文章编号: 1009-6248(2010)02-0169-15

土屋-延东斑岩型铜矿床找矿规律性研究

——暨“三高二对应一相关”找矿模式研究

张征[1], 杨俊 [1], 庄道泽[2]

(1. 新疆地质矿产勘查开发局第一地质大队, 新疆 昌吉 831100;
2. 新疆地质矿产勘查开发局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要: 采用激发极化法、磁法、重力法对土屋东、延东铜矿化点进行了评价, 发现了土屋东、土屋、延东等出露地表的斑岩型铜矿床。在完成了土屋东-延东矿区的物探面积性工作基础上, 初步提出“三位一体”模式, 经全面系统地研究了土屋东、土屋、延东矿床找矿规律性后, 建立了“三高二对应一相关”的找矿模式, 即高极化体直接反映斑岩型铜矿体两翼的硫化物带, 间接反映出硫化物带包裹着铜矿体。高磁体直接反映闪长(玢)岩, 间接反映成矿母岩——斜长花岗斑岩体。剩余重力高主要反映闪长(玢)岩也包括了斑岩体。斑岩体对应分布高、低阻之间的接触带, 也对应分布高、低磁性体之间的接触带, 斑岩型铜矿床的出现与火山岩地层密切相关。以此为基础, 对延西矿区掩埋矿体运用了“三高二对应一相关”找矿模式, 发现隐伏斑岩型铜矿床。应用“三高二对应一相关”找矿模式对土西靶区、延西靶区进行了分析和预测, 认为两矿区仍具有进行进一步工作的前景, 目前正进行验证工作。

关键词: 土屋-延东; 斑岩铜矿; 找矿模式; 斑岩体的穿插侵入关系; 并行侵位关系; 火山岩地层
中图分类号: P631.1, P631.2 文献标识码: A

1 引言

1∶5 万区调工作中, 发现土屋东铜矿化点和延东金铜矿化点, 随后开展了以土屋东铜矿化点为线索, 以激发极化法为主、磁法辅助的剖面(1∶1 万)追索工作, 发现了土屋和土屋东斑岩型铜矿床。接着以土屋斑岩型铜矿床为起点, 向西开展面积性(1∶2 万)磁法和激发极化法工作, 在原来的延东金铜矿化点处, 发现了极化异常以及伴随的磁异常, 对极化异常验证, 发现延东斑岩型铜矿床。从此揭开了土屋东-土屋矿区详查以及延东矿区预-普查工作。

后续在土屋—延东一带开展了双频法、地震法试验, 少量的可控源音频大地电磁法(CSAMT)、瞬变电磁法(TEM)、频率域激发极化法(SIP)等多种物探方法的剖面工作(李汝传等, 2002), 尽管工作方法多, 能准确地提出与铜矿床相关的物探规律不多。

土屋、延东铜矿床发现之后, 提出了“三位一体”找矿模式(王福同等, 2001), 以此为基础在矿

收稿日期: 2009-11-20; 修回日期: 2010-03-28
基金项目: 新疆维吾尔自治区地勘基金项目(358)(T09.3.7)
作者简介: 张征(1961-), 男, 新疆阿克苏人, 高级工程师, 长期从事金属矿地球物理勘查。E-mail: zhangzheng1023@163.com

姜立丰, 李凤鸣, 等. 新疆哈密市夹白山以北地区 1∶5 万区域地质矿产调查报告(八幅联测). 1995.
姜立丰, 张征, 等. 新疆哈密市土屋-延东以铜为主的资源评价报告. 2003.
胡长安, 等. 新疆哈密市土屋铜矿Ⅱ号矿体勘探报告. 2003.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区及外围开展了物探工作，发现了一些斑铜矿(化)点。如，灵龙斑岩型铜矿化点。

随着找矿工作的深入开展，由于斑岩体被地表岩层覆盖，寻找斑岩型铜矿遇到了困难 。进一步深入系统地总结已知矿床的成矿规律性，建立本区找矿模型，对于预测和寻找整个区带中的斑岩型铜矿床具有深远意义和重要作用。

2 土屋-延东矿区地质与地球物理特征

2.1 地质特征简介

以阿其克库都克深大断裂为哈萨克斯坦-准噶尔板块与塔里木-华北板块的缝合带。土屋—延东一带地处于西伯利亚板块(Ⅰ级)、哈萨克斯坦-准噶尔板块 (Ⅱ级)、大南湖晚古生代岛弧带中 (Ⅲ级)(张良臣，2003)。

区域地层属两个地层区 (图1)，以康古尔塔格深大断裂为界：北部为准噶尔-哈尔里克地层小区；南部为秋格明塔什-黄山地层小区。前者出露地层有泥盆系、石炭系和侏罗系；后者出露地层为石炭系。区内第四系分布较广泛。哈尔里克地层小区主要分布有奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系和二叠系，均属岛弧型火山岩 。

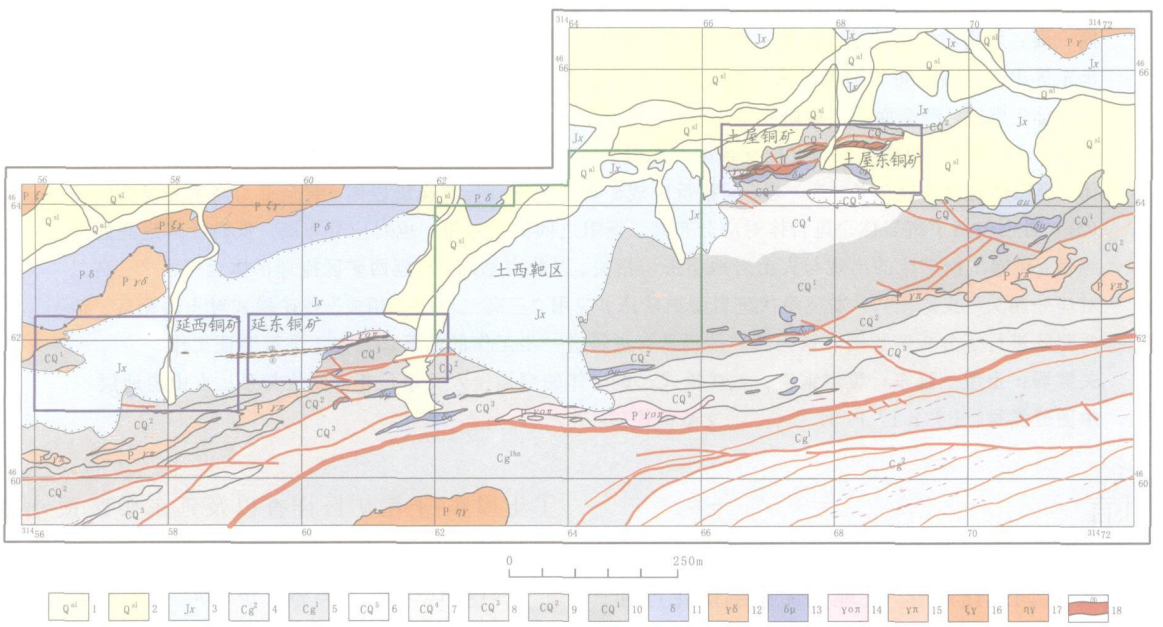


图 1 新疆哈密市土屋-延东铜矿区地质略图

Fig. 1 Sketch map of Tuwu-Yandong copper deposit

1. 第四系洪冲积物；2. 第四系残坡积物；3. 侏罗系西山窑组；4. 石炭系干敦组第二段；5. 石炭系干敦组第一段；6. 石炭系企鹅山群第五段；7. 石炭系企鹅山群第四段；8. 石炭系企鹅山群第三段；9. 石炭系企鹅山群第二段；10. 石炭系企鹅山群第一段；11. 闪长岩；12. 花岗闪长岩；13. 闪长玢岩；14. 斜长花岗斑岩；15. 花岗斑岩；16. 钾长花岗岩；17. 二长花岗岩；18. 铜矿体及其编号

本区花岗岩发育，以黑云母花岗岩、二长花岗岩和花岗闪长岩基为主，属华力西中期产物。华力西晚期以斜长花岗岩、闪长岩及钾长花岗岩发育为主，多以岩株状产于断裂带中。已发现的土屋、延东大型斑岩型铜矿床和赤湖斑岩型铜钼矿点均处于侵位于石炭系火山岩中的华力西中晚期的斜长花岗斑岩体中。

本区石炭系火山岩地层侵入闪长玢岩和斜长花

谢晓辉，杨俊 ，等. 新疆哈密红石岗- 黑山铜多金属矿评价报告. 2008.

