甘肃省高台县锯条山二区块
冶金用石英岩矿详查报告

编制单位:甘肃省地质矿产勘查开发局

水文地质工程地质勘察院

项目负责：王兴龙

技术负责：张军伟

编 写 人：王兴龙　张军伟　王　凯　陈天尧　虎志禄

郭　壘　徐　强　南继胜　王文阳

水 工 环：董　军　刘　亮　李其美

测　　量：徐　强　王君宏

检　　测：舒祥清　马有臣　关兴文　郭春犁　白　冰

经济论证：丁　璇

审　　核：史振坤　何勇林

审　　定：

总工程师：尹　政

院　　长：李玉山

提交单位：高台县自然资源局

提交时间:二〇二三年五月

正 文 目 录

附 图 目 录

图号	顺序号	图　　名	比例尺
01	01	甘肃省高台县小孤山-大青山一带区域地质矿产图	1:50000
02	02	甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿地形地质图	1:10000
03	03	甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿实际材料图	1:10000
04	04	甘肃省高台县锯条山二区块（1）冶金用石英岩矿地形地质图	1:2000
05	05	甘肃省高台县锯条山二区块（1）冶金用石英岩矿实际材料图	1:2000
06	06	甘肃省高台县锯条山二区块（2）冶金用石英岩矿地形地质图	1:2000
07	07	甘肃省高台县锯条山二区块（2）冶金用石英岩矿实际材料图	1:2000
08	08	甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿水文地质图	1:10000
09	09	甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿水文地质实际材料图	1:10000
10	10	甘肃省高台县锯条山二区块（1）冶金用石英岩矿工程地质图	1:2000
11	11	甘肃省高台县锯条山二区块（1）冶金用石英岩矿环境地质图	1:2000
12	12	甘肃省高台县锯条山二区块（2）冶金用石英岩矿工程地质图	1:2000
13	13	甘肃省高台县锯条山二区块（2）冶金用石英岩矿环境地质图	1:2000
14	14	甘肃省高台县锯条山二区块（1）冶金用石英岩矿工程、环境地质实际材料图	1:2000
15	15	甘肃省高台县锯条山二区块（2）冶金用石英岩矿工程、环境地质实际材料图	1:2000
16	16	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿④⑪⑫号矿体采样平面图	1:1000
17	17	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿⑤⑬⑭号矿体采样平面图	1:1000
18	18	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿⑥号矿体采样平面图	1:1000
19	19	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿⑮号矿体采样平面图	1:1000
20	20	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿⑯⑰号矿体采样平面图	1:1000
21	21	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 57 线资源量估算剖面图	1:1000
22	22	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 53 线资源量估算剖面图	1:1000
23	23	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 49 线资源量估算剖面图	1:1000
24	24	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 11′ 15′ 线资源量估算辅助剖面图	1:1000
25	25	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 45′ 49′ 53′ 59 线资源量估算辅助面图	1:1000
26	26	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 26、30、34 线资源量估算辅助剖面图	1:1000
27	27	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 ZK5701 钻孔柱状图	1:100
28	28	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 ZK5301 钻孔柱状图	1:100
29	29	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC5902 探槽素描图	1:100
30	30	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC5701 探槽素描图	1:100
31	31	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC5301 探槽素描图	1:100
32	32	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC4901 探槽素描图	1:100
33	33	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC5901 探槽素描图	1:100
34	34	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC5302 探槽素描图	1:100

35	35	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC4903 探槽素描图	1:100
36	36	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC4501 探槽素描图	1:100
37	37	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC2601 探槽素描图	1:100
38	38	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC3001 探槽素描图	1:100
39	39	高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿 TC3401 探槽素描图	1:100

附 表 目 录

附 件 目 录

册号	序号	附件名称
I		甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿详查各类文件(复印件)
	1	《张掖市自然资源局关于高台县人民政府财政全额出资对锯条山冶金用石英岩矿一区块二区块勘查的批复》(张资函{2022}19号)
	2	甘肃省张掖市自然资源局野外验收意见书
	3	甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院野外验收意见书
	4	甘肃省地矿局水勘院承诺书
	5	甘肃省地矿局水勘院初审意见书
	6	勘查区范围与资源量估算范围叠合图
II		甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目测量技术报告
III		甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿详查地质测量技术总结
IV		甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿可选性试验报告
V		甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿详查测试报告(复印件)
	1	岩矿鉴定报告
	2	基本分析样品测试报告
	3	内检样品测试报告
	4	外检样品测试报告
	5	小体重样品测试报告
	6	组合分析样品测试报告
	7	多元素分析样品测试报告
	8	水质分析报告
	9	力学试验样检测报告

内 容 摘 要

甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿详查，由甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院承担。勘查目的:基本查明矿床特征及资源量情况，为矿山建设、规划、设计提供支撑。2022 年 7 月 20 日-2022 年 10 月 30 日，勘查区内共完成探槽 13 条（1651.21m^3）、钻孔 2 个（192.30m）、基本分析样品 288 件（含内外检），累计投入勘查费用 159.93 万元。矿体赋存于中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）地层中，呈层状产出。矿石自然类型为石英岩型、石英片岩型，用途为冶金用硅质原料(熔剂用)。勘查类型为第Ⅱ勘查类型。勘查区内共圈定冶金用石英岩矿体 7 条，④号矿体长度 600m，矿体平均厚度 6.20m。SiO_2 品位 90.20%～96.17%，平均品位 93.05%。矿床开采技术条件勘查类型为第Ⅰ类。

截至 2022 年 10 月.31 日,勘查区内查明石英岩矿矿石总资源量(控制+推断)195.53×10^4t；其中控制资源量 58.95×10^4t，占勘查区总资源量的 30.15%；推断资源量 136.58×10^4t，占勘查区总资源量的 69.85%。以上资源量估算标高+1554.95m～+1674m 水平。

本报告提交评审的原因是详查阶段结束，目的是为石英岩开采矿区规划提供地质依据。

报告提交资料含正文 1 册，附图 57 张，附表 3 册，附件 5 册。

主题词:石英岩矿+详查+甘肃省高台县锯条山二区块

第1章 绪 论

1.1 勘查目的和任务

1.1.1 勘查项目来源

为深入贯彻落实《甘肃省人民政府办公厅关于推动矿产资源勘查开发高质量发展的意见》《甘肃省战略性矿产找矿行动实施方案（2021—2025年）》，加快矿产资源勘查开发力度。高台县人民政府高度重视且积极响应，为促进高台县经济发展，积极推进县域内石英岩矿资源的开发利用，切实将资源优势转化为经济优势。决定对锯条山一带石英岩矿资源开展勘查工作，尽快查明该域内冶金用石英岩矿的资源赋存情况。

依据《张掖市自然资源局关于高台县人民政府财政全额出资对锯条山冶金用石英岩矿一区块二区块勘查的批复》（张资函〔2022〕19号），高台县自然资源局通过张掖市公共资源交易中心高台分中心于2022年7月15日以竞争性磋商的方式，最终确定甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院（以下简称“我院”）为项目承担单位。

1.1.2 勘查目的和地质任务

本次详查的目的是：在以往地质资料及前期勘查基础上，通过有效的勘查手段、系统探矿工程控制、样品采集和测试、试验研究等工作，基本查明矿体（床）地质特征、矿石加工技术性能及开采技术条件。寻找可供开发的石英岩矿矿产资源地，为矿山开发、建设、规划、设计提供地质依据。进行概略研究，估算推断和控制资源量，做出是否有必要转入勘探的评价，并提出可供勘探的范围。具体任务如下：

（1）系统收集区内地质资料及周边石英岩矿山开发信息、资料，充分研究区内的成矿地质背景、控矿因素、找矿标志，基本查明成矿地质条件。

（2）在勘查区开展1:10000地质简测，优选成矿有利地段，开展1:2000地质正测，基本查明勘查区地层、构造、岩浆岩特征及其与成矿的关系并查明矿体形态、规模、产状、厚度及矿石质量等特征。

（3）利用系统的探槽工程，对矿体进行地表揭露，结合样品测试，基本查

明矿体的形态、产状、规模、数量及矿石质量等特征。基本查明矿体的连续性。

（4）在基本查明地表矿体特征的基础上，利用钻探工程及样品测试对主要矿体进行深部勘查，基本查明矿体的延伸情况及其在深部的形态、产状、规模、矿石质量等特征；基本查明矿石的矿物成分、结构、构造、化学成分、研究有用、有害组分的含量及其赋存状态和分布规律。基本查明矿石质量在走向、倾向上的变化特征，划分岩石自然类型、工业类型。

（5）通过矿石物质组分的选矿试验研究，基本查明矿石的加工选冶技术性能；对矿床开发的经济意义作出概略评价。

（6）调查研究区域水文地质条件；基本确定水文地质勘查类型，评价水文地质条件的复杂程度；调查矿床及其附近地表水体和当地山前洪水位，确定露天采场地表汇水边界和自然排水条件；调查可供利用的供水水源、水量和利用条件，指出供水水源方向。

（7）基本查明矿区的工程地质条件，划分矿区工程地质勘查类型，分析可采矿体顶底板工程地质特征、露采采区剥离物及边坡的工程地质特征，对可能影响勘查区开发建设的工程地质条件做出评价

（8）调查、收集、评价勘查区内地下水及地表水的水质，对勘查区内影响矿区开发的滑坡、泥石流等地质灾害及其隐患进行野外调查。调查地质体中可能成为污染源的物质的赋存状态、含量及分布规律。

（9）基本查明共（伴）生矿产的矿石质量、物质组成，赋存状态，并对其综合开发利用做出评价。

本报告提交评审的原因是详查阶段结束；目的是为石英岩开采矿区规划提供地质依据。

1.1.3 报告编制依据

1. 国家标准

（1）固体矿产资源储量分类》GB/T 17766-2020；

（2）《固体矿产地质勘查规范总则》GB/T 13908-2020；

（3）《固体矿产勘查工作规范》GB/T 33444-2016；

（4）《矿区水文地质工程地质勘查规范》GB/T 12719-2021；

（5）《矿产资源综合勘查评价规范》GB/T 25283-2010；

（6）《地质矿产勘查测量规范》GB/T 18341-2021

（7）《中国地震动参数区划图》GB 18306-2015

2.行业标准

（1）《固体矿产勘查原始地质编录规程》DZ/T 0078-2015；

（2）《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227-2010

（3）《矿产地质勘查规范 硅质原料类》DZ/T 0207-2020；

（4）《地质矿产实验室测试质量管理规范》DZ/T 0130-2006；

（5）《固体矿产地质勘查报告编写规范》DZ/T 0033-2020；

（6）《固体矿产勘查概略研究规范》DZ/T 0336-2020；

（7）《固体矿产资源量估算规程 第2部分:几何法》DZ/T 0338.2-2020；

（8）《固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究技术要求》DZ/T 0079-2015

（9）《金属非金属矿产地质普查勘探采样规定及方法》(国家地质总局 1978)

3.相关资料

（1）《甘肃省高台县方架山—银洞子一带硅石矿资源调查评价报告》（甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院，2017年10月）；

（2）《甘肃1:25万嘉峪关市、临泽县幅基础地质调查修测成果报告》（甘肃省地质调查院，2015年12月）。

（3）《高台幅—平川幅1:20万区域地质测量报告》（上册）

1.2 位置与交通

勘查区位于甘肃省高台县城北东34°方位26km，行政区划隶属甘肃省临泽县平川镇管辖，与高台县罗城镇接壤。依据1997年中共张掖市地委裁决，高台县对锯条山冶金用石英岩矿具有管理权。国家2000地理坐标：

东经 99°56′55″～100°01′18″

北纬 39°32′36″～39°35′40″

自高台县城出发经合黎大桥至高阿公路（高台县-内蒙古阿拉善右旗），驶至高阿公路约22km处，东侧下公路沿便道约7km至勘查区。高阿公路高台县起点有张罗公路（S301）通过。另勘查区以南约55km为国道312线及兰新铁路，从312线至高台县城、临泽县城和罗城镇均有简易公路亦可达勘查区，交通极为便

利。详见交通位置图（图 1-1）。

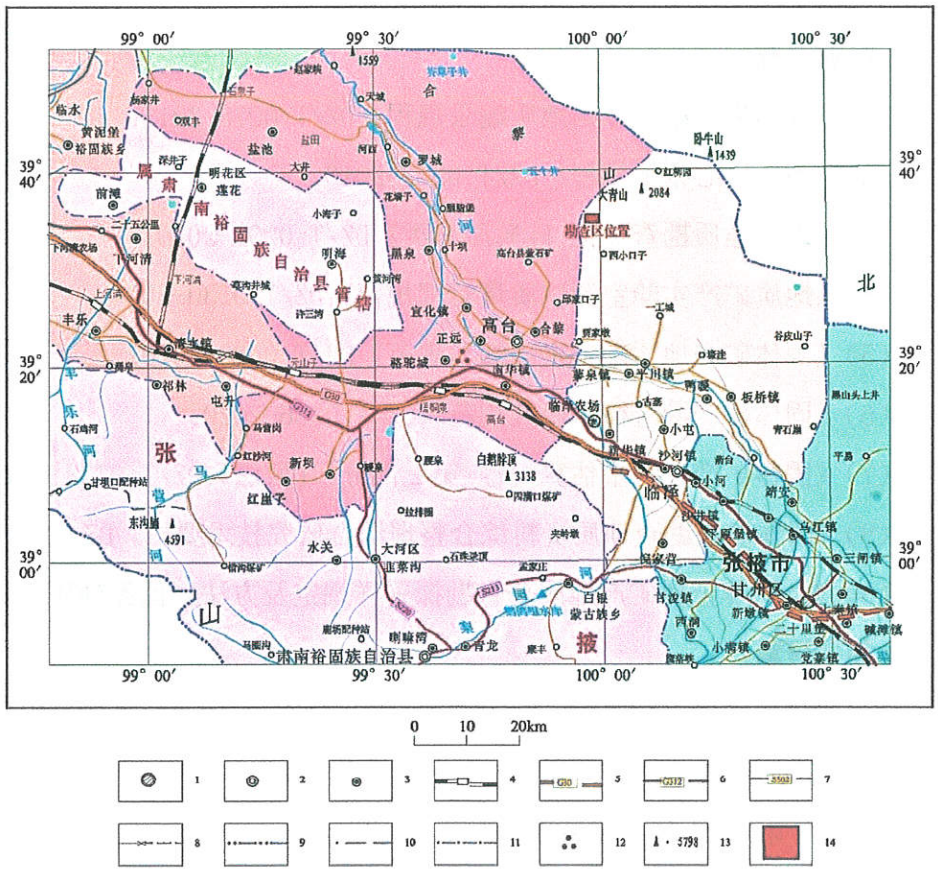


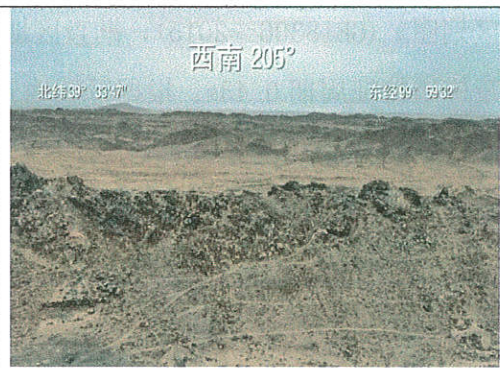
图 1-1　交通位置图

1.3 自然地理与经济状况

1.3.1　地形地貌特征

勘查区位于高台县北合黎山北缘锯条山，山势总体为北西南东向，整体呈北东高南西低，海拔 1554.95m～1647m，山体呈浅切割，相对高差 10m～30m。地势相对平缓，属中山区。区内沟谷较发育，多呈“U”形，谷宽 20m～30m，坡度 5°～20°。大部分山体受风化等作用，山顶呈浑圆状，仅矿体所在山顶呈锯齿状，“锯条山”由此而来。依据中国地貌区划图属北部高中山平原盆地-新甘中平原-阿拉善中丘陵风蚀平原，属低中山丘陵地貌景观。

勘查区当地最低侵蚀基准面位于勘查区西南部，标高为+1554.95m 水平。

	
图 1-2 勘查区地形地貌特征	图 1-3 勘查区南部地形地貌特征

1.3.2 气象、水文特征

勘查区属干旱-半干旱内陆气候地貌。春季多风沙，夏季酷热少雨，冬季寒冷干燥。具昼夜温差大、少雨多风等特征，年平均气温 5℃～8℃，6～8 月份最高气温在 30℃以上，3、4 月份为风季，最大风速 15m/s，风向多为西北风。年降雨量 97.4mm 左右，年蒸发量大于 2300mm。全年无霜期 157 天，冻土厚度 1.2m 左右。

勘查区内无常年性流水，区内沟谷中仅在雨季汛期时会形成临时性流水，流量随降雨量的变化而变化。

1.3.3 不良地质作用和地质灾害

勘查区内沟谷发育，地质灾害危险点主要为昶利和新福硅石矿的矿渣堆放点，坡度较大。

勘查区位于西北地区地震带-河西走廊地震带，为单发式地震带。单发式地震是以一次 8 级以上地震和若干中小地震来释放带内积累的能量。

该地震带包括祁连山地震带和民勤地震带，走向呈北西西向展布，东端与南北地震带西翼接壤，西邻阿尔金地震带，北越金塔、阿拉善进入内蒙，南界进入青海境内。本带内发生的地震多受北西西向深大断裂的强烈活动所控制。根据有关资料记载，从公元 180 年高台西表氏 7.5 级地震起至今 1700 多年来，共发生中强以上破坏性地震 46 次，其中 8 级特大地震一次，7 级以上 4 次，6 级以上 6 次。强震多沿断块边界具有西迁北移的特点。资料表明，进入 20 世纪九十年代以来，本带地震活动具有明显增强的趋势。

勘查区位于临泽县平川镇，属于祁连山地震带中段。根据《中国地震动参数

区划图》(GB18306～2015)，勘查区地震基本烈度Ⅷ，地震动峰值加速度 0.20g，反应谱特征周期 0.45s。根据区域地壳稳定性分区和判别指标表，该地区定为基本稳定区Ⅱ。

据《临泽县志》载，1949 年以前临泽县旧称“抚彝”，仅有嘉庆二十五年至民国 16 年间临泽县所发生的地震。多大都有震感，较严重的地震发生在光绪五年、民国 9 年、民国 16 年。

1949 年-2007 年，多大都有震感，地震强烈时引起个别房屋轻度裂缝。

1.3.4 区域经济概况

高台县地处甘肃河西走廊中部，黑河中游下段，自古被称为“河西锁钥、五郡咽喉”。东接临泽县，南靠肃南裕固族自治县，西邻肃南裕固族自治县明花乡及酒泉市肃州区，北依合黎山与酒泉市金塔县、内蒙古自治区阿拉善右旗接壤。地势南北高、中间低，形若马鞍，南部为祁连山北麓，中部为走廊平原，北部为合黎山地，黑河纵贯县境，海拔高度介于 1260m～3140m 之间。东西长 99.13km，南北宽 90.93km。总面积 4346.61km^2。下辖 9 个镇：城关镇、宣化镇、南华镇、巷道镇、合黎镇、骆驼城镇、新坝镇、黑泉镇、罗城镇等 9 个镇，县人民政府驻城关镇。根据第七次人口普查数据，高台县常住人口为 12.57 万人。

2021 年，高台县实现生产总值 60.36 亿元，同比增长 6.8%。第一产业增加值完成 23.37 亿元，同比增长 10.08%。第二产业增加值完成 9.21 亿元，同比增长 6.1%，工业增加值完成 4.71 亿元，同比增长 12.9%，其中：规上工业增加值同比增长 13.6%；建筑业增加值完成 4.5 亿元，同比下降 0.3%。第三产业增加值完成 27.78 亿元，同比增长 5.7%。固定资产投资完成 28.23 亿元，同比增长 10.09%。社会消费品零售总额实现 19.57 亿元，同比增长 13.7%。限额以上社会消费品零售总额完成 3.22 亿元，同比增长 46%。

罗城镇，位于高台县北西 329°，直距约 39.16km。地处高台县城西北，东与黑泉镇相接，南与肃南县明花乡毗邻，西接酒泉市金塔县，北靠合黎山。位于黑河两岸，地势较为平坦，境内最高点海拔 1400m，最低点海拔 1280m。辖区面积 1602.33km^2。截至 2021 年 10 月 31 日，罗城镇辖 13 个行政村，镇人民政府驻罗城村。根据第七次人口普查数据，截至 2020 年 11 月 1 日零时，罗城镇常住人口为 5387 人。2018 年，罗城镇有工业企业 5 个，其中规模以上工业企业有 1 个，

有营业面积超过 50m² 以上的综合商店或超市 10 个。

勘查区周边人烟稀少，无固定居民点，仅有一户牧民以放养骆驼为主，工业活动仅高台县昶利硅业有限公司锯条山冶金用石英岩矿和高台县新福矿产品有限责任公司锯条山冶金用石英岩矿，以上两家企业均为已建矿山。无农业等其他产业经济活动，生产力水平低下，经济落后。燃料及生产、生活物资需依靠高台县等地供给，生活、生产用水均需从合黎镇或高台县乡拉运。勘查区周围有高压线塔通过，需与当地中国电网公司商洽接入供电线路。

1.4 勘查项目基本情况

项目名称：甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿二区块详查。

项目类型：新　立。

项目来源：高台县财政项目。

勘查矿种：冶金用石英岩。

区块位置：1:5 万图幅编号 J47E003017（西小口子）。

勘查区面积：5.22km²。

勘查周期：2022 年 07 月～2022 年 10 月。

设计主要实物工作量：1:2000 地质正测 3.30km²，槽探 1000m³，钻探 580m，基本分析样 270 件。总预算费用：187.20 万元。

预期提交成果：提交石英岩矿石资源量（控制+推断）500 万吨以上，提交《甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿详查报告》及相关资料。勘查区拐点坐标见表 1-1。

表 1-1　勘查区范围拐点坐标一览表

拐点编号	2000 国家大地坐标		2000 直角坐标（3° 带）		备注
	经度	纬度	X	Y	
1	100° 00′ 0.47″	39° 34′ 09.55″	4382190.12	33585940.10	二区块（1）
2	100° 01′ 17.79″	39° 33′ 29.17″	4380963.54	33587799.71	
3	100° 00′ 32.16″	39° 32′ 36.95″	4379340.71	33586728.42	
4	99° 59′ 14.92″	39° 33′ 16.20″	4380532.88	33584870.92	
5	99° 59′ 38.01″	39° 33′ 42.00″	4381334.61	33585413.36	
6	99° 59′ 36.61″	39° 33′ 42.89″	4381361.76	33585379.63	
7	99° 57′ 40.72″	39° 35′ 21.11″	4384358.83	33582580.60	二区块（2）
8	99° 57′ 58.76″	39° 35′ 13.73″	4384135.83	33583013.53	
9	99° 58′ 30.90″	39° 34′ 52.31″	4383483.49	33583787.67	
10	99° 58′ 19.08″	39° 34′ 39.05″	4383071.47	33583510.00	
11	99° 57′ 24.74″	39° 35′ 02.27″	4383773.70	33582205.46	
拐点编号	2000 国家大地坐标		2000 直角坐标（3° 带）		
	经度	纬度	X	Y	
12	99° 59′ 39.83″	39° 33′ 42.73″	4381355.66	33585456.57	扣除
13	99° 59′ 50.60″	39° 33′ 39.20″	4381249.64	33585714.89	扣除
14	99° 59′ 55.67″	39° 33′ 45.12″	4381433.56	33585833.89	扣除
15	99° 59′ 41.33″	39° 33′ 48.16″	4381523.52	33585490.29	扣除
勘查区面积：5.22km²					

1.5 勘查区与各类自然保护地的关系

勘查区不存在与法律法规明令禁止矿产资源开采的各类生态功能保护区、各类各级自然保护区等保护区重叠的情况，也不存在其他不宜设置地勘项目的情况，不属于《矿产资源法》第二十条规定的“非经国务院授权的有关主管部门同意，不得开采矿产资源地区”。符合四轮市级规划的矿权设置区划。目前区内设置高台县昶利硅业有限公司锯条山冶金用石英岩矿和高台县新福矿产品有限责任公司锯条山冶金用石英岩矿两家采矿权（勘查区与周边矿权关系示意图 1-4）。

勘查区北部设置有两家探矿权，分别为高台县羊肚子山南石英岩矿普查、甘肃省临泽县小孤山石墨矿普查，以上两家均为开展工作。南部设置三家探矿权，分别为：临泽县小孤山冶金用石英岩矿、临泽县一棵树晶质石墨矿普查、甘肃省临泽县小孤山冶金用石英岩矿普查。

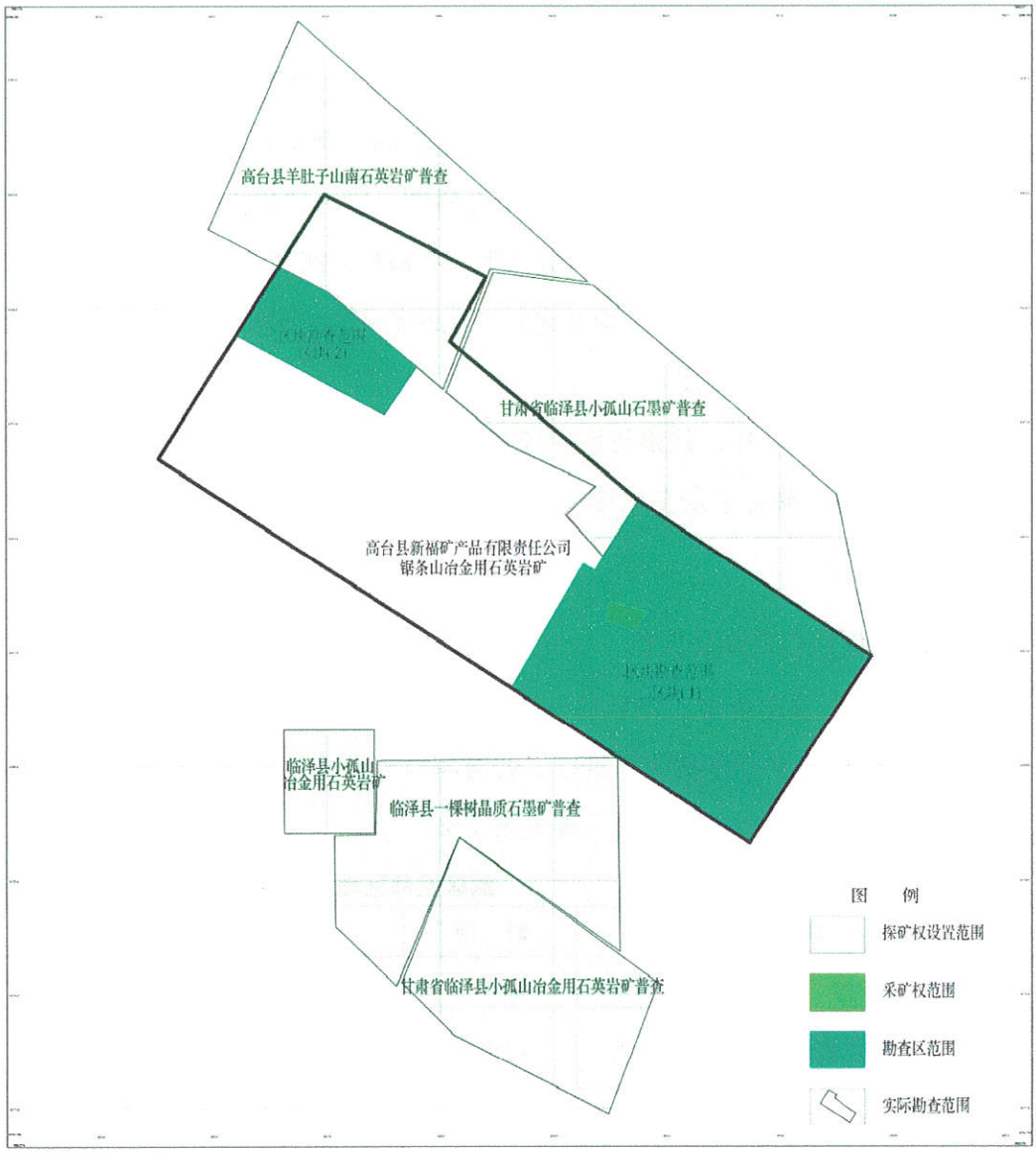


图 1-4　勘查区与周边矿权关系示意

1.6 以往工作评述

1.6.1　以往区域地质工作

勘查区所在区域地质矿产研究程度始于上世纪四十年代，1946 年 9 月，有刘遒隆等人曾在合黎山进行 1:50 万路线地质调查，1947 年，郭宗山对河西进行地质调查时于正北山和杨台山等地发现了石膏矿，并进行了报导，上述两人工作仅限于一般路线地质调查，工作比较粗略，涉及区域地质和矿产方面的问题较少，可供利用的资料不多。

1949 年以后，随着社会主义建设事业蓬勃发展，高台—平川一带地质矿产

的调查和研究与日俱增。

主要完成的区域性地质工作有：

1958—1959 年，甘肃省地质局水文地质队在测区进行了 1:20 万区域水文地质调查，编制有水文地质图、第四纪地质图，同时还投入了一定的钻探工作。

1967—1972 年，甘肃地质局区测二队完成 1:20 万高台、平川幅区域地质调查，对区内地层、岩浆岩、构造进行了系统的研究，对区内矿产做了一定程度的调查，总结了成矿规律。

1995—1997 年，甘肃省地矿局物探队完成了高台、平川两幅 1:20 万区域化探扫面工作，圈定了众多地球化学综合异常，进行了异常查证并提出了进一步工作建议。

1.6.2 以往矿产地质工作

1957 年甘肃省地质局绿泉山地质队，1960 年张掖专署煤田地质队，先后对红柳园煤矿和炭窑子坡煤矿进行了普查和检查评价及勘探，并编写了报告，是测区煤矿研究的基本参考资料（详见表 1-2）。

表 1-2　　测区及邻区地质调查历史简表

序号	调 查 者	时　间	资料名称/主要工作
1	张掖煤田地质队一、二分队	1958 年	大青山一石工厂间 1:20 万普查报告
2	甘肃省地质局水文地质工程队	1958 年	甘肃河西走廊玉门一永昌间综合地质水文地质普查报告
3	张掖专署地质局二队	1959 年	高台县正北山石膏矿地质普查报告
4	地质部地球物理探矿局航测大队	1959 年	甘肃地区航空物探（磁及放射性）工作结果报告
5	张掖专署地质局二队	1959 年	高台县黑山口子铁矿检查报告
6	甘肃省地质局祁连山地质队	1961 年	高台县小孤山蛭石矿地质报告
7	甘肃省地质局祁连山地质队	1961 年	东小口子铁矿地质评价报告（第一、二异常）
8	甘肃省地质局祁连山地质队	1961 年	高台县板凳沟钛磁铁矿检查报告
9	甘肃省地质局祁连山地质队	1961 年 12 月	高台县黑山口子放射性异常检查报告
10	甘肃省地质局祁连山地质队	1961 年 3 月	高台县罗城盐池地质普查勘探报告
11	甘肃省地质局祁连山地质队	1961 年	甘肃省高台县罗城到酒泉县鸳鸯池一带钾盐普查检查报告
12	甘肃省地质局第四地质队	1965 年	高台县七坝泉萤石矿区初步勘探报告
13	二机部三局西北一八二队	1966 年 12 月	咸水井矿区放射性专题报告
14	甘肃省地质局水文地质工程队	1969 年	黑河中游水文地质普查报告
15	甘肃省地质局	1967～1972	1:20 万高台幅、平川幅区域地质测量报告

序号	调 查 者	时 间	资料名称/主要工作
16	甘肃省冶金局五队	1995 年	对Ⅲ号铜矿体进行了初步评价
17	甘肃省地勘局物探队	1998 年	在大青山北对 1:20 万区化异常（As10）进行了查证，通过化探、物探、地表槽探揭露，圈出两个铜矿体。
18	甘肃省地质调查院	2002—2003	甘肃临泽县大青山一带铜矿资源评价报告
19	甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院	2017 年	甘肃省高台县方架山-银洞子一带硅石矿资源调查评价报告

1958—1968 年，第二机械工业部 182 队，在图幅内进行了区域性放射性普查，对区内放射性矿产进行了初步评价，对部分矿点还投入了少量钻探工作。

1960—1961 年，甘肃地质局第六地质队在测区发现和评价板凳沟钛磁铁矿。

1966 年和 1970 年，第二机械工业部三局 182 队对测区航测放射性异常进行了普查和检查评价工作，其资料较系统详细。

2017 年 6 月～2017 年 9 月，甘肃省地矿局水勘院开展了高台县方架山-银洞子一带硅石矿资源调查评价工作，并提交了《甘肃省高台县方架山—银洞子一带硅石矿资源调查评价报告》。项目共投入勘查经费 96 万元，资金来源为高台县财政拨款。野外完成主要实物工作量见表 1-3。

表 1-3　项目完成实物工作量一览表

序号	工作手段	单位	完成工作量	备　注
1	1:50000 遥感解译	km^2	85.18	
2	1:5000 实测地质剖面	km	17.25	
3	1:50000 地质路线调查	km^2	85.18	
4	1:10000 地质填图	km^2	14.57	
5	剥土施工	m^3	4140	
6	剥土编录	m	1103.3	
7	刻槽样长	m	762	
8	薄片鉴定	件	8	
9	基本样	件	381	
10	内检样	件	39	
11	外检样	件	30	
12	组合分析样	件	2	
13	多元素分析样	件	5	
14	小体重样	件	40	

通过本次调查评价工作，在高台县方架山-银洞子一带圈定出 2 处重点调查区（小孤山调查区和锯条山调查区）。通过调查评价工作，小孤山调查区内圈连出 2 条硅石矿矿体，锯条山调查区圈连出 3 条硅石矿矿体。通过对重点调查区内

硅石矿大致估算后，预测小孤山调查区内硅石矿(333+334？)矿石资源量6786.14万吨，锯条山调查区内硅石矿(333+334？)矿石资源量2078.34万吨，合计硅石矿(333+334？)矿石资源量8864.48万吨。资源量估算结果见表1-4。

表1-4 资源量估算结果表

序号	调查区名称	资源量类型	调查区面积（km^2）	矿石资源量(万吨)
1	小孤山调查区	(333+334？)	3.75	6786.14
2	锯条山调查区	(333+334？)	10.82	2078.34
合　　计		(333+334？)	14.57	8864.48

上述工作为本次详查工作的开展奠定了坚实的基础。

1.7 本次工作概况

1.7.1 项目实施过程简述

2022年7月10日，甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院组建项目组。

2022年7月20日～2022年7月25日，委托甘肃地质工程勘察院有限责任公司在测区范围内布设了KZ2、KZ5、KZ6、KZ7、KZ8共5个D级GPS点，利用甘肃省CORS站网由甘肃省测绘工程院CORS中心进行基线解算。高程控制测量利用甘肃省CORS站网由甘肃省测绘工程院CORS中心进行GPS拟合解算，并利用甘肃省似大地水准面精化成果将大地高解算为1985国家高程基准下的正常高。

2022年7月26日～2022年7月29日，地质填图任务确定后，项目组在测区踏勘基础上，选择在基岩出露相对较好并垂直测区内主要构造线方向完成了B-B′的1:2000实测地质剖面测量工作，实际完成工作量1.97km。

2022年7月30日～2019年8月15日，根据1:2000实测地质剖面确定的填图单元，以穿越法为主、追索法为辅完成了1:10000地质简测工作，实际完成工作量5.22km^2。通过1:10000地质简测工作，摸清石英岩矿体分布范围、走向、产状等地质信息。

2022年8月16日～2022年8月19日，项目组确定了1:2000填图范围，在对1:2000填图范围踏勘基础上，选择在基岩出露相对较好并垂直测区内主要构造线方向完成了D-D′ 1:1000实测地质剖面测量工作，实际完成工作量1.60km。

2022年8月20日～2022年9月10日，根据1:1000实测地质剖面确定的填

图单元，以追索法为主、穿越法为辅完成了 1:2000 地质正测工作，实际完成工作量 2.86km²。通过 1:2000 地质正测填图工作，基本查明石英岩矿体分布范围、走向、产状等地质信息。同时委托甘肃地质工程勘察院有限责任公司采用航空摄影测量方法完成了 1:2000 地形测量工作，工作航摄飞行器为大疆 PHANTOM4 RTK 无人机，实际完成工作量 2.86km²。

2022 年 9 月 11 日～2022 年 9 月 25 日，根据调整后的 1:2000 地质填图范围委托高台县精诚建安工程机械设备租赁中心杨国勤、郭山采用卡特 320D 型挖掘机对勘查区范围内 13 条探槽进行施工，探槽规格均符合设计要求。施工完成后采用一壁一底展开法及时对探槽进行了编录，实际完成工作量 1651.21m³。

2022 年 9 月 25 日～2022 年 10 月 15 日，根据探槽揭露情况布设的孔位、孔斜数据委托山东盛岩地质勘探有限公司完成了 2 个钻孔（ZK5301、ZK5701）的钻探工程施工任务，钻探施工结束项目组及时进行了编录，实际完成工作量 192.3m。

