

ICS 25.040.40
N 21



中华人民共和国国家标准

GB/T 32204—2015

工业过程校准器

Industrial process calibrator

2015-12-10 发布

2016-07-01 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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
工 业 过 程 校 准 器
GB/T 32204—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 3.5 字数 96 千字
2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-53382 定价 48.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

目 次

前言	V
引言	VI
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	3
4.1 正常工作环境	3
4.2 参考工作条件	3
5 分类	3
5.1 按照结构形式分类	3
5.2 按照供电方式分类	3
6 安全性能	4
6.1 安全性	4
6.2 绝缘性	4
7 通用要求	4
7.1 外观	4
7.2 功能	4
7.3 技术要求	4
7.4 电磁兼容	8
7.5 供电电源	9
8 环境试验	9
8.1 高低温试验	9
8.2 湿热试验	9
8.3 振动试验	9
8.4 跌落试验	9
8.5 冲击试验	9
9 检验规则	9
9.1 检验条件	9
9.2 检验类别	9
9.3 出厂检验及判定规则	10
9.4 型式检验、不合格分类及结果判定	10
9.5 周期检验	11
9.6 检验项目	11
9.7 检验用设备	12
10 检验方法	12
10.1 安全性能	12

10.2	外观	13
10.3	功能检查	13
10.4	分辨力	13
10.5	示值误差	13
10.6	带负载能力	26
10.7	过负载试验	28
10.8	输入电阻	28
10.9	温度影响量试验	29
10.10	供电电压变化影响量	30
10.11	输出稳定度试验	30
10.12	零点漂移	30
10.13	串模干扰抑制能力	31
10.14	共模干扰抑制能力	31
10.15	电磁兼容	32
10.16	环境试验	33
11	标志、包装、运输和贮存	33
11.1	标志	33
11.2	包装	33
11.3	运输和贮存	33
附录 A (资料性附录)	检验结果不确定度评定实例	34
附录 B (资料性附录)	周期检验记录及检验结果	42
参考文献		48
图 1	直流电压输出检验连线图	14
图 2	直流电流输出检验连线图	15
图 3	电阻输出检验连线图	15
图 4	频率输出检验连线图	16
图 5	热电偶输出连线图(具有热电偶参考端温度自动补偿)	17
图 6	热电偶输出连线图(不具有热电偶参考端温度自动补偿)	17
图 7	热电阻模拟输出连线图	18
图 8	直流电压测量检验连线图——标准源法	19
图 9	直流电压测量检验连线图——标准表法	20
图 10	直流电流测量检验连线图——标准源法	20
图 11	直流电流测量检验连线图——标准表法	21
图 12	电阻测量检验连线图(使用直流电阻箱)	22
图 13	电阻测量检验连线图(使用多功能校准器)	22
图 14	频率测量检验连线图	23
图 15	热电偶测量连线图(具有热电偶参考端温度自动补偿)	24
图 16	热电偶测量连线图(不具有热电偶参考端温度自动补偿)	24

图 17	热电阻测量检验连线图——二线制	25
图 18	热电阻测量检验连线图——三线制	25
图 19	热电阻测量检验连线图——四线制	25
图 20	电压带负载能力试验连线图	26
图 21	电流带负载能力试验连线图	27
图 22	输入电阻试验连线图	28
图 23	输出/测量功能的温度影响量试验连线图	29
图 24	输出稳定度试验连线图	30
图 25	串模抑制比试验连线图	31
图 26	共模抑制能力试验连线图	32
表 1	校准器参考工作条件	3
表 2	校准器输出技术指标	5
表 3	校准器测量技术指标	6
表 4	校准器检验项目及不合格分类	10
表 5	示值误差检验用设备	12
表 A.1	标准不确定度分量汇总(直流电流输出)	35
表 A.2	标准不确定度分量汇总(热电偶模拟输出)	37
表 A.3	标准不确定度分量汇总(直流电压测量)	39
表 A.4	标准不确定度分量汇总(热电阻信号测量)	41

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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/TC 124)归口。

本标准负责起草单位：上海市计量测试技术研究院、余姚市劲仪仪表厂、宁波市计量测试研究院、中国物品编码中心、北京康斯特仪表科技股份有限公司、中国计量学院、云南省计量测试技术研究院、河南省计量科学研究院、福建顺昌虹润精密仪器有限公司、浙江省计量科学研究院、杭州市质量技术监督检测院、云南电力试验研究院、核工业理化工程研究院、上海广信友达实业公司、上海电气核电设备有限公司、上海新欧隆强实业有限公司、横河电机(中国)有限公司北京研发中心、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：余国瑞、吴丹、苑静、陈曦、张剑锋、茅晓晨、何欣、孙坚、饶杰、陈清平、余时帆、倪杭飞、丁鼎、杨晴、曹昆武、谢海林、黄莉、江燕云、吴峥嵘、陈志扬、孟繁普。

引 言

工业过程校准器是同时具有输出和测量功能的仪器,可以同时输出或测量直流电压、直流电流、电阻、频率、热电偶、热电阻等各种工业过程信号,被广泛地应用于工业在线信号校准、故障诊断及科研院所实验室的信号输出和测量等。为统一我国工业过程校准器的生产制造,规范产品性能要求和检验方法,有必要对工业过程校准器进行标准化。

本标准对工业过程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校准器提供了参考与指导。

工业过程校准器

1 范围

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

本标准适用于台式、手持式的校准器。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。

本标准也可适用于其他具有部分输出和测量功能的类似仪器或设备。

2 规范性引用文件

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

- 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—2006 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 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 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 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—2006 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 18271.3—2000 过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序 第3部分:影响量影响的试验
- GB/T 25480—2010 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业过程校准器 industrial process calibrator
 校准器

同时具有输出和测量功能的仪器,可以输出直流电压、直流电流、电阻、频率、热电偶模拟信号、热电阻模拟信号等;还可以测量直流电压、直流电流、电阻、频率、热电偶、热电阻等。

3.2

回路电源 loop power

为变送器提供工作供电的电源(常用为 12 V~28 V)。

3.3

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。

3.4

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]

3.5

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]

3.6

测量误差 measurement error, error of measurement

测得的量值减去参考量值。

[JJF 1001—2011,定义 5.3]

3.7

校准 calibration

在规定条件下的一组操作,其第一步是确定由测量标准提供的量值与相应示值之间的关系,第二步则是用此信息确定由示值获得测量结果的关系,这里测量标准提供的量值与相应示值都具有测量不确定度。

[JJF 1001—2011,定义 4.10]

3.8

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]

3.9

基本量程 basic range

不确定度最小的量程。

[GB/T 13978—2008,定义 3.4.20]

3.10

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]

3.11

灵敏度 sensitivity

标示值改变与对应被测量值的改变的比。

[GB/T 2900.77—2008,定义 311-03-11]

3.12

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]

4 工作条件

4.1 正常工作环境

4.1.1 环境温度： $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.2 环境相对湿度： $30\%\sim 85\%$ 。

4.1.3 供电电源应满足以下条件：

a) 交流供电： $220(1\pm 10\%)\text{V}$, $(50\pm 1)\text{Hz}$ ；

b) 直流或电池供电；制造商注明正常工作的电压范围。

4.1.4 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	20 $^{\circ}\text{C}$	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
环境相对湿度	45%~75%	—
交流供电电压	220 V	$\pm 5\%$
交流供电频率	50 Hz	$\pm 1\%$
交流供电波形	正弦波	畸变因素 $\leq 2\%$
直流供电电压	额定值	$\pm 1\%$
直流供电电压的纹波	$\Delta V/V_0^{\circ}$	$\leq 0.1\%$
外电磁场干扰	应避免	—
强震动	应避免	—
阳光照射	避免直射	—

^a ΔV 为纹波电压的峰值； V_0 为直流供电电压的额定值。

5 分类

5.1 按照结构形式分类

校准器按照结构形式分类可分为台式或手持式。

5.2 按照供电方式分类

校准器按照供电方式分类可分为交流供电、直流供电或电池供电。

6 安全性能

6.1 安全性

校准器应符合 GB 4793.1—2007 的第 6 章、第 9 章、第 10 章、第 14 章和第 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。

6.2 绝缘性

6.2.1 绝缘电阻

校准器应符合 GB/T 15479—1995 中 4.1 的规定。

6.2.2 绝缘强度

校准器应符合 GB/T 15479—1995 中 4.2 的规定。

7 通用要求

7.1 外观

校准器的外形结构不应有划伤、玷污等痕迹,外露件不应有影响工作性能的机械损害或脱落;面板、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。

7.2 功能

7.2.1 输出功能

包括以下功能:直流电压、直流电流、电阻、频率、热电偶模拟信号、热电阻模拟信号等。

7.2.2 测量功能

包括以下功能:直流电压、直流电流、电阻、频率、热电偶、热电阻等。

7.2.3 显示功能

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。

7.2.4 数据存储功能

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。

7.3 技术要求

7.3.1 与准确度有关的技术指标

校准器在参考工作条件下输出和测量的技术指标应分别符合表 2 和表 3 规定。

注:表 2 和表 3 为产品最低技术指标。

表 2 校准器输出技术指标

名称	输出范围	分辨力	最大允许误差	备注	
直流电压输出	0 mV~100 mV	1 μ V	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	—	
	0 mV~500 mV	0.01 mV	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	—	
	0 V~11 V	0.1 mV	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	—	
直流电流输出	0 mA~22 mA	1 μ A	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	—	
电阻输出	0 Ω ~400 Ω	0.01 Ω	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	适用于外激电流范围为 0.5 mA~10 mA	
	0 k Ω ~4 k Ω	0.1 Ω	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	适用于外激电流范围为 0.1 mA~1 mA	
频率输出	0 kHz~1 kHz	0.1 Hz	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	—	
	0 kHz~50 kHz	1 Hz	$\pm(0.02\% \text{ 读数} + 0.005\% \text{ 满量程})$	—	
热电偶模拟 信号输出 ^a	T	-250 $^{\circ}$ C~-200 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.1 $^{\circ}$ C	—
		-200 $^{\circ}$ C~0 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.4 $^{\circ}$ C	—
		0 $^{\circ}$ C~400 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.3 $^{\circ}$ C	—
	K	-250 $^{\circ}$ C~-200 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.3 $^{\circ}$ C	—
		-200 $^{\circ}$ C~1 100 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.4 $^{\circ}$ C	—
		1 100 $^{\circ}$ C~1 372 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.5 $^{\circ}$ C	—
	S	-20 $^{\circ}$ C~0 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.2 $^{\circ}$ C	—
		0 $^{\circ}$ C~200 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.1 $^{\circ}$ C	—
		200 $^{\circ}$ C~1 400 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.9 $^{\circ}$ C	—
		1 400 $^{\circ}$ C~1 767 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.0 $^{\circ}$ C	—
	E	-250 $^{\circ}$ C~-200 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.8 $^{\circ}$ C	—
		-200 $^{\circ}$ C~1 000 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.3 $^{\circ}$ C	—
	J	-210 $^{\circ}$ C~-100 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.4 $^{\circ}$ C	—
		-100 $^{\circ}$ C~800 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.3 $^{\circ}$ C	—
		800 $^{\circ}$ C~1 200 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.4 $^{\circ}$ C	—
	N	-200 $^{\circ}$ C~-100 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.6 $^{\circ}$ C	—
		-100 $^{\circ}$ C~900 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.4 $^{\circ}$ C	—
		900 $^{\circ}$ C~1 300 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.5 $^{\circ}$ C	—
	B	600 $^{\circ}$ C~800 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.0 $^{\circ}$ C	—
		800 $^{\circ}$ C~1 820 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 0.8 $^{\circ}$ C	—
	R	-20 $^{\circ}$ C~0 $^{\circ}$ C	0.1 $^{\circ}$ C	± 1.2 $^{\circ}$ C	—
0 $^{\circ}$ C~100 $^{\circ}$ C		0.1 $^{\circ}$ C	± 1.1 $^{\circ}$ C	—	
100 $^{\circ}$ C~1 767 $^{\circ}$ C		0.1 $^{\circ}$ C	± 0.9 $^{\circ}$ C	—	

