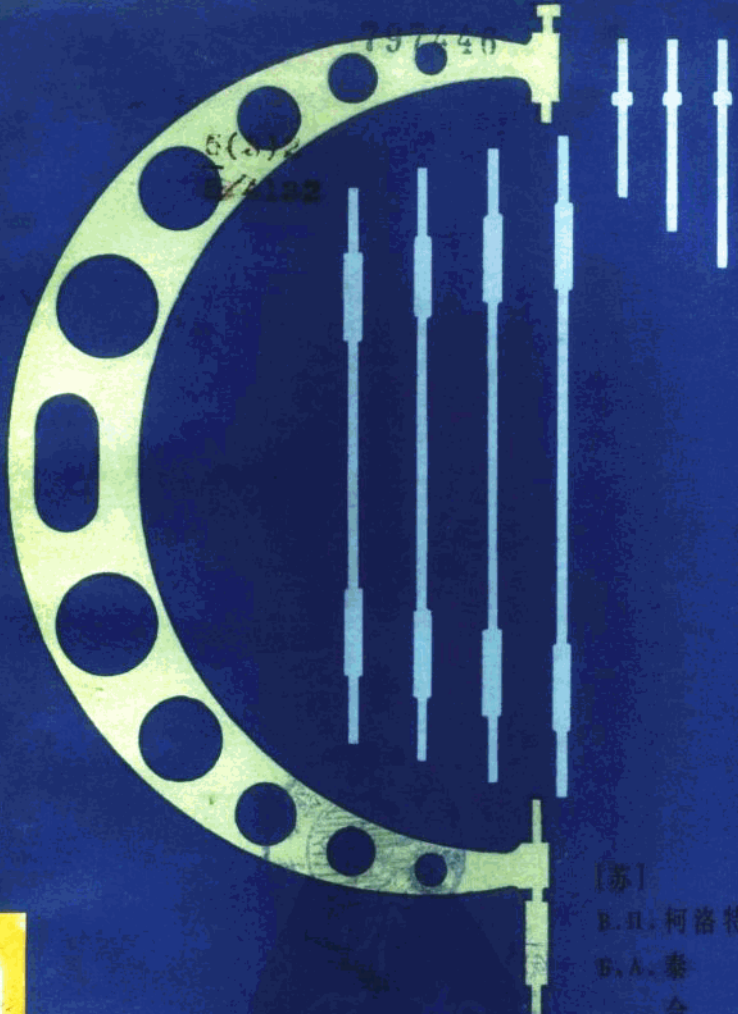




797440

5(3)2  
5/4132

[苏]  
B. И. 柯洛特科夫  
B. A. 泰合 著

2  
32

# 计量学与测量装置准确度理论基础

# 计量学与测量装置准确度 理论基础

〔苏〕 B.П.柯洛特科夫 合著  
B.A.泰茨

“计量学与测量装置准确度理论基础”翻译组 译

中国标准出版社

**ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И ТЕОРИИ  
ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
УСТРОЙСТВ**

**В.П.КОРОТКОВ**

**Б.А.ТАЙЦ**

**МОСКВА ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ**

**计量学与测量装置准确度  
理论基础**

**〔苏〕 В.П.柯洛特科夫 合著  
Б.А.泰 茨**

**“计量学与测量装置准确度理论基础” 翻译组 译**

**中国标准出版社出版  
(北京复外三里河)**

**中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售**

**开本 850×1168 1/32 印张 11<sup>5</sup>/<sub>8</sub> 字数 322,000**

**1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷**

**印数 1—5,000**

**书号: 15169·3-261 定价 3.35 元**

**标 目 39—14**

## 内 容 简 介

本书为供苏联高等与中等专业院校的精密仪器专业的教科书，书中介绍了物理单位、基准器、测量和误差的有关定义、测量的准确度和可靠性、设计测量装置时准确度的保证问题以及操作中通过对仪器的调整、合理的选择有关参数以减少仪器的误差等。

