

论文分类号 P618.51
密 级 内部

单 位 代 码 10183
研究生学号 2001612010

吉 林 大 学

硕 士 学 位 论 文

山东招远黄埠岭金矿床
地质特征及矿化富集规律

Geological Features of Huangbuling Gold Deposit and the Enrichment Regularities
of Gold Mineralization Zhao yuan, Shangdong Province

作者姓名：张艳彬

专 业：矿物学、岩石学、矿床学

导师姓名：张 渊 孙丰月

及 职 称：副教授 教 授

论文起止年月：2001 年 9 月至 2004 年 6 月

吉林大学硕士学位论文原创性声明

本人声明：所呈交的硕士学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

吉林大学硕士学位论文使用授权的说明

本人同意学校有权保留并向国家有关部门送交学位论文的复印件，允许论文被查阅和借阅。

同意学校及国家有关机构公布论文的全部或部分内容，并采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

论文作者签名：

指导教师签名：

日期： 年 月 日

日期： 年 月 日

内 容 提 要

黄埠岭矿区位于招-莱浅成脉岩带的西侧。通过野外和室内综合研究查明了黄埠岭金矿的控矿构造为凤凰山—黄埠岭断裂上盘次级构造，并非前人认为的灵北断裂南段上盘的次级构造。容矿围岩为玲珑花岗岩。黄埠岭金矿为一中型高品位的矿床，矿石品位最高可达 1000 g/t 以上。该矿床矿体呈脉状、柱状、透镜状及不规则状产于矿脉内，走向 NE，倾向 SE，NE 向侧伏；矿石物质组成复杂，研究中首次在矿区内发现了大量的硫盐矿物。围岩蚀变有钾化、硅化、绢英岩化、绢云母化和碳酸盐化，以硅化为主。含矿流体包裹体的研究表明，该矿床成矿压力为 363 ~ 925bar，成矿温度主要集中在 250 。同位素测定结果表明，成矿热液由岩浆水和大气降水混合而成，金矿床中硫来自重熔花岗质岩浆。矿区内发现有次安山岩脉，穿切了早期矿脉，并与 NNE 向矿化脉密切相关。说明黄埠岭矿床为中深成中温热液金矿并有浅成热液叠加的矿床。金的富集主要与 Mo、Bi、Te、Ag 密切正相关，而与 Co、Ni 呈负相关。矿体在矿脉内呈分段富集规律，主要产在次级构造、构造交汇部位以及构造转折部位。根据矿床地质特征、矿化富集规律及勘查地球物理、勘查地球化学和找矿矿物学等综合信息进行了矿体定位预测，取得了理想效果。

目 录

前言	1
第一章 区域地质背景	3
第一节 地层	3
一、新太古代胶东岩群	4
二、古元古代荆山群和粉子山群	5
三、新元古代蓬莱群	5
四、中生代莱阳群、青山群	5
五、新生代新第三纪、第四系	6
六、胶东群变质岩系与金成矿的物质关系	7
第二节 岩浆岩	7
一、玲珑片麻状花岗岩	7
二、郭家岭花岗岩	8
三、滦家河花岗岩	8
四、脉岩	9
第三节 区域构造	10
一、东西向基底复背斜构造	11
二、北东—北北东向断裂构造	11
三、区域构造演化与金矿带空间展布	12
第二章 矿床地质	14
第一节 矿脉及矿体地质特征	15
一、7 号脉	15
二、10 号脉	17
三、15 号脉、4 号脉、14 号脉及北北东向脉	19
第二节 矿石物质组成、矿石组构、成矿阶段	20
一、矿石组成矿物	20
二、矿石构造、矿石结构	29
三、矿化阶段	29

第三节 围岩蚀变	31
第四节 矿化类型	32
第五节 矿床成因分析	32
一、成矿地质条件	32
二、成矿物理化学条件	34
三、成矿物质来源	37
四、晚期浅成热液的特征与成矿	39
第三章 矿化富集规律	40
第一节 矿化富集规律的物化探信息	40
一、黄埠岭矿区成矿构造格架的地球物理信息	40
二、矿化富集规律的勘查地球化学信息	41
第二节 矿体重现地质规律	46
一、控矿构造与矿化富集规律	46
二、矿脉中矿体分段富集	48
第三节 矿体定位预测	50
一、未知矿体定位预测参数	50
二、靶区预测及工程查证	53
结论	55
致谢	57
参考文献	58
中文摘要	
英文摘要	
图版	

前 言

胶东是我国著名的金矿集中区和黄金重要产地。该区不仅金矿床（点）星罗棋布，资源丰富，而且还以矿床类型新、配套全，尤其是以大型—特大型金矿床聚集为特点。由此，近 30 年来一直是进行金矿地质勘查及金矿地质科研的“热区”，引起国内外地质学家的关注。黄埠岭金矿位于山东省招远市南部与莱州交界的蚕庄盛家村西南山，位于招平断裂带和焦—新断裂带之间凤凰山—黄埠岭断裂的上盘。东距招远市区 30 公里，北距蚕庄镇 5 公里，西距烟潍公路 10 公里。地理坐标东经 $120^{\circ}09'$ ，北纬 $37^{\circ}22'$ 。属蚕庄金矿管辖。

在黄埠岭矿区内，于 1963 年和 1973 年山东省地质六队两次对该区金矿进行地质普查工作，圈出 14 条矿化蚀变带；1967 年至 1979 年山东省冶金地质勘探公司第三勘探队，对该区进行了地质物化探普查找矿和评价工作，获得黄金 1976 kg；1981 年招远黄金地质队在前人工作的基础上，对该地区 10 号脉东段进行了地质普查探矿工作，获黄金 211.78kg；1994 年和 1998 年武警黄金地质研究所两次对该区进行地质和物化探找矿，并提交研究报告。

黄埠岭金矿区是蚕庄金矿的主要生产采区之一，该矿区经过二十多年的开采，探明的后备资源量满足不了矿山的持续生产，造成矿山选厂不能满负荷生产。根据矿山的急需，2002 年山东省招金集团公司蚕庄金矿与吉林大学地球科学学院达成协议，与张渊老师等项目组进行为期两年的合作研究。拟定了“山东招远蚕庄黄埠岭矿区成矿规律及矿体定位机制研究”的研究课题。本论文以该项目为依托，结合矿山实际生产需要和所学专业，选定了“山东招远黄埠岭金矿床地质特征及矿化富集规律”为硕士学位论文。目的是通过详细的了解该矿床的矿床地质特征，分析其矿床成因，总结该矿床的矿化富集规律，并通过综合地质和找矿预测研究来获取新的矿体定位靶区，为生产探矿导向。

论文以野外地质工作为基础，遵循野外与室内综合研究相结合的原则。于 2002 年 7~8 月和 2003 年 7~8 月进行了野外工作。按照项目的目标、任务，结合硕士学位论文要求，论文在充分的资料收集、综合分析的基础上，结合相应的野外工作，完成的工作

量如下表所示（表 0-1）：

表 0-1 研究工作量一览表

序号	研究内容	工作量	序号	研究内容	工作量
1	原生晕地球化学	440（件）	13	编制联合剖面图	1（套）
2	找矿矿物学	260（件）	14	修改地质图	1（份）
3	含矿流体	20（件）	15	钻孔编录	1424.6(米)
4	矿石光片	216（件）	16	定向构造研究	8（件）
5	岩石薄片	36（件）	17	探槽素描	66（米）
6	电子探针	90（件）	18	岩心鉴别	26（件）
7	电镜分析	120（小时）	19	地表沿脉追索	3900（米）
8	红外光谱	30（件）	20	素描图	20（幅）
9	地质、显微摄影	5（卷）	21	绘制元素相关分析剖面	
10	坑道编录	3143(米)	22	绘制模拟图件	
11	实测剖面	1966(米)	23	绘制预测图件	
12	编制立体图	1（套）	24		

本文在区域地质背景研究基础上，阐述黄埠岭金矿床矿体特征、矿石物质组成、矿石组构、围岩蚀变和矿化类型，探讨了黄埠岭金矿床成因。在综合地质、勘查地球物理、勘查地球化学信息的基础上，总结了黄埠岭金矿化富集规律，并对未知矿体进行定位预测。

通过我们的研究认为，黄埠岭金矿具有较好的找矿前景。黄埠岭金矿是凤凰山—黄埠岭断裂的次级构造控矿，而非前人认为的灵北断裂南端上盘的次级构造控矿。黄埠岭矿区存在两期成矿。

断裂构造在该区金矿形成过程中起着重要的作用，导致矿体的形态、规模和产状等有一定的规律性，总结黄埠岭金矿矿化富集规律与断裂构造面的空间变化关系，从而确定矿体的空间定位机制。黄埠岭矿区构造格架呈反“Y”字型。矿体主要产在次级构造、构造交汇部位以及构造转折部位。

在矿床成因模型指导下，应用矿床地质法、勘查地球化学法、找矿矿物学法等综合方法进行矿体预测，所得认识对矿山生产有一定的指导意义。

第一章 区域地质背景

黄埠岭金矿位于招—莱金矿带的中偏南部，凤凰山-黄埠岭断裂的上盘，属蚕庄金矿管辖。焦家金矿、新城金矿位于矿区西北部，灵山沟金矿位于矿区北部。区内广泛出露前寒武地层，中、新生代地层零星分布。东西向栖霞复背斜为基底构造。断裂构造极其发育，以北东—北北东向断裂为主，是主要的成矿、控矿构造。区内岩浆岩发育，主要为玲珑花岗杂岩和脉岩等（图 1-1）。

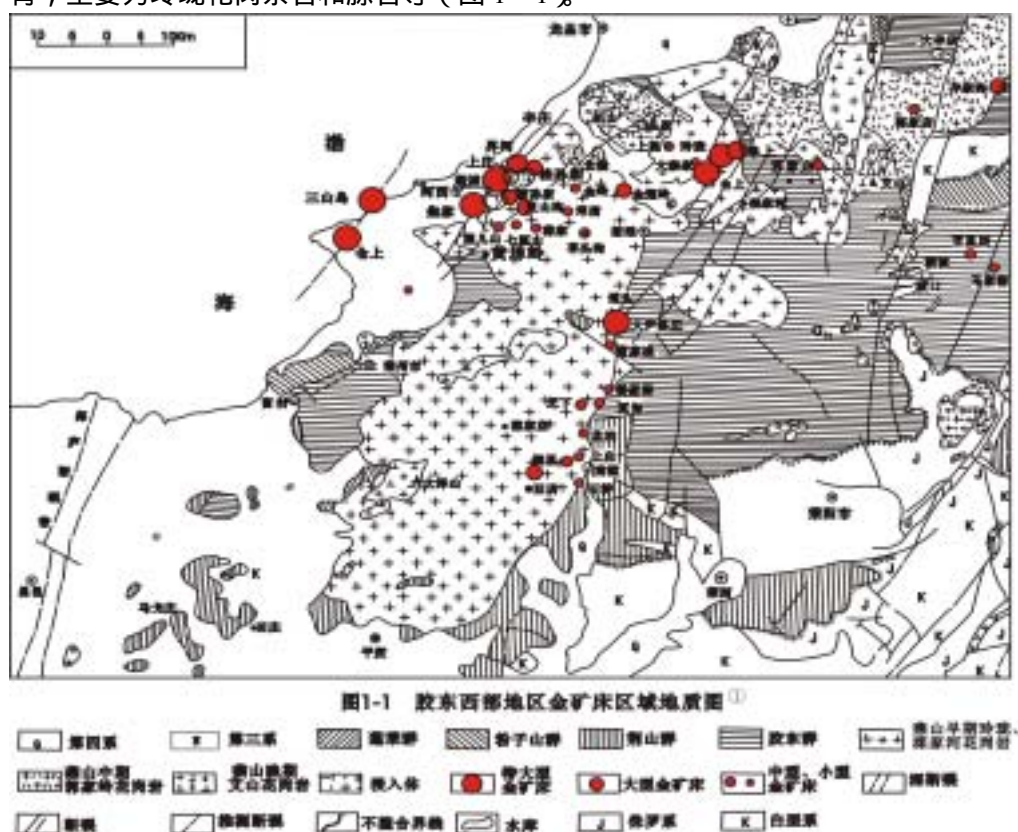


图 1-1 胶东西部地区金矿床区域地质图

第一节 地 层

胶北地体招莱地区的结晶基底为新太古代胶东岩群、古元古代荆山群和粉子山群，在结晶基底的局部地区不整合覆盖了新元古代稳定环境下的盖层性沉积—蓬莱群，区内缺失古生代地层，在胶莱盆地中，堆积了中新生代陆相碎屑岩和火山岩。

一、新太古代胶东岩群

胶东岩群自上而下划分为唐家庄组、齐山组和林家寨组（张增奇，1994），并将胶东群改称为胶东岩群（表 1-1）。胶东岩群在胶东西部地层走向近东西，在东部为北东向，主要分布在爱隆起区的中部，出露面积 2000 余 km²。

表 1-1 胶东下元古—上元古界地层划分沿革表（罗镇宽，2001）

长春地院 1962 年			山东地质局 805 队 1968 年		山东地矿局三队 1979 年			胶东群现场讨论会 1986 年			张增奇等 1994 年		
元 古 界	粉 子 山 群	明村岩组	粉	芝罘组	下 元 有 古 界	粉	岗嵒组	下 元 古 界	粉	岗嵒组	早 元 古 代	粉	岗山组
		山张家岩组	子	岗嵒组		子	巨屯组		子	巨屯组		子	巨屯组
	胶 东 群	旌旗山组	山	巨屯组		山	张格庄组		山	张格庄组		山	张格庄组
			群	张格庄组		群	祝家夼组		群	祝家夼组		群	祝家夼组
太 古 界	胶 东 群	旌旗山组	胶 东 群	富阳组 (王官庄组) 民山组 (马格村组) 蓬夼组 (鲁家夼组)	太 古 界	胶 东 群	6 岩段	太 古 界	荆	陡崖组	晚 元 古 代	荆	陡崖组
							5 岩段		山	野头组		山	野头组
							4 岩段		群	禄格庄组		群	禄格庄组
							3 岩段		胶 东 群	小庄组		胶 东 群	林家寨组
	华 山 组						2 岩段			林家寨组			齐山组
							1 岩段			齐山组			唐家庄组
										英庄夼组			
										唐家庄组			

下部主要岩性为黑云变粒岩夹石榴二辉麻粒岩、磁铁二辉麻粒岩、角闪二辉麻粒岩、磁铁紫苏麻粒岩及少量斜长角闪岩为主，以高级变质麻粒岩组合为特征。向上以条纹—条带状黑云母变粒岩、厚层斜长角闪岩为主，夹黑云母斜长片麻岩；上部为薄层—中厚层斜长角闪岩、黑云变粒岩、角闪黑云变粒岩夹浅粒岩。从南到北胶东岩群变质程度降低，从高角闪岩相到低角闪岩相、浅粒岩相。

据王孔海（1984）、裘有守（1988）、杨忠芳等（1992）、李兆龙等（1993）研究，其原岩自下而上为超镁铁质岩石—拉斑玄武岩—碱性玄武岩—中、基性玄武岩—中酸性火山岩、沉积岩，并认为早期形成于太平洋中脊环境，中晚期为岛弧火山环境。胶东岩群可以视为广义的太古宙绿岩建造。胶东岩群黑云变粒岩的五个锆石 U-Pb 年龄为

2664~2670 Ma (余汉茂, 1984), 该组地层锆石的 U-Pb 年龄为 2817~2858 Ma (山东区调队, 1987), 故该岩群应为新太古代。

二、古元古代荆山群和粉子山群

荆山群走向与胶东群接近, 两者多为断层接触。主要出露于胶北地体的南部和东南部, 面积 1000 余 km^2 。

荆山群的主要岩性为含石墨高铝片岩、富镁的大理岩、片麻岩、透闪透辉石岩等, 以富含晶质石墨为特征, 其变质程度达麻粒岩-角闪岩相, 为一套中深变质岩系。原岩为高铝泥质岩、粉质泥岩、碳质页岩和镁质碳酸岩, 夹有部分火山凝灰岩、角斑岩和石英角斑岩 (杨士望, 1993)。赵懿英等 (1995) 将其划分为孔兹岩系。

荆山群的同位素年龄从 $2482.8\text{Ma} \pm 21.336 \text{ Ma}$ (锆石 U-Pb 年龄, 安家桐等, 1990) 至 1895.4 Ma (黑云母 Rb-Sr 等时线年龄)。由于部分锆石选自副变质片岩, 可能反映碎屑锆石的年龄。荆山群的形成年龄应小于 2482 Ma , 大于 1906 Ma ; 侵入于荆山群的花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为 1906 Ma (安郁宏, 1990), 属早古元古代的产物。

粉子山群主要分布在胶东地块的北部, 是胶东地区一套含铁的变粒岩、高铝片岩、片麻岩、富镁大理岩、含石墨岩系和透闪透辉石岩, 并夹有菱镁矿的复杂岩系。变质程度为低角闪岩系、其下与胶东岩群呈不整合接触, 其上被蓬莱群不整合覆盖 (张增奇等, 1994)。粉子山群的 U-Pb 年龄为 2381 (山东地质矿产局区调队, 1987)~ 2075 Ma (邓幼华, 1984), 属早元古代晚期的产物。

三、新元古代蓬莱群

蓬莱群是不整合在胶东岩群、粉子山群之上的一套低绿片岩相变质的大理岩、千枚岩、板岩和石英岩等, 原岩为一套泥质陆源碎屑和碳酸岩沉积岩建造, 为前寒武纪克拉通后的第一盖层。据其所含大量微生物化石 (山东地质志, 1991), 属新元古代震旦系。

四、中生代莱阳群、青山群

胶北地体上缺失整个古生代及早中生代三叠纪和侏罗纪地层, 直到晚中生代白垩纪才在前寒武纪基底上或拉分盆地中沉积了莱阳群、青山群相碎屑岩和火山岩建造。

莱阳群是一套河湖碎屑岩建造, 直接覆盖在前寒武纪基底之上, 主要分布在胶莱盆地中的莱阳、海阳和诸城一带。各地岩性虽有一定的变化, 但都属于陆相不同色调的砾岩、砂砾岩、粗砂岩、砂岩、细砂岩、粉砂岩、和页岩, 局部有灰岩及泥灰岩。

侵入到莱阳群中的次火山岩的 K-Ar 年龄为 102 Ma 和 107 Ma (山东区调队, 1987) 属早白垩世, 形成于胶莱盆地拉张的早期。

青山群平行不整合覆盖在莱阳群之上, 下伏于王氏群之下, 为一套陆相火山岩建造。属早白垩世晚期。

五、新生代新第三纪、第四系

新生代新第三纪地层主要分布在黄县盆地中, 底部为陆相含煤碎屑岩建造, 上部为河流碎屑沉积岩及玄武岩。第四系主要为玄武岩及冲、残坡积物。

胶东地区各时代地层基本特征见表 1-2。

表 1-2 胶东地区地层简表 (张增奇, 1996)

新生界	第四系	河流相沉积及残坡积物	
	第三系	陆相碎屑岩和火山岩	
中生界	青山群	陆相火山岩	
	莱阳相	陆相碎屑沉积岩	
新元古界	蓬莱群	香芥组	灰 岩
		南庄组	板 岩
		铺子芥组	石英岩
		豹山口组	板 岩
古元古界	粉子山群	岗山组	片 岩
		巨屯组	石墨岩系
		张格庄组	大理岩和透灰变粒岩
		祝家芥组	变粒岩等
		小宋组	变粒岩
		陡岩组	水桃林岩段
	荆山群		徐村岩段
		野头组	定国寺岩段
			祥山岩段
		禄格庄组	光山岩段
			安吉村岩段
太古界	胶东岩群	林家寨组	变粒岩、斜长角闪岩
		齐山组	条带状变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩
		唐家庄组	麻粒岩、斜长角闪岩、变粒岩

六、胶东群变质岩系与金成矿的物质关系

胶东群变质岩系与金成矿的物质关系一直是许多学者长期以来关注的问题，亦是关于胶东西北部地区金矿床成因不可回避的关键问题。在综合分析前人研究成果的基础上，我们认为胶东群变质岩系与金成矿有密切的物质关系，是金的矿源层。其主要的依据为：1）胶东群金的丰度值普遍高于地壳克拉克值（表 1—3）。另外，经人工重砂取样，在蓬芥组地层中掏出了较丰富的金粒，表明其具有提供成矿物质的可能性；2）胶东群与金矿带及矿床有密切的空间分布关系，表现在胶东群与成矿的展布方向及分布范围一致，矿床的直接围岩均为胶东群变质地层或由其经变质改造而成的各类花岗质岩石；3）同位素地球化学和稀土元素地球化学的研究表明，胶东群地层与原地、半原地混合交代花岗岩或重熔花岗岩以及金矿床三者的硫、氧、铅同位素组成一致，稀土配分模式也具有-致性，表明三者的形成具有明显的继承性和统一性，即金最初来源于胶东群。

表 1-3 胶东西北部变质岩系含金丰度值

群	胶东群	粉子山群	蓬莱群	地壳（黎彤，1976）
含金量（ 10^{-9} ）	22.11（265）	1.56（132）	2.00（21）	4.00

据孙丰月，括号内为样品数；1995

综上所述，我们认为，胶东群变质岩系与金成矿有密切的关系，是金的矿源层，为金矿床的形成提供了大部分的成矿物质，这与世界上产于变质岩系的绿岩带金矿有明显的一致性。

第二节 岩浆岩

胶东地区岩浆岩十分发育，以花岗质杂岩为主，主要有玲珑片麻状花岗岩、郭家岭花岗闪长岩和滦家河中粗粒花岗岩组成。区域内大的金矿床（三山岛、焦家、新城、玲珑等）都产于玲珑花岗岩之中，黄埠岭金矿也产于玲珑花岗之中。区内脉岩发育，类型复杂，从酸性到基性脉岩均有出露，主要有煌斑岩、闪长玢岩、辉绿岩脉和次安山岩等。

一、玲珑片麻状花岗岩

区内玲珑花岗岩出露广泛，是本区金矿的主要围岩，主要分布于平度旧店地区，招远以北，黄县以南的玲珑地区及莱州等地，总面积 2883km²。岩体受到北北东向、北东向断裂构造控制，呈北东向展布。玲珑花岗岩包括胶东西部的玲珑，华山及胶东

东部的昆嵛山、鹤山等岩体，岩体呈岩基状产出。岩体与前寒武纪地层呈过度接触或断层接触，当岩体与围岩呈断层接触时，岩体主要分布在断层的下盘，变质岩在上盘。其岩性主要为片麻状黑云母花岗岩和含石榴细粒花岗岩。该岩石呈浅肉红色，块状构造、片麻状构造，中粗粒结构、中细粒结构、斑状结构等。组成矿物有石英、斜长石，微斜长石，黑云母及副矿物等。玲珑型花岗岩的 K-Ar 年龄范围主要在 125~191Ma。而我们认为玲珑花岗岩成岩年龄为 164.2 ± 0.69 Ma (胡世玲等，1987)，相当于燕山中期第一阶段。

二、滦家河花岗岩

分布在招远市中西部及莱县东部，划分为滦家河岩体、毕郭岩体、招贤岩体、郭家店岩体，近东西向展布，总面积 1500km^2 。岩石类型主要为钾长花岗岩、含黑云母钾长花岗岩、粗粒或中粗粒黑云母花岗岩。岩体呈灰白色，主要矿物为钾长石、斜长石、石英、黑云母、副矿物为独居石、绿帘石、黄铁矿、磁铁矿等。该类花岗岩交代结构不明显，但有其特征的等粒花岗岩结构及似文象结构。岩体与胶东群呈明显的侵入关系，有时在与其它花岗质岩体或胶东群的接触带可见到冷凝边或矿物颗粒变细的现象。滦家河花岗岩是玲珑花岗岩经重熔交代—再生形成的，成岩年龄为 124 Ma (李兆龙，1993)。

三、郭家岭花岗岩

郭家岭花岗闪长岩分布在胶东西部，南围山、南截、北截、上庄和南诸等岩体也属郭家岭花岗岩，面积共 620m^2 ，总体排列近东西向。郭家岭似斑状花岗闪长岩多呈岩株状产出，总体近东西向展布。郭家岭花岗岩没有明显边缘相 - 过渡相 - 中心相的变化规律，岩石类型以花岗闪长岩、二长花岗岩、石英二长岩和角闪花岗岩为主，各类岩石之间为渐变的过度关系。岩石为灰白色，主要矿物为钾长石、石英、角闪石和黑云母，副矿物有锆石、榍石、磁铁矿、磷灰石、褐帘石等。该岩体同位素年龄 (表 1-4) 及地质特征表明，郭家岭花岗岩体成岩年龄 130-126Ma (罗镇宽，2002)。

表 1-4 郭家岭花岗岩闪长岩体同位素年龄数据

岩体	测试方法	测试矿物	同位素年龄 (Ma)	资料来源
上庄、北截	K-Ar	角闪石	102.5-133.8	胡世玲，1987
上庄、北截	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	角闪石	134.8	
上庄	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	黑云母	136.8	徐金方，1989
郭家岭	Rb-Sr	全岩	131.9 ± 8.7	
郭家岭	Rb-Sr	全岩	133.8	
郭家岭	离子探针	锆石	130~126	罗镇宽等，2002

四、脉岩

1. 脉岩类

胶东地体北部的脉岩发育，在空间上与金矿床的关系比较密切，它们形成的期次多，成分复杂，密度大，既有中深成脉岩又有浅成脉岩。脉岩类型有闪长玢岩、闪长岩、煌斑岩、辉绿岩、正长斑岩、伟晶岩、霏细岩等。从时间上来，脉岩有成矿前，有成矿同期的，大量是成矿后的。已测得这些脉岩的同位素年龄范围多在 80~135 Ma (李兆龙, 1993)。下面主要介绍区域上的浅成脉岩带。

