

# 苏州市轨道交通5号线全自动运行的运营生产管理模式探讨

陆文学 何小兵 黄磊

(苏州市轨道交通集团有限公司, 215004, 苏州 // 第一作者, 高级工程师)

**摘要** 介绍了城市轨道交通全自动运行系统的特点。通过分析全自动运行系统的运营要求, 结合苏州市轨道交通全自动运行线路的运营目标与定位, 分析了苏州市轨道交通5号线全自动运行的运营管理模式与传统有人驾驶线路的区别。重点介绍了苏州市轨道交通5号线 DTO(有人值守的列车全自动运行)与 UTO(无人值守的列车全自动运行)两种驾驶模式的生产中心组织架构调整、岗位融合、专业融合、空间融合和修程融合方案。最后分析了苏州市轨道交通5号线相比传统有人驾驶线路节约的人工成本。

**关键词** 城市轨道交通; 全自动运行; 生产管理模式; 组织架构; 人工成本

**中图分类号** F530.7

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2021.06.001

## Discussion on Production Management Mode of Fully Automatic Operation of Suzhou Rail Transit Line 5

LU Wenxue, HE Xiaobing, HUANG Lei

**Abstract** The characteristics of urban rail transit Fully Automatic Operation (FAO) system is introduced. By analyzing the operational requirements of FAO and considering operation goals and orientation of Suzhou Rail Transit FAO line, the differences between FAO management mode and conventional manual operation of Suzhou Rail Transit Line 5 are analyzed. The production center structure adjustment, position integration, profession integration, space integration, maintenance integration of both DTO (Driverless Train Operation) and UTO (Unattended Train Operation) driving modes are expounded. Finally, the savings of Suzhou Rail Transit Line 5 in labor cost compared to conventional operation mode is analyzed.

**Key words** urban rail transit; fully automatic operation; production management mode; organization structure; labor cost

**Author's address** Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd., 215004, Suzhou, China

随着城市轨道交通全自动运行技术的日益成熟, 全自动运行带来的优势与革新在轨道交通行业愈发引人关注, 国内越来越多的城市也在新线建设中采用了全自动运行技术。但是, 在新线不断开通运营的背后, 运营成本入不敷出依然是我国城市轨道交通的普遍状况。2019年全国城市轨道交通平均运营收支比为72.7%; 其中, 运营收支比超过100%的城市仅有4个, 其余均低于100%。

人工成本在运营成本中占比大于50%, 运营单位必须提前思考降本提效, 主动为政府考虑减轻财政补贴压力。因此, 要突破传统有人驾驶运营管理模式思路, 研究建立一套与全自动运行系统的管理要求相匹配的生产组织架构, 以体现精简、高效、经济的原则。

## 1 全自动运行系统的特点

城市轨道交通全自动运行系统在行车控制、客运服务、维护和维修等方面与传统有人驾驶线路相比均有很大不同, 前者实现了更高的安全性、可靠性、可用性和可维护性。全自动运行系统可分为: 行车自动化、车站自动化和运维智能化。行车自动化指全自动运行系统可自动实现列车唤醒/休眠、库内发车、场内/区间运行、站台停车、站台发车、站台清客、折返、回库和洗车等正常作业, 实现了列车全自动运行和防护; 车站自动化是将车站的服务设备, 如卷帘门、电梯、照明、空调、乘客信息系统、广播和视频监控等, 按时刻表进行自动和集中控制, 实现车站设备的自动化; 运维智能化是指全自动运行系统能实时监测车辆、信号等系统设备的状态, 统计、分析和评估系统运行情况, 并根据统计分析结果, 向设备使用、维修部门给出设备使用和维护维修建议, 提高了运维效率。全自动运行系统具有系统集成度更高、设备更复杂、运行更高效和行车

指挥控制高度集中等特点。

## 2 全自动运行系统的运营要求

全自动运行线路的行车组织、客运服务、设施设备维护管理、应急管理和安全保卫等,应符合全自动运行系统的设计理念,满足运营生产管理要求。目前,除了北京、上海等少数城市外,国内各城市的全自动运行新线运营筹备工作都需从零开始,由于其运营场景、规章制度、定岗定编、维修模式及资源配置等方面均与传统有人驾驶线路差别较大,因此其管理流程和业务组织需要重新整合和梳理。

