

辽宁省鞍山市 黑石砬子铁矿床勘探报告

(报告正文)

辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院 (盖章)

二〇〇五年十二月

审查单位：辽宁省冶金地质勘查局

局 长：汪 长 堃

地质处长：苏 建 江

审 查 人：张 柏 进

姚 良 德

杨 顾

董 铭 礼

付 维 璞

《辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床勘探报告》的审查意见

一、矿床概况

黑石砬子铁矿床位于辽宁省鞍山市东南 8.5km，其地理坐标：东经 $123^{\circ} 00' 00'' \sim 123^{\circ} 02' 15''$ ，北纬 $41^{\circ} 02' 00'' \sim 41^{\circ} 03' 15''$ 。矿区东西长 3900m，南北宽 2300m，矿权区面积为 6.971km^2 。

矿床产于华北地台北缘东段辽东台隆之太子河~浑江凹陷的西部，太古界变质上壳岩系鞍山群樱桃园岩组中。

鞍山群由下而上为：下部千枚岩、中部条带状含铁岩系、上部千枚岩。矿区的北部辽河群地层以不整合覆盖于鞍山群之上。

矿区内共有三层含铁石英岩层。第一层（I）赋存于鞍山群樱桃园组下部千枚岩层中，厚度不大、埋藏较深，据现有工程尚不能圈出工业矿体；第三层（III）赋存于辽河群浪子山组的下部。其矿体长 300m，延深 90m，平均厚 6m，品位低，工业意义不大。第二层（II）含矿层，可分出 II-1 和 II-2 矿体。II-2 号矿体只 ZK405 一个钻孔控制，厚度 5m，延深 50m 左右，TFe 品位为 22.55%，该矿体工业意义不大。II-1 矿体为本次勘探主要目标。

II-1 号矿体由于岩体的侵入和 F_1 、 F_2 、 F_3 断层的影响，地表矿体不连续，断续出露长 860m，水平厚度 10-30m，最大水平厚度为 43.41m；深部工程控制矿体长 2050m，水平厚度 80-150m，最大为 297m。矿体中间宽两端窄，呈纺锤状，矿体厚度变化系数 44%，贫铁矿体 TFe 品位平均为 30.07%；低品位铁矿体 TFe 品位为 21.97~22.49%。

黑石砬子铁矿石由鞍钢集团鞍山矿业公司矿山研究所做的实验室流程试验结果证明：连续磨矿粗细分级，重—磁—中矿再磨工艺与连续磨矿弱磁—强磁—反浮选工艺相比较，前者尾矿品位较低、金属回收率较高，但后者精矿品位较高；前者流程稳定性较好，易于操作管理，经济上更合理。所以推荐工业生产流程为重磁连选流程。按该流程入选原

矿品位 25.76%，生产可达到的指标为：精矿 65.05%，精矿产率 24.03%，回收率 60.68%，尾矿品位 13.33%。

矿床水文地质及环境地质条件属简单类型。该矿床属以工程地质问题为主的开采技术条件中等的矿床（II-1）。

该报告利用的主要工作量分两部分。有本次施工的工程（作）量和以往的工程（作）量。如下表：

黑石砬子铁矿历年完成工作量表

序号	项 目	单位	以前完成的工作量	2004～2005年工作量	备注
一	测量工作				
1	GPS D 级网	点		7	
2	二级导线测量	km		21.37	32 点
3	1：2000 地形测量	km ²		6.97	
4	勘探线基线测量	点		19	
5	工程点测量	点		70	
二	地质工作				
1	1：2000 地质测量	km ²	2	6.97	
2	1：1000 实测地质剖面	km		27.21	
3	采样	件		2893	
4	刻槽采样	m		291.67	137 件
5	劈芯采样	m		4033.91	1252 件
6	全芯采样	m		5101.32	1504 件
三	山地工程				
1	槽探	m ³	394	1133.79	
2	钻探	m	9000.73	17244.4	其中水文孔 594.75m
3	浅井	m ³	269.33		
四	水、工、环地质工作				
1	1：10000 水工环境地质测绘	km ²	7	24	
2	钻孔水文物探测井	m/孔		900/2	ZK417、SK02
3	专门水文地质钻探	m/孔		594.75/2	SK01、SK02
4	涌水试验	台班/孔		3/1	ZK417
5	抽水试验	台班/孔		6/2	
7	水化学分析	件		43	
8	岩石力学性质检测	组		11	
五	物探工作				

1	磁法精测剖面测量	km	28	52	2526 物理点
2	磁参数标本	块		830	
3	联合剖面测量	物理点		166	
4	浅层地震	物理点		1044	
5	三分量磁测井 (点/10m)	点		237	
6	电测井	m		1760	
六	化验与测试				
1	基本分析	件	1904	2893	
2	物相分析	件	454	1513	
3	组合分析	件	10	119	
4	内验分析 (普通分析样)	件	39	60	
5	内验分析 (物相分析样)	件		58	
6	外验分析 (普通分析样)	件		30	
7	外验分析 (物相分析样)	件		30	
8	光片鉴定	件	141	100	
9	薄片鉴定	件	26	389	
10	粒度测定	项		136	
11	小体重、湿度、孔隙度	件	105	153	
七	试验室流程试验	份		1	

通过上述工作量获得：总资源量贫铁矿石（331）+（332）+（333）类 47364.9 万吨，低品位贫铁矿石（331）+（332）+（333）类 14213.2 万吨，计 61578.13 万吨。其中贫铁矿石（331）+（332）类 12516.5 万吨，低品位贫铁矿石（331）+（332）类 4867.4 万吨；贫铁矿石（331）类 4218.3 万吨，低品位贫铁矿石（331）类 1391.2 万吨。

二、审查意见

1、详细查明了矿区的地质、岩石和构造。同时查明了主要断层 F₁、F₂、F₃ 断层的性质、规模、产状和对矿体的破坏程度。

2、勘探工程布署合理。确定了 II-1 号矿体为 I~II 勘探类型，用 200×100~200m 网度探求（331）类资源量；用 400×200m 网度探求（332）类资源量，但 1~3 线和 2~4 线的剖面间距为 200m，因工程量不足，未能控制含矿层的上、下盘，亦降为（332）类；根据矿区远景控制钻孔

三个均达到或超过-800m 标高，矿体仍很稳定，尚未尖灭，且有增厚趋势，确定（333）类资源量计算至-800m 是正确的。

勘探手段选择合理。地表用槽探、磁法勘探，深部用钻探和磁测井。是用垂直断面法勘探的。除 ZK412 和 ZK5（老工程）外，绝大多数勘探工程布设在勘探线上。

矿床 1~2 线间控制程度高，对矿体厚大的中间地段，选作未来矿山的首采地段在-300m 标高以上的矿体的产状、形态、规模、矿石品位及其变化已查明，工程网度达到了 $200 \times 200\text{m}$ 的要求，计算（331）类资源量是正确的。

3、总结报告利用的各项工程均符合规范要求。地质原始资料在编制过程中，经多级检查验收与实际情况相符。钻探工程质量好，采样、化验合格。综合图纸与原始资料吻合。

4、对矿床水文地质、工程地质、环境地质做了专门工作。查明了矿床水文地质和环境地质为简单类型；该矿床属以工程地质问题为主的开采技术条件中等的矿床（II-1）。

5、做了实验室流程试验，建议采用重磁联合选矿工艺流程。

6、资源量计算方法合理，各种参数取值合理、正确。采用微机 Excel 软件，以数据连接方式进行品位和资源量估算，数据准确、可靠。

7、报告正文、附件、附表和综合图件的质量合格，资料齐全。

综上所述，该报告符合有关规范要求，可作为矿山建设的可靠的地质资料依据。

二〇〇六年一月五日（盖章）

编制单位：辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院（公章）

项目负责人：任群智

编写人：任群智 李 康 徐大波 李士江

杨志辽 周宏清 李忠满 王 鹏

院 长：苏建江

总工程师：任群智

提交单位：辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院

提交时间：二〇〇五年十二月

目 录

1 绪论.....	1
1.1 目的和任务.....	1
1.2 工作区位置、交通.....	1
1.3 工作区自然地理、经济状况.....	2
1.4 以往工作评述.....	2
1.5 本次工作情况.....	5
2 区域地质.....	10
2.1 地层.....	10
2.2 岩浆岩.....	12
2.3 构造变形.....	13
2.4 区域矿产.....	15
3 矿区地质.....	16
3.1 地层.....	16
3.2 岩浆岩.....	18
3.3 构造.....	19
4 矿体地质.....	21
4.1 矿层特征.....	21
4.2 矿体特征.....	21
4.3 矿石质量特征.....	24
4.4 矿石类型.....	34
4.5 矿体围岩和夹石.....	34
4.6 矿床成因.....	35
5 矿石加工技术性能.....	37
5.1 采样种类、方法及其代表性.....	37
5.2 选矿条件试验.....	37
5.3 实验室联选试验.....	42
5.4 推荐工业生产流程.....	47
5.5 结论与建议.....	47
6 矿床开采技术条件.....	49

6.1 矿区自然地理概况	49
6.2 完成的水工环工作量及其质量评述	49
6.3 水文地质	52
6.4 工程地质	60
6.5 环境地质	62
6.6 结论	63
7 勘查工作及其质量评述	65
7.1 勘查方法及工程布置	65
7.2 勘查工程及质量评述	65
7.3 地质测量工作及质量评述	69
7.4 测量工作方法及其质量评述	69
7.5 物探工作及其质量评述	73
7.6 采样、化验和岩矿鉴定工作及质量评述	83
8 资源量估算	86
8.1 资源量估算的工业指标	86
8.2 资源量估算方法的选择及其依据	86
8.3 资源量估算主要参数的确定	87
8.4 矿体圈定原则	88
8.5 资源量类别的确定	89
8.6 资源量估算结果	89
8.7 资源量估算的可靠性	91
8.8 资源量估算中需要说明的问题	91
9 矿床开发经济意义概略研究	93
9.1 铁矿资源形势	93
9.2 矿床开发建设条件	94
9.3 经济意义概略评价	95
10 结论	96
10.1 取得的主要成果	96
10.2 存在的问题与建议	97

附图目录

顺序号	图号	图 名	比例尺
1	1	交通位置图	1:550000
2	2	辽宁省鞍山地区区域地质图	1:50000
3	3	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床地形地质图	1:2000
4	4	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床实际材料图（一）	1:2000
5	4	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床实际材料图（二）	1:2000
6	4	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床实际材料图（三）	1:2000
7	4	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床实际材料图（四）	1:2000
8	5	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床磁法(ΔZ)等值线平面图	1:5000
9	6	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床磁法(ΔZ)剖面平面图	1:5000
10	7	辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿矿区水文地质工程地质环境地质图	1:10000
11	8	黑石砬子铁矿床地质剖面图总图例	
12	9	黑石砬子铁矿床 7 线地质剖面图	1:1000
13	10	黑石砬子铁矿床 3 线地质剖面图	1:1000
14	11	黑石砬子铁矿床 1 线地质剖面图	1:1000
15	12	黑石砬子铁矿床 0 线地质剖面图	1:1000
16	13	黑石砬子铁矿床 2 线地质剖面图	1:1000
17	14	黑石砬子铁矿床 4 线地质剖面图	1:1000
18	15	黑石砬子铁矿床 8 线地质剖面图	1:1000
19	16	黑石砬子铁矿床 II-1 矿体垂直纵投影图	1:2000
20	17	黑石砬子铁矿床 0m 水平切面图	1:2000
21	18	黑石砬子铁矿床-100m 水平切面图	1:2000
22	19	黑石砬子铁矿床-200m 水平切面图	1:2000
23	20	黑石砬子铁矿床-400m 水平切面图	1:2000
24	21	黑石砬子铁矿床 0 剖面线磁法(ΔZ)正演剖面图	1:5000
25	22	黑石砬子铁矿床 1 剖面线磁法(ΔZ)正演剖面图	1:5000

26	23	黑石砬子铁矿床 2 剖面线磁法(ΔZ)正演剖面图	1:5000
27	24	黑石砬子铁矿床 7 剖面线磁法(ΔZ)正演剖面图	1:5000
28	25	黑石砬子铁矿床 8 剖面线磁法(ΔZ)正演剖面图	1:5000
29	26	黑石砬子铁矿床 ZK416 井中三分量磁测图	1:2000
30	27	黑石砬子铁矿床 ZK423 (05) 井中三分量磁测图	1:2000
31	28	黑石砬子铁矿床 ZK418、ZK417、ZK406 井中三分量磁测图	1:2000
32	29	黑石砬子铁矿床电法、浅震工作成果平面图	1:2000
33	30	黑石砬子铁矿床 1 线水文地质工程地质剖面图	1:2000
34	31	黑石砬子铁矿床部分钻孔岩石质量指标 RQD 柱状图	
35	32	黑石砬子铁矿床 SK01 孔简单抽水试验成果综合图表	
36	33	黑石砬子铁矿床 SK02 孔抽水试验成果综合图表	
37	34	黑石砬子铁矿床 ZK417 孔涌水试验成果综合图表	
38	35	黑石砬子铁矿床探槽(TC403、TC404、TC406)素描图	1:100
39	36	黑石砬子铁矿床探槽(TC408、TC409)素描图	1:100
40	37	黑石砬子铁矿床探槽(TC411)素描图	1:100
41	38	黑石砬子铁矿床探槽(TC412、TC413)素描图	1:100
42	39	黑石砬子铁矿床探槽(TC405、TC410、TC4176)素描图	1:100
43	40	黑石砬子铁矿床探槽(TC416)素描图	1:100

附表目录

附表（一）

基本分析成果表
品位计算表
矿量计算表
内外验分析成果表
小体重分析成果表
测量成果表
水文工作成果表
组合分析成果表

附表（二）

钻探工程地质成果表

槽探工程地质成果表

附件目录

- 1、勘查许可证
- 2、地质勘查资格证书
- 3、辽国土资发〔2004〕92 号《关于下达辽宁省 2004 年度本级矿产资源补偿费地质勘查项目计划的通知》
- 4、辽国土资发〔2005〕42 号《关于下达辽宁省 2005 年度本级矿产资源补偿费地质勘查项目计划的通知》
- 5、黑石砬子铁矿石选矿试验研究
- 6、辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿预可行性研究
- 7、-600m 标高以上矿量计算表

1 绪论

1.1 目的和任务

鞍山市黑石砬子铁矿床勘探是根据辽宁省国土资源厅文件精神，为振兴东北老工业基地和把辽宁省建设为我国重要的原材料工业基地，特别是为鞍山钢铁集团的可持续发展提供充足的后备矿山基地，辽宁省国土资源厅把辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床勘探列为二〇〇四年（辽国土资发〔2004〕92号）和二〇〇五年（辽国土资发〔2005〕42号）两个年度的省本级矿产资源补偿费地质勘查项目。对辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿床进行勘探，其任务是：在充分研究以往地质资料的基础上，通过地表地质工作、物探工作、山地工程、钻探工程，查明矿区地质、构造、岩浆岩特征，查明矿体规模、形态、产状及矿石质量特征，估算矿床资源/储量；查明矿床开采技术条件及矿石选（冶）加工技术条件，为矿山建设可行性研究和矿山开采设计提供依据。

1.2 工作区位置、交通

鞍山市黑石砬子铁矿床位于鞍山市东南郊区，行政区划隶属于鞍山市千山区大孤山镇和唐家房镇。矿区距鞍山火车站 8.5km，距大孤山镇 1km，交通十分方便。

鞍山市黑石砬子铁矿床于 2004 年 3 月已进行探矿权登记。探矿权人为辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院，勘查许可证号为 2100000410220。有效期为 2004 年 3 月 4 日至 2007 年 3 月 4 日。由表 1-1 所列的 6 个点所圈定的范围构成，矿权区面积 6.971km²。

表 1-1 矿权区范围顶点坐标表

序号	地理坐标		公里网坐标	
	东经	北纬	x	y
1	123° 00′ 00″	41° 02′ 00″	4544355.421	41500000.000
2	123° 00′ 00″	41° 03′ 15″	4546669.102	41500000.000
3	123° 02′ 15″	41° 03′ 15″	4546669.779	41503152.538
4	123° 02′ 15″	41° 02′ 30″	4545281.570	41503153.134
5	123° 02′ 00″	41° 02′ 30″	4545281.427	41502802.786
6	123° 02′ 00″	41° 02′ 00″	4544355.956	41502803.140

1.3 工作区自然地理、经济状况

鞍山市黑石砬子铁矿区属于千山山脉西缘向辽河平原过渡的丘陵地带，矿区内最高山峰海拔标高 190.60m，沟谷最低标高 88.40m，相对高差 102.20m。区内无较大的河流，仅在矿区东侧有季节性小溪流，向东流向大孤山，汇入沙河；矿区西部的山间溪流向西流向唐家房镇，汇入杨柳河。另外在矿区内有两处蓄水量约 1500m³ 的水塘。

矿区属温带半湿润大陆性季风气候区，冬季寒冷干燥，夏季炎热湿润。根据鞍山气象台近 50 年的资料统计，历年最低气温为一月份，平均-15.7℃，最低达-30.4℃；最高气温为 7-8 月份，平均为 29.9℃，最高达 36.9℃。年平均气温为 8.8℃。

降水量分布不均，多集中在 6-9 月份，以 7 月份最多。年降水量为 495~995mm，多年平均为 720mm，日最大降水量 236.8mm。从 11 月下旬至翌年 4 月初降雪，积雪深度一般在 10~15cm。每年无霜期平均 196 天。

多年平均蒸发量为 1748.3mm，近年最大蒸发量达 2049.5mm（1978 年），最小为 1303.6mm（1953 年），多年平均水面蒸发量是降水量的 2.45 倍。

冻土深度：每年十二月至翌年三月为结冻期，一般冻土深度为 0.8~1.0m，最大深度为 1.18m。

矿区东距大孤山铁矿 1km，西距东鞍山铁矿 3km，具有良好的开发基础条件。

本区位于鞍山城郊，人多地少，耕地面积人均不足 0.5 亩。工业以矿业为主，鞍山钢铁集团的多个主体矿山均位于勘探区 15km 范围之内。农业以园艺为主，剩余劳动力资源丰富。

辽宁省是中国大陆东部环太平洋地震活动带地震活动较为强烈的地区之一。1975 年海城岔沟 7.3 级地震为最高震级，鞍山市区距震中 70km，受到较强烈的影响。1999 年 11 月海城孤山发生了 5.6 级、2000 年 1 月岫岩偏岭发生了 5.1 级地震，对本区影响不大。根据中国地震烈度分区，本区为地震烈度Ⅶ度区。

1.4 以往工作评述

鞍山市黑石砬子铁矿床曾于上个世纪两度进行地质勘查工作，第一次是一九六八年至一九七〇年间，由鞍钢地质勘探公司四〇二队对黑石砬子铁矿进行普查评价，第二次是鞍本冶金地质会战期间的一九七八年至一九八〇年，吉林省冶金地质勘探公司六〇三队对黑石砬子铁矿进行地质评价工作。

1.4.1 四〇二队普查工作

鞍钢地质勘探公司四〇二队于一九六八年至一九七〇年对黑石砬子铁矿进行普查。

共布置 4 条勘探线，勘探线方位 163° ，勘探线间距分别为 420m、500m、400m。完成主要工作量：1: 2000 地质测量 2km^2 ，1: 10000 磁法测量 15km^2 ，钻探 6 个孔，合计工程量 3517.87m，槽探 394m^3 ，浅井 269.33m^3 ，普通分析 386 件。于一九七〇年九月提交了《鞍山市黑石砬子铁矿床地质普查评价报告》。获得远景级储量 31649 万吨。TFe 27.05%，FeO 12.93%。

1.4.2 六〇三队评价工作

鞍本冶金地质会战期间，会战指挥部责令吉林省冶金地质勘探公司六〇三队于一九七八年至一九八〇年三年内完成黑石砬子铁矿床勘探工作。一九七八年六月开始施工，共布置 7 条勘探线，勘探线方位 168° ，勘探线间距 400m。至一九七九年七月中旬，完成主要工程量有钻探 10 个孔 5482.86m，磁法剖面 7 条，1: 10000 水文地质测绘 7km^2 。由于会战任务的变更而半途终止了地质工作。一九八〇年八月，利用此次地质勘查以及四〇二队的普查资料，提交了《辽宁省鞍山市黑石砬子铁矿区地质评价报告》。该报告经吉林省冶金地质勘探公司审查，批准表内 C_1+C_2 级储量 19196.88 万吨，其中 C_1 级 8718.02 万吨。

1.4.3 控制程度和研究程度

按照会战指挥部的要求六〇三队在四〇二队普查资料的基础上，对黑石砬子铁矿进行评价，以 $400\times 200\text{m}$ 的网度对矿体的延长和延深进行控制，基本上查清-600m 标高以上矿体的形态、规模、产状及矿石质量，其地质工作程度达到地质勘探的要求。但由于任务变更等原因，勘查工作中途停止，在控制程度和研究程度等方面存在不足，主要有以下几方面：

(1) 四〇二队普查时仅在原 2 线、3 线施工了部分槽探工程，六〇三队评价时未施工槽探工程。地表矿体控制严重不足；

(2) 含矿层上、下盘，尤其是上盘控制不足；

(3) 对全矿床总体构造格局研究不清，工程控制不足，矿层在不连续时，人为推断断层不合理。

(4) 评价时取了 100 余块小体重样品，但由于品位变化较大等原因，有些样品不能用，仅选取 41 块；普查阶段采集 22 块样品，选用 13 块，合计 54 块，分别计算了矿石和极贫矿的平均体重值。矿石体重需重新进行取样和测定。

(5) 水文地质工作仅进行了 1: 10000 水文地质测绘和钻孔简易水文观测，未进行系统的水文地质、工程地质、环境地质工作，矿床开采技术条件研究不足。

(6) 未进行系统的矿石工艺技术条件的研究，选冶条件不清。

1.4.4 探矿工程质量

在前期普查和评价阶段,全区共施工 16 个钻孔,其中 2 个钻孔未见矿(ZK22、ZK25), ZK6 (终孔偏线 160m) 和 ZK5 (在 8 线东 92.54m) 未参加矿量计算,其余 12 个钻孔参加了前期储量计算。由于受当时钻探工艺的局限,钻探工程质量较低,在岩矿芯采取率和方位角偏斜方面均存在一些问题(表 1—2)。

表 1—2 以往钻孔质量一览表

顺序号	勘探线号	钻孔号	全孔采取率 (%)	矿芯采取率 (%)	终孔偏线距离 (m)	备注
1	11	ZK22	62			开孔方位 163°
2	7	ZK15	55	78	西 118	
3	3	ZK10	64	82	西 22	
4	3	ZK4	57	62	西 52	开孔方位 163°
5	0	ZK2	22	47	未测方位	开孔方位 163°
6	0	ZK7	47	60	西 48	
7	0	ZK8	68	75	西 68	
8	0	ZK1	38	68	未测方位	
9	0	ZK6	48	21	东 160	开孔方位 163°
10	4	ZK12	50	46	西 40	
11	4	ZK13	69	79	西 166	
12	4	ZK3	50	73	未测方位	
13	8	ZK18	40	60	东 48	
14	8	ZK19	63	74	西 150	
15	8	ZK5	70	79	东 110	开孔方位 163°
16	12	ZK25	42			开孔方位 163°

参加储量计算的 12 个钻孔中,仅有 6 个钻孔矿芯采取率在 70%以上,有 4 个钻孔矿芯采取率在 60~70%,有两个钻孔矿芯采取率不足 50%。这 12 个钻孔中,有 3 个钻孔未测方位,有 4 个钻孔偏离勘探线距离大于 100m,最大偏离勘探线 166m。

针对上述钻探工程存在的质量问题,本次勘探的设计过程中,本着节约钻探工程量、节约勘探资金的原则,对原有的钻孔分别进行分析,在规范允许的前提下尽量利用。

1.5 本次工作情况

1.5.1 完成工作量

本次勘探工作自 2004 年 3 月开始施工, 至 2005 年 9 月野外工作全部结束。2004 年 3 月~5 月进行 1: 2000 地质填图、磁法剖面测量、1: 2000 地形测量等工作, 2004 年 6 月开始钻探、槽探施工和相应地质工作, 2005 年开展水工环及选矿试验等工作, 2005 年 10 月开始室内资料整理和报告编制工作。

开动千米钻机 4 台, 运用了包括高精度动态适时差分 GPS 系统、综合测井工作站等先进的仪器, 历时两年完成的主要工作量有钻探累计 17244.4m, 槽探 1133.79m³, 基本分析 2893 件。其他详细工作情况见表 1-3。

表 1-3 黑石砬子铁矿历年完成工作量表

序号	项 目	单位	以前完成的 工作量	2004~2005 年工作量	备注
一	测量工作				
1	GPS D 级网	点		7	
2	二级导线测量	km		21.37	32 点
3	1: 2000 地形测量	km ²		6.97	
4	勘探线基线测量	点		19	
5	工程点测量	点		70	
二	地质工作				
1	1: 2000 地质测量	km ²	2	6.97	
2	1: 1000 实测地质剖面	km		27.21	
3	刻槽采样	m		291.67	137 件
4	劈芯采样	m		4033.91	1252 件
5	全芯采样	m		5101.32	1504 件
三	山地工程				
1	槽探	m ³	394	1133.79	
2	钻探	m	9000.73	17244.4	其中水文孔 594.75m
3	浅井	m ³	269.33		

序号	项 目	单位	以前完成的工 作量	2004~2005 年工作量	备注
四	水、工、环地质工作				
1	1 : 10000 水工环地质测绘	km ²	7	24	
2	钻孔水文物探测井	m/孔		900/2	ZK417、SK02
3	专门水文地质钻探	m/孔		594.75/2	SK01、SK02
4	涌水试验	台班/孔		3/1	ZK417
5	抽水试验	台班/孔		6/2	
7	水化学分析	件		43	
8	岩石力学性质检测	组		11	
五	物探工作				
1	磁法精测剖面测量	km	28	52	2526 物理点
2	磁参数标本	块		830	
3	联合剖面测量	物理点		166	
4	浅层地震	物理点		1044	
5	三分量磁测井 (点/10m)	点		237	
6	电测井	m		1760	
六	化验与测试				
1	基本分析	件	1904	2893	
2	物相分析	件	454	1513	
3	组合分析	件	10	119	
4	内验分析 (基本分析样)	件	39	60	
5	内验分析 (物相分析样)	件		58	
6	外验分析 (基本分析样)	件		30	
7	外验分析 (物相分析样)	件		30	
8	光片鉴定	件	141	100	
9	薄片鉴定	件	26	389	
10	粒度测定	项		136	
11	小体重、湿度、孔隙度	件	105	153	
七	试验室流程试验	份		1	

1.5.2 主要地质成果

鞍山地区位于华北地台北缘东段的辽东台隆之太子河～浑江凹陷的西部，整体构成以中太古代铁架山花岗杂岩体为中心，晚太古代钾质花岗岩环绕，鞍山群作为孤岛状包体残存于花岗岩之中的基底构造格局。

矿区出露地层主要有太古宙变质上壳岩系鞍山群樱桃园岩组、古元古界辽河群浪子山组。樱桃园岩组由下部千枚岩、中部条带状含铁石英岩和上部千枚岩组成，其中中部条带状含铁石英岩为铁矿层，是本次工作的目标。

矿区内岩浆岩主要有太古宙花岗岩，燕山期花岗岩，以及闪长岩脉、煌斑岩脉、石英脉等脉岩类。

黑石砬子铁矿床位于寒岭断裂带中，寒岭断裂在黑石砬子～金家岭段表现为几条平行的次级断裂组成，包括黑石砬子铁矿和大孤山铁矿均为寒岭断裂带中为几条断层所分割的构造块体。

鞍山群樱桃园岩组变质岩系走向 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，倾向北西，倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，局部倒转倾向南东，构成陡倾单斜构造层。辽河群不整合覆盖于鞍山群樱桃园岩组和太古宙片麻状花岗岩之上，走向 340° ，倾向北东，倾角 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

矿区构造极其复杂，影响矿床的构造主要为断裂构造。断裂构造主要可归纳为三组：近东西向走向逆断层（ F_2 、 F_3 ），北东东向斜交正断层（ F_1 ）及北西向走滑断层（ F_4 ）。

黑石砬子矿区的鞍山群和辽河群地层中均有条带状硅铁建造，在本矿区共见有三层，第一层（I）赋存于鞍山群樱桃园组下部千枚岩当中，厚度不大，埋藏较深，本次工作没有作为主要目标；第二层（II），即鞍山群樱桃园组中部条带状含铁石英岩，为本次勘查的主要目标；第三层（III）赋存于辽河群浪子山组的下部。

含铁石英岩层在地表，从1线西100m至8线东250m处，地表断续出露1350m，深部工程控制延长2050m，厚度巨大，矿层随着标高降低，矿层平均水平厚度逐渐增大，平均水平厚度341m，最大水平厚度在1线的-800m标高，厚度达773m。含矿层在-200m标高以上向北西倾斜，-200m标高以下转为近直立，2线深部向南东倒转。矿层厚度变化系数58%。

按照工业指标划分，II矿层赋存有2条矿体，II-1矿体是本次勘探的重点，II-2矿体不是工业矿体，矿体不连续，本次未进行资源量估算。

II-1号矿体地表受岩体侵入和断裂构造 F_1 、 F_2 、 F_3 的影响，矿体不连续，断续出露长860m，地表出露水平厚度一般10~30m；最大出露水平厚度出现在4线东100m处，KIII探槽控制矿体水平厚度为43.41m。

深部钻孔控制矿体延长2050m。水平厚度一般在80-150m，平均水平厚度134m，最厚处297m；控制延深大于1000m。矿体由东向西逐渐倾伏，至西部的7线，矿体赋存在-300m标高以下。整个矿体的厚度变化系数为44.4%。

矿石中矿物组合比较复杂。铁矿石中发现有十几种矿物，分别属于氧化物、氢氧化物、碳酸盐、硅酸盐、硫化物等五大类。按其生成环境可分为原生及次生两大类。

矿石构造大致可分为条带状、条纹状、隐条纹状、皱纹状、小揉皱状、块状、角砾状及细脉状、石香肠状等构造，以条带状为主，其次为角砾状及小揉皱状。

矿石结构有自形半自形结构和它形粒状结构、残斑碎裂结构、交代假象及交代残余结构、纤维粒状变晶结构。

矿石主要含铁矿物有：磁铁矿、假象赤铁矿、菱铁矿、铁白云石等，其中可供工业利用的矿物为磁铁矿及假象赤铁矿。铁矿物粒度平均为 $88.79\mu\text{m}$ 。石英平均粒度为 $65.66\mu\text{m}$ 。

本区铁矿石中化学成分主要以氧化物为主，铁主要赋存在氧化物中，其次为碳酸盐矿物、硅酸盐矿物、硫化物、氢氧化物等。因此，本区铁矿石具有“鞍山式”贫铁矿石化学成分相对简单的特征。全矿床有害元素，除 SiO_2 较高外，均很低，对矿石质量影响不大。

矿石自然类型分为三类，即：磁铁贫矿、假象赤铁贫矿和含碳酸盐磁铁贫矿。其工业类型分为氧化矿石（假象赤铁贫矿）和未氧化矿石（磁铁贫矿）。

全矿床夹石率为 2.85%，总体上夹石对矿床影响程度较小。

矿床成因应属沉积变质改造矿床。

矿床水文地质及环境地质条件属简单类型，工程地质条件为中等，属以工程地质问题为主的开采技术条件中等的矿床（II-1）。

通过本次工作共获得工业贫铁矿石 47364.9 万吨，其中假象赤铁贫矿 31005.3 万吨，磁铁贫矿 16359.6 万吨；共获得低品位铁矿石 14213.2 万吨，其中假象赤铁低品位矿石 13208.9 万吨，磁铁低品位矿石 1004.2 万吨，工业矿石与低品位矿石合计 61578.1 万吨。工业贫铁矿石中（331）+（332）类资源量占工业贫铁矿石资源量的 26.43%，其中（331）占 8.91%，（332）占 17.52%，（331）占（331）+（332）的 33.70%。

1.5.3 工作概况

本次勘探工作由辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院承担，钻探施工由辽宁省冶金地质勘查局四〇四队和四〇二队承担，由各专业技术人员组成项目组。由地质勘查研究院总工程师、教授研究员级高级工程师任群智担任项目负责人，由地质高级工程师李康担任副项目负责人。项目设综合研究组、工程编录组、物探组、水工环组和两个钻探分队。

鞍山市黑石砬子铁矿勘探项目组织机构和参加工作的技术人员如下：

项目负责人：院总工程师、教授级高工任群智

副项目负责人：地质高级工程师李康

综合研究组负责综合研究、室内资料整理和报告编制，组长：地质高级工程师李康（兼），成员：徐大波、李士江、厉学凯、夏洪宝、许宗宪、赵登科，王艳平、林鹤、张庆春、卫广远。

工程编录组负责地质填图、槽探工程管理编录和钻探工程编录，组长：地质高级工程师李士江，成员：王君、任传龙、于宽年、吴贺新、王国强、王超真、单晓刚、王洪波、张永有、白永俊、郑柱、张震、梅显路。

物探组负责项目磁法测量和数据计算处理解释、磁测井和电法测井工作，组长：物探高级工程师杨志辽，成员：张文良、方玉满、安宝寅、安云海、丛培强、依振和、纪良波、杨洪艳、刘艳平、张君库。

水工环组负责项目水工环地质工作，组长：水文教授研究员级高级工程师杨顾，成员：周宏清、李仁锋、娄新刚、苗阶、李志远。

测量组负责项目控制测量、地形测量和工程测量，组长：测量工程师王鹏，成员：季富春、杨立华、周彦真、张雪梅、黄俊臣、江六林、高秀东、王德林、张杰、张荣夫、朱恒党、张振华、潘福胜、邢玉石。

样品和岩芯管理组负责全部样品和化验数据的管理和岩芯入库管理，组长地质高级工程师赵艳秋，成员：洪学宽、李忠满、全玲玲、张晓石。

所有图纸的计算机成图和复制印刷工作由院地理信息中心承担，负责人高级工程师夏建军，成员：杨德全、温晓春、刘世明、高静、王振兵、王密、陶晓曼、杨靖海、李佳娜。

化验工作由辽宁省冶金地质勘查局分析和测试中心承担。

选矿试验委托鞍钢集团鞍山矿业公司矿山研究所完成。

勘探报告由任群智主编，负责报告的汇总审订和绪论、区域地质、矿石加工技术性能和结论部分的编写，李康负责矿区地质、矿床地质的编写，徐大波编写勘查工作及质量评述及资源量估算等章节，李士江负责编写矿床开发经济意义概略研究。周宏清编写矿床开采技术条件部分，李忠满参与编写了矿区地质中矿石质量内容部分，杨志辽负责勘查工作及质量评述中物探部分。王鹏参与编写了勘查工作及质量评述中测量部分。

2 区域地质

鞍山地区位于华北地台北缘东段的辽东台隆之太子河～浑江凹陷的西部，整体构成以中太古代铁架山花岗杂岩体为中心，晚太古代钾质花岗岩环绕，鞍山群作为孤岛状包体残存于花岗岩之中的基底构造格局。其上局部残留有早元古宙辽河群变质岩系和晚元古宙～古生代沉积盖层。属于辽东山地丘陵向辽河平原的过渡带上，东南部属于辽东丘陵山地的边缘部分，所以广泛出露有早前寒武纪变质表壳岩系和以花岗质岩石为主的岩浆岩，局部地区出露晚元古代～早古生代沉积岩系和中生代以花岗岩为主的侵入岩。西北部地区为下辽河平原的东部边缘，广泛覆盖有新生代第四纪沉积物。

2.1 地层

鞍山地区地层出露面积不大，出露层位较全，太古宙、元古宙、古生界、新生界各个时代皆有分布。

2.1.1 鞍山群

太古宙鞍山群是本区最古老的结晶基底，蕴藏着我国最丰富的铁矿资源。在整个鞍山地区分为茨沟岩组、大峪沟岩组和樱桃园岩组三套变质岩石组合，分别代表太古宙三种构造沉积环境下形成的产物。鞍山地区只出露有大峪沟岩组和樱桃园岩组。

大峪沟岩组（Arandy）只在鞍山南部地区的活龙寨等地在太古宙花岗质岩石中以捕虏体的形式产出。岩性主要为二云石英片岩、黑云变粒岩、二云变粒岩及浅粒岩夹多层厚度 0～30m 的磁铁石英岩，主要产出铁矿以中小型为主，代表性矿床有小岭子铁矿、活龙寨铁矿等。原岩为酸性火山—沉积建造，变质程度属角闪岩相。

樱桃园岩组（Arany）主要分布在市区东部的樱桃园、胡家庙子、金家岭一线和西鞍山、东鞍山、大孤山、眼前山一带，岩性为白云绿泥石英片岩、绿泥片岩、二云片岩、千枚岩、石英岩夹厚层磁铁石英岩。齐大山、大孤山、西鞍山、东鞍山、眼前山和本次工作的黑石砬子等大型、特大型铁矿均产于樱桃园岩组之中，构成鞍山地区著名的南北铁矿带和东西铁矿带，是鞍山群的主要含铁层之一，由粘土质—半粘土质岩石与硅铁建造变质而成，属绿片岩相，保存厚度在 220～500m。

