

陕西省石墨矿成矿特征及成矿区带划分

寿立永

(中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队, 陕西 西安 710003)

摘要: 石墨矿是具有重要发展前景的原材料矿产。笔者对陕西省石墨矿床类型、成矿时代、矿床成因进行了分析归纳, 认为陕西省石墨矿产资源具有类型齐全、矿石质量有明显差异的特点。对陕西省石墨矿典型矿床进行了分析, 对成矿规律进行了总结, 认为区域变质型为晶质石墨矿重要成因类型, 岩浆作用、混合岩化作用对石墨矿物片度增大有促进作用; 接触变质型为隐晶质石墨重要成因类型, 矿体分布在岩体外接触带, 规模较小。根据成矿条件对陕西省石墨矿成矿区带进行了划分, 指出了陕西省石墨矿进一步找矿方向。

关键词: 陕西; 石墨; 矿床类型; 成矿区带

中图分类号: P619. 25

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2018)03-0185-07

Metallogenic Characteristics and Mineralization Zoning of Granite Deposits in Shaanxi Province

SHOU Liyong

(Shaanxi Branch of China Building Materials Industry Geologic Exploration Center, Xi'an 710003, Shaanxi, China)

Abstract: The graphite is an important raw material, with good development prospect. After analyzing the types, metallogenic age and genesis of the graphite deposits in Shaanxi Province, it's concluded that Shaanxi Province has all kinds of graphite deposits, but they are obvious differences in ore quality. In this paper, the typical graphite deposits in Shaanxi have been analyzed, and their metallogenic regularity has been summarized. The results show that the regional metamorphic type serves as the most important genetic type for the crystalline graphite deposit, while the magmatism and dolomitization can improve the degree of graphite minerals. The contact metamorphic type is an important genetic type for the aphanitic graphite deposits, and the orebody is distributed in the outer contact zone of rock mass, with small scale. According to the metallogenic conditions, the mineralization zone of graphite deposits in Shaanxi Province has been divided, and the further direction for prospecting graphite deposits in Shaanxi Province has been pointed out.

Keywords: Shaanxi; graphite; deposit type; metallogenic zone

石墨矿物具有耐高温、耐腐蚀的高化学稳定性, 同时具有导电性、润滑性、可塑性等众多特性, 在耐火材料、摩擦材料、电碳材料等传统领域应用较多, 随着新材料科技的不断发展。目前, 在密封材料、高

耐涂料、电池负极材料等新材料领域有了越来越多的新的应用, 石墨矿是具有重要发展前景的原材料矿产。陕西省中部处于华北、扬子两大板块衔接部位, 具有多样的沉积环境、广泛的岩浆活动和复杂的

收稿日期: 2017-09-19; 修回日期: 2017-12-25

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”项目(DD20160058)

作者简介: 寿立永(1978-), 男, 高级工程师, 长期从事非金属矿产调查、固体矿产勘查工作。E-mail: shouliyong@qq.com

变质作用,为石墨矿形成提供了优越的赋存条件。陕西省石墨矿总体勘查程度较低,对矿床特征缺乏系统梳理和研究。笔者是在充分收集相关资料基础上,对陕西省石墨矿类型及其特征进行了梳理,对石墨矿成矿规律进行了总结,对石墨矿成矿区带进行划分。

表 1 陕西省石墨主要成矿类型特征表
Tab. 1 Characteristics of main metallogenic types of graphite in Shaanxi

矿床成因类型	成矿域	沉积时代	结晶程度	变质程度	典型矿床
区域变质型	华北地台	太古宙—古元古代	晶质	高角闪岩相-麻粒岩相	崇阳沟石墨矿、庾家河石墨矿
	扬子地台	古元古代	晶质	角闪岩相	铁河石墨矿、唐湾石墨矿
接触变质型	华北地台	石炭纪	隐晶质	角岩相	岩湾石墨矿、铜峪石墨矿
	扬子地台	志留纪	隐晶质	角岩相	桑园坝石墨矿

矿床形成晶质石墨矿床,接触变质型形成隐晶质石墨矿。区域变质作用范围大,相同沉积时代不同位置产出的矿床东西可跨越近 900 千米;而接触变质型矿床与岩浆作用密切相关,影响范围仅限于含碳地层与岩浆活动接触带附近。