2020 年 9 月 20 日～2020 年 10 月 20 日，委托中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所完成了甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿可选性试验研究。

1.7.2 工作量完成情况

截至 2022 年 10 月 31 日，设计主要实物工作量已全部完成。具体完成的实物工作量见下表 1-5。

表 1-5 完成主要实物工作量一览表

序号	工作手段	单位	设计工作量	完成工作量	完成率（%）	备注
1	控制测量（GPS 点 E 级）	点	5	5	100	
2	1:2000 地形测量	km²	3.30	2.86	100	
3	1:1000 实测地质剖面	km	0.5	1.60	320	
4	1:2000 实测地质剖面	km	1.5	1.97	131	
5	1:1000 勘探线剖面测量	km	1.1	3.76	342	
6	1:10000 地质简测	km²	5.77	5.22	100	
7	1:2000 地质测量	km²	3.30	2.86	100	
8	1:10000 水文地质简测	km²	5.77	5.22	100	
9	1:2000 工程地质简测	km²	3.30	2.86	100	
10	1:2000 环境地质、地质灾	km²	3.30	2.86	100	
11	机械岩心钻探（0~200m）	m	580	192.3	115	
12	槽探（0~3m，土石方）	m³	1000	1651.21	188	

13	基本分析样	件	270	288	111	
14	组合分析样	件	5	27	540	
15	多元素分析样	件	5	5	100	
16	岩矿鉴定样	件	20	20	100	
17	矿石小体重样	件	40	33	83	
18	力学试验样	件	5	5	100	
19	实验室流程试验样	件	1	1	100	
20	工程点测量	点	2	7	350	
21	矿产评价报告	份	1	1	100	

1.7.3 野外验收情况

2022 年 7 月 28 至 29 日，我院总工办检查组来项目检查，通过实地调查、查阅资料等形式了解了项目实施总体情况，指出了存在的问题，并针对项目地质剖面测量、地质测量、赋矿层位追索、探槽工程编录、构造现象识别等进行了指导。

野外工作于 2022 年 10 月 15 日结束。因疫情影响，于 2022 年 11 月 23 日由张掖市自然资源局组织进行了野外验收，项目基本完成了设计工作量，工作质量符合设计和规范要求，评定该项目工作质量等级为 83 分良好级，通过了张掖市自然资源局组织的野外验收。

1.7.4 费用投入情况

该项目经费预算为 187.20 万元，由高台县政府全额投入。项目承担单位按照国家和市上各项财务标准，对项目开支进行严格审批检查，项目组内部经费使用由项目负责严格批准，并由专人专管。随着找矿范围的扩大及探矿工程投入，实际投入经费为 159.93 万元。

1.7.5 取得的主要成果

1.通过开展 1:10000 地质简测、1:2000 地质正测，基本查明了勘查区内地层、构造、岩浆岩特征及其与成矿的关系，勘查区内石英岩赋矿地层为中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1），主要由云母石英片岩、石英岩（矿体）、变粒岩、大理岩等组成，矿体呈层状、似层状产出，顶底板围岩多为云母石英片岩，局部地段以含石榴子石白云母片岩为顶底板围岩为云母石英片岩、石英片岩、大

理岩。

2.通过探槽和钻探工程控制，区内共圈定冶金用石英岩型矿体10条，石英岩型矿体为：①、②、⑨号矿体。石英片岩型矿体11条，主要为：④、⑤、⑥、⑪、⑫、⑬、⑭号矿体。矿体均赋存于中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）中，呈层状产出。

3.通过开展水工环地质测量，基本查明了矿床开采技术条件。勘查区水文地质勘查复杂程度属于第一型，即水文地质条件简单型矿床；勘查区工程地质勘查类型属四类一型，即层状岩性简单型条件简单；地质环境类型为第一类，即勘查区地质环境质量良好。综合确定，矿床开采技术条件勘查类型为第Ⅰ类。

4. 本次工作开展了冶金用硅质原料选矿试验研究，通过研究发现：该石英岩矿虽可作为平板玻璃原料大宗利用，综合矿床地质特征、矿床平均品位、经济技术概略评价等，建议该石英岩矿以冶金用硅质原料(熔剂用)进行开采利用。

5.资源量估算结果

截至2022年10月31日,勘查区内查明石英岩矿矿石总资源量(控制+推断)195.53×10^4t；其中控制资源量58.95×10^4t，占勘查区总资源量的30.15%；推断资源量136.58×10^4t，占勘查区总资源量的69.85%。

以上资源量估算标高+1554.95m～+1674m水平。

6.通过矿床经济技术概率评价，按年产10万吨规模生产，矿山年利润总额为82.56万元，利润较可观。投资收益(利润)率为16.51%，投资回收期为6.5年，该项目的开发前景良好。

1.7.6 项目人员组成及报告编写

2022年7月-2022年11月，先后参与高台县锯条山冶金用石英岩矿详查工作的技术人员（人员分工详见表1-6）有:董　军、何勇林、史振坤、王兴龙、屠应龙、孙振兴、赵建军、何志锋、虎志禄、郭　壘、陈天尧、王文阳、王君宏、徐　强、南继胜、高钰坤、舒祥清、马有臣、关兴文、郭春犁、白冰等。

表 1-6　　项目主要参与人员简况表

序　号	姓　名	职　　务	在本项目中作用	备　注
1	董　军	项目负责	全面负责项目实施及负责水、工、环工作	
2	何勇林	技术负责	指导项目实施	
3	史振坤	技术负责	指导项目实施	
4	王兴龙	技术负责	负责工程编录	
5	屠应龙	技术负责	负责地质填图	
6	孙振兴	地质组长	负责工程编录	
7	赵建军	地质组长	负责地质填图	
8	何志峰	地质组长	负责地质填图	
9	虎志禄	组　　员	地质填图	
10	郭　壘	组　　员	地质填图	
11	陈天尧	组　　员	地质填图	
12	王文阳	组　　员	工程编录	
13	南继胜	组　　员	工程编录	
14	高钰坤	组　　员	工程编录	
15	王君宏	测量负责	负责 1:2000 地形测量	
16	徐　强	测量负责	负责工程点、地质点测量	
17	舒祥清	测试负责	负责基本分析、组合分析、多元素分析、小体重测定、水质分析、力学测试等工作	
18	马有臣	测试负责		
19	关兴文	测试人员		
20	郭春犁	测试人员		
21	白　冰	测试人员		

本报告由董　军、王兴龙、屠应龙编写。报告附图编制由王兴龙、屠应龙、孙振兴等承担，资源量估算表的编制与计算由王兴龙、屠应龙、孙振兴承担，郝强、王君宏负责报告附图、附表、附件的校对、审核，何勇林、史振坤对报告及附图、附表进行审核。

第 2 章 区域地质

2.1 地　层

勘查区位于华北板块阿拉善地块龙首山基底杂岩带，位于阿拉善地块南缘龙首山山体。地质建造为龙首山岩群，属结晶基底变质岩系。其间有加里东期裂谷沉积，伴随超基性、基性岩浆侵入和喷溢。大地构造相（环境）类型为大型变形构造带。北部为阿拉善陆块陆缘岩浆弧，南部为北祁连加里东褶皱带走廊过渡带。（图 2-1）。

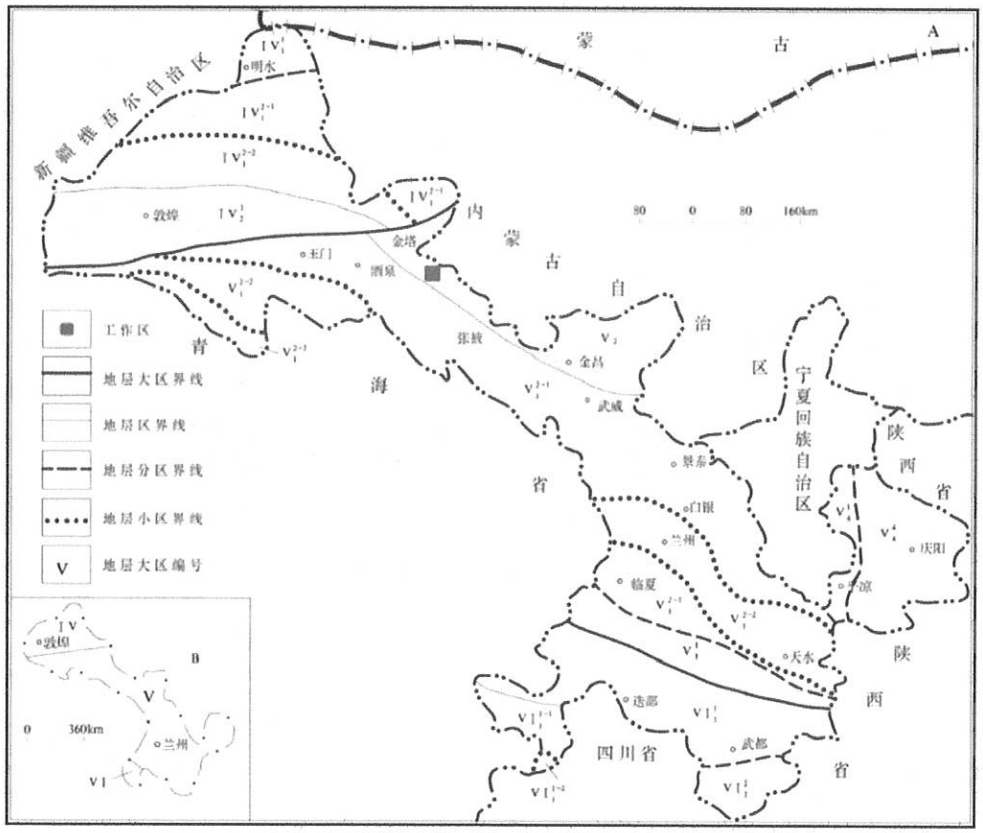


图 2-1　大地构造位置图

1. 地层

勘查区大部区域属阿拉善地层区，迭布斯格-阿拉善右旗地层分区的合黎山地层小区，（表 2-1）。

表 2-1　　工作区地层区划表

地层区（二级）	地层分区（三级）	地层小区
阿拉善地层区	迭布斯格-阿拉善右旗地层分区	合黎山地层小区

阿拉善地层区区内出露地层为早元古代-晚太古代龙首山岩群、中元古代蓟县系墩子沟群、侏罗系龙凤山组、白垩系下沟组、第四系风积物及冲洪积物。现将各地层特征（表 2-2）分述如下：

表 2-2　　岩石地层划分表

年代地层			岩石地层单位	地质代号	岩性特征
新生界	第四系	全新世	坡积物	Qh^{dl}	灰色砾石、含砂砾石
			风积物	Qh^{eol}	灰黄色松散细粉砂土
	古近系		白杨河组	$E_{1-2}b$	上部：泥质粉砂岩夹砂岩、顶部为含泥质石膏及含细砾石英砂岩。中部：杂色砂质泥岩夹石膏层。下部：桔红色砾岩、含砾砂岩及泥岩。
中生界	白垩系		下沟组	K_1x^1	上部：黄色、黄褐色砾岩、含砾砂岩及砂岩。中部：紫红色与灰绿色、灰白色等杂色泥岩互层、夹有浅灰色泥灰岩。具有铀矿。下部：紫红色钙质粉砂岩及泥岩
	侏罗系		龙凤山组	$J_{1-2}l$	浅灰色粗砂岩、砂砾岩、灰色细砂岩、砂质泥岩呈韵律夹薄煤层
中元古界	蓟县系		墩子沟群	JxD^2	顶部：紫黑色、肉红色及灰色板岩与灰色泥灰色互层。上部：灰色片状石英岩与灰色硅化灰岩互层。中部：黄褐色、灰白色大理岩及条带状硅化大理岩。下部：灰白色白云岩、含石墨白云岩、白云质大理岩
				JxD^1	灰色黑云母石英片岩、白云母石英片岩及深灰色片状石英岩
古元古界～新太古界			龙首山岩群	Ar_3-Pt_1L^1	上部：灰色、灰绿色黑云母中长片麻岩、黑云母斜长片麻岩。下部：灰色二云母石英片岩、黑云母斜长片麻岩夹角闪中长片麻岩

（1）早元古代-晚太古代龙首山岩群（Ar_3-Pt_1L）

主要分布于大青山一带，为区内最老地层，为一套经多期多次变形的深变质岩系，主要岩性为角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、大理岩、二云石英片岩、斜长角闪岩及条带状、眼球状混合岩。属中级区域变质岩，厚度大于 1823m。

除大青山地区见此亚群被下白垩统下沟组(K_1x)不整合接触外，未见到该亚群与上覆、下伏地层的直接接触关系。大青山地区龙首山岩群一岩组(Ar_3-Pt_1L^1)，出露较全，区域上自下而上可分两个岩段：

二岩段：主要由灰色二云石英片岩、黑云斜长片麻岩、角闪中长片麻岩及中长片麻岩组成，厚 706m。

一岩段：下部由灰色及灰绿色黑云中长片麻岩、黑云斜长片麻岩组成，向上变为深灰色角闪斜长片麻岩与黑云斜长片麻岩及黑云中长片麻岩的互层，厚 1116m。

自大青山往东至野马圈一带，该岩组分段性不明显，主要为黑云母斜长片麻岩、黑云二长片麻岩，夹黑云石英片岩、斜长角闪岩、黑云母片岩及硅化大理岩等。由于侵入岩影响，产生接触交代及混合岩化作用，生成条带状、眼球状混合岩。因岩体侵入和断裂的影响，地层出露不全，可见厚度约 844m。由大青山向西，于一棵树、罗城等地的零星露头为黑云斜长片麻岩及云母石英片岩，局部有混合岩，层序不全，厚度不明。

地层含矿性：本区仅在合黎山北部沙枣泉西的龙首山岩群中见少量贫磁铁矿。

（2）中元古代蓟县系墩子沟群

区域上墩子沟群自上而下表现为碎屑岩建造-碳酸盐岩建造-碳酸盐岩、碎屑岩建造组成的沉积旋回。下部代表海侵开始阶段，系滨海-浅海相碎屑沉积。主要由变粒岩、变砂岩、石英岩和云母石英片岩等组成。中部为海侵最大时期沉积，主要为浅海相碳酸盐建造，由大理岩和白云岩等组成。上部为海退阶段，表现为碳酸盐岩与碎屑岩的交互沉积，由石英岩、硅化灰岩、灰岩和板岩组成。

一岩组（JxD^1）：灰黑色黑云母变粒岩、灰白色白云母变粒岩夹二云母石英片岩及变质长石石英砂岩，向南东相变为灰色片理化长石砂岩、变质长石石英砂岩等。

二岩组（JxD^2）：顶部：紫黑色、肉红色及灰色板岩与灰色泥灰岩互层夹有绢云母石英片岩、硅化灰岩。夹似层状含赤铁矿板岩。

上部：灰色片状石英岩与灰色硅化灰岩互层夹少量白云母石英片岩及云母石

英片岩。

中部：黄褐色、灰白色大理岩及条带状硅化大理岩。

下部：灰白色白云岩、含石墨白云岩、白云质大理岩夹有石英岩、石榴石角闪片岩、石榴石黑云母石英片岩及黑云母斜长片麻岩。局部产条带状磁铁矿。

地层含矿性：本区墩子沟群中含有石英岩、白云岩矿、磁铁矿和赤铁矿，此外七坝泉等地的分布有石英脉型的萤石矿，小孤山产接触变质型的蛭石矿。

磁铁矿：主要产于穿心河东景阳墩一带墩子沟群二岩组（JxD^2）上部层位，为沉积变质型磁铁矿。

赤铁矿：产于黑山口地区板岩—灰岩段中，为扁豆状贫赤铁矿。

白云岩矿：产于穿心河东北墩子沟群二岩组（JxD^2）白云岩一片岩段中。主要为灰白色厚层白云岩和含石墨白云岩。

（3）侏罗系龙凤山组（$J_{1-2}l$）

出露于红柳园-窑泉一线。浅灰色粗砂岩、砂砾岩、灰色细砂岩、砂质泥岩呈韵律夹薄煤层。为一套含煤碎屑岩建造。

上部：浅灰色、灰白色砾岩、砂质砾岩、砂岩及泥岩、页岩夹薄层煤层及煤线。产：*Cladophlebis sp.*，*Equisitites sp.*，*Phoeni copsis sp.*等。

中部：杂色砾岩、砂质砾岩、砂岩、粉砂岩及页岩夹安山玢岩、薄煤层及煤线，可采煤 6-7 层。具有扁豆状菱铁矿和铀矿。产：*Cladophlebis sp.*，*Coniopteris sp.*，*Podozami tes sp.*，*Neocalamites sp.*，*Phoenicopsis sp.*等。

下部：灰绿色砾岩、砂砾岩及细砾岩夹有砂质页岩及煤线。产：*Podozamites sp.*，*Equisitites sp.*，*Phoeni- copsis sp.*等。

地层含矿性：侏罗系龙凤山组是区内的含煤地层。上、中、下大致可分为三个含煤组。

下部含煤组仅在红柳园煤矿地区，钻井显示其在深部隐伏。

中部含煤最广，红柳园煤矿地区具有可采煤 6～7 层，单层一般为 20～30cm。烟煤，质地较好。红柳园煤矿、腰泉煤矿、红沟窑地区、月井子和炭窑子坡等曾为民用所采。

上部含煤组见于红柳园煤矿地区，因煤层薄、且不稳定，故多不可采。

（4）白垩系下沟组（K_1x）

大部出露于区域大青山一带。岩层走向北西，倾角10°～20°，由于褶皱作用局部倾向北东，局部南西，多为倾向北东。主要岩石特征为：紫红色、砖红色泥岩、粉砂岩、砂岩组成，底部见有砾岩。为一套以紫红色、暗紫红色为主的碎屑岩建造，表现为山麓洪积相-河湖相，河流相的沉积环境。在区内出露上下两个岩段：

白垩系下沟组下段（K_1x^1）：灰绿、紫灰色、紫红色砾岩。上部常夹有褐色薄中层状砂岩或含砾砂岩。

底砾岩之砾石组份系变砂岩、红色花岗岩、混合岩、大理岩、片岩等组成，多为次棱角状，分选性差，无定排列方向，砾径7～10cm，自南而北逐渐变细，顶部夹砂岩凸镜体。

白垩系下沟组上段（K_1x^2）：

上部：砖红色砂岩、含砾砂岩与砾岩互层。

中部：紫红色与黄绿色等杂色泥质粉砂岩、砂岩互层。产有铀矿。产：*Amnicala* sp.，*Sphaerium* sp.，*Physa* sp.等。

下部：杂色砂砾岩、粉砂岩夹灰岩及臭灰岩。具有铀矿。产：*Cypridea (Cypridea) yumenensis. Cypridea (Cypridea) sinensis, Darwinula contracta, Cyprinotus* sp.，*Sphaerium* cf. *selenginensis*等。

（5）古近系白杨河组（$E_{1-3}b$）

测区仅有一些小型陆相沉积盆地，古近系白杨河组（$E_{1-3}b$）出露于区东部和南部，主要为砖红色砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩和石膏，厚度大于579mm。

地层产状总体呈北西向延伸，倾角随分布区而不同，一般为25°～40°左右，个别可达60°以上，谷皮山子一带倾角平缓，一般10°左右。砖红色、桔红色碎屑岩建造，夹石膏层。

白杨河组（$E_{1-3}b$）的岩石组合特征为：

下部：由紫红色，砖红色厚层砾岩组成，砾石成分多来源于附近，主要为变质岩火成岩和石英砂泥质胶结；分选磨圆差，多呈次棱角状或扁圆状，属山麓洪积及河流相堆积，厚247m。

中部：为砖红色砾岩，含砾砂岩、砂岩及泥岩互层，表现为山前湖泊边缘的河、湖交互沉积相，厚121 m，

上部：以砖红色为主，其次夹有灰白色、黄色及灰绿色杂砂岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩。地层中普遍含有石膏，形成了多层可采的沉积石膏矿层，并常常具清晰的层理，反映了湖相沉积特征，厚 219m，

地层含矿性：白杨河组（$E_{1-3}b$）的中上部含有可采石膏矿，属内陆湖相沉积形成。此外在石膏中常常伴生了沉积型铀及天青石矿的形成。

（6）第四系（Q）

区域内多为相对较高的垄岗小丘地段，水流作用是次要的，而主要表现为现代的残积坡积作用，而形成残积-坡积物厚度不大，1～5m 之下便是基岩。

全新世洪积物（Qh^{pl}）：灰色、灰褐色亚砂土、砂、砾石。主要分布于合黎山、北大山、狼娃山、七坝泉-沙山河及等山间低凹地带，地貌上多表现为山前扇形斜坡地，主要由碎石砂、块石亚砂土及亚粘土组成，分选极差，砾石、砂土混杂在一起搬运不远，未经充分磨圆，多呈棱角状-次棱角状，厚度由 3m 到 5m 不等。

2.2 构　造

区域主体属华北板块阿拉善地块龙首山基底杂岩带(Ar_3-Pt_1)（见图 2-2 大地构造位置图）。龙首山基底杂岩带位于阿拉善地块南缘龙首山一带。地质建造为龙首山岩群结晶基底变质岩系。其间有加里东期裂谷沉积，伴随超基性、基性岩浆侵入和喷溢，大地构造相（环境）类型为大型变形构造带。

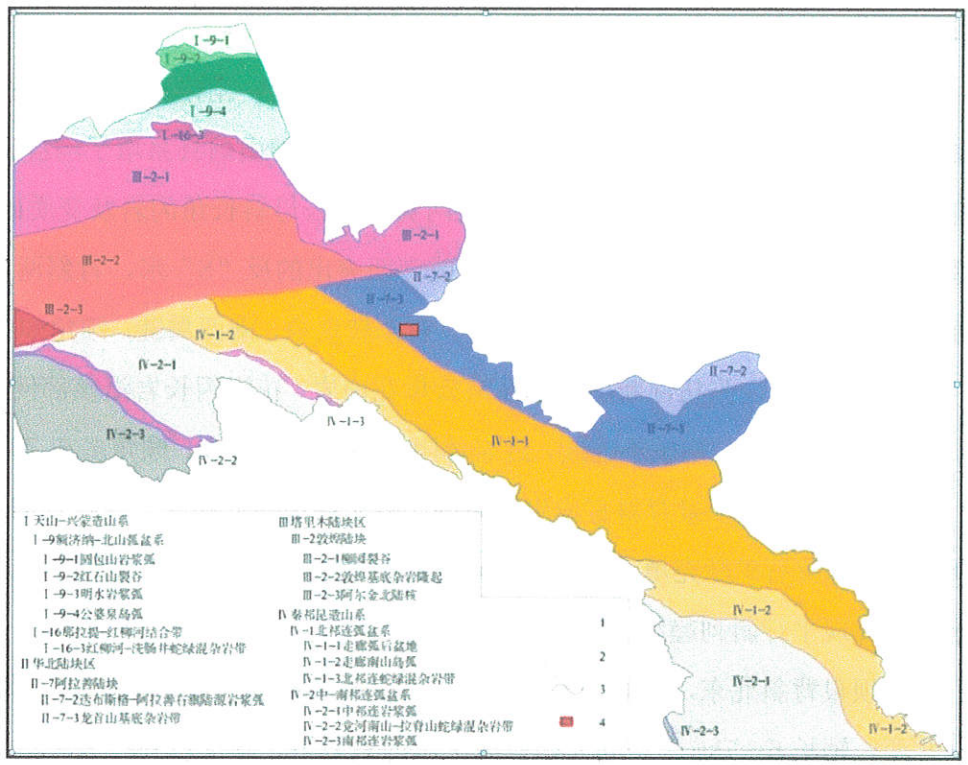


图 2-2　大地构造位置图

区域主体属华北板块阿拉善地块龙首山基底杂岩带，北部为阿拉善陆块陆缘岩浆弧，南部为北祁连加里东褶皱带走廊过渡带。区域构造主要受加里东期和海西-燕山期陆内调整阶段的影响，区域构造极为复杂，逆冲构造和伸展构造相互叠加，以东西向和北西西向为主。大青山向斜，大青山北冲断层、天城-大孤山弧形褶皱带为主要组成，次级构造发育，因隐伏深大断裂，有利于岩浆的侵入和矿产的形成。反映了区域内构造运动的方式及构造形迹一定的展布特征和组合规律性，次级构造发育。在漫长的地质年代中，该区在南北向挤压地应力场的长期反复作用下，发生过多次复杂的构造运动。区内构造主要为一系列线状紧闭褶皱和逆冲断层。

（1）褶　皱

区内褶皱主要为发育在龙首山岩群中的紧闭褶皱，无根褶皱及侏罗系、白垩系地层中的开阔褶皱。南部断层、褶皱及大面积中酸性岩体的展布多受大孤山-天城弧形褶皱带控制。

大孤山-天城弧形褶皱带的最大特点，是其内部构造轴线与山脉的形态轴有着一致性，即大、小孤山、七坝泉天城北等一系列山岭，是由近于平行面斜列的褶皱群、冲断层构成，其中保存最完整而具代表性的，是分布在高台北的七坝泉

背斜，其特征如下：

七坝泉背斜：该背斜北西端从方架山南开始，以北西-南南东走向反“S”形分布，南东隐没于第四系地层之下，总长达 25km，核部由蓟县系墩子沟群云母石英片岩、变粒岩组成，岩层形变显著，而两翼为黑云母斜长角闪岩及变质砂岩，这些地层随褶轴的自然弯曲，亦略作向西或南西突出的反“S”形，背斜两翼不对称：北东翼缓，倾角 50°～60°，局部具有倒转现象，南西翼陡，倾角 60°～70°，由于受北东向张扭性断层切割及黑云母花岗岩、花岗闪长岩沿核部侵入影响，致使背斜复杂化，褶轴不连续，近岩体附近地层产状陡立，倾角多在 70°～80°，同时，沿与七坝泉背斜有成生联系的，斜交褶轴的低序次，低级别的张扭性断裂，见有萤石矿脉充填。背斜核部向两翼次级背、向斜发育，褶轴与主轴方向平行，显现平行斜列趋势。

在七坝泉背斜北东，还有与其形式相仿的一系列褶皱构造，如小弧山背斜，轴向北西，轴长 6～7km 里，向北西倾覆于第四系之下，倾伏角 60° 左右，微呈弧形，南东端被古近系不整合覆盖，该部由蓟县系墩子沟群二岩组组成，紧密线状，翼部地层倾角 60° 左右，连续性次级褶皱发育。

七坝泉旋卷弧形脉体群：这一弧形脉体群是由 70 多条断续呈弧形分布的萤石矿脉和含萤石石英脉、辉绿岩脉等组成，弧形脉体群核部南距高台约 14km 左右，波及面积约 63km^2，全区 70 多条萤石矿脉含萤石石英脉及辉绿岩脉，集中分布于七坝泉花岗岩体东、西与北三侧，花岗岩体在这一地带形成一个向北东开口的新月形，萤石矿脉、含萤石石英脉及辉绿岩脉就产于花岗岩体外接触带墩子沟群变质岩中，有二组：一组为倾向南西 257°～北西 327°，倾角 60°～65°；一组为倾向北东 87°～南东 152°，倾角 60° 左右，它们的总体分布，具有向西至南西方向撒开、向东至北东方向收敛的趋势，形似帚状特征。组成萤石矿脉、含萤石石英脉及辉绿岩脉的形态，有如下特点：

①组成弧形脉体群的单体萤石矿脉极不规则，多呈短而宽的扁豆体状或透镜状，沿走向及倾向厚度变化较大，脉体局部有膨胀或收缩、分叉现象，一些矿脉呈现有规则的平行斜列形态，显示顺时针扭动的张裂性质。

②脉体结构形态复杂，矿体厚度沿倾向向下逐渐变薄尖灭或呈细脉状、网络状或串珠状，呈现明显追踪两组扭裂面分布，平面上一些脉体呈有规律的尖灭侧现，具有扭性特征。

（2）断　裂

窑泉北逆断层组：分布于大青山北坡，近东西向-北西西向，切割下元古界-上太古界龙首山岩群及花岗岩，花岗闪长岩，东端被第四系覆盖，发育有宽 6～60m 以上的断层角砾岩、碎裂岩及糜棱岩化带，沿破碎带有大量石英脉侵入，发育次级断层及裂隙。

窑泉南逆断层：分布于窑泉东，近东西向，切割下元古界-上太古界龙首山岩群及花岗闪长岩，发育宽 10～20m 黄铁矿化蚀变带，次级断裂极为发育。

大青山北冲断层：分布于大青山北坡，近东西走向，断层切割龙首山岩群结晶片岩、花岗岩、花岗闪长岩，东端被第四系覆盖，可见长度约 23～25km。断层两侧岩层产状多变，挤压破碎现象明显；前震旦系拖褶皱发育，并见宽约 6m 以上的断层角砾岩、断层泥及糜棱岩化带。沿挤压破碎带有大量石英脉侵入。冲断面倾向南，南盘相对以 75° 仰冲角向北逆冲。由于断层再次活动，断层相继切割白垩系地层，并使石英脉遭受强烈挤压破碎，常见搓碎的石英脉岩粉及片状矿物。同时，该断层阻截了大青山山脊继续向北伸延。沿冲断面铁染、高岭土化、绿泥石化强烈。

小青山北冲断层：近东西向分布在大青山南缘，断层发生在龙首山岩群与下白垩统之间，全长约 9km。冲断面倾向北，北盘相对以 70° ～80° 仰角向南逆冲，前震旦系结晶片岩直接逆冲于下白垩统陆相碎屑岩之上。沿冲断面两侧岩层强烈挤压破碎，具再次活动特点。

2.3 岩浆岩

测区侵入岩属阿拉善构造岩浆岩带，龙首山基底杂岩带构造岩浆岩亚带，合黎山后碰撞岩浆岩段。

区内侵入岩极为发育，出露面积大，主要为大规模中酸性侵入岩，具中深成相，属钙碱性系列，壳源型，具有多期多次演化特征，形成大小不等的岩基、岩株、岩墙、岩脉，侵入活动以华力西中晚期最强烈。岩浆侵入活动与构造运动序次有较明显的依存关系。华力西中期侵入体多呈近东西向分布于大青山构造带内，华力西晚期侵入岩多呈北西，北西西向分布于大孤山一南山弧形褶带内，故其可能与弧形的构造运动有关。测区内生矿产的生成与岩浆侵入活动紧密相关，特别

是华力西中-晚期岩浆侵入活动更为密切，为本区内生矿产的主要成矿期。

（1）华力西中期侵入岩

华力西中期侵入岩分布最广，规模较大。根据1:20万高台-平川幅区域地质报告，可将华力西中期侵入岩划分为三个侵入期次，第一次为超基性、基性和中性侵入岩；第二次为中酸性和酸性侵入岩；第三次为酸性侵入岩。本次工作区域内只出露第二次和第三次。按其生成先后将第二次与第三次分述如下：

①第二次侵入岩：黑云角闪花岗闪长岩（γδC）、英云闪长岩（γδoC）

该期次侵入岩在本区分布最广泛，岩体呈巨型岩基产出，但由于中、新生界的覆盖。因而造成岩体出露不完全，即呈支离破碎状展布。岩石化学系列绝大多数属钙碱性系列，主要富集Cu、Pb、Zn、Bi、Au及稀有分散元素。从该期次侵入岩体空间分布来看，该岩体呈近东西向展布，长达142km以上，最宽约42km的长条状岩基产出。大青山以东岩体呈东西向延展，组成纬向复杂构造带的南缘成分，大青山以西岩体及景阴墩、七坝等岩体则呈北西西或北西向延展，构成祁吕贺兰山字型前弧西翼褶带-大孤山-南山弧形褶带的北缘部分。

岩石学特征为：

黑云角闪岗闪长岩：组成岩体中心相带岩石为灰-灰白色，中粒花岗结构。造岩矿物有：斜长石40%～45%，具聚片双晶；钾长石15%～20%，以微斜条纹长石为主，部分岩石中可见交代斜长石形成蠕虫状结构；石英20%～25%，他形粒状，部分石英具波状消光；普通角闪石7%～15%，具双晶，具黑云母化、绿帘石化；黑云母5%～15%，呈鳞片状。

英云闪长岩：组成岩体边缘相带，为本期次侵入岩最多的岩石类型。岩石呈灰-灰白色，中粒花岗结构，绝大部分具片麻状构造，其造岩矿物有：斜长石40%～60%，具聚片双晶及环带构造，矿物表面绢云母化较强烈；钾长石甚少，为10%，个别岩石中不含钾长石，以条纹长石为主，有的交代斜长石形成蠕虫状结构；石英5%～20%，他形粒状，具波状消光；黑云母5%～20%，具绿泥石化；普通角闪石3%～5%，具黑云母化、绿泥石化。

从岩体中心相到边缘相造岩矿物含斜长石和黑云母逐渐增多，而钾长石和角闪石有相对减少的趋势。

②第三次侵入岩：黑云母二长花岗岩（ηγC）

本期次侵入岩分布较广，岩体规模较小，大多呈岩株产出，个别呈岩基产出。

分布在大青山南小孤山、七坝泉一带，各岩体出露面积均较小。岩体的部分岩石具明显的岩浆期后热液的交代现象钾质交代，使其原来浅肉红色的岩石变为肉红色-深肉红色。

岩石学特征为：黑云母二长花岗岩：构成七坝泉、沙山河、小孤山等较小岩体的主要岩石类型。岩石为浅肉红-肉红色，中粒花岗结构。造岩矿物有：斜长石 30%～40%，个别的为 10%～20%，具聚片双品，环带构造，绿泥石化；钾长石 30%～40%，以条纹长石为主，条纹明显，有的可见交代斜长石现象，具高岭土化；石英约 25%～35%，他形粒状，有的包裹有钾长石；黑云母 5%～8%，具绿泥石化。

（2）华力西晚期侵入岩

该亚期侵入体仅在七坝泉一带零星分布，出露面积较小。本亚期侵入岩分三期侵入：第一次超基性岩、基性岩、闪长岩侵入岩，第二，三次酸性侵入岩，工作区域内仅出露第二次，叙述如下：

第二次侵入岩：黑云母钾长花岗岩、似斑状钾长花岗岩、文象花岗岩（ξγP）

本期次侵入岩岩体分布零星，规模较小，多呈岩株或岩墙产出。岩体多呈北西西或北西向，个别的呈近东西向展布，同时可见部分岩体明显的受断裂构造控制。因此可以说明该期次岩浆侵入活动与形成祁吕系的构造运动有密切关系。

岩石学特征为：

黑云母钾长花岗岩：以中-中粗粒花岗结构为主，而岩体边部为中细粒花岗结构，但矿物成分及其含量的变化不大。主要造岩矿物有：斜长石 15%～25%，以钠-更长石为主，他形-半自形板状；钾长石 45%～60%，以条纹氏石为主，他形粒状；石英 25%～30%，他形粒状；黑云母 0～3%，个别岩石中达 5%，具绿泥石化。

（3）脉岩

测区内脉岩颇发育，种类繁多，活动频繁，从其空间分布上，可以看出绝大部分脉岩与岩体有较明显的依存关系，而且与构造及成矿亦有着密切联系。区内出露的主要脉岩有：萤石矿脉、花岗岩脉、石英脉、闪长玢岩脉等。

2.4 变质作用及变质岩

勘查区内变质岩主要为晚太古代-中古元古代岩系，多为中浅变质，局部变质作用较强烈。就变质作用类型而言，有区域变质作用、动力变质作用和热液变质作用。热变质作用一般分布在岩体的周边。测区变质地层主要为晚太古代-早元古代的龙首山岩群和蓟县系墩子沟群。

龙首山岩群为一套中-低级变质岩系，其经受了区域变质作用、混合岩化作用以及多期次的岩浆侵入，形成了一套以斜长角闪岩、混合岩、大理岩、片岩、片麻岩为主的变质岩系地层。原岩是以巨厚的泥砂质、钙质及火山碎屑沉积为主，伴有基性-中酸性侵入体。经历多期变质变形作用，其原始层序已无法识别，取而代之的是透入性区域构造面理，即使部分地段可见原始沉积构造，也已失去了原始地层系统的层叠关系。

蓟县系的变质作用及变质岩：蓟县系地层基本由一套浅变质的碳酸盐岩，泥质岩、碎屑岩组成，主体岩石基本未变质，但局部有变粒岩、二云石英片岩、板岩等中-浅变质岩分布，变质达低绿片岩相，变形以脆性为主兼具韧脆性、韧性，构造置换强烈。地层单元间以韧性剪切面或其它构造面接触。地层为浅-极浅变质、弱变形的有序地层，原生面理清楚，沉积层序及沉积组构保存完好。

墩子沟群地层变质不深，但是变形却十分强烈，以韧性剪切变形为主，发育顺层掩卧褶皱、“δ”型碎斑系、“云母鱼”等变形构造，该韧性剪切为右行剪切，剪切指向 200°～240°，属脆-韧性变形相，经历了绿片岩期动力热流变质作用。

