

# 城市轨道交通通信信号智慧化运维系统框架研究

王悦婷

(上海申通地铁集团有限公司, 201103, 上海//工程师)

**摘要** 分析了我国城市轨道交通通信信号运维的现状,介绍了通信信号智慧化运维所需的先进技术。对通信信号专业设备的智慧化运维系统进行框架设计,并论述了该系统的总体功能。通过对物联网、大数据、人工智能等先进技术的应用,该系统可在很大程度上降低设备故障发生的概率,减少故障对线网正常运行的影响,最终提高城市轨道交通系统的运行效率。

**关键词** 城市轨道交通; 通信信号; 智慧化运维系统

**中图分类号** U231.7

**DOI:** 10.16037/j.1007-869x.2020.S2.027

## Research on Intelligent Operation and Maintenance Framework of Urban Rail Transit Communication Signal System

WANG Yueting

**Abstract** With an analysis of the development of urban rail transit communication signal maintenance in China, the advanced technologies needed for the intelligent operation and maintenance are introduced. A frame design of the intelligent operation and maintenance for professional communication signal equipment is conducted, and the overall performance of the design is elaborated. Through the application of IoT (internet of things), big data, artificial intelligence and other advanced technologies, the probability of failure and the failure impact on the network are greatly reduced, the operation efficiency of urban rail transit system is improved.

**Key words** urban rail transit; communication signal; intelligent operation and maintenance system

**Author's address** Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China

## 1 城市轨道交通通信信号运维现状

### 1.1 城市轨道交通设施设备运维现状

截至2019年,我国城市轨道交通运营线路总长度达到了6 424.84 km,且呈逐年增长趋势。以上海为例,上海城市轨道交通线网拥有17条线路、415座车站,线网总长度达705 km。根据规划,2020年上

海城市轨道交通的运营总长度将达到814 km。如此庞大的线网,带来的是前所未有的管理压力。城市轨道交通线网的不断拓展,带来的是相关设备数量大量增长。设施设备系统承受了很重的负荷,其运维工作面临着一系列挑战:①设施设备规模迅速扩张,但运维水平并未得以显著提高;②技术多样化对运维水平提出了更高的要求;③生产组织复杂程度迅速增加;④专业技术力量随线网的扩张被迅速摊薄;⑤运维工作中信息化需求突出。

图1为设备的生命周期曲线。与稳定运行期相比,在运营前期(磨合期)和后期(耗损期),设备故障率较高,设备运维的工作量较大,对设备维护的投入也相对较高。仍以上海城市轨道交通线网为例,目前不少新建线路的设备仍处于运行的磨合阶段,而与此同时部分老线的设备已年久失修,运维的压力很大。

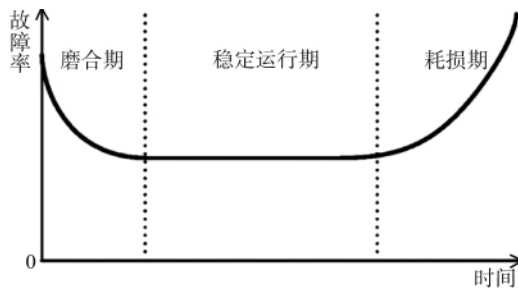


图1 设备的生命周期曲线

### 1.2 通信信号专业运维现状

目前,在城市轨道交通行业已经开始研究建立在设备现场、以预测性为主的一体化的智能化运维系统。通过调研,当前城市轨道交通通信信号(以下简称“通号”)系统的设备运维方面存在如下问题<sup>[1]</sup>:①系统的抗风险能力不足;②未能充分利用所采集到的数据;③设备的功能各异,模式分散,运行标准不一。

同时,随着城市轨道交通线网的进一步扩充,通号系统面临着以下挑战<sup>[2]</sup>:①基于设备状态的主动性维修模式尚未建立;②列车和设备的过修、失修

问题仍普遍存在;③ 安全性、运营效率、成本控制三者的最佳平衡点仍待探索。

基于此,建立一套以先进技术为基础的,兼顾安全和效率的城市轨道交通通号专业的智慧化运维系统已迫在眉睫。

### 1.3 城市轨道交通通号系统运维的需求与特点

随着国家交通强国战略的推行,城市轨道交通设备运维的智能化与健康管理已被定位为行业的发展新方向。要解决通号系统设备运维方面的问题和挑战,最终实现通号系统的智慧化运维,需要考虑以下要点:

1) 故障精准定位。一旦发生故障,可通过智慧化运维平台实现对故障的精准定位,从而缩短维修时间。

2) 提前预警。基于大数据、人工智能、物联网等技术,可对设备的潜在故障进行提前预警,并有针对性地做出相应的维保策略。

3) 数据融合。整理和分析不同渠道探测得到的数据,并对多样化的数据进行融合,从而更全面地反映出系统的工作状态。

现有设备的运维大多采用 MSS(维护支持系统),只能满足基本的参数测量、故障告警等基本功能,在自动化、智能化等方面与智慧化运维的目标仍有较大差距。若要对通号系统运维的科学化、数字化、信息化、智能化,则需要在通号的运维系统中对物联网、人工智能、大数据、云计算等先进技术加以应用。

## 2 智慧化运维系统的技术支撑

### 2.1 物联网技术

物联网是指通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通讯,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。物联网可实现数据智能化采集、可视化管理和远程监控、实时定位与监管等功能<sup>[3]</sup>。

基于物联网技术的列车智慧化运维系统能够为通信系统提供智能化检修服务<sup>[4]</sup>。当通号系统或设备状态发生变化时,智慧化运维系统可实时对检修内容进行调整。此外,智慧化运维系统还可为检修人员提供专业化的指导,实现零部件的实时跟踪。

### 2.2 人工智能与大数据技术

随着科学技术的发展,传统的设备运维工作中

简单重复的劳动已逐渐转由计算机代替,但复杂场景下的故障处理仍需要人来判断与决策。人工智能(AI)技术使用机器代替人做出决策,将在真正意义上实现运维的自动化、智能化。

利用大数据技术在海量的数据中发现规律,从而指导设备的运维管理,对整个城市轨道交通系统的发展具有重要的战略意义。目前,大数据在城市轨道交通领域内的研究主要可以分为客流预测、规划优化、大数据分析、节能优化和状态监测五大类。

通过人工智能技术与大数据技术的结合,可以实现故障的精确预测、预警。在日常运营过程中,通号系统及其设备会产生大量的数据,采用大数据技术对其收集、分析、处理,并通过人工智能与机器学习,让计算机溯源故障、分析故障产生的原因,最终形成对设备故障特性的记忆,从而实现计算机对通号系统及其设备故障的自主分析、自主感应、自主预警和自主解决。

上海城市轨道交通在人工智能和大数据上的应用主要有:依托基础大数据技术来分析设施设备的运行状态,逐步形成了更为合理的经验型计划修模式;依托系统运行状态在线感知能力,逐步形成了感知型状态修模式;依托在线监测状态数据,逐步形成了专家型故障修模式<sup>[5]</sup>。

### 2.3 云计算与边缘计算技术

云计算是分布式计算的一种。“云”就像一种可提供资源的网络,使用者可以随时获取“云”上的资源。

边缘计算是指在网络边缘执行计算的一种新型计算模型。传统的云计算有实时性差、隐私保护能力弱的缺点,边缘计算技术的引入大大提高了云计算的安全性:一方面,用户利用靠近数据端的边缘设备直接对数据进行处理,以实现敏感数据的保护和隔离;另一方面,边缘节点设备与中心计算机之间建立功能接口,仅接受云计算中心的请求并反馈处理结果。

城市轨道交通线网具有站点多且分散、信号设备种类多、管理难度大等特点。虽然特定设备一般都有其相应的管理软件,但不同系统、不同设备间却常常相互孤立,无法做到数据共享和协同工作。将云计算技术与边缘计算技术应用于通号的运维系统中,可以有效地解决上述问题。将所有的信号系统和设备注册上云,管理人员即可在云端一次性管理所有的系统和设备,从而缩短了运维时间,提高了运维的效率,提升了整个系统的可维护性和安全性。

