

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 6592—2010/IEC 60359:2001  
代替 GB/T 6592—1996

## 电工和电子测量设备性能表示

Electrical and electronic measurement equipment—  
Expression of performance

(IEC 60359:2001, IDT)

2010-12-01 发布

2011-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ..... I

引言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 值和范围的规定 ..... 9

5 对 IEC 设备标准的要求 ..... 9

6 不确定度极限的规定 ..... 9

7 影响量的规定 ..... 15

8 符合性试验的一般规则 ..... 16

附录 A（资料性附录） 从“误差”到“不确定度”的概念和术语的发展 ..... 17

附录 B（资料性附录） 性能规定的步骤 ..... 20

参考文献 ..... 22

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准等同采用 IEC 60359:2001《电工和电子测量设备性能表示》。

本标准代替 GB/T 6592—1996《电工和电子测量设备性能表示》。

本标准与 GB/T 6592—1996 的主要差异如下：

- 规范性引用文件方面，只引用了国际电工词汇新版本 IEC 60050-300:2001 和 ISO/IEC GUIDE EXPRES:1995《测量不确定度表示指南》；
- 术语方面，删除了与本标准无关的真值、约定真值、固有误差、工作误差、误差极限等术语，增加了被测量、(测量)不确定度、校准、校准图、校准曲线、溯源性、计量特性、不确定度的极限、(仪表的)基本不确定度、仪表的工作不确定度等术语；
- 在仪表性能表示上根据“测量不确定度表示指南”(GUM)采用不确定度适应需求；
- 使用配合国际电工词汇(IEV)新版本的专有名词；
- 在叙述不确定度的极限方面提供更宽而且更正确选择。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国电工仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 104)归口。

本标准起草单位：哈尔滨电工仪表研究所、上海计量测试技术研究院、上海英孚特电子技术有限公司。

本标准主要起草人：来磊、薛德晋、王慧武、潘洋、石雷兵。

本标准所代替的历次版本发布情况：

- GB/T 6592—1996。

## 引言

跨组织的“测量不确定度表示指南”(GUM)的颁布使得 CIPM<sup>1)</sup> 的推荐标准 CI-1981 的建议更加具体,用真值和误差的术语表示测量的精确度和准确度的传统方法显然正在被以不确定度术语表示的方法所取代。真值概念的固有缺陷(由此而产生的误差)无疑使得现行的测量领域越来越依赖于不确定度的概念,尽管有关测量仪表性能标准的主要内容仍然是用传统的术语来描述。计量学的最通常的习惯与标准词汇间差距的扩大促使标准化组织协同其技术委员会对这些出版物进行修订。

这份新版国际标准 IEC 60359 是为了与 GUM 相统一而制定的。在其正式批准的过程中,适逢新版国际电工词汇(IEV)有关测量的章节出版,借此机会本标准和 IEC 中所使用的术语保持一致。

一个仪表的主要性能特性是那些使用该仪表所获得的结果的不确定度。GUM 提供了一种通用术语和一个计算框架用于合成不同来源的不确定度,其本质上是评估作为其他测量量函数的一个量的测量不确定度,而不涉及评估仪表不确定度,亦即用仪表进行各单次直接测量结果的不确定度。GUM 将其作为 B 类不确定度分量处理,从仪表制造商或校准者提供的信息得到,用给定包含因子的扩展不确定度表示。因此,目前本标准在表示和评估仪表不确定度时采用的形式与 GUM 的表达相一致。这说明在描述仪表性能要求时用不确定度极限的术语代替误差极限,也意味着要仔细区分仪表指示值和归因于描述被测量的值的集合。

为此,本标准系统地采用了校准图概念(与 IEC 相一致)。这在描述基本不确定度、改变量与工作不确定度间的相互关系时也是十分有帮助的。顺便提一下,这种区别对于新的测量系统是本质性的,新的测量系统是基于带有内部软件的或使用多于一个输入(多传感器系统)的微处理器的测量系统。概括地说来,这个系统需要不依赖有约束性前提的仪表硬件来处理问题。它们在规定性能特性时也允许有更宽的选择范围。

当然,计量学的术语和概念从历史悠久的传统过渡到现代,很多人将需要一些心理调整,而这种调整是完全必要的,因为从指针-标度盘仪表时代到现代仪表的应用已经跨出了巨大的几步。现行的技术规范中的绝大部分都是用“误差极限”这个术语来写的,有关影响量的建议修正值是否已经包括在内,经常是含混不清的。然而,将现行技术规范转化成符合本标准的术语并不困难,只要消除这种含糊不清,很容易地使老规范和本标准一致,就是将“误差极限”用第 5 章阐述的“仪表不确定度极限”来代替,用本标准的第 5 章提供评估这些极限的方法方面的有关上下文的指示(如果有的话)能满意地调整到本标准给出的定义。

---

1) 国际计量委员会。



# 电工和电子测量设备性能表示

## 1 范围

本标准规定了下列主要涉及工业应用的电工和电子仪表的性能规范：

- 测量电参量的指示和记录仪表；
- 提供电量的实物量具；
- 提供电输出信号的测量链所有环节的非电量电测仪表。

本标准适用于通常在工业应用中稳态条件下(见 3.1.15)使用仪表的性能规范。

本标准是基于在 GUM 中详述的测量不确定度的表示和评估方法,并且引用了 GUM 用于确定赋值区间来表示不确定度的统计方法(包括在溯源链中不可忽略的不确定度的来源)。

本标准不涉及超出仪表或(测量设备)量程的不确定度的传播,尽管已考虑到超出部分的性能可能通过符合性测试。

本标准目的旨在提供一种方法,以保证标准的规定和确定本标准范围内设备不确定度的一致性。对适用于本标准的特定型式设备所有其他的必要规定由相应的 IEC 产品标准来规范。

例如:计量特性和测量范围的选择,影响量和规定工作范围的确定由 IEC 产品标准来规范。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60050-300:2001(所有部分) 国际电工词汇 电工和电子测量方法和测量设备(International electrotechnical vocabulary(IEV)—Electrical and electronic measurements and measuring instruments (all parts))

ISO/IEC GUIDE EXPRES:1995 测量不确定度表示指南(Guide to the expression of uncertainty in measurement)

## 3 术语和定义

IEC 60050-300:2001 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 基本术语和定义

#### 3.1.1

**被测量** measurand

作为测量对象的量,在测量活动过程中由测量系统在假定状态下估计得到。

注 1: 被测量的值如果不受测量仪表的影响可被称作被测量的未受扰动值。

注 2: 未受扰动值及与其相关联的不确定度只能通过测量系统和测量与仪表计量特性相互作用的模型来计算,可称为仪表的负载。

### 3.1.2

**测量(结果) (result of a) measurement**

赋予单个被测量的值的集合,包括值、对应的不确定度和测量的单位。[IEV 311-01-01,修订版]

注1:区间的中间值被称为被测量(见3.1.3)的值,而其半宽度被称为不确定度(见3.1.4)。[IEV,修订版]

注2:测量结果与仪表的指示值(见3.1.5)和校准得到的修正值有关。[IEV,修订版]

注3:只要与同一个被测量的所有其他测量结果相一致,区间就可以表示被测量。[IEV,修订版]

注4:区间的宽度以及由此而得到的不确定度,以规定的置信水平给出(见3.1.4,注1)。[IEV 修订版]

### 3.1.3

**(测量)值 (measure-) value**

指定代表被测量的集合中的中间元素。

注:测量值并不比集合中的其他任何元素更能代表被测量,它被选出仅是为了便于以 $V \pm U$ 的格式表示集合,此处 $V$ 是集合的中间元素, $U$ 是集合的半宽,而非它的极限值。限定词“测量”用来避免与读数值或校准示值发生混淆。

### 3.1.4

**(测量)不确定度 uncertainty(of measurement)**

表征合理地赋予被测量之值的分散性,与测量结果相联系的参数。[IEV 311-01-02 VIM3.9]

注1:此参数可以是标准差(或其给定倍数),或是注明置信水平的区间半宽。[IEV, VIM]

注2:测量不确定度一般由多个分量组成。其中一些分量可用一个系列的测量结果的统计分布估计,并用实验标准差表征;另一些分量则可用基于经验或其他信息的假定概率分布估计,也可用标准差表征。[IEV, VIM]

注3:测量结果应理解为被测量之值的最佳估计,全部不确定度分量,包括那些由系统效应引起的,如与修正值和参考标准有关的分量,都对测量结果的分散性有贡献。[IEV, VIM]

注4:本定义及注1和注2来自于GUM条款B.2.18。本标准选择此条款是为了按GUM中的程序用包含因子为2的区间半宽度表示不确定度。这也符合目前许多国家的标准实验室采用的做法。包含因子为2的正态分布相应于95%的置信水平。其他统计分布则有必要建立包含因子和置信水平之间的对应关系。由于这类分布的信息不一定能得到,更可取的方法是给出包含因子。GUM的定义认为区间能够合理地用于描述被测量,因为在最通常的情况下它能以足够高的置信水平确保以相同测量方法测量同一个被测量所得结果的一致性。

注5:根据国际计量委员会(CIPM(International Committee for Weights and Measures)文件INC-1和GUM,由统计方法评定得到的不确定度分量称为A类分量,通过其他方法评定得到的不确定度分量称为B类分量。

### 3.1.5

**指示值或读数值 indication or reading-value**

仪表的输出信号。[IEV 311-01-07,修订版]

注1:校准示值能够通过校准曲线从指示值中推导得到。[IEV]

注2:对于实物量具,指示值是其名义值或标称值。[IEV]

注3:指示值依赖于仪表的输出形式:

对于模拟输出,它是带有适当显示单位的数字;

对于数字输出,它显示的是数字化的数字;

对于编码输出,它是编码的识别。

注4:对于模拟输出,指的是通过观察者读出(如在仪表标尺上的指针),输出单位是刻度数的单位;对于模拟输出由另一个仪表读出(如校准过的变送器),输出单位是支持输出信号的量的测量单位。

### 3.1.6

**校准 calibration**

在规定的条件下,建立指示值与参考标准的测量结果之间关系的一组操作。[IEV 311-01-09]

注1:原则上,指示值和测量结果之间的关系能用一个校准图来表示。

注2:校准应在定义明确的仪表工作条件下实施。如果仪表在超出用于校准的条件下工作,代表其结果的校准图是无效的。[IEV]

注3:常见的,特别当仪表的计量特性根据以往的经验已经充分了解的情况下,为了便于预先确定一个简化的校准

图,只进行一次校准验证(见 3.2.12)以检查仪表的响应是否在其极限内。简化的校准图比由仪表完全校准定义的图要宽,所得的测量结果的不确定度也大。

## 3.1.7

**校准图 calibration diagram**

由指示轴和测量结果轴定义的坐标平面的一部分,它表示仪表对被测量不同值的响应。[IEV 311-01-10]

## 3.1.8

**校准曲线 calibration curve**

给出指示值和被测量值之间关系的曲线。[IEV 311-01-11]

注 1: 校准曲线将校准图平行于测量结果轴部分的宽度一分为二,连接各点形成的曲线表示被测量的值。(见 6.1 和图 1)

