

山西某变质岩铜矿的岩石特征 及其与成矿的关系

桂林冶金地质研究所变质岩铜矿专题组

山西某变质岩铜矿床是我国的重要铜矿区之一。历来认为矿体赋存于硅化黑云母化大理岩中，同时认为该矿床成因为岩浆期后的中温热液型细脉浸染矿床；近年来多认为是沉积热液或沉积变质矿床。

本文根据对含矿岩石的特征、变质作用及其与成矿的关系、硫同位素分析、钾氩法同位素年龄测定和某些微量元素含量的研究，提出火山-沉积-变质成因的看法，供有关同志参考。

一、篦子沟组的岩石特征

篦子沟组属元古界中条群。过去对该矿区地层岩性特征的认识列如表1。

根据我们的研究，组成篦子沟组（包括余家山组底部和余元下组顶部）岩石的基本成分为：①石英，②钾云母-绿泥石，③白云石-方解石，④钠-更长石，⑤炭质。基本成分的含量及不同程度的变质与蚀变作用的迭加，构成了该岩组名目繁杂的变质岩。以岩

表1

时 代		地 层 名 称	厚 度 (米)	岩 性 特 征
元 古 界	下震旦系	安 山 岩	5644~6421	安山岩夹凝灰岩、凝灰质砂岩、紫色页岩
		担山石石英岩组	60~670	部底砾岩，中部石英岩，上部砾岩、石英岩、硅质板岩互层
		吴家坪石英岩组	>1700	石英岩
	中条群	温峪片岩组	70~500	以钙质云母片岩、石榴云母片岩为主
		余家山大理岩组	370~1000	上部灰色薄层不纯大理岩，夹黑色板岩二层；下部质纯灰白-白色中厚层白云质大理岩
		篦子沟片岩组	500~3200	上部黑色片岩夹大理岩、钙质云母片岩；下部以绿泥绢云母片岩、石榴云母片岩为主，夹薄层大理岩、钙质云母片岩
		余元下大理岩组	200~1000	上部薄层、中厚层不纯大理岩；下部灰-灰白色厚层白云质大理岩
	绛县群	龙峪板(片)岩组	0~700	上部钙质云母片岩夹薄层大理岩；下部钙质云母片岩、黑色板岩夹薄层石英岩
		界牌梁石英岩组	0~170	上段长石质石英岩；下段变质砾岩
		横岭关片岩组	1000~3000	云母片岩、石英片岩、石榴云母片岩、十字石云母片岩，中上部常有变质火山岩
太古界	平头岭石英岩组	10~89	底部变质砾岩；上部石英岩	
	涑 水 杂 岩		不 详	混合岩化副片麻岩

石中的矿物成分、结构构造特征,大致可归并为如下几个岩类。

1.变质的中性火山碎屑岩类 可分为三个亚类。

(1) 变质层火山角砾岩 (照片1) 角砾由变质角斑凝灰岩及少量变质角斑熔岩组成,呈次棱角状,角砾大小悬殊(1~30毫米),无分选性,含量约为50~80%。胶结物为方解石、钠长石和石英。以见于桐木沟坑下的最为特征。

(2) 变质角斑凝灰岩(照片2) 呈灰白色、肉红色或两者相间的杂色,由钠长石(粒度0.01毫米左右),局部为钠-更长石)和少量石英组成,具霏细结构或显微粒状变晶镶嵌结构。岩石中普遍发育有金红石、镁电气石和磷灰石微粒(<0.01毫米),并以金红石更常见;三者常成定向排列,使岩石具平行皱纹构造(照片3)。由于金红石的分布使岩石呈肉红色。主矿物钠长石与副矿物金红石在凝灰岩岩层的中心部位颗粒细小,而顶底边缘部位粒度较大(可达0.05毫米)。岩石中广泛发育有石英-钠长石细网脉及小团斑,并见有不定量的白云石和少量云母类矿物。九个样品的碱金属测定,Na₂O含量5.18~7.96%,平均6.70%;K₂O含量0.14~1.94%,平均0.64%。根据一个岩石全分析(表2)数据计算的尼格里数值特征,应属于火成岩类,查瓦里茨基数值特征显示为富钠质岩石。