### 2.1 行车指挥一体化

全自动运行系统高度依靠中央集中控制,有更多的场景需要中央介入判断并决策。这对中央控制中心从运作效率到人员技能提出了更高的要求。全自动驾驶区域由正线延伸至车场,使得正线与车场之间的信息交互更加密切。为适应上述系统性的变化,提高运营管理效率,需将外部接口转变为内部接口,将正线与车场进行统一管理,实现行车指挥一体化。

### 2.2 设备分级维护

由于全自动运行系统较传统有人驾驶系统增加了许多设备及接口,系统设备更为复杂,因此对设备的维护管理方式也需进行相应调整。全自动运行线路应根据各系统设备的复杂度和故障程度不同,确定不同的维修等级。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维护队伍。

### 2.3 快速应急响应

全自动运行列车可实现无人值守运行。列车在无人值守的情况下,需提高现场工作人员的处置水平以及现场响应速度,以达到较高的运营服务指标水平。因此,车站应当配备具有各专业设备巡视及初期应急处置能力的人员。

通过岗位复合精简人员,同步提高生产效率是目前国内外全自动运行线路的主流做法。在岗位复合情况下,对员工在应急响应、巡视和维修能力等方面的素质要求更高,员工的生产技能和管理水平需要同步进行更新和再提高。因而,运营筹备初期,结合全自动运行系统特点与运营要求,在确定本线全自动运行系统目标与定位后,应尽快建立一套与全自动运行系统的管理要求相匹配的生产组织架构,明确相关岗位复合工作,为后续生产管理流程和业务组织明确方向。

## 3 苏州市轨道交通 5 号线运营生产管理模式

苏州市轨道交通运营管理模式属战略导向型模式,职能部门不直接介入生产中心经营活动,仅主要管控人、财、物,同时在安全事项、技术标准上进行把控,将培训、质量、一般的技术及安全事项管控权限下沉至各生产中心。所以,传统的有人驾驶线路与全自动运行线路在职能管理上差异不大,在组织架构制定上也暂无区别。本文不再讨论运营职能管理模式,而在传统有人驾驶线路生产组织架构模式基础上,同步结合全自动运行系统特点、运营管理要求、运营目标与定位,根据苏州市轨道交通 5 号线采用的分阶段推进方式,分别制定了 DTO(有人值守的列车全自动运行)与 UTO(无人值守的列车全自动运行)两种运营管理模式,以确保 5 号线总体运营的平稳过渡与有序开展。

### 3.1 运营目标与定位

苏州市轨道交通 5 号线作为苏州市第 1 条全自动运行线路,系按照自动控制等级为 GoA4 目标设计和建设的,其运营开通时全系统所有设备功能目标全部投入使用。考虑到既要充分发挥全自动运行的优势,又要尽可能规避运营风险,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,苏州市轨道交通 5 号线计划分阶段逐步从有人值守过渡到无人值守全自动运行管理模式(见图 1);其目标是线路开通 2 年后实现 UTO 模式运营,并为后续全自动运行线路计划直接按 UTO 模式开通运营打下基础。



图 1 苏州市轨道交通 5 号线运行管理模式

### 3.2 DTO 阶段运营生产管理模式

全自动运行线路必须同时确保行车效率与客运服务质量双提高。但考虑到运营初期乘客适应无人管理模式与运营人员适应运营生产管理流程均需要一定时间,故在既定的远景目标导向下,苏

州市轨道交通 5 号线初期维持既有客运部门的管理模式,仅调整设备生产中心组织架构,并在既有运营生产管理模式的基础上进行岗位复合,优化调度岗位工作,整合维护保障部门业务。

3.2.1 生产中心组织架构调整

1) 合并调度所。全自动运行系统的目标是实现列车在段场与正线区域全过程自动化运行,依靠中央调度进行高度集中控制,使正线与车场之间的信息交互更加密切,以进一步提高各项行车指标,实现灵活的运输组织方式。为此,将正线调度所与

车场调度所合并为中央调度所,使调度管理更加扁平化,由控制中心进行统一调度。

2) 成立综合维修中心。汇集专业经验丰富的技术骨干,减少专业接口协调内容,将原传统有人驾驶线路工务通号中心与供电机电中心合并成立综合维修中心,以负责轨道、房建、供电、机电、通信、信号和自动化等专业的运营生产与技术管理;同时,为融合各车站设备专业巡视工作组建了综合巡视车间,为后期车站多职能队伍的组建打下良好基础。生产中心组织架构的调整如图 2 所示。

