

# ATO 系统在城际客运专线 列控系统的应用探讨

吴金水<sup>1</sup>, 唐国平<sup>2</sup>

(1. 湖南城际铁路有限公司, 湖南 长沙 410014;  
2. 株洲南车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 吴金水(1976-), 男, 工程师, 主要从事铁路信号设备的应用及管理工作。

**摘要:** 结合城际客运专线的运营需求, 提出了其信号系统在既有客运专线CTCS-2级列控系统基础上扩展ATO功能的方案。简要说明了该CTCS-2级+ATO列控系统结构及ATO工作原理, 主要分析研究了ATO系统在城际客运专线列控系统的功能实现。该方案的实施, 有利于实现运输调度指挥和控制智能化、自动化, 在保障运输安全、提高运输效率、优化运输组织方面发挥重要作用。

**关键词:** 城际客运专线; 列车运行控制系统; ATO; CTCS-2级

**中图分类号:** U284.48; U293.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2012)05-0076-03

## Probe into ATO Train System Application to Train Control System of Intercity Passenger Dedicated Line

WU Jin-shui<sup>1</sup>, TANG Guo-ping<sup>2</sup>

(1. Hunan Intercity Railway Co., Ltd., Changsha, Hunan 410014, China;  
2. Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

**Abstract:** In the light of the operation demand of the intercity passenger dedicated line, scheme was proposed to increase an ATO function based on the existing CTCS-2 level train control system. The composition of the combination program of CTCS-2 level and ATO train control system was briefed along with the working principle of ATO, and main analysis was carried out for the function realization of ATO system in intercity passenger dedicated line. The execution of the program, which was good for implementing intelligitizing and automatism of transport dispatch command and control, would maintain transport safety, improve transport efficiency, and optimize transport organization.

**Key words:** intercity passenger dedicated line; train control system; ATO; CTCS-2 level

### 0 引言

根据铁道部的相关规定和规范, 250 km/h以下的城际客运专线采用CTCS-2级的列车运行控制系统(以下简称列控系统)。既有的CTCS列控系统的主要作用在于保障行车安全, 列控系统车载设备利用地面提供的线路信息、前车(目标)距离和进路状态, 通过列车自动防护(Automatic Train Protection, ATP)子系统自动生成列车超速防护曲线, 并实时与列车运行速度进行比较, 超速后及时地进行控制。但是, 随着铁路建设的逐步发展, 已有的列控系统开始暴露出不足之处: 司机的驾驶操作不受过多约束。现有的ATP对列车超速有防护, 对低车速没有任何控制, 意味着只要列车车速低于最高允许速度, 司机可以以任意速度进行驾驶, 驾驶效果仅依赖于司机的驾驶经验和驾驶水平, 其在

保证列车准点、列车乘坐舒适性等方面没有任何约束。

针对节能的问题, 目前的CTCS列控系统基本没有列车节能的方案和措施。城际客运专线具有“高密度、公交化”的特点, 在确保行车安全的基础上要提高运输效率, 站台增加屏蔽门/安全门, 需要列车站台精确停车, 车门与屏蔽门/安全门联动。

针对以上3点问题, 结合250 km/h以下城际铁路的运营需求, 本文提出其信号系统在既有客运专线CTCS-2级列控系统基础上扩展列车自动运行(Automatic Train Operation, ATO)功能的方案, 满足列车自动运行、站台精确停车、车门与站台屏蔽门/安全门联动、列车运行节能控制、自动折返等功能需求。

