

某地铁列车自动折返功能控制电路优化

李成西

(南京地铁运营有限责任公司,江苏南京 211121)

摘要:针对地铁列车自动折返时,因司机操作不当引起4节车牵引故障的问题,对其控制电路进行优化处理,通过同步编码器接收到的自动模式信号与自动列车控制的自动模式,从根本上消除了该类型列车在折返过程中发生此类故障的可能性,有效提高了该类型列车正线运营时的稳定性和安全性。

关键词:地铁;自动模式;控制电路;优化

中图分类号:U279 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)05-0244-04

Control Circuit Optimization of Auto Return-back Function of Metro Train

LI Chengxi

(Nanjing Metro Operation Co., Ltd., Nanjing 211121, China)

Abstract: To cope with the traction failure of four car of a metro train caused by improper operation in its automatic return-back process, its control circuit is optimized, and the automatic mode signal received by encoder is synchronized with the automatic mode of automatic train control, which fundamentally eliminates the possibility of the failure in its auto return-back process and effectively improves the stability and security of the main line operation for the trains of the same type.

Keywords: metro; automatic mode; control circuit; optimize

0 引言

城市轨道交通作为我国战略性新兴产业创新工程的重要组成部分,呈现建设规模大、建设速度快、结构网络化、制式多样化、融资渠道多元化的发展趋势^[1]。经过多年发展,我国基于CBTC控制系统的城市轨道交通配套体系相对完整^[2],已形成较为齐全的产业链,突破了一批关键核心技术,取得了相关科技成果。但在列车运维过程中仍呈现出多样性的故障现象,需要设计者们不断地优化、完善列车设计方案,提高地铁列车运维的稳定性与安全性,保证广大乘客的生命、财产安全。

1 自动折返原理及影响

1.1 地铁列车自动折返原理

地铁列车自动折返是指在具备自动折返功能的地铁站车载计算机单元的列车自动保护系统(automatic train protection, ATP)/自动驾驶系统^[3](automatic train operation, ATO)指示列车自动折返操作准备完毕,司机按下自动折返按钮,列车启动自动折返模式(automatic reversing, AR)。当车门关闭,ATP/ATO车载计算机单元得到一个移动授权,当司机按下ATO启动按钮后,列车以ATO驾驶模式进入折返轨。进入折返道过程,列车已经开始通过ATP/ATO车载计算机单元交换驾驶室功能,列车稳定驻车,断开主控端的钥匙(KS)。司机进入远端司机室并激活主控钥匙,正线车载设定新的进路后,车载

计算机系统从ATP轨旁计算机系统得到移动授权,司机按下ATO启动按钮,列车以自动驾驶模式驶入车站相反侧的站台并靠站停稳。

1.2 地铁列车折返作业的影响

根据地铁列车自动折返与实际行车控制原理,成功的自动折返对正线有着重大影响。列车以自动折返模式折返不仅可以避免因巡道产生不必要的时间浪费,缩短折返时间,提高折返效率,而且可以降低正线事件的发生率,提高正线运营的稳定性、可靠性。结合某地铁列车以往相关折返事件分析得知,该车型列车受信号系统限制,因司机人为不正确操作因素的影响,列车正线折返失败的事件时有发生,直接影响正线列车的正常运营。失败的自动折返将导致一系列事件的发生,直接的表现形式是晚点,潜在的风险是冒进信号/挤岔^[4]。

2 自动折返电路控制原理及惯性故障

2.1 站后自动折返电路控制原理

地铁列车存在速度码,近端驾驶进站台至折返点过程中,收到自动折返信号后,两端自动列车控制(ATC)机柜已经开始交换信息数据。当自动折返灯亮,按下折返按钮(ARPB)后(图1),近端ATC系统接收到自动折返信号,此时本端ATC机柜通过ATO板件输出110V直流电压供电给自动折返继电器1/2线圈(ARR1/2)(图2),从而使该继电器常开触点闭合。

