

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.03.006

黑龙江省林口县五义屯石墨矿矿床 地质特征及找矿方向

杨瑞¹, 郝凯波², 梁景利¹, 王子金², 周红芳¹, 王鹏¹

(1. 华北地质勘查局五一四地质大队, 河北 承德, 067000;

2. 华北地质勘查局五一九大队, 河北 保定, 071051)

摘要: 天山—兴蒙造山带是国内品质石墨矿的主要成矿带, 已查明柳毛石墨矿、石场石墨矿等多个大型沉积型石墨矿床, 五义屯石墨矿床是近年在该带上新探获的一座大型品质石墨矿床。本文阐述了该矿床的区域地质背景、地球物理特征、矿床地质特征, 并分析了矿床成因和找矿方向。结果表明, 该矿床是大型沉积变质型石墨矿床, 矿体具明显层控特征, 主要赋存于中—新元古界麻山岩群余庆岩组中; 矿体品位厚度稳定, 主要呈大鳞片粒级; 矿体与围岩地球物理特征差异明显, 具明显低阻高极化特征; 本矿床具有成为超大型石墨矿床的潜力, 其外围对寻找沉积变质型石墨矿床具有良好的资源远景。

关键词: 五义屯; 品质石墨矿; 矿床特征; 找矿方向; 林口县; 黑龙江

中图分类号: P619.252 **文献标识码:** A

本区扩界勘查及区域找矿。

0 引言

石墨是原子晶体、金属晶体和分子晶体之间的一种过渡型晶体, 其与金刚石、碳 60、碳纳米管、石墨烯互为同素异形体^[1]。《全国矿产资源规划(2016—2020 年)》将品质石墨列入国家战略性矿产资源, 其产品正逐渐成为新能源、新材料和航空航天等领域不可替代的重要材料^[2]。中国石墨矿床主要分布于华北地块、扬子地块周缘、天山—兴蒙造山带和秦祁昆造山带, 其中黑龙江、内蒙古和山东是品质石墨矿主产地^[1,3-5]。

五义屯石墨矿床位于黑龙江省林口县奎山乡五义屯一带, 是近年来天津华北地质勘查局通过普查—详查—勘探的系统工作在黑龙江省内天山—兴蒙造山带上又探明的一座大型品质石墨矿床, 其具有大鳞片、品位厚度稳定的特点。本文通过对该矿床地质背景、矿床地质特征归纳总结, 对其矿床成因、找矿标识和找矿方向进行探讨, 希望有助于指导

1 区域地质背景

区域出露地层主要有中—新元古界麻山岩群余庆岩组($Pt_{2-3}y$), 白垩系下统穆棱组(K_1m), 新近系中—上新统船底山玄武岩(βN_2c)以及第四系全新统(Qh^{al+l})。区内构造发育, 主要表现为褶皱和断裂构造, 并控制着麻山群分布。褶皱构造主要为吉庆复式背斜和龙山复式向斜; 断裂构造以近 EW 向麻山断裂带为主, 与 NE 向中三阳断裂带和 NS 向龙爪沟断裂共同形成了区域断裂格架(图 1)。区内岩浆岩主要为早元古代混染花岗岩、晚寒武世花岗岩、中—晚二叠世花岗闪长岩^[6]。区内多期次的构造改造叠加作用, 使得地层和侵入岩均发生不同程度的变质变形, 最终形成广泛的区域变质岩, 岩性以石墨石英片岩、石英片岩、石墨片麻岩、石墨大理岩、白云质大理岩等为主。区内煤、石墨、大理岩等矿产丰富, 已探明的石墨矿床有柳毛石墨矿、石场石墨矿、