姜立丰，李凤鸣，等. 新疆哈密市东白山以北地区1∶5万区域地质矿产调查报告(八幅联测) . 1995.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岗斑岩，矿体围岩以闪长（玢）岩为主，其次为安山岩、玄武岩、斜长花岗斑岩和隐爆角砾岩。矿体蚀变类型齐全，蚀变分带明显，地表发育石英、绢云母化—高岭土化—闪长玢岩、安山岩—玄武岩弱青磐岩化。矿体自下往上依次形成黑云母带、石英—绢云母化带和石膏—高岭土化带。其中，黑云母化带规模最大，是主矿体的分布中心。以黄铁矿为主的硫化物带顶盖部分被剥蚀，出现了以铜矿体（含矿岩体）为中心，以黄铁矿为主硫化带的侧向不对称分布模式，成因类型属斑岩型。

2.1.1　土屋矿床

斜长花岗斑岩以细脉状（厚度小于10 m）穿于闪长玢岩形成富矿体。土屋、土屋东矿区的两个矿床表现出明显的东西向斜列式排列。地表以0.20×10^{-2}为边界品位，圈定铜矿体长1 445 m，东西两端被侏罗系、第四系覆盖，平均厚61.24 m。矿体呈东西向延伸，剖面上呈似板状，产状南倾，倾角61°～67°；铜品位一般均为0.20×10^{-2}～0.80×10^{-2}。

2.1.2　延东矿床

延东-延西铜矿床位于土屋铜矿西约6 km处，产出环境与土屋铜矿一致，斜长花岗斑岩以细脉状侵位于闪长玢岩之上形成富矿体。矿带长大于2 000 m，宽100～300 m。总体呈近东西走向的带状分布。倾向南，倾角43°～80°。矿带中共圈出主要矿体两个，编号为　、　。矿体7线以西被侏罗纪地层覆盖，7～24线出露地表。矿体总体呈近东西走向，倾向南略偏西，倾角43°～80°。矿体产状与斜长花岗斑岩体及围岩的产状基本相同，严格受岩体控制。

号矿体是矿床的主矿体，规模最大，地表多被第四系和侏罗系覆盖，覆盖深度为4.45～99.20 m，主矿体最大长度3 631 m，矿体总体向西侧伏，矿体形态较为规则，呈似层状、似板状。矿体总体走向88°～268°，倾向南，倾角43°～80°。

2.2　土屋-延东矿区物性分析

表1密度分为3个等级，安山岩、火山熔岩、玄武岩、闪长岩具有高密度的特性。沉凝灰岩、次闪长玢岩、含铜石英脉具有中等密度的特性。斜长花岗斑岩、地面含矿蚀变的次闪长玢岩、石英闪长岩、构造角砾岩、凝灰质砂岩具有相对低密度的特性。

表2磁性分为两个等级，闪长岩、玄武岩、闪长玢岩具有高磁特性。其他岩石均无磁性。

表3极化性分为3个等级，火山碎屑岩地层中的碳质砂岩和凝灰岩具有甚高极化特性。含矿闪长玢岩、石英岩型铜矿石、含矿的斜长花岗斑岩具有高极化的特性。火山质砂岩、构造角砾岩、各类石英脉、常见斜长花岗斑岩、沉凝灰岩、各类次闪长

表**1**　土屋-延东矿区密度测定

Tab.1　Thickness measurement data of Tuwu-Yandong copper deposit

岩　性	块　数	变化值范围 /g/cm^3	常见值 /g/cm^3	备注
安山岩	6	2.63～3.09	2.86	地表岩
火岩熔岩	3	2.837～2.845	2.84	
玄武岩	49	2.718～2.822	2.791	岩心样
闪长岩	52	2.72～2.858	2.789	
沉凝灰岩	5	2.76～2.85	2.774	
次闪长玢岩	349	2.53～2.82	2.75	
含铜石英脉	6	2.71～2.76	2.73	
斜长花岗斑岩	46	2.496～2.76	2.683	
地面含矿、蚀变次闪长玢岩	64	2.394～2.706	2.65	地表岩
石英闪长岩	3	2.56～2.69	2.64	
构造角砾岩	30	2.51～2.66	2.615	岩心样
凝灰质砂岩	10	2.55～2.67	2.61	地表岩
斜长花岗斑岩	3	2.57～2.63	2.61	

杨俊　，张征，等. 新疆哈密市延西铜矿详查报告. 2008.

张征，高长荣. 新疆哈密市土屋-延东以铜为主的资源评价项目物探报告. 2003.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 土屋–延东矿区磁性测定

Tab. 2 Magnetic measurement data of Tuwu–Yandong copper deposit

岩 性	块 数	/4 ×10⁻⁶SI		Jr/10⁻³A/m		备 注
		变化范围	常见值	变化范围	常见值	
闪长岩	51	7 856～9 802	8 435	616～1 225	920	岩心样
玄武岩	40	35～1 068	629	76～927	544	地表岩
闪长玢岩	30	71～1 600	835	50～595	323	岩心样

玢岩、玄武岩、闪长岩都具有低极化的特性。

导电性分为4 个等级, 闪长岩、玄武岩、各类石英脉具有甚高阻特性。沉凝灰岩、常见斜长花岗斑岩、石英岩型铜矿石具有高阻特性。火山质砂岩、各类次闪长玢岩具有中等电阻特性。火山碎屑岩地层中的碳质砂岩长玢岩、构造角砾岩具有低阻特性。

具有高极化、低阻的特性有火山碎屑地层中的碳质砂岩和凝灰岩、含矿次闪长玢岩、含矿的斜长花岗斑岩, 其次为闪长玢岩、火山质砂岩, 由它们产生和引起激电异常。具有高密度、高磁特性有闪长岩、玄武岩、闪长玢岩, 它们是产生和引起磁、剩余重力的异常源。影响重力场的为安山岩和玄武岩, 影响磁场的为玄武岩, 影响极化场的主要是火山碎屑岩地层中的含碳质砂岩和凝灰岩。火山岩地层中安山岩可用磁法剔除, 玄武岩与闪长 (玢) 岩可用电阻率加以区分, 火山碎屑岩地层产生的极化异常, 可用重、磁异常加以剔除。

2.3 土屋–延东磁场和磁异常特征

表 3 土屋–延东矿区极化性和电性测定

Tab. 3 Chargeability and electric resistivity measurement data of Tuwu–Yandong copper deposit

岩 性	极化率/%		电阻率/ ·m		
	变化范围	常见值	变化范围	常见值	排序
含矿次闪长玢岩	2.8～8	3.8	40～221	121	(11)
石英岩型铜矿石	0.37～4.15	3.59	173～259 34	4566	(6)
含矿的斜长花岗斑岩	2.2～3.0	2.6	170～411	260	(10)
次闪长玢岩	1.2～1.9	1.62	571～1 288	931	(8)
火山质砂岩	0.22～2.94	1.49	571～3 606	1 546	(7)
构造角砾岩	0.46～1.26	0.98	87.3～160	108	(12)
各类石英脉	0.13～3.06	0.93	1 162～73 530	21 544	(3)
常见斜长花岗斑岩	0.2～0.6	0.42	5 260～12 274	6 783	(5)
沉凝灰岩	0.24～0.65	0.35	4 671～12 534	8 248	(4)
各类次闪长玢岩	0.3～0.5	0.35	571～1 288	931	(9)
玄武岩	0.15～0.2	0.17	6.0×10^3～2.2×10^4	10.5×10^3	(2)
			2.8×10^5～10×10^5	43.6×10^4	(1)

