



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1117—2010

计 量 比 对

Measurement Comparison

2010—06—10 发布

2010—12—10 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

计 量 比 对

Measurement Comparison

JJF 1117—2010

代替 JJF 1117—2004

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 6 月 10 日批准，并自 2010 年 12 月 10 日起施行。

归 口 单 位：全国法制计量管理计量技术委员会

起 草 单 位：中国计量科学研究院

本规范由全国法制计量管理计量技术委员会负责解释

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和定义	(1)
4 概述	(2)
4.1 比对的作用	(2)
4.2 比对工作方法	(2)
5 比对相关方应具备的条件和责任	(2)
5.1 比对组织者的责任	(2)
5.2 主导实验室	(2)
5.3 参比实验室责任	(3)
5.4 专家组	(3)
6 技术文件要求	(3)
6.1 比对计划申报书	(3)
6.2 比对实施方案	(3)
6.3 比对过程记录文件	(5)
6.4 比对总结报告	(5)
7 比对的实施	(5)
7.1 比对项目的立项	(5)
7.2 比对的组织	(6)
7.3 比对前期技术工作	(6)
7.4 比对实施方案的起草和确定	(6)
7.5 比对实验	(6)
7.6 比对结果提交	(6)
7.7 比对数据处理	(7)
7.8 比对总结报告的起草和修改	(7)
7.9 比对总结	(8)
8 比对结果的上报及应用	(8)
8.1 比对结果的上报	(8)
8.2 比对结果的应用	(8)
附录 A 比对申报书内容及格式	(9)
附录 B 传递标准的交接	(11)
附录 C 比对方式	(12)
附录 D 参考值的确定	(14)
附录 E 比对结果的评价与分析	(19)

计 量 比 对

1 范围

本规范适用于计量比对的组织、实施和评价。其他比对可参照本规范。

2 引用文献

下列规范所包含的条文，通过引用而构成本规范的条文。

ISO 8595: 1989 Interpretation of statistical data—Estimation of a median (统计数据的解释——中位置的估计)

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和定义

3.1 计量比对 measurement comparison

在规定条件下，在相同量的计量基准、计量标准所复现或保持的量值之间进行比较、分析和评价的过程。简称比对。

3.2 比对组织者 organizer of comparison

受计量行政部门委托，负责组织和管理某项计量比对工作的技术机构或学术团体。如全国专业计量技术委员会、国家大区计量测试中心等。

3.3 主导实验室 pilot laboratory

对比对的组织、实施负主要技术责任的实验室。

3.4 参比实验室 participating laboratory

其量值参与比对的实验室。

3.5 传递标准 transfer standard, travelling standard

在测量标准相互比较中用作媒介的测量标准。

3.6 [量值] 复现 realization

在规定条件下，为实现计量基准或计量标准所代表的量值而开展的一组操作。

3.7 溯源 tracing

通过不间断的测量系统校准链将测量结果与规定的计量参照对象联系起来的一组操作。

3.8 参考值 reference value

由主导实验室赋予传递标准的值或者是约定采用的值，它具有合理赋予的不确定度。

3.9 等效度 equivalent degree

指某一参比实验室的测量结果与参考值或另一测量结果一致的程度；一般单个参比

实验室的测量结果的等效度指该实验室的测量结果与参考值之差，两个参比实验室之间的等效度指这两个实验室的测量结果之差。

3.10 归一化偏差 normalized error

等效度与其不确定度之比，用 E_n 表示。

3.11 Z 比分数 Z scores

为某实验室比对结果 Y_n 与参考值 Y_n 的差值与比对量值比对结果的发散量的适当估计值 s 之比，用 Z 表示。

4 概述

4.1 比对的作用

比对能考察实验室测量量值和出具测量结果的准确一致的程度；考核计量基准、计量标准、环境条件、人员水平、检测方法、数据处理、管理能力、材料供应等方面的实际水平和能力；加强对国家计量基准、计量标准的监督管理；保持我国计量基准、标准的水平；确保测量量值准确、一致、可靠。比对的结果可作为各种认证、认可和考核的评审证据及实验室能力的有效证明。

4.2 比对工作方法

由主导实验室负责实施，按照预先规定的条件，测量（或分度）传递标准。通过分析测量结果的量值，确定各实验室测量结果与参考值的一致程度，分析各实验室的量值与参考值在合理的不确定度范围内的符合程度，从而判断该实验室的测量能力。

5 比对相关方应具备的条件和责任

5.1 比对组织者的责任

- 确定主导实验室；
- 确定参比实验室；
- 必要时设置专家组；
- 召集比对实施方案讨论会和比对总结会；
- 对比对实施方案和比对总结报告进行审批并备案；
- 监督比对过程。

5.2 主导实验室

5.2.1 主导实验室应具备的条件

- 在技术上具备优势，参加过相关量的国际比对或对比对有较深入了解；
- 在比对涉及的领域内有稳定、可靠的计量基准或者计量标准，其测量不确定度符合比对的要求；
- 具有与所承担比对主导实验室工作相适应的技术能力的人员；
- 环境条件、材料供应满足要求。

5.2.2 主导实验室责任

- 预先估计比对的有效性，设计或选择比对结果明确、可靠、溯源性清晰的比对方案并起草比对实施方案；

- b) 确定稳定、可靠的传递标准及适当的传递方式；
- c) 开展前期实验，包括但不限于传递标准的重复性、均匀性和稳定性实验以及运输特性实验；
- d) 对传递标准采取必要的包装措施，保证传递过程的安全；
- e) 澄清或解释比对实施方案，协调或解决比对过程中出现的问题，监督比对实验进程，记录比对过程，特别是可能引起争议和分歧的问题的处理过程；
- f) 汇总参比实验室的实验数据及相关资料，分析结果，编写比对总结报告；
- g) 遵守有关比对的保密规定。