收稿日期: 2022-02-14; 责任编辑: 赵庆

作者简介: 杨瑞(1984—), 男, 高级工程师, 主要从事矿产普查与评价工作。E-mail:379768655@qq.com

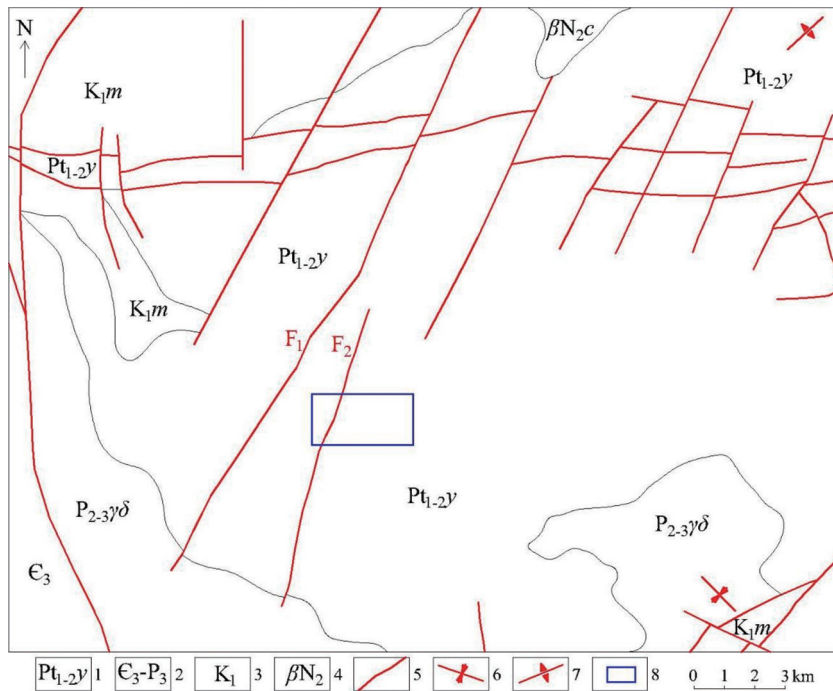


图 1 五义屯石墨矿床区域地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch of Wuyitun crystalline graphite deposit

1. 上-中元古界构造层; 2. 古生代构造层; 3. 中生代构造层; 4. 新生代构造层;

5. 断层; 6. 向斜褶皱; 7. 背斜褶皱; 8. 五义屯矿床

六合石墨矿、八道沟石墨矿、曲家沟石墨矿、西北楞石墨矿等^[7-8]。

五义屯地区地处古-中元古代古陆核区-麻山石墨砂线石集中区内,石墨等矿种成矿地质条件优越。

2 矿床地质特征

2.1 地层

矿床内主要出露中-新元古界麻山岩群余庆岩组(Pt₂₋₃γ),岩性自上而下为:黑云斜长片麻岩、石墨石英片岩、石墨砂线石英片岩、透辉方解大理岩透镜体、黑云石英片岩、变粒岩。其中,石墨石英片岩、石墨砂线石英片岩是本区主要成矿和赋矿岩石(图 2)。

2.2 构造

矿床内褶皱不发育,地层呈单斜产出,局部见小扭褶。断裂构造仅发育 1 条破矿平移断层 F₂,具压扭性特点,控制着矿床西侧余庆岩组出露(图 2)。

2.3 岩浆岩

矿床内岩浆岩较大面积出露,大部分受不同程度的变质作用,主要岩性为混合花岗岩及闪长玢岩脉。区内岩体对石墨矿体的破矿作用较为明显,多表现为切割、侵蚀矿体。

2.4 激电扫面特征

矿床区内主要出露混合花岗岩、石墨石英片岩、黑云母石英片岩、黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、大理岩等,石墨石英片岩为含矿母岩。其余围岩极化率值一般在 3% 以下,而石墨矿(化)体标本的极化率值通常为 27.82%,矿石与围岩的电性差异明显(表 1)。

