

文章编号 0258-7106 (2006) 05-0572-010

甘肃北山地区南金山金矿床隐爆角砾岩体的发现及成矿规律研究^{*}

沈远超, 申 萍, 曾庆栋, 刘铁兵, 李光明

(中国科学院矿产资源研究重点实验室, 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘 要 地质研究发现, 南金山金矿区出露的下石炭统白山组上岩组的部分岩石为隐爆角砾岩, 其中厚层-块状变花岗质砂砾岩为隐爆岩浆角砾岩, 厚层-块状变凝灰质砂砾岩为隐爆凝灰角砾岩。隐爆角砾岩体呈近 EW 向带状分布, 隐爆岩浆角砾岩分布于岩体中部, 构成岩体的内带, 隐爆凝灰角砾岩对称分布于岩体南北两侧, 构成岩体的外带。经矿床地质研究, 提出了新的认识, 认为该矿床的形成受隐爆角砾岩体及隐爆断裂构造的控制, 金矿体分布于隐爆角砾岩体外带的隐爆凝灰角砾岩及隐爆断裂中, 提出了隐爆角砾岩体外带成矿、对称成矿和双层成矿等 3 条矿体分布规律。采用 EH-4 连续电导率成像仪进行了深部地球物理测量, 测量结果验证了隐爆角砾岩体控矿及其成矿规律。

关键词 地质学; 隐爆角砾岩体; 成矿规律; EH-4 连续电导率测量; 南金山金矿床; 甘肃
中图分类号 P618.51 **文献标识码** A

Discovery of cryptoexplosive breccia in Nanjinshan gold deposit of Beishan area, Gansu Province and study of metallogenic regularity

SHEN YuanChao, SHEN Ping, ZENG QingDong, LIU TieBing and LI GuangMing

(Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology & Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract

The authors discovered for the first time cryptoexplosive breccia in the Nanjinshan gold deposit based on a detailed geological study of the gold deposit. The cryptoexplosive breccia belongs to the Upper Subformation of Lower Carboniferous Baishan Formation. The thick-bedded and massive metamorphic granite glutenite should be cryptoexplosive magmatic breccia, and the thick-bedded and massive metamorphic tuff glutenite should be cryptoexplosive tuff breccia. The cryptoexplosive breccia body shows a nearly EW-extending zonal distribution. The cryptoexplosive magmatic breccia occurs in the center of the rock body, forming an inner belt of the cryptoexplosive breccia body. The cryptoexplosive tuff breccia occurs on the opposite sides of the rock body, forming the outer belt of the rock body. Based on a geological study of the ore body, the authors put forward the new idea that the cryptoexplosive breccia body and cryptoexplosive faults and fractures controlled the formation of the Nanjinshan gold deposit, and the ore bodies are distributed in the cryptoexplosive tuffaceous breccia and the cryptoexplosive faults of the outer belt. The EH-4 electrical conductivity image system was used to measure the sequence resistivity of the cryptoexplosive breccia body and the ore body. The results can prove the correctness of the authors' idea concerning the formation of the Nanjinshan gold deposit and the distribution of the ore bodies.

^{*} 本文得到国家科技攻关“305”项目(2001BA609A-07-08 和 2003BA612A-06-19)、中国科学院创新工程项目(KZC3-SW-137)以及横向课题“甘肃北山南金山金矿床成矿预测研究”项目的联合资助

第一作者简介 沈远超,男,1943 年生,研究员,博士生导师,从事成矿预测理论与技术研究。E-mail: shenyc430716@sina.com

收稿日期 2006-02-21; 改回日期 2006-07-19。许德焕编辑。

Key words: geology, cryptoexplosive breccia, metallogenic regularity, EH-4 measurement of continuous electrical conductivity, Nanjinshan gold deposit, Gansu

隐爆角砾岩是近地表超浅成(0.5~3 km)封闭条件下由地下隐蔽爆发作用形成的角砾(或圆砾)状碎屑岩类,岩石孔隙度大,是成矿流体良好的通道和容矿空间,其成岩作用常伴随热液成矿作用,构成金矿床的一种重要类型(Barker, 1985; Sillitoe, 1985; Thompson et al., 1985)。迄今,已发现大量隐爆角砾岩型金(银)矿床,如山东归来庄和卓家庄、河南祁雨沟和毛堂、山西耿庄等金矿床,均产在隐爆角砾岩中(刘家远, 1992; 罗镇宽等, 1999; 沈远超等, 2001)。

中国的地质构造背景有利于这类矿床的形成。在东部环太平洋、青藏—三江、天山—蒙古—兴安、秦—祁—昆等成矿带,以及华北克拉通南、北缘等地区,具有形成该类型金矿的有利条件,是寻找该类型金矿的重点地区(卿敏等, 2002)。因此,深入研究隐爆角砾岩控矿作用,系统分析隐爆角砾岩成矿规律,具有重要的理论意义,对指导该类型金矿的勘查也具有实际意义。本次研究新发现了南金山金矿床存在隐爆角砾岩体,此外,与其相邻的马庄山金矿床也存在隐爆角砾岩体(李华芹等, 1999),表明北山地区具有形成隐爆角砾岩及相关矿床的有利地质环境,对区域找矿工作具有重要的指导作用,同时,也使人们重新认识南金山金矿床的矿床成因及成矿规律,为矿山进一步勘查指明了方向。

1 地质概况和矿床地质

1.1 地质概况

南金山金矿区位于甘肃省北山地区西北部,玉门镇NNE方向约200 km处,其地理坐标为东经 $96^{\circ}06'06''\sim 96^{\circ}10'43''$,北纬 $41^{\circ}56'54''\sim 41^{\circ}58'31''$ 。其大地构造位置属塔里木板块与哈萨克斯坦板块的聚合部位(陈柏林等, 2001; 曾长华等, 2002; 张发荣等, 2003),阿奇克库都克古生代岛弧东段北侧活动大陆边缘(裴荣富, 1997)。北山地区主要发育上古生界沉积-火山岩系,区域断裂和褶皱构造发育,近EW向的大型韧性剪切带构成了该区主要的构造格架,褶皱构造主要为星星峡-明水复背斜。