5.3 参比实验室责任

- a) 当收到比对组织者发布的比对计划时，应按要求及时书面表明是否参加比对；
- b) 参与比对实施方案的讨论，并对所确定的比对实施方案正确理解；
- c) 按比对实施方案的要求接收和交送（或发运）传递标准，确保其安全和完整，如出现意外情况，应及时报告主导实验室；
- d) 按照比对实施方案的进度完成比对工作，并记录比对过程。按时向主导实验室上报比对原始数据、测量结果及其不确定度；
- e) 参与比对总结报告的讨论，参加比对总结会及相关技术活动；
- f) 遵守有关比对的保密规定。

5.4 专家组

5.4.1 专家组成员应具备的条件

- a) 本专业技术方面的专家；
- b) 熟悉比对相关工作；
- c) 办事公正，有责任心。

5.4.2 专家组责任

- a) 参加比对实施方案、比对数据和比对总结报告的讨论；
- b) 对有争议的技术问题提出咨询意见；
- c) 遵守有关比对的保密规定。

6 技术文件要求

6.1 比对计划申报书

比对计划申报书应详细介绍比对目的及比对能够证明的能力范围、比对量及相关要求、具备的条件（包括稳定、可靠的传递标准）、比对组织者的组织能力、主导实验室的技术能力、符合比对条件的参比实验室数量及邀请参比实验室数量的建议、初步实施方案、经费预算及时间安排等。

申报书格式见附录 A。

6.2 比对实施方案

比对实施方案应包括如下内容：

- 6.2.1 任务概述：比对任务来源、比对目的、参比实验室的范围和性质。
- 6.2.2 总体技术描述：比对所针对的量及范围，对比对涉及的仪器、设备和环境的要

求，对准确度等级或不确定度的要求。

6.2.3 实验室：主导实验室和参比实验室，联系人及有效联系方式。

6.2.4 传递标准

6.2.4.1 传递标准及特性描述：传递标准及其附属设备与实验相关的特性的详细描述，包括制造商及操作所需的技术条件。

6.2.4.2 传递标准的运输和使用：针对传递标准的特性提出传递时所需要的特定条件，如防震、防高温、防低温等以及处理要求，包括包装、运输、拆包、安装、调试、校准等。还可规定运输及保险的费用承担方。

6.2.4.3 传递标准的交接：规定的发送、接收传递标准时采取的措施及交接方式。设计的传递标准交接单。有关传递标准交接中的具体要求见附录 B。

6.2.5 比对方式：根据比对所选择的传递标准的特性和参比实验室的数量等因素确定的比对传递方式及具体传递路线或比对地点。典型的比对方式图示及其说明见附录 C。

6.2.6 比对日程：充分考虑实验和运输中各因素的影响后，确定的实验室所需的最长比对工作时间，参比实验室的具体日程安排。在安排日程时可考虑参比实验室的意见。

6.2.7 实验方法：可采用国际比对方法、国际建议，也可以采用国家计量检定规程或国家计量技术规范规定的方法和程序或国际标准、国家标准推荐的方法和程序。如采用其他方法和程序，应遵循科学合理的原则，在比对实施方案中给出明确、详细的说明。

6.2.8 意外情况处理：如传递标准在运输过程中出现意外故障的处理程序及传递标准在某实验室比对过程中因意外发生延时等情况的处理程序。

6.2.9 记录格式：参比实验室比对实验原始记录的格式，比对结果分析所需的其他信息。必要时主导实验室向参比实验室提供规定格式的电子文件，以利于后期数据的分析。

6.2.10 报告的提交时间与方式：参比实验室提交比对结果报告（包括比对数据及相关资料）的时间，将报告传送至主导实验室的恰当和有效方式。

6.2.11 参比实验室提交比对结果报告的内容和要求：

a) 比对结果，参比实验室的装置、方法等具体情况说明等文件；

b) 测量结果的不确定度，并附有测量不确定度评定报告，其评定和表述需符合 JJF 1059 的要求；

c) 比对原始记录复印件（在记录过程中更改的信息，应保留其修改过程，清晰可辨别）。

为了更好地进行比对结果分析，可以要求参比实验室提供标准器证书的复印件。

6.2.12 比对数据处理方法：参考值的确定方法、数据处理方法和比对结果一致性判定原则，包括列出评定测量不确定度应考虑的主要分量，给出不确定度评定原则和计算方法。

常用的参考值的确定方法见附录 D。

6.2.13 保密规定：明确规定在比对数据尚未正式公布之前，所有参与比对的相关人员均应对比对数据保密，不允许出现任何数据串通，不得泄露与比对数据有关的信息，以确保比对结果的公正性。

6.2.14 其他注意事项。

6.3 比对过程记录文件

比对实施方案所要求的比对过程记录文件。如传递标准的交接、实验过程和实验数据的记录,以及意外情况的记录与说明等文件。

6.4 比对总结报告

比对总结报告应包括如下内容:

6.4.1 比对概况及相关说明,包含对任何比对计划的偏离,如参比实验室完成情况等。

6.4.2 传递标准技术状况描述,如稳定性、均匀性和运输性能等对传递过程有影响的因素;应有实验数据作支持。

6.4.3 概要描述各实验室所用仪器设备、原理、方法和实验条件等,列出比对数据。详细信息和原始记录可在附录中给出。信息的详细程度,应使得参比实验室可以且方便对数据处理方案与计算结果进行独立核验。

6.4.4 参考值

6.4.4.1 当采用主导实验室的量值作比对参考值时,应给出主导实验室量值来源的详细说明,比对实验原理、仪器装置介绍、实验方法与过程介绍等,并列出包括原始数据、数据计算中间过程的主要结果和最终结果数据,以及不确定度评定的分析、依据和计算结果。

6.4.4.2 当采用其他方法确定比对参考值时,应阐述参考值的确定方法,列出计算公式与计算结果,给出相应的不确定度评定。对参考值的选取,建议进行不同选取与计算方法的比较分析,以检验选定的参考值确定方法的合理性;必要时可对参考值的确定方法做出调整,但需充分说明理由。

