中南大学

硕士学位论文

青海肯德可克铁金多金属矿床特征、成因及找矿预测研究

姓名：张绍宁

申请学位级别：硕士

专业：矿产普查与勘探

指导教师：赖健清

20050401

摘 要

肯德可克矿床是一个以铁、金矿为主并共(伴)生钴、铋、银、铅、锌、铜、镉等多种矿产组份的综合型矿床。矿床位于柴达木准地台南缘昆北火山—侵入杂岩带的西段，矿体赋存于奥陶—志留纪滩间山群泥质硅质岩中。通过铁矿勘查和金钴铋矿勘查，基本查明了矿体的形态、规模、产状、质量、空间展布及其之间的相互关系，首次在该区发现并圈出具工业意义的钴、铋矿体，初步查明了金、钴、铋矿体与铁矿的空间关系。

全区圈定主要磁铁矿体 53 条，资源量 6668.52 万吨，平均品位 34.12%；铜矿资源量 711 吨，平均品位 0.91%；铅矿资源量 58350 吨，平均品位 0.98%，锌矿资源量 30437 吨，平均品位 1.28%。

新圈定金钴铋综合矿体群 35 条，探获 332+333+334 资源量：金 10212.24 千克，平均品位 4.43g/t，钴 482.75 吨，平均品位 0.095%，铋 4457.98 吨，平均品位 0.95%。

通过大量的分析测试，认为热水喷流作用形成的蚀变泥硅质岩为成矿母岩；经电子探针和物相分析，了解了矿物的赋存特征和嵌布特征，经稀土分析，肯德可克矿床的硅质岩和矽卡岩具有类似的稀土配分模式，曲线类型近似。

对矿床成因有了新的认识，认为该矿床是热水沉积—叠加改造型矿床，主要赋矿岩石为晚奥陶世裂陷槽环境中热水喷流作用形成的蚀变泥硅质岩。主要矿体产于滩间山群下岩组中，受层位和构造控制，各矿种在空间上有一定的关系：钴、铋、铅、锌、银、铜等多金属矿产多产于铁矿的上部，金矿即可产于铁矿的上部，也可产于其下部，还可与铁矿共、伴生。

关键词： 肯德可克，金钴矿，矿床成因，找矿预测

ABSTRACT

Kendekeke Fe-Au polymetallic deposit is rich in Co , Bi , Ag , Pb , Zn , Cu ,Cd and others metal. The structural situation is located in the southern of Chaidamu paraplatform and western of the volcanic-intrusiv zone in north Kunlun, and the orebodies are lie in muddy and siliceous rock from Tanjianshan Group. Pass Fe and Au, Co, Bi deposit reconnaissance, we find out the conformation, dimensions, attitude , quantity, space distributing and its correlation. In the first time, we block out Co-Bi industry orebodies in the deposit, and find out the relation of Fe with Au, Co, Bi orebodies.

In the deposit, we block out the main 53 magnetite orebodies, the ore-reserves is 6668.52 ten thousand tons, the average grade is 34.12%; The copper ore-reserves is 711 tons, its average grade is 0.91%; The lead ore-reserves is 58350 tons, average grade is 0.98%; And the zinc ore-reserves is 30437 tons, average grade is 1.28%.

In the deposit, we block out 35 new Au-Co-Bi orebodies, and get 332+333+334 reserves: Au 10212.24 kg, average grade 4.43 g/t; Co 482.75 tons, average grade 0.095%, Bi 4457.98 tons, average grade 0.95%.

By the large analysis and test, we think that the mother rock is the altered muddy and siliceous rock which come from hot water jet flow action; Through electron microprobe and phase analysis, we find out the characterize of occurrence and dissemination from the mineral.By REE analyze, REE patterns and curve-tapy of skarn and silica rock in Kendekeke deposit is very similar.

We have a new recognize, we think that it is a hot water sediment-overprint and reform deposit, the main occurrence ore rock is the upper ordovician aulacogen altered muddy and siliceous rock which come from hot water jet flow action; The main orebodies is among the blow of Tanjianshan Group, its are control with geostrome and structure, and one ore is relation on other ore in the space: Co , Bi , Pb , Zn , Ag and Cu ore is in the Fe ore upper part, lower part, and also in it with symbiosis (associate).

KEY WORDS: Kendekeke, gold-cobalt mine, metallogenesis, ore prospecting and prognosis

原 创 性 声 明

本人声明，所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了论文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中南大学或其他单位的学位或证书而使用过的材料。与我共同工作的同志对本研究所作的贡献均已在在论文中作了明确的说明。

作者签名：[illegible]　日期：2005 年 4 月 13 日

关于学位论文使用授权说明

本人了解中南大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留学位论文，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以采用复印、缩印或其它手段保存学位论文；学校可根据国家或湖南省有关部门规定送交学位论文。

作者签名：[illegible]　导师签名_____　日期：2005 年 4 月 13 日

第一章 绪言

1.1 论文选题

肯德可克矿床是一个以铁、金矿为主并共(伴)生钴、铋、银、铅、锌、铜、镉等多种矿产组份的综合型矿床，该矿床的地质勘查工作大致可分两个阶段：第一阶段为1977年至1981年由青海省原地质局第一地质队进行的以铁为主的勘查工作。第二阶段为1995年至今由青海省有色地勘局地质矿产勘查院开展的以金、钴、铋为主的多金属矿勘查工作(作者于1997—2002年任项目负责人)。

1998年作者在肯德可克矿区首次发现钴、铋矿，1999—2002年通过国土资源大调查项目的实施，圈出数条规模较大、品位较高的金、钴铋复合矿体，确定了肯德可克矿区为一以铁、金为主的复合型矿床。之后，各地勘部门纷纷注重东昆仑地区钴矿的找矿工作，相继在东昆仑中段的驼路沟、东段的督冷沟等地发现了以钴矿为主的多金属矿床，且矿床初具大、中型规模，东昆仑成矿带在原成矿事实的基础上初具钴矿成矿带的雏形。可以说，肯德可克矿区钴矿的发现，揭开了在东昆仑成矿带开展钴矿勘查的序幕。

综合来看，肯德可克矿床铁、金矿勘查程度较高，矿床已具中型规模，但近年来的金、钴矿勘查成果中没有把以往铁矿勘查成果融合在一起，对铁矿和金及多金属矿之间的关系注重不够，影响了矿区资料的系统性和完整性；同时，东昆仑成矿带是青海省重要的铁矿成矿带，铁矿中多伴、共生多金属矿产，肯德可克矿床正是这种典型。因此，充分收集、总结已往资料，编写《青海肯德可克铁金多金属矿床特征、成因及找矿预测研究》做为地质工程硕士学位毕业论文，以总体反映该矿床的地质特征和勘查成果，为类似铁矿床综合勘查、综合评价提供借鉴。

1.2 矿区位置、交通

肯德可克矿区位于青海省柴达木盆地的南缘西段，隶属青海省格尔木市乌图美仁乡管辖，地理坐标：东经91° 45′ 49″，北纬37° 01′ 03″，1：5万国际标准图幅号为J46E018008。

勘查登记区地理坐标：东经91° 45′ 30″—91° 46′ 15″，北纬37° 00′ 45″—37° 01′ 15″，西起17线，东至24线，东西长1300米，南北宽800米，面积1.03km^2。

矿区东距青海省省会西宁市1185千米，距格尔木市385千米；西距青海省石油基地花土沟镇约280千米。

矿区北距格尔木—花土沟输油管线路（拟建的青—新铁路）甘森泵站约80

千米，之间有简易公路相通，汽车可以通行。

1.3 矿区自然地理及经济概况

肯德可克矿区位于东昆仑西段的祁漫塔格山脉与柴达木盆地的接壤地带，地形上表现为南高北低，属山岳地貌。地形坡度约 6°—25°，局部可达 45°。沟谷一般较为宽阔、平坦，近沟脑为“V”形谷，车辆一般可达近沟脑处。矿区海拔 4000—4205 米，平均海拔 4150 米，比高 50—100 米。矿区第四系覆盖较厚，覆盖物多为风积砂土。

矿区地处内陆高原，地形闭塞，具高寒、多风、少雨、蒸发量大、昼夜温差悬殊等典型内陆高原干旱寒冷气候特征。年平均气温零下 1.5—零下 3.8℃，最高气温约 21.2℃，最低气温约零下 30℃。矿区内年降水量约 140 毫米，降水集中在 5 月—9 月；年蒸发量为 1660 毫米。风向暖季多东风，寒季多西风，基本上为东、西风交替；封冻期为每年 10 月—翌年 4 月。每年的 5—9 月份可以从事野外生产活动。

矿区西北有巴音郭勒河流经，距矿区约 5 千米，为区内唯一的常年地表水体，丰水期流量为 15 万米^3/日，枯水期流量约 8 万米^3/日，水质、水量可满足生活、生产之需。

矿区及外围近 200 千米人烟稀少，除乌图美仁乡以外无固定的居民点，仅有少数季节性流动放牧居点零星散布。矿区生活及生产物资的供应，均靠汽车从格尔木市或花土沟镇拉运。区内用电可以从其北部的甘森泵站处拉接，距离约 80 千米；燃料从大柴旦镇的绿草山、大头羊煤矿拉运，运距约 500 千米。

区内工业不发达，矿区附近仅有几家个体企业进行小规模的采矿活动。西约 280 千米的花土沟镇为青海省石油生产基地，东 385 千米的格尔木市为新兴的工业、商业基地，青藏铁路的格尔木—拉萨段正在修建中。

1.4 以往地质工作概况

1.4.1 铁矿的发现及初查阶段

1968—1970 年青海省原地质局第一地质队在开展五一河铁矿、野马泉铁矿等普查时，在肯德可克地区发现地表矿化及磁异常，并以磁秤概略检查，圈出异常的分布范围及形态。1977 年对该异常进行 1：5 万磁法详查，并利用钻探工程进行验证，确定为矿致异常。

1.4.2 铁矿的详查阶段

1979—1981 年，青海省原地质局第一地质队在肯德可克矿区进行了铁矿的详查工作，工程控制基本网度为 200×100 米，提交了铁矿详查报告；并利用少量的钻探工程对发现的金矿化线索进行了初步控制。全矿区提交经青海省原储量

委员会审批的铁矿石储量C+D级(表内)7107.9万吨，其中C级1820.5万吨，D级5287.4万吨；锌金属储量D级（表内）12.4625万吨，铅金属储量D级（表内）4.4883万吨，铜金属储量D级（表内）0.07万吨；伴生硫矿石储量D级（表内）123.8万吨，镉2549.24吨，银132.21吨，金1.79吨(镉、银、金未经审批)。其中铁、锌为中型规模，铅、金、伴生银为小型规模，伴生镉为大型规模。

1.5 本次工作情况

1.5.1 本次工作概况

青海省有色地质勘查局地质矿产勘查院在肯德可克矿区的勘查工作始于1995年。

1995年—1997年期间，先后采用斜井对16线、7线金矿进行验证，利用1：1万土壤测量、地化剖面、地表槽探、浅井等手段对地表含矿蚀变带进行揭露和控制； 1998年发现了钴矿信息，1999年利用浅钻、坑探等工程对含矿蚀变带进行揭露和控制，圈出数条金钴铋综合矿体，之后利用物探电法测量、坑探及钻探工程等方法手段对该区进行了勘查评价工作。

1.5.2 本次工作取得的主要成果

通过本次工作，新发现并圈定金、钴、铋综合矿体35条，提交了332+333+334资源量：Au：10212.24千克，平均品位4.43g/t；Co：482.75吨，平均品位0.095%，Bi：4457.75吨，平均品位0.95%。其中金、铋均达中型规模，钴为小型规模。

本次工作还认为肯德可克矿床是赋存在一套典型的热水沉积岩系中的沉积改造型矿床，矿体的产出明显受层位和构造的控制。在区域上，赋矿岩系属奥陶—志留系滩间山群，该套地层在东昆仑西段分布广泛，因此，肯德可克矿区金钴铋矿的发现，对在东昆仑西段奥陶—志留系滩间山群及以往发现的铁矿床中寻找该型矿床，具有积极的借鉴意义。

在原肯德可克中型铁矿的基础上，经过金多金属矿勘查，提交中型金多金属矿床一处，使肯德可克矿床成为一个以铁、金矿为主并共（伴）生多金属矿的中型综合矿床，矿床潜在经济价值巨大，具有巨大的开发利用价值。

第二章　区域地质

肯德可克矿区在大地构造位置上处于柴达木准地台的南缘西段，在构造区划上属昆北火山—侵入杂岩带(图 2-1)。

昆北火山—侵入杂岩带北邻柴达木准地台，南以昆中断裂为界与昆中花岗—变质杂岩带相接。其基底为古元古界和中元古界，呈残块出露于西部；早古生代，在前寒武纪结晶基底基础上发生强烈拉伸作用，形成了厚逾 1000 米的滩间山群（前人称铁石达斯群，根据《青海省岩石地层》清理结果改称滩间山群），该套地层主要分布于昆北西段，总体上具三分，其下部为碎屑岩组，中部为火山岩组，上部为碳酸盐岩组，构成一夹持于北部柴达木古陆和南部昆中微陆块之间的裂陷槽。泥盆纪—二叠纪地层为海相、海陆交互相沉积，岩性以碎屑岩、碳酸盐岩为主夹火山岩、火山碎屑岩。早古生代，区内广泛出露晚三叠世陆相火山岩。

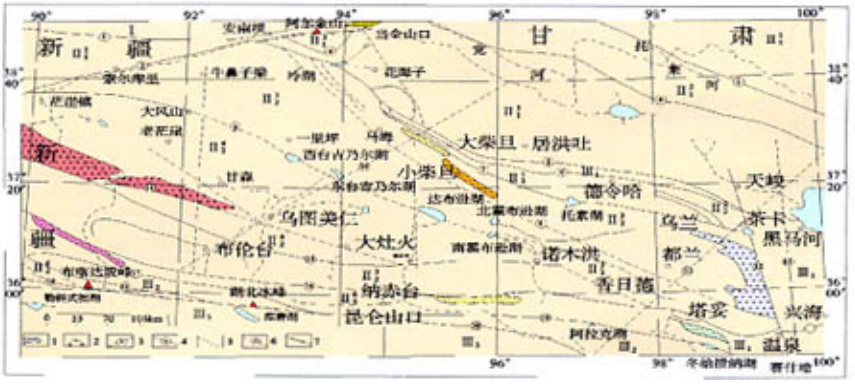


图2-1　东昆仑地区构造单元图

1-元古界裂解残块；2-推覆体；3—一级断裂及编号；4-二级断裂及编号；5-推测断裂；6-物探资料显示的断裂及编号；7-与断裂复合的韧性剪切带；8-韧性剪切带及编号。Ⅰ-塔里木盆地；Ⅱ-秦祁昆早古生代造山系；$Ⅱ_1$-祁连造山亚系；$Ⅱ_1^1$-阿尔金-北祁连断裂造山带；$Ⅱ_1^2$-中祁连断隆；$Ⅱ_1^3$-南祁连造山带；$Ⅱ_2$-东昆仑-柴达木造山亚系；$Ⅱ_2^1$-欧龙布鲁克断隆；$Ⅱ_2^2$-赛什腾-都兰断裂造山带；$Ⅱ_2^3$-牛鼻子梁-香日德断隆(上叠柴达木中新生代坳陷)；$Ⅱ_2^4$-东昆仑北部断裂造山带(上叠柴达木中新生代坳陷)；$Ⅱ_2^5$-东昆仑中部断隆；$Ⅱ_2^6$-东昆仑南部断裂造山带；Ⅲ-西秦岭-巴颜喀拉晚古生代-中生代造山系；$Ⅲ_1$-宗务隆-青海南山断裂造山带；$Ⅲ_2$-祁北冰峰-阿尼玛卿断裂造山带；$Ⅲ_3$-可可西里-巴颜喀拉断裂造山带。(1)-阿尔金北部断裂；(2)-阿尔金南部断裂；(3)-中祁连北缘断裂；(4)-中祁连南缘断裂；(5)-宗务隆-青海南山断裂；(6)-宗务隆山南缘断裂；(7)-鱼卡-乌兰断裂；(8)-柴北缘断裂；(9)-花土沟-诺木洪断裂；(10)-鱼卡-布伦台断裂；(11)-茶卡-香日德断裂；(12)-哇洪山-温泉断裂；(13)-大河坝断裂；(14)-乌图美仁断裂；(15)-东昆北断裂；(16)-东昆中断裂；(17)-昆仑山北坡断裂；(18)-大石峁断裂；(19)-东昆南断裂；(20)-布青山南坡断裂。

带内岩浆侵入活动强烈，主要为早古生代和晚华力西—印支期，尤以后者规模大，岩石组合复杂，构成了规模巨大的构造—岩浆岩带。

昆北构造带经历了加里东期裂解—闭合和晚华力西期—印支期陆缘—陆内碰撞、复合造山演化，形成了一系列与裂陷—火山作用和构造—岩浆作用有关的铁、钴、金及多金属矿产。

2.1 区域地质概况

2.1.1 地层

区内地层分区为秦祁昆地层区东昆仑—中秦岭分区柴达木南缘小区，出露的地层由老至新主要有古元古界白沙河（岩）组（Ar_3Pt_1b），中元古界长城系小庙组（Chx）、蓟县系冰沟群狼牙山组（Jxl）、奥陶—志留系滩间山群（OST）、上泥盆统牦牛山组（D_3m）、石炭系大干沟组（Cdg）和缔敖苏组（Cd）、下二叠统打柴沟组（P_1d）、上三叠统鄂拉山组（T_3e）及新近系地层。在志留纪之前为海相沉积，泥盆纪—三叠纪为海、陆相并存，三叠纪之后为陆相沉积。

1、古元古界白沙河（岩）组（Ar_3Pt_1b）

分布于群力—平山梁—红石沟一带，其下部为透辉石岩夹透辉石榴石大理岩、混合岩、透辉石矽卡岩，含眼球条带状混合岩、条纹—条带状混合岩夹混合岩化黑云斜长片麻岩、混合岩化斜长角闪片岩及粗粒大理岩；上部以眼球状混合岩、条带状混合岩与黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩互层为主，夹少量片岩。未见顶底，出露厚度 1844.0 米。

2、长城系小庙组（Chx）

仅分布于四角羊沟一带，岩性主要为灰绿—暗绿色长石石英岩、石英岩与二云石英片岩互层，夹白云斜长片麻岩、矽线二云片麻岩及大理岩，厚度不详。与下伏百沙河（岩）组呈断层接触关系。

3、蓟县系狼牙山组（Jxl）

分布于巴音郭勒河两侧呈近东西向展布，总厚度大于 2467.0 米。分上下二个岩性段,其下岩段为灰色、紫红色泥晶白云质灰岩、灰岩、鲕状灰岩、角砾状灰岩夹粉砂质粘板岩、硅质岩，富含叠层石，顶部产不稳定褐色铁矿层；上岩段以白云岩、角砾白云岩为主夹灰岩及粘板等，含叠层石。

4、奥陶—志留系滩间山群（OST）

该套地层是区内主要赋矿层位，分布于肯德可克、球路噢窝头、尕林格、长山、黑山等地，呈断块出露，厚度在 1000 米以上。在区域上该套地层具三分性：其下部为一套变质碎屑岩，局部夹硅质岩、碳酸盐岩和火山岩；中部以基性火山岩为主，局部夹碳酸盐岩和泥砂质岩；上部为碳酸盐岩。

该套地层出露不全，岩性相变大，各岩性单元间多以断裂接触。其与下伏石炭纪地层呈断层接触。

该套岩石组合反映了区内在晚奥陶世裂陷槽环境下的沉积过程：裂陷槽张开初期以物理沉积为主，局部伴有海底喷流沉积，之后发生火山喷溢作用，形成了一套中基性火山岩，随后进入相对宁静的化学沉积阶段。

5、上泥盆统牦牛山组（D_3m）

分布于巴音郭勒上游南部广大地区，分下、中、上三个岩性段。其下段为暗绿色安山质角砾熔岩、安山岩、灰绿色安山质凝灰熔岩、晶屑凝灰岩，灰褐色、紫红色砂砾岩夹泥板岩；中段为灰、灰绿色英安岩、英安质角砾熔岩、凝灰岩及绿色安山岩、安山质熔岩凝灰岩与砂岩、硅质板岩互层；上段为红色、砖红色、紫红色、肉红色流纹质熔岩、凝灰质流纹岩火山角砾岩及角砾晶屑凝灰岩，紫红色、暗紫红色英安岩、英安质凝灰熔岩及英安质凝灰岩夹火山角砾，灰褐色砂岩、硅质板岩，紫褐色集块岩、火山角砾岩夹猪肝色粉砂岩。

该套地层总厚度大于3000米，与下伏滩间山群呈角度不整合接触。

6、石炭系（C）

据其岩石组合特征，可将该套地层分为下、上二个岩组，总厚度大于730米，下与牦牛山组不整合接触，在区内分布广泛。

（1）大干沟组（Cdg）

其下部为杂色砾岩、砂岩及粉砂岩；上部为灰色泥晶、粉晶及亮晶生物碎屑灰岩，含丰富的珊瑚、腕足类、虫蝖类化石。

该套地层由西而东，有碎屑岩渐厚、灰岩渐薄的趋势。

（2）缔敖苏组（Cd）

为一套碳酸盐岩夹碎屑岩建造，富含蝖、有孔虫、腕足类及珊瑚化石；在走向上，由西而东灰岩由厚渐薄，碎屑岩成分逐渐增加。

该套地层与下伏大干沟组（Cdg）为整合或平行不整合接触。

7、下二叠统打柴沟组（P_1d）

在区内零星分布。其岩性主要为灰黑色—深灰色粒屑亮晶、粉晶、泥晶生物灰岩、白云质灰岩及白云岩，偶夹细碎屑岩，大多数灰岩含燧石结核（或条带），富含蝖、苔藓虫、腕足类、珊瑚等化石。

该套地层厚度269米，与下伏缔敖苏组呈断层接触，在地貌上呈明显的负地形。

8、上三叠统鄂拉山组（T_3e）

主要分布于肯德可克及其西北五一河地区。为一套灰紫色、紫红色为主的中酸性火山岩，其下部为紫色复成分砾岩、含不等粒岩屑砂岩夹安山质角砾熔岩；中上部以酸性火山角砾熔岩为主，夹安山质角砾熔岩。岩层中含有大量的外来灰岩岩块。

该套地层与下伏滩间山群呈不整合接触。

9、新近系地层

区内的新近系油沙山组主要分布于巴音郭勒河上游一带，由桔红—砖红色砂砾岩、砂岩夹砂质泥岩或粘土岩组成，是一套山麓相红色碎屑岩建造；挽近纪七个泉组分布于山间、山前盆地、谷地，以山麓堆积、冲积—湖积、冰碛—冰水堆积及风积为主，现在沉积仍在继续。

2.1.2 构造

昆北火山—侵入杂岩带北以柴南缘断裂为界和柴达木盆地相隔，南以昆中断裂为界和昆中花岗—变质杂岩带相邻，总体呈北西西向展布，属东昆仑复杂大规模造山带的一部分。矿区位于昆北火山—侵入岩带的西部，经过多期的滑脱—逆冲推覆作用，产生了一系列叠瓦状推覆体和构造岩片，造成区内地层层序混乱、相变明显，构造岩片的混杂亦十分普遍。各地层单元之间多以规模巨大的走向断层为边界，构成了区内主要的构造格架，同时也在很大程度上控制了区内岩浆岩的分布。

区内构造以断裂最为发育，主干断裂呈北西及北西西向，以压性、压扭性为主，有冰沟—木都大湾断裂、野马泉南断裂、四角羊沟断裂、黑山南侧断裂、景忍山东断裂等，构成主要的构造格架；区内的褶皱与断裂相伴产出，其轴迹与主构造线相一致，有楚鲁套海高勒背斜、狼牙山向斜、肯德可克向斜、野马泉向斜、黑山向斜、水里可可哈达向斜和长山向斜等。

区内矿产主要产于向斜核部、弧形断裂的转折处以及构造带的复合部位。

2.1.3 岩浆岩

区内的岩浆活动与构造运动是密切相关的，岩浆岩的分布主要受区域性断裂带的控制，构成规模巨大的构造—岩浆岩带，其岩性以中酸性、酸性侵入岩广泛发育为特点，其中主要以华力西期为主，次为印支期和加里东期，燕山期花岗岩则较少。

1、加里东晚期：岩体多呈岩株状产出。岩石类型主要有闪长岩、石英闪长岩、斜长花岗岩、富斜花岗岩、二长花岗岩等。里特曼指数在3.3以下，反映造山成因特点。

2、华力西期：该期花岗岩分布广、规模大，构成规模巨大的岩浆岩带。其中华力西早期的花岗岩类型以二长花岗岩为主，次有石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩等，多呈岩基产出。岩石里特曼指数多大于1.8，显示钙碱性。华力西晚期花岗岩类型主要有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、富斜花岗岩、二长花岗岩、花岗岩、钾长花岗岩及正长斑岩等，其演化序列为闪长岩→石英闪长岩→花岗闪长岩→二长花岗岩。

3、印支期：多呈岩基产出，类型主要有花岗闪长岩、二长花岗岩、花岗岩

等，次有闪长岩、石英闪长岩。岩石化学特征显示陆壳改造型成因。

4、燕山期：呈岩株状产出。岩石类型主要有钾长花岗岩、斜长花岗岩、花岗岩等，呈岩株状零星分布。岩石化学特征为高铝高钾贫钙，里特曼指数为1.81—2.70，显示为改造型花岗岩特点。

2.2 区域矿产

昆北火山—侵入杂岩带经历了漫长的、多期次的构造运动演化。每一次构造演化旋回，伴随着岩石圈的分裂、扩散、离散等伸展运动和挤压、俯冲等运动，形成了一套沉积—变形—岩浆组合。在大洋扩张期，伴随有一系列的火山活动(包括火山喷流活动)；而在挤压造山期，在形成大规模侵入岩的同时，并伴随有广泛的剪切、走滑、推覆运动。

成矿作用是地质演化的缩影。在昆北火山—侵入杂岩带，火山活动（包括热水喷流活动）及岩浆活动是矿质来源的基础，多期次的构造运动为成矿物质的活化迁移富集提供了有利条件。区内矿产的形成及分布正是成矿过程的具体体现。

区内的金属矿产主要有铁、有色金属（铜、铅、锌、钴、铋、钼等）、贵金属（金、银）等。一般而言，铁、金、钴、铋等赋存于下古生界奥陶—志留系滩间山群当中，与早古生代晚奥陶世裂谷环境下的火山活动及海底热水喷流作用有关；而有色金属矿产铜、铅、锌等则主要赋存于上古生界石炭系地层、下古生界滩间山群及其两者的不整合（断裂）带当中，与岩浆热液活动有关。

矿产在空间分布上具有明显的分带性：南带以铁为主，分布于南部的那陵郭勒河两岸；中带肯德可克—野马泉—长山一带，矿产有铁、金、铜、铅、锌、钴、铋、镍等；北带西自哈得尔甘呼都森，东至尕林格，以铁及多金属矿为主。自西向东矿种也具有分区，西段景忍山地区以铜、铅、锌为主，伴生银矿；东段肯德可克—野马泉则为铁、金、钴、铋、铜、铅、锌等。

滩间山群碎屑岩夹火山岩沉积建造是东昆仑西段的主要含矿地层，由于区内频繁的构造运动和火山活动，形成了众多的金属矿产，如肯德可克铁、钴、金、铋多金属综合矿床、尕林格铁（钴、金）多金属矿、野马泉铁、锌多金属矿、牛苦头沟铜、铅、锌矿、球路噢窝头铁矿等。石炭纪地层也是区内的含矿地层之一，西段铜、铅、锌矿主要产于石炭纪的碳酸盐岩层位中。区内主要矿产见表2-1。

