

AI

前沿计算科学

前沿计算科学

FRONTIERS IN COMPUTATIONAL SCIENCE

2025年1月 第1卷 第1期

2025年1月 第1卷 第1期

前沿计算科学

地址：香港油尖旺區大角咀通州街111號雲之端509室

邮编：999077

电话：00852 2742 8981

电子邮箱：zgjxscb@163.com

ISSN 1000-8888



9 771000 888257

0.1

主办单位 中國紫荊學術出版社有限公司

前沿计算科学

FRONTIERS IN COMPUTATIONAL SCIENCE

2025年1月第1卷第1期(月刊)

主办单位: 中國紫荊學術出版社有限公司

主 编: 袁健美

副 主 编: 范 波

编 务: 李 艳 王艳灵 熊佳怡 周 婷

编辑出版: 《前沿计算科学》编辑部

电子邮箱: zgjxscb@163.com

稿件查询: 00852 2742 8981

出版日期: 每月 25 日

联系地址: 香港油尖旺區大角咀通州街 111 號

雲之端 509 室

邮 编: 999077

Sponsored by China Bauhinia Academic Publishing

House Co.,Limited

Editor in Chief YUAN Jianmei

Deputy Editor in Chief FAN Bo

Editors LI Yan WANG Yanling XIONG Jiayi ZHOU Ting

Edited and Published by *Frontiers in Computational Science*

editorial department

Email zgjxscb@163.com

Telephone 00852 2742 8981

Publication Date The 25th of each month

Address RM 509, 5/F THE CLOUD 111 TUNG CHAU ST TAI

KOK TSUI HONG KONG

Postal Code 999077

编辑委员会

Editorial Committee

学术顾问: 袁健美

主 任: 黎世光

编 委: (按姓氏拼音排序)

陈云浩 范 波 王改革 周 科

张 昊 吴博文 彭紫晗 虞虹玲

苏康友 石静文

Academic Consultant YUAN Jianmei

Director LI Shiguang

Members(Sorted by alphabetical order of sumame in Pinyin)

CHEN Yunhao FAN Bo WANG Gaige ZHOU Ke

ZHANG Hao WU Bowen PENG Zihan YU Hongling

SU Kangyou SHI Jingwen

计算机科学与技术 打开通往未来的大门



前沿计算科学

FRONTIERS IN COMPUTATIONAL SCIENCE

目次

2025年1月第1卷第1期

行业前沿

- 计算机行业动态报告: DEEPSEEK 核心十问十答 张伟 1
- 人工智能行动峰会中国边会在巴黎举办 全球专家共议 AI 治理与合作 王芳 8

计算机基础理论

- 基于 ISE 算法的分布式 ETL 任务调度策略研究 李强 16
- AdaBoostRS: 高维不平衡数据学习的集成整合 李明轩, 刘敏 23
- 基于列存储的大数据采样查询处理 陈静, 王思远 30
- 基于节点连接模式相关性的链接预测方法 杨光, 赵丽 37
- 基于密度约束的对比模式挖掘 周杰 44
- 基于卷积神经网络的健康模型影响因素研究 张子涵, 吴婷 51

技术应用与实践

- 养老服务机器人的技术发展趋势 潘小星 58
- 三维激光扫描与 BIM 技术在历史建筑测绘建档中的应用研究 潘星, 刘赟, 寇明镜, 等 65
- 多轴数控加工技术在汽车零部件加工中的应用 卓杨伟, 蔡正坤 68
- 云计算技术在计算机大数据分析中的应用 蔡正坤 80
- 基于模板机制的三维数字采矿工程制图优化技术 王国锋 87

硬件设施与配套

- 笔记本电脑的选购要点与保养常识探讨 周 杰 90
- 基于深度学习的微机室计算机硬件故障检测及维护方法 张子涵 101

软件工程与开发

- 计算机与软件工程的建设策略分析 李 强 108
- 计算机软件开发中分层技术的实际应用研究 王思远 116

产品设计与研发

- 某型发动机控制器模拟接口电路测试性设计与验证 徐 浩 123
- 基于深度学习的实时图像目标检测系统设计 孙 琳 130
- 基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统设计 王志强 141
- 计算机视觉视域下智能照明控制系统开发 刘雨桐 144
- 面向软面料自主抓取的视觉检测与定位机器人研发 杨晨曦 158

计算机人才培育

- 工业机器人技术专业在汽车工业中的核心技能培养路径探索与实践
——基于“1+X”证书制度视角 胡 伟, 郭 佳, 何 宇, 等 165
- 基于 CDIO 教育理念的高校产学研协同创新人才培养路径研究
——以计算机辅助产品设计课程为例 黄俊杰, 林 娜 172
- 数字化转型背景下计算机类工程技术人才培养路径探索 高 翔 176
- 计算机类专业本科生计算思维的培育路径研究
——以湛江科技学院为例 郑 洁 182

科技创新与发展

- 大数据与计算机技术融合推动产业创新发展路径研究 王丹萍 185
- 数通网络架构在城域网中的创新实践 李 锋 191

FRONTIERS IN COMPUTATIONAL SCIENCE

Volume 1 Issue 1 (Total Issue 1) January 2025

Contents

Industry Frontier

- Computer Industry Dynamic Report: DEEPSEEK Core Ten Questions and Ten Answers ZHANG Wei 1
Artificial Intelligence Action Summit China Side Event in Paris Global Experts Discuss AI Governance and Cooperation
WANG Fang 8

Basic Computer Theory

- Research on Distributed ETL Task Scheduling Strategy Based on ISE Algorithm LI Qiang 16
AdaBoostRS: The Integration of High-dimensional Imbalanced Data Learning LI Mingxuan, LIU Min 23
Big Data Sampling Query Processing Based on Column Storage CHEN Jing, WANG Siyuan 30
Link Prediction Method Based on Node Connection Pattern Correlation YANG Guang, ZHAO Li 37
Contrast Pattern Mining Based on Density Constraint ZHOU Jie 44
Research on Influencing Factor of Health Model Based on Convolutional Neural Network ZHANG Zihan, WU Ting 51