6.4.5 比对结果

6.4.5.1 参比实验室的测量结果及测量不确定度、比对参考值及其测量不确定度、参比实验室的测量结果与参考值之差及其测量不确定度。

6.4.5.2 评价参比实验室的测量结果与参考值之差与合理的不确定度范围的符合程度(例如采用归一化偏差 E_r 值、 Z 比分数或专业认同的方法等)。

6.4.5.3 比对结果一般以简明的图表表示。其示例见附录 E.4。

6.4.6 比对结果分析

包括比对结果的统计分布情况,对比对异常结果的原因分析。

6.4.7 比对结论

包括对比对结果、分析结论、经验教训及改进建议等的总结。

7 比对的实施

7.1 比对项目的立项

7.1.1 建议和申报

由全国专业计量技术委员会、计量技术机构、实验室或个人向计量行政部门提出比对建议,全国专业计量技术委员会、国家大区计量测试中心、计量技术机构等可作为比对申报者组织比对计划申报书的申报。

7.1.2 审查及确定

计量行政部门委托有关单位或机构组织比对, 并作为任务下达给比对组织者及主导实验室。

7.2 比对的组织

7.2.1 比对组织者

由计量行政部门确定比对组织者。比对组织者应将计量行政部门任务批件的复印件及参加比对的申请表发至任务批件中或比对计划任务书中规定参加比对的各计量技术机构或拟参加比对实验室。

7.2.2 主导实验室

主导实验室由承担实验室申请, 经比对组织者审查并确定, 计量行政部门批准。

7.2.3 参比实验室

各实验室收到比对任务通知等文件后, 应书面回复, 如参加比对, 应填写比对申请表并寄回; 如不参加比对, 应书面陈述理由, 并报下达任务的计量行政部门同意。

7.2.4 专家组

比对组织者可以组建专家组。专家组成员由主导实验室与比对组织者协商后提名(一般为1~3名), 由比对组织者聘请。

7.3 比对前期技术工作

主导实验室应针对传递标准的稳定性、均匀性、对影响量的敏感程度、运输特性等在传递过程中对比对结果有影响的因素开展相关实验, 并有合理的修正和不确定度评定方法。

7.4 比对实施方案的起草和确定

主导实验室按要求起草比对实施方案。由比对组织者负责召开比对方案讨论会, 由主导实验室介绍比对实施方案, 通过参比实验室的讨论, 确定比对实施方案, 报比对组织者批准并发送给参比实验室。

7.5 比对实验

7.5.1 主导实验室和参比实验室按比对实施方案的规定接受传递标准, 完成比对实验并交送(或发运)传递标准。

7.5.2 对比对实施方案的任何偏离均应有书面记录, 并及时通知主导实验室或相关参比实验室。

7.6 比对结果提交

7.6.1 当比对实验完成后, 参比实验室应在规定时间内向主导实验室提交经确认的比对数据及相关资料。主导实验室可以要求参比实验室提供电子文件数据; 但当数据是以电子文件和书面报告两种形式提交时, 需以书面比对结果报告的数据为准。

7.6.2 原则上, 参比实验室一旦向主导实验室提交了比对资料, 所有数据便不允许修改。在规定时限内, 如确有原因, 任何修改均应以书面报告方式正式提出, 且应在勘误报告中详细说明原因, 并列出现提交数据与修正后的数据。

主导实验室只能接受参比实验室在规定时限内提交的对数据的勘误报告, 并需在起草的比对总结报告中说明原因和修改内容。

7.7 比对数据处理

7.7.1 比对资料的检查

7.7.1.1 主导实验室应及时检查参比实验室提交文件的完整性和电子文件与书面报告的一致性。

7.7.1.2 如果缺少相关的文件,应通知参比实验室补充提交。如无法补充,应提交相关说明。

7.7.1.3 在规定时限内仍不能提交完整资料和文件的,则该实验室受此影响的相关结果在比对数据处理中可不予考虑,并在比对总结报告中说明该情况。

7.7.2 数据的修正及统计

7.7.2.1 当参比实验室偏离实验标准条件时,可以采用修正等方法尽可能消除不同实验室标准条件差异对测量结果带来的影响。

7.7.2.2 主导实验室应列表统计各参比实验室比对的实验数据及结果。

7.7.3 参考值的确定

主导实验室应按照比对实施方案规定的方法确定参考值及其不确定度。建议主导实验室分析可能的多种参考值计算结果及其差异。如改用其他更为合理的方法,应给出充分的依据,并征得参比实验室的同意。

在使用参比实验室的数据确定参考值时,所用的统计方法应当使极端结果的影响降至最小,具体可通过使用稳健统计方法或在计算之前剔除离群值来实现。

确定参考值的具体方法详见附录 D。

7.7.4 对参比实验室比对结果的处理与评价

a) 不得随意更换或修改约定的处理方法;

b) 应遵循比对实施方案计算参比实验室的量值与参考值之差,并用归一化偏差 E_n 或 Z 比分数等参数评价比对结果的一致性;

c) 对比对结果应做细致的分析。

比对结果表示方法与评价见附录 E。

7.7.5 异常或可疑结果的确认

主导实验室不得以任何理由提示参比实验室修改数据或报告。如果主导实验室发现某参比实验室的结果异常或可疑时,可以在发布初稿后通过适当途径了解比对细节,以便分析原因;但不允许该参比实验室对比对数据和结果做任何修改。

