



脉状金矿床深部大比例尺统计预测初探

郭光裕 孔庆存 林卓虹 等著

中国地质大学出版社

代 序

《脉状金矿床深部大比例尺统计预测初探》(以山东招远玲珑金矿田108矿脉为例)一书的问世表明我国矿床预测工作正向综合化、定量化和主体化方向发展,标志着我国在矿床预测理论和方法研究方面正不断取得可喜的新成果。

本书阐述对一个金矿体的深部进行大比例尺(千分之一)统计预测问题。这是一种独特的,具有十分现实生产意义的课题。预测结果将很快受到生产实践检验。从经济意义上讲,预测成果有可能为扩大矿体储量、延长矿山寿命做出贡献;从方法学上讲,对预测结果的检验将为分析预测成败原因提供重要的反馈信息。而且这种反馈信息将较中、小比例尺矿床预测或范围较大的大比例尺成矿预测的验证信息更加充分和完整,因此有可能为改进成矿预测理论和方法提供必要条件,所以本书的出版是很有意义的。

大比例尺矿床统计预测是在三度空间上对矿床进行的立体预测,是在预测区地质情况不确知的条件下、估计矿产资源量及矿体空间位置的一项工作。在矿床定量预测中,我们通常面临着两种不确定性:一是根据现有地质控矿条件类比所得出的有矿无矿结论是否为真;二是在有矿条件下根据现有成矿条件与矿床值的类比所得出的资源量估计和矿化空间位置是否确切。这两种不确定性构成了矿床预测的风险。对于本书所研究的金矿化预测问题,前一种不确定性表现为108号矿脉在预测的深度是否仍然存在;后一种不确定性则是假若矿脉存在,所预测出的金矿化工业富集地段的空间位置和金矿资源量是否确切。当然还有其它类型的问题:如矿体成因类型、形态类型、矿石共生组合、工业富集元素种类是否发生变化等等。应该说,对于已知矿体的深部预测,尤其是对于地表规模较大的金矿体的深部预测(如本书所研究的问题)、第二类不确定性或风险是更为突出的。本书作者所采取的研究途径是:对地表及近地表处各种工程揭露出来的地质现象进行详细研究,从中提取重要的“空间变化标志”,查明各种标志的空间分布规律,并把这种规律向深部推测。根据已知区矿与标志之间的内在联系,建立各种数学模型,再利用各种推测的地质标志,对深部含矿性进行评价,确定成矿或聚矿有利地段。

本书所反映的工作是我国在矿床大比例尺三维立体统计预测方面的一次重要的有意义的尝试。由于时间、经费以及资料等各方面的限制,一些工作还有待进一步进行。为研究中所选择用于预测的13种变量,大多属于直接矿化标志。如在可能条件下利用地质、矿物、地球物理及地球化学等间接标志建立预测模型将是有益的 and 可行的。

正如前面所说,我希望本书的出版,不是这项研究的结束,相反,应该根据生产验证情况进行追踪研究,使大比例尺矿床统计预测工作随着生产验证的开展和新的地质、构造、矿物、地球物理和地球化学工作的开展不断修正和完善,从而成为一个不断深化的动态研究过程。

由于金矿化在不同尺度水平上都具有巨大的变异性,因而一般地说,钻探只能验证含金体或含金矿脉是否在预测的深部继续存在而不能判断是否具有工业矿化,也不能对金矿品位作出正确的评价,因而坑道检验是必不可少的。好在生产矿山具备这样的条件,所以在生产验证过程中开展大比例尺预测的跟踪研究不仅必要,也是完全可行的。

赵鹏大

1989, 11.4. 于九江

前 言

1982年,中国地质大学赵鹏大教授根据我国找矿勘探事业的发展和需要,以及我国矿床统计预测工作的发展前景,首次提出开展立体矿床统计预测。即对大区域内具有三度空间变化的多元地质数据进行统计分析,以达到预测成矿远景区段的目的。为了探索大比例尺立体矿床统计预测方法,也为了解决玲珑金矿田西山矿段的深部找矿问题,1983年,冶金部天津地质研究院和冶金部招远金矿协作,对玲珑金矿田108矿脉深部开展立体统计预测工作。

108矿脉的深部预测是在预测空间地质情况不清楚条件下进行的。只能根据地表及近地表处各种工程揭露出来的地质现象,以及该地质现象显现的空间分布规律向深部进行推断。由于地质作用及其结果的不确定性,地质现象显现的空间分布规律也是不确定的。因此,深部预测实质上是一种在不确定条件下进行的统计决策工作。特别对复杂多变的金矿床深部预测来说,困难是相当大的。

赵鹏大教授认为,对具体矿脉深部开展大比例尺三维立体统计预测,应该注意解决好以下几方面问题:

一、查明矿脉在矿床、矿田,以至整个成矿区带中地质特征、几何特征及经济特征诸方面的地位或位置。

二、矿脉中矿化标志或参数的变化规律及变化趋势。

三、控矿地质因素的稳定性和变化性。

四、深部矿化直接和间接标志的查明。

根据预测区具体条件,我们重点对前三个方面进行了详细研究。

大比例尺立体矿床统计预测是在三维空间上进行的。要求对矿床(矿体)和控矿地质标志进行立体研究。预测时,不仅依据地表地质标志,而且要依据深部地质标志。不仅要利用已知的地质标志,而且要利用推断的地质标志。因此,预测结论的正确与否,一方面取决于资料水平高低,研究方法应用的是否恰当,得出的地质模型和数学模型是否符合客观实际。另一方面,还取决于研究人员对成矿规律的认识程度,以及他们把最佳空间变化标志向深部推测的正确性。当资料水平较高时,深部统计预测能够取得下列成果:

一、预测空间矿产资源总量估计值。

二、矿体空间位置及估计误差评价。

玲珑金矿田西山矿段108矿脉是一个大型金矿床,在190m标高以上已经获得金矿储量 $\times$ 吨。研究范围是563—648勘探线,0m—480m标高控制的空间,面积1034173.092(m^2)。分上部控制区和深部预测区两部分。其中,深部预测区面积561233.888(m^2)(图1)。

在查明区域地质和矿床地质特征基础上,建立金矿床形成地质概念模型。在其指导下,重点对108矿脉的地质特征、几何特征、经济特征及其在玲珑金矿田中的地位进行研究和对比。在查明断裂构造活动、性质及其控矿作用、围岩性质、构造结构面、金品位、矿脉厚度等空间变化规律和统计分布特征,以及构造、品位、矿脉厚度三者空间上的紧密相依关系基础上,论证了108矿脉深部矿化的可能性。

把108矿脉看作相对独立的矿化空间,在查明金的矿化期、矿化阶段及其主要控制因素基础上,对金品位(包括品位值和 $\text{m}\cdot\text{g}/\text{t}$ 值)和金矿脉水平宽度进行经典统计学研究,定量分