2.1.2 辽河群

是一套不整合于鞍山群之上的遭受绿片岩相区域变质作用的早元古宙古裂谷岩系，在辽南地区广泛分布，且发育完整，层序清楚。但在鞍山地区仅仅零星出露其底部的浪

子山组和里尔峪组。

浪子山组 (Pt_{lhl}) 在东西鞍山、黑石砬子和齐大山~金家岭一线不整合覆盖于鞍山群樱桃园岩组之上, 在市区东南部的高官岭、大石头、烈士山等地零星出露, 与太古宙花岗岩和上覆岩层以断层接触, 岩性和区域上基本相同, 下部为石榴二云片岩、二云片岩、含石墨白云石英片岩, 底部常见石英岩, 在黑石砬子矿区钻孔中可见到底部的砾岩层。上部含石墨白云变粒岩、石墨二云变粒岩夹白云石英片岩。原岩为一套碎屑岩—粘土质岩石, 变质程度鞍山地区为绿片岩相。

里尔峪组 (Pt_{lhlr}) 辽南地区分布非常广, 但鞍山地区分布局限, 仅在齐大山铁矿西侧判甲炉见有出露, 岩性主要为变质凝灰岩夹大理岩, 为一套火山—沉积建造。

2.1.3 青白口系

晚元古界的青白口系作为结晶基底的沉积盖层, 不整合覆盖于其以前的诸岩石之上, 辽东地区广泛发育, 本区主要出露于东西鞍山~黑石砬子铁矿一线北侧, 不整合覆盖于鞍山群和辽河群之上。另外在大孤山、黄岭子等地和东北部的辽阳凹陷的边缘也有出露。青白口系在区域内分为钓鱼台组和南芬组, 两者为整合接触关系。

钓鱼台组 (Q_{nd}) 下部为灰白色中厚层含砾、粗砾含长石石英砂岩, 中部为中细粒石英砂岩, 上部为中厚层~薄层中细粒含海绿石石英砂岩。厚度 230m。

南芬组 (Q_{nn}) 出露地域小于钓鱼台组, 主要在鞍山市区南部东鞍山北麓出露, 在旧堡等地被第四系覆盖。

2.1.4 震旦系

震旦系 (Z) 出露地域进一步减小, 鞍山地区只是零星出露于黑石砬子铁矿北侧的鞍钢专用铁路两侧, 鞍山市区被第四系覆盖。下部为灰白色中厚层石英砂岩、砂质页岩, 上部为黄绿色页岩以及页岩和泥灰岩互层, 局部夹砂岩、粉砂岩。

2.1.5 寒武系

寒武系大面积分布于鞍山市区西部, 但被第四系覆盖, 只是出露于七岭子和齐大山铁矿以东的辽阳市境内。岩性为一套海相碳酸盐岩, 主要有沥青质灰岩、竹叶状灰岩、厚层灰岩、鲕状灰岩等。

2.1.6 第四系

鞍山地区位于辽河平原的东部边缘, 第四系发育, 覆盖了鞍山市区的 50% 左右的范

围，构成广大的平原和杨柳河、沙河的冲洪积扇群，成因复杂，可分为中更新统、上更新统和全新统。

中更新统 主要分布于汤岗子、市区东部的山前坡地上，岩性为灰黑色、灰褐色、灰白色亚砂土、亚粘土、砂及砾石，厚度 3~5m。有的地方变成红色、棕红色粘土，含铁锰结核。

上更新统 主要分布于市区西部的山前洼地，岩性为浅黄、棕黄、黄褐色亚粘土、灰白色砂和砂砾石层，厚度达数十~近百米。

全新统 在鞍山市区主要分布在杨柳河、沙河的冲积扇和山间谷地，岩性为亚砂土、粉细砂、砂砾石等，厚度数米~150m。

2.2 岩浆岩

鞍山地区岩浆岩十分发育，占出露基岩面积的 80%左右。按照侵入时代，可分为早前寒武纪侵入岩、中生代侵入岩。本区以早前寒武纪侵入岩分布最广。

2.2.1 早前寒武纪侵入岩

早前寒武纪侵入岩是鞍山地区分布最广的岩石，以花岗质岩石为主，基性和超基性岩也有零星分布。

超基性岩 出露于齐大山铁矿西侧的陈台沟，面积 3km²，呈宽度 400~500m，长度约 5km 的脉状产出，走向北西，与辽河群浪子山组和太古宙花岗岩均为断层接触。与辉长岩等基性岩为渐变过渡关系，形成时代推测为吕梁期。岩体遭受区域变质作用，蚀变作用非常强烈，原岩恢复较为困难，岩性主要为蛇纹岩、透闪岩、阳起岩、滑石岩和辉石岩等。根据化学成分恢复计算原岩应为橄榄岩。

基性岩

鞍山市区的东南部摩云山、韩家峪等地，在区域上是小女寨~隆昌基性岩带的北部边缘，因此零星出露一些小的基性岩体，由小岩株、岩盆和岩脉组成，岩体出露面积 0.1~5km² 的均有。普遍遭受区域变质作用，岩性主要为变质辉长岩和变质辉绿岩，也有一些是变质蚀变后的产物，如斜长角闪岩、角闪片岩、绿泥石化滑石化透闪岩等。形成时代属于吕梁期。

铁架山花岗岩

分布于鞍山市区东部的立山~大孤山、站前~汪家峪、陈台沟一带，出露面积 15km² 以上，是一个近于等轴状的岩体，岩性主要有斜长花岗岩、二长花岗岩，岩体中常见条带状磁铁矿石岩和变粒岩的捕虏体，同位素测年显示具有 2.85~3.2Ga 的结果，表明该岩体是由不同时代侵入、不同岩性岩石组成的花岗杂岩体。是鞍山地区最早的侵入岩，

构成了鞍山凸起的核心部分。

弓长岭花岗岩

西起鞍山，经弓长岭到连山关构成一个宽度在 3~8km，长度 100km 的花岗杂岩带，鞍山地区出露的是其西段，岩体内保留有大量的千枚岩、白云石英片岩、绿泥绢云片岩、变粒岩、浅粒岩、磁铁石英岩的残留体，鞍山~弓长岭地区的铁矿多在岩体中以残留体形式出现。岩性以钾长花岗岩、二长花岗岩为主，常见有片麻状构造、条带状构造等。

2.2.2 中生代侵入岩

本区中生代侵入岩最主要的岩体是千山花岗杂岩体，出露于鞍山市区南部西起汤岗子，向东经千山延至区外，北部以大孤山为界向南，为中深侵入相的岩基，主要岩石类型有中粗粒花岗岩、黑云母花岗岩、角闪石花岗岩、文像花岗岩、似斑状花岗岩、石英二长岩，另有少量的斜长花岗岩、花岗闪长岩、石英正长岩、二长斑岩等。岩体中和岩体外接触带附近产出大量的酸性脉岩，岩石种类十分复杂，常见的有花岗斑岩、花岗细晶岩、石英二长斑岩、闪长岩、辉绿岩等。

2.3 构造变形

鞍山地区的构造运动经历了从太古宙构造运动到新构造运动的漫长的演化历史，形成了现在复杂的构造格局。鞍山地区整体构造格架是以铁架山花岗杂岩体构成一个近于三角形的中心，围绕该岩体分布有南北铁矿带和东西铁矿带，西北被新生代辽河沉降带东沿断裂所切割，在外围为太古宙晚期的花岗岩所包围的总体格局。在其上接受了早元古宙辽河群的沉积，其后经过区域变质作用形成结晶基底。

晚元古代以后包括鞍山地区在内的太子河流域地区形成沉陷，接受了晚元古界青白口系、震旦系，直至早古生界沉积，自加里东运动以后基本处于抬升隆起状态。

中新生代以脆性断裂运动为主，形成以寒岭断裂和下辽河裂谷东沿断裂为代表的一系列断层，控制了现代铁矿的空间产出位置。

2.3.1 南北铁矿构造变形带

南北铁矿构造变形带北起樱桃园，南至金家岭，呈北西 330° 方向延伸，地表出露 12km，东西宽度 2.5km 左右。铁矿体为整个构造变形带的主体，包括铁矿两侧的太古宙变质岩和其上覆早元古宙辽河群变质岩。铁矿体为众多的横断层所切割，但位移不大，铁矿内的条带状构造的产状与铁矿体的整体产状基本一致。条带状铁矿内部可识别两种面理构造，一种为铁矿物和石英分别组成的细条纹，构成的片内揉皱构造，代表早期变质变形过程中高塑性流动变形的结果，这种细条纹构成的褶皱被与其轴面平行的新的条

带状面理所限制。该带中可见由细条纹面理组成紧闭或较为宽缓的倾竖褶皱，这些褶皱的轴面以新的较宽的置换条带所标示，这显然是褶皱置换和构造平行化的结果。太古宙至少经历了三幕褶皱构造，即早期的塑性流动褶皱，第二期的倾竖褶皱和第三期由较宽的铁矿物条带和石英条带相间的条带状面理所形成的近东西向较宽缓的不对称褶皱，铁矿条带的走向变化是这最后一期构造叠加的结果。

南北铁矿带是一个各类岩石的复杂构造堆积体，太古宙鞍山群含铁岩系形成于 3.1~3.3Ga，早期的变质变形作用以及铁架山花岗岩的侵入使原始的含铁建造受到破坏和改造，弓长岭花岗岩的侵位和以后的强烈变形彻底改变了原有含铁建造的格局，形成了现今的复杂构造变形带。

2.3.2 东西铁矿构造变形带

北起铁架山花岗岩的南部边缘，南部至千山花岗岩体，西部淹没于辽河平原之下，向东经过东西鞍山、大孤山、眼前山延伸至区外。构造带内包含有西鞍山、东鞍山、黑石砬子、大孤山、小孤山、关门山、砬子山、眼前山、谷首峪等多个大中型以上的铁矿床，矿床之间被断层和花岗岩所切割分离互不连续，每个矿床在空间产状、矿石类型和围岩性质等方面不尽相同。

西鞍山铁矿走向北西 $290\sim 310^\circ$ ，倾向北东，倾角 $30\sim 60^\circ$ ，矿体南侧为辽河群浪子山组千枚岩，矿体北侧由晚元古宙青白口系覆盖。矿体内部保留的构造变形现象复杂而鲜明，早期塑性流变的特点与南北铁矿变形带的特点基本相同，构造置换面理可以识别出两期。所不同的是，第三期褶皱表现出枢纽方向为近水平的同斜褶皱的特点。这一点在东鞍山铁矿表现得尤为典型，矿体的整体形状为两翼倾向相同的背斜。

黑石砬子铁矿走向近东西，陡倾斜，地表出露不连续，矿体两侧均为断层，矿体本身被断裂构造破坏严重，矿石呈不连续的条带状和角砾状，说明晚期地壳高层次的构造影响十分强烈。

大孤山铁矿走向北西，倾向北东，浅部倾角 $60\sim 80^\circ$ ，向深部逐渐变缓，矿体在走向方向为断层所截断。关门山、砬子山、眼前山、谷首峪等矿床相距很近，是构造分割的零星块段。

东西铁矿构造变形带内辽河群零星分布，其变形也相当复杂，可以划分出多期褶皱变形。早期主要表现为片理和片内褶曲构造，被第二期东西向褶皱构造所叠加，多数为滑褶皱，滑劈理较彻底的改造了早期层理面，第三期变形造成透入性的膝褶构造和尖棱状褶皱。

总体来讲，东西铁矿带中的矿体，是花岗质岩石中的捕虏体，花岗岩与铁矿同时又遭受早期的韧性变形，后期又有强烈的韧—脆性变形的叠加，以及更晚期的脆性断裂的作用影响。

2.3.3 断裂构造

鞍山地区断裂构造以寒岭断裂为主体，对铁矿床的影响最大。寒岭断裂基本沿东西铁矿带近于平行展布，走向 $280\sim 310^{\circ}$ ，由数条平行或相互交汇复合的断层组成，总体构造性质为南盘向东走滑的以走滑为主的断裂构造。西部淹没于辽河平原第四纪沉积物覆盖之下，向东经过东西铁矿带，延伸至鞍山地区以东，从弓长岭铁矿南部通过，截断铁矿体，延伸至本溪地区以远，从大的区域上来讲是一条对鞍本地区铁矿影响最大的后期断裂构造。总体厚大的含铁层位被其截断分割成相互孤立的多个矿床，其中的黑石砬子铁矿和大孤山铁矿均为断裂带中的断块，四周皆为断层所限。

其他断裂规模均较小，对含矿岩系影响不大。主要有大石头断裂，走向北西，西起黑石砬子铁矿北侧的獐子窝，向北西进入鞍山市区，被第四系覆盖。汤岗子断裂，走向北东，沿中长铁路展布。

2.4 区域矿产

鞍山地区由于特定地质构造演化历史，形成的矿产主要为铁矿，其次有硅石矿。铁矿的赋矿层位主要有三个层位。

最为重要的是太古宙鞍山群，鞍山地区最主要的几个铁矿床均产于该岩群中，主要有齐大山铁矿、胡家庙子铁矿、眼前山铁矿、大孤山铁矿、黑石砬子铁矿、东鞍山铁矿、西鞍山铁矿等，总的资源量 70 亿吨以上。

第二个层位为辽河群浪子山组底部的含铁石英岩，在黑石砬子矿区、砬子山、灵山、首山等地均有产出，厚度一般 $5\sim 30\text{m}$ ，单个矿体延长不大，不超过 400m ，品位不高，工业意义不大。

第三个层位是晚元古宙青白口系南芬组的赤铁矿层，一般厚度 $3\sim 10\text{m}$ ，铁品位 $50\sim 60\%$ 之间，在鞍山市区的大石头、小房身、獐子窝等地产出，是鞍山地区最早开采的铁矿之一，日伪时期就开始开采，这类矿床规模较小、品位较富，发现的矿床在上世纪 70 年代以前基本开采殆尽。

硅石普遍存在于钓鱼台组石英岩中，在出露条件较好的地段产出有大中型硅石矿床。主要产地有西鞍山等。

3 矿区地质

鞍山市黑石砬子铁矿床位于鞍山东西铁矿带的中部，西距东鞍山铁矿 3km，向东与大孤山铁矿相距仅为 1km。矿床是区域上东西向大型断裂带~寒岭断裂带中的断块。矿区构造十分复杂，含铁岩系与其它时代的地层和岩体多为断层接触，矿区南侧以断裂与南部的千山花岗岩体接触。

3.1 地层

矿区出露地层主要有太古宙变质上壳岩系鞍山群樱桃园岩组、古元古界辽河群浪子山组和新生界第四系。

3.1.1 太古宙鞍山群樱桃园岩组

矿区的樱桃园岩组由下部千枚岩、中部条带状含铁石英岩和上部千枚岩组成，这与相邻的东鞍山铁矿和大孤山铁矿十分相似。

下部千枚岩

位于含铁石英岩下盘，矿区内地表没有出露，仅在穿过矿体下盘的钻孔中见到。岩性以含绿泥石矿物为特征，主要岩性有绢云绿泥千枚岩、绿泥石英片岩、含铁绿泥千枚岩、绢云千枚岩夹绿泥石英片岩。厚 36-300m。

绢云绿泥千枚岩：千枚状构造，鳞片变晶结构。矿物成份以绿泥石 45~55%，绢云母 40%为主，含少量石英。绿泥石、绢云母呈细小鳞片状，两者相间展布。石英细小粒状，粒径一般小于 0.15mm。

绿泥石英片岩：片状构造，鳞片粒状变晶结构。石英含量 70%，绿泥石含量 30%。石英呈拉长粒状，颗粒长轴方向长一般小于 0.5mm，顺片理方向定向排列。绿泥石呈鳞片集合体，单晶片长 0.35mm 左右。顺片理方向定向排列。岩石中见有近于垂直片理方向晚期石英细脉穿插。

含铁绿泥千枚岩：鳞片粒状变晶结构，片状构造。矿物成份石英 55%，绿泥石 35%，含少量磁铁矿、黑云母、方解石等。石英呈它形粒状，粒径一般小于 0.2mm，顺片理方向定向排列。绿泥石呈鳞片状集合体，长轴方向长 0.35~1mm，长轴方向与片理方向一致。黑云母呈叶片状集合体，长轴方向 0.5mm 左右，为被绿泥石交代残留物，具褪色现象，也顺片理方向分布。方解石呈细脉状沿片理分布。磁铁矿半自形—它形粒状，粒径小于 0.15mm，呈尘点状分布于岩石中。

中部条带状含铁岩系

该层为本矿区含矿层,地表自 1 线以西 100m 至 10 线呈带状沿山脊断续出露于地表,出露长度 1350m,出露宽度 10~50m。深部向西延伸到 7 线以西,延长达 2050m,由含铁石英岩、厚层条带状磁铁石英岩、假象赤铁石英岩、条带状菱铁磁铁石英岩、条带状绿泥石英片岩等组成。该层总厚度在 280-773m 之间。

含铁石英岩:块状构造或条带状构造,粒状变晶结构。矿物成份以石英为主,含量占 70~85%,磁铁矿含量 5~15%,菱铁矿含量 10%,含少量绿泥石等。石英呈它形粒状,粒径小于 0.5mm。磁铁矿呈星点状分布于岩石中,集合体呈细脉状、网脉状展布。石英和少量铁矿物形成较宽大浅色条带,铁矿物和少量石英构成细的暗色条带,两者相间构成浅暗相间条纹或条带状。菱铁矿呈它形粒状,粒径 0.2mm 左右,呈填隙状分布在石英粒间。绿泥石细小鳞片状,集合体呈网脉状展布。

磁铁石英岩:条带状、条纹状、块状构造,粒状变晶结构,矿物成份以石英和磁铁矿为主,石英含量 50~65%,磁铁矿含量 30~45%,含少量假象赤铁矿、磁黄铁矿、铁白云石。石英呈它形粒状,粒径一般小于 0.3mm。磁铁矿呈它形粒状,粒径 0.01~0.5mm,有 20%左右。微细粒磁铁矿包裹在石英粒内。假象赤铁矿保持磁铁矿假象特征。磁黄铁矿星点状分布。铁白云石细脉状沿矿石裂隙充填。

假象赤铁石英岩:条带状构造,粒状变晶结构。矿物成份以石英和假象赤铁矿为主,含量分别为 50~60%和 30~35%,含有 5~15%的磁铁矿和 5~8%的菱铁矿。石英呈它形粒状,粒径 0.15mm 左右。假象赤铁矿为交代磁铁矿形成,保持磁铁矿假象。磁铁矿单晶粒度 0.1~0.15mm,集合体呈条带状展布。菱铁矿以细脉状沿矿石裂隙充填。石英和少量铁矿物形成浅色条带,铁矿物形成暗色条带,两者相间展布形成浅暗相间条带状。

菱铁磁铁石英岩:条带状构造,粒状变晶结构。矿物成份以石英和磁铁矿、菱铁矿为主,三者成分分别为 40%、32%和 25%左右,同时含少量黑云母等矿物。石英呈它形粒状,粒径小于 0.3mm。磁铁矿以它形粒状产出,粒径 0.015~1.5mm,多数分布在石英粒间。菱铁矿单晶为它形粒状,粒径 0.035mm 左右,以细粒集合体形式填隙在石英粒间。黑云母为细小叶片状集合体,粒径小于 0.15mm。石英、菱铁矿与磁铁矿相间展布呈浅暗相间条带状。

绿泥石英片岩:该岩性为铁矿层中的夹层,常与磁铁石英岩、假象赤铁石英岩等互层。片状构造,鳞片粒状变晶结构。矿物成份以石英为主,含量 55%左右,绿泥石含量 35%左右,含少量黑云母、磁铁矿、方解石等。石英呈它形粒状,粒径一般小于 0.2mm,顺片理方向定向排列。绿泥石为鳞片状集合体,粒径 0.35~1mm。黑云母呈叶片状集合体,粒径 0.5mm 左右,常被绿泥石交代,具褪色现象,也具定向排列。方解石细脉状沿片理产出。磁铁矿为半自形或它形粒状,粒径小于 0.15mm,呈星点状分布于岩石中。

上部千枚岩

为含矿层上盘围岩。地表零星出露于 3 线 F3 断层以北,其岩性特征基本与下部千

枚岩相同，其片状矿物含量稍高于下部千枚岩层，控制厚度约 150m。

3.1.2 古元古界辽河群浪子山组

地表出露于矿区含铁石英岩层的北部，以角度不整合覆盖于含铁岩系之上。厚度 30~100m。由底砾岩、绢云千枚岩、绢云石英片岩夹薄层石英岩、含铁石英岩组成。

底砾岩：砾状结构，块状构造。砾石由含铁石英岩、假象赤铁石英岩组成，含量 80%，呈次棱角状，具一定磨圆度，直径 3~10mm，个别可达 20mm，杂乱状排列，分选性差。填隙物为铁质、碳酸盐矿物、绿泥石等。

绢云千枚岩

粒状鳞片变晶结构，千枚状构造，矿物成份以绢云母为主，石英次之，含量分别为 60%和 40%。绢云母为鳞片状集合体，石英呈它形粒状，粒径 0.1~1.5mm，具定向排列。

绢云石英片岩

细鳞片花岗变晶结构，呈眼球及褶皱状构造。石英呈眼球状及扁豆状集合体，大小直径 3~5mm 左右，沿长轴平行叶理方向拉伸定向排列，含量占 65%左右；绢云母呈细鳞片状平行定向排列组成叶理构造，主要由长石退变而成。局部出现有弯曲塑性变形。

在底砾岩上盘局部夹有含铁石英岩薄层，在 1 线和 2 线之间控制延长 300m，厚度 20~30m，岩层局部含铁达到 20%左右。

3.1.3 第四系

第四系主要分布在矿区东西两端的山前坡地上，岩性呈灰黑色、灰褐色、灰白色亚砂土和亚粘土含铁锰结核的红色、棕红色粘土，以及砂砾石，厚度 3~30m。

3.2 岩浆岩

矿区内岩浆岩发育，主要有太古宙花岗岩、燕山期花岗岩、闪长岩以及煌斑岩、石英脉等脉岩类。

3.2.1 太古宙花岗岩

矿区内太古宙花岗岩属于太古宙晚期侵入的弓长岭花岗岩，分布于 F₂ 断层和 F₃ 断层之间。细粒花岗结构，片麻状构造，矿物成份石英 35%，斜长石 35%，碱性长石 25%，含少量白云母、黑云母。石英一般呈细粒状集合体，单晶粒度 0.07mm 左右，集合体粒度 1~3mm，石英交代长石迹象明显。斜长石以更长石为主，聚片双晶明显，它形粒状，

粒径 0.5~1.5mm，绢云母化较强。碱性长石以微斜长石为主，格子双晶明显，它形粒状，粒径 0.7~2mm。白云母呈叶片状集合体，片长轴方向长一般小于 0.7mm。黑云母呈显微叶片状集合体，大部已绿泥石化。云母断续定向排列在长石颗粒间形成片麻状。

太古宙花岗岩大都遭受区域变质作用，在与鞍山群地层接触或构造发育地带常有较强的糜棱岩化。

3.2.2 燕山期花岗岩

燕山期花岗岩在矿区南部 F₃ 断层以南大面积出露，为千山花岗岩体的一部分，其岩性为黑云母钾长花岗岩。中粗粒花岗结构，块状构造。矿物成份有钾长石（微斜长石+条纹长石），含量 55%，石英 25%，更长石 10%，黑云母 10%。微斜长石、条纹长石呈半自形~它形粒状，粒径 1.5~5mm。石英为它形粒状，粒径 0.3~3mm，石英交代钾长石现象明显，被交代后钾长石呈残缺粒状，交代生成石英呈细粒集合体状。更长石半自形板状，板长轴方向长 1~6mm。黑云母叶片状集合体，叶片长 0.5~2mm，表面有铁质薄膜覆盖，局部蚀变成绿泥石。

3.2.3 闪长岩

出露于矿区北东部，呈它形~半自形粒状结构，块状构造。组成矿物有斜长石、绿泥石、黑云母、黝帘石、绢云母、石英、榍石、褐铁矿等组成。斜长石它形及半自形粒状，粒径大小 0.3~1mm 之间，可见卡钠复合双晶，多数为中~酸性斜长石，斜长石表面有微弱的黝帘石化或绢云母化，分布杂乱，相互间交织展现。绿泥石为交代蚀变生成，呈细鳞片状集合体，交代黑云母呈叶片状交代假像，在其绿泥石集合体中有榍石出现。

3.2.4 脉岩

区内脉岩地表不发育，主要见于钻孔中，较多的为闪长岩岩脉，其次为煌斑岩脉、石英脉和花岗岩脉等。一般沿构造断裂带充填。

3.3 构造

黑石砬子铁矿床位于寒岭断裂带中，寒岭断裂在黑石砬子~金家岭段表现为几条平行的次级断裂组成，包括黑石砬子铁矿和大孤山铁矿均为寒岭断裂带中被断层所分割的构造块体。

鞍山群樱桃园岩组变质岩系走向 70~80°，倾向北西，倾角 70~80°，局部倒转倾向南东，构成陡倾单斜构造层。辽河群不整合覆盖于鞍山群樱桃园岩组和太古宙片麻

状花岗岩之上，走向 340° ，倾向北东，倾角 $30\sim 60^{\circ}$ 。

矿区构造极其复杂，影响矿床的构造主要为断裂构造。断裂构造可归纳为三组：近东西向走向逆断层，北东东向斜交正断层及北西向走滑断层。

东西向走向逆断层有两条，即 F_2 和 F_3 断层，为区域寒岭断裂带的组成部分。

F_2 断层（见照片 4）位于矿体下盘与太古宙片麻状花岗岩之间，东起 12 线，西止于 3~7 线间的 F_3 断层，延长 1700m，走向近东西，倾向南，倾角 $45\sim 60^{\circ}$ ，为走向逆断层，该断层将矿体南部逆推到地表使其受剥蚀，是地表矿体出露很窄的原因之一。断层附近糜棱岩发育，断层带内角砾岩、碎裂岩发育，局部有闪长岩脉、煌斑岩脉充填。

F_3 断层位于矿体下盘及千山花岗岩与太古宙片麻状花岗岩之间，性质基本与 F_2 断层相同，走向近东西，于 3~7 线间与 F_2 交切，倾向南，倾角 $50\sim 65^{\circ}$ 。该断层将千山花岗岩推覆于太古宙片麻状花岗岩之上，在矿区西部与 F_2 断层相交合并在一起。有闪长岩脉等脉岩充填。

北东东向斜交正断层（ F_1 ）

F_1 断层（见照片 3），地表沿矿体走向断续出露，8~1 线间基本平行矿体，1 线以西逐渐斜切矿体，并被 F_2 断层截断，断层总体呈陡倾斜正断层，倾向北，局部南倾。该断层沿矿体走向将矿体北部切断，使矿体北部下降 100m 左右，并被辽河群浪子山组地层覆盖，形成目前的半隐伏状态。沿断层常有闪长岩脉、煌斑岩脉充填。

北西向走滑断层（ F_4 ）

位于 4 线东部，延长 250m 左右。断层将主矿体错断，东部向北西平移 50m。该断层地表由 TC410 和 K3 探槽控制，深部由 ZK3 孔控制，走向 300° ，倾向北东，倾角 65° 。断层内主要由角砾岩、断层泥组成。

4 矿体地质

4.1 矿层特征

黑石砬子矿区内共见有三层含铁石英岩层，第一层(I)赋存于鞍山群樱桃园岩组下部千枚岩当中，厚度不清，埋藏较深，本次工作没有作为主要目标；第二层(II)，即鞍山群樱桃园岩组中部条带状含铁石英岩，为本次勘查的主要目标；第三层(III)赋存于辽河群浪子山组的底部。各矿层特征如下：

II号矿层在地表，从1线西100m至8线东250m处，地表断续出露1350m，深部工程控制延长2050m，厚度巨大，矿层随着标高降低，矿层平均水平厚度逐渐增大，平均水平厚度341m，最大水平厚度在1线的-800m标高，厚度达773m。含矿层在-200m标高以上向北倾斜，-200m标高以下转为近直立，2线深部向南倒转。矿层厚度变化系数58%。

I号含矿层位于II号含矿层南80m左右，在4线和8线上分别由ZK12和ZK420孔控制，但均没有穿透含矿层，厚度不清，赋存部位在-200m以下，钻孔采样没有发现达到边界品位以上的样品。含矿层在8线和4线之间，基本与II号含矿层平行，随着在2线II号矿层厚度变大，I号含矿层也向南弯曲。因本次勘探主要是针对II号含矿层，I号含矿层赋存部位距II号含矿层较远、较深，且目前未发现工业矿体，另外由于工作量的限制，没有继续对I号含矿层进行勘查。

推测I号含矿层深部应具有一定资源潜力，根据物探磁法剖面，在II-1号矿体南部仍有剩余异常，可能由其引起。

III号含矿层赋存于辽河群浪子山组底部。由2线ZK411、ZK412、ZK413孔及1线ZK404孔控制，矿层延长300m，平均厚25m，通过钻孔采样控制1条低品位假象赤铁矿矿体，平均厚度6m，延长300m，延深90m，该矿体厚度薄、延深小、品位低，工业意义不大，本次未对其进行资源量估算。

4.2 矿体特征

II号含矿层赋存有2条矿体，II-1矿体是本次勘探的重点，II-2矿体经济意义不大，本次未进行资源量估算。

4.2.1 II-1号矿体

地表受岩体侵入和断裂构造 F_1 、 F_2 、 F_3 的影响，矿体不连续，断续出露长860m，

水平厚度一般 10~30m，最大水平厚度出现在 4 线东 100m 处，KIII探槽控制矿体水平厚度为 43.41 m。

深部钻孔控制矿体延长 2050m。水平厚度一般在 80~150m，平均水平厚度 134 m，最厚处 297 m；控制延深大于 1000m。垂向上，在 -50~-250 m 标高，矿体平均水平厚度较大，在 160~170 m 左右；最厚处出现在 2 线的 -150m 标高，水平厚度达 297 m。走向上，整个矿体呈现中间宽两端窄的纺锤状，在 1 线、2 线之间较厚，平均水平厚度分别为 173.56m 和 172.33m，向东西两端的 8 线和 7 线变薄，平均水平厚度分别为 93.11m 和 72.60m（图 4-1、图 4-2、表 4-1）。矿体由东向西倾伏，至西部的 7 线，矿体赋存在 -300m 标高以下。

矿体的厚度变化系数为 44.4%。

矿床平均品位为，假象赤铁贫矿 TFe: 29.41%，磁铁贫矿 TFe: 31.32%，假象赤铁低品位矿 TFe: 22.49%，磁铁低品位矿 TFe: 21.97%。

II-1 号矿体深部资源潜力依然很大，根据物探磁法剖面，在 II-1 号矿体南部仍有剩余异常，特别是 1 线南部剩余异常尤其明显，大部分剩余异常应由深部 II-1 号矿体的南侧引起。

4.2.2 II-2 号矿体

II-2 号矿体位于 1 线主矿体上盘，仅由 ZK405 孔一个钻孔控制，厚度 5 m，延深 50m 左右，为假象赤铁低品位矿，平均品位 TFe: 22.55%。该矿体工业意义不大，因此本次未对其进行资源量估算。

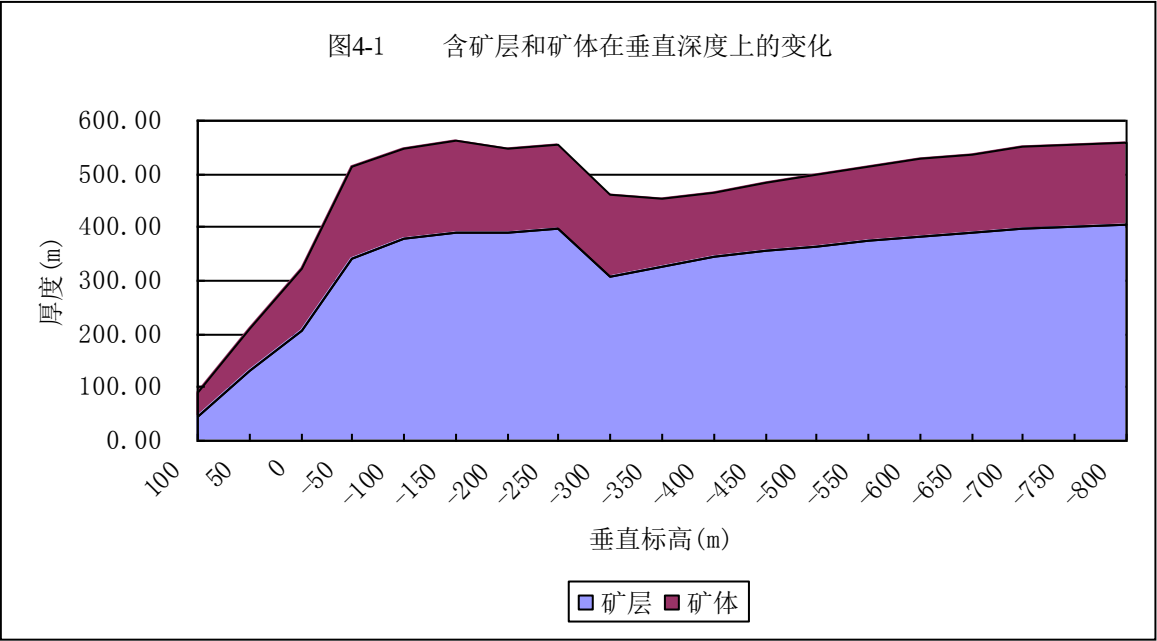
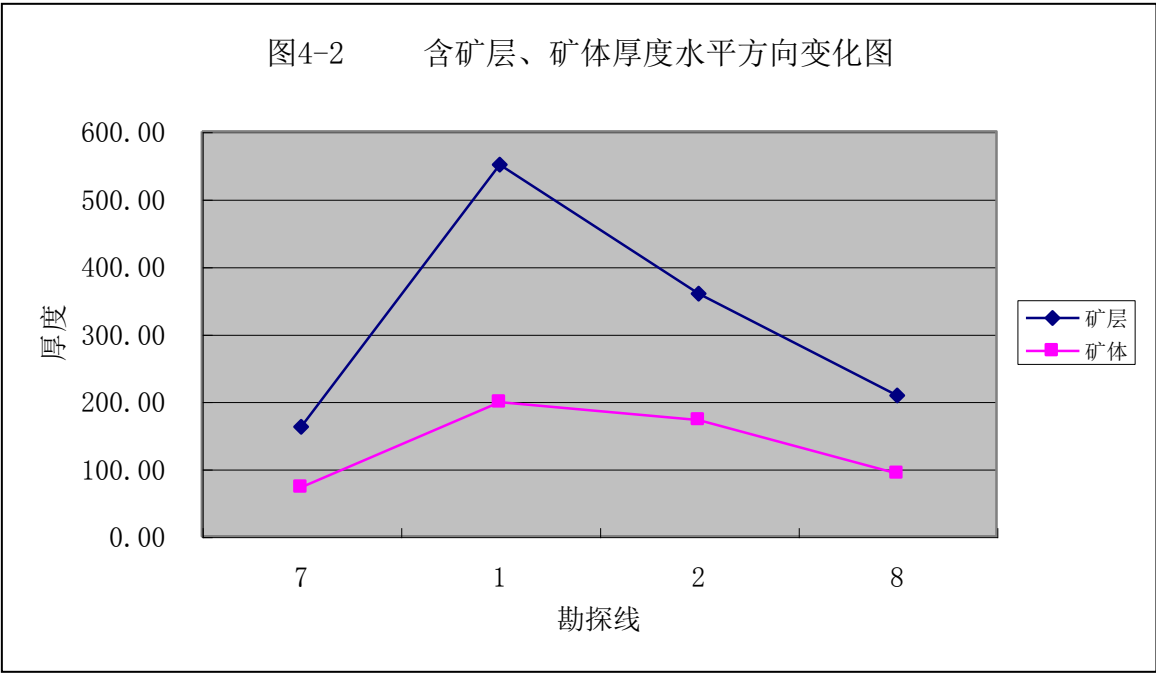


表 4-1

矿层、矿体水平厚度及变化系数表

标高(m)	7 剖面 水平厚度 (m)		1 剖面 水平厚度 (m)		2 剖面 水平厚度 (m)		8 剖面 水平厚度 (m)		标高平均 水平厚度(m)		矿床平均 水平厚度(m)		变化系数表	
	矿层	矿体	矿层	矿体	矿层	矿体	矿层	矿体	矿层	矿体	矿层	矿体	矿层	矿体
100			26		54	32	59	59	46.33	45.50	341.00	134.00	0.580	0.444
50			196	81	127		75	75	132.67	78.00				
0			311	144	193	114	120	86	208.00	114.67				
-50			392	216	450	218	177	92	339.67	175.33				
-100			459	154	467	268	207	89	377.67	170.33				
-150			493	144	470	297	202	78	388.33	173.00				
-200			519	122	437	275	215	75	390.33	157.33				
-250			545	154	414	243	228	81	395.67	159.33				
-300	28		570	191	403	186	231	87	308.00	154.67				
-350	100	43	594	185	392	178	226	91	328.00	124.25				
-400	145	47	617	170	394	170	229	95	346.25	120.50				
-450	172	55	640	187	380	165	232	99	356.00	126.50				
-500	185	74	663	198	375	160	235	104	364.50	134.00				
-550	195	89	687	185	374	152	242	107	374.50	133.25				
-600	196	95	710	193	374	139	249	111	382.25	134.50				
-650	194	79	737	197	375	128	254	110	390.00	128.50				
-700	191	80	761	201	378	125	260	110	397.50	129.00				
-750	189	82	767	202	384	126	262	110	400.50	130.00				
-800	189	82	773	200	390	126	262	110	403.50	129.50				
剖面平均 水平厚度	162.18	72.60	550.53	173.56	359.53	172.33	208.68	93.11						



4.3 矿石质量特征

4.3.1 矿石矿物成分及结构构造

A. 矿石的矿物成分

黑石砬子铁矿床经历过多次地质作用，矿石中矿物组合比较复杂。在显微镜下，经过大量的光薄片观察研究，铁矿石中发现有十几种矿物，分别属于氧化物、氢氧化物、碳酸盐、硅酸盐、硫化物等五大类。按其生成环境可分为原生及次生两大类，各类矿物组合特点列表（表 4-2）如下：

