

工程项目材料数字化管理系统研究

段玉洁¹ 余泽泽² 薛倩倩¹ 金睿²

(1. 浙江建投数字技术有限公司, 杭州 310012;
2. 浙江省建设投资集团股份有限公司, 杭州 310012)

【摘要】 本文主要研究了数字化技术在工程项目施工过程中的材料精细化管理中的应用实践。首先, 分析了企业及项目部对材料数字化管理的重大需求及痛点; 其次, 研发了一套材料收发存管理系统, 重塑了施工现场生产、成本合约、材料和技术的管理制度及工作流程, 实现了材料申请、收料、发料和库存的精细化管理; 最后, 通过衢州某项目的实际应用验证了该材料管理系统的经济效益。

【关键词】 建筑工程; 数字化技术; 材料管理; 成本管理

【中图分类号】 TU17

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-7461 (2024) 05-0114-05

【DOI】 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2024.05.20

引言

材料费作为工程项目建造成本的第一大组成部分, 占比一般为50%~60%, 甚至可高达70%^[1,2], 因此, 工程项目材料管理对企业项目成本管控至关重要。当前, 大多数施工企业通过编制管理手册及制度^[3,4]、纸质表单手工记录等方式进行材料管理, 但由于项目材料管理人员短缺、施工现场复杂多变等因素^[5-7], 导致材料管理对成本控制的作用不明显。

随着信息化和数字化技术的发展, 周建峰等^[8]和卢恺^[9]探索利用信息化技术在施工现场进行材料管理, 并取得一定的成效。然而大量实践和研究表明, 信息化技术的应用未能给企业和项目带来直接效益^[10,11], 具体表现为: 对施工现场人员而言, 数字化工具的应用并未提高其工作效率, 反而增加了数据重复录入的负担^[12]; 对企业和项目部而言, 数字化系统的应用未获得直接的经济效益, 这与初衷不符。综上, 施工现场亟需通过材料数字化管理技术创新, 驱动成本管理、生产管理和合约管理的密切结合, 提高现场人员的工作效率, 并为项目创造直接经济效益。

1 数字化系统需求分析

1.1 企业和项目部需要可量化经济效益

随着数字化转型的推进, 企业和项目部普遍反映

数字化系统的应用并未带来经济效益。其对数字化系统降本增效的客观需求与数字化系统产生的实际效果存在较大差距, 主要原因如下:

(1) 数字化系统在使用时未与合约及结算紧密结合。在前期调研中发现, 很多项目被动式使用材料管理的相关软硬件, 生产和经营岗位并不了解使用的系统。材料管理作为涉及多部门的综合管理业务, 应在材料供应合约签订阶段约定结算方式, 如双方约定通过数字化系统导出的用量数据进行结算。后续定期结算时便可将数字化系统用量数据作为结算依据, 充分发挥数字化系统在材料管理中的降本增效作用。关于这一点, 本文的典型案例分析中有详解;

(2) 企业和项目部对数字化系统的认识片面。部分人认为数字化系统可以解决所有问题, 还有部分人反而认为数字化系统没有作用。实质上, 数字化系统作为工具, 其发挥的效能与使用方式直接相关。建筑业作为粗放型产业, 从业人员受教育水平参差不齐, 这间接导致数字化系统的应用效果未能达到预期。

因此, 企业和项目部亟需懂数字化和项目管理的跨界团队进行最后一公里指导, 在项目策划和建造阶段进行策划、宣贯和交底, 辅助材料数字化管理。

1.2 现场业务人员需要切实提升工作效率的软件工具

传统材料管理存在信息繁杂、协作复杂及表单繁

【基金项目】 国家重点研发计划项目 (编号: 2023YFC3804302)

【第一作者】 段玉洁 (1985-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 建筑数字化、工业化。

【通信作者】 薛倩倩 (1996-), 女, 助理工程师, 主要研究方向: 建筑数字化。

多等问题^[13,14]，多个数字化系统的应用往往会迫使施工现场人员反复录入相同的数据，主要原因如下：

(1) 系统设计人员缺乏对现场材料管理业务流程的全面认识，没有充分考虑数据源和数据流转。传统的材料收发管理流程一般为：首先，通知供货方发货；其次，物料车辆进场称重或点验后手写记录物料信息；接着，核对物料进场小票、物料进场，进行存放、车辆出场；最后，进行信息手写记录，物料收料完毕。待有材料使用需求，工作人员将堆放的物料发放给领用班组，完成出库。

