

一分区轨旁隔离开关柜触头温度监测系统研究

李娜¹ 李文¹ 张毅^{2,3}

1. 上海磁浮交通发展有限公司 上海 200125;
2. 上海市安装工程集团有限公司 上海 200080;
3. 上海机电工程智能化控制及系统调试工程技术研究中心 上海 200062

摘要: 为及时准确地检测隔离开关触头和电缆头温度,有效防范因触头和电缆接头过热而引发短路故障,甚至出现电气火灾的危险,开发了一种隔离开关柜触头和电缆头的温度检测系统,具体介绍了设计过程中应选用的设计方案,需解决的重点问题,分析了系统结构及具体检测过程,并通过试验验证了该隔离开关柜触头和电缆头温度检测系统传感器的可靠度、信号传输的可靠度以及数据存储的可靠度,经实际验证,该温度检测系统运行安全、稳定,能很好地满足隔离开关柜触头和电缆头温度日常检测需求,具有一定的推广应用价值。

关键词: 隔离开关柜; 隔离开关触头; 电缆头; 温度检测; 应用

Research on Contact Temperature Monitoring System for Trackside Isolation Switch Cabinet in One Zone

Na Li, Wen Li, Yi Zhang

1. Shanghai Maglev Transport Development Co., LTD., Shanghai 200125, China;
2. Shanghai Installation Engineering Group Co., LTD. Shanghai 200080, China;
3. Shanghai Engineering Research Center for Intelligent Control and System Debugging, Shanghai 200062, China

Abstract: In order to timely and accurately detect the temperature of isolation switch contacts and cable terminal, effectively prevent short circuit faults caused by overheating of contacts and cable terminal, and even the risk of electrical fires, a temperature detection system for isolation switch cabinet contacts and cable terminal has been developed. The design scheme that should be selected during the design process, key issues to be solved, and the system structure and specific detection process have been analyzed, And through experiments, the reliability of the sensors, signal transmission, and data storage of the temperature detection system for the contact and cable heads of the isolation switch cabinet were verified. Through practical verification, the temperature detection system operates safely and stably, and can well meet the daily temperature detection needs of the contact and cable heads of the isolation switch cabinet. It has certain promotion and application value.

Keywords: isolation switch cabinet; isolation switch contact; cable terminal; temperature detection; application

引言

上海磁浮示范运营线(以下简称“上海线”)牵引系统一分区定子电缆是一个极其关键的部位,不仅对列车的安全运行有着直接的关系,而且对各个设备的正常运行有着一定的影响。所以,进行安全可靠优化配置,已经迫在眉睫,即分别在SS4+J001、SS5+J001相连的电缆上各加装了2个隔离开关柜,使A、B轨两侧四个定子段能分别断开。当发生两侧电缆同时存在接地故障时,可将其中一组隔离断开接地点,从而保证至少一条轨道的一侧的定供电,

该种运行方式,两条轨道上虽然为单侧牵引,但整个“一分区”可用,整个系统仍可以载客运行。^[1]

电缆故障主要来自电缆接头的铜铝之间的电位差,长期通电后,产生电化学反应,使接触点的电阻增加,相互之间的温升也随之增加,最终会使电缆接头之间产生电弧,引起火灾。因此,针对电缆连接点和隔离开关触头的温升,本文研究了一套检测和监测的方法^[2]。

原理

隔离开关柜的导体接头温度在线监测系统可以很好地解

决了在常规的温度监测手段中工作量大、测量不准确、测量不及时等问题。温度在线监测系统由服务器后台和无线测温设备组成。可通过后台软件了解无线测温设备上报的温度数据，分析高压设备的运行状况。

