



教育部高职高专规划教材

计量仪器与检测

下册

● 郭连湘 何 频 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

计 量 仪 器 与 检 测

下 册

郭连湘 何 频 主编

陈闽鄂 副主编



化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心

· 北 京 ·

本书分为上、下两册。本书上册介绍了计量仪器的基础知识,重点介绍了常用计量仪器的基本结构、工作原理、主要技术指标、调整使用及校准维护等内容。

下册介绍了几何量各基本测量项目和主要参数的测量方法,并对测量误差和数据处理作了较详细的论述。具体介绍了量块、长度尺寸、角度与锥度、形状和位置误差、表面粗糙度、螺纹和齿轮的具体检测方法、仪器的使用及数据处理。

本书可作为高职高专检测技术、计量测试等相关专业的课程教学用书,也可作为厂矿企业及科研单位计量检测人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计量仪器与检测.下册/郭连湘,何频主编.一北京:
化学工业出版社,2006.6
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-8812-4

I. 计… II. ①郭…②何… III. 计量仪器-检测-
高等学校:技术学院-教材 IV. TH710.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第063531号

教育部高职高专规划教材

计量仪器与检测

下册

郭连湘 何频 主编

陈闽鄂 副主编

责任编辑:高钰

文字编辑:康静

责任校对:蒋宇

封面设计:潘峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16¼ 字数 418千字

2006年7月第1版 2006年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8812-4

定价:26.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司
2001年4月3日

前 言

产品质量决定着当今市场竞争的成败和企业的兴衰。产品质量的管理离不开计量检测技术，特别是在生产第一线，急需一批既具有一定理论知识又具有实际检测能力的计量检测人员。在各种物理量的测量中，尤其是在机械制造、仪器仪表等产业部门，几何量计量检测占有十分重要的位置。

全书分为上、下册，上册自第一章至第十一章，主要介绍常用几何量计量仪器的结构特征、工作原理、技术指标、调整使用与维护保养等内容；下册自第十二章至第二十章，则就如何运用计量仪器，对几何量各基本测量项目和重要参数的测量方法以及测量误差和数据处理作了较详细的论述。

为适应新形势下国家对高职人才的培养目标，培养和造就适应生产、建设、管理、服务一线需要的高等技术应用型人才，本教材的编写力求做到突出高职特色，本着强调基础、注重能力培养、突出应用、力求创新的总体思路，优化整合课程内容。突出了生产、科研中常用几何量计量仪器和检测技术的论述；加强了实际应用及工程实例的介绍，做到理论联系实际，学以致用；同时增加了新技术、新方法在计量仪器与检测中的应用知识。

本书由郭连湘教授、何频副教授主编，陈闽鄂老师副主编，由季国定研究员主审。

第十二章、第十三章由何频编写；第十四章、第十七章、第二十章由郭连湘编写；第十六章、第十八章由陈闽鄂编写；第十五章由李党索编写；第十九章由李玲玲编写。在编写过程中，得到了刘兆平、黄经元、张惠蓉等的大力支持，在此一并表示感谢！

由于本教材涉及的内容和范围比较广泛，再加上编者的水平有限，编写时间仓促，书中不妥之处恳请读者批评指正。

编 者
2006 年 3 月

目 录

第十二章 计量仪器的选择及基本概念	1
第一节 计量器具选择原则与选择方法	1
一、选择原则	1
二、验收原则及方法	1
三、验收极限	2
四、计量器具的选择	2
五、在精密测量中计量仪器的选择方法	6
第二节 长度测量的基本原则	7
一、阿贝原则	7
二、最小变形原则	9
三、最短测量链原则	9
四、封闭原则	9
思考题与习题	12
第十三章 长度尺寸测量	13
第一节 量块	13
一、量块的基本概念	13
二、量块的量值传递系统及量块的检定	21
三、量块检定结果的处理	27
四、量块中心长度测量误差的分析	29
第二节 外尺寸测量	32
一、立式光学计测量外尺寸	32
二、万能测长仪测量外尺寸	35
三、万能工具显微镜测量外尺寸	37
四、大轴径的测量	40
第三节 内尺寸测量	44
一、万能工具显微镜测量孔径	44
二、万能测长仪测量孔径	45
三、气动量仪测量内尺寸	47
四、小孔径测量	48
思考题与习题	50
第十四章 角度和锥度的检测	51
第一节 角度与锥度的基本概念	51
一、角度的概念	51
二、锥度的概念	51
三、角度单位	51
第二节 角度的测量	52
一、样板角度的测量	52

