

# 现代城市轨道交通信号的控制方式

杨向飞

(济南工程职业技术学院, 山东 济南 250200)

**摘要** 轨道交通是人们出行的主要工具, 其不仅使城市交通压力得到了有效缓解, 而且具备了环保优势。而在现代城市轨道交通系统中, 信号的有效控制是保证城轨运输效率提高的基础与核心, 确保了列车运行的安全性。本文重点针对城市轨道交通信号控制方式进行了详细分析, 以ATS、ATP、ATO三种控制方式的研究为切入点, 首先阐述了ATS控制方式中列车监视及跟踪功能、自动排列进路、列车自动调整; 其次分析了ATP控制方式中的分级速度、目标距离速度; 最后介绍了ATO控制方式, 进而表明了轨道交通信号中这三种控制方式的合理运用, 以期为推进现代城市轨道交通智能化发展提供有益参考。

**关键词** 现代城市; 轨道交通信号; ATP; ATP; ATO

**中图分类号**: U28

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)07-0016-03

城市轨道交通体系标志着一个城市发展的水平, 可以说在城市快速发展进程中, 轨道交通发挥了非常重要的作用, 其不仅仅是一个城市出行的工具, 更是多种技术手段的合体, 在交通运输领域, 其以较大载客量、高效率、资源节省、安全性能好、噪声低、无污染等优势备受关注, 并且得到了广泛应用。轨道交通与当前国家提倡的节能降耗、绿色可持续发展理念相契合, 是城市建设中交通行业未来发展的主要趋势, 一方面使得城市布局更加合理与优化, 另一方面促进了人们生活水平及质量的提高, 为城市经济增长奠定了良好的基础, 特别是在北、上、广一些大城市, 城市轨道交通成为人们出行的首选。随着城市发展速度日益加快, 轨道交通系统也逐渐完善, 而在轨道交通系统中, 信号控制是重点, 也是促进轨道交通运输效率提高的根本, 保证了居民出行更加安全。换言之, 现代化的城市, 轨道交通信号控制方式的合理化选择以及运用, 一方面关系着运行的安全可靠, 另一方面影响着投资资金、控制成本<sup>[1]</sup>。为此, 现代城市的发展, 应该给予轨道交通信号控制高度重视, 保证不同控制方式要点的掌握, 以便其功能的充分发挥。基于此, 本文重点针对现代城市轨道交通信号的控制方式进行了深层次探索。

## 1 现代城市轨道交通信号ATS控制方式

### 1.1 列车监视和跟踪功能

列车驶入系统能够监测到的区域以后, 车次号、位置信息等一些重要数据会借助计算机显示到监视屏中。此时车次号既可通过人工进行分配, 也可由读取

器自动完成分配, 在整个监控区中均可获取, 直至离开。列车在启动的过程中划分成车站发车、区间停车以后再次发车这两种形式, 前者的启动信号是由车站发出的, 后者则是由区间阶段发出的; 当列车停车的时候包含车站内停车、区间内停车, 前者多为正常停车, 后者则为紧急停车, 此时的区间信号设置成了停车信号。如果监测到列车驶入, 那么这时候就要对区段内设备占用情况进行检查, 判断目前设备占用、前段时间设备占用以及此设备连锁信息, 根据列车当前具体位置, 决定是不是需要让此列车占用新设备, 若需要, 车站控制中心就要将占用请求这一信号发出, 如果返回的是“同意”信号, 那么此时列车便可以占用设备, 并需要向其他列车发出“禁用”信号。如果列车马上就要驶离监控区, 要对释放情况进行检查, 判断列车当前所在位置, 若已驶离, 则将设备占用“出清”信号发出, 同时还要向指挥中心发送“开放”请求信号。在设计列车定位模型时包含车站、岔路口、区间设备等多项信息内容, 需要将列车位置、信号机状态等一些动态图像显示出来。列车追踪时判断其位置要以电路计轴设备、区段占用情况、道岔位置等信息为依据, 计轴区段处于离散分布状态, 表明列车位置并非连续性的。因此, 要实时计算列车进路, 进而获取列车位置, 达到动态监测目的<sup>[2]</sup>。构建模型的时候可通过化整为零原则, 将列车行驶轨迹划分成不同时段通过各个轨道模块的过程, 例如在t时刻运行情况下的计算公式如下:

$$span(t_1, t_2) \begin{cases} t_2 - t_1 (t_2 \geq t_1) \\ t_2 + M - t_1 (t_2 \leq t_1) \end{cases}$$