### 1 城际客运专线CTCS-2级+ATO列控系统结构

城际客运专线列控系统按基于CTCS-2级系统基础上增加ATO系统主要功能设计, 结构框图如图1。

收稿日期: 2012-03-31

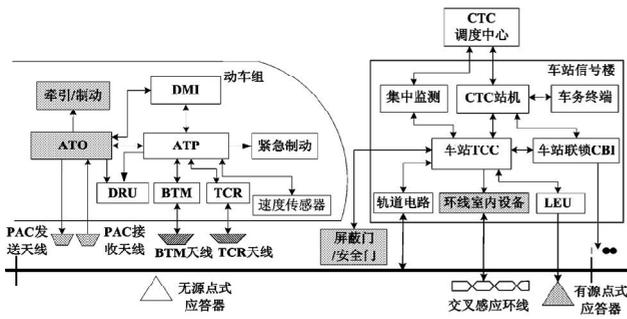


图1 城际客运专线CTCS-2级+ATO列控系统结构框图

城际客运专线CTCS-2级+ATO列控系统由地面设备和车载设备构成。地面设备由调度集中系统(CTC)、列控中心(TCC)、ZPW-2000(UM)系列轨道电路、应答器、地面电子单元(LEU)、车站联锁CBI、轨旁双向通信设备(如交叉感应环线)等组成。车载设备由车载ATP控制单元、车载ATO控制单元、轨道电路信息接收单元(TCR)、应答器信息接收模块(BTM)、记录单元(DRU)、人机界面(DMI)、车载双向通信设备(如PAC发送天线、PAC接收天线)等组成。其中ATO车载设备由车载ATO控制单元、车载双向通信设备(PAC发送、接收天线)等组成;ATO地面设备主要包括轨旁双向通信设备(如交叉感应环线)、精确定位设备(如ATO应答器组)等。

列控系统车载设备根据地面设备提供的信号信息、线路参数、临时限速信息及有关列车数据等,生成控制速度和目标距离曲线,控制列车运行。

## 2 列车自动运行系统(ATO)

ATO系统能代替司机驾驶列车。与ATP系统为列车运行提供安全保障相比,ATO为非故障—安全系统,它的功能要依靠列控系统各子系统协调工作共同完成,缺少ATP与CTC等子系统,ATO将无法正常工作。

ATO系统根据CTC系统提供的列车运行计划等信息,在ATP的保护与监督之下,根据当前列车的速度、目标距离、线路限速、控制命令等,控制列车安全、舒适、高效地行驶,自动完成对列车的启动、牵引、巡航、惰行和制动的控制,确保达到设计行车间隔及旅行速度,实现列车自动运行、站台精确停车、车门与站台屏蔽门/安全门联动、列车运行节能控制、自动折返等功能。

ATO系统在CTC系统的调度指挥下在区间内可以实现列车运行时的精确控制,同时在保证乘坐舒适性的前提下实现车辆节能运行。

ATO系统载有有关轨道布置和坡度的所有资料,以便能优化列车控制指令。

### 2.1 车-地信息双向传输

ATO系统需要车-地双向传递信息,把列车运行情况、车次号、列车停稳信息、制动力保持信息、车门信息等从车上传输到地面,同时从地面接收列车运行计划、目标点信息、开关屏蔽门/安全门信息、线路信息等,在有折返作业的车站还应接收自动折返相关信

息等,完成地对车的一系列信息传输。

目前可选择的车-地信息传输技术手段主要包括交叉感应环线、GSM-R、无线局域网等。GSM-R为地面无线控制中心和车载控制设备之间的数据传输提供安全的无线传输通道,但采用这种方式需要对GSM-R网进行一定修改,涉及配套的相关设备,同时需要开展相关技术攻关和研究。无线局域网技术需在轨旁布置无线AP、无线天线或漏泄电缆或波导管等,对轨道的维护和其他轨旁设备的安装有一定的影响,同时,由于无线局域网技术在高速时数据丢包率较高,目前在地铁的车-地双向通信中仅速度目标值在120 km/h及以下的线路上应用,更高速度的线路没有成熟应用经验。因此本方案的ATO车-地信息双向传输推荐采用交叉感应环线。

