

非金属矿产勘查中资源评价方法与数据质量控制技术探讨

龚凤琴

中国建筑材料工业地质勘查中心贵州总队，贵州 贵阳

收稿日期：2026年5月9日；录用日期：2026年7月2日；发布日期：2026年7月13日

摘 要

饰面石材以及多种非金属矿产在我国分布广泛、储量充足，是建材行业稳步发展、提质增效的重要保障。在矿山资源开发利用中，需对勘查成果进行评估分析，因此，要求选用适宜的资源评价方法，并加强数据质量控制。本文以贵州安龙县高坡饰面石材勘查区为例，整理非金属矿产勘查里资源评价的常用方法，搭建从测量、地质填图、水工环调查，到探矿工程、采样测试都能覆盖的数据质量控制体系。根据现场应用分析，高坡勘查区矿体规模大、产状平稳，勘查难度不高，用垂直断面法计算、方格网法核对，两种结果相对误差只有4%，可信度较强；借助分级精度管理、规范采样测试流程、统一工程施工要求，勘查数据从采集到整理达到规范标准。

关键词

非金属矿产，资源评价，数据质量控制

Exploration of Resource Evaluation Methods and Data Quality Control Techniques in Non Metallic Mineral Exploration

Fengqin Gong

China Guizhou Branch of CNBM Geological Exploration Center for Building Materials Industry, Guiyang Guizhou

Received: May 9, 2026; accepted: July 2, 2026; published: July 13, 2026

Abstract

Decorative stone and various non-metallic minerals are widely distributed and have sufficient

文章引用：龚凤琴. 非金属矿产勘查中资源评价方法与数据质量控制技术探讨[J]. 地球科学前沿, 2026, 16(7): 1019-1026. DOI: 10.12677/ag.2026.167091

reserves in China, which is an important guarantee for the steady development, quality and efficiency improvement of the building materials industry. In the development and utilization of mining resources, it is necessary to evaluate and analyze the exploration results. Therefore, it is required to select appropriate resource evaluation methods and strengthen data quality control. This article takes the Gaopo Decorative Stone Exploration Area in Anlong County, Guizhou Province as an example to summarize the commonly used methods for resource evaluation in non-metallic mineral exploration, and establish a data quality control system that covers measurement, geological mapping, hydraulic and environmental investigation, exploration engineering, sampling and testing. According to on-site application analysis, the ore body in the high slope exploration area is large in scale, stable in attitude, and not difficult to explore. Using the vertical section method for calculation and the grid method for verification, the relative error between the two results is only 4%, indicating strong credibility; With the help of graded accuracy management, standardized sampling and testing processes, and unified engineering construction requirements, survey data is collected and organized to meet standardized standards.

Keywords

Non-Metallic Minerals, Resource Evaluation, Data Quality Control

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

非金属矿产是支撑国民经济建设的基础性矿产资源，其中饰面石材凭借优良的装饰性能，在建筑装饰、市政工程、高端家装等领域保持稳定的市场需求。我国西南地区碳酸盐岩分布广泛，饰面石材成矿潜力突出，但在实际勘查推进过程中，资源评价方法选用不规范、数据质量管控流于形式等问题较为常见，容易造成资源量估算偏差、开采条件误判，进而影响矿山整体规划与投资决策。当前矿产勘查朝着精细化、标准化方向发展，搭建贴合非金属矿产特性的资源评价体系，完善全流程数据质量控制技术，能提升勘查报告的专业可信度，为矿产资源合理开发、生态环境保护、产业布局优化提供坚实支撑，对推动非金属矿产行业长期可持续发展具有重要的现实意义。

2. 非金属矿产勘查中资源评价的重要性

非金属矿产勘查最核心的目标，是查清资源规模、矿石品质、开采技术条件，为后续开发利用提供扎实的地质依据，而资源评价则是贯穿整个勘查过程的核心工作。资源评价结果直接影响矿山建设规模、服务年限、经济效益测算等关键指标，是矿山立项、设计、施工的基础前提。

对于饰面石材这类对矿石品质、花色、荒料率都有严格要求的非金属矿产，资源评价要结合物理性能、化学组分、加工适配性做综合评判，明确资源的开发利用价值。构建科学的资源评价方案，能合理划分资源量类型，清晰区分控制资源与推断资源，有效降低矿山开发风险，避免出现资源浪费或者过度开采的情况。除此之外，资源评价成果也是矿产资源管理、生态保护红线划定、产业政策制定的重要参考，是实现非金属矿产资源保护与合理利用协同发展的关键[1]。

