

计算机联锁系统中逻辑区段状态定义与功能设计

张伟 蔡婷昀 秦怀阳

(上海富欣智能交通控制有限公司,201203,上海//第一作者,工程师)

摘要 区域控制器-车载控制单元通信存在列车定位的位置不确定性及通信延时的不确定性。从计算机联锁系统的角度,基于新的应用逻辑对逻辑区段的占用状态进行详细定义,其中包括多列车追踪区域的逻辑区段状态集定义。逻辑区段占用状态的新定义,可有效兼顾传统逻辑区段应用的高效率和高可靠性。基于逻辑区段的新定义,在计算机联锁系统中设计了设备故障判断和定位、配置数据的一致性判断、基于逻辑区段的多列车追踪和区段解锁等新业务功能。

关键词 城市轨道交通; 计算机联锁系统; 逻辑区段

中图分类号 U284.36⁺2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.08.020

Status Definition and Function Design of the Logic Block in Computer-based Interlocking System

ZHANG Wei, CAI Tingyun, QIN Huaiyang

Abstract According to the uncertainties of ZC/OBCU (zone control/on-board control unit) in train positioning, and the ZC and CBI (computer-based interlocking system) communication delay, the occupied status of logic block is defined in detail based on new application logic from the CBI point of view, which includes the definition of logic section block status set in the multiple train tracking area. Since the new definition could take into account the high efficiency and reliability of traditional logic block application, base on which new functions in CBI are designed, including the equipment fault diagnosis and location, configuration data consistency judgment, multiple train tracking and section unlocking on the logic blocks.

Key words urban rail transit; computer-based interlocking system; logic block

Author's address Shanghai Fuxin Intelligent Transportation Solution Co., Ltd., 201203, Shanghai, China

在轨道交通 CBTC(基于通信的列车控制)系统中,较长的物理区段(一般是计轴区段)被划分为若干较短的区段。这些短区段没有轨旁的物理监测设备,主要由 ZC(区域控制器)基于控区内列

车的位置信息通过逻辑分析来判断其占用状态,因此被称作逻辑区段^[1]。

在联锁系统中,使用逻辑区段可以提高列车定位精度,辅助计轴故障检测,对实现 CBTC 系统中通信车和非通信车的混跑起到了关键作用^[1-2]。但是,由于 ZC-OBCU(区域控制器-车载控制单元)存在对列车定位不确定性和通信延时等问题,故使用逻辑区段时也会面临一些新的问题,比如:如何综合判定区段占用状态,如何判定数据不一致时的故障方,某些场景下导致列车意外紧急停车或无法获得授权等^[3]。

本文尝试提供一种新的逻辑区段应用逻辑,以充分发挥逻辑区段的优势并解决目前使用中遇到的一些问题。

1 逻辑区段的占用状态定义

传统的区段状态定义就是占用和空闲。逻辑区段的状态由 ZC 根据区域内列车的位置信息给出。出于安全原则,ZC 会根据列车的最大包络来判断,也就是与列车最大包络有交叉的逻辑区段,全部判定为占用状态,其它区段为空闲状态。这样的判断方式比较简单,但是忽略了列车位置不确定性对逻辑区段真实占用状态的影响,因此需要引入一个较复杂的新逻辑区段占用状态定义,如图 1 所示。

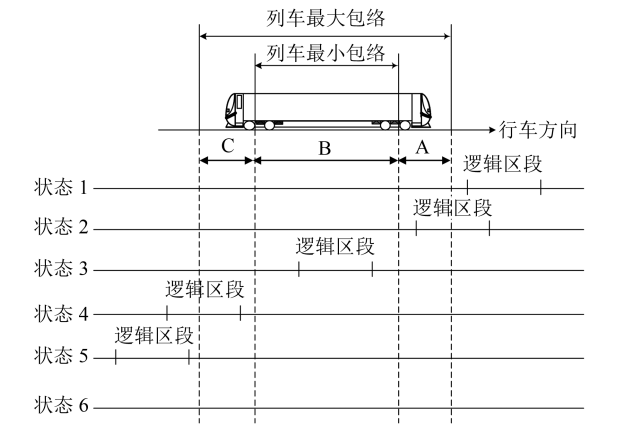


图 1 新逻辑区段的占用状态定义示意图

如图1所示,按照行车方向,车头最大包络和最小包络之间的区域定义为A,列车最小包络之间的区域定义为B,车尾最大包络和最小包络之间的区域定义为C。根据逻辑区段的区域与列车A、B、C三个区域的交叉关系,定义逻辑区段的6个状态:

