

自动旅客运输系统集成研究

尹燕萍 陆宗彬

(中车浦镇庞巴迪运输系统有限公司, 241060, 芜湖//第一作者, 高级工程师)

摘要 在介绍自动旅客运输 (APM) 系统小运量、无人驾驶、系统规模小等特点的基础上, 阐述了 APM 系统集成方案的原理和特点, 重点研究了 APM 系统集成的关键项点, 以及集成的需求管理、接口管理、系统测试等内容。

关键词 自动旅客运输; 系统集成; 无人驾驶; 综合调度

中图分类号 U29-39

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2019.10.012

Integration Research on Rail Transit APM System

YIN Yanping, LU Zongbin

Abstract Through introducing the characteristics of automated people mover (APM), such as small traffic volume, unmanned driving and small system size, the principle and integration solution of APM system are elaborated, the key technical points, demand management, interface management and system testing related to APM system are mainly studied.

Key words APM; system integration; unmanned train operation; integrated dispatch

Author's address CRRC Puzhen Bombardier Transportation Systems Ltd., 241060, Wuhu, China

自动旅客运输 (APM) 系统具有线路配线简单、造价低、工期短等特点, 要求配套的机电系统应充分考虑其制式特征和运营需求。由于此类制式的机电系统规模较小, 宜采用机电系统集成管理方式, 构建高效的运营系统, 降低工程造价及运维成本。另一方面, APM 系统采用全自动无人驾驶技术, 要求信号、车辆、通信、综合监控等机电系统协调运作, 高度集成。为了满足 APM 系统的建设及运营的需求, 本文从系统集成的控制方案和系统集成的管理方法两个方面对 APM 系统的集成进行研究。

1 APM 系统的集成方案

无人驾驶的 APM 系统, 是基于计算机、通信、控制和系统集成等技术, 以行车为核心, 通过车辆、

信号、通信、供电、站台门等系统的集成, 共同协调运作来实现列车运行全过程的自动化。

本集成方案是以信号系统为核心构建的综合调度管理系统, 将 APM 系统的运输组织与调度、运行控制与监视、供电系统、车辆管理、旅客服务、应急指挥等核心业务进行科学融合, 以计划、调度指挥和运行控制为主, 采用先进的系统集成技术和支撑平台, 制定相应的数据标准、规范和协议, 以实现 APM 系统运输全过程的管理与控制。

1.1 APM 系统集成的原理

以运行控制系统为核心扩展开发出来的 APM 系统集成软件平台, 通过集成或互联实现以行车调度为核心的综合运营调度管理, 与列车自动监控、电力监控、乘客信息、广播、视频监控、环境监控、火灾监控、调度电话等弱电系统相集成, 较大程度地避免了各子系统间的协调联动性较差的情况。系统硬件和接口方面, 以行车为核心的综合调度管理系统, 在调度中心配置了运行控制系统服务器和接口设备, 并根据运营需要配置综合调度工作站。其他相关弱电系统可不配置服务器和调度终端, 仅需配置与综合调度管理系统相关的接口设备和必要的中央设备, 实现调度中心弱电系统的整合, 从而减少设备配置、节省投资。同时, 综合调度管理系统还具有能够实现子系统之间协调联动的功能, 提高 APM 机电系统的自动化程度, 并具有能够统一对外接口等优势。

综合运营调度系统实现对 APM 系统的运输组织、运行监控、车辆运用、供电监控、环境监控和维修管理等方面的智能化、综合化和集成化管理, 提高了系统的管理水平和运行安全, 降低了系统的总运行成本。

1.2 APM 系统集成特点

1.2.1 系统架构变化

传统的城市轨道交通机电系统通常采用中心级、车站级和现场级三级控制, 以及中心和车站两

级调度的方式。而 APM 系统为了运营管理的集约化,减少运维人员,实现车站无人值守,采用控制中心和就地两级控制、控制中心综合调度的方式。

1.2.2 深度集成

采用同一软件平台将列车监控、电力监控、环境监控、火灾监控、视频监控、广播、乘客信息、车辆等系统的信息集成在一起;基于这个平台实现资源共享、信息互通,形成数据处理方式一致、用户界面统一的综合调度管理系统。通用的人机界面可以方便和简化运营方的工作,使发生错误的风险最小化。此外,由于信息充分共享,在故障灾害情况下,多专业能够快速联动协作。

1.2.3 综合的数据承载网络

结合 APM 系统的功能需求和工程造价需求,推荐基于网际协议(IP)的数据承载网技术。各子系统不再单独组网,其数据信息直接通过骨干网络传输至控制中心。各子系统网络通过虚拟局域网(VLAN)技术实现逻辑隔离,保证系统的安全性要求。

