新疆阿尔泰金矿带主要金矿类型、成矿规律及成矿预测

沈远超 ,申　萍 ,曾庆栋 ,刘铁兵 ,李光明
(中国科学院地质与地球物理研究所 ,北京　100029)

[摘　要]新疆阿尔泰金矿带金矿分布广泛 ,主要类型有火山晚期热液型金矿床、与韧性剪切带有关的金矿床。对不同类型金矿床基本成矿特征进行了研究 ,探讨了不同类型金矿床的控矿作用 ,在此基础上总结了阿尔泰金矿带主要金矿类型的成矿规律 ,对主要金矿深部进行了成矿预测 ,发现并圈出了矿床深部的矿化异常。

[关键词]阿尔泰金矿带　成矿预测　EH - 4 连续电导率测量　金矿床
[中图分类号]P618. 51 ; P612　[文献标识码]A　[文章编号]0495 - 5331(2004)05 - 0001 - 05

阿尔泰多金属成矿带主体位于哈萨克斯坦 ,向东延伸至中国新疆北部阿尔泰地区 ,绵延 900km ,分布着约 1200 多个矿床 ,是世界上著名的铜 - 多金属成矿带。90 年代初作者曾主持中国科学院地质研究所与苏联科学院地质研究所联合考察队到苏联矿区阿尔泰进行了考察和研究 ,并与中国阿尔泰地区的成矿条件进行了对比 ,提出中国新疆哈巴河 - 富蕴地区是矿区阿尔泰的东延部分 ,为中国的矿区阿尔泰 ,但两者又有所不同 :苏联矿区阿尔泰以铜 - 多金属矿床为主 ,有少量金矿床 ;而中国的矿区阿尔泰以金矿床为主 ,有少量的铜多金属矿床(如阿舍勒铜矿床、科克塔勒铅锌矿床) ;因此 ,中国的矿区阿尔泰又称为阿尔泰金矿带。

阿尔泰金矿带成矿地质条件优越 ,矿藏极为丰富 ,找矿潜力很大。随着“七五”、“八五”、“九五”国家 305 项目的开展 ,一批有工业意义的金矿床(点)相继被发现 ,如阿尔泰南缘萨吾尔山的阔尔真阔腊和布尔克斯岱金矿床 ,额尔齐斯构造带的多拉纳萨依、托库孜巴依、萨尔布拉克、科克萨依等金矿床 ;其中萨吾尔山的阔尔真阔腊和布尔克斯岱金矿床是火山晚期热液金矿床 ,其余矿床为与韧性剪切带有关的金矿床 ;这些金矿床是阿尔泰金矿带原生金矿的重要成矿类型[1 - 5] ,本文以阔尔真阔腊金矿床、布尔克斯岱金矿床、多拉纳萨依金矿床、托库孜巴依金矿床为例 ,阐述阿尔泰金矿带主要金矿类型及基本成矿特征 ,在此基础上总结阿尔泰金矿带的成矿规律 ,提出阿尔泰金矿带西部萨吾尔山地区和哈巴河地区是最有利的成矿地区 ,并对该地区的 4 个金矿床深部进行了成矿预测。

1　大地构造背景及区域地质概况

新疆阿尔泰金矿带位于西伯利亚板块和哈萨克斯坦 - 准噶尔板块的结合部位 ,在泥盆纪 —早石炭世 ,准噶尔洋向北俯冲 ,致使西伯利亚大陆南缘演变为活动大陆边缘 ,形成沟(乌伦古海沟) —弧(喀拉通克岛弧) —盆(克兰弧后盆地)体系[5](图 1) ,阿尔泰金矿带包括喀拉通克岛弧和克兰弧后盆地 ,喀拉通克岛弧的中基性火山活动致使安山岩 —流纹岩 —花岗岩的形成 ,并伴随有强烈的流体作用和成矿作用 ,萨吾尔山地区的火山晚期热液金矿床位于其中的早石炭世钙碱性火山岩中 ;在晚石炭世 —早二叠纪 ,喀拉通克岛弧与西伯利亚板块碰撞造山 ,亦有强烈的流体作用和成矿作用 ,与韧性剪切带有关的金矿床位于其中。

