

NPSO 通过对种群进行子群划分，可防止早熟收敛，能够在多个局部最优之间跳跃探索，最终获得一组帕累托前沿解集。将这种方法应用于配电网的时候，能够构建数学模型，涵盖最小网损、最低电压偏差、最少开关动作次数等多个目标，对光伏预测产生的误差、负荷变化趋势以及设备容量约束等综合考虑，求解出最优的有功削减与无功分配方案。比如，一个台区中有 20 个光伏用户，NPSO 可在 5 秒内完成一次优化计算，推荐各逆变器应发出的无功功率值以及是否需要轻微限电，保证整体运行良好，提高安全且降低成本，发挥经济价值。运行 Matlab/Simulink 平台，使用可视化仿真工具，可在不同气候条件、负荷模式下的多情景下进行推演，所获得的结果为现场运行维护的重要依据。广东某科研团队采用这种算法将实验系统搭建起来，经过一个季度的试运行，成功预警并规避了 7 次潜在过载事件，验证了其工程可行性。具体操作如下：

气候条件集成：使用 Simulink.LookupTable 模块或 MATLAB 函数块，将气候数据映射到系统参数。外部导入历史气候数据（如 CSV 文件），通过 From Workspace 模块注入模型。在负荷模块属性中，将 ActivePower、InductivePower 等设为变量（如 P_load, Q_load），而非固定值。用 Signal Builder 或 Timetable 模块生成不同时段的负荷曲线（如高峰/低谷模式）。

多情景批处理推演中，使用 parfor 循环或 Simulink.SimulationInput 对象加速多情景仿真。通过 Dataset 或 Scope 模块记录关键信号，使用 MATLAB 脚本绘制多情景结果对比图³。生成敏感性报告，计算气候/负荷变化对性能指标的影响系数，生成表格输出。

4 分布式光伏可视化监测与重配策略

为了保证防控的精准度，就要对系统的运行状态看得清，判断准确且管控得当。为达到如此效果，就要将全面、实时、智能的可视化监测体系建立起来。

4.1 可视化监测场景构建

依托企业数据中台建立“一户一档”的光伏用户数字画像。通过大数据分析引擎，对每户的最大发电功率、日均出力曲线、超容发电频次、电压越限持续时间等指标进行标签化处理，形成可量化评估的风险指数。在此基础上，开发 Web 端与移动端一体化的可视化监控平台，采用 GIS 地图叠加热力图的方式直观展示各台区光伏渗透率、反向功率占比、电压合格率等关键指标^[4]。运维人员可通过点击任意台区查看详细运行报告，包括历史重过载记录、典型日功率曲线对比、逆变器健康状态评分等。

应用组件级监测则借助智能关断器或者系统界面以热力图形式呈现整个阵列的工作状态：正常组件所呈现出来的是绿色，轻微衰减所呈现出来的是黄色，严重失配则会转变为红色并不断闪烁。运维人员可据此精准锁定不能正

常发挥功能的组件，避免消耗大量的时间盲目排查。比如，某渔光互补项目曾通过此功能可以发现部分组件由于海水飞溅而造成光伏器件中的电势诱导衰减（Potential Induced Degradation）效应，及时采取接地修复措施，挽回潜在年损失电量达 8 万千瓦时。

系统还可计算每个支路的 IV 曲线拟合偏差，结合红外成像数据判断是否存在热斑风险，提前预警火灾隐患。

4.2 台区重配优化措施

首先应合理规划并网方式，减少对外部电网依赖；其次，加强网络结构优化，针对负荷增长较快区域，适时增设新台区、拆分原有大台区，或将部分高压用户直供，减轻低压侧压力^[5]。同时，在 10kV 线路上合理布点串并联补偿装置，提升线路传输能力。通过动态负荷率评估模型，定期生成台区承载力评级，指导新建光伏项目的审批准入。

在供电可靠性要求极高的场所，政策上严禁光伏发电反向传输到公共电网。为此，系统配置储能电池组与双向变流器（PCS），配合使用智能控制器，可以有效实施防逆流控制。

控制器所发挥的作用是实时监测并网点电流方向，一旦检测到即将发生倒送的现象，立即启动储能充电，优先消纳多余光伏电量。如果储能已达满充状态，则平滑降低逆变器输出功率，确保净流入为零。该策略不仅能规避罚款风险，还能延长设备寿命——避免频繁启停造成的机械应力。

5 结语

通过研究明确，分布式能源接入配电台区会存在过载风险，采取主动防御措施结合可视化重配，可以起到抑制作用。应用分布式优化算法，实施交直流解耦控制，结合三相不平衡治理方式，使得系统韧性提升。通过运行可视化平台，可对波动影响进行预判，过载前防御结合过载中重配的动态响应得以实现，对新型电力系统建设起到重要支撑作用。

参考文献

- [1] 格日勒图, 张立辉, 柴剑雪.计及微电网群合作博弈的主动配电网能量优化调度二层规划模型[J].可再生能源, 2020, 38(2):205-211.
- [2] 杨小龙, 姚陶, 孙辰军, 等.计及分布式能源时序不确定性的短期负荷预测技术[J].可再生能源, 2024, 42(1):96-103.
- [3] 张欣王楷裴立耕朱明辉.计及分布式能源配电网多时间尺度优化控制[J].信息技术, 2022, 46(11):172-176.
- [4] 李庆生, 李震, 孙斌, 等.计及不确定性的主动配电网分布式能源 多时间尺度消纳方法[J].Renewable Energy (1671-5292), 2023, 41(5):692-698.
- [5] 李庆生, 李震, 孙斌, 等.计及不确定性的主动配电网分布式能源多时间尺度消纳方法[J].可再生能源, 2023, 41(5):692-698.