无线网络则采用地铁 LTE-M 系统(LTE:长期演进)一网综合承载了 CBTC(基于通信的列车控制)、乘客信息、视频信息、专用语音调度等业务。

1.3 APM 系统集成的关键项点

1.3.1 系统运行性能仿真

采用专用的软件对 APM 系统进行运营仿真计算,用于分析列车性能、轨道配置的影响、不同信号系统的影响、行车间隔和线路载客量、系统延迟和故障的影响,以及系统运行的安全性和稳健性。

1.3.2 车辆、信号与站台门系统在站台上的集成

根据车辆的空间要求、限界、载荷等因素来考虑站台的土建设计。该集成项点还包括了列车精确停车、列车自动对位调整、站台门与车门同步开关控制,以及故障对位隔离、车门与站台门之间的防夹控制等功能。

1.3.3 车辆与牵引供电系统的集成

关键的集成项点包括供电轨与车辆集电靴的接口,以及牵引供电系统的负荷分析。可根据其供电仿真结果来确定变电所的容量和重要设备的选型。

1.3.4 车辆与信号系统的集成

关键的集成项点包括列车的自动运行控制、灾害模式下的列车联动控制,以及列车的远程休眠/唤醒、蠕动模式、远程故障复位等。

1.3.5 通信设备的集成

主要的集成项点包括车载广播、乘客信息、视频监控与站台的一体化控制,以及通信设备与信号系统的接口等。

1.3.6 集成的安全保证措施

涉及 ATS(列车自动监控)功能部分(含软件及硬件两方面)的集成,须满足 ATS 子系统安全等级的要求;对于拥有安全功能和安全等级的系统,例如火灾监控系统、门禁控制系统,可部分集成;安全数据传输采取专用的数据安全防护措施,防止所传安全数据遭到有意或无意的破坏。

1.3.7 系统联动功能

通过系统工作模式实现必要的联动功能。正常模式下,可实现自动开关车站、断电控制等;灾害模式下,可启动消防、广播、自动售检票、视频监控等系统的联动;故障模式下,可联动断电、广播、乘客信息等系统。用户可根据无人驾驶的特点对各种联动场景进行定义。

2 系统集成的管理

图 1 为系统集成从系统概念定义到完成集成测试的全过程示意图。在这样一个 V 型的集成过程中,包括了系统的需求管理、接口管理、系统验证等内容。

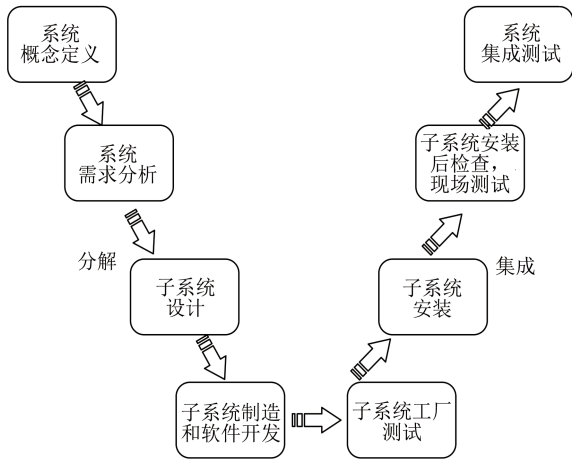


图 1 APM 系统集成过程示意图

2.1 需求管理

无人驾驶的 APM 系统,借助需求管理矩阵,对每一条系统需求进行追踪,包括需求识别、分配、评审、设计、变更和验证等方面。APM 系统的需求管理流程如图 2 所示。

为了缩短项目的设计周期,基于 APM 系统平

台的功能需求,建立需求管理平台进行追踪管理,各项目可不需要对该部分需求进行追踪;任何需求的变更都要进行严格而有效的变更管理流程来控制,以减少项目执行的风险。

2.2 接口管理

全自动运行 APM 系统技术先进,子系统高度

集成、专业接口多、复杂程度高。在系统集成时应特别注意对所有接口的识别及接口功能的确认,并明确接口主导专业,由接口主导专业牵头负责接口文件的编制以及接口调试工作。可通过如表 1 所示的接口表对 APM 中各子系统的接口进行识别和管理。