1.1 区域变质型

陕西省区域变质型晶质石墨矿床集中分布于华北地台南缘、秦岭造山带南北边缘,近于东西带状分布于板块缝合带南北两侧(李超等,2016)。矿体赋存于太古宇太华岩群、古元古界陇山岩群、古元古界秦岭岩群、古元古界长角坝群古老变质孔兹岩系,原岩为砂泥质、半黏土质黏土岩,富含碳质的泥灰岩及富铝碳酸盐系列。陕西省内区域变质型石墨矿变质程度为角闪岩相-麻粒岩相。矿石品位为 3%~10%,石墨鳞片为 0.05~1.50 mm,通常赋矿地层越古老,变质程度越高,岩浆活动越强,则晶质石墨结晶越好,鳞片越大。

1.2 接触变质型

陕西省接触变质型石墨矿床形成于古生代志留纪以后,受原始沉积煤层、含碳地层与规模较大岩体双重控制,分布于侵入岩体外接触带。留坝县、勉县境内下志留统舟曲组上部含碳板岩与华阳、光头山等大规模岩体外接触角岩化带为隐晶质石墨矿体赋存位置。由于原岩碳含量相对较低,往往形成固定碳小于 20%低品位隐晶质石墨矿;凤县、太白县、眉县境内上石炭统草凉驿组煤层、劣质煤层与太白山、

1 陕西省石墨矿类型及其特征

陕西省石墨矿具有分布广、矿石类型丰富、矿床成因类型齐全的特点。根据成因类型可分为区域变质型、接触变质型 2 大类(表 1)。区域变质型石墨

天台山岩体接触带形成分布广、规模大的大型接触变质型隐晶质石墨矿。由于变质作用持续时间相对较短,变质条件为高温低压,变质程度较低(吴春林等,1994;张蔚语,2010),结晶程度差,所形成石墨大部分为隐晶质或者微晶、隐晶质石墨混合体。从接触带向外形成石墨—半石墨半煤—煤渐变过渡带,石墨矿品位由原岩煤质决定。

2 陕西省石墨矿成矿规律

陕西省石墨矿床系含碳地层受变质而形成,其控制因素主要有赋矿地层因素、构造因素和成矿作用因素,具有较为明显的规律性。笔者通过对陕西省内石墨矿床资料的收集、分析,对陕西省石墨矿床的成矿规律进行了总结(表 2)。

2.1 赋矿地层因素

陕西省晶质石墨矿含矿地层主要有太古宇太华群、古元古界秦岭群、古元古界长角坝岩群、古元古界陇山群、古元古界峡河岩群;隐晶质石墨含矿地层为早古生界舟曲组、晚古生界草凉驿组。从赋矿地层沉积时代来看晶质石墨主要为太古宙、古元古代,与全国晶质石墨矿一般规律一致;隐晶质石墨赋矿地层沉积时代为古生代。

