

城市轨道交通正线信号灯显示的优化及其点灯电路设计

张 祎

(同济大学捷运研究院, 200092, 上海//工程师)

摘 要 在移动闭塞区间基于通信的列车自动控制信号系统基础上, 分析了城市轨道交通信号机现有显示方案的不足, 提出了在城市轨道交通正线增加绿黄显示信号和蓝灯显示信号的优化方案, 并探讨了该优化方案的可行性。详细说明了优化后的信号机点灯电路设计, 并描述了点灯电路在不同工况下的工作情况。

关键词 城市轨道交通; 信号系统; 信号机显示; 点灯电路设计

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.11.039

Display Optimization and Lighting Circuit Design for Urban Rail Transit Main Line Signal lights

ZHANG Yi

Abstract On the basis of CBTC signaling system in moving block interval, the weakness of current urban rail transit signaling system display scheme is analyzed. An optimization scheme where green-yellow and blue signaling is added to the urban rail transit main line is proposed, and the feasibility of it is discussed. The signaling system lighting circuit design after optimization is expounded, and the working modes of the lighting circuit under different conditions is described.

Key words urban rail transit; signaling system; annunciator display; lighting circuit design

Author's address CRRC Rapid Transit Research Institute, Tongji University, 200092, Shanghai, China

目前,城市轨道交通一般采用CBTC(基于通信的列车自动控制)信号系统。车载信号设备根据与前序列车之间的距离和进路条件自动控制列车。轨旁信号设备根据列车位置和进路状态控制相应的信号机,并扳动道岔位置。

采用CBTC系统的列车在自动运行模式下的运行将不再依靠信号机的人工控制,故信号机的显示意义被大大弱化。但当列车在降级模式下运行时,信号机作为必要的安全运行条件之一依然有重

要意义。一方面,列车自动运行时,应简化轨旁信号机的显示设计,以最大限度避免非人工驾驶模式下信号机对司机和调度的影响,让司机和调度员对列车的控制方式一目了然;另一方面,列车在人工驾驶模式时,信号机应能高效地对列车司机进行指示,指挥司机停车或通过信号机。

城市轨道交通信号机的设置和功能定义源自于铁路信号机。但目前,城市轨道交通信号机具有明显的特殊性,其显示定义一般采用红灯、绿灯、黄灯和引导(红黄)信号的组合^[1-2]。

当城市轨道交通列车正常运行时,车载信号设备基于移动闭塞来自动控制列车。在这种情况下,传统的信号机显示无法区分自动控制列车和人工驾驶列车。因而,传统信号机的显示故障很容易给司机造成困扰。

因此,应优化信号机的显示设计方案,让其更好地为城市轨道交通服务。本文基于这一设计思路,参考铁路信号机的显示设计,在城市轨道交通的信号显示方案中引入绿黄灯和蓝灯显示设计。

1 信号机的显示优化

1.1 现有信号机的显示含义

目前,城市轨道交通信号机的显示含义定义如下^[3-4]:

绿灯:为允许信号,表示列车运行前方的2个闭塞区间空闲,至下一个信号机的进路锁闭且开通了直向道岔,允许列车按照规定速度正常驶过此信号机。

黄灯:为允许信号,表示列车运行前方的2个闭塞区间空闲,至下一个信号机的进路锁闭且开通侧向道岔,要求列车注意或减速过岔。

红灯+黄灯:为开放引导信号,警示司机要根据调度命令行车,不具备任何速度含义。

红灯:为停车信号,禁止越过该信号机。

1.2 对现有信号机的显示优化

本文提出的优化方案是在目前信号机显示定义基础上增设绿灯+黄灯显示和蓝灯显示。增设的显示含义定义如下：

绿灯+黄灯：为允许信号，表示列车运行前方仅有 1 个闭塞分区空闲，至下一个信号机的进路已锁闭且开通直向道岔，要求列车减速缓慢通过信号机并注意随时停车。

蓝灯：为 CBTC 信号显示，指示司机当前驾驶的列车为受 CBTC 系统控制的自动运行模式列车（以下简为“CBTC 自动控制列车”），列车将根据移动授权进路自动行驶。

1.3 优化方案与原方案比较

当列车为 CBTC 自动控制列车时，列车并不依赖于司机根据信号机的显示状态而行车。因此，增设绿黄灯和蓝灯后，仅从信号机的显示就能区分人工驾驶模式列车和 CBTC 自动控制列车，降低了司机和调度员的判断成本。

当列车以人工驾驶模式运行时，列车通过当前绿灯后，还能低速通过前方绿灯+黄灯（以下简为“绿黄”）显示的接车信号机，且不至于有安全风险。因此，增加的绿黄灯显示信号可取消防护区段，不仅大大简化了室外信号机、计轴设备和轨道区段的布置，也节省了信号设备的采购成本和维护成本。此外，增设的绿黄灯为限制通过的信号显示，相比原先绝对禁止的红灯显示，也提高了列车通行效率。

