

陕西主要成矿单元矿产特征及成矿时空域*

李维成^{1,2}, 董王仓^{1,2**}, 朱雪丽^{1,2,3}, 张明运^{1,2}

(1 陕西省矿产地质调查中心, 陕西 西安 710068; 2 陕西省地质调查院, 陕西 西安 710054;
3 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要 文章以近年来完成的“中国矿产地质志·陕西卷”研编成果为基础, 建立了陕西省综合成矿单元划分体系, 总结了主要成矿单元的矿产特征。研究结果显示, 从阜平期到喜马拉雅期, 由陕南龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)到陕北鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60), 矿产地数量总体呈现逐渐增加的发展演化趋势; 以矿产地时空分布的不均匀性为依据, 提出了成矿时空域的概念, 并划分出8个有利成矿时空域, 进一步指出了有利找矿的成矿地质体或地质构造部位。上述研究成果和认识, 对丰富区域成矿规律研究内容, 指导矿产勘查具有一定的理论和实践意义。

关键词 地质学; 成矿单元; 矿产特征; 成矿时空域; 陕西省

中图分类号: P611

文献标志码: A

Mineral characteristics and ore-forming spatiotemporal domain of main metallogenic units in Shaanxi Province

LI WeiCheng^{1,2}, DONG WangCang^{1,2}, ZHU XueLi^{1,2,3} and ZHANG MingYun^{1,2}

(1 Shaanxi Mineral Resources and Geological Survey, Xi'an 710068, Shaanxi, China; 2 Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3 School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract

Based on the latest research results of compiling “Annals of Geology of Mineral Resources of China: Shaanxi Volume”, the comprehensive metallogenic unit division system of Shaanxi Province is established. The mineral characteristics of main metallogenic units are summarized. The results show that from Fuping period to Himalayan Period, from Longmenshan-Dabashan metallogenic area (Ⅲ-73) in southern Shaanxi to Ordos Basin metallogenic area (Ⅲ-60) in northern Shaanxi, the number of mineral deposits/occurrences shows a trend of gradually increasing in development and evolution. Based on the inhomogeneity of time and space distribution of ore deposits/occurrences, the concept of metallogenic time-space domain is put forward, and eight favorable metallogenic time-space domains are divided, and the favorable ore-forming geological bodies or geological structures are pointed out. The above research results and understanding have certain theoretical and practical significance to enrich the research content of regional metallogenic regularity and guide mineral exploration.

Key words: geology, metallogenic unit, minerals characteristic, metallogenic spatiotemporal domain, Shaanxi Province

* 本文得到中国矿产地质志项目(编号: DD20160346、DD20190379、DD20221695)和陕西省公益性地质调查项目(编号: 20170302)共同资助

第一作者简介 李维成, 男, 1970年生, 高级工程师, 从事矿产勘查与成矿规律研究。Email: 316695416@qq.com

** 通讯作者 董王仓, 男, 1960年生, 教授级高级工程师, 从事矿产勘查和成矿规律研究。Email: 466760180@qq.com

收稿日期 2021-11-17; 改回日期 2022-08-29。张绮玲编辑。

成矿单元划分是区域成矿规律研究的基础和重要内容,前人在陕西省成矿单元划分方面做了大量工作。在全国第一轮(1979~1985年)和第二轮(1992~1994年)成矿远景区划工作期间,陕西省先后开展了两轮成矿区(带)划分及其成矿预测工作,为地质找矿提供了重要依据。2000~2001年,在前期区划基础上又开展了“陕西省主要成矿区(带)研究总结”,重新标定了Ⅲ~Ⅴ级成矿区带(陕西省地质调查院,2001;宋小文等,2004)。但随着区域地质调查和矿产勘查新成果和新认识的不断丰富,原成矿单元划分方案,尤其是相关成矿规律的认识和结论,已不能完全满足新时期地质找矿工作的需要。近年来实施完成的《中国矿产地质志·陕西卷》,以新的区域地质调查和丰富的矿产勘查资料为依据,对原成矿单元划分方案进行了重新厘定,对成矿单元的矿产分布规律做了系统的归纳和总结,提出了成矿时空域等一系列新认识和新观点,对新时期矿产勘查工作具有重要的启示和借鉴意义。

1 成矿单元划分

成矿单元系指有矿产地分布或具有一定成矿地质条件,且在地质构造、地质发展历史、成矿作用及矿床特征等方面具有共性的地区,其划分结果称为成矿区/带。

在全国综合成矿单元划分方案中,陕西省共涉及一级成矿单元3个、二级成矿单元4个、三级成矿单元8个。在全国三级综合成矿单元划分基础上,董王仓等(2019)进一步划分了四、五级成矿单元,其中,划分出四级成矿单元20个、五级成矿单元39个,从而建立了新的陕西省成矿单元划分体系(表1,图1)。

2 主要成矿单元矿产地质特征

陕西横跨华北陆块、中央造山带和扬子陆块3大地质构造单元,处于古亚洲、秦祁昆和滨西太平洋3大成矿域的复合部位,其构造位置独特,成矿条件优越,矿产资源丰富。截至2018年年底,全省已发现能源、金属、非金属和水气4大类136种矿产,查明矿产地2137处。不同成矿单元矿产地分布情况列于表2。

2.1 陕北成矿亚区(Ⅳ-60-1)

该成矿亚区位于鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60)

中北部,已发现煤、石油、天然气、铀、盐矿、芒硝、高岭土、黏土矿等矿产地372处,占陕西省已发现矿产地总数的17.40%,属陕西省矿产地数量最多的四级成矿单元。其中,超大型矿床3处、大型179处、中型96处、小型75处和矿点19处。

