

瓊山地区金矿成矿模式及找矿方向

庞文波

(冶金一公司二队)

瓊山地区是浙江省重要黄金产地之一。长期以来,该区的找矿多着眼于含金黄铁矿—石英脉型,而对象庙下畝这种蚀变构造岩—含金黄铁矿—石英脉混合型及含金黄铁矿蚀变构造岩型矿床,在找矿评价工作中往往被忽视。庙下畝矿床就是在失误之后重新评价的矿床之一,现已获×吨工业储量。

于构造侵位,层序不清,大致可分:下部为混合石英闪长岩,含若干个基性、超基性小岩体及基性古火山爆发角砾岩,上部为绿片岩夹碎屑沉积岩。混合石英闪长岩具如下特征(图1)。

1.岩体呈长条状,北东—南西向延伸,长约40km,宽2—5km。北西侧与侏罗系为断

一、双溪坞群为瓊山地区金矿的矿源群

(一) 双溪坞群:

本区位于元古代江南古岛弧褶皱带与华夏弧前陈蔡优地槽的接壤带。

中元古界双溪坞群,由一套中—基性海相火山岩、硬砂岩、浊积岩夹陆相火山岩组成的不成熟岛弧堆积体,具轻微变质特点。标准剖面在富阳县的骆村—章村。

矿区出露的双溪坞群,具明显的洋壳结构特征。由

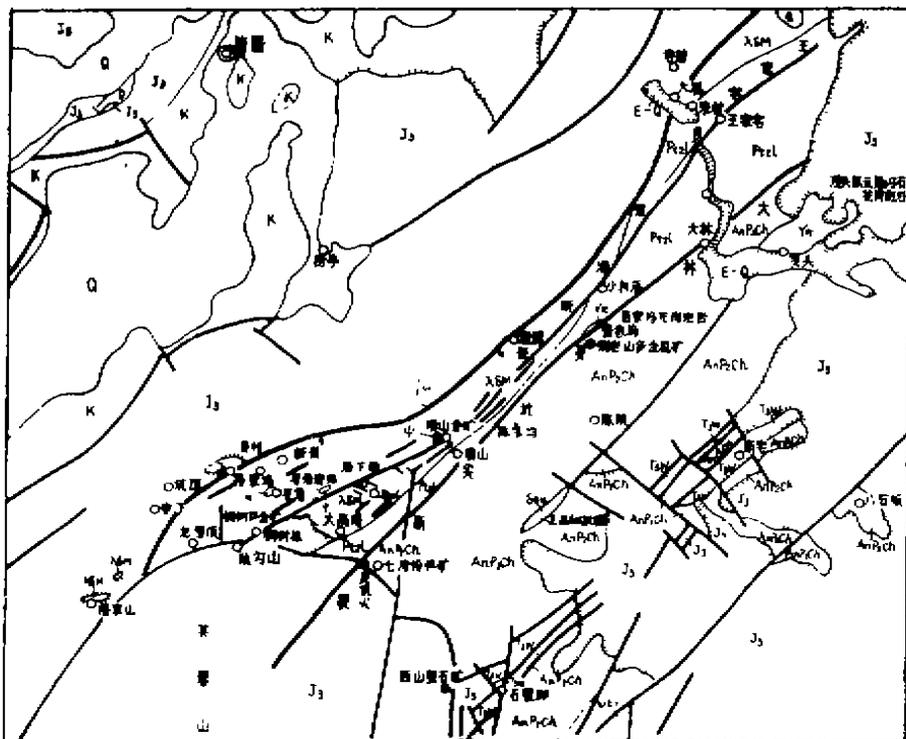


图1 瓊山地区区域地质简图

Q	第四系	J3	侏罗系上统火山岩	Yc	花岗岩	—	老褶皱线
E-Q	震旦系	Tm	三叠系上统火山岩	So4	闪长岩	—	于整合的褶皱线
K	白垩系	AS-1	晚侏罗统火山岩	—	—	—	—