从岩性来看,晶质石墨赋矿地层为一套以富含矽线石、石榴子石、石墨等变质矿物为特征的富铝、富碳碎屑-碳酸盐岩孔兹岩系;隐晶质石墨赋矿地层

表 2 陕西省典型石墨矿床特征一览表

Tab. 2 Characteristics of typical graphite deposit in Shaanxi Province

矿床类型	矿床名称	地理位置	赋矿地层	地层时代	矿床规模	变质相	岩浆作用、混合岩化作用程度		矿 石 特 征		资料来源
									石墨矿物片径 (mm)	矿石品位 (%)	
区域变质型	六桥	陇县固关	陇山群	古元古界	大型	角闪岩相	中等	片岩型晶质石墨	0.074~0.261	4.44	浮选精矿 90.77% 陈二虎等, 2014
区域变质型	朝阳	凤县	秦岭群雁岭沟组	古元古界	小型	角闪岩相	中等	片麻状大理岩型晶质石墨	0.052~0.510	5.82	易选、易提纯 张亮, 2010
区域变质型	铁河	洋县铁河	长角坝岩群低庄沟组	古元古界	大型	角闪岩相	弱	片麻岩型晶质石墨	0.020~0.300, 隐晶质占 20%	4.91	矿物成分复杂, 含有金红石、矽线石等难提纯矿物 赵福来, 2014
区域变质型	唐湾	佛坪县	长角坝岩群黑龙潭组	古元古界	小型	角闪岩相	强	片岩型晶质石墨	0.044~0.683	4.37	矿物成分较简单。可选性一般、可提纯度一般 唐旭等, 1980
区域变质型	庾家河	丹凤	秦岭群雁岭沟组	古元古界	大型	高角闪岩相	强	片麻状大理岩、变粒岩型晶质石墨	0.012~1.374	6.67	易选、易提纯 王与才等, 1984
区域变质型	马家坪	丹凤	峡河岩群寨根岩组	古元古界	大型	角闪岩相	中等	片麻岩型晶质石墨	0.096~0.774	4.32	矿物成分较简单。可选性一般、可提纯度一般 严鹏程, 2016
区域变质型	大西沟碾子坪	丹凤	秦岭群雁岭沟组	古元古界	中型	高角闪岩相	强	片麻状大理岩、变粒岩型	0.104~1.120	5.18~6.74	易选、易提纯 高治乱等, 1984
区域变质型	崇阳沟	临潼	太华群	太古界	大型	角闪岩相	弱	片麻岩型晶质石墨	0.074~0.180	7.82	可选性一般、可提纯度一般 于俊清等, 1988
区域变质型	善车峪	潼关	太华群	太古宇	中型	角闪岩相-麻粒岩相	强	片麻岩型晶质石墨	0.180~4.210	4.12	易选、易提纯 杨放伟等, 1990
接触变质型	庙坪	勉县	舟曲组	早古生界	中型	绿片岩相	强	变粒岩型晶质石墨	0.037~0.015	5.62	矿物成分复杂, 可选性、可提纯度差 汤贺军等, 2015
接触变质型	桑园坝	留坝	舟曲组	早古生界	小型	角岩相	强	隐晶质石墨	含少量晶质石墨	8.74	品位低、矿物成分复杂, 含有金红石、矽线石等难提纯矿物, 尚难利用 李方舟等, 2017
接触变质型	岩湾	凤县	草凉驿组	古生代	大型	角岩相	强	隐晶质石墨	隐晶质, 含少量晶质石墨	82.3	手选、过筛, 低端应用 寿立永等, 2010
接触变质型	铜峪	眉县	草凉驿组	古生代	大型	角岩相	强	隐晶质石墨	隐晶质, 含少量晶质石墨	34.8~40.4	手选、过筛, 低端应用 陈二虎等, 2014

为煤层及碳质板岩。黏土质岩石致密、柔软,在成矿作用中是良好的遮挡层,使区域变质和岩浆活动提供的气热溶液不致逸散,为封闭的、还原环境的形成创造条件(鄂阿强等,2016)。

含矿建造沉积于近陆源浅海滨海有机质丰富的还原环境,碳质来源为生物有机碳,推断原岩为滨海环境下碳酸盐岩、泥质碎屑岩,吸附生物有机碳,在长期变质作用下,碳质集中结晶形成了石墨。以陕西省丹凤县石墨矿为例,稳定碳同位素分析 δC^{13} PPB 为 $-13.89\text{‰} \sim -12.34\text{‰}$,证明碳质来源主要为有机质(高治乱等,1984)。

2.2 构造因素

陕西省晶质石墨矿分布受区域构造控制规律明显。目前,已经发现的晶质石墨矿床从宏观来看均分布于华北板块、扬子板块边缘及板块缝合造山带。陇县六桥石墨矿、潼关善车峪石墨矿、临潼崇阳沟石墨矿位于华北板块南缘;凤县曲家沟-官沟石墨矿、太白县牛咬沟晶质石墨矿、丹凤县庾家河石墨矿位于华北板块南缘北秦岭造山带;佛坪唐湾石墨矿、洋县铁河石墨矿位于扬子板块北缘南秦岭造山带。区域变质石墨矿床产于古老板块周缘,可能主要与板块汇聚、板块升降过程中变质作用、岩浆活动、混合岩化作用有关。

2.3 成矿作用因素

变质作用对石墨矿的形成极为重要,它为成矿提供温度、压力和高度活泼的挥发性气热溶液,在某些地段造成封闭、还原环境,使碳质得以还原,原岩中的有机质在还原条件下发生脱氧、脱氢反应,结晶成鳞片状石墨。由于变质作用持续时间长、变质程度高,石墨往往结晶程度较高,通常为鳞片状晶质石墨(王广等,2017)。变质程度越高石墨鳞片粒度越大。例如,潼关善车峪晶质石墨矿变质程度达到角

闪岩相-麻粒岩相,鳞片直径可达 4.21 mm。元古宙以后各含碳地层变质程度低,一般形成接触变质型石墨矿,石墨矿物结晶细小且不均匀,石墨呈细鳞片状,结晶不均匀、品位低,目前尚不具备利用价值。

