

湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) XX —XXXX

利用溯源数据进行计量器具性能评价技术规范

Technical Specification for Performance Evaluation of Measuring
Instruments Using Metrological Traceability Data

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

湖北省市场监督管理局发布

利用溯源数据进行计量器具性能评
价技术规范

Technical Specification for Performance
Evaluation of Measuring Instruments Using
Metrological Traceability Data

JJF (鄂) XX — XXXX

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：宜昌市计量检定测试所

参加起草单位：长江电力股份有限公司

三峡公共检验检测中心

本规范由宜昌市计量检定测试所负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语及定义.....	1
3.1 溯源数据库.....	1
3.2 计量器具性能评价.....	1
3.3 评价标准.....	1
4 概述.....	1
5 基本要求.....	2
5.1 溯源数据库.....	2
5.2 评价范围和指标.....	2
5.3 数据采集及处理.....	2
5.4 数据分析模型设计.....	2
5.5 评价标准.....	2
5.6 数据安全.....	2
6 评价流程.....	2
7 确定评价范围和指标.....	3
8 评价实施.....	3
8.1 数据采集及处理.....	3
8.2 数据分析模型设计.....	3
8.3 确定评价标准.....	3
8.4 数据分析.....	4
8.5 验证评价结果.....	4
9 评价结果的表达.....	4
10 数据安全保护.....	4
附录 A 有关技术问题的补充说明.....	5
附录 B 利用溯源数据进行计量器具性能评价流程参考示例.....	7

引言

本规范依据《中华人民共和国数据安全法》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1094-2002《测量仪器特性评定》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》等基础性系列规范进行制定。

本规范为首次发布。

利用溯源数据进行计量器具性能评价技术规范

1 范围

本规范适用于利用计量技术机构检定、校准或测试形成的溯源数据库，进行计量器具性能评价。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 44109—2024《信息技术 大数据 数据治理实施指南》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

3 术语及定义

3.1 溯源数据库 traceability database

计量技术机构对计量器具进行检定、校准或测试过程中，所产生的测量数据、结论及计量器具基本信息等数据的集合。

3.2 计量器具性能评价 performance evaluation of measuring instruments

选取计量器具的一种或多种指标，采用合适的统计分析方法进行分析，得到分类分级的评价结果。

3.3 评价标准 evaluation criteria

性能评价过程中对计量器具分类分级的依据。

4 概述

随着我国信息化和数字化技术的飞速发展，计量数字化转型不断深入，国内计量技术机构基本具备了计量信息管理系统。这些系统中保存大量溯源数据，通过对这些溯源数据的采集、分析及应用，可以及时有效地对计量器具性能作出评价。评价结果可以作为政府决策、部门监管、安全预警、市场调查、科学研究的技术参考，也可以作为生产企业进行质量控制、产业规划的参考。

计量器具性能评价包括确定评价范围和指标、评价实施、评价结果的表达等环节。

5 基本要求

5.1 溯源数据库

溯源数据库中的数据种类、数量和导出，应能满足数据采集和数据分析的需求。

5.2 评价范围和指标

评价范围可涵盖计量器具不同厂家、不同型号、不同溯源时间等。评价指标应具有-致性、典型性，且数量多、易获取，优先选取综合性且不可调整或者有完整调整数据的指标，如示值误差、稳定性、重复性等。同时依据检定规程、校准规范、相关技术资料等确定评价指标的允许范围。