2. 浅成脉岩带

胶东西北部成矿作用分为中深成和浅成两期，浅成成矿作用形成于拉张地球动力学环境，并伴随着浅成脉岩。胶东西部由南到北存在一个浅成脉岩带及其伴生的浅成成矿作用(图 1-2)。平度—莱西—招远浅成脉型金矿带的显著特征是：与 NE—NNE 向的浅成—超浅成脉岩带时空相随。该浅成脉岩带，南起平度旧店，经莱西河里吴家、招远的十里铺、北延至龙口市境内，长>80 米。其西界为旧店袁家—莱西姚家—招远界河张家，东界为莱西涧里—北泊—招远市—龙口市大园，宽 4~7km，面积>150 km²。带内主要发育有中—酸性脉岩类。

浅成—超浅成脉岩岩相学特征。业已查明，该带相当部分属浅成—超浅成脉岩，具流纹构造、球粒构造、石英的溶蚀和再生边结构、安山结构等一系列浅成岩相学特征。莱西十八中附近成矿前的细粒花岗岩，边部具原生流纹构造；旧店 1 号脉市矿段，有强烈矿化影响的闪长玢岩脉，存在球粒结构；莱西西馆孙家的闪长玢岩脉，发育大量又放射状的斜长石微粒组成的球粒。

十里铺 Au—Ag 矿床的银矿脉穿切次火山相的石英闪长玢岩(黄德业, 1984)。玲珑矿田也存在一系列的浅成—超浅成脉岩(刘连登, 2000)。在西山矿段极为发育的 NE 走向的花岗斑岩，具典型的斑状和花岗结构，基质往往为细晶—隐晶结构，钾长石和石英斑晶往往被溶蚀，后者呈浑圆状。矿田中存在的安山玢岩(石连汉等, 1998)，具斑状结构，基质为交织结构、气孔杏仁构造等。在九曲矿段 206 中段，含玲珑花岗岩和角砾岩辉绿玢岩，可见杏仁构造(刘连登, 1982)。

浅成—超浅成脉岩的年龄。火山期火山活动的地质时代应为 120~65 Ma。玲珑矿田洪青顶一带的花岗斑岩脉，锆石的离子探针年龄为 120 Ma (U—Pb, 罗镇宽, 1996)；前述遭受成矿影响的十里铺石英闪长玢岩、莱西十八中细粒花岗岩和烟台金矿石英斑岩脉的 Rb—Sr 等时线年龄，依次为 96 Ma(黄德业, 1984)、117.6±5 Ma(刘连登, 1998, 1997)。有限的的数据，反映本浅成脉岩带与青山期火山有关。其与成矿作用的时空关系，

显示本区青山期金银成矿作用的存在。

黄埠岭矿区在脉岩密集带的西侧（图 1-2），主要的脉岩有煌斑岩、次安山岩、闪长玢岩脉和辉绿岩脉。

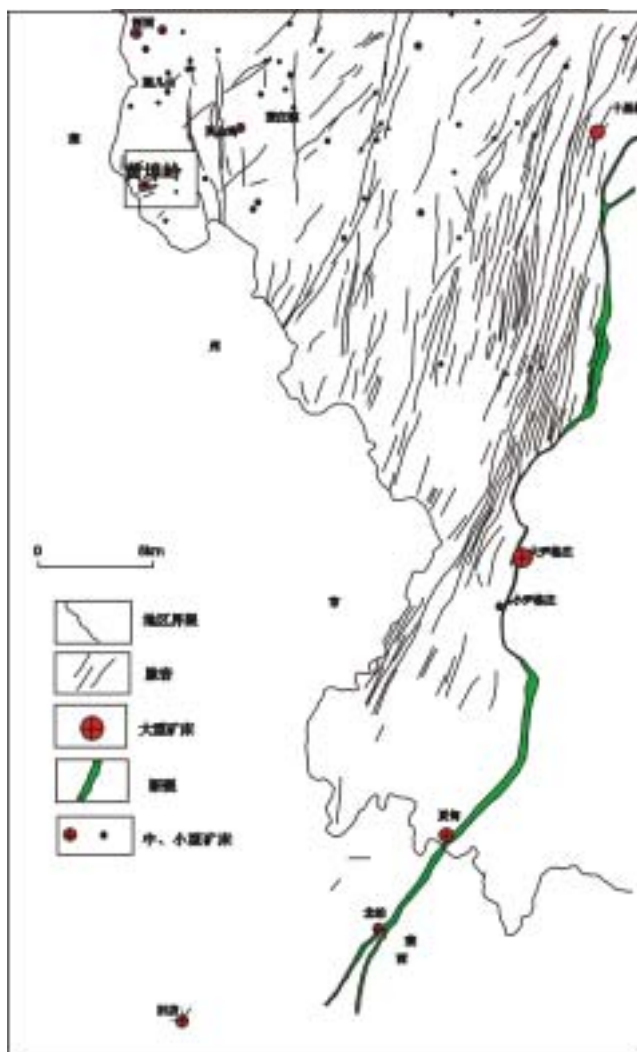


图 1-2 胶东招远-莱西脉岩密集带与金（银）矿分布图

第三节 区域构造

招—莱金矿带处于早期的东西向构造与晚期北东向构造的复合部位，早期的东西

向构造以栖霞复式背斜为代表，晚期的北东向构造则主要为一系列沿北东向发育的断裂构造。其中区域性的断裂构造有三条，自西向东依次为三山岛断裂、焦新断裂和招（远）—平（度）断裂。区域构造控制着金矿带以及矿田的空间展布。

一、东西向基底复背斜构造

早期形成的栖霞复背斜是本区构造的基础，北背斜横亘桃村断裂以西的胶北隆起带，轴部东起栖霞市—唐家泊一带，往西经招远道头到莱县，倾没于安丘东、公山一带，东西长 34km，南北宽约 14km。复背斜西端向南西偏转，东端向北东偏转，背斜核部由胶东岩群组成，两翼出露有荆山群、粉子山群、蓬莱群等地层。

中生代以来，强烈构造—岩浆活动，破坏了基底构造的本来面目，其上叠加一系列规模较大，多期活动的 NE—NNE 向断裂，复背斜西段被滦家河花岗岩截断，所剩无几，东段被桃村断裂所截。

二、北东—北北东向断裂构造

区内断裂按走向分为东西向，近南北向，北北东—北东向、北西向四组，不同断裂组合由于发育程度、形成时间等诸多因素的不同，表现出对金矿的不同控制作用，其中北东向断裂最为发育，且与金矿化关系密切。

1. 三山岛断裂

三山岛断裂位于招—莱金矿带的西端，该断裂走向 NE40°，倾向 SE，倾角 35°~40°，两端侵入渤海，延伸超过 3km，发育在玲珑片麻状与胶东群斜长角闪岩的内接触带中，断裂面呈舒缓波状延展，沿主断面的构造岩及节理带发育，构成一宽达 200—300m 巨大的断裂破碎带，最宽可达 700m。控制着三山岛金矿田的产出。

2. 焦家 - 新城断裂

焦家断裂，走向在 20°~50° 间变化，平均走向为 30°，倾角 30°~40°，倾向 NW，走向长度达 70km，宽 80~200m。若将次级构造算在里面带宽可达 2km。控制了焦家和新城等大型金矿田的产出，并为焦-新矿田的主干断裂。

3. 招平断裂

招平断裂带，南起平度，向北经招远，蓬莱县以西进入渤海，在招远、平度一带沿北东方向延长近百余公里，它是胶东西北部地区沂沭断裂东侧规模较大的断裂。

断裂带总体展布方向 NE30°~40°，倾向 SE，倾角 30°~60°。断裂带内发育有较宽的糜棱岩、超糜棱岩带。石英的韧性变形明显，并且有拔丝构造，镜下具波状消光。长石则表现为脆性变形，因此该断裂应为脆韧性断裂。

4. 灵山 - 双目顶断裂

灵山 - 双目顶断裂总长大于 50 公里，从地表出露看，可以分为二段，即南段和北段。南段从灵山沟到杜家集，是含矿最好的一段，通常被称为灵（山）北（截）断裂或灵北金矿带。北段从双目顶到崔家。灵山 - 双目顶断裂具压扭性及斜冲擦痕的特征，其蚀变以绢英岩化、钾化为主。主断面具断层泥、断层角砾。走向 $NE50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。七乔以南，倾向 SE。倾角一般为 60° ，南端倾角较缓，向北倾角趋大，局部近直立。七乔以北则倾向 NW，倾角 55° 。

5. 凤凰山—黄埠岭断裂

该断裂与灵北断裂斜列产出，位于灵北断裂下盘，从凤凰山至盛家村进入莱州境内，该断裂走向 NE，倾向 SE，倾角 45° ，表现构造破碎带，最宽可达 50 米，蚀变强烈，有绢英岩化、硅化、黄铁矿化，以绢英岩化为主，在莱州山上杨家南山该断裂发现有 24 米宽的绢英岩。金品位最高可达 1.6g/t。矿区 2B 线 750m 钻孔 ZK7 已验证上部岩体为玲珑花岗岩下部为郭家岭型岩体（图 1-3）。

通过我们的野外追踪研究认为，该断裂与灵北断裂斜列产出，属于同级别断裂，不属于灵北断裂的南段延伸部分。另外在黄埠岭矿区内，可见郭家岭型岩体侵入到玲珑花岗岩中，所以凤凰山—黄埠岭断裂的盛家—山上杨家段内形成较好的成矿构造。

6. 北北东向构造

主要表现为压扭性断裂，规模小，并多被闪长玢岩、次安山岩与煌斑岩脉充填。一般走向为 $NE10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，倾向 SE，倾角 80° 左右。此组断裂晚于上述东西向与北东向断裂，目前还没有发现工业矿体。

区域内除上述构造外，还有少量的南北向断裂，北西、北北西向断裂构造等。

三、区域构造演化与金矿带空间展布

区域构造不仅是金矿床形成的重要条件，而且直接控制着金矿田，金矿田的空间展布，首先栖霞复背斜使招—掖金矿带呈东西向的带状分布，其次北东向的区域性断裂是成矿带的导矿构造，三山岛断裂、焦家—新城断裂和招（远）—平（度）断裂分别控制着三个金矿田（即三山岛矿田、焦家金矿田和玲珑—九曲金矿田）的空间展布。并且一系列金矿床特别是所有的大型、超大型矿床均沿其串珠状分布。因此区域构造使成矿带的金矿化总体表现为“东西呈带，北东呈串”的展布特征。

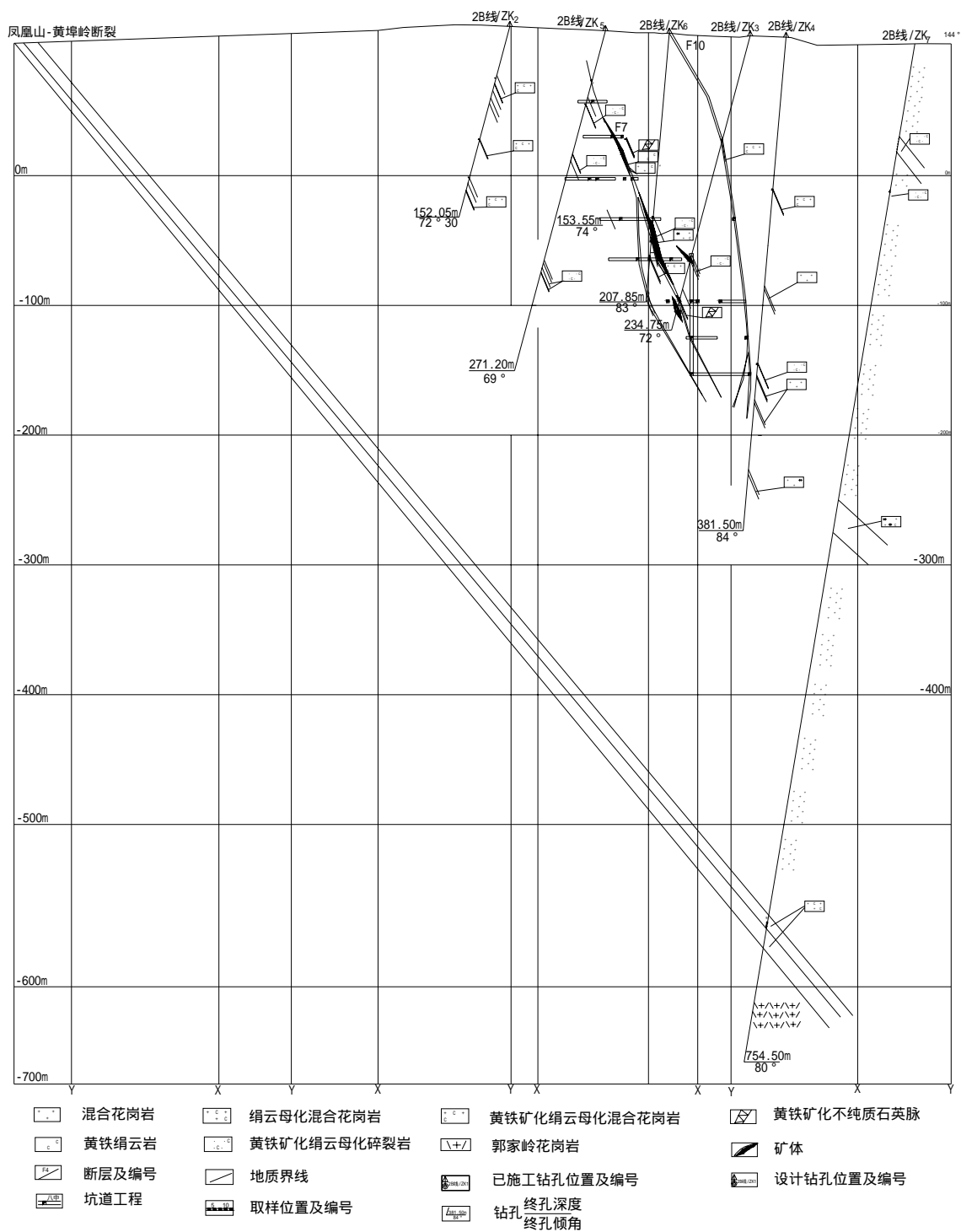


图 1-3 黄埠岭矿区 2B 勘探线剖面图

第二章 矿床地质

黄埠岭金矿位于凤凰山—黄埠岭断裂的上盘，由 15（编号 1-15）条构造蚀变带所组成。矿区内出露的岩石主要为玲珑花岗岩，胶东群变质岩呈残留体零星分布在花岗岩之中。矿区内脉岩发育，有闪长玢岩、伟晶岩、煌斑岩和次安山岩。与成矿关系密切的主要为煌斑岩和次安山岩脉（图 2-1）。

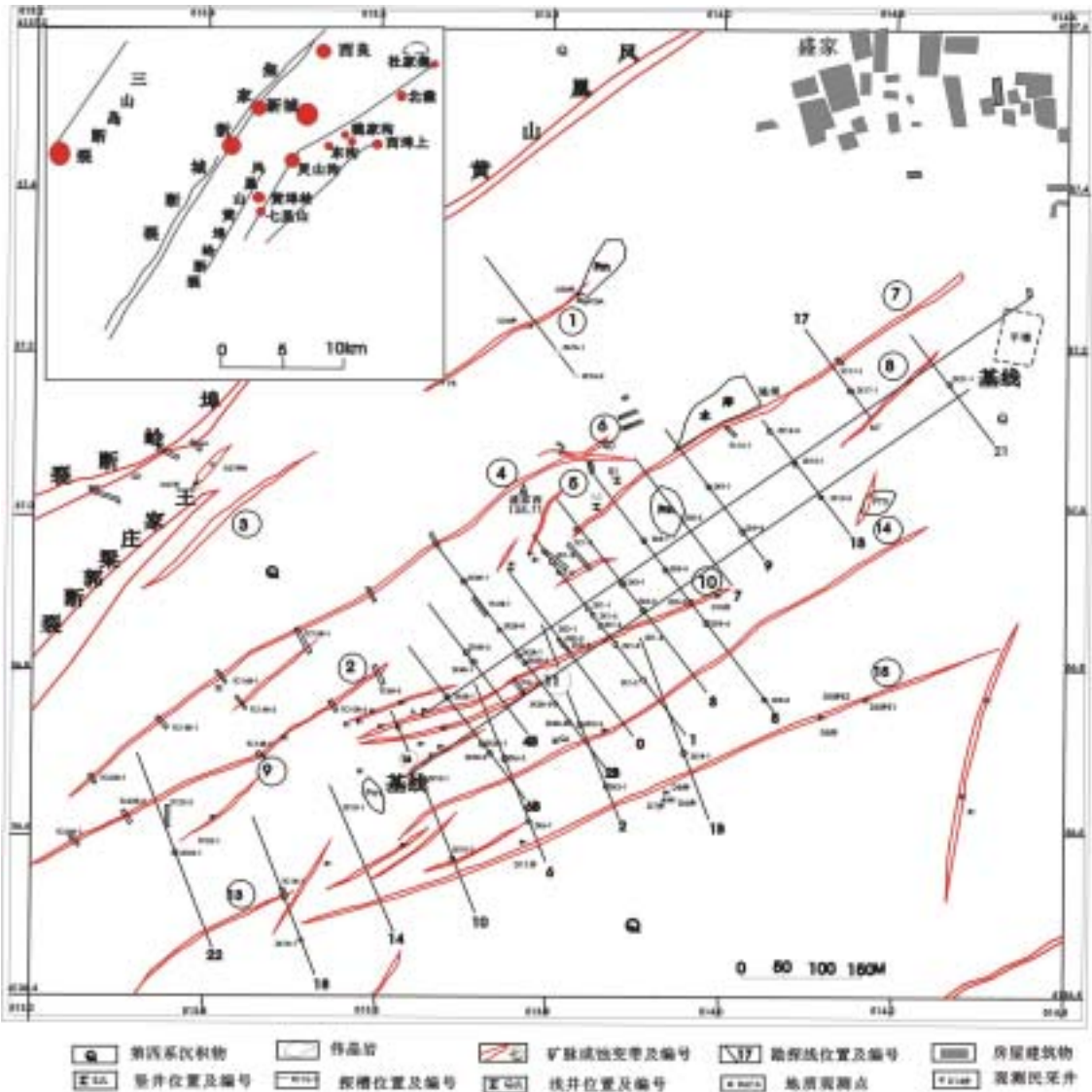


图 2-1 黄埠岭金矿区地质图

第一节 矿脉及矿体地质特征

黄埠岭金矿区经过山东六队和烟台三勘等单位多次勘探，到目前为止共发现 15 条构造矿化蚀变带，大小不一。其中含有工业矿体的矿化脉有 1 号、4 号、6 号、7 号、10 号、14 号、15 号等。各矿脉研究程度不等，本文主要以 7 号、10 号脉（图 2-2）为例论述该矿床。

一、7 号脉

1. 7 号脉组成及一般特征

7 号脉是矿区内开采较早的矿脉之一，其埋深浅，规模较大，控制延长从 6B 线至 23 线之间，延深 200 多米，目前已开采金属量 1.4 吨以上，其矿石品位较高，最高可达 431.64g/t。7 号脉容矿断裂走向北东 45°左右，控制延深 200 多米，且 7 号脉容矿断裂有明显的侧伏性。矿脉地表露头位于 3 线~23 线，长度 550 米，但深部至少可西延至 6B 线，比地表长 250 米以上。从矿山工程揭露来看 7 号脉不是一条简单的脉，它是由两条倾向相同和一条倾向相反三条矿化脉组成的复合脉。它们是 7-1、7-2、7-3，属于同一构造体系内的独立矿脉。

两条倾向相同的脉向南东倾（南倾），另外一条向北西倾（北倾）。南倾脉分布在 7 号脉的西段（7-1、7-2），倾向一般为 135°，北倾脉分布在 7 号脉的东段，倾向为 315°，规模相对小一些。这两条倾向相反的脉在坑道中不存在直接相交情况，而是彼此尖灭的。7 号脉存在分枝现象，7 号脉南倾脉在五中段以下出现分枝，二者夹角 20°左右。向

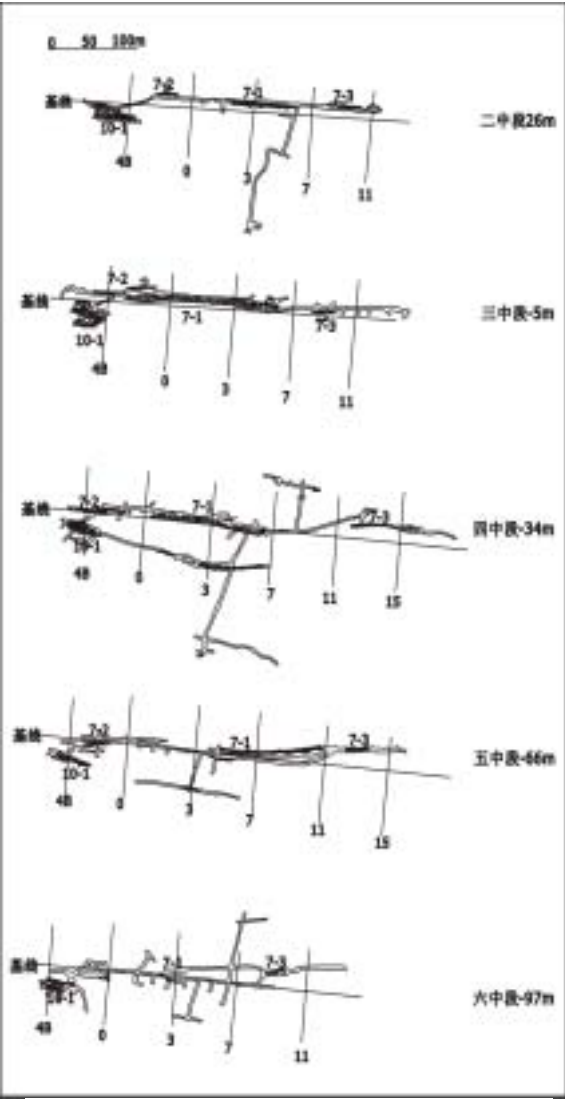


图 2-2 黄埠岭矿区 7 号、10 号脉金矿体对比图

上向东西两支脉连结，连结线向东北侧伏。分枝脉发育程度不同，南面一条发育，而北面的一条趋于尖灭。7号脉东段出露于地表3线-23线这一段，沿垂向深度逐渐尖灭。而西段虽然地表没有露头但深部发育至少可延至6B线。三中段南倾脉在11线处尖灭，而北倾脉则在13线处出现；四中段南倾脉在7线处尖灭，而北倾脉则在9线处半出现；五中段南倾脉在5线处半尖灭，而北倾脉则在9线处出现；六中段南倾脉在3线处尖灭，而北倾脉则在5线处出现，上下两者相差1线到1线半距离，约为50~70m长。

7号脉控制深度从地表+130米到地下-95米的六中段，总的趋势上7号脉南倾脉上缓下陡，浅部倾角小，深部则变陡。矿脉倾角0米以上为55°~60°倾角，近地表5米采坑东壁顶板实测产状倾向130°，倾角60°。而0米标高以下为75°倾角，在六中段0~5线测量倾角近于直立。

7号脉北倾脉上部比较陡，倾角在60~70°左右。向深部明显变缓，倾角20°~30°。甚至呈水平。沿走向越向东，倾角越缓。尽管缓的矿脉厚度及黄铁矿、绢云母化都很强烈，但是品位很低，构成不了工业矿体。

2. 矿脉内矿体特征

7号脉的矿化范围长度有1000米，在这个范围内有7—1、7—2和7—3等3个金矿体分段产出。

7-1为7号脉的主矿体，走向NE45°，矿体呈脉状产出，位于4B线至9线之间。在5线部位7—1号矿体出露于地表。其长275m，倾向SE，倾角50°~60°（图2-3）。最大延深283m。矿体赋存标高+85m~150m之间。7-1号矿体延长>延深，矿体深/长比值为0.88。从开采坑道来看，7-1号矿体向NE侧伏。单脉平均宽度1.5米，厚

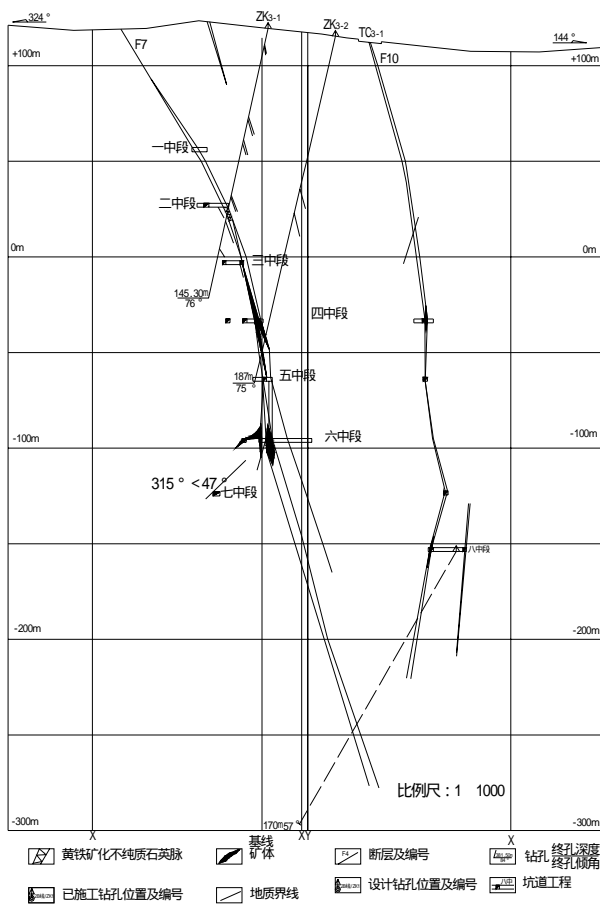


图 2-3 黄埠岭矿区 3 勘探线剖面图

度变化系数 87%。平均品位 11g/t。

7-2 号矿体位于 7 号脉 SW 延伸部分的 0 线至 8B 勘探线之间，出露于三中段至二中段之间，尖灭于八中段至九中段，为隐伏矿体，走向 NE45°，倾向 SE，与 7-1 号矿体呈右行斜列产出，倾角上陡下缓，到 8 中段倾角为 28°，距 10 号脉为 10.5m。矿体延深 > 延长。