该成矿亚区主要分布煤、石油、天然气和盐类等矿产,矿床类型以生物化学沉积型和海相蒸发沉积型为主(表3),成矿时代主要集中在加里东期和燕山期。

加里东期是海相蒸发沉积型盐矿的重要成矿期。已发现的盐类矿产地数量(8个)占陕西省盐类矿产地总数(10处)的80%,查明盐矿资源储量占全省盐矿总资源储量的99.99%。盐矿主要分布于榆林市定边县、榆阳区、米脂县和佳县,以及延安市延川县永坪等地的奥陶系马家沟组石灰岩、白云岩及蒸发岩建造中。

燕山期是煤、石油、天然气和铀等能源矿产的重要成矿期。已发现的煤、石油、天然气和铀矿产地数量分别占陕西省相应矿产地数量的72.86%(煤)、100%(石油)、100%(天然气)和7.78%(铀);查明资源储量分别占全省相应矿种总资源储量的88.44%(煤)、100%(石油)和100%(天然气)。其中,煤为生物化学沉积型之沉积-改造型矿床,主要分布于陕北三叠纪煤田子长矿区、陕北侏罗纪煤田和黄陇侏罗纪煤田;石油为生物化学沉积型之沉积-再造型矿藏,主要分布于榆林、延安等地的三叠系延长组和侏罗系延安组含油地层;天然气为生物化学沉积型之沉积-再造型气藏,主要分布于榆林市奥陶系马家沟组碳酸盐岩顶部古风化侵蚀面,以及石炭系本溪组湖-沼相碎屑岩建造;铀矿为层控流体型矿床,分布于黄陵、陇县等地的侏罗系直罗组砂(砾)岩中。

2.2 渭北成矿亚带(Ⅳ-60-2)

该成矿亚带位于鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60)南部,已发现煤、油页岩、铁、铝土矿、石灰岩、硫铁矿及矿泉水等矿产地174处,占陕西省已发现矿产地总数的8.14%。其中,超大型矿床6处、大型52处、中型44处、小型48处和矿点14处。

该成矿亚带的矿产以煤、油页岩、石灰岩和矿泉水等为主,成矿时代为阜平期、加里东期、华力西期、印支期—燕山期和喜马拉雅期。

阜平期形成火山-沉积受变质型铁矿2处,主要分布于韩城市阳山庄新太古界涑水杂岩,查明铁矿石资源储量占全省铁矿石总资源储量的2.89%。

表 1 陕西省综合成矿单元划分体系

Table 1 Division system of comprehensive metallogenic units in Shaanxi Province

一级成矿单元 (成矿域)	二级成矿单元 (成矿省/亚省)	三级成矿单元 (成矿带/区)	四级成矿单元(成矿亚 带/亚区)	五级成矿单元(成矿远景区)
I -1 古亚洲成矿 域(叠加I-4 滨太平洋成 矿域)	II -14 华北 (陆块)成矿省	III -59 鄂尔多斯西缘 Cu-Fe-石 灰岩-大理岩-地下水-矿泉水成 矿带(Ar ₃ ;Pt;Pz;Kz)	IV -59-1 李家河-东风镇 Cu-Fe-石灰岩-地下水-矿泉水-地热成矿亚带	
				V -60-1-1 佳县-宜川油气-煤-盐类成矿远景区
			IV -60-1 陕北石油-天然 气-U-煤-盐矿-黏土矿成 矿亚区	V -60-1-2 延安-榆林-神木油气-煤-U-黏土矿成 矿远景区
		III -60 鄂尔多斯盆地石油-天然 气-U-煤-盐类-铝土矿-Fe-矿泉 水成矿区(Mz;Kz)		V -60-1-3 彬县-黄陵侏罗纪煤矿田
			IV -60-2 渭北煤-油页岩- 大理岩-石灰岩-Fe- Al-矿 泉水成矿亚带	V -60-2-1 铜川-韩城-吴堡-府谷煤-油页岩-石灰 岩-Fe-Al成矿远景区
				V -60-2-2 凤翔-蒲城大理岩-石灰岩-Fe-Al-矿泉 水成矿远景区
		III -61 山西断隆(渭河盆地) Au-Mn-Fe-水气成矿带(Pt ₁ ; Pz ₁ ;Pz ₂ ;Ye)	IV -61-1 渭河盆地地下水-矿泉水-地热-氦气成矿亚带	
			IV -61-2 临潼-蓝田 Au-石墨-矿泉水-地热成矿亚带	
				V -63-1-1 华阴-潼关 Au-Pb-Fe-Cu-蛭石成矿远 景区
			IV -63-1 太华断隆 Au-U- Nb-Pb-Fe-石墨-蛭石成矿 亚带	V -63-1-2 灞原-华阳川 Au-U-Pb-REE 成矿远 景区
	III -63 华北陆块南缘(小秦岭) Au-Mo-U-Nb-Pb-Fe-石墨-蛭 石-硫成矿带(Ar ₃ ² ;Pt ₁ ;Pz ₂ ; Mz)		V -63-1-3 临潼-潼关 Au-Fe 成矿远景区 ※	
		IV -63-2 金堆城-洛南冲褶 带 Mo-Re-Au-Fe-Cu-Pb- U-硫-煤成矿亚带	V -63-2-1 金堆城-洛源 Mo-Re-Fe-Cu-Au 成矿 远景区	
			V -63-2-2 陈耳-洛南 Au-Fe 成矿远景区	
I -2 秦祁昆成矿 域(叠加 I -4 滨太平洋成 矿域)	II -5 阿尔金-祁 连成矿省	III -21 北祁连 Cu-Pb-Zn-Cr-Au- U-石灰岩成矿带(Pt ₂ ;Pt ₃ -Pz ₁)	IV -21-1 陇山 Cu-Pb-Zn-Au-U-石灰岩成矿亚带	
			IV -66A-1 黄牛铺-西骆 峪-北宽坪 Cu-Pb-Zn-Mo- W-U-透辉石-透闪石-大 理岩-煤成矿亚带	V -66A-1-1 黄牛铺-鹦鸽 Pb-Zn-Au-Cu-煤成矿 远景区
				V -66A-1-2 铜峪-西骆峪 Cu-Zn 成矿远景区
				V -66A-1-3 首阳山-黑龙口-蟒岭 Pb-Zn-Cu-Mo- W-U-煤成矿远景区
		III -66A 北秦岭 Au-Cu-Pb-Zn- Sb-W-RM-石墨-透辉石-透闪 石-大理岩-萤石成矿带(Pt ₁ ; Pt ₃ ;Pz ₁ ;Y)		V -66A-2-1 太白-厚畛子 RM-大理岩成矿远景区
	II -7 秦岭-大别 成矿省 (东段)		IV -66A-2 太白-商洛 Sb- Cu-Cr-Au-RM-U-石墨- 大理岩成矿亚带	V -66A-2-2 户县东流水-库峪-丰北河 Cu-Au 成 矿亚带
				V -66A-2-3 商洛-丹凤峦庄 Sb-Cr-RM-U-石墨 成矿远景区
				IV -66A-3 曹坪-杨斜 Au-W-Cu-U-萤石成矿亚带