开展 1:10000 激电中梯测量,使用 4% 等值线为异常下限圈定异常带 IP5、IP6 两处。IP5 激电异常带位于西侧,整体走向为北西西向,长约 600 m,宽约 300 m,有多个浓集中心,视极化率异常峰值为 20%,对应视电阻率值在 100 Ω·m 以下,呈现明显的低阻高极化特征。IP6 激电异常带位于 IP5 异常带东部,整体走向北西向,长约 1200 m,宽约 300 m,有多个浓集中心,视极化率异常峰值大于 12%,对应视电阻率值在 100 Ω·m 以下,呈现明显的低阻高极化特征。

经地表槽探工程揭露和深部钻探工程验证,确定 IP5 和 IP6 均为矿致异常。激电扫面异常与矿体套合好,直接显示出石墨矿(化)体的平面分布范围,表明了大功率激电中梯扫面对于寻找石墨矿是直接有效的。

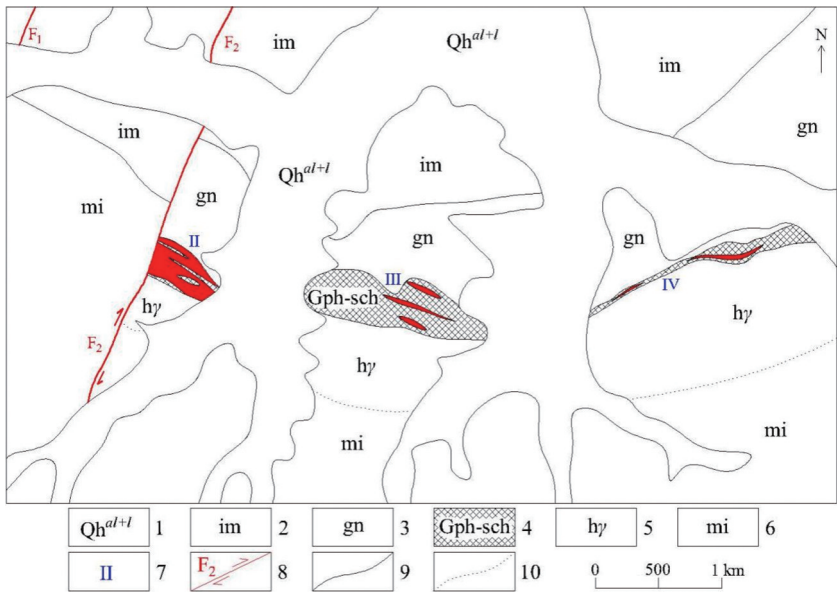


图 2 五义屯石墨矿床地质简图

Fig. 2 Geological map of the deposit

- 1. 全新统低漫滩堆积、冲积层、湖积层;2. 上太古界余庆组均质混合岩夹石墨石英片岩;
- 3. 上太古界余庆组混合质片麻岩夹石墨石英片岩、混合花岗岩;
- 4. 上太古界余庆组石墨石英片岩夹大理岩、混合花岗岩;
- 5. 混合花岗岩;6. 上太古界余庆组条带状混合岩夹薄层大理岩;7. 石墨矿段编号;
- 8. 实测断层(平移);9. 实测地质界线;10. 地质渐变界线

表 1 岩矿石标本电性参数统计

Table 1 Statistics of electric property parameters of the rock and ore

标本岩性	块数	极化率/%		电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	
		变化范围	中值	变化范围	中值
黑云变粒岩	32	1.18~3.96	2.31	950~10171	3054
长英质脉体	4	1.21~2.57	1.91	2403~6920	4512
混合花岗岩	33	1.41~7.9	2.23	800~33414	3683
黑云斜长片麻岩	14	1.88~3.96	2.45	901~7501	4125
石墨石英片岩(含矿)	32	8.79~57.71	27.82	22~1058	433

3 矿体地质特征

3.1 矿体特征

矿床经过普查、详查和勘探地质工作,详细查明了矿床内石墨矿体特征,矿体赋存于中-新元古界麻山岩群余庆岩组(Pt_{2-3}y)地层中,岩性绝大部分为石墨石英片岩,少部分为石墨砂线石英片岩;矿床共划分 3 个矿段,圈定 30 个矿体;矿体品位和厚度均稳定,固定碳平均品位 5.31%;矿体总体分布较连续,顶底板围岩为黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、大理岩、混合花岗岩等;夹石较少,大部分呈似层状或不连续透镜体状分布在矿体中,岩性主要为长英质