Technology Application and Practice

- The Technical Development Trend of Elderly Care Robot PAN Xiaoxing 58
Research on the Application of 3D Laser Scanning and BIM Technology in Surveying, Mapping and Archiving of the
Historical Building PAN Xing, LIU Bin, KOU Mingjing, et al. 65
The Application of Multi-axis CNC Machining Technology in Automobile Part Processing ZHUO Yangwei, CAI Zhengkun 68
The Application of Cloud Computing Technology in Computer Big Data Analysis CAI Zhengkun 80
Optimization Technology for 3D Digital Mining Engineering Drafting Based on Template Mechanism WANG Guofeng 87

Hardware and Supporting Facility

- Discussion on Key Considerations for Purchasing and Maintenance Tips for Laptops ZHOU Jie 90

Fault Detection and Maintenance Method of Computer Hardware in Computer Room Based on Deep Learning

ZHANG Zihan 101

Software Engineering and Development

Analysis of Construction Strategy for Computer and Software Engineering

LI Qiang 108

Research on the Practical Application of Layering Technology in Computer Software Development

WANG Siyuan 116

Product Design and Development

The Testability Design and Verification of Analog Interface Circuit for a Certain Type of Engine Controller XU Hao 123

The Design of Real-time Image Target Detection System Based on Deep Learning SUN Lin 130

The Design of Civil Air Defense Engineering Quality Supervision System Based on BIM Technology WANG Zhiqiang 141

The Development of Intelligent Lighting Control System from the Perspective of Computer Vision LIU Yutong 144

The Research and Development of Visual Inspection and Positioning Robot for Autonomous Grasping of Soft Fabric

YANG Chenxi 158

Computer Talent Cultivation

Exploration and Practice of Core Skill Training Path of Industrial Robot Technology Major in Automobile Industry

—Based on the Perspective of "1 + X" Certificate System

HU Wei, GUO Jia, HE Yu, et al. 165

Research on the Training Path of Industry-University-Research Collaborative Innovation Talent in the College and University

Based on the Concept of CDIO Education

—Taking Computer-Aided Product Design Course as an Example

HUANG Junjie, LIN Na 172

Exploration of Training Path of Computer Engineering Technical Talent under the Background of Digital Transformation

GAO Xiang 176

Research on the Training Path of Computational Thinking for Undergraduate Majoring in Computer Science

—Taking Zhanjiang University of Science and Technology as an Example

ZHENG Jie 182

Innovation and Development of Science and Technology

Research on the Path of Promoting Industrial Innovation and Development through the Integration of Big Data and Computer Technology

WANG Danping 185

The Innovative Practice of Data Communication Network Architecture in Metropolitan Area Network

LI Feng 191

三维激光扫描与 BIM 技术在历史建筑 测绘建档中的应用研究

Research on the Application of 3D Laser Scanning and BIM Technology in Surveying, Mapping and Archiving of the Historical Building

潘星, 刘赞, 寇明镜, 张愈

PAN Xing, LIU Bin, KOU Mingjing, ZHANG Yu

甘肃省建筑科学研究院(集团)有限公司, 甘肃 兰州 912000

Gansu Institute of Building Research (Group) Co., Ltd., Lanzhou 912000, Gansu, China

摘要: 将三维激光扫描技术的高精度、高分辨率与建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 技术的构件及建模特性相结合, 应用于历史建筑测绘建档, 能有效发挥两种技术的优势。首先通过三维激光扫描技术获取要进行测绘建档的历史建筑的三维几何信息, 得到点云模型, 然后根据点云模型的尺寸信息建立 BIM 模型, 最后实现历史建筑的测绘建档。文章研究内容旨在为历史建筑修复施工、维护、监测及信息存档提供技术支持。

关键词: 历史建筑; 测绘建档; 三维激光扫描; BIM 技术

Abstract: Combining the high precision and high resolution of 3D laser scanning technology with the components and modeling characteristics of the Building Information Modeling (BIM) technology, and applying it to the surveying, mapping and archiving of historical buildings, the advantages of the two technologies can be effectively utilized. Firstly, the 3D geometric information of the historical buildings to be surveyed, mapped and archived is obtained by 3D laser scanning technology, and the point cloud model is obtained. Then, the BIM model is built according to the dimensional information of the point cloud model. Finally, the surveying, mapping and archiving of the historical buildings is realized. The research content

aims to provide technical support for the restoration construction, maintenance, monitoring and information archiving of historical buildings.

Keywords: historical building; surveying, mapping and archiving; 3D laser scanning; BIM technology

中图分类号: G240

1 研究背景

为了深入贯彻落实党的精神, 以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导, 围绕“更好地延续历史文脉和传统风貌、提升城镇品质、加快现代化城镇建设”等目标, 全面开展历史建筑保护工作, 进行历史建筑三维测绘、无人机航拍、历史建筑 BIM 模型搭建及测绘建档等重点工作, 为建筑历史价值的评估、鉴定、保护及存档提供依据。

文章以陕西省安康市石泉县天主堂、老法庭两处历史建筑为例, 利用三维激光扫描技术对建筑进行扫描, 采用激光点云处理软件对扫描的历史建筑进行点云模型搭建, 随后出具计算机辅助设计 (CAD) 图纸, 并建立局部 BIM 模型, 探讨三维激光扫描技术与 BIM 技术在历史建筑测绘建档中的应用。

