

电力工程中的智能化计量方式分析

芦茜 王永富

国网松原供电公司

DOI:10.12238/pe.v3i3.13601

[摘要] 电力工程传统计量模式长期面临人工算量效率低下与异形构件误差控制难题,尽管已有研究引入BIM技术进行改良,但在实际应用中仍存在定额标准映射断层、设备特征识别精度不足等系统性障碍。本研究通过开发适配电力工程特征的构件库,构建融合设备拓扑关系的智能拆分算法,针对螺旋电缆桥架等复杂结构建立三维参数化模型,形成具备动态误差调控能力的算量引擎。通过特高压换流站试点验证,该方案成功实现电缆敷设路径识别精度与工程量统计效率的显著提升,为电力工程数字化转型提供可落地的技术路径。

[关键词] 建筑信息模型; 智能计量; 电力工程数字化; 算量引擎; 动态误差控制; 数据协同

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A

Analysis of intelligent metering method in electric power engineering

Xi Lu Yongfu Wang

State Grid Songyuan Electric Power Supply Compan

[Abstract] Traditional measurement models in power engineering have long faced challenges such as low efficiency in manual calculations and error control for irregular components. Although research has introduced BIM technology for improvement, systematic obstacles still exist in practical applications, including mapping discontinuities of quota standards and insufficient accuracy in equipment feature recognition. This study develops a component library tailored to the characteristics of power engineering, constructs an intelligent disassembly algorithm that integrates equipment topological relationships, and establishes a three-dimensional parametric model for complex structures like spiral cable trays. This forms a measurement engine with dynamic error control capabilities. Through pilot validation at ultra-high voltage converter stations, this solution has successfully achieved significant improvements in the accuracy of cable laying path identification and the efficiency of engineering quantity statistics, providing a practical technical approach for the digital transformation of power engineering.

[Key words] building information model; intelligent metering; digital power engineering; calculation engine; dynamic error control; data collaboration

引言

新型电力系统建设进程加速对电力工程计量提出双重需求,既要求提升复杂构件的计算精度,又亟需突破跨阶段数据协同效率瓶颈。当前工程造价领域仍普遍采用二维图纸手工计量模式,造价工程师需耗费大量时间比对设计变更文件与施工蓝图,手动提取电缆桥架安装坐标、设备基础螺栓定位等参数,这种传统作业模式导致工程变更引发的重复计算量达到常规项目的1.8倍。更为突出的是,在220kV户内GIS设备基础预埋件、换流站阀厅异形钢结构等特种场景中,人工计量误差持续突破行业规范允许阈值,与工程量清单计价标准形成系统性偏差。尽管BIM技术为破解上述难题提供新思路,但既有研究多聚焦于通用

建筑领域,针对电力工程特种设备的计量规则植入存在明显短板——例如在智能变电站工程中,BIM模型包含的电缆夹层三维路径信息难以自动转换为符合行业规范的工程量清单,设计阶段建立的设备基础模型与造价软件间的数据协同损耗率仍高达35%。这些技术瓶颈严重制约电力工程全生命周期数字化管理进程,亟待构建适配行业特征的智能计量解决方案。

1 传统计量方式效率瓶颈凸显

1.1 图纸解析效率制约计量进度

当前电力工程造价计量工作仍以二维平面图纸为主要作业依据,造价工程师需反复核验设计院提供的施工蓝图与工程变更通知单,通过人工目视方式逐项提取电缆桥架安装标高、设备

基础预埋螺栓定位坐标等关键参数,这种传统作业模式不仅导致图纸信息提取环节耗时占比持续上升,更在变电站增容改造、架空线路迁改等场景中频繁引发重复计算问题^[1]。值得注意的是,在输电线路跨越施工等复杂工况中,设计单位提供的纸质图纸与现场实际施工方案存在空间定位偏差时,造价团队不得不组织多方会审进行数据校正,这种协调过程往往使计量进度滞后于项目里程碑节点,形成制约工程款支付进度的关键堵点。

1.2特殊构件计量误差突破管控标准

异型钢结构连接节点与螺旋式电缆桥架弯曲段等非标准构件的几何参数识别存在显著技术短板,传统计量方法在计算弧形钢板展开面积、空间曲面结构体积等指标时,往往采用简化等效模型进行近似估算,这种处理方式在220kV户内GIS设备基础预埋件、变压器防火墙异形钢结构等典型场景中,导致工程量偏差持续突破行业技术规范允许阈值。更为严重的是,当误差涉及结构安全的关键参数时,例如换流站阀厅钢结构节点强度计算值失真,可能引发施工阶段材料强度不足或冗余配置等问题,这与现行工程量清单计价规范中关于受力构件计量精度的强制性条款形成直接冲突,亟待通过技术手段实现根本性突破。