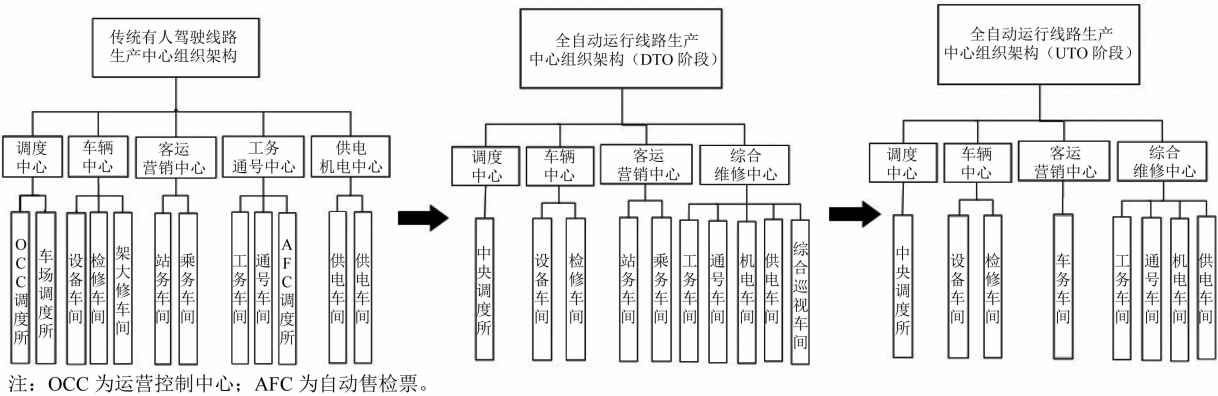


图 2 苏州市轨道交通 5 号线运营单位生产中心组织架构示例

3.2.2 调度中心岗位融合

在传统有人驾驶线路上,列车发生故障或线路出现异常时,司机往往是整个行车任务序列的发起者。全自动运行系统中,司机在 DTO 阶段的任务是应急处置,而在 UTO 阶段其任务将被车站多职能岗位取代,中央调度成为了任务序列的发起者与执行者。没有了司机这双现场的眼睛,调度岗位必须摒弃专业区分,强化对各部门的统一管理,提升协同联动能力、提高应急协作效率。

苏州市轨道交通 5 号线全自动运行线路调度岗位新增了面向列车系统的车辆调度员与面向乘客的乘客调度员,将正线行车指挥、乘客服务、车辆监护、车场运营指挥及施工管理职能加以整合。行车调度员、乘客调度员、车辆调度员和车场调度员以团队的形式各司其责,各岗位之间定期轮岗、高效沟通以处理行车问题,把外部接口转变为内部接口,将正线与车场进行统一管理。同时,取消各专业车间调度岗位,各车间仅设 1 名生产管理员,OCC 的调度命令直接进入班组,减少传递层级,进一步体现扁平高效的管理优势。

3.2.3 设备中心岗位融合

苏州市轨道交通 5 号线设备中心主要包括车辆中心、综合维修中心。为体现全自动运行线路专业统筹及运作高效的特点,各专业自主维修员工应向专业技能深度化方向培养,委外专业监管员工应向专业技能广度化方向培养;并通过专业融合、空间融合和修程融合等多种方式开展岗位融合,培养一岗多能员工队伍,以优化业务流程、提高作业效率与应急处理能力,在减员增效的同时,满足全自动运行线路设备专业生产需要。

3.2.3.1 专业融合

1) 综合巡视。巡、检分离的设备维护方式,能够在确保检修质量的同时,进一步提高现场处置水平与响应速度。为此,苏州市轨道交通 5 号线在车站配备了具有各专业设备巡视及初期应急处置能力的综合巡视多职能队伍。同时,考虑苏州市轨道交通 5 号线作为苏州市第 1 条全自动运行线路,暂无相关综合型人才储备基础,DTO 阶段综合巡视车间所需人员放在设备中心进行管理与培养,承担车站范围内的房建、通信、信号、供电、机电、AFC 设备巡检与初期应急处置等工作;UTO 阶段再整编制划入客运部门,由车站实行属地化管理。

