

基于工作负荷的现代有轨电车 行车调度岗位设置研究

罗 文 唐光华

(广州有轨电车有限责任公司, 510030, 广州//第一作者, 工程师)

摘 要 通过对广州现代有轨电车行车调度岗位工作负荷的全面梳理,采用任务分析方法对行车调度全日工作负荷进行了量化测量和评估,并在此基础上结合行车调度工作负荷影响因子,建立了行车调度工作负荷多元线性回归模型。该模型不仅可以定量分析现有行车调度岗位的工作强度,还可以对其岗位人员进行合理配置,对于提高调度岗位作业绩效、降低运营安全隐患具有参考意义。

关键词 现代有轨电车; 行车调度; 工作负荷; 岗位设置
中图分类号 U482.1.02
DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.01.018

Position Setting for Modern Tram Dispatcher Based on the Operation Workload

LUO Wen, TANG Guanghua

Abstract Through a comprehensive review of the position workload of modern tram dispatcher in Guangzhou City, the DORATASK analysis method is used to quantitatively measure and evaluate the daily dispatching workload. Then, combined with the impact factors of dispatcher workload, a multiple linear regression model for dispatcher workload is established, which can not only quantitatively analyze the work intensity of the existing dispatcher positions, but also allocate staff rationally to improve the job performance of dispatching position, reduce the operational safety risks.

Key words modern tram; operation dispatcher; workload; post setting

Author's address Guangzhou Tram Co., Ltd., 510030, Guangzhou, China

随着现代有轨电车的飞速发展、网络化运营的不断完善,控制中心管辖的列车也随着增多。当调度任务量极速增长时,行车调度员可能会出现反应迟缓、错误操作的情况,给列车运营带来安全隐患。反之,调度任务量过少,行车调度员也会出现注意力不集中、单调乏味的现象,不仅降低工作绩效,还

会引起行车调度配员的增加,导致成本上升、资源浪费。

因此,适当的调度工作量关系到生产效率、行车组织的安全性。为了保证列车运行安全、优化调度资源,对行车调度岗位人员的合理配置就尤为重要。

1 调度岗位工作负荷建模

1.1 调度的工作负荷定义

从人因工程学来看,行车调度岗位人员的配置应使行车调度员的工作负荷之和满足其业务负荷的需求。工作负荷是一个多维度的概念,其影响因素包括岗位要求、任务轻重、时间紧迫感,以及执行者的能力高低、努力水平和具体的个人经验。本文将工作负荷定义为在单位时间内完成职责任务所需的时间占比。即:

$$\theta_{占} = t_{任} / t_{评}$$

式中:

- $\theta_{占}$ ——时间占比;
- $t_{任}$ ——评估期内的工作耗时;
- $t_{评}$ ——评估期内总耗时。

英国铁路和标准化局根据 $\theta_{占}$ 将工作负荷划为三级,如表 1 所示。

表 1 英国铁路工作负荷等级划分标准

工作负荷等级	$\theta_{占}$
低负荷	$< 50\%$
负荷适中	$50\% \leq \cdot < 80\%$
高负荷	$\geq 80\%$

1.2 调度工作负荷分类

评估行车调度员的工作负荷有 3 种方法:① 主观评估法,即通过检查行车调度员的主观感觉来评估;② 任务分析法,即通过检查行车调度员的工作

量来评估;③ 生理测量法,即通过检查行车调度员的生理变化来评估。

本文使用任务分析方法来研究行车调度员工作负荷。任务分析法将行车调度工作分为看得见的工作(台账填写,操作列车监控系统和通信协调等能够被记录和记时的工作)、看不见的工作(监控运营列车、思考行车组织计划等不便于记录和记时的工作)和恢复工作(确保平均工作负荷强度低于80%的临界值)。

按照任务分析法,调度任务的全面分析需采用视频搜集和数据梳理两种方式,按照责任、任务和动作3个层次,来汇总和提炼调度执行的所有工作,从而获得调度的基本任务集。将调度工作的所有作业任务映射到基本任务集,即可得出了6类行车调度工作负荷子集。即将调度工作负荷分为监视负荷、思考负荷、操作负荷、记录负荷、通信负荷及其他负荷。

