

几何量实用测试手册

《几何量实用测试手册》编委会 编



机械工业出版社

几何量实用测试手册

《几何量实用测试手册》编委会 编



机械工业出版社

本手册系统地汇集整理了我国机械加工行业中行之有效的几何量测试技术和方法,收集了国内外的先进测试技术。

本手册第一篇测试基础,包括测试原理、测试新技术、通用计量器具、测量误差和数据处理等;第二篇测试技术,包括长度计量基准检定、长度测量、角度测量、平台测量、表面光洁度测量、形位误差测量、螺纹测量、齿轮测量、花键和凸轮测量、传动链精度测量等。

本手册可供从事几何量测试的计量测试人员、车间检验人员和大专院校计量与精密仪器专业的师生查阅,也可供机械设计与制造工艺人员参考。

EQ50/12

几何量实用测试手册

《几何量实用测试手册》编委会 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张55 · 插页2 · 字数1348千字

1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷

印数 0,001—6,000 · 定价14.90元

*

统一书号:15033·5657

前 言

《几何量实用测试手册》是一部包括测试基础和实用技术两部分内容的专业性技术手册。它涉及几何量测试的各个方面，系统地汇集整理了我国机械加工行业中行之有效的测试技术和方法，收集了国内外的一些先进测试技术，是一部适于计量测试人员现场使用的实用工具书。

《几何量实用测试手册》是由计量技术编辑部黄福芸同志根据广大读者要求筹备编写的。考虑到当时绝大多数计量测试部门的技术水平与其所承担的任务不相协调的状况，以及广大计量测试人员极需有可供现场查用的工具书的迫切要求，调查了几何量测试工作的现状和需要解决的具体技术问题，初步遴选了作者。1979年10月成立了以清华大学梁晋文教授为主编的编委会，1982年底完成了全书的编审工作。

编委会和作者名单

主编：梁晋文

编委：何 贡 黄福芸 王轼铮 裘惠孚

作者（按所写章节顺序）：

黄福芸	何 贡	车仁生	王轼铮
陈国勋	端木时夏	王玉璞	毕远升
沈家骞	裘惠孚	陈耀煌	王承钢
蒋 坝	安福生	叶庆昭	仇锡林
黄乃康	徐沁泉	赵汝樵	庚以溱
毛起广	杨列群	饶世荣	张富友
唐启昌	张鸿源	顾坤明	徐小红
赵春萌	朱耀忠	沈潜德	

在本书编写过程中，曾得到纂江齿轮厂计量室、上海量具刃具厂技术情报室、瑞安机床厂计量室、武汉重型机床厂计量室和重庆工具厂计量室等单位的热情支持和大力协助，特此表示感谢。

由于我们缺乏经验，错误和不当之处在所难免，欢迎广大读者指正。

《几何量实用测试手册》编委会

目 录

第一篇 几何量测试基础

第一章 几何量计量测试概述	1	3. 棱镜	22
一、国际单位制	1	4. 光阑	25
二、计量及其作用	2	三、几何量测试常用的光学方法	25
1. 计量的含义与分类	2	1. 自准直法	25
2. 计量的作用	2	2. 显微镜法	26
三、量值的传递	2	3. 投影法	26
1. 计量基准器与标准器	2	4. 干涉法	27
2. 量值传递与检定工作	3	第三节 电动测试原理	28
四、我国的计量简况	4	一、传感器	28
五、长度计量基准的沿革	4	1. 感应式传感器	28
六、新的米定义	7	2. 电容式传感器	30
1. 新定义的内容	7	3. 压电式传感器	30
2. 更改定义的条件	9	4. 光电传感器	32
3. 新定义的特点	9	二、模拟电路	32
4. 今后怎样按新定义工作	9	1. 调制信号源	32
第二章 几何量常用测试原理	11	2. 运算放大器	33
第一节 机械测试原理	11	3. 解调器	39
一、示值机构	11	4. 信息分离电路	41
1. 指标机构	11	5. 指示表和记录器	42
2. 游标机构	11	三、数字电路	43
3. 螺旋副机构	11	1. 比较器	44
二、传感放大机构	12	2. 细分器	47
1. 斜面机构	12	3. 辨向电路	51
2. 齿轮副机构	12	4. 可逆计数器	53
3. 杠杆机构	12	5. 相位计	55
4. 弹簧机构	14	第四节 气动测试原理	56
三、定位机构	16	一、压力式气动测量原理和工作特性	57
四、分度机构	17	1. 压力式气动测量原理	57
第二节 光学测试原理	17	2. 压力式气动量仪的工作特性	57
一、光学的基本定律和原理	17	二、流量式气动测量原理和工作特性	58
1. 有关几何光学的基本定律	17	1. 流量式气动测量原理	58
2. 有关物理光学的基本原理	19	2. 流量式气动量仪的工作特性	58
二、光学量仪中常用的光学元件	22	三、压缩空气的净化和稳压	59
1. 平行平板玻璃	22	1. 空气过滤器	59
2. 透镜	22	2. 空气稳压器	60

