



电力领域
测量不确定度
评定实例

DIANLI LINGYU CELIANG
BUQUEDINGDU PINGDING SHILI

施昌彦 主 编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

电力领域测量不确定度 评定实例

施昌彦 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电力领域测量不确定度评定实例/施昌彦主编. —北京:中国计量出版社,2010.6
ISBN 978-7-5026-3077-5

I. ①电… II. ①施… III. ①电力系统—测量—不确定度—评价 IV. ①TM711

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 095123 号

内 容 提 要

本书分上、下篇。上篇介绍了与测量不确定度有关的术语及评定方法。下篇是电力领域的电气、电磁兼容、热动力、金属及无损检测、化学等专业和校准的 117 个测量不确定度评定实例。

本书具有较强的可操作性和借鉴性,易学、易懂、易会、易用,可供电力领域中从事检测、校准、计量、检定、科研等工作的人员学习、参考使用。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

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

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 37 字数 899 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000

定价: 108.00 元

本书编委会名单

主 编： 施昌彦

副主编： 王 杨 田云峰 陈成仁 杨敬仁 莫 逆

委 员： (按姓氏笔画排序)

丁立萍	马 崇	王 焱	王玉莲	王永泉
王克强	王应高	王建伟	邓 春	卢 欣
白 恺	刘 绚	刘 晶	刘小琛	刘光磊
刘建屏	刘添天	孙丽燕	纪锦超	李 毅
李 霞	杨大伟	杨会芳	杨晓琳	吴毓玮
何 伟	何 虹	宋 楠	宋雨虹	张 滢
张志刚	张利燕	张淑清	陈 恪	陈英涛
陈明华	陈岳舟	陈韶瑜	范春辉	范翠文
周 晖	郑朝晖	赵 婷	赵 静	郝向中
顾融融	钱青峰	徐占河	郭江龙	郭军科
黄 莺	黄耀环	龚丽华	董 旭	蒋 鑫
锁 娟	鲁观娜	谢丽芳	虞惠霞	蔡 维
蔡文河	臧景茹	熊 健	颜晓燕	

前 言

电力领域中某些技术决策往往建立在测量结果的基础上，而测量结果的质量（品质）或可信性实际上取决于测量不确定度。例如，电能表和互感器的检定结果可用于判定其是否符合特定规范或法定限量，进而判定可否用于贸易结算；蒸汽锅炉水位、压力、温度的测量结果涉及电力系统的安全生产；汽轮机热耗率性能的测量结果涉及环保和节能；当火力发电厂将煤化学成分测量结果作为进厂煤的定价依据时，至关重要的是要了解结果的可信性。换言之，必须知道这些测量结果在多大程度上是可信、可比、可靠的。

为了使电力领域的相关测量人员深入理解并定量回答这些问题，华北电力科学研究院、河北省电力研究院、天津市电力科学研究院会同中国计量科学研究院策划并组织编写了《电力领域测量不确定度评定实例》一书。鉴于电力领域的测量具有多学科、多专业等特点，邀请了在计量测试和测量不确定度评定方面具有相当理论知识和丰富实践经验的专家组成本书编委会。编委会对全书章节的安排以及各专业测量不确定度的选题，确定了三条编写原则：

(1) 在七个国际组织制定的 Guide to Expression of Uncertainty in Measurement (GUM): 1995 即我国 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》的框架下，引用最新 ISO/IEC Guide 99: 2007 International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms (《国际计量学词汇—基本和通用概念及相关术语》) 中的定义和概念。

(2) 在评定测量不确定度时，注意以深入浅出的方式对其基本理念进行阐述，力图使具有高中或中专以上学历并具有一定从业经验的测量人员，能对本专业大部分规范化常规测量从计量学和统计学角度有效地评定其不确定度，至少能读懂和理解相关不确定度评定报告。