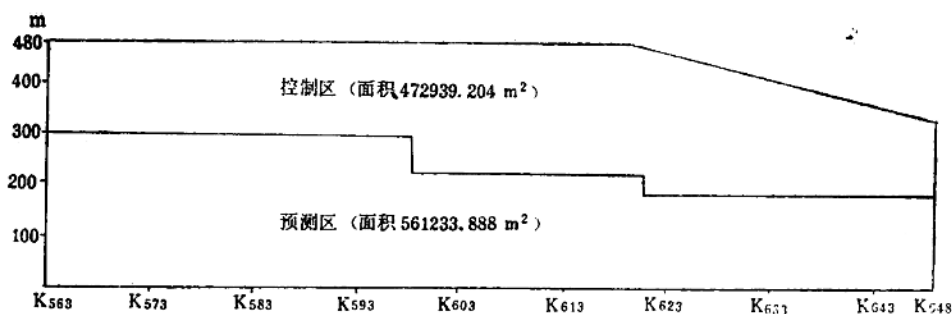


图1 108矿脉预测空间示意图

析金在3个矿化阶段中的富集特征,开展总和式预测。估计深部预测区金矿产资源量 $\times \times$ 吨。

考虑到108矿脉二向延长为主的变化特征,在非总和式预测中,采用降维的方法。即确定一个走向和倾向与108矿脉总体产状一致的平面作基准面,把矿脉厚度沿走向上和倾向上的变化用一个变量来表示,从而把各种地质标志在三维空间上的变化纳入到二维空间来研究。

在查明矿脉中矿体呈多层侧列式分布规律基础上,建立矿体空间分布找矿模型。在深部预测区确定有利找矿点65个。有利找矿点见矿概率理论值70.91%,丢矿风险系数0.0714,判错率29.09%。目前,用该模型在108矿脉和55矿脉上部已经发现5个漏失的盲矿体,获黄金储量312.5kg。

把研究区划分成 $10 \times 12.21 \text{m}^2$ 的研究单元,以金品位趋势值、矿脉水平宽度趋势值、矿脉构造结构面等最佳空间变化标志为变量,应用特征分析法、条件概率分析法、找矿信息量分析法、“镶嵌模型”估计矿床产出概率法、多元判别分析法、含矿概率回归估计法等分别建立单元含矿性评判模型,对深部预测区进行评价,圈出成矿有利空间3个。成矿有利空间找矿点见矿概率理论值77.88%,丢矿风险系数0.1714,判错率20.34%。截止到1989年5月,生产单位在矿脉深部我们确定的成矿有利地段,已知完成了4个验证钻孔。其中一个孔打到了0.4m厚的矿体,金品位17.2g/t。

用于研究和计算的数据取自1:200坑道平面图、1:200天井编录及素描图、1:200采矿掌子面编录及素描图,以及相应比例尺的刻槽取样化学分析结果。满足1:1000预测精度要求。

全书分3部分,第一章叙述108矿脉地质特征,论证深部成矿可能性。第二章估计深部预测区的金矿产资源量。第三章进行多种方法的非总和式预测,确定成矿有利空间。最终以1:2000比例尺成图。

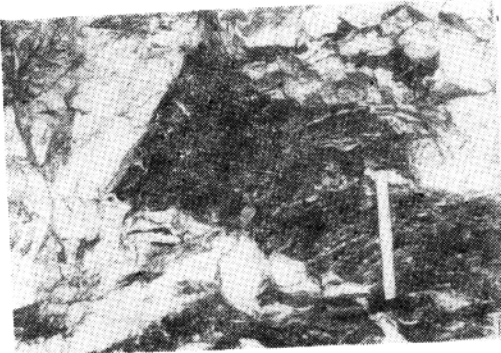
此研究课题由天津地质研究院和招远金矿合作完成。研究人员有招远金矿:孔庆存、孙振佐、吴贺军。天津地质研究院郭光裕、林卓虹、张俊苓、朱学文、丛桂新等。此外,白宇辉、陈锐参加了资料收集和部分数据处理工作。

本书由郭光裕执笔编写、赵鹏大教授作序,张定军、张咏梅等同志负责全书图件的清绘工作。

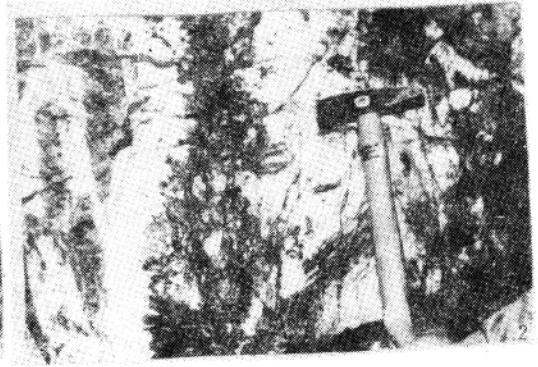
本书作者对参加此课题评审的袁见齐、赵鹏大教授;刘如琦、周宏坤、郭纯毓、吴肇元、侯宗林、杨子江、高振东等高级工程师;刘瑾璇副教授;李九玲副研究员表示衷心的感谢。

在缺乏深部地质资料情况下开展大比例尺成矿预测,在世界上尚属探索性的工作,成功的经验尚未见及。特别对变幻莫测的金矿床深部预测而言,困难程度可想而知。由于我们水平不高,文中错误一定不少,望批评指正。

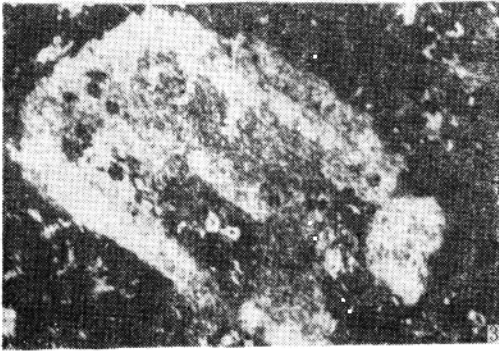
图版 I



照片1 花岗岩中的胶东群地层残留体（玲珑西山55号脉230中段1号天井）。

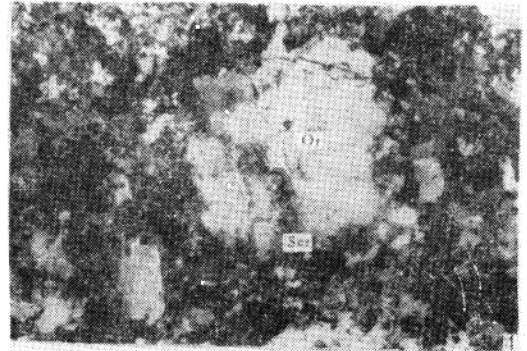


照片2 挤压破碎带中的构造透镜体，断层角砾岩等被乳白色石英脉胶结、包裹。
(55号脉230中段590线)