表 4-2 铁矿石中矿物类型及组合

各种类型	原生矿物	次生氧化矿物
氧化物	磁铁矿、石英、镜铁矿	假象赤铁矿
碳酸盐	菱铁矿、铁白云石、方解石	
氢氧化物		褐铁矿（针铁矿、水针铁矿、粘土矿物等）
硅酸盐	透闪石、电气石、绿泥石	
硫化物	磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿	

B. 矿石的结构构造

矿石经历了多期次的变形变质作用的改造，形成了多种多样的结构构造类型，大致可划分出如下几种类型：

矿石构造：大致可分为条带状、条纹状、隐条纹状、皱纹状、小揉皱状、块状、角砾状及细脉状、石香肠状等构造，以条带状为主，其次为角砾状及小揉皱状。

按其条带宽窄分为粗条带 $>5\text{mm}$ ；中条带 $2\sim5\text{mm}$ ；细条带 $(1\sim2\text{mm})$ 。条带由黑白相间的铁质条带及硅质条带组成，黑色条带主要由铁矿物及少量的碳酸盐矿物、石英组成；白色条带主要由石英和少量铁矿物、透闪石、绿泥石及碳酸盐矿物组成。局部受构造作用及热液活动铁质迁移富化形成了富铁条带，贫化部位形成了富硅质条带。角砾状构造与脆性变形作用有关，铁矿石破碎成大小不等的角砾状。矿石中小揉皱构造也比较发育，受塑性变形作用原生条带已全部发生改变，被新生叶理构造置换，个别地段还保留有片内无根褶皱构造。铁矿物在塑性变形过程中发生迁移流失，贫化富集现象明显。并有后期热液作用的叠加，碳酸盐化比较强烈，沿裂隙充填形成不规则的细脉状或网脉状。

矿石结构：矿石结构有自形半自形结构和它形粒状结构、残斑碎裂结构、交代假象及交代残余结构、纤维粒状变晶结构。

自形半自形结构和它形粒状结构，是指磁铁矿和石英在矿石中受变质重结晶作用呈自形半自形粒状和它形粒状变晶，还有的是变形后重结晶产物，按其粒径大小分为粗粒、中粒、细粒状三种，在矿石内以中、细粒为主。

残斑碎裂结构，是受构造挤压作用影响使粗粒铁矿物呈残斑状并且被细粒化碎晶围绕，残斑体内常发育有不规则裂纹，其内有碳酸盐矿物及绿泥石充填。

交代假象及交代残余结构，此种结构是受氧化作用影响，磁铁矿全部被赤铁矿替代呈磁铁矿假象，或磁铁矿被赤铁矿不完全交代，晶体中还残留有磁铁矿。

纤维粒状变晶结构，是指透闪石呈针状及束状集合体与磁铁矿及石英共生构成。

4.3.2 矿石中有用矿物含量、粒度及嵌布方式

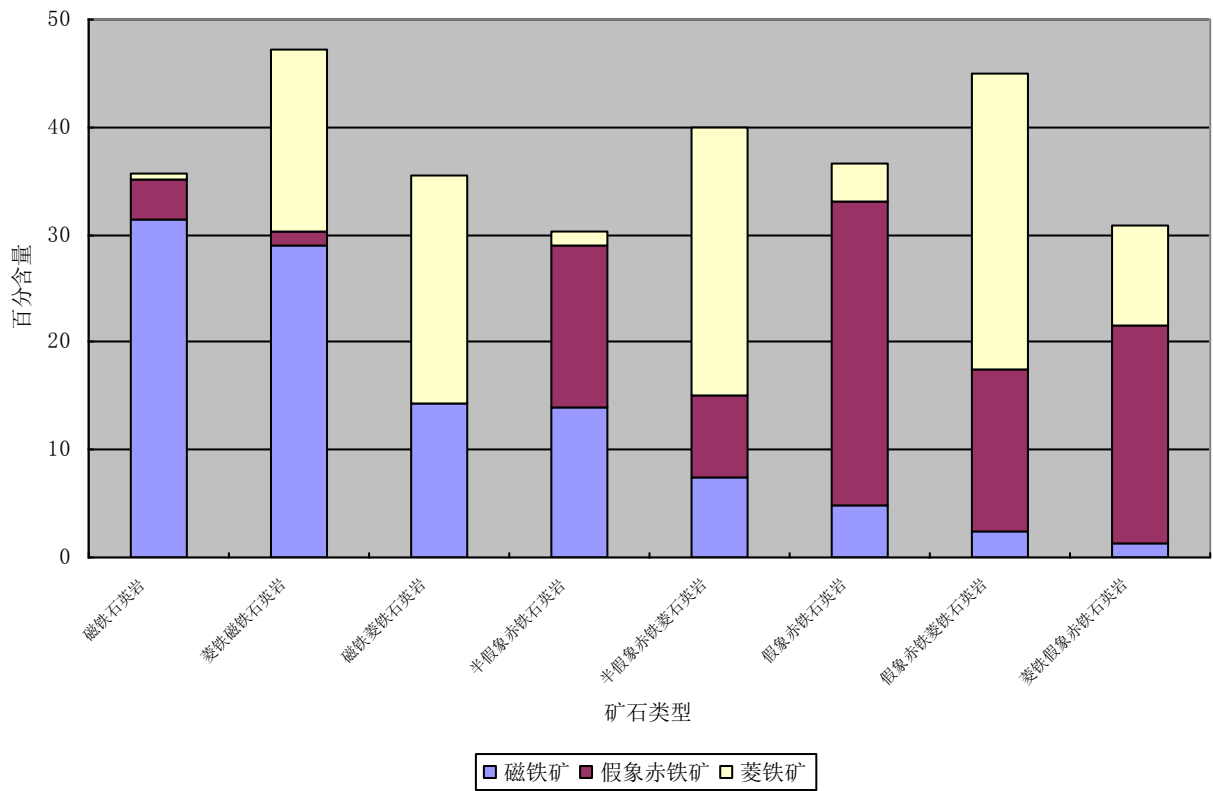
A. 矿石中有用矿物含量

在矿体不同部位分别采集了矿石样品，经显微镜下观察主要含铁矿物有：磁铁矿、假象赤铁矿、菱铁矿、铁白云石等，其中可供工业利用的矿物为磁铁矿及假象赤铁矿。并且采取了 ZK410 钻孔的矿芯标本对铁矿层中矿物成分及含量在显微镜下采用目估法进行了统计，其结果详见图 4-3。

从图上根据显微镜下所统计的各种矿物体积百分含量数据，明显的可以看出有如下几方面特点：1、磁铁矿除了有部分被氧化形成假象赤铁矿外，大多数含量变化在 $20\sim40\%$ 之间，局部因受构造作用及热液活动影响出现贫化富集现象，磁铁矿含量最高可达

55%，形成磁铁富矿，相对贫化部位由于失铁形成石英岩，这种贫化作用对铁矿石质量有一定的影响；2、局部菱铁矿含量相对较高。

图4-3 各种类型矿石中铁矿物含量变化



B. 铁矿物粒度

测定粒度样品是按照不同矿石类型在各钻孔中采集，共对 76 件样品进行了粒度测定。测定了铁矿物及石英两种矿物，测定方法是在显微镜下利用线段法（直线法）测量，测定结果详见表 4-3、图 4-4。

假象赤铁石英岩 粒度测定样品共计 44 件，从表上统计的结果看，铁矿物粒度多变化在 74~295 μ m 之间，最粗大于 823 μ m，最细小于 10 μ m，平均为 88.79 μ m。石英粒度多变化在 43~208 μ m 之间，最粗大于 823 μ m，最细小于 10 μ m，平均粒度为 65.66 μ m。铁矿物大于 74 μ m 的占 76.79%，小于 74 μ m 占 23.21%。石英大于 74 μ m 占 52.30%，小于 74 μ m 占 47.70%。

磁铁石英岩 粒度测定样品共计 32 件，从统计结果看，铁矿物粒度多变化在 56~295 μ m 之间，最粗大于 823 μ m，最细小于 10 μ m，平均为 67.17 μ m。石英粒度多变化在 43~147 μ m 之间，最粗大于 823 μ m，最细小于 10 μ m，平均粒度为 60 μ m。铁矿物大于 74 μ m 的占 66.91%，小于 74 μ m 占 33.09%。石英大于 74 μ m 占 57.81%，小于 74

$\mu\text{ m}$ 占 42.19%。

从图 4-4 上可见，铁矿物和石英矿物粒度不均匀分布，统计结果符合对数正态分布。从两种铁矿类型铁矿物正累积曲线看，含量大于 50%所对应的粒度分别是：在磁铁石英岩中铁矿物接近 $104\mu\text{ m}$ ；假象赤铁石英岩中铁矿物接近 $147\mu\text{ m}$ ，两种矿石类型铁矿物粒度都明显偏于粗端。石英正累积含量达到 50%所对应的粒度无论是磁铁石英岩或是假象赤铁石英岩均接近 $74\mu\text{ m}$ ，表明石英粒度比铁矿物稍偏细。

图4-4 铁矿石矿物粒度统计结果图

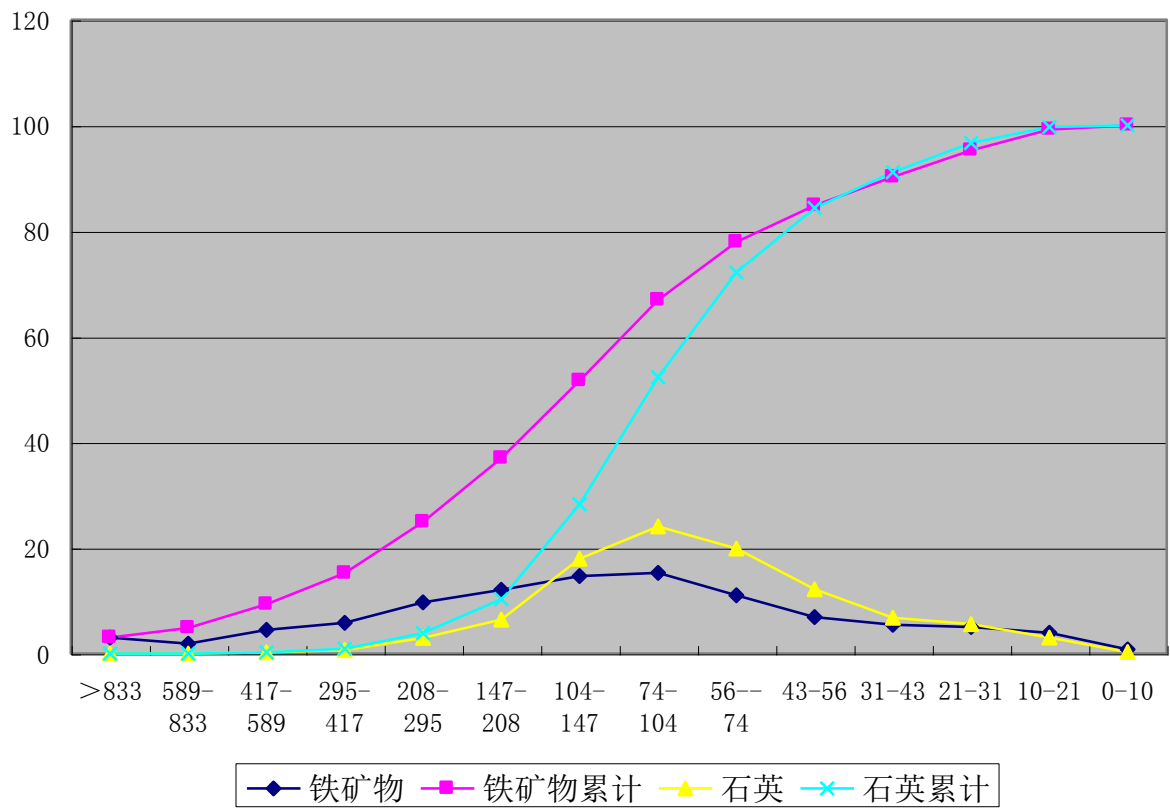


表 4-3

黑石砬子铁矿矿物粒度统计表

矿石类型	矿物名称	粒度分级及各粒级体积含量 (%)														平均粒度 (μm)
		0--10	10--21	21--31	31--43	43--56	56--74	74--104	104--147	147--208	208--295	295--417	417--589	589--833	>833	
Fep	铁矿物	0.81	3.92	5.03	5.43	6.89	11.01	15.26	14.69	12.06	9.71	5.84	4.48	1.87	3.01	67.17
Fep	石英	0.30	3.03	5.56	6.77	12.17	19.87	24.05	17.97	6.40	2.96	0.65	0.27	0.00	0.00	60.00
Fehp	铁矿物	0.55	2.66	3.30	3.78	5.04	7.87	11.79	13.25	10.54	10.33	7.57	7.01	5.89	10.41	88.79
Fehp	石英	0.25	2.53	4.58	6.02	11.72	17.09	23.11	16.45	8.95	5.43	2.05	0.81	0.48	0.54	65.66
Fep 铁各粒级累计含量		100.00	99.19	95.28	90.24	84.81	77.92	66.91	51.65	36.96	24.91	15.20	9.36	4.88	3.01	
Fep 石英各粒级累计含量		100.00	99.70	96.67	91.12	84.35	72.17	52.30	28.25	10.28	3.88	0.92	0.27	0.00	0.00	
Fehp 铁各粒级累计含量		100.00	99.45	96.79	93.49	89.71	84.67	76.79	65.00	51.75	41.21	30.88	23.31	16.30	10.41	
Fehp 石英各粒级累计含量		100.00	99.75	97.22	92.64	86.62	74.90	57.81	34.70	18.26	9.31	3.88	1.82	1.01	0.54	

C. 矿石中有用矿物的嵌布

目前发现本区可供工业利用的矿物主要为磁铁矿及假象赤铁矿，在矿石中主要呈条带状嵌布，根据条带内的铁矿物含量多少划分为：富铁条带、贫铁条带、含铁条带、石英条带等四种类型，详见表 4-4。

表 4-4 铁矿石中条带类型表

条带类型	铁矿含量 (%)	石英及其它矿物的含量 (%)
富铁条带	> 45	<55
贫铁条带	20--45	55--80
含铁条带	5--20	80--95
石英条带	<5	>95

在矿石中四种条带类型分布比较普遍，一般宽度在 1~5mm 之间，最宽可达 10mm 以上，条带宽窄不一，具有膨胀收缩，分支复合现象。根据铁矿物在各种条带中的分布特性、稠密程度等嵌布特征，可划分为致密块状、稠密浸染状、稀疏浸染状及星散状等。在富铁条带中铁矿物相互紧密连晶组成致密块状；贫铁条带中以单晶或多晶连生形式呈稠密浸染状；含铁条带以不等粒单晶或多晶及包晶形式呈稀疏浸染及星散状嵌布。各种条带类型与嵌布形式之间相互关系列表如下（表 4-5）：

表 4-5 条带类型及铁矿物的嵌布关系表

条带类型	富铁条带	贫铁条带	含铁条带 及石英条带
嵌布形式	连晶状	嵌晶状	包晶状
铁矿物与脉石之间镶嵌关系	呈不等粒状毗连镶嵌，接触界面参差不齐。	呈不等粒毗连镶嵌，接触界面圆滑平整。	呈细粒包裹在石英晶体中，形成包裹嵌布。
铁矿物晶体形态	呈自形、半自形及它形粒状多晶粒结集体。	呈自形及半自形晶粒状。	呈细粒状。

从表上可以看出上述三种含铁条带类型富铁条带及贫铁条带中铁矿物较容易解离，含铁条带中由于铁矿物粒度细呈包晶状嵌布在石英晶体中解离度会较差。据统计在铁矿石中，磁铁矿及假象赤铁矿晶粒嵌布形式以连晶及嵌晶状态出现为主，呈包晶嵌布状态较少。从矿石统计结果看，磁铁石英岩中呈包晶嵌布的铁矿物平均占 4.73%；假象赤铁石英岩平均占 3.21%。

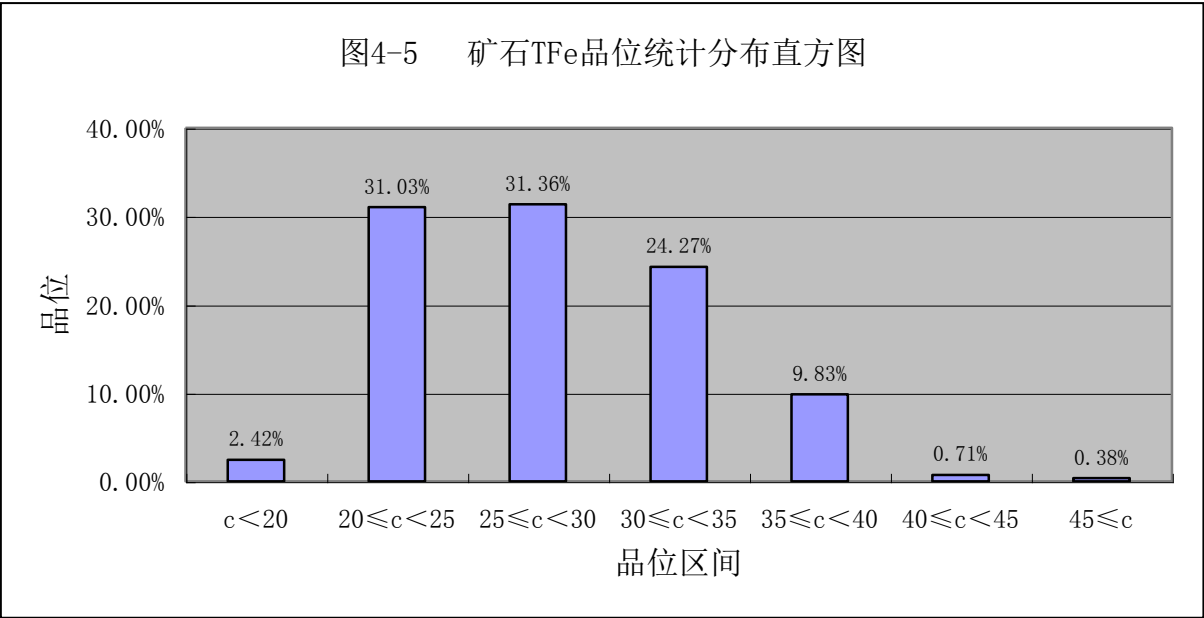
4.3.3 矿石的化学成分

在全矿床 3990 件样品中，其中 1821 件样品参加了本次矿量计算，对全铁（TFe）、氧化铁（FeO）、碳酸铁（cFe）和硅酸铁（siFe）含量变化进行了统计。

A、全铁（TFe）和碳酸铁（cFe）含量变化特征

本区铁矿石中化学成分主要以氧化物为主，铁主要赋存在氧化矿物（磁铁矿、假象赤铁矿以及少量的赤铁矿）中，其次为碳酸盐矿物（菱铁矿、铁白云石），硅酸盐矿物（绿泥石、透闪石）、硫化物（磁黄铁矿、黄铁矿）、氢氧化物（褐铁矿及粘土矿物）等。因此，本区铁矿石化学成分符合鞍山式贫铁矿石成分相对简单的特征。

矿石中 TFe 品位一般在 20~35%之间，全区平均 28.23%；FeO 一般在 10~17%之间，平均 14.28%；cFe 一般在 1~8%之间，个别高达 20%以上，平均 6.14%；siFe 一般在 3%以下，极个别达 7~8%，平均 0.90%；矿石平均品位 TFe30.07%、FeO15.57%、cFe6.48%、siFe0.86%。其中假象赤铁贫矿平均品位 TFe29.41%、FeO13.88%、cFe6.50%、siFe1.04%；磁铁贫矿平均品位 TFe31.32%、FeO18.76%、cFe6.46%、siFe0.52%；低品位矿石平均品位 TFe22.45%、FeO10.25%、cFe5.08%、siFe1.00%，其中假象赤铁低品位矿平均品位 TFe22.49%、FeO10.02%、cFe5.22%、siFe1.00%，磁铁低品位矿平均品位 TFe21.97%、FeO13.18%、cFe3.21%、siFe0.92%。



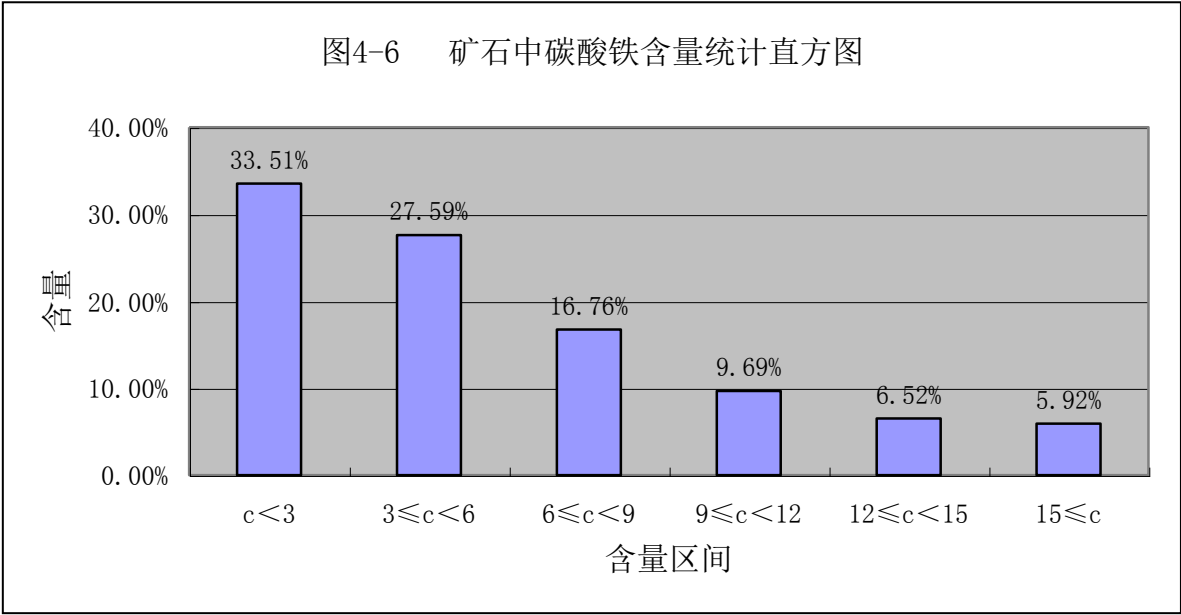


表 4-6 铁矿石中（TFe）含量统计结果表

区间	$c < 20$	$20 \leq c < 25$	$25 \leq c < 30$	$30 \leq c < 35$	$35 \leq c < 40$	$40 \leq c < 45$	$45 \leq c$	总计
频数	44	565	571	442	179	13	7	1821 件
百分含量	2.42%	31.03%	31.36%	24.27%	9.83%	0.71%	0.38%	100%

统计结果表明，铁矿石中全铁含量在 20~40%区间内有 1757 件样品，占样品总数的 96.49%；其中含量在 20~25%样品数量有 565 件，占 31.03%；含量在 25~40%之间的样品数量有 1192 件，占 65.46%。品位小于 20%和大于 45%的样品很少。表明本矿床以贫铁矿石为主。

表 4-7 铁矿石中（cFe）含量统计结果表

区间	$c < 3$	$3 \leq c < 6$	$6 \leq c < 9$	$9 \leq c < 12$	$12 \leq c < 15$	$15 \leq c$	合计
频数	560	461	280	162	109	99	1671
百分含量	33.51%	27.59%	16.76%	9.69%	6.52%	5.92%	100.00%

碳酸铁在铁矿石中普遍存在，集中分布在 1~9%的区间内，其中含量小于 3%的样品数量有 560 件，占总件数的 33.51%；含量在 3~9%之间的样品数量有 741 件，占 44.34%；大于 9%的样品数量有 370 件，占 22.14%。

B、矿石品位沿走向方向含量变化特征

从图 4-7 中可以看出：TFe 和 siFe 含量在走向上变化不大，曲线表现平稳；FeO 和

cFe 曲线相似，呈正相关，7~1 线和 4~8 线之间含量相对较高，1~2 线之间含量相对较低。

表 4-8 矿床走向方向品位变化表

剖面号	各剖面平均值 (%)			
	TFe	FeO	cFe	siFe
7	27.17	14.88	7.43	0.87
3	28.23	14.52	10.23	2.20
1	27.87	14.75	5.50	0.73
0	26.62	11.73	3.98	0.75
2	27.90	13.02	5.70	0.99
4	26.88	15.18	9.82	2.55
6	28.87	15.67	8.77	0.48
8	26.37	15.05	8.41	0.77

C、矿石品位沿垂直方向含量变化特征

矿石品位沿垂直方向含量变化统计见表 4-9。

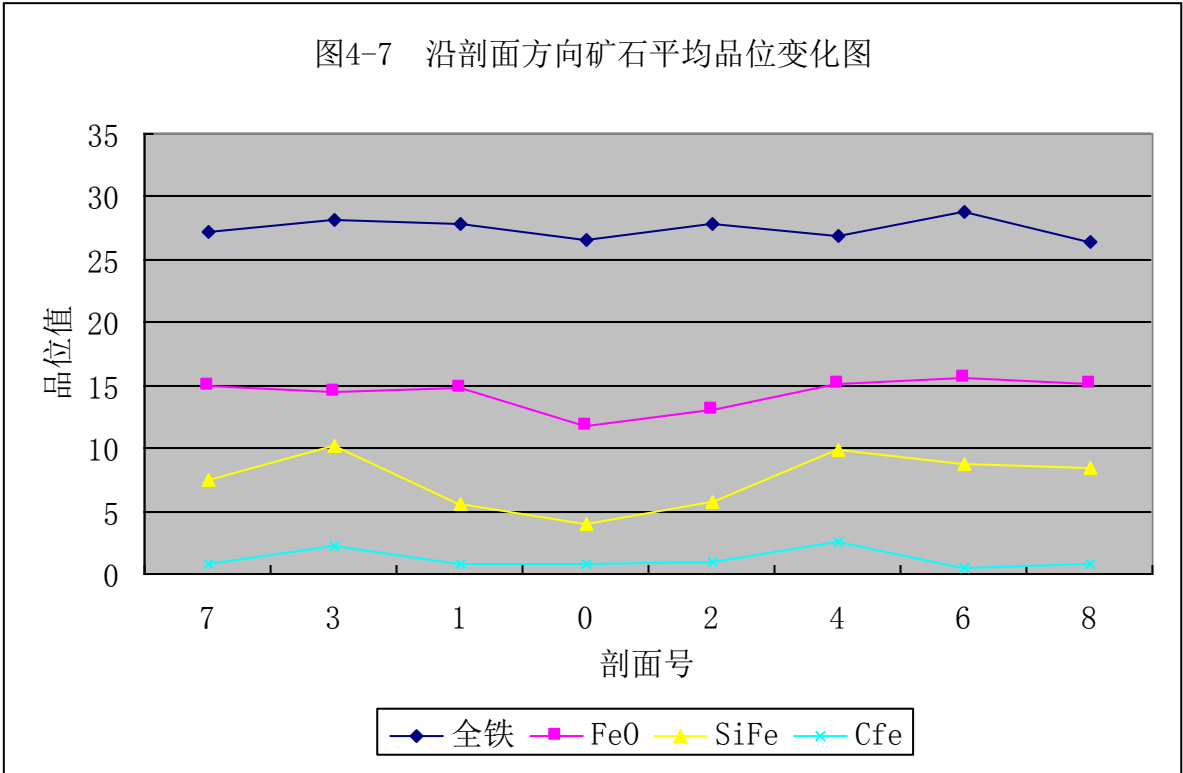
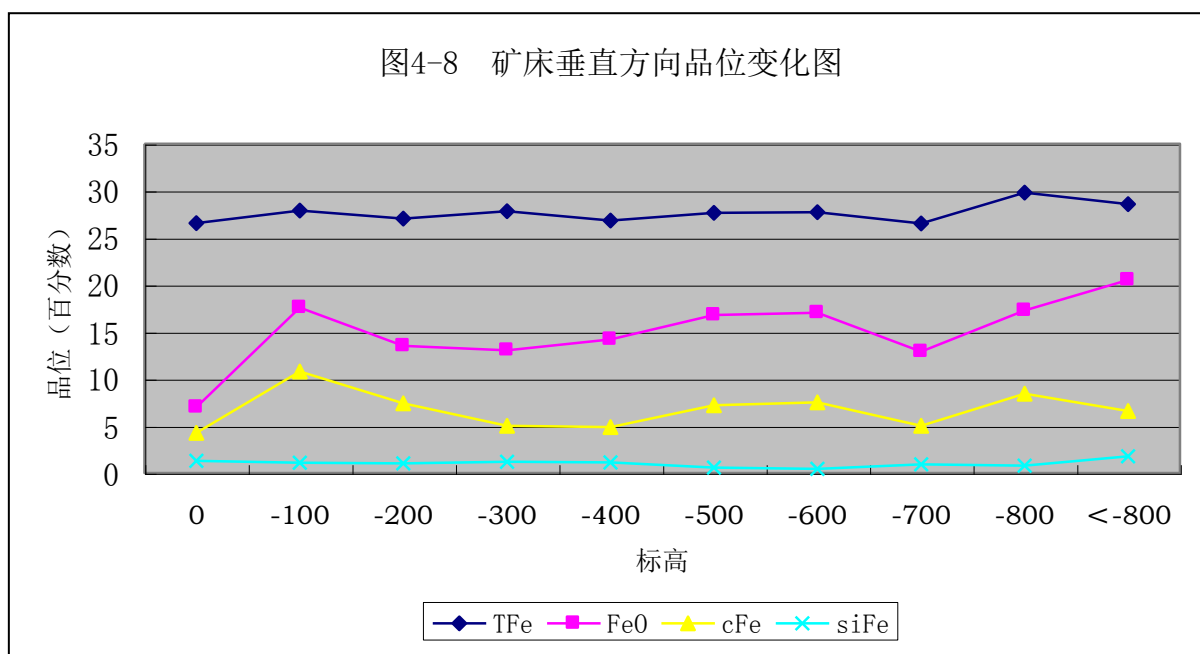


表 4-9

矿床垂直方向品位变化表

标高 (m)	不同标高平均值 (%)			
	TFe	FeO	cFe	siFe
100~0	26.55	6.99	4.27	1.31
0~-100	27.91	17.58	10.79	1.08
-100~-200	27.03	13.51	7.41	1.02
-200~-300	27.83	13.04	5.01	1.19
-300~-400	26.85	14.22	4.87	1.14
-400~-500	27.67	16.79	7.21	0.58
-500~-600	27.71	17.04	7.52	0.44
-600~-700	26.52	12.90	5.03	0.93
-700~-800	29.81	17.28	8.45	0.80
<-800	28.57	20.51	6.60	1.78

从矿床垂直方向品位变化图可以看出, TFe 和 siFe 纵向上变化不大; FeO 随着标高降低含量有增高的趋势; cFe 曲线与 FeO 曲线基本相似, 在 0~-100m 标高间 cFe 含量增高, FeO 也随之增高, 而深部却相反, 说明深部氧化作用较弱; 0~-100mcFe 与 FeO 均增高说明古地下水中 CO₂ 含量较高, 致使氧化作用减弱。



D. 全矿床有害组分含量特征

全矿床 II-1 号矿体由 8 件矿石全分析 (表 3-1) 资料可知, 有害元素, 除 SiO₂ 较高外, 其它均很低, 对矿石质量影响不大。SiO₂ 36.4~70.28%, 平均 50.98%; P 0.066~0.13%, 平均 0.032%; S 0.013~1.353%, 平均 0.141%; Mn 0.016~0.34%, 平均 0.099%。

$(\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 0.05, 小于 0.5, 所以本矿床矿石为酸性矿石。

4.4 矿石类型

自然类型分为三类, 即: 磁铁贫矿、假象赤铁贫矿和含碳酸铁磁铁贫矿。工业类型是以磁性率进行划分, 其工业类型分为磁铁矿和假象赤铁贫矿:

当 $\text{TFe}/\text{FeO} \leq 2.7$ 时为磁铁贫矿石

当 $\text{TFe}/\text{FeO} > 2.7$ 时为假象赤铁贫矿。

当 siFe 、 cFe 含量或二者之和大于 3% 时, 从 TFe 和 FeO 中减去 siFe 、 cFe , 然后再计算磁性率, 确定矿石工业类型。当 FeO 较低时, 磁性率会出现负值, 此时均为假象赤铁贫矿。

对于参加矿量计算的老钻孔, 部分没有化验碳酸铁 (cFe) 和硅酸铁 (siFe), 一律采用 TFe/FeO 计算磁性率。

矿体氧化程度与矿体的厚度、矿体标高有关, 在走向上, 矿体较厚的 1、0、2 线以磁铁贫矿为主, 在矿体较薄的 7、8 线以假象赤铁贫矿为主。在垂向上, 地表至 -100m 标高以假象赤铁贫矿为主, 随着标高的降低磁铁贫矿逐渐增多。

全矿床假象赤铁贫矿占工业矿石总资源量的 65.30%, 磁铁贫矿占 34.70%。

4.5 矿体围岩和夹石

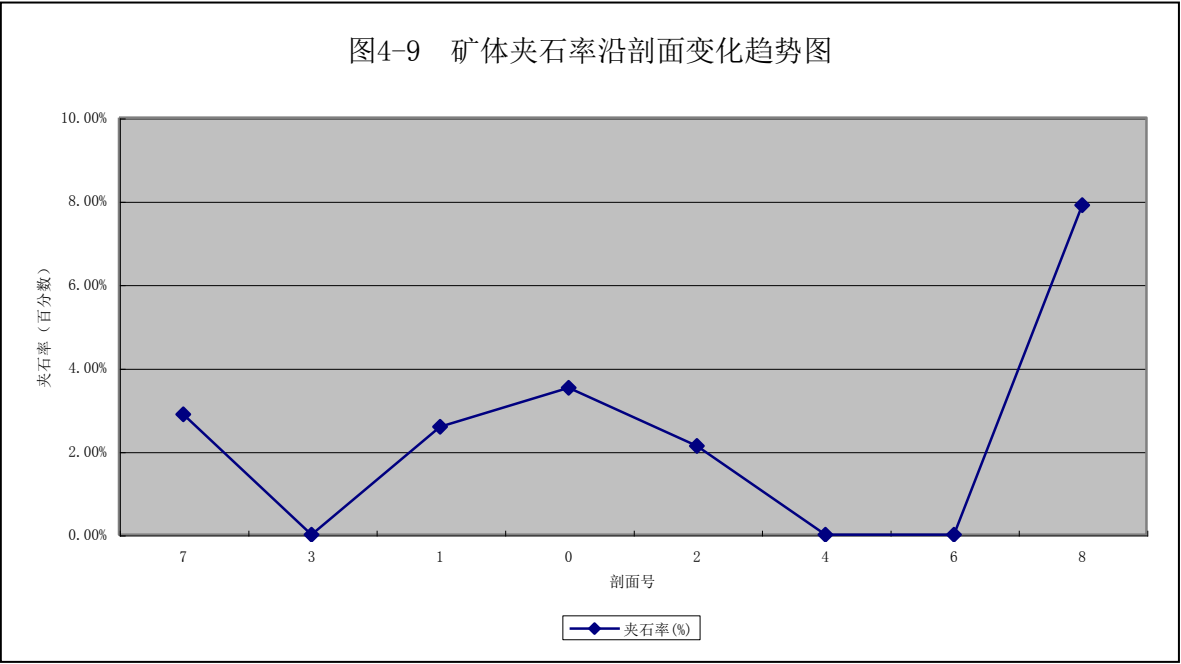
4.5.1 矿体围岩

铁矿体赋存于含铁石英岩中, 含铁石英岩是矿体上下盘直接围岩, 辽河群千枚岩、石英岩及底砾岩不整合覆盖于 F_1 断层北部矿体之上, 也构成直接围岩, 矿体南侧 -100m 标高以上通过 F_2 断层与花岗岩直接接触。在铁矿层与辽河群接触部位常见有底砾岩, 底砾岩均以硅铁质胶结, 岩石稳固性较好。在与花岗岩接触部位的 F_2 断裂带岩石稳固性较差, 断层中破碎强烈, 角砾岩发育, 角砾岩成分为千枚岩、含铁石英岩、花岗岩等。断层中有闪长岩、煌斑岩等脉岩类充填。

4.5.2 矿体中夹石

矿体中夹石有含铁石英岩和绿泥石英片岩两种类型。含铁石英岩与矿体界线不明显, 矿体以基本分析成果圈定。绿泥石英片岩在矿体中呈透镜体形式产出, 厚度不等, 最厚可达 160m。局部含铁石英岩与绿泥石英片岩呈互层状形式出现。从矿床夹石统计数据表明, 全矿床夹石率为 2.85%, 混入矿体中的夹石较低, 表明矿石质量是比较高的,

8 剖面夹石含量最高为 7.90%，其次为 0 剖面为 3.52%。总体上夹石对矿床影响程度较小。



4-10 矿床夹石情况统计表				
剖面号	钻孔控制矿体总长 (m)	夹石总长 (m)	夹石率 (%)	全矿床夹石率 (%)
7	281.28	8.14	2.89%	2.85%
3	255.25	0.00	0.00%	
1	1770.94	45.95	2.59%	
0	1305.55	45.95	3.52%	
2	1613.97	34.44	2.13%	
4	449.64	0.00	0.00%	
6	147.09	0.00	0.00%	
8	629.43	49.75	7.90%	

