

文章编号: 1004—5589 (2025) 04—0597—11

杨贺杰, 胡伟, 喻艳丽, 等. 河南省细鳞片石墨矿分布特征及片度成因分析 [J]. 世界地质, 2025, 44 (4): 597–607. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5589.2025.04.006.

YANG H J, HU W, YU Y L, et al. Distribution characteristics and flake genesis analysis of fine-flake graphite deposits in Henan Province [J]. World Geology, 2025, 44 (4): 597–607. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5589.2025.04.006.

河南省细鳞片石墨矿分布特征及片度成因分析

杨贺杰, 胡伟, 喻艳丽, 陈霏霏

河南省第三地质大队有限公司, 郑州 451464

摘要: 本文以河南省山西断隆和南秦岭两个细鳞片石墨成矿带为研究对象, 通过野外地质调查、样品测试和综合分析等方法, 系统研究了细鳞片石墨的分布特征、富集规律及成因机制。研究表明, 细鳞片石墨矿体主要赋存于山西断隆银鱼沟群赤山沟组和南秦岭陡岭群大沟组地层中, 具有显著的地层赋矿专属性。时空分布特征显示, 赋矿地层主要为古元古代, 矿床呈北西—南东向展布, 与区域构造线方向一致, 矿体严格受地层控制且产状与赋矿地层一致。成矿物质来源于有机质与无机质的共同参与, 矿床类型为区域变质型。研究进一步揭示, 石墨的细小鳞片特征主要受控于构造应力作用、变质作用及混合岩化作用。研究结果为深入认识河南省细鳞片石墨矿的成矿规律提供了科学依据。

关键词: 细鳞片石墨矿; 成矿带; 分布特征; 成因机制; 河南省

中图分类号: P619.252 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1004-5589.2025.04.006

Distribution characteristics and flake genesis analysis of fine-flake graphite deposits in Henan Province

YANG Hejie, HU Wei, YU Yanli, CHEN Feifei

Henan Third Geological Brigade Company Limited, Zhengzhou 451464, China

Abstract: This study focuses on two fine-flake graphite metallogenic belts in the Shanxi Fault Uplift and South Qinling regions of Henan Province. Through field geological surveys, sample testing, and comprehensive analysis, the authors systematically investigated the distribution characteristics, enrichment regularity, and genetic mechanism of fine-flake graphite. Research indicates that fine-flake graphite ore bodies primarily occur in the Chishangou Formation of the Yinyugou Group within the Shanxi Fault Uplift and the Dagou Formation of the Douling Group in South Qinling, demonstrating significant stratigraphic specificity. Spatiotemporal distribution analysis reveals that the ore-hosting strata are mainly Paleoproterozoic, with deposits exhibiting a northwest-southeast trend, consistent with regional structural trends. The ore bodies are strictly strata-bound and conformable with the host strata. The ore-forming materials originate from a combination of organic and inorganic sources, with the deposit type classified as regional metamorphic. Further research demonstrates that the fine-flake characteristics of graphite are primarily influenced by tectonic

收稿日期/Received: 2024-12-05; 修订日期/Revised: 2025-07-01; 出版日期/Published: 2025-11-25

基金项目: 河南省豫地科技集团有限公司科技项目 (JTZCKY2023021)

第一作者: 杨贺杰 (1983—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事地质勘查工作。E-mail: 154298253@qq.com

© Editorial Office of World Geology. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

stress, metamorphism and migmatization. These findings provide a scientific basis for a deeper understanding of the metallogenic patterns of fine-flake graphite deposits in Henan Province.

Keywords: fine-flake graphite deposit; metallogenic belt; distribution characteristics; genetic mechanism; Henan Province

0 引言

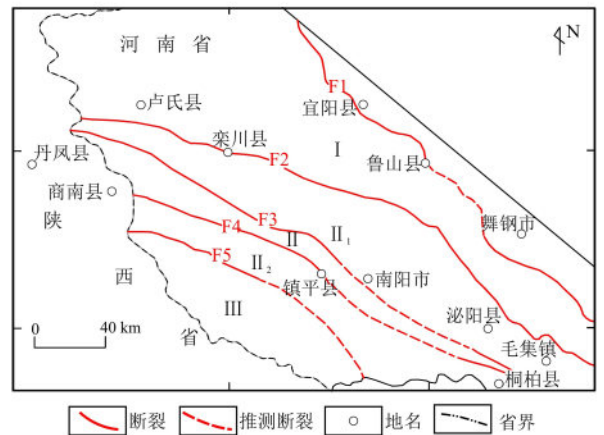
根据结晶程度,石墨分晶质石墨(又称鳞片石墨,片径 $>1\ \mu\text{m}$)和土状石墨(又称为隐晶质石墨、微晶质石墨或无定形石墨,片径 $<1\ \mu\text{m}$)两大类,根据鳞片大小,晶质石墨分为大鳞片石墨和细鳞片石墨。晶质石墨是一种战略资源,对国民经济发展及现代化建设具有重要作用^[1],随着科学技术的发展,细鳞片石墨在锂离子电池中的用途越来越重要,成为动力电池的关键原料。

河南省拥有丰富的晶质(鳞片)石墨矿,已查明资源储量居全国第三位,石墨矿产地集中分布在南阳市和平顶山市,少量分布在三门峡市、济源市等地。现有石墨矿藏30余处,其中特大型2处、大型5处、中型16处,小型10处,矿点若干处^[2]。1987—1990年,河南省地矿厅结合地质矿产部“七五”科技攻关项目编制了“河南省秦岭—大别山造山带地质构造与成矿远景研究”,将本区石墨矿划分为角闪岩相石墨矿床成矿带^[3];1993—1999年,河南省地矿厅专题研究组开展了“河南省主要成矿区(带)矿床成矿系列及成矿模式研究”,对研究区石墨矿成矿控制因素、成矿规律和成矿模式做了研究^[4];2010—2011年,中国建筑材料工业地质勘查中心河南总队开展了“河南省鲁山县晶质石墨矿物探方法应用研究”^[5];2013—2014年,中国建筑材料工业地质勘查中心河南总队开展了“河南省小秦岭地区晶质石墨矿资源远景调查”^[6];2020—2021年,河南省有色金属地质矿产局第四地质大队开展了“河南省舞钢—鲁山一带石墨矿找矿潜力评价及选区”^[7]研究。石墨矿研究主要集中在矿床地质特征、控矿因素、成矿物质来源、成矿规律、成矿模式等方面,对晶质石墨富集规律、分布特征、片度成因研究较少。