由于系统设计人员缺乏业务经验，设计系统时往往将申请物料、材料进场、材料领料页面独立设计，让材料员、收料员及领用班组分别填写，从而造成工作人员重复录入数据。此外，不同系统间数据流转不畅又会进一步加剧重复录入，加重一线人员的工作负担。因此，系统设计需要从数据源头出发，找寻数据流转路径，才能实现“最多录一次”；

(2) 已有系统缺乏与结算和成本管理相关的统计数据 and 明细表单。现有的相关报表并不能满足现场需求。

2 系统设计及研发

基于上述数字化系统的应用现状和需求分析，本文提出了新型材料收发存管理系统。该系统较好地解决了现场数据重复录入和表单缺乏问题，具有操作方便、跨条线和层级、开放组装以及数据共享等优势，可供行业内企业推广应用。

2.1 系统架构及管理流程

本文系统按照数字化改革“四纵四横”基本架构以及“顶层规划、业务牵引、技术支撑”的原则进行设计与实现。系统架构自上而下包括业务应用、应用

支撑(组件)、数据资源和基础设施体系。通过政策制度、标准规范(岗位操作手册)、组织保障(岗位工作职责)和网络安全体系来保障应用的顺利实施，如图1所示。

项目部在系统填报结构化的材料信息，包含材料类别、型号、规格及应用部位等，生成结构化的材料申请单，并支持导出为图片、Excel或二维码分享给材料供应商。材料供应商收到材料申请单后进行发货。待材料进场时，收料员在系统中根据材料申请单进行验收并入库，此时形成的入库单即可作为结算依据。

材料的入库一般分为两种：称重入库和点验入库。对于需要称重进行结算的材料，可以通过笔者之前研发的智能地磅软硬件(“浙里磅”^[15])入库；对于需要点验的材料，直接使用本文系统即可。入库时系统会记录入库车辆的车牌、时间、抓拍照片等信息；出库时，班组在系统中进行领料，领料班组的信息可从劳务实名制系统中获取，领料的信息可从入库的材料信息中获取，领料班组只需在入库材料的基础上，输入领料的数量和使用部位即可。基于项目部对系统应用所获得的实时数据，可与公司的成本合约、招标采购和财务等部门进行共享。

中、大型施工企业一般会有项目管理系统，企业可通过项目管理系统对招采和合约进行管控。施工现场使用的材料收发存系统所采集到的用于结算的实时数据，可通过数据接口的形式，流转到企业的各个管理层级和管理条线，为企业管理创造直接价值。同时，项目管理系统招采和合约中关于材料的规格型号等数据，也可流转到材料收发存系统中。

材料收发存业务和管理流程如图2所示。若单独使用材料收发存系统，仅需材料员填报一次材料申请单源头数据，收料员只需在材料进场验收和入库时进



图1 系统架构图

行确认或微调, 无须重复录入。若材料收发存系统和项目管理系统实现互联互通, 则招采中的材料类别等数据就是源头数据, 项目部在材料采购申请时, 可直接引用招采和合约流转过来的材料数据, 在材料入库和出库时, 同样使用流转数据, 无须重复录入。

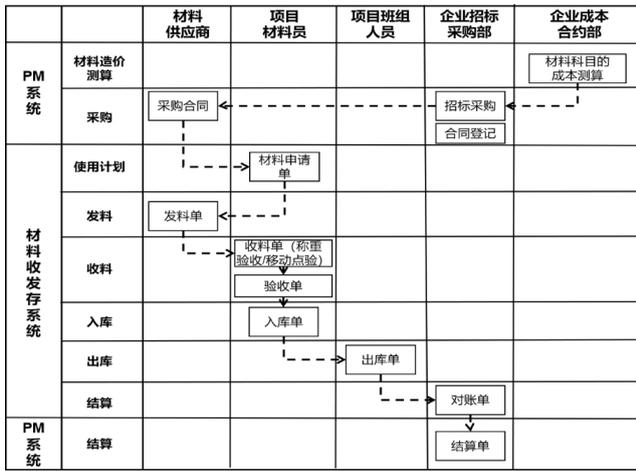


图2 业务流程图

2.2 系统主要功能

该系统由平台软件系统和现场称重终端物联网硬件组成, 实现项目材料合同、采购、验收及结算全过程管理, 现场通过智能硬件设备支持无人值守、临时调度等业务模式, 不仅能实现称重数据自动采集、储存、导出及共享, 也可实现现场视频实时查看及回放, 做到全过程可追溯。