3. 矿区概况

本次研究选取贵州省安龙县高坡饰面石材勘查区作为实践对象，该勘查区位于黔西南州安龙县笃山镇境内，是贵州省大精查项目中重点推进的饰面石材勘查区域，勘查总面积达 0.794 km²。根据贵州省地

质志(2017 年)划分方案,高坡勘查区大地构造均位于扬子陆块(II 级) - 江南复合造山带(III 级) - 兴义隆起区(IV 级),即 IV-4-2-1。见图 1 所示。勘查区交通区位优势明显,周边有 S210 省道环绕,在建的六安高速紧邻矿区,与高速收费站、安龙县城及周边乡镇运输距离适中,外部开发条件优良。勘查区内有简易乡村硬化路与附近乡镇相通,交通较为便利。区内出露地层以三叠系中统垄头组为主,整体可划分为三个岩性段,主产莫尼卡灰、豆粒灰、木纹、维纳灰等多款市场认可度较高的饰面石材。矿体呈大型层状产出,产状稳定、厚度均匀,矿区内无夹石分布,断裂构造不发育,岩溶作用微弱,勘查类型划定为 I 类简单型。本次勘查工作分普查、详查两个阶段推进,综合运用地质测量、钻探、探槽揭露、采样测试等技术,完成 11 个钻孔施工及各类样品采集分析工作,系统查清矿区矿体特征、开采技术条件及资源量。

