

北京地铁资产运维标准体系研究及其数字化应用

傅兵¹ 袁若岑^{1,2*} 黄颖俊³

(1.北京市地铁运营有限公司; 2.北京市地铁运营有限公司技术创新研究院分公司; 3.北明软件有限公司)

摘 要: 本文基于北京地铁资产全寿命周期管理、维修业务精细化管控与信息化管理三重需求, 提出北京地铁资产运维标准体系架构设计思路。结合北京地铁智能运维平台的建设与运行, 按照统一规划、统一设计、统一建设与统一运维的原则, 构建标准数字化转型的应用场景, 围绕标准形式数字化与标准过程数字化两个转型方向, 提出标准体系贯通应用于智能运维平台建设及应用场景的工作思路, 推动标准化工作向数字化、网络化与智能化转型, 并以北京地铁6号线智能运维平台试点应用为案例, 验证了标准体系指导并规范信息化系统的建设及运行工作的作用及意义。

关键词: 标准体系, 资产运维, 数字化, 智能化, 应用场景

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.04.011

Beijing Metro Asset Operation Management Standards System and Digital Application

FU Bing¹ YUAN Ruo-cen^{1,2*} HUANG Ying-jun³

(1.Beijing Subway; 2.Beijing Subway Technology Innovation Research Institute; 3.Beiming Software Co., Ltd.)

Abstract: Based on the demands of Beijing Metro's asset management, including life cycle management, maintenance business refinement control and information management, this paper puts forward the design ideas of Beijing Metro's asset operation and maintenance standards system architecture. Combined with the construction and operation of Beijing Metro Intelligent Operation and Maintenance Platform, in accordance with the principles of unified planning, design, construction operation and maintenance, it builds the application scenario of digital transformation of standards, and focuses on the directions of the digitization of both standard forms and standard processes, puts forward the idea of applying the standards system to the construction of the Intelligent Operation and Maintenance Platform and application scenarios, so as to push forward the transformation of the standardization work to digitization, networking and intelligence. It then uses the pilot application of the Intelligent Operation and Maintenance Platform of Line 6 of the Beijing Metro as a case study, to validate the role and significance of the standards system in guiding and standardizing the construction and operation of the informatization system.

Keywords: standards system, asset operation and maintenance, digitalization, intelligence, application scenarios

作者简介: 傅兵, 高级经济师, 研究方向为资产综合管理、设备设施运维管理、智能运维管理等。

袁若岑, 通信作者, 高级工程师, 研究方向为设备管理、智能运维平台建设。

0 引言

北京地铁设备设施呈现规模庞大、种类繁多、专业复杂、作业区域广等特点,不仅存在由于成立时间较早带来的不同时期设备设施技术发展阶段差异化明显的现象,而且广泛存在各类运营设备设施即使安装在同一车站也有可能分别来自不同供应商的问题,甚至存在不同部门站在自身视角采用不同的设备设施编码体系及数据格式的情况,难以从设计、建设、运维管理等全生命周期视角开展设备设施的统一化管理。因此,技术多样化所引发的“超复杂”技术共存局面,严重影响了设备设施维修业务全生命周期管理与精细化管控的力度与步伐,亟待出台车辆设备设施运维管理标准体系予以统一指导与参考。

北京地铁资产运维标准体系,是指为了满足北京地铁运营期间资产运维保障需求,由若干相互关联的标准、规范等所组成的有机整体。针对上述北京地铁资产运维标准化建设过程中存在的缺乏顶层规划以及数字化落地难度大等问题,构建北京地铁资产运维标准体系,主要任务有3个:(1)做好标准体系构成要素—标准的需求分析;(2)做好标准体系的架构设计;(3)做好标准体系的数字化转型及其数字化应用。

1 设备运维标准体系需求分析

标准是标准体系的基本构成单元,标准的需求分析是构建标准体系的重要依据,既是标准体系研究的起点,又决定着标准体系的最终效果^[1]。北京地铁设备运维标准体系的构建过程应遵循公司维修业务管理架构及其实际执行情况,统筹考虑公司资产全生命周期管控需求、维修业务精细化管控需求、维修业务信息化管理需求,通过北京地铁智能运维平台的建设及运行过程推动标准的数字化转型及其落地应用工作。