续表 1
Continued Table 1

一级成矿单元 (成矿域)	二级成矿单元 (成矿省/亚省)	三级成矿单元 (成矿带/区)	四级成矿单元(成矿 亚带/亚区)	五级成矿单元(矿田或成矿远景区)
I-2 秦祁昆成矿 域(叠加I-4 滨太平洋成 矿域)	II-7 秦岭-大别成矿 省(东段)	III-66B 南秦岭 Au-Pb-Zn- Fe-Mn-V-Hg-Sb-W-Cu- RM-U-重晶石-石墨-硫- 石灰岩成矿带(Pt ₃ ;ε; Pz ₁ ;Pz ₂ ;I-Y;Q)	IV-66B-1 凤县-太白 Au-Pb- Zn-Cu-长石-石灰岩-煤成矿亚 带	V-66B-1-1 八卦庙-双王 Au-Pb-Zn 成矿远景区 V-66B-1-2 铅硐山-黄柏源 Pb-Zn-Cu 成矿远景区 V-66B-1-3 瓦房坝-东江口 Sb-Au-Cu 成矿远景 区
			IV-66B-2 柞水-山阳 Fe-Ag- Pb-Zn-Cu -Au-硫-重晶石-煤 成矿亚带	V-66B-2-1 板房子-江口 Au-Cu 成矿远景区 V-66B-2-2 柞水小河口-山阳园子街 Fe-Ag-Pb- Zn-重晶石-硫-煤远景区
				V-66B-3-1 旬阳坝-户家塬 Mo-Pb-Zn-重晶石成 矿远景区
				V-66B-3-2 四海坪-锡铜沟 Mo-W-Pb-Zn 成矿远 景区
			IV-66B-3 镇安-山阳-旬阳 V- Au-Hg-Sb-Pb-Zn-W-Mo-Cu- 石灰岩-重晶石成矿亚带	V-66B-3-3 米粮-杨地 Au-Hg-Sb 成矿远景区 V-66B-3-4 南宽坪-耀岭河 V-Au-Fe 成矿远景区 V-66B-3-5 小河-双河 Hg-Sb-Au 成矿远景区 V-66B-3-6 赵湾-黄石板 Pb-Zn-Au-Cu 成矿远景 区
			IV-66B-4 石泉-安康 Au-Ag-Mn-U-石墨-滑石-石英岩成矿亚带	
				V-66B-5-1 白水江-八里关 Fe-Mn-RM 成矿远景 区
			IV-66B-5 略阳北部-北大巴山 Fe-Mn-V-Ti-Mo-Cu-Pb-Zn- RM-U-砂金-重晶石-毒重石- 瓦板岩-石煤成矿亚带	V-66B-5-2 汉阴-县河 Fe-Cu-砂金成矿远景区 V-66B-5-3 紫阳-平利 Mn-V-Mo-RM-U-重晶石- 毒重石-硫成矿远景区 V-66B-5-4 岚皋-镇坪 Ti-Fe-RM-瓦板岩成矿远 景区
			IV-73-1 勉略结合带 Fe-Mn- Cr-Ni-Au-磷-石灰岩-白云岩 成矿亚带	V-73-1-1 略阳金家河-汉中天台山 Mn-Au-磷-石 灰岩-白云岩成矿远景区 V-73-1-2 略阳阁老岭-煎茶岭 Fe-Ni-Au 成矿远 景区
			IV-73-2 摩天岭 Fe-Mn-Au-Cu- Pb-Zn-磷-硫-滑石-石棉-石灰 岩成矿亚区	V-73-2-1 勉县茶店-宁强青木川 Fe-Mn-Cu-Pb- Zn 成矿远景区 V-73-2-2 庙坝-李家沟 Au-Cu 成矿远景区
I-1 古亚洲成矿 域(叠加 I-4 滨太平洋成 矿域)	II-15 扬子成矿亚省	III-73 龙门山-大巴山 Fe- Cu-Pb-Zn-Ni-Mn-Al-磷- 硫-石棉-石膏成矿区 (Pt ₁ ;Z ₁ d;ε ₁ ;P ₁ ;P ₂ ;Mz)	IV-73-3 汉南-碑坝 Fe-Co-Cu- Pb-Zn-Au-Al-石灰岩-花岗岩- 玉石成矿亚带	V-73-3-1 宁强-碑坝 Pb-Zn-Co 成矿远景区 V-73-3-2 南郑-西乡 Fe-Cu-Al 成矿远景区
			IV-73-4 镇巴 Fe-Mn-V-Mo-Al-石膏-煤成矿亚带	