(3) 所举实例尽可能涵盖电力领域所有专业，并尽可能包含各专业典型检测/校准参数的测量结果的不确定度评定案例。

本书分上下两篇。上篇为测量不确定度评定概论，下篇为电气、电磁兼容、热能动力、金属材料及无损检测、化学和校准等六个方面的 117 个实例，旨在为电力领域相关实验室评定测量不确定度提供参考和指导。

上篇由中国计量科学研究院研究员、哈尔滨工业大学兼职博士生导师陈成仁编写。第一章简要介绍测量不确定度评定的发展及最新动态，涉及测量结果、测量误差、测量不确定度、包含区间、包含概率等概念及其进展，第二章至第八章描述测量不确定度评定基础。其中，第三章对 A 类评定方法用于确定重复性引入的不确定度分量的物理意义作了说明。鉴于仪器不确定度引入的分量是不确定度重要来源之一，第四章介绍了仪器

检定/校准结果的使用。第五章重点描述用简易方法合成不确定度分量，同时介绍几种相关性的处理技巧。

下篇主要由华北电力科学研究院、河北省电力研究院和天津市电力科学研究院的相关专家编写。第九章给出了25个电气测量不确定度评定实例；第十章给出了4个电磁兼容测量不确定度评定实例；第十一章给出了5个热动力测量不确定度评定实例；第十二章给出了12个金属及无损检测测量不确定度评定实例；第十三章给出了39个化学测量不确定度评定实例；第十四章给出了32个校准领域测量不确定度评定实例。

本书最后还给出了五个附录。其中，附录二“2007年相对原子质量表”为2009年发布的最新数据；在2010年，第112号元素被更名为Cn (Copernicium) (见 Pure Appl. Chem. 2010, 82, 753—755)。

值得指出的是，评定时要求测量人员尽量全面分析不确定度的所有可能来源并对其进行预估。这种预估包括测量模型、模型中各量相联系的不确定度分量、概率分布、自由度以及包含因子等。显然对不确定度详尽评定所需的付出，要与被测对象的复杂程度和重要性相适应。实际上，合成不确定度的数值往往取决于其中最重要的来源即优势分量。考虑到对初学者的提示和启发，在有些评定实例中保留了可以忽略不计的分量的评定，对于熟练的评定人员则可以简化。

对于规范化常规测量指定的方法（即技术标准/规范/规程中规定的方法），实验室在完成不确定度评定并经质控数据验证，该评定值即可用于该室以后使用该法所得的实际测量结果中。只要测量过程处于统计控制状态，平时就不需要再作评定；若测量过程本身或所用设备发生变化，则需要重新审查不确定度评定结果，并将此作为评定再确认的一部分。为了评价不确定度评定的有效性，尚需对其进行验证，但这已超出本书范围。需要强调的是，实验室在建立测量不确定度评定程序的同时，应建立测量结果的质量保证或质控程序。相关文件可参考JJF 1033—2008《计量标准考核规范》以及CNAS-RL02《能力验证规则》、CNAS-GL02《能力验证结果的统计处理和能力评价指南》等。

本书在编写与审阅过程中得到了黑龙江省计量检定测试院、湖南省计量检测研究院、江西省计量测试研究院、福建省计量科学研究院、浙江省计量科学研究院等诸多实验室的帮助，中国合格评定国家认可委员会曹实处长、原中国计量科学研究院王永泉副院长、台湾工业技术院量测中心陈岳舟先生、中国计量出版社李素琴女士等提出了许多宝贵的意见，华北电力科学研究院张淑清女士做了很多细致的组织整理工作，在此深表谢意。鉴于电力领域的测量涉及多种学科和专业，加上时间仓促，评定实例的取舍和评定的差错在所难免，欢迎读者和测量界的同仁批评指正。