区域成矿特征主要有以下几点：

1、在矿种上，主要有Fe、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Co、Bi。

2、在成矿类型上，主要为矽卡岩型、热液型、热水喷流沉积—改造型。

3、在赋矿层位上，主要为奥陶—志留系滩间山群和石炭系大干沟组、绰敖苏组。

表 2-1　主要矿产一览表

名称	位置	地质矿产概况	规模	成因类型
尕林格铁矿	格尔木市西北 318 千米	赋矿地层为滩间山群下岩组，其岩性主要有：硅质岩夹砂岩、硅质泥质岩、泥质岩、大理岩等。矿区共圈出 47 个矿体，长 100—400 米，厚 3—50 米，以磁铁矿为主，品位 51.73 %，富铁矿表内 D 级 3967.1 万吨。	大型	矽卡岩-高中温热液型
野马泉铁矿	肯德可克东 30 千米	矿体产于石炭系的碳酸盐岩与岩体接触带中，共见 18 层磁铁矿体，厚 1.05-31.94 米，品位 28.34-43.13 %，表内 D 级 1489.0 万吨。	中型	矽卡岩型
五一河铁矿	巴音格勒河西，距野马泉 27 千米	矿体产于石炭系的碳酸盐岩与岩体接触带中，分南北二个矿带，以南矿带为主。长 64-754 米，厚 0.43-4.59 米，品位 28.21-31.60 %，表内 D 级 265.3 万吨。	小型	矽卡岩型
牛苦头沟多金属矿	野马泉东 20 千米	矿体产于蓟县系冰沟群狼牙山组白云质大理岩与斜长花岗岩接触带中，共圈定矿体改 52 个(地表 4 个，隐伏 48 个)，其中铁矿体 18 个，铅锌矿体 18 个，锌铜及铜矿体 11 个，矿体长 100—450 米，厚 0.73—6.99 米，矿石矿物主要有磁体矿、黄铜矿方铅矿、闪锌矿、黄铁，TFe19.86—47.10%，Pb2.0—10.63%，Zn2.0—12.05%,Cu0.68%。	小型	矽卡岩型
群力铁矿	野马泉西南 13 千米	南矿带北西西向，长 1405 米，厚 0.65-3.69 米，北矿带近南北向，长 1215 米，厚 2.0-6.53 米，,以磁铁矿、镜铁矿为主，品位 46.75%，表内 D 级 101.0 万吨。	小型	热液型
虎头崖	肯德可克北巴音郭勒河北岸	矿体产于蓟县系冰沟群狼牙山组白云质大理岩中的破碎蚀变带中，矿石矿物主要有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄锡矿、硫锡铅矿等。	小型	破碎蚀变岩型

4、在成矿元素组合上，主要为多矿种复合矿产，一般单矿种矿产比较少见。

5、在以往勘查发现的铁矿床中，往往伴生、共生有 Co、Pb、Zn、Au 等矿产。

第三章 矿区地质

3.1 地层

矿区内出露地层主要有奥陶—志留系滩间山群、泥盆系牦牛山组、石炭系大干沟组和缔敖苏组、第四系沉积。大干沟组和缔敖苏组分布在矿区的中南部，出露面积最大；牦牛山组分布在矿区南部、西部和北部，出露面积也较广；滩间山群呈东西向条带状分布于矿区中部，相当于区域滩间山群的下部层位。

3.1.1 奥陶—志留系滩涧山群（OST_1）

为矿区内最老的地层单元，由于牦牛山组、大干沟组、缔敖苏组大面积掩盖，地表出露较少，仅呈狭窄长条状出露于矿区中部。与区域对比，矿区的该套地层属下岩组，其岩性下部为碳酸盐岩,上部以不纯硅质岩为主夹碎屑岩。

1、碳酸盐岩岩性段（OST1a）：地表出露于矿区之东北部，其北与晚泥盆世火山岩呈不整合接触，局部呈断层接触。其岩性为乳白色厚—巨厚层状粗粒大理岩，夹灰—灰白色灰岩及硅质岩透镜体和硅质岩条带；灰褐—灰色矽卡岩夹灰白色大理岩透镜体。岩层倾向北西，倾角 40°-50°，地表出露厚 375 米。

2、泥钙质硅质岩岩性段（OST1b）：地表出露于矿区中部，其南以 F_1 断裂为界与大干沟组灰白色大理岩呈断层接触（局部呈不整合接触），北与晚泥盆世火山岩呈不整合接触关系，局部呈断层接触。其岩性为褐色—灰褐色—浅灰—灰色条带状、块状、斑杂状矽卡岩化硅质岩、局部为矽卡岩、灰—灰绿色泥钙质硅质岩、灰黑色炭质板岩等。该岩段又可分为硅质岩（$OST_1^{b(si)}$）、矽卡岩（$OST_1^{b(sk)}$）、矽卡岩化硅质岩（$OST_1^{b(sk+si)}$）。地表岩层总体倾向北，倾角 35°-45°。出露厚度 213.3m。

矿区南部石炭纪地层以下，据勘查铁矿的钻孔资料反映，仍为滩间山群，矿区南部所有钻孔均见其分布。其岩性主要为一套泥钙质硅质岩、石榴石透辉石矽卡岩、钙镁橄榄石矽卡岩夹大理岩、火山岩、炭质泥板岩及变砂砾岩夹层和透镜体。区内铁、钴、铋、金矿体主要赋存于该组岩层及其与石炭纪地层不整合面的虚脱部位。

3.1.2 上泥盆统牦牛山组（D_3m）

出露于矿区北部、西部及南部广大地区，呈高角度不整合于滩间山群之上，不整合面凹凸不平，起伏悬殊，受早古生代剥蚀面形态的控制，在局部呈“残留体”出露。根据出露部位的高低、岩性特征和变质情况，可分为上、下两个部位。

1、牦牛山组下岩段（Dm^a）

出露于矿区南及南东部，岩性以浅灰色流纹岩为主，流纹质凝灰熔岩、英安

质凝灰岩次之，其中夹流纹岩、流纹质凝灰熔岩、英安岩、火山角砾岩、霏细岩及少量硅质岩。此火山岩具不同程度的绿泥石化、绿帘石化。产状不清，倾向以北、北北东为主，倾角变化较大，在 30°—70° 之间，主要为 50°—60°。未见底，厚度不详，推测大于 500 米。

2、牦牛山组上岩段（Dm^b）

分布于矿区北部及肯德可克沟以西地区，其岩性下部以灰色英安质凝灰熔岩为主，夹少量的流纹岩、流纹质凝灰熔岩；上部以深灰色致密块状流纹岩为主，夹有流纹质凝灰熔岩及火山角砾岩。

该岩组与下部岩段接触关系不清，相比之下，蚀变较轻微，岩相变化不大、岩性不复杂、层理不明显，总的趋势是呈较为平缓的南倾，时有向北缓倾，似受原始地貌的控制。钻孔中岩性与地表一致，为英安质凝灰溶岩及少量英安岩、英安质凝灰岩。

3.1.3 石炭系（C）

石炭系在矿区范围内分布广泛，约占矿区面积的 50%，主要分布于肯德可克沟以东，F_1 断裂带以南地区，南部与上泥盆统牦牛山组下部不整合接触，向东延出工作区以外，构成肯德可克向斜的主体，是一套以碳酸盐岩为主的沉积岩：早石炭世沉积了一套海陆交替相的砂岩、砂砾岩夹灰岩；至晚石炭世则变为巨厚的浅海相碳酸盐沉积。该套地层中生物化石丰富。依其岩石组合特征分下、上两个岩组，介绍如下。

1、下部大干沟组（Cdg）

分布于 F_1 断裂之南侧，其岩性为杂色砂岩、粉砂岩、砂砾岩夹灰白色疙瘩状白云质结晶灰岩。该套地层倾向南—南西，倾角 30°，地表出露厚度 20—50m，岩性、岩相稳定，产珊瑚类化石。从钻孔中可知，该套地层掩盖于滩间山群之上。

2、上部缔敖苏组（Cd）

大面积出露于矿区南部，分四个岩性段，自下而上：

第一岩性段（Cd^1），为深灰色—灰色生物碎屑结晶灰岩，富含腕足类、蜓类化石。

第二岩性段（Cd^2），为灰白色白云岩、白云质大理岩、灰质白云岩夹结晶灰岩透镜体，产蜓类化石。

第三岩性段（Cd^3），其下部为灰色结晶灰岩，上部为灰白色白云质大理岩、白云岩，产蜓类及腕足类化石。

第四岩性段（Cd），为灰色角砾状灰岩，是动力作用下形成的“风暴岩”，构成肯德可克向斜的核部，其分布局限于 16 线—24 线间的山脊上，与第三岩性

段整合接触关系，但地表多表现为断层接触。

3.1.4 第四系

分布广泛，皆属全新世沉积，可分为冲积—洪积物、风积—洪积物等，厚度1-18米。

3.2 构造

3.2.1 褶皱构造

肯德可克矿区内主要含矿地层——滩间山群在地表表现为一单斜构造，组成矿区基底构造层，地表出露部分（矿区中、北部）走向呈北西西—近东西向，倾向北，倾角30°-40°。

矿区南部的石炭系则构成一轴向近东西的肯德可克向斜，该向斜挤压紧闭，产状总体上北陡南缓，西端仰起。

肯德可克向斜的形成，于矿区范围内表现似受近东西向断层的逆推动，致使接近断层附近岩层发生弯曲形成向斜。实际上应为矿区北缘东西向区域性逆断层作用的结果。在向斜形成过程中，其轴部及其靠近轴部的两翼（包括其下的不整合面），形成层间剥离（虚脱）与纵张裂隙。这些都为导矿和控矿提供了通道与空间。虽然在整个矿区内它不是主要的控矿构造，但南矿带石炭系中部分多金属矿的分布则为它们所控制。

3.2.2 断裂构造

矿区内的断裂构造形迹是区域性构造的表现，同时也有其自身的特点。一方面，北西向和北西西向区域断裂在矿区内汇合，表现为复合构造特点；另一方面，受长期挤压、推覆作用的影响也很强烈。

根据断裂构造特征，可分为三组：即东西向断裂组、北东向断裂组及北北西向断裂组。

1、东西向断裂组：可分为逆断层组与正断层组。

东西向逆断层是区内主要的断裂构造，形成时间较早，走向近东西，规模一般较大，延伸较远，多具较宽的破碎带。主要有以下几条：

①F1 逆断层：是矿区内规模最大的断层。出露于矿区中北部肯德可克沟以东，呈东西走向蜿蜒出矿区以东，肯德可克沟以西因断裂较发育，且肯德可克沟本身亦为断裂构造，故难以对比F1断层的相应部位。

石炭系与滩间山群在矿区内以F1为界。F1为一北断层面南倾北倾、南断层面南倾的逆断层，倾角近地表附近为70°左右，深部略有变缓。地表表现为一负地形，长大于2千米，局部地段破碎带宽60-100m，表现为呈土黄色、黄褐色的氧化破碎蚀变带；深部愈向下趋宽，呈上窄下宽的“倒喇叭”形。深部沿此断

裂破碎带已被矿体充填，因而深部的构造特征不甚显著。F1 断层从力学性质分析具有压扭性质的韧性剪切带特征，具体表现为：

a、带内的塑性岩石如炭质板岩、绿泥—绿帘—黝帘石岩等发生强烈的片理化现象，且沿片理发育有眼球状方解石。

b、岩石发生塑性变形，在矽卡岩化硅质岩当中，硅质成分呈不连续的蠕虫状。

c、岩石中发育眼球状构造及褶皱弯曲。

d、塑性岩石如炭质板岩、绿泥绿帘岩等镜下鉴定为糜棱岩或超糜棱岩。

e、硅质岩中，沿硅质条带发育有次生微粒状石英，构成重结晶条带，为岩石在韧性变形中物质成分发生重熔的具体表现，同时，石英具波状消光现象。

F1 断层为具多期活动的继承性断裂，在石炭系褶皱成向斜前后均有活动。北矿带诸矿体多与 F1 密切相关，为北矿带的主要控矿构造。

②F10 逆断层：是一近东西走向的隐伏断层，地表未见迹象，仅依据钻孔资料分析。断裂部位在靠近肯德可克向斜核部的南翼，断层面南倾，倾角 30°-40°，与 F1 断层呈共轭关系，在空间上构成“背形”构造。该断层将其南盘的岩层上推 30—70 米（以石炭纪大干沟组的砂岩层作标志层）。

F10 断层大部分已被铁矿体充填，也是矿区内主要控矿构造之一，南矿带的生成与 F10 有密切关系，它既是含矿气液运移的主要通道（导矿构造），又是矿液交代和沉淀的场所。因此，F10 控制了铁矿体的基本形态和产状，更重要的是它的晚期活动贯穿了向斜的层间构造及石炭系与上奥陶统之间的不整合面，在这几种构造的复合部位，矿体有膨大富集之势。

从钻孔资料分析，该断层亦颇具规模，影响范围较大，同时也不是一条孤立断层，而是一组，亦具多期继承性活动的特征，矽卡岩的形成、分布亦与它有关。和 F1 比较其倾向相反，倾角较缓，二者断裂面似构成约 90° 夹角，应属与 F1 同期的逆断层。

F10 的力学性质属压性，后转张性，转张性的依据为：在磁铁矿体中见有围岩的角砾，这些角砾虽为矽卡岩与磁铁矿交代或胶结（磁铁矿沿砾间充填胶结、交代），但往往仍保留了角砾的棱角状、次棱角状等不规则的外形。

F1、F10 断层是区内主要的控矿构造，其控矿作用主要表现在：

a、F1 断层北倾，F10 断层南倾，二者相交于肯德可克背斜之轴部，构成上窄下宽的含矿空间，肯德可克矿区主要的铁、锌、金、钴、铋矿产均产于 F1 和 F10 之间，它们控制了这些矿产的分布范围；

b、矿区内蚀变与成矿关系密切，而蚀变的强弱则与断层关系密切，断层发育地段蚀变强，矿化亦强，F1 和 F10 断层内岩石蚀变强烈，矿产丰富。

c、F10 断层位于矿区南矿带，其中大部已被铁、铁锌等矿体充填；F1 断层位于北矿带，被铁、金、钴、铋等矿体充填。

d、F1 和 F10 断层成生演化时间长，属同生断层，在后期构造演化过程中均有活动，具韧性剪切特征，其产状上陡下缓，呈“铲”状，这些特征为矿质活化、迁移、沉淀、富集提供了充分的条件。

2、北东向断裂组：本组断裂在矿区南部多见。多表现为平推断层，其形成较晚，东西向断层与地层均被其错断。断层走向 20°—40° 者多见，少数走向大于 40°。其两盘错动多为北西盘南西移，南东盘北东移，亦有相反的情况。多数断裂规模不大，延伸较短。它们多远离矿体，无法判别其形成时期，与成矿的关系不大。其中以 F9 平推断层规模最大，出露于矿区东延地区，断层走向 30° 左右，断层面近于直立，破碎带宽达 10 米以上，多数已成为断层泥，断距可达 200 米以上。由于第四系掩盖，致使延伸情况不明。

3、北北西向断裂组：此组断裂地表未见迹象，均被掩盖，由航片解译与地形上反映，主要位置在肯德可克沟、野马沟及驻地沟。区域上北北东向、近南北向沟谷的形成均与此组断裂有关。肯德可克沟由于第四纪沉积掩盖未见断层形迹，但于沟西侧可见一组平行于肯德可克沟的密集错动带，是它的次一级派生构造。

上述三组断裂构造反映了矿区断裂构造总体面貌。此外，据钻孔资料反映，在滩间山群中发育着较密集的裂隙，它们彼此之间为主断裂所沟通，是经受多期构造活动的影响而形成的。构造面产状多变，倾角 0°—90°，以 30°—60° 为多见。沿裂隙为方解石脉、矽卡岩充填、穿插，围岩产生热液蚀变。

3.3 岩浆岩

区内岩浆活动不强烈，地表仅见零星的小侵入岩体出露，出露面积仅占矿区面积的 2.5%。钻孔中亦仅见有花岗闪长岩、石英斑岩脉，规模均较小。

3.3.1 华力西晚期侵入体

深灰色细—中粒闪长岩，分布于肯德可克沟以西，呈小岩株状侵入于滩间山群硅质岩、晚泥盆世火山岩和石炭纪的结晶灰岩中。岩体呈似椭圆状，长轴近东西向，为北倾、倾角陡的逆断层所控制，出露面积约 0.05 平方千米。其时代经与区域对比属华力西晚期。

岩石具半自形粒状结构，块状构造。主要由斜长石（68—74%、An28）和角闪石（25—30%）与少量磷灰石、磁铁矿、黄铁矿等组成。岩体蚀变轻微，仅北西部边缘具绢云母化、绿泥石化、次闪石化。

岩体中心矿物颗粒较粗大，达 3—5 毫米，最大达 8 毫米，边缘颗粒较细，

为 1—2 毫米。岩体边缘经同化混染偏基性，为辉石闪长岩（含辉石达 15%）。

岩石的化学成分属 SiO_2 弱不饱和岩石，以中性为主，略偏基性。长石类矿物以中性斜长石为主，暗色矿物较多，为钙碱性系列弱碱性岩石。

3.3.2 印支—燕山期侵入体

1、肉红色石英正长斑岩：分布于矿区西南部，呈小岩枝侵入于晚泥盆世火山岩中，出露面积约 0.04 平方千米。岩石蚀变轻微，与区域上的肉红色钾长花岗岩可以类比。

岩石具斑状结构、块状构造。多数粒度较细，仅岩体中心部位粒度变粗，具中—粗粒结构。斑晶大小为 2—3 毫米，成分主要为钾长石、斜长石及少量石英，斑晶总量为 5—10%。基质亦以钾长石、斜长石及少量石英为主，总量为 90—95%。岩石总的矿物成分及含量为：钾长石 62—71%，斜长石 20—25%An0.5，石英 5—7%，绿泥石 2—5%，绿帘石 1—2%，磷灰石、锆石、榍石少量。

岩石化学成分与为 SiO_2 过饱和岩石，属碱性系列，过碱性岩石。岩石中游离石英少，应为钾长花岗岩与石英正长岩的过渡类型。

2、灰色钠长霏细斑岩：分布于肯德可克沟以西，为一超浅成的小侵入体，侵入于滩间山群泥质硅质岩、晚泥盆世火山岩和闪长岩中，其时代应为中生代。岩体呈小岩基状，北东 40°—50° 方向分布。岩体的岩相分带明显，中心地段斑岩含量较多；边缘部分为隐晶结构。

岩石具斑状结构，基质为霏细结构。斑晶主要为钠长石、更长石和石英；基质由钠长石、石英及少量云母组成。斑晶总量为 4—7%，大小为 1 毫米。

除上述侵入体外，钻孔中还见有石英斑岩体，它们侵入于滩间山群泥质硅质岩中。从其岩性与产状（顺层侵入）反映，似为超浅成侵入体。岩石为灰白色，斑状结构，基质为全晶状细粒结构，斑晶由自形—半自形粒状石英组成；基质由石英、钠长石等细小晶体组成。钠长石已绢云母化；石英具不同程度的矽卡岩化。部分地段破碎严重，成为碎裂石英斑岩或构造角砾岩。

ZK0018 孔中的石英斑岩，同位素年龄值为 1.79 亿年，属燕山早期。而该孔矽卡岩中的金云母同位素年龄值为 2.14 亿年，属印支早期，两者差 0.35 亿年：本区铁矿应形成于金云母形成前后，亦即印支期，据此石英斑岩侵入于铁矿形成之后。

另于 ZK2303 孔中见有石英正长闪长玢岩。岩石为斑状结构，斑晶为斜长石，基质由斜长石、钾长石、石英和角闪石、黑云母等组成。岩石同位素年龄值为 1.61 亿年，属燕山早期，与石英斑岩同为成矿后侵入。

3.3.3 脉岩

矿区内脉岩分布较广，多呈脉状、岩墙状产出，岩性由酸性到基性均有，但

以闪长玢岩为主。

深灰色闪长玢岩主要分布于矿区南部，最长450米，宽2—14米，走向北西，倾角陡或近于直立。岩石呈斑状结构，基质为半自形粒状结构，斑晶为中长石。岩石由斜长石、角闪石与少量磷灰石、榍石等组成，个别者含辉石。斜长石具轻微绢云母化；暗色矿物有时被绿泥石、绿帘石等交代。闪长玢岩与闪长岩应属同源产物。

3.4 变质作用

矿区内的变质作用主要表现为区域变质作用、热液变质作用和动力变质作用三种。

1、矿区内区域变质作用强烈，各时代地层中以老地层的变质作用较明显。主要表现在滩间山群中普遍的大理岩化、硅质岩的重结晶以及含炭质泥砂质碎屑岩的千枚岩化、板岩化作用等；晚泥盆世火山岩变质后，使原较典型的火山岩结构、构造变的不清，形成鳞片变晶结构；石炭系未经受明显的区域变质作用，仅石炭系的部分碳酸盐岩变为白云质大理岩、大理岩。

2、气液变质作用是矿区内主要的变质作用，与内生成矿关系密切。

（1）滩间山群中与铁矿形成有关的热液变质作用，由上而下分透辉石石榴石矽卡岩带，透闪石斧山石矽卡岩带，具明显的垂向分带现象，矿物形成温度由浅入深呈增高趋势，且与成矿关系密切，透辉石石榴石矽卡岩带多产金钴铋矿体，透闪石符山石矽卡岩带多产铁、铁锌矿体。

（2）晚泥盆世缔敖苏组火山岩与滩间山群不整合面上的接触变质作用：特点是滩间山群岩石形成石榴石透辉石矽卡岩，并具绿泥石化、碳酸盐化现象，有时可见透闪石的分布，局部具轻微的铅锌矿化、黄铁矿化现象。矽卡岩化作用不甚强烈，仅沿不整合面形成较薄的一层，且由于围岩岩性差异，强弱变化显著，其中泥钙质岩强些，硅质岩弱些。由于矽卡岩化沿不整合面发育，加之地形与剥蚀的影响，因此该类矽卡岩的分布呈不规则状断续零星分布。除矽卡岩化外还具少量的角岩化。

（3）沿断层、不整合面和裂隙由后期热液活动引起的变质作用：矿区南部沿石炭纪地层与晚泥盆世火山岩的不整合面此变质作用最为典型。因沿不整合面有断裂存在（F8），热液活动使大干沟组底部的砂质泥砂质碎屑岩蚀变为石榴石矽卡岩及部分石榴石透辉石矽卡岩。多数具绿泥石化、碳酸盐化和铅锌矿化现象，并形成不规则长条状铅锌矿体，其中偶含黄铜矿星点及孔雀石。另外，发育在北矿带的钴铋金矿体的形成主要与此变质作用关系密切。

（4）岩体、岩脉与围岩接触带上的变质作用：此类变质作用不普遍，这与整个矿区内岩浆活动不发育有关。主要发育在钠长霏细斑岩与滩间山群接触处具

角岩化；闪长岩体与其接触处有同化混染；闪长岩中角闪石多已绿泥石化、绿帘石化。

矿区西南部的石英正长斑岩与英安质凝灰熔岩接触处亦具同化混染，使二者接触关系不清，沿接触带绿帘石化普遍。

闪长玢岩脉与石炭系碳酸盐岩接触处一般仅具烘烤现象，仅局部具轻微的矽卡岩化。

3、动力变质作用

在矿区主要表现为断裂附近有破碎带以及碎裂岩、碎裂岩化岩矿石的存在（角砾岩或角砾状矿石）；滩间山群泥钙质岩中形成一系列糜棱岩，粒状矿物如石英、石榴石、透辉石、方解石等具有碎裂结构，石英具波状消光，片状、鳞片状矿物如绿泥石、绿帘石、绢云母、黝帘石等具定向排列现象。

第四章 矿体地质特征

4.1 赋矿岩石特征

4.1.1 赋矿岩层特征

肯德可克金、钴、铋矿的赋矿岩层为上奥陶统滩间山群泥钙质硅质岩性段（OST-2），岩石呈灰色—青灰色，蚀变后呈灰白色—灰褐色—灰绿色。由隐晶质硅质成分（玉髓）与泥钙质成分（蚀变后为石榴子石、透辉石、绿帘石、褐帘石、白云母、绢云母、萤石、方解石、绿泥石等）相间构成条带状、条纹状构造，矿物呈变余隐晶结构，微粒—细粒变晶结构，鳞片粒状变晶结构等。含量：玉髓30—80%，自生石英5—15%，白（绢）云母10—25%，后期石英10%，方解石15%，而矽卡岩矿物（石榴子石、透辉石、绿帘石、绿泥石、萤石等）则视蚀变强弱含量变化较大。

该套岩石受变质作用的影响强烈。其原岩为海底热水喷流沉积的一套不纯的硅质岩，硅质成分与泥钙质成份（主要是Ca、Mg）相间构成原始的条带状构造。因为原岩的沉积环境具备一定的温度，可以形成矽卡岩矿物，但因温度低，系统不封闭，所形成的矽卡岩矿物粒径极为细小，一般小于0.1mm，呈雏晶形态，黄铁矿呈草莓状、胶状，且其分布严格受原始沉积构造的制约而呈条带状、似层状。

随着洋壳的解体，区内进入隆升挤压造山变形期，岩石遭受了漫长的动力改造和热液蚀变，硅质成份（玉髓）发生碎裂，在剪切压溶作用下，派生出微粒石英，而泥质成份（含雏晶矽卡岩）则在构造带相对封闭的环境中与硅质及热液携带的物质发生的双交代作用，形成新的矽卡岩矿物，且颗粒变粗。

4.1.2 围岩类型与特征

矿体围岩主要有沉积岩类、变质岩类与少量脉岩，其中与成矿关系密切的主要为变质岩类，现简介如下。

区内主要矿体（带）的中、下部含矿（近矿）围岩，主要为矽卡岩，其次为各种角岩、热水变质岩系。各类变质岩的矿物组合见表**4-1**。

①热液变质岩类：岩性主要有石榴石角岩、透辉石角岩、符山石角岩、硅灰石角岩、石榴石透辉石角岩。它们的分布与矽卡岩的分布一致，但多呈残留体分布于矽卡岩中，于南矿带南部边缘钻孔中多见。

②交代变质岩类（矽卡岩）：为区内分布最广的含矿（近矿）围岩，现将几种主要类型岩性介绍如下：

a、钙镁橄榄石矽卡岩：灰、灰绿、灰褐色，块状，粒度不等，主要由钙镁橄榄石、方解石组成，含少量钙钛矿、透辉石、镁橄榄石、石榴石、绿泥石、蛇纹石、磁铁矿及磁黄铁矿等。岩石中见有角岩的残余。被蛇纹石、方解石、绿泥

石、透辉石交代，作用强烈时仅保留钙镁橄榄石的外形。

表 4-1　变质矿物组合表

成因类型	矿　　物　　组　　合	岩石类型
热液变质	透辉石、符山石、石榴石（钙铁榴石为主）、硅灰石、阳起石、碳酸盐、粘土状矿物、绢云母、绿泥石、石英、堇青石、绿帘石、钾长石、透闪石	钙镁硅酸岩角岩泥质角岩长英质角岩
交代变质	透辉石、钙镁橄榄石、石榴石（钙铁榴石、钙铝榴石）、符山石、硅灰石、镁橄榄石、硅镁石、金云母、钙钛矿、透闪石、阳起石、绿帘石、石英、碳酸盐岩	矽卡岩
气水热液变质	透闪石、阳起石、斜黝帘石、金云母、绿帘石、磷灰石、萤石、葡萄石、黑云母、绢云母、硬硅钙石、氟硅钙石、硅灰石、鱼眼石、方解石、白云石、石英、绿泥石类、胶蛇纹石、纤维蛇纹石、似皂石、橄沸石、白钙沸石	水热变质岩或脉管状充填物

b、透辉石矽卡岩：灰绿、淡绿色，由透辉石、方解石组成，含少量绿泥石、磷灰石、镁橄榄石、石榴石、透闪石、绿帘石、石英、萤石、钙钛矿及金属矿物等。它的结构特征为中粗粒透辉石与短柱状透辉石相互嵌生，晚期透辉石矽卡岩多具柱状变晶结构。岩石沿裂隙为后期黝帘石、蛇纹石所交代。

c、石榴石透辉石矽卡岩：灰绿、灰褐色，块状，由石榴石透辉石组成，含少量方解石、符山石、镁橄榄石、绿泥石、磷灰石等。粒状变晶及柱粒结构，透辉石有两种，一为它形、半自形粒状，聚集成团块状，边部具一些石榴石包体；另一种为细小柱状，不均匀分布于岩石中。石榴石为浅黄褐色钙铁榴石及无色钙铝榴石，它们间无过渡种类。透辉石与石榴石互相嵌生。

d、石榴石矽卡岩：棕、灰棕、灰绿色，块状，由石榴石、方解石组成，含少量透辉石、符山石、硅灰石、透闪石、绿泥石、磷灰石、石英等，金属矿物质有磁铁矿与金属硫化物。石榴石主要为钙铁榴石、次为钙铝榴石。透辉石、方解石及金属矿物多填于石榴石粒间。

e、石榴石符山石矽卡岩：黄褐、灰绿色，块状，由石榴石、符山石组成，并含透辉石、绿帘石、方解石、绿泥石、云母、石英及金属矿物。岩石具柱粒状、放射状结构，块状、团块状构造。符山石呈长柱状，短柱状；石榴石呈半自形、自形粒状分布；二者相对聚集呈团块状或相互嵌生、充填。

f、硅镁石矽卡岩：灰、灰绿色，单纯的粒硅镁石矽卡岩较少见，常叠加于透辉石矽卡岩或钙镁橄榄石矽卡岩之上，局部可富集以硅镁石为主的矽卡岩。

g、金云母矽卡岩：此岩石分两种，主要的一种为颗粒较粗，由金云母、方解石组成，与磁铁矿的生成关系密切；另一种成分单一，由细小鳞片状金云母组成。

h、透闪石矽卡岩：岩石主要由透闪石组成，此种岩石实际上为交代透辉石

矽卡岩形成，保留有透辉石的假象。以磁铁矿为主的金属矿物填于粒间或包含透闪石集合体。

i、硅灰石矽卡岩：岩石主要由硅灰石组成，灰白色，块状，呈较晚期脉状充填物，叠加于矽卡岩或角岩之上。

j、绿帘石矽卡岩：绿、黄绿色，块状，由绿帘石组成，次为绿泥石、方解石、石英。绿泥石呈鳞片状、纤维状充填于绿帘石间，方解石、石英多充填或包嵌绿帘石；绿帘石常相对聚集呈团块状叠加于透辉石矽卡岩之上。

