中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

电子膨胀阀测试仪校准规范

Calibration Specification for Electronic Expansion Valve Testers

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布　　XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

电子膨胀阀测试仪校准规范

Calibration Specification for Electronic Expansion Valve

JJF XXXX-XX

归 口 单 位：全国电磁计量技术委员会电动汽车专用计量检测分技术委员会

主要起草单位：杭州市质量计量科学研究院

中国计量大学

浙江省质量科学研究院

参加起草单位：杭州中久自控系统有限公司

广州计量检测技术研究院

本规范委托全国电磁计量技术委员会电动汽车专用计量检测分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

X X X（起草人所在单位名称）

X X X（起草人所在单位名称）

X X X（起草人所在单位名称）

参加起草人：

X X X（起草人所在单位名称）

X X X（起草人所在单位名称）

X X X（起草人所在单位名称）

X X X（起草人所在单位名称）

目 录

引言 II
1 范围 1
2 引用文件 1
3 术语 1
4 概述 1
5 计量特性 2
5.1 直流电压示值误差 2
5.2 流量示值误差 2
5.3 流量重复性 2
5.4 压力示值误差 2
6 校准条件 3
6.1 环境条件 3
6.2 校准介质 3
6.3 测量标准及其他设备 3
7 校准项目和校准方法 3
7.1 校准项目 3
7.2 校准方法 4
8 校准结果表达 7
9 复校时间间隔 8
附录 A 流量示值误差测量不确定度评定示例 9
附录 B 校准原始记录格式 11
附录 C 校准证书内页格式 14

引　言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

电子膨胀阀测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于额定电压不大于 DC 36 V，阀门口径不大于 8 mm，以 R407C、R410A、R32、R290、R-134a、R-1234yf 为制冷剂的电子膨胀阀测试仪的校准。

其他类型电子膨胀阀测试仪可参照本规范对应的校准项目进行校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JB/T 10212—2016 空调用直动式电子膨胀阀

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 电子膨胀阀 electronic expansion valve

通过控制步进电机的运转，从而改变阀口的流通面积，实现制冷系统制冷剂流量调节的执行器件。

[来源：JB/T 10212—2016，3.1]

3.2 驱动电源 driving power supply

为驱动电子膨胀阀提供稳定电压或电流的直流电源，主要由变压器、整流电路、滤波电路、稳压稳流电路、调节控制电路、操作按钮以及显示面板等组成。

3.3 内漏 internal leakage

在规定试验条件下，电子膨胀阀关闭时，试验介质通过阀口密封副的流量。

4 概述

电子膨胀阀测试仪（以下简称：测试仪）基于压差流量法原理对被测电子膨胀阀的内漏、开阀流量、最大开阀压差、流量特性等参数进行测量。测试时，根据被测电子膨胀阀规格和测试项目，从前端流量传感器和后端流量传感器中分别选择不同量程流量传感器所在的管道进行组合后开始试验。