笔者对细鳞片石墨矿床地质特征、分布特征和富集规律进行研究,查明了细鳞片石墨片度成因,丰富了区域石墨找矿信息,为河南省细鳞片石墨矿勘查工作提供了理论依据。

1 区域地质背景

河南省区域上处在华北陆块南缘与秦岭构造带的结合部位,主要位于秦岭褶皱带上。以黑沟—栾川—维摩寺—羊册—明港断裂和小陡岭—田关为界,划分为华北板块南缘、秦岭造山带(北秦岭、南秦岭)、扬子板块北缘3个不同的地质构造单元,区内与晶质石墨矿产形成具有密切关系的主要地层(岩石)单位为华北地层区和秦岭地层区^[4];石墨矿床总体沿区域性大断裂呈带状分布,由北向南构成的区域断裂构造主要有:①三门峡—鲁山断裂;②黑沟—栾川—维摩寺—羊册—明港断裂(简称栾川断裂);③朱阳关—夏馆—大河断裂(简称朱夏断裂);④西官庄—镇平—松扒—龟山—梅山断裂(简称商丹断裂);⑤小陡岭—田关断裂(简称浙川断裂)(图1)。研究区岩浆岩发育较好,岩石种类较全,从太古代到新生代各个地



I. 华北陆块南缘; II. 秦岭造山带; II₁. 北秦岭构造带; II₂. 南秦岭构造带; III. 扬子板块北缘; F1. 三门峡—鲁山断裂; F2. 黑沟—栾川—维摩寺—羊册—明港断裂(栾川断裂); F3. 朱阳关—夏馆—大河断裂(朱夏断裂); F4. 西官庄—镇平—松扒—龟山—梅山断裂(商丹断裂); F5. 小陡岭—田关断裂(浙川断裂)。

据文献[4]修改。

图1 河南省大地构造位置图

Fig. 1 Tectonic location of Henan Province

质时期都有规模不等的岩浆活动。研究区区域变质作用复杂, 持续的区域变质作用是区内晶质石墨矿形成的重要因素, 变质程度从较低变质程度的绿片岩相到中-深变质程度的低角闪相-高角闪岩相-麻粒岩相^[8]。

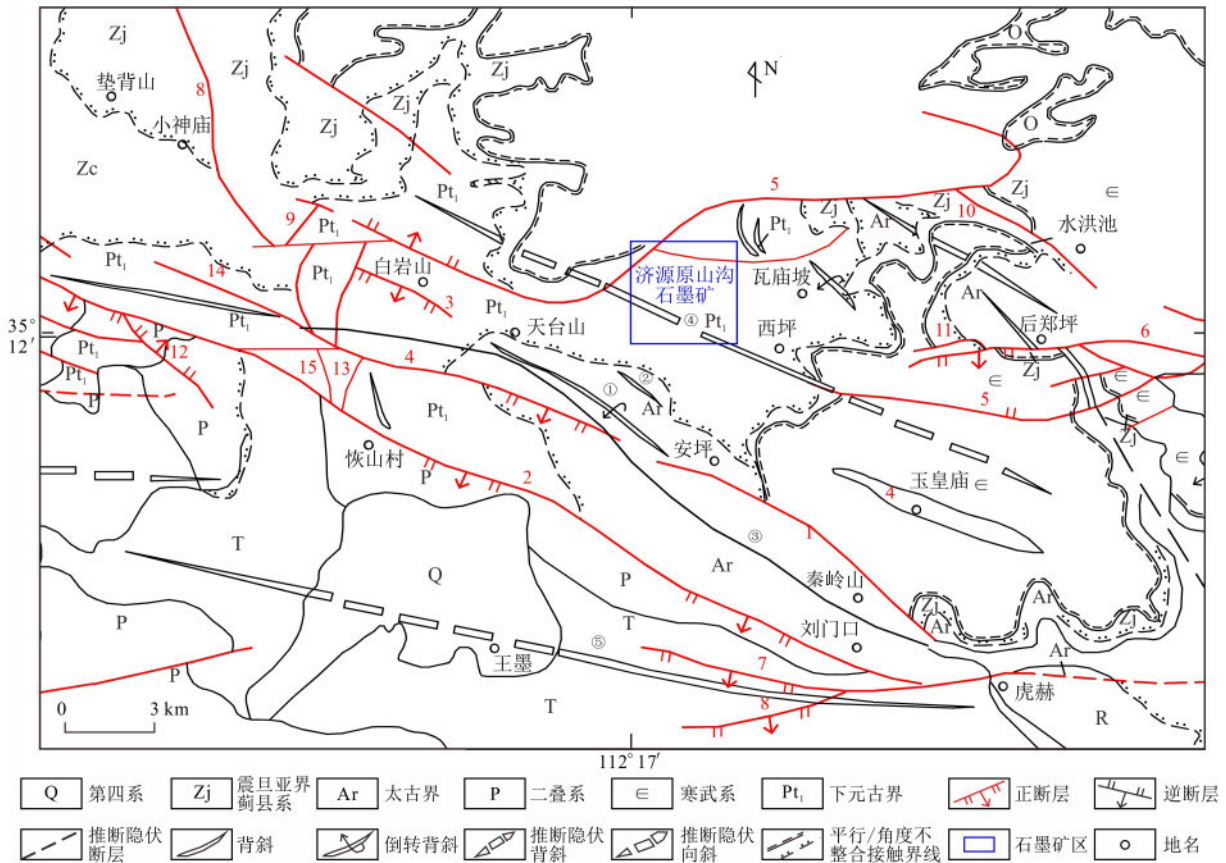
2 细鳞片石墨成矿带地质特征

2.1 山西断隆成矿带地质特征

2.1.1 成矿带区域地质条件

该成矿带所处大地构造位置主体为山西断隆, 少部分进入河南省, 以下仅描述成矿带延伸进入河南省内的区域地质特征。成矿带东部以太行山山前断裂为界, 南部以小秦岭造山带为边界, 北部边界为华北陆块北缘断裂。成矿区位于华北地台山西台

隆铁山河拱褶断束, 属于晚太古代—早、中元古代“人”字型三叉裂谷的南东支东段, 区域地层属华北地层区山西分区太行小区, 广泛出露的结晶基底有新太古界登封岩群、古元古界银鱼沟群、铁山河群和双房群, 石墨矿体赋存于古元古界银鱼沟群赤山沟组上段的地层中。该成矿带经历了漫长而复杂的地质演变过程, 褶皱及断裂极为发育, 均具有多期活动的特点, 其中西坪向斜展布于天台山之北并与天台山复背斜相平行, 走向北西, 延伸约16 km, 与石墨矿床成矿关系密切, 区内构造线的展布总体以北西向为主(图2), 次为北北西向或近南北向。岩浆活动强烈, 具多旋回、多期次特征。截止目前, 该成矿带在河南省内仅发现石墨矿床1处, 为济源原山沟石墨矿。



褶曲: ①安坪背斜(倒转); ②桃园沟背斜; ③天台山背斜; ④西坪向斜; ⑤三官店向斜。

断层: 1. 秦岭山正断层; 2. 封门口正断层; 3. 大西洼正断层; 4. 獭凹正断层; 5. 天台山北正断层; 6. 门道嘴正断层; 7. 后郑坪正断层; 8. 三官店正断层(济沁断层); 9. 门头岭正断层; 10. 羊岭正断层; 11. 大西洼正断层; 12. 小寨岭正断层; 13. 后郑坪正断层; 14. 桃园正断层; 15. 谷沱正断层(红色数字1~15)。