表 2 (续)

名称	输出范围	分辨力	最大允许误差	备注	
热电阻模拟 信号输出 ^a	Pt100(385)	-200 ℃~400 ℃	0.1 ℃	±0.2 ℃	—
	Pt1 000 (385)	400 ℃~850 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—
	Cu50 Cu100	-50 ℃~150 ℃	0.1 ℃	±0.2 ℃	—

^a 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,热电偶模拟信号输出最大允许误差增加 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	
直流电压测量	±0 mV~±100 mV	1 μV	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
	±0 mV~±500 mV	0.01 mV	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
	±0 V~±5 V	0.1 mV	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
	±0 V~±25 V	1 mV	±(0.05%读数+0.008%满量程)	—	
直流电流测量	±0 mA~±22 mA	1 μA	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
电阻测量	0 Ω~400 Ω	0.01 Ω	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
	0 kΩ~4 kΩ	0.1 Ω	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
频率测量	0 kHz~1 kHz	0.1 Hz	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
	0 kHz~50 kHz	1 Hz	±(0.02%读数+0.005%满量程)	—	
热电偶测量 ^a	T	-250 ℃~-200 ℃	0.1 ℃	±1.1 ℃	—
		-200 ℃~0 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—
		0 ℃~400 ℃	0.1 ℃	±0.3 ℃	—
	K	-250 ℃~-200 ℃	0.1 ℃	±1.3 ℃	—
		-200 ℃~1 100 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—
		1 100 ℃~1 372 ℃	0.1 ℃	±0.5 ℃	—
	S	-20 ℃~0 ℃	0.1 ℃	±1.2 ℃	—
		0 ℃~200 ℃	0.1 ℃	±1.1 ℃	—
		200 ℃~1 400 ℃	0.1 ℃	±0.9 ℃	—
		1 400 ℃~1 767 ℃	0.1 ℃	±1.0 ℃	—
	E	-250 ℃~-200 ℃	0.1 ℃	±0.8 ℃	—
		-200 ℃~-1 000 ℃	0.1 ℃	±0.3 ℃	—
J	-210 ℃~-100 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—	
	-100 ℃~800 ℃	0.1 ℃	±0.3 ℃	—	
	800 ℃~1 200 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—	

表 3 (续)

名称	测量范围	分辨力	最大允许误差	备注	
热电偶测量 ^a	N	-200 ℃~-100 ℃	0.1 ℃	±0.6 ℃	—
		-100 ℃~900 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—
		900 ℃~1 300 ℃	0.1 ℃	±0.5 ℃	—
	B	600 ℃~800 ℃	0.1 ℃	±1.0 ℃	—
		800 ℃~1 820 ℃	0.1 ℃	±0.8 ℃	—
	R	-20 ℃~0 ℃	0.1 ℃	±1.2 ℃	—
		0 ℃~100 ℃	0.1 ℃	±1.1 ℃	—
		100 ℃~1 767 ℃	0.1 ℃	±0.9 ℃	—
	热电阻测量	Pt100 (385) Pt1 000 (385)	-200 ℃~400 ℃	0.1 ℃	±0.2 ℃
		400 ℃~850 ℃	0.1 ℃	±0.4 ℃	—
Cu50 Cu100		-50 ℃~150 ℃	0.1 ℃	±0.2 ℃	—
^a 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,热电偶测量最大允许误差增加 0.2 ℃。					

7.3.2 带负载能力

7.3.2.1 电压输出带负载能力

校准器在输出 10 V 电压时,最大带负载电流应大于 5 mA。

7.3.2.2 电流输出带负载能力

校准器在输出 20 mA 时,带负载电阻最大阻值应达到 1 kΩ。

7.3.2.3 回路电源带负载能力

校准器最大输出电流达到 22 mA 时,输出电压应不低于额定值的 90%。

7.3.2.4 输出频率带负载能力

校准器在输出最高频率时,负载电阻不大于 10 kΩ,频率输出示值误差应满足技术指标要求,波形无明显变化。

7.3.3 过负载能力

7.3.3.1 电压电流输出过负载能力

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

7.3.3.2 电压电流测量过负载能力

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

7.3.4 输入电阻

7.3.4.1 校准器直流电压测量量程 $<500\text{ mV}$,输入电阻 $\geq 200\text{ M}\Omega$ 。

7.3.4.2 校准器直流电压测量量程 $<35\text{ V}$,输入电阻 $\geq 1\text{ M}\Omega$ 。

7.3.4.3 校准器直流电流测量量程 $<100\text{ mA}$,输入电阻 $\leq 10\ \Omega$ 。

7.3.5 不同影响量的技术要求

7.3.5.1 温度影响量

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

7.3.5.2 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 $\pm 10\%$ 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。

7.3.5.3 输出稳定度

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

7.3.5.4 零点漂移

校准器在直流电压最小量程的输出零点漂移和测量零点漂移应不大于 ± 2 个字。

7.3.5.5 串模干扰抑制能力

校准器在 50 Hz 和 60 Hz 的串模抑制比应不小于 60 dB 。

7.3.5.6 共模干扰抑制能力

当每根导线连接 $1\text{ k}\Omega$ 电阻时,校准器 50 Hz 和 60 Hz 的共模抑制比应不小于 120 dB 。

7.4 电磁兼容

7.4.1 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2—2006,经过规定的静电试验,允许校准器在试验中有性能和功能的短暂降低或丧失,但试验后能自行恢复。

7.4.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照 GB/T 17626.3—2006,经过规定的射频电磁场辐射抗扰度试验,试验后校准器应正常工作。

7.4.3 无线电骚扰和抗扰度试验

按照 GB/T 6113,经过规定的无线电骚扰试验,试验后校准器应正常工作。

7.4.4 工频磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.8—2006,经过规定的工频磁场干扰试验,试验后校准器应正常工作。

7.4.5 浪涌(冲击)抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5—2006,经过规定的浪涌(冲击)抗扰度试验,允许校准器在试验中有性能和功

能的短暂降低或丧失,但能自行恢复。

7.4.6 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

按照 GB/T 17626.11—2008,经过规定的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验,允许校准器在试验中有性能和功能的短暂降低或丧失,但能自行恢复。

7.5 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 中 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、使用寿命等。

8 环境试验

8.1 高低温试验

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;液晶不能出现开裂、暗点、闪动等情况;亚克力视窗不应出现脱胶、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。

8.2 湿热试验

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;液晶不能出现开裂、暗点、闪动等情况;亚克力视窗不应出现脱胶、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。

8.3 振动试验

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。

8.4 跌落试验

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。

8.5 冲击试验

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。

9 检验规则

9.1 检验条件

检验条件应满足表 1。

9.2 检验类别

校准器的检验分为出厂检验、型式检验、周期检验。

9.3 出厂检验及判定规则

校准器应按本标准要求逐台进行检验,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。

9.4 型式检验、不合格分类及结果判定

9.4.1 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。

9.4.2 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

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	
安全性	√	—	√	A
绝缘电阻	√	—	√	A
绝缘强度	√	—	√	A
外观	√	√	√	C
功能检查	√	√	√	C
分辨力	√	—	√	B
直流电压输出示值误差	√	√	√	A
直流电流输出示值误差	√	√	√	A
电阻输出示值误差	√	√	√	A
频率输出示值误差	√	√	√	A
热电偶模拟输出示值误差	√	√	√	A
热电阻模拟输出示值误差	√	√	√	A
直流电压测量示值误差	√	√	√	A
直流电流测量示值误差	√	√	√	A
电阻测量示值误差	√	√	√	A
频率测量示值误差	√	√	√	A
热电偶测量示值误差	√	√	√	A
热电阻测量示值误差	√	√	√	A
带负载能力	√	—	√	B

表 4 (续)

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	
过负载能力	⊙	—	√	B
输入电阻	⊙	—	√	B
温度影响量试验	⊙	—	√	B
供电电压变化影响量试验	⊙	—	√	B
输出稳定度	√	⊙	√	B
零点漂移	√	⊙	√	B
串模干扰抑制能力	⊙	—	√	B
共模干扰抑制能力	⊙	—	√	B
静电放电抗扰度	—	—	√	B
射频电磁场抗扰度	—	—	√	B
无线电骚扰和抗扰度试验	—	—	√	B
工频磁场抗扰度试验	—	—	√	B
浪涌(冲击)抗扰度试验	—	—	√	B
电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验	—	—	√	B
供电电源	—	—	√	B
高低温试验	⊙	—	√	B
湿热试验	⊙	—	√	B
振动试验	⊙	—	√	B
跌落试验	⊙	—	√	B
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。

9.4.3 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—检验项目上重复出现的不合格,均以一个不合格计;
- 根据合格或不合格的样本数,按抽样方案中的合格判定数 A_c 和不合格判定数 R_c ,确定检验是否合格。

