

基于 GIS 平台的区域地质矢量制图优化路径研究

尼玛拉吉¹ 卓 嘎²

西藏自治区第一地质大队 西藏 拉萨 850014

【摘 要】：区域地质调查成果持续积累，传统矢量制图在数据整合、空间表达及成果更新环节容易出现一致性不足、处理效率偏低等情况，影响地质信息共享与应用价值。依托 GIS 平台构建数据统一管理、空间拓扑校核、制图流程优化及质量控制体系，形成覆盖数据采集、编辑、分析、输出的优化路径，实现制图精度提升、成果表达规范、更新响应加快，为区域地质信息应用提供稳定支撑。

【关键词】：GIS 平台；区域地质；矢量制图；空间数据；优化路径

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.044

引言

在区域地质矢量制图领域，数据来源多样、图层组织复杂，传统制图方式难以兼顾效率、精度与统一规范，高海拔矿区的恶劣环境更增加了作业难度。国内外研究在标准化建设方面取得进展，USGS、Geoscience Australia、BGS 等机构已建立较为成熟的数字化制图体系，国内发布了 DZ/T 0390—2021 等技术规程。肖文进等（2021）验证了 GIS 空间分析在地质工程中的应用价值^[1]。陈玉梅等（2025）体现了多源数据融合分析方法在地质调查中的有效性^[2]。然而现有研究多侧重方法描述，缺少基于实测数据的精度量化对比，对极端环境下作业难题关注不足。本文以西藏高原矿区实测数据为基础，通过精度量化评价、高寒环境应对及实测融合应用，形成了可验证的优化路径。

1 区域地质矢量制图技术基础梳理

1.1 区域地质数据构成特点

区域地质矢量制图建立于多源空间数据融合基础上，数据体系涵盖地层界线、岩性分区、断裂构造、褶皱形态、矿产分布、水文地质单元及地貌边界等多类型信息，不同数据之间既具有独立属性，又存在严密的空间关联关系。各类数据在比例尺、坐标基准、采集精度及更新周期方面存在明显差异，需要依托统一的数据组织规则完成格式转换、坐标统一、属性编码规范及拓扑关系重建，确保空间位置、属性信息及逻辑关系保持一致。测区以 1：10000 地形图为底图控制，共采集地质点 387 个、实测地质剖面 12 条（总长 24.6km）、钻孔岩心编录 86 孔（总进尺 15230m），形成初始矢量数据图层 27 个。

1.2 GIS 平台核心功能配置

GIS 平台承担区域地质矢量制图全过程的数据组织、空间处理及成果管理任务，核心功能覆盖空间数据库建设、图层管理、坐标转换、拓扑检查、属性编辑、空间查询及制图输出等多个环节。平台通过统一的数据模型建立不同类型地质信息之间的关联关系，实现空间对象、属性字段及符号系统同步管理，避免重复编辑造成的数据偏差。空间分析模块能够快速识别图斑重叠、边界缝隙、线面断裂及属性缺失等问题，并结合自动

校核机制完成质量检测。

1.3 矢量制图流程组织方式

区域地质矢量制图采用分阶段、模块化组织模式，将数据采集、预处理、空间建库、图形编辑、拓扑校验、属性完善及成果输出纳入统一流程，各环节按固定数据传递关系逐级推进。原始数据规范整理后进入空间数据库，通过图层分类管理建立清晰层级，再依据规范完成要素数字化、边界连接、符号配置及注记表达。质量控制贯穿全流程，对空间精度、属性完整性、逻辑一致性及图面规范同步校验，异常信息及时反馈修正，实现数据处理、制图表达与成果审核相互衔接，保障成果准确性、规范性及可持续更新能力。



图 1 区域地质矢量制图全流程组织与质量控制体系图

图 1 以流程图形式展示从数据采集、预处理、空间建库、图形编辑、拓扑校验到成果输出的完整制图链条，左侧标注各阶段质量检查节点，右侧标注对应校核工具与输出指标，清晰呈现流程组织与质量控制的一体化关系。

