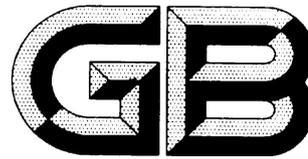


ICS 25.040.40

N10/19



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

工业过程温度校准器

Industrial process temperature calibrator

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(报批稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言.....	III
引言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 工作条件.....	2
4.1 正常工作环境.....	2
4.2 参考工作条件.....	3
5 通用要求.....	3
5.1 外观.....	3
5.2 功能.....	3
5.3 技术要求.....	4
5.4 安全性能.....	6
5.5 电磁兼容.....	7
5.6 供电电源.....	7
5.7 环境试验.....	7
6 检验规则.....	8
6.1 检验条件.....	8
6.2 检验类别.....	8
6.3 出厂检验及判定规则.....	8
6.4 型式检验、不合格分类及结果判定.....	8
6.5 周期检验.....	9
6.6 检验项目.....	10
6.7 检验用设备.....	10
7 检验方法.....	10
7.1 外观.....	10
7.2 功能检查.....	10
7.3 示值误差.....	10
7.4 分辨力.....	16
7.5 输出稳定度.....	17
7.6 零点漂移.....	18
7.7 电压输出带负载能力.....	18
7.8 过负载能力.....	19
7.9 输入电阻.....	19

7.10	温度影响量.....	19
7.11	供电电压变化影响量.....	21
7.12	安全性能.....	21
7.13	电磁兼容.....	21
7.14	供电电源.....	22
7.15	环境试验.....	22
8	标志、包装、运输和贮存.....	22
8.1	标志.....	22
8.2	包装.....	22
8.3	运输和贮存.....	22
附录 A (资料性附录)	检验结果不确定度评定实例.....	24
附录 B (资料性附录)	周期检验记录及检验结果.....	34
参考文献	39

前 言

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则编写。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会（SAC/TC124）归口。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准负责起草单位：余姚市劲仪仪表厂、云南省计量测试技术研究院、中国计量大学、上海市计量测试技术研究院、浙江省计量科学研究院、宁波市计量测试研究院、上海市浦东新区计量质量检测所、北京康斯特仪表科技股份有限公司、大金空调（上海）有限公司、上海神开石油仪器有限公司、广州致讯信息科技有限责任公司、福建顺昌虹润精密仪器有限公司、宝山钢铁股份有限公司、杭州电子科技大学、上海市在线检测与控制技术重点实验室。

本标准主要起草人：张剑锋、张绍旺、孙坚、黄莉、余国瑞、凌彦萃、饶杰、陈曦、余时帆、吴丹、张莉蓉、何欣、陈杰、孙健、楼志斌、王裴劼、陈志扬、朱力生、吴卿。

引 言

工业过程温度校准器是具有输出和测量功能的仪器，可以模拟输出和测量温度信号等（热电偶、热电阻），主要应用于温度仪表的校准。为统一我国工业过程温度校准器的生产制造，规范产品性能要求和检验方法，有必要对工业过程温度校准器进行标准化。

本标准对工业过程温度校准器的产品性能和检验方法等进行了规定，为规范生产、使用和检验工业过程温度校准器提供了参考与指导。

工业过程温度校准器

1 范围

本标准规定了工业过程温度校准器（以下简称校准器）的术语和定义、工作条件、通用要求、安全性能、环境试验、检验规则、检验周期、检验方法、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于台式、便携式的校准器。适用范围包括所有在中华人民共和国境内设计和制造的校准器。

本标准适用于交流供电、直流供电或电池供电的校准器。

本标准也可适用于其他具有部分温度输出和测量功能的类似仪器或设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2423.1-2008	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2-2008	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3-2016	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.5-1995	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
GB/T 2423.8-1995	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ed：自由跌落
GB/T 2423.10-2008	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
GB/T 2900.77-2008	电工术语 电工电子测量和仪器仪表 第1部分：测量的通用术语
GB 4793.1-2007	测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
GB/T 6113（所有部分）	无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范
GB/T 13384-2008	机电产品包装通用技术条件
GB/T 13978-2008	数字多用表
GB/T 15479-1995	工业自动化仪表绝缘电阻、绝缘强度技术要求和试验方法
GB/T 16839.1-1997	热电偶 第1部分：分度表
GB/T 17626.2-2006	电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3-2016	电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.5-2008	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.8-2006	电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.11-2008	电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
GB/T 25480-2010	仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法
GB/T 32204-2015	工业过程校准器
JJF 1001-2011	通用计量术语和定义技术规范

3 术语和定义

GB/T 2900.77-2008、GB/T 13978-2008、JJF 1001-2011界定的以及下列术语和定义适用于本标准。为便于使用，以下重复列出了GB/T 2900.77-2008、GB/T 13978-2008、JJF 1001-2011的某些术语和定义。

3.1 工业过程温度校准器 industrial process temperature calibrator

工业过程温度校准器是同时具有输出和测量功能的仪器，可以输出热电偶模拟信号、热电阻模拟信号、直流电压、电阻等；还可以测量热电偶、热电阻信号、直流电压、电阻等。

3.2 带负载能力 load capacity

校准器在输出电压或电流信号时，不影响输出准确度的最大带载能力。

3.3 过负载能力 overload capacity

校准器能承受的电压或电流的最大输入量并持续经过规定的时间而不损坏的能力。
[GB/T 13978-2008，定义3.2.9]

3.4 准确度 accuracy

被测量的测得值与其真值间的一致程度。
[JJF 1001-2011，定义5.8]

3.5 测量不确定度 measurement uncertainty, uncertainty of measurement

根据所用到的信息，表征赋予被测量量值分散性的非负参数。
[JJF 1001-2011，定义5.18]

3.6 分辨力 resolution

导致标示值发生可观察到的被测量或供给量的最小变化。
[GB/T 2900.77-2008，定义311-03-10]

3.7 参考工作条件 reference operating condition

为测量仪器或测量系统的性能评价或测量结果的相互比较而规定的工作条件。
[JJF 1001-2011，定义7.11]

3.8 示值误差 error of indication

测量仪器示值与对应输入量的参考量值之差。
[JJF 1001-2011，定义7.32]

4 工作条件

4.1 正常工作环境

校准器正常工作环境如下：

- a) 环境温度：(-10~50)℃；
- b) 环境相对湿度：(15~85)%；
- c) 供电电源：

- 1) 交流供电：220(1±10%)V，(50±1)Hz；
- 2) 直流或电池供电：制造商注明正常工作的电压范围；
- d) 其他条件：周围无腐蚀性气体、液体，应避免其他冷、热源波动影响，以及强震动、电磁场的影响。

4.2 参考工作条件

校准器参考工作条件应满足表1。

表1 校准器参考工作条件

影响量	参考工作条件（或范围）	允许偏差
环境温度	(18~22)℃	—
环境相对湿度	(45~75)%	—
交流供电电压	220V	±5%
交流供电频率	50Hz	±1%
交流供电波形	正弦波	畸变因素≤2%
直流供电电压	额定值	±1%
直流供电电压的纹波	$\Delta V/V_0^a$	≤0.1%
外电磁场干扰	应避免	—
强震动	应避免	—
阳光照射	避免直射	—

注： ΔV 为纹波电压的峰值； V_0 为直流供电电压的额定值。

5 通用要求

5.1 外观

校准器外表不应有划伤、玷污等痕迹，外露件不能有影响工作性能的机械损害或脱落；面板不应有影响读数的缺陷、机壳或铭牌上应标有产品名称、型号规格、出厂编号、生产厂家或商标标志；开关、按键应灵活可靠，接插件接触应保持良好的；输出和测量端应有明显的标志；供电电源标志应正确无误，如带有充电器插孔，也应有明显标志。

5.2 功能

5.2.1 输出

包括：热电偶模拟信号、热电阻模拟信号、直流电压、电阻等。

5.2.2 测量

包括：热电偶、热电阻信号、直流电压、电阻等。

5.2.3 显示

校准器在输出或测量范围内应具有连续变化不间断的显示功能，并显示与其量值相对应的计量单位。有极性显示功能的校准器，当输入信号改变极性时，应能显示相应的极性符号。当选择不同功能时，显示器应能指示相应功能。