脉体、石墨石英片岩(品位不够圈矿标准)、混合花岗岩、大理岩等。其中 II-1 号矿体是主矿体,长约 570 m,呈厚层状,地表控制宽度 164~327 m,深部延深 385~483 m,平均真厚度 100.72 m,总体产状 $10^{\circ}\sim 70^{\circ}\angle 40^{\circ}\sim 80^{\circ}$,赋存标高 42~423.05 m,固定碳平均品位 5.28%。

3.2 矿石特征

(1) 矿石矿物成分

矿石中的主要矿物组合:石墨+石英+长石+云母+其它矿物。其中,石墨为矿石中可利用的有用矿物成分,呈晶质鳞片状,含量 3%~10%,最高可达 22.05%。单体石墨鳞片片径一般在 0.01~2 mm,最大可达 5 mm。石英是矿石中含量较多而普遍的脉石矿物,呈它形粒状晶体,少量呈不规则团块

状集合体;一般含量在 40%~60%,局部最高可达 80%;结晶粒度一般在 0.3~1.8 mm 之间。其它矿物中矽线石含量分布极不平均,结合选矿试验分析,认为其不具有综合回收利用价值。

(2) 矿石化学成分

对石墨矿石进行多元素分析、光谱分析、组合分析等,矿石具高钙、贫镁、低钾钠的特点。其中 $w(\text{SiO}_2) = 39.80\% \sim 73.80\%$, 平均 59.53% , $w(\text{CaO}) = 6.39\%$ 、 $w(\text{MgO}) = 1.51\%$ 、 $w(\text{K}_2\text{O}) = 2.60\%$ 、 $w(\text{Na}_2\text{O}) = 0.61\%$ 。同时,主要有益、微量元素和有害组分含量也均在常量范围内,无综合利用价值,对选矿或产品质量不会产生较大影响。

(3) 矿石结构

矿石的结构为鳞片粒状变晶结构,构造以片状、片麻状构造(图 3a)、定向构造为主,局部见块状构造(图 3b)。

(4) 矿石质量

矿床矿石中石墨呈晶质鳞片状及叶片状的单体或集合体定向或半定向的分布在粒状石英(长石)间隙中;大部分呈弯曲波状,与石英、斜长石等粒状矿物呈平行片理分布;石墨鳞片粒级普遍 $>0.287 \text{ mm}$ (超 60%),其次为 $0.175 \sim 0.287 \text{ mm}$ (表 2),显示出

大鳞片石墨矿床的特点。而国内大鳞片石墨储量少,通过现代工艺提高大鳞片石墨的保护率,最终产品性能更佳,应用更广且不可合成,经济价值较高^[9]。

4 矿床成因探讨

天山—兴蒙造山带上沉积变质型石墨矿床较多,具有相似性。其成矿作用普遍从沉积作用开始,最初于湿润的陆棚环境形成富含有机质的沉积物,经成岩作用形成富含碳质的粘-半黏土岩。再经区域变质作用碳质结晶为石墨,并富集形成石墨床,后经混合岩化作用改造,最终形成石墨矿^[3,10-11]。

本区石墨矿体具有层控特征,主要受地层控制,赋存于中-新元古界麻山岩群余庆岩组(Pt_{2-3}y)变质岩中,矿体与顶底板围岩界面清晰,固定碳品位比较稳定。在湿润的陆棚环境下,含矿岩石是一套沉积高铝、富碳的黏土-半黏土岩、白云岩、灰岩及少量酸性火山岩,经区域变质作用,主要形成片岩、片麻岩、变粒岩、麻粒岩、大理岩,而原岩中的碳质成分变质为片状石墨,碳质页岩变质形成石墨矿体,这一过程