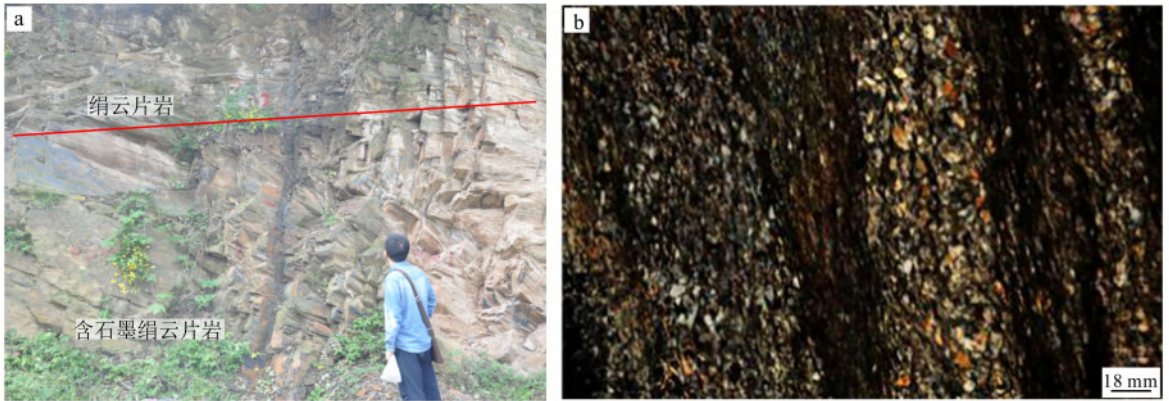
图2 济源原山沟石墨矿床区域地质图

Fig. 2 Regional geological map of Yuanshangou graphite deposit in Jiyuan

2.1.2 代表性矿床地质特征

本成矿带代表性矿床为济源原山沟石墨矿，矿床赋存于西坪向斜核部，空间上，向斜核部成为石墨矿层富集地带。石墨矿体赋存于古元古界银鱼沟群赤山沟组上段岩层中，赋矿岩性为含石墨绢云片岩，矿体呈层状分布，层位稳定，与围岩产状一致，区内共圈定3条石墨矿体，单矿体平均厚4.29~

7.12 m，矿体在走向上不连续，矿体规模为中型。矿化不强，品位偏低，矿石自然类型为石墨片岩型，工业类型为需选矿型细鳞片状晶质石墨矿石。镜下分析矿石结构主要为鳞片粒状变晶结构（图3），矿石构造主要为片状构造和浸染状构造。晶质石墨矿片度较小，0.001~0.005 mm（表1），为细鳞片晶质石墨矿。矿床成因为区域变质型石墨矿床。



a. 石墨矿赋矿层位; b. 鳞片粒状变晶结构。

图3 原山沟石墨矿野外照片 (a) 和显微镜下照片 (b)

Fig. 3 Field photograph (a) and microscope photograph (b) of Yuanshangou graphite deposit

表1 山西断隆成矿带代表性石墨矿床特征

Table 1 Characteristics of representative graphite deposits in Shanxi Fault Uplift Metallogenic Belt

矿区名称	矿石类型	变质相	特征变质矿物	$w_{\text{固定碳}}/\%$	矿体数/ 个	鳞片片径/ mm	赋矿层位	矿床成因	储量规模
济源原山沟石墨矿	石墨片岩型	角闪岩相	绿帘石、磷灰石、绿泥石	2.88	3	0.001 ~ 0.005	古元古界银鱼沟群赤山沟组	区域变质型石墨矿床	矿点

由表1可知，山西断隆成矿带（河南省内）石墨矿床鳞片片径细小（ <0.15 mm），为细鳞片石墨成矿带。

2.2 南秦岭细鳞片成矿带地质特征

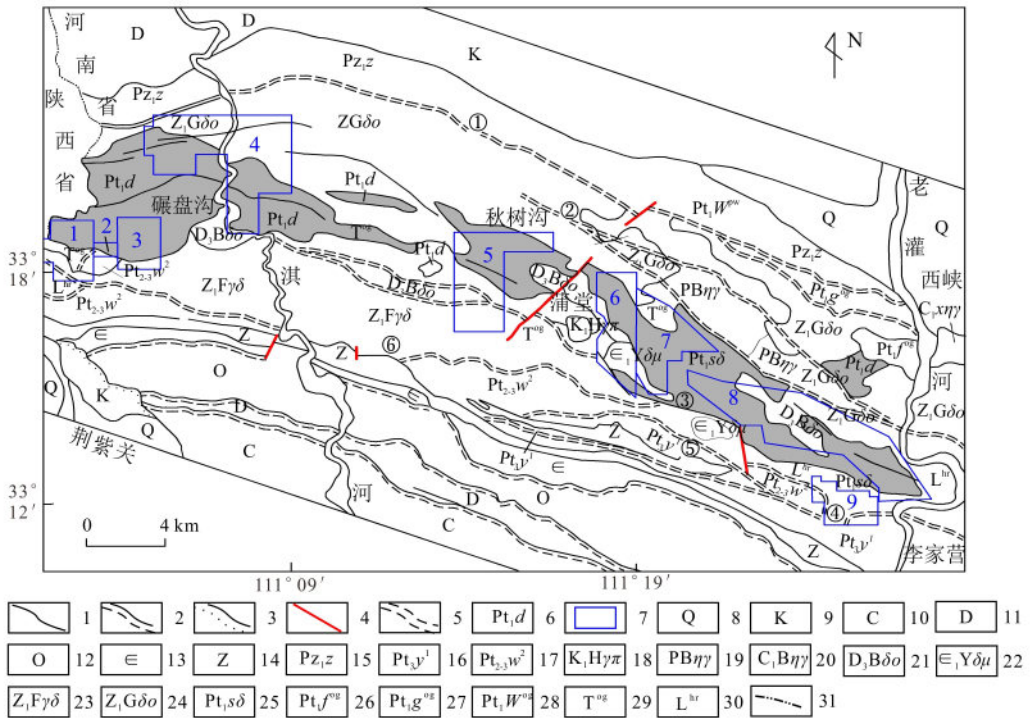
2.2.1 成矿带区域地质

成矿带分布在西官庄—镇平—松扒—龟山—梅山断裂带和小陡岭—田关断裂带之间，大地构造位置处于东西向秦岭褶皱造山带南秦岭褶皱亚带^[9]。石墨矿赋矿地层为陡岭群大沟组地层。区内构造以断裂为主，按方向分为3组，以近东西向最发育，次为北东向和北西向断层，另有少量南北向断裂。区域内岩浆活动十分活跃，在中—晚元古代期间有中基—中酸性岩浆喷溢，形成陡岭群细碧角斑质火山岩。成矿带上细鳞片石墨成矿条件较好，特大