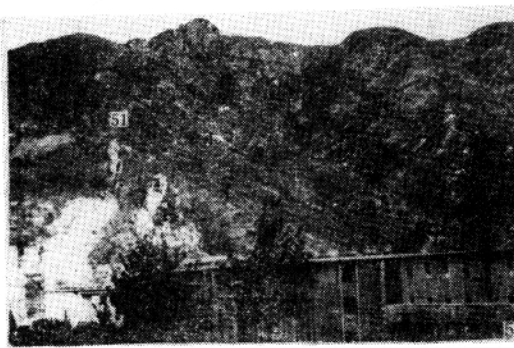
照片3 斜长石被绢云母交代仍保留斜长石Pl晶形。

正交偏光 $\times 25$

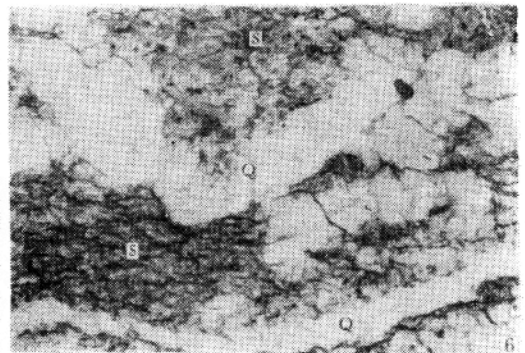


照片4 绢云母(Ser)沿晶体边缘交代钾长石(Or)。

正交偏光 $\times 25$



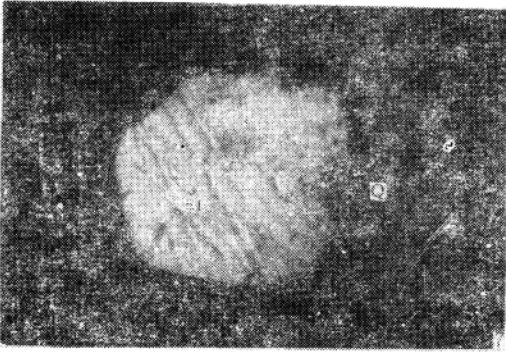
照片5 第二期构造活动控制的金矿脉
(玲珑51号脉)



照片6 细脉状石英(Q)穿插绢英岩(S)。

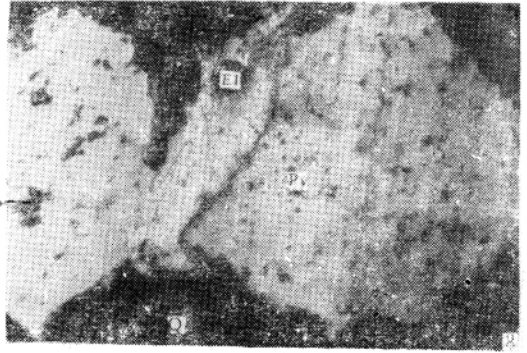
单偏光 $\times 25$

图版 II



照片7 第一矿化阶段乳白色石英晶体
(Q)中的银金矿(E1)。

×580



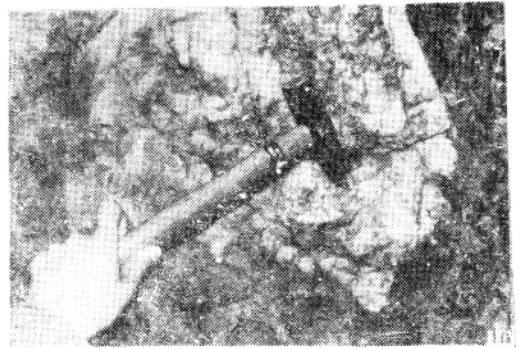
照片8 第一矿化阶段黄铁矿(Py)、石
英(Q)晶隙中的银金矿。

×500



照片9 第一矿化阶段黄铁矿(Py)中的
银金矿(E1)。

×200



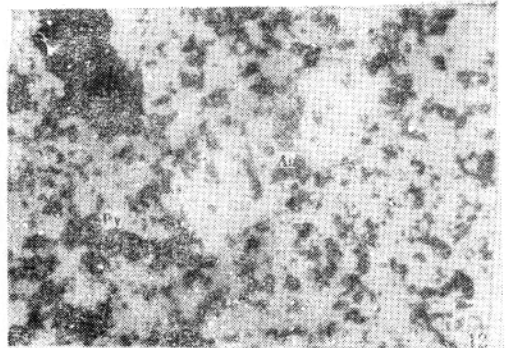
照片10 灰白色石英黄铁矿脉穿插乳白色
石英脉。

(55号脉230中段附穿)



照片11 灰白色石英胶结乳白色石英角砾
后,为多金属硫化物细脉穿插。

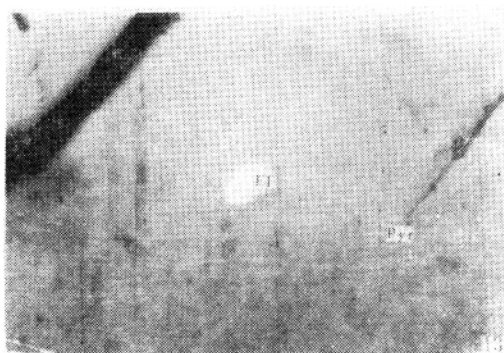
(55号脉230中段590线)