注 2: 当校准曲线是一条通过原点的直线时,此直线的斜率,即仪表常数。[IEV]

## 3.1.9

**校准示值 indicated value**

根据校准曲线由测量仪表提供的值。[IEV 311-01-08]

注: 当仪表在校准图有效的所有工作条件下进行直接测量时,校准示值就是被测量的测量值(见 3.2.7)。

## 3.1.10

**(测量)一致性 (measurement) compatibility**

同一被测量的所有测量结果都符合的特性,表现为它们的区间适当重叠的特点。[IEV 311-01-14]

注 1: 根据统计学推论,表示同一个被测量的任何测量结果和所有其他测量结果只能在某个置信水平下保持一致性。这个置信水平应指明,至少应按照惯例或给出置信因子。

注 2: 用不同的测量仪表和测量方法所得到的测量结果的一致性是通过将这些仪表溯源(见 3.1.16)到同一个基准(见 3.2.6)来保证的(无疑也是由正确的校准方法和操作步骤来保证的)。

注 3: 当两个测量结果不一致时,可用独立的方法确定是否其中一个测量结果或者两个结果都是错误的(可能是因为不确定度太小),或是被测量不同的缘故。

注 4: 不确定度越大,测量结果就能在更宽的范围内保持一致性。因为不同被测量之间区别较小,允许用更简单的模型对其进行分类。不确定度越小,要保证测量结果的一致性就需要更为详细的测量系统模型。

## 3.1.11

**被测量的基本不确定度 intrinsic uncertainty of the measurand**

描述一个测得量所能赋予的最小不确定度。

注 1: 由于任何一个给定量是在一个给定的认知水平上被定义或被识别的,所以无法用越来越小的不确定度测得一个量。如果试图以小于其自身的基本不确定度去测量一个给定的量,则需在更高的认知水平上重新定义这个量,而这实际上是在测量另一个量。见 GUM D.1.1。

注 2: 以被测量的基本不确定度实现的测量结果可以被称为上述量的最佳测量。

## 3.1.12

**仪表的(绝对)不确定度 (absolute) instrumental uncertainty**

可忽略基本不确定度的一个被测量的直接测量结果的不确定度。

注 1: 除非另外特别说明,仪表的不确定度以包含因子 2 的区间来代表。

注 2: 当对基本不确定度远小于仪表不确定度的被测量进行单次读数的直接测量时,根据定义,测量的不确定度就是仪表不确定度。此外,在评定测量不确定度时,仪表不确定度作为 B 类分量处理。评定以与几个涉及直接测量结果相联系的模型为基础。

注 3: 根据定义,仪表的不确定度自动地包含了读数值量化的影响(在模拟输出中,是最小可能评估的分度区间,在数字输出中,是最后稳定的单位数字)。

注 4: 对于实物量具,仪表的不确定度是为保证它的各次测量结果的一致性,由实物量具复现的与被测量的量值相关联的不确定度。

注 5: 在可能和方便的情况下,该不确定度可以用相对形式(见 3.3.3)或引用形式(见 3.3.4)表示。相对不确定度是绝对不确定度  $U$  和测量值  $V$  之比,而引用不确定度是绝对不确定度  $U$  对约定选择值  $V_i$  之比  $U/V_i$ 。

### 3.1.13

**约定值 conventional value**

用于校准操作的标准器的测量值,其不确定度对于被校仪表的不确定度来说可以忽略。

注: 为了适应本标准,此定义改编自“(量的)约定真值”这个定义,即:赋予一个特定量的值,有时通过约定,是一个具有和规定目的相适应的不确定度的值。[IEV 311-01-06, VIM 1.20]

### 3.1.14

**影响量 influence quantity**

不是测量的对象,但是其变化影响指示值和测量的结果之间的关系。[IEV 311-06-01]

注 1: 影响量可能源自于测量系统、测量设备或者环境。

注 2: 由于校准图依赖于影响量,为了给测量结果赋值,有必要了解在规定范围内是否有相关的影响量存在。

注 3: 当其测量结果满足关系:  $C' \leq V - U < V + U \leq C''$  时,影响量可以认为存在于从  $C'$  到  $C''$  的范围内。

### 3.1.15

**稳态条件 steady-state conditions**

测量装置的工作条件,在这种条件下被测量随时间的变化是装置的输入和输出信号的关系,当被测量是常数时得到的关系没有显著改变。

### 3.1.16

**溯源性 traceability**

通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链,使测量结果或测量标准的值能够与规定的参考标准,通常是与国家测量标准或国际测量标准联系起来的特性。[IEV 311-01-15, VIM 6.10]

注 1: 此概念常用形容词“可溯源的”来表述。

注 2: 这条不间断的比较链称为溯源链。

注 3: 可溯源性意味着计量架构是由基本不确定度逐级递增的不同等级的标准(仪表和实物量具)组成。从基准到校准装置的比较链在每一环节都增加了新的不确定度。

注 4: 应指定可溯源性保证在给定的不确定度范围内。

## 3.2 装置和操作的术语和定义

### 3.2.1

**(测量)仪表 (measuring) instrument**

单独地或连同辅助设备一起用以进行测量的器具。[IEV 311-03-01, VIM 4.1]

注: 术语“(测量)仪表”包括指示仪表和实物量具。

### 3.2.2

**指示(测量)仪表 indicating(measuring) instrument**

显示示值的测量仪表。

注 1: 显示可以是模拟的(连续的或不连续的),数字的或代码的。[IEV]

注 2: 多个量值可以同时显示。[IEV]

注 3: 显示式测量仪表也可提供记录。[IEV]

注 4: 显示可能包括由观察者不能直接读取,但是能够被适当的装置解读的信号。[IEV]

注 5: 指示仪表可以由一系列传感器及其处理装置附件组成,也可以由单个传感器构成。

注 6: 指示仪表、测量系统和环境之间的相互作用在仪表的初级(被称为传感器)中产生一个信号。此信号在仪表内部被转换成承载被测量信息的输出信号。测量仪表提供的指示值以一个恰当的形式显示输出信号。

注 7: 如果能得到一组测量仪表最后一个单元的输出信号与被测量之间关系的单一校准图,这组测量仪表可看作是单台指示仪表。在这种情况下,影响量应对整个测量链来定义。

## 3.2.3

**实物量具 material measure**

使用时以固定形态复现或提供给定量的一个或多个已知值的器具。

注 1: 给定量亦称为供给量。[IEV]

注 2: 定义也适用于信号发生器、标准电压或标准电流发生器装置。通常此类装置被称为供给仪表。

注 3: 供给量的值和不确定度的识别是由带有测量单位或代码项的数字给出的,称为实物量具的名义值或标称值。

## 3.2.4

**电测量仪表 electrical measuring instrument**

使用电或电子的方法测量电或非电量的测量仪表。[IEV 311-03-04]

## 3.2.5

**传感器 transducer**

对输入信号进行处理后转换成输出信号的技术装置。

注: 所有指示仪表都含有传感器,并且它们可以由单个传感器组成。当信号由一个传感器链进行处理时,每个传感器的输入信号和输出信号不一定直接和单一可取的。

## 3.2.6

**基准 primary standard**

具有最高的计量学特性,其值不必参考相同量的其他标准,被指定的或普遍承认的测量标准。

[IEV 311-04-02, VIM 6.4]

注 1: 基准的概念等效地适用于基本量和导出量。[IEV]

注 2: 除了用于和复制标准器或参考标准器比较以外,基准从不用直接测量。[IEV]

## 3.2.7

**直接测量(法) direct (method of) measurement**

不需要根据被测量和实际测量的其他量之间函数关系进行辅助计算,直接获得被测量之值的方法。

[IEV 311-02-01]

注 1: 即使测量仪表的刻度值通过表格或图与相应的被测量的值一一对应时,也认为被测量的值是直接得到的。[IEV]

注 2: 为了修正测量结果,即使有必要进行补充测量以确定影响量时,仍认为是直接测量法。[IEV]

注 3: 仪表计量特性的定义是在直接测量条件下使用的。

## 3.2.8

**间接测量(法) indirect (method of) measurement**

根据已知关系,通过对被测量有函数关系的其他量的直接测量以得到被测量量值的测量方法。

[IEV 311-02-02]

注 1: 为了实施间接测量需要能够提供被测量和通过直接测量得到的参数之间完全明确关系的模型。

注 2: 由于量值和不确定度均需计算,因此需要由 GUM 提供的公认的不确定度传播规则。

## 3.2.9

**重复观察的测量(方法) (method of) measurement by repeated observations**

在名义上的同等条件下,通过对多次反复观测所得数据分布的统计分析,从而得到测量结果的测量方法。

注 1: 当仪表不确定度太小而不能确保测量结果的一致性时,应该用统计分析的方法解决。这可能发生在两种相去甚殊的环境中:

- a) 被测量是一个服从固有统计波动的量(如核衰变测量)。在这种情况下,被测量是测量状态的统计分布,由它的统计参数来描述(均值和标准偏差)。统计分析是在测量结果的总体上进行的,每个测量结果都有其各自的量值和不确定度,因为每次观测都正确描述了被测量值的一种特殊状态。这种情形可认为是间接测量的一种特例。
- b) 当信号传输过程中的噪声对读数值的影响超过校准工作条件规定时,其对不确定度的贡献与仪表不确定



度相比甚至更大(如仪表在现场使用)。在这种情况下,统计分析是在读数值的总体上进行,目的是将被测量的信噪分离。这种情形可认为是在额定范围以外的一组工作条件下对仪表进行的一种新的校准。

注2:不能假定由重复的观测获得的不确定度比校准赋予仪表的不确定度或仪表的准确度等级更小。如果重复测量结果在仪表不确定度范围内确实保持一致,对于测量不确定度来说,其后任意一次测量均是有效的,多次观测结果并不比单次观测带来更多有用信息。另一方面,如果测量结果在仪表不确定度范围内不一致,为了确保一致,正如文中所定义的那样,最终的测量结果应该以更大的不确定度表示。

注3:对于有不可忽略的滞后现象的仪表来说,重复观察的简单统计分析会让人产生误解。对于此类仪表,适当的测量方法应该在其特定标准中详细说明。

### 3.2.10

(仪表的)基本不确定度 **intrinsic (instrumental) uncertainty**

使用在参考条件下的测量仪表的不确定度。[IEV 311-03-09]

### 3.2.11

仪表的工作不确定度 **operating instrumental uncertainty**

在额定工作条件下的仪表的不确定度。

注:仪表的工作不确定度,与基本小确定度类似,不是由仪表的使用者评估的,而是由制造商说明的,或由校准得到的。该说明可由仪表的基本不确定度和一个或多个影响量值之间的代数关系来表达。但是,此关系仅表示一组不同工作条件下的仪表的工作不确定度的简便方法,而不是一个用于评价仪表内部不确定度传播的函数关系。

### 3.2.12

(校准的)验证 **verification (of calibration)**

用来检查在规定条件下,指示值和给定的一组已知被测量之间的关系是否在预定的校准图限值内的一系列操作。[IEV 311-01-13]

