续表 1

洛阳铲样号	TR_2O_3品位(%)	浅井刻槽号	TR_2O_3品位(%)	误差相对值
140	0.040	yi20	0.036	-10
190	0.164	yi329	0.113	-31.1
197	0.020	yi106—1	0.024	-20
198	0.148	yi48	0.125	-15.5
199	0.208	yi169	0.150	-28.0
456	0.048	yi82	0.036	-25
462	0.032	yi156	0.031	-3.1
502	0.035	yi165	0.036	+2.9
503	0.081	yi17	0.088	+8.6
506	0.039	yi157	0.028	-28.2
522	0.066	yi141	0.058	-12.1
525	0.046	yi171	0.034	-26.1
530	0.114	yi164	0.114	0
541	0.118	yi368	0.112	-5.1
543	0.242	yi183	0.255	+0.013
554	0.124	yi147	0.120	-3.2
556	0.078	yi131	0.105	+34.6
560	0.057	yi130	0.063	+10.5
569	0.168	yi204	0.146	-13.1
575	0.194	yi73	0.186	-4.1
576	0.030	yi240	0.020	-33.3
577	0.111	yi215	0.069	-37.8
578	0.208	yi67	0.220	+5.8
579	0.123	yi61—1	0.115	-6.5
580	0.258	yi63—1	0.222	-14.0
平均	0.116		0.108	-6.9

验证说明：在相同的深度下，洛阳铲取样与浅井刻槽取样的相对误差值，有85%在允许误差范围之内（表1）。平均相对误差值为-6.9%，完全在允许误差范围之内。在剖平面上，根据洛阳铲采样圈出的TR_2O_3品位等值线和浅井刻槽样品圈出的矿体品位等值线基本重合（图B），充分说明在风化壳上部洛阳铲取样是合乎要求、完全有代表性的。洛阳铲采样与其他方法采样经济效益对比见表2。

不同采样方法经济效果对比　　表 2

取样工程类型	时效（分钟/米）	所需人员（个）	工程费用（元/米）
洛阳铲	10～15	2	0.4
浅井	60	2～3	15
取样钻	30	3	5
浅钻	20	4～5	110.58

洛阳铲取样、浅井刻槽取样、取样钻、浅钻取样结果对比说明：在同等深度情况下，用洛阳铲法采取表土层以下的稀土风化壳样品成本最低，劳动强度最轻，时间最省，速度最快。洛阳铲取样与浅井刻槽取样相比，其独特优点是安全、不受施工条件的限制。

清原地区太古代绿岩带铜锌矿床地球化学特征及其找矿标志

阎鹏仁

（辽宁省有色地质勘探公司101队）

地质概况

清原地区位于华北地台北部边缘，地处辽东台背斜及铁岭至靖宇古隆起带上，是我国东北铜矿重要产地。太古代鞍山群变质岩广泛分布于本区，主要为各类角闪质和黑云质片麻岩、混合岩。经原岩恢复，其原岩都具有火成岩和正常沉积岩的双重性质。角闪质岩类的原岩是一套正常沉积岩（泥质灰岩或钙质泥砂岩）与中基性火山碎屑岩（火山熔岩）的混合岩石；黑云质岩类的原岩是一套含少量中基性火山碎屑岩（火山熔岩）的正常沉积岩（泥质—泥质砂岩，局部为长石砂岩）。控矿构造主要由一些褶皱群组成，如树红矿带的S型构造，东部矿带的弧型构造等。矿体多产于片麻岩构成的正常背斜或倒转背斜的层间剥离构造（红透山、西北山）及片麻岩中的弯曲（红旗山）部位等。此外，矿床严格受层位控制，铜锌富矿体赋存于

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

鞍山群黑云斜长片麻岩与角闪斜长片麻岩互层带（石榴石、硅线石黑云石英片麻岩内夹薄层角闪片麻岩）中，呈脉状、扁豆状、似层状。矿体产状与片麻理产状一致。

区内现有矿床可划分为东部矿带、树红矿带和北部矿带等三个成矿带。带内有以红透山为主的工业矿床七个，矿点多处（图1）。矿床与火山作用有关，经区域变质改造，形成块状硫化物矿床，属太古代绿岩带中的层控铜锌矿床。主要金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿和闪锌矿。脉石矿物主要为石英、方解石、萤石等。矿石以致密块状为主，另有半致密块状和浸染状。近矿围岩蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化和透闪石化。

