

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2021.04.023

# 地铁行车作业安全标准化 检查与评估研究

尤星达<sup>1</sup>, 朱琳<sup>1</sup>, 刘志钢<sup>1</sup>, 管国良<sup>2</sup>, 王奋<sup>1</sup>

(1. 上海工程技术大学城市轨道交通学院, 上海 201620; 2. 上海地铁第三运营有限公司, 上海 200080)

**摘要:** 地铁线路规模的扩大、乘客规模的增加对地铁运营安全 and 质量提出了更高的要求, 因而, 地铁运营公司亟需强化安全生产标准化体系, 提高作业执行质量, 优化地铁运营管理。在对地铁行车标准化作业的危险、危害因素进行分析的基础上, 详细构建了行车作业安全标准化检查与评估方案, 引入第三方机制完成组织落实。通过对某城市地铁行车作业的第三方安全检查与评估实施工作, 评估分析行车作业过程中所存在的关键问题, 并结合安全标准化作业执行匹配度论证行车作业质量与可靠性。以期今后将检查与评估推广至整个线网提供思路。

**关键词:** 地铁; 行车; 安全作业标准化; 危害性分析; 安全检查表法; 作业匹配度; 第三方

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2021)04-0148-07

## Safety Standardization Inspection and Evaluation of Subway Operation

YOU Xingda<sup>1</sup>, ZHU Lin<sup>1</sup>, LIU Zhigang<sup>1</sup>, GUAN Guoliang<sup>2</sup>, WANG Fen<sup>1</sup>

(1. School of Urban Rail Transit, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620;

2. Shanghai Metro No.3 Operation Co., Ltd., Shanghai 200080)

**Abstract:** In recent years, increasing attention has been paid to urban subway construction. The expansion of the scale of subways and the increase in passenger scale have created higher requirements for the safety and quality of subway operations. Therefore, subway operating companies urgently need to strengthen the safety production standardization system, improve the quality of operation execution, and optimize subway operation management. Based on analysis of the dangerous and harmful factors affecting subway operation standardization, a detailed subway safety standardization inspection and evaluation program was constructed, and a third-party mechanism was introduced to complete the organization and implementation. Through third party implementation of work safety inspection and evaluation of urban subway traffic operation, the existing key problems in the process of subway operation are evaluated and combined with the matching degree of safety standardized operation to demonstrate the quality and reliability of subway operation. This work aims to provide a reference for the future extension of inspection and evaluation to the entire line network.

**Keywords:** subway; operation; safety operation standardization; hazard analysis; safety checklist method; job matching degree; third party

收稿日期: 2020-05-15 修回日期: 2020-08-20

第一作者: 尤星达, 男, 硕士研究生, 从事城市轨道交通安全管理、人因研究, m105118105@sues.edu.cn

通讯作者: 朱琳, 女, 副教授, 从事轨道交通应急管理、人因安全工程研究, 10140001@sues.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71701124); 上海地铁第三运营有限公司委托项目“2019年上海地铁第三运营有限公司安全生产检查与风险评估”((19)GP-032)

引用格式: 尤星达, 朱琳, 刘志钢, 等. 地铁行车作业安全标准化检查与评估研究[J]. 都市轨道交通, 2021, 34(4): 148-153.

YOU Xingda, ZHU Lin, LIU Zhigang, et al. Safety standardization inspection and evaluation of subway operation[J].

Urban rapid rail transit, 2021, 34(4): 148-153.

近年来,我国地铁行业正在以前所未有的速度向前发展,截至2020年12月,共有超过40座城市开通了地铁,总里程已经达到世界第一<sup>[1]</sup>。面对如此庞大的运营规模,如何确保地铁的安全运营成为各地铁公司的“必答题”。在地铁运营中,行车岗位的生产安全问题是地铁运营安全管理中重点关注的问题,而标准化作业就是行车岗位实现运营安全的重要保障。近些年,全国各地发生了许多地铁事故,这些事故的发生与地铁行车岗位的标准化作业完成情况息息相关<sup>[2]</sup>。然而,要想真正减少行车事故、提高运营安全性,建立标准化作业仅仅是第一步,还需要制定配套的落实跟踪与检查机制,确保标准化作业不流于形式。因此,在建立和完善地铁行车作业安全标准化进程中,引入第三方检查与评估机制,通过建立科学、合理、可实施的行车作业标准化检查方案,落实客观、公正的检查与评估分析,提高地铁行车作业执行质量,从而实现安全运营。

