

# 自动旅客运输 (APM) 系统信号系统的设计特点

邱 鹏 孙思南

(新誉庞巴迪信号系统有限公司,213166,常州//第一作者,高级工程师)

**摘 要** APM(自动旅客运输)系统在全球范围内应用广泛。该制式在国内外中、低运量轨道交通领域有着极好的应用前景。对该制式中最关键的技术即全自动无人驾驶信号系统进行了介绍,并通过与传统 CBTC(基于通信的列车控制)信号系统进行对比,对其技术特点和差异性进行分析。并以最有特点的香港机场 APM 为例,从多样化的信号接口角度,如防火门接口、气象站接口和地震监测接口等,对其展开举例介绍。应用于香港机场线 APM 的先进设计理念和整体技术方案,可为国内后续 APM 的建设提供借鉴。

**关键词** 自动旅客运输系统;信号系统;设计特点

**中图分类号** U284

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.01.042

## Design Features of Automated Guide Rail System APM Signaling system

QIU Peng, SUN Sinan

**Abstract** APM (automatic people mover) system is widely applied in the world, having application prospect in medium and low volume rail transit both domestically and abroad. The most critical technology FAO signaling system is introduced systematically, and the technical characteristics and differences are analyzed through comparison with conventional CBTC signaling system. Taking Hong Kong airport APM with the most distinguishing features as example, from the perspective of diversified interfaces, such as fire door interface, weather station interface, and earthquake monitoring interface, the system is introduced with examples. The advanced design concept and overall technical solutions applied to Hong Kong airport line APM provides reference for the subsequent construction of APM in China.

**Key words** APM (automatic people mover) system; signaling system; design features

**Author's address** Bombardier NUG Signalling Solutions Co., Ltd., 213166, Changzhou, China

APM(自动旅客运输)系统属于中运量城市轨道交通全自动运行制式,主要用于短距离旅客运输,例如机场、园区等人流密集区域。其配备的信

号系统为自动等级中最高的 GoA4(自动控制等级 4),采用区域控制器直连全电子目标控制器的方式,且无次级列车检测占用装置。本文以香港机场 APM 信号系统为例,将其与传统 CBTC(基于通信的列车控制)信号系统进行对比分析。

### 1 香港机场 APM 信号系统简介及特色

香港机场 APM 信号系统主要由 ATS(列车自动监控)子系统、DCS(数据通信系统)子系统、轨旁 ATP/ATO(列车自动保护/列车自动运行)子系统和车载 ATP/ATO 子系统等组成(见图 1)。

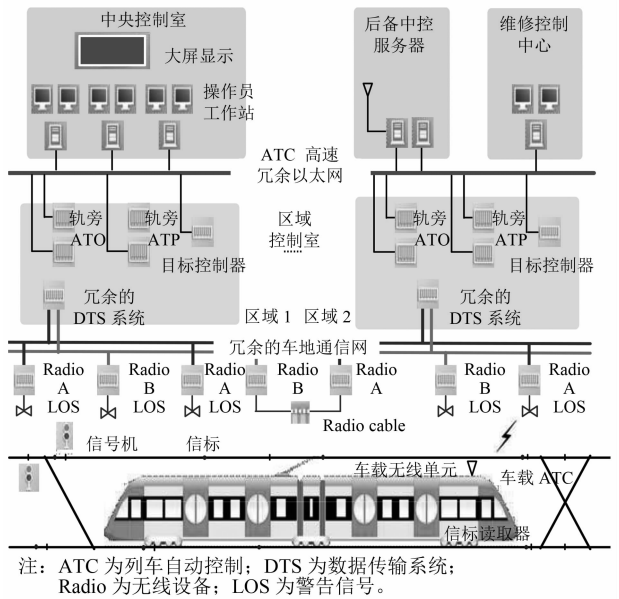
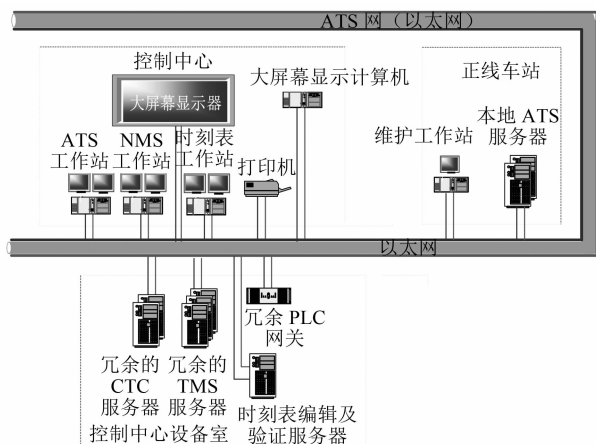