4.6 矿床成因

本矿床属鞍山式铁矿床，其矿床成因与区域上东鞍山铁矿床、大孤山铁矿床相同，根据本次工作成果，参考区域铁矿资料，总结本矿区矿床成因如下：

本矿床成矿时代为中太古代，岩石化学特点表明，原岩为粘土质岩石及火山凝灰质等，为一套粘土质沉积建造。

矿层与围岩沿走向或倾向均有参差不齐的相变过度关系,反映了浅海相震荡条件下沉积环境。矿石中含铁碳酸盐类矿物与赤铁矿、磁铁矿及石英交互成层组成明显的条带状构造,深部氧化亚铁明显增高,表现了成矿作用过程中氧化还原接近平衡状态是矿体深部出现大量磁铁矿的有利条件。

区域寒岭断裂带长期活动造成了矿体倒转、叠加增厚和分支复合,在与岩体接触带附近,矿体变富以及碳酸铁含量偏高,反映了矿区构造岩浆活动对矿床形成有着明显的后期改造作用。本矿床应属沉积变质改造矿床。

5 矿石加工技术性能

5.1 采样种类、方法及其代表性

为了查明黑石砬子铁矿区铁矿石的选矿加工技术性能,委托鞍钢集团鞍山矿业公司矿山研究所进行了选矿试验,选矿试验样品采自地表和深部机械岩芯钻探的岩芯。把基本分析样品试样加工过程的缩分部分保留作为选矿试样。

a、地表取样

在探槽中在刻槽取样分析成果的基础上,选取厚度大于可采厚度且平均品位大于25%的位置进行取样,取样方法为刻槽采取。分别在 TC406、TC408、TC411、TC412、TC413 和 TC416 号探槽中进行了取样。样品的平均品位采用重量加权方法计算,即用所有单个样品的品位乘以其样品重量之和再除以所有样品重量之和求得。采集样品总重量为 3113kg,全铁平均品位为 29.63%。

b、岩芯取样

分-200m 标高以上和-200m 标高以下按矿石类型分别采取,以留足基本分析试样和副样之后的样品缩分部分,按不同矿石类型组合成试样。

-200m 标高以上样品分别在 SK01、ZK401、ZK 403、ZK 404、ZK 405、ZK 408、ZK 411、ZK 416、ZK 419 钻孔中采取,平均品位以样长加权求得,其中氧化矿石 107 件样品,共计 834.35 kg, T Fe 平均品位 25.66%,原生矿石 55 件样品,共计 420.85kg, T Fe 平均品位 25.55%。

-200m 标高以下样品分别在 ZK401、ZK 403、ZK 404、ZK 405、ZK 408、ZK 411、ZK 413、ZK 416、ZK 416、ZK 417、ZK 427 钻孔中采取,依试验单位要求未分氧化矿石和原生矿石,共计 108 件样品,总重量 999 kg, T Fe 平均品位 28.21%。

从采样分布情况上看,地表样品集中于 0 线以东的探槽中,矿石均为氧化矿石,根据工程控制程度-100m 标高以上矿量很少,因此地表样品试验成果代表性较差。-200m 标高以上样品主要分布于 1~2 勘探线之间,1~2 勘探线为本次勘探的重点,为矿山开采首选有利地段,因此-200m 标高以上样品具有代表性。-200m 标高以下样品在各个勘探线上均有采集,对全矿床深部矿石情况具有代表性。

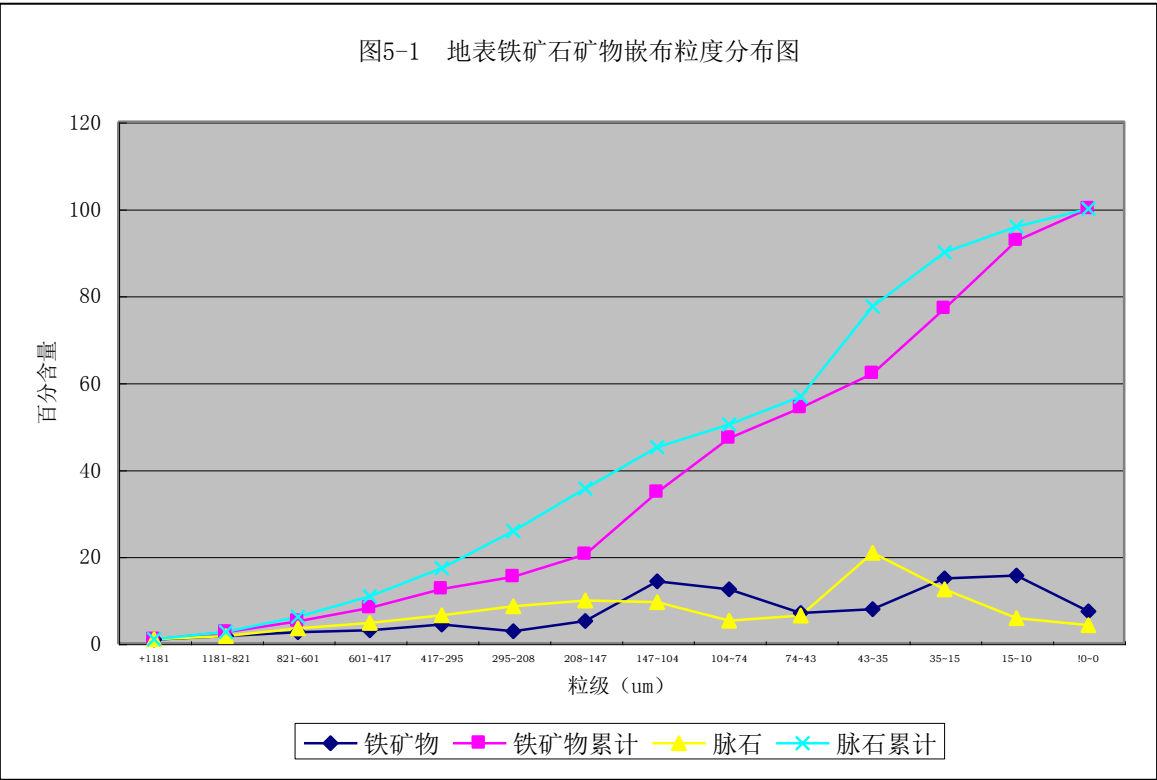
5.2 选矿条件试验

在考虑到将来矿山的开采是由地表向深部逐渐进行的,选矿试验同样按照不同深度分为以下几组进行。1、地表组,2、地表~-200m 标高以上组,3、-200m~-700m 标高组,4、-700m 以下组,分别进行了矿石矿物嵌布粒度测定、矿石可磨性试验、各

种方法的选别试验和选矿条件试验等。

5.2.1 地表样品的试验

地表铁矿石以假象赤铁石英岩为主，同时含有 0~5%的磁铁矿和 0~5%的菱铁矿，脉石矿物主要为石英，铁矿物的嵌布粒度平均 36.45μ m，脉石嵌布粒度平均 52.11μ m，铁矿物在 10~35μ m 和 75~147μ m 间呈双峰分布。如下图。



物相分析和多元素分析结果显示，地表矿石为氧化矿石，具有高硅和低硫磷的特点。将矿石样品破碎至 0~2mm 之后，分别磨至粒度为-200 目 57.51%，67.94%，82.32%，95.53%。进行粒度分析和单体解离度测定，综合测定结果见表 5-1。随着磨矿粒度的变细，矿物的单体解离度都逐渐增加，但单体解离度有点偏低，属细粒嵌布矿石。

表 5-1 铁矿物、脉石矿物解离度测定结果表

序号	—200 目粒度	铁矿物解离度	脉石解离度	备注
1	57.51%	48.51%	38.77%	
2	67.94%	56.54%	39.25%	
3	82.32%	62.67%	44.22	
4	95.53%	73.91%	47.89%	

地表矿石以赤铁矿和假象赤铁矿为主，含有极少量的磁铁矿，采用单一磁选不适合该矿石的性质，又考虑到矿石嵌布粒度细，所以采用适合于贫细粒赤铁矿石的反浮选工艺进行选矿试验。

通过对不同电流的强磁选条件试验，综合考虑把电流为 500A 时的强磁选精矿（品位为 37.50%，产率为 68.26%）作为反浮选的入选条件，通过对捕收剂 RA715 的药剂量、PH 值调节剂（NaOH）和活化剂（CaO）等用量进行比较试验，确定最佳药剂用量进行综合试验。综合试验的数质量流程图如图 5-2。

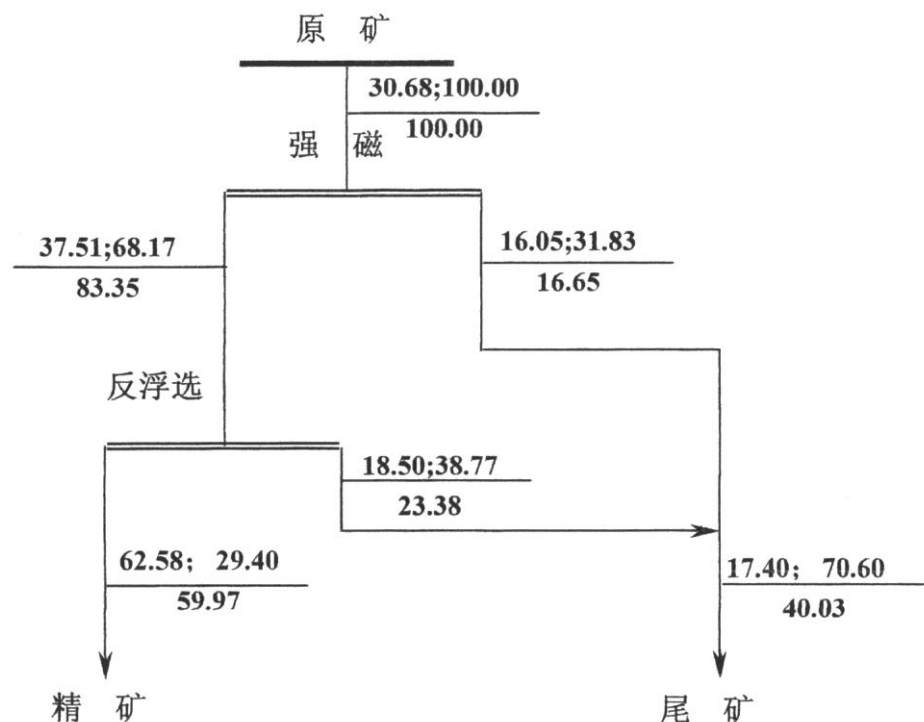


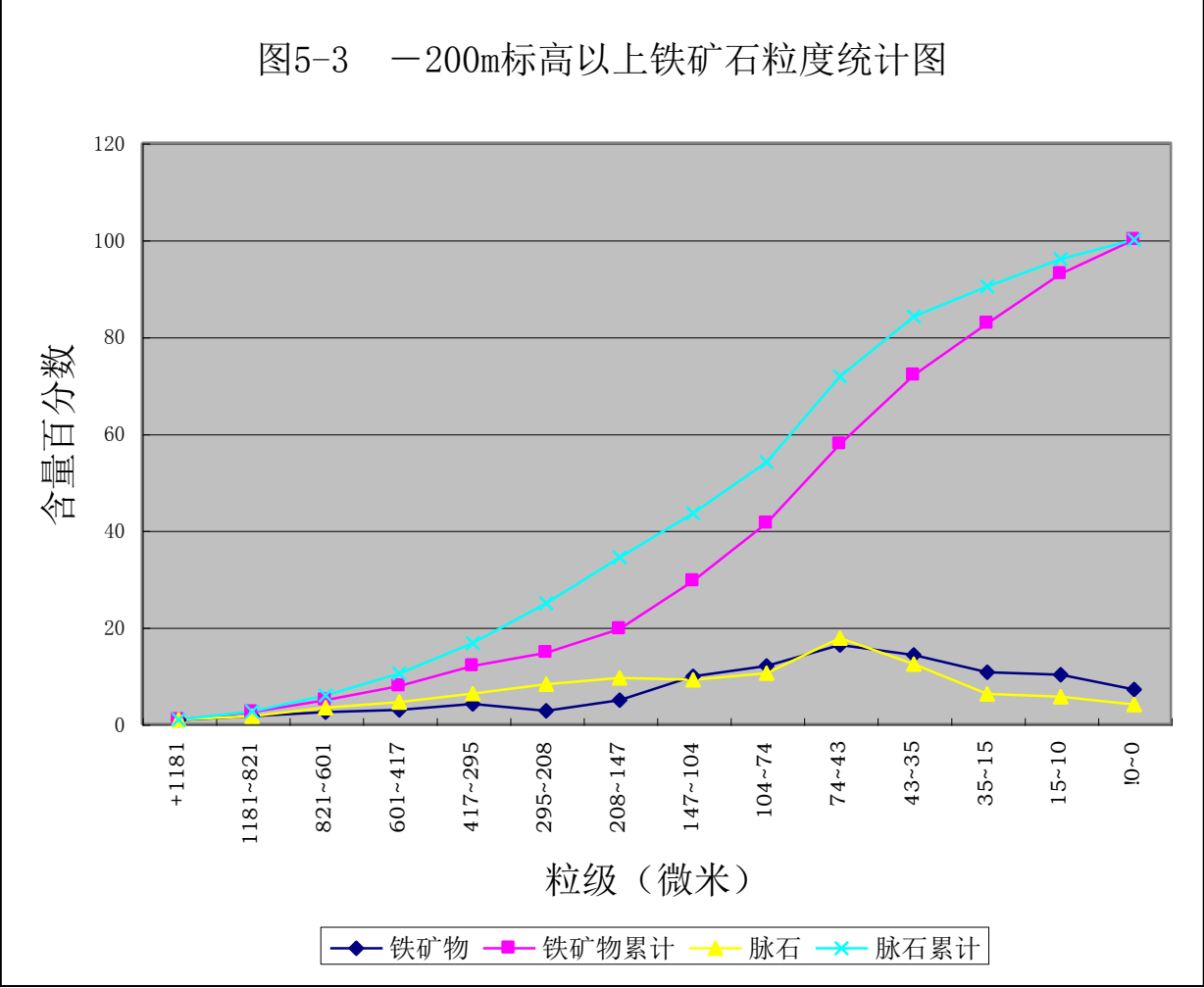
图 5-2 地表矿石数质量流程图

经过连续磨矿后，进行强磁选别，强磁选精矿进行反浮选获得最终精矿。在原矿品位为 30.68%，磨矿粒度为-200 目 93.5%的情况下，试验结果为精矿品位 62.58%，精矿产率 29.40%，精矿回收率 59.97%，尾矿品位 17.40%，总的来看精矿品位偏低，尾矿品位偏高。原因是矿石嵌布粒度较细，部分铁矿物在给定的磨矿粒度下仍然没有完全分离和碳酸铁含量偏高等原因造成的。

5.2.2 -200m 以上矿石选矿试验研究

-200m 标高以上的矿体是矿山将来首采地段，作为本次选矿试验的重点，主要矿石类型有假象赤铁石英岩、含菱铁矿假象赤铁石英岩、磁铁假象赤铁石英岩、含菱铁磁铁假象赤铁石英岩、磁铁石英岩等，铁矿物主要有假象赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿和铁白

云石等，在不同矿石类型中含量各不相同，通过物相分析可知，全铁品位为 24.87%，其中工业可利用部分为 19.27%，其中磁铁矿中的铁为 13.40%，赤铁矿中的铁为 4.77%，假象赤铁矿中的铁为 1.10%，非工业可用铁为 6.70%，矿石中矿物嵌布粒度分布测定结果，见图 5-3。铁矿物的嵌布粒度平均 44.17 μ m，脉石嵌布粒度平均 66.82 μ m，其分布为复杂的单峰分布，峰值分别在 56 μ m 和 76 μ m。其嵌布粒度特征接近于东鞍山铁矿矿石，结构构造与东鞍山铁矿矿石接近，但其碳酸铁赋存状态比较复杂，矿体形态及矿物共生关系比较特殊。

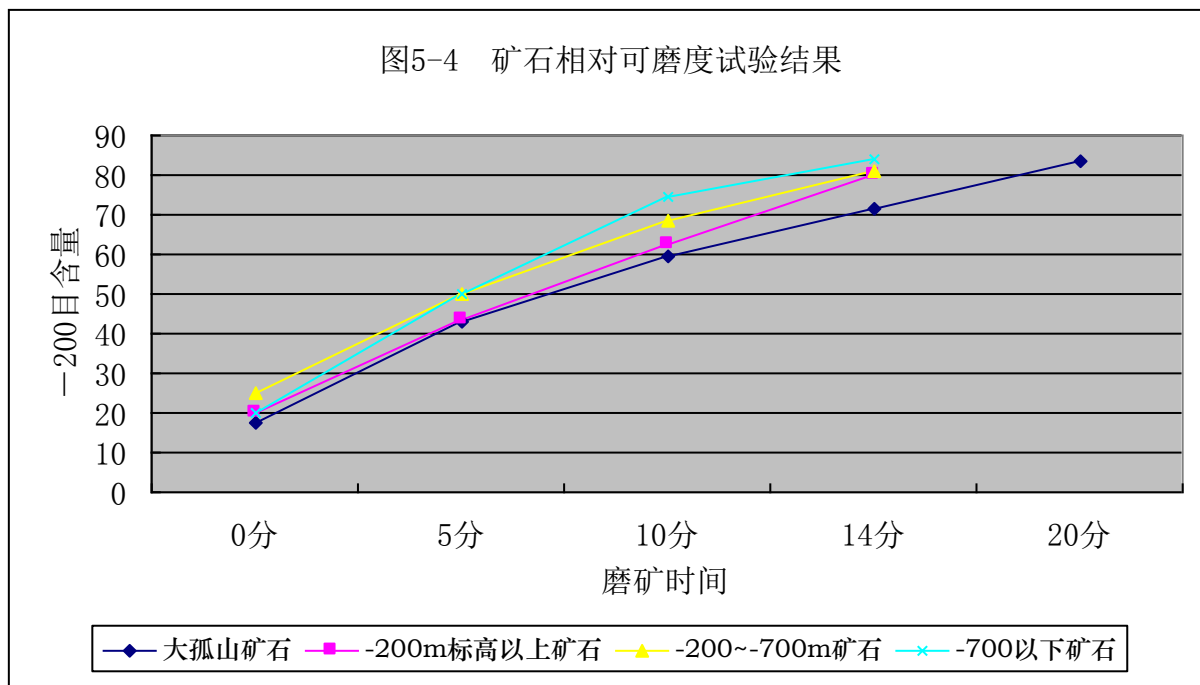


通过对钻孔岩芯采取的选矿试验样品的大量磁选管试验，数据表明磁选管选出精矿品位平均为 59.22%，平均精矿产率 25%，平均尾矿品位 13.63%，就矿石的可选性来说，精矿产率偏低，尾矿品位偏高。

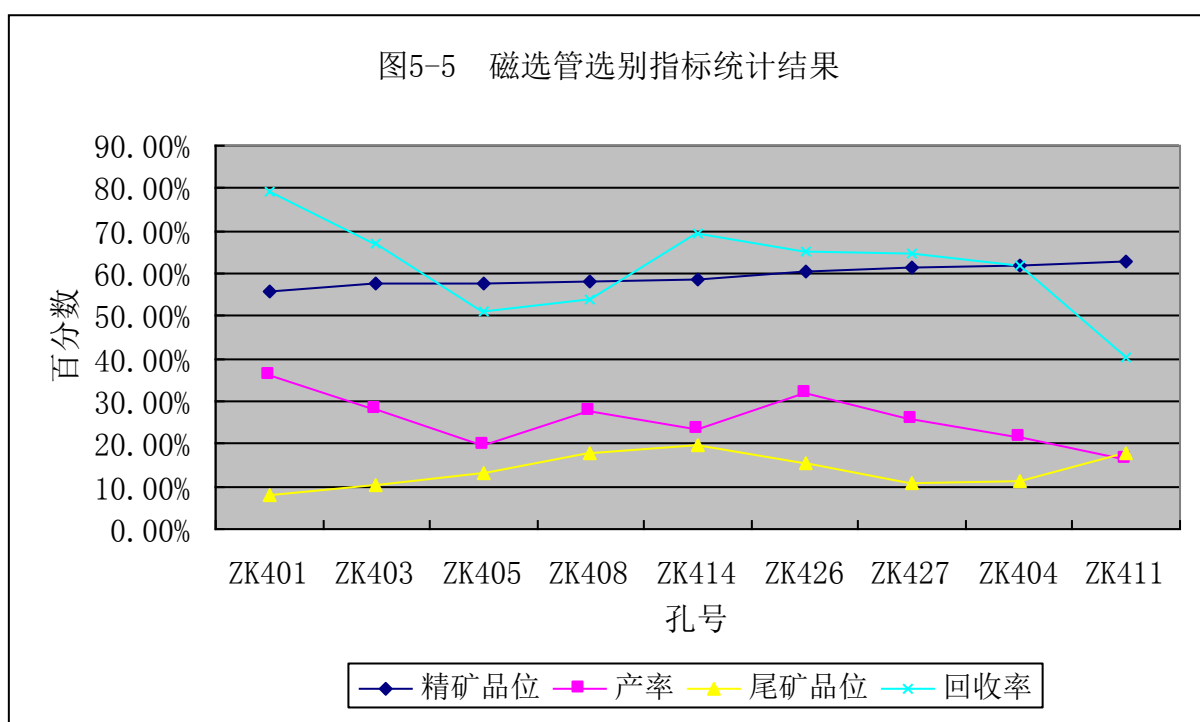
按照不同标高和不同钻孔的单个样品的选别结果分析，精矿品位变化幅度相对较小，在 55.69%~62.76%之间，精矿产率变化幅度较大，在 16.65%~36.00%之间，横向和纵向比较，没有规律性，说明从选矿性能上，矿体复杂，磁性和非磁性矿石交替产出，很难单独按工业类型分层开采，只能从整个矿体考虑，以全部样品混合配成综合矿石样

品，进行研究。

取矿石样品进行实验室干式球磨机进行磨矿试验，测定不同磨矿时间产品的-200目含量，并以大孤山铁矿的试样进行对比，进行相对可磨度试验，结果见图 5-4，表明矿石可磨度相对稍好于大孤山铁矿的矿石。



从上图可以看出，黑石砬子铁矿磨矿试样的四个矿样在进行 14 分钟磨矿之后-200 目矿粉含量均大于 80%，矿石的可磨度好于大孤山铁矿矿石。



5.2.3 -200m 以下矿石选矿试验

针对-200m 以下矿石分为-700m 以上和-700 以下两组进行，通过磁选管分别进行了可选性分析。

-200~-700m 深部岩芯试样的磁选管试验表明，在平均品位为 29.03%的情况下，精矿品位为 57.63%，精矿产率达到 34.73%。-700m 以下矿石的磁选管试验表明在矿样粒度-200 目 88.50%时，精矿品位 59.80%，精矿产率 48.70%，尾矿品位为 10.38%，而大孤山矿石在粒度-200 目 90%时，精矿品位 60.77%，精矿产率 40.50%，尾矿品位 10.01%。表明黑石砬子铁矿深部矿样的可选性与大孤山铁矿相近。

可磨性试验结果见图 5-4，试验结果表明黑石砬子铁矿矿石的可磨性稍好于大孤山铁矿石，在磨矿时间为 14 分钟时，-200 目粒度基本达到 80%以上，好于大孤山矿的 71.39%。

5.3 实验室联选试验

根据矿石选矿性质的不同，不同磨矿粒度下单体解离度测定和磁选管试验结果，以及各种条件下选矿试验结果，确定采用以下两种工艺流程进行实验室连选试验。

表 5-2 试验所用设备和技术参数表

序号	作业	设备	备注
1	一次磨矿	Φ 420mm×450mm 球磨机	2 台
2	一次磨矿分级	Φ 150mm 螺旋分级机	2 台
3	粗粒	Φ 50mm 旋流器	
4	脱磁	50Hz 脱磁器	
5	弱磁选	Φ 400mm×300mm 鼓形湿式磁选机	
6	扫中磁	Φ 750mm 立环中磁机	
7	脱水槽	Φ 500 脱水槽	
8	重选	Φ 300mmΦ 400mm 螺旋溜槽	
9	二次磨矿	Φ 420mm×600mm 球磨机	
10	二次磨矿分级	Φ 150mm 螺旋分级机	
11	细筛	200mm×300mm	筛孔 0.2mm

5.3.1 连续磨矿粗细分级，重一磁一中矿再磨工艺

连续磨矿粗细分级，重一磁一中矿再磨工艺的工艺流程为：一次球磨机与螺旋分级

机构成闭路磨矿，一次磨矿粒度控制在-200 目 65%~70%，经过Φ 50mm 粗细分级旋流器分级后，粗粒经过两段螺旋溜槽选别后，精螺旋精矿为重选精矿，精螺中矿自循环，粗螺尾矿经扫中磁后，抛入尾矿后，扫中磁精与精螺尾矿成为粗粒部分的中矿，细粒经一段脱水槽、一段弱磁机抛尾后，精矿进入细筛，细筛筛下为细粒精矿，与重精合并为最终精矿，细筛筛上与精螺尾、扫中磁精构成中矿，中矿给入再磨，再磨排矿返回到粗细分级，脱水槽尾矿、弱磁机尾矿、扫中磁尾矿合并为最终尾矿。

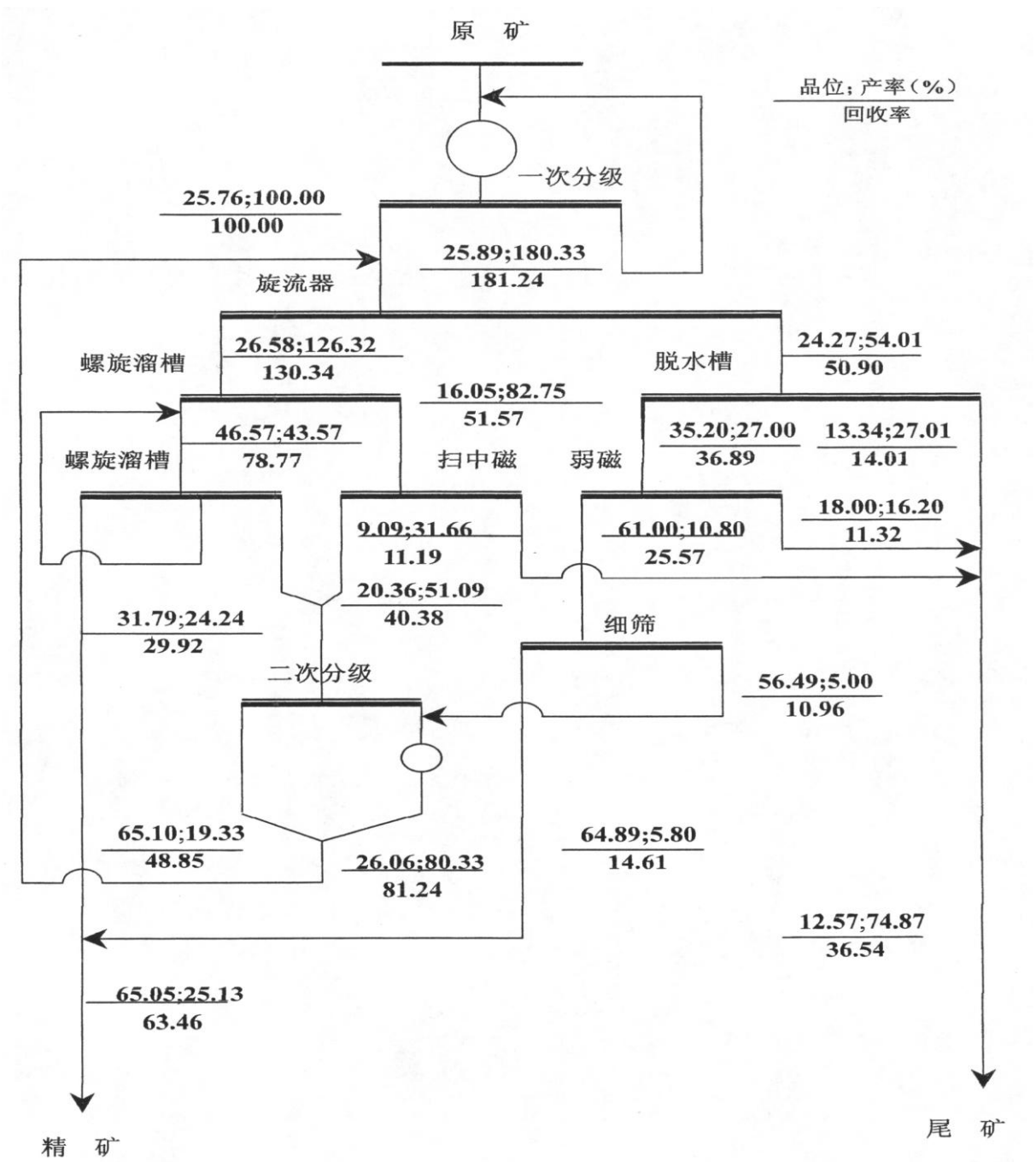


图 12 连选试验数质量流程图

图 5-6 连选试验数质量流程图

联选试验所采用设备见设备明细表（表 5-2），连选试验待流程运行平稳后取样，按

照试验平均指标计算的数质量流程（图 5-6），采用连续磨矿粗细分级，重—磁—中矿再磨工艺流程，在原矿品位 25.76%，一次磨矿粒度—200 目占 68%的条件下，获得选别指标为：精矿品位 65.05%，精矿产率 25.13%，金属回收率 63.46%，尾矿品位 12.57% 的选别指标。

该流程具有以下特点：第一、重—磁联合流程适合于黑石砬子铁矿原矿性质，能够有效回收矿石中磁性和非磁性铁矿物，对矿石性质变化的适应性较强；第二、采用连续磨矿工艺，在磨矿粒度较粗的条件下，可以获得一部分合格精矿和抛弃一部分合格尾矿，再对单体未解离的产品进行中矿再磨，在保证了解离度的同时，减轻了泥化程度，有利于金属回收率的提高。

5.3.2 连续磨矿弱磁—强磁—反浮选工艺

连续磨矿弱磁—强磁—反浮选试验采用的设备为：一次磨矿 $\Phi 420\text{mm} \times 450\text{mm}$ 球磨机与 $\Phi 150\text{mm}$ 螺旋分级机构成闭路磨矿，二次磨矿粒度控制在—200 目 90~95%，二次磨矿后的产品经过弱磁抛尾，弱磁机尾矿给入 $\Phi 750\text{mm}$ 立环强磁机，弱磁精矿与强磁精矿混合给入反浮选。反浮选采用 0.5L 单槽浮选机进行一粗、一精、三扫的闭路浮选试验，浮选精矿为最终精矿，浮选尾矿与强磁尾矿合并为最终尾矿。

获得的选别指标为：原矿品位为 25.55%，精矿品位 66.50%，精矿产率 22.76%，金属回收率 59.29%，尾矿品位 13.75%。

连续磨矿粗细分级，重—磁—中矿再磨工艺的工艺流程和连续磨矿弱磁—强磁—反浮选工艺流程对比，主要存在以下几个方面的差异：

1、从选别指标对比，连续磨矿粗细分级，重—磁—中矿再磨流程的选别指标为：精矿品位 65.05%，精矿产率 25.13%，金属回收率 63.46%，尾矿品位 12.57%。连续磨矿弱磁—强磁—反浮选工艺流程的选别指标为：精矿品位 66.50%，精矿产率 22.76%，金属回收率 59.29%，尾矿品位 13.75%。两者相比较，前者尾矿品位较低，金属回收率较高，后者精矿品位高。

2、从流程结构上看，反浮选流程结构简单，但药剂制度复杂，流程稳定性差，特别是 FeCO_3 含量较高时，不易于操作管理；重磁联合流程的稳定性较好，易于操作管理，对原矿性质变化的适应性较强。

3、重磁联合流程的磨矿粒度粗，反浮选流程磨矿粒度细，泥化严重。因此，重磁联合流程与反浮选流程相比具有球磨消耗低，尾矿品位低、回收率高，在经济上更合理。

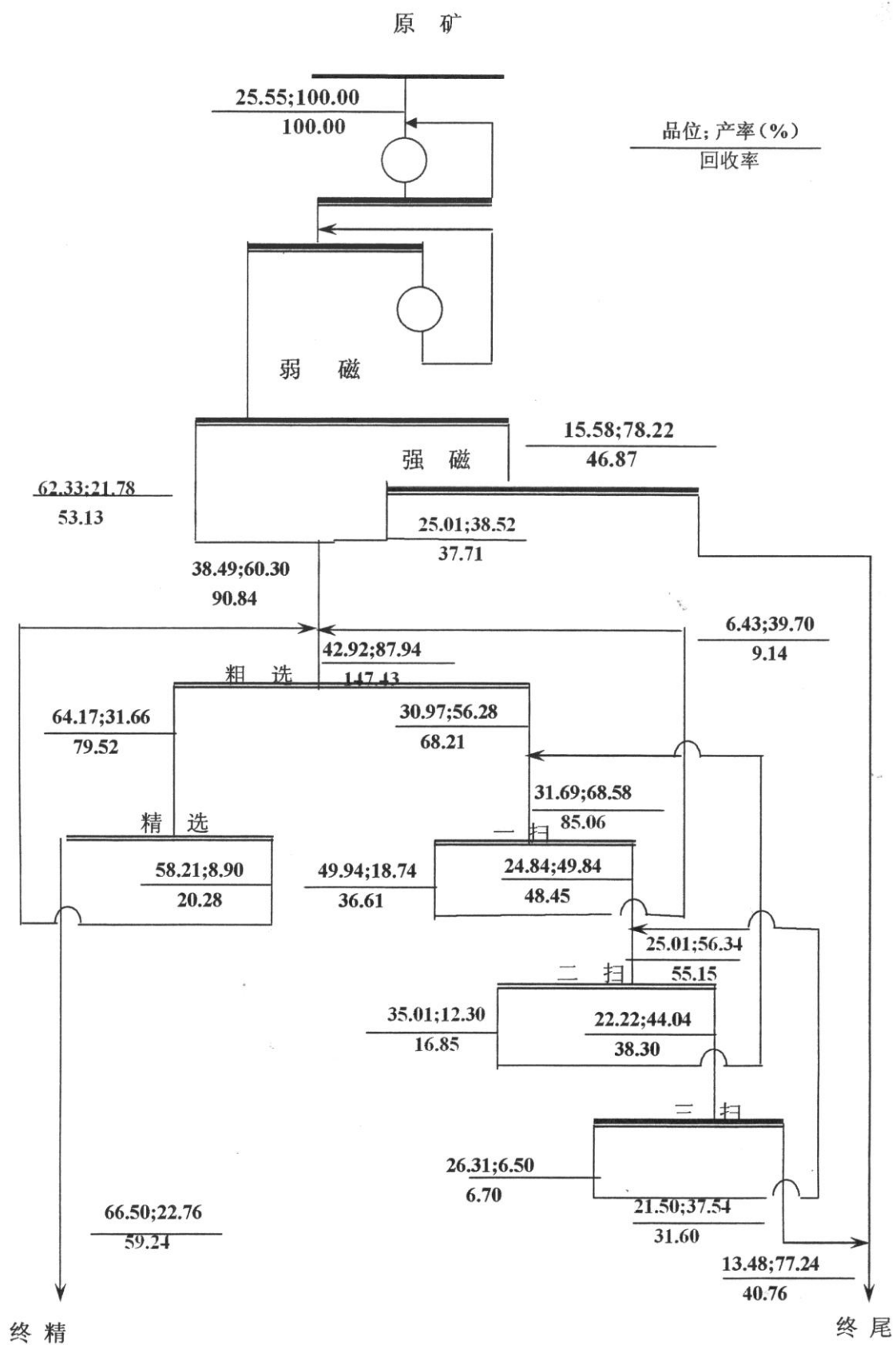


图 5-7 反浮选流程数质量流程

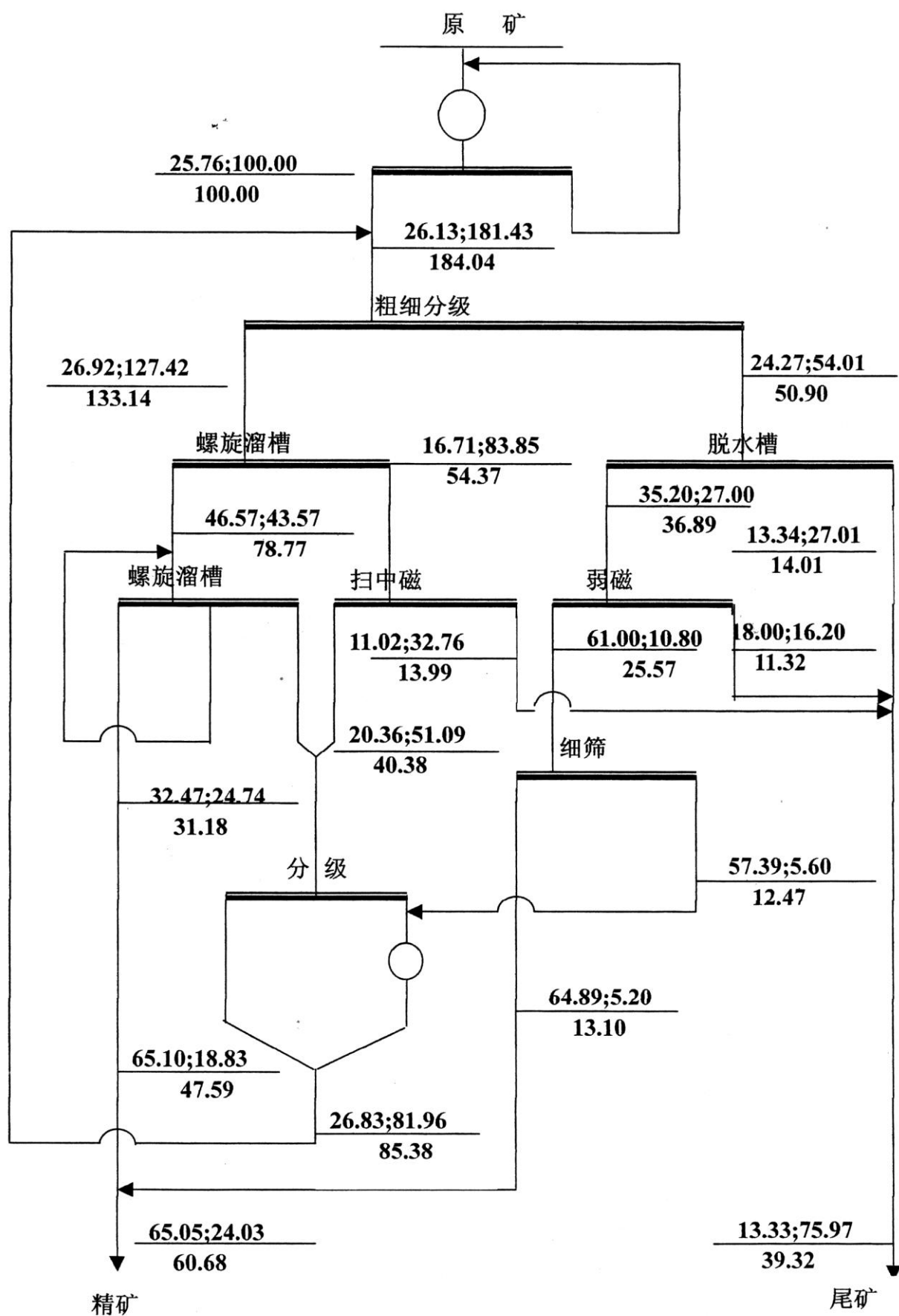


图5-8 推荐数质量流程图

5.4 推荐工业生产流程

推荐工业生产流程以-200m 标高以上的综合矿样作为代表性矿样的选矿试验结果为依据，从以上两种流程试验结果来看，重磁联合流程更稳定，易于控制和操作管理，对矿石性质变化的适应性更强，而且，磨矿粒度粗，回收率高，可消除碳酸铁含量偏高对反浮选作业的影响。推荐重—磁—中矿再磨流程为工业生设计流程。