7-3 号矿脉于 7-1 号脉下盘，产于 0 线至 23 勘探线之间，走向 NE，倾向 NW，倾角上陡下缓。交于 7 号主构造带上，呈 NE 端扬起 SW 端下插的趋势。空间与 7-1 号矿脉呈“入”字型（图 2-4），在“入”字的次级构造中存有 7-3 号矿体。

7-3 号矿体产于 7-3 号矿脉内，矿体较薄不连续，呈脉状、透镜状产出。从 0 线至 23 勘探线之间出现三个富集地段：0—3 线、5—9 线、13—17 线。矿体产状与 7-3 号脉相同，矿体至 7 中段。产状为 315° 25°。该矿体矿石品位较高。

二、10 号脉

1.10 号脉的一般特征

10 号脉位于 7 号脉上盘，是黄埠岭矿区主要工业矿脉之一。该矿脉全长 800 多米，走向 NE65°，倾向 SE，倾角 50°~85°。向西有与 7 号脉相交的趋势。也存在上缓下陡，晚期构造沿断裂复活的现象。由于是蚀变岩型矿化，容矿断裂没有明显的界线，大致受到与矿脉符合的后期构造面控制。10 号脉中间存在一条沿走向的后期断裂，将矿体一分为二。10 号脉以南是 11 号脉，该脉在剖面上与 10 号脉+80 米标高上分开，在+80 米~+60 米这一段合为一体，再向下又分开，明显存在分枝复合现象。因此，二者属于同一构造。10 号脉容矿断裂的侧伏不明显。10 号脉宽度比较大，最宽达 15 米。品位均匀。

地表以构造蚀变带为特征，由坑道内观察矿脉上下盘构造面清楚，延深稳定，由碎裂岩、碎粒岩、蚀变岩和硫化物等所组成。矿脉内已发现五个工业矿体。矿化类型为蚀变岩型。

2. 矿脉内矿体

10 号脉目前已发现有五个矿体（10-1、10-2、10-3、10-4、10-5），均为隐伏矿体。矿体延深 > 延长，矿体深/长比值为 2.4。其中 10-1 和 10-2 规模较大，其次为 10-3 号矿体，10-4 较小，10-5 为预测的隐伏矿体。

10-1 矿体和 10-2 矿体同位于 6B~2B 之间，仅中间存在一个破碎蚀变带，所以一般认为 10-1 为 11 号脉矿体，10-2 为 10 号脉矿体。但由于两个矿体赋存于同一矿化段内，所以在此放在一起讨论。矿体最大延长 110m，最大延深 > 300m，头部距地

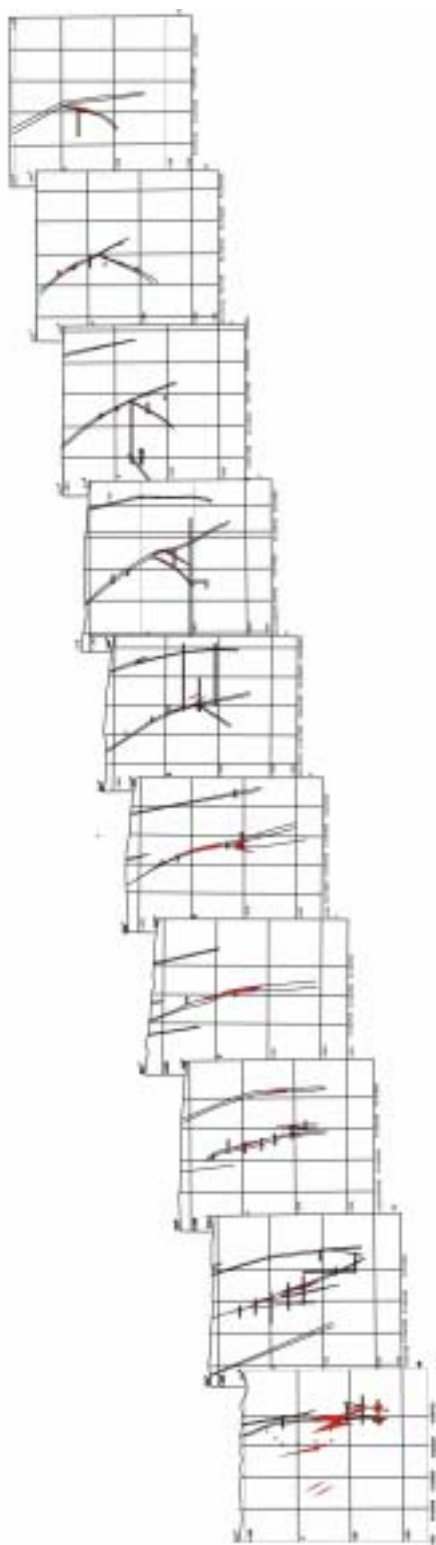


图 2-4 黄埠岭矿区勘探线联合剖面图

表 14m，成“柱状”，矿体受 F_{10} 构造控制，走向 $NE68^\circ$ ，倾向 SE，倾角 $56^\circ \sim 80^\circ$ 。10 - 2 与 10 - 1 并列产出，并且在三段以下与 10 - 1 相交汇形成同一矿体。该并列矿体在矿脉内有较明显的向 NE 侧伏，侧伏角在 55° 左右。矿化类型为蚀变岩型。

10 - 3 矿体，位于 10 号脉的 5 线至 9 线间，由三个隐伏矿体组成，长 100m 左右，延深大于 100m，宽 1 ~ 2m，走向 NE，倾向 SE。该矿体为复合矿体。

10 - 4 矿体，为本次研究预测验证矿体，规模较小，品位较高，位于 0 线附近，四中段以下长 30 ~ 40m，宽 0.5 ~ 2m，矿体 NE 侧伏。

10 - 5 矿体，位于 10 号脉的 13 至 17 线之间，属于隐伏矿体，长约 50m，延深大于 100m，为本次研究的预测矿体。该矿体围岩蚀变发育，主要为钾化、硅化、黄铁绢英岩化和碳酸盐化。

三、15 号脉、4 号脉、14 号脉及北北东向脉

这三条矿脉都是部分工程控制的矿脉。这三条矿脉除了浅部有民采井外，深部都处于勘探阶段。15 号脉是三条中成矿前景最好的一条脉。

1. 15 号脉

15 号脉位于 14 号脉上盘，地质队没有任何工程。地表分布有三处民采井，东段产在闪长玢岩之中东延至平塘西岸，总长约 750 米。矿山从四中段的 5 线和 6B 线打穿脉对 15 号脉进行了控制，均见到了该脉，并延该脉向东拉沿脉。15 号脉 5 线总体产状 $158^\circ \ 80^\circ$ ，6B 线总体产状 $152^\circ \ 70^\circ$ ，二者近于一致。地表 8 号（D8 井）民采井测量，底板产状 50° 倾角上部有变缓的趋势。5 线 15 号脉离 7 号脉 246 米，而走向上为北北东向，向西与 14 号脉有相交的趋势，这一点与 10 号脉相类似。

三处民采井都出过比较好的矿，规模不大，矿体呈等间距分布。如民采 5 号（D5 井）至 6 号（D6 井）至 11 号（115 井）之间的距离差不多，各井之间的距离大约为 180 米。深部 5 线穿脉揭露出一段矿体，长近百米，宽 1 米左右，比较窄，品位低，一般小于 10×10^{-6} 。个别样品可达 90×10^{-6} 。据民采地表残余毛石观察，15 号脉的矿化类型属蚀变岩型，为典型的黄铁绢英岩型矿化。四中段 5 线所见矿石类型同地表。5 线、6B 线所见的蚀变闪长玢岩脉，品位低。

通过上述可以看出，15 号脉是一条成矿脉。矿脉部分地段与闪长岩玢脉相重叠，但品位不好。矿化好的地段应在花岗岩中，在地表民采井矿脉边部可见羽列，反映控矿构造情况。而且该脉与 10 号脉的矿化特点可以类比。

2. 4 号脉

4 号脉分布在 7 号脉以北，距 7 号脉 85 米，也是区内一条规模比较大的脉。出露

于 5 线，到 22 线，长达 800 米，在 5 线约 90 米左右。总体产状 $145^{\circ} \sim 65^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，没有明显的民采，蚀变矿化比较强烈。深部则只有两条剖面控制，一条是 5 线，另一条是 2B 线。5 线没有钻孔直接打到 4 号脉，表明该脉的东段没有多大的延深。2B 线有两个孔控制到 4 号脉，总体倾角约 70° ，西段延深至少有 80 米。该矿脉走向 NE，倾向 SE，宽 40~60cm，主要由黄铁矿、石英和自然金等矿物所组成，黄铁矿多呈五角十二面体的粒状，金矿物与黄铁矿、石英密切共生。在 7 线二中段坑道取样最高品位 734.1g/t。

3. 14 号脉

14 号脉地表长 620 米，走向 NE，倾向 SE，倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。分布在 17 线~8B 线之间，10 号上盘，与 7 号脉平行。该矿脉地表受探槽控制。该脉东段地表出露有较好的蚀变矿化，有民采井。

14 号脉 0 线以西有小矿体，长 40 米，宽 1.0 米~1.6 米，最宽 2.8 米，走向 NE，倾向 SE，在四中段 6B 线至 8B 线沿脉坑道内见有小矿体，常 36 米，宽 2 米。

14 号脉矿化特征为黄铁石英型，主要矿物成分为石英，黄铁矿，其次方解石、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，钾长石等。矿石品位 2.3~20.8g/t，明金可见。

4. 北北东向矿脉

在矿区的西部和东段有矿化蚀变带露头，主要有钾化、硅化、绢云母化。地表露头拣块样分析最高达 2.3×10^{-6} 。蚀变带总体宽度有 0.4—3.0m，产状 $290^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。该处矿化向南与一民采井(11 号井)所采的矿化蚀变带(地点 D14 井 N)是可连接的，这样在矿区内蚀变带总长达 100 多米以上，14 号井最高金品位为 14×10^{-6} g/t。另外，在四中段 8B 线坑道内也见到了走向近 SN 向的石英黄铁矿脉，穿切了 NE 向矿化脉(图版 -1)。

第二节 矿石物质组成、矿石组构、成矿阶段

一、矿石组成矿物

1. 矿物组合

矿石组成矿物有金属矿物、非金属矿物和金银矿物。其中金属矿物氧化物有：磁铁矿、镜铁矿、褐铁矿及赤铁矿；硫化物有黄铁矿、辉钼矿、辉铜矿、辉铋矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿及磁黄铁矿、铜蓝等；金银矿物有自然金、银金矿、金银矿、自然银、碲银矿等；硫盐类矿物有硫铋铅矿、硫铋银矿、硫铋银铅矿、硫铜铋铅矿；非金属矿物有石英、方解石、钾长石、绢云母、高岭土、绿泥石等；次生矿物有孔雀石、蓝铜矿、辉铜矿、褐铁矿等(表 2-1)。

表 2-1 黄埠岭金矿矿石组成矿物表

主要矿物	金属矿物					非金属
	氧化物	硫化物	金银矿物	硫盐矿物	次生矿物	
	磁铁矿 镜铁矿	黄铁矿 黄铜矿 辉钼矿 方铅矿 闪锌矿 辉铋矿	自然金 银金矿	硫铋铅矿 硫铋银矿 硫铋银铅矿 硫铜铋铅矿	孔雀石 褐铁矿 蓝铜矿	石英 方解石 绢云母 钾长石
次要矿物		磁黄铁矿	碲银矿 辉银矿 金银矿 自然银		铜 蓝	绿泥石 高岭土

2. 主要矿物特征及其意义

(1) 金矿物

金矿物成份：根据电子探针分析结果（表 2 - 2），矿区内矿石中的金矿物以金的含量从 18.75 ~ 88.04% 为主（表 2-3）。金矿物中含 Ag、Bi、Fe 含量较高。

表 2 - 2 黄埠岭金矿床金矿物电子探针分析结果（%）

No.	Ag	Au	As	Bi	Pb	Zn	Co	Sb	Cu	Fe	S	Total
1	25.12	70.13	0	1.86	0	0.04	0	0	0.28	2.73	0.11	100.18
2	10.43	87.73	0.03	1.65	0	0	0	0	0	0.03	0.19	100.05
3	11.45	86.99	0	1.18	0	0	0	0	0	0.07	0.06	99.77
4	12.18	86.32	0	1.34	0	0	0.03	0	0	0.13	0.09	100.09
5	18.7	79.34	0	1.15	0	0	0	0	0	0.03	0.06	99.28
6	37.84	60.76	0.06	0.11	0	0	0	0	0	0.44	0.07	99.21
7	31.27	67.02	0.07	0.77	0	0	0	0	0	0.72	0.45	99.93
8	22.46	52.32	0.14	0.39	6.17	0	0	0	4.86	0.71	5.88	92.93
9	23.01	54.12	0.15	0.81	6.83	0	0	0	0.82	0.62	6.61	92.87
03	77.06	18.75		1.75	0				0	2.27	0.23	100.05

吉林大学测试中心 2000.10

表 2-3 电子探针（Au 成色）结果表

样号	分析结果（%）		备注
	Au	Ag	
78097	74.22	25.77	平均金成色为 846.9
78095	88.11	10.98	
78094	86.06	12.55	
78098-1	87.85	9.21	
78098-2	88.04	10.73	

烟台三勘，1979

测定金矿物一般呈粒状、树叉状、圆粒状、细粒状、棒状等（表 2-4）。

表 2-4 黄埠岭金矿金矿物形态统计表

类别	粒状	树叉状	圆粒状	细粒状	棒状
相对含量（%）	79.363	1.366	5.159	11.988	2.124

烟台三勘，1979

金矿物粒度：据 126 块光片显微镜下研究和统计结果（表 2 - 5）表明矿石中金矿物的粒度以显微可见粒度为主。

表 2-5 黄埠岭金矿床金矿物粒度统计表

粒度 mm	< 0.001	0.001 ~ 0.012	0.012 ~ 0.036	0.036 ~ 0.5	> 0.5
粒数	18	64	206	96	12
百分含量%	4.55	16.16	52.02	24.24	3.03

金矿物的赋存状态：矿石中金的赋存状态以独立金矿物为主。金矿物的产状为裂隙金、包裹金和粒间金。

裂隙金：产于黄铁矿裂隙（图版 -1）、石英裂隙（图版 -2）中的金。

包裹金：产于黄铁矿（图版 -3）、黄铜矿（图版 -4）、石英（图版 -5）等矿物之中的金。

粒间金：产于黄铁矿、黄铜矿、石英、方铅矿等矿物颗粒之间的金（图版 -6）。

金矿物在载金矿物中的分布：根据 396 粒显微金在载金矿物中的产出率，矿石中的金主要分布在五角十二面体黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和青灰色的石英之中（表 2 - 6）。

表 2-6 黄埠岭金矿矿石中金矿物在载金矿物中的产出率（%）统计表

载金矿物	黄铁矿	黄铜矿	方铅矿	闪锌矿	辉铋矿	青灰色石英	钾长石
颗粒百分率	41.92	32.07	9.85	1.01	0.75	11.62	2.78

根据人工重砂单矿物分析，金矿物与金属硫化物有密切关系，以黄铜矿及中早期黄铁矿的裂隙，晶隙中含金量高，而晚期黄铁矿及石英含金量少（表 2-7、表 2-8）。

表 2-7 不同形态黄铁矿分析结果表

样号	矿物名称及形态	金分析结果（g/t）	成矿阶段
1	粗粒晶形完整纯的黄铁矿	57.87	多金属 硫化物阶段
2	细中粒几何体黄铁矿	172.82	
3	星点状浸染状黄铁矿	191.74	

烟台三勘，1979

表 2-8 单矿物分析结果表

样号	黄铁矿		黄铜矿		石英	
	Au(g/t)	Ag(g/t)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Au(g/t)	Ag(g/t)
1	62.96	12.5			0	2.5
2	84.14	20.0			0.91	1.0
3	4.72	57.5				
4	26.38	50.0			0.00	2.5
5	6.82	27.0			0.00	2.5
6	41.96	70.0	106.14	211.25		
7	2.5	6.25			0.00	2.5

烟台三勘，1979

上述特征表明黄埠岭矿区金的富集具有长期性和多阶段性。

(2) 银矿物

矿石中的银矿物有辉银矿、碲银矿、自然银等。

辉银矿 带蓝灰色，均质，Ⅰ级反射率，低硬度与方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、硫铋铅矿等共生（图版 -1）。

碲银矿 浅黄褐色，III级反射率，低硬度，非均质性。与黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、石英、硫铋铅矿、辉铋矿共生（图版 -2）。电子探针分析结果（表 2 - 9）表明该矿物富含铋。

辉铋银矿：浅灰白色、非均质性，它形，沿黄铁矿、石英粒间分布（图版 -3）。

(3) 硫盐矿物

硫铋铅矿：该矿物呈浅黄白色，非均质性，低硬度。与碲银矿、方铅矿、辉铋矿、黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、石英等交生（图版 -4）。电子探针分析结果（表 2 - 10）表明硫铋铅矿含少量碲、银、铜等。

表 2-9 碲银矿电子探针分析结果表（%）

样号	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Te	Sb	Bi	Fe	Co	Ni	Hg	As	S	Mo	Total
11	0	64.3	0	0	0	36.42	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	100.81
12	0	64.01	0.01	0	0	35.8	0	0.42	0	0	0	0	0	0	0	100.24
1	0.6	61.5	0.03	0	0	37.27		0.11	0.05	0	0	0	0	0.41	0.02	100.00
7	0	62.12	0	0.09	0	36.79		0.51	0.15	0	0	0	0	0.31	0.12	100.08

吉林大学测试中心 2004.5

表 2-10 硫铋铅矿电子探针分析结果

样号	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Te	Sb	Bi	Fe	Co	Ni	Hg	As	S	Total
13	0	1.65	7.7	44.94	0	0	0	31.73	0	0	0	0	0	15.54	100.01
14	0	3.4	1.03	50.12	0	0.6	0	30.02	0	0	0	0	0	16.11	100.83

吉林大学测试中心 2001.3

硫铋银矿：该矿物呈白色，非均质性，低硬度，与方铅矿共生。

硫铋银铅矿：灰白色，非均质性，低硬度（图版 -5）。

硫铜铋铅矿：浅灰白带棕色调，强非均质，低硬度，它形与方铅矿、辉铋铅矿、石英、黄铁矿、辉银矿以及碲银矿等共生(表 2-11)。

表 2-11 硫铜铋铅矿电子探针分析结果

样号	Au	Ag	Bi	Te	Fe	S	Pb	Cu	Mo	Total
6	0	0	33.76	0.08	0.29	23.4	27.68	14.77	0.00	99.98
8	0	0.37	38.73	0.21	0.18	23.74	22.16	14.57	0	99.97

吉林大学测试中心 2004.5

（4）铋矿物及含铋矿物

辉铋矿：该矿物呈白色，强非均质性，低硬度，产于黄铁矿裂隙中（图版 -6）

辉铋铅矿：浅灰带蓝白色，非均质，它形，与方铅矿、辉铋矿、碲铋矿、黄铁矿和石英等共生（图版 -1）。

碲铋铅矿：褐灰白色，非均质，它形，与辉铋铅矿、辉铋矿、辉银矿、碲银矿、黄铁矿以及石英等共生（图版 -2）。

辉铋钼矿：浅黄褐色、非均质、长柱状与石英、黄铜矿、黄铁矿、辉铋铅矿、碲铋银矿等共生（图版 -3）。

（5）方铅矿：白色，均质性，与闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、石英、方解石等共生（表 2-12）。

表 2 - 12 方铅矿电子探针分析结果

样号	Au	Ag	Bi	Te	Fe	S	Pb	Cu	Mo	Total
2	0	0.98	1.48	0.15	0.14	10.87	86.29	0.00	0	99.91
4	0.43	0.64	1.04	0.12	0.21	9.95	87.47	0.02	0	99.89
5	0.21	0.77	1.78	0.04	0.06	12.93	84.20	0	0.00	100.00

吉林大学测试中心 2004.5

(6) 黄铁矿

黄铁矿贯穿了黄埠岭金矿成矿的始终，是最主要的矿石矿物，具有多世代的特征。根据矿化作用，标型特征等可将其划分为五个世代：

一世代黄铁矿。以立方体为主，与绢云母、石英共生，形成黄铁绢英岩化。

二世代黄铁矿。中粗粒五角十二面体和立方体聚型为特征，与石英、自然金、辉钼矿等共生，形成石英黄铁矿脉。

三世代黄铁矿。中细粒五角十二面体为特征。与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、银金矿、辉铋矿等共生。

四世代黄铁矿。结晶较好的粒状黄铁矿，与石英共生。

五世代黄铁矿。为胶状黄铁矿（图版 -4 及图版 -5）。

上述五个世代的黄铁矿中前四个世代为第一热液成矿期，且三、四世代与金矿代关系密切。第五世代属于第二热液成矿期。

产状特征及其意义：通过对黄埠岭金矿工业矿脉的野外地质和室内详细研究，该金矿黄铁矿有如下产状特征（表 2-13）： 无论从蚀变期还是第一、二热液成矿期的不同阶段，均有不同标型特征的黄铁矿产出，其含金性也各不相同，第一热液成矿期、

阶段黄铁矿含金性好， 阶段和蚀变的较差； 颜色上，第一热液期、 阶段的黄色黄铁矿含金性高于黄白色黄铁矿； 从晶体形态上，中细粒聚型它形的黄铁矿含金性高于粗粒自形立方体黄铁矿； 共生矿物组合上，与多金属共生的黄铁矿的含金性高于其它共生组合； 从产出时间来看，第一热液成矿期 II、III 阶段黄铁矿含金性高于其它阶段。

黄铁矿晶形特征：黄铁矿晶体形态时间分布。黄埠岭金矿的成矿作用经历了蚀变期、第一热液成矿期（早期）和第二热液成矿期（晚期）的过程，不同期不同阶段所形成的黄铁矿的晶形特征不同，在黄铁绢英岩化蚀变作用过程中（蚀变期）所生成的黄铁矿晶体为立方体、八面体和五角十二面体（100）+（111）+（210），以立方体（100）为主。第一热液成矿期的第 I 阶段形成黄铁石英脉，该阶段黄铁矿晶形为（210）+（100）+（111），以立方体（100）为主或它们的聚型；第 II 矿化阶段形成石英黄铁矿脉，为本矿区最主要的成矿阶段，该阶段的强弱直接影响了矿石的品位，形成的黄铁矿以中细粒五角十二面体（210）为主，为（210）+（111）+（100）和聚型，第 III 矿化阶段为黄铁矿多金属矿化阶段，形成的黄铁矿晶体为细粒的五角十二面体和四角三八面体、少量的六面体，（210）+（111）+（100）；第 IV 阶段为碳酸盐阶段，生成的黄铁矿主要为立方体（100），其量也少。在第二热液成矿期形成的主要为黄铁石英脉，该期黄铁矿晶体为（210）+（100）或它形、聚型，以聚型和它形为主。

表 2-13 黄埠岭金矿黄铁矿特征

矿化期	矿化阶段	颜色	结构	含金性	共生矿物组合	产 状
第一热液成矿期		黄白	自形粒 (100) 为主	较差	石英绢云母等	浸染状产于绢英岩中(含量少)
	I	浅黄色	碎裂 (100) +(111) 为主自形粒状	低	石英、辉钼矿等	斑点状产于石英脉中(含量少)
	II	浅黄、黄色	自形、半自形、五角十二面体为主 (210)	好	石英、自然金等	块状产于矿脉中 (含量多)
	III	黄色	半自形它形 (210) 和聚形为主	好	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、石英、银金矿等	细脉浸染状分布于矿脉中 (含量多)
	IV	浅黄	自形半自形 (100) 为主	差	方解石等	不规则星散状分布于碳酸盐中 (含量少)
第二液液成矿期		黄白	自形半自形粒状 (100) 和它形为主	低	石英、胶黄铁矿等。	脉状产于晚期矿化脉中 (含量少)

黄铁矿晶体形态的空间分布。黄埠岭金矿黄铁矿的晶体形态在空间上具有一定的规律性：(1) 立方体 (100) 主要分布于矿体的头部和边部；(2) 矿体的中上部以五角十二面体 (210) 和五角十二面体与立方体聚型 [(210) + (100)] 为主，同时可见四角三八面体 (311)；(3) 矿体中部以五角十二面体 (210) 和五角十二面体与立方体 (100) 聚型为主，聚型中含量 (210) > (100)；(4) 矿体下部以五角十二面体 (210) 和八面体 (111) 构成的聚型为主，可见四角三八面体 (311)；(5) 矿体尾部以立方体 (100) 和八面体 (111) 为主要特征。

