

大数据视角下工程项目进度延误风险预警与管控策略

刘华杰

舟山市普陀区交通工程管理中心 浙江 舟山 316100

【摘要】：近年来，我国基础设施建设以及城镇化速度不断加快，工程项目的规模越来越大。工程建设期间，资源调配、天气状况、设计变更等诸多要素互相交错，进度延期的风险时有发生，随着大数据技术的加入，能够为进度管理带来新的分析手段和决策支持，可以从大量的施工数据之中找出风险信号，从而提前发现延误风险并加以干预。本文分析大数据视角下的风险预警和管控策略，希望能够为提高工程项目精细化管理水平提供帮助。

【关键词】：工程项目；进度延误；风险预警；大数据；管控策略

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.041

引言

相比于其他类型的项目，工程项目具有数据量巨大、覆盖面特别广、工期比较长、不确定性因素较多等特点，任何一个环节的时间出现偏差都会引发连锁反应，造成整个计划的延迟。随着数字化采集技术在施工场地的广泛使用，各种传感器、工程管理软件以及现场记录系统所获取的海量数据，逐渐成为研究进度偏差演变规律的基础条件。施工单位利用大数据分析找出隐藏的风险关联路线，对各种因素影响工期的强弱做出量化计算，进而建立符合实际需求的管控手段，能够帮助项目按时按质地完工。

1 大数据视角下工程项目进度延误风险预警与管控的重要意义

1.1 提升进度偏差的早期识别能力

工程项目执行过程中，进度偏差通常从细微之处开始产生，比如某一道工序材料供应延误、某个班组人员数量不足等，在传统的管理模式中不容易被察觉。大数据技术凭借现场施工的各种数据，对施工现场进行持续监测，并且可以对这些信息进行交叉比对。施工单位将传感器采集到的设备利用率、材料进场时间戳差异、每日完成的工程量等信息进行整合分析之后，便可以得到项目健康状况的动态评价结果。一旦检测出异常波动，系统会发出提示，促使管理人员注意可能存在的隐患所在，将风险控制的时间节点提前，避免出现延误风险。

1.2 加强多因素融合风险的应对效率

工程进度实际推进速度受资源供给、气象状况、设计协调、施工工艺等诸多要素共同影响，各个因素间通常存在非线性融合联系。传统进度管理一般仅从一个方面来考察，无法对复杂环境下的风险发展路径做出全面认识，大数据技术可以将来自各个业务系统中的各种数据融合在一起，使用关联规则挖掘、聚类分析等技术，发现多种因素之间相互作用的方式^[1]。通过发现这些耦合规律之后，施工单位的项目管理者便可以针对风险组合来制定相应的应对措施，避免孤立地去处理每一个表面的问题，进而提高风险响应的准确性。

1.3 支撑动态调整与资源优化配置

工程项目在执行阶段所处的外部环境和内部状态不断变化，静态的进度计划很难适应实际的施工进度。施工期间获取的机械运行记载、人员考勤状况、物料耗费清单等资料，再加以整理之后便能够体现出各个作业区的实际运作速度及关键节点。根据大数据给出的量化依据，施工单位可以将设备、人力重新分配到关键路径上的工序上，减少非关键路径上的作业内容。以大数据为依据的动态调整方式，可以减轻由于前期计划偏差累积而产生的问题，并且能够提高整体的资源利用率。

2 大数据视角下工程项目进度延误风险预警与管控存在的问题

2.1 数据采集体系不健全

施工现场数据来源多种多样，包括设计图纸上的计划工期、采购系统中的物资到货时间、劳务管理平台上的出勤记录、环境监测设备上的气象参数等。但是许多工程项目的数据采集标准并未建立起来，不同数据来源之间存在着较大的格式以及更新频率的差别，部分重要的信息还需要人工录入，录入的误差和滞后现象比较普遍。各个参与方之间数据流通的壁垒很明显，总包单位、分包商、监理机构以及供应商分别使用自己独立的信息系统，无法互相对接。这种数据碎片化状况造成大数据分析不能得到完整、一致的输入，从而影响预警模型的可信度以及管控决策的可靠性。