南金山金矿区出露地层为下石炭统白山组上岩

组火山碎屑沉积岩、正常陆源碎屑岩和少量火山碎屑岩及碳酸盐岩,岩石具轻度变质,呈近EW向($70^{\circ}\sim 80^{\circ}$)带状分布。甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队(1990)将白山组上岩组划分为7个岩性段,一直沿用至今^①。本次工作认为,前人所定的7个岩性段中的第4、部分第5及第6岩性段的岩石应为隐爆角砾岩(详见本文“隐爆角砾岩及其控矿作用”部分)。

该矿区位于星星峡-明水复背斜南翼的南金山向斜,该向斜的核部为第7岩性段的灰岩(图1)。断裂构造主要为NEE向和NE向。NEE向断裂最为发育,属星星峡-明水逆断层的次级南金山南-坡子泉北断裂的组成部分,倾向南;其次为NE向逆断层,倾向SE。区域岩浆岩发育,矿区北部出露有华力西中—晚期中酸性岩基(主要是呼尔格里呼都岩体)和岩脉,岩性较单一,为石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩及花岗岩等;花岗岩脉、闪长岩脉和花岗细晶岩脉等在矿区内广泛分布。

1.2 矿床地质

南金山金矿床按矿体产出部位和空间分布位置,可分为南、北2个含矿带,均呈近EW向展布,两者之间以白山组上岩组第7岩性段灰岩为界(图1)。北矿带EW长4.5 km,SN宽0.5 km,矿体成群集中分布于隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩中,为该区间的主矿带;南矿带EW长约5.5 km,SN宽0.3 km,地表可见多条斜列式分布的硅化带,局部见石英脉产出,呈NEE向带状分布于隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩中。

北矿带内已圈出金矿体54个,矿体长25~830 m,厚度1~38.96 m,斜深4~170 m,呈脉状和透镜状(图2),局部具膨大收缩、分支复合现象,其走向与地层一致($65^{\circ}\sim 80^{\circ}$),倾向与地层相反,绝大多数北倾,倾角 $25^{\circ}\sim 45^{\circ}$,局部较陡($60^{\circ}\sim 70^{\circ}$)。北矿带地表东段的矿体规模小,分布零散,连续性和含矿性较差,而中、西段矿体的连续性和含矿性则较好,因此,矿体具向西收敛,向东撒开的帚状分布特点。在剖面上,矿体具叠瓦状平行分布的特点(图2),一般无明显的侧伏现象。已有工程表明,矿体群在空间上分为上、下2层(图2A),上层为地表矿体群(标高

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队, 1990. 甘肃省肃北蒙古族自治县南金山金矿区2—06线详查地质报告. 内部资料.

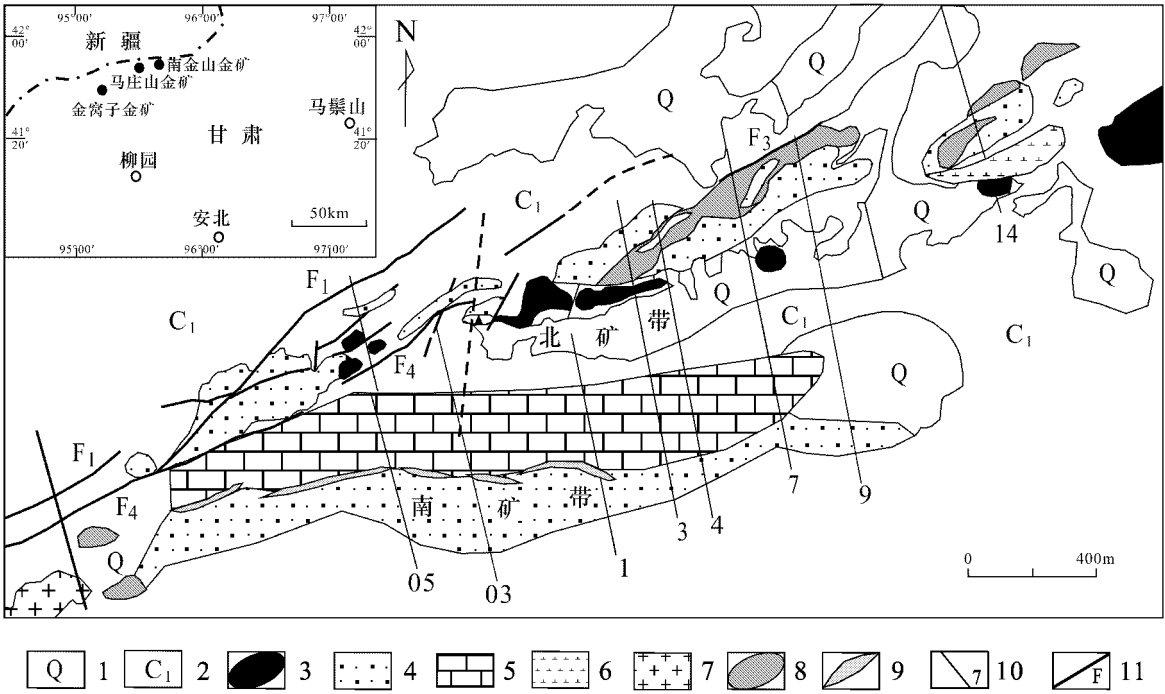


图 1 南金山金矿床地质图(据酒泉地质调查队资料^①修编)

1—第四系 2—下石炭统白垩组 3—隐爆岩浆角砾岩 4—隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩 5—下石炭统白垩组灰岩 6—闪长岩脉；
7—花岗岩细晶岩 8—硅化岩 9—石英脉 10—勘探线位置及编号 11—断裂

Fig. 1 Geological map of the Nanjinshan gold deposit (modified after Geological Party of Jiuquan, 1990)

1—Quaternary; 2—Lower Carboniferous Baishan Formation; 3—Cryptoexplosive magmatic breccia; 4—Cryptoexplosive tuffaceous breccia and cryptoexplosive brecciated tuff; 5—Limestone of Baishan Formation; 6—Diorite dyke; 7—Granitic aplite; 8—Silicified rock; 9—Quartz vein; 10—Exploration line and its serial number; 11—Fault