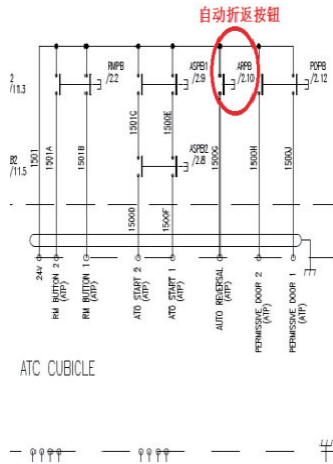


图 1 自动折返按钮控制

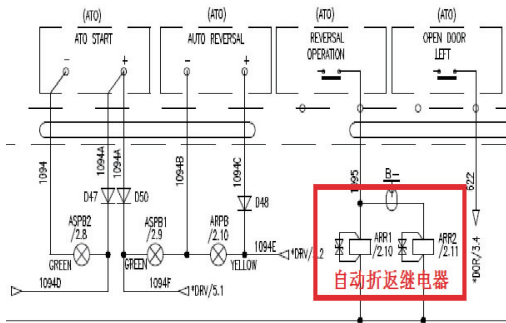


图 2 自动折返继电器控制

如图 3 所示,由于近端 ARR1/2 常开触点闭合,近端 ARLCSR 线圈与远端 ARRCSCR 线圈得电,从而使得近端 ARLCSR 常开触点闭合(图 4),近端所有的司机室占用继电器 COR、自动驾驶模式继电器 ATOMR1/2 线圈得电,ATOMR1/2 的常开触点闭合,给予近端 ATC 系统自动驾驶模式信号(图 5)。

