

新疆天山黑色岩系型矿床的地质特征及找矿方向

杨富全¹, 王义天¹, 李蒙文², 邓会娟³, 王立本¹

YANG Fuquan¹, WANG Yitian¹, LI Mengwen²,

DENG Huijuan³, WANG Liben¹

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

2. 中国地质科学院, 北京 100037;

3. 国土资源部实物地质资料中心, 河北 三河 燕郊 065201

1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

3. Geological Information Center, Ministry of Land and Resource, Yanjiao 065201, Sanhe, Hebei, China

摘要:概要介绍了中国天山黑色岩系分布和黑色岩系型矿床的地质特征。中国天山黑色岩系发育,主要集中在古生代,其次为中生代,目前发现与黑色岩系有关的矿种有金、钒、铀、磷、锑。中亚天山黑色岩系中发现了穆龙套和库姆托尔世界级金矿床,中国天山是其东延部分,发现了萨瓦亚尔顿、大山口、萨根托亥等金矿床,呈现出良好的找矿前景。穆龙套金矿和萨瓦亚尔顿金矿是黑色岩系型金矿的典型代表,中国黑色岩系型金矿与中亚黑色岩系型金矿有许多相似之处。分析认为,吉根—塔尔特库里、乌兰赛尔—大山口、乌什北山、阿克牙孜河等地是最具前景的找金矿靶区,今后应加大萨瓦亚尔顿金矿的勘查和研究力度,同时注意寻找黑色岩系中的铂、钼、铜等矿种。

关键词:黑色岩系;矿床;找矿方向;天山;新疆

中图分类号:P618.51;P612

文献标识码:A

文章编号:1671-2552(2005)05-0462-08

Yang F Q, Wang Y T, Li M W, Deng H J, Wang L B. Geological characteristics of black shale-hosted ore deposits and their prospecting in the Tianshan Mountains, Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24 (5): 462-469

Abstract: This paper briefly introduces the distribution of black shales and geological characteristics of black shale-hosted mineral deposits in the Chinese Tianshan, Xinjiang. Black shales are well developed in the Chinese Tianshan. They occur mainly in Paleozoic strata and less commonly in Mesozoic strata. Ore minerals associated with black shales found so far are gold, vanadium, uranium, phosphor and antimony minerals. The world-class Muruntau and Kumtor gold deposits in the Central Asian Tianshan occur in black shales, and the Chinese Tianshan is its eastward extension, where the Sawayaerdun, Dashankou and Sahentuohai gold deposits have been discovered in recent years, showing good ore prospects in this region. The Muruntau and Sawayaerdun gold deposits are representatives of black shale-hosted gold deposits. The black shale-hosted gold deposits in the Chinese Tianshan have many similarities to those in the Central Asian Tianshan. Jigen-Taertekuli, Wulansaier-Dashankou, Wushenbeishan and Akeyazihe, Xinjiang, are gold target areas with best gold prospects. In the future, efforts should be intensified to carry out exploration and study of the Sawayaerdun gold deposit and meanwhile attention should be paid to looking for Pt, Pd and Cu deposits in black shales.

Key words: black shale; mineral deposit; prospecting direction; Tianshan; Xinjiang

收稿日期:2004-06-18;修订日期:2004-11-11

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409807)和中国地质调查局地质调查项目(200413000026)成果。

作者简介:杨富全(1968-),男,在读博士,副研究员,从事矿床地质和地球化学研究。E-mail:fuquanyang@163.com

全球一些地区有广泛分布的黑色岩系,如波兰古元古代与有机碳有关的PGE-Au-U岩系,中国扬子克拉通周缘震旦系,俄罗斯西伯利亚里非系上部,印度小喜马拉雅、巴基斯坦北部、伊朗、法国南部、前苏联、蒙古、澳大利亚南部、加拿大、中国扬子地块和塔里木地块下寒武统底部^[1],加拿大育空地区中上泥盆统,纵贯英格兰、荷兰、德国到中欧的上二叠统Kuperschifer^[2],中亚元古宙和古生代地层中均有黑色岩系分布。这些黑色岩系的共同特点是含有大量有机质和丰富的PGE、Cu、Ni、Mo、Au、U、V、Mn、Fe、Co、Bi、Cr、Se等金属元素^[3]。这些元素在适当条件下形成一定规模的矿床,如遵义黄家湾镍铂铂族元素矿床^[2]、乌兹别克斯坦穆龙套金矿^[4]、波兰Lubin-glogow地区的铜和银矿床^[5]。在中亚天山黑色岩系中发现了世界级穆龙套金矿床、库姆托尔金矿床等一大批大型、超大型金矿床后,在新疆天山地区寻找黑色岩系型金矿床的问题引起了中外地质界的高度重视。为探讨新疆天山黑色岩系型矿床的成矿潜力和找矿方向,本文根据前人资料和笔者在天山工作的资料积累,概述新疆天山黑色岩系的层位、分布及其与矿化的关系,总结黑色岩系型矿床的特征。通过中国天山与中亚天山黑色岩系型金矿床的对比和成矿条件、金矿化等分析,提出今后的找矿靶区,并认为应加大萨瓦亚尔顿矿区的勘查和研究力度,同时注意寻找黑色岩系型铂、钨、铜等矿床。

1 新疆天山黑色岩系的分布和岩性特征

新疆的黑色岩系主要分布在天山造山带、塔里木盆地北部、北山等地,基本上为含碳碎屑岩建造和含碳磷硅质岩建造2种类型。黑色岩系主要层位有下寒武统、中寒武统、奥陶系、志留系、下泥盆统、上石炭统、二叠系、上三叠统、中一下侏罗统^[6],其中寒武系底部、志留系、中一下侏罗统的黑色岩系最发育。