为防止冒进红灯，目前通常采用双红灯有源信标布置方案。如图 1 所示，该方案在线路上设置有源信标，采用双红灯，并设置保护区段。当列车冒进红灯时，列车会自动读取有源信标状态信息，并触发紧急制动，停在保护区段内。可见，该方案实际上允许列车冒进一次红灯，违背了禁止通过红灯信号的基本定义。

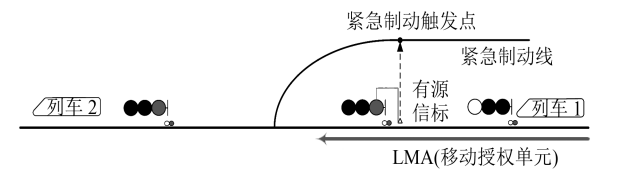


图 1 双红灯有源信标布置方案

信号机显示增加了绿黄显示的设计后，需移动信号机关联的有源信标，将紧急制动的停车点包络在信号机外侧方向（如图 2 所示）。此时，即使列车

冒进，也会被包络在红灯显示外侧。

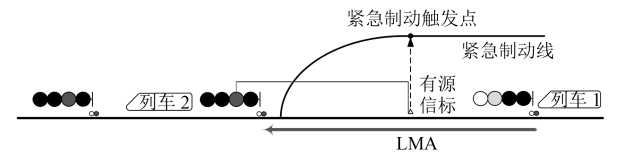
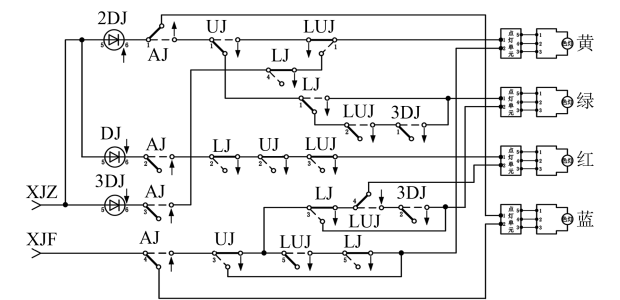


图 2 绿黄灯有源信标布置方案

2 电路方案

信号机控制电路图如图 3 所示。继电器与信号显示的对应关系见表 1 所示。



注：DZ 为禁止灯丝继电器；2DZ 为允许灯丝继电器；3DZ 为黄灯灯丝继电器；AJ 为蓝灯点灯继电器；LJ 为绿灯点灯继电器；UJ 为黄灯点灯继电器；LUJ 为绿黄灯点灯继电器；下同

图 3 信号机控制电路图

表 1 信号显示与继电器真值表

信号显示	AJ 真值	LJ 真值	UJ 真值	LUJ 真值	DZ 真值	2DZ 真值	3DZ 真值
红	0	0	0	0	1	0	0
绿	0	1	0	0	0	1	0
黄	0	0	1	0	0	1	0
绿黄	0	0	0	1	0	1	1
蓝	1	0	0	0	0	1	0
红	0	1	0	0	1	0	0
红	0	0	1	0	1	0	0
红	0	0	0	1	1	0	0
红	1	0	0	0	1	0	0
全灭	0	0	0	0	0	0	0

2.1 蓝灯信号

1) 正常点亮蓝灯工况：如图 4 所示，联锁系统输出蓝灯信号，AJ 正常吸起，点亮蓝灯；蓝灯亮时 2DZ 吸起。当采用 CBTC 系统的列车采用降级模式运行时，蓝灯继电器 ADJ 为落下状态。

2) 蓝灯发生故障、点亮红灯工况：联锁系统输出蓝灯信号，AJ 发生故障无法吸起；此时，LJ、UJ 及 LUJ 保持落下状态，点亮红灯；DZ 继电器吸起，2DZ 保持落下状态。

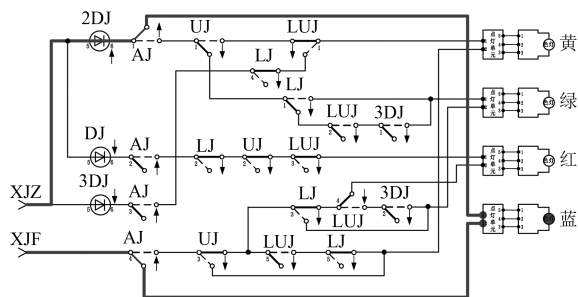


图 4 蓝灯正常点灯工况的电路示意图

3) 蓝灯发生故障、红灯断丝工况:联锁系统输出蓝灯信号,AJ 发生故障无法吸起;此时,LJ、UJ、LUJ 保持落下状态,点亮红灯;由于红灯灯丝断丝,故 DJ 无法吸起,2DJ 无法吸起。