阿尔泰金矿带海西期岩浆活动频繁 ,发育各种类型火山岩和侵入岩 ,如在萨吾尔山发育有中基性火山岩 ,在哈巴河地区发育有哈巴河岩体、多拉纳萨依岩体等。岩浆活动主要为火山喷发 ,伴有岩浆侵入 ,与此同时形成火山机构 ,控制火山晚期热液矿床的形成 ;花岗岩体侵入于韧性剪切带旁侧 ,使韧性剪

[收稿日期]2003 - 10 - 09 ;[修订日期]2004 - 02 - 09 ;[责任编辑]曲丽莉。
[基金项目]中国科学院创新工程项目(编号 : KZC3 - SW - 137)和国家科技攻关“305”项目(编号 :2001BA609A - 07 - 08)联合资助。
[第一作者简介]沈远超(1943 年 -) ,男 ,1966 年毕业于长春地质学院 ,1981 年毕业于中国科技大学研究生院 ,教授 ,现主要从事金矿成矿规律及成矿预测研究工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

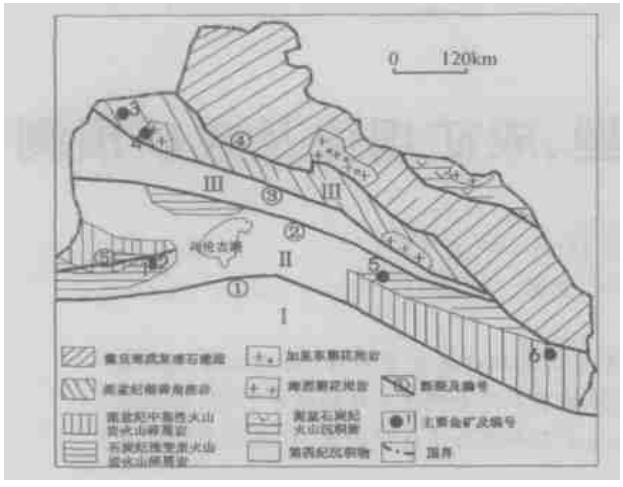


图 1 阿尔泰金矿带地质略图(据文献[2]修改)

①—乌伦古断裂;②—额尔齐斯南缘断裂;③—哈巴河断裂;④—额尔齐斯断裂;⑤—萨吾尔断裂;Ⅰ—乌伦古海沟;Ⅱ—喀拉通克岛弧;Ⅲ—克兰弧后盆地;1—阔尔真阔腊金矿;2—布尔克斯岱金矿;3—多拉纳萨依金矿;4—托库孜巴依金矿;5—萨尔布拉克;6—科克萨依金矿

切构造复杂化,形成较开阔的导矿和容矿构造,使金矿化集中分布于岩体附近的韧性剪切带中。晚期的小岩体或岩脉发育,与金矿化关系密切,局部发生矿化蚀变。

2 主要金矿类型及地质特征

笔者进行的野外及室内研究表明,阿尔泰金矿带矿床类型主要有两种:火山晚期热液型金矿床和与韧性剪切带有关的金矿床。

火山晚期热液金矿床具有如下的基本地质特征:①矿区赋矿围岩为下石炭统黑山头组安山质熔岩、安山质熔角砾岩中(图 2);②矿区存在古火山机构,火山活动分为 3 个喷发 - 侵入旋回和 9 个岩相;③矿床产于受区域断裂构造改造了的火山机构环状、放射状断裂系中,矿床形成和分布受火山机构断裂系和区域近东西向断裂构造的联合控制;④矿化类型为火山晚期热液交代浸染状及充填脉状矿化,矿石为硫化物型矿石,金属矿物为黄铁矿,次为磁黄铁矿、黄铜矿、毒砂、闪锌矿等;脉石矿物为石英、方解石、绢云母、绿泥石、绿帘石等;围岩蚀变主要为硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等。

