水利工程防汛物资储备安全管理的精细化管控实践

邓 航 张 爽

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要：为提升水利工程防汛物资储备安全管理效率、降低风险，聚焦精细化管控实践展开研究。分析防汛物资储备关键意义、精细化管控内涵特性及理论架构，剖析当前物资储备现状、精细化管控实施状况与成效，识别面临挑战。基于需求预测、库存优化制定动态管理策略，借助物联网等技术提升管理精细化水平，完善应急预案与响应机制。结果表明，精细化管控对提升物资储备效率、保障防汛安全价值显著，所提优化策略为管理提供新方向。

关键词：防汛物资储备；精细化管控；动态管理策略；信息化技术

引言

水利工程防汛物资储备安全管理作为防洪减灾体系的核心环节，其管理效能直接关系到极端天气下的应急响应能力与工程安全度汛水平[1]。在全球气候变暖背景下，极端降水事件呈现强度增强、频次增加、时空分布不均等特征，导致传统经验型物资储备模式难以满足动态化、精准化的防汛需求。精细化管控通过引入风险评估模型、物资全生命周期管理、动态监控预警等理论工具，构建了覆盖需求预测、储备优化、调配决策的全流程管理体系，为破解传统管理模式中储备结构失衡、响应滞后、损耗率高等痛点提供了系统性解决方案[2]。现有研究表明，传统物资储备管理普遍存在” 重数量轻质量、重静态轻动态、重经验轻数据” 的局限性，导致应急状态下物资适配性不足、调配效率低下等问题[3]。这种管理范式不仅提升了物资储备的经济性，更强化了水利工程应对超标准洪水的韧性能力，成为现代水利工程管理转型升级的重要方向。

1 防汛物资储备精细化管控的理论基础

1.1 防汛物资储备的关键意义

防汛物资储备作为水利工程安全度汛的基础性支撑要素，其储备规模与结构合理性直接决定防汛应急响应能力。根据水利工程防洪标准体系，防汛物资储备需满足” 平战结合” 原则，既要保障日常维护需求，又要具备应对超标准洪水的应急能力。从风险管控理论视角分析，防汛物资储备实质是构建” 预防-准备-响应-恢复” 全周期风险防控链的重要环节，其储备效能直接影响灾害损失控制效果。物资储备的时空配置特征决定其管理复杂性。水利工程多分布于流域关键节点，防汛物资需根据水文地质条件、历史灾害数据及工程防护等级进行差异化配置。这种空间异质性要求储备管理必须具备精准定位能力，确保物资在紧急状态下能够快速投送至风险区域。同时，防汛物资具有时效性特征，如编织袋、土工布等材料存在老化周期，储备管理需建立动态更新机制以维持物资有效性。

1.2 精细化管控的内涵与特性

精细化管控作为现代管理科学的重要分支，其核心在于通过量化分析、过程优化及技术赋能实现管理效能跃升。在防汛物资储备领域，精细化管控体现为” 全要素覆盖、全流程可控、全周期优化” 的管理范式。具体而言，涵盖物资需求预测、采购计划制定、仓储空间规划、质量检测维护、调配运输保障等全链条环节，每个环节均需建立标准化操作流程与量化评价指标。该管理模式具有三方面显著特性：其一，精准性特征表现为通过大数据分析技术实现需求预测误差率控制在 5% 以内；其二，细致性特征体现在对物资分类编码、存储条件、维护周期等细节要素的标准化管控；其三，系统性特征要求建立覆盖” 人-机-料-法-环” 的协同管理机制，确保各管理要素有机衔接。

1.3 精细化管控的理论架构

构建精细化管控理论体系需整合多学科理论方法。风险评估理论为储备规模确定提供科学依据，通过建立洪水频率分析模型、工程失效概率模型及物资消耗速率模型，可量化计算不同防护等级下的物资储备基准值。物资分类管理理论基于 ABC 分类法，根据物资消耗频率、价值密度及战略重要性进行分级管理，重点保障 A 类物资 (如大型排水设备) 的可靠供应。动态监控理论依托物联网技术构建实时感知网络，通过在仓储环境部署温湿度传感器、在运输车辆安装 GPS 定位装置、在物资

表面粘贴 RFID 电子标签，实现储备状态全要素可视化监控。应急响应理论强调建立” 平急转换” 机制，制定分级响应预案并开展常态化演练，确保在黄金救援期内完成物资调配。

