

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2019.06.06

引用格式: 齐新国,王广,付茂英,等.冀西北坝上地区石墨矿成矿模式及找矿模型[J].中国地质调查,2019,6(6): 48-55.

冀西北坝上地区石墨矿成矿模式及找矿模型

齐新国¹, 王广¹, 付茂英¹, 张燕波²

(1. 中国建筑材料工业地质勘查中心河北总队, 保定 071051; 2. 保定理工学院, 保定 071000)

摘要: 通过分析冀西北坝上地区石墨矿地质背景、含矿带、矿体、含矿建造、变质变形及混合岩化特征, 总结得出该区石墨矿的成矿特征。通过对比区域典型石墨矿床与同一成矿带相邻石墨矿床的地质特征, 结合区域大地构造演化规律, 总结了石墨矿的成矿模式。按照“三位一体”找矿理论, 总结了石墨矿的成矿地质体及构造特征, 构建了石墨矿综合找矿模型。该区石墨矿呈似层状赋存于红旗营子岩群含石墨变粒岩中, 矿带分布受大型复式褶皱控制, 含矿建造的沉积时代为古元古代早期, 变质成矿时代为古元古代中期, 变质程度为角闪岩相, 成因类型为区域变质型。该区为浅覆盖区, “低阻-高极化”物探异常是重要的地球物理找矿标志, 地质-物探-钻探相结合是石墨找矿快速、有效的手段。

关键词: 冀西北; 晶质石墨矿; 红旗营子岩群; 成矿模式; 找矿模型

中图分类号: P619.252; P612

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2019)06-0048-08

0 引言

石墨矿已被列入新材料、新能源矿产, 在战略新兴产业中的应用潜力巨大, 越来越受到人们的关注^[1]。冀西北地区是我国前寒武系分布较广的地区之一, 位于我国重要的大鳞片晶质石墨成矿带上, 即华北陆块北缘中段石墨成矿带中部^[2], 是河北省石墨矿的重要成矿区。此外, 冀西北地区是浅覆盖区, 矿产地多为金属矿产, 石墨矿勘查工作开展较少, 对典型石墨矿床及区域成矿规律的研究程度相对较低, 相关的找矿模型及矿产预测资料也较少。近年来, 张家口地区石墨矿资源调查评价工作取得了较好的找矿效果, 提交张北县义哈德石墨矿和康保县后大兴德石墨矿2处矿产地, 晶质石墨找矿靶区6处, 为进一步总结冀西北坝上地区石墨矿成矿规律及找矿预测提供了基础资料。本文通过总结冀西北坝上地区石墨矿的成矿特征, 分析矿床成因并总结成矿模式, 构建找矿模型, 为该区下一步石墨找矿工作提供参考。

1 区域地质背景

研究区一级大地构造单元为柴达木—华北板块, 二级构造单元为华北陆块, 三级构造单元为华北陆块北缘隆起带^[3]。研究区位于康保—围场区域断裂与尚义—赤城区域断裂交汇处, 古元古界红旗营子岩群变质岩构成结晶基底, 盖层主要为侏罗系陆相火山沉积建造、新近系玄武岩建造及第四系河湖相建造。区内地(岩)层经历了不同构造期次的变形改造, 褶皱、断裂较发育, 形成了复杂的构造格局。区内岩浆活动强烈, 发育古元古代、中元古代、二叠纪及侏罗纪侵入岩(图1)。

研究区位于华北陆块北缘中段冀北隆起 Pb-Zn-Ag-Mo-萤石-石墨成矿亚带上^[4]。古元古界红旗营子岩群是石墨矿的含矿层, 由下至上进一步划分为太平庄变粒岩夹斜长角闪岩-磁铁矿石岩组合和东井子二长浅粒岩-石墨变粒岩-大理岩组合。前者分布于张北南部、崇礼北部及赤城北部, 沿尚义—赤城断裂北侧分布; 后者沿康保—围场区域断裂以南康保中南部分布。

收稿日期: 2019-03-25; 修订日期: 2019-06-25。

基金项目: 中国地质调查局“中西部地区晶质石墨等特种非金属矿产调查(编号: DD2016058)”项目资助。

第一作者 齐新国(1965—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。Email: 369564583@qq.com。

