

有轨电车综合指挥调度系统中 列车运行的控制与监视

刘娜, 邵峰, 方齐蔓

(南瑞集团公司(国网电力科学研究院), 南京 211006)

摘要: 介绍国内有轨电车的发展现状, 结合苏州有轨电车2号线综合指挥调度系统(tramway integrated dispatching system, TIDS)项目, 对TIDS主要的系统功能进行简要说明, 对有轨电车TIDS系统自动监控功能进行详细的功能模块划分, 并围绕列车位置的监视与追踪, 提出一种新的基于冗余策略的列车追踪方法和列车定位校正算法, 用于列车定位和显示。方案可在确保线路运行安全和运营安全的前提下, 提升效率、提高稳定性, 对后续有轨电车综合指挥调度系统方案建设具有一定的参考价值。

关键词: 有轨电车; 综合指挥调度系统; 列车监视; 列车追踪; 列车定位

中图分类号: U482.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2019)04-0138-05

Automatic Control and Monitoring of Train Operation in Tramway TIDS

LIU Na, SHAO Feng, FANG Qiman

(State Grid Electric Power Research Institute, NARI Group, Nanjing 211106)

Abstract: This paper introduces the development status of domestic trams and a brief explanation of the main system functions of tramway integrated dispatching system (TIDS) for the Suzhou Tram Line 2 TIDS Project. This paper also provides a detailed function module division of the automatic monitoring function of tramway TIDS. A new train tracking method based on redundancy strategy and the train position correction algorithm are proposed for train positioning and display. This solution can improve efficiency and stability, ensuring line operation safety. It has certain reference value for the construction of follow-up trams TIDS.

Keywords: tram; TIDS; train supervision; train tracking; train positioning

随着我国城市化进程的快速推进, 有轨电车作为一种可持续发展的绿色公共交通应运而生。较传统有轨电车相比, 现代有轨电车容量大、成本低、舒适便捷、低碳环保、外形时尚美观。截至目前, 中国已有超过40座城市正在建设有轨电车, 有更多城市提出了建设现代有轨电车线路的意向和规划, 已开通运营的线路超过20条。例如沈阳、长春、大连、上海、天津、北京、苏州、南京等城市已经开始将有轨电车应用于城市公共交通系统中^[1-3]。

但相对于国外很多国家, 我国有轨电车在信号控制、行车管理与监控等方面还存在一定的差距。为了能较好地满足现代有轨电车的通行需求, 使其在安全的前提下, 更高效更稳定地运行, 结合苏州有轨电车2号线综合指挥调度系统(TIDS)项目, 针对列车自动监视、自动控制方面, 提出了详细的解决方案, 就列车位置的监视与追踪、列车识别号的监视与管理、列车自动进路控制等方面展开了详细的阐述^[4-5]。

1 综合指挥调度系统(TIDS)

有轨电车综合指挥调度系统(TIDS)是基于系统工程理论, 将信号、通信、机电、供电等各种监控系统集成于一体化的自动化平台, 从而实现在一个调度平

收稿日期: 2018-04-28 修回日期: 2018-06-20

第一作者: 刘娜, 女, 硕士, 工程师, 从事轨道交通信号系统研究工作, liuna2@sgepri.sgcc.com.cn

台上对车、机、电的统一监控和管理。TIDS 是基于轨道交通 RT21 软件平台开发,是一个功能强大的、开放的、模块化的、可扩展的综合调度管理平台,TIDS 除具备数据库管理、通用 HMI、遥控、报警等 RT21 软件平台通用功能外,还具备以下主要系统功能:

1) 自动监控功能。提供信号系统控制中心的所有功能,对正线和车辆段信号设备、列车进行统一的监控和管理,主要包括列车监视与追踪、列车进路控制、行车信息显示、时刻表等。