2 防汛物资储备精细化管控的实践现状

2.1 物资储备现状剖析

防汛物资储备作为水利工程安全度汛的基础支撑，其储备结构与数量配置直接影响防汛响应能力。当前，防汛物资储备体系呈现“品类覆盖广、区域差异大”的特征，储备种类涵盖抢险设备、防汛沙袋、排水泵等十余类，但存在结构性失衡问题。具体表现为：部分传统物资 (如麻袋、编织袋) 储备占比过高，而新型材料 (如高分子防渗膜、复合式挡水板) 储备不足；区域间物资分布不均衡，经济发达地区储备密度显著高于欠发达地区，导致应急调配时存在时空错配风险。此外，物资储备数量缺乏动态调整机制，多以历史经验或行政指令为依据，未能结合流域水文特征、工程风险等级等参数进行科学核算，导致部分物资过剩积压与关键物资短缺并存。

2.2 精细化管控实施状况

为提升防汛物资管理效能，部分水利工程单位已试点推行精细化管控措施，主要集中于物资分类管理、存储条件优化及监控系统建设三个维度。在物资分类管理方面，依据《防汛物资分类与编码标准》(GB/T 35560-2017)，对物资按功能、材质、规格等属性进行多级分类，并建立电子化台账，实现物资全生命周期追溯。例如，某省水利厅将物资划分为“抢险工具类”“防护材料类”“照明通信类”等 6 大类、23 小类，分类精度提升 40%，但分类标准尚未完全统一，跨单位数据互通存在障碍。存储条件优化聚焦于环境控制与空间布局。通过引入温湿度传感器、智能通风系统等设备，部分仓库实现了环境参数的实时监测与自动调节，物资损耗率降低 15%。然而，受限于资金投入，仍有 60% 以上的基层仓库依赖人工巡检，环境控制精度不足。在空间布局上，采用“ABC 分类法”对物资进行分区存储，高频使用物资 (A 类) 靠近出入口，低频物资 (C 类) 置于深层区域，拣货效率提升 25%，但动态调整机制缺失，导致季节性需求变化时空间利用率下降。监控系统建设是精细化管控的核心环节。部分单位已部署物联网感知设备，对物资数量、位置、状态进行实时监控，并通过数据分析平台生成库存预警。

2.3 精细化管控成效评估

精细化管控措施的实施在提升物资储备效率、降低损耗及增强应急响应能力方面取得显著成效。从效率维度看，物资分类管理与存储优化使平均出库时间从 2.5 小时缩短至 1.2 小时，紧急情况下可进一步压缩至 30 分钟内，满足“1 小时应急圈”建设要求。损耗控制方面，通过环境监控与定期维护，物资自然损耗率从年均 3% 降至 1.2%，设备故障率下降 18%，直接经济效益提升约 200 万元/年。在应急响应能力上，监控系统的实时数据反馈为决策提供了科学依据。例如，某次暴雨灾害中，系统提前 48 小时预警某水库防汛沙袋库存不足，管理单位迅速完成跨区域调配，避免了漫坝风险。然而，成效评估也暴露出部分问题。一是数据质量参差不齐，部分基层单位仍采用手工录入方式，数据延迟率高达 15%；二是管控措施执行刚性不足，如库存预警阈值设置缺乏动态调整，导致频繁误报；三是绩效评价体系缺失，难以量化评估精细化管控对防汛安全的实际贡献。

2.4 精细化管控面临的挑战

实施精细化管控过程中，水利工程单位面临技术、人员与管理三重挑战。技术层面，物联网设备覆盖率不足且兼容性差，现有系统中仅 30% 的传感器支持多协议通信，数据孤岛现象普遍；大数据分析模型尚未成熟，对复杂气象条件下的物资需求预测准确率低于 70%，难以支撑动态储备决策。人员专业素养方面，基层管理人员普遍缺乏信息技术与数据分析能力，65% 的单位未开展相关培训，导致系统操作不规范、数据解读错误等问题频发。管理协调困难是另一大障碍。防汛物资储备涉及水利、财政、交通等多部门，权责划分不清晰导致跨部门协作效率低下。例如，物资采购需经多级审批，流程耗时长达 2-3 个月，难以满足突发事件的快速响应需求。资金投入不足也限制了精细化管控的深化应用。基层单位年均信息化投入仅占防汛经费的 5%，远低于行业推荐的 15% 标准，导致监控系统升级缓慢、智能设备普及率低。