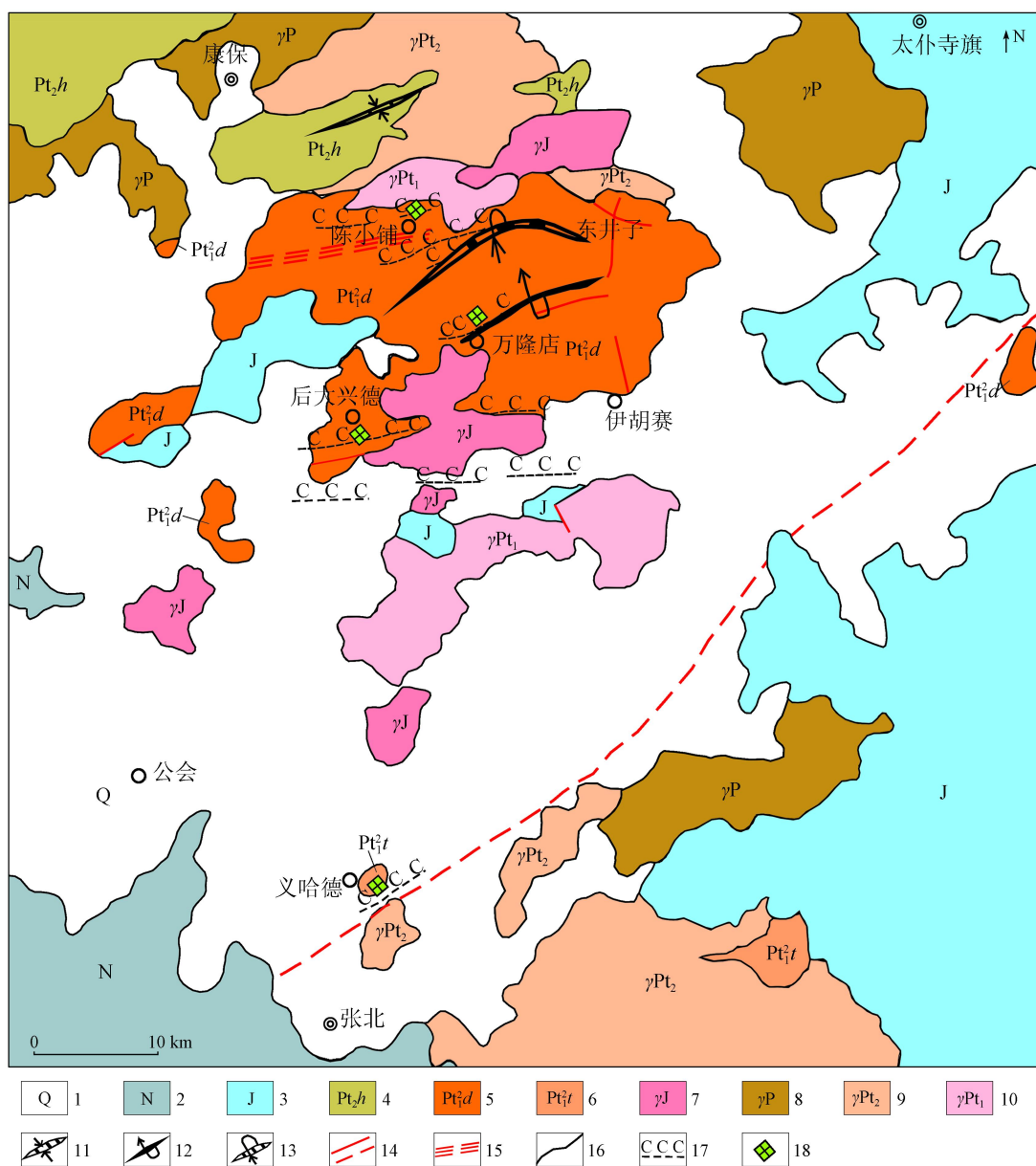


图1 研究区地质简图

Fig.1 Geological sketch of the study area

连续,石墨矿主要呈近 EW 向或 NE 向带状分布在华北陆块北缘隆起带南部及北部。

南矿带分布于尚义—赤城断裂北侧张北—崇礼—赤城一线,含矿地层为红旗营子岩群太平庄岩组下部,主要岩石类型为变粒岩、浅粒岩和大理岩,夹片麻岩、角闪岩和石英岩等。通过开展激电中梯面积测量,在张北县大柳沟—五福堂一带发现 1 个呈 NE 向带状展布的大规模矿化区,长约 6 000 m,平

2 成矿特征

2.1 成矿带

区内石墨矿是由泥质岩、碎屑岩和碳酸盐岩建造经角闪岩相区域变质作用后形成的,与变质作用伴生的变形作用使含石墨地层褶皱及含矿层重复出现。后期岩浆活动及构造运动造成基底出露不