2.5 区域矿产特征

测区属华北（地台）成矿省，龙首山元古宙铜镍、贵金属、铁、硅石、膨润土、凹凸棒石成矿带（Ⅳ-9）（图 2-3）。

勘 查 区 成 矿 区 带 图

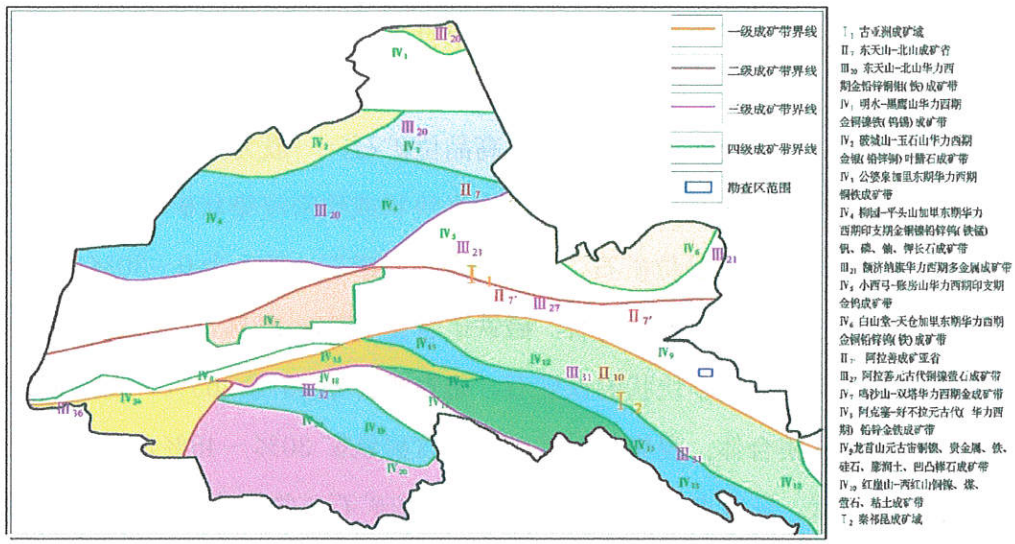


图 2-3　成矿带位置图

现将具代表性，且成矿与区内地层、构造、岩浆岩有关的周边主要矿产分述如下：

（1）板凳沟钛磁铁矿床

地理坐标：东经 100° 03′ 59″，北纬 39° 37′ 42″，位于测区西小口子幅之西部，属甘肃省临泽县平川乡管辖，由高台经六坝至矿区可通行汽车。

板凳沟钛磁铁矿矿区，出露地层为龙首山岩群，分布于矿区东部，岩层走向北西西。按岩性可划分上、下两部分：下部为黑云斜长片麻岩、眼球状混合岩及斜长角闪岩；上部为二云石英片岩、黑云母石英片岩及片麻岩。厚大于 4000m。侵入岩有花岗闪长岩、角闪岩及闪长岩。矿体走向主要有北西西向及北东向两组。矿体倾向南东或南西，倾角 70° 左右，矿石分为致密块状、致密浸染状及浸染状三种，金属矿物主要为磁铁矿，其次为钛铁矿、黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿及少量铁尖晶石类矿物。脉石矿物为角闪石、透闪石及少量透辉石绿帘石、绿泥石、榍石、方解石等。磁铁矿含量变化范围是 30%～85%。呈致密集合体或散点状。钛铁矿与磁铁矿呈粒状连晶，偶尔见充填磁铁矿之间，并有熔蚀磁铁矿现象。褐铁矿呈星点状或细脉状存在于岩石的局部裂隙中。

磁铁矿产于角闪岩中的中细粒含磁铁矿岩相中，矿体形态为不规则状、扁豆状及条状，并有分叉现象。矿体走向有北西西向和北东东向两组。致密块状矿石形态较浸染状矿石形态规则，并常产于浸染状矿石中间，浸染状矿石的围岩为角

闪岩。磁铁矿在空间上是产于角闪岩中的不规则体。矿体大小甚多，最大者长百余米、宽数米；最小者拳头大小。主要矿体有 12 个。最大Ⅷ号矿体，长 140m，平均宽 4m。

矿石类型，依据全铁含量划分为：高品位矿石，一般为致密块状矿石，TFe＞45%，TiO_2＞7%；中品位矿石，一般为半块状或致密浸染状矿石，TFe_3为 0～45%，TiO_2＞4.5%；低品位矿石，一般为浸染状矿石，TFe_2为 0～30%。依矿石结构可划分为：致密块状磁铁矿石，磁铁矿含量 65%～85%，均为自形或半自形粒状磁铁矿集合体；半块状磁铁矿石，磁铁矿含量 45%～65%，自形或半自形粒状局部富铁集合体；浸染状磁铁矿石，含磁铁矿 30%～45%，磁铁矿成自形或半自形粒状，呈星点状散布于角闪岩中。依矿石矿物组合划分为：铁尖晶石-钛铁矿-磁铁矿型矿石，角闪石-磁铁矿型矿石。

综合矿床地质特征、矿物共生组合、矿石结构构造、磁铁矿产在角闪岩中，矿体与围岩-角闪岩呈渐变过渡关系，无明显界限，说明该矿为岩浆型矿床。

（2）大青山铜矿

大青山铜矿有三个矿体，Ⅰ号铜矿区位于大青山北，地理座标：东经：100° 06′ 40″ ～100° 07′ 43″ 北纬：39° 38′ 48″ ～39° 39′ 25″ ，Ⅱ号矿区位于大青山南Ⅰ号铜矿区西 3km，地理座标：东经：100° 05′ 18″ ～100° 06′ 00″ 北纬：39° 39′ 18″ ～39° 40′ 08，Ⅲ号矿区位于大青山北Ⅱ号铜矿区南，地理座标：东经：100° 04′ 14″ ～100° 05′ 39″ 北纬：39° 38′ 38″ ～39° 39′ 20″ 。

该区出露地层为下元古界-上太古界龙首山群，矿体的围岩为石英二长斑岩，矿体与围岩界线呈渐变过度关系，围岩蚀变以泥化为主，次有少量的绢云母化、硅化等。石英二长斑岩发育青盘岩化带、钾化带、绢英岩化带、泥化带等蚀变带，呈不规则同心状分带分布，泥化带分布斑岩岩体中心，向外依次为钾化带、青盘岩化带，钻孔垂向蚀变分带中心为泥化带，向下为钾化带，在深部依次出现绿泥石化带、云英岩化带。铜矿化主要分布在泥化带中，含矿地段含孔雀石、黄铜矿和极少量的斑铜矿。

矿区内构造主要为窑泉北逆断层，近东西向-北西西向，切割花岗闪长岩和石英二长斑岩，使石英二长斑岩呈半圆形，该断层发育宽 20m～60m 的断层角砾岩、碎裂岩并发育强烈褐铁矿化，局部见孔雀石，沿破碎带有大量石英脉侵入，发育次级断层及裂隙。

共发现和圈定铜矿体 4 个矿体，矿体长 45m～305m，平均厚度 1m～13.97m，平均品位 0.72%～1.27%，产状 80° ∠70° ～80° ，矿石组分比较简单，金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿，呈星点浸染状，氧化矿物为孔雀石、蓝铜矿。特征见表 2-3。

表 2-3　矿体特征表

矿区编号	矿体编号	矿体规模		Cu 平均品位（%）	主要矿物成份
		长度(m)	平均厚度(m)		
Ⅰ	Ⅰ-①	45	3.94	0.72	黄铁矿、黄铜矿、孔雀石
	Ⅰ-②	130	13.79	1.21	黄铁矿、黄铜矿、孔雀石
Ⅱ	Ⅱ-①	305	4	0.89	孔雀石
Ⅲ	Ⅲ-①	80	1～2	1.08～1.27	黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、孔

矿体中常见的矿石结构有他形粒状结构、结晶粒状结构、显微隐晶结构、碎裂结构等。矿石构造主要为块状造构、浸染状构造、角砾状构造、蜂窝状、土状构造等。矿石自然类型根据其氧化程度分为氧化矿和原生矿，地表矿体矿石均为氧化矿，地表 10m 以下深度大致为原生矿。

含矿斑岩体视极化率一般较高，为 3%～10%，而正常场则小于 2%；视电阻率较低，存在航磁异常和激电异常。存在色异常标志：斑岩铜矿发育称为“火烧皮”色异常现象，它是黄铁矿黄铜矿等硫化物在地表氧化的结果，这种现象在本区斑岩铜矿体上显而易见，矿体的分布与色异常范围完全吻合，界线非常清晰。

矿体主要赋矿地质体为石英二长斑岩，该岩体侵入于海西中期花岗闪长岩中，形成于海西晚期，为区内基性-中酸性侵入岩岩浆演化晚期的产物，为钙碱性系列，反映了过渡性构造环境，这种构造环境与岩浆岩类型与斑岩铜矿成矿环境一致。

据前人资料分析：大青山铜矿为斑岩铜矿，成矿母岩为石英二长斑岩，斑岩具同心状分布的青盘岩化带、钾化带、绢英岩化带、泥化带和孔雀石化等蚀变带，矿化产在泥化带中，明显具斑岩铜矿特征。

（3）七坝泉萤石矿

位于高台北 20km 七坝泉附近。地理座标：东经 99° 49′ 24″ ，北纬 39° 30′ 28″ 。属甘肃省高台县合黎乡管辖。由矿区经高台县至兰新铁路高台站及兰新公路南华站有公路直达，交通方便。

矿区出露地层为蓟县系变质岩，由变粒岩变质砂岩夹云母石英片岩及片麻岩

组成、变质程度由北东向南西逐渐减弱。矿床位于大孤山-天城弧形褶带七泉复背斜的轴部附近。沿复背斜核部有二长花岗岩侵入，与复背斜有成生联系，斜交褶轴的次级张扭断裂比较发育，沿断裂有较多的萤石矿脉、岩脉充填。

侵入岩为华力西中期二长花岗岩，花岗闪长岩及晚期钾长花岗岩，均侵入于蓟县系墩子沟群变质岩层中。二长花岗岩为萤石矿成矿母岩，分布在土圪劳河中部，面积约 $6km^2$，呈岩株产出。脉岩有辉绿岩脉、伟晶岩脉及石英脉、方解石脉等。除石英脉遍布全区外，其他岩脉出露不多。

矿区共 70 矿体，分 7 个矿带，分布面积约 $10km^2$。矿带总体展布方向为近南北向，各矿带矿体形状不规则，沿走向及倾向厚度变化较大，地表矿体局部膨胀或收缩，并有分叉现象，矿体厚度沿倾向向下逐渐变薄并尖灭。矿体形态多为脉状、透镜状及串珠状，以及细脉状或网脉状。矿体倾角一般在 60° 以上。

矿石的矿物成分主要为萤石，脉石矿物为髓石、石英、少量褐铁矿及蚀变围岩角砾，地表普遍有次生石膏充填于矿体裂隙中。脉石矿物多分布于矿体两侧近脉壁部位，矿体中部质纯，由于含脉石矿物不同可分为：①萤石-石髓矿石；②萤石矿石，蚀变围岩角砾较大、较厚矿脉的顶底板附近出现，次生的褐铁矿和石膏沿成矿后裂隙充填。

纯萤石矿中具有彩色分带现象，矿脉中心为乳白色，逐渐向外分别为翠绿色、紫色。

矿石的化学成分主要为 CaF_2，次为 SiO_2，二者占 95%以上。CaF_2含量一般 70%～85%，最高 95.80%，最低 59.23%；SiO_2含量为 9%～20%，最高 32.94%，最低 3.96%。矿石中含有极少量的 MgO、Al_2O_3、Fe_2O_3、S、Pb、Zn 等，前三者含量在 1%以下，后三者含量在 0.4%以下。

矿床成因类型为低温热液脉状萤石矿床。萤石矿液源于二长花岗岩期后热液，矿液沿近南北向张扭性断裂、裂隙充填，形成萤石矿脉，矿石品位稳定，厚度变化较大，矿石物质成分及化学成分较为简单，有害杂质含量很低，矿区为水文地质和开采技术条件简单，矿床规模为中型。

第3章 矿区地质

3.1地　层

勘查区内出露的地层主要为中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）及第四系全新统地层，现由老到新叙述如下：

1.中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）

广泛分布于勘查区内，呈条带状展布。勘查区西部地层走向为北西-南东向，倾向北西，倾角32°～76°；中部地层走向为近东西向，倾向北，倾角56°～80°；东部地层走向北西-南东向，倾向北，倾角50°～89°。由南到北主要由六个岩性层构成，分别为变粒岩、角闪片岩、含石榴子石云母片岩、石英片岩、大理岩、云母石英片岩，各岩性层之间均为整合接触关系。各岩性层主要特征叙述如下：

变粒岩(gnt)：分布于勘查区南西侧，大面积分布。岩石由变斑晶和基质两部分组成，具斑状变晶结构。变斑晶为斜长石、钾长石。基质矿物为斜长石、钾长石、石英、黑云母、白云母等，具鳞片粒状变晶结构，基质矿物粒径基本上在0.5mm以下。基质围绕变斑晶定向分布，使变斑晶集合体呈眼球状、透镜状展布。

角闪片岩(hos)：分布于勘查区南西侧，分布面积较小，呈条带状、脉状展布。风化面灰黑色，新鲜面黑色、灰黑色，粒状长柱状变晶结构，片状构造。主要由角闪石40%～45%、斜长石20%～30%、黑云母10%～20%、石英5%～10%组成。与英云闪长岩接触带附近，片理化发育，岩石呈褐色，具轻微蚀变现象，角闪石有少量已经绿泥石化、绿帘石化，斜长石见较弱程度的绢云母化、粘土化、帘石化。

含石榴子石云母片岩（Grmis）：主要分布于勘查区内石英岩矿体的上盘，呈带状沿着地层走向展布。白色，鳞片粒状变晶结构，定向的片状构造。岩石主要由变晶矿物石英、斜长石、石榴石、黑云母、白云母和少量金属矿物组成，变晶矿物定向排列。

石英片岩(qs)：分布于勘查区中南部，分布面积较广。岩石以灰白色为主，局部呈烟灰色、灰黑色，粒状变晶结构、隐晶质结构，块状构造。主要由石英80%-95%、绢云母、白云母集合体3%-10%组成。勘查区西侧劈理发育，岩石

多呈碎块状散落于地表。沿风化面可见轻微铁染现象和褐铁矿化现象。石英岩矿体赋存于该岩层中。石英岩内局部可见含绢云母石英岩、含黑云母石英岩和长石石英岩出露。

大理岩(domb)：分布于勘查区北部和西南角，分布面积较小，主要围绕一号矿体的上下盘分布。风化面灰色、灰白色，新鲜面灰白色，粒状变晶结构，块状构造、局部为条带状构造，主要由白云石 75%～87%、方解石 10%～5%、透闪石 3%～5%等组成。勘查区西侧基岩出露较差，多被植被和砂砾石层覆盖，勘查区东侧基岩出露较好，局部可见刀砍纹现象。

云母石英片岩(mis)：分布于勘查区中部和西北角，分布面积较广。风化面、新鲜面均为灰白色、灰黑色，鳞片粒状变晶结构，片麻状构造。主要由斜长石 40%～50%、石英 20%～30%、黑云母 15%～25%、钾长石＜5%等组成，勘查区东侧含少量石榴子石，含量＜5%。与英云闪长岩、花岗岩接触带附近，具轻微蚀变现象，斜长石见较弱程度的绢云母化、粘土化，黑云母有不同程度的绿泥石化。

2.第四系全新统

第四系全新统残坡积层(Qh^{dl})：分布于勘查区西侧沟谷和低洼地带，分布面积较广，植被覆盖率约 40%-60%，植被为梭梭草、岱黄等。主要由岩石碎块、砂、粘土及腐殖土等组成。岩石碎块主要为石英岩、黑云斜长片麻岩、白云石大理岩等，磨圆度差，多呈棱角状、次棱角状，砾径 2mm～300mm 不等，分选性差，松散，砾石含量 30%～70%不等。与下伏的各时代地层呈掩盖接触关系。

第四系全新统冲积层(Qh^{al})：主要分布于勘查区内沟谷中，由短暂雨洪冲积形成，主要由砂、亚砂土、角砾组成。角砾主要由云母石英片岩、石英岩等组成，磨圆度较差，棱角状。

第四系全新统人工堆积层(Qh^{ml})：主要分布在两家已设采矿权的南部，堆积层主要由云母片岩、大理岩等组成。废石块度较大，堆积高度 1m～10m。

3.2 构　造

褶　皱

勘查区整体以向斜产出，以 F_1 断裂西段以北为核部西端，新福矿业矿权向

东延伸段为核部东段，继续向东被第四系残坡积覆盖。为一斜卧褶皱，轴长 6.2km，两翼间产状不一致，北东翼较陡倾角 52°～72°，南西翼较缓 34°～63°。

断　裂

勘查区主要矿体位于锯条山向斜的南翼，倾角较缓。

F_1断裂

为勘查区内的主要断裂，出露于勘查区北东部。以北西南东向横贯勘查区，西端倾没于第四系，东端贴着岩体边界延伸出勘查区范围，其西端总体北倾，倾角 78°～82°。东端靠近褶皱核部，上下两盘产状相向。断裂出露长度 5～6km。被南北向 F_5断裂（性质不明）错断。

F_2断裂

为勘查区内唯一对矿体有影响的断裂，出露于①号矿体的西端。依据填图成果及实地调查，为一平移断层，左盘向北东位移，倾向北东，倾角 32°～34°，右盘向南西位移，倾向北东，段距约 85m。

F_3、F_4断裂

均为次一级断裂，F_3为探槽揭露的次级构造，出露于 TC601 中，北东南西向。南西向倾没于第四系残坡积，北东向通过对探矿工程编录，未见延伸。F_4为新福矿业主矿体东段的一处平移断层，左右两盘产状变化不大，段距约 77m。

F_5断裂

为一性质不明断层，仅次于 F_1断裂。出露在勘查区东部，走向南北。填图中，因断层的直接证据被第四系覆盖，无法确定断层性质。依据填图成果，推测为一平移断层。

3.3 岩浆岩

脉　岩

区内出露较多岩脉主要有：花岗岩脉、石英脉，多数出露距离矿体下盘，对石英岩矿体影响较小。

花岗岩脉：主要分布于石英岩型矿体下盘，石英片岩上盘，呈岩枝产出，不整合侵入，细粒花岗结构，块状构造，岩石由斜长石、钾长石、石英和黑云母等矿物组成，具花岗结构，块状构造。矿物粒径大部分在 2.0mm 以下，属细粒级。

斜长石呈板状、宽板状的半自形晶，晶体的部分晶面完好，发育聚片双晶，属更长石，见弱绢云母化，斜长石的自形程度强于钾长石，粒径大小主要在 0.2-0.5mm 之间，少量可达 1.0mm 左右。钾长石呈他形粒状，发育格子双晶，属微斜长石，粒径在 0.1-0.2mm 之间，镶嵌在斜长石之间。石英呈不规则的他形粒状，充填在长石空隙中，消光不均匀，单体粒径在 0.5mm 以下。 暗色矿物为黑云母，呈鳞片状，粒径大小 0.5mm 左右，与前述矿物镶嵌分布。微量的磁铁矿、磷灰石零星可见。岩石外观成分结构均一，具均一的块状构造。

石英脉：主要穿插于云母石英片岩中，走向北西南东向，多顺层产出。

3.4 变质作用与围岩蚀变

1.变质作用

勘查区内主要为区域变质作用和接触变质作用，其中以区域变质作用为主，接触变质作用较弱。

(1)区域变质作用

区内大面积出露经历区域变质作用的古基底变质岩，区域变质岩是本区域主要的变质岩石类型。根据变质作用类型、岩石组合、变质矿物组合等特征，将区内变质岩划为古元古代-新太古代变质岩，岩性主要为石英岩、云母石英片岩、变粒岩、大理岩等。冶金用石英岩矿体一般是由石英砂岩或其他硅质岩石经过区域变质作用重结晶而形成。

(2)接触变质作用

主要见于侵入岩体内外接触带，接触变质岩主要在岩体周围，由于岩浆作用温度升高，使围岩发生变质结晶和重结晶作用而形成的变质岩。勘查区接触变质主要有褐铁矿化、绿泥石化和绿帘石化等轻微的热接触变质作用，主要分布在岩体与地层接触带上。此外，在岩体接触带附近还有绿泥石、绿帘石等新生矿物出现。

2.围岩蚀变

勘查区内近矿围岩蚀变较强，围岩蚀变主要有硅化、褐铁矿化、绢云母化等。

(1)硅化

主要发育在石英岩与黑云斜长片麻岩接触带附近，岩石坚硬致密，石英含量

明显增高。局部可见石英细脉穿插于黑云斜长片麻岩中。

(2)褐铁矿化

主要发育在石英岩与黑云斜长片麻岩接触带附近，多呈薄膜状附着于岩石表面及裂隙中，局部呈蜂窝状。

(3)绢云母化

主要发育在石英岩与黑云斜长片麻岩接触带附近，沿片麻理面、裂隙面绢云母含量明显增高，岩石较松散。

3.5 矿化带分布特征

根据矿体分布特征，把勘查区内成矿带分为三条矿带叙述，

①东、②东、④、⑪、⑫、⑥号矿体为北矿带，⑤、⑬、⑭，⑨东号矿体为南矿带。

北矿带为石英岩型、石英片岩型矿带，矿化带主要分布在勘查区中部，受构造作用影响，呈条带状展布。石英岩矿化带长 230m～276m。走向变化较大，矿带西部为北西-南东向，中部为北东南西向，东部北东南西向，呈斜卧“S 展布”；倾向在西部为北西倾，中部及东部以北倾为主，倾角 32°～40°。

北矿带分为石英岩型矿体和石英片岩型矿体两种。

石英岩型矿体：

①号矿体：该矿体位于勘查区中南部，2 线勘探线剖面以东。总体沿北西西—南东东向呈层状分布，倾向北东，①号东地表出露长度约 230m，矿体平均厚度 8.16m。

②号矿体：该矿体位于勘查区内东南部，2 线勘探线剖面以东。矿体整体沿北西—南东向呈层状分布，地表出露长度约 276m，矿体平均厚度 7.60m，倾向 14°～41°，倾角 33°～50°，顶底板围岩为云母石英片岩，矿层内偶尔可见少量薄层状石英片岩夹层。

石英片岩型矿体

④号矿体：位于勘查区北西角，基金项目高台县羊肚子山南石英岩矿普查区以南，地表出露长度约 600m，矿体平均厚度 6.20m。倾向 21°～32°，倾角 52°～86°。

⑪号矿体：位于④号矿体南侧，呈层状分布，走向北西南东向。地表出露长度 260m，矿体平均厚度 4.13m。

⑫号矿体：位于④号矿体东侧，矿体出露短小，呈层状分布，走向北西南东向。地表出露长度 130m，矿体平均厚度 2.82m。

⑥号矿体：沿近东西向呈层状分布于二区块 1 东段，倾向北东，倾向 35°倾角 74°；地表出露长度约 775m，矿体平均厚度 25.25m，顶底板围岩为云母石英片岩。

南带均为石英岩型矿体：

⑤号矿体：位于④号矿体南侧，沿北西-南东向呈层状分布，产状不一，整体倾向南西，倾向 193°～266°，倾角 45°-66°；地表出露长度约 780m，矿体平均厚度 9.42m，顶底板围岩为云母石英片岩。

⑬号矿体：位于⑤矿体中部北东侧，呈层状分布，走向北西南东向。倾向 186°～194°，倾角 66°～67°；地表出露长度 220m，矿体平均厚度 4.40m，本次详查对其施工 TC4903 对其地表出露走向、厚度进行揭露控制。

⑭号矿体：位于⑬矿体南侧，呈层状分布，走向北西南东向。倾向 186°～194°，倾角 66°～67°；地表出露长度 224m，矿体平均厚度 4.4m。

⑨矿体：位于勘查区 2 线以东，呈层状分布，走向北西南东向，矿体地表出露长度 275m，平均厚度 4.36m。

3.6 矿床成因及找矿标志

3.6.1 矿床类型、矿床成因

矿体赋存于中元古代蓟县系墩子沟群一岩组地层中，呈层状产出；是由石英砂岩或其他硅质岩石经过区域变质作用重结晶而形成。初步分析认为矿床类型为沉积变质型，矿床成因为沉积矿床遭受后期区域变质作用改造而成。

3.6.2 找矿标志

1.地层标志

中元古代蓟县系墩子沟群一岩组地层石英岩地层是寻找冶金用石英岩矿最有利的地层标志。

2. 地貌标志

因石英岩比其他具有更强的抗风化能力，使勘查区在遭受长期风化剥蚀的作用下，矿体逐渐裸露于地表，构成山脊和陡坎。

3. 岩性特征

颜色呈灰白色、白色，粒状变晶结构、隐晶质结构，块状构造，矿物主要由石英组成，不含或含少量白云母、绢云母的石英岩是最直接的岩性标志。

第 4 章 矿体特征

通过开展以上工作，基本查明了勘查区内成矿地质条件，勘查区地层、构造、岩浆岩分布特征及其与成矿的关系，初步确定了矿体的分布范围。区内石英岩矿

体赋矿地层为中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1），主要由云母石英片岩、石英岩（矿体）、变粒岩、大理岩等组成，矿体呈层状、似层状产出，顶底板围岩多为云母石英片岩，局部地段以含石榴子石白云母片岩为顶底板标志层；区内构造比较复杂，从目前工作掌握的情况看，断层、褶皱均有发育，构造对矿体多为错断等破坏性影响；区内岩浆岩不发育，在勘查区东南、西南一带分别见花岗岩脉、伟晶岩脉。呈岩株产出，勘查区东北侧前期工作中划分的黑云母花岗岩，经岩矿鉴定为变粒岩，区内未见岩浆岩与石英岩矿（化）体存在直接接触关系。墩子沟群自上而下表现为碎屑岩建造-碳酸盐岩建造-碳酸盐岩、碎屑岩建造组成的沉积旋回，矿体赋存的一岩组表现为海侵开始阶段的滨海-浅海相碎屑沉积，后期历经多次区域变质作用最终形成，属海相沉积变质型矿床。

截至 2022 年 10 月 31 日，勘查区经槽探工程揭露圈定矿体 7 条。矿体特征如下：

石英片岩型矿体：

④号矿体：位于勘查区北西角，基金项目高台县羊肚子山南石英岩矿普查区以南，本次施工 4 条探槽（TC5902、TC5701、TC5301、TC4901）控制地表厚度，施工 2 个钻孔（ZK5701、ZK5301）对其进行深部控制，均见矿。整体倾向北东，倾向 21°～32°，倾角 52°～86°。地表出露长度约 600m，斜深 35m～160m。矿体平均厚度 6.20m，厚度变化系数 30.00%。SiO_2品位 90.20%～96.17%，平均品位 93.05%，品位变化系数 2.73%；Al_2O_3品位 0.57%～3.30%，平均品位 1.74%，品位变化系数 62.58%；Fe_2O_3品位 0.50%～0.94%，平均品位 0.76%，品位变化系数 25.69%；CaO 品位 0.13%～0.53%，平均品位 0.40%，品位变化系数37.97%；P_2O_5品位0.02%～0.03%，平均品位0.02%，品位变化系数22.13%。

⑤号矿体：位于④号矿体南侧，本次施工 3 条探槽（TC5302、TC4903、TC4501）对其进行了揭露。沿北西-南东向呈层状分布，产状不一，整体倾向南西，倾向 193°～266°，倾角 45°～66°。地表出露长度约 780m，斜深 10m～17m。矿体平均厚度 9.42m，厚度变化系数 33.53%。SiO_2品位 90.60%～91.52%，平均品位 91.20%，品位变化系数 0.47%；Al_2O_3品位 3.28%～4.20%，平均品位 3.82%，品位变化系数 10.07%；Fe_2O_3品位 1.09%～1.67%，平均品位 1.28%，品位变化系数 20.13%；CaO 品位 0.27%～0.56%，平均品位 0.41%，品位变化系数 31.39%；P_2O_5品位 0.05%～0.06%，平均品位 0.05%，品位变化系数 9.52%。

⑥号矿体：沿近东西向呈层状分布于二区块（1）东段，本次施工3条探槽（TC2601、TC3001、TC3401）对其进行了揭露。倾向北东，倾向35°倾角74°。地表出露长度约775m，矿体平均厚度25.25m，厚度变化系数32.79%。SiO_2品位90.29%～91.74%，平均品位SiO_2为90.91%，品位变化系数0.68%；Al_2O_3品位2.37%～3.15%，平均品位2.97%，品位变化系数12.13%；Fe_2O_3品位0.75%～1.14%，平均品位1.00%，品位变化系数18.71%；CaO品位0.09%～0.34%，平均品位0.25%，品位变化系数54.19%。；P_2O_5品位0.02%～0.05%，平均品位0.04%，品位变化系数35.36%。

⑪号矿体：位于④号矿体南侧，呈层状分布，走向北西南东向。本次施工2条探槽（TC5901、TC5701）对其地表出露走向、厚度进行揭露控制。地表出露长度260m，斜深35m～50m。矿体平均厚度4.13m，厚度变化系数1.21%。SiO_2品位93.11%～95.46%，平均品位94.30%，品位变化系数1.25%；Al_2O_3品位0.18%～3.62%，平均品位1.88%，品位变化系数90.85%；Fe_2O_3品位0.40%～0.84%，平均品位0.62%，品位变化系数35.48%；CaO品位0.15%～0.20%，平均品位0.17%，品位变化系数17.32%；P_2O_5品位0.01%～0.07%，平均品位0.04%，品位变化系数70.50%。

⑫号矿体：位于④号矿体东侧，矿体出露短小，呈层状分布，走向北西南东向。本次施工1条探槽（TC4901）对其地表出露走向、厚度进行揭露控制。地表出露长度130m，斜深11m，矿体平均厚度2.82m。SiO_2平均品位94.46%；Al_2O_3平均品位0.62%；Fe_2O_3平均品位为0.59%；CaO平均品位0.23%；P_2O_5平均品位0.08%。

⑬号矿体：位于⑤矿体中部北东侧，呈层状分布。本次施工1条探槽（TC4903）对其地表出露走向、厚度进行揭露控制。走向北西南东向。倾向186°～194°，倾角66°～67°。地表出露长度220m，斜深11m，矿体平均厚度4.40m。SiO_2平均品位91.11%；Al_2O_3平均品位5.21%；Fe_2O_3平均品位2.18%；CaO平均品位0.28%；P_2O_5平均品位0.03%。

⑭号矿体：位于⑬矿体南侧，呈层状分布，走向北西南东向。倾向186°～194°，倾角66°～67°。地表出露长度224m，斜深14m～17m。矿体平均厚度4.4m，SiO_2平均品位90.90%；Al_2O_3平均品位4.70%；Fe_2O_3平均品位1.43%；CaO平均品位0.27%；P_2O_5平均品位0.08%。

表 4-1　　二区块矿体特征一览表

矿体编号	矿体规模(m)			矿体形态	平均品位(%)				矿体产状(°)		含矿岩性	工程控制程度	见矿深度(m)
	长度	厚度	斜深		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	倾向	倾角			
④	600	6.20	106～153	层状	93.05	1.74	0.76	0.40	21～32	52～86	石英岩	4 条探槽　2 个钻孔	/
⑤	780	9.42	10～17	层状	91.20	3.82	1.28	0.41	193～266	45～66	石英岩	3 条探槽	/
⑥	775	25.25	42～48	层状	90.91	2.97	1.00	0.25	35	74	石英岩	3 条探槽	/
⑪	260	4.13	35～50	层状	94.30	1.88	0.62	0.17	220～225	85～86	石英岩	2 条探槽	/
⑫	130	2.82	11	层状	94.46	0.62	0.59	0.23	359	37	石英岩	1 条探槽	/
⑬	220	4.40	14	层状	90.11	5.21	2.18	0.28	186～194	66～67	石英岩	1 条探槽	/
⑭	220	4.40	14～17	层状	90.11	5.21	2.18	0.28	186～194	66～67	石英岩	1 条探槽	/

第 5 章 矿石特征

本次详查工作过程中共采集基本分析样品 300 件、组合分析样品 27 件、多元素分析样品 5 件、水质简分析样 3 件、薄片 15 件、小体重样品 80 件（含一、二区块，两种矿石类型）、力学试验样 5 组、选矿试验样 1 件。

结合薄片鉴定结果、MLA 分析结果、基本分析结果、组合分析结果、多元素分析结果，基本查明了矿石的矿物成分、结构、构造、化学成分、有用、有害组分的含量，基本查明了矿石质量在走向、倾向上的变化特征；初步划分了矿石的自然类型与工业类型。

5.1 矿物组成与结构构造

5.1.1 矿物组成

为了研究矿石的主要矿物组成，对其进行了 MLA 分析。矿石主要矿物含量见表 5-1、表 5-2。

表 5-1 石英岩型矿石矿物组成分析结果（wt%）

石英	白云母	褐铁矿	方解石	绿泥石	金红石	锆石	钾长石
96.89	1.95	0.54	0.14	0.08	0.06	0.06	0.08
钠长石	高岭石	黄铁矿	磷灰石	电气石	钛铁矿	榍石	
0.07	0.07	0.02	0.02	0.02	0	0	

表 5-2 石英片岩型矿石矿物组成分析结果（wt%）

石英	白云母	钾长石	黑云母	褐铁矿	电气石	锆石
93.02	3.03	2.59	0.86	0.15	0.11	0.06
高岭石	钠长石	磷灰石	绿泥石	磁黄铁矿	方解石	石榴子石
0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01

从分析结果可以看出，两个样品中石英含量较高，是主要的有用矿物，样品 1（石英岩型）中白云母、褐铁矿含量较高，是主要杂质矿物。样品 2（石英片岩型）中钾长石、白云母、黑云母和褐铁矿含量较高，是主要杂质矿物。

5.1.2 结构、构造

矿石结构以粒状镶嵌变晶结构为主。

粒状镶嵌变晶结构：岩石由变晶矿物石英组成，含少量的白云母和不透明的

金属矿物，具粒状镶嵌变晶结构。

变晶石英呈他形粒状，粒径大小不一，在 0.2mm～1.5mm 之间，大部分在 0.5mm～1.0mm 间，大小连续，晶面亮净，强烈波状消光，彼此之间平直或齿状镶嵌分布。岩石中组分结构相对均匀，矿物颗粒之间彼此构成稳定共生结构。白云母呈鳞片状，含量较少，粒径在 0.1mm～0.3mm 之间，排列具定向性，与石英平直镶嵌。不透明金属矿物呈显微粒状，粒径在 0.05mm 以下，呈不均匀浸染状分布在岩石中。

矿石构造以块状构造为主，局部为片状构造。

块状构造:岩石的组成矿物为石英、绢云母、白云母等。岩石基本上无明显的次生蚀变，岩石较致密坚硬。

片状构造：石英在应力作用下被压扁拉长具明显的定向分布特点，构成片状构造。

5.1.3 主要矿物嵌布特征

1．石英岩型矿石主要矿物嵌布特征

通过 MLA 分析等方法确定了矿石中主要矿物的嵌布粒度。分析结果见表 5-3、表 5-4。

表 5-3 石英岩型矿石主要矿物嵌布粒度（%）

粒度（μm）	石英	白云母	褐铁矿
500～1000	9.24	0	0
300～500	**19.42**	0	0
150～300	**27.67**	0.22	0
75～150	**24.05**	**17.63**	3.11
38～75	**14.39**	**46.49**	**26.20**
20～38	4.21	**27.74**	**18.27**
10～20	1.04	6.46	**32.90**
<10	0.01	1.45	**19.51**

从分析结果可以看出，样品石英粒度最粗，主要分布在 38～500μm；白云母粒度次之，主要分布在 20～150μm；褐铁矿粒度较细，在 75μm 以下均匀分布。

采用 MLA 对样品中主要矿物的单体解离度进行了详细地检测。分析结果见表 5-4。

表 5-4　主要矿物单体解离度

矿物名称	<30%连体	30%~60%连体	60%~90%连体	单体解离
石英	0	0.04	0.55	99.41
白云母	28.3	1.92	1.99	67.79
褐铁矿	35.19	22.44	9.28	33.08

从分析结果可以看出，样品中石英单体解离度较高，达到 99.41%；白云母单体解离度次之，为 67.79%，褐铁矿单体解离度最低，为 33.08%。

样品中石英多呈他形粒状晶形，粒度较粗，多分布在 38～500μm。大部分石英已经单体解离，部分为多个石英颗粒集合体，少量与其他矿物连体，单体解离度为 98.54%。