2) 电力监控(power supervision control and data acquisition, PSCADA)功能。TIDS 电力监控功能在正常模式下以控制中心为主,全线所有电力设备的监视和控制操作皆可通过控制中心的电调工作站完成。主要包括控制与操作功能、数据采集与处理功能、显示功能。

3) 环境与设备监控系统(building automatic system, BAS)功能。TIDS 具备监视全线管线范围内通风空调系统、给排水系统、自动电扶梯、电梯、低压照明配电设备运行、故障、报警等状态,可实现相关系统的远程复位,远程启动等操作。

4) 广播系统(public broadcasting, PA)功能。TIDS 向控制中心已授权的操作人员提供 HMI 界面。操作人员通过 HMI 完成对广播系统的设备状态监视和控制。

5) 乘客信息系统(passenger information system, PIS)功能。TIDS 系统监视全线各车站乘客信息系统设备的工作状态和报警信息,可以选择区域进行正常和紧急信息发布等操作。

6) 闭路电视监控系统(closed-circuit television, CCTV)功能。TIDS 向控制中心操作人员提供 HMI 界面,操作人员通过 HMI 完成对闭路电视系统的监视和控制,包括视频轮巡、历史视频检索回放、图像调用等功能。

7) 设备维护管理系统(DMS)功能。DMS 系统负责收集和保存实时的现场设备运行状态信息,分专业保存操作信息、报警信息、故障信息、设备状态信息、维修信息等的历史记录,以便进行查询和设备维修分析。

8) 培训仿真系统(TMS)功能。TMS 采用软件仿真方式,仿真模拟器具具备强大的软件仿真模拟功能,提供针对各子专业运行工况的具体、详细、灵活、反应快速的仿真模拟功能。

9) 网络管理系统(NMS)功能。TIDS 配置网络管理系统,作为对整个 TIDS 网络的管理、监控中心,

支持 TCP/IP 和 SNMP 协议,对各种网络设备、服务器资源和业务类型进行有效管理^[6-8]。

2 有轨电车自动监控

有轨电车自动监控功能是 TIDS 系统的主要功能之一,包括列车运行的监视和管理、站场信号设备监视及控制、运行图/时刻表编制及管理、自动进路及人工进路管理、运营记录与统计等。

详细的功能模块分布于 TIDS 系统的实时服务器、调度工作站、时刻表编辑工作站、车辆段工作站、通信服务器等设备中。功能模块的具体部署如下:

1) 部署在实时服务器上的功能模块有列车识别与追踪、信息采集及获取、列车运行图/时刻表管理、列车自动进路和人工进路管理、人工控制操作管理、运营记录与统计报表、控制权限管理。

2) 部署在调度工作站上的功能模块有列车运行监视及管理、信号设备监视及控制、在线时刻表管理、报警与事件、历史记录与回放、权限管理。

3) 部署在时刻表编辑工作站上的功能模块有运行图/时刻表的离线编辑工具。

4) 部署在车辆段工作站上的功能模块有列车运用计划及车辆管理、车辆段信号设备监视。

5) 部署在通信服务器上的功能模块有道岔控制子系统接口处理模块、平交道口控制子系统接口处理模块、车载子系统接口处理模块、车辆段联锁接口处理模块。

自动监控功能如图 1 所示。

TIDS 系统提供了信号系统控制中心的所有功能,可以对正线和车辆段信号设备、列车、时刻表进行统一的监控和管理。以下将对列车运行的自动监视进行详细探讨。

3 列车运行监视

列车运行监视是指对车辆的编号、运行位置和速度、信号机状态、道岔位置、平交道口状态等进行实时监测。在 TIDS 系统中,列车监视和追踪功能包括对列车位置的监视和追踪以及对列车识别号的监视和管理。重点阐述对列车位置的监视和追踪以及列车定位校正算法。

