

文章编号: 1005-8451 (2015) 08-0056-06

北京地铁6号线行车综合自动化系统设计与实现

金久强¹, 王 浩²

(1.中国铁道科学研究院, 北京 100081;

2.中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘 要: 北京地铁6号线行车综合自动化系统 (TIAS) 采用信号系统与综合监控系统高度集成的设计方案, TIAS建立在统一的国产化软件平台RT21上, 实现电力监控系统、环境与设备监控系统、自动列车监控系统等不同的业务应用功能, 完成行车信息和机电设备信息之间的联动。本文介绍北京地铁6号线TIAS的结构及其主要业务模块功能。

关键词: 综合监控系统; 系统结构; 系统功能; ATS; 联动功能

中图分类号: U231.7 : TP39 **文献标识码:** A

Traffic Integrated Automation System in Beijing Metro Line 6

JIN Jiuqiang¹, WANG Hao²

(1.China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China;

2.Institute of Computer Technologies, China Academy of Railway Science, Beijing 100081, China)

Abstract: Signal System and Integrated Supervision and Control System were highly integrated in Traffic Integrated Automation System(TIAS) of Beijing Metro Line 6. The TIAS was established on the unified home-made software platform RT21 to implement the different service function of PSCADA, BAS, ATS, and the linkage between traffic information and electromechanical equipment information. This article introduced the structure and functions of TIAS of Beijing Metro Line 6.

Key words: Integrated Supervision and Control System; system structure; system function; ATS; linkage function

城市地铁综合监控系统是一个高度集成的系统, 它用系统化的方法集成轨道交通多个子系统, 使其形成一个有机的整体, 实现原环控、电力监控、通信、机电等系统功能, 完成资源共享和信息互通, 提高地铁全线自动化水平。目前, 国内地铁运营线路多采用适度集成模式, 通信、列车自动监控 (ATS) 等有特殊要求和影响行车安全的系统仍独立设置。这种结构最大的缺点是不能实现系统间高效的联动, 一旦行车过程中出现故障, 各系统间响应速度不够, 限制了地铁的运营管理。

北京地铁6号线行车综合自动化系统 (TIAS) 基于现有的ATS和综合监控系统, 在不影响各系统使用的前提下, 从系统总体架构、网络、硬件、软件接口及人机操作界面等方面进行深度集成统一。TIAS建立在统一的国产软件平台RT21的基础上, 实现电力监控 (PSCADA)、环境与设备监控 (BAS)、

ATS等系统不同业务应用功能, 可以为运营管理提供统一的调度、维护、网络管理和培训。本文对北京地铁6号线TIAS的结构和实现的功能进行详细介绍。

1 TIAS结构

北京地铁6号线TIAS主要由位于主控制中心(小营)的中央级TIAS、网络管理系统(NMS)、设备维护管理系统(DMS), 位于各车站的车站级TIAS、DMS, 位于停车场的TIAS等组成。

1.1 中央级系统

中央级系统是地铁6号线的控制中心, TIAS的备用控制中心设置在五里桥车辆段。中央级系统主要为行调、电调、环调、维调、总调等服务, 通过与广播(PA)、闭路电视监控(CCTV)等系统集成、与乘客信息系统(PIS)、时钟(CLK)、报警(ALM)、线路中心(MLC)、运营指挥中心(TCC)、电能质量管理(PQSS)、不间断电源(UPS)、换乘线路控制中心等系统互联, 实现控制中心调度人员对地铁

收稿日期: 2015-05-26

作者简介: 金久强, 在读硕士研究生; 王浩, 助理研究员。

的集中监控。中央级结构如图 1 所示。

中央级系统设计采用分层、分布式设计，应用 C/S 结构，TCP/IP 协议。中央级 TIAS 通过通信骨干网将站级信息汇集到 OCC，从而实现以行车指挥为核心的多系统综合自动控制。