这种岩石广泛见于南和沟、小东沟、桐木沟和篦子沟一带,常呈层状、似层状,多层次产出,并与上下盘岩层整合。这种岩石常赋存铜矿体,以南和沟为代表。

(3) 变质角斑层凝灰岩 岩石的矿物成分、结构与变质角斑凝灰岩相似,但白云

石或绢云母含量较多(>10%),结晶粒度较粗(0.02~0.05毫米左右)。有时钠长石与白云石、绢云母略呈平行排到(照片4)。与第二亚类岩石肉眼不易分辨,并常分布于其边部或成小薄层夹于其他岩类之中。

2.大理岩类 以白云石大理岩为主。余家山组底部之白云石大理岩质较纯,常为矿体上盘。篦子沟组之白云石大理岩含硅质较高,可达10~30%;并含有钾云母。BZ沟地区的含矿岩石中有一部分为硅质白云石大理岩。

3.云母片岩类 主要由绢云母、黑云母、绿泥石等片状矿物分别组成绢云母片岩、黑云母片岩及绿泥石片岩;以前两种常见。粒状矿物主要为石英,偶见斜长石或微斜长石。后期蚀变不强烈,常为矿体围岩。

4.石英片岩类 与第3类相反,粒状矿物多于片状矿物。见有绢云石英片岩、黑云石英片岩和绿泥石石英片岩(后者极少见)[岩石中含有碳酸盐类矿物(10~30%)者为钙质云母石英片岩,较深变质时出现钙铝榴石]。受“黑(金)云母化蚀变”较强烈。本类岩石一般为矿体围岩,但靠近矿体或作为矿体夹层时,其本身常含矿而为矿体的一部分。

5.炭质片岩类 可分为黑色片岩与含炭片岩两个亚类。黑色片岩,岩石呈黑色,绢云母含量大于石英。沿岩石片理常见铁的硫化物分布。含炭片岩中石英含量大于绢云母,岩石呈灰黑色,较坚硬;靠近矿体的含炭片岩有时为含矿岩石。

6.凝灰质白云石大理岩类 为凝灰岩与白云石大理岩的过渡性岩类,白云石含量40~60%,钠长石20~30%,石英10~20%。钠长石与白云石互相参杂(照片5),或组

表2

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Cu	烧失量	合 计
50.18	0.55	12.06	0.61	1.97	4.29	10.27	0.21	0.20	6.06	0.76	0.01	12.19	99.36%
a	c	b	S	f'	m'	c'	n	al	alk	c	fm	c/fm	
14.57	1.38	22.65	61.40	12.5	34.4	53.1	98	22	18	33	27	1.22	

成微层(照片6), 偶见钠长石火山晶屑(照片7)。三个样品的碱金属测定 Na_2O 含量为3.43~4.34%, 平均3.95%, K_2O 0.24~0.44%, 平均0.35%。本类岩石广泛分布于南和沟、篦子沟、桐木沟三个矿区, 大都为含矿岩石。

7. 凝灰质片岩类 (照片8) 为云母片岩、石英片岩类与凝灰岩类之间的过渡性岩石, 以含不定量的钠长石为特征。两个样品的碱金属测定 Na_2O 为2.66和2.78%, K_2O 为1.18和2.26%。本类岩石较多见于桐木沟坑下, 一般不含矿。

