

地铁车辆基地综合自动化管理系统设计*

汪 峥¹ 王孔明¹ 范 琪¹ 陈 庆¹ 龙 凡² 谢 刚² 谭冠华¹

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 610036, 成都; 2. 成都地铁运营有限公司, 610081, 成都//第一作者, 工程师)

摘 要 结合各城市地铁车辆基地的生产管理现状, 基于 B/S (浏览器/服务器) 和 C/S (客户端/服务器) 相结合的系统架构, 设计了一套可应用于提高地铁车辆基地生产管理信息化、自动化水平的综合自动化管理系统。重点介绍了车辆基地综合自动化管理系统的系统架构、网络结构设计, 以及系统的收车、发车、调车、检车、司机派班、站场监控与现车等各子平台的功能设计。该系统的设计方案已在成都地铁 5 号线得到具体应用。

关键词 地铁; 车辆基地; 综合自动化管理系统; 系统设计
中图分类号 U29-39

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.10.040

Design of Integrated Automation Management System for Metro Vehicle Depot

WANG Zheng, WANG Kongming, FAN Qi, CHEN Qing, LONG Fan, XIE Gang, TAN Guanhua

Abstract Taking the current production management status of metro vehicle depot in major metro cities into consideration, and based on the system architecture composed of B/S (browser/server) and C/S (client/server), an integrated automation management system for the improvement of information and automation levels is designed to serve the production management of metro vehicle depot. In this paper, the integrated automation management system of metro vehicle depot is introduced with emphasis on system architecture, network structure design, as well as the functional design of each sub-platform, such as vehicle parking, vehicle departure, vehicle coordination, vehicle examination, driver dispatching, station monitoring and vehicle inventory. The system design scheme has been practically applied to Chengdu Metro Line 5.

Key words metro; vehicle depot; integrated automation management system; system design

First-author's address China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 610036, Chengdu, China

地, 承担了车辆检修作业、行车作业(列车早上发车至正线、晚上收车回车辆基地以及在车辆基地内的调车转线), 以及全线设备部件维修、保养和设备堆放等任务。相对于地铁正线的高度自动化的运营管理, 地铁车辆基地生产运营的信息化、自动化管理水平仍比较落后, 主要表现为: ①基本通过电话、纸质工单流转、人工录入等人控方式进行管理; ②有些城市的地铁车辆基地设置了单一的车辆检修或司机派班管理系统, 但缺乏顶层设计, 功能单一, 未能实现信息的互联互通, 信息孤岛现象较为严重。

为了改变地铁车辆基地生产管理的信息化、自动化水平相对落后局面, 提高车辆基地的生产管理水平及运行效率, 降低生产作业安全风险, 中铁二院工程集团有限责任公司开展了车辆基地综合自动化管理系统(MDIAS)的研究、设计与实现, 并在成都地铁 5 号线得到了具体应用。本文重点介绍 MDIAS 的软件架构、网络结构以及软件功能设计。

1 地铁车辆基地生产管理现状

对国内建有地铁的城市所进行的广泛调研发现: 地铁公司一般在每条线都配置了全线的施工调度管理系统和资产管理系统(一些城市地铁公司将其简称为 EAM(企业资产管理)系统, 成都地铁将其简称为 PMS(设备资产管理系统)), 其中施工调度管理系统负责车辆基地和正线的施工的信息化管理, PMS 设置了车辆检修计划编制模块, 车辆基地内设置了 ATS(自动列车监控)系统分机和计算机联锁, 尽管如此却未能对车辆基地的车辆检修作业、行车作业、司机派班等车辆基地主营生产业务实现全面信息化、自动化的综合管控。

在每条线路车辆基地运转楼的调度控制室(DCC)设置调度人员(一般是车场调度和车辆检修调度), 对车辆基地的行车、车辆检修、段内设备施

地铁车辆基地作为地铁正线运营的后勤保障基

* 四川省重点科研项目(2019YFG0296)

工维修、接触网断送电等基地内的所有生产作业进行全面的调度管理。调度人员需掌握、协调车辆基地内的车辆、供电、信号、通信、轨道、工务等多个专业的信息,通过贴磁板的方式,在占线板上人工更新上述各类信息,并以此为基础制定合理可行的生产调度计划(主要指车辆的行车计划、检修计划等)。该方式比较原始,占线板上的标签易滑落,碰触后易错位,实时性和准确性较差,容易造成列车开进无电区等情况。