可见，黄铁矿晶体在时空上的分布规律对于研究金矿床矿化富集规律和指导该矿区的找矿具有十分重要的意义。黄埠岭金矿中，五角十二面体黄铁矿比立方体的含金量高，在粒度相同的情况下，晶形差的黄铁矿比晶形好的黄铁矿含金量高；同一形态的黄铁矿细粒的比粗粒的黄铁矿含金量高；分析数据显示出粉末状，烟灰状和胶状集合体的黄铁矿是含金量最高的，故可作为找矿标志矿物。黄埠岭金矿的高品位矿石中主要为第一成矿期的 、 阶段的中细粒五角十二面体或聚性，且不同强烈叠加的矿段品位最高。

黄铁矿成分特征：黄铁矿主成分特征。理论上黄铁矿的 S/Fe 比值为 2，黄埠岭金矿的黄铁矿电子探针分析 (表 2-14) 表明，不同期不同阶段形成，的黄铁矿主成分均具有明显的总体亏硫特征。总体 S/Fe 变化于 0.855 与 1.213 间尤其决定矿石品位高低的第一热液成矿期的黄铁矿，其 S/Fe 为 0.855 和 0.952，反映主成矿阶段的相对于其它世代黄铁矿更亏硫，这在 S/Fe 比值和时间演化坐标图上 (图 2-5)，表现更为直观，主成矿期的 S/Fe 值均位于凹谷，为最低。

表 2-14 黄埠岭金矿黄铁矿电子探针分析结果 (%)

矿化期	矿化阶段	主成分		微量元素												Σ
		Fe	S	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg	Te	
蚀变期	绢英岩化	45.74	53.97	0.03	0.03	0	0	0.07	0.05	0	0	0	0	0	0.07	99.99
第一热液成矿期		46.87	53.12	0.11	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0.04	100.21
		56.68	48.44	0.06	0.14	0	0	0.15	0	0	0.36	0	0.43	0	0	99.72
		49.92	47.50	0.22	0.42	0	0	0.06	0	0	0.48	0	0.77	0	0	100.39
第二热液成矿期		45.03	54.96	0.09	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	100.18

微量元素特征。黄埠岭金矿各世代黄铁矿微量元素含量和分布具有独特性，显示如下特征（表 2-14）：第一热液成矿期的黄铁矿含较多的杂质元素，如 Au、Ag、Zn、As、Bi 等，反映成矿时热液中成矿及伴生元素相对复杂。尤其与 Au 成矿密集相关的 Au 和 Ag，含量远高于蚀变期和第二热液成矿期中黄铁矿的，说明黄埠岭金矿中第一热液成矿期是主要的，与地质认识相符。

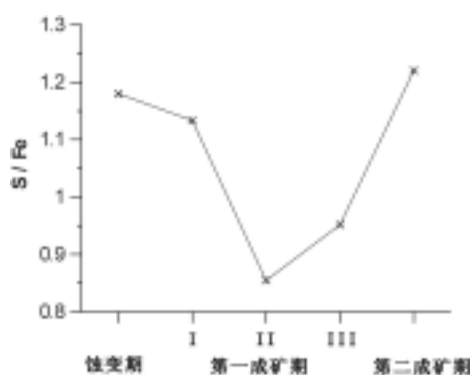


图 2-5 黄埠岭金矿黄铁矿 S/Fe 比值与时间演化标志图

黄铁矿的热电性：不同成矿地质作用下形成的黄铁矿单晶体，在热电场的作用下，由于两端温度不同而产生的热差和热电系数特征是有差异的，引起该类差异的因素有晶体的形态、产状、矿床成因类型、微量元素含量、产出深度等，所以，研究黄铁矿热电性对矿床成因、找矿预测、确定矿体剥蚀深度及其矿体深部定位预测都具有重要意义。一般认为黄铁矿热电性在矿体空间分布上具有明显的规律性（表 2—15）：在矿体上部和头部，黄铁矿表现为 P 型，在矿体中部，为 N-P 型或 P-N 型，矿体下部为 N 型。黄埠岭金矿区的 7 号、10 号脉深部矿体预测中，黄铁矿热电性的变化规律也有指导意义。在黄埠岭金矿二条主要工业矿脉 7 号、10 号脉内，同一矿体的不同标高产出的黄铁矿热电场不同，显示明显的上部 P 型、中部 P-N 型或 N-P 型，下部 N 型特征。7 号脉的分支矿体 7-3 显示 P-N 混合型，以 N 型为主，表明该矿体向下延深不大，10 号脉 10-1 号矿体的 、 、 为完整的 P—P-N—N 型特征，表明 10-1 号矿体在八中段已近矿体尾部（图 2-6）。

表 2-15 黄埠岭金矿黄铁矿热电性特征分析结果

样 号	晶形	Vnp(mv)	热电系数	热电场	空穴比例
H ₇₋₁ -5	它形	12	85.714	P 型	60%
H ₇₋₁ -Py	它形	-6.87	-49.107	P-N 型	18%
H ₇₋₁ -V-B	它形	-21.045	-150.32	N 型	5%
H ₇₋₃ -9	它形	-10.644	-76.17	N 型	15%
H ₇₋₃ -I-7	它形	-21.17	-151.214	N 型	5%
H ₁₀₋₁ -II-5-B	它形	18.02	128.71	P 型	95%
H ₁₀ -VIII-4B	它形	1.931	13.36	P-N 型	65%
H ₁₀₋₂ -VIII-4B-2B	它形	-10.765	-76.89	N 型	20%

综上对黄铁矿的形态、成分标型以及热电性等标型特征所蕴藏的地质信息研究表明，黄埠岭金矿中的黄铁矿标型特征是该矿床的良好成矿找矿标志矿物之一，其具体研究意义如下：

（ ）黄铁矿标型特征是富矿段的找矿标志，所研究矿区内黄铁矿粒度越细，五角十二面体与立方体聚型黄铁矿含金越多，矿石金品位越高，浅黄色黄铁矿比黄白、浅黄白色黄铁矿含金品位高。

（ ）黄铁矿主成分 S/Fe 比值表明黄埠岭金矿黄铁矿为亏硫型，且第一热液成矿期的黄铁矿 S/Fe 比值低于其它阶段生成的黄铁矿。

（ ）黄埠岭金矿矿体中黄铁矿热电性显示出明显的空间分布规律，由矿体浅部向深部，导电类型由 P 型向 N 型演化，因此，P 型黄铁矿大量分布是矿体浅部的标志，而 N 型黄铁矿大量分布则是矿体尾部标志。

（ ）第一热液成矿期黄铁矿微量元素含 Au、Ag、Zn、As、Bi 等，杂质数量多且含量相对高于其它阶段黄铁矿，反映第一热液成矿期本矿占主要地位。

（5）辉钼矿

矿石中辉钼矿广泛分布但不均匀，多沿构造裂隙分布（图版 -5）。主要与黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、石英、绢云母、银金矿、自然金、镜铁矿、磁铁矿等共生。矿石中辉钼矿的含量与金矿化强度成正比。含辉钼矿矿石金品位为 0.85g/t。黄埠岭矿区辉钼矿的特征与灵山沟金矿矿石中的辉钼矿特征具有相似性。

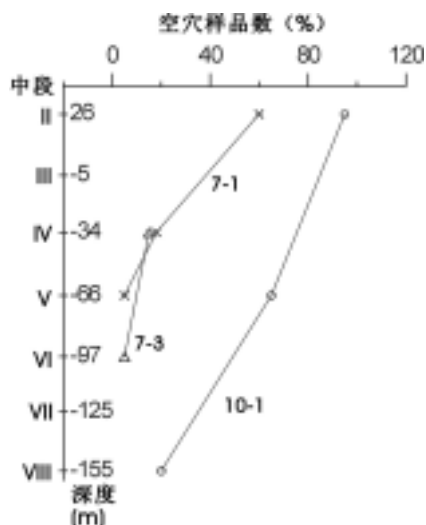


图 2-6 黄铁矿金矿空穴样品数随深度变化图

镜铁矿。矿石中的镜铁矿常见，与玲珑、平度等地区金矿矿石中的镜铁矿标型特征相似（图版 -6）。

（6）石英

黄埠岭矿区石英是主要的载金矿物之一，其形成具有明显的多期、多阶段性，根据其形成演化和标型特征可划分五个世代：

一世代石英与立方体黄铁矿共生，形成黄铁石英脉；二世代石英与五角十二面体黄铁矿共生，形成石英黄铁矿脉；三世代石英与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、银金矿等共生，形成多金属矿化；四世代石英与方解石共生，构成第一热液成矿期的碳酸盐化。五世代石英与粒状和他形黄铁矿共生，形成晚期的石英黄铁矿矿化；

综上主要矿物特征可以看出，黄埠岭金矿具有两期叠加的特点。

二、矿石构造、矿石结构

1. 矿石构造。矿石构造主要类型有脉状、网脉状构造、角砾状构造、条带状构造、浸染状构造和块状构造等。

脉状、网脉状构造。早期阶段的石英黄铁矿等矿物集合体受构造挤压破碎后又被多金属或石英充填胶结而成（图版 -1）。

角砾状构造。早期石英钾长石等受后期构造碎裂又被晚期矿物集合体胶结（图版 -2）。

条带状构造。蚀变岩受构造挤压而破碎，又被硫化物沿破裂而充填而成（图版 -3）。

浸染状构造。硫化物在蚀变岩中呈星散状分布。

块状构造。由黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等硫化物组成致密块状的硫化物矿石。

（2）矿石结构。矿石结构类型有浸蚀结构、交错脉状结构、骸晶结构、乳滴状结构、压碎结构、粒状结构和胶状结构等。

骸晶结构。黄铁矿被黄铜矿、石英等交代呈骸晶状。

浸蚀结构。石英浸蚀黄铁矿使黄铁矿呈不完全晶体（图版 -1）。

交错脉状结构。黄铜矿、方铅矿等沿黄铁矿晶体压碎裂隙充填而成（图版 -2）。

乳滴状结构。黄铜矿在闪锌矿中呈乳滴状分布（图版 -3）。

粒状结构。黄铁矿呈自形粒状（图版 -4）。

胶状结构。晚期黄铁矿呈胶状（图版 -5）。

压碎结构。黄铁矿受构造挤压碎裂（图版 -6）。

三、矿化阶段

根据矿石的组构及构造的活动叠加性可将黄埠岭金矿分为两个成矿期。第一成矿期划分成四个阶段（表 2 - 16）。

表 2-16 黄埠岭金矿床矿物生成顺序表

矿 物 名 称 矿 化 期 矿 化 阶 段	第 一 热 液 成 矿 期				第二热液 成矿期	表生 成矿期
	石英阶段	黄铁矿阶段	多金属阶段	碳酸盐阶段		
磁铁矿	—					
镜铁矿	—					
黄铁矿	—	—	—		—	
辉钼矿	—					
石 英	—	—	—		—	
辉钨矿		—				
磁黄铁矿		—				
黄铜矿		—	—			
闪锌矿		—	—			
方铅矿			—			
自然金	—	—				
银金矿			—			
自然银			—			
碲银矿			—			
辉银矿			—			
硫锑铅矿					—	
硫锑银矿					—	
硫锑银铅矿					—	
硫铜锑铅矿					—	
胶黄铁矿					—	
方解石				—		
孔雀石						—
蓝铜矿						—
褐铁矿						—

石英脉阶段。主要乳白色石英和少量立方体黄铁矿组成,直观特征为白色石英脉。

黄铁矿阶段。主要组成矿物为五角十二面体聚型黄铁矿，其次为石英，辉钼矿、磁黄铁矿和金矿物等。

多金属阶段。由黄铜矿、闪锌矿、方铅矿为主、石英、金银矿物等组成。

碳酸盐阶段。由方解石等组成。

第二热液成矿期。由胶黄铁石英脉组成，走向 NNE，倾向 SE，倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，该期矿化特征：该期石英脉中包体少、小。黄铁矿呈细粒和脉状。该期矿化脉含金约 $0.96 \sim 4.3\text{g/t}$ 。该期有早期碳酸盐角砾（图版 -1）。

第三节 围岩蚀变

围岩蚀变是热液矿床中的一种普遍存在现象，其类型、强度和分布随热液矿床的类型、成矿作用过程和围岩性质等而异。岩浆热液矿床的围岩蚀变类型复杂多样，常具多阶段和分带性。研究围岩蚀变的特征对确定热液矿化的类型有一定意义。

黄埠岭金矿的围岩蚀变发育，主要有钾化、绢英岩化、绢云母化、硅化、碳酸盐化和绿泥石化等。

钾化。由钾长石为主所组成，是成矿早期的蚀变。

绢英岩化。由绢云母、石英构成，伴生有少量黄铁矿。局部可组成黄铁绢英岩，是第二期蚀变，从图版 -4 可以看出钾化早于绢英岩化。

硅化。主要由石英组成，其蚀变分布于蚀变带中间，为后期成矿阶段蚀变在硅化较强部位可见有块状硫化物伴生构成富矿，从图版 -4 可看出硅化晚于绢云岩化。

碳酸盐化。由方解石构成。方解石脉为成矿晚期产物。

高岭土化。主要蚀变矿物为高岭土是成矿后期产物，对矿体有破坏作用。绿泥石化。分布不均匀主要分布在矿脉带内基性脉岩或胶东群残留体的边部。

蚀变分带：依据矿山编录和室内研究结果可明显看出黄埠岭矿区内的围岩蚀变具有明显的水平分带与垂向分带。水平分带：10 号脉 2B 勘探线的编录及其研究结果来看蚀变水平分带次序为钾化—绢英岩化—硅化—绢英岩化—钾化（图 2 - 7）。垂直分带：

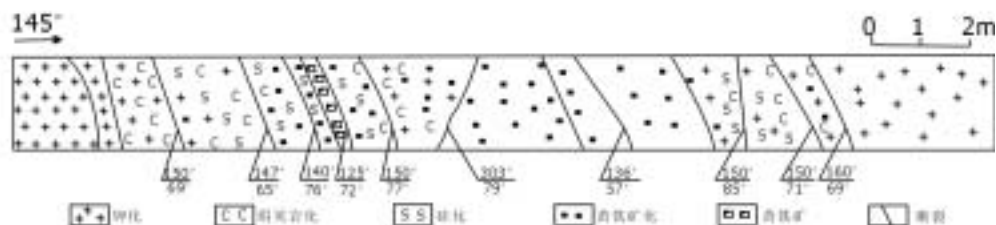


图 2—7 六中段 10 号脉 2B 穿左壁坑道编录素描图

从上而下依次为硅化—绢英岩化—钾化。(图版 -2、 -3、 -4)。

第四节 矿化类型

依据黄埠岭金矿矿床特征、矿石建造、矿石组构、成矿条件等研究和对比，将黄埠岭矿区金矿化归纳如下：

(1) 石英脉型金矿化。该类矿化矿石建造以石英为主。例如 7 号脉中的 7-1、7-3。

(2) 蚀变型金矿化。该类型矿化的主要特征是沿着压扭性构造破碎带，由碎粒岩和碎裂岩组成脉状、网脉状构造，其上下主断面清楚，往往为几百米至几十厘米的断层泥。矿体分布在产状变化的构造部位，例如 10 号脉。该脉矿化的控矿构造具有延长、延深稳定的特点。

(3) 复合脉金矿化。该类型矿化具蚀变叠加特点，矿化一般连续稳定，可形成较好的工业矿体，如 7 - 2 矿体。

第五节 矿床成因分析

一、成矿地质条件

1. 与成矿有关的岩浆岩

(1) 玲珑花岗岩

玲珑花岗岩是矿区内分布面积最广的岩石，约占 90%以上，岩性为片麻状黑云母二长花岗岩、中粗粒斑状花岗岩、中细粒斑状花岗岩等。该岩体新鲜面呈肉红色，风化面为黄褐色。片麻状构造和斑状结构。主要组成矿物为石英、微斜长石、更长石、黑云母、局部为白云母、含适量角闪石。副矿物为磁铁矿、榍石、锆石、磷灰石及绿帘石等。玲珑花岗岩是黄埠岭金矿的直接围岩。

(2) 郭家岭型花岗岩

岩石类型以花岗闪长岩、二长花岗岩、石英二长岩和角闪花岗岩为主，各类岩石之间为渐变的过度关系。岩石为灰白色，主要矿物为钾长石、石英、角闪石和黑云母，副矿物有锆石、榍石、磁铁矿、磷灰石、褐帘石等。该岩体侵入黄埠岭矿区深部与玲珑花岗岩构成双层花岗岩结构。玲珑花岗岩在上，花岗闪长岩侵入到玲珑花岗岩之内，越向深部花岗闪长岩体积越大，在花岗闪长岩和玲珑黑云母花岗岩接触处是成矿的最佳部位。

(3) 脉岩与成矿

黄埠岭矿区内脉岩发育。在空间上与金矿上密切伴生，在时间上与金矿床成穿插关系。区内主要有煌斑岩脉、闪长玢岩岩脉、伟晶岩脉及次安山岩脉。其中与金矿关系密切的为煌斑岩和次安山岩。

煌斑岩，呈暗绿色，斑状结构，块状构造。斑晶含量为 15%由斜长石及暗色矿物组成，粒度一般为 0.6 - 2mm，在岩石中不均匀出现。基质呈显微自形片状、柱状结构。由片状黑云母（20%）、柱状斜长石（5%）组成。粒度为 0.005 - 0.4mm。磁铁矿呈自形粒状出现。岩石局部蚀变强烈，主要为绢云母化、碳酸盐化等。该类岩脉走向以 NE 为主。岩石化学分析结果（表 2-17）表明煌斑岩为超基性正常系列岩石。

表 2-17 黄埠岭矿区煌斑岩化学成份

化学成份	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₃	MnO	MgO	Na ₂ O	CaO	K ₂ O	H ₂ O ⁺	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻
含量(%)	43.98	1.08	16.35	3.32	4.32	4.32	3.30	8.15	3.28	3.22	0.14	1.26

次安山岩，为灰绿色，具斑状结构，斑晶为斜长石及角闪石，基质为微晶斜长石和玻璃质所组成。可见玻基交织结构（安山结构）和气孔杏仁构造（图版 -5）。次安山岩脉走向 NW，倾向 NE，倾角 46°，穿切了早期矿脉。可见黄埠岭矿区受到浅成构造的影响。

2.成矿构造条件

构造对物质起到迁移作用，而且是容矿、导矿的主要通道。黄埠岭矿区内构造十分发育，以断裂构造为主，控制着矿区内矿化脉与矿体的产出和分布，根据构造规模可将区内断裂构造划分二个级别：一级断裂与二级断裂构造。

一级断裂构造：矿区内一级断裂构造为凤凰山—黄埠岭断裂，走向 NE45°~50°，倾向 SE，倾角 45°。在黄埠岭区段内组成该断裂的岩石均为碎裂状花岗岩、花岗质碎裂岩、角砾岩及断层泥等。断裂带可见蚀变矿化，蚀变类型有硅化、绢云母化、黄铁矿化、钾化及高岭土化等。

二级断裂构造：矿区内二级构造主要指位于凤凰山—黄埠岭断裂上盘平行分布的断裂构造。目前已经发现有 15 条，其中 F₄、F₆、F₇、F₁₀、F₁₅ 等构造均有工业矿脉产出（表 2 - 18）。

表 2 - 18 黄埠岭矿区二级断裂构造蚀变带特征

编号	规模(m)		产 状		主要岩石类型	深部控后及矿化情况
	长	宽	走 向	倾 角		
1	250	0.3 ~ 3	NE55 °	SE 78 °	绢云母化钾化碎裂状花岗岩	钻探控制深部无矿化
2	850	0.5 ~ 3	NE55 °	SE 70 ° ~ 80 °	绢英岩化碎裂状花岗岩	钻探控制深部无矿化
3	250	1 ~ 32	NE40 °	SE 70 °	绢云母化碎裂岩	钻探控制深部无矿化
4	800	1 ~ 3	NE55 °	SE 65 ° ~ 80 °	绢云英岩化碎裂岩	-35m 巷道见极薄矿体
5	100	0.2 ~ 3	NE30 °	SE 85 °	绢云母化角砾岩	钻探控制深部无矿化
6	100	0.3 ~ 3	NE65 °	SE 45 °	不纯质石英脉	地表控制无矿
7	1000	1 ~ 16	NE55 °	SE 68 °	绢英岩化碎裂岩	赋存工业矿体
8	200	0.2 ~ 0.5	NE47 °	SE 60 °	绢英岩化碎裂岩	钻探控制深部无矿化
9	120	0.5 ~ 1	NE45 °	SE 75 °	绢英岩化碎裂岩	深部无工程
10	800	0.5 ~ 24	NE65 °	SE 65 ° ~ 85 °	绢英岩化碎裂岩	赋存工业矿体
11	220	0.2 ~ 1	NE60 °	SE 77 °	绢英岩化碎裂岩	赋存工业矿体
12	100	0.2 ~ 0.5	NE60 °	SE 75 °	绢英岩化碎裂岩	深部无工程
13	180	1 ~ 2	NE45 °	SE 70 °	绢云母化碎裂岩	钻探控制深部无矿化
14	750	1 ~ 3	NE60 °	SE 70 ° ~ 80 °	绢云母化碎裂岩	钻探控制深部无矿化
15	600	1 ~ 5	NE60 °	SE 50 ° ~ 70 °	硅化绢英岩化碎裂岩	钻探未见工业矿体

二、成矿物理化学条件

(一) 流体包裹体特征

流体包裹体是成矿热液流体的样品，通过流体包裹体的研究，可以了解矿液的组成、成矿的物理、化学条件，并进而探讨矿床的形成过程，即成因。

(二) 样品采集及研究方法

1. 样品采集

黄埠岭金矿的成矿作用分为早晚两期，采取的石英样品。期石英含有较好的包体，而晚期却很少、微小，无法测试。下面仅就早期成矿期的石英流体包体特征进行了研究。

2. 研究方法

测试所用仪器为 Linkam—THM600 型冷热台，在冷热台上详细研究了包裹体类型及特征均一温度、压力及盐度，并对各个参数进行分析和描述。对气液两相包体采用冷冻法，含 CO₂ 三相包体采用均一法。即冷冻均一法测温。

矿物中的气—液包体被认为是成矿溶液的样品。并且事实上温度、压力、介质成分三者间有密切联系。三者只有任知其二，第三个变量才有可能较精确地测定出来，因此，读包体成分的研究无疑具有重大意义。本文采用激光拉曼光谱法对包体成分进行测定：使用仪器：Renishan system-1000 型激光拉曼光谱仪。

（三）流体包裹体类型及特征

根据室温条件下流体包裹体中的相互关系，可将流体包裹体划分为以下几种类型：

（1）纯 CO₂ 包体：包裹体直径一般为 5%—10%，CO₂ 体积为 100%，其形态较规则，呈浑圆状。

（2）纯液体包体：由单一液相组成，形态多为长条形。大小一般 5~10um。

（3）气液两相包体：其气液比一般为 5%~15%，包裹体直径一般为 5~30 um，集中于 10~20 um，呈浑圆状和不规则状，多数呈孤立分布，加热时均一至液相，气泡消失。

（4）含 CO₂ 三相包体：包裹体直径为 5~25 um，集中于 10~20 um，常见的相组合为 H₂O+CO₂ (L) +CO₂ (V) 和 H₂O+CO₂ (L) +CO₂ (V)。CO₂ 体积比为 20~90%，主要集中于 30%~70%，形状多为浑圆状，长条状和不规则状产出。

上述各类型包体在同一测温片或同一石英颗粒中共生发育，空间上密集成群分布，显示其近于同时捕获的特点。

（四）测温特征

矿物形成时被捕获的包体溶液是单相的均匀体系。并且，在室温下呈两相或三相状态的非均匀体系出现的气—液包体重是原来呈均匀体系出现的单相包体冷缩的结。因此用人工方法对这些包体进行加热，可以使其恢复到形成时的均化状态，而刚恢复到均化状态时的温度叫均化温度或充填温度（H.C 索尔比）。

1.成矿温度

流体包裹体的均一温度（th）和成矿温度（tt）之间有如下关系： $tt=th+\Delta t$ 式中： Δt 为不确定的校正值。当成矿压力较小，流体盐度较低时， Δt 值较小，因此可用均一温度近似代替成矿温度，实际上均一温度可视为成矿温度的下限。

2.测温特征

本次测温所用的仪器为 Linkam—THM600 型冷热台 通过对近百个包裹体的观测，获得了较多的均一温度值。值在 120~390 之间，主要集中在 120~240 区间内（图

2-8)。

含 CO₂ 包体的均一温度值在 180~390 之间，主要集中在 210~330 区间内（图 2-9）。

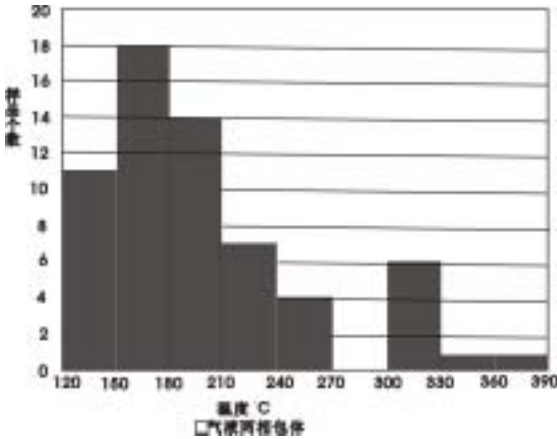


图 2-8 气液两相包体的均一温度直方图

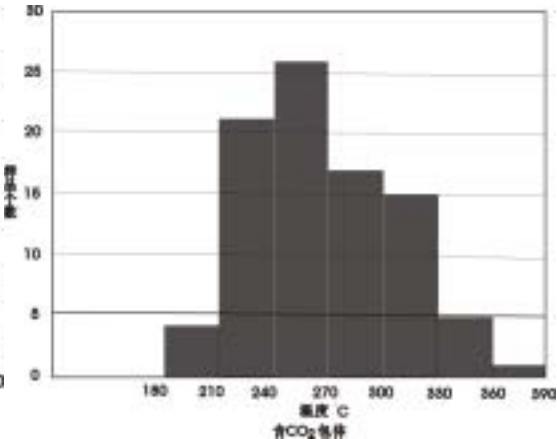


图 2-9 含 CO₂ 包体的均一温度直方图

比较上述两类包裹体的均一温度，可以得出两者峰值的差异，这说明成矿流体存在着一个缓慢降温的过程。统计结果显示均一温度呈明显的塔式分布，峰值在 10~270 之间（图 2-10）。因此黄埠岭矿区的主成矿阶段成矿温度主要集中在 250 ，为中温热液矿床。

