

工程测绘中激光扫描技术的点云数据去噪与三维建模优化

陈 婷

内蒙古科伟信息技术有限公司 内蒙古自治区 呼和浩特 010000

【摘要】：激光扫描技术在工程测绘中能够快速获取高密度空间点云数据，但原始数据中常存在噪声点与离散异常信息，影响三维建模精度与结构表达。针对点云数据质量问题，从噪声来源分析入手，对点云数据去噪处理方法及三维建模流程进行优化。结合统计滤波、邻域密度分析及曲面重建等技术，对点云数据进行有效处理并提升模型重建稳定性。优化后的数据结构更加完整，模型表面表达更加准确，有利于提高工程测绘成果的空间精度与数据可靠性。

【关键词】：激光扫描技术；点云数据处理；数据去噪；三维建模；工程测绘

DOI:10.12417/3041-0630.26.04.004

激光扫描技术凭借高密度采样与快速获取空间信息的能力，在工程测绘领域形成重要的数据采集手段。扫描设备能够在短时间内获取大量空间点位信息，为复杂结构与大范围区域的三维表达提供基础数据。实际采集过程中受到环境条件、设备精度及反射特性等因素影响，原始点云数据常包含一定程度的噪声与异常点，这些数据会影响后续三维建模的稳定性与结构精度。数据处理质量逐渐成为影响测绘成果可靠性的关键因素。针对点云数据中存在的干扰信息与建模效率问题，对数据去噪方法及建模流程进行系统分析与优化，有助于提升点云数据质量与模型表达能力，并推动激光扫描技术在工程测绘中的深入应用。

1 激光扫描点云数据噪声来源及建模影响

激光扫描技术在工程测绘中的应用依赖于对目标区域进行高密度空间采样，通过获取大量离散点位形成点云数据，从而构建真实场景的三维空间结构。实际测量环境中，扫描数据往往受到多种因素影响而产生噪声信息。设备本身的测距精度、扫描角度变化以及激光束传播过程中的能量衰减都会对回波信号稳定性产生干扰，导致部分点位偏离真实空间位置。复杂地物表面材质差异也会影响激光反射特性，金属、玻璃及高反射材料容易产生异常反射点，而粗糙或吸光表面则可能造成回波信号弱化，进而形成离散噪声点。

工程测绘作业环境通常包含建筑结构、地形起伏以及各类附属设施，空间遮挡现象较为普遍。扫描过程中，当激光束被局部结构阻挡时，部分区域的数据采样密度会明显降低，点云分布呈现不均匀状态^[1]。与此同时，环境因素同样会对数据质量产生影响，空气中悬浮颗粒、光照变化及气流扰动均可能改变激光传播路径，使部分采集点出现漂移或离散现象。多站点拼接扫描时，坐标转换误差与配准误差也可能引入附加噪声，造成点云结构局部畸变。

点云数据中的噪声信息会直接影响后续三维建模过程的稳定性。离散异常点会干扰曲面重建算法对空间结构的识别，

使模型表面出现起伏或破碎现象。数据密度不均会降低特征边界提取的准确度，影响结构轮廓表达。局部噪声过多还会增加建模计算量，使三维重建效率下降。在复杂工程结构建模中，噪声点若未得到有效处理，容易造成构件尺寸偏差与几何关系失真，从而影响测绘成果的精度与空间表达质量。

2 点云数据去噪处理与三维建模优化方法

点云数据去噪处理是激光扫描数据质量控制的重要环节，其目标在于消除离群点、削弱随机噪声并保持原始几何结构特征。针对工程测绘数据量大、结构复杂的特点，常通过多种数据处理算法协同完成去噪任务。基于统计特性的滤波方法在实际处理中应用较为广泛，通过计算点云邻域内的平均距离与标准差，对明显偏离空间分布规律的点进行识别与剔除，从而降低随机噪声对数据结构的干扰。半径滤波方法则依据空间邻域密度对离散点进行筛选，当某一采样点在设定半径范围内的邻域点数量低于阈值时，可判定为异常点并予以清除。此类方法在处理大规模扫描数据时能够保持较高效率，同时对点云整体结构影响较小。