注:一、二级成矿单元划分依据徐志刚等,2008;三级成矿单元划分除 III-66A、III-66B 外,其他据徐志刚等,2008;四、五级成矿单元划分据董王
仓等,2020。

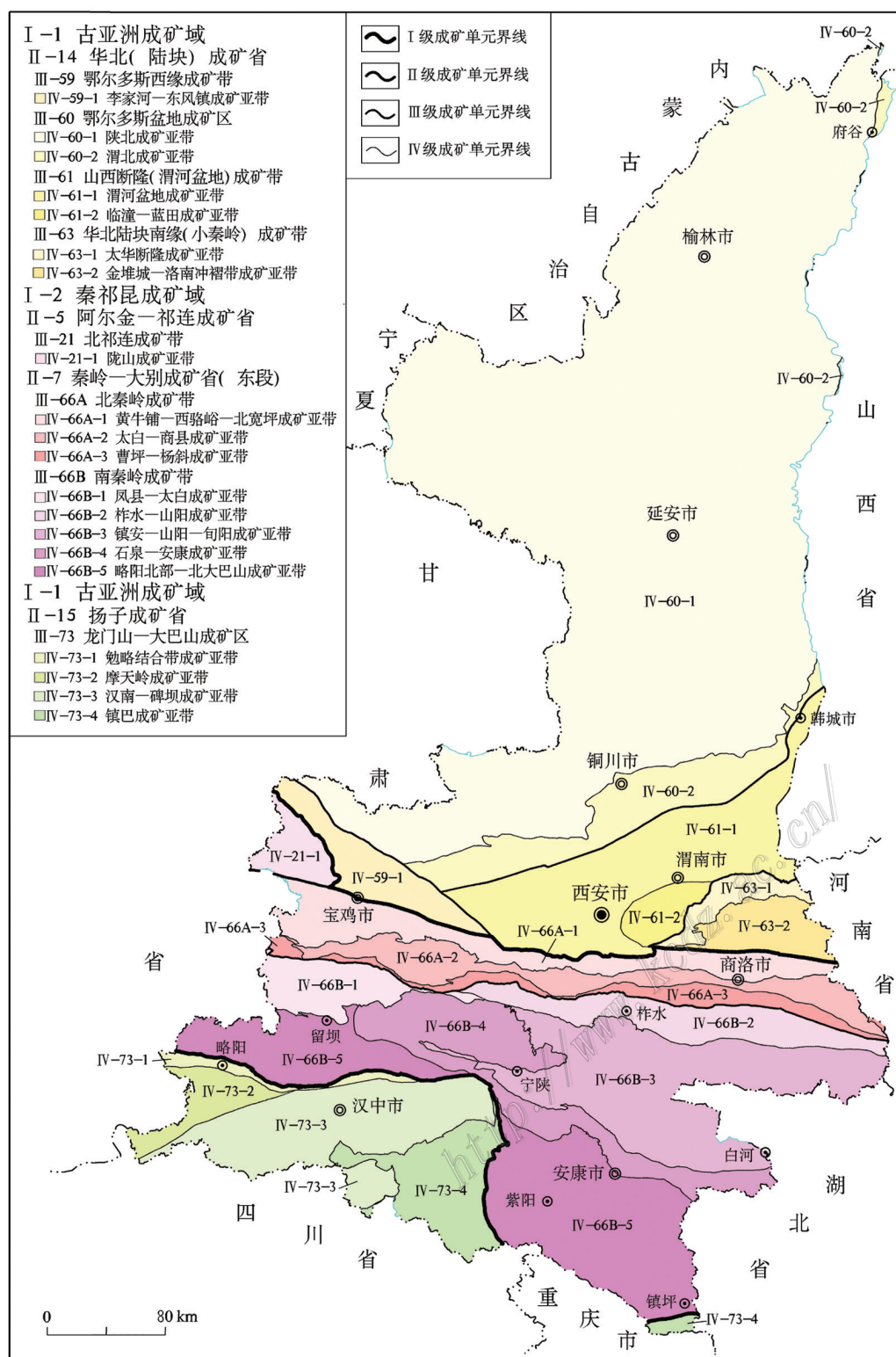


图1 陕西省综合成矿单元(I-IV级)划分图

Fig.1 Division map of comprehensive metallogenic units (grade I-IV) in Shaanxi Province

加里东期是石灰岩的重要成矿期,已发现石灰岩矿产地数量(43个)占全省石灰岩矿产地的总数的

39.6%,累计查明石灰岩资源储量占全省石灰岩总资源储量的53.94%。石灰岩主要分布于陇县-永寿、铜

表2 陕西省不同成矿单元矿产地分布统计表

Table 2 Distribution of mineral deposits/occurrences of different metallogenic units in Shaanxi Province