层接触，岩体超覆在侏罗系之上，南东侧与上覆片岩为渐变过渡关系。

2.岩体为粗粒结构，块状构造。内部组成十分复杂，计有1)含多量大小不等的层状、透镜状、椭圆状的含钒钛磁铁矿的角闪辉石岩、辉石角闪岩、角闪岩等小岩体，呈串珠状沿北东方向断续出现。以石角岩体最大(长1239m,宽15—562m)。2)细粒闪长岩呈团块状、模糊角砾状及极不规则形态大量产于混合石英闪长岩中，与混合石英闪长岩呈渐变关系，尤以上述基性小岩体分布带更集中，亦是金矿比较集中地带。该现象的解释，笔者在外刀村南丰田坞沟中见到石英闪长岩中有古火山爆发角砾岩，认为其可能是古火山爆发角砾岩经混合岩化重结晶作用形成。3)球粒状斜长角闪岩，呈层状、球粒直径1—3cm，粗大角闪石晶体呈放射状，与在华北及五台群中所见到者同。4)在外刀村南发现一层厚约40m的古火山爆发角砾岩，角砾由细晶角闪辉石岩，角闪岩、钾长花岗岩等组成，砾径0.05~0.3m，胶结物成份与角砾成份一致。角砾岩下盘围岩为粗粒混合石英

闪长岩，上盘为细粒灰白色石英闪长岩。向东约50m出现一粗晶角闪辉石岩体。角砾岩层向东西延伸不大。5)混合石英闪长岩，边缘部份与变质中—基性火山岩交替出现。

3.岩体内部的矿物成份、结构、构造等差别甚大，如辉石角闪岩呈粗—巨晶状结构，块状构造；混合石英闪长岩为中—细粒结构，块状，模糊角砾状构造。后者暗色矿物与浅色矿物分布亦极不均匀，尤其在边部，在局部地段还发现类似细碧岩的岩石。

4.笔者用混合石英闪长岩中原岩标志较明显的岩石化学资料、用 $\langle \text{FeO} \rangle / \text{Mgo} - \text{SiO}_2$ ， $\langle \text{FeO} \rangle / \text{Mgo} - \langle \text{FeO} \rangle$ 编制的变异图(图2)表明，双溪坞群多落在大洋拉斑玄武岩和岛弧拉斑玄武岩区，大洋地壳向岛弧转变的早期产物，与陈蔡群明显不同。显然，混合石英闪长岩原岩为变质中—基性火山杂岩。

(二) 双溪坞群Au、Ag元素丰度：

表1为庙下坂矿区双溪坞群各种岩石的Au、Ag元素的丰度值。(Au为微金分析)

