

DOI: 10.7672/sgjs2025230027

# 智能建造模式下工程造价高效管理及协同机制研究与应用

方静<sup>1</sup>, 吕锦昌<sup>1</sup>, 喻祥发<sup>1</sup>, 吴自中<sup>1</sup>, 徐彪<sup>1</sup>, 胡钢<sup>1</sup>, 李三丰<sup>2</sup>

(1. 中国建筑第四工程局有限公司, 广东 广州 510800; 2. 中建四局第一建设有限公司, 广东 广州 510800)

**[摘要]** 智能建造以物联网、大数据、人工智能与 BIM 等技术为支撑, 其中, BIM 技术在工程造价管理方面的应用仍较局限。针对智能建造模式下 BIM 造价协同在工程建设全生命周期中的实践困境, 从施工方角度构建以制度保障、模型深化、数据整合、质量验评和计量管理为核心的工程造价智能管理与协同体系, 并依托某大型复杂项目验证造价智能协同管理的应用成效。研究表明, 该体系通过模型会审制度与标准化建模流程, 显著提升模型质量与工程量计算效率。通过检验实体划分与清单编码匹配, 实现质量验评可视化与计量支付数据联动。然而, 模外工程量计量难度较高, 且复合型专业人才短缺仍制约协同效能, 需通过完善数据标准、拓展按模计量范围以突破应用瓶颈, 推动智能建造技术深度融入工程管理全生命周期。

**[关键词]** 造价; 管理; 智能建造; 建筑信息模型

**[中图分类号]** TU723.3

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2025)23-0027-05

## Research and Application of Efficient Project Cost Management and Coordination Mechanism Under Intelligent Construction Mode

FANG Jing<sup>1</sup>, LÜ Jinchang<sup>1</sup>, YU Xiangfa<sup>1</sup>, WU Zizhong<sup>1</sup>, XU Biao<sup>1</sup>, HU Gang<sup>1</sup>, LI Sanfeng<sup>2</sup>

(1. China Construction Fourth Engineering Bureau Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510800, China;

2. China Construction Fourth Engineering Division the First Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510800, China)

**Abstract:** Intelligent construction is supported by technologies such as the Internet of Things, big data, artificial intelligence and BIM. However, the application of BIM in cost management is still relatively limited. In response to the practical difficulties of BIM cost collaboration in the entire life cycle under the intelligent construction model, a core intelligent management and collaboration system for project cost is constructed from the perspective of the construction party, which includes system guarantee, model deepening, data integration, quality inspection and evaluation, and measurement management. The application effect of intelligent cost collaboration management is verified by relying on a large and complex project. The research shows that this system significantly improves the quality of the model and the efficiency of engineering quantity calculation through the model review system and standardized modeling process. By matching the entity division with the list code, the quality inspection and evaluation are visualized and the measurement and payment data are linked. However, the measurement of out-of-model engineering quantities is difficult, and the shortage of compound professional talents still restricts the collaborative efficiency. To break through the application bottleneck, it is necessary to improve data standards and expand the scope of measurement based on the model, to promote the in-depth integration of intelligent construction technology into the entire life cycle of engineering management.

**Keywords:** cost; management; intelligent construction; building information modeling (BIM)

### 0 引言

随着信息技术飞速发展, 建筑业正进行数字化转型, 智能建造技术成为面向未来、促进土木工程

行业高质量发展的新质生产力<sup>[1]</sup>。智能建造是以 BIM 技术为核心,融合物联网、大数据、人工智能、云计算等技术,实现建筑全生命周期数字化、智能化管理的建造模式与重要动力<sup>[2-3]</sup>。