注1:用于验证的已知被测量的不确定度通常相对于校准图中赋予仪表的不确定度是可以忽略的。

注2:实物量具的校准验证在于确定供给量的测量结果与校准图给出的区间是否一致。

### 3.2.13

(测量仪表的)调整 **adjustment (of a measuring instrument)**

对测量仪表进行的一组操作,使其提供与给定的被测量的值相应的指示值。[IEV 311-03-16]

注:被测量为零时使得测量仪表的指示也为零的一组操作称为调零。[IEV]

### 3.2.14

(测量仪表的)用户调整 **user adjustment (of a measuring instrument)**

制造商规定由使用者自行支配所作的调整。[IEV 311-03-17, VIM 4.31]

### 3.2.15

(校准验证的)偏差 **deviation (for the verification of calibration)**

同等工作条件下,实施校准验证的仪表的指示值和参考仪表的指示值的差。[IEV 311-01-20]

注1:指示值可以通过同时测量或替代测量法进行比较。原则上应该是在相同条件下对同一个被测量进行比较,但这是不可能的,因为被测量永远不会严格相同。只有具有计量专长的操作者才能保证两台仪表测量条件的差异对于比较目的来说,是可以忽略的。

注2:如果有一台仪表是实物量具,其标称值作为测量值。

注3:该术语只用于校准验证操作,根据定义,参考仪表的不确定度可忽略。

## 3.3 表示方法的术语和定义

### 3.3.1

计量特性 **metrological characteristics**

涉及测量仪表读数和与其相互影响的量值之间关系的数据。

## 3.3.2

**范围 range**

上下限之间的量值区间。

注 1：术语“范围”一般与修饰语一起使用。可以是性能特性、影响量等修饰语。

注 2：当范围的上下限其中之一为零或无穷大时，另一个有界极限称为阈值。

注 3：不确定度与范围的极限或阈值无关，因为它们并非测量结果本身，而是关于满足测量结果条件的预先说明。  
如果测量结果能落在额定范围内，可理解为表示测量结果的整个区间  $V \pm U$  都应落在范围的极限内或测量结果大于阈值，除非相关标准或明确协议另有规定。

注 4：范围可以由其上下限来表示，或通过规定中值和半宽来表示。

## 3.3.3

**表示的相对形式 relative form of expression**

计量特性或其他数据与规定量的测量值之比来表示的形式。

注 1：仅当规定量允许有比值关系，并且其值不为零时，才有可能以相对形式表示。

注 2：将不确定度和不确定度极限的绝对值除以被测量的值，即为各自的相对表示形式，影响量范围的相对表示形式由范围的一半除以定义域的中值来表示。

## 3.3.4

**表示的引用形式 fiducial form of expression**

计量特性或其他数据与规定量的约定选择值之比来表示的形式。

注 1：仅当规定量允许有比值关系时，才有可能以引用形式表示。

注 2：用于定义引用误差的参考值称为引用值。

## 3.3.5

**(由影响量引起的)改变量 variation (due to an influence quantity)**

当一个影响量假定在两个不同值之间连续变化时，由指示仪器对同一个被测量所测示值的差值，或是实物量具的示值的差值。[IEV 311-07-03]

注 1：对改变量进行评估时，与影响量的不同测量值有关的不确定度应不大于此影响量参考范围的宽度。其他性能特性和其他影响量应保持在参考条件规定的范围内。

注 2：当改变量比仪表的基本不确定度大时，则是一个重要的参数。

## 3.3.6

**不确定度的极限 limit of uncertainty**

工作在规定条件下的设备的仪表不确定度的极限值。

注 1：不确定度的极限可由仪表的制造商给出，即在规定的条件下仪表的不确定度应不超出此极限值，或者由标准定义，在规定的条件下，一个给定准确度等级的仪表的不确定度应不超出此极限。

注 2：不确定度的极限可表示为绝对形式、相对形式或引用形式。

## 3.3.7

**准确度等级 accuracy class**

符合与不确定度有关的一组规范的所有测量仪表的分类。[IEV 311-06-09]

注 1：无论准确度等级规定其他计量特性，它总是规定一个不确定度的极限（对一个给定的影响量范围）。

注 2：对于不同的额定工作条件，一台仪表可以被赋予不同的准确度等级。

注 3：除非另有规定，由不确定度的极限规定的准确度等级表示的是包含因子为 2 的一个区间。

## 3.3.8

**额定值 rated value**

制造商为设备或仪表的某个规定工作条件而指定的量值。

注：赋予不确定度  $U$  的额定值  $V$  实际上是一个  $V \pm U$  的范围，并应按此来理解（见 3.3.2，注 4）。



3.3.9

(规定的)测量范围 (specified) measuring range

由被测量或者供给量的两个值定义的范围,测量仪表的不确定度限值应规定在此范围内。

注1:一个仪表可以有几个测量范围。

注2:规定测量范围的上下限有时分别称为最高能力和最低能力。

3.3.10

参考条件 reference conditions

影响量的规定值和/或规定值的范围的适当集合,在此条件下规定测量仪表的最小允许不确定度。

[IEV 311-06-02,修订版]

注:作为参考条件规定的范围,称之为参考范围,它们不能宽于,并且通常是窄于作为额定工作条件规定的范围。

3.3.11

参考值 reference value

参考条件集合中的一个规定值。[IEV 311-07-01,修订版]

3.3.12

参考范围 reference range

参考值的规定范围。[IEV 311-07-02,修订版]

3.3.13

额定工作条件 rated operating conditions

在测量期间为使校准图有效而应满足的一组条件。

注:除了包括影响量的规定测量范围和额定工作范围外,额定工作条件还可以包括不能表示成量的范围的其他性能特性和其他指示值。

3.3.14

(对于影响量的)标称使用范围或额定工作范围 nominal range of use or rated operating range (for influence quantities)

不会引起改变量超出规定极限的影响量取值的规定范围。[IEV 311-07-05]

注:每一个影响量的额定工作范围是额定工作条件的一部分。

3.3.15

极限条件 limiting condition

工作中的仪表能够经受而不损坏,其后仍可在额定工作条件下工作,其计量特性不降低的极端条件。

3.3.16

工作极限值 limiting values for operation

仪表工作期间影响量的极限值,仪表不会发生损坏,其后仍可在参考条件下工作,无任何计量性能的改变。[IEV 311-07-06]

注:极限值可能依赖于他们应用的持续时间。[IEV]

3.3.17

贮存和运输条件 storage and transport conditions

非工作状态下的测量仪表能经受而不损坏的极端条件,其后仍可在额定工作条件下工作,仪表计量特性不降低。

3.3.18

贮存极限值 limiting values for storage

仪表贮存期间影响量的极限值,仪表不会发生损坏,其后仍可在参考条件下工作,无任何计量性能

的改变。[IEV 311-07-07]

注：极限值可能依赖于它们应用的持续时间。[IEV]

### 3.3.19

**运输极限值 limiting values for transport**

仪表运输期间影响量的极限值，仪表不会发生损坏，其后仍可在参考条件下工作，无任何计量性能的改变。[IEV 311-07-08]

注：极限值可能依赖于它们应用的持续时间。[IEV]

## 4 值和范围的规定

4.1 制造商应给出所有其认为适用于特定设备的，考虑作为计量特性的所有量的额定值和规定范围。对额定值和范围的说明应有恰当的不确定度描述。

4.2 制造商对其所考虑的每一个影响量都应给出参考范围和(或)额定工作范围。额定工作范围应包括整个参考范围。

4.3 制造商应对每个规定的影响量规定极限条件、贮存和运输条件。如果未规定范围，则认为额定工作条件即为极限条件，并且包括贮存和运输条件。

4.4 不确定度应表示成包含因子为 2 的区间半宽。(见 3.1.4, 注 1 和注 4)

## 5 对 IEC 设备标准的要求

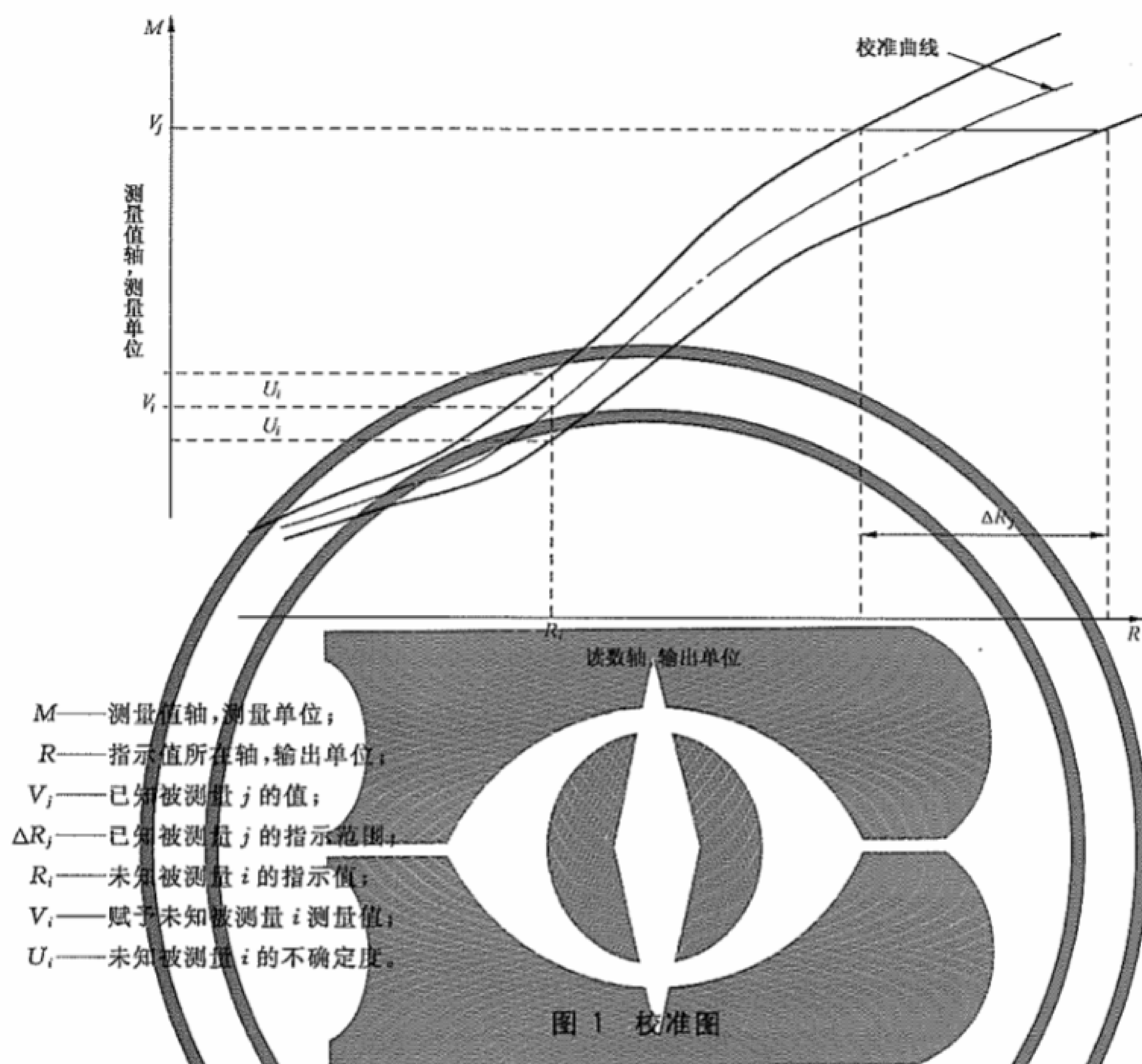
5.1 本标准适用范围内的各种设备的 IEC 标准应遵守本规定的准则，特别是以下两条款。