由表1可见，在未蚀变的古火山岩中Au、

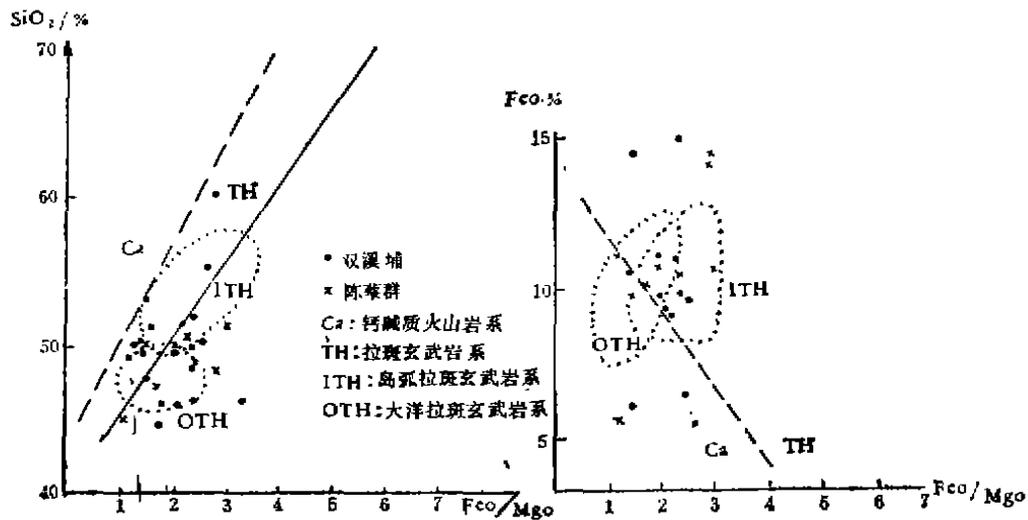


图2 双溪群岩石化学变异图

Ag元素的丰度，远高于地壳的平均丰度。在混合石英闪长岩中，相对地有所降低，而在构造岩中富集。说明古火山岩为Au的矿源层，蚀变混合石英闪长岩为金的活化—迁移区，韧性剪切带构造岩为成矿主岩。

银元素在各类岩石中无明显的变化。

表1 庙下矿矿区各岩石Au、Ag丰度 (PPm)

岩石名称	混合石英闪长岩			矿化构造岩		备注
	外刀古大山角砾岩	青黄岩化石英闪长岩	矿体上下盘蚀变石英闪长岩	千糜岩	强蚀变千糜岩	
Au	0.977	0.015	0.023	0.108	0.144	矿物定向排列，片理清晰，片理间夹石英小透镜体。主要组成矿物为石英，长石，黑云母，绿泥石等。新生矿物方解石，绢云母、钠长石、铁白云石、重晶不等。后期石英脉呈透镜状，团块状充填于片理间。
Ag	0.217	0.237	0.18	0.49	0.48	

二、韧性剪切带与韧性剪切构造岩

璜山地区混合石英闪长岩中发育两组韧性剪切带。其特征如下：

1. 成群成带出现：

区内有两组，一组走向北东—南西，一组走向北西—南东，两组相交，NW组有否切割NE组尚不清楚。

北东组由若干条平行的规模不等的剪切带组成，最长可达10km，宽10—30m，向南东倾，倾角50°—60°。璜山金矿，火焰矿点，外庄矿点产于这组剪切带中。

北西—南东组剪切带，规模较小，在璜山地区发现有两带，庙下矿带有六条平行的剪切带，构成庙下矿床的I、II、III、IV、V、号矿体，大高坞只发现一条。延长尚不清楚，北东倾，倾角50°—60°。庙下矿床，大高坞矿床产于该组剪切带中。

2. 剪切带内糜棱岩已完全固结成岩。糜棱岩片理化，片理与构造带走向平行或呈角度相交，并见牵曳现象。构造带中有时夹大小不等的未受剪切的刚性混合石英闪长岩而形成矿体的分枝复合，并对正确圈定矿体带来麻烦。构造带与围岩接触带上常见由片状镁

铁质矿物形成的构造镜面。

3. 糜棱岩由碎裂的石英及片状矿物组成。强蚀变。横向变化由边部向中心大致为碎裂石英闪长岩—糜棱岩—强蚀变糜棱岩。

糜棱岩中石英，长石塑性变形。园粒化，长条拉伸化，重结晶。石英波状消光，长石双晶面弯曲特征明显。

矿物定向排列，片理清晰，片理间夹石英小透镜体。主要组成矿物为石英，长石，黑云母，绿泥石等。新生矿物方解石，绢云母、钠长石、铁白云石、重晶不等。后期石英脉呈透镜状，团块状充填于片理间。

4. 糜棱岩经常是矿体的一部分，组成黄铁矿—千糜岩类型矿石。此类型矿石在璜山矿床占1/4，在庙下矿床约占1/2。

5. 剪切构造带多未出露地表，出露者也因风化而不易识别。剪切带具多阶段活动特点，大致为早期韧性剪切阶段，发育一系列构造岩有黄铁矿石英脉充填；中期脆性变形阶段，黄铁矿—石英脉碎裂晚期剪切带内新生矿物出现，并普遍蚀变。