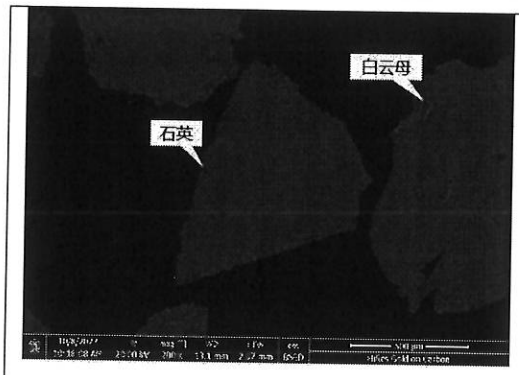


图 5-1 他形粒状石英，背散射图像

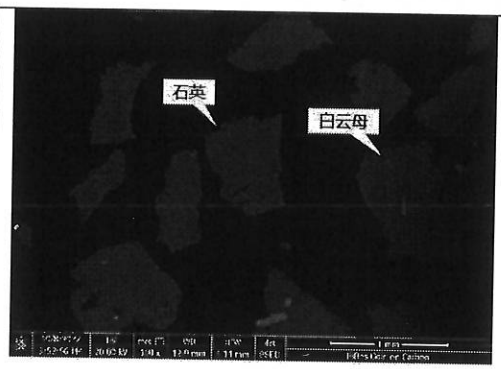


图 5-2　粗粒石英，背散射图像

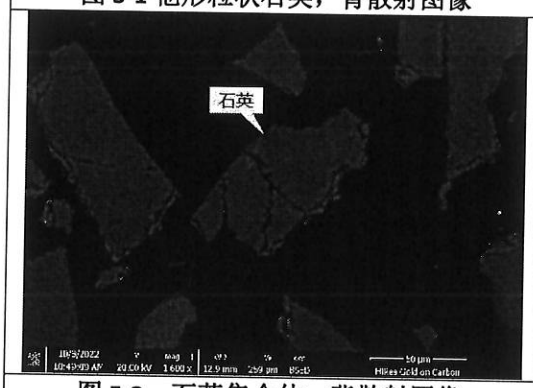


图 5-3　石英集合体，背散射图像

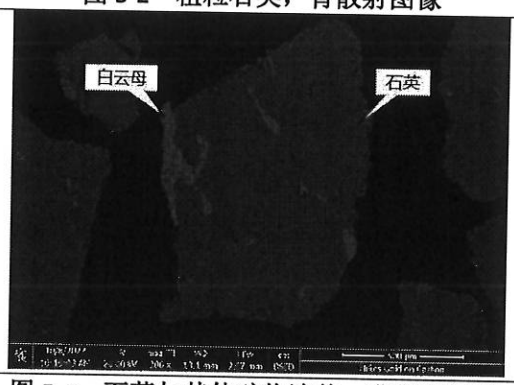


图 5-4　石英与其他矿物连体，背散射图像

样品中白云母多呈自形片状晶形，粒度较细，多分布在 20～150μm。大部分白云母已经单体解离，少量与石英等矿物连体，单体解离度为 67.79%。白云母 MLA 照片见照片 5-5 至照片 5-8。样品中白云母含量较高，多与石英紧密共生，甚至被石英紧密包裹，综合利用价值不大，但对石英选矿影响很大。

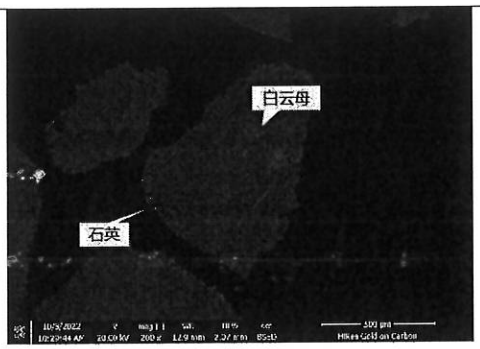


图 5-5 自形片状白云母，背散射图像

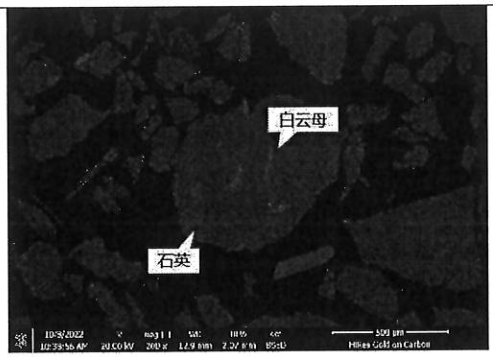


图 5-6　细粒白云母，背散射图像

图 5-7 单体解离白云母，背散射图像

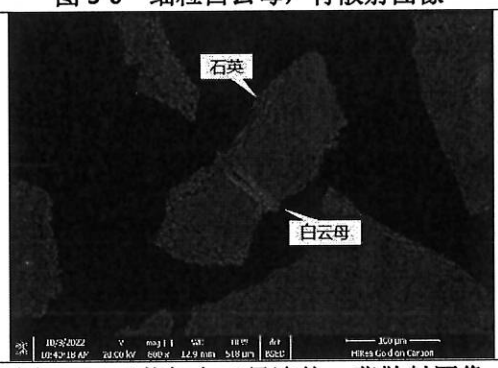


图 5-8　石英与白云母连体，背散射图像

样品中除了以上矿物外，还含有少量的褐铁矿等矿物。是样品中的主要的有害矿物。

样品中褐铁矿多呈他形粒状晶形（图 5-9），粒度较细，多分布在 75μm 以下（图 5-10）。大部分褐铁矿都分布在石英颗粒边缘（图 5-11），与石英紧密共生。大部分褐铁矿与石英连体（图 5-12），单体解离度仅 33.08%。

样品中褐铁矿与石英紧密共生，对石英选矿有一定影响。

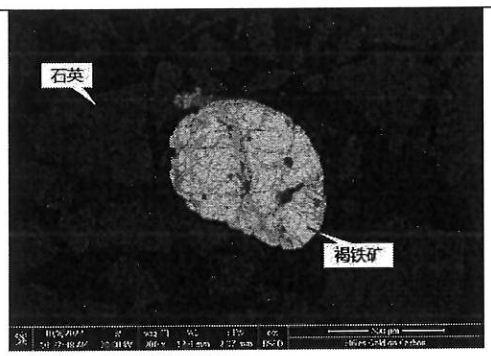


图 5-9 他形粒状褐铁矿，背散射图像

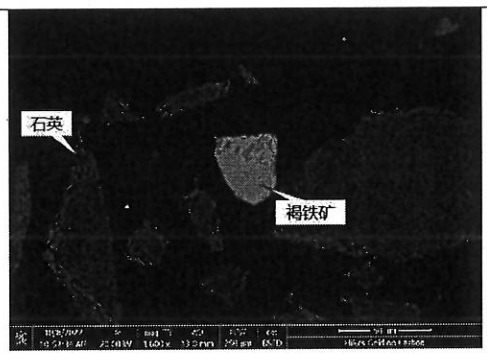


图 5-10　细粒褐铁矿，背散射图像

图 5-11 石英与褐铁矿紧密共生，背散射图像

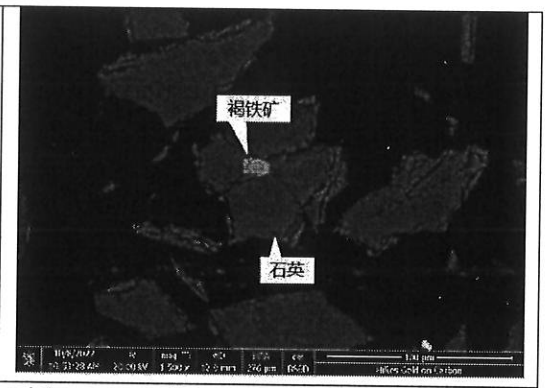


图 5-12　石英与褐铁矿连体，背散射图像

2．石英片岩型矿石主要矿物嵌布特征

通过 MLA 分析等方法确定了矿石中主要矿物的嵌布粒度。分析结果见表 5-5、表 5-6。

表 5-5　石英片岩型矿石主要矿物嵌布粒度（%）

粒度（μm）	石英	黑云母	白云母	钾长石	褐铁矿
500～1000	5.21	0	0	0	0
300～500	**17.87**	0	1.9	0.69	0
150～300	**33.76**	3.38	11.08	7.55	1.66
75～150	**22.3**	**23.64**	**33.21**	**27.81**	5.95
38～75	**14.98**	**44.84**	**37.31**	**42.74**	**33.31**
20～38	4.68	**20.89**	**12.24**	**16.38**	**26.57**
10～20	1.17	5.81	3.29	3.82	**20.66**
<10	0.01	1.44	0.98	0.99	11.84

从分析结果可以看出，样品中石英粒度较粗，主要分布在 38～500μm，钾长石、白云母和黑云母粒度次之，主要分布在 20～150μm，褐铁矿粒度较细，主要分布在 10～75μm。

采用 MLA 对样品中主要矿物的单体解离度进行了详细检测。分析结果见表 5-6。

表 5-6　主要矿物单体解离度

	<30%连体	30%~60%连体	60%~90%连体	单体解离
石英	0.06	0.26	4.87	94.8
白云母	10.81	3.03	4.81	81.34
黑云母	26.66	2.25	3.04	68.05
钾长石	31.84	7.47	6.43	54.24
褐铁矿	36.1	13.5	8.85	41.54

从分析结果可以看出，样品中石英单体解离度较高，为 94.8%。白云母单体解离度次之，为 81.34%。黑云母和钾长石单体解离度较低为 68.05%和

54.24%，褐铁矿单体解离度最低，为 41.54%。

石英多呈他形粒状晶形，粒度较粗，多分布在 38～500μm。大部分石英已经单体解离，部分呈集合体产出（照片 3-19），少量与其他矿物连体（照片 3-20），单体解离度为 94.8%。样品中石英含量很高，粒度较粗，只是与其他矿物紧密共生，对石英提纯影响很大。

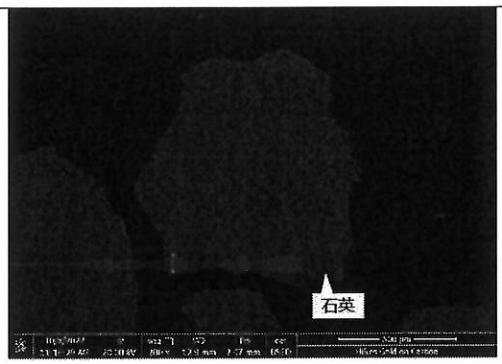


图 5-13 粗粒石英，背散射图像

图 5-14　单体解离石英，背散射图像

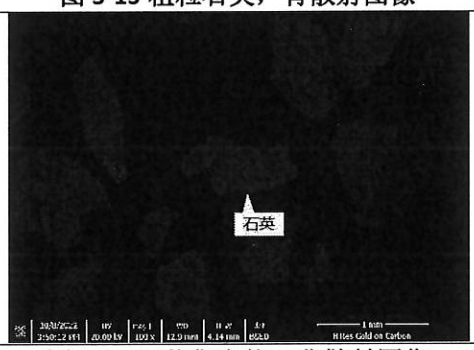


图 5-15 石英集合体，背散射图像

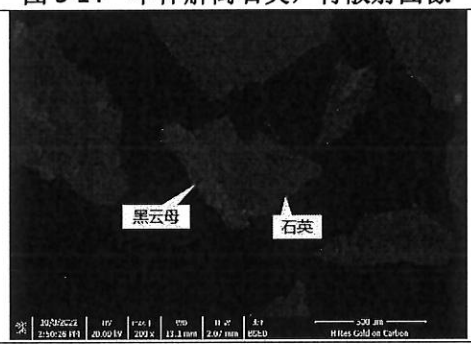


图 5-16 石英与其他矿物连体，背散射图像

样品中钾长石多呈他形粒状晶形（照片 3-22），粒度较粗（照片 3-23），多分布在 20~150μm。大部分钾长石已经单体解离（照片 3-24），少量与石英连体（照片 3-25），单体解离度为 54.24%。钾长石 MLA 照片见照片 3-26。

样品中钾长石与石英紧密共生，对石英选矿影响很大。

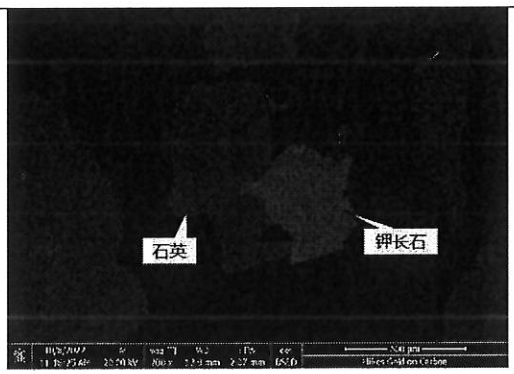


图 5-17 他形粒状钾长石，背散射图像

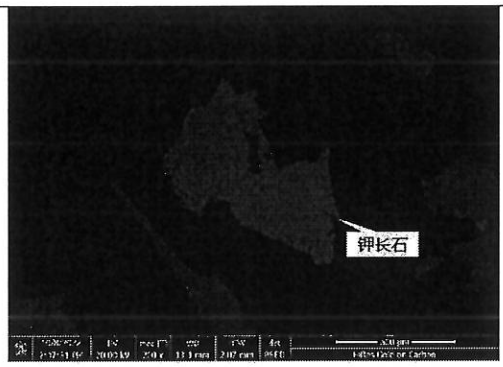


图 5-18　粗粒钾长石，背散射图像

图 5-19 单体解离钾长石，背散射图像

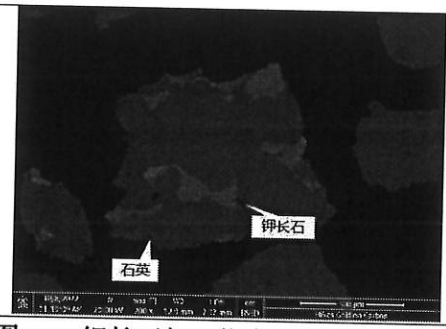


图 5-20 钾长石与石英连体，背散射图像

样品中白云母和黑云母多呈自形片状晶形，粒度较粗，多分布在 20～150 μm。大部分白云母和黑云母已经单体解离，少量与石英连体，单体解离度为 81.34%和 68.05%。样品中白云母和黑云母与石英紧密共生，对石英选矿影响很大。

样品中除了以上矿物外，还含有少量的褐铁矿等矿物。

样品中褐铁矿多呈他形粒状晶形，粒度较细，多分布在 10～75 μm。大部分褐铁矿都分布在石英颗粒边缘，与石英紧密共生。大部分褐铁矿与石英连体，单体解离度仅 41.54%。

样品中褐铁矿与石英紧密共生，对石英选矿有一定影响。

5.2 化学成分

1.矿石化学成分

本次详查工作共采集矿石全分析样 5 件，其化学全分析结果见表 5-7。

表 5-7　　化学全分析结果登记表

样品编号	矿体编号	岩矿石名称	分析项目和含量(%)									
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Cr_2O_3	TiO_2	烧失量
HQ1	①	石英岩	92.7	1.11	0.68	0.15	0.0	0.2	0.07	0.01	0.04	0.76
HQ2	①	石英岩	97.1	0.58	0.29	0.56	0.0	0.1	0.07	0.01	0.01	0.53
HQ3	①	石英岩	97.5	0.38	0.30	0.06	0.0	1.1	0.06	0.01	0.02	0.51
HQ4	⑧	石英岩	90.8	3.03	0.64	0.40	0.1	3.3	0.22	0.01	0.06	0.78
HQ5	⑧	石英岩	92.2	2.35	0.67	0.31	0.0	2.4	0.25	0.01	0.03	0.63

从表 5-7 可以看出:石英岩矿石化学成分主要为 SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO，其次为 MgO、K_2O、Na_2O 等。

根据原矿主要成分化学多项分析结果（表 5-8、表 5-9），矿石基本分析结果

（表 5-10），可知：

表 5-8　　石英岩型原矿主要成分化学多项分析结果（wt%）

名称	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	Na_2O
含量（%）	97.40	0.44	0.62	0.036	0.042
名称	K_2O	CaO	MgO	Cr_2O_3	P_2O_5
含量（%）	0.24	0.090	0.019	0.0090	0.0157

表 5-9　　石英片岩型原矿主要成分化学多项分析结果（wt%）

名称	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	Na_2O
含量（%）	94.03	0.78	1.79	0.13	0.143
名称	K_2O	CaO	MgO	Cr_2O_3	P_2O_5
含量（%）	1.59	0.170	0.280	0.0080	0.0372

表 5-10　　矿石基本分析结果

矿体编号	平均品位(%)				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5
①	94.50	1.23	0.70	0.23	0.04
②	97.00	0.35	0.60	0.37	0.03
④	93.05	1.74	0.76	0.40	0.02
⑤	91.20	3.82	1.28	0.41	0.05
⑥	90.91	2.97	1.00	0.25	0.04
⑨	90.31	3.16	1.24	0.22	0.06
⑪	94.30	1.88	0.62	0.17	0.04
⑫	94.46	0.62	0.59	0.23	0.08
⑬	91.11	5.21	2.18	0.28	0.03
⑭	90.90	4.70	1.43	0.27	0.08

2. 伴生有益有害组分

为系统查定矿石中伴生有用、有益和有害组分等的含量，研究其在矿体中的分布规律。本次详查工作共采集组合分析样品 22 件，根据分析结果（见表 5-11），有害组分含量远低于熔剂用硅质原料的质量要求。

表 5-11　　组合样分析结果表

矿体编号	组合样号	工程号	分析项目和含量(%)			
			TiO_2	Cr_2O_3		
①	ZH1	TC901	0.0	0.01		
	ZH2	TC701、TC301	0.0	0.01		
	ZH3	TC001	0.0	0.01		
	ZH4	TC001	0.0	0.01		
	ZH5	TC003	0.0	0.01		
	ZH6	ZK701	0.1	0.01		
	ZH7	ZK301	0.1	0.01		
	ZH8	ZK001	0.0	<0.01		
	ZH9	ZK2'01	0.0	0.01		
③	ZH10	TC702、TC302	0.1	<0.01		
	ZH11	ZK702	0.1	0.01		
⑦	ZH12	TC1901	0.1	0.01		
	ZH13	TC1301	0.1	0.01		
	ZH14	TC1101	0.1	0.01		
	ZH15	TC703	0.1	0.01		
	ZH16	TC303	0.1	0.01		
	ZH17	TC303	0.1	0.01		
	ZH18	TC002	0.1	0.01		
	ZH19	TC002	0.1	0.01		
⑧	ZH20	TC1302	0.1	0.01		
	ZH21	TC902	0.1	0.01		
	ZH22	TC101	0.1	0.01		

5.3 风化特征

通过探槽揭露发现：风化层厚度以 0.50m～1.20m 为主，风化层内岩石多呈碎块状，绢云母含量明显增高，局部风化程度强烈，岩石呈粉末状。覆盖层厚度以 0～1.00m 为主，平均厚度 0.72m，覆盖层岩性主要为残破积砂砾石层和云母石英片岩滚石。

5.4 矿石类型与品级

根据矿石矿物及脉石矿物的赋存状态可知：矿石自然类型分为石英岩型、石英片岩型，矿石工业类型为沉积变质型。

根据矿石基本分析结果及矿石组合分析结果可知：石英岩类矿床 SiO_2 品位为 93.95%～96.86%，平均为 95.41%；Al_2O_3 品位为 0.37%～1.59%，平均为 0.92%；Fe_2O_3 品位为 0.56%～0.87%，平均为 0.71%；CaO 品位为 0.16%～0.38%，平均为 0.28%。

石英片岩类矿床 SiO_2 品位为 90.89%～91.44%，平均为 91.11%；Al_2O_3 品

位为 2.77%～3.30%，平均为 2.95%；Fe_2O_3 品位为 1.11%～1.31%，平均为 1.21%；CaO 品位为 0.14%～0.19%，平均为 0.17%。

根据《矿产地质勘查规范 硅质原料类》（DZ/T 0207-2020）附录 E.3.1 冶金用硅质原料质量要求，按矿石用途及品级划分，区内石英岩矿石工业品级为冶金熔剂用硅质原料。

5.5 矿体围岩与夹石

1. 围岩

矿体顶板围岩以云母石英片岩为主，底板以云母石英片岩、大理岩等为主。围岩与矿体界线清晰，肉眼即可判断；围岩为石英岩时，肉眼无法判断，需结合样品分析结果来确定。

2. 夹石

矿体内夹石的区分一般靠样品分析结果来确定，当矿体内部 SiO_2＜90%或 Al_2O_3＞5%或 Fe_2O_3＞3%或 CaO＞3%且达到夹石剔除厚度时，确定为夹石。其中①、②、④、⑤、⑨、⑪、⑫、⑬号矿体内部结构较规则，仅⑭、⑥号矿体的东段不连续夹石较多。

第 6 章 矿石加工选冶技术性能

6.1 试验研究目的

按照《甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿详查设计》，我院于 2022 年 9 月 20 日～2022 年 10 月 20 日委托中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所完成了甘肃省高台县锯条山冶金用石英岩矿可选性试验研究(平板玻璃用硅质原料)。工艺矿物学研究主要目的为确定矿物组成，石英与杂质矿物的嵌布粒度及共生关系，确定适宜的解离粒度，并分析在此粒度下杂质矿物赋存状态；开展选矿实验室试验研究，工作重点是对该石英岩矿进行可选性评价，力争达到平板玻璃用硅质原料质量要求。

6.2 采样种类、方法及其代表性

1. 试验样品的采取

本次工作中按不同的矿石类型共采集选矿试验样品两件，其中样品 1 为石英岩型，采自于①、②号矿体。采样工程包括 3 条探槽采样点(TC001、TC401、TC602、)，探槽中采用大断面刻槽法共取样 100kg，试验样品平均品位与矿床平均品位相近，样品代表性满足试验要求。

样品 2 为石英片岩型，采自于⑦、④（二区块 2）号矿体。采样工程包括 4 条探槽采样点(TC1301、TC5701、TC3401、TC4901)，探槽中采用大断面刻槽法共取样 150kg，试验样品平均品位与矿床平均品位相近，样品代表性满足试验要求。

2. 试验样品的制备

试验样品制备工艺流程见图 6-1。

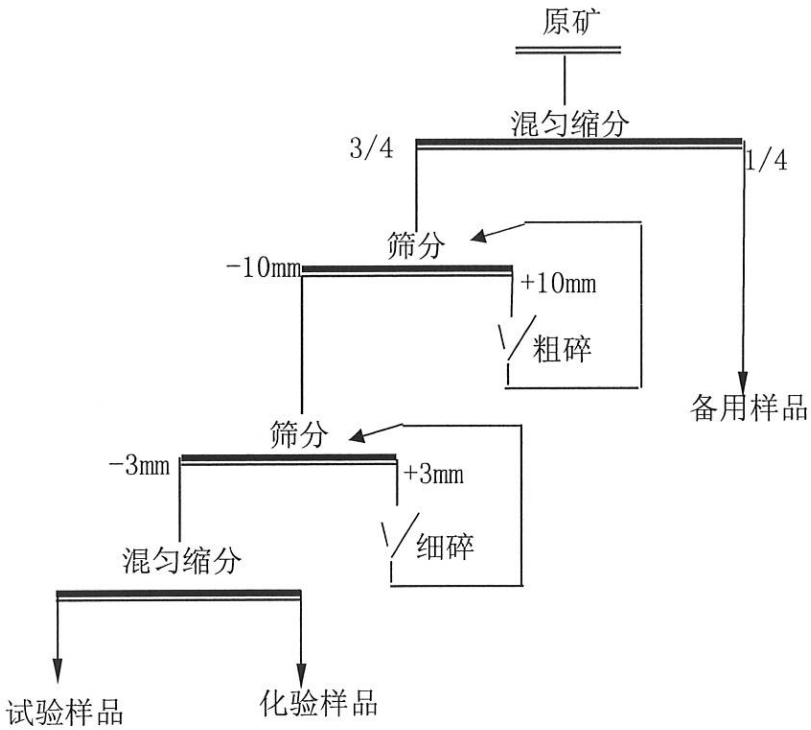


图 6-1　　试验样品制备加工流程

6.3 工艺矿物学研究

1. 原矿化学多项分析

原矿化学多项分析结果见表 6-1、6-2。

表 6-1　　样品 1 原矿化学多项分析结果

名　称	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	Na_2O
含量（%）	97.40	0.44	0.62	0.036	0.042
名　称	K_2O	CaO	MgO	Cr_2O_3	P_2O_5
含量（%）	0.24	0.090	0.019	0.0090	0.0157

表 6-2　　样品 2 原矿化学多项分析结果

名　称	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	Na_2O
含量（%）	94.03	0.78	1.79	0.13	0.143
名　称	K_2O	CaO	MgO	Cr_2O_3	P_2O_5
含量（%）	1.59	0.170	0.280	0.0080	0.0372

从分析结果可以看出，样品中 SiO_2 含量是主要的有用元素。其他元素含量较低，综合利用价值不大。样品中 SiO_2 和 Al_2O_3 含量符合《矿产地质勘查规范 硅

质原料类 DZ/T 0207-2020》中平板玻璃用硅质原料三级品质量要求，但 Fe_2O_3 含量超标，选矿工作主要是降低 Fe_2O_3 含量和提高平板玻璃用硅质原料等级。

2.主要矿物组成

为了研究矿石的主要矿物组成，本次研究对其进行了 MLA 分析（见表 5-1、5-2）。

石英岩型矿石主要有用矿物为石英，杂质矿物为白云母、褐铁矿。从分析结果可以看出，矿石中矿物主要分布在 38μm～500μm。

石英片岩型主要有用矿物为石英，杂志矿物为钾长石、白云母、黑云母、褐铁矿。从分析结果可以看出，矿石中矿物主要分布在 38μm～500μm。

3.石英特征

矿石中石英多呈他形粒状晶形，杂质矿物与其紧密共生，部分石英中包裹白云母。石英岩型矿石中大部分褐铁矿分布在石英颗粒边缘，与其紧密共生，对石英选矿有一定影响

石英片岩型矿石中杂质矿物对石英选矿影响较大的有钾长石、白云母和黑云母。

石英岩型矿石中主要矿物的单体解离度见表 6-3、表 6-4，石英片岩型矿石中主要矿物的单体解离度见表 6-5、表 6-6。

表 6-3　　主要矿物的单体解离度（石英岩型）

矿物名称	＜30％连体	30％～60％连体	60％～90％连体	单体解离
石英	0	0.04	0.55	99.41
白云母	28.3	1.92	1.99	67.79
褐铁矿	35.19	22.44	9.28	33.08

表 6-4　　各粒级石英单体解离度

粒级	<30％连体	30％~60％连体	60％~90％连体	单体解离
+1mm	0	0	0.74	99.28
-1mm+0.71mm	0	0.01	0.50	99.49
-0.71mm+0.1mm	0	0.04	0.60	99.36
-0.1mm	0.03	0.07	0.28	99.62

表 6-5　　主要矿物的单体解离度（石英片岩型）

	＜30％连体	30％～60％连体	60％～90％连体	单体解离
石英	0.06	0.26	4.87	94.8
白云母	10.81	3.03	4.81	81.34
黑云母	26.66	2.25	3.04	68.05

钾长石	31.84	7.47	6.43	54.24
褐铁矿	36.1	13.5	8.85	41.54

表 6-6　　各粒级石英单体解离度

粒级	<30%连体	30%~60%连体	60%~90%连体	单体解离
+1mm	0.03	0.28	5.79	93.91
-1mm+0.71mm	0.03	0.32	10.39	89.26
0.71mm+0.1mm	0.05	0.28	4.94	94.74
-0.1mm	0.1	0.27	0.96	98.68

从分析结果可以看出，矿石中石英单体解离度较高，粒度细的杂质矿物单体解离度较低，严重影响石英的加工利用。而且矿石中石英包裹杂质矿物，对制备高品质石英产品十分不利。

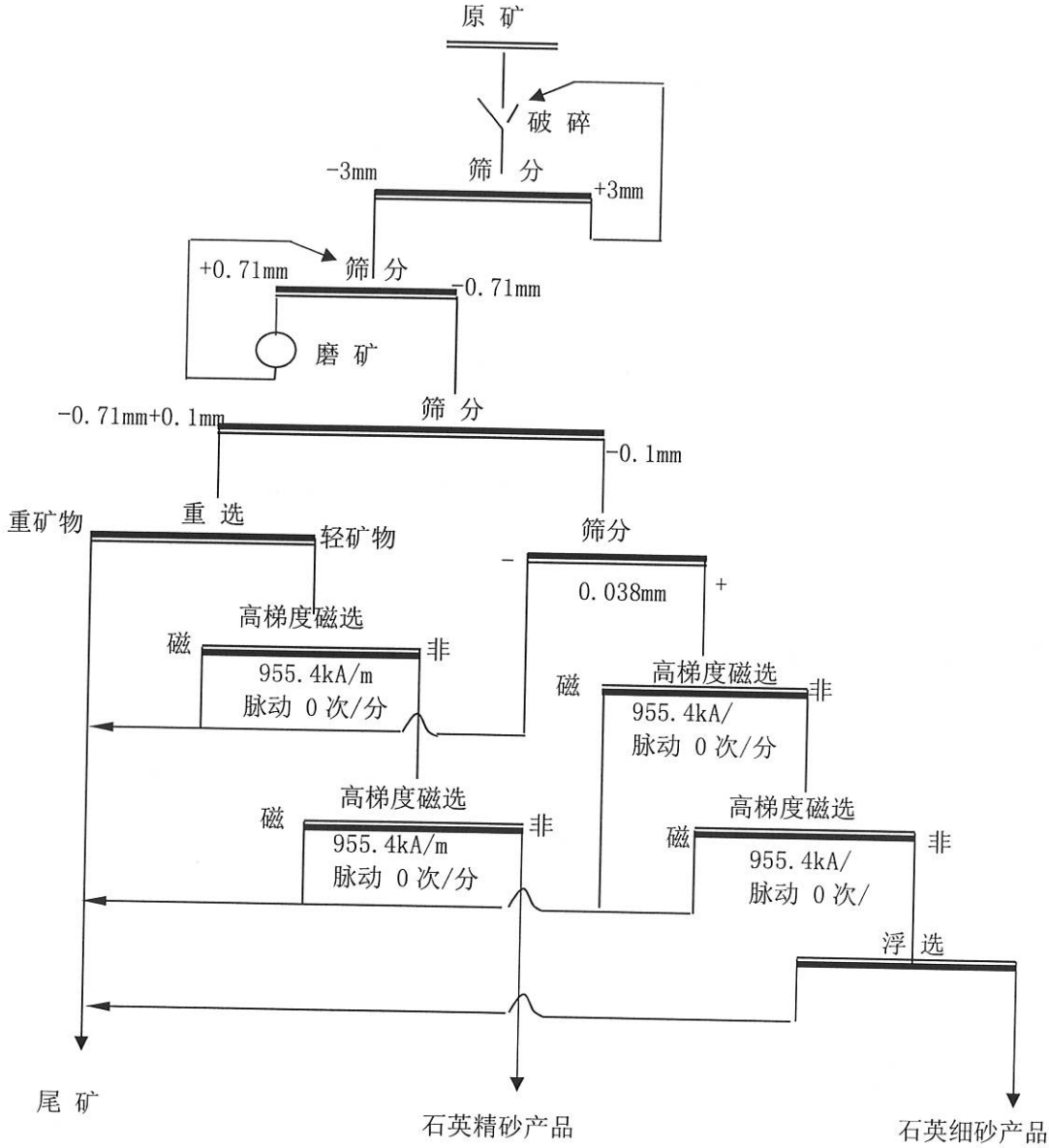
6.4 试验研究方法及结果

1. 选矿工艺流程选择

工艺矿物学研究表明，两样品中主要矿物为石英，主要脉石矿物为钾长石、白云母、黑云母矿物，且粒度均较细，与石英矿物紧密共生，尤其褐铁矿单体解离难度大，对石英的选矿提纯十分不利。由于石英、云母、长石等矿物无磁性且比重较小，褐铁矿有磁性，其他少量的方解石、绿泥石、高岭土等矿物易于泥化，因此试验拟采用原矿-磨矿-筛分-重选除重矿物-磁选除杂-浮选除云母-浮选除长石等联合工艺流程评价玻璃原料的品质；拟采用原矿-破碎工艺流程评价工业硅原料的可行性；拟采用原矿-磨矿-筛分流程评价石英压裂砂原料的可行性。

2. 全流程试验

在条件试验基础上，试验推荐全流程为：原矿-破碎-筛分-磨矿-重选-高梯度磁选。



3.结论

1、两个样品中主要组分为石英。其中样品 1 含 SiO_2 97.40%，主要脉石矿物白云母和褐铁矿；样品 2 含 SiO_2 94.03%，中主要脉石矿物为白云母、黑云母、钾长石和褐铁矿。两个样品中石英粒度较粗，只是和脉石矿物紧密共生，脉石矿物单体解离度较低，对石英提纯影响很大。

2、根据原矿化学多项分析结果，样品 1 原矿中的 SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3、CaO、P_2O_5 含量满足矿产地质勘查规范硅质原料类（DZ/T 0207-2020）中熔剂用冶金硅质原料质量（$SiO_2 \geqslant 90\%$、$Fe_2O_3 \leqslant 3\%$、$Al_2O_3 \leqslant 5\%$、$CaO \leqslant 3.0\%$）、耐火制品（硅砖用）一级品（$SiO_2 \geqslant 97\%$、$Fe_2O_3 \leqslant 1.0\%$、$Al_2O_3 \leqslant 1.0\%$、$CaO \leqslant 0.5\%$）、铁合

金（硅铁用）二级品（SiO_2≥97%、Al_2O_3≤1.0%、CaO≤0.5%、P_2O_5≤0.03%）等质量要求。样品 2 原矿中的 SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3、CaO、P_2O_5含量满足矿产地质勘查规范硅质原料类(DZ/T 0207-2020)中熔剂用冶金硅质原料质量(SiO_2≥90%、Fe_2O_3≤3%、Al_2O_3≤5%、CaO≤3.0%）质量要求。

3、对样品的选矿提纯试验结果表明：

（1）样品 1 采用磨矿分级粗细分别分选的工艺流程可以获得精砂和细砂两个石英产品。对粗粒部分（+0.1mm）采用磨矿-筛分-重选-高梯度磁选的工艺流程，可获得精砂产品产率为 68.82%，含 SiO_2 99.09%、Fe_2O_3 0.021%、Al_2O_3 0.22%，产品中的 SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3含量满足平板玻璃用硅质原料优等品质量要求、器皿玻璃二级品质量要求、日用陶瓷用硅质原料质量要求；对-0.1mm 的细粒部分采用筛分-高梯度磁选-浮选的工艺流程可以获得细砂产品，产率为 6.82%，含 SiO_2 98.19 %、Fe_2O_3 0.012%、Al_2O_3 0.34%，SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3含量仅满足平板玻璃用硅质原料一级品，但粒度偏细，可作为平板玻璃用硅质原料配料。精砂产品和细砂产品选矿回收率总和为 77.24%，满足《国土资源部关于镁、铌、钽、硅质原料、膨润土和芒硝等矿产资源合理开发利用“三率”最低指标要求（试行）的公告》中对石英岩选矿回收率≥65%的要求。

（2)样品 2 采用磨矿后粗细分别提纯的方法获得精砂和细砂两种石英产品。针对粗粒部分（+0.1mm）采用筛分-磨矿-重选-高梯度磁选-再磨-浮选的工艺流程，可获得精砂产品产率为 54.72%，含 SiO_2 98.82%、Fe_2O_3 0.071%、Al_2O_3 0.23%，产品中的 SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3含量满足平板玻璃用硅质原料一级品、器皿玻璃二级品的质量要求；对-0.1mm 的细粒部分采用筛分-高梯度磁选-浮选的工艺流程可以获得细砂产品，产率为 6.56%，含 SiO_2 97.67 %、Fe_2O_3 0.013 %、Al_2O_3 0.65%，SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3含量仅满足平板玻璃用硅质原料二级品 SiO_2≥96.00%、Fe_2O_3≤0.2%、Al_2O_3≤2.00%的质量要求，但粒度偏细，可作为平板玻璃用硅质原料配料。精砂产品和细砂产品石英选矿回收率分别为 58.65%、6.91%，总回收率 65.56%满足《国土资源部关于镁、铌、钽、硅质原料、膨润土和芒硝等矿产资源合理开发利用“三率”最低指标要求（试行）的公告》中对石英岩选矿回收率≥65%的要求。

4、为提高两种石英资源的产品附加值，分别对针对样品 1 精砂产品采用浮选-酸浸工艺进一步提纯，最终可获得含对原矿产率 55.21%，SiO_2 99.68%，Fe_2O_3

0.0031%，Al_2O_3 0.079%，TiO_2 0.0018%，Cr_2O_3 0.00045%的精砂产品；对样品 2 的精砂采用酸浸工艺进一步提纯可获得产率 48.61%，含 Fe_2O_3 0.0063%，含 SiO_2 99.40%，$Al_2O_3$0.031%，TiO_2 0.0020%，Cr_2O_3 0.00048%的石英砂产品；依据建材行业标准 JC/T2314-2015 标准要求，两类产品均可作为光伏玻璃用石英砂硅质原料二级品，但由于该工艺较为复杂，后续加工生产需进行详细的经济效益分析。

5、工业硅原料评价分析结果表明，样品 1 硅、铁、铝、钙元素含量可满足《工业硅》（GB/T 2881-2014）的牌号 Si5530 的硅、铁、铝、钙元素含量要求，可作为工业硅原料；样品 2 中铁、铝、钙等杂质元素较高，无法直接满足工业硅相关产品质量要求，建议作为实际生产中的配料使用。

6、两个样品的压裂砂原料评价，因原矿中部分石英颗粒内部有裂隙，部分石英颗粒是小颗粒集合体，且包裹杂质矿物较多，因此原矿易压碎，抗破碎能力较差，需要进一步改性后再做评价。