型、大中型石墨矿床呈带状分布，代表性矿床如图4所示。

2.2.2 成矿带代表性矿床地质特征

成矿带上变质作用及岩石蚀变多期叠加，对石墨成矿有利，区内石墨矿产分布广泛，矿体均赋存于下元古界陡岭群大沟组地层中，区内构造发育，岩浆活动频繁，矿体规模较大，矿化较强，品位较高，各矿床资源储量规模较大，矿床类型皆为区域变质型石墨矿床^[11]。石墨片径多为0.01~0.15 mm， >100 目片径平均占比 $<5\%$ ，属细鳞片晶质石墨成矿带（表2）^[12-13]。成矿带上共有超大型石墨矿床2处：浙川县下大扒石墨矿、浙川县柳树沟石墨矿；大型石墨矿床2处：浙川县徐家湾—李家营石墨矿、浙川县小陡岭石墨矿；中型石墨矿床4处：



1. 地质界线; 2. 平行不整合地质界线; 3. 角度不整合地质界限; 4. 断层; 5. 韧性剪切带; 6. 大沟岩组; 7. 石墨矿区; 8. 第四系; 9. 白垩系; 10. 石炭系; 11. 泥盆系; 12. 奥陶系; 13. 寒武系; 14. 震旦系; 15. 周静偶组; 16. 耀岭河岩组下岩段; 17. 武当岩群上岩段; 18. 黑沟花岗斑岩隐爆角砾岩; 19. 霸王寨花岗岩序列; 20. 肖山沟花岗岩序列; 21. 边杆岭片麻状中粗粒石英闪长岩; 22. 鹰爪山片麻状闪长玢岩; 23. 封子山片麻状中粒花岗岩闪长岩; 24. 甘沟片麻状中粒闪长岩; 25. 柿树沟片麻状中粒闪长岩; 26. 付子垛片麻岩体; 27. 阁老岭片麻岩体; 28. 瓦屋庄片麻岩体; 29. 团山寨片麻岩杂岩; 30. 灵官垭杂岩; 31. 省界。

①木家垭—内乡断裂; ②白龙庙—霸王寨—田关韧性剪切带; ③安沟—谢家庄韧性剪切带; ④石家营—行山韧性剪切带; ⑤大华山—石船山剪切带; ⑥浙川断裂。

石墨矿区名称: 1. 浙川县下大扒石墨矿; 2. 浙川县小陡岭石墨矿; 3. 浙川县柳树沟石墨矿; 4. 浙川县官沟石墨矿; 5. 浙川—西峡县龙头石墨矿; 6. 西峡县尹家沟石墨矿; 7. 西峡县九槽沟石墨矿; 8. 浙川县徐家湾—李家营一带石墨矿; 9. 浙川县李家沟石墨矿。

据文献 [10] 修改。

图4 南秦岭成矿带陡岭群大沟岩组石墨矿床分布图

Fig. 4 Distribution of graphite deposits in Dagou Formation, Douling Group, South Qinling Metallogenic Belt

浙川县李家沟石墨矿、西峡县尹家沟石墨矿、浙川—西峡县龙头石墨矿、西峡县九槽沟石墨矿; 小型石墨矿床1处: 浙川县官沟石墨矿。

浙川县下大扒石墨矿 矿区处于一级昆仑秦岭系、二级东秦岭地槽区的海西褶皱带东部, 地层主要为古元古界陡岭群大沟岩组, 岩浆岩活动较频繁。区内共圈出3条主矿体。矿石类型为石墨斜长片麻岩型, 矿床类型为区域变质型矿床。石墨鳞片 <100 目的占 94.72%, 100 ~ 50 目 (含 50 目、100 目) 占 5.28%, 为细鳞片晶质石墨矿。石墨矿品位较高, 固定碳平均质量分数为 8.90%, 石墨矿资源储量达到特大型矿床规模^[9]。

浙川县徐家湾—李家营石墨矿 本区石墨矿体分

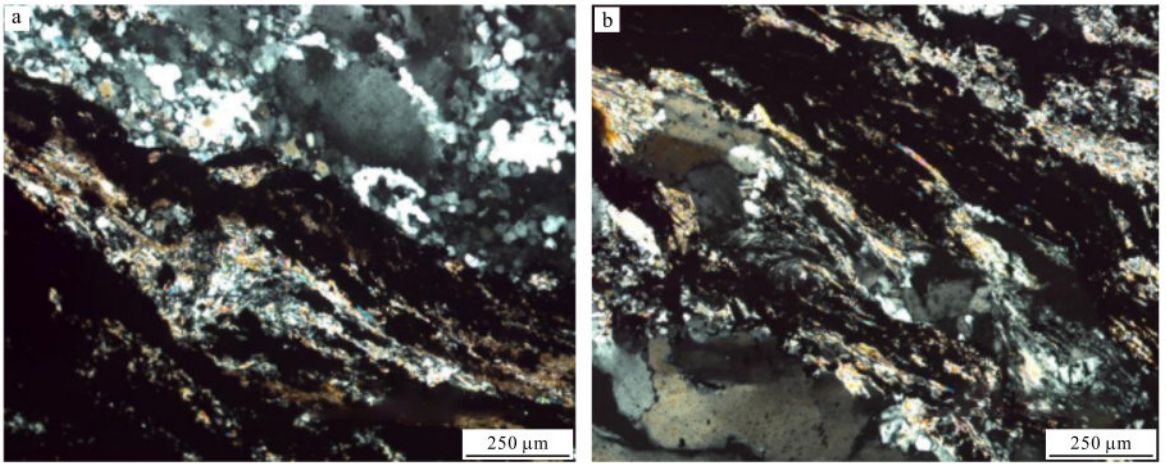
布在大沟岩组 (Pt₁d) 含矿岩系中, 共计 21 个矿体。矿体受含矿层控制, 呈层状, 相邻矿体大致平行, 产状与含矿层一致。主矿体为 5 条, 石墨矿占区内资源量的 84.11%。矿石自然类型有片岩型晶质石墨矿和片麻岩型晶质石墨矿, 本次镜下分析矿石结构主要为鳞片状变晶结构, 矿石构造主要为片状构造、片麻状构造 (图 5)。石墨平均片径为 0.02 ~ 0.05 mm, 极少数大于 0.3 mm, <100 目片径平均占比 97.89%, 为细鳞片晶质石墨矿。全区固定碳平均质量分数为 5.99%, 石墨矿资源储量达到大型矿床规模^[10]。

笔者将石墨矿床各目级片径占比做了详细对比 (表 2), 南秦岭石墨成矿带代表性矿床石墨片径较小, 为细鳞片石墨成矿带。

表2 南秦岭成矿带代表性石墨矿床特征

Table 2 Characteristics of representative graphite deposits in South Qinling Metallogenic Belt