Research on Collaborative Design Method for Renovation of Existing Buildings Based on BIM and Point Cloud Scanning Technology

Yang Liu Li Tan

1. China Power Construction Corporation Chongqing Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400060, China
2. Zhongji Zhonglian Engineering Co., Ltd., JChongqing, 400039, China

Abstract

With the acceleration of urbanization and the advent of the era of existing buildings, the renovation and upgrading of existing buildings have become an important direction in the construction industry. The integration of BIM and point cloud scanning technology provides an innovative path for information collection, digital modeling and collaborative design of existing buildings. This article reviews the current development status and theoretical basis of BIM and point cloud technology, and systematically analyzes the integration methods and collaborative mechanisms of the two throughout the entire renovation process, including key links such as point cloud data collection and processing, BIM model reconstruction and optimization, and the construction of a multi-disciplinary collaborative platform. Through practical cases, the advantages of collaborative design in terms of surveying and mapping efficiency, design accuracy and multi-disciplinary collaboration have been summarized. Research suggests that the integration of BIM and point cloud not only enhances the scientificity and efficiency of existing building renovations but also provides support for the digital management of the entire building life cycle. The article finally looks forward to the trends and challenges of the intelligent and automated development of this technology.

Keywords

BIM; Point cloud scanning; Renovation of existing buildings; Collaborative design; Digital modeling; Building informatization

基于 BIM 与点云扫描技术的既有建筑改造协同设计方法研究

刘洋 谭荔

1. 中国电建集团重庆工程有限公司, 中国·重庆 400060
2. 中机中联工程有限公司, 中国·重庆 400039

摘要

随着城市化进程加快和存量建筑时代的到来, 既有建筑改造升级成为建筑行业的重要方向。BIM与点云扫描技术的融合, 为既有建筑的信息采集、数字建模和协同设计提供了创新路径。本文梳理了BIM与点云技术的发展现状及理论基础, 系统分析两者在改造全流程中的集成方法与协同机制, 包括点云数据采集处理、BIM模型重建与优化、多专业协同平台搭建等关键环节。通过实际案例, 总结了协同设计在测绘效率、设计精度与多专业协作方面的优势。研究认为, BIM与点云融合不仅提升了既有建筑改造的科学性和效率, 也为建筑全生命周期数字化管理提供了支撑。文章最后展望了该技术智能化、自动化发展的趋势与面临的挑战。

关键词

BIM; 点云扫描; 既有建筑改造; 协同设计; 数字建模; 建筑信息化

1 引言

当前, 随着新建建筑规模趋于饱和, 城市更新和既有建筑改造已成为建筑行业转型升级的主阵地。大量老旧建筑由于结构功能落后、空间利用效率低、能源消耗高等问题, 亟须通过改造提升其使用价值与生态性能。既有建筑改造项目普遍面临原始资料匮乏、空间结构复杂、设计变更频繁、

跨专业协作难度大等诸多挑战。传统测绘与设计方法已难以满足改造项目对高效率、高精度和全流程协同的需求。随着三维激光扫描和建筑信息模型(BIM)等新一代数字技术的快速发展, 点云扫描与BIM的深度集成, 为既有建筑改造提供了数字化、智能化的技术平台。点云扫描能够快速、全面、精准地获取建筑现状空间数据, 而BIM则为建筑改造设计、分析与管理提供了数据化、可视化、协同化的工作环境。两者的协同应用不仅推动了建筑改造测绘、建模与设计一体化创新, 也促进了多专业、多阶段的深度协作。本文聚焦于BIM与点云扫描在既有建筑改造中的协同设计方法,

【作者简介】刘洋(1987-), 男, 中国河南叶县人, 本科, 工程师, 从事建筑工程研究。

系统梳理理论基础、技术流程、协同机制与典型应用，旨在为我国既有建筑数字化改造与城市更新高质量发展提供理论依据和技术参考。

2 BIM 与点云扫描技术的理论基础与发展现状

2.1 BIM 技术的原理与建筑改造价值

建筑信息模型 (BIM) 是一种以三维数字模型为载体，集成建筑几何信息、物理属性、功能逻辑和运营数据的综合性信息平台。BIM 不仅具备建筑构件级的精细化表达和空间关系管理能力，还支持多专业协同设计、工程量自动统计、虚拟施工模拟与全生命周期管理等功能。在既有建筑改造中，BIM 能够实现复杂空间的数字建模、原有结构的精准分析、设计变更的快速响应及多方案可视化比选，为改造决策和后续运营提供数据支撑。BIM 模型作为“数字孪生”载体，促进了建筑从测绘、设计、施工到运维各阶段的信息流畅与协同优化。