车辆基地综合楼的信号楼值班员,根据调度制定的行车计划,在车辆基地计算机联锁中手动办理行车进路。车辆基地司机根据排班计划上车检车,检车完成之后根据信号楼值班员开放的进路信号开行列车。列车在车辆基地内运行时,信号楼值班员需实时掌控其运行位置信息,并电话告知 DCC 调度人员,DCC 调度人员在占线板上更新列车最终停放位置。

2 MDIAS 建设目标

2.1 总体目标

地铁车辆基地生产管理现状的主要问题可以归纳为:①调度、信号值班人员未集中设置,沟通成本高;②站场各专业信息分散,信息获取不及时、不准确,容易造成下达错误调度指令;③收发调车计划、司机派班计划、车辆检修计划基本依靠人工手动编制,编制费时、难度大;④车辆基地行车进路基本依靠人工手动办理,存在错办、漏办进路的风险,容易造成正线列车晚点。

因此,MDIAS 的总体目标是:通过信息化、自动化系统实现车辆基地内各专业信息自动获取、实时综合揭示、综合处理分析;实现车辆基地各类计划的自动编制;通过与计算机联锁接口实现车辆基地行车进路的自动触发办理;提高车辆基地生产调度及管理效率,降低生产作业安全风险,实现减员增效。

DCC 调度室的建设目标为:实现各专业调度人员的集中设置及各专业调度信息的集中展示,打破原有分散设置导致的沟通协调难,以及信息获取不及时、不方便等难题。

2.2 MDIAS 功能需求

从车辆基地生产作业类别上,MDIAS 功能可划分为车辆检修、行车、乘务管理等作业功能。

1) 实现车辆检修计划的自动编制、车辆检修计划执行过程及执行结果反馈的信息化管理,包括:

车辆检修年、月、周、日计划的自动编制,检修计划的派工、开工、完工,以及车辆检修故障处理等信息化管理。

2) 实现车辆基地行车计划的自动编制与行车进路的自动触发办理,包括车辆基地列车收车、发车、调车计划的自动编制;与计算机联锁接口实现收车、发车、调车进路的自动触发办理功能;同时能对计划的执行过程进行跟踪及相关日志的自动记录,具备对计划编制阶段、计划执行阶段冲突检查的功能。

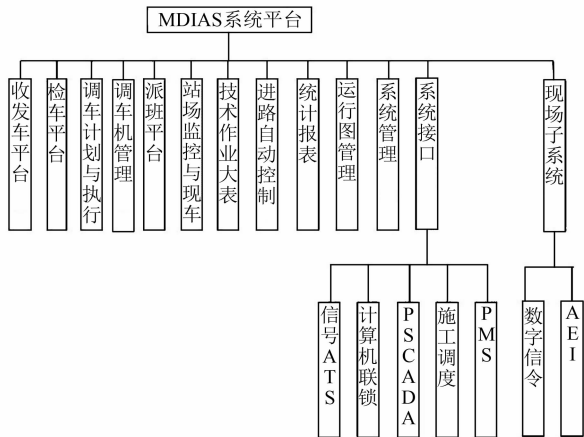
3) 实现司机交路及司机派班计划的自动编制,通过指纹测酒、答题等实现司机出退勤过程的自动化卡控管理。

4) 具备对车辆基地站场各专业关键信息(含车辆、供电、信号设备状态、轨道占用、工务施工等信息)进行自动采集、综合揭示的功能。

目前要实现 MDIAS 的建设目标,国内还暂无可参考、借鉴的类似系统的设计方案,MDIAS 的系统设计难度非常大。本文将重点介绍 MDIAS 功能、软件架构、硬件及网络设计方案。

3 MDIAS 功能设计

结合 MDIAS 的建设目标,MDIAS 设置收发车平台、检车平台等 10 余个子模块,如图 1 所示。



注: PSCADA——电力监控系统; AEI——车组号自动识别

图 1 MDIAS 功能模块

1) 收发车平台:自动编制车辆基地收发车计划,同时具备对收发车过程监控、收发车过程关键语音通知(如进路已自动开放)播报、历史计划查询管理等功能;具备与车辆检修计划、施工计划、正线列车实际运行交路(ATS 接口获取)进行冲突检并调整计划的功能。

2) 调车计划与执行:具备对调车申请、调车申请审批的信息化管理功能;可在站场监控与现车模块拖动车自动生成调车申请单,可结合调车申请信息自动编制调车计划,调车计划可发布至 400 MHz 数字信令电台子系统的手持台中;具备对调车过程监控、场段列车调车里程的自动统计、调车过程关键语音通知播报等功能。