③气水热液变质岩类：本区水热变质岩种类较多，分布广泛，主要有绿泥石化、碳酸盐化、绿帘石化、透闪石化、金云母化，它们多叠加于各种岩石之上，极少构成单独的岩石，在矽卡岩带的上部及上部碳酸盐岩中，绿泥石化、碳酸盐化广泛发育，局部可单独形成绿泥石岩，它们与铅、锌矿化关系密切。

4.1.3 围岩的空间分布

本区矿体各类围岩的分布具一定的规律，根据岩石特征及与矿体的关系，可将本区矿体的近矿（含矿）围岩划分三个带，由上往下为：绿泥石化岩石带（其上限不明显），石榴石透辉石矽卡岩带，钙镁橄榄石矽卡岩带。

4.1.4 矿体与围岩的关系

现按主要矿体（矿石类型）与顶、底板围岩的关系分述如下：

①磁铁矿体：铁矿体的主体部分赋存于石榴石透辉石矽卡岩带内，矿体顶板多为磁铁矿化石榴石透辉石矽卡岩，且多叠加绿泥石化、碳酸盐化。部分矿体（矿段）顶板围岩为石英斑岩及绿泥石化大理岩。58 号主矿体的顶板围岩岩性较为复杂，由东到西其顶板围岩为绿泥石化大理岩、条带状变硅质泥质岩、透辉石矽卡岩及矽卡岩化角岩。北矿带 125 号矿体顶板岩性为石榴石透辉石矽卡岩、透辉石矽卡岩与石英斑岩。铁矿体的底板围岩主要为石榴石透辉石矽卡岩及透辉石矽卡岩；部分矿体（矿段）为碳酸盐化钙镁橄榄石矽卡岩，它们均具磁铁矿化。58 号主矿体底板围岩可综合为：方解石钙镁橄榄石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩、方解石透辉石矽卡岩、石榴石透辉石钙镁橄榄石矽卡岩、透辉石矽卡岩。北矿带 125 号矿体底板围岩为透辉石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩，岩石多具磁铁矿化，含少量钙钛矿，在钙镁橄榄石矽卡岩中更为明显，钙钛矿及钙镁橄榄石矽卡岩的出现往往标志工业铁矿体的结束。铁矿体与顶、底板围岩多为渐变关系。

4.2 矿体规模及特征

4.2.1 铁矿体规模及特征

矿区南、北两个矿带共圈定铁矿体 53 个，其中磁铁矿体 41 个，硫铁矿体 10 个，铁硫矿体 2 个，见表 4-2。

表 4-2　分工业类型矿体数目统计表

矿带	磁铁矿	硫铁矿	铁硫矿	合计
北矿带	4	4	0	8
南矿带	37	6	2	45
合计	41	10	2	53

铁矿体规模相差悬殊，58 号铁矿体长 1650 米，最厚处 113.02 米，是矿区规模最大的矿体；规模最小的矿体（未编号）长 40 米，真厚 1.40 米。

一般来讲，大矿体和较大矿体的连续性与对应性较好，其形态常为豆荚状、似层状、扁豆状。区内大部分小矿体的连续性和对应性较差，矿体形态多为透镜状。

南矿带的中、东段（0 线及其以东），矿体形态比较稳定，连续性和对比性较好。而矿带的西段（0 线以西），矿体具单层厚度小、层次多、分岔多的特点，致使矿体的连接具有多种方案。

矿体走向总体上为近东西向，因受不同断裂、构造的控制，其产状南缓北陡。南矿带矿体倾角一般 20°—30°；北矿带矿体倾角一般 30°—40°，个别达 56°。

58 号铁矿体为南矿带的主矿体，125 号铁矿体为北矿带的主矿体。58 号矿体之上的石炭系中产有铅矿体，其中以 16 线、0 线分布集中，这些铅矿体大多数是长度为 100 米的小矿体；矿体形态多为透镜状、扁豆状、豆荚状、似层状、倾向南，倾角 9°—40°，由于工程密度不够，致使这些铅矿体连接对比较困难，因而它们的形态和产状的可靠程度相应也较低。锌矿主要以铁锌矿与 58 号铁矿共生；在 125 号矿体之上，见有数个以铜为主的小矿体，规模都很小，长度一般为 100 米，视厚度多在 5 米以下，且大部分为单工程见矿，这些小矿体倾向北，倾角一般为 40° 左右，矿体形态多呈透镜状。

现将主要矿体特征列于表 4-3，并选其中主要矿体简述如下：

1、58 号矿体：分布于南矿带 40 线至 31 线间，是矿区最大的铁矿体，在本次资源/储量估算范围内由 15 线 5 个钻孔、7 线 4 个钻孔、0 线 5 个钻孔、8 线 2 个钻孔、16 线 8 个钻孔、24 线 5 个钻孔共 6 条勘探线 29 个钻钻联合控制，几乎纵贯全区。矿体长 1650 米（本次资源量估算矿体长 1113 米），沿倾向延深 44—355 米，真厚 0.79—113.02 米，平均 42.48 米。矿体埋深 77—292 米，其主体分布于标高 3843—4086 米的空间范围内，主要赋存于石榴石透辉石矽卡岩带中，在局部地段其顶板为矽卡岩化硅质岩，其底板局部可赋存于钙镁橄榄石矽卡岩带的顶部，其顶板局部可赋存于石炭系碳酸盐岩之中。6 条勘探线钻孔累计见矿视厚 1274.83 米。矿体走向为近东西向，倾向南，倾角 15°—25°，一般为 20°。58 号矿体是以铁、铁锌为主的复合矿体，总体来看，铁锌矿、锌矿产于铁矿的顶部，

铁矿体的头部和尾部多具分叉现象，在这些分叉尖灭部位为铁锌、铁铅锌、铅锌矿。矿石矿物主要有磁铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿等，脉石矿物主要有石榴子石、透辉石、绿泥石、绿帘石、透闪石、方解石、石英等。

58 号矿体磁铁矿石资源量为 3698.81 万吨，品位 34.35%(332 资源量 1820.5 万吨，平均品位为 36.76%，333 资源量 1878.31 万吨，平均品位为 32.07%)，铁锌矿石量 677.21 万吨，TFe29.84%，Zn1.58%，占全区磁铁矿石资源量的 63.61%；伴生锌金属量 11.73 万吨，占全区的 64.37%；伴生镉金属量 3477.55 吨，占全区的 95.02%。矿体形态总体上为豆荚状或似层状。0 线及其以东，矿体形态较完整，厚度大，并在 0 线、16 线明显膨大；0 线以西，矿体分岔趋势明显，厚度也较中、东段为小。

2、125 号矿体：分布于北矿带 16 线至 7 线间，是北矿带最大的铁矿体，在本次资源/储量估算范围内由 7 线 2 个钻孔 1 个坑道、1 线 1 个钻孔、0 线 5 个钻孔、II线 2 个钻孔 1 个坑道、IV线 1 个钻孔、8 线 2 个钻孔共 6 条勘探线 13 个钻孔工程联合控制。矿体呈扁豆状，长 450 米，沿倾向延深 163--304 米，真厚 0.77—86.95 米，平均 43.01 米。矿体分布于标高 3890—4052 米的空间范围内，主要赋存于石榴石透辉石矽卡岩带中，上端（南端）有少部分赋存于石炭纪缔敖苏组的碳酸盐岩中。矿体走向为近东西向，倾向北，倾角 31°—42°。125 号矿体是以铁为主，并伴生有硫、锌的复合矿体。矿体形态为扁豆状，在 0 线明显膨大，向 8 线急剧缩小。125 号矿体铁矿石量为 704.27 万吨，品位 17.64%，占全矿区磁铁矿石资源量的 10.16%。

3、69 号矿体：是矿区西段较大的铁矿体,分布于南矿带 0--31 线，由 12 个钻孔控制，矿体形态为扁豆状、似层状，在 7 线明显膨大，矿体长 650 米，沿倾向延深 29—278 米，真厚 13.77—50.47 米，平均 27.01 米，矿体埋深 43—213 米，矿体分布于标高 3878—4085 米的空间范围内，主要赋存于石榴石透辉石矽卡岩带中。矿体走向为近东西向，倾向南，倾角 15°—34°。69 号矿体是以铁为主，并伴生有硫、锌的复合矿体。铁矿石量 716.31 万吨，品位 29.78%。

4、85 号矿体：是矿区最大的铅矿体,分布于南矿带 40--15 线,矿体走向为近东西向，倾向南，倾角 19°—40°，矿体长 1150 米，沿倾向延深 43—173 米，真厚 1.78—30.05 米，平均 12.83 米，矿体埋深 22—153 米，矿体分布于标高 3984—4103 米的空间范围内，主要赋存于石榴石透辉石矽卡岩带中。由 8 个钻孔所控制。铅金属量 2.81 万吨,占全区总量的 37.74%，伴生银 47.61 吨，占伴生银资源量的 38.6%。

4.2.2 金钴铋矿体特征

肯德可克矿区内目前发现的金钴铋矿体均产于北矿带中，共圈出 35 条矿体

（群），其中金矿体17个，钴矿体3个，铋矿体1个，金钴矿体5个，金铋矿体4个，金钴铋矿体6个。而每条矿体中按不同的矿种组合和空间分布规律分为多个矿块。

矿体分布于15—24线东西长1100余米范围内，单条矿体呈似层状、条带状、透镜状产出，倾向北，倾角25°—58°，一般30°—40°，长30—525余米，厚0.82—10.9米，一般2—5米，出露标高3714—4115米，平均品位Au1.10×10^{-6}—9.89×10^{-6},最高32.05×10^{-6}，单样最高54.53×10^{-6}；Co0.022×10^{-2}—0.30×10^{-2}，单样最高1.100×10^{-2}，Bi0.212×10^{-2}—1.198×10^{-2}，单样最高3.63×10^{-2}。

矿体在走向、倾向上变化较大，一方面在走向上有分支、复合现象，厚度变化系数为9%—65%；在倾向上具有尖灭再现、侧现，呈雁行斜列的特点。另一方面，矿体矿化较均匀，品位变化中等但规律性差，品位变化系数Au为37%—119%，Co为69%—132%，Bi为23%—94%。同一矿体其成矿元素之间相关性不明显，从而造成金、钴、铋相互之间既可共生，又可伴生，也可独立构成单矿种矿体，各矿体规模见表4-4。

1、Ⅵ号矿体：为金钴铋复合矿体，分布于北矿带Ⅲ—8线间，由地表TC1-1、TC6-1、TC8-1联合控制，长320米，宽1.04—3.44米，平均2.24米，呈条带状近东西向展布，矿体沿走向在矿种上有一定的变化，自西而东由AuCoBi→AuCo→Au；沿倾向延深30米，矿体分布于标高4090—4115米的空间范围内，主要赋存于石榴石透辉石矽卡岩带中，矿体呈似层状，倾向北，倾角30°—40°。矿石矿物主要有自然铋、辉铋矿、方钴矿、自然金等，平均品位4.75g/t，钴0.054%，铋0.488%，金属量金为237.20千克，占金矿资源量的2.3%。

2、Ⅶ号矿体：为金钴铋复合矿体，分布于北矿带Ⅰ—8线间，由地表TC0-1、TC6-1、TC10-1探槽，4102米中段CM_4^N、CM_{6-3}^N、CM_6^N、CM_8^N四条穿脉工程联合控制，矿体长约300米，真厚0.94—7.79米，平均3.65米，延深75米，矿体分布于标高3787—4114米的空间范围内，呈似层状、脉状，倾向北，倾角40°。矿石矿物主要有磁铁矿、辉铋矿、方钴矿、黄铁矿、自然金等，平均品位金4.85g/t，钴0.156%，铋1.198%；资源量金165.42千克，占金矿资源量的1.62%；钴48.89吨，占钴矿资源量的10.13%；铋487.36吨，占铋矿资源量的10.93%。

表 4-3　肯德可克矿区主要铁矿体特征一览表

矿带名称	矿体号	分布范围	产出围岩	矿体形态	矿体产状	矿体规模（M）					矿体埋深（M）		矿体标高（M）		主要矿石资源量Q矿石量(万吨)
						长	延深	真厚度			最小	最大	最低	最高	
								最小	最大	平均					
南矿带	4	7 线-23 线间	矽卡岩	透镜	S<34°	200	64			5、93	275	313	3777	3814	FeQ=4.83
	5	7 线-39 线间	矽卡岩	豆荚	S<22°-33°	600	44-68	1.19	15.35	10.20	258	307	3777	3830	FeQ=48.12
	6	23 线-39 线间	矽卡岩	透镜	S<26°	200	99			37.76	243	295	3795	3838	FeQ=84.99
	15	7 线-39 线间	矽卡岩	豆荚	S<20°-37°	650	87-211	6.90	28.69	19.86	181	307	3780	3907	FeQ=421.38
	18	7 线-39 线间	矽卡岩	豆荚	S<22°-27°	600	75-198	2.10	23.83	11.52	165	267	3826	3924	FeQ=322.39
	20	8 –7 线间	矽卡岩	透镜	S<25°	200	53			7.25	230	254	3872	3895	FeQ=4.17
	21	8 线-7 线间	矽卡岩	透镜	S<30°	100	91	4.41	5.45	4.93	199	235	3887	3936	FeQ=1.58
	24	16 线-0 线间	矽卡岩	透镜	S<28°	200	92			9.81	245	299	3839	3886	FeQ=10.38
	26	24 线-8 线间	矽卡岩	透镜	S<32°	100	68	1.12	4.45	2.69	300	345	3811	3848	FeQ= 2.47
	27	线 8 线间	矽卡岩	透镜	S<30°	200	46			6.55	312	337	3818	3841	FeQ=1.91
	29	24 线-8 线间	矽卡岩	透镜	S<25° S<30°	200	151	3.46	17.81	8.29	193	199	3925	3973	FeQ=29.97
	36	8 线-31 线间	矽卡岩	脉	S<21-27°	750	43-126	0.52	8.27	4.80	154	223	3874	3947	FeQ=84.87
	38	8 线-31 线间	矽卡岩	透镜	S<30°	200	47			6.84	198	203	4948	3973	FeQ=4.68
	41	32 线-16 线间	矽卡岩	透镜	S<21°	200	132	0.95	6.19	3.57	182	257	3910	3957	FeQ=12.66
	47	24 线-8 线间	矽卡岩	脉	S<15-33°	200	240	1.77	5.81	3.98	186	277	3870	3984	FeQ=14.36
	51	8 线-7 线间	矽卡岩	透镜	S<28°	200	43			6.35	249	263	3865	3885	FeQ=4.33
	58	40 线 31 线间	矽卡岩	豆荚状似层状	S<20-40°	1650	44-355	0.79	113.0	42.48	77	292	3843	4086	FeQ=3698.81
	69	0 线-31 线间	矽卡岩	扁豆	S<15°-34°	650	29-278	13.77	50.47	27.01	43	213	3878	4085	FeQ=716.31
	73	0 线-23 线间	矽卡岩	透镜	S<22°-26	400	44-99	4.75	11.51	8.05	62	129	3985	4029	FeQ=23.22

表 4-3 肯德可克矿区主要铁矿体特征一览表(续)

矿带名称	矿体号	分布范围	产出围岩	矿体形态	矿体产状	矿体规模（M）					矿体埋深（M）		矿体标高（M）		主要矿石资源量Q矿石量(万吨)
						长	延深	真厚度			最小	最大	最低	最高	
								最小	最大	平均					
南矿带	74	7线-23线间	矽卡岩	透镜	S<27°	200	114	0.61	19.21	9.91	27	75	4012	4063	FeQ=34.75
	79	40线-24线间	矽卡岩	透镜	S<25°	200	45			7.61	133	152	3983	4003	PbP=0.03
	82	40线-24线间	矽卡岩	透镜	S<31°	100	70	1.08	1.20	1.14	38	87	4046	4084	PbP=0.004
	83	40线-24线间	矽卡岩	透镜	S<24°	100	81	1.83	1.94	1.89	110	153	3982	4017	PbP=0.011
	84	40线-16线间	矽卡岩	豆荚状	S<20-30°	350	29-83	1.73	8.25	4.99	127	169	3988	4020	PbP=0.07
	85	40线-15线间	矽卡岩	豆荚状	S<19-40°	1150	43-173	1.78	30.05	12.83	22	153	3984	4103	PbP=2.81
	86	8线-7线间	矽卡岩	透镜	S<33°	200	99	6.30	12.37	9.59	14	83	4056	4110	PbP=0.16
	91	24线-8线间	矽卡岩	扁豆	S<19-42°	350	43-223	1.70	21.50	7.28	3	154	4001	4135	PbP=1.34
	93	24线-8线间	矽卡岩	透镜	S<29°	100	70	1.75	1.75	1.75	93	135	4020	4055	PbP=0.012
	95	24线-7线间	矽卡岩	豆荚状	S<24°-32	650	70-136	0.89	20.35	7.47	5	121	4027	4114	PbP=0.89
	97	8线-7线间	矽卡岩	透镜	S<23°	200	61			13.91	8	42	4098	4122	PbP=0.07
	99	16线-0线间	矽卡岩	透镜	S<30°	200	92			8.52	41	104	4049	4097	PbP=0.30
	102	24线-8线间	矽卡岩	透镜	S<25°	200	43			7.89	22	40	4112	4130	PbP=0.022
	111	56线-40线间	矽卡岩	透镜	S<35°	300	146			41.33	281	370	3752	3836	FeQ=152.64
	112	56线-40线间	矽卡岩	透镜	S<35°	200	98			4.52	264	323	3798	3853	FeQ=6.78
	113	56线-40线间	矽卡岩	透镜	S<36°	300	146			22.81	228	319	3802	3888	FeQ=84.40
北矿带	125	16线-7线间	矽卡岩	扁豆	N<31°-42°	450	163-304	0.77	86.95	43.01	95	227	3890	4052	FeQ=70427
	131	8线-15线间	矽卡岩	透镜	N<38-394°	400	100-121	6.43	17.59	12.01	14	106	4010	4087	FeQ=60.20
	144	24线-8线间	矽卡岩	扁豆	N<53°	300	268	0.66	24.72	11.37	97	301	3816	4030	FeQ=35.85

	146	24 线-8 线间	矽卡岩	透镜	N<20°-25°	300	95	8.14	39.55	23.85	66	94	4052	4097	FeQ=88.44

表 4-4 肯德可克矿区金钴铋矿体特征一览表

矿体编号	分布范围	产出围岩	矿体形态	矿体产状	长	延深	真厚度（米）			埋深（米）		标高（米）		主要矿石类型	平均品位	资源量（金属量）
							最大	最小	平均	最大	最小	最低	最高			
Ⅰ	17-13	矽卡岩	豆荚状	N<30	130	150			6.51	260	142	3827	3947	FeAu	Au: 2.05g/t	Au:168.22kg
Ⅱ	XⅢ-V	硅质岩	脉状	N<35	160	65			0.82	75	20	4018	4072	Au_1	Au1: 1.65g/t	Au:7.77kg
Ⅲ	XⅢ-V	硅质岩	脉状	N<40	160	75			4.10	70	19	4022	4073	Au、Au_1	Au:8.07g/t Au1: 1.10g/t	Au:65.44kg
Ⅳ	X Ⅰ-V Ⅱ	硅质岩	透镜状	N<40	80	95	6.99	1.80	4.40	75	18	4017	4074	ZnAu、FeAu	Au:2.47g/t	Au:94.48kg
Ⅴ	XⅢ-V	硅质岩	脉状	N<45	160	55			2.12	150	100	3953	4003	Bi_1	Bi1: 0.212%	Bi:21.37T
Ⅵ	V-8	矽卡岩	脉状	N<35	320	30	3.44	1.04	2.24	25	0	4090	4115	AuCoBi、AuCo、Au	Au:4.75g/t Co:0.054% Bi:0.488%	Au:237.2kg 、 Co:25.99kg 伴生 Bi:67.68T
Ⅶ	Ⅰ - Ⅻ	矽卡岩	透镜状	N<30	280	75	3.15	1.00	2.08	33	0	4082	4115	AuCoBi、CoBi、Au、AuCo、AuBi、Bi、Bi_1	Au:4.85g/t Co:0.516% Bi:1.198%	Au:165.42kg、 Co:48.89kg Bi:487.36 伴生 Bi:26.57T
Ⅷ-1	Ⅰ-Ⅳ	矽卡岩	脉状	N<40	98	115	3.34	0.64	1.99	125	33	3989	4081	Au、Au_1、AuCoBi、AuBi	Au: 4.77g/t Au1 :1.78g/t Co: 0.032% Bi: 0.513%	Au:122.4kg、 Co:0.62kg Bi:29.6T4 伴生 Bi:2.13T
Ⅷ-2	Ⅱ-Ⅷ	矽卡岩	透镜状	N<40	160	115			4.80	100	30	4015	4085	Mo	Mo: 0.228%	Mo：65.58T
Ⅸ-1	V-0	矽卡岩	脉状	N<40	120	80			0.86	105	43	4004	4066	Au	Au: 4.54g/t	Au:19.45 kg
Ⅸ-2	0-8	矽卡岩	脉状	N<36	178	180	10.6	1.17	5.87	115	8	4000	4107	Au_1、Au、AuCoBi	Au: 5.42g/t Au1 1.42g/t Co:0.300% Bi: 0.822%	Au:652.59kg、 Co:266.62T Bi:730.54 T 伴生 Bi:28.38 Co3.10 T

表 4-4 肯德可克矿区金钴铋矿体特征一览表（续）

矿体编号	分布范围	产出围岩	矿体形态	矿体产状	长	延深	真厚度(米)			埋深(米)		标高(米)		主要矿石类型	平均品位	资源量（金属量）
							最大	最小	平均	最大	最小	最低	最高			
X-1	V-0	矽卡岩	脉状	N<40	120	75			2.05	110	55	3999	4054	Au_1	Au1: 2.09g/t	Au:21.59kg
X-2	0-Ⅷ	矽卡岩	脉状	N<35	140	115	2.75	0.66	1.62	105	38	4010	4077	AuCo、Au、Co	Au:4.74g/t,Co:0.032%	Au:72.59kg Co:10.03T
XI	V-II	矽卡岩	脉状	N<40	142	75	2.97	0.97	1.97	115	55	3994	4054	Au_1、 Au	Au:5.30g/t,Au1: 1.23g/t	Au:31.03kg
XII	V-IV	矽卡岩	透镜状	N<40	201	150	6.56	0.9	3.73	155	45	3954	4064	Au_1、 Au	Au3.96g/t,Au1: 1.78g/t	Au:350.59kg
XIII	V-Ⅷ	矽卡岩	透镜状	N<40	280	185	10.94	0.76	5.85	145	32	3970	4083	Au_1、FeAu、Co、Co_1、CoBi、AuCoBi、AuBi、Bi_1	Au:1.58g/t,Au1 :1.22g/t, Co:0.121%Co1: 0.022%, Bi:0.900%,Bi1: 0.232%	Au:438.79kg Co:96.68T Bi:1449.2T 伴生 Au:62.73kg Co:3.92T Bi:25.13T
XIV	V-8	矽卡岩	脉状	N<35	325	70	3.24	0.57	1.91	90	45	4025	4070	Au_1、FeAu、Co	Au:4.21g/tAu1: 1.68g/t Co:0.064%	Au:198.91kg、Co:1.93 T
XV	V-16	矽卡岩	透镜状	N<40	525	160	7.34	1.03	4.19	180	88	3935	4027	FeAu、Au、FeAuBi、AuBi、Bi_1、Au_1 、Co_1	Au:4.71g/t	Au:960.69kg Co:2.23T Bi:1028.67T 伴生
XVI-1	V-IV	矽卡岩	脉状	N<35	200	80	6.58	0.86	3.72	170	110	3939	3999	FeAuBi、FeAu	Au:2.03g/t Bi:0.591%	Au:38.73 kg Bi:32.58T

表 4-4 肯德可克矿区金钴铋矿体特征一览表(续)

表 4-4 肯德可克矿区金钴铋矿体特征一览表(续)

矿体编号	分布范围	产出围岩	矿体形态	矿体产状	长	延深	真厚度			埋深（米）		标高（米）		主要矿石类型	平均品位	资源量（金属量）
							最大	最小	平均	最大	最小	最低	最高			
XVI-2	Ⅷ-XXIV	矽卡岩	脉状	N<37	320	65	2.07	1.38	1.73	145	105	3969	4009	Bi_1、Cu、Au_1	Cu:0.71% Bi1: 0.324% Au1: 1.46g/t	Au:652.59kg、Cu: 114.55T Bi：29.65T 伴生 Cu：6.86Kg Co:2.74T
XVI-3	XVI-XXIV	矽卡岩	透镜状	N<27	160	110	2.25	0.69	1.47	165	115	3962	4012	Au_1、Au	Au：11.2g/t Au1 :1.29g/t	Au:76.59kg
XVII	V-IV	矽卡岩	透镜状	N<40	200	140	6.18	0.71	4.00	220	115	3889	3994	FeAu	Au:3.34g/t	Au:533.1kg
XVII-1	Ⅷ-XII	矽卡岩	脉状	N<37	80	160			3.89	170	92	3946	4024	Au	Au:7.56g/t	Au:99.07kg
XⅧ	V-0	矽卡岩	脉状	N<40	102	65			0.99	185	140	3924	3969	FeAuBi	Au:1.15g/t Bi:0.277%	Au:5.62kg Bi:13.53T
XⅧ-1	0-XII	矽卡岩	脉状	N<35	240	130	1.63	0.87	1.25	230	155	3883	3958	FeAu、Au_1	Au:1.52g/t	Au:51.92kg
XIX	III-IV	矽卡岩	透镜状	N<35	200	155	6.13	1.28	3.71	275	187	3838	3926	FeAu、Au	Au:4.53g/t	Au:410.34kg
XIX-1	VI-XXIV	矽卡岩	透镜状	N<40	360	180	19.06	0.90	9.98	225	113	3891	4003	FeAu、Au_1、AuCo、AuBi	Au: 3.12g/t Au1: 1.28g/t	Au:1046.03kg、Co:20.17T 伴生 Au:15.94kgCo:41.83T
XX	III-IV	矽卡岩	脉状	N<35	160	126	1.55	1.30	1.43	268	198	3845	3915	FeAu	Au: 2.8g/t	Au:99.83 kg
XX-1	IV-XXIV	矽卡岩	透镜状	N<47	360	160	5.89	0.87	3.38	250	140	3866	3926	Au_1、Au	Au: 4.74g/t Au1: 1.38g/t	Au:329.88 kg
							真厚度			埋深（米）		标高（米）				