BIM 模型所承载的设计数据与工程量数据间具有结构关系,通过建立 BIM 模型信息与工程量清单的匹配规则<sup>[4-6]</sup>,实现信息模型与 BIM 算量平台的数据互通与协同应用<sup>[7]</sup>。许浩等<sup>[8]</sup>探索风电工程中 BIM 的算量模式,明确不同专业 BIM 模型交叉使用时工程量提取的规则和方法,实现模型构建、整合、算量的全链条应用。张晨茜等<sup>[9]</sup>基于 Revit API 开发非结构构件计量计价系统,将构件总工程量与工程量清单项目对应匹配,完成计量计价,验证直接利用 BIM 技术进行计量计价的可行性。高东东等<sup>[10]</sup>构建基于 BIM 的工程计量支付一体化系统,通过某实际案例验证系统的可行性,为工程计量支付一体化提供数字化解决思路。付斌等<sup>[11]</sup>以工程项目为依托,介绍 BIM 技术在结构设计、施工准备和实施阶段的数字化应用路线与成果。

目前智能建造模式下的 BIM 造价协同尚不成熟,实际应用过程中仍有诸多困难。为促进智能建造技术发展,开发智能建造技术在造价协同中的潜能,以施工总承包单位为主体,聚焦施工阶段工程造价管理,探讨智能建造技术在施工方成本控制中的应用。通过建立工程造价智能管理与协同体系,保障 BIM 造价协同实施,并分析某大型复杂项目按模计量的应用数据,检验工程造价管理及协同的应用成效。

## 1 工程造价智能管理概况

### 1.1 计量方式

广联达、鲁班等专业造价软件通过识别 CAD 图纸,自动生成工程量,实现工程量、价格、清单一体化管理,计算效率、准确性显著提升。但大型复杂项目中的专业造价软件存在异形构件适配性不足、全专业协同能力差的问题,计算效率和准确性不足。

项目全生命周期管理理念要求造价数据连贯、可追溯。预制构件生产、装配式施工等新型建造方式,对造价管理的实时性、动态性提出挑战。

### 1.2 优势与困境

在施工总承包清单计价体系中,通过 BIM 智能计量技术自动提取构件三维模型的工程量数据,实现分部分项工程量精准计算。基于 IFC 数据标准与清单计价规范建立智能映射规则,确保工程量清单编制符合 GB/T 50500—2024《建设工程工程量清单计价规范》,形成模型计量-清单生成-造价分析的数

字化 workflow,大幅缩短计价编制审核周期。同时,基于 BIM 模型的成本数据库支持多维造价分析,可精细化管控材料损耗率、工序成本,推动造价管理由事后核算向过程控制转型。

EPC 模式的设计、采购、施工深度融合,与一模到底的 BIM 计量技术深度契合,设计阶段的建模能直接服务施工阶段的计量与成本控制。设计人员进行优化设计时,造价人员可同步掌握工程量与造价变化,及时调整成本预算,提升项目成本可控性、识别成本风险点,契合 EPC 模式一体化运作需求。BIM 模型作为全生命周期的信息载体,可借助 BIM 按模计量实时共享计量、成本信息,精准把控项目进度、成本,满足 EPC 模式全过程信息管理要求。

在智能建造模式下的工程造价管理应用中,因 GB/T 51095—2015《建设工程造价咨询规范》尚未明确模型计量标准,BIM 计量成果的法律认定效力存在分歧,若合同未约定模型版本管理规则,易产生计量分歧。同时,《中华人民共和国网络安全法》在工程数据产权界定方面存在盲区,导致大量计量纠纷涉及数据权属争议问题,制约 BIM 造价协同发展。

### 1.3 应用现状

#### 1) 决策阶段

智能建造技术方便了前期的调研工作,以 BIM 模型数据为基础合理地编制投资估算,使投资估算更加科学、真实。

#### 2) 设计阶段

造价人员借助 BIM 模型可快速提取各分部分项的工程量信息,编制工程设计概算。另外,利用 BIM 技术构建开放共享、实时协同的设计工作平台,实现建筑、结构、机电等多专业协同设计,从整体上把控建筑设计质量、工程造价<sup>[12]</sup>。

#### 3) 施工阶段

在智能建造模式下,BIM 模型与工程进度、造价信息相关联,形成 5D 协同管理。以模型为基础计算当前进度的工程量,作为工程进度款支付的依据。在 BIM 模型上直接修正调整变更内容,可得到变更前后工程量的变化,为计量提供依据<sup>[13]</sup>。