5.2.4 数据存储

校准器数据存储的内容应包括索引编号、日期、时间、输出值或测量值、可存储的百分数或条数。存储容量应符合产品说明书中规定的容量。

5.3 技术要求

5.3.1 准确度技术指标

校准器在参考工作条件下输出和测量的准确度技术指标应分别符合表2、表3规定。表2、表3为产品最低技术指标及最小的量程范围。

表 2 校准器输出技术指标

名称	输出范围(°C)	分辨力(°C)	最大允许误差(°C)	备注	
热电偶模拟信号	T	$-250 \leq t < -200$	0.1	± 1.1	—
		$-200 \leq t < 0$	0.1	± 0.4	—
		$0 \leq t \leq 400$	0.1	± 0.3	—
	K	$-250 \leq t < -200$	0.1	± 1.3	—
		$-200 \leq t \leq 1100$	0.1	± 0.4	—
		$1100 < t \leq 1372$	0.1	± 0.5	—
	E	$-250 \leq t < -200$	0.1	± 0.8	—
		$-200 \leq t \leq 1000$	0.1	± 0.3	—
	J	$-210 \leq t < -100$	0.1	± 0.4	—
		$-100 \leq t \leq 800$	0.1	± 0.3	—
		$800 < t \leq 1200$	0.1	± 0.4	—
	N	$-200 \leq t < -100$	0.1	± 0.6	—
		$-100 \leq t \leq 900$	0.1	± 0.4	—
		$900 < t \leq 1300$	0.1	± 0.5	—
	S	$-20 \leq t < 0$	0.1	± 1.2	—
		$0 \leq t < 200$	0.1	± 1.1	—
		$200 \leq t \leq 1400$	0.1	± 0.9	—
	R	$-20 \leq t < 0$	0.1	± 1.2	—
		$0 \leq t < 100$	0.1	± 1.1	—
		$100 \leq t \leq 1767$	0.1	± 0.9	—
	B	$600 \leq t < 800$	0.1	± 1.2	—
$800 \leq t \leq 1820$		0.1	± 1.1	—	
热电阻模拟信号	Pt100(385)	$-200 \leq t \leq 400$	0.1	± 0.2	—
	Pt1000(385)	$400 < t \leq 850$	0.1	± 0.4	—
	Cu50	$-50 \leq t \leq 150$	0.1	± 0.2	—
	Cu100	$-50 \leq t \leq 150$	0.1	± 0.2	—
直流电压	(0~75)mV	1 μ V	$\pm (0.02\% \text{读数} + 0.005\% \text{量程})$	—	
电阻	(0~400) Ω	0.01 Ω	$\pm (0.02\% \text{读数} + 0.005\% \text{量程})$	适用于外激 电流范围为	

				(0.5~10) mA
	(0~4)kΩ	0.1Ω	±(0.02%读数+0.005%量程)	适用于外激 电流范围为 (0.1~1)mA
注：本技术指标对热电偶的规定是在不具备冷端补偿，或冷端参考温度为0℃的情况下。如带有冷端补偿功能，热电偶模拟信号输出最大允许误差绝对值增加0.2℃。				

表3 校准器测量技术指标

名称	测量范围(℃)		分辨力(℃)	最大允许误差(℃)	备注
热电偶	T	-250≤t<-200	0.1	±1.1	—
		-200≤t<0	0.1	±0.4	—
		0≤t≤400	0.1	±0.3	—
	K	-250≤t<-200	0.1	±1.3	—
		-200≤t≤1100	0.1	±0.4	—
		1100<t≤1372	0.1	±0.5	—
	E	-250≤t<-200	0.1	±0.8	—
		-200≤t≤1000	0.1	±0.3	—
	J	-210≤t<-100	0.1	±0.4	—
		-100≤t≤800	0.1	±0.3	—
		800<t≤1200	0.1	±0.4	—
	N	-200≤t<-100	0.1	±0.6	—
		-100≤t≤900	0.1	±0.4	—
		900<t≤1300	0.1	±0.5	—
	S	-20≤t<0	0.1	±1.2	—
		0≤t<200	0.1	±1.1	—
		200≤t≤1400	0.1	±0.9	—
	R	-20≤t<0	0.1	±1.2	—
		0≤t<100	0.1	±1.1	—
		100≤t≤1767	0.1	±0.9	—
	B	600≤t<800	0.1	±1.0	—
800≤t≤1820		0.1	±0.8	—	
热电阻	Pt100 (385)	-200≤t≤400	0.1	±0.2	—
	Pt1000 (385)	400<t≤850	0.1	±0.4	—
	Cu50	-50≤t≤150	0.1	±0.2	—
	Cu100	-50≤t≤150	0.1	±0.2	—
直流电压	(0~75)mV		1μV	±(0.02%读数+0.005%量程)	—
电阻	(0~400)Ω		0.01Ω	±(0.02%读数+0.005%量程)	—
	(0~4)kΩ		0.1Ω	±(0.02%读数+0.005%量程)	—
注：本技术指标对热电偶的规定是在不具备冷端补偿，或冷端参考温度为0℃的情况下。如带有冷端补偿功能，热电偶测量最大允许误差绝对值增加0.2℃。					

5.3.2 分辨力

制造厂应说明仪器的最高分辨力，并且实际的分辨力应与制造厂标注的一致。各功能、各量程的分辨力不同，应分别标注。

5.3.3 输出稳定度

校准器在最小量程的10min输出稳定度不应大于该量程最大允许误差绝对值的1/5。

5.3.4 零点漂移

校准器在温度最小量程的输出零点漂移和测量零点漂移不应大于2个字。

5.3.5 电压输出带负载能力

校准器mV输出内阻应小于50m Ω 。

5.3.6 过负载能力

5.3.6.1 电压输出过负载能力

校准器在输出时，外施加36V直流电压，当撤消外施加电压，校准器可恢复正常工作。

5.3.6.2 电压测量过负载能力

校准器在测量时，应能承受2倍测量范围上限值的电压，当撤消电压，校准器可恢复正常工作。

5.3.7 输入电阻

校准器mV档输入电阻应大于200M Ω 。

5.3.8 影响量技术指标

5.3.8.1 温度影响量

温度影响量（温度系数）不应大于对应量程最大允许误差绝对值的(1/10)/ $^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.8.2 供电电源变化影响

对于交流供电的校准器，当供电电源电压在额定值的(1 \pm 10%)V内变化时，校准器应能正常工作，输出和测量应分别符合其技术指标。

5.4 安全性能

5.4.1 安全性

校准器应符合GB 4793.1-2007的第6、9、10、14和16章有关防电击、防止火焰蔓延、温度极限值和耐热、元器件、电流测量电路以及多功能仪表和类似设备的规定。

5.4.2 绝缘性

5.4.2.1 绝缘电阻

校准器应符合GB/T 15479-1995的4.1的规定。

5.4.2.2 绝缘强度

校准器应符合GB/T 15479-1995的4.2的规定。

5.5 电磁兼容

5.5.1 静电放电抗扰度

按照GB/T 17626.2-2006, 校准器经过规定的静电试验, 功能或性能暂时丧失或降低, 在骚扰停止后能自行恢复, 不需要操作者干预。

5.5.2 射频电磁场辐射抗扰度

按照GB/T 17626.3-2006, 校准器经过规定的射频电磁场辐射抗扰度试验, 在规定的技术要求限值内性能正常。

5.5.3 无线电骚扰和抗扰度

按照GB/T 6113, 校准器经过规定的无线电骚扰试验, 在规定的技术要求限值内性能正常。

5.5.4 工频磁场抗扰度

按照GB/T 17626.8-2006, 校准器经过规定的工频磁场干扰试验, 在规定的技术要求限值内性能正常。

5.5.5 浪涌(冲击)抗扰度

按照GB/T 17626.5-2008, 校准器经过规定的浪涌(冲击)抗扰度试验, 功能或性能暂时丧失或降低, 在骚扰停止后能自行恢复, 不需要操作者干预。

5.5.6 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

按照GB/T 17626.11-2008, 校准器经过规定的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验, 功能或性能暂时丧失或降低, 在骚扰停止后能自行恢复, 不需要操作者干预。

5.6 供电电源

对于电网供电的校准器的电气间隙和爬电距离应符合GB 4793.1-2007的6.7.2。电源线和插头、连接器等要求应符合GB 4793.1-2007的6.10。供电电源的断开要求应符合GB 4793.1-2007的6.11。

