

# 基于区域控制器的列车安全位置计算

刘 勇 王 奔

(中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心, 130062, 长春//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 由于通信延时和测距误差的存在,ZC(区域控制器)需根据列车汇报的位置,综合考虑列车当前运行速度和通信延时等因素,进行列车安全位置的准确计算。介绍了 ZC 计算列车安全距离的前提,详细阐述了列车安全位置计算的原理,分别探讨了本 ZC 管辖范围与相邻 ZC 共管区范围的列车安全位置计算原理和计算原则,并总结了不同异常情况的处理原则。

**关键词** 列车; 区域控制器; 安全位置计算

**中图分类号** U284.48

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.04.026

## Calculation of Train Safe Position Based on Zone Controller

LIU Yong, WANG Ben

**Abstract** Due to communication delay and ranging error, the ZC (zone controller) needs to accurately calculate the train safe position according to the train reported position while taking comprehensive consideration of factors such as current running speed and communication delay. The premises for calculating the train safe distance by ZC is introduced, and the principle of calculating the train safe position is expounded. The principle and rule of train safe position calculation in current ZC jurisdiction area and in adjacent ZC common jurisdiction area are discussed respectively, the handling of different abnormal situations are summarized.

**Key words** train; zone controller; safe position calculation

**Author's address** National Engineering Research Center of Railway Vehicles, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

## 1 区域控制器计算列车安全距离的前提

1) 计算前置条件。列车向 ZC(区域控制器)汇报的位置信息需经过合法性校验。

2) 计算的输入信息。输入信息包括:由 VOBC(车载控制器)汇报的列车车头和车尾位置(含列车运行方向),或由相邻 ZC 传递 VOBC 汇报的列车车

头和车尾位置(含列车运行方向)、列车当前速度、列车位置汇报信息的生存周期、ZC 计算系统中定义的列车最大牵引加速度及线路下坡最大坡度,允许退行距离、线路定义的最大运行速度、道岔区段的位置信息、相邻 ZC 与 VOBC 的通信延迟<sup>[1]</sup>。

## 2 安全位置计算原理

### 2.1 本 ZC 管辖范围的列车安全包络

列车安全位置计算原理如图 1 所示。列车的安全包络范围包含了整个列车的长度,含列车安全车头位置和列车安全车尾位置。列车安全车头位置是列车汇报的最大安全前端位置加上列车车头安全包络,列车安全车尾位置是列车汇报的最小安全后端位置加上列车车尾安全包络,如图 1 所示。

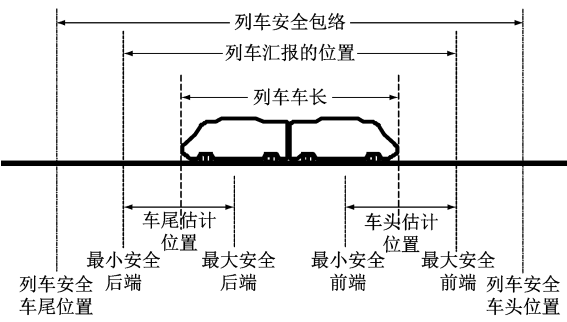


图 1 列车安全位置计算原理

Fig. 1 Calculation principle of train safe position

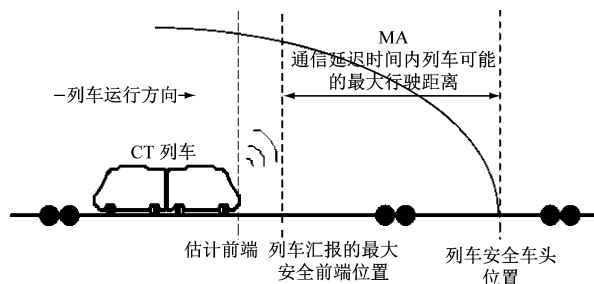
#### 2.1.1 安全车头位置

在列车位置汇报信息的通信延迟时间  $t$  内,ZC 根据当前列车运行速度  $v$  和线路规定的列车最大加速度  $a$ ,计算列车可能的最大前行距离  $s = vt + (1/2)at^2$ 。安全车头位置如图 2 所示。

#### 2.1.2 安全车尾位置

车尾的安全包络须按列车不存在退行风险和列车存在退行风险两种情况进行分析计算。

1) 列车不存在退行风险。当列车汇报的速度方向(车轮旋转的方向)向前,或者列车的当前速度



注:MA 为移动授权范围;CT 列车为通信列车。

图2 安全车头位置

Fig. 2 Train safe front position

小于零速检测最小列车速度(ZC 计算系统配置数据)时,认为列车不存在退行风险。此时的列车安全车尾位置如图3所示。ZC 认为车尾安全位置即为列车汇报的最小安全后端位置<sup>[2]</sup>。