读者对象：工业院校仪器制造专业的教师、学生以及从事仪器设计、试验与调整的计量工作人员和设计人员。

10.1.1.2

## 前 言

本书经苏联高等与中等专业教育部核准作为高等院校“精密机械仪表”专业教科书（增订补充第二版）。全书由两部分组成：第一部分中列举了物理量单位、基准器、测量和误差的分类等之定义；探讨了测量与检验结果的准确度和可靠性问题；描述了方法和器具误差与各种变化因素关系的实验研究。书中另辟一章，专述苏联计量服务工作的组织概况。书中第二部分阐述的是设计测量装置时准确度的保证问题；出现测量装置误差的种种原因；仪器不准确度影响的评定方法，在操作中通过对仪器部件的调整以及合理选择仪器系统、传动比、影响系数、结构参数等等以减少仪器误差出现的诸种方式。综合探讨操作上的、工艺上的与计量上的误差这三个方面，是本书第二部分资料阐述的特点。

本书对象为工业院校仪器制造专业的学生和教师、从事仪器设计、试验与调修的计量工作人员和设计人员。鉴于目前这类书籍较少，特译出供参考。为尽速满足读者的要求，本书采取分散翻译、集中审校的办法。参加本书翻译工作的有刘佳增、朱源宏、李香生、陈自明、徐绿美、傅烈堂、鲍建忠等同志，并请鲁绍曾同志对译文进行了校对，最后由朱源宏和陈自明两同志定稿。在翻译过程中曾得到中国计量科学研究院有关专业人员的帮助，在此表示感谢。

由于译校者水平有限，如有不当之处，请批评指正。

译校者

1985年5月20日

# 目 录

## 第 I 部 分

|                                         |         |
|-----------------------------------------|---------|
| I. 1 章 计量学总论.....                       | ( 1 )   |
| § I. 1 测量与计量单位的概念.....                  | ( 1 )   |
| § I. 2 测量与检验的种类.....                    | ( 4 )   |
| § I. 3 测量结果的误差.....                     | ( 6 )   |
| § I. 4 通过消除误差提高测量准确度.....               | ( 23 )  |
| § I. 5 信息论概述.....                       | ( 32 )  |
|                                         | (朱源宏译)  |
| I. 2 章 常量和变量测量结果的准确度 .....              | ( 41 )  |
| § I. 6 准确度指标.....                       | ( 41 )  |
| § I. 7 常量(非随机量)直接测量结果的准确度.....          | ( 42 )  |
| § I. 8 随机量和自变量的检验准确度.....               | ( 47 )  |
| § I. 9 确定诸量之间函数关系的图解法[1.43, 1.59].....  | ( 53 )  |
| § I. 10 以线性函数近似替代非线性函数的系统误差[1.42].....  | ( 55 )  |
| § I. 11 最小二乘法 .....                     | ( 57 )  |
| § I. 12 常量(非随机量)的间接测量.....              | ( 64 )  |
| § I. 13 符合测量 .....                      | ( 67 )  |
| § I. 14 对象的非同类型性对检验结果的影响 .....          | ( 69 )  |
| § I. 15 测量结果准确度的分析研究 .....              | ( 77 )  |
|                                         | (徐绿美译)  |
| I. 3 章 计量器具.....                        | ( 86 )  |
| § I. 16 在仪器刻度尺上选择被检点数目的一般根据[1.32] ..... | ( 86 )  |
| § I. 17 谐波分析在研究仪器准确度时的应用 .....          | ( 94 )  |
| § I. 18 质量计量保证的统一信息-测量系统.....           | ( 115 ) |
| § I. 19 计量器具的可靠性 .....                  | ( 128 ) |
|                                         | (陈自明译)  |
| I. 4 章 计量工作.....                        | ( 133 ) |
| § I. 20 概论 .....                        | ( 133 ) |
| § I. 21 计量单位的国家基准体系 .....               | ( 135 ) |

|        |                                         |       |
|--------|-----------------------------------------|-------|
| § I.22 | 国家试验 .....                              | (141) |
| § I.23 | 测量方法的标准化 .....                          | (144) |
| § I.24 | 企业的计量工作 .....                           | (145) |
| § I.25 | 对测量时外部条件的要求 .....                       | (146) |
| § I.26 | 检定系统 .....                              | (150) |
| § I.27 | 国际计量工作 <sup>[1.58]</sup> .....          | (153) |
| § I.28 | 物理常数和物质与材料特性的测定 <sup>[1.58]</sup> ..... | (153) |

(李香生译)

