



测量过程控制检查表

测量过程 (参数)名称	导体直流电阻测量		企业部门		质检部	
被测参数 要求	参数 M	6.9Ω/km	测量过程计量要求		最大允许误差	/
	公差 T	±0.9Ω/km			允许不确定度	0.3 Ω /km (k=2)
	其他要求	无			其他要求	无
测量过程要素控制状况						
过程要素		计量特性				是否满足 计量要求
测量设备名称	测量范围	测量不确定度	测量误差	其他特性		是
直流电阻测试仪	0.001μΩ ~ 200Ω	/	±0.05%	无		
电桥专用夹具/J-215	1m	/	±1mm	无		
标准水银温度计	(0~50) ℃	/	±1.0℃	分辨力 0.1℃		
测量过程控制规范编号	GB/T 3956-2008 《电缆的导体》					是
测量方法编号	GB/T 3048.4-2007 《电线电缆电性能试验方法第 4 部分：导体直流电阻试验》					是
环境条件	常温常湿					是
操作人员姓名	王乐					是
测量不确定度评定方法	见不确定度评定报告					是
有效性确认方法	实际不确定度小于等于允许不确定度，见《测量过程有效性确认记录》					是
测量过程监视方法、 监视记录	每月采用同等条件同样品同准确度等级不同测量设备进行 比对测试实施监视。					是
控制图绘制(如果有)	--					是
综合评价	1. 计量要求导出满足顾客、组织和法律法规要求。 2. 测量方法已受控、环境条件常温常湿满足要求、操作人员已进行培训合格后上岗。 3. 测量不确定度评定方法采用 A、B 类合成然后扩展，符合要求。 4. 该测量过程的控制处于受控状态，并保持有效。 5. 测量过程每月进行比对测试实施监视，结果符合要求。 审核结论: ☒ 符合 ☐ 有缺陷 ☐ 不符合 (注: 在选项上打√, 只选一项。)					



北京国标联合认证有限公司

Beijing International Standard united Certification Co.,Ltd.

ISC-A-II-07 测量过程控制检查表 (06 版)

审核日期: 2021 年 12 月 11 日

审核员:

张的建

企业部门代表:

何明

电线电缆导体直流电阻测量结果的不确定度评定

1、概述

1.1 评定依据

《测量不确定度评定与表示》（JJF1059.1-2012）

1.2 目的

评定电线电缆在 20℃时的导体直流电阻测量结果的不确定度。

1.3 检测依据的标准

《电线电缆电性能试验方法 导体直流电阻试验》（GB/T 3048.4-2007）。

1.4 检测使用的仪器设备

（1）直流电阻电桥，型号为 QJ57，编号为 1410002，测量时使用 10^{-3} 档位，准确度等级为 0.2 级，经佛山市质量计量监督检测中心校准合格，在校准有效期内使用；

（2）电桥夹具，型号为 YN62112，编号为 301383，测量范围（0~1000）mm，最大允许误差为 ± 0.2 mm，经佛山市质量计量监督检测中心校准合格，在校准有效期内使用

（3）数字温湿度表，编号为 YZ-ZJ-002，，测量范围（0~50）℃，温度分辨力为 0.1℃，经佛山市质量计量监督检测中心校准合格，在校准有效期内使用；

2、检测样品

型号规格为 BVR 2.5 的聚氯乙烯绝缘电线。

3、测量程序

从被测电线电缆上切取长度不小于 1m 的试样，去除试样导体外表面绝缘，清洁导体表面、去除附着物和油垢，将导体试样固定在电桥四端夹具上，双臂电桥的四个测试端与导体两端可靠连接后闭合直流电源开关，仪器完成预热后开始测试，调节电桥平衡，读取电桥读数，记录至少 4 位有效数字。记录环境温度，将测量结果折算到 20℃。

4、测量模型

$$R_{20} = \frac{R_x}{1 + \alpha_{20}(t - 20)} \cdot \frac{1000}{L}$$

其中： R_{20} —20℃时每公里长度电阻值，单位为 Ω/km ；

R_x — t ℃时 L 长度电缆的实测电阻值，单位为 Ω ；

α_{20} —导体材料 20℃时的电阻温度系数，单位为 $1/^\circ\text{C}$ ；

t —测量时的导体温度（环境温度），单位为 $^\circ\text{C}$ ；

L —试样的测量长度，单位为 m 。

5、不确定度来源

通过对电线电缆导体直流电阻测量的原理、设备、方法和过程分析，导体直流电阻的不确定来源主要包括：

（1）测量结果重复性引入的不确定度 u_A ，采用 A 类方法评定；

（2）使用双臂电桥测量电阻引入的标准不确定度 u_{B1} ，采用 B 类方法评定；

（3）电桥夹具长度引入的标准不确定度 u_{B2} ，采用 B 类方法评定；

（4）温度测量引入的标准不确定度 u_{B3} ，采用 B 类方法评定；

（5）电阻温度系数 α_{20} 引入的标准不确定度 u_{B4} ，由于 $\alpha_{20} = 3.93 \times 10^{-3} ^\circ\text{C}^{-1}$ ，是个常数，它带来的不确定度非常小，故忽略不计。