8. 炭质长英片岩类 为含钾长石变晶较多的炭质片岩, 分布不广, 在篦子沟坑下构成矿体围岩。

9. 石英岩类 由石英变晶组成, 并含一定量的钠长石, 呈粒状变晶镶嵌结构。见于胡家峪、桐木沟和老宝滩等地。

除上述之外, 区内还见有黑云母方柱石岩类、斜长角闪岩类及辉绿岩类等非沉积变质岩。

10. 黑云母方柱石岩类 主要造岩矿物为黑云母及方柱石, 并含有少量镁电气石、沸石等。不同地段前两种矿物的含量亦不一样。以方柱石为主者称黑云母方柱石岩, 以黑云母为主者称方柱石黑云母片岩。岩石化学全分析表明含碱金属较高, 尼氏数值特征落在火成岩区, 查氏数值特征近似基性火山岩(表3)。呈似层状产出, 与地层整合, 坑下可见混染围岩的现象。见于篦子沟矿区, 在空间上与主矿体关系较密切。

11. 斜长角闪岩类 由普通角闪石(>50%)和钠-更长石(约30%)组成, 并含少量黑云母和钛铁矿。因硅化作用常见石英交代钠-更长石。岩石含 Na_2O 3.78%。呈

层状夹于余元下大理岩组之薄层泥质大理岩中, 见于小东沟, 可能是中基性钠质火山岩或与其同源的超浅成岩床(墙)变质的产物。

12. 辉绿岩类 由拉-培长石(约60%)普通辉石和易变辉石(约40%)组成, 具辉绿结构或有变斑晶的交织结构。岩石受绢云母化、蛇纹石化蚀变强烈。见于篦子沟和桐木沟坑下, 常穿插岩层, 为较晚期之脉岩。过去野外称为“闪长岩脉”。

在这次工作中, 通过岩矿鉴定和化学分析, 我们把过去称为“硅化大理岩”、“细硅质岩”或“钠长石石英蚀变岩”的、以南和沟矿区为代表的岩类, 定名为变质角斑凝灰岩。这种命名除根据岩石的矿物成份、结构构造外, 还基于下述考虑:

(1) 该区地层为一较完整的地槽沉积建造。在地槽下沉阶段早期和回返末期均有大量火山岩喷发。篦子沟组处于地槽回返前不久, 存在着火山喷发的可能性, 特别是较酸性的火山喷发。

(2) 变质角斑凝灰岩呈较稳定的薄层状产出, 与沉积变质岩互层, 具有沉积的特征。

(3) 岩石富含钠长石, 化学成分富钠贫钾, 表现出钠质熔岩或钠质凝灰岩的特征。

二、篦子沟组岩石的含矿性及其对成矿的控制

根据区域地质资料和对篦子沟组惯用的岩石分类, 篦子沟组大致可分为: (1) 硅化黑云母化大理岩; (2) 黑色片岩; (3) 不纯大理岩; (4) 钙质云母片岩; (5)

表 3

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	CO_2	H_2O^+	S	合计%
53.02	0.60	19.64	3.10	3.83	3.26	5.61	0.07	4.56	3.32	0.07	1.96	1.48	0.11	100.63
a	c	b	S	f'	m'	c'	n	al	alk	c	fm	c/fm		
14.9	6.5	13.4	65.2	50	44	6	52	34	18	18	30	0.60		

表 4

含矿性 矿 区	岩 类	变质角斑凝灰岩、变质角斑层凝灰岩类	凝灰质白云石大理岩类	白云石大理岩类
南 和 沟		—————		
桐 木 沟		-----	—————	
篦 子 沟		-----	—————	-----

————— 主要含矿岩石

----- 次要含矿岩石

大理岩。现将本文的岩石分类、过去惯用的分类与矿化的关系分叙如下。

1. 南和沟矿区 “硅化黑云母化大理岩”是本矿区的含矿岩石。经研究，其主要岩性为变质角斑凝灰岩和变质角斑层凝灰岩，并夹有少量片岩及大理岩。上述凝灰岩类既是“硅化黑云母化大理岩”的主体，也是主要含矿岩石。本矿区3号和5号主矿体即产于其中，而矿体不连续处出现非凝灰岩类，本层中之大理岩均不含矿。本矿区之“黑色片岩”相当于本文分类的炭质片岩类，并以黑色片岩为主。“钙质云母片岩”相当于云母片岩类与石英片岩类；“大理岩”相当于大理岩类。这些岩类皆为矿体的围岩或夹石。