1.3 全日工作负荷评估及分析

本文以广州现代有轨电车行车调度的实际工作为例,搜集并整理了各类调度工作负荷对应的工作。首先,连续1周以24 h为周期,跟踪观察行车调度员的操作、通信、台账和视频回放等工作记录,以采集白班和夜班作业的所有内容(具体工作内容见表2);然后,按单位小时计算 $\theta_{占}$,求出每1 h时间段内的 $\theta_{占}$ 平均值,最终得到调度工作负荷24 h评估结果(见图1)。

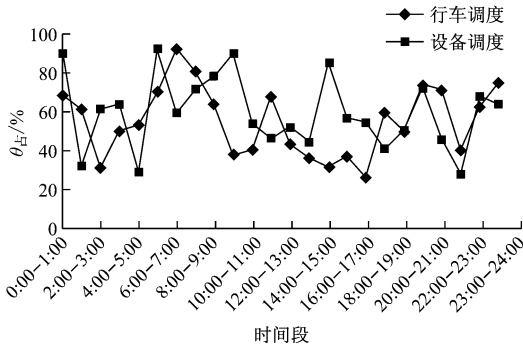


图1 连续一周调度工作负荷24 h评估结果

由图1可以看出,全天24 h行车调度的工作负荷呈现出一定的波动趋势。其中,行车调度工作最大负荷集中在早上运营前的检查、出车时段。

2 基于行车调度工作负荷的岗位配置计算

行车调度员的工作负荷与其管辖范围内的行车量密切相关。若行车调度员的工作负荷达到饱

表2 行车调度员在各时间段的具体工作内容

时间段	工作内容
0:00—1:00	组织列车调试,巡视停车场设备及正线设备
1:00—5:00	组织调试车回场,制作列车状态卡,编制出车计划,准备行车备品(此段时间工作相对轻松)
5:00—6:00	巡视停车场设备,确认人机接口界面告警等
6:00—7:00	运营前检查,检查日报,组织司机整备作业
7:00—8:00	组织列车出场,发布列车信息,传达交接班事项
8:00—9:00	开交接班会,新建当天日报
9:00—10:00	配合司机用车培训,配合正线、停车场施工
10:00—14:00	组织列车正常运营,处理相关故障,巡视正线设备,班组培训
14:00—15:00	配合下午时段施工作业
15:00—19:00	与司机通信,巡视正线设备,应急桌面演练,调车作业
19:00—20:00	完善当天日报,填写调度交接班本,传达交接班事项
20:00—21:00	发布值班信息,交接班会,巡视正线设备
21:00—22:00	停车场巡视表,制作列车状态卡,发布PIDS信息
22:00—23:30	组织列车回场
23:00—24:00	组织专列运行、列车调试,统计客流

和状态的临界值,而列车数却进一步增加,则会超出行车调度员的组织能力范围,增加行车安全风险。此时的线上行车数量即为饱和量。

基于行车调度工作负荷的评估,则可计算列车饱和量。通过量化评估行车调度员的日常工作负荷,可以全天候随时了解行车调度员的工作负荷状况,判断其工作忙闲程度的时间分布,并以此评估列车饱和量。

2.1 相关变量的选取

上线列车数与行车调度工作负荷密切相关。有轨电车的行车调度工作涉及到有轨电车出入场、折返、进出存车线及存车线备用等多种工况。有轨电车运转流程图如图2所示。正常情况下,有轨电车可根据预设的目的地码自动排列进路,按照运营时刻表行车。此时,行车调度员的工作是监控列车运行。但在非正常情况下,如因列车设备故障、列车冲突及交通事故等突发事件,而造成列车抽线、晚点、中断运营或改变列车运行交路时,需行车调度员人工介入进行调整。此种情况则赋予了行车调度员新的工作任务,增加了相应的工作负荷。可见,人工调整列车亦与行车调度员的工作负荷密切相关。

综合考虑,为研究行车调度员的工作负荷与运

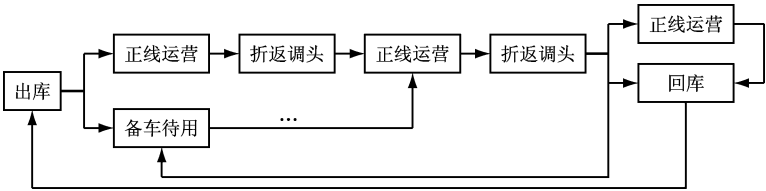


图 2 有轨电车运转流程图

营列车之间的相互关系,初步确定行车调度员的工作负荷同运营列车数及人工调整列车数有关。在一定评估期内,工作负荷由工作耗时确定。因此将行车调度工作耗时设为因变量,将运营列车数和人工调整列车数设为自变量,并筛选适当的方法进行求解。

