

大数据驱动下城市轨道交通运营物资库存优化与预测模型

王 淼 贺 伟

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400000

【摘要】：针对城市轨道交通运营物资库存管理中存在的供需失衡、预测方法滞后、大数据应用不足等问题，本文构建大数据驱动的库存预测与优化体系。通过整合多源异构数据并进行标准化处理，采用时间序列分解与机器学习融合的预测方法，建立跨环节协同优化机制，有效破解库存冗余与短缺并存的痛点，提升了库存周转率与资源利用效率，为城市轨道交通网络化运营提供了科学、高效的物资库存管理解决方案。

【关键词】：城市轨道交通；运营物资；库存优化；需求预测；大数据

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.085

引言

在城市轨道交通网络化、高密度运营的趋势下，运营物资保障体系的稳健性直接关乎线路安全与服务品质。传统库存管理依托经验决策，难以适配多线路、多场景的复杂运营需求，库存冗余与缺货风险交织，成为制约运营效率的瓶颈。随着大数据技术在交通领域的渗透，多源异构数据的深度挖掘为库存管理转型提供了关键支撑。本文聚焦城市轨道交通运营物资库存管理痛点，构建大数据驱动的预测与优化模型，探索从经验驱动向数据智能的升级路径，为提升全网物资保障的精准性与协同性提供理论与实践依据。

1 城市轨道交通运营物资库存管理现存问题及成因分析

1.1 运营物资库存管理核心痛点凸显

城市轨道交通步入网络化运营阶段后，运营物资品类繁多且存放位置较为分散，各线路及站点多依照实操经验自行确定安全库存规模，缺少对全网范围内物资耗用情况的整体分析与统筹管控。部分核心备件在多处仓储点位重复存放，单仓储备规模偏大，部分通用性物资则因信息传递不畅出现区域性供给不足，应急调度效率偏低。物资需求易受客流变动、设备损耗、检修方案调整等多重因素作用，依靠常规周期盘点与经验式补货难以匹配需求的实时变动，易出现临时采购与物资长期闲置的状况，库存周转效率偏低且占用大量运营资金，对历史耗用数据的分析挖掘不足，难以构建精准的需求预判体系，供需匹配度持续偏低，各专业物资管理平台相互割裂，库存信息无法实时互通与自动预警，库存管控节奏难以适配现场运营需求。

1.2 库存预测方法滞后导致供需失衡

当前城市轨道交通运营物资库存管理多依托历史经验定性判断或简单移动平均等传统方式，未能对物资耗用规律开展深度剖析与动态监测，客流起伏、设备检修频次、突发故障等

多元复杂要素均未融入预测模型，致使测算结果与实际耗用情况偏差明显。节假日大客流、设备集中整修及突发应急场景下，传统模式无法预判需求的非线性变化，易形成备品积压与核心物资短缺并存的结构性矛盾。部分物资采购周期偏长、供应渠道单一，叠加预测滞后造成补给延误，进一步扩大供需失衡。供电、信号、车辆等专业系统各自开展物资测算，缺少跨专业、跨线路的数据整合与协同管控，库存资源分散且重复储备问题突出，此类管理模式占用大量运营资金，拉低物资周转效率，也制约了轨道交通运营保障的精准化与敏捷化水平。

1.3 大数据技术应用不足制约管理升级

当前城市轨道交通运营物资库存管理在大数据技术应用方面存在明显短板，直接制约了管理水平的提升。多数线路的物资数据采集仍依赖人工录入与周期性盘点，导致数据更新滞后、准确性偏低，难以形成实时、完整的库存状态视图。各专业系统之间的物资信息相互割裂，缺乏统一的数据采集标准与共享机制，使得历史消耗规律、设备故障关联、客流波动影响等深层价值无法被有效挖掘。库存预测主要依靠经验判断与简单统计模型，无法动态响应运营环境的变化，易造成储备过剩与紧急缺货并存的结构性矛盾^[1]。缺乏基于大数据的异常预警能力，对物资消耗的突发峰值或供应链延迟风险难以提前识别。大数据技术未能深度嵌入计划、采购、仓储、配送等各环节，使得库存管理始终处于被动响应状态，难以实现从经验驱动向数据驱动的跨越式升级。

2 大数据驱动下库存预测模型构建与库存优化实施

2.1 多源库存数据整合与标准化处理

城市轨道交通运营物资库存管理涉及物资管理系统库存台账、采购订单到货信息、各线路物资耗用记录、设备维护工单绑定的备件使用情况、自动售检票系统设备故障报修数据，以及列车运行监控系统反馈的车辆走行里程与维保计划等多