2. 桐木沟矿区 “硅化黑云母化大理岩”同样是本矿区的含矿岩石。经研究，该层由变质的中酸性火山碎屑岩类及凝灰质白云石大理岩类组成，并以后者为主，含少量凝灰质片岩类。而“黑色片岩”和“钙质云母片岩”分别相当于本分类的炭质片岩类及云母片岩类、石英片岩类，唯“钙质云母片岩”中含凝灰质片岩类较多，这些岩类不含矿。

3. 篦子沟矿区 本矿区的“硅化黑云母化大理岩”包括大理岩类和凝灰质白云石大理岩类，并含有变质的中酸性火山碎屑岩类、云母片岩类和石英片岩类。以2号矿体为例，矿体中心的含矿岩石主要为变质的中酸性火山碎屑岩类及凝灰质白云石大理岩类；而矿体边部由大理岩类、云母片岩类及石英片岩类组成。

本矿区的“黑色片岩”主要相当于炭质片岩，并见有炭质长英片岩类。前者靠近

“硅化黑云母化大理岩”的部分有时含矿，而后者基本为非矿岩石。“不纯大理岩”相当于石英片岩类、大理岩类和凝灰质片岩类，均不含矿。

过去称之为“硅化黑云母化大理岩”的几个主要岩类，在不同矿区与铜矿的关系，列于表4。

篦子沟组岩石的含矿性除受凝灰质岩类的分布控制外，亦受围岩沉积条件的影响，主要表现为：（1）含矿层的顶底板，尤其是底板常为炭质片岩类；（2）铜矿体常产于含矿层的中下部，且靠近炭质片岩时矿石质量好，反之则差或无矿；（3）炭质片岩本身一般不含矿，而当构造部位有利、片岩中云母含量较少以及炭质片岩靠近主矿体时也可含矿；（4）“硅化黑云母化大理岩”层与“钙质云母片岩”、“不纯大理岩”层交替处，铜矿化不发育；（5）炭质片岩为含矿层顶板时，一般铜矿化弱或矿化层较薄。

上述现象表明，铜矿化常伴随炭质片岩而出现。炭质片岩的出现标志着在一个比较动荡的沉积环境中存在有相对稳定的还原环境，有利铜质的聚集。

三、篦子沟组岩石的变质作用、“蚀变”及其与矿化的关系

1. 变质作用及其与矿化的关系 篦子沟组的原岩为一套碎屑-粘土-碳酸盐类的沉积岩，并夹有多层火山凝灰物质。这些物质在区域变质作用下，分别形成了片岩、白云石大理岩及变质凝灰岩。火山凝灰物质结晶成

钠长石、金红石和电气石等矿物，并与沉积变质岩类互成条带微层或互相参杂。区域变质作用与成矿无直接关系，而其派生作用如“蚀变”及“变质脉”则对矿化富集有重要影响。

2. “蚀变”与矿化的关系 下述“蚀变”本质上是区域变质作用的产物，过去惯称为“蚀变”，为方便起见，现仍沿用这一名词。

(1) “硅化”表现为片岩和白云大理岩中的硅质重结晶、粒度增大、并出现石英扁豆体和石英细脉；凝灰岩类中产生石英-钠长石网脉和小团包。这些石英脉团主要是岩石中原有的硅质受区域变质作用形成的。在含矿岩类（凝灰岩、层凝灰岩、凝灰质白云石大理岩）中，铜、铁硫化物的出现常与“硅化”现象相伴随。在非含矿岩类（各种片岩类）中，与“硅化”伴随的主要是铁的硫化物。可见“硅化”与矿化有否联系主要取决于岩石条件，两者并不存在必然的依存关系。然而，非含矿岩类中“硅化”的发育，对相邻的含矿岩类中可能存在着矿化，也许是一个有利的指示标志。