对于电池供电的校准器应符合GB 4793.1-2007的13.2有关电池电解液、电池和电池充电等要求, 并应说明电池类型、型号、电池容量、使用寿命等。

5.7 环境试验

5.7.1 高低温

按照GB/T 2423.1-2008, 以及GB/T 2423.2-2008, 在高低温环境中校准器应能正常开关机; 校准器的外壳不应出现开裂、变形等情况; 显示屏不能出现开裂、暗点、闪动等情况; 视窗不应出现脱胶、变形等情况; 键盘及接插件不应出现变形、老化现象。在正常工作环境温度试验中、试验后校准器的输出和测量应分别符合其技术指标。

5.7.2 湿热

按照GB/T 2423.3-2006, 在湿热环境中校准器应能正常开关机; 校准器的外壳不应出现开裂、变形等情况; 显示屏不能出现开裂、暗点、闪动等情况; 视窗不应出现脱胶、变形等情况; 键盘及接插件不

应出现变形、老化现象。在正常工作环境湿度试验中、试验后校准器的输出和测量应分别符合其技术指标。

5.7.3 振动

按照GB/T 2423.10-2008，经过规定的振动试验后，校准器的输出和测量应分别符合其技术指标。

5.7.4 跌落

按照GB/T 2423.8-1995，经过规定的跌落试验后，校准器的输出和测量应分别符合其技术指标。

5.7.5 冲击

按照GB/T 2423.5-1995，经过规定的冲击试验后，校准器的输出和测量应分别符合其技术指标。

6 检验规则

6.1 检验条件

检验条件应满足表1。

6.2 检验类别

校准器的检验分为出厂检验、型式检验、周期检验。

6.3 出厂检验及判定规则

校准器应按本标准逐台进行出厂检验，经判定产品合格并配有合格证明文件后方可出厂。

出厂检验的判定规则应根据以下进行：校准器按所规定的出厂检验项目逐台进行检验，若有任何一个检验项目不合格，即判定此台校准器为不合格品；只有在所规定的出厂检验项目全部合格后，才能判定为合格品。

6.4 型式检验、不合格分类及结果判定

6.4.1 凡属下列情况之一者应按本标准进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大的改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家质量监督检验检疫机构提出进行型式检验要求时。

6.4.2 型式检验不合格分为A、B、C 3类。A类不合格权值为1，B类不合格权值为0.5，C类不合格权值为0.2。检验不合格类别的划分见表4。

表4 校准器检验项目及不合格分类

序号	检验项目	检验类别			不合格类别
		出厂检验	周期检验	型式检验	
1	外观	√	√	√	C
2	功能检查	√	√	√	C

3	热电偶模拟输出示值误差	√	√	√	A
4	热电阻模拟输出示值误差	√	√	√	A
5	直流电压输出示值误差	√	√	√	A
6	电阻输出示值误差	√	√	√	A
7	热电偶测量示值误差	√	√	√	A
8	热电阻测量示值误差	√	√	√	A
9	直流电压测量示值误差	√	√	√	A
10	电阻测量示值误差	√	√	√	A
11	分辨力	⊙	⊙	√	B
12	输出稳定度	√	√	√	B
13	零点漂移	√	—	√	B
14	电压输出带负载能力（内阻）	√	—	√	B
15	过负载能力	⊙	—	√	B
16	输入电阻	⊙	—	√	B
17	温度影响量试验	⊙	—	√	B
18	供电电压变化影响量试验	⊙	—	√	B
19	安全性	⊙	⊙	√	A
20	绝缘电阻	√	⊙	√	A
21	绝缘强度	√	⊙	√	A
22	静电放电抗扰度	—	—	√	A
23	射频电磁场抗扰度	—	—	√	A
24	无线电骚扰和抗扰度试验	—	—	√	A
25	工频磁场抗扰度试验	—	—	√	A
26	浪涌（冲击）抗扰度试验	—	—	√	A
27	电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验	—	—	√	A
28	供电电源	⊙	—	√	B
29	高低温试验	⊙	—	√	B
30	湿热试验	⊙	—	√	B
31	振动试验	⊙	—	√	B
32	跌落试验	⊙	—	√	B
33	冲击试验	⊙	—	√	B
注1：表中 √ 表示检验项目； — 表示不检验项目； ⊙ 表示可选择项目。					
注2：检验项目根据实际情况检验。					

6.4.3 检验结果判定规则如下：

- 检验中，以样本的 A 类不合格或其他类不合格折算为 A 类不合格，作为不合格判定数；
- 除另有说明外，对在同一样本的同一检验项目上重复出现的不合格，均以一个不合格计；
- 不合格判定数小于 1 时型式检验合格、否则为不合格。

6.5 周期检验

校准器应每年进行一次周期检验。

6.6 检验项目

校准器检验项目应包括表4的项目。

6.7 检验用设备

6.7.1 示值误差检验用设备

对校准器示值误差检验所使用的设备参见表5。示值误差检验时，由标准器、辅助设备组成的标准装置及环境条件所引入的扩展不确定度（ $k=2$ ）不大于校准器最大允许误差绝对值的三分之一。标准装置的输出和测量范围不小于校准器的输出和测量范围。

表 5 示值误差检验用设备

检验项目	检验用设备	备注
热电偶模拟信号输出	热电偶测量仪表或数字多用表、补偿导线及 0℃恒温器等	—
热电阻模拟信号输出	测温电桥或数字欧姆表等	—
直流电压输出	数字多用表或数字电压表等	—
电阻输出	数字多用表或数字欧姆表等	—
热电偶测量	直流毫伏信号源或多功能校准器、补偿导线及 0℃恒温器等	—
热电阻测量	直流电阻箱或多功能校准器等	—
直流电压测量	直流电压源或多功能校准器等	标准源法
	直流电压源、直流数字电压表等	标准表法
电阻测量	直流电阻箱或多功能校准器等	—

6.7.2 其他检验用设备

按照第7条款检验方法中的规定。

7 检验方法

7.1 外观

目测和手动操作对外观进行检查，应符合5.1的要求。

7.2 功能检查

校准器通电后，目测和手动操作对功能进行检查，应符合5.2的要求。

7.3 示值误差

7.3.1 预热、预调

标准装置通电预热时间不少于30min；校准器在检验前按说明书预热并在参考工作条件下放置不少于2h。

检验过程中不应对校准器进行调整。若校准器具有零位校准功能，可在对零位校准后进行检验。

7.3.2 热电偶模拟信号输出

7.3.2.1 检验用标准装置

标准装置由热电偶测量仪表或数字多用表、补偿导线及0℃恒温器等组成。

7.3.2.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内，不少于5个检验点。一般应包括量程上下限值，推荐均匀的整十或整百摄氏度点。需要时，可增加检验点。出厂检验、型式检验应检验说明书中提及的每一种热电偶分度号，周期检验根据校准器的实际情况选择检验相应的热电偶分度号。

7.3.2.3 检验步骤

检验步骤如下：

- a) 若具有热电偶参考端温度自动补偿功能，按图1连接；不具有热电偶参考端温度自动补偿功能的，可按图2连接。标准装置如采用数字多用表，将其功能置于直流电压毫伏测量功能，被校准器置于热电偶模拟输出功能；

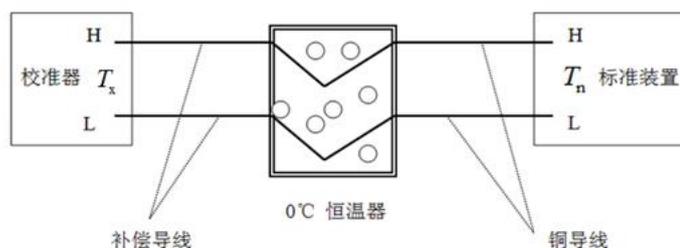


图1 热电偶输出连线图（具有热电偶参考端温度自动补偿）

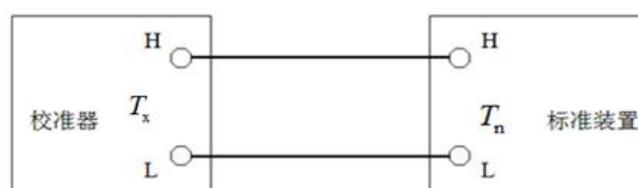


图2 热电偶输出连线图（不具有热电偶参考端温度自动补偿）

- b) 根据7.3.2.2选取的检验点，调节校准器的温度模拟输出值 T_x ，读取标准装置实测值（或读取对应电压值后，按照热电偶分度表线性内插计算得出） T_n ；
- c) 数据处理原则：误差计算过程中，小数点后保留的位数应以舍入误差小于校准器最大允许误差绝对值的1/10~1/20为限（相当于比最大允许误差多取一位小数）；
- d) 按（1）式计算热电偶模拟输出的示值误差。