7.7.6 数据的保存

比对的原始记录、电子备份文件、数据处理过程和结果等,应由主导实验室存档并保存 5 年以上。

7.7.7 数据的保密

所有比对数据、图表及相关技术资料应保密,直至报告发布。必要时,在内部分析讨论过程中使用编制的单位代码来代表各参比实验室。

7.8 比对总结报告的起草和修改

7.8.1 主导实验室应在规定时间内完成比对总结报告初稿的撰写。在此报告初稿中,应明确给出对比对结果的评价。评价方法见附录 E。

7.8.2 主导实验室应将比对总结报告初稿向专家组及参比实验室公布并征求意见，参比实验室应在规定期限内提出对比对总结报告初稿的意见。

7.8.3 对参比实验室提出的任何意见，主导实验室应与相关参比实验室讨论，讨论结果应体现在比对总结报告中。

7.8.4 主导实验室在规定时限内修改比对总结报告初稿，提交比对总结报告的总结会讨论稿。

7.9 比对总结

7.9.1 比对总结会应由比对组织者召集主导实验室和参比实验室参与比对的主要人员（及专家组成员）参加。

7.9.2 应由主导实验室组织进行比对的技术评价和研讨，正式通报并分析比对结果。应重点分析：

a) 各实验室比对结果及其与比对参考值的比较；

b) 各实验室结果之间的差异及其原因；

c) 必要的改进建议或意见；

d) 比对结论及分析。

经讨论后形成比对总结报告及会议纪要。

8 比对结果的上报及应用

8.1 比对结果的上报

比对工作全部完成后，应将比对总结报告及会议纪要及时上报计量行政部门。

8.2 比对结果的应用

经正式公布的比对结果，可以以报导、论文等形式将比对情况公开发表在国内外相关管理或技术刊物及会议论文集上；也可提供给各种认证、认可、考核评审，作为实验室能力的证明。

附录 A

比对申报书内容及格式

A.1 比对项目计划任务书扉页：

编号

分类

版本号

比对项目名称

归口单位

A.2 相关机构信息

相关机构信息见表 A.1。

表 A.1 相关机构信息一览表

	单位全称及通讯地址	邮编	负责人	职务或职称	电话
归口单位					
主导实验室					
参比实验室					

A.3 该比对项目的目的、意义和比对预期结果分析

应给出开展该比对项目的目的、意义，该比对能够证明的能力及范围，并分析比对预期结果。

A.4 国内各相关单位关于该项目的技术水平能力及主导实验室、参加比对单位的确定

A.5 技术关键和可行性分析

包括比对组织者的组织能力、主导实验室的技术能力、初步实施方案（包括稳定可靠的传递标准）、技术关键和可行性分析。

A.6 比对经费

归口单位经费：					
会议经费					
组织协调费及其他					
主导实验室经费：					
项 目	金额（元）		备 注		
	人民币	美元	天数	人数	地点
差旅费和邮寄、运输费					
设备购置费					
实验费、耗材费					
培训费					
合 计					
购置设备清单：					
设备名称	型 号	生产厂	询价（元）		
			人民币	美元	
实验、加工、耗材、恒温费等清单：					

A.7 比对初步时间安排

A.8 主导实验室的主要成员

负责人和参加人的姓名和技术职务

A.9 审批

主导实验室单位意见：
组织单位意见：
上级主管部门意见：

附录 B

传递标准的交接

B.1 应充分考虑传递标准在运输交接过程中的安全性，并在比对实施方案中确定传递标准的运输方式，规定交送（或发运）、接收传递标准时采取的措施及交接方式并设计传递标准交接单。交接单示例见表 B.1，在交接单中应有传递标准设备及配件的明细清单。

B.2 各接收实验室在接到传递标准后应按要求核查传递标准是否有损坏或缺失，核对货物清单，填好交接单并及时通知主导实验室。

B.3 交接单一式三联，交接双方各执一联，第三联随传递标准传递。

B.4 实验室完成比对实验后应按比对实施方案的要求将传递标准传递到下一个接收实验室，并负责通知该实验室做好接收准备，同时告知主导实验室。

表 B.1 交接单示例

交 接 单			
经检查，如果没有问题，请在相应方框内打√，否则打×。			
1. 交接物品外包装是否完好 <input type="checkbox"/>			
2. 标准流量计 共 1 箱（流量计 1 台，编号 7526501001；电缆 1 根；……） <input type="checkbox"/>			
3. 标准铂电阻温度计 2 支（编号：×××，×××） <input type="checkbox"/>			
4. 请在收到后和送出前仔细检查，如有问题请在下面注明并及时与主导实验室联系。			
5. 交接地点			
单位	经办人签字	日期	如有问题请注明
交送方			
接收方			

此表一式三份，接收方、发送方各存留一份，另一份随货物装箱送到下一站。

附录 C

比对方式

C.1 常见比对方式

根据比对所选择的传递标准的特性、比对的不确定度需求或专业特点确定比对方式。比对方式按传递标准传递路线的形式划分,分为移动地点比对和固定地点比对两种方式。多数情况采用移动地点比对方式,推荐环式、星形式和花瓣式三种常见方式。实际比对时还可采用常见方式的组合形式,必要时设辅助主导实验室以协助主导实验室组织和完成比对工作。固定地点比对是指参比实验室按计划携带测量标准到固定实验场所开展比对实验的比对方式,这种方式较少使用,主要适用于某些实验条件一致性要求高、传递标准较大、不便于运输等情况。

C.2 环式

图 C.1 为环式比对方式的示意图,图中各圆圈中的字母表示不同参比实验室。首先由主导实验室将传递标准在本实验室装置上进行校准,得出校准数据后,将传递标准传送到参比实验室 A;经 A 实验室按比对实施方案规定的程序校准后,将传递标准传送到参比实验室 B;再经 B 实验室校准后,将传递标准传送到参比实验室 C。以下依次类推,最后将传递标准返回到主导实验室,由主导实验室进行复校,以验证传递标准示值变化是否正常。该方式适用于参比实验室为数不多,传递标准便于传递、稳定性非常好的情况。

C.3 星形式

图 C.2 为星形式比对方式的示意图。首先由主导实验室将传递标准在本实验室进行校准,然后及时地将传递标准送到参比实验室 A。由 A 实验室按规定的程序在本实验室的装置上进行校准,得出校准数据后,再将传递标准送回到主导实验室,在主导实验室进行复校,以考察传递标准经过运输后示值是否发生变化。若变化在允许范围内,则比对有效。该方式适用于多套传递标准同时进行,其比对周期短,即使某一个传递标准损坏,也只影响一个实验室的比对数据。是比对有效性最好的方式。若成本代价可接受,可为优选方案。