岩浆作用的叠加及混合岩化作用对石墨矿床的片度至关重要,同样是赋存于太古宇太华群的临潼崇阳沟石墨矿因岩浆作用弱,石墨矿物以中细鳞片为主;而潼关善车峪石墨矿由于岩浆作用强烈、混合岩化作用强烈,石墨矿物结晶粗大;同样赋存于长角坝岩群的洋县铁河石墨矿结晶细小,佛坪唐湾石墨矿结晶粗大也符合此规律。晶质石墨矿的形成是区域变质作用、岩浆作用、混合岩化作用多种成矿热活动复合叠加的结果,尤其是大鳞片晶质石墨更是如此。

3 陕西省石墨矿成矿区带划分

3.1 成矿区带划分原则

本次陕西省石墨矿成矿区带划分中,I、II、III级成矿区带根据中国地质科学院(徐志刚等,2008)对全国I、II、III级成矿区带的划分;IV级成矿区带参考《陕西省成矿单元划分研究报告》(董王仓等,2015);V级成矿区带为同一地质构造单元内矿床成因相同的矿集区及成矿潜力区。I、II、III级成矿区带冠名与全国成矿区带一致;IV级成矿区带冠名与陕西省成矿区带一致;V级成矿区带冠名采用地理名称+矿种+成矿区(带)。

3.2 陕西省石墨矿成矿区带划分

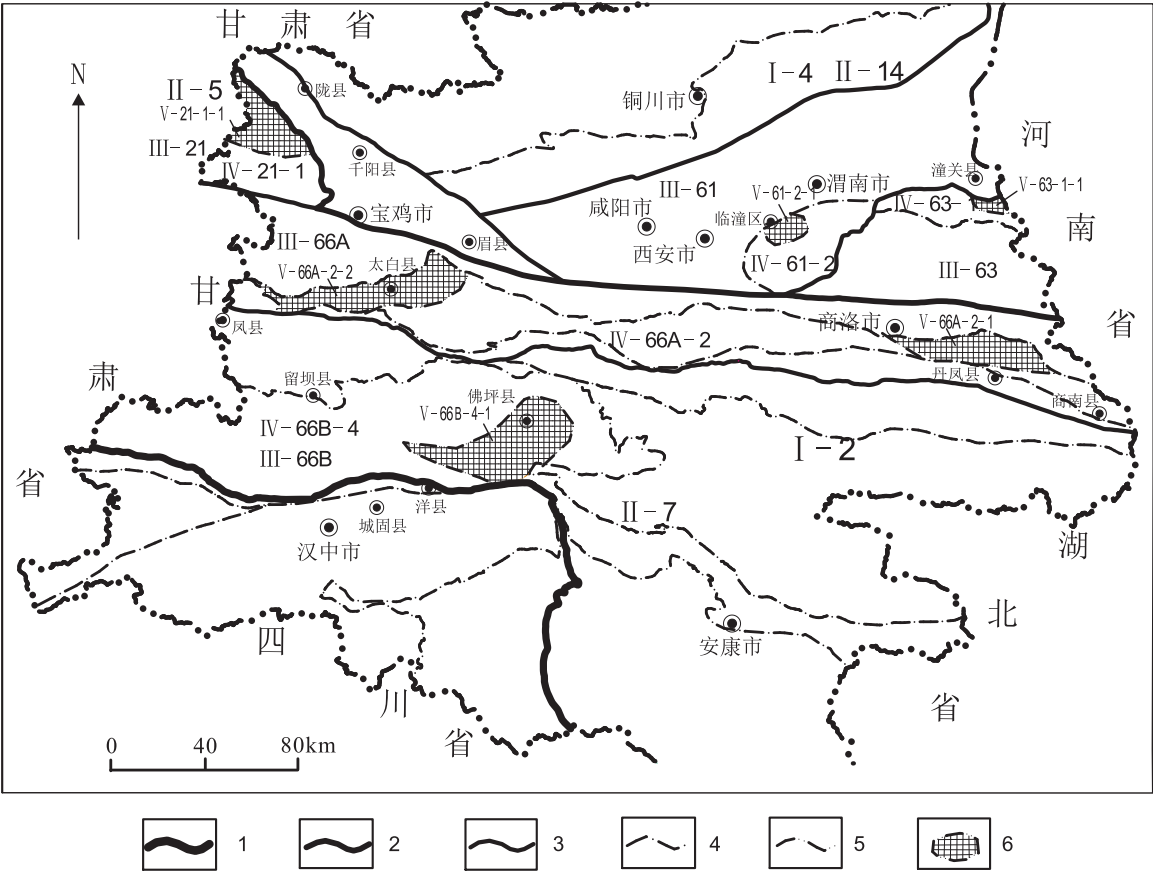
在对陕西省石墨矿分布规律总结、成矿条件进行综合分析的基础上,针对矿石质量好、价值高的晶质石墨矿、隐晶质石墨矿,在IV级成矿区带基础上,本次共划分出6个石墨矿V级成矿区带(表3)(图1)。