测试仪主要由调压器件、测量器件、驱动器件、测试工装、测试管道等组成，其结构如图 1 所示。

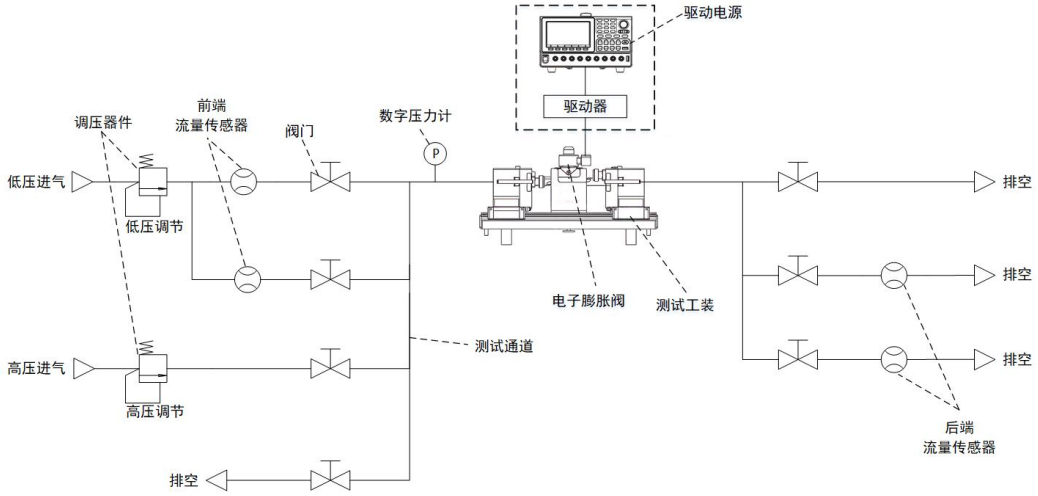


图 1 电子膨胀阀测试仪结构示意图

其中，调压器件主要用于调节测试过程中的测试压力。测量器件主要包含流量传感器和数字压力计。流量传感器用于测量电子膨胀阀的内漏、开阀流量、流量特性等测试项目；数字压力计用于测量系统的压力参数，如进口压力，以确保测试的准确性。驱动器件主要由驱动电源和驱动器组成，为被测电子膨胀阀的步进电机旋转提供所需的电能，使其能够根据控制信号进行旋转，从而驱动阀针（芯）上下移动，调节阀孔的开度。测试工装用于装夹和固定被测电子膨胀阀。测试管道主要由测试通道和阀门组成，根据测试项目不同，通过调整阀门形成对应的测试管道组合后开始测试。

5 计量特性

5.1 直流电压示值误差

测量范围：（1～36）V；最大允许误差：±（0.05%×读数+10 mV）。

5.2 流量示值误差

被校测试仪前端和后端流量传感器的流量测量范围见表 1，最大允许误差：3.0%FS。

表 1 流量传感器的测量范围表

序号	前端流量传感器	后端流量传感器
1	（0.001～10）L/min	（0.01～100）mL/min
2	（0.01～100）L/min	（0.02～200）mL/min
3	（0.025～250）L/min	（0.05～500）mL/min
4	（0.05～500）L/min	/
5	（0.1～1000）L/min	/

5.3 流量重复性

流量重复性不得超过最大允许误差的1/3。

5.4 压力示值误差

测量范围：（0～500）kPa、（0～3）MPa；

最大允许误差：±1.0%FS。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（23±5）℃。

6.1.2 环境相对湿度：≤85%。

6.1.3 大气压力：（86～106）kPa。

6.2 校准介质

应为干燥、洁净、满足测试要求的压缩空气。

6.3 测量标准及其他设备

6.3.1 选取原则

测量标准应经计量检定或校准合格，并在有效期内。测量标准的测量范围应覆盖被校测试仪的测量范围，并具有足够高的分辨力、准确度和稳定性。各测量标准引入的扩展不确定度（k=2）或最大允许误差的绝对值应不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的1/3。

6.3.2 数字多用表

最大允许误差：±（0.015%×读数＋0.003%×量程）。

6.3.3 标准流量计

最大允许误差：±1.0%FS。

6.3.4 数字压力计

最大允许误差：±0.2%FS。

注：除上述设备外，也可以使用其他符合要求的计量器具作为标准设备。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	直流电压示值误差	5.1	7.2.2
2	流量示值误差	5.2	7.2.3
3	流量重复性	5.3	7.2.4
4	压力示值误差	5.4	7.2.5