2) 设备维修。巡、检分离后,设备维修人员将向“专而深”方向发展。苏州市轨道交通 5 号线将通风空调、给排水、低压供电和 AFC 维护岗位融合为机电综合维护员;电扶梯和站台门维护岗位融合为门梯综合维护员;ISCS(综合监控系统)、BAS(环境监控系统)、FAS(火灾报警系统)、ACS(门禁系统)的维护岗位员工融合为监控综合维护员;段场设备操作和设备维修岗位融合为段场设备综合员。相近专业通过提高维护人员技能水平、进一步融合岗位配置,以达到精简人员、提高全自动运行线路维护和故障处置工作效率的目的。

### 3.2.3.2 空间融合

通信与信号是全自动运行系统 5 大核心专业之一。苏州市轨道交通 5 号线改变传统有人驾驶线路通信信号正线、车辆段和停车场分别设置工班的模式,将车辆段、停车场与正线空间融合。其中,通信正线工班将场段(含车载)设备纳入管辖范围,信号正线工班将车辆段、停车场纳入管辖范围。

通信专业在各子专业(传输、电话、CCTV(闭路电视)、无线、广播、PIS(乘客信息系统)等)融合的基础上,进一步将车载 PIS、车载无线和正线检修加以融合。信号专业因段场与正线设备制式相同,将段场信号设备检修与正线检修融合,车站 ATS(列车自动监控)子系统设备检修划归正线工班,以实现设备属地化管理、故障属地化处理,可进一步提高应急响应效率。

### 3.2.3.3 修程融合

城市轨道交通各专业的检修修程是处于不断优化过程,伴随着检修理念的革新、科技的进步和维修经验的积累,全自动运行线路各专业修程的制定也应同步匹配全自动运行系统的特点。苏州市轨道交通 5 号线以减少人力资源投入、提高检修效率为目标,各专业制定了一系列修程融合方案。例如:高压供电专业将动力变电所、400 V 开关和 35 kV GIS(气体绝缘开关柜)检修修程融合,改变行业内通常将检修、试验分开进行的做法;结合设备检修进行电气试验,且电气试验人员也承担一部分检修作业任务,通过修程融合减少了设备停电、倒闸和作业次数,提升了检修效率。

### 3.2.4 客运岗位融合

日本神户新交通港湾人工岛线,作为全球第 1 条采用全自动运行的公共轨道交通线路,虽然是 1 条低客流量胶轮制式线路,但在 20 世纪 90 年代已

做到了从进站至出站看不见 1 名工作人员。国外精简车站工作人员的经验可供国内城市轨道交通运营单位借鉴。

苏州市轨道交通 5 号线 DTO 阶段总体维持有人驾驶线路的客运管理模式不变,但随着智能客服、扫码进站和远程语音对讲等一系列车站服务设施的投入,苏州市轨道交通 5 号线进一步优化了车站票务作业流程,同步减少了车站人员编制。如:相较有人驾驶线路,在 DTO 阶段对客运值班员进行减编,到 UTO 阶段,车站票务工作由值班站长复合,直接取消车站客运值班员岗位;乘务运作方面,取消乘务派班员岗位,DTO 阶段其工作内容由客车司机岗位复合。

## 3.3 UTO 阶段运营管理模式

苏州市轨道交通 5 号线 UTO 阶段最重要的变化是实现司机室无人值守的 GoA4 等级运行,司机退出列车驾驶室且职能发生变化。组织架构方面,将站务车间与乘务车间合并成立车务车间,将正线司机与值班站长岗位融合(负责应急情况下列车驾驶、正线列车巡视和客运服务等工作),并落实取消客运值班员岗位。

根据运营管理生产模式定位,正式将综合巡视车间整体划归新成立的车务车间管理;综合巡视班组成员分配到各车站的站务班组;在原工作内容不变的基础上,复合部分客运服务工作(负责车站各专业设施设备日常巡视、设备故障情况下初期应急操作和客运服务等工作),正式组建正线多职能队伍。

## 4 运营人工成本分析

苏州市轨道交通有人驾驶线路运营编制内员工定员指标为 45 人/km。基于上文全自动运行线路运营生产模式,通过组织架构调整与岗位融合,苏州市轨道交通 5 号线全自动运行线路运营编制内员工在 DTO 阶段定员指标为 40 人/km,UTO 阶段定员指标为 35 人/km;全口径(指服务于轨道交通运营的全部员工,包括委外单位员工)DTO 阶段目标定员为 72 人/km,UTO 阶段目标定员为 69 人/km。国内城市轨道交通运营成本组成中,人工成本超过了 50%,所占比率是很高的。