库鲁克塔格的震旦系中出露有含碳泥岩、硅质岩层,发育石墨化、金银矿化。

寒武系的黑色岩系为含碳磷硅质岩建造,形成于大陆边缘沉积环境,由炭质页岩、薄层碳酸盐岩、磷块岩、硅质岩等组成,总厚度一般数十米以下,主要分布在天山科尔古琴山、木扎尔特地块、柯坪地区、库鲁克塔格、北山等地。

下寒武统有4个组,即磷矿沟组、肖尔布拉克组、西大山组和双鹰山组。磷矿沟组底部为砾岩、砂岩、磷块岩,下部为暗灰绿色含磷钙质砂岩、页岩、灰岩不均匀互层,上部为灰色厚层状灰岩,科尔古琴山磷矿赋存在该组中。肖尔布拉克组(包括玉尔吐斯组)^[6]下部为含磷、铀、钒的硅质岩夹炭质页岩、薄层灰岩,上部由灰岩、泥灰岩、白云质灰岩、白云岩组成,乌什县苏盖特布拉克中型钒磷矿赋存在该组中。西大山组为黑色硅质岩、含磷硅质岩夹炭质泥岩、泥质粉砂岩。双鹰

山组主要分布在跨甘肃和新疆两省区的北山,为一套黑色泥硅质板岩、千枚岩、含磷结核硅质岩、板岩及生物灰岩,哈密市平台山磷钒矿(钒矿达中型)赋存于该组中。早寒武世的黑色岩系主要产出沉积磷块岩,常有钒、铀共生,但矿床规模不大,以贫矿为主^[7]。

中寒武世的黑色岩系分布范围明显减小,肯萨依组分布在天山科古琴山地区的果子沟和萌吉库尔河一带,岩性为深灰—黑色薄层状硅质、泥质粉砂岩、粉砂岩、砂岩夹灰岩、砂质灰岩,底部为含磷硅质岩、粉砂岩。双鹰山组主要出露于北山地区,为一套黑色硅质岩和薄层灰岩,下部常含磷、钒、铀等矿化。

奥陶系至三叠系的含碳碎屑岩建造为被动陆缘海相—海陆交互沉积,厚度一般大于1000 m,由含碳页岩、粉砂岩、细砂岩等组成复理石建造,有时出现碳酸盐岩。岩系含碳量较高,以产金矿为特征。

下一中奥陶统新二台组出露于霍城、赛里木湖、精河等地区,为深灰色、灰色炭质粉砂岩、硅质岩、砂质泥岩夹黑色页岩和薄层灰岩。中奥陶统萨尔干组分布于赞比勒、苏巴什、乌什等地的各山脉北坡,为一套黑色页岩夹灰黑色薄层或透镜状灰岩,局部有硅质条带。

志留系的黑色岩系分布较广泛,出露于哈尔克山、东阿赖山、巴伦台—赛里木湖、北山等地,主要见于尼勒克河组、黑尖山组、穹库什太组、阿克牙孜组、塔尔特库里组中。下志留统尼勒克河组出露于博罗霍洛山地区,为一套灰色、灰黑色厚层—块状粉砂岩、炭质页岩。下志留统黑尖山组分布于北山一带,由一套黑色、深灰色、灰色薄至中厚层板岩、硅质岩、石英岩、砂岩、粉砂岩、含碳硅质灰岩、含碳页岩组成。上志留统穹库什太组和阿克牙孜组(划归中志留统伊契克巴什组)^[6]广泛分布在哈尔克山,前者由一套千枚岩、砂质板岩、石英片岩、变质砂岩夹含碳千枚岩、含碳板岩、蓝片岩、大理岩化灰岩等组成,在含碳千枚岩的破碎带中发现了一些金矿化点(如科克布拉克金矿点)^[8]。阿克牙孜组为浅灰绿色、灰黑色、黑色绢云母片岩、石英片岩,局部夹含碳千枚岩。上志留统塔尔特库里组和下泥盆统萨瓦亚尔顿组分布于东阿赖山(有学者认为是中—上石炭统)^[9,10],是萨瓦亚尔顿金矿——中国首例穆龙套型金矿^[11-13]的容矿岩系。塔尔特库里组为一套深海相具有浊流沉积特征的含碳浅变质细碎屑岩和硅质岩建造,其岩性主要为变质砂岩、含碳千枚岩夹硅质岩。萨瓦亚尔顿组由灰黑色薄层状含碳千枚岩和灰色变质细砂岩组成。

上志留统一下泥盆统大山口组(鲍庆中等^[14]认为是下泥盆统)分布于和静县大山口—萨根托亥一带,主要由绿泥绢云母细砂岩、绢云母千枚岩化含碳粉砂岩、含碳页岩互层组成,大山口金矿床和萨根托亥金矿床赋存于该组中。上志留统一下泥盆统乌帕塔尔坎群分布在乌什县北山一带,为细砂

① 王立本,郑明华,蔡宏渊,等.南天山大型贵重、有色金属矿床成矿条件研究、靶区优选与评价.国家305科技攻关项目科研报告,2000.

岩、粉砂岩、炭质页岩、含碳千枚岩。

分布在乌什县北山一带的下石炭统由灰黑色含碳粉砂岩、粉砂岩、细砂岩组成,是其吕特克金矿点的赋矿层位。上石炭统脐山组分布于哈密盆地南缘、觉罗塔格北坡,岩性为灰色、深灰色薄层砂岩、泥质粉砂岩、炭质粉砂岩、灰岩夹凝灰岩、玄武岩,在觉罗塔格的康古尔金矿带内含碳碎屑岩建造中发现了金矿化。上石炭统东图津河组出露于博罗霍洛山、汗吉尕山、准噶尔阿拉套山南坡,为灰色、灰黑色浅海相生物碎屑灰岩、灰岩、碎屑岩,上部见火山碎屑岩,底部为炭质页岩。北山裂谷带上石炭统胜利泉组分布于哈密白玉山南部茅头山以西、淤泥河以南的胜利泉、白石地、印尼卡拉一带,下部为灰绿色砂岩、粉砂岩,中部为粉砂岩、炭质板岩、硅质板岩,上部为凝灰岩、凝灰质熔岩夹灰岩透镜体,该组厚逾400 m,已发现金矿化带和大青山小型金矿床,该区找矿前景颇好^①。