(2) “黑(金)云母化”这种黑云母镜下常呈浅褐-黄褐色，吸收性弱，光性近于金云母。它在几个岩类中的发育情况及其与铜矿化的关系见表5。

凝灰质岩石中，铜和铁的硫化物均发育，近矿片岩中则偏重发育铁硫化物，远矿片岩中，铜、铁硫化物均不发育。结合表5可知，这可能说明，铜、铁硫化物中的一部分的铁是取自被交代的铁镁矿物中的铁从而使含铁高的钾云母类转变成贫铁富镁的金云母。因之，在铜矿化和“黑(金)云母化”发

育条件均好的层凝灰岩和凝灰质白云石大理岩中，两者表现有一定的联系。镜下并见有硫化物交代黑(金)云母的现象(照片9)。而在发育条件不一致的岩类（变质角斑凝灰岩和近矿片岩）中，两者便不具相关关系，这说明铜质和“蚀变”物质并非来自地下某一侵入岩体，它们的发育随所在岩石的含矿性和“蚀变”基础等具体条件而变化。曾经有人指出：“黑(金)云母化”常发育在矿体上部及上盘围岩或含矿层倾斜方向上，距矿体可达100米以上。离矿体较远的黑云母，显微镜下呈绿-黑褐色，吸收性强，并常呈定向排列，与黑(金)云母易区别。这种特点，使“黑(金)云母化”成为一个值得注意的找矿标志。

(3) “碳酸盐化”主要是“白云石化”，表现为在大理岩类中的白云石重结晶、合并加大，造成白云石(夹石英)脉团。在片岩中白云石往往呈条带集中，应属原岩中的沉积白云石微层。在变质的凝灰岩中，白云石也常表现定向排列，可能是与凝灰质一起沉淀的少量碳酸盐类沉积物。这些都表明“白云石化”仅仅是原岩物质在变质过程中产生的结果，它与矿化没有必定的相关关系。在有利构造部位，一些石英-白云石变质脉可在距含矿层上盘稍远处生成，形成富铜矿脉。

(4) “钠长石化” 仅限在凝灰质岩类中发育，在变质凝灰岩中形成(白云石)-石英-钠长石网脉，实际上是一种取材于凝灰物质的变质脉。由于凝灰质岩类常构成铜矿体，似乎矿化与“钠长石化”关系密切，但因为这种现象只局限在矿体或靠近矿体的围岩中，分布不广，故作为找矿标志的意义

表5

岩 类	变质角斑凝灰岩	变质角斑层凝灰岩 凝灰质白云石大理岩	近 矿 片 岩	远 矿 片 岩
矿 化 关 系				
铜矿化发育条件	好	好	差	差
“黑(金)云母化”发育条件	差	好	好	差
铜矿化与“黑(金)云母化”关系	矿化强，蚀变强	矿化弱，蚀变强	矿化弱，蚀变强	矿化弱，蚀变弱

不大。

上述四种主要的“蚀变”，正好与篦子沟组岩石中的四种基本物质成分相对应，剩下一种不活泼的元素炭质，这也说明“蚀变”物质既不是来自某个岩浆源，也不是热液蚀变。

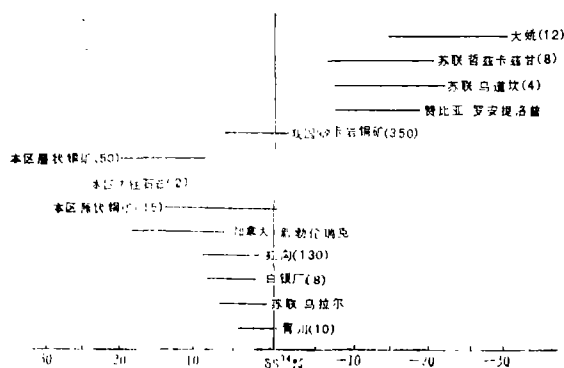
四、几种测试数据的地质分析

1. 硫同位素数据的地质分析 对NH沟和BZ沟矿区的硫化矿体共做了67个硫同位素分析，测定结果其 S^{32}/S^{34} 比值为21.792~22.227， δS^{34} 为+19.7~-0.3‰。这些数据表明与 δS^{34} 呈大负值的沉积铜矿的硫同位素特征完全不同。