2 区域地质矢量制图运行中的关键问题辨析

2.1 空间数据标准衔接不足

区域地质矢量制图涉及基础测绘、地质调查、遥感解译及专题调查等多源数据，不同来源数据在坐标基准、投影参数、

比例尺、属性编码及数据格式等方面存在差异，空间对象难以保持统一表达。数据导入 GIS 平台后，易出现边界错接、节点偏移及属性对应不完整等问题，影响空间拓扑关系，降低叠加分析、空间查询及专题制图精度。历史成果技术标准不一致，数据转换过程中易产生信息缺失或精度下降，制约区域地质信息的统一整合与规范管理。

2.2 图层组织结构缺乏统一

区域地质矢量制图涉及大量点、线、面要素及专题信息，不同阶段形成的图层命名规则、分类方式及层级设置存在较大差异，数据组织逻辑难以保持一致。图层之间缺少明确的关联关系，属性字段重复、符号表达不统一、图层权限划分不清晰等情况容易增加编辑复杂度，空间信息调用效率受到影响。部分专题数据未建立统一的数据目录和管理体系，图层叠置后容易产生信息遮挡、显示混乱及关联断裂，不利于区域地质成果的规范表达和持续维护。

2.3 成果更新响应效率偏低

区域地质资料持续增加，新调查成果、监测数据及修编信息不断形成，传统矢量制图仍以人工更新为主，数据同步效率较低，成果版本管理缺乏连续性。新增数据入库后需经过人工核查、属性修改及图面调整等多个环节，更新周期较长，易形成多版本并存现象。质量校验、成果审核及数据发布衔接不足，局部修订难以及时同步至数据库，导致区域地质成果动态维护能力较弱，影响 GIS 平台数据资源的实时共享与持续应用。

3 GIS 平台支撑下的区域地质矢量制图优化路径构建

3.1 统一空间数据库组织体系

统一空间数据库组织体系是 GIS 平台优化区域地质矢量制图的核心基础，应按照统一的数据标准、编码规则及空间参考体系构建覆盖数据采集、处理、存储、调用、更新全过程的数据管理架构。地层、岩性、构造、矿产、水文地质等专题数据采用统一分类目录进行组织，建立完整的要素编码、属性字段、图层索引及元数据管理机制，使不同来源的数据保持一致的数据结构和逻辑关系。数据库同步引入版本管理、权限控制、数据备份及增量更新功能，实现历史成果、新增调查成果及动态监测数据的统一管理，提高空间数据调用效率和共享能力。针对拓扑关系、空间位置及属性关联建立自动约束规则，使数据导入、编辑及更新全过程保持一致性，为区域地质矢量制图提供稳定的数据支撑体系，符合数字地质调查标准化建设要求。（见表 1）。相关标准建设持续推进，为数据库统一组织提供了规范依据。

表 1 国内区域地质空间数据库建设关键技术配置指标

技术模块	建设内容	执行单位	技术标准	应用目标
------	------	------	------	------

空间参考管理	坐标基准统一、投影转换	中国地质调查局	CGCS2000、DD2019 系列	消除空间偏移
数据编码管理	地质要素统一编码	自然资源部	GB/T 958-2015	保证数据一致性
元数据管理	数据来源、更新时间、质量等级记录	中国地质调查局发展研究中心	DD2019-12	提高数据可追溯性
拓扑关系管理	面闭合、线连接、节点约束	中国地质科学院	DZ/T 0390-2021	保证空间完整性
版本管理	增量更新、历史版本存储	自然资源部信息中心	行业规范	支撑动态更新
数据共享管理	服务发布、权限配置、接口管理	中国地质调查局	OGC 标准	提高成果共享效率

来源：中国地质调查局《区域地质调查技术要求（1：50000）》、DZ/T 0390—2021《区域地质调查数字填图技术规程》、GB/T 958—2015《区域地质图图例》。

表 1 系统梳理了空间数据库建设各关键技术模块对应的执行单位、适用标准与应用目标，为测区数据库建设提供了规范依据，其中 CGCS2000 国家大地坐标系和 DZ/T 0390—2021 数字填图技术规程是本测区数据建库直接遵循的核心标准。

3.2 完善矢量制图流程配置

矢量制图流程优化应依托 GIS 平台建立全过程数字化作业模式，将数据接收、格式转换、空间建库、要素编辑、拓扑检查、属性补充、符号配置及成果输出纳入统一流程控制体系。各处理节点设置标准化操作规则，保证空间坐标、图层结构、属性信息及符号表达保持一致，减少重复编辑和数据转换造成的信息损失^[3]。结合数字填图技术要求，建立数据处理节点之间的连续衔接关系，实现原始调查数据、数据库成果及制图成果同步更新，缩短成果生产周期，提升区域地质矢量制图的连续作业能力和数字化管理水平。