照片12 第二矿化阶段黄铁矿(Py)中的
自然金(Au)。

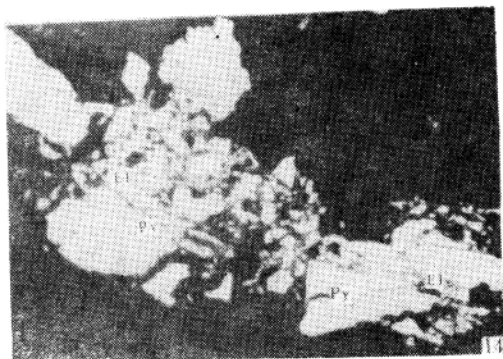
×200

图版 III



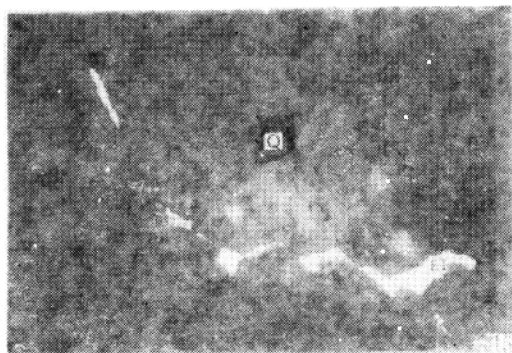
照片13 第二矿化阶段磁黄铁矿 (Pyr) 晶体中的银金矿 (El)。

×500



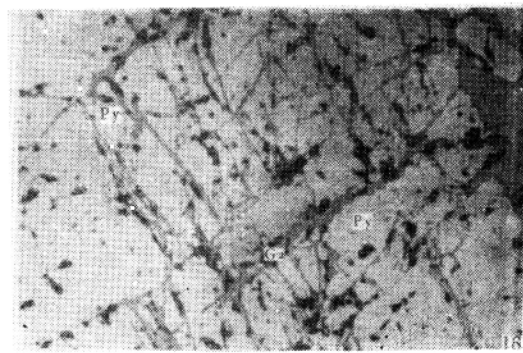
照片14 第二矿化阶段黄铁矿 (Py) 裂隙中的银金矿 (El)。

×200



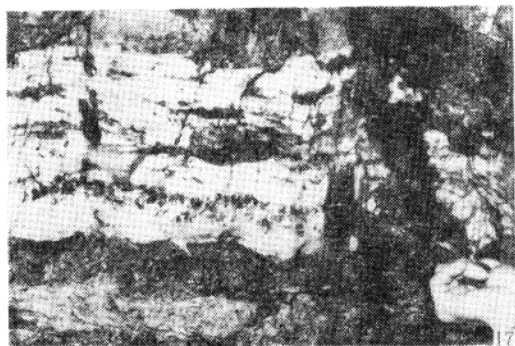
照片15 银金矿 (El) 分布在第二矿化阶段石英 (Q) 晶体中。

×200



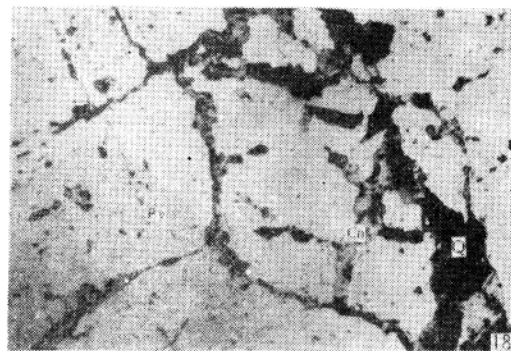
照片16 第三成矿阶段方铅矿 (Gn) 呈细脉状交代黄铁矿 (Py)。

×100



照片17 乳白色石英脉中晶洞重复张开，灰白色石英脉和多金属硫化物矿物充填其中。

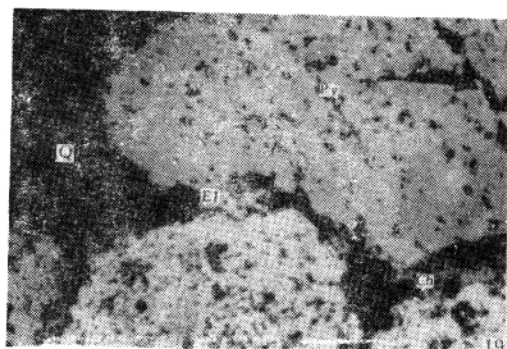
(55号脉230中段586线)



照片18 第三矿化阶段黄铜矿 (Ch) 细脉交代第二成矿阶段黄铁矿 (Py)。

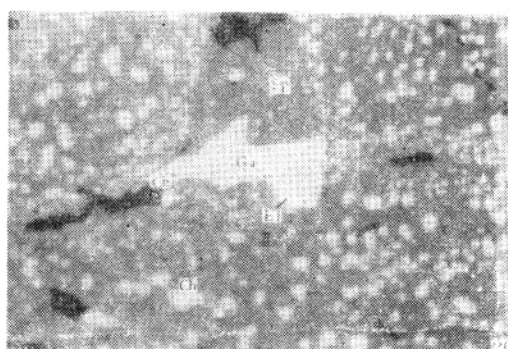
×100

图版 IV



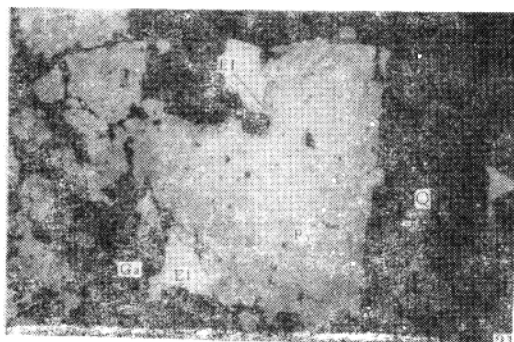
照片19 第三矿化阶段黄铁矿(Py)、石英(Q)晶隙中的黄铜矿(Ch)、银金矿(E1)。

×500



照片20 第三矿化阶段闪锌矿(Sp)晶体中的银金矿(E1)、黄铜矿(Ch)、方铅矿(Gn)。闪锌矿含黄铜矿固熔体。

×500



照片21 第三矿化阶段银金矿分布在黄铁矿(Py)、闪锌矿(Sp)和石英(Q)晶隙中。

×100



照片22 第三矿化阶段银金矿(E1)、黄铜矿(Ch)细脉分布在第二矿化阶段的毒砂(Ar)晶体中。



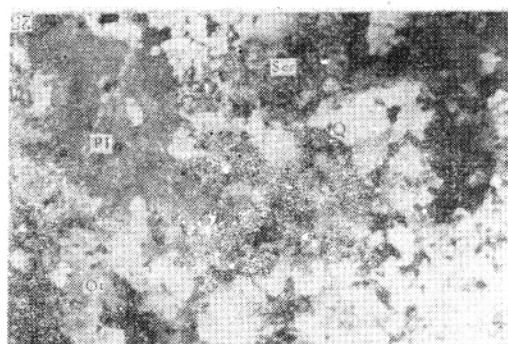
照片23 裂隙充填结构第三阶段黄铁矿分解石细脉穿插第二阶段磁黄铁矿。



照片24 似片麻状黑云母花岗岩中的暗色矿物定向排列。

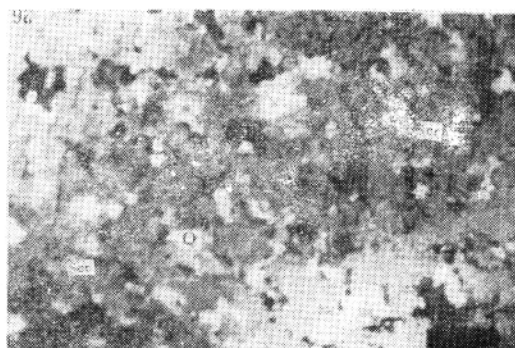
(55号脉230中段1号天井)

图版 V



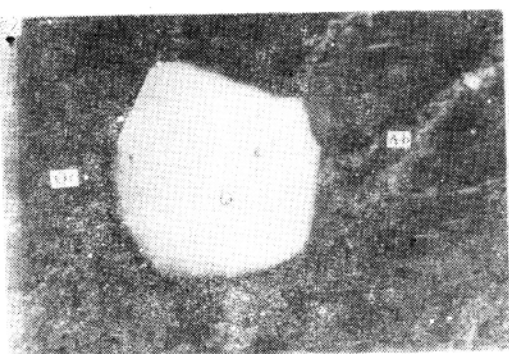
照片25 似斑状结构 斑晶由更长石(Pl)和钾长石(Or)组成基质为中细粒花岗岩结构,石英(Q)嵌布在粒状长石间。斜长石局部被绢云母交代。

(正交偏光 $\times 40$)



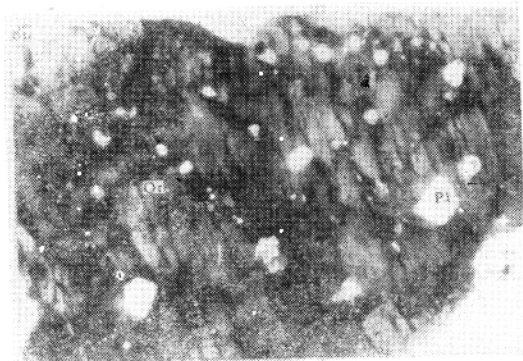
照片26 花岗变晶结构 斜长石被石英(Q)和绢云母(Ser)交代。石英呈不规则粒状。绢云母呈细鳞片状聚晶。