由上述分析可知,当联锁系统输出蓝灯信号时,通过 DJ 与 2DJ 的吸起状态就可判断蓝灯点亮是否成功:AJ 吸起、2DJ 吸起,表示正常点亮蓝灯;DJ 吸起、2DJ 落下表示蓝灯发生故障,点亮红灯;DJ 无法吸起、2DJ 无法吸起,则表示蓝灯发生故障且红灯断丝。

2.2 绿灯信号

1) 正常点亮绿灯工况:如图 5 所示,联锁系统输出绿灯信号,LJ 正常吸起,点亮绿灯;绿灯亮时 2DJ 吸起。

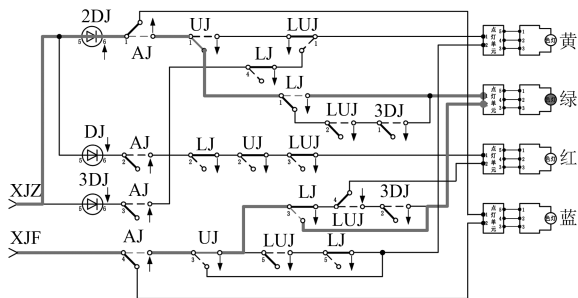


图 5 绿灯正常点灯工况的电路示意图

2) 绿灯发生故障工况:联锁系统输出绿灯信号,LJ 发生故障、无法吸起;此时,LJ、UJ、LUJ 保持落下状态,点亮红灯,DJ 吸起,2DJ 保持落下状态。

3) 绿灯发生故障、红灯断丝工况:联锁系统输出绿灯信号,LJ 发生故障、无法吸起;此时,LJ、UJ、LUJ 保持落下状态、点亮红灯;由于红灯灯丝断丝,DJ 无法吸起,2DJ 无法吸起。此时,通过 DJ 和 2DJ 的状态即可判断为点红灯失败。

由上述分析可知,当输出联锁系统输出绿灯信号时,如采用 CBTC 系统的列车以降级模式运行,则 AJ 为落下状态:LJ 吸起、2DJ 吸起,表示正常点

亮绿灯;DJ 吸起、2DJ 落下,表示绿灯发生故障,点亮红灯;DJ 无法吸起、2DJ 无法吸起,表示绿灯发生故障且红灯断丝。

2.3 黄灯信号

1) 正常点黄灯工况:如图 6 所示,联锁系统输出黄灯信号,UJ 正常吸起,点亮黄灯;黄灯亮时,2DJ 吸起。

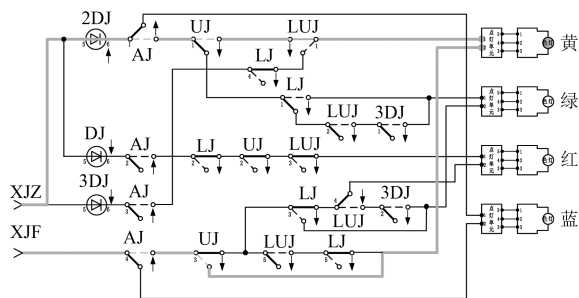


图 6 黄灯正常点灯工况的电路示意图

2) 黄灯发生故障工况:联锁系统输出黄灯信号,UJ 发生故障无法吸起;此时,LJ、UJ、LUJ 保持落下状态、点亮红灯,DJ 吸起,2DJ 保持落下状态。

3) 黄灯发生故障、红灯断丝工况:联锁系统输出黄灯信号,UJ 发生故障无法吸起;此时 LJ、UJ、LUJ 保持落下状态、点亮红灯,红灯灯丝断丝,DJ 无法吸起,2DJ 无法吸起。此时,通过 DJ 和 2DJ 状态即可判断点红灯失败。

由上述分析可知,当输出联锁系统输出黄灯信号时,如采用 CBTC 系统的列车以降级模式运行,则 AJ 为落下状态:LJ 吸起、2DJ 吸起,表示正常点亮黄灯;DJ 吸起、2DJ 落下表示黄灯发生故障,点亮红灯;DJ 无法吸起、2DJ 无法吸起,表示黄灯发生故障且红灯断丝。

2.4 绿黄灯信号

1) 正常点绿黄灯工况:如图 7 所示,联锁系统输出绿黄灯信号,LUJ 正常吸起,点亮黄灯和绿灯,黄灯亮时 3DJ 继电器吸起,绿灯亮时 2DJ 吸起。

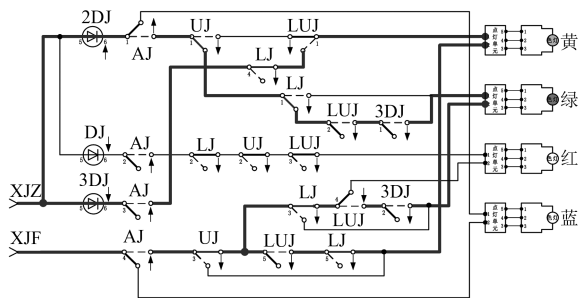


图 7 绿黄灯点灯示意图

(下转第 180 页)