矿床附近的火成活动主要表现为各期脉岩发育，尤其是成矿后的辉绿岩脉最为发育。

矿区地球化学特征

（一）变质岩中成矿元素及微量元素的分布特征

根据红透山矿区地层剖面的原生晕光谱分析数据，统计了主要变质岩成矿元素及微量元素的含量（表1）。与区域背景值比较，Cu，Zn元素在各类岩石中含量普遍较高，斜长角闪片麻岩 Cu（162.5ppm）高出背景含量近5倍。Ni，Cr，Co元素在角闪质岩石中明显富集。含矿层中富Cu，Zn，Ti，Ba，明显贫Ni，Cr，Co，V。Pb在各种岩石中含量变化不大。

变质岩中元素的分布特征主要与本区原始火山—沉积岩的化学成分和区域变质过程中元素的地球化学性质有关。

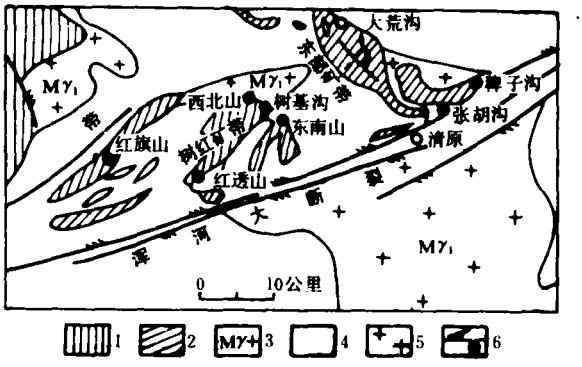

图1 清原地区地质简图

1—震旦系辽河群；2—鞍山群片麻岩；3—混合花岗岩；4—花岗混合岩；5—钾质花岗岩；6—压扭性断层及铜矿床

（二）矿体中的微量元素

原生矿体铜锌品位为1～2%。除成矿元素外，尚富含Ag，Au，As，Hg，In，Ga，Ge，Cd，Bi，Te，Tl，Co，Se等多种组份。单矿物分析结果（表2）表明：Au富集在黄铜矿、闪锌矿中；Ag主要与黄铜矿有关；In，Cd，Ga在闪锌矿中富集；Bi，Co富集于黄铁矿中。

（三）含矿层中某些主要组份的变化

K_2O/Na_2O值从近矿围岩（硅线黑云石英片麻岩）至远矿围岩有逐降趋势。含矿层周围角闪斜长片麻岩的该比值最低（0.24）。MgO，FeO含量与K_2O/Na_2O值相反，自近矿围岩向外递增（图2）。从图2看出，含矿层具有相对富K_2O，贫Na_2O，低MgO，FeO的特点。

变质岩中成矿元素及微量元素平均含量（ppm） 表1

岩石	样数	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Cr	Co	V	Ti	Ba
黑云斜长片麻岩	15	81.8	22.3	88.7	1.07	38	48.9	22.3	94.6	860	183.3
石榴黑云斜长片麻岩	4	31.3	21.3	67.5	1	26.7	25	17.5	73.8	930	383
硅线黑云斜长片麻岩	5	43	16	115	1.2	19	18	12	38.8	960	220
黑云斜长变粒岩	20	73.1	17	138.9	1	43.5	31	26.8	121.6	545	147.5
角闪斜长片麻岩	10	88	25.5	88	1	72	52.2	30.5	154	740	100
斜长角闪片麻岩	12	162.5	14.2	120.8	1	140.8	143.3	45	271.7	266.7	88.2
斜长角闪岩	10	126	21.5	127	1	24.4	398	50	199	360	125
角闪石岩	7	90	20.7	81.4	1	107.1	203.3	28.6	217.1	542.9	100
石榴硅线黑云石英片麻岩*	5	119	31	112	1.4	10	10	16	68	1040	260
混合花岗岩	24	35.4	41.3	74.2	1	32.5	92.9	20	119	802	315
区域背景值		30	30	80	<1	35	35	20	80	750	200

*含矿岩层

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

单矿物分析表　　表2

矿　物	Cd	Ga	Ge	In	Bi	Au	Ag	Co
黄铁矿	0.00248	0.00006	0.00006	0.0002	0.00141		17.5	0.0618
磁黄铁矿	0.00073	<0.0001	0.00011	0.00009	0.00078		4	0.0061
黄铜矿	0.00434	0.00003		0.00111	0.0012	0.12	160	0.0005
闪锌矿	0.19677	0.00028	0.00017	0.00342	0.00061	0.19	50	0.0021