1.1 资产全生命周期管控工作需标准辅助

维修业务的高效运行取决于企业内部资产-维修-物资三者间资源整合的充分程度与精准匹配

程度,考验设备设施全生命周期管理链条的完整度及颗粒细化的统一程度。北京地铁投资-建设-运营“三分开”体制“天然”阻隔的现状,造成资产-维修-物资三者管用分离,资产全生命周期管理链条完成程度大打折扣。加之公司内部各部门之间受外部影响同样存在“管用分离”的问题,对于资产-维修-物资业务规划、标准规范及管理颗粒度长期无法统一,表面现象是造成人力浪费、设备闲置,深层原因是业务部门之间无法充分整合统筹这三者资源。因此,北京地铁资产全生命周期管控工作亟待标准辅助。

1.2 维修精细化管控工作需标准指导

精细化的维修业务流程标准编制工作是实现精检细修、智能维修的基础,也是维修核心能力提升的关键点。目前,北京地铁车辆设备设施维修业务亟待人、财、物精准管控及工作完成数量与质量标准,使得整体维修业务流程能够做到事前规范化指引与评估、事中透明化监控与反馈、事后归档信息能与事前形成规范对应,进而使维修信息可溯源可追踪。因此,北京地铁维修业务精细化管控工作需标准指导。

1.3 维修管理信息化工作需标准奠基

目前,北京地铁各分子公司率先自建一些维修管理信息系统,尽管勉强满足各分子公司生产现场的资产与备件管理、设备点巡检管理、故障粗略统计及分析等基本要求,但是基本不具备设备状态感知、维修策略及故障预警预测等设备运维决策辅助功能,且这种各自为阵的开发应用,由于没有功能规范化、技术统一化的标准导引,系统互联互通性差,制约并限制了数据的共享及其深层次的感知-维修-决策-评估等维修闭环管理效果,严重影响了数据的深度挖掘应用与企业信息化的健康发展。因此,北京地铁维修管理信息化工作亟需标准奠基。

2 设备运维标准体系架构构建思路

设备运维管理模型(如图1所示)通过管理运维设备与运维人员,达到“安全、效率、效益”的

核心目标。其中,管理设备应重点聚焦获取设备有效感知数据,解决感知设备少、感知数据获取难度大、有效性差的问题;管理人员应主要关注现场维修作业标准化管控,解决修程修制与现场作业标准“两张皮”造成的现场作业过程管控难、运维过程“人财物”管控脱节的问题。

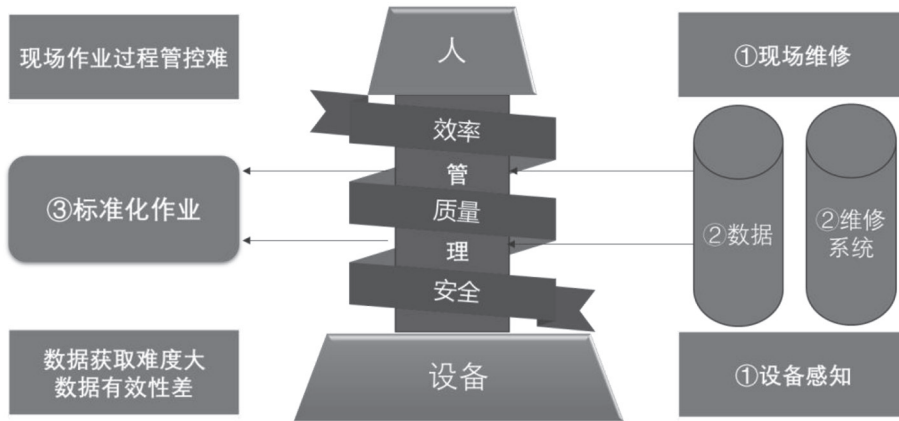


图1 北京地铁设备运维管理模型

按照MECE (Mutually Exclusive Collectively Exhaustive) 方法中纵向向下分解子目标完全穷尽、无遗漏,横向拆解彼此独立无交叉的原则,将设备运维标准体系架构分为设备运维管理类、设备维修人员类、设备智能化应用类以及外部环境