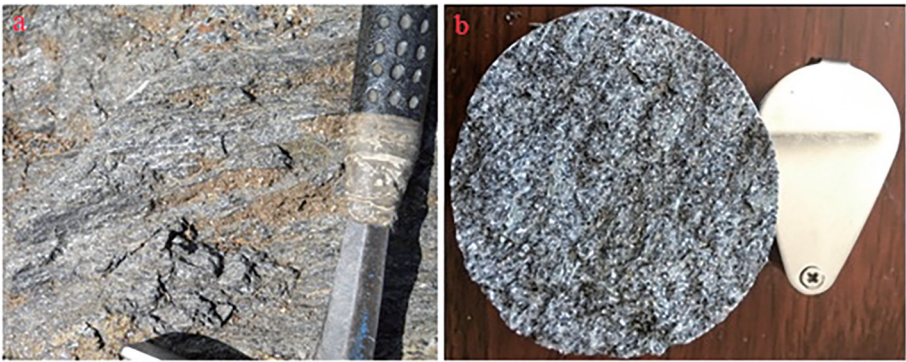


图 3 石墨石英岩矿石照片
Fig. 3 Photo of graphite-quartz schist

表 2 五义屯石墨矿床石墨鳞片定量分析统计

Table 2 Quantitative analysis and statistics of graphite flake crystals

	粒级/mm	矿石类型	
		原生矿占比/%	风化矿占比/%
矿床平均	<0.147	13.17	9.40
	$0.147 \sim 0.175$	2.80	2.20
	$0.175 \sim 0.287$	23.62	24.25
	>0.287	60.41	64.15
合计		100.00	100.00

中石墨鳞片逐步增大,品质提高^[12]。因此矿床中碳元素主要来源于原岩滨海-沼泽相的富碳黏土质沉积岩,原岩经历相当于低角闪岩相的中-高级变质,使岩石中矿物重结晶生成品质鳞片状石墨、富集成矿,本矿床属沉积变质型矿床。

5 找矿方向

5.1 找矿标识

(1)中-新元古界麻山岩群余庆岩组($Pt_{2-3}y$)中石墨石英片岩夹大理岩透镜体的地层岩石建造是本土主要的找矿标志。

(2)石墨矿化是直接的找矿标志。

(3)含石墨地层有明显的低阻高极化率激电异常特征。

5.2 找矿方向

本区石墨矿体赋存于中-新元古界麻山岩群余庆岩组($Pt_{2-3}y$)地层中,固定碳品位相对稳定,显示出大型-超大型矿床的特点。与成矿带内发现的鸡西柳毛大型石墨矿床和光义石墨矿床距离较近,特征相似。因此矿区内及外围寻找沉积变质型石墨矿床具有良好的资源远景。

(1)区内重点控制探索(含矿)变质岩组走向。

(2)区内西段平移断层 F_2 截断主矿体,表现有压扭性逆断层特性。区外重点查证 F_2 断裂深部及矿区北侧。

(3)区域内针对激电扫面异常进行查证,重点是低阻高极化异常体。

6 结语

(1)林口县五义屯石墨矿矿体层控特征明显,主要赋存于中-新元古界麻山岩群余庆岩组($Pt_{2-3}y$)中,石墨石英片岩夹大理岩透镜体的地层组合是本土主要找矿标志。

(2)五义屯石墨矿属沉积变质型石墨矿床,碳元素主要来源于原岩滨海-沼泽相的富碳黏土质沉积岩,原岩经变质作用,使岩石中矿物重结晶生成品质鳞片状石墨、富集成矿。

(3)五义屯石墨矿目前为大型品质石墨矿床,品位厚度稳定、石墨主要呈大鳞片粒级,具有成为超大型石墨矿床的潜力。

(4)矿区内及外围寻找沉积变质型石墨矿床具有良好的资源远景,区内重点控制(含矿)变质岩组走向,区外重点查证 F_2 断裂深部、矿区北侧以及区域内低阻高极化异常地带。