芳芳数据

均宽约 900 m。经钻探工程验证,提交义哈德大型石墨矿产地 1 处。该矿产地含矿层厚约 150 m。在 TC04 探槽中共圈出 5 层矿体,平均品位 3.94%;在 ZK401 钻孔中见 2 层矿体,总厚约 61.91 m,平均品位 4.70%;在 ZK301 钻孔中见 3 层矿体,总厚约 66.13 m,平均品位 5.57%。矿体顶板为蛇纹石化含石墨橄榄大理岩、透辉透闪大理岩和石英岩;矿体底板为黑云(角闪)斜长变粒岩和角闪黑云斜长变粒岩。矿石类型为变粒岩型晶质鳞片状石墨,由含石墨二长浅粒岩、石墨浅粒岩和石墨变粒岩组成。矿石中石墨片度 >100 目者占石墨鳞片的 65%。

北矿带分布于康保县中南部,西段从三百顷、郝车馆向东经兰城子、闫油坊延伸至内蒙古伊胡赛和东井子地区。该矿带含矿地层为红旗营子岩群东井子岩组,主要岩石类型为变粒岩和浅粒岩,夹大理岩透镜体。矿体呈似层状、透镜状,矿石类型为变粒岩型,主要有石墨斜长变粒岩、褐铁矿化石墨斜长变粒岩、含石墨透辉二长变粒岩和含石墨透辉钾长变粒岩。受两面井复背斜和东井子复向斜控制,含矿层褶皱重复出现,又可分为 6 个亚带,由南向北依次为:

(1)哈必嘎—黄花脑包亚带。分布于板申图—下白井勿素—黄花脑包一带,长约 20 km,宽约 1.5 km,地表被第四系覆盖。该带有多处低阻—高极化激电异常,经钻孔验证,异常多数由石墨化变质岩引起。

(2)三百顷—大兰城亚带。分布于三百顷、后大兴德、大兰城一带,长约 9 700 m,平均宽约 2 300 m,该带有多处低阻—高极化激电异常,地表见石墨二长变粒岩和含石墨黑云二长变粒岩。在三百顷—后大兴德一带发现 5 个石墨矿致异常,单个异常长 1 670 ~ 2 280 m。通过探槽及钻孔对其中 3 个异常进行验证,见矿厚度分别为 11.32 m、12.07 m 和 17.50 m,固定碳平均含量为 2.87% ~ 3.20%。矿石中石墨片度 >100 目者占石墨鳞片的 68%。

(3)尹家营子—万隆店亚带。长约 6 000 m,平均宽约 660 m,该矿带东部已发现万隆店大型石墨矿 1 处。矿区含石墨地层厚 50 ~ 100 m,共探明 2 个矿体,控制长度分别为 480 m 和 960 m,最大延深均为 860 m,矿体厚 3.01 ~ 78.67 m,平均厚度分别为 13.17 m 和 26.84 m,平均品位分别为 3.47% 和 3.64%。矿石中石墨片度 >100 目者占石墨鳞片的 95%。

(4)三义公司村—赵植村亚带。长约 2 500 m,宽 1 ~ 15 m,带内分布黑云斜长变粒岩、褐铁矿化含石墨变粒岩和浅粒岩,固定碳含量为 2.00% ~ 3.69%。

(5)郝车馆—闫油坊村亚带。长约 5 800 m,宽 1 ~ 36 m,带内分布角闪黑云斜长变粒岩和褐铁矿化含石墨变粒岩。该带发现 2 个石墨矿致异常,经探槽揭露,地表见 4 层褐铁矿化含石墨变粒岩,单层厚 1 ~ 4 m,固定碳含量为 2.84% ~ 5.0%,最高含量为 14.02%。

(6)郭油坊—陈小铺亚带。长约 6 200 m,其中郭油坊村出露长约 2 250 m,宽 30 ~ 120 m,出露岩性为含石墨浅粒岩,局部为褐铁矿化变粒岩,目估品位 ≤ 1%。在陈小铺村北发现 1 个低阻—高极化异常,经 ZK19-2 钻孔验证,石墨含矿层厚约 60 m,圈出的 2 个石墨矿体厚度分别为 5.04 m 和 17.92 m,平均固定碳含量分别为 4.83% 和 3.61%。矿石为含石墨黑云斜长变粒岩,矿石中石墨片度 >100 目者占石墨鳞片的 75%。