依据试验结果，结合其他相关选厂的生产工艺，推荐的具体流程为：原矿粗破，中破、细破，经过两段磨矿到-200 目 70%以上，由旋流器粗细分级后，粗粒经过两段螺旋溜槽选出精矿，经过扫中磁抛弃尾矿，中矿再磨，再磨粒度达到-200 目 75%以上，细粒级经过一段脱水槽，一段弱磁和一段细筛选别，细筛筛上并入中矿，细筛筛下和重精合并为最终精矿，扫中磁尾矿、一脱尾矿、一磁尾矿合并为最终尾矿。推荐的数质量流程如图 5-8，预计达到的指标为精矿品位 65.05%，精矿产率 24.03%，精矿回收率 60.68%。

5.5 结论与建议

1、黑石砬子铁矿的矿石经过地表样品和深部钻孔岩芯样品的工艺矿物学研究结果表明，矿石类型主要有：假象赤铁石英岩、含菱铁矿假象赤铁石英岩、磁铁假象赤铁石英岩、含菱铁矿磁铁假象赤铁石英岩、磁铁石英岩等。铁矿物平均嵌布粒度 $44.17\mu\text{m}$ ，脉石矿物平均嵌布粒度 $66.82\mu\text{m}$ ，嵌布粒度接近于东鞍山铁矿矿石，结构构造也与东鞍山类似，矿物共生关系比较特殊。矿石平均品位全铁为 30.07%，属于高硅、低硫磷的酸性贫铁矿石，碳酸铁含量较高，基本介于 1~8%之间。

2、地表矿石嵌布粒度细，铁矿物平均嵌布粒度 $36.45\mu\text{m}$ ，脉石矿物平均嵌布粒度 $52.11\mu\text{m}$ ，由于风化严重在磨矿过程中易泥化，原矿磨矿粒度达到-200 目 95.53%时，铁矿物解离度仅为 73.91%，脉石解离度 47.89%， $-10\mu\text{m}$ 含量为 39.31%。采用强磁—反浮选流程在原矿品位 30.68%的条件下，获得了精矿品位 62.58%，产率 29.40%，尾矿品位 17.40%，金属回收率 59.97%的选别指标。由于地表以下 100m 以内矿量不大，地表样品的试验结果不能完全代表整个矿区矿石的可选性特点。

3、-200m 以上矿石样品作为矿山的代表矿样，进行选矿试验研究，采用连续磨矿粗细分级、重—磁—中矿再磨工艺流程，在原矿品位 25.76%，一次磨矿粒度-200 目占 68.83%的条件下，获得选别指标为：精矿品位 65.05%，精矿产率 25.13%，金属回收率 63.46%，尾矿品位 12.57%。采用连续磨矿弱磁—强磁—反浮选工艺获得的选别指标为：精矿品位 66.50%，精矿产率 22.76%，金属回收率 59.29%，尾矿品位 13.48%。

4、地表-200m 以下矿石可选性试验表明，原矿中磁性铁含量增加，磁选管产率由

25%提高到 44%，矿石可选性逐渐变好，在-700m 以下的矿石可选性与大孤山铁矿接近。

5、连续磨矿粗细分级，重一磁一中矿再磨工艺流程的稳定性好，易于操作管理，对原矿性质变化的适应性强，特别是对碳酸铁的含量变化具有较强的适应性，粗细分选工艺能有效发挥重选和磁选工艺各自的优势，解决了两种选矿方法对磨矿粒度的不同要求，实现了窄级别入选的合理选别过程，有利于提高选矿技术指标。推荐作为工业生设计流程。按照该流程进行生产可达到的指标为：精矿 65.05%，精矿产率 24.03%，回收率 60.68%。

6、按照试验推荐的数质量工艺流程，设计建设年处理原矿能力 1000 万吨的选厂，生产品位 65%的铁精矿 250 万吨以上，预计年创效益大于 2.26 亿元。

7、由于试验样品的采集时，勘查工作并未完成，选矿试验样品的品位是全铁 20%以上所有样品的混合形成的样品，与矿床实际矿石平均品位相比，明显偏低，实际平均品位为 30.07%，试验入选品位只有 25%左右。所以实际选矿效果和经济技术指标要好于试验值。

6 矿床开采技术条件

矿床开采技术条件主要是由其水文地质、工程地质及环境地质三方面条件构成的，其间有密切的联系和统一性。矿床开采技术条件类型的划分取决于水、工、环地质条件的复杂程度和其中应重点突出考虑的诸方面。综合确定矿床开采技术条件类型，获得与地质勘探相适应的，必要的水文地质、工程地质、环境地质资料，为矿山开采设计或进一步勘查提供依据。

6.1 矿区自然地理概况

矿区（指矿床周围 24km^2 范围内）属千山山脉西北边缘地带，其地貌为丘陵地形，总地势东北高西南低，中、西部为山地，南、北、东为低丘陵或山间平原。区内最高山峰为月明山，标高 197.2m ，侵蚀基准面标高 $50.3\text{--}64.9\text{m}$ ，比高约 $70\text{--}147\text{m}$ 不等。山坡角一般 $10\text{--}25^\circ$ ，局部地段大于 30° 。植被发育一般。

区内地表水体不甚发育。东部有一流向由南至北的南沙河上缘小河—大孤山河，河床宽 $3\text{--}10\text{m}$ 不等，水深 $0.1\text{--}0.6\text{m}$ ，据 2005 年 8 月 30 日采用浮漂法观测流量为 $0.418\text{--}0.589\text{m}^3/\text{s}$ ，呈现季节性变化；西南、西北部杨柳河源头段山间小溪流量很小，仅 $0.022\text{--}0.033\text{m}^3/\text{s}$ ；西部（原东鞍山铁矿）的沉淀池现已报废，绝大部分回填废石和复垦，积水面积甚小（约 6000m^2 ），且逐渐变小；区内小积水池或小水库如 H1、H4，其水容量也很小，季节性变化明显。

该区属暖温带大陆性季风气候区，四季分明，天气多变。多年平均气温 8.8°C ，最高气温 36.9°C ，最低气温 -30.4°C ；多年平均降水量 720.6mm ，年最大降水量 994.5mm （1975 年），月最大降水量 416.7mm （1985 年 7 月），日最大降水量 236.8mm （1975 年 9 月 1 日），降水多集中在 7、8、9 三个月；多年平均蒸发量 1058.5mm ；平均冻土深度 91mm ；矿区处于地震动峰值加速度 0.1g ，反应谱特征周期 0.35s ，矿区处于地震烈度为 VII 度。

6.2 完成的水工环工作量及其质量评述

6.2.1 以往水工环工作情况

该矿床 1968-1980 年曾先后进行过地质普查及评价工作，共施工 16 个钻孔。1980 年完成 1/万水文地质简测 7km^2 ，同时进行简易水文地质观测 6 个孔，一个孔简易注水

试验，质量均不佳，且无资料可查。总之，以往未进行过与地质工作程度相适应的系统的水文地质工作，更没有对矿区工程地质及环境地质进行调查评价。

6.2.2 本次完成的工作及质量评述

（1）1:1 万矿区水文地质、工程地质、环境地质综合测绘

底图选用 1:1 万军用地形图。范围北起前三家峪、南窑、南到顾家房、长岭子，东自大孤山小河东岸，西至东鞍山矿沉淀池，其地理座标为东经 $122^{\circ} 58' 34''$ — $123^{\circ} 02' 51''$ ，北纬 $46^{\circ} 01' 48''$ — $41^{\circ} 03' 58''$ ，面积 24km^2 。测绘方法为沿沟谷追索及全面踏勘法，充分利用现有自然和人工水点，按要求进行登记、描述、取样，共调查民井 24 眼、机井 3 眼、泉 1 处、地表水体 12 处、地质灾害点 4 处。其点位用手持 GPS 确定，野外依地形地貌及地物实地划分和圈定第四系成因类型。同时结合钻孔资料及以往成果资料，经综合研究分析，编制了同比例尺矿区水文地质工程地质环境地质图，质量满足要求。见附图 7。

（2）钻孔简易水文地质观测

为一般了解和定性评价岩石的赋水情况，本次施工的地质孔绝大部分（24 个孔）均进行了简易水文地质观测工作，钻进过程中观测动水位、漏（涌）水地段及冲洗液消耗情况，终孔观测稳定水位。其质量大部分钻孔基本满足要求，个别钻孔质量较差。存在问题是动水位观测次数少，连续性差。总的说，其成果资料对评价岩石的赋水性起到一定的作用。

（3）钻孔工程地质编录

为评价铁矿层及其顶底板围岩的工程地质性质、岩石质量、岩体完整性及稳定性，选择 24 个孔计 16201.3m，进行了岩石质量指标 RQD 的统计和计算，为评价矿床工程地质条件提供了依据。质量基本满足要求。应指出的是，此项工作由地质看钻人员完成，由于施工队伍各家机械设备各异、取芯方法不同，操作水平不一，加之技术人员掌握尺度等因素不同，使统计结果存在一定误差。总的说具有一定的代表性。见附图 30、31。

（4）钻孔水文物探测井

为确定基岩含水部位即含水层厚度，选在涌水试验钻孔 ZK417 和抽水试验钻孔 SK02 进行了水文物探测井工作，其中 ZK417 孔测井深度 600m，方法为底梯电阻率、井温和流体电阻率，效果较好，达到了预期目的要求。而 SK02 孔测井深度 300m，方法为底梯电阻率，效果不佳，无利用价值。

（5）专门水文地质钻探

本次专门水文地质钻探是在满足地质一定目的要求的基础上进行的，共施工两个孔，即 SK01 和 SK02。其钻孔结构如下：

SK01 孔：开孔倾角 90° ，井深 213.03m。0-2.10m 口径 130mm，下置 127mm 套管，2.10-198.65m 口径 110mm，198.65-213.03m 口径 91mm。

SK02 孔：开孔倾角 90° ，井深 381.72m。0-24.22m 口径 150mm，下置 146mm 套管；24.22-81.85m 口径 130mm，下置 127mm 套管；81.85-160.36m 口径 110mm，下置 108mm 套管；160.36-381.72m 口径 91mm。

（6）钻孔水文地质试验

① 涌水试验

在 7 线 ZK417 孔进行。做 2 次水位升高，水位观测依阀门控制，水量观测采用容积法，稳定时间 4-8 小时，水位波动误差为零，水量波动误差 4-5%，最后落程结束前取全分析水样一件。质量满足要求。

② 简单抽水试验

在 1 线 SK01 孔进行。该孔采用空压机抽水时，开机不足 10 分钟即无水，只排汽，水量甚小，无法进行正式抽水试验，最后只作了系统的水位恢复观测工作，其成果资料仅供评价岩石富水性参考。

③ 抽水试验

在 6 线 SK02 孔进行。抽水机械设备为 6 立方米空压机。做 2 次降深，水位观测采用电测法，水量观测采用容积法。稳定时间 5-8 小时，水位波动误差 0.8-1.1%，水量波动误差 0-4.7%，最后降深结束前取全分析水样 1 件。抽水质量满足要求。

（7）水质分析及岩石力学性质试验

为了解区内地下水和地表水化学组分及水化学类型，共取水样 43 件（民井 24 件、机井 3 件、泉 1 件、地表水体 12 件、钻孔 3 件）均做全分析。由辽宁省冶金地质勘查局测试中心完成（分析结果见附表）。

为确定铁矿层及其围岩的力学性质和稳定性，共取岩样 11 组。其中铁矿层 3 组，花岗岩 3 组，千枚岩 4 组，长英质糜棱岩 1 组。试验内容主要为抗压强度和抗剪强度。由长春科技大学环建工程学院完成。

（8）地下水动态观测

由于水文地质抽水钻孔的施工期往后推迟时间太长，直接影响动态观测工作的正常进行，SK01、SK02 两个孔分别在 05 年 8、9 月竣工，故观测进行很短，其成果资料仅作参考使用。

以上各项工作的完成严格执行 GB12719-91《矿区水文地质工程地质勘查规范》和 DZ/T0033-2002《固体矿产勘查/矿山闭坑地质报告编写规范》以及 ISO9001:2000 质量体系，质量满足要求。完成工作量见表 6-1。

表 6-1 水文地质工程地质工作量一览表

项目		单位	工作量	备注
1: 1 万矿区水工环综合测绘		km ²	24	工程地质重点放在矿床范围内
钻孔简易水文地质观测		孔	24	ZK419、ZK422 除外
钻孔工程地质编录		m/孔	16201.3/24	ZK419、ZK422 除外
钻孔水文物探测井		m/孔	900/2	ZK417、SK02
专门水文地质钻探		m/孔	594.75/2	SK01、SK02
钻孔水文地质试验	涌水试验	台班/孔	3/1	ZK417
	简单抽水试验	台班/孔	3/1	SK01
	抽水试验	台班/孔	3/1	SK02
测试	水质全分析	件	43	
	岩石力学性质试验	组	11	铁矿 3 组、花岗岩 3 组、千枚岩 4 组、糜棱岩 1 组
动态观测		点	2	SK01、SK02

6.3 水文地质

6.3.1 矿区水文地质概况

(1) 岩石的赋水特征

区内出露地层岩性主要有震旦系康家组泥灰岩、泥晶灰岩夹钙质粉砂岩、页岩；青白口系细河统石英砂岩、粉砂岩夹泥灰岩、页岩；辽河群浪子山组绿泥千枚岩；鞍山群樱桃园组铁矿层；太古代及燕山期花岗岩以及闪长岩等。上覆第四系为上更新统及全新统堆积物。依岩性特征及其赋水条件可划分以下含水岩组：

① 第四系松散岩类孔隙含水岩组

a. 全新统冲洪积孔隙含水岩组 (Q_4^{al+pl})

分布于矿区东部大孤山小河两岸地带及西南部小溪下游地段。岩性为砂质粘土、粘土砂土、砂及砂砾卵石，厚度 5-15m。地下水埋深 1.20-4.52m，为弱—中等富水性。地下水化学类型较复杂，为重碳酸、重碳酸硫酸、硫酸、硫酸氯酸、硫酸硝酸等钙钠或钠钙型，PH 值 6.0-7.40，矿化度 0.23-1.10g/l，受到一定的污染。补给来源主要为大气降水，迳流条件较好，多以人工开采形式排泄或部分补给基岩裂隙水。

b. 上更新统残坡积孔隙含水岩组 (Q_3^{el+dl})

分布于沟谷及山麓地带。岩性主要为粘性土，下部含少量砂、碎石。厚度 1-10m 不等，地下水位埋深 0.50-7.72m，为弱或微弱富水性，此层水与基岩风化裂隙水联系密切。

地下水化学类型也较复杂, PH 值 6.50-7.95, 矿化度 0.22-1.14g/l, 受到一定的污染。补给来源主要为大气降水下渗, 迳流条件较差, 多以人工开采形式或下渗补给基岩风化裂隙水。

② 层状岩类裂隙含水岩组 (Zk-Qn-Arany)

分布于矿区中、北部的较大面积。岩性有震旦系泥灰岩、泥晶灰岩或钙质粉砂岩、页岩和青白口系石英砂岩、粉砂岩夹泥灰岩、页岩及鞍山群铁矿层、片岩类等。这些岩石均含微弱或弱的风化裂隙水和较丰富的构造裂隙水及层间裂隙水, 且富水性极不均一。据本次调查访问, 以往及近年来, 在小房身、月明山及獐子窝北部道西等地均打过自备井, 水量很小, 约 100m³/d 左右, 有的井几乎无水。但本次调查的 G3 大口径机井口径 1.50m, 井深据负责人讲为 180m (?) 为人工凿岩, 用一年时间于 2001 年完成, 2003 年测自流量为 300m³/h, 现井内仍有三台 60m³/h 水泵昼夜抽水, 井口尚有较大水量溢出。说明该井水量确实很大。所处部位为震旦系地层, 从宏观上看恰是区域性北东东向寒岭断裂构造通过部位, 显然是深层构造裂隙水, 地下水化学类型为硫酸钙镁型, PH 值 7.60, 矿化度 1.11g/l。地下水补给来源主要为大气降水下渗或接受区域性地下迳流补给, 迳流条件取决于表层风化裂隙和深层构造裂隙发育程度及连通程度, 也具不均一性, 以人工开采形式进行排泄。

③ 块状岩类裂隙含水岩组 (Y₁-Y₅)

分布于矿区南半部较大面积。岩性主要为太古代二长花岗岩和早白垩世燕山期钾长花岗岩。含微弱的风化裂隙水和弱的构造裂隙水, 水量不大。据本次调查于长岭子西部山麓地带有 2 眼机井 (G1、G2), 深度 41.00-59.7m, 水量约 80-150m³/d, 地下水化学类型为重碳酸钙钠镁和重碳酸钙钠型, PH 值 7.60-7.66, 矿化度 0.15-0.21g/l。地下水补给来源主要为大气降水下渗, 迳流条件一般, 以人工开采形式排泄。

④ 层状岩类隔水岩组 (Lph-Aph)

分布于铁矿层北侧或构成铁矿层底板。其岩性为辽河群千枚岩和鞍山群千枚岩, 含微弱风化裂隙水或基本不含水, 可视为隔水层。

(2) 地下水的补迳排条件及含水岩组之间的水力联系

区内各含水岩组地下水均直接或间接接受大气降水补给, 大气降水后, 一部分水呈地表迳流汇入小溪注入主河道形成地表水体, 另一部分水则通过植被根系或直接沿松散岩类孔隙、基岩风化裂隙、构造裂隙下渗, 分别形成孔隙水、风化裂隙水和构造裂隙水。而孔隙含水层与风化裂隙含水层或风化裂隙含水层与构造裂隙含水层(带)以及和隔水层之间, 在一定程度上并无绝对的隔水层(带), 它们之间的相互补给、连通是绝对的, 只是程度不同而已, 最终达到相对、暂时的平衡状态。其间的迳流条件好坏, 则取决于岩石孔隙、基岩表层风化裂隙及深部构造裂隙的发育程度、破碎程度及充填物性质等。本区地下水迳流条件一般或欠佳, 主要以人工开采形式排泄。各含水层(带)之间存在一定程度的水力联系。地下水的总体流向不明显, 与地表水的趋同性差。

6.3.2 矿床水文地质

矿床位于矿区中部山地及沟谷地带，控制面积 6km^2 左右。当地侵蚀基准面标高为 63-72m，最高山峰标高 186.2m，比高 113-123m 不等。铁矿层呈北东东向分布于山脊偏南部位。山坡角 $10-25^\circ$ ，植被不甚发育。

矿床范围内出露的地层主要为第四系残坡积堆积物，基岩主要为辽河群千枚岩、鞍山群铁矿层、石英片岩、千枚岩及太古代花岗岩以及燕山期花岗岩、闪长岩等。

(1) 岩石的含水性

依矿区水文地质条件，考虑矿床所处位置和地层岩性分布情况及其赋水特征，从实际应用出发，可划分如下含水岩组：

① 第四系上更新统残坡积孔隙含水岩组 ($Q_3^{\text{el+dl}}$)

分布于沟谷及山麓地带。具体论述同矿区部分。

② 基岩裂隙含水岩组 (A_{ray} 、 γ_1 、 γ_5)

分布于矿床中、南部。岩性主要为鞍山群樱桃园组假像赤铁石英岩、磁铁石英岩、含铁石英岩、绿泥石英片岩及太古代花岗岩、燕山期花岗岩以及闪长岩等。这些层状岩类、块状岩类岩石均含风化裂隙水、构造裂隙水及层间裂隙水，富水性不均一。

通过钻孔简易水文地质观测成果资料可看出，各类岩石表层风化裂隙发育深度 10-55m，平均 35.5m，发育程度一般，深度不大。在统计的 24 个钻孔中，有 17 个钻孔在钻进中于不同深度发生不同程度的漏水现象(见表 6-2)，致使大部分钻孔井口不返水，少量钻孔井口时返时不返水，漏水深度多在 150-300m，最深达 604.7m。有 7 个钻孔钻进中不漏水，井口返水。从漏水地段岩性看，所有漏水钻孔均在铁矿层发生。在 7 个不漏水钻孔中，有 2 个钻孔虽然揭露了铁矿层，但只是轻微漏水，钻进中井口仍返水，其余 5 个孔所揭露岩性多为千枚岩、片岩、花岗岩等。说明铁矿层富水性较强且深度较大，但也不均一，其它岩石富水性很弱。

从三个孔 (SK01、SK02、ZK417) 的水文地质试验看：SK01 孔揭露岩性多为花岗岩，穿过 F_3 、 F_2 断层，底部为铁矿层，试验结果是：静水位埋深 40.61m，水位降低 18.64m，涌水量 0.009l/s；SK02 孔，试验含水层为铁矿层，结果是：静水位埋深 40.35m，最大水位降低 19.85m，涌水量 0.75l/s，单位涌水量 0.039l/s · m，平均渗透系数 0.03066m/d；ZK417 孔，试验含水层为铁矿层，结果是：静水位高出地面 5.81m，最大水位降低 4.74m，涌水量 2.97l/s，单位涌水量 0.627 l/s · m，平均渗透系数 0.6120m/d。本次调查中的 q1 泉水出露于 γ_5 花岗岩中，其流量为 0.221l/s。

表 6-2

钻孔简易水文地质观测中漏水情况统计表

剖面	孔号	孔深 (m)	漏水深度 (m)						漏水程度	岩性及构造特征
			100	200	300	400	500	600		
0	ZK414	524.40		163.13					全部漏水,井口不返水	铁矿层中
0	ZK415	641.00			234.93			604.70	全部漏水,井口不返水	铁矿层中
0	ZK427	705.40		170.00	250.30		445.90		全部漏水,井口不返水	铁矿层中
1	ZK426	715.00				346.90			全部漏水,井口不返水	煌斑岩与铁矿接触处
1	SK01	213.03	56.50						微漏水,井口返水	花岗岩中
1	ZK401	1077.88		173.10					基本全漏,时有返水	石英片岩与铁矿接触处
1	ZK402	760.16	84.40						发现漏水后,井口不返水	铁矿层中
1	ZK403	703.28	86.80		256.28				全部漏水,井口不返水	铁矿层中
1	ZK404	1132.88		180.00					全部漏水,井口不返水	铁矿层中
1	ZK405	752.26				361.20			全部漏水,井口不返水	铁矿层中
2	ZK423	666.00							全部不漏水,井口返水	未见矿,花岗岩、千枚岩、片岩
2	ZK406	515.90		180.00					轻微漏水,井口返水	铁矿层中
2	ZK407	261.99		175.40					全部漏水,井口不返水	铁矿层中
2	ZK408	448.13		182.40					全部漏水,井口不返水	极贫矿中
2	ZK410	1010.63		172.27	247.26				全部漏水,井口不返水	铁矿层中
2	ZK412	480.37			250.00				全部漏水,井口不返水	铁矿层中
2	ZK411	605.60		167.00					微漏水,井口返水	铁矿层中
2	ZK413	845.40			220.72				全部漏水,井口不返水	铁矿层中
2	ZK409	661.08					492.30		微漏水,井口返水	石英片岩中
6	SK02	381.72		171.00 191.21	210.15				全部漏水,井口不返水	角砾岩与铁矿接触部位
7	ZK417	923.75					434.72		漏水,后即涌水	铁矿层中
8	ZK420	609.52							全部不漏水,井口返水	未见矿,花岗岩、千枚岩、片岩
8	ZK418	751.91			216.54		481.93		全部漏水,井口不返水	角砾岩与铁矿接触部位
8	ZK416	810.80							全部不漏水,井口返水	多为千枚岩、片岩

上述情况说明,该含水岩组各类岩石的表浅部的风化裂隙水很小,属微弱—弱富水性,而深部的构造裂隙水及层间裂隙水以厚大的铁矿层为主体,属弱—中等富水性,但具不均一性。地下水位埋深 30.5-80.00m,西部 7 线 ZK417 孔承压水头高出地面 5.81m。裂隙含水层(带)发育较深。地下水化学类型属重碳酸或重碳酸硫酸钠钙或钙钠型,PH 值 7.50-8.20,矿化度 0.32-0.33g/l,水温 16-19.5℃,反映地热增温特点,尤其是 ZK417

涌水孔，地下水来自 400-500m 深度，水温达 19.5℃，地下水补给来源为大气降水下渗，但区域性地下迳流补给也是重要的，迳流条件较差，以人工开采形式排泄为主。

③ 千枚岩隔水岩组（Lph、Aph）

分布于铁矿层头部及其顶底板部位。岩性主要为辽河群千枚岩和鞍山群千枚岩，该层仅含微弱的风化裂隙水，且深度不大，40-50m 深以下基本不含水，可视为隔水层。

（2）地下水动态特征

本次地质勘探工作历经 1 年多的时间，但由于水文地质钻孔竣工太晚（SK02 孔竣工于 2005 年 9 月 14 日），没有完成一个水文年的动态观测工作。现就 SK01 和 SK02 两孔竣工后，近三个月的水位观测资料列表 6-3。

表 6-3 地下水水位动态观测资料表

孔号	SK01							SK02						
观测日期	9 月			10 月	11 月			9 月			10 月	11 月		
	14	17	27	5	2	20	30	14	17	27	5	2	20	30
水位埋深 (m)	40.11		41.27	41.49	42.42	43.27	43.17		39.81	37.58	36.50	32.22	32.58	32.31

从表 6-3 可看出，SK01 孔水位变化，反映风化裂隙水动态，自丰水期以后水位呈下降趋势，变幅达 3.16m；SK02 孔水位变化，反映深层构造裂隙水动态，自丰水期以后水位呈上升趋势，至 11 月中下旬以后水位呈下降趋势，说明大气降水后不能迅速补给深层地下水，滞后近一个半月时间，深部地下水循环条件较差，变幅较大约 7.59m。

从矿床外围条件分析可认为，本矿床地下水水位埋深之所以较大，可能受其周边大量排水疏干影响所致：其一是东部的大孤山采坑，相距约 2.5km，坑底标高已达-250m，疏干降落漏斗扩展到本矿床的可能性很大；其二是西部的东鞍山矿采坑，相距 4km，坑底标高已达-36m，排水疏干漏斗扩展到本矿床的可能性也不可能排除；其三是本次调查的 G3 号大口径机井，距矿床 2.5km，自 2003 年起大量抽水，水量达 7200m³/d；此量不次于大孤山采坑正常排水量，其抽水影响半径扩展到本矿床的可能性也是很大的。以上三方面因素是引发矿床地下水水位埋深较大和铁矿层附近泉水干涸等的重要因素。这种影响还将继续下去。

（3）地下水补给、迳流及排泄条件

矿床地下水补给来源主要是大气降水，但其补给条件欠佳，一是铁矿层地表出露很少，且多位于地势较高的山脊部位；二是矿头上部多被辽河群千枚岩覆盖，千枚岩之上还有残坡积粘性土层；三是基岩风化裂隙不甚发育，且深度不大；四是植被发育状况较差。在这样的条件下，大气降水后多呈地表迳流形式汇入沟谷小溪排出区外，而下渗补给地下水的水量却很少，就本矿床而言，受区域性地下迳流补给将是主要的。地下迳流条件则取决于基岩风化裂隙、构造裂隙及层间裂隙发育程度以及其间的连通程度，矿床

本身岩石风化裂隙不甚发育，主要是铁矿层中深部构造及层间裂隙较发育，但具不均一性，故地下迳流条件一般，循环条件较差。地下水多以人工开采形式排泄，泉的溢出形式甚少。

依矿床所处地形地貌、地质构造、地表水体发育状况和岩石富水性、透水性及地下水补迳排条件以及边界条件，其水文地质条件属简单类型。

6.3.3 矿坑涌水量预测

黑石砬子铁矿床，矿体厚大，水平及垂向延伸均大，属大型矿床。未来矿山开采方式尚未确定。考虑矿床所处部位地形地貌及矿体厚度、产状变化等特征，未来矿山浅部开采以露天形式为宜，深部可转入井下开采。故本次矿坑涌水量预测，首期开采水平按露天开采方式预测涌水量，如一旦全部采用井下方式开采，其所计算的总涌水量去掉大气降水部分即可。

(1) 矿坑充水因素

未来露天采场的充水因素主要有二：一是基岩本身的裂隙水，其水量较小，也是比较稳定的水量；二是大气降水直接降落在露天采场上开口面积内的水量，这是主要的、也是重要的充水因素。露天边坡所揭露的第四系上更新统松散堆积物多为粘性土夹少量砂砾石，水量甚小或基本不含水，可不考虑，至于东部的大孤山小河，相距约 1.5km 之远，不会对矿坑充水造成威胁。

(2) 计算方法及公式的选择

根据矿床水文地质条件及露天开采方式，选择地下水动力学法中“大井”法计算矿坑涌水量。应指出的是，由于水文地质边界条件不同，具体的说，未来露天采场将是近东西向不规则的多边形，依岩石含水特征，其周边进水程度差异较大；东西两端将是主要充水来源；而北帮岩性多为千枚岩类，充水程度很差，南帮岩性多为花岗岩，充水程度较差。故综合考虑诸多方面的因素，“大井”法计算的矿坑涌水量只取其二分之一，也考虑矿床基岩裂隙含水岩组基本为单一的潜水状态，其公式为：

$$Q_{\text{大}} = \frac{1}{2} 1.366 k_{cp} \frac{(2H - S)S}{\lg R_0 - \lg r_0} \dots\dots\dots(1)$$

式中： $Q_{\text{大}}$ ——“大井”法计算的露天采场涌水量 (m^3/d)

H ——含水层厚度 (m)

k_{cp} ——基岩裂隙含水岩组平均渗透系数 (m/d)

S ——露天采场中的水位降低 (m)， $S=H$

$R_0=R+r_0$

R ——露天采场的影响半径 (m)

r_0 —露天采场的引用半径 (m)

直接降落在露天采场上开口面积上的大气降水量, 按下式计算:

$$Q_{\text{降}1-3} = \frac{FW_{1-3}}{t} \dots\dots\dots(2)$$

式中: $Q_{\text{降}1-3}$ ——直接降落在露天采场上开口面积上的大气降水量 (m^3/d)

F--露天采场上开口面积 (m^2)

W_{1-3} --降水量 (mm), 分别按年平均 W_1 , 月最大 W_2 , 日最大 W_3

t—时间 (d), 分别按 365、30、1

未来露天采场的总涌水量 $Q_{\text{总}1-3}$ 应是大井法计算的露天采场涌水量 $Q_{\text{大}}$ 和直接降落在露天采场面积上的大气降水量 $Q_{\text{降}1-3}$ 的总和。即:

$$Q_{\text{总}1-3} = Q_{\text{大}} + Q_{\text{降}1-3} \dots\dots\dots(3)$$

(3) 计算参数的确定

① 含水层厚度 H

首期开采水平暂定为标高-100m 水平。根据本次施工的 1~8 线 20 个孔简易水文地质观测测得的静止水位 (接近) 平均标高为 84.35m, 按潜水完整井考虑, $H=84.35+100=184.35\text{m}$ 。

② 平均渗透系数 k_{cp}

本次在 SK01、SK02、ZK417 三个孔分别进行了简单抽水试验、抽水试验和涌水试验, 其中 SK01 孔, 水量甚小, 渗透系数视为零, SK02 孔平均渗透系数 0.03066m/d, ZK417 孔平均渗透系数 0.6120m/d。Kcp 取三个孔的算术平均值为 0.2142m/d。

③ 露天采场中的水位降低 S

$S=H$, 为 184.35m

④ 露天采场的影响半径 R

按库萨金公式: $R=2s\sqrt{HK}$, 计算得 2316.8m。

⑤ 露天采场的引用半径 r_0

$$r_0 = \frac{P}{2\pi}, \quad P \text{ 为坑底周长}$$

露天采场坑底周长 2505m, 代入上式, $r_0=398.9\text{m}$

$$\textcircled{6} R_0 = R + r_0 = 2316.8 + 398.9 = 2715.7\text{m}$$

⑦ 露天采场上开口面积 F

预计开采标高为-100m 水平, 边坡角按 45° , 圈定的面积为 933000 m^2 。

⑧ 大气降水量 W_{1-3}

历年平均降水量 W_1 为 720.6mm (0.721m)

历年月最大降水量 W_2 为 416.7mm (0.417m)，为 1985 年 7 月
 历年日最大降水量 W_3 为 236.8mm (0.237m)，为 1975 年 9 月 1 日

(4) 计算过程、结果及评述

将计算参数分别代入 (1)，(2)，(3) 式，其结果列于表 6-4、表 6-5、表 6-6。

表 6-4 “大井”法计算的露天采场涌水量表

计算范围	计算标高 (m)	K_{cp} (m/d)	H (m)	S (m)	R_0 (m)	r_0 (m)	$Q_{大} = 1.366kCP \frac{(2H-S)S}{\lg R_0 - \lg r_0}$ (m ³ /d)
1~8 线	-100	0.2142	184.35	184.35	2715.7	398.9	3864.6

表 6-5 直接降落在露天采场面积上的大气降水量表

F (m ²)	W_1 (m)	W_2 (m)	W_3 (m)	$Q_{降1-3} = \frac{FW_{1-3}}{t}$ (m ³ /d)		
				$Q_{降1}$	$Q_{降2}$	$Q_{降3}$
933000	0.721	0.417	0.237	1843.0	12968.7	221121.0

表 6-6 未来露天采场的总涌水量一览表

计算范围	计算标高 (m)	$Q_{大}$ (m ³ /d)	$Q_{降1-3}$ (m ³ /d)			$Q_{总1-3} = Q_{大} + Q_{降1-3}$		
			$Q_{降1}$	$Q_{降2}$	$Q_{降3}$	$Q_{总1}$	$Q_{总2}$	$Q_{总3}$
1~8 线	-100	3864.6	1843.0	12968.7	221121.0	5707.6	16833.3	224985.6

本次采用“大井”法计算未来露天采场涌水量并取其二分之一是较符合实际的，计算参数的确定基本是适宜的、合理的。从计算结果可看出，“大井”法计算的基岩本身裂隙水量较小，对于总涌水量来说，如考虑年平均降水因素，其值偏小，如考虑日最大降水因素，则值偏大，也可能是几十年不遇，故开采设计中应以考虑月最大降水因素的 $Q_{总2}$ 作为正常排水量。

-100m 水平以下涌水量无需计算，即或计算了其实际意义不大，应采用上部开采中的实际排水量，依“比拟法”预测深部涌水量更切合实际。

6.3.4 矿区水资源综合评价

矿区水文地质条件比较简单，岩石富水性不强，地表水体不甚发育，多是山间小溪或间歇性小溪，水量很小，无利用价值。唯有东部的大孤山小河，常年流水，据 2005 年 8 月末观测其流量约 4-5 万 m³/d，距矿床约 1.5km 左右，可用来作为生产用水。除此，随着矿山开采深度的不断增加，矿山排水可综合利用，作为生产用水的补充水源，但不能作为生活饮用水资源。

区内地表水或浅层地下水，其水质均不佳。地表水生活污染较重，浅层第四系孔隙水也受到一定的污染，突出表现是硫酸根或硝酸根偏高较多，故不适宜饮用。未来矿山生活饮用水应引用自来水为宜。

6.4 工程地质

6.4.1 工程地质特征

矿床范围内分布的主要岩石为鞍山群樱桃园组假像赤铁石英岩、磁铁石英岩、含铁石英岩、石英片岩等，其底、顶板均为千枚岩，太古代及燕山期花岗岩时呈铁矿体底板或间接底板，浅部有辽河群千枚岩不整合覆盖于矿头之上。各类岩石软硬程度差异性较小，现将以往及本次岩石力学性质试验成果列于表 6-7、表 6-8。