5.2 IEC 产品标准应给出详细的规定，包括相关计量特性、影响量以及用于确定不确定度的极限的信息类型，还应包括极限条件和贮存、运输条件。

5.3 IEC 产品标准不应与本标准中的任何要求相抵触。

## 6 不确定度极限的规定

6.1 所有关于仪表不确定度的信息，亦即通过已校准仪表的直接测量得到的不确定度，在概念上是由校准图来传递的(见 3.1.7)，校准图是通过代表指示值的  $R$  轴(输出单位)和代表仪表对不同量值的被测量响应的  $M$  轴(测量单位)定义的坐标平面部分(见图 1)。校准图不需要仅以图形表示，在大多数情况下，表格或代数关系式更方便，但是通过图形的形式提供综合观察，更适合于一般的讨论。

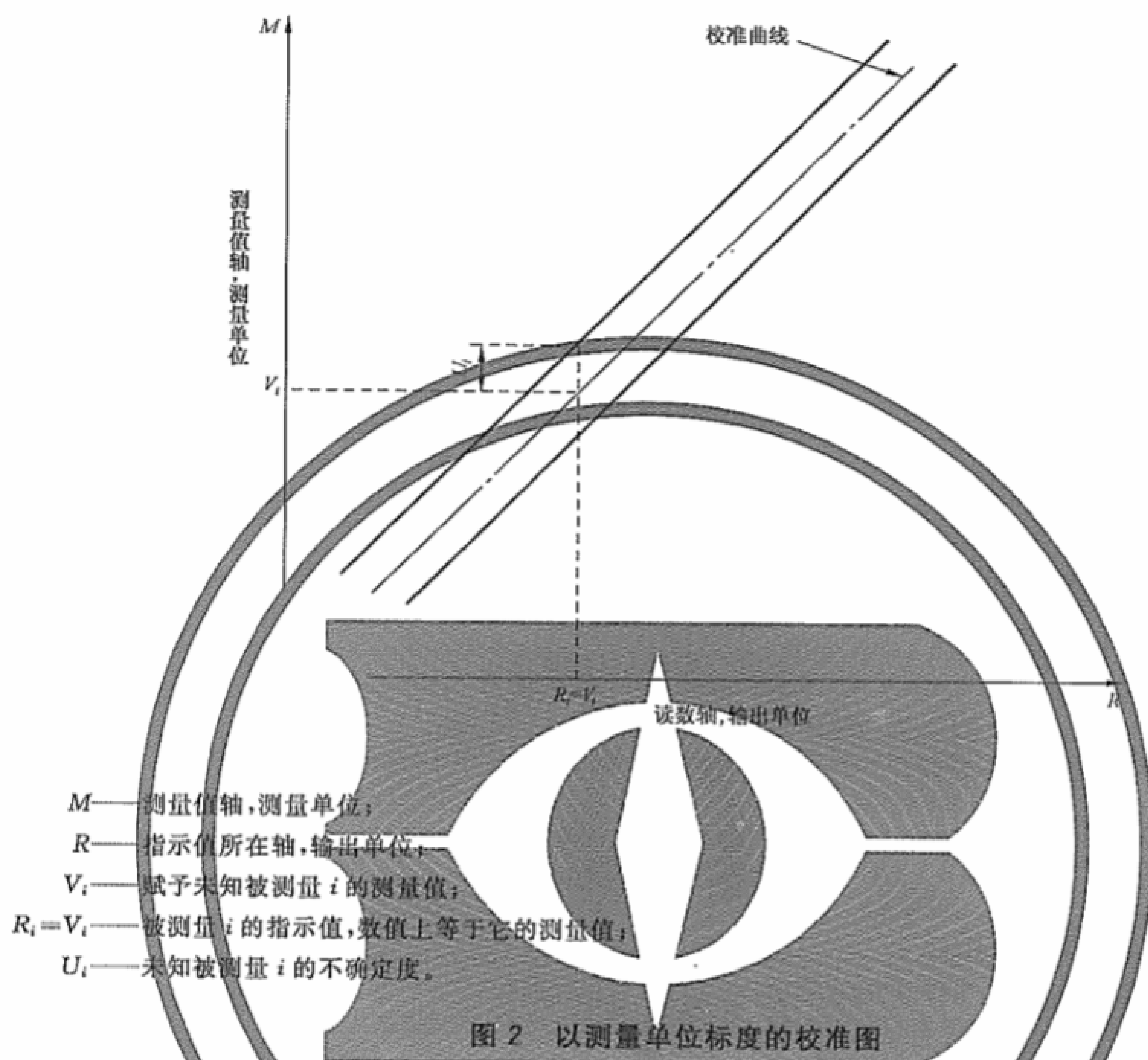


原则上,通过确定线段  $\Delta R_j$  来构建校准图,  $\Delta R_j$  表示在测量其值为  $V_j$  的被测量过程中,以一个给定的置信水平期望获得的读数值范围。读数值是在规定工作条件下的全部范围内实施的测量中获得的。已知被测量的测量值  $V_j$  的不确定度远低于仪表的不确定度,即它们的值可以作为“约定(真)值”(见 3.1.13)来使用。在校准图上,读数值  $R_i$  是在某个特定测量中获得的读数值,过  $R_i$  平行于  $M$  轴截取线段  $(V \pm U)_i$  即可获得测量结果,此测量结果仅与测量同一个被测量获得的所有其他测量结果相一致。此处的一致性是以相关系数  $r=1$  来评估的,因为根据定义,一致性极限处的测量是在对工作条件产生综合影响的相反极端处实施的。

校准曲线(见 3.1.8)为校准图上平行于  $M$  轴截取的线段的中点连线,所截线段长度的一半即为仪表的绝对不确定度(见图 1)。用于定义校准曲线的测量轴上的线段即为测量范围(见 3.3.9)。

绝大多数设计用于现场使用的仪表通过选择合适的输出单位,使代表指示值的输出显示数字和代表的测量值相一致,校准曲线成为一条单位斜率的直线。为了便于使用,直接以测量单位指示刻度(见图 2)。这种形式上的简化并没有改变指示(读数值)和用于表示测量结果的测量值之间概念上的差别,校准图仍用于确定不确定度。

对于仅有一个标称值或标称值为离散点集合的实物量具,校准图简化成平行于  $M$  轴的一条线段或线段的离散集合。



6.2 原则上, 不确定度极限的规定存在于预先指定的校准图中, 此校准图是测量仪表在校准验证中期望符合的。实际上, 这并不是对某次特定测量结果的不确定度评估, 甚至也不是对某台特殊仪表的仪表不确定度评估, 而是对仪表不确定度所设的一个极限。问题在于定义一个通用校准图, 其宽度足以包括满足要求的仪表的实际校准图, 根据此极限所得到的不确定度不会比实际(但却未知)的不确定度更大。

代数式给出在规定测量范围内的测量值与校准曲线和不确定度之间的函数关系。应明确规定校准图有效的工作条件。

对所有设备给出参考条件下的基本校准图, 用它来确定仪表的基本不确定度。问题在于如何在其他工作条件和/或更宽的工作条件下评定仪表的不确定度。

在与参考条件不同的工作条件下, 校准图可能会改变宽度和(或)在  $MR$  平面内移动(见图 3)。当一个影响量的值超出参考范围时, 影响量引起的改变量(见 3.3.5)体现了校准曲线的移动但却未反应新的校准图的宽度, 而校准图的宽度在任何情况下都取决于此影响量在其额定值附近的工作范围。

当某一个影响量超出参考范围的工作条件时, 可从两方面进行规定:

- 给定影响量的额定值或一组额定值, 定义其范围大致与参考范围等宽, 使用者有望在给定的不确定度范围内了解影响量的值。
- 给定影响量的额定工作范围, 包括参考范围。使用者不关心影响量的值, 只需知道它位于此范围内。

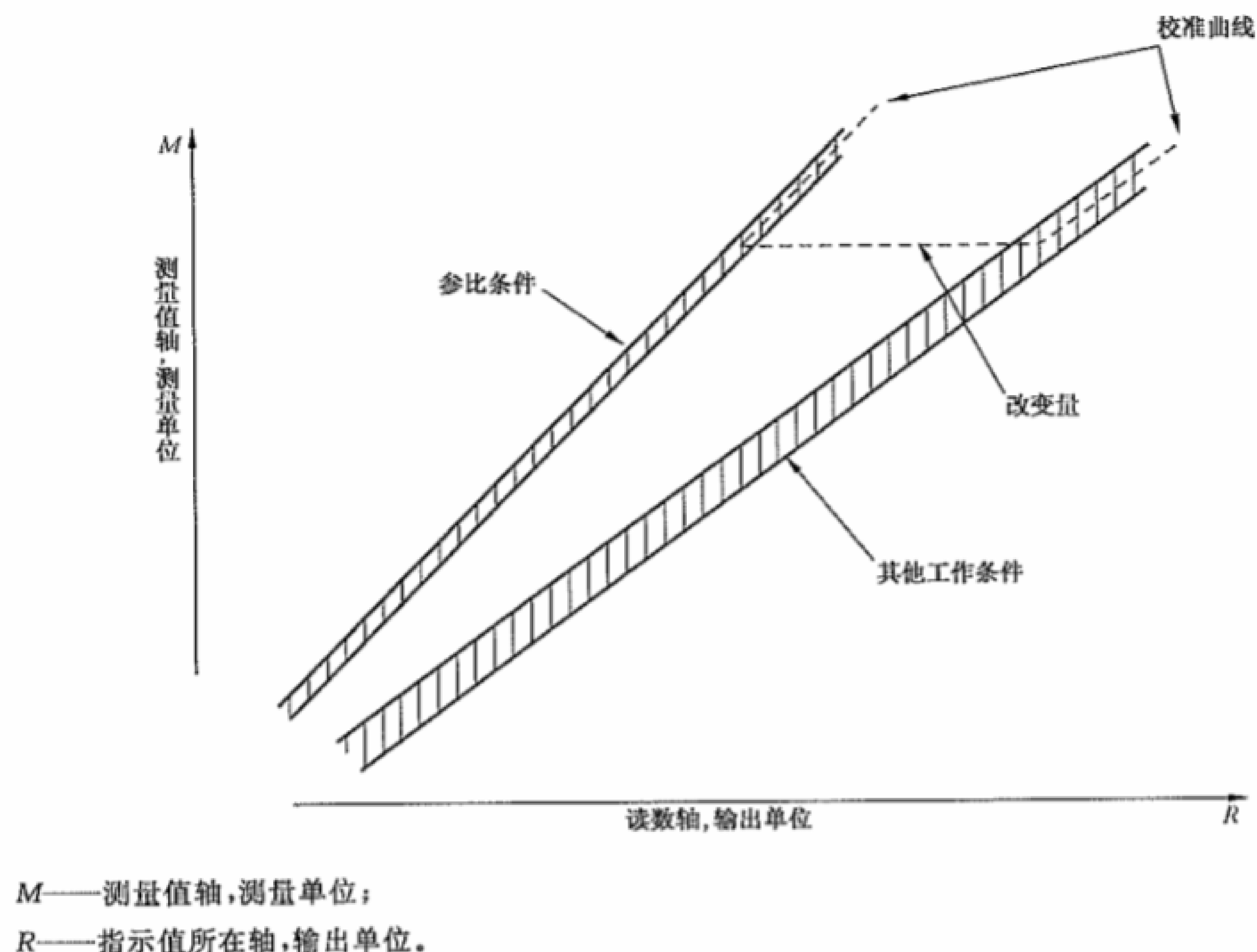


图 3 在不同工作条件下的校准图

在 a) 情况下, 如图 3 所示校准图在  $MR$  平面内移动, 得到一条新的校准曲线。改变量可用于确定这条新的校准曲线, 而其本身并非不确定度分量, 不确定度由新的校准曲线的宽度决定。