C.4 花瓣式

图 C.3 为花瓣式比对方式的示意图。花瓣式由若干个小的环式所组成。在按环式进行了几个参比实验室的比对后,将传递标准返回主导实验室进行复校。由此,可在比对过程中验证传递标准示值的变化情况,而不需等待所有参比实验室比对完成后才返回主导实验室。该方式可将无效比对控制在比对过程的某一中间环节。若多套传递标准同时进行,可缩短比对周期。

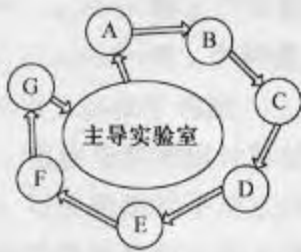


图 C.1 环式

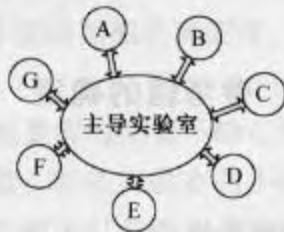


图 C.2 星形式

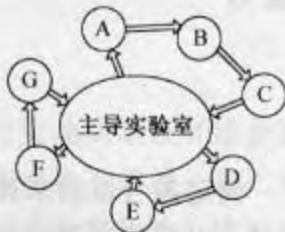


图 C.3 花瓣式

附录 D

参考值的确定

D.1 确定参考值的来源

D.1.1 以权威实验室的量值作为参考值

D.1.1.1 计量基准或上一级计量标准的量值作为参考值

当参比实验室的量值是由某一实验室的同一量值（直接或间接）传递而来时，应采用该实验室的量值作为参考值。该量值通常为国家计量基准或上一级计量标准。

D.1.1.2 以具有不确定度优势实验室的量值作为参考值

当某一实验室的量值具有显著测量不确定度优势，且有国际比对结果支持，或其不确定度评定经有效确认，应采用该实验室的量值作为参考值。

D.1.1.3 以更高水平实验室的量值为参考值

当可获得公认的更高水平实验室的量值时，可寻求采用该实验室的量值为比对参考值的途径。

D.1.2 由多个参比实验室的量值得到参考值

D.1.2.1 当参比实验室中有多个复现量值实验室时，推荐采用这些实验室量值确定参考值。

D.1.2.2 当参比实验室标准装置等级不同时，可采用高等级标准装置的量值确定参考值。

D.1.2.3 需充分考虑各实验室量值间的相关性，避免一组量值相关实验室量值权重过大的情况。

D.1.2.4 参比实验室的量值复现和溯源情况难以明确评价时，可采用部分或全部参比实验室的量值确定参考值。

D.1.3 更为复杂的情形可参照上述原则处理。

D.2 由多个实验室量值得到参考值的常用计算方法

D.2.1 算术平均法

当参与参考值计算的各实验室量值的不确定度接近或各实验室量值的测量不确定度可靠性不能被确认时，可采用算术平均法计算参考值。比对实验第 i 个测量点的参考值 Y_{ri} 如式 (D.1) 所示：

$$Y_{ri} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ji} \quad (\text{D.1})$$

式中： j ——对参考值有贡献的第 j 个实验室；

i ——比对实验的第 i 个测量点；

n ——对参考值有贡献的实验室数量；

Y_{ji} ——为第 j 个实验室上报的在第 i 个测量点上的测量结果。

若各实验室的不确定度之间完全不相关，且比对实验中传递标准引入的不确定度的影响可以忽略，参考值 Y_{ri} 的不确定度按式 (D.2) 计算：

$$u_{ri} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{j=1}^n u_{ji}^2} \quad (\text{D.2})$$

式中: u_{ji} ——第 j 个实验室宣称的在第 i 个测量点上测量结果的标准不确定度;

u_{ri} ——第 i 个测量点的参考值的标准不确定度。

D.2.2 加权平均法

当参与参考值计算的各实验室量值的测量不确定度可靠性可被确认而且有显著差异时,可采用加权平均法计算参考值。若各实验室的不确定度之间完全不相干,且比对实验中传递标准引入的不确定度的影响可以忽略,此时权重与各实验室宣称的不确定度的平方的倒数成正比。比对实验第 i 个测量点的参考值 Y_{ri} 如式 (D.3) 所示:

$$Y_{ri} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{Y_{ji}}{u_{ji}^2}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{u_{ji}^2}} \quad (\text{D.3})$$

参考值 Y_{ri} 的不确定度按式 (D.4) 计算:

$$u_{ri} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{u_{ji}^2}}} \quad (\text{D.4})$$

D.2.3 中位值法

中位值是指将数据按大小顺序排列起来,形成一个数列,居于数列中间位置的那个数据,中位值用 M_e 表示。中位值法即是将中位值作为参考值。当参比实验室数量足够多,且测量值相对分散时可以采用此方法。采用中位值法确定参考值能有效地抑制离群结果对参考值的影响。

D.2.3.1 参考值的计算

确定中位值,需先将数据 Y_{ji} 按大小顺序排列。如果数据排序的结果为:

$$Y_{1i} \leq Y_{2i} \leq \dots \leq Y_{ni} \quad (\text{D.5})$$

则以中位值 (M_e) 作参考值可按下面的方式确定:

$$Y_{ri} = M_e = \begin{cases} Y_{(\frac{n+1}{2})i} & n \text{ 为奇数} \\ \frac{Y_{(\frac{n}{2})i} + Y_{(\frac{n}{2}+1)i}}{2} & n \text{ 为偶数} \end{cases} \quad (\text{D.6})$$