表 6-7 1980 年岩石力学试验成果表

岩样编号	岩石名称	采样地点	抗压强度 (Mpa)
21	假像赤铁石英岩	地表露头点	130.8
506	假像赤铁石英岩	地表露头点	85.7
202	假像赤铁石英岩	地表露头点	141.5
221	假像赤铁石英岩	地表露头点	288.0
540	假像赤铁石英岩	ZK5	202.1
2040	磁铁石英岩	ZK4	185.0
34	千枚岩	地表露头点	40.8
7	花岗岩	地表露头点	35.0
66	花岗岩	ZK2	60.0
795	千枚岩	ZK6	56.9
166	千枚岩	ZK5	100.4
458	花岗岩	ZK6	195.0

表 6-8

本次岩石力学性质试验成果表

岩样 编号	岩石名称	采样地点及深度 (m)	容重 (g/cm ³)	天然抗压强度 Mpa				抗剪强度	
				单 值			平均值	内聚力C (Mpa)	内摩擦角φ (°)
				1	2	3			
Y1	花岗岩	SK01, 42-45	2.52	100.03	97.18	112.64	103.28	12.61	50.62
Y2	花岗岩	SK01, 124-129	2.50	115.67	122.66	127.39	121.91	14.45	51.96
Y3	花岗岩	SK01, 162-165	2.56	138.54	148.82	143.64	143.67	16.83	52.68
Y4	长英质糜棱岩	SK01, 192	2.70	112.46	108.90	113.48	111.61	11.36	48.56
Y5	假象铁片岩	SK01, 204	3.34	165.08	186.21	198.39	182.23	19.26	56.12
Y6	千枚岩	SK02, 105-111	2.59	47.16	53.68	48.95	49.93	5.36	42.52
Y7	假象铁片岩	SK02, 263-264	3.51	269.51	245.62	258.18	257.77	24.13	59.25
Y8	假象铁片岩	SK02, 318-319	3.50	236.18	252.19	248.38	245.58	23.81	58.62
Y9	千枚岩	SK02, 378-381	2.65	47.01	42.85	38.21	42.69	4.82	42.18
Y10	千枚岩	ZK414, 32-33	2.70	60.28	53.68	62.48	58.81	5.64	43.51
Y11	千枚岩	ZK414, 74	2.69	41.36	42.46	53.24	45.69	4.79	43.26

从表 6-7 和表 6-8 中可看出, 所试验的铁矿层 9 件, 抗压强度为 85.7-288.0Mpa, 均大于 60Mpa, 其岩石强度为坚硬的; 花岗岩 6 件, 抗压强度除 1 件地表样为 35.0Mpa 外, 其余均大于 60Mpa, 故总的看岩石强度也为坚硬的, 仅浅部个别为半坚硬的; 千枚岩 7 件, 抗压强度一般为 40.8-58.81Mpa, 个别为 100.4Mpa, 总的岩石强度为半坚硬的。以上说明岩石强度较大, 特别是铁矿层。

矿床岩石风化程度一般, 风化裂隙发育深度 10-55m, 但强度不大。个别钻孔深部由于断裂构造, 岩石较破碎。通过对 24 个钻孔岩石质量指标 RQD 统计结果看 (见附图 30-31), 总的说浅部一定深度内岩石质量为极劣或劣的, 岩体破碎或完整性差, 深部岩石质量及岩体完整性较好, 大致有如下特点:

(1) 表浅部 50-100m 或个别孔达 100 或 300m 深, 特别是千枚岩和石英片岩, 其岩石质量多为极劣或劣的, 岩体破碎或完整性差。

(2) 从剖面看, 除 2 线外, 其它各剖面钻孔下部岩石质量多属中等的和好的或个别极好的, 岩体完整性属中等完整和较完整或完整。

(3) 2 线除 ZK423、ZK410、ZK412 孔外, 其余各孔岩石质量均较差, 推测与岩层侧转或断裂影响有关。

(4) 从岩性看，千枚岩岩石质量及岩体完整性最差，铁矿层较好，花岗岩次于铁矿层。

(5) 本次岩石质量统计对机械破碎影响掌握不足或不统一，故总体看偏低。

6.4.2 工程地质评价

矿床基岩属于坚硬的、半坚硬的厚层状、块状工程地质岩组，但岩组结构较复杂，各类结构面较发育。岩石质量、岩体完整性及其稳定性表浅部很差或较差，深部较好。其矿床工程地质条件属中等类型。对于未来露天或井下开采而言，一般不易发生较大的不良工程地质问题。

露天边坡的稳定性是露天开采过程中重要的工程地质问题，从矿坑涌水量预测所圈定的露天采场范围（见附图 7）可看出，采场底长轴呈北东东向，东、西端为垂直边坡，北侧为逆向边坡，南侧为顺向边坡，其边坡角均按 45° 考虑的。设计中应充分侧重考虑南侧顺向边坡，其岩组结构较复杂，存在 F1、F2 断层，有糜棱岩、闪长岩脉、片岩等结构面较发育，应采取适当措施，避免崩塌、滑塌以及滑坡地质灾害的发生。北侧虽为逆向边坡，但在千枚岩中有大致平行边坡的闪长岩脉存在，应予以注意。

如果井巷开采，应在断裂构造附近、糜棱岩、碎裂岩、片岩、千枚岩等结构面发育地段，采取必要的防护措施，避免冒顶、片帮以及岩爆等灾害的发生，确保安全生产。

6.5 环境地质

通过本次矿区水文地质工程地质及环境地质综合测绘可认为，矿床尚未开发，其环境质量还是较好的。矿区范围内破坏环境的行为主要是大规模的铁矿开采和废石排放，本次调查确定潜在崩塌滑坡点（不稳定斜坡）4 处，均为采矿排岩构成，且 1、2 号点规模较大，占用农田和果林，对环境的影响较大（见表 6-9）。矿床西北部早已是东鞍山铁矿的排岩场和选矿沉淀池（现报废回填并部分复垦），其面积约 2.5km^2 ，致使地形变化较大，也侵占了农田和村庄，植被遭到破坏，造成土地荒漠化以及粉尘污染等地质灾害。这也是该矿床今后开采中应注意避免和系统解决的问题。

区内地表水体很少，除东部有大孤山小河外，仅有山间小溪或间歇性小溪，水量甚小，小的积水池或小水库也不多且容量也很小。其水质或浅层孔隙水水质均程度不同的受到一定的污染，主要是部分水点中硫酸及硝酸根偏高，这与附近矿山开采使用炸药有关。

表 6-9 黑石砬子矿区地质灾害点特征一览表

点号	灾害类型	位置	特征及危害
1	不稳定斜坡	顾家房果园北	为东鞍山铁矿排岩场东端南侧斜坡，从月明山向延伸至顾家房沟里，现斜坡堆积宽约 1000m，高约 30-50m，坡度 50-60°，坡向 180°，均为松散碎石堆积，坡下有块石坠落，滚入坡下果园，主要威胁坡下土地。
2	不稳定斜坡	上台子南	为东鞍山铁矿排岩场北侧斜坡，从前峪村南延伸至上台子东侧，现斜坡宽约 2.5km，高 30-50m，坡度 50°左右，坡向 0°，均为松散碎石堆积，坡脚有块石坠落，现堆积物已占用农田和果林。上台子居民已搬迁。
3	不稳定斜坡 (采石场)	獐子窝西 300m	为小型采石场，开采矿石为青白口系石英砂岩，现已停采，现斜坡宽约 150m，高 20-40m，坡度近直立，坡向 20°，岩石致密、坚硬，节理和裂隙发育一般，坡脚崩落物较少，岩石稳定，现该采场处另有较多的松散堆积物，高约 5-10m，坡度 40°左右，坡下有一厂距离较近。
4	不稳定斜坡 (铁矿采场)	獐子窝东 400m	为獐子窝铁矿采场，规模较小，开采矿石为鞍山群磁铁矿石岩和假像赤铁矿石岩，采场较凌乱，现采场宽约 100m，高约 30m，坡度 70-80°，坡向 210°，岩石节理裂隙发育，可见 3 组较大节理，采场面岩体破碎，见有块石下落，对生产人员和设备形成较大威胁。

6.6 结论

(1) 矿床水文地质及环境地质条件属简单类型，工程地质条件为中等，按规范要求，该矿床属以工程地质问题为主的开采技术条件中等的矿床（II-1）。

(2) 依矿床水文地质条件，采用露天开采“大井”法预测-100m 水平涌水量是适宜的。无需进行更深水平的涌水量计算，深部水平涌水量，应根据浅部开采实际排水量，采用“比拟法”进行深部涌水量预测。

如未来矿山开采为井巷方法，将总涌水量中大气降水量去掉即可。

(3) 露天采场的总涌水量 $Q_{总1-3}$ ，应是“大井”法计算的涌水量 $Q_{大}$ 和直接降落在露天采场面积上的大气降水量 $Q_{降1-3}$ 之总和。其中 $Q_{降1-3}$ 是分别考虑了年平均降水量 W_1 、月最大降水量 W_2 和日最大降水量 W_3 三个不同因素。考虑 W_1 ，偏小； W_3 偏大，且为几十年不遇；选择月最大降水 W_2 因素较合适。则 $Q_{总2}$ 为 $16833.3m^3/d$ ，该水量可以作为开采设计的依据。

(4) 矿床内岩石除铁矿层外，主要为千枚岩、花岗岩、片岩、闪长岩等。岩石强度属坚硬的、半坚硬的，但岩组结构较复杂，各类结构面较发育，岩石质量及岩体完整性、稳定性浅部很差，深部较好，其工程地质条件属中等类型。

(5) 露天边坡的稳定性是露天开采过程中重要工程地质问题。考虑露天采场南侧为顺向边坡，当有断裂构造、糜棱岩、碎裂岩、断层泥、石英片岩等处，应采取适当的防治措施，特别在暴雨情况下，避免崩塌、滑塌以及滑坡地质灾害发生，应予以重视。

(6) 矿山新建或开采中，应遵循有关规范和设计，注意保护土地和植被，合理排放废石，避免造成局部崩塌、滑塌或导致土地荒漠化、水土流失等不良地质现象发生，保护好生态环境及环境质量。

(7) 露天采场周边，应依地形地貌在必要地段修筑排水明渠，避免地表水溃入露天采场，从而引发或加剧不必要的崩塌、滑塌等地质灾害发生。

(8) 矿山开采中应进行一定的水文地质、工程地质及环境地质观测或监测工作，不断积累有关资料，为合理、安全开发铁矿资源提供依据，更好地为生产服务。

7 勘查工作及其质量评述

7.1 勘查方法及工程布置

本次勘查范围内矿体呈层状，连续性很好，延长在 2000m 以上，延深 1000m 以上，平均水平厚度为 134.00m，矿体规模为大型；矿体厚度变化系数（Vm）为 44.4%，故其形态复杂程度属简单；矿体产状较稳定，矿体总体呈单斜层产出，局部倒转，受到一条斜断层切割，区内其它断层和岩脉对矿体的稳定程度无明显影响，故其构造复杂程度属中等；矿体内 TFe 品位变化小，品位分布均匀，品位变化系数为 19.30%，即有用组分分布均匀程度属均匀型。综合以上分析，矿体的勘查类型确定为 I—II 类型。

根据勘查类型，依据中华人民共和国地质矿产行业标准 DZ/T0200-2002《铁、锰、铬矿地质勘查规范》，确定以 200m×100~200m 网度探求（331）类资源量，400m×200m 网度探求（332）类资源量。在 1、2 勘探线上矿体控制最低标高都在-800m 以下，且该矿床为沉积变质型，矿层厚度巨大，向深部尚未出现尖灭现象，因此本次（333）资源量估算到-800m 标高。矿体走向外推部分及自然尖灭区亦计算为（333）类资源量。

本次勘查的基本方法为勘探线法，即总体上垂直矿体走向布设勘探线，勘探线方位为 168° 05'，探矿工程原则上都布设在勘探线上。

具体工作方法是：先在区内进行 1:2000 地质测量和物探磁法测量以圈定矿体地表出露范围，然后布设槽探工程控制矿体地表出露，最后依勘探网度，由浅入深地布设钻探工程控制矿体深部延伸。

工作实践证明，上述勘查方法及手段的选择，达到了以最少的投入，最有效地控制了矿体并达到探求高类别资源量的目的，工程布置合理且符合规范要求。

7.2 勘查工程及质量评述

7.2.1 以往勘查工程质量评述

A. 槽探工程

本次工作利用了 1968-1970 年施工的 KII 和 KIII 二条探槽。这两条探槽基本上达到了揭露和控制矿层地表出露的目的，并进行了采样和化验分析，基本达到了利用要求。

B. 钻探工程

本次工作共利用以往施工钻孔 10 个，其中 8 个参与矿量计算，2 个孔（ZK6 和 ZK12）用于控制地质界线，没参与矿量计算。在这 10 个钻孔中，1968-1970 年施工的有 4 个，即 ZK1、ZK3、ZK4 和 ZK6；1979-1980 年施工的有 6 个，即 ZK7、ZK10、ZK12、ZK13、

ZK15 和 ZK19。钻孔质量见表 7-1。

表 7-1 以往施工钻孔一览表

顺序号	剖面号	钻孔号	全孔采取率 (%)	矿层采取率 (%)	利用时最大 偏线距 (m)	备注
1	4	ZK3	50	73	70	参加 (332) 计算
2	4	ZK13	69	79	38	参加 (332) 计算
3	4	ZK12	50	46	40	
4	3	ZK4	57	62	14	参加 (332) 计算
5	3	ZK10	64	82	11	参加 (332) 计算
6	0	ZK7	47	60	12	参加 (331) 计算
7	0	ZK1	38	68	7	参加 (331) 计算
8	0	ZK6			38	
9	7	ZK15	55	78	93	参加 (333) 计算
10	8	ZK19	63	74	144	参加 (333) 计算

由上表可以看出，各孔全孔采取率较低，但矿层采取率一般较高，基本满足当时地质勘探规范要求。

ZK3、ZK15 和 ZK19 钻孔偏线距较大，ZK3 降级利用，ZK15 和 ZK19 作为探求(333)类资源量利用。

这些孔都进行了井深验证，验证方法是每 100m 验证一次，原误差规定每 100m 不超过 0.5m，若超差时，用平差方法消除，基本上满足了当时规范要求，井深数据可靠。

7.2.2 本次勘查工程质量评述

A. 槽探工程

本次勘查工作共施工探槽 12 条，其中 TC403、TC417、TC410 和 TC405 用于揭露构造，其它探槽用于揭露并控制矿体，共计完成槽探 816.36 延米，1133.79m³，见表 7-2

表 7-2 本次施工槽探工程一览表

工程号	槽长 (m)		工程量 (m ³)	见矿情况	试样号
	斜距	平距			
TC403	61.299	58.858	93.76	未见矿	
TC404	63.994	61.737	104.79	未见矿	HT04001-HT04004
TC405	36.910	36.344	84.46	未见矿	
TC408	75.952	72.198	97.83	见矿	HT08001-HT08021
TC409	91.225	85.827	97.18	未见矿	HT09001-HT09019
TC410	47.929	47.026	93.96	未见矿	
TC411	87.497	73.540	75.70	见矿	HT11001-HT11023
TC412	81.476	73.193	95.80	见矿	HT12001-HT12022
TC413	67.042	62.383	97.42	见矿	HT13001-HT13014
TC416	91.148	75.046	95.70	见矿	HT16001-HT16024
TC417	58.875	58.550	106.50		
TC406	53.015	50.404	90.69	见矿	HT06001-HT06010
合计	816.362	755.106	1133.79		

探槽规格一般开口 1.2m，槽底 0.8m，大都挖到新鲜基岩面，极少因第四系覆盖太厚未能挖到底。对所有探槽中揭露出的含铁石英岩都进行了刻槽取样、化验，对探槽地质编录和素描均进行了详细检查和校对，并编制了比例尺 1:100 的槽探索描图。在这 12 条探槽中，有 6 条探槽见矿，有 2 条探槽虽未见矿，但控制了含矿层的边界，还有 3 条未见矿探槽控制了断裂构造，达到了设计目的。探槽的工程质量和编录质量满足 DZ/T0078-93《固体矿产勘查原始地质编录规定》要求。

B. 钻探工程

本次勘查共布设了 27 个钻孔，钻探工程量 17244.4m，分别在 7 线、1 线、0 线、2 线、6 线和 8 线上布设，旨在查明矿体的赋存状况以及探求矿体各类别资源量。

所有钻孔定位是用全站仪全仪器法施测的，其开孔方位按要求全仪器法实测的，开孔倾角用罗盘实地测定的，误差在 $\pm 0.5^\circ$ 以内。

在本次施工的钻孔中，ZK423（04）和 ZK416 两个钻孔质量较差，ZK423（04）孔钻进到 350m 时，钻孔天顶角已下垂 $8^\circ 49'$ ，当钻孔钻进到 750m 时，钻孔天顶角又上漂了 $26^\circ 19'$ ，而方位已偏差 $152^\circ 49'$ ，由此可见该孔整孔已无法利用。ZK416 孔终孔最大偏线距已达 124.84m，且顶角 100m 最大弯曲达 $7^\circ 06'$ ，考虑到该孔上部可以用来控制地质界线，因此以偏线 50m 以上的钻进部分(543.91m 以上)予以利用。

除上述两个钻孔外，本次施工的其他钻孔质量较好，详细情况见表 7-3。矿层采取率均达到 80%以上，50%以上钻孔矿层采取率达到 90%以上；围岩采取率都在 65%以上，大多超过 80%，质量良好。所有钻孔每 100m 及终孔都验证了井深，验证误差在验证处

的最后一个回次消除。在这些钻孔中，只有 ZK407 一个钻孔井深验证超差一次。ZK407 孔在 155.60m 处井深误差为 0.22m，已平差在验证井深处的最后一个回次中，没有影响终孔井深。ZK407 终孔井深误差为 0.02m。所有这些孔的终孔井深误差都很小，大多在 0.03m 左右，最大 0.18m（孔深 609.52m）。

所有钻孔每 100m 都进行了方位角和倾角测量。钻孔轴偏离勘探线距离大多都很小，最大偏线距为 ZK404 的 57.39m，其它钻孔轴最大偏线距都小于 40m。均满足不大于勘查网度 1/5 的规范要求。从钻孔 100m 最大顶角弯曲上看，大多数钻孔小于 2°，最大为 ZK423（05）的 6° 36′，总体上看大于 2° 弯曲的钻孔都没有影响矿量计算。

表 7-3 本次施工钻孔工程质量一览表

顺序号	剖面号	钻孔号	孔深(m)	开孔方位	开孔倾角	见矿情况	矿体采取率(%)	围岩采取率(%)	井深验证误差 (m)		钻孔轴最大偏线距(m)	100m 钻孔最大顶角弯曲
									100m最大	终孔		
1	7	ZK417	923.75	168° 05′	77°	见矿	95.04	91.98	0.06	0.00	32.51	1° 33′
2	1	ZK404	1132.88	168° 05′	77°	见矿	94.71	87.01	0.08	0.02	57.39	3° 07′
3	1	ZK403	703.28	168° 05′	78°	见矿	97.44	92.86	0.05	0.10	11.25	1° 27′
4	1	ZK405	752.36	168° 05′	76°	见矿	91.40	88.22	0.02	0.10	20.91	2° 13′
5	1	SK01	213.03		90°	见矿	81.49	75.26	0.00	0.00		
6	1	ZK401	1077.88	168° 05′	78°	见矿	91.41	95.19	0.07	0.00	38.14	1° 36′
7	1	ZK402	760.16	168° 05′	78°	见矿	94.72	93.51	0.08	0.08	31.56	1° 36′
8	1	ZK426	715.00	168° 05′	81°	见矿	82.41	70.97	0.00	0.00	6.26	58′
9	0	ZK427	705.50	168° 05′	77°	见矿	97.22	90.58	0.05	0.10	29.95	1° 10′
10	0	ZK415	641.00	168° 05′	80°	见矿	95.17	84.17	0.02	0.02	5.83	1° 12′
11	0	ZK414	524.05	168° 05′	79°	见矿	98.48	92.17	0.07	0.03	12.09	1° 09′
12	2	ZK409	661.08	168° 05′	76°	未见矿		77.71	0.05	0.02	16.31	2° 06′
13	2	ZK413	848.88	168° 05′	75°	见矿	83.99	79.07	0.02	0.00	10.57	2° 06′
14	2	ZK411	605.60	168° 05′	77°	见矿	82.95	69.31	0.02	0.00	2.45	2° 42′
15	2	ZK412	480.37	172°	80°	见矿	89.76	75.71	0.02	0.03	29.81	1° 30′
16	2	ZK410	1010.63	168° 05′	82°	见矿	94.16	85.66	0.03	0.03	10.42	1° 49′
17	2	ZK408	448.13	168° 05′	75°	见矿	83.58	76.94	0.03	0.00	3.18	3° 48′
18	2	ZK407	261.99	168° 05′	76°	见矿	82.60	84.13	0.22	0.02	2.47	1° 40′
19	2	ZK422	146.21	348° 05′	86°	见矿	76.41	71.26	0.02	0.01	0.27	54′
20	2	ZK406	515.90	168° 05′	80°	见矿	81.17	72.25	0.02	0.02	1.36	1° 19′
21	2	ZK423(05)	666.00	348° 05′	75°	未见矿		72.24	0.02	0.00	9.52	6° 36′
22	8	ZK416	810.80	168° 05′	78°	未见矿		91.82	0.07	0.05	124.84	7° 08′
23	8	ZK418	751.91	168° 05′	78°	见矿	93.10	84.71	0.38	0.04	11.09	1° 12′
24	8	ZK419	134.25	348° 05′	80°	见矿	87.38	81.85	0.00	0.00	0.41	1° 07′
25	8	ZK420	609.52	168° 05′	80°	未见矿		91.05	0.13	0.18	23.85	5° 40′
26	6	SK02	381.72		90°	见矿	92.51	76.96	0.08	0.01		
27	2	ZK423(04)	762.52	348° 05′	80°	未见矿		70.79	0.02	0.00	81.43	6° 18′

ZK417、ZK408、SK01、SK02 等四个钻孔作水文观测孔，ZK423（04）和 ZK423（05）两个孔未见矿，除这 6 个钻孔未进行封孔以外，其余 21 个钻孔都进行了封孔处理，封孔位置自孔底至矿体上盘 5m 范围内及井口，且均在井口立桩为记。封孔方法是泵送水泥、钻杆导入进行封灌至应封位置。采用 325#或 400#水泥，其水灰比为 1:1。封孔方法符合要求，质量合格。对于钻探班报及岩矿芯的管理均按《岩芯钻探规程》执行，且均达到规范要求，质量合格。

本次施工的 27 个钻孔中,除 ZK423(04)报废、ZK416、ZK409、ZK423（05）和 ZK420 4 个孔因未见矿、ZK422 为构造孔、SK02 为水文孔，这 6 个孔也未参加矿量计算（SK02 参加品位计算）外，其余 20 个钻孔都参加了矿量计算。

所有地质孔均进行了简易水文地质观测和工程地质编录，SK01 孔做了简易抽水试验，SK02 孔做了抽水试验，ZK417 孔做了涌水试验，并且 SK01 孔和 SK02 孔保留套管，作为长期动态观测孔。

7.3 地质测量工作及质量评述

7.3.1 地质填图

矿区内地质填图比例尺为 1:2000，填图面积 6.97km²，其中 3km² 为修测，其余为 1:2000 地质测量，采用露头全面踏勘法。地质点采用全站仪全仪器法测量，矿层地段点距 10~20m，围岩部分稀疏到 20~40m。凡大于 2m 的矿、岩层都表示在地质图上，矿区内共测地质点 3275 个，查清了矿层地表出露形态，满足了复杂区 1:2000 地质填图规范要求。

1:2000 地质平面图，矿层部分地表工程控制密度较大，基本上达到 100m 间距，地质界线、岩性和矿体特征的控制达到规范要求，保证了地质成果和资源量估算的准确性。

7.3.2 地质剖面图

地质剖面图的地形线是用全仪器法实测的，剖面图上的地质界线是根据槽探和钻探工程实际控制的，没有工程控制的部分根据地质平面图和地质规律编制。

7.4 测量工作及质量评述

7.4.1 控制测量

A. 技术依据

a. 《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ73-97

b. 《地质矿产勘查测量规范》GB/T18341-2001

本勘查区采用 1954 年北京坐标系，高程采用黄海高程系，中央子午线为 123° ，采用三度带投影，其带号为 41。

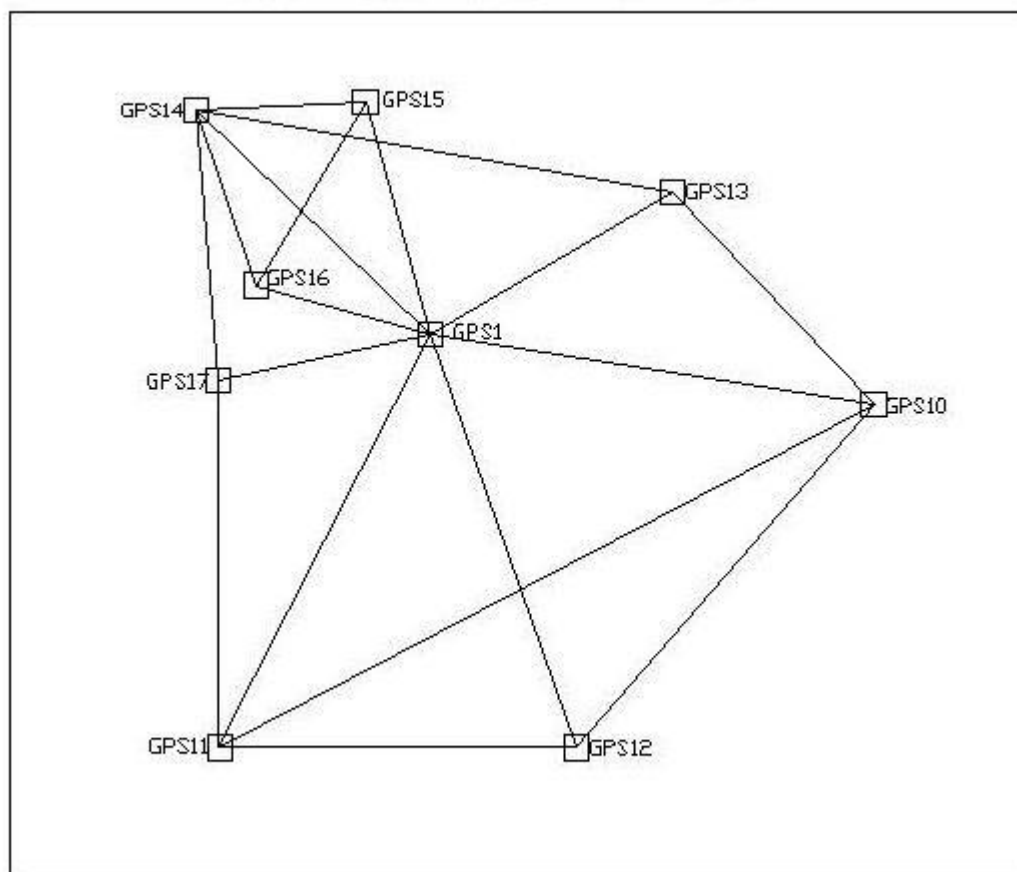
B. 主体控制网的建立

根据工程质量的需要，主体控制网必须严密合理。该区前期不同程度地做了一些工作，为了保证资料的一致性，本勘查区起算数据采用 1975 年哈尔滨冶金测绘学校所做的 IV 等三角网点黑石砬子、龙头山为起闭点，以黑石砬子为中心由 6 个三角形组成中心网形，又在中心网中以单菱形加强二点。（见控制网略图,图 7-1）总计布设 GPS 点 7 个，GPS 点间距最长为 1.75Km，最短边为 0.78km。起算点见表 7-4。

表 7-4 起 算 点 坐 标

点名	等级	X	Y	H
黑石砬子	IV	4545865.953	41501818.428	190.603
龙头山	IV	4545610.668	41503429.347	144.881

图7-1 控 制 网 略 图



a. GPS 网的观测

GPS 网观测采用美国 Ashtechz-x 双频接收机, 四台套同时静态观测, 总计观测了 24 个时段, 每时段观测不少于 25min。此仪器的标称精度: 静态 5mm+1ppm、快速静态实时动态 RTK1cm+1ppm。该仪器设备经辽宁省仪器检定中心检定, 并有合格检定证书。

b. GPS 网的内业处理

将 GPS 野外观测数据传输于计算机, 采用 Ashtech solutions2.6 平差软件平差处理后输出成果。

c. GPS 网精度评定

GPS 网所组成的同步观测环, 最大环长为 4.869km, 异步观测环最大环长为 7.812km。环闭合差最大为 11mm, 环相对精度最低为 1/62 万。基线相对误差最大 2mm, 高程相对误差最大 3mm, 基线相对精度最低为 1/53 万, 高程相对精度最低为 1/30 万。

d. GPS 点标石及觐标

GPS1、GPS10、GPS16 是原有标石, 并有钢标。其它点都利用原岩, 刻以十字, 外面刻有 10×10cm 外框, 并注明点号。

7.4.2 地形图测绘

A. 图根控制测量

测区主体 GPS 网基本上控制了整个测区, 但还满足不了具体工程的需要。为了保证地形测量图根点的密度, 采用 GPS 实时动态测量进行图根点加密。在实测工作中严格执行规范的技术指标, 其点位变化最大控制在 5mm 以内。全区总共加密 RTK 点 32 个, 主要分布在工程重点地区及地形、地物变化较大的建筑区。

B. 地形图分幅

地形图根据地质专业的需要任意分幅, 没有按国家正规分幅。

C. 地形图的测绘及修测

测图比例尺为 1:2000, 基本等高距为 2.0m, 测图面积为 7.32km²。其中测区中心 3km² 部分是采用 1975 年哈尔滨冶金测绘学校实习队大平板仪测图的原图进行扫描矢量化, 经过三十年的时间, 地形、地物发生较大变化, 进行了正规修测。其它部分为实测。

D. 地形图的数据采集及地物的注记

地形测量数据采集严格执行测量规范, 地形、地物取舍适当。图内大面积果树、旱地没有绘制符号以汉字标注。

E. 地形图的成图方法

采用北京清华山维公司 EPSCAN2003 软件成图, 完全符合国家现行图式符号要求, 图形文件的格式符合国家统一标准。

F. 地形图检查

地形图成图后严格执行了三级检查制度。内业 200% 检查，外业巡查 100%。最后实测地形图进行抽检检查，检查点数 528 个，占总点数的 5.2%，合格率 100%，平面点位中误差为 $\pm 0.128\text{m}$ ，高程点高差中误差为 $\pm 0.142\text{m}$ 。

7.4.3 地质工程测量

A. 投入的仪器及精度

地质工程投入的仪器莱卡全站仪 TC905L 两台，极称精度为 $\pm 2\text{mm}+2\text{ppm.D}$ ，测角中误差 $2''$ 。

宾得 R-100 全站仪一台，极称精度 $\pm 5\text{mm}+3\text{ppm.D}$ ，测角中误差 $5''$

拓普康 GTS335 全站仪四台，极称精度 $\pm 2\text{mm}+2\text{ppm.D}$ ，测角中误差 $5''$

拓普康 GTS332 全站仪一台，极称精度 $\pm 2\text{mm}+2\text{ppm.D}$ ，测角中误差 $2''$

苏光 J2 经纬仪，配备莱卡 DI1600 红外测距仪，其极称精度 $\pm 3\text{mm}+2\text{ppm.D}$ ，测角中误差 $2''$

B. 地质剖面及物探剖面测量

地质剖面和物探剖面重合，地质工作的重点在物探剖面的 245-155 点之间，为了保证精度及校核，在每条线的 245 号点及 155 号点都实地放点，钉木桩，注明点号，地质剖面和物探剖面同时进行，在 155 号点或 245 号点上摆站，往两面观测，地形变换点都进行观测，同时控制物探剖面的距离。测绳量距定点，仪器定向。物探剖面网度为 $200\text{m} \times 20\text{m}$ ，总长 52.0km 。

C. 槽探测量

极座标放测端点或中间点，采用苏光 J2 莱卡 DI1600 红处测距仪观测，放测完端点后，重新观测水平角一测回，天顶距一测回，测距一测回两次读数测定。槽探上的点为仪器定向，天顶距和距离为一次读数测定。最长的槽探为 85.827m ，最短为 36.344m ，总长 755.106m 。共检查了 5 条探槽 5 个点，占总条数的 41.7%，占总点数的 7.35%，最大点位误差 $\pm 0.168\text{m}$ ，平均点位误差 $\pm 0.099\text{m}$ ，最大高程误差 $\pm 0.119\text{m}$ ，平均高程误差 $\pm 0.070\text{m}$ 。

D. 地质点测量

地质点施测用两台拓普康 GTS335 观测，在设置测站后，用其它方向检核或重复检查已知数据方可观测，共测了 3275 个点，输出后，电脑成图。检查了 121 个点，占总点数的 3.69%，平面最大误差 $\pm 0.309\text{m}$ ，平均误差 $\pm 0.082\text{m}$ ，最大高程误差 0.315m ，平均高程误差 $\pm 0.048\text{m}$ 。

E. 钻孔定位测量

钻孔分为本次工程的钻孔和老钻孔，老钻孔是 1968-1970 年鞍钢地质勘探公司 402

队和 1979-1980 年吉林省冶金地质勘探公司 603 队施工。终孔座标用交会法及极坐标观测。见附表。

新钻孔是用拓普康 GTS332、335 和苏光 J2、莱卡 DI1600 测距仪极座标方法观测，先进行放测，施工结束后，进行终孔观测。施工前进行开孔检查。终孔座标进行了重复检查，共检查了两个孔，占总数的 7.69%，最大点位误差 $\pm 0.167\text{m}$ ，平均点位误差 $\pm 0.117\text{m}$ ，最大高程误差 $\pm 0.145\text{m}$ ，平均高程误差 $\pm 0.134\text{m}$ 。

综上所述，本区测量工作完全符合规范要求。

7.5 物探工作及其质量评述

7.5.1 前言

A. 目的与任务

地面磁法测量工作的目的是配合地质勘探为黑石砬子铁矿区扩大铁矿资源量提供物探依据。任务是圈定铁矿区磁异常范围，查明引起剩余磁异常的原因，推断铁矿体形态、产状及规模。

采用联合剖面法和浅震反射波法在铁矿区东部查找近南北走向的隐伏断裂构造。

井中三分量磁测工作的其目的是为了解决井底、井旁磁性盲矿体，确定磁铁矿体上下界线及时指导钻探施工。

B. 本次工作情况及完成工作量

本次地面磁测工作是剖面性测量，剖面方位与勘探线方位相一致，网度为 $200\text{m} \times 20\text{m}$ ，控制面积 9.6km^2 。剖面总长度为 52.0km ，实测物理点 2526 个，检查 126 个物理点，总物理点为 2652 个。

联合剖面法：测线方位为 $\text{NE}78^\circ$ ， $\text{AO}=160\text{m}$ ， $\text{MN}=40\text{m}$ 。共布设 4 条测线，线距 200m ，点距 20m ，每条测线实测长度为 840m （B 线实测 720m ）。实测剖面总长度为 3240m ，共观测物理点 166 个。

浅震反射波法：测线布设沿近东西的土路或庄稼地顺垄布设，采用 6 次覆盖观测系统，偏移距 30m ，道距 1m 。100 赫兹检波器，24 道接收，捶击震源。共布设 8 条测线，剖面总长度为 2464m （偏移距和损失区在内）。捶击点 1044 个。

井中三分量磁测完成 6 个钻孔，总深度 2143m ，实测 237 个物理点。

采集岩矿石标本 830 块。

各剖面端点坐标见表 7-5。

表 7-5 各剖面端点坐标

起始点	X	Y	终点号	X	Y
0/11	4543606.91	41500557.79	400/11	4547520.69	41499731.75
0/9	4543648.21	41500753.48	400/9	4547561.99	41499927.44
0/7	4543689.52	41500949.17	400/7	4547603.30	41500123.13
0/5	4543730.82	41501144.86	400/5	4547644.60	41500318.82
0/3	4543772.12	41501340.54	400/3	4547685.90	41500514.51
0/1	4543813.42	41501536.23	400/1	4547727.20	41500710.20
0/0	4543854.72	41501731.92	400/0	4547768.50	41500905.89
0/2	4543896.03	41501927.61	400/2	4547809.80	41501101.58
0/4	4543937.33	41502123.30	400/4	4547851.11	41501297.27
0/6	4543978.63	41502318.99	400/6	4547892.41	41501492.56
0/8	4544019.93	41502514.68	400/8	4547933.71	41501688.64
0/10	4544061.23	41502710.37	400/10	4547975.01	41501884.33
0/12	4544102.53	41502906.06	400/12	4548016.31	41502080.02
16/A	4546374.50	41502282.88	84/A	4546515.49	41502948.10
16/B	4546178.84	41502324.34	72/B	4546294.95	41502872.17
16/C	4545983.19	41502365.82	84/C	4546124.18	41503031.04
16/D	4545787.54	41502407.28	84/D	4545928.53	41503072.51
0/DS1	4546282.78	41502499.74	537/DS1	4546418.59	41503019.28
0/DS2	4545987.09	41502479.51	138/DS2	4546090.84	41502570.67
214/DS2	4546128.17	41502637.22	289/DS2	4546158.62	41502705.37
0/DS3	4546145.24	41502695.10	289/DS3	4546174.10	41502980.65
0/DS4	4546124.97	41502979.58	189/DS4	4546154.79	41503166.21
0/DS5	4545854.87	41502589.54	154/DS5	4545915.43	41502731.60
230/DS5	4545939.39	41502803.09	433/DS5	4545950.88	41503005.96
0/DS6	4545943.63	41502980.17	116/DS6	4545943.05	41503096.02
229/DS6	4545939.34	41503209.16			
0/DS7	4546082.63	41503040.72	279/DS7	4546131.85	41503305.18
0/DS8	4546260.95	41502967.36	229/DS8	4546325.64	41503187.03