在 b) 情况下, 校准图应能给出和工作范围内影响量的任意值相一致的测量结果。因此可用于构造对应于所有规定工作范围内影响量额定值的校准图包络线。其边界由对应于具有更大改变量的两个极限工作条件下的校准图的外部边界确定(见图 4)。作为平行于  $R$  轴的校准图宽度的主要部分, 改变量成为确定不确定度的一个因素。除非极限工作条件导致的校准图和参考条件下的校准图对称, 否则在工作条件下的校准曲线将与参考条件下有所不同。

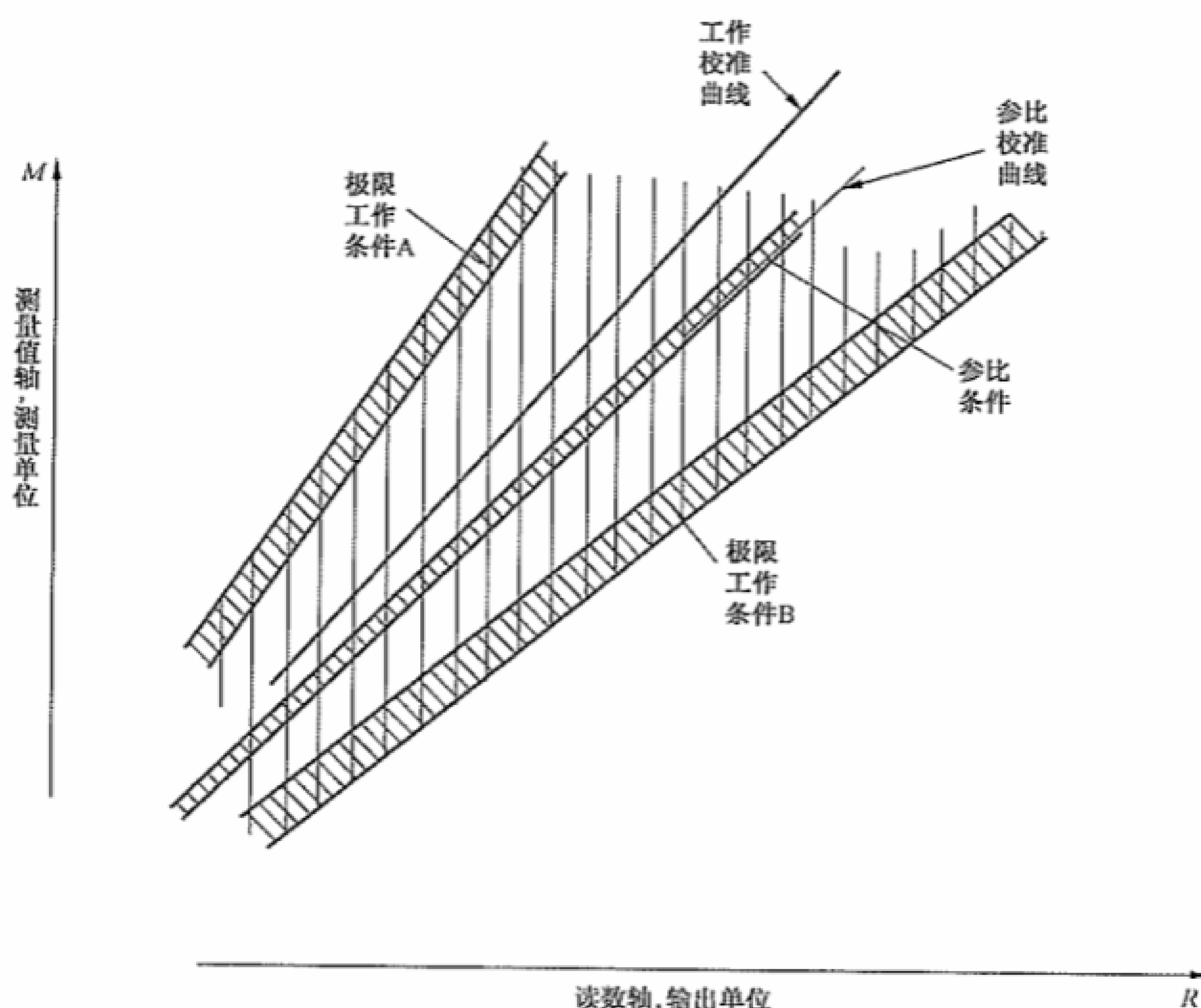
当工作条件允许两个或更多影响量的值同时超出参考范围时, 情况会变得更加复杂。因为原则上几个影响量的效应无法预期遵守简单的加法规则或统计上的合成。根据实验或经验, 找出由影响量的额定值叠加所引起的在任一方向上产生所有最大改变量, 并采用如图 4 所示的两种极限工作条件, 以确定或验证对额定工作条件下有效的校准图边界。

6.3 如果一份与设备有关的 IEC 产品标准是按照“最大误差极限”来制定, 则依据本标准应对任意给定工作条件集合规定不确定度极限。规范应以不确定度这个术语来起草, 对“最大误差”的定义方式给予应有的关注, 该不确定度可由上述产品标准所设的误差极限为基础构造的校准图推导得出。

注: 在实践中, 对于以测量单位标识刻度的仪表, 由于校准图通常是具有平行线或缓慢发散边界线的窄带且不确定度很少能定义为优于 5%。因此, 最大误差极限和不确定度极限用同一个数字来表示。(满足处于相同的统计环境)。

6.4 对于所有其他设备, 对不确定度极限的规定可给出一个或多个在以下子条款中叙述的各自的信息形式。

以下条款在允许工作条件下的不同规定与提供一个可信赖的校准所需的不同信息量之间提供了一种选择。



$M$ ——测量值轴, 测量单位;

$R$ ——指示值所在轴, 输出单位。

图 4 扩展工作条件的校准图

#### 6.4.1 仪表基本不确定度的极限

本条款规定仅与参考条件有关的仪表基本不确定度的极限。

校准图仅用于参考条件下。

本条款要求最小校准工作量, 但对工作条件下的限值要求却最高, 因为仪表是假定在最窄的参考范围内工作。因此对不确定度限值的要求很少限于此条款, 尽管它可能用于仅作为校准目的的实验室仪器。

#### 6.4.2 仪表基本不确定度极限及其单个影响量引起的改变量

本条款规定参考条件下的仪表基本不确定度的极限以及单一影响量在额定工作条件下的改变量。

本条款允许一个影响量超出参考范围, 而所有其他工作条件均保持在参考范围内使用仪表。

原则上, 对于在工作范围内变化的影响量的任意值, 规范应允许按图 3 的方式构建校准图。决定改变量的影响量值, 应与其参考值具有相同的允差。如果影响量变化引起的测量不确定度比仪表基本不确定度大, 则应标明超出范围。偏移后的校准图被赋予更宽的不确定度, 其中包括用于规定变化量本身的不确定度, 同时也考虑了在测量符合要求的影响量时使用者期望服从的允差。

使用者可以用两种不同的方式利用本规定提到的信息。

- 如果使用者知道其工作时影响量的值在规定允差内, 就可以用改变量来修正读数值, 并以与基本不确定度极限相等的不确定度来计算测量结果, 或者用更大的不确定度来计算当影响量的值发生变化时的测量结果。
- 如果使用者不知道其操作时影响量值的大小, 仅知道此值落在给定范围内, 那么可以利用此范围上下限的改变量来构建如图 4 所示的校准图, 并计算测量结果。

注 1: 在 b) 情况下, 改变量用于定义下述 6.4.4 所述及的仪表工作不确定度限值, 影响量的工作范围根据使用者的



数据来定制。对于以测量单位标识刻度的仪器,即具有如图 2 所示的校准图,其不确定度将是基本不确定度与对应于极端变化量的范围之和,但计算时需注意,尤其是当影响量的工作范围与参考范围不对称时,还需参照校准图,因为改变量是平行于  $R$  轴的线段,而不确定度是由平行于  $M$  轴的线段给出。

注 2: 若一个影响量相比其他影响量处于主导地位时,使用本条款可能较方便。

#### 6.4.3 多个影响量引起的改变量的仪表基本不确定度极限

本条款规定与参考条件有关的仪表基本不确定度的极限以及有关额定工作条件下多个影响量的改变量。

如果知道不同影响量的综合影响效果,本条款允许一个以上影响量超出参考条件,而其他工作条件保持在参考条件内操作仪表。当影响量以简单的规律,例如线性的规律综合其影响时,可以使用本条款。

本条款的规定应与上述 6.4.2 在相同条件下起草,6.4.2 对此条件已经详述。对于多变量的合成方式也应明确说明。可利用上述 6.4.2 的信息。

#### 6.4.4 单一影响量的仪表工作不确定度极限

本条款规定参考条件下的仪表基本不确定度极限和在额定工作条件下与单个影响量有关的仪表工作不确定度极限。

注: 通过构建一个如图 4 所示的校准图,仪表工作不确定度极限通常从改变量中获得,此改变量对应于额定工作范围的上下界。6.4.2 的注释适用于此处同样的观测结果。

#### 6.4.5 仪表工作不确定度极限

本条款规定参考条件下的仪表基本不确定度极限和额定工作条件下所有影响量的工作不确定度极限。

本条款允许最宽的工作条件,却要求最多的校准工作量,因为原则上对于工作范围内的多个影响量值的任意组合,均应检查校准图的有效性。

然而在实践中,实际的校准工作量可能要少得多。因为根据经验积累,制造商可以对测量仪表的性能以及对多个影响量引起的改变量进行判断,以确定影响量的何种组合才是最差组合。即何种组合会导致读数值偏离参考条件下的读数值最远。如果这样的预判是可知的,校准验证仅需在参考集合附近的两组定义明确的条件下进行(若两组对称,则仅需一组)。