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

校准前，检查确认被校测试仪外观完好，各功能正常运行。

安装时，流量传感器的流向标识应与气体流向一致，安装位置满足使用说明书中直管段的要求。校准设备与被校测试仪的受压点在同一水平面上。

测试前，被校测试仪、测量标准及其他设备按各自的说明书和实际工作需要进行预热，预热时间不小于 30 min。

7.2.2 直流电压示值误差

按图 2 接线，按以下步骤进行校准：

a）均匀选取被校测试仪电压测量范围 3 至 5 个校准点，一般应包括量程的 10%、50%和 100%，也可根据用户实际需要选择校准点；

b）采用直接比较测量法，按校准点设置被校测试仪的输出电压，输出稳定后，记录被校测试仪的直流电压示值 U_u 和数字多用表的电压测量值 U_s；

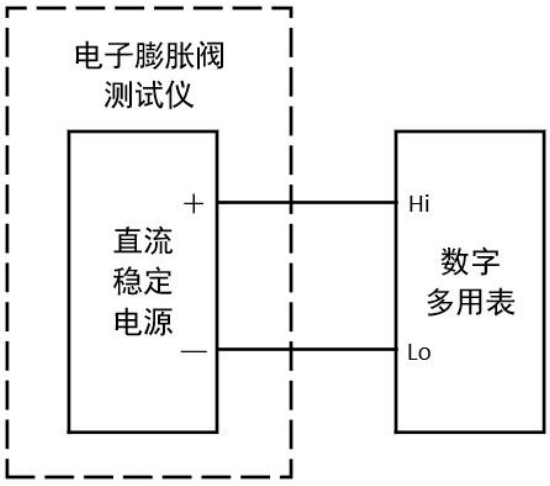


图 2 直流电压示值误差校准接线图

c）直流稳定电源输出电压示值误差按式（1）计算，取两次测量的平均值为最后测量结果：

$$\triangle U = U_u - U_s \quad (1)$$

式中：

$\triangle U$——直流电压示值误差，V；

U_u——被校测试仪中直流稳定电源电压示值，V；

U_s——数字多用表的电压测量值，V。

7.2.3 流量示值误差

按图 3 方式连接标准流量计，按以下步骤进行校准：

a）流量的校准点应包含额定最大流量 q_{max}、$0.5q_{max}$、额定最小流量 q_{min}、分界流量 q_t 和 q_{min}，每个校准点至少测量 3 次；

b）在零流量状态下，观察压力测量仪表示值不变，密封性合格后，开始校准；

c）调整流量调节阀，使被校测试仪流量控制在设定流量范围内。对于 q_{max}，流量控制在（0.9～1）q_{max}，对于 q_{min}，流量控制在（1～1.1）q_{min}，其他校准点流量控制在±5%以内。当流量达到设定值范围并稳定 5s 后，即可记录数据；

d）同时记录被校测试仪流量示值 q 和标准流量计的流量示值 q_s，完成第一个流量点的一次校准，再重复以上过程至少 2 次，完成第一个流量点的校准。按校准流量点调节流量，直至完成所有流量点的校准。

e）第 i 流量点第 j 次校准的流量相对示值误差按式（2）计算，实际校准时至少取三次测量的平均值为最后测量结果。

$$E_{ij} = q_{ij} - (q_s)_{ij} \quad (2)$$

式中：

E_{ij}——第 i 流量点第 j 次校准的流量示值误差，m^3/h、L/min 、mL/min；

q_{ij}——第 i 流量点第 j 次被校测试仪的瞬时体积流量，m^3/h、L/min 、mL/min；

$(q_s)_{ij}$——第 i 流量点第 j 次标准流量计的瞬时体积流量，m^3/h、L/min、mL/min。

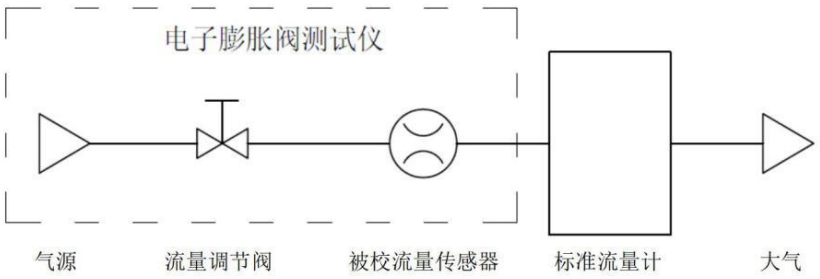


图 3 流量示值误差校准连接示意图

7.2.4 流量重复性

在校准流量点 0.5q_{max} 处，按式（3）计算被校流量传感器重复性。

$$E_{\tau}=\frac{\sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{j=1}^{n}(E_j-\bar{E})^2}}{q_{max}}\times 100\% \qquad (3)$$

式中：

E_{τ}——在 0.5q_{max} 流量点，n 次被校流量传感器的重复性，%；

E_j——在 0.5q_{max} 流量点，第 j 次被校流量传感器示值误差，m^3/h、L/min 、mL/min；

$\bar{E}$——在 0.5q_{max} 流量点，n 次被校流量传感器示值误差平均值，m^3/h、L/min 、mL/min。

n 与流量示值误差校准中的测量次数保持一致。

7.2.5 压力示值误差

按图 4 方式连接压力标准器，按以下步骤进行校准：

a）在被校测试仪中数字压力计全量程范围内，均匀选取不少于 5 个点（含零点），校准循环 1 次；。

b）连接时，应尽可能使标准压力计与被校测试仪中数字压力计的受压点在同一水平面上。当两者的受压点不在同一水平面上时，因工作介质高度差引起的校准附加误差应不超过被校测试仪最大允许误差的 1/10，否则应进行修正；