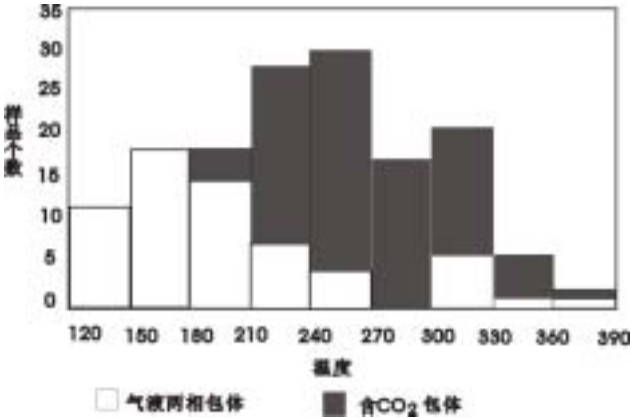


图 2-10 均一温度直方图

（五）成矿流体盐度

成矿流体盐度 S 的计算是通过对气液包裹体进行冻结温度测试，冻结之后马上加热，以最后冰晶的融化温度作为冰点温度计算得出的，计算公式： $S=0.00+1.78Ti-0.0442Ti^2+0.000557Ti^3$ 。其中：Ti 为水流温度，S 为成矿溶液盐度（%）。计算结果为：4.18wt%~9.86wt%；也可以根据含 CO₂ 三相包体的均一温度，利用公式 $S=15.5022-1.02342Tcl-0.05286Tcl^2$ 。其中：Tcl 为 CO₂ 的均一温度，计算结果为：1.23%~11.15wt%。因此黄埠岭矿区石英流体包裹体盐度表现为低盐度特征。

（六）压力分析

压力是成矿成岩作用的重要控制因素之一。本文采用的测压法为包体测压法。根

据 1983 年(邵洁连)提出的经验公式 $T_0=374+920S$ () ; $P_0=219+2620S$ (Pa) ; $P_1=P_0 \times T_1/T_0$ (Pa)。其中 : T_0 为初始温度 ; P_0 为初始压力值 ; T_1 为矿区实温 ; P_1 为成矿压力值 ; S 为成矿溶液盐度。利用上述压力计算公式 , 代入成矿溶液盐度算得压力的结果为 363.15~925.97bar。

三、成矿物质来源

黄埠岭金矿花岗岩、脉岩与金矿化在空间上密切伴生,在时间上顺序演化,它们都是胶东群老变质岩长期演化的产物。

(一) 同位素特征

1. 氢氧同位素

对矿脉、围岩及金矿化的氢同位素测定表明(孙书浩等,1993),成矿热液氧同位素 ^{18}O 组成变化于+9.90~+11.30‰之间,氢同位素 D 组成变化于-66.6~-77.50‰之间,显示成矿热液由原生岩浆水和大气降水混合而成。

2. 硫同位素

矿石硫同位素 S^{34} 组成,变化于+5.37~+8.80‰之间,平均值为+7.43,正向偏离陨硫硫。与玲珑花岗岩硫同位素组成+7.9~+10.7‰及胶东群的值(+6.1~+10.77.8‰)比较,三者具有同源性(刘纲等报告,1998)。通常认为与重熔岩浆有关的硫同位素组成,具有极值不大的正向偏离陨硫硫的特征。硫同位素组成范围窄,说明硫均一化程度高,是深源岩浆的主要特征之一,故区内金矿床中硫来自重熔花岗质岩浆。

(二) 流体包裹体成分分析

含 CO_2 三相包体的气相成分以 CO_2 为主,含量在 50mol 以上,最高可达 82mol,其次为 H_2O 含量在 10.1~34.1mol 之间,主要集中在 20mol 左右; CO 含量在 0.6~5.5 mol,一般集中在 1.0~3.0 mol 之间。 N_2 含量为 0.1~6.5 mol,一般集中在 0.1~1.0 mol 之间。 H_2 含量为 0.2~2.6 mol,一般集中于 1.0 mol 附近;其它成分如 H_2S 、 C_2H_4 、 CH_4 等,其含量均在 1mol 以下;液相成分中以 H_2O 为主,含量在 96mol 以上,其次为 N_2 和 CO_2 ,含量在 1mol 左右;另外还有少量的 CO 、 H_2S 、 CH_4 等;含量在 1 mol 以下,有的包体甚至不可见,阳离子以 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 为主, Cl^- 含量为 0.15~0.25 mol, SO_4^{2-} 含量为 1.0~2.1 mol, HCO_3^- 含量为 1.0~2.3 mol。

气液两相包体气相成分中以 H_2O 为主,含量在 95 mol 以上,最高可达 99.18 mol,其次为 CO_2 ,含量为 0.25~1.8 mol, N_2 含量为 0.15~1.23 mol,其它成分有 CO 、 H_2S 、 CH_4 、 H_2 等,含量较少,一般为 0.1 mol 左右。液相成分中以 H_2O 为主,其次为 N_2 和 CO_2 ,含量在 0.2~3.0 mol 之间,其它成分如 CO 、 H_2S 、 CH_4 、 H_2 等,在个别包体中零

星存在。阴离子以 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 为主， Cl^- 含量为 0.1~0.25 mol， SO_4^{2-} 含量为 0.1~0.16 mol， HCO_3^- 含量为 0.1~0.17 mol。

气相和液相流体裹体成分测定结果表明，两类流体包裹体成分组成一致，说明它们采自同一成矿流体。阴离子以 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 为主，这对黄铁矿这一重要载金矿物是极为有利的。包裹体成分中含丰富的 N_2 ，可能指示矿液组成中有大气降水的加入，热液矿床中热液的来源往往是多种原因的，如岩浆的、变质的、海水的、热卤水和大气降水等。更多的是具有混合成因的。包裹体中封存下来的矿液样品，应该能够反映成矿流体的主体特征。

（三）成矿特征总结

系统的包裹体研究表明，黄埠岭金矿成矿流体表现出明显的不混溶特征：1.同一测温片或同一石英颗粒中，存在大量的气液两相，含 CO_2 三相等各类型的包裹体，显示其近于同时捕获的特点。这说明各包裹体来源同一流体。后由于流体的冷却形成各类型的包裹体；2.气液两相包裹体的均一温度峰值为 150~210℃，含 CO_2 三相包裹体的均一温度峰值为 210~330℃，说明流体存在缓慢的降温过程。

该矿区成矿流体是多成因的，多来源的，阴离子 Cl^- 、 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} ，显示了岩浆热液的特征，低盐度及富含 N_2 等反映了有大气降水的参与，成矿温度在 120~390℃ 左右，属于中温矿床；成矿压力为 363~925bar，为中深成矿床；成矿盐度为 4.18~11.15%，为低盐度特性。气相成分以 H_2O 、 CO_2 为主，富含 CO 、 CH_4 、 H_2 等还原气体。

通过对成矿特征的研究，可以得出以下结论：

（1）黄埠岭金矿床为中深成中温热液矿床，成矿温度在 120~390℃ 左右，但主成矿温度在 250℃ 左右，成矿压力为 363~925bar。

（2）成矿流体为低盐度特性，气相成分以 H_2O 、 CO_2 为主，富含 CO 、 CH_4 、 H_2 等还原气体。液体成分以 H_2O 为主，阴离子主要包括 Cl^- 、 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} ，其中 Cl^- 、 HCO_3^- 阴离子的广泛存在对 Au 的运移起关键作用。

（3）成矿热液为岩浆热液，成矿流体表现出明显的不混溶特征：同一测温片或同一石英颗粒中，存在大量的气液两相，含 CO_2 三相等各类型的包裹体，显示其时捕获的特点。说明各包裹体来源于同一流体，后由于流体的冷却形成各类型的包裹体；气液两相包裹体的均一温度值为 150~210℃，含 CO_2 三相包裹体的均一温度峰值为 210~330℃，说明流体存在缓慢的降温过程。

（4）同位素测定结果表明，成矿热液由岩浆水和大气降水混合而成。金矿床中硫来自重熔花岗质岩浆。

四、晚期浅成热液的特征与成矿

1. 晚期含矿热液的产物为 NNE 向的胶黄铁石英 , 走向 NNE , 倾向 SE , 倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。黄铁矿为脉状和它形 , 石英为细粒 , 石英脉中包体少、小。金品位约 $0.96 \sim 4.3 \text{g/t}$ 。

2. 晚期脉岩为次安山岩 , 走向近 SN (NNE) , 倾向 NE , 倾角 46° , 穿切了 NE 向矿脉 , 且与 NNE 向矿脉密切伴生。

综上所述认为黄埠岭金矿为两期叠加的热液金矿床。

第三章 矿化富集规律及矿体定位预测

第一节 矿化富集规律的物化探信息

一、黄埠岭矿区成矿构造格架的地球物理信息

前已提及，研究区以花岗岩为主，工作区断裂构造发育，主要有 NE 和 NNE 向断裂为主，控制了区内金矿化的形成和分布。我们主要根据刘洪臣的地球物理资料，结合他们选择的重力探查方法、高精度磁法以及 CSAMT 方法的测量结果，综合分析可以得出以下结论：

1.黄埠岭矿区深部的主、次构造反映明显。深部构造不仅在纵深方向呈陡缓相间的构造趋势。在横向上也具有舒缓波状的构造形态，主次构造呈“反 Y”字型（如图 3-1、3-2）。矿体主要产在次级构造带内。

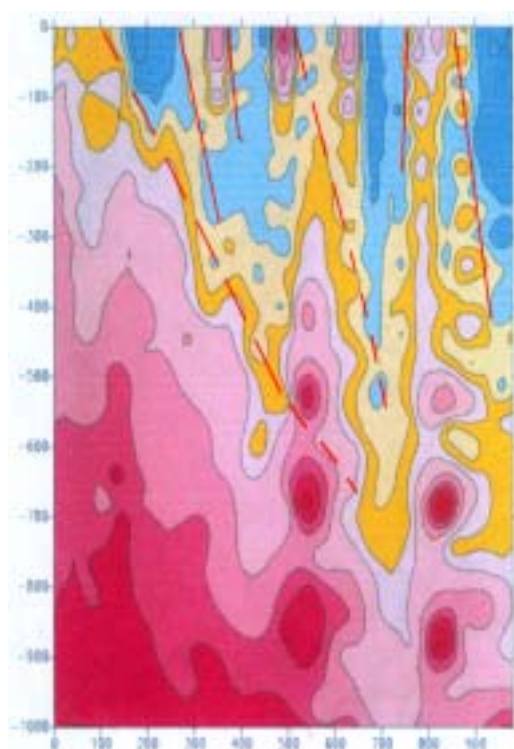


图 3-1 黄埠岭矿区 14B 线电测深（CASMT）图

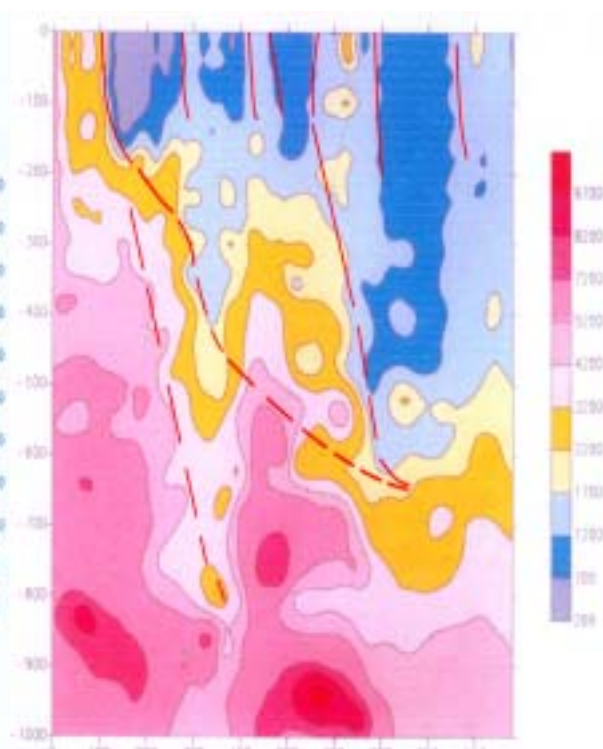


图 3-2 黄埠岭矿区 2B 线电测深（CASMT）图

2. 黄埠岭 14B 线显示出两个较完整的低阻异常 (图 3-1)。
3. 黄埠岭 2B 线 700 米深处有一较好的低阻异常 (图 3-2)。

二、矿化富集规律的勘查地球化学信息

本次工作主要对黄埠岭矿区进行了坑道内和地表原生晕地球化学测量。

(一) 原生晕地球化学

1. 原生晕测量

在对黄埠岭进行系统坑道地质编录的过程中,共采集了 440 个原生晕样品,其中我们主要针对 7 号脉和 10 号脉进行了数理统计分析。

(1) 采样布局

黄埠岭金矿的地球化学采样布局可分为坑道、钻孔和地表三部分。根据实际的地质情况和坑道条件,采样间距一般为 10m 左右,由于主矿体大部分已经采空而所采样品主要是矿体边部样品。钻孔及地表的样品主要为矿石的成矿化蚀变中的岩石,全部原生晕样品为 440 个。

(2) 指示元素的选择与样品分析质量

考虑到矿区的矿化特征及与邻区对比,对上述样品分析了 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、As、Sb、Bi、Hg 等 11 个元素,分别作为各类矿化指示元素。

(3) 在确定采样点坐标后,先后完成了数据的输入、检验、预处理,各种统计分析并成图,并对分析结果进行相关分析,因子分析。并取得了下列成果:

第一,查明了成矿元素及伴生元素的垂向分带规律;

第二,查明了成矿元素在空间分布方向上的分布特征;

第三,根据矿区地质特征及地球化学特征和上述室内分析的结果,进行了合理的成矿预测。

(二) 地球化学特征

1. 成矿元素及伴生元素的相关性

为了研究 7 号脉和 10 号脉元素之间的相互关系,分别对其进行了相关分析。得出以下结论:

(1) 7 号脉 Au - Ag(0.7686)、Au - Cu(0.6852)、Ag - Cu(0.4751)、Pb - Zn(0.9888)、Co - Ni(0.4361)、As - Bi(0.4353)。其中 Hg、Sb 与任一元素的相关性均不明显。黄埠岭金矿的元素间相关性较弱,与 Au 相关的元素有 Ag、Cu。胶东烟台浅成金矿与 Au 相关的元素有 Ag、Cu、Pb、Zn (刘连登等,1997)。这可能与黄埠岭金矿 7 号脉中载金矿物较简单有关。

(2)10号脉 Au - Ag(0.7375)、Au - Pb(0.5475)、Au - Zn(0.6532)、Au - Co(0.6244)、Au - Bi(0.6398)、Ag - Pb(0.5381)Ag - Co(0.6268)、Ag - Bi(0.9256)、Pb - Zn(0.3201)、Pb - Bi(0.5535)、Co - Bi(0.5437)、Co - Ni(0.3460)。其中 Cu、As、Hg 与任何一种元素的相关性均不明显。与 7 号脉相比 10 号脉元素间的相关性有了显著的增强，与 Au 相关的元素有 Ag、Pb、Zn、Co、Bi。说明 10 号与 7 号脉在成因上有所差异。

2.元素组合

元素组合可以有二种含义，一是依据成矿元素过程中富集与否求得的所谓成矿特征元素组合，另一类是依据元素在成矿过程中性状的相同与否求得的元素组合——由一组性状相同的元素构成。

成矿特征元素组合。通常依据背景值或地壳克拉克值相比求得。黄埠岭 10 号脉中，与其矿脉背景值相比，Au 富集了 33.115 倍、Ag 为 4.064、Cu 为 4.437、Pb 为 4.119、Zn 为 4.468、Co 为 1.126、Ni 为 1.432、As 为 3.328、Sb 为 3.092、Bi 为 9.682、Hg 为 1.355；与地壳平均丰度值比，Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、As、Sb、Bi、Hg 则依次富集为 506.47、90.1、0.662、12.591、2.865、0.425、0.209、2.279、2.956、365.778、0.359 倍。

如果以 2 为界划分特征元素组合，则 10 号金矿脉的特征元素组合为：主成矿元素组合 Au、Bi、Ag、Pb、Zn 和头晕元素组合 As、Sb。未出现尾晕组合，说明 10 号脉的矿体向下有一定的延伸。7 号脉中的特征元素为：主成矿元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb 和头晕元素 Sb。成未出现尾晕元素，说明 7 号脉的矿体向下也有一定的延伸。

3. 原生晕的富集特征

10 号脉的富集序列递减排列如下：

总体：Au - Bi - Ag - Pb - Sb - Zn - As - Cu - Co - Hg - Ni

地表：Bi - Au - Ag - Hg - Sb - Pb - As - Zn - Co - Ni - Cu

四中：Bi - Au - Ag - Pb - Zn - Cu - Sb - As - Co - Ni - Hg

五中：Bi - Au - Ag - Pb - As - Sb - Zn - Cu - Co - Ni - Hg

六中：Au - Bi - Ag - Pb - Zn - As - Sb - Cu - Co - Ni - Hg

七中：Au - Bi - Ag - Pb - Sb - Zn - As - Hg - Cu - Co - Ni

八中：Bi - Au - Ag - Pb - Sb - Zn - Co - As - Hg - Cu - Ni

从上表可以看出，头晕元素（As、Sb、Hg）的位置总体上有向后的趋势，说明矿体有歼灭趋势，但其位置相对靠前，说明矿体还有一定的延深。其头晕序列趋势（见图 3-3）。

7 号脉的元素富集递减排列为：

地表：Au - Bi - Ag - Pb - Sb - Zn - Cu - As - Co - Hg - Ni

二中：Bi - Au - Ag - Hg - Pb - Sb - As - Zn - Co - Cu - Ni

四中：Au - Bi - Ag - Pb - Sb - Zn - As - Co - Ni - Hg - Cu

五中：Bi - Au - Ag - Pb - Zn - Sb - As - Cu - Co - Ni - Hg

六中：Au - Bi - Ag - Pb - Zn - Sb - As - Co - Hg - Cu - Ni

七中：Au - Bi - Ag - Sb - Pb - Zn - Hg - As - Co - Ni - Cu

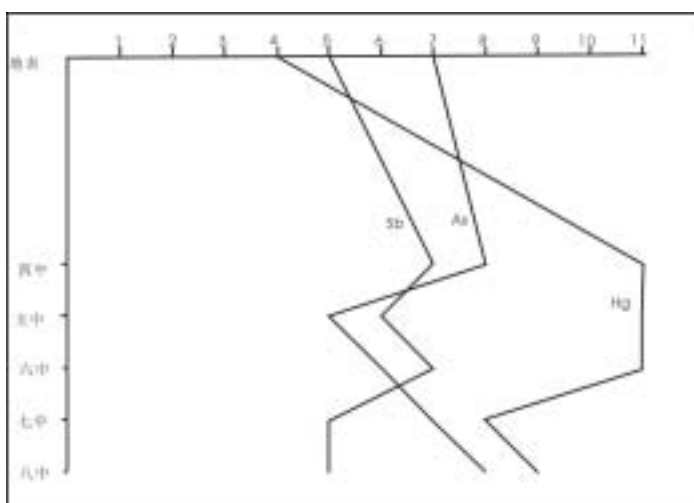


图 3-3 10 号脉头晕元素富集序列趋势图

其中头晕元素的位置相对靠前，说明矿体向下应有一定的延深。工程虽未发现延深，可能是构造错断造成的。

4.原生晕的分带性特征

10 号的元素分带序列为：Hg - Cu - Ni - Co - As - Sb - Zn - Ag - Au - Pb - Bi

李惠总结的中国金矿床原生晕轴向（垂直）分带序列为：

As - Hg - Sb - Pb - Ag - Au - Zn - Cu - Bi - Ni - Co

相比较黄埠岭矿区 10 号脉总体元素分带序列出现了“反分带”，说明 10 号脉向下延伸还很大或还存在第二个富集段。

7 号脉的元素分带序列为：Cu - Au - Co - Ag - Ni - Zn - Pb - Bi - As - Hg - Sb

同样出现了“反分带”说明 7 号脉七中以下还存在另一个富集段。

5.元素组合异常分带

为了强化元素异常分带，本文选用模型标准化以后的异常级别组合差值，来研究其分带性，最后为靶区预测提供信息。共分三类组合异常，头部组合异常、腰部组合异常，尾部组合异常。（根据元素地球化学性状和胶东金矿的特点）。

头部异常 = $(As+Sb+Hg)/3.0-(Au+Ag+Bi)/3.0$

$$\text{腰部异常} = (\text{Au} + \text{Ag} + \text{Bi}) / 3.0$$

$$\text{尾部异常} = (\text{Co} + \text{Ni}) / 2.0 - (\text{Au} + \text{Ag} + \text{Bi}) / 3.0$$

经异常元素组合研究发现，在矿体中上部的上盘及矿体的头部，往往出现头部组合异常；矿体的中部，往往为腰部组合异常，而头部和尾部组合异常弱；而矿体中下部的下盘及矿体下部，往往出现尾部组合异常。因此元素组合异常的分带，对应矿体不同的揭露开采状态，能为矿山开采提供极为有效的信息。

通过对矿区内地表的原生晕组合异常强度等值线图（图 3-4）和地表头、尾异常等值线图（图 3-5）可以看出，7 号脉的地表 13 - 15 线表现为强的异常区，且为头部异常，说明此处为一成矿找矿远景靶区。

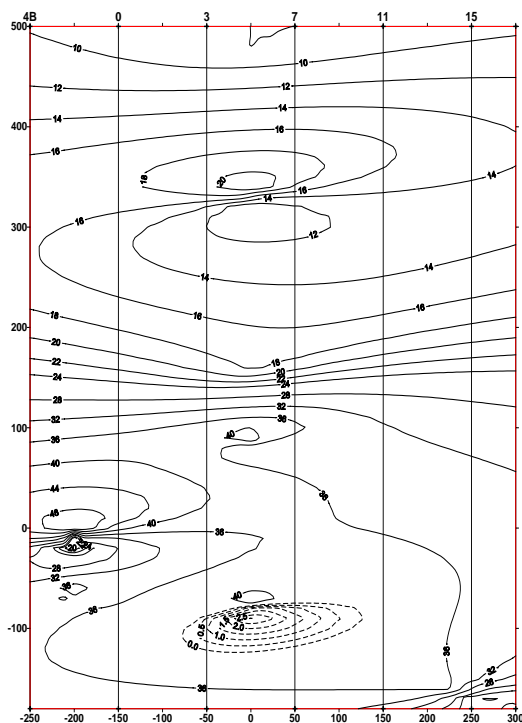


图 3-4 地表原生晕异常强度（实线）和腰部（虚线）指示等值线图

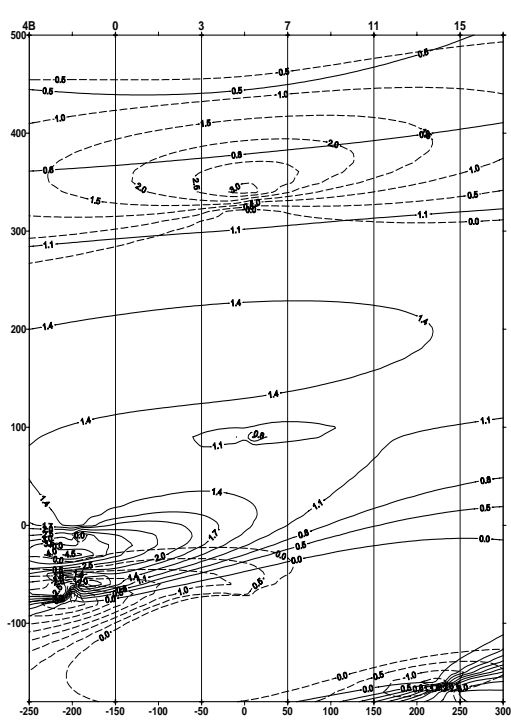


图 3-5 地表原生晕头部（实线）和尾部（虚线）指示等值线图

通过对四中段的原生晕组合异常强度等值线图（图 3-6）和地表头、尾异常等值线图（图 3 - 7）可以看出，7 号脉，10 号脉都表现为矿体中部异常。且可以看出，10 号脉 5 - 9 线，表现为强的腰晕组合异常，说明此处为一成矿找矿靶区。10 号脉 0 线处表现为强的原生晕组合异常，但其头、尾异常均未出现，表明此部位以下为一较小矿体。