2.2 含矿建造

含矿建造主要有太平庄岩组和东井子岩组。

(1)太平庄岩组(Pt_1t)。下部以黑云(角闪)斜长变粒岩、角闪黑云斜长变粒岩为主,夹(含石墨、石榴石)黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、(石榴)斜长角闪岩、含石墨大理岩及条纹状浅粒岩和少许长石石英岩;上部以角闪黑云斜长片麻岩为主,夹角闪黑云斜长变粒岩、含黑云二长浅粒岩及斜长角闪岩等。太平庄岩组原岩为一套中、基性火山岩—砂岩、泥质岩—碳酸盐岩组合,中、基性火山岩发育,沉积岩以杂砂岩及粉砂岩为主,反映岛弧及大陆边缘弧剧烈动荡的构造环境^[3]。

(2)东井子岩组(Pt_1d)。下部以二长浅粒岩为主,夹黑云斜长变粒岩、含石墨黑云斜长变粒岩、含石墨浅粒岩;上部以含石榴黑云二长变粒岩、黑云斜长变粒岩、含石墨黑云二长变粒岩、石墨二长变粒岩为主,夹二长浅粒岩、石榴二长浅粒岩及大理岩透镜体;顶部为含石墨大理岩夹透闪透辉大理岩。东井子岩组原岩为富铝黏土岩—砂岩及粉砂岩—碳酸盐岩组合,与太平庄岩组相比,东井子岩组火山活动微弱,沉积岩中黏土质增多,反映相对稳定的浅海陆棚沉积环境^[3]。

2.3 变质变形及混合岩化

研究区主期区域变质作用主要发生于吕梁构

造运动晚期(古元古代晚期),变质含碳泥质砂岩类(含石墨石榴黑云斜长变粒岩)典型矿物组合为斜长石、石英、黑云母、石榴子石、石墨,其中石墨呈鳞片状,片径为 0.1~0.5 mm。主期区域变质作用温度为 530~680 ℃,压力为 0.3~0.7 GPa^[3],变质相为角闪岩相,变质带为十字石变质带,属中温-中低温-中低压型角闪岩相。

研究区位于 NEE 向大型复式向形褶皱南翼,发育次级束带状褶皱或褶皱束。褶皱是区内主要控矿构造,复式同斜倒转褶皱造成含矿层重复出现,含矿带受褶皱控制。成矿后的断裂或造成含矿层重叠,矿体加厚,或造成矿层错移,矿体被破坏,如义哈德石墨矿即受逆冲推覆断层破坏,造成上、下盘矿体拉开距离较远,目前找到的仅是上盘矿体。

伴随吕梁晚期构造运动,该区发生了混合岩化作用,以钾长花岗质混合岩化为特征。混合岩化较强地段多位于古元古代晚期变质钾长花岗岩周围、韧性剪切带、断裂带及其附近,变质钾长花岗岩与断裂关系最密切。

2.4 激电异常

研究区不同岩(矿)石的电性差异较大。含石墨岩石(变粒岩、浅粒岩、大理岩)的视极化率一般≥6%,最高达 23%,视电阻率较低,一般为 20~350 Ω·m。红旗营子岩群不含石墨的变粒岩、浅粒岩、侏罗系火山沉积岩及侵入岩的视极化率一般<2%,视电阻率较高,一般为 100~1 500 Ω·m。

区内大部分地段视极化率为 1.0%~1.5%,且变化平缓,构成该区背景场。当视极化率为 2.5%~6.0%时,指示存在多金属矿;当视极化率≥6%时,形成强激电异常,这类异常一般规模较大,形态

较规则,异常边界梯度大,其展布与含石墨地层有关。在低阻(视电阻率≤350 Ω·m)-高极化(视极化率≥6%)情况下,异常区往往与含石墨地层关系密切。

3 成矿模式

通过与黑龙江柳毛,山东南墅,内蒙古兴和、查汗木胡鲁等典型矿床进行对比^[5-10],发现在成矿地质条件及成矿作用等方面,研究区石墨矿与上述典型矿床具有相似性(表 1)。目前,在华北陆块北缘中段石墨成矿带已查明石墨矿床 30 多个,通过区域地层对比研究^[11],将冀晋蒙接壤地带石墨矿床的赋存层位、主要成矿期及成矿作用特征列于表 2。

区域变质型石墨矿主要由富有机质地层经变质作用形成^[12],可分为沉积期和变质变形期,沉积建造中的有机质含量决定了后期矿石品位的高低。古元古代早期,该区为一套在陆缘环境下形成的碎屑岩和碳酸盐岩组合,在浅海稳定的沉积环境中,泥砂质、半黏土质、黏土质及含有机碳的泥灰质、富镁碳酸盐岩形成有序的沉积系列^[13],在成岩过程中有机质发生分解、迁移,碳质相对富集,出现含碳较高的岩段。古元古代中期,吕梁构造运动导致该地层发生强烈的变形作用及低角闪岩相区域变质作用,含有机碳的泥砂质沉积岩在高温高压环境下,岩石中的有用组分因变质热液迁移而富集,原岩中大量有机碳在封闭还原条件下发生脱氧、脱氢反应,通过交代重结晶作用形成鳞片状石墨晶体,富含碳质的岩层形成石墨矿层。伴随吕梁晚期构造运动,该区发生大规模中酸性岩浆侵入及混合岩

