

城市轨道交通信号系统保护区段设置的研究

张大涛

(湖南中车时代通信信号有限公司 北京分公司, 北京 100079)

摘要: 在城市轨道交通中, 为满足列车快速接近进路终端和精确停车, 保障行车安全, 信号系统需设置的合理保护区段。文章通过对地铁运营效率和建设成本进行分析, 结合具体运营场景, 研究制定了设置保护区段的原则, 从而解决地铁运营效率、安全和成本之间矛盾。在长沙轨道交通 4 号线上应用结果验证了不同运营场景下此保护区段设置原则的合理性, 实现了运营的高效性和组织的灵活性。

关键词: 信号系统; 保护区段; 道岔位置; 区间; 站台; 城市轨道交通

中图分类号: U283.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5427(2020)02-0085-06

doi:10.13889/j.issn.2096-5427.2020.02.016

Research on Protection Section Setting of Urban Rail Transit Signaling System

ZHANG Datao

(Beijing Division, Hunan CRRC Times Signal & Communication Co., Ltd., Beijing 100079, China)

Abstract: In urban rail transit, signaling system needs to set up overlap reasonably so as to meet the requirements of high speed route terminal train approaching, precise train stopping, and also to ensure driving safety. In this paper, by analyzing operation efficiency and construction cost of subway, combined with specific operation scenarios, a principle of setting up overlap was studied and formulated. The contradiction among operation efficiency, safety and cost of subway is well balanced. Combined with the real situations in Guanzi Lin Station of Changsha metro line 4, the rationality of the overlap setting principle under different operation scenarios is verified and efficient operation and flexibility of the organization are achieved.

Keywords: signaling system; protection section; switch position; railway section; platform; urban rail transit

0 引言

随着计算机技术和通信技术的快速发展, 城市轨道交通信号系统中以通信技术为基础的列车运行控制系统 (communication based train control system, CBTC)^[1] 得到了广泛应用, 成为一种重要的运营制式。CBTC 系统显著提高了城轨交通的运营效率, 缩短了运营间隔时间, 提高了自动化水平, 是轨道交通信号领域技术的重大进步。

CBTC 信号系统由列车自动监控子系统 (automatic train supervision, ATS)、列车自动防护/自动运行子系统 (automatic train protection/automatic train operation,

ATP/ATO)、计算机联锁子系统 (computer interlocking, CI) 和数据通信子系统 (data communication system, DCS) 组成^[2], 各子系统协同保障列车运行安全。CI 是 CBTC 的核心基础设备, 其通过建立进路以保证行车安全。在 CBTC 系统中, CI 既要设置传统的进路, 还需设置保护区段, 以实现列车高速安全运行和精确停车。在 CBTC 模式和后备模式下运行时, 均须设置保护区段, 其长度依据列车运行速度和线路条件进行计算。保护区段一般由主进路阻挡信号机内方的一个或多个物理区段构成; 物理区段含有道岔的, 则根据道岔开通位置设有多个保护方向。在信号系统中合理设置保护区段, 对保障安全、提高效率有很大的作用; 若设置不合理, 虽仍能保障安全, 但会对运营效率造成很大的影响。为此, 本文对各种线路场景进行分析, 对设置保护区段的原则

收稿日期: 2019-12-06

作者简介: 张大涛 (1975—), 男, 高级工程师, 主要从事城市轨道交通信号联锁控制系统的研究和设计工作。

进行约定,为信号系统的整体设计提供指导。

1 保护区段的作用

CBTC 系统中 ATS 下发建立保护区段的命令,CI 锁闭保护区段后发送信息给 ATP,ATP 将其状态信息作为超速防护计算的依据,使列车安全运行并精确停车^[3]。保护区长度为以进路终端信号机所对应的计轴磁头为起点、以信号机内方为终点的区间距离^[4]。对该距离的计算综合考虑了系统反应时间、司机反应时间、通信延时、线路限速和列车制动率等因素。保护区段的作用主要有:

(1) 使列车快速进站。在 ATO 曲线和 ATP 曲线的控制下,列车快速进站,则 ATO 曲线的制动点在出站信号机外方、ATP 防护曲线制动点在出站信号机内方,ATO 制动点与 ATP 制动点之间的区域就是保护区段。保护区段若被设置得过短,则会降低 ATO 速度,影响进站效率;保护区段若被设置得过长,则会延迟列车进站时机,降低运营效率并增加建设成本。

(2) 使列车靠近站台终端停车。ATO 曲线制动点一般为运营停车点,在出站信号机外方。若不设置保护区段,则 ATP 防护曲线制动点将出现在出站信号机外方,ATO 曲线制动点则远离信号机,从而使列车无法在停车点处停车;若设置保护区段,则 ATP 防护曲线制动点出现在出站信号机内方,ATO 曲线制动点将靠近信号机,使得列车能够在靠近停车点处停车。

(3) 列车冒进信号机的安全防护。在主进路办理成功后,锁闭保护区段,对设备元素(如区段、道岔)加设保护锁。司机驾驶时根据信号行车,一旦出现冒进信号,系统将通过保护锁禁止道岔动作、敌对进路不能建立等限制条件来保障列车安全^[5]。

(4) 车门与屏蔽门的精确对准。保护区段锁闭可使列车高速进站、靠近停车点处停车,便捷地实现列车精确停车,保证车门和屏蔽门安全高效地联动^[6]。

2 保护区段设置原则和原理分析

保护区段长度依据列车运行速度、制动率、列车重量及线路限速等条件进行计算,其原则上不少于 50 m。在 CBTC 模式下,CI 根据 ATP 发送的逻辑区段状态信息锁闭保护区段;在后备模式下,CI 根据物理区段状态信息锁闭保护区段。为使两种模式下保护区段的设计简单化,统一保护区段设置并采用物理区段长度,其设置原则上须满足以下要求:

(1) 保护区段长度不小于 50 m;若小于 50 m,则需降低列车接近速度。

(2) 所采用的物理区段长度需满足 ATP 要求;若

单一物理区段长度不满足要求,则需增加本区段长度或把临近区段长度并入^[7]。

(3) 列车需在站台轨、折返轨等区域进行精确停车,其保护区段长度至少应为 50 m,列车可高速接近停车点。

(4) 保护区段有道岔的,需根据道岔开通位置信息设置多个保护方向。

基于以上原则,分别对正线的区间、站台、折返轨、停车线、段/场与正线衔接的转换轨处进行分析,制定出合理的保护区段设置原则,为系统设计和软件实现提供依据。

2.1 区间保护区段

基于保护区段的设置原则,在站与站之间的区间需要根据不同场景进行分析,制定具体的设置方案,以确保信号系统在区间指挥列车运营的高效性和灵活性。

2.1.1 无道岔区间

两站台之间区域被定义为区间,图 1 示出无道岔区间信号布置示意。图中,S2 为 A 站出站信号机,S4 为区间信号机;T2,T4,T6,T8 和 T10 为物理区段,每个区段根据长度被划分一个或多个逻辑区段并用 A,B,C 等表示。S2 信号机到 S4 信号机的进路用“S2→S4”表示,其是从站 A 向区间的发车进路;S4→S6 为区间驶向站 B 的进站进路。站台两端磁头之间区域被称为站台轨,图 1 中 T2 为站台轨。列车 A 从 T2 向区间发车,列车 B 在 T8 上运行。