序号	成矿单元		矿产地(含伴生矿)数量/个						占矿产地总数百分比/%	
	三级	四级	超大型	大型	中型	小型	矿点	合计	分数/%	
1	Ⅲ-59鄂尔多斯西缘	Ⅳ-59-1	1	7	17	8	4	37	546	1.73
2	Ⅲ-60	Ⅳ-60-1*	3	179	96	75	19	372		25.55
3	鄂尔多斯盆地成矿区	Ⅳ-60-2*	6	52	44	58	14	174		
4	Ⅲ-61渭河盆地成矿区	Ⅳ-61-1*	7	18	44	20		89	111	5.19
5		Ⅳ-61-2		2	4	15	1	22		
6	Ⅲ-63小秦岭成矿区	Ⅳ-63-1*	2	3	15	75	14	109	219	10.25
7		Ⅳ-63-2*	3	8	17	37	45	110		
8	Ⅲ-21北祁连成矿带	Ⅳ-21-1			1	4	12	17		0.80
9	Ⅲ-66A 北秦岭成矿带	Ⅳ-66A-1*	2	2	15	48	36	103	221	10.34
10		Ⅳ-66A-2		3	9	26	19	57		
11		Ⅳ-66A-3		1	6	23	31	61		
12	Ⅲ-66B 南秦岭成矿带	Ⅳ-66B-1*	1	7	14	53	24	99	679	31.77
13		Ⅳ-66B-2*		3	5	49	29	86		
14		Ⅳ-66B-3*	1	11	37	134	87	270		
15		Ⅳ-66B-4		1	6	18	14	39		
16		Ⅳ-66B-5*	1	17	20	55	92	185		
17	Ⅲ-73 龙门山-大巴山成矿带	Ⅳ-73-1*		13	12	24	15	64	307	14.37
18		Ⅳ-73-2*		3	13	43	26	85		
19		Ⅳ-73-3*		5	26	38	35	104		
20		Ⅳ-73-4	1	1	8	21	23	54		
陕西省合计			28	336	409	824	540	2137		100

注:据董王仓等,2020;右上角带*的四级成矿单元属本文简述的成矿单元。

川-富平及蒲城-韩城一带的奥陶系马家沟组和桃曲坡组,以及寒武系张夏组和馒头组。

华力西期为煤、铝土矿和高岭土的成矿期,已发现的矿产地数量分别占全省相应矿产地总数的19.42%(煤)、45%(铝土矿)和42.86%(高岭土),累计查明资源储量占全省相应矿产总资源储量的7.65%(煤)、95.30%(铝土矿)和97.19%(高岭土),主要分布于渭北咸阳市彬州-旬邑、铜川-白水-澄城-韩城一带的石炭纪一二叠纪煤系地层。

印支期一燕山期是油页岩的重要成矿期,已发现油页岩矿产地数量(8个)占全省油页岩矿产地数量的88.89%;查明资源储量占全省油页岩总资源储量的98.10%。主要分布于渭北铜川-黄陵-彬州一带的三叠系延长组。

喜马拉雅期是矿泉水和地下水的主要成矿期,已发现饮用矿泉数量占全省饮用矿泉总数的13.54%,查明资源储量占全省矿泉水查明总资源储量的41.96%。主要分布于扶风、铜川、蒲城、澄城、合阳、大荔等地早古生界奥陶系马家沟组碳酸

盐岩岩溶发育区,以及中生界一晚古生界碎屑岩含水层。

2.3 渭河盆地成矿亚带(Ⅳ-61-1)

该成矿亚带位于山西断隆(渭河盆地)成矿带(Ⅲ-61)主体部位,已发现地下水、矿泉水和地热等矿产地89处。其中,超大型矿床7处、大型18处、中型44处和小型20处。此外,尚有长石矿床及氦气、氩气等矿(化)点。

该成矿亚带的地下水、矿泉水和地热等矿产集中形成于喜马拉雅期,已发现地下水源地38处,占全省地下水源地总数量的31.40%,地下水资源储量占全省总资源储量的45.08%;饮用矿泉水源地37处,占全省矿泉总数量的38.54%,查明矿泉水资源储量占全省总资源储量的39.66%;地热田12处,占全省地热田总数量的70.59%,查明地热资源储量占全省总资源储量的94.08%。上述矿产资源主要分布于宝鸡、咸阳、西安及渭南等4市所辖地区之渭河断陷盆地及其周缘,受盆地内的含水岩组、碳酸盐岩岩溶及活动断裂带的控制。

表 3 陕西省矿床(成因/工业)类型划分方案
Table 3 Classification scheme of deposit (genetic/industrial) types in Shaanxi Province