2.2 建立行车调度员工作负荷回归模型

2.2.1 采集变量数据

基于对行车调度员工作负荷的定量分析,结合广州有轨电车的实际运营时间,确定因变量及自变量。首先,确定评估期为为 7:00—22:00,共 15 h;然后,按运营列车数,分别统计同时上线 4 列、5 列、6 列有轨电车时的调度工作耗时;最后,确定不同人工调整列车数对应的调度工作耗时。对于人工调度列车数,本文只统计列车故障下调整的列车数。

2.2.2 绘制散点图

根据统计的数据进行整理,得到运营列车数、人工调整列车数对应行车调度工作耗时的散点图,如图 3~4 所示。

2.2.3 回归方法的选择

通过散点图可以看出,自变量与因变量间呈现明显的线性正相关关系,且自变量间高度不相关。因此,选择多元线性回归分析进行求解,由此建立二元回归模型为:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon$$

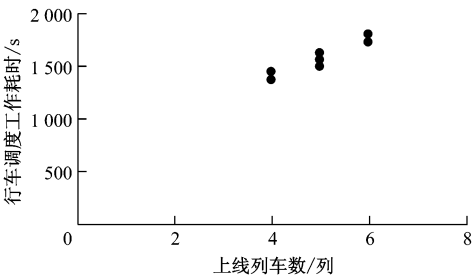


图 3 不同上线列车数对应的行车调度工作耗时

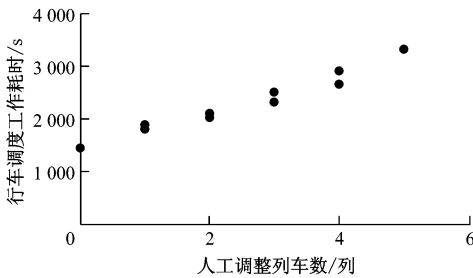


图 4 不同人工调整列车数对应的行车调度工作耗时

式中:

- y——工作耗时;
- x_1 ——运营列车数;
- x_2 ——人工调整列车数;
- β_0 ——回归常数;
- β_1, β_2 ——分别为 x_1, x_2 的回归常数;
- ε ——随机误差项。

根据统计数据,进行多元线性回归分析。分析结果如图 5 所示。

SUMMARY OUTPUT									
回归统计									
相关系数 R		0.982153985							
R ²		0.96462645							
Adjusted R Square		0.954519721							
标准误差		119.6854804							
观测值		10							
方差分析									
	df	SS	MS	F	Significance F				
回归分析	2	2734396.49	1367198.245	95.44398369	8.32483E-06				
残差	7	100272.2995	14324.61421						
总计	9	2834668.789							
	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%	
Intercept	1162.231278	97.57937695	11.91062409	6.68536E-06	931.4927168	1392.969839	931.4927168	1392.969839	
X Variable 1	90.57504115	14.17681313	6.388956414	0.000371164	57.05220502	124.0978773	57.05220502	124.0978773	
X Variable 2	93.39456081	25.46658705	3.667337151	0.007992342	33.17565146	153.6134702	33.17565146	153.6134702	

图 5 工作负荷线性回归分析参数

根据图 5 中显示结果,相关系数 R 为 0.982,说明上线列车数和人工调整列车数同行车调度工作耗时呈现高度正相关。故可用二元线性回归方程进行拟合。计算得到的行车调度工作耗时回归方程为:

$$y = 90.58x_1 + 93.39x_2 + 1\,162.23$$

其中, y 单位为 s, x_1 、 x_2 单位为列。

计算得到判定系数等于 96.46%。这表明在行车调度工作负荷变动中,有 96.46% 可由上线列车数和人工调整列车数这 2 个因素的变动来解释,只有 3.54% 的因素属随机误差。

设显著性水平 $\alpha=0.05$,查 F 分布表得 $F_{0.05}(2, 7)=4.74$ 。计算得到 $F=95.44>4.74$ 。因此,拒绝原假设,认为 y 同 x_1 及 x_2 有显著的线性关系。