本矿与国内外较著名的砂岩铜矿、火山岩铜矿（黄铁矿型矿床）及矽卡岩铜矿 δS^{34} 值的变化范围见硫同位素组成分布图。由图可见，本区层状铜矿 δS^{34} 平均为13~14‰，脉状铜矿平均为5.7‰。

硫同位数组成分布图表明：（1）本区层状铜矿硫同位素比值变化幅度较大，显示可能有沉积作用参与成矿过程。（2）本区矿床 δS^{34} 皆为正值，显示硫可能来自内生作用，结合矿床地质特征分析，这种内生的硫，极大可能来自火山作用。该矿床 δS^{34} 值靠近火山岩铜矿，与加拿大新勃伦瑞克火山变质型多金属矿床的硫同位素比值相似。

（3）本区矿床的方柱石岩中硫同位素比值



硫同位素组成分布图
(括号内为分析样品数)

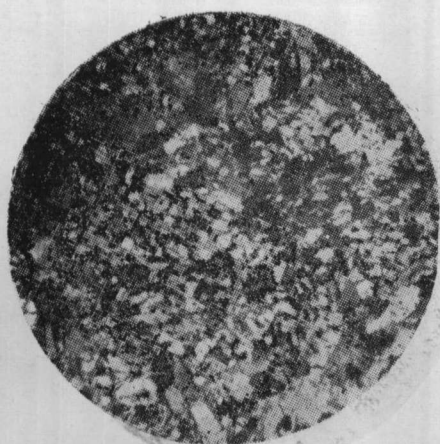
可能代表未受外力作用影响的内生状态之比值。（4）由变质作用造成的脉状矿与层状矿相比，其 S^{32} 增加， δS^{34} 正值减小。

根据以上分析，本矿床在形成过程中火山-沉积作用起了重要作用。

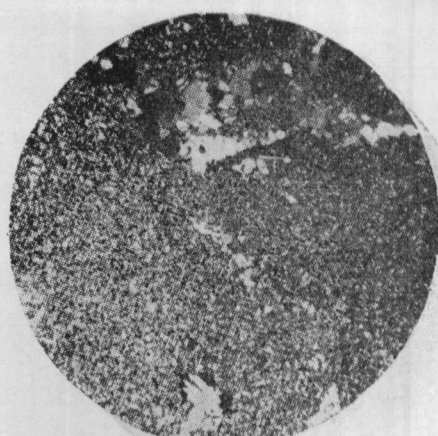
2. 钾氩法同位素年龄数据的地质分析 钾氩法同位素年龄测定结果：篦子沟坑下篦子沟组下部矿体中的蚀变金云母年龄值为1889百万年，南和沟矿区坑下篦子沟组上部片岩中之黑云母年龄值为1741百万年，篦子沟矿区地表西部横岭关组上部片岩中之黑云母年龄值为1869百万年。考虑到岩石变质的年龄很老，测试方法有一定误差，上面三个数据可认为相差不远。同时，矿化富集又与“黑（金）云母化”关系密切，黑（金）云母的年龄值在一定程度上可代表成矿活动的年龄值。这样，成矿活动与变质作用发生的时间大体相近，从而表明铜矿是变质岩形成之后、特别是中条期以后的岩浆侵入活动及其派生的热液作用成矿的可能性很小。

3. 黄铁矿中Co/Ni、S/Se比值的地质分析 一些地质工作者曾经根据综合统计资料指出：外生成因的黄铁矿中Co/Ni比值常小于1，S/Se比值常大于200000，而内生形成的黄铁矿中Co/Ni常大于1，S/Se比值为10000~20000。然而，影响黄铁矿中微量元素含量的因素较多。微量元素在区域地质环境中的背景值、不同世代黄铁矿中含量的变化等等，均可使其超出统计资料所总结的范围。因此，黄铁矿中的Co/Ni和S/Se比值的某种倾向性，应结合矿床地质情况，只能作为判别矿床成因的辅助资料。