6. 剪切带随深度在垂向上亦有变化，就目前出露情况推测，上部为脆—塑性变形、深部为塑性变形，从而形成庙下矿床0线—150m深部厚大的矿化千糜岩。可作为预测深部矿体的重要标志。

三、金矿化类型及其地质特征

本区金矿化主要有以下三种类型：

1. 黄铁矿—石英脉型：

1) 矿体产于深变质超—基—中性火山杂岩与上覆片岩的接触带附近蚀变石英闪长岩中，矿体明显受韧性剪切带控制，矿化带走向NE，倾向NW，倾角50°—60°。

2)矿体呈脉状,透镜状厚大石英脉,含金黄铁矿呈不规则状,团块状细脉状散布在石英脉中。具碎裂结构,块状构造。

3)矿石组分单一,主要有用组分为金。以自然金为主,贫硫化物, $Au:Ag = 24:1$ 。

4)主要金属矿物黄铁矿、自然金。次要矿物黄铜矿、银金矿、方铅矿、磁铁矿、碲金矿、碲镍矿、碲铅矿等。脉石矿物石英,方解石、铁白云石、绿泥石、绿帘石、黑电气石。

5)围岩蚀变有绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、方解石化,黑电气石化等。

6)成矿作用可分二期三阶段。早期的第一阶段含黄铁矿石脉充填,含微量金,第二阶段是第一阶段的石英脉碎裂后被金—硫化物—石英充填,为成矿主要阶段,亦是脉石矿物、绿泥石、绢云母、绿帘石等及金属矿物方铅矿、黄铜矿等形成期;晚期为含金黄铁矿、碲化物、碳酸盐形成阶段。与韧性剪切带发展阶段相一致。

主要矿床(点)有:石角、新盛、横山、火焰山、外庄等。

2. 蚀变岩—黄铁矿—石英脉型:

1)矿体产于蚀变混合石英闪长岩体的韧性剪切带,成多条平行产出,蚀变构造岩是矿体的一部分。

2)矿体呈脉状、透镜状、浸染状。浸染状矿化蚀变构造岩与非矿化蚀变构造岩无明显分界,蚀变类型一致。具碎裂—糜棱结构。块状、碎裂状、片状构造。

3)矿石组分单一,主要有用组分为Au,以自然金为主,贫硫化物, $Au:Ag = 13:1$ 。

4)主要金属矿物为黄铁矿、自然金,次要矿物黄铜矿,银金矿,少量矿物闪锌矿、方铅矿、磁铁矿极少量碲金矿。脉石矿物有石英、方解石、铁白云石、重晶石、绢云母、绿泥石等。

5)围岩蚀变有黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。

6)成矿作用可分二期三阶段与上述类型相同。

属于这类矿床有庙下阪、太高坞等

3. 黄铁矿—蚀变岩型:

本类型矿化仅见于庙下阪矿床0线—150m深部,构造蚀变岩即为矿化主岩。含金较贫,规模较大(一孔揭露),矿化较深无透镜状石英脉充填。与第二类型矿化之间虽处同一构造带,但存在一无矿或贫矿空间。显然与剪切带垂向由脆塑性变形过渡到塑性变形有关。

矿化单一,主要矿物为稀疏浸染状含金黄铁矿。脉石矿物为绿泥石、绢云母、方解石等。无特殊矿物出现,说明成矿流体与上述两类型是同一来源。

本类型矿化找矿前景较好。各类型矿化特征差异对比见表2

本类型矿化找矿前景较好。

各类型矿化特征差异对比见表2

表2 横山地区主要金矿类型特征对比表

地质特征 矿床名称	矿体构造	矿体产状	金的赋存状态	特征矿物	特有围岩蚀变	Au:Ag	矿化特征
横山	北东向主构造	呈单脉透镜体	自然金碲金矿	碲化物	绢云母化 黑电气石化	24:1	含金黄铁矿石英脉
庙下阪	北西向次构造	呈脉群线性产出	自然金	极少	绿泥石化	13:1	含金黄铁矿石英脉+矿化构造岩
庙下阪深部	北西向次级构造	不清	自然金		绿泥石化		矿化构造岩

