

全自动无人驾驶系统中的列车快速筛选方法分析

李 强 朱浩鹏 罗 欣

(中交铁道设计研究总院有限公司,100088,北京//第一作者,工程师)

摘 要 针对城市轨道交通全自动无人驾驶系统的特点,介绍了一种列车的快速筛选方法。详细阐述了此快速筛选方法的原理,从基本条件设置、非通信列车的检测及区域控制器的管理等方面,论述了保障筛选方法可靠性和可用性所需设置的原则及条件。

关键词 城市轨道交通;无人自动驾驶系统;列车筛选;区域控制器;非通信车

中图分类号 U284.48+3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.030

Analysis of Train Rapid Selection for Automatic Unmanned Driving Operation System

LI Qiang, ZHU Haopeng, LUO Xin

Abstract Aiming at the characteristics of automatic unmanned driving operation system adopted in urban rail transit, a rapid selection method of the system is introduced. In this paper, the principle of rapid selection method is elaborated, fundamental settings needed for reliability and availability of the rapid selection method are introduced from aspects of basic conditions, detection of non-communication trains and area controller management.

Key words urban rail transit; unmanned driving operation system; train selection; zone controller; non-communication train

Author's address CCCC Railway Consultants Group Co., Ltd., 100088, Beijing, China

随着城市轨道交通的迅猛发展,全自动无人驾驶系统技术日趋成熟,也逐渐成为城市轨道交通的发展趋势。在无人驾驶的情况下,城市轨道交通对信号系统保障安全和提高效率等方面也提出了更高的要求,而列车的筛选作为信号系统的一个重要功能,是信号系统保障行车安全的重要环节。

在列车进入 CBTC(基于通信的列车控制)模式前,需要对其前后是否隐藏有非通信车进行检查。这一过程称为筛选。非通信车是指没有位置报告信息的车。

列车筛选是为了确保正要获得移动授权的列车前后没有隐藏的列车,从而保障行车安全。如图 1 所示,若在列车 T1 和 T2 之间存在 1 列非通信列车,那么将列车 T2 的移动授权设置到列车 T1 的车尾就可能发生危险。因此,信号系统在 ZC(区域控制器)中设计了一种列车筛选的算法,用于判断 1 列通信列车的前方或者后方是否隐藏了其他列车。列车能被筛选通过,是其能够获得移动授权的前提。

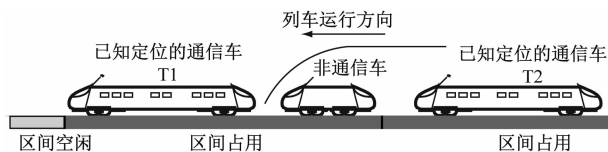


图 1 隐藏非通信车情况简图

1 传统的列车筛选方法

现有的信号系统筛选非通信列车的原理如图 2 所示。

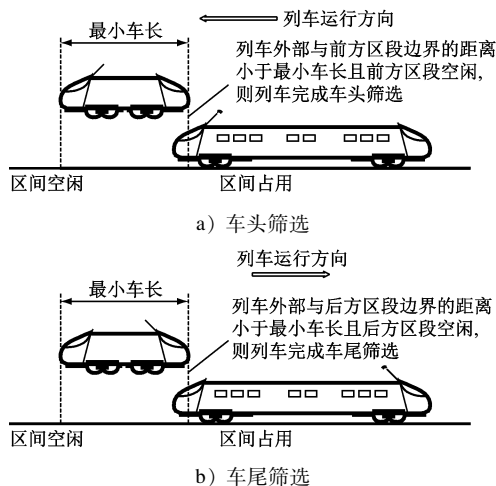


图 2 传统筛选方法图示

筛选的过程在于对比列车的位置和区段边界的距离。ZC 在列车筛选完成之前,会给该列车的前方和后方分别设置 1 列假设列车。并且信号系统还会定义 1 个最小车长。最小车长应小于线路上可

以运行的最小列车长度。筛选包括车头筛选和车尾筛选两部分：

(1) 车头筛选:如列车外部位置和前方区段边界的距离大于最小列车长度,并且前方轨道区段未占用,则 ZC 将保留前方的假设列车;如列车外部位置和前方区段边界的距离小于最小列车长度,并且前方轨道区段未占用,则 ZC 将清除前方的假设列车。

(2) 车尾筛选:如列车外部位置和后方区段边界的距离小于最小列车长度,并且后方轨道区段未占用,则 ZC 将清除后方的假设列车。

传统的列车筛选方法已经普遍应用于城市轨道交通线路 CBTC 系统中。这种传统的筛选方法的主要缺点就是需要人工驾驶列车在未进入 CBTC 模式之前的低速状态下完成。

