

食品分析质量保证 与实验室认可

王叔淳 主编



化学工业出版社

食品分析质量保证与实验室认可

王叔淳 主编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

食品分析质量保证与实验室认可/王叔淳主编. —北京:
化学工业出版社, 2003. 12
ISBN 7-5025-4973-0

I. 食… II. 王… III. 数理统计-应用-食品分析
IV. TS207.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 117536 号

食品分析质量保证与实验室认可

王叔淳 主编

责任编辑: 谢丰毅

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 35½ 字数 883 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4973-0/TS·137

定 价: 80.00 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

主 编 王叔淳

副主编 辛显桐 王栩冬 包景岭

主要编写人员 (以姓氏笔画为序)

马宝珠	马晓川	王双娜	王叔淳	王剑坤	王栩冬
王荫国	支秀珍	石 芳	乔 伟	刘家常	刘继宏
齐家乐	江 岩	孙克江	杜培荣	李 晶	李小峰
李铁铮	吴少华	宋怀德	张春燕	张铁男	陈慧芳
罗啸彤	周 磊	孟朝晖	赵 斌	秦 健	夏葆良
顾丽敏	徐 涛	徐利民	高明霞	郭 宏	郭玉明
渠志华	蔡志强	魏 威			

审 校 吴 荣 刘 震 王晓宇

前 言

我国加入世贸组织后，国际贸易及国际市场领域的使用者们，迫切希望实验室能为商品的性能及质量提供准确、可靠的检测数据，并希望得到国际或地区相互承认。作为疾病预防控制系统的实验室是否有能力向国内，并超越国家的界限向区域和世界范围出具高质量的检测报告，已成为实验室能否适应市场需求的核⼼问题。而解决这一核⼼问题的唯一途径就是要求分析化学实验室采取质量保证措施，以保证有能力提供符合质量要求的数据。这些措施包括：建立质量保证体系，有效的检测方法，实施规定的分析质量控制程序，参加能力验证比对，依据 CNACL 201—2001《实验室认可准则》通过国家实验室认可。

《食品分析质量保证与实验室认可》一书的编写出版，就是考虑到上述需求，依据实验室管理的有关规则、规范，参考了国内外相关资料，并结合多年来实验室质量管理工作经验以及参加国家实验室认可活动的经验编写了本书，以期完善食品分析检验学科的内容，供广大读者在开展食品分析质量保证和国家实验室认可活动中参考使用。全书内容共分三部分：第一部分——食品分析数理统计。依据 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》、EURACHEM 与 CITAC 联合发布的《分析化学测量不确定度指南》等资料，阐述了目前国际上通用的测量不确定度基础知识及其在食品理化检验中的应用实例；通过实例阐述统计学方法如何对检测数据进行质量评价；并增加了计算机在食品分析统计上的应用。第二部分——食品分析质量保证。从实验室质量体系、工作条件的质量控制、分析仪器的检定、分析方法的质量评价和分析质量的监控与评价等方面进行介绍。第三部分——国家实验室认可。依据 GB/T 15481—2000《检测和校准实验室能力的通用要求》和 CNACL 201—2001《实验室认可准则》，介绍了实验室认可的国际发展概况和我国实验室认可体系的现状，结合疾病预防控制系统的工作实际阐述了对实验室认可准则的理解和应用，并总结参加实验室认可活动的实践经验，提供了质量手册和程序性文件编写模式，供申请实验室认可的管理和检验人员参考。

本书编写过程中，力图将传统的数理统计学方法与食品分析检验的具体实践相结合，突出理论与实际应用相结合，从而使本书既有一定的科学性和理论性，又具有较强的实用性和可操作性。

本书的编写，参考和引用了《中国实验室注册评审员培训教程》、《测量不

确定度评定与表示指南》、《测量不确定度“1993 国际指南”应用实例》及其他有关书籍中的法规、标准、规范、指南中的部分资料，其中主要的已列于书后的“主要参考文献”，在此对这些资料的提供者一并致谢。