第三章 几何量测试中的新技术	62
第一节 光栅技术	62
一、光栅的分类	62
1. 物理光栅	62
2. 计量光栅	62
二、光栅的莫尔条纹现象	65
1. 莫尔条纹的形成	65
2. 莫尔条纹的类型	66
3. 莫尔条纹的特征	68
三、光栅装置的工作原理和细分技术	69
1. 莫尔条纹的工作原理	69
2. 莫尔条纹读数头的类型	70
3. 光电信号的对比度、幅值和波形	73
4. 光栅的细分技术	75
四、光栅技术的应用	77
1. 线位移的精密定位和测量	77
2. 角位移的精密定位和测量	77
3. 光栅技术在自动控制中的应用	78
4. 立式光栅测长仪	78
5. 在大型工具显微镜上应用光栅装置	78
第二节 激光技术	79
一、激光和激光器	79
1. 激光的基本原理	79
2. 激光器	80
3. 激光的特性	81
二、激光干涉测长技术	82
1. 条纹计数法测量原理	82
2. 激光干涉仪	83
3. 激光波长的修正	87
4. 激光频率的稳定	89
5. 激光干涉测长技术的应用	91
三、激光准直技术	96
1. 激光准直原理	96
2. 激光准直仪	97
3. 激光准直技术的应用	99
第三节 感应同步器技术	100
一、感应同步器的类型和结构	100
二、感应同步器的工作原理和检测信号处理	101
1. 感应同步器的工作原理	101
2. 感应同步器的信号处理方式	103
三、感应同步器的特点和应用	105
1. 感应同步器的特点	105
2. 感应同步器的应用	106
四、感应同步器的误差	107
1. 定尺的零位误差	107
2. 滑尺的细分误差	107
3. 综合误差	108
五、感应同步器的接长和安装	108
1. 感应同步器的接长和安装要求	108
2. 感应同步器的接长原则	109
3. 感应同步器的接长方法	112
第四节 磁栅技术	112
一、磁栅	112
二、磁头	113
1. 动态磁头	114
2. 静态磁头	114
三、磁栅装置及其检测电路	115
1. 动态磁栅及其检测电路	115
2. 静态磁栅及其检测电路	116
四、磁栅技术的应用	119
第五节 射线技术	121
一、射线测厚技术	121
1. 透射式测厚原理	121
2. 反散射式测厚原理	121
3. γ 射线测厚原理	121
4. 射线测厚方法	122
二、射线源与探测器	122
1. 射线源	122
2. 探测器	124
三、射线测厚的误差	125
1. 统计误差	125
2. 主要误差因素	125
第四章 通用计量器具	126
第一节 通用计量器具的选择	126
一、测量误差对测量结果的影响	126
二、计量器具的选择原则	126
三、计量器具的选择方法	127
1. 按检验标准规定选择	127
2. 按测量方法精度系数选择	127
第二节 通用量具	131
一、游标量具	131
二、测微量具	131
1. 测量外尺寸的千分尺	131
2. 测量内尺寸的千分尺	133
3. 测量深度的千分尺	133

三、角度量具	134	三、圆度仪	169
1. 角度块	134	四、光电瞄准装置	171
2. 正弦规	136	1. 静态光电显微镜	171
3. 直角尺	137	2. 动态光电显微镜	172
4. 角度规	137	3. 光电准直光管	173
5. 水平仪	138	第六节 气动量仪	174
第三节 机械式量仪	138	一、压力式气动量仪	174
一、杠杆式测微仪	138	1. 低压水柱式气动量仪	174
二、杠杆齿轮式测微仪	139	2. 差压水柱式气动量仪	175
1. 杠杆式千分尺和杠杆式卡规	139	3. 差压水银柱式气动量仪	175
2. 杠杆百分表和杠杆千分表	140	4. 高压薄膜式气动量仪	176
3. 杠杆齿轮式测微仪	142	5. 波纹管式气动量仪	177
三、齿轮式测微仪	142	二、流量式(浮标式)气动量仪	178
1. 百分表和千分表	142	1. 浮标式气动量仪工作原理	178
2. 内径百分表和内径千分表	143	2. 浮标式气动量仪的调整原理	178
四、扭簧式测微仪	143	3. 带气动放大器的浮标式气动量仪	179
第四节 光学量仪	146	4. 浮标式气动量仪测头设计	179
一、自准直仪	146	第五章 测量误差和数据处理	189
1. 测微自准直仪	146	第一节 基本概念	189
2. 测角比较仪	147	一、测量误差及其表达形式	189
3. 平直度检查仪	148	1. 测量误差	189
二、光学计	149	2. 绝对误差和相对误差	189
1. 立式光学计	149	二、测量误差的分类	190
2. 投影立式光学计和卧式光学计	149	1. 系统误差	190
3. 超级光学计	150	2. 随机误差(偶然误差)	191
三、测长仪和测长机	151	3. 粗大误差	191
1. 立式测长仪	151	三、测量误差产生的原因	192
2. 万能测长仪	152	1. 测量器具误差	192
3. 测长机	153	2. 标准件误差	193
4. 投影读数测长机和万能测长机	154	3. 测量方法误差	193
四、工具显微镜	155	4. 安装定位误差	193
1. 小型、大型工具显微镜	156	5. 测量人员的主观误差	194
2. 万能工具显微镜	159	6. 环境条件引起的误差	194
五、投影仪	161	四、测量方法的分类	195
1. 小型投影仪	161	1. 绝对测量和相对(比较)测量	195
2. 中型投影仪	162	2. 直接测量、间接测量和组合测量	195
六、接触式干涉仪	163	3. 接触测量和非接触测量	196
七、光学分度头	164	4. 单项测量和综合测量	196
第五节 电动量仪	165	5. 等精度测量和不等精度测量	196
一、电动测微仪	165	第二节 随机误差的统计规律与估算	196
二、轮廓仪	166	一、随机误差的统计规律	196
1. 工作原理和类型	166	1. 正态分布曲线	196
2. BCJ-2 型电感轮廓仪	167		