编号	分布范围	产出围岩	形态	产状		深	最大	最小	平均	最大	最小	最低	最高	主要矿石类型	平均品位	资源量（金属量）
125	Ⅶ-Ⅻ	矽卡岩	脉状	N<37	80	120	2.26	1.13	1.70	190	125	3926	3991	ZnCo	Co: 0.025	Co2.50 T 伴生 Au:7.41kg
XXI	Ⅰ-Ⅵ	矽卡岩	脉状	N<35	160	160			2.13	300	205	3813	3908	Fe Au	Au: 4.68g/t	Au:152.33kg
XXI-1	Ⅵ-16	矽卡岩	脉状	N<43	280	135	2.72	1.10	1.91	260	165	3854	3949	Au_1、Co_1	Au: 5.80g/t Au1: 1.19g/t Co1 :0.023%	Au:175.86kg Co2.58 T 伴生 Au:6.84kg
XXII	Ⅲ-Ⅱ	矽卡岩	脉状	N<48	120	185	1.34	0.60	0.97	330	185	3784	3929	Au	Au:4.70g/t Au1:2.10g/t	Au:36.33kg
XXII-1	8-16	矽卡岩	透镜状	N<43	160	210			10.90	310	165	3804	3949	FeAuBi	Au:7.89g/t Bi: 0.216%	Au:1943.49kg、Bi: 532.06T 伴生 Co:27.1T
XXIII	Ⅲ-Ⅳ	矽卡岩	脉状	N<50	160	155			0.64	410	290	3719	3839	Au		Au:61.69kg
XXIV	Ⅲ-Ⅳ	矽卡岩	脉状	N<50	160	155	3.21	1.29	2.25	416	310	3714	3819	Au_1、Au	Au:32.05g/t Au1:1.44g/t	Au:616.83kg
XXV	XⅧ-XXIV	矽卡岩	透镜状	N<52	120	55	2.81	1.40	2.11	45	15	4082	4112	Au_1、Au	Au: 4.53g/t Au1: 1.58g/t	Au:50.59kg
XXVI	XⅧ-XXII	矽卡岩	透镜状	N<33	80	65			3.35	50	40	4077	4087	Au	Au: 5.60g/T	Au:40.49kg
XXVII	XⅧ-XXII	矽卡岩	透镜状	N<25	80	50			1.18	60	50	4067	4077	Au_1	Au1: 1.50g/t	Au:6.00 kg
XXⅧ	XⅧ-XXII	矽卡岩	脉状	N<40	80	80			1.30	100	65	4014	4049	AuBi	Au: 2.76g/t Bi: 0.406%	Au:13.92 kg Bi:20.47 T

表 4-4 肯德可克矿区金钴铋矿体特征一览表(续)

矿体编号	分布范围	产出围岩	矿体形态	矿体产状	长	延深	真厚度（米）			埋深（米）		标高（米）		主要矿石类型	平均品位	资源量（金属量）
							最大	最小	平均	最大	最小	最低	最高			
XXIX	XVIII-XXII	硅质岩	透镜状	N<37	80	65	3.09	2.16	2.63	120	80	3994	4034	AuBi、PbAu、Au_1	Au: 6.57g/t Au1: 1.31g/T Bi: 0.406%	Au:101.92k、Bi:22.86T 伴生 Bi:11.54 T
XXX	XXIV-XXXIV	矽卡岩	透镜状	N<35	80	155			4.73	200	105	3947	4005	CuAu	Au:9.89g/t	Au:655.26kg
XXXI	I-VII	硅质岩	脉状	N<30	160	45			1.32	40	5	4065	4092	Au_1	Au1:1.31g/t	Au:17.37kg
XXXII	0-IV	硅质岩	脉状	N<40	80	30			1.40	15	0	4096	4114	AuCo	Au:1.0g/T Co:0.025%	Au:1.12kg、Co：0.08T
XXXIII	0-IV	硅质岩	脉状	N<40	80	30			1.28	15	0	4096	4114	Co_1	Co1:0.022%	Co：0.18T
XXXIV	0-IV	硅质岩	脉状	N<40	80	30			0.77	15	0	4096	4114	Co_1	Co1:0.026%	Co：0.11T
XXXV	IV-VIII	矽卡岩	脉状	N<58	80	55	0.79	0.75	0.77	66	28	4045	4087	Co、Co_1	Co: 0.204% Co1: 0.023%	Co：3.64T

3、Ⅸ-2号矿体：为金、钴、铋复合矿，分布于0—8线，由Ⅱ线ZK0201、0202钻孔，4065米中段XJ_3—CM_2^N穿脉，Ⅵ线ZK0601钻孔，4102米中段CM_8^S、CM_6^S联合控制，矿体长178米，真厚1.17—10.57米，平均5.87米，延深180米，矿体分布于标高4000—4107米的空间范围内，呈似层状、脉状，倾向北，倾角36°。矿石矿物主要有磁黄铁矿、辉铋矿、方钴矿、黄铁矿、自然金等，平均品位金5.42g/t（表外1.42g/t），钴0.30%，铋0.822%；资源量金652.59千克，占金矿资源量的6.39%；钴266.63吨，占钴矿资源量的55.23%；铋730.54吨，占铋矿资源量的16.39%。4、ⅩⅢ号矿体：为金、钴、铋复合矿，是区内最大的铋矿体，分布于Ⅴ—Ⅷ线，由Ⅰ线ZK0101钻孔，0线ZK0013、0017、0018钻孔，Ⅱ线ZK0201、0202钻孔，Ⅵ线4065米中段XJ_3—CM_2^N穿脉联合控制，矿体长280米，真厚0.76—10.94米，平均5.87米，延深185米，矿体分布于标高3970—4083米的空间范围内，呈似层状、透镜状，倾向北，倾角40°。矿石矿物主要有磁铁矿、磁黄铁矿、辉铋矿、方钴矿、黄铁矿、自然金等，平均品位金1.22—1.58g/t，钴0.121%，铋0.900%；资源量金438.79千克，占金矿资源量的4.3%；钴96.68吨，占钴矿资源量的20.03%；铋1449.2吨，占铋矿资源量的32.51%。

5、ⅩⅤ号矿体：为金铋复合矿体，分布于Ⅴ—16线，由Ⅰ线ZK0101钻孔，0线ZK0018钻孔，Ⅱ线ZK0202钻孔，Ⅵ线ZK0601钻孔，8线ZK1001钻孔，ⅩⅣ线ZK1402钻孔联合控制，矿体长525米，真厚1.03—7.34米，平均4.19米，延深160米，矿体分布于3935—4027米标高范围内，呈透镜状，倾向北，倾角40°，矿石矿物要有磁铁矿、磁黄铁矿、辉铋矿、黄铁矿、自然金等，平均品位金4.71g/t（表外1.22g/t），铋0.626%；资源量金960.69千克，占金矿资源量的9.41%；铋1028.67吨，占铋矿资源量的23.07%。

6、ⅩⅨ—1号矿体：为金钴矿体，分布于Ⅵ—ⅩⅩⅣ线，由8线ZK0911、ZK1001钻孔，ⅩⅥ线ZK1402、ZK1403钻孔联合控制，矿体长360米，真厚0.9—19.06米，平均9.98米，延深180米，矿体分布于3891—4003米标高范围内，呈透镜状，倾向北，倾角40°，矿石矿物要有磁铁矿、磁黄铁矿、方钴矿、黄铁矿、自然金等，平均品位金3.12g/t（表外1.28g/t），钴0.02%；资源量金1046.03千克，占金矿资源量的10.24%；钴20.17吨；伴生金15.94千克，平均品位金1.28g/t。

7、ⅩⅩⅡ—1号矿体：为区内最大的金矿体，分布于8—16线，由ⅩⅣ线ZK1402、ZK1403钻孔控制，赋存于⑨号铁矿体中，为磁铁矿型金（铋）复合矿体，矿体长160米，厚109米，延深160米，矿体分布于3804—3949米标高范围内，呈透镜状，倾向北，倾角43°，矿石矿物要有磁铁矿、磁黄铁矿、辉铋矿、黄铁矿、自然金等，平均品位金7.89g/t，伴生铋0.216%；资源量金1943.49千克，占金矿资源量的19.03%；铋532.06吨，占铋矿资源量的11.94%。

4.3 矿石类型

肯德可克矿区的矿石可分为两大类，即铁矿石和金钴铋矿石。

4.3.1 铁矿石类型

1、铁矿石工业类型划分的依据

本区铁矿石工业类型的划分依据为：

①铁矿石的矿物组分中，含铁矿物主要为磁铁矿；虽见有赤铁矿等的分布，但量少。同时矿石中含磁黄铁矿普遍，致使铁矿石含硫较高，因而在考虑矿石工业类型时未划分高硫、低硫铁矿石。

②铁矿石的氧化程度较低，多为原生磁铁矿石，局部见赤铁矿、褐铁矿的分布，但分布零星，构不成单独矿体及矿石类型。

③本区铁矿石多属中、低品位矿石，TFe≧45%的矿石偶见且分布零星，构不成矿体及矿石品级。对矿石中锌、硫含量分别达到Zn>0.5%；S≧8%时要参与矿石工业类型的划分。

④本区铁矿石（包括锌铁矿石）的初选效果较好，表明可为工业利用。

2、铁矿石主要类型

肯德可克矿床的铁矿石均为原生矿石。

（1）按主元素金属矿物与主要伴生金属矿物成分划分

①磁铁矿石：磁铁矿石，闪锌矿磁铁矿石，方铅矿磁铁矿石，方铅矿闪锌矿磁铁矿石，黄铁矿磁黄铁矿磁铁矿石，磁黄铁矿磁铁矿石，黄铁矿磁铁矿石，黄铜矿磁铁矿石，闪锌矿磁黄铁矿磁铁矿石，方铅矿闪锌矿磁黄铁矿磁铁矿石，黄铜矿磁黄铁矿磁铁矿石。其中以前两种类型为主。

②硫铁矿石：磁黄铁矿石，黄铁矿石，黄铁矿磁黄铁矿石，闪锌矿磁黄铁矿石，黄铜矿磁黄铁矿石，闪锌矿黄铁矿石。

③方铅矿石：方铅矿石，闪锌矿方铅矿石。

④闪锌矿石

⑤黄铜矿石

（2）按主元素金属矿物与主要脉石矿物划分

①磁铁矿石：方解石透辉石磁铁矿石，石榴石透辉石磁铁矿石，绿泥石方解石磁铁矿石，方解石钙镁橄榄石磁铁矿石，石榴石透辉石磁钙镁橄榄石铁矿石，其中以前二者为主。

②铅矿石：方解石方铅矿石，绿泥石方解石方铅矿石，白云石方解石方铅矿石，石榴石透辉石方铅矿石，泥质硅质岩方铅矿石。

③锌矿石：方解石绿泥石闪锌矿石，方解石闪锌矿石，白云石方解石闪锌矿石，

石榴石透辉石闪锌矿石，泥质硅质岩闪锌矿石。

④铜矿石：绿泥石透辉石黄铜矿石，石榴石透辉石黄铜矿石，石英绿帘石绢云母黄铜矿石。

⑤硫铁矿石：绿泥石方解石黄铁矿石，方解石透辉石黄铁矿磁黄铁矿石，石榴石透辉石磁黄铁矿石，方解石绿泥石蛇纹石磁黄铁矿石，金云母磷灰石磁黄铁矿石，透辉石粒硅镁石磁黄铁矿石。

⑥锌铁矿石：绿泥石方解石闪锌矿磁铁矿石，方解石透辉石闪锌矿磁铁矿石，石榴石透辉石闪锌矿磁铁矿石。

⑦铁硫矿石：方解石透辉石磁黄铁矿（黄铁矿）磁铁矿石，石榴石透辉石磁黄铁矿（黄铁矿）磁铁矿石。

（3）主要矿石类型的空间分布特征

本区主要工业类型矿石的空间分布具如下特征：

①横向上分南、北二个矿带，其中磁铁矿石、锌铁矿石、铅矿石、铁硫矿石、锌矿石主要分布于南矿带，占各类矿石工程见矿累计总厚的83%；硫铁矿石、锌矿石主要分布于北矿带。总体上就铁矿而言，南矿带矿石质量优于北矿带；它们的共同点为矿带（矿体）的中心部位矿石质量较好，边部贫且硫含量增高。

②纵向（走向）上，南矿带15线以西铁矿石品位较低，7线至24线相对较高；锌铁矿石主要分布于0线至24线间，于16线两侧厚度大，品位高；铅矿石主要分布于7线至24线间，以16线最为集中；锌矿石分布于8线至24线间，亦以16线两侧最为集中；铁硫矿石、硫铁矿石集中分布于15线至16线间。由上反映，各类型矿石多集中分布于南矿带的中段，矿带两端矿石质量较差，类型简单。北矿带各类矿石分布于7—24线，集中分布于0线、16线。

在0线的北段泥硅质岩中，产有4层铅锌矿和6层银铅锌矿，累计视厚27.09米，单层矿最厚8.32米，品位：铅0.31—2.74%，平均1.05%;锌0.67—10.10%，平均2.52%；银41—420 g/t，平均126 g/t。

③垂向上，各类矿石的分布，具垂直分带特征，南矿带由上向下为铅矿石、锌矿石、锌铁矿石、磁铁矿石、铁硫矿石及硫铁矿石；北矿带由上向下为铜矿石、硫铁矿石、铁矿石。

④各类矿石的脉石矿物组合，因所处矿带与空间不同有所差异。南矿带0线以东地段脉石主要为方解石、绿泥石、白云石，次为石榴石、透辉石及少量钙镁橄榄石。以58号主矿体为例，其上部为大理岩、绿泥石，中、下部为石榴石、透辉石及少量钙镁橄榄石。0线以西地段，脉石以石榴石、透辉石为主，次为方解石、绿泥石、白云石、钙镁橄榄石；上部以碳酸盐岩、绿泥石为主，下部主要为石榴石、透辉石。北矿带各类矿石的脉石矿物则主要为石榴石、透辉石，次为方解石、绿泥石；钙镁橄榄石极少。

4.3.2 金钴铋矿石类型

1、矿石的自然类型和工业类型

肯德可克矿区内金钴铋矿石的自然类型可分为氧化—半氧化矿、原生矿。

氧化—半氧化矿产于地表—浅地表，标高为4105—4140米之间，4140米以下则为原生矿，氧化带深度小于40米。氧化—半氧化矿为金、钴、铋矿及其复合共（伴）生矿，其岩石类型为矽卡岩化硅质岩、矽卡岩，矿石愈破碎则氧化程度愈高，氧化矿物主要有钴华、铋华、褐铁矿、孔雀石、铜蓝等，其中铋的氧化率高达63.85%，钴的氧化率也达27.27%。。

一些金矿体与铁矿共生，这些金矿为原生矿。

依据主元素矿物的含量，对钴、金、铋、钼等矿石的工业类型进行划分，主要以主元素金属矿物并冠以共、伴生金属矿物划分如下：

（1）金矿石

（2）金钴铋矿石

（3）金铋矿石

（4）金钴矿石

（5）钼矿石

（6）钴矿石

（7）铋矿石

2、分布特征

各类矿石在结构构造、矿物成分、蚀变等方面并无明显的差别，仅以所含成矿元素的多少由化验结果来划分。总体来看，沿走向方向，6线以西，以钴、铋矿石为主，并伴有金矿石；6线以东，以金矿石为主，也有钴、铋矿石存在，但相对西段分布较少。在纵向上，近地表以钴铋矿石为主，金矿相对较少，而在深部，以金矿石为主，钴铋矿石分布较少。从赋存围岩来看，绝大多数金、钴、铋矿石均赋存于上奥陶统下岩组的矽卡岩化含炭质泥质硅质岩层位中，空间位置上位于铁矿体的上盘，在磁铁矿石中仅有少量的金矿石和钴矿石分布。

从上述特征可以看出，本区的金钴铋矿石工业类型以单元素矿石类型者较少，总体可笼统归为Au-Bi-Co复杂金属矿石类型。

4.4 矿石组分及嵌布特征

4.4.1 铁矿石矿物成分及嵌布特征

1、铁矿石的矿物成分

铁矿石的矿物成分较复杂，金属矿物除磁铁矿外，尚有多种金属硫化物、氧化物及其它金属矿物。非金属矿物与造岩矿物主要为硅酸盐类、碳酸盐类，另含少量氧化

物类、磷酸盐类、卤化物及其它矿物，见表 4-2。

主要矿石矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿；少量或偶见胶黄铁矿、白铁矿、斑铜矿、辉铜矿、褐铁矿、赤铁矿、钛铁矿、胶锰矿及孔雀石等。

脉石矿物有透辉石、钙铁榴石、钙铝榴石、方解石、萤石、符山石、钙镁橄榄石、粒硅镁石、绿泥石、绿帘石、次闪石、蛇纹石、金云母、水镁石、方柱石等。根据物质成分及赋存状态的初步研究，主要金属矿物成分及其赋存特征：

（1）磁铁矿：为区内主要含铁矿物，钢灰色，强磁性，呈它形、半自形粒状结构，少数为自形粒状结构，一般含量 20—60%，最高达 80%；粒度一般为 0.02—2 毫米，最大可达 5 毫米，见表 4-3，主要为微—细粒，次为次微粒，其它粒级少见。磁铁矿晶粒为自身镶嵌或与脉石矿物构成嵌晶，后者晶形为脉石矿物晶形控制。

表 4—3　铁矿石矿物成分及分类情况表

矿物分类		主要矿物	次要矿物	少—微量矿物
硅酸盐类	无水	透辉石、钙铁榴石、钙镁橄榄石	钙铝榴石、符山石、硅灰石	黑榴石、方柱石、纳长石、钾长石、钙镁橄榄石、榍石
	含水	绿泥石、粒硅镁石	蛇纹石（纤、胶蛇纹石）、金云母、阳起石、透闪石、黑云母、绢云母、葡萄、硅镁石、绿帘石、橄沸石、粘土矿物	斜黝帘石、氟硅钙石、硅灰石、硬硅钙石、白钙氟石、斧石、鱼眼石
氧化物		磁铁矿	钙钛矿、石英	钛铁矿、褐铁矿、水镁石
硫化物		磁黄铁矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿	黄铜矿	白铁矿、毒砂、斑铜矿、铜兰、镍黄铁矿
碳酸盐		方解石	白云石	白铅矿
磷酸盐			磷灰石	
卤化物				萤石
硫酸盐				重晶石
其它		自然金		石墨、铅矾、辉铋铅矿、自然铋

磁铁矿的生成有三个世代（期）：

第一期生成的磁铁矿以它形粒状为主，次为半自形粒状，粒度以微—细粒为主，此期磁铁矿构成矿区铁矿的基础，常见其分布于透辉石、石榴石晶粒间或包含方解石、绿泥石、金云母，是铁矿的主要成矿期。

第二期生成的磁铁矿主要呈半自形—它形粒状结构，以中粒为主，次为细粒，它很少形成单独矿体，多呈团块状、脉状穿插、迭加于早期磁铁矿之上，接触界线清楚，常交代透辉石、石榴石并与绿泥石、方解石构成环带；主要见于 15 线附近各孔。

第三期生成的磁铁矿主要呈细小的脉状穿插于金属硫化物中。

早期磁铁矿主要呈现出中等浸染状分布，中、晚期则呈脉状、角砾状、团块状、

斑杂状分布。

（2）磁黄铁矿：外观为略带赤的金黄色，具两种不同的形态，一为它形—半自形粒状，粒度0.01—0.1毫米，另为半—自形细粒板柱状，粒度0. 1—0.5—1毫米。前者呈乳浊状、不规则状充填于磁铁矿等早期生成的矿物晶粒间或晶裂隙中，并为之交代；后者多呈集合体状、团块状、脉状构造、次文象结构，交代晚期磁铁矿。综观区内磁黄铁矿生成时代，较磁铁矿主要成太期为晚，但早期磁黄铁矿又早于其它金属硫化物的形成，为黄铜矿等硫化物所穿插、交代。它的形成主要有两期：

第一期磁黄铁矿粒度较细，小于0.1毫米，多分布于磁铁矿粒间，呈似结状结构。

第二期磁黄铁矿粒度较粗，一般为0.2—0.5毫米，可形成宽1厘米的脉，呈板脉状、雁行状、树枝状、束状构造，此两期磁黄铁矿常分布于同一矿石中，相互间先后关系极为明显。磁黄铁矿为区内主要含硫矿物质，分布较广，一般含量5—25%，最高达70%，主要分布于主矿体顶、底部及边部，尤其是15线附近、北矿带较为集中；因后期磁黄铁矿的穿插迭加与相对富集，构成硫铁矿石、铁硫矿石，亦是本区铁矿石的主要来源。

（3）黄铁矿：外观为淡黄色，它形—半自形粒状，呈集合体状、浸染状、胶状分布。粒度0.01—0.15毫米，大者达1—2毫米，常与磁黄铁矿、白铁矿形成连晶或包裹磁铁矿，并为磁黄铁矿、黄铜矿、白铁矿所包裹。黄铁矿亦为矿床主要含硫矿物，形成于磁铁矿主要生成阶段之后，可达80%。主要分布于矿体的顶、底部及边部，集中分布于15线和北矿带。

（4）方铅矿：为矿区主要含铅矿物，它形粒状，粒度一般0.01—0. 5毫米，大者达3毫米，单晶与集合体形态极不规则，与闪锌矿共生关系密切，常形成连晶或呈乳滴状含于闪锌矿、磁黄铁矿中。它的形成主要有两期，以晚期为主，早期生成的方铅矿颗粒较细，常嵌于闪锌矿中具嵌晶结构，共生边构造；晚期生成的方铅矿颗粒较粗，与黄铁矿共生，并为之溶蚀、胶结；由两期方铅矿构成的铅矿石，相对集中构成矿体。方铅矿主要生成于中、低温热液期，与矿区其它金属硫化物的生成期基本一致。具工业意义的铅矿体（石）主要分布于南矿带，主矿体顶板围岩即石炭系上统碳酸盐岩中，矿石中含方铅矿一般0.5—3%，多以星散状、浸染状、脉状分布，且集中分布于7线—24线间。

（5）闪锌矿：为矿区主要含锌矿物，褐、黑褐色，它形—半自形粒状，粒度0.1—2毫米，常形成直径0.05—1毫米、大者达3毫米的集合体分布。常与方铅矿形成连晶，其中见有方铅矿、黄铁矿、磁铁矿的乳滴状固熔体或为方铅矿、磁黄铁矿所包裹、交代。闪锌矿的生成于方铅矿一样，主要有两期，以晚期为主；早期生成的闪锌矿颗粒较细，粒度一般0.01—0.05毫米，较均匀地分布于磁铁矿粒间或包含粒状磁铁矿，该期闪锌矿叠加于铁矿体的顶部构成锌铁矿石；晚期生成的闪锌矿颗粒较粗与磁黄铁矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、方解石、绿泥石密切共生，具嵌晶结构、乳滴状

结构，它往往穿插磁铁矿和早期闪锌矿体，主要以星散状、浸染状、脉状分布于 0 线至 24 线间主矿体上部碳酸盐岩中，矿物含量一般 0.5—2%。

上述金属矿物的硬度与反射率见表 4—4。

表 4—4　磁铁矿粒级统计表

粒级	粒度	观测片数	比例%	说明
中粒	2—10mm	2	2.54	为镜下测定
细粒	0.2—2mm	26	33.33	
微粒	0.02 —0.2mm	36	46.15	
次微粒	0.002 —0.02mm	12	15.38	
极微粒	0.0004 —0.002mm	2	2.54	
合计		78	100	

主要金属矿物化学分析结果见表 4—5。

主要金属矿物硬度、反射率测定表　　表 4—5

矿物名称		磁铁矿	磁黄铁矿	黄铁矿	闪锌矿	方铅矿	黄铜矿
维氏硬度（HV）kg/mm²		638	265	1005	192	72	179
相当于于摩氏硬度（Ho）		6	4.5	7	4	2.5	4
反射率（R）	红　光	20	36	51	17	40	40
	绿　光	20	36.5	53	18	43	43.5

主要非金属矿物（脉石矿物）特征：

（1）透辉石：浅绿、浅灰色，微粒状、长柱状及针状；粒状与柱状晶体常相互嵌生，且长柱状、针状晶体多呈束状、放射状集合体分布。透辉石的生成主要有三期：第一期生成的透辉石为它形—半自形，中—粗粒状、柱状相互嵌生，并于钙镁橄榄石、方解石共生，粒度 1—2 毫米，最大达 5 毫米，为早期矽卡岩矿物之一，多呈残余团块状分布于铁矿石中，并见其被晚期透辉石脉体穿插、包裹、交代。第二期为热水沉积期，形成的透辉石为细小它形粒状、柱状。粒度 0.05—0.2 毫米，它穿插交代及包裹早期透辉石，与钙铁榴石密切共生，并见有草莓状黄铁矿。第三期透辉石为半自形—自形细长柱状、针状集合体或束状、放射状集合体，呈脉状、团块状分布，与钙铝榴石共生。各期透辉石的光性特征基本相似，含铁量较低，近于透辉石—钙铁辉系列的端元组分，是矿石中主要脉石矿物，也是石榴石透辉石矽卡岩的主要矿物组分。

（2）石榴石：黄绿、棕褐色，它形—半自形、微—粗粒结构，属钙铝榴石—钙铁榴石系列。石榴石的生成可分为热水沉积期及矽卡岩期：热水沉积期生成的石榴石颗粒细小，多为隐晶集合体或微粒镶嵌，粒径小于 0.01 毫米，含量较少，多呈蚀变残体状分布。矽卡岩期形成的石榴分布广、含量多，粒度 0.2— 0.5 毫米，与透辉石共生关系密切，是构成石榴石透辉石矽卡岩的主要矿物组分。在北矿带与符山石组成石榴石符山石矽卡岩。石榴石集合体在矿石中分布形态是多样的，主要呈交代残余体状、镶嵌状、团块状分布，偶见条带状、脉状分布。

（3）钙镁橄榄石：灰白色，半自形—自形粒状，颗粒大小相差悬殊，粒度一般

为 0.2 毫米，最大可达 10 毫米，往往相互嵌生于方解石集合体内，钙镁橄榄石为较典型的早期矽卡岩矿物，被长柱状、针状透辉石及粒状硅镁石、石榴石、蛇纹石、绿泥石、方解石所交代或分解，演化为镁橄榄石。空间上它分布于石榴石透辉石矽卡岩的下部，即磁铁矿主矿体的底部（或底板），与钙钛矿处于相似的空间位置，构成含钙钛矿钙镁橄榄石矽卡岩及钙镁橄榄石矽卡岩，它的出现多标志着铁矿体的结束。

（4）绿泥石：浅绿、黄绿色。呈鳞片状、叶片状、片状集合体分布，分布范围较广。主要呈脉状、团块状分布于主矿体的上部及顶板围岩中。

（5）方解石：是矿区分布广、含量多的一种“贯通”矿物，其形成可分为三期：第一期生成的方解石主要分布在热变质形成的各类大理岩中，呈它形—半自形粒状，粒径在 0.01— 0.5 毫米，。第二期为矽卡岩期，生成的方解石主要分布于透辉石矽卡岩中，分布均匀，常包含硅酸盐矿物或相互嵌生，粒径 1—2 毫米，呈它形粒状。第三期为热液期生成的方解石，持续时间较长，它始于磁铁矿的形成，终于铅、锌、铜矿化之末，粒径较粗，达 2—3 毫米，质地一般较纯净。

现据以上因素将本区各种矿石划为如下工业类型：

①磁铁矿石：金属矿物主要为磁铁矿，次为磁黄铁矿、黄铁矿，少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、白铁矿、赤铁矿；脉石矿物有透辉石、方解石、白云石，次为绿泥石、钙镁橄榄石，少及微量石英、萤石、蛇纹石、透闪石、磷灰石等。金属硫化物为晚期热液迭加产物，是矿石的主要硫源。

②锌铁矿石：金属矿物主要为磁铁矿、闪锌矿，次为磁黄铁矿、黄铁矿，少及微量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、白铁矿、赤铁矿；脉石矿物有碳酸盐类矿物、透辉石，次为绿泥石、透闪石、萤石、石榴石，微量石英、绢云母、绿帘石、蛇纹石等。金属硫化物为晚期热液产物。

③铅矿石：金属矿物主要为方铅矿、黄铁矿，少、微量闪锌矿、磁铁矿、白铁矿、黄铜矿、铜兰、磁黄铁矿、白铁矿；脉石矿物有方解石、白云石，少及微量石英、钾长石、云母、绿泥石、透辉石、石榴石、透闪石、电气石、符山石等。方铅矿与黄铁矿关系密切，常填于黄铁矿粒间，溶蚀交代黄铁矿。白铅矿溶蚀交代方铅矿，为它的次生矿物，分布于方铅矿的周围。

④铁硫矿石：金属矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、少量的黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、白铁矿：脉石矿物以方解石、透辉石、石榴石为主，少及微量的绿泥石、绿帘石、符山石、透闪石、阳起石、石英等。系磁铁矿石经后期磁黄铁矿、黄铁矿的叠加与相对富集形成。

⑤锌矿石：金属矿物主要为闪锌矿、黄铁矿，少、微量的方铅矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、白铁矿等；脉石矿物以方解石、白云石、绿泥石等，次为石榴石、透辉石，少、微量的钙镁橄榄石、符山石、蛇纹石、透闪石、绿帘石等。闪锌矿等金属硫化物为晚期热液产物。

⑥硫铁矿石：金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿，次为磁铁矿，少量的闪锌矿、黄铜矿、白铁矿、毒砂、褐铁矿；脉石矿物有石榴石、透辉石、方解石，次为绿泥石，少、微量的蛇纹石、绿帘石、磷灰石、石英、阳起石、金云母、粒硅镁石、钙镁橄榄石。此类矿石分布不均匀，为晚期热液产物相对富集形成。