表 1 研究区石墨矿床与典型石墨矿床特征

Tab.1 Characteristics of graphite deposits in the study area and typical graphite deposits

矿床名称	赋矿地层	变质时代	变质相	固定碳含量/%	石墨片径/mm
黑龙江柳毛	麻山群西麻山组	吕梁期	麻粒岩相-角闪岩相	平均 9.76	0.05~1.00
山东南墅	荆山群陡崖组	吕梁期	麻粒岩相-角闪岩相	3.00~5.00	0.10~0.60
山西大同	集宁岩群	吕梁期	麻粒岩相	2.80~4.11	>0.15 占 95%
内蒙古兴和	集宁岩群	吕梁期	麻粒岩相	平均 4.10	>0.15 占 85%
内蒙古查汗木胡鲁	乌拉山岩群	吕梁期	麻粒岩相	平均 5.45	>0.15 占 98%
河北赤城龙关	崇礼岩群艾家沟岩组	吕梁期	角闪岩相	平均 3.09	>0.15 占 99%
河北康保万隆店	红旗营子岩群东井子岩组	吕梁期	角闪岩相	平均 3.58	>0.15 占 95%
河北康保后大兴德	红旗营子岩群东井子岩组	吕梁期	角闪岩相	平均 4.01	>0.15 占 81%
河北康保陈小铺	红旗营子岩群东井子岩组	吕梁期	角闪岩相	平均 3.88	>0.15 占 75%
河北张北义顺	红旗营子岩群太平庄岩组	吕梁期	角闪岩相	平均 4.25	>0.15 占 65%

表 2 冀晋蒙接壤地带石墨矿主要成矿期、成矿作用及典型矿床

Tab. 2 Main metallogenic epoch, mineralization and typical deposits of graphite deposits in the contiguous areas of Hebei, Shanxi and Inner Mongolia

成矿期	构造运动	矿床类型	成矿作用及典型矿床
中元古代	华力西运动	区域变质型(绿片岩相—低角闪岩相)	成矿作用发生于变质基底裂解、陆缘裂谷裂陷海盆形成演化阶段,形成化德群和白云鄂博群。典型矿床为内蒙古大乌淀石墨矿、河北康保浅变质石墨矿
古元古代	吕梁运动	区域变质型(角闪岩相)	成矿作用发生于古陆核第四增生期,形成红旗营子岩群。典型矿床为内蒙古哈达沟门石墨矿、河北康保万隆店石墨矿、河北张北义哈德石墨矿
		区域变质型(麻粒岩相)	成矿作用发生于古陆核第三增生期,形成集宁岩群。典型矿床为内蒙古兴和石墨矿、山西大同石墨矿、河北尚义松树沟石墨矿
新太古代	五台运动	区域变质型(角闪岩相)	成矿作用发生于古陆核第二增生期华北陆块逐步形成阶段,形成崇礼岩群艾家沟岩组。典型矿床为河北赤城龙关石墨矿
	阜平运动	区域变质型(麻粒岩相)	成矿作用发生于陆缘裂谷期后盆地发展稳定过渡阶段,形成桑干岩群右所堡岩组。典型矿床为河北怀安大窑沟石墨矿