- 状态1:列车驶向逻辑区段,但A、B、C三个区域都和逻辑区段的区域无交叉。
- 状态2:仅有列车区域A和逻辑区段的区域有交叉。
- 状态3:列车区域B和逻辑区段的区域有交叉。
- 状态4:仅有列车区域C和逻辑区段的区域有交叉。
- 状态5:列车驶离逻辑区段,且A、B、C三个区域都和逻辑区段的区域无交叉。
- 状态6:未知状态,由ZC-CBI(计算机联锁)系统通信异常或区域内有非通信列车等信息不完整的原因所导致。

如果考虑2列列车甚至多列列车与逻辑区段的相对位置关系,可以定义更多的逻辑区段状态。在不同的功能场景中,通过不同的逻辑状态可以实现相关的功能。

2 逻辑区段的新业务功能

2.1 基于逻辑区段和物理区段的双向故障判断

1个物理区段(以计轴区段为例)可被划分为若干逻辑区段。CBI对于该物理区段的占用状态判断信息来自于计轴区段状态信息和物理区段中几个逻辑区段的状态信息。如果这些信息间存在矛盾,那么必然是有1个数据来源的设备出现了故障。

1) 典型故障1:计轴区段状态为占用^[4],而区段内几个逻辑区段的状态均为“状态1”或“状态5”,且计轴设备并未报警故障受扰。这必然是计轴设备或ZC-OBCU设备发生了故障。结合故障发生前若干秒内的逻辑区段和计轴区段状态变化趋势,能进一步判定故障方。例如,如果此前列车驶向该计轴区段,且已占用过最靠近该计轴区段的逻辑区段,那么可判断为ZC/OBCU的列车定位功能发生故障;如果此前列车离该计轴区段距离就较远,那可判断为计轴设备发生故障。只有在判断计轴设备发生故障的情况下,才需要对计轴区段进行复位处理。这有效提高了运营效率^[5]。

2) 典型故障2:计轴区段状态为空闲,而区段

内某个逻辑区段的状态为“状态3”,且计轴也并未报故障。这也必然是计轴设备或ZC-OBCU设备发生了故障。同样,结合故障发生前若干秒内的逻辑区段和计轴区段状态变化趋势,就能进一步判定故障方。例如,如果此前列车驶向该计轴区段,且最靠近列车的那个逻辑区段状态为状态3,那么应该判断为计轴设备发生了故障;如果此前列车离该计轴区段距离就较远,那么应该判断为ZC-OBCU的列车定位功能发生了故障。

上述2个典型故障分析,是基于CBTC系统正常运营时的故障分析。如果CBTC系统仍在调试阶段,还需考虑配置数据不一致的可能性。

此外,如果考虑多列列车及道岔区段等复杂场景,还可进行更复杂的故障源判断。

2.2 基于逻辑区段状态变化的进路始端信号关闭和区段解锁

当列车驶入1条进路时,CBI系统有两项重要的任务:①当列车驶入始端信号机内方后,要关闭始端信号机;②当列车驶离时要自动解锁列车驶离区段。引入逻辑区段能提高CBI系统执行这两项任务的效率。但受列车位置的不确定性及通信延时等因素影响,还可能会出现信号机提前关闭或者区段提前解锁而导致列车紧急制动的问题^[3]。基于新的逻辑区段状态定义,可有效规避上述问题,实现效率和可靠性的平衡。

始端信号机关闭的时机为信号机内方第1个逻辑区段的状态由“状态2”变为“状态3”,如图2所示。

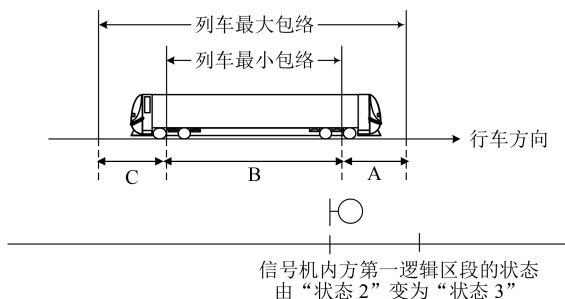


图2 进路始端信号机的关闭时机

此外,列车在进路行进的过程中还可做如下的安全判断和操作:

- 进路内每个逻辑区段的状态都应依次经历“状态1”到“状态5”(除了要特殊处理的目的地区段);否则,依据综合列车速度及逻辑区段长度等信息,可判断逻辑区段的状态发生了故障。

