

基于 BIM 工作面状态编码的建筑工程进度偏差预警与纠偏研究

陆艳驰

大方县毕大房地产开发有限公司

DOI:10.32629/bd.v10i2.4673

[摘要] 针对建筑工程进度信息依赖人工汇总、计划任务与现场工作面难以对应、偏差发现滞后等问题,提出一种BIM工作面状态编码驱动的进度偏差预警与纠偏方法。以“项目—单体—楼层—分区—专业—工序”为工作面空间主键,将未具备开工条件、待施工、施工中、待验收、已完成、受阻和返工等状态写入BIM构件属性;在统一数据截止时点下计算计划完成率、实际完成率、进度偏差率和剩余缓冲,并结合关键路径属性、连续滞后周期及约束未解除数量形成分级预警。针对不同预警等级,建立责任派单、约束清除、资源重排、计划复核和状态销项闭环。该方法将离散现场记录转换为可查询、可追溯的工作面状态序列,可减少计划口径与现场口径错位,为建筑工程周计划管控和偏差纠偏提供可实施的技术框架。由于缺少具体项目原始进度台账,文中阈值为项目实施时的建议初值,正式应用前须结合合同工期、施工节拍和历史数据校准。

[关键词] BIM; 工作面; 状态编码; 进度偏差; 分级预警; 纠偏

中图分类号: TP301 **文献标识码:** A

Early Warning and Correction of Construction Schedule Deviation Based on BIM Workface Status Coding

Yanchi Lu

Dafang Bida Real Estate Development Co., Ltd.

[Abstract] To address delayed schedule reporting and the mismatch between planned tasks and site workfaces, this paper proposes a BIM-enabled method for schedule deviation warning and correction. A workface key consisting of project, building, floor, zone, discipline and activity is linked to BIM objects. Status codes describe readiness, pending work, work in progress, inspection, completion, blockage and rework. At a unified data cut-off time, planned progress, actual progress, schedule deviation and remaining float are calculated. Critical-path attributes, consecutive delay periods and unresolved constraints are then combined to generate graded warnings. Each warning triggers a closed loop of assignment, constraint removal, resource adjustment, schedule review and status closure. The method converts fragmented site records into traceable workface status sequences and provides an implementable framework for weekly schedule control. As no original project ledger was supplied, the thresholds presented are initial recommendations and must be calibrated with contractual milestones, production rhythm and historical project data before formal use.

[Key words] BIM; workface; status coding; schedule deviation; graded warning; corrective action

引言

建筑工程进度控制通常以总进度计划、月计划和周计划分层展开,但现场填报常以楼层、施工段或班组为单位,计划任务则以工作包或构件集合表达。两类口径缺少稳定映射时,管理人员只能通过日报、会议纪要和照片反复核对,偏差往往在节点临近时才被识别。已有研究指出,BIM可将施工任务与空间对象、时间参数关联,为进度动态展示和跨参与方协同提供统一载体^[1];在此基础上建立标准化填报入口,可改善传统电子表格管

理中数据分散、直观性不足的问题^[2]。

现有应用多重视4D模拟和计划展示,工作面“是否具备开工条件、正在施工还是因约束受阻”等过程状态仍以非结构化文字记录。单纯比较计划开始、完成日期,难以判断滞后源于作业效率不足,还是图纸、材料、设备、劳动力或前置工序未就绪。施工计划优化研究表明,BIM与关键路径、工序逻辑关系联动是提高计划可执行性的必要环节^[3]。因此,本文不以模型可视化替代管理判断,而是将工作面状态编码作为计划任

务、BIM构件与现场事实之间的连接层,研究进度偏差预警及纠偏闭环。

1 BIM工作面状态编码体系

1.1 工作面划分与唯一主键

工作面是一定空间范围内由特定专业班组连续实施某项工序的最小进度控制单元。划分粒度过粗会掩盖局部受阻,过细则增加填报负担。房建项目可按“项目P—单体B—楼层F—分区Z—专业D—工序A”六级组织,形成代码P-B-F-Z-D-A。例如,P01-B02-F08-Z03-ST-RB表示1号项目、2号楼、8层、3区、结构专业钢筋绑扎工作面。代码作为BIM构件集合、进度任务和现场检查记录的共同外键;同一构件只能在同一数据截止时点归入一个活动状态,避免重复计量。

工作面建立前应完成三项校验:其一,模型构件与施工范围一致;其二,任务持续时间、逻辑关系和责任班组齐全;其三,计划工程量与计量单位可核对。模型拆分不能直接照搬设计专业层级,而应适应施工流水段和验收批次。