9.5 周期检验

校准器应每年进行一次周期检验。

9.6 检验项目

校准器检验项目应包括表 4 的项目。

9.7 检验用设备

9.7.1 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、辅助设备及环境条件所引入的扩展不确定度($k=2$)不大于被检验校准器最大允许误差绝对值的三分之一。标准装置的测量范围应大于被检验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	使用设备	备注
直流电压输出	数字多用表或数字电压表等	—
直流电流输出	数字多用表或数字电流表等	—
电阻输出	数字多用表或数字欧姆表等	—
频率输出	数字多用表或频率计等	—
热电偶模拟信号输出	热电偶测量仪表或数字多用表等、补偿导线及 0℃恒温器	—
热电阻模拟信号输出	测温电桥或数字欧姆表等	—
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
直流电流测量	直流电流源或多功能校准器等	标准源法
	直流电流源、直流数字电流表等	标准表法
电阻测量	直流电阻箱或多功能校准器等	—
频率测量	函数信号发生器或频率源等	—
热电偶测量	直流毫伏发生器或温度校准器等、补偿导线及 0℃恒温器	—
热电阻测量	直流电阻箱或多功能校准器等	—

9.7.2 其他检验用设备

详见第 10 章检验方法中的规定。

10 检验方法

10.1 安全性能

10.1.1 安全性

按照 GB/T 13978—2008 的 6.2 进行。

10.1.2 绝缘性

10.1.2.1 绝缘电阻

按照 GB/T 15479—1995 的 5.3 进行。

10.1.2.2 绝缘强度

按照 GB/T 15479—1995 的 5.4 进行。

10.2 外观

目测和手动操作对外观进行检查,应符合 7.1 的要求。

10.3 功能检查

目测和手动操作对功能进行检查,应符合 7.2 的要求。

10.4 分辨力

10.4.1 分辨力检验概述

校准器的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。

10.4.2 输出分辨力

检验步骤如下:

- a) 在选定最小量程后由被检验校准器输出任一电量值,使标准装置显示为某一数值,向某一方向微调被检验校准器的输出值,使被检验校准器末位变化 1 个字,记录此时标准装置的标准示值 D'_1 ;
- b) 向同一方向微调被检验校准器的输出值,使被检验校准器末位变化 1 个字,再记录此时标准装置的标准示值 D'_2 ;
- c) 按式(1)得到被检验校准器的输出分辨力:

$$\Delta_1 = |D'_2 - D'_1| \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

Δ_1 ——被检验校准器的输出分辨力;

D'_i ——标准装置的标准示值。

10.4.3 测量分辨力

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,使被检验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,使被检验校准器末位变化 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,使被检验校准器末位变化 1 个字,再记录此时标准装置的标准示值 D_2 ;
- c) 按式(2)得到被检验校准器的测量分辨力:

$$\Delta_2 = |D_2 - D_1| \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

Δ_2 ——被检验校准器的测量分辨力;

D_i ——标准装置的标准示值。

10.5 示值误差

10.5.1 示值误差检验概述

标准装置通电预热时间不少于 30 min;被检验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 2 h。

检验过程中不对被检验校准器进行调整。若被检验校准器具有零位校准功能,可在对零位校准后进行检验。

10.5.2 直流电压输出

10.5.2.1 检验用标准装置

标准装置组成:数字电压表或数字多用表等。

10.5.2.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,对于基本量程,不少于 11 个检验点(包括量程极限值和零位,按 10%递增);对于非基本量程,不少于 3 个检验点(包括量程极限值、零位和近居中值)。需要时,可增加检验点。

10.5.2.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 1 连接,标准装置如采用数字多用表,将其功能置于直流电压测量功能,被检验校准器置于直流电压输出功能;

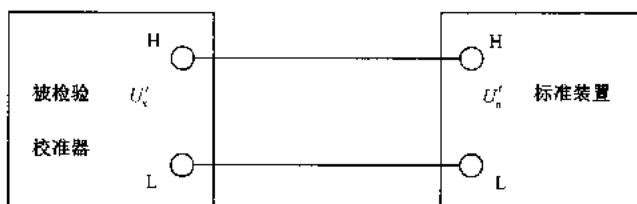


图 1 直流电压输出检验连线图

- b) 根据 10.5.2.2 选取的检验点,调节被检验校准器输出电压值 U'_x ,读取标准装置的实测值 U'_n ;
 c) 切换被检验校准器的输出量程,重复 b) 的步骤,直至所有量程检验完毕;
 d) 按式(3)计算直流电压输出的示值误差。

$$\Delta_{\text{直流电压输出}} = U'_x - U'_n \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $\Delta_{\text{直流电压输出}}$ ——直流电压输出的示值误差;
 U'_x ——被检验校准器电压输出值;
 U'_n ——标准装置电压实测值。

10.5.3 直流电流输出

10.5.3.1 检验用标准装置

标准装置组成:数字电流表或数字多用表等。

10.5.3.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,选择 0 mA、4 mA、8 mA、12 mA、16 mA、20 mA 作为检验点。需要时,可增加检验点。

10.5.3.3 检验步骤

检验步骤如下：

- a) 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流测量功能,被检验校准器置于直流电流输出功能；

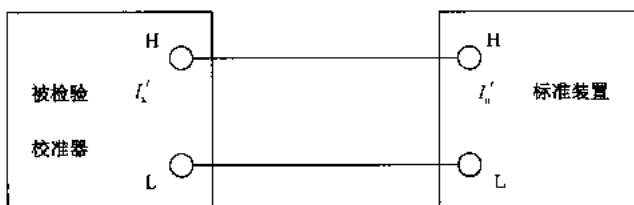


图 2 直流电流输出检验连线图

- b) 根据 10.5.3.2 选取的检验点,调节被检验校准器输出电流值 I'_x ,读取标准装置实测值 I'_n ；
 c) 切换被检验校准器的输出量程,重复 b) 的步骤,直至所有量程检验完毕；
 d) 按式(4)计算直流电流输出的示值误差：

$$\Delta_{\text{直流电流输出}} = I'_x - I'_n \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

- $\Delta_{\text{直流电流输出}}$ —— 直流电流输出的示值误差；
- I'_x —— 被检验校准器电流输出值；
- I'_n —— 标准装置电流实测值。

10.5.4 电阻输出

10.5.4.1 检验用标准装置

标准装置组成:数字欧姆表或数字多用表等。

10.5.4.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,对于基本量程,不少于 11 个检验点(包括量程极限值和零位,按 10%递增);对于非基本量程,不少于 3 个检验点(包括量程极限值、零位和近居中值)。需要时,可增加检验点。

10.5.4.3 检验步骤

检验步骤如下：

- a) 按图 3 连接,标准装置如采用数字多用表,将其功能置于电阻测量功能,根据被检验校准器输出电阻范围,标准装置选择合适的电阻测量量程;被检验校准器置于电阻输出功能；

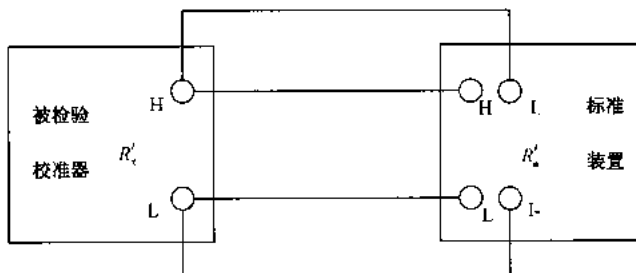


图 3 电阻输出检验连线图

- b) 根据 10.5.4.2 选取的检验点,调节被检验校准器输出电阻值 R'_x ,读取标准装置实测值 R'_n ;
- c) 切换被检验校准器的量程,重复 b) 的步骤,直至所有量程检验完毕;
- d) 按式(5)计算电阻输出的示值误差:

$$\Delta_{\text{电阻输出}} = R'_x - R'_n \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $\Delta_{\text{电阻输出}}$ —— 电阻输出的示值误差;
- R'_x —— 被检验校准器输出电阻值;
- R'_n —— 标准装置电阻实测值。

注:为减少导线产生的误差,宜采用四线制连接被检验校准器。

10.5.5 频率输出

10.5.5.1 检验用标准装置

标准装置组成:频率计或数字多用表等。

10.5.5.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,一般不少于 5 个检验点,包括量程极限值频率并覆盖所有频率段,每个频率段至少选择 1 个频率点。需要时,可增加检验点。

10.5.5.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 4 连接,标准装置如采用数字多用表,将其功能置于频率测量功能,被检验校准器置于频率输出功能;

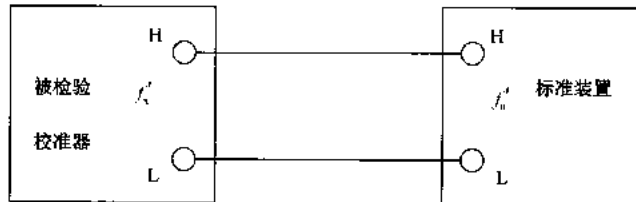


图 4 频率输出检验连线图

- b) 根据 10.5.5.2 选取的检验点,调节被检验校准器输出频率值 f'_x ,读取标准装置实测值 f'_n ;
- c) 切换被检验校准器的输出量程,重复 b) 的步骤,直至所有量程检验完毕;
- d) 按式(6)计算频率输出的示值误差:

$$\Delta_{\text{频率输出}} = f'_x - f'_n \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $\Delta_{\text{频率输出}}$ —— 频率输出的示值误差;
- f'_x —— 被检验校准器频率输出值;
- f'_n —— 标准装置频率实测值。

10.5.6 热电偶模拟信号输出

10.5.6.1 检验用标准装置

标准装置组成:热电偶测量仪表或数字多用表等、补偿导线及 0℃ 恒温器。

10.5.6.2 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。一般应包括量程极限值,推荐均匀的整十或整百摄氏度点。检验 ITS-90 温标中推荐使用的8种分度号(K、E、J、T、S、B、R、N)中的任一分度号,可根据被检验校准器的实际情况选择检验其他的热电偶分度号。

10.5.6.3 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5连接;不具有热电偶参考端温度自动补偿功能的,可按图6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,被检验校准器置于热电偶模拟输出功能;

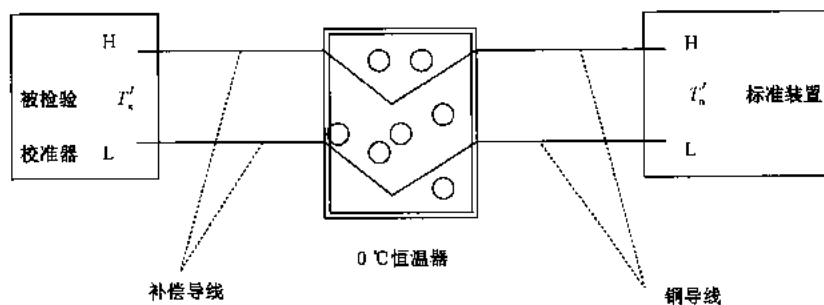


图5 热电偶输出连线图(具有热电偶参考端温度自动补偿)