下二叠统库尔干组分布在温宿县小提坎立克泉沟到黑英山一带,为灰色粉砂质泥岩与细砂岩不均匀互层夹黑色炭质页岩、砂砾岩等。下二叠统巴立克立克组分布于柯坪苏巴什、巴立克立克村、皮羌山、特阿孙克托等地区,由灰、灰黑色灰岩及少量碎屑岩组成,中上部夹灰黑色炭质页岩。下二叠统开派兹雷克组分布于柯坪地区,为陆相杂色碎屑岩和玄武岩,下部夹煤线和黑色泥岩,上部夹炭质页岩。上二叠统沙井子组分布于柯坪、巴楚一带,为一套杂色细碎屑岩,局部发育炭质泥岩和煤层。上二叠统塔姆其萨依组分布于尼勒克县南群吉萨依一带,为陆相含煤碎屑岩建造,由灰色、灰黑色、灰绿色砂岩、泥灰岩、页岩组成,夹煤线、炭质泥岩、沥青质页岩和火山碎屑岩。上二叠统比尤勒包谷孜组分布于库车、拜城以北的比尤勒包谷孜干沟,岩性为杂色砾岩夹泥岩、粉砂岩,顶部发育黑色炭质粉砂岩。

上三叠统塔里奇克组出露于拜城县、库车县和乌恰县,岩性为灰色、灰白色砂岩、砾岩夹灰黑色粉砂岩、炭质泥岩及煤层。

新疆中一下侏罗统普遍为河湖沼泽相的含煤建造,黑色岩系分布广泛,主要为炭质页岩,少量油页岩。在含煤岩系的砂岩和煤层中赋存有煤岩型铀矿和砂岩型铀矿,如达拉地、蒙其古尔、苏克、萨瓦甫齐等铀矿^②。

2 黑色岩系与成矿的关系及矿床特征

2.1 黑色岩系与成矿的关系

近几年来,国内外与黑色岩系有关矿床的研究取得了重要进展^③,黑色岩系不但提供成矿物质,而且其本身也具有经济价值。黑色岩系与成矿的关系可归纳为:①黑色岩系本身含矿,如镍、钼、锰、金、铀、钒、银、铂、钨、铜、锌、钴等矿产直接产于黑色岩系中。湖南大庸、慈利镍钼矿床赋存在黑色白

云质页岩和黑色粉砂质页岩中,美国查塔努加页岩富含铀^④。②黑色岩系作为矿源层为后生矿床的形成提供成矿物质,如穆龙套金矿、库姆托尔金矿^⑤、波兰含铜页岩型铜银矿床、哥伦比亚祖母绿矿床^⑥、广西大厂锡多金属矿床^⑦。③黑色岩系改变了成矿流体的性质,导致金属矿物沉淀。波兰Kuperschifer铜矿床中富铜高银的矿石,可能是由下伏Rotliegendes层位的含铜溶液与Kuperschifer黑色页岩层内经生物硫酸盐还原生成的H₂S发生反应,导致铜大量堆积成矿^⑧。Pašava等^⑨认为黑色岩系对广西大厂锡多金属矿床中锡的沉淀起着明显的控制作用。④黑色岩系本身可作为复合肥料开发^⑩。

2.2 黑色岩系型矿床的特点

依据现有的资料,中国天山黑色岩系中的矿床分为3种类型。

其一为产于下寒武统底部黑色页岩中的沉积磷钒矿床,主要特征:①主要层位在黑色岩系的底部、下伏地层侵蚀面之上。赋矿岩性为灰色、灰黑色硅质岩、磷块岩、炭质页岩(板)岩、板岩、燧石层、灰岩、白云岩等。②矿体呈层状和似层状,与地层产状一致,一般有1~3层,含钒炭质板岩出露在磷矿层之上。③在磷块岩中常伴生钒、铀(如乌什县苏盖特布拉克中型钒磷矿),有的矿床中钒主要赋存在炭质板岩、板岩中(哈密市平台山磷钒矿)。④矿石具有块状和结核状构造。矿石中矿物有胶磷矿、玉髓、重晶石、绿泥石、褐铁矿、含钒绢云母、萤石、铀云母、含钒高岭土等。典型矿床有乌什县苏盖特布拉克中型钒磷矿,阿克苏市沙依里克、喀拉崆隆塔格、拜勒布拉克磷矿,哈密市平台山磷钒矿等。在该类型矿床中,磷、钒、铀等的成矿与黑色页岩密切相关,生物作用对矿床的形成起了重要作用。V、P在地壳中呈分散状态存在,在水体中容易被许多生物吸收而浓集。U虽然不能被生物大量吸收,但生物产生的有机质具有从海水中吸取U的能力,在地壳运动相当稳定时期处于缺氧的强还原环境下,富含P、V的生物大量死亡后聚集,经成岩作用形成矿床。

其二是赋存于侏罗系含煤黑色岩系中的铀矿,铀矿化集中在煤层和砂岩层中,矿体呈层状、似层状、透镜状。矿石类型分为砂岩型铀矿和煤岩型铀矿。U的赋存形式有铀矿物、吸附状态和类质同像。

其三为赋存在志留系、泥盆系和石炭系黑色岩系中的金矿床,有萨瓦亚尔顿大型金矿、大山口小型金矿、萨根托亥小型金矿、其吕特克金矿点、阿克牙孜金矿化点、科克布拉克金矿化点^⑪、阿特兹萨依金矿化点^⑫等。萨瓦亚尔顿大型金矿是典型代表,其特征简介如下。

萨瓦亚尔顿金(锑)矿床位于新疆西南天山褶皱带西端,乌恰县中吉边界附近。该矿床是新疆地勘局于1993年发现的。矿床位于塔里木板块北缘活动带与伊犁-伊塞克湖微板块的交接部位,即萨瓦亚尔顿-吉根大型剪切带上。该剪切带

① 毛景文,等.我国北方地区黑色岩系金铂成矿条件与境外对比研究.立项申请书,2004.