2 050~2 199 m),由 3 线向东分布(图 1),下层为盲矿体群(标高 1 960~2 117 m),从 6 线向西延至 010 线。

南金山金矿床的金矿化类型有 3 种:①硅化岩型矿化(即隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩发生明显硅化),是该矿床的主体,显示该区部分隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)体即为矿体;②蛋白石英脉型矿化,沿隐爆断裂裂隙构造充填,呈脉状,分布局限;③复成分隐爆角砾岩型矿化,即隐爆角砾岩中的角砾成分复杂,为矿化的硅化岩、花岗岩、硅质岩等(图 3A~D),胶结物亦发生了硅化,矿化较弱,分布局限。该区的金矿化至少有 3 期,第 1 期为硅化岩型矿化,为主要的成矿期,第 2 期为少量的含金蛋白石英脉型矿化,第 3 期为隐爆复成分角砾岩型矿化。

矿石类型简单,主要为硅化岩型(图 3A)蛋白

石石英脉型(图 3B)和复成分隐爆角砾岩型(图 3C、D)。区内金矿石总体上皆属贫硫化物类型。矿物成分简单,金属矿物含量低,一般在 1%左右,局部可达 3%~5%,以黄铁矿为主,含少量磁黄铁矿、赤铁矿、黄铜矿、辉锑矿、毒砂、辰砂、方铅矿和闪锌矿等,呈星点浸染状分布于矿石中,局部呈细脉浸染状、团块状和胶状集合体产出。主要有用矿物为银金矿、角银矿和自然银,前者主要呈包裹体形式产于石英颗粒内,部分被包裹在黄铁矿内。脉石矿物以石英为主,含量可达 80%~95%,有少量叶蜡石、绢云母、方解石,以及微量的重晶石、明矾石等。矿石的金含量为 1.5~5.0 g/t,局部可达 8.0~34.4 g/t,银含量为 10.0~30.0 g/t,局部可达 50~280 g/t。围岩蚀变发育,主要为硅化、绢云母-绿泥石化、叶蜡石化、黄铁矿化、碳酸盐化,以硅化、叶蜡石化最为发育,与成矿关系最为密切。

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队, 1990. 甘肃省肃北蒙古族自治县金山金矿区 2—06 线详查地质报告. 内部资料.

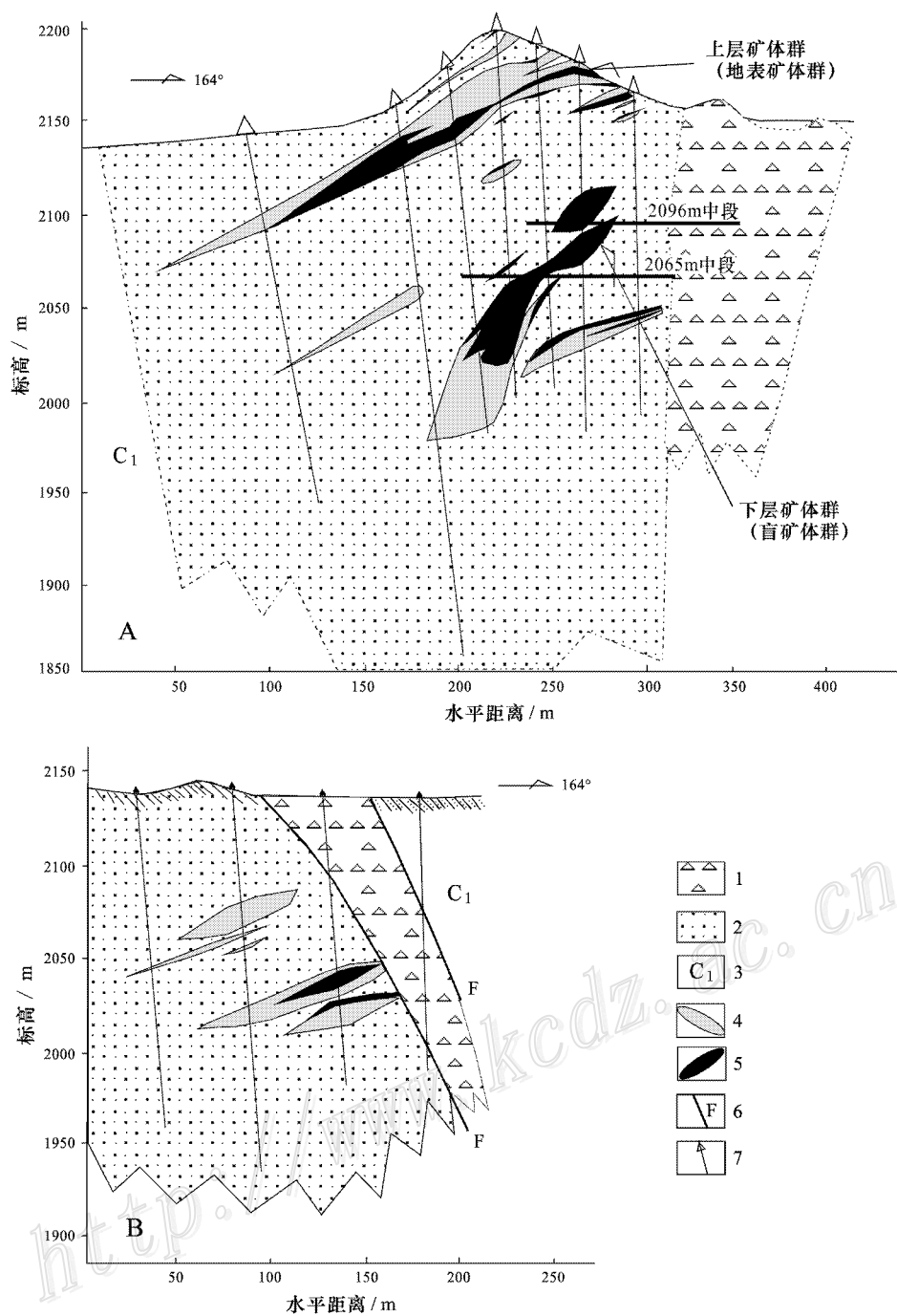


图 2 南金山金矿床 4 勘探线 (A) 和 03 勘探线 (B) 剖面图 (据酒泉地质调查队资料^① 修编)

1—隐爆岩浆角砾岩 2—隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩 3—下石炭统白山组 4—硅化岩 5—金矿体 6—断层 7—钻孔位置

Fig. 2 Geological sections along No. 4 (A) and No. 03 (B) exploration lines of the Nanjinshan gold deposit
(modified after Geological Party of Jiuquan , 1990)

1—Cryptoexplosive magmatic breccia ; 2—Cryptoexplosive tuffaceous breccia and cryptoexplosive brecciated tuff ; 3—Lower Carboniferous Baishan Formation ; 4—Silicified rock ; 5—Gold ore body ; 6—Fault ; 7—Location of drill hole

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队. 1990. 甘肃省肃北蒙古族自治县南金山金矿区 2—06 线详查地质报告. 内部资料.