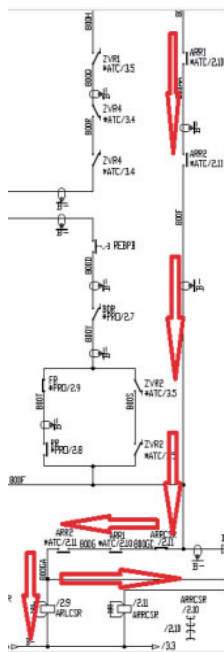


图 3 ARLCSR 继电器控制

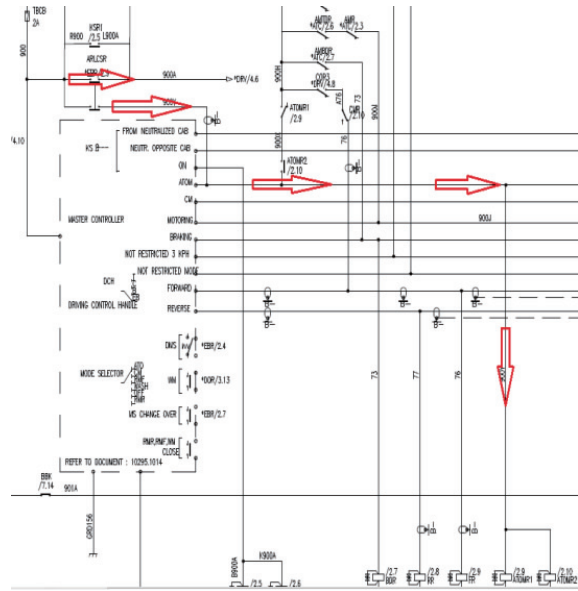


图 4 ATOMR1/2 继电器控制

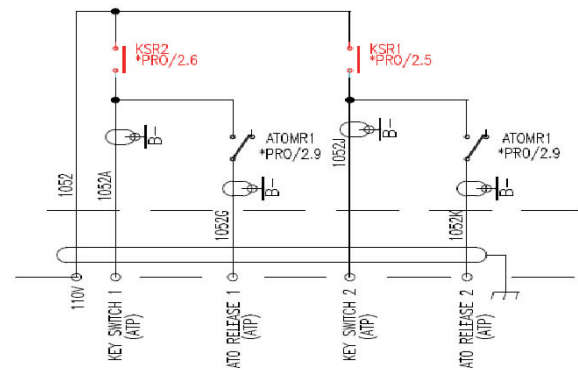


图 5 ATO 自动驾驶信号

当近端 KS 断开后,近端 ATC 机柜收到 KSR 断开的信号,随后 ATC 机柜中 ATO 板件内 Reversal Operation 常开触点恢复断开位,从而使得 ARR1/2 线圈失电,同时远端 ATC 机柜内 ATO 板件供给本端自动折返继电器线圈 (ARR1/2) 110 V 电压,远端 ARLCSR 线圈得电,ARLCSR 常开触点闭合,从而实现远端 ATOMR1/2、所有司机室占用继电器 COR 线圈均得电,完成车辆换端过程中持续保持 EBK 线圈得电,紧急制动保持缓解状态。

激活远端 KS 后,ATC 机柜接收到 KS 激活信号,ATO 板件断开自动折返按钮灯回路,从而导致该指示灯熄灭,ARR1/2 线圈失电,完成自动折返。当模式开关转至 ATO 模式后,列车有速度码后,ATC 接收到 ATOMR 自动驾驶模式信号后,ATC 机柜点亮 ATO 启动按钮灯,司机即可按下 ATO 启动按钮,ATC 向编码器输入 4~20 mA 的电流值,编码器根据所接收的电流值大小,依据百分比向牵引系统 PCE、制动系统 BCE 发出相应的牵引制动 PWM 调制波(图 6),牵引、制动系统根据接收的 PWM 值输出相应的牵引、制动力,最终实现列车自动驾驶的行车控制。

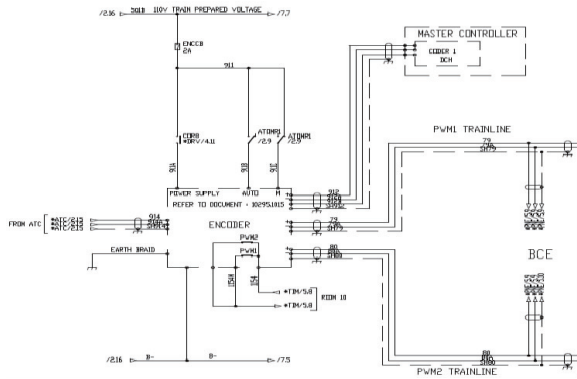


图 6 编码器输出 PWM 值

2.2 惯性折返故障及触发逻辑

1) 故障现象及故障信息

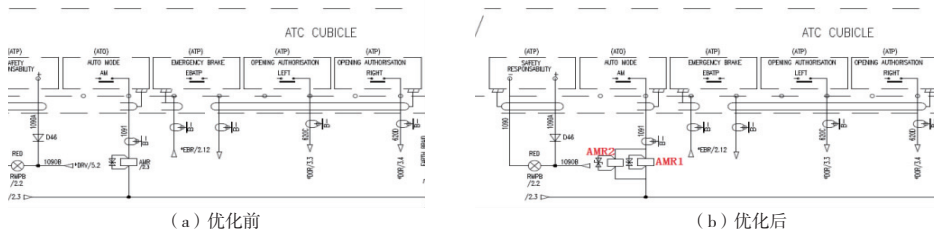
列车自动折返过程中,由于司机操作不当,将模式旋钮(MS)从自动驾驶模式转换至手动模式(CM)驾驶列车,该类型列车会在折返线报出 4 个牵引故障,通过专业软件下载牵引故障信息均为:BE demand PWM fault1/2、TE demand PWM fault1/2。