6、标准不确定度的评定

6.1 测量结果重复性引入的不确定度 u_A

预评定时，对电线 BVR 2.5 的导体直流电阻进行 10 次独立重复测量，每次测量都重新，其结果如下表所示：

测量序号	1	2	3	4	5
温度 $t_i/^\circ\text{C}$	21.2	21.1	21.3	21.2	21.0
$R_{xi}/\text{m}\Omega$	7.4015	7.4012	7.4021	7.3998	7.3979
$R_{20i}/\text{m}\Omega$	7.36676	7.36934	7.36447	7.36507	7.36894
测量序号	6	7	8	9	10
温度 $t_i/^\circ\text{C}$	21.4	21.1	20.9	20.8	21.2
$R_{xi}/\text{m}\Omega$	7.4012	7.3987	7.3991	7.3989	7.3989
$R_{20i}/\text{m}\Omega$	7.36070	7.36685	7.37032	7.37571	7.36417

计算得， $\overline{R_{20}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{20i} = 7.3675 \Omega/\text{km}$ ；

应用贝塞尔公式计算单次测量实验标准差为：

$$s(R_{20}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_{20i} - \overline{R_{20}})^2} = 4.458 \times 10^{-3} \Omega/\text{km}；$$

日常检测中, 按标准规定, 通常测量 1 次, BVR 2.5 电线 20℃ 导体直流电阻测量结果为 7.3745 Ω/km; 故由测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_{A=S(R_{20})} = 4.458 \times 10^{-3} \text{ Ω/km}$$

6.2 使用双臂电桥测量电阻引入的标准不确定度 u_{B1}

根据 QJ57 电桥说明书, 使用 10^{-3} 档位, 准确度等级为 0.2 级, 最大允许误差为 ±0.2%, 区间半宽 $a_1 = 0.2\%$, 服从均匀分布, 包含因子为 $k_1 = \sqrt{3}$, 故使用双臂电桥测量电阻引入的标准不确定度 u_{B1} 为:

$$u_{B1} = \frac{7.3675 \times 10^{-3} \times 0.2\%}{\sqrt{3}} = 8.507 \times 10^{-6} \text{ Ω}$$

6.3 电桥夹具长度引入的标准不确定度 u_{B2}

导体电阻电桥夹具长度 $L = 1000 \text{ mm}$, 最大允许误差为 ±0.2 mm, 区间半宽 $a_2 = 0.2 \text{ mm}$, 服从均匀分布, 包含因子为 $k_2 = \sqrt{3}$, 故电桥夹具长度引入的标准不确定度 u_{B2} 为:

$$u_{B2} = \frac{a_2}{k_2} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.11547 \text{ mm} = 1.1547 \times 10^{-4} \text{ km}$$

6.4 温度测量引入的标准不确定度 u_{B3}

根据数显式温湿度计说明书, 其分辨力为 0.1℃, 区间半宽 $a_3 = 0.05^\circ\text{C}$, 服从均匀分布, 包含因子为 $k_3 = \sqrt{3}$, 故温度测量引入的标准不确定度 u_{B3} 为:

$$u_{B3} = \frac{a_3}{k_3} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.02887^\circ\text{C}$$

7、合成标准不确定度

$$\begin{aligned} u_c(R_{20}) &= \sqrt{u_A^2 + \left(\frac{\partial R_{20}}{\partial R_x}\right)^2 u^2(R_x) + \left(\frac{\partial R_{20}}{\partial L}\right)^2 u^2(L) + \left(\frac{\partial R_{20}}{\partial t}\right)^2 u^2(t)} \\ &= \sqrt{u_A^2 + \left(\frac{\partial R_{20}}{\partial R_x}\right)^2 u_{B1}^2 + \left(\frac{\partial R_{20}}{\partial L}\right)^2 u_{B2}^2 + \left(\frac{\partial R_{20}}{\partial t}\right)^2 u_{B3}^2} \end{aligned}$$

$$\text{其中, } \frac{\partial R_{20}}{\partial R_x} = \frac{1}{1 + \alpha_{20}(\bar{t} - 20)} \times \frac{1000}{L} = 9.956 \times 10^2 \text{ km}^{-1} \quad (\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_i = 21.12^\circ\text{C}, L = 1 \text{ m})$$

$$\frac{\partial R_{20}}{\partial L} = \frac{-\bar{R}_x}{1 + \alpha_{20}(\bar{t} - 20)} \times \frac{1000}{L^2} = -7.367 \text{ Ω/km}^2;$$

$$\frac{\partial R_{20}}{\partial t} = \frac{-\overline{R_x} \times \alpha_{20}}{[1 + \alpha_{20}(\bar{t} - 20)]^2} \times \frac{1000}{L} = -2.883 \times 10^{-2} \Omega / \text{km} \cdot ^\circ\text{C};$$