矿区名称	矿石类型	变质相	特征变质矿物	$w_{\text{固定碳}}/\%$	矿体数/个	<100目占比/%	赋矿层位	矿床成因	储量规模
浙川县下大扒石墨矿	石墨斜长片麻岩型	角闪岩相	石榴子石、矽线石、绿泥石	8.90	3	94.72	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	特大型
浙川县柳树沟石墨矿	石墨斜长片麻岩型	角闪岩相	蓝晶石、石榴子石	9.01	6	95.00 ~ 99.67	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	特大型
浙川—西峡县龙头石墨矿	片麻岩型晶质石墨矿	角闪岩相	绿泥石	6.64	21	90.15 ~ 92.30	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	中型
西峡县九槽沟石墨矿	石墨片岩型、石墨斜长片麻岩型	角闪岩相	石榴子石、磷灰石、绿泥石	5.33	13	90.23	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	中型
浙川县小陡岭石墨矿	石墨斜长片麻岩型	角闪岩相	石榴子石、磷灰石、绿泥石	8.33	5	95.00	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	大型
浙川县官沟石墨矿	石墨斜长片麻岩型	角闪岩相	蓝晶石、石榴子石	4.32	11	89.31	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	小型
浙川县徐家湾—李家营石墨矿	含石墨大理岩	角闪岩相	绿帘石、阳起石、透闪石、石榴子石	5.94	21	97.89	陡岭群大沟岩组	区域变质型石墨矿床	大型



a. 片状构造; b. 片麻状构造。

图5 浙川县徐家湾—李家营石墨矿显微镜下照片

Fig. 5 Microscope photographs of graphite mineralization from Xujiawan-Lijiaying deposit, Xichuan County

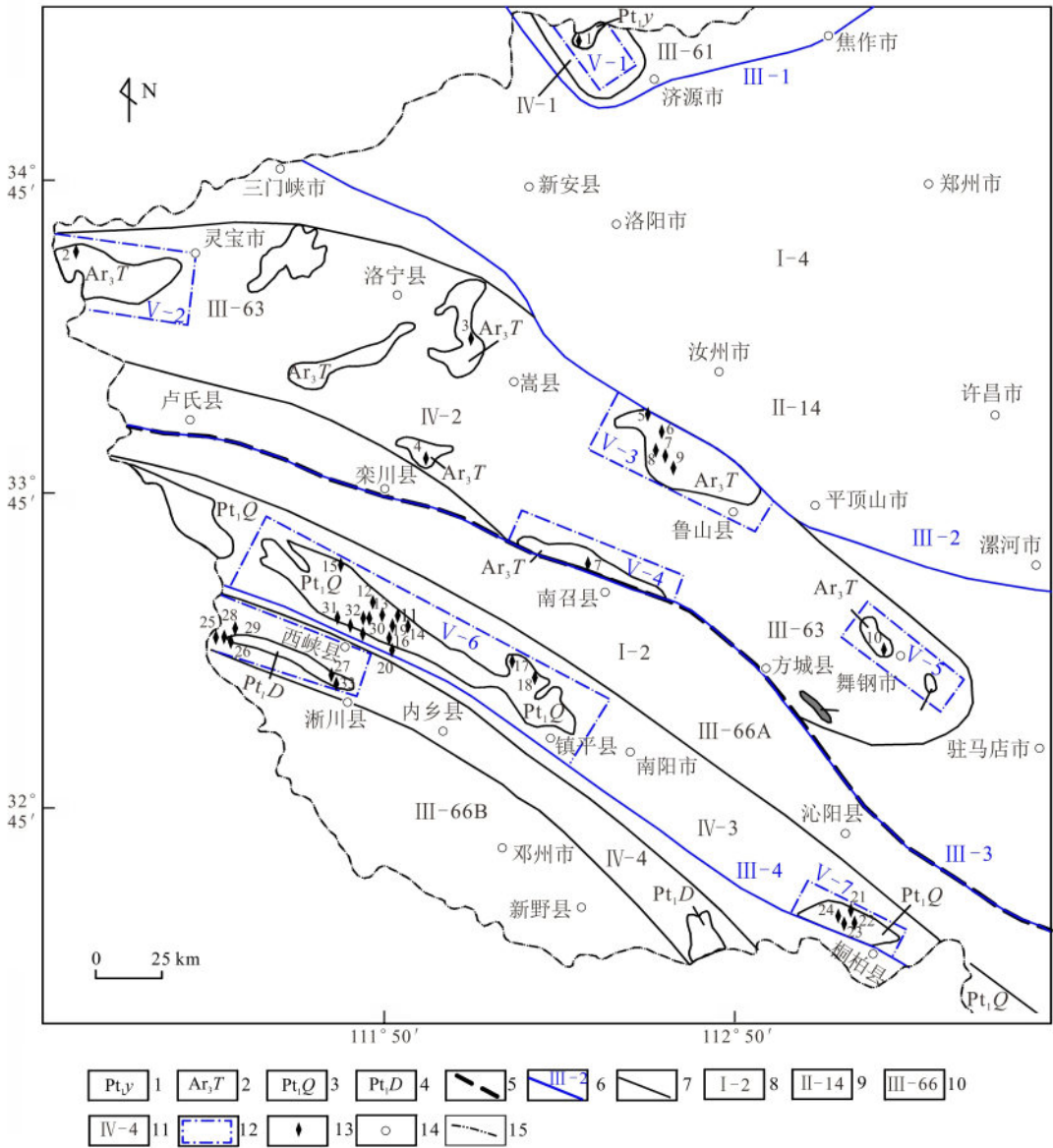
3 细鳞片石墨矿分布特征及富集规律

3.1 分布特征

3.1.1 成矿带分布特征

河南省石墨矿区域上分带性明显,自北向南共划分为4个石墨成矿带:山西断隆成矿带、华北陆

块南缘成矿带、北秦岭成矿带和南秦岭成矿带(图6)^[4]。基于已有地质资料并结合本次采样测定石墨片度分析(表2~4),细鳞片石墨主要分布于山西断隆成矿带(Ⅲ-1)和南秦岭成矿带(Ⅲ-4),石墨片径>100目平均小于5%;华北陆块南缘成矿带(Ⅲ-2)和北秦岭成矿带(Ⅲ-3)为大



1. 银鱼沟群; 2. 太华群; 3. 秦岭岩群; 4. 陡岭岩群; 5. 成矿域边界线; 6. 成矿带边界线及编号; 7. 成矿亚带边界线; 8. 成矿域编号; 9. 成矿省编号; 10. 成矿带编号; 11. 成矿亚带编号; 12. 矿集区编号; 13. 石墨矿床及编号; 14. 地名; 15. 省界。