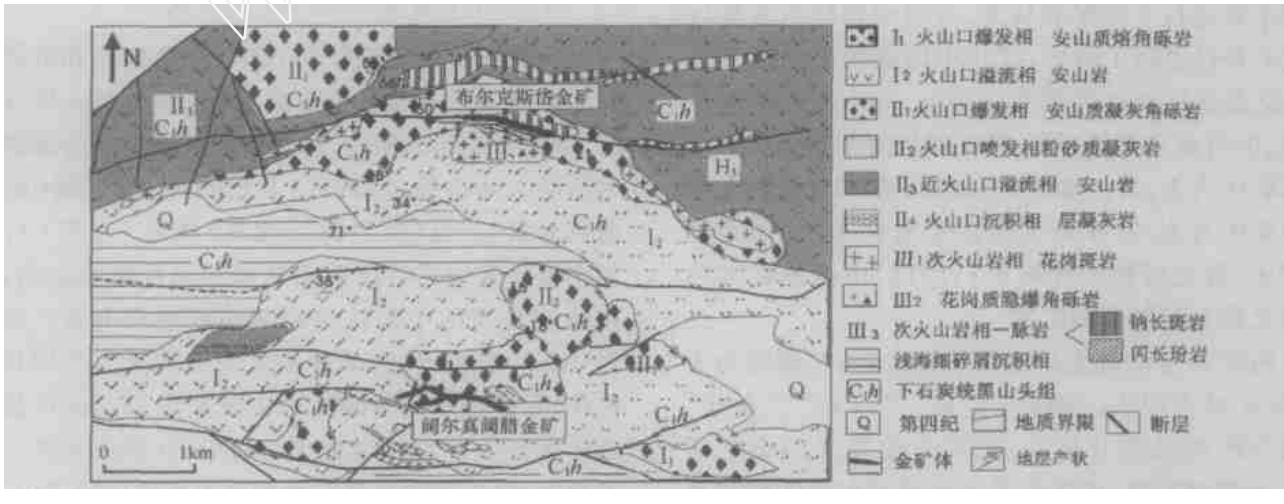


图 2 阔尔真阔腊 - 布尔克斯岱金矿田区域岩相图(实测)

与韧性剪切带有关的金矿床具有如下基本地质特征:①矿床赋存于中 - 下泥盆统地层中,多拉纳萨依金矿床赋矿直接围岩为灰岩与千枚岩界面附近千枚岩一侧,托库孜巴依金矿床赋矿直接围岩为绢云绿泥千枚岩(图 3);②矿床产于额尔齐斯构造带的次级韧性剪切带(多拉那萨依次级韧性剪切带和托库孜巴依次级韧性剪切带)中,且分布受该构造控制,矿体位于晚期构造叠加部位;③矿床形成受韧性剪切带控制,早期韧性剪切作用控制蚀变岩(糜棱岩)型矿化,矿化与围岩之间呈渐变过渡,晚期拉张作用形成的构造扩容带控制石英脉型矿化,矿体与围岩界限明显;④矿石类型以蚀变岩型为主,有少量石英脉型;矿石矿物为自然金、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等,脉石矿物为石英、方解石、绢云母等。围岩蚀变主要为绢云母化、钠长石化、黄铁矿化、硅化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等。

3 控矿作用及成矿规律

阿尔泰金矿带内构造岩浆活动强烈,在西段尤为发育,西段的构造规模大,火山喷发及岩浆侵入也

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 3　多拉纳萨依 - 托库孜巴依金矿区域地质图
(据文献[6]修改)
①—玛尔卡库里韧性剪切带;②—多拉纳萨依韧性剪切带

很频繁,大规模的构造作用所形成的导矿及容矿构造深度大,能使深部的成矿流体向上运移,频繁的火山岩浆活动能提供成矿所需要的热源和部分物源,因此,西段具有形成大型金矿床的地质条件;东段的构造岩浆活动相对较弱,形成的导矿和容矿构造规模较小且较紧闭,不利于成矿流体的运移和富集,不易形成大型金矿床。总体上,阿尔泰金矿带的成矿构造具有向西发散、向东收敛的特点,由此控制矿床的规模亦具有向西变大、向东缩小的规律。本文介绍的 4 个规模较大的典型金矿床均位于阿尔泰金矿带的西段(萨吾尔山地区和哈巴河地区)。