编码建立后还应配置版本控制和变更校验。楼层、分区或工序拆分发生调整时,原代码不得覆盖,系统应生成新版本并记录生效日期、变更原因及关联任务。对跨区连续作业,可由多个工作面代码组成作业集合,但完成量仍须回写至最小控制单元。计划导入前,系统按构件归属、任务覆盖范围和工程量合计执行一致性检查;发现一项任务关联多个互斥工作面、构件未挂接任务或权重合计异常时,停止进度计算并提交人工复核。由此可防止模型版本变化造成历史状态断链。

1.2 状态码及转换规则

状态码分为准备、执行、验收、完成和异常五类,见表1。编码只记录事实,不把“预计完成”写成“已完成”。状态转换须保留操作者、时间戳、依据附件和前后状态;C状态必须附验收或计量依据,B、R状态必须绑定原因码和责任主体。

表1 工作面状态编码及转换依据

代码	状态含义	准入/退出依据
Q	未具备开工条件	前置工序、图纸、材料等条件未齐
N	待施工	开工条件齐备,尚未投入作业
S	施工中	班组进场并形成可核验实物量
I	待验收	工序完成,检验批或计量待确认
C	已完成	验收或计量依据齐全
B	受阻	约束导致作业中断,绑定原因码
R	返工	质量复核不通过,重新进入作业

2 进度偏差识别与分级预警

2.1 偏差指标

设统计时点 t 内工作面 i 的计划累计权重为 $P_i(t)$,实际确认权重为 $A_i(t)$,权重可取合同清单工程量、标准工时或经审批的实物量,但同一控制层级不得混用。项目计划完成率 $P(t)=\sum P_i(t)/\sum W_i$,实际完成率 $A(t)=\sum A_i(t)/\sum W_i$,进度偏差 $D(t)=A(t)-P(t)$ 。 $D(t)<0$ 表示滞后。对单个工作面再计算预计

完成日与计划完成日之差 L_i ,并记录剩余总时差 TF_i 。仅用总体完成率可能产生“非关键工作超前掩盖关键工作滞后”,故预警判定必须同时考虑 $D(t)$ 、 L_i 、 TF_i 及关键路径标识。

实际完成量不直接取施工人员自报值。状态S可按经确认的阶段工程量计量,I只计入验收通过部分;Q、N、B、R不计完成量。若照片、检验批或工程量记录缺失,系统将数据标为“待核”,不得自动升级状态。施工进度风险研究强调,应在风险识别后形成持续监测和响应机制^[4];预警模型因此还需记录连续滞后周期 K_i 和未解除约束数量 C_i ,识别偏差扩大趋势。

统一截止时点是偏差可比的前提,日填报可保留现场发生时间和系统提交时间,周度计算则只读取截止时点前完成审核的数据。

2.2 分级规则

建议设置蓝、黄、橙、红四级。蓝色表示 $D(t)$ 轻微为负且未影响关键工作,责任人于下个填报周期复核;黄色表示同一工作面连续两个周期滞后,或预计延期1~3d;橙色表示关键工作剩余总时差接近耗尽、预计延期4~7d,或存在两项以上未解除约束;红色表示里程碑预计延期超过7d、关键工作总时差为负,或偏差已经传递至后续专业。阈值不能跨项目机械复制,应结合合同节点、标准层施工节拍和项目风险承受度校准。盾构施工进度预警研究采用工程实际指标建立预警方法,说明阈值设定必须服从具体施工过程和数据条件^[5]。

本系统要设立一个实时监控以及跟踪的功能,在每个重要指标上都要有监控并且在每个星期计划结束之后进行总结分析工作。如果发现重要的指标出现问题(比如达到B或者R级别预警),就要立即发出警告信号。如果监控的数据不能够及时更新,就要给相关人员发送“数据完整性提醒”,禁止用不汇报代替迟汇报的方法来解决这个问题。

3 纠偏决策与闭环控制

3.1 原因码与责任派单

预警生成后,系统按约束来源写入原因码:DES为图纸或变更,MAT为材料,LAB为劳动力,EQP为设备,PRE为前置工序,QLT为质量返工,ENV为环境及外部条件。一个工作面可有多个原因码,但须确定主因及解除条件。蓝、黄预警由专业工程师处理,橙色提交项目生产负责人,红色同时提交项目经理和建设、监理相关责任人。派单包含工作面代码、受影响任务、责任人、完成时限、证据要求和升级路径。

3.2 纠偏策略选择

纠偏遵循“先清约束、再调资源、后改基线”。图纸或材料未就绪时,盲目增加班组会扩大窝工,应先完成技术确认、到货承诺和替代方案审批;作业效率不足且工作面具备条件时,可采用增加班次、调整流水节拍、平行组织非冲突工序等措施;前置工序受阻时,应检查后续任务是否具有可用总时差,并通过网络计划计算评估赶工对关键路径的影响。任何资源增加均需同时审查质量、安全和场地容量,不能以压缩必要工序换取表面进度。