3) 调车机管理:包括工程车工作状态维护、工程车队管理等功能;状态为故障的调车机不能被自动编制进调车计划选中,只有在整备状态的调车机才能参与场段的调车。

4) 检车平台:实现车辆检修计划的全过程管理,含检修计划的修程管理、检修计划的下达与派班、检修过程的管理、车辆故障信息的管理和检修计划的图表化展示等功能。

5) 站场监控与现车:通过与计算机联锁接口,实现与联锁界面一致的信号设备操作功能、进路办理功能;通过与 ATS 联动,实现场段内列车的跟踪;支持自动更新及人工手动更新场段供电设备状态信息;支持自动标记场段车辆检修状态、场段施工开工完工信息。

6) 进路自动控制:具备与计算机联锁接口功能,具备自动接收上位机发布的行车计划信息,并将其自动转化成计算机联锁可识别的进路指令信息,在触发条件满足时,自动向计算机联锁下达进路指令,实现进路自动触发办理;同时具备对进路沿线施工信息、接触网断送电信息等自动冲突检查功能,相关信息不满足时,MDIAS 会禁止向计算机联锁下达进路办理的指令。

7) 技术作业大表:包括行车、检车的计划与实绩的图形化展示功能,支持计划兑现率统计、计划与实绩作业大表的打印。

8) 派班平台:可自动编制司机交路(反应司机的出勤信息、换乘信息、退勤信息)及司机派班计划。司机按照派班计划,在指定出退勤地点,在 MDIAS 指纹测酒仪设备、出勤工作站中完成出退勤操作,MDIAS 自动结合派班计划、指纹测酒结果,对司机的出退勤过程进行卡控。

9) 运行图管理:主要支持用户导入最新的全线运行图信息,并支持用户查看运行图信息;同时支持把从 ATS 接口获取的最新运行图进行显示。

10) 统计报表:实现场调等岗位的交接班台账、场段乘务报表、场段车辆报表、工作日志、派班信息

的统计等功能。

11) 系统管理:包括系统设置、基础数据管理、数据字典、日志管理、系统维护等功能。

在每个场段的出入段线处设置列车 AEI 子系统,用于列车进入出入段线时,提供车组号给 MDI-AS 上位机,MDIAS 上位机根据 AEI 提供的车组号信息自动触发办理进路。在每个场段建立调车数字信令电台子系统,可实现调车的语音通话、数据显示、信令触发功能。

MDIAS 与信号 ATS、计算机联锁、PSCADA 存在接口。MDIAS 预留与施工调度管理系统、PMS 系统的接口:

1) 与 ATS 系统的接口主要获取场段列车跟踪信息、列车计划运行图信息、列车实际运行交路信息。

2) 与计算机联锁的接口主要获取站场信号表示信息,向计算机联锁下达进路开放指令、信号设备操作指令等控制命令信息。

3) 与 PSCADA 系统的接口获取场段接触网供电信息。

4) 与施工调度管理系统的接口获取施工计划信息、施工开工完工信息,用于 MDIAS 计划编制、计划执行阶段对施工信息的冲突检查。

5) 与 PMS 系统的接口主要实现车辆检修计划、车辆检修故障信息的信息交换。

4 MDIAS 架构

为了实现 MDIAS 预期的建设目标,MDIAS 架构设计需合理、科学、全面。

MDIAS 涉及计划编制、计划执行反馈、日志记录等信息化功能模块,由于涉及用户面比较广(含调度人员和管理人员),需实现无需用户安装客户端软件仅通过浏览器即可访问系统进行功能操作,因此采用 B/S(浏览器/服务器)架构开发;MDIAS 涉及场段站场信息揭示、进路管理等自动化功能模块,由于只有调度人员需进行功能操作,且对系统的实时性、稳定性要求较高,需在调度工作站上安装相应的客户端软件,因此采用 C/S(客户端/服务器)架构开发。