6.5 矿石加工选冶技术性能评价

1.勘查区开展了平板玻璃用硅质原料可选性试验研究，通过工艺矿物学理论分析和可选性试验验证，该石英岩矿难以获得高纯石英产品，可作为平板玻璃原料大宗利用。

2.勘查区开展了冶金用硅质原料矿石加工技术性能类比研究，通过研究发现，勘查区矿石产品可直接销售，生产指标优良、生产效果佳。

3.综合分析勘查区的地质特征、采矿、加工、基础设施、经济、市场、环境等因素，现阶段该石英岩矿虽可作为平板玻璃原料大宗利用，但选矿工艺流程复杂，选矿成本较大，无法取得较好的经济效益。建议现阶段该石英岩矿以冶金用硅质原料(熔剂用)进行开采利用。

第 7 章 矿床开采技术条件

7.1 水文地质

在系统研究以往勘查资料的基础上，对勘查区开展了 1:10000 水文地质简测，完成工作量 5.77km²，水文地质调查点 104 个。1:2000 工程地质、环境地质正测工作，完成工作量 3.30km²，地质调查点 23 个；对勘查区内施工的 10 个钻孔全部进行了简易水文地质观测及工程地质编录；采集简分析水样 3 件，采集岩石力学试验样 6 组。实物工作量统计见表 7-1

表 7-1：实物工作量统计

工作内容	单位	工作量	备　注
1：10000 水文地质简测	km²	5.77	
1：2000 工程地质正测	km²	3.30	
1：2000 环境地质正测	km²	3.30	
简易水文地质观测孔数	个	10	
工程地质编录孔数	个	10	
水质分析	件	3	
水文地质剖面	km	0.8	
工程地质剖面	Km	0.8	
岩石力学试验样	组	6	

7.1.1 勘查区水文地质概况

1.气象水文

（1）气　象

高台县属冷温带大陆性干旱气候，干燥，降水稀少，光热丰富，昼夜温差大。夏季炎热，冬季寒冷。高台县川区年均气温 8.1℃，最热月为 7 月，月平均 22.7℃，最冷月为 1 月，平均气温-8.9℃。春季（3-5 月）平均气温为 10.1℃，夏季（6-8 月）21.4℃，秋季（9-11 月）7.5℃，冬季（12-2 月）-6.6℃。受海拔高度和地形影响，气温地域分布由北向南递减，川区高于山区，东西相差不大，南北相差较大。高台县降水稀少，年际变化大，时空分布不均。年平均降水量 112.3mm，年均蒸发量川区为 1923mm、山区 1829mm。高台县年日照时数川区约 3088 小时，山区约 2683 小时，年日照百分率川区为 71%，山区为 60%，太阳年总辐射量川区为 148 千卡/cm²，山区 129 千卡/ cm²。

（2）水　文

区内无常年性流水的地表水分布，仅在汛期(5～9 月)有短暂的沟谷洪水径流，部分消耗于沿途蒸发，部分洪水沿途渗漏补给沟谷松散岩类孔隙潜水和结晶岩类裂隙水，余水则汇集于地势低洼处，形成暂时性的地表水体，经过强烈的蒸发作用，几天之后就消失殆尽。由此可以看出，区内稀少的大气降水及其由此形成的短暂沟谷洪水径流的入渗，是勘查区地下水的唯一补给来源。

2. 地形地貌

勘查区为中山区，属合黎山北坡，海拔 1554.95m～1647m，相对高差一般 15m～30m，山体平缓，地形切割浅，沟谷发育，沟谷走向近东西向，沟谷宽 50～300m 不等。

3. 土壤植被

勘查区土壤类型主要为风沙土，质地为沙壤质。主要分布于低洼的沟谷地带，厚度 0.2m～1.5m；勘查区内大部份地带基岩裸露，其余地带被稀疏植被覆盖。植被属于荒漠灌木草丛类型，主要植物为紫花针、蒿草等，株高 0.3m～0.5m，植被覆盖率大约 10%～20%。

7.1.2 勘查区水文地质条件

7.1.2.1 最低侵蚀基准面的确定

勘查区内无地表水分布，周边无泉水出露。据本次 1:10000 地形测量资料，勘查区海拔 1554.95m～1647m，相对高差一般为 15m～30m，地形总趋势为东高西低。最高点位于勘查区东侧，海拔 1647m；最低点位于勘查区西南角，海拔 1554.95m，是勘查区的最低侵蚀基准面。据本次岩芯勘探孔简易水文观测资料，勘查区地下水位埋深为 7.3m～33.25m，标高为 1528.67m～1607.01m，资源量估算范围标高为 1554.95m～1626m。由此可以看出，资源量估算范围内矿体大部份分布于最低侵蚀基准面以上，地形地貌有利于矿坑地下水的自然排泄。

7.1.2.2 岩层的富水性

1. 主要含水岩组与富水性

根据本次 1:10000 水、工、环地质调查资料，勘查区地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙水、碳酸盐类岩溶水和结晶岩类裂隙水三类。按含水岩组的时代、岩性及富水性、埋藏条件、构造裂隙发育程度及其连通情况，勘查区内矿体分布

范围内自上而下划分为三个含水岩组。

（1）第四系松散岩类孔隙潜水含水岩组(Q_h^{al}、Q_h^{dl}、Q_h^{ml})

主要分布于勘查区西侧沟谷和低洼地带，沟谷呈南北东西向展布，谷宽一般50m～300m，最宽达300m，切割深度15m～94m。据本次ZK701、ZK301、ZK001、ZK2′01、ZK201、ZK401、ZK403、ZK1301、ZK901、ZK0702、ZK0302钻孔岩芯资料和TC901、TC702、TC301、TC001、TC002、TC401、TC801、TC1201等探槽揭露资料，沟谷岩性为砂砾石层，分选性差，呈棱角-次棱角状，碎石直径一般0.2cm～2.0cm，成分主要为云母石英片岩、石英岩等周边及上游山地母岩，地层厚度2.1m～3.5m。调查时松散层与下伏基岩(侵入岩、变质岩)接触地带地层潮湿，局部含水但富水性极弱、单井涌水量小于5.0m^3/d～10.0m^3/d(0.06L/s～0.12L/s)的潜水，整体属透水弱富水含水的地带。故第四系松散岩类孔隙潜水整体评价为单井涌水量小于10m^3/d的弱富水含水层。

（2）碳酸盐类岩溶水（mb）

碳酸盐类岩溶水主要分布在①号矿体的底板，岩性主要大理岩，分布面积小，呈带状沿北西南东向展布。根据勘查内ZK701、ZK301ZK2′01、ZK001和探槽揭露资料，岩石表面受风化作用，大理岩极破碎，发育深度0～3m，3m～5m裂隙多被石英脉充填，宽度0.5mm-1.5mm，多为闭合-半闭合状态，裂隙之间联通性差。5m深度以下岩石裂隙不发育，较致密完整。

（3）结晶岩类裂隙水含水岩组(mb、gnt、qzt、qs、hos、γ、γρ)

结晶岩类裂隙水广泛分布于勘查区的中部基岩裸露区，岩性主要为变粒岩、花岗岩、石英岩、石英片岩等。据钻孔和探槽资料，结晶岩类表层为风化破碎带，裂隙较为发育，发育深度0m～5m，裂隙面凹凸不平，裂隙宽度0.5mm-2mm,多为张开-半闭合状态，裂隙之间联通性好；局部含有后期构造运动时衍生的次一级裂隙，构造线较长且稳定；5m深度以下裂隙不发育，岩体较致密完整。地表花岗岩、变粒岩等均不含水，可见结晶岩类裂隙水分布不均匀，将结晶岩类裂隙水整体评价为单井涌水量小于100m^3/d的弱富水含水层。

2.相对隔水岩组

根据实地调查并结合勘查区岩芯钻探资料，5m深度以下岩石裂隙不发育、地层岩性较完整的云母石英片岩、石英片岩及变粒岩，可划分为相对隔水岩组。

7.1.2.3 地表水特征

1.矿区水资源量

(1)地表水资源量

据野外调查资料，勘查区内无常年地表径流分布。

(2)地下水资源量

勘查区共施工 10 个钻孔，初步推测露天开采境界内地下水资源匮乏。勘查区内钻孔的水位埋深分布见下表 7-2

表 7-2 水位埋深分布表

序号	钻孔编号	孔口标高（m）	水位埋深（m）	水位标高（m）
1	ZK001	1610.99	17.5	1593.49
2	ZK2′01	1608.185	17.8	1590.385
3	ZK301	1601.59	33.25	1568.34
4	ZK302	1603.377	13.7	1589.677
5	ZK701	1596.231	7.3	1588.931
6	ZK702	1594.971	13.5	1581.471
7	ZK901	1591.961	15	1576.961
8	ZK1301	1590.83	16.3	1574.53
9	ZK201	1609.21	22.56	1586.65
10	ZK205	1609.47	10.00	1599.47

2.矿区水质评价

(1)评价的依据和分类

根据国标《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)，对采集水样进行水质综合评价，该评价标准将地下水水质划分为以下五类：

Ⅰ类：主要适用于源头水，国家自然保护区；

Ⅱ类：主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等；

Ⅲ类：主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道，水产养殖区等渔业水域及游泳区；

Ⅳ类：主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；

Ⅴ类：主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

(2)评价方法

①地表水环境质量评价应根据应实现的水域功能类别，选取相应类别标准，进行单因子评价，评价结果应说明水质达标情况，超标的应说明超标项目和超标

倍数。

②丰、平、枯水期特征明显的水域，应分水期进行水质评价。

③集中式生活饮用水地表水源地水质评价的项目应包括基本项目、补充项目以及由县级以上人民政府环境保护行政主管部门选择确定的特定项目

首先，根据勘查区将来对地表水的实际利用情况进行水域功能类别划分。矿床开发后，将来对地表水的利用主要为矿石开采生产及职工生活用水。

本次工作中，共采集了 3 件水质简分析样品。其中分析结果中单项与《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中基本项目标准限值仅有一项可以进行对应评价。根据以往北山区域地表水具有硬度高等特点，不能直接饮用。最终，确定划分为Ⅳ类水。

7.1.2.4 充水因素分析

露天矿坑涌水的因素主要有：露天采坑地下水涌水量、地表水汇入采坑的水量、大气降水落入采坑的水量三部分。勘查区地处西北内陆极端干旱区，年均降水量仅为 112.3mm，而年均蒸发量高达 2500mm 左右，导致勘查区内无常年性流水的地表水体分布。稀少的大气降水及其由此形成的短暂沟谷洪水的径流入渗，是勘查区地下水的唯一补给来源，由此形成的第四系松散岩类孔隙水和结晶岩类裂隙水含水层富水性弱。且矿体绝大部分位于最低侵蚀基准面以上，故大气降水是矿床未来开采矿坑充水的主要水源。

7.1.2.5 矿坑涌水量预测计算

1.矿坑涌水量的评价方法、计算公式及评价结果

矿体位于最低侵蚀基准面以上，开采方式为露天顺坡开采。含水层分部面积较大，距离四周隔水层边界均大于矿坑排水最大影响半径，含水层可概化为成无限边界含水层。将来随露天采剥，地下水位会随之下降。顺坡开采含水层的补给来源主要是大气降水，地下水(基岩裂隙水)基本对矿坑无充水影响。

采用水均衡法预测矿坑涌水量：

计算公式：$Q=a\times A\times F / t$

式中：Q—预测的矿坑涌水量(m^3/d)；

F—露天采坑的汇水面积(m^2)，依据矿坑的最终开采边界量取：758000m^2；

A：年降水量(m)；取值 0.1123m

a：渗入系数；依据《水文地质手册》（第二版）P680 中，鳞状片岩的渗透系数经验值 0.01；换算后 0.864m/d

t:计算天数（d），取值 300 天。

将上述各参数值代入公式计算，求得矿体开采最低高程(1554.95m)以上矿坑正常涌水量为 245.16m^3/d(2.84L/s)。矿井最大涌水量一般为平均涌水量的 2.5 倍，因此雨季最大涌水量为 612.5 m^3/d（7.09L/s）。

3.矿坑涌水量预测

根据上述结果，矿坑正常涌水量为 245.16m^3/d(2.84L/s)。矿井最大涌水量为 612.5 m^3/d（7.09L/s）。

4.矿坑涌水量的防治建议

(1)进行雨季水情、水害分析

勘查区含水层含水贫弱，地下水流动滞缓，地下水以静储量为主，主要补给水源为大气降水。勘查区内无地表水体，仅在雨季有短暂地表径流。开采方式为露天开采，尽管勘查区降水量较小，但由于降雨集中，露天采坑一旦形成积水且不能及时排出，有可能威胁采矿生产安全。

(2)雨季防治水措施

①疏通泄洪通道

雨季来临前组织人员对露天采坑周边及上游泄洪通道进行巡查，发现通道阻塞及时进行疏通，在可能发生阻塞地段进行加坝引流。

②构筑拦水坝

为了防止雨季大气降水沿露天采坑周边直接进入采坑，淹没露采工作面，威胁露天采坑生产安全、加大露天采坑排水负担，根据实际情况，沿露天采坑周边构筑拦水坝，坝高不低于 1.5m，坝宽不低于 2m，坝体材料为露采剥离物，坝体外部覆黄土。

③进行露天采坑、排土场边坡稳定观测

雨季必须加强露天采坑、排土场边坡稳定性观测，防止由于降雨诱发滑坡灾害。

④建立雨季预警机制

为了防止雨季露天采坑发生事故，及时掌握暴雨与洪水预警信息，在暴雨预

警信息发布后应立即组织撤出人员及设备。

⑤完善露天采坑排水系统

雨季来临前对露天采坑排水设备进行检修， 保证雨季排水工作正常。

7.1.3 水文地质勘查类型

勘查区为中山区，合黎山北缘。区内无常年性径流，稀少的大气降水及其由此形成的短暂沟谷洪水的径流入渗，是勘查区地下水的唯一补给来源；资源量估算范围内矿体大部份分布于最低侵蚀基准面以上，地形地貌利于地下水的自然排泄。

勘查区第四系松散岩类孔隙水和结晶岩类裂隙水含水层富水性弱，主要的补给来源为大气降水。未来矿山最低开采高程 1554.95m，根据上述结果，矿坑正常涌水量为 245.16m^3/d(2.84L/s)。矿井最大涌水量为 612.5 m^3/d（7.09L/s）。地表水确定Ⅳ类水，不能作为饮用水，但可作为未来矿山开采的生产水源。生活用水需从高台县拉运。由此确定，矿床水文地质勘探类型划分为第二类，属以裂隙水含水层充水为主、水文地质条件简单的矿床。

7.2 工程地质

7.2.1 工程地质岩组特征

1.土体类型及工程地质特征

勘查区范围内分布的土体，主要为全新统残坡积层(Q_h^{dl})、冲积层(Q_h^{al})、人工堆积层（Q_h^{ml}）组成。

主要分布于山脚、冲沟沟底、沟口一带，颗粒成分以勘查区原岩砾石、砂、卵(漂)石等组成，胶结疏松，胶结物以泥质物为主，潮湿-饱和，中密-密实，厚度 0.2～1.5m 不等。分选性、磨圆度相对较差，透水性强，含孔隙潜水。

2.岩体类型及工程地质特征

根据组成岩层的岩石的成因、完整性、坚硬程度、结构体特征、结构面发育程度、含水性等因素，将勘查区岩体类型及工程地质特征分述如下(表 7-3)：

表 7-3:勘查区岩石结构类型统计表

结构类型	岩性及位置	完整状态		结构面特征	结构体形态和强度	水文地质特征
		结构面间距(cm)	完整性分数			
块状结构 I_2	中-未风化的石英岩、变粒岩等	<30	0.64～0.68	Ⅳ级结构面片理、裂隙为主，结构面平直、光滑，半闭合-闭合	不同规模的块状为主，Rc=58.35～85.25MPa，φ=42.44°	相对隔水层，地下水对岩石软化作用不明显。矿石不易软化
散体结构Ⅳ	云母石英片岩及全-强风化带	<10	0	ⅢⅣ级结构面发育，彼此交切的结构面多被泥质物、粘土矿物薄膜等胶结	岩屑和大小不等、形态不同的岩块、碎片等	未见裂隙水，地表受雨水浸蚀易滑移变形

根据力学试验结果（表 7-4）饱和单轴抗压强度，勘查内岩组划分为较坚硬岩一类。

较坚硬岩组：主要由石英岩、大理岩、黑云母片岩、云母石英片岩组成。

黑云母片岩主要分布在勘查区中部和西北角，近东西向展布。为矿体的顶、底板围岩。岩体形态局部以大小不等的岩块、碎片为主；岩石较致密坚硬，受力以弹性变形为主。在饱和状态下，黑云母片岩 Rc=34.4MPa～37.4MPa，平均 35.9MPa；内聚力(饱和状态)C=5.7MPa ～12.7MPa，内磨擦角 φ=44.3° ～48.5°，软化系数 0.50～0.52；块体密度 2.68～2.77g/cm^3。

大理岩主要分布在勘查区石英岩型矿体的底盘，近北西南东向展布。岩体形态局部以大小不等的岩块、碎片为主；岩石较致密坚硬，受力以弹性变形为主。在饱和状态下，大理岩岩 Rc=52.2MPa；内聚力(饱和状态)C=8.5MPa，内磨擦角 φ=49.5°，软化系数 0.83；块体密度 2.75g/cm^3。

云母石英片岩主要分布在勘查区石英岩型矿体的上盘，广泛分布于勘查区内，近北西南东向展布。岩体形态局部以大小不等的岩块、碎片为主；岩石较致密坚硬，受力以弹性变形为主。在饱和状态下，云母石英片岩 Rc=46.4～48.3MPa；内聚力(饱和状态)C=13.0～17.5MPa，内磨擦角 φ=42.3～43.3°，软化系 0.77～0.79；块体密度 2.60～2.62g/cm^3。

石英岩主要分布在勘查区石英岩型矿体的上盘，广泛分布于勘查区内，近北西南东向展布。岩体形态局部以大小不等的岩块、碎片为主；岩石较致密坚硬，受力以弹性变形为主。在饱和状态下，石英岩 Rc=42.0MPa；内聚力(饱和状

态)C=13.70MPa，内磨擦角Φ=40.9°，软化系数0.81；块体密度2.54g/cm^3。

表 7-4:岩石力学样分析结果登记表

试验编号	孔号	取样位置	比重	天然块体密度（g/cm³）	含水率（%）	吸水率（%）	块体干密度（g/cm³）	颗粒密度（g/cm³）	孔隙率（%）	干燥单轴抗压强度（MPa）	饱和单轴抗压强度（MPa）	软化系数	天然内摩擦角φ（°）	天然粘聚力C(MPa)	天然抗拉强度（MPa）	岩石名称
2022-YT9491	LY-01	ZK701	2.72	2.68	0.08	0.46	2.68	2.68	0.08	74.6	37.4	0.50	44.3	12.7	14.5	黑云母片岩
2022-YT9492	LY-02	ZK701	2.84	2.77	0.09	0.45	2.77	2.77	0.09	66.7	34.4	0.52	48.5	5.7	12.5	黑云母片岩
2022-YT9493	LY-03	ZK1301	2.70	2.60	0.06	0.35	2.60	2.60	0.06	58.4	46.4	0.79	42.3	13.0	5.8	云母石英片岩
2022-YT9494	LY-04	ZK401	2.87	2.76	0.23	0.87	2.75	2.76	0.23	63.1	52.5	0.83	49.5	8.5	3.9	大理岩
2022-YT9495	LY-05	TC701	2.67	2.54	0.14	0.28	2.54	2.54	0.14	51.6	42.0	0.81	40.9	13.7	5.7	石英岩
2022-YT9496	LY-06	TC301	2.71	2.62	0.08	0.34	2.62	2.62	0.08	62.9	48.3	0.77	43.3	17.5	6.3	含云母石英片岩
依据标准：		《岩体试验方法标准》GB/T50266-2013。														

7.2.2 结构面特征

较坚硬岩组：主要由石英岩、大理岩、黑云母片岩、云母石英片岩组成。III、IV级结构面发育。彼此交切的结构面多被泥质物、粘土矿物薄膜等胶结。

7.2.3 主要矿体顶底板特征

1.岩石质量评价

岩石质量指标计算：按钻进回次测定岩石质量指标(RQD)，确定不同岩组 RQD 值的范围和平均值。RQD 值按下式计算确定：

$$RQD(\%)=\frac{L_p}{L_t}\times 100$$

式中：Lp -某岩组大于 10cm 完整岩芯长度之和(m)；

Lt -某岩组钻探总进尺(m)。

岩石质量等级按表 7-5 划分。

表 7-5:勘查区岩石质量等级统计表

等级	RQD(%)	岩石质量描述	岩体完整性评价
I	90-100	极好的	岩体完整
II	75-90	好的	岩体较完整
III	50-75	中等的	岩体中等完整
IV	25-50	劣的	岩体完整性差
V	<25	极劣的	岩体破碎

注：此表引自“矿区水文地质工程地质勘查规范” GB/T12719-2021)。

根据钻孔揭露岩芯测试资料，云母石英片岩 RQD 平均值为 48.90%，石英岩 RQD 平均值为 60.03%，大理岩 RQD 平均值为 85.27%，黑云母片岩 RQD 平均值为 41.71%。总体岩石质量评价为岩石质量属中等，岩体中等完整，属III-IV类级别。

2.矿体围岩稳定性评价

(1)岩矿体质量评价

矿体及顶底板岩性主要为黑云母片岩和大理岩。依据岩石饱和轴向抗压强度(Rc)及岩石 RQD 测试值及《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T12719-2021)附录 E,对岩矿体质量进行评价。

岩体质量指标(M)计算公式：

$$M = \frac{Rc}{300} \times RQD$$

式中：M-岩体质量指标；

Rc-岩石饱和轴向抗压强度。

评价结果：

大理岩：Rc=52.2MPa，属较坚硬岩。RQD 平均值为 85.27%，岩石质量为中等的，岩体中等完整，III类级别；岩体质量指标(M)为 0.14，岩体质量良，属于 II 类。

黑云母片岩：Rc=34.4MPa～37.4MPa，平均 35.9MPa；属较坚硬岩。RQD 平均值为 41.71%，岩石质量为劣的，岩体完整性差，IV类级别；岩体质量指标(M)为 0.05，岩体质量中等，属于III类。

石英岩

云母石英片岩 Rc=47.35MPa，属较坚硬岩。RQD 平均值为 48.90%，岩石质量是劣的，岩体完整性差，IV类级别。岩体质量指标(M)为 0.07，岩体质量指标(M)为 0.08，岩体质量中等，属于III类。

石英岩 Rc=42.0MPa，属较坚硬岩。RQD 平均值为 60.03%，岩石质量中等，岩体中等完整。 III类级别；岩体质量指标(M)为 0.07，岩体质量指标(M)为 0.08，岩体质量中等，属于III类。

(2)边坡稳定性评价

根据《矿区水文地质工程地质勘查规范》（GB/T12719-2021），坚硬、半坚硬岩类边坡稳定性评价可根据需要以类比法、经验数据法建议最终边坡角。由于勘查区内 I 、II 级结构面不发育，岩石露头条件较差，且周边无同类矿山，故采用经验数据法建议最终边坡角。勘查区内无断裂发育，岩芯较完整，建议最终边坡角取 60°。

7.2.4 主要工程地质问题

1.勘查区工程地质现状

勘查区内探槽施工、机台修筑、道路修筑过程中对草地造成了压占、破坏，待验收完成后，及时进行回填、平整，对于在施工过程中破坏的植被地段播撒了草籽，满足绿色勘查要求。

2.开采后可能出现的工程地质问题

结合周边矿山开挖后，一般会面临如下工程地质问题：

(1)不按设计边坡角60°台阶式开采，容易形成垂直近似90°的一面墙，会对一线生产工人的生命及企业财产造成危害，注意安全合理开发矿产资源。

(2)开挖面角度过小或渣堆堆放过高，都会造成边坡失稳，危害极大。或渣堆堆放位置不合理，容易造成河道阻塞，引发泥石流。

3.开采过程中的防治措施建议

边坡治理以防为主，治理为辅。应该把防灾贯穿到工程建设的各个环节，在工程规划选址、设计、施工各阶段均应注重防灾减灾。

(1)消除和减轻地表水和地下水的危害。水的作用，往往是导致边坡变形破坏的主要因素。在滑坡区内，可在坡面修筑排水沟。截、排水沟如修在岩坡上，沟底裂隙应用灰浆沟缝；如修在覆盖层上，应用浆砌片石铺砌，以防水流下渗。岩质边坡面可用喷混凝土护面或挂钢筋网喷混凝土。

(2)边坡人工加固。修筑挡土墙、护墙等支挡不稳定岩体；钢筋混凝土抗滑桩或钢筋桩作为阻滑制程工程；预应力锚杆或锚索；固结灌浆或电化学加固法加强边坡岩体或土体的强度；锚固洞、抗滑键以提高边坡岩体强度；用预裂爆破、减震爆破等控制爆破技术防止岩土体强度的削弱。

根据上述分析结果，矿体及其顶、底板围岩均为中等坚固岩石，边坡较稳固。仅有局部岩石裂隙发育及破碎带地段，应注意观察并设立边坡变形、位移监测点。

综述，矿体围岩整体稳定性好，矿床工程地质问题发生的可能性小。

7.2.5 工程地质勘查类型

露天矿床的开采，面临最大的问题是边坡的稳定性，矿体的顶底板围岩均为中等坚固岩石，节理不发育，说明边坡较稳定。局部裂隙发育及存在软弱夹层，注意掉块、滑落等地质灾害。总体，该矿床工程地质问题较小。

综合判定本矿床工程地质勘查类型属以层状岩石为主、工程地质条件简单的矿床。

7.3 环境地质

7.3.1 区域稳定性

根据中国地震分布图，勘查区位于西北地震带-河西走廊带，为单发式地震带。单发式地震是以一次8级以上地震和若干中小地震来释放带内积累的能量。

勘查区位于临泽县平川镇，根据《中国地震动参数区划图》(GB18306～2015)，勘查区地震基本烈度Ⅷ，地震动峰值加速度 0.20g，反应谱特征周期 0.45s。根据区域地壳稳定性分区和判别指标表，该地区定为基本稳定区Ⅱ。

勘查区为中山区，山体坡度较缓，地形切割浅，沟谷发育，地质灾害发育程度弱，滑坡、泥石流均不发育，局部发育有崩塌灾害。矿山开采过程中应设立专门机构，定时对周边沟谷容易引起崩塌等地质灾害地段进行监测。

根据本次勘查中所施工的探矿工程位置，将勘查区划分为环境质量中等和良好区域。其中探矿工程的施工对原地貌造成了扰动，故划分为环境质量中等区域，其余部分划分为环境质量良好区域。

7.3.2 地质环境现状

勘查区尚未开发，暂不存在矿山环境质量问题。地表水环境质量划分为Ⅳ类水，主要适用于一般工业用水。三个水样均采自第四系孔隙水，且依据相邻矿区调查，目前新福矿产品有限责任公司开采采坑-30m，仍未见基岩裂隙水。综合评价，勘查区地质环境质量良好。

7.3.3 矿山开采地质环境影响预测

矿山建成开发后，可能会出现边坡灾害预防及治理的问题。只要开发方严格遵循科学开发、合理开采等原则，相信不会出现上述问题。

随着矿山的建立，必然会有更多人员入驻，会造成一定的环境污染问题，如生活污水、垃圾排放等。建议建立相应的污水排放处理设施及垃圾集中堆放点，以免对环境造成污染、破坏生态环境。

7.3.4 地质环境质量

根据区域地壳稳定性分区和判别指标表，综合确定勘查区地壳稳定性为基本稳定Ⅱ区，抗震设防基本烈度为Ⅷ度，设计地震基本加速度值为 0.20g，反应谱特征周期为 0.45s，设计地震分组为第三组；勘查区现状地质灾害不发育；地表水环境质量划分为Ⅳ类水，主要适用于一般工业用水；勘查区岩矿石化学成分基本稳定，不易造成污染，无放射性危害，周围无化学类工厂和居民地，空气质量好，地下水未受污染；勘查区地势利于废石合理堆放，采取合理的安全措施后，矿山开采不会引发地质灾害等环境地质问题。

综合确定，勘查区地质环境类型划分为第一类，即勘查区地质环境质量良好。

7.4 矿床开采技术条件类型

勘查区水文地质条件简单，勘探类型属第二类，即裂隙充水为主的矿床；勘查区工程地质条件简单，勘探类型属第二类，工程地质勘探的复杂程度划分为简单型；地质环境类型划分为第一类，即勘查区地质环境质量良好。

综合确定，矿床开采技术条件勘查类型为第一类（矿床开采技术条件简单的矿床）。

第 8 章 地质勘查工作及质量评述

8.1 勘查类型及工程间距

依据《矿产地质勘查规范　硅质原料类》(DZ / T0207-2020)中关于勘查类型划分和勘查工程间距的确定原则，矿床勘查类型划分的主要因素如下：

1.矿体规模：矿体长度中仅有⑫号矿体较小，为 130m。①、②、⑨、⑪、⑬、⑭号矿体长度 220m～276mm，其余矿体④、⑤、⑥号矿体长度为 600-780m。综合考虑，矿体规模属于中型。

2.主矿体形态及内部结构：主矿体呈层状，边界较规则，矿石类型单一，不连续夹石较多，属于较规则的类型。

3.主矿体厚度稳定程度：主矿体④、⑥号矿体，厚度 6.20m～25.25m，平均厚度 15.73m，厚度变化系数 30.00～32.79%，属较稳定的。

4.矿石质量稳定程度：依据主要矿体④号：SiO_2品位 90.20%～96.17%，平均品位 93.05%，品位变化系数 2.73%；⑥号：SiO_2品位 90.29%～91.74%，平均品位 SiO_2为 90.91%，品位变化系数 0.68%。矿体质量稳定程度均属于稳定。

5.矿床构造、岩浆岩、岩溶对矿体的影响和破坏程度：主矿体呈单斜产出，断裂、岩浆岩、岩溶不发育，矿体未受到影响和破坏，属轻微的。

依据《矿产地质勘查规范硅质原料类》(DZ / T0207-2020)并结合勘查区矿床的具体特点，将二区块冶金用石英岩矿确定为第Ⅱ勘查类型。

依此在走向、倾向上分别以 200m×100m 工程网度圈定控制资源量，以 400m×200m 工程网度圈定推断资源量。

8.2 勘查方法及工程布置

在前期工作的基础上，通过工程测量、地质填图等有效的勘查手段，系统探矿工程控制、样品采集和测试、试验研究等各项手段，基本查明了矿体（床）地质特征，矿石加工技术性能以及开采技术条件，达到了预期目的。

勘查区内矿体呈北西-南东向展布，产状变化中等，详查选用勘探线法对矿

体开展勘查工作，即大致平行矿体走向布设基线，通过基线按 200m 的工程间距布设勘探线，除特殊的地形条件限制外，各探矿工程原则上布置在勘探线上。基线方位取 120°，勘探线方位 30°。由于勘查经费及时间有限，①、②、④号矿体通过 5 条探槽 7 个钻孔对矿体进行了详细了解；其它矿体⑤、⑥、⑨、⑪、⑫、⑬、⑭通过 16 条探槽对矿体进行了初步了解，工程控制程度较低。

2022 年度详查工作本着“面上展开，点面结合，重点突破，综合评价”的原则，先在勘查区进行了 1:10000 地质简测和 1:2000 地质正测，圈出了石英岩矿体分布范围；然后以 200m 工程间距在勘查区布设槽探工程对石英岩矿体进行揭露，基本查明了矿体在地表的连续性、规模、品位、产状及矿石质量等特征；最后针对①、②、④矿体布施钻探工程(工程间距≤100m)进行了深部验证，基本查明了矿体的延深及空间展布特征。对⑤、⑥、⑨、⑪、⑫、⑬、⑭号矿体布施探槽工程(工程间距≤200m)进行了初步了解，基本查明了该段矿体的延深及空间展布特征。

①号矿体：为一区块①矿体的东延伸段，共布设了间距 200m 的探槽 3 条（TC201、TC401、TC601），斜深控制间距 100m 的 3 个钻孔（ZK201、ZK401、ZK403）进行地表和深部控制。工程控制程度较高，达到了基本控制的要求。

②号矿体：为一区块②矿体的东延伸段，共布设了间距 200m 的探槽 2 条（TC202、TC602），斜深控制间距 100m 的 4 个钻孔（ZK201、ZK204、ZK205、ZK402）进行地表和深部控制。工程控制程度较高，达到了基本控制的要求。

④号矿体：地表以 200m 的工程间距共布设了 4 条探槽（TC5902、TC5701、TC5301、TC4901），斜深以 100m 工程间距共布设了 2 个钻孔（ZK5701、ZK5301）进行地表和深部控制。工程控制程度较高，达到了基本控制的要求。

⑤号矿体：地表以 200m 的工程间距共布设探槽 3 条（TC5302、TC4903、TC4501），均见矿，未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

⑥号矿体：地表以 200m 的工程间距共布设探槽 3 条（TC2601、TC3001、TC3401）均见矿，未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

⑨号矿体：本区块出露的为一区块⑨号矿体东端的延伸，由 1 条探槽（TC603）控制，未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

⑪号矿体：地表以 200m 的工程间距共布设探槽 2 条（TC5901、TC5701），均见矿。未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

⑫号矿体：地表以200m的工程间距共布设探槽1条（TC4901），均见矿。未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

⑬号矿体：地表以200m的工程间距共布设探槽1条（TC4903），均见矿。未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

⑭号矿体：地表以200m的工程间距共布设探槽1条（TC4903），均见矿。未做深部控制，工程控制程度较低，达到了初步控制的要求。

8.3 地质勘查工作质量评述

8.3.1 测量

8.3.1.1 控制测量

本次控制点测量委托具有工程测量乙级资质(证书编号：乙测资字62070022)的甘肃地质工程勘察院有限责任公司承担，测量仪器为经甘肃省测绘产品质量监督检验站检验合格（证书编号：GCZJ 20211323号和GCZJ 20211322号)的全球定位系统（GPS）接收机，校准项目及结果见表8-1。

表8-1:全球定位系统(GPS)接收机校准项目及结果

序号	校准项目		校准结果	校准结果
1	型号/规格		银河6	银河6
2	证书编号		GCZJ 20211323号	GCZJ 20211322号
3	外观及各部分相互作用		合格	合格
4	数据后处理软件及功能		合格	合格
5	测地型GPS接收机天线相位中心一致性		1.5mm	1.6mm
6	测地型GPS接收机的测量误差	短基线测量	-0.8mm	2.49mm
		中、长基线测	-30mm	-30mm

2019年8月25日～2019年8月28日，甘肃地质工程勘察院有限责任公司在测区范围内近似均匀的布设了KZ2、KZ5、KZ6、KZ7、KZ8共5个D级GPS点。2022年7月22日对5个控制点进行2个小时的静态数据观测，依据外业观测资料，将同一天的观测数据放在一起，数据格式统一为rinex格式，数据整理完成后将数据打包提交至甘肃省测绘工程院进行数据解算。

甘肃省测绘工程院采用美国天宝公司研发的GNSS静态后处理软件Trimble Business Center软件，通过GNSS基线解算、GNSS网平差解算为2000国家大地坐标系成果(表8-2)。

表 8-2:D 级 GNSS 控制点坐标表

点号	CGCS2000 平面坐标		85 高(m)
	x	y	
KZ2	4383899	33583043.0	1595.254
KZ5	4382015	33585613.2	1621.357
KZ6	4381192	33585353.6	1609.345
KZ7	4381294	33587045.7	1614.248
KZ8	4380002	33586730.6	1611.132

投影方式采用高斯-克吕格 3° 带投影，中央子午线为 99°，平面坐标采用国家大地 2000 坐标系，高程基准采用 1985 国家高程基准。

经解算 5 个控制点的各项精度如下：

1.控制点南北分量的中误差平均值为±4mm，最大值为±4mm；东西分量的中误差平均值为±3mm，最大值为±4mm；大地高分量的中误差平均值为±13mm，最大值为±16mm。

2.相邻点基线水平中误差平均值为±4mm，最大值为±7mm；相邻点基线垂直分量的中误差平均值为±13mm，最大值为±28mm；相邻点基线相对中误差平均值为 1:1152589，最大值为 1:120884，满足规范中对 D 级控制网的要求。

8.3.1.2 地形测量

本次 1:2000 地形测量工作由甘肃地质工程勘察院有限责任公司采用无人机航测进行，共完成 1:2000 地形测量 3.30km^2。

投入的仪器设备有：南方 S86 GPS-RTK 接收机、全数字摄影测量工作站、大疆 PHANTOM 4 RTK 无人机、德国的 INPHO MATCH-AT 空中三角测量加密模块、航天远景 MapMatrix 立体测图软件、成图系统软件 cass10.1。