## 1 地铁行车作业定义与安全标准化

### 1.1 地铁行车作业定义

地铁行车作业是指在调度指挥中心的统一指挥下,按相关要求运用各项技术设备完成行车控制、施工管理等的一系列作业,它是地铁行车组织的具体落实。地铁行车岗位主要包括8个:运营调度员、值班站长、行车值班员、设备值班员、站务员、列车司机、运转值班员和信号楼值班员。

### 1.2 地铁行车作业安全标准化

安全生产标准化是指通过建立安全生产责任制,制定安全管理制度和操作规程,排查隐患和监控重大危险源,建立预防机制,规范生产行为,使各生产环节均符合有关安全生产法律法规和标准规范的要求,人、物、环、管处于良好的生产状态,并持续改进,不断加强企业安全生产规范化建设<sup>[3]</sup>。它

通常包含目标、组织机构和职责、法律法规与安全管理制度、教育培训以及作业安全等方面因素<sup>[4]</sup>。

以安全生产标准化中作业安全为切入点,研究地铁行车作业的安全标准化,即安全作业标准化。作业标准化是在作业系统调查分析的基础上,将现行作业方法的每一操作程序和动作进行分解,以科学技术、规章制度等为依据,为了作业的安全、质量效益,对作业过程进行改善,从而优化作业程序<sup>[5]</sup>。而安全作业标准化是通过对作业开始到终结的科学推敲,在保证安全的前提下制定出能够紧密衔接的框架式标准工作程序。

地铁行车作业安全标准化是通过《行车作业指导书》所建立的标准化流程,使行车人员在作业过程中执行模式化、程序化的操作,防止因随意简化、混淆、重复作业步骤而出现行车安全漏洞,也可避免因多余动作而产生的危险性,增加行车作业的安全可靠度,提高地铁行车组织运行效率和管理水平,实现安全生产。

如图1所示,在完整的“列车人工限制向前运行作业”标准工作流程中,运营调度员、行车值班员和列车司机相互配合,在完成各自岗位作业职责的基础

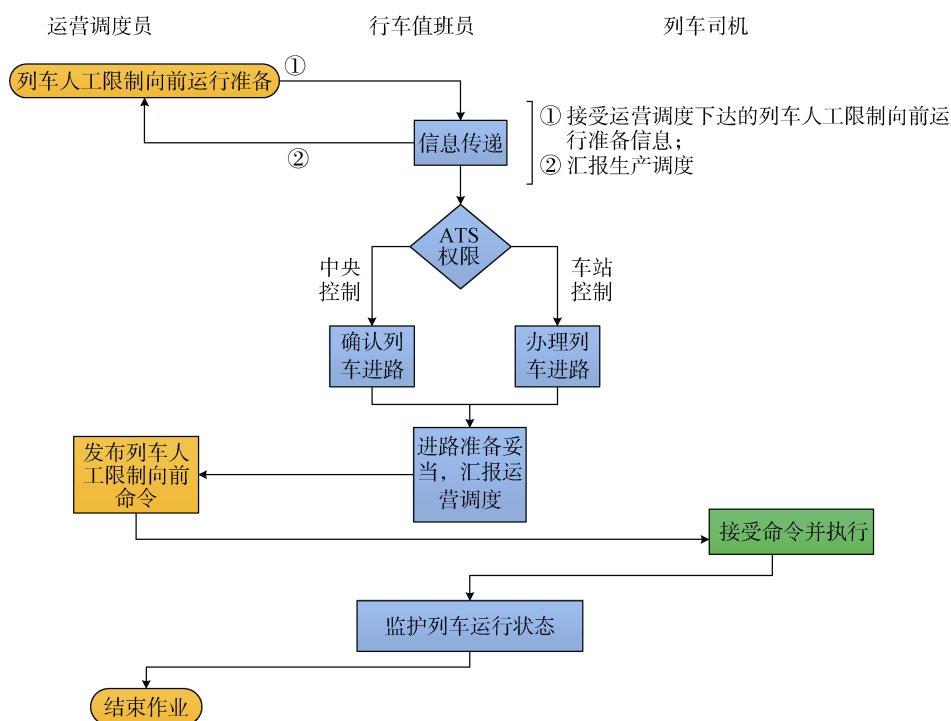


图1 “列车人工限制向前运行作业”框架式标准工作流程

Figure 1 Standard frame work flow of manual restriction of forward operation of trains