本次地面磁测工作从 2004 年 2 月 9 日开始至 2004 年 2 月 25 日结束，

联合剖面法和浅震反射波法从 2004 年 6 月 2 日开始至 2004 年 6 月 22 日结束，井中三分量磁测工作贯穿整个勘探期。

主要设备有 CSC—3 型直读磁力仪 3 台，国产小悬丝 1 台，JCX-3 型三分量井中磁力仪 1 台，E60BN 型高密度电阻率勘探仪 1 台，SE2404P48 道综合工程勘探仪 1 台。

7.5.2 岩（矿）石地球物理特征

A. 前人物探工作程度

1968 年～1970 年鞍钢地质勘探公司四〇二队对黑石砬子铁矿区进行了普查评价工作。完成了 1/5 千磁法测量 15km²，圈定了黑石砬子铁矿床磁异常范围。

1976 年鞍本冶金地质会战期间，由鞍山冶金地质勘探公司四〇一队，在该区进行了 1/万磁法扫面工作，较为完整地圈定了黑石砬子铁矿床磁异常的形态和规模。

1977 年鞍山冶金地质勘探公司四〇一队综合组对黑石砬子磁异常进行了初步研究，在磁异常中心部位做了三条磁法精剖，并做了正反演计算，认为在已知矿体南侧有较大的剩余磁异常，推断了盲矿体赋存部位和埋深，但未进行钻探验证。

1978 年～1979 年由吉林冶金勘探公司六〇三队对该矿床进行地质评价。在 0 勘探线做磁法剖面性测量，并进行了正反演计算，对黑石砬子磁异常持否定意见，认为主矿体南侧剩余磁异常是由花岗岩引起的。

1984 年鞍山冶金地质勘探公司四〇一队综合组在黑砬子铁矿区 0、3、4 勘探线做磁法剖面性测量，进行了正反演计算，认为主矿体南侧剩余磁异常是由盲矿体引起。计算了矿体的埋深和赋存部位，在 D 剖面打一验证孔（孔深 600m），但在预计深度没有见到矿体。

B. 岩（矿）石磁性特征

为解决主矿体南侧引起剩余磁异常的原因，本次工作采集了大量的铁矿及花岗岩标本，进行磁参数测定与研究。磁参数统计结果见表 7-6、表 7-7、表 7-8、表 7-9。

表 7-6 黑石砬子铁矿床第 2 剖面矿体磁性特征表

钻孔 编号	孔深 (M)	岩矿 名称	块数	K (4 π SI)		Jr (A/M)		备注
				变化范围	平均值	变化范围	平均值	
ZK410	115～238	含铁石英岩	43	0～0.168	0.016	0～655.0	14.0	采样间距 3m
	242～462	磁铁贫矿	94	0.005～0.307	0.071	8.0～740.0	70.0	
	464～505	含铁石英岩	18	0～0.1	0.024	4.2～563.0	73.0	
	510～701	磁铁贫矿	59	0.002～0.31	0.067	3.9～930.0	54.0	
	707～764	含铁石英岩	20	0～0.213	0.041	5.7～867.0	90.0	
		花岗岩	68	微弱磁性或无磁性				
		千枚岩	62	无磁性				
ZK407	13～160	含铁石英岩	64	无磁性或弱磁性				采样间距 2m
	163～189	含铁石英岩	14	0～0.02	0.0095	0～54.0	6.3	
	190～230	磁铁贫矿	20	0.006～0.216	0.053	9.0～735.0	207	

表 7-7 黑石砬子铁矿床第 1 剖面矿体磁性特征表

钻孔 编号	孔深 (M)	岩矿 名称	块 数	K (4 π SI)		Jr (A/M)		备注
				变化范围	平均值	变化范围	平均值	
ZK401	336~514	含铁石英岩	24	0~0.1	0.015	0~752.5	16.0	采样间距 5~7m
	525~904	磁铁贫矿	46	0.006~0.21	0.08	12.1~ 880.0	84.0	
ZK402	134~692	含铁石英岩	51	0~0.15	0.029	0~530.90	33.8	
ZK404	112~1112	含铁石英岩	126	0~0.014	0.023	0~34.5	11.6	采样间距 5~10m

表 7-8 黑石砬子铁矿床第 0 剖面矿体磁性特征表

钻孔 编号	孔深 (M)	岩矿 名称	块 数	K (4 π SI)		Jr (A/M)		备注
				变化范围	平均值	变化范围	平均值	
ZK415	100~249	含铁石英岩	14	0~0.36	0.032	0~299.0	13.0	采样间距
	250~637	磁铁贫矿	40	0.008~0.26	0.06	1.0~714.0	32.6	5~10m

表 7-9 黑石砬子铁矿床第 8 剖面矿体磁性特征表

钻孔 编号	孔深 (M)	岩矿 名称	块 数	K (4 π SI)		Jr (A/M)		备注
				变化范围	平均值	变化范围	平均值	
ZK418	255~400	含铁石英岩	24	0~0.035	0.0059	0~9.5	1.4	采样间距 6m
	404~710	磁铁贫矿	48	0.014~0.2	0.062	4.0~886	29.0	

由表 7-6~表 7-9 综合分析, 可以看出:

①磁铁贫矿磁性最强, 含铁石英岩磁性次之, 近矿围岩千枚岩、片麻状花岗岩和其他岩石均无磁性, 千山花岗岩只具微弱磁性。所以磁铁贫矿和含铁石英岩是区内唯一能引起磁异常的场源。

②黑石砬子铁矿被氧化程度较深, 地表出露铁矿无磁性或只具弱磁性。根据反演计算矿体氧化带深度(磁性界面深度), 计算表明深度在-50~-100m 标高左右, 即地表往下 100~200m 为无磁性或只具弱磁性的氧化矿石。

③根据钻孔岩芯磁参数测定结果, 按矿体磁性强弱特征, 磁性较弱的含铁石英岩分

布在含矿层上盘，磁性较强的磁铁贫矿则分布在含矿层的下盘。其磁性特点分述如下：

含铁石英岩的磁性较弱，分布不均匀，且磁性变化也很大，磁化率 k 值在 $0\sim 0.213$ (4π SI) 之间， k 平均值 $0.01\sim 0.03$ (4π SI)。剩余磁化强度 J_r 值在 $1.0\sim 867$ (A/M) 之间变化， J_r 平均值 $1.4\sim 33.0$ (A/M)。

磁铁贫矿的磁性较强，磁化率 k 值在 $0.002\sim 0.31$ (4π SI) 之间变化， k 平均值 $0.06\sim 0.08$ (4π SI)。剩余磁化强度 J_r 值在 $1.0\sim 930$ (A/M) 之间变化， J_r 平均值 $29.0\sim 70.0$ (A/M)，感磁大于剩磁。

④铁矿磁各向异性不明显。

7.5.3 工作方法及质量评述

A. 工作方法

a. 基点选择与联测

根据基点设立原则（磁场梯度变化小、干扰少、半径 5m 范围内读数小于 5nT），在测区附近的高官岭设立分基点。使用 3 台 CSC—3 型直读式磁力仪对高官岭分基点与汪家峪分基点进行联测，3 台仪器一次闭合，闭合时间在 2 小时之内。其 ΔZ 值高于汪家峪分基点 1365nT（汪家峪分基点 ΔZ 值 -150nT），最后进行总基点改正。

井中三分量磁测工作是对地磁场三个分量的绝对测量，基点正常场测定结果 $Z_0=42670$ nT， $H_0=27610$ nT。

b. 剖面布设

磁法剖面线与勘探线一致，方位 $168^\circ 05'$ ，线距 200m，点距 20m；联合剖面法测线方位为 $NE78^\circ$ ；浅震反射波法测线沿近东西的土路或庄稼地顺垄布设。

c. 地面磁测工作

用 CSC—3 型磁力仪进行剖面观测。早晚基点 4 次读数，取其平均值，早晚基点读数平均值不大于 40nT。测点两次读数，取其平均值。

d. 联合剖面法工作

采用 $AO=160$ m， $MN=40$ m 系统观测。

e. 浅震反射波法工作

采用 6 次覆盖观测系统，偏移距 30m，道距 1m，24 道接收，捶击震源。

f. 井中三分量磁测

明确被测钻孔任务，搜集有关被测钻孔资料，了解钻孔结构，然后布设井场，测量时采用下放电缆逐点观测。

g. 磁参数标本采集及测定

重点是了解深部矿体和近矿围岩的磁性特征。对 4 条勘探剖面 7 个钻孔的岩（矿）

芯进行了较系统的采集和测定，0 剖面 ZK415（采样间距 5~10m）、1 剖面 ZK401（采样间距 5~7m）、ZK402（采样间距 5~7m）、ZK404（采样间距 5~7m）、2 剖面 ZK407（采样间距 2m）、ZK410（采样间距 3m）、8 剖面 ZK418（采样间距 6m）。测定方法为磁秤法，强磁性标本采用高斯第一位置测定，磁性较弱者采用高斯第二位置测定，测定地点在无电磁场干扰的千山进行。

h. 室内工作

①室内计算

室内人员对每天的磁法野外观测记录本进行验收，以汤岗子总基点为起算点，其改正值为 1215nT，没有进行其它各项改正，对所获得的各点的磁场强度（ ΔZ ）值，进行 100%核算。

联合剖面法在野外观测时计算出 ρ_A 、 ρ_B 值，回室内进行 100%核算。

磁参数计算用计算机算出磁化率值和剩余磁化强度值。

井中三分量磁测数据经计算，用量板查出各项数据。

②成图

野外生产结束后磁法按正方眼成 1: 5000 的剖面平面图与等值线平面图，联合剖面法和浅震反射波法按正方眼成 1: 2000 的工作成果平面图，井中三分量磁测绘制 ΔZ 曲线图、 ΔH 矢量图、 ΔT 矢量图等。

1. 综合研究工作

主要根据岩矿石磁性特点及井中三分量磁测，研究主矿体南侧剩余磁异常产生的原因，进行各剖面正反演计算，推断矿体形态及规模，指导钻探工程施工。

联合剖面法勘查构造是借助构造内含水或其它低电阻率的物质在剖面曲线上所形成的低阻正交点来确定构造的确切位置。

浅震反射波法勘查构造是利用地下同一地质层位反射波到达地表的时差来判断层位的变化和错断，在反射波成果剖面上表现为同相轴的变化和错断，借助这些同相轴的变化情况来确定构造存在的位置。

B. 质量评述

磁测工作是按《地面磁勘查技术规程》（DZ/T0144—94）要求进行，联合剖面法工作是按《电阻率剖面法技术规程》（DZ/T0073—93）要求进行。

a. 仪器一致性

3 台 CSC—3 型直读式磁力仪在同一剖面观测 23 个物理点，其均方误差 $\epsilon = \pm 13.4\text{nT}$ 。

b. 野外观测质量检查

地面磁测检查工作量为 126 个物理点，占总工作量 5%。检查量均方误差 $\epsilon = \pm 32.89\text{nT}$ ，磁异常区检查量平均相对误差 1.32%。

联合剖面法检查工作量为 9 个物理点，占总工作量 5.4%。均方相对误差 3.74%。

井中三分量磁测检查工作量为 36 个物理点，占总工作量 16%。 ΔZ 分量误差范围在 82~250 nT 之间，H 模差误差范围在 104~300 nT 之间。满足说明书规定 Z 为 250nT，H 为 450nT 要求。

岩矿石标本测定检查量为 83 块，占总工作量的 10%，其相对误差为 16.7 %。

各项技术指标均达到规范及设计要求，认为本次物探工作的基础资料是可信的。

7.5.4 物探成果推断解释

A. 定性解释

通过磁测工作，圈定黑石砬子铁矿区磁异常范围及形态。黑石砬子铁矿磁异常规模较大，按 3000 nT 等值线，异常自行封闭，异常宽缓圆滑，呈椭圆状，走向近东西，异常长度 3000m，宽度 1900m，异常最大值 10000 nT 以上，磁异常南侧梯度变化较缓，北侧梯度变化略陡，3000 nT 等值线向南凸出而且波及范围很大。根据磁异常特征，推断黑石砬子铁矿应具有一定的规模。

B. 定量解释

黑石砬子铁矿区主矿体南侧的剩余异常有两种观点：一种观点认为剩余磁异常是由深部盲矿体引起；另一种观点认为是由花岗岩引起。利用以往地质勘探资料，分别对 0、3、4 剖面线已知矿体进行正演计算，发现主矿体南侧存在较大的剩余磁异常，见图 7-2、图 7-3、图 7-4。

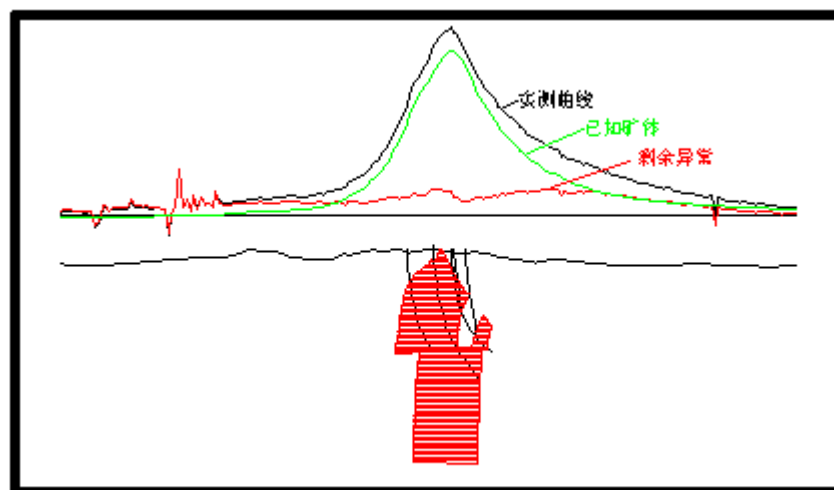


图7-2 黑石砬子0剖面线磁法 (ΔZ) 剖面图

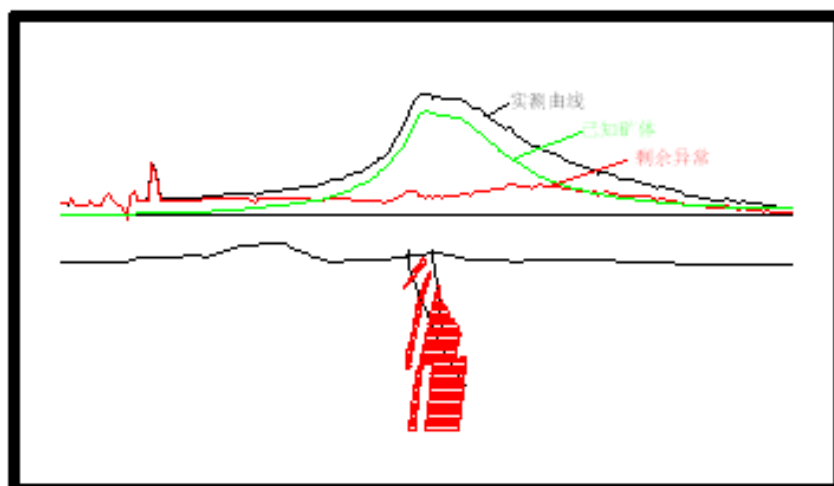


图7-3 黑石砬子3剖面线磁法(ΔZ)剖面图

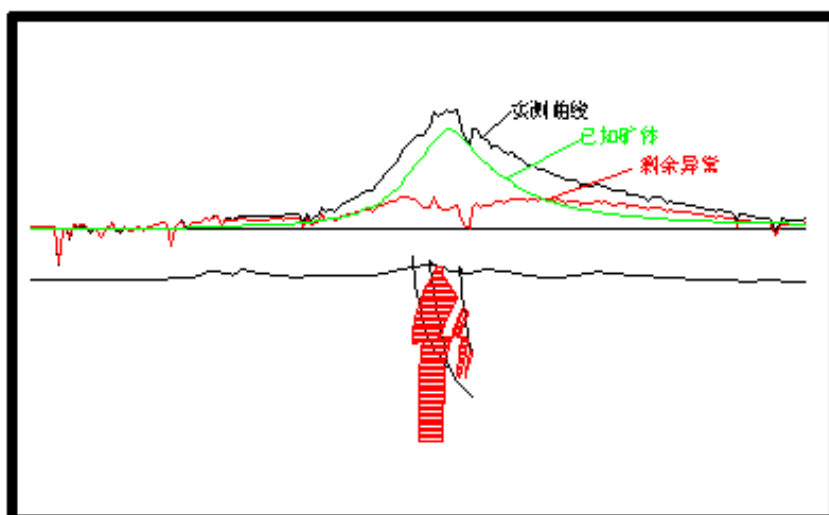


图7-4 黑石砬子4剖面线磁法(ΔZ)剖面图

为查清主矿体南侧剩余异常性质，根据实测参数资料，重新计算了剖面内有效磁化强度，利用反演确定磁性界面，正演时选择多种模型进行拟合。

为有效配合钻探工程施工，对 0、1、2、7、8 剖面线进行正演计算。

a. 磁化强度的确定

根据各剖面钻孔矿芯磁性测定统计结果，黑石砬子铁矿磁性分布很不均匀，但按其磁性强弱，仍可分为两个部分，既矿体上盘磁性较弱的含铁石英岩层和矿体下盘磁性较强的磁铁贫矿层。

计算磁铁贫矿磁化强度 J_s

磁铁贫矿磁化率 k 值变化范围在 $0.06 \sim 0.08$ (4π SI)，取其中值。

根据剖面内有效磁化强度及 γ 角计算公式：

$$J_s = kT \left((\cos I \cdot \cos A)^2 + \sin^2 I \right)^{1/2}$$

$$\cdot \{ \cos^2 (I-\alpha) + \sin^2 (I-\alpha) / (1+4\pi k) \}^{1/2}$$

$$\gamma = \text{tg}^{-1} \{ \text{tg} (I-\alpha) / (1+4\pi k) \}$$

式中, J_s : 剖面内有效磁化强度

γ : 剖面内有效磁化强度倾角与矿体夹角

T: 总场强度

I: 地磁倾角

A: 剖面与磁北夹角

α : 矿体倾角

取 $k=0.07 \cdot 4\pi \text{ SI}$

$$T=0.53 / 4\pi \cdot 10^3 \text{ A/M}$$

$$I=58^\circ$$

$$A=5^\circ$$

$$\alpha = 80^\circ \sim 90^\circ$$

得 $J_s=0.034 \times 10^3 \text{ (A/M)}$, $\gamma = 12^\circ$ 。

②计算含铁石英岩磁化强度 J_s

含铁石英岩磁化率 k 值变化范围在 $0.01 \sim 0.03 (4\pi \text{ SI})$, 取其中值 $k=0.02 (4\pi \text{ SI})$ 。

用上述方法求得 $J_s=0.01 \times 10^3 \text{ (A/M)}$, $\gamma = 17^\circ$

在正演计算中, 矿体磁化强度的选取可根据实际情况同一级次内有所变动, 磁铁贫矿 J_s 取 $0.03 \sim 0.035 \times 10^3 \text{ (A/M)}$, 含铁石英岩 J_s 取 $0.01 \sim 0.015 \times 10^3 \text{ (A/M)}$ 。

b. 矿体磁性界面的确定

黑石砬子铁矿氧化程度较深, 地表出露铁矿无磁性或只具微弱磁性, 各剖面矿体氧化带深度(磁性界面深度)是依据剖面实测 ΔZ 磁异常进行反演计算结果确定的。

c. 剖面正演计算

①矿体形态为规则板状体。

②正演计算采用有限延深、无限延深的薄板体和厚板体模型, 用自编程序在计算机上完成, 边计算边修改矿体形态和参数, 直至取得最佳拟合为止。

各剖面正演计算结果如下:

0 剖面线, 根据反演计算矿体磁性界面距地表 173m, 磁化强度 J_s 取 $0.02 \times 10^3 \text{ A/M}$ 和 $0.03 \times 10^3 \text{ A/M}$ 。在标高-300m 以上, 矿体北倾, 倾角 80° , 矿体水平厚度约 350m。在标高-300m 以下, 矿体向南倾斜, 倾角 80° , 矿体水平厚度逐渐增加至 500m。

1 剖面线, 磁性界面距地表 214m, 磁化强度 J_s 取 $0.01 \times 10^3 \text{ A/M}$ 、 $0.015 \times 10^3 \text{ A/M}$ 、 $0.025 \times 10^3 \text{ A/M}$ 和 $0.03 \times 10^3 \text{ A/M}$, 在标高-400m 以上, 矿体向北倾斜, 倾角 80° , 矿体水平厚度约 460m, 在标高-400m 以下, 矿体向南倾斜, 倾角 80° , 矿体矿体水平厚度逐渐增加至 570m。

2 剖面线, 磁性界面距地表 245m, 磁化强度 J_s 取 $0.01 \times 10^3 \text{ A/M}$ 和 $0.03 \times 10^3 \text{ A/M}$,

在标高-300m 以上，矿体向北倾斜，倾角 80° ，矿体厚度约 300m，在标高-300m 以下，矿体向南倾斜，倾角 80° ，矿体水平厚度逐渐增加至 500m。

7 剖面线，磁性界面距地表 502m，磁化强度 J_s 取 $0.035 \times 10^3 \text{ A/M}$ ，矿体在标高-450m 以下，矿体向南倾斜，倾角大于 85° ，矿体上部水平厚度约 250m，矿体水平厚度随深度逐渐增加至 340m。

8 剖面线，磁性界面距地表 240m，磁化强度 J_s 取 $0.01 \times 10^3 \text{ A/M}$ 、 $0.015 \times 10^3 \text{ A/M}$ 、 $0.02 \times 10^3 \text{ A/M}$ 、 $0.035 \times 10^3 \text{ A/M}$ 。在标高-400m 以上，矿体向北倾斜，倾角 80° ，矿体水平厚度约 200m，在标高-400m 以下，矿体水平厚度逐渐增加至 320m。

d. 联合剖面法和浅震反射波法解释推断

从本次工作的 4 条联剖曲线上可以看出，在 A 剖面的 730m，C 剖面的 820m，D 剖面的 787m（B 剖面东部受地面建筑影响无法观测）处，分别有正交点存在，推断有构造从上述剖面的正交点位置通过，走向为 NW~SE 走向，该构造的位置与综合研究中所推断的 $F_{物3}$ 位置接近，由于受地面建筑影响，观测极距无法增加，所推断的断裂构造倾向无法判断。

由于本次浅震反射波法的道距较小，对地下构造有较高的横向分辨率，从本次工作的 8 条剖面可以看出，各剖面都存在很多反射波同相轴的错断现象，说明该区的构造较为复杂。从浅震剖面成果分析，各异常在剖面中反映明显，但同一性质的异常连贯性较差，在平面上只能推断出 5 条近 SE 走向的构造，即 $F_{物1} \sim F_{物5}$ 。

综合联剖和浅震工作成果，二者推断的构造在平面位置上存在偏差，联剖推断构造所经位置（水沟或凹地，浅震成果受地形影响较大，剖面均以该处做为终点或起点）恰好从浅震剖面的起点或终点的位置通过，该构造在浅震剖面无法反映出来。

d. 井中三分量磁测解释推断

8 剖面 ZK418 孔施工目的是控制隐伏矿体的上部，设计深度 750m，设计深度 12m 见矿，钻到 190m 时已过设计见矿深度仍没见矿。井中磁测结果， ΔZ 曲线为一局部旁侧异常，曲线圆滑，极大值在 170m 处为 6680nT，过 170m ΔZ 曲线有收拢趋势，但没出现上部零值异常点，该区磁倾角接近 60° ，矿层倾角 65° 可视为顺层磁化， ΔT 矢量明显反映出汇集钻孔南侧，说明矿体上部在钻孔之南，而矿体又向北倾斜，因而判断钻孔下部一定有矿体存在，继续钻进能够见矿。由于 ΔZ 曲线较短，不能定量计算，但根据它的变化趋势，估计在 220~240m 能够出现上部零值点，也就是说在该范围内能够见矿，最远也不能超过 250m。继续钻进结果于 215.67~236.47m 见到含铁石英岩，该孔终孔深度 751.91m，总计见到 500 多米含铁石英岩。

ZK416 孔位于 ZK418 孔北 116m 处，为了控制矿体延伸，设计深度 810m，见矿深度 220m，钻进到 290m 时进行第一次测井， ΔZ 曲线出现 3000~4000nT 正异常， ΔT 矢量有规律指向南侧，矿体向北倾，说明钻孔下面有矿体存在，由于 ΔZ 曲线接近直线，故无法判断矿体深度。

第二次测井套管下到 373.72m，井中磁测从 380m 开始，到 560m 下不去，没测到井底，钻探于 352.33~473.55 m 见到多层含铁石英岩。 ΔZ 曲线于 380.00~460.00m 出现异常，磁异常基本与含铁石英岩相对应。

经过处理后，第三次测井深度 600~770.00m， ΔZ 为 1000nT 直线，说明井底、井旁在一定范围内无矿体存在，可以停钻，后钻至 810.80m，仍不见矿，推断正确。

2 剖面 ZK423 (05) 孔开孔方位 $348^{\circ} 05'$ ，设计深度 700m，反向控制矿体边界，设计见矿深度分别为 236.00 ~252.00m 和 626.00~700.00m。

第一次测井深度为 80.00~260.00m， ΔZ 曲线强度 9000nT 以上，旁侧异常，并在 236.00m 出现上部零值点， ΔT 矢量明显收敛于钻孔北侧，矿头反映，从矢量交汇法得出矿头实际深度为 240~250m，与钻孔距离 40~50m。

由于套管深度为 290.69m，第二次测井深度为 310~530m， ΔZ 曲线在 362.00m 出现下部零值点，该异常为正开口，随深度增加梯度增长很快，530m 处 $\Delta Z_{\max}=4700\text{nT}$ ， ΔT 矢量指向南，这些特征为矿头反映，说明 530m 以下有矿头存在，由于 500m 以下钻孔方位弯曲度过大，矿体直立，钻孔不易见矿，该孔钻到 666.00m 仍没见矿。

ZK406 孔在 ZK 423 孔北，水平距 124m 处，该孔方位角 $168^{\circ} 05'$ 设计深度 820m。主要控制浅部隐伏矿体头部和深部矿体延伸情况。当钻进深度 500m 时进行磁测，了解是否有盲矿体，由于套管到 427.87m，测井深度为 440~495m， ΔZ 曲线为局部异常，其强度为 3000~4000nT，为旁侧异常，但由于曲线短无法判断。

7 剖面 ZK417 孔，设计孔深 1080m，目的是控制矿体延伸，设计见矿深度 310~1065m。当钻进 270m 时没见矿，进行磁测井， ΔZ 曲线半截异常， ΔZ 值随深度增加而增加，最大值 4800nT，但梯度增长不大，说明距矿体较远， ΔT 矢量有规律指向钻孔南侧，由于矿体北倾，表明钻孔下面有矿体存在，继续钻进可以见矿。结果钻进至 430.03~510.34m 见到很厚的含铁石英岩。

7.5.5 结论

黑石砬子磁异常是由规模较大的磁铁矿引起。经过正演计算，推断矿体受构造影响，矿体形成倒转，上部矿体向北倾斜，下部矿体向南倾斜。主矿体南侧剩余异常是由于深部矿体变厚和矿体倒转产生的。

7.6 采样、化验和岩矿鉴定工作及质量评述

7.6.1 采样

探槽中基本分析试样采用刻槽取样法，规格 $5\times 3\text{cm}$ ，样长 2~3m，共计 137 件；

钻孔中基本分析试样，当钻孔为 60mm 口径时采用全芯法采取，共计 1504 件；当钻孔为 75mm 以上口径采用 1/2 劈芯法采取。样长一般 2~6m，共计 1252 件。

小体重样是在钻孔中全芯打块采取，一般长度不小于 10cm，采样后进行封蜡处理，共计 153 件。

组合分析是在同一工程、同一矿层、同一矿石类型基本分析试样副样中按各试样样长比例分配，总重量 200g，共计 119 件。

内验分析是在基本分析试样中按不同品位级别进行抽取，共计 60 件。外验是在内验试样中随机抽取，共计 30 件。

对试样中 $\text{TFe} \geq 20\%$ 的样品以及矿体中未能剔除的低于 20% 的样品都进行了 cFe 和 siFe 物相分析，分析件数 1513 件。

岩矿鉴定和粒度测定样品是在钻孔中全芯打块采取，一般长度不小于 5cm，共计 489 件，其中粒度测定样品 136 件。

在有代表性区域采取全分析水样 43 件。岩矿石物理性质测定样品是在 SK01、SK02 和 ZK414 三个钻孔中全芯打块采取，共 11 组。

选矿试验试样取自本次施工的槽探工程和钻探工程。槽探工程试样是在探槽中在刻槽取样分析成果的基础上，选取厚度大于可采厚度且平均品位大于 25% 的位置进行取样，取样方法为刻槽采取；钻探工程试样取自基本分析样品，留足基本分析试样和副样之后的样品缩分部分，按不同矿石类型组合成试样，共计 2 件。

上述样品的采集方法及其规格均符合规范要求，所采取样品具有较好的代表性，质量合格。

7.6.2 试样加工

试样加工的粉碎、缩分均由我局测试中心承担，试样加工依据切乔特公式 $Q=Kd^2$ ，采用多级破碎、缩分，最终样品的重量在 150~200g 之间，切乔特公式中，Q 为样品的最低可靠质量 (kg)；K 为缩分系数；d 为样品中最大颗粒直径 (mm)。本次勘探工作 K 值取 0.2，实践证明，鞍山式铁矿石使用这个缩分系数是比较合理的。

7.6.3 化验工作

基本分析项目：TFe、FeO

物相分析：cFe、siFe

组合分析：SiO₂、P、S、Mn

小体重：体重、孔隙度、湿度、TFe、FeO

上述化验工作均由我局测试中心完成。

为了了解化验质量，对基本分析结果进行了内部和外部验证分析，内部验证由我局测试中心完成，外部验证由中南冶金地质测试中心完成。合格率见表 7-10 和表 7-11。

表 7-10 内部验证合格率表

项目	件数	超差件数	合格率(%)	t 值
TFe	60	0	100	0.1434
FeO	60	0	100	0.0180
cFe	58	5	91.37	0.0678
siFe	58	0	100	0.0425

表 7-11 外部验证合格率表

项目	件数	超差件数	合格率(%)	t 值
TFe	30	1	96. 67	0. 0707
FeO	30	1	96. 67	0. 0646
cFe	30	0	100	0. 0571
siFe	30	0	100	0. 0432

由表 7-10 可以看出，内验分析 TFe、FeO、siFe 超差数都为 0 件，合格率都为 100%，cFe 超差数为 5 件，合格率为 91.37%，满足规范要求。经样品双差分析系统性计算（见附表），TFe t 检验值为 0.1434，FeO t 检验值为 0.0180，cFe t 检验值为 0.0678，siFe t 检验值为 0.0425，均小于 $t_{(0.05,60)}$ （其值为 1.671），可见内验样品系统误差不显著。

由表 7-11 可以看出，外验分析 TFe 和 FeO 都超差 1 件，合格率都为 96.67%，cFe 和 siFe 没有超差，合格率都为 100%，满足规范要求。经样品双差分析系统性计算（见附表），TFe t 检验值为 0.0707，FeO t 检验值为 0.0646，cFe t 检验值为 0.0571，siFe t 检验值为 0.0432，均小于 $t_{(0.05,29)}$ （其值为 1.761），可见外验样品系统误差不显著。

水样全分析由我局测试中心完成。

岩矿鉴定及粒度测定由我院岩矿室完成，质量良好。

岩石物理力学性质测试由长春科技大学环建工程学院完成。

选矿试验由鞍钢集团鞍山矿业公司研究所完成。

8 资源量估算

8.1 资源量估算的工业指标

参照 DZ/T0200-2002《铁、锰、铬矿地质勘查规范》，确定本次资源量估算的工业指标为：

边界品位： $\omega(\text{TFe}) \geq 20\%$

工业品位： $\omega(\text{TFe}) \geq 25\%$

当 $(\text{siFe}+\text{cFe}) \leq 3\%$ 时，

$\omega(\text{TFe})/\omega(\text{FeO}) \leq 2.7$ 为未氧化矿

$\omega(\text{TFe})/\omega(\text{FeO}) > 2.7$ 为氧化矿

当 $(\text{siFe}+\text{cFe}) > 3\%$ 时，

$\omega(\text{TFe})/\omega(\text{FeO}-(\text{cFe}+\text{siFe}) \times 1.2865) \leq 2.7$ 为未氧化矿

$\omega(\text{TFe})/\omega(\text{FeO}-(\text{cFe}+\text{siFe}) \times 1.2865) > 2.7$ 为氧化矿

最小可采厚度：2m

夹石剔除厚度：2m

8.2 资源量估算方法的选择及其依据

本次勘探范围内主矿体呈层状，矿体连续性好，厚度变化程度为简单(V_m 44.4%)，品位变化均匀(V_c 19.30%)，矿体产状较稳定，且矿床内地形变化小，矿体在剖面上对应较好，所施工工程基本上都布置在剖面线上，因此本次资源量估算采用垂直平行断面法进行。体积计算公式如下：

$$V=1/3 \times S \times L$$

公式 1 锥形公式

$$V=1/2 \times S \times L$$

公式 2 楔形公式

$$V=1/2 \times (S_1+S_2) \times L$$

公式 3 梯形公式 $(S_1-S_2)/S_1 < 40\%$

$$V=1/3 \times (S_1+S_2+\sqrt{S_1S_2}) \times L$$

公式 4 截锥公式 $(S_1-S_2)/S_1 \geq 40\%$

资源量计算公式：

$$Q=V \times d$$

以上公式中：

Q—矿量 (t)

V—块段体积 (m^3)

S、S₁、S₂—断面面积 (m^2)

L—块段长 (m)

d—矿石体重 (t/m^3)

上述体积计算公式的应用原则如下：当矿体只有单剖面控制时，如果另一端做点尖灭，则外推为锥形，采用公式 1 计算其体积；如果另一端做线尖灭，则外推为楔形，采用公式 2 计算其体积；当矿体有两个剖面控制时，如大小面积差与大面积之比小于 40%，则推断其为梯形，采用公式 3 计算其体积，否则推断其为截锥，采用公式 4 计算其体积。

为防止计算过程中造成矿量丢失，确定计算原则如下：先大块段（1、2+3、4+5、6+7、8）计算，后计算小块段（3、4、5、6）。在块段内首先计算所有类型矿石的总体积，再采用套算方法逐一计算 F_{ehp} 、 F_{ep} 、 F_{epw} 由高到低所有类别的体积以及 $F_{ehpw}(331)$ 和 (332) 的体积，总体积中减去上述各类型矿体的体积和，即得 $F_{ehpw}(333)$ 矿石的体积，然后分别求其矿石量。

8.3 资源量估算主要参数的确定

8.3.1 平均品位的确定

单工程平均品位采用样长加权求得，块段平均品位采用单工程穿矿厚度加权求得；矿体和矿床平均品位采用块段体积加权求得。

8.3.2 面积测定

在勘探线剖面图上截面积的测定是利用地理信息系统（MAPGIS）软件对剖面图进行拓普运算建立区文件，直接读取区的面积属性获得。计算机制图是采用中地公司 MAPGIS 成图系统。图纸中的区块面积 MAPGIS 系统早已通过准确的计算附在区块的属性中，可以通过点击文件属性中面积直接读取，只是再乘以相应系数便可以得到区块的实际面积。

8.3.3 块段与块段长度的确定

矿床范围内共划分 8 个块段，即 11~7 勘探线为 1 块段，7~3 勘探线为 2 块段，3~1 勘探线为 3 块段，1~0 勘探线为 4 块段，0~2 勘探线为 5 块段，2~4 勘探线为 6 块段，4~8 勘探线为 7 块段，8~12 勘探线为 8 块段，其中 1、2+3、4+5、6+7、8 块段为大块段。

块段长度即为两剖面线之间距离。当矿体外推时，矿体外推长度即为块段长。

8.3.4 矿石平均体重的确定

本次工作共采取 87 件矿石小体重样品（其结果见附表），在不同的钻孔中采取。利用 1968~1970 年普查工作小体重 13 件和 1979~1980 年评价工作小体重 41 件,共计小体重 141 件,TFe 平均品位 29.41%。前两次工作没有测定小体重样品的孔隙度和湿度，本次工作采取 87 件矿石小体重样品都测定了孔隙度和湿度，湿度平均为 0.05%，平均孔隙度为 0.38%，可见湿度和孔隙度都很小，对体重值影响极小，可忽略不计。

矿区内铁矿石的体重与其 TFe 品位呈正相关关系，相关系数为 0.8125。按线性回归公式 $Y=a+bx$ ，求得体重与 TFe 拟合公式如下：

$$Y=2.52806+0.026098X$$

按勘查区内工业矿石 TFe 平均品位 30.07%计算，矿石平均体重为 $3.312827t/m^3$,此次资源量估算工业矿石体重取 $3.31t/m^3$ ；低品位矿石 TFe 平均品位 22.45%计算，矿石平均体重为 $3.113960t/m^3$,此次资源量估算低品位矿石体重取 $3.11t/m^3$ ；

8.4 矿体圈定原则

8.4.1 含铁石英岩层的圈定

由于本矿床是属于沉积变质型铁矿，含铁石英岩层有一定的层位，含铁石英岩与围岩界线明显，所以圈定含铁石英岩层主要是在野外靠肉眼观察直接进行圈定，即凡是具条带（条纹）状的硅铁质层状岩石都做为含铁石英岩层加以圈定，并采取基本试样进行化学分析。