## I.5 章 关于现代计量学在某些物理量测量方面的可能发展方向的资料<sup>[1.33, 1.57]</sup> .....

|        |                                                  |       |
|--------|--------------------------------------------------|-------|
| § I.29 | 激光在计量学上的应用 <sup>[1.7]</sup> .....                | (158) |
| § I.30 | 穆斯保尔效应及其在计量学上应用的可能性 <sup>[1.30, 1.8]</sup> ..... | (163) |

|        |                                  |       |
|--------|----------------------------------|-------|
| § I.31 | 温度与热物理计量 <sup>[1.49]</sup> ..... | (167) |
|--------|----------------------------------|-------|

|        |                                 |       |
|--------|---------------------------------|-------|
| § I.32 | 电子光学变换法 <sup>[1.56]</sup> ..... | (168) |
|--------|---------------------------------|-------|

|        |                                         |       |
|--------|-----------------------------------------|-------|
| § I.33 | 化学电子学方法在计量学上的应用 <sup>[1.81]</sup> ..... | (169) |
|--------|-----------------------------------------|-------|

## I.6 章 计量器具准确度选择的基本原理 .....

|        |                    |       |
|--------|--------------------|-------|
| § I.34 | 测量误差对检验结果的影响 ..... | (170) |
|--------|--------------------|-------|

|        |                 |       |
|--------|-----------------|-------|
| § I.35 | 制件公差与验收公差 ..... | (171) |
|--------|-----------------|-------|

|        |                          |       |
|--------|--------------------------|-------|
| § I.36 | 测量误差对分选结果的影响(被动检验) ..... | (172) |
|--------|--------------------------|-------|

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| § I.37 | 按正态分布律分布的尺寸的被动检验 ..... | (176) |
|--------|------------------------|-------|

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| § I.38 | 按本征正值律分布的尺寸的被动检验 ..... | (188) |
|--------|------------------------|-------|

|        |                        |       |
|--------|------------------------|-------|
| § I.39 | 按抽样通过法制造时尺寸的主动检验 ..... | (189) |
|--------|------------------------|-------|

|        |               |       |
|--------|---------------|-------|
| § I.40 | 尺寸的自动检验 ..... | (191) |
|--------|---------------|-------|

|        |                       |       |
|--------|-----------------------|-------|
| § I.41 | 实践中所采用的检验准确度系数值 ..... | (193) |
|--------|-----------------------|-------|

|        |                      |       |
|--------|----------------------|-------|
| § I.42 | 实用计量学的基本原理(原则) ..... | (195) |
|--------|----------------------|-------|

(朱源宏译)

## 第 I 部分的参考文献 .....

## 第 II 部分

### 测量装置的准确度

## 引言 .....

|        |                      |       |
|--------|----------------------|-------|
| § II.1 | 测量装置准确度理论的研究对象 ..... | (200) |
|--------|----------------------|-------|

|         |                            |       |
|---------|----------------------------|-------|
| § II.2  | 测量装置准确度科学的发展               | (203) |
| § II.3  | 基本概念                       | (205) |
| § II.4  | 测量装置误差产生的原因                | (211) |
| I.1 章   | 测量装置的系统图误差                 | (214) |
| § II.5  | 确定测量装置系统图误差的分析方法           | (215) |
| § II.6  | 测量装置的调整                    | (221) |
| § II.7  | 测量装置系统图误差的实验确定             | (225) |
| § II.8  | 合理制作测量仪器的传动杠杆              | (227) |
| § II.9  | 测量装置特性的线性化及其最佳参数的确定(准确度合成) | (232) |
| I.2 章   | 不准确机构运动学                   | (239) |
| § II.10 | 机构的原始误差                    | (240) |
| § II.11 | 机构的有效误差                    | (244) |
| § II.12 | 不准确机构运动学的基本方程              | (248) |
| § II.13 | 用作用线和作用臂方法确定机构位置误差的举例      | (258) |
|         | (鲍建忠译)                     |       |
| I.3 章   | 误差影响系数的各种计算方法              | (262) |
| § II.14 | 测量装置误差的微分计算法               | (262) |
| § II.15 | 系统变换(变换机构或电路)法确定误差         | (265) |
| § II.16 | 用几何法确定机构误差                 | (278) |
| § II.17 | 用小位移平面图法确定机构误差             | (283) |
| § II.18 | 相对误差法                      | (285) |
| § II.19 | 影响系数的各种算法比较                | (290) |
| I.4 章   | 导轨不准确度引起的机构误差              | (292) |
| § II.20 | 旋转运动副间隙影响的计算               | (292) |
| § II.21 | 直线导轨误差影响的计算                | (297) |
| I.5 章   | 测量装置元件及其典型误差               | (303) |
| § II.22 | 仪器装置按用途的分类                 | (304) |
|         | (傅烈堂译)                     |       |
| I.6 章   | 成批测量装置准确度方程                | (316) |
| § II.23 | 成批同类测量装置准确度的计算             | (317) |
| § II.24 | 计算时采用的随机误差的数值特征            | (318) |
| § II.25 | 工艺误差分布诸规律                  | (322) |
| § II.26 | 具有影响系数随机值的原始误差             | (323) |