1.2 车站级系统

车站级控制系统如图 2 所示，它与 ATS、PSC-ADA、BAS、PSD 控制系统集成，与 ATP/ATO、CLK、火灾报警系统 (FAS)、UPS 系统等互联，为车站运营人员服务，通过与其他相关系统集成、互联，实现运行控制中心 (OCC) 调度员及车站值班员对北京地铁 6 号线工程的集中监控。

1.3 停车场TIAS

停车场 TIAS 采用与中心同样的设计方式，应用标准的 TCP/IP 协议实现信息互联。系统通过停车场局域网采集现场级相关信息，从而实现对停车场内相关系统的监控。当中心 TIAS 或传输骨干网发生故

障时，停车场 TIAS 仍正常运行并实现原有功能。

1.4 设备维护管理系统

本系统目的在于确定北京地铁 6 号线上安装的 DMS 适用的功能要求。DMS 用于 TIAS 各类设备及其它相关系统设备维护信息的采集和分析、辅助调度员管理维修作业等。调度员可借助设备管理系统监督设备 / 系统的运行状态，制定维修计划与安排维修工作，达到比传统人工方式更加有效的效果。

DMS 架构基于 Web，其体系结构中应用服务器、数据库等均为冗余、热备配置。DMS 对 TIAS 各子系统的所有设备运行状态进行统一监视与集中报警管理，功能定位为就地监测和远程报警。DMS 采用标准简单网管协议 (SNMP) 采集 TIAS 相关设备状态信息，只要符合接口标准，即可纳入 DMS 监测范围。DMS 主要服务于地铁工程供电专业维护人员、机电专业维护人员、信号专业维护人员。