$$\Delta_{\text{热电偶模拟信号输出}} = T_x - T_n \quad (1)$$

式中：

$\Delta_{\text{热电偶模拟信号输出}}$ —— 热电偶模拟输出的示值误差，单位为摄氏度（℃）；

T_x —— 校准器热电偶模拟输出温度值，单位为摄氏度（℃）；

T_n —— 标准装置热电偶实测温度值，单位为摄氏度（℃）。

注：如采用补偿导线，在计算示值误差时，可按（2）式将补偿导线修正值计算在内。

$$\Delta_{\text{热电偶模拟信号输出}} = T_x - (T_n + e/s_i) \quad (2)$$

式中：

$\Delta_{\text{热电偶模拟信号输出}}$ —— 采取补偿导线的热电偶模拟输出示值误差，单位为摄氏度（℃）；

T_x —— 校准器热电偶模拟输出温度值，单位为摄氏度（℃）；

T_n —— 标准装置热电偶实测温度值，单位为摄氏度（℃）；

e —— 补偿导线20℃时的修正值，单位为毫伏（mV）；

s_i —— 被检验点温度的微分电势，单位为毫伏每摄氏度（mV/℃）。

7.3.3 热电阻模拟信号输出

7.3.3.1 检验用标准装置

标准装置由测温电桥或数字欧姆表等组成。

7.3.3.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定的一种热电阻分度号量程范围内，不少于5个检验点。一般应包括量程上下限值，推荐均匀的整十或整百摄氏度点。需要时，可增加检验点。出厂检验、型式检验应检验说明书中提及的每一种热电阻分度号，周期检验根据校准器的实际情况选择检验相应的热电阻分度号。

7.3.3.3 检验步骤

检验步骤如下：

a) 按图3连接，校准器置于热电阻模拟输出功能；

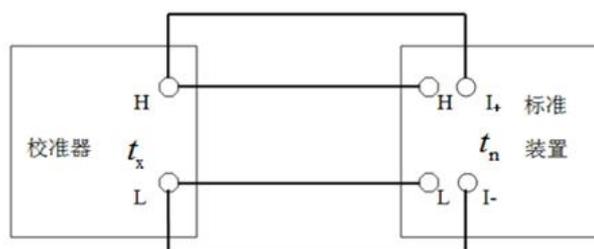


图3 热电阻模拟输出连线图

- b) 根据 7.3.3.2 选取的检验点,调节校准器热电阻模拟输出温度值 t_x ,读取标准装置实测值 t_n (或对应电阻值,按照热电阻分度表线性内插计算得出);
- c) 数据处理原则同 7.3.2.3 的 c);
- d) 按 (3) 式计算热电阻模拟输出的示值误差。

$$\Delta_{\text{热电阻模拟信号输出}} = t_x - t_n \quad (3)$$

式中:

$\Delta_{\text{热电阻模拟信号输出}}$ —— 热电阻模拟输出的示值误差,单位为摄氏度(°C);

t_x —— 校准器热电阻温度输出值,单位为摄氏度(°C);

t_n —— 标准装置热电阻温度实测值(或换算后的对应温度值),单位为摄氏度(°C)。

7.3.4 直流电压输出

按照GB/T 32204-2015 中10.5.2 进行检验。

7.3.5 电阻输出

按照GB/T 32204-2015 中10.5.4 进行检验。

7.3.6 热电偶测量

7.3.6.1 检验用标准装置

标准装置由直流毫伏信号源或多功能校准器、补偿导线及0°C恒温器等组成。

7.3.6.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,不少于5个检验点。一般应包括量程上下限值,推荐均匀的整十或整百摄氏度点。需要时,可增加检验点。周期检验根据校准器的实际情况选择检验相应的热电偶分度号。

7.3.6.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 若具有热电偶参考端温度自动补偿功能,按图 4 连接;不具有热电偶参考端温度自动补偿功能的,可按图 5 连接。标准装置如采用多功能校准器,将其功能置于热电偶温度输出功能,校准器置于热电偶测量功能;

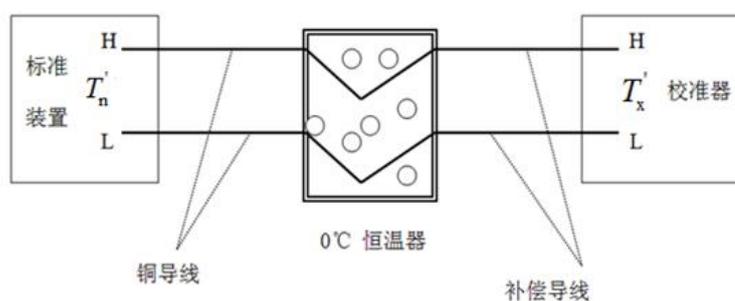


图4 热电偶测量连线图（具有热电偶参考端温度自动补偿）

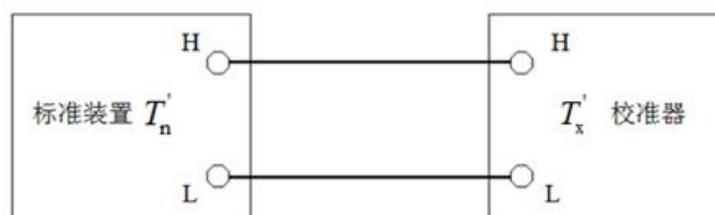


图5 热电偶测量连线图（不具有热电偶参考端温度自动补偿）

- b) 根据 7.3.6.2 选取的检验点, 调节标准装置的温度值 (或按热电偶分度表, 检验温度点对应电压值) T'_n , 读取校准器显示值 T'_x ;
- c) 按 (4) 式计算热电偶测量的示值误差。

$$\Delta'_{\text{热电偶测量}} = T'_x - T'_n \quad (4)$$

式中:

$\Delta'_{\text{热电偶测量}}$ —— 热电偶测量的示值误差, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

T'_x —— 校准器热电偶温度显示值, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

T'_n —— 标准装置热电偶温度值, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)。

注: 如采用补偿导线, 在计算示值误差时, 可按 (5) 式将补偿导线修正值计算在内。

$$\Delta'_{\text{热电偶测量}} = T'_x - (T'_n + e/s_i) \quad (5)$$

式中:

$\Delta'_{\text{热电偶测量}}$ —— 采取补偿导线的热电偶测量示值误差, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

T'_x —— 校准器热电偶温度显示值, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

T'_n —— 标准装置热电偶温度值, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

e —— 补偿导线 20°C 时的修正值, 单位为毫伏 (mV);

s_i —— 被检验点温度的微分电势，单位为毫伏每摄氏度（mV/℃）。

7.3.7 热电阻测量

7.3.7.1 检验用标准装置

标准装置由直流电阻箱或多功能校准器等组成。

7.3.7.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定一种热电阻分度号的量程范围内，不少于5个检验点。一般应包括量程上下限值，推荐均匀的整十或整百摄氏度点。需要时，可增加检验点。可根据校准器的实际情况选择检验相应的热电阻分度号。