3.1 基于冗余策略的列车追踪

TIDS 系统对列车位置的监视和追踪主要是根据车载系统传来的列车位置信息和车辆段联锁系统传来的信号设备状态信息来定位和显示列车。准确掌握车

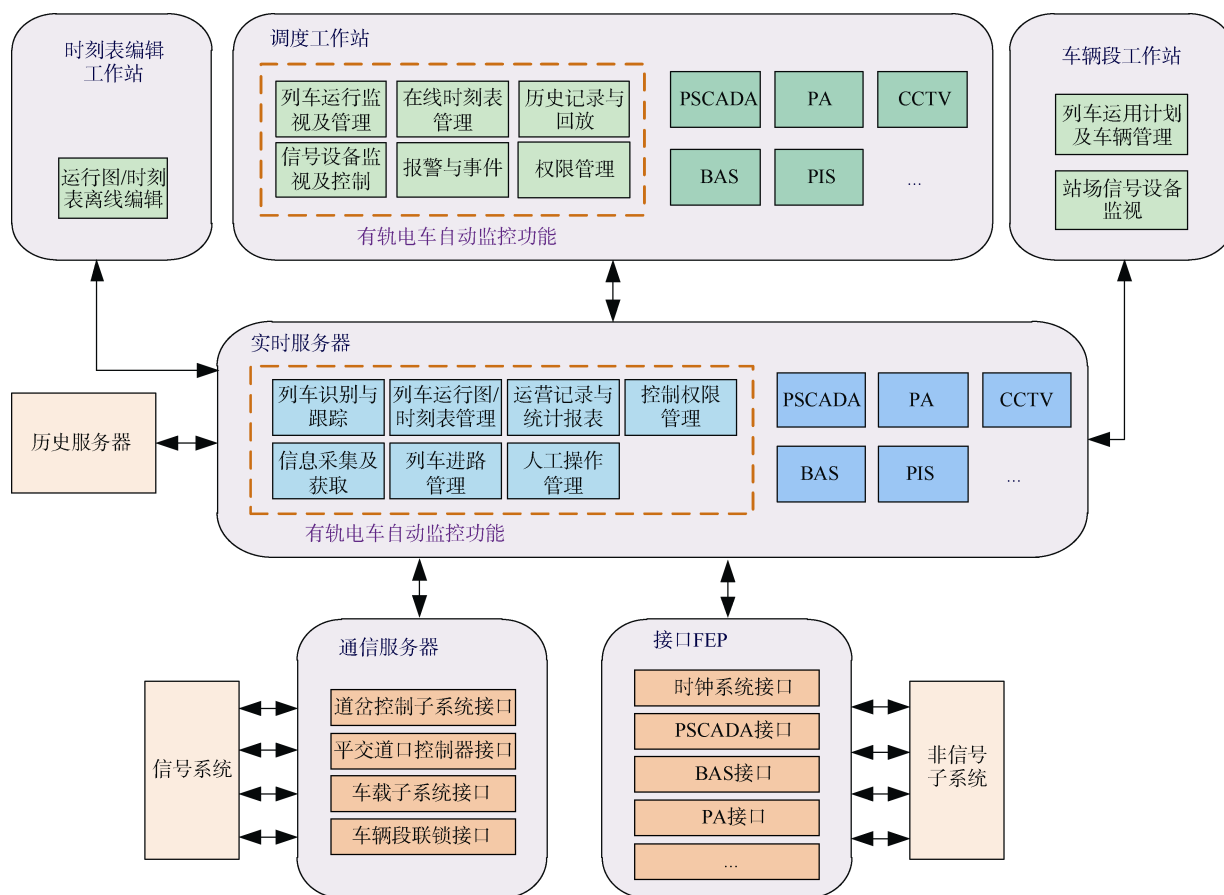


图1 有轨电车自动监控功能
Fig. 1 Automatic tram monitoring function

辆位置信息是列车实时调度、有序运行的前提，其直接影响调度决策的准确性与及时性。

基于信息冗余的精确追踪是在现有追踪系统无法获取列车车载位置信息的情况下对列车的持续追踪，保证列车位置的持续有效。通过将主要策略与冗余策略相互配合，以3种信息处理模块组合实现在不同情况下多重追踪信息的持续性与准确性。在通信正常时以车载位置信息作为列车位置进行追踪，区域控制器与联锁信息则对前述信息进行校验；当列车车载控制器通信故障时，则以区域控制器位置信息对列车进行追踪；当所有通信全部中断时，追踪系统将利用联锁信息对列车进行追踪，从而实现对位置实时、准确、持续追踪，避免控制延迟甚至失控导致事故发生。同时可以有效地防止外部系统与追踪系统出现“轻跳”时造成的系统紊乱。

列车追踪(TT)包括点式下的列车追踪、CBTC模式下的追踪以及人工辅助追踪3部分功能。点式下的列车追踪功能需要来自联锁的占用变化信息，这是通过PROCESS(码位处理)模块提供的；CBTC模式下的

列车追踪需要来自VOBC/ZC的列车精确位置数据，这是通过TM(列车管理)模块提供的；车次号追踪失败时，在人工辅助下，能够使得追踪正确进行。TT(列车追踪)模块维护列车的位置数据，将列车到发站信息发送给AVR(列车运行调整)模块，使得调整能够正常工作，并且将列车位置数据发送给ATR(列车自动进路)，ATR根据列车位置以及运行轨迹触发进路。