1.5 网络管理系统

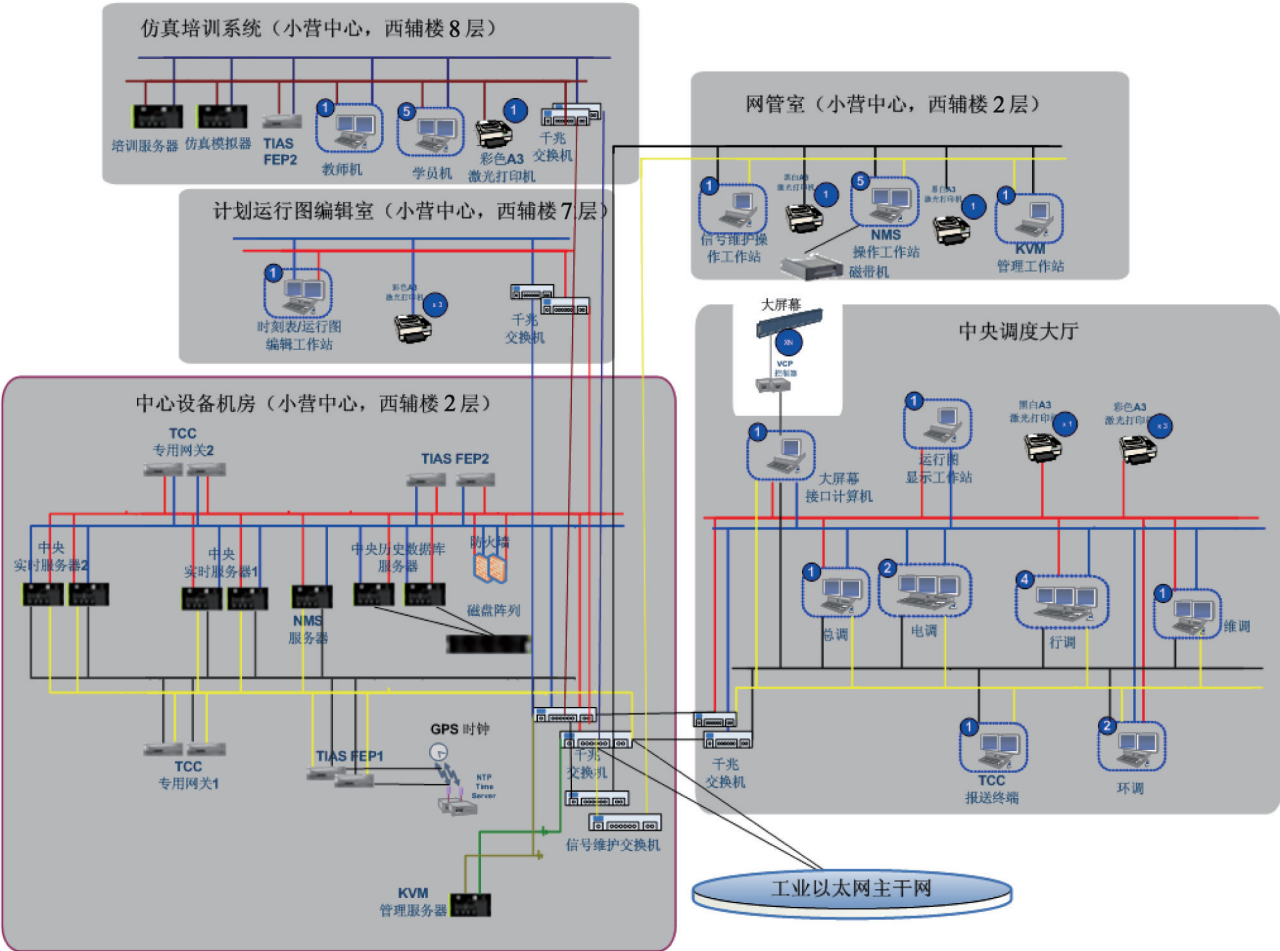


图1 中央级结构

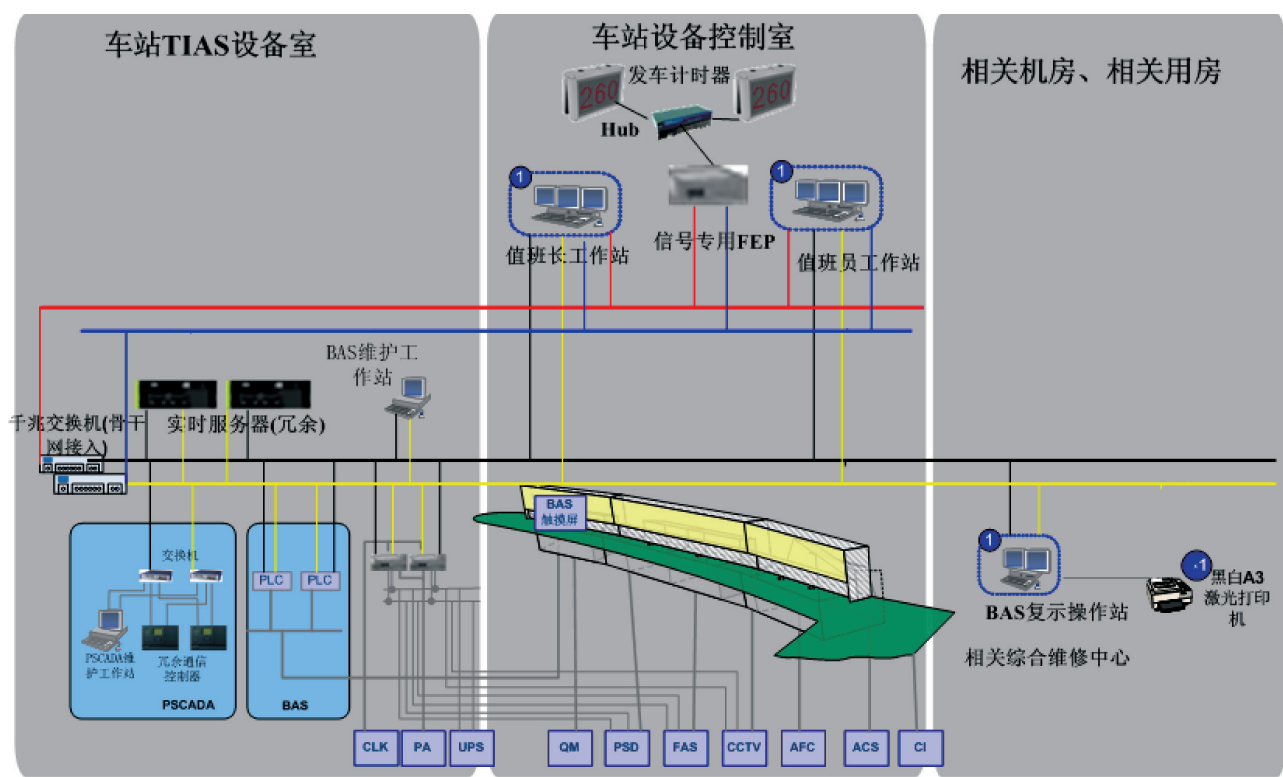


图2 车站级系统结构

网络管理系统（NMS）负责对 TIAS 主要设备的运行状态进行监测和报警。NMS 位于中心及车辆段维修中心系统设备机房。NMS 由中心服务器和终端工作站构成，在北京地铁 6 号线中主要包括中心 NMS 服务器、KVM 服务器以及备用中心 NMS 服务器和位于中心网管室的 NMS 工作站、KVM 工作站、打印机等。NMS 服务器通过中心网络交换机连接到骨干网，从全线的 TIAS 设备上获取数据。

NMS 是 TIAS 的“管理中心”，支持 TCP/IP 和 SNMP 标准。NMS 负责监视的设备主要有：TIAS 服务器、TIAS 工作站、交换机、FEP 前置机。NMS 的作用是监测 TIAS 服务器和工作站的硬件状态及软件运行状态；监测交换机端口的通断状态及网络情况；监测 FEP 前置机的运行状态及与下面各个子专业的通信情况；在设备发生故障时，以告警的形式提醒维护人员，并记录在事件中。

NMS 以一定的周期对全线所有的网络设备运行情况进行扫描，通过 SNMP 协议获取每一台设备的 SNMP 代理模块中设备的运行信息，一旦发现某一台设备运行异常，会根据具体情况自动生成指定的消息格式发送给报警处理的应用程序，再由该应用