作者衷心感谢所有关心、指导和帮助本书编写的领导、专家和朋友，衷心感谢化学工业出版社的领导和参加本书工作的编辑们。希望本书对实验室的管理者和检验人员提高实验室的检测质量有所帮助。

限于我们业务水平，书中一定有不少缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编者

2003 年 10 月

目 录

第一部分 食品分析数理统计

1 食品理化检验测量不确定度基础知识	1
1.1 正确表示测量不确定度的意义	1
1.2 测量不确定度的发展过程及动向	1
1.3 基本术语及其概念	3
1.4 测量不确定度的分类	9
1.5 产生测量不确定度的原因	10
1.6 数学模型和不确定度传播律	14
1.7 常规检测工作中不确定度的评定	16
1.7.1 不确定度的 A 类评定	16
1.7.2 不确定度的 B 类评定	22
1.7.3 合成标准不确定度的评定	26
1.7.4 扩展不确定度的评定	27
1.7.5 检测实验室的不确定度报告	29
1.7.6 检测实验室应用不确定度的规定	30
1.7.7 测量不确定度评定的总流程	31
1.8 测量不确定度在食品理化检验中的应用实例	31
1.8.1 密度测定中的应用	31
1.8.2 pH 计电计示值误差和示值总误差的测量不确定度	32
1.8.3 25mL 比色管容量示值误差的测量不确定度	36
1.8.4 紫外可见分光光度计的测量结果不确定度	40
1.8.5 原子吸收分光光度计的测量结果不确定度	45
1.8.6 原子吸收分光光度计检出限的测量不确定度	50
1.8.7 气相色谱仪测定溶液浓度的测量结果不确定度	54
1.8.8 直线回归计算及其不确定度评定	58
1.8.9 制备铜标准溶液不确定度的评估	60
1.8.10 硝酸银标准滴定溶液浓度不确定度的评估	65
1.8.11 水果中有机磷农药残留测定实验室研究的不确定度评定	70
1.8.12 不锈钢食具容器中镉含量测定不确定度评定	77
1.8.13 食品中粗纤维测定不确定度的评估	84
1.8.14 分光光度计法测定火腿肠中亚硝酸盐的不确定度评定	90
2 食品检验结果的数据处理	98
2.1 有效数字及整理规则	98
2.1.1 有效数字的概念	98

2.1.2	数字修约规则	98
2.1.3	数字运算规则	99
2.2	分析数据的取舍	100
2.2.1	可疑值、极端值和异常值	100
2.2.2	舍弃异常值的依据	100
2.2.3	可疑值检验的判别准则	101
2.2.4	可疑值检验的方法和应用	101
3	显著性检验法及其在食品检验中的应用	107
3.1	<i>t</i> 检验法	107
3.1.1	用已知组成的标样评价分析方法	107
3.1.2	两个平均值的比较	108
3.1.3	配对比较试验数据	109
3.2	<i>F</i> 检验法	111
4	回归分析及其在食品检验中的应用	112
4.1	直线回归方程式的求法及标准曲线的绘制	112
4.2	回归方程的检验——相关系数检验法	112
4.3	回归直线的精密度与置信区间	114
4.4	直线回归的计算	115
4.5	两条回归直线的比较	117
5	方差分析及其在食品检验中的应用	121
5.1	方差分析及其意义	121
5.2	单因素试验的方差分析	121
5.3	两因素交叉分组全面试验的方差分析	124
5.4	两因素系统分组全面试验的方差分析	130
5.5	回归方程的方差分析	133
6	极差在食品检验中的应用	136
6.1	引言	136
6.2	极差	136
6.3	估计标准差	136
6.4	判断异常值	138
6.5	比较平均值	139
6.6	检查方差的一致性	141
6.7	进行方差分析	142
7	试验设计在食品检验方法学研究中的应用	148
7.1	应用试验设计的意义	148
7.2	正交试验法	149
7.2.1	正交试验法及其特点	149
7.2.2	正交表的使用	150
7.2.3	正交试验的结果分析	150
7.3	拟水平法	155