(正交偏光 $\times 40$)



照片27 条纹结构 钾长石条纹长石化,火焰状钠长石(Ab)交代钾长石(Or)。包晶结构:钾长石中的石英(Q)包晶。

(正交偏光 $\times 100$)



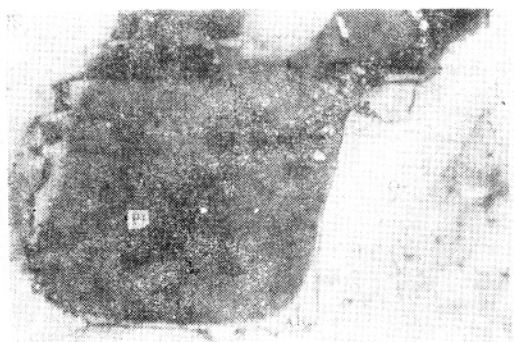
照片28 包晶结构 似嵌晶二长结构,钾长石(Or)中的斜长石包晶(Pl)。

(正交偏光 $\times 250$)



照片29 蠕虫结构 斜长石(Pl)中的蠕虫状石英(Q)。

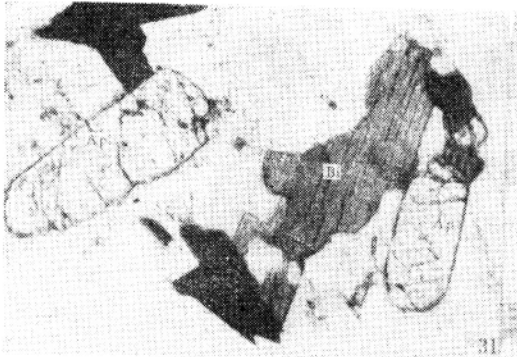
(正交偏光 $\times 100$)



照片30 净边结构 钾长石(Or)中的斜长石包晶,边缘有钠长石(Ab)净边。斜长石(Pl)颗粒边缘有被熔蚀现象,局部被绢云母交代

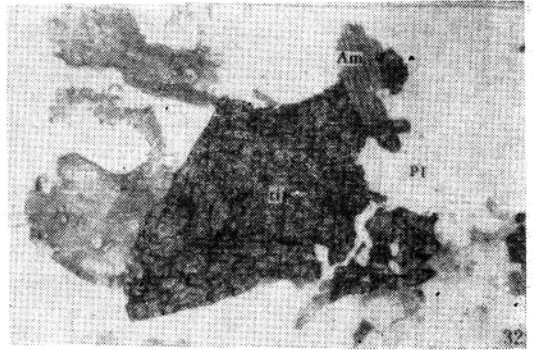
(正交偏光 $\times 100$)

图版 VI



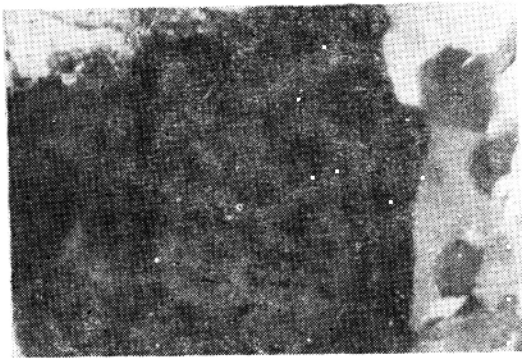
照片31 似斑状黑云母花岗岩中的磷灰石，磷灰石(Ap)有破碎、磨圆等现象，分布在斜长石中，与黑云母(Bi)共生。

(单偏光 $\times 100$)



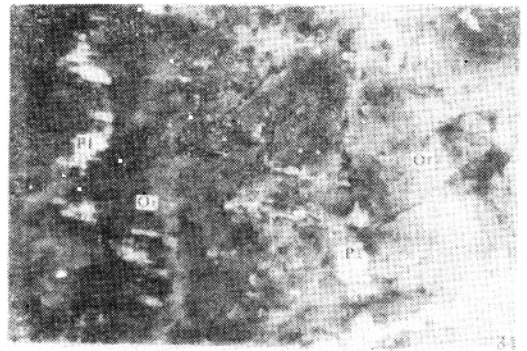
照片32 似斑状黑云母花岗岩中的榍石，榍石(Ti)有破碎现象，与角闪石(Am)斜长石(Pl)共生。

(单偏光 $\times 100$)



照片33 中长石的环带结构。

(正交偏光 $\times 100$)



照片34 交代残余结构 钾长石交代斜长石(Pl)，钾长石(Or)内有残留分布的斜长石聚片双晶。

(正交偏光 $\times 40$)

目 录

第一章 108矿脉地质特征.....	(1)
第二章 金矿产资源总量估计.....	(18)
第三章 108矿脉深部预测区矿床统计预测.....	(27)
讨论	(54)
参考文献.....	(55)

第一章 108矿脉地质特征

一、金矿床形成地质概念模型*

108矿脉是招掖金矿化带上出露长度最大的一条金矿脉。矿化带位于胶东隆起西部，沂沭深大断裂东侧。出露地层以上太古一下元古界胶东群为主，在区域上沿东西向大面积分布。其南北两侧为元古界粉子山群、蓬莱群。此外，少量中生界侏罗系、白垩系，新生界第三系、第四系零星分布于断陷盆地中，缺失古生界（图2）。胶东群地层由斜长角闪岩、角闪

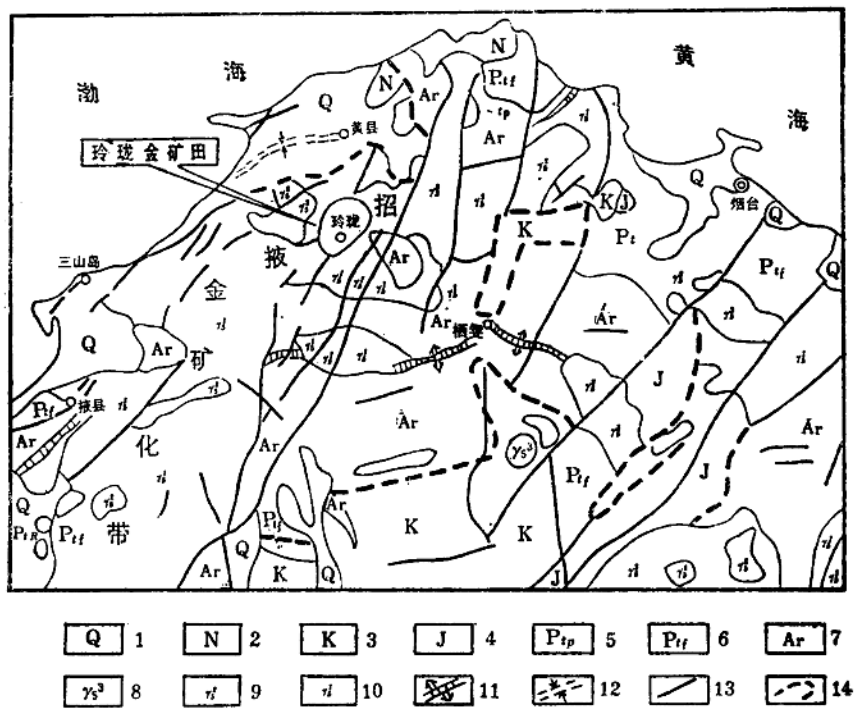


图2 山东胶东地区区域地质图

1. 第四系 2. 第三系 3. 白垩系 4. 侏罗系 5. 元古界蓬莱群 6. 元古界粉子山群 7. 上太古一下元古界胶东群 8. 燕山期花岗岩(滦河岩体) 9. 燕山期石英二长岩(郭家岭岩体) 10. 燕山期花岗岩(玲珑岩体) 11. 复背斜轴部 12. 第三纪以来的向斜轴部 13. 断层 14. 隆起与坳陷界线