二、工件角度的直接比较测量	54
三、工件角度的微差比较测量	56
四、工件角度的间接测量	56
第三节 锥度的测量	59
一、综合测量	59
二、间接测量	60
三、钢球圆柱法	62
第四节 小角度的测量	63
一、光电准直仪测量小角度	64
二、小角度检定仪测量小角度	66
三、激光小角度测量仪测量小角度	67
第五节 圆分度误差的测量	68
一、圆分度误差的评定指标	68
二、圆分度误差测量	72
思考题与习题	78
第十五章 形状和位置误差的测量	79
第一节 形状和位置误差的基本概述	79
一、误差分析	79
二、零件的几何要素	79
第二节 形状误差的测量	80
一、直线度误差的测量	80
二、平面度误差的测量	88
三、圆度误差的测量	93
四、圆柱度误差的测量	98
五、轮廓度误差的测量	101
第三节 位置误差的测量	102
一、平行度误差的测量	102
二、垂直度误差的测量	107
三、倾斜度误差的测量	112
四、同轴度误差的测量	115
五、对称度误差的测量	118
六、位置度误差的测量	120
七、圆跳动误差的测量	123
八、全跳动误差的测量	125
思考题与习题	127
第十六章 表面粗糙度检测	129
第一节 概述	129
一、表面粗糙度	129
二、表面粗糙度对零件使用性能的影响	129
第二节 表面粗糙度的评定参数	129
一、有关术语及定义	129
二、表面粗糙度主要评定参数	131

第三节 表面粗糙度的测量	131
一、目估比较法——与标准样块比较	131
二、光学测量法	132
三、描针法——电动轮廓仪（表面粗糙度检查仪）	136
第四节 2205 型表面粗糙度检查仪使用简介	139
一、工作原理	139
二、仪器操作	139
三、测量步骤	142
思考题与习题	143
第十七章 螺纹的测量	144
第一节 螺纹的概述	144
一、圆柱形螺纹主要几何参数定义	144
二、中径、单一中径和作用中径的区别	146
三、中径合格性判断原则	147
第二节 圆柱螺纹的综合测量	147
一、螺纹的综合测量	147
二、螺纹量规与校对量规	148
第三节 圆柱外螺纹参数的单项测量	149
一、千分尺测量中径参数	149
二、量针法测量螺纹中径参数	150
三、在显微镜上测量螺纹各参数	157
第四节 内螺纹参数的单项测量	161
一、内螺纹中径的测量	161
二、单球法测量内螺纹螺距	164
三、光截法内螺纹测量装置	165
第五节 丝杠的测量	166
一、概述	166
二、螺旋线误差的测量	167
三、丝杠螺距误差的测量	170
第六节 滚珠丝杠的测量	171
一、导程误差的测量	171
二、中径 D_0 的测量	172
三、丝杠螺纹牙型的测量	172
四、其他项目的测量	172
思考题与习题	172
第十八章 圆柱齿轮测量	174
第一节 齿轮传动的基本知识	174
一、圆柱齿轮传动的基本要求	174
二、齿轮公差的基本知识	174
三、渐开线齿轮的基本参数	176
四、测量方法分类	176
第二节 圆柱齿轮的单项测量	177

一、公法线长度测量	177
二、齿圈径向跳动 ΔF_r	179
三、齿距偏差和齿距累积误差的测量	180
四、齿厚误差的测量	188
五、基节偏差的测量	189
六、齿形误差的测量	191
七、齿向误差的测量	193
第三节 圆柱齿轮综合测量简介	194
一、双面啮合综合测量	195
二、单面啮合综合测量	195
第四节 圆柱齿轮整体误差测量	197
一、齿轮整体误差的测量原理	197
二、单面啮合间齿测量法	198
三、整体误差曲线的分析	200
思考题习题	201
第十九章 复杂零件的测量	202
第一节 样板尺寸测量	202
一、样板尺寸的测量	202
二、样板交点尺寸测量	202
三、样板测量举例	203
第二节 曲线轮廓尺寸测量	206
一、直角坐标法测量	206
二、极坐标法测量	207
第三节 复杂零件的半自动测量	208
一、非整圆弧的测量	208
二、整圆的测量	208
三、半自动测量	208
四、仿真组合测量	214
第四节 三坐标测量机的应用	218
一、概述	218
二、几何要素的三坐标测量	219
三、三坐标测量机的自动测量方法	220
四、测量数据处理	221
五、三坐标测量机的测量精度	225
思考题与习题	227
第二十章 测量方法分析	228
第一节 被测对象	228
一、被测对象的特点	228
二、被测量的特点	229
三、被测量之间的相互关系	229
第二节 标准量	230
一、标准量的分类	230