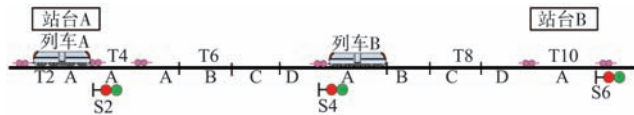


图 1 无道岔区间信号布置示意

Fig.1 Signal layout diagram of a railway section without switch

若 S2→S4 设置有外置保护区段 T8,在 CBTC 模式下,列车 A 从 T2 向区间发车,S2→S4 建立成功,S2 点灭绿,列车 A 因保护区段 T8 被占用而运行到 S4 外方一个保护区段长度的位置处停车。在后备模式下,列车 A 从站台轨 T2 向区间发车,S2→S4 因保护区段 T8 被占用而建立失败,S2 保持红灯,列车 A 无法出站。基于以上分析,对无道岔区间,终端在区间的进路设置外置保护区段,若保护区段被占用,则会导致列车无法出站或停在信号机外方,严重影响了运营效率和灵活性。

若 S2→S4 设置有内置保护区段,T8 不是排列进路,则需要检查元素。在 CBTC 模式下,列车 A 从 T2 向区间发车,S2→S4 建立成功,S2 点灭绿,列车 A 运行到 S4 外方一个保护区段长度的位置处停车。在后备模式下,列车 A 从 T2 向区间发车,S2→S4 建立成功,S2 点亮绿,

列车 A 运行到 S4 外方一个保护区段长度的位置处停车。基于以上分析，对无道岔区间，终端在区间的进路设置内置保护区段，即使终端信号机内方区段被占用，也不会导致列车无法出站，提高了运营效率和灵活性。

2.1.2 有道岔区间

图 2 示出有道岔区间信号布置示意。图中，S2 为站台 A 的出站信号机；S4 为区间信号机；T2，T4，T6，T8，T10 和 T12 为物理区段；在 T8 有 P1 道岔。列车 A 从 T2 向区间发车，列车 B 在 T8 上运行。

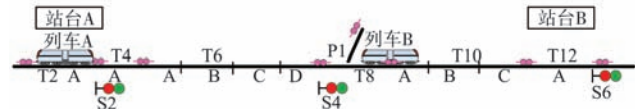


图 2 有道岔区间信号布置示意

Fig.2 Signal layout diagram of a railway section with switch

若 S2→S4 设置有外置保护区段 T8，在 CBTC 模式下，列车 A 从 T2 向区间发车，S2→S4 建立成功，S2 点灭绿，列车 A 因 T8 被占用而运行到 S4 外方一定距离处停车。在后备模式下，列车 A 从 T2 向区间发车，S2→S4 因保护区段 T8 被占用而建立失败，S2 保持红灯，列车 A 无法出站。基于以上分析，对有道岔区间的进路设置外置保护区段。若保护区段被占用，则会导致列车无法出站或停在信号机外方，严重制约了运营灵活性和效率的发挥。

若 S2→S4 设置有内置保护区段，在 CBTC 模式下，列车 A 从 T2 向区间发车，S2→S4 建立成功，S2 点灭绿，列车 A 运行到 S4 外方一定距离处停车。在后备模式下，列车 A 从 T2 向区间发车，S2→S4 建立成功，S2 点亮绿灯，列车 A 正常出站。基于以上分析，对有道岔区间，终端在区间的进路设置内置保护区段，即使终端信号机内方区段被占用，也不会导致列车无法出站，提高了运营效率和灵活性。

2.1.3 区间大小交路运营

列车 A 经过 P1 道岔的侧向小交路运营，如图 3 中①所示，列车 B 经过 P1 道岔的直向大交路运营，如图 3 中②所示。若 S2→S4 进路有设置外置保护区段 T8，在 CBTC 模式下，列车 B 将 P1 锁定在直向位置，列车 B 在离开 T8 后，去除对 P1 和 T8 的锁闭；系统检查到 T8 和 P1 被释放，但因列车 A 离 P1 很近，为保障行车安全，自动在 P1 当前位置将 T8 和 P1 锁闭。列车 A 小交路运行，需要建立 P1 侧向进路，但 P1 被锁在直向位置，进路建立不成功，导致列车 A 非预期停车；在保护锁延时 30 s 被去除后，P1 侧向进路开始建立，列车 A 再重新启动运行。在大运量的线路上，这种保护区段设置方式严重影响了运营效率。