(1) 源头数据通过材料申请进行采集。如果企业使用的项目管理系统中成本合约管理有相关的材料结构化数据, 也可直接引用合同中材料的信息, 同时, 补充材料申请时需要的其他信息, 如收货地址、收货时间等。数据采集后生成材料申请单的情况如图3所示;

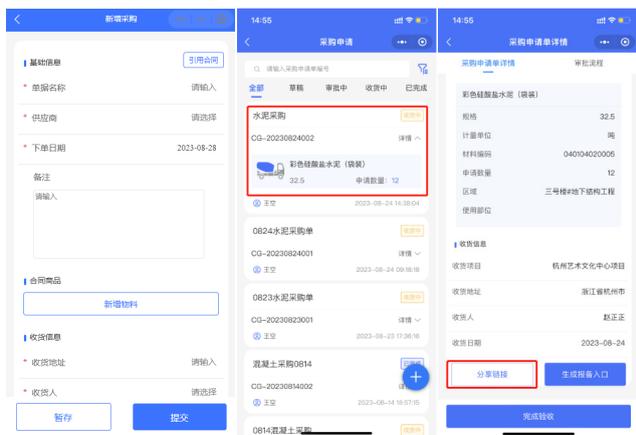


图3 材料源头数据采集及材料申请单

(2) 材料申请单通过数据链接分享给材料供应商

后, 供应商发货。供应商货车司机可根据材料申请单生成的二维码进行材料运输报备。材料进场验收入库时, 以上数据在系统中进行流转, 收料员在这一环节进行确认操作即可, 无需重复录入, 如图4所示。同理, 入库数据流转到出库环节时, 领料班组只需录入领用数量;



图4 申请单数据流转到验收入库

(3) 基于材料申请、入库和出库等基础数据, 便可对项目部及企业的材料进行统计和分析。同时, 通过摄像头、地感线圈和道闸等物联网设备和材料收发存系统的联合应用, 可进行远程验收, 实时监控材料进场情况, 如图5所示。



图5 统计分析图

3 系统创新点

本系统具有开放组架架构, 通过接口组装并集成不同厂商的硬件设备, 可传输数据到其他系统, 实现了多层级和跨条线管理, 并通过物联网设备实现远程验收。

(1) 本系统集成了多家厂商的地磅及配套物联网硬件, 可将采集数据贡献给其他系统, 具有开放组架能力。功能覆盖整个材料收发存业务, 实现全流程数

据有效流转,避免数据的重复填报,提升了材料员、资料员效率;

(2) 系统支持“集团-子公司-分公司-项目”四级数据穿透,在企业管理方面,通过项目采集到的数据汇总分析,实时了解企业材料使用情况、预警情况;

(3) 系统具备远程验收能力,通过视频监控及物联网设备运行状态的监控,实现材料的远程验收,让验收不受工作人员地点限制。

4 典型案例分析

衢州某公共建筑项目应用了材料收发存系统进行材料管理。在项目商品混凝土材料供应合同签订阶段,合同约定:“混凝土数量的计量流程:按照每罐车均按实计量的办法执行,……”。该系统的应用使商务人员可将传统合约中的混凝土泵车抽检模式(抽检车辆的混凝土的方量偏差在±2%内)更改为按实结算(每车次全检)。同时,项目的材料员、施工员与技术人员在该系统内协同工作,相关材料供货对账单和报表可直接在系统中导出,大大提高了工作效率,岗位职责得到重塑。

系统将该项目所有送货车辆的车牌号、进出场重量和时间、应用部位、材料申请和收料人员、类别和规格型号等信息进行了记录。三年建造期结束后,形成了材料使用数据库。根据统计,本系统共有16 987次车辆计重管理过磅记录,其中16 636次为混凝土材料的过磅记录。项目混凝土材料的累计实际用量为18.78万m³,项目包括7个中心及公共部分,整体混凝土的用量及计量的偏差数量如表1所示。

表1 项目混凝土实际用量及累计送货车次

工程分解结构(WBS)	实际用量/m ³	负偏差/m ³	正偏差/m ³	送货车辆累计/次
A中心	1 803.676	3.733	23.909	161
B中心	2 486.568	7.287	41.355	209
C中心	24 057.455	252.612	161.067	2 064
D中心	6 554.111	40.485	53.596	573
E中心	4 689.392	36.951	41.343	401
F中心	5 840.719	30.845	32.564	502
G中心	15 455.277	97.803	127.08	1 334
其他	126 936.881	1 024.914	1 497.079	11 392
总计	187 824.079	1 494.63	1 977.993	16 636