二、标准量准确度·····	231
第三节 定位方法及误差·····	231
一、测量基面的选择·····	231
二、定位元件·····	232
第四节 分离技术的应用·····	236
一、概述·····	236
二、分离技术在导轨直线度测量中的应用·····	237
三、误差分离法在多面棱体测量中的应用·····	237
四、误差分离法在圆度误差测量中的应用·····	238
第五节 测量条件·····	238
一、温度误差的影响·····	238
二、测量力误差的影响·····	239
三、瞄准误差的影响·····	242
四、其他条件的影响·····	245
第六节 测量方法总误差计算举例·····	245
思考题与习题·····	247
参考文献·····	249

第十二章 计量仪器的选择及基本概念

学习目标

一般情况下,测量精度主要决定于测量器具的精确度。但用高精度的测量器具测量低精度的工件,使成本提高。合理地选择测量器具是保证产品质量和提高经济效益的重要措施。本章要求掌握计量器具的选择原则;掌握长度测量四项基本原则。

第一节 计量器具选择原则与选择方法

一、选择原则

选择测量器具主要考虑技术指标和经济指标。在综合考虑中应按以下五点要求进行选择。

1. 根据被测工件的批量选择测量器具

对于大批量的测量,应选用专用计量仪器;对于单件或少量的测量,可选用万能计量仪器。

2. 根据被测工件尺寸的大小确定测量器具的规格(测量范围、示值范围)

使测量器具的测量范围能容纳工件,或测头能伸入被测部位。例如测量 $\phi 40\text{mm}$ 的轴颈,选择测量范围为 $25\sim 50\text{mm}$ 的外径千分尺。测量器具的示值范围要超过被测量可能出现的变化范围。

3. 根据被测工件的公差选择测量器具的精度

根据被测对象的精度要求:公差值越大,对测量的精度要求越低;公差值越小,对测量的精度要求就越高。所选计量仪器的精度指标,必须满足被测对象的精度要求,才能保证测量的准确。

由于测量误差不可避免,要估计测量极限偏差。一般情况下测量极限误差限制在被测尺寸公差的 $\frac{1}{10}\sim\frac{1}{3}$ 。尺寸精度较高时取 $\frac{1}{3}$,精度较低时取 $\frac{1}{10}$,一般取 $\frac{1}{5}$ 。

4. 在满足测量精度的情况下,考虑经济性原则

在保证测量准确度的前提下,应考虑计量仪器的经济性指标,包括计量仪器的价格及使用寿命、检定修理时间、对操作人员技术熟练程度的要求等。总之,应选用成本较低、操作方便、维护保养容易、对操作者技术水平和熟练程序要求不高的计量仪器。

5. 根据被测件的具体情况进行选择

根据被测件的结构形状、材料、表面粗糙度等选择。

对于很粗糙的表面,不允许用高精度的计量仪器去测量;对于薄壁的或材料较软的被测件,不能用测力较大的计量仪器去测量。

二、验收原则及方法

在生产检验中计量仪器的选择方法。

检验公差等级为 $6\sim 18$ 级、基本尺寸至 500mm 的光滑工件尺寸,应按 GB/T 3177—

1997《光滑工件尺寸的检验》中的规定选择计量仪器。

GB/T 3177—1997 适用于普通计量仪器,如游标卡尺、千分尺及车间使用的比较仪等,对图样上标注出的符合 GB 1800—79《公差与配合 总论 标准公差与基本偏差》的公差级为 6~18 级 (IT6~IT18)、基本尺寸至 500mm 的光滑工件尺寸的检验,也适用于对一般公差尺寸的检验。

在检验验收工作中,在选择计量器具之前必须明确验收方法和验收原则。

所谓验收方法应只接收位于规定尺寸极限之内的工件。但由于计量器具和计量系统都存在误差,故不能测得真值。多数计量器具通常只用于测量尺寸,而不测量工件存在的形状误差。对遵守包容要求的尺寸,应把对尺寸及形状测量的结果综合起来,以判定工件是否超出最大实体边界。