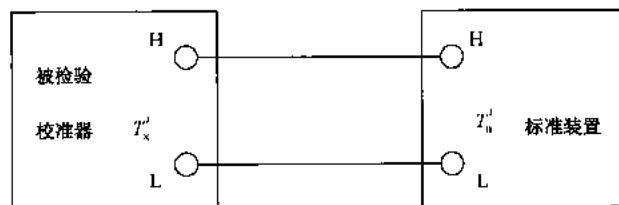


图6 热电偶输出连线图(不具有热电偶参考端温度自动补偿)

- b) 根据 10.5.6.2 选取的检验点,调节被检验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被检验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) 按式(7)计算热电偶模拟输出的示值误差:

$$\Delta_{\text{热电偶模拟输出}} = T'_x - T'_n \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $\Delta_{\text{热电偶模拟输出}}$ —— 热电偶模拟输出的示值误差;
- T'_x —— 被检验校准器热电偶模拟输出温度值;
- T'_n —— 标准装置热电偶实测温度值。

注:如采用补偿导线,在计算示值误差时,可按式(8)将补偿导线修正值计算在内。

$$\Delta_{\text{热电偶模拟输出}} = T'_x - (T'_n + e/s_i) \quad \dots\dots\dots(8)$$

- $\Delta_{\text{热电偶模拟输出}}$ —— 采取补偿导线的热电偶模拟输出示值误差;
- T'_x —— 被检验校准器热电偶模拟输出温度值;

- T'_n ——标准装置热电偶实测温度值；
- e ——补偿导线 20 ℃时的修正值；
- s_i ——被检验点温度的微分电势。

10.5.7 热电阻模拟信号输出

10.5.7.1 检验用标准装置

标准装置组成:测温电桥或数字欧姆表等。

10.5.7.2 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量程范围内,不少于 5 个检验点。一般应包括量程极限值,推荐均匀的整十或整百摄氏度点。需要时,可增加检验点。可根据被检验校准器的实际情况选择检验的热电阻型号。

10.5.7.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 7 连接,标准装置如采用数字多用表,将其功能置于电阻测量功能,被检验校准器置于热电阻模拟输出功能;如采用数显温度表,选择与被检验校准器一致的热电阻型号;

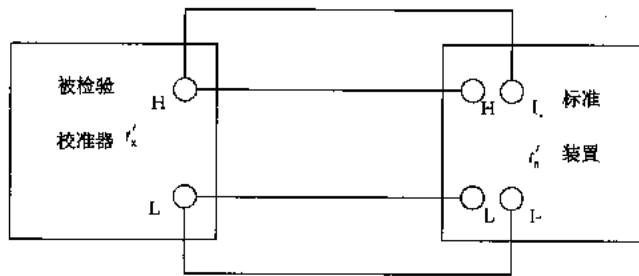


图 7 热电阻模拟输出连线图

- b) 根据 10.5.7.2 选取的检验点,调节被检验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 10.5.6.3 的 c);
- d) 按式(9)计算热电阻模拟输出的示值误差:

$$\Delta_{\text{热电阻模拟输出}} = t'_x - t'_n \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- $\Delta_{\text{热电阻模拟输出}}$ ——热电阻模拟输出的示值误差;
- t'_x ——被检验校准器热电阻温度输出值;
- t'_n ——标准装置热电阻温度实测值(或换算后的对应温度值)。

注:为减少导线产生的误差,宜采用四线制连接被检验校准器。

10.5.8 直流电压测量

直流电压测量的检验可选用标准源法或者标准表法。

10.5.8.1 标准源法

10.5.8.1.1 检验用标准装置

标准装置组成:直流电压源或多功能校准器等。

10.5.8.1.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,对于基本量程,不少于 11 个检验点(包括量程极限值和零位,按 10%递增);对于非基本量程,不少于 3 个检验点(包括量程极限值、零位和近居中值)。需要时,可增加检验点。

10.5.8.1.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 8 连接,标准装置如采用多功能校准器,将其功能置于直流电压输出功能,被检验校准器置于直流电压测量功能;

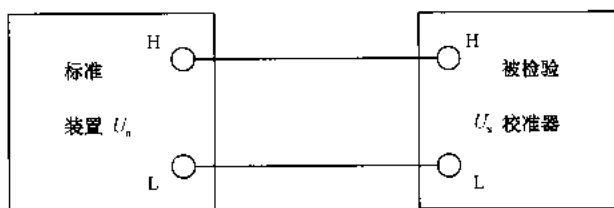


图 8 直流电压测量检验连线图——标准源法

- b) 根据 10.5.8.1.2 选取的检验点,调节标准装置输出电压值 U_n ,读取被检验校准器显示值 U_x ;
c) 切换被检验校准器的量程,重复 b) 的步骤,直至所有量程检验完毕;
d) 按式(10)计算直流电压测量的示值误差:

$$\Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}} = U_x - U_n \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

$\Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}}$ ——采取标准源法检验直流电压测量的示值误差;

U_x ——被检验校准器电压显示值;

U_n ——标准装置输出电压值。

10.5.8.2 标准表法

10.5.8.2.1 检验用标准装置

标准装置组成:直流电压源、直流数字电压表等。

直流电压源的 10 min 内稳定度应不大于被检验校准器最大允许误差绝对值的 1/10。输出应能做到连续可调或外加设备进行调节。

10.5.8.2.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,对于基本量程,不少于 11 个检验点(包括量程极限值和零位,按 10%递增);对于非基本量程,不少于 3 个检验点(包括量程极限值、零位和近居中值)。需要时,可增加检验点。

10.5.8.2.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 9 连接,根据 10.5.8.2.2 选取的检验点,调节直流电压源输出电压值,同时读取直流数字电压表电压显示值 U_n 和被检验校准器电压显示值 U_x ;

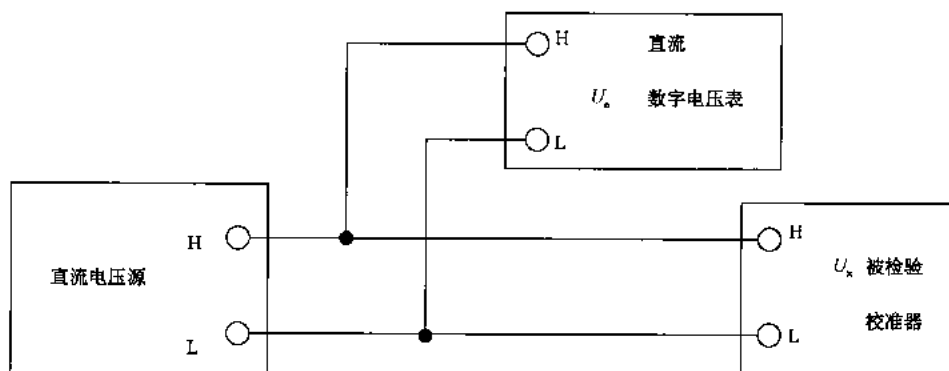


图 9 直流电压测量检验连线图——标准表法

- b) 切换被检验校准器的量程,重复 a)的步骤,直至所有量程检验完毕;
- c) 按式(11)计算直流电压测量的示值误差:

$$\Delta_{\text{直流电压测量(标准表法)}} = U_x - U_n \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- $\Delta_{\text{直流电压测量(标准表法)}}$ —— 采取标准表法检验直流电压测量的示值误差;
- U_x —— 被检验校准器电压显示值;
- U_n —— 标准装置电压显示值。

10.5.9 直流电流测量

10.5.9.1 标准源法

10.5.9.1.1 检验用标准装置

标准装置组成:直流电流源或多功能校准器等。

10.5.9.1.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,选择 0 mA、4 mA、8 mA、12 mA、16 mA、20 mA 作为检验点。需要时,可增加检验点。

10.5.9.1.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 10 连接,标准装置如采用多功能校准器,将其功能置于直流电流输出功能,被检验校准器置于直流电流测量功能;

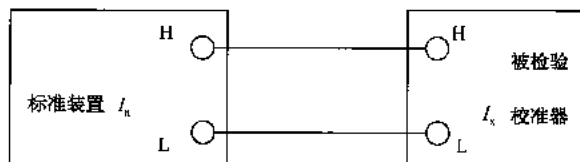


图 10 直流电流测量检验连线图——标准源法

- b) 根据 10.5.9.1.2 选取的检验点,调节标准装置输出电流值 I_n ,读取被检验校准器电流显示值 I_x ;

- c) 切换被检验校准器的量程,重复 b)的步骤,直至所有量程检验完毕;
- d) 按式(12)计算直流电流测量的示值误差:

$$\Delta_{\text{直流电流测量(标准源法)}} = I_x - I_n \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

- $\Delta_{\text{直流电流测量(标准源法)}}$ ——采取标准源法检验直流电流测量的示值误差;
- I_x ——被检验校准器电流显示值;
- I_n ——标准装置输出电流值。

10.5.9.2 标准表法

10.5.9.2.1 检验用标准装置

标准装置组成:直流电流源、数字电流表等。

直流电流源的 10 min 稳定度应不大于被检验校准器最大允许误差绝对值的 1/10。输出应能做到连续可调或外加设备进行调节。

10.5.9.2.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,选择 0 mA、4 mA、8 mA、12 mA、16 mA、20 mA 作为检验点。需要时,可增加检验点。

10.5.9.2.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 按图 11 连接;根据 10.5.9.2.2 选取的检验点,调节直流电流源输出电流值,同时读取直流数字电流表的显示值 I_n 和被检验校准器显示值 I_x ;

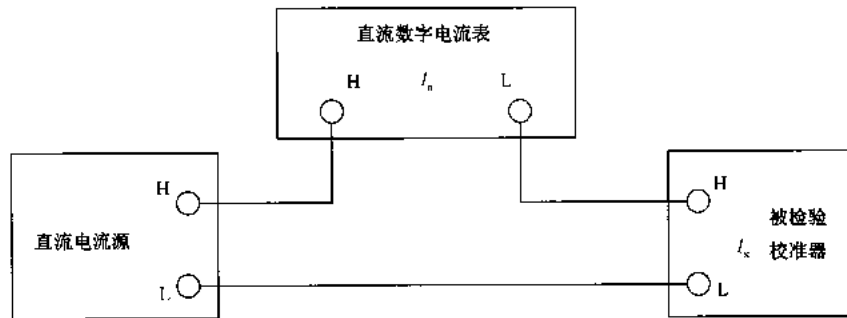


图 11 直流电流测量检验连线图——标准表法

- b) 切换被检验校准器的量程,重复 a)的步骤,直至所有量程检验完毕;
- c) 按式(13)计算直流电流测量的示值误差:

$$\Delta_{\text{直流电流测量(标准表法)}} = I_x - I_n \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- $\Delta_{\text{直流电流测量(标准表法)}}$ ——采取标准表法检验直流电流测量的示值误差;
- I_x ——被检验校准器电流显示值;
- I_n ——标准装置电流显示值。