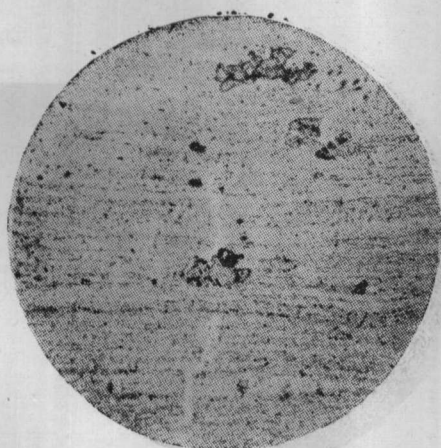
对南和沟和篦子沟两矿区的黄铁矿，曾用化学分析并对照电子探针测定Co/Ni比值15个，用电子探针测定11个，用化学分析测定S/Se比值12个。测定结果表明，除个别样品外，Co/Ni比值均明显地大于1，15个化学分析数据平均值达7.27，12个S/Se化学分析平均值为25114，显示内生成因的特点。测定结果还表明，产于变质的中酸性火山碎屑岩类中的Co/Ni比值平均为9.90，产于硫化



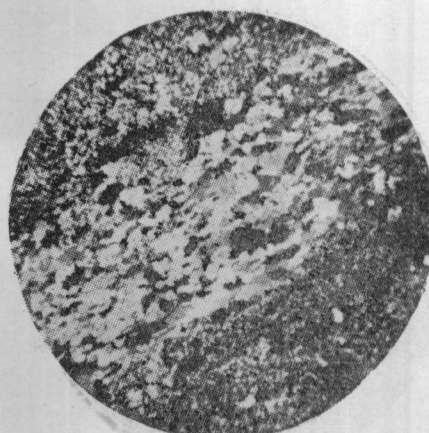
照片 1



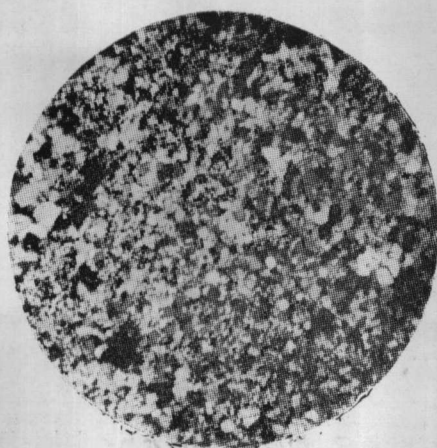
照片 2



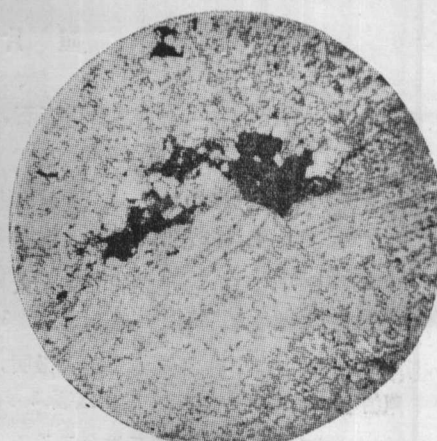
照片 3



照片 4



照片 5



照片 6



照片 7



照片 8



照片 9



照片 10

照 片 说 明

照片1 变质层火山角砾岩中的一个角斑熔岩砾石，正交 $\times 25$

原编号：T30，桐木沟685中段主巷

照片2 变质角斑凝灰岩，基质为钠长石，发育有含铜铁硫化物的石英-钠长石细网脉，正交 $\times 25$

原编号：N11-1，南和沟790中段3002穿脉5号矿体

照片3 变质角斑凝灰岩中金红石组成的条纹，大颗粒者为白云石，单偏光 $\times 25$

原编号：N-67，南和沟690中段5165穿脉3号矿体

照片4 变质角斑层凝灰岩中的白云石大理岩微层，粗粒为白云石，两侧为细粒钠长石，正交 $\times 11$

原编号：T28，桐木沟685中段434穿脉3号矿体

照片5 凝灰质白云石大理岩中钠长石与白云石互相参杂，细粒为钠长石，粗粒主要为白云石，也有少量晶及钠长石，正交 $\times 25$

原编号：B29，麂子沟669中段9-10穿脉间沿脉2号矿体

物变质脉中的Co/Ni比值平均为5.48,产于沉积变岩类中的Co/Ni比值平均为4.90。这些数据显示,不论何种岩类中的黄铁矿,其物质均来源于火山作用的可能性。

五、矿床成因探讨

1.赋存有铜矿床的篦子沟组岩层(至少在短轴背斜部分),普遍见有与成矿有关的变质火山碎屑岩和火山碎屑-沉积变质岩。大多数矿体直接产于凝灰岩或凝灰质沉积变质岩中,硫同位素与硫化物中微量元素分析也都显示成矿物质来源于内生作用。