8.4.2 矿体的圈定

工程中凡 TFe 含量达到边界品位（20%）要求的均圈为矿体。

A. 工业矿体

工程中凡 TFe 含量达到工业品位（ $\geq 25\%$ ）要求的均圈为工业矿体。其中可以夹有不够可采厚度（2m）的低品位矿石和不够剔除厚度（2m）的岩石，但加权后平均品位必须达到工业品位要求。

为了保持矿体的连续性、完整性，在工业矿体内部含有达到边界品位而达不到工业品位的样品，虽然真厚度已达到可要厚度 2m，但不足 4m，不作为低品位矿体单独圈出，但加权后平均品位需达到工业品位要求。否则应作为低品位矿体单独圈出。

B.低品位矿体

工程中 TFe 含量达到边界品位的样品，不能圈为工业矿体时，圈定为低品位矿体（表

外矿)。

Fe II-1 放体连续性好, 1~2 线间矿体厚大, 且位于矿体中心部位, 可作为未来矿山首采地段。在此布设 1、0、2 共三条勘探线, 按 $200 \times 100\text{m} \sim 200\text{m}$ 网度布设钻孔。1 线以 $200 \times 100\text{m} \sim 200\text{m}$ 间距的钻孔控制矿体至 -500m 标高; 0 线和 2 线以同样间距钻孔控制矿体至 -350m 标高。考虑到未来矿体为露天开采, 为保持露天底平坦, 这两个地段 (331) 资源量计算至 -300m 标高。

8.4.3 地质剖面图和平面图矿体的连接

a. 如果相邻两个工程都见到对应矿体, 则把对应矿体相应基点相连, 即为矿体边界线;

b. 如果两个相邻工程一个见到矿体, 另一个见到相对应的符合工业指标要求的样品, 但其真厚度小于 2m, 则作尖灭点连图。

c. 如果两个相邻工程一个见到矿体, 另一个没有见到矿体, 则边界基点按工程间距的二分之一尖灭。

d. 见矿工程沿矿体走向和倾向作无限外推时, 则按地质规律确定。

8.5 资源量类别的确定

本次勘探只做了概略研究, 故此所估算的资源量均为内蕴经济资源量。

在 3~1 勘探线之间和在 2~4 勘探线之间虽然勘探网度也达到 $200 \times 100 \sim 200\text{m}$, 但因 3 勘探线和 4 勘探线的工程都是以往施工的钻孔, 钻孔质量较低, 因此在这两块段只估算 (332) 资源量。

在 1~2 勘探线上按 $400 \times 200\text{m}$ 网度施工了钻孔, 钻孔矿芯采取率均在 80% 以上, 故在这块段 1 剖面 -600m 标高、2 剖面 -461m 标高以上估算 (332) 资源量。

在 1 勘探线和 2 勘探线上矿体控制最低标高都在 -800m 标高以下, 因此估算 (333) 资源量到 -800m 标高, 矿体在走向外推 200m 以及自然尖灭区也估算为 (333) 资源量。

8.6 资源量估算结果

本次勘探共获得工业矿石资源总量 47364.9 万吨, 其中假像赤铁贫矿 31005.3 万吨, 磁铁贫矿 16359.6 万吨; 获得低品位矿 14213.2 万吨, 其中假像赤铁低品位矿 13208.9 万吨, 磁铁低品位矿 1004.2 万吨, 工业矿与低品位矿合计 61578.1 万吨, 见表 8-1。

表 8-1

资源量统计表

矿石类型	资源量类别	矿量(万吨)	TFe 品位(%)
Fehp	(331)	2854.6	28.91
	(332)	5062.2	29.39
	(333)	23088.6	29.47
	Σ	31005.3	29.41
Fep	(331)	1363.7	30.41
	(332)	3236.0	32.04
	(333)	11759.9	31.23
	Σ	16359.6	31.32
Fehp+Fep	(331)	4218.3	29.39
	(332)	8298.2	30.42
	(333)	34848.4	30.07
	Σ	47364.9	30.07
Fehpw	(331)	1256.7	22.58
	(332)	3332.2	22.57
	(333)	8620.0	22.45
	Σ	13208.9	22.49
Fepw	(331)	134.5	21.42
	(332)	144.0	21.68
	(333)	725.7	22.13
	Σ	1004.2	21.97
Fehpw+Fepw	(331)	1391.2	22.47
	(332)	3476.2	22.54
	(333)	9345.7	22.42
	Σ	14213.2	22.45
Fehp+Fep+ Fehpw+Fepw	Σ	61578.1	

通过本次勘探工作，黑石砬子铁矿床(331)+(332)资源量占总资源量的28.23%，其中(331)占9.11%，(332)占19.12%，(331)占(331)+(332)的32.27%。

8.7 资源量估算的可靠性

本次资源量估算的验算方法采用 Micromine 软件中三角网多边形估算法进行的。

选择 Fe II-1 矿体 4、5 块段，采用 Micromine 软件三角网多边形对（331）块段体积进行验算，验算结果见表 8-2。

表 8-2 验算结果表

矿体号	块段号	资源量类别	垂直断面法估算块段体积 (m ³)	Micromine 软件三角网多边形估算块段体积 (m ³)	绝对误差 (m ³)	相对误差 (%)
Fe II-1	4	(331)	6522076	6453350.75	-68725.25	-1.05
	5	(331)	10695191	10595963.90	-99227.10	-0.93
	4+5	总量	58111000	60645990.44	2534990.44	4.36

从上表可以看出，其绝对误差值最大为 2534990.44m³，相对误差最大为 4.36%，这一结果符合规范要求，资源量估算结果可靠。

8.8 资源量估算中需要说明的问题

1) 设计中指出当 siFe 大于 3%时，应从 TFe 中扣除 siFe，以 (TFe-siFe) 圈定矿体。经本次工作的化验分析结果，全矿床中矿石 siFe 含量一般较低，平均为 0.88%，大于 3%的很少（共 72 件，占总量的 4.76%），因此本次以 TFe 圈定矿体，而未扣出 siFe。

2) 以往施工的钻孔中存在多处矿层内中未采样，本次平均品位计算中当零处理。

3) 本次工作采集的样品均分析了 siFe 和 cFe，因此磁性率计算采用工业指标中规定的计算方法；以往采集的样品大多未分析 cFe 和 siFe，因此磁性率的计算采用全铁直接除以氧化亚铁求得。

4) 本次工作（331）资源量的计算利用了以往施工的 ZK1 和 ZK7 两个钻孔（都在 0 线上），这两个孔矿层采取率较低，分别为 68%和 60%。在 0 线上，ZK1 钻孔处于 ZK415 孔和 ZK414 孔之间，这两个孔矿层采取率都大于 80%；ZK7 位于 ZK414 南边，控制（331）资源量边部。而其相邻的 1 线和 2 线参与（331）资源量计算的钻孔分别有 5 个和 7 个，这 12 个孔的质量都满足规范要求，因此这两个孔参与（331）资源量计算。

4 线上以往施工的工程 ZK3 和 ZK13 以及 3 线上以往施工的工程 ZK4 和 ZK10 都参与（332）资源量计算。这四个钻孔质量较差，ZK4 矿层采取率仅为 60%，ZK3 利用部

分最大偏线达 70m, 1~3 线和 2~4 线之间这两块段控制网度达到了 $200\text{m} \times 100 \sim 200\text{m}$ 探求 (331) 资源量的要求, 且考虑 1 线和 2 线上参与 (332) 资源量计算的各 7 个钻孔质量都满足规范要求, 因此我们把这 4 个孔降级利用, 参与了 (332) 资源量的计算。

9 矿床开发经济意义概略研究

9.1 铁矿资源形势

9.1.1 国内外铁矿资源形势

按照 1999 年新颁布实施的固体矿产资源储量分类标准套改后, 截止 1998 年末, 全国累计探明的铁矿石储量占世界铁矿石储量的 10%, 居世界第四位。从储量总数来看, 中国属于铁矿资源较为丰富的国家, 尤其辽宁的鞍本地区。但中国铁矿资源以贫矿为主、富矿极少, 平均品位为 33%, 低于世界平均品位 11 个百分点, 我国直接入炉冶炼的富铁矿石 (包括炼钢及炼铁用富矿石) 探明储量只有 14.8 亿吨, 占全国探明铁矿储量的 2.8%; 保有储量 12.4 亿吨, 占全国保有铁矿石总储量的 2.47%, 且绝大部分富矿赋存于贫矿中, 不能单独开采。已发现的铁矿床多数是中小型矿床, 大型和特大型矿床仅占探明矿区数的 5%, 而世界铁矿石产区主要集中在几个大型铁矿区; 我国的铁矿石类型复杂, 氧化矿、多金属共伴生矿多, 难选矿多, 而国外许多大型矿床多为赤铁富矿、铁品位高、造渣组分低; 国外铁矿资源具有富矿比例大、品质优良、分布集中的明显优势。从钢铁工业需要来看, 国内铁矿资源对钢铁工业发展的保证程度远低于世界上的铁矿资源对世界钢铁工业发展的保证年限。目前除需加强国内铁矿资源勘查开发外, 急需大量进口国外铁矿石进行补充。

目前全球铁矿石年产量约 10 亿吨, 其中世界贸易量约 5 亿吨。由于我国工业化进程加快, 国内铁矿资源不能满足钢铁企业不断增产的需求, 其缺口正在扩大, 我国 2004 年进口铁矿石约占世界贸易量的 45%, 在全球形成了“中国需求”的趋势。国内铁矿石生产企业在产品质量、品种、生产成本以及技术装备水平、经营管理和服务等方面, 与国外主要铁矿石生产企业相比还处于劣势, 尤其在成本和质量方面缺乏市场竞争能力。但随着以鞍钢为首的老企业新技术改造的力度不断加大, 其一些产品已接近或达到国际先进水平, 竞争力在不断加强, 在国际市场上所占份额日渐增多, 因而, 国内钢铁企业对铁原材料的需求也日渐增大。

9.1.2 辽宁省铁矿资源形势

辽宁省铁矿资源十分丰富, 是我国重要铁矿资源地。主要集中在鞍本辽地区。截止二 00 二年底, 全省 74 个铁矿床, 累计探明资源储量 130.4 亿吨, 保有资源储量 116.8 亿吨, 占全国保有资源储量的 24%, 居全国首位。其中已开发利用矿床 38 个, 占 51.3%,

保有资源储量 64.5 亿吨，占全省保有资源储量的 55.2%；可供开发利用矿床 16 个，剩余可利用资源储量 33.1 亿吨，占全省保有资源储量的 28.3%，其中基础储量 18.1 亿吨。

钢铁企业是辽宁的主导产业，也是辽宁的支柱企业之一。国家提出“振兴东北老工业基地”的口号，钢铁是工业发展的基础，市场对钢铁的需求会逐渐增多，这就要求有足量的铁矿石来满足钢铁产量的持续增大。

鞍山—本溪—辽阳地区是我国最重要的铁矿资源产地和钢铁生产基地，现有鞍山钢铁集团、本溪钢铁集团、北台钢铁集团、抚顺钢铁公司等大型钢铁企业。钢铁年产量达到 2000 万吨以上。现有大型铁矿山 9 家，数百家的民营和个体铁矿山，矿石生产能力 7000 万吨/年以上。根据鞍钢和本钢等企业的发展规划，我省在“十一五”末将成为我国和世界上最重要的钢铁工业基地，铁矿石需求量将达到 1.5 亿吨/年以上。

由此可见，铁矿石市场前景非常看好。

9.2 矿床开发建设条件

A. 自然交通条件

黑石砬子铁矿区位于鞍山市区东南郊，距鞍山市火车站约 8.5km，距鞍山钢铁集团公司厂区约 9.5km，有柏油公路相通。鞍山市火车站有铁路通往全国各地，交通方便。区内电力资源充足，劳动力资源丰富。

鞍山市黑石砬子铁矿区属于低山丘陵地貌，矿区内最高山峰海拔标高 190.60m，沟谷最低标高 88.40m，相对高差 107.20m。自然条件好。

B. 水文地质、工程地质、环境地质条件

依矿床所处地形地貌、地质构造、地表水体发育状况和岩石富水性、透水性及地下水迳排条件以及边界条件，其水文地质条件属简单类型。

矿床基岩属于坚硬的、半坚硬的厚层状、块状工程地质岩组，但岩组结构较复杂，各类结构面较发育。岩石质量、岩体完整性及其稳定性表浅部很差或较差，深部较好。其矿床工程地质条件属中等类型。对于未来露天或井下开采而言，一般不易发生较大的不良工程地质问题。

采矿露天边坡的稳定性是露天开采过程中重要工程地质问题。露天采场南侧为顺向边坡，当有断裂构造、糜棱岩、碎裂岩、断层泥、石英片岩等处，应采取适当的防治措施，特别在暴雨情况下，避免崩塌、滑塌以及滑坡地质灾害发生，应予以重视。

矿床尚未开发，其环境质量是较好的。矿区范围内破坏环境的行为主要是大规模的铁矿开采和废石排放，致使地形变化较大，也侵占了农田和村庄，植被遭到破坏，造成土地荒漠化以及粉尘污染等地质灾害，对环境的影响较大。这也是该矿床今后开采中应注意避免和系统解决的问题。

9.3 经济意义概略评价

根据本矿床控制程度和研究程度，选择 1、0、2 线之间为矿山开采首选地段。

依据《黑石砬子铁矿石选矿试验研究》报告，使用推荐的数质量工艺流程。

由于本矿床工业矿体大部分赋存 50 m 标高以下，因此地面露天开采要有近 1000 万立方米的剥岩量，从而增加了约 100 元的采选成本，参照大孤山选矿厂 2005 年生产的精矿成本 229.59 元，预计黑石砬子铁矿选矿成本为 329.59 元。

以设计年处理原矿石 1000 万吨，年生产品位 65%的铁精粉 250 万吨，精矿每吨售价按现行标准 420 元计算，预计年创效益：

$$(420-329.59) \times 250 \text{ 万吨} = 22602.5 \text{ 万元}$$

10 结论

10.1 取得的主要成果

本次勘探工作自 2004 年 3 月开始施工,至 2005 年 9 月野外工作全部结束。整个勘探期间,开动千米钻机 4 台,运用了包括高精度动态适时差分 GPS 系统、综合测井工作站等先进的仪器,进行了 1:2000 地质填图、磁法剖面测量、1:2000 地形测量等工作,开展水工环及选矿试验等,完成钻探 17244.4m,槽探 1133.79m³,采样化验 2893 件。查明了矿区地质、构造、岩浆岩特征,查明了矿体规模、形态、产状及矿石质量特征,估算了矿床资源/储量;查明了矿床开采技术条件及矿石选(冶)加工技术条件,为矿山开采设计和建设提供了依据。完成了设计的工作量,取得了以下主要成果:

1、通过勘探工作,证明黑石砬子铁矿床,是鞍山地区的一个重要铁矿,是东西铁矿带中的一个重要组成部分,是寒岭断裂带中由数条断层分割的构造块体,鞍山群樱桃园岩组与周围岩石均为断层接触。

2、含铁石英岩层在地表,从 1 线西 100 m 至 8 线东 250 m 处,地表断续出露 1350m,出露宽度在 10~50 m 不等,由于断层切割的原因,含铁石英岩层大多被辽河群浪子山组千枚岩层覆盖,深部工程控制延长达 2050m,厚度巨大,矿层随着标高降低,矿层平均水平厚度逐渐增大,平均水平厚度 341m,最大水平厚度在 1 线的-800 m 标高,厚度达 773m。含矿层在-200 m 标高以上向北倾斜,-200 m 标高以下转为近直立,2 线深部向南倒转。

深部钻孔控制矿体延长 2050m。水平厚度一般在 80~150m,平均水平厚度 134m,最厚处 297m;控制延深大于 1000m。矿体由东向西逐渐倾伏,至西部的 7 线,矿体赋存在-300m 标高以下。

3、基本查明矿床的矿石质量特征,矿石类型主要由假象赤铁石英岩、含菱铁假象赤铁石英岩、磁铁假象赤铁石英岩、磁铁石英岩等,矿石中菱铁矿含量较多,一般介于 1%~8%之间,硅酸铁含量不高,矿石粒度较细,属于低硫磷的贫铁矿石。

4、对矿石的加工技术条件进行了详细的研究,推荐连续磨矿粗细分级,重一磁一中矿再磨工艺流程作为矿山建设的选矿工业流程。经过原矿粗破,中破、细破,两段磨矿到-200 目 70%以上,由旋流器粗细分级后,粗粒经过两段螺旋溜槽选出精矿,经过扫中磁抛弃尾矿,中矿再磨,再磨粒度达到-200 目 75%以上,细粒级经过一段脱水槽,一段弱磁和一段细筛选别,细筛筛上并入中矿,细筛筛下和重精合并为最终精矿,扫中磁尾矿、一脱尾矿、一磁尾矿合并为最终尾矿。预计达到的指标为精矿品位 65.05%,

精矿产率 24.03%，精矿回收率 60.68%。

5、查明了矿床水文地质及环境地质条件属于简单类型，工程地质条件为中等，按规范要求，该矿床属以工程地质问题为主的开采技术条件中等的矿床（Ⅱ-1）。初步研究了矿床开采时的环境地质条件。

6、基本查明了矿床资源潜力，勘查工作共获得工业矿石资源总量 47364.9 万吨，品位 TFe30.07%，其中假像赤铁贫矿 31005.3 万吨，品位 TFe29.41%，磁铁贫矿 16359.6 万吨，品位 TFe31.23%；共获得低品位矿 14213.2 万吨，TFe22.45%，其中假像赤铁低品位矿 13208.9 万吨，品位 TFe22.49%，磁铁低品位矿 1004.2 万吨，品位 TFe21.97%，工业矿与低品位矿合计 61578.1 万吨。比一九八〇年评价报告增加 38422.2 万吨，其中工业矿石增加 28168 万吨，低品位矿石增加 10254.2 万吨，证明黑石砬子铁矿是鞍山地区又一个重要的大型矿床。

10.2 存在的问题与建议

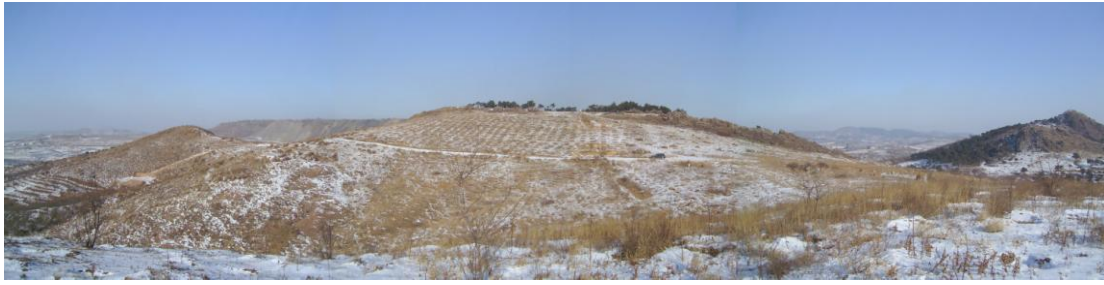
通过这一个阶段勘查工作，虽然达到设计目的，圆满完成项目规定的任务，但由于黑石砬子铁矿规模巨大，控矿构造复杂，受时间和工作量等因素的影响，存在以下几个问题：

1、本次勘查工作，仅对矿体中部的 0、1、2 三条勘探线进行了详细的控制，基本达到了勘探的控制程度，而对东西两端仅以 400 米或 600 米的间距进行了控制，控制程度基本在详查阶段。

2、由于矿体厚度巨大，且矿体与花岗岩的边界多为断层接触，在几个主要剖面上，矿体上盘（北侧）边界，控制不足，

3、在 7 线由于矿体的厚度方向没有完全控制，现有的矿体厚度是推测的，考虑到计算 333 类资源量还可以，将来要进一步进行开采设计，应该进一步进行控制。

4、在选矿试验过程中，入选的矿石品位按照当时施工的钻孔岩芯中全铁大于 20% 的所有样品进行组合构成的，与矿床最后总的平均品位存在较大差异，影响了矿床经济技术评价的结论。



图片 1 黑石砬子铁矿床西段全景



图片 2 黑石砬子铁矿床东段全景



图片 3 黑石砬子铁矿床 F₁ 断层



图片 4 黑石砬子铁矿床 F₂ 断层



图片 5 ZK410 钻孔岩芯



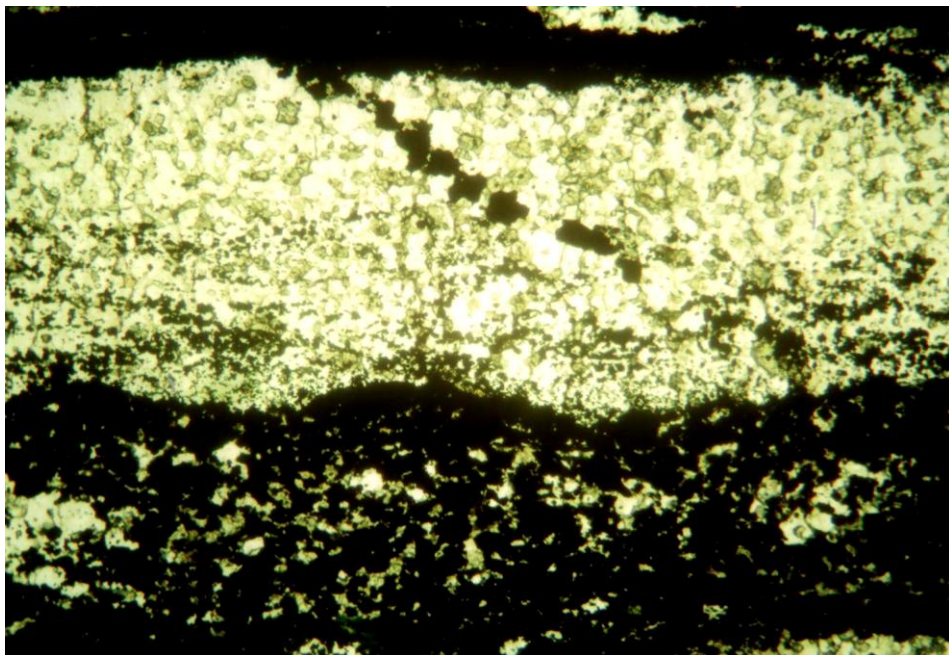
图片 6 ZK410 钻孔岩芯



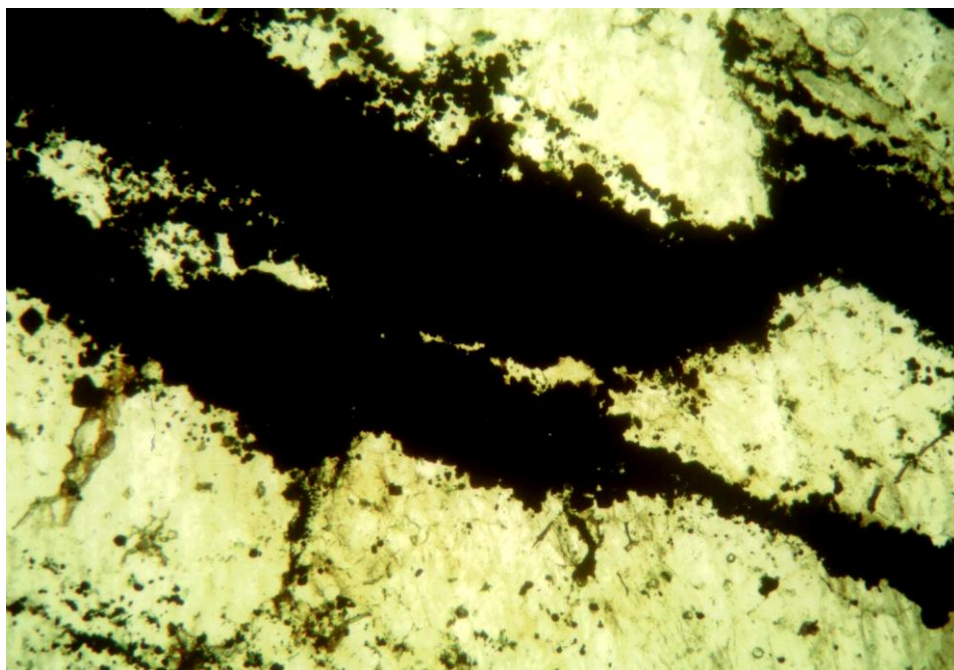
图片 7 正在施工的 XY—44 型钻机外景



图片 8 XY—44 型钻机

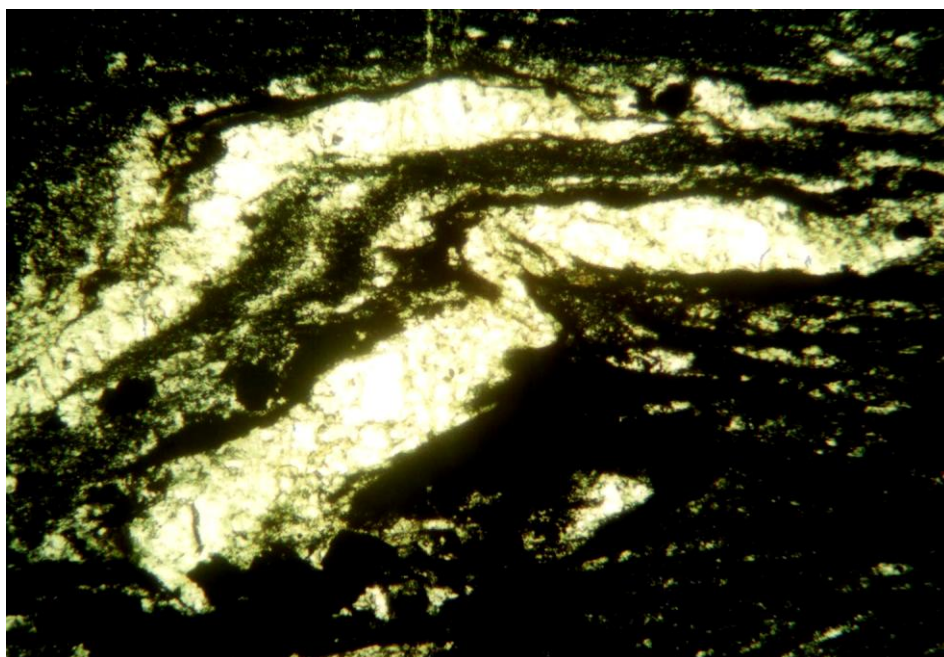


图片 9 条带状构造 单偏光 30X
具条带状，条带类型有四种：富铁条带、石英条带、含铁条带、贫铁条带。



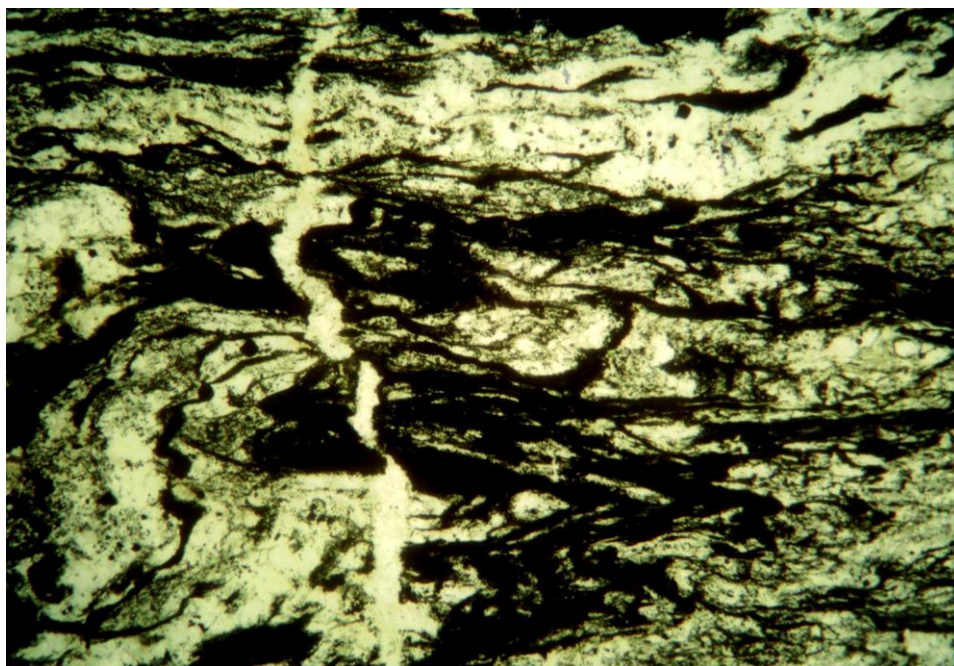
图片 10 细脉状构造 单偏光 30X

铁矿物在变形过程中发生物理性迁移及重新定位，集合呈不规则分支复合、膨胀、收缩富铁细脉



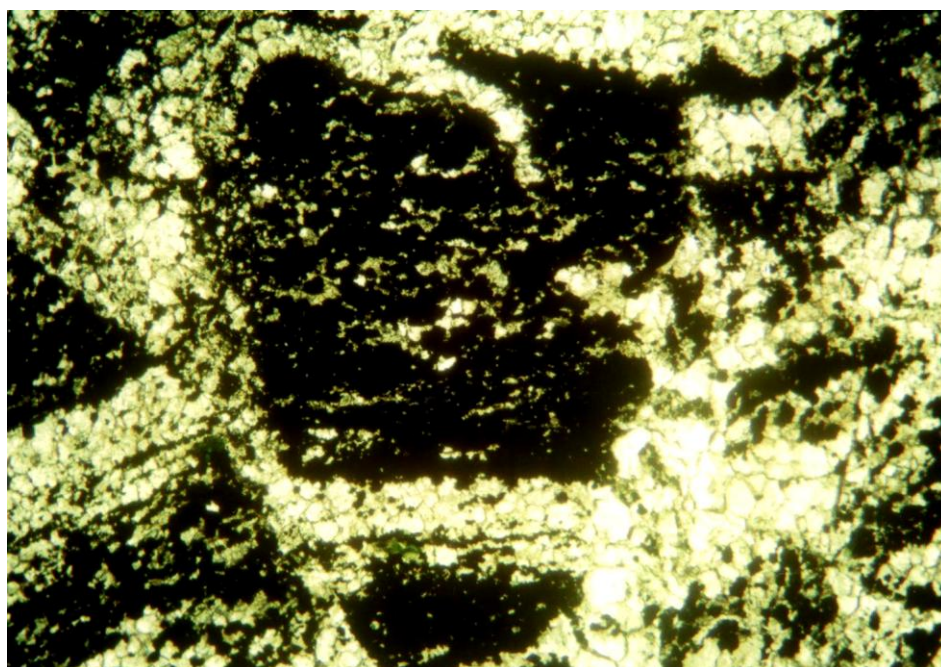
图片 11 石香肠状构造 单偏光 30X

石英在塑性变形过程中被揉塑呈石香肠状。



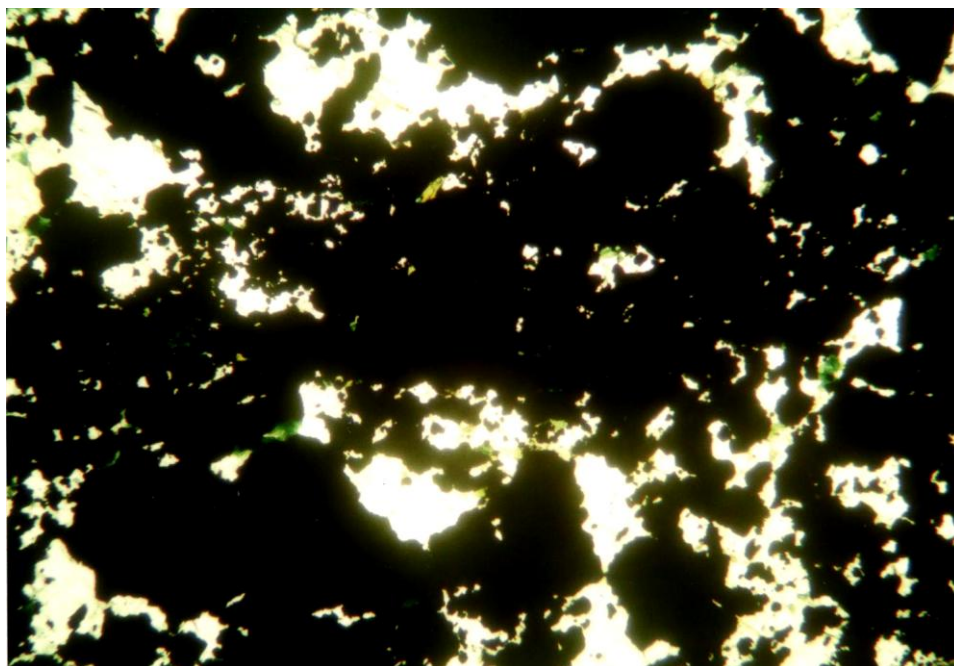
图片 12 塑性流动构造 单偏光 30X

韧性变形过程中铁矿物发生重熔或塑性流动重结晶呈拉长条纹状、细脉状展布，石英在塑性变形过程中被揉塑呈石香肠构造特征。

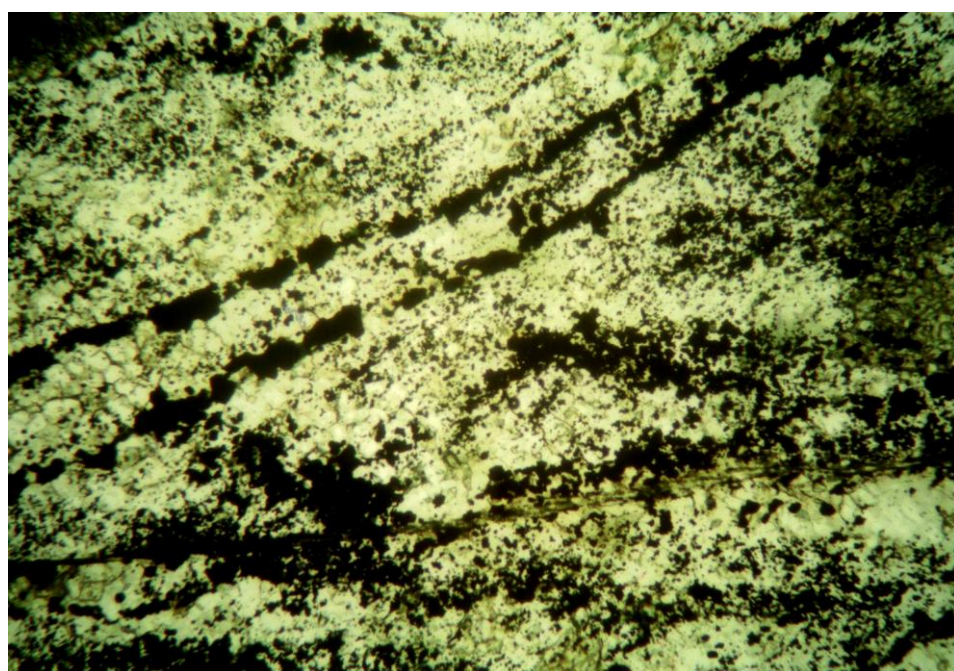


图片 13 角砾状构造 单偏光 30X

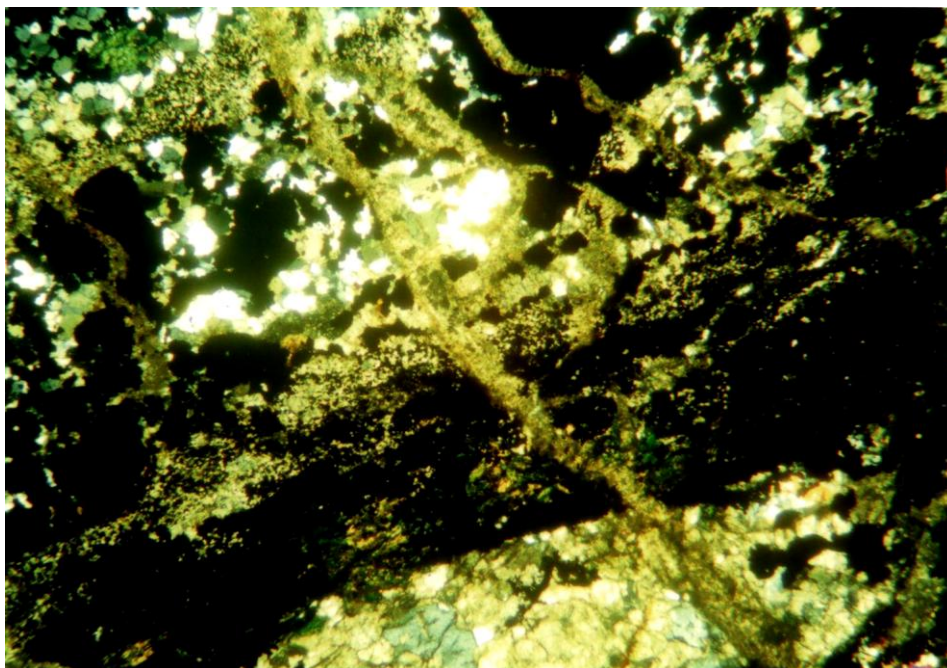
受构造作用铁矿石被切割呈大小不等的角砾状。



图片 14 粗粒铁矿物嵌布特征 单偏光 30X
铁矿物呈多晶粒结集体，呈大小不等的团块形态，浸染状嵌布在贫铁条带中。



图片 15 细粒铁矿物嵌布特征 单偏光 30X
细粒铁矿物呈自形及半自形单晶粒状，呈浸染状嵌布在含铁条带中



图片 16 菱铁矿嵌布特征 单偏光 30X
菱铁矿沿裂隙充填注入呈不规则细脉状。