3.1　火山晚期热液金矿床

萨吾尔山地区的两个重要金矿床是阔尔真阔腊金矿床和布尔克斯金矿床,这两个金矿床是受同一火山机构控制、产出于同一火山机构断裂系中、空间上分离(相距 3.5km)、成因相同的火山晚期热液金矿床,我们将其称之为阔尔真阔腊金矿田。矿田矿体中石英 Ar - Ar 同位素定年研究表明①,成矿(332 ±2.02) Ma～(336 ±0.50) Ma 与安山岩成岩(343 ±22) Ma～347Ma 几乎同时发生,而成矿稍晚,矿田矿体中矿石矿物及其流体包裹体的 H、O、C、S、Pb、Sr 同位素研究表明成矿流体主要来自地幔①～③,表明本区火山活动对金矿形成的控制作用,矿床为火山晚期热液金矿床。火山晚期热液金矿床矿体的分布具有其独特的规律,即矿体具有向上发散变小、向下收敛变大、垂向延深大于水平延长的规律[1～3]。

本区矿田内火山机构环状、放射状断裂系发育,并受区域性近东西向断裂叠加改造而使其构造复杂化,该断裂系是本区重要的导矿和容矿构造,火山晚期形成的成矿流体沿此断裂系上升并在其中有利的构造部位沉淀富集形成金矿体,因此,矿体在平面上呈不同程度的弧形弯曲(阔尔真阔腊金矿床非常明显,而布尔克斯岱金矿床的矿体弯曲程度较小,但总体上仍为弧型),在剖面上矿体呈漏斗状产出,在空间上垂向延深大于水平延长;EH4 电导率成像系统测得矿化体在剖面上的特征已经证实这一点。一般而言,火山机构中环状、放射状断裂造成的矿化的深度自地表向下 1～1.5km[1～3],本区金矿产在破火山机构中,层凝灰岩的出现证明破火山口发育基本完成,但矿区内层凝灰岩已被剥蚀,仅有局部地段出现,表明该破火山口已经受到一定程度的剥蚀,但深度不大,矿体垂向延伸仍应大于水平延长。EH4 电导率成像系统测得矿化体在剖面上向下延伸 1000 米仍未尖灭的规律已经证实这一点。

3.2　与韧性剪切带有关的金矿床

哈巴河地区的两个金矿床规模较大,其形成受韧性剪切带的控制,同时也受造山期后侵入岩体原生构造的控制,二者联合控制金矿体的产出。野外研究表明,多拉纳萨依金矿床和托库孜巴依金矿床分别位于玛尔卡库里构造带的次级断裂多拉纳萨依韧性剪切带和托库孜巴依韧性剪切带中;次级韧性剪切带在走向上延伸很长,但金矿体仅产出于局部地段,如多拉纳萨依韧性剪切带走向延长达 20km,而金矿仅在多拉纳萨依花岗岩体边部的韧性剪切带中产出,托库孜巴依金矿床矿体仅产在托库孜巴依韧性剪切带的局部弯曲膨大部位。此外,本区矿化类型具有水平分带性(西北为金铜矿、东南为金矿),托库孜巴依金矿床与其北西的阿舍勒铜矿处于同一构造带上,阿舍勒铜矿发育金铜矿化,托库孜巴依金矿床西北部的哲兰德金矿点已具有较强的铜矿化,为铜金矿化。根据本区控矿地质条件可以认为金矿床应具有较大的延深。

多拉那萨依金矿床的控矿构造是多拉纳萨依韧性剪切带(图 2),该剪切带早期形成北西向韧性剪切断裂,后期多拉纳萨依石英闪长岩体和哈巴河斜长花岗岩体侵入,使北西向韧性剪切断裂构造局部发生弯曲,形成近南北向的反“S”形构造(图 2),同

①申萍,沈远超,曾庆栋,等. 新疆阔尔真阔腊金矿田成矿流体地球化学及其地质意义。中国科学 D 辑,2004,待刊
②申萍,沈远超,曾庆栋,等. 新疆萨吾尔金矿带成矿流体氦氩同位素示踪。科学通报,2004,待刊
③申萍,沈远超,李光明,等. 新疆阔尔真阔腊金矿床成矿流体包裹体研究,岩石学报,2004,待刊