c）校准过程中升压和降压应平稳，避免有冲击和过压现象，按校准点设置被校准压力值，待压力值稳定后分别记录被校准压力示值 p_u 以及标准压力值 p_s；

d）压力示值误差按式（4）计算：

$$\triangle p=p_u-p_s \qquad (4)$$

式中：

△p——各校准点压力示值误差，Pa、kPa、MPa；

p_u——被校测试仪数字压力计各校准点正、反行程示值，Pa、kPa、MPa；

p_s——压力标准器示值，Pa、kPa、MPa。

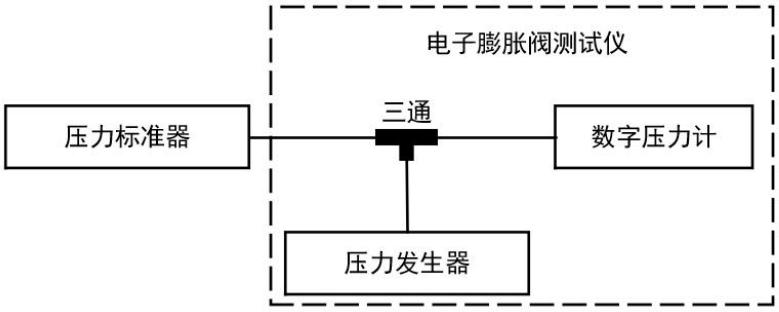


图 4　压力示值误差校准连接示意图

e）压力示值误差取正行程和反行程中示值误差的最大值。

8　校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反应，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

a）标题，如“校准证书”；

b）实验室名称和地址；

c）进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d）证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e）客户的名称和地址；

f）被校对象的描述和明确标识；

g）进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和有关时，应说明被校对象的接收日期；

h）如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i）对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j）本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k）校准环境的描述；

l）校准结果及其测量不确定度的说明；

m）对校准规范的偏离的说明；

n）校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o）校准结果仅对被校对象有效的声明；

p）未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 B，校准证书（报告）内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 12 个月。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间。

附录 A 不确定度评定示例

流量示值误差测量不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量环境：温度：20.2 ℃，相对湿度：57%，大气压力：100.9 kPa。

A.1.2 校准介质：干燥、洁净空气。

A.1.3 测量方法：采用直接比较测量法，按照本规范第 7.2.3 条规定的校准方法，典型值为 0.5q_{max}，q_{max}为 250 L/min。

A.2 测量模型

流量示值误差的测量按公式（2）建立测量模型：

$$E_{ij} = q_{ij} - (q_s)_{ij} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（A.1）$$

式中：

E_{ij}——第 i 流量点第 j 次校准的流量示值误差，L/min；

q_{ij}——第 i 流量点第 j 次被校流量传感器的瞬时体积流量，L/min；

$(q_s)_{ij}$——第 i 流量点第 j 次标准流量计的瞬时体积流量，L/min。

A.3 灵敏系数

$$c_1 = 1，c_2 = -1$$

A.4 不确定度传播公式

由于$u(q_{ij})$、$u[(q_s)_{ij}]$ 间的不确定度之间不相关，得到

$$u_c（E_{ij}） = \sqrt{c_1^2 u^2(q_{ij}) + c_2^2 u^2[(q_s)_{ij}]} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（A.2）$$

A.5 标准不确定度来源分析与评定

A.5.1 标准不确定度来源分析

流量示值误差测量结果的测量不确定度主要来源于：由电子膨胀阀测试仪流量示值误差重复性引入的标准不确定度分量$u(q_{ij})$；由标准器的最大允许误差引入的标准不确定度分量$u[(q_s)_{ij}]$。

A.5.2 标准不确定度分量评定

A.5.2.1 标准不确定度分量$u(q_{ij})$评定

为了获得测量重量性引入的标准不确定度，采用规范的测量方法，在 0.5q_{max}流量下，

按重复性条件进行 10 次测量，测量结果如表 A.1：

表 A.1　流量示值误差的重复性测量数据

测量序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准值（L/min）	122.78	122.62	122.70	122.70	122.45	122.80	122.55	122.58	122.75	122.65
被校示值（L/min）	122.45	122.38	122.65	122.68	122.38	122.98	122.40	122.55	122.90	122.78
示值误差（L/min）	-0.33	-0.24	-0.05	-0.02	-0.07	0.18	-0.15	-0.03	0.15	0.13