参考文献:

- [1] 张艳飞,安政臻,梁帅,等. 石墨矿床分布特征、成因类型及勘查进展[J]. 中国地质,2022,49(1): 1-26.
- [2] 杜菊民,景永波,孙晨,等. 坦桑尼亚纳钦圭阿石墨成矿带地质特征及成因初析[J]. 地质找矿论丛,2021,36(2): 239-246.
- [3] 唐臣. 黑龙江石墨矿资源潜力预测[J]. 地质学报,2016,40(3): 438-442.
- [4] 王力,樊俊雷,李雷,等. 中国石墨资源概况及品质石墨成矿规律[J]. 地质学报,2017,41(2): 310-317.
- [5] 颜玲亚,高树学,孙莉,等. 我国区域变质型石墨成矿特征及成矿要素[J]. 中国非金属矿工业导刊,2018(3): 21-24+28.
- [6] 郑乐,郝凯波,刘冬冬,等. 黑龙江五义屯石墨矿床地质特征与成矿机理[J]. 中国新技术新产品,2021(6): 117-119.
- [7] 江志明. 黑龙江省石墨成矿区带划分及其成矿作用的探讨[J]. 中国非金属矿工业导刊,2019(2): 43-47.
- [8] 胡升奇,孙哲雨,李晓龙,等. 黑龙江林口县大砬子村晶质石墨矿地质特征及成矿规律[J]. 矿产勘查,2020,11(11): 2430-2439.
- [9] 程飞飞,张韬,于阳辉,等. 马达加斯加某大鳞片石墨矿选矿试验研究[J]. 非金属矿,2017,40(6): 76-78.
- [10] 李光辉,黄永卫,吴润堂,等. 鸡西柳毛石墨矿碳质来源及铀、钒的富集机制[J]. 世界地质,2008(1): 19-22.
- [11] 张艳飞,梁帅,赵青,等. 石墨矿床类型及显晶质石墨矿床成矿模式(I): 成矿地质背景[J]. 化工矿产地质,2020,42(1): 1-11+18.
- [12] 杨彪,侯万荣,刘智杰,等. 内蒙古中西部品质石墨矿床地质特征及找矿远景[J]. 矿产勘查,2021,12(6): 1355-1365.
- [13] 汤贺军,张宝林,吴珍汉,等. 陕西勉县庙坪石墨矿床地球化学特征及成矿机制研究[J]. 地质学报,2021,95(8): 2509-2520.

Geological characteristics of Wuyitun graphite deposit in Linkou county, Heilongjiang province and the future ore prospecting direction

YANG Rui¹, HAO Kaibo², LIANG Jingli¹, WANG Zijin²,
ZHOU Hongfang¹, WANG Peng¹

(1. No. 514 Brigade of North China Geological Exploration Bureau, Chengde, 067000, Hebei, China;

2. No. 519 Team of North China Geological Exploration Bureau, Baoding 071051, Hebei, China)

Abstract: Tianshan-Xingmeng orogenic belt is the main crystalline graphite ore belt in China. Large-sized graphite deposits have been discovered, such as Liumao graphite deposit, Shichang graphite deposit and the recently discovered Wuyitun crystalline deposit. This paper deals with regional geological background, geophysical and geological characteristics and future prospecting direction of Wuyitun deposit. The deposit is a large-sized sedimentary graphite deposit characterized by stratobound deposit. Ore bodies occur mainly in Yuqing formation of Meso-Neo Proterozoic Ma Shan group. Graphite occurs in large flake crystal. Thickness and grade of the ore bodies are stable, and ore bodies geophysically differs from the wall rock and are characterized low resistance and high polarization. Surroundings of the deposit is potential for prospecting sedimentary-metamorphic graphite deposits.

Key Words: Crystalline graphite deposit; deposit characteristics; prospecting direction; Wuyitun, Linkou county; Heilongjiang province