化作用,经过重熔和再富集,石墨鳞片增大^[6]。研究区石墨矿区域成矿模式如图 2 所示。

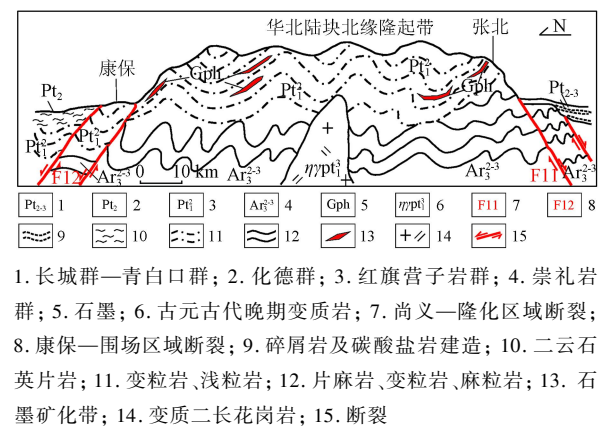


图 2 研究区石墨矿区域成矿模式

Fig. 2 Regional metallogenic model of graphite deposits in the study area

4 找矿模型

区域变质型石墨矿床多位于特定的含矿层,空间分布受褶皱控制。因此,首先应研究区域含矿层的分布特征,其次研究区内激电异常特征。大面积激电高异常往往与石墨矿化层对应较好,是寻找石墨隐伏矿体的重要标志。激电测深剖面测量可大致推测含矿层的深部延伸情况,对勘查工程的布设具有较好的指导意义。在综合地质、物探资料的基础上,总结研究区石墨矿找矿模型。

首先开展 1:50 000 矿产地质建造—构造填图,对含矿层进行初步了解,圈定含矿带;其次,在含

矿带上开展 1:25 000 激电中梯面积性测量,圈出重点工作区;最后,在重点工作区开展 1:10 000 地质填图及物探异常验证(钻探、槽探)。该区已发现的石墨矿多为隐伏、半隐伏矿体,在矿化异常上开展激电测深工作,推测矿化体埋深及产状,利用勘查工程进行验证。根据激电中梯测量,在义哈德石墨矿圈出激电异常,探槽揭露发现了石墨矿体。为进一步了解异常形态,在 8 线布设 6 个测深点,与激电中梯剖面 31 点—43 点对应。由激电中梯剖面曲线图(图 3(a))可知,剖面 32 点—38 点之间约 360 m 范围内,石墨含矿层整体视极化率较高,且向小号点方向倾斜,异常区与地表揭露的含矿层套合较好。由对称四极测深视极化率等值线断面图(图 3(b))可知,120 点—360 点与激电中梯剖面 32 点—38 点对应,该区域分布 1 个视极化率整体 >10% 的高极化异常区,异常区向小号点方向倾斜,异常两侧视极化率较低,与激电剖面反映的情况基本一致。由对称四极测深视电阻率等值线断面图(图 3(c))可知,120 点—360 点之间有 1 个视电阻率整体 <50 Ω·m 的区域,表现为低电阻率,与激电中梯剖面曲线图(图 3(a))的异常区及对称四极测深视极化率等值线断面图(图 3(b))的高极化异常分布区对应,异常区向小号点方向倾斜。为进一步验证石墨矿体的深部含矿性,在激电中梯剖面 32 点附近布设 ZK401 钻孔进行验证。由实测地质剖面图(图 3(d))可知,钻孔内石墨含矿层的赋存情况与激电测深断面及激电中梯剖面显示的信息基本一致。按照“三位一体”找矿理论^[14],建立研究区石墨矿找矿模型(表 3)。