|         |                          |       |
|---------|--------------------------|-------|
| § II.27 | 一批测量装置变换器输出误差的计算 .....   | (328) |
| § II.28 | 一批测量装置变换器输出误差变化的计算 ..... | (335) |
| § II.29 | 一批同类仪器准确度的计算序列 .....     | (336) |
| § II.30 | 机构补偿器数目与调节系统的选择原理 .....  | (337) |

(朱源宏译)

## I.7 章 仪器误差的计算示例 ..... (344)

|         |                             |       |
|---------|-----------------------------|-------|
| § II.31 | 仪器各主要装置的分解 .....            | (345) |
| § II.32 | 装置的基本误差和分布律 .....           | (346) |
| § II.33 | 影响系数数值 $j$ 的计算 .....        | (351) |
| § II.34 | 引起测头附加位移的各个零件的制造与调整公差 ..... | (353) |
| § II.35 | 仪器综合极限误差的确定 .....           | (356) |
| § II.36 | 对所得结果的分析 .....              | (357) |

(刘佳增译)

## 第 I 部分的参考文献 ..... (358)

# 第 I 部分

## I.1 章 计量学总论

### § I.1 测量与计量单位的概念

任何测量均与借以揭示所研究现象的物理量数值之确定密切相关。物理量的概念如：质量、长度及其它等等，这是客观存在的物质对象所固有的惯性、距离等特性的反映。这些特性是外界存在着的，是不以人们的意识为转移，不以观测者、不以测量时所采用的器具质量和方法为转移的。说明物质对象在该条件下的特征的物理量，并非是经过测量产生的，而仅仅是通过测量揭示出来的。

测量某种量，这意味着要确定该量与作为计量单位的某另一同类量的数值关系〔I.27〕。

因此，我们将该量与作为计量单位的某个值的物理比较过程称之为测量。根据此一定义，并以  $Q$  代表被测之量， $[Q]$  代表其计量单位， $q$  代表被测之量按所采用的计量单位表示之数值，可得：

$$Q = q[Q] \quad (I.1)$$

同理，测量结果可表示关于被测对象定性状态的定量信息，此信息通过具有一定程度可靠性的物理实验而获得。

关于计量统一与测量准确度的科学，称之为计量学；该词译自希腊语，意即关于度量、测量的学说（metron—度量、测量；logos—学说）。

计量学可区分为普通计量学（理论计量学与实验计量学）和实用计量学。普通计量学从事基础研究、建立计量单位制、基准器、标准量具与物理常数；实用计量学则着眼于解决具体问题。

有人将法制计量学以专门的章节论述，法制计量学总括了相互关联又相互制约的一般规程、要求与规格以及需要从国家方面加以规定和检查的、旨在保证国内计量统一和计量器具一致的其他一些问题。

现代计量学是关于计量、保证其统一的方法和器具及达到所需准

确度的方式的一门科学。

计量学的基本术语与定义在苏联国家标准 ГОСТ 16263—70 “国家计量统一保证制度计量学·术语与定义”中作了叙述。

计量单位可区分为基本单位、辅助单位、导出单位和制外单位、倍数单位与分数单位。

建立单位制时任意选定的单位称之为基本单位，例如：米、秒及其他几个单位即是。

由该制的其他单位按照确定这些单位的方程式构成的单位称之为导出单位。速度单位——米/秒即可作为导出单位之一例。

所谓制外单位指的是不包括在任何单位制中的单位。埃、公担、升、卡及其他等单位即属于制外单位。规定着导出单位量与  $A$ 、 $B$ 、 $C$ ……诸量间的关系式，其计量单位是独立确定的，在一般情况下具有下列形式：

$$Q = k A^{\alpha} B^{\beta} C^{\gamma} \dots \quad (1.2)$$

式中： $k$ ——数字系数（在个别情况下  $k=1$ ）。

导出单位与基本单位或其他导出单位的关系式称之为量纲式，而幂数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ……则称之为量纲。