岩、黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、黑云母变粒岩、浅粒岩、麻粒岩、黑云母片岩及少量大理岩构成。系海相中基性火山岩、火山沉积岩、沉积岩经区域变质作用形成。厚8410—

* 林卓虹：1986，山东招掖金矿化带金矿床形成地质概念模型的初步研究，第四届冶金数学地质会议交流论文。

23087m,以含金高为其特点,金平均含量0.012g/t。

区域构造分为早、晚两期。早期构造活动发生在晚元古代以后,以水平运动为主,表现为前古生界地层构成近东西向的复式褶皱。其中,发育近东西向的断裂构造。晚期构造活动以垂直运动为主,活动时代为中生代和新生代。在一些地区发生断块运动,形成断陷盆地,其中发育中、新生界陆相沉积地层。此外,中生代以来,随着沂沭大断裂的不断活动,全区普遍发育北东向、北北东向、北东东向断裂构造。

在招掖金矿化带上,分布最广泛的是玲珑花岗岩。岩体受密集分布的北东向、北北东向、北东东向断裂构造控制,横断掖县—栖霞复背斜,沿北北东方向分布。在矿化带北部、东北部及西南部有郭家岭石英二长岩和滦家河花岗岩呈岩株、岩盘分布。三者在形成时间上虽有先后之分,但都属于中生代同一期岩浆活动产物。从胶东群的区域分布特征及岩体中分布有大量胶东群地层残留体现象(照片1)可以看出,花岗岩分布空间从前是胶东群的分布空间。花岗岩是该区金矿床的直接围岩,但含金不高,金平均含量0.00467g/t。

矿化带上已知金矿点160余处。其中大、中型金矿床24处。已探明的金矿储量将近全国总储量的一半。是我国当今最重要的黄金开发源地之一。

野外及室内地质研究结果表明,金矿床属于中温热液充填型。包括含金石英脉和含金蚀变破碎花岗岩两个自然类型。它们之间的差异是同源、同因含金热液在迁移演化过程中,所处裂隙性质及相应的物理化学环境不同造成的。

金矿床赋存在上述北东向、北北东向、北东东向断裂裂隙及次一级构造裂隙中。控矿断裂构造具有长期、间断、继承活动,以及总体压性、压扭性、局部张性、张扭性特点。

通过地质学、矿床学、地球化学、数学地质学研究,认为该区金矿床是中生代时断裂构造活动引发地壳深部岩浆向上侵漫,同化围岩使金活化转移再生而成。金矿床形成的必要条件是:

一、金矿床形成的前导,胶东群地层作为矿源层奠定了物质基础。

二、北东向、北北东向、北东东向断裂构造不但控制了花岗岩的形成、发展和分布;而且控制了金矿床的成生和分布。

三、花岗岩的形成、发展过程,促进了金的活化、转移、迁移、富集成矿。

金矿化的具体过程如下:

太古代时,胶东地区为一海相沉积环境,形成了巨厚的中基性火山岩、火山沉积岩、沉积岩。其中含有大量的金。在漫长的地质历史进程中,虽经历了成岩作用,以及中深区域变质作用,并没能形成金的大规模富集,只是在矿化带所处空间上,形成了金的高地球化学背景,为后来的金矿化准备了矿源层。

中生代时,沂沭深大断裂构造活动不断加强,处于活动范围内的招掖地区多次交替产生南北向压应力、东西向张应力,以及北西-南东向压应力、北东-南西向张应力^{*}。在矿化带所处空间上,形成平行密集、延深很大的北北东向、北东向、北东东向断裂构造裂隙,使该区变成地壳脆弱带。地壳深部空间处于高温、高压下的准稳定状态的酸性熔融岩浆,由于上部压力的骤然降低而突破界面,沿裂隙(包括构造裂隙、层间裂隙及层理、片理、片麻理等所有减压空间)向上侵漫。由于岩浆相对于围岩的高温高压性质,还由于岩浆与围岩间物质成分的极大差异,导致岩浆冲决并熔蚀交代围岩,形成温度为780°—940℃的混染型熔融岩

^{*} 同济大学海洋地质系:1981, 郯庐断裂与渤、黄海的成因特点。第二届全国数学地质会议交流论文。

浆。裂隙发育处, 岩浆对围岩熔蚀交代充分, 形成当今我们见及的花岗岩类。裂隙稀疏地段, 岩浆对围岩交代不充分, 则形成包含有围岩残留体的各种混合岩化岩石。花岗岩的这一成因特点, 使之具有“岩浆花岗岩”和“交代花岗岩”双重特征。

随着围岩的被熔蚀, 胶东群地层中的金转入到岩浆中。在新的环境(高温、高压、熔融、酸性、高挥发分)中, 金活化并同挥发分一起, 在长期多次岩浆活动(玲珑花岗岩-郭家岭石英二长岩-滦家河花岗岩)中迁移、分异、富集。当岩浆温度降低到 $350^{\circ}\text{--}460^{\circ}\text{C}$ 时, 发生凝固结晶, 导致岩浆熔体和热液分离^{*}。此时, 热液为弱碱性。一部分金分散于花岗岩中, 另一部分金转入到热液中, 以金的硫化物、砷化物、硫代硫酸盐等络合物形式随热液迁移^{**}。花岗岩成岩以后, 由于断裂构造活动的复活, 一些被愈合了的构造裂隙重新发生, 使粒间溶液向裂隙集中, 导致金的进一步迁移、富集。就控制热液活动的断裂构造而言, 大体上分为两期:

第一期构造活动, 主应力方向为北西-南东向, 在区域上形成北东向为主的断裂构造带。带内发育密集的、互相平行的压性裂隙。伴有挤压片理、构造透镜体、压碎岩、糜棱岩、断层泥等(附录照片2)。与之相伴随, 发生第一期金矿化。热液呈中性-弱碱性, 石英包体测试温度 $360^{\circ}\text{--}420^{\circ}\text{C}$ (均一法为主, 参考爆裂法)。热液沿裂隙迁移, 并以扩散为主的交代方式使花岗岩绢云母化、硅化。在区域上沿断裂构造形成绢英岩化破碎花岗岩带(图3)。绢云母呈鳞片状产出, 镜下可见绢云母呈斜格子状集合体交代斜长石, 或斜长石完全被绢云母交代, 仍保留斜长石晶体外形。钾长石也有被绢云母交代现象(附录照片3、4)。所谓硅化, 实际上是石英化。表现为石英呈大小不等、边界不清的不规则细脉或团块产出。有时包裹绢云母和交代未完全蚀变的长石。镜下见石英呈细粒集合体与绢云母伴生。从表1可见, 绢英岩化过程是热液向围岩输入钾、硅, 带

