

城市轨道交通全自动运行线路运营策略

陆 鹏

(上海申通轨道交通研究咨询有限公司, 200070, 上海//工程师)

摘 要 城市轨道交通 FAO(全自动运行)线路在运营范围、运营策略、管理模式、运营组织及维修程序等方面与传统线路有所区别。基于 FAO 线路的运营范围和目标,提出了 FAO 线路分阶段开通的运营策略,以实现从 DTO(有人值守的全自动运行)模式到 UTO(无人值守的全自动运行)模式逐步过渡。对 FAO 线路的管理模式和生产模式进行了分析,建议 FAO 线路运营初期其管理模式宜与运维分离管理模式相配套,远期则采用运维一体化管理模式;建议 FAO 线路开通运营时其生产组织模式应从 DTO 模式逐步向 UTO 模式转换,以确保 FAO 线路运营的安全与效率。

关键词 城市轨道交通;全自动运行线路;运营策略

中图分类号 U29-19

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.02.014

Operation Strategy of Urban Rail Transit FAO Line

LU Peng

Abstract FAO (fully automatic operation) line is different from the conventional line in terms of operation scope, operation strategy, management mode, operation organization and maintenance procedures. Based on the FAO line operation scope and goal, the operation strategy of launching FAO line by stage is proposed, so that the DTO (driverless train operation) mode can be gradually transited to UTO (unattended train operation) mode. The management mode and production mode of FAO line are analyzed, and the management mode is suggested to match with operation/maintenance independent mode at the initial stage, and to adopt operation-maintenance integrated management mode in long-term. It is also suggested that when FAO line is launched, the production organization mode should gradually change from DTO mode to UTO mode to ensure FAO line operation safety and efficiency.

Key words urban rail transit; FAO line; operation strategy

Author's address Shanghai Shentong Rail Transit Research & Consultancy Co., Ltd., 200070, Shanghai, China

城市轨道交通 FAO(全自动运行)线路的运营方案与传统线路有较大的差别,对其运营策略的设

计需要从顶层和全局的角度进行探索与实践。FAO 线路的运营管理在传统线路要求的基础上,对可靠性、可用性、可维修性及安全性提出了更高的要求^[1]。

FAO 线路以 GOA4(无人干预列车运行)级 FAO 系统进行全功能设计,支持按照 FAO 系统的 UTO(无人值守的全自动运行)模式或 DTO(有人值守的全自动运行)模式运营。因此,根据该线路初步设计的车辆运行模式、线路技术状态及设施设备的技术条件和环境^[2],研究运营范围、运营策略、管理模式、运营组织及维修程序等,能为 FAO 线路的正式开通运营提供合理的生产组织和组织流程。

1 FAO 线路的运营范围和目标

1.1 运营范围

FAO 线路的运营范围包括列车、OCC(运营控制中心)、车站、车辆基地 FAO 区域与有人驾驶区域、车辆基地转换区、车辆基地试车线、变电站等。

FAO 线路在全区域(正线、车辆基地 FAO 区域)具备列车激活和待命、综合自检、自动出入车库、自动清洗、自动调车、区间自动运行、自动开关车门、自动折返等功能。

FAO 线路的所有控制和监视功能均通过 OCC 来保证, OCC 应具有掌握全线运行状态的功能。GOA3(无人驾驶列车运行)级 FAO 系统的所有控制和监视功能均通过 OCC 或 OCC 与列车控制员、正线与车辆基地多职能队伍一同实现。

1.2 运营目标

FAO 线路的运营目标为采用 UTO 模式运行,在保证运营安全的前提下,提高列车运行效率和运营效益,保证运能满足客流需求,增强对客流变化的响应能力,增加系统的灵活度和可用性。即不仅要满足初期、近期和远期客流预测的需求,还应满足突发情况下客流发生瞬间变化的需求。

FAO 系统的运营评价指标^[3]包括:① 列车运

行图兑换率不低于 98.5% ;② 列车正点率不低于 98% ;③ 列车服务可靠度不低于 6 万列 · km/次;④ 列车退出正线运行故障率不高于 0.3 次/(万列 · km)等。