编者

2010年8月

目 录

上篇 测量不确定度评定概论

第一章 概述	3
第一节 测量不确定度发展简介.....	3
第二节 测量不确定度评定有关术语.....	6
第三节 检测结果的符合性判别	34
第二章 不确定度评定的数学模型和评定步骤	36
第一节 测量过程的数学模型的建立	36
第二节 测量不确定度传播律	40
第三节 测量不确定度评定步骤	40
第三章 标准不确定度的 A 类评定	43
第一节 数字集合的基本统计学	43
第二节 标准不确定度 A 类评定的基本方法	44
第三节 标准不确定度 A 类评定的其他方法	48
第四节 标准不确定度 A 类评定的自由度	51
第五节 组合类似影响因素进行 A 类评定	51
第六节 A 类评定流程图	52
第四章 标准不确定度的 B 类评定	53
第一节 标准不确定度 B 类评定的通用计算公式及信息来源	53
第二节 标准不确定度 B 类评定方法	53
第三节 标准不确定度 B 类评定中如何使用检定证书和校准证书	61
第四节 标准不确定度 B 类评定的自由度及评定流程	67
第五章 合成标准不确定度的评定	70
第一节 输入量不相关时标准不确定度的合成	70
第二节 输入量相关时标准不确定度的合成	75
第三节 合成标准不确定度的自由度和评定流程	81
第六章 扩展不确定度的评定	84
第一节 输出量的分布特征	84
第二节 扩展不确定度的含义	84
第三节 包含因子的选择	85
第四节 扩展不确定度评定流程	87

第七章 测量不确定度的报告与表示	88
第一节 测量结果及其不确定度的报告	88
第二节 测量不确定度的报告方式	89
第三节 测量结果及其测量不确定度的有效位	91
第四节 列表给出各不确定度分量评定的预估	92
第五节 测量不确定度评定总流程	94
第八章 直线回归分析及其测量不确定度评定	97
第一节 一元线性回归分析	97
第二节 回归直线的方差分析及显著性检验	100
第三节 对 X 的直线回归的斜率 b 和截距 a 的不确定度评定	103
第四节 由标准曲线求得的分析结果的不确定度评定	104
第五节 对 Y 的直线回归方程和不确定度评定	106
第六节 评定举例	108

下篇 评定实例

第九章 电气	115
一、电力电缆导体直流电阻测量不确定度的评定	115
二、断路器导电回路电阻测量不确定度的评定	118
三、断路器分(合)闸时间测量不确定度的评定	121
四、电力电缆绝缘电阻测量不确定度的评定	123
五、绝缘油介质损耗因数 $\tan\delta(90^\circ\text{C})$ 测量不确定度的评定	125
六、氧化锌避雷器直流 1mA 电压测量不确定度的评定	128
七、电流互感器绕组连同套管介质损耗因数 $\tan\delta$ 测量不确定度的评定	130
八、电力电缆绝缘厚度测量不确定度的评定	133
九、发电机定子绕组端部手包绝缘测量不确定度的评定	135
十、高压输电线路正序阻抗测量的不确定度的评定	138
十一、发电厂接地装置工频接地阻抗测量不确定度评定	142
十二、直流高压发生器电压测量不确定度的评定	145
十三、高压断路器交流耐压试验测量不确定度的评定	148
十四、配电变压器负载损耗测量不确定度的评定	150
十五、单相电源法测量变压器空载损耗不确定度的评定	154
十六、使用电磁式电压互感器(PT)+指针式电压表进行交流电压测量 不确定度的评定	158
十七、使用电流互感器(CT)+指针式电流表进行电流测量不确定度的评定	161
十八、阻抗测量中不确定度的评定	164

