

基于BIM的大型枢纽机场复杂工程 工期控制研究

李凯¹, 李临高¹, 马磊¹, 王健宇¹, 李健春², 李平², 阮柯¹, 张智杰¹, 肖力伟¹

(1. 广东省机场管理集团有限公司工程建设指挥部; 2. 中建三局集团有限公司)

【摘要】智能建造及建筑工业化协同发展既给项目管理带来了新的机遇又提出了更高的要求。文章立足于智能建造相关技术, 将BIM和进度总控技术耦合, 通过群塔系统解决无人机禁飞问题, 进行实景模型创建; 将施工深化BIM模型和进度计划叠合成4D-BIM进度模型; 将通过群塔装置采集的实景模型与4D-进度模型在同一的协同环境下叠合, 能够实现进行实景模型与进度模型的可视化对比分析, 形成一种计划管理和工期控制的新型范式, 为大型枢纽建设项目特别是禁飞区的改扩建工程提供了借鉴和参考。

【关键词】智能建造; 建筑信息模型(BIM); 进度总控; 实景模型

中图分类号: TU17

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.07.036

Research on Construction Period Control of the Complex Engineering of BIM-based Large Airport Hub

LI Kai¹, LI Lin-gao¹, MA Lei¹, WANG Jian-yu¹, LI Jian-chun², LI Ping², RUAN Ke¹, ZHANG Zhi-jie¹, XIAO Li-wei¹

(1. Engineering Construction Headquarters of GAA; 2. China Construction Third Engineering Bureau Group Co., Ltd.)

【Abstract】The coordinated development of intelligent construction and building industrialization not only brings new opportunities but also presents higher demands for project management. Based on the technology of intelligent construction, the paper combines BIM and schedule control technology, solves the problem of no-fly UAV through group tower system, and constructs the real scene model; a 4D-BIM progress model is built through superimposing the construction deepening BIM model and progress plan; the real scene models collected through the group tower device and the 4D-schedule model are superimposed in the same collaborative environment, which can realize the visualized and comparative analysis between the real scene model and the schedule model, and form a new paradigm of plan management and progress control. It provides a reference for large hub construction projects, especially the reconstruction and expansion projects of no-fly zones.

【Keywords】intelligent construction; BIM; overall progress control; reality model

1 引言

在我国大力推进交通强国战略的背景下, 各级政府在“十四五”规划中明确了大型枢纽建设任务。由于项目体量大、投资多、建设期长, 普遍存在影响工程进度的诸多因素, 在工期控制方面仍面临较大挑战。随着智能建造及建筑工业化协同发展政策的出台, 利用智能建造相关技术打一套“组合拳”, 对于解决复杂工程进度控制问题提供了一种新方法。

2 背景

2.1 政策背景

近期, 从中央到地方出台了一系列关于加快建筑业信息化、新基建、智能建造及建筑工业化协同发展的政策。住房和城乡建设部先后颁布了4部国家BIM标准并出台了推动智能建造与建筑工业化协同

发展的指导意见。中国民航局颁布了行业BIM标准(总册)、《促进机场新技术应用的指导意见》《中国民航四型机场建设行动纲要(2020-2035年)》^[1]等BIM技术指导文件, 北京、上海、广东、浙江等地也出台了加快BIM技术的标准、指南和指导意见。国际智慧建设联盟(bSI)、美国总务管理局(GSA)、英国建筑业协会(AEC)、澳大利亚基础设施建设局(IA)、新加坡建设局(BCA)、国际机场协会(ACI)、国际航空运输协会(IATA)、国际民航组织(ICAO)、国际航空电信协会(SITA)、欧盟(EU)等指导发布了通过BIM技术来推进工程管理方式变革^[2]。

2.2 应用背景

在信息技术应用背景下, 我国枢纽机场按照建设“四型机场”的要求, 推进BIM技术应用。首都机场^[3]、白云机场^[4]、深圳机场^[5]、天府机场^[6]、鄂州机场^[7]

等积极推动BIM技术数字建造,稳步提升工程管理水平,打造“品质工程”。

2.3 技术现状及存在问题

进度总控、BIM、实景模型等能够为进度管理提供了一种控制方法,通过可视化模拟和技术交底也提升了管理水平。特别是随着无人机测绘的发展,通过无人机数据采集的实景模型已在多领域技术应用。如张文胜等^[8]结合倾斜摄影和地面激光扫描在隧道改扩建工程进行了建模方法与实践。Kisa等^[9]利用三维实景模型应用在土地资源管理实践中。Jiang等^[10]采用倾斜摄影方法对电力系统进行三维模型逆向建模,提高电力系统运维工作效率。