2.3.1 土屋–延东一带区域磁场

康古尔断裂带主要以糜棱岩为主, 表现出甚低磁场 (–300～100nT) 特征, 大南湖岛弧带以中基性岩为主, 表现出甚高磁场 (600～3 000nT) 特征, 二者之间的区域为大南湖岛弧南缘, 以火山碎屑岩过渡到火山岩为主, 表现磁梯度带和中等磁场的特征。中等磁场中的带状、椭圆状的磁异常等与火山地层中的闪长 (玢) 岩和玄武岩相关 (国家地质总局第二综合物探大队主编, 1976)。

2.3.2 土屋–延东矿区磁异常

图2 表明土屋–土屋东矿区有两个磁异常带, 两带东西向平行排列。南部的磁异常带中包括3 个磁异常, 分别为C98–1、C98–1.1、C98–1.2。其中, C98–1 与C98–1.1、C98–1.2 异常平行侧向分布, 它们均由闪长玢岩引起。北部的磁异常带包括了C98–2 磁异常由玄武岩引起。

土西靶区–延东矿区位于同一大型磁异常带上, 分别对应C98–3、C98–4, 它们均由闪长岩引起

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

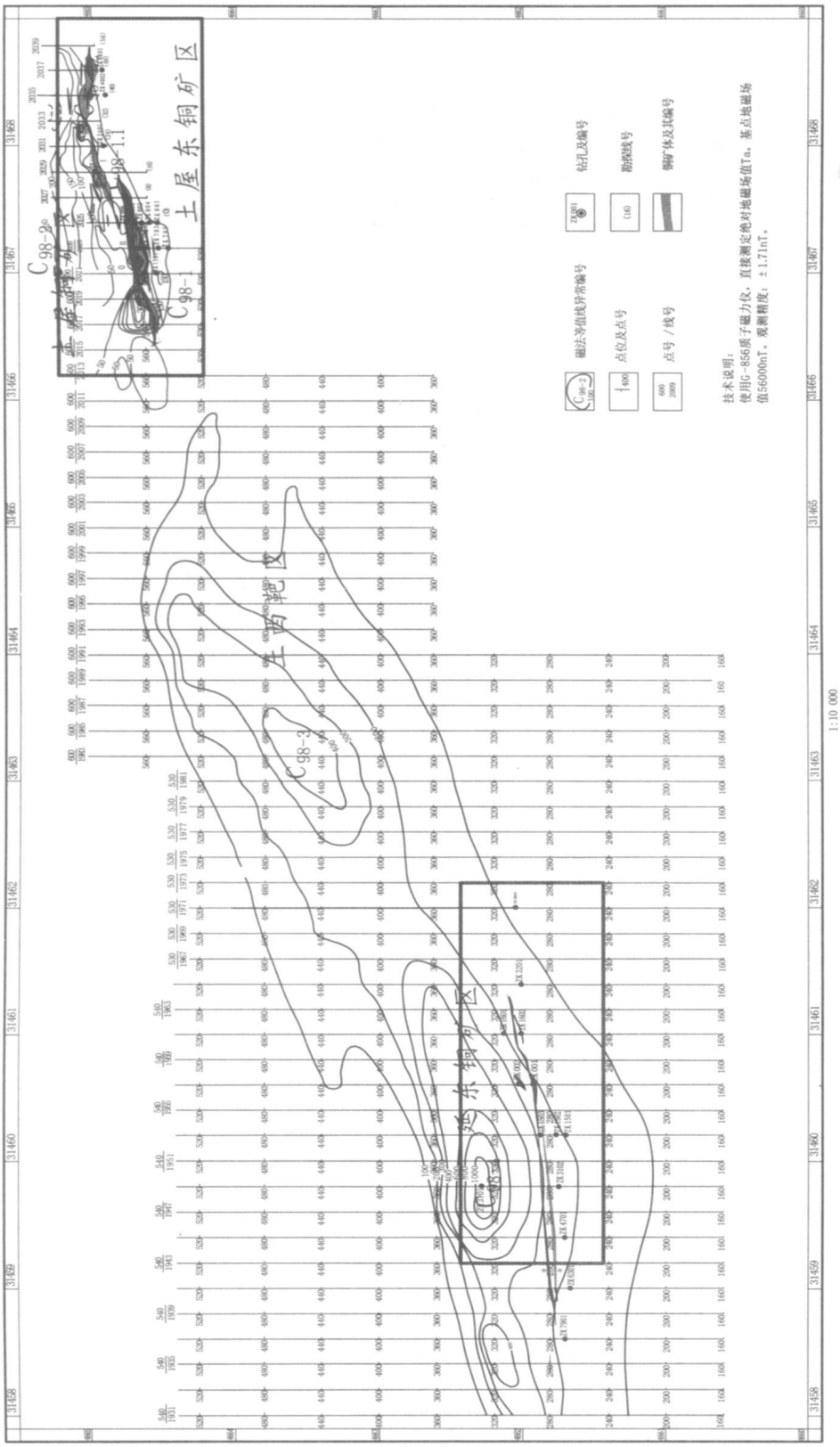


图 2　土屋-延东铜矿区磁法（ΔT）等值线平面图

Fig. 2　ΔT contour diagram of Tuwu-Yandong copper deposit

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(表4)。

2.3.3 土屋–延东磁异常与斑岩体之间关系

在土屋、土屋东矿区(图2),矿床的分布与南部磁异常带非常吻合,反映南倾板状闪长玢岩的磁异常体处于矿体顶板,说明含矿岩体侵入磁异常体底板或穿插于其中。当斑岩体沿磁异常体底板侵入时,斑岩体对应磁异常北部或与磁异常重合。

土西靶区–延东矿区显示出有东西向延伸近6.8 km 大型磁异常(土西靶区4.3 km,延东矿区2.5 km)。

在延东矿区(图2)中的斑岩铜矿体紧贴磁异常南侧分布,两者表现出明显的东西向并行排列,反映南倾厚板状闪长岩的磁异常体处于斑岩体顶板,说明含矿斑岩体侵位磁异常体之上。当斑岩体沿磁异常体顶板侵位时,斑岩体对应磁异常南部的高磁背景区。

表 **4** 土屋–延东铜矿区磁异常特征

Tab. 4 Magnetic anomaly feature of Tuwu–Yandong copper deposit

矿区名	磁异常名	异常带特征		异常特征					反映的地质体
		下限(nT)	异常带	下限(nT)	形态	长(m)	宽(m)	幅值(nT)	
土屋东	C98–1.1	50	三异常同处一个带中,带长2.2km,宽200～400m	200	椭圆状	100	50	350	闪长玢岩
	C98–1.2				椭圆状	200	40	350	
土屋	C98–1				西宽东窄的椭圆状	900	40～100	450	
延东	C98–4	200	二异常同处一个异常带中,带长6.8km,宽600～800m	400	椭圆状	2200	200～400	1 500	闪长岩
土西	C98–3					800	400～800	1 980	

表 **5** 土屋–延东铜矿区剩余重力场特征

Tab. 5 The local gravity characteristics of Tuwu–Yandong copper deposit

土屋矿区	分段	402～442点	442～494点	494～550点	550～626点	626～662点	662～850点	850～898点	每差一个点号相距10 m
	剩余重力值(mgal)	-0.22～0.19	0.19～0.6	0.6～0.85	0.6～1.1	0.01～0.6	-0.18～0.01	0.01～1.2	
	对应岩性	火山碎屑岩地层	火山岩地层	闪长玢岩、斑岩	玄武岩	火山岩地层	大草滩断裂带	大南湖岛弧带	
延东矿区	分段	170～222点	222～338点	338～386点	386～462点	462～512点	512～546	538～650点	550～690点
	剩余重力值(mgal)	-0.1～0.3	0.3～0.6	0.6～1.0	0.3～0.6	0.6～0.75	0.1～0.6	0～0.1	0.2～0.6
	岩性	火山碎屑岩地层	火山岩地层	火山岩、斑岩、闪长岩	酸性岩体	安山岩	火山岩地层	大草滩断裂带	大南湖岛弧带