2.2 风险识别方法单一

目前很多工程项目进度风险分析依然采用传统的定性评价方法，通过项目负责人的个人经验来判定可能出现的延误原因，即使引入了一些数据工具，其分析逻辑也通常只是对某个指标的阈值进行监控，比如某道工序实际工期比计划多出一定比例便判定为异常。这种方法并未考虑到工序之间的依赖关系以及风险传递效应，很难反映出由于多个微小偏差累积造成的大幅延误现象。同时，部分预警模型一旦建立便不会再根据新的数据进行修改，模型的参数和阈值长期不变，无法反映施工条件和外部环境的变化。静态风险识别方式会造成虚警、漏警

的现象频繁发生,降低施工单位管理人员对预警系统信任的程度。

2.3 管控措施与预警信息衔接不畅

预警功能的实现只是风险管理的开始,后面的管控行为才是控制进度延误的关键部分。但是工程实践之中,预警信息的发出与具体管控措施的形成存在着断层,一方面预警系统给出的信息以技术层面为主,比如某作业面存在延误风险的概率等,但并没有给出具体的行动建议,另一方面施工现场情况千差万别,管理方收到预警之后还要投入大量的精力去现场核查和方案商讨,从而耽误了最好的干预时机。预警和管控之间脱节可能会导致大数据无法转化为有效的管理行动,从而致使预警系统成为摆设,很难起到控制进度的作用^[2]。

2.4 组织层面对数据驱动管理认知不足

在大数据技术应用时,技术工具的加入比较容易,但是组织内部的管理思想和工作习惯很难在短期内改变。许多工程项目的组织结构仍然沿用传统的职能划分方式,进度控制由计划部门负责,数据采集由现场技术部门负责,各部门之间存在职责交叉但合作不紧密的情况。施工单位管理人员对于数据分析结果的接受程度不同,有些一线负责人会凭借自己的经验来做出判断,对于系统给出的预警信息持怀疑态度,决策过程中的主观因素仍然起着决定性作用,使得大数据技术无法得到充分的应用。

3 大数据视角下工程项目进度延误风险预警与管控策略

3.1 统一数据采集规范与构建协同平台

施工区域每天产生的数据以亿级计算,但是这些数据分散在不同的参与方、不同的系统中,由于格式的差异和接口的阻隔,使信息的价值不能被释放出来。改变以上情况的第一步,需要施工单位从源头上确定统一的数据采集标准,创建覆盖所有参与方的协同平台。首先,制定包含设备传感数据、材料进场记录、劳务考勤信息、设计变更通知等各类数据的统一数据规范,对各类数据的格式要求、采集频率、质量校验规则进行规定,采用标准化的字段定义和编码体系来保证多源数据的可融合性。其次,建立以总包单位、分包商、供应商和监理机构为对象的协同数据平台,该平台使用开放式的接口设计,可以对接各个参与方现有的业务系统,实现数据的自动汇集和实时同步,平台内部设置数据清洗和校验模块,可以自动识别出异常数据条目,并对这些异常数据进行标记,从而降低由于人工录入所导致的误差,同时通过分级权限管理机制,使各个参与者按照自身所担负的任务获得相应的访问权限,既保证了数据的安全性,又推动了信息的共享^[3]。最后,在施工区域部署物联网传感器,采集环境参数、机械状态、进度执行数据之后,经过边缘计算节点进行初步处理后上传到协同平台,得到完整

的施工时序数据集,材料供应商定期更新采购订单和物流状态,劳务公司同步人员调配记录,多方数据汇总后,使项目进度全景可视化得以实现,当某类数据出现缺失或者异常波动时,平台会自动为相关责任人发出补录或者核查的通知,从而保证数据质量的稳定。这样经过标准化规范和平台化整合的双重手段,打通了信息壁垒,为之后的风险分析奠定了良好的数据基础。

3.2 构建多指标融合的动态评估模型

风险识别方法单一、静态化的困境,是由于传统工具无法适应工程演进特性而造成的问题,施工单位需要融合多维度指标,创建具有动态更新能力的风险分析模型,通过动态更新加多指标融合,能够大幅降低漏报的发生率^[4]。一方面,建立包含工序执行状况、资源供给充足程度、外部环境干扰的评价体系,工序执行包含进度偏差率、持续时间波动系数以及关键路径完成比例等,资源充裕度包含材料库存可用天数、设备完好率和利用率、劳动力出勤稳定性等,外部环境包含气象预警、交通管制、政策变动等,进而根据历史影响程度的不同,为各个指标赋予不同的权重,可采用回归分析法与专家校准来确定。另一方面,采用滑动时间窗口的方法,对模型参数定时进行修正,每隔一定的时间需要对统计特征以及阈值进行重新计算,去除旧的信息,从而保持评价结果与现在的实际相符,同时通过贝叶斯网络来刻画工序之间的风险传递路径,定量地描述上游的延误会对下游造成多大的影响,利用蒙特卡洛模拟产生工期延误概率分布曲线,标出不同置信水平下可能的延误天数,为简单的阈值报警提供更多的决策信息。