公式中的  $span(t_1, t_2)$  代表的是列车由  $t_1$  至  $t_2$  时间长度,  $M$  代表的是此轻道区段运行时间长度。如果列车运行路径  $r$  的运行长度是  $L_r$ ,  $t_s$  代表的是由轨道起始出发时刻,  $t'_s$  代表的则是某轨道段到达时刻, 在  $t$  时刻时列车所走长度  $l$  函数  $f_l(r, t)$  则是:

$$f_l(r, t) = L_r \cdot \frac{span(t_s, t)}{span(t_s, t_s)}$$

结合列车运行方向, 由  $r$  首条轨道单元  $gu^r_1$  始依次进行累加。如果列车运行至第  $k+1$  条轨道  $gu^r_{k+1}$  的时候, 运行的长度  $l'$  是:

$$l' = l - \sum_{i=1}^k L_{gu^r_i}$$

根据以上三个公式能够准确地定位  $t$  时刻列车位置坐标, 进而可以将此位置的信号快速发送出去, 以便于调度员或者控制中心精准地找到列车行驶情况。

### 1.2 自动排列进路

在此环节的操作中无需人工参与, 这也在很大程度上降低了时间的损耗率。在列车位置明确的情况下, 会将进路排列命令及时发送至联锁。列车的具体位置代表了其能够将自动排列进路系统启动, 在全面考量了触发点以后, 运行环节会有序进行。某一情形发生时, 在时刻表发车时间点到了以后, 自动排列进路才会发送相应的信号。排列进路往往受到列车位置以及车次号的影响, 如果列车行驶至某一触发点区域内, 系统自动进行排序。需要注意的是, 当出现以下情况时需要在联锁接收到“排列进路”信号以后完成相应的检查: 一是此列车是不是最早一达进路始端信号机列车, 如果不是此信号便会滞后发送; 二是操作员是不是对进路进行了排列; 三是操作员是不是将自动排列进路关闭; 四是是否发生了其他问题需要操作员及时干预; 五是出现了突发故事导致排列进路马上开启。结合以上情况, 自动排列进路会选择继续、终止等。若无故障发生, 信号便会发送至联锁。待发出信号以后, 联锁检查进路排列情况, 若无信号就需要重新发送, 这时系统也会将故障或者错误数据发送给操作员。若未将自动进路系统开启, 操作员可将某架信号机或者所有信号机自动排列进路关闭。如果通信环节发生故障或者自动排列进路控制中心失效的情况下, 列车排路计算机将会快速打开自动进路排列这一功能<sup>[3]</sup>。

### 1.3 列车自动调整

列车自动调整主要是对列车进行调整, 保证其可以根据时刻表能够更加合理地运行, 可以在输出计划到达时间以后, 对列车调度员操作平台进行处理。同

时能够为自动进路排列系统提供数据依据, 在完成停车点设置的同时, 将停车点“取消”信号发送出去。在此系统调整列车操作的过程中需要保证列车自动调整系统处于开启状态下, 除了“跳停”“扣车”信号发出这一情况。除此之外, 不管是人为控制或是列车自动控制, 都以车站发出的命令信号为依托, 若车站未做出相关操作, 此系统会结合列车自动调整功能是不是需要开启来对下一阶段的操作进行判断。

## 2 现代城市轨道交通信号 ATP 控制方式

### 2.1 ATP 模式控制原理

此控制方式属于 ATC 系统中的一个子系统, 主要借助的是地面设备实现信号的快速传输, 在将目标速度以及距离等一些重要信息连续性传送至列车主系统的过程中, 确保列车间始终处于安全运行距离, 在此基础上还会对列车车门以及站台屏蔽门关闭与开启程序进行合理控制与监督。其中关键环节是地面设备信号的收集、检测与发送, 借助轨道电路、交叉感应环线将捕捉到的列车行驶信息快速发送出去, 进而更好地协调轨道区段是否处于占用, 是否处于空闲, 结合信号做出适当的调整。当车载设备接收到关于“速度”相关命令数据信号以后, 根据列车行驶实际情况, 分析速度、制动率、车轮磨损补偿等一些关键数据, 完成超速防护控制操作, 并且和 ATO 系统紧密配合, 自动化调整列车前进的速度。

### 2.2 分级速度控制方式

在此控制方式运用过程中主要基于单一闭塞分区这一要点, 结合列车运行速度, 在合理划分等级的基础之上, 控制列车行驶的速度。在城市轨道列车运行过程中, 下一阶段闭塞分区数据信息的获取主要依赖于地面设备, 这些地面设备在通信系统的支持下, 连接了车载设备, 二者间形成了一个完整的运行体系, 合理控制行驶过程中列车的速度。在列车行驶过程中, 即将到达下一阶段闭塞分区之前, 需要提前设置好列车进出站的速度, 除此之外还要将一些重要的行驶数据以及信息快速传输到列车中, 保证列车行驶过程中能够全面掌握闭塞分区真实可靠的线路数据, 了解闭塞的具体情况, 以便于基于闭塞分区实情, 确保行驶中的列车可以及时且合理地调整运行的速度。