注：Au，Ag 以g/t 表示，其余元素以百分含量表示。

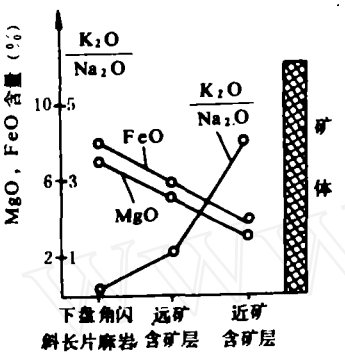

图2　红透山矿床含矿层岩石化学成分特征

（四）硫同位素成分

根据红透山硫同位素成分研究，矿石中主要金属硫化物同位素成分均较稳定。S^{32}/S^{34}比值变化小，在22.205～22.218之间，δS^{34}‰为0.078～1，说明该类矿床中硫具有深源特征。

矿床晕特征

（一）原生晕异常

从坑道及钻孔原生晕资料观察，矿床原生晕异常具有多组份特点，光谱全分析结果，成矿元素Cu，Zn和与其伴生的微量组分一般均可检出，但指示意义各异。其中Cu，Zn，Ag具有明显的组合规律，而且异常强度高、衬度大、连续性好，是基本的指示元素。Cu，Zn异常强度一般为数百至数千ppm，Ag为0.n～10ppm，并具浓度分带特征，矿体前缘晕可达百米以上距离（图3）。其余微量元素如As，Hg，Ga，Ge，Bi等多呈点异常出现，可作为辅助指示元素。因此，实际工作中只分析Cu，Zn，Ag即可，必要时可考虑分析其他元素。

（二）次生晕异常

本区属丘陵地貌，气候湿润，雨量充沛，年降雨量约800毫米。区内疏松层发育，以残坡积层为主，厚度一般小于2米。次生晕找矿效果明显，是重要找矿手段。

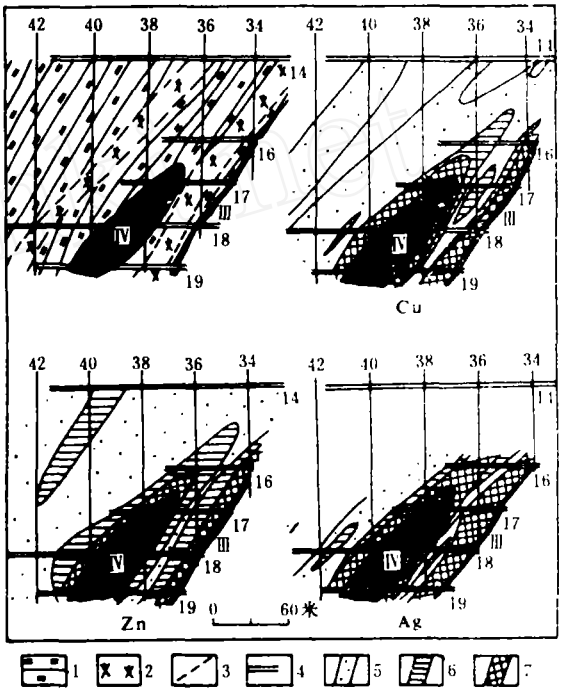

图3　树基沟矿床盲矿体原生分散晕

（据初绍华资料）

1—云母片麻岩；2—辉绿岩；3—岩层界线；4—采样坑道；5—异常外带（Cu70～299，Zn80～399，Ag0.08～0.49ppm）；6—异常中带（Cu300～799，Zn400～999，Ag 0.5～1 ppm）；1—异常内带（Cu>800；Zn>1000，Ag>1 ppm）；Ⅲ～Ⅳ—矿体编号

（1）富集层位与粒度：区内残坡积层位发育较全，不同层位中金属含量差别较大，主要指示元素Cu，Zn，Ag的含量是C层>B层>A层。各种粒度含量差别不大。

（2）异常特征：次生晕异常组份与原生晕基本一致。由于矿床中矿石多为致密块状，含大量黄铁矿，次生风化作用致使异常贫化。但Cu，Zn，Ag仍是良好的指示元素。矿异常强度高，形态规则，呈带状分布，