采用倍数单位和分数单位之概念是为了便于对单位的实际应用。倍数单位指的是大于制内或制外单位若干整数倍的单位。该单位按基本单位或导出单位乘以 10（用相应的正整数幂表示）构成。分数单位指的是小于制内或制外单位若干整数倍的单位。该单位按基本单位或导出单位乘以 10（用相应的负幂数表示）构成。

倍数单位和分数单位之名称用词冠写在基本单位或导出单位名称之前。

关系到量的某种系统并根据习用原则而构成系统的基本单位和导出单位的总体，称之为物理量的单位制。

上述形式的单位制，存在至今，是人类多年劳动智慧的结晶。在全世界所有单位制中最为通用的是米制。

至今，苏联的计量单位国家标准规定优先采用的单位制如下：

测量力学量（ГОСТ 7664—61）和声学量（ГОСТ 8849—

58) 的 MKS 制, 基本单位为米、千克、秒; 力学量的导出单位有 16 个, 声学量的导出单位有 6 个;

测量电学量和磁学量 (ГОСТ 8033—61) 的 MKSA 制, 基本单位为米、千克、秒、安培, 导出单位有 17 个;

测量热学量的 (ГОСТ 8550—61) MKSK 制, 基本单位为米、千克、秒、开尔文, 导出单位有 12 个;

测量光学量的 (ГОСТ 7932—56) 米、秒、烛光制, 基本单位为米、秒、烛光, 导出单位有 7 个。

除优先采用的诸单位制外, 计量单位现行国家标准还规定允许采用: 测量力学量、声学量、电学量和磁学量的 (ГОСТ 7664—61、ГОСТ 8849—58 和 ГОСТ 8033—56) 厘米、克、秒制, 基本单位为厘米、克、秒和相应的导出单位; 测量力学量的 (ГОСТ 7664—61) MkGS 制, 基本单位为米·千克·力·秒和相应的导出单位; 测量力学量、声学量和热学量与电学量的许多制外单位。

尽管国家标准推荐优先采用: 米·千克·秒制, 米·千克·秒·安培制, 米·千克·秒·开度制和米·秒·烛光制, 由于厘米·克·秒制, 米·千克·力·秒制和许多制外单位在实际中广泛使用, 故仍允许使用,

由于为数甚多的各种物理量计量单位制以及大量广泛采用的制外单位的存在, 在将被测之量值从此单位制换算为其他单位制时, 就遇到了相当大的困难和不便。

目前, 苏联实行的物理量计量单位制国家标准有 8 个, 国家标准规定允许采用的基本单位有 10 个, 辅助单位有 2 个, 导出单位 110 个, 47 个以上制外单位。此外, 允许构成倍数单位和分数单位。须指出的是: 人们还采用其他国家标准和文件规定的 80 多个制外单位 (英里、千米/小时、千瓦/小时及其他等等)。

大量米制与非米制单位和制外单位的存在, 及其同类量的单位间的复杂多样和难以记忆的比值关系, 严重地使其具体应用复杂化, 在将物理常数数值和实验式从一个单位制换算到另一单位制时, 要引入大量的换算系数, 这就造成了困难和不便。

由于各国许多学者的大量劳动，制订了米制的现代形式——国际单位制 (SI)。该制的基本单位是：米、千克、秒、安培、开尔文、坎德拉。除基本单位外，该制包括几个辅助单位：平面角单位——弧度，立体角单位——球面度。国际单位制 (SI) 并不限制导出单位数。除这些单位外，国际单位制还规定了基本单位与导出单位的倍数单位和分数单位的构成法。

国际单位制在具备着米制的全部优点的同时，还具有许多其他优点。首先，该制实际上包括了科学与技术的所有领域，即是说，该制是通用制，大可不必采用任何其他单位，而且，从整体上说，该制对大多数计量领域乃是一个统一的共同的制度。同时，对各不同领域的相同的量采用同一个单位。

在确定导出计量单位的所有物理方程中，比例系数永远是等于 1 的无因次量。单位制的结合性（相互渗透性）大大地简化了对物理规律的研究。例如：任何形式的能、功均用焦耳来表示，以代替尚在科学与技术各部门使用的各种单位，诸如：千克·力·米、尔格、马力每小时、瓦特·小时、卡及其他等等单位。