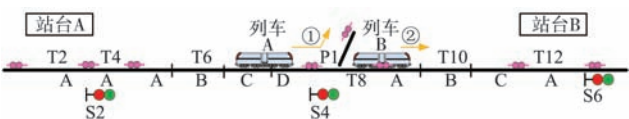


图 3 区间大小交路运营示意

Fig.3 Schematic diagram of running in railway section

若 S2→S4 设置有内置保护区段，列车 B 在离开 T8 后，去除 P1 和 T8 的锁闭；系统检查到 T8 和 P1 被释放后，自动为列车 A 建立 P1 侧向的进路，列车 A 不停车通过 P1 侧向，这种保护区段设置方式提高了运营效率和灵活性。

另外，列车在正线区间高速通过，即便列车停车，ATP 也不会向 CI 发送停稳信息，只有通过延时的手段解锁保护区段^[8]。可见，对区间大小交路运营，外置保护区段严重制约了运营灵活性和效率的发挥，保护区段设置应采用内置方式才有利于提高运营效率和运营组织的灵活性。

2.2 非折返站保护区段

基于保护区段的设计原则，在站台也需要根据不同场景进行分析，制定具体的设置方案，以确保信号系统在站台指挥列车运营的高效率和高灵活性。

2.2.1 无道岔站台

无道岔站台信号布置如图 4 所示，其中 T6 为站台轨；S2 为区间信号机，S4 为出站信号机；T2，T4，T6，T8 为物理区段。列车 A 从区间进入站台 A，列车 B 运行在下一区间。因站台要上下客，需要车门与屏蔽门精确对位，且列车要高速进站，而站台延长的工程成本很大，为此，到站台的进路需设置外置保护区段。

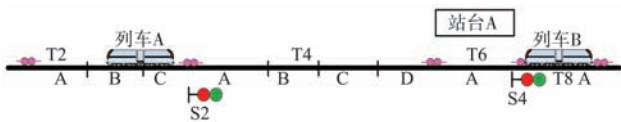


图 4 无道岔站台信号布置示意

Fig.4 Signals layout of a platform without switch

如图 4 所示，S2→S4 设置有外置保护区段 T8，列车 A 从区间驶向站台 A。在 CBTC 模式下，S2→S4 建立成功，S2 点灭绿，因 T8 被占用，列车运行到站台外方停车；列车 B 驶离 T8 后，保护区段自动建立，列车 A 高速进站并与屏蔽门精确对位后停车。在后备模式下，只有在保护区段 T8 出清，S2→S4 才能建立成功，S2 点亮绿，列车 A 高速进站并精确停车。

2.2.2 有道岔站台

有道岔站台信号布置示意如图 5 所示，其中 S2 为区间信号机，S4 为出站信号机；T2，T4，T6，T8 为物理区段，在 T8 区段有 P1 道岔。列车 A 从区间驶向站台 A，列车 B 在 T8 上运行。

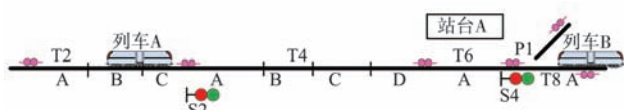


图5 有道岔站台信号布置示意

Fig.5 Signal layout of a platform with switch

如图5所示, S2→S4设置有外置保护区段 T8, 列车 A 从区间向站台 A 发车。在 CBTC 模式下, S2→S4 建立成功, S2 点灭绿, 但因 T8 被占用, 列车 A 运行到站台外方停车; 在列车 B 离开 T8 后, 保护区段自动建立并锁闭 P1, 列车 A 高速进站并精确停车。在后备模式下, 只有在 T8 空闲且 P1 位置正确时, S2→S4 才能建立成功, 此时 S2 点亮绿, 列车 A 高速进站并精确停车。

