

南京地铁地面信号设备故障分析*

戴荣武

(南京地铁运营有限责任公司通号分公司,210012,南京//工程师)

摘要 介绍了南京地铁 1 号线及南延线地面信号设备故障,对该故障存在的风险、隐患及原因进行了分析。在此基础上研发了信号机双熔丝转换装置,并将该装置成功应用于南京地铁 1 号线。

关键词 地铁;信号系统;地面信号设备故障;信号机双熔丝转换装置

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.12.031

Analysis of Ground Signal Equipment Failure in Nanjing Metro

DAI Rongwu

Abstract The ground signal equipment failure on Nanjing metro Line 1 and the south extension line are introduced, the existing risks, hidden dangers and causes of the equipment failure are analyzed. On this basis, the double fuse conversion device of signal controller is developed and applied on Nanjing metro Line 1 successfully.

Key words metro; signal system; ground signal equipment failure; double fuse conversion device of signal controller

Author's address Signal & Communication Branch, Nanjing Metro Operation Co., Ltd., 210012, Nanjing, China

1 南京地铁 1 号线及南延线地面信号设备故障介绍

南京地铁 1 号线及南延线使用的是西门子提供的 ATC(列车自动控制)信号系统。该系统主要由控制中心及车站 ATS(列车自动监控)设备、轨旁及车载 LZB700 ATP(列车自动保护)设备、SICAS(西门子计算机辅助信号)和 FTG S 轨道电路设备组成。

当 SICAS 准备好进路后,ATP 产生的报文通过轨道电路传送至车载 ATP 设备上,行驶列车根据接收的 ATP 自动驾驶。设置在地面上的色灯信号机

为列车司机辅助信号设备,便于司机确认前方进路信息。

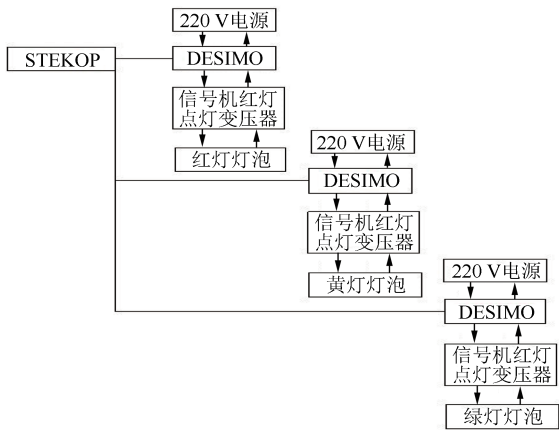
当在线运营列车遇到轨旁或车载 LZB700 ATP 设备发生故障时,运行列车应立刻切除车载 ATP 功能。此时根据《行车组织规则》规定,列车司机根据地面信号机的灯位显示意义,来判断此时列车运行前方进路安全与否,同时以地面信号的显示意义为准,列车司机根据地面信号机显示手动驾驶列车。

1.1 色灯信号机的工作原理

信号机设备主要是由室内控制板件(西门子信号控制系统)和室外显示设备(国产信号机)组成。操作人员在 LOW(现场操作员工作站)上操作排列进路命令或打开相应的信号机自排(或追踪)功能,并经联锁计算机判断该信号机是否可以开放信号,将开放信号命令通过光纤发送至现场接口柜内相应信号机对应的 S 板;S 板通过模拟信号将开放信号命令传给信号机驱动模块(D 模块),再将灯位转换命令通过分线架传至信号机内的点灯单元以驱动灯位转换,并点亮信号机灯泡。每架信号机分别有红、黄、绿 3 个颜色的灯位。信号机显示的意义如下:红灯表示禁止;绿灯表示进路空闲且进路中道岔开通直股;黄灯表示进路空闲且进路中道岔开通侧向位置;黄灯+红灯表示引导信号。信号机每个灯位独立使用 D 模块,如图 1 所示。

由图 1 可知,每架信号机各个灯位的点灯电源 220 V 直接从电源屏引入到 D 模块一次侧,当列车进路信号不开放时,红灯 D 模块工作,信号机点亮红灯;当进路排列完成后,S 板控制红灯 D 模块切断红灯电源,红灯灭灯;当绿灯 D 模块工作时,输出 220 V 电源,保证绿灯点亮。