2 快速列车筛选方法

基于无人驾驶系统的特点,本文介绍一种适用于无人驾驶系统的快速筛选方法。这种筛选方法的思路是:如果 CBTC 系统能准确掌握可以在本条线路运行的所有列车(包括工程车等)的定位信息,那么 CBTC 系统就可以对所有列车完成筛选。

具体方法如下：

(1) CBTC 系统将所有列车分为三类:a 类为定位在正线上的列车,b 类为定位在非正线上的列车,c 类为无明确定位信息的列车。这里的“正线”是指所有被通信覆盖的区域(包括正线、停车库等),而“非正线”表示没有通信覆盖、但有联锁设备管理的区域(如车间等)。为了便于描述,本文将“非正线”称为“车间”。

(2) 针对上述 3 类列车,CBTC 系统分别建立 3 个集合:集合 A、集合 B、集合 C。

(3) CBTC 系统对 3 个集合进行判断。如果集合 C 为 \emptyset ,则立即将所有列车完成筛选。

根据筛选方法的特点,本文将这种快速筛选方法定义为“立即筛选”(见图 3)。

3 “立即筛选”方法的基本要求

为了保证“立即筛选”方法的可靠性和可用性,CBTC 系统需要设置一系列的条件和原则。

3.1 基本条件设置

所有可以在线上运行的车都可以被信号系统定位。即所有列车(包括工程车等)都具有车载设

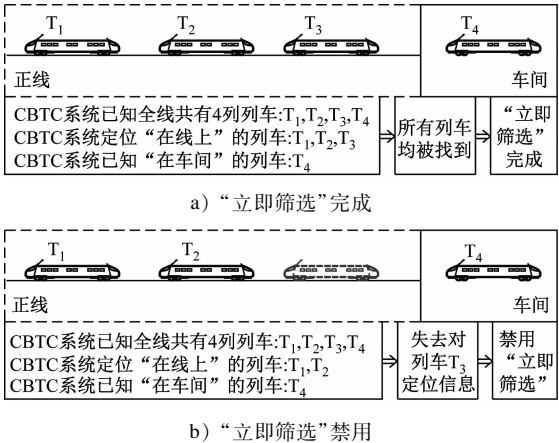


图 3 “立即筛选”示意图

备,可用于列车定位,并与轨旁设备进行通信。

正线和每个车间各需要有 1 个过渡区段来分隔开。过渡区段设置在正线上,长度应大于线上最长列车的长度。列车可在正线和车间运行。CBTC 系统通过列车进出过渡区段来实现列车位置信息的自动更新。过渡区段如图 4 所示。

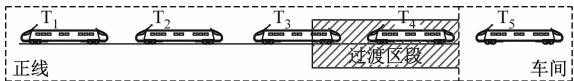


图 4 过渡区段示意图

根据图 4 所示情况,有:① T_1 和 T_2 定位在正线上,系统将其归为集合 A;② T_3 有一部分定位在正线上,一部分在过渡区段,系统也将其归为集合 A;③ T_4 完全处于过渡区段,系统将其归为集合 B;④ 系统已知 T_5 在车间中,系统将其归为集合 B;⑤ 如果除了 $T_1 \sim T_5$ 外;还有 1 列没有定位信息的列车,那么就将这列车归为集合 C。

3.2 非通信车的检测

CBTC 系统要确保没有非通信车进入正线。如果 CBTC 系统认为 1 列列车在车间内,而这列列车实际却失去了通信,并在系统不知情的情况下通过过渡区段进入了正线。此时,CBTC 系统仍会信任已经判断好的 3 个集合 A、B、C,仍会对所有列车完成筛选。在这种情况下,CBTC 系统的列车筛选就是错误筛选。

为了避免上述情况的发生,CBTC 系统需要设置条件来保证不会有非通信车在不知情的情况下进入正线。设置条件为:如果 CBTC 系统检测到与过渡区段紧邻的区间被 1 列除已知定位外的其他列车占用,那么 CBTC 系统就认为可能有非通信车进出正线(如图 5 所示)。

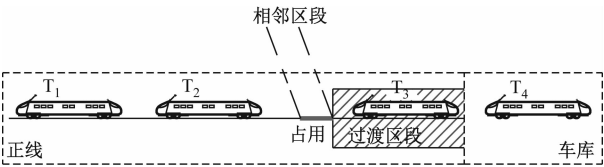


图 5 非通信车检测示意图

一旦 CBTC 系统发现有非通信车进出正线,那么 CBTC 系统就会认为集合 B 不可信,并将集合 B 内的列车全部划归到集合 C ,同时“立即筛选”也会被禁用。