7.4 均匀设计试验法	156
8 统计软件在理化分析中的应用简介	158
8.1 概述	158
8.2 t 检验	161
8.2.1 用已知标样评价分析方法	161
8.2.2 两组独立样本的 t 检验	163
8.2.3 配对 t 检验 (Paired-Samples t test)	165
8.3 单因素方差分析 (One Way ANOVA)	167
8.4 直线相关与回归分析 (Liner Regression)	169

第二部分 食品分析质量保证

9 实验室质量体系的建立与运行	174
9.1 质量管理方针	174
9.2 质量保证体系的设定与质量职能的分配	174
9.3 实验室工作管理	176
9.4 质量体系文件和运行	178
9.5 人员与培训	178
9.6 结果与评价	178
10 实验室工作条件的质量控制	179
10.1 实验室环境	179
10.2 实验室用水规格和试验方法	179
10.2.1 实验室用水的级别	180
10.2.2 实验室用水的技术要求	180
10.2.3 实验室用水的储存	181
10.2.4 实验室用水的试验方法	181
10.2.5 实验室用水的制备	183
10.3 化学试剂	184
10.3.1 试剂的等级和标志	184
10.3.2 化学试剂的保管	185
10.4 标准物质	188
10.4.1 标准物质的定义	188
10.4.2 标准物质的分类与分级	189
10.4.3 标准物质的特征	190
10.4.4 标准物质的作用	191
10.4.5 标准物质的正确使用	192
10.5 溶液	193
10.5.1 溶液质量	193
10.5.2 各种溶液的定义和浓度表示方法	193
10.5.3 标准滴定溶液的制备	196
10.6 仪器设备的管理与检定	219

10.7 常用分析仪器检定规程	220
10.7.1 分析天平的检定规程	220
10.7.2 常用玻璃量器检定规程 (JJG 196—1990)	224
10.7.3 实验室 pH (酸度) 计检定规程 (JJG 119—1984)	247
10.7.4 自动旋光仪及自动旋光糖量计检定规程 (JJG 675—1990)	256
10.7.5 毛细管法熔点测定仪检定规程 (JJG 701—1990)	264
10.7.6 滤光光电比色计检定规程 (JJG 179—1990)	271
10.7.7 可见分光光度计检定规程 (JJG 178—1989)	280
10.7.8 单光束紫外可见分光光度计检定规程 (JJG 375—1985)	286
10.7.9 双光束紫外可见分光光度计检定规程 (JJG 682—1990)	294
10.7.10 紫外、可见、近红外分光光度计检定规程 (JJG 689—1990)	302
10.7.11 荧光分光光度计试行检定规程 (JJG 537—1988)	311
10.7.12 冷原子吸收测汞仪检定规程 (JJG 679—1990)	321
10.7.13 原子吸收分光光度计检定规程 (JJG 694—1990)	326
10.7.14 气相色谱仪检定规程 (JJG 700—1990)	333
10.7.15 液相色谱仪检定规程 (JJG 705—1990)	341
11 分析方法的质量评价	353
11.1 灵敏度 (sensitivity)	353
11.2 检出限 (limit of detection 或 minimum detectability)	353
11.3 精密度 (precision)	355
11.4 准确度 (accuracy)	356
11.5 费用与效益	358
12 检验新技术、新方法的研究和引用	359
12.1 新技术、新方法的验证与引用	359
12.1.1 目的	359
12.1.2 验证内容和方法	359
12.1.3 结果与评价	361
12.2 新技术、新方法的研究和建立	361
12.2.1 目的	361
12.2.2 内容和方法	361
12.2.3 结果与评价	363
13 分析质量的监控与评价	364
13.1 分析误差	364
13.1.1 系统误差	364
13.1.2 随机误差	366
13.1.3 过失误差	366
13.2 实验室质量控制	366
13.2.1 实验室内质量控制	366
13.2.2 实验室间质量控制	379
13.2.3 实验室间分析质量评价	379