十九、使用分压器+数字式电压表进行电压测量不确定度的评定	169
二十、高压大厅 1000kV 工频电压测量系统的不确定度评定	172
二十一、氧化锌避雷器阻性电流测试仪测量不确定度评定	175
二十二、电能质量分析仪三相电压不平衡度检测不确定度的评定	180
二十三、电能质量分析仪谐波电压检测不确定度的评定	183
二十四、电能质量分析仪谐波电流检测不确定度的评定	186
二十五、电能质量分析仪电压闪变检测不确定度的评定	188
第十章 电磁兼容	192
一、浪涌(冲击)抗扰度测试不确定度的评定	192
二、电快速瞬变脉冲群抗扰度测试不确定度的评定	199
三、射频场感应传导骚扰抗扰度测试不确定度	202
四、静电放电抗扰度测试测量不确定度的评定	206
第十一章 热动力	213
一、电站汽轮机性能检测测量不确定度的评定	213
二、旋转机械轴承振动位移测量不确定度的评定	227
三、瞬时最高转速测量不确定度的评定	229
四、电站固定排渣煤粉锅炉热效率测量不确定度评定	231
五、泵效率测量不确定度的评定	259
第十二章 金属及无损检测	266
一、金属材料抗拉强度 R_m 测量结果的不确定度评定	266
二、金属材料断后伸长率 A 测量结果的不确定度评定	270
三、里氏硬度测量不确定度评定	273
四、布氏硬度测量不确定度评定	275
五、金属材料缺陷尺寸 X 射线检测不确定度评定	277
六、金属材料冲击功检测不确定度评定	279
七、金属材料缺陷长度磁粉检测不确定度评定	281
八、金属材料光谱检测不确定度评定	284
九、金属材料缺陷长度渗透检测不确定度评定	286
十、钢管厚度测量的不确定度评定	288
十一、金属材料超声波缺陷检测的不确定度评定	291
十二、 $\phi 12\text{mm}$ 热轧带肋钢筋抗拉强度测量不确定度评定	293
第十三章 化学	297
一、气相色谱法测定绝缘油溶解气体含量不确定度的评定	297
二、气相色谱法测定六氟化硫气体中空气含量不确定度的评定	301
三、离子色谱法测定火电厂水质中氯离子含量不确定度的评定	305
四、六氟化硫气体中可水解氟化物含量测量不确定度的评定	310
五、六氟化硫气体中矿物油含量测量不确定度的评定	316

六、六氟化硫气体酸度测量不确定度的评定	320
七、变压器油中水分含量测定不确定度的评定	325
八、石油产品酸值含量测量不确定度的评定	329
九、石油产品闭口闪点测定的测量不确定度评定	335
十、石油产品开口闪点测定的测量不确定度评定	338
十一、石油产品油对水界面张力测定的不确定度评定	340
十二、绝缘油电阻率测定的不确定度评定	343
十三、石油产品运动黏度测量的不确定度评定	345
十四、运行中汽轮机油破乳化度测定的不确定度评定	348
十五、润滑油空气释放值检测结果的不确定度评定	351
十六、润滑油泡沫特性测定的不确定度评定	354
十七、石油倾点测定的不确定度评定	357
十八、绝缘油介电强度测量的不确定度评定	359
十九、液体绝缘材料介质损耗因数测量的不确定度评定	362
二十、氢氟酸转化法测定低含量硅的不确定度评定	364
二十一、分光光度计测定高含量硅不确定度的评定	371
二十二、硅酸根分析仪测定硅含量不确定度的评定	378
二十三、离子交换树脂湿视密度测定的不确定度评定	383
二十四、离子交换树脂含水量测定的不确定度评定	387
二十五、离子交换树脂强型基团容量测定的不确定度评定	391
二十六、离子交换树脂渗磨圆球率测定的不确定度评定	398
二十七、离子交换树脂磨后圆球率测定的不确定度评定	402
二十八、离子交换树脂湿真密度测定的不确定度评定	405
二十九、煤中全水分检测的不确定度评定	410
三十、煤中全硫测定的不确定度评定	415
三十一、阻垢缓蚀剂固含量测定的不确定度评定	419
三十二、煤的灰分检测不确定度评定	423
三十三、煤的挥发分检测的不确定度评定	428
三十四、X 射线荧光测定煤灰成分测量不确定度评定	432
三十五、煤中发热量检测的测量不确定度评定	436
三十六、离子色谱法测定水中硫酸根离子的不确定度评定	442
三十七、原子吸收分光光度法测量水中铜的不确定度评定	447
三十八、油中颗粒污染度测定的测量不确定度评定	453
三十九、变压器油、汽轮机油水溶性酸测定的不确定度评定	456
第十四章 校准	460
一、直流数字电压表示值误差测量不确定度的评定	460
二、0.05 级三相电能表检定装置基本误差测量不确定度的评定	462
三、0.05 级电流互感器示值误差的测量不确定度的评定	467
四、0.5 级电压变送器输出值示值误差测量不确定度的评定	471