为区域内重要的控矿构造,次级韧-脆性剪切带和脆性破碎带控制着矿化带和矿体的分布。赋矿地层为上志留统塔尔特库里组和下泥盆统萨瓦亚尔顿组浅变质的含碳浊积岩。塔尔特库里组为一套含碳千枚岩、薄层状变质粉砂岩、薄层状变质砂岩,上部夹硅质岩、钙质砾岩和结晶灰岩。萨瓦亚尔顿组由薄层状含碳千枚岩和中厚层状变质细砂岩,局部夹变质粉砂岩组成。赋矿岩性为炭质或含碳的千枚岩,少数为变质粉砂岩。矿区未见大的侵入体,仅有少量基性岩脉出露,部分岩脉是蛇绿岩杂岩的一部分。目前共发现24条矿化蚀变带,均受韧脆性剪切带中的破碎带控制,呈线状、带状延伸。其中IV号矿化带规模最大。总体走向25°,倾向NW,倾角53°~80°,与围岩斜交,长度超过3870 m,宽度15~200 m。控制金矿体9个,其中3个矿体规模较大,长860~1390 m,厚度0.9~48.6 m,控制斜深70~505 m。其余矿体长小于100 m。矿体呈似板状、脉状、透镜状。矿石类型主要为含金石英细脉、网脉和浸染状的蚀变炭质千枚岩,部分为含金硅化粉砂岩。矿石中矿物多达40余种,金属矿物以黄铁矿、毒砂、脆硫锑铅矿、黄铜矿为主,辉锑矿、磁黄铁矿、银金矿、自然金、方铅矿、闪锌矿等次之。非金属矿物主要为石英、方解石、菱铁矿、绢云母、炭质等。萨瓦亚尔顿主成矿元素为Au,其次为Sb,金平均品位一般为 1.4×10^{-6} ~ 5.9×10^{-6} ,锑平均品位为1.28%。围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂化、碳酸盐化。均一温度变化于108~310℃之间,金主要形成阶段为160~300℃,盐度2.6%~10.3% NaCl^[13,21],具有浅成中-低温成矿作用特征。金矿石的微量元素、稀土元素、流体包裹体和稳定同位素分析表明,成矿物质来自地幔和赋矿的含碳细碎屑岩,成矿流体主要为大气降水^[10,13](杨富全,2004,未刊资料)。

萨瓦亚尔顿金矿床的形成与区域变质、剪切带的形成、演化有关。对比研究表明,萨瓦亚尔顿金(锑)矿与穆龙套金矿具有相似性,均赋存于浅变质含碳浊积岩系,受剪切带、断裂破碎带控制,金矿化呈细网脉状,品位低,规模大^[22]。但萨瓦亚尔顿矿床又具有特殊性,容矿岩系时代晚于穆龙套金矿床,浅成低温成矿,金、锑共生为特色,未见穆龙套矿床中出现的白钨矿、辉钼矿、硒化物、碲化物。

黑色岩系中各种金属的富集机制,目前多用多阶段逐步富集理论进行解释,即在沉积-成岩-浅变质-后期改造中金属元素活化-浓集。在沉积成岩阶段,由于大量黄铁矿和有机质的存在,金得到预富集,这是形成该类型矿床的前提和基础。

3 中亚黑色岩系型金矿

中国西邻国家大约有金储量7703 t,占2000年世界金总储量的16%,其中储量较多的国家有乌兹别克斯坦(5300 t)、哈萨克斯坦(1050 t)、塔吉克斯坦(573 t)、吉尔吉斯斯坦(540 t)^[23]。据西邻6个国家的33个大型独立金矿统计^[23],主要金矿类型为黑色岩系型(占30%)、热液型(占21%)、石英脉型(占15%)和陆相火山岩型(占9%)。由此可见,黑色岩系型金

矿在中亚地区具有举足轻重的地位。

乌兹别克斯坦的金储量主要集中在南天山的黑色岩系中(表1),其次为热液型和中天山的陆相火山岩型矿床中。黑色岩系型金矿包括穆龙套(资源量5400 t)、塔姆德布拉克(金储量55 t,资源量350 t)、道吉兹套(金储量180 t,资源量540 t)、阿曼泰套(金储量120 t,资源量180 t)、巴尔潘套(金储量70 t)、阿里斯坦套(金储量36 t)等金矿床。哈萨克斯坦金储量主要集中于北哈萨克斯坦、斋桑-准噶尔、巴尔喀什、楚伊犁、北天山和阿勒泰等地区,主要类型为石英脉型和黑色岩系型,其次为陆相火山岩型。黑色岩系型金矿主要有巴克尔奇克(金储量80~100 t,矿田资源量1200 t)、查尔库拉(金储量100 t,紧邻新疆边界线)、巴勒德扎尔等金矿床。吉尔吉斯斯坦的金矿床主要分布在天山地区,主要金矿床类型为黑色岩系型,其次是斑岩型、砂卡岩型。黑色岩系型有库姆托尔(金储量360 t,资源量590 t;据刘德权等^[17],金控制储量600 t,资源量达1000 t)、伊什坦贝尔格(金储量35 t)、萨瓦亚尔顿(金储量40 t)等金矿床。穆龙套金矿床是中亚黑色岩系型金矿床的典型代表,其特征简述如下。