将列车数据发送到界面，实时显示列车的运行。当列车通信异常导致位置信息丢失，在一定时间范围内可综合利用最后一次列车位置、运行速度、方向以及轨旁定位信息进行电子地图坐标拟合确定列车当前位置；如果列车信息丢失超过一定时限则中心站场图显示列车状态为离线，同时发出告警信息^[9-10]。

列车追踪功能如图2所示。

3.2 列车定位矫正算法

列车定位矫正算法如下：

1) 接收车辆GPS定位数据。提取车辆定位数据的经纬度、水平误差估计、速度的大小和方向信息。

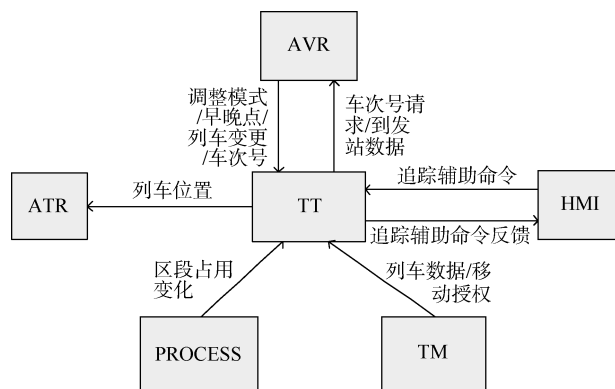


图2 列车追踪功能

Fig. 2 Train tracking

2) 在以未经修正的定位点为圆心、水平误差估计值为半径的圆内搜索道路路段，判断搜索结果集是否为空：是，转入3)；否，转入4)。

3) 水平误差估计值乘一个大于1的扩张系数，转入2)。

4) 对定位数据进行误差预修正。判断搜索结果集内的对象数是否为1：是，转入5)；否，转入6)。

5) 计算修正后定位数据到该路段的匹配点，以这个匹配点为车辆最终定位数据。转入10)。

6) 对定位数据进行误差预修正，计算修正后定位数据到搜索结果中所有路段的匹配点。计算这些匹配点中距离预修正后数据的距离小于距离认可门限(初值设置为20 m)的数量。数量值是0，转入7)；是1，转入5)；大于1，转入8)。

7) 距离认可门限乘一个大于1的扩张系数，转入6)。

8) 根据匹配路线的方向确定匹配点的速度方向。计算这些匹配方向值与GPS接收机实测的车辆速度方向值夹角小于夹角认可门限(初值设置为15°)的数量。数量值为0，夹角认可门限乘一个大于1的扩张系数，重新计算该数量值；数量值为1，以这个匹配点为车辆最终定位数据，转入10)；大于1，记录这些匹配点，转入9)。