5.3 数据采集及处理

数据采集及处理得到的数据应便于分析。数据中存在信息不全或评价指标不一致的情况，可按照相关技术资料进行完善后使用，如无法完善，应予以剔除。

5.4 数据分析模型设计

模型设计应涵盖评价指标，并体现不同评价指标对计量器具性能的不同影响，同时应适用于所评价的计量器具。

5.5 评价标准

评价标准可依据计量器具检定规程、校准规范、相关技术资料中的要求进行确定。

5.6 数据安全

计量器具性能评价全过程应按照《数据安全法》等法律法规要求保护数据安全。

6 评价流程

评价流程主要包含确定评价范围和指标、评价实施、评价结果的表达。评价流程图如图 1 所示。

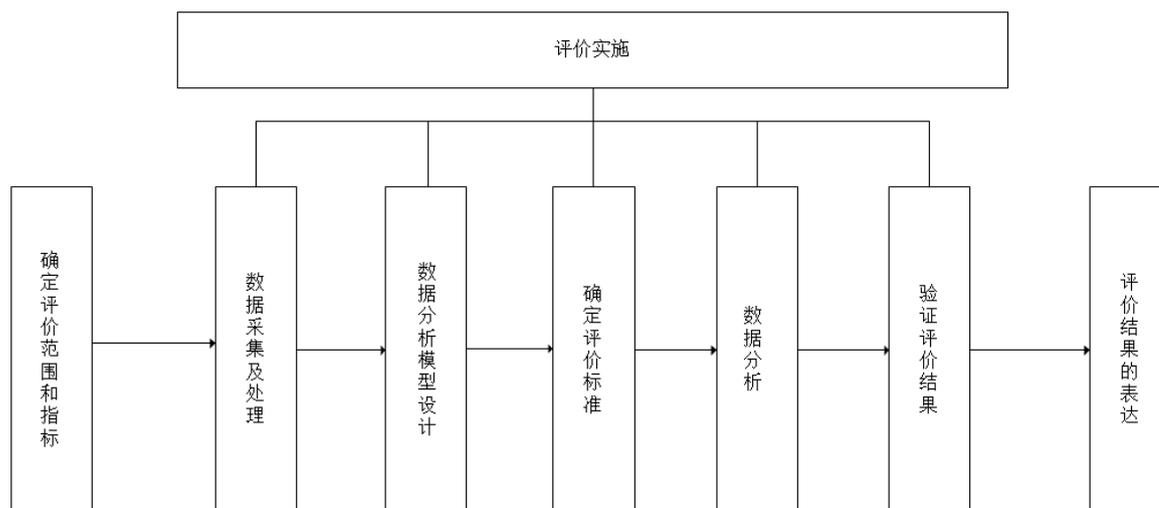


图1 评价流程图

7 确定评价范围和指标

根据计量器具的特性及相应检定规程、校准规范、技术资料，选择评价指标，同时确定指标允许范围；选择数据量充分的计量技术机构作为溯源数据库来源；确定所采集数据的时间和内容范围。

8 评价实施

计量器具性能评价实施活动包括数据采集及处理、数据分析模型设计、确定评价标准、数据分析、验证评价结果等。

8.1 数据采集及处理

在相应计量技术机构的溯源数据库中采集相应评价指标。对采集的数据进行处理，使数据可直接用于后续分析。

8.2 数据分析模型设计

根据评价指标和范围设计模型，进行数据统一化处理，建立映射关系，确定分析流程。定期对模型开展符合性检查，并进行更新。模型可为概念模型、逻辑模型、物理模型等。

8.3 确定评价标准

参考计量器具的检定规程、校准规范、相关技术资料以及实践经验，确定计量器具性能分类分级的评价标准。

8.4 数据分析

将采集及处理得到的数据输入分析模型，进行数据分析，依据评价标准，输出分析结果。数据分析可为离线数据分析、流数据分析、预测分析、描述分析等。

8.5 验证评价结果

可采用独立溯源机构数据评价结果比对验证评价结果，也可采用评价结果与技术标准、相关资料、实际经验结果比较验证评价结果。评价结果若存在显著差异，应根据评价结果逐项开展差异原因分析，为评价流程改进提供依据。

9 评价结果的表达

可用出具评价报告、图形和表格等形式进行评价结果表达，表达内容可包括计量器具信息、评价范围、评价要求、评价指标、评价结果等，可附计量器具性能评价的记录以及统计汇总表格。

10 数据安全保护

计量器具性能评价全流程应进行数据安全保护。可根据数据的重要程度,对全流程中涉及的数据实行分类分级保护。

附录 A

有关技术问题的补充说明

由于计量器具涉及行业领域和技术专业众多，溯源数据和分析方法形式多样，评价结果的应用各有不同，针对这些问题给出建议如下：

A.1 溯源数据库的使用

溯源数据库中的计量数据一般是以检定、校准或测试证书的形式存在。对于检定证书，由于须判定合格与否，所以评价指标可以为检定结论、示值误差、重复性、稳定性等数据，评价标准应按照检定规程的指标允许范围进行确定。