穆龙套金矿是欧亚大陆最大的金矿床,位于乌兹别克斯坦齐尔库姆沙漠南缘,南天山褶皱带最西端的南Tamdytau山,靠近Dzhanbulak背斜和穆龙套-道吉兹套断裂交会部位^[24]。赋矿地层为中奥陶世一早志留世Besapan组,为一套浅变质的含碳岩系,由变砂岩、变粉砂岩和变泥岩组成。该组划分为4个亚组,自下而上为灰色、黑色、杂色和绿色别萨潘组,金矿化发育于杂色别萨潘组,岩石组合为变质粉砂岩、变泥质岩、片岩、炭质千枚岩、含碳变质粉砂岩、炭质绢云母片岩等,有机碳含量2%~7%。控矿构造为东西向缓倾斜褶皱构造和层间陡倾斜劈理带(剪切带),叠加北东向和北西向断裂破碎带。矿区内海西晚期酸性、基性岩脉发育,深部有隐伏花岗岩体。矿床平面形态为巨大网脉体,金矿化由顺层缓倾斜和陡倾斜的2组石英细脉和网脉组成,整体上为近直立的矿柱,向下延深可能3~6 km,到隐伏岩体尖灭^[25],金储量的70%集中在矿柱中。大石英脉组成矿体的中轴,周围有大量石英细脉。含金石英脉主要有3种,即缓倾斜石英脉、石英网脉和陡倾斜大石英脉,金主要富集在后二者中,特别是陡倾斜大石英脉中金品位较高,而缓倾斜石英脉金含量较低(0.03×10^{-6} ~ 0.3×10^{-6})^[24]。目前圈定出4个矿体,长800~1350 m,宽400~750 m,向下延深700~1000 m。围岩矿化蚀变有硅化、黑云母化、钠长石化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。矿石中硫化物含量低,最高2%~3%。主要金属矿物为黄铁矿、毒砂、自然金、白钨矿、磁黄铁矿、黄铜矿、自然铋、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、铋矿物等。脉石矿物为石英、钾长石、钠长石、黑云母,少量电气石、阳起石、透闪石、白云母、碳酸盐矿物等。主要成矿元素为Au、W、Bi和As,Sb和Ag次之。矿石金品位 1×10^{-6} ~ 29×10^{-6} ,最高可达 80×10^{-6} ,Ag 0.8×10^{-6} ~ 7.2×10^{-6} ,WO₃0.003%~1.73%,Cu 0.1%,Zn 0.2%~29%。矿区地球化学异常为Au、As、W、Mo、Pb、Zn、Hg组合异常,分布不对称,中间为Au异常,伴

表1 中亚黑色岩系中的金矿床基本特征
Table 1 Basic characteristics of gold deposits associated
with the black shales in Central Asia

矿床名称	国家	赋矿地层时代	矿床规模	品位/ 10^{-6}	资料来源
查尔库拉(Zharkulak)	哈萨克斯坦	元古宙	100t	10~15	彭守晋 ^①
苏兹德尔斯克(Suzdalskoe)	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		Zhautikov ^②
热列克(Zherek)	哈萨克斯坦	晚古生代	中型		彭守晋; Zhautikov
米亚里(Miyaly)	哈萨克斯坦		小型		Zhautikov
埃斯佩(Espe)	哈萨克斯坦		小型		Zhautikov
博尔什维克(Bolshevik)	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		Zhautikov
巴克奇奇克(Bakyrchik)	哈萨克斯坦	晚古生代	80~100t	10	彭守晋; Zhautikov
格鲁博吉洛格(Glubokyi Log)	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		Zhautikov
阿克扎尔(Akzhal)	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		彭守晋; Zhautikov
申塔斯(Sentas)	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		彭守晋; Zhautikov
巴勒德扎尔(Baladzhal)	哈萨克斯坦	晚古生代	中型		彭守晋; Zhautikov
中姆巴(Zhumba)	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		Zhautikov
库鲁宗(Kuludzhun)	哈萨克斯坦	晚古生代	中型		彭守晋; Zhautikov
麦梅尔	哈萨克斯坦	晚古生代	小型		彭守晋
库姆托尔(Kumtor)	吉尔吉斯斯坦	新元古代	590t	3.6	[26]; Mao et al ^③
萨瓦亚尔顿(Savoyardi)	吉尔吉斯斯坦	古生代	40t	6.1~8.7	[23]
伊什坦贝尔格(Ishtanberg)	吉尔吉斯斯坦	古生代	35t	6.5	[23]
塔姆德布拉克(Tamdybulak)	乌兹别克斯坦	古生代	55t		[23]
巴尔潘套(Balpantau)	乌兹别克斯坦	晚古生代	70t	>1	[23]
穆龙套(Muruntau)	乌兹别克斯坦	中奥陶-早志留世	资源量 5400t	一般为2~3 较富3.5~11	[4] [24,26,27,29,30]
阿里斯坦套(Aristantau)	乌兹别克斯坦	古生代	36t	0.5	[23]
道吉兹套(Daughyztau)	乌兹别克斯坦	中奥陶-早志留世	储量180t 资源量540t	2~5	[25,26,28,29]
阿曼泰套(Amantaitau)	乌兹别克斯坦	中奥陶-早志留世	储量120t 资源量180t	4.7	[25,26,28,29]

注:① 彭守晋.中国新疆北部及邻区贵重金属地质矿产图说明书.国家科技攻关305项目系列研究成果,1995.

② Zhautikov T M. Metallic mineral resources of the Republic of Kazakhstan (explanatory notes to the map at the scale of 1:1500000). 1994.

③ Mao J W, Konopelko D, Seltnann R, et al. Post-collisional age of the Kumtor gold deposit and timing of Hercynian events in the Tien Shan, Kyrgyzstan. Economic Geology (in press), 2004.