(1) 隔离开关触头和电缆接头的温湿度传感器可通过无线传输方式将温湿度数据传到无线接收端，可实时监控隔离开关和电缆的工作状态。

(2) 彩色液晶显示接收到的数据，可直接查看温湿度数据。当接入两路有线温湿度传感器时，界面上固定显示两路温湿度数据。必要时可根据设定值激活报警。

隔离开关柜为户外结构，暴晒在太阳光下，隔离开关柜里、外处于一个密闭状态，所以，也要考虑这个环境因素。

(1) 接收无线温度传感器上传的温度和传感器工作电压，接收无线温湿度上的温度值与湿度值，最多可接入两路有线温湿度传感器数据；

(2) 所有参数灵活可设，操作方便，掉电数据不丢失，具有实时性；

(3) 当接入无线温湿度时按主机上左右键切换进行查看温湿度数据。当接入两路有线温湿度传感器时，界面上固定显示两路温湿度数据。

方案

温度的检测、数据信号收集及数据信号的无线传输。

(1) 温度的检测

当温度传感器不能直接取电时，需要额外的电力供应，属于有源无线温度传感器。外形见图1。



图1 有源无线温度传感器

温度测量范围：-40℃~+150℃

测量精度：±1℃

温度采样频率：默认5分钟

无线频率：433MHz

无线传输距离：≤200米（空旷距离）

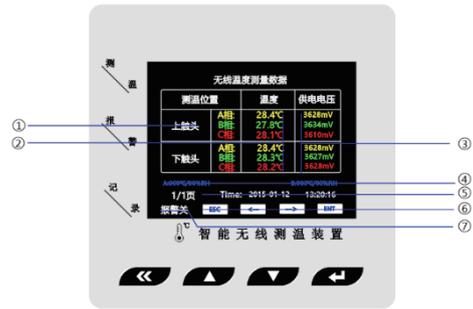
工作电源：锂电池供电

(2) 数据信号收集

按ENT设置键进入主菜单界面①；左右键移动到参数设置选项②；输入用户密码“2000”进入设置菜单界面③；左右移动到需修改参数④；按ENT设置键进入参数设置界面⑤；左右移动到相对应参数按ENT设置键对参数进行修改⑥；修改完成后按ESC退出提示保存成功后才算修改成功⑦；见图2。

当接入无线温湿度时按主机上左右键切换进行查看温湿度数据。

当接入两路有线温湿度传感器时，界面上固定显示两路温湿度数据。

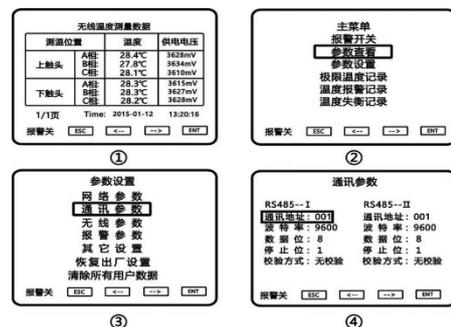


功能参数	技术参数	
无线参数	无线频率	2.4GHz/433MHz
	无线数量	温度传感器≤24只、温湿度传感器≤24只
环境参数	工作方式	无线温湿度传感器最多可带24路（选配） 有线温湿度传感器可带2路（选配）
	通讯参数	本地通讯
远程通讯		LoRa无线传输，无线远程通讯不超过1KM（选配） 2G或者4G上网模块：网络数据传输配合云平台使用（选配）
整机功耗	≤5VA	
工作温度	-10~70℃	
工作湿度	≤90%RH,不结露，无腐蚀性	
继电器接点参数	AC220V/5A无源接点	
防护等级	IP20	
绝缘电阻	≥100MΩ(温度在10~30℃,相对湿度小于80%)	
安装方式	嵌入式安装、导轨式安装	
工作电压	AC85-265V/DC110-370V	

图2 3.7寸彩色液晶显示器

(3) 数据信号的无线传输

隔离开关柜内无线测温传感器采LORA/433MHz 无线链路进行数据传输，温度数据传送到彩屏显示主机，通过主机内置的LORA模块将数据无线传输至500米内的LORA无线透传模块，控制室内的LORA无线透传模块通过光纤接入网络转换器，网络转换器再通过光纤上传至用户的监控电脑。