上,共同完成该项作业内容。本文建立地铁行车安全标准化检查与评估方案,以行车岗位为单位,在行车作业指导书的基础上,分别建立每个岗位的单个行车作业项目检查表。同样以图1中的“列车人工限制向前运行作业”为例,将分别建立《运营调度员列车人工限制向前运行作业检查表》《行车值班员列车人工限制向前运行作业检查表》和《列车司机列车人工限制向前运行作业检查表》。

本文以行车值班员执行“列车人工限制向前运行”作业为例,通过对作业过程中的每一步操作进行危害性分析、制定安全检查标准及打分评估方案等,阐述行车作业安全标准化检查与评估方案的构建。

## 2 地铁行车作业危险因素与危害分析

### 2.1 地铁行车作业危险、危害因素定义

危险、危害因素是指可能导致人身伤害和(或)健康损害和(或)财产损失和(或)环境影响的根源、状态或行为,或它们的组合,包括但不限于人的行为、物的状态、环境因素和管理因素<sup>[6]</sup>。地铁行车作业危险、危害因素则是指会对乘客或行车人员造成人身伤害,对包括车站、车场、沿线等行车设备造成损坏或损伤,对地铁日常运营产生负面影响的因素。

根据GB/T13861-2009《生产过程危险和有害因素分类代码》,生产过程危险、危害因素共分为4大类,分别是人的因素、物的因素、环境因素和管理因素。对于地铁行业来说,行车作业是地铁运输生产的核心内容,行车作业的危险、危害因素主要集中在行车作业人员 and 乘客等的人为因素、行车设施设备状态、行车作业管理组织及行车作业环境因素。

### 2.2 地铁行车作业危害性分析

为确定行车作业危险、危害因素对地铁系统造成的危害性大小,选用预先危险性分析方法对地铁行车作业进行危害性分析,为下文建立作业检查与评估提供必要支撑。预先危险性分析也称初始危险分析,它能大体识别与系统有关的主要危险、鉴别产生危险的原因,更重要的是它能够分析事故发生时对系统产生的影响并判定危险性等级,最后提出控制措施。

地铁行车岗位主要包括8个,每个岗位都有若干作业项,以图1中行车值班员执行“列车人工限制向前运行作业”为例,从值班员的角度对其进行预先危险性分析。分析步骤如下<sup>[7]</sup>。

1) 熟悉岗位。在分析之前,须首先熟悉和掌握行车值班员的主体责任、操作条件、作业流程、设备情况、环境状况,并搜集该岗位历史事故资料。

2) 识别危险。识别危险就是找出岗位作业项中各种潜在的危险、危害因素。即找出能够造成人身伤害、各类设施设备损伤和影响地铁正常运营的各方面因素。

3) 分析触发事件。触发事件是能够使得危险、危害因素显现的条件事件。作业项中潜在的危险、危害因素只有在一定条件下显现出来才可能形成事故。

4) 找出形成事故的原因事件。危险、危害因素显现后还需要一定的条件才会发展为事故,这样的条件即原因事件。

5) 确定事故情况和后果。危险、危害因素查出后,根据触发事件和原因事件推测将会导致何种事故及其后果严重程度。

6) 划分危险等级。各个岗位中的危险因素可能有很多,为了能够在采取安全措施时有轻重缓急,基于地铁事故的特性,对这些因素按造成后果的严重程度划分成4级,如表1,此表适用于行车作业的8个岗位。