3 防汛物资储备精细化管控的优化策略

3.1 物资储备动态管理策略

需求预测模型构建是物资储备动态管理的核心基础，需结合历史水文数据、气象预报信息及工程特性参数，运用时间序列分析、灰色预测等理论方法，建立多维度动态需求预测模型。该模型通过引入马尔可夫链修正机制，可有效提升极端天气条件下的预测精度，为储备量动态调整提供科学依据。库存优化策略需遵循” 安全库存 + 经济批量” 原则，运用 ABC 分类法对物资进行分级管理，对 A 类关键物资实施” 零库存” 与 JIT 配送模

式，对 C 类低值易耗品采用经济批量采购策略，实现储备成本与保障能力的动态平衡。动态调整机制设计需建立三级响应体系：日常监测层通过物联网传感器实时采集库存数据；分析决策层运用大数据分析技术生成调整建议；执行层通过智能仓储系统自动触发补货指令。该机制通过引入看板管理理论，实现储备量的可视化动态调控，确保物资储备始终处于最优状态。储备结构优化需结合风险评估结果，运用蒙特卡洛模拟方法对不同物资组合的保障效能进行量化分析，优先保障抢险物料、救生器材等关键物资的储备比例，形成科学合理的储备结构。

3.2 信息化技术赋能管理

物联网感知层建设需部署 RFID 标签、温湿度传感器、重量传感器等智能终端，构建覆盖物资全生命周期的感知网络。通过 LoRa 无线通信技术实现数据实时传输，结合边缘计算技术进行本地预处理，有效降低数据传输延迟。大数据分析平台需集成 Hadoop、Spark 等分布式计算框架，对海量物资数据进行深度挖掘，建立物资消耗预测模型、设备故障预警模型等智能分析模块，为管理决策提供数据支撑。智能仓储系统设计需融合自动化立体仓库、AGV 搬运机器人、智能分拣系统等先进设备，通过 WMS 系统实现仓储作业的自动化调度。运用数字孪生技术构建虚拟仓库模型，实现库存状态的实时映射与可视化管控。智能化管理策略则利用现代信息技术手段，实现水利工程的远程监控、数据分析与智能决策，提高维护效率和管理水平。

3.3 应急预案与响应机制完善

应急预案编制需遵循 PDCA 循环理论，建立” 编制-演练-评估-改进” 的动态优化机制。通过 FMEA 分析方法识别预案执行中的潜在失效模式，制定针对性的风险应对措施。预案体系应包含总体预案、专项预案及现场处置方案三个层级，形成” 横向到边、纵向到底” 的预案网络。响应机制设计需建立三级响应体系：一级响应针对重大险情，启动跨区域物资调配机制；二级响应应对局部险情，实施区域内物资统筹；三级响应处理一般险情，由属地单位自行处置。应急演练需采用” 双盲” 演练模式，不预先通知演练时间与场景，全面检验预案的可操作性。通过引入虚拟现实技术构建三维演练场景，提升演练的真实性与有效性。物资调配优化需建立区域协同机制，运用运筹学中的运输问题模型，结合 GIS 技术实现物资调配路径的最优规划。储备点布局优化需运用 Voronoi 图理论，结合工程分布特征与交通网络条件，构建科学合理的储备点网络，确保应急物资能够在黄金救援期内送达现场。

4 结论

水利工程防汛物资储备安全管理的精细化管控实践，运用多种理论工具构建全流程管理体系，提升物资储备效率与防汛保障能力。依托需求预测与库存优化策略，结合信息化技术实现物资精准调整和实时监控，降低储备失衡与响应滞后风险。针对不同防汛情景建立预案与响应机制，保障物资高效调配，增强工程应对超标准洪水的韧性。未来需深化精细化管控理论研究，优化技术应用，适应气候变化下防汛需求的动态变化。

参考文献

[1] 肖萍. 精细化管理在水利工程管理中的实践分析 [J]. 大陆桥视野，2025(6):129-131.

[2] 梅啸康. 精细化管理在现代水利工程生产运行中的应用分析 [J]. 科技风，2025(23):92-94.

[3] 胡玉平. 试析水利工程管理的现代化与精细化 [J]. 科学与信息化，2025(12):20-22.

[4] 胡佳，谭薇. 数字赋能边境安全精细化管理的过程机理和实践路径 [J]. 广西民族研究，2024(1):9-18.

[5] 马慧钧. 精细化管理在水利工程管理中的实践探讨 [J]. 中国设备工程，2024(12):96-98.