2) 故障触发逻辑

BE demand PWM fault1/2、TE demand PWM fault1/2,此故障逻辑为:牵引制动的 PWM 值小于所设定的最小值或大于所设定的最大值,即报出该故障。自动折返时报出该故障的触发过程为:折返时,按下折返按钮后,ARLCSR 继电器得电,使 ATOMR1/2 得电,此时 ATOMR1 在编码器输入回路的触点动作,使编码器收到 ATO 模式信号,编码器将选择接收来自 ATC 的 Effort Demand 输入信号,当司机未按下 ATO 启动按钮,ATC 将不会输出牵引力需求。此时,如果司机选择手动模式推牵引,牵引列车线得电,4 个 PCE 有牵引列车线信号,列车主控制器给编码器输出 4~20 mA 的 Effort Demand 模拟量信号,与编码器接收到的 ATO 模式驾驶的的信号相冲突,因此判定牵引力调制脉冲值(PWM 值)无效,则会报牵引故障 TE demand PWM fault1/2。同样模式旋钮(MS)选择“手动”位并将主控制器手柄(DCH)拉至“制动”位,列车线与制动力需求不匹配,报 BE demand PWM fault1/2 故障。在足够甄别的时间范围内,输出的 PWM 值在所设定值的范围以内,则故障复位。

3 自动折返控制电路优化

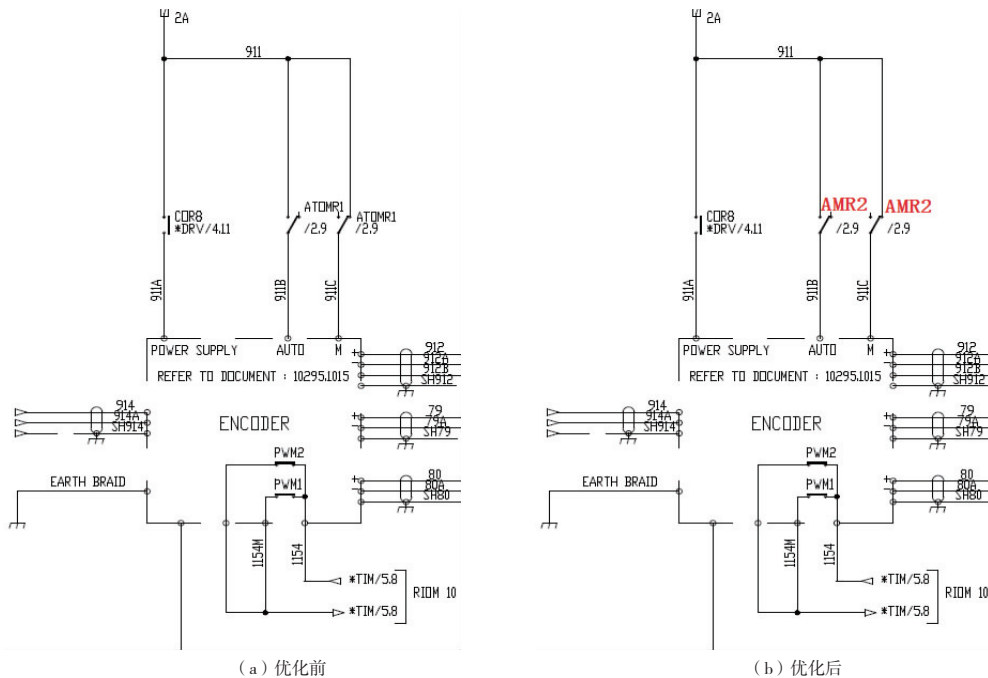
为了避免司机不当操作引起的折返线牵引故障,现对其控制电路进行了优化改进设计。具体优化前后控制电路如图 7 和图 8 所示。



(a) 优化前

(b) 优化后

图 7 优化前后 ATC 控制电路



(a) 优化前

(b) 优化后

图 8 优化前后编码器控制电路

此次控制电路优化主要为:1)在自动列车控制(ATC)的自动模式(AUTO MODE)输出端增加了一个自动模式继电器(AMR2);2)将编码器采集的自动模式信号(AUTO)的ATOMR1一组触点替换为自动模式继电器(AMR2)的一组触点。通过此次控制电路优化,编码器接收到的自动模式(AUTO)信号将与自动列车控制(ATC)的自动模式(AUTO MODE)保持一致。当按下折返按钮后进折返线时,即使司机将模式旋钮(MS)由自动驾驶(ATO)转换成手动(CM)模式驾驶进折返线,编码器所接收判别自动模式的信号将与列车是否自动模式驾驶同步化,从而避免了此种故障现象的再次发生。