9) 以前一个定位数据为起点，在地图上搜索起点到8)中记录的匹配点的最短路径，以这些最短路径中的最小值作为最终定位数据。转入10)。

10) 根据最终定位数据相对于原始测量数据的位置修正值对误差预修正数据进行调整。在电子地图上对车辆位置进行刷新，回到1)。

算法流程如图3所示。

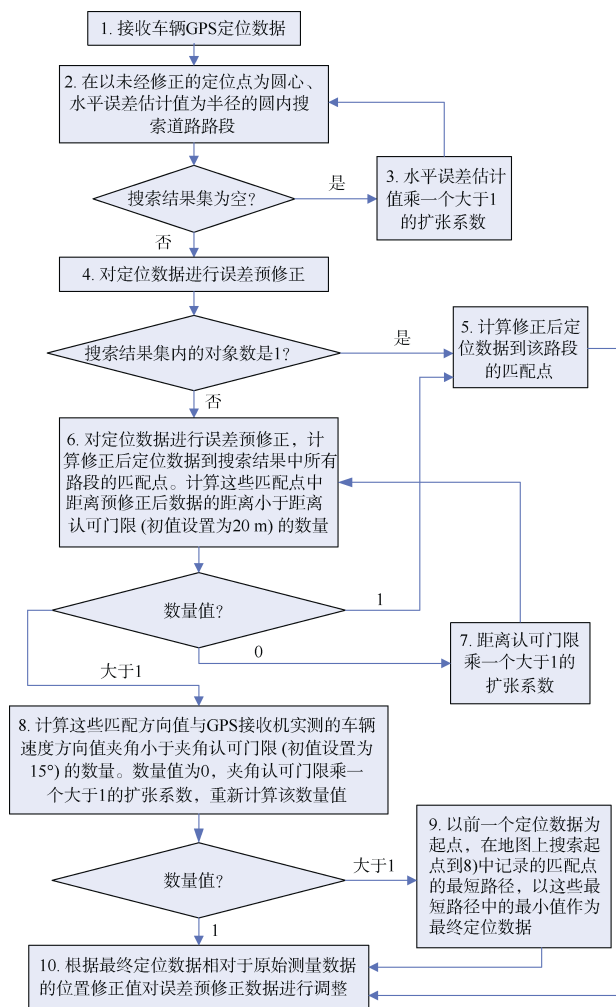


图3 列车拓扑位置矫正算法

Fig. 3 Topological position correction algorithm for train

4 结语

首先对有轨电车TIDS系统功能进行了简要介绍，并对列车自动监控功能进行了详细的功能模块划分，围绕列车位置的监视与追踪，提出一种新的拓扑位置矫正算法，以及基于冗余策略的列车追踪方法，用于列车定位和列车显示。同时将方案应用于苏州高新区有轨电车2号线TIDS系统，可在确保线路安全运行的前提下，提升效率、提高稳定性，对后续有轨电车综合指挥调度系统方案建设具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 李森林, 李潇潇. TIDS系统及其在苏州有轨电车2号线的应用[J]. 都市快轨交通, 2017, 30(4): 96-101.
LI Senlin, LI Xiaoxiao. TIDS and its application in Suzhou tram line 2[J]. Urban rapid rail transit, 2017, 30(4): 96-