2 建筑概况

天主堂、老法庭均位于石泉老街, 石泉老街位于陕西省石泉县城南部, 属于秦巴腹地、汉水之滨, 始建于汉代, 扩建于明清, 距今已经有 1 800 年的历史,

作者简介: 潘星, 女, 硕士, 助教, 研究方向为三维激光扫描与 BIM 技术; 刘赞, 男, 本科, 助教, 研究方向为三维激光扫描与 BIM 技术; 寇明镜, 男, 本科, 研究员, 研究方向为三维激光扫描; 张愈, 男, 本科, 研究员, 研究方向为三维激光扫描。

曾是石泉政治、经济、文化中心区。

3 历史建筑三维激光扫描

3.1 控制测量

周边地面固定至少3个标靶,采用网络载波相位差分技术(陕西省连续运行参考站)测量标靶中心坐标。

3.2 获取三维扫描数据

对历史建筑的内外结构进行三维空间数据采集。根据测绘需求,采用多站点、多视角设站的方式进行建筑物三维点云数据采集,在测站周围地物特征明显的情况下,站点间重叠度保证至少为30%,且扫描历史建筑外立面时,第一测站至少扫描到3个标靶,之后每站至少扫描到与上一站相同的两个标靶,以保证建筑整体结构数据精度,历史建筑扫描数据如图1所示。



图1 历史建筑扫描数据

3.3 扫描数据处理

建筑内外整体点云数据为色彩点云,格式采用.las数据格式,其精度满足二等精度指标。点云精度与技术指标如表1所示。

表1 点云精度与技术指标 单位:mm

精度等级	特征点点间距 中误差	点位相对于 临近控制点中 误差	最大点间距
一等	≤ 10	≤ 30	≤ 10
二等	≤ 25	≤ 100	≤ 25

注:大样图最大点间距宜<5mm。

3.4 点云拼接

点云拼接利用 Trimble RealWorks 软件进行点云拼

接,拼接分为自动拼接与手动拼接,因测站数据调整,导致部分数据无法完成全自动拼接时,采用手动拼接(单点配准)的方式进行点云拼接。点云全自动配准如图2所示,手动拼接(单点配准)如图3所示。

3.5 点云去噪

根据实际场景,对点云模型进行裁剪分割,去除历史建筑场景之外的部分,点云分割去噪如图4所示。

3.6 生成平立剖各部分投影图

使用正射及多面投影工具,对建筑物所有可见外立面及内部剖面进行等比例投影。对于转角较多的建筑物,需要分别截取出点云正射图,再利用 Photoshop 软件进行正射图拼接;对于输出点云正射图比较完整的,采用 Photoshop 软件进行正射图修饰。如遇正射图质量不好,则采用人工绘制二维立面的方法,输出对应的.tif格式照片文件,平立剖投影图如图5所示。

3.7 二维图形绘制

基于二维影像矢量化,根据投影图准确地勾绘出历史建筑特征面、特征线,按照设计要求修改线宽和颜色,并按照统一的要求标注各部分尺寸、标高、材质、轴号、剖切符号等信息,标注完成后添加图框,按比例输出成果图,其立面、剖面及大样图如图6所示。

4 历史建筑 BIM 模型的转化与应用

通过无人机扫描的模型,结合绘制的 CAD 图纸,利用 Autodesk Revit 软件对点云模型进行 BIM 建模。

为了方便 BIM 建模过程中搭建复杂节点的构件模型,此次仅突出局部节点构件,将三维激光扫描后经过处理的点云模型导入 Revit 软件,搭建历史建筑的 BIM 构件模型。山墙实物图如图7所示,山墙点云模型转 BIM 模型如图8所示。

三维激光扫描可以采集历史建筑较为准确的尺寸信息,在 BIM 模型建立后,能很好地展现历史建筑复杂的纹路,利用这一特点,可有效辅助各专业设计师更加精细化地对历史建筑进行建档存档工作。建立的 BIM 模型可有效地保存历史建筑信息,方便维修和保护历史建筑。