7.3.7.3 检验步骤

检验步骤如下：

- a) 校准器按图 6 采用四线制连接，将标准装置置于热电阻温度输出功能，校准器置于热电阻测量功能；

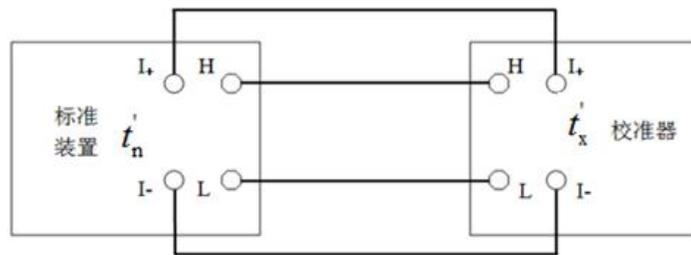


图 6 热电阻测量检验连线图——四线制

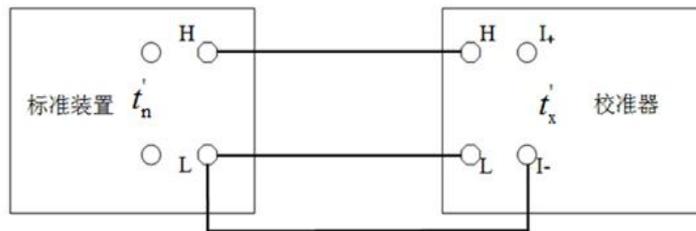


图 7 热电阻测量检验连线图——三线制

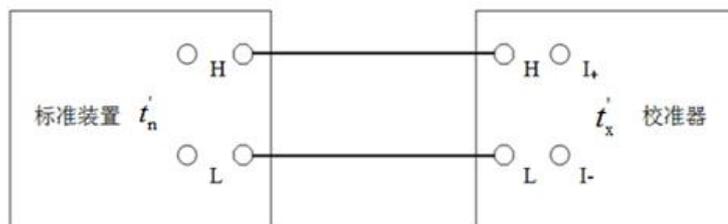


图 8 热电阻测量检验连线图——二线制

- b) 根据 7.3.7.2 选取的检验点, 调节标准装置的温度值 (或按热电阻分度表, 检验温度点对应电阻值) t'_n , 读取校准器显示值 t'_x ;
- c) 检验采用四线制连接法。若采用二线制连接法和三线制连接法, 要求由接线电阻所引入的误差应小于校准器该量程最大允许误差绝对值的 1/5。
- d) 按 (6) 式计算热电阻测量的示值误差。

$$\Delta'_{\text{热电阻测量}} = t'_x - t'_n \quad (6)$$

式中:

$\Delta'_{\text{热电阻测量}}$ —— 热电阻测量的示值误差, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

t'_x —— 校准器热电阻温度显示值, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

t'_n —— 标准装置热电阻温度值, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)。

7.3.8 直流电压测量

按照 GB/T 32204-2015 中 10.5.8 进行检验。

7.3.9 电阻测量

按照 GB/T 32204-2015 中 10.5.10 进行检验。

7.4 分辨力

7.4.1 输出分辨力

输出分辨力检验可与示值误差的检验同时进行。一般只检验校准器最小量程的分辨力。

检验步骤如下:

- a) 在选定最小量程后由校准器输出任一电量值, 使标准装置显示为某一数值, 向某一方向微调校准器的输出值, 使校准器末位变化 1 个字, 记录此时标准装置的标准示值 D_1 ;
- b) 向同一方向微调校准器的输出值, 使校准器末位变化 1 个字, 再记录此时标准装置的标准示值 D_2 ;
- c) 按 (7) 式得到校准器的输出分辨力:

$$\Delta_{\text{输出分辨力}} = |D_2 - D_1| \quad (7)$$

式中:

$\Delta_{\text{输出分辨力}}$ —— 校准器的输出分辨力;

D_i —— 标准装置的标准示值。

7.4.2 测量分辨力

测量分辨力检验可与示值误差的检验同时进行。一般只检验校准器最小量程的分辨力。

检验步骤如下：

- a) 在选定最小量程后由标准装置输入任一电量值，使校准器显示为某一数值，向某一方向微调标准装置的输出值，使校准器末位变化 1 个字，记录此时标准装置的标准示值 D'_1 ；
- b) 向同一方向微调标准装置的输出值，使校准器末位变化 1 个字，再记录此时标准装置的标准示值 D'_2 ；
- c) 按（8）式得到校准器的测量分辨力：

$$\Delta'_{\text{测量分辨力}} = |D'_2 - D'_1| \quad (8)$$

式中：

$\Delta'_{\text{测量分辨力}}$ ——校准器的测量分辨力；

D'_i ——标准装置的标准示值。

7.5 输出稳定度

在参考工作条件下，按图9连接，校准器输出最小量程满度值，持续10min，每隔1min记录一次标准装置示值。

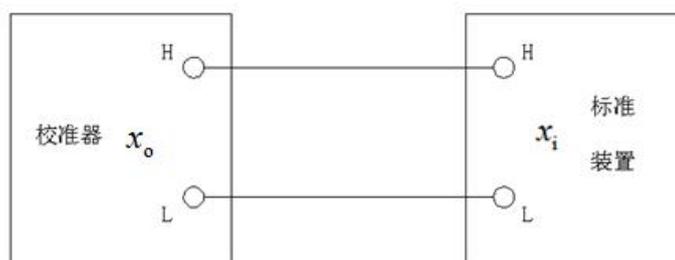


图9 输出稳定度试验连线图

根据式（9）计算输出稳定度：

$$s = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{x_0} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

s —— 输出稳定度；

x_{\max} —— 标准装置最大示值；

x_{\min} —— 标准装置最小示值；

x_0 —— 设定值。

分别对校准器各输出功能进行试验，其输出稳定度应符合5.3.3的要求。

7.6 零点漂移

7.6.1 输出零点漂移

试验步骤如下：

- a) 在校准器直流电压最小量程下进行试验。将校准器开机后，并置于参考工作条件下 2h；
- b) 校准器输出 0mV 直流电压，记录标准装置的读数值 U_0 ，保持其工作状态不变；
- c) 在 2h 内，每隔 10min 记录一次标准装置的读数 U_i ；

选取 U_i 和 U_0 的最大差值即为校准器的 2h 内的输出零点漂移。

7.6.2 测量零点漂移

试验步骤如下：

- a) 在校准器直流电压最小量程下进行试验。将校准器开机后，直流电压测量端短路，并置于参考工作条件下 2h；
- b) 记录校准器的读数值 U'_0 ，保持其工作状态不变；
- c) 在 2h 内，每隔 10min 记录一次校准器的读数 U'_i ；

选取 U'_i 和 U'_0 的最大差值即为校准器 2h 内的测量零点漂移。

输出零点漂移和测量零点漂移应符合 5.3.4 的要求。

7.7 电压输出带负载能力

7.7.1 试验用装置

装置组成：直流数字电压表或数字多用表、直流毫安表、电阻箱。

7.7.2 试验点选取

试验点选取校准器 mV 输出量程的上限值。

7.7.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 按图 10 连接，断开开关 K ，将校准器输出 mV 上限值，记下标准装置示值 U_1 ；
- b) 保持校准器输出值不变，接通开关 K ，调节电阻箱 R ，使直流毫安表示值 I 显示为 1mA，记下标准装置示值 U_2 ；

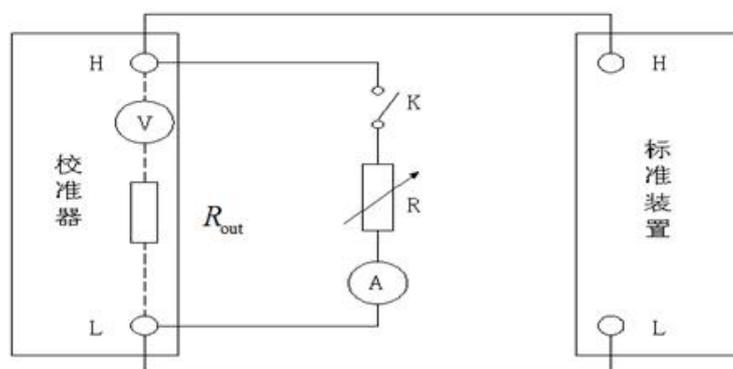


图 10 电压输出带负载能力试验连线图

c) 按 (10) 式计算电压输出的内阻。

$$R_{\text{out}} = (U_1 - U_2) / I \quad (10)$$

式中：

R_{out} ——校准器电压输出的内阻，单位为毫欧（ $\text{m}\Omega$ ）；

U_1 ——空载时标准装置示值，单位为毫伏（ mV ）；

U_2 ——带1mA负载时标准装置示值，单位为毫伏（ mV ）；

I ——校准器带载电流，单位为毫安（ mA ）。

R_{out} 应符合5.3.5要求。

7.8 过负载能力

7.8.1 电压输出过负载试验

校准器在输出时，对输出端施加36V直流电压，持续15s，改变电压极性，再持续15s，撤消外施加电压2h后，校准器输出技术指标应符合表2要求。

7.8.2 电压测量过负载试验

在校准器测量端施加2倍测量范围的电压，短时过负载5次，每次间隔15s，撤消外施加电压2h后，校准器测量技术指标应符合表2要求。

7.9 输入电阻

按照GB/T 32204-2015 中 10.8.1 进行检验。

结果应符合5.3.7要求。

7.10 温度影响量

7.10.1 输出功能的温度影响量试验

试验步骤如下：

- a) 温度影响量（温度系数）应在整个工作温度范围内测定。把校准器放置在高低温箱内，按图 11 连接；选择校准器各输出功能基本量程上限值进行试验；根据校准器示值，记录标准装置示值，逐项对输出功能进行试验。