- 101.
- [2] 王力. 现代有轨电车的运营控制系统[J]. 自动化应用, 2009, 45(12): 33-34.
WANG Li. New tram signal system[J]. Railway signalling & communication, 2009, 45(1): 33-34.
- [3] 唐世军, 张雪松, 白雪. 有轨电车综合调度系统建设方案研究[J]. 铁路计算机应用, 2016, 25(1): 55-59.
TANG Shijun, ZHANG Xuesong, BAI Xue. Construction solution for tram integrated dispatching system[J]. Railway computer application, 2016, 25(1): 55-59.
- [4] 张栋梁, 黄开, 刘彦超. 基于无线网络的有轨电车杂散电流监测系统[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(2): 84-87.
ZHANG Dongliang, HUSNG Kai, LIU Yanchao. Stray current monitoring system of tram based on wireless network[J]. Urban rapid rail transit, 2016, 29(2): 84-87.
- [5] 唐贾言. 现代有轨电车的运营控制系统[J]. 自动化应用, 2010(12): 61-63.
TANG Jiayan. Operation control system of modern railroad car[J]. Automation application, 2010(12): 61-63.
- [6] 马作泽. 现代有轨电车信号系统研究[J]. 铁道通信信号, 2014, 50(2): 15-17.
MA Zuoze. Research on signal system of modern tram[J]. Railway signaling & communication, 2014, 50(2): 15-17.
- [7] 陈立扬, 张磊, 谭国威, 等. 新城新区有轨电车线网规划研究[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(5): 111-115.
CHEN Liyang, ZHANG Lei, TAN Guowei, et al. Research of tram network planning in new district and new town[J]. Urban rapid rail transit, 2016, 29(5): 111-115.
- [8] 徐金祥. 城市轨道交通列车运行自动控制技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.
XU Jinxiang. Automatic train control technology for urban rail transit[M]. Beijing: China Rail Publishing House, 2013.
- [9] 徐劲松, 陈抒凡. 城轨交通综合监控系统的冗余设计[J]. 现代城市轨道交通, 2008(5): 29-32.
- [10] 刘海军. 现代有轨电车信号系统设计分析[J]. 都市轨道交通, 2013, 26(6): 156-159.
LIU Haijun. Analysis of signal system design in modern tram[J]. Urban rapid rail transit, 2013, 26(6): 156-159.

(编辑: 王艳菊)

(上接第125页)

- [7] 秦学珍. 海外铁路项目接口管理的方法[J]. 铁道建筑, 2014(8): 123-127.
QIN Xuezheng. Method of interface management for overseas railway projects[J]. Railway construction, 2014(8): 123-127.
- [8] 姜萍萍, 常猛, 宋祖荣, 等. 浅析核电总包项目设计信息接口管理[J]. 核安全, 2012(3): 60-65.
JIANG Pingping, CHANG Meng, SONG Zurong, et al. Analysis for application of design information management in nuclear EPC-Interface management[J]. Nuclear safety, 2012(3): 60-65.
- [9] 程振廷. 城市轨道交通建设的接口体系[J]. 城市轨道交通研究, 2003, 6(5): 35-40.
CHENG Zhenting. On the interface system of UMT construction[J]. Urban mass transit, 2003, 6(5): 35-40.
- [10] 孙宁. 城市轨道交通建设的工程接口管理[J]. 中国铁路, 2001, 40(9): 40-44.
SUN Ning. Engineering interface management of urban rail transit construction[J]. China railway, 2001, 40(9): 40-44.
- [11] 李会武. 城市轨道交通信号系统工程接口管理探讨[J]. 通讯世界, 2014(1): 18-19.
LI Huiwu. Interface management of urban rail transit signalling system engineering[J]. Communication world, 2014(1): 18-19.
- [12] 丁淮生. 地铁工程接口管理思路[J]. 中国铁路, 2003, 42(3): 65-67.
DING Huaisheng. Subway engineering interface management ideas[J]. China railway, 2003, 42(3): 65-67.
- [13] 游震宇. 核电厂项目设计接口管理分析[J]. 中国勘察设计, 2010(2): 25-27.
YOU Zhenyu. Nuclear power plant project design interface management analysis[J]. China survey and design, 2010(2): 25-27.

(编辑: 王艳菊)