四、成矿时代、成矿物质来源

1.成矿时代:

双溪坞群古火山杂岩的变质年龄为751.3ma,大致相当于雪峰期750—800ma。矿石铅同位素模式年龄亦在500—800ma之间。故成矿时代应大致与古火山岩变质时代相当或稍晚。

2.成矿物质来源:

1)铅源分析:(样品由有色总公司矿产地质研究院分析)

如图3所示各矿床矿石黄铁矿铅同位素比值空间分布特征,庙下坂矿床落在地幔与下地壳区,璜山矿床落在地幔和造山带之间,其他金矿床落在地幔与造山带之间,陈蔡群中的金矿床落在造山带与上地壳之间,表明各矿床矿石铅来源的差异。图3表明璜山、庙下坂铅同位素与大洋中脊玄武岩相类似,具同一来源。众所周知,来源于上地幔的铅含较少量的放射成因铅,且变化范围狭窄,207Pb/204Pb<15.6。来源于地壳的铅则含较多的放射成因铅,变化范围较宽,一般207Pb/204Pb>15.6。从图上可见该区的矿石铅应来源于地幔。黄铁矿为载金矿物,与金密切相关,说明金、硫、铅一起来源于地幔,从

古火山岩含金丰度高推断,古火山杂岩应为金、硫、铅的母体。

2)硫同位素

表3为不同矿床硫同位素资料。从表3看出,璜山、庙下坂两矿床 δ34S‰变化范围窄,说明含金黄铁矿石英脉及矿化蚀变岩中与金紧密共生并为载金的黄铁矿的硫来源于地幔,亦应来自古火山杂岩。

3)稀土元素特征:

根据李发宜工程师的研究(样品由有色总公司地质研究院分析),石英的稀土元素特征为:表现

(1) ΣRE=9.724, ΣLRE=4.87, ΣHRE=4.87, ΣLRE/ΣHRE=1.00,分

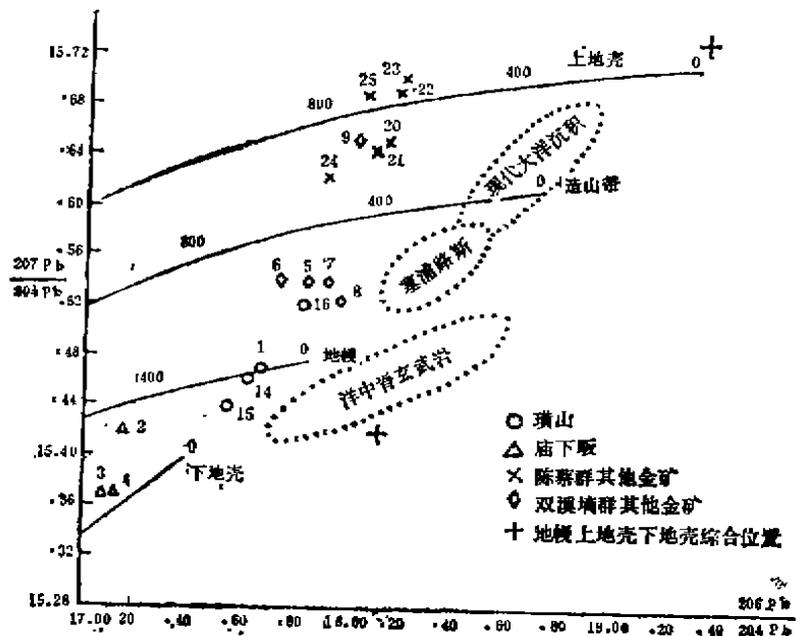


图3—207pb/204pb—206pb/204pb 变异图生长线据 Doc 和 2 artmen (1979)