图 1 香港机场 APM 信号系统架构图

Fig. 1 Schematic diagram of Hong Kong airport APM signaling system architecture

#### 1.1 ATS 子系统

ATS 子系统提供系统监督和列车调整功能。ATS 子系统可在正常或异常的运行情况下,为调度人员提供与操作相关的信息,处理调度人员与标准活动相关的请求。香港机场 APM 的中心控制 ATS 结构图见图 2。



注：NMS 为网络管理系统；CTC 为中央调度集中；TMS 为运输管理系统；PLC 为可编程逻辑控制器。

图 2 香港机场 APM 中心控制 ATS 结构图

Fig. 2 Schematic diagram of Hong Kong airport APM center controlling ATS structure

如图 2 所示, APM 除具备传统地铁相关功能外, 也支持将外部子系统完全集成到 ATS 中, 包括配电系统、音频通信和闭路电视等在内的各专业子系统, 并通过中央 ATS 发出操作命令。如: 变电所或应急蓝光站(用于线路施工人员保护指示, 蓝灯亮表示人员可安全施工)的供电断路器/开关断开后, 中央将显示报警并自动实施无电区信号防护功能, 以保证车辆和人员安全。在满足系统安全性、可靠性及功能的前提下能够极大地提高各专业系统间的联动和自动化水平。

## 1.2 DCS 子系统

DCS 子系统包括轨旁 DTS 和 TWC(车地通信)系统。DTS 网络为各 ATC 组件间传输数据提供有线通道, 采用 IEEE 802.3 以太网标准。TWC 系统为区域 ATC 和车载 ATC 通信提供无线通道, 采用 LTE(长期演进)技术或 WLAN(无线局域网)技术。

DCS 子系统最大程度采用成熟的设备, 基于开放的业界标准, 提供各设备间信号的数据交换通道, 同时采用 IP Tunnel 信息传输加密技术, 可有效保证整个双向传输过程中数据的可靠性和安全性。

## 1.3 轨旁 ATP/ATO 子系统

RATP/RATO(轨旁列车自动防护/轨旁列车自动运行)设置在区域控制站, 实现一个区域内的列车正常运行。其包括开放移动闭塞进路以及为列车提供移动授权(MA)限制。RATP/RATO 支持混合模式运行, 处理 CBTC 列车和非 CBTC 列车混合

运行。

### 1.3.1 RATP 子系统

RATP 子系统是一个安全轨旁子系统, 采用 2 乘 2 取 2 的结构, 通过 TWC 子系统对列车位置、速度信息进行监控, 连续地追踪全线列车位置以确保列车的安全间隔运行; 计算移动授权, 并传递信息到所有装载 CBTC 通信设备列车的 VATC(车载列车自动控制)上。

与传统地铁信号系统项目不同的是, APM 全线还会独立设置一个 RRS(区域恢复服务器)远程备份服务器, 用于储存和恢复 RATP 运行时的相关数据。当一个 RATP 故障进行重启时, 会在冷启动阶段通过读取 RRS 存储的数据来迅速恢复运营, 无需人工干预。

除此之外, 在 APM 项目中将传统的联锁子系统的功能集成到 RATP 子系统来实现。轨旁设备的状态信息(如道岔)由目标控制器(OCS)采集, RATP 通过 OCS 来执行轨旁设备的控制。

单道岔时, RATP 在道岔的正向和侧向每个位置设置虚拟冲突点; 多道岔时, 仅在入口处设置冲突点。冲突点的设置考虑到了防护侧面冲突。每个冲突点有对应的道岔防护信号机, 信号机的位置在冲突点之前, 以确保当列车在信号机前不会因为占用道岔区段而无法操作道岔。道岔冲突点见图 3。

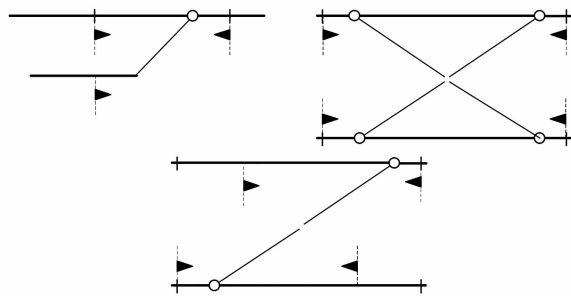


图 3 道岔冲突点示例

Fig. 3 Examples of conflict point at railroad switch

### 1.3.2 RATO 子系统

RATO 子系统是一个非安全轨旁子系统, 采用双机热备冗余结构, 虽然都采集其所在区域的数据, 但只有激活的系统才发出命令和请求。RATO 子系统提供了与所辖区域 CBTC 系统其它子系统如 RATP、ATS 之间的接口, 能实现以下功能: 转送列车位置信息, 门控功能, 转送更新的列车停站时间, 转送车站扣车命令, 转送跳停、下一车站命令,