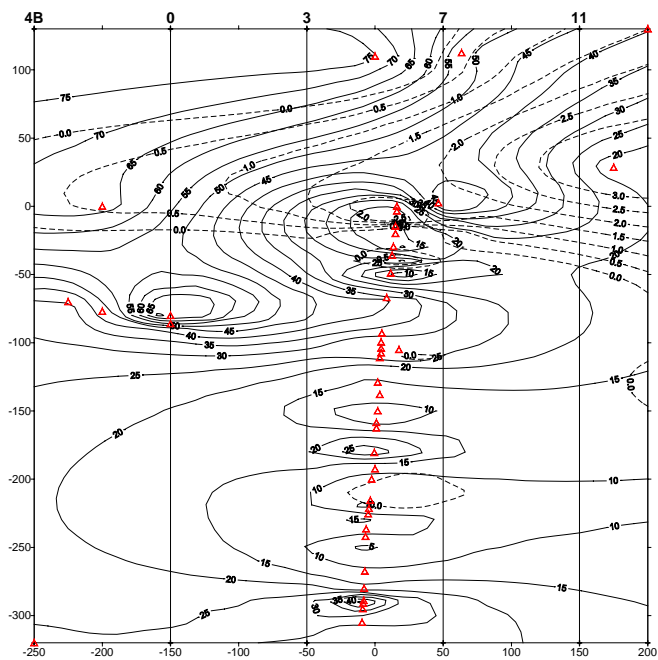


图 3-6 四中段原生晕异常强度（实线）和腰部（虚线）指示等值线图

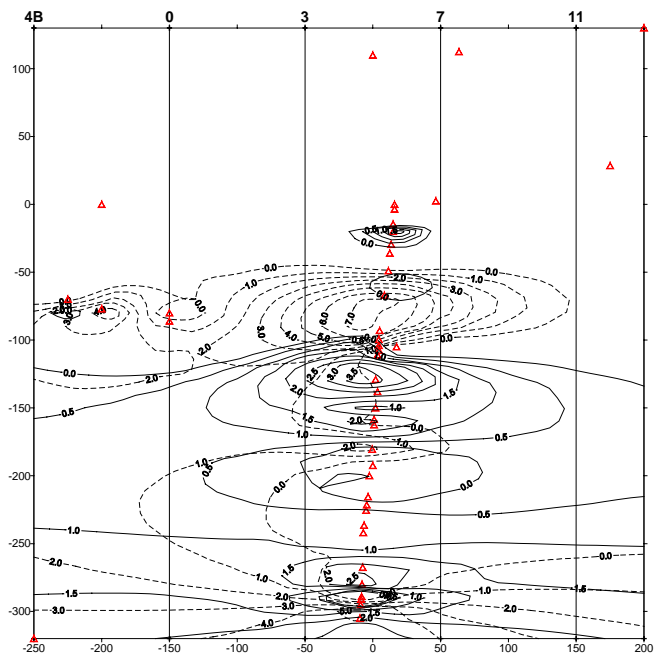


图 3-7 四中段原生晕头部（实线）和尾部（虚线）指示等值线图

通过对 5 勘探线原生晕组合异常强度等值线图（图 3 - 8）和头、尾晕异常等值线图（图 3 - 9）可进一步证明，10 号脉 5 - 9 线四中以上为一隐伏矿体。

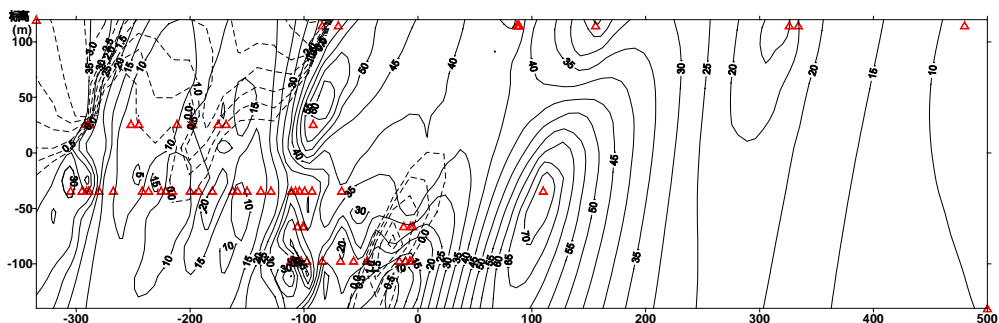


图 3-8 5 勘探线原生晕异常强度（实线）--腰部（虚线）指标等值线图

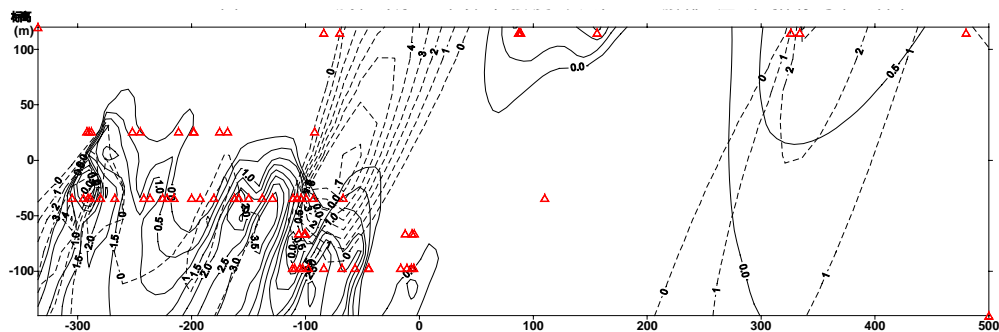


图 3-9 5 勘探线原生晕头晕（实线）--尾部（虚线）指标等值线图

第二节 矿体重现地质规律

一、控矿构造与矿化富集规律

黄埠岭矿区产在玲珑花岗岩中，围岩性质均一，岩性变异对成矿产生的影响有限，因而矿体主要受构造控制，根据成矿区的地球物理特征和地球化学特征研究，其矿化规律主要有以下特点：

1. 控矿断裂构造

黄埠岭金矿床矿化富集受构造控制明显，尤其是凤凰山—黄埠岭断裂的次级断裂，为矿区的主控矿构造，主要有：

(1) 右旋压扭断裂布矿，左旋张扭容矿，从矿区构造格架来看（见图 2 - 1），区内所发现的 15 条构造蚀变带的构造特征研究结果分析，其成因具有多期活动性，并以早期为右旋压扭性为主要特征，晚期为左旋张扭性为主要特征。早期形成成矿空间，

晚期成矿、容矿。

(2) 主断裂控矿

主断裂控矿主要指凤凰山—黄埠岭控矿，从现有探矿结果表明，黄埠岭矿区内 1 线以西见有矿化，绢英岩蚀变带最宽 24m，最高品位 209g/t。

(3) 次级断裂控矿

从矿区内分析，区内已发现的 15 条构造蚀变带为凤凰山—黄埠岭断裂的次级断裂，是目前研究的主要控矿构造，例如 F₇、F₁₀、F₁₁、F₄、F₆、F₁₅ 等(图 2-1)(图 1-5)。7 号脉内的 F₇₋₃ 为 F₇ 的次级断裂(图 2-4)控制着 7-3 矿体(图 3-10)。

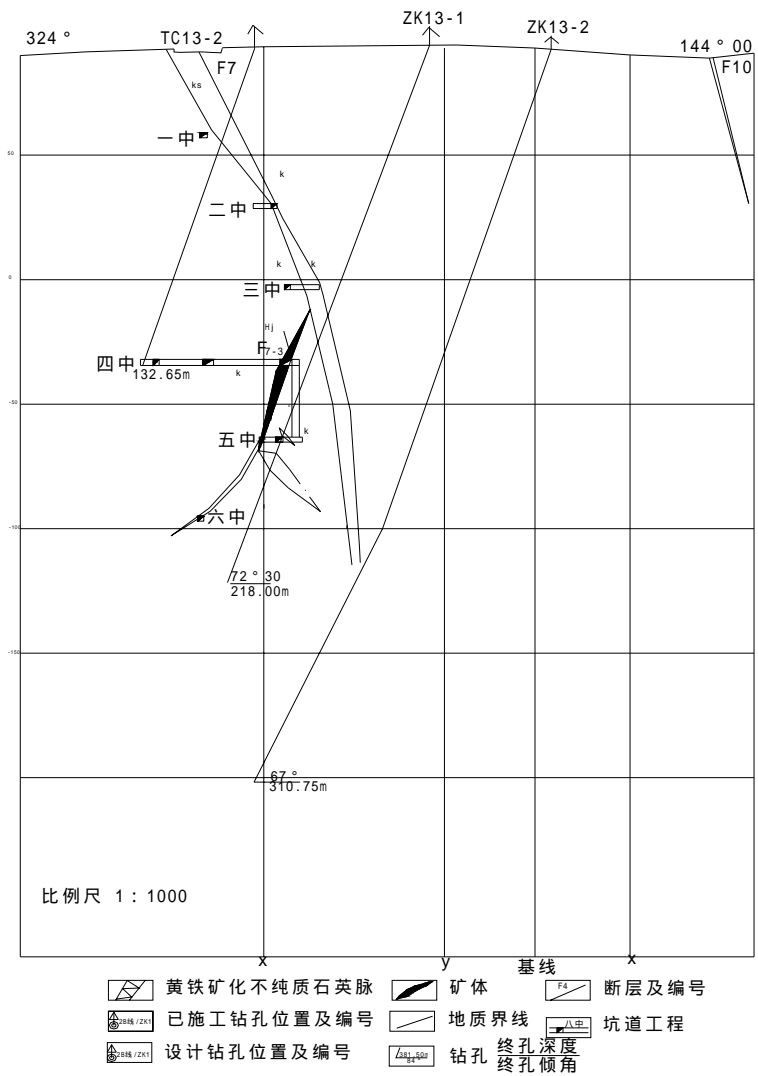


图 3-10 黄埠岭矿区 13 勘探线剖面图

(4) 不同构造交切处控矿，从矿区内的 4 号脉与 6 号脉交汇部位分析（图 2 - 1）可以看出，成矿富集具有受构造交汇控制特点。

(5) “入”字构造控矿：SE 倾 F_{7-1} 与 NW 倾 F_{7-3} 呈“入”型构造，控制了 7 号脉 7-1、7-3 矿体（图 2-4）。

(6) 构造产状由缓变陡部位控矿，从联合剖面图（图 2-4）7-2、7-3 矿体等均产于构造产状由缓变陡的部位和十号脉构造模拟图（图 3-11）上可以看出，控矿构造由缓变陡部位为矿化富集有利部位。

(7) 构造交汇部位控矿： F_{10} 与 F_{11} 的交汇部位控制着 10-1、11-1 两个工业矿体。

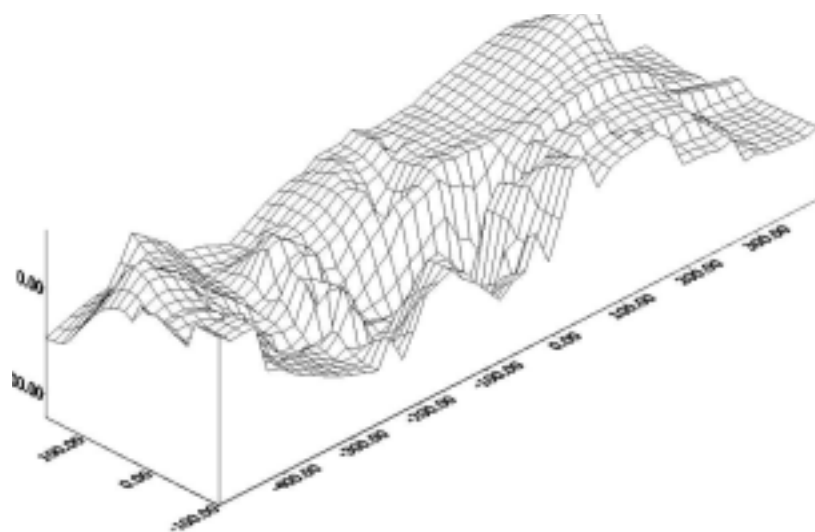


图 3-11 10 号脉构造模拟立体等值线图

2. 矿体在空间上的产出规律

(1) 矿脉矿体之间的排列在平面上呈平行状（图 2-2），在剖面上呈前幕式（图 2-4）。

(2) 等间距排列规律：矿脉中的矿体依次侧伏斜列，并表现出一定的等间距性。规模较大的矿体中心之间水平距离 130 ~ 150m，垂直距离 100 ~ 150m，规模较小的矿体中心之间位置相距 100m，垂直距离 50m。

二、矿脉中矿体分段富集

1. 矿体侧伏规律

从区内已知矿体的形态、产状分析，区内 7 号脉和 10 号脉内的矿体均具 NE 侧伏规律（图 3 - 12）（图 3 - 13），侧伏角 $10^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。

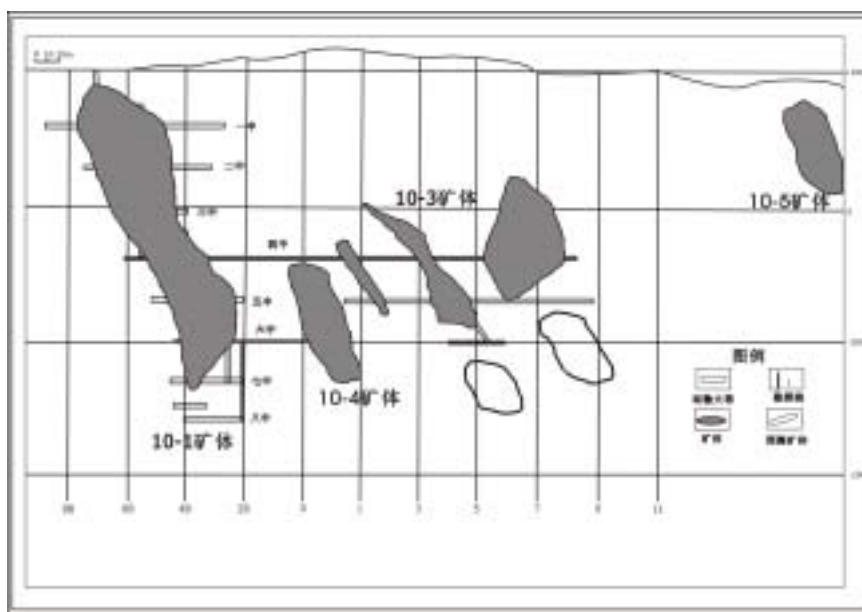


图 3-12 黄埠岭矿区 10 号脉垂直纵投影图

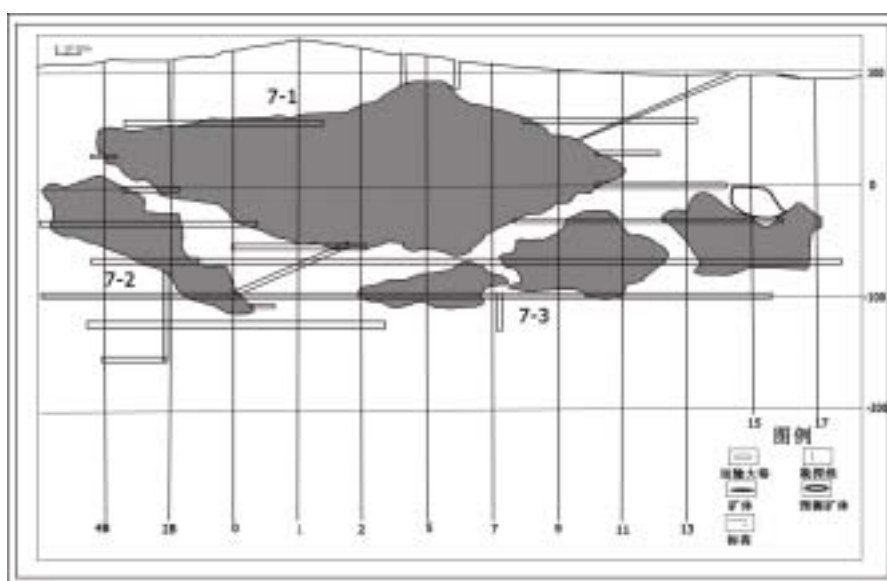


图 3-13 黄埠岭矿区 7 号脉垂直纵投影图

2. 分段富集规律

黄埠岭金矿床中矿体或强矿化区段矿体在 7 号脉内出现分段富集现象，即矿体与无矿段在矿脉中交替出现。矿体在走向上的富集被偏向 SW 方向的无矿间隔隔开（图

3-14); 在垂向上 7-3 号矿体的富矿段呈斜列与 7-1 号矿体在 7 线剖面呈“入”字形分布 (图 2-4)。

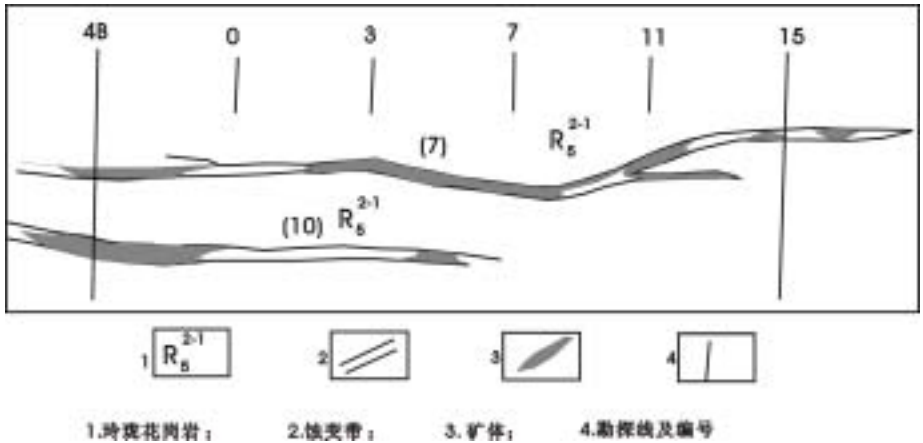


图 3-14 黄埠岭矿区四中段分布图

第三节 矿体定位预测

一、未知矿体定位预测参数

1. 矿床地质预测参数

(1) 围岩蚀变找矿。该区钾化为成矿前蚀变, 黄铁绢英岩化、硅化为成矿期蚀变。尤以硅化为找矿的直接标志。

(2) 构造产状变化、交汇为找矿重要标志之一, 尤其主断裂与次级断裂, 主控工业矿脉的断裂间交汇部位。

2. 找矿矿物学预测参数

根据黄埠岭金矿床的地质、地球化学特征和矿化富集规律总结出黄埠岭金矿的找矿标志如下:

(1) 五角十二面体黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、辉铋矿、闪锌矿为找金的直接标志。

(2) 铋矿物与金矿物密切共生, 是找矿的直接标志之一。

(3) 根据矿石结构, 矿石工业类型分析, 矿物共生组合和矿石金矿物的赋存状态, 分布规律来看, 矿区内金矿化受矿物组合控制明显, 并以石英 + 黄铁矿、黄铜矿 + 方铅矿 + 闪锌矿两组合为主。

(4) 根据黄铁矿热电性分析结果来看, 7 号脉内的黄铁矿热电场为 N + P 型, 说明其深度为矿体中部; 十号脉的 10-1、10-2、10-3、10-4 各中段均属 P、N + P 型, 为

矿体中上部，表明深部还有成矿找矿远景。

3. 勘查地球化学预测参数

(1) 原生晕地球化学分析研究结果证明，Ag、Cu、Zn、Pb、Bi、Fe 与 Au 呈正相关，为找金的正相关特征元素。

(2) 黄埠岭矿区 7 号脉原生晕地球化学取样，分析研究结果表明，7-1、7-2 矿体原生晕矿化具有向深部延伸的趋势（图 3-15），原生晕头晕和尾晕等值线（图 3-16）表明，目前探明和开采部分矿体为该矿脉的中上部，成矿仍有向下延拓的趋势。上述表

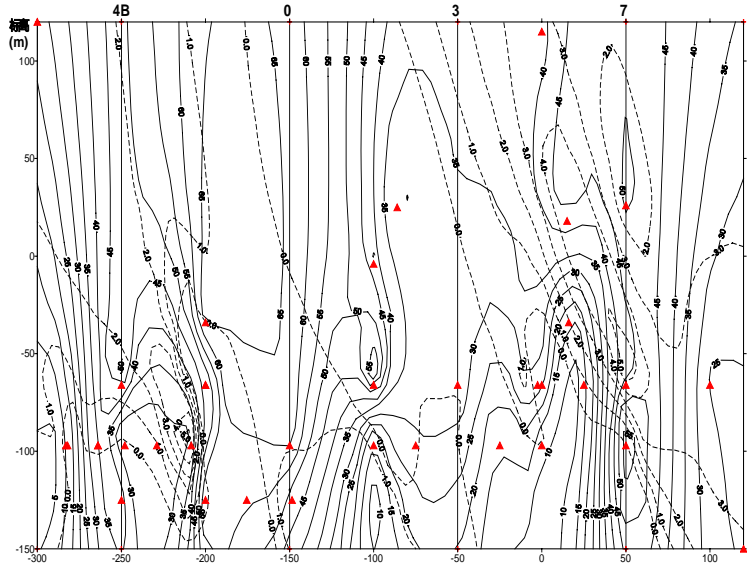


图 3-15 7 号脉（1 和 2 号矿体）原生晕异常强度（实线）--腰部（虚线）指标垂直纵投影图

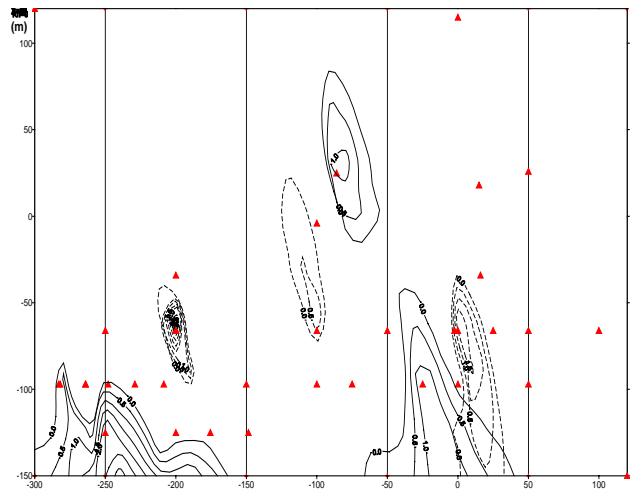


图 3-16 7 号脉（1 和 2 号矿体）原生晕头部（实线）--尾部（虚线）指标垂直纵投影

明 7 号脉的 7-1、7-2 矿体仍具有深部成矿找矿远景。

7-3 矿体原生晕异常强度等值线图（图 3-17）和原生晕头部、尾部（图 3-18）均呈现叠加性，表明探明部位为矿体中下部，说明该矿体延深不大。

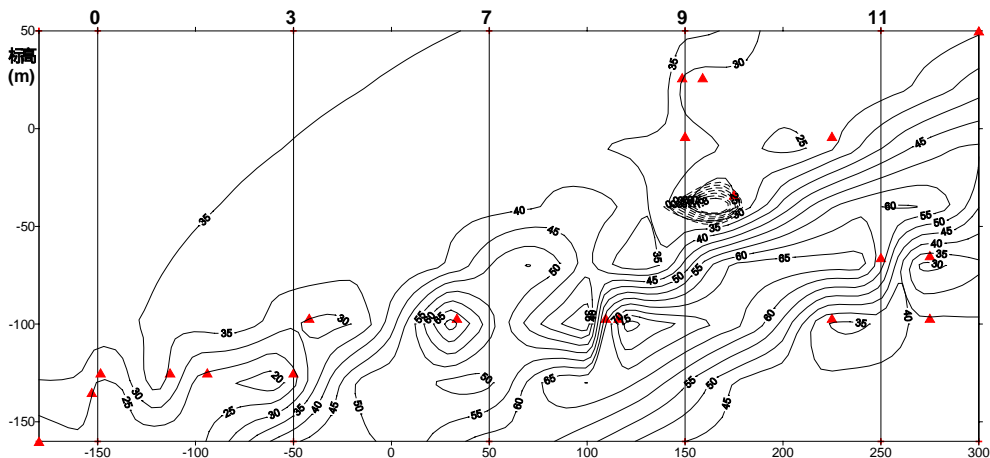


图 3-17 7 号脉（3 号矿体）原生晕异常强度（实线）--腰部（虚线）指标垂直纵投影图

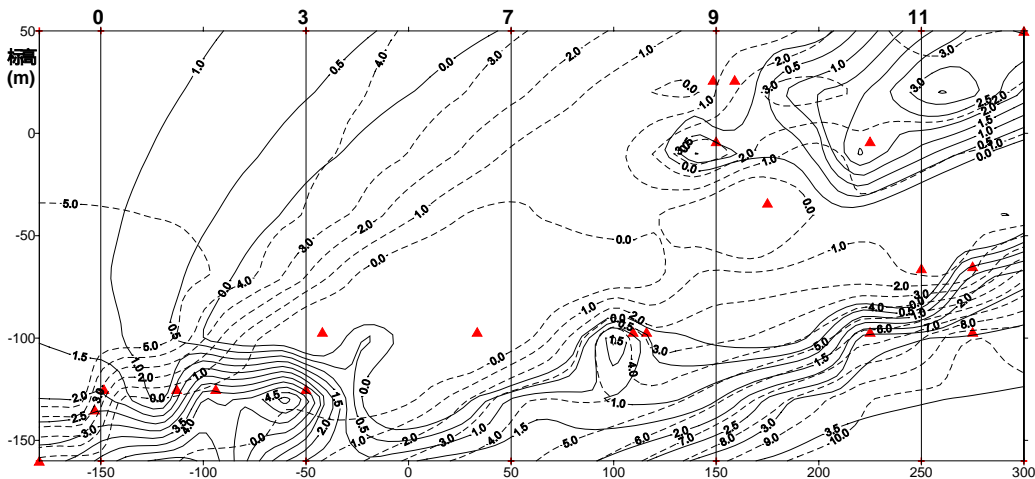


图 3-18 7 号脉（3 号矿体）原生晕头部（实线）--尾部（虚线）指标垂直纵投影图

（3）十号脉的原生晕分析结果表明，其原生晕异常强度有向下延伸的趋势（图 3-19）。目前探明和开采部分矿体为该矿脉的中上部，成矿仍有向下延拓的趋势（图 3-20）。