五、绝缘电阻表示值误差的测量不确定度的评定	474
六、0.05 级压力变送器输出值示值误差的测量不确定度评定	476
七、0.4 级精密压力表示值误差测量不确定度的评定	479
八、高压电容电桥测量不确定度的评定	482
九、高压静电电压表示值误差测量不确定度的评定	486
十、高压标准电容器示值误差测量不确定度评定	490
十一、数字式绝缘电阻表示值误差的测量不确定度评定	495
十二、接地电阻表示值误差测量不确定度的评定	497
十三、直流标准电压源电压示值误差的测量不确定度的评定	499
十四、交流标准电流源电流测量不确定度的评定	502
十五、直流数字电流表示值误差测量不确定度的评定	504
十六、交流数字电压表示值误差测量不确定度的评定	507
十七、直流标准电阻阻值的测量不确定度评定	509
十八、单、三相电子式电能表电能示值相对误差测量不确定度的评定	513
十九、电流比较仪误差测量结果不确定度的评定	516
二十、指针式交流电流表示值误差的测量不确定度的评定	521
二十一、指针式交流功率表示值误差的测量不确定度的评定	524
二十二、工频频率计示值误差测量不确定度的评定	527
二十三、直流电阻箱阻值测量不确定度的评定	529
二十四、直流高阻箱阻值测量不确定度的评定	535
二十五、二等标准铂电阻温度计校准结果不确定度的评定	540
二十六、二等标准水银温度计示值修正值测量不确定度的评定	545
二十七、0.5 级转速表示值误差测量不确定度的评定	549
二十八、振动位移传感器动态参考灵敏度测量不确定度的评定	551
二十九、0.25 级弹簧管式精密压力表测量结果不确定度的评定	554
三十、二等标准活塞式压力计活塞有效面积测量不确定度的评定	557
三十一、二等标准铂铑 10-铂热电偶热电动势测量不确定度的评定	560
三十二、0.05 级数字压力计示值误差测量不确定度评定	563
附录	566
附录一 t 分布临界值 $t_p(\nu)$ 表	566
附录二 2007 年相对原子质量表	567
附录三 容量计量器具允许误差	572
附录四 微分基本运算	574
附录五 有关量的符号汇总	576
主要参考文献	580

上篇

测量不确定度评定概论

第一章 概 述

第一节 测量不确定度发展简介

1. 测量不确定度的提出和 GUM 的发布

1963年,原美国国家标准局(NBS)[现美国标准和技术研究院(NIST)]的数理统计学者埃森哈特(Eisenhart)在《仪器校准系统精密度和准确度评定》中明确提出了测量不确定度的概念。随后,不确定度这个术语逐渐在计量测试领域被广泛应用,但不同行业以及不同国家和地区的表达方法各不相同。

1978年,考虑到测量不确定度的评定和表示在国际上缺乏一致性,世界计量最高权威组织——国际计量委员会(CIPM)认识到,评定和表示测量不确定度的方法在全世界的统一,是不可避免的,必将促进在不同国家和地区,以及在不同实验室进行的测量可以相互比较。CIPM认为需要有一个易于执行、容易理解、可广泛接受的表示测量结果质量,即评定与表示其不确定度的程序。因此,要求国际计量局(BIPM)讨论并提出如何规范测量不确定度评定的建议。

1980年,BIPM准备了一个测量不确定度评定与表示的征求意见稿,并分发到32个国家计量院(包括中国计量科学研究院)和5个国际组织。同年BIPM提出实验不确定度评定建议书INC-1(1980)。