MDIAS 架构可分为 5 个层级,如图 2 所示。

1) 数据层:根据信息化业务和自动化业务不同,划分为信息化管理数据库和自动化管理数据库。

2) 集成层:通过统一的企业级总线服务和业务流程集成引擎,实现相关引用组件(包括工作流、表单、统一管理、数据交换等)的有效整合和管理。

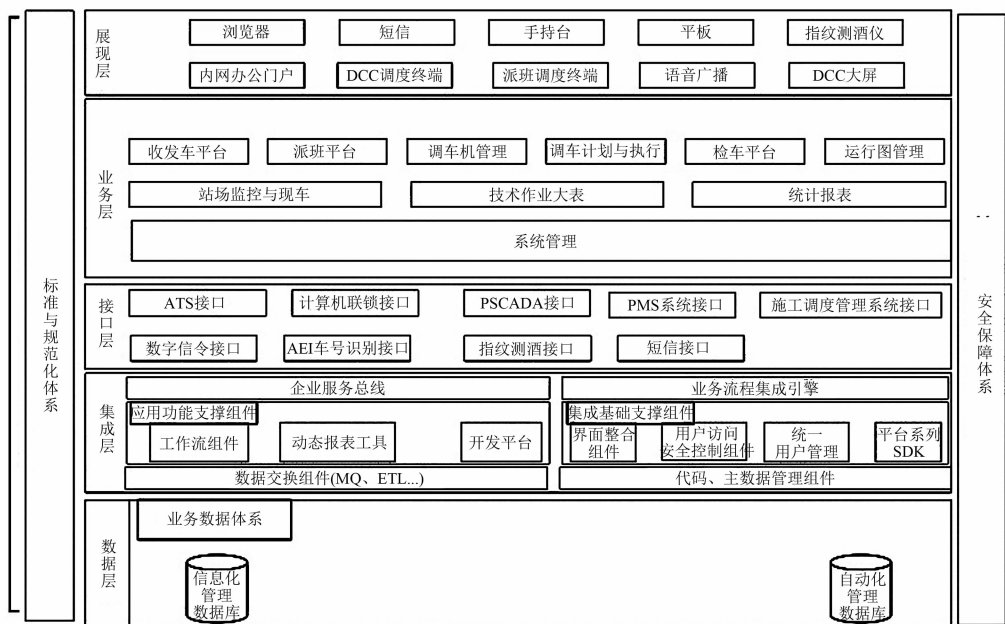


图 2 MDIAS 架构图

3) 接口层:提供与 ATS、计算机联锁、PSCA-DA、施工调度管理、PMS 等关键外部系统的连接,是数字信令、AEI 车号识别、短信、指纹测酒等内部接口子系统访问的统一出入口。

4) 业务层:有效展现了 MDIAS 分类标准,将实际应用系统分成了收发车平台、派班平台、调车计划与执行、检车平台、站场监控与现车等多个应用体系。

5) 展现层:涉及信息应用功能通过 Web 站点进行展现,涉及自动化应用功能通过调度工作站的桌面应用程序进行访问操作,实现计划执行的自动化管控。

5 MDIAS 硬件和网络设计

5.1 硬件构成设计

5.1.1 设计原则

MDIAS 硬件设计需满足 MDIAS 功能实现的要求,室内需包含服务器、网络、外部接口、调度终端、DCC 大屏、出退勤卡控等设备,室外需包含 400 MHz 无线数字信令设备和 AEI 车号识别设备。

5.1.2 配置标准

MDIAS 核心设备如服务器、外部接口、网络、调度终端等设备均需采用双机冗余设置,保证系统的可靠稳定。

5.1.3 详细设计

一般在每条线路的车辆段、停车场及正线车站司机出勤室设置 MDIAS 硬件设备。

1) 车辆段硬件构成设计。①在运转楼 DCC 旁设置 MDIAS 中心机房,内设系统服务器、网络、电源、外部系统接口等设备;②在运转楼 DCC 室内设置 DCC 调度拼接大屏设备、调度终端设备;③在运转楼乘务派班室设置 MDIAS 司机乘务派班设备,在运转楼乘务出勤室设置 MDIAS 司机出勤设备;④在运转楼信号工区值班室设置系统维护监测终端;⑤在车辆段出段线和入段线处分别设置 AEI 车号识别设备,用于入段列车的车号识别;⑥在车辆段内布设天线设备、通信中继设备。

2) 停车场硬件构成设计。停车场的 MDIAS 硬件构成与车辆段的硬件构成基本相同,唯一不同的是在车辆段内设置有中心服务器设备,在停车场无需设置。

3) 正线车站司机出勤室硬件构成设计。在正线车站司机出勤室设置 MDIAS 派班设备、出勤设备、打印设备、派班大屏设备等。

5.2 网络设计

5.2.1 设计原则

MDIAS 通信网络设计需满足车辆段、停车场、正线车站等所有 MDIAS 设备以及需连接访问的 MDIAS 终端的通信,场段内的 MDIAS 核心设备之间需采用专网进行通信连接。