由于当前技术和管理方面的限制,也存在一定的缺陷,如大型机场改扩建工程普遍存在无人机倾斜摄影受限,造成实景模型创建存在较大难度;此外,施工总平面策划时,群塔系统布设时普遍未考虑实景建模需求,这些问题致使基于BIM的实景模型技术无法在进度管理中系统性发挥作用。

3 基于BIM的实景模型进度管理方案

3.1 实景建模方案

为解决“禁飞区”内改扩建工程中的无人机倾斜摄影受限问题,本文提出将无人机旋翼拆卸,并将无人机的主要装置与塔式起重机结合,主要原理及装置见图1所示。

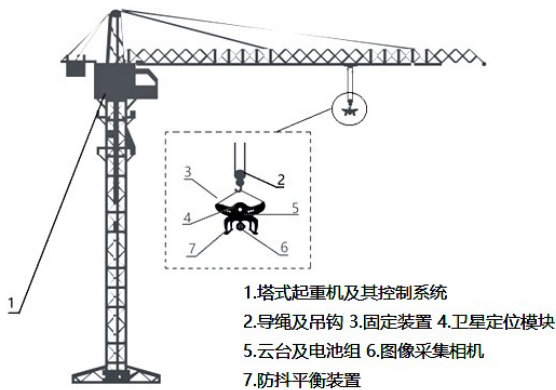


图1 基于BIM的实景建模装置

在该装置中通过固定装置将无人机与塔吊吊钩固定,利用塔吊的动力及控制系统,实现无人机“飞行”,通过无人机云台、摄像模块及地面控制系统,实现无人机对施工现场的倾斜摄影数据采集。

3.2 群塔布置策划

在施工总平面策划阶段,塔吊除了满足施工材料调运需求、安全距离要求外还应满足无人机倾斜摄影需求。为实现塔吊在施工现场的最优布置,建立数学模型求最优解。

目标函数为总消耗成本的最小值,即为 $\min M$

$$f_z(X_{Re}, Y_{Re}) = \min M =$$

$$\min \sum_{b=1}^m \left\{ \sum_{a=1}^n [T_a \cdot C_z + P \cdot Q_{ab} \cdot T_a' + S] + (A_1 + A_2) \cdot Q_{ab} \right\} \quad (1)$$

式(1)中: X_{Re} 表示塔吊的位置点坐标; M 表示总消耗成本; a 表示该工程的第 a 个施工阶段; b 表示该工程塔吊的第 b 种型号; m 表示该工程所选用的 m 个型号塔吊; n 表示该工程从塔吊开始使用到结束所分成的 n 个施工阶段; T_a 表示该工程第 a 阶段塔吊的吊运总时间; C_z 表示该工程塔吊每台每天的平均租赁费用; P 表示该工程每台塔吊每天的人工费用; Q_{ab} 表示该工程第 b 种型号塔吊在第 a 阶段使用的台数; T_a' 表示该工程第 a 阶段塔吊相关人员的工作时间; S 表示该工程塔吊的升接费用; A_1 表示该工程塔吊的基础费用; A_2 表示该工程塔吊的安装、拆卸、运输等费用。

主要约束条件有施工材料运输的基本约束条件(如式2、式3、式4所示),塔吊安全距离的约束条件(如式5、式6所示),实景建模的约束条件(如式7所示)。

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J G_{ij}^k \leq BP_i \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I G_{ij}^k \leq BD_j \quad (3)$$

$$N_{ij}^k = \left\lfloor \frac{G_{ij}^k}{Ga_{ij}^k} \right\rfloor \quad (4)$$

$$D - C \leq \Delta \quad (5)$$

$$D' - C' \leq \Delta' \quad (6)$$

$$D - C \leq Z_0 \quad (7)$$

式中: i 表示该工程的需求点的数量; b 表示该工程的供应点的数量; k 表示该工程塔吊的数量; N_{ij} 表示该工程塔吊供应和需求点运行的总次数; G_{ij} 表示该工程总材料需求量; C 表示该工程塔吊操控的单位时间、单位质量的造价; Ga_{ij} 表示该工程从供应点 P_i 到供应点 D_j 塔吊的载重负荷; C, C' 表示该工程的塔吊吊臂的总长度; D' 表示该工程的塔吊与邻近设施之间的距离; Δ 表示该工程的塔吊之间最小安全距离; Δ' 表示该工程的塔吊与邻近设施之间的最小安全距离; Z_0 表示相邻两塔吊为满足倾斜摄影数据