2. 随机误差的正态分布规律.....198	二、 t -分布准则211
二、利用正态分布估算随机误差198	三、格拉布斯准则212
1. 概率积分.....198	四、狄克逊准则213
2. 随机误差的估算.....199	第五节 误差的合成215
3. σ 值的求法.....200	一、定值系统误差的合成215
三、测得值的算术平均值及其随机误差的估算201	二、随机误差的合成216
四、随机误差的非正态分布203	三、未定系统误差的合成217
第三节 系统误差的发现与消除204	四、误差合成原理的应用218
一、系统误差对测量结果的影响204	1. 间接测量的误差合成.....218
二、发现系统误差的常用方法204	2. 分析确定最有利的测量条件.....222
1. 检查误差来源.....204	3. 分析和选择测量方法.....223
2. 发现定值系统误差的比较检定法.....205	4. 测量误差的分配.....225
3. 发现变值系统误差的剩余误差检查法.....205	第六节 测量数据处理227
4. 发现复杂系统误差的大量实测统计法.....207	一、测量数据的有效位数227
三、消除系统误差的常用方法207	1. 近似数和有效数字.....227
1. 定值系统误差的消除方法.....207	2. 测得值位数的确定.....228
2. 变值系统误差的消除方法.....208	3. 测量数据在运算过程中位数的确定.....229
第四节 粗大误差的剔除210	二、测量数据处理230
一、肖维勒准则211	1. 等精度直接测量的数据处理.....230
	2. 等精度间接测量的数据处理.....234
	3. 不等精度测量的数据处理.....235
	4. 组合测量及其数据处理.....237

第二篇 几何量测试技术

第一章 长度计量标准检定242	5. 量块测量面平面度的检定.....259
第一节 波长检定242	6. 量块测量面研合性的检定.....260
一、标准波长242	7. 量块测量面硬度的检定.....260
二、影响波长的因素244	8. 量块线胀系数的检定.....261
三、用干涉仪检定波长246	9. 量块中心长度的检定.....261
四、用拍频方法检定氦氖激光波长252	10. 量块测量面平面平行性的检定.....275
五、波长检定精度254	11. 量块长度尺寸稳定性的检定.....276
1. 标准波长的复现精度.....254	二、量块检定结果的处理276
2. 被检波长的复现性.....254	1. 量块定等.....276
3. 检定方法误差.....255	2. 量块定级.....277
第二节 量块检定255	3. 有效位数.....277
一、量块的检定257	4. 检定周期.....277
1. 量块外观的检定.....257	5. 检定证书.....277
2. 量块截面尺寸的检定.....257	6. 历史记录.....278
3. 量块非测量面与测量面、非测量面之间的垂直度和倒棱宽度的检定.....258	第三节 线纹尺检定278
4. 量块测量面与非测量面的表面光洁度的检定.....258	一、线纹尺的类型278
	1. 基准和标准金属线纹尺.....278
	2. 一、二等标准玻璃线纹尺.....279

3. 标准钢卷尺.....279	二、大尺寸的间接测量法304
二、线纹尺的检定方法279	1. 测量局部量计算直径法.....304
1. 线纹尺的比较测量.....279	2. 辅助基准面法.....306
2. 线纹尺的干涉测量.....280	3. 围绕法.....306
3. 线纹尺的支承点.....281	4. 对滚法.....306
4. 测量结果的修正.....282	5. 经纬仪法.....307
三、检定结果的误差计算282	第三章 角度测量311
1. 双次测量的误差计算.....282	第一节 角度样板测量311
2. 多次测量的误差计算.....283	一、角度样板的测量方法311
第二章 长度测量284	1. 圆棒法测量角度样板.....311
第一节 轴径和孔径测量284	2. 用正弦规测量角度样板.....313
一、光滑极限量规284	3. 用通用量具量仪测量角度样板.....313
1. 泰勒原则.....284	二、角度样板的测量精度317
2. 量规工作尺寸的计算.....285	第二节 圆锥角度测量317
二、轴径的测量288	一、圆锥的基本参数及其误差关系317
1. 用测长仪测量轴径.....288	二、用圆锥量规测量圆锥角度318
2. 用工具显微镜测量轴径.....288	三、用量棒钢球测量圆锥角度319
三、孔径的测量290	四、用正弦规测量圆锥角度321
1. 用气动量仪测量孔径.....290	1. 测量方法.....321
2. 用内测钩测量孔径.....290	2. 测量误差分析.....321
3. 在万能测长仪上用电眼装置测量 孔径.....292	五、用通用量仪测量圆锥角度332
4. 用万能工具显微镜测量孔径292	第三节 中心角测量335
5. 用自准直孔径测量仪测量孔径.....293	第四节 角度量块检定339
6. 用 701 A 型孔径测量仪测量孔径.....293	一、角度量块的直接检定339
7. 用 DMC-1 型内孔比长仪测量孔径294	1. 用测角仪检定.....339
四、球径的测量295	2. 用光学分度头检定.....339
1. 样板检验法.....295	3. 用经纬仪检定.....340
2. 用干涉显微镜测量球径.....295	二、角度量块的比较法检定340
3. 小内球面半径的测量.....296	1. 在测角仪上比较检定.....340
五、圆弧半径的测量297	2. 在带有自准直仪的检定装置上 比较检定.....340
1. 样柱检验法.....297	3. 在立式光学计和专用检具上比 较检定.....341
2. 用投影仪测量圆弧半径.....297	三、角度量块的间接法检定342
3. 用工具显微镜测量圆弧半径.....297	第五节 多面棱体检定344
4. 用弓高仪测量圆弧半径.....299	一、多面棱体的直接检定344
5. 用弧切仪测量圆弧半径.....300	1. 检定方法.....344
第二节 大尺寸测量300	2. 检定结果符号的判别.....345
一、大尺寸的直接测量法300	3. 检定精度.....345
1. 用通用量具测量.....300	二、多面棱体的比较法检定345
2. 用长标尺和工具经纬仪测量.....303	1. 检定方法345
3. 用测距仪测量.....303	2. 检定结果符号的判别.....346
4. 用激光干涉仪测量.....304	