10.5.10 电阻测量

10.5.10.1 检验用标准装置

标准装置组成:直流电阻箱或多功能校准器等。

10.5.10.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内,对于基本量程,不少于 11 个检验点(包括量程极限值和零位,按 10%递增);对于非基本量程,不少于 3 个检验点(包括量程极限值、零位和近居中值)。需要时,可增加检验点。

10.5.10.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 如采用直流电阻箱为标准装置,按图 12 连接;如采用多功能校准器为标准装置,按图 13 连接,并将其功能置于电阻输出功能。被检验校准器置于电阻测量功能;

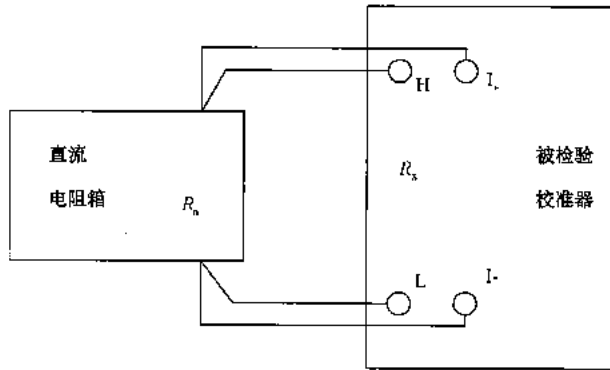


图 12 电阻测量检验连线图(使用直流电阻箱)

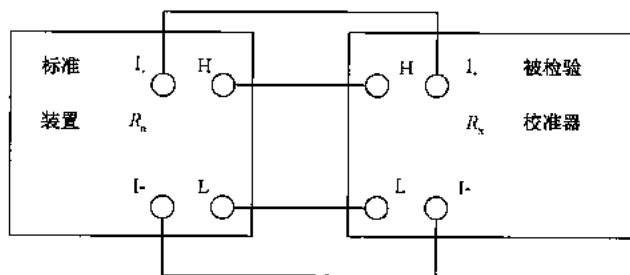


图 13 电阻测量检验连线图(使用多功能校准器)

- b) 根据 10.5.10.2 选取的检验点,调节标准装置的电阻值 R_n ,读取被检验校准器显示值 R_x ;
- c) 切换被检验校准器的量程,重复 b) 的步骤,直至所有量程检验完毕;
- d) 按式(14)计算电阻测量的示值误差:

$$\Delta_{\text{电阻测量}} = R_x - R_n \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$\Delta_{\text{电阻测量}}$ —— 电阻测量的示值误差;

R_x —— 被检验校准器电阻显示值;

R_n ——标准装置电阻输出值。

10.5.11 频率测量

10.5.11.1 检验用标准装置

标准装置组成：函数信号发生器或频率源等。

10.5.11.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定量程范围内，一般不少于5个检验点，包括量程极限值频率并覆盖所有频率段，每个频率段至少选择1个检验点。需要时，可增加检验点。

10.5.11.3 检验步骤

检验步骤如下：

- a) 按图 14 连接，根据被检验校准器说明书中要求的电压范围，设置标准装置的峰值电压 V_p ；如采用多功能校准器，将其功能置于频率输出功能。被检验校准器置于频率测量功能；

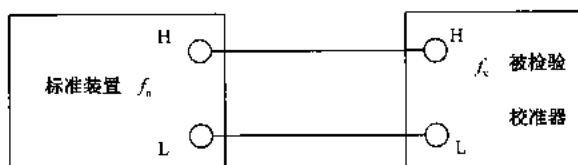


图 14 频率测量检验连线图

- b) 根据 10.5.11.2 选取的检验点，调节标准装置输出频率值 f_n ，读取被检验校准器显示值 f_x ；
c) 切换被检验校准器的频率段，重复 b) 的步骤，直至所有频率段检验完毕；
d) 按式(15)计算频率测量的示值误差：

$$\Delta_{\text{频率测量}} = f_x - f_n \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中：

- $\Delta_{\text{频率测量}}$ ——频率测量的示值误差；
 f_x ——被检验校准器频率显示值；
 f_n ——标准装置频率输出值。

10.5.12 热电偶测量

10.5.12.1 检验用标准装置

标准装置组成：直流毫伏发生器或温度校准器等、补偿导线及 0℃恒温器。

10.5.12.2 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。一般应包括量程极限值，推荐均匀的整十或整百摄氏度点。检验 ITS-90 温标中推荐使用的 8 种分度号(K、E、J、T、S、B、R、N)中的任一分度号，也可根据被检验校准器的实际情况检验其他的热电偶分度号。

10.5.12.3 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 15 连接；不具有热电偶参考端温度自动补偿功

能的,可按图 16 连接。标准装置如采用温度校准器或多功能校准器,将其功能置于热电偶温度输出功能,被检验校准器置于热电偶测量功能;

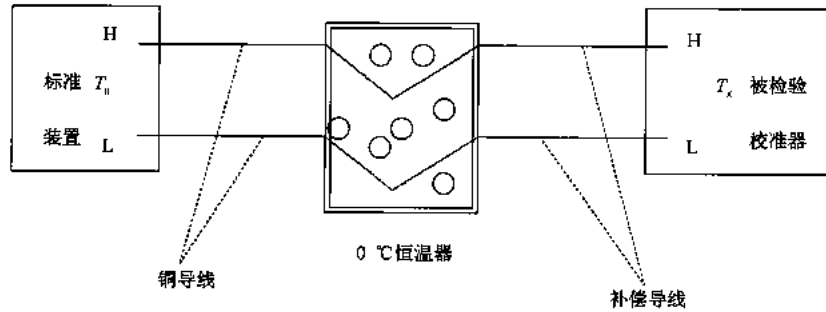


图 15 热电偶测量连线图(具有热电偶参考端温度自动补偿)

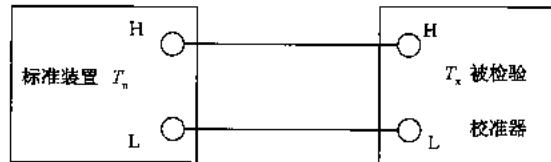


图 16 热电偶测量连线图(不具有热电偶参考端温度自动补偿)

- b) 根据 10.5.12.2 选取的检验点,调节标准装置的温度值(或查热电偶分度表,检验温度点对应电压值) T_n ,读取被检验校准器显示值 T_x ;
- c) 按式(16)计算热电偶测量的示值误差。

$$\Delta_{\text{热电偶测量}} = T_x - T_n \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

- $\Delta_{\text{热电偶测量}}$ —— 热电偶测量的示值误差;
- T_x —— 被检验校准器热电偶显示值;
- T_n —— 标准装置热电偶温度值。

注:如采用补偿导线,在计算示值误差时,可按(17)式将补偿导线修正值计算在内。

$$\Delta'_{\text{热电偶测量}} = T_x - (T_n + e/s_i) \quad \dots\dots\dots(17)$$

式中:

- $\Delta'_{\text{热电偶测量}}$ —— 采取补偿导线的热电偶测量的示值误差;
- T_x —— 被检验校准器热电偶温度显示值;
- T_n —— 标准装置热电偶温度值;
- e —— 补偿导线 20 °C 时的修正值;
- s_i —— 被检验点温度的微分电势。

10.5.13 热电阻测量

10.5.13.1 检验用标准装置

标准装置组成:直流电阻箱或多功能校准器等。

10.5.13.2 检验点选取

检验点应均匀分布在所选定一种热电阻型号的量程范围内,不少于 5 个检验点。一般应包括量程

极限值,推荐均匀的整十或整百摄氏度点。需要时,可增加检验点。可根据被检验校准器的实际情况选择检验的热电阻型号。

10.5.13.3 检验步骤

检验步骤如下:

- a) 被检验校准器分别按图 17、图 18、图 19 采用二线制、三线制或四线制连接,将标准装置置于热电阻温度输出功能,被检验校准器置于热电阻测量功能;

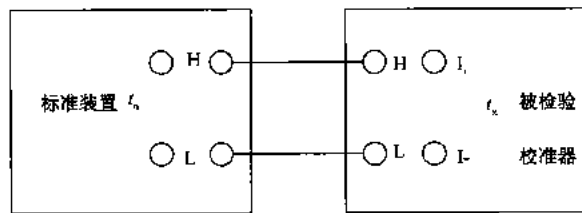


图 17 热电阻测量检验连线图——二线制

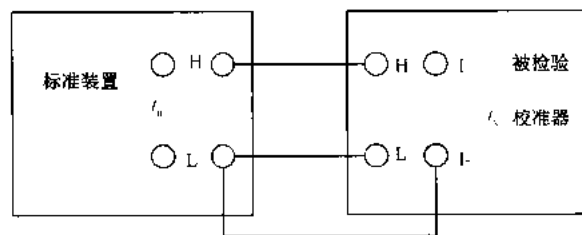


图 18 热电阻测量检验连线图——三线制

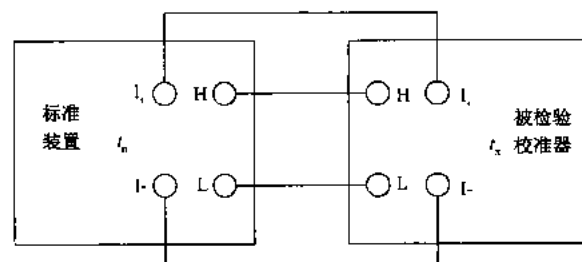


图 19 热电阻测量检验连线图——四线制

- b) 根据 10.5.13.2 选取的检验点,调节标准装置的温度值(或查热电阻分度表,检验温度点对应电阻值) t_n ,读取被检验校准器显示值 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起的误差应小于被检验校准器该量程最大允许误差绝对值的 1/5。
- d) 按式(18)计算热电阻测量的示值误差。

$$\Delta_{\text{热电阻测量}} = t_x - t_n \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

- $\Delta_{\text{热电阻测量}}$ ——热电阻测量的示值误差;
- t_x ——被检验校准器热电阻显示值;
- t_n ——标准装置热电阻温度值。

10.6 带负载能力

10.6.1 直流电压输出带负载能力

10.6.1.1 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。

10.6.1.2 试验点选取

试验点选取在 10 V 直流电压。

10.6.1.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 按校准器最大负载电流计算被试验校准器在 10 V 时的最小带负载电阻值 R_L 。 $R_L =$ 输出电压/最大带负载电流；
- b) 把电阻箱阻值调至 $1.2 R_L \sim 1.5 R_L$ 。按图 20 连接，被试验校准器输出电压值，缓慢减小带负载电阻，当带负载电流增加 5 mA 时，记下被试验校准器示值 u_x 及直流数字电压表示值 u_n ；