- 相邻逻辑区段的状态应该为相同的状态或者相邻的状态,且与车行方向匹配。该逻辑状态判断与三点检查类似,但比三点检查更严格^[6]。
- 当某一逻辑区段的上游区段已经解锁,且该逻辑区段的状态由“状态 4”变为“状态 5”时,可以解锁该逻辑区段,如图 3 所示。

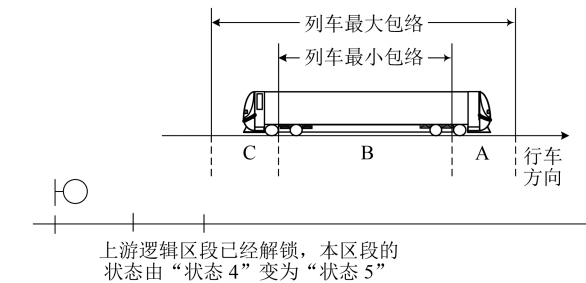


图 3 逻辑区段解锁时机

2.3 基于逻辑区段的多列车追踪和三点检查解锁

为了缩短列车追踪间距,现有的 CBTC 系统允许多列通信列车驶入同一条进路中。此时,由于 CBI 系统无法判断每列列车的具体位置,因此无法对区段进行三点检查解锁^[6]。这在某种程度上降低了运营的安全性。

为解决上述问题,可以对逻辑区段状态定义进一步扩充,引入行车方向相同的 2 列列车,根据前车和后车的位置,对逻辑区段状态的判断结果,综合出全新状态定义,如表 1 所示。

表 1 逻辑区段组合状态表

组合状态	前车状态	后车状态
状态 A	状态 1	状态 1
状态 B	状态 2	状态 1
状态 C	状态 3	状态 1
状态 D	状态 4	状态 1
状态 E	状态 4	状态 2
状态 F	状态 5	状态 2
状态 G	状态 5	状态 3
状态 H	状态 5	状态 4
状态 I	状态 5	状态 5
状态 J	其它组合	其他组合

其中:“状态 J”属于故障状态,还可细分以判断具体的故障源;而处于“状态 D”、“状态 E”和“状态

F”的逻辑区段,就属于前车和后车之间的交界区段。依此信息为基础,即可对每列车占用的逻辑区段进行三点检查解锁了^[7]。而且这是基于逻辑区段状态的、更严格的三点检查。

3 结论

传统的逻辑区段占用状态判断未考虑到列车位置的不确定性及通信延时所带来的影响,从而使逻辑区段的使用受到制约且容易影响 CBTC 系统的可靠性。本文通过扩充逻辑区段的状态定义,将行车方向和列车位置等不确定性因素纳入考虑范围。考虑了多列车追踪区域的逻辑区段状态定义,不仅能有效规避传统逻辑区段的使用缺陷,还能应用于设备故障判断和定位、配置数据的一致性判断及基于逻辑区段的多列车追踪和三点检查解锁等。这些状态的定义和功能的设计,还需和逻辑区段的划分原则、逻辑区段的长度要求、列车长度和最高速度等相匹配,以确保整个设计逻辑的一致性和完整性。

参考文献

[1] IEEE. Standard for Communications Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements; IEEE Std 1474. 1TM—2004[S]. New York, USA: IEEE, 2005.

[2] 国家铁路局. 计算机联锁技术条件:TB/T 3027—2015[S]. 北京:中国铁道出版社,2015.

[3] 王俊高,刘海洋,王鲲. CBTC 系统中的逻辑区段处理方案研究[J]. 铁道通信信号,2014(5): 13.

[4] 李乐. 地铁信号 CBTC 级别下计轴区段红光带故障判断逻辑及应急处置分析[J]. 建材发展导向,2017(10): 218.

[5] 张志倜. 城市轨道交通中计轴区段复位方式的分析[J]. 城市公共交通,2010(12): 46.

[6] 刘正东,杨劲,王成国. 基于 CBTC 系统的地铁联锁算法设计与研究[J]. 中国铁路,2015(10): 86.

[7] 宿秀元. 计算机联锁系统在城市轨道交通应用中的新变化[J]. 铁道通信信号,2011(8): 38.

[8] 张振波. 计算机联锁控制系统的研究与发展趋势[J]. 电子世界,2014(3): 22.

(收稿日期:2018-10-18)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—51030704