在实际运营中, 列车高速进站并精确停车后, ATP 会向 CI 发送停稳信息, 保护区段马上解锁。针对有道岔和无道岔站台, 其保护区段设置采用外置方式, 不仅有利于提高运营效率和运营组织的灵活性, 而且还能够节省建设成本。

2.2.3 站台大小交路运营

列车 A 经过 P1 道岔的侧向小交路运营, 如图 6 中①所示, 列车 B 经过 P1 道岔的直向大交路运营, 如图 6 中②所示。S2→S4 设置外置保护区段 T8, 在 CBTC 模式下, 列车 B 运行时将 P1 锁定在直向位置, 列车 B 离开 T8 后, 去除 P1 和 T8 的保护锁, 系统自动为列车 A 建立保护区段并将 T8 和 P1 锁闭。若列车 A 没有压上 T6, 系统转动 P1 道岔到侧向后锁闭 T8 和 P1; 若列车 A 已压上站台轨道, 根据 P1 当前位置把 T8 和 P1 锁闭。列车 A 高速进站并精确停车后, 立即向 CI 发送停稳信息并解除 T8 和 P1 的锁闭, 即使 P1 被锁闭在直向位置, 系统也可很快排列出 P1 侧向进路, S4 被开放, 列车 A 继续运行^[9]。

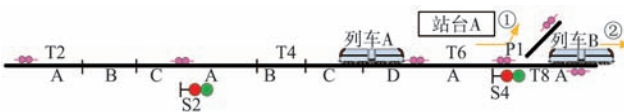


图6 站台大小交路运营示意

Fig.6 Schematic diagram of running in platform

列车在站台一般需要高速进站并保证车门与屏蔽门精确对位, 以方便乘客上下。此外, 为节省工程建设的成本, 到站台的进路设置一般采用外置保护区段的方式。

2.3 折返站保护区段

折返站指列车在此站经换端操作后进入另一方向的线路运行, 图 7 示出折返站台信号布置示意。图中, 站台 A 为折返站; T1~T7, T9 为物理区段, T1 为折返轨; S4 为折入信号机, X3 为折出信号机, X1 和 S6 为尽头线信号机。进入站台 A 的进路为 S2→S4, 折入进路为 S4→X1, 折出进路为 X3→X7; 列车 A 正在进站, 列

车 B 驶入折返轨正在换端。

如图 7 所示, S2→S4 保护区段设置采用外置方式, 根据 P1 的位置, 保护区段有直向保护和侧向保护。列车在折返轨精确停车后进行换端, S4→X1 需设置保护区段。若折返轨足够长, 则可内置; 否则采用外置方式。由于 X3→X7 为折出进路并为进站进路, 因此需要设置外置保护区段。

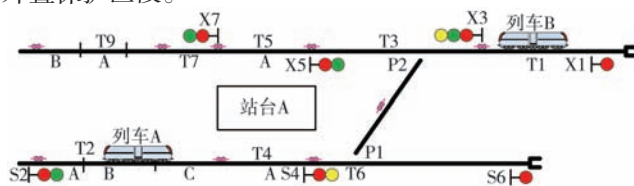


图7 折返站台信号布置示意

Fig.7 Signals layout of turn back platform

列车 A 进入站台, 需要对 T6 和 P1/P2 进行保护锁闭; 列车 B 换端后, 需建立 X3→X7 的折出进路。若为列车 A 建立 P1/P2 侧向保护区段, 则列车 A 在进站停稳前, 列车 B 的折出进路 X3→X7 无法建立成功, 这对运营效率会有很大的影响, 为此, 折返站进站进路的保护方向优先考虑直向^[10]。