有As、W异常。金高品位石英大脉均一温度为225~320℃,盐度1%~12%NaCl,CO₂是主要气相成分,其次为CH₄、C₂H₂、C₂H₆、N₂等^[24]。金高品位石英大脉成矿时代为279 Ma±18 Ma(白钨矿Sm-Nd等时线年龄)^[30],代表穆龙套金矿主成矿阶段年龄,含金石英脉中绢云母的⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素年龄为245~220 Ma^[4],代表晚期成矿时代。

4 中国天山与中亚天山黑色岩系型金矿床对比

中国天山和中亚天山黑色岩系型金矿床有许多相似之处,归纳为:①产出的构造背景相同,主要在南天山造山带,其次为中天山造山带;②赋矿地层时代主要为古生代,其次

为新元古代,容矿岩系为含碳黑色碎屑岩系,具有浊流沉积特征,并经历了浅变质作用,赋矿岩性为炭质千枚岩(萨瓦亚尔顿、库姆托尔)、千枚岩、炭质板岩、炭质片岩(如查尔库拉)、含碳变质粉砂岩、变质砂岩;③断裂构造控矿明显,矿床或矿田位于缝合带(库姆托尔、萨瓦亚尔顿)、区域大断裂带或大型剪切带上,产于区域断裂交会部位的矿床规模较大(如穆龙套、道吉兹套),矿体位于破碎带中;④部分矿区出露成矿同期的岩体或岩脉,成矿与岩浆侵入活动密切相关(如穆龙套、大山口),根据地球物理资料,少部分矿田(阿曼泰套和道吉兹套)向下3~5 km处有隐伏岩体^[7];⑤围岩蚀变较强,主要类型有硅化、黄铁矿化、毒砂化(如萨瓦亚尔顿、道吉兹套)、钠长石化、钾长石化(如穆龙套、库姆托尔)、绢云岩化(如道吉兹套)、碳酸盐化、绿泥石化(如阿曼泰套)等;⑥矿化类型主要有含石英细脉和网脉的蚀变岩型和含金石英大脉型。

尽管中国天山和中亚天山黑色岩系型金矿床有许多相似之处,但各自的特点也很显著:①中亚天山黑色岩系型金矿的赋矿地层时代从新元古代到晚古生代,一些世界级矿床的赋矿地层时代为新元古代(如库姆托尔)和中奥陶世—早志留世(如穆龙套),但中国天山黑色岩系型金矿的赋矿地层时代主要集中在晚志留世—早泥盆世(如萨瓦亚尔顿、大山口),部分为石炭纪(如大青山),在更老的地层中还未发现金矿;②中亚天山黑色岩系型金矿数量多、规模大,具有世界级和超大型矿床,而中国天山黑色岩系型金矿数量少、规模小,仅有萨瓦亚尔顿金矿达到大型规模,其他为小型和矿化点;③中亚天山黑色岩系型金矿成矿时代主要为二叠纪,如穆龙套金矿主成矿阶段年龄为280~250 Ma^[25,30],库

姆托尔金矿成矿时代为 $(284.3 \pm 3.0) \sim (288.4 \pm 0.6) \text{ Ma}$ [●],道吉兹套和阿曼泰套成矿年龄为270~260 Ma^[26],但中国天山黑色岩系型金矿床的成矿时代略晚,萨瓦亚尔顿金矿成矿时代为三叠纪(含金石英脉的Rb-Sr等时线年龄为231 Ma^[21],含金石英脉的⁴⁰Ar/³⁹Ar坪年龄为210.6 Ma^[22]),大山口金矿成矿时代为晚三叠世^[23]。

造成中国天山和中亚天山黑色岩系型金矿床特征差异的原因是多方面的,其中基底构造具有明显差异。中亚天山地壳厚度一般小于60 km,特别是南天山造山带西段地壳厚度不到45 km,超岩石圈断裂发育,岩浆岩作用强烈,幔源物质更容易上升^[24]。中国南天山地壳厚度一般大于60 km,构造演化简单,壳幔作用较弱,不利于超大型矿床的形成。另外,中亚天山黑色岩系型金矿床多分布在区域大断裂内及附近或断裂交会部位,赋矿地层时代较老,炭质含量较高,具有较高的金丰度,经历的构造-岩浆-热事件多。经历多次挤压、拉伸和热液改造,特征是穿透地壳的深大断裂或大型剪切带,不仅变形强烈,而且是深部流体的通道,在张性环境下形成的破碎带为矿质沉淀提供了空间。

5 新疆天山地区黑色岩系型矿床的找矿方向

5.1 黑色岩系型金矿的找矿方向

横贯中亚的天山山脉绵延数千公里,黑色岩系广泛发育,在其中已发现几十个金矿(表1、图1),乌兹别克斯坦中部产出世界级的穆龙套金矿,吉尔吉斯斯坦有著名的库姆托尔金矿(与中国边境相距仅60 km),乌恰县中吉边界两侧各发现了一个同名的萨瓦亚尔顿金矿。新疆南天山是境外南天山的东延部分,黑色岩系相对发育,与中亚天山具有类似的构

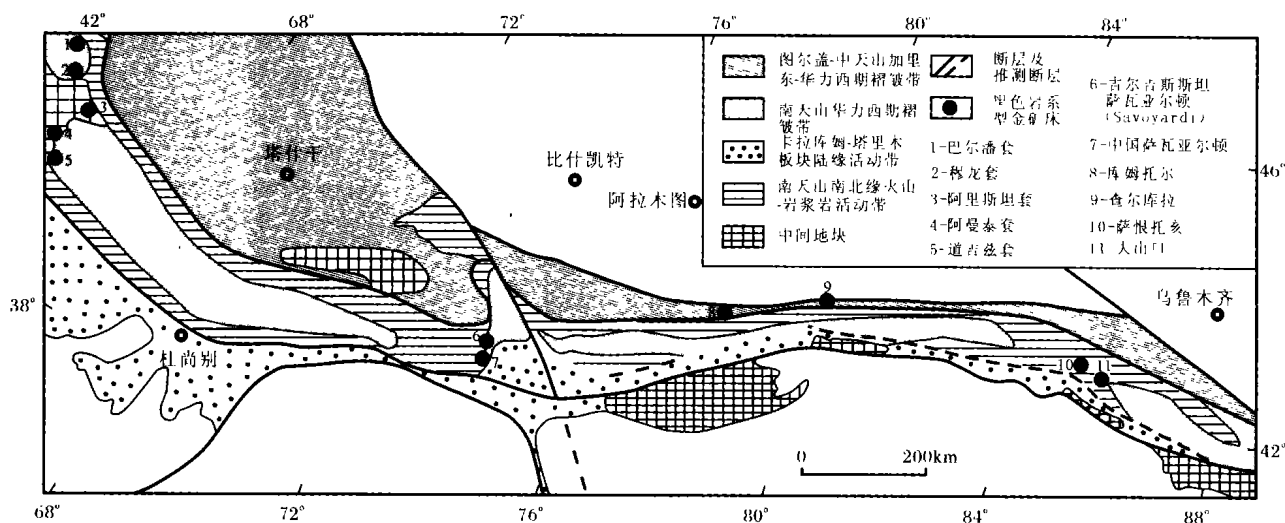


图1 中亚南天山成矿带主要黑色岩系型金矿床分布简图(据参考文献[34]简编)