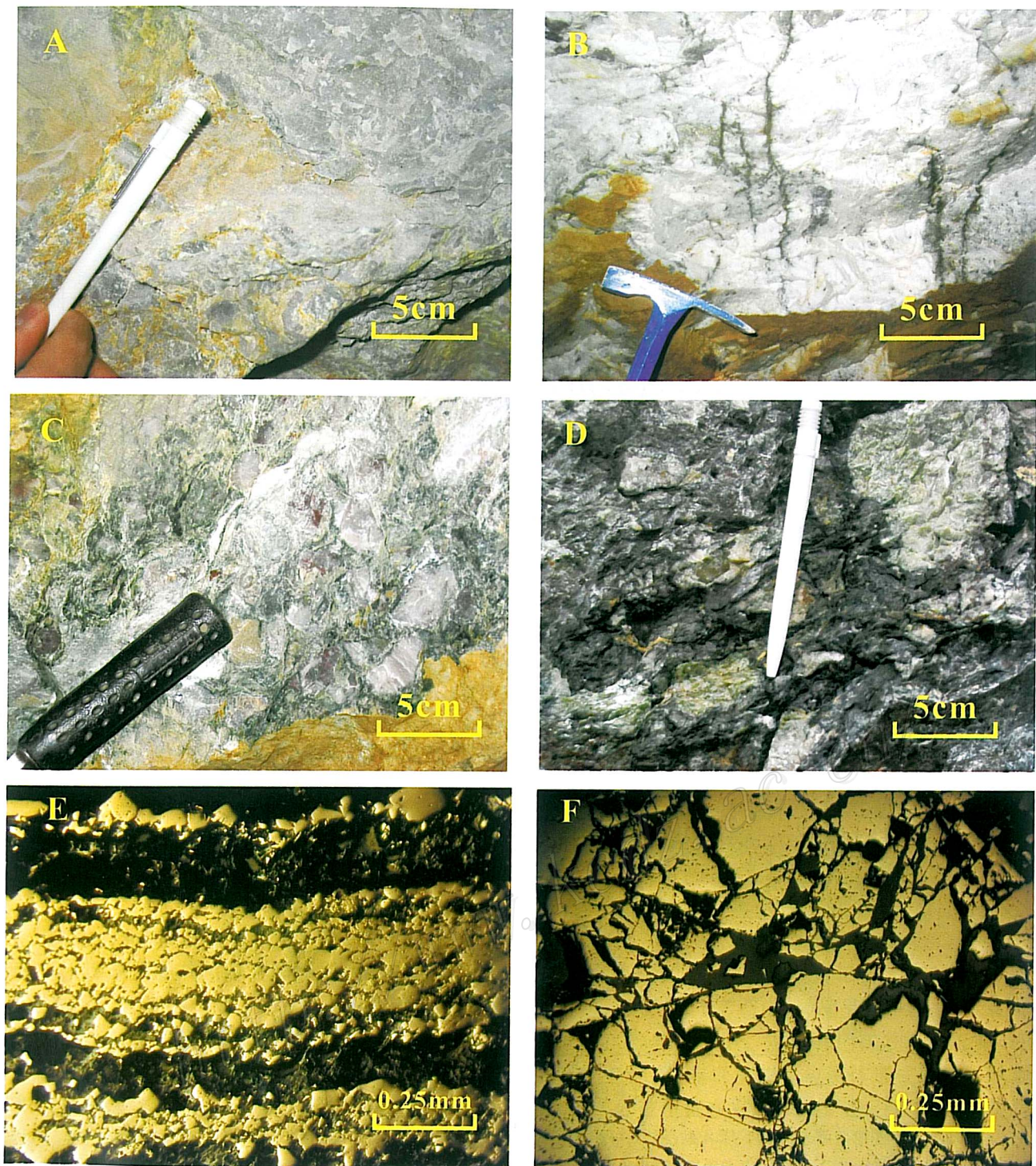


图 3 南金山金矿床内金矿石的特征

A—含星点状黄铁矿的硅化岩型金矿石；B—含黄铁矿的蛋白石英细脉型金矿石；C—复成分隐爆角砾岩型金矿石（角砾为硅化岩）；D—复成分隐爆角砾岩型金矿石（角砾为叶蜡石石英脉）；E—具有胶状结构的黄铁矿石英金矿石（反射光）；F—具有角砾状构造的黄铁矿石英金矿石（反射光）

Fig. 3 Photographs of different ore types, and photomicrographs of thin sections showing different pyrite morphologies under reflected light, from the Nanjingshan gold deposit

A—Starry pyrite-bearing silicified rock type gold ore; B—Pyrite-bearing opal-quartz veinlet type gold ore; C—Polygenic cryptoexplosive breccia type gold ore (rubble composed of silicified rock); D—Polygenic cryptoexplosive breccia type gold ore (rubble composed of pyrophyllite-quartz veins); E—Pyrite-quartz gold ore with colloform texture (reflected light); F—Pyrite-quartz gold ore with brecciated structure (reflected light)