2.4 存车线保护区段

列车可在存车线路上存放进行待避, 如图 8 所示的 T7 物理区段。S6→S8、X11→S8、X3→X9 为进入存车线进路, X9→X13、X9→S2、S8→X1 为驶出存车线进路。下面主要对驶入存车线进路的保护区段设置原则进行分析; 驶离存车线进路按照进路终端是在区间或在站台进行相应设置, 这里不再进行分析。

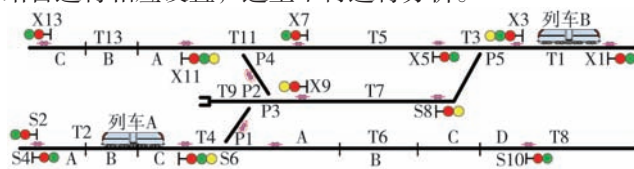


图8 存车线信号布置示意

Fig.8 Signal layout of storage line

存车线与主线路通过单动道岔相连接, 如 T7 与 T3 通过 P5 相连接, 对端驶入存车线的进路保护区段宜采用内置保护区段。如 S6→S8, X11→S8 的保护区段, 若采用外置方式, 即为 P5 侧向区域; 进路建立后, P5 被保护锁闭为侧向, 此时通向 X3 的进路则不能建立, 这对运营组织有较大影响。因此, 该运营条件下的进路保护区段宜采用内置方式。若必须采用外置方式, 在列车运行图中需考虑列车冲突检查, 以减少对运营效率的影响^[11]。

存车线与主线路通过渡线道岔相连接, T7 与 T4、T11 线路通过 P2/P1、P3/P4 连接, 从对端驶入存车线进路保护区段可采用外置方式, 优先道岔直向保护位置。X3→X9 保护区段采用外置方式, 其保护位置有 P3 直向和 P2 直向、P3/P4 侧向、P3 直向和 P2/P1 侧向。

X3→X9 建立保护区段中，道岔位置优先锁闭在 P3 直向和 P2 直向位置，通过 S6，X7 和 X11 的进路可正常建立，对运营组织没有影响；若保护区段中道岔被锁闭在其他位置，以 S6，X7，X11 为始端的进路都不能被建立，这对运营将产生影响，需要对运行图进行冲突检查处理。

2.5 转换轨保护区段

转换轨为正线与段/场接轨的区域，如图 9 所示的 T1 物理区段，列车在转换轨实现运营或非运营之间的转换。X1→X5 作为进入正线进路投入运营，X3→XR 作为驶出正线进路退出运营；另外，XC→X1 为段/场驶入转换轨进路。

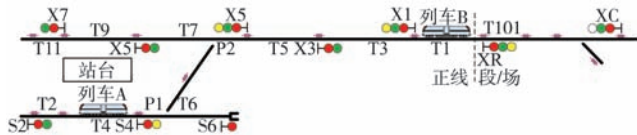


图 9 转换轨信号布置示意
Fig.9 Signal layout of transfer track

列车在转换轨需要精确停车，并尽快完成筛选，升级到 CTC 投入运营。如图 9 所示，XC→X1 设置有外置保护区段 T3，列车 A 在 T5 进行折返作业，S4→X3 需设置保护区段 T3，从而 XC→X1 和 S4→X3 互为敌对进路。出段/场进路与折返进路都采用外置保护区段的方式，任一方进路的排列都会导致另一方进路不能被建立，从而严重影响运营效率，为此折返进路需采取内置保护区段的方式。

列车进入转换轨所需的进路设置有外置保护区段，在正线与段/场交界处需要征用对方的区段作为本方进路的保护区段，如 X3→XR 设置的保护区段 T101 为段/场区段。为提高列车出段/场效率，T3 一般被划分为两个物理区段（T3-1 和 T3-2），在列车通过 T3-1 进入 T3-2 后，下一条出段/场进路就可以建立成功，提高了运营效率和运营组织的灵活性。