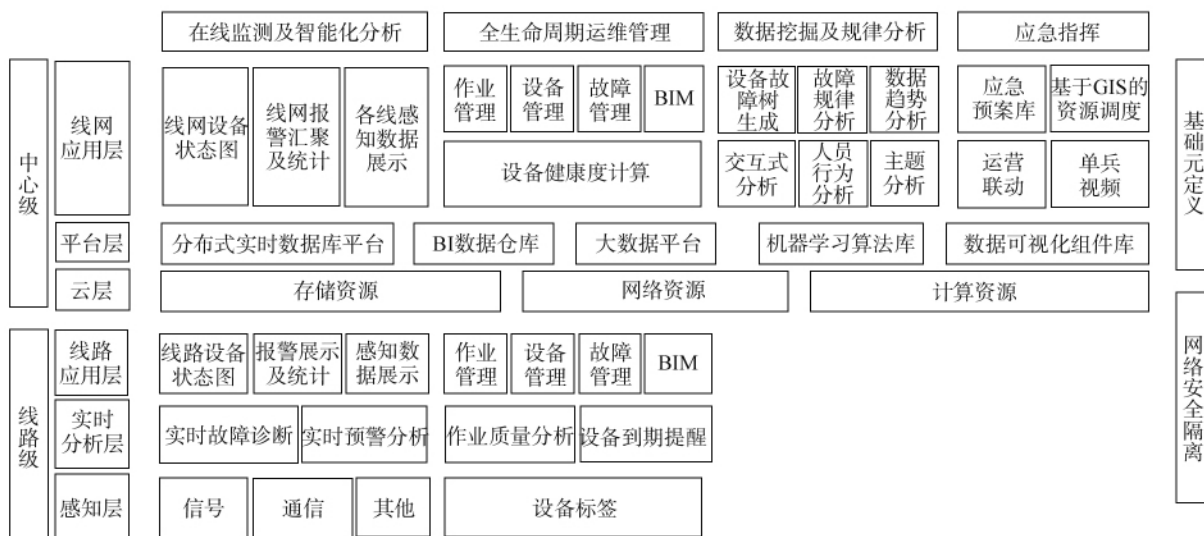
### 3 通号专业智慧化运维系统的框架和功能

#### 3.1 智慧化运维的系统框架

智慧化运维是利用各种先进的技术,对海量的数据进行处理和分析,并自动监测整个线网异常状况的先进运维方式。智慧化运维能够预测故障,并能在系统或设备故障时提供解决方案。采用智慧化运

维系统,可以从根本上消除由人进行决断时产生的失误和疏漏,从而大幅度降低人力成本,最终提升整个城市轨道交通系统的运行效率。

通号专业智慧化运维系统的框架如图2所示,分为中心级和线路级两个部分。其中:中心级包括线网应用层、平台层和云层;线路级包括线路应用层、实时分析层和感知层。



注:BIM——建筑信息模型;GIS——地理信息系统;BI——设备信息

图2 通号专业智慧化运维系统的总体框架

##### 3.1.1 线路级的功能

1) 感知层。包含了通号系统中最底层的设备,如计轴器、转辙机、联锁装置、ATS(列车自动监控)系统等终端设备。感知层能够实现全设备的感知,并将采集到的所有设备的实时数据发送到实时分析层进行进一步的处理。

2) 实时分析层。具备实时故障诊断和实时预警分析功能,并且可以对作业质量进行分析,提前发现设备的故障和隐患,提高设备的可靠性。

3) 线路应用层。线路级中最上层的结构,提供的是线路级别的应用服务。许多基础应用均在此层实现,包括线网状态的显示、数据展示、线路报警统计等。同时,线路应用层也具备对作业、设备和故障的管理功能。

##### 3.1.2 中心级的功能

1) 云层。构建了一个云平台,通过收集各方面的数据,整合网络资源和计算资源,为平台层的应用和服务提供支持。

2) 平台层。建立在云层的基础上,包含大数据平台和分布式实时数据库平台,同时还包含机器学

习算法库和数据可视化组件库。平台层通过建立底层库,为大数据、机器学习、人工智能等技术提供实施的基础,同时为线网应用层提供服务和支撑。

3) 线网应用层。包含所有的顶层应用,包括线网的设备状态图、感知数据显示和线网报警统计等。与线路级的应用层不同,中心级的应用层通过采用大数据、机器学习和人工智能等先进技术,实现对故障规律和人员行为的智能化分析,并自动生成相应的应急预案,从而实现资源的合理调度和运营的高效联动。

#### 3.2 智慧化运维系统的总体功能

##### 3.2.1 设备的集成化监测

通号的智慧化运维系统能够整理并分析各个终端设备和系统上传的数据,并进行集成化监测。利用物联网技术从轨道、车站、道岔、信号机、转辙机等设备中收集数据;在滤除突变数据和干扰后,利用大数据和人工智能技术进行系统性分析,判断设备的工作状态是否健康;利用 ATP(列车自动防护)和 ATS 系统,获取列车的当前位置,实现实时监控以确保安全。通过对设备各方面的实时监测,有利于运维工作