为了实现对非通信车的检测,需要在车库进入过渡区段前设置至少 2 个信标用于消除列车的定位误差;需要在过渡区段和其相邻区段设置轨道占用检测设备,来检测这 2 个区段的轨道占用情况。

另外,筛选过程中的列车不减速行驶,考虑到通信时延的影响,在 ZC 收到联锁传来的轨道占用信息之前,“立即筛选”要被禁用,从而避免由于通信时延造成错误的筛选。

在 CBTC 系统初始化阶段或发现非通信车进出正线的时候,CBTC 系统会认为集合 B 是不可信的。为了实现立即筛选,CBTC 系统要允许调度员通过人机界面(VHMI)将在车库中的列车录入到集合 B 中。

3.3 ZC 的管理

线路全线由多个 ZC 来分段管理。为了使 CBTC 系统可以对全线所有的列车信息进行统筹计算和授权“立即筛选”,需要设置 1 个主 ZC 。主 ZC 与 ZC 的关系如图 6 所示。二者在筛选中的功能和权限见表 1。

(1) ZC 负责追踪其管理范围内的列车,并将它们分为 3 个集合:在线上的车,在过渡区段的车,是否有非通信列车出/入正线。然后,将这些数据发送给主 ZC 。

(2) 主 ZC 负责计算和存储每列列车的分类情况,并将“立即筛选”的权限下达到线上的每个 ZC 。

如果 ZC 检测到某一列车为“在过渡区段的车”,主 ZC 就会将它归到集合 B ;相反,只要 ZC 检测到这列列车为“在线上的车”而不是在“在过渡区段的车”,那么主 ZC 就会将它从集合 B 中清除,并归到集合 A 。

如果某个 ZC 向主 ZC 发送“可能有非通信车进出车间”的信息,而主 ZC 无法判断到底是哪一列列车,为了保证安全,CBTC 系统就会将原本在集合 B 里的所有列车都清除,并归到集合 C 。

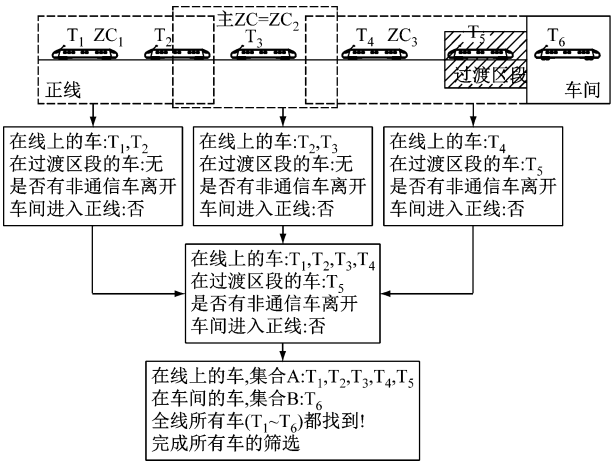


图 6 主 ZC 和 ZC 关系示意图

表 1 ZC 与主 ZC 在筛选过程中的功能和权限

项目	ZC	主 ZC
功能	检测和发送列车信息	接收和计算
权限	可以禁用自己的“立即筛选”,但不能授权“立即筛选”	可以授权和禁用所有 ZC 的“立即筛选”

如果某个 ZC 管理范围内有列车失去定位,那么这个 ZC 就会立即停止“立即筛选”,直到主 ZC 重新给这个 ZC “可以立即筛选”的授权。

在两个相邻 ZC 的重叠区内,相邻的 ZC 会将重叠区的列车信息进行交互,并核实是否一致。如果不一致, ZC 就禁用“立即筛选”的权限。

综上所述,CBTC 系统通过设置过渡区段和主 ZC 等条件来实现立即筛选的过程,并通过一系列原则判定来保证 CBTC 系统对列车定位的准确性,从而保证了这种方法的可靠性。

4 结语

本文介绍了一种无人驾驶系统的列车快速筛选方法。这种方法能在不需要司机干预的情况下,快速地完成对线上所有列车的筛选过程,可有效地应用在城市轨道交通的无人驾驶信号系统中,并可以大大地提高系统的运行效率。

参考文献

[1] 北京市规划委员会. 地铁设计规范: GB 50175—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

[2] 徐恒亮, 薛强. CBTC 系统中筛选工程车连挂方法研究[J]. 铁路通信信号, 2015(6): 82.

[3] 王洪波, 高玉. 城市轨道交通 CBTC 列车分离技术研究[J]. 河南科技, 2016(1): 116.

(收稿日期: 2018-03-16)