D.2.3.2 参考值的不确定度

参考值,即中位值以一定的概率处于置信下限 T_1 与置信上限 T_2 之间的双侧置信区间 $[T_1, T_2]$ 。

$$T_1 = Y(q) \quad (\text{D.7})$$

$$T_2 = Y(n - q + 1) \quad (\text{D.8})$$

当 $n \leq 30$ 时,对正态分布的数据,上式中用于确定置信区间的序号的变量 q 与序列的数据总数 n 、标准正态分布的分位数 p 的关系为:

$$q = \text{int}[0.5 \times (n + 1 - p \sqrt{n - 0.5})] \quad (\text{D.9})$$

式中, int 为取整函数,且 $\text{int}(a) \leq a$ 。

式中: u_{ji} ——第 j 个实验室宣称的在第 i 个测量点上测量结果的标准不确定度;

u_{ri} ——第 i 个测量点的参考值的标准不确定度。

D.2.2 加权平均法

当参与参考值计算的各实验室量值的测量不确定度可靠性可被确认而且有显著差异时,可采用加权平均法计算参考值。若各实验室的不确定度之间完全不相干,且比对实验中传递标准引入的不确定度的影响可以忽略,此时权重与各实验室宣称的不确定度的平方的倒数成正比。比对实验第 i 个测量点的参考值 Y_{ri} 如式 (D.3) 所示:

$$Y_{ri} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{Y_{ji}}{u_{ji}^2}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{u_{ji}^2}} \quad (\text{D.3})$$

参考值 Y_{ri} 的不确定度按式 (D.4) 计算:

$$u_{ri} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{u_{ji}^2}}} \quad (\text{D.4})$$

D.2.3 中位值法

中位值是指将数据按大小顺序排列起来,形成一个数列,居于数列中间位置的那个数据,中位值用 M_e 表示。中位值法即是将中位值作为参考值。当参比实验室数量足够多,且测量值相对分散时可以采用此方法。采用中位值法确定参考值能有效地抑制离群结果对参考值的影响。

D.2.3.1 参考值的计算

确定中位值,需先将数据 Y_{ji} 按大小顺序排列。如果数据排序的结果为:

$$Y_{1i} \leq Y_{2i} \leq \dots \leq Y_{ni} \quad (\text{D.5})$$

则以中位值 (M_e) 作参考值可按下面的方式确定:

$$Y_{ri} = M_e = \begin{cases} Y_{(\frac{n+1}{2})i} & n \text{ 为奇数} \\ \frac{Y_{(\frac{n}{2})i} + Y_{(\frac{n}{2}+1)i}}{2} & n \text{ 为偶数} \end{cases} \quad (\text{D.6})$$

D.2.3.2 参考值的不确定度

参考值,即中位值以一定的概率处于置信下限 T_1 与置信上限 T_2 之间的双侧置信区间 $[T_1, T_2]$ 。

$$T_1 = Y(q) \quad (\text{D.7})$$

$$T_2 = Y(n - q + 1) \quad (\text{D.8})$$

当 $n \leq 30$ 时,对正态分布的数据,上式中用于确定置信区间的序号的变量 q 与序列的数据总数 n 、标准正态分布的分位数 p 的关系为:

$$q = \text{int}[0.5 \times (n + 1 - p \sqrt{n - 0.5})] \quad (\text{D.9})$$

式中, int 为取整函数,且 $\text{int}(a) \leq a$ 。

对双侧限,

$$p = p_{1-\alpha/2} \quad (\text{D.10})$$

其中, α 为显著度或称显著性水平, $1-\alpha$ 为置信概率或称为置信水平、置信度。一般取置信水平 0.95, 相应地 p 的值为 1.96。置信水平 0.99 对应的 p 的值为 2.57。对应其他置信水平的 p 值可通过查正态分布数值表、拉普拉斯函数表或误差函数表得到。前述两种置信水平下 n 与 q 对应数值关系见表 D.1。

当 $n > 30$ 时, q 与 n 、 p 的关系为:

$$q = \text{int}[0.5 \times (n+1 - p \sqrt{n+0.5 - 0.25p^2})] \quad (\text{D.11})$$

参考值 Y_{ii} 的不确定度可按式 (D.12) 估计:

$$u_{ii} = \frac{T_2 - T_1}{2k} \quad (\text{D.12})$$

式中 k 为包含因子, 当置信水平取 0.95 时 k 为 1.96, 当置信水平取 0.99 时 k 为 2.57。

表 D.1 作为 n 的函数的 q 值表

n	双侧限下的置信水平		n	双侧限下的置信水平	
	0.95	0.99		0.95	0.99
5	0	0	24	7	6
6	1	0	25	8	6
7	1	0	26	8	7
8	1	1	27	8	7
9	2	1	28	9	7
10	2	1	29	9	8
11	2	1	30	10	8
12	3	2	32	11	9
13	3	2	35	12	11
14	3	2	38	13	12
15	4	3	40	14	12
16	4	3	45	16	14
17	5	3	50	19	17
18	5	4	60	23	21
19	5	4	70	27	25
20	6	4	80	32	29
21	6	5	90	36	33
22	6	5	100	41	38
23	7	5	200	87	82

D.3 参考值的合理性与可靠性

D.3.1 参考值确定方法的合理性

根据比对实验室的量值来源分析, 检验选择的确定参考值的方法的合理性; 在分析实验数据时, 主导实验室可以采用可能的多种参考值计算方法, 比较计算过程及结果的差异, 并尝试分析其原因, 从而确认或选择更为合理的计算方法。

D.3.2 传递标准的重复性、均匀性和稳定性等性能评估

D.3.2.1 提供传递标准重复性、均匀性和稳定性等性能评估所必需的实验数据或有充分说服力的背景资料。包括比对实验后对传递标准在比对实验过程中的实际性能检验和影响分析。传递标准的稳定性用符号 u_{st} 表示。