III-1: 山西断隆成矿带; III-2: 华北陆块南缘成矿带; III-3: 北秦岭成矿带; III-4: 南秦岭成矿带。

山西断隆成矿带矿床名称: 1. 济源原山沟石墨矿(矿点); 华北陆块南缘成矿带矿床名称: 2. 灵宝市泉家峪石墨矿(中型); 3. 宜阳杨庙(小型); 4. 栾川杨沟石墨矿(小型); 5. 汝州范庄石墨矿(中型); 6. 鲁山石板河石墨矿(中型); 7. 鲁山县背孜石墨矿(中型); 8. 南召棉沟石墨矿(小型); 9. 鲁山县水底沟石墨矿(中型); 10. 舞钢市杨树湾石墨矿(中型); 北秦岭成矿带矿床名称: 11. 西峡宋庄石墨矿(大型); 12. 西峡横岭石墨矿(大型); 13. 西峡狮子寨石墨矿(中型); 14. 西峡大路沟石墨矿(中型); 15. 西峡干脚沟石墨矿(中型); 16. 内乡县午阳山石墨矿(中型); 17. 镇平县小岔沟石墨矿(中型); 18. 镇平县杨连沟石墨矿(中型); 19. 内乡县雁岭石墨矿(小型); 20. 内乡县叶坪七里坪石墨矿(小型); 21. 桐柏县草帽岭石墨矿(中型); 22. 桐柏县老龙窝石墨矿(小型); 23. 桐柏县黄竹园石墨矿(小型); 24. 桐柏县杨岔凹石墨矿(大型); 南秦岭成矿带矿床名称: 25. 浙川县下大扒石墨矿(超大型); 26. 浙川县柳树沟石墨矿(超大型); 27. 浙川县李家营石墨矿(大型); 28. 浙川县小陡岭石墨矿(大型); 29. 浙川县官沟石墨矿(小型); 30. 西峡九槽沟石墨矿(中型); 31. 西峡县尹家沟石墨矿(中型); 32. 浙川县龙头石墨矿(中型); 33. 浙川县李家沟石墨矿(中型)。

据文献 [8] 修改。

图6 河南省晶质石墨矿成矿带分布

Fig. 6 Distribution of crystalline graphite metallogenic belts in Henan Province

表3 南秦岭成矿带代表性矿床石墨片度分析

Table 3 Flake size distribution of graphite in representative deposits, South Qinling Metallogenic Belt

矿区名称	≥50 目占比/%	≥80 目占比/%	≥100 目占比/%	<100 目占比/%
	(>0.287 mm)	(>0.175 mm)	(>0.147 mm)	(<0.147 mm)
浙川县下大扒石墨矿	1.12	1.86	3.20	94.72
浙川县柳树沟石墨矿	0	5.00	10.00	85.00
浙川县徐家湾—李家营石墨矿	0	1.26	2.11	97.89
浙川—西峡县龙头石墨矿	0.56	2.13	3.21	96.79
浙川县小陡岭石墨矿	1.11	2.68	5.00	95.00
西峡县九槽沟石墨矿	2.46	8.51	11.00	89.00
浙川县官沟石墨矿	1.30	8.32	11.69	88.31

表4 河南省晶质石墨成矿带特征

Table 4 Characteristics of crystalline graphite metallogenic belts in Henan Province

成矿带 (Ⅲ级)	矿集区 (V)	分布区域	典型矿床	$w_{\text{固定碳}}/\%$	>100 目占比/%		赋矿 地层	变质相	特征变质 矿物	超大型	大型 中型 小型 矿点			资源储量 占比/%		
					(以往、本次)	(以往、本次)										
山西断隆成矿带 (Ⅲ-1)	济源石墨矿集区 (V-1)	济源市	原山沟石墨矿	2.88	0	0	Pt _{1c}	角闪岩相	绿帘石、磷灰石				1	—		
	小秦岭石墨矿集区 (V-2)	小秦岭	泉家峪石墨矿	4.07			Ar _{3g}	角闪岩相	磷灰石、绿泥石		1			1.67		
华北陆块南缘成矿带 (Ⅲ-2)	鲁山石墨矿集区 (V-3)	汝州、鲁山	石板河、背孜石墨矿	3.44 ~ 4.17	75.47	78.17	Ar _{3sh}	角闪岩相	蛇纹石、透闪石			3	2	4	8.21	
	南召石墨矿集区 (V-4)	南召	棉沟石墨矿	4.54			Ar _{3sh}	角闪岩相	绿泥石				1	1	0.13	
	舞钢石墨矿集区 (V-5)	叶县、舞钢	杨树湾石墨矿	3.81			Ar _{3y}	角闪岩相	绿泥石、石榴子石				1	1	2	3.00
北秦岭成矿带 (Ⅲ-3)	西峡—镇平石墨矿集区 (V-6)	西峡、镇平、内乡	宋庄、小岔沟、午阳山石墨矿	4.34 ~ 5.50	83.67	85.97	Pt _{1y}	角闪岩相	绿泥石		2	6	2	4	14.46	
	桐柏石墨矿集区 (V-7)	桐柏	老龙窝、草帽岭石墨矿	3.60 ~ 6.55			Pt _{1y} Pt _{1g}	角闪岩相	绿泥石、石榴子石			1	1	2	3	0.91
南秦岭成矿带 (Ⅲ-4)	浙川石墨矿集区 (V-8)	浙川	下大扒石墨矿	8.90	5.00	6.60	Pt _{1d}	低角闪岩相	夕线石、石榴子石		2	2	4	1	2	71.63

注: Pt_{1c} 为银鱼沟群赤山沟组; Ar_{3g} 为太华岩群观音堂组; Ar_{3sh} 为太华岩群水底沟组; Ar_{3y} 为太华岩群杨树湾组; Pt_{1y} 为秦岭岩群雁岭组; Pt_{1g} 为秦岭岩群郭庄组; Pt_{1d} 为陡岭岩群大沟组; “—” 为尚难利用矿产资源。

鳞片石墨成矿带。

3.1.2 时空分布特征

时间上, 形成细鳞片石墨矿的赋矿地层时代较老, 古元古代产出了大量规模较大的细鳞片石墨矿床, 如产于南秦岭成矿带陡岭群大沟岩组的特大型石墨矿: 浙川县下大扒石墨矿、浙川县柳树沟石墨矿等; 空间上, 大地构造发展规律对细鳞片石墨矿

床的空间分布具有重要的控制作用; 细鳞片石墨矿床呈北西—南东向展布, 与区域构造线方向一致, 矿体严格受地层控制, 矿体产状与研究区石墨矿赋矿地层一致。从整体分布情况上看, 研究区内细鳞片石墨矿床主要分布于隆起区, 包括地台隆起区、褶皱带隆起区, 如山西断隆细鳞片石墨成矿带分布于陕西断隆隆起区, 南秦岭细鳞片石墨成矿带分布

于南秦岭褶皱带隆起区,后期受构造作用和变质作用影响形成鳞片较细小^[14-16]。

3.2 富集规律

3.2.1 成矿地层专属性规律

河南省石墨矿床均产于新太古界和古元古界变质地层中,石墨矿体分别赋存于山西断隆成矿带的古元古界银鱼沟群赤山沟组、华北陆块南缘成矿带的新太古界太华群水底沟组(或观音堂组、杨树湾组)、北秦岭成矿带的古元古界秦岭群雁岭沟组和南秦岭成矿带的古元古界陡岭群大沟组地层,原岩为一套含碳的泥质、粉砂质-含碳质碳酸盐岩,均具有孔兹岩系特征(除银鱼沟群为黑色岩系)^[17]。细鳞片石墨分布于银鱼沟群赤山沟组和陡岭群大沟组地层中,具有成矿地层专属性特征。