#### 4) 运维阶段

该阶段的 BIM 应用处于初级阶段,存在效益难以量化、运维管理信息需求不明确、BIM 运维平台与传统运维管理系统冲突、运维数据智能化应用场景不明确等难题<sup>[14]</sup>。

目前,我国智能建造技术的应用仍处于初级阶段,还未形成相对成熟的体系。在造价协同方面,

行业内缺乏统一的数据交换标准,不同软件间的数据互通困难,影响数据交换与共享。特别是在大型复杂项目中,存在模型整合困难、模型不规范,无法直接用于计价的现象。

## 2 工程造价智能管理与协同体系

为实现以按模计量为核心的造价协同,建立以制度保障、模型基础、数据基础、质量验评和计量管理为主要内容的工程造价智能管理与协同体系,以该协同体系为基础搭建智能建造协同平台,实现合同管理、模型管理、质量管理、进度管理的协调统一。

### 2.1 制度保障

在招投标阶段,需明确智能建造和 BIM 应用目标。在工程造价智能协同管理目标下,梳理项目合同、模型、质量、进度等板块要求,制定智能建造实施路线及其组织架构。根据 BIM 造价协同需求,以 GB/T 51269—2017《建筑信息模型分类和编码标准》、GB/T 51235—2017《建筑信息模型施工应用标准》等为基础,制定智能建造 BIM 实施细则和算量建模规范,细化各专业检验实体划分方式、模型构件命名标准、按模计量范围等内容,BIM 工程师严格按照要求进行建模。另外,建立智能建造协同平台和模型会审制度,进行过程监控、阶段审核、验收会审,以保障 BIM 造价协同顺利实施。

### 2.2 模型基础

深化设计模型是 BIM 造价协同的基础。在模型深化阶段,BIM 工程师需从构件内容、深度、尺寸、定位等方面对模型构件的完整性、一致性、准确性进行系统性核查,并根据设计反馈进行修正。

该项目中,土建和机电专业采用 Revit 软件、钢结构采用 Tekla 软件、幕墙专业采用 Rhino 软件、市政专业采用 Bentley 软件等建模,结合斯维尔 BIM 算量插件实现工程量提取。通过智能建造平台进行模型轻量化整合,支持 AR 验评设备数据交互。

在深化流程中,依据施工部署方案,从专业、楼层、系统及区域等维度对模型进行模块化拆分,确保其与检验实体划分相对应,为分部分项划分、模型编码及计量管理提供基础支撑。在模型整合阶段,通过全专业合模明确工程交接界限,解决模型碰撞问题,实现模型稳定性控制。

在稳定模型基础上,使用智能建造协同平台开展多专业模型审查工作,如图 1 所示。BIM 工程师对模型文件、模型基准、模型边界、几何信息、属性信息、模型计量、图模一致性等进行自审,在阶段成果完成后,将内审意见及相关模型成果上传平台供建设单位审查。建设单位组织各单位审查模型成

果,需确保模型边界、构件编码无误,满足按模计量的应用要求,形成模型评估报告。模型审查通过后,进行轻量化处理优化模型数据,提升模型在智能建造协同平台中的运行效率,随后将模型传至平台流转使用。

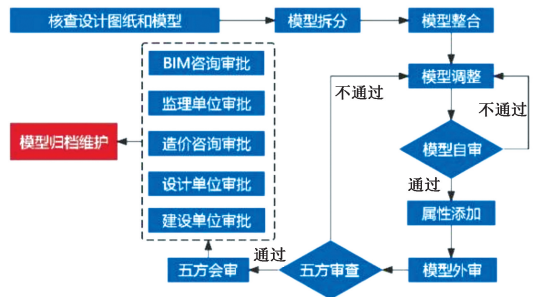


图 1 模型审查流程

Fig. 1 Flow of model review

### 2.3 数据基础

在深化设计阶段,检验实体划分流程如图 2 所示。检验实体作为计量应用的最小单元,由楼层、区域、模内构件子类别及模外工程量构成,是基于施工方案与现场工作面划分的检验批集合。通过整合同一流水段或施工区域的检验批,为项目计价提供数据支撑。