1.作业流程

本次成图采用无人机低空摄影工作流程，首先由外业布设像控点，利用甘肃省测绘地理信息局的 GSCORS 系统测设像控点，然后进行无人机航拍采集影像。将采集的影像和布设的像控点采用北京超图软件股份有限公司引进德国的 INPHO MATCH-AT 空中三角测量加密模块进行加密。然后利用控三加密成果，采用航天远景 MapMatrix 立体测图软件对等高线和地物数据采集；最后采用地理信息系统软件 cass10.1 进行数据优化。具体流程见图 8-7。

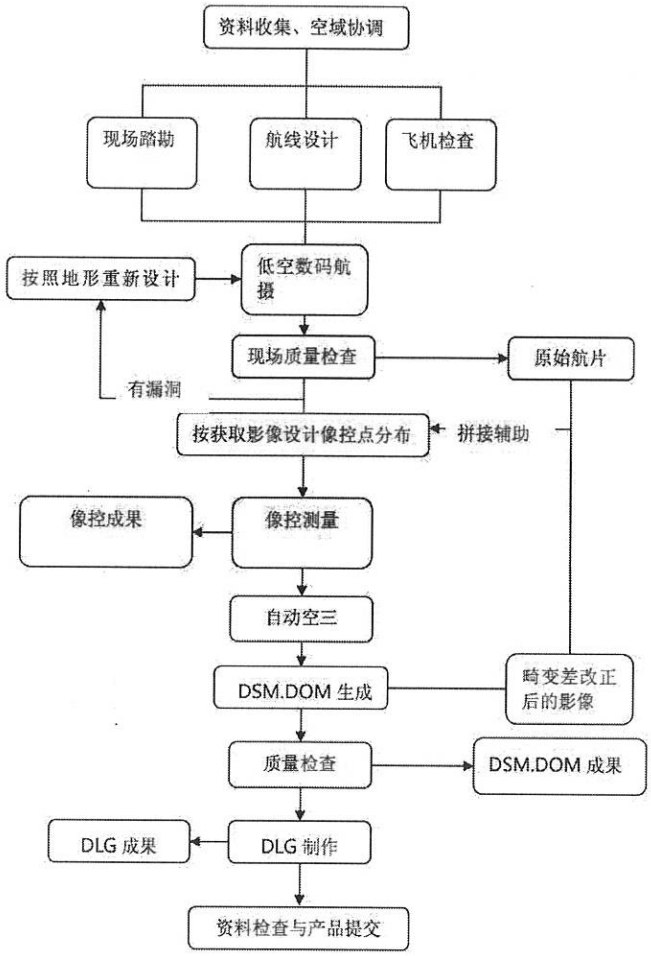


图 8-1　作业流程图

2. 航空摄影设计指标

航空摄影设施之前先进行了项目技术设计，设计指标如下：

(1)所获取影像为可进行立体测量的真彩色数字影像。

(2)按 8cm 地面分辨率进行技术设计，影像数据满足 1:2000 比例尺的线划图(DLG)、正射影像图(DOM)的成图精度要求。

(3)无人机配置了高精度动态测量型 GPS 接收机，其性能应满足本次测图精度的技术要求，摄站点坐标成果采用事后相位差分技术解算。

(4)航线按图廓中心线敷设，要求一张航片覆盖一幅图，航向重叠 65%-75%；旁向重叠 65%-70%。

(5)航摄分区的平均高度平面，按分区的高点平均高度加低点平均高度的 1/2 求得。

(6)航线按测区范围，通过飞控软件，调整为最佳方向布设。

3.飞行成果质量检查

空中摄影的成果-航空像片是摄影测量的基本原始资料，其质量的优劣直接影响摄影测量过程的繁简，成图的工效和精度。因此，对摄影的外业成果进行详细的质量检查。

(1)飞行质量检查。

①像片的重叠度满不满足设计要求，最小不低于60%。

②像片倾斜角不大于12度，旋偏角不大于12度。

③航高保持，同一航线航高差不大于30m，实际航高与设计航高之差不大于20m。

④航线有无偏离。

⑤摄区边界覆盖保证：航向覆盖超出摄区至少两条摄影基线，旁向覆盖超出边界至少一张像幅。

(2)影像质量检查

①影像清晰，层次丰富

②没有云，云影，大面积反光

③影像不能有漏洞

④像点位移不大于1个像素

4.成果规格和精度要求

(1)地形图的比例尺为1：2000。

(2)坐标系统：国家大地2000坐标系，中央子午线为93° 00′ 00″，3°带高斯投影带，带号为31。

(3)高程系统：1985国家高程基准,等高距为2m。

(4)数据格式：地形图为DWG格式，摄影成果(DOM)的格式为TIF格式。

(5)平面精度：地形图图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差，满足表8-2的规定。

表8-2：图上地物点的点位中误差

地区分类	点位中误差(mm)
城市建筑区、工矿区	≤±0.6
一般地区	≤±0.8

(6)高程精度：等高线的插求点或数字高程模型格网点相对于邻近图根点的高程中误差，满足表8-4的规定。

表 8-3：等高线或数字高程模型格网点相对于邻近图根点的高程中误差

一般地区	地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
	高程中误差	1/3hd	1/2hd	2/3hd	1hd

（注：hd 为地形图的基本等高距）

8.3.1.3 工程测量

2022 年 9 月 20 日～2022 年 10 月 15 日，甘肃地质工程实验室有限责任公司利用南方 S86 GPS-RTK 接收机共测量钻孔孔位点 7 个。

工程点放样测量，首先将地质人员确定的工程点坐标导入 GPS-RTK 移动站手簿并核对，工程点放样工作开始前，首先在已知点上检查系统参数是否正确和已知数据的正确性，检验合格后开始放样工作。按照设计平面坐标放样工程点位置并钉木桩、插小红旗作为标记，放样工作结束后采集放样点位实际平面坐标和高程数据。

工程点竣工测量，对已完成的钻孔及探槽精确采集点位平面坐标和高程并记录，所有的工程点均测至地质人员指定的标志并能做到竣工后及时测定，及时将竣工测量数据汇交给地质技术人员。

测量工作完成后，严格按照行业标准 GB/T 24356-2009《测绘成果质量检查与验收》的规定，对本项目成果质量实行二级检查、一级验收方式进行质量控制。其检查精度如下：

工程点图上平面位置中误差 0.1mm(限差 0.15mm)，高程中误差 1/10 等高距(限差 1/8 等高距)。

8.3.2 地质填图

8.3.2.1 1:10000 地质简测

地质填图任务确定后，在测区踏勘基础上，实测地质剖面选择在基岩出露相对较好并垂直测区内主要构造线（地层、构造带走向）方向布设，以确保基本能够控制勘查区主要岩石单位的分布。

本次详查工作针对勘查区开展了 1 条 1:2000 地质剖面实测工作。实测地质剖面起点、终点位置采用 GPS 定位，测线由地质人员用罗盘测量导线方位和地形坡角，用皮尺丈量地面斜距。导线点及编号、导线方位、斜距、坡角、地层产状、

岩性特征、分层间距等地质现象均填写在记录中。在野外地质观察过程中，随时采集各类标本和有关岩矿鉴定样品，所有标本和样品均分别编号，丈量采集位置并填写在记录和标本登记表中。

实测地质剖面图采用投影法制作，首先计算各导线点间的水平距、高程及地层真厚度，绘制导线平面图，然后将各导线点垂直投影到同一条基准线上。并以基准线作为计算高程的零点，按各导线点高差绘出地形轮廓，然后把导线平面图上地质体界线、产状、标本位置等投影到地形剖面的相应位置上，最后绘上统一的图例花纹。

通过 1:2000 实测地质剖面工作，统一了认识，勘查区内共划分岩性层 8 个，填图单元 4 个。

根据勘查区的地质构造特征，将其构造复杂程度划为复杂，观测点距 100m～200m，1:10000 地质正测观测点个数应为 60～80 点/km^2，1:10000 简测观测点数应为正测地质点数的 75%（45-60 点/km^2）。界线点数与加密点数之和应达到地质点总数的 70%以上。地质填图方法以穿越法为主，追索法为辅。

1:10000 地质简测底图由 1:50000（西小口子幅）地形图放大而来。本次地质填图共完成观察路线 14 条，确定地质点 554 个，点密度 96 点/km^2，大于 45～60 点/km^2的地质观测点个数要求。其中界线点 433 个，占地质点总数的 78.16%，大于地质点总数的 70%的要求。自检 554 个点，自检率 100%，合格率 100%；互检 554 个点，互检率 100%，合格率 100%；在野外实地抽查了 200 个地质点，抽检率 36.10%，合格率 100%。

地质观察点定位采用 GPS72*H*卫星定位仪定点。GPS 主要参数为：DX=-0.7；DY=-1.3；DZ=50；DA=0；DF=-0.00000000001；中央子午线东经：99° 00′ 00″。投影比例：+1，东西偏差：+500000m，南北偏差：0m。点位误差±1m。

在野外完成地质界线连绘，界线不清时沿层追索调绘。每日野外地质填图结束后，认真核对观察路线和观测点，检查无误后标在实际材料图上，同时在电脑上，利用 MAPGIS 软件将观察路线和观测点投影在地质图上，并根据综合研究和岩矿鉴定成果，在室内加以补充和修改。对宽度大于 20m 的地质体、长度大于 200m 的构造形迹、宽度大于 5m 的矿体、各类脉岩等均详细进行记录并反映在地质图上。对于 1:10000 地质草图中 1:2000 填图区域，利用 1:2000 地形地质图进行了修正，填图精度符合要求。

经项目组检查，实测剖面图中反映的地质现象和矿产特征数据记录资料完整准确，与野外实际地质情况吻合，标本和样品采集具代表性，地质剖面图图面整洁，内容齐全，各勘查区实测地质剖面位置选择和控制程度达到了地质目的，满足设计要求。

8.3.2.2 1:2000 地质正测

1:2000 地质正测是在充分熟悉前人地质资料的基础上开展的。根据 1:1000 实测地质剖面测量成果，统一了填图岩石地层单位，统一了岩石命名。

在 1:2000 地质填图之前，先根据 1:1000 实测地质剖面测量成果，统一了填图岩石地层单位，统一了岩石命名。

根据详查区的地质构造特征，将其构造复杂程度划为复杂，观测点距 20m～50m，地质观测点个数应为 240～300 点/km^2，界线点数与加密点数之和应达到地质点总数的 70%以上。

为了更深入地研究矿床地质特征，基本查明矿区的地质、构造特征、尤其是控矿地层及构造特征、蚀变矿化特征，追索赋矿地层的出露情况，1:2000 地质填图过程中采用以追索法为主、穿越法为辅的填图方法，穿越方向为基本垂直矿层走向，追索路线主要布置在赋矿地层、矿体等重要地质体上。

地质填图之前先进行了地形测量，在 1:2000 地形图基础上开展地质测量。地质点位及编号标注在实地新鲜基岩面和小红旗上，采用全仪器法测量。地质观察点定位采用南方 S86 型 GPS-RTK 测量。地质点的平面位置中误差不大于 0.3m，高程中误差不大于 0.25m。

本次地质填图共完成观察路线 15 条，确定地质点 1055 个，点密度 320 点/km^2，大于 240～300 点/km^2的地质观测点个数要求。其中界线点 774 个，占地质点总数的 73.34%，大于地质点总数的 70%。自检 1055 个点，自检率 100%，合格率 100%；互检 1055 个点，互检率 100%，合格率 100%；在野外实地抽查了 320 个地质点，抽检率 30.33%，合格率 100%。

每日野外地质填图结束后，认真核对观察路线和观测点，检查无误后标在实际材料图上，同时在电脑上，利用 MAPGIS 软件将观察路线和观测点投影在地质图上。最后结合探槽、采样线，将矿体与顶底板围岩界线准确编绘于图上。对宽

度大于 4m 的地质体、长度大于 20m 的构造形迹、宽度大于 1m 的矿体、各类脉岩等均详细进行记录并反映在地质图上。该图基本反映出详查区地质构造特征，矿体分布的规律和控制成矿的地质条件，图件研究程度和地质观察点数量以及地质图的精度达到了 1:2000 地质测量的要求。

8.3.2.3 勘探线剖面测量

2022 年 9 月 20 日～2022 年 10 月 10 日，甘肃地质工程实验室有限责任公司利用南方 S86 GPS-RTK 接收机完成了 1:1000 勘探线剖面测量 3.76km。

首先将勘探线剖面点的坐标导入 GPS-RTK 移动站手簿并核对，测量开始前在已知点上检查系统参数是否正确，检验合格后开始放样测量，按照勘探线剖面点设计平面坐标放样勘探线剖面点位置并钉木桩、插小红旗作为标记，实时采集勘探线点位实际平面坐标和高程。

测量工作完成后，严格按照行业标准 GB/T 24356-2009《测绘成果质量检查与验收》的规定，对本项目成果质量实行二级检查、一级验收方式进行质量控制。其检查精度如下：

勘探线剖面点图上平面位置中误差 0.3mm(限差 0.8mm)，高程中误差 1/5 等高距(限差 1/3 等高距)；满足《地质矿产勘查测量规范》要求。

1:1000 勘探线剖面是结合 1:2000 地质填图，采用沿线加密布点(点距 10m～15m)，并采用槽探揭露成果，确定剖面地表地质界线。

1:1000 勘探线剖面图编制，地形线是由测量实测展绘，槽探工程用坐标测量成果展绘。地质分层用所涉及工程的编录成果。矿体圈定在槽探中，用刻槽取样分析成果。经检查，岩性分界线，构造线、矿体圈定等准确，制图精度符合要求。

8.3.3 探矿工程

8.3.3.1 山地工程

2022 年 9 月 11 日～2022 年 9 月 25 日，勘查区共计施工探槽 21 条，开挖土石方量 1878.03m^3，21 条探槽均见到石英岩矿体，见矿率 100%。探槽开口宽 1.2m～2.5m，长度 18m～114m，深度一般均在 3.0m 以内，个别覆盖较厚地段达

到 4.5m，底宽 0.9m～1.5m，基岩揭露深度以 0.3m～0.6m 为主，局部为了保证施工安全、兼顾钻机施工平台，基岩揭露深度达 1.2m，槽底平整，两壁坡度在 75°～80°。21 条探槽均选择在矿体出露较好地段且尽量靠近勘探线处施工，基本垂直矿体走向，均挖至新鲜基岩内，能够清晰的观察到矿体与顶底板围岩界线，工程施工质量能满足地质编录及采样要求，达到了地质目的。

探槽编录采用数字矿产资源调查系统(Memap)全面采集相关数据和信息。编录采用一壁一底展开法素描，比例尺为 1:100。施工中及时进行了编录，一般编录东壁及槽底；分层基本合理、准确，观察较详细，基本收集到了评价矿体所需资料，并系统采集了各类样品。

8.3.3.2 钻探工程

2022 年 9 月 25 日～2022 年 10 月 15 日，根据探槽揭露情况的布设，完成了 ZK201、ZK403、ZK401、ZK205、ZK402、ZK5701、ZK5301 的钻探工程施工任务，钻探施工结束后项目组及时进行了编录，实际完成工作量 668.6m。7 个钻孔均见到石英岩矿体，见矿率 100.00%。孔深误差小于 1‰，钻孔方位角与设计最大偏差为 2°，天顶角与设计最大偏差为 1°。钻孔岩芯采取率 88.06%～100.00%，矿芯采取率 91.41%～100.00%，矿体顶板 5m 内围岩采取率 84.60%～100.00%，矿体底板 5m 内围岩采取率 94.80%～100.00%。封孔方法采用浓泥浆封孔，孔口立桩标记，并用水泥加以固定；钻探班报表及简易水文观测质量符合规范要求。钻探工程质量符合钻探工程六大技术指标及规范要求，所获成果资料真实可靠。

1.钻孔布置情况

高台县锯条山冶金用石英岩矿钻孔布置情况见表 8-4。

表 8-4:高台县锯条山冶金用石英岩矿钻孔布置情况一览表

钻孔编号	勘探线号	孔位		孔深(m)	天顶角(°)	方位角(°)
		X	Y			
ZK201	2	4381571.47	33585147.33	92.55	75	210
ZK205	2	4381572.95	33585158.91	66.15	70	30
ZK401	4	4381479.58	33585253.31	82.25	75	210
ZK402	4	4381577.25	33585312.03	81.25	70	210
ZK403	4	4381447.19	33585239.14	28.75	70	210
ZK5301	53	4384002.99	33583085.49	87.15	75	200

ZK5701	57	4384103.44	33582908.88	105.15	75	200

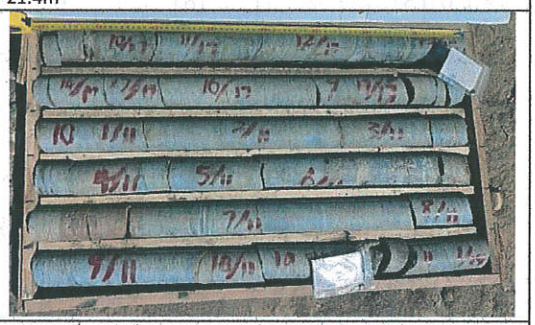
2.钻孔结构、岩心矿心直径及其合理性

ZK2′01采用三径结构(130mm～75mm)，钻孔开孔孔径全部为130mm，岩心趋于完整后，换为91mm，岩心完整后，换为75mm金刚石钻进。ZK001--ZK5701采用两径结构(91mm～76mm)；钻孔开孔孔径全部为91mm，岩心趋于完整后，换为76mm金刚石钻进，岩心直径全部大于75mm，满足地质要求。

表8-5:钻孔结构一览表

孔径(mm)	130	91	76	75	钻孔编号
	/	0～4.75	4.75～92.55	/	ZK201
	/	0～3.15	3.15～66.15	/	ZK205
	/	0～9.25	9.25～82.25	/	ZK401
	/	0～4.75	4.75～81.25	/	ZK402
	/	0～1.75	1.75～28.75	/	ZK403
	/	0～7.65	7.65～87.15	/	ZK5301
	/	0～1.65	1.65～105.15	/	ZK5701

取出的岩矿芯清洗干净后，由上至下按顺序进行排列，及时装箱，大于10cm的岩矿芯均按顺序编号，回次间用岩心牌隔开，勘查区存放岩心的岩心箱，单格长度 80cm(图8-2)。

项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第一箱 回次编号：1 回次全～6 回次头 0.4m　孔深：0.00～6.56m	项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第二箱 回次编号：6 回次尾 2.5m～7 回次头 2.2m　孔深：6.56～11.43m
	
项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第三箱 回次编号：7 回次尾 0.4m～9 回次头 1.4m 孔深：11.43～16.55m	项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第四箱 回次编号：9 回次尾 1.6m～11 回次头 0.25m 孔深：16.55～21.4m
	
项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第五箱 回次编号：11 回次尾 2.75m～13 回次头 0.5m 孔深：21.4～26.15m	项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第六箱 回次编号：13 回次尾 1.0m～15 回次头 0.7m 孔深：26.15～30.85m
	
项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第七箱 回次编号：15 回次尾 0.8m～17 回次全 孔深：30.85～36.15m	项目名称：高台县锯条山冶金用石英岩矿详查项目 孔　　号：ZK701　　箱号：第八箱 回次编号：18 回次全～19 回次全　孔深：36.15～40.65m
	

3. 各钻孔主要质量情况如下：

钻孔岩芯采取率 78.02%～98.57%，矿芯采取率 80.36%～100.00%，矿体

顶板围岩采取率 75.84%～97.46%，矿体底板围岩采取率 79.35%～100.00%。

表 8-6:钻孔采取率一览表

钻孔编号	岩芯(m)			矿芯(m)			顶板围岩(m)			底板围岩(m)		
	进尺	长度	采取率	进尺	长度	采取率	进尺	长度	采取率	进尺	长度	采取率
ZK201	92.55	72.51	78.35	17.99	14.15	78.65	3.69	2.75	74.53	70.87	55.61	78.47
ZK205	66.15	53.45	80.8	1.68	1.35	80.36	11.03	8.6	77.97	53.44	43.5	81.4
ZK401	82.25	74.4	90.46	2.06	1.75	85	32.69	27.95	85.5	47.5	44.7	94.11
ZK402	81.25	71.8	88.37	1.1	1.03	93.11	39.46	35.6	90.22	40.69	35.17	86.43
ZK403	28.75	23.75	82.61	10.2	8.6	84.31	4.75	4.2	88.42	13.8	10.95	79.35
ZK5301	87.15	82.95	95.18	5.6	5.6	100	69.36	65.25	94.16	12.25	12.1	98.78
ZK5701	105.15	101.4	96.43	8.96	7.97	88.95	87.73	85.5	97.46	8.46	7.93	93.74

(2)钻孔弯曲度测量

开孔后 25m、每钻进 50m、见矿点、出矿点均使用 XJL-42 罗盘钻孔测斜仪对钻孔顶角和方位角进行了测量，实测次数大于等于应测次数，超差次数为 0 次。测量数据详见表 8-7。

表 8-7:孔深校正及弯曲度测量一览表

钻孔编号	记录孔深(m)	校测孔深(m)	误差(m)	误差率(‰)	测量孔深(m)	天顶角(°)	方位角(°)	测量仪器
ZK201	52.75	52.73	0.02	0.4	52.71	75	210	
	92.55	92.50	0.05	0.5	92.50	75	210	
ZK205	51.15	51.15	0.00	0.00	51	70	30	
	66.15	66.15	0.00	0.00	66	70	30	
ZK401	51.25	51.20	0.05	0.98	51.2	75	210	
	82.25	82.2	0.05	0.6	82.2	75	210	
ZK402	51.25	51.24	0.01	0.2	51.2	70	210	
	81.25	81.22	0.03	0.37	81.22	70	210	
ZK403	28.75	28.73	0.03	1.04	28.71	70	210	
ZK5301	51.15	51.15	0.00	0.00	51	75	200	
	87.15	87.15	0.00	0.00	87	75	200	
ZK5701	51.15	51.15	0.00	0.00	51	75	200	
	102.15	102.15	0.00	0.00	100	76	201	
	105.15	105.15	0.00	0.00	105	76	201	

(3)孔深误差测量与校正

进矿层、出矿层、钻进深度达 100m 时、终孔时都进行孔深校正，实测次数大于等于应测次数，超差次数为 0 次。

(4)简易水文观测

所有施工的钻孔都进行了简易水文观测，每班观测水位 1～2 回次。每观测回次中，提钻后、下钻前各测量一次水位，间隔时间大于 5 分钟。每个钻进回次均根据水源箱水位、泥浆池液位变化和补充冲洗液量计算出冲洗液消耗量。并在钻孔柱状图中根据提钻后、下钻后钻孔水位埋深编制了水文变化曲线。

(5)原始报表

班报表等原始记录均按钻探操作规程执行，原始班报表记录及时，所填写的各项数据齐全，内容真实，数据准确，符合质量要求。岩心牌放置位置准确，对岩心均按次序摆放，对岩心及时的进行了清洗并编号，满足设计要求。

图 8-3　班报表原始记录

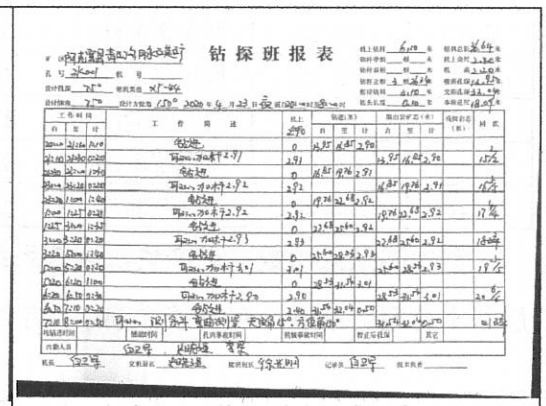


图 8-4　班报表原始记录

(6)封孔方法及封孔质量

勘查区地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙水和结晶岩类裂隙水，含水层富水性弱，主要的补给来源为大气降水，水文地质条件简单。矿山开采方式为露天开采，施工钻孔均位于最低侵蚀基准面以上，地形地貌利于地下水的自然排泄，采用浓泥浆封孔可以满足封孔要求，故钻孔均采用浓泥浆灌入孔内的方法封闭。封孔结束后在孔口中心处设立了水泥标志桩，并在水泥标志桩中心埋设钢钉，水泥标志桩规格为 60cm×60cm×30cm，水泥标志桩上注明了工区、孔号、开孔日期、终孔日期、终孔深度、施工单位等相关信息，并涂上了红漆。

封孔结束后，地质、探矿技术人员对封孔质量检查， 封孔质量满足设计要求。

综上所述，本年度钻探工作各环节质量达到规范及设计要求。

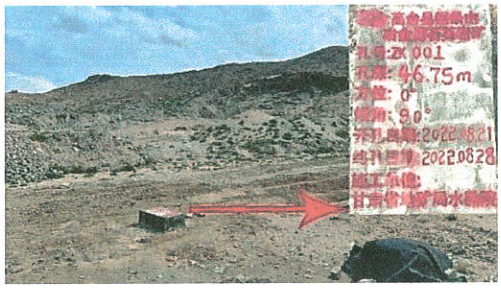


图 8-5 ZK001 孔口标志

图 8-6 ZK401 孔口标志

表 8-8:钻孔封孔一览表

钻孔编号	钻孔深度(m)	封孔方法	稠泥浆粘度(s)	稠泥浆用量(m^3)	封孔日期	备注
ZK201	92.55	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.13	
ZK205	66.15	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.24	
ZK401	82.25	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.16	
ZK402	81.25	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.20	
ZK403	28.75	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.18	
ZK5301	87.15	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.18	
ZK5701	105.15	稠泥浆灌注	32	0.50	2022.9.22	

钻探编录采用数字矿产资源调查系统(Memap)全面采集相关数据和信息。分层基本合理、准确，观察较详细，并系统采集了各类样品。

8.3.4 水文地质工程地质环境地质

1:10000 水、工、环地质简测工作在 1:10000 地质草图的基础上进行，实际完成工作量 5.77km^2。观测路线采用穿越法和追索法相结合,观测路线基本沿垂直岩层、构造线走向和地貌变化显著的地段布设,对重要地质体、接触带、断层带、软弱夹层、地质灾害和不良地质现象发育地带、河谷、沟谷和地下水露头多的地方进行追索、观察、详细记录和描述,并描绘了信手剖面图和进行了拍照。对造成地质环境污染和破坏的地带进行了重点调查和观测。共完成 1:10000 水、工、环地质填图观察路线 3 条，确定地质点 104 个，点密度为 7.5 个/km^2。满足《供水水文地质勘察规范》(GB50027-2001)要求。

为了确定地下水的埋藏深度，分布特征，确定地下水的补、径、排关系。按要求对施工的 7 个钻孔均进行了简易水文地质观测和终孔静止水位观测。终孔施工结束后，先进行了冲孔换浆，换浆 24 小时以后安排专人使用电测水位计每隔

2 小时一次进行了静止水位测定，观测时间均在 24h 以上，观测数值满足近似稳定水位标准，水位变化幅度＜1cm/h。并将观测数据及时填至“终孔稳定水位观测记录表”中，观测方法合理，观测数据准确，达到了预期目的。

施工过程中严格按照《矿区水文地质工程地质勘查规范》(GB12719-2021)对所有钻孔进行了钻孔水文地质编录。钻孔水文地质编录内容包括：描述岩心的岩性、结构、构造，裂隙性质，密度，岩石的风化程度和深度以及岩溶形态、大小、充填情况，发育深度，统计裂隙率，岩溶率。记录详实，观察准确，满足规范要求，质量良好。

施工过程中严格按照《矿区水文地质工程地质勘查规范》(GB12719-2021)对所有钻孔进行了钻孔工程地质编录。钻孔工程地质编录内容包括：统计与描述岩心块度，统计节理裂隙，确定钻孔中破碎带、裂隙密集带、风化带与软弱夹层的位置、深度；按钻进回次统计测定岩石质量指标（RQD），划分岩石质量等级和岩体质量等级。记录详实，观察准确，满足规范要求，质量良好。

8.3.5 采样测试

8.3.5.1 岩矿鉴定

岩矿鉴定样主要采集了薄片与标本，薄片与标本成套采集。规格为 3cm×6cm×9cm。薄片均采集在实测地质剖面上及 1:10000 地质简测中，及时为勘查区的岩石分类命名及矿石物质组分研究提供了指导。

本次工作共采集薄片 20 件。薄片由国土资源部兰州矿产资源监督检测中心(甘肃省中心实验室)检测。岩矿鉴定按送样要求和《岩石矿物鉴定质量管理规范》(DZ/010.9-2006)进行，鉴定报告符合要求，完全满足本次详查工作需要。

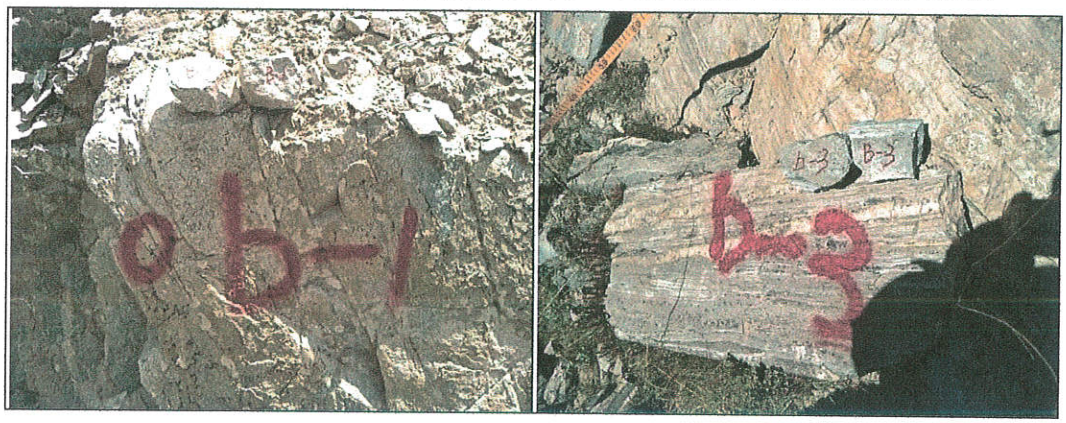


图 8-7　b-1 薄片样品采集	图 8-8　b-3 薄片样品采集

8.3.5.2　化学分析

1.基本分析

为控制和了解岩石中SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO品位及其变化规律，在各工程中共采取基本分析样品300件，分析项目为SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO。采样布置主要依据槽探、采样线、钻探中地质分层、矿石类型、夹石等特征确定。

图 8-9　现场工作照

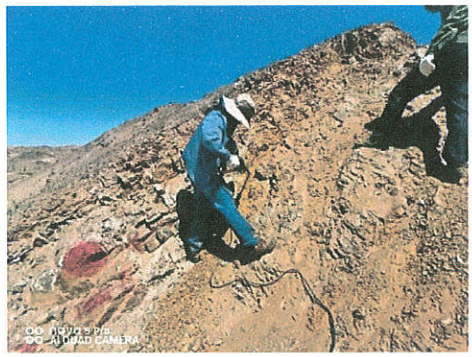


图 8-10　现场工作照

图 8-11　刻槽样

图 8-12　刻槽样

在探槽及采样线中，采用连续刻槽取样，对矿体及可能含矿的岩石、矿化带及夹石连续取样，所取样品对矿体、矿化带的顶底板界线进行了控制，无跨层采样现象。探槽样品取于探槽底壁交接处，采样线样品取于地表，采样前对槽底和剖面进行了清扫，无混入物。采样断面规格5cm×3cm，样长一般为0.6m～2.0m，局部矿石沿厚度方向品位变化不大时，样长放长至2.5m。共取样284件，样品实际重量为2.49kg～9.78kg，重量误差为-8.91%～9.65%。

钻探工程中采用 1/2 岩、矿心对劈法取样，用金刚石刀具沿其岩矿心长轴方向切取一半作为基本分析样，另一半按顺序放入岩心箱保存。样长一般为 0.7m～

2.0m，局部矿石沿厚度方向品位变化不大时，样长放长至2.6m。共取样121件，样品实际重量为1.58kg～13.62kg，重量误差为-4.72%～4.72%。在采样过程中，均铺垫了采样布，锯切时保证了采样规格和防止采集过程中样品的崩落、混样现象。

总体采样质量较好，样品规格和重量符合要求，无人为贫化和富集现象，采样操作符合《固体矿产勘查原始地质编录规程》(DZ/T0078-2015)的要求。由于采样过程中使用了铁质钻具、切割机、地质锤等铁质工具，采样完成后为防止将工具中的铁、钛、铬等元素混入样品，对采取的样品进行了清洗。清洗完成后用磁铁将在取样过程中因铁质工具磨损而混入样品中的铁屑进行了去除，对磁铁选出的碎屑经采用双目放大镜检查，无含铁矿物。

样品加工分为粗碎、中碎、 细碎三个阶段，每个阶段又包括破碎、过筛、拌匀、缩分四个工序，缩分采用切乔特公式$Q=Kd^2$(缩分系数K取值0.1)编制加工流程。制样损耗率的合格率大于95%，缩分误差小于3%。

在样品加工制备过程中，为了避免引进铁质，造成铁质污染，样品加工一般用含铁量低的花岗岩捣臼。样品加工完成后，用磁铁将加工制备过程中混入样品中的铁屑进行了去除，对磁铁选出的碎屑经采用双目放大镜检查，无含铁矿物。

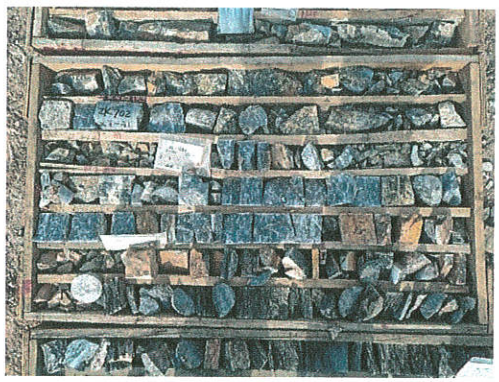


图8-13　ZK401第5箱岩心劈切样

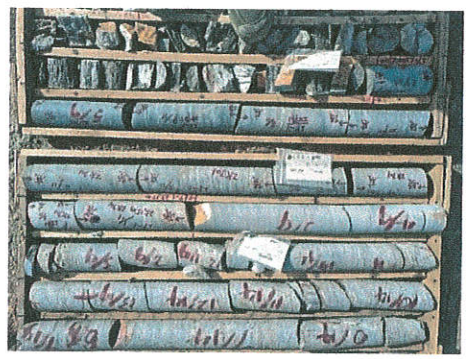


图8-14　ZK401第7箱岩心劈切样

样品测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司承担。样品的制备严格按照《地质矿产实验室测试质量管理规范》(DZ/T0130-2006)的要求执行。

2.组合分析样：为系统查定矿石中伴生有用、有益和有害组分等的含量，研究其在矿体中的分布规律。本次详查工作共采集组合分析样品16件。

组合分析样品组合过程中根据矿石类型从连续的5～12件基本分析样品副样中，按基本分析单样样长代表的真厚度比例进行组合，计算出每件单样应称取的

质量，经充分混匀组合而成。组合样样长按真厚度计8.45m～16.31m，每个组合样重量为200g(表8-11)。组合分析样品组合原则符合《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T0207-2020)中样品的采集要求，可以很好的代表勘查区内石英岩矿石类型。

表8-9　组合样组合情况一览表

矿体编号	工程编号	样品编号	基本分析样号	样长真厚度（m）	真厚度（m）	真厚度比例(%)	重量（g）
①	TC201	ZH23	H94	0.7	5.81	12.05	24.10
			H95	1.01		17.38	34.77
			H96	1.01		17.38	34.77
			H97	1.01		17.38	34.77
			H98	0.83		14.29	28.57
			H99	0.5		8.61	17.21
			H100	0.75		12.91	25.82
	TC401	ZH24	H340	1.35	14.84	9.10	30.82
			H341	1.52		10.24	34.70
			H342	1.66		11.19	37.90
			H343	1.66		11.19	37.90
			H344	1.66		11.19	37.90
			H345	0.91		6.13	20.78
		ZH25	H346	1.17		7.88	38.49
			H347	1.14		7.68	37.50
			H348	1.05		7.08	34.54
			H349	1.47		9.91	48.36
			H350	1.25		8.42	41.12
	TC601	ZH26	H132	1.76	7.04	25.00	50.00
			H133	1.76		25.00	50.00
			H134	1.76		25.00	50.00
			H135	1.76		25.00	50.00
	ZK401	ZH27	H785	1.76	7.48	23.53	47.06
			H786	1.76		23.53	47.06
			H787	1.76		23.53	47.06
			H788	2.2		29.41	58.82
	ZK403	ZH28	H755	1.75	8.93	19.60	39.19
			H756	1.75		19.60	39.19
			H757	1.75		19.60	39.19
			H758	1.75		19.60	39.19
			H759	1.93		21.61	43.23
②	TC202	ZH29	H107	1.52	8.73	17.41	34.82