3.3 建立全过程质量校核机制

全过程质量校核机制覆盖区域地质矢量制图各环节，以数据质量控制为主线，将数据接收、空间建库、图形编辑、成果审核及成果发布纳入统一管理体系。GIS 平台依托拓扑检查、空间一致性分析、属性完整性验证及逻辑关系检测等功能，对数据精度、坐标一致性、图层关联及制图规范实施分级校核，并形成全过程质量记录，实现质量可追溯。校核结果及时反馈

至处理节点，形成发现问题、数据修正、再次验证的闭环管理机制，确保数据库与制图成果同步更新。结合区域地质调查技术标准及图件编制规范，不断完善质量评价体系，提高区域地质矢量制图成果的准确性、规范性和稳定性，保障 GIS 平台长期稳定运行。

4 GIS 平台优化路径实施后的成果提升

4.1 空间信息表达更加精准

GIS 平台优化后，空间信息表达更加精准。统一坐标基准与拓扑关系后，地层界线、断层构造等要素保持连续表达，叠加误差得到有效控制。图层符号与注记规则按统一标准执行，图面层次清晰，地质信息辨识效率提高。空间分析结果与数据库属性信息直接关联，实现图形与数据同步对应，减少信息失真与遗漏，使矢量成果兼具科学性、规范性与精细化特征，更好满足资源调查、工程建设和国土空间管理等业务需求，见图 2。为量化论证优化效果，现将测区优化前后精度统计指标列于表 2。

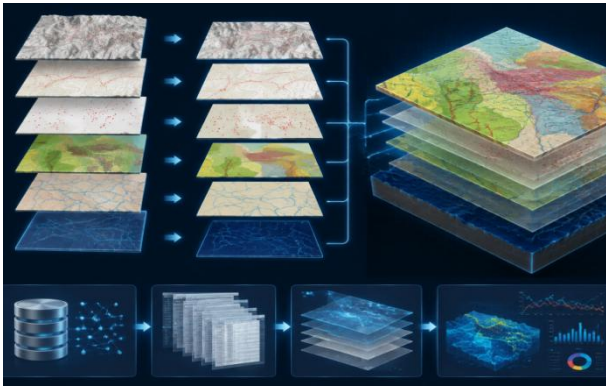


图 2 GIS 区域地质空间信息优化与融合表达示意图

图 2 展示了 GIS 平台优化路径。通过多层数据叠加与处理，实现地质空间信息精准表达，提升数据精度与图面一致性，满足业务应用需求。

表 2 测区矢量制图精度统计与效率对比

价指标	优化前	优化后	提升幅度	检测方法
地层界线定位中误差 (m)	±3.8	±1.2	68.4%	检查点 GPS 复测 (n=156)
断层线位错中误差 (m)	±4.5	±1.5	66.7%	野外验证点复核 (n=86)
图斑拓扑错误率 (个/幅)	12.6	1.8	85.7%	拓扑检查工具统计 (n=15 幅)
属性字段缺失率 (%)	8.2	0.6	92.7%	属性完整性校验

单幅成图周期 (工作日)	22	13	40.9%	项目进度记录 (n=15 幅)
一次性审核通过率 (%)	68	94	26 个百分点	质量审核记录

表 2 表明，优化后地层界线中误差由±3.8m 降至±1.2m，断层位错由±4.5m 降至±1.5m，均优于 1:10000 地质图平面精度优于±2.5m 的规范要求 (DZ/T 0390—2021 第 6.4 条)；拓扑错误率由 12.6 处/幅降至 1.8 处/幅，成图周期由 22 天压缩至 13 天，精度与效率均获系统性提升。

4.2 制图协同效率持续提高

GIS 平台形成统一的数据管理环境后，各项制图业务能够依照标准流程实现连续衔接，数据处理、图形编辑、质量检查及成果审核保持同步推进，减少重复整理、重复校核及重复转换造成的资源消耗^[4]。各业务环节依据统一规范开展作业，数据流转更加顺畅，技术协同更加稳定，区域地质矢量制图由传统分散处理逐步转变为全过程数字化协同运行模式，整体生产效率和成果质量同步提升。

