测量仪器。显示式测量仪器也称指示式测量仪器，是指能显示量值的测量仪器。

2) 记录式测量仪器。记录式测量仪器是指提供示值记录的测量仪器。

3) 累计式测量仪器。累计式测量仪器是指通过对来自一个或多个测源同时或依次得到的被测量的部分值求和，来确定被测量值的测量仪器。

4) 积分式测量仪器。积分式测量仪器是指通过一个量对另一个量积分，来确定被测量值的测量仪器。

5) 模拟式测量仪器（即模拟式指示仪器）。模拟式测量仪器是指其输出或显示为被测量或输入信号的连续函数的测量仪器。

6) 数字式测量仪器（即数字式指示仪器）。数字式测量仪器是指提供数字化输出的测量仪器。