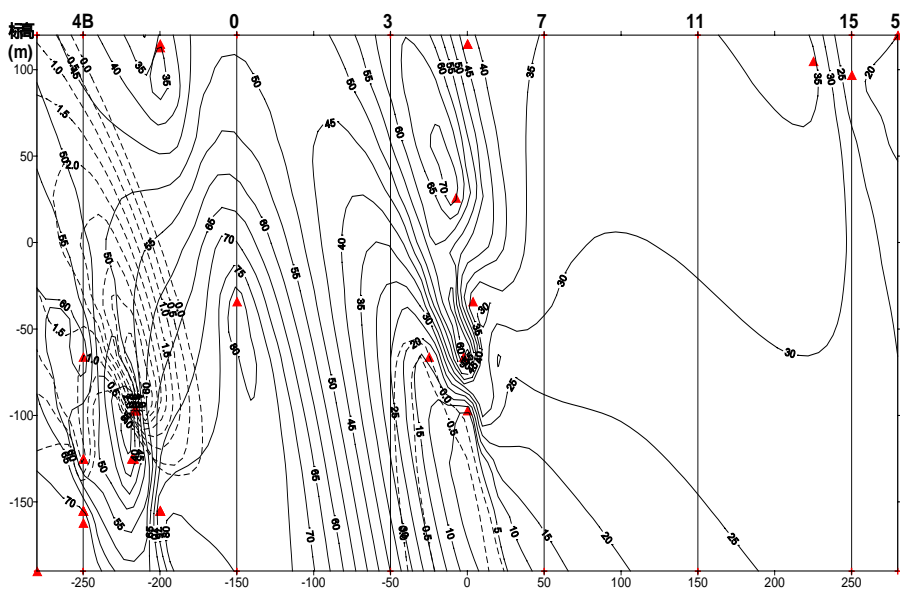


图 3-19 10 号脉原生晕异常强度 (实线) --腰部 (虚线) 指标垂直纵投影图

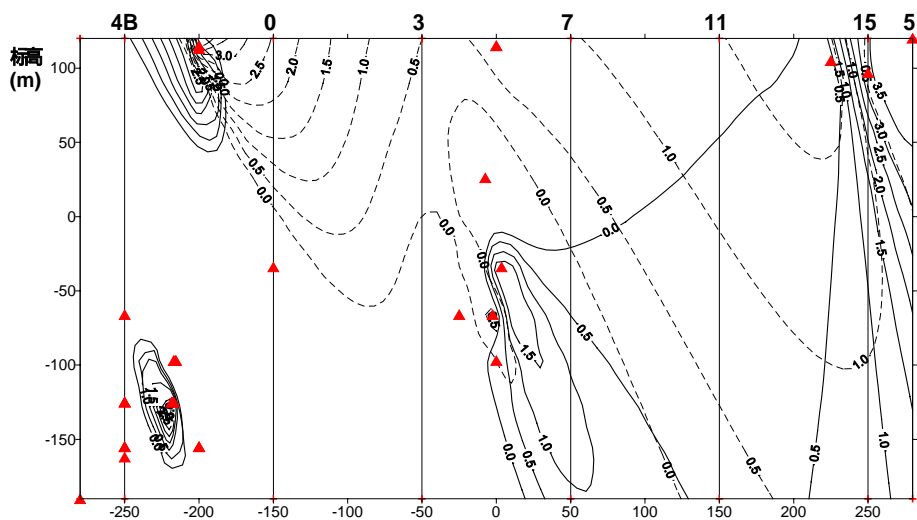


图 3-20 10 号脉原生晕头部 (实线) --尾部 (虚线) 指标垂直纵投影图

二、靶区预测及工程查证

1. 预测靶区

根据 7 号脉和 10 号脉综合地质研究,找矿矿物学研究和原生晕地球化学评价研究等成果对矿区 7 号脉、10 号脉深边部矿体预测如下:

10 号脉 1/2B-1/2 线四中段 (-40m) 以下为很好成矿找矿远景区段 (图 3-12)。

10 号脉 13 线至 17 线间地表以下为一隐伏的矿体 (图 3-12)。

10 号脉 5 线至 9 线四中段以下矿化强度向下延伸,为成矿远景区段(图 3-12)。

7 号脉的 7-1、7-2 深部和 7 号脉主脉延伸浅部为找矿远景区段 (图 3-13)。

2.查证结果分析

矿山针对上述靶区采用坑探和钻探,已验证 2 处。其中靶区 探得金属量 170kg ;
靶区 见矿,金品位为 1.38g/t。

3.对今后的建议

(1) 加大对黄埠岭矿区 10 号脉的深边部探矿力度,但方法必须适正。

(2) 展开全矿区矿脉综合评价和找矿预测。

(3) 加强深部育矿体预测。

(4) 针对矿区 14 号、15 号脉和凤凰山-黄埠岭断裂山上杨家段的蚀变带等应加强研究。

结 论

研究查明并阐述了黄埠岭金矿的区域地质背景、矿床矿体特征、矿石物质组成、矿石组构、以及围岩蚀变和矿化类型，探讨了黄埠岭矿床成因。在综合地质、地球物理、地球化学信息的基础上，总结了黄埠岭金矿化富集规律，并对未知矿体进行定位预测。

一、取得的主要认识和成果

1. 黄埠岭金矿的主干断裂为凤凰山—黄埠岭断裂，该断裂与灵北断裂斜列产出，位于灵北断裂的下盘，与灵北断裂属同级别、同规模的断裂。黄埠岭金矿是黄埠岭—凤凰山断裂的次级构造控矿，而非前人认为的灵北断裂南端上盘的次级构造控矿。

2. 黄埠岭矿区位于招-莱浅成脉岩带的西侧，且在矿区内发现了次安山岩脉。

3. 黄埠岭金矿为一中小型品位较富的矿床，最高品位达 1000g/t 以上。

4. 黄埠岭矿区矿体呈脉状、柱状、透镜状产于矿脉内，矿体均向 NE 向侧伏。

5. 矿区内的矿石物质组成复杂，组成的矿物中硫化物胶黄铁矿，银矿物有碲银矿，并且首次在矿区内发现了大量的硫盐矿物。

6. 黄埠岭矿区存在两期成矿。

7. 金的富集与 Mo、Bi、Te、Ag 呈正相关，与 Co、Ni 呈负相关。

8. 黄埠岭矿区的构造格架在剖面上呈反“Y”字型，矿体主要产在次级构造带内。不同构造交切处控矿： F_4 和 F_6 交切处控制了 4 号与 6 号矿体；“入”字构造控矿： SE 倾 F_{7-1} 与 NW 倾 F_{7-3} 呈“入型构造，控制了 7 号脉 7-1、7-3 矿体；构造产状由缓变陡部位控矿：7-2、7-3 矿体等均产于构造产状由缓变陡的部位；构造交汇部位控矿： F_{10} 与 F_{11} 的交汇部位控制着 10-1、11-1 两个工业矿体。矿体在矿脉在分段富集、尖灭再现。

9. 在综合地质、勘查地球物理、勘查地球化学、找矿矿物学等综合信息研究基础上，对矿体深部预测，得出了 4 个远景靶区，并有 2 处已经得到工程验证。

二、存在的问题和建议

（一）存在的问题

1. 辉钼矿的锆铍年龄未测。

2. 由于资金不足，尚缺少凤凰山-黄埠岭主构造远景区的研究。

- 3.次安山岩脉成因有待进一步分析研究。
- 4.对近 SN 和 NNW 向的矿化蚀变带的研究不够。

（二）建议

针对矿区 14 号、15 号脉和凤凰山-黄埠岭断裂山上杨家段的蚀变带等应加强研究。

致 谢

本人硕士论文得以顺利完成受惠于以下老师和单位的帮助：

论文从选题到最终定稿，自始至终是导师张渊副教授、孙丰月教授的精心指导下完成的。三年来，张老师和孙老师不仅在学习上悉心指导，而且在生活上、工作上也给予了关怀与鼓励，在此向他们表示衷心的感谢！在论文撰写和学习过程中，陈国华副教授、刘连登教授、任云生副教授等都给予了有益的指导，使我受益匪浅。

在室内资料整理和论文完成过程中也得到了研究生董庆吉、张春艳、胡金祥、张予杰、董春艳等同学的帮助和指导。在野外地质调查中，得到了山东招远蚕庄金矿张善堂矿长、李善仁矿长、孙琳矿长、杨开春工程师和郭纯毓高级工程师等大力支持，在此仅表谢意！

由于笔者水平有限，加之时间仓促，许多工作做的尚不深入，论文中的一些看法和结论，尚待检验和修正，同时文中也定有不少谬误，敬请各位老师、同学批评指正。

参考文献

- [1] Brown, P.E. Ore genesis: the contribution and Confusions of stable isotope investigations. in: Revolution in the earth science: advance in the past half century, 1989
- [2] Groves, D.I., et al. Orogenetic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Review, 1998, 13: 7 ~ 27
- [3] Haymes F.M., Kesler L. Composition and sources of mineralizing fluids for chimney and manto limestone-replacement ores in Mexico. Econ geol, 1988, 83: 1985-1993
- [4] Kerrich R. Geodynamic setting of mesothermal deposits: An association with accretionary tectonic regimes. Geology, 1990, 18: 882 ~ 885
- [5] McCaig A.M. Deep fluid circulation in fault zones. Geology, 1988, 16: 867~870
- [6] Pan, P.J., Wood, S.A. Gold-chloride complexes in very acidic aqueous solutions and at temperatures 25-300 °C: a laser Raman spectroscopic study. Geochim. Cosmochim. Acta, 1991, 55: 2365 ~ 2371
- [7] Seward T.M. Thio complex of gold in hydrothermal ore solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1973, 37: 379 ~ 399
- [8] Sibson R. H., Robert F., Poulsen K. H. High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits. Geology, 1988, 16: 551 ~ 555
- [9] Zhou Y. Z. Geology and Geochemistry of Hetai Gold Field, South China [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 1993
- [10] 曹新志, 王来峰, 高秋斌等, 1999. 山东招远市界河金矿床矿体定位规律及定位预测. 中国科学-中国地质大学学报, 24 (5): 484 ~ 486
- [11] 陈光远, 孙岱生, 1985. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆出版社
- [12] 陈光远, 邵伟, 孙岱生等, 1989. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆: 重庆出版社
- [13] 陈国华, 刘连登, 张渊等, 2002. 论招远—莱西—平度浅成脉型金矿带. 中国金都招远国际金矿地质与勘查学术研讨会论文集, 中国. 招远, 11 ~ 15
- [14] 陈纪明, 寸圭, 1997. 中国金矿地质概论. 地质出版社
- [15] 代西武, 杨建民, 张成玉等, 2000. 利用矿床原生晕进行深部隐伏矿体预测. 矿床地质, 19 (3): 245 ~ 256
- [16] 戴自希, 1994. 我国某些急缺矿产找矿突破的可能途径和对策. 地学前缘, 1 (3 ~ 4): 222 ~ 228

- [17] 丁汝福, 1999. 国内外寻找隐伏矿化探新方法研究进展. 地质与勘探, 35 (2): 30 ~ 34
- [18] 高秋斌, 范永香, 曹新志, 1999. 论内生金属矿床深部成矿预测地质模型的建立. 贵金属地质年, 8 (1): 26 ~ 31
- [19] 宫润潭、王义文, 1989. 招远黄金地质. 山东省招远黄金集团公司: 贵金地质编辑委员会
- [20] 韩金良, 张宝林, 2000. 隐伏金矿床定位预测研究现状与展望. 黄金科学技术, 8 (5): 1 ~ 12
- [21] 何知礼, 1982. 包体矿物学. 地质出版社
- [22] 黄薰德、吴郁彦, 1986. 地球化学找矿. 地质出版社
- [23] 李登月, 王培月, 1995. 山东黄金资源开发利用和存在问题及对策. 黄金, 16(10): 51 ~ 53
- [24] 李高山, 1993. 矿物中的电子空穴心及其在找矿勘探中的应用. 北京: 地质出版社
- [25] 李惠, 王支农, 上官义宁等, 2002. 金矿床(体)深部盲矿体预测的构造叠加晕前、尾晕共存准则. 地质找矿论丛, 17 (3): 195 ~ 197
- [26] 李惠、张文华、常凤池等, 1998. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型. 冶金工业出版社
- [27] 刘秉光, 2004. 焦(家)—望(儿山)金矿田断裂与成矿. 中国金都招远国际金矿地质与勘查学术研讨会论文集, 170 ~ 173
- [28] 刘家远, 2002. 隐伏矿床预测的理论和方法. 广西地质, 15 (1): 25 ~ 48
- [29] 刘连登, 陈国华, 吴国学等, 2000. 中国金矿地质研究与评述. 黄金, 21 (1): 1 ~ 15
- [30] 刘连登、陈国华, 1997. 山东烟台金矿床深部矿体定量预测及外围找矿靶区评论. 长春科技大学, 烟台金矿科研组
- [31] 刘连登、陈国华, 1999. 福建双旗山浅成脉型金矿矿体定量及外围找矿靶区评价. 长春科技大学, 福建双旗山金矿科研组
- [32] 刘英俊, 马东升, 1991. 金的地球化学. 科学出版社
- [33] 吕古贤、孔庆存, 1993. 胶东玲珑—焦家式金矿地质. 北京: 科学技术出版社
- [34] 栾世伟, 1987. 金矿床地质及找矿方法. 成都: 四川科学技术出版社
- [35] 彭省临, 邵拥军, 2001. 隐伏矿体定位预测研究现状及发展趋势. 大地构造与成矿学, 25 (3): 329 ~ 334
- [36] 裘有守, 1988. 山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件. 沈阳: 辽宁科技出版社
- [37] 山东招远市蚕庄金矿黄埠岭矿区地质地球化学模型与深部预测报告. 1998

- [38] 山东省招远市蚕庄金矿黄埠岭矿区储量简报. 1998
- [39] 邵洁连, 1988. 金矿找矿矿物学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社
- [40] 沈远超, 曾庆栋, 刘铁兵等, 2001. 隐伏金矿定位预测. 地质与勘探, 37 (1): 1~6
- [41] 宋玉国, 1992. 山东招远县灵山沟金矿成因矿物学与找矿. 学位论文
- [42] 孙丰月, 金魏、李碧乐等, 2000. 关于脉状金矿床成矿深度的思考. 长春: 长春科技大学, 30 (增刊): 27~30
- [43] 孙丰月、石准立、冯本智, 1995. 胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿. 长春: 吉林人民出版社
- [44] 涂光炽, 霍明远等, 1991. 金的经济地质学. 科学出版社
- [45] 王安建, 金巍, 孙丰月等, 1997. 流体研究与找矿预测. 矿床地质年, 16 (3): 278~288
- [46] 王安建、许虹, 1996. 脉状金矿成矿流体研究: 现状与进展. 矿物学岩石, 16 (3): 98~103
- [47] 王力, 2003. 山东省招远市金岭金矿埠上矿区金矿化富集规律及靶区定位预测. 学位论文,
- [48] 王泗代, 1996. 国外黄金开采发展趋向综述. 有色金属设计, (1): 72~77
- [49] 王秀璋, 程景平, 1994. 国内外太古宇中金矿床的地质及地球化学特征对比兼成因分析. 地球化学, 23 (3): 211~225
- [50] 王义文, 朱奉三, 宫润潭, 2002. 胶东金矿集中区金矿成矿年代学研究. 黄金地质, 8 (4): 48~55
- [51] 韦永福, 吕英杰, 1994. 中国金矿床. 地质出版社
- [52] 韦永福、孙培基, 1995. 中国金矿地质规律及找矿前景. 地质科技情报, 14 (1): 65~69
- [53] 吴桂祥, 2001. 山东黄金资源与地质勘查若干问题的思考. 中国地质矿产经济年, (9): 9~11
- [54] 烟台三勘关于黄埠岭矿区的研究报告. 1979
- [55] 闫升好、王安建、高兰等, 2000. 大水式金矿床稳定同位素、稀土元素地球化学研究. 矿床地质, 19 (1): 37~45
- [56] 杨锋, 2001. 论山东旧店矿田浅成脉型金矿. 吉林大学硕士学位论文
- [57] 杨开春 左宏伟、李军典等, 2002. 灵北成矿带黄埠岭金矿区成矿规律及找矿方向. 中国金都招远国际金矿地质与勘查学术论坛, 北京, 地质出版社, 197~206
- [58] 杨敏之, 1989. 金矿床新类型、金矿床地球化学、金矿床成矿预测原理(上册). 天津地质研究院编辑部
- [59] 杨敏之, 1989. 金矿床新类型、金矿床地球化学、金矿床成矿预测原理(下册). 天

津地质研究院编辑部

- [60] 杨正江, 1999. 山东地勘工作的回顾与展望. 山东地质, 15 (3): 9~14
- [61] 姚凤良、李绪俊、张渊等, 1993. 罗山金矿成矿预测科研报告
- [62] 姚凤良、刘连登、孔庆存等, 1990. 胶东西北部脉状金矿. 长春: 吉林科学技术出版社
- [63] 于小飞, 2003. 山东招远灵北断裂控矿特征及灵山沟金矿矿化富集规律研究. 吉林大学硕士学位论文
- [64] 于又华, 祁风茹, 程玉明, 2000. 世界金矿勘查及黄金工业的发展. 黄金科学技术, 8 (2): 1~14
- [65] 禹惠民、王喜臣. 地球物理勘探. 吉林大学教材发行与调配中心
- [66] 袁见齐、朱上庆、翟裕生, 1984. 矿床学. 北京: 地质出版社
- [67] 张宝林, 蔡新平, 韩金良, 2000. 重新认识和划分矿床类型——隐伏岩金矿体定位预测的一个重要前提. 地学前缘, 7 (增刊): 231~237
- [68] 张成喜, 1989. 金矿床地质学. 东北工学院出版社
- [69] 张渊, 2000. 山东招远蚕庄金矿黄埠岭矿区 7[#]、10[#]脉深边部矿体定位预测 - 第一阶段研究阶段报告
- [70] 张渊、余振宝、陈国华等, 2004. 招远黄埠岭金矿地质与矿体定位预测. 中国金招远国际金矿地质与勘查学术研讨会论文集, 371~373
- [71] 张增奇, 宋志勇, 张淑芳等, 1994. 鲁东前寒武纪岩石地层清理意见. 山东地质, 10 (增刊): 14~27
- [72] 张竹如, 1994. 金矿成矿地质条件分析. 贵州工学院学报, 23 (3): 88~93
- [73] 赵懿英, 1995. 山东胶北地体的前寒武纪地层问题. 中国区域地质 54 (3): 272~279
- [74] 仲崇学, 2002. 应用地球化学. 吉林大学
- [75] 朱永正, 1992. 平度北部地区金矿成矿远景评价. 科研报告

山东招远黄埠岭金矿床地质特征及矿化富集规律

作 者：张艳彬

专 业：矿物学、岩石学、矿床学

指导教师：张 渊 副教授

孙丰月 教 授

中文摘要

黄埠岭金矿位于招莱金矿带的中偏南部，凤凰山—黄埠岭断裂的上盘，属蚕庄金矿管辖。

黄埠岭矿区内太古宙胶东群变质岩主要以残留体形式存在，岩性以黑云变粒岩、斜长角闪岩为主，出露的岩浆岩为玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩。矿区 2B 线 750m 钻孔 ZK7 已验证上部岩体为玲珑花岗岩下部为郭家岭型岩体，构成双层花岗岩结构。玲珑花岗岩为矿体的直接围岩。

凤凰山—黄埠岭断裂是区内的主要控矿构造，而不是以前所认为的灵北断裂。含矿断裂分布在该断裂的上盘。

黄埠岭矿区内脉岩发育。在空间上与金矿密切伴生，在时间上与金矿床成穿插关系。区内主要有煌斑岩脉、闪长玢岩岩脉、伟晶岩脉及次安山岩脉。其中与金矿关系密切的为煌斑岩和次安山岩脉。煌斑岩脉走向以 NE 为主。次安山岩脉走向近 NNE 向，倾向 NE，倾角 46° ，穿切了早期矿脉。可见黄埠岭矿区受到浅成构造的影响。

矿区内已发现 15 条矿脉，规模大小不一，其中含有工业矿体的有 7 号、10 号、4 号、6 号和 15 号。7 号脉走向北东 45° 左右，长度 1000 余米，该矿脉是由两条 SE 倾和一条 NW 倾的脉组成。NW 倾脉是 SE 倾脉的支脉，剖面上呈“入”字型，它们分别控制 7-1、7-2、7-3 矿体。矿体呈脉状、透镜状产于矿脉内，走向 NE。矿体大小不一，最大为 7-1 号矿体，长 275m，延深至-150m。7 号脉含矿率 35%，矿体均向 NE 侧伏，侧伏角 30° 左右。10 号脉走向 65° 左右，长 8000 余 m，倾向 SE，倾角 $50^{\circ} \sim$

85°。10号脉已发现五个矿体，大小不一，矿体呈柱状、脉状或透镜状产出，尖灭再现，含矿率40%，矿体均向NE侧伏，侧伏角40°~60°。研究表明，北北东向与北东向断累交切处，金矿床的品位显著增高。

黄埠岭矿区内矿石物质成分复杂，组成的金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铋矿、硫铋铅矿、碲铋银矿、硫铋银铅矿、硫铜铋铅矿、辉银矿、自然银、碲银矿、金银矿、银金矿、自然金，磁铁矿、赤铁矿和镜铁矿。非金属矿物有石英、钾长石、方解石、绢云母、绿泥石等。矿区的金矿物以银金矿为主，银矿物以辉银矿为主，其中镜铁矿、磁铁矿、辉铋矿、硫铋铅矿、碲铋银矿、硫铋银铅矿、自然银、辉银矿、碲银矿是本次研究首次查明的。辉铋矿、硫铋铅矿、自然银、辉银矿产于多金属硫化物阶段，晚于磁铁矿、镜铁矿、钾长石和早阶段的石英、黄铁矿。

根据矿石组构构造及其矿脉穿切关系，可将黄埠岭金矿早期的成矿阶段划分为石英脉阶段—黄铁矿阶段—多金属硫化物阶段—碳酸盐阶段。晚期成矿期由黄铁石英脉组成。

区内围岩蚀变发育，有钾化、绢英岩化、硅化、碳酸盐化、绢云母化和绿泥石化，其中硅化、绢英岩化与金矿化关系密切。蚀变具分带性，由矿体到围岩依次为：矿体—硅化—绢英岩化—钾化。

根据石英流体包裹体测定结果表明，黄埠岭金矿成矿压力为363~925bar，成矿温度为主要集中在250℃。同位素测定结果表明，成矿热液由岩浆水和大气降水混合而成，金矿床中硫来自重熔花岗质岩浆。说明黄埠岭矿床为中深成中温并有浅成叠加的热液矿床。

根据矿床地质特征、勘查地球物理、勘查地球化学信息以及找矿矿物学等的研究总结了该矿床的矿化富集规律：

矿体产于矿脉内，矿体规模大小不一。斜列侧伏产出，分段富集。7号脉矿体延长>延深，SE倾矿体深/长比值为0.88，10号脉矿体延深>延长，矿体深/长比值为2.4，但二条工业矿脉内矿体均向NE向侧伏，7号内矿体侧伏角30°左右，10号脉内矿体侧伏角40°~60°。

凤凰山—黄埠岭断裂次级构造控制矿脉，二者剖面上呈反“Y”型。不同构造交

切处控矿： F_4 和 F_6 交切处控制了 4 号与 6 号矿体；“入”字构造控矿：SE 倾 F_{7-1} 与 NW 倾 F_{7-3} 呈“入型构造，控制了 7 号脉 7-1、7-3 矿体；构造产状由缓变陡部位控矿：7-2、7-3 矿体等均产于构造产状由缓变陡的部位；构造交汇部位控矿： F_{10} 与 F_{11} 的交汇部位控制着 10-1、11-1 两个工业矿体。

根据矿区内 440 个原生晕样品分析结果，针对 7 号和 10 号脉分别进行了元素相关分析。结果表明，7 号脉各元素之间的相关性较弱，与金相关的元素有 Ag、Cu；10 号脉各元素之间的相关性强于 7 号脉，与金相关的元素有 Ag、Pb、Zn、Bi 等，说明 7 号脉和 10 号脉在成因上有一定的差异。

根据原生晕分带指数求得 7 号脉元素分带序列为：Cu-Au-Co-Ag-Ni-Zn-Pb-Bi-As-Hg-Sb；10 号脉元素分带序列为：Hg-Cu-Ni-Co-As-Sb-Zn-Ag-Au-Pb-Bi。二者均呈“反分带”，表明矿化向下延伸又出现头晕，深部还有矿体。

据研究统计，矿石中 40% 的金矿物赋存在黄铁矿之中，矿区内 7 号、10 号脉内黄铁矿热电性特征分析结果表明，矿体从地表到 -150m，黄铁矿热电性由 P 型—P+N 型，表明为矿体中上部，7-3 矿体黄铁矿热电场属 N 型，为矿体下部。10 号脉黄铁矿热电性特征分析结果从地表至 -150m，黄铁矿热电场为 n-p 型，说明矿体向下部延深。

根据矿床地质特征及矿化富集规律，预测四处生产探矿靶区。

10 号脉 1/2B-1/2 线四中段（-40m）以下为很好成矿找矿远景区段。

10 号脉 13 线至 17 线间地表以下为一隐伏的矿体。

10 号脉 5 线至 9 线四中段以下矿化强度向下延伸，为成矿远景区段。

7 号脉的 7-1、7-2 深部和 7 号脉主脉延伸浅部为找矿远景区段

矿山针对上述靶区采用坑探和钻探，已验证 2 处。其中靶区 探得金属量 170kg；靶区 见矿，金品位为 1.38g/t。

Geological Features of Huangbuling Gold Deposit and the Enrichment Regularities of Gold Mineralization in

zhaoyuan ,Shangdong Province

Author : Zhang Yanbin

Major: Mineralogy, Petrology, Mineral Deposit

Supervisors: Associate Prof.Zhang Yuan,

Prof.Sun Fengyue,

Abstract

Huangbuling gold deposit is located at the westnorth of ZhaoYe gold deposit zone and in the hanging wall of Fenghuang Moutain –Huangbuling fault. It is controlled by Canzhuang gold deposit .