2.铜矿体呈层状、似层状产出,走向延长较长,在篦子沟组岩层中铜矿化断续延长可达数十公里。矿体的顶底板,特别是底板常与含炭质很高的岩石伴生,部分矿体产于沉积变质岩中,又表现了沉积作用对成矿的控制作用。

3.矿体常产于小褶曲的转折部、岩层由缓变陡以及倒转等部位。在区域变质作用下,铜质以变质脉等形式沉淀于层理、片理和小裂隙中,而构成细脉浸染状矿石,造成矿化的局部富集。

4.本类矿床发育于海底火山喷发的火山灰与正常沉积物交叉过渡的部位,与火山口有一定的距离;而与火山岩铜矿发育于火山灰与熔岩物质过渡的部位有明显区别,后者常产于离火山口不远的地方。在本地区,这两类铜矿床有否可能孪生,值得在找矿工作中注意。位于篦子沟组铜矿带之西的北峪“岩体”,存在有火山熔岩和火山凝灰岩(照片10)的线索,这也是值得注意的。

总之,本地区变质岩铜矿的成因较为复杂。综合含矿岩石的特征、火山碎屑岩的存在及其与成矿的关系、沉积-变质作用、硫同位素分析等因素看来,可以认为火山作用提供了铜质,决定了矿带或矿田的存在;沉积作用控制了矿床或矿体的分布;变质作用促使了铜矿化的富集。据此,我们提出矿床是火山-沉积-变质成因的看法。

基于上述分析,对这类矿床的找矿评价应注意如下几点:(1)在工作区注意发现火山岩,特别是酸性-中酸性钠质火山碎屑岩类;(2)注意沉积环境的研究,特别是含炭岩类的分布;(3)注意变质作用,特别是有利构造部位变质脉群的分布及与成矿活动有关的蚀变范围。

照片6 凝灰质白云石大理岩中火山灰(钠长石)微层,金红石细晶组成的条纹表明凝灰质微层受剪力错断,并为白云石所愈合,硫化物形成于两微层之间,正交×11

原编号: T21, 桐木沟685中段北沿脉东岔岔3号矿体

照片7 白云石大理岩中的长石火山岩晶屑,正交×25

原编号: L5, 柳林地表

照片8 凝灰质绢云母片岩中钠长石变晶与绢云母集合体的互层,中间为钠长石微层,两侧为绢云母,正交×25

原编号: T5, 桐木沟685中段4301穿脉2号矿体上盘

照片9 凝灰质白云石大理岩中硫化物沿黑(金)云母解理交代,正交×25

原编号: B42-2, 篦子沟714中段4穿脉2号矿体

照片10 凝灰岩中的火山碎屑结构,单偏光×11

原编号: N113, 北峪“岩体”南缘