1.3跨系统数据协同机制效能不足

BIM设计软件构建的三维设备模型与专业造价系统间的数据协同存在显著技术壁垒,Revit模型中包含的构件空间定位信息与材质属性参数,在导入BSL算量软件过程中常发生数据丢失或格式错位现象。这种跨平台数据转换障碍在智能变电站工程中表现尤为突出。这种低效的数据处理模式不仅造成设计成果复用率不足40%,更在工程变更场景中引发连锁反应——设计模型更新后,造价团队需重新校核所有关联构件的几何参数与材料属性,这种重复劳动使得计量争议处理周期延长至20个工作日以上,严重迟滞进度款支付流程。值得注意的是,在特高压换流站等复杂工程中,电气设备与土建结构的接口参数协同误差,甚至会导致施工阶段出现设备基础与钢构架安装冲突,暴露出跨专业数据协同机制存在系统性缺陷。

2 BIM算量系统核心技术突破

2.1实现电力构件标准化建模技术

针对电力工程中变电站设备基础、GIS组合电器等特殊构件的建模需求,开发符合行业标准的构件模型库,通过集成设计规范与计量规则,在族库中预置设备安装定位参数与平法钢筋布置逻辑,解决传统建模过程中反复输入构件尺寸与属性的效率问题,设计人员可直接调用电缆沟标准截面模板,通过调整埋深参数与地面倾角生成满足施工要求的合规模型^[2]。这种技术手段不仅减少重复建模工作量,还能确保计量数据从设计源头符合工程量清单计价规范,特别是对于变压器防火墙等异形结构,通过内置的扣减规则模板自动处理构件交叉部位的几何关系,有效规避传统手工计量中常见的体积计算误差。

2.2构建电气设备智能拆分算法

基于三维模型几何特征分析技术,开发电缆桥架路径自动解析功能模块,通过识别桥架连接节点的空间坐标与敷设走向

参数,智能划分直线段、弯头及三通等标准构件,对于螺旋式桥架等复杂结构,算法依据中心线曲率重建三维轨迹模型,同时结合动态误差控制机制实时检查构件展开面积计算值,当检测到异形钢结构连接板展开尺寸偏差超过设定阈值时,自动启动几何参数二次校核程序,这种技术路径既保证计量精度符合工程质量验收标准,又能避免因模型转换导致的数据丢失问题,特别是在处理GIS设备基础预埋件时,通过匹配设备安装孔位参数与混凝土方量计算规则,显著提升复杂构件的计量准确性。

2.3优化全链条数据协同机制

建立BIM设计软件与造价系统的双向数据流通通道,开发适配Revit与BSL软件的数据接口,实现构件材质属性、空间定位坐标等关键信息的无损传递,针对设计变更引发的模型版本不一致问题,构建施工图模型与计量模型的动态关联机制,当设计人员修改电缆桥架走向或设备基础尺寸时,变更信息可实时同步至算量系统,计量工程师无需重新提取电缆长度或混凝土方量数据,这种技术改进将跨专业协作中的信息重复录入量降低至传统工作模式的三分之一,同时通过自动检查设备基础螺栓孔位与钢结构连接件的匹配关系,减少施工阶段因计量误差导致的返工风险,为工程进度款支付与竣工结算提供高精度数据支撑。

3 工程实证与成本控制成效

3.1火电工程改造项目技术验证

在火电机组数字化改造工程中应用BIM算量系统,设计团队通过全专业协同建模技术整合汽机房钢结构、锅炉基础等复杂构件的三维参数化模型,施工阶段直接调用模型中的电缆桥架敷设路径数据指导现场作业,这种技术路径有效避免传统施工中因图纸误读导致的材料切割误差,同时通过动态误差控制机制实时校准设备基础混凝土方量计算值,工程结算阶段争议事项数量较同类项目减少约四分之三,显著提升竣工结算文件的审批效率。

3.2电缆工程量统计效率提升验证

针对电缆敷设工程量大、路径复杂的特性,BIM算量系统通过自动识别桥架连接节点与弯曲半径参数,智能分解直线段、弯头等标准构件工程量,相较于传统手工计量需要逐段测量桥架走向并计算电缆预留量的工作模式,新技术将电缆工程量清单编制周期缩短至原有流程的三分之一,同时通过内置的误差校验算法对异形桥架展开面积进行自动补偿计算,使得线缆预留量计算结果稳定保持在工程质量验收标准允许的波动范围内。