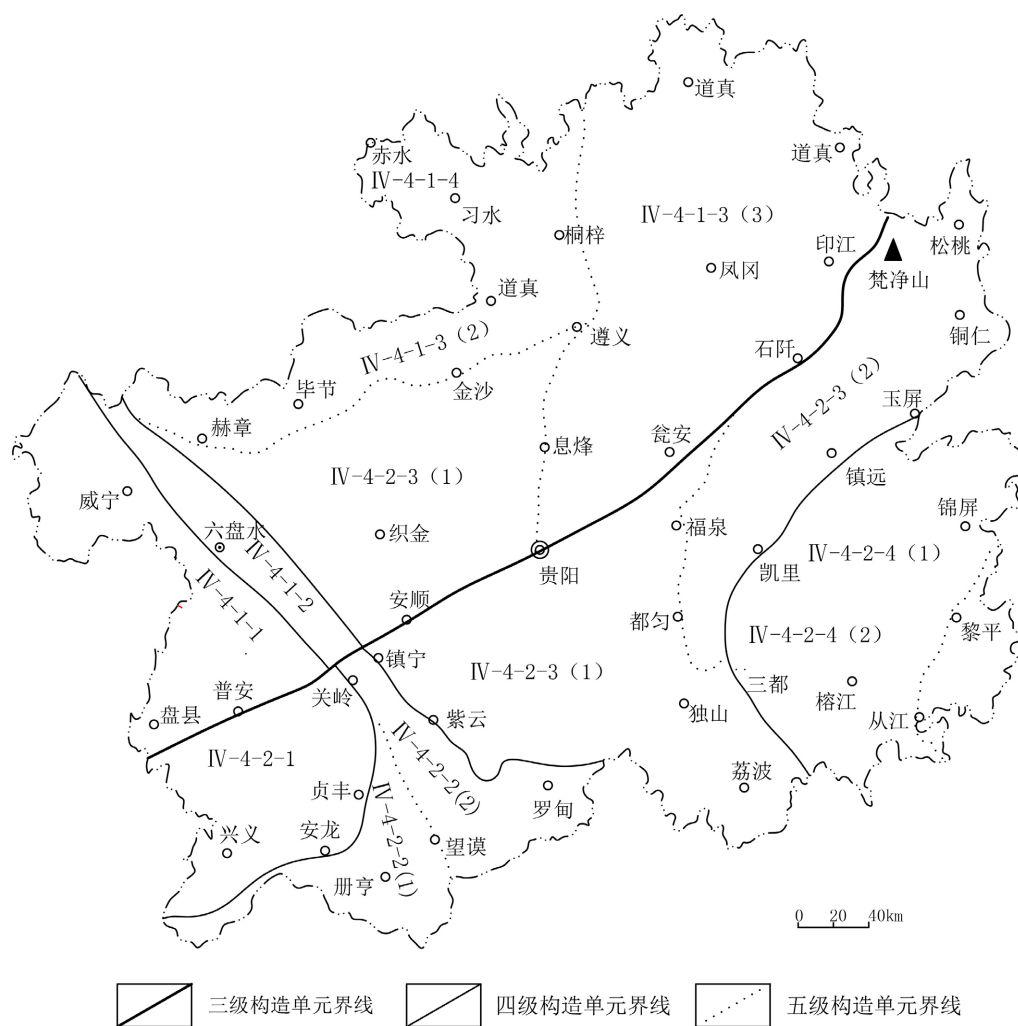


Figure 1. Guizhou province structural unit zoning map
图 1. 贵州省构造单元分区图

4. 非金属矿产勘查常用资源评价方法

4.1. 工业指标确定法

工业指标是饰面石材这类非金属矿产评价的量化标准,确定指标时,必须结合矿种特点、国家规范、开采条件、市场加工要求综合确定。

对于饰面用灰岩这类矿产，工业指标主要分为两块：一是矿石物理工艺性能，二是露天开采技术条件，两者共同构成评价的底线标准。

按照《饰面石材矿产地质勘查规范》¹(DZ/T0291-2015)对高密度石灰岩的要求，明确体积密度 $\geq 2.56 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率 $\leq 3.00\%$ 、干燥压缩强度 $\geq 55 \text{ MPa}$ 、干燥弯曲强度 $\geq 6.9 \text{ MPa}$ 、耐磨性 $\geq 101/\text{cm}^3$ ，保证矿石具备加工成合格饰面板材的基础品质。结合高坡勘查区矿体赋存特征和山坡露天开采模式，确定最小可采厚度 3 m 、夹石剔除厚度 2 m 、最低开采标高 $+1215 \text{ m}$ 、露天采场最终边坡角 55° 、最小底盘宽度 $\geq 20 \text{ m}$ 、爆破安全距离 $\geq 200 \text{ m}$ ，同时设定荒料率 $\geq 18\%$ 、 2 cm 厚板材率 $\geq 25 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ，所有指标取值都与矿床地质条件和现场实际开采工艺相匹配[2]。

高坡勘查区全面落地上述工业指标，经实验室测试验证，区内莫尼卡灰、豆粒灰、木纹、维纳灰等品种体积密度在 $2.58\sim 2.73 \text{ g/cm}^3$ 之间，吸水率 $0.57\%\sim 0.79\%$ ，干燥压缩强度 $58\sim 148 \text{ MPa}$ ，满足规范要求，为矿层精准圈定与资源量可靠估算奠定技术基础。

4.2. 矿层圈定法

矿层圈定是在工业指标约束下，结合矿体产状、地形地貌、勘查工程控制程度、露天开采边坡限制开展的边界划定工作，是资源量估算的前置核心步骤，实际操作中遵循由工程控制区向外部推断、高控制级别向低级别过渡、开采安全边界向自然边界延伸的基本原则[3]。

高坡勘查区矿体层状产出，倾向 $332^\circ\sim 352^\circ$ 、倾角 $8^\circ\sim 15^\circ$ ，无构造、无夹石、岩溶极弱，边界清晰易圈定。外边界直接使用勘查区拐点连线，北部、东部、南部、西部均以勘查区边界为准；内边界以 55° 最终边坡角向内平推投影，直到与 $+1215 \text{ m}$ 最低开采标高相交，形成闭合圈。南东部 9~11 号拐点附近，为满足最小底盘宽度 $\geq 20 \text{ m}$ 的要求，对内边界做出局部调整，确保开采平台安全合规。

圈定过程中，严格区分控制资源量与推断资源量的圈定范围，控制段由 $300 \text{ m} \times 300 \text{ m}$ 间距的钻探工程直接控制，推断段按照勘查规范做合理外推。如图 2 所示，勘查区范围与资源量估算范围空间叠合关系清晰，确定的资源量估算面积为 0.794 km^2 ，估算标高区间 $+1215\sim +1409.08 \text{ m}$ ，矿体埋深 $0\sim 41 \text{ m}$ ，圈定边界与矿体实际出露、延伸状态高度契合，为后续资源量精准计算提供可靠前提[4]。