10次流量示值误差测量结果的平均值为：-0.043 L/min，$(q_s)_{ij}$的平均值为122.66 L/min。由贝塞尔公式计算示值误差单次实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}（X_i - \bar{X}）}{n-1}} = 0.167\ \text{L/min}$$

实际校准时取三次测量的平均值为最后测量结果，则

$$u(q_{ij}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.167}{\sqrt{3}} = 0.096\ \text{L/min}。$$

A.5.2.2 标准器引入的不确定度分量$u[(q_s)_{ij}]$评定

标准器引入的不确定度分量主要由标准器的最大允许误差引入。标准流量计最大允许误差为±（0.8%×读数+0.2%×量程）=±（0.8%×122.66+0.2%×250）=1.481 L/min，则其半宽区间为：a =1.481 L/min。按均匀分布考虑，取 $k=\sqrt{3}$，则可得：

$$u[(q_s)_{ij}] = \frac{a}{k} = \frac{1.481}{\sqrt{3}} = 0.855\ \text{L/min}$$

A.5.2.3 合成标准不确定度的评定

输入量$u(q_{ij})$与$u[(q_s)_{ij}]$彼此独立不相关，所以标准不确定度为：

$$u_c（E_{ij}）= \sqrt{c_1^2 u^2(q_{ij}) + c_2^2 u^2[(q_s)_{ij}]} = 0.860\ \text{L/min}$$

A.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 k=2，扩展不确定度为：$U=k\times u_c（E_{ij}）$=2×0.860 L/min≈1.8 L/min。

附录 B 校准原始记录格式

电子膨胀阀测试仪校准原始记录

证书编号：

送校仪器信息：			
委托单号		送校单位	
名称		制造单位	
型号/规格		出厂编号	
校准环境条件及地点：			
温度	℃	大气压力	kPa
相对湿度	%	校准地点	
校准所依据的技术文件（代号、名称）：			
校准所使用的主要测量标准：			

名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/最 大允许误差	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

电子膨胀阀测试仪校准原始记录

证书编号：

校准结果记录

1. 外观及功能性检查：

2. 直流电压示值误差

标准值			被校示值			示值误差	扩展不确定度（k=2）
校准 1	校准 2	平均值	校准 1	校准 2	平均值		

3. 流量示值误差

标准值				被校示值				示值误差	扩展不确定度（k=2）
校准 1	校准 2	校准 3	平均值	校准 1	校准 2	校准 3	平均值		

4. 流量重复性

标准值	被校示值	示值误差	重复性

证书编号：

5. 压力示值误差

正行程		反行程		示值误差			扩展不确定度（k=2）
标准值	被校示值	标准值	被校示值	正行程	反行程	最大值	

校准员： **核验员：** **校准日期：** **年 月 日**

附录 C

校准证书内页格式

证书编号： XXXXXX-XXXX

<table>
<tr><td colspan="5">〈校准机构授权说明〉

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。</td></tr>
<tr><td colspan="5">校准环境条件及地点：</td></tr>
<tr><td>温度</td><td>℃</td><td>大气压力</td><td colspan="2">kPa</td></tr>
<tr><td>相对湿度</td><td>%</td><td>校准地点</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">校准所依据的技术文件（代号、名称）：</td></tr>
<tr><td colspan="5">校准所使用的主要测量标准：</td></tr>
<tr><td>名称</td><td>测量范围</td><td>不确定度/
准确度等级/最大允许误差</td><td>证书编号</td><td>证书有效期至
(YYYY-MM-DD)</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

证书编号： XXXXXX-XXXX

校准结果

1. 外观及功能性检查：

2. 直流电压示值误差

标准值	被校示值	示值误差	扩展不确定度（k=2）

3. 流量示值误差

标准值	被校示值	示值误差	扩展不确定度（k=2）

4. 流量重复性：_____

5. 压力引用误差

正行程		反行程		示值误差	扩展不确定度（k=2）
标准值	被校示值	标准值	被校示值		

声明：

1. 仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校准员： **核验员：**