类共计4类标准。其中,为明确分割设备运维管理类标准与设备智能化应用类标准范围边界,将设备智能化应用类标准归入设备本体类标准,着重开展设备本体运行感知类标准及智能预测类标准的制定工作;设备运维管理类标准聚焦设备基础管理类、设备业务管理类、设备服务管理类3个方向

的标准制定工作;设备运维人员类标准从现场操作类、作业技能类两个方向编制标准。设备运维标准体系架构详如图2所示。

3 设备运维标准体系研究重点—标准数字化

随着新一轮科技革命与产业变革的孕育兴起,以数据资源为重要生产要素、信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力的数字经济日益成为经济发展的新模式^[2]。

2020年3月,中国城市轨道交通协会发布《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》^[3]。2021年10月,中共中央、国务院印发了《国家标准化发展纲

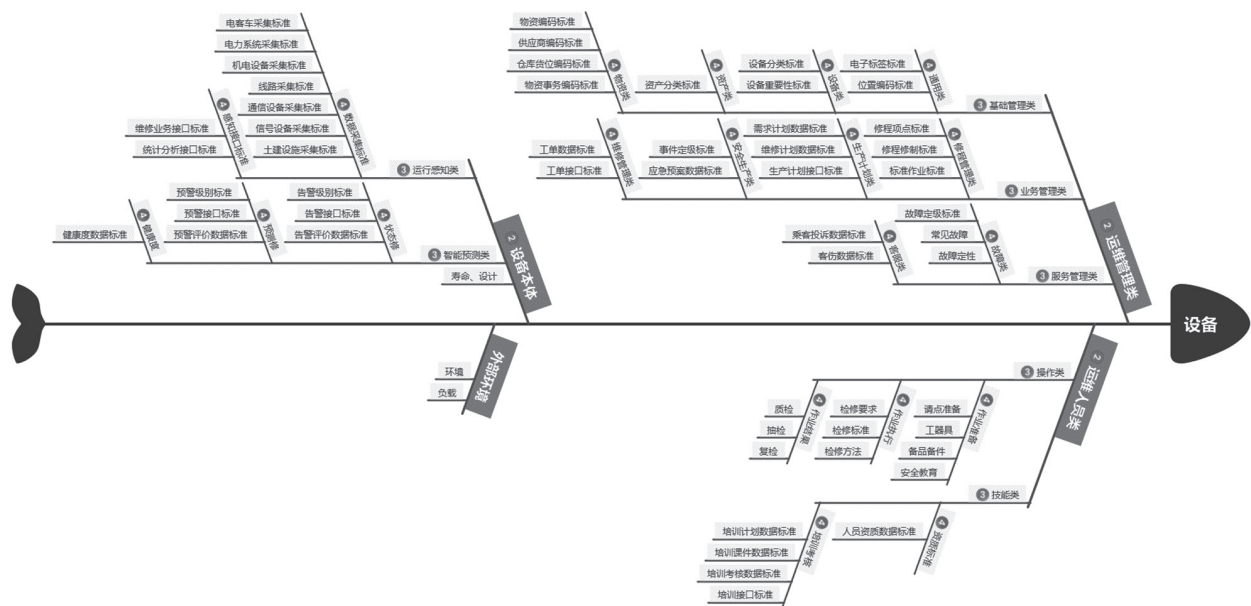


图2 北京地铁设备运维标准体系架构图

要》，提出发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向数字化、网络化、智能化转型^[4]。

3.1 标准数字化定义及表达形式

标准是数字化转型的基础。传统的标准大多以人员阅读为目标。标准数字化指利用数字技术（云计算、大数据、区块链、物联网、人工智能等）对标准本身即生命周期全过程赋能，使标准承载的规则与特性能够通过数字设备进行读取、传输和使用的过程^[5]。数字化后的标准将不再仅以文档形式存在，而是变革性地以知识形态存在，具体形态包括信息单元、信息模型、公式、算法、软件代码、音频、视频、数据库、软件系统、云平台、零件、系统等^[6]。

3.2 资产运维标准数字化

应用场景

为了避免业务标准功能交叉重复、数据分散无序存储、浪费资源，按照统一规划、统一设计、统一建设、统一运维的原则，构建标准数字化转型的应用场景是实现资产运维标准体系的数字化转型的关键环节，重点在于提出标准数字化转型的应用场景分类。