表 3 陕西省石墨矿成矿单元划分表
Tab. 3 Graphite metallogenic zone division table of Shaanxi Province

序号	I 级成矿区带 (成矿域)	II 级成矿区带 (成矿省)	III 级成矿区带	IV 级成矿区带 (成矿亚带—若干矿田 或远景区分布区)	V 级成矿区带 (矿田或远景区)	典型矿床
1	I-4 古亚洲成矿域(叠加滨太平洋成矿域)	II-14 华北(陆块)成矿省	III-61 山西断隆(渭河盆地)成矿带	IV-61-2 临潼-蓝田石墨非金属成矿亚带	临潼石墨成矿区(V-61-2-1)	崇阳沟石墨矿、骊山石墨矿、栗沟石墨矿
2			III-63 华北陆块南缘(小秦岭)成矿带	IV-63-1 太华断隆 Au-U-Pb-Fe-石墨蛭石成矿亚带	潼关石墨成矿区(V-63-1-1)	潼关马蜂峪石墨矿、铜峪李家沟石墨矿、善车峪石墨矿

续表 3

序号	I 级成矿区带 (成矿域)	II 级成矿区带 (成矿省)	III 级成矿区带	IV 级成矿区带 (成矿亚带—若干矿田 或远景区分布区)	V 级成矿区带 (矿田或远景区)	典型矿床
3		II-5 阿尔金-祁连成矿省	III-21 北祁连成矿带	IV-21-1 陇山石墨成矿亚带	陇县石墨成矿区…… (V-21-1-1)	陇县六桥石墨矿
4	I-2 秦祁昆成矿域 (叠加滨太平洋成矿域)				商洛沙河子—栾庄石墨成矿带(V-66A-2-1)	庾家河石墨矿、黄柏岔石墨矿、王家沟石墨矿、大西沟石墨矿
5		II-7 秦岭-大别成矿省(东段)	III-66A 北秦岭成矿带	IV-66A-2 太白-商县白云母红柱石砂线石墨成矿亚带	凤县—太白山石墨成矿带(V-66A-2-2)	凤县曲家沟—官沟石墨矿、太白山牛咬沟晶质石墨矿;铜峪、岩湾一带隐晶质石墨矿
6			III-66B 南秦岭成矿带	IV-66B-4 白水江-安康石墨滑石蓝石棉成矿亚带	佛坪隆起及周边石墨成矿区(V-66B-4-1)	洋县铁河石墨矿、佛坪县唐湾石墨矿、秧田坝石墨矿



1. I 级成矿区(带);2. II 级成矿区(带);3. III 级成矿区(带);4. IV 级成矿区(带);5. V 级成矿区(带);6. 石墨成矿区带;I 级成矿带;I-2. 秦祁昆成矿域(叠加滨太平洋成矿域);I-4. 古亚洲成矿域(叠加滨太平洋成矿域);II 级成矿带;II-5. 阿尔金-祁连成矿省;II-7. 秦岭-大别成矿省(东段);II-14. 华北(陆块)成矿省;III 级成矿带;III-61. 山西断降(渭河盆地)成矿带;III-63. 华北陆块南缘(小秦岭)成矿带;III-21. 北祁连成矿带;III-66A. 北秦岭成矿带;III-66B. 南秦岭成矿带;IV 级成矿带;IV-61-2. 临潼-蓝田石墨非金属成矿亚带;IV-61-1. 太华断隆石墨蛭石成矿亚带;IV-21-1. 陇山石墨成矿亚带;IV-66A-2. 太白-商县白云母红柱石砂线石墨成矿亚带;IV-66B-4. 白水江-安康石墨滑石蓝石棉成矿亚带;V 级成矿带;V-61-2-1. 临潼石墨成矿区;V-63-1-1. 潼关石墨成矿区;V-21-1-1. 陇县石墨成矿区;V-66A-2-1. 商洛沙河子-栾庄石墨成矿带;V-66A-2-2. 凤县-太白山石墨成矿带;V-66B-4-1. 佛坪隆起及周边石墨成矿区