1981年,第70届CIPM肯定并讨论通过了INC-1(1980),发布了CIPM建议书CI-1981。该建议书向各国推荐了测量不确定度评定和表示的原则,并要求在CIPM及其各咨询委员会参与的国际比对和其他工作中,在给出测量结果时必须同时给出测量不确定度。

1986年,鉴于测量不确定度不仅用于计量领域,同时也用于一切测量领域,BIPM再次肯定建议书INC-1(1980)和建议书CI-1981,接着提出了不确定度表示建议书CI-1986,要求ISO(国际标准化组织)、IEC(国际电工委员会)、BIPM(国际计量局)、OIML(国际法制计量组织)、IUPAC(国际理论与应用化学联合会)、IUPAP(国际理论与应用物理联合会)和IFCC(国际临床化学联合会)7个国际组织成立专门工作组,起草测量不确定度评定指导性文件。

建议书INC-1(1980)认为,测量不确定度的评定与表示的理想方法是:

——适用范围广泛。方法可以用于各种测量,以及测量中所用各类输入数据。

——用来表示不确定度的实际量在评定方法中应是一致的。它应直接从影响它的分量导出,且与这些分量如何分类无关。

——用来表示不确定度的实际量应是可传递的。当前一结果在另一测量中使用时,它可直接使用前一结果评定的不确定度作为另一测量不确定度的分量。

而且,在许多工业和商业应用中,以及在健康和领域,经常需要提供处理结果的区间,合理赋予被测量的值的分布的大部分,可望含于其中。特别是,使其以实际途径相应于所需包含概率或置信水准的区间。

1993年,ISO第4技术咨询工作组(TAG 4)中的测量不确定度表示工作组(WG3)以7个国际组织的名义发布了《测量不确定度表示指南》(Guide to Expression of Uncertainty in Measurement, 1993,简称GUM),1995年又作了订正和重印。GUM规定的方法满足以上所有要求,并满足建议书INC-1(1980)规定的不确定度评定的以下原则:

(1) 测量结果的不确定度一般包含若干分量,按其数值评定的方法,这些分量可归入两类:

(a) A类,用统计方法计算的那些分量;

(b) B类,用其他方法计算的那些分量。

A类和B类与以前用的“偶然”和“系统”不确定度不一定存在简单的对应关系,“系统不确定度”这个术语可能引起误解,应当避免使用。

任何详细的不确定度报告应该有各类分量的完整清单,每个分量应详细说明其数值获得的方法。

(2) A类分量用估计方差 s_i^2 (或估计标准偏差 s_i)、自由度 ν_i 表征。

(3) B类分量用方差 u_i^2 表征,可以认为 u_i^2 是假设存在的相应方差的近似,像方差那样去处理 u_i^2 ,并像标准偏差那样去处理 u_i 。必要时,用相应的方法去处理协方差。

(4) 用对方差合成的通用方法,可以得到表征合成标准不确定度的数值。应以“标准偏差”形式表示合成标准不确定度及其分量。

(5) 对待特殊用途,若将合成标准不确定度乘以一个因子以获得总不确定度时,必须说明此因子的数值。

GUM的目的是强调如何给出测量不确定度评定的完整信息,并提供测量结果国际相互比较的基础。所以,GUM对测量不确定度的术语、概念、包括不确定度合成的评定方法、测量结果及其不确定度报告的表示方法等,作出了明确的规定。

1993年,与GUM相呼应,为使不确定度表示的术语和概念相一致,发布了新版《国际通用计量学基本术语》(International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, 1993,简称VIM),国际上也称作VIM-2(ISO, IEC, BIPM, OIML, IUPAC, IUPAP, IFCC等7个国际组织先后于1978年、1984年联合发布了VIM)。在1993年VIM中,对测量不确定度有关的名词术语进行了修订。GUM和VIM-2的发布使不同测量领域、不同国家和地区在评定和表示测量不确定度时具有相同的含义。