表 **6** 土屋–延东铜矿极化异常特征

Tab. 6 Chargeability anomaly feature of Tuwu–Yandong copper deposit

矿区名	极化异常名	异常特征					反映的地质体
		异常下限/%	形态	长/m	宽/m	幅值/%	
土屋东	DJ–Ⅱ	2	椭圆状	1 200	20～40	3.2	直接反映斑岩体顶部及两翼的硫化物带
土屋	DJ–Ⅰ			800	40～80	5.3	
延东	DJ–3			1 900	60～100	6.9	

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

不管斑岩体侵入和侵位于闪长(玢)岩底板、还是顶板，均说明了斑岩体沿磁异常体一侧分布，即斑岩体沿高磁闪长(玢)岩与低磁火山岩之间接触带上侵的。结合各矿区地质、钻探和物探特征综合分析，磁异常规模大、幅值高，对应的闪长玢岩和闪长岩的规模大，同时，还发现其顶板或底板的斑岩体规模也大。土屋东矿区磁异常规模小、幅值低，其底板的斑岩体规模也小。土屋东矿区以东10 km的灵龙矿点，无对应的磁异常，斑岩体规模就更小。

每个矿区和矿点、甚至每个剖面上，磁异常宽、幅值高，对应的斑岩体规模大。磁异常窄，幅值低，对应的斑岩体规模小。磁异常尖灭，斑岩体也提前尖灭，磁异常体与斑岩体总是具有对应关系。这是由于早期的闪长岩或闪长玢岩不仅作为成矿有利的围岩，也给后期斜长花岗斑岩提供了侵入的通道，容矿、储矿的空间，斑岩体继承了闪长岩侵入于构造薄弱或岩性接触带的部位。

2.4　土屋-延东重力场和剩余重力异常特征

2.4.1　土屋-延东一带区域布格重力场

康古尔断裂带主要以糜棱岩为主，表现出低重力场特征。大南湖岛弧带以中基性岩为主，表现出高重力场特征。二者之间的大南湖岛弧南缘，以火山碎屑岩过渡到火山岩为主，表现重力梯度带的特征。重力梯度带中的扰曲、尖端突出、象鼻异常等与火山碎屑岩地层和火山岩地层中的高密度体相关(地质矿产部编，1980)。

从密度特性分析，该区高密度岩性有玄武岩、闪长(玢)岩和安山岩。由于安山岩属低磁性，利用磁法可剔除，同理可利用电阻率参数剔除高阻的玄武岩，最终的“重磁同高”的异常体只有闪长(玢)岩。由于含硫化物的斑岩体属中等密度，当赋存于闪长(玢)岩顶、底板时，表现出与闪长(玢)岩共同形成宽缓重力异常。因此，在区域重磁场中的火山岩区，排除玄武岩引起的‘重磁同高’的异常是物探寻找斑岩型铜矿床的有利环境。而土屋-延东铜矿区正处于这样的环境之中。

2.4.2　土屋-延东铜矿区剩余重力场

延东矿区与土屋矿区剩余重力场(图3)略有差异(表5)，主要表现出左侧的剩余重力异常由火山岩、斑岩体、闪长玢岩共同引起，右侧由低磁性的安山岩引起。左右两侧之间的大规模的低剩余重力是由后期酸性岩体引起。其中，斑岩体大于闪长岩引起剩余重力异常(差0.2 mgal)，闪长岩略大于安山岩引起剩余重力异常(差0.18 mgal)。

由于受高密度的玄武岩和安山岩围岩的干扰影响，使布格重力场和剩余重力场形成了与矿床相关和与矿不相关的“双峰”异常。但两矿区中的闪长(玢)岩和斑岩体总表现出布格重力高和剩余重力异常的特征。

2.4.3　土屋-延东铜矿区剩余重力场与斑岩体关系

在火山岩地层中，安山岩、玄武岩以及侵入于地层的闪长(玢)岩均呈现剩余重力异常，当斑岩体侵入或侵位于上述岩性中时，使剩余重力异常规模变大，幅值增高；当斑岩体侵入火山碎屑岩地层中，则呈现孤立的剩余重力异常，所以剩余重力异常总是会包含或包括斑岩体。

在土屋矿区，斑岩体侵入闪长玢岩底板，主要反应闪长玢岩的剩余重力异常分布于在斑岩体南部或上部。在延东矿区，斑岩体侵位于闪长岩顶板，主要反应闪长岩的剩余重力异常分布于在斑岩体北部或下部。

经分析，斑岩体侵入或侵位闪长(玢)岩时，表现出的剩余重力异常在闪长(玢)岩南北边界部位有明显的差异。

2.5　土屋-延东极化场和极化异常特征

2.5.1　土屋-延东一带区域极化场

康古尔断裂带的糜棱岩地层表现出大面积甚高极化(大于8%)，大南湖岛弧带表现出大面积低极化(小于2%)，二者之间大南湖岛弧南缘中火山碎屑岩表现面状的高极化(大于6%)；火山岩表现低极化(小于2%)，火山岩中的斑岩型铜矿床呈现椭圆状或带状的中等极化(2%～7%)异常，这些异常均是寻找斑岩型铜矿体的目标之一。土屋-延东矿床均对应这些异常(傅良魁，1983)。