5.2.2 技术标准

系统通信网络设计需满足地铁设计规范、本地通信线路工程设计规范等技术标准。

5.2.3 详细设计

1) 设计车辆段、停车场、正线车站的网络连接关系。①车辆段和停车场之间的网络连接关系:车辆段 MDIAS 设备与停车场 MDIAS 设备之间通过通信主干网预留的光纤完成通信连接,通信主干网的光纤分别敷设至场段综合楼通信设备室的光纤配线架。②场段和正线车站之间的网络连接关系:场段的 OA(企业办公自动化管理)系统核心交换机为 MDIAS 预留光口,实现场段的 MDIAS 网络与地铁公司 OA 系统计算机网络的互联互通。正线车站司机出勤室连接至 OA 系统计算网络,通过 OA 计算网络访问 MDIAS。

2) 场段内网络设计。在 DCC、MDIAS 中心机房、出入段线和运用库等库内设置设备和终端,这些设备和终端构成“现场设备-中心机房-DCC”三级网络。①现场设备-中心机房:车号识别设备、数字信令现场设备通过光纤连接至 MDIAS 中心机房的核心交换机。②中心机房-DCC:中心机房服务器设备与 DCC 室内调度终端、乘务派班室及出勤室内终端设备、信号工区值班室的维护监测终端采用有线专网连接。

6 MDIAS 应用

MDIAS 已在成都地铁 5 号线元华车辆段、大丰停车场、回龙停车场得到了具体应用,并已完成

了 144 h 的连续试验,参与了全线综合联调,通过了专家组的运营前安全评估。目前,成都地铁 5 号线已开通运营。经验证,MDIAS 设计方案满足用户使用需求,系统软件、网络运行稳定可靠。MDIAS 的使用,有效地提高了场段的生产作业调度及管理效率(如传统人工手动编制各类生产调度计划平均需花费 1~2 h,MDIAS 自动编制时间可达秒级),降低了生产作业安全风险,达到了减员增效的目的。后期需结合用户的实际使用意见,进一步优化系统功能。

参考文献

- [1] 徐银光,王孔明,汪峥,等.城市轨道交通车辆基地运营及维修施工综合管控系统研究[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2016.
- [2] 吴晓,王孔明,易立富,等.城市轨道交通车辆基地信息化系统接口设计指南[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2015.
- [3] 魏晓东.城市轨道交通自动化系统与技术[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 李蜡元,李春林.计算机网络技术[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [5] 于云涛.城市轨道交通行车综合自动化系统研究[J].微型机与应用,2015(15):8.
- [6] 黄嘉,唐振华.地铁运营管理的信息化建设[J].都市轨道交通,2014(5):21.

(收稿日期:2020-01-03)

中越互联互通首条高铁建设进度已过半

今天上午 9 时 30 分,中越互联互通国际通道防东铁路棋盘山 1 号隧道顺利贯通。这意味着防东(防城港—东兴)铁路东兴市境内隧道全部贯通,中国到越南口岸的首条高铁建设进度已经过半。棋盘山 1 号隧道为双线隧道,全长 1 461 m,位于广西壮族自治区防城港市东兴市,是防东铁路东兴段贯通的第 3 座隧道。该隧道长度长,穿越山岭地质均为 IV、V 级围岩,岩体易破碎,掉块频繁,施工难度大。中铁十六局集团防东铁路项目经理王说,目前防东铁路的 8 个隧道已经贯通了 5 个,已经完成隧道的 60%,桥梁工程完成 62%,路基工程完成了 72%,站前工程总体完成 52%,项目进度已经过半。广西东兴市是我国与东盟唯一海陆相连的口岸城市,近年来,中国-东盟自由贸易区、东兴国家重点开发开放试验区相继建立。2019 年,东兴口岸出入境旅客人数达 1 229 万人次,创历史新高。东兴口岸的区位优势越发凸显。防东铁路从北部湾滨海城市防城港市向中越边境东兴市延伸,线路全长 46.9 km,设计速度 200 km/h,预计 2021 年底完工。南宁铁路局广西沿海铁路公司介入办副主任廖刚说,防东铁路建成后,将与规划的越南河内至海防、河内至芒街铁路相连,广西防城港和东兴之间将结束没有铁路的历史,旅行时间从以前公路要 1.5 h 缩短到铁路只需 20 min。

(摘自 2020 年 9 月 25 日央视新闻)