2. 一些国际组织和国家的测量不确定度评定规范

GUM发布之后,一些国家计量院根据GUM给出的评定和表示测量不确定度的通用规则,先后制定并发布了相应的测量不确定度评定的规范性指南。而一些专业学科的国际组织则根据GUM的通用原则结合其具体测量领域的专门问题,制定了相应的不确定度评定指南。这些指导性文件包括:

1993年,美国标准和技术研究院(NIST)发布第1版《NIST测量结果不确定度评定和表示指南》,1994年进行了修改和补充(NIST Technical Note 1297, 1994)。

1995年,欧洲分析化学中心(EURACHEM)发布EURACHEM Guide即《分析化学测量不确定度评定指南》(Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement)。1997年, EURACHEM与分析化学国际溯源性合作组织(CITAC)协商,邀请国际原子能机构(IAEA),

欧洲认可组织(EA)和美国官方分析化学家协会(AOAC)的代表(来自美、英、德、中、日和澳大利亚的专家)组成工作组,共同讨论、修改 EURACHEM Guide,并于 2000 年作为国际性指南文件(EURACHEN/CITAC Guide)发布,使其成为全球分析化学测量不确定度评定指南。

1999 年,EA 发布了 EA-4/02《校准中测量不确定度评定》(Expression of Uncertainty in Measurement in Calibration)。

2002 年,国际电工委员会(IEC)国际无线电干扰特别委员会(CISPR)发布 CISPR 16-4 (First edition 2002-05)《电磁干扰(EMC)测量中不确定度评定指南》(Guidance on Evaluating the Uncertainty in Electromagnetic Interference Measurement)。该指南给出了 EMC 检测中不确定度评定的计算公式,其附录 A 提供了为确定测量设备引起的各测量不确定度分量而需要的有关数据信息,规定了测量不确定度主要来源的值的极限值。为需考虑所使用的仪器引入的不确定度对测量结果或符合性判断结论的影响提供了指南。

2003 年,EA 发布了 EA-4/16《定量检测中测量不确定度表示指南》(EA Guidelines on the Evaluating the Uncertainty in Quantitative Testing)。

3. 我国的测量不确定度评定规范

1996 年,中国计量科学研究院制定了《测量不确定度规范》。

1998 年,发布 JJF 1001—1998《通用计量术语和定义》(其内容在 VIM 的基础上补充了与法制计量有关的术语和定义)。

1999 年,发布 JJF 1059—1999《测量不确定度评定和表示》。其基本概念、评定和表示方法与 GUM 一致,但是没有包括 GUM 中建议书 INC—1980 的内容和 6 个不确定度评定实例。JJF 1059 和 JJF 1001 构成了我国测量不确定度评定的基础。

2005 年,参照 EURACHEN/CITAC Guide,发布 JJF 1135—2005《化学分析测量不确定度评定》。

1999 年以来,中国合格评定国家认可委员会(CNAS)发布了一系列测量不确定度评定规范文件或指南文件,包括 CNAS-CL07《测量不确定度评估和报告通用要求》、CNAS-GL05《测量不确定度要求的实施指南》、CNAS-GL06《化学领域不确定度指南》(等同采用 EURACHEN/CITAC Guide)、CNAS-GL07《电磁干扰测量中不确定度的评定指南》(等同采用 CISPR 16-4)、CNA S-GL08《校准领域不确定度的评估指南》(等同采用 EA-4/02)等。这些指南或规范文件构成了我国实验室认可中测量不确定度评定的框架。

4. 测量不确定度最新动态

随着国际上合格评定工作的发展,测量不确定度评定不仅应用于物理学、化学、实验室医学、生物学、工程技术测量领域,而且还应用于诸如生物化学、食品科学、司法科学和分子生物学等测量领域。因此急需对 VIM-2 进行修订,以涵盖各测量领域的名词术语。

