

气体计量标准装置检定能力验证测试

孙宝权¹

摘要：由于气体计量标准装置中测量介质具有动态性和压缩性，检定或校准结果能力验证比较复杂。应结合工作实践，针对不同气体计量标准装置选择合适的测试对象。计量标准装置能力验证方法主要有传递比较法和比对法，采用这两种方法，对待测临界流文丘里喷嘴气体流量标准装置进行了实验验证。结果表明，采用比对法能更好地考察气体计量标准测量结果的准确性、一致性和可靠程度。

关键词：气体计量标准装置；测试对象；测试；验证；不确定度

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.8.022

Gas Measurement Standard Device Calibration Ability Verification Test

Sun Baoquan

Abstract: Due to the dynamic and compressibility of the measuring medium, the test or calibration results capability validation of the gas flow standard device is more complicated. Combining work practice, select appropriate test objects for different gas measurement standards devices. Measurement standard capacity verification method is mainly transmission comparison method and comparison method. Using these two methods, Experimental verification was carried out on the Venturi nozzle gas flow standard device to be measured. The results show that the comparison method can be better to examine the accuracy, consistency and reliability of the measuring results of gas measurement standards.

Key words: gas measurement standard device; test object; test; verification; uncertainty

根据《计量标准考核规范》要求，在新建计量标准装置的考核、已建计量标准装置的复查考核以及计量标准装置考核的监督管理中，都需要对计量标准装置的检定能力进行验证^[1]。气体标准装置测量对象是动态的、可压缩的，并且测量的量值无法保存，所以普遍采用测量指定的流量仪表方法，间接实现流量量值的比较。由于参与测量过程的仪表较多，影响实验结果的因素复杂，因此在气体计量

标准装置检定能力验证实验中对测试对象、测试方法以及判断指标都需做明确的技术要求。

1 测试对象的确定

测试对象应为性能非常稳定、复现性好的流量测量仪表。仪表流量范围不宜太宽，且可动部件少，测量准确度应接近气体计量标准装置，受安装、运行条件变化影响小。

表1 验证测试对象推荐型式

流量标准装置名称	测试对象	口径/mm	准确度等级
钟罩式流量标准装置	涡轮流量计	DN50 ~ DN100	0.2级
PVTt法流量标准装置	临界流文丘里喷嘴	按流量范围选取	
质量时间(mt)法流量标准装置	腰轮流量计(或双转子腰轮流量计)	DN50 ~ DN100	
临界流喷嘴流量标准装置	涡轮流量计	DN50 ~ DN200	0.5级
标准表法流量标准装置(空气)	腰轮流量计		
	旋进漩涡流量计		
临界流喷嘴流量标准装置	涡轮流量计(带前直管段、整流器)	DN50 ~ DN100	扩展不确定度优于0.3%
标准表法流量标准装置(高压天然气)	超声流量计(带前直管段、整流器)	DN100 ~ DN200	
	临界流文丘里喷嘴	按流量范围选取	

¹大庆油田工程有限公司

根据实验室及检定站场多年实践,推荐的被测对象型式见表1^[2]。

如果条件具备,测试对象宜准备更多,其中包括:1台小口径流量计,用于计量标准装置小流量范围的验证测试;1台中口径流量计,用于衔接小流量范围以上的验证测试,并对小口径流量计的复现量值进行核校。

2 测试方法

计量标准装置检定能力验证主要有传递比较法和比对法。气体流量标准装置种类比较多,一般情况下,钟罩式流量标准装置、PVT_i法流量标准装置、质量时间(mt)法流量标准装置等原级标准,由于在流量量值上无法直接溯源,只能采用比对法验证检定或校准结果的可信程度;临界流喷嘴流量标准装置,其工作原理为多只喷嘴组合使用,测量范围小的可采用传递比较法,测量范围大的宜采用比对法;标准表法流量标准装置,应采用传递比较法;以高压天然气为介质的流量标准装置,根据溯源标准的运行条件,决定采用传递比较法或比对法。

测试对象送至溯源标准实验室或其他同类装置的实验室,在最佳测量范围内,选多个流量点进行测量,每个点连续测量6次,测量流量计系数或示值误差,并评估测量结果的不确定度^[3]。测试完成后,立即在待测气体计量标准装置上相应的流量点重复试验,评估测量结果是否偏离,判断流量标准装置检定或校准结果是否可信。

2.1 传递比较法

采用传递比较法对流量标准装置进行验证,结果应满足

$$|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq \sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2} \quad (1)$$

式中: y_{lab} 为待测流量标准装置的测量结果; y_{ref} 为溯源标准装置的测量结果; U_{lab} 为待测流量标准装置测量结果的不确定度,包含了流量标准装置的测量不确定度和被测流量计的测量不确定度; U_{ref} 为溯源标准装置测量结果的不确定度。

2.2 比对法

采用比对法对流量标准装置进行验证,结果应满足

$$|y_{\text{lab}} - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{\text{lab}} \quad (2)$$

式中: y_{lab} 为待测流量标准装置的测量结果; \bar{y} 为在同一流量点多个实验室测量结果的平均值; U_{lab} 为待测流量标准装置测量结果的不确定度,包含了

流量标准装置的测量不确定度和被测流量计的测量不确定度; n 为比对实验室数量, $n \geq 2$ 。

由于待测流量标准装置复现的量值与溯源标准装置的量值具有强相关性,为避免溯源标准装置测量不确定度的重复引用,提高试验结论的可靠性,在不确定度评定过程中,不应引入标准装置量值溯源的不确定度分量。

3 实验室测试

待测流量标准装置为临界流文丘里喷嘴气体流量标准装置,测量范围10~6 000 m³/h,测量不确定度评定为 $U=0.33\%$ ($k=2$, k 为包含因子, k 值为2表明其置信概率约为95%)。被测流量计为某公司生产的DN100 mm腰轮流量计,流量计编号为953 578,测量重复性为0.05%,经评定,不确定度优于 $U=0.2\%$ ($k=2$)。

3.1 采用传递比较法进行验证

待测流量标准装置溯源于钟罩式气体流量标准装置,钟罩标准装置测量不确定度 $U=0.1\%$, ($k=2$)。用两套装置分别测量被测流量计流量为50、100和200 m³/h三个点,取示值误差作为测量结果,试验结果应满足 $|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq \sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}$ 。

由于两装置的量值具有强相关性,不引入溯源标准测量结果的不确定度。经计算, $\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2} = 0.39\%$ 。

试验结果见表2。

表2 采用传递比较法验证结果

测量点 流量/ (m ³ ·h ⁻¹)	待测标准装置 测量示值误差 $y_{\text{lab}}/\%$	钟罩标准装置 测量示值误差 $y_{\text{ref}}/\%$	$ y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}} /%$	$\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2} /%$
200	0.136 8	0.161 9	0.025 1	0.39
100	-0.136 8	0.012 1	0.148 9	0.39
50	0.0833	-0.161 9	0.245 2	0.39

试验结果表明,在测量点流量较小时,待测标准装置与溯源标准装置测量结果偏离较大,这与钟罩标准装置的工作原理和被测流量计计量性能有关,偏离在可控范围内;在大流量点,两装置的量值一致性程度较好,检定或校准结果的可靠性很高。

3.2 采用比对法进行验证

用另外一套临界流文丘里喷嘴气体流量标准装置对被测对象进行测量,该标准装置测量不确定度 $U=0.30\%$ ($k=2$)。三个测量点流量仍为50、100和200 m³/h,试验结果应满足 $|y_{\text{lab}} - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U_{\text{lab}}$ 。

(下转第81页)