* 南京工程学院科研创新基金面上项目(CKJB201311)



注：STEKOP 表示现场接口计算机操作；
DESIMO 表示信号机点灯模块

图1 色灯信号机各灯位点灯原理框图

1.2 色灯信号机典型故障分类

在信号机室内控制板件正常的情况下,可能出现的信号机故障一般包括信号机单个灯位灭灯故障和信号机单个灯位信号灯常亮故障两大类。

1.2.1 信号机单个灯位灭灯故障

信号机单个灯位灭灯故障主要是由于信号机灯位的点灯保险丝断丝造成的。

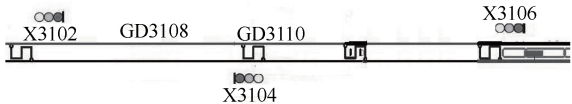
1.2.2 信号机单个灯位信号灯常亮故障

信号机单个灯位信号灯常亮故障主要是由于该灯位的D模块故障造成的。由于每架信号机各个灯位的点灯电源220V直接从电源屏引入至D模块一次侧,由D模块负责通断各个灯位的点灯电源。当D模块内部开关电路(继电器)出现接点粘连故障后,无法正常切断点灯电源,从而导致某个灯位的信号灯常亮(即不灭),使室外信号机出现红灯和绿灯同时点亮的现象。以信号机的绿灯为例,由于西门子点灯电路中,在红灯能正常点亮的情况下,不能实时检查和监督非工作状态下的D模块性能,更不能识别室外绿灯非正常点亮状态,所以此时在未开放信号机的前提下,出现点亮红灯的情况,系统并不能对该故障做出报警,即在LOW、MMI(人机界面)上无法立刻知晓该故障发生。此类故障发生后,均由列车司机观察到绿灯和红灯同时点亮后,并上报控制中心信号出现异常。

2 地面信号设备故障带来的风险及隐患分析

以图2南京地铁1号线站场为例,当前方列车

越过信号机X3106且信号机防护进路被占用时,该架信号机点红灯。若该架信号机绿灯D模块出现故障,即发生了绿灯不灭故障时,室外信号机在正常点红灯的基础上,绿灯会同时点亮。而此时LOW和MMI上信号机图标显示正常,未发生任何报警。如果这一故障还未来得及修复好,该架信号机红灯电路保险丝或灯泡突然断丝,造成红灯出现灭灯故障,此时室外信号机的显示状态就会显示独立的绿灯,表示该信号机防护进路锁闭,允许列车正常通过,实际上却是进路可能并未出清、道岔正处于转换的过程中。当红灯发生断丝故障而造成红灯灭灯后,LOW、MMI上会立即做出红灯灭灯故障的报警,此时ATP系统会立即发出停车指令及0速度码报文。后续即将通过的列车司机,虽然观察到地面给出了绿色允许通过信号,但ATP系统会发出正确指令,禁止列车越过该信号机。但正线上经常存在线上载客列车需切除车载ATP运行的情况,若该趟列车切除车载ATP后,手动驾驶至已经发生绿灯不灭故障的信号机X3106前方时,红灯适时地发生灭灯故障,列车司机在已经切除车载ATP的基础上,只能看到前方信号机点绿灯,并不知晓此时道岔是否转换以及前方进路空闲与否。列车司机只会凭借错误的地面信号机显示继续行进,以无ATP防护的手动模式驾驶越过该信号机后,就会出现必然的列车冒进信号事件,甚至可能造成挤岔、列车冲突及追尾等事故。



注：X3102，X3104，X3106代表信号机；GD3108，GD3110代表轨道

图2 南京地铁1号线站场信号机布置示意图

3 地面信号设备故障原因分析

为确保信号系统为行车组织提供稳定、可靠、安全的行车保证,现对地面信号故障原因进行分类并逐一分析。

3.1 信号机单个灯位灭灯故障原因分析

通过示波器检测,发现信号机在开放或关闭信号的一瞬间,电路中偶尔存在的电流瑕疵(见图3),造成电路中的瞬间电流峰值超出保险管的负荷,该瞬时电流正常熔断保险管(见图4),造成信号机灭灯故障。