1997 年,由起草《测量不确定度表示指南》(GUM)和《国际通用计量学基本术语》(VIM)最初版本的 7 个国际组织组成了计量导则联合委员会(JCGM),由 BIPM 局长担任主席。该联合委员会主持过 ISO 第 4 技术咨询工作组(TAG 4)的工作,最初由 BIPM,IEC,IFCC,ISO,IUPAC,IUPAP 和 OIML 的代表组成,2005 年,国际实验室认可合作组织(ILAC)作为成员参与其工作。JCGM 有两个工作组:第 1 工作组(JCGM/WG1)名为“测量不确定度表示工作组”,任务是推广应用及补充完善 GUM;第 2 工作组(JCGM/WG2)名为“VIM 工作组”,任务

是修订 VIM 及其推广应用。

2004 年, JCGM/WG2 向 JCGM 代表的 8 个组织提交了 VIM 第 3 版的初稿意见和建议, VIM-3 最终稿 2006 年提交 8 个组织批准, 于 2007 年发布, 并将《国际通用计量学基本术语》更名为 ISO/IEC GUIDE 99: 2007《国际计量学词汇 基本和通用概念及相关术语》[International Vocabulary of Metrology-Basic and General Concepts and Associated Terms (VIN)]。VIM-3 首次将化学和实验室医学测量包含进来, 同时还加入了一些其他概念, 诸如将涉及计量溯源性、测量不确定度、名词属性[一般来自“质量管理的测量”, 诸如校准(calibration)、检定(verification)、确认(validation)、计量可比性(metrological comparability)、计量兼容性(metrological compatibility)]等的补充概念纳入进来。

2007 年, WG1 向 JCGM 提交了 4 个测量不确定度表示指南补充材料的讨论稿。已正式发布的补充材料 1 为《分布传播的蒙特卡罗方法》(ISO/IEC GUIDE 98-3 Supplement 1-2008: Propagation of distributions using a Monte Carlo method)。蒙特卡罗方法亦称为随机模拟(random simulation)方法, 有时也称为随机抽样(random sampling)技术或统计试验(statistical testing)方法。其基本思想是: 为了求解数学、物理、工程技术以及生产管理等方面的问题, 首先建立一个所求参数的概率模型或随机过程, 然后通过抽样试验来计算所求参数的统计特征。对于不确定度这样具有概率分布概念的统计量, 运用蒙特卡罗这种统计试验方法来求解合成不确定度是非常适宜的。

2008 年, JCGM/WG1 将 1995 版 GUM 提交给 JCGM, 以 ISO, IEC, BIPM, OIML, IUPAC, IUPAP, IFCC 和 ILAC 等 8 个国际组织的名义发布, 并命名为 ISO/IEC GUIDE 98-3: 2008《测量不确定度 第 3 部分: 测量不确定度表示指南》[Uncertainty of measurement Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement(GUM: 1995)]。

国际上一系列不确定度评定标准和 ISO/IEC GUIDE 99: 2007 的发布, 将使不同测量领域、不同国家和地区在评定和表示测量不确定度时, 更为规范并更具可比性。

第二节 测量不确定度评定有关术语

除非另有说明, 本章所用术语及其定义译自 ISO/IEC GUIDE 99: 2007《International vocabulary of metrology-Basic and general concepts and associated terms(VIM)》(《国际计量学基本和通用术语(第 3 版)》)。

一、量和单位

1. 量 quantity

可用一个数和一个参照对象表示大小的现象、物体或物质的属性。

【注 1】量可指一般概念的量或特定量, 如表 1.1 所示。

【注 2】参照对象可以是一个测量单位、测量程序、标准物质或它们的组合。

【注 3】量的符号见 ISO 80000 和 IEC 80000 系列标准《量和单位》, 量的符号用斜体表示。一个给定的符号可表示不同的量。

【注 4】在医学实验室中特定量的名称按照 IUPAC/IFCC 规定的格式为“系统—成分; 量的种类”。【例】血浆(血液)—钠离子; 对特定的人在特定的时间内的物质的量浓度等于 143mmol/L。