重叠率的吊臂间最小距离。

结合某大型机场枢纽机场实际案例,在主体结构施工阶段,在确定施工场地边界、材料运输需求、安全距离要求、实景建模需求等约束条件后,将已知条件和参数进行 Matlab 编程运算,比较成本最低的塔吊布置坐标。经求最优解,形成在该施工阶段的群塔系统方案。

3.3 实景模型创建

在确定该施工阶段的群塔系统方案后,利用改进的倾斜摄影装置进行实景模型数据采集,利用实景模型处理软件进行照片叠合,创建实景模型如图2所示。



图2 某枢纽机场扩建工程实景模型

3.4 4D 进度模型创建

根据施工 BIM 模型、施工进度计划,利用进度模拟软件将二者融合成 4D 进度模型,通常来说,AutoDesk 公司的 Naviswoks 和 Btntley 公司的 Synchro4D 等软件均具备 4D 进度模拟功能。利用进度模拟软件完成大型机场枢纽机场扩建工程的 4D 进度 BIM 模型(见图3)。

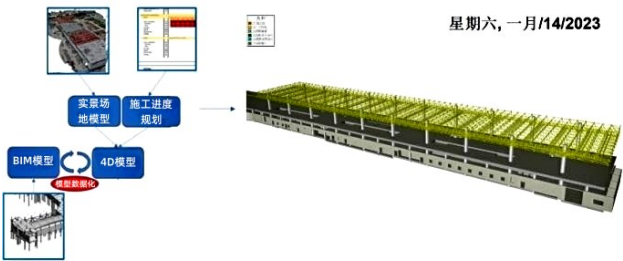


图3 某枢纽机场扩建工程航站楼指廊4D进度模型

4 实景模型和4D 进度模型的比对分析

4.1 实景模型和4D 进度模型的叠合

一般来说,首先需要将实景模型格式先进行转换,再导入进度模拟软件。实景模型与 4D 进度模型

在同一协同环境下,通过模型重构、几何转化、空间配准、语义映射^[11]等进行模型叠合,分析进度的执行情况。

以 Synchro4D 模拟软件为例,在统一的数据标准下,将某枢纽机场扩建工程的钢网架提升拼装、主体独立柱、二次结构等施工模型结合工序划分、施工资源、进度计划进行拆分,基于模型标准按专业统计项目资源用量,结合工效整理成可以精确计算的数据统计表单,在 Synchro4D 环境下对工期、资源投入、工效进行快速提取、分析和模拟。

将实景模型导入 Synchro4D 与进度模型对齐,通过测量、工序分解等方式,将实景数据转换成可统计的进度完成百分比数据,在本阶段可以将实景模型和施工日志相结合验证多源数据一致性校核。

4.2 实景模型和4D 进度模型的比对分析

在 Synchro4D 环境下,将实景模型和进度模型数据融合,在一个图界面下可以直观展示实际进度和计划进度的比对情况(见图4),以指标形式,对比进度完成差值、人员投入差值、工作天数差值、工效差值进行评定。

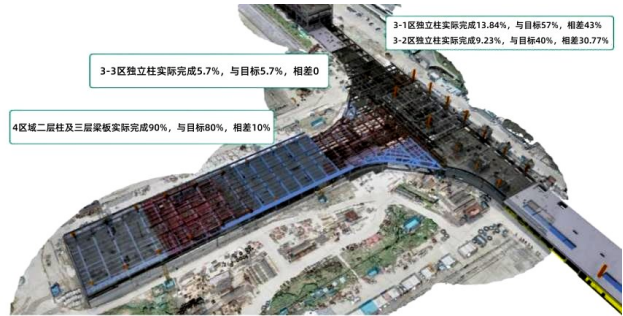


图4 某枢纽机场扩建工程实景模型和 4D 进度的比对

4.3 进度跟踪及改进建议

在 Synchro 软件中,对于滞后区域的基于目标工期进行量化计算,根据某枢纽机场扩建工程实景模型和 4D 进度模型的比对分析,计算得出基于实景模型与进度模型比对分析的资源改进建议(见表1)。建设业主方据此要求施工方及时调整资源投入,加快消除进度滞后风险,确保工期目标。