第三部分 国家实验室认可

14 实验室认可概述	391
14.1 什么是实验室认可.....	391
14.2 实验室认可的目的和意义.....	391
14.3 实验室认可的国际发展概况.....	391
14.4 我国实验室认可体系.....	392
14.4.1 我国实验室认可的基本原则.....	392
14.4.2 我国的实验室认可体系.....	393
14.4.3 实验室认可、计量认证和质检机构审查认可的异同.....	395
14.5 实施实验室认可的过程.....	396
15 质量体系和质量体系文件	403
15.1 质量体系.....	403
15.2 质量体系文件.....	403
15.2.1 质量体系文件的概念.....	403
15.2.2 质量体系文件的构成.....	403
15.2.3 质量体系文件的特性.....	405
15.2.4 质量体系文件的作用.....	405
15.3 质量体系文件的编制原则和编写要求.....	405
15.3.1 质量手册的编制.....	406
15.3.2 程序文件的编制.....	408
15.3.3 作业指导书的编制.....	410
15.3.4 质量记录的编制.....	410
16 实验室认可准则的理解及其应用	412
16.1 组织.....	412
16.2 质量体系.....	416
16.3 文件控制.....	418
16.4 要求、标书和合同的评审.....	420
16.5 检测和校准的分包.....	421
16.6 服务和供应品的采购.....	422
16.7 服务客户.....	423
16.8 抱怨.....	424
16.9 不符合检测和（或）校准工作的控制.....	425
16.10 纠正措施.....	426
16.11 预防措施.....	427
16.12 记录的控制.....	428
16.13 内部审核.....	430
16.14 管理评审.....	432
16.15 技术要求总则.....	435
16.16 人员.....	437

16.17	设施和环境条件	438
16.18	检测和校准方法及方法的确认	440
16.19	设备	445
16.20	测量溯源性	447
16.21	抽样	452
16.22	检测和校准物品（样品）的处置	453
16.23	检测和校准结果质量的保证	454
16.24	结果报告	456
附件	实验室认可准则	461
17	质量手册示例	477
18	程序文件示例	525
附录		537
1	t 分布表（双边）	537
2	F 分布表	538
3	标准正态分布表	540
4	正交表	541
5	均匀设计表	547
主要参考文献		552

第一部分 食品分析数理统计

1 食品理化检验测量不确定度基础知识

1.1 正确表示测量不确定度的意义

食品检验的目的是确定被测组分的测量结果。测量结果的质量,往往会直接影响国家和企业的经济利益。例如,对食品卫生指标若测量不准,使本来是合格的产品判为不合格,这将给企业造成经济损失,或者使本来不合格的产品判为合格,将会影响到人身的健康和安全。特别是与国际往来日益频繁的今日更会造成不易弥补的损失。有时,测量结果和由测量结果得出的结论,还可能成为执法和决策的重要依据。因此,当报告测量结果时,必须对其质量给出定量的说明,以确定测量结果的可信程度。测量不确定度就是对测量结果质量的定量表征,是目前国际上通用的衡量测量结果质量的统一尺度。测量结果的可用性很大程度上取决于其不确定度的大小。所以,测量结果必须附有不确定度说明才是完整并有意义的。

测量不确定度的概念在测量历史上相对较新,由于他比经典的误差表示方法更为科学实用,代表了当前国际上表示测量结果及其不确定度的约定做法,受到国际组织和世界各国计量和测量领域的高度重视和广泛应用。尤其是在市场竞争激烈、经济全球化的今天,测量不确定度评定与表示方法的统一,乃是科技交流和国际贸易的迫切要求,他使各国进行的测量及其所得到的结果可以进行相互比对,取得相互承认或共识。因此,统一测量不确定度的表示方法并推广应用公认的规则,受到了国际组织和各国计量部门的高度重视。

国家质量技术监督局在1999年发布了中华人民共和国国家计量技术规范JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》代替JJF 1027—1991《测量误差及数据处理》中的测量误差部分。