国际单位制可使方程式求解运算、计算及图表和列线图的编制大为简化，因为不必采用大量的换算因数。

苏联于 1961 年核准公布 ГОСТ 9867—61 “国际单位制”，该标准于 1963 年 1 月 1 日起施行，并规定在科学、技术与国民经济所有各部门以及教学中优先采用该制。

## § 1.2 测量与检验的种类

进行测量时，必须涉及到各种物理量：不连续量与连续量、随机量与非随机量、常量与变量、因变量与自变量。

在计量学上如：在揭示系统误差的变化规律性，以及在研究各种物理规律性时，必须要确定测量准确度以及诸量间的实验关系，这是屡见不鲜的。

决定物理量变化规律性的因素是很多的，因此反映此类关系的实验公式也是多种多样的。

确定的实验关系必须满足一个主要条件：按实验公式计算所得的值要尽可能接近符合实验数据。但是这并不意味着实验公式必须准确地复现出因变量的全部实验值。这是因为：实验数据中包括有一些误差，而经验公式尽可能不应再现这些误差。

可以运用不同的物理原理来测量同一个量，这也决定着测量方法的应用范围、准确度指标、效率及其他因素。根据物理原理，测量可区分为光学测量、气动测量、液压测量等等。

根据 ГОСТ 16263—70，测量方法是在测量过程中对于测量原理与计量器具的应用方式的总称。

各种物理量的测量与测量结果的处理方法，其间关系与参数的确定是不同的，而其选择又决定于一系列因素。据此，测量又可区分为直接测量、间接测量、符合测量与组合测量。

应指出的是：组合测量与符合测量略有区别，根据苏联国家标准 ГОСТ 16263—70，所谓组合测量指的是数个同名量的同时测量，这时，通过求直接测量这些量的各种组合时获得的联立方程解而求得欲测之量值。该标准引述了组合测量的一些例证：进行测量时，砝码组中个别砝码的质量系按其中某一砝码的已知质量并根据砝码各种组合质量的直接比较结果而求得。

而若按符合测量时所取用的方式处理测量结果，来寻求各个非同名量之间关系，则对两个或数个非同名量的同时测量称之为符合测量。

一切测量过程可归结为确定被测量的值或其与量具已知值之偏差。前一种情况的测量方法称之为直接测量法，后一种情况则称之为微差测量法\*。只要量具的实际值是明确已知或其误差是可以小到忽略不计，微差测量法可获较准确的测量结果。

按照被测对象与测头间的关系，测量（检验）方法可分为接触法与非接触法。接触测量时，测头与被测零件表面接触，并且，接触的性质可以是点接触、线接触或面接触。非接触测量（气动测量、光学

---

\* 我国通常称为相对法或比较法。——校注

测量及其他等等)时,确定被测量值不需要测头与被测零件间之机械接触。

根据检验结果与工艺过程之关系,可将检验区分为主动检验与被动检验。检验结果引起工艺过程参数修改并影响正在生产的产品质量的这种检验形式,称之为主动检验。主动检验可采取各种形式,因为检验结果对工艺过程进展的“影响程度”是不断变化的。在加工过程中检验零件和按检验结果控制过程是主动检验的一种最具代表性的形式。这种检验形式在磨床加工零件时广泛采用,磨床上的测量装置与磨床的工作机构有机地结合并利用中间装置控制这些机构(如:修正进给、中止进给、退刀等等)。主动检验的另一形式是微调整,这时,根据检验结果来消除产生系统误差的可能性。材料的定量称量装置、液体的定量流放装置等等,均属主动检验器具。

与主动检验不同的是:被动检验仅能判别被检对象的物理特性。在这种情况下,被检对象虽经检验,但不能改变本身的物理特性。被动检验仅能判定被检对象的物理参数(例如:尺寸)是否处在规定范围之内。

检验可归纳为对被检对象各元件单个独立的检验或对决定被检对象质量的全套元件的同时检验——综合检验。各元件单个独立的检验称之为按元件检验。

综合检验限制着被检对象各单个元件公差范围所决定的极限。

### § 1.3 测量结果的误差

测量误差的形式及其产生的原因

任何测量过程都与进行测量的条件无关,但这种测量均带有误差。这种误差会歪曲被测量实际值(真值)的概念。测量结果接近被测量真值的程度,因知识、计量器具与进行测量的条件的完善程度不同而各异。根据 ГОСТ 16263—70,所谓物理量的真值应理解为在定性和定量方面理想地反映出对象的相应特性的物理量之值。