2.5.2　土屋-延东铜矿床极化异常

土屋-土屋东矿区(图4)有两个极化异常，分别为DJ-Ⅰ、DJ-Ⅱ，两者呈东西向侧列分布，经验证极化异常体均是向南倾板状铜矿体的反映，也分别对应土屋、土屋东矿床。

延东矿区(图5)的DJ-3极化异常体也为向南陡倾板状铜矿体的反映，对应延东铜矿床。各异常特征见表6。

2.5.3　土屋-延东铜矿床极化异常体与铜矿体的关系

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

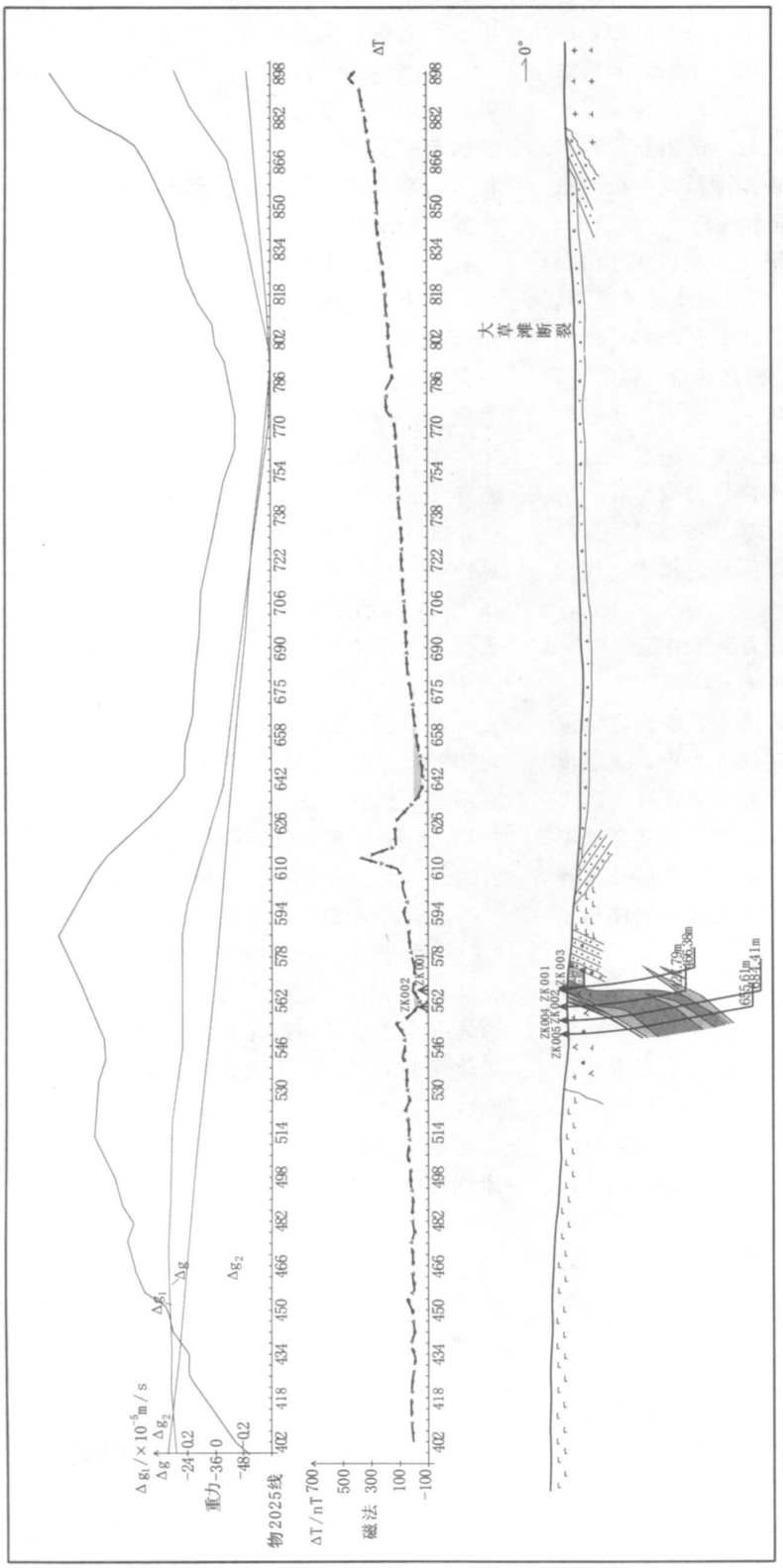


图 3 土屋铜矿 0 线综合剖面图

Fig. 3 Areal gravity and magnetic anomaly profile of exploration line 0 of Tuwu copper deposit

1. 第四系;2. 玄武岩;3. 孔雀石化花岗斑岩;4. 钻孔位置及编号;5. 低品位铜矿体;6. 剩余重力曲线及异常;7. 磁法曲线及异常;8. 砂岩;9. 孔雀石化闪长岩;10. 花岗闪长岩;11. 铜矿体;12. 区域重力曲线;13. 布格重力曲线;14. 产状

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

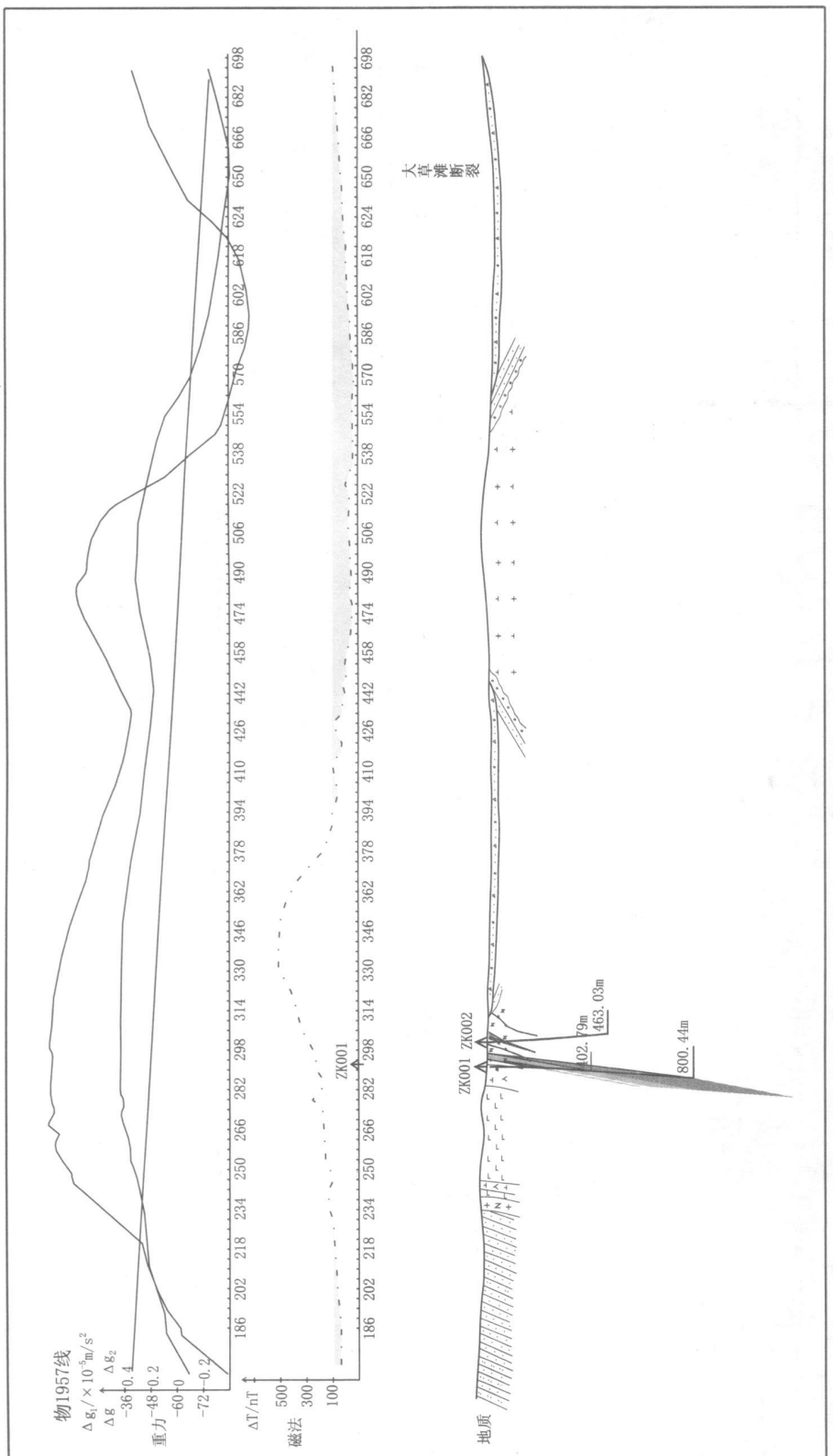


图4　延东铜矿0线区域综合剖面图

Fig. 4　Areal gravity and magnetic anomaly profile of exploration line 0 of Yandong copper deposit

1. 第四系；2. 玄武岩；3. 孔雀石花岗斑岩；4. 区域重力曲线；5. 布格重力曲线；6. 钻孔位置及编号；7. 低品位铜矿体($0.2\times10^{-2}\sim0.5\times10^{-2}$)；8. 砂岩；9. 孔雀石化闪长玢岩；10. 花岗闪长岩；11. 剩余重力曲线及异常；12. 磁法曲线及异常；13. 铜矿体($\geq0.5\times10^{-2}$)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