Archaean Jiaodong group metamorphic rock remained some xenoliths in Huangbuling ore filed. Its lithology characterize Biotite granulitite ,amphibolite. Magmatic rocks mostly crop out Linglong granite and Guojialing granodiorite. Linglong granite is crop out in superficial part, and Guojialing granodiorite is plunged into deep part of Huangbuling ore field, which form double granite structure.

Fenghuang Mountain –Huangbuling fault is the major ore-controlling structure in the ore filed. And ore-bearing fault are distributed in the hanging wall of this fault.

The dykes are found in the deposit include lamprophyre, diorite diabase, pegmatite and subandestite.Lamprophyre is closed associated with gold mineralization in the both time and space .In the deposit, there are two groups of lamprophyre based on their orientation: NE and NNE oriented.NE oriented lamprophyre is altered and mineralized while the NNE oriented ones crosscut

the auriferous veins. The scale of the lamprophyre is generally quite small. It should be pointed out, that at the eastern side of the deposit, NNE trending dykes are altered and mineralized also and contain maximum up to 1.2g/t of gold.

15 gold veins of different scale have been found, among which 7#, 10#, 11#, 4#, 6#, and 15# contain industrial ore bodies. 7# vein is oriented in the NE45° ± and is about 1000m long. It consists of two southeastward dipped and one northwestward dipped veins and the latter is the subordinate vein of the former. The three veins make up a “入” pattern in the profile and contain 7-1#, 7-2#, 7-3# ore bodies. These ore bodies are vein- or lenticular shaped. In the southeastward dipped veins, the ore bodies occur in the major vein, while in the northwestward dipped subordinate vein, the ore body dips NW. The ore bodies are different in the scale. 7-1# ore body is the largest one that is 275m long, extends to -150m along the dip direction. The mineralized ratio in the 7# vein is some 35%, and the ore bodies pitch NE with a pitch angle of 30°. 10# vein trends in the NE65°, being 800m long and dipping southeastward at a 50-85° angle. Five different sized ore bodies have been found in 10# vein. The ore bodies are prismatic, veined and lenticular shaped. They pitch NE at 40° -60° angle with apparent pinching out and reappearing. The mineralized ratio of the vein is about 40%. Research indicates that the ore bodies at intersecting sites of the NE and NNE trending faults contain higher gold grade.

The make-up of the deposit is very complicated. The metallic minerals in the ores include pyrite, colloidal pyrite, pyrrhotite, molybdenite, chalcopyrite, galena, sphalerite, bismuthinite, lilianite, argentite, native silver, hessite, electrum, goldargentite, native gold, magnetite, hematite, siderite, specularite and so on. Non-metallic minerals include quartz, potassic feldspar, calcite, chlorite and so on. The gold-bearing minerals in the ores are mainly electrum while the silver-bearing minerals are mainly argentite. Among the minerals mentioned

above, specularite, colloid pyrite, bismuthinite, lilianite, native silver and argentite are associated with base metallic sulfide stage that is later than the formation of the magnetite, specularite, potassic feldspar and early generation of quartz and pyrite.

Mineralization stage Based on the structures and textures of gold ores and on the cross-cutting relationship of gold veins in the deposit, four mineralizing stages quartz pyrite base metallic sulfide carbonate minerals, have recognized, with the second and the third mineralizing stages dominating.

Alteration of host rocks. Alteration found in the deposit includes potassic alteration, brecciation, silicification, carbonatization, sericitization and chloritization. Among all these alteration, silicification, brecciation are most closely related to gold mineralization. Alteration at both the footwall and hanging wall of an ore body is zonally distributed, and from the ore body outwards the alteration zones are: ore body silicification brecciation potassic alteration.

According to the test result of inclusions of quartz fluid, the pressure of golden deposit on Huangbuling is 363 ~ 925bar, and the forming temperature is concentrated on 250 °C. At the same time the result of isotope test shows the thermal liquid of ore formation is mixed by magma water and precipitation, and the sulphur in the ore deposit is from melting granitic magma. All the above tests prove that the ore deposit on Huangbuling is a thermal liquid ore deposit of mid-shallow stratum, mid-low temperature and its overlay on shallow stratum.

We submit the enrichment regularities of gold mineralization by collecting information using different methods, including mine geology, explorative geochemistry and ore-searching mineralogy.

It is clear that the ore bodies occur in the auriferous veins, and they are different size. Pitching and discontinual enrichment are evident in the ore bodies. In the 7#vein, the strike length ratio of the ore bodies is greater than that of dip

extension, and the dip extension to length ratio of the southeastward dipped ore body is 0.88. In the 10# vein, the dip extension of the ore bodies is greater than that of strike length at a ratio of 2.4. The ore bodies in both the veins pitch southeastward. In 7# vein, the pitch angle is 30° , while in the 10# vein is $40 \sim 60^{\circ}$.

Auriferous veins in the deposit are controlled by the subordinate of Fenghuang Mountain-Huangbuling faults and the major and subordinate faults make up a “Y” pattern in profile. Four structural sites are favorable for the existence of gold ore bodies. Firstly, the intersecting parts of differently oriented structures. The intersecting parts of F4 and F6 controlled the ore bodies in 4# and 6# veins. Secondly, “ Λ ” pattern of structures in profile. F7-1 dipping southeastward and F7-3 dipping northwestward make up a “ Λ ” pattern that controls 7-1# and 7-3# ore bodies. Thirdly, the transitional sites from gently to steeply dipped. 7-1# and 7-3# ore bodies occur just in such sites. Fourth, the cross-cut part of the structures. 10-1# and 11-1# ore bodies are controlled by the cross-cut parts of F10 and F11.

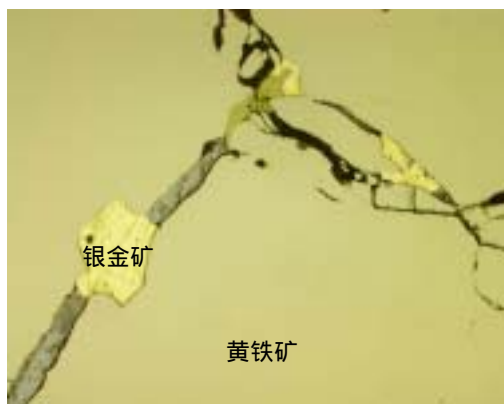
Using 440 analytical results of primary geochemical samples from the deposit, correlative analysis was carried out. From the study, it is clear that the correlation among different elements in 7# vein is weak and the elements related to gold include Ag and Cu. The relation among different elements is stronger in the 10# vein, and the elements related to gold in the latter include Ag, Pb, Zn and Bi, suggesting there is discrepancy in the origin of 7# and 10# veins.

The vertical zoning sequence of elements of 7# vein is, calculated by vertical zoning index, Cu-Au-Co-Ag-Ni-Zn-Pb-Bi-As-Hg whereas that of 10# vein is Hg-Cu-Ni-Co-As-Sb-Zn-Ag-Au-Pb-Bi. The anomalous and/or reversal zoning of both the two sequence indicates the presence of head halo elements and the possible existence of ore bodies at depth.

According the study of ore-searching mineralogy 40% gold minerals occur in pyrite based on statistics. The thermoelectrical filed of pyrite in 7# and 10# veins from the surface to –150m depth changes from P to P+N type, a feature of the lower part of an ore body. The thermoelectrical filed of pyrite in 10# vein from the surface to –150m depth is N-P type, including the further dip extension of the know ore bodies.

Based on geological features of the veins and evidence raised above, four ore body targets have been predicated: a blind ore body occur under –40m depth within 0-1explorationlines; should been an ore body under the surface within 13-17exploration lines; a blind ore body should occur beneath 5 level within 5-9 exploration lines in 10#vein and under 7 level in 7# vein there should be a prospective target.

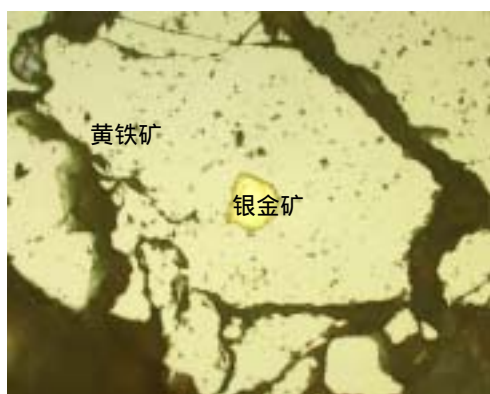
The Canzhung mine have make test on the predicted ore body targets by tunnels and boring holes. Three targets have been proven. In the target .170kg of gold have been circumscribed; intense gold mineralization has been found to contain 1.38g/t of gold in the target .The thickness of ore body in target.



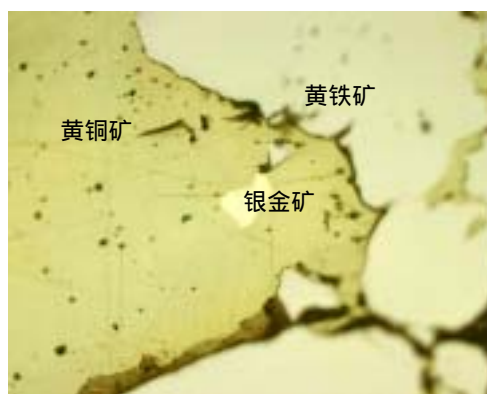
图版 -1 黄铁矿中裂隙金 × 200



图版 -2 石英中裂隙金 × 200



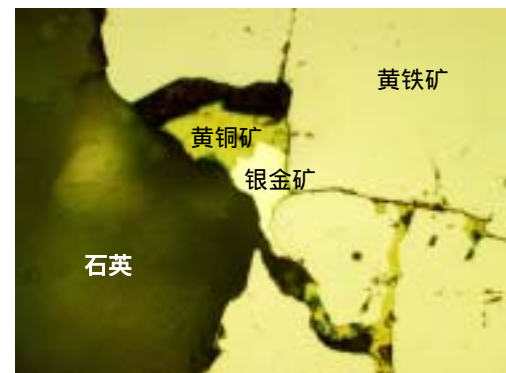
图版 -3 黄铁矿中包裹金 × 200



图版 -4 黄铜矿中包裹金 × 500



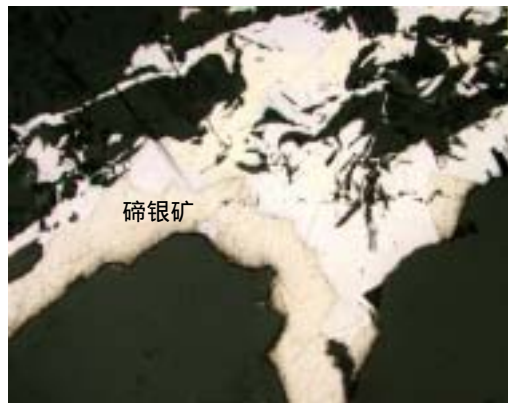
图版 -5 石英中包裹金 × 200



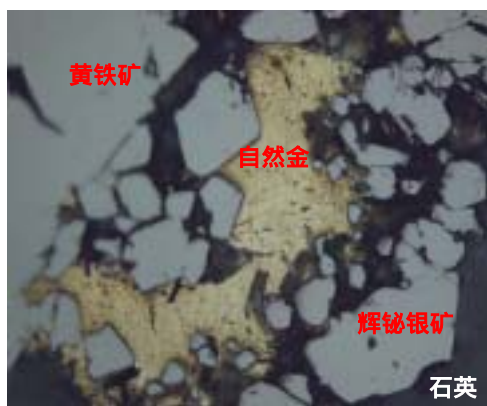
图版 -6 粒间金 × 200



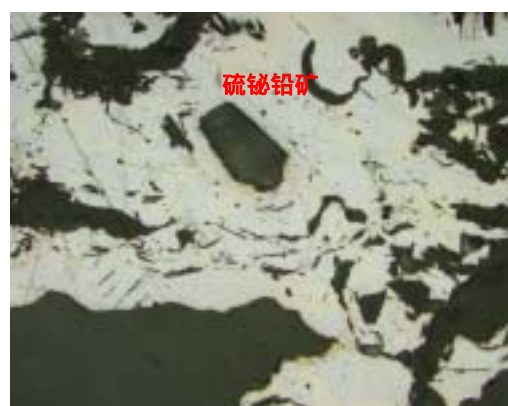
图版 -1 辉银矿 × 500



图版 -2 碲银矿 × 200



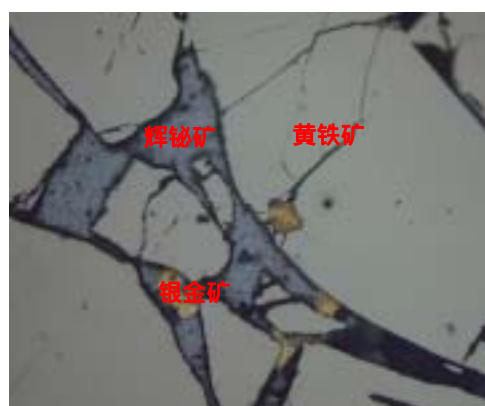
图版 -3 辉铋银矿 × 100



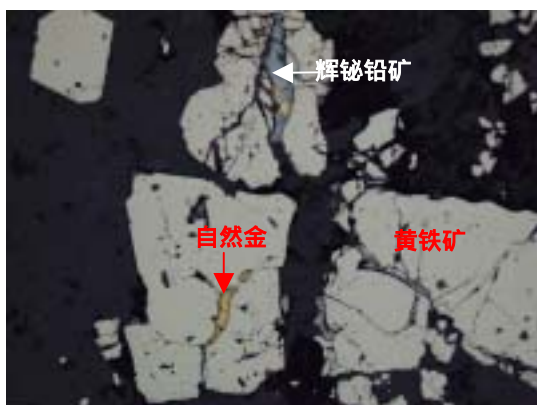
图版 -4 硫铋铅矿 × 100



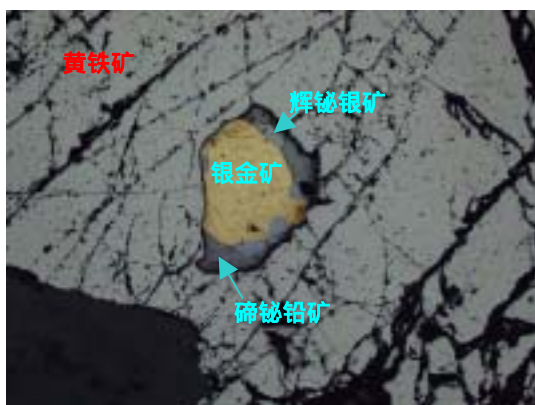
图版 -5 硫铋银铅矿 × 200



图版 -6 碲银矿 × 200



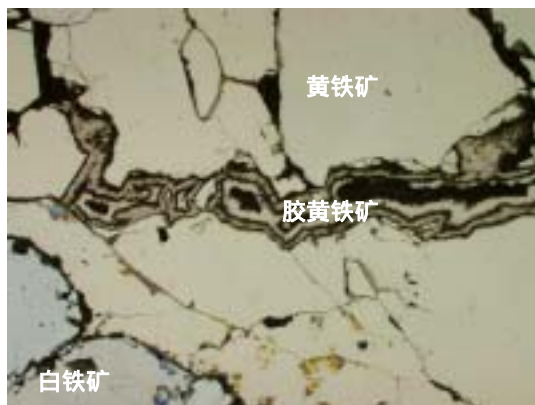
图版 -1 辉铋铅矿 ×200



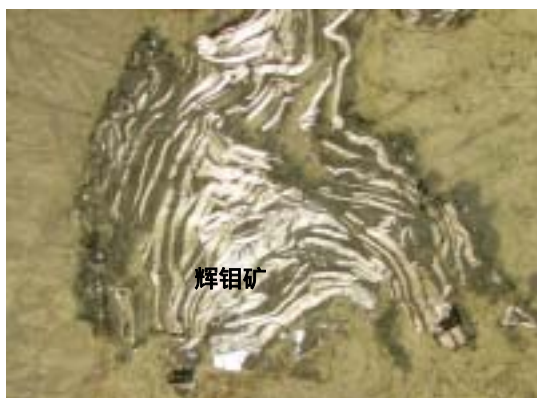
图版 -2 碲铋铅矿 ×200



图版 -3 辉铋钼矿 ×200



图版 -4 胶状黄铁矿 ×500



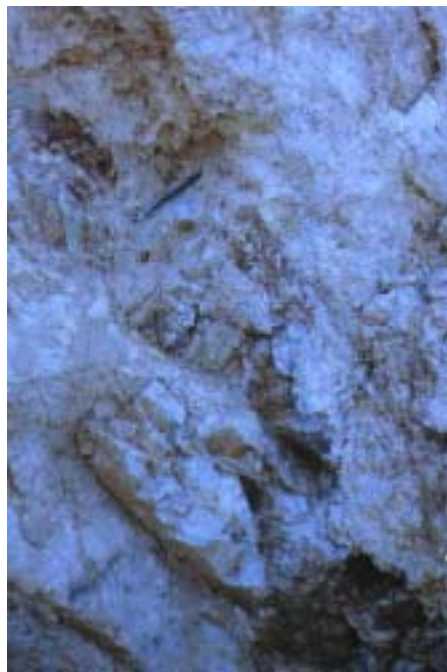
图版 -5 辉钼矿 ×200



图版 -6 镜铁矿 ×200



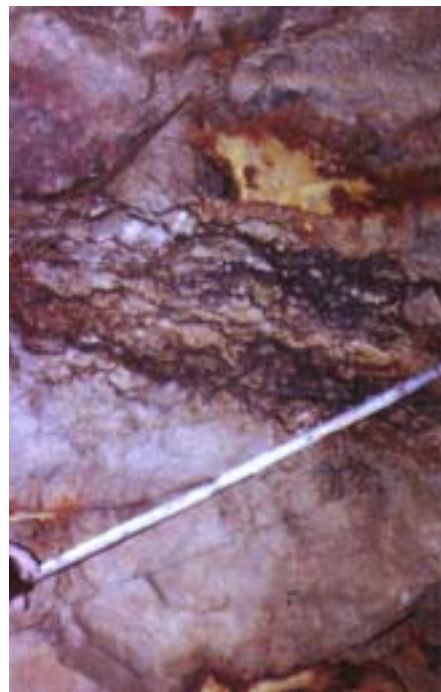
图版 -1 网脉状构造



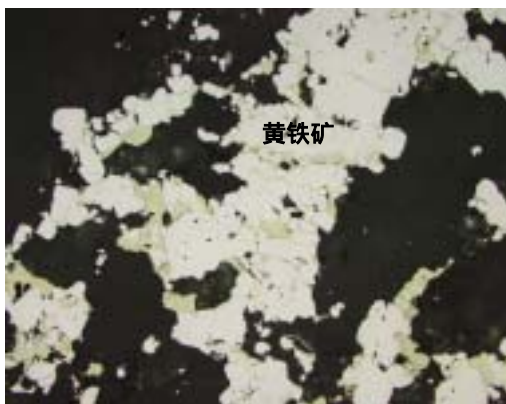
图版 -2 角砾状构造



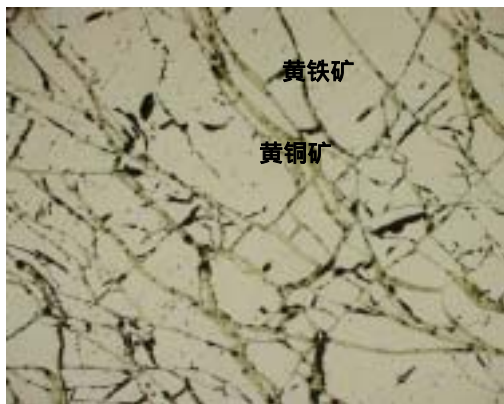
图版 -3 条带状构造



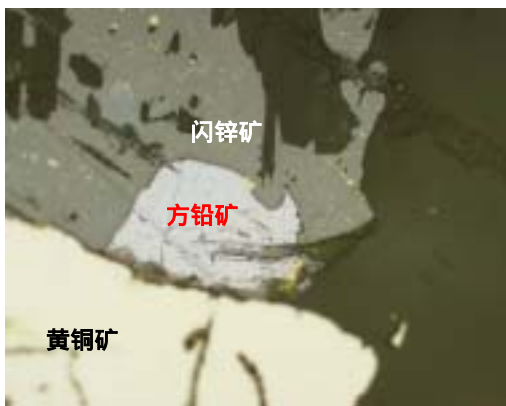
图版 -4 绢英岩交代钾化



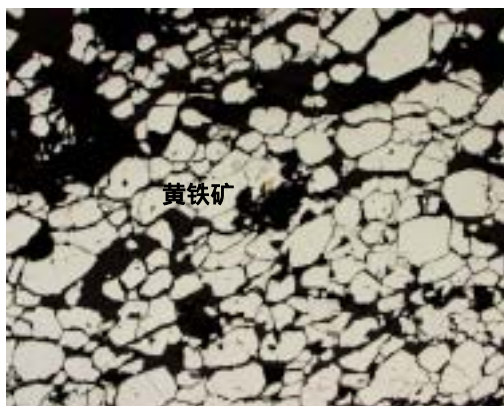
图版 -1 浸蚀结构 × 200



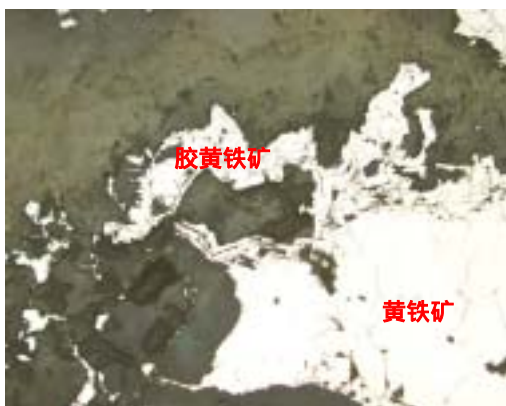
图版 -2 交错脉状结构 × 500



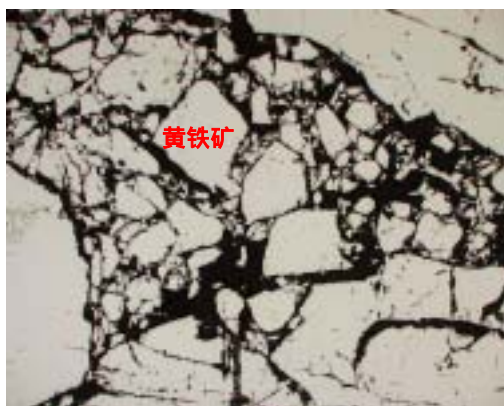
图版 -3 乳滴状结构 × 200



图版 -4 粒状结构 × 200



图版 -5 胶状结构 × 200



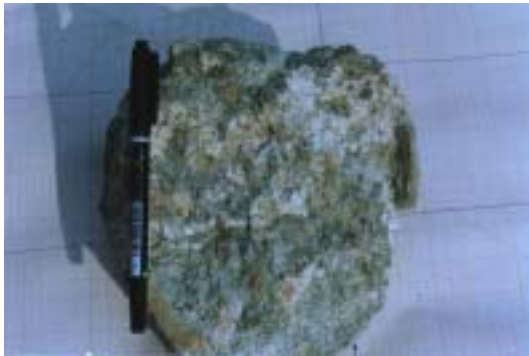
图版 -6 压碎结构 × 200



图版 -1 碳酸盐角砾 × 200



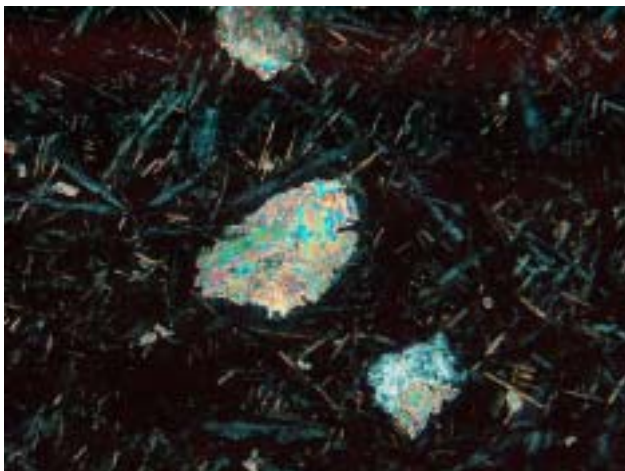
图版 -2 地表主要由石英、绢云母等矿物



图版 -3 四中段由石英、绢云母、黄铁矿、黄铜矿、银金矿等所组成的矿石



图版 -3 八中段由黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、钾长石、银金矿所组成的矿石



图版 -4

次安山岩的杏仁构造和玻基交织结构