注 1: 如果已知多个影响量效应的组合规律,则仪表不确定度可从对应于多个影响量额定工作范围的上下限变化量的组合中获得。实践中,确定可能产生更大总体变化量的组合要比确定在所有工作条件下的有效变化量的组合规律更容易。

注 2: 当给定仪表工作不确定度极限时,使用者并不太关心仪表基本不确定度极限,除非仪表计划在现场和实验室都用,但此情况并不多见。因此,如果忽略对仪表的基本不确定度的要求,校准工作也会相应减少。

注 3: 若方便,可以对不同的工作范围集合规定同一仪表工作不确定度极限。例如:可以规定一个给定的极限对于温度范围( $T'_L$ 至 $T'_H$ )和压力范围( $P'_L$ 至 $P'_H$ )有效,或是对于温度范围( $T'_L$ 至 $T'_H$ )和压力范围( $P'_L$ 至 $P'_H$ )有效。其中( $T'_L$ 至 $T'_H$ )小于( $T'_L$ 至 $T'_H$ ),( $P'_L$ 至 $P'_H$ )大于( $P'_L$ 至 $P'_H$ )。

#### 6.5 额定工作条件下的多个规定集合可以声明多个仪表不确定度极限。

6.6 不确定度极限可用绝对、相对或引用三种术语来表述。某些情况下不确定度极限还可以表示成绝对项与相对项的和或绝对项与引用项的和。涉及引用项时应明确规定引用值。当规定一个以上不确定度极限时,每个极限都应使用同一引用值。

6.7 对于仪表的使用者来说,仪表不确定度属于外部引入的不确定度,由制造商或仪表的校准者提供,作为 B 类不确定度分量。对不确定度极限的说明应附有与确定此极限的方法有关的所有信息,目的是让使用者在评估其测量不确定度时可以最大限度地利用此类信息。如果不确定度极限是通过验证与预定的校准图的符合性来确定,这种情况很常见,在将仪表不确定度与其他分量合成时,除了将其假定为矩形分布,使用者无其他更合适的选择。若不确定度极限是利用统计概率进行评估的,此情况仅可能出现在评估仪表基本不确定度或有单个变化量时,使用者可根据统计分布的合适信息,更好地评估其测量



不确定度。

## 7 影响量的规定

在评估和表示测量仪表性能时,对影响量的规定是一个关键因素。

7.1 对一台仪表的性能要求越高,影响量和其他工作条件的确定就越关键。另一方面,对工作条件的要求越详细越严格,仪表的使用范围就越窄。仪表的准确度等级与其可使用组别之间呈现负相关。测量仪表的发展,不仅提高了在严格控制工作条件下的实验室用仪表的准确度,还扩展了在苛刻和恶劣工作条件下进行测量的可能性,以及改进用于更宽的使用组别。

7.2 对测量仪表性能的规定应列出所有相关影响量及其允许范围。属于环境、测量系统或测量设备的任何影响量,只要其在规定范围内的改变对指示值与测量值(见 3.1.14)之间的关系有着不可忽略的影响,那么这个影响量就是相关的影响量。即使声明某个特定的影响量不是相关影响量,按照约定也隐含了此影响量的规定范围。例如,对于一台给定仪表,其影响量列表未出现大气压力这一项,并不意味着仪表本身可以在真空罐中操作,仅表示在常规的大气压力变化范围内不会产生显著的影响。这意味着对哪些值的范围可以认为是“常规”的,有个一致性的认同。对潜在影响量的常规范围,使用组别分类是一种有效的方法,这样可避免影响量的规范列表的冗长、不一致以及重复。

下列准则给出了影响量及其范围的规定。

7.2.1 测量仪表性能的表现应包括对仪表允许的使用组别,或者包括对可能与测量有关的任何量的允许范围的完整列表的声明。

7.2.2 如果具体标准没有提供使用组别,应根据其额定使用范围和极限使用范围,参考以下使用组别加以规定。

I 组 使用在室内和实验室、工厂内能够小心使用仪表的条件下。

II 组 使用在对极端环境有防护的环境下,以及使用仪表的条件介于 I 组和 III 组之间的。

III 组 户外使用,以及可能在遭受恶劣操作的场所下使用。

7.2.3 在规定参考条件时,温度、湿度以及空气压力的参考范围参照 IEC 60851-5 为好。

7.2.4 如果在额定工作范围极限处由潜在影响量引起的改变量小于基本不确定度的 10%,或者小于读数值量化所引入的不确定度分量(见 3.1.12 注 3),则认为潜在影响量的效应可忽略。否则,应将其视为影响量,并按 6.4 中详述的方法之一规定其影响。

7.3 基于以下两个方面,应将时间视为影响量:

a) 某一性能特性的漂移。具体标准应详述引起漂移的方式。

b) 校准图的使用年限。最近一次的校准验证后校准图的预期有效期,以及此有效期和仪表本身的使用期限的关系。这是一个争议颇多的问题,目前尚无标准化的答复。性能特性定义的措辞意味着一旦确定特性后其有效期将是不确定的时间段,尽管没有人会期望仪表性能永久有效。

7.4 现代仪表发展趋势,正朝着能够测量各种影响量的多传感器设备和能够修正其影响的嵌入式微处理器软件的方向发展。此类仪表处理影响量的方式很大程度依赖于软件是如何处理的。对于软件的编程者来说,与超出参考范围的影响量的值相联系的改变量应在校准程序中确定,并且将此变化量作为参数引入,从而将信号解析成最终显示的指示值(见 6.4.2)。而对于使用者却正相反,同样的量甚至不再被视为影响量,因为仪表自动检查是否符合允许范围,并自动修正改变量的影响。它们不再影响测量值与指示值之间的关系,因为指示值在额定不确定度范围内进行了调整。问题均在于确定校准验证是否包含软件操作。如果允许用户调整软件那么必须对影响量的效应充分理解。

## 8 符合性试验的一般规则

符合性试验在于确认与已知被测量相对应的指示值是否保持在校准图规定的范围内,从而证明校准值符合规定的不确定度极限。

本标准所涉及的要求适用于型式试验(对一种型式的仪表的一个或几个样品进行试验)和例行试验(对每个样品进行试验)。

应使用 IEC 具体标准的相关测试方法。

仅对规定极限值的仪表进行试验。未给出限定值的仪表仅作为一般信息,而不能作为符合性试验的对象。

如果规定了极限,符合性试验应在标准规定的条件下实施。这类标准是针对几类仪表而出版的相关标准。

当进行校准验证时,工作条件应保持在校准图定义的范围内。校准验证应在被测量已知,且与校准图赋予仪表的不确定度相比,其不确定度可忽略的条件下实施。如果此条件无法满足,并且相关的具体标准也没有另外说明,则受校仪表给出的测量结果,以适当的相关系数与被测量的值和不确定度保持一致时,校准验证可认为是有效的。如果校准验证产生相反的结果,仪表校准需重新进行。

值得指出的是,仪表调整无法替代校准或校准验证。当然,任何调整后都应进行校准验证,除非是在校准图有效的工作条件下,根据详细说明确定的程序所进行的例行调整。

用于仪表调整的被测量的不确定度应已知,其与仪表不确定度相比可忽略。

## 附录 A

## (资料性附录)

## 从“误差”到“不确定度”的概念和术语的发展

在评估测量结果时,从“误差”概念到“不确定度”概念的发展表明了基本计量术语的某些再调整。为了避免人们仍旧习惯于传统方法而产生误解,这是值得讨论的。这次调整是由于依据“真值”和“误差”所定义的传统方法的不完善,而且,随着牢固建立于仪器内部信号的自动解析基础上的现代化仪表的发展,这种不完善变得越来越突出。

在传统方法中被测量假定由真值来表示,真值是一个带有测量单位的实数,但测量仪表无法输出真值,只能给出一个不同于真值的值,这个值包括了由“随机”分量和“系统”分量组成的附加“误差”。然而,真值是永远不能得到的。因此,“误差”也就无法确定,最大可能做的是为其估算一个极限,即“最大误差”,假定实际误差位于最大误差之中。然后,为测量值估计一个区间,期望“真”值落在此区间内。实际上,无法通过参考未知的“真值”来估计此区间,而是通过考察“落在误差之中”(意味着“最大误差”)测量结果的一致性进行估计。此外,由于对“精度”和“准确度”作了明确区分,各自表示具有获得小的随机误差和系统误差的能力,因此没有术语描述一台仪表或测量结果的整体性能。工作测量领域逐渐开始引入“不确定度”的术语,用此术语说明一组值的代表性宽度,能确保测量结果的一致性。

国际计量委员会 CIPM(International Committee for Weights and Measures)1980 年建议通过将不确定度分量进行分类,可通过增加测量次数以减小不确定度的为 A 类,不能减小的为 B 类。这样就克服了“随机”误差和“系统”误差之间的传统区别,避免了求和定理无法适用的尴尬。接着 GUM(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)与之配套,分析了如何合成多个分量,并且给出一个在上下文中不涉及评论真值概念的不确定度的定义。

根据不确定度定义(见 3.1.4)要求重新调整有关仪表校准的几个术语,因为表征合理地赋予被测量之值的分散性这个定义使得传统的定义被作废,传统定义将一个测量结果作为单个的值,并且将校准视为对指示值的附加修正。

首先,表示被测量的“测量结果”的定义,应与赋予被测量的值的整体分散性的概念一致。因此,定义 3.1.2 提到的一组值的集合,被视为一个区间,由中间元素和半宽来恰当表示,称为“值”和“不确定度”。集合大小由不确定度决定,所选择的中间元素是为了便于表示集合,并不代表比其他元素能更好地代表被测量,代表被测量的是整个集合。不确定度是测量结果的固定组成部分,没有测量结果可以表示成不带不确定度(可根据前后关系按惯例给出)的形式。然而,在传统的方法中,误差是对指定值有效性的经验判断。例如,流过给定电阻的电流以  $149\text{ mA} \pm 1\text{ mA}$  的形式给出,被测量由从  $148\text{ mA}$  到  $150\text{ mA}$  的整个集合表示,毫安是测量单位, $149\text{ mA}$  作为集合的中间元素表示测量值, $1\text{ mA}$  是集合的半宽,即测量不确定度。

由于被测量是由所有值的集合来描述的,从仪表的指示值过渡到此描述就不能将其视为指示值自身的“误差修正”。此外,现代测量仪表更多依赖于仪表内部信号的精密解析,测量仪表作为自动控制和调节链环节的一部分甚至不再给出刻度上的可读指示值。适用于所有仪器且能避免误解的术语,应能清楚地区分描述仪表输出的指示值(见 3.1.5)和用来描述被测量的包含不确定度(见 3.1.2)的最终测量结果。该指示值通过仪表的校准而得到测量结果(见 3.1.6 和 6.1)。

校准得到的信息是由校准图(见 3.1.7 和 6.1)中由读数值和测量值组成的坐标平面里的窄带综合表示。需要此窄带是因为必须知道与任何指示值相对应的测量值和不确定度,这不是一个简单的“修正”读数值的问题。窄带是由其中线,即校准曲线,及其半宽,即不确定度表示。