计划调整分为执行层重排和基线变更。班组、班次或非关键工序顺序调整不改变合同基线;涉及里程碑、范围或重大施工组织变化时,须履行审批后另存基线版本。系统保留调整前后任务关系、工期和责任记录,防止用频繁改计划消除历史偏差。

纠偏方案设计包括系统化可行性和综合性效益两大部分内容。而在前期选择中需要考虑的因素有作业区特点、生产工艺适应性、安全性要求、资源配置能力和法律限制等。所有这些限制都必须符合行业标准才能进入下一步考虑范围。然后对各个备选方案进行比较,看它们在缩短工期能力、节省成本方面、合理利用资源以及对相关方面的影响等方面的优势和劣势并确定它们各自的假设前提。而在实施时要把重要的时间节点加入到项目管理系统中并且还要跟踪限制条件是否被解决。如果实际情况达不到预期效果,就要及时改变决策级别并且重新审视所采取的方法是否有效,以保证整个计划的合理性及可行性。

3.3 复核销项

纠偏完成后,责任人提交现场记录,专业工程师复核工作面状态,系统重新计算 $D(t)$ 、 L_i 和 TF_i 。只有约束解除、状态恢复正常且后续两个填报周期未再次越限,预警方可销项;否则保持原等级或升级。项目周例会不再逐项抄录日报,而是审查新增预警、逾期未闭环事项、重复受阻工作面和关键路径变化。通过状态序列可追溯“发现—派单一处置—复核—销项”全过程。

4 实施条件与验证方案

该方法落地需统一BIM模型版本、WBS编码、进度软件日历和数据截止时点,并明确施工、监理、建设单位的数据权限。移动端填报应尽量采用扫码定位工作面、枚举状态和必填原因码,减少自由文本。接口层需校验代码唯一性、状态转换合法性、时间戳和附件完整性;平台故障期间采用离线记录,恢复后按原始发生时间补录并保留补录标识。

正式应用可选取两个相邻标准层或两个相似施工区段进行前后期比较,至少连续记录8~12周。评价指标包括状态按时填报率、工作面—任务匹配率、预警提前量、闭环时长中位数及P90、重复受阻率和里程碑偏差。验证时应保存原始台账,说明样本期、分母和异常剔除规则;若无同期对照,只能报告实施前后过程指标变化,不宜将工期变化全部归因于BIM编码。本文未取得作者所在项目的原始进度数据,故不报告虚构的预警准确率或工期缩短比例。

验证台账应以工作面—统计周期为一条记录,至少包含计划权重、实际确认量、前后状态、触发判据、预警等级、原因码、派单与销项时间、关键路径属性及证据链接。除总体指标外,还应按专业、楼层阶段和预警等级分组,检查低频红色事件是否被总体平均值掩盖。预警提前量以首次满足判据至计划节点的间隔计算;闭环时长分别报告中位数与P90,并将数据待核时间从施工处置时间中分离。若采用相邻区段比较,应说明工程量、班组配置和施工条件差异,不能将不同区段的自然节拍差异归入编码方法效果。

5 结论

本文提出了一种利用建筑信息模型(BIM)工作面状态编码化的进度管理模式以克服目前施工项目进度控制的技术瓶颈。其主要思路是利用唯一编号以及变化的状态转移来对应施工方案、三维模型中物体和现场实际情况并使其相互关联、互相影响。在此基础上使用偏差分析、延误预测、剩余时间估计、累计拖延天数计算以及限制条件量化的工具进行多级预警,在出现问题之后采取原因追溯、责任界定、资源配置合理、措施改善以及周期循环的方式完善一个完整的过程,解决目前的预警方式过于消极的问题。未来的研究可以选取若干个具体的工程实例细化分级的标准,考察它们对于不同类型、不同大小工况的有效性并且研究数据的精确度对预警效果的影响。

【参考文献】

- [1]姜春阳.基于BIM的公路施工进度动态管理方法[J].行车指南,2024,(1):0026-0027.
- [2]杨震,张恒,宋永军,等.基于GIS+BIM的山区铁路施工进度管理系统研究[J].铁路计算机应用,2024,33(3):26-32.
- [3]杨世昆.基于BIM技术的工程项目施工进度计划编撰与优化[J].工程建设与设计,2024,(10):107-109.
- [4]梁鹏.市政道路项目施工进度风险管理技术[J].价值工程,2024,43(26):60-62.
- [5]郭天衡,李强,王长生,等.盾构法隧洞工程的施工进度预警方法[J].三峡大学学报(自然科学版),2024,46(2):85-89.

作者简介:

陆艳驰(1989--),男,汉族,贵州省遵义市习水县官店镇官店村人,本科,中级职称,主要研究方向:工程管理。