为了保证验收质量,标准规定了验收极限、计量器具的测量不确定度允许值和计量器具的选用原则(但对温度、压陷效应等不进行修正)。

三、验收极限

验收极限是检验工件尺寸是否合格的尺寸界限。

1. 验收极限尺寸的确定

验收极限尺寸可按下列方式之一确定。

(1) 内缩方式 验收极限是从规定的最大实体极限 (MML) 和最小实体极限 (LML) 分别向工件公差内移动一个安全裕度 (A) 来确定,如图 12-1 所示。

$$\text{上验收极限} = \text{最大极限尺寸}(D_{\max}, d_{\max}) - \text{安全裕度}(A) \quad (12-1)$$

$$\text{下验收极限} = \text{最小实体尺寸}(D_{\min}, d_{\min}) + \text{安全裕度}(A) \quad (12-2)$$

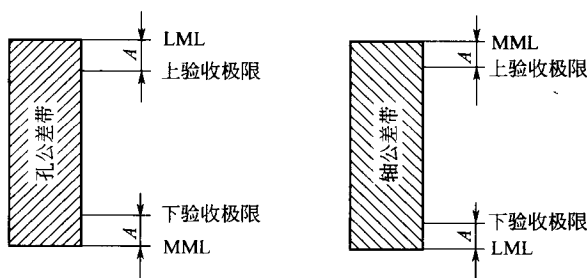


图 12-1 验收极限与工件公差带关系

A 值按工件公差的 $1/10$ 确定。安全裕度 A 相当于测量中总的不确定度,它表征了各种误差的综合影响。

(2) 不内缩方式 规定验收极限等于工件的最大实体极限 (MML) 和最小实体极限 (LML),即 A 值等于零。

2. 验收极限方式的选择

验收极限方式的选择要结合尺寸功能要求及其重要程度、尺寸公差等级、测量不确定度和工艺能力等综合因素考虑。

① 对遵守包容要求的尺寸、公差等级高的尺寸,其验收极限要选内缩方式。

② 对非配合和一般公差的尺寸,其验收极限则选不内缩方式。

四、计量器具的选择

按照计量器具的测量不确定度允许值 (u_1) 选择计量器具。选择时,应使所选用的计量器具的测量不确定度数值等于或小于选定的 u_1 值。

u_1 按测量不确定度 u 与工件公差的比值分挡：对 IT6~IT11 的分为 I、II、III 三挡；对 IT12~IT18 分为 I、II 两挡。测量不确定度 u 的 I、II、III 三挡值，分别为工件公差 1/10、1/6、1/4（见表 12-1）。

计量器具的测量不确定度允许值（ u_1 ）允许值约为测量不确定度（ u ）的 0.9 倍，即

$$u_1 = 0.9u$$

$$u = A \quad (12-3)$$

选择计量器具时，应保证其不确定度不大于其允许值 u_1 。有关量仪 u_1 值见表 12-2~表 12-5。

表 12-2 安全裕度及计量器具不确定度的允许值

单位：mm

零件公差值 T		安全裕度 A	计量器具的不确定度的允许值 u_1	零件公差值 T		安全裕度 A	计量器具的不确定度的允许值 u_1
大于	至			大于	至		
0.009	0.018	0.001	0.0009	0.180	0.320	0.018	0.0160
0.018	0.032	0.002	0.0018	0.320	0.580	0.032	0.0290
0.032	0.058	0.003	0.0027	0.580	1.000	0.060	0.0540
0.058	0.100	0.006	0.0054	1.000	1.800	0.100	0.0900
0.100	0.180	0.010	0.0090	1.800	3.200	0.180	0.1600

表 12-3 千分尺和游标卡尺的不确定度

单位：mm

尺 寸 范 围	计 量 器 具 类 型			
	分度值 0.01 千分尺	分度值 0.01 内径千分尺	分度值 0.02 游标卡尺	分度值 0.05 游标卡尺
	不 确 定 度			
0~50	0.004	0.008	0.020	0.050
50~100	0.005			
100~150	0.006			
150~200	0.007	0.013		0.100
200~250	0.008			
250~300	0.009			
300~350	0.010	0.020	0.150	
350~400	0.011			
400~450	0.012			
450~500	0.013	0.025		
500~600		0.030		
600~700				
700~1000				