例:

a) 具有 100 个标尺分度的安培表的指示值:80 个分度。该仪表的校准图表明,在额定工作条件

下(见 3.3.13),根据此读数可以将(直接)测量结果赋值为:8.0 A $\pm$ 0.1 A。为方便使用者,此信息可以由安培表的标尺分度(1 A 10 个分格)以及一个标明不确定度为满量程值的 1%(包括读数的不确定度)的准确度等级指标所提供。然而,这样的刻度标识,仅是校准曲线的一种简捷方法,并不意味着该仪表输出一个被最终误差修正的以安培为单位的测量值。

- b) 压电传感器的指示值:50 mV。传感器的校准图表明,在额定工作条件下,根据此值可以将力的(直接)测量结果赋值为:210 kN $\pm$ 4 kN。此信息可根据指示值和与不确定度范围有关的测量值之间的对应关系所建立的表格形式提供。
- c) 过热报警装置的指示值;“on”(即灯亮)。装置的校准图表明,在额定工作条件下,当灯亮时,温度高于 90  $^{\circ}$ C $\pm$ 5  $^{\circ}$ C。此信息可由装置的说明书提供。注意此类测量的被测量并非温度本身,而是两种高于(on)和低于(off)阈值的区分,不确定度的区间适用于此阈值。

校准曲线绘制了仪表指示和被测量的“校准示值”(见 3.1.9)之间的关系,在正确完成直接测量的情况下,校准示值就是测量值,或是间接测量中(包括由重复观察的测量,见 3.2.9)用于计算测量结果的一个元素。在任何情况下,计算过程也需要由校准图确定的与指示值相关联的不确定度。

传统方法用“标定”或“测量”等术语解决问题,其含义是仪表刻度标识处的定位操作(见 VIM4.29)。而目前则归于“校准”定义下,“校准”这个术语指的是建立仪表测量值与标准的(约定真)值之间关系的一组操作(见 VIM6.11)。以被测量的测量单位(或其倍数)标定是理所当然的。此术语对于机械驱动指针穿过铜刻标尺的经典仪器来说非常自然,但不适合于更精密的仪器,这时就要采用一个适用于所有情况下的更为通用的术语。

一个有效测量结果的不确定度,应确保与测量同一个被测量的其他有效测量结果相一致。一致性通过代表测量结果的数集的重合性来判断(见 3.1.10)。一致性的判断标准是通过使用 GUM 标准中的不确定度合成方法,以确定两个测量结果之差的不确定度。在此术语中,由数值区间表示的两个测量结果,若满足  $|V_1 - V_2| \leq U_{12} = \sqrt{(U_1^2 + U_2^2 - 2rU_1U_2)}$ ,则可认为两者相一致。此处, $U_{12}$ 是两个测量结果之差的不确定度, $r$ 是两个测量结果的相关系数。若两个测量结果完全不相关,则  $r=0$ 。此时,一致性要求两个区间应部分重合。若两者完全正相关,那么  $r=+1$ , $U_{12}=U_1 - U_2$ 。此时,一致性要求完全重合。若两个测量结果以相关系数  $r=-1$  负相关,那么  $U_{12}=U_1 + U_2$ ,一致性允许两区间重合部分可以被减少到一个共同的元素。对测量结果一致性的评估与判断多个测量结果的相关性密切相连,这并不容易。需要关注测量数据的统计详细细节。本标准认为,在工作条件的联合效应的相反极端处实施的测量结果以  $r=-1$  负相关(见 6.1)。

例:

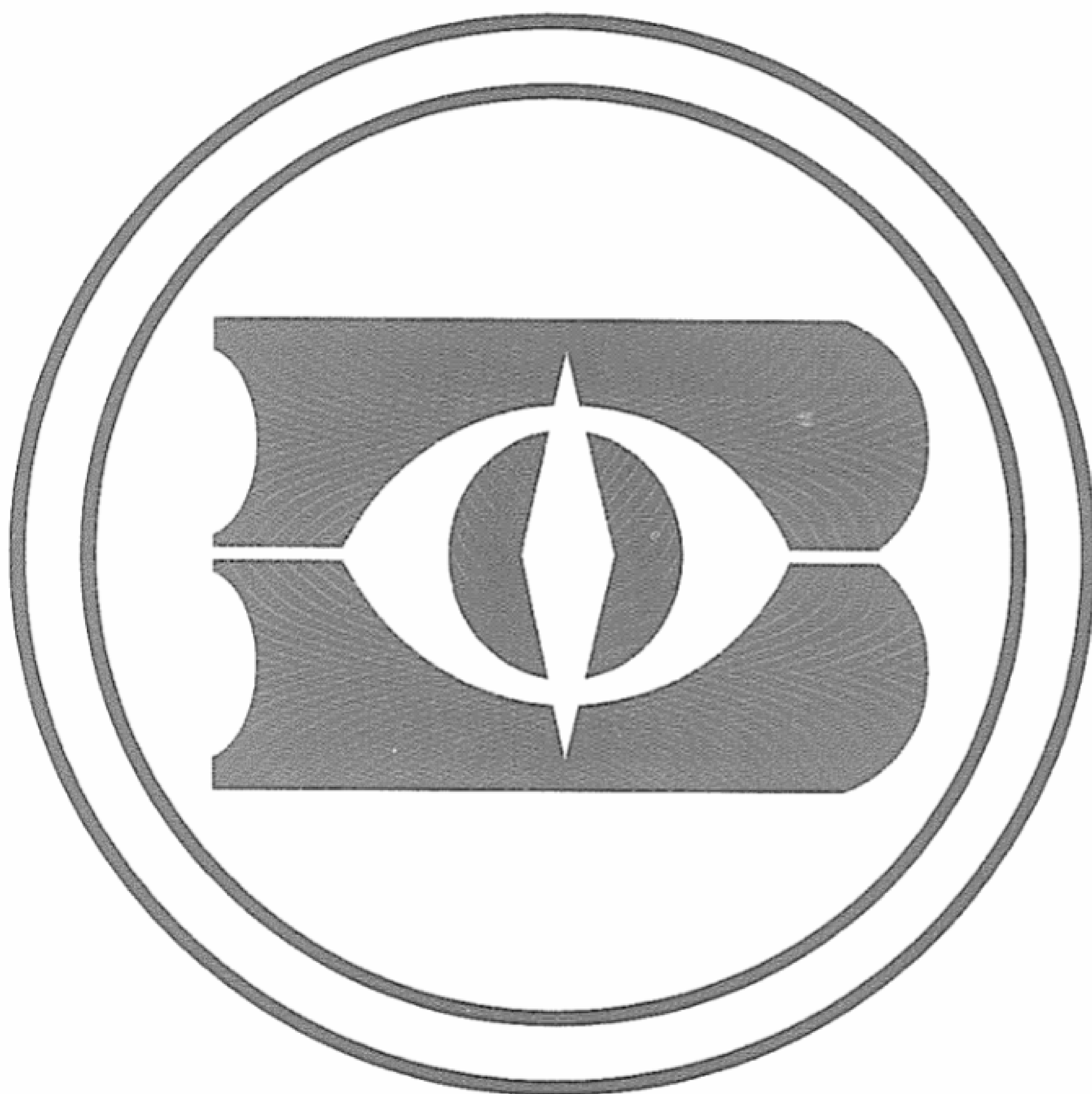
以下电容器电容量的测量结果彼此相一致:

- a) 322.5 $\pm$ 0.2 pF, b) 322.6 $\pm$ 0.2 pF, c) 322.58 $\pm$ 0.02 pF, d) 323.0 $\pm$ 0.5 pF。另一个不相关的测量结果 e) 322.52 $\pm$ 0.02 pF 和 c) 是不一致的,但仍然和其他测量结果相关。如果测量结果是正确的,这意味着电容量在测量结果 c) 和 e) 之间发生了变化,变化与测量不确定度为 0.02 pF 有关,而对于不确定度超过 0.2 pF 的测量结果,可以认为电容量保持不变。

概念中显而易见不确定度是任何测量结果的固有部分,即如果不给出测量不确定度,测量值没有任何意义,工作条件应该用范围来规定,而不是单个的值。例如,不能说仪表应工作在 25  $^{\circ}$ C,而应该说“温度”影响量的参考范围是 24  $^{\circ}$ C 到 26  $^{\circ}$ C(或者 25  $^{\circ}$ C $\pm$ 1  $^{\circ}$ C)。这意味着温度  $T$  应满足关系  $24^{\circ}\text{C} \leq T - U < T + U \leq 26^{\circ}\text{C}$ 。显然温度必须在不确定度  $U \ll 1^{\circ}\text{C}$  的条件下测量,否则条件仅能偶尔满足。

在概念和术语从“误差”到“不确定度”发展的同时,有关电工测量仪表的标准也在范围上经历了发展。最初出版的电工测量指示仪表标准中,逐渐形成了“基本误差”和改变量的概念。随后,出版了电子测量仪表标准。问题主要来自处理改变量,因为,一方面仪表性能不能局限于“基本(最大)误差”所定义的参考条件,另一方面无法设计结合多个改变量的经济的标准(也是因为术语和概念上的模糊不清,造成无法清楚地说明它们是否被视为“系统误差”的组成部分,或是作为计算“最大工作误差”的计算设

备)。由于电工和电子测量仪表的区别开始减小,IEC 60359(1987)<sup>2</sup> 为两类仪器提供了一个标准,并试图克服因将改变量视为等概率分布的,独立不相关的误差源而带来的困难。但此方法允许用简单数学程序计算“最大误差”,这完全缺乏物理基础。因为,绝大多数影响量确实既非不相关也非等概率分布。此外,问题仍然在于提出了“误差”这个术语。现在论及电工和电子测量仪表的界限已完全过时了,不确定度的概念已经普及,现在正是解决通用和最新的术语问题的时候。





附录 B  
(资料性附录)  
性能规定的步骤

本附录论述仪表的性能表示,仪表性能的方法和程序不在本附录的范围内。它们通常属于有关特定类型设备的 IEC 产品标准的范围,现在应根据 GUM 的原则重新起草。为了执行 GUM 中有关确定仪表不确定度的规定,一份通用标准对于统一是非常有用的。

以方框图的形式(图 B.1)在资料性层面阐述解决表示本附录的性能术语。

首先,第一步规定所要被测的量和测量范围(见 3.3.9)。然后,可以是对输出形式的规定,即指示值的测量单位。(见 3.1.5,3.2.2)