2 隐爆角砾岩及其控矿作用

2.1 隐爆角砾岩及其含矿性

2003年,笔者对矿区进行了1:2 000地质填图(图1),并进行了系统的薄片鉴定研究,认为南金山金矿区存在隐爆角砾岩,前人所定的下石炭统白山组上岩组第4岩性段、部分第5及第6岩性段中的深灰—灰绿色厚层、块状变凝灰质砂砾岩或变凝灰质(粉)砂岩是隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩(图4B);第4岩性段中的深灰—紫褐色厚层、块状变花岗质砂砾岩是隐爆岩浆角砾岩(图4A)。隐爆岩浆角砾岩和隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)构成隐爆角砾岩体,分布于白山组上岩组地层中,岩体与地层之间为侵入接触或断层接触(图2B)。隐爆角砾岩体的分布总体上受NEE向断裂控制,沿NEE向断裂带呈带状分布(图1),构成不规则状的隐爆角砾岩带,面积较小,约为0.5 km²。在剖面上,隐爆角砾岩体呈筒状或漏斗状,延深大于300 m(图2)。

隐爆角砾岩体内部组成复杂,据成因将其划分为隐爆角砾岩(据胶结物不同分为隐爆岩浆角砾岩、隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩)、隐爆震碎角砾岩和隐爆热液角砾岩(图4A~D),以隐爆角砾岩为主。这些角砾岩在空间上具有一定的变化规律,由岩体中心到边缘分别为:隐爆岩浆角砾岩→隐爆岩浆角砾岩和隐爆凝灰角砾岩(隐爆角砾凝灰岩)共存→隐爆凝灰角砾岩(隐爆角砾凝灰岩)→隐爆震碎角砾岩。隐爆岩浆角砾岩在矿区东部(16~19勘探线)为椭圆状,在西部(010~04勘探线)零星出露,在中部(04~15勘探线)呈串珠状、不规则带状分布等。隐爆凝灰角砾岩和隐爆角砾凝灰岩分布较广,是该区隐爆角砾岩体的主体岩石,位于隐爆岩浆角砾岩的南北两侧,呈NEE向(北矿带)和近EW向(南矿带)不连续的带状分布(图1)。隐爆震碎角砾岩零星出露,分布于隐爆凝灰角砾岩的边部,其间无明显界线。隐爆热液角砾岩分布在隐爆角砾岩体内部、边部和外围的裂隙破碎带、断裂破碎带中。

隐爆岩浆角砾岩的胶结物为花岗质,由石英、长石、黑云母、绿泥石等组成,具花岗结构,有少量矿化。其角砾的成分和形态均较复杂,角砾成分主要

为石英、花岗岩,其次为大理岩、变质砂岩、硅质岩、变英安岩、变安山岩等,局部地段为单一的大理岩;角砾形态为棱角状、次棱角状、次圆状和圆状,其中的次圆状和圆状角砾是隐爆形成角砾后由岩浆搬运、滚动、磨蚀和熔蚀等作用使之圆砾化所致。隐爆凝灰角砾岩的胶结物由岩浆隐爆所形成的岩屑(碎屑直径<2 mm)等凝灰质及少量石英和黄铁矿组成,具砂状结构,有矿化;其角砾成分复杂,主要为花岗岩角砾、地层角砾(大理岩、变质砂岩、硅质岩、变英安岩、变安山岩等)和热液角砾(蛋白石石英脉、石英叶蜡石脉),其中的热液角砾有矿化。零星出露的隐爆震碎角砾岩的胶结物中有少量矿化。隐爆热液角砾岩分布局限,胶结物为蛋白石、方解石等热液矿物,有矿化。

2.2 隐爆角砾岩的控矿作用

在地表,隐爆角砾岩体呈近EW向带状展布。在北矿带的西部,隐爆岩浆角砾岩体零星出露,在东部,其出露面积较大,因此,岩体具向西倾没、向东抬升的规律。在北矿带的东部,矿体分布零散、规模小、埋藏浅,其西部的矿体分布集中、规模较大、埋藏较深。在南矿带,亦具同样的规律,地表硅化岩在中—西部(05~7勘探线)规模较大、矿化较好,而在9勘探线规模很小,再向东逐渐消失(图1)。总体上,矿体在平面上具向东撒开、向西收敛的帚状分布特征,在垂向上具向西倾没、向东抬升的规律,与岩体的分布规律完全一致。因此,矿体与隐爆角砾岩体在空间上共生,北矿带内的矿体分布于隐爆岩浆角砾岩体北部的隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)体之中,南矿带内的地表硅化岩分布于隐爆岩浆角砾岩体南部的隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)体之中(图1)。

隐爆角砾岩体的边部发育隐爆构造。由于该区的隐爆角砾岩体呈带状分布,因而,所形成的隐爆断裂呈线状分布,倾向岩体中心,与成矿关系密切。区域近EW向断裂构造的叠加,对隐爆断裂裂隙构造有一定的影响。此外,在岩体边部的局部地段见有震碎构造,形成震碎带。该震碎带是岩浆隐爆作用所产生的机械能作用于围岩,使围岩震碎。该震碎带也是赋矿场所之一。

稳定同位素研究^①表明,矿体中黄铁矿的硫同位素组成与隐爆角砾岩体中黄铁矿的硫同位素组成一

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队. 1990. 甘肃省肃北蒙古族自治县南金山金矿区 2—06 线详查地质报告. 内部资料.