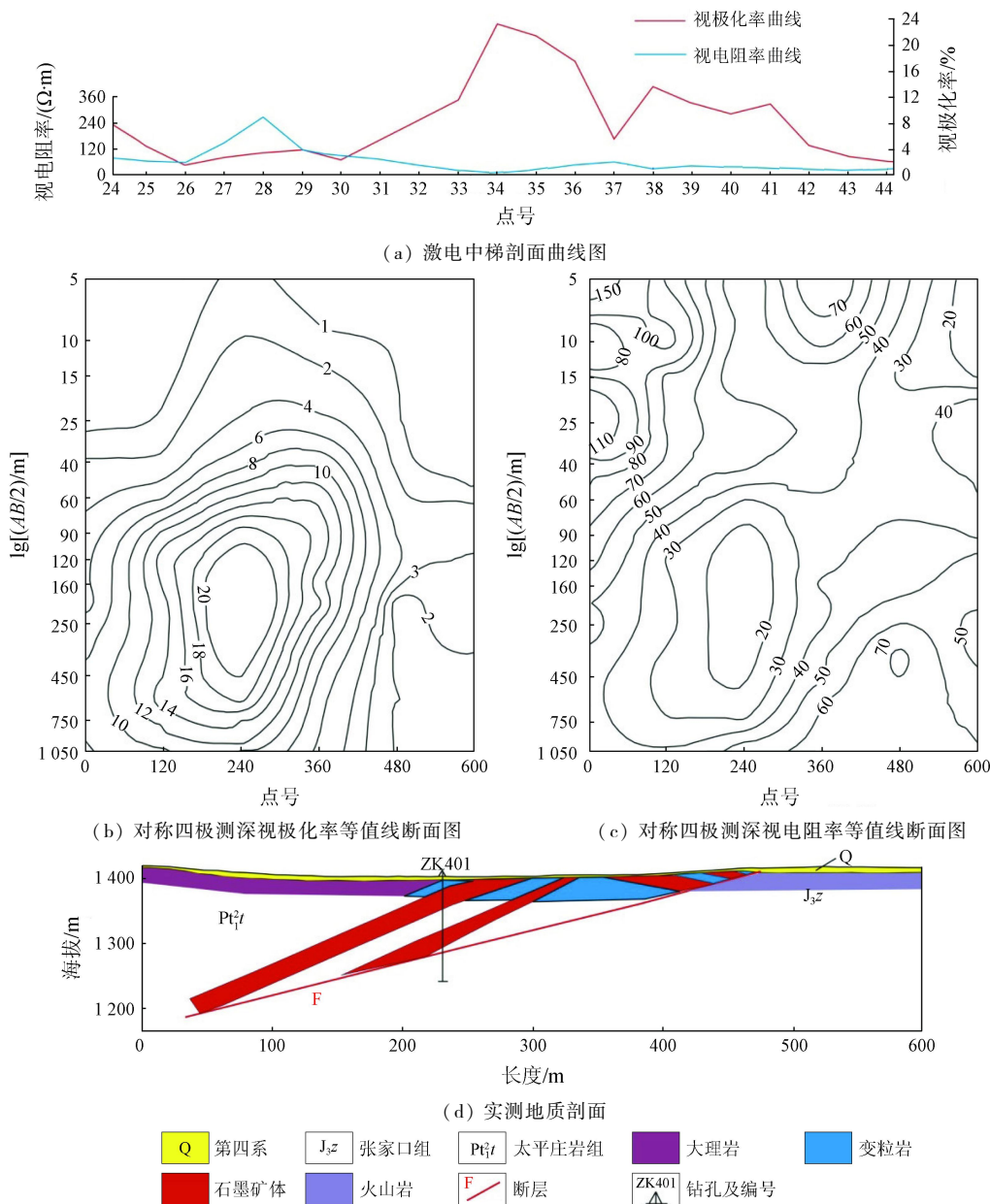


图3 义哈德石墨矿地质-物探综合剖面

Fig. 3 Geological and geophysical integrated exploration section of Yihade graphite deposits

表3 研究区石墨矿找矿模型简表

Table.3 Prospecting pattern of graphite deposits in the study area	
成矿特征项	主要标志
构造位置	阴山—冀北微陆块张北—围场断裂
含矿层形态、产状、规模	含矿层多呈层状、似层状、透镜状，与地层整合产出，长几百米至几千米，厚几米至150 m
成矿时代	古元古代
赋矿地层	古元古界红旗营子岩群太平庄岩组和东井子岩组
岩石组合	变粒岩类、浅粒岩类、大理岩类
成矿期次	沉积后经历了复杂强烈的多期次变质变形改造，分为沉积期和变质变形期
岩石地球化学	以SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、Fe ₂ O ₃ 为主，硅、铝含量高
原岩建造及成矿环境	含黏土质长石石英砂岩—富黏土质长石杂砂岩夹黏土岩和粉砂岩，浅海陆棚盆地有机质在还原条件下脱氧、脱氢，结晶成鳞片状石墨；沉积期为浅海环境，变质变形期温度530~680℃、压力0.3~0.7 GPa

万方数据 成矿物理化学条件

(续表)

成矿特征项		主要标志
成矿地质体	变质相	角闪岩相
	混合岩化	较强,发育条带状混合岩、均质混合岩
	成因	沉积地层中含大量有机质;发生强烈的多期变质作用
成矿构造	成矿构造体系	变质变形构造体系
	成矿结构面	大型复式褶皱
成矿标志	矿体	多呈层状、似层状、透镜状,受大型褶皱控制
	矿石矿物	矿石矿物为石墨,脉石矿物为石英、长石、黑云母、石榴石、方解石及少量褐铁矿
	结构构造	鳞片粒状变晶结构,弱片麻状构造、块状构造
	成矿物质来源	泥质、泥砂质中的有机碳
	成矿期次	沉积时代为古元古代早期,变质成矿时代为古元古代中期
	岩浆活动及混合岩化	石墨鳞片重结晶,片径加大、富集
	激电异常	矿化岩石视电阻率低、视极化率高,以视电阻率 $\leq 350\ \Omega\cdot\text{m}$ 、视极化率 $\geq 6\%$ 可圈出石墨矿化体

5 结论

(1)冀西北坝上地区含矿建造形成于陆缘浅海环境,成矿物质来源于沉积地层中的有机碳。成岩时代为古元古代早期,变质成矿时代为古元古代中期,后期岩浆侵入及混合岩化作用使石墨鳞片增大。

(2)根据地质和地球物理特征构建的石墨矿找矿模型,实际应用的关键是有无含石墨建造及激电异常,模型其他特征对找矿也具有一定的指示作用。

(3)冀西北坝上地区石墨矿多为隐伏、半隐伏矿体,采用地质-物探-勘查工程综合找矿技术方法组合,找矿效果较好。

参考文献:

[1] 孙艳,王登红,黄凡,等. 新能源新材料矿产简明读本[M]. 北京:地质出版社,2017:119-163.