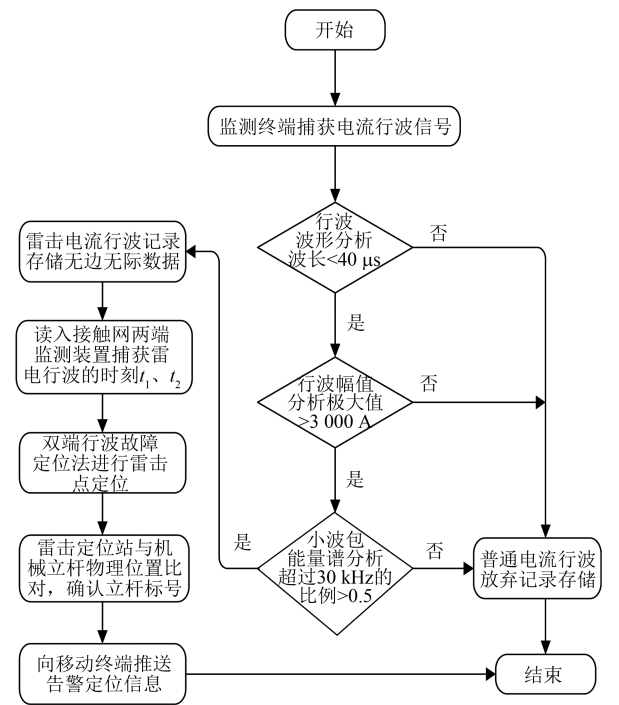


图 7 雷击行波监测系统工作过程流程图

统可以较好地识别接触网线路中的雷击事件,定位雷击点,并依据故障定位结果与故障性质辨识结果,明确高架段接触网供电线路中防雷薄弱区间,并指导地铁运营维护人员有针对性进行接触网供电线路防雷措施的强化。

参考文献

[1] 吴昊,肖先勇,邓武军. 输电线行波测距中雷击与短路故障的识别[J]. 高电压技术,2007(6): 63.
[2] 闫红伟,朱永利,赵雪松,等. 基于时域波形特征的输电线雷击识别[J]. 电测与仪表,2015(2): 5.
[3] 顾垚彬,宋国兵,郭安祥,等. 针对直流线路行波保护的雷击识别方法研究[J]. 中国电机工程学报,2018(13): 3837.
[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2013.

(收稿日期:2019-01-08)

(上接第 171 页)

2) 绿黄灯发生故障工况:联锁系统输出绿黄灯信号,LUJ 发生故障,无法吸起;此时,LJ、UJ 及 LUJ 保持落下状态、点亮红灯,DJ 吸起,2DJ 保持落下状态。

3) 绿黄灯发生故障、红灯断丝工况:联锁系统输出绿黄灯信号,LUJ 发生故障无法吸起;此时 LJ、UJ、LUJ 保持落下状态、点亮红灯,红灯灯丝断丝,DJ 继电器无法吸起,2DJ 无法吸起,3DJ 无法吸起。此时,通过 DJ 和 2DJ 状态即可判断点红灯失吸。

由上述分析可知,当输出联锁系统输出黄绿灯信号时,在后备模式下,AJ 为落下状态:LUJ 吸起、2DJ 吸起,表示正常点亮绿黄灯;DJ 吸起、2DJ 落下表示绿黄灯发生故障,点亮红灯;DJ 无法吸起,2DJ 无法吸起,3DJ 无法吸起,表示绿黄灯发生故障且红灯断丝。

3 结语

本文将铁路信号机中常见的绿黄显示和蓝灯

显示引入城市轨道交通,讨论在城市轨道交通线路设备绿黄显示和蓝灯显示的意义,并阐述了绿黄灯和蓝灯的显示方案和点灯方案,并对其点灯电路进行分析,为城市轨道交通的信号机设置提供一种新的解决思路。

参考文献

[1] 国家铁路局. 铁路信号设计规范: TB 10007—2006/J 529—2006[S]. 北京: 中国铁道出版社,2006.
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2013.
[3] 何秀霞. 地铁正线信号机显示方案设计分析[J]. 铁道通信信号,2014(9): 47.
[4] 金卫东. 出站信号机站内结合电路改进的探讨[J]. 铁道通信信号,2015(2): 36.

(收稿日期:2019-02-14)