5 结论

(1) 利用三维激光扫描测量精度高、非接触式、自动化程度高等特点,实现了历史建筑实物实测,充分展现了三维激光扫描在历史建筑测绘存档数字化、

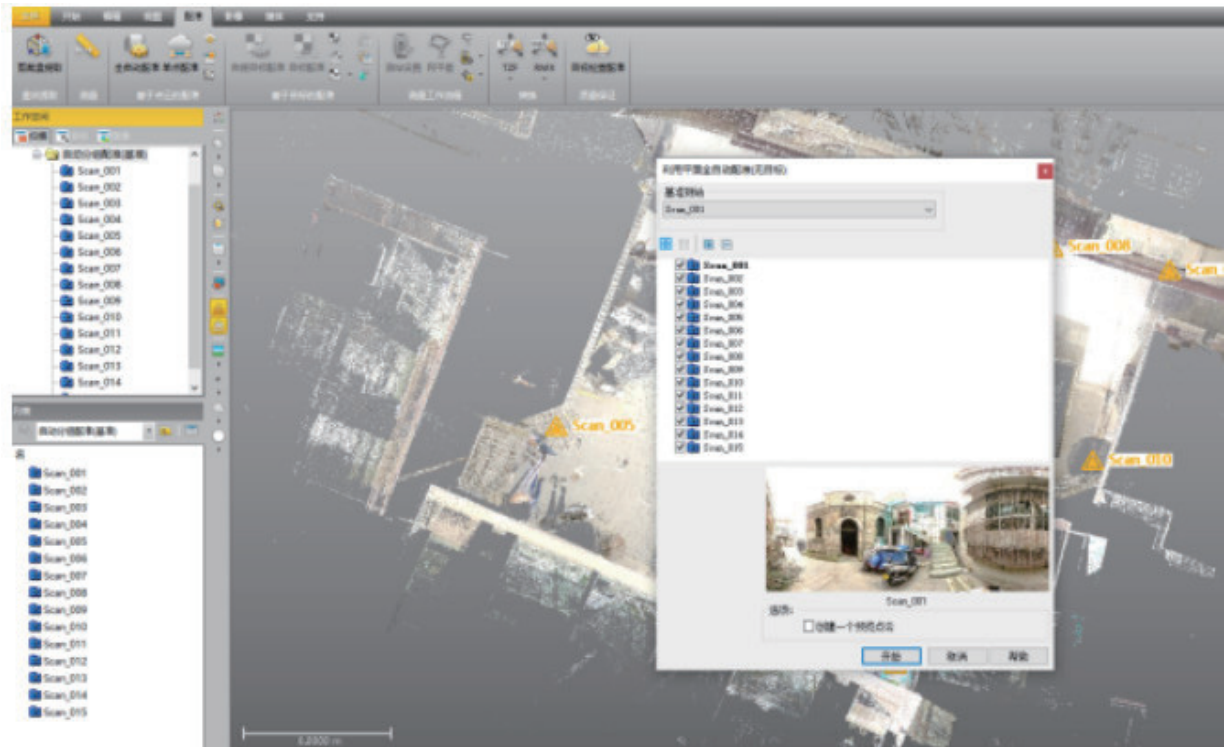


图2 点云全自动配准

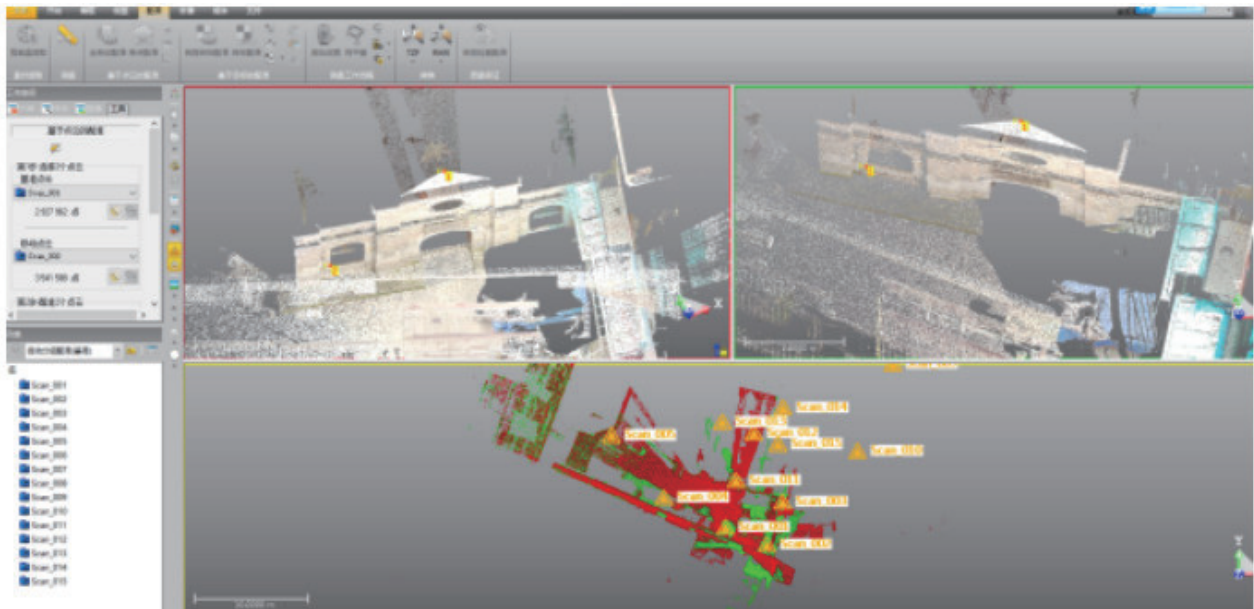


图3 手动拼接(单点配准)

信息化保护方面的优势, 同时为历史建筑的三维建模和重建修复等提供了参考。

(2) 将三维扫描与 BIM 技术结合, 以点云数据为基础, 建立古建筑的“族”模型, 然后再构建整体或局部的 BIM 模型, 在 BIM 模型中可以添加建筑物的各种信息, 最后将完成的模型进行存档, 使历史建筑得到更好的保存与活化。

参考文献

- [1] 姚习红, 周业梅, 加松, 等. 基于三维激光扫描的建筑物逆向建模实现方法及应用[J]. 工业建筑, 2020, 50(3): 178-181, 189.
- [2] 马小秋, 刘丹丹. 基于透视式增强现实的 BIM 建筑三维重建仿真[J]. 计算机仿真, 2020, 37(3): 229-233.
- [3] 李海亮. 面向 BIM 设计的复杂工点三维场景建模方法研究[J]. 中外公路, 2021, 41(6): 306-309.
- [4] 张经纬. BIM 技术在近代历史风貌建筑保护修缮中的应用研究[D]. 天津: 天津大学, 2018.

基于模板机制的三维数字采矿工程制图优化技术

Optimization Technology for 3D Digital Mining Engineering Drafting Based on Template Mechanism

王国锋

WANG Guofeng

山西陵川崇安苏村煤业有限公司, 山西 晋城 048304

Shanxi Lingchuan Chong'an Sucun Coal Industry Co., Ltd., Jincheng 048304, Shanxi, China

摘要: 为提高三维数字采矿工程制图的效率、规范性与智能化水平, 文章采用模板机制构建自动化制图系统, 系统性研究其架构设计、功能划分、关键技术及工程应用路径, 通过模板驱动的参数化建模与几何约束方法, 实现复杂矿山构件的快速生成与标准表达。研究表明, 该机制有效优化了制图流程, 提高了制图精度, 具备良好的适应性与推广前景, 为矿业工程数字建模提供了高效可行的技术支持。

关键词: 三维制图; 模板机制; 采矿工程

Abstract: In order to improve the efficiency, standardization and intelligence of 3D digital mining engineering drafting, this paper uses template mechanism to establish an automatic drafting system, systematically studies its architecture design, function division, key technologies and engineering application paths, and realizes the rapid generation and standardized expression of complex mine components through template-driven parametric modeling and geometric constraint methods. The research results show that the mechanism effectively optimizes the drafting process, improves the drafting accuracy, and exhibits good adaptability and promotion prospects, providing efficient and feasible technical support for digital modeling of mining engineering.