3.2.2 与区域构造方向、地层产状一致规律

细鳞片石墨矿带空间上呈北西西向—南东东向带状展布,与区域构造方向一致。矿体走向受区域构造控制,与区域主构造线走向一致,整体呈北西西向—南东东向产出,矿体多呈层状-似层状、透镜状产出。同时,细鳞片石墨矿体严格受地层层位控制,地层中含碳原岩建造严格控制了该区石墨矿的产出,含矿层受区域构造控制影响,矿体产状和地层产状一致。

3.2.3 成矿物质来源规律

关于研究区内石墨碳质来源的问题,主要为有机碳来源和无机碳来源两种观点,多数学者认为石墨形成于生物碳,即有机成因^[4,10,12];也有部分学者认为石墨来自于碳酸盐岩矿物的无机成因^[6-7,18]。本次研究对山西断隆成矿带济源原山沟石墨矿床、南秦岭细鳞片石墨成矿带陡岭群地层进行了综合研究,认为两个成矿带上早期浅海沉积环境为早期生物生存、繁殖提供了有利条件,原岩沉积中的腐植质在漫长的地质作用下,变成有机碳气逸出结晶成鳞片状石墨,即有机碳成矿。同时,含碳原岩地层在区域变质过程中,在温度、压力、变质溶液及H₂O、CO₂等挥发组分的变化影响下,岩石发生重结晶、重组及变形作用,同时改变了矿物组成和结构构造,无机碳逐渐气化逸出形成石墨。因此,我们认为研究区内两个细鳞片石墨成矿带上的石墨碳质主要来源于原岩中的有机质,同时无机碳也有参与。

4 讨论

细鳞片石墨固定碳质量分数较高,成矿地层越新,石墨质量分数越高,反之地层越老,质量分数越低。这与原始沉积环境有关,成矿时代越新、越利于生物体大量繁殖和聚集,从而为形成石墨矿提供有机碳质越多、品位越高^[18]。研究发现,细鳞片矿石主要类型为石墨片麻岩、石墨片岩、含石墨石英岩等,变质相为低-中角闪岩相。细鳞片石墨的形成一般与变质作用不均匀、变质程度较浅及受构造应力破坏作用影响等有关,形成的石墨鳞片<0.15 mm。根据石墨片度测试结果,对山西断隆成矿带和南秦岭成矿带细鳞片石墨片度成因进行分析。

4.1 山西断隆成矿带石墨片度成因

该成矿带在河南省的石墨矿床仅有济源原山沟石墨矿,矿床产于华北地台山西台隆铁山河拱褶皱断束西坪向斜核部,矿体赋存于古元古界银鱼沟群赤山沟组上段的地层中,属层控矿床,控矿地层为古元古界银鱼沟群赤山沟组上段的绢云片岩、含石墨绢云片岩等。矿层呈层状,分布广泛,延伸稳定,与围岩产状一致。受燕山期构造运动构造应力影响,产于西坪向斜核部的原山沟石墨矿床受到强大的应力挤压及岩浆热液冲击作用,矿区内部小断裂和揉皱十分发育。由于石墨矿层较软且容易变形,同时石墨润滑性较好,石墨矿层作为应力释放点而被强烈改造且常与断层伴生,在构造应力作用下,石墨鳞片受损较大,原岩片岩变质形成细鳞片石墨矿床;空间上,向斜核部成为本区石墨矿层富集带,强烈不断地构造应力“催化”石墨化进程^[19-20],并控制石墨富集部位,但也破坏本区石墨矿片径成为大鳞片的可能,故本成矿带形成的石墨矿片径较细,为细鳞片石墨。

4.2 南秦岭成矿带石墨片度成因

此成矿带上石墨片度成因研究较少,本次研究发现区域变质作用和混合岩化作用是影响石墨鳞片大小的重要因素。成矿带目前已发现的石墨矿床(点)全部产出于陡岭群地层中,区内矿体呈层状、似层状产出,分布广泛,与地层产状一致,与围岩呈渐变过渡,含矿岩石具有明显的沉积韵律特征。南秦岭成矿带为古元古代重要的岩石地层单元,位于华北板块和扬子板块边界的夹持地体中,

属早元古代时期变质地带,变质相为中压高绿片岩相-低角闪岩相,应力作用较强,局部出现混合岩化作用,并伴随有超基性、基性岩浆活动,变质作用类型为中压区域热流变质作用。元古代时期,南秦岭成矿带为古陆边缘,现处于秦岭—淮河一线及其两侧地台边缘(一级板块缝合线上),变质作用极为复杂,属结晶基底边缘类型,这决定了该成矿带非饱和型变质、呈线形分布、具有活动带型的特点;边界附近及内部个别地段有超壳断裂或壳断裂,并伴有超基性-基性岩浆活动,温压范围变化大,属于中温-低温、中压相系热流型变质作用;同时,陡岭群地层混合岩化极不均匀,未形成混合岩化中心,空间上分带现象不明显,只在浙川—西峡地区陡岭群的局部地段出现^[20]。因此,南秦岭石墨成矿带是在混合岩化作用不强、变质作用不饱和条件下形成的,石墨鳞片较细(一般 $<0.15\text{ mm}$),为细鳞片石墨成矿带。

5 结论

(1) 河南省石墨矿区域上分带明显,自北向南共划分为4个石墨成矿带:山西断隆成矿带、华北陆块南缘成矿带、北秦岭成矿带和南秦岭成矿带。细鳞片石墨矿主要产于山西断隆成矿带和南秦岭成矿带,赋矿地层分别为银鱼沟群赤山沟组和陡岭岩群大沟岩组。

(2) 细鳞片石墨矿床形成时代较老,空间上受大地构造发展规律控制与区域构造线方向一致,分布于地台、褶皱带隆起区。矿体严格受地层控制,具有成矿地层专属性特征,矿体产状与研究区石墨矿赋矿地层产状一致。石墨碳质主要来源于原岩中的有机质,同时无机碳也有参与,属有机碳和无机碳共同参与的成矿作用。

(3) 研究区细鳞片石墨片径受构造应力作用、变质作用及混合岩化作用影响形成细小鳞片。山西断隆细鳞片石墨成矿带因受西坪向斜核部多期构造挤压及岩浆热液叠加改造,导致石墨层理在构造应力作用下塑性变形破坏,形成细鳞片石墨。南秦岭成矿带作为古陆边缘活动带,其非饱和变质、活动带型特征及不均匀混合岩化环境抑制了石墨重结晶作用,从而形成片径较小的细鳞片石墨。

参考文献:

[1] 于倩,张晓臣,阚侃.天然鳞片石墨提纯研究进展

[J].中国矿业,2024,33(7):254-260.

YU Q, ZHANG X C, KAN K. Research progress of natural scales graphite purification [J]. China Mining Magazine, 2024, 33 (7): 254-260.

[2] 陈军元,颜玲亚,欧阳友和,等.晶质石墨矿鳞片片径与成矿特征分析[J].中国非金属工业导刊,2023,162(6):1-6.

CHEN J Y, YAN Y L, OUYANG Y H, et al. Analysis of the scale size and metallogenic characteristics of crystalline graphite ore [J]. China Non-Metallic Minerals Industry, 2023, 162 (6): 1-6.