⑦铜矿石：金属矿物有黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿，少及微量的闪锌矿、方铅矿、白铁矿、磁铁矿；脉石矿物有方解石、透辉石、石榴石，次为绿帘石、绿泥石、石英，少、微量的符山石、黑云母、金云母、磷灰石。金属硫化物为晚期热液产物。

以上为本区三种主要的矿石类型，其工程累计见矿厚度占全区总厚度的 80%以上。矿石的常见矿物含量见表 4—9。

2、矿石矿物组合

矿石的矿物组合由于矿化阶段的不同，晚期矿化对早期的叠加改造，致使矿物的组合较复杂，可归纳为如下几种：

（1）磁铁矿—脉石矿物组合

①磁铁矿+透辉石+石榴石+方解石+绿泥石。主要分布于南、北矿带，为最主要的组合类型。

②磁铁矿+钙镁橄榄石+方解石。主要分布于南矿带的底部。

③磁铁矿+方解石+绿泥石。主要分布于南矿带主矿体的中、上部。

（2）磁铁矿—磁黄铁矿—黄铁矿—脉石矿物组合

①磁铁矿+磁黄铁矿（黄铁矿）+透辉石+石榴石。主要分布于主矿体的顶、底部及边部。

②磁铁矿+磁黄铁矿（黄铁矿）+透辉石+绿泥石。主要分布于南矿带主矿体的顶部。

（3）磁铁矿—闪锌矿—脉石矿物组合

①磁铁矿+闪锌矿+透辉石+石榴石。主要分布于锌铁矿石的下部。

②磁铁矿+闪锌矿+方解石+绿泥石。主要分布于南矿带主矿体的的顶部。

（4）闪锌矿（方铅矿）—脉石矿物组合

①闪锌矿（方铅矿）+方解石+绿泥石。主要分布于主矿体顶板围岩中（0 线—32 线）。

②闪锌矿（方铅矿）+透辉石+石榴石。主要分布于南矿带的中、下部。

（5）方铅矿—脉石矿物组合

①方铅矿（闪锌矿）+方解石+绿泥石。主要分布于 7 线—32 线间南矿带顶板围岩中，为铅矿石的主体。

②方铅矿（闪锌矿）+透辉石+石榴石。分布零星，无一定规律。

（6）黄铜矿—磁黄铁矿（黄铁矿）—方解石—绿泥石组合

该类型分布零星，一般分布于铁硫矿体与硫矿体中。

（7）磁黄铁矿—黄铁矿—脉石矿物组合

①磁黄铁矿+黄铁矿+方解石+绿泥石。主要分布于主矿体顶板围岩中，以南矿带为生。

②磁黄铁矿+黄铁矿+透辉石+石榴石+绿泥石+方解石。主要分布于北矿带及南矿带的中、下部。

3、矿物嵌布特征

矿石矿物的嵌布特征可分为三种情况：

①本区各类矿石中主要矿物间多具彼此嵌布特征，矿石具脉状、浸染状、团块状、斑杂状、角砾状、条带状构造。

②均匀—极均匀嵌布：矿区磁铁矿石、锌铁矿石具此嵌布特征，矿石为浸染状、块状构造。

③矿物相互间的结合（连生）特点：

a、矿石中金属矿物与脉石矿物的结合面多平直与光滑；虽有时因相互穿插或包裹造成不规则结合面，但不多见，且不影响矿体的单体解离。

b、矿石中矿物间的结合面一般平直光滑，如磁铁矿石、锌铁矿石、硫铁矿石中的金属矿物间、集合体间均具此种界面，铅、锌矿石中方铅矿与闪锌矿间也均具此种界面。

c、矿石中金属矿物与脉石矿物间及金属矿物间，因相相互穿插、包裹、溶蚀、致使相互间呈港湾状、齿状接触。

4.4.2 金钴铋矿石

1、矿物成分

肯德可克矿区的钴铋金矿体在空间分布和矿物组合上没有明显的差别，无论是化学成分还是矿物组成都比较复杂。矿石中有益有害元素含量都比较高，矿石矿物种类繁多，金属矿物主要有铋华、辉铋矿、毒砂、辉砷镍矿、辉钼矿、自然铋、黄铜矿、黄铁矿、自然金、蓝铜矿、辉铜矿等等，铋、钼、金、钴、砷、铜、铁、硫、镍等均有独立矿物存在。铋矿物主要为铋华、辉铋矿及自然铋；金的独立矿物为自然金、银金矿；钼的独立矿物主要为辉钼矿；钴的独立矿物主要为辉钴矿、方钴矿；镍的独立矿物为辉砷镍矿、红砷镍矿；砷的独立矿物主要为毒砂；铜矿物有黄铜矿、蓝铜矿、铜蓝、辉铜矿、孔雀石；硫的独立矿物有黄铁矿、白铁矿及磁黄铁矿。其它金属矿物还有微量的硫铋铅锌矿及褐铁矿等。

矿石的脉石矿物主要有石英、透辉石、石榴石、方解石、绿帘石、绿泥石、黝帘石、萤石、白云母、绢云母、葡萄石、角闪石等。

2、主要的矿物组合

本区矿石的矿物组合极其复杂，归纳起来主要有以下几种：

（1）自然金—黄铁矿—磁黄铁矿—脉石矿物组合

自然金、黄铁矿、磁黄铁矿、石榴石、透辉石、石英、方解石。为金矿石的主要组合类型。

（2）辉铋矿—自然铋—铋华—辉砷镍矿—毒砂—脉石矿物组合

辉铋矿、自然铋、铋华、辉砷镍矿、毒砂、石榴石、透辉石、绿帘石、石英、方解石。为铋矿石的主要矿物组合类型。

（3）辉钴矿—辉砷镍矿—方钴矿—毒砂—脉石矿物组合

辉钴矿、方钴矿、辉砷镍矿、毒砂、石榴石、透辉石、石英、绿泥石、绿帘石、方解石。为钴矿石的主要组合类型。

（4）辉钼矿—辉砷镍矿—脉石矿物组合

辉钼矿、辉砷镍矿、绿帘石、石榴石、透辉石、石英、方解石。为钼矿石的主要组合类型。

（5）黄铜矿—铜蓝—脉石矿物组合

黄铜矿、铜蓝、绿帘石、石榴石、透辉石、石英、方解石。该类矿石较少，为铜矿体的主要组合类型。

3、矿物嵌布特征

铋华（Bi_2O_3）：在近地表地带铋华是矿石中铋的主要矿物，主要以不规则状产出，分布在自然铋及辉铋矿表面以集合体的形式出现。有氧化交代残余结构，也常见铋华呈自然铋及辉铋矿的假象产出，有时铋华也呈脉状充填有脉石矿物或辉砷镍矿集合体裂隙中。

铋华的嵌布粒度一般为 0.015—0.074mm，最大为 0.147mm，最小为 0.002mm。

电子探针研究结果表明，铋华中铋的含量为 87.02%，由于铋华极易过磨，因此选矿工艺条件的确定应考虑铋华的这一特点。

辉铋矿（Bi_2S_3）：辉铋矿也是矿石中重要矿物之一，主要呈不规则状产出。辉铋矿与铋华、辉砷镍矿关系密切，铋华多交代辉铋矿呈现交代残余结构或辉铋矿假象。因此在矿石中辉铋多与铋华一起以集合体的形式产出。在辉砷镍矿集合体裂隙中，也常可见有辉铋矿分布，有时也可见辉铋矿、铋华、自然铋等以集合体的形式嵌布于脉石矿物中，它们之间相互交代，关系十分复杂。

辉铋矿有时以中细粒不规则状或纤维状及脉状嵌布在脉石或辉砷镍矿中。但从总体来看，辉铋矿与铋以集合体产出是最主要的产出形式。

辉铋矿的嵌布粒度一般为 0.010mm—0.074mm，电子探针研究结果表明，辉铋矿中铋的含量为 82.56%，硫的含量为 17.44%。

自然铋（Bi）：自然铋在矿石中比较常见，但其含量要比铋华及辉铋矿少得多，自然铋主要呈不规则状产出，它与铋华及毒砂关系十分密切，由于氧化交代作用的结果，铋华交代自然铋呈现镶边结构或交代残余结构，从而以集合体的形式嵌布在脉石矿物或毒砂集合体裂隙中间，有时也呈脉状充填于脉石矿物集合体裂隙中。自然铋除与铋华关系密切外，与辉铋矿也常共生在一起，有时三者以集合体的形式产出。

自然铋嵌布粒度一般为 0.00587mm—0.0587mm，电子探针研究结果表明，自然铋中铋的含量为 99.97%。

辉钼矿（MoS_2）：矿石中局部地段含钼，且主要以辉钼矿的形式存在。辉钼矿主要是以片状、板状集合体嵌布在脉石矿物中。其集合体多呈团块状及不规则状产出，有时也呈脉状嵌布在脉石矿物及其它金属矿物集合体裂隙中，有时也形成玫瑰花状集合体，胶状结构常见。

辉钼矿与辉砷镍矿关系十分密切，常嵌布在辉砷镍矿集合体裂隙中，与辉砷镍矿紧密共生，辉钼矿的嵌布粒度一般为 0.010mm—0.058mm，最小为 0.002mm。电子探针研究结构表明，辉钼矿中钼的含量为 60.70%，硫的含量为 37.64%。

自然金（Au）：金主要是以自然金的形式存在，自然金主要以不规则形态产出，有时呈浑圆状，自然金与辉砷镍矿关系密切，有时也与黄铁矿共生，主要以包体金的形式嵌布在辉砷镍矿及其集合体中。自然金的嵌布粒度较细，一般为 0.00587mm—0.0176mm。

辉钴矿（(Co、Fe) AsS）：辉钴矿是矿石中钴的独立矿物，主要呈不规则他形集合体产出，辉钴矿与辉砷镍矿关系密切，多以包体的形式嵌布于其中，或与辉砷镍矿构成连晶。

辉钴矿的嵌布粒度较细，一般为 0.00587mm—0.0352mm。

辉砷镍矿（(Ni、Co、Fe) AsS）：辉砷镍矿是矿石中主要金属矿物之一，主要呈不规则粒状嵌布于脉石矿物中，具环带结构，有时也具骸晶或呈微细粒嵌布。辉砷镍矿与金、钼、铋、钴等各元素的独立矿物的关系比较密切，常与其共生，辉钼矿常以脉状充填在辉砷镍矿集合体裂隙中，自然金、辉钴矿、红砷镍矿又多以包体的形式嵌布于其中，辉铋矿有时与辉砷镍矿胶结在一起，关系十分复杂。

辉砷镍矿的嵌布粒度一般为 0.0117mm—0.117mm，最大为 0.352mm，最小为 0.002mm。

电子探针研究结果表明，辉砷镍矿中 Ni 为 33.38%，As 为 46.55%，S 为 18.34%，辉砷镍矿中普遍含钴，含量一般为 0.31—1.24%。

红砷镍矿（NiAs）：矿石中红砷镍矿含量很少，主要呈不规则产出，与辉砷镍矿关系密切，主要以包体形式嵌布于其中，反光下，红砷镍矿反射色为粉红色带黄色，具强非均质性、双反射强等特征。

红砷镍矿的嵌布粒度比较细，一般为 0.00587mm—0.0294mm。

电子探针研究表明，红砷镍矿中镍的含量为42.21%，砷的含量为56.67%，其中普遍含少量的钴和铁。

毒砂（FeAsS）：毒砂是矿石中砷的独立矿物，其含量相对也比较高，主要呈现不规则状产出，其次呈现自形半自形晶结构，有时呈骸晶结构。毒砂与自然铋及铋华关系密切，它们多充填在毒砂集合体及其裂隙中，可能由于应力的作用，矿石中毒砂集合体的裂隙比较发育。在毒砂中偶尔可见其它矿物包体。

毒砂的嵌布粒度不均匀，一般为0.0117mm—0.176mm。

电子探针研究结果表明，毒砂中砷的含量为48.79%，铁的含量为32.40%，硫的含量为18.56%，其它还含微量钴。

黄铜矿($CuFeS_2$)：黄铜矿在矿石中含量不高，但它是铜的主要独立矿物，主要呈不规则状嵌布在脉石矿物中，黄铜矿与铜蓝、蓝辉铜矿关系密切，在黄铜矿周遍有时可见辉铋矿包体，包体粒度一般为0.00578mm—0.0117mm，有时黄铜矿也呈细粒嵌布在脉石矿物中。黄铜矿的嵌布粒度一般为0.0117mm—0.117mm。

4.5 矿石的结构构造

4.5.1 矿石的结构

根据矿物的形态、生成方式将矿石的结构分为四类：结晶结构、交代溶蚀结构、固溶体分解结构、压力结构等（表4- ）。

表4—7 矿物结构分类表

<table>
<tr><td rowspan="2">结构类型</td><td colspan="2">结晶结构</td><td>交代溶蚀结构</td><td>固溶体分解结构</td><td>压力结构</td></tr>
<tr><td rowspan="11">亚类</td><td rowspan="6">粒度</td><td>微粒<0.01mm</td><td>*交代蚕蚀结构</td><td>*乳浊状构造</td><td>压碎结构</td></tr>
<tr><td>△细粒.01—0.5mm</td><td>*似层状结构</td><td>叶片状构造</td><td>揉皱结构</td></tr>
<tr><td>*中粒 0.5—1mm</td><td>反应边结构</td><td colspan="2" rowspan="9">注：
一常见结构
*—较常见结构
其他为少见、偶见结构</td></tr>
<tr><td>粗粒 1—3mm</td><td>交代穿孔结构</td></tr>
<tr><td>伟粒>3mm</td><td>△溶蚀胶结结构</td></tr>
<tr><td rowspan="3">自形程度</td><td>*自形晶结构</td><td>*交代残留结构</td></tr>
<tr><td>*半自形晶结构</td><td>交代假像结构</td></tr>
<tr><td>△他形结构</td><td>交代次文象结构</td></tr>
<tr><td rowspan="3">相互关系</td><td>*包含结构</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>*共生边结构</td></tr>
<tr><td>*嵌晶状结构</td></tr>
</table>

1、结晶结构

a、金属矿物的粒度分为：极微粒（0.0004—0.002 mm）、次微粒（0.002—0.02 mm）、微粒（0.02—0.2mm）、细粒（0.2—2mm）、中粒（2—10mm）、粗粒（1—3mm）、伟粒（>3mm）五级。磁铁矿主要为微粒与细粒，次为中粒，其它粒很少见；金属硫化物主要为细粒，次为中粒、微粒，其它偶见。

b、结晶程度：自形晶主要分布于硫铁矿石中及部分磁铁矿石中；半自形晶分布

于磁铁矿石及铅锌矿石中；它形晶为最常见的结构，分布于各类矿石中。

c、矿物相互关系：

包含结构：一种矿物的粗大晶体中包含有另一种矿物的细小晶体。

嵌晶结构：各种矿物晶体间相互嵌生，它与包含结构不同处在于一种或多种矿物呈棱角状、不规则状嵌入另一种矿物中，主次分明。

共生边结构：主要指金属硫化物晶体间接触界线平直、光滑或呈波浪状，相互间无溶蚀交代现象。

2、交代溶蚀结构

按交代方式与形态的不同，可分为：

a、溶蚀胶结结构：实际为一种填间结构，如磁铁矿形成于透辉石、石榴石之后，填于它们晶粒间，并为磁铁矿所溶蚀、交代、胶结。

b、交代蚕蚀结构：主要见于磁铁矿石中，磁铁矿沿透辉石方解石晶粒边部蚕蚀；磁黄铁矿沿磁铁矿边部或粒间蚕蚀。

c、似结状结构：晚期生成矿物沿早期矿物粒间分布、溶蚀、交代形成网眼状结构，如磁黄铁矿沿磁铁矿粒间，方铅矿、闪锌矿沿方解石粒间溶蚀、交代常形成此结构。

d、交代残留结构：此结构于各类矿石中均见，表现为脉石矿物被磁铁矿等交代后呈残留体状含于磁铁矿等晶体中或磁铁矿被磁黄铁矿交代后呈残留体含于磁黄铁矿中。

其余如反应边结构、交代穿孔结构、交代假象结构、交代次文象结构均少见或偶见。

3、固溶体分离（解）结构

此结构较为少见，可分为两个亚类，乳浊状结构和叶片状结构。

4、压力结构

此结构于各类矿石中少见或偶见，分两个亚类，压碎结构及揉皱结构。

4.5.2 矿石的构造

区内矿石的主要构造类型，见表4—8：

区内的铁矿石主要构造类型：块状、浸染状。

表 4—8 矿石构造类型统计表

矿石类型	主要构造	次要构造	少见构造
磁铁矿石	浸染状、团块状、斑杂状、不均匀状	块状、稀疏浸染状、稠密浸染状、不规则脉状、角砾状	条带状、网脉状、树枝状、束状、规则脉状
锌铁矿石	浸染状、团块状、不均匀状	稀疏浸染状、稠密浸染状、不规则脉状、角砾状、斑杂状	规则脉状、网脉状
铁硫矿石	稠密浸染状、不规则脉状、不均匀状	树枝状、束状、斑杂状、规则脉状	块状 、团块状
硫铁矿石	稀疏浸染状、不规则脉状、不均匀状	浸染状、角砾状	块状 、团块状、稠密浸染状、树状、束状、斑杂状
铅矿石	星散状、稀疏浸染状、不规则脉状、不均匀状	角砾状	块状
锌矿石	星散状、不规则脉状、不均匀状		网脉状
铜矿石	不规则脉状	星散状	稀疏浸染状

1、块状构造

由一种或几种金属矿物集合体组成，金属矿物含量>75%，不含或含少量脉石矿物，主要见于磁铁矿石、铁硫矿石中，且多分布于矿体的膨大与核心部位。

2、浸染状构造

脉石矿物基质内有金属矿物质单粒、集合体均匀或不均匀散布，金属矿物含量<75%，依矿物分布的均一程度可分均匀、不均匀、团块浸染状构造；或按金属矿物含量划分为：a、稠密浸染状构造：矿石中金属矿物含量 50—70%。主要见于磁铁矿石、锌铁矿石、铁硫矿石及部分硫铁矿石中。b、中等浸染状构造：矿石中金属矿物含量 30—50%。多数磁铁矿石、锌铁矿石，少量硫铁矿石、铅矿石具此构造。c、稀疏浸染状构造：矿石中金属矿物含量<30%。多数铅矿石、锌矿石与部分磁铁矿石、锌铁矿石、硫铁矿石、铜矿石具此构造。

浸染状构造是本区矿石的主要类型，各种矿石，尤其是铁矿石、锌铁矿石、铁硫矿石，几乎均具此构造。

3、星散状构造

具此构造的矿石中金属矿物含量均较低，主要见于铅矿石与锌矿石中，其它类型矿石中少见。

4、脉状构造

按脉体的形态可分为：a、不规则脉状：晚期矿脉呈不规则的弯曲状、蛇曲状、港湾状穿插早期岩石或矿石。此为本区分布最普遍、最常见的脉状构造，几乎遍布各类矿石。b、规则脉状：晚期矿脉呈规则脉或较规则脉状，脉壁较为平直，穿插早期岩、矿石。可分板脉状雁行脉状。c、网脉状：晚期矿脉沿早期岩石及矿石中几组相

互交切的裂隙穿插成网状，主要见于磁铁矿石、铁硫矿石中，为晚期磁黄铁矿、黄铁矿穿插具此构造。d、树枝状、束状：晚期磁黄铁矿、黄铁矿细脉呈树枝状、束状（马尾状）穿插早期岩、矿石具此构造形态。

5、角砾状构造

矿石中角砾状构造有两种：a、含矿围岩（矽卡岩、碳酸盐岩）角砾为磁铁矿、磁黄铁矿胶结，角砾受到胶结物的溶蚀。b、矿石角砾（磁铁矿石、硫矿石、锌铁矿石）为晚期脉石矿物胶结，角砾受到胶结物的溶蚀。

角砾状构造主要见于主矿体的膨大部位。

6、斑杂状构造

矿石基质中脉石矿物集合体呈各种形态的斑状分布，具被溶蚀、交代的特点。主要见于南矿带主矿体中。

7、条带（条纹）状构造

此构造主要见于磁铁矿石中，为脉石矿物与磁铁矿呈近于平行相间的条带（条纹），有时磁铁矿条带中含有大量脉石形成浸染条带状构造，浸染条带与脉石条带间有时为逐渐过渡。此种构造主要见于15线、24线附近的铁矿体中。

第 5 章　矿床地球化学特征及成因分析

5.1 围岩的地球化学特征

5.1.1 含矿矽卡岩的化学成分

各类矽卡岩的化学成分见表 **5-1**。

从表中可以看出：在排除与 CO_2 有关的 CaO 后，Mg：CaO 比值的高低，可大致确定钙镁橄榄石、透辉石、硅镁石、金云母、透闪石矽卡岩的比值大于 0.72，属镁质矽卡岩；而石榴石、石榴石符山石、硅灰石、绿帘石矽卡岩的比值小于 0.36，属钙质矽卡岩。

5.1.2 含矿岩石稀土元素特征

稀土元素的含量、总量及组合规律可以反映地质体的演化过程、地质作用的物理化学条件等，常被用作地球化学作用的指示剂。对肯德可克矿床按不同的矿石类型（硅质岩和矽卡岩）各取 6 件样品送武汉综合岩矿测试中心分析。结果(表 **5-2**、表 **5-3**)表明，肯德可克矿床的硅质岩稀土总量在 46.08—166.74×10^{-6}，$(La/Yb)_n$ 平均 2.33，δCe、δEu 均小于 1，为负异常，为轻稀土富集；矽卡岩稀土总量在 56.23—370.13×10^{-6}，$(La/Yb)_n$ 平均 17.94，δCe、δEu 亦均小于 1，为负异常，也为轻稀土富集。硅质岩和矽卡岩稀土元素配分模式如图 5-1 所示，其配分曲线总体相似，均呈略向右倾斜，δEu、δCe 均显示弱—中负异常。

海底热流体调查表明，除 REE 含量有较大变化外，其配分模式非常类似，肯德可克矿床的含矿岩石硅质岩和矽卡岩亦正如此；Eu 正异常是海底热流体的重要标志之一，但肯德可克矿床的 Eu 却为负异常，这可能是因为蚀变岩石相对新鲜岩石的稀土元素更容易被淋滤掉。总体来看，肯德可克矿床的硅质岩和矽卡岩具有类似的稀土配分模式，曲线类型近似。

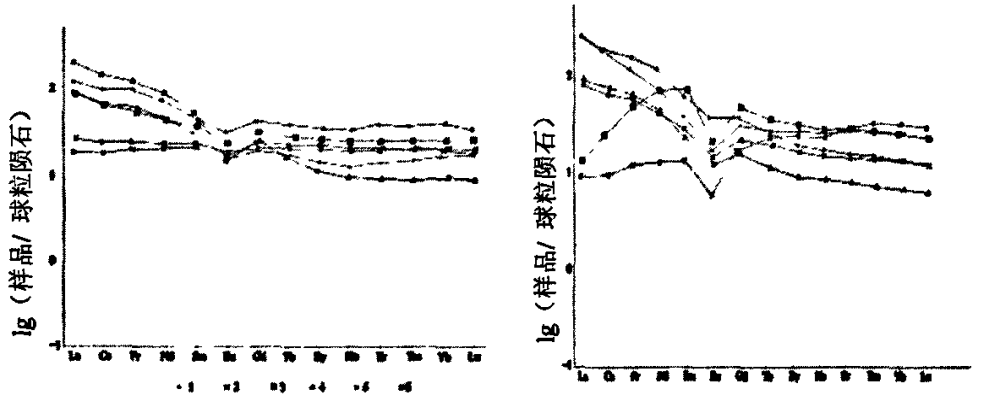


图 5-1　肯德可克铁金矿床围岩稀土元素配分模式图（左硅质岩，右矽卡岩）

表 5-1 各类矽卡岩的化学成分表

采样位置（钻孔号）	岩石名称	化学成分（%）																	样品个数
		K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	TiO_2	SiO_2	P_2O_3	MnO	CO_2	H_2O+	H_2O-	Fe_2O_3	FeO	Cu	Pb	Zn	S	MgO：CaO
1508 1510 0017	钙镁橄榄石矽卡岩	0.038	0.081	29.82	18.68	1.20	0.445	27.81	0.098	0.355	4.39	1.82	0.02	6.86	4.08	0.015	0.055	0.051	0.864	8 0.99
1508 1504 0015 0017 1603 4007	透辉石矽卡岩	0.36	0.33	24.41	13.12	3.385	0.349	42.655	0.801	0.27	4.97	0.147	0.07	2.05	5.28	0.00	0.00	0.0001	3.55	8 0.86
1508 1507	石榴石矽卡岩	0.175	0.215	28.26	2.815	12.585	0.48	39.75	0.135	0.395	4.025	1.87	0.18	5.52	3.465				0.02	2 0.16
1603	硅镁石矽卡岩	0.13	0.20	18.48	16.41	1.47	0.30	13.14	0.23	0.80	12.85	2.80		21.92	9.92				0.34	1 10.71
1504	石榴石透辉石矽卡岩	0.037	0.163	26.90	6.11	6.876	0.683	42.193						3.87	4.723	0.00	0.004	0.013		3
0015 0017	符山石石榴石矽卡岩	0.063	0.18	24.586	6.527	8.887	1.20	30.693	0.243	0.167	1.31	0.867		13.963	7.44	0.133	0.103	0.05	0.093	3 0.22
0017 0705	金云母矽卡岩	1.14	0.195	11.445	16.93	1.995	0.34	31.36	0.385	0.25	4.685	4.37		15.97	9.675				2.295	2 10.51
1605	硅灰石矽卡岩	0.13	0.32	45.71	1.43	0.59	0.04	50.39	0.05	0.18	0.98	0.84		0.34	0.38				0.17	1 0.05
4807	绿帘石矽卡岩	0.10	0.30	21.79	4.21	18.15	0.92	40.24	0.17	0.23	4.42	3.16		5.60	1.52				0.09	1 0.36
0015	透闪石矽卡岩	0.09	0.22	16.65	20.30	0.87	0.10	45.36	1.15	0.07	5.98	1.50		0.87	4.72				4.21	1 3.12

表 5-2 肯德可克铁金矿床岩、矿石稀土元素分析结果表

样号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
1	硅质岩	28.650	50.690	7.542	27.600	5.639	1.100	5.151	0.794	4.600	0.919	2.951	0.486	9.571	0.577	26.580
2	硅质岩	3.914	10.240	2.000	8.771	3.187	0.793	4.130	0.748	5.140	0.900	2.950	0.431	2.710	0.375	28.090
3	硅质岩	16.310	29.570	4.358	16.970	4.381	1.129	5.398	0.867	5.316	1.022	3.473	0.499	3.441	0.510	36.960
4	硅质岩	36.480	70.150	9.116	33.070	6.401	0.763	4.157	0.525	3.547	0.461	1.285	0.199	1.377	0.208	13.080
5	硅质岩	23.920	49.130	7.257	26.820	5.910	1.528	6.926	1.192	7.240	1.560	5.047	0.752	5.134	0.721	53.850
6	硅质岩	5.527	13.100	2.066	9.301	3.089	0.936	3.907	0.706	4.791	0.947	3.090	0.479	3.234	0.489	33.770
7	矽卡岩	82.940	137.30	14.110	41.600	7.885	1.225	7.974	1.349	8.579	1.009	5.073	0.014	5.306	0.746	62.100
8	矽卡岩	4.234	23.500	6.506	44.750	14.990	1.537	12.840	1.775	9.750	1.864	6.390	0.733	4.713	0.649	66.000
9	矽卡岩	26.570	52.470	7.090	25.130	5.603	1.039	5.672	0.895	5.208	1.036	3.029	0.427	2.739	0.377	33.330
10	矽卡岩	28.650	62.070	7.600	25.120	4.809	0.976	3.884	0.550	2.894	0.596	1.610	0.229	1.365	0.209	18.800
11	矽卡岩	81.540	160.90	19.990	69.480	11.310	2.614	9.115	1.246	6.116	1.173	3.135	0.439	3.714	0.374	36.590
12	矽卡岩	3.971	7.936	2.058	8.290	2.815	0.440	4.686	1.127	9.123	1.971	6.570	0.997	6.826	0.915	58.430
球粒陨石★		0.32	0.94	0.12	0.60	0.20	0.073	0.31	0.05	0.31	0.073	0.21	0.033	0.19	0.031	1.96

★：22 个球粒陨石平均值，赫尔曼，1971

表 5-3 肯德可克铁金矿床岩、矿石稀土元素特征表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ΣREE	140.33	46.08	93.94	166.74	143.13	51.68	316.65	133.22	137.30	143.98	370.13	0.26
$(La/Yb)_n$	4.77	0.86	2.81	15.69	2.77	1.02	9.27	0.53	5.76	73.96	17.87	0.23
$(Ce/Yb)_n$	2.87	0.76	1.74	10.27	1.94	0.82	5.23	1.01	3.87	54.55	12.00	1.16
δ Ce	0.76	0.878	0.774	0.844	0.828	0.863	0.837	0.780	0.843	0.927	0.873	0.813
δ Eu	0.652	0.671	0.716	0.426	0.736	0.843	0.498	0.334	0.564	4.687	0.769	0.371