### 2.3 目标距离速度控制方式

此方式属于列车制动模式, 其中连续性一次制动速度是关键的一步, 在对此速度控制时主要以目标距离及速度的设计的合理性为依据, 并考虑到列车自身

性能优势,在进一步明晰了制动曲线的基础之上,不用再考虑将每一个闭塞分区速度等级进行重新设置。此方式全面控制的是城轨列车行驶过程,在整个控制方式运用环节重点在于利用地面上的一些设备准确获取行驶列车关键性信息,而在一次性连续制动速度控制曲线的进一步明确中主要通过计算目标距离、线路参数以及列车本身性能来决定,以便于列车可以做出更加精准判断,及时对行车的速度进行合理调整<sup>[4]</sup>。另外,控制中心的人员也可通过目标距离速度控制设备将命令快速发送给行驶中的列车,通过传输命令的方法对其有效控制,保证城轨列车在运行过程中更加安全。在此方式使用过程中地面设备数量无需太多,这在很大程度上使得城轨运行过程中设备投资、管理、维护、保养成本较低。

### 3 现代城市轨道交通信号ATO控制方式

这一控制方式是当前列车行驶以及运行过程中的高科技技术,不仅可以实现列车自动化的运行、自动化的停靠,而且能够确保列车在行驶中更加安全,运行效率更高,乘客也能获得较好的出行体验。此控制方式中主要组成部分是地面设备以及车载设备,其中地面设备中以轨道电路、信号机、轨道信号设备为主,这些设备用于获取列车行驶时的具体方位、行驶的速度及方向等一些重要数据信息;而车载设备则由控制系统、驱动设备以及制动设备等组合而成,不仅可以自动化控制列车行驶情况,而且能够在遇到突发事件时及时做出反应与调整。此控制方式在运行过程中主要借助的是地面发送的信息或者列车实际行驶过程中提供的速度信息,各个环节均可以实现自动化操作,省时省力,不仅使列车运行效率越来越高,而且乘客乘坐时更加舒适,同时节能降耗效果也是极为显著的。此控制方式有着强大的功能性,既能够完成自动化驾驶操作,同时也可以进行自动折返、自动开门。自动驾驶环节以地面设备为依据,将各种重要数据及时传输至列车控制中心,以便于行驶中的列车能够快速接收信息以后,做出调整,主要信息包括线路、路口、速度、坡道、弯道等,根据这些数据及信息,列车会自动选择牵引或者制动操作,进而完成自动驾驶。地面设备为列车安全行驶提供了保障,在此基础上,计算出安全行驶速度、停车点,确保自动制动系统正常运行的情况下,和列车制动曲线运行保持一致性。此控制方式的运用使列车在无人操作的情况下依然可以实现自动折返,列车行驶时会结合地面发出的信号,分析线路数据、运行速度、位置,快速将控制命令输

出,行驶中的列车在接收到此信号以后完成折返操作。停车信号接收以后,列车会启动换端命令,换端结束以后进站指令输出,这时候列车会接收此信号,到达站台以后稳稳停住,便完成了无人自动折返操作。列车车载设备全程监督自动折返操作,若发生行驶速度超出目标速度或者偏离方向等突发事件,紧急制动信号会快速发出。在自动化控制车门开门操作中,会首先明确是否到了指定停车区域内,这时ATO会将“列车停站”信号快速发送出去,ATP会对列车零速度进行测试,测试成功发送“开门”信号,自动打开车门,此信号同时传输至屏蔽控制系统中,站台屏蔽门和列车车门同一时间开启<sup>[5]</sup>。

### 4 结束语

城市的发展离不开交通运输,特别是在当今社会,城市发展速度越来越快,轨道交通的出现使得人们的出行更加方便快捷,这也标志着一个城市的整体发展水平。但是,在城市轨道交通运行中,安全是根本,要想确保安全系数的提高,就要重视交通信号控制系统的运用。当前ATS、ATP、ATO是交通信号控制系统中常用的方式,不同的方式有着不同的功能与优势,在运用这些方式时要时刻关注各个环节的要点,了解他们的性能,才能促进控制管理水平的大幅度提高,既能够保证列车出行的安全性、稳定性,又有利于轨道交通信号控制技术不断向着数字化、智能化发展。随着时代的发展以及社会的不断进步,现代城市轨道交通体系也会越来越完善,而信号控制方式作为轨道交通中重要的组成部分,必然也需要紧跟时代发展步伐,在不断优化与改进中做出相应的调整,以便于更好地应对城市轨道交通事业快速发展带来的挑战,为人们的安全出行提供保障。

### 参考文献:

- [1] 刘凌冲.关于城市轨道交通信号控制系统的探讨[J].智慧中国,2023(08):65-66.
- [2] 王凌莉.探究城市轨道交通信号控制系统[J].中国设备工程,2023(08):117-119.
- [3] 王宗琰.城市轨道交通信号控制方式研究[J].电子元件与信息技术,2021,05(05):166-167.
- [4] 石晓雯.城市轨道交通信号控制方式研究[J].智能城市,2020,06(13):131-132.
- [5] 陈星灿.城市轨道交通信号控制方式研究[J].造纸装备及材料,2020,49(03):224.