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

时侵入体的原生构造即原生环形断裂构造与区域断裂构造叠加,造成岩体周围韧性剪切构造复杂化,形成了规模较大延深较深的南北向导矿和容矿构造带。该构造带是区域上的构造应力薄弱部位,导致区域上含矿热液向此断裂运移、富集并沉淀形成金矿。另一方面,岩浆侵入活动能够提供形成金矿所需要的热量及部分成矿物质,促进金的迁移和富集。

托库孜巴依金矿床的控矿构造是托库孜巴依韧性剪切构造,该构造早期为韧性剪切变形,普遍发育糜棱岩化,晚期为脆韧性变形,该期变形控制托库孜巴依金矿床矿体的形成和分布。由于该地区剪切带具舒缓波状、分支复合特点,在断裂弯曲处可形成局部构造扩容空间,含矿热液可在其中富集沉淀形成金矿体。矿区内有多个矿化集中区段,均为剪切带内构造膨大的强变形带,呈透镜状,等间距分布;在每个矿化集中区段内,矿体在平面和剖面上均产于韧性剪切构造弯曲膨大部位,具有分支复合、尖灭再现特点。

4 成矿预测

综合研究表明,阿尔泰金矿带西段萨吾尔山和哈巴河地区具有优越的成矿条件,可形成规模较大的矿床,已发现的矿床具有较大的矿化规模和蚀变强度,但其研究和勘探程度均较低,地表氧化矿已基本采完,但对于矿体向深部延深还未开展研究工作,有必要对这些矿床的深部进行成矿预测,预测方法有多种[7],本文重点介绍地质方法和深部地球物理方法。

萨吾尔山地区的阔尔真阔腊金矿床和布尔克斯金矿床均为火山晚期热液型金矿床,矿体具有向上发散、向下收敛、垂向延深大于水平延长的规律,因此,在火山机构断裂系尤其是与区域断裂叠加部位是赋矿有利部位。哈巴河地区的多拉纳萨依金矿床和托库孜巴依金矿床是受韧性剪切带控制的金矿床,而多拉纳萨依金矿床还受侵入岩体的控制,因此,在侵入岩体边部的断裂构造是多拉纳萨依金矿床赋矿的有利部位;托库孜巴依金矿床晚期韧脆性构造形成的局部构造扩容带是金矿体赋存的有利部位,矿化类型具有水平分带性,研究表明[8],金、铜矿床产出具有垂直分带性(上金下铜),结合本区实际地质情况可以认为,本区深部可能有铜矿化。

为了证实上述成矿规律并更准确地预测深部矿体的产状及规模,在上述研究基础上,我们采用深部地球物理方法 EH4 连续电导率成像仪对矿床深部进行成矿预测。EH4 连续电导率成像系统是近几年由美国 GEOMETRICS 和 EMI 公司联合生产的新一代地球物理仪器,该系统属于部分可控源与天然场源相结合的一种大地电磁测深系统,是 MT、AMT 和 CSAMT 三者的有机结合体,其性能优于三者,勘探深度大(几十 m～2 000m),分辨率高,代表目前国际上最为先进的一种电磁法勘探手段。

4.1 火山晚期热液金矿床

阔尔真阔腊金矿床和布尔克斯岱金矿床深部(200～300m)原来基本没有进行过工作。我们在矿田范围内垂直构造走向方向布置了 10 条测线,测量得到了视电阻率(Ω·m) - 深度(m)剖面图(图 4),图中清晰地反映了地下存在 3 种截然不同的电性体:①低电阻率(1～147Ω·m)电性体,剖面上可分成规模较小的浅部(地表以下 0～300m)和规模较大的深部(地表以下 350～900m)两部分;②中等电阻率(327～781Ω·m)电性体,分布广泛;③高电阻率(1054～5179Ω·m)电性体,呈透镜状产于中等电阻率电性体之中。根据本区围岩产状特点综合分析加以判断,中、高电阻率电性体分别为火山岩、次火山岩,低电阻率电性体在测区中分布局限,研究表明[9～10],引起低电阻率的原因包括导电的矿化体、热液蚀变带、低电阻裂隙水、较大的孔隙度等。本区矿化蚀变带均呈现为火山机构断裂(含有裂隙水及较大的孔隙度)及充填其中的矿化(导电的矿化体及热液蚀变带),因此,从电性体性质看,本区矿化蚀变带应表现为低电阻率异常带。