2.2 点云扫描技术及其在建筑测绘中的优势

点云扫描技术主要指利用三维激光扫描仪等设备，通过高密度激光束扫描物体表面，获得建筑空间几何形态的高精度三维点位数据集合。点云数据具备高分辨率、非接触、实时采集的优势，可高效还原既有建筑的复杂空间结构与细节信息。相比传统人工测量与二维图纸，点云技术在大型、异形、复杂建筑空间的现状调查中展现出极强的适应性和测绘效率。其成果不仅为后续 BIM 建模与设计提供了真实、完整、可量化的数据基础，还显著提升了改造项目的空间认知与数字化管理能力。

2.3 BIM 与点云技术集成发展的行业趋势

随着数字建筑理念的普及和城市存量建筑改造需求的增加，BIM 与点云技术的集成应用日益成为行业主流。当前，点云数据自动化处理、BIM 模型与点云数据互操作、点云驱动的逆向建模、智能化缺陷识别与设计变更联动等新技术不断涌现。BIM 与点云协同不仅为既有建筑改造提供高效、精准、全流程的数字化手段，也推动了建筑设计、施工、运维等多阶段的信息集成和价值链重构。行业标准、软件工具和人才培养等方面也逐步向 BIM- 点云一体化转型，为建筑数字化升级奠定了基础。

3 点云数据采集与 BIM 建模的协同流程

3.1 点云数据的高效采集与智能处理

既有建筑改造的首要环节是对现状空间、结构和构件的全面数据采集。现代三维激光扫描和摄影测量技术为点云数据的高效获取提供了有力支撑。根据建筑物体量、结构复杂度和改造目标，科学制定采集方案，包括站点布设、扫描分辨率、覆盖范围等，确保关键部位无遗漏、细部信息高还原。采集完成后，原始点云数据常因测量环境、仪器精度等原因存在冗余、噪声和误差。通过空间配准、数据清洗和误差校正等处理流程，对多站点点云进行拼接融合，实现对大

体量空间的连续还原。智能点云算法能够自动识别墙体、门窗、梁柱、楼板等主要构件，大幅提升数据处理与后续建模的效率与准确性。针对大型或复杂空间，可采用多源点云融合及自适应降噪技术，既保证数据完整性，又避免冗余存储和处理压力。高质量点云数据不仅为 BIM 逆向建模和精细化设计提供坚实基础，也为后续多专业协同、碰撞检测和运维管理奠定了坚实的数据平台。

3.2 基于点云的 BIM 模型重建与信息补全

将点云数据转化为可参数化的 BIM 模型，是既有建筑数字化改造的核心步骤。基于经过智能处理的高质量点云，利用逆向建模软件和自动化建模插件，高效还原建筑物的空间布局、结构构件和外部轮廓。点云特征可自动匹配至 BIM 构件库，实现墙体、门窗、梁柱、楼梯等元素的快速生成。对于老旧建筑、无图纸资料或空间变形显著的项目，点云数据成为结构检测、空间分析和加固改造方案设计的关键依据。建模过程中，对不可见或隐蔽工程如管线、设备等信息，需要结合现场补测、施工档案和历史资料进行模型补全。对于复杂空间和异形构件，点云与 BIM 的深度融合可实现高度真实的空间还原和属性标注。最终，BIM 模型不仅具备三维可视化功能，还集成空间参数、构件属性、历史变更等多维度信息，成为多专业团队协同设计、方案比选、运维管理和工程全过程数字化的共享基础。高效的点云到 BIM 流程，极大提升了既有建筑改造的数据支撑能力和工程决策的科学性。

4 协同设计平台构建与多专业协作机制

4.1 基于 BIM 的协同设计平台与数据共享

在既有建筑改造项目中，BIM 协同设计平台为各专业团队提供了统一的数据环境和高效协作接口。平台集成点云与 BIM 模型，实现建筑、结构、机电、造价等多专业的信息同步与资源共享。设计团队可在同一数字空间内浏览模型、开展方案比选、执行冲突检测与变更管理，显著提升了跨专业沟通效率和决策科学性。平台具备细致的权限分级、版本控制及变更追溯功能，确保数据信息的安全性与一致性。云端 BIM 协作环境突破了地域和时间的限制，支持异地多团队的协同作业与实时互动，推动项目管理模式由传统的线下分散管理向数字化集成化转型。通过平台的标准化数据接口与信息集成，各参与方可实现流程透明、协作高效和动态响应，极大促进了既有建筑改造项目的科学管理与高质量推进。

4.2 多专业数据集成与设计冲突协同解决

既有建筑改造往往需要建筑、结构、机电、节能、造价、运维等多专业深度融合。基于点云数据构建的 BIM 模型，真实反映了物理空间的边界和建筑构件的详细属性，为多专业协同设计提供了坚实数据基础。各专业设计成果在 BIM 平台上进行模型集成，实现了建筑空间、结构构件、机电管