D.3.2.2 在确定参考值时, 应考虑由于传递标准稳定性或损坏造成的偏差。必要时, 可以采用前后两次或实验过程中多次测量结果的平均值; 当确认传递标准漂移为线性时, 可利用内插或外推的方法将每个参加实验室的测量结果修正到一个相同的参考条件下; 在怀疑有“阶跃”变化时, 可通过分析采用前后参考值中最合适的一个。

D.3.2.3 通常情况, 在有以往背景资料说明传递标准量值变化程度的前提下, 可以采用比对前后及比对过程中在同一实验室进行多次测量时传递标准量值的变化量作为 u_{st} 来确定传递标准的稳定性。

D.3.3 比对方法有效性分析

在选择或确定比对方式和传递标准时, 应预先估计参考值的不确定度 u_{ref} 、传递标准引入的不确定度 u_{st} 与参比实验室量值的不确定度 u_{p} 的比例关系, 预判比对方法的有效性。若 u_{ref} 和 u_{st} 的影响不能明显小于 u_{p} 的影响, 则应选择更适合的比对方式和传递标准。

在完成比对实验后, 应分析偏离比对设计方案或比对中发现问题对比对的影响, 检查 u_{ref} , u_{st} 与 u_{p} 的实际比例关系, 并在对比对结果的分析中客观分析比对方法有效性的影响。

D.3.4 由主导实验室量值确定的参考值

当主导实验室的量值作为参考值, 且与其他参比实验室不存在传递关系时, 应慎重考虑主导实验室量值的准确性, 并提供参考值不确定度的详细说明。

D.3.5 由多个实验室量值采用平均法确定的参考值

为保证参考值的可靠性, 需要检查各实验室量值的有效性与不确定度评定的合理性, 必要时减小不具备有效性或合理性的实验室量值对参考值贡献的权重。

D.3.5.1 不确定度评定的合理性

D.3.5.1.1 检查不确定度评估所用原始数据的正确性, 通过分析测量模型以及偏离模型的因素, 列出主要影响量。

D.3.5.1.2 通过研究各参比实验室提交的不确定度评估报告, 检查其宣称不确定度的依据与合理性, 特别是不确定度评定结果显著小于其他实验室的评定的依据与合理性, 有无被明显低估数值的不确定度评定。对于不确定度评定结果显著小于其他实验室的评定, 若能提供合理的不确定度评定, 应认为不确定度评定有效。

D.3.5.1.3 通过比较计量标准考核证书与不确定度评估报告的结论, 检查宣称不确定

度与该计量标准经批准的准确度水平的关系。

D.3.5.1.4 检查实验室量值的溯源性。

D.3.5.1.5 减小对参考值贡献的权重。

若宣称的不确定度缺乏合理的依据，或实验室量值的溯源性存在问题，为避免该实验室数据对参考值的影响过大，建议减小该实验室对参考值贡献的权重，直至取消该实验室对参考值的贡献资格。并在报告中明确说明。

D.3.5.2 实验室量值的有效性

在比对结果处理初步完成后，应检查对参考值有贡献的实验室的比对结果的有效性。

如个别实验室的测量结果偏离过大，应分析原因。对于因数据修正模型与众不同等原因造成比对结果离群的实验室，若不能断定其错误，应充分听取相关的解释，慎重处理，并在比对总结报告中说明。

对于其他情况，当按附录 E 计算归一化偏差 E_n 值后，如果某实验室 E_n 值过大时，建议降低该实验室量值对参考值贡献的权重。

D.3.6 影响参考值的合理性与可靠性的诸因素通常是相互关联的，需要全面考虑。改变实验室对参考值贡献的权重后，需要重新计算比对结果、 E_n 等评价参数，重新考虑对参考值有贡献的实验室量值的有效性，并在比对总结报告中说明调整过程。

附录 E

比对结果的评价与分析

E.1 比对结果、评价方法及依据

比对结果通常包括：

- a) 比对参考值及其不确定度；
- b) 单个参比实验室的测量结果的等效度及其不确定度；
- c) (需要时) 两个参比实验室的测量结果之间的等效度及其不确定度；
- d) 等效度与其不确定度的一致性的评价参数，如归一化偏差 E_n 或 Z 比分数。

对比对结果的评价及其依据取决于比对的目的，应由主导实验室提出，征求参比实验室意见后，体现在比对实施方案中，由组织者同意后确定。

E.2 参比实验室比对结果的评价

通常情况下，某一参比实验室的测量结果与其不确定度的一致性用归一化偏差 E_n 进行评价；当采用中位值法确定参考值时，用 Z 比分数评价。

E.2.1 通过归一化偏差 E_n 评价

$$E_n = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{k \cdot u_i} \quad (\text{E.1})$$

式中： k ——覆盖因子，一般情况 $k=2$ ；

u_i ——第 i 个测量点上 $Y_{ji} - Y_{ri}$ 的标准不确定度；

当 u_{ri} , u_{ji} 与 u_{ei} 相互无关或相关较弱时，

$$u_i = \sqrt{u_{ji}^2 + u_{ri}^2 + u_{ei}^2} \quad (\text{E.2})$$

式中： u_{ri} ——第 i 个测量点上参考值的标准不确定度；

u_{ji} ——第 j 个实验室在第 i 个测量点上测量结果的标准不确定度；

u_{ei} ——传递标准在第 i 个测量点上在比对期间的不稳定性对测量结果的影响。

比对结果一致性的评判原则：

$|E_n| \leq 1$ 参加实验室的测量结果与参考值之差在合理的预期之内，比对结果可接受。

$|E_n| > 1$ 参加实验室的测量结果与参考值之差没有达到合理的预期，应分析原因。

E.2.2 通过 Z 比分数评价

当采用中位值法确定参考值时，比对结果用 Z 比分数值进行评价。

先将数据 Y_{ji} 按大小顺序排列。如果数据排序的结果为：

$$Y_{1i} \leq Y_{2i} \leq \dots \leq Y_{ni} \quad (\text{E.3})$$

则某个实验室的 Z 比分数值为：

$$Z = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{s} \quad (\text{E.4})$$