矿体编号	工程编号	样品编号	基本分析样号	样长真厚度（m）	真厚度（m）	真厚度比例(%)	重量（g）
			H108	1.52		17.41	34.82
			H109	1.52		17.41	34.82
			H110	1.56		17.87	35.74
			H111	0.34		3.89	7.79
			H112	0.34		3.89	7.79
			H113	0.34		3.89	7.79
			H114	1.59		18.21	36.43
	TC602	ZH30	H119	1.06	10.73	9.88	19.76
			H120	0.18		1.68	3.36
			H121	0.7		6.52	13.05
			H122	0.7		6.52	13.05
			H123	0.7		6.52	13.05
			H124	0.7		6.52	13.05
			H125	1.09		10.16	20.32
			H126	0.7		6.52	13.05
			H127	0.7		6.52	13.05
			H804	0.7		6.52	13.05
			H805	0.7		6.52	13.05
④			H806	0.7		6.52	13.05
	TC4901	ZH31	H352	1.08	4.96	21.77	43.55
			H353	1.94		39.11	78.23
			H354	1.94		39.11	78.23
	TC5301	ZH32	H360	1.94	14.01	13.85	53.37
			H361	1.94		13.85	53.37
			H362	1.84		13.13	50.62
			H363	1.55		11.06	42.64
		ZH33	H364	1.83		13.06	54.30
			H365	1.92		13.70	56.97
			H366	1.46		10.42	43.32
			H367	1.53		10.92	45.40
	TC5701	ZH34	H374	1.91	13.68	13.96	48.79
			H375	1.44		10.53	36.78
			H376	1.85		13.52	47.25
			H377	1.85		13.52	47.25
			H378	0.78		5.70	19.92
		ZH35	H379	1.5		10.96	51.28
			H380	1.5		10.96	51.28
			H381	1.5		10.96	51.28
			H382	1.35		9.87	46.15

矿体编号	工程编号	样品编号	基本分析样号	样长真厚度（m）	真厚度（m）	真厚度比例(%)	重量（g）
	TC5902	ZH36	H398	1.86	6.17	30.15	60.29
			H399	1.51		24.47	48.95
⑤			H400	2.8		45.38	90.76
	TC4501	ZH37	H430	2.28	13.42	16.99	63.87
			H431	0.96		7.15	26.89
			H432	1.91		14.23	53.50
			H433	1.99		14.83	55.74
		ZH38	H434	1.58		11.77	50.32
			H435	1.91		14.23	60.83
			H436	0.95		7.08	30.25
			H437	1.84		13.71	58.60
	TC4903	ZH39	H460	1.91	7.48	25.53	51.07
			H461	1.91		25.53	51.07
			H462	1.83		24.47	48.93
			H463	1.83		24.47	48.93
	TC5302	ZH40	H488	2.05	6.7	30.60	61.19
			H489	1.93		28.81	57.61
			H490	1.76		26.27	52.54
⑥			H491	0.96		14.33	28.66
	TC3401	ZH41	H559	0.73	27.77	2.63	16.94
			H560	1.97		7.09	45.71
			H561	1.97		7.09	45.71
			H562	1.97		7.09	45.71
			H563	1.98		7.13	45.94
		ZH42	H564	1.98		7.13	41.04
			H565	1.92		6.91	39.79
			H566	1.97		7.09	40.83
			H567	1.89		6.81	39.17
			H568	1.89		6.81	39.17
		ZH43	H569	1.06		3.82	22.32
			H570	1.06		3.82	22.32
			H571	0.69		2.48	14.53
			H572	0.79		2.84	16.63
			H573	1.62		5.83	34.11
			H574	1.38		4.97	29.05
			H575	1.52		5.47	32.00
			H576	1.38		4.97	29.05
	TC3001	ZH44	H578	1.64	38.81	4.23	32.25
			H579	1.64		4.23	32.25

矿体编号	工程编号	样品编号	基本分析样号	样长真厚度（m）	真厚度（m）	真厚度比例(%)	重量（g）
			H580	1.89		4.87	37.17
			H581	2.02		5.20	39.72
			H583	1.49		3.84	29.30
			H584	1.49		3.84	29.30
		ZH45	H585	1.8		4.64	40.00
			H586	1.8		4.64	40.00
			H587	1.8		4.64	40.00
			H588	1.8		4.64	40.00
			H589	1.8		4.64	40.00
		ZH46	H590	1.8		4.64	36.00
			H591	1.8		4.64	36.00
			H592	1.79		4.61	35.80
			H593	1.79		4.61	35.80
			H594	0.98		2.53	19.60
			H595	1.84		4.74	36.80
		ZH47	H596	1.83		4.72	37.97
			H597	1.79		4.61	37.14
			H598	1.66		4.28	34.44
			H599	1.82		4.69	37.76
			H600	2.54		6.54	52.70
	TC2601	ZH48	H603	1.87	13.69	13.66	44.42
			H604	1.87		13.66	44.42
			H605	2.71		19.80	64.37
			H606	1.97		14.39	46.79
		ZH49	H609	1.99		14.54	75.52
			H610	1.99		14.54	75.52
			H611	1.30		9.50	48.96

样品测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司承担，依据《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T0207-2020)，熔剂用硅质原料组合分析项目应为TiO_2和Cr_2O_3，为了了解矿石中有害组分CaO和P_2O_5的含量，又在原分析项目中增加了CaO和P_2O_5，最终确定分析项目为:TiO_2、Cr_2O_3、CaO、P_2O_5。

3.多元素分析样：为了解矿床中各类型、品级矿石的化学成分和研究矿床物质成分、确定矿石性质，全面评价矿石质量。本次详查工作共采集多元素分析样品5件。多元素分析样品从基本分析副样中选取，样品重量200g。多元素分析样品采集符合《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T0207-2020)中样品的采集要求，可以很好的反映勘查区10条矿体的化学成分。

依据《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T0207-2020)，确定熔剂用硅质原料多元素分析项目为:SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、TiO_2、Cr_2O_3、CaO、MgO、K_2O、Na_2O、灼失量等。样品测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司承担。分析的结果总和为99.89%～100.43%，分析质量符合要求。

4.内检样：本次工作中共采集基本分析样300件，为检查分析结果的偶然误差和样品加工质量，分批次从基本分析样品副样中抽取内检样39件，编制密码进行内部化验检查。抽取率为12.33%，符合设计10%的抽取要求。

样品合格率统计方法按《地质矿产实验室测试质量管理规范》（DZ/T0130-2006）要求进行统计，其方法是先计算相对偏差(RD)值，再计算相对偏差值允许限(Y_G)。

$RD=(X_2-X_G)\times 100/X_G$

$Y_G=C\times(14.37X_G^{-0.1263}-7.659)$。

式中:X_2-样品外检值；Y_G-样品分析相对偏差允许限；X_G-样品分析测定结果平均值；C-修正系数(SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO、TiO_2均为1.00,Cr_2O_3为0.67)。

若相对偏差值在相对偏差允许限范围内，则样品合格，否则为超差。

内检样分析测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司承担，分析质量合格率均为100.00%。内检样分析结果及误差计算详见附表Ⅱ册-表3。

本次工作中共采集组合分析样27件，为检查分析结果的偶然误差和样品加工质量，从组合分析样品副样中抽取内检样5件，编制密码进行内部化验检查。抽取率为18.52%。

组合分析内检样分析测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司承担，分析质量合格率均为100.00%。组合分析内检样分析结果及误差计算详见附表Ⅱ册-表8。

5.外检样：为了解基本分析的系统误差，由项目分队会同甘肃地质工程实验室有限责任公司从内检合格的正样中抽取外检样品20件，送往甘肃省地质矿产勘查局第四地质矿产勘查院实验室检查。外检样品数量为基本分析数量的50.6%，符合设计5%的抽取要求，SiO_2、CaO分析质量合格率均为100%，Al_2O_3、Fe_2O_3、P_2O_5分析质量合格率均为98%。外检样分析结果及误差计算详见附表Ⅱ册-表4。

8.3.5.4 水样、岩矿物理力学性质样的采样测试

1.水质分析样：由于一区块和二区块同属一个水文地质单元，为了解勘查区整体地表水的水化学特征，共采集简分析样 3 件。其中 2 件取自勘查区北侧沟谷中、1 件取自高台县合黎镇六二村。按照《水质采样技术指导》(GB12998-1991)，采样容器采用 2.5L 塑料桶，采集前对容器进行清洗，清洗方法为使用采样点水源清洗，清洗至少 3 次，采样后及时对容器进行封闭。采样方法满足规范要求，采样数量满足试验分析的要求，所取得的水样无污染，完全代表采样点水质。采样质量良好。测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司(乙级资质，证书编号:62201311100006)承担。

2.物理力学性质样：由于一区块和二区块中赋矿层位及顶底板围岩基本一致，为了整体解矿体及顶底板围岩工程地质条件，在地表不同地段采集力学试验样 5 组，矿体石英岩 1 组（采自探槽中），黑云母片岩 1 组（采自钻孔中），大理岩 1 组（采自钻孔中）、石英片岩 2 组（1 组钻孔中采取，1 组采自探槽中），每组 7 件～10 件。测试项目为抗压强度(天然)、抗压强度(干燥)、抗压强度(饱和)、软化系数、抗拉强度(天然)、抗拉强度(干燥)、抗拉强度(饱和)、粘聚力(天然)、粘聚力(干燥)、粘聚力(饱和)、内摩擦角(天然)、内摩擦角(干燥)、内摩擦角(饱和)、块体密度十四项。测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司(乙级资质，证书编号:62201311100006)承担。

8.3.5.5 体重测试

本次评价中小体重按不同矿石类型通过拣块法共采取样品80件。按取样位置划分，其中探槽工程中基岩出露位置采取样品64件，钻探工程中采取样品16件。按矿石类型划分，石英岩类型的采集32件，探槽工程中基岩出露位置采取样品22件，钻探工程中采取样品10件。石英片岩型的采集48件，探槽工程中基岩出露位置采取样品42件，钻探工程中采取样品6件。

探槽中取样规格为90～120cm^3，钻孔中取样长度为8～10cm。样品采取完成后及时进行了蜡封处理。样品分布合理，达到了单工程控制矿体矿石平均密度的要求，样品新鲜具代表性。测试工作由甘肃地质工程实验室有限责任公司(乙级资质，证书编号:62201311100006)承担。测定体重同时测定了SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO。

石英岩类型小体重样品共采集 32 件，其中石英岩类小体重样品中ω(SiO_2)

≥90%、ω(Al_3O_2)≤5%、ω(Fe_3O_2)≤3%、ω(CaO)≤3%的样品共22件。经统计分析，小体重样SiO_2、Al_3O_2、Fe_3O_2含量与其体重值相关性不显著，无规律可循。因此用算术平均法求得22件小体重平均值为2.64g/cm³，作为本次资源量估算的体重参数。

石英片岩类型小体重样品共采集48件，其中石英片岩类小体重样品中ω(SiO_2)≥90%、ω(Al_3O_2)≤5%、ω(Fe_3O_2)≤3%、ω(CaO)≤3%的样品共45件。经统计分析，小体重样SiO_2、Al_3O_2、Fe_3O_2含量与其体重值相关性不显著，无规律可循。因此用算术平均法求得45件小体重平均值为2.63g/cm³，作为本次资源量估算的体重参数。

8.3.5.6 地质编录和资料综合整理

项目建立健全了严格的质量管理责任和检查验收制度，野外工作期间，我院对野外取得的各项原始资料实行定期和阶段性自检、互检、抽检，质检率分别为：自检100%，互检100%，抽检30%，并及时进行修改、补充。

建立院、项目组及作业组三级质量管理体系。项目组定期进行自检、互检，院总工办也对有关工作进行了中期、年度检查验收，项目组对各阶段工作存在的质量问题及时进行总结和修改。

工作进度及存在问题及时以月报、季报、半年报的形式上报，以便及时调整工作。

8.4 绿色勘查

为全面贯彻落实《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》(中发〔2015〕12号)，根据《关于加快建设绿色矿山的实施意见》(国土资规〔2017〕4号)和《甘肃省绿色矿山建设工作方案》的要求。地质勘查工作要全面贯彻落实绿色勘查的理念，在勘查手段选择上尽可能的选择物、化、遥等对环境破坏较小的勘查手段，在勘查过程中，采取边施工、边治理、边恢复的方式，力争对环境破坏降到最低。

2015年8月水勘院通过了GB/T24001-2016环境管理体系的认证。根据体系文件要求及相关程序，项目组在院安全环保科的指导下，根据项目工作手段和所

处的环境，系统对项目环境因素进行识别评价，建立重要环境因素清单，制定其防范措施，确保勘查绿色环保。

8.4.1 绿色勘查目的、任务

为最大限度减轻地质勘查对环境造成的影响，力争实现资源勘查与生态文明建设协调发展，本次地质勘查工作全面推进绿色勘查，其目的任务有：

(1) 全面梳理绿色勘查理念和环境保护意识，从地质工作部署到工程施工实行全过程绿色勘查，建立制度，保障经费，责任到人，把绿色勘查落到实处，形成有效机制。

(2) 地质工作技术路线要遵循从已知到未知、由浅入深的原则，逐步缩小工作靶区，以便进一步优化地质工作方法和手段，最大程度的减少对环境的影响。

(3) 做好槽探、钻探等重型工程的施工管理和恢复治理工作，恢复环境生态功能。

8.4.2 绿色勘查涉及的主要工作内容

本次绿色勘查工作涉及的主要内容有 1:10000 地质测量（简测）、1:2000 地质测量（正测）及 1:2000 地质剖面测量、1:1000 地质剖面测量、槽探和钻探工程，重点为槽探和钻探。

8.4.3 工作内容

1、地质测量工作

在勘查区开展，以 2 人为一组，徒步进行观察记录、标记，有影响的为生活垃圾塑料袋、饮水瓶等生活垃圾，以及车辆通行道路。在实地作业过程中徒步、标记基本对环境不产生破坏，而产生的生活垃圾，以个人为单位，用自身携带的塑料袋及时包装带回驻地，统一处理；项目组所用车辆的通行道路，以路况良好的老旧便道为主，通行过程最低限度地减少对道路两侧植被的压覆，且多以步行为主。

2、地质剖面测量

本次工作剖面测量分为实测地质剖面及勘探线地质剖面，实测地质剖面采用数字填图系统进行，勘探线剖面采用 RTK 进行测量。均采用 40cm 长的木桩进行导点的标记，木桩粗约 3cm，打入地下基本对植被不造成破坏。工作基本为徒步，

以 4 人为一组，野外产生的生活垃圾均采用塑料袋包装带回驻地，统一处理。

3、槽探

本次勘查工作，每条探槽施工均按绿色勘查实施方案进行，大大减少了槽探工程施工对环境的影响及破坏。

(1) 探槽工程布置

探槽工程布设前、地质人员对矿体进行详细追索，大致确定矿体通过部位后，根据现场的具体地形，选择最佳方案布置槽探准确位置，对生态环境的破坏降到最低。

(2) 探槽工程施工

区内较陡峭地段采用人工施工，在施工期间为防止表土散落，采用编制袋将废土、废石装填堆放，以备回填探槽或拦截散落土石使用，堆放时避开水体与地基不稳定易产生崩塌、陷落的探槽壁。采用挖掘机施工探槽，严格控制挖掘机行进路线，采用自上而下的施工顺序，将堆土统一堆放到山势较缓地段，防止沿山坡散落造成对原有植被的压覆和破坏。

(3) 探槽回填及植被恢复：区内地表植被多为杂草，属西北干旱地区荒漠野草。当探槽工程在完成编录、采样、验收后等所有工作后，与当地政府协商处置。

4、钻探

本次工作共施工钻孔 7 个，均进行了绿色施工。

(1) 钻探工程布置

在施工前进行了实测勘探线，准确布设了钻探工程，同时结合现场地形地貌选择合理钻孔位置，观测周围地貌选择了已有道路和自然冲沟作为钻机搬运道路。

(2) 机台修筑防护

机台修建过程中，对机台大小严格控制，土石等进行了防护、装填。对施工辅助物资，如钻杆、泥浆循环箱、废油收集桶、固态垃圾回收箱等，选择基岩裸露地段统一规划摆放，减少了对环境的破坏。

(3) 钻探施工

施工过程中，根据地层实际情况，选用了不同的泥浆材料，在地层完整的时候，选用了清水进行钻进，地层破碎孔段选用了少量无固相、可降解的高分子聚合物配制钻井液，降低钻井液对原始生态的影响，同时对产生的泥浆进行了防护、输送处理。全程地质人员进行了检查、监督。施工过程中产生的垃圾进行了分类

存放，集中回收定点处理。对无公害、可降解的生活类垃圾，带回驻地进行了深埋处理；对环境可能存在危害难以降解的垃圾进行集中存放，拉回定点处理。

(4) 钻探工程场地恢复

钻孔竣工后，项目组及时进行了质量鉴定和验收，督促施工单位对钻孔进行了封孔，并及时将施工设备和辅助设备进行拆卸搬运，清空施工场地，并对场地彻底清理、平整，在适当的季节补种草籽，将环境保护纳入质量验收。

5、工作驻地及生活垃圾回收处理

项目部驻地租住在高台县合黎镇六二村民房。当地居民为汉族，以种地为主，项目部成员平时严格遵守当地的乡规民约及生活习惯，讲究卫生，爱护环境，与当地村民和谐相处。日常生活垃圾均进行集中收集，与当地公共垃圾一起集中处理。

6、野生动物、植物资源保护措施

勘查区内野生动物稀少，所见动物主要有野山羊、野兔、野鸡等；区内自然植被不发育，主要为杂草。首先在探矿过程中经常宣传野生动、植物资源保护法律；其次除占用地以外的工作作业区范围，禁止我项目人员在其它区域活动。在工程施工完成验收后，对破坏地段进行及时回填，在适当季节补充草籽，进行植被恢复。

8.4.4 绿色勘查取得的成果

在资源勘查与环境保护之间矛盾日益凸显的情况下，本项目通过实施绿色勘查，取得了较好的勘查成果：

1、项目按期完成了工作任务，取得了显著的找矿成果，提交冶金用石英岩矿产地一处。

2、提出了适合本矿山的绿色勘查实施办法，进一步完善了绿色勘查管理和实施制度体系。

3、从实践中提升了绿色勘查意识、理念和绿色勘查在资源勘查中的重要性及必要性的认识。

4、促进了地勘工作外部环境的改善，以事实成效消除地方政府及环保部门的顾虑。如勘查区林地恢复、垃圾管理等措施，得到了当地基层政府、林草管理部门的信任和支持。

第 9 章 资源储量估算

9.1 估算对象、范围

资源量估算截至基准日为 2022 年 10 月 31 日。估算对象为勘查区范围内圈定出的 7 条冶金用石英岩矿体(④、⑤、⑥、⑪、⑫、⑬、⑭)，估算最高标高为 1647m、估算最低标高为 1555m、最小埋深为 9m、最大埋深为 176m、估算面积 0.12km²，估算范围拐点坐标见表 9-1。估算范围位于勘查区东南部，勘查区范围内圈定出的 7 条冶金用石英岩矿体均位于估算范围内，估算范围外无矿化线索，详见图 9-1。

表 9-1:资源量估算范围拐点坐标一览表(国家大地 2000 坐标系)

二区块(1)资源量估算范围拐点坐标					
拐点编号	2000 国家大地坐标		2000 直角坐标系（3° 带）		备　注
	经度	纬度	X	Y	
1	100° 0′ 11.59″	39° 33′ 35.68″	4381146.52	33586216.95	
2	100° 0′ 19.20″	39° 33′ 34.55″	4381113.56	33586399.10	
3	100° 0′ 27.61″	39° 33′ 32.34″	4381047.87	33586600.54	
4	100° 0′ 32.93″	39° 33′ 29.56″	4380963.61	33586728.54	
5	100° 0′ 32.40″	39° 33′ 28.72″	4380937.47	33586716.32	
6	100° 0′ 11.19″	39° 33′ 34.90″	4381122.26	33586207.80	
二区块(2)资源量估算范围拐点坐标					
拐点编号	2000 国家大地坐标		2000 直角坐标（3° 带）		
	经度	纬度	X	Y	
7	99° 57′ 48.26″	39° 35′ 14.69″	4384162.73	33582762.71	
8	99° 58′ 01.63″	39° 35′ 09.19″	4383996.42	33583083.47	
9	99° 58′ 07.03″	39° 35′ 08.22″	4383967.93	33583212.78	
10	99° 58′ 11.33″	39° 35′ 05.35″	4383880.70	33583316.29	
11	99° 58′ 08.61″	39° 35′ 05.13″	4383873.08	33583251.41	
12	99° 57′ 52.88″	39° 35′ 09.62″	4384007.70	33582874.68	
13	99° 57′ 46.67″	39° 35′ 12.57″	4384096.85	33582725.50	
14	99° 57′ 52.48″	39° 34′ 55.74″	4383579.47	33582869.70	
15	99° 58′ 13.34″	39° 34′ 50.49″	4383422.76	33583369.30	
16	99° 58′ 11.54″	39° 34′ 46.97″	4383313.76	33583327.50	
17	99° 57′ 51.57″	39° 34′ 53.75″	4383517.87	33582848.57	
资源量估算面积 0.12km²，估算标高+1647m～+1554.95m 水平					

甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿勘查区范围与资源量估算范围叠合图

比例尺1：10000

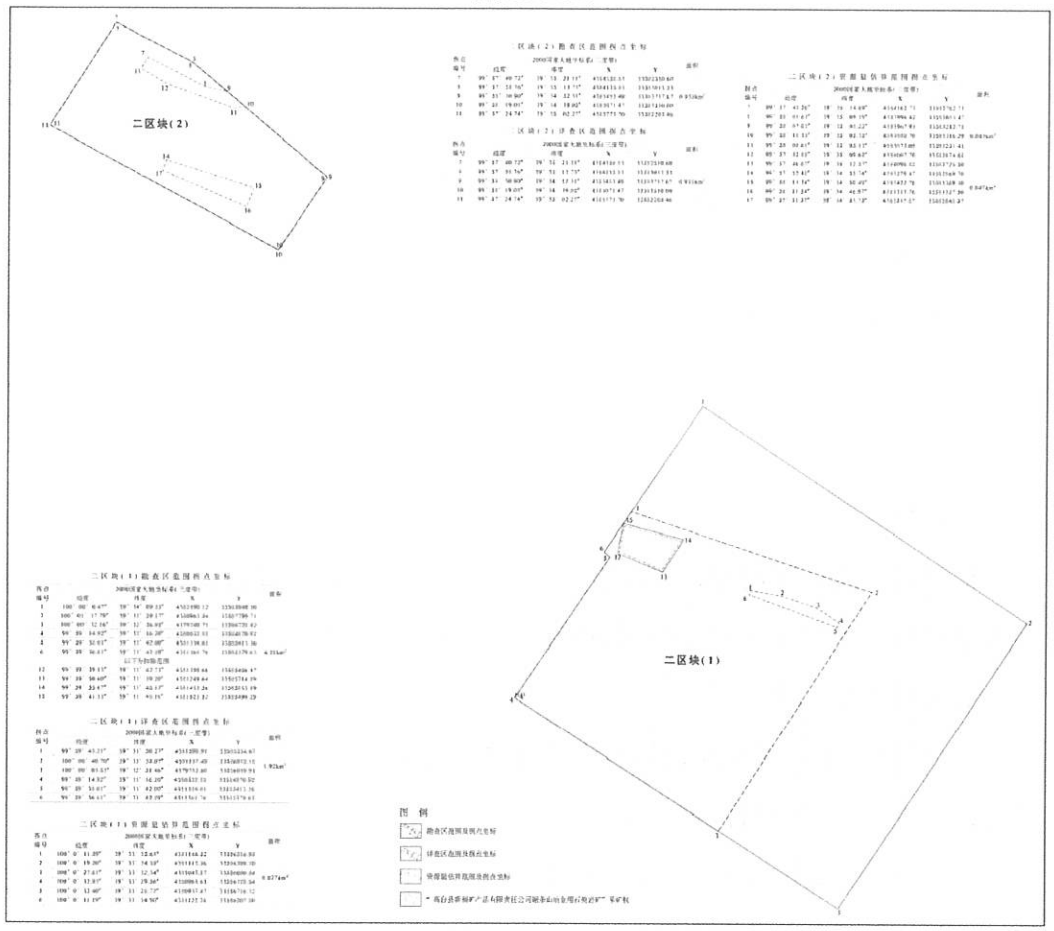


图 9-1　勘查区范围与资源量估算范围叠合图

9.2 工业指标

勘查区范围内圈定出的 7 条冶金用石英岩矿体均出露于地表，矿体厚度、规模较大，根据矿体的赋存情况及自然现状，推荐该矿山采用露天开采方式。依据《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T0207-2020)，并通过类比同类矿山石英岩矿的工业指标，综合确定勘查区内的冶金用硅质原料(熔剂用)工业指标如下：

1. 冶金用硅质原料(熔剂用)质量要求(表 9-2)

表9-2：冶金用硅质原料(熔剂用)质量要求

矿石用途与品级	化学成分/%					耐火度/℃	吸水率/%
	ω (SiO_2)	ω (Al_2O_3)	ω (Fe_2O_3)	ω (CaO)	ω (P_2O_5)		
熔剂用	≥90	≤5	≤3	≤3.0	-	-	-

2. 矿山开采技术条件要求

可采厚度≥2m；

夹石剔除厚度 1m～2m；

剥采比≤5:1；

露天矿场最小底盘宽度：30m；

露天矿场边坡角：60°（坡度＜100m）；

最低侵蚀基准面：1554.95m；

最低开采标高：1554.95m；

安全爆破距离≥300m。

9.3 估算方法

1.估算方法

根据石英岩矿床特征，依据所采用的勘查方法和矿体形态、规模、工程控制程度等因素，估算范围内采用垂直断面法进行矿石资源量及围岩剥离量估算。

其主要依据如下：

（1）选用垂直断面法可以直观的反映出露天开采境界及围岩剥离范围，准确的估算出矿石资源量及围岩剥离量。

（2）详查选用勘探线法对矿体开展勘查工作，地表及深部矿体分别利用槽探、钻探工程进行了有效控制，并且均布置于勘探线上。

（3） 二区块均采用平行断面法进行矿石资源量及围岩剥离量估算。

2.矿石资源量计算公式

$$Q=V\times d$$

式中：Q—矿石资源量

V—矿段体积

d—矿石平均体重

9.4 估算参数的确定

9.4.1 品位

1.单工程平均品位计算:即单工程中单个矿体的平均品位，由单工程上控制单个矿体的所有样品以样长加权求得的平均品位。计算公式为:

$$C=\frac{\sum(c\cdot L)}{\sum L}$$

式中:C-单工程平均品位

c-样品品位

L-样品长度

2.块段平均品位计算:由控制块段所有单工程平均品位以其厚度加权而求得的平均品位，即为该块段平均品位。

3.矿体平均品位计算:由控制矿体所有块段平均品位以其矿石量加权而求得的平均品位，即为该矿体平均品位。

4.矿床平均品位计算：根据工程控制程度，由矿体平均品位以其矿石量加权而求得的平均品位，即为该矿床平均品位。

9.4.2 厚度

按照《固体矿产资源量估算规程 第2部分:几何法》(DZT0338.2-2020）附录B，矿体单样品厚度及矿体单工程多样品厚度计算公式如下：

1.凡参与矿体圈连和资源量估算的样品均进行真厚度计算，采用公式如下：

$M=h(\sin\alpha\cdot\cos\beta\cdot\sin\gamma\pm\sin\beta\cdot\cos\alpha)$

式中:M-矿体的真厚度

h-工程中矿体视厚度或样长

α-矿体倾角

β-样线(导线)坡度角或钻孔倾角

γ-样线(导线或钻孔方位)与矿体走向的夹角(指锐角)。

上式中，凡工程倾斜方向与矿体倾向相反时用“＋”号，反之则用“－”号。

2.单工程矿体厚度计算

以工程中圈入矿体的连续采集样品的单个样品代表厚度之和求得单工程矿体厚度。3线⑦号矿体出现分支现象，单工程矿体厚度为所有分支矿体厚度之和。

3.矿体平均厚度计算

矿体平均厚度以圈入矿体的单工程矿体厚度用算术平均法求得。

9.4.3 面积

矿体顶底板围岩剥离层断面面积，分别在各资源量估算剖面图上利用MAPGIS 软件直接测定，面积测定结果保留两位小数，单位 m^2。

9.4.4 断面间距

断面间距在1:1000采样平面图上利用MAPGIS软件中距离角度量算功能直接测定，测定结果保留两位小数，单位 m。

9.4.5 体积

1.平行断面法

(1)当相邻两断面相对面积差$\frac{S1-S2}{S1}$≤40%时，采用梯形体积公式计算块段体积：

$V=\frac{1}{2}L\left(S1+S2\right)$ ……………………………………………………①

(2)当相邻两断面相对面积差$\frac{S1-S2}{S1}$＞40%时，采用截锥体体积公式计算块段体积：

$V=\frac{1}{3}(S1+S2+\sqrt{S1S2})L$ ……………………………………………… ②

(3)矿体、围岩呈锥形尖灭时采用锥形体公式计算矿段体积 V，即：

$V=\frac{1}{3}SL$ ……………………………………………………………③；

(4)矿体、围岩呈楔形尖灭时采用楔形体公式计算矿段体积 V，即：

$V=\frac{1}{2}SL$ ……………………………………………………………④；

式中：V 一块段体积(m^3)

S_1、S_2、S 一断面面积(m^2)

L 一相邻断面间距或单断面外推距(m)

2.不平行断面法

采用辅助中线法，用辅助中线将块段的水平投影平均分为两部分，用每一部分投影面积（S_1'、S_2'）分别除以邻近矿体断面的投影宽度（l_1、l_2）即得到分块段平均长度，用分块段的平均长度乘以分块段的断面面积得到分块段的体积，二者之

和即得到块段体积。

该块段体积公式为：$V=\frac{S_1S_1^{'}}{l_1}+\frac{S_2S_2^{'}}{l_2}$

式中：V 一块段体积(m^3)

S_1、S_2一断面面积(m^2)

$S_1^{'}$、$S_2^{'}$一两个辅助块段的水平投影面积(m^2)

l_1、l_2一两个断面上矿体的投影宽度(m)

9.4.6 体重

由于一区块与二区块同属一个矿床，本次评价中小体重取值该矿床的平均值。样品通过拣块法共采取样品80件，其中一区块小体重样品采取47件，二区块小体重样品采取33件。按取样位置划分，其中探槽工程中基岩出露位置采取样品64件，钻探工程中采取样品16件。按矿石类型划分，石英岩类型的采集32件，探槽工程中基岩出露位置采取样品22件，钻探工程中采取样品10件。石英片岩型的采集48件，探槽工程中基岩出露位置采取样品42件，钻探工程中采取样品6件。

石英岩类型小体重样品共采集 32 件，其中石英岩类小体重样品中 ω (SiO_2) ≥90%、ω (Al_3O_2) ≤5%、ω (Fe_3O_2) ≤3%、ω (CaO) ≤3%的样品共 22 件。经统计分析，小体重样 SiO_2、Al_3O_2、Fe_3O_2含量与其体重值相关性不显著，无规律可循(图片 9-2 至图片 9-6)。因此用算术平均法求得 22 件小体重平均值为 2.64g/cm^3，作为本次资源量估算的体重参数。

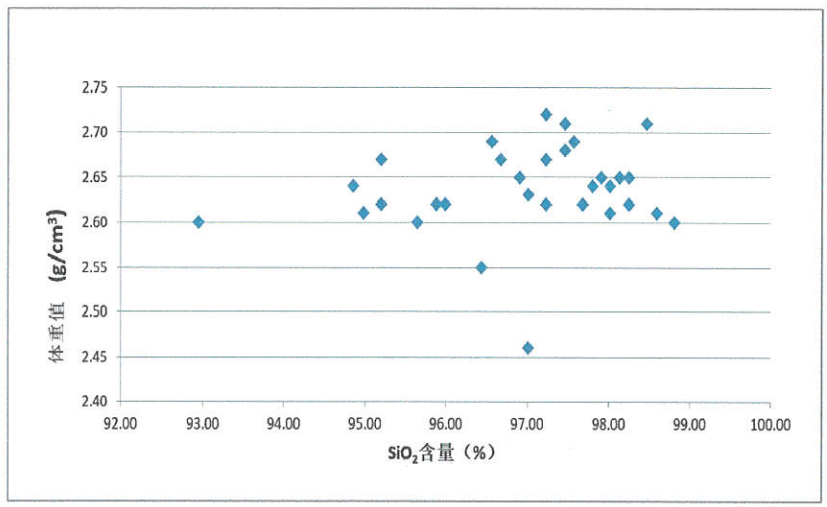


图 9-2 SiO_2含量与小体重值相关性分析

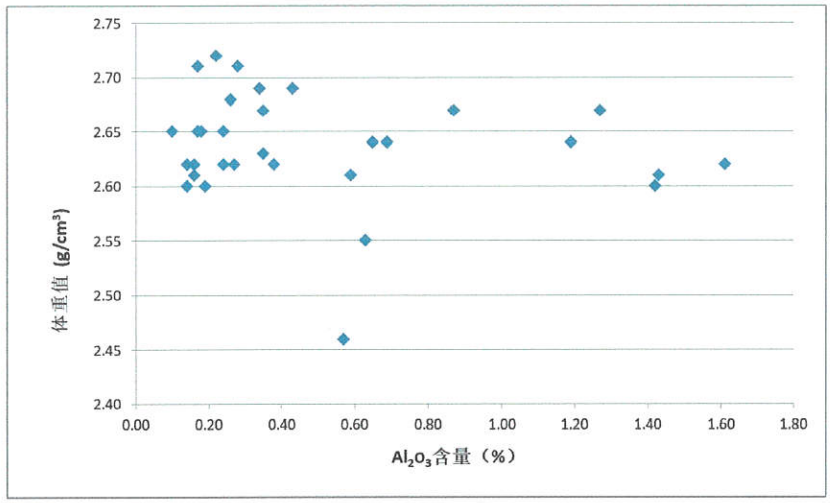


图 9-3 Al_3O_2含量与小体重值相关性分析

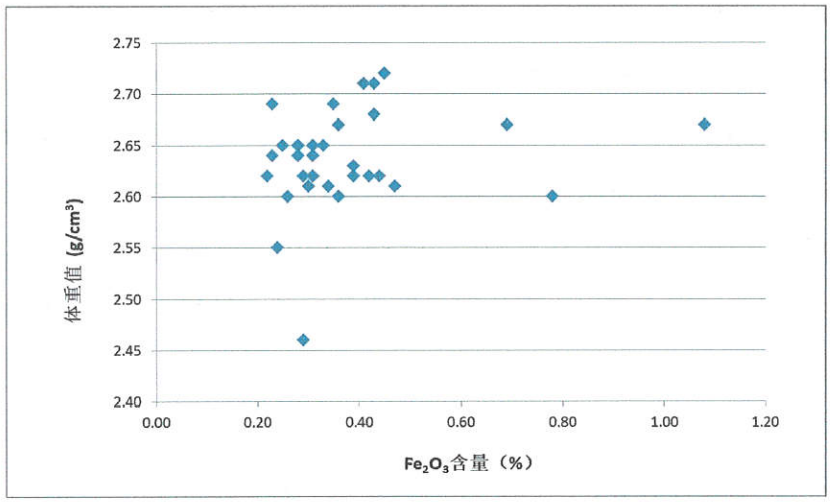


图 9-4 Fe_3O_2含量与小体重值相关性分析

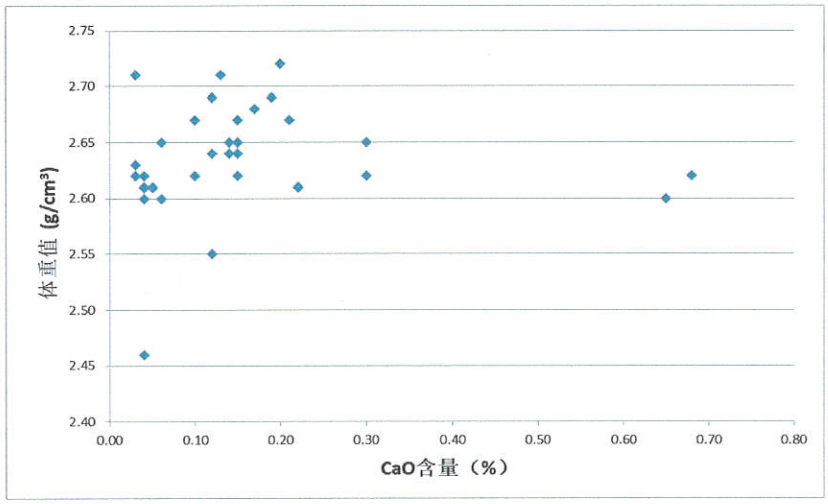


图 9-5 CaO 含量与小体重值相关性分析

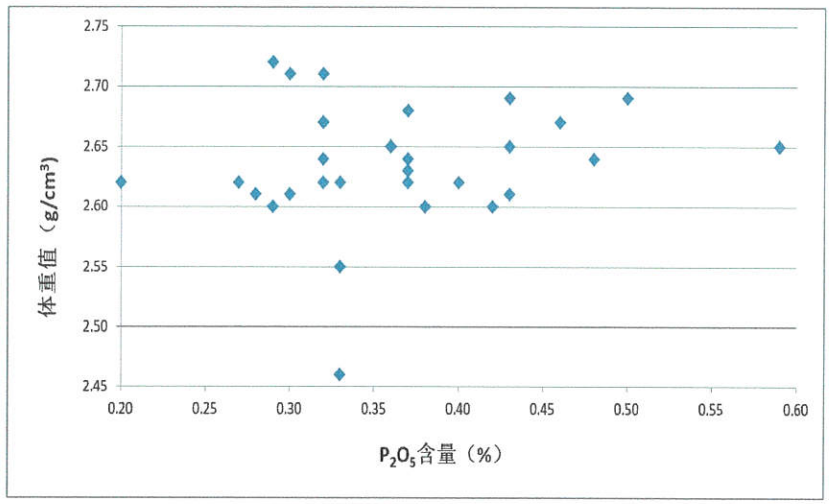


图 9-6 P_2O_5含量与小体重值相关性分析

石英片岩类型小体重样品共采集 48 件，其中石英片岩类小体重样品中ω(SiO_2)≥90%、ω(Al_3O_2)≤5%、ω(Fe_3O_2)≤3%、ω(CaO)≤3%的样品共 45 件。经统计分析，小体重样 SiO_2、Al_3O_2、Fe_3O_2含量与其体重值相关性不显著，无规律可循（图片 9-7 至图片 9-11）。因此用算术平均法求得 45 件小体重平均值为 2.63g/cm³，作为本次资源量估算的体重参数。