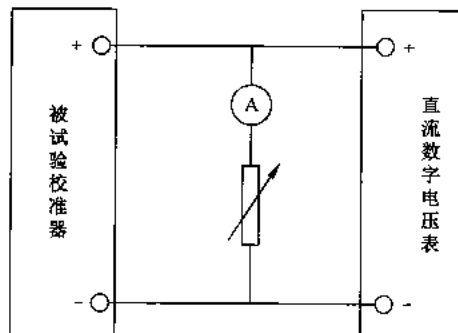


图 20 电压带负载能力试验连线图

- c) 按式(19)计算直流电压输出的示值误差：

$$\Delta_{\text{直流电压输出带负载}} = u_x - u_n \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中：

$\Delta_{\text{直流电压输出带负载}}$ —— 检验直流电压输出带负载能力的直流电压输出示值误差；

u_x —— 被试验校准器输出值；

u_n —— 直流数字电压表示值。

示值误差应满足产品技术指标的要求。

10.6.2 直流电流输出带负载能力

10.6.2.1 试验用装置

装置组成：直流数字电流表或数字多用表、电阻箱。

10.6.2.2 试验点选取

在输出 20 mA 时进行试验。

10.6.2.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 电阻箱阻值调至 1 kΩ。按图 21 连接,被试验校准器输出 20 mA 电流,记下被试验校准器示值 i_x 及数字电流表示值 i_n ;

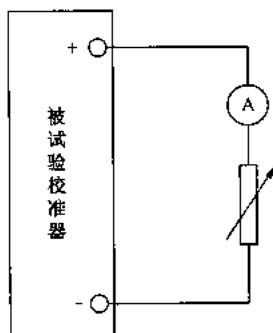


图 21 电流带负载能力试验连线图

- b) 按式(20)计算直流电流输出的示值误差：

$$\Delta_{\text{直流电流输出带负载}} = i_x - i_n \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中：

$\Delta_{\text{直流电流输出带负载}}$ —— 检验直流电流输出带负载能力的直流电流输出示值误差；

i_x —— 被试验校准器输出值；

i_n —— 直流数字电流表示值。

示值误差应满足产品技术指标的要求。

10.6.3 回路电源带负载能力试验

10.6.3.1 试验用装置

装置组成：数字多用表、直流数字电流表、电阻箱。

10.6.3.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 计算被试验校准器回路电源带负载最小电阻值 R_L ； $R_L = \text{回路电源电压额定值} / 22 \text{ mA}$ 。
 b) 把电阻箱阻值调至 $1.2 R_L \sim 1.5 R_L$ 。按图 20 连接,开启回路电源,缓慢减小带负载电阻,当带负载电流增加至 22 mA 时,记下被试验校准器回路电压值；
 回路电压值应满足 7.3.2.3 的要求。

10.6.4 输出频率带负载能力

10.6.4.1 试验用装置

装置组成：电阻箱、频率计、示波器。

10.6.4.2 试验点选取

在输出最高幅值、最高频率点进行试验。

10.6.4.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在校准器频率输出端并联一不大于 10 kΩ 的负载电阻,示波器用于监视被试验校准器的输出波形；
 - b) 校准器输出最高频率值,观察示波器采集到的频率波形。
- 频率输出的示值误差和波形应符合 7.3.2.4 的要求。

10.7 过负载试验

10.7.1 电压电流输出过负载试验

校准器在输出时,对输出端外施加 36 V 直流电压,持续 15 s,当撤消外施加电压,校准器可恢复正常工作。恢复到参考工作条件 2 h 后,校准器输出技术指标应符合其要求。

10.7.2 电压电流测量过负载试验

在校准器测量端施加 2 倍测量范围的电压(或电流)持续时间 0.5 s 的短时过负载 5 次,每次间隔 15 s 的试验,当撤消外施加电压(或电流)后,校准器可恢复正常工作。试验后恢复到参考工作条件下 2 h 后,校准器测量技术指标应符合其要求。

10.8 输入电阻

10.8.1 电压测量输入电阻

试验步骤如下：

- a) 将被试验校准器置于工作状态,按图 22 连接。改变输入电压,校准器测量的输入电压变化量 ΔU 与输入电流变化量 ΔI 之比为工作状态下的输入电阻,用 R_i 表示；

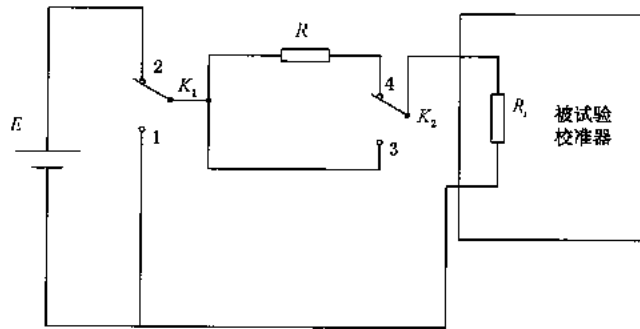


图 22 输入电阻试验连线图

- b) 当开关 K_1 、 K_2 置于以下位置时,分别读取被试验校准器的不同读数：

- 1) K_1 置于 1, K_2 置于 3 时,被试验校准器读数为 U_{13} ；
- 2) K_1 置于 1, K_2 置于 4 时,被试验校准器读数为 U_{14} ；
- 3) K_1 置于 2, K_2 置于 3 时,被试验校准器读数为 U_{23} ；
- 4) K_1 置于 2, K_2 置于 4 时,被试验校准器读数为 U_{24} 。

- c) 根据 b) 的读数,按式(21)、式(22)、式(23)计算被试验校准器的输入电阻：

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} \dots\dots\dots(21)$$

$$\Delta U = U_{24} - U_{14} \dots\dots\dots(22)$$

$$\Delta I = \frac{U_{23} - U_{24}}{R} - \frac{U_{13} - U_{14}}{R} \dots\dots\dots(23)$$

10.8.2 电流测量量程的输入电阻

将校准器电流测量量程置于 20 mA 挡位,在电流测量端直接用数字欧姆表测量其输入电阻。输入电阻符合 7.3.4 的要求。

10.9 温度影响量试验

10.9.1 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。把被试验校准器放置在高低温箱内,按图 23 连接;选择被试验校准器各输出功能基本量程的满量程输出值进行试验;根据被试验校准器示值,记录标准装置示值,逐项对输出功能进行试验。

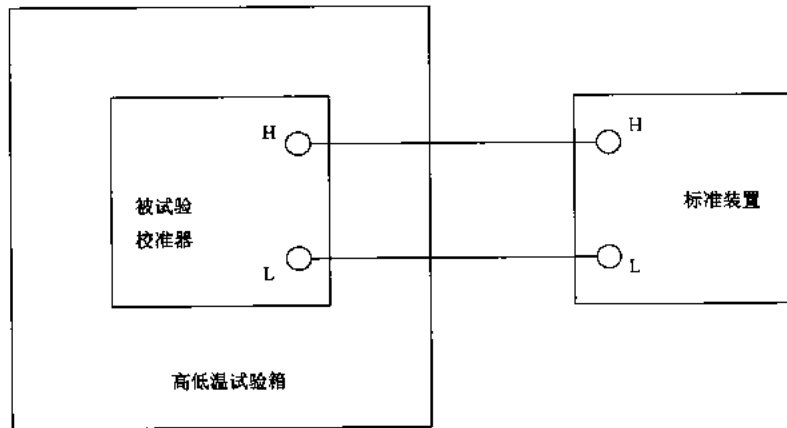


图 23 输出/测量功能的温度影响量试验连线图

- b) 在参考温度 T_0 下测定步骤 a) 的各项示值,并记录标准装置示值 x_0 。
- c) 被试验校准器在下限温度点 T_L 保持 2 h,确保校准器内部达到温度平衡。
- d) 测定被试验校准器在步骤 c) 下的各项示值,并记录标准装置示值 x_1 。
- e) 被试验校准器在上限温度点 T_H 保持 2 h,确保校准器内部达到温度平衡。
- f) 测定被试验校准器在步骤 e) 下的各项示值,并记录标准装置示值 x_2 。
- g) 按式(24)、式(25)计算出低温温度系数 γ_{t1} 和高温温度系数 γ_{t2} 。

$$\gamma_{t1} = \frac{x_1 - x_0}{T_0 - T_L} \dots\dots\dots(24)$$

$$\gamma_{t2} = \frac{x_2 - x_0}{T_H - T_0} \dots\dots\dots(25)$$

式中:

- γ_{t1} —— 被试验校准器低温温度系数;
- γ_{t2} —— 被试验校准器高温温度系数;
- T_L —— 下限温度点;
- T_H —— 上限温度点;
- x_i —— 标准装置在各温度点的示值。

取 γ_{d1} 、 γ_{d2} 绝对值较大者为该功能的温度系数。温度系数应符合 7.3.5.1 的要求。

10.9.2 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。把被试验校准器放置在高低温箱内,按图 23 连接;选择被试验校准器各测量功能基本量程的满量程点进行试验;根据标准装置输出值,记录被试验校准器示值,逐项对测量功能进行试验。试验方法及判断方法同 10.9.1。

10.10 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满量程点的示值误差检验,其结果应符合校准器技术指标要求。

10.11 输出稳定度试验

在参考工作条件下,按图 24 连接,被试验校准器输出最小量程满度值,持续 10 min,每隔 1 min 记录一次标准装置示值。

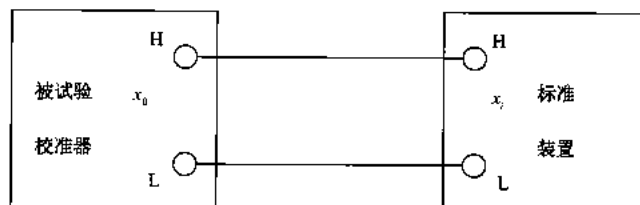


图 24 输出稳定度试验连线图

根据式(26)计算输出稳定度:

$$s = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{x_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (26)$$

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。

分别对被试验校准器各输出功能进行试验,其输出稳定度应符合 7.3.5.3 的要求。

10.12 零点漂移

10.12.1 输出零点漂移

试验步骤如下:

- a) 在被试验校准器直流电压最小量程下进行试验。将被试验校准器开机后,并置于参考工作条件下 2 h;
- b) 被试验校准器输出 0 mV 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 2 h 内,每隔 10 min 记录一次标准装置的读数 U_i 。