由于测量的可能性所限,物理量之真值实际上一般仍是未知值,而

在实践中系采用物理量的实际值这一概念来代替。所谓物理量的实际值指的是通过实验方法求得的物理量之值，其接近真值之程度，就该项目的而言，足可用以代替真值。

任何测量结果均为两独立量的函数，其中之一是被测量的真值（实际值），而另一则是其测量误差。若量的真值用  $Q$  表示，而其测量误差用  $\delta_x$  表示，则测量结果  $x$  可用下列等式表示之：

$$\left. \begin{aligned} x &= f(Q, \delta_x) \\ x &= Q + \delta_x \end{aligned} \right\}$$

由此式  $\delta_x = x - Q$ 。

所以，所谓量的测量误差应理解为测量结果与被测量真值之差。例如，经测量得一量值为 20.1 毫米，而实际量值为 20 毫米，则测量误差为

$$\delta_x = 20.1 - 20 = +0.1 \text{ 毫米}$$

为了确定量的实际值（如为了修正错误的测量结果），必须用代数方法将误差从测量结果中剔除，即必须在测量结果中加入修正值。以相反的符号加入的测量误差称之为修正值。设以  $\delta_c$  表示修正值，则得

$$\delta_c = Q - x$$

或

$$\delta_c = -\delta_x$$

如在所探讨的示例中，若须消除测量误差，则在测量结果中必须加入修正值  $\delta_c = -0.1$  毫米。在本例中， $Q = 20.1 - 0.1 = 20$  毫米。

测量结果的可能误差是测量准确度的基本指标，所谓准确度指标指的是测量结果接近被测量真值的程度。测量误差愈小，测量准确度愈高，因而被测量的真值与其测量结果之差也愈小。测量准确度随着测量误差的增大而降低。为了提高准确度，往往不取单次测量结果为测量结果，而是以多次等精度测量的算术平均值作为测量结果。

测量误差往往是根据数值表达式的形式、误差值和其出现的规律性加以区分的。根据数值表达式的形式，误差可划分为绝对误差与相对误差。绝对误差用被测量的单位表示，并且是名数（毫米、微米、

度及其他等等)。

测量结果的优良往往也可用相对误差来表征。相对误差就是绝对误差与量值的本身之比。相对误差用被测量之值、量具或仪器测量上限的分数或百分数表示之。

相对误差愈小,则测量的准确度愈高。相对误差也可看作恰好是以测量一个单位的误差值。因此,在某些情况下取相对误差作为测量的准确度程度。

在比较测量结果误差的基础上来判断测量的准确度。所以,测量误差可用这样的形式来表达,即:仅对照测量结果的一组误差即足以评定准确度,这时,不必比较被测对象的量或仅概略地了解这些量而已。从实践中已经知道:角度测量的绝对误差与角度值无关,而长度测量的绝对误差则与长度值有关。长度值愈大,用该法和在该测量条件下的绝对误差将愈大。所以,角度测量的准确度可以根据结果的绝对误差来判断,而长度测量的准确度则不可。

在某些条件下,以相对形式表示的误差可对比角度与长度测量的准确度。

按出现规律,误差可区分为随机误差和系统误差。

测量时产生误差的原因是多种多样的,其中主要是计量器具的结构或测量方法的不完善、计量器具制造的不准确、未遵守测量时的环境条件、主观误差及其他等等。

所谓计量器具与测量方法的不完善,如:在长度测量时未遵守阿贝原理,根据此项原理,在测量过程中,测量对象应与比较量具(样品、长度标尺等等)配置在一条直线上,即是说,要使量具与测量线互为延长线。

被测对象与量具平行配置时,不直线性和导轨倾斜 $\alpha$ 角会引起误差(见图 I.1),

$$\delta_x = h \operatorname{tg} \alpha \approx h\alpha$$

式中:  $h$ ——被测对象与量具间的距离。

采用近似公式来计算测量结果是测量方法的一项欠缺。测量过程中制件位置的不正确也是计量器具不完善的例子,这时,测量线未通