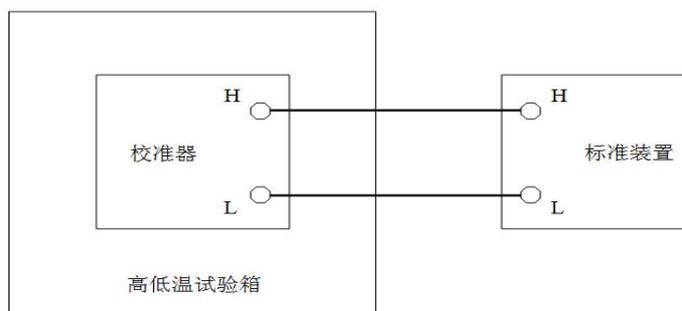


图 11 输出/测量功能的温度影响量试验连线图

- b) 在参考温度 T_0 (20°C) 下测定步骤 a) 的各项示值，并记录标准装置示值 x_0 ；
- c) 校准器在下限温度点 T_L (-10°C) 保持 2h，确保校准器内部达到温度平衡；
- d) 测定校准器在步骤 c) 下的各项示值，并记录标准装置示值 x_1 ；
- e) 校准器在上限温度点 T_H (50°C) 保持 2h，确保校准器内部达到温度平衡；
- f) 测定校准器在步骤 e) 下的各项示值，并记录标准装置示值 x_2 ；

按 (11) 式、(12) 式计算出低温温度系数 γ_{t1} 和高温温度系数 γ_{t2} 。

$$\gamma_{t1} = \frac{x_1 - x_0}{T_0 - T_L} \quad (11)$$

$$\gamma_{t2} = \frac{x_2 - x_0}{T_H - T_0} \quad (12)$$

式中：

T_0 —— 参考温度，单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)；

γ_{t1} —— 校准器低温温度系数，

γ_{t2} —— 校准器高温温度系数，

T_L —— 下限温度点，单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)；

T_H —— 上限温度点，单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)；

x_i —— 标准装置在各温度点的示值，单位为摄氏度（℃）。

取 γ_{t1} 、 γ_{t2} 绝对值较大者为该输出功能的温度系数。温度系数应符合5.3.8.1的要求。

7.10.2 测量功能的温度影响量试验

温度影响量（温度系数）应在整个工作温度范围内测定。把校准器放置在高低温箱内，按图11连接；选择校准器各测量功能基本量程上限值进行试验；根据标准装置输出值，记录校准器示值，逐项对测量功能进行试验。试验方法同7.10.1，判断方法同5.3.8.1。

7.11 供电电压变化影响量

对于交流供电的校准器，分别在额定电压90%和110%的电压点进行各功能基本量程上限值的示值误差检验，其结果应符合校准器技术指标要求。

7.12 安全性能

7.12.1 安全性

按照GB/T 4793.1-2007的规定进行。

7.12.2 绝缘性

7.12.2.1 绝缘电阻

按照GB/T 15479-1995的5.3规定进行。

7.12.2.2 绝缘强度

按照GB/T 15479-1995的5.4进行。

7.13 电磁兼容

7.13.1 静电放电抗扰度试验

按照GB/T 17626.2-2006的8规定进行。

7.13.2 射频电磁场抗扰度试验

施加强度为3V/m的射频电磁场，按照GB/T 17626.3-2006的8规定进行。

7.13.3 无线电骚扰和抗扰度试验

按照GB/T 6113.203-2008的7规定进行。

7.13.4 工频磁场抗扰度试验

按照GB/T 17626.8-2006的8规定进行。

7.13.5 浪涌（冲击）抗扰度试验

按照GB/T 17626.5-2008的8规定进行。

7.13.6 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

按照GB/T 17626.11-2008的8规定进行。

7.14 供电电源

7.14.1 电网电源供电

电网供电的校准器应按照GB 4793.1-2007的6.7.2、6.10、6.11的规定进行。

7.14.2 直流供电

电池供电的校准器应按照GB 4793.1-2007的13.2.1、13.2.2的规定进行。

7.15 环境试验

7.15.1 高低温试验

低温试验按照GB/T 2423.1-2008中5、6规定进行；高温试验按照GB/T 2423.2-2008中5、6规定进行。

7.15.2 湿热试验

按照GB/T 2423.3-2006中5~10规定进行。

7.15.3 振动试验

按照GB/T 2423.10-2008的6~11规定进行。

7.15.4 跌落试验

按照GB/T 2423.8-1995的11~15规定进行。

7.15.5 冲击试验

按照GB/T 2423.5-1995的4~11规定进行。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

在正常使用条件下，校准器的外露标志应清晰明显。制造厂应给出以下信息：

- a) 产品名称、型号；
- b) 制造厂的名称或商标；
- c) 产品序列号；
- d) 供电方式和额定值；
- e) 根据GB 4793.1-2007要求的与安全有关的标志。

8.2 包装

应符合GB/T 13384-2008的规定。

8.3 运输和贮存

应符合GB/T 25480-2010的规定。

附 录 A
(资料性附录)
检验结果不确定度评定实例

A.1 热电偶模拟输出的不确定度

A.1.1 概述

A.1.1.1 被测量

校准器调节至热电偶模拟(T型)输出功能状态,输出范围(0~400)℃,分辨力为 $b=0.1^\circ\text{C}$,最大允许误差为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

A.1.1.2 测量标准

用高准确度数字多用表作为测量标准,最大允许误差为 $\pm (0.00035\% \text{读数} + 0.12 \mu\text{V})$,对应于T型热电偶温度最大允许误差为 $\pm 0.003^\circ\text{C}$ 。

补偿导线修正值(20℃时), $U = 1.1 \mu\text{V} (k = 2)$

A.1.1.3 测量方法

按本标准7.3.2的方法进行。检验点取100℃。

A.1.1.4 测量环境

温度: $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$; 相对湿度: $(45 \sim 75)\%$ 。

A.1.2 测量模型

$$\Delta = T_x - \left(T_n + \frac{e}{S_i} \right) \quad (\text{A.1})$$

式中符号的含义同7.3.2.3中式(2)的说明。

A.1.3 输入量的标准不确定度

A.1.3.1 输入量 T_x 的标准不确定度 $u(T_x)$ 的评定

输入量 T_x 的不确定度来源主要有两部分:测量重复性和校准器的分辨力。

A.1.3.1.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(T_{x1})$

取一台校准器,选择100℃输出点,用同一台高准确度数字多用表在重复性条件下连续独立测量10次,获得的对应于T型热电偶的测量值为:

99.98℃, 99.99℃, 99.98℃, 100.00℃, 99.98℃, 99.98℃, 99.99℃, 99.99℃, 99.98℃, 99.99℃,

得 $\bar{T}_x = 99.98^\circ\text{C}$, 单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T}_x)^2}{n-1}} = 0.006^\circ\text{C}$, 所以 $u(T_{x1}) = 0.006^\circ\text{C}$ 。

A.1.3.1.2 分辨力导致的标准不确定度 $u(T_{x2})$

$u(T_{x2})$ 可以采用B类方法进行评定。由校准器分辨力 b 导致的示值误差半宽为: $a = b/2$, 包含因子:

$k = \sqrt{3}$ 。因此: $u(T_{x2}) = 0.05^\circ\text{C}/k = 0.029^\circ\text{C}$ 。

由于重复性和分辨力有一定关联, 在分辨力导致的不确定度大于重复性时, 只取分辨力的影响, 即:

$u(T_x) = 0.029^\circ\text{C}$ 。

A.1.3.2 输入量 T_n 的标准不确定度 $u(T_n)$ 的评定

输入量 T_n 的不确定度来源主要是由高准确度数字多用表测量的示值误差引起的, 故采用B类方法进行评定。以100℃T型热电偶试验为例, 经计算对应测温的最大允差为 $\pm 0.003^\circ\text{C}$, 半宽度 $a = 0.003^\circ\text{C}$, 在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$, 则: $u(T_n) = a/k = 0.003^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.002^\circ\text{C}$ 。