2 FAO 线路的运营策略

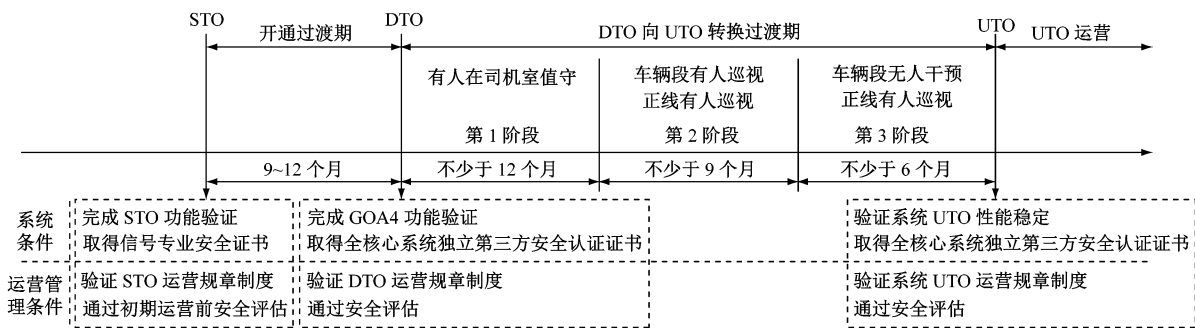
FAO 线路按照 UTO 目标设计和建设^[4],并且鉴于开通初期设备、人员、乘客以及规章制度等方面的适应和磨合,线路开通运营时全系统所有设备功能全部投入使用,但在生产组织模式上应从 DTO 模式逐步向 UTO 模式进行转换,以确保 FAO 系统运营的安全与效率。FAO 线路分阶段开通运营策略如图 1 所示。

第 1 阶段:全线全时段驾驶员在司机室值守,在运营故障时进行及时的故障处置。

第 2 阶段:当 FAO 系统司机在司机室值守一段时间后,系统设备运行稳定,可靠性、可用性满足设计,人员适应管理流程,运营指标符合设定目标,此时可过渡到车辆段 UTO、正线全时段 DTO 模式。

第 3 阶段:当第 2 阶段运营 3 个月及以上后,FAO 系统设备运行稳定,可靠性、可用性满足设计,工作人员基本适应管理流程,运营指标符合设定目标,且乘客适应 UTO 模式,此时方可进入第 3 阶段,即正线高峰时段 DTO、非高峰时段 UTO 模式。本阶段原则上不少于 2 年,期间经评估也可适当缩短。

第 4 阶段:当第 3 阶段运营 2 年以上后,系统设备运行稳定,可靠性、可用性满足设计,人员完全适应管理流程,乘客适应 UTO 模式,运营指标符合设定目标,此时可以考虑实现 UTO。



注:STO 为半自动列车运行。

图 1 FAO 线路分阶段开通运营策略示意

Fig. 1 Staged operation strategy of FAO line

3 FAO 线路管理模式分析及实施

3.1 FAO 线路管理模式分析

FAO 线路运营初期是通过设置专业化生产中心的方式进行运维管理,其运营管理模式宜与运维分离(两个中心)管理模式相配套。FAO 系统行车调度、客运服务和维护管理的难度显著增加,对行车管理、客运服务、维护管理等要求亦提高。因此,FAO 线路远期宜采用运维一体化管理模式,以满足 FAO 系统安全、高效的运营需求。

FAO 线路的列车运行全过程由控制中心远程控制,初期可配备列车控制员等多职能队伍监护列车运行,待各项条件满足后可考虑采用 UTO。FAO 线路的运营管理和维护管理均由线路运营维护管理部门负责,主要管理控制中心、车站、车辆基地的日常运营业务以及相关设施设备的维护业务。

3.2 FAO 线路管理模式实施

FAO 线路需要积累运营维护管理经验、培养运维人才队伍,可在运营初期采用运维分离的管理模式。FAO 作为高度自动化、集成化的系统,与运维一体化管理模式的匹配性更强。因此,建议 FAO 线路采用运维分离向运维一体化(一个中心)过渡的管理模式。

分阶段实施运维一体化管理架构。由于 FAO 线路管理和运营过程较为复杂,需要保障各个环节的生产安全,因此,FAO 线路运维一体化管理架构方案可以采取分阶段实施策略。该策略可分为过渡阶段、部门复合阶段及运维一体化阶段。

过渡阶段,在运维分离管理的架构基础上实现顶层的合并,即领导层的精简融合。在线路的正常化管理条件满足后,一套领导班子下设的原先两个中心各自的部门实现合并。在两个中心领导层实

现合理复合,且公司行政职能部门和技术管理部门实现深度融合后,进一步实现运营和维保各个专业部门的优化融合,由上至下实现运维一体化管理模式。

运维一体化管理模式具备以下特点和优势:

1) 人员配置精简。从生产、管理人员的配置数量以及管理人员的配置比例上,运维一体化管理模式相比专业化管理模式人员精简程度更高。

2) 业务流程效率高。运维一体化管理模式业务流程环节更少,在一体化管理机构设置下业务层级减少,统筹性较强。业务流程的高效率体现在其涉及的机构和环节更少、业务协调的级别更低。

3) 组织架构可调整性强。运营管理中调度指挥中心、车辆中心等与安全质量室等组织的增减或职责调整可以在管理机构内进行统筹,而不影响其他线路的组织体系,为进一步实施岗位的复合提供了调整空间。

4) 资源共享。运维一体化管理模式在跨专业的技术支持上更强,运管、维护类中心及各专业班组均由管理机构统一管理,且其内部沟通协调快捷。

运维一体化管理模式和专业化管理模式各有实施难度,综合而言运维一体化管理模式实施难度更高,专业化管理模式工作量更大。从运营管理模式设计的前两个总体目标“人员精简”“高效”来考虑,运维一体化管理模式的“岗位复合”“高效”可以更好地结合高度自动化、集成化的 FAO 系统,以保证运营服务质量与安全。各地亦需因地制宜,结合自身管理现状和客观条件,在管理模式筹划、实施过程中通过管理与技术手段保证运营管理模式方案顺利实施;同时应使其与既有线路相协调、与既有业务系统相配套、与企业发展战略相融合,从而加强网络统筹能力。

4 FAO 线路的生产组织管理

4.1 生产组织管理

FAO 线路生产组织管理(见图 2)主要由 OCC、DCC(车辆段控制中心)、车站等 3 个层面构成。根据各岗位的兼容性,增加工作人员管理的高效性、业务实施的可行性。

1) OCC 和 DCC 层面。在 OCC 和 DCC 层面,主要设置运转主管、OCC 值班主任、维修调度员、行车调度员、电环调度员和综合调度员岗位来配合实现 OCC 的部门职能。DCC 主要由车场调度员负责

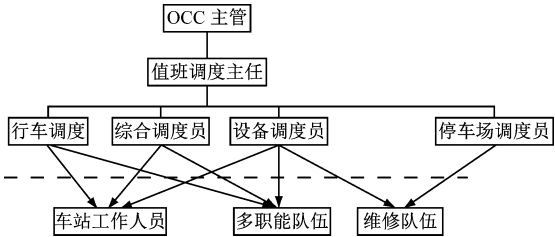


图 2 FAO 线路生产组织管理示意图

Fig. 2 Diagram of FAO line production organization management

运营生产。

2) 车站层面。与 OCC/DCC 的职责分工不同,车站层面的职责分工允许同一职责由多个岗位承担,以增加人员管理的灵活性,从而提高紧急情况的处理效率。

3) 报警流程(信息流转)。对 FAO 线路上系统设备的报警信息进行过滤和分析。

4.2 维保组织

4.2.1 维修策略

维护部门应对不同维修工作进行分级管理,并建立各级专业检修队伍。同时应根据各系统设备的功能和影响程度全面制定维修策略,确定日常维修、定期检修的范围。固定设备的故障应在当地(设备用房、站台设备柜、符合维修条件的区间)修复,车载设备的故障主要在车辆基地修复,专业设备本身的故障由专业维修车间修复或委托外部专业公司修复。

对于每一个维修对象,应制定相应的维修任务,包括介入时机、任务类型、维修等级、安全性等内容,并指定一个识别号和一个标题,以实现维修数据的系统管理。

为实现安全、高效的维修,应针对不同等级的维修要求配置相应的支持系统,包括维修计划、维修文档、备品备件、支持设备、信息化资源的支持、培训及培训设备、包装运输和储存、维修的基础设施及检修人员等。

FAO 系统应根据各设备的复杂度和故障程度确定不同的维修等级。FAO 系统的维修等级划分为 4 个级别,一级最低,四级最高。此外,本文引入了系统性维修的概念。

4.2.2 维修等级

1) 一级维修。一级维修通常在现场进行,不需依靠其他设备直接进行简单的维修处理,如系统重启等,主要由多职能队员通过简单操作使设备重新

运行,若无效则重新发送请求,由专业检修队伍进行二级维修。

2) 二级维修。二级维修通常在现场进行,通常是更换一个完整的单元,然后将其送到维修车间进行故障修理。二级维修主要由专业检修队伍完成。多职能队员宜具备对车载设备进行二级维护的能力。二级维修对象主要是 FAO 系统(地面 ATO(列车自动运行)/ATP(列车自动防护)、信号、车载 ATO/ATP、车辆等)以及与其有直接接口的系统(站台门等)。