区域移交,控制 VATC 及其切换,传送速度限制信息,时钟同步,记录子系统间交换的数据消息,等等。

值得注意的是,对于 APM 的信号系统,在 ATS 宕机之后,RATO 可以自动接管系统运营,列车可以继续运行行驶或者在下一站台扣车。

### 1.4 车载 ATP/ATO 子系统

VATC 提供车载列车自动防护 (VATP) 和车载列车自动驾驶 (VATO) 功能。

与传统地铁信号系统项目不同的是,APM 支持列车的灵活编组。在灵活编组的场景下,每节车都有一个 VATC,因此一列车上取决于车辆编组情况可能有 2、3 或 4 个 VATC。运行时,选择任意一节做为主控,其主控 VATC 可直接通过 PWM(脉宽调制)方式分别给每节车发送列车牵引力和制动力命令;若有 TCMS(列车控制管理系统)时,则只需发送给本节车的 TCMS,由其网络驱动其它节车。在 APM 项目中主控 VATC 是通过 ATS 或 RATO 来选择的。ATS 操作员可以远程手动切换不同的 VATC,也有 RATO 来自动判断和选择。

## 2 香港机场 APM 信号系统多样化接口及举例介绍

香港机场 APM 的信号系统外部接口包括中央级、车站级和列车级 3 个部分,如图 4 所示。中央级接口有:通信主时钟、乘客广播/乘客信息系统(PA/PIS)和综合监控系统(ISCS)等接口,车站级接口有道岔控制柜、信号机、站台门和侵入检测等接口;列车级接口包括 TCMS 和列车网络电话无线系统(VORS)等接口。除了以上与地铁类似的接口外,

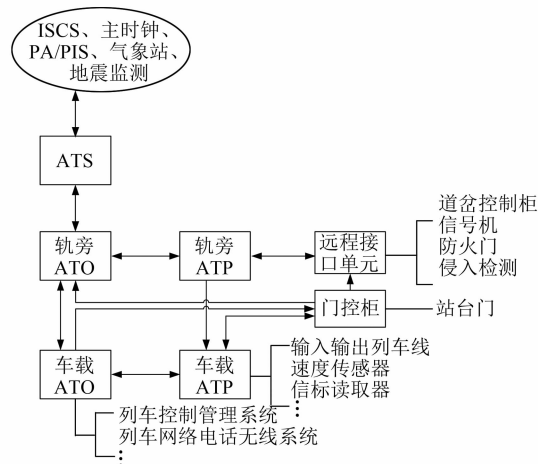


图 4 机场 APM 信号系统接口

Fig. 4 Interface of airport APM signaling system

香港机场 APM 还能满足更加多样的接口要求,如防火门接口、气象站接口和地震监测接口。

### 2.1 防火门接口

防火门用于在火灾期间防止火灾/烟雾蔓延到正线区域,香港机场 APM 的信号系统通过与自动运行区域的防火门接口,来保护列车不受防火门的撞击。

信号系统与防火门之间的接口应满足以下要求:①在正常情况下,防火门应不断向信号系统提供“完全打开和锁定”状态的信号;②防火门的控制系统应确保其真实状态和给定状态一致;③当防火门检测到火警时,如果没有列车接近,应立即关闭;④当防火门检测到火警时,如果列车已进入接近区域,则应在计数结束后 45 s 关闭;⑤防火门将计数 45 s,即使在计时结束后还有列车在防火门下,防火门仍将关闭。

信号系统和防火门之间应采用安全继电器接口。安全继电器接口电路应该为每个功能做单独设计,使得断电状态为安全状态。此外,所有的重要功能都应该是双重切除的。信号系统应根据请求和当前的列车运行情况,确定是否向防火门授权“允许关闭”命令。

### 2.2 气象站接口

气象站将自动感知对于系统运行和系统服务可用性至关重要的各方面天气状况条件,其中包括风速、风向、降水量(降雨量、降雪、结冰)、洪水监测、低能见度(雾、沙、雪)等。这些数据来自一个或多个感测站,将被连续地提供给 ATS。ATS 将会记录这些数据并将相关信息显示给 ATS 操作员。

对于每个气象条件要素,系统会设置警告界限。当气象条件要素超出安全操作限制时,在 ATS 中会发出可听或可视的警报,同时 ATS 操作员有权实施相关流程,如修改运营等级、设置临时限速、取消进路等。ATS 将记录由远程气象站生成的气象数据、数据源的位置以及表示项目生成时间的时间戳。ATS 操作员有权限选择打印天气报告。

### 2.3 地震监测接口

根据客户的需求,信号系统会在自身确定的位置上提供一个地震遥感站。通过冗余的传感装置收集地震活动信息,同时在 ATS 界面上显示当前的地震监测情况。在 ATS 显示的中央地震数据将以数字数据的形式从各个遥感站获取所有数据,并应

(下转第 223 页)