

电线电缆导体直流电阻检测过程中的问题与处理对策

王时佳

浙江立洲线缆股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i7.8208

[摘要] 电缆线材在提升国民生活品质和推动国家经济发展中扮演着不可或缺的角色，确保电缆线材的品质至关重要。电缆导体直流电阻的大小是评价其传导性能的关键指标，同时它也是制造厂商和质检机构在产品质量审核时的重点检测内容，因此，对电缆导体直流电阻的精确测量显得尤为重要。电缆导体直流电阻的测量结果可能会受到检测仪器种类、样品的前处理、周遭的温度与湿度条件、以及夹具测试方式等多种因素的影响，这些因素都可能在检测过程中引入误差。鉴于此，本文深入探讨了在电缆导体直流电阻检测过程中遇到的问题及其解决策略。

[关键词] 电线电缆导体；直流电阻；检测问题

[中图分类号] TM246

Problems and countermeasures in the process of DC resistance detection of wire and cable conductors

Wang Shijia

Zhejiang Lizhou Cable Co., Ltd.

[Abstract] Cables and wires play an indispensable role in improving the quality of life of the people and promoting the economic development of the country, and it is very important to ensure the quality of cables and wires. The size of the DC resistance of the cable conductor is the key index to evaluate its conduction performance, and it is also the key test content of the manufacturer and the quality inspection agency in the product quality audit, so the accurate measurement of the DC resistance of the cable conductor is particularly important. The measurement results of the DC resistance of a cable conductor can be affected by a variety of factors, such as the type of testing instrument, the pre-treatment of the sample, the surrounding temperature and humidity conditions, and the way the fixture is tested, which can introduce errors during the inspection process. In view of this, this paper deeply discusses the problems encountered in the process of DC resistance detection of cable conductors and their solution strategies.

[Key words] wire and cable conductor; DC resistance; Detect the problem

引言：

身处一个变革与创新的纪元，工业技术革新正不断涌现。然而，支撑工业进步的根本——电力行业，其对多元化、深层次、形态各异的技术革新需求更为迫切。在电能的生成、传输及使用过程中，电气设备对于人们的重要性已达到不可或缺的地位。因此，确保用电安全、输电稳定性以及发电量充足，成为推动国家进步的关键环节。基于此，导体直流电阻的检测问题及其解决策略，包括检测环境、温度、湿度的影响，以及夹具和操作人员状态等因素，成为当前研究的焦点，也是本文探讨的核心内容。

1 电线电缆导体直流电阻的相关概述

1.1 导体直流电阻含义

在直流电场中，物质所表现出的阻力称为直流电阻。在具

体的测量操作中，通过分析导体的构造特点、成型工艺等周边因素，可以推算出其直流电阻的数值。然而，常规的测量手段往往难以精确获取这一数值，这可能会对最终的测量结果产生影响。诸如测量夹具、样品本身以及测量设备等因素都可能成为影响准确性的变量。

1.2 导体直流电阻检测原理

常规的电阻测量多采用伏安法，此法操作便捷，但存在较大测量偏差。鉴于此，随着我国电力行业的迅猛发展，电桥法因其准确度高而成为当前主流的检测手段。市面上电桥种类繁多，检测人员可根据样品的具体情况选择合适的电桥型号。具体到选择，对于 2×10^{-5} 至 99.9Ω 范围内的样品，推荐使用双臂电桥进行测量，这是因为电线电缆的直流电阻通常小于 1Ω ，双臂电桥在此范围内测量更为合适。对于 1Ω 至 100Ω 或

更高的样品，则应使用单臂电桥。根据 GB/T3956-2008 标准，电线电缆每千米直流电阻的上限为 $39.0\ \Omega$ ，因此在室内检测时不宜使用单臂电桥，而在室外对成品进行检测时则可以考虑使用单臂电桥^[1]。

1.3 导体直流电阻检测方法

检测人员首先要依据导体的横截面积来评估其直流电阻，以此判断导体材质的品质。他们需依照检测规范，评估导体在标准温度下的工作性能，通过收集直流电阻的精确数值来进行判断。这一过程中，检测人员必须对收集到的数据进行预处理，保证其精确性，若数据存疑，则需重新进行检测。接下来，将处理后的数据与标准数据对照，如果数据接近，则表明电线电缆的质量符合使用标准。相反，如果数据超出标准范围较多，则意味着电线电缆存在问题，此时检测人员需深入检测，找出问题的根本原因，并迅速解决。在检测过程中，检测人员会选择合适的电桥进行测试，以确保精度达到 0.2 级或更高。在开始检测之前，必须将试样放置一段时间，使其温度与室温一致，并尽量保持环境温度的稳定^[2]。