程序转发给 NMS 工作站，在 HMI 监视画面上通过声光报警提醒维护人员注意。

2 TIAS功能实现

北京地铁 6 号线 TIAS 采用 RT21 平台软件，其通用功能适用于 TIAS 接入的所有集成和互联子系统。北京地铁 6 号线的 TIAS 功能主要包括通用管理、ATS、PSCADA、BAS、联动功能、紧急控制、与其它系统集成等功能模块。

2.1 通用管理

通用管理模块是对系统正常运行的维护工作，包括数据库管理、操作员与操作站权限的划分、系统安全域权限划分、操作互斥与操作授权、历史数据存档等功能。

2.2 列车自动监控（ATS）功能实现

TIAS 实现了原 ATS 系统功能，包括车站现地控制、行车信息显示以及列车运行时刻管理等。

车站现地控制通过现地工作站的集中设备，车站值班员可对列车进路进行正常控制和特殊控制。车站现地控制包括设置列车进路、设置临时限速、把信号机设置为自动模式、封锁轨道区段、信号机、道

岔等的信号元素，跳停、扣车、提前发车等控制。

行车信息显示实现了在中央控制室，采用模拟显示屏显示本工程的线路、车站、停车场及车辆段布局的全景。在中央控制室及备用控制中心的行车调度台上，以单元画面和任意窗口详细显示车站、区间及车辆段、停车场的信号设备状态和列车运行状态的细景。全景和细景的主要内容包括本工程线路、车站、停车场及车辆段的线路布局、目的地码位置、列车门、安全门的状态、ATS 通道状态信息以及中心和车站及车场电源设备状态信息。