一级	二级分类	三级分类	四级分类	矿床(田)实例
内生矿床	岩浆作用矿床	1. 岩浆型矿床	岩浆分结型矿床	洋县毕机沟钒钛铁矿
			岩浆熔离型矿床	略阳县煎茶岭镍矿
			岩浆凝结型矿床	紫阳县东木钨矿
		6. 岩浆热液型矿床	岩浆热液脉型矿床	潼关县桐峪金矿
			蚀变岩型矿床	洛南县葫芦沟金矿
		3. 云英岩型矿床		暂未发现成型矿产地
		4. 接触交代(矽卡岩)型矿床		山阳县小河口铜矿
		5. 斑岩型矿床		华县金堆城钼矿
		7. 陆相火山岩型矿床	爆发角砾岩型矿床	商洛市商州区南台钼矿
		8. 海相火山岩型矿床	火山-沉积型矿床	洛南县翻山沟铁矿
	火山热液型矿床		宁强县刘家坪铜矿	
	火山岩浆型矿床		镇坪县双河口钨矿	
	变质作用矿床	2. 伟晶岩型矿床	花岗伟晶岩型矿床	商南县光石沟铀矿
			混合岩化伟晶岩型矿床	商南县野猪沟绿柱石矿
		9. 受变质型矿床	(火山-)沉积受变质型矿床	略阳县鱼洞子铁矿
		10. 变成型矿床	(火山-)沉积变成型矿床	商南县过风楼金红石矿
	含矿流体作用矿床(非岩浆、非变质作用矿床)	11. 含矿流体型矿床	构造热液(流体)型矿床	旬阳县青铜沟汞锑矿
			层控热液(流体)型矿床	凤县铅硐山铅锌矿
				黄陵县双龙铀矿
			成因不明矿床	
构造流体型矿床			临潼骊山矿泉水	
			富平-蒲城断阶地热田	
		层控流体型矿床	华县高塘矿泉水	
			西安断凹地热田	
表生作用矿床		12. 风化型矿床	残余型矿床	留坝县光华山铁矿
			淋积型矿床	紫阳县蒿坪钨矿
	残坡积型矿床		镇安县东阳钨矿(砂矿)	
外生矿床	13. 砂矿型矿床		安康恒口砂金矿	
		14. 机械沉积型矿床	西安市毛西村砂矿	
	15. 化学沉积型矿床	陆相沉积型矿床	府谷县海则庙铝土矿	
		海相沉积型矿床	汉中市天台山磷锰矿	
	16. 蒸发沉积型矿床	现代盐湖(卤水)型矿床	定边县花马池卤水矿	
		陆相蒸发沉积型矿床	定边县苟池盐矿	
		海相蒸发沉积型矿床	延川县永坪石盐矿	
	17. 生物化学沉积型矿床	沉积-成岩型矿床	凤翔县川口河石灰岩	
		沉积-改造型矿床	铜川煤矿	
		沉积-再造型矿床	新安边油田,延安气田	
叠加作用矿床	18. 叠加(复合/改造)型矿床	暂无矿产地		

注:一级至三级分类及其编号来源于中国矿产地志矿床类型划分方案(中国矿产地志项目办公室,2016),陕西省暂无云英岩型和叠加型矿床;本文将中国矿产地志矿床类型划分方案中的三级“11. 浅成中-低温热液型矿床及成因不明矿床”修改为“11. 含矿流体型矿床”;四级分类方案据董王仓等,2020。

2.4 太华断隆成矿亚带(Ⅳ-63-1)

该成矿亚带位于小秦岭成矿带(Ⅲ-63)北部的华县—潼关一带,金为优势矿种。此外,有铀、钨、

铅、铜、钼、铁、稀土元素、铼及石墨、蛭石等,已发现矿产地 108 处。其中,超大型矿床 2 处、大型 3 处、中型 15 处、小型 75 处和矿点 13 处。

该成矿亚带的成矿时代均为燕山期,矿床类型为岩浆热液脉型。其中,金矿产地数量占全省金矿产地总数的20.51%,查明资源储量占全省金总资源储量的22.88%。含金石英脉(金矿体)主要产于太华岩群,受复背形轴部的韧性断裂控制;铀钼铅矿产地1处,钼矿产地数量占全省钼矿产地总数的11.11%,陕西省仅在该矿产地查明有钼资源储量。铀钼铅矿体产于太华岩群混合岩化伟晶岩及碳酸岩脉中。

2.5 金堆城-洛南成矿亚带(Ⅳ-63-2)

该成矿亚带位于小秦岭成矿区(Ⅲ-63)金堆城-洛南一带,钼为优势矿种,此外有金、铁、银、铜、铅、钨、锰、铀、“三稀元素”矿产及煤等。已发现矿产地111处,占全省矿产地总数的5.19%。其中,超大型3处、大型8处、中型17处,小型48处和矿点35处。

该成矿亚带以钼和铁为主,其资源储量在全省相应矿产中占有相当比例。成矿时代主要为燕山期和印支期,矿床类型主要有斑岩型、岩浆热液脉型和接触交代型。

印支期是碳酸岩脉型钼矿的主要成矿期,已发现钼矿产地9处。其中,大型矿床3处、中型2处,其余为矿点。钼及伴生锶、铯和稀土元素查明资源储量分别占全省相应矿种总资源储量的40.08%、100%、59.33%和100%。它们主要赋存于方解石石英脉和天青石石英脉中。此外,该成矿期尚有铅、金矿产出。

燕山期,主要形成钼和铁矿。其中,钼矿床类型为斑岩型和岩浆热液脉型,已发现钼矿产地8处(超大型1处、小型1处、矿点6处),钼矿主要与白垩纪花岗(斑)岩类岩体关系密切。累计查明钼资源储量占全省钼查明总资源储量的52.15%。此外,斑岩型钼矿中伴生大量铜和铯,查明铜、铯资源储量分别占全省相应矿种总资源储量的24.26%和40.67%;铁矿床类型为接触交代型,已发现铁矿产地2处(中型和矿点各1处)。铁矿产于白垩纪花岗闪长斑(玢)岩体与中元古界官道口群巡检司组白云岩内外接触带处的镁矽卡岩中。

2.6 黄牛铺-西骆峪-北宽坪成矿亚带(Ⅳ-66A-1)