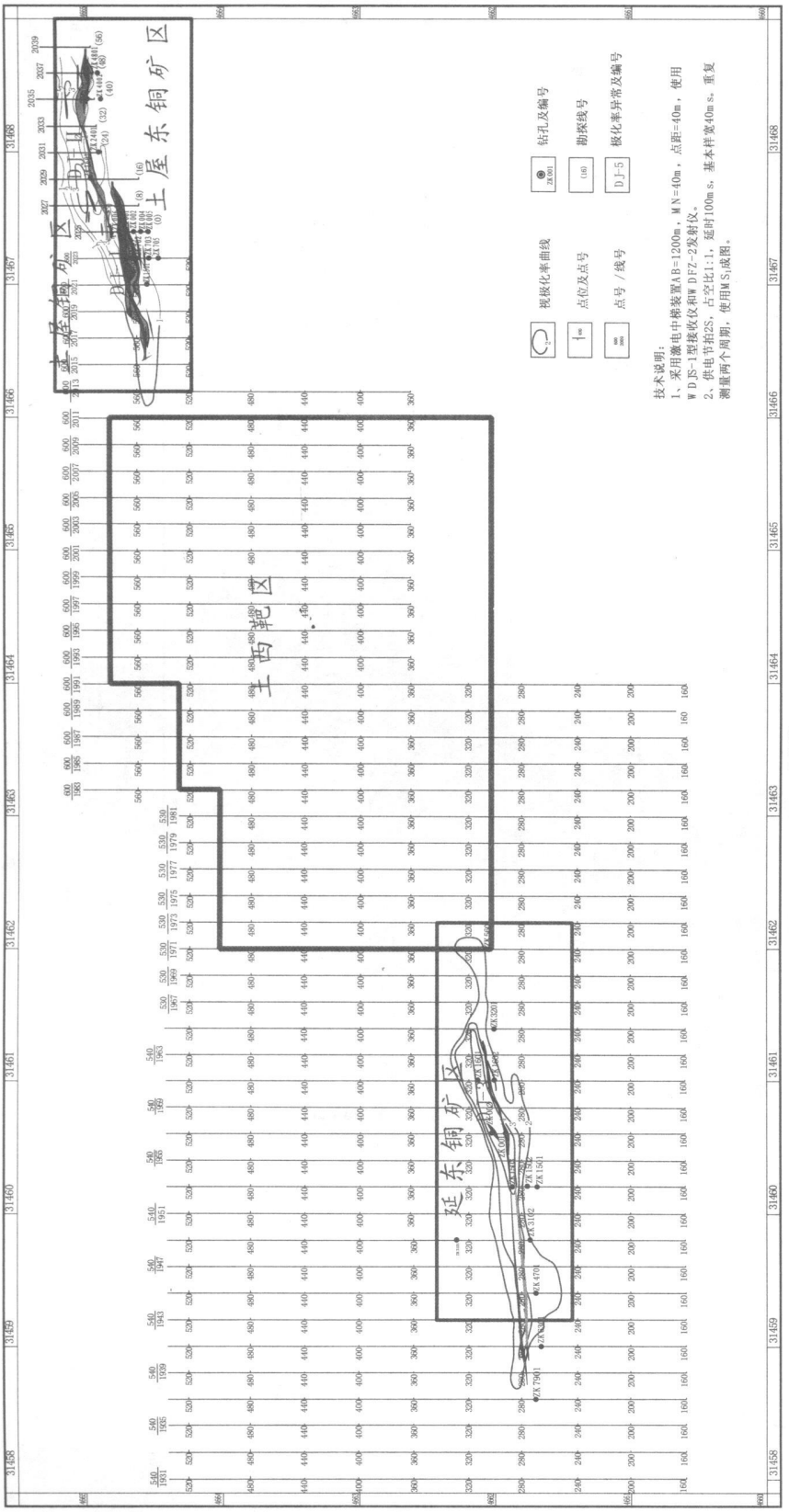


图 5 土屋-延东铜矿区极化率（ηS）等值线平面图

Fig. 5 The (ηS) contour diagram of Tuwu-Yandong copper deposit

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

结合地质、钻探和物探测井结果分析，土屋-土屋东铜矿床的极化异常体（DJ-Ⅰ、DJ-Ⅱ）穿插闪长玢岩之中或赋存于闪长玢岩的底板。延东铜矿床的极化异常体（DJ-3）赋存于闪长玢岩的顶板。

对于斑岩铜矿来讲，以黄铁矿为主的硫化物带主要分布铜矿体顶部和两翼，由于后期构造抬升的影响，本区的以黄铁矿为主的硫化物带顶盖已遭到剥蚀。经钻孔和测井资料验证，以黄铁矿为主的硫化物带主要分布在铜矿体的顶、底板，夹持着铜矿体。因此极化异常体决定了硫化物带的含量和规模。由于硫化带是斑岩体上侵时，与围岩的热接触蚀变作用的产物和证据，硫化物带含量和规模愈高大，说明热蚀变作用和蚀变带愈强烈、规模也愈大，预示铜矿体的规模就愈大，铜品位就愈高。所以，极化异常体直接反应硫化物带，间接反应铜矿体。

2.6　土屋-延东铜矿区电场和电阻率异常

电场的分布严格受岩石裸露和覆盖控制，同处裸露区或覆盖区可进行比较。如，土屋-土屋东铜矿裸露区，土屋西—延东—延西的覆盖区。火山碎屑岩地层表现低阻场，其值小于50　m，火山岩地层表现高阻场，其值大于50　m。侏罗系覆盖层表现甚低阻场，其值小于20　m。

表7　土屋-延东铜矿床物理场分带序列

Tab.7　Zonal sequence of physical field of Tuwu-Yanong copper deposit

矿床名	场　名	南　带		中带（核部）		北　带	
		物理场在平面-剖面特征	对应岩性	物理场在平面-剖面特征	对应岩性	物理场在平面-剖面特征	对应岩性
土屋铜矿	极化场	高背景区-缓降段	上部闪长玢岩体，下部斑岩体，对应斑铜矿体倾向翼	极化异常-锐山峰	斑岩型铜矿体	低极化-山谷	凝灰质火山熔岩
	磁场	磁异常-锐山峰		正负磁变化区-陡降、台阶		低磁区-山谷	
	剩余重力场	剩余重力异常-缓山峰到下降		剩余重力异常区-缓山峰到下降		低剩余重力区-山谷	
	电场	低阻异常区-山谷		高、低阻接触带-台阶		高阻异常区-山峰	
延东铜矿	极化场	高背景区-缓降段	上部火山岩，下部斑岩型铜矿体，斑铜矿体倾向翼	极化异常-锐山峰		低极化-山谷	上部侏罗系覆覆盖，下部闪长岩
	磁场	低磁区-山谷		高背景区-缓降段		磁异常-锐山峰	
	剩余重力场	低剩余重力-山谷		剩余重力异常-缓降段		剩余重力异常-缓山峰	
	电场	高阻异常-山峰		高、低阻接触带-台阶		低阻异常-山谷	

2.6.1　*土屋-延东铜矿床电场*

火山岩地层中的安山岩、玄武岩等岩性均具高阻特征，穿插侵入的闪长（玢）岩、含矿斑岩体均具低阻特征。

土屋区（图6）高阻（大于50　m）异常区分布矿区的北部，对应为火山岩地层中凝灰质熔岩以及玄武岩。低阻（小于50　m）异常区分布南部，对应为破碎蚀变的闪长玢岩。

延东铜矿与土屋矿区基本相同（图4），高阻异常（大于100　m）区分布矿区的南部，对应为安山岩和英安岩。低阻（小于50　m）异常区分布矿区的北部，对应为大面积侏罗系覆盖层下的闪长玢岩。

2.6.2　*土屋-延东铜矿床电场与斑岩体的关系*

土屋矿区，斑铜矿体对应高、低阻接触带的低阻一侧（图3），由于地层和岩体均为向南倾，而含矿斜长花岗斑岩和闪长玢岩均显低阻特性，凝灰质熔岩、玄武岩均显高阻特性，当含矿斜长花岗斑岩穿插侵入闪长玢岩底板，即表现出低阻体穿插侵入高、低阻之间的接触带低阻一侧，就出现了上述现象。由于低阻闪长玢岩与高阻凝灰质熔岩、玄武岩之间接触带是岩石破碎、构造发育地段，也是斑岩体沿接触带侵入的通道。延东矿区与土屋矿区基本相同，不同的是斑铜矿体对应高、低阻接触带的高

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

阻一侧(图4),当低阻含矿斜长花岗斑岩平行侵位于高、低阻之间的接触带的高阻一侧,就出现了上述现象。同样,闪长岩与火山岩之间接触带是斑岩体侵位的必然结果。综上所述,斑岩体总是沿高、低阻接触带侵入和侵位的,沿闪长玢岩底板侵入时,倾向翼表现了低阻异常特征,即斑岩体顶部覆盖低阻层。当沿闪长岩顶板侵位时,倾向翼表现了高阻异常特征,即斑岩体顶部覆盖高阻层。

3 各类异常体之间关系和分带序列

在土屋矿区,地磁场由南向北,由上向下,地磁倾角60°左右,由闪长玢岩体引起的磁异常,在磁法剖面曲线(图3)上,表现出"北负南正"和"南缓北陡"的特征,根据磁场理论,闪长玢岩体是向南倾板状体。由于斑铜矿体沿闪长玢岩的底板侵入