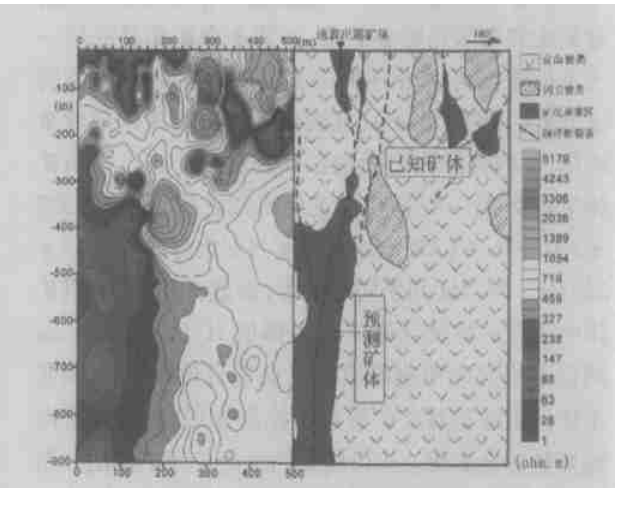


图 4 阔尔真阔腊金矿床 77 勘探线 EH4 测量电阻率 - 深度(m)剖面图(左)及地质解译剖面图(右)

将 EH4 测量的低电阻异常结果与已知矿体进行对比分析发现,地表矿体出露处,均为低电阻异

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

常,所有钻孔的见矿处亦均为低电阻异常,因此,浅部低电阻率电性体皆为已知矿体。地下 350～900m 处的低电阻率异常与浅部已知矿(化)体的低电阻率异常相同,并且其延深与浅部已知矿体向深部延伸的趋势一致;根据类比原理,可以确定深部低电阻率异常亦反映的是矿化异常。低电阻率异常具有向上发散、向下收敛以及矿体的垂向延深大于水平延长的规律(图 4),这与地质研究的结果完全一致。

4.2　与韧性剪切带有关的金矿床

多拉纳萨依矿床内已控制 I、II、III 矿体,以 II 号矿体规模最大,控制程度最高;而 II 号矿体在 48～60 线之间矿体深部没有控制,选择 60 号勘探线进行 EH-4 连续电导率测量,发现已知矿体向深部仍有一定的延伸,可延伸至 380m 左右,且存在较好的富矿区间。

托库孜巴依金矿区内已控制 I、II、III、IV矿体,以 II、III 规模大,控制程度最高,但其深部基本没有控制。选择托库孜巴依金矿区 III 号矿床 95 号勘探线进行 EH-4 连续电导率测量,测量得到了视电阻率(Ω·m)-深度(m)剖面图(图 5),图中亦可见地下存在 3 种不同的电性体:低电阻率(1～147Ω·m)、中等电阻率(147～1389Ω·m)和高电阻率(1389～6000Ω·m)电性体。与地质研究结果进行对比表明,已知矿体(低电阻率 1～147Ω·m)向深部仍有一定的延伸(图 5),可延伸至 420m 左右,且在 160～420m 存在较好的富矿区间;在 420～900m 有一较宽大的中低阻(147～1389Ω·m)异常区,推测深部矿化类型和矿种可能发生了变化,可能存在着细脉浸染型铜矿化,应引起注意;其余部分为本区矿体的围岩。目前该地区的深部预测已得到钻孔验证,在该线深部 160～180m 见到铜金矿体,矿体矿化较好,假厚度为 20m,真厚度为 8～10m,金品位为 2×10^{-6},铜品位为 0.4%。这充分证实了地球物理测探所圈定的异常是重要的矿化异常,同时也表明托库孜巴依金矿床的深部具巨大的找矿前景。