对于校准证书，评价指标可以为示值误差、重复性、稳定性等数据。若校准规范给出相应指标的允许范围，评价标准可按其确定；否则，依据相关产品标准、技术规范、技术资料或预期使用需求进行确定。

对于测试证书，评价指标可以为示值误差、重复性、稳定性等数据，评价标准可按照相关技术规范、技术资料或预期使用需求进行确定。

A.2 数据分析方法

为了解决生产实践中的多因素综合评价问题，科研工作者们进行了大量的理论研究和探索，提出了诸如综合指数法、特尔斐法、多元回归分析、聚类分析、主成分分析法、层次分析法、灰色关联分析法和模糊综合评价法等方法。表 A.1 中给出对部分分析方法的简介。数据分析模型设计中，可根据实际需求选择分析方法，建立映射关系。

表 A.1 部分分析方法的简介

名称	简介
综合指数法	将多个评价指标进行加权汇总，形成一个综合指数，从而对备选方案进行排序和选择。
特尔斐法	通过多轮匿名调查和反馈，逐步收集专家意见，最终形成一致或接近一致的意见。
多元回归分析	通过建立数学模型，研究一个因变量与多个自变量之间的关系，量化各个自变量对因变量的影响程度，并进行预测和解释。
聚类分析	将数据对象划分为若干个簇，发现数据中的自然分组结构，揭示数据的内在规律和模式。

表 A.1 (续) 部分分析方法的简介

名称	简介
主成分分析法	通过线性变换将原始数据转换为一组新的、相互正交的变量（主成分），在保留尽可能多的信息的同时，减少数据的维度。
层次分析法	将复杂的决策问题分解为多个层次的子问题，构建层次结构模型，通过两两比较的方法确定各准则和方案的相对重要性，最终合成总排序。
灰色关联分析法	计算序列之间的关联度，定量描述序列之间的关联程度。
模糊综合评价法	将各个属性的评价结果进行模糊化处理，然后通过模糊运算得出综合评价结果。

A.3 评价结果的应用

涉及贸易结算、社会民生、医疗卫生、生产安全、生态环保等计量器具性能评价结果，可作为政府监管部门的决策参考，同时也可作为计量器具生产制造企业提供质量改进依据。

涉及质量控制、出厂检验、成本控制等计量器具性能评价结果，可作为使用企业设备选型、质量改进等参考依据，同时也可作为计量器具生产制造企业提供质量改进依据。

附录 B

利用溯源数据进行计量器具性能评价流程参考示例

由于全站仪具备统一的综合性指标和连续的溯源周期，故以全站仪为例给出评价参考示例。对全站仪性能评价流程如下：

B.1 明确评价范围和指标

依据全站仪 2012 年至 2022 年间，在某机构保存的检定证书开展对全站仪性能评价。得到 322 台全站仪共 970 份证书，包含 10 个生产厂家。依据 JJG100-2003《全站型电子速测仪》，确定评价指标为望远镜视准轴对横轴的垂直度、照准误差、横轴误差、竖盘指标误差和一测回水平方向标准偏差，并依据检定规程确定评价指标的允许范围。

B.2 数据采集及处理

对全站仪检定证书的数据进行统一批量采集，对采集得到的数据进行处理。剔除异常数据，如缺失、冗余、指标有误等。

B.3 数据分析模型设计

全站仪检定数据以结论和测量结果的形式存在，具有明确的指向性和允许范围，比较适合于 Topsis 法和 Vague 集决策理论的分析方法。依据评价指标，选取一级指标绝对值的平均值、平均逐年差、标准偏差构建二级评价体系。基于 Topsis 法对二级评级体系进行综合评价，完成每个计量器具的性能分析。再利用 Vague 集决策理论对全站仪生产厂家的计量器具性能进行总体评价。

Topsis 法的主要步骤如下：

选取评价指标构建评价体系，假设有 m 个评价对象，每个评价对象有 n 个评价指标，评价矩阵 A 可以表示为式 (B.1)。

$$A_{ij} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \cdots & \alpha_{mn} \end{pmatrix} \quad (\text{B.1})$$

式中：

A_{ij} ——评价矩阵， $i=1,2,\dots,m$ ； $j=1,2,\dots,n$ 。

对评价矩阵进行正向化处理将不同类型的评价指标转换为同一类型的评价指标。对正向化处理后的评价矩阵(通常将所有评价指标都转化为极大型指标)进行归一化或标准化处理去除指标量纲，得到规范化矩阵 B 。