资产运维标准数字化转型应用场景图如图3所示，本文提出3大类共计7个资产运维标准数字化转型场景，分别是（1）基础数据标准化场景、（2）修程修制数字化场景、（3）工艺文件数字化场景、（4）计划修场景、（5）故障修（故障抢修）场景、（6）知识分享场景和（7）知识赋能场景。其中，基础数据、修程修制及工艺文件数字化应用场景分属于管理标准数字化应用场景类别，计划修与故障修（故障抢修）场景分属于现场作业数字化应用场景类别，知识分享与知识赋能场景分属于知识管理数字化应用场景类别。下面以管理标准数字化应用场景、现场作业数字化应用场景以及知识应用数字化应用场景3大类为例说明标准数字化转型应用场景构建方法。

3.2.1 管理标准数字化应用场景（电子履历）

管理标准数字化应用场景是指在对设备分级

分类、车辆构型进行结构化拆解直至最小维修单元，将修程修制也按照拆解后的设备最小维修单元进行逐一对应，再将设备编码信息作为设备的唯一关键字穿透并对应到设备修程修制中，实现设备运维全生命周期过程中的运行、故障、维修等全量数据的精细化归集索引，可通过电子履历实现对设备运维管理工作的多维度分析，真正实现将修程修制要求通过数字化手段贯穿工艺文件以及现场维修作业的全过程，提升设备的运维管理水平。管理标准数字化应用场景可拆解为基础数据标准化场景、修程修制数字化场景以及工艺文件数字化场景3个应用场景。

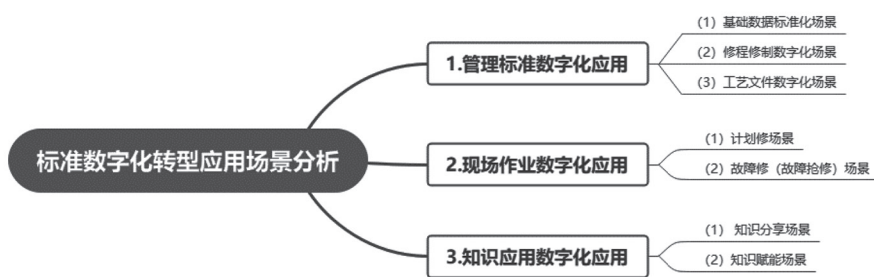


图3 资产运维标准数字化转型应用场景

3.2.2 现场作业数字化应用场景

现场作业数字化场景是指将现场维修的工序及作业要求，进行标准化和结构化转换，形成指导现场维修的标准化作业数据。目前北京地铁月均每条线路的工单量将近1.6万单，将工艺文件进行结构化、数字化转置，形成数字化工序，推送至现场维修人员的移动终端中，通过数字化手段规范现场维修作业，达到现场维修作业精检细修和降本增效的管控要求。现场作业数字化应用场景可拆解为计划修与故障修场景等2个应用场景。

3.2.3 知识应用数字化应用场景

标准化研究是一项需要广泛知识背景的科研工作，涉及多学科多领域，新领域新技术的不断涌现，使得标准体系的完善、新标准的编制、标准化研究工作的推进均呈现出复杂多变的形势^[7]。因此，知识管理工作及其工具技术可提供语义搜索、可视化数据支持等应用方式，为拓展标准化研究的深度和广度提供方法及数据支撑。知识应用数字

化应用场景是指将企业对其所拥有的知识资源进行数字化归集、管理及共享的场景,该类场景不仅有利于知识从识别、获取、开发、分解、储存到传递^[8]的全生命周期管理效率的提升,也会为企业员工积累及共享知识提供更为便捷的条件。知识应用数字化应用场景可拆解为知识分享及知识赋能等两个应用场景。