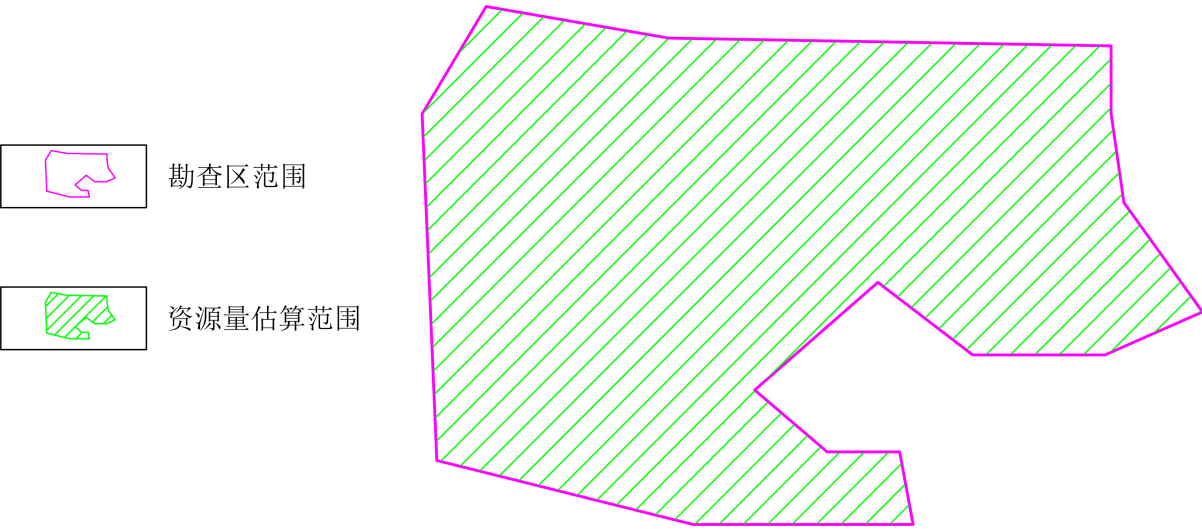


Figure 2. Overlapping map of exploration area and resource estimation range
图 2. 勘查区范围与资源量估算范围叠合图

¹<https://std.cgs.gov.cn/content/343>

4.3. 资源量估算方法

4.3.1. 垂直断面法

垂直断面法适配层状、似层状非金属矿床的资源量核算，以勘查线剖面为基本计算单元，将矿体分割为若干相邻块段，结合断面面积、断面间距与矿石体重计算矿体体积与资源量，计算公式根据矿体形态分三类选用：两断面面积差 $\leq 40\%$ 时采用梯形公式；断面形态不规则或面积差 $> 40\%$ 时采用截锥公式；单断面呈尖灭状态时采用锥体公式。

高坡勘查区共布设 I、II、III、IV 四条勘查线，走向方位 170° ，线间距 300 m，以勘查线剖面为基础划分计算块段，精准量取各剖面矿体面积，结合实测断面间距计算矿体体积，再乘以对应矿层荒料率(T_2I^1 为 60.76%、 T_2I^2 为 58.35%、 T_2I^3 为 55.45%)，最终核算全区矿石资源量 6341 万 m^3 ，其中控制资源量 4181 万 m^3 ，占比 66%；推断资源量 2160 万 m^3 ，占比 34%；总荒料量 3836 万 m^3 。先期开采地段与首采区资源量采用同一方法，按地层、块段分别计算[5]。

4.3.2. 方格网法(验证法)

为检验垂直断面法计算结果的可靠性，采用 50 m $\times$ 50 m 方格网法进行复核算。以 1:2000 地形测量高程数据为基础，构建数字高程模型(DEM)，设定+1215 m 为开采底面，逐网格计算矿体厚度与体积，全区含风化层总资源量估算为 7129.54 万 m^3 ，扣除强风化层剥离量 558 万 m^3 后，有效矿石资源量 6572 万 m^3 ，与垂直断面法计算结果绝对误差 231 万 m^3 ，相对误差仅 4%，完全满足饰面石材勘查资源量估算精度要求，验证结果真实可靠。结果如表 1。

Table 1. Summary table of resource estimation results for Gaopo Exploration Area
表 1. 高坡勘查区资源量估算结果汇总表