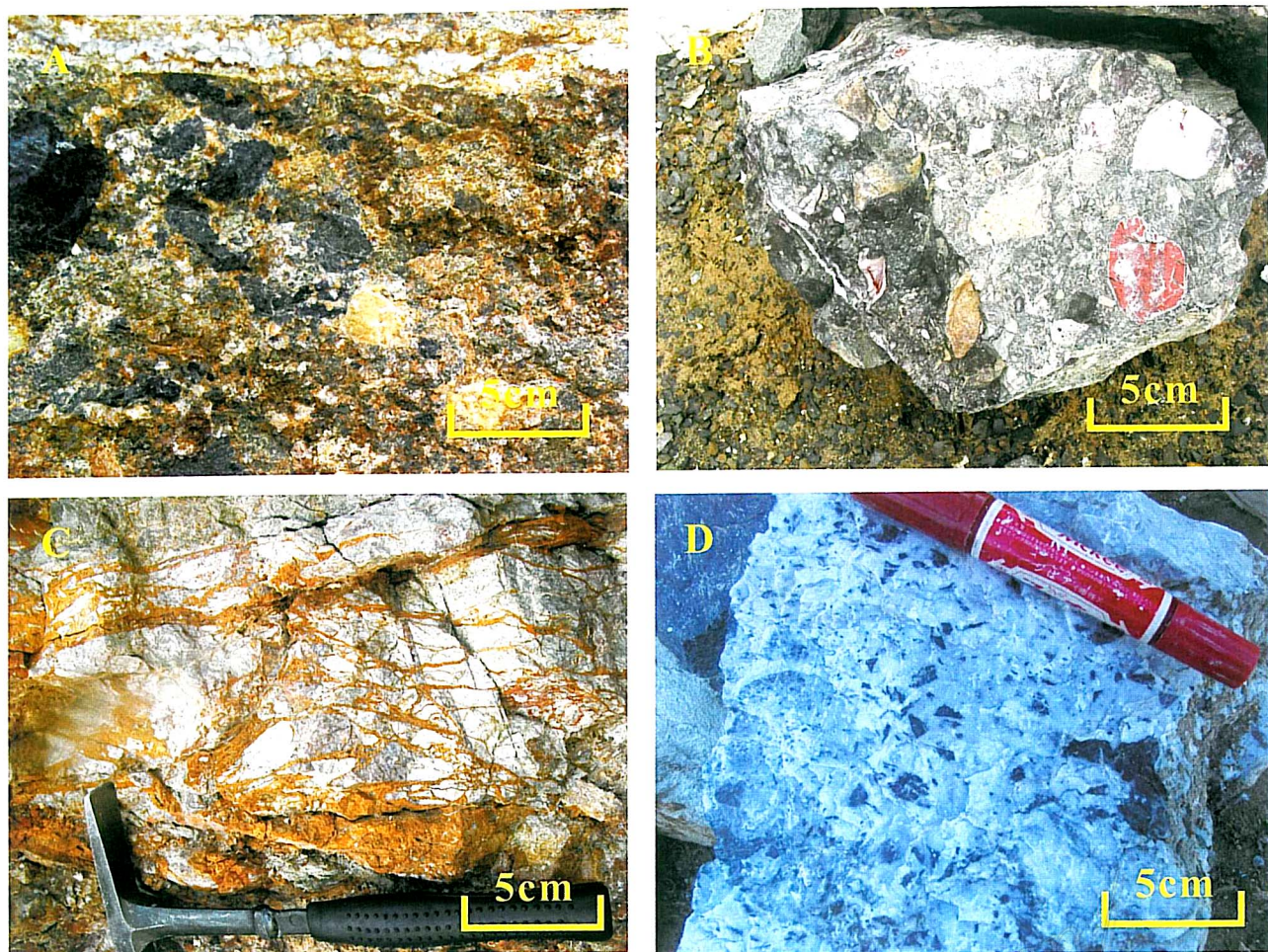


图 4 南金山金矿床内隐爆角砾岩的特征

A—隐爆岩浆角砾岩(胶结物为花岗岩质); B—隐爆凝灰角砾岩(胶结物为岩屑等凝灰质);

C—隐爆震碎角砾岩; D—隐爆热液角砾岩(胶结物为石英、方解石等热液矿物)

Fig. 4 Photographs of different cryptoexplosive breccia types from the Nanjinshan gold deposit

A—Cryptoexplosive magmatic breccia (cement composed of granitic material); B—Cryptoexplosive tuffaceous breccia (cement composed of tuffaceous materials such as debris); C—Shattering breccia; D—Hydrothermal breccia (cement is quartz and calcite)

致(图 5), 硫等成矿物质来源于隐爆角砾岩。矿石中石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $12.21\text{‰} \sim 12.90\text{‰}$ ^①, 变化范围窄, 其组成特征与变质岩和花岗岩相当, 推测成矿介质可能为变质水与岩浆水的混合。因此, 隐爆凝灰角砾岩体可能提供了成矿物质和成矿流体, 由此控制了矿床的形成。

3 矿体分布预测

南金山金矿床的定位受隐爆角砾岩体的控制。根据已知矿化的分布和电导率测量结果, 提出其矿体具有隐爆角砾岩体外带成矿、对称

成矿和双层成矿的认识。

3.1 外带成矿

南金山金矿床北矿带的主矿体赋存于隐爆岩浆角砾岩体(内带)北部的隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)(外带)中(图 1、2), 主要发育硅化岩型金矿化。矿体赋存于隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)(外带)中, 倾向北。南矿带的地表硅化岩分布于隐爆岩浆角砾岩体(内带)南部的隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)(外带)中(图 1、2)。该矿床内的已知矿体均分布于隐爆角砾岩体外带隐爆

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队. 1990. 甘肃省肃北蒙古族自治县南金山矿区 2—6 线详查地质报告. 内部资料.

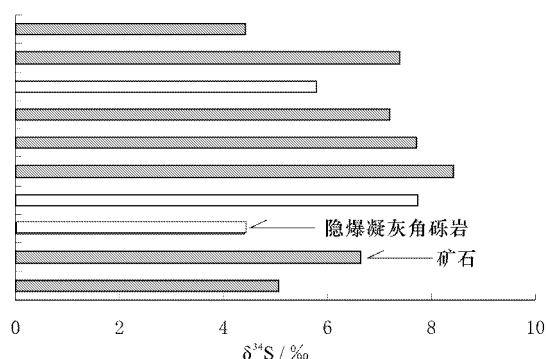


图 5 南金山金矿床矿石和隐爆角砾岩的硫同位素组成
(据酒泉地质矿产调查队资料^①)

Fig. 5 Diagram showing S isotope compositions of ore and cryptoexplosive breccia samples from the Nanjinshan gold deposits (data from Geological Party of Jiuquan, 1990)

凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)中的现象表明,矿体具有外带成矿的分布规律。今后的找矿工作应集中于外带。