该成矿亚带位于北秦岭成矿带(Ⅲ-66A)北部,以铜、钼、锌和透辉石、透闪石为主,成矿时代主要为吕梁-晋宁期、加里东期和燕山期,矿床类型有岩浆型、火山-沉积变成型、接触交代型和构造热液型等。

吕梁-晋宁期,是火山-沉积变成型透辉石和透闪

石矿床的成矿期。陕西透闪石矿床全部形成于该成矿期,透辉石查明资源储量的10.55%形成于该成矿期。其主要分布于洛南县寺沟和商州区分水岭等地。

加里东期为岩浆型透辉石矿床和火山热液型铜(锌)矿、火山-沉积受变质型铜(锌)矿的重要成矿期。其中,岩浆型透辉石矿主要分布于凤县九子沟一带,查明其资源储量占陕西省透辉石总资源储量的89.39%,火山热液型和火山-沉积受变质型铜(锌)矿主要分布于眉县磨石峪一周至西骆峪—郿邑一带,查明其资源储量约占陕西省相应矿种查明总资源储量的1.61%(铜)和0.07%(锌)。

燕山期主要形成接触交代型和爆发角砾岩型铜钼矿,已发现铜矿产地4处、钼矿产地6处。查明铜和钼资源储量分别占陕西省相应矿种总资源储量的6.15%和5.15%。铜、钼产于蟒岭花岗岩体派生的中酸性岩枝附近的矽卡岩及爆发角砾岩筒。

2.7 凤县-太白成矿亚带(Ⅳ-66B-1)

该成矿亚带位于南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)西北部,总体呈近东西向分布的不规则长方形。该亚带以铅、锌、金为主,此外有银、铜、汞、镉及长石、石灰岩等,已发现矿产地102处。其中,超大型矿床1处、大型9处、中型15处、小型50处和矿点27处。著名的“凤太铅锌金矿田”位于此带。成矿时代主要为华力西期和燕山期,矿床类型以层控热液型和构造热液型为主。

华力西期为铅、锌和石灰岩的主要成矿期,已发现铅锌矿产地23处、石灰岩矿产地2处。其中,大型锌矿2处、伴生镉和银矿产地各1处。铅、锌、银和镉查明资源储量分别占全省相应矿种查明总资源储量的26.20%、51.15%、10.58%和75.45%。矿床类型均为层控热液型,均产于泥盆系古道岭组与星红铺组过渡部位。

燕山期主要形成构造热液型和岩浆热液型金矿,已发现该类型矿产地6处。其中,大型矿床2处。查明金资源储量占全省金总资源储量的21.95%。此类金矿主要产于星红铺组千枚岩及北西向西断裂带或星红铺组的层间角砾岩带。

2.8 柞水-山阳成矿亚带(Ⅳ-66B-2)

该成矿亚带位于南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)东北部,呈近东西向不规则带状,已发现以银、铁、铜和铅为主的十余种矿产,主要形成于华力西期和燕山期,矿床类型有海相沉积型、层控热液型和沉积变成型。

燕山期,以铜和金为主,已发现铜矿产地12处和金矿产地10处。铜矿产地数量占陕西省铜矿产地总数的10.25%,查明资源储量占陕西省铜总资源储量的5.42%。矿床类型为接触交代型和岩浆热液型。铜主要产于中酸性岩浆岩与碳酸盐岩外接触带的矽卡岩中。

华力西期为铁、钛、银、铅锌和重晶石的主要成矿期,已发现铁矿产地17处、铅锌矿产地3处、银矿3处、铜矿2处和重晶石矿产地2处,矿床类型除铁矿为海相沉积型外,其他矿种均为层控热液型。查明铁、银、铜、铅锌和重晶石资源储量分别占陕西省相应矿种总资源储量的30.95%(铁)、39.09%(银)、9.5%(铜)、6.37%(铅)、4.04%(锌)和12.40%(重晶石)。上述矿产产于青石崖组类复理石细碎屑岩建造中,其底部为菱铁矿层,局部赋存透镜状银铅矿体,中部为银铜铅锌多金属矿赋矿层位。此外,该亚带发现钛矿产地2处,矿床类型为沉积变成型钛铁矿,查明钛(金红石)资源储量占陕西相应矿种总资源储量的3.06%,主要分布于商南县青山一新庙一带中泥盆统牛耳川组变质基性火山岩夹镁质碳酸盐岩地层。

2.9 镇安-山阳-旬阳成矿亚带(Ⅳ-66B-3)

该成矿亚带位于南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)中东部,以钒、金、汞、锑、钨、铅、锌为主,此外有钛(金红石)、铜、钼、铁、铷及石灰岩、重晶石等矿产,已发现矿产地260处,属陕西省第二大四级成矿单元。其中,超大型矿床1处、大型11处、中型37处、小型132处和矿点79处。该成矿亚带的成矿时代主要为加里东期、华力西期和印支期—燕山期,矿床类型有海相沉积型、沉积受变质型、层控热液型、构造热液型和接触交代型等。

加里东期为钒的主要成矿期。区内已发现钒矿产地25处,其矿产地数量占全省钒矿产地总数(49处)的51.02%,查明钒资源储量占全省钒总资源储量的76.24%。矿床类型均为海相沉积型钒矿,主要分布于镇安-山阳-商南一带,赋存于寒武系水沟口组硅质岩及含碳硅质板岩等含矿地层中。