在复杂工程环境的数据处理中，单一滤波方式难以完全满足精度需求，因此常结合多种算法进行综合处理。体素网格滤波能够通过空间分块方式对点云进行重采样，在保证结构特征完整的前提下降低数据冗余度，提高后续计算效率^[2]。基于曲率特征的平滑处理可进一步优化点云表面连续性，通过分析局部邻域曲面变化程度，对异常突变点进行平滑修正，从而减少几何结构的不规则波动。对于结构边界明显的工程对象，还需结合特征点保护策略，在去除噪声的同时保持边缘轮廓与结构节点信息，避免关键几何特征在处理过程中被误删。

三维建模阶段需要在高质量点云基础上完成空间结构重建。常见建模方法包括基于三角网格的曲面重建技术与基于体素结构的表面表达方式。三角网格重建通过对点云进行拓扑连接，生成连续的网格结构，从而形成完整的三维表面模型。为提高模型精度，需要在建模过程中进行法向量估计与曲面拟合

处理,通过计算点云邻域的法线方向,构建稳定的几何约束关系,使模型表面更加平滑且符合真实结构形态。对于建筑物与工程构件等规则结构,还可结合平面分割算法对点云进行结构划分,通过区域生长或 RANSAC 算法识别平面特征,实现结构面的精确重建。

在模型优化阶段,可对生成的三维网格进行拓扑调整与细节修复。网格简化技术能够在保持主要结构形态的前提下降低模型面片数量,提高数据处理效率。局部曲面细化则通过增加关键区域的网格密度,使模型对复杂结构具有更高表达能力。结合点云数据的空间属性信息,还可以对模型进行纹理映射处理,使三维模型在几何结构与视觉表达上保持一致,从而提高工程测绘成果的空间真实性与数据利用价值。

3 优化处理对工程测绘模型质量的提升效果

点云数据经过系统化去噪处理与建模流程优化后,工程测绘三维模型的空间精度与结构稳定性得到明显提升。原始扫描数据中的离散噪声点被有效识别并剔除,点云空间分布更加均匀,数据结构连续性得到改善。在高密度点云基础上进行曲面重建时,几何拟合过程能够更加准确地反映真实空间形态,模型表面不规则波动明显减少,结构边界更加清晰。通过对点云局部法向量进行稳定估计,曲面重建算法能够形成更加平滑的三维网格结构,使建筑构件、地形起伏以及工程设施等空间要素的几何关系得到准确表达。

数据处理流程优化还能够增强模型对复杂工程环境的适

应能力。在建筑密集区域或地形结构复杂的测区内,优化后的点云数据保持较高的结构完整度,模型重建过程中对边界特征与结构节点的识别能力得到加强^[3]。平面分割与区域生长等算法在处理高质量点云时能够更加准确地提取结构面信息,使墙体、地面以及其他工程构件形成稳定的几何结构。通过对点云密度与网格拓扑关系进行合理控制,模型表面结构呈现更加连续的空间形态,局部结构细节得到有效保留。

优化处理还能够提升工程测绘数据的应用可靠性。高精度三维模型在空间测量、结构分析及工程管理等环节中具有更高的数据可信度。经过处理的点云数据在坐标配准与多站点数据融合过程中误差传播得到控制,整体模型精度保持稳定。三维网格结构在进行尺度测量与体量计算时能够提供更加准确的几何参数,使工程对象的空间特征得到真实反映。模型表达能力的提升也使测绘成果在数字化管理与空间信息分析中具有更高利用价值,三维空间结构与真实场景之间保持良好的几何一致性。

4 结语

激光扫描技术为工程测绘提供了高密度空间数据来源,但点云数据中的噪声信息会影响模型结构表达与空间精度。合理的数据去噪策略与建模流程优化能够改善点云分布质量,增强三维重建稳定性,使工程结构特征得到更加准确的空间呈现。经过处理的数据在模型连续性、结构识别能力及测量可靠性方面表现更加稳定,为工程测绘成果的精细化表达与空间信息利用奠定良好基础。

参考文献:

- [1] 孙静.三维激光扫描技术在建筑测绘工程中的应用研究[J].现代工程科技,2025,4(23):121-124.
- [2] 赵吉珂.三维激光扫描技术在建筑工程标准化测绘中的应用研究[J].灯与照明,2025,49(2):178-180.
- [3] 孙红菊.三维激光扫描技术在古建筑测绘中的应用与数据处理研究[J].门窗,2026(3):208-210.