注：本表仅供参考。

表 12-4 比较仪的不确定度

单位：mm

尺 寸 范 围		所 使 用 的 计 量 器 具			
		分度值为 0.0005mm (相当于放大倍数 2000 倍)的比较仪	分度值为 0.001mm (相当于放大倍数 1000 倍)的比较仪	分度值为 0.002mm (相当于放大倍数 400 倍)的比较仪	分度值为 0.005mm (相当于放大倍数 250 倍)的比较仪
大于	至	不 确 定 度			
	25	0.0006	0.0010	0.0017	0.0030
25	40	0.0007		0.0018	
40	65	0.0008	0.0011		
65	90	0.0008			
90	115	0.0009	0.0012	0.0019	
115	165	0.0010	0.0013		
165	215	0.0012	0.0014	0.0020	0.0035
215	265	0.0014	0.0016	0.0021	
265	315	0.0016	0.0017	0.0022	

注：测量时，使用的标准器由 4 块 1 级（或 4 等）量块组成。本表仅供参考。

表 12-5 指示表的不确定度

尺寸范围		所使用的计量器具			
		分度值为 0.001mm 的千 分尺(0 级在全程范围 内,1 级在 0.2mm 内) 分度值为 0.002mm 的千 分尺(在一定范围内)	分度值为 0.001mm、0.002mm、 0.005mm 的千分表 (1 级在全程范围内) 分度值为 0.01mm 的百分 表(0 级在任意 1mm 内)	分度值为 0.01mm 的百 分表(0 级在全程范围 内,1 级在任意 1mm 内)	分度值为 0.01mm 的 百分表(1 级在全程 范围内)
大于	至	不 确 定 度			
	25	0.005	0.010	0.018	0.030
25	40				
40	65				
65	90				
90	115				
115	165	0.006			
165	215				
215	265				
265	315				

注：测量时，使用的标准器由 4 块 1 级（或 4 等）量块组成。本表仅供参考。

【例 12-1】 试确定 $\phi 140H9\left(\begin{smallmatrix} +0.10 \\ 0 \end{smallmatrix}\right) \textcircled{E}$ 的验收极限，并选择相应的计量器具（见图 12-2）。

解 基本尺寸 $>120\sim 180\text{mm}$ 、IT9 时，工件的安全裕度 $A=10\mu\text{m}$ ， $u_1=9\mu\text{m}$ （I 挡）。

由于工件尺寸采用包容要求，应按内缩方式确定验收极限。

上验收极限 $=D_{\max}-A=(140.1-0.010)\text{mm}=140.090\text{mm}$

下验收极限 $=D_{\min}+A=(140+0.010)\text{mm}=140.010\text{mm}$

由表 12-3 可知，在工件尺寸 $\leq 150\text{mm}$ 、分度值为 0.01mm 的内径千分尺的不确定度为 0.008mm ，小于 $u_1=0.009\text{mm}$ ，可满足要求。

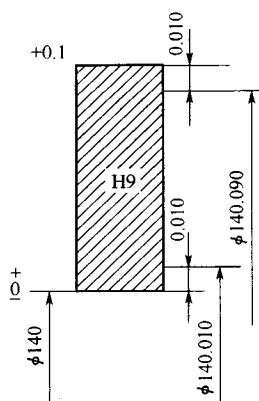


图 12-2 例 12-1 图

五、在精密测量中计量仪器的选择方法

对不属于上述标准规定的情况，如精密测量工件尺寸时，可按测量方法精度系数 K 来选择计量仪器。

1. 测量方法精度系数 K

测量方法精度 K 为

$$K = \frac{\Delta}{T}$$

式中 Δ ——测量方法极限误差；

T ——被测工件的公差值。

K 值一般取 $1/3 \sim 1/10$ 。对于公差值较小的工件， K 值可等于或接近 $1/3$ ；对于公差值较大的工件， K 值最小可取为 $1/10$ ，在一般情况下， K 值可取为 $1/5$ 。表 12-6 为测量方法精度系数 K 选择表。

表 12-6 测量方法精度系数 K 选择表

工件的公差等级	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11~IT6
$K/\%$	32.5	30	27.5	25	20	15	10