4 设备运维标准体系数字化转型探索及应用成效

4.1 资产运维标准体系数字化转型思路探索

北京地铁资产运维标准数字化转型思路重点围绕两个方向展开,(1)标准形式数字化,(2)标准过程数字化。

标准形式数字化表达的目的是为使计算机系统能够自主理解 and 处理标准。国际标准化组织(ISO)与国际电工委员会(IEC)达成了关于机器可读标准分级模型^[9]的一致意见,将机器可读标准分级模型的发展阶段划分为:“0级:纸质文本格式”“1级:开放数据格式”“2级:机器可读文档”“3级:机器可读内容”“4级:机器可交互内容”等5个阶段。

拆分过程是将标准要素拆解为元数据,并定义数据的组织、数据域及其关系的信息。其中,元数据指结构化的数据要素,其最重要的特征和功能是为数字化信息资源建立一种机器可理解框架。按照数字结构化标准对标准中的关键字、数据构成、数据要素等进行分解,并定义数据的组织、数据域及其关系的信息和标准中的逻辑、技术等关系,可以通过对相关数据元素的建模予以表示。例如:可以将机电设备的维修规程拆解为数据元素和相关模型,予以描述和管理,实现手段可包含预定规则的数据库管理系统、XML建模语言、仿真系统等。组合过程就是将各种数据元素按照预定的规则进行重新整合。整合后的标准既可以是数据库,也可以是传统文本形式。

标准过程数字化是指利用数字技术对标准化工作的全生命周期进行管理^[5]。北京地铁资产运维标准体系是与北京地铁智能运维平台建设同步开展的,并全程指导智能运维平台的建设及运行工作,根据实际维修业务开展情况,不断对标准体系进行修订及验证工作,如图5所示。

资产运维标准体系贯通应用北京地铁智能运维平台建设及运行的工作思路可以简单表述为:

为贯彻北京地铁集团公司—二级单位两级架构体

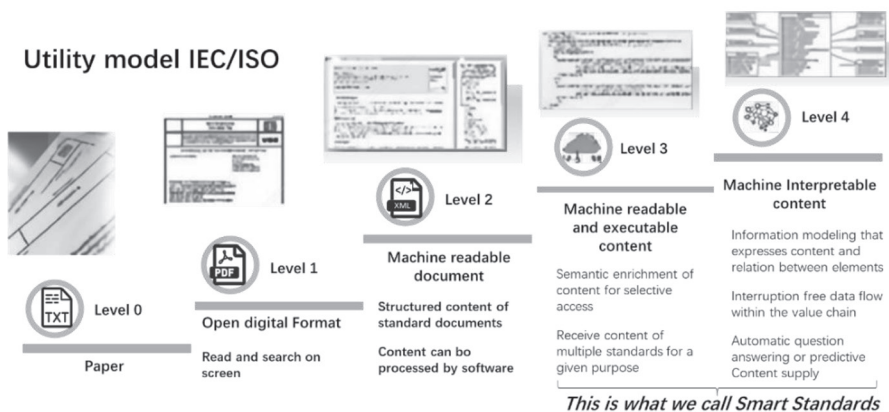


图4 机器可读标准分级模型

目前,北京地铁对资产运维标准体系进行了标准形式数字化的转换过程,根据图4所示分级模型,基本达到了2级机器可读标准水平。标准形式数字化包括两个互逆的过程:拆分和组合。

系及数据管控要求,集团平台层通过全量数据仓库执行基础管理标准(设备基础数据标准、设备修程修制管理标准、物资编码标准、知识体系数据标准等)与系统接口标准(各系统数据接口标准)的技术管控手段,实现二级单位应用层数据的标准化应用。

具体步骤为:首先,在全量数据仓库中,建立数据标准交互的接口表,所有的数据交互工作均可通过这个接口表进行转换,完成数据结构的检查,如:感知类传感器数据通过接口表转换为设备的运行数据,形成标准化的设备运行数据表;其次,通过数据标准监控数据内容的质量,确保数据

的正确性,如:设备运行数据中出现异常数据时,可对该数据进行告警、修复或删除;最终达到资产运维标准体系指导并监管智能运维平台建设及运行过程的目标。

4.2 应用成效

北京地铁智能运维平台从2022年年底起在北京地铁6号线设备专业进行维修系统试点应用,通过全面落地应用资产运维标准体系,有效提升了6号线设备维修管理水平(管理标准数字化应用、现场作业数字化应用、知识应用数字化应用)。