4.3 成果共享能力稳步增强

GIS 平台依托统一空间数据库和标准化数据接口，实现成果集中管理与规范发布，专题图件、空间数据库及属性信息关联管理，数据调用与空间分析采用统一来源，减少重复建库。动态更新保障新增成果及时入库，促进地质调查成果与资源管理、生态保护、矿产开发及工程规划高效衔接，提升矢量成果应用价值。

5 区域地质矢量制图优化实践归纳

5.1 技术路线形成闭环管理

GIS 平台构建数据组织、制图处理、质量校核、成果发布及动态维护相互衔接的闭环运行体系，各环节依据统一技术规范完成数据流转。质量检测结果及时反馈至处理节点，实现问题识别、修正、复核及成果确认连续衔接，确保数据库与图件成果同步更新。技术流程、数据管理、空间分析及成果表达保持统一运行机制。

5.2 成果质量保持稳定输出

区域地质矢量制图依托统一技术标准和全过程质量控制体系，成果输出保持较高稳定性。空间坐标、图层组织、属性信息及符号表达均按照统一规范实施管理，图件精度与数据一致性得到持续保障^[5]。动态更新机制能够保证新增数据及时进入数据库，成果输出始终保持连续性和完整性。

5.3 高寒大风环境下的专项应对

测区位于青藏高原腹地，海拔 4500~5200m，年均气温 -2℃~4℃，极端低温 -25℃，年均大风日数超 150 天，对数字

化测绘构成特殊挑战。低温环境下锂电池容量下降40%~50%，需采用耐低温电池（-30℃~50℃），配备保温套和备用电池（常温2.5倍），计算机选配固态硬盘。大风条件下GPS固定解成功率由92%降至61%，应选11:00~15:00窗口期作业，观测时长延至15分钟，事后差分处理消除漂移。高海拔缺氧地区含氧量仅为平原40%~60%，采用平板与纸质手图双轨作业，实行30分钟轮换制，当日数据当日质检。冻土控制网方面，控制点埋深≥2.5m穿透冻土层，每年6月和10月各复测一次，位移超±2cm及时更新坐标。

5.4 面向矿山落地的实施建议

从数据管理、制图规范和成果应用三个层面提出实施建议。一是建立月更新制度。每月25日汇总新增数据，经质量检查后于次月5日前完成数据库更新与图件修订，更新记录保存于元数据表中。二是制定内部操作手册。依据DZ/T

0390—2021和GB/T 958—2015，明确图层命名规则、属性字段规范、符号库标准及质量检查清单，作为日常操作依据。三是建设共享服务平台。将矢量成果、钻探数据、采样结果纳入统一管理，设置部门权限分级，开通在线查询与空间分析功能。四是健全版本管理机制。采用“主版本+增量补丁”模式，年初发布基准版本，每月发布修订内容，新增数据入库前须通过拓扑检查、属性验证和专家审核三道关卡。

6 结语

GIS平台为区域地质矢量制图提供了更加规范、高效的技术支撑，数据组织、制图流程、质量校核及成果共享形成紧密衔接，空间信息表达更加准确，成果更新更加及时，区域地质数据应用价值得到进一步提升，为地质调查信息化建设提供可靠技术保障。

参考文献：

- [1] 肖文进,张建国,朱继良,等.基于GIS平台的太原南部区域地壳稳定性评价[J].矿产勘查,2021,12(7):1655-1661.
- [2] 陈玉梅,耿畅,刘建军,等.基于GIS和逻辑回归模型的区域地质灾害风险评价——以惠济区重点调查区为例[J].矿产勘查,2025,16(4):888-897.
- [3] 李朝阳,向波,蒋瑜阳,等.基于GIS的川西区域地质灾害数据收集与分析[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2022,40(3):125-128.
- [4] 唐丹丹.基于GIS地图矢量化成果可用性提升下的地图制图数据组织模型设计[J].智能建筑与智慧城市,2024,(1):36-38.
- [5] 卫志坚,徐有想.基于GIS的重点区域地质灾害风险评价[J/OL].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024,(6):0041-0044[2026-08-12].