Keywords: 3D drafting; template mechanism; mining engineering

中图分类号: TD802

随着矿业工程向智能化方向发展, 三维数字制图已成为矿山设计与管理的重要支撑手段, 但当前制图效率低、标准化不足等问题制约了制图的应用推广。文章基于模板机制构建三维制图优化系统, 从架构设计、模块划分、关键技术及工程应用等方面展开研究, 力图提高制图自动化水平与图形精度, 为矿业数字建模提供高效、规范的技术支撑, 推动制图体系向标准化、智能化演进。

1 三维数字采矿制图概述

三维数字采矿制图融合计算机图形学、地质建模与矿山信息化技术, 旨在对矿体、巷道、断层、岩层界面等要素进行数字化表达, 实现采矿工程空间结构的高精度建模与动态可视化呈现。相较传统二维制图, 三维制图在空间信息表达上更具完整性与直观性, 广泛应用于矿山规划、设计、施工与运营, 尤其在辅助决策、风险预测、资源管理等方面展现出强适应力。随着矿业开发向深部、复杂地质环境推进及智能矿山理念的发展, 三维制图已成为地质勘查、矿体建模、采矿设计与生产调度的关键技术^[1]。但当前仍存在手工建模烦琐、图元标准缺失、重复操作频繁等瓶颈, 制约制图的质量与效率。为此, 需引入模板机制等自动化建模手段, 重构制图流程, 提高制图效率、规范性及系统智能化水平, 以满足现代矿山制图需求。

2 模板机制的原理

模板机制是实现三维数字采矿制图自动化与标准化的关键技术, 指在建模过程中预设具备结构化参数

作者简介: 王国锋, 男, 本科, 工程师, 研究方向为采矿工程。

和标准化样式的图形构件模板，调用模板并匹配工程需求，实现图元快速生成与高效重构。其核心在于对井筒、巷道、硐室、通风系统等高频构件进行抽象建模，形成具备几何属性、拓扑结构和语义标识的标准化模板，融合几何特征与设计功能，完成“几何—语义”一体化。模板机制可显著减少手工建模的重复劳动，提高图形生成效率与一致性，确保符合行业标准与规范^[2]。该机制支持参数扩展与实例化操作，具备良好的适应性与可扩展性，适用于多种矿山地质与工程布置。其融合参数驱动、实例建模与规则控制，结合设计标准与工程数据，构建统一的数据支撑体系，支撑多场景采矿工程三维制图，推动制图流程由人工向自动化、智能化转型。

3 基于模板机制的三维数字采矿工程制图优化技术设计

3.1 系统架构设计

三维数字采矿工程制图优化系统采用模块化与层级化架构设计，整体架构分为数据管理层、模板驱动层、图形生成层与用户交互层四部分。

数据管理层对原始矿山数据进行处理，为后续模板调用提供标准化支撑；模板驱动层根据用户需求调取模板并绑定工程参数，驱动图形生成层实现模型自动构建；图形生成层输出标准化三维制图结果，通过用户交互层进行展示与调整，从而进行高效、灵活制图。该架构实现了制图流程数据驱动与模板驱动的协同，能显著提高传统制图效率与质量。

3.2 功能模块划分与流程对接

基于模板机制的三维数字采矿工程制图系统，采用分层解耦与模块集成设计，主要包括数据预处理、模板管理、图形生成与交互控制四大模块^[3]。数据预处理模块负责多源数据的清洗、格式转换与结构化建模；模板管理模块可实现模板创建、参数配置与规则约束，是系统的核心模块；图形生成模块基于模板自动构建三维图元，完成空间可视化；交互控制模块支持图形编辑、视角切换与批量导出，提高了操作的灵活性。各模块通过标准接口对接，确保数据与指令流畅，构建高效协同的制图链条，提高系统的可维护性与扩展性，支撑复杂采矿场景下工程图的自动化生成。

3.3 三维模型构建

三维数字采矿制图优化的关键在于模板自动匹配

算法、参数驱动建模与几何拓扑约束的协同实现。系统通过相似度匹配函数，对输入数据与模板进行快速匹配，核心算法采用加权欧氏距离模型，匹配相似度 S 的计算公式如下：

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (x_i - t_i)^2} \quad (1)$$

式中： n 为输入参数的维度总数； i 为参数索引； w_i 为权重因子； x_i 为输入参数； t_i 为模板参数。

当 S 最小时，系统自动选定最优模板，基于参数驱动模型，构建几何特征参数（如长度、半径、倾角），驱动模板实例化，并结合布尔运算完成空间拼接。为保证结构的合理性，引入拓扑一致性约束函数，计算公式如下：

$$T = \sum_{j=1}^m \delta(e_j \notin G) \quad (2)$$

式中： T 为当前生成图元与已有图形集合之间的冲突计数； m 为新建图元中边界元素的数量； j 为边界元素的索引次序； $\delta(\cdot)$ 为逻辑判定函数； e_j 为图元边界； G 为有效几何图元集合。

若存在 $\delta=1$ ，则提示结构冲突。该技术流程实现了从参数识别到图形构建的自动闭环，极大提高了三维制图效率与准确性。

3.4 界面设计与交互方式

界面设计作为三维数字采矿工程制图系统的人机交互核心，直接关系到制图效率与操作体验。系统界面采用模块化布局，集成数据导入区、模板选择区、三维视图区与参数控制区，界面风格简洁，功能逻辑清晰。用户可通过图形化操作方式进行构件模板的选取、参数调整与实时预览，实现“所见即所得”的直观建模体验。在交互方式上，系统支持鼠标拖拽、属性面板调整与快捷键调用，并结合三维视角漫游、局部放大、剖切分析等操作，增强对复杂矿体结构的理解与编辑控制。为满足工程应用的精度要求，界面中嵌入高精度捕捉与辅助定位工具，实现构件的精准放置与尺寸校核。整体交互系统以高响应、低延迟为目标，确保操作的流畅性与模型反馈的实时性，为工程人员提供专业、高效、智能的制图操作平台。