列车运行时刻图 / 时刻表管理通过调度员输入基本运行图的基本数据如各区间运行时间、列车折返要求等，系统能在计算机辅助下自动完成编制，基本运行图 / 时刻表作为系统指挥列车运行的一种原始数据，编制完毕后以实际时间 10 倍的速度进行列车运行的模拟和仿真，以在运行图编辑工作站上通过系统检测基本运行图 / 时刻表编制的可行性和合理性，分类存入数据库内，以备调度员随时调用。

2.3 电力监控功能实现

TIAS 的电力监控 (PSCADA) 模块分为中心级监控和车站级电力监控。中心级 TIAS 主要实现控制、数据采集处理、显示、报警、查询等功能。车站级 TIAS 可以通过测试按钮向变电所发送测试信息，当 PSCADA 收到信息时，变电所内继电器完成相应动作，并由智能测控单元采集继电器动作信号。变电所自动化系统向车站控制室返回继电器动作信号。系统还可以显示供电系统图、牵引网系统图、各变电所主接线图、停送电程控画面、报警 / 预告画面等。此外电力监控系统还具有供电系统控制闭锁功能和遥控屏蔽功能。

2.4 环境与设备监控系统功能实现

TIAS 的环境与设备监控 (BAS) 模块是对车站环境设备如暖通空调、给排水等进行全面、有效地自动化监控及管理，全面监视设备运行状态，控制各设备的开启和关停，以满足地铁运营条件。

TIAS 实现以下功能。

(1) 数据采集

车站行车综合自动化系统负责采集现场的环境参数、设备运行状态等信息，其结果形成设备运行

数据和归档数据实时或定时上传给中央级，中央级对全线的上传数据进行处理和归档，实时监测各车站机电设备的运行状态和车站环境状况，刷新数据库的相关记录，必要时进行设备调控。

(2) 监视功能

中央级 TIAS 操作站具有多级动态图形显示功能。显示北京地铁 6 号线工程线路概貌图，反映出各车站的地理位置并宏观显示车站级设备工作状态（主要指环控设备）。在概貌图上，用颜色变化及声光区分车站环控设备的运行状态，用颜色交替闪烁方式、声光报警显示车站级环控设备的故障情况，以引起操作人员的注意。

(3) 模式控制

模式控制是由被集成的外部系统执行的一个顺序控制，如发生隧道阻塞和紧急状况时顺序启动对应的风阀和风机。行车综合自动化系统将从 BAS 中获得模式状态，并显示在模式表中。

2.5 联动功能实现

为了提高运营效率，TIAS 设计了系统联动功能。联动功能的实现主要是基于预先定义的逻辑 / 描述，通过配置数据库完成。TIAS 能够接收处理接口系统的报警，然后将事先编辑好的联动命令自动发送到接口系统，在此过程中无需操作人员干预。

2.5.1 后台应用模块之间联动

无需人工干预的联动触发，在事故发生时 TIAS 接收处理接口系统的报警，通过消息总线，后台服务器应用模块之间直接交换联动触发消息，TIAS 自动发送相关的控制命令到事故点，完成相关系统联动，如图 3 所示。

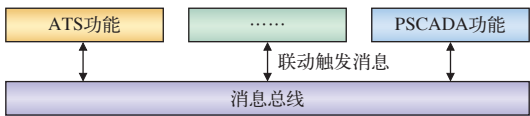


图3 系统联动

2.5.2 客户端视图之间联动

电调 / 环调内部的联动触发，与原综合监控系统类似，按照预先定义的联动方案，顺序执行即可。当行调和电调 / 环调业务之间的联动，采用平台提供的联动机制，当需要进行跨业务交互时，利用控件提供的事件触发机制和方法调用机制实现，如图 4 所示。