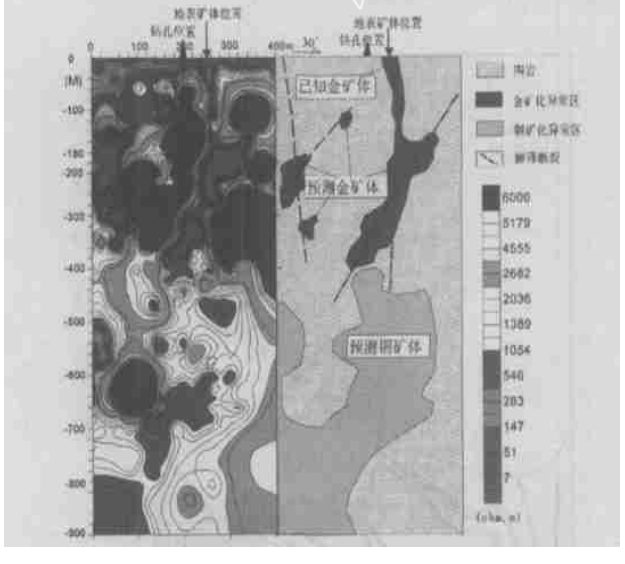


图 5　托库孜巴依金矿区 95 勘探线 EH4 测量电阻率-深度(m)剖面图(左)及地质解译剖面图(右)

[参考文献]

[1] 沈远超,刘铁兵,曾庆栋,等. 中国金矿床成矿预测的理论和方法[M]. 北京:科学出版社,2001,1～97.

[2] 沈远超,金成伟,齐进英,等. 西准金矿化集中区成矿模式和形成机理,新疆北部固体地球科学进展[M]. 北京:科学出版社,1993,282～295.

[3] 沈远超,金成伟. 西准噶尔地区岩浆活动与金矿化作用[M]. 北京:科学出版社,1993,113～172.

[4] 于学元,梅厚钧,姜福芝,等. 额尔齐斯火山岩和成矿作用,新疆北部固体地球科学系列书[M]. 北京:科学出版社,1995,1～4.

[5] 芮行健,朱韶华,刘抗娟. 新疆阿尔泰原生金矿基本特征及区域成矿模式[J]. 地质论评,1993,39(2):138～148.

[6] 李志纯. 阿尔泰山南缘两类构造成矿类型金矿床及其成矿模式[J]. 大地构造与成矿学,1999,23(1):16～27.

[7] 沈远超,曾庆栋,刘铁兵,等. 隐伏金矿定位预测[J]. 地质与勘探,2001,37(1):1～6.

[8] 张江. 紫金山铜金矿床地质地球化学特征[J]. 地质与勘探,2001,37(2):17～22.

[9] Mogi T, Nakama S. Magnetotelluric interpretation of the geogermal system of the Kuju volcano, southwest Japan. J. Volcanol [J]. Geotherm. Res. 1993, 56, 297～208.

[10] Adele M, Gainni V, Annalisa Z, et al. Combined TEM-MT investigation of shallow-depth resistivity structure of Mt Somma-Vesurius. J. Volcanol[J]. Geotherm. Res. 2003, 2718, 1～14.

GENETIC TYPE, MINERALIZATION REGULATION AND METALLOGENIC PROGNOSIS OF GOLD DEPOSITS IN ALTAI GOLD ORE BELT, XINJIANG

SHEN Yuan-chao, SHEN Ping, ZENG Qing-dong, LIU Tie-bing, LI Guang-ming
(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: A lot of gold deposits, belong to two genetic types of late-stage volcanogenic hydrothermal type and ductile shear zone type, occur in Altai gold mineralizing belt in Xinjiang, China. Geological and mineralizing features of different gold deposits are discussed. Metallogenic regulations are summarized, and the deep metallogenic prognosis has been done in Kuoerzhenkuola, Buerkesidai, Duolanasayi and Tuokuzibayi gold deposits. Some mineralizing anomalies have been discovered.

Key words: Altai gold mineralizing belt, metallogenic prognosis, EH-4 measurement of continuous electrical conductivity, gold deposit

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net