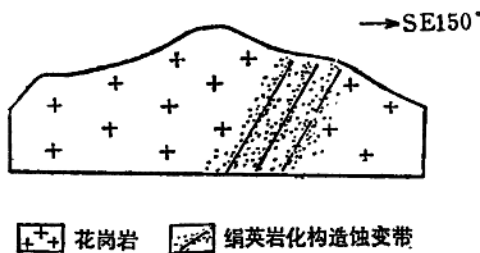


图3 沿构造裂隙带发育的绢英岩化

表1 花岗岩绢英岩化过程中金属原子相对含量变化表

岩 性	金 属 原 子 相 对 百 分 比 %										Na K	Na Si	Ca+Mg Si
	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K			
花岗岩	67.28	0.22	16.30	0.76	1.09	0.11	0.65	2.07	7.07	4.46	1.59	0.11	0.0404
花岗岩	63.88	0.33	16.70	1.19	1.63	0.11	1.74	3.05	6.51	4.66	1.40	0.11	0.0781
绢英岩化花岗岩	70.11	0.06	15.73	0.28	0.34	0.00	0.17	0.63	7.39	5.28	1.40	0.11	0.0114
绢英岩化花岗岩	71.05	0.11	14.58	0.57	0.34	0.06	0.34	0.63	5.77	6.51	0.69	0.08	0.0137
绢英岩化花岗岩	71.30	0.11	14.69	0.40	0.40	0.00	0.23	0.74	6.44	5.69	1.13	0.09	0.0136
红化花岗岩	71.01	0.06	16.47	0.23	0.87	0.06	0.17	0.12	5.53	5.47	1.01	0.08	0.0041
黄铁矿化绢英岩	74.99	0.12	16.28	0.48	1.14	0.06	0.42	0.06	0.30	6.10	0.05	0.00	0.0064
黄铁矿化绢英岩	72.02	0.12	17.45	0.48	1.68	0.06	0.42	0.00	0.72	7.04	0.10	0.01	0.0058

* 李兆麟: 1984, 山东三山岛金矿形成物理化学条件研究。全国金矿床矿物成因矿物学会议交流论文。

** B.F. 英伊辛科: 1973, 金矿热液变质过程中的性状。金矿参考资料汇编(二)

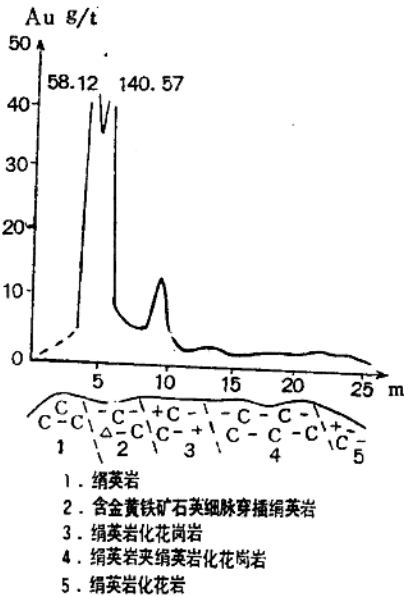


图4 金含量与花岗岩蚀变强度无关

金黄铁矿石英脉。脉中常见石英集合体包裹绢英岩碎块，或呈细脉穿插绢英岩（照片6）。其中石英呈乳白色，半自形晶为主，少量自形晶和它形晶，晶簇和晶洞发育。黄铁矿含量不高，呈斑晶和斑块状集合体分布于石英脉中。一般颗粒粗大以半自形晶、自形晶为主。金呈银金矿和少量自然金赋存于黄铁矿、石英晶体、晶隙中（照片7、8、9）。金成色较高，银金矿中金平均含量70.99%，银平均含量28.11%。 Au/Ag 平均值2.61。自然金中金平均含量81.28%，银平均含量15.65%。 Au/Ag 平均值5.22。矿石以含金黄铁矿石英为主， Au/Ag 平均值0.18。石英包体测试温度300℃（均一法为主，参考爆裂法）。第一阶段矿化强度较低，金平均品位0.68g/t。提供的金矿产资源量仅占矿床资源总量的6.08%。

第二阶段构造活动形成的裂隙总体仍为压扭性。活动强度比第一阶段小，裂隙只在第一阶段构造裂隙的局部空间上发生。与之相伴随，发生第二阶段金矿化。在张扭性裂隙中充填灰白色石英黄铁矿脉。在压扭性裂隙中充填细脉状、网脉状灰白色石英、黄铁矿。见灰白色石英黄铁矿细脉穿插乳白色石英脉（照片10），乳白色石英角砾为灰白色石英胶结现象（照片11）。石英灰白色、灰色、它形晶为主，少量半自形晶体。早世代的黄铁矿呈中-粗粒半自形晶或它形不规则状晶体，表面有较多裂纹。晚世代的黄铁矿多呈细粒状或烟尘状集合体产出。此外，有少量磁黄铁矿。金矿物以银金矿为主，少量自然金。它们赋存于黄铁矿、磁黄铁矿、石英晶体、晶隙、裂隙中（照片12—15）。金的成色较高，银金矿中金平均含量69.72%，银平均含量26.97%， Au/Ag 平均值2.63。自然金中金平均含量83.37%，银平均含量12.87%。 Au/Ag 平均值6.48。矿石以含金灰白色石英黄铁矿和块状黄铁矿为主， Au/Ag 平均值2.04。石英包体测试温度260~320℃（均一法为主，参考爆裂法）。第二阶段矿化强度很高，金平均品位12.49g/t。提供的金矿产资源量占矿床资源总量的76.52%。是最重要的

出钠、钙、镁、铁、钨的交代过程。该过程使热液性质逐步发生改变，促使金的进一步富集。该期金矿化强度不高，绢英岩的金平均含量仅为0.0252g/t。从图4可见，仅当第二期金矿化活动（穿插细脉状、网脉状石英脉、黄铁矿脉、多金属硫化物脉）与之迭加时，金含量才会有大幅度增长，而与花岗岩的蚀变强度关系不大。

控制第二期热液活动的断裂构造在空间上大多数与第一期构造迭加。主应力方向为北西西—南东东向，在空间上形成压扭性为主的断裂构造带。金矿化主要受这一期构造活动控制（照片5）。热液呈弱酸性，石英包体测试温度200°—320℃（均一法为主，参考爆裂法）。由于构造活动具有脉动、继承和由强变弱的特点，与之相对应，金矿化也是多阶段的。