2 检测导体直流电阻中的影响因素

在分析电线电缆导体直流电阻测试数据时，必须综合考虑检测条件及数据本身，特别是对那些可能影响结果的干扰因素进行系统的剖析和整理，以保证计算数据的精确度。

2.1 样品制作过程控制

检测电缆导体的直流电阻时，样品的品质将直接影响测试结果的准确性。样品品质的核心要素包括其氧化程度和预处理方法。观察样品的氧化程度，特别是铝材质的电缆样品，长期暴露或堆积易导致导体与空气接触而发生氧化，进而引起电缆样品品质的下降，电阻率显著上升，有时甚至超过标准值，从而对电阻的测试精度造成干扰。再从样品的处理方法来说，检测者在取样过程中，常借助工具手工剥离，因力度不均等问题可能造成导体局部损伤、股线松动或弯曲等状况，这些都可能对电阻的测试结果造成^[3]。

2.2 电桥夹具及设备影响

现阶段，市场上普遍采用的是双臂电桥测量设备，其在测量较低电阻值时，能有效降低连线电阻和接触电阻对测量结果的影响，从而提高测量的准确性。直流双臂电桥通常配备 V 型夹具，这种夹具的接触点设计较为简洁，对于单股线或实心导体的直流带电检测显示出特定优势。然而，V 型夹具的致命弱点在于其边缘易发生磨损，这会在带电测量过程中导致夹具与导体的接触不良，特别是在接触面积较小的点，可能会引发电离火花，从而对测量结果造成严重的误判。此外，V 型夹具在检测非标准形状电缆时，难以实现线性接触。在使用双臂电桥进行测量时，需将导体固定在长度为 100cm 的标准夹具上，此时得到的电阻值应与 100cm 长度的导体电阻值相等。因此，在实际测量中，由于测量长度超过 100cm，最终的测量值往往高于标准值^[4]。

2.3 温度对检测结果的干扰

在对导体直流电阻进行型式试验时，检测环境的温度和湿度是严格规定的重要参数。按照国家标准 GB/T3048.4-2007 的规定，导体直流电阻的测量必须遵守特定的温湿度标准。如表 1 所示。

表 1 导体直流电阻检测环境要求

温度	湿度	温差
15~25℃	<85%	≤1℃

在进行直流电阻的测定时，环境温度应严格控制在 15 至 25 摄氏度的范围内，并且相对湿度需控制在 85% 以下。在测量期间，温度波动不得超过正负 1 摄氏度。为了满足这些严苛条件，通常需借助恒温系统和除湿装置进行环境调节，以减少测量误差。恒温环节在电阻测量中至关重要，即便采用了空调和除湿设备，也可能因为测试室内人数、活动、气流或其他设备的干扰，导致测量环境不稳定^[5]。在实际的检测工作中，环境因素对导体直流电阻的测量结果有着不同的影响。以一根长度为 1000 毫米、截面积为 70 平方毫米的铜导体进行说明，在不同温度环境下每小时的电阻值变化如表 2 所示。

表 2 温度对导体直流电阻测试值对比

停放时间 (h)	导体直流电阻 / (Ω / km)		
	20℃标准值	21.8℃时实测值	20℃实测值
1	≤0.0601	0.0609	0.0604
2	≤0.0601	0.0601	0.0598
3	≤0.0601	0.0601	0.0598

表 2 足以说明检测环境对导体直流电阻结果影响较大，因此，以下是实施研究所需采取的具体策略：首先，在启动人工制冷（如开启空调）的同时，确保检测区域处于封闭状态；其次，检测人员在操作过程中，需预先评估可能影响数据准确性的各种因素，并对潜在问题进行预防；第三，防止由于多次测试同一导体而引起的温升误差^[6]。

2.4 不同导体间的检测差异

在检测线缆过程中，铝合金导体一旦暴露于空气中，很快便会在表面形成一层薄且密实的氧化层，这层氧化层的电阻较大，使得连接夹具与测试样品之间的接触电阻增大。若铝导体的氧化层处理未能达到标准要求，其电阻值的波动就会比较明显。而检测铜导体直流电阻时，尽管氧气也会导致导体表面氧化，形成的氧化膜电阻值较低，且氧化速度较慢，这有利于电流在导体截面上均匀分布，从而使测量结果更加准确。

2.5 检测人员及流程中的潜在问题

在导体直流电阻的测定工作中，操作步骤需完全依靠检测人员的手动执行，由于操作者的技能水平参差不齐，导致测量结果出现偏差。操作者对设备和测量工具的熟练程度，以及对检测程序和关键环节的掌握，均会对直流电阻的测量结果产生显著影响。为此，检测人员需接受专业培训，掌握检测规范和标准，并且要全面认识温度、湿度、风速以及夹具等外界因素对测量结果的作用。经过严格评审后，方可行使检测职责^[7]。

3 电线电缆导体直流电阻检测过程中问题的处理对策

3.1 规范取样行为

选取样本是电阻测量准确性的关键环节，但常常不被给予足够的重视。为确保测量结果的精确度，操作人员必须恪守标准化流程进行样本挑选。首要任务是检验样本的状况。在挑选样本之前，检测者需对电缆进行彻底的清洁，最大限度地降低样本的氧化程度，从而确保测量结果的精确度。接着，必须标准化样本挑选的步骤。针对因操作失误而引起的样本不确定性，需通过标准化操作流程及方法，确保样本挑选的严谨性和规范性，防止由于人为失误造成测量结果的大幅波动。比如，可以采用微型切割工具手工去除绝缘层，以取代纯粹手工剥离的传统方法。