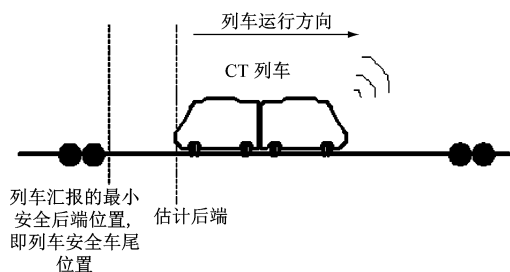


图3 不存在退行风险时的列车安全车尾位置

Fig. 3 Train rear safe position without backing-out risk

2) 列车存在退行风险。当列车汇报的实际运行方向与期望运行方向相反,或者列车速度方向(车轮旋转的方向)向后,且车速大于零速检测最小列车速度时,认为列车存在退行风险。此时的列车安全车尾位置如图4所示。ZC 认为车尾安全位置即为列车汇报的最小安全后端位置+允许退行距离。其中允许退行距离为ZC 子系统配置数据。由于库内车辆限速较低且没有坡度,故库内与正线的允许退行距离是不同的<sup>[3]</sup>。

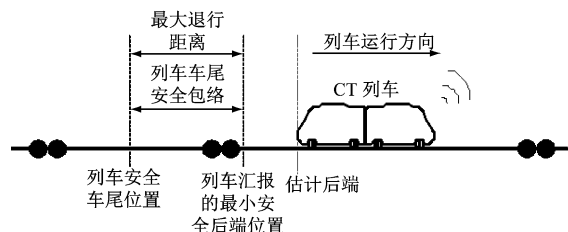


图4 存在退行风险时的列车安全车尾位置

Fig. 4 Train rear safe position with backing-out risk

## 2.2 相邻 ZC 共管区范围内的列车安全位置

当列车运行在相邻 ZC 共管区范围内时,其位

置信息由相邻 ZC 提供,且需要对其安全位置进行计算,计算流程参考本 ZC 管辖范围的列车安全包络。此时, $t = \text{相邻 ZC 的通信延迟 } t_1 + \text{相邻 ZC 与该列车的通信延迟 } t_2$ 。

1) ZC 计算列车安全位置的基本原则为:① 若列车的安全车头包络不满足拓扑结构计算失败,则 ZC 向 CBTC(基于通信的列车自动控制)级别列车(采用 CBTC 系统自动控制级别的列车)发送特殊控制报文,控制列车紧急制动并提示转 RM(限制人工驾驶模式),ZC 不为非 CBTC 级别列车(退出列车自动控制级别的列车)计算 MA 信息。若列车的安全车头位置越过道岔,则将安全车头包络放置在道岔岔心;若列车的安全车头位置未越过道岔,则不对安全车头位置进行处理。② 若列车的安全车尾包络不满足拓扑结构计算失败,则 ZC 向 CBTC 级别列车发送特殊控制报文,控制列车紧急制动并提示转 RM,ZC 不为非 CBTC 级别列车计算 MA 信息。若列车的安全车尾位置越过道岔,则将安全车尾包络放置在道岔岔心;若列车的安全车尾位置未越过道岔,则不对安全车尾位置进行处理。

2) CBTC 级别的列车安全位置计算原则为:① 若 CBTC 列车 MA 未回撤,则列车安全车头包络不越过可保证停车的 MA 终点(列车可以保证无法突破该点);② 若 CBTC 列车 MA 回撤,则列车安全车头包络不会越过回撤前的、可保证停车的 MA 终点;③ ZC 给 CBTC 级别列车发送特殊控制报文时,若列车与前车的运行方向相同,则列车的安全车头位置不能越过前车的最大安全后端;④ ZC 给 CBTC 级别列车发送特殊控制报文时,若列车与前车运行方向相反,则安全车头位置不能越过前车的最小安全前端。

3) 有位置汇报的 RM 列车安全位置计算原则为:① 有位置汇报的 RM 列车与前车的运行方向相同时,该车的安全车头位置不越过前车的最大安全后端;② 有位置汇报的 RM 列车与前车的运行方向相反时,该车的安全车头位置不越过前车的最小安全前端。

4) 静态测试列车安全位置计算原则为:① 当静态测试列车与前车的运行方向相同时,该车的安全车头位置不越过前车的最大安全后端;② 当静态测试列车与前车的运行方向相反时(车头相对),该车安全车头位置不越过前车的最小安全前端。