首先,在管理标准数字化应用方面,实现了基础数据标准化、维修工艺标准化和故障管理标准化场景应用。其中,基础数据标准化场景按照系统规范录入设备台账信息,6号线总共形成16,436条设备台账信息,并通过对接维修工单,形成设备电子履历,为设备的全生命周期管理奠定了数据基础;维修工艺标准化场景通过结合修程、工艺文件,实现维修规程、工艺要求与现场作业工单的数据联动,仅机电专业就编制完成了894条标准化作业;故障管理标准化场景,针对故障工单在系统中按照对运营的影响,规范了故障的分级分类,共形成3级16类故障分级分类标准,同步细化了故障涉及的项点11,456项及维修建议504条,有效规范并优化故障的识别和处置流程。

其次,在现场作业数字化应用方面,实现了工

时管控标准化,基于移动终端扫码功能,实现了包含计划修与故障修在内的各类工单执行工时的有效记录,同时依托现场执行的标准化作业,使得各类工单的执行从质量、工时、效率等层面不断趋向规范化。以2023年6-10月机电分公司6号线各类工单工时变化趋势为例,智能维修系统上线后,工单数量从2023年6月7890条逐步稳定到月均11,000条工单,平均耗时从2023年6月的1.29小时下降到2023年10月的0.94小时,说明工单平均工时逐步下降且加权平均趋势线日趋平稳,说明现场维修的标准化管控效果正在逐步显现。具体数据如图6所示。

最后,在知识应用数字化应用方面,初步实现了知识分享与知识赋能的应用场景,完成了搭建知识体系、基础知识沉淀、知识应用及赋能的工作。公司已建立设备维修知识体系,为设备维修相关知识建立了知识体系标准,主动获取并沉淀了设备维修历史经验、资料文件及专家知识等,分别形成1141条静态知识数据和7136条动态知识数据。目前,通过专业知识系统算法优化,对智能维修系统中10%的维修建议提出了优化建议。