5.1.3 含矿岩石微量元素特征

对不同类型岩（矿）石测试分析，结果统计见表 5-4～6。

由表可以看出，滩间山群中，石榴子石透辉石矽卡岩、炭质板岩、黄铁矿化矽卡岩含金、钴、铋、铜、较高，而灰岩、大理岩含金量最低，这是因为石榴子石透辉石矽卡岩其原岩为含泥钙质的硅质岩，为海底热水喷流沉积岩，热水喷流过程中即可从深部携带大量的成矿物质，现代海底的“黑烟囱”即为例证；矽卡岩的形成与后期构造活动关系密切，而构造带往往是矿液迁移、沉淀富集的有利部位，所以矽卡岩类岩石含有很高的成矿元素是不足为怪的。而灰岩、大理岩则代表海底热水喷流的间歇期或结束期之后的碎屑沉积，故而其所含的成矿元素较低。

同时可以看出，灰褐色角砾状矽卡岩所含的成矿元素往往直接构成矿体，且成矿元素之间具有较好的相关性，往往形成复合型矿体，这恰恰反映了区内成矿演化的继承性。

表 5-4　肯德可克铁金矿床滩间山群各岩石含金量统计表

岩石名称	样品数（件）	Au 平均含量（$\times 10^{-9}$）
石榴子石透辉石矽卡岩	724	440
变泥质硅质岩	298	76
炭质板岩	30	200-500
黄铁矿化矽卡岩	36	132
灰岩+大理岩	91	43

表 5-5　肯德可克铁金矿床微量元素分析结果表（$\times 10^{-6}$）

样品	Cu	Pb	Mn	Cr	Ni	V	Ti	Zn	Co	As	Au	岩性
Kd-1	1339.7	74.1	621	17.6	18.7	432.0	1106	75	16.0	150	0.68	矽卡岩
2	3300.0	78.7	>6500	74.3	160.0	297.5	1635	3900	480.0	180	0.16	角砾状
3	1533.7	53.4	3625	84.2	62.5	309.7	1547	380	50.0	500	0.14	角砾状
4	400.3	30.0	3776	107.3	53.9	>500	1086	251	55.0	40	0.055	角砾状
7	30	36.4	>6500	170.5	217.3	>500	1374	117	420.0	1000	0.4	块状矽
8	84	26.9	>6500	117.7	160.6	>500	1519	94	350.0	500	2.41	矽卡岩
9	104.1	95.1	6000	41.2	111.5	310	1380	102	5010.0	2600	26.5	角砾状
11	31.1	57.0	3752	34.8	188.6	201.8	1200	100	2910.0	2900	18.0	角砾状
12	52.0	35.2	4090	82.7	60.5	482.0	1370	71	370.0	610	5.2	矽卡岩
13	11.7	30.7	5578	18.4	9.7	36.7	869	80	8.4	40	0.029	硅质岩
14	14.3	46.3	3827	23.4	7.1	132.6	811	74	32.0	150	0.12	矽卡岩
15	407.3	55.3	5062	14.5	14.1	111.8	624	170	30.5	200	2.69	矽卡岩
16	114.5	105.7	480	192.1	37.8	211.6	2380	73	9.2	110	0.026	条带状
17	53.2	61.1	3500	9.1	13.1	211.2	1147	574	42.0	30	0.1	矽卡岩
18	144.0	406.3	1663	10.4	16.3	378.3	1227	577	42.0	30	7.4	矽卡岩

表 5-6 肯德可克铁金矿床滩间山群岩(矿)石主要成矿元素含量表

样号	位置	岩性	含量 (Au×10⁻⁹,其它元素×10⁻⁶)								
			Au	Ag	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Bi	As
YOOK-	4062 中段	灰色块状矽卡	65	2.59	7500	55.6	13.2	60.4	109	>30	>100
02	4062 中段 2 线北穿	暗灰色碳酸岩化绿泥岩	40	0.61	35.2	96.0	19.0	62.5	120	>30	>100
03	4062 中段	块状硫铁矿	9.5	>5	294	91.3	>1000	68.8	199	>30	>100
04	4062 中段	灰色块状矽卡	220	0.61	54.3	33.3	10.4	22.4	115	>30	>100
05	4062 中段	灰色块状矽卡	>500	1.04	180	270	18.2	25.0	89.0	>30	>100
06	4062 中段 8 线南穿	灰色块状矽卡岩化硅质岩	>500	>5	124	377	22.2	188	77.4	>30	>100
07	6 线	灰褐色矽卡岩	245	1.75	>500	177	28.6	54.2	83.0	>30	>100
08	XJ3	块状硫铁矿	9.0	>5	32.0	63.9	630	872	729	>30	>100
09	9 线 Tc	灰-灰绿色角砾状矽卡岩	13	0.49	21.3	36.1	39.3	45.8	124	6.98	>100
10	9 线 T	灰色块状矽卡	1.4	>5	13.4	4.2	469	>1000	958	>30	>100
11	9 线 T	含 Pb、Zn 矿化的矽卡岩	19	>5	34.5	2.2	19.6	>1000	>1000	>30	51
12	2 线 Tc	灰色硅质岩	11	1.22	27.5	6.5	15.7	128	>1000	9.8	>100
13	4102 中段,	褐色矽卡岩化	>500	>5	86.6	54.4	>1000	528	309	>30	>100
14	4102 中段, 6 线南穿	灰色大理岩（具 Fy、Pb、Zn、Cu	34	>5	39.2	98	>1000	>1000	>1000	>30	>100
15	4102 中段 4 线南穿	灰色大理岩（具 Fy、Pb、Zn、Cu	25	>5	9.2	5.4	>1000	277	483	7.65	>100
16	4102 中段	灰色片理化泥	18	2.78	13.8	41.3	97.4	431	210	>30	>100
17	412 硐口	灰色块状泥质	23	0.45	13.3	20.7	13.6	25.0	99.5	5.68	>100
18	1 线 Tc	灰褐色角砾状	>500	>5	198	62.0	52.5	30	175	>30	>100
19	ZK0205	灰褐色角砾状	>500	2	>500	66.3	53.9	135	123	>30	>100
20	ZK0205	块状磁铁矿	33	0.08	35	13	92.9	55	199	6.8	>100

5.2 矿石的化学组分特征

5.2.1 矿石的化学组分含量

本矿区是一个以铁为主，伴生、共生有锌、铅、硫、金、银、镉等矿产的复合型矿床。为更好地反映主要矿石化学成分的变化，将按矿石工业类型组合的初选试验样品的光谱半定量分析与化学全分析和多项分析结果列于表 **5-7～8**。

由表 5-7、8 可以看出，本区各类矿石中有益组分与相应矿石类型的关系明显。本区岩、矿石中各种元素的光谱分析含量、分布、变化范围统计情况列于表 **5-9**。

由表 5-9 结合主要金属矿物单矿物分析资料分析，本区矿石中主要伴生有益组分与一些矿物密切相关，如：银与方铅矿、镉与闪锌矿相关，其相关系数多大于 0.9 ；钴据少量资料反映，似与磁黄铁矿有关，磁黄铁矿中钴达 0.078%。

5.2.2 各类矿石（体）的平均品位

本区各矿体、南、北矿带、全区各类矿石以矿石量求得平均品位为：铁矿石全区平均品位 TFe=33.35%，其中磁铁矿石为 33.65%（332 资源量：36.76%、333 资源量:33.07%）；锌铁矿石 TFe=29.99%，Zn:1.55%；铁硫矿石 TFe=39.44%、S=9.2%；铅矿石 Pb=0.98%（表内 1.42%，表外 0.48%）；锌矿石 Zn=1.28%(表内 1.95%,表外 0.84%)；铜矿石 Cu=0.91%；硫铁矿石 S=15.14%；伴生镉 Cd=0.028%；伴生银 Ag=8.7 g/t。

5.2.3 矿石化学组分的变化特征及赋存状态

本区各类矿石中铁、铅、锌铁矿石工程累计见矿厚分别占全区各类矿石工程累计见矿厚的 70%、12%、7%，其余种类矿仅占 11%；现仅重点对主要矿石类型的组成含量、赋存状态、变化特征及伴生有益、有害组分的含量、赋存状态、变化特征简述于下：

1、磁铁矿石

a、矿石主要组分的含量与赋存、变化：铁矿石具低磷、高镁、高硫的特点，矿石含 TFe 最高为 60.3%，全矿区平均品位为 33.65%。矿石中不同品级区间占铁矿石工程累计见矿总厚的比例为 TFe20—25%占 21%、25—45%占 63%、45—50%占 13%、≥50%占 2%，反映 TFe20—45%为矿石的主要部分占 84%，而≥45%的占 15%，与对铁矿石基本分析样品以 5%品位区间的统计是一致的（见表 5-10）。TFe≥45%的样品或样段的分布较为分散，多系单工程中的单个样品（段），相邻工程、相邻剖面难以连结对比，不具工业意义。

为了查明铁矿石中硅酸铁的的含量，样品做了可熔铁分析，结果表明铁矿石的全铁与可熔铁之差多小于 2%，占统计样品总厚的 96%，在占 4%的差值大于 2%的样品中有 64%的样品含硫大于 3%，且它们多分布于矿体的边部，受后期硫化物叠加的影响，多呈磁黄铁矿及黄铁矿状态存在；鉴于铁矿石中全铁与可熔铁间差值大多小于 2%，铁矿石经初步可选性试验，磁黄铁矿、黄铁矿选矿后可富集，硫可综合利用，故不影响工业指标对全铁及硫的要求。

铁主要赋存于磁铁矿中，次为铁的硫化物—磁黄铁矿、黄铁矿；赤铁矿与褐铁矿少见。

矿石中铁的含量与矿体的规模、完整程度关系密切，一般小矿体、矿石含铁量低；以 58 号主矿体为例，其西段矿体分岔较多，每个分岔厚度较小，其形态、厚度、完整程度比中、东段差，铁含量较中、东段低，全铁由西向东、由矿体边部及顶、底部向中心含量增高。

b、矿石的氧化程度：为查明矿石的氧化程度，对 1/3 的样品进行氧化亚铁的分析，其氧化度<5%，95%以上属原生矿石，虽见有混合矿石与氧化矿石分布，

表 5-7 矿石光谱分析结果表

项目 / 类型		分析结果%（Ag：g/t）																			
		Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	V	Ga	Ti	Mn	Ba	Sr	Sn	Be	Y	Yb	Ag	As	Sb	Bi	Cd
磁铁矿石	1	0.045	0.035	0.2	0.001	0.0025	0.003	0.008	—	0.1	0.3	≤0.01	—	0.005	—	—	—	0.0001	0.03	—	—	—
锌铁矿石	4	0.039	0.04	0.74	—	0.0029	0.0048	0.008	—	0.475	0.35	0.0225	—	0.0044	—	—	—	0.00011	0.035	—	0.003	0.003
铅矿石	4	0.063	0.6	0.174	≤0.0011	<0.001	0.0013	—	—	<0.01	0.45	0.0275	0.011	0.0011	—	—	—	0.0011	0.031	0.01	0.003	0.003

表 5-8 矿石化学分析结果表

项目 / 类型		分析结果%(Au、Ag：g/t)																				
		Cu	Pb	Zn	TFe	Sfe	Ni	Co	Cd	As	Sb	Bi	S	Se	Ga	Au	Ag	TiO_2	MnO	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2
磁铁矿石	1	0.03	0.04	0.16	36.83	36.37	0.0056	0.0013	0.0027	0.018	0.0033	0.0032	1.38	0.0003	0.0015	0.10	0.8	0.522	0.71	12.96	9.01	2.09	11.48
锌铁矿石	4	0.038	0.098	1.13	33.175	30.78	0.0037	0.0022	0.0181	0.039	0.00395	0.0044	4.60	0.0006	0.00115	0.28	15.88	0.190	0.61	16.69	6.59	1.70	5.90
铅矿石	4	0.058	0.81	0.195	2.45	0.93	—	—	0.0047	0.26	0.0087	0.0036	1.98	0.00065	0.0011	0.275	3.95	0.022	0.275	44.66	5.63	0.315	1.60

表 5-9 原矿光谱半定量全分析结果表

项目 / 类型	分析结果																			
	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	V	Ga	Ti	Mn	Ba	Sr	B_2O_3	Sn	Y	Yb	Ag	As	Sb	Bi	Cd
磁铁矿矿石	0.06	0.06	0.3	—	0.004		0.004	0.001	0.15	1	0.03	0.01		0.005			0.0001	0.03	—	—	—
闪锌矿磁铁矿矿石	0.05	0.12	>1	—	0.002	0.007	0.007	<0.001	0.15	>1	0.045	≤0.01		0.01	—	—		0.1	0.01	0.003	0.03
方铅矿矿石	0.05	0.5	0.25	≤0.001	<0.001	0.003	0.001	—	0.03	0.5	0.03	≤0.01	—	—	—	—	0.0007	0.03	0.01		

注：金、银单位为 10^{-6}，其它元素为本 10^{-2}

表 5-10 原矿化学多项分析结果表

项目 / 类型	分析结果 %																		
	TFe	Sfe	S	Cu	Pb	Zn	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P	As	Au	Ag	Cd	Sn	F
磁铁矿矿石	36.87	36.20	1.36	0.03	0.04	0.13		—	9.26	8.30	2.28	12.49	0.097	0.01				0.001	
闪锌矿磁铁矿矿石	31.28	27.76	5.69	0.02	0.08	1.20	0.20	—	19.21	5.42	2.56	5.11	0.24	0.061	0.5	3.6	0.036		0.303
方铅矿矿石	3.26		2.17	0.03	0.88	0.24		—	42.11	6.62	0.63	4.64	0.06	0.023	0.1	5.2			

注：金、银单位为 10^{-6}，其它元素为本 10^{-2}

除部分因氧化铁影响外，主要由于含铁硫化物的影响。在以矿石中磁性铁（mFe）占有率划分矿石氧化程度时，因矿石中金属硫化物的存在影响化学物相分析；物相研究虽未进行，但由矿石光片鉴定资料与矿石初选性试验结果表明，铁矿石中的铁主要为磁性铁—磁铁矿，占矿区含铁金属矿物的85%，氧化对矿石影响不大。

c、伴生组分的含量、赋存与变化

硫（S）：铁矿石含硫最高为24.41%，最低为0.01%，一般1—4%，经对48个钻孔铁矿石含硫情况统计（见表5-11），表明矿石中硫含量大于工业允许含量0.3%的占60%以上，属高硫矿石；矿石中硫主要赋存于磁黄铁矿、黄铁矿中，是矿石的主要硫源。矿石中硫的含量变化与矿石中磁黄铁矿等金属硫化物的空间分布规律相同，矿体的中心部位含硫一般低于0.3%，于矿体的顶、底部及边部硫化物含量增高，含硫量相应增高，主矿体更为明显。南、北矿带相比，北矿带矿石含硫量较之南矿带矿石要高；南矿带的西段（15线）矿石含硫量较中、东段（0—32线）要高。

磷（P）：矿石磷含量最高为1.07%，最低为0.00%，一般为0.02—0.1%，经对1/3样品含磷情况进行统计(见表5-12)，其中小于工业允许含量0.2%的占87%以上，反映矿石含磷低，矿石中的磷以磷灰石形势存在，于矿石中偶见，分布无规律。

砷（As）：矿石含砷量一般低于工业允许含量（0.07%），光谱分析砷多小于0.03%，大于0.07%的极少见，矿体含砷量平均小于0.07%，因此矿石基本分析无此分析项目，据33个组合分析结果反映，样品含砷0.00 —0.108%（后者仅1个样），主要在0.012—0.074%间变化（平均0.048%）；矿石初选试验样品含砷0.03%，据此认为矿石含砷小于0.07%。

矿石中含砷矿物为毒砂，分布零星为微量矿物。

锡（Sn）：矿石化学分析样经光谱检查（以下铜、铅、锌均为光谱分析资料），含锡最高为0.02%，远小于工业允许含量0.08%的要求，矿石初选试验样含锡0.001%，故未查矿石中的含锡矿物。

铜（Cu）：工程累计见矿厚度28.57米，铜主要以黄铜矿、斑铜矿、铜蓝形式产出，分布零星。

表 5-11　岩、矿石各元素光谱分析含量、分布变化范围统计表

元素名称	样品数量	统计范围						最高%	附注
		样品数	%	样品数	%	样品数	%		
Cu	1076	<0.2%		0.2—0.3%		>0.3%		0.5	仅统计铁硫、磁铁矿石中的分布。
		1048	97.4			6	0.56		
Pb	1076	<0.1%		0.1—0.3%		>0.3%		1.0	
		1052	97.77			1	0.09		
Zn	1076	<0.1%		0.1—0.5%		>0.5%		≥1.0	
		403	37.45			10	0.93		
Sn	1076	<0.08%						0.02	
		1076	100.0						
As	1076	<0.001%		0.07—0.2%		>0.2%		1.0	
		1047	97.31			7	0.65		
Cr	4816	<0.001%		0.001—0.01%		>0.01%		0.08	统计于52个钻孔的各种岩性中。
		2406	49.96			212	4.40		
Ni	4816	<0.001%		0.001—0.01%		>0.01%		0.07	
		1380	28.65			99	2.06		
Co	4816	<0.001%		0.0001—0.01%		>0.01%		0.02	
		1983	41.18			11	0.23		
V	4816	<0.01%		0.001—0.01%		>0.01%		0.12	
		902	18.73			417	8.66		
Ti	4816	<0.01%		0.01—0.1%		>0.1%		>1.0	
		499	10.36			1758	36.50		
Mn	4816	<0.01%		0.01—0.1%		>0.1%		>1.0	
		59	1.23			3233	67.13		
Ba	4816	<0.01%		0.01—0.1%		>0.1%		>1.0	
		3665	76.10			201	4.22		
Sb	4816	<0.01%		0.01—0.1%		>0.1%		0.3	
		4329	89.89			2	0.04		
Mo	4816	<0.001%		0.001—0.02%		>0.02%			
		4438	92.15			2	0.04		
Be	4816	<0.0003%		0.0002—0.001%		>0.001%		0.00035	
		4786	99.38						
Y	4816	<0.003%		0.003—0.05%		>0.05%		0.012	
		4242	88.08						
Yb	4816	<0.0003%		0.0003—0.001%		>0.001%		0.001	
		4307	89.43						
Bi	4816	<0.003%		0.003—0.1%		>0.1%		>1.0	
		4344	90.20			4	0.08		
Li	4816	<0.01%		0.01—0.1%		>0.1%		0.05	
		4544	94.35						

Zr	4816	<0.03%		0.03—0.1%		>0.1%		0.1		
		4360	90.53							
Cd	4816	<0.003%		0.003—0.01%		>0.01%		0.1		
		4169	86.57			47	0.98			
La	4816	<0.01%		0.01—0.1%		>0.1%		0.02		
		4789	99.44							
Ga	4816	<0.001%		0.001—0.01%		>0.01%		0.006		
		2991	62.11							
Ag	4816	<0.0001%		0.0001—0.0005%		>0.0005%		0.02		
		2912	60.47			300	6.23			
Au	4816	无显示		有显示						
		4777	99.19							

表 5-12　铁矿石样品品位分析统计表

品位区间（%）	样品个数		占比例（%）	
	个数	累计	（%）	累计
15—19.99	218	218	13.47	13.47
20—24.99	225	443	13.90	27.37
25—29.99	212	655	13.09	40.46
30—34.99	244	899	15.07	55.53
35—39.99	254	1153	15.69	71.22
40—44.99	224	1377	13.84	85.06
>45	242	1619	14.95	100.01

铅（Pb）：在工程累计见矿厚度 2171.46 米的矿石中，铅含量小于 0.1%的占 99%；铅主要以方铅矿的形式产出，零星分布于矿体顶部。

锌（Zn）：矿石含锌最低为 0，最高为 1.17%，一般 0.01—0.5%，矿石中含锌情况见表 5-13，含锌总体较低，小于 0.1%者近 80%。锌主要以闪锌矿产出，分布较零星，以 58 号主矿体而言，于主矿体的中、下部含锌较低，上部及靠近锌铁矿石部分含锌较高，局部可达 0.2—0.4%或大于 0.5%。二氧化硅（SiO_2）：矿石中二氧化硅含量最低为 0.21%，最高为 34.4%，一般 5—20%，矿石中二氧化硅含量的统计见表 5-14。矿石含二氧化硅小于 20%的占 84%；初选试验样含二氧化硅 2.13%,表明二氧化硅主要赋于硅酸盐矿物中，可随尾矿抛弃；矿石中游离硅含量甚微，且分布零星。主矿体的西段二氧化硅含量较高，约 10%左右，似与西段脉石矿物以硅酸盐矿物质为主有关；其

中心部位及332资源量地段的含量多低于10%。

其它元素如:Mn、Ni、V、Co、Ag、Au、Ga、Cr等的含量均较低，未达综合利用要求的指标。矿石含氟量一般小于0.15%，含氟矿物为萤石，为微量矿物，偶见。

d、矿石的酸碱性：矿石经23个组合样（样长734.82米）检查，结果见表5-15。矿石的87%为碱性矿石，虽有少量半自熔、自熔性矿石零星分布（15线附近），矿石仍应为碱性矿石，比值在1.2—2.07间。

表5-13　磁铁矿石含硫情况统计表

Tfe/FeO	<0.3	0.3—<1	1—<3	3—<6	6—<8	合计
样品视厚（米）	791.03	575.87	393.06	194.53	48.82	2003.31
百分比(%)	39.49	28.74	19.62	9.71	2.44	100

表5-14　磁铁矿石磷含量统计表

P（%）	<0.1	0.1—<0.2	≥0.2	合计
样品视厚（米）	769.80	185.99	132.74	1088.53
百分比（%）	70.72	17.09	12.19	100

表5-15　磁铁矿石中SiO_2含量统计表

SiO_2（%）	<10	10—<20	20—<30	≥30	合计
样品视厚（米）	910.53	916.69	298.44	45.80	2171.46
百分比（%）	41.93	42.22	13.74	2.11	100

矿石造碴元素SiO_2、Al_2O_3多含于硅酸盐矿物中，矿石SiO_2平均约15%，Al_2O_3约2%，Cao、MgO含量较高，各约8—10%，主要以白云石、方解石的形式产出，矿石MgO含量大于5%,属高镁矿石。

2、锌铁矿石

a、矿石主要组分的含量与赋存、变化特征：磁铁矿石中含锌≥0.5%，划为锌铁矿石。矿石中含锌最高4.49%，平均为1.55%；含TFe最高为52.12%，平均为29.99%。锌、铁含量的变化见表5-16～18。锌、铁含量均达边界品位要求的占工程累计见矿厚度的88%，锌主要以闪锌矿的形式产出，闪锌矿

主要呈粒状嵌于磁铁矿粒间或呈脉状穿插。

表 5-16　磁铁矿石中锌含量统计表

Zn（%）	<0.1	0.1<0.5	≥0.5	合计
样品视厚（米）	1699.93	466.77	4.76	2171.46
百分比（%）	78.29	21.49	0.22	100

表 5-17　磁铁矿石酸碱性统计表

$\frac{Cao+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$	酸性	半自熔性	自熔性	碱性	合计
	<0.5	0.5—0.8	0.8—1.2	>1.2	
组合样品视厚（米）	0	13.86	84.26	636.70	734.82
百分比（%）		1.89	11.47	86.65	100

表 5-18　锌铁矿石中 Zn、TFe 含量变化情况表

Zn、TFe （%）	Zn>0.5	Zn0.5	Zn<0.5	Zn<0.5	合计
	TFe>20	TFe,20	TFe≥20	TFe<20	
样品视厚（米）	190.77	6.3	18.45	1.53	217.05
百分比（%）	87.89	2.9	8.5	0.71	100

锌铁矿石主要分布于 58 号主矿体的上部（0 线至 24 线间），少量分布于主矿体的中部，因分布零星未予划分；其形成与分布均与热液期金属硫化物的叠加有关。

b、锌铁矿石伴生组分含量与赋存、变化特征

镉（Cd）：镉为锌铁矿石伴生的主要有益组分，据 14 个组合样资料分析，含镉最高为 0.04%，最低工资 0.006%，一般 0.01—0.03%，镉与闪锌矿关系密切，其相关系数大于 0.9，矿石中的镉集中出现于闪锌矿单矿物中，闪锌矿平均含镉量为 0.865%。据矿石初选试验与物质成分研究结果反映，镉随锌精矿产品富集达 0.77%。矿石中未见镉元素组成的单矿物，主要以分散状态存在于矿石中。

银（Ag）：由矿石组合分析资料反映，矿石平均含银 3.95g/t；据矿石初选试验与物质成分研究结果反映，矿石原矿含银 3.6g/t，获精矿含银 38.3 g/t。银的载体矿物为方铅矿，银以分散状态分布，含银矿物为自然银、自然金、银金矿、辉铜矿、铋方铅矿等。

铅（Pb）：矿石含铅最低为0.00%,最高为1.57%，一般为0.1%，铅以方铅矿形式与闪锌矿密切伴生。

矿石中S、P、SiO_2、Al_2O_3、MgO、CaO的含量、赋存、变化基本同于磁铁矿石，但含硫矿物以黄铁矿为主，磁黄铁矿次之；其它元素含量甚微，未达综合利用指标要求。

矿区主矿体，主要由磁铁矿石与锌铁矿石组成，其组分变化总的趋势为矿体中东段较稳定，铅、锌、硫等有害组分主要分布于矿体的顶、底部，矿体的中心部位含量极低。主矿体的西段，TFe及有害组分Pb、Zn、S的变化很大，总的趋势仍为矿体（带）的顶、底部Pb、Zn、S含量较高，矿体（带）的中心部位相对含量较低；但与矿体（带）中、东段相比极不均匀，各组分曲线跳跃呈锯齿状，其中心部位含硫较高，高品位矿石与后热液叠加关系密切。

3、铅矿石

a、含量与赋存、变化特征：矿石含铅最高20.71%，全矿区平均0.98%。铅主要以方铅矿产出，少量为白铅矿、铅矾等。铅矿体主要分布于7线至32线间主矿体的顶板围岩中；由上往下为铅矿体、锌矿体、锌铁矿体、铁矿体，具垂向分带特征。铅矿体（石）的空间分布似与次一级张性断裂有关，并为其控制。铅矿体主要集中分布于南矿带的中、东段及北矿带中段。

b、矿石伴生组分的含量、赋存与变化特征：矿石主要伴生有益组分为银，据21个组合样资料反映，矿石含银最低为0，最高为420g/t，一般10—15 g/t。银与方铅矿密切相关，其相关系数大于0.9。由初选试验及物质成分研究结果反映，矿石中银主要以分散状态存在，虽见有自然银、银金矿、自然金、辉铜矿、铋方铅矿等含银矿物，但银的主要载体为铅矿物；方铅矿为银元素的主要载体矿物，方铅矿平均含银量为950 g/t。矿石初选试验银随铅精矿富集达863.3 g/t，在副产品锌精矿中达130 g/t。

矿石中除银矿外，镉在副产品锌精矿中富集达0.7%。

上列三种主要类型矿石中硫多以单独的硫化矿物形势存在，具综合回收价值，可形成单独硫精矿产品。

4、铁硫矿石、硫铁矿石、锌矿石、铜矿石

a、铁硫矿石：矿石含 TFe 最高为 56.54%，全矿区平均为 39.44%；含硫最高 20.24%，全矿区平均为 9.20%；含铁、硫矿物为磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿。矿石（体）的空间分布规律不明显，主要分布于主矿体的顶、边部，局部分布于铁矿体中部（125 号矿体），常与硫铁矿体相伴分布。

b、硫铁矿石：矿石含 S 最高为 35.34%，全矿区平均为 15.14%；硫以磁黄铁矿、黄铁矿产出，主要分布于主矿体的顶、边部，且集中分布于 15 线及北矿带，常与铁硫矿体相伴分布。

c、锌矿石：矿石含 Zn 最高为 3.6%，全矿区平均为 1.28%；含锌矿物为闪锌矿，常伴生有方铅矿。空间上此类矿石主要分布于主矿体的顶板围岩中，紧挨锌铁矿石分布，局部分布于铁矿体的边部及下部矽卡岩中。局部样品（段）锌、铅共生，含铅最高 1.8%。

d、铜矿石：矿石含铜最高为 9.65%，全矿区平均为 0.91%。共 12 个铜矿体，三个分布于南矿带，9 个分布于北矿带。含铜矿物为黄铜矿，次为斑铜矿、铜蓝。主要分布于铁矿体的顶部与边部。