3. 检定精度	346	1. 直线与直线交点尺寸的测量	388
三、多面棱体的组合法检定	346	2. 直线与圆弧交点尺寸的测量	388
1. 全组合定角法检定	346	3. 圆弧与圆弧接点尺寸的测量	388
2. 棱体与仪器度盘或棱体与棱体全组合互检	348	六、相关尺寸的测量	393
3. 检定精度	351	七、单角度斜孔坐标尺寸的测量	396
第六节 度盘检定	351	第三节 空间作业	402
一、度盘的比较法检定	351	一、空间直线的测量	402
1. 用标准度盘比较检定	353	1. 空间直线的角度	403
2. 用多位置平均定位的标准度盘检查仪比较检定	353	2. 双角度直线角度的测量	407
二、度盘的常角法检定	353	3. 双角度直线坐标尺寸的测量	409
1. 单常角法	353	二、空间平面的测量	409
2. 对称联系法	353	1. 空间平面的角度	409
3. 内插联系法	355	2. 双角度斜面角度的测量	414
4. 无联系闭合系列法	356	3. 双角度斜面坐标尺寸的测量	416
5. 无联系不闭合系列法	357	第四节 平台测量误差计算	419
第四章 平台测量	359	一、总误差的计算	419
第一节 平台测量常用方法和图形分析	359	1. 函数误差计算的基本公式	419
一、平台测量常用方法	359	2. 系统误差的计算	420
1. 机械量仪法	359	3. 随机误差的计算	420
2. 光隙法	359	二、误差的分配	424
二、平台测量的基本器具	361	1. 按等作用原则分配误差	425
1. 平板	361	2. 按可能性、经济性调整误差	425
2. 检验平尺	364	3. 验算调整后的总误差	425
3. 直角尺、方箱和弯板	365	三、最有利的测量条件	427
4. 正弦规	367	第五章 表面光洁度(粗糙度)和表面波度测量	429
5. 标准圆柱、圆球和心轴	368	第一节 表面光洁度评定	430
6. 高度规	369	一、评定表面轮廓参数的基础——评定基准制	431
三、图形分析	369	1. 中线基准制(M制)	431
1. 平面坐标系旋转坐标的换算	371	2. 包络线基准制(E制)	432
2. 空间坐标系旋转坐标的换算	374	二、表面光洁度的评定参数	432
第二节 平面作业	379	1. 微观不平度轮廓的垂直坐标参数	432
一、孔径的测量	379	2. 微观不平度轮廓的水平坐标参数	432
二、圆弧半径的测量	380	3. 二维的混合参数	436
三、平面角度的测量	381	三、表面光洁度国家标准	436
1. 直角的测量	381	1. 基本长度的选择	436
2. 非直角的测量	381	2. 测量长度的选择	439
四、圆锥的测量	383	3. 有关评定参数之间的关系	440
1. 圆锥体的测量	383	4. 标准的适用范围	441
2. 圆锥孔的测量	384	四、表面粗糙度国家标准	441
五、交点尺寸的测量	387	第二节 表面光洁度测量	442