2.6 保护区段设置原则

通过 2.1~2.5 节对区间、站台、折返轨、停车线和转换轨的保护区段设置的分析，正线各种线路场景下保护区段设置原则如下：

- (1) 终端在区间进路的保护区段采用内置方式。
- (2) 终端在站台进路的保护区段采用外置方式。
- (3) 折返轨与段/场不连接，折入进路的保护区段采用内置或外置方式均可。
- (4) 折返轨与段/场相连接，折入进路的保护区段采用内置方式^[12]。
- (5) 存车线与正线通过单动道岔相连接，对端驶入存车线进路的保护区段，宜采用内置方式；若为外置方式，则需检查列车冲突。
- (6) 存车线与正线通过渡线道岔相连接，对端驶入存车线进路的保护区段可采用外置方式，优先选择对正线影响小的保护方向。
- (7) 段/场驶入转换轨进路的保护区段采用外置方式。
- (8) 正线与段/场交界处进路的保护区段采用外置方式，保护区段宜采用对方站的物理区段。

3 现场应用

长沙轨道交通 4 号线一期工程线路全长 33.5 km，设有 25 座车站（其中换乘站 13 座），全线列车 6 辆编组，初期配属车数量为 32 列/192 辆。系统储备运能按照大交路开行对数 20 对/h、小交路开行对数 10 对/h 的列车控制规模设置。全线有道岔 57 组、信号机 153 架、进路 251 条，每条进路都需要设置保护区段，每个保护区段设置的合理性都需要测试验证。2018 年，经近百轮的测试验证，确定本文论述的设置原则为每条进路设置了最合理的保护区段。以下对其正线核心的折返站—罐子岭站的设置情况进行详细介绍。

图 10 示出罐子岭站信号布置示意，长沙轨道交通 4 号线罐子岭站为正线与车辆段相交的折返站。其中，T1809 和 T1810 为站后折返轨，T1817 和 T1818 为站台轨且 T1818 兼作站前折返轨，T1801 和 T1802 为转换轨，XR-XCD 和 XC-XCD 为进入星城车辆段的进段信号机，S1802 和 X1801 为进入正线信号机，X1803 和 S1804 为驶出正线信号机。

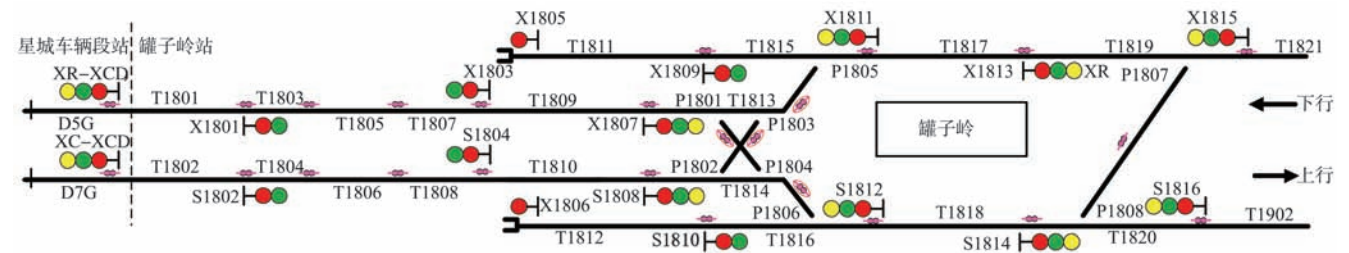


图 10 罐子岭站信号布置示意
Fig.10 Signal layout of Guanzi Lin Station

X1815→X1811, X1815→S1812, S1808→S1814, X1807→S1814, X1807→X1813, S1810→S1814, X1809→X1813的进路终端为站台, 则保护区段设置采用外置方式。如X1815→X1811的P1805直向保护区段为T1815, P1805侧向保护区段为T1815和T1813。