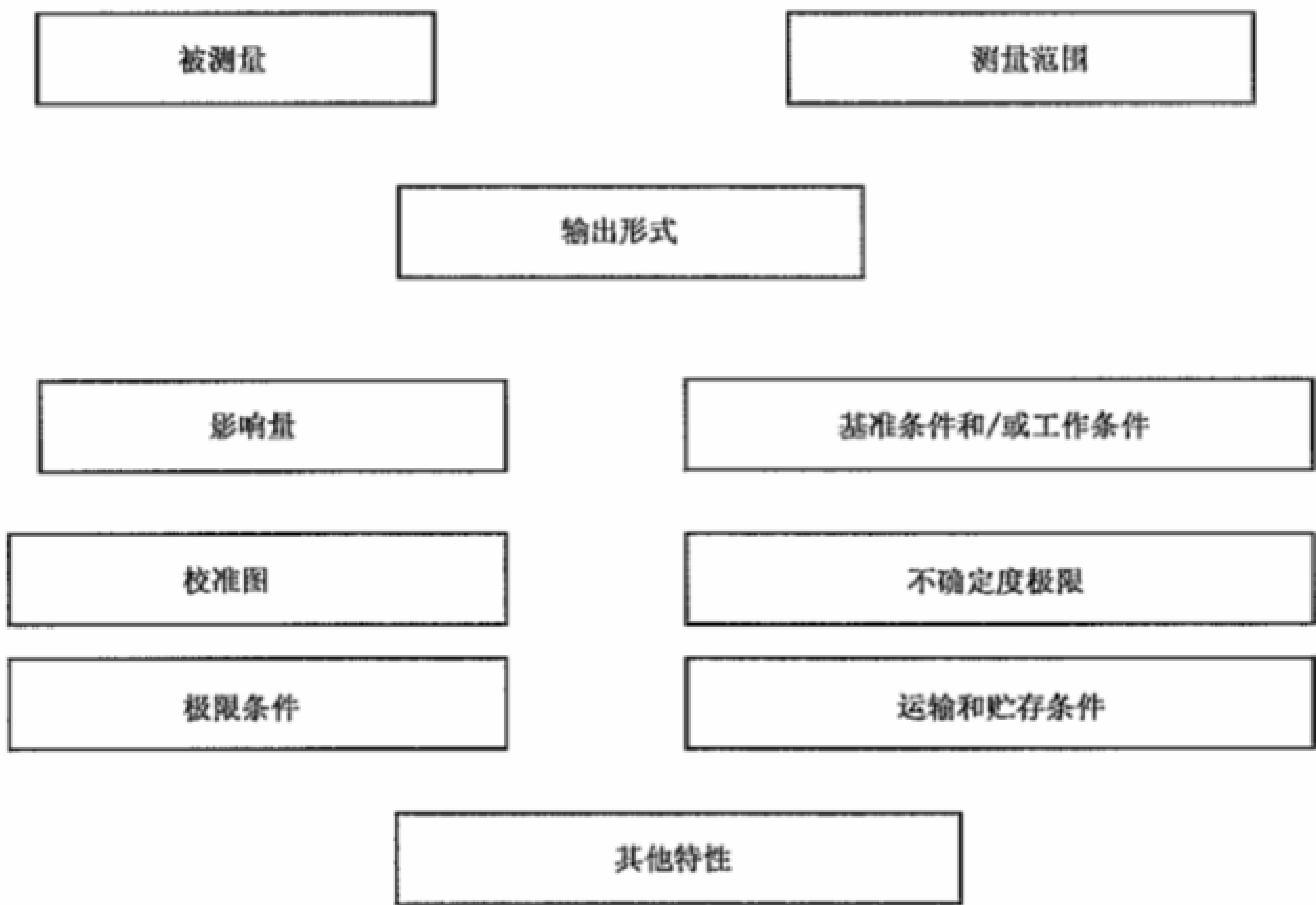


图 B.1 性能规定的步骤

如果输出形式是在任意的标尺上的显示,或者是由另外仪表读出的信号,那么其规范不要求做校准工作,校准图在校准后产生(见图 1)。当输出用于其他仪表或一个外部显示,对输出形式的规定应包括对读数器耦合性能的规定。

另一方面,如果选择将输出直接以被测量的测量单位进行标定(见图 2),原则上这样的标定操作是预先假定的一次校准。如果在仪表校准之前基于对类似仪表先前的经验进行标定操作,这时有两种选择:

- a) 以最终结果进行的标定,这意味着校准曲线已经被预先确定为单位斜率的一条直线(见图 2),在校准中,仅需确定在预定的校准曲线两边的校准图的宽度,即不确定度;
- b) 标定被认为只是描述读数值的一种方式,在校准中将提供一个被校准曲线平分的全面的校准图,校准曲线建立了任意读数值与带不确定度的测量值之间的关系。

若忘记选项 b)的问题只是对输出进行标定,可能会造成误解,校准将不提供对测量结果的“修正”,而是测量结果本身(值和不确定度)。

随着指针刻度盘仪表的逐渐淘汰,这样的标定操作(传统上称为“测量”或“定标”)曾经受到基本原理的影响,理论上它受到时代的局限,它也是各理论难点的根源,标定意味着按上述选项 a)操作,但使

用仪表寿命的事实却要求按选项 b) 操作, 而不承认标定过程本身。仪表并未按其期望的方式进行, “误差”被视为由于仪表的“不完善”所导致的, “校准”建议对测量结果加上“修正值”以补偿所谓的“系统误差”。现代数字输出仪表, 其操作只是设置模—数转换器及其与读出显示的耦合参数。此设定可能, 而且确实越来越频繁地涉及软件。严格地说, 这是一个关于调整的问题, 即相应于给定的被测量的值提供给定的指示值(见 3.2.13), 应小心以免将调整与校准混淆。所谓的自校准仪表只不过常常是将输出重新调整, 从而符合预设的校准曲线。如果确定校准图的宽度在测量过程中不发生改变, 这是非常有用的, 否则就是误导。

其后是对相关影响量及其范围(以及相关条件)的规定。关于如何规定此处应选择:

- a) 仅参考条件;
- b) 参考条件和额定工作条件;
- c) 仅额定工作条件。

选项取决于仪表的使用场合, 不确定度水平以及所分配的校准工作量(见 6.4 和 7.1)。如果选择 b), 应决定是以基本不确定度极限和改变量(见 6.4.2 和 6.4.3), 还是以基本不确定度极限和工作不确定度极限(见 6.4.4 和 6.4.5)来表示测量结果。当规定了工作不确定度极限而不是仅改变量时, 校准工作量(直接或依据以往经验推断)会更多, 因为必须表达多个改变量是如何互相合成的, 以及不确定度关于参考条件如何变化。

规定不确定度极限后, 还应规定限定条件(见 3.3.15 和 3.3.16)以及贮存和运输条件(见 3.3.17~3.3.19)。

进一步可能做的是规定性能特性, 这从校准图中是无法推导出的(本标准也未提及), 例如分辨率或瞬态操作下的响应特性。



参 考 文 献

- [1] IEC 60051(所有部分) 直接作用模拟指示电测量仪表及其附件
  - [2] IEC 60068(所有部分) 环境试验
  - [3] IEC 60529:1989 外壳防护等级(IP 代码)
  - [4] IEC 60654(所有部分) 工业过程测量和控制设备 工作条件
  - [5] IEC 60721-3-0:1984 环境条件分级 第3部分:环境参数组及其严酷度的分级 导言
  - [6] IEC 60851-5 绕组线 试验方法 第5部分:电气性能
  - [7] CIPM 推荐标准 INC-1(1980)
  - [8] CIPM 推荐标准 1(CI-1981)
  - [9] CIPM 推荐标准 1(CI-1986)
  - [10] ISO/IEC-VOC-MET:1993,计量学基本和通用国际词汇
  - [11] UNI 4546:1984,测量和测量结果 基本术语和定义
-



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
电工和电子测量设备性能表示  
GB/T 6592—2010/IEC 60359:2001

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

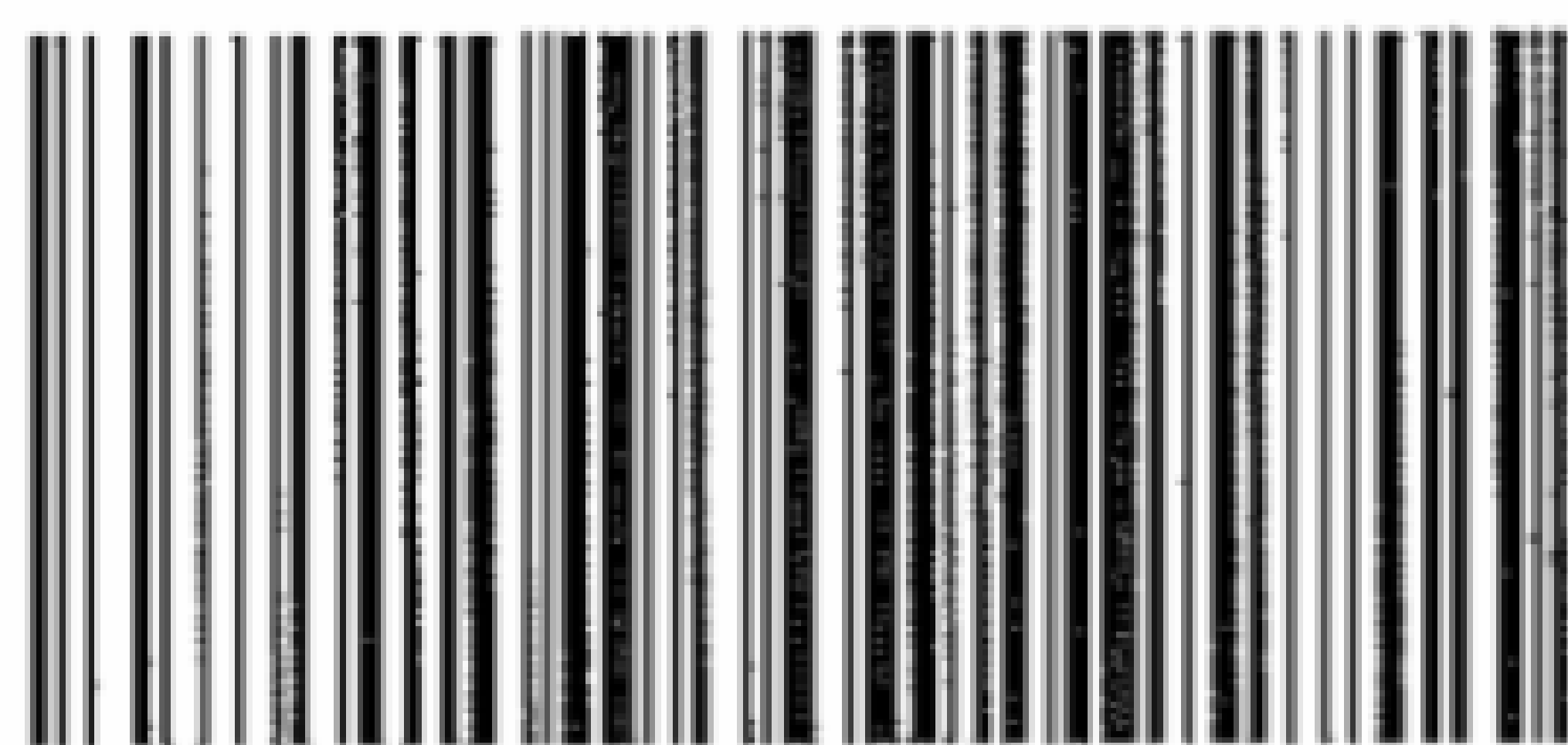
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 48 千字  
2011 年 11 月第一版 2011 年 11 月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-42294 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 6592-2010

[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网