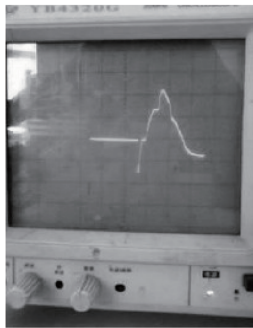
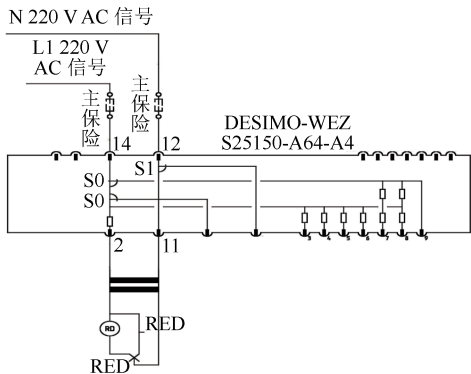


图 3 点灯电路电流瑕疵脉冲



注：S0 和 S1 代表继电器；RED 代表红灯位

图 4 信号机红灯位熔断保险管电路示意图

3.2 信号机单个灯位信号灯常亮故障原因分析

由于信号机红、绿、黄 3 个点灯灯位电路均独立存在,点灯电源由各自的 D 模块输出供给。信号绿灯位 D 模块内部电路示意如图 5 所示。由图 5 可知,当信号机 S 模块发出允许开放绿灯命令后,绿灯 D 模块的 S0、S1 继电器得电并吸起,S0 的第 2 组和第 3 组接点接通信号机点灯电源 220 V,S1 的第 2 组接点接通信号机点灯电源 220 V,此时室外信号机绿灯灯泡点亮。

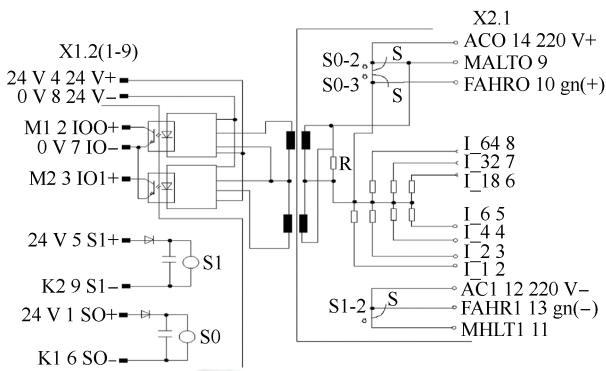


图 5 信号机绿灯位 D 模块内部电路示意图

当 D 模块的 S0、S1 继电器出现接点粘连故障后,无法正常切断点灯电源,从而导致某个灯位的

信号灯常亮(即不灭),使室外信号机出现红灯和绿灯同时点亮的现象。

4 信号机双熔丝转换装置的研发

正如上文分析,当绿灯非正常点亮时,造成列车司机手动驾驶时冒进信号的主要原因是信号机红灯已经灭灯,未能给司机提供禁止信号。虽然在实际运营中,这种车、地信号设备同时出现故障的可能性较低,但是本着“未雨绸缪,居安思危”的态度,认为此种现象不能满足信号设备故障导向安全的原则。

为避免此类情况的发生,确保信号机红灯不会因为保险管正常断丝造成信号机灭灯故障,对南京地铁 1 号线部分信号机点灯电路进行了改造,并自主研发了 1 套“信号机双熔丝转换装置”。在原有的点灯电路中,供点灯电源使用的保险管只有 1 个,当信号机点灯电路中出现的电流瑕疵冲击保险管后,瞬时电流峰值一旦超出保险管的正常负荷,保险管就会自然熔断。而“信号机双熔丝转换装置”,在保险管两侧并联 1 个副保险管,在副保险管的一端串联了 1 个 200 Ω 的电阻和一个发光二极管。在正常点亮灯位时,由于主保险管支路的电阻小于副保险管支路,所以点灯电路的电流只流经主保险管,只有维持最初电路特性,工作电流才不会流进增加的副保险管内。当电流瑕疵冲断主保险管后,在副保险管支路被电阻分压后,瞬间流经的电流下降,此时并不会熔断副保险管,从而确保室外各灯位维持点亮,避免灭灯故障的发生。同时在电阻两侧的硅整流管为发光二极管提供电压,保证发光二极管在主保险管断丝时点亮,并给出主保险管断