交叉感应环线作为车-地信息传输媒介,车-地直接通过电磁感应方式交换信息,传输特性好,抗干扰能力强。基于交叉感应环线的信号系统在世界范围的城市轨道交通和干线铁路领域使用多年,有成熟的运用经验。

本方案中,在车站轨旁安装轨旁PAC发送环线、轨旁PAC接收环线等轨旁双向通信设备,ATO车载设备配置PAC发送天线、PAC接收天线等车载双向通信设备,实现ATO车-地信息双向传输。

### 2.2 列车自动运行工作原理

ATO系统的列车自动运行功能是通过ATO车载设备控制列车牵引和制动系统实现的,需要ATP和CTC提供支持。ATP向ATO提供列车的运行速度、线路允许速度、限速和目标速度,以及列车所处位置等基本信息;CTC向ATO提供列车运行计划等信息。

由ATO系统执行的列车自动运行过程是一个闭环反馈控制过程,其基本关系框图如图2所示。

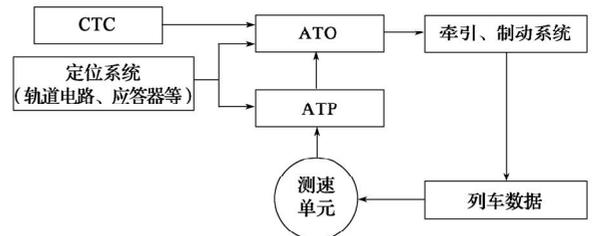


图2 列车自动运行的闭环控制框图

ATO车载设备根据列车运行计划、列车的运行速度、目标速度、限速、动车组相关数据等信息,并根据线路的情况,实时计算列车达到目标速度值所需要的牵引力或制动力的大小,通过列车接口电路,由列车的牵引系统或制动系统完成对列车进行加速或减速作业,使列车在区间内的每个区段始终控制速度运行,并尽可能减少牵引、惰行和制动之间的转换,实现列车自动运行。

### 2.3 站台精确停车

在地下站设屏蔽门,在高架站设安全门,要求实现列车的车门与站台屏蔽门/安全门的精确对位停车。当车站停车点作为目标点的停车特征被启动后,

ATO 系统基于列车速度、预先决定的制动率和距停车点的距离计算出—条制动曲线,采用最合适的减速度(制动率)使列车准确、平稳地停在规定的停车点。与精确定位设备(ATO 应答器组)相配合,站台定点停车精度不大于 ±0.35 m。

目前典型应用的列车定位技术是采用列车车载自身定位与地面绝对位置校正设备有效结合的方式,其中地面绝对位置校正设备包括应答器、交叉感应环线、裂缝波导等。

城际客运专线采用的CTCS-2级系统为基于轨道电路加点式应答器传输列车安全移动许可信息的列控系统,扩展ATO系统需考虑与既有CTCS-2级系统结合的可行性。因采用轨旁交叉感应环线定位实现站台精确停车需要在车站增加较长轨间交叉感应环线及车载接收设备;采用轨旁裂缝波导定位技术对设备的安装有非常高的要求,后期维护工作量较大;采用应答器方式相对更易实现与CTCS-2级系统既有车载设备的结合,故本方案采用在站台增加ATO 应答器组的方式实现ATO 站台精确停车功能。

2.4 车门与站台屏蔽门/安全门联动

列车进站停车、停稳且满足停车误差时,车载PAC接收天线、车载PAC发送天线分别与地面的轨旁PAC发送环线、轨旁PAC接收环线相对应,从而建立起ATO 车载设备与地面车站列控中心TCC的ATO车-地双向通信链路,实现车辆车门与站台屏蔽门/安全门的联动。车门与屏蔽门/安全门联动原理示意图如图3所示。