选取 U_i 和 U_0 的最大差值即为被试验校准器的 2 h 内的输出零点漂移。

10.12.2 测量零点漂移

试验步骤如下:

- a) 在被试验校准器直流电压最小量程下进行试验。将被试验校准器开机后,直流电压测量端短路,并置于参考工作条件下 2 h;
 - b) 记录被试验校准器的读数值 U'_0 ,保持其工作状态不变;
 - c) 在 2 h 内,每隔 10 min 记录一次被试验校准器的读数 U'_i 。
- 选取 U'_i 和 U'_0 的最大差值即为被试验校准器的 2 h 内的测量零点漂移。
输出零点漂移和测量零点漂移应符合 7.3.5.4 的要求。

10.13 串模干扰抑制能力

试验电路如图 25 所示。图中 T_1 为自耦变压器, T_2 为隔离变压器, U_s 为交流电源, $V\sim$ 为交流电压表, E 为可调直流电源, C 为电容器, 电容量为 $1\ \mu\text{F}$ 。被试验校准器应在最小量程进行试验, 并调到直流电压测量功能, 先在输入端加电压值接近满度值的 70% 左右的直流电压 E , 并保持不变; 然后叠加交流电压 U_s , 并逐渐加大, 使被试验校准器有 ΔU_{sm} 变化, 记下此时所加的交流电压峰值 U_{sm} ; 串模干扰电压的大小应使被试验校准器读数有明显变化, 但不能超过允许电压值。交流干扰源需用音频信号发生器或交流电压源。

按式(27)计算被试验校准器的串模抑制比 $SMMR$, 单位为分贝 (dB)。

$$SMMR = 20\lg \frac{U_{sm}}{\Delta U_{sm}} \dots\dots\dots (27)$$

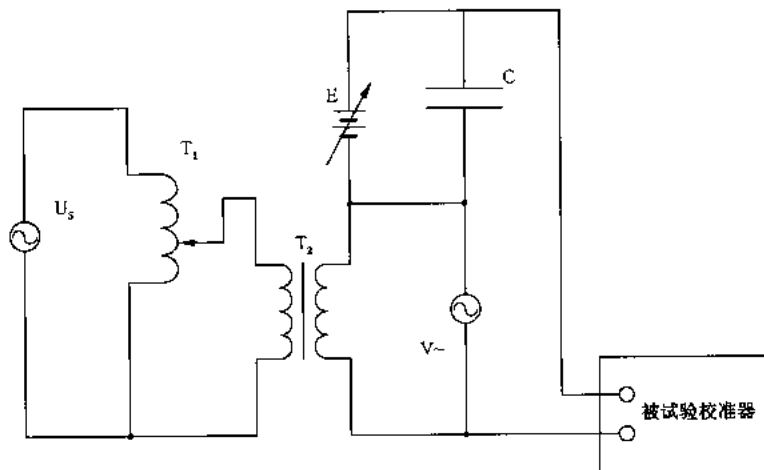


图 25 串模抑制比试验连线图

串模抑制比 $SMMR$ 应符合 7.3.5.5 的要求。

10.14 共模干扰抑制能力

试验电路如图 26 所示。输入端加上一个直流电压, 使被试验校准器实现为满度值的 $1/2\sim 2/3$ 左右, 然后加入共模干扰电压 U_c (包括直流电压和交流电压两种情况), 逐渐加大 U_c , 使被试验校准器指示有明显的 ΔU_{cm} 变化为止。电阻 R 为不平衡电阻, 电阻值为 $R=1\ \text{k}\Omega$ 。记下电压表的读数 U_c 。

按式(28)、式(29)计算直流共模干扰抑制能力 CMR_{DC} 和交流共模干扰抑制能力 CMR_{AC} , 单位为分贝 (dB)。

$$CMR_{DC} = 20\lg \frac{U_{c\text{直流}}}{\Delta U_{cm}} \dots\dots\dots (28)$$

$$CMR_{AC} = 20\lg \frac{U_{c\text{交流峰值}}}{\Delta U_{cm}} \dots\dots\dots (29)$$

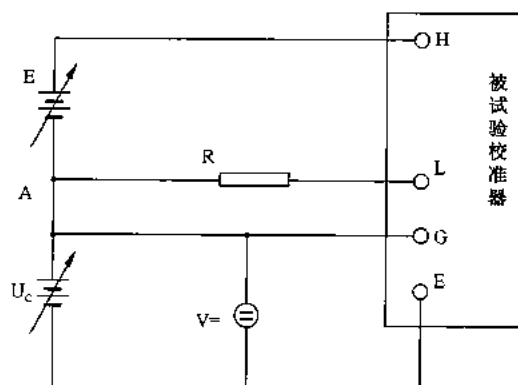


图 26 共模抑制能力试验连线图

试验时应注意：

- a) 交流共模干扰源的频率可按说明书中的规定选取,干扰电压的大小应是被试验校准器有明显变化,但不要超过最大允许电压(包括所加的直流电压);
- b) 具有保护输入端 G 的被试验校准器,应将 G 端接于 A 点。

10.15 电磁兼容

10.15.1 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2—2006 的第 8 章规定进行。

10.15.2 射频电磁场抗扰度试验

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

10.15.3 无线电骚扰和抗扰度试验

按照 GB/T 6113.203—2008 的第 7 章规定进行。

10.15.4 工频磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.8—2006 的第 8 章规定进行。

10.15.5 浪涌(冲击)抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5—2006 的第 8 章规定进行。

10.15.6 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

按照 GB/T 17626.11—2008 中第 8 章规定进行。

10.15.7 供电电源

10.15.7.1 电网电源供电

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

10.15.7.2 直流供电

对于电池供电的校准器应按照 GB 4793.1—2007 中 13.2.1、13.2.2 的规定进行。

10.16 环境试验

10.16.1 高低温试验

低温试验按照 GB/T 2423.1—2008 中第 5 章、第 6 章规定进行；高温试验按照 GB/T 2423.2—2008 中第 5 章、第 6 章规定进行。

10.16.2 湿热试验

按照 GB/T 2423.3—2006 中第 5 章～第 10 章规定进行。

10.16.3 振动试验

按照 GB/T 2423.10—2008 中第 6 章～第 11 章规定进行。

10.16.4 跌落试验

按照 GB/T 2423.8—1995 中第 11 章～第 15 章规定进行。

10.16.5 冲击试验

按照 GB/T 2423.5—1995 中第 4 章～第 11 章规定进行。

11 标志、包装、运输和贮存

11.1 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。

11.2 包装

应符合 GB/T 13384—2008 的规定。

11.3 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 直流电流输出的不确定度

A.1.1 概述

A.1.1.1 被测量

校准器调节至直流电流输出挡,输出范围 0 mA~22 mA,分辨力为 $b=1 \mu\text{A}$,最大允许误差为 $\pm(0.02\% \text{读数}+0.005\% \text{满量程})$ 。

A.1.1.2 测量标准

用高准确度数表作为测量标准,最大允许误差为 $\pm(0.001\% \text{读数}+0.0002\% \text{满量程})$ 。

A.1.1.3 测量方法

按 10.5.3 的方法进行。检验点取 10 mA。

A.1.1.4 测量环境

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

A.1.2 测量模型

$$\Delta_{\text{直流电流输出}} = I'_x - I'_n \quad \dots\dots\dots(\text{A.1})$$

式中符号的含义同 10.5.3.3 中式(4)的说明。

A.1.3 输入量的标准不确定度

A.1.3.1 输入量 I'_x 的标准不确定度 $u(I'_x)$

A.1.3.1.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(I'_{x1})$

采用 A 类方法进行评定,取一台校准器,选择 10 mA 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:

9.999 9 mA, 9.999 8 mA, 9.999 9 mA, 10.000 0 mA, 9.999 8 mA, 9.999 9 mA, 9.999 8 mA,

9.999 8 mA, 9.999 9 mA, 9.999 8 mA, 得 $\bar{I}'_{x1} = 9.999 9 \text{ mA}$, 单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I'_{xi} - \bar{I}'_{x1})^2}{n-1}} = 0.000 07 \text{ mA}$, 所以 $u(I'_{x1}) = 0.000 07 \text{ mA}$ 。

A.1.3.1.2 分辨力导致的标准不确定度 $u(I'_{x2})$

$u(I'_{x2})$ 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: $u(I'_{x2}) = 0.5 \mu\text{A}/k = 0.000 29 \text{ mA}$ 。

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:

$u(I'_x) = 0.000\ 29\ \text{mA}$ 。

A.1.3.2 输入量 I'_n 的标准不确定度 $u(I'_n)$ 的评定

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

以 10 mA 电流校准为例,高准确度数表测量电流值的最大允差为 $\pm 0.000\ 14\ \text{mA}$,半宽度 $a = 0.000\ 14\ \text{mA}$,在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$,则: $u(I'_n) = a/k = 0.000\ 14\ \text{mA}/\sqrt{3} = 0.000\ 08\ \text{mA}$ 。

A.1.4 合成标准不确定度的评定

A.1.4.1 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta_{\text{直流电流输出}} / \partial I'_x = 1, c_2 = \partial \Delta_{\text{直流电流输出}} / \partial I'_n = -1$$

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(直流电流输出)

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)$
$u(I'_x)$	校准器测量重复性和分辨力	取 0.000 29 mA	1	0.000 29 mA
$u(I'_{n1})$	校准器测量重复性	0.000 07 mA	1	0.000 29 mA
$u(I'_{n2})$	校准器分辨力	0.000 29 mA		
$u(I'_n)$	高准确度数表示值误差	0.000 08 mA	-1	0.000 08 mA

A.1.4.3 合成标准不确定度的计算

输入量 I'_x 与 I'_n 彼此独立不相关,所以合成标准不确定度按式(A.2)得到:

$$u_c(\Delta_{\text{直流电流输出}}) = [c_1 u(I'_x)]^2 + [c_2 u(I'_n)]^2 \dots\dots\dots (A.2)$$

$$u_c(\Delta_{\text{直流电流输出}}) = \sqrt{0.000\ 29^2 + 0.000\ 08^2}\ \text{mA} = 0.000\ 30\ \text{mA}。$$

A.1.5 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$,得到扩展不确定度:

$$U = k u_c(\Delta_{\text{直流电流输出}}) = 1\ \mu\text{A}。$$

A.2 热电偶模拟输出的不确定度

A.2.1 概述

A.2.1.1 被测量

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

A.2.1.2 测量标准

用高准确度数表作为测量标准,最大允许误差为±(0.000 35%读数+0.12 μV),对应于 T 型热电偶温度最大允许误差为±0.003 ℃。

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

A.2.1.3 测量方法

按 10.5.6 的方法进行。检验点取 100 ℃。

A.2.1.4 测量环境

温度:(20±2)℃;相对湿度:45%~75%。

A.2.2 测量模型

$$\Delta_{\text{热电偶模拟输出}} = T'_x - \left(T'_n + \frac{e}{S_1} \right) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中符号的含义同 10.5.6.3 中式(8)的说明。