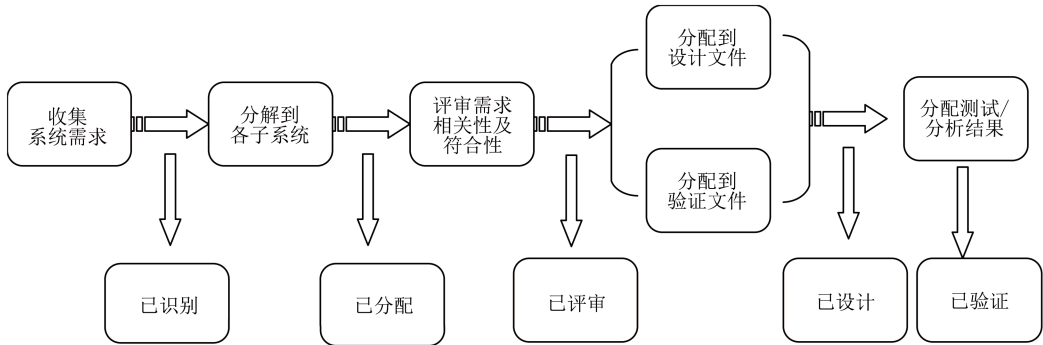


图 2 APM 系统需求管理流程

表 1 APM 各子系统接口表(示例)

| 子系统 | 信号 | 站台门 | 车辆 | 通信 | 综合监控 (含电力监控) | 区间 防入侵 | 牵引 供电 | 轨道 | 车辆段 设备 |
|-------------|-------|-----|-------|-------|-----------------|-----------|----------|----|-----------|
| 信号 | | E&F | E&M&F | E&F | E&F | E&F | - | - | - |
| 站台门 | E&F | | - | - | - | M | E&F | - | - |
| 车辆 | E&M&F | - | | E&M&F | - | - | E | M | M |
| 通信 | E&F | - | E&M&F | | E&F | - | - | - | - |
| 综合监控(含电力监控) | E&F | - | - | E&F | | E&F | E&F | - | - |
| 区间防入侵 | E&F | M | - | - | E&F | | E&F | - | - |
| 牵引供电 | - | - | E | - | E&F | E&F | | - | E&M |
| 轨道 | - | - | M | - | - | - | - | | - |
| 车辆段设备 | - | - | M | - | - | - | E&M | - | |

注: E——电气接口;M——机械接口;F——功能接口;“-”表示没有接口;“&”表示前后两者是并列关系,如“E&F”表示属于电气接口和功能接口

接口控制文件包括物理接口位置、通信介质、链路数量、物理接口形式、软件接口通信形式、冗余要求、电磁兼容性要求等内容,并对监控对象、属性、编码格式、数据流等信息需求有详细的描述。接口双方须确认接口并在接口文件上签字。

2.3 系统测试

系统测试是系统集成过程的延续。整个 APM 系统应从各子系统测试开始,最终完成整个系统的集成测试。所有的测试都应按照批准的测试规程进行。

集成测试是针对各集成项点进行的测试,用以充分验证全自动无人驾驶各子系统的接口及其功能、子系统间联动及应急处理能力。集成测试完成后,方可进行系统的运营测试。

在成功完成包括所有要求的系统运营测试以

及集成测试和调试后,将通过系统演示测试或试运行来验证整个 APM 系统在集成后是否已具备载客运营功能。

APM 系统测试活动将被分类,其系统验证测试流程如图 3 所示。分类的目的是为了确定试验的总体顺序,分类后的试验活动可根据各系统部件的预期技术可行性按顺序进行。基本上各个试验流程均含有特定的必备试验前提条件,任何类别的试验活动都必须在其前提试验成功实施后方可进行。只有在获得批准的特殊情况下,前提试验流程中一些特定要素可不按顺序完成实施。

在发布安全证书之前,APM 系统将进行整体演示,这是开始载客运行的先决条件。在演示过程

(下转第 53 页)

表 3 车辆限界坐标值表

| 点号 | 1' | 2' | 3' | 4' | 5' | 6' |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | 0 | 114 | 887 | 1 006 | 1 134 | 1 231 |
| y | 3 530 | 3 530 | 3 503 | 3 503 | 3 430 | 3 430 |
| 点号 | 7' | 8' | 9' | 10' | 11' | 12' |
| x | 1 368 | 1 433 | 1 428 | 1 456 | 1 490 | 1 490 |
| y | 3 340 | 3 190 | 2 906 | 2 650 | 1 980 | 1 868 |
| 点号 | 13' | 14' | 15' | 16' | 17' | 18' |
| x | 1 460 | 1 450 | 1 400 | 1 380 | 1 300 | 1 300 |
| y | 1 113 | 463 | 380 | 181 | 123 | 0 |