A.1.3.3 输入量 e 的标准不确定度 $u(e)$

输入量 e 的不确定度来源主要是补偿导线修正值和冰点导致的不确定度。

补偿导线的标准不确定度 $u(e_1)$ 和冰点槽的标准不确定度 $u(e_2)$ 均可以采用B类方法进行评定。

补偿导线修正值 e (20℃时) 的扩展不确定度 $U_1 = 1.1\mu\text{V} (k=2)$ 。则: $u(e_1) = 1.1\mu\text{V}/2 = 0.55\mu\text{V}$ 。

冰点槽0℃的最大允许误差为 $\pm 0.01^\circ\text{C}$, 换算成T型热电偶热电动势值 $e_2 = \pm 0.39\mu\text{V}$ 。按均匀分布考虑, $k = \sqrt{3}$ 得: $u(e_2) = 0.39\mu\text{V}/\sqrt{3} = 0.23\mu\text{V}$ 。

由于 e_1 和 e_2 彼此相互独立, 因此: $u(e) = \sqrt{u^2(e_1) + u^2(e_2)} = 0.60\mu\text{V}$ 换算成温度 $u(e) = 0.013^\circ\text{C}$ 。

(根据塞贝克系数T型热电偶100℃时, $S_1 = 46.78\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)

A.1.4 合成标准不确定度的评定

A.1.4.1 灵敏系数: $c_1 = \partial\Delta/\partial T_x = 1$, $c_2 = \partial\Delta/\partial T_n = -1$, $c_3 = \partial\Delta/\partial e = -1/S_1$

A. 1. 4. 2 标准不确定度分量汇总

输入量的标准不确定度分量汇总见表A. 1。

表 A. 1 标准不确定度分量汇总（热电偶模拟输出）

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
$u(T_x)$	校准器测量重复性和分辨力	取 0.029℃	1	0.029℃
$u(T_{x1})$	校准器测量重复性	0.006℃	1	0.029℃
$u(e)$	补偿导线和冰点槽	0.60 μV		
$u(T_n)$	高准确度数字多用表测量误差	0.002℃	-1	0.002℃
$u(e)$	补偿导线和冰点槽	0.60 μV	$-1/S_i$	0.013℃
$u(e_1)$	补偿导线	0.55 μV		
$u(e_2)$	冰点槽	0.23 μV		

A. 1. 4. 3 合成标准不确定度的计算

输入量 T_x 、 T_n 与 e 彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按 (A. 2) 式得到：

$$u_c^2(\Delta) = [c_1 u(T_x)]^2 + [c_2 u(T_n)]^2 + [c_3 u(e)]^2 \quad (\text{A. 2})$$

$$u_c(\Delta) = \sqrt{0.029^2 + 0.002^2 + 0.013^2} \text{℃} = 0.032 \text{℃}。$$

A. 1. 5 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$ 得到：

$$U = k u_c(\Delta) = 0.1 \text{℃}。$$

A. 2 直流电压输出的不确定度

A. 2. 1 概述

A. 2. 1. 1 被测量

校准器调节至直流电压输出功能状态，输出范围（0~75）mV，分辨力为 $b = 1 \mu\text{V}$ ，最大允许误差为 $\pm (0.02\% \text{读数} + 0.005\% \text{量程})$ 。

A.2.1.2 测量标准

用高准确度数字多用表作为测量标准，最大允许误差为 $\pm(0.00035\% \text{读数} + 0.12 \mu\text{V})$ 。

A.2.1.3 测量方法

按照GB/T 32204-2015中10.5.2的方法进行。检验点取10mV。

A.2.1.4 测量环境

温度： $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ；相对湿度： $(45 \sim 75)\%$ 。

A.2.2 测量模型

$$\Delta = V_x - V_n \quad (\text{A.3})$$

式中符号的含义同GB/T 32204-2015中10.5.1.3式(3)的说明。

A.2.3 输入量的标准不确定度

A.2.3.1 输入量 V_x 的标准不确定度 $u(V_x)$ 的评定

输入量 V_x 的不确定度来源主要有两部分：测量重复性和校准器的分辨力。

A.2.3.1.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(V_{x1})$

采用A类方法进行评定，取一台校准器，选择10mV点，在重复性条件下用测量标准连续独立测量10次，获得的测量值为：

9.9999mV, 9.9998mV, 9.9999mV, 10.0000mV, 9.9998mV, 9.9999mV, 9.9998mV, 9.9998mV, 9.9999mV,

9.9998mV，得 $\bar{V}_{x1} = 9.9999\text{mV}$ ，单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{xi} - \bar{V}_{x1})^2}{n-1}} = 0.00007\text{mV}$ ，所以

$u(V_{x1}) = 0.00007\text{mV}$ 。

A.2.3.1.2 分辨力导致的标准不确定度 $u(V_{x2})$

$u(V_{x2})$ 可以采用B类方法进行评定。由校准器分辨力 b 导致的示值误差半宽为： $a = b/2$ ，服从均匀分布，包含因子： $k = \sqrt{3}$ 。因此： $u(V_{x2}) = 0.5\mu\text{V} / k = 0.00029\text{mV}$ 。

由于重复性和分辨力有一定关联，在分辨力导致的不确定度大于重复性时，只取分辨力影响，即：

$u(V_x) = 0.00029\text{mV}$ 。

A. 2.3.2 输入量 V_x 的标准不确定度 $u(V_x)$ 的评定

输入量 V_x 的不确定度来源主要是由高准确度数字多用表的示值误差引起的，故采用B类方法进行评定。

以10mV试验为例，高准确度数字多用表测量电流值的最大允差为 $\pm 0.00014\text{mV}$ ，半宽度 $a = 0.00014\text{mV}$ ，在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$ ，则： $u(V_n) = a/k = 0.00014\text{mV}/\sqrt{3} = 0.00008\text{mV}$ 。

A. 2.4 合成标准不确定度的评定

A. 2.4.1 灵敏系数： $c_1 = \partial\Delta / \partial I_x = 1$ ， $c_2 = \partial\Delta / \partial I_n = -1$

A. 2.4.2 标准不确定度分量汇总

输入量的标准不确定度分量汇总见表A.2。

表 A.2 标准不确定度分量汇总（直流电压输出）

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
$u(V_x)$	校准器测量重复性和分辨力	取 0.00029mV	1	0.00029mV
$u(x_1)$	校准器测量重复性	0.00007mV	1	0.00029mV
$u(V_{x2})$	校准器分辨力	0.00029mV		
$u(V_n)$	高准确度数字多用表示值误差	0.00008mV	-1	0.00008mV

A. 2.4.3 合成标准不确定度的计算

输入量 V_x 与 V_n 彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按（A.4）式得到：

$$u_c^2(\Delta) = [c_1 u(V_x)]^2 + [c_2 u(V_n)]^2 \quad (\text{A.4})$$

$$u_c(\Delta) = \sqrt{0.00029^2 + 0.00008^2} \text{mV} = 0.0003\text{mV}。$$

A. 2.5 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$ ，得到扩展不确定度：

$$U = k u_c(\Delta) = 1\mu\text{V}。$$

A.3 热电阻信号测量的不确定度

A.3.1 概述

A.3.1.1 被测量

校准器调节至Pt100热电阻信号测量功能状态，测量范围（-200~0）℃，分辨力为 $b = 0.1^\circ\text{C}$ ，最大允许误差为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

A.3.1.2 测量标准

用多功能校准器作为输出标准，最大允许误差换算成温度为 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ 。

A.3.1.3 测量方法

按本标准7.3.7的方法进行。检验点取 0°C 。

A.3.1.4 测量环境

温度：（ 20 ± 2 ）℃；相对湿度：（45~75）%。

A.3.2 测量模型

$$\Delta' = t'_x - t'_n \quad (\text{A.5})$$

式中符号的含义同7.3.7.3中式（6）的说明。

A.3.3 输入量的标准不确定度

A.3.3.1 输入量 t'_x 的标准不确定度 $u(t'_x)$ 的评定

输入量 t'_x 的不确定度来源主要有两部分：测量重复性和校准器的分辨力。

A.3.3.1.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(t'_{x1})$

取一台校准器，选择 0°C 点，对其输出在重复性条件下连续独立测量10次，获得的测量值为：

0.0℃，0.0℃，0.1℃，0.0℃，0.1℃，0.0℃，0.0℃，0.1℃，0.0℃，0.0℃，得 $\overline{t'_{x1}} = 0.03^\circ\text{C}$ ，单

次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t'_i - \overline{t'_{x1}})^2}{n-1}} = 0.05^\circ\text{C}$ ，所以 $u(t'_{x1}) = 0.05^\circ\text{C}$ 。