## 2.3 输出结果

ZC 计算并输出列车车头安全位置(含列车运行方向)、列车车尾安全位置(含列车运行方向)等信息,并记录输出结果。

## 2.4 异常情况处理原则

ZC 为列车计算安全位置时,遇到异常情况的处理原则如下:

1) 当列车与前方列车运行方向相同时,若该列车的最大安全前端位置与前车的最大安全后端有重叠,则 ZC 不为后车计算安全位置信息。

2) 当列车与前方列车运行方向相反时,若该列车的最大安全前端位置与前车的最小安全前端有重叠,则 ZC 不为后车计算安全位置信息。

3) 列车在折返换端后、列车运行方向发生变化的时刻,在安全位置计算时,使用的是上一周期 MA,故此时不满足“CBTC 级别列车安全位置计算原则”,应按照安全位置计算原理计算。

4) 当列车汇报的车头位置与线路终点的距离小于列车安全车头包络距离时,由于列车实际不可能运行越过线路终点,故 ZC 应将列车安全车头位置设置在线路终点位置。

5) 当列车汇报的车尾位置与线路终点的距离小于列车安全车尾包络距离时,由于列车车尾实际不可能处于线路终点外,故 ZC 应将列车安全车尾位置设置在线路终点位置。

6) 当 CT 列车安全车头包络在线路拓扑关系处于道岔中时,若此时 CI(计算机联锁)子系统汇报道岔未锁闭且呈四开状态,或者道岔位置不满足拓扑关系,则无法确定列车安全车头位置在定位还是反位。若此时列车的安全车头位置虽侵入道岔区域却未越过道岔,则列车车头未真正侵入道岔区域,其安全车头位置不进行回撤;若列车的安全车头位置侵入道岔且越过道岔,则安全车头位置回撤至道岔岔尖。当非 CT 列车满足以上条件时,其处理流程同 CT 列车。

7) 当 CT 列车安全车头包络在线路拓扑关系处于道岔中时,若此时 CI 子系统汇报道岔未锁闭且呈四开状态,或者道岔位置不满足拓扑关系,则无法确定列车安全车头位置在定位还是反位。若此时列车实际位置侵入道岔区域,即列车的最大安全前端位置已经侵入道岔区域且越过道岔,则安全车头位置不进行回撤。当非 CT 列车满足以上条件时,其处理流程同 CT 列车。

8) 当 CT 列车安全车尾包络在线路拓扑关系处于道岔中时,若此时 CI 子系统汇报道岔未锁闭且呈四开状态,或者道岔位置不满足拓扑关系,则无法确定列车安全车尾位置在定位还是反位。若此时列车车尾未真正侵入道岔区域,即列车的安全车尾位置侵入道岔区域但未越过道岔,则安全车尾位置不进行回撤;若列车的安全车尾位置侵入道岔且越过道岔,则安全车尾位置回撤至道岔岔尖。当非 CT 列车满足以上条件时,其处理流程同 CT 列车。

9) 当 CT 列车安全车尾包络在线路拓扑关系处于道岔中时,若此时 CI 子系统汇报道岔未锁闭且呈四开状态,或者道岔位置不满足拓扑关系,则无法确定列车安全车尾位置在定位还是反位。若此时列车车尾实际位置侵入道岔区域,即列车的最小安全后端位置已经侵入道岔区域且越过道岔,则安全车尾位置不进行回撤。当非 CT 列车满足以上条件时,其处理流程同 CT 列车。

10) 当道岔的状态未锁闭且呈四开状态时,ZC 无法校正道岔位置。当联锁子系统汇报道岔状态为锁闭时,ZC 能根据进路的锁闭关系获得道岔的实际状态(定位或反位)。

## 2.5 特殊要求

1) ZC 在接收到列车的位置汇报信息时,应对该信息进行合法性检查:① 检查列车实际运行速度,确认其不超过线路定义的列车最大运行速度;② 检查其他 VOBC 与 ZC 定义的相关接口合法性。当信息合法性检查不通过时,ZC 应丢弃此位置汇报信息,不为列车进行安全位置计算。

2) 本功能支持灯泡线。

3) 车载在接收到 ZC 的有效 MA 后,车载确保升级后不会越过 MA 终点再升级。

## 3 结语

本文介绍了基于 ZC 相关功能计算列车安全位置的原理。ZC 根据列车汇报的位置信息,结合列车输入参数,计算本 ZC 管辖范围列车安全位置,并周期性计算相邻 ZC 共管区范围列车安全位置。列车安全位置的计算结果在列车移动授权计算、列车追踪相关功能、辅助运营等功能中均有重要应用。

## 参考文献

- [1] 何芊颖. 基于 TSSM 的车车通信系统车载移动授权模块的建模和验证[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.

(下转第 126 页)