类异构信息源^[2]。这些数据在格式规范、采集频次与存储粒度上存在显著差异,部分以关系型数据库存储的结构化数据与工单故障描述等半结构化或非结构化文本并存。数据整合需搭建统一接入端口,借助 ETL 工具完成多源信息的抽取、清洗与转换,统一字段命名、编码规则及时间戳精度。标准化处理的核心是构建覆盖物资编码、计量单位、库存区位与交易类型的统一数据字典,对历史数据进行回溯梳理,清除冗余条目并化解逻辑冲突,从而为预测模型训练提供标准统一、内容完备的基础数据支撑(见图1)。

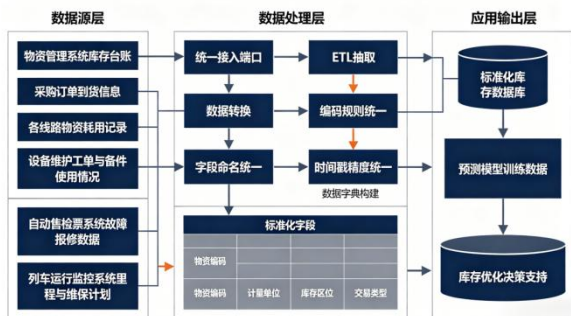


图1 多源库存数据整合与标准化处理技术架构图

2.2 大数据驱动运营数据整合与需求预测方法

城市轨道交通运营期间,自动售检票系统、列车自动控制系、综合监控系统及设备运维管理平台持续产生海量异构数据,涵盖客流时空分布、列车正点率、设备故障记录、维修工单执行及物资消耗等信息^[3]。针对原始数据分散存储于各线路或专业子系统、格式不一且时间粒度差异大的问题,大数据驱动下的整合需先搭建统一的采集与清洗框架,依托标准化接口协议与数据字典,将多源数据统一映射至一致的时空基准。需求预测采用时间序列分解与机器学习相融合的方式,借助短时记忆网络挖掘客流波动与物资消耗之间的非线性滞后关联,并融入节假日、大型活动、气象等外部特征构建多维输入。通过交叉验证与滚动预测机制,动态生成各类物资在未来不同时

参考文献:

- [1] 孙思明.大数据技术在城市轨道交通标准化运营管理中的应用[J].大众标准化,2023,(03):7-9.
- [2] 张凌亮.大数据技术在城市轨道交通运营管理中的应用[J].黑龙江科学,2021,12(18):132-133.
- [3] 石京杰.大数据背景下城市轨道交通运营管理的发展与探索[J].中国新通信,2020,22(15):102.

段的消耗概率分布,为库存优化模型提供可靠的需求依据,支撑精细化库存管理与运营保障。同时结合网络数据中心的历史数据回溯与多维分析功能,实现物资需求与线网运营计划的动态匹配,提升预测结果对实际业务的指导能力。

2.3 基于数据决策的库存管理协同优化机制

大数据驱动下的库存管理协同优化机制,需要打破运营物资需求预测、采购调度与仓储调配之间的信息壁垒,实现多源数据的实时融合与动态响应。利用自动售检票系统、列车运行监控系统及设备状态监测系统所产生的高频数据,构建统一的物资需求感知层,将客流波动、行车计划调整与设备健康状态等信息同步至库存决策平台。通过设定协同触发阈值,当某类物资的消耗速率或预测需求显著偏离历史基线时,系统自动向采购、仓储及运营调度部门推送协同调整指令。在此基础上,建立以物资类别为维度的响应优先级规则,对应急抢修物资、日常消耗物资和大修替换物资分别配置差异化的协同策略。借助数据中台实现库存计划与维修工单、列车运行图及乘客服务计划的动态对齐,确保库存补货行为与运营作业节奏相互匹配。上述协同机制可消除传统模式下因信息滞后导致的库存冗余与短缺矛盾,提升全线网物资保障的响应速度与资源利用效率。

3 结语

城市轨道交通运营物资库存管理的供需失衡、预测滞后及大数据应用不足等问题,制约了运营保障的精准性与效率。本文构建的大数据驱动模型,通过多源数据整合标准化、融合机器学习的需求预测及跨环节协同优化,有效破解了库存冗余与短缺并存的痛点,提升了库存周转率与资源利用率。未来需持续深化大数据与库存管理各环节的深度融合,完善数据共享机制,提高预测模型精度,推动城市轨道交通运营物资库存管理向更高效、更精准、智能的方向升级,为网络化运营提供坚实的物资保障。