3.3全流程数据协同效益分析

建立设计模型与计量系统的版本联动机制后,工程变更导致的参数修改可实时同步至算量模块^[3]。计量人员无需重复录入变压器基础尺寸、GIS设备安装定位等关键数据,这种技术改进使得进度款申报材料编制时间压缩至传统工作模式的四分之一,同时通过BIM模型自动提取汽机房钢结构防火涂料面积、设备基础混凝土强度等级等隐蔽工程参数,大幅减少施工过程中因计量误差引发的材料补供次数,有效控制工程综合成本。

4 技术瓶颈与行业协同路径

4.1 标准体系衔接断层亟待解决

BIM构件编码体系与电力行业现行定额标准存在映射关系不完整问题，特别是在GIS设备基础、变压器防火墙等特种构件的计量规则匹配度不足，设计阶段建立的模型参数无法完全对应工程量清单计价规范中的材料损耗系数计算要求，这种标准断层导致自动生成的混凝土方量、钢筋重量等核心数据仍需人工复核，直接影响智能化算量系统的推广应用深度。亟需建立跨专业的技术标准协同工作组推进编码规则与定额子目对照表更新工作。

4.2 算量模型训练数据覆盖不足

机器学习驱动的混凝土浇筑量预测模型面临训练样本单一化挑战，现有数据集主要集中在常规矩形设备基础类型。对于火力发电厂汽机基座大体积混凝土、变电站GIS室复合地基等特殊结构的样本收录比例偏低，这种数据缺陷导致算法在工程变更场景下的自适应能力受限，当遇到异形钢结构与设备基础交叉布置的复杂工况时，模型输出的工程量修正建议值与实际施工需求存在系统性偏差。需要通过扩大典型工程案例采集范围完善训练数据体系。

4.3 产业协同生态建设推进策略

针对国产BIM软件与造价系统间数据接口兼容性不足的突出问题，应引导工程咨询企业与软件开发单位建立联合攻关机制，重点开发适配电力工程特征的标准化数据转换插件^[4]。以Revit模型向BSL算量软件转换过程为例，当前存在的材质属性丢失、构件空间定位偏差等技术障碍，可通过建立电力专用IFC扩展标准予以解决，这种技术改进能够显著提升设计模型在工程量统计环节的复用效率。与此同时，电力行业主管部门需牵头构建智能计量技术认证体系，通过开展BIM计量师三维建模与算量规则应用能力专项培训，系统性提升从业人员模型深化应用水平。在具体实施层面，建议选取特高压换流站、新能源升压站

等典型工程作为试点，验证智能计量插件在电缆清册自动生成、设备基础工程量校核等场景的应用效果，并根据实践反馈持续优化数据转换算法。

5 结论

电力工程智能化计量体系的构建虽有效破解了传统模式在图纸解析效率与异形构件精度控制等环节的技术瓶颈，但在实际推广中仍面临多重挑战。通过开发适配变电站结构的构件族库与智能算量引擎，该体系成功实现电缆敷设路径自动识别与工程变更数据联动更新，特别是在火电工程改造场景中显著降低重复计算风险。当前技术体系需重点突破GIS设备基础模型与行业定额标准间的参数映射难题，针对换流站阀厅异形钢结构等特种构件的计量规则适配度仍需强化。此外，机器学习模型在混凝土浇筑量预测中的应用受限于工况数据采集维度不全，亟待建立涵盖输变典型场景的训练样本库。未来应加快研发国产BIM软件数据转换插件，同步推进计量工程师三维建模能力认证体系建设，通过技术迭代与生态协同持续提升智能计量技术的工程适用性，为新型电力系统建设提供可扩展的数字化支撑。

[参考文献]

- [1] 王晓璐. 电力工程中的智能化计量方式分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(08): 176-177.
- [2] 林强. 电力工程智能化计量方式研究[J]. 低碳世界, 2020, 10(06): 80-81.
- [3] 张旺, 张华, 石梁, 等. 电力工程智能化计量方式探索[J]. 中国电力企业管理, 2019, (36): 74-75.
- [4] 刘籍蔚. 基于BIM的智能化算量——以输变电土建工程为例[J]. 建材与装饰, 2019, (31): 240-241.

作者简介:

芦茜(1998—), 女, 汉族, 吉林省长春市人, 大学本科, 助理工程师, 工作领域: 国家电网公司计量专业。