4 工程案例应用与效果分析

4.1 应用场景选取与数据准备

为验证模板机制在三维数字采矿工程制图中的优化效果，选取某大型地下金属矿山作为应用场景，该

矿区地质复杂、采掘系统密集，是深部矿山工程制图的典型代表，具有较高的实验价值。制图范围涵盖竖井、斜坡道、主巷、采场及通风系统等关键构筑物。数据准备包括采集二维设计图纸、钻孔数据及三维激光扫描点云，融合矿体建模软件输出的地质模型，统一坐标、格式转换并剔除噪声，构建标准化工程数据集。预处理阶段重视几何精度与拓扑的一致性，确保模板匹配与图形生成的高效执行，为系统性能测试与优化提供可靠基础。

4.2 应用过程与操作步骤

在三维数字采矿工程制图应用中，首先导入经统一坐标与格式转换后的标准化矿区数据，内容涵盖巷道轴线、矿体边界、钻探点及工程布置信息，系统解析其几何特征与语义属性，建立结构化数据模型。然后，进入模板选择模块，系统依据图元属性与空间分布，自动调用井筒、硐室、通风系统等模板，用户可根据工况微调参数，实现个性化适配。系统通过参数驱动建模，输入关键参数，自动生成三维模型并完成位置布设，执行空间约束与拓扑连接，确保结构的连续性与几何合理性^[4]。系统生成图形后，用户在交互界面可进行多角度漫游、局部剖切与结构校核，调整错位、尺寸偏差或逻辑错误，最终输出符合矿山工程规范的三维制图成果，并支持多种格式导出，实现从原始地质数据到工程图形输出的自动化闭环，助力设计、施工与管理工作水平的提高^[5]。

4.3 制图效率与精度对比分析

为评估模板机制在三维数字采矿制图中的优化效果，选取同一作业面下 50 个典型构件作为测试对象，分别采用传统手工建模方法与基于模板机制的自动制图系统，将二者的测试结果进行对比（见表 1）。重点统计两种方法在制图时间、构件尺寸与位置误差控制等方面的表现，综合分析其在效率提升、精度保障与操作一致性方面的优势，为模板机制的工程应用提供量化依据。

表 1 人工制图与模板机制制图对比

对比项	人工制图	模板机制制图	优化率（误差降低率）/%
制图时间 /min	180	65	63.9
平均位置误差 /m	0.32	0.08	-75.0
平均尺寸误差 /m	0.27	0.09	-66.7

测试结果表明，模板机制显著提高了三维数字采矿工程的制图效率。系统通过模板调用与参数化建模，

实现构件的自动识别与快速生成，显著减少人工制图时间。在精度控制方面，系统引入几何约束规则与拓扑一致性校核机制，有效保证构件的空间位置与尺寸参数高度还原，满足严苛的工程设计精度要求。模板机制在确保图形准确性的同时，全面提高制图流程的自动化水平与响应速度，降低人力成本，增强工程适用性，在大规模复杂工况下展现出良好的工程实用价值与推广前景。

4.4 模板机制适应性与推广性探讨

模板机制具备良好的结构通用性与参数扩展性，适用于多类型采矿工程的三维制图需求。可在不同地质条件、矿体结构与工程布置模式下，灵活调整模板参数与构件组合，实现对竖井、平硐、采场、通风系统等多类构筑物的快速建模与自动化制图。模板库的不断扩展与标准化建设，使其具备跨项目、跨区域应用的基础能力。结合行业设计规范与矿山信息系统集成，可构建统一的图形标准与数据接口体系，支撑矿山设计、施工与运营全过程的数据协同与图形更新。在智能矿山、建筑信息模型矿业系统建设等场景中，该机制有望成为三维建模与工程可视化的关键支撑工具，推动传统制图向智能化、平台化方向迈进，具有广泛的工程推广价值与产业转化潜力。

5 结束语

文章围绕三维数字采矿工程制图中模板机制的构建与优化展开系统研究，验证了其在提高制图效率、规范性与精度方面的显著优势，为复杂矿山工程的数字建模与自动化制图提供了可行路径。后续工作将聚焦模板库的智能扩展、复杂构件间的逻辑关联建模及系统在多矿区、多工艺流程下的适应性验证，进一步推动模板机制在矿业信息化、智能设计与数字孪生场景中的深度融合与工程落地。

参考文献

- [1] 丁绅.基于三维打印的五年制高职机械制图课程设计探索[J].造纸装备及材料,2025,54(2):232-234.
- [2] 王鸿宇.BIM技术下的建筑工程施工图综合设计分析[J].陶瓷,2025(6):209-210.
- [3] 张又文.基于要素分类与模板的三维数字采矿工程制图优化研究[D].湘潭:湘潭大学,2020.
- [4] 吴慧,吴明明,肖作磊.《工程制图》课程思政教学探究与实践[J].模具制造,2025,25(7):67-70.
- [5] 邱云菲,陈云,满晓磊.新工科背景下工程制图及CAD(1)课程教学改革[J].黑河学院学报,2025,16(7):103-105,142.