5 结论及展望

①本文提出了一种基于 BIM 的大型机场复杂工程进度控制方法。该方法主要解决“禁飞区”内实景模型创建问题,通过实景模型与 4D-进度模型的叠合,实现进度的可视化比对分析,形成一种计划管理

表1 基于实景模型与进度模型比对分析的资源改进建议表

任务ID	任务名称	总目标完成值/%	当周目标值/%	实际完成值/%	当周人员	当周作业天数	当周工效	目标滞后天数	建议增加人员	备注
KC5080	3-1区独立柱	57.00	20.00	13.84	7	5	0.05	15	18	进度滞后
KC5090	3-2区独立柱	40.00	20.00	9.23	7	2	0.03	12	15	进度滞后
KC5100	3-2区独立柱	5.70	5.70	5.70	5	5	0.43	0	0	进度正常
KC5150	3-1区砌体	63.00	23.00	23.00	6	7	0.44	18	20	进度滞后
KC5160	3-2区砌体	0	0	20.00	6	7	0.25	-10	0	进度提前
KC5170	3-3区砌体	0	0	0	0	0	0	0	0	未开始

和工期控制的新型范式。

②本文介绍了基于群塔系统采集实景模型的详细方案,按此方案在施工总平时须充分考虑塔吊布置的各个约束条件,在施工场地中最优布设群塔系统。

③本文以某枢纽机场改扩建工程为案例,展示了群塔系统布置方案,以及在“禁飞区”条件下,如何利用本文提出的方案进行实景模型采集的过程,如何进行实景模型与4D进度模型的比对分析及应用。

④在实际案例中,随着高空作业完成及群塔系统拆除,实景模型的创建可转入由点云模型的方式,由三维激光扫描设备实现实景数据采集及其实景模型与进度模型的比对分析。

⑤实景模型采集装置主要依赖人工操作,未来将与塔吊智能装置集成,实现塔吊运行数据与实景数据采集集成,进一步提升数据采集效率。

⑥大体量BIM模型数据轻量化,多源实景数据格式与BIM模型叠合,对软硬件配置要求较高,未来将对多源模型数据加载及处理进一步研究,提升实景模型与进度模型的比对工作效率。

参考文献

[1] 中国民用航空局.《中国民航四型机场建设行动纲要(2020—2035年)》出台[J].中国民用航空,2020(2):72.
[2] 张锐,马志刚,徐涛,等.智慧机场发展研究与实践报告(国际篇)[R].北京:中国民航局机场司,2019.

[3] 张正.北京大兴国际机场航站楼核心区工程信息化管理应用研究[J].安装,2021(9):14-23.
[4] 罗灿.BIM技术在建设工程项目数字化管理中的应用[J].工程建设与设计,2022(4):224-226.
[5] 胡培婷,班孝林.BIM技术在深圳机场新一期扩建工程中的应用[C]//刘春晨.推进四型机场建设实现高质量发展.北京:中国民航出版社,2019:31-42.
[6] 卢喜成,吕皓,李晓亮,吴东阳.基于BIM的项目数字化管理在天府机场GTC的应用实践[J].四川建筑,2022(42):154-158.
[7] 付全波,范华冰,刘朋,邹先强,黄镇雄.鄂州花湖机场数字化设计应用创新与实践[J].中国勘察设计,2022(1):42-45.
[8] ZHANG Wen-sheng, HAO Zi-qi, WANG Bing-zhan, et al. BIM modeling method and practice of tunnel reconstruction project based on point cloud[J]. Journal of Chang' an University(Nature Science Edition).2021, 41(1):59-68.
[9] KISA A, OZMUS L, ERKEK B, et al. Oblique photogrammetry and usage on land administration[EB/OL]. [2021-5-19].<http://www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/2020-10/1.pdf>.
[10] JIANG S,JIANG W S. UAV-based oblique photogammetry for 3D reconstruction of transmission line: practices and application [EB/OL]. [2021-5-19]. <http://www.int-arch-photogram-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W13/401/2019/ISPRS-ARCHIVES-XLII-2-W13-401-2019.pdf>.
[11] 徐敬海,卜兰,杜东升,王曙光.建筑物BIM与实景三维模型融合方法研究[J].建筑结构学报,2021(10):215-222.