第一阶段构造活动形成的裂隙，主体为压扭性，局部为张扭性。与之相伴随，发生第一阶段金矿化。在压扭性裂隙中，充填细脉状、网脉状石英和黄铁矿；在张扭性裂隙中充填含

矿化阶段。

第三阶段构造活动比第二阶段更弱，只在局部空间上形成张扭性裂隙。同时伴随发生第三阶段金矿化。在裂隙中充填石英（方解石）多金属硫化物脉、细脉、网脉。见多金属硫化物脉穿插灰白色石英黄铁矿脉和乳白色石英脉，以及乳白色石英脉中晶洞重新张开，多金属硫化物充填现象（照片16—18）。常见的金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、斜方辉铅铋矿、毒砂等呈不规则脉状和团块状集合体分布。脉石矿物为石英、方解石。金矿物以银金矿为主，少量金银矿。它们赋存于上述矿物的晶体、晶隙、裂隙中（照片19—23）。金成色较低，银金矿中金平均含量64.66%，银平均含量35.56%。Au/Ag平均值1.87。金银矿中金平均含量48.27%，银平均含量53.10%。Au/Ag平均值0.91。矿石以含金石英多金属硫化物为主，Au/Ag平均值0.26。石英包体测试温度200~230℃（均一法为主，参考爆裂法）。第三阶段金矿化强度较高，金平均品位1.92g/t。提供的金矿产资源量占矿床资源总量的17.4%。

表2列出了金及其伴生元素在不同矿化期、矿化阶段中的平均值、金和其他元素的比值。

表2 金及其指示元素在不同矿化期、矿化阶段中富集特征表

项 目	第一矿化期 (14)*		第 二 矿 化 期					
	浓 度 (ppm)	金和该 元素比	第一阶段(17)		第二阶段(15)		第三阶段(15)	
			浓度(ppm)	金和该元素比	浓度(ppm)	金和该元素比	浓度(ppm)	金和该元素比
Au	0.014	1	0.138	1	18.443	1	14.471	1
Ag	0.321	0.0436	0.783	0.1762	9.057	2.0364	56.574	0.2558
Cu	28	0.0005	39	0.0035	118	0.1566	6215	0.0023
Pb	41	0.0003	50	0.0028	87	0.2117	657	0.0220
Zn	51	0.0003	33	0.0042	20	0.9361	621	0.0233
As	2.36	0.0059	4.74	0.0291	23.79	0.7751	22.59	0.6406
Sb	0.18	0.0770	0.30	0.4672	0.32	56.9583	0.97	14.9613
Bi	0.20	0.0701	0.19	0.7174	1.68	10.9780	0.76	19.0172
Te	0.22	0.0637	0.42	0.3312	2.29	8.0489	1.85	7.8382
Se	0.41	0.0339	0.36	0.3856	0.91	20.2143	1.21	11.7424
Mn	563	0.0000	704	0.0002	1071	0.0172	938	0.0154
W	0.66	0.0211	0.48	0.2902	0.45	41.4130	0.16	31.5627
Ba	712	0.0000	80	0.0017	78	0.2366	56	0.2597
Σ ₁ **	3.705	—	6.931	—	56.49	—	98.425	—
Σ ₂ ***	120	—	1.22	—	225	—	7493	—

• 括弧内为样品数 • • Σ₁ = Au + Ag + As + Sb + Bi + Te + Se • • • Σ₂ = Cu + Pb + Zn

不难看出，金主要在第二期中富集成矿。在三个矿化阶段中，金及其伴生元素As、Bi、Te、Mn等主要富集在第二阶段，第三阶段也有较大富集。Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、Se等主要富集在第三阶段，第二阶段也有一定的富集。钨主要在第一矿化期集中。钨的变化不明显。从第一期到第二期的第三阶段，贵金属和多金属含量总和不断增加，且在第三阶段有最大值

7591.4g/t.

上述两个构造活动期形成的绢英岩化花岗岩带和金矿化带,大体上发育在相同的空间上。3个金矿化阶段形成的金矿体及其原生晕也大致迭加在同一空间上。

表生作用下,金矿化露头遭受淋滤、剥蚀,导致金及其伴生元素迁移、分散。在更大的范围内形成金矿化地球化学次生分散晕。

图5即为金矿床形成地质概念模式。

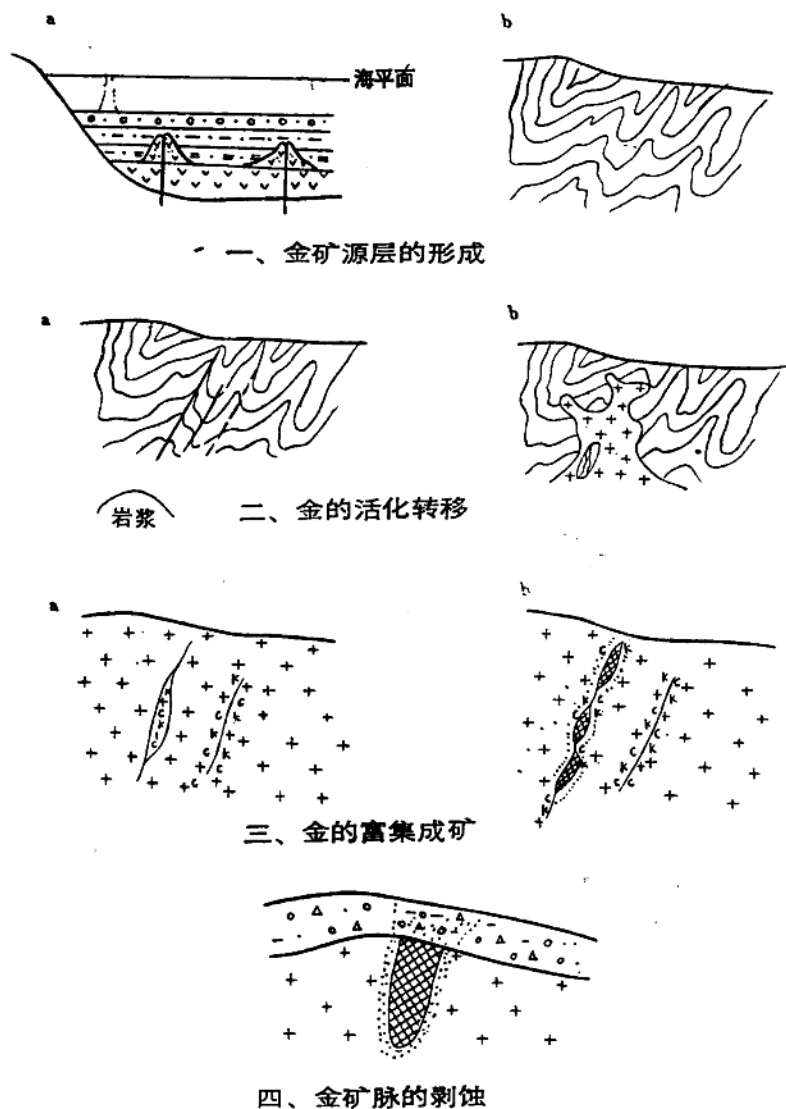


图5 招掖金矿化带金矿床形成地质概念模式图

二、玲珑金矿田地质特征

玲珑金矿田位于招掖金矿化带北部偏东,招远县城东北约14km处(图2)。包括九