基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统设计

The Design of Civil Air Defense Engineering Quality Supervision System Based on BIM Technology

王志强

WANG Zhiqiang

南通市民防（人防）工程管理中心（南通市人防工程质量监督站），江苏 南通 226001

Nantong Civil Defense (Civil Air Defense) Project Management Center (Nantong Civil Air Defense Engineering Quality Supervision Station), Nantong 226001, Jiangsu, China

摘要：文章基于 BIM 技术设计了一款人防工程质量监督系统，研究了该系统的架构设计和软件设计，对数据采集处理层、BIM 模型集成层及质量监督和控制层三部分展开了论述，通过测试验证系统的功能和性能，以期结合 BIM 技术，实现对人防工程质量的全面监督和控制，为人防工程提供更全面、可视化和高效的监督手段，进一步推动该系统未来的开发，以适应不断变化的需求和技术发展需要。

关键词：BIM 技术；人防工程；质量监督

Abstract: A civil defense engineering quality supervision system was designed based on BIM technology, and the architecture and software design of the system were studied. The data acquisition and processing layer, BIM model integration layer, and quality supervision and control layer were discussed. By testing and verifying the functionality and performance of the system, we aim to combine BIM technology to achieve comprehensive supervision and control of the quality of civil defense engineering, provide more comprehensive, visual, and efficient supervision methods for civil defense engineering, and further promote the future development of the system to adapt to constantly changing needs and technological development needs.

Keywords: BIM technology; civil defense engineering; quality supervision

中图分类号：TU712.3

近年来，随着建筑业和城市的快速发展，人们对人防工程的建设和质量监督提出了更高的要求^[1]。传统的质量监督方法依赖于人工巡检和文件记录，存在工作效率低、处理信息不及时、监督不全面等问题。为了应对这些挑战，文章提出基于 BIM 技术设计一款人防工程质量监督系统。BIM 技术可以提供三维的建筑信息模型，可视化呈现相关数据，为质量监督提供全新的工具和方法。文章对系统的数据采集处理层、BIM 模型集成层及质量监督和控制层每个层级承担的任务和功能进行了研究，最后进行了系统测试实验，通过详细的数据验证该系统的性能和功能，期望为人防工程的质量监督提供一个全新的解决方案。

1 架构设计

基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统总框架如图 1 所示。

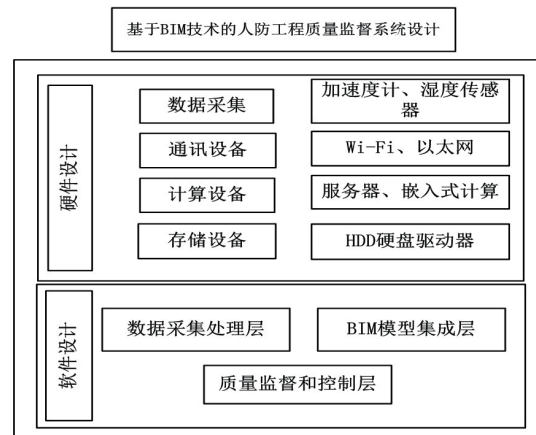


图 1 基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统总框架图

作者简介：王志强，男，硕士，高级工程师，研究方向为人防工程质量监督和工程管理。

基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统框架设计分为硬件和软件两部分。硬件包括 ADXL345 系列加速度计, DHT22 系列湿度传感器; Wi-Fi、以太网两种通信设备; PowerEdgeR740 系列、Raspberry 系列的嵌入式计算设备; HDD 系列的硬盘驱动器等。软件设计主要是通过数据采集处理层将原始数据转化为可用于进一步分析和显示的格式, 由 BIM 模型集成层接收来自数据采集处理层的数据, 并将其整合到 BIM 模型中, 最后质量监督和控制层采用来自 BIM 模型集成层的数据, 用户可以在这一层获得质量监控结果和警报信息, 监督和控制工程质量。

2 软件设计

2.1 数据采集处理层

数据采集处理层是基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统的底层, 负责收集和处理来自各种传感器和数据源的实时数据^[2]。具体流程如图 2 所示。

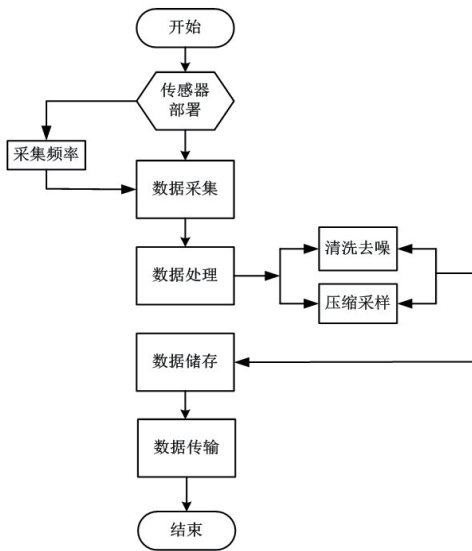


图2 数据采集处理流程

数据采集处理层先根据工程需求和设计部署各种传感器, 实时监测人防工程的各种参数, 传感器定期采集的频率决定着数据采集的数据类型, 数据采集设备位于传感器和数据采集处理层之间, 并获取传感器产生的原始数据, 接着, 数据处理对原始数据进行数据清洗、去噪、校正等一系列操作, 确保数据的质量和准确性, 同时, 数据处理时会对数据进行采样或压缩, 减少存储和传输负担。处理后的数据被存储在 SSD 固态硬盘数据存储器上, 并确保系统中的数据始终可供使用。最后使用无线通信设备 Wi-Fi 及有线通信设备将处理后的数据传输到更高级别的 BIM 模型集

成层。

2.2 BIM 模型集成层

BIM 模型集成层负责将来自数据采集处理层的实时数据集成到 BIM (建筑信息模型) 中, 将实时数据映射到建筑模型的相应位置^[3]。

(1) 模型映射和匹配是实时数据正确映射到 BIM 模型的关键过程, 将传感器数据与 BIM 对象的属性相匹配, 将所采集处理的数据进一步映射到建筑结构的相应部分, 使用欧几里得度量测算传感器数据点与 BIM 对象属性之间的距离, 欧几里得度量计算公式如下:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