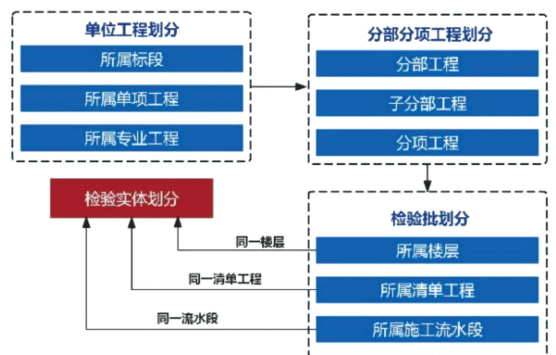


图 2 检验实体划分流程

Fig. 2 Flow of inspection entity division

深化设计模型通过构件属性集成楼层、区域及清单项目编码等信息,采用差异化工程量提取策略:①对于混凝土体积、钢结构质量、管线长度等模内工程量,依托实体模型结合算量插件,按计量规则精确提取;②对于钢筋、管线保温层、抹灰及措施工程等模外工程量,采用模型属性映射与外挂表单相结合的方式计算,以确保工程量数据完整准确。

在智能建造协同平台上,通过数据集中化管理与共享机制,降低数据冗余度,确保各专业间数据一致,优化存储空间、加速信息传递。

## 2.4 质量验评

轻量化 BIM 模型在智能建造协同平台上,通过检验批与模型挂接机制,实现施工现场质量管理,如图 3 所示。

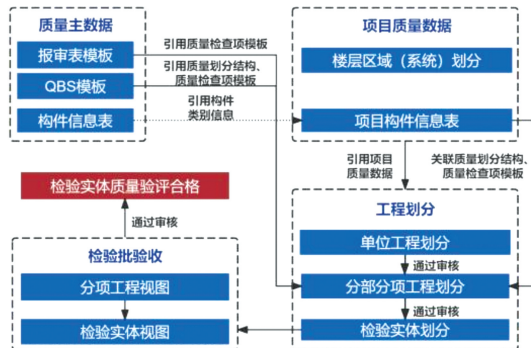


图3 质量管理流程

Fig. 3 Flow of quality management

在同一检验实体内,各类构件挂接各自构件种类的质量验收表单,通过平台线上申请检验批报验。在施工现场,使用移动数字终端与 AR 验评工具比对工程实体与模型的一致性,提高质量验收工作的真实性、精准度及效率。验收合格后,在线填报验收表单,将检验、试验及质量证明文件以附件形式挂接上传,将过程验收资料与检验报告进行线上云端同步,实现工程档案的数字化管控。

建立线上线下相结合的协同验收机制,完成检验实体所含检验批的质量验评,检验实体所含验收资料是成本计量与工程预结算的依据。

## 2.5 计量管理

计量管理以合同及清单录入为起点,作为工程量总量控制的核心依据,计量管理流程如图 4 所示。在智能建造协同平台中录入合同清单及包含构件信息的表单,通过清单项目编码匹配单价及总量控制工程量。基于同一版本的图纸,比对 BIM 模型工程量与施工图工程量,以较小者作为计价标准,严格控制工程量。对于模外工程量,采用模型属性映射与外挂表单方式确保其完整性。

依托检验实体拆分,实现 BIM 模块化计量,达到与现场实际进度相匹配的效果。当确认已验收部分后,智能建造协同平台自动汇总工程量,由监理、建设单位及咨询单位进行审核。按期完成并通过质量验评的检验实体进入待计量状态,参建各方通过平台进行三维验收确认,为工程款支付提供依据。