Fig.1 Geological sketch map showing distribution of major gold deposits in black shales in the South Tianshan metallogenic belt of Central Asia

● Mao J W, Konopelko D, Seltmann R, et al. Post-collisional age of the Kumtor gold deposit and timing of Hercynian events in the Tien Shan, Kyrgyzstan. *Economic Geology* (in press), 2004.

造背景和地质演化历史,无疑具有良好的寻找黑色岩系型金矿的潜力。但由于自然条件差,工作程度低,目前发现的黑色岩系型金矿只有萨瓦亚尔顿大型金矿床、大山口小型金矿床、萨恨托亥小型金矿床、大青山小型金矿床及一些矿点、矿化点。这些黑色岩系型金矿的发现,表明新疆天山具有良好的找矿前景。在东阿赖地区的吉根—塔尔特库里、和静县乌兰赛尔一大山口、乌什北山、川乌鲁、哈尔克山北坡阿克牙孜河、科克苏河、菁布拉克、那拉提断裂北侧、北山等地区,均有黑色岩系出露,已圈定出不同比例尺的异常,并发现了金矿化。这些地区是最具前景的找金靶区^[13,23,35-37]。

对已发现的黑色岩系型金矿如萨瓦亚尔顿、大山口、萨恨托亥等应加大勘探力度,进行深部评价。特别是萨瓦亚尔顿金矿仅对Ⅳ、Ⅰ、Ⅱ、Ⅺ号带进行了普查工作,对长度超过3870 m的Ⅳ号带仅布置了8个钻孔,矿体的延深控制程度低,深部情况不很清楚,Ⅰ、Ⅱ、Ⅺ号等矿带未进行深部控制。在中国和吉尔吉斯斯坦边境吉方一侧,发现了同名的萨瓦亚尔顿金矿(与中国萨瓦亚尔顿金矿属同一矿田),金矿体主要分布在北东向断裂带上^[30],由细脉组成。地表未见氧化带,矿石品位较高,10号脉平均品位 6.1×10^{-6} ,4号脉平均品位 8.7×10^{-6} 。矿石中伴生锑、银、铅、锌、铜等,矿床储量约40 t^[23]。控矿的断裂带东延进入中国,可能与Ⅺ号矿化带对接。中国萨瓦亚尔顿金矿今后的找矿重点应放在Ⅺ号矿化带的评价工作中,特别是深部,对其他矿化带也应加大投入,寻找品位较富的原生矿。黑色岩系中一般Pt、Pd及分散元素等含量较高,今后工作中应对这些元素进行测定。探索与吉尔吉斯斯坦的地质工作者合作研究两国的萨瓦亚尔顿金矿,查明矿带的连接、矿床地质特征、控矿规律、成矿时代、矿床成因。

5.2 加强对黑色岩系型矿床的研究及其他矿种的找矿工作

新疆天山黑色岩系发育,但目前发现的与黑色岩系有关的矿种只有金、钒、铀、磷、锑。新疆黑色岩系及成矿作用的研究还处于起步阶段,缺乏系统的专题研究。对于新疆黑色岩系的分布、沉积特征、沉积环境、古构造、古地理背景、成因和与黑色岩系有关的矿产种类、控矿因素、生物作用参与成矿、黑色岩系型矿床与火山作用、矿床成因,与中亚黑色岩系型矿床的对比,新疆形成超大型黑色岩系型矿床的潜力评价等方面的研究力度不够。过去虽然认识到黑色岩系型矿床的重要性,但主要工作点集中在金矿上,而对黑色岩系中的钒、钴、铂、钼及其他贵金属和分散金属重视不够,特别是铂族金属应成为今后重视的找矿对象。值得一提的是,哈密市红柳河—大水—平台山一带发现一个铂族地球化学异常,显示该区黑色岩系找铂族矿的前景很好。今后也应注意寻找黑色岩系型铜、镍、钨、锰、铁、钴、铋、铬、硒等矿床。

参考文献:

- [1]于炳松,陈建强,李兴武,等.塔里木盆地寒武统底部黑色页岩地球化学及其岩石圈演化意义[J].中国科学(D),2002,32(5):374-382.
- [2]毛景文.与黑色页岩系有关的矿床研究的动向[J].矿床地质,2001,20(4):402-403.
- [3]Meyers P A, Pratt L M, Nagy B. Geochemistry of metalliferous black shales[J]. Chem. Geol., 1992, 99:211.
- [4]Wilde A R, Leyer P, Mernagh T, et al. The giant Muruntau gold deposit: geologic, geochronologic, and fluid inclusion constraints on ore genesis[J]. Economic Geology, 2001, 96:633-644.
- [5]Michalik M, Sawlowicz Z. Multi-stage and long term origin of the Kupferschirfer copper deposits in Poland[A]. In: Piestrzynski A, et al eds. Mineral deposits at the beginning of the 21th century[C]. Liss/Abingdon/Exton/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2001. 235-238.
- [6]新疆维吾尔自治区地质矿产局.新疆维吾尔自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1999.1-415.
- [7]《中国矿床发现史·新疆卷》编委会.中国矿床发现史·新疆卷[M]. 北京:地质出版社,1996.1-118.
- [8]王立本,叶锦华.新疆那拉提金矿带科克苏河上、中游地区金矿研究与评价取得突破[J].矿床地质,1998,17(1):14.
- [9]刘家军,郑明华,龙训荣,等.新疆萨瓦亚尔顿金矿床赋矿地层时代的重新厘定及其意义[J].科学通报,1997,44(6):653-656.
- [10]郑明华,张寿庭,刘家军,等.西南天山穆龙套型金矿床产出地质背景与成矿机制[M].北京:地质出版社,2001.1-131.
- [11]李新生,罗卫东.中国首例穆龙套型金矿——新疆萨瓦亚尔顿金矿地质特征[J].甘肃地质学报,1997,6(1):62-66.
- [12]郑明华,刘家军,龙训荣,等.我国首例穆龙套型金矿床的发现[J].矿床地质,1998,17(增刊):381-384.
- [13]叶庆同,吴一平,傅旭杰,等.西南天山金和有色金属矿床成矿条件和矿床预测[M].北京:地质出版社,1999.70-93.
- [14]鲍庆中,王宏,沙德铭,等.新疆和静县大山口金矿床成矿流体地球化学特征研究[J].西北地质,2003,36(2):43-49.
- [15]王登红.与黑色岩系有关矿床研究进展[J].地质地球化学,1997,2:85-88.
- [16]Leventhal J S. Comparison of organic geochemistry and metal enrichment in two black shale: Cambrian Alum shale of Sweden and Devonian Chattanooga shale of United States[J]. Mineralium Deposita, 1991,26:104-112.
- [17]刘德权,唐延龄,周汝洪.新疆穆龙套型金矿的找矿方向[J].黄金科学技术,1998,6(1):18-23.
- [18]Cheilletz A, Royant J C. The black shale-hosted Colombian emerald deposits: a synthetic genetic model with emphasis on the source of beryllium[A]. In: Piestrzynski A, et al eds. Mineral deposits at the beginning of the 21th century [C]. Liss/Abingdon/Exton/Tokyo: A. A. Balkema Publishers, 2001.43-46.
- [19]Pašava J, Kříbek B, Dobeš P, et al. Tin-polymetallic sulfide deposits in the eastern part of the Dachang tin field (South China) and the role of black shales in their origin[J]. Mineralium Deposita, 2003, 38:39-66.
- [20]杨富全,王立本,边红叶.新疆昭苏县阿特亥萨金矿化带特征[A].见:国土资源部实物地质资料中心集刊[C].北京:地质出版社,2001,第15号:33-43.

- [21]杨富全,王立本,叶庆同,等.新疆西南天山金矿床成矿流体特征[J].矿床地质,2002,21(增刊):1072-1075.
- [22]杨富全,傅旭杰.新疆南天山成矿带矿床成矿系列[J].地球学报,2000,21(1):38-43.
- [23]戴自希,白冶,吴初国,等.中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究[M].北京:地震出版社,2001.1-201.
- [24]Graupner T, Kempe U, Spooner E T C, et al. Microthermometric, Laser Raman spectroscopic, and volatile-ion chromatographic analysis of hydrothermal fluids in the Paleozoic Muruntau Au-bearing quartz vein ore field, Uzbekistan[J]. Economic Geology, 2001, 96:1-23.
- [25]Shayakubov T, Islamov F, Kremenetsky A, et al. Au, Ag and Cu deposits of Uzbekistan[M]. Excursion Guidebook. International Field Conference of IGCP-373, Excursion B6 of the Joint SGA-IAGOD Symposium. London/Tashkent, 27/28 August-4 September, 1999. 1-74.
- [26]Yakubchuk A, Cole A, Seltmann R, et al. Tectonic setting, characteristics, and regional exploration criteria for gold mineralization in the Altaid orogenic collage: The Tien Shan province as a key example[A]. In: Goldfarb R, Nielsen R L eds. Integrated methods for discovery: Global exploration in the Twenty First Century[C]. United States: Society of Economic Geologists, Special Publication, 2002, 9:177-201.
- [27]陈哲夫,周守濡,乌统旦.中亚大型金属矿床特征与成矿环境[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999.1-265.
- [28]涂光炽.初议中亚成矿域[J].地质科学,1999,34(4):398-399.
- [29]毛景文,韩春明,王义天,等.中亚地区南天山大型金矿带的地质特征、成矿模型和勘查准则[J].地质通报,2002,21(12):858-868.
- [30]Kempe U, Belyatsky B V, Krymsky R S, et al. Sm-Nd and Sr isotope systematics of scheelite from the giant Au(-W) deposit Muruntau (Uzbekistan): implications for the age and sources of Au mineralization[J]. Mineralium Deposita, 2001, 36:379-392.
- [31]叶锦华,叶庆同,王进,等.萨瓦亚尔顿金(锑)矿床地质地球化学特征与成矿机理探讨[J].矿床地质,1999,18(1):63-72.
- [32]刘家军,龙训荣,郑明华,等.新疆萨瓦亚尔顿金矿床石英的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化年龄及其意义[J].矿物岩石,2002,22(3):19-23.
- [33]刘家军,李恩东,龙训荣,等.西南天山大山口金矿床中石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化年龄及其意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2004,34(1):37-43.
- [34]杨建国,闫晔轶,徐学义,等.西南天山成矿规律及其与境外对比研究[J].矿床地质,2004,23(1):20-30.
- [35]陈哲夫.新疆与邻区南天山超大型金矿成矿条件和找矿方向[J].新疆地质,2002,20(3):229-232.
- [36]中国地质调查局.全国主要成矿远景区矿产资源调查评价重点选区研究(一)[M].北京:地质出版社,2003.50-157.
- [37]杨富全,叶庆同,叶锦华,等.新疆西南天山金成矿规律及找矿方向[J].地球学报,1999,20(增刊):260-263.