对S1814为始端、X1813为进路终端的区间, 保护区段采用内置方式; 折返轨T1801和T1802与车辆段相连接, X1811→X1803和X1811→S1804是进入折返轨的进路, 保护区段采用内置方式; 对X1803→XR-XCD, S1804→XC-XCD为正线进入转换轨的进路, 保护区段采用外置方式; 以X1801和S1802为终端的进路是车辆段进入转换轨进路, 保护区段采用外置方式。

X1815→X1811侧向保护区段与折返轨T1809和T1810折出进路部分区段共用, 构成互为敌对; 在X1815→X1811建立保护区段时, 优先选择P1805直向。

长沙轨道交通4号线罐子岭站近一年的载客试运营结果表明, 其保护区段设置完全满足行车间隔平峰期9'6"、节假日最短7'4"的要求; 另外, 通过运营组织优化, 其平峰期和高峰期行车间隔已分别被压缩至7'24"和6'37"。这对本文所提保护区段设置原则的有效性是很好的验证。

4 结语

本文以长沙轨道交通4号线实际线路不同的线路场景为例, 对进路保护区段和保护方向的作用、原理和设置基本原则进行介绍, 详细分析正线的站台、区间、存车线、折返线、转换轨保护区段的内置和外置方式对运营效率、运营组织的灵活性和工程建设成本的影响, 并制定了合理的设置原则, 为列车安全、高效的运营提供保证措施。保护区段的合理设置, 有利于节约工程成本、

避免列车运营冲突和非预期停车, 可大大提高运营组织的灵活性、便捷性和高效性, 将其在当前轨道交通行业进行推广应用有着重要的现实意义。

随着计算机技术的发展, 加强信号系统和牵引制动系统的高度融合研究, 如信号车载设备和牵引制动设备的一体化设计, 可提高列车自动运行速度及停车的控制精度和灵敏度, 减少对保护区段的依赖, 这是城市轨道交通信号系统下一步研究方向。

参考文献:

- [1] 中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会. 城市轨道交通CBTC信号系统行业技术规范—CI子系统规范: CZJS/T 0031-2015[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.
- [2] 蒋绪潮. 城市轨道交通信号CBTC系统控制探讨[J]. 科学与信息化, 2019(10): 154, 160.
- [3] 杨超. CBTC系统移动授权功能分析[J]. 通讯世界, 2017(12): 255-256.
- [4] 唐世军, 徐意, 王鲲. 确定CBTC系统保护区段长度的仿真方法研究[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(4): 166-169.
- [5] 国家铁路局. 铁路车站计算机联锁技术条件: TB/T 3027-2015[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.
- [6] 宿秀元. 城市轨道交通CBTC系统中保护进路相关功能的研究[J]. 铁道通信信号, 2015(4): 84-86, 89.
- [7] 孟军, 尹逊政, 李亮. CBTC系统中保护区段的计算与优化[J]. 铁路计算机应用, 2015(3): 50-53.
- [8] 刘江, 谢鲲. CBTC系统在车站保护区段的解锁优化方案[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(8): 55-58.
- [9] 胡梦. CBTC系统中的联锁技术研究[J]. 工程技术研究, 2018(5): 115-116.
- [10] 肖楠. 城市轨道交通信号控制系统研究[J]. 中国新通信, 2018, 20(8): 76.
- [11] 侯俭磊. ATS系统进路冲突检测功能实现探究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2017(4): 62-64.
- [12] 陈卫华, 张成国. 保护区段对行车折返效率影响的分析[J]. 铁路计算机应用, 2017(9): 60-63.

声明

为顺应网络环境下期刊出版的新要求, 促进期刊网络出版进程, 凡被本刊录用的论文, 在《中华人民共和国著作权法》的框架内, 其复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权等权利在全球范围内一并转让给《控制与信息技术》编辑部及其授权的第三方使用, 本刊一次性支付作者著作权使用报酬(即稿费, 包括印刷版、光盘版和网络版等各种版本的稿酬)。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明。

《控制与信息技术》编辑部