A.3.3.1.2 分辨力导致的标准不确定度 $u(t'_{x2})$

$u(t'_{x2})$ 可以采用B类方法进行评定。由校准器分辨力 b 导致的示值误差半宽为： $a = b/2$ ，包含因子： $k = \sqrt{3}$ 。因此： $u(t'_{x2}) = 0.05^\circ\text{C} / k = 0.029^\circ\text{C}$ 。

由于重复性和分辨力有一定关联，在重复性导致的不确定度大于分辨力时，只取重复性的影响，即： $u(t'_x) = 0.05^\circ\text{C}$ 。

A. 3. 3. 2 输入量 t'_n 的标准不确定度 $u(t'_n)$ 的评定

输入量 t'_n 的不确定度来源主要是由多功能校准器输出的示值误差引起的，故采用B类方法进行评定。以 0°C Pt100热电阻试验为例，多功能校准器输出热电阻值的最大允差换算成温度为 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ ，半宽度 $a = 0.05^\circ\text{C}$ ，在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$ ，则： $t'_n = a/k = 0.05^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$ 。

A. 3. 4 合成标准不确定度的评定

A. 3. 4. 1 灵敏系数： $c_1 = \partial\Delta / \partial t_x = 1$ ， $c_2 = \partial\Delta / \partial t_n = -1$

A. 3. 4. 2 标准不确定度分量汇总

输入量的标准不确定度分量汇总见表A. 3。

表 A. 3 标准不确定度分量汇总（热电阻信号测量）

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
$u(t'_x)$	校准器测量重复性和分辨力	取 0.05°C	1	0.05°C
$u(t'_{x1})$	校准器测量重复性	0.05°C		
$u(t'_{x2})$	校准器分辨力	0.029°C		
$u(t'_n)$	多功能校准器示值误差	0.03°C	-1	0.03°C

A. 3. 4. 3 合成标准不确定度的计算

输入量 t'_x 与 t'_n 彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按（A. 6）式得到：

$$u_c^2(\Delta) = [c_1 u(t'_x)]^2 + [c_2 u(t'_n)]^2 \quad (\text{A. 6})$$

$$u_c(\Delta) = \sqrt{0.05^2 + 0.03^2}^\circ\text{C} = 0.06^\circ\text{C}。$$

A.3.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ 得到: $U = ku_c(\Delta) = 0.1^\circ\text{C}$ 。

A.4 直流电压测量的不确定度

A.4.1 概述

A.4.1.1 被测量

校准器调节至直流电压测量功能状态, 测量范围 (0~75) mV, 分辨力为 $b=1\mu\text{V}$, 最大允许误差为 $\pm(0.02\%\text{读数}+0.005\%\text{量程})$ 。

A.4.1.2 测量标准

用多功能校准器作为输出标准, 最大允许误差为 $\pm(0.0012\%\text{读数}+0.02\text{mV})$

A.4.1.3 测量方法

按照GB/T 32204-2015中10.5.8.1的方法进行。检验点取10mV。

A.4.1.4 测量环境

温度: $(20\pm 2)^\circ\text{C}$; 相对湿度: $(45\sim 75)\%$ 。

A.4.2 测量模型

$$\Delta' = V'_x - V'_n \quad (\text{A.7})$$

式中符号的含义同GB/T 32204-2015 中10.5.8.1.3中式(10)的说明。

A.4.3 输入量的标准不确定度

A.4.3.1 输入量 V'_x 的标准不确定度 $u(V'_x)$ 的评定

输入量 V'_x 的不确定度来源主要有两部分: 测量重复性和校准器的分辨力。

A.4.3.1.1 测量重复性导致的不确定度 $u(V'_{x1})$ 的评定

采用A类方法进行评定。取一台校准器, 选择10mV点, 在重复性条件下对测量标准连续测量10次, 获得的测量值为:

9.9999mV, 9.9998mV, 9.9999mV, 10.0000mV, 9.9998mV, 9.9999mV, 9.9998mV, 9.9998mV, 9.9999mV, 9.9998mV, 得 $\bar{V}'_{x1} = 9.9999\text{mV}$, 单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V'_{xi} - \bar{V}'_{x1})^2}{n-1}} = 0.00007\text{mV}$, 所以 $u(V'_{x1}) = 0.00007\text{mV}$ 。

A. 4. 3. 1. 2 分辨力导致的标准不确定度 $u(V'_{x2})$

$u(V'_{x2})$ 可以采用B类方法进行评定。由校准器分辨力 b 导致的示值误差半宽为： $a = b/2$ ，服从均匀分布，包含因子： $k = \sqrt{3}$ 。因此： $u(V'_{x2}) = 0.5\mu\text{V}/k = 0.29\text{mV}$ 。

由于重复性和分辨力有一定关联，在分辨力导致的不确定度大于重复性时，只取分辨力影响，即： $u(V'_x) = 0.00029\text{mV}$ 。

A. 4. 3. 2 输入量 V'_n 的标准不确定度 $u(V'_n)$ 的评定

输入量 V'_n 的不确定度来源主要是由多功能校准器的示值误差引起的，故采用B类方法进行评定。

以10mV电压校准为例，此时，多功能标准器输出电压值的最大允差为 $\pm 0.00014\text{mV}$ ，半宽度 $a = 0.00014\text{mV}$ ，在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$ ，则： $u(V'_n) = a/k = 0.00014\text{mV}/\sqrt{3} = 0.00008\text{mV}$ 。

A. 4. 4 合成标准不确定度的评定

A. 4. 4. 1 灵敏系数： $c_1 = \partial\Delta / \partial V_x = 1$ ， $c_2 = \partial\Delta / \partial V_n = -1$

A. 4. 4. 2 标准不确定度分量汇总

输入量的标准不确定度分量汇总见表A. 4。

表 A. 4 标准不确定度分量汇总（直流电压测量）

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
$u(V'_x)$	校准器测量重复性和分辨力	取 0.00029mV	1	0.00029mV
$u(V'_{x1})$	校准器测量重复性	0.00007mV		
$u(V'_{x2})$	校准器分辨力	0.00029mV		
$u(V'_n)$	多功能校准器示值误差	0.00008mV	-1	0.00008mV

A. 4. 4. 3 合成标准不确定度的计算

输入量 V'_x 与 V'_n 彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按（A. 8）式得到：

$$u_c^2(\Delta) = [c_1 u(V_x')]^2 + [c_2 u(V_n')]^2 \quad (\text{A.8})$$

$$u_c(\Delta) = \sqrt{0.00029^2 + 0.00008^2} \text{ mV} = 0.0003 \text{ mV}。$$

A.4.5 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$ ，得到扩展不确定度：

$$U = k u_c(\Delta) = 1 \mu\text{V}。$$

附 录 B
(资料性附录)
周期检验记录及检验结果

外观检查:					
结论:					
功能检查:					
结论					
输出示值误差检验:					
1. 直流电压:					
量程 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
量程 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
2. 电阻					
量程 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
量程 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度

					($k=2$) (可选)
3. 温度输出:					
3.1 热电偶模拟信号					
型号 1 <input type="checkbox"/> 带冷端补偿 <input type="checkbox"/> 不带冷端补偿					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
型号 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
3.2 热电阻模拟信号					
型号 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
型号 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)

测量示值误差检验：					
1. 直流电压：					
量程 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
量程 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
2. 电阻					
量程 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
量程 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
3. 温度测量：					

3.1 热电偶					
型号 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
型号 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
3.2 热电阻					
型号 1					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
型号 2					
检验点	标准装置示值	校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$) (可选)
输出稳定度 (可选)					
			x_i		
1					

2		
...		
n		
零点漂移（可选）		
输出零点漂移		
$U_0 =$		
		U_i
1		
2		
...		
n		
输出零点漂移=		
测量零点漂移		
$U'_0 =$		
		U'_i
1		
2		
...		
n		
测量零点漂移=		

参 考 文 献

- [1] GB/T 6587-2012 电子测量仪器通用规范
 - [2] GB/T 15637-2012 数字多用表校准仪通用规范
 - [3] JB/T 8622-1997 工业铂热电阻技术条件及分度表
 - [4] JB/T 8623-1997 工业铜热电阻技术条件及分度表
 - [5] JJG 315-1983 直流数字电压表检定规程
 - [6] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示技术规范
 - [7] JJF 1309-2011 温度校准仪校准规范
-