1 设计

1.1 系统的组成

隔离开关触头和电缆接头的温度检测系统图，见图3。

当电脑接收到传输上来的数据之后，会及时地显示出数据，并以曲线的形式显示出来，可以方便直观判断。

1.2 数据的处理

采用先进存储技术，断电后设定参数不丢失。

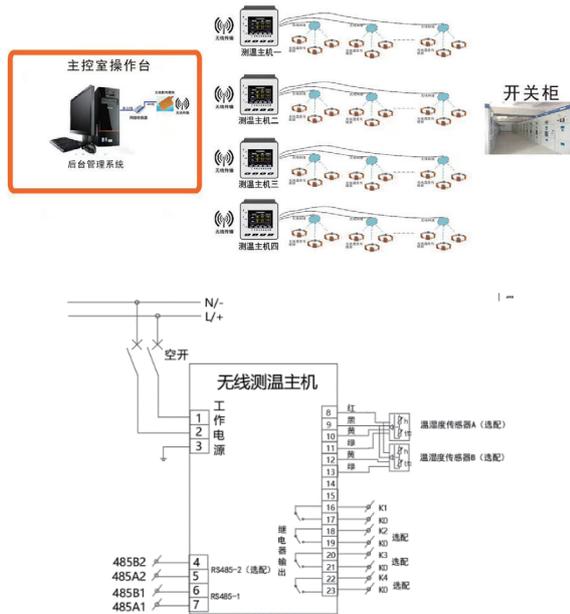


图3 系统的组成

1.2.1 报警输出

一旦达到报警水平，蜂鸣器自动发出声音。

1.2.2 温度报警

报警的温度、开始时间和结束时间，都将被保持起来，且有自动覆盖功能。

1.2.3 极限温度

每个点的最高温和最低温，同时被记录，且有自动覆盖功能。

1.2.4 温度失衡

当同一位置的三相温度不平衡时，均被记录下来。

2 实验验证

传感器、信号传输及信息储存功能的可靠性进行验证。

2.1 传感器

根据上海的环境温度，将 $-10\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间设定为工作温度范围，其温度间隔为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，对传感器及温度计加以检测，如表1所示。

表1 测试数据

项目	温度计 温度/ $^{\circ}\text{C}$	传感器 温度/ $^{\circ}\text{C}$	误差 / $^{\circ}\text{C}$	项目	温度计 温度/ $^{\circ}\text{C}$	传感器 温度/ $^{\circ}\text{C}$	误差 / $^{\circ}\text{C}$
1	-10	-10.3	0.3	6	40	42	0.2
2	0	0.2	0.2	7	50	50.3	0.3
3	10	10.2	0.2	8	60	60.3	0.3
4	20	20.2	0.2				
5	30	30.3	0.3				

从表中看出，传感器和温度计所检测的温度差异在可以接受的范围内。

2.2 信号传输

我们在磁悬浮轨道下面的进行试验，中间有水泥立柱，还有房子，且试验信号背靠水泥立柱，试验距离大概有1500米左右，测得信号能够满足现场传输要求。

2.3 数据存储

将电脑收到的数据，制成曲线，其时间间隔为15 min，并对温度曲线进行预测。见图4。

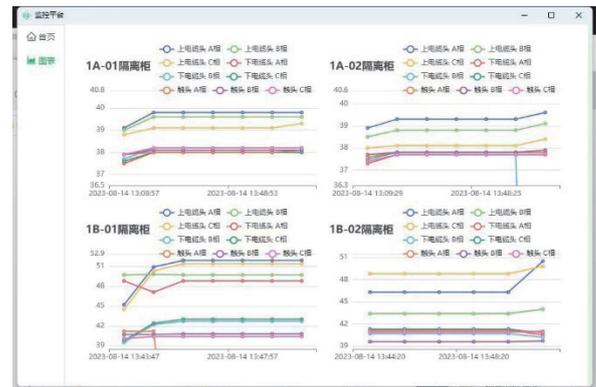


图4 数据曲线

5 实例

根据上面的研究成果，上海磁浮公司制作了4套温控系统，用来测量定子电缆的隔离开关触头和电缆接头处的温度情况，以此来判断设备运行情况。

5.1 隔离开关柜

电缆从隔离柜的下方进出。见图5。



图5 隔离柜正面图（未安装传感器）

(1) 隔离开关柜的材料

隔离柜外壳材料采用304不锈钢板，厚度为1.5mm，内衬2.0mm不锈钢的骨架支撑。

(2) 隔离柜的加工和焊接

不锈钢材料经过切割，冲孔，折弯，形成需要的各种型材，然后通过焊接，组成基本的框架结构，再将骨架焊接至指定位置，达到加强刚度的目的。所有的焊接处采用打

磨、抛光处理。所有焊接螺母和小的结构件均采用不锈钢材料制成。

加工完成的壳体，需要进行外形尺寸的测量和检查，并对不符合尺寸部分进行矫正处理。对于内、外两扇门，和顶盖，需要进行预装配，确认装配结果满足要求。

(3) 隔离开关柜的抗凝露处理

确认好的隔离开关柜，进行表面喷砂和去毛刺处理，再进行清洗，然后进行烘干处理。

隔离开关柜的内、外喷一层抗凝露的底漆，然后再喷一层面漆，可以有效地减低凝露的产生，起到一个憎水的效果。

(4) 隔离柜的防护等级为IP52W，并考虑户外防水的特殊要求。

(5) 大电流铜铝接头方式研制

电缆的进线和出线端，采用铜-铝接头。铜的一端和开关连接，铝的一端和电缆连接。

大电流铜铝接头拟采用爆炸焊加工工艺：

分别截取300mm纯铜排和300高导电率的铝排，截面尺寸均为12mm*100mm。

然后分别夹持到爆炸焊机的两端，使铜排和铝排的端面可以接触到，再打开爆炸焊机器，通2000A以上的低压电流，此刻铜铝之间会产生电弧，爆炸焊机器会将铜排和铝牌迅速分开20mm左右，强烈的电弧会将铜排和铝排端部融化，大约持续5秒左右，爆炸焊机器再快速将铜排和铝牌接触到一起（可以看到发红的物质飞溅而出），并施加200kg以上的压力，使铜排和铝排牢牢地结合在一起，这个过程需要持续1分钟左右。取下粘接在一起的铜-铝排，除了发烫以外，长度也明显缩短，铝排的缩短长度要比铜排多一些。