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

易与非矿异常区分。各矿床异常特征值列于表3。

（3）壤中气汞异常：红透山矿床的矿石中含汞量高达3.8ppm，围岩中含汞0.1ppm。汞主要赋存于含汞的硫化物中。经次生变化，使壤中气汞异常非常发育，在矿床上方形成宽达500米，最高强度达39.4ng（背景值仅为0.1～0.2ng）的壤中气汞异常。

在树基沟矿区，埋深250米的盲矿体上方土壤中，亦有明显的气汞异常（图4）。

各矿床次生晕异常特征值表　　表3

矿　床	最高含量（ppm）		平均含量（ppm）		铜异常规模（米）	主矿体或矿化带规模（米）
	Cu	Zn	Cu	Zn		
红透山	4400	>1000	524	398	700×350	450×（10～20）
东南山	2000	>500	235	251	175×90	150×（1～2）
西北山	800	>500	259	269	160×90	180×2
红旗山	750	>500	372	479	125×65	65×（1～3）
张胡子沟	1250	400	347	223	120×60	115×8
稗子沟	1600	1000	229	634	>200×50	>100×（2～5）
树基沟	>300	500	257	275	175×30	35×（1～2）

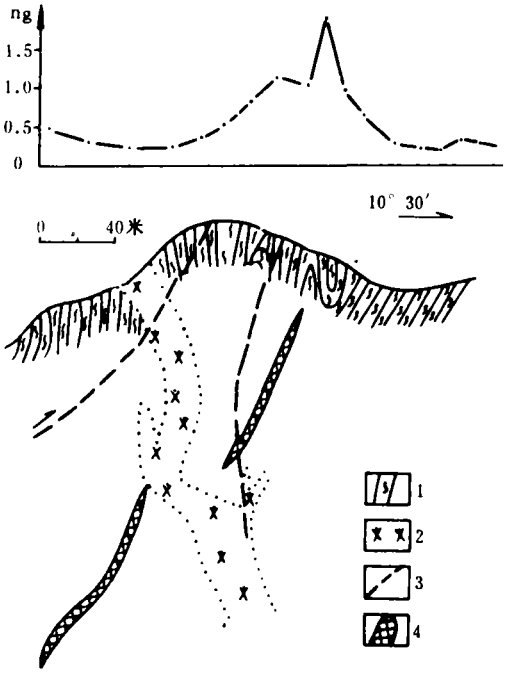

图4　树基沟矿8线壤中气汞测量剖面

1—片麻岩；2—辉绿岩；3—断层；4—铜锌矿体

（4）地电化学测量：在树基沟矿区附近的华家沟开展了地电化学取样测Cu，Zn，盲矿距地表70米，电提取土壤样品经光谱分析Cu，Zn都有明显异常，其峰值分别为130ppm和260ppm（图5），Cu和Zn的背景值分别为20和100 ppm。

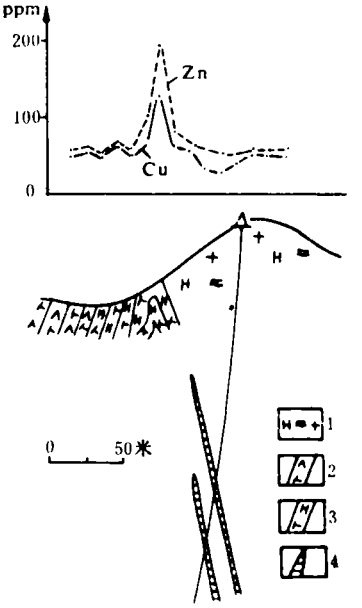

图5　华家沟3线地电化学测量剖面

1—黑云花岗混合岩；2—角闪斜长片麻岩；3—黑云斜长片麻岩；4—铜锌矿体

（三）分散流异常

在矿床附近的水系沉积物中都有Cu、Zn异常显示。大型矿床Cu异常峰值达350ppm，流长2000米，Zn>250 ppm，小型矿床异常峰值Cu为150～225 ppm，流长1000～1200米，Zn 200～250 ppm。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在总结本区已有地球化学特征的基础上，对找矿各个阶段所圈定的化探异常概略提出以下评价标志。