华力西期是铅锌的主要成矿期,已发现铅矿产地20处,占全省铅矿产地总数的16.95%;发现锌矿产地24处,占全省锌矿产地总数的22.64%。查明铅、锌资源储量占全省铅、锌总资源储量的9.17%和28.10%。矿床类型主要为层控热液型和沉积-受变质型铅锌矿。其中,层控热液型铅锌矿分布于镇安

县和旬阳县境内,赋存于寒武系—奥陶系石瓮子组和泥盆系石家沟组碳酸盐岩地层中;沉积受变质型铅锌矿主要分布于旬阳县北部—白河县境,赋存于志留系梅子垭组浅变质细碎屑岩建造中。

印支期—燕山期,是钨、汞、锑、金的主要成矿期。其中,钨矿主要形成于印支期—燕山期,已发现钨矿8处,占全省钨矿产地总数的44.44%;汞、锑、金矿主要形成于燕山期。其中,汞矿9处、锑矿9处、金矿26处,分别占全省相应矿产地总数的69.23%(汞)、60%(锑)和13.33%(金);查明资源储量占全省钨、汞、锑、金总资源储量的74.67%(钨)、89.32%(汞)、40.69%(锑)和23.43%(金)。矿床类型主要为接触交代型和构造热液型。其中,钨矿以接触交代型为主,集中分布于宁陕县旬阳坝-镇安县西部,赋存于印支期—燕山期中酸性岩浆岩体与钙镁质碳酸盐岩接触带,与矽卡岩化关系密切;汞锑矿均为构造热液型矿床,分布于镇安县马家沟-山阳县丁家山及旬阳县北部公馆-青铜沟一带,赋存于泥盆系碳酸盐岩断裂构造带;金矿以构造热液型为主,其分布对地层及岩性无明显的选择性,均赋存于韧-脆性、脆性断裂构造中。

2.10 略阳北部-北大巴山成矿亚带(Ⅳ-66B-5)

该成矿亚带位于南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)东南部,以铁、钛、钒为主,次有铜、金、锌、铀及重晶石、毒重石、瓦板岩、石英岩和石煤等,累计发现矿产地183处,占全省矿产地总数的8.56%。其中,超大型矿床1处、大型17处、中型20处、小型56处和矿点89处。成矿时代主要为喜马拉雅期、华力西期和加里东期,矿床类型有砂矿型、岩浆型和海相沉积型等。

喜马拉雅期,砂金的主要成矿期,已发现砂金矿产地7处。其中,大型1处,中型、小型和矿点各2处。砂金均赋存于第四系全新统Ⅰ级阶地下部砂砾层及现代河漫滩砂砾层中,查明其资源储量占全省砂金查明总资源储量的44.55%。此外,风化残余型铁矿和钛铁矿砂矿也形成于该成矿期。

华力西期是沉积变成型钛矿主要成矿期,已发现钛矿产地3处。其中,大型矿床1处、矿点3处。查明资源储量占全省该类矿床查明总资源储量的2.96%。钛(金红石)主要产于上奥陶统一志留统斑鸠关组石墨斜长片麻岩中。

加里东期,主要形成铁(钛)、钒、重晶石、毒重石、石煤和瓦板岩,已发现铁矿产地7处,钛矿产地9处。大多数铁矿共伴生钛。查明铁、钛资源储量占

全省相应矿种资源储量的24.6%(铁)和82.94%(钽)。矿床类型为岩浆型矿床,主要产于早古生代辉绿岩、辉绿玢岩、角闪岩及辉石岩中。钽矿产地21个,矿产地数量占全省钽矿产地总数的41.18%,查明钽资源储量占全省钽查明总资源储量的13.23%,矿床类型均为海相沉积型矿,主要产于寒武系鲁家坪组、八卦庙组和毛坝关组,以及志留系大贵坪组含碳细碎屑岩-硅质岩-碳酸盐岩中。重晶石矿产地6处、毒重石矿产地3处。其中,重晶石查明资源储量占全省重晶石查明总资源储量的29.89%,毒重石查明资源储量占全省毒重石查明总资源储量的98.12%。二者均产于下寒武统鲁家坪组含碳硅质岩夹碳质板岩中。石煤产地8处,主要产于早古生界黑色硅质岩夹硅质板岩、碳质板岩中,查明其资源储量占全省石煤查明总资源储量的70.38%。

2.11 勉略结合带成矿亚带(IV-73-1)

该成矿亚带位于龙门山-大巴山(台缘拗陷)成矿区(Ⅲ-73)北部,以铁、锰、金为主,次有铬、铅、锌及磷、灰岩、白云岩等,已发现矿产地64处,占全省矿产地总数的2.99%。其中,大型矿床13处、中型12处、小型24处和矿点15处。成矿时代有阜平期、晋宁期、燕山期和喜马拉雅期,矿床类型有砂矿型金矿、火山-沉积受变质型铁矿、岩浆型镍矿、构造热液型金矿和海相沉积型磷矿等。

阜平期为火山沉积-受变质型铁矿的主要成矿期。已发现5处铁矿产地,有大、中、小型矿床各1处,矿点2处。铁矿石查明资源储量占全省铁矿石查明总资源储量的13.97%。铁矿产于新太古界鱼洞子岩群火山沉积-变质岩中。

晋宁期是锰、镍、铬及磷、白云岩的成矿期。其中,锰、磷和白云岩矿床类型均为海相沉积型,且均产于震旦系陡山沱组含磷锰碎屑岩-碳酸盐岩建造,查明资源储量占全省相应矿种查明总资源储量的36.44%(锰)、12.79%(磷)和15.78%(白云岩)