5 结语

本文在借鉴《地铁限界标准》的基础上,结合 APM 车辆单轴转向架、橡胶轮胎、V 臂杆和防倾杆等特点,对车辆动态包络线展开了分析。分析思路和计算方法可为 APM 限界标准的制定提供参考。

通过本文的分析和计算,车辆限界在站台高度处为 1 460 mm,这为站台限界的拟定提供了基本依据,对于减小站台间隙有实际意义。这一数值经上海轨道交通浦江线验证后是可靠的(浦江线的站台边距线路中心线 1 460 mm,间隙 39.5 mm)。

对于车辆底部集电靴的动态情况,以及橡胶轮

(上接第 48 页)

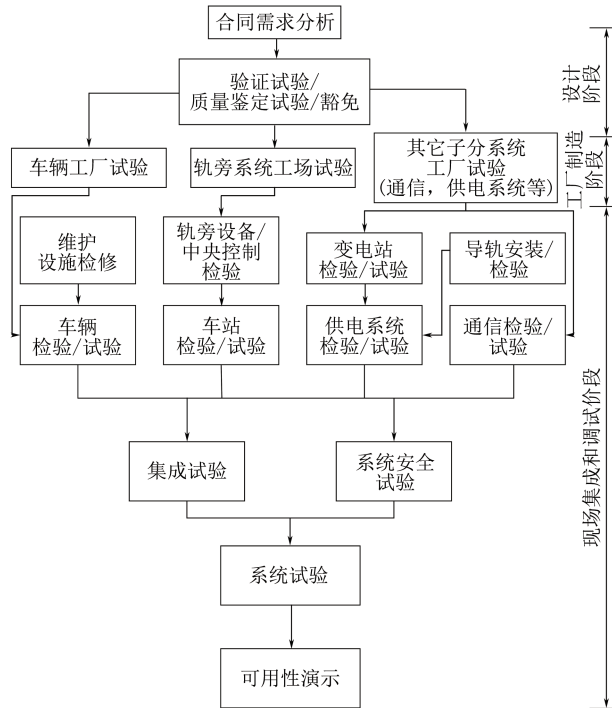


图 3 APM 系统测试流程

中,系统将根据业主首选的系统运行计划和日常服务

胎多方向复杂形变等方面,应在本文研究成果的基础上进一步补充完善。此外,建议在项目执行中,对集电靴和车辆底架设备进行统筹设计。

参考文献

[1] 倪昌.我国与德国限界标准的异同和特点[J].都市快轨交通, 2005(2): 15.

[2] Vorläufige Richtlinien für die Bemessung des lichten Raumes von Bahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen: Bostrab-Lichtraum-Richtlinien [S]. Berlin: BEAK,1996: 1.

[3] UIC. International Union of Railways. Railway transport stock Rolling stock construction gauge: UIC 505-1—2006[S].Paris: Internation Union of Railways,2006: 1.

[4] 杨娜,袁艳萍,王虎高.GB 50157—2013 与 CJJ 96—2003 标准限界对比浅析[J].技术与市场,2017(8): 53.

[5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.地铁限界标准: CJJ 96—2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2018: 12.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部.地铁设计规范:GB 50157 — 2013 [S].北京:中国建筑工业出版社,2014: 4.

[7] 王嘉鑫.浮动车车型有轨电车车辆限界(横向部分)计算方法分析[J].地下工程与隧道,2015(1): 44.

(收稿日期:2019-05-05)

时间表按照满载状态实施运行计划,遵守所有操作、维护策略和程序,唯一不同是没有载运乘客,只有指定的授权人员。完整的系统演示将根据系统验收程序中规定的测试程序来运行,直到系统服务可用性在连续 3 个月演示期限内达到了规定的水平。

3 结语

APM 系统的集成,应始终遵循高可靠性、高可用性和高可维护性的设计理念,在此基础上进行各子系统的深度整合,用以提高设备复用率,增强各子系统自检和自诊断功能,减少设备数量,减少运营和维护人员。在 APM 项目的建设过程中,要利用系统集成管理的思路开展工作,控制和管理各子系统的功能、系统和接口需求。

参考文献

[1] 朱翔.城市轨道交通无人驾驶技术的若干应用问题[J].城市轨道交通研究,2006(12): 36.

[2] 郑伟.全自动无人驾驶模式下系统功能与场景分析[J].城市轨道交通研究,2017(11): 107.

[3] 罗利平.城市轨道交通综合监控系统集成方案[J].城市轨道交通研究,2008(11): 7.

(收稿日期:2019-05-06)