表1 危险等级划分

Table 1 Risk levels

| 危险等级 | 影响程度 | 可能导致的后果                                              |
|------|------|------------------------------------------------------|
| I    | 安全的  | 不会造成人员伤亡、系统破坏、运营延误                                   |
| II   | 临界的  | 处于事故的边缘状态,暂时还不会造成人员伤亡、系统损坏,但会造成运营延误,应在规定时间内排除或采取控制措施 |
| III  | 危险的  | 必然会造成人员伤亡、系统损坏、运营延误,要立即采取防范对策和措施                     |
| IV   | 破坏性的 | 造成人员重大伤亡和系统严重破坏的灾难性运营事故,必须立即果断排除并进行重点防范              |

7) 制定安全措施。针对危险、危害因素的触发事件及形成事故的原因,制定相应的安全措施。

由此,建立行车值班员执行“列车人工限制向前运行作业”预先危险性分析表,如表2所示。

## 3 地铁行车作业安全标准化检查与评估

### 3.1 作业安全标准化检查与评估方案

在上述工作基础上,为确保标准化作业落到实处,提出了行车作业标准化检查与评估方案,方案中引入第三方机制,运用安全检查表法完成作业检查并对结果进行评估,评估方案见图2。

表2 行车值班员执行“列车人工限制向前运行作业”预先危险性分析

Table 2 Pre-risk analysis of “manual restriction of forward operation of trains” performed by on-duty personnel

| 作业环节       | 标准作业操作                                                 | 危险、危害因素                | 触发事件          | 原因事件                            | 事故后果                  | 危险等级 | 安全措施                             |
|------------|--------------------------------------------------------|------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------|------|----------------------------------|
| 信息传递       | 通过调度热线电话接受运营调度员下达的列车人工限制向前运行信息                         | 接受调令不准确或错误(操作错误)       | 接调令时不规范       | 人员业务能力不足、注意力不集中,未按标准操作接调令       | 影响后续作业时间,运营延误         | II   | 重复调度命令,反复确认调令内容                  |
|            | 汇报公司生产调度                                               | 信息汇报不准确或错误(操作错误)       | 汇报信息时不规范      | 人员业务能力不足、注意力不集中,未按标准操作汇报        | 影响后续作业时间,运营延误         | II   | 信息上报前反复确认                        |
| 办理进路       | ATS 中控状态下,通过 ATS 工作站确认列车运行进路(含防护进路)上所有道岔位置锁闭于正确位置      | 进路上道岔所处位置不明(监护失误)      | 未确认进路情况       | 人为疏漏且人员业务能力不足,没有按标准操作完成进路确认     | 危及行车安全,人员伤亡、设备损坏、运营延误 | III  | 提高中控状态下的警觉性,通过 ATS 时刻注意进路情况,加强监护 |
|            | ATS 站控状态下,通过 ATS 工作站办理列车运行进路(含防护进路),确认进路上所有道岔位置锁闭于正确位置 | 进路上道岔所处位置不明(操作错误、监护失误) | 未办理进路         | 人为疏漏且人员业务能力不足,没有按标准操作完成进路办理     | 危及行车安全,人员伤亡、设备损坏、运营延误 | III  | 加强 ATS 进路办理业务训练,加强监护工作           |
| 列车人工限制向前运行 | 监护列车运行时,应确认列车与前行列车行车间隔至少为一站一区间,未满足该间隔,报告运营调度员          | 运行列车与前行列车行车间隔不明(监护失误)  | 未进行监护工作       | 人为疏漏、业务能力不足且注意力不集中,未按标准操作监护列车运行 | 危及行车安全,人员伤亡、设备损坏、运营延误 | III  | 加强标准操作培训和安全意识培训,提高监护工作重视度        |
|            | 列车发生晚点时,使用调度热线汇报运营调度                                   | 列车发生晚点未及时发现(监护失误)      | 未及时报告调度       | 注意力不集中且业务能力不足,未完成监护工作           | 列车运行计划无法第一时间进行调整,运营延误 | II   | 加强应变能力培训,以应对突发状况                 |
|            | 向邻站做好报点工作,填写车站生产日志                                     | 邻站对列车位置不明(其他操作错误)      | 未向邻站报点、填写生产日志 | 人为疏漏且业务能力不足,未按标准操作报点            | 影响后续作业时间,运营延误         | II   | 加强标准操作培训,不省略、遗漏                  |