一、表面光洁度测量方法的分类和选用	442	原则	472
二、表面光洁度测量的基本原则	444	1. 形状和位置误差的评定原则	472
1. 测量方向	444	2. 形状和位置误差的检测原则	472
2. 表面缺陷	444	3. 基准的体现方法	477
3. 测量部位	444	4. 仲裁	477
三、针描法(触针法)测量表面光洁度	445	三、形位公差与尺寸公差的关系	477
1. 针描法的测量原理和特点	445	第二节 形状误差测量	479
2. 触针式轮廓仪的使用	448	一、直线度误差的测量与评定	479
3. 测量结果的处理	453	1. 直线度误差的测量	479
四、显微干涉法测量表面光洁度	455	2. 直线度误差的评定	482
1. 显微干涉法的基本类型和特点	455	二、平面度误差的测量与评定	486
2. 干涉显微镜的使用性能和调整	456	1. 平面度误差的测量	486
3. 测量方法和测量结果处理	458	2. 平面度误差的评定	488
五、光切法测量表面光洁度	459	三、圆度误差的测量与评定	493
1. 光切法的测量原理	459	1. 圆度误差的测量	493
2. 仪器放大倍率的确定	460	2. 圆度误差的评定	497
3. 测量方法和测量结果处理	461	四、圆柱度误差的测量与评定	498
六、比较法检验表面光洁度	462	五、轮廓度误差的测量	498
1. 比较样板的要求	462	1. 线轮廓度误差的测量	498
2. 比较样板的检定	462	2. 面轮廓度误差的测量	501
七、印模法间接测量表面光洁度	463	第三节 位置误差测量	502
八、表面光洁度的其它测量方法	464	一、定向误差的测量	502
1. 光斑测量法	464	1. 平行度误差的测量	502
2. 气动测量法	465	2. 垂直度误差的测量	505
3. 投影光栅法	466	3. 倾斜度误差的测量	508
第三节 表面波度评定和测量	466	二、定位误差的测量	509
一、限制光洁度影响获得波度曲线的方式	467	1. 同轴度误差的测量	510
1. 滚圆式波度曲线	467	2. 对称度误差的测量	511
2. 电气截止式波度曲线	468	3. 位置度误差的测量	512
二、限制宏观形状误差影响的方式	469	三、跳动	515
1. 几何滤波	469	1. 圆跳动的测量	515
2. 电气截止滤波	469	2. 全跳动的测量	516
三、表面波度的评定参数	469	第七章 螺纹和丝杠测量	518
四、表面波度的测量	470	第一节 普通螺纹测量	518
第六章 形状和位置误差测量	471	一、普通螺纹的基本参数与公差配合	518
第一节 形状和位置误差及其评定和检测		1. 普通螺纹的基本参数	518
原则	471	2. 普通螺纹旋合时主要参数对互换性的影响	518
一、形状和位置误差	471	3. 普通螺纹的公差与配合	522
1. 形状和位置误差的分类和项目	472	4. 普通螺纹旧国标简介	524
2. 要素	472	5. 其它几种螺纹	525
二、形状和位置误差的评定原则和检测		二、螺纹的综合测量	526

1. 螺纹量规.....526	第一节 齿轮量仪.....631
2. 综合测量若干现象的分析.....527	一、周节量仪.....633
3. 螺纹量规的公差.....528	1. 手提式周节仪.....633
三、外螺纹的单项测量.....528	2. 万能测齿仪.....633
1. 外螺纹的机械量法.....528	3. GYQ-80 型光栅式齿轮误差检查仪.....633
2. 外螺纹的光学量法.....537	4. AP-40 型自动周节仪.....635
四、内螺纹的单项测量.....553	二、齿轮跳动检查仪.....635
五、螺纹刀具的测量.....560	三、渐开线齿形量仪.....635
1. 单刃螺纹车刀和圆螺纹车刀的测量.....560	1. 坐标式渐开线齿形量仪.....635
2. 螺纹梳刀的测量.....561	2. 渐开线齿形比较测量仪.....638
3. 丝锥的测量.....562	3. 圆锥齿轮渐开线齿形量仪.....642
4. 滚丝轮的测量.....564	四、基节仪.....642
第二节 圆锥螺纹测量和锯齿形螺纹测量.....564	五、齿向量仪.....643
一、圆锥螺纹的牙型和基本参数.....564	1. 齿向检查仪.....643
1. 圆锥螺纹牙型与代号.....564	2. 导程检查仪.....643
2. 圆锥螺纹的基本参数.....566	六、齿厚量仪.....644
二、圆锥螺纹的综合测量.....567	七、齿轮双面啮合综合检查仪.....645
三、圆锥螺纹的单项测量.....570	1. 圆柱齿轮双面啮合综合检查仪.....645
1. 非对称牙型圆锥螺纹的单项测量.....570	2. 圆锥齿轮双面啮合综合检查仪.....646
2. 对称牙型圆锥螺纹的单项测量.....584	八、齿轮单面啮合综合检查仪.....647
四、圆锥螺纹刀具的测量.....585	九、齿轮滚动检查机和噪音仪.....649
1. 以轴线作基准测量.....585	十、齿轮刀具量仪.....651
2. 以母线作基准测量.....587	第二节 圆柱齿轮测量.....651
五、锯齿形螺纹的牙型.....588	一、圆柱齿轮的基准齿形、模数和压
六、锯齿形螺纹的测量.....589	力角.....652
1. 用齿厚卡尺测量齿厚.....589	1. 基准齿形.....652
2. 用量针测量中径.....590	2. 模数.....652
3. 用单针测量中径.....590	3. 压力角.....652
4. 锯齿形内螺纹的测量.....591	二、圆柱齿轮传动的几何计算公式.....653
第三节 丝杠测量.....596	三、圆柱齿轮误差的定义和代号.....653
一、丝杠螺距和螺旋线的测量.....599	四、周节偏差和周节累积误差的测量.....662
1. 丝杠螺距和螺旋线的静态测量法.....599	1. 周节偏差和周节累积误差的绝对
2. 丝杠螺距和螺旋线的动态测量法.....604	测量.....663
3. 静态测量法和动态测量法的比较.....619	2. 周节偏差和周节累积误差的比较
4. 校正温度引起的测量误差.....619	测量.....664
5. 正常和异常误差曲线的分析及其与	五、齿圈径向跳动的测量.....668
加工工艺的关系.....622	六、渐开线齿形的测量.....668
二、丝杠中径和牙型半角的测量.....623	1. 渐开线仪器的量值统一.....669
三、滚珠丝杠副的测量.....626	2. 测量头的选择与调整.....669
1. 滚珠丝杠副的测量项目.....626	3. 齿形误差曲线的处理方法.....672
2. 滚珠丝杠副的测量.....628	七、基节的测量.....675
第八章 齿轮测量.....631	1. 用基节仪测量.....675
	2. 用万能测齿仪测量.....675