式中: $d(x,y)$ 为两点之间的欧几里得距离; x 、 y 为两个数据点; n 为维度的数量; x_i 、 y_i 为两个数据点在第 i 个维度上的坐标。

通过计算获得传感器数据点与 BIM 对象属性之间的空间距离或相似度。最后, 通过计算时间戳的差异使传感器数据和 BIM 模型数据的时间戳处于相同时间范围内。时间戳计算公式如下:

$$d(ts, tb) = |ts - tb| \quad (2)$$

式中: $d(ts, tb)$ 为传感器时间戳和 BIM 模型时间戳之间的差异; ts 为传感器时间戳; tb 为 BIM 模型时间戳。

时间戳对齐完成后, 需找到 BIM 对象与传感器数据时间戳最接近的属性, 并利用传感器将数据映射到 BIM 模型相应位置, 使用相应的时间戳。

(2) BIM 集成允许实时数据与 BIM 模型之间进行双向通信和数据共享, 从而更好地支持工程团队的协作和决策制定。BIM 集成流程如图 3 所示。

数据共享是实现 BIM 模型与实时数据双向通信的关键。通过建立数据共享通道, 记录数据并用于模型实时更新。在数据共享的基础上, 可使用定时任务、事件触发、数据推送等机制保持数据同步, 将传感器数据映射到 BIM 模型中, 更新相关元素属性。同时, 自动化数据处理实现实时数据的可视化, 在 3D 环境中集成传感器数据与 BIM 模型, 同时使用 Heatmaps 表示数据分布和密度, 为数据添加动画和时间轴, 以可视化数据随时间的演变。最后, 动画和时间轴可增强数据可视化, 便于用户和设计人员直观了解数据变化, 提高工程项目效率和质量^[4]。

2.3 质量监督和控制层

质量监督和控制层作为系统的顶层, 负责监督和

控制人防工程的质量, 确保安全性和符合设计要求, 具体步骤如下。(1) 质量监测和分析: 使用 MATLAB 数据分析软件的 NumPy 数据分析库处理和分析实时数据, 并用 FEA 有限元建立结构的有限元模型, 分析模拟结构受力和热分布等情况。(2) 安全控制和报警: 使用 GIS 技术分析和可视化地理位置、气象等数据。建立声音警报、红色闪光灯、紧急广播等紧急通知系统, 提供警报和通知。(3) 质量评估和记录: 使用 NDT 非破坏性测试中的磁粒子检测技术, 清洁待检测的材料或结构表面, 然后通过磁化, 使其成为具有磁性的材料^[5]。(4) 风险管理和预防: 使用 FMEA 故障模式识别和评估工程建筑潜在的故障模式, 通过分析各种故障模式, 确定哪些故障可能对项目的质量和安全性产生最大的影响。总之, 通过数据分析、磁粒子检测和风险管理等技术和方法, 工程部门能及时识别问题、采取预防措施, 确保工程项目的可持续性和成功交付。

3 系统测试实验

3.1 测试准备

为保证基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统的正常运行, 进行实验测试, 测试前需准备 ADXL345 加速度计, 测量精度为 $\pm 2\%$ 的湿度传感器及 HDD 系列硬盘驱动器, Wi-Fi、以太网两种通信设备, Dell PowerEdg 系列的服务器和 Raspberry 系列的嵌入式计算设备等硬件设备, 保证测试的顺利进行。

3.2 测试结果

据以上采集的数据对基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统进行分析, 并生成详细的实验报告, 评估该平台的运行效率、稳定性。实验数据如表 1 所示。

由表 1 可得, 在数据负载 3 条件下, 系统的运行

时间、内存使用量和稳定性等方面表现出色, 具有最短的运行时间、最低的内存使用量和 4.9 的最高稳定性评分, 表明在这种情况下系统响应速度最快。在数据负载 4 条件下, 系统显示最高的 CPU 利用率为 99%, 而数据负载 3 条件下显示最高的 CPU 利用率为 98%, 其他条件下, CPU 利用率皆在 95% 之上, 高 CPU 利用率表明该系统在处理这些数据负载时能及时快速地进行大量资源的计算。总之, 系统在处理不同负载条件时依旧可保持高稳定性地去记录和处理大量工程数据, 能有效地管理内存资源。

4 结束语

基于 BIM 技术的人防工程质量监督系统为工程监督和管理提供了实时、三维的可视化数据, 可使设计人员更好地了解工程项目的进展和质量。文章深入研究了该系统的架构设计, 特别强调该系统各关键层次之间的密切关联和协同作用是实现监督系统卓越性能的关键, 最后, 对该系统进行一系列测试实验后, 证实了该系统在工程监督和管理领域的卓越性能。未来, 为了发挥该系统的最大作用, 要不断改进和升级, 以适应不断变化的工程需求和技术进步需要。

参考文献

- [1] 郝明昊. BIM 技术在地下人防工程设计中的应用研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2022.
- [2] 麻文娜, 张乐芳, 关宏洁. BIM 辅助下的装配式建筑施工过程信息动态采集方法[J]. 粉煤灰综合利用, 2022, 38(4): 128-134.
- [3] 范登科, 张恒, 张丽. 基于构件复用与边折叠的 BIM 模型几何轻量化方法[J]. 铁道标准设计, 2023, 67(6): 60-65.
- [4] 任宁, 贾皓然, 刘航序. 人防工程中基于 BIM 技术的地下空间管线廊道管理方法[J]. 建筑安全, 2023, 38(7): 4-8.
- [5] 雷洋, 徐星. BIM 技术在人防地下室设计中的应用[J]. 中国建设信息化, 2023(6): 78-82.

表 1 实验数据

Experimental condition	Running time/s	Memory usage/GB	CPU utilization rate	System stability score
Data load 1	120	8.5	95%	4.5
Data load 2	180	10.2	96%	4.8
Data load 3	90	9.9	98%	4.9
Data load 4	150	8.9	99%	4.0