3.2 对称成矿

根据对地表及坑道内隐爆角砾岩的研究可知,隐爆角砾岩体的内带即隐爆岩浆角砾岩的产状,有的向南陡倾,有的向北陡倾(图 2),总体上近于直立,其隐爆作用所形成的断裂在其北部和南部应该对称分布,受隐爆断裂控制的矿(化)体也应该对称分布。目前已知的工业矿体分布于北部的隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)中,主要为隐伏矿体,构成南金山金矿床的北矿带;在隐爆角砾岩体的南带,地表发育矿化,在深部岩体的外带,可能存在矿体。因此,矿(化)体应以隐爆岩浆角砾岩为中心呈对称分布。前人主要对北矿带开展了地质找矿及矿山开采工作,笔者根据对称成矿的分布规律,对南矿带开展了成矿预测,已取得初步成果。

3.3 双层成矿

矿床地质研究表明,含金硅化岩脉体群在空间上分为上、下 2 层,即上层的地表脉体群及下层的盲脉体群,矿(化)体具有双层分布的特点(图 2A)。

3.4 深部电导率测量验证

为了验证上述成矿规律的正确性,本项研究采用高效快速数字化的 EH-4 连续电导率成像仪对该矿床进行了地球物理测量。在垂直隐爆角砾岩体走

向的方向上,布置了 16 条深部地球物理测线,共长 8 810 m,测点 438 个。由于金矿体含金属硫化物很少(<1%),因此,矿(化)体显示的电阻率异常可能并非为低电阻率。隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)具有较大的孔隙度,可能表现为低电阻率;隐爆岩浆角砾岩及花岗岩体的岩石结构紧密,可能表现为高电阻率。这是对本次测量结果解译的基本依据。矿化蚀变的展布受到隐爆角砾岩体及其断裂构造的控制,因此,在电阻率异常剖面上呈对称的带状。这是对本次测量异常解译的形态依据。

视电阻率-深度剖面图(图 6A)反映出地下存在 3 种截然不同的电性体:①低电阻率(<1 000 Ωm)电性体,分布广泛,并对称分布于高电阻率电性体的两侧,构成该区电性体的主体,结合围岩产状特点综合分析加以判断,应为含矿主体岩石即隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩);②中等电阻率(1 000~2 000 Ωm)电性体,呈不规则团块状、透镜状产出,与地表露头、坑道内矿体出露处和勘探线剖面图进行对比发现,该电性体对应于已知矿体,且地表出露的矿体在地下皆有中等电阻率电性体出现,因此,中等电阻率电性体反映的可能是矿化蚀变带的产出部位;③高电阻率(2 000~5 179 Ωm)电性体,呈柱状、不规则团块状和不规则蘑菇状产于低电阻率电性体之中,浅部的不规则团块状和透镜状电性体应为隐爆岩浆角砾岩和地层中的砂岩等,深部的则应为花岗岩体。

图 6A 还显示,具有中等电阻率(1 000~2 000 Ωm)的矿化蚀变体直接赋存于具有低电阻率(<1 000 Ωm)的隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)中,表明了隐爆角砾岩体外带成矿的特点。此外,具有中等电阻率的矿化蚀变体对称分布于具有高电阻率(2 000~5 179 Ωm)的隐爆岩浆角砾岩的两侧,证明了隐爆角砾岩体对称成矿的认识。

4 矿床成因

前人研究认为,南金山金矿床的工业类型为“贫硫化物含金次生石英岩(脉)型金(银)矿床”,成因类型为“与晚古生代海相火山碎屑沉积岩有关的火山沉积-中低温热液改造型金(银)矿床”^①。本次研究

① 甘肃省地质矿产局酒泉地质调查队, 1990. 甘肃省肃北蒙古族自治县南金山金矿区 2—06 线详查地质报告. 内部资料.