估算范围	矿石资源量(万 m^3)	控制资源量占比	推断资源量占比	荒料量(万 m^3)
全区	6341	66%	34%	3836
先期开采地段	5076	66%	34%	3070
首采区	2484	78%	22%	1506
估算范围	矿石资源量(万 m^3)	控制资源量占比	推断资源量占比	荒料量(万 m^3)

4.4. 综合技术经济评价法

综合技术经济评价是从资源条件、开采技术条件、外部建设条件、市场供需、经济效益多个维度，系统论证矿床开发可行性的评价方法，是资源评价从地质结论向开发决策转化的关键环节[6]。

高坡勘查区查明大型规模饰面石材矿体，控制资源量占比高，矿石品质稳定、花色品类丰富，适合规模化连续开采。开采技术层面，矿区水文地质、工程地质、环境地质条件均属简单类型，适配山坡露天台阶式开采，境界剥采比 0.09:1，远低于经济合理剥采比 3.95:1，开采成本可控性强。外部条件层面，矿区紧邻 S210 省道与六安高速，电力、水源、通讯等配套设施完善，具备快速建矿投产的条件[7]。

经济评价结果显示，按年开采荒料 40 万 m^3 设计，矿山服务年限可达 36 年，符合大型饰面石材矿山规范要求；项目税前财务内部收益率 39.01%，税后 32.31%，投资回收期 5.24 年，盈亏平衡点 47.04%，如图 3 所示，抗风险能力较强；潜在经济价值超过 290 亿元，同时开采产生的废石还能综合利用为建筑石料，资源利用效率高。综合评价结论明确：该矿床资源可靠、开采可行、经济效益显著，具备大规模工业化开发条件。

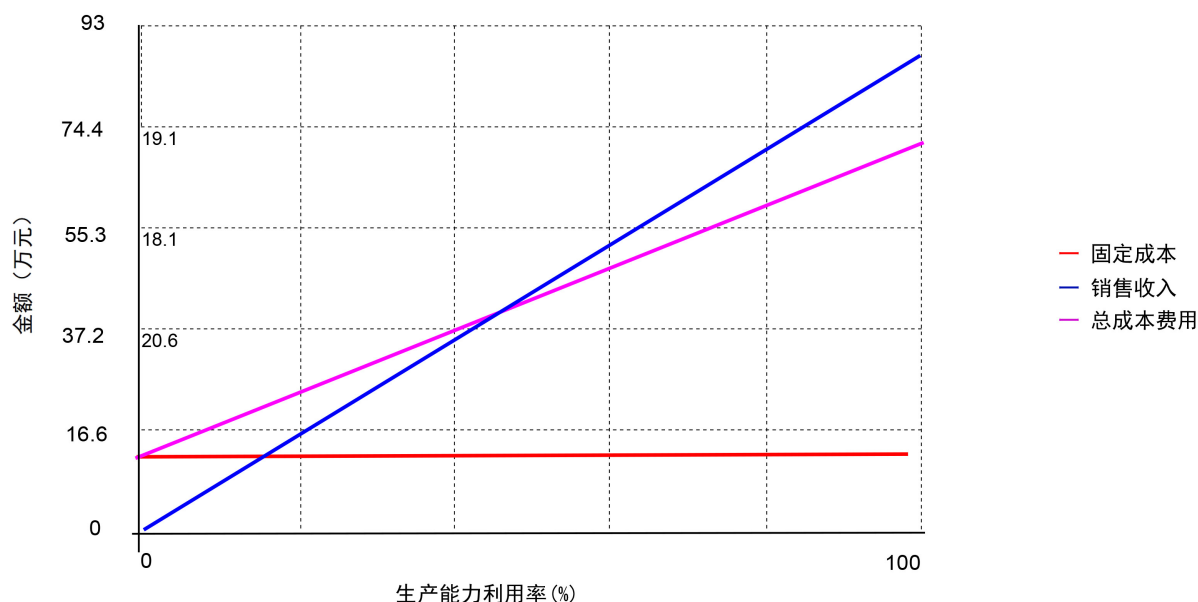


Figure 3. Break even analysis chart

图 3. 盈亏平衡分析图

5. 勘查全过程数据质量控制技术体系

5.1. 测量工作质量控制

测量数据是地质勘查的空间定位基础，需执行统一坐标系统、分级布网、逐级控制、全程检核的质量管控体系，确保平面与高程精度达到勘查规范要求[8]。

高坡勘查区统一采用 CGCS2000 国家大地坐标系(3°带，中央子午线 105°)、1985 国家高程基准，首级控制布设 6 个 E 级 GPS 点(GPS301~GPS306)，采用边连式与点连式结合布网，静态观测时长 60~150 分钟，有效卫星数 ≥ 8 颗，边长相对精度 $1/717,344$ ，远优于规范 $\leq 1/45,000$ 的要求。图根控制采用 GPSRTK 与测距导线结合方式，每个图根点开展三次独立测量，点位较差 $< 20 \text{ mm}$ ，高程较差 $< 50 \text{ mm}$ ，PDOP 值 ≤ 3 且获取固定解后才进行数据采集[9]。