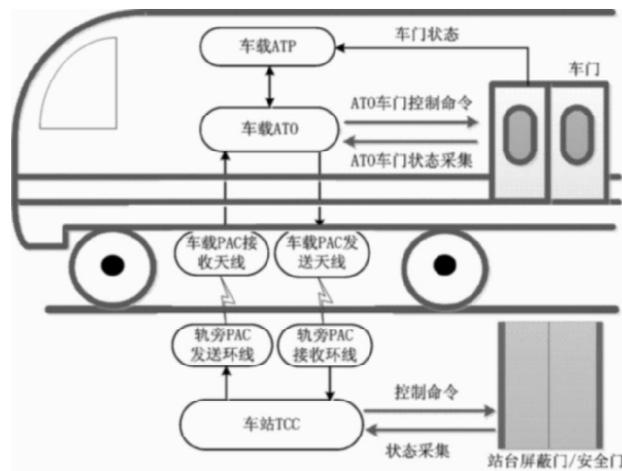


图3 车门与屏蔽门/安全门联动原理示意图

1) ATO联动开门

列车进站停车、停稳且满足停车误差时,车载ATO通过ATO车-地双向通信链路的向地面车站列控中心TCC发送列车停稳和位置信息;列控中心TCC接收到该信息后,通过继电器接口向屏蔽门/安全门控制系统发出打开屏蔽门/安全门控制命令,并通过ATO车-地双向通信链路的向列车发送开门命令;车载ATO设备收到该命令后向动车组门控系统发出开门的命令,动车组车门打开。

2) ATO联动关门

列车停站时间到,车载ATO设备向动车组发出关闭车门的命令,同时通过ATO车-地双向通信链路的将命令发送给地面列控中心TCC;列控中心TCC通过继电器接口向屏蔽门/安全门系统发出关闭屏蔽门/安全门控制命令,待屏蔽门/安全门关闭后,将其关闭状态信息通过列控中心TCC传给车载ATP设备;车载ATP设备检查动车组车门、屏蔽门/安全门完好关闭后,向ATO发出行车许可,司机按压发车按钮,列车在ATO控制下,自动驶离车站。

2.5 列车运行节能控制

ATO系统可以在很大程度上实现节能功能,在保证安全运营的前提下减小运营成本。

在ATP系统的安全防护下,ATO系统可通过减少列车牵引施加时间、延长列车惰行时间、有效利用线路坡道等节能调整策略提高列车的节能性能。

2.6 自动折返

根据信号系统与车辆接口情况,有条件时可实现有人监督下的列车自动折返。为实现列车自动折返需在折返站进站口设置车-地通信设备,将折返作业运营计划信息提前传递给列车。

结合城际轨道交通信号列控系统特点,仅地-车单向通信即可满足自动折返功能需求。鉴于城际线路存在运行速度200 km/h的大站停列车,无线及环线等其他车-地通信方式无法满足高速列车信息可靠传输要求,可考虑由进站口增设一个ATO专用有源应答器负责提供折返作业运营计划信息,应答器报文由列控中心TCC采用实时组帧编码方式按ETCS-44包信息定义进行编制。

3 结语

结合城际铁路的运营需求,提出了其信号系统在既有客运专线CTCS-2级列控系统的基础上扩展ATO功能的方案,实现了列车自动运行、站台精确停车、车门与站台屏蔽门/安全门联动、列车运行节能控制、自动折返等ATO功能。该方案的实施,将使本段铁路逐步实现运输调度指挥和控制智能化、自动化,在保障运输安全、提高运输效率、优化运输组织方面发挥重要作用,对类似城际铁路项目的列控系统方案的确定提供参考。

参考文献:

[1] 铁集成[2007]124号,客运专线CTCS-2级列控系统配置及运用技术原则(暂行)[S]北京:中华人民共和国铁道部,2007.
[2] 王力. 城际客运专线ATO车-地通信应用方式探讨[J]铁道通信,2011(7):55-59.
[3] 林瑜筠. 城市轨道交通信号[M]北京:中国铁道出版社,2010.
[4] GB/T 12758—2004,城市轨道交通信号系统通用技术条件[S]