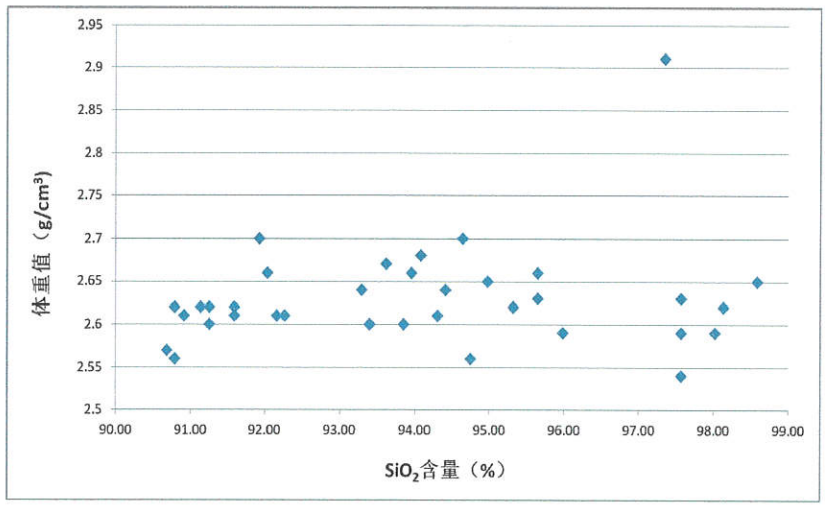


图 9-7 SiO_2含量与小体重值相关性分析

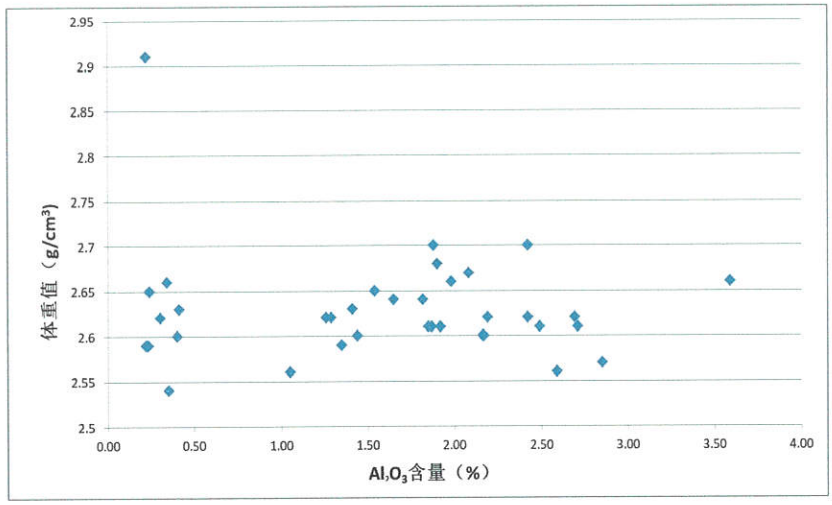


图 9-8 Al_3O_2含量与小体重值相关性分析

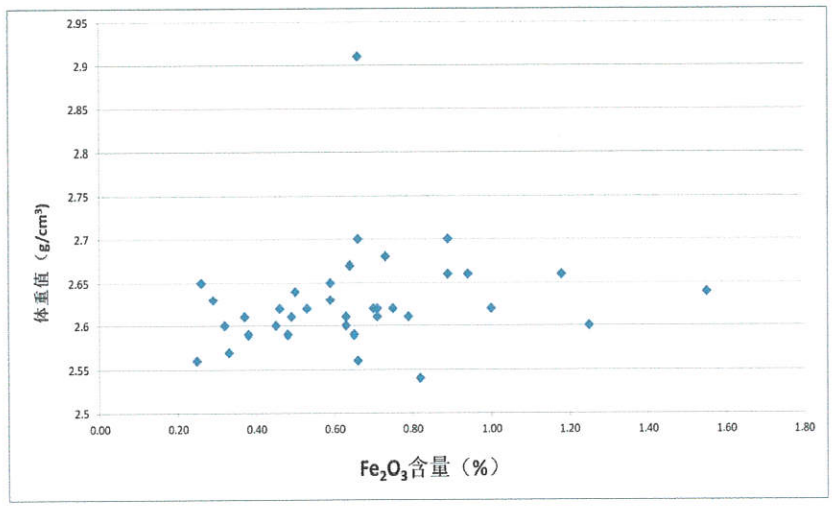


图 9-9 Fe_3O_2含量与小体重值相关性分析

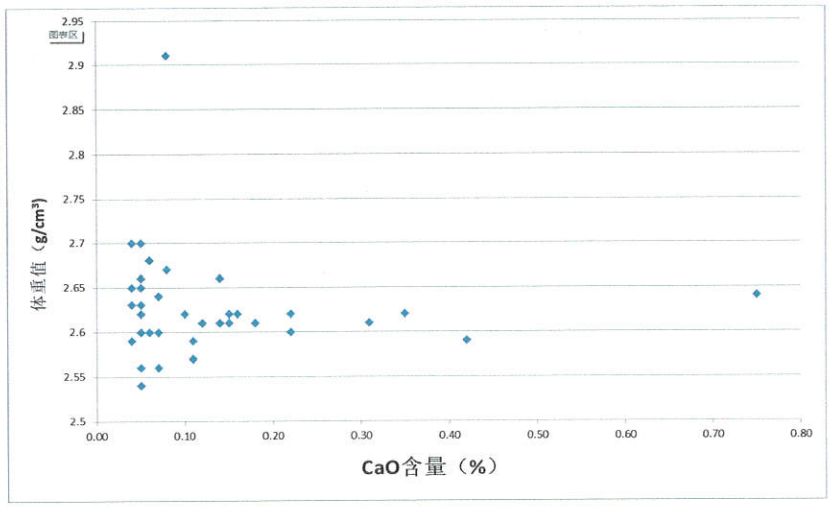


图 9-10 CaO 含量与小体重值相关性分析

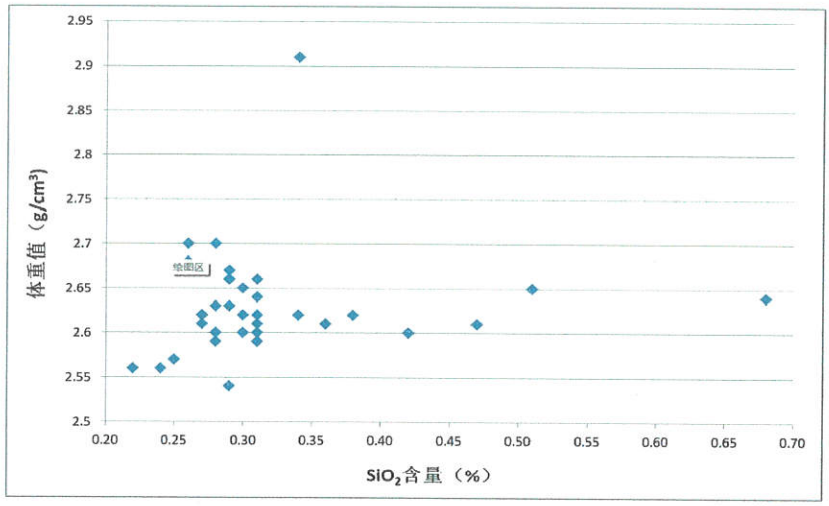


图 9-11 P_2O_5含量与小体重值相关性分析

9.5 矿体圈定的原则

9.5.1 单工程矿体圈定的原则

1. 单工程中根据样品分析结果，凡ω(SiO_2)≥90%、ω(Al_3O_2)≤5%、ω(Fe_3O_2)≤3%、ω(CaO)≤3%且厚度大于可采厚度的样品均圈入矿体。

2. 对于夹在矿体内部ω(SiO_2)＜90%或ω(Al_3O_2)＞5%或ω(Fe_3O_2)＞3%或ω(CaO)＞3%的样品，凡厚度大于或等于夹石剔除厚度时圈出夹石；反之圈入矿体，以实际品位参与矿体平均品位计算。

9.5.2 见矿工程矿体的连接原则

根据控矿规律、矿化特征和工程控制程度，矿体界线在采样平面图上以自然曲线连接，在资源量估算剖面图上以直线连接，但相邻工程间矿体厚度不得大于相邻两工程实际最大见矿厚度。

9.5.3 矿体的外推原则

当矿体具自然尖灭趋势时，一律按自然尖灭圈定，不属自然尖灭的矿体，其圈定原则和资源量计算边界的确定，按下列原则进行：

1. 有限外推

(1) 两相邻工程一个见矿，另一个不见矿，当工程间距大于或等于控制工程

间距时，按控制工程间距的 1/2 尖推圈定矿体边界(平面 100m，剖面 50m)；当工程间距小于控制工程间距时，以实际工程间距的 1/2 尖推圈定矿体边界。

(2)两相邻工程一个见矿，另一个不见矿，当工程间距大于或等于推断工程间距时，在平面图上按推断工程间距的 1/2 尖推圈定矿体边界(200m)；当工程间距小于推断工程间距时，以实际工程间距的 1/2 尖推圈定矿体边界。

（3）相邻工程一个见矿，另一工程 SiO_2>90%，厚度小于可采厚度时，按照相应工程间距 2/3 尖推。

2.无限外推

(1)矿体沿走向，见矿工程之外无工程控制时，由见矿工程按推断工程间距的 1/2 尖推圈定矿体边界(200m)。

(2)矿体沿倾向，见矿工程之外无工程控制时，矿体按推断工程间距的 1/4 平推圈定矿体边界(50m)。

9.5.4 夹石的圈定与推延原则

按工业指标要求，当夹石真厚度大于等于剔除厚度时，予以剔除，而小于剔出厚度时，则当矿石处理，但不得将矿石品位降至圈矿品位以下。。夹石的推延原则与矿体的推延原则一致。

9.6 类型确定

1.资源量分类

根据矿体的控制程度，将区内冶金用石英岩矿资源量类型划分为控制资源量和推断资源量两个类型。

控制资源量（KZ）:地表探槽工程间距为 184m～232m，钻探工程间距为 48m～100m 的块段；是经系统取样工程圈定并估算的资源量；矿体的空间分布、形态、产状和连续性已基本确定；其数量、品位是基于较多的取样工程和信息数据来估算的，地质可靠程度较高。

推断资源量（TD）:地表通过探槽稀疏取样工程圈定并估算的资源量，以及控制资源量的外推部分；矿体的空间分布、形态、产状和连续性是合理推测的；其数量、品位是基于有限的取样工程和信息数据来估算的，地质可靠程度较低。

2.块段划分原则

勘查区内以勘探线为界，相邻勘探线间划分为一个块段。对矿体边缘部分则以单剖面作为一个单独块段。

9.7 估算结果

经估算，截至2022年10月31日，在甘肃省高台县锯条山二区块范围内共查明冶金用（熔剂）用石英岩矿石总资源量(KZ+TD)195.53×10^4t；其中：控制资源量（KZ）58.95×10^4t，占勘查区总资源量的30.15%；推断资源量（TD）136.58×10^4t，占勘查区总资源量的69.85%。以上资源量估算标高+1554.95m～+1674m水平(表9-3)。

剥离量=顶剥离量+底剥离=4948553.46m^3。

剥采比=剥离量/矿石体积=1216621.75/4948553.46 =4.07:1。

表 9-3　高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿资源量估算表

矿体编号	矿体长度	平均厚度	矿体平均品位(%)					矿石资源量			控制资源量占比(%)	备注
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	推断资源量	控制资源量	控制+推断		
④	600	6.20	93.05	1.74	0.76	0.40	0.02	214863.73	589456.93	804320.66	30.15	
⑤	780	9.42	91.20	3.82	1.28	0.41	0.05	202328.83		202328.83	0.00	
⑥	775	25.25	90.91	2.97	1.00	0.25	0.04	1248414.97		828414.97	0.00	
⑪	260	4.13	94.30	1.88	0.62	0.17	0.04	54170.57		54170.57	0.00	
⑫	130	2.82	94.46	0.62	0.59	0.23	0.08	1376.01		1376.01	0.00	
⑬	220	4.40	90.11	5.21	2.18	0.28	0.03	22951.63		22951.63	0.00	
⑭	224	4.40	90.90	4.70	1.43	0.27	0.08	41742.37		41742.37	0.00	
合计								**1365848.11**	**589456.93**	**1955305.04**	**30.15**	

9.8 估算结果的可靠性

本次以垂直断面法估算了勘查区范围内的矿石量，因此选择垂直投影地质块段法以验证垂直断面法估算资源量的可靠性。共选取工程控制程度较高，块段划分比较规则的④号矿体 59 线-57 线 7 个块段，用垂直投影地质块段法进行了验算。此次选取的 7 个块段采用垂直断面法共求得矿石量 80.43×10^4t，占勘查区总资源量的 18.79%，资源量占比较高，代表性较强。

此次选取的 7 个块段采用垂直投影地质块段法估算结果为 88.56×10^4t，误差=（88.56-80.43）÷88.56=9.18%。

通过本次验算发现：采用垂直断面法计算的矿石量与采用垂直投影地质段块法计算的矿石量误差值为 9.18%。说明资源量估算选用的方法正确，块段划分基本合理，资源量估算结果基本可靠。

9.9 共伴生矿产的资源储量估算

通过组合分析发现勘查区范围内无共伴生矿产资源，故本次详查工作过程中未进行共伴生矿产资源储量估算。

9.10 资源储量变化情况

甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿为首次设立探矿权，勘查区范围内未提交过地质勘查报告，不存在资源储量变化情况。

9.11 需要说明的问题

1. 探槽编录过程中由于部分地段覆盖严重，样品无法采集，矿体规模、品位等均没有得到有效控制。本次详查总结报告中依据现有样品控制程度对矿体进行了圈定，并估算了推断资源量。

2. 资源量估算截至基准日为 2022 年 10 月 31 日。

第 10 章 可行性评价

10.1 市场形式分析

石英岩的用途比较广泛。主要用途有：1.建筑工业：可作重要的建筑基石、配合料及建材原料，还可作硅酸盐水泥的校正材料；2.冶金工业：主要用于制造耐火材料-硅砖，冶炼硅质合金(硅铁、硅锰、硅铬)和作熔剂；3.玻璃工业：石英石是制造玻璃的主要原料，可做普通及光学玻璃，质纯者可熔炼成优质技术玻璃；4.化学工业：可制作各种硅化物和硅酸盐及硝酸盐，质佳者可作耐酸性的硫酸塔中的充填物；5.研磨业：可制作磨石、油石、砂纸及碳酸硅等研磨材料；6.其它工业：可作搪瓷和陶瓷原料；7.质纯者广泛用于无线电工业、超声波技术及现代国防和尖端技术；8.纯的石英岩具有旋光性和透过紫外线性能，可制造各种光学仪器和医疗用的石英灯等；9.也是制造金刚砂(碳化硅)的基本原料。

我国的石英岩消费结构中，冶金工业及耐火材料是目前石英岩市场中主要消费者，占比约为 62%，其他工业领域的合计用量约占整个市场的 38%。目前全国年消费石英岩总量约为 3.4 亿吨～3.5 亿吨，其中中低档石英岩和中高档石英岩各占 50%左右。

从全国范围来讲，广东河源、江苏新沂、东海、连云港、安徽凤阳、河南洛阳是石英岩原料的主产区。我国石英岩原料供给相对较集中。华南地区石英砂主要由广东河源供应，华东地区 70%的玻璃原料由安徽凤阳供应，全国 80%的高档石英原料由江苏东海供应。

全国总体的石英岩供需形势为，中低档产品供应略显过剩，中高档产品供应略显不足，超纯和高纯石英岩需要部分进口。

根据现有经济形势，酒泉钢铁企业生产规模不断壮大，进而带动了嘉峪关、酒泉等地建立了一批硅铁合金、炼铁及玻璃制品等中小企业，促使酒泉地区对硅石资源需求量的不断扩大，增强硅石矿床开发力度势在必行。阿克塞哈萨克族自治县恒压水泥厂近年来生产规模不断扩大，水泥用硅质原料需求量不断增加。

根据酒钢天工矿业有限责任公司穿山驯石英岩矿 2016 年～2019 年的矿石销售情况，矿石价格暂定为 80 元/吨。

10.2 矿床资源量、矿石加工技术性能及开采技术条件概述

10.2.1 矿床资源条件

勘查区内出露的地层主要有中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）和第四系全新统残坡积层(Qh^{dl})。中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）广泛分布于勘查区内，呈条带状展布。由北到南主要由五个岩性层构成，分别为斜长角闪片岩、黑云母石英片岩、变粒岩、石英岩和大理岩，各岩性层之间均为整合接触关系。勘查区位于向斜的南翼，为单斜构造；区内断裂不发育，对石英岩矿体影响较小。地层整体为北倾，倾角较缓，在 0 线～2 线地层出现不同程度的弧形弯曲，地层倾角变陡。局部可见层间小柔皱出露。

勘查区内共圈定冶金用石英岩矿体 7 条，主矿体①、②、③号。矿体均赋存于中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）地层中，呈层状产出。矿体长 50m～1300m，厚度 4.57m～11.10m，矿石自然类型为石英岩型，工业类型为沉积变质型，矿床 SiO_2 平均品位为 92.66%，Al_2O_3 平均品位为 2.41%，Fe_2O_3 平均品位为 1.03%，CaO 平均品位为 0.30%。

经估算，截至 2022 年 10 月 31 日，在甘肃省高台县锯条山二区块范围内共查明冶金用（熔剂）用石英岩矿石总资源量(KZ+TD)195.53×10^4t；其中：控制资源量（KZ）58.95×10^4t，占勘查区总资源量的 30.15%；推断资源量（TD）136.58×10^4t，占勘查区总资源量的 69.85%。以上资源量估算标高+1554.95m～+1674m 水平(表 9-3)。

推断资源量可信度系数取 0.7，矿山可利用矿石量=控制资源量+推断资源量×可信度系数=58.95+136.58×0.7=154.56×10^4t。

10.2.2 矿石加工技术性能

1. 勘查区开展了平板玻璃用硅质原料可选性试验研究，通过工艺矿物学理论分析和可选性试验验证，该石英岩矿难以获得高纯石英产品，可作为平板玻璃原料大宗利用。

2. 勘查区开展了冶金用硅质原料矿石加工技术性能类比研究，通过研究发现，勘查区矿石产品可直接销售，生产指标优良、生产效果佳。

3. 综合分析勘查区的地质特征、采矿、加工、基础设施、经济、市场、环境

等因素，现阶段该石英岩矿虽可作为平板玻璃原料大宗利用，但选矿工艺流程复杂，选矿成本较大，无法取得较好的经济效益。建议现阶段该石英岩矿以冶金用硅质原料(熔剂用)进行开采利用。

10.2.3 开采技术条件

1.矿床位于当地最低侵蚀基准面(1554.95m)之上，地形地貌有利于自然排水。根据矿床主要充水含水层的赋存空间特征，本矿床为结晶岩类裂隙类充水矿床。矿床主要充水含水层富水性较弱，地下水补给条件差。综上所述，矿床为裂隙充水矿床(第二类)；水文地质勘探的复杂程度划为第一型的简单型，属水文地质条件简单矿床。

2.勘查区内出露岩性主要以云母石英片岩、石英岩、变粒岩为主。地下深处受风化作用较小，完整性较好。矿体属坚硬岩，岩石质量为中等的，岩体中等完整，岩体质量良；顶、底板围岩为较坚硬岩。岩石质量为劣的，岩体完整性差，岩体质量中等。地形地貌简单，地形有利于排水。综合判定本矿床工程地质勘探类型属以层状岩石为主、工程地质条件简单的矿床。

3.根据区域地壳稳定性分区和判别指标表，综合确定勘查区地壳稳定性为基本稳定Ⅱ区，抗震设防基本烈度为Ⅷ度，设计地震基本加速度值为0.20g，反应谱特征周期为0.45s，设计地震分组为第三组；勘查区现状地质灾害不发育；地表水环境质量划分为Ⅳ类水，主要适用于一般工业用水；勘查区岩矿石化学成分基本稳定，不易造成污染，无放射性危害，周围无化学类工厂和居民地，空气质量好，地下水未受污染；勘查区地势利于废石合理堆放，采取合理的安全措施后，矿山开采不会引发地质灾害等环境地质问题。综合确定，勘查区地质环境类型划分为第一类，即勘查区地质环境质量良好。

4.勘查区水文地质条件简单，勘探类型属第二类，即裂隙充水为主的矿床；勘查区工程地质条件简单，勘探类型属第四类，工程地质勘探的复杂程度划分为简单型；地质环境类型划分为第一类，即勘查区地质环境质量良好。综合确定，矿床开采技术条件勘查类型为第Ⅰ类(矿床开采技术条件简单的矿床)。

10.2.4 采矿系统模拟

通过与同类矿山进行类比研究，初步拟定矿山未来可能的开采方式、开拓方案、采矿方法、生产规模、服务年限、开采回采率、贫化率如下：

1.开采方式

矿山采用露天开采方式。

2.开拓方案

矿山采用公路运输开拓方案。

3.采矿方法

矿山采用分期开采方法。

4.生产规模

初步拟定矿山生产规模为10万吨/年。

5.服务年限

（1）矿石贫化率拟定为15%，采矿回采率及损失率拟定为90%、10%；

（2）矿山开发服务年限计算公式如下：

$$T = \frac{Q}{A \times (1 - \rho)}$$

式中:T—矿山服务年限；A—矿山年生产能力(规模)；

Q—矿山可采储量；ρ—矿石贫化率。

根据上述公式可计算出，矿山服务年限=可利用矿石量×采矿回采率÷[矿山生产能力×(1-贫化率)]=154.56×90%÷[10×(1-15%)]≈16年。

10.2.5 矿石加工选冶技术性能

通过与同类矿山矿石加工技术性能类比研究，初步拟定最终产品为冶金用石英岩矿石；矿石加工工艺过程如下：由炸药或采掘机进行初步破碎，初步破碎后的矿石粒度在500mm以下；后运输至颚式破碎机进行粗破碎(颚破设备应配备条形隔片筛，用于过滤泥土和细长扁平块石)，将500mm的石料破碎至120mm以下；二破采用反击式破碎机，将120mm的石料破碎至60mm以下；三破使用圆锥式破碎机，然后将破碎的石料经过振动筛分档成最终产品，即160mm～250mm、120mm～160mm、60mm～120mm、40mm～60mm、20mm～40mm的规格的冶金用硅质原料。

10.3 供水、供电、交通运输、原材料供应及其它外部条件概况

勘查区位于高台县北东向34°，直距约26km，行政区划隶属临泽县平川镇管辖，与高台县罗城镇接壤。依据1997年中共张掖市地委裁决，高台县对锯条

山冶金用石英岩矿具有管理权限。始县城经合黎大桥至高阿公路（高台县-内蒙古阿拉善右旗），驶至高阿公路约 23km 处，东侧下公路沿便道约 7km 至勘查区。另勘查区以南约 55km 为国道 312 线及兰新铁路，从 312 线至高台县城、临泽县城和罗城镇均有简易公路亦可达勘查区，交通极为便利。

勘查区地势相对平缓为中山区，位于合黎山中南部，海拔一般 1554m～1573m 之间，切割浅，依据中国地貌区划图属于阿拉善中丘陵风蚀平原属于主要为低中山丘陵地貌景观。

勘查区属干旱-半干旱内陆气候地貌。春季多风沙，夏季酷热少雨，冬季寒冷干燥，气候变化无常。具昼夜温差大、少雨多风等特征，年平均气温 5～8℃，6～8 月份气温在 30℃以上，3、4 月份为风季，最大风速 15m/s，风向多为西北风。年降雨量 97.4mm 左右，年蒸发量大于 2300mm。全年无霜期 157 天，冻土厚度 1.2m 左右。

勘查区位于临泽县平川镇，根据《中国地震动参数区划图》(GB18306～2015)，勘查区地震基本烈度Ⅷ，地震动峰值加速度 0.20g，反应谱特征周期 0.45s。根据区域地壳稳定性分区和判别指标表，该地区定为基本稳定区Ⅱ。

勘查区周边人烟稀少，无固定居民点，仅有一户牧民以放羊骆驼为主，工业活动仅高台县昶利硅业有限公司锯条山冶金用石英岩矿和高台县新福矿产品有限责任公司锯条山冶金用石英岩矿，以上两家企业均为已建矿山。无农业等其他产业经济活动，生产力水平低下，经济落后。燃料及生产、生活物资需依靠高台县等地供给，生活、生产用水均需从合黎镇或高台县乡拉运。勘查区周围有高压线塔通过，需与当地中国电网公司商洽接入供电线路。

勘查区不存在与法律法规明令禁止矿产资源开采的各类生态功能保护区、各类各级自然保护区、森林公园、森林、湿地、水源保护区、林业生态环境保护区、风景名胜区、世界自然遗产、自然与文化遗产地、旅游区、军事禁区、基本农田、基本农田保护区、地质公园及地质遗迹保护区等重叠的情况，也不存在其他不宜设置地勘项目的情况，不属于《矿产资源法》第二十条规定的“非经国务院授权的有关主管部门同意，不得开采矿产资源地区”。符合四轮市级规划的矿权设置区划。确认区内没有设置采矿权、探矿权，属矿业权空白区。

10.4 总投资及运营成本估算

通过与同类矿山类比研究，初步拟定高台线锯条山一区块冶金用石英岩矿设计开发方案的经济技术指标如下：

1. 矿山生产规模

(1)矿石日处理能力:400 吨/日；

(2)年生产天数:按 250 日/年确定；

(3)矿山年生产规模=矿石日处理能力×年生产天数=400 吨/日×250 日/年=10 万吨/年。

2. 矿山年产值

(1)矿石销售价格:80 元/吨；

(2)年销售额=80 元/吨×10 万吨=800 万元。

3. 项目建设总投资

(1)企业基建投资：500 万元；

(2)流动资金：50 万元(按建设投资的 10%估算)；

(3)资金来源：企业自筹。

4. 年均生产成本(达产年)

(1)采矿成本(含运输)：30 元/吨

(2)矿石破碎成本：15 元/吨；

(3)产品资源税及附加(包括城乡维护建设税、教育附加费等):5.0 元/吨；

(4)折旧费:3 元/吨；

(5)企业维简费:4 元/吨；

(6)增值税:16%；

(7)资源补偿费：2%。

10.5 经济、社会效益分析

10.5.1 经济效益分析

1. 经济指标估算

年销售额=年产量×销售价格=80 元/吨×10 万吨=800 万元

资源税=年产量×资源税率=10 万吨×5.0 元/吨=50 万元

资源补偿费=年销售额×补偿费率=800 万元×2%=16 万元

年折旧费=单位矿石处理平均设备折旧费×年生产规模=3 元/吨×10 万吨/年=30 万元/年；

年企业维简费=单位矿石平均企业维简费×年生产规模=4 元/吨×10 万吨/年=40 万元/年；

年上交增值税=年销售额×增值税率=800 万元×16%=128 万元

年生产成本=年产量×生产成本=100000 吨×45 元/吨=450 万元

年收入=年销售额-年生产成本-年上交增值税-资源税-资源补偿费-年折旧费-年企业维简费=800 万元-450 万元-128 万元-50 万元-16 万元-30 万元-40 万元=86 万元

年营业税=年收入×营业税率=86 万元×4%=3.44 万元

年利润总额=年收入-年营业税=86 万元-3.44 万元=82.56 万元

2. 经济效益估算

(1)投资收益率(投资利润率)=年利润总额÷投资总额×100%=82.56 万元÷500 万元×100%=16.51%；

(2)投资回收期(含基建期 0.5 年)=基建期+投资总额÷年利润总额=0.5 年+500 万元÷82.96 万元/年=6.5 年。

3. 经济效益计算结果及分析

从以上的计算可以看出，根据设计方案矿山年利润总额为 82.56 万元，利润较可观。投资收益(利润)率为 16.51%，投资回收期为 6.5 年。因此分析认为：在现有状况下，若对高台县锯条山一区块冶金用石英岩矿进行开发利用，其工业价值显著，目前适合规模开发利用。

10.5.2 社会效益分析

该项目的开发前景良好。矿山开发将会为地区经济发展提供新的增长点，并创造一定的就业机会。除企业自身盈利外，还能为国家和地方增加税收，改善民生。同时它还为电力、原材料供应、金融、建筑施工、餐饮等众多行业提供投资商机，促进科研和文化教育事业的发展。因此该矿山的建设开发具有良好的社会效益、经济效益和示范作用。

10.5.3 主要技术经济指标汇总

表 10-1:主要技术经济指标表

序号	项目	单位	指标	备注
一	地质资源			
1	资源量	10^4t	195.53	
1.1	控制资源量	10^4t	58.95	
1.2	推断资源量	10^4t	136.58	可信度系数 0.7
1.3	可利用资源量	10^4t	154.56	
二	采矿			
1	生产规模	t/a	100000	
2	服务年限	a	16	
3	开采方式		露天开采	类比
4	开拓方式		公路运输	类比
5	采矿方法		分期开采	
6	开采回采率	%	80	
7	贫化率	%	15	
三	选矿			
1	产品方案		冶金用石英岩矿石	类比
2	选矿工艺		初步破碎-粗破碎-二破-三破-振动筛分档	类比
四	投资			
1	项目总投资	万元	550	
1.1	企业基建投资	万元	500	
1.2	流动资金	万元	50	

续表 10-1:主要技术经济指标表

序号	项目	单位	指标	备注
五	经济指标			
1	产品销售价格	元/吨	80	
2	生产成本	元/吨	45	
2.1	采矿成本	元/吨	30	
2.2	破碎成本	元/吨	15	
3	折旧费	万元	30	
4	企业维简费	万元	40	
5	税费	万元	194	
5.1	资源税	万元	50	

5.2	资源补偿费	万元	16	
5.3	增值税	万元	128	
6	年收入	万元	86	
7	营业税	万元	3.44	
8	利润总额	万元	82.56	
9	投资收益率	%	16.51	
10	投资回收期	年	6.5	含基建期0.5年

10.6 矿山开发建议

1. 编制《甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿开发利用方案》进行开采规划与设计，并严格按照设计要求安全合理开发矿产资源。

2. 矿体局部地段夹石较多，肉眼难以区分，开采过程中需加强采样化验工作，以免造成矿石贫化，影响矿产品质量。

3. 合理规划施工场地，边开采边治理，最大限度的减少环境破坏。

第11章 结 论

11.1 矿床勘查程度、勘查工程质量和资料的完备程度

2022年度详查工作本着“面上展开，点面结合，重点突破，综合评价”的原则，先在勘查区进行了1:10000地质简测和1:2000地质正测，圈出了石英岩矿体分布范围；然后以200m工程间距在勘查区西段(④号主矿体布设槽探、钻探工程对石英岩矿体进行揭露，基本查明了矿体在地表的连续性、规模、品位、产状及矿石质量等特征，并布设了钻探工程(走向上工程间距200m，倾向上工程间距100m)进行了深部验证；针对⑤、⑥、⑪、⑫、⑬、⑭号矿体布设探槽，基本查明了矿体的延深及空间展布特征。

11.1.2 勘查工程质量

本次工作主要开展了1:10000地质简测、1:10000水文地质简测，1:2000工程地质、环境地质简测、1:2000地形测量、1:2000地质正测以及槽探、钻探工程施工等。所有的勘查工程质量均满足《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T 13908-2020)、《固体矿产勘查工作规范》(GB/T 33444-2016)、《固体矿产勘查原始地质编录规程》(DZ/T 0078-2015)和《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T 0207-2020)等规范要求。

11.1.3 勘查成果

截至2022年10月31日,勘查区内查明石英岩矿矿石总资源量(控制+推断)195.53×10^4t；其中控制资源量58.95×10^4t，占勘查区总资源量的30.15%；推断资源量136.58×10^4t，占勘查区总资源量的69.58%。

以上资源量估算标高+1554.95m～+1674m水平。

11.2 矿床类型、矿床成因、找矿标志，矿区远景及找矿方向。

11.2.1 矿床类型、矿床成因

矿体赋存于中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）云母石英片岩中，呈层

状产出；是由石英砂岩或其他硅质岩石经过区域变质作用重结晶而形成。初步分析认为矿床类型为沉积变质型矿床，矿床成因为沉积矿床遭受后期区域变质作用改造而成。

11.2.2 找矿标志

1.地层标志

中元古代蓟县系墩子沟群一岩组（JxD^1）中石英片岩、石英岩地层是寻找冶金用石英岩矿最有利的地层标志。

2.地貌标志

因石英岩比云母石英片岩等其他岩性具有更强的抗风化能力，使其在遭受长期风化剥蚀的作用下，矿体逐渐裸露于地表，构成山脊和陡坎。

3.岩性特征

颜色呈灰白色、白色，粒状变晶结构、隐晶质结构，块状构造，矿物主要由石英组成，不含或含少量白云母、绢云母的石英岩是最直接的岩性标志。

11.2.3 矿区远景及找矿方向

1. 如果资金允许，针对北矿带(59线-57线) ④、⑤、⑪、⑫、⑬、⑭号矿体布设探槽、钻探工程(工程间距200m)继续进行深部验证，查明矿体的延深及空间展布特征。

2.待采矿、加工选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等因素发生变化，开采成本降低，具有较好的经济效益时，矿石可考虑作平板玻璃用硅质原料大宗利用。

11.3 勘探范围建议。

通过本次详查工作发现，冶金用石英岩矿体均分布于勘查区范围内。根据《矿产地质勘查规范 硅质原料类》(DZ/T 0207-2020)中附录C的要求，建议下一步在勘查区范围内继续开展勘探工作，建议勘探范围拐点坐标见表11-1。

表11-1:建议勘探范围拐点坐标一览表

拐点	2000国家大地坐标系(三度带)	面积

编号	经度	纬度	X	Y	
1	99° 59′ 30.24″	39° 33′ 53.76″	4381693.27	33585223.68	2.36km²
2	100° 00′ 40.704″	39° 33′ 35.13″	4381137.49	33586912.18	
3	100° 00′ 03.54″	39° 32′ 51.53″	4379782.60	33586039.91	
4	99° 59′ 05.00″	39° 33′ 21.32″	4380686.08	33584632.21	
拐点编号	2000 国家大地坐标系(三度带)				面积
	经度	纬度	X	Y	
5	99° 57′ 40.72″	39° 35′ 21.11″	4384358.83	33582580.60	0.938km²
6	99° 57′ 58.76″	39° 35′ 13.73″	4384135.83	33583013.53	
7	99° 58′ 30.90″	39° 34′ 52.31″	4383483.49	33583787.67	
8	99° 58′ 19.08″	39° 34′ 39.05″	4383071.47	33583510.00	
9	99° 57′ 24.74″	39° 35′ 02.27″	4383773.70	33582205.46	

11.4 存在问题和建议。

11.4.1 存在主要问题

本次详查工作由于时间和经费的限制，导致部分后期发现规模较大、矿石质量较好的石英岩矿体，主要针对⑥、⑮、⑯、⑰号矿体，深部未得到系统控制，导致资源量级别较低。后期，希望高台县政府能继续投入适当勘查资金，以期达到扩大矿体规模，提升资源量类型，进一步提高石英岩矿石资源量的目的。

11.4.2 建 议

1.地质勘查工作建议

针对⑥、⑮、⑯、⑰号矿体补充地表探槽及深部工程控制，进一步扩大矿石资源量。进一步开展高品质矿石选矿试验研究，全面掌握矿石可利用方向。矿体布设探槽、钻探工程(工程间距 200m)继续进行深部验证，查明矿体的延深及空间展布特征。

2.矿山开采工作建议

（1）编制《甘肃省高台县锯条山二区块冶金用石英岩矿开发利用方案》，进行开采规划与设计，并严格按照设计要求安全合理开发矿产资源。

（2）矿体局部地段夹石较多，肉眼难以区分，开采过程中需加强采样化验工作，以免造成矿石贫化，影响矿产品质量。

（3）合理规划施工场地，边开采边治理，最大限度的减少环境破坏。