3.2 改进检测环境及检测手段

在对空调进行温控操作的过程中，切记不要让空调的出风直接吹向待检测样本，以防检流计因波动而无法维持平衡状态。必须保持测试室的门常闭，并减少人员的进出。此外，对温度参数可能带来的干扰要预先进行评估和分析，以便发现温度对测量结果的具体影响^[8]。例如，在温度影响较大的环境下，可以将环境风速控制在每秒零点五米以下，这样的措施有助于降低环境变化对测量结果的干扰。同时，检测电流时可能会产生热量，因此需在保证测量准确性的前提下，采用较小的电流进行测量，并避免在短时间内频繁测量，以免因导体的反复使用而导致温度升高。

3.3 铝导体检测时氧化层应对处理

在检测铝质导线的过程中，必须清除导体外表的氧化膜，并在其横截面端口安装铝质接头，确保接头与导体压接后连接紧密，以便电流能够顺畅地流经整个测试导体。如若发现压接部分前端有严重氧化现象，需利用 5% 的稀盐酸与洗涤剂混合液进行清洁，之后再用清水冲洗截面。同时，采用柔软的铜线在电桥的测量端细心地缠绕样品，以防检测期间导体出现松动，导致测量结果失真^[9]。

3.4 研发与使用新型夹具

在对新型夹具的研究与应用方面，可以从以下几个要点展开：首先，确保夹具与导体顶端的接触尽可能严密，以减小误差并实现电流的无障碍传输；其次，采用焊接技术来降低接触电阻，确保导体与夹具之间的可靠连接；再次，利用柔软的细铜丝等材质对接触点进行稳固，避免测量过程中的位移，并将铜丝放置于双臂电桥中以测量电阻，尽管此过程可能受到导体表面氧化物的影响。针对大截面铝导体的特点，结合长期检测经验，开发了一种新型夹具和测试手段，建议样本长度为：50-185 平方毫米的截面选取 3 米，240 平方毫米及以上的截面则选取 5 米。夹具的端部处理采用铝鼻子压接方式，破坏铝表面的氧化层，确保铝导体与铝鼻子接头紧密结合，电流端能够均匀分布；测量电位端则使用 0.7-1 毫米的软铜丝在绞线外部紧密缠绕两圈后打结固定，防止松动。实际应用表明，该方案

具有优良的稳定性和重复性，易于学习和操作，且完全符合试验标准的要求^[10]。

3.5 减少产生电阻的改进检测措施

线缆外部与固定装置的紧密贴合程度直接影响着电流的传输效率。因此，必须针对不同线缆的质地、形态以及尺寸等特性，合理调整固定装置的固定力度，确保接触面的大小适宜，避免因接触不充分导致的电阻增加。另外，若固定装置表面出现氧化状况，则需根据线缆的具体属性，对装置进行必要的清洁和维护。同时，定期进行技术知识的学习，强化安全意识，提升思想觉悟，以保证检测工作的主动性和积极性。针对关键技术环节和风险区域，实施轮岗制度，并根据工作及安全需求，员工之间应相互监督，进行多次检测，科学分析正在审查的检测数据，排除异常值，采用阶段平均数值作为研究基础更为合理。

结束语：

总体而言，对电线电缆导体直流电阻的测量结果直接关系到电力系统的安全运作。由于众多因素可能对电线电缆导体直流电阻的测量结果产生影响，因此在实际操作过程中，必须通过标准化样本采集、适宜地调整测试环境、以及采用先进的夹具技术等手段，来对这些影响因素进行有效管理，从而保障测量结果的精确度与全面性。

[参考文献]

- [1]游龙.基于电线电缆导体直流电阻检测问题及改进方法研究[J].电气技术与经济, 2023, (01): 83-85.
- [2]曹卫卫.电线电缆导体直流电阻检测过程中的问题与处理对策[J].机械工程与自动化, 2022, (01): 150-151.
- [3]石华.基于电线电缆导体直流电阻检测问题研究[J].科技风, 2020, (22): 101.
- [4]田战玲.电线电缆导体直流电阻试验要点及影响因素[J].价值工程, 2020, 39(10): 270-271.
- [5]蒋雪花.电线电缆导体直流电阻检测问题及改进方法研究[J].科技视界, 2019, (35): 136-137.
- [6]初庆林, 龙芹, 李勇.电线电缆导体直流电阻测量不确定度来源分析[J].电工技术, 2019, (20): 60-62.
- [7]欧阳湘璋.电线电缆导体直流电阻测量不确定度的评定及分析[J].机电工程技术, 2019, 48(S1): 50-51.
- [8]孙伟, 吴黎明.电线电缆直流电阻检测技术的改进[J].电工技术, 2019, (13): 108-109.
- [9]毛安平.基于电线电缆导体直流电阻检测问题及改进方法研究[J].价值工程, 2019, 38(13): 157-159.
- [10]余志明.电线电缆导体直流电阻试验能力验证分析[J].中国标准化, 2019, (08): 169-170.

作者简介：王时佳（1986-），男，汉族，浙江嘉兴人，本科，高级经济师，研究方向：机电工程技术。