5 总结与建议

目前,北京地铁已发布了包含《资产维护管理车辆设备设施分级编码规范》《资产维护管理修

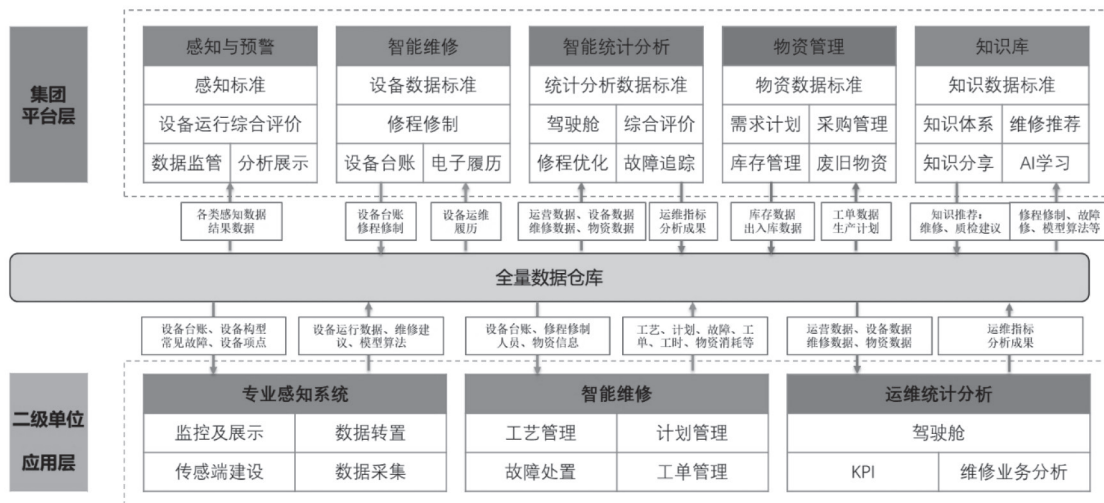


图5 资产运维标准体系贯通应用北京地铁智能运维平台建设过程图

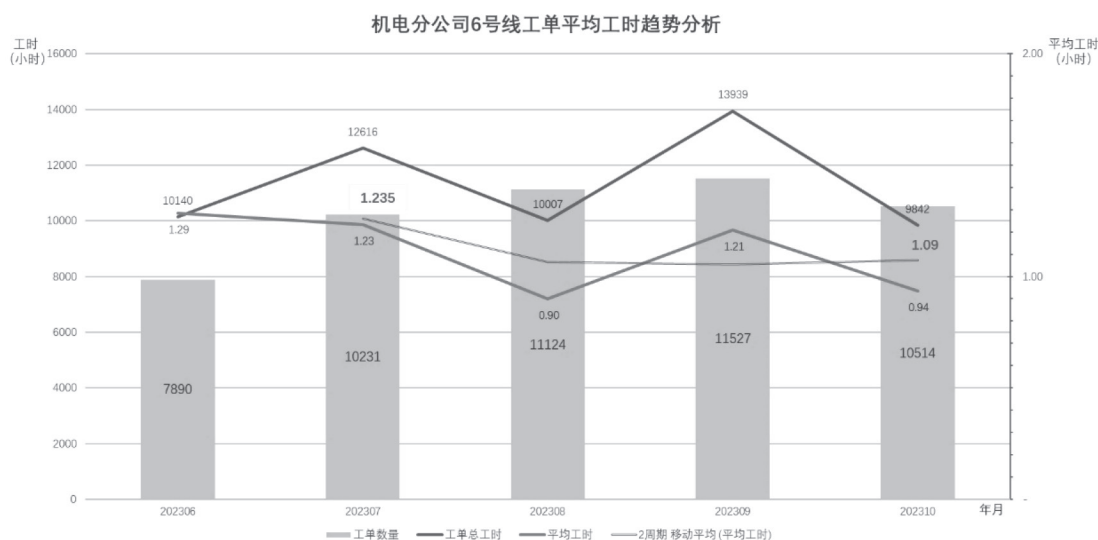


图6 机电分公司6号线6月-10月工单工时变化趋势图

程修制数据规范》《维修知识体系数据标准规范》在内的8部资产运维基础管理数据规范以及《智能运维平台维修系统接口规范》等在内的9部平台数据接口规范,初步构建了北京地铁智能运维平台的资产运维管理标准体系与数据应用标准体系,有效规范了资产运维管理工作,促进了资产运维管理工作与智能运维平台数据应用的深度融合,不仅对提高北京地铁资产运维管理水平及技术升级有决定性作用,而且对标准体系及资产运维管理工作的数字化转型具有至关重要的意义。

按照标准数字化转型总体思路,后续智能运维标准体系具体实施路径将从标准数字化表达和标准智能化应用两大方面展开,进而沿着夯实标准数字化发展基础阶段、完善标准数字化服务能力阶段以及推进标准智慧化决策阶段3个阶段,逐步达到通过数字化技术应用,对运维管理标准体系的管理、服务、实施的数据进行自动采集和监测分析,并据此开展数据分析工作,实现对标准体系的管理、服务与实施的评价,最终形成标准科学化决策能力。

参考文献

- [1] 邵玉平,黄顺勇,刘欣,等. 基于SSE理论的车辆装备维修保障标准体系构建[J]. 兵工自动化, 2011,30(11):16-19.
- [2] 马名杰,等. 数字化转型对生产方式和国际经济格局的影响与应对[J]. 中国科技论坛, 2019(1):12-16.
- [3] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[Z]. 2023.
- [4] 中共中央 国务院. 国家标准化发展纲要[Z]. 2021.
- [5] 刘永冬,任声策. 数字化转型的两个关键: 标准数字化和数字标准化[J]. 上海质量, 2023,12(3):39-41.
- [6] 马超,邓桃,周勤勇,等. 面向电力领域的标准数字化转型工作研究[J]. 中国标准化,2022,23(12):87-92.
- [7] 李海平,齐卓砾,胡君朋. 标准化领域知识图谱的构建和应用研究[J]. 中国标准化,2022(17):51-55.
- [8] 宋森涛,黄民翔. 基于知识管理的电网设备故障体系[J]. 华东电力, 2006,34(1):38-40.
- [9] 汪烁,段非凡,林娟. 标准化工作适应全球数字化发展的必然趋势—标准数字化转型[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2021,12(3):11-14.