图 1 陕西省石墨矿成矿单元划分图

Fig. 1 The division map of graphite metallogenetic, Shaanxi province

3.2.1 潼关石墨成矿区(V-63-1-1)

位于潼关蒿岔峪至陕豫界。出露地层为太古宙太华群板石山组。该区内生矿地层老,经历了长期的区域变质作用,变质程度为角闪岩相-麻粒岩相,在此基础上又叠加了强烈混合岩化作用、岩浆作用,使得该区内石墨矿具有鳞片大、品位高的特点。

目前,区内已发现潼关马蜂峪、铜峪、铜峪李家沟、善车峪、碾头岔、立峪6处矿床及矿点,显示出良好的成矿条件和找矿前景。本区石墨矿找矿方向为优质超大鳞片晶质石墨矿。

3.2.2 临潼石墨成矿区(V-61-2-1)

位于临潼南部骊山南麓。出露地层为太古宙太华群板石山组,变质程度为角闪岩相,该成矿区岩浆活动较弱,石墨矿物以中细鳞片为主。

目前,区内已发现崇阳沟石墨矿、骊山石墨矿、栗沟石墨矿,具有良好的成矿条件和找矿前景。根据陕西省矿产资源规划本区属于骊山风景名胜区保护范围,不适宜进行勘查开发。

3.2.3 陇县石墨成矿区(V-21-1-1)

位于陇山北麓陇县固关镇、天城镇一带。出露地层为古元古界陇山岩群,含矿岩系为石英片岩、大理岩系夹石墨片岩段,变质程度为角闪岩相,该成矿区岩浆活动强烈,石墨矿物以中-大鳞片为主。

目前,区内已发现陇县六桥石墨矿,区内含矿地层分布广泛、岩浆活动强烈,具有良好的成矿条件和找矿前景。本区石墨矿找矿方向为优质大鳞片晶质石墨矿。

3.2.4 商洛沙河子-栾庄石墨成矿带(V-66A-2-1)

位于商洛市沙河子至丹凤、商南一带。出露含石墨地层主要为古元古界秦岭岩群雁岭沟组,含石墨的雁岭沟组为区域变质作用形成低角闪岩相-高角闪岩相变质岩系,其次局部范围经历了混合岩化,为富碳地层变质,为石墨矿体提供了有利条件。该区石墨矿物以大鳞片为主。

根据陕西省矿产资源规划本区属于石墨萤石重点调查区。目前,区内已发现庾家河石墨矿、黄柏岔石墨矿、王家沟石墨矿和大西沟石墨矿等,区内含矿地层分布广泛、岩浆活动强烈,显示出良好的成矿条件和找矿前景。本区石墨矿找矿方向为优质大鳞片晶质石墨矿。

3.2.5 凤县-太白石墨成矿带(V-66A-2-2)

位于凤县唐藏至太白鹦鸽一带。出露含石墨地

层主要为古元古界秦岭岩群雁岭沟组,含石墨的雁岭沟组变质程度达到高角闪岩相,石墨矿物以中-大鳞片为主。同时该区域零星分布有石炭系草凉驿组,岩性为砂砾岩泥质岩互层夹煤层,北部广泛分布有天台山岩体,煤层受接触热变质作用影响形成高品位隐晶质石墨。

目前,区内已发现凤县曲家沟-官沟石墨矿、太白县牛咬沟晶质石墨矿,铜峪、岩湾一带隐晶质石墨矿等,区内含矿地层分布广泛,岩浆活动强烈,具有良好的成矿条件。该区石墨矿找矿方向为中-大鳞片晶质石墨矿及隐晶质石墨。

3.2.6 佛坪隆起及周边石墨成矿区(V-66B-4-1)