A.2.3 输入量的标准不确定度

A.2.3.1 输入量 T'_x 的标准不确定度 $u(T'_x)$ 的评定

A.2.3.1.1 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 $\overline{T'_x}=99.98 \text{ ℃}$, 单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T'_i - \overline{T'_x})^2}{n-1}} = 0.006 \text{ ℃}$, 所以 $u(T'_{x1}) = 0.006 \text{ ℃}$ 。

A.2.3.1.2 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: $u(T'_{x2})=0.05 \text{ ℃}/k=0.029 \text{ ℃}$ 。

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: $u(T'_x)=0.029 \text{ ℃}$ 。

A.2.3.2 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 型热电偶校准为例,经计算对应测温的最大允差为±0.003 ℃,半宽度 $a=0.003 \text{ ℃}$,在区间内可认为服从均匀分布 $k=\sqrt{3}$,则: $u(T'_n)=a/k=0.003 \text{ ℃}/\sqrt{3}=0.002 \text{ ℃}$ 。

A.2.3.3 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 $u(c_1)$ 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 $e(20 \text{ ℃时})$ 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 μV。

冰点槽 0 °C 的最大允许误差为 ±0.01 °C，换算成 T 型热电偶电压 $e_2 = \pm 0.39 \mu\text{V}$ 。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 $u(e) = 0.013 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

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

A.2.4 合成标准不确定度的评定

A.2.4.1 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta_{\text{热电偶模拟输出}} / \partial T'_x = 1, c_2 = \partial \Delta_{\text{热电偶模拟输出}} / \partial T'_n = -1, c_3 = \partial \Delta_{\text{热电偶模拟输出}} / \partial e = -1/S_1.$$

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(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 °C	1	0.029 °C
$u(T'_{x1})$	校准器测量重复性	0.006 °C	1	0.029 °C
$u(T'_{x2})$	校准器分辨力	0.029 °C		
$u(T'_n)$	高准确度数表测量误差	0.002 °C	-1	0.002 °C
$u(e)$	补偿导线和冰点槽	0.60 μV	-1/S ₁	0.013 °C
$u(e_1)$	补偿导线	0.55 μV		
$u(e_2)$	冰点槽	0.23 μV		

A.2.4.3 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式(A.4)得到：

$$u_c^2(\Delta_{\text{热电偶模拟输出}}) = [c_1 u(T'_x)]^2 + [c_2 u(T'_n)]^2 + [c_3 u(e)]^2 \dots\dots\dots (A.4)$$

$$u_c(\Delta_{\text{热电偶模拟输出}}) = \sqrt{0.029^2 + 0.002^2 + 0.013^2} \text{ }^\circ\text{C} = 0.032 \text{ }^\circ\text{C}.$$

A.2.5 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$ 得到：

$$U = k u_c(\Delta_{\text{热电偶模拟输出}}) = 0.1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

A.3 直流电压测量的不确定度

A.3.1 概述

A.3.1.1 被测量

校准器调节至直流电压测量挡,测量范围 0 V~25 V,分辨力为 $b = 1 \text{ mV}$,最大允许误差为 $\pm(0.05\% \text{ 读数} + 0.008\% \text{ 满量程})$ 。

A.3.1.2 测量标准

用多功能校准器作为输出标准,最大允许误差为 $\pm(0.001 2\% \text{ 读数} + 0.02 \text{ mV})$ 。

A.3.1.3 测量方法

按 10.5.8.1 的方法进行。检验点取 10 V。

A.3.1.4 测量环境

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

A.3.2 测量模型

$$\Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}} = U_x - U_n \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中符号的含义同 10.5.8.1.3 中式(10)的说明。

A.3.3 输入量的标准不确定度

A.3.3.1 输入量 U_x 的标准不确定度 $u(U_x)$ 的评定

A.3.3.1.1 测量重复性导致的不确定度 $u(U_{x1})$ 的评定

采用 A 类方法进行评定。取一台校准器,选择 10 V 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:

9.999 2 V, 9.999 4 V, 9.999 4 V, 9.999 2 V, 9.999 2 V, 9.999 0 V, 9.999 1 V, 9.999 2 V, 9.999 4 V,

9.999 0 V, 得 $\bar{U}_{x1} = 9.999 2 \text{ V}$, 单次实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U}_{x1})^2}{n - 1}} = 0.000 15 \text{ V}$, 所以 $u(U_{x1}) = 0.000 15 \text{ V}$ 。

A.3.3.1.2 分辨力导致的标准不确定度 $u(U_{x2})$

$u(U_{x2})$ 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: $u(U_{x2}) = 0.5 \text{ mV}/k = 0.29 \text{ mV}$ 。

由于重复性和分辨力有一定的关联,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: $u(U_x) = 0.29 \text{ mV}$ 。

A.3.3.2 输入量 U_n 的标准不确定度 $u(U_n)$ 的评定

输入量 U_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 10 V 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 $\pm 0.000 14 \text{ V}$, 半宽度 $a =$

0.000 14 V,在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$,则: $u(U_N) = a/k = 0.000 14 \text{ V}/\sqrt{3} = 0.08 \text{ mV}$ 。

A.3.4 合成标准不确定度的评定

A.3.4.1 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}} / \partial U_x = 1, c_2 = \partial \Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}} / \partial U_n = -1。$$

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(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)$
$u(U_x)$	校准器测量重复性和分辨力	取 0.29 mV	1	0.29 mV
$u(U_{x1})$	校准器测量重复性	0.15 mV		
$u(U_{x2})$	校准器分辨力	0.29 mV		
$u(U_n)$	多功能校准器示值误差	0.08 mV	-1	0.08 mV

A.3.4.3 合成标准不确定度的计算

输入量 U_x 与 U_n 彼此独立不相关,所以合成标准不确定度按式(A.6)得到:

$$u_c^2(\Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}}) = [c_1 u(U_x)]^2 + [c_2 u(U_n)]^2 \dots\dots\dots (A.6)$$

$$u_c(\Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}}) = \sqrt{0.29^2 + 0.08^2} \text{ mV} = 0.3 \text{ mV}。$$

A.3.5 扩展不确定度的评定

取 $k = 2$,得到扩展不确定度:

$$U = k u_c(\Delta_{\text{直流电压测量(标准源法)}}) = 1 \text{ mV}。$$

A.4 热电阻信号测量的不确定度

A.4.1 概述

A.4.1.1 被测量

校准器调节至 PT100 热电阻信号测量挡,测量范围 $-200 \text{ }^\circ\text{C} \sim 0 \text{ }^\circ\text{C}$,分辨力为 $b = 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$,最大允许误差为 $\pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

A.4.1.2 测量标准

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

A.4.1.3 测量方法

按 10.5.13 的方法进行。检验点取 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

A.4.1.4 测量环境

温度：(20±2)℃；相对湿度：45%~75%。

A.4.2 测量模型

$$\Delta_{\text{热电阻测量}} = t_x - t_n \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中符号的含义同 10.5.13.3 中式(18)的说明。

A.4.3 输入量的标准不确定度

A.4.3.1 输入量 t_x 的标准不确定度 $u(t_x)$ 的评定

A.4.3.1.1 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℃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 $\bar{t}_{x1} = 0.03℃$, 单次

实验标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t}_{x1})^2}{n-1}} = 0.05℃$, 所以 $u(t_{x1}) = 0.05℃$ 。

A.4.3.1.2 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: $u(t_{x2}) = 0.05℃/k = 0.029℃$ 。

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: $u(t_x) = 0.05℃$ 。

A.4.3.2 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℃ PT100 热电阻校准为例,多功能校准器输出热电阻值的最大允差换算成温度为 ±0.05℃, 半宽度 $a = 0.05℃$, 在区间内可认为服从均匀分布 $k = \sqrt{3}$, 则: $u(t_n) = a/k = 0.05℃/\sqrt{3} = 0.03℃$ 。

A.4.4 合成标准不确定度的评定

A.4.4.1 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta_{\text{热电阻测量}} / \partial t_x = 1, c_2 = \partial \Delta_{\text{热电阻测量}} / \partial t_n = -1。$$

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(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.4.4.3 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式(A.8)得到:

$$u_c^2(\Delta_{\text{热电阻测量}}) = [c_1 u(t_x)]^2 + [c_2 u(t_n)]^2 \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

$$u_c(\Delta_{\text{热电阻测量}}) = \sqrt{0.05^2 + 0.03^2} \text{ °C} = 0.06 \text{ °C}。$$

A.4.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ 得到: $U = k u_c(\Delta_{\text{热电阻测量}}) = 0.1 \text{ °C}。$

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	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
2. 直流电流：					
量程 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
3.频率(电压 X V)					
量程 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
4.电阻					
量程 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
5.温度输出:					
5.1 热电偶模拟信号					
型号 1 <input type="checkbox"/> 带补偿 <input type="checkbox"/> 不带补偿					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
5.2 热电阻模拟信号					
型号 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)

2. 直流电流:					
量程 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
3. 频率(电压 X V)					
量程 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
4. 电阻					
量程 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)

5. 温度测量:					
5.1 热电偶					
型号 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	示值误差	允差范围	测量不确定度 ($k=2$)(可选)
5.2 热电阻					
型号 1					
检验点	标准装置示值	被检验校准器示值	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	被检验校准器示值	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				

x_{max}	x_{min}	s
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 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
 - [2] GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范
 - [3] GB/T 13978—2008 数字多用表
 - [4] GB/T 15151—2012 频率计数器通用规范
 - [5] GB/T 15637—2012 数字多用表校准仪通用规范
 - [6] GB/T 16839.1—1997 热电偶 第1部分:分度表
 - [7] JB/T 8622—1997 工业铂热电阻技术条件及分度表
 - [8] JB/T 8623—1997 工业铜热电阻技术条件及分度表
 - [9] JJG 141—2013 工作用贵金属热电偶
 - [10] JJG 229—2010 工业铂、铜热电阻
 - [11] JJG 315—1983 直流数字电压表
 - [12] JJG 351—1996 工作用廉金属热电偶
 - [13] JJG 368—2000 工作用铜-铜镍热电偶
 - [14] JJF 1001—2011 通用计量术语及定义
 - [15] JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示
 - [16] JJF 1309—2011 温度校准仪校准规范
-



GB/T 32204-2015

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-53382

定价: 48.00 元