3.3 设计分级预警响应流程与标准化处置清单

预警信号发出之后能否迅速转化成现场干预策略,直接影响到进度控制的效果,避免响应空档的可行方案是建立分级预警机制和标准化处置清单。第一,根据预测的延误天数、风险传播范围及可干预的程度来划分预警级别,每个级别的预警都有明确的时限和处置层级,其中红色预警需要项目经理在4小时内组织专项会议制定方案、橙色预警需要进度主管24小时内完成资源协调、黄色预警需要现场工长当班次内完成纠偏,这种分级制度保证各种严重程度的风险得到应有的重视,防止过度或不足的反应影响施工进度。第二,根据不同预警场景制定出标准的行动清单,采用“发现问题→排查方向→备选措施→责任岗位”四段式的结构来组织,在混凝土浇筑滞缓时,清单列出搅拌站供应、运输调度、振捣设备等排查方向和备选措施,明确到具体岗位,在协同平台上增设预警响应模块,实现推送、分配、执行、反馈的闭环管理。第三,在预警之后,系统会自动生成处置工单并指定责任人,完成之后上传执行记录和影像资料,管理层在线核对保存,通过完整的闭环保证预警和行动的无缝对接,使数据分析的结果能够变成进度纠偏的管理效果。

3.4 重塑组织管理理念与调整职能架构

技术工具的引入比较容易,但是成员的工作习惯和决策方式很难在短期内发生根本性的改变,为克服这个深层的障碍,则需要从多个方面同时进行优化。一是通过示范项目引导与分层培训改变工作惯性,选取典型工程作为数据驱动试点,规定所有的重大进度决策均需要有数据分析的支撑材料,并且写入项目章程进行制度约束。二是定期对项目经理、计划工程师和现场管理人员开展面向大数据工具原理、预警指标解读、数据决策案例等各方面的专项培训,以试点项目与传统项目工期偏差率、成本超支率等指标的阶段性比较结果为基础,使管理层直接感受到数据方法为企业带来的现实利益,从而自觉接受新模式^[5]。三是对组织结构做适度的调整,设立专门的数据管理岗或者分析小组,其职责除了日常的数据采集质量控制以及系统的维护之外,更重要的是对结果进行解释、验证预警信息、提出处置建议,数据管理人员将复杂的结论简化成简单的管理语言,给出两种或两种以上的方案以及利弊分析,降低一线管理

者认知的门槛。四是对绩效考评体系进行调整,将数据采集的及时性、质量合格率和预警响应速度作为考核指标,对及时填报数据、积极采取数据驱动干预并取得成效的团队和个人实行奖励,形成正向激励的循环,让大数据技术能够真正成为项目日常管控体系的一部分。

4 结语

在建筑工程领域,进度管理始终是项目管理中的关键环节。有效的进度管理可以确保项目按时完成,提高工程效率,减少成本浪费。大数据技术的介入为进度延误风险识别和应对开辟了新的途径,但其实际效果很大程度上取决于数据体系是否完备、分析方法是否科学、组织执行是否到位。通过数据整合、模型建立、流程衔接、组织变革这四个方面的策略,能够将大数据由技术概念转变为实际的管控手段。施工单位只有建立完善的预警与控制体系,工程项目才可以在复杂多变的环境下保证进度可控,达到预期的建设目的。

参考文献:

- [1] 韩庆红.大数据技术在建筑工程进度动态管理中的应用[J].建筑技术开发,2025,52(09):59-61.
- [2] 陈林.大数据驱动下的建筑工程进度预测模型构建[J].绿色建造与智能建筑,2025,(08):114-116.
- [3] 李达.基于大数据分析的建筑工程进度管理优化研究[J].新城建科技,2024,33(10):154-156.
- [4] 周君,唐艳娟,张文嘉,等.风险链视角下的工程进度风险分析方法研究[J].水力发电学报,2023,42(12):96-107.
- [5] 宋立新,刘栋梁,陈亮旭,等.国道公路工程项目进度风险的规避研究[J].居舍,2022,(06):157-159.