3. 用万能工具显微镜或投影仪测量.....676	2. 利用度量锥齿轮锥顶变动 ΔK 的 双啮综合测量.....782
八、齿向的测量676	六、圆锥齿轮的滚动检查784
1. 直齿齿向的测量.....676	1. 滚动检查机.....784
2. 斜齿齿向的测量.....677	2. 圆锥齿轮的滚动检查.....786
九、公法线的测量678	3. 滚动检查机对弧线锥齿轮的 $\frac{V}{H}$ 检验.....787
1. 公法线长度和跨测齿数的计算.....678	4. 滚动检查所用的测量锥齿轮.....790
2. 公法线的测量.....695	5. 格里森-513 滚动检查机对圆锥齿 轮副的检查.....791
十、齿厚的测量695	第四节 蜗轮蜗杆测量791
1. 分度圆弦齿厚的测量.....695	一、圆柱蜗杆传动791
2. 固定弦齿厚的测量.....701	1. 圆柱蜗杆传动的三种蜗杆.....791
3. 量柱跨距的测量.....701	2. 圆柱蜗杆传动的基本参数.....793
十一、双面啮合综合测量708	3. 圆柱蜗杆传动精度与测量项目.....794
1. 双面啮合综合测量的测量元件.....708	二、蜗杆的测量797
2. 双面啮合测量接触斑点.....709	1. 蜗杆螺旋线的测量.....797
3. 双面啮合测量侧隙.....709	2. 蜗杆轴向齿距的测量.....798
十二、单面啮合综合测量710	3. 蜗杆齿形的测量.....798
1. 切向综合误差的测量.....710	4. 蜗杆螺旋线径向跳动的测量.....799
2. 齿轮整体误差的测量.....710	5. 蜗杆齿厚的测量.....799
3. 单面啮合综合测量的测量元件.....711	三、蜗轮的测量800
第三节 圆锥齿轮测量711	1. 周节的测量.....801
一、圆锥齿轮传动及其几何计算711	2. 接触精度的检验.....802
1. 圆锥齿轮齿廓面及球面渐开线的 形成.....711	第五节 齿轮刀具测量802
2. 圆锥齿轮的背锥及当量圆柱齿轮 (当量齿轮)715	一、齿轮滚刀的测量802
3. 圆锥齿轮的基本参数.....716	1. 齿轮滚刀的综合测量.....804
4. 圆锥齿轮传动的几何计算.....717	2. 齿轮滚刀的单项测量.....808
二、圆锥齿轮的精度规范和测量仪器717	二、蜗轮滚刀的测量812
1. 圆锥齿轮的精度规范.....717	1. 蜗轮滚刀外径的测量.....813
2. 圆锥齿轮测量项目的确定.....727	2. 蜗轮滚刀齿厚的测量.....813
3. 精度项目测量方法和测量仪器.....727	三、插齿刀的测量814
三、圆锥齿轮齿坯公差及其测量734	1. 外支承面对内孔的垂直度的测量.....814
1. 圆锥齿轮齿坯公差.....734	2. 内支承面对外支承面的平行度的 测量.....814
2. 齿坯的测量.....736	3. 齿形的测量.....814
四、圆锥齿轮的单项测量740	4. 齿顶圆直径的测量.....816
1. 运动精度要素的测量.....740	5. 周节累积误差和相邻周节差、齿 圈径向跳动的测量.....817
2. 工作平稳性精度要素(齿形)的 测量.....745	
3. 接触精度要素(齿向)的测量.....756	
4. 侧隙要素的测量.....760	
五、圆锥齿轮的综合测量778	
1. 利用度量锥齿轮轴线夹角变动的 双啮综合测量.....779	第九章 花键和凸轮测量818
	第一节 花键测量818