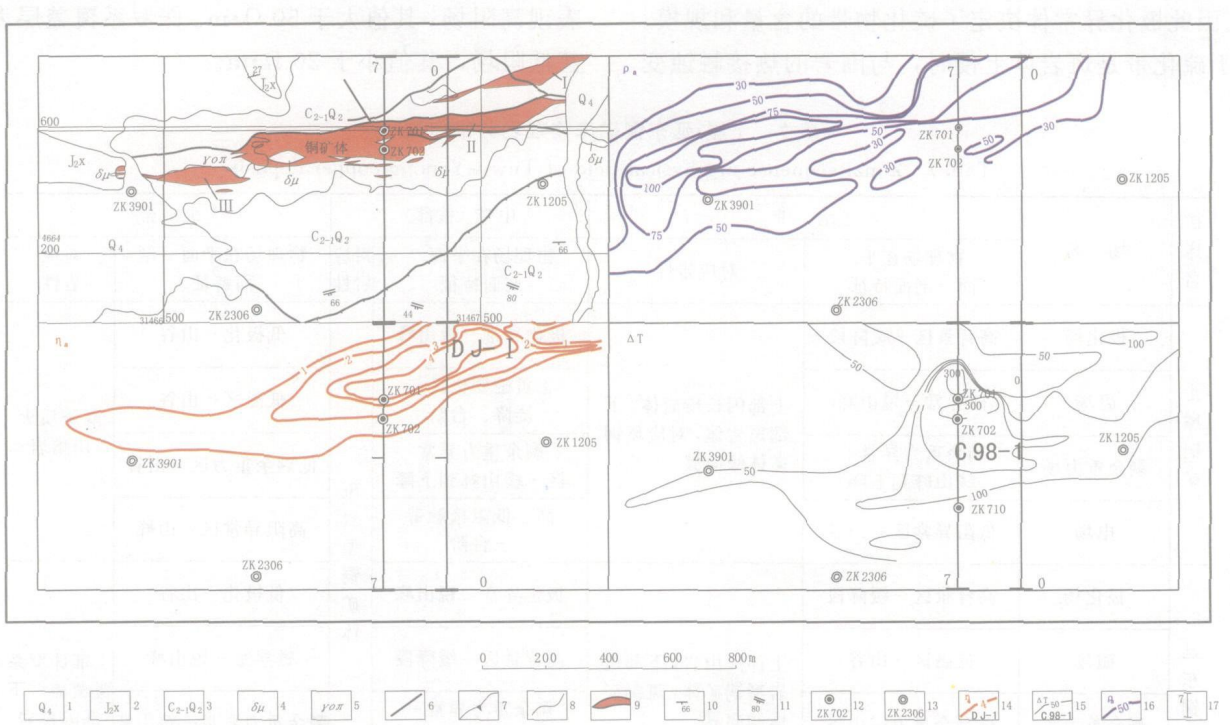


图6 土屋铜矿剖析图

Fig.6 Parser map of Tuwu copper deposit

1. 第四系; 2. 中侏罗统西山窑组; 3. 上—下石炭统企鹅山群第二组; 4. 次闪长玢岩; 5. 斜长花岗斑岩; 6. 断层; 7. 火山管道相界线; 8. 地质界线; 9. 矿体; 10. 产状; 11. 劈理产状; 12. 见矿钻孔位置及编号; 13. 已施工物探未见矿钻孔位置及编号; 14. 极化率异常及编号; 15. 磁异常及编号; 16. 电组率等值线; 17. 勘探线及编号

斑岩体,而斑铜矿体是由极化异常反映,所以,极化异常对应分布在磁曲线的"陡上升段"或"负值段"。

在延东矿区,磁法剖面(图4)曲线上,表现出"北负南正"和"北陡南缓",异常宽、幅值高,规模大的特征,根据磁场理论,闪长岩体是向南倾的巨厚板状体。由于斑岩体沿闪长岩顶板外接触带侵位的,所以极化异常体对应分布在磁曲线的"缓慢下降段"。

由于剩余重力异常反映闪长(玢岩)以及斑岩体,所以剩余重力异常包括了磁异常和极化异常体。

由于斑岩体侵入岩性接触带,所以接触带在剖面上呈现出高、低阻"台阶状"电阻率曲线特征,也呈现出"台阶状正负磁段"(土屋矿区)或"高磁到低磁的下降段"磁场曲线特征(延东矿区)。

从平面(图2、图5、图6)结合剖面(图3、图4)分析,土屋与延东斑岩铜矿体的侵入位置不同,造成以两矿区极化异常或斑岩体为中心的各类异常分带序列不同(表7)。若以极化异常为中心,土屋的北带恰与延东南带的磁场、电场、重力场相同,南

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

带恰与延东北带的磁场、电场、重力场相同，说明斑岩体侵入就位虽有不同，但侵入后发生的地质作用具有相同的规律，表现出地质作用后矿物物理性质在物理场的相同性。

4　“三高二对应一相关”找矿模式的建立

4.1　斑岩铜矿床与火山岩地层的关系

从本区所有的斑岩铜矿床的分布来看，无一例外均在火山岩地层之中，而且在火山岩地层中，几乎每相隔10～25 km 就出现一个斑岩铜矿床或斑铜矿化点，所以斑岩体出现是以火山岩地层为前提条件的，并且和火山岩地层中的各类异常密切相关。反映火山岩地层的是高磁背景、剩余重力异常高，反映火山碎屑岩地层的是低磁背景、剩余重力异常低。而斑岩铜矿床或斑铜矿化点的出现是极化异常，只有出现在火山岩地层中极化异常才是有意义的斑岩型铜矿床。而出现在火山碎屑岩地层中的高极化异常（大于6%），均表现低阻，大面积分布特点，具有无磁、无剩余重力异常的特征，它们是与斑岩型铜床无关的碳质异常。上述特征也是在区域上预测斑岩型铜矿床的标志。

4.2　各类异常反映的地质特征

磁异常直接反映了闪长（玢）岩，由于闪长(玢)岩与斑岩体具有密切的关系(同期不同次)，而反映斑岩体的是极化异常，所以把磁异常与极化异常紧密联系在一起。

剩余重力异常以火山岩地层为背景，主要反映闪长(玢)岩，由于斑岩体中金属矿物多、密度大，加之斑岩体与闪长(玢)岩多形成共同的集合体，所以，剩余重力异常是集合体的反映，即剩余重力异常既包括了闪长(玢)岩引起的磁异常也应包括了斑岩引起的极化异常。

极化异常体直接反映了包裹铜矿体的硫化带，间接反映了铜矿体，铜矿体的规模和铜品位与极化异常关系紧密，所以极化异常体的存在不仅是判断铜矿体存在的标志，也是判断铜矿体中铜品位的标志之一。

斑岩体总沿岩性接触带侵入，表现为斑岩体插入高、低阻接触带，也表现为插入高、低磁性体的接触带，所以，斑岩体以侵入构造薄弱、岩性接触带为目的。正是由于上述地质规律的存在，才把各类异常与接触带联系在一起。