在国家标准GB/T 15481—2000《检测和校准实验室能力的通用要求》中明确规定:“检测实验室应具有并应用评定测量不确定度的程序。某些情况下,检测方法的性质会妨碍对测量不确定度进行严密的计量学和统计学上的有效运算。这种情况下,实验室至少应努力找出不确定度的所有分量且做出合理评定,并确保结果的表达方式不会对不确定度造成错觉。合理的评定应依据对方法性能的理解和测量范围,并利用诸如过去的经验和确认的数据。”;“在评定测量不确定度时,对给定条件下的所有重要不确定度分量,均应采用适当的分析方法加以考虑”。因此,在检测实验室,都需要认真研究讨论测量不确定度,并予以应用。

1.2 测量不确定度的发展过程及动向

早在1963年,美国国家标准局(NBS),现为国家标准与技术研究院(NIST)的Eisenhart先生在研究“仪器校准系统的精密度和准确度的估计”时,就提出了定量表示不确定

度的建议。20 世纪 70 年代, NBS 在研究和推广测量保证方案 (MAP) 时, 对不确定度的定量表示又有了进一步的发展。不确定度这个术语逐渐在测量领域内被广泛应用, 但表示方法各不相同。1977 年 5 月, 国际计量委员会 (CIPM) 下设的国际电离辐射咨询委员会 (CCEMRI) 中的 X- γ 射线和电子组, 讨论了关于校准证书上如何表达不确定度的若干不同建议, 但未做出任何决议。在 1977 年 7 月的 CCEMRI 会议上, 提出了解决这个问题的必要性和迫切性。当时 CCEMRI 主席、美国 NBS 局长 Ambler 先生, 同意将此问题列入送交国际计量局 (BIPM) 审议的报告。作为当时 CIPM 的成员, 他正式提出了解决测量不确定度表示的国际统一性问题的提案。1978 年, CIPM 要求 BIPM 协同各国着手解决这个问题。BIPM 就此制订了一份详细的调查表, 并分发到 32 个国家计量院及 5 个国际组织征求意见。1979 年底, 收到 21 个国家计量院的复函。1980 年, BIPM 召集和成立了不确定度表示工作组, 在征求各国意见的基础上起草了一份建议书, 即 INC-1 (1980)。该建议书向各国推荐了不确定度的表示原则, 从而使测量不确定度的表示方法逐渐趋于统一。1981 年, 第七十届 CIPM 批准了上述建议, 并发布了一份 CIPM 建议书, 即 CI-1981。1986 年, CIPM 再次重申采用上述测量不确定度表示的统一方法, 并发布了 CIPM 建议书, 即 CI-1986。这份 CIPM 建议书推荐的方法, 以 INC-1 (1980) 为基础, 要求所有 CIPM 及其咨询委员会赞助下的国际比对及其他工作的参加者, 在给出结果时必须使用合成不确定度。

自 20 世纪 80 年代以来, CIPM 建议的不确定度表示方法已经在世界各国许多实验室和计量机构使用。但是, 正如国际单位制计量单位不仅在计量部门使用一样, 测量不确定度也可以应用于一切使用测量结果的领域。为了进一步促进 CIPM 方法在国际上的广泛使用, 1980 年 CIPM 要求国际标准化组织 (ISO) 在 INC-1 (1980) 建议书的基础上, 起草一份能广泛应用的指南性文件。自此, 由 ISO 第四技术顾问组 (TAG4) 的第三工作组 (WG3) 起草, 于 1993 年以 7 个国际组织的名义联合发布《测量不确定度表示指南》(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 以下简称 GUM)。这 7 个国际组织是国际标准化组织 (ISO)、国际电工委员会 (IEC)、国际计量局 (BIPM)、国际法制计量组织 (OIML)、国际理论化学与应用化学联合会 (IUPAC)、国际理论物理与应用物理联合会 (IUPAP)、国际临床化学联合会 (IFCC)。

GUM 是在 INC-1 (1980)、CI-1981 和 CI-1986 的基础上编制而成的应用指南, 在术语定义、概念、评定方法和报告的表达方式上都作了更明确的统一规定。他代表了当前国际上表示测量结果及其不确定度的约定做法, 从而使不同国家、不同地区、不同学科、不同领域在表示测量结果及其不确定度时具有一致的含义。因此, GUM 的贯彻应用必将推动科技进步, 促进国际交流。