从图 6 可见,所有的残差都在 0 附近均匀分布,且区间几乎都位于 $[-200\text{ s}, 200\text{ s}]$ 之间,没有发现高杠杆点。即数据中没有强影响点或异常观测点。

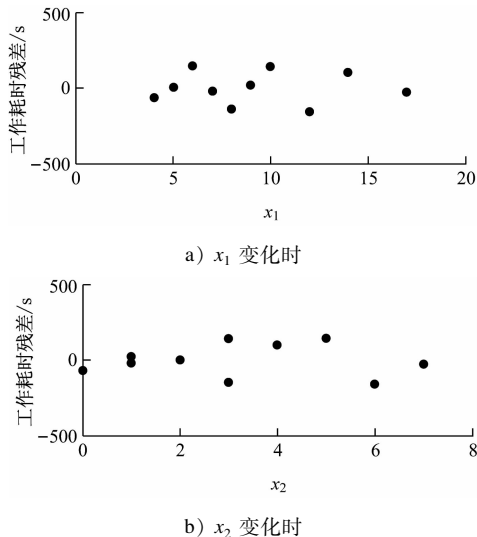


图 6 行车调度工作耗时残差图

故认为行车调度工作耗时回归方程是整体显著的。

其次,设 $\alpha=0.05$, β_1 的检验统计量 $t_1=6.39$ 、 β_2 的检验统计量 $t_2=3.67$,查 t (检验统计量)分布表得 $t_{0.025}(7)=2.36$ 。因 t_1 、 t_2 均大于 $t_{0.025}(7)$,因此,拒绝原假设,认为行车调度工作负荷回归模型的各个回归系数是显著的。

3 结语

本文以广州现代有轨电车为例,系统分析了现代有轨电车行车调度的工作任务,借用任务分析方法建立了行车调度工作负荷模型,并进行了量化测量,以此评估行车调度的工作负荷状况。在此基础上寻找影响行车调度工作负荷的自变量,建立了多元线性回归模型,并校验了模型的准确性,对现代有轨电车行车调度岗位配员和新线规划具有一定的参考意义。

参考文献

- [1] 张熾. 基于任务分析的地铁行车调度工作负荷研究[D]. 北京:北京交通大学,2010.
- [2] 王高翔,方卫宁,刘艺超,等. 基于工作负荷的地铁行车调度人员的配置方案[J]. 都市快轨交通,2014,27(2):46.
- [3] 于海丹,方卫宁. 地铁行车调度员胜任力研究[J]. 城市轨道交通研究,2012(2):5.
- [4] 陈峰. 高速铁路行车调度工作负荷评估问题研究[D]. 成都:西南交通大学,2013.
- [5] 张守帅,王军,田长海. 基于工作负荷的列车调度台管辖范围研究[J]. 铁道运输与经济,2015,37(7):31.
- [6] 贺金金. 网络化运营条件下城际铁路调度指挥[D]. 成都:西南交通大学,2014.

(收稿日期:2018-03-31)

杭州至黄山高铁开通运营

12月25日,杭黄高铁正式开通运营。它东起浙江省杭州市,西至安徽省黄山市,线路全长265 km。全线设杭州南、富阳、桐庐、建德、千岛湖、三阳、绩溪北、歙县北、黄山北9座车站,初期运营时速250 km。杭黄高铁开通后,将结束浙江西部富阳、桐庐、建德、淳安不通高铁的历史,大大压缩了杭州至黄山间的时空距离,杭州至黄山最快只需要1 h 26 min。线路沿线分布有杭州西湖、富春江、千岛湖、黄山等一批旅游名胜,被称为串起名城、名湖、名江、名山的黄金旅游线。据了解,2018年12月25日零时起至2019年1月4日24时止,杭黄高铁开通初期安排开行动车组列车11对;2019年1月5日运行图调整后,将安排开行日常线动车组列车33对。在此基础上,根据客流需求,周末线加开南京南至黄山北1对,高峰线加开杭州东至黄山北2对。杭黄高铁是杭州至南昌高速铁路的重要组成部分,它的开通对促进沿线旅游资源开发,增强长三角地区辐射带动作用,推动区域经济协调发展等具有重要意义。

(摘自2018年12月25日新华网,记者 魏一骏、水金辰报道)