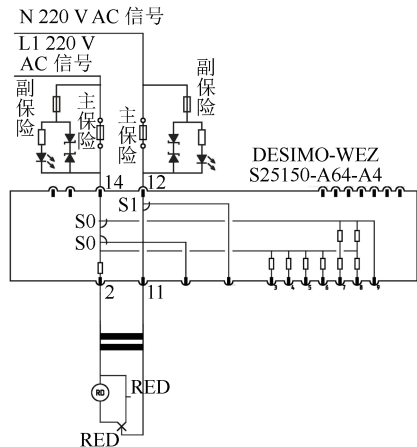


图 6 信号机双熔丝转换装置点灯电路图

(下转第 135 页)

接口适配器软件的开发在我国城市轨道交通信号系统中尚属首创,该软件实现了多个信号系统的数据整合,其创新性主要体现在以下方面:

1) 具备模块化、可扩展化的特性,针对不同信号系统定制不同的处理模块;

2) 高效采集整合不同线路信号系统的报警信息,典型关键设备的故障准确率达 92% 以上;

3) 可通过个人电脑、平板、手机等终端设备实时监测城市轨道交通信号系统的相关信息。

3 结语

接口适配器软件在城市轨道交通信号系统平台化建设中起着关键作用,通过软件可实现城市轨道交通不同线路信息的统一存储,实现管理信息的

共享,从而提高线网运营的有效协作和快速反应。通过对不同厂商协议进行分析,便于制定后续标准数据接口规范,从而形成统一管理平台,不同信号厂商系统的数据在同一平台上集成利用。

参考文献

- [1] 李中浩.浅析城市轨道交通信号系统的发展趋势[J].城市轨道交通研究,2016(增刊1):1.
- [2] 李春葆.数据结构教程[M].3版.北京:清华大学出版社,2009:76.
- [3] 吴功宜.计算机网络[M].3版.北京:清华大学出版社,2011:340.
- [4] 周国亮,朱永利,王桂兰,等.实时大数据处理技术在状态监测领域中的应用[J].电工技术学报,2014(增刊1):432.

(收稿日期:2018-01-15)

(上接第 131 页)

丝的报警信息。信号机双熔丝转换装置点灯电路如图 6 所示。图 6 中,对信号机每个灯位的原有保险管两端进行改造,接入信号机双熔丝转换装置和副保险管。当瑕疵电流峰值通过主保险管熔断主保险断丝后,副保险管自动接入电路,利用副保险管支路中的电阻产生微小分压,减少电路中的电流峰值对副保险管的影响,从而确保了点灯电路始终保持完整,这样便不会造成信号机灭灯故障的发生。为了方便现场安装,将 12 套电路设计在一张 PCB(印刷电路板)上,将该装置命名为“信号机双熔丝转换装置”,确定型号为 NJDT01-12(见图 7)。

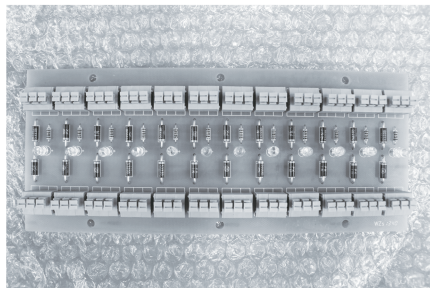


图 7 信号机双熔丝转换装置

5 结语

信号机双熔丝转换装置已在南京地铁 1 号线全线信号机上安装且使用正常。第 2 届青奥会开幕式当日,安德门站 X0501 信号机发生了红灯断保险故障,由于该装置的使用,确保了信号机在主保险管断丝后,信号机仍然正常点亮各灯光,未发生灭灯故障,能够始终保证地面信号机红、绿、黄等灯光的可靠显示。当发生其他信号设备故障时,该装置亦能确保信号设备故障导向安全,为列车安全运营提供可靠保证。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家发展和改革委员会.城市轨道交通工程项目建设标准 建标 104-2008[M].北京:中国计划出版社,2008.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.城市轨道交通信号系统通用技术条件:GB/T 12758—2004[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [3] 王彤,王荣兴,王铁睿.运用微机监测系统分析地铁信号设备故障[J].城市轨道交通研究,2016(增刊1):60.

(收稿日期:2018-03-05)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—51030704