## 3 工程概况

该综合体项目涵盖桥梁、隧道、道路、幕墙、钢

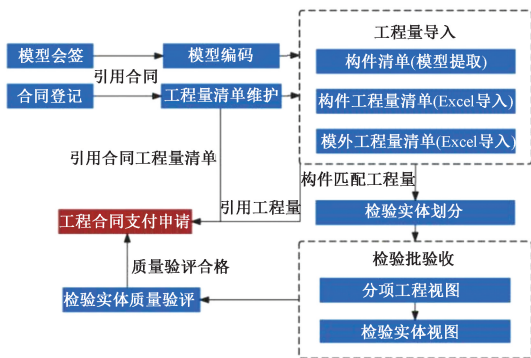


图4 计量管理流程

Fig. 4 Flow of measurement management

结构、建筑等专业,总建筑面积约 32 万  $m^2$ ,总造价约 25 亿元。项目地下 1 层、局部 2 层,层高 4.0~10.75m;地上 2 层、局部 3 层,层高 3.8~7.5m。高架桥全长约 880m,下穿隧道全长约 360m,市政道路全长约 760m,钢结构总量 2 万余 t。

该项目规模庞大、结构复杂,涉及多个专业领域协同作业,对智能建造标准要求高,故采用工程造价智能管理与协同体系。当智能建造协同平台搭建完成后,选取其投入使用后 2 年内的模型、质量和计量数据进行分析。

## 4 项目应用数据分析

### 4.1 模型数据分析

智能建造协同平台有效模型数据统计如图 5 所示。投入使用后,各标段参建施工单位的 BIM 工程师共上传 7 400 个模型文件,其中有效模型文件 3 235 个,占上传模型总量的 43.72%,说明有效落实模型会审制度。

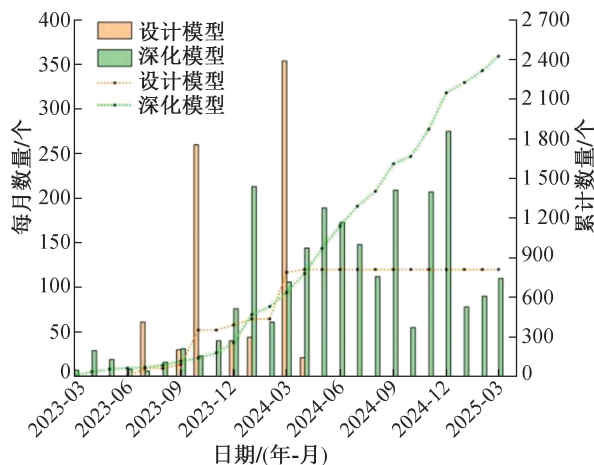


图5 有效模型数据统计

Fig. 5 Statistic of the number of effective models

有效模型文件中的设计模型 810 个、深化模型 2 425 个,设计模型数量远远少于深化模型的原因如

下:①在模型深化过程中,BIM 工程师根据施工界面、施工部署等进行拆分,使其满足计量要求;②因为软件兼容性问题,部分设计模型无法直接进行后续应用,BIM 工程师只能根据计量需求在设计模型基础上转换建模。另外,通过模型会审用于计量的有效深化模型仅占上传模型总量的 32.77%,说明按模计量对 BIM 工程师的能力要求较高,但高水平复合型的 BIM 工程师仍然短缺。

在该项目中,建筑、结构、幕墙、桥梁、隧道子类分别为 362, 309, 164, 71, 234 个,分别占比 31.8%,27.1%,14.4%,6.2%,20.5%。建筑、结构、幕墙、桥梁、隧道模型构件分别为 8 792, 70 132, 201, 770, 476 个,分别占比 10.8%, 87.3%, 0.3%, 1%, 0.6%。在各子类别中,结构模型构件数量占有模型构件总量的 87.3%,远大于其他模型,说明在大型复杂项目中,结构模型单个子类别含大量构件,以结构模型构件为主。

#### 4.2 质量数据分析

在检验实体中,未审核的共 206 个、审核完成的 1 630 个,其中已验评合格的 1 607 个、未验评的 23 个。检验批已完成、报验中、待报验的占比分别为 95%,3%,2%。共上传 5 712 条检验批数据、1 836 条检验实体数据,平均每个检验实体中约 3 个检验批。其中,95%的检验批已将检验批验收记录作为附件进行上传,完成报验,剩余 5%的检验批处于待报验、报验中的状态,报验完成的检验批全部合格。