5.3 矿石可选性分析

矿区的主要矿石—铁矿石、铅矿石、锌铁矿石经矿石初步可选性试验，表明可为工业利用，各项选矿指标符合部颁规范要求，矿石中主要伴生有益组分（镉、银）可随相应精矿富集，虽因部分样品（副样）氧化，影响个别选矿效果，但仍可据以评价主要矿石类型的工业价值。试验的目的主要针对铁、锌、硫、铅的选别，对于矿石中伴生的银、镉等有益组分，仅了解它们分别随铅、锌精矿富集，对它们的回收途径因精矿量少而未做工作。

矿区铁矿石、锌铁矿石矿物成分、物质成分及矿石的结构、构造等特征与野马泉铁矿床有很多相似处，由两个矿区锌铁矿石初步可选性试验结果反映，它们的选矿指标相似，但本矿区锌铁矿石的硫含量较高，闪锌矿粒度较细，锌精矿中镉含量较高。选矿结果见表 5-19~26。

表 5-19　原矿化学多项分析结果

成份	S	SFe	TFe	SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO
含量（%）	1.36	36.20	36.87	12.49	2.28	8.30	9.26
成份	K_2O	P	Cu	Pb	Zn	As	Sn
含量（%）	0.02	0.097	0.03	0.04	0.13	0.01	0.001

表 5-20　原矿物相分析结果

成份	S	S 有效	TFe	SFe
含量（%）	1.36	1.16	36.87	36.20

表 5-21　原矿化学多项分析结果

项目	Cu	Pb	Zn	S	As	P	SiO_2
含量（%）	0.03	0.88	0.24	2.17	0.023	0.06	4.64
项目	CaO	MgO	TFe	Al_2O_3	Au	Ag	
含量（%）	42.11	6.62	3.26	0.63	0.1	17.4	

表 5-22　原矿铅矿物物相分析结果

项目	氧化铅中 Pb	硫化铅中 Pb	总 Pb
含量（%）	0.16	0.27	0.88
占总 Pb（%）	18.18	81.82	100.00

表 5-23　铅矿石最终产品结果表

试验编号	产品名称	产率%	品　位（%）			回 收 率（%）		
			Pb	Zn	S	Pb	Zn	S
46F2	铅精矿	1.12	48.41	1.96	18.56	79.39	10.87	10.95
	锌精矿	0.27	3.93	45.02	31.41	1.50	60.38	4.47
	硫精矿	2.53	1.46	0.77	44.86	5.19	9.69	59.78
	尾 矿	96.08	0.12	0.04	0.49	16.92	19.06	24.80
	原 矿	100	0.71	0.20	1.90	100	100	100

表 5-24　铅精矿质量检查结果表

产品名称	F	As	Cu	Cd	Ga	Ag	Au	TFe
铅精矿			2.34	0.007*	—*g/t	863.3	0.0	
锌精矿			0.83	0.7	—*g/t	130	0.0	10.19
硫精矿	0.13	0.35	注：*为光谱分析结果					

表 5-25　锌铁矿石高硫铁精矿流程试验结果表

试验编号	产品名称	产率(%)	品位(%)			回收率(%)		
			Zn	SFe	S	Zn	SFe	S
35F3	锌精矿	2.31	41.48	14.12	28.86	78.86	1.17	13.25
	硫精矿	6.36	2.55	2.79	46.47	13.35	0.64	58.76
	铁精矿	37.69	0.08	61.30	1.60	2.49	82.99	11.99
	尾 矿	53.64	0.12	7.89	1.50	5.30	15.20	16.00

表 5-26　锌铁矿石高硫铁精矿流程最终产品质量检查分析结果表

产品名称	Cu	Pb	Cd	P	SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO
锌精矿	0.87		0.77					
硫精矿			0.05					
铁精矿	0.01	0.08	0.005	0.15	2.78	0.84	2.68	3.21
尾 矿			0.003					
产品名称	Sn	As	Au	Ag	F^{2-}	有效 S	TFe	注
锌精矿			3.82	38.3			15.64	Au、Ag为g/t、余均为%。
硫精矿		0.60	2.44	4.9	0.06	44.98		
铁精矿	0.008	0.005	0.47	1.0				
尾 矿			0.58	1.0				

5.4 硫同位素与包体测温特征

5.4.1 硫同位素特征

矿区内 18 个同位素样品的测试结果显示：δS^{34} 多为正值，个别为负值（2 个样），在 1.66—5.96%间变化，变幅为 7.66‰，从而表明铁矿石中的硫、金属硫化物及矽卡岩中的硫多来自地壳深部或上地幔。从硫同位素组成情况来看，各类矿石、岩石中 δS^{34} 比值接近，它们似应为同源产物。铁及近矿围岩中 δS^{34} 均有负值，反映有沉积硫的浸入，但主要为正值，与国内主要矽卡岩型铁矿极为相似。

5.4.2 矿物包体测温特征

从矿区 18 个样品的磁铁矿包体测温资料反映，其中 16 个样品归入大量爆裂温度范围；二个样品一为最低温度，一为最高温度；由 16 个样品测温温度变化范围及平均温度反映，磁铁矿的形成温度在 240℃—520℃间，大多在 300℃以上，与国内主要铁矿床及相似铁矿床的测温资料相似，见表

5-27；而方铅矿、黄铁矿等的温度一般多小于300℃。

另在铁矿的近矿围岩及侵入岩中，共采取同位素年龄样三个，结果为：金云母2.14亿年、正长闪长岩1.61亿年、石英斑岩1.79亿年，为印支—燕山早期。由它们的产状反映，金云母样采自金云母矽卡岩中，接近于铁矿的形成时期；其余多为脉岩或小侵入体，应为铁矿形成之后侵入，据此推测铁矿的主要成矿期为印支—燕山早期。

表5-27　国内主要铁矿床磁铁矿形成温度对比表

矿床名称	大量爆裂温度 平均爆裂温度	样品数	说明
福建马坑铁矿	220—380℃ 313℃	27	1、国内主要铁矿形成温度资料来源于《福建地质》1980.2期62.138页 2、矿区测温结果，最低158℃，最高772℃。
河北邯邢铁矿	395—595℃ 474℃		
宁芜铁矿	300—567℃ 360℃	116	
鞍山弓长岭铁矿（富矿）	288—340℃ 312℃	9	
鞍山弓长岭铁矿（贫矿）	300—320℃ 310℃	11	
湖北大冶铁山	448—500℃	3	
肯德可克铁矿	248—528℃ 388℃	16	

5.5 主要控矿因素

据现有各项资料分析，在矿区诸控矿因素中，主要是构造控矿因素，其它因素（地质条件）与之相比居次位；另对控制成矿的侵入母岩因素，因工程中未见，仅试予分析。

5.5.1 控制成矿的围岩因素

矿区的含矿围岩为滩间山群变泥质、硅质岩夹大理岩，南矿带个别矿体之顶板与石炭纪地层的碳酸盐岩、砂岩接触,局部为晚泥盆世中—酸性凝灰熔岩。

铁矿的生成与围岩的具体层位有密切的相关关系。由分布看，矿体多产

于晚奥陶世地层及其与石炭纪地层不整合面中。石炭纪地层主要是一套碳酸盐岩、晚奥陶世地层中也具较多的碳酸盐岩夹层及透镜体。碳酸盐岩化学性质的高度活泼性，对本矿床是有利的成矿因素，矿区广厚的矽卡岩中，见有大量的泥质、硅质岩的交代残留体，却未见有碳酸盐岩的残体就是明证。

5.5.2 控制成矿的构造因素

本矿床南、北矿带及矿带的不同矿段的控矿条件虽有所差异，但主要为构造控矿，现分述如下：

①南矿带中—东段的控矿构造：南矿带的中段与东段（0 线及其以东），是矿区成矿较好地段，其成矿受隐伏断层 F10、肯德可克向斜、石炭系与上奥陶统间的不整合面等综合构造因素控制。

肯德可克向斜的控矿作用，主要表现为向斜轴部的层间构造。此层间构造是在向斜形成的塑性形变过程中，上、下岩层经剥离作用而产生的虚脱空间。各层间构造又为沿向斜轴面发育的二次纵张断裂所沟通，并与 F10 断裂相沟通。值得注意的是，向斜枢纽的起伏对成矿有较大的影响，在 8 线、24 线相对上拱，在 0 线、16 线则相对下坳；向斜枢纽相对上拱部位成矿较差，下坳部位成矿较好；原因似在于枢纽上拱致使层间构造趋于紧闭，下坳则可增大层间构造的空间。

石炭纪地层与滩间山群间的不整合面，对成矿亦属有利，不整合面上、下两套岩层受力后呈现不同性质的形变（其上为向斜、其下为单斜），扩大了不整合面所在的空间。

F10 为一隐伏逆断层，其大部分地段已被以铁为主的矿体所充填或蚀变形成矽卡岩。此断裂位置接近于向斜的轴部，略偏南翼。受此影响，其下盘（南翼地层）上推约 30—70 米。F10 的力学性质属压性，后转张性，主要表现于铁矿石中，可见到围岩的角砾，角砾虽已为矽卡岩与磁铁矿所交代（磁铁矿沿角砾间充填交代），但仍保留了角砾的棱角状、次棱角状等不规则的外形。F10 为矿区北缘东西向区域性逆断层 F1 的同级共扼断裂，具多期继承性活动特征。本区矽卡岩的形成、分布与 F10 与 F1 有关，并为其控制。

F10 既是含矿气液的主要通道（导矿构造），又是矿液交代与沉淀的场所，因此，F10 实际上控制矿体的基本形态、产状和边界；更为重要的是

F10 多期活动切穿了石炭系向斜的层间构造及石炭纪地层与滩间山群间的不整合面，F10 与不整合面的交角约≥70°；此构造复合部位也是矿体膨大、富集的部位。

②南矿带西段的控矿构造：南矿带西段（7 线—15 线）为肯德可克向斜的翘起端，矿体多赋于上奥陶统中，为较为密集的、彼此沟通的断裂或破碎带所控制，它们相互切穿，产状变化较大，无矿化地段的断裂、破碎带为方解石脉或矽卡岩脉所充填。矿化地段，矿液沿多组断裂（裂隙）呈脉状、网脉状充填，围岩亦具矿化，致使西段矿体具单层厚度小、层多、分岔多的特点。此组构造与 F10 隐伏断层似为同一组，在肯德可克向斜形成前即已存在并活动，它们控制了本区矽卡岩带的雏形与浸染状细粒磁铁矿的形成；此断裂组的多期活动为矿床的成矿活动（矽卡岩期、热液期）提供了主要通道与场所。

③北矿带的控矿构造：主要为 F1 断裂所控制，F1 是矿区内规模最大的逆断层，具多期活动的特征。地表显示为明显的低凹地形，破碎带发育，形成断裂破碎带；深部则为矽卡岩交代或被矿体所充填，断裂特征不明显，但矿体中见有构造角砾残留等。矿体与断层产状一致，北倾。沿 F1 断裂后期热液活动强烈，铁矿体为金属硫化物叠加，主要有磁黄铁矿、黄铁矿、辉铋矿、辉砷钴矿、方钴矿、自然金等，局部见有白铁矿、毒砂、黄铜矿和闪锌矿。部分地段金属硫化物沿 F1 直达地表（1—8 线）。

④南矿带铅、锌矿体主要产于石炭纪地层的碳酸盐岩中，受构造破碎带和裂隙控制，破碎带与裂隙多呈张性，它们为后期的含矿热液提供了上升的通道与沉淀场所。因此，铅、锌矿体多沿裂隙充填、交代，呈细脉浸染状分布，脉的两侧呈星散浸染状。沿裂隙尚为方解石脉、绿泥石脉充填及黄铁矿浸染，并与铅、锌密切共生。

⑤成矿后的构造破坏：本区成矿后，基本未遭受强的构造活动影响，仅个别矿体的局部有构造破碎现象，见有铁矿石角砾为方解石脉及晚期磁铁矿胶结，角砾仍具有棱角状外形，晚期大量的方解石脉使铁矿石贫化。未见矿体错位及其它构造错动现象。

5.5.3 控制成矿的母岩因素

矿区所见的中酸性侵入岩体与脉岩，规模多很小，且多分布于矿区的西缘、西南缘，它们均未蚀变，与围岩接触处仅具褪色现象及微弱的蚀变，它们不可能产生大量的含矿气、液，不是与成矿有关的母岩。

本区的围岩蚀变具较明显的垂直分带，平面上呈带状，垂向上呈扣钟状，矽卡岩矿物的形成温度（蚀变温度）有向下递增的趋势；据此推测在深部有隐伏岩体的存在，推测与成矿有关；矿区施工的钻孔（最深 647.27 米）均未能穿透钙镁橄榄石矽卡岩带。目前对成矿母岩的性质尚不清楚。

5.5.4 控制成矿的围岩蚀变因素

本区铁矿的形成与分布，主要与矽卡岩化岩石关系密切，在现有工程控制深度内，围岩蚀变大致可分三个带，由下往上为钙镁橄榄石矽卡岩带、石榴石透辉石矽卡岩带、绿泥石化碳酸盐化带。铁矿的分布一般为石榴石透辉石矽卡岩带控制，局部铁矿体超出矽卡岩化带，与晚期热液成矿有关；工业铁矿体很少分布于钙镁橄榄石矽卡岩带中，仅局部构成主矿体的底板围岩。绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化（带），为本区围岩蚀变的外缘热液分带，主要叠加于石榴石透辉石矽卡岩带的上、中部及顶部石炭纪的碳酸盐岩中，是与其铅、锌矿化关系密切与控矿的蚀变，它的分布主要集中于肯德可克向斜的轴部，且略偏南翼，其上界不清楚，亦不普遍。

5.6 成因分析

肯德可克矿床的围岩主要为滩间山群变泥质硅质岩夹大理岩及石炭纪地层的碳酸盐岩、砂岩；主矿体赋存于滩间山群变泥质硅质岩夹大理岩蚀变的矽卡岩及肯德可克向斜轴部与滩间山群不整合面附近，它的空间分布为向斜轴部的层间构造、纵张构造、F1 与 F10 断层及其复合部位所控制；铁矿体在空间上与矽卡岩紧密共生，以透辉石、石榴石为其特征矿物，其外缘伴生有中—低温热液期的铅、锌矿床，普遍有热液期金属硫化物叠加与热液铁矿的形成。因此，肯德可克铁矿床为受一定层位和构造控制的复合型矿床。

肯德可克矿区金钴铋矿体赋存于滩涧山群，受层位控制明显，同时，矿体主要产于构造蚀变带中，显然受后期构造改造叠加作用的影响。层位、构

造是控制矿床的主要因素。

滩间山群下岩组的含泥钙质硅质岩是海底热水沉积形成的，热水沉积过程中从深部携带有大量的成矿物质，为成矿母岩，局部地段可以直接形成矿化（如泥钙质硅质岩中的金钴矿化等）。构造活动形成的断裂破碎带，为导矿和容矿提供了有利的空间，成矿有益组分发生活化、迁移，在构造和岩性薄弱地段富集形成矿体。

需要说明的是，矿体的空间分布与炭质板岩层位关系密切，矿体常产于炭质板岩的上下盘，且炭质板岩自身也含有较高的成矿元素，说明炭质层位在成矿过程中起到重要的作用。一方面，显示出原岩沉积环境是还原状态，保障了成矿元素不被迁移，另一方面，炭质层位自身特有的吸附性和 Eh 值使它在成矿作用中起到了地球化学障的作用，有利于矿质的沉淀富集。

综上所述，肯德可克金钴铋矿床是受特定的层位—海底热水沉积岩系、构造—特别是多期活动的脆—韧性断裂构造、特有的地球化学环境—炭质层位所共同控制的，其成因可归结为热水喷流沉积—改造叠加复合类型。特别需要指明的是，后期的改造作用是形成区内金、钴、铋复合型矿产不可缺少的重要条件。

第六章 成矿规律与找矿预测

6.1 成矿富集规律与找矿标志

6.1.1 矿床（体）富集规律

1、矿体富集规律

金钴铋矿体赋存于滩间山群的蚀变泥钙质硅质岩中，多分布于磁铁矿体的上盘，在磁铁矿体中虽也有矿体分布，但规模小，矿种单一。

构造上，矿体主要赋存于矿区中部的北西西向蚀变破碎带（F_1）中。

岩性上，致密的硅质岩层中矿较微弱；经过构造改造和热液叠加蚀变的硅质岩(具矽卡岩化)往往构成各类矿石；泥钙质硅质岩中发生的矽卡岩化、糜棱岩化和碳酸盐化叠加部位，矿化普遍强烈。

2、金钴铋矿体空间分布与铁矿的空间关系

（1）金钴铋复合矿体主要分布于 0—8 线间，0 线以西、8 线以东则主要为单金矿体。

（2）金、钴、铋及其复合矿体之间，具有一定程度的相关性，但规律性不明显。

（3）金、钴、铋及其复合矿体主要产于铁矿的上盘，金矿与铁矿之间具有一定程度的相关性，金矿与铁矿可共生。

6.1.2 找矿标志

1、铁矿找矿标志

（1）物探磁异常是寻找磁铁矿、尤其是隐伏磁铁矿的重要的手段与标志。

（2）具有滩间山群变泥质硅质岩夹碳酸盐岩分布地区是寻找本类型铁矿的主要部位。

（3）上列部位中褶皱、断裂的复合部位，是本类型铁矿床最有利的成矿地段，此亦是本区寻找类似铁矿的重要构造标志。

（4）矽卡岩与磁铁矿体在空间分布上紧密共生，是重要的蚀变找矿标志。与本类铁矿床有关的为钙镁质矽卡岩，此类矽卡岩以透辉石、石榴石为

特征矿物。

2、金钴铋矿找矿标志

（1）赋矿地层，滩间山群下岩组热水沉积的硅质岩层位是成矿母岩；

（2）构造，具有继承性好、多期次活动的北西西断裂破碎带是成矿流体的运移通道和矿体的赋存空间；

（3）矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、绿泥石化蚀变与成矿关系密切；

（4）地表所见的玫瑰红色钴华是直接的找矿标志。

6.2 地球物理探矿技术应用

6.2.1 磁法异常特征

肯德可克矿区由1:5000磁法测量结果,圈出南北二个异常带（图6-1），南异常带分布与肯得可克向斜基本一致，平面形态呈狭长哑铃带状，长短轴比约5：1，异常长约3000米，宽约100—600米，由500γ等值线圈定范围，长2200米，宽300—500米，垂直梯度为100γ/米，水平梯度50γ/米，ΔZ max=8000γ，具强度高、水平及垂直梯度大的特点，表明异常磁性体埋藏浅、顶板起伏呈驼峰状的特点。

北异常带，异常平面形态呈椭圆状，长轴北西西向，与F1断裂吻合，范围较小，ΔZ max=2000—5000γ，异常平剖图反映，异常峰形态尖锐、埋藏浅，东北西均被负异常环绕，南面因与南异常带相互干扰而呈正值，经工程验证，南、北异常均由矿体引起，由此矿带亦分为南北二个矿带。

南矿带以铁矿为主，伴生有锌、铅、银、镉、铜、金等矿产；北矿带以钴、金、铋、铁矿为主。

6.2.2 电异常特征

1、电性参数及特征

在矿区以含矿赋矿岩性为主，兼顾区内出露的和揭露的岩（矿）石，采集了70余块标本进行了电阻率和极化率测量，结果如表6-1。

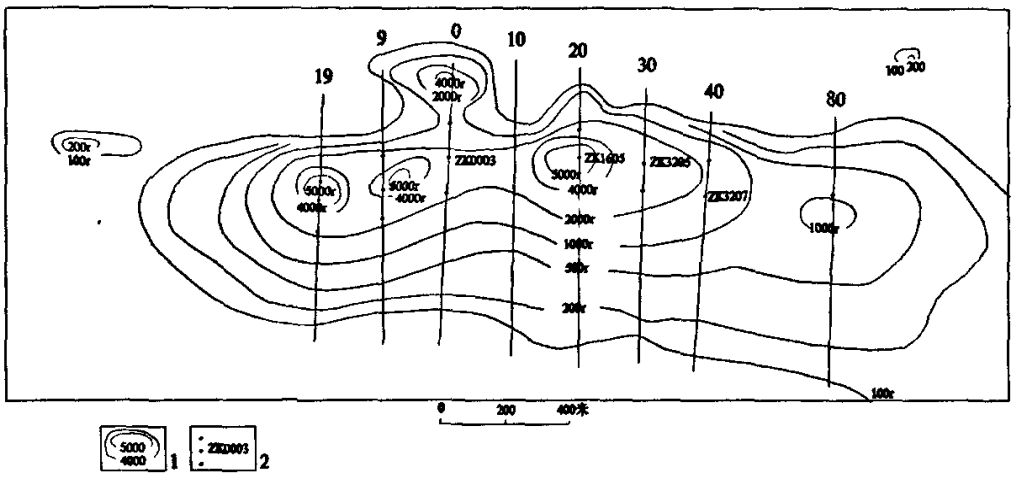


图 6-1　肯德可克矿区磁异常分布图

1. 伽马等值线　2. 钻孔位置及编号

表 6-1　肯德可克矿区岩（矿）石电性参数测量结果表

标本岩（矿）石名称	块数	极化率 η（%）	电阻率 ρ（Ω.m）	备　注
绿泥绿帘透辉矽卡岩	4	0.8—0.9	300—600	
透辉石矽卡岩	4	0.5—1.5	200—300	
硅质岩	4	0.6—0.7	100—200	
含碳质泥质岩	3	3.0—5.3	700—2000	
浸染状黄铁矿化块岩	4	3.0—6.8	<20	
块状黄铁矿化岩	4	8.7—15.5	<10	
条带状矽卡岩化硅质岩	4	1.5—2.1	8000—10000	
含碳质硅质岩	2	2.3—2.4	1500—2500	
含碳质硅质岩	2	2.5—4	<10	
含碳质硅质岩	2	4.5—5.5	<10	
含碳质硅质岩	2	3.0—4.8	<10	黄铁矿化
块状磁铁矿	3	10—30	<10	
块状磁铁矿	3	20—50	<10	
块状磁铁矿	3	20—40	<10	
石榴子石矽卡岩	2	0.9—1.0	300	
石榴子石矽卡岩	2	0.7—0.8	300—400	
辉绿玢岩	2	0.4—1.2	3000—8000	
石英斑岩	2	0.5—1.5	4000—8000	
大理岩	2	0.6—0.7	6000—10000	
大理岩	2	0.6—0.7	5000—8000	
矿石	4	0.6—0.8	80—150	
矿石	4	0.7—0.9	800—1000	

由上表可初步判断区内岩、矿石的电性特征：

（1）区内的硅质岩（蚀变弱）、大理岩、脉岩表现为高阻低极化特征，电阻率大于 $n\times10^3$（Ω•m），极化率小于 2%。

（2）矽卡岩类岩、矿石或矽卡岩矿物含量高（一般大于 70%）的岩、矿石表现为较高电阻率低极化特征，其电阻率 $\rho=n\times10^2$—$n\times10^3$（Ω•m），极化率小于 2%。

（3）含炭质岩、矿石表现为低电阻率较高极化率特征，其电阻率一般只有几十欧姆•米（Ω•m），极化率 2%—5%。

（4）黄铁矿、磁黄铁矿石，表现为低电阻率高极化率特征，其电阻率一般只有十几欧姆•米（Ω•m），极化率一般大于 10%。

（5）金、钴、铋矿石表现为较高电阻率低极化率特征，其电阻率为 $n\times10$— $n\times10^2$（Ω•m），极化率小于 1%。

可以看出，区内各类岩矿石之间电性差异明显，黄铁矿化岩石、磁黄铁矿石、含炭质岩石表现出低电阻率高极化特征，但金、钴、铋矿石则表现为低—中等强度的电阻率（$\rho=100$—1000（Ω•m））和低极化率（$\eta<1\%$=的特点，因而单独的矿体不能引起异常。

2、电性异常特征

通过自电、激电剖面测量工作，在区内获得三片自电、激电异常且相互对应：Ⅰ号自电异常位于矿区中部 3 线—0 线一带，西端未封闭，形态不完整。Ⅱ号自电异常位于矿区中部 18 线—30 线一带，总体呈近东西向带状展布，范围 130—150×280m，　有两个异常中心，其东部因异常未封闭而使东部异常中心不明显；西部异常中心位于 20 线，异常曲线北密南疏。Ⅲ号自电异常位于矿区北部 3 线—10 线一带，形态不规则，异常西端未封闭而使异常形态不完整。异常曲线南密北疏。

区内的视电阻率异常的分布与自电异常大体吻合。其中Ⅰ号异常位于矿区中部 3 线—6 线一带，呈东西向带状展布，西端未封闭，分布范围 80×200 米；该异常之南约 150 米有一形态与Ⅰ号异常类似而强度略低的Ⅰ′号异常，位于 3 线—4 线一带，范围 80×160 米。Ⅱ号异常位于矿区中部 18 线—30 线一带，强度低于Ⅰ号异常，同样其南部约 200 米有一Ⅱ′号异常，

异常中心位于20线一带，呈浑圆状。II、II′号异常整体呈不规则形状。

6.3 资源量计算

根据地质、地球物理资料综合预测并经过工程验证，矿区已发现铁矿体53个、金钴铋多金属矿体35个。初步计算全区磁铁矿资源量6668.52万吨，平均品位34.12%；铜矿资源量711吨，平均品位0.91%；铅矿资源量58350吨，平均品位0.98%，锌矿资源量30437吨，平均品位1.28%。Au：10212.24千克，平均品位：4.43 g/t；Co：482.75吨，平均品位：0.095 %；Bi：4457.98吨，平均品位：0.95%。

计算结果见表6-2～7。

表6-2 主要铁矿体资源量估算一览表(Fe)

矿体编号	品位 (%)	矿石量 (t)	备注
5	33.04	481196	南矿带
6	29.44	849870	南矿带
15	32.28	4213788	南矿带
18	29.48(表外 23.58)	2110334（表外 1094825）	南矿带
24	33.18	103842	南矿带
29	28.31	299692	南矿带
36	36.26(23.03)	656130（表外 102600）	南矿带
41	27.69	126558	南矿带
47	25.67	143550	南矿带
58（16-32）	34.75(表外 23.48)	18204940	南矿带
58（31-40）		17587210（表外 1195944）	南矿带
69	32.83(表外 23.88)	7136110（表外 27002）	南矿带
73	27.27	232182	南矿带
111	36.12	1526416	南矿带
113	38.70	844026	南矿带
125	35.01	7042665	北矿带
131	31.00	602038	北矿带
144	27.21(表外 24.77)	358450（表外 305746）	北矿带
146	39.84	884378	北矿带
合计	34.12	66685193	

表 6-3 铜矿体资源量估算汇总表

矿体号	资源量类型	单矿物铜资源量		
		矿石量（t）	平均品位（%）	金属量（t）
42	333	8558	0.72	62
58	333	25892	0.84	218
69	333	14445(2247)	0.51(0.39)	74(9)
71	332	1174	0.73	8
105	333	2138	0.48	10
118	333	5668	0.42	24
120	333	3532	2.63	92
127		2138	0.67	14
128		430	9.65	42
129		4282	0.58	24
132		2036	0.38	8
133		2036	1.38	28
135		1816	0.87	16
142		752	9.33	70
144		642	1.72	12
合计		77786	0.91	711

表 6-4 铅-锌矿体资源量估算汇总表

矿体号	资源量类型	铅资源量			锌资源量		
		矿石量（t）	平均品位（%）	金属量（t）	矿石量（t）	平均品位（%）	金属量（t）
3	333				2568	4.97	128
18	333	35232	1.15	406			
21	333				26752	3.89	1040
35					3742	2.72	102
36					87351	4.19	3660
52					5888	1.49	88
58		4064	1.26	52	23003	1.87	432
		166486	0.51	852	1400202	0.84	11808
59					4282	1.71	74
60					2144	3.30	70
61					5548	3.49	194
62					3312	1.58	52
63		5356	1.54	82			
64					1460	6.11	90
69		7704	1.47	114	15247	2.40	366
73					92153	1.90	1751
79		42824	0.70	3000			
83		17766	0.61	108			
84		170709	0.40	688			
85		1400830	1.26	17648			

		1969321	0.48	9519			
86		201480	0.79	1592			
91		498827	2.47	12321			
		282066	0.39	1906			
93		19318	0.61	118			
95		821942	1.08	8904			
97		110960	0.63	700			
99		100002	3.02	3020			
102		44776	0.50	224			
103					8776	2.29	200
125					368479	1.32	4864
131					275078	1.83	5034
合计		5977857	0.98	58350	2373843	1.28	30437