地形测量分阶段实施，普查阶段依托 1:10,000 地形图优化成图；详查阶段采用全站仪 + RTK 实测 1:2000 地形，实测面积 2.21 km^2 ，地物、地貌实测精度均达标。勘查线基线按 170° 方位放样，实测 4 条勘查线，总平距 3610.95 m ，端点采用刻石固定，精度符合 RTK 规范要求。钻孔定位采用静态 GPS 测量，平面精度 $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ，高程精度 $\pm 10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ ，11 个钻孔坐标全部合格。全流程测量操作规范、数据可追溯，保障空间定位数据的准确性。

5.2. 地质填图质量控制

地质填图质量控制以比例尺适配、点密度达标、定位精准、记录规范、单元统一为核心，根据普查、详查不同阶段实施差异化管控。

普查采用 1:10,000 填图，布置 18 条路线，完成地层分界点 21 个、岩性控制点 64 个，点密度 103 点/km^2 ，满足规范要求。详查升级为 1:2000 填图，以追索法为主、穿越法为辅，将填图单元细化为 T_2I^1 、 T_2I^2 、 T_2I^3 及第四系，完成地质点 664 个，其中地层分界点 346 个、岩性控制点 318 个，点密度达 300 点/km^2 ，远超规范下限[10]。

填图过程采用华测 LT700H 厘米级定位设备，地质点实现现场实测、现场记录、现场勾绘手图，记

录格式统一、内容详实完整，对地层分界、岩性变化、节理裂隙、岩溶发育情况等关键地质现象均做素描与精准描述，无遗漏、无错判，为矿体圈定、勘查类型划分提供高质量的基础地质数据。

5.3. 探矿工程质量控制

探矿工程以钻探为核心管控对象，执行岩心采取、孔深校正、弯曲度监测、简易水文观测、封孔、原始记录、绿色勘查七项质控指标，严格按照《地质岩心钻探规程》²《固体矿产勘查工作规范》³落地实施。

高坡勘查区完成钻探工作量 1160 m/11 孔，其中普查 3 孔、详查 8 孔，均为垂直钻孔。岩心采取率 75%~99%，终孔口径 ≥ 75 mm，满足矿体全面揭露要求；孔深每 50 m 校正一次，误差 0‰~0.57‰，低于 1‰的规范限值；弯曲度每 50 m 偏差 < 1°，无偏孔超标情况。简易水文观测严格执行“提钻后、下钻前”各测一次水位，异常区段加密观测，观测率 100%。终孔后采用 425 水泥浆(水灰比 1:0.6)分段封孔，埋设孔口标桩，封孔质量合格。原始班报表记录清晰、数据准确，无涂改、无缺失。绿色勘查遵循“先保护后施工”原则，施工场地复垦、植被恢复到位，符合生态勘查要求。11 个钻孔中 10 个获评优质孔、1 个合格孔，工程整体质量优良。具体如表 2。

Table 2. Statistical table of main indicators of drilling quality in Gaopo Exploration Area
表 2. 高坡勘查区钻孔质量主要指标统计表

控制项目	规范要求	实测结果
岩心采取率	≥70%	75%~99%
孔深误差	≤1‰	0‰~0.57‰
钻孔弯曲度	每 50 m < 1°	均符合要求
简易水文观测	100%完成	100%

5.4. 采样与测试质量控制

采样与测试质量控制遵循点位代表性、规格标准化、测试规范化、质量检核化原则，覆盖样品采集、包装、送检、测试、复检全链条。

高坡勘查区根据石材品种、地层单元、勘查工程位置系统布设采样点位，累计采集标准样、基本样、物理性能样、化学样、岩矿鉴定样、放射性样、水样共 596 件，其中普查 307 件、详查 289 件。物理性能样严格按照规范规格采集：压缩强度样 ≥ 50 mm × 50 mm × 50 mm、弯曲强度样 ≥ 250 mm × 40 mm × 20 mm，保障测试结果有效。