位于佛坪县城周边及南部洋县铁河至秧田坝一带。区内出露地层为下古生界长角坝岩群,为一套达高角闪岩相变质的富铝富碳碎屑-碳酸盐岩孔兹岩系,其中低庄沟岩组,黑龙潭岩组为石墨主要赋矿地层。元古宙、古-一中生代侵入岩侵入长角坝岩群,造成长角坝岩群呈残片状、残块状构造岩片、岩块、残留体产出。佛坪热隆构造活动为石墨矿物的结晶提供了持续、丰富的热源,石墨矿物结晶程度具有热隆构造核心向外逐渐减弱的趋势,佛坪周边以中粗鳞片石墨为主,南部铁河-秧田坝一带以中细鳞片石墨为主。

目前,区内已发现有洋县铁河石墨矿、佛坪县唐湾石墨矿、秧田坝石墨矿等,区内含矿地层分布广泛,具有较好的成矿条件。本区石墨矿找矿方向佛坪周边以中粗鳞片石墨为主,南部以中细鳞片石墨为主。

4 结论

陕西省石墨矿床按成因可划分为区域变质型和接触变质型。石墨矿床系含碳地层受变质而形成,其控制因素主要有赋矿地层因素、构造因素和成矿作用因素,具有明显的规律性。优质的大鳞片晶质石墨矿形成是区域变质作用、岩浆作用、混合岩化作用多种成矿热活动复合叠加的结果。依据陕西省石墨矿分布规律、成矿条件、矿石质量和矿产价值等,共划分出6个V级成矿区带。其中,潼关石墨成矿区鳞片片度大,全国罕见,应用前景好;商洛沙河子-栾庄石墨成矿带、佛坪隆起及周边石墨成矿区成矿条件好,石墨矿物片径大,矿床规模大,具有较好的找矿前景。

参考文献(References):

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(06):1223-1236.

LI Chao, WANG Denghong, ZHAO Hong, et al. Minerogenic regularity of graphite deposits in China. [J]. Mineral Deposits,2015,34(06):1223-1236.

王广,高程珍,王家昌. 中国东北部佳木斯地块石墨矿床成矿带及地质特征探讨[J]. 西北地质,2017,50(01):101-109.

WANG Guang, GAO Chengzhen, WANG Jiachang. Discussion on the graphite metallogenic belt in the jiamusi block, northeast china and Its geological features[J]. Northwestern Geology,2017,50(01):101-109.

颜玲亚. 世界天然石墨资源、消费及国际贸易[J]. 中国非金属矿工业导刊,2014(02):33-36.

YAN Lingya. World natural graphite resources,consumption and international trade [J]. China Non-metallic Minerals Industry,2014(02):33-36.

鄂阿强,杜青松. 内蒙古乌拉山一大青山一带石墨矿床主要类型及成矿规律[J]. 内蒙古科技与经济,2016,(21):55-57.

ER Arqiang, DU QingShong. Main types and metallogenic regularity of graphite deposits, inner Mongolia ul-mount daqing area. [J]. Inner Mongolia Science Technology and Economy,2016,(21):55-57.

吴春林. 桓仁县黑沟石墨矿床地质特征及成因研究[J]. 建材地质,1994,(04):25-27.

WU Chun Lin. Geological characteristics and genesis of Heigou graphite deposits, Huanren County [J]. Building Materials Geology,1994,(04):25-27.

魏东,成亚利. 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(02):32-40.

WEI Dong, CHENG Liya. Geological characteristics of khondalite series and graphite ore resource potential analysis of the qinling Gr. in shangdan area[J]. Shaanxi Geology,2016,34(02):32-40.

赵福来. 洋县铁河石墨矿区大安沟矿段成矿地质特征及成矿浅析[J]. 陕西地质,2014,32(02):31-35.

ZHAO Fulai. Metallogenic geological features and metallogenic of tiehe graphite mine, Yang County [J]. Shaanxi Geology,2014,32(02):31-35.

汤贺军,张宝林,叶荣,等. 陕西勉县庙坪石墨矿床地质特征与成因初步探讨[J]. 地质与勘探,2015,51(03):534-544.

TANG Hejun, ZHANG Baolin, YE Rong, et al. Geological characteristics and genesis of the miaoping graphite deposit in mian county of Shaanxi Province[J]. Geology and Exploration,2015,51(03):534-544.

严鹏程,杨联涛. 陕西省丹凤县庾家河石墨矿床地质特征[J]. 西部探矿工程,2017,29(04):143-145.

YAN Pengcheng, YANG Liantao. Geological characteristics of yujiahe graphite, danfeng county, Shaanxi Province [J]. West-china Exploration Engineering, 2017, 29(04):143-145.