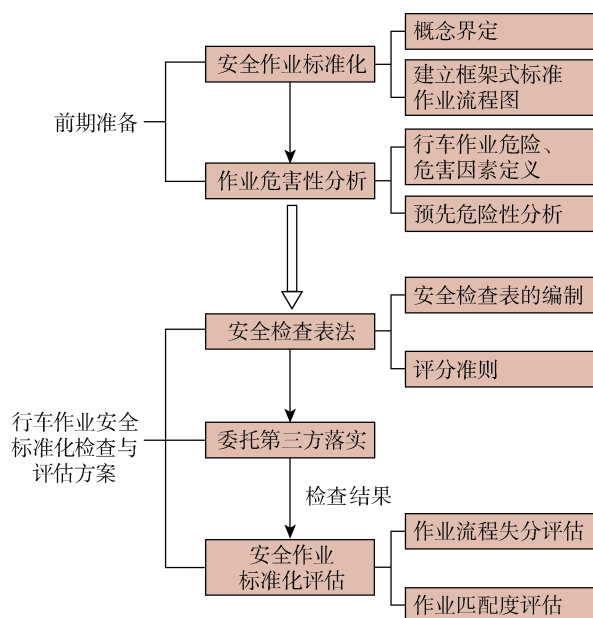


图2 地铁行车作业安全标准化检查与评估

Figure 2 Inspection and evaluation of subway operation safety standardization

安全检查表是一种安全评价方法,也是安全管理工作的主要内容,是消除隐患、防止事故发生的

重要手段,被检系统会被分成若干部分,对所要查明的的问题,根据实际生产、工程经验、相关标准以及事故情况进行考虑和布置,把要检查的项目和具体要求列在表上,以备在检查时按预定项目检查<sup>[8]</sup>。研究表明,人的不安全行为是导致事故发生的直接原因之一<sup>[9]</sup>。在地铁行业事故数据层面,管国良<sup>[10]</sup>对上海地铁行车值班员现场作业进行了检查分析,通过统计发现:在行车值班员的违规操作行为中48.1%属主观性的冒险行为,包括习惯性趋利、被动从众和态度不端正等类型;51.9%属业务技能不达标的差错行为,也就是说在行车值班员系统中,因为业务操作不规范而出现的差错就超过了违规操作的一半以上。因此,对照安全检查表对行车各岗位实行标准操作确认就显得尤为重要,此举可了解并提高行车人员作业掌握程度,减少因为业务技能不规范而出现差错的情况。

### 3.2 安全作业标准化检查表的制定

1) 评价内容。由于本文所要查明的的问题是各行车岗位作业人员对标准化作业的掌握情况,因此建立不同岗位各个行车作业项的安全检查表,按照行车标准作

业流程,将每个作业环节的具体操作内容和要求按执行顺序列入安全检查表,而每个岗位根据所要求掌握的作业项目不同,分别编制不同数量的安全检查表,如根据所研究某城市地铁运营公司的行车作业体系,建立了列车司机行车作业检查表 36 份、行车值班员行车作业检查表 36 份、设备值班员行车作业检查表 3 份、站务员行车作业检查表 14 份、值班站长行车作业检查表 2 份、运转值班员行车作业检查表 8 份、信号楼值班员行车作业检查表 13 份。需要说明的是,运营调度员不在该城市地铁运营公司组织体系内,在此不做统计说明。

2) 分值设置。一个作业项对应一张检查表,每张检查表中的检查内容是顺序排列的标准作业操作,每一步操作的满分为:基础分值×系数。

为了方便分数计算和统计,本文赋予每一步标准

作业操作的基础分值为 10 分。考虑到不同操作之间的危险等级并不相同,给地铁行车系统所带来的危害性也有所差异,为了能够体现这种差异,提高重要操作在整个作业分数中的占比,文章根据标准作业流程危险等级的高低,参考工业等行业的危害程度分级及权重表,为每个作业操作环节设置系数:危险等级为 I,系数为 1;危险等级为 II,系数为 2;危险等级为 III,系数为 4;危险等级为 IV,系数为 8。