[3] 李晓姣,吴园园,周亚丽,等.河南省石墨矿产资源分布特征及成矿规律分析[J].中国锰业,2024,42(4):14-19.

LI X J, WU Y Y, ZHOU Y L, et al. Analysis on the distribution characteristics and mineralization laws of graphite mineral resources in Henan Province [J]. Zhongguo Mengye, 2024, 42 (4): 14-19.

[4] 姬果,裴中朝,王永辉,等.河南省石墨矿床地质特征、成矿区带划分及找矿预测[J].金属矿山,2023,562(2):158-167.

JI G, PEI Z C, WANG Y H, et al. Geological characteristics, metallogenic zone division and prospecting prediction of graphite deposit in Henan Province [J]. Metal Mine, 2023, 562 (2): 158-167.

[5] 陈衍景,刘丛强,陈华勇,等.中国北方石墨矿床及赋矿孔达岩系碳同位素特征及有关问题讨论[J].岩石学报,2000,16(2):233-244.

CHEN Y J, LIU C Q, CHEN H Y, et al. Carbon isotope geochemistry of graphite deposits and ore-bearing khondalite series in North China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16 (2): 233-244.

[6] 张晨,冯杨伟,贾灿灿.秦岭地区石墨资源分布与成矿主控因素[J].自然科学,2021,9(5):610-616.

ZHANG C, FENG Y W, JIA C C. Distribution and main controlling factors of mineralization of graphite resources in Qinling area [J]. Natural Science, 2021, 9 (5): 610-616.

[7] 梁存斌,王伟,张燕赞,等.河南省舞钢—鲁山地区石墨矿碳硫同位素特征及成因分析[J].矿产与地质,2023,37(4):744-752.

LIANG C B, WANG W, ZHANG Y Z, et al. Carbon and sulfur isotope characteristics and genesis analysis of graphite deposits in Wugang-Lushan area, Henan [J]. Mineral Resources and Geology, 2023, 37 (4): 744-752.

- [8] 马旭东, 钟焱, 陈雅丽, 等. 华北克拉通孔兹岩带内孔兹岩系沉积过程对石墨矿床成矿的控制 [J]. 大地构造与成矿学, 2019, 43 (6): 1155-1168.
MA X D, ZHONG Y, CHEN Y L, et al. Sedimentary process controls on the graphite mineralized in the khondalite series, western North China Craton [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2019, 43 (6): 1155-1168.
- [9] 赖群生, 樊中玲, 郭贤培, 等. 豫西南南秦岭石墨成矿带地质特征及找矿潜力 [J]. 金属矿山, 2019, 516 (6): 124-134.
LAI Q S, FAN Z L, GUO X P, et al. Geological characteristics and prospecting potential of the South Qinling graphite metallogenic belt in southwestern Henan Province [J]. *Metal Mine*, 2019, 516 (6): 124-134.
- [10] 赖群生. 河南浙川县徐家湾—李家营石墨矿床地质特征及成因探讨 [J]. 地质调查与研究, 2017, 40 (1): 41-47.
LAI Q S. Discussion on geological characteristics and origin of the Xujiawan - Lijiaying graphite deposit in Xichuan County, Henan Province [J]. *Geological Survey and Research*, 2017, 40 (1): 41-47.
- [11] 王晓枝, 夏晓梅, 徐立爽. 河南省浙川县官沟石墨矿矿区及矿体地质特征研究 [J]. 能源与环保, 2022, 44 (8): 153-159.
WANG X Z, XIA X M, XU L S. Research on geological characteristics of Guangou graphite mine area and orebody in Xichuan County, Henan Province [J]. *China Energy and Environmental Protection*, 2022, 44 (8): 153-159.
- [12] 吴园园, 余智慧, 陈昊龙, 等. 河南西峡县九槽沟石墨矿床地质特征及成因分析 [J]. 矿产与地质, 2022, 36 (4): 751-758.
WU Y Y, YU Z H, CHEN H L, et al. Geological characteristics and genetic analysis of Jiucagou graphite deposit in Xixia County of Henan [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2022, 36 (4): 751-758.
- [13] 绍世威, 郭贤培, 杨家豪, 等. 河南柳树沟一带石墨矿石特征及开发利用分析 [J]. 现代矿业, 2025, 41 (1): 174-178.
SHAO S W, GUO X P, YANG J H, et al. Characteristics and development and utilization analysis of graphite ore in Liushugou area of Henan Province [J]. *Modern Mining*, 2025, 41 (1): 174-178.
- [14] 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.
YAN L Y, GAO S X, CHEN Z G, et al. Metallogenic characteristics and metallogenic zoning of graphite deposits in China [J]. *Geology in China*, 2018, 45 (3): 421-440.
- [15] 魏东, 成亚丽. 商丹地区秦岭岩群孔兹岩系地质特征及石墨资源潜力分析 [J]. 陕西地质, 2016, 34 (2): 32-63.
WEI D, CHENG Y L. Geology of khondalite series and graphite resources in the Qinling Group in Shangdan area [J]. *Geology of Shaanxi*, 2016, 34 (2): 32-63.
- [16] 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 (II): 矿石矿物及矿化特征 [J]. 化工矿产地质, 2020, 42 (2): 97-105.
ZHANG Y F, LIANG S, ZHAO Q, et al. Types of graphite deposits and metallogenic patterns of crystalline graphite deposits (II): ore minerals and mineralizing characteristics [J]. *Geology of Chemical Minerals*, 2020, 42 (2): 97-105.
- [17] 杨焰海, 刘振宇, 朱建江, 等. 华北克拉通古元古代石墨成矿研究进展与问题 [J]. 岩石学报, 2024, 40 (10): 3257-3280.
YANG Y H, LIU Z Y, ZHU J J, et al. A review of study on genesis of Paleoproterozoic graphite deposits in the North China Craton: progress and questions [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2024, 40 (10): 3257-3280.
- [18] 时永志, 王宪伟, 赵伟, 等. 河南桐柏地区石墨矿地质特征与找矿方向 [J]. 中国非金属工业导刊, 2023, 35 (6): 19-23.
SHI Y Z, WANG X W, ZHAO W, et al. Geological characteristics and prospecting direction of graphite deposits in Tongbai area, Henan Province [J]. *China Non-Metallic Minerals Industry*, 2023, 35 (6): 19-23.
- [19] 严鹏程, 寿立永, 杨联涛, 等. 北秦岭东段晶质石墨矿床地质特征及成因探讨 [J]. 矿产与地质, 2023, 37 (6): 1210-1220.
YAN P C, SHOU L Y, YANG L T, et al. Discussion on the geological characteristics and causes of crystalline graphite deposits in the eastern section of the northern Qinling Mountains [J]. *Mineral Resources and Geology*, 2023, 37 (6): 1210-1220.
- [20] 韩东, 刘良. 石墨矿地质特征及成矿规律研究 [J]. 西部资源, 2022, 26 (5): 157-159.
HAN D, LIU L. Research on geological characteristics and mineralization laws of graphite minerals [J]. *Western Resources*, 2022, 26 (5): 157-159.