（一）有望远景区的标志

普查阶段应用1/2.5万次生晕和1/5万分散流可快速、有效地圈定成矿有望远景区，指出找矿有利地段，红透山矿床就是1/2.5万铜次生晕发现的。普查结果表明，异常在区域上的分布有明显的规律性，Cu，Zn异常主要分布于鞍山群变质绿岩中，在成矿带上成群、成带出现，矿区范围内异常密集，矿床多赋存在高浓度带中。异常的分布特征与已知矿床地质特征相一致，工业矿床均分布于区域绿岩成矿带的转折部位，如S型、弧型构造等。具体的控矿构造是岩层褶曲、背（向）斜等。石榴石、硅线石发育的黑云石英片麻岩、黑云斜长片麻岩是主要的容矿岩石。上述成矿有利地段正是主要异常或矿化集中的地段。

（二）矿区异常评价

详查阶段，在成矿有望远景区内投入1/5千或1/万次生晕（并配合自电、激电等物探方法）可以迅速、有效地寻找被残坡积物所覆盖的矿体和矿化带。

（1）矿异常与非矿异常的区分：矿异常具有多元素组合，Cu，Zn异常强度可达数百至数千ppm。形态规则，一般呈带状延伸百米至数百米，含量稳定，渐变性、连续性好；非矿异常组份单一，Cu，Zn强度弱，虽然有时也达到矿异常的强度和规模，但含量变化大，渐变性、连续性差，形态也不规则。含矿铁帽Cu，Zn品位通常大于0.2%，并伴有与原生矿石类似的多种微量组份。

在次生晕异常评价时，可试用两类判别分析指标。通过对全区6个含矿异常和6个不含矿异常的计算，其判别方程式$R=4.741x_1+1.519x_2-1.259x_3$。式中$x_1$，$x_2$，$x_3$分别代表Zn，Ag，Cu元素。计算时将元素含量(ppm)取对数，Ag×100再取对数。临界值$R_0=8.998$。参加计算的两类异常判别结果，准确率为83.3%，各元素的贡献值Zn为73.84%，Ag为13.5%，Cu为12.63%。

（2）关于盲矿体的某些标志：在勘探阶段，通过对地表和钻孔工程的系统取样，当发现Cu，Zn，Ag等异常时，若矿化迹象不能断定是盲矿体晕特征，可配合地电化学、壤中气汞测量，在含矿岩层有利成矿的构造部位，测定其K_2O，Na_2O含量比值(近矿时$K_2O/Na_2O>1$)及微量元素，进一步肯定异常意义。

找 矿 预 测

根据已有资料，认为浑河大断裂以北的清原地区，特别是大面积的绿岩分布区，是寻找铜锌矿床的有望区域，具体区段包括：

（1）北大林—斗虎沟区：次生晕Cu异常基本呈连续的带状，长约4000米，宽大于2000米，含量普遍在100～500ppm；大于500ppm的点亦不鲜见，同时伴有激电异常。异常范围内变质岩小褶曲构造发育，并见到有利的容矿岩层，且分布有矿点多处。个别矿点（异常）经槽探、钻探验证，铜锌达边界或工业品位。但由于区内覆盖层厚，基础地质工作差，异常验证未达到目的，是进一步找矿的有利地区。

（2）刘家岗—小孤家区：已知稗子沟、张胡子沟矿床含矿岩层延续到区内。但由于该区覆盖层厚（高台地）常规的物化探方法不能发挥作用。投入两条热释汞剖面，在含矿带大致通过的部位上出现明显的全汞和吸附汞晕异常（未验证）。同时测定了卤素，发现F，Cl异常。另外，在近年来施工的找矿钻孔中，见到有利的容矿岩层和铜锌矿体。由于地表地质情况不清和找矿手段所限，故深部工程停止。预测该区是寻找隐伏矿、盲矿的理想地段。

（3）大王沟—跳石背区：位于树基沟矿区南西约4公里。区内次生晕Cu异常普遍，沿含矿岩层呈带状断续分布，长约4000米，宽约2000米（伴有自电异常），铜含量普遍在100～300ppm。在异常范围内已查明铜锌矿体（矿化带）27条，构成长1600米、宽70～140米的矿化带。矿体赋存在黑云斜长片麻岩中，地表铜品位0.01～0.64%，个别矿脉规模较大，品位较富。施工的找矿钻孔证明，矿化向深部有增强趋势，局部地段计算过远景储量。但由于地质研究程度不够，钻探质量差，深部容矿层及隐伏构造变化的规律尚未搞清，故认为该区找矿潜力较大。

参 考 文 献

［1］萨乌科夫，A.A.：《地球化学》，地质出版社，1956年，第378～389页

［2］成都地质学院：《地球化学找矿》，地质出版社，1981年，第78页

［3］初绍华：地质与勘探，1964，第5期

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net