在满分栏旁设置了得分栏,用于填写受检人的检查得分。若受检人存在扣分情况,则在扣分详情一栏填写现场检查中实际扣分情形,为基层班组管理者提供真实、客观的现场检查信息。

3) 安全作业标准化检查表的编制。基于上述准备工作,本文的安全作业标准化检查表构建如表 3 所示。

表 3 行车值班员“列车人工限制向前运行作业”安全检查

Table 3 Check sheet used by train attendan to check safety of manual restriction of forward operation of trains

| 评价要素       | 评价内容                                                   | 危险等级 | 系数 | 满分  | 得分 | 扣分详情 |
|------------|--------------------------------------------------------|------|----|-----|----|------|
| 作业环节       | 标准作业操作                                                 |      |    |     |    |      |
| 信息传递       | 通过调度热线电话接受运营调度员下达的列车人工限制向前运行信息                         | II   | 2  | 20  |    |      |
|            | 汇报公司生产调度                                               | II   | 2  | 20  |    |      |
| 办理进路       | ATS 中控状态下,通过 ATS 工作站确认列车运行进路(含防护进路)上所有道岔位置锁闭于正确位置      | III  | 4  | 40  |    |      |
|            | ATS 站控状态下,通过 ATS 工作站办理列车运行进路(含防护进路),确认进路上所有道岔位置锁闭于正确位置 | III  | 4  | 40  |    |      |
| 列车人工限制向前运行 | 监护列车运行时,应确认列车与前行列车行车间隔至少为一站一区间,未满足该间隔,报告运营调度员          | III  | 4  | 40  |    |      |
|            | 列车发生晚点时,使用调度热线汇报运营调度                                   | II   | 2  | 20  |    |      |
|            | 向邻站做好报点工作,填写车站生产日志                                     | II   | 2  | 20  |    |      |
| 合计         |                                                        |      |    | 200 |    |      |

4) 现场检查与评价打分。在现场检查过程中,每一步作业操作的打分都有 4 个梯度,分别是满分、满分×80%、满分×50%以及 0 分。若受检人完整回答或操作出标准作业的内容,则给予满分;若受检人不熟练,经过简单提醒后回答或完成操作,且没有遗漏,则给予满分×80%;若是回答或完成的操作接近一半正确,则给予满分×50%,剩余的情况一律按 0 分处理。

建立不同的打分梯度一方面能有效减少由检查人员的主观随意性对分数造成的影响,另一方面降低了现场给分的难度,使得给分有据可循,更为合理。

3.3 安全作业标准化评估

通过安全检查所得的行车人员标准作业操作掌握情况将为管理者提供评估依据。然而不同层级管理者所需解决的问题不同,其所需的检查结果形式也就不

尽相同:对于基层班组管理者而言,他们需要明确知晓班组成员在检查过程中出现的具体问题并考虑解决措施;而中高层管理者则侧重于了解作业操作匹配度并提出有效的安全管理措施、甚至优化改进标准化作业流程。

1) 作业操作失分评估。作为基层班组管理者,需将目光集中在失分的操作上:当班组成员的检查表出现扣分情况,则说明班组成员的日常行车操作并不标准,根据实际扣分情况,进行原因分析,找出问题所在,如行车人员自身业务技能不达标、管理人员组织业务培训不到位、现场要求存在差异等。而后结合班组成员自身特点和处所实际情况对问题进行整改,并组织专题培训,确保下次执行该作业项时班组人员均能按照标准操作顺利完成。

以司机班组为例,司机班组长根据检查表结果及时发现班组成员的违章、违纪等不符合标准的操作,分析具体原因,结合所在线路和班组实际情况制定针对性整改措施,强化员工标准作业意识和安全意识。

2) 作业匹配度评估。有别于基层管理者,公司中高层管理者在进行管理决策时更倾向于了解作业完成的整体情况,需要的是一种能够反映行车人员作业掌握情况的参数,本文定义为作业匹配度,指的是行车人员作业操作与公司标准作业操作之间的匹配程度,匹配度越高,则说明行车人员作业越标准,越接近标准操作,从而使得人的因素对行车系统的影响越小,地铁运营也就越安全。