美国 NIST 非常重视这项工作, 提出了执行 GUM 方法的方针, 由院长批准后纳入管理手册, 并要求科学家和职工必须遵照执行。根据这个方针, NIST 保证在不确定度表示方面取得内部一致并与国际现行做法一致, 从而有助于提高 NIST 在国内和国际市场的竞争力。目前, 国际上许多国家的校准实验室和计量机构, 也采取相应措施促进使用 GUM 规定的方法。一些区域性和全球性国际组织, 都强调用 GUM 方法来表示测量结果及其不确定度, 例如亚太计量规则组织 (APMA)、欧洲计量组织 (EUROMET)、国际实验室认可组织 (ILAC)、亚太实验室认可合作组织 (APLAC) 及欧洲认可合作组织 (EA) 等。

1.3 基本术语及其概念

1.3.1 [可测量的]^① 量 [measurable] quantity

现象、物体或物质可定性区别和定量确定的属性。

量是表征自然界运动规律的基本概念，如轻重、大小、长短等等。量所表述的对象是现象、物体或物质，是不依人的主观意识而客观存在的。量是计量学研究的对象。一切自然现象、物体或物质，只有用相应的量来表述，才能发现其运动规律。定性区别是指量在特性上的差别，如几何量、电学量、热学量、力学量等，一类量不同于其他类量，他们之间不能相互比较。定量确定是指确定具体的量，又称特定量，一般由一个数乘以测量单位所表示的特定量大小，如某根棒的长度 5.34m，某根导线的电阻为 2Ω，某份酒样中乙醇的浓度 60% (V/V)。特定量之间可以相互比较并按大小排序，故又称同种量，如 5m、4m、3m。若干同种量合在一起可称之为同类量，如功、热、能；厚度、周长、波长。

这里所研究的量都是可以测量的，尽管方法各式各样，故称为可测量的量。他可由数值和测量单位的组合表示。没有测量单位的数值不能表示量，数值大不等于量大，数值小不等于量小。当然，有些可测的量表面上看没有测量单位，如相对密度、折射系数，但他是以具有相同测量单位的量作为单位，并取其比值。

1.3.2 量值 value of a quantity

一般由一个数乘以测量单位所表示的特定量的大小。

量值是量的表示形式。一般说来，任何可测的量都是由数值和计量单位组合而成，如 6.15m, 10s, 16kg, -45℃ 等。要注意区别数值和量值。数值指数，它是量值的组成部分，上例中的 6.15, 10, 16, -45 是数值，但均不包含计量单位，故非量值。

1.3.3 [量的] 真值 true value [of a quantity]

与给定的特定量定义一致的值。

当对某量的测量不完善时，通常不能获得真值。一个量的真值，是在被观测时本身所具有的真实大小，它是一个理想的概念。与给定的特定量定义一致的值，不一定只有一个。在不确定度评定中，常称“被测量之值”为“真值”。

1.3.4 [量的] 约定真值 conventional true value [of a quantity]

对于给定目的，具有适当不确定度的、赋予特定量的值。有时该值是约定采用的。

约定真值在实际中有时称为指定值、最佳估计值、约定值或参考值。在给定地点，取由参考标准复现而赋予该量的值作为约定真值。参考值在这种意义上使用时，不应与参考条件中的参考值相混淆。常用某量的多次测量结果来确定约定真值。约定真值可充分地接近真值，有时可代替真值。在实际测量中，通常以被测量的实际值、已修正的算术平均值、计量标准所复现的量值作为约定真值。

① 方括号中的字一般可省略，下同。

1.3.5 被测量 measurand

作为测量对象的特定量。

例如给定水样品在 20℃ 时的蒸汽压力。被测量可以是待测量，也可以是已测量。被测量的定义应依据所需准确度的要求，并考虑有关影响量。否则，由于定义的不完善会带来测量不确定度。

例如：定义的被测量是一根标称值为 1m 的钢棒长度，如果要求测准至微米量级，则这样的定义就不够完整。因为被测钢棒受温度和压力的影响此时已不能忽略，而这些条件却没有在定义中说明。由于定义不完善，使测量结果引入了温度和压力带来的不确定度。因此完整的定义应为：一根标称值为 1m 的钢棒在 25.0℃ 和 101325Pa 时的长度。