式中, Y_{ti} 为参考值, 即中位值; s 为所有参比实验室比对结果发散性的估计量, 一般采用样本标准差或标准化四分位间距 (NIQR) 作为结果发散性的量度。NIQR 与标准偏差相类似。稳健的处理方法是采用 NIQR:

$$s = \text{NIQR} = \text{IQR} \times 0.7413 \quad (\text{E.5})$$

式中, IQR 为四分位间距。IQR 是低四分位数值和高四分位数值的差值, 即:

$$\text{IQR} = Q_3 - Q_1 \quad (\text{E.6})$$

其中, 低四分位数值 Q_1 是低于结果的四分之一处的最近值, 高四分位数值 Q_3 是高于结果四分之三处的最近值。在大多数情况下 Q_1 和 Q_3 通过数据值之间的内插法获得。

参比实验室的比对结果是否有效的评判原则:

当 $|Z| \leq 2$ 时, 比对结果在合理的预期范围之内;

当 $2 < |Z| < 3$, 比对结果与合理的预期结果有差距, 结果可疑, 应分析原因;

当 $|Z| \geq 3$, 比对结果没有达到合理的预期, 应分析原因。

E.3 对比对结果的分析

比对结论应在分析、研究后得出。

E.3.1 应从参考值来源、传递标准稳定性、传递标准受实验条件影响产生的差异、不同原理标准器校准传递标准时可能产生的差异、参比实验室技术条件控制等方面进行分析, 总结比对实施方案、过程的经验, 提出改进方案。

E.3.2 离群结果

对离群结果应尝试通过分析找出原因, 必要时进行补充实验研究或确认。

对采用特殊修正模型或方法导致结果离群的实验室, 若不能断定其方法错误, 应充分听取相关的解释, 慎重处理, 并在比对总结报告中详细说明。

E.3.3 统计分析

采用统计分析方法, 可给出多方面的信息, 检验比对实验室量值复现与传递的方法与水平。

E.3.3.1 可给出测量结果与参考值之差、宣称不确定度水平、 E_n 或 Z 比分数、测量范围、正常完成比对的实验室数量和结果是否符合其计量标准技术要求等统计结果。

E.3.3.2 当全部参比实验室的量值是由主导实验室的同一量值直接或间接传递而来时, 应分析各参比实验室量值的分布, 检验是否存在显著系统偏差。

E.3.3.3 也可通过统计方法分别检验采用不同原理、不同类型仪器装置或不同实验条件的实验室之间的量值的宏观差异。

E.4 比对结果表示方法示例

E.4.1 E_n 值汇总表

E_n 值汇总表示例见表 E.1。

表 E.1 E_n 值汇总表

流量/ m^3/h	实验室 1	实验室 2	实验室 3	...	实验室 $n-1$	实验室 n
6	0.07	-0.64	0.44	-2.53	0.07	-0.95
4.8	-0.07	-0.68	0.49	-2.04	0.16	-1.15
3	0.06	-0.53	0.80	-2.37	-0.04	-1.03
1.2	-0.01	-0.40	1.23	-2.45	0.27	-1.12
0.6	0.34	-0.04	1.41	-2.07	0.81	-0.99

注：此表的目的在于描述各实验室的 E_n 值；第一列为比对实验点，以后各列为各实验室 E_n 值。

E.4.2 比对结果图示

比对结果图示见图 E.1。

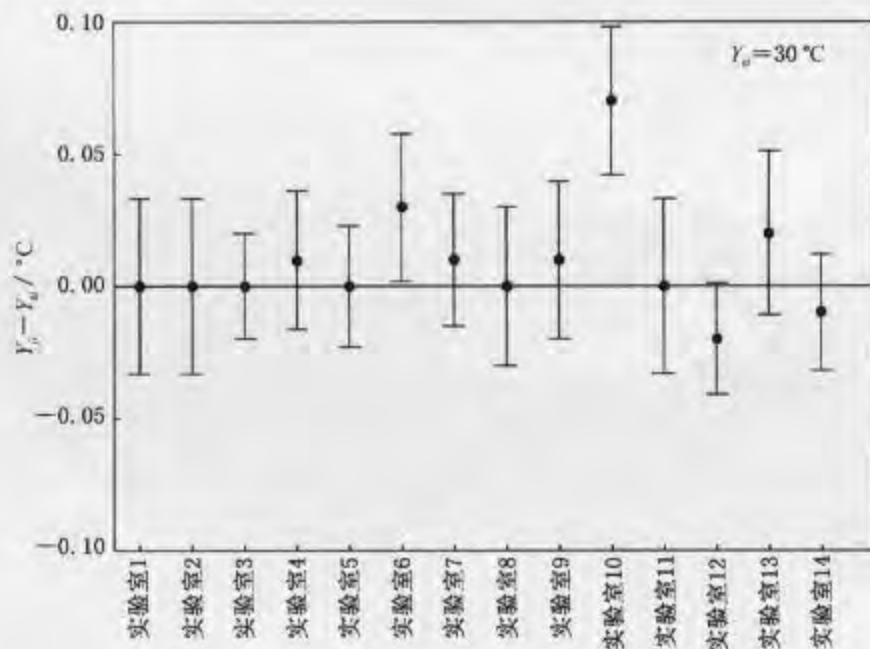


图 E.1 比对结果图示

说明：此图的目的在于描述各实验室的比对结果与参考值的关系；图中横坐标为各实验室，纵坐标为各实验室测量结果与参考值之差，纵坐标标为“0.00”的横线为参考值；图中小点为各实验室比对结果，通过小点的短线的半宽为各实验室不确定度、参考值不确定度和传递标准稳定性的合成结果，如果该线与参考值相交则参比实验室的测量结果与参考值之差在合理的预期之内，比对一致性可接受；如果短线没有与参考值相交，则参比实验室的测量结果与参考值之差没有达到合理的预期，应分析原因。