带入得, $u_c(R_{20}) = 0.009644 \Omega / \text{km}$

8、扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 则电线电缆导体直流电阻的测量结果的扩展不确定度 U 为:

$$U = k \bullet u_c(R_{20}) = 2 \times 0.009644 = 0.019288 \Omega / \text{km} \approx 0.0193 \Omega / \text{km}$$

9、不确定度汇总

不确定度汇总下表:

序号	不确定度来源	评定方法	分布	包含因子 (k_i)	符号	数值
1	测量结果重复性	A	正态	1	u_A	$4.458 \times 10^{-3} \Omega / \text{km}$
2	使用双臂电桥 测量电阻引入	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_{B1}	$8.507 \times 10^{-6} \Omega$
3	电桥夹具长度引入	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_{B2}	$1.1547 \times 10^{-4} \text{km}$
5	温度测量引入	B	均匀	$\sqrt{3}$	u_{B3}	0.00004
6	合成标准不确定度	$u_c = 0.0096 \Omega / \text{km}$				
7	扩展不确定度	$U = 0.020 \Omega / \text{km} \quad k=2$				

10、报告检测结果

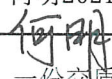
扩展不确定度为 $U = 0.020 \Omega / \text{km}$, $k=2$ 。

20℃时的导体直流电阻测量结果为 $R_{20} = (7.375 \pm 0.020) \Omega / \text{km}$; $k=2$ 。

编制: 毛子 审核: 何明 批准: 何明

测量过程有效性确认表

表格编号：MRD-20

测量过程名称	20℃导体直流电阻	测量过程编号	JLYL-02			
使用部门/地点	质检部	控制程度	☒ 高度 ☐ 一般			
控制点	产品导体直流电阻	工艺要求/产品标准	GB/T 3956-2008			
测量设备	名称/编号	玻璃液体温度计/JF-X05	PC57直流电阻测试仪/53589	电桥专用夹具/301383		
	计量确认状态	合格	合格	合格		
测量过程有效性确认						
确认内容	测量过程的计量要求		测量过程实际控制情况			
测量程序	直流电阻测试仪操作规程		文件已经纳入体系受控			
环境条件	常温常湿		常温常湿			
操作技能要求	试验员		试验员王乐经过外部培训上岗。			
测量不确定度	$U_{允} \leq 0.3 \Omega / km (k=2)$		测量不确定度评定结果 $U=0.0193 \Omega / km (k=2)$			
过程有效性确认结论	根据不确定度评定结论， $U < U_{允}$ ，过程要素受控，过程有效					
测量过程监视						
监视方法	用同准确度等级不同直流电阻测试仪对同一个样品测试，结果进行比对。					
监视过程简述	每月进行比对测试，根据比对测试数据，过程受控					
结论	☒ 合格 ☐ 有缺陷 ☐ 不合格					
确认/日期：王乐2021.11.20 		批准/日期：何明2021.11.20 				

说明：本记录由测量过程所在部门检测人员填写，一式两份，一份存档，一份交质检部。保存期限为2年。

测量过程比对测试记录

表格编号: MRD-23

测量过程名称:	导体直流电阻测量				测量对象		电缆导体			
测量参数:	导体直流电阻				单次测量允许误差:		-0.15%			
比对试验最大允许误差	±0.5%				核查周期:		每月一次			
核查办法	用两台直流电阻测试仪对同一个样品测试，结果进行比对。									
测量仪器	直流电阻测试仪 (编号010436)				直流电阻测试仪 (编号53589)				均值误差%	是否合格
核查人/核查日期	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值		
2021.1.12	7.976	7.974	7.975	7.975	7.975	7.976	7.973	7.975	0.004	合格
2021.2.26	7.714	7.716	7.715	7.715	7.715	7.714	7.713	7.714	0.013	合格
2021.3.16	2.957	2.958	2.956	2.957	2.957	2.957	2.956	2.957	0.011	合格
2021.4.7	7.736	7.738	7.736	7.737	7.736	7.735	7.737	7.736	0.009	合格
2021.5.16	2.956	2.957	2.956	2.956	2.955	2.957	2.956	2.956	0.011	合格
2021.6.9	7.736	7.738	7.736	7.737	7.735	7.735	7.737	7.736	0.013	合格
2021.7.6	2.957	2.958	2.955	2.957	2.956	2.957	2.956	2.956	0.011	合格
2021.8.12	7.735	7.738	7.736	7.736	7.735	7.735	7.737	7.736	0.009	合格
2021.9.16	2.956	2.957	2.956	2.956	2.956	2.957	2.956	2.956	0.000	合格
2021.10.9	7.714	7.717	7.715	7.715	7.716	7.714	7.713	7.714	0.013	合格
2021.11.6	2.967	2.968	2.968	2.968	2.967	2.968	2.967	2.967	0.011	合格

制表/日期: 王乐 2021.11.6

审核/日期: 何明 2021.11.6

何明

说明: 本记录由关键测量过程所在部门检测人员填写, 一式两份, 一份存档, 一份交质检部。保存期限为3年。