表3 璜山地区金矿床硫同素测定表

矿床	矿物	样品数	δ34S (平均值)	变化范围	备注
庙下坂	黄铁矿	6	0.208	-1.74—-1.14	
璜山	黄铁矿	10	+2.35	+1.8—+3.2	

馏不明显,属浅部矿床。稀土总量高与石英中铅、碱质含量高有关。

(2) Eu/Sm=1.21, δEu=3.86, 属Eu富集型。推测其来

源与古老基性地质体有某种成因联系。

(3) $Sm/Nd = 0.27$, 而大洋玄武岩的 $Sm/Nd = 0.234 \sim 0.425$, 亦说明石英与大洋玄武岩类岩石有某种成因联系。

黄铁矿:

(1) $\Sigma Re = 3.894$, $\Sigma LRe = 2.373$, $\Sigma HRe = 1.522$, $\Sigma LRe/\Sigma HRe = 1.56$, 分馏亦不明显。

(2) $Eu/Sm > 0.35$, 变化范围 = 1.04 ~ 1.53, 平均 1.10, $\delta Eu = 4.74$, Eu 富集型, 与古老地质体有关。

(3) Sm/Nd 变化范围 0.74 ~ 1, 平均值 0.81, 与幔源玄武岩有关。

五、矿床成因、成矿模式及找矿方向

(一) 矿床成因

1. 成矿温度:

表 4 璜山地区金矿包体测温表

矿物包体爆裂温度(°C)				矿物包体均一温度(°C)			
测试矿物	样品数	平均温度	爆裂温度区间	测试矿物	样品数	平均温度	均一温度区间
石英(庙下坂)	9	178	145~180	石英	10	219	148~290
石英(璜山)	20	317	285~390	石英	12	318	270~340

表4所列为璜山金矿和庙下坂金矿包体测温资料、庙下坂金矿的成矿温度明显地低于璜山金矿。庙下坂金矿多相包体中的固相部份主要为NaCl晶体,其消失温度为180°C。

2. 成矿溶液的可能成分。

包体的成分也代表成矿溶液的成分。庙下坂矿床的包体,在常温下有液体包体和多相包体(原生)。液体包体主要由水、CO₂组成,气液比(面积比)在13%~15%。多相包体由固相+液相+气相组成,固相部分主要为NaCl及难溶的盐。盐度31We%。可见成矿溶液富含NaCl、CO₂。

矿石的脉石矿物种类和围岩蚀变矿物种

类及蚀变闪长岩的蚀变矿物种类几乎一致,大多是在富Na₂O和CO₂参与作用下的产物,推测,它们是同一溶液作用的结果。溶液富Na⁺及其他碱金属说明海水参与了成矿作用。

3. 成矿过程分析:

在海水+基性岩石→含水基性岩+卤水这一体系中,基性玄武岩类变成细碧岩或绿片岩时可用下式说明其反应的总的情况:辉石+杆榄石+斜长石+Na₂O+H₂O+CO₂→钠长石+绿帘石+绿泥石+方解石+石英,并析离出基性岩石中所含的微量金、硫等元素。CaO和SiO₂的累进排出形成由钠长石、绿泥石和石英所组成的最终产物。这一变质作用的实质是退化变质,与矿区所见相同。在H₂S的溶液影响下,岩石受青盘岩化(石英、绿泥石、绿帘石),碱性长石的混

合体并伴有浸染状黄铁矿形成。CO₂的加入,交代形成铁白云石化、绢云母化、钠长石化及含金黄铁矿、多金属矿的析出。金、

硫的供给来自古火山基性岩石。这些过程中所产生的复杂成矿溶液体系受深部热源的驱动,沿开放性剪切带上升在适当的环境沉积成矿。

4. 成矿模式:

综上所述:

1) 成矿物质Au、Ag来源于中—基性古火山杂岩;

2) 韧性剪切带控制成矿空间,剪切构造岩为成矿主岩;

3) 硫、铅、石英等主要成矿物质均与古火山岩有成因联系,结合矿床的围岩蚀变,矿物组合等特征推测成矿物质的活化—迁

移—沉淀与变质作用密切相关。而且是在同一地质作用过程中完成。

因此,笔者提出,在海水+基性火山岩系统内,变质作用、成矿作用、构造作用相互关联的成矿模式(图4),来说明这类矿床的成矿特征。

5.找矿方向:

据上述成矿特征,璜山地区的找矿应着重以下方面:

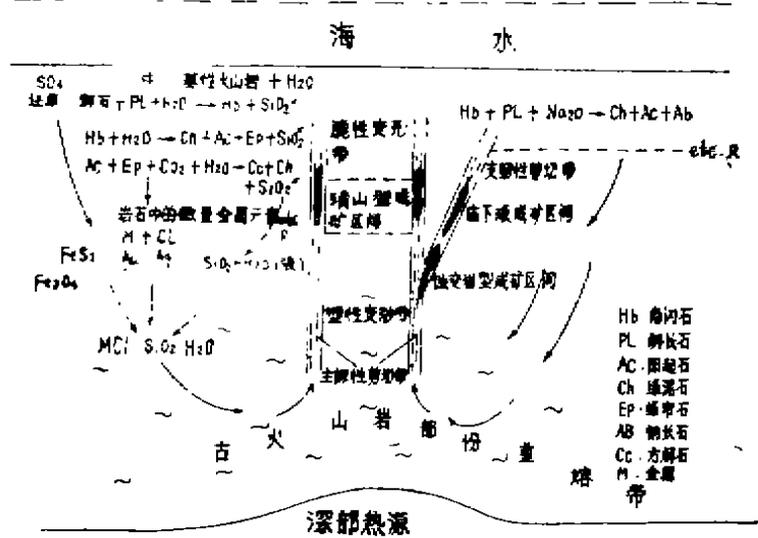
1)混合石英闪长岩与上覆绿片岩接触带偏岩体内部一侧,是超基性小岩体NE方向延

和成矿有关的化探指示元素。在此基础上用化探方法评价剪切构造带,重点是发现那些地表未出露的构造带。

4)注意火焰山、外庄、姜村及璜山金矿西端的厚度较大的无矿化或矿化微弱的石英脉的深部评价。是否会出现不同类型矿化的过渡问题。

5)庙下坂矿床深部的蚀变岩型矿化是该区很有远景的矿化类型。目前,庙下坂矿山正施工竖井,准备再开-7m和-47m的坑道,为详细研究该类型矿化提供方便。

浙江省璜山地区金矿
图4 中—基性火山岩+H₂O系统内变质热液成矿模式流程图



伸带,混合石英闪长岩大面积蚀变,对成矿有利。

2)该地段也是韧性剪切带发育区,矿化密集。

应特别注意NW方向剪切带,就目前情况看有等距出现的可能性,现已发现大高坞矿床和庙下坂矿床,预测在璜山矿床与庙下坂矿床之间,可能有NW方向剪切带存在。

3)根据元素的相关性,确定成岩元素和成矿元素的活化—迁移规律,从而正确确定

以上为在野外工作条件下可行的找矿方向。

此外,对黄铁矿,石英两种主要矿物,从矿物的物理标型特征、化学成分、包体、稀土元素分异程度等等问题进行深入的研究可能会对在该区找矿提供有益的帮助。

本文引用我队庙下坂矿床及浙江有色三队璜山矿床的勘探资料,我队综合组李发宜工程师的稀土元素资料及有关专家的资料,在此一并致谢。