1.3.6 测量结果 result of a measurement

由测量所得到的赋予被测量的值。

测量结果仅仅是被测量的最佳估计值，并非真值，完整表述测量结果时，必须附带其测量不确定度。必要时，应说明测量所处的条件，或影响量的取值范围。

测量结果是由测量所得到的值，必要时，应表明它是示值、未修正测量结果或是已修正测量结果，还应表明是否已对若干个值进行了平均，也即它是由单次测量所得，还是由多次测量所得。若是单次测量，则测得值就是测量结果；若是对同一量的多次测量，则测得值的算术平均值才是测量结果。在很多情况下，测量结果是根据重复观测确定的，若是间接测量或定义测量，则测得值须借助于已知的函数关系或量的单位定义，才能得到测量结果。

1.3.7 测量准确度 accuracy of measurement

测量结果与被测量的真值之间的一致程度。

准确度是一个定性的概念，所谓定性意味着可以用准确度高低、准确度为 0.25 级、准确度为 3 等及准确度符合 $\times\times$ 标准等说法定性地表示测量质量。尽量不要使用准确度为 0.25%，16mg， $\leq 16\text{mg}$ 及 $\pm 16\text{mg}$ 等方式表示。

特别应注意，不要用术语“精密度”（precision）来表示“准确度”。因为精密度反映在规定的条件下各独立测量结果间的分散性。多次测量同一量所得的分散性可能很小，但并不表明测得值与真值一致。

1.3.8 [测量结果的] 重复性 repeatability [of results of measurements]

在相同测量条件下，对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性。

这里相同测量条件也称为“重复性条件”。重复性条件包括：

相同的测量程序；

相同的观测者；

在相同的条件下使用相同的测量仪器；

相同地点；

在短时间内重复测量。

测量重复性可以用测量结果的分散性来定量表示。由重复性引入的不确定度是诸多不确

定度来源之一。重复性用在重复性条件下，重复观测结果的实验标准差（称为重复性标准差） s_r 定量地给出。重复观测中的变动性是由于所有影响结果的影响量不能完全保持恒定而引起的。

1.3.9 [测量结果的] 复现性 reproducibility [of results of measurements]

在改变了的测量条件下，同一被测量的测量结果之间的一致性。

复现性又称为“再现性”。这里可改变的条件包括：

测量原理；

测量方法；

观测者；

测量仪器；

参考测量标准；

地点；

时间；

使用条件。

这些条件可以改变其中一项、多项或全部，它们会影响复现性的数值。因此，在复现性的有效表述中，应说明变化的条件。复现性可以用测量结果的分散性来定量地表示。它用复现性条件下，重复观测结果的实验标准差（称为复现性标准差） s_r 定量地给出。这里，测量结果通常理解为已修正结果。

1.3.10 实验标准 [偏] 差 experimental standard deviation

当对同一被测量作 n 次测量，表征测量结果分散性的量 s ，称他为实验标准 [偏] 差，由贝塞尔公式计算得到

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-1)$$

式中 x_i ——第 i 次测量的结果；

$\bar{x}$ ——所考虑的 n 次测量结果的算术平均值。

对同一被测量作有限的 n 次测量，其中任何一次的测量结果或观测值，都可视为无穷多次测量结果或总体的一个样本。数理统计方法就是要通过这个样本所获得的信息（例如算术平均值 $\bar{x}$ 和实验标准 [偏] 差 s 等），来推断总体的性质（例如期望 μ 和方差 σ^2 等）。期望是通过无穷多次测量所得的观测值的算术平均值或加权平均值，又称为总体均值 μ ，显然他只是在理论上存在并可表示为

$$\mu = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-2)$$

方差 σ^2 则是无穷多次测量所得观测值 x_i 与期望 μ 之差的平方的算术平均值，他也只是在理论上存在并可表示为

$$\sigma^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right] \quad (1-3)$$