目前,苏州市轨道交通正在建设 5 号线、S1 线、6 号线、8 号线共 4 条全自动运行线路,全长共计

(下转第 9 页)

3~5 亿元/km 的造价。根据运能计算,预计可解决通道内 14%左右的出行客流,较新建市域铁路有较高的性价比。另外,可通过综合开发、广告等收益反哺一定的亏损,更重要的是可缓解市域出行的民生问题,从而带动沿线发展,具有较高的社会效益。

表 8 市域列车运营成本测算 单位:万元/年

线路名称	线路使用费	牵引能耗费	车站旅客服务费用	人员工资	车辆租赁及维修费用
千岛湖站—金华站	947	494	162		
金华站—金华南站	160	84	187		
金华南站—永康站	224	84	198		
总计	1 331	662	547	480	1 500

注:3 条线路的总运营成本测算为 4 520 万元/年。

4 结语

利用既有铁路开行市域列车难点在于如何在有限的条件下,因地制宜,使既有铁路更加合理、有效、经济地发挥作用。以金华市为例,金千线、金温货线不具备完全转化为市域铁路的条件,但通过适当改造,即可实现部分市域功能,又可作为公共交

通体系和市域、城市轨道交通体系的重要补充,对引导城镇一体化发展,满足多样化、层次化居民出行需求,建设新型都市圈等有重要意义。

参考文献

[1] 曲思源. 利用既有铁路开行宁波——余姚市域列车运营组织分析[J]. 铁道经济研究,2018(4): 23.

[2] 向蕾,谭月. 国内外市域(郊)铁路发展经验分析及对成都市发展市域铁路的启示[J]. 城市轨道交通研究,2019(11): 58.

[3] 郭竹学. 金山铁路市郊列车的开行及相关问题探讨[J]. 铁道经济研究,2015(2): 5.

[4] 刘建红,饶雪平. 对《上海市域铁路设计规范》编制中几个主要问题的思考[J]. 城市轨道交通研究,2019(12): 10.

[5] 胡晓丹,宋元胜,曹琳尉. 既有铁路开行公交化列车的运营管理模式研究[J]. 铁道工程学报,2018(8): 105.

[6] 薛新功,饶雪平. 城市群城际轨道交通功能定位及速度目标值分析[J]. 城市轨道交通研究,2013(9): 1.

[7] 左银龙. 利用既有张博铁路开行市域列车方案研究[J],铁道标准设计,2019(2): 32.

(收稿日期:2020-11-02)

(上接第 4 页)

157 km。由于全自动运行线路与传统有人驾驶线路的系统特点与委外模式均差异较大,本文不对其进行全口径人工成本研究。2019 年苏州市轨道交通运营采用委外模式,其与自主维保模式相比,人工成本节省 25%以上。4 条全自动运行线路开通运营后,相比传统有人驾驶线路,按照 2019 年度数据计算,DTO、UTO 阶段能够分别降低运营编制内人工成本 9.8%和 19.5%。

5 结语

城市轨道交通运营管理模式的研究是全自动运行线路运营筹备阶段的一项重要工作。全自动运行线路的功能定位决定了其运营管理需求,运营单位应结合国内外先进经验与做法,并结合本地城市轨道交通运营管理现状及线网规划实际情况进行定性分析,探索人员精简配置方案,进行岗位复合;同时,应确定一套适合自身的全自动运行线路

运营管理模式,以充分发挥全自动运行系统运作高效、快速保障的特点,为减轻地方财政压力、降低地方债务风险以及维持企业正常发展作出贡献。

参考文献

[1] 宁滨,郇春海,李开成,等. 中国城市轨道交通全自动运行系统技术及应用[J]. 北京交通大学学报,2019(1): 1.

[2] 汪小勇. 城市轨道交通全自动运行系统的现状及展望[J]. 城市轨道交通,2019(5): 20.

[3] 牛可. FAO 行车调度团队任务复杂性研究[D]. 北京:北京交通大学,2019.

[4] 尹聪聪. 城市轨道交通全自动运行线路运营管理模式分析[J]. 城市轨道交通研究,2019(增刊 2): 19.

[5] 陈旻瑜. 地铁运营成本特性分析[J]. 现代城市轨道交通,2006(4): 91.

[6] 李鹏凯,刘永平,张宁,等. 香港地铁运营成本分析及其启示[J]. 城市轨道交通研究,2017(1): 1.

(收稿日期:2020-11-02)