利用主观赋权或客观赋权等方法确定指标的权重向量 W , 与规范化矩阵 B 加权到决策矩阵 C 可以表示为式 (B.2)。

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix} \quad (\text{B.2})$$

式中:

C_{ij} ——决策矩阵。

确定正理想解和负理想解, 并计算第 i 个评价对象与正理想解的距离 D_i^+ 和负理想解的距离 D_i^- , 如式 (3)、(4) 所示。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (C_{max,j} - C_{ij})^2} \quad (\text{B.3})$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (C_{min,j} - C_{ij})^2} \quad (\text{B.4})$$

式中:

D_i^+ ——第 i 个评价对象与正理想解的距离;

D_i^- ——第 i 个评价对象与负理想解的距离。

计算第 i 个评价对象与理想解的相对接近程度 E_i , 相对接近程度越大, 代表该评价对象越接近理想状态, 评价结果越好, 如式 (5) 所示。

$$E_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (\text{B.5})$$

式中:

E_i ——第 i 个评价对象与理想解的相对接近程度。

Vague 集决策理论的主要过程如下:

Vague 集决策理论假设在多目标决策中, 评价对象的数量为 m , 记为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, 评价指标的数量为 n , 记为 $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, 则评价对象 A_i 的特征可以表示为:

$$A_i = \{(B_1, [t_{i1}, 1-f_{i1}]), (B_2, [t_{i2}, 1-f_{i2}]), \dots, (B_n, [t_{in}, 1-f_{in}])\} \quad (\text{B.6})$$

式中:

A_i ——评价对象 A_i 的特征;

t_{ij} ——评价对象 A_i 对评价指标 B_j 的满足程度, $t_{ij} \in [0, 1]$;

f_{ij} ——评价对象 A_i 对评价指标 B_j 的不满足程度, $f_{ij} \in [0, 1]$, $t_{ij} + f_{ij} \leq 1$ 。

假设评价指标 $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ 对应的权重为 $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$, $W_1, W_2, \dots, W_n \in [0, 1]$ 且 $W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1$, 则记分函数可以表示为式 (B.7)。

$$R(A_i) = \sum_{j=1}^n W_j \times [t_{ij} - f_{ij} + u(1 - t_{ij} - f_{ij})] \quad (\text{B.7})$$

式中:

$R(A_i)$ ——评价对象 A_i 得分;

W_j ——评价指标 B_i 对应的权重, $W_j \in [0,1]$, $W_1+W_2+\dots+W_n=1$;

u ——初始参数, $u \in [-1,1]$, 通常取-0.5。

B.4 确定评价标准

利用聚类分析法对全站仪的综合评价结果进行排名, 等级越靠前性能越好。再利用 Vague 集决策理论的记分函数计算生产厂家的总体得分, 得分越高代表该生产厂家的全站仪性能越好。

B.5 数据分析

将采集及处理得到的数据输入分析模型, 进行数据分析, 依据评价标准, 输出分析结果。

B.6 验证评价结果

与实际经验结果比较, 验证评价结果, 得到评价结果符合实际经验。

B.7 评价结果的表达

表 B.1 中给出每个计量器具性能分析部分结果, 表 B.2 中给出生产厂家总体评价结果。

表 B.1 计量器具性能分析部分结果

生成厂家	编号	综合评分	排名
PT	794	0.7878	25
PT	756	0.7287	77
PT	032	0.7761	33
PT	475	0.6239	222
PT	173	0.6695	159
NN	659	0.7440	66
NN	195	0.5709	278
NN	719	0.5992	253
NN	142	0.6669	164
NN	733	0.7002	124
NG	428	0.5584	288
NG	546	0.5874	266
NG	189	0.5236	303
NG	673	0.6051	241
NG	605	0.6404	202

表 B.2 生产厂家总体评价的结果

生产厂家	总体得分	排名	生产厂家	总体得分	排名
ET	100	1	NN	18.9291	6
AL	77.3002	2	HS	16.1852	7
PT	61.8460	3	AS	9.4774	8
UT	44.8718	4	NG	8.7017	9
GS	36.7647	5	AK	0	10