3) 三级维修。三级维修通常在维修车间进行,主要将二级维修更换的单元或拆分的若干组件送往维修车间进行维修。通常三级及以上的维修需要由一定的专业设备和专业人员来解决。

4) 四级维修。四级维修主要是对电子芯片进行诊断并修复,通常委托供货商或专业维修公司完成。

5) 系统性维修。系统性维修通常是对设备进行彻底翻新或重要更新,包括中修、架修或大修等。系统性维修通常委托供货商或专业维修公司完成。

4.3 信息与指令程序

FAO 系统可对运营现场和各类设施设备的状态进行实时监视,通常是在 OCC 对整条线路进行监视,且不同业务岗位的人员在授权的条件下对监视信息进行及时处理。运营系统的控制由相关操作人员通过 OCC 的工作站来实现(见图 3),部分指令可由车站工作人员通过其所在工作站或控制面板(如站台门控制盘)发出。

FAO 线路运营系统的控制由相关操作人员通过 OCC 的工作站来实现。其部分指令可由车站工作人员通过其所在工作站或控制面板(如站台门控制盘)发出。运营系统应考虑操作人员发出的指令,并根据实际情况和安全条件,核实并决定对该指令立即执行还是延期实施。指令应能通过传输网络发送至相关系统,系统将对不同设备发送不同的指令。

5 结语

1) 考虑到 FAO 线路运营的安全与效率,鉴于开通初期设备、人员、乘客和规章等方面的适应和磨合问题,FAO 线路可采用分阶段开通运营策略,分阶段实现从 DTO 到 UTO 的逐步过渡,实现在管理模式、管理效率和运营安全上的系统优势目标。

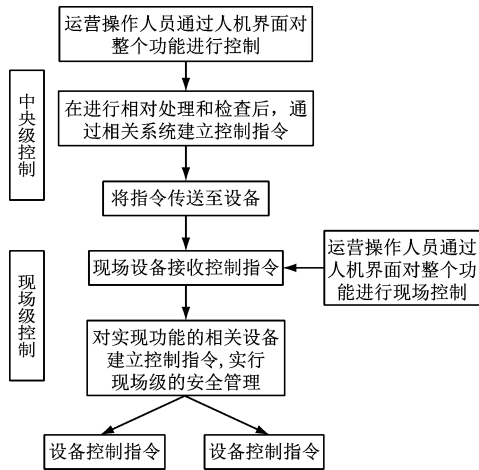


图 3 FAO 线路运营系统控制指令流转示意图

Fig. 3 Flow diagram of FAO line operation system control instructions

2) FAO 线路在运营初期的管理模式宜与运维分离管理模式相配套。建议该线路远期采用运维一体化管理模式,以满足 FAO 系统安全、高效的运营需求。

3) FAO 线路开通运营时全系统所有设备功能均投入使用,但就生产组织模式而言建议应从 DTO 模式逐步向 UTO 模式转换,以确保 FAO 线路运营的安全与效率。同时应不断深化运营组织的信息传递效率和优化维保组织的设备维修策略。

参考文献

- [1] 郭涛. 全自动驾驶地铁车辆的运营功能需求初步研究[J]. 交通世界, 2016(30): 122.
GUO Tao. Preliminary study on operational function requirements of fully automatic operation metro vehicles[J]. TranspoWorld, 2016(30): 122.
- [2] 杨勇. 城市轨道交通无人驾驶的关键技术特点分析[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(增刊 1): 84.
YANG Yong. Analysis of the key technical characters of urban rail transit driverless train[J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(S1): 84.
- [3] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通 全自动运行系统规范 第 4 部分:测试及验证: T/CAMET 04017. 4—2019[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2019.
China Association of Metros. Urban rail transit — fully automatic operation system specification — part 4: testing and verification: T/CAMET 04017. 4—2019[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2019.
- [4] 葛世平. 从运营角度谈城市轨道交通的总体设计[J]. 城市轨道交通研究, 2004, 7(2): 13.
GE Shiping. General design of UMT from the angle of operation[J]. Urban Mass Transit, 2004, 7(2): 13.

(收稿日期:2022-09-21)