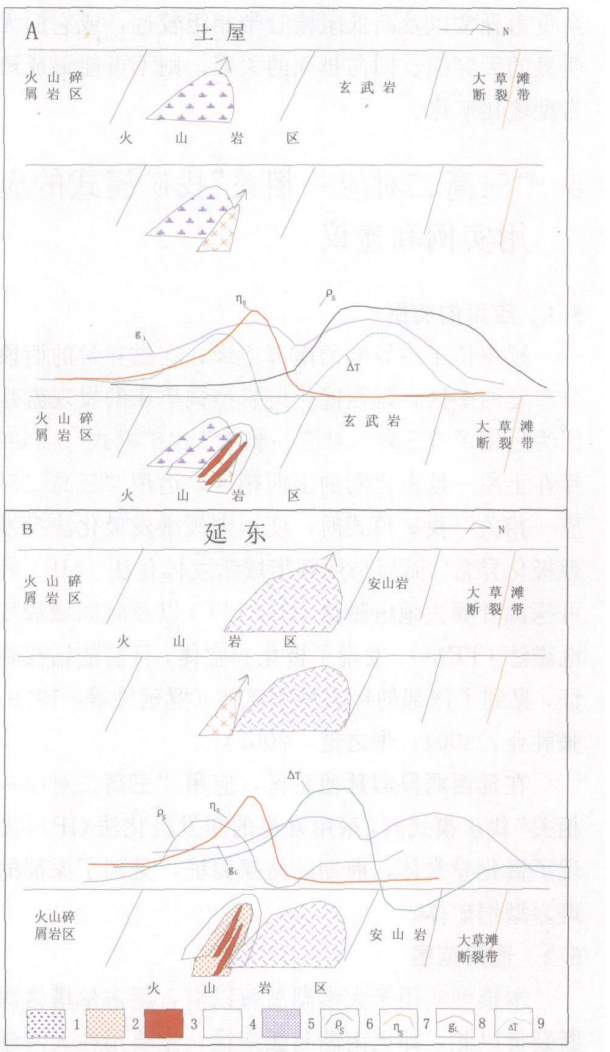


图 7　斑岩型铜矿床成矿过程示意图

Fig. 7　Diagrammatic map of mineralization process of porphyry copper deposit

1. 闪长玢岩；2. 斑岩体；3. 矿体；4. 硫化物壳；5. 闪长（玢）岩；6. 电阻率曲线；7. 极化率曲线；8. 剩余重力异常；9. 磁异常曲线

4.3　各类异常与斑岩铜矿床成矿过程时空关系

火山岩地层区中的斑岩型铜矿与闪长（玢）岩具有的侵入和侵位关系，以及成矿过程中的相互依存和关联性转化成了为物探异常之间的关系，图7表示了上述地质规律的时空关系。

实际上，仅当极化异常体与剩余重力、磁异常

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

体、高低阻接触带、高低磁的接触带具有明显的穿插或同向排列的关系时，才能形成斑岩型硫化铜矿床。

虽然有极化异常，但极化异常若与磁异常、剩余重力异常以及高低阻接触带相距较远，或它们无明显的无穿插、同向排列的关系，则不可能形成斑岩型硫化矿床。

5 “三高二对应一相关”找矿模式的应用实例和建议

5.1 应用的实例

延东位于磁异常的南部边缘，在磁异常的西段分布延西矿区，延西隐伏斑岩型铜矿床的发现就是因为运用了“三高二对应一相关”找矿模式 。2009 年在土屋- 延东之间的土西靶区，运用“三高二对应一相关”找矿模式时，使用常规激发极化法没发现极化异常，而后采用频率域激发极化法 (SIP) 和可探源音频大地电磁法(CSAMT) 以及时间域瞬变电磁法 (TEM)，发现了极化异常体，目前的钻探验证，见到了深部的斑岩型铜矿体 (罗延钟等，1979; 张胜业，2004; 牛之琏，2007)。

在延西西段即延西靶区，应用“三高二对应一相关”找矿模式时，采用常规的激发极化法(IP)，发现了极化异常体，前期的钻探验证，见到了深部的斑岩型铜矿体。

5.2 适用范围

本模型实用于大南湖岛弧以南，康古尔塔格深断裂带以北，即大南湖岛弧南缘，主要用在大南湖岛弧南缘的火山岩地层，此区呈近东西向带状，长 200～600 km，宽 6～40 km。

5.3 工作步骤

利用此模型前，首先开展 1∶2 万 (200 m×40 m) 磁法和重力面积性工作，揭露由闪长 (玢) 岩引起的磁异常和剩余重力异常 (重磁同高)，围绕磁和剩余重力异常开展 1∶1 万 (100 m×20 m) 激发极化法面积性工作 (剩余重力异常包括极化异常)，围绕极化异常开展可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 或瞬变电磁法 (TEM) 剖面性工作。再用“三高二对应一相关”找矿模式进行判断和预测。

5.4 前景分析

当矿体处于浅埋藏区均用上述方法组合，处于深埋 (超过 100 m) 区，磁异常和剩余重力异常仍然存在，当极化异常消失，可采频率域激发极化法和瞬变电磁法或可控源音频大地电磁法，查明极化异常体对应的高低阻接触带，针对极化体和高低阻接触带、高低磁性体的接触带进行钻探验证，可达到找矿目的。

此模式有较大的应用前景，它是把地质规律转化为物探异常过程，不管斑岩体是否出露都适用。

5.5 建议

在大南湖岛弧以南，康古尔塔格深断裂带以北之间的广大区域，开展以”三高二对应一相关”找矿模式为主的地、物、化面积性工作，即围绕着‘重磁同高”的异常开展大比例尺的 (1∶1 万～1∶2 万) 激发极化法工作，寻找似土屋或似延东斑岩型铜矿床。

参考文献 (References):

李汝传，王书民，雷达. 复电阻率法和CSAMT 法在土屋铜矿区的勘查效果 [J] . 地质与勘探，2002，38 (10) .

Li Ruchuan，Wang Shuming，Lei Da. The survey effectiveness of complex resistivity method and CSAMT in Tuwu copper deposit [J] . Geology and Exploration，2002，38 (10) .

王福同，庄道泽. 物探在新疆土屋铜矿找矿中的应用 [J] . 中国地质，2001，28 (3) .

Wang Futong，Zhuang Daoze. The application of geophysical method in Tuwu Copper Deposit in Xinjiang [J] . Chinese Geology，2001，28 (3) .

国家地质总局第二综合物探大队. 地面磁测资料解释推断手册 [M] . 北京：地质出版社，1976.

The Second Integrated Geophysical Group of National General Office of Geology. Directory of interpretation of the data of ground-based magnetic survey[M]. Geological Publishing House，Beijing，1976.

地质矿产部编，重力勘探资料解释手册 [M] . 北京：地质出版社，1980.

Ministry of Geology and Minerals. Directory of gravimetric method [M] . Geological Publishing House，Beijing，1980.

杨俊 -20 等. 新疆哈密市延西矿产审查报告，2008.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

傅良魁. 电法勘探教程 [M] . 北京: 地质出版社, 1983.
Fu Liangkui. Textbook of Electrical Prospecting[M]. Geological Publishing House, Beijing, 1985.
罗延钟, 张桂清. 频率域激电法原理[M] . 北京: 地质出版社, 1988.
Luo Yanzhong, Zhang Guiqing. The theory of alternating current induced polarization[M]. Geological Publishing House, Beijing, 1988.
张胜业. 应用地球物理学原理[M] . 武汉: 中国地质大学出版社, 2004.
Zhang Shengye. The theory of applied geophysics[M] . University of Chinese Geology Press, Wuhan, 2004.
牛之琏. 时间域电磁法原理[M] . 长沙: 中南大学出版社, 2007.
Niu Zhilian. The theory of time-domain electromagnetic method [M] . University of Center-Southern Press, Changsha, 2007.

Regularity of Searching for Porphyry Copper Deposit in Tuwu-Yandong Area

—The research of prospection model of "three tall and two corresponde nces and one correlation"

ZHANG Zheng[1], YANG Jun-tao[1], ZHUANG Dao-ze[2]

(1. *No. 1 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development of Xinjiang, Changji* 831100, *Xinjiang, China*; 2. *Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development of Xinjiang, Urumqi* 830000, *Xinjiang, China*)

Abstract: Using induced polarization method, magnetic method, and gravity method, we estimated the copper mineralization in East Tuwu-Yandong area and found the outcropped porphyry copper deposit in this area. After the task of area geophysical prospecting, we proposed the "three in one" pattern. Having completely and systematically studied the regularity of searching for the copper deposit, we established the so called "three-high two-correspondence one-correlation" ore-searching model. The "three-high" are that, 1) the high polarization body directly reflects the sulphide belt on both flanks of porphyry copper deposit and indirectly reflects the included copper ore in the sulphide belt, 2) the high magnet directly reflects diorite and indirectly reflects mineralizing parent rocks-plagioclase granite porphyry , and 3) the high local gravity mainly reflects diorite including the porphyry body; The porphyry body corresponds to the contact zone between high occurrence and low resistivity, also corresponds to the contact zone between high occurrence and low magnetic; porphyry copper deposit is mutually related to volcanic layer. On this basis, we used the prospecting model of "three-high two-correspondence one- correlation" for the hidden ore body in Yanxi area and, at last, discovered the hidden porphyry copper deposit. Having analyzed the relevant data, we thick that both Yanxi and Yandong area have a prospect for further searching ore deposit.

Key words: Tuwu-yandong; porphyry copper deposit; model for exploration; alternative and intrude relationship of porphyry body; parallel emplace relationship; volcanic layer

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net