作业匹配度=检查总得分/满分 (1)

现场检查所得结果可看作基础数据,在评估阶段开始分析时应以管理者需求为导向整理、归纳这些数据。

作业匹配度评估共分两个层级。第1层级的评估对象是同一受检线路下某岗位的某一作业项中的作业环节,通过处理检查数据,得出作业项中不同作业环节的匹配度;第2层级则是以同一受检线路下某岗位的各作业项为评估对象,根据其匹配度的高低找出该岗位上标准作业执行情况普遍较差的作业项,公司管理者可从行车作业管理角度或对标准作业操作本身提出整改意见并组织落实。

在执行标准操作时,若程序化的作业和管理融为一体,行车人员在作业中的行为就会得到有效的规范、约束和控制,事故发生的可能性就能降到最低<sup>[1]</sup>。

## 4 组织实施与评估结果

### 4.1 组织实施

为确保检查评估的客观性、公正性,地铁行车作业安全标准化检查与评估可由第三方专业机构和团队组织实施,从行业外的角度找出地铁行车作业中存在的各种问题。

### 4.2 评估结果

以某市某线路行车值班员岗位的“列车人工限制向前运行作业”为例计算地铁行车作业安全标准化评估的第1层级,计算该作业项中各作业环节的作业匹配度,如表4所示。

以行车值班员岗位的6个行车作业项的作业匹配度结果说明安全标准化执行评估的第2层级。各作业项匹配度评估结果(部分)如表5所示。

表4 某市某线路行车值班员岗位“列车人工限制向前运行作业”作业环节匹配度

Table 4 Matching degrees of operation links of the position of the train watchman on a certain line in a certain city, performing the duty of manual restriction of forward operation of trains

| 序号 | 作业环节       | 作业匹配度/% |
|----|------------|---------|
| 1  | 信息传递       | 100     |
| 2  | 办理进路       | 100     |
| 3  | 列车人工限制向前运行 | 87.5    |

表5 某市某线路行车值班员岗位各作业项匹配度(部分)

Table 5 Matching degree of each operation item of the position of the traffic watchman of a line in a city (part)

| 序号 | 作业项         | 作业匹配度/% |
|----|-------------|---------|
| 1  | 运营前行车设备测试作业 | 96.53   |
| 2  | 库发列车执行巡道    | 90.63   |
| 3  | 正线列车执行巡道    | 99.34   |
| 4  | 图定列车出场      | 97.64   |
| 5  | 非图定列车出场     | 97.16   |
| 6  | 施工列车电话闭塞法出场 | 94.19   |

## 5 结语

地铁作为人们交通出行的必要工具,安全就是它的生命线。为了找寻地铁行车安全漏洞,本文聚焦于行车作业,笔者认为只有从最基本的行车作业出发,才能找到最有价值的问题和漏洞。首先对地铁行车作业进行安全标准化处理,将行车作业转换成标准流程形式,接着分析标准作业流程中每一步操作对于地铁运营的危害性,为检查评估提供打分依据;通过安全检查发现影响行车安全的关键问题;在评估阶段,提出了行车作业匹配度的概念,使得检查结果更为直观、清晰,有利于各级管理者了解一线生产状况。

地铁运营单位只有将行车作业安全标准化工作贯彻下去并定期地对现场行车岗位落实检查和评估工作,掌握一线行车作业信息,及时制定相关的安全管理措施,才能有效保障地铁的安全运营。

### 参考文献

- [1] RT 轨道交通网. 2019 年中国“城市轨道交通运营里程”最新排行榜出炉[EB/OL]. (2019-06-03)[2019-06-03]. [https://www.sohu.com/a/318332294\\_682294](https://www.sohu.com/a/318332294_682294).  
RT Rail transit network. The latest ranking of China's urban rail operation mileage in 2019 has been released[EB/OL]. (2019-06-03)[2019-06-03]. [https://www.sohu.com/a/318332294\\_682294](https://www.sohu.com/a/318332294_682294).

(下转第159页)