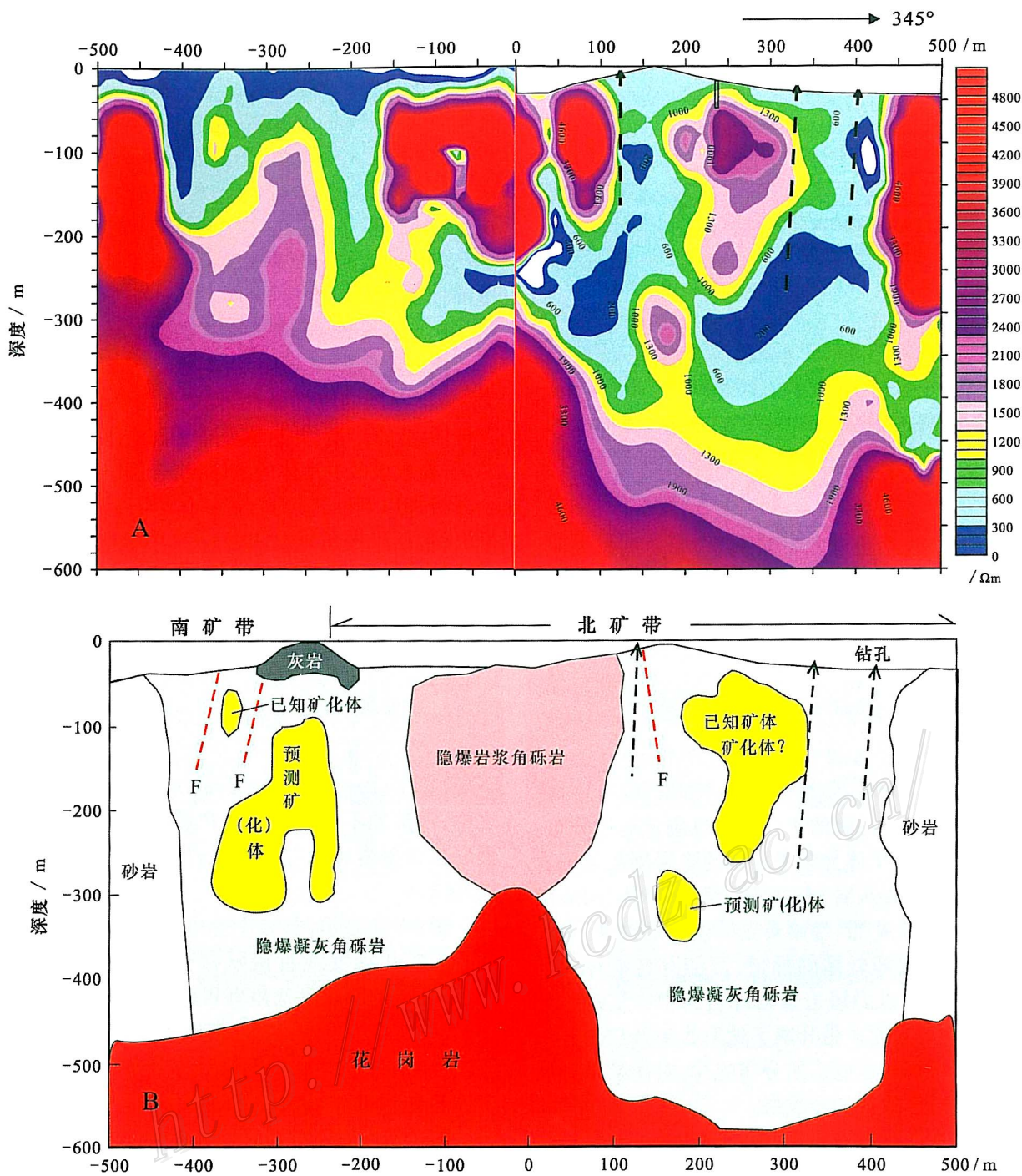


图 6 南金山金矿床7勘探线EH-4连续电导率剖面测量(A)及地质译图(B)

Fig. 6 2D resistivity model of the EH-4 conductivity image system (A) and geological interpretation section (B) along No. 7 exploration line of the Nanjingshan gold deposit

发现,南金山金矿区存在隐爆角砾岩,矿体赋存于隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)中,因此,提出了矿床形成和分布受隐爆角砾岩及隐爆构造控制的新认识,即由海西期岩浆活动形成的大量花岗岩浆沿断裂侵入,在侵入过程中,岩浆分异强烈,岩浆晚期富含挥发分及成矿元素的热流体聚集,产生强大

的压力而引起隐爆,形成隐爆角砾岩及隐爆构造,之后的热液活动携带成矿元素富集于外带——隐爆凝灰角砾岩(包括隐爆角砾凝灰岩)中,形成硅化岩型(硅化隐爆凝灰角砾岩及硅化隐爆角砾凝灰岩)金矿体,成矿热液充填隐爆断裂裂隙,沉淀形成蛋白石英脉型金矿体。

References

- Barker E M. 1985. Geology, fluid inclusion and stable isotop studies of the gold bearing breccia pipe at Kidston, Queens Land, Australia [J]. *Econ. Geol.*, 80(4):810~830.
- Chen B L, Wu G G, Ye D J, Liu X C, Shu B and Yang N. 2001. Genetic type characteristics and exploration of gold deposit in Beishan area, Gansu Province [J]. *Journal of Geomechanics*, 7(3):217~223 (in Chinese with English abstract).
- Li H Q, Chen F W, Cai H and Liu H Q. 1999. Study on isotopic chronology of the Mazhuangshan gold mineralization, Eastern Xinjiang [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 4(2):251~256 (in Chinese with English abstract).
- Liu J Y. 1992. A new important type gold deposit: Explosive pipe type gold deposit [J]. *Precious Metal Geology*, 1(2):148~152 (in Chinese with English abstract).
- Luo Z K, Miao L C and Guan K. 1999. Breccia type gold deposit: An important type of gold deposit [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 14(4):15~23 (in Chinese with English abstract).
- Pei R F. 1997. Extraordinary deposits and geological evolution of the metal mineralization province [J]. *Mineral Deposits*, 16(2):169~170 (in Chinese with English abstract).
- Qing M and Han X J. 2002. Comment on cryptoexplosive breccia type gold deposit [J]. *Gold Geology*, 8(2):1~7 (in Chinese with English abstract).
- Shen Y C, Liu T B, Zeng Q D and Li G M. 2001. Theory and method of metallogenic prognosis on China gold deposits [M]. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract).
- Sillitoe R H. 1985. Ore related breccias in volcano plutonic arcs [J]. *Econ. Geol.*, 80(6):1467~1514.
- Thompson T B, Tripple A D and Owelley P C. 1985. Mineralized vein and breccias of the Cripple Creek Direct, Colorado [J]. *Econ. Geol.*, 80(6):1669~1688.
- Zeng C H, Wu D J, Xia W B, Wang W G and Cao W. 2002. Metallogenic regularity and prospect of gold deposits of Beishan mineralization belt [J]. *Xinjiang Geology*, 20(3):219~223 (in Chinese with English abstract).
- Zhang F R and Zhu M S. 2003. Divisions and basic features of the metallogenic belts in Beishan area of Gansu Province [J]. *Acta Geologica Gansu*, 12(1):50~57 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈柏林, 吴淦国, 叶德金, 刘晓春, 舒斌, 杨农. 2001. 北山地区金矿类型、成矿规律和找矿方向 [J]. *地质力学学报*, 7(3):217~223.
- 李华芹, 陈富文, 蔡红, 刘后群. 1999. 新疆东部马庄山金矿成矿作用同位素年代学研究 [J]. *地质科学*, 4(2):251~256.
- 刘家远. 1992. 一种值得重视的新类型金矿床——爆破岩筒型斑岩金矿床 [J]. *贵金属地质*, 1(2):148~152.
- 罗镇宽, 苗来成, 关康. 1999. 角砾岩型金矿床——一种值得重视的金矿床类型 [J]. *地质找矿论丛*, 14(4):15~23.
- 裴荣富. 1997. 金属成矿省地质历史演化与特大型矿床 [J]. *矿床地质*, 16(2):169~170.
- 卿敏, 韩先菊. 2002. 隐爆角砾岩型金矿研究述评 [J]. *黄金地质*, 8(2):1~7.
- 沈远超, 刘铁兵, 曾庆栋, 李光明. 2001. 中国金矿床成矿预测的基本理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社.
- 曾长华, 吴大江, 夏文彬, 王卫国, 曹伟. 2002. 北山成矿带金矿成矿规律与远景 [J]. *新疆地质*, 20(3):219~223.
- 张发荣, 朱卯胜. 2003. 甘肃北山地区成矿带划分及基本特征 [J]. *甘肃地质学报*, 12(1):50~57.