人员及时与行车调度、维保人员进行沟通,减轻了工作人员的负担,降低了设备故障对线网正常运行的影响。

### 3.2.2 设备的故障诊断

智慧化运维系统在采集、分析数据的同时,能够进行故障诊断。该系统通过对持续采集到的新数据和历史数据进行比对和分析,利用大数据、机器学习等技术加以训练,形成了一套特有的监测机制<sup>[6]</sup>。该机制可以自动制定设备维护和检修的时间和内容,并制定相应的检修方案,实现了对设备的科学管理。当通号设备发生故障或将要发生故障时,该系统能够自动定位故障位置和分析故障原因,并显示故障的原理图,从而可在设备发生故障之前提前预测、告警。同时,将监测机制与实时监测平台的信息结合起来,可为设备的日常检修和预防性维修提供参考。

智慧化运维系统将采集通号系统中各个设备的数据进行实时的分析和统计,并显示在终端的应用界面上,这些数据包括各线路的运营现状、实时故障的位置与严重程度、维护管理情况等。不管是正常数据还是故障数据,均会被存储到数据库中,以便为智慧化运营提供大数据样本。智慧化运维系统采用可视化设计,以易于快速理解的全图形化展示方式,形象直观地对设备状态实施监控;通过对城市轨道交通线网图和单线图、以及车站室内外关键设备状态的图形化展示,可辅助维保人员快速地对异常设备进行定位。

### 3.2.3 设备的主动维护

传统的定期检修制度一定程度上存在检修和维护人力资源和维修成本的浪费,对设备的过度检修也会降低设备的可用性,给设备的正常运行带来隐患。主动维护技术的预测与预防,就是对设备从设计到报废的整个生命周期进行监测,控制故障的诱发因素,将故障扼杀在苗头阶段,以延长设备的使用寿命。主动维护技术的实质在于“护”,而不在于“修”。例如,当通号设备某一参数或功能不正常时,智慧化运维系统能基于历史数据的分析,自动监测到该设备发生故障的可能性,进而及时通知维保人员进行维护。

主动维护技术强调对设备故障的根源性参数进

行识别、监测和控制,以避免故障的发生,因而具有主动预防的作用。主动维护技术具有维护费用低、维护效果显著等优点,其推广应用具有重要的经济价值和环保意义。

### 3.2.4 设备健康度检测

设备健康度是实现设备状态修、辅助维修决策的一个重要指标。该指标根据设备的各维度信息汇总计算而成,包括了设备当前及近期监测参数的趋势、设备设计寿命、设备使用时长、历史故障情况、同批次设备故障情况、同型号设备故障情况、设备工作环境、设备冗余度和设备重要度等参数。健康管理中心则将所有单个设备的健康度聚合至系统中,以此实现对全线网内通号设备的健康度、剩余寿命、承载容量的智能化分析。

## 4 结语

利用物联网、大数据、人工智能、云计算等先进技术,通过机器而不是人来控制通号设备甚至整个线网的运行,是城市轨道交通智能化运维系统发展的重点,也是必经之路。实践证明,通号设备智慧化运维系统可以统一资源调配,精确故障方位,减少操作失误,缩短运维时间,最终提升运维效率。相信在不远的未来,城市轨道交通运维系统的自动化、智能化程度将会更高,城市轨道交通的运行效率与质量也会随之得以进一步地提升。

## 参考文献

- [1] 朱志伟,范永华,罗运真.轨道交通信号系统智慧运维体系的应用研究[J].铁道通信信号,2019(4):77.
- [2] 侯文军,吴彩秀.地铁车辆智慧运维平台研究[J].电力机车与城轨车辆,2019(6):1.
- [3] 凌力.5G与物联网融合在城市轨道交通运维中的探究[J].铁道建筑技术,2018(6):18.
- [4] 郭泽阔,张艳兵,王璐.基于物联网技术的智慧运维在地铁车辆段的应用[J].都市轨道交通,2019(3):19.
- [5] 晨曦,梁玲.让“智慧”运维与中国造完美对接——来自上海地铁维保保障有限公司的报道[J].中国设备工程,2017(14):6.
- [6] 李聪.地铁信号系统智能运维方案设计[J].铁道通信信号,2019(2):86.

(收稿日期:2020-04-16)