该项目使用了材料收发存系统,实现了材料精细化成本控制,同时创造了直接经济效益。由表1可知,混凝土累计供货负偏差为1 494.63 m³,若按500元/m³单价进行计算,该系统的应用累计为项目部节约了

74.73万元;和传统的混凝土泵车筹建模式相比,对于18.78万m³的混凝土,假设负偏差为-1%,单价按500元/m³计算,则该系统的应用可为项目部节约93.9万元。

5 结论

本文通过对工程项目施工阶段材料数字化管理的应用现状分析,进行材料收发存系统的研发及实际应用,得出如下结论:

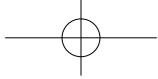
(1) 企业和项目部材料管理的数字化技术应用需求和合约、成本、生产和结算紧密结合,方可创造经济效益;

(2) 数字化系统的设计一定要全面考虑业务流和数据流,找准数据源头,充分让数据流转,才能避免施工现场岗位工作人员重复录入数据,起到提质增效的作用;

(3) 应用数字化系统可实现企业和项目部对材料的精细化管理,重塑施工现场合约、生产、成本、技术和材料管理的制度和岗位工作流程。

参考文献

- [1] 王静,翟全礼,仲景冰. 地铁建设材料管理信息化研究[J]. 华中科技大学学报(城市科学版),2009,26(02):80-83.
- [2] 何志高. 工程项目材料管理与成本降低措施分析[J]. 甘肃科技,2017,33(20):110-111.
- [3] 林若宇. 建筑工程材料管理的问题及策略探讨[J]. 城市建筑,2019,16(36):191-192.
- [4] 蒋小丰. 建筑施工现场材料管理问题及其改进[J]. 四川建材,2022,48(08):99-100.
- [5] 李智慧,杨阳. 建筑工程材料管理探索[J]. 城市建设理论研究(电子版),2017(30):88-89.
- [6] 许子敬. 建筑工程土建造施工现场控制有效对策[J]. 中国建筑金属结构,2021(09):18-19.
- [7] 曹毅. 某建筑施工项目现场材料管理案例研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2015.
- [8] 周建峰,于建丰,李茂林. 工程建设材料信息化管理系统的应用[J]. 公路,2016,61(06):22-25.
- [9] 卢恺. 信息化技术在工程施工现场材料管理中的应用[C]// 第二届全国岩土工程施工技术与装备创新论坛.[2024-02-22].
- [10] 孙洁,龚晓南,张宏,等. 数字化驱动的建筑业高质量发展战略路径研究[J]. 中国工程科学,2021,23(04):56-63.
- [11] 江文化,谢学文,杨向歌. 建筑企业推进数字化转型的路径与实践研究[J]. 铁道工程学报,2024,41(01):88-92.



- [12] 黄从治, 肖磊. 建筑企业数字化转型面临的挑战和应对策略 [J]. 铁道工程学报, 2022, 39(09): 79-84+118.
- [13] 胡媛媛. 基于 BIM 技术的企业施工材料信息化管理技术研究 [J]. 贵阳学院学报: 自然科学版, 2019, 14(4): 5.
- [14] 张肖云. 建筑工程施工过程中建筑材料管理探析 [J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S1): 408-410.
- [15] 段玉洁, 金睿, 刘东海. 施工过程中智慧工地应用研究与实践 [J]. 土木工程信息技术, 2022, 14(06): 92-97.

Research on Digital Management System of Engineering Project Materials

Duan Yujie¹, Yu Zeze², Xue Qianqian¹, Jin Rui²

(1. Zhejiang Construction Investment Digital Technology Co., Ltd., Hangzhou 310012, China;

2. Zhejiang Construction Investment Group Co., Ltd., Hangzhou 310012, China)

Abstract: This paper focuses on the application of digital technology in the fine management of materials during the construction process of engineering projects. It first analyzes the significant demand and challenges faced by enterprises and project departments in material digital management. Secondly, a material receiving, issuing, and inventory management system was developed, reshaping the management systems and workflows for production, cost contracts, materials, and technology on construction sites, thereby enabling refined management of material application, receipt, issuance, and inventory. Finally, a project in Quzhou is used as a case study to verify the economic benefits of the material management system.

Keywords: Construction Engineering; Digital Technology; Material Management; Cost Management