一、矩形花键的测量	818	3. 平板凸轮的测量	841
1. 矩形花键尺寸参数的测量	819	第十章 传动链精度测量	843
2. 矩形花键位置误差的测量	820	一、传动链精度的静态测量	844
二、渐开线花键的测量	822	二、传动链精度的动态测量	848
1. 渐开线花键的综合检验	822	1. 绝对比相式	848
2. 渐开线花键的单项测量	822	2. 绝对分频比相式	849
三、三角花键的测量	825	3. 倍频分频比相式	850
第二节 凸轮测量	826	4. 两路分频细分脉冲计数比相式	851
一、对称圆盘凸轮升程的测量	826	5. 录放差频比相式	852
1. 光学分度头顶尖和尾座顶尖的调整	828	6. 差频激磁比相式	853
2. 凸轮轴顶尖孔的调整	830	7. 惯性式传感器	856
3. 测量头的选择	830	三、传动链精度测量仪器的联接方式	858
4. 测量头的安装调整	831	1. 光学度盘端面 and 偏心调节器	859
5. 凸轮最高点的确定	833	2. 多面棱体转接器	859
二、非对称圆盘凸轮升程的测量	834	3. 磁分度传感器的联接方式	859
1. 测量起始角的确定	835	4. 光栅传感器的联接方式	861
2. 优选法确定凸轮测量起始角	835	四、传动链精度测量中应注意的问题	863
三、圆盘凸轮相位角的测量	839	1. 保持单面啮合	863
1. 平行端面块校对法	839	2. 检具安装	863
2. 量块-升降规校准法	839	3. 驱动装置	863
四、圆盘内凸轮升程的测量	839	4. 测量点数目	863
五、圆盘凸轮的比较测量	840	5. 静测时越过定位点	864
六、圆柱凸轮、圆锥凸轮和平板凸轮		6. 以低速轴转角变化计算误差	864
的测量	840	7. 测量结果的重复性	864
1. 圆柱凸轮的测量	840	8. 测量时的安放位置	864
2. 圆锥凸轮的测量	841	9. 选用传动链测量仪有关的技术项目	864

第一篇 几何量测试基础

第一章 几何量计量测试概述

一、国际单位制

在生产、科研和生活中，经常遇到两种不同的量：可数的量和可测的量。通过计数的方法得到的量称为可数的量；只能通过使用一定的测量器具进行测量以后才能得到的量，称为可测的量。由于后一种量反映物体或现象的一定物理特性，所以又称之为物理量。

用以衡量被数量多寡的单位称为计数单位；用以衡量物理量大小的单位称为计量单位。通常把表示被测物理量大小的计量单位和数值，称为该物理量的量值。

一个计量单位的量值大小称为单位量值。在一定的条件下，单位量值的大小是固定不变的。

在制定计量单位制时，选定一些彼此独立无关的计量单位作为基本单位，而把另一些可由基本单位按一定关系换算得出的计量单位，称为导出单位。

国际单位制是由米制发展而来的，是米制的现代化形式。其结构科学，使用方便，具有统一、简明、实用、合理等优点。

米制在初创时是以长度、面积、体积和质量的计量而设的。随着科学技术的发展，其它物理学也需要相应的计量单位，于是米制就成为其它各种派生的单位制的基础。

米制于1793年诞生，1875年有十七个国家签署了米制公约，使米制成为国际间使用的一种单位制。到目前为止，在全世界范围内，已有三十五个国家使用米制或处于改革米制的过程，约占世界人口的百分之九十。

从米制派生出来的单位制虽然都属于米制，但它们之间缺乏科学的联系，使得许多物理量具有许多彼此独立的计量单位，从而造成这些单位制之间缺乏科学联系，存在相互矛盾的现象，严重影响科学技术和生产的进一步发展。因而1960年第十一届国际计量大会根据经过数年研究讨论的结果，决定采用命名为国际单位制(SI)的一种实用单位制。1971年第十四届国际计量大会对这种单位制又作了修改，确定国际单位制(SI)由SI单位(包括SI基本单位、SI辅助单位和SI导出单位)、SI词头和由SI词头加SI单位构成的SI单位的十进倍数单位与分数单位三部分组成。随着科学技术和生产的发展，国际单位制还将进一步改进和完善。预计在八十年代末期，国际单位制将在全世界的范围内普遍实行。

我国于1977年加入米制公约国组织。同年，在国务院颁布的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》中明确规定，我国要逐步采用国际单位制。1984年颁布了《国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。中华人民共和国法定计量单位从略。

二、计 量 及 其 作 用

1. 计量的含义与分类

到目前为止，计量这一词尚无统一的定义，我国有关部门正着手拟定。

计量作为一门学科，集中了有关测量理论与实践的知识。它包括：单位制的研究，计量基准和标准器的建立、复制、保存和进行量值传递；测量方法及其精确度的估算；测量器具的原理与特性；观测者进行测量所具有的能力；单位制的结构和公式中计量单位的换算；测量误差的形成与消除方法等。

和计量尚无统一定义的情况相类似，计量如何分类至今也没有统一的见解。我国习惯按物理学的类别划分为十大类，即长度（几何量）、热学、力学、电磁、无线电、时间频率、光学、声学、放射性和物理化学。近年来也有人主张应按基本单位来进行分类。

2. 计量的作用

辩证唯物主义指出，世界不是静止不变的，事物总是存在着从量变到质变的发展过程。因此研究量的变化是研究各种物理现象的必不可少的基础。人类为了认识自然从而改造自然，必须掌握存在于自然界的各种物理量的大小和变化规律等。因此计量技术就成为人类认识自然的重要手段。