表 6-5 肯德可克矿区金资源量估算汇总表

矿种	资源量级别	矿石类型	矿石量（吨）	平均品位 (g/t)	金属量(Kg)
Au	332	Au	103865	3.13	325.05
	333	Au	86534	4.41	381.81
	334	Au	336781	6.50	2188.01
	333	Au1	111614	1.59	117.64
	334	Au1	91009	1.47	133.64
	333	Au+Fe+Cu	221746	2.77	614.75
	334	Au+Fe+Cu	353775	4.01	1417.94
	332	AuCo	7104	5.95	4.65
	333	AuCo	10143	5.27	53.45
	334	AuCo	112894	3.90	440.18
	333	AuBi	9180	1.86	17.06
	334	AuBi	166613	3.22	535.86
合计					10212.24

表 6-6 肯德可克矿区钴资源量估算汇总表

矿种	资源量级别	矿石类型	矿石量（吨）	平均品位 (%)	金属量(吨)
Co	333	Co	22217	0.036	8.0
	334	Co	15470	0.061	9.49
	334	Co1	72076	0.022	15.75
	332	Au+Co	7104	0.034	2.42
	333	Au+Co	10143	0.024	2.43
	334	Au+Co	112894	0.028	31.53
	333	Co+Bi	3552	0.06	2.13
	334	Co+Bi	22047	0.053	11.68
	334	Au+Co+Bi	166840	0.238	396.82
合计					482.75

表 6-7 肯德可克矿区铋资源量估算汇总表

矿种	资源量级别	矿石类型	矿石量（吨）	平均品位(%)	金属量(吨)
Bi	333	Au+Bi		0.591	32.58
	333	Bi1	2079	0.243	5.05
	334	Bi1	59332	0.243	144.05
	333	Au+Bi	9180	0.225	20.64
	334	Au+Bi	166613	0.929	1548.16
	333	Co+Bi	3552	0.298	10.59
	334	Co+Bi	22047	0.238	52.43
	333	Au+Co+Bi	14994	2.21	331.72
	334	Au+Co+Bi	151846	0.673	1021.88
	334	Au+Co+Bi	166840	0.811	1353.6
合计					4457.98

第七章 结 论

肯德可克铁、金多金属矿床位于柴达木准地台南缘昆北火山—侵入杂岩带的西段，区内的铁矿床主要有：尕林格大型铁矿，肯德可克和野马泉中型铁矿，五一河、群力、全红山、那东（共五处）小型铁矿及 24 处铁矿点，铁矿资源丰富，资源量总计 19743.3 万吨，占青海省铁矿上表资源总量（23111.0 万吨）的一半以上，是青海省最重要的铁矿成矿区；在铁矿中普遍共（伴）生有色金属及贵金属矿产，矿体多赋存于上奥陶统滩涧山群中。

在铁矿详查阶段，采用 200×100—50 米的基本网度，利用钻探手段对铁矿进行控制，基本查明了铁矿体的形态、规模、产状及空间展布特征，并注重了矿产的综合评价，铁、硫、铅、锌达中型规模，伴生的镉、银具大型规模，金具小型规模。

在金及多金属矿详查阶段，采用 40—80×40—80 米的基本网度，利用槽探、坑探、钻探等手段对金、钴、铋等矿产进行控制，基本查明了各矿体的形态、规模、产状、质量、空间展布及其之间的相互关系，首次在该区发现并圈出具工业意义的钴、铋矿体，基本查明了金、钴、铋矿体与铁矿的空间关系，重视了矿床的综合利用和综合评价，新发现的矿体金矿具中型规模，钴、铋矿具小型规模。

本论文取得的主要成果如下：

1、通过对以往工作进行系统的总结，对区内成矿地质背景、成矿地质条件进行了分析，认为肯德可克多金属矿床是产于晚奥陶世裂谷环境下与热水喷流作用有关的复合型矿床，热水喷流作用形成的泥硅质岩是成矿母岩。

2、通过对矿体空间分布规律的研究，认为矿体主要受层位和构造控制，蚀变的泥硅质岩和同生的断裂构造带是控矿的两大主要因素。

3、通过对含矿岩石基本特征的研究，认为区内的含矿岩石—矽卡岩为非接触交代成因，其原岩为热水喷流作用形成的泥硅质岩；矽卡岩的发育程度与后期构造热液叠加改造有关。

4、通过对金属矿物物相分析研究，基本查明了金属矿物的赋存特征及其之间的嵌布关系，金主要以自然金形式与辉铋矿，自然铋关系密切，钴主

要以方钴矿、辉砷钴矿形式与黄铁矿、磁黄铁矿密切共生。

5、通过稀土元素分析，初步了解了含矿岩石稀土元素的配分模式，矽卡岩和硅质岩具有相似的稀土配分模式，说明它们的形成环境是相同的，既同处于裂谷环境下，为热水喷流作用形成的泥硅质岩经后期改造形成的。

6、对各矿体的空间关系进行了初步的探讨，认为钴、铋、铅、锌、银、铜等多金属矿产多产于铁矿的上部，金矿即可产于铁矿的上部，也可产于其下部，还可与铁矿共、伴生。

7、对矿床成因有了认识，认为该矿床是热水沉积—叠加改造型矿床，主要赋矿岩石为晚奥陶世裂陷槽环境中热水喷流作用形成的蚀变泥硅质岩。

8、初步圈出铁矿体 53 条，探获 332+333 资源量：铁 7107.9 万吨，铅、锌及其复合矿体 10 条，资源量：锌 12.5 万吨，铅 4.5 万吨，伴生银 132.21 吨。铜矿体 4 条，资源量 711 吨。新圈定金钴铋综合矿体群 35 条，探获 332+333+334 资源量：金 10212.24 千克，平均品位 4.43g/t，钴 482.75 吨，平均品位 0.095%，铋 4457.98 吨，平均品位 0.95%。

9、通过物探自电和激电测量工作，区内发现三处与成矿关系密切的异常，从而拓展了找矿空间，为进一步工作提供了可靠的地质依据。

10、通过成矿预测研究，认为铁矿南矿带具有与北矿带类似的寻找金钴铋矿的潜力，南矿带隐伏的 F10 断裂为金钴铋矿的赋存空间。

总之，肯德可克矿床是一个国内罕见、青海省内特有的铁金多金属矿床，具有巨大的潜在的经济价值，是实现将资源优势转化为经济优势的理想矿床。本论文通过对肯德可克矿床地质特征、成矿规律、控矿因素、成因类型及成矿预测研究，总结取得的勘查成果，将为矿床开发以及同类型相似矿床的综合评价提供积极的借鉴和参考。

参 考 文 献

[1] 张德全等.东昆仑地区综合找矿与突破.内部资料.2002.6

[2] 芮宗瑶.海底喷气沉积矿床研究的新进展.国外矿床地质.1989.(2):19—57

[3] 刘继顺.喷流沉积成矿作用研究的若干问题.矿产与地质.1996.(1):6—10

[4] 王中刚、于学元、赵振华编著.稀土元素地球化学.北京科学出版社.1989

[5] 丁振举、刘丛强等.海底热液沉积物稀土元素组成及其意义.地质科技情报.2000.(1)

[6] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志. 地质出版社. 1991

[7] 张绍宁, 陈世顺等. 青海东昆仑肯德可克及外围钴铋金铜综合评价报告. 国土资源大调查项目报告. 2002

[8] 张绍宁, 伊有昌等. 青海省格尔木市肯德可克矿区金钴铋矿普查报告. 内部资料. 2001

[9] 张绍宁, 陈世顺等. 青海省格尔木市肯德可克矿区铁金多金属矿资源量估算报告.青海省矿产资源评审报告.2004

[10]朱上庆，郑明华主编. 层控矿床学 [M]，北京：地质出版社，1991.

[11]朱上庆，黄华盛等著. 层控矿床地质学 [M]，北京：冶金工业出版社，1988.

[12]周建平，徐克勤，华仁民等.滇东南喷流沉积块状硫化物特征与矿床成因[J]，矿物学报，1998，18（2）：158～168.

[13]中国科学院青藏高原综合考察队编. 喀喇昆仑山－昆仑山地区地质演化 [M]，北京：科学出版社，2000.

[14]中国科学院矿床地质研究所编. 同生论与层控矿床 [M]，北京：学术期刊出版社，1988.

[15]郑明华,周渝峰,刘建明，F Vavtar 等. 喷流型与浊流型层控金矿床[J]. 四川科学科技出版社,1994,273pp.

[16]赵江天 夏林圻 夏祖春 徐学义.北祁连山大陆裂谷硅质岩的稀土元素判别[J]，科学通报，1999 06

[17]张以弗，郑健康著. 青海可可西里及邻区地质概论 [M]，北京：地震出版社，1994.

[18]张立生. 现代海底的成矿作用与矿产资源[J]，四川地质学报，1999，19（4）：281～290.

[19]张理刚著. 成岩成矿理论与找矿［M]，北京工业大学出版社，1989.

[20]张复新，喷流岩及其识别与找矿[J]，地质科技情报，1988，7（3总28）：67～73.

[21]张汉文. 青海铜峪沟铜矿床的热水沉积规律及形成环境——兼论热水作用与火山活动的关系[J]，西北地质科学，2000，21（2）：46～55.

[22]张汉文. 青海铜峪沟铜矿床的矿化特征、形成环境和矿床类型[J]，西北地质，2001，34（4）：30～42.

[23]张德全，王彦，丰成友等.驼路沟喷气沉积钴（金）矿床的地质一地球化学[J]，矿床地质，2002，21（3）：213～222.

[24]翟裕生. 论成矿系统[J]，地学前缘，1999，6（1）：13～27.

[25]袁万明. 东昆仑早石炭世火山岩的地球化学特征及其构造背景[J],岩石矿物学杂志，1998，17（4）：289～295.

[26]於崇文，岑况等著. 成矿作用动力学［M]，北京：地质出版社，1998.

[27]于增慧，翟世圭. 海底热液沉积物中流体包裹体的研究进展，海洋地质与第四纪地质，2000，20（1）：93～96.

[28]殷鸿福，张克信. 东昆仑造山带的一些特点[J]，地球科学，1997，22（4）：339～342.

[29]杨言辰，冯本智等. 吉林老岭大横路式热水沉积叠加改造型钴矿床，长春科技大学学报，2001，31（1）：40～45.

[30]杨金中,沈远超,刘铁兵.新疆东昆仑祁漫塔格群火山岩建造成因初析[J]，新疆地质，2000，18(2总66)：105～112.

[31]薛纪春，姬金生，刘华山等. 北祁连镜铁山海底喷流沉积铁铜矿床[J]，矿床地质，1997，16（1）：21～30

[32]薛春纪，祁思敬，郑明华，刘建明.热水沉积及相关科学问题[J]，矿物岩石地球化学通报，2000，19（3）：155～163.

[33]薛步高等 .论易门铜矿区叠加钴矿化地质特征.矿产与地质[J] ,1 996,1 0(6):3 88～ 3 94.

[34]薛步高. 论易门铜矿区叠加钴矿化地质特征[J]，矿产与地质，1996，10（6）：388～394.

[35]徐勇等. 昆仑造山带钴矿找矿前景初步评价[J].有色金属矿产与勘查 ,1999,8(6):3 96～ 3 99.

[36]徐勇，祝新友. 昆仑造山带钴矿找矿前景初步评价[J]，有色金属矿产与勘查，1999，12（6）：396～399.

[37]肖荣阁，张汉城，陈卉泉等. 热水沉积岩及矿物岩石标志[J]，地学前缘，2001，8（4）：379～385.

[38]肖荣阁，杨忠芳. 热水成矿作用[J]，地学前缘，1994，1·(3-4)：140～147.

[39]吴志亮，李峰著. 热水沉积成岩成矿作用一以阿尔泰泥盆纪火山沉积盆地为例［M]，北京：地质出版社，1996.

[40] 邬介人. 青海锡铁山块状硫化物矿床地质特征［J］. 矿床地质，1985，4（2）：1～6.

[41]王玉往，秦克章. VAMSD 矿床系列最基性端元——青海省德尔尼大型铜钴矿床的地质特征和成因类型[J]，矿床地质，1997，16（1）：1～10.

[42]王守伦. 矿床成因研究的一些新动向——第七届国际矿床成因学术讨论会概况，地质科技情报，1988，7（2 总 27）：71～7 4.

[43]涂光炽. 过去 20 年矿床事业发展的概略回顾[J]，矿床地质，2001，20（1）：1～9.

[44]陶文. 广西硅质岩建造与成矿作用[J]，广西地质，2002，15（2 总 64）：35～38.

[45]孙鸿烈，郑度主编. 青藏高原形成与发展［M]，广州：广东科技出版社，1998.

[46]孙海田等. 中条山热液喷气成因铜矿床 [M].北京 :北京科学技术出版社 ,1 990.

[47]宋治杰，张汉文，李文明等. 青海鄂拉山地区铜多金属矿床的成矿条件及成矿模式[J]，西北地质科学，1995。16（1）：134～144.

[48]盛吉虎，陈中新. 硅质岩沉积地球化学研究现状[J]，地域研究与开发，

1998，17：117～121.

[49]沈远超，邹为雷,曾庆栋,刘铁兵. 矿床地质学研究的发展趋势：深部构造与成矿作用[J]，大地构造与成矿学，1999，23(2总80)：180～185.

[50]钱壮志，胡正国，刘继庆等. 古特提斯东昆仑活动陆缘及其区域成矿[J]，大地构造与成矿学，2000，24（2总84)：134～139.

[51]钱壮志，胡正国，李厚明. 东昆仑中带印支期浅成－超浅成岩浆岩及其构造环境[J]，矿物岩石，2000，20（2)：14～18.

[52]祁思敬. 区域成矿学研究现状与发展趋势，西安工程学院院报，1999，21（1)：44～48.

[53]祁思敬，李英等著. 秦岭热水沉积型铅锌（铜）矿床［M]，北京：地质出版社，1993.

[54]祁思敬，李英. 南秦岭晚古生代海底喷气－沉积成矿系统[J]，地学前缘，1999，6（1)：171～179.

[55]裴荣富等 .中国矿床模式 [M].北京 :地质出版社 ,1 995.[8] 孙继源 ，等 .中条山裂谷铜矿床 [M].北京 :地质出版社 ,1 995,49 ～ 1 0 0.

[56]潘桂棠，徐强等著. 东特提斯地质构造形成演化［M]，北京：地质出版社，1997.

[57]潘彤,马梅生,康祥瑞. 2001，东昆仑肯德可克及外围钴多金属找矿突破的启示 中国地质(J), 28（2)：17～20.

[58]纳尔德雷特ＡＪ. 加拿大拉布拉多地区沃伊塞湾镍、铜钴矿床地质[Ｊ].国外地质科技 ,1 997,2 :1～ 7.

[59]论现代岛弧、海沟及弧后盆地系统的热液沉积成矿作用[J]，海洋通报，1996，15(2)：77～85，

[60]卢作祥，范永香，刘辅臣编著. 成矿规律和成矿预测学［M]，中国地质大学出版社，1988.

[61]刘增乾，徐宪等著. 青藏高原大地构造与形成演化，《地质专报》10号，北京：地质出版社，1990.

[62]刘家军，郑明华，刘建明等. 西秦岭寒武系硅岩建造喷流沉积作用与矿

质聚集[J]，高校地质学报，1998，4（1）：20～33..

[63]李文达译. 稀土元素在矿床中的应用［M]，北京：地质出版社，1987.

[64]李日俊，买光荣，彭更新等. 东昆仑石炭世复理石沉积的大地构造背景初探，新疆石油地质，2000，21（1）：45～49.

[65]李厚明，沈远超，胡正国等. 青海东昆仑驼路沟钴（金）矿床地质特征及成因初探[J]，地质与勘探，2001，37（1）：60～64.

[66]李厚明，沈远超，胡正国. 青海东昆仑驼路沟钴（金）矿床地质特征一一种新型的与富钠火山岩有关的钴矿床[J]，矿物岩石，2000，9（4）：321～322.

[67]李粹中. 海底热液成矿活动研究进展、热点及展望[J]，地球科学进展，1994，9（1）：14～19.

[68]姜春发等著. 昆仑开合构造，《地质专报》12 号［M]，北京：地质出版社，1992.

[69]姜春发，王宗起. 李锦铁等著，中央造山带开合构造［M]，北京：地质出版社，2000.4.

[70]贾群子等著. 西昆仑块状硫化物矿床成矿条件和成矿预测［M]，北京：地质出版社，1999.

[71]黄继春，张克信，朱艳明等. 东昆仑造山带海西一印支期构造古地理演化的古地磁证据[J]，地球科学，1999，24（2）：155～160.

[72]胡正国，刘继庆，钱壮志等. 东昆仑区域成矿规律分析[J]，西安工程学院学报，1999，21（4）：46～50.

[73]侯增谦，莫学宣. 现代海底热液成矿作用研究现状及发展方向[J]，地学前缘，1996，3（3-4）：263～273.

[74]韩发，孙海田. Sedex 型矿床成矿系统[J]，地学前缘，1999，6（1）：139～156.

[75]郜兆典. 海相热水沉积矿产问题探讨[J]，广西地质，2000，13（2）：23～29.

[76]高章鉴，罗才让，井继锋. 青海省肯德可克金矿热水沉积层矽卡岩特征及成矿意义[J]，西北地质，2001，34（2）：50～53.

[77]高怀忠. 关于热水沉积物的稀土配分模式的讨论[J]，地质科技情报，1999，18（3）：40～42.

[78]冯益民，何世平. 北祁连山寒武－奥陶纪硅质岩岩石化学特征及形成环境，西北地质科学，1994，15（1）：17～25.

[79]冯彩霞，刘家军. 硅质岩研究现状及其成矿意义，世界地质，2001，20（2）：119～123.

[80]方适宜. 矿物学岩石学地球化学研究进展综述[J]，铀矿地质，1996，12（3）：144～155.

[81]段国莲. 论德尔尼黄铁矿型铜、钴矿床的地质特征及其与塞浦路斯铜矿的区别 [J].化工矿产地质 ,1 998,2 0 (4):2 87～294.

[82]董维全，陈先沛，高计元. 西秦岭南亚带太阳顶群硅质岩的沉积地球化学及成因研究[J]，地球化学，1994，23（增刊）：145～153.

[83]戴问天. 海底热液沉积成矿 [J]，地质与勘探，1985，（6）：22～27。

[84]崔春龙. 硅质岩研究中的若干问题[J]，矿物岩石，2001，21（85）：100～104.

[85]程裕淇主编. 中国区域地质概况 [M]，北京：地质出版社，1994.

[86]陈先沛. 热水沉积作用的概念和几个岩石学标志，沉积学报，1992，10（3）：124～132.

[87]陈多福，陈先沛，陈光谦等. 热水沉积作用与成矿效应[J]，地质地球化学，1997，（4）：7～11.

[88]ГА 克鲁托夫著. 钴矿床 [M]，中国工业出版社，1965.

[89][英] 查.赫奇逊著. 矿床及其构造背景 [M]，北京：地质出版社，1983.

[90][美] J.B 梅纳德著. 沉积矿床地球化学[M]，北京：地质出版社，1986.

[91]Zierenberg R A, Koski R A, Morton J L, et al. Genesis of massive sulfide deposits on the sediment – covered spreading center, Escanada Trough, Southern Gorda Ridge. *Econ Geol,* 1993, 88: 2069 ～ 2098.

[92]Yamamoto K. Geochemical characteristics and depositional environments of cherts and associated rocks in the Franciscan and Shimanto terrenes. *Sedimentary Geology,* 1987, 52: 65 ～ 108.

[93] Williams D L, Von Herzen R P. Heat loss of the earth[J]. *Geology,* 1974, (2): 201～210.

[94] Urabe T, Yuasa M, Nakao S, et al. Hydrothermal sulfide from a submarine caldera in the Shichito Iwojima Ridge, northwestern Pacific. *Marine Geol,* 1987, 74: 295 ～ 299.

[95] Rona P A. Hydrothermal processes at seafloor spreading centers. *New York: Plenum Press,* 1 983, 473～489.

[96] Rona P A. Black smokers and massive sulfides at the TAG hydrothermal field, Mid-Atlantic Ridge, 26° N. *EOS,* 1985, 66: 936.

[97] Rona P A et al. Hydrothermal mineralization at oceanic ridges. *The Canadian Mineralogist—seafloor hydrothermal mineralization,* 1 988,2 6 (3):431～466.

[98] Marching V. Some geochemical indicators for discrimination between diagenetic and hydrothermal metalliferous sediments. *Marine Geology,* 1982, 50: 241 ～ 256.

[99] Lydon L W. Ore deposit Models – 8, Volcanogenic massive sulfide deposits Part 1: a descriptive model. *Geo – Science Canada,* 1984, 11: 195 ～ 202.

[100] Leinen M, Mcduff R, Delaney J, et al. Off – axial hydrothermal activity in Mariana Mounds Field. *EOS,* 1987, 68: 1531.

[101] Kimura M, Uyeda S, Kato M, et al. Active hydrothermal mounds in the Okinawa trough back arc basin, Japan. *Tectonogeophysics,* 1988, 145: 319 ～ 324.

[102] Hekinian R, Fevrier M, Bischoff J L, et al. Sulfide deposits from the East Pacific Rise Near 21° N. *Science,* 1980, 207: 1433 ～ 1444.

[103] Harry H R, Robert S C. Evidence of episodie fluid, gas, and sediment venting on the Northern Gulf of Mexico continental slope[J]. *Economic Geology,* 1997, 98: 863～879.

[104] Halback P, Nakamura K, Washsner M, et al. Probable modern analogue of Kuroko – type deposits in Okinawa trough back arc basin. *Nature,* 1989,

338: 496 ～ 499.

[105] Francheteau J, Ballard R D. The East Pacific Rise near 21° N, 13° N and 20° S: inference for along – strike vari-ability of axial processes of the mid – ocean ridge. *Earth Planet Sci Lett,* 1983, 64: 93 ～ 116.

[106] Fouquet Y, Stackelberg U, Charlou J L, et al. Metallogenesis in back－arc environments: The Lau basin example. *Econ Geol,* 1993, 88: 2154 ～ 2181.

[107] Eldridge C S, Barton P B J, Ohmoto H. Mineral textures and their bearing on formation of the Kuroko orebodies. *Econ Geol,* 1983, Monogr 5: 241 ～ 281.

[108] Edmond J M, Von Damm K L, McDuff R E. Chemistry of hot spring on the East Pacific Rise and their effluent dispersal [J]. *Nature,* 1982, 279(5863): 187～191.

[109] Davis E E, Goodfellow W D, Bornhold B D, et al. Massive sulfides in a sedemented rift valley, northern Juan de Fuca Ridge. *Earth Planet Sci Lett,* 1987, 82: 49 ～61.

[110] Cathles L M, Guber A L, Lenagh T C, et al. Kuroko－type massive sulfide of Japan: Products of an absorbed island－arc rift. *Econ Geol,* 1983, Monogr 5: 96 ～114.

[111] Campell A C, Palmer M R, Klinkhammer G P. Chemistry of hot springs on the Mid – Atlantic Ridge. *Nature,* 1988, 335: 514 ～ 519.

[112] Bostrom K. Langban－ An exhalative sedimentary deposit *Econ. Geol.,* 1979, 74: 10002 ～ 10011.

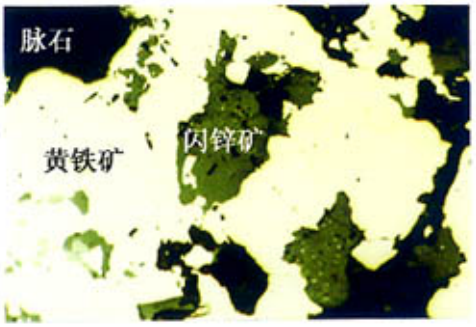
[113] Bostrom K, Krememer T, Gantner S. Provenace and accumulation rates of opaline silica, Al, Fe, Mn, NI, and Co in pacific pelagic sediment. *Chemical Geology,* 1973, 11(1/2): 123 ～ 148.

[114] Bischoff J L. Red Sea geothermal brine deposits. In: Degens E T, Ross D A (eds). Hot brines and recent heavy metal deposits of the Red Sea. *New York:: Springer-Vetlag,* 1969. 338 ～ 401.

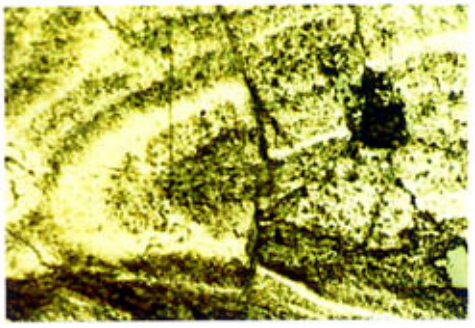
[115] Binns R A, Scott S P, Bogdanov Y A. Hydrothermal oxide and gold-rick sulfide deposits of Franklin Seam on Western Woodlark basin Papua New guinea. *Econ Geol,* 1993, 88: 2122 ～ 2153.

[116] Adachi M, Yamamoto K, Sujgisk R. hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the Northern Pacific: Their geological significance as indecation of ocean ridge activity. *Sedimentary Geology,* 1986, 47(1/2): 125 ～ 148.

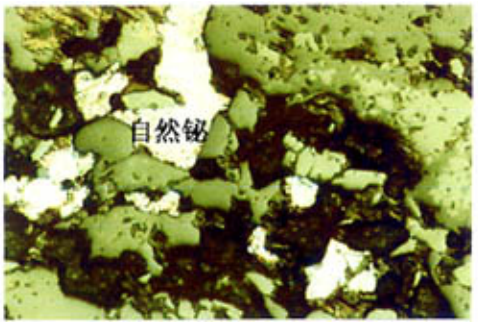
附 照片



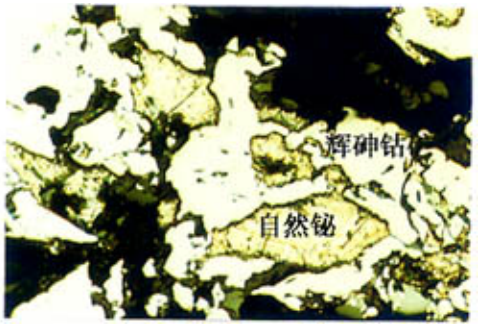
照片 1 半自形粒状黄铁矿与连生闪锌矿嵌布在脉石中 ×300



照片 2 胶状黄铁矿（不均一黄色）嵌布在脉石中 ×300



照片 3 自然铋呈细粒嵌布在脉石中 ×300



照片 4 自然铋呈细粒状、脉状充填在辉砷钴矿粒间 ×300



照片 5 矽卡岩化硅质岩，含钴华



照片 6 条带状硅质岩（热水沉积岩）

致 谢

在即将完成工程硕士学位论文之际，回想近五年来的学习生活，真是思绪万千。1999 年在昆仑山上与赖健清教授相识，在赖教授鼓励和帮助下，2000 年开始地质工程硕士学习，五年来，我的每一点点进步无不凝聚着导师诚挚的教诲和殷切的期待。

导师治学严谨，思想深邃；学识渊博，思维敏锐；因人施教，善于引导；心底无私，宽厚待人；这些都给我留下了深刻的印象，时刻激励着我努力学习，不断进步，是我今后工作和学习的榜样。导师教学、科研任务繁重，而且还身兼数职，但他时刻惦记着我，帮我查找并提供了大量的资料和文献，为我的工作和论文撰写带来了极大的帮助。本论文从选题至定稿都是在导师直接指导下完成的，并提出了许多有益的意见和修改建议，真诚感谢导师多年来对我学习和生活上的帮助和关心。

感谢在校学习期间戴塔根教授、彭省临教授、奚小双教授、刘继顺教授、胡祥昭教授等老师的指导。

感谢青海省有色地勘局马梅生高级工程师、康祥瑞高级工程师、潘彤高级工程师、吴廷祥高级工程师、肖积图高级工程师、雷讯高级工程师、黄爱云高级工程师等及有色矿勘院孙占科高级工程师、沈小荣高级工程师、俞忠孝高级工程师等的大力支持；特别感谢我的家人，正是他（她）们的鞭策和鼓励使我得以完成学业。

最后，再次衷心感谢关心和帮助过我的老师、同事和同学们！

攻读学位期间主要的研究成果

1. 张绍宁，伊有昌等.青海省格尔木市肯德可克地区金钴铋矿普查报告.中国有色地质总局.2000.找矿发现一等奖
2. 张绍宁，陈世顺，保广英.青海省格尔木市肯德可克铁金多金属矿资源量估算报告.青海省储量评审中心
3. 张绍宁，沈小荣，孙占科等.青海省格尔木市肯德可克铁金多金属矿岩石地球化学特征.青海省地质学会成立 40 周年论文集.2005.