焊接完成的铜-铝排，在接头处进行打磨处理，再按照图纸要求进行冲孔，折弯，压花等加工，然后清洗干净后镀锡处理。

这样，大电流铜铝接头就加工完成了。

开关本体，最主要的部件是导电件、绝缘子、绝缘拉杆和主轴。

隔离开关的导电件采用冷轧T2纯铜板折弯而成，并进行表面平整度加工处理，然后在接触区域镀20 μ m银层，其他区域有10 μ m厚的镀银层，保证20年内导电件不会受到环境影响。组装时，两个导电件背对背组装，所有的螺栓，触头弹簧均采用304不锈钢材质，确保不会生锈和卡阻现象。两端的引出端为冷锻纯铜件，保证导电件旋转的机械强度和耐磨性，并镀20 μ m厚银。导电件之间的接触区域内涂一种MoS₂的材料，既可以增加导电性，又可以相互之间的润滑性。

隔离开关的支撑绝缘子为陶瓷绝缘子，没有局部放大的隐患，保证对地绝缘之间的可靠性。该绝缘子采用大爬距，大直径，可以很好地满足了凝露和机械强度的要求。

隔离开关的分合操作为手动。提供两种操作方式：左操作和右操作。打开密封的操作孔盖，插入操作手柄，根据操作指示方向，可以方便地旋转操作手柄，并将隔离开关

的导电件旋转到分闸位置，反之则旋转到合闸位置。隔离开关的主轴的材料为65Mn钢，该材料具有很好的切削性和焊接性。焊接完成以后，主轴需要进行热处理，去除内应力，最终镀锌处理。经镀锌处理以后，可以耐受500小时的5%盐水喷射试验，相当于20年不生锈。

隔离开关的导电件和主轴之间的绝缘件为浇注式绝缘拉杆。该拉杆芯棒为日本进口的，采用环氧树脂和玻璃纤维为主要原材料，通过引拔制成的。该芯棒具有机械强度高，耐电弧性能好等优点。外面再浇注环氧树脂，可以增加表面的爬电距离。

通过优化设计和制造，隔离开关可以满足本系统的改造。

5.2 当安装传感器以后，如图6所示。

隔离开关柜触头装3个传感器，电缆头安装3个传感器。

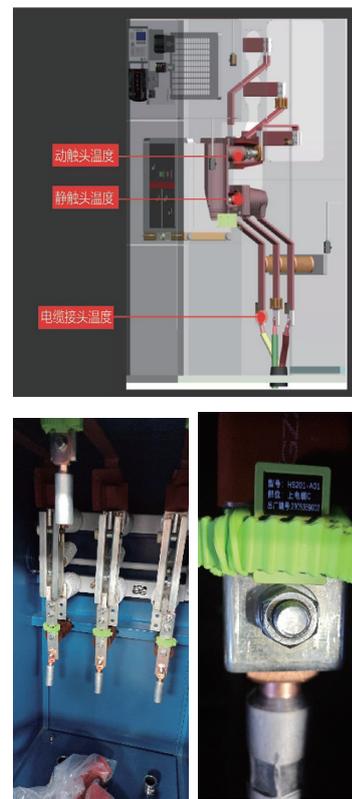


图6 有源传感器的安装

有源传感器均安装在接头的连接处，容易检测到温度的变化。

5.3 二次系统



图7 3.7寸彩色显示屏

图6中，从左至右依次是空气断路器、3.7寸彩色液晶显示器、LORA无线透传模块、接线端子。

5.4 数据信号的传输, 见图8



图8 数据信号传输

5.5 数据存储、检测和分析, 见图9



图9 监控室里的数据

6 结语

无线测温设备安装在隔离开关的触头和电缆连接部位, 监测着温升的变化, 进行动态追踪监测, 可以防止、杜绝发热事故的发生, 而且亦为磁悬浮系统安全可靠分析和科学调度提供重要的决策依据。

参考文献:

- [1] 刘金鑫. 高速磁浮交通多分区牵引控制关键技术研究[D]. 中国科学院大学, 2015.
- [2] DL/T 404-2018, 3. 6kV ~ 40. 5kV交流金属封闭开关设备和控制设备[S].