测试工作由具备资质的专业实验室承担，执行 GB/T9966-2020、GB6566-2011 等标准，完成光泽度、抗压强度、抗折强度、吸水率、化学成分、放射性等项目测试。质量监控采用内检 + 外检双检制度，内检按 10%比例抽取，合格率 100%；外检按 5%比例抽取，仅 1 项指标轻微超差，整体质量合格。放射性测试结果显示，内照射指数 0.1、外照射指数 0.1~0.2，远低于规范限值，数据真实、有效、可信。

5.5. 水工环地质调查质量控制

水文地质、工程地质、环境地质(水工环)调查采用分阶段、定比例尺、全要素、标准化的质控模式，为开采技术条件评价提供可靠数据支撑。

普查阶段完成 1:10,000 水工环调查面积 18.4 km²，系统查清地下水类型、补径排条件、岩体风化特

²<https://std.cgs.gov.cn/content/87>

³<https://std.cgs.gov.cn/content/131>

征、地质灾害背景；详查阶段升级为 1:2000 调查，调查面积 2.21 km²，加密两条河流水文动态观测，7~10 天观测一次，雨季加密观测频次，布设 ZK402 作为长期水文观测孔，持续监测地下水位半年时间。工程地质方面，完成 5 个钻孔工程地质编录，测定 RQD 值，划分岩体质量等级，采集抗剪、抗压样品用于评价边坡稳定性。环境地质调查确认矿区地震烈度 VI 度，无滑坡、崩塌等不良地质现象，地质环境条件简单。

水工环调查全部采用手持 GPS 定点，记录规范、数据连续完整，符合《矿区水文地质工程地质勘查规范》要求，评价结论可靠支撑矿床开采技术条件归类与矿山安全设计。

6. 结语

综上所述，在非金属矿产勘查的实际工作中，资源评价至关重要。本文以安龙县高坡饰面石材勘查区为实例，梳理出由工业指标确定、矿层圈定、资源量估算、技术经济评价共同组成的完整非金属矿产资源评价体系，实践证明垂直断面法与方格网法结合使用，能够提升资源量估算精度。同时，搭建覆盖测量、地质、探矿工程、采样测试、水工环调查的全过程数据质量控制技术体系，通过分级精度管控、标准化作业、多环节交叉校验，保障勘查数据真实、准确、可靠。

参考文献

- [1] 侯翠霞, 杨彦, 王治虎, 等. 甘肃省金矿共伴生及低品位资源再评价启示与建议[J]. 甘肃地质, 2026, 35(1): 58-63.
- [2] 郭建勇. 矿产地质勘查技术与矿产资源综合评价方法研究[J]. 世界有色金属, 2025(13): 184-186.
- [3] 鞠建华, 万会, 韩见. 我国共伴生矿产资源特点及综合评价要点综述[J]. 中国矿业, 2024, 33(12): 17-23.
- [4] 余易豪. 基于水工环勘查的矿产资源开采评价[J]. 采矿技术, 2024, 24(4): 310-315.
- [5] 李书涛, 王小敏, 李建, 等. 湖北省矿产资源勘查开发功能区构建与评价[J]. 资源环境与工程, 2022, 36(2): 251-257.
- [6] 郑雄伟, 赵辞, 石仲, 等. 神农架地区矿产资源潜力评价——基于多目标区域地球化学调查数据[J]. 华南地质, 2026, 42(2): 297-312.
- [7] 刘波. 地质调查与矿产勘查在非金属矿产资源评价中的应用[J]. 新疆有色金属, 2026, 49(2): 22-23.
- [8] 戢兴忠, 王琨, 陈其慎, 等. 钒矿资源可利用性智能评价: 基于 CNN 的流程构建与实证[J]. 地学前缘, 2026, 33(4): 175-186.
- [9] 马占雄, 李明, 韩宗庆. 内蒙古和林格尔新区热储特征及地热资源评价[J]. 西部资源, 2026(1): 20-23.
- [10] 芦慧, 汪飞, 张译丹, 等. 准噶尔盆地西部隆起现今地温场分布及地热资源评价[J]. 新疆石油地质, 2026, 47(1): 92-102.