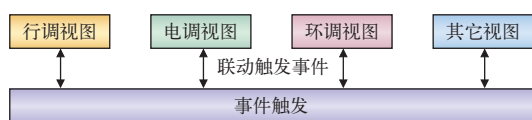


图4 联动触发事件

TIAS 的联动功能为轨道交通提供安全保证,是提高救援效率、减少事故影响及损失等至关重要的一环, TIAS 能够简化各子系统之间的联系,更好地实现联动。

2.6 与其它系统集成

北京地铁 6 号线 TIAS 除了将 ATS、PSCA-DA、BAS 等统一纳入一个综合数据信息平台外,主用控制中心 TIAS 还与 PA、CCTV 系统集成,与 PIS、CLK、ALM、MLC、TCC、PQSS、UPS、换乘线路控制中心联动, TIAS 与界面集成和互联子系统是采用松耦合的结构,信息只是有限度的接入,主要是接收报警信息,必要时进行各系统相关的联动。TIAS 还接收各子系统的设备运行信息,进行统一的设备管理工作。子系统与 TIAS 有数据交换但其数据处理相对独立。由于各界面集成和互联系统在中央 OCC 拥有自己的信息处理中心独立运行,故车站各互联系统信息由其各自的中心系统管理, TIAS 通过车站综合后备盘 (IBP),以硬连线方式互联 PSCADA、FAS、AFC、CCTV、屏蔽门 (PSD),供紧急处理用。

3 结束语

北京地铁 6 号线 TIAS 是国内首个将传统信号系统和综合监控系统进行高度集成的项目,突破了国内地铁基本采用各系统独立的方式,承载 ATS、

PSCADA、BAS 等不同的业务应用功能,各业务功能模块之间采用统一的平台接口协议、实时数据库和历史数据库、人机界面以及网络结构,实现了与车站级控制中心、中央级控制中心的数据共享。目前该系统已调试完毕,现场运行稳定,具有抗干扰性强、信息获取全面迅速、可靠性高等优势,在城市轨道交通系统中可广泛应用。

参考文献:

- [1] 徐 杰,刘春煌,李 平,王富章.城市轨道交通系统信息共享平台研究[J].城市轨道交通研究,2005 (2): 35-39.
- [2] 黄 捷,张 健.综合监控系统在轨道交通中的应用[J].自动化仪表,2006,27 (12): 49-53.
- [3] 汪文功,徐力强,王文荣,江 平.北京地铁 5 号线变电所综合自动化系统的设计与实现[J].机电商报电力系统,2007 (1): 57-59.
- [4] 王婷婷,汪文功.现代城市轨道交通综合监控系统的设计理念[J].自动化技术与应用,2010 (2) .
- [5] 王开满,王 军,张慎明.城市轨道交通自动化综合监控系统的集成模式[J].城市轨道交通研究,2007 (3): 57-62.
- [6] 吴新平,董德存.城市轨道交通信息集中监控系统的设计与实现[J].城市轨道交通研究,2005 (4) .
- [7] 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.
- [8] 程 媛,陈敦惠.城市轨道交通综合监控系统构成方案的优化[J].城市轨道交通研究报告,2007 (3): 9-12.
- [9] 李熙光.城市轨道交通综合监控系统设计探讨[J].城市轨道交通电气化铁道,2006 (4) .

责任编辑 陈 蓉

(上接 P55)

- [2] Golli A, Varaiya P. Hybrid dynamical systems[C]. In: Proc. of the 28th IEEE Conference on Decision and Control, 1989: 2708-2712.
- [3] 宋永华,孙元章,秦世引,等.混成动态系统引论[M].北京:清华大学出版社,2007 (12): 3-7.
- [4] 张曙光.CTCS-3 级列控系统总体技术方案[M].北京:中国铁道出版社,2008.
- [5] 铁道部科技司.CTCS-3 级列控系统标准规范-CTCS-3 级列控系统系统需求规范 (SRS) [S].北京:中国铁道出版社,2009.
- [6] IEEE Std 1474. 1-2004(R2009). IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements[S].2004: 6-33.
- [7] 边 远.基于混成自动机的主防护式 CBTC 车载系统开发方法[D].北京:北京交通大学,2011 (12) .

责任编辑 陈 蓉