2. 计量误差的选择

根据所选用计量仪器的测量极限误差值和被测工件的公差值，求出所选计量仪器的实际测量方法精度的系数 K_1 ，与表 12-6 相对应的 K 值进行比较，如 $K_1 \leq K$ ，则说明所选计量仪器适用。但是，从经济角度来看， K_1 值应尽量接近 K 值，不要取得过小。表 12-7 列出了常用计量仪器的测量极限误差，表 12-8 列出部分仪器的适用公差范围。

表 12-7 常用计量仪器的测量极限误差

计量仪器名称	分度值 /mm	所用量块		尺寸范围/mm							
		检定 等级	精度 级别	1~10	10~50	60~80	80~120	120~180	180~260	260~360	360~500
				测量极限误差/ μm							
接触式干涉仪				$\Delta \leq 0.1 \mu\text{m}$							
立式卧式光学计 测外尺寸	0.001	4 5	1 2	0.4 0.7	0.6 1.0	0.8 1.3	1.0 1.6	1.2 1.8	1.8 2.5	2.5 3.5	3.0 4.5
立式卧式测长仪 测外尺寸	0.001	绝对测量		1.1	1.5	1.9	2.0	2.3	2.3	3.0	3.5
卧式测长仪 测内尺寸	0.001	绝对测量		2.5	3.0	3.3	3.5	3.8	4.2	4.8	—
测长机	0.001	绝对测量		1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	6.0
万能工具 测显微镜	0.001	绝对测量		1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	—	—
大型工具 显微镜	0.01	绝对测量		5	5	—	—	—	—	—	—

3. 标准公差的安全裕度

标准公差等级的安全裕度 A 和相应的计量仪器不确定度允许值 u_1 ，按照下面公式计算验收极限

上验收极限 = 最大极限尺寸 - A

下验收极限 = 最小极限尺寸 + A

表 12-8 部分计量仪器适用公差范围

仪 表 名 称	分度值/mm	放 大 倍 数	适用公差范围/mm
扭簧比较仪	0.0005	1600~2000	>0.009~0.013
小型比较仪	0.001	900~1000	>0.018~0.032
扭簧比较仪	0.001	750~1000	
杠杆齿轮比较仪	0.001	1000	
杠杆式测微针	0.001	100	
蔡司测微计	0.001	1100	
奥托比较仪	0.001	900	
指针测微计	0.001	600	
杠杆齿轮测微针	0.002	400	>0.032~0.058
测微针	0.005		>0.058~0.100
小型比较仪			
大行程千分表	0.002		>0.100~0.580
百分表	0.01		>0.580~3.200
杠杆百分表			

4. 扩大 A 值

(1) 扩大 A 值的原因 将工件的验收极限向公差带内移动以及按测量不确定度选择计量器具，总的说来是朝着更严格地保证产品质量的方向发展。但与此同时，计量检测手段落后于生产发展的矛盾更突出。车间现场使用的计量仪器尤其如此。为解决这一问题而采取的措施之一就是扩大 A 值。

(2) 扩大 A 值的方法 当无法选到合适的计量仪器时，允许选用不确定度略超出 u_1 的计量仪器，但要按式 (12-4) 重新计算安全裕度。然后按 A' 确定验收极限，即

$$A' = \frac{1}{0.9} u_1' \tag{12-4}$$

式中 u_1' ——实际选用的计量仪器的不确定度；

A' ——重新计算的安全裕度。

扩大安全裕度就减少了生产公差，也就是用增加生产难度，提高生产费用的代价来弥补计量仪器精度的降低（检测费用降低）。在实际生产中应权衡得失妥善处置。

第二节 长度测量的基本原则

在长度测量中，为了实现正确可靠的测量，必须遵守阿贝原则、最小变形原则、最短测量链原则、封闭原则和基准统一原则。

一、阿贝原则

1. 阿贝原则和阿贝误差

测量仪器设计时，为了简化结构有时采用近似设计，因而存在着测量仪器的原理误差。例如：机械式比较仪中百分表的标尺刻度，常常用内标尺的等分刻度代替，实际上应为不等分的刻度。

再有，一般量仪设计时应符合“阿贝原则”。设计时如果不符合阿贝原则，也会造成量仪的原理误差。

阿贝原则：“被测件与基准件，在测量方向上应处在同一直线上。”即测量的基准件应安置在被测长度的延长线上。这是量仪设计的一条基本原则。因为在测量过程中，测量装置由