4 结语

通过此次自动折返控制电路的优化,同步优化了编码器接收到的自动模式(AUTO)信号与自动列车控制

(ATC)的自动模式(AUTO MODE)。从根本上消除了该种车型由于司机不当操作引起的折返线牵引故障,提高了列车正线运营的稳定性与安全性。

参考文献:

- [1] 中国城市轨道交通协会.城市轨道交通 2015 年度统计和分析报告[R].北京:中国城市轨道交通协会,2016.
- [2] 代继龙,李晓刚,李兆龄,等.新一代 CBTC 系统方案研究与关键技术探索[J].铁路通信信号工程技术,2016,13(6):41-44.
- [3] 张滔,段晨宁,丘庆球.ATO 系统在广州地铁 1 号线的应用[J].地铁与轻轨,2001,14(1):47-50.
- [4] 李英.城市轨道交通折返线相关问题研究[J].城市轨道交通研究,2003,6(1):28-32,37.

收稿日期:2022-03-07

(上接第 227 页)

4 结语

试验数据表明,在多根纱线张力一致性上张力控制系统可以将最大误差控制在 7%以内。在设置为不同张力值时,纱线实际张力表现出良好的一致性,在不同速度下,经过算法矫正,纱线张力能够长时间稳定地保持在设定区间内。更换不同种类的纱线进行同样的测试,同样得到了比较理想的试验结果,系统的性能指标均达到设计目标。

参考文献:

- [1] WU X G, YU C, ZHU L. Reliability analysis of yarn tension control system based on FTA in jacquard loom [C]//2010 International Symposium on Intelligence Information Processing and Trusted Computing. Huanggang, China: IEEE, 2010:29-32.
- [2] 陈人哲. 纱线力学问题[M].北京:纺织工业出版社,1989.
- [3] KOO Y S. Correlation of yarn tension with parameters in the knitting process[J]. Fibers and Polymers, 2002, 3(2):80-84.
- [4] 曹薇. 纱线卷绕系统恒张力模糊控制策略研究[J]. 现代纺织技术, 2018, 26(2):80-84.
- [5] SHANKAM NARAYANA V P. Novel method for dynamic yarn tension measurement and control in direct cabling process[D]. Carolina: North Carolina State University, 2006.

- [6] 蒋林军,张华.基于卡尔曼滤波和 MRAC 的卷绕张力控制[J].轻工机械,2021,39(5):64-68.
- [7] 符燕辉,陈刚,柴明.纱线恒张力喂送系统的设计[J].纺织机械,2014(1):11-14.
- [8] 马厚坤,李兆旗,朱起宏.意大利萨维奥 ORION 自动络筒机浅析[J].纺织机械,2000(2):19-21.
- [9] 李景辉,张宇,张东平,等. AUTOCONER-338 型自动络筒机主要性能及生产实践[J].陕西纺织,2009(4):26-27.
- [10] ZHOU M L, FU Y H, HE Z Q, et al. The design of yarn constant tension feeder system [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 274:294-298.
- [11] 缪宇轩,孟祥益,夏港东,等.非接触式纱线张力监测系统的研制与开发[J].毛纺科技,2020,48(5):71-76.
- [12] 陈旭初.棉织工艺设计[M].北京:纺织工业出版社,1980.
- [13] 庾在海,吴文英,陈瑞琪.纺织过程中的纱线张力测试方法[J].传感器世界,2004,10(1):27-29.
- [14] 吴震世.整经速度与纱线张力的关系[J].纺织学报,1985,6(3):23-25,2.
- [15] 张楠,景军锋,苏泽斌.纱线张力控制器的设计[J].西安工程大学学报,2016,30(4):446-451.
- [16] 翁鸣,陈济刚.补偿纱线张力控制器[J].国外纺织技术,2001(2):31-32.

收稿日期:2022-03-14