[2] 颜玲亚,高树学,陈正国,等. 中国石墨矿成矿特征及成矿区带划分[J]. 中国地质,2018,45(3):421-440.

[3] 河北省区域地质矿产调查研究所. 中国区域地质志·河北志[M]. 北京:地质出版社,2017:1034-1042.

[4] 陈毓川,王登红,徐志刚,等. 中国重要矿产和区域成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2015:702-723.

[5] 柴静,刘树友. 鸡西柳毛石墨矿床地质特征及成因浅析[J]. 黑龙江地质,1992,3(2):47-55.

[6] 颜玲亚,高树学,孙莉,等. 我国区域变质型石墨矿成矿特征及成矿要素[J]. 中国非金属矿工业导刊,2018(3):21-24.

[7] 王时麒. 内蒙兴和石墨矿含矿建造特征与矿床成因[J]. 矿床地质,1989,8(1):85-96.

[8] 郑永涛,高洁,孙莉,等. 内蒙古阿拉善左旗查汗木胡鲁晶质石墨矿地质特征及找矿标志[J]. 地质学刊,2016,40(4):695-700.

[9] 马德清. 内蒙古自治区乌拉特中旗新忽热一带晶质石墨矿成矿地质条件及找矿潜力分析[J]. 西部资源,2016(1):104-108,114.

[10] 于雷. 山西省大同市新荣区白山村石墨矿床特征浅析[J]. 科学之友,2012(9):119-121.

[11] 王启超,牛树银,肖文邈,等. 阴山东段(冀北及冀晋内蒙古接壤地带)的太古宙地层问题讨论[J]. 地层学杂志,2002,26(1):55-61,72.

[12] 李超,王登红,赵鸿,等. 中国石墨矿床成矿规律概要[J]. 矿床地质,2015,34(6):1223-1236.

[13] 张春华,王启超,高明文,等. 河北早前寒武纪变质作用[M]. 北京:地质出版社,1990:27-30.

[14] 叶天竺,韦昌山,王玉往,等. 勘查区找矿预测理论与方法·各论[M]. 北京:地质出版社,2017:551-568.

Metallogenic model and prospecting pattern of graphite deposits in Bashang area of Northwest Hebei

QI Xinguo¹, WANG Guang¹, FU Maoying¹, ZHANG Yanbo²

(1. Hebei Branch of China National Geological Exploration Center of Building Materials Industry, Baoding 071051, China;
2. Baoding University of Technology, Baoding 071000, China)

Abstract: On the basis of the comprehensive analysis of regional geological background, ore-bearing belts, ore body, ore-bearing formation, modification and deformation, as well as migmatization, the authors summarized the metallogenic characteristics of graphite deposits in Bashang area of Northwest Hebei. Through the comparison be-

tween typical regional metamorphic graphite deposits and adjacent graphite deposits in the same metallogenic belt , on the basis of the evolution law of regional tectonics , the authors summarized the metallogenic model of graphite deposits in this area. According to the “trinity” prospecting theory , they summarized the metallogenic characteristics of geological bodies , structures and graphite deposits in this area , and built the comprehensive prospecting pattern of crystalline graphite deposits. The graphite deposits in this area are stratiform , and exist in the graphite-bearing granulite of Hongqiyingsi rock group. The distribution of metallogenic belt is controlled by large -scale compound folds. The sedimentary period of ore-bearing formation is early Paleoproterozoic , and the metamorphic metallogenic period is middle Paleoproterozoic. The metamorphic degree is amphibolite facies , and the genetic type belongs to a regional metamorphic type. Because the study area is in a shallow -covered condition , the geophysical anomaly of “low resistivity - high polarization” is an important geophysical prospecting indicator . It is a rapid and effective method to explore the graphite deposits in this area by means of geology - geophysics - drilling combination.

Keywords: Northwest Hebei ; crystalline graphite deposits ; Hongqiyingsi rock group ; metallogenic model ; prospecting pattern

(责任编辑：刘永权)