检验实体数据需经过检验批审核和质量验评,11.22%的新增检验实体未完成检验批报验,1.25%的检验实体处于未验评状态。工程造价智能协同管理将 BIM 模型与质量验评相连,实现了验评进度可视化与验收记录留底可查。

#### 4.3 计量数据分析

检验实体质量验评合格后开始计量工作,在计量支付阶段,商务管理人员以检验实体为单元申请进度款,检验实体已计量的共 1 443 个,其中模外 596 个、模内 847 个;未计量的共 164 个,其中模外 143 个、模内 21 个。由此可知,验评合格的检验实体有 10.21%未完成计量,其中模外检验实体占比 8.9%,说明模外工程量计量难度远大于模内工程量,是影响计量支付的主要原因。在完成计量的检验实体中,模内检验实体和模外检验实体分别占比 52.83%,37.18%,约一半为模内检验实体使用按模计量技术,极大便利工程量计算。通过质量验评的检验实体中,模内检验实体仅占 54.01%,仍有较大提升空间,按模计量范围有待进一步拓展。

## 5 结语

1)智能建造模式下,通过模型会审制度与标准化建模流程,有效解决模型整合困难,数据交换标准混乱的难题,显著提升模型质量与工程量计算效率。

2)在工程造价智能管理与协同体系中,制度、模型、数据、质量、计量相互关联。模型会审制度保障了造价协同实施,从深化设计模型中提取工程量数据,经验评合格后,凭借清单项目编码匹配单价、工程量,实现 BIM 造价协同。

3)质量验评可视化与计量支付数据联动为计量支付提供数据支撑,但大型复杂项目的结构复杂、专业多、构件多,在质量验评检验实体中,模内检验实体占比还有较大提升空间,需完善数据标准、拓展按模计量范围,以突破应用瓶颈,推动智能建造技术深度融入项目管理全生命周期。

#### 参考文献:

- [1] 张春巍,鲍德仁,孙丽.智能建造技术的研究与应用展望[J].沈阳工业大学学报,2024,46(5):722-734.  
ZHANG C W, BAO D R, SUN L. Research and application prospect of intelligent construction technology [J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2024, 46(5): 722-734.
- [2] 刘刚,马智亮,李松阳.基于文献研究的精益建造与数字技术集成综述[J].同济大学学报(自然科学版),2024,52(1):145-156.  
LIU G, MA Z L, LI S Y. Survey on lean construction and digital technology integration based on literature research [J]. Journal of Tongji University (natural science), 2024, 52(1): 145-156.
- [3] 王志海,李兵.基于 BIM 技术的全生命周期数字交付管理研究[J].施工技术(中英文),2024,53(6):139-143.  
WANG Z H, LI B. Digital delivery management of whole life cycle based on BIM technology [J]. Construction technology, 2024, 53(6): 139-143.
- [4] 沈杰,彭少荣,梁勇,等.一类 Revit 插件在土建算量中的可靠性分析[J].广东土木与建筑,2023,30(7):1-3.  
SHEN J, PENG S T, LIANG Y, et al. Reliability analysis of a class of revit plug-in in engineering calculation [J]. Guangdong architecture civil engineering, 2023, 30(7): 1-3.
- [5] 郭丽荣,王亮.基于 Revit 二次开发的机电工程算量研究[J].土木建筑工程信息技术,2023,15(1):30-36.  
GUO L R, WANG L. Research of mechanical and electrical engineering quantity calculation based on revit secondary development [J]. Journal of information technology in civil engineering and architecture, 2023, 15(1): 30-36.
- [6] 杜春宇,周亮,陈培智,等.基于 BIM 的输变电工程自动算量分析研究[J].建筑经济,2020,41(10):64-68.  
DU C Y, ZHOU L, CHEN P Z, et al. Research on BIM based automatic statistics analysis of engineering quantity of power transmission and transformation project [J]. Construction economy, 2020, 41(10): 64-68.