计量的用途非常广泛，它与工农业生产、贸易、国防建设和科学研究，以及人们的日常生活紧密相联，成为这些活动的一个重要组成部分，并已形成一门重要的基础科学。

计量又是实现四个现代化的一项重要技术基础。没有计量工作，量值不能统一，产品质量无法保证，劳动效率无法提高，各项经济技术指标无法考核，专业化协作无法进行，科学技术的交流就会受到影响，进出口贸易就会遭受损失，科学实验的准确数据也无从取得。十八世纪著名科学家门捷列夫曾经说过：“没有测量，就没有科学”，而计量科学则是进行准确测量的基础。可以说，没有计量的现代化，就没有科学技术的现代化，就没有高速度、高质量，就要拖延实现四个现代化的进程。

三、量 值 的 传 递

1. 计量基准器与标准器

国家计量基准器是体现计量单位量值、具有现代科学技术所能达到的最高准确度的计量器具，经国家鉴定合格后作为全国计量单位量值的最高依据。计量标准器是用以代替计量基准器进行量值传递工作的各级计量器具。计量基准器或计量标准器可以是单个物体（或多个物体的组合），也可以是一台（或多台）测量仪器或测量装置。不论哪一种形式，都必须满足如下三个条件：

- （1）该量值应十分稳定并在一定程度上绝对不变；
- （2）该量值应可用高精度的测量方法进行测量；
- （3）该量值应可按规定条件精密地加以复现。

在寻求计量基准器时，曾经经历过几个阶段。最初把人体的某一部分的长度作为量度的标准，随后选择了能较长时期保存的一些物体作为标准量值（如铂铱合金米原器）。但是这些实

物一旦丢失或损坏，就不可能再次复制出来。以后又选择了物质的某种固有特性体现标准量值。后来又采用了原子或量子的某种效应判明的物质特性体现标准量值（如现在的米的单位量值）。进入七十年代以后，广泛采用由量子规律所控制的原子性质和采用某些基本物理常数来建立计量基准已显露端倪。可以预见，随着科学技术的发展，这种趋向必然愈加强烈。

2. 量值传递与检定工作

在一国范围内，量值的统一是通过量值传递来实现的。所谓量值传递，就是将国家计量基准器的量值通过各级计量标准器逐级传递到经济建设、国防建设和科学研究中所使用的各种计量器具上，以保证所测的量值在一国的范围内统一起来。

量值的每一次传递，都是将高一级计量基、标准器的量值与具有同名量值的低一级计量标准器相比较，以确定低一级计量标准器的实际量值，这样一个过程称为检定。也就是说，量值必须通过检定，才能将高一级计量标准器的量值传递到低一级的计量标准或计量器具上。

为了保证量值的正确传递，国家的法制计量部门要颁布各种量值的传递系统（或各种计量器具的检定系统），明确规定国家计量基准器的量值，通过哪些具体的途径传到常用的计量器具上。为了直观起见，量值传递系统（或计量器具的检定系统）都以图表的形式来表示。我国长度计量的量值传递系统如图 1.1-1 所示。

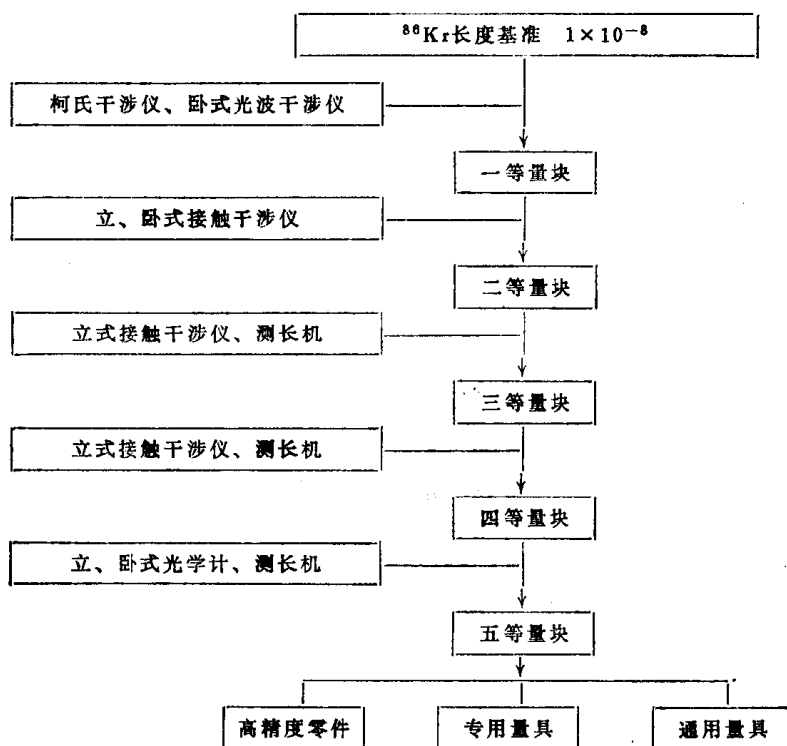


图 1.1-1

在国际范围内，量值传递工作是由国际计量局负责进行的。国际计量局运用其已建立的国际计量原器的量值，对各国的国家计量基准进行检定，把国际计量原器的量值传递到各个国家的计量基准上去，或者将各个国家的计量基准（包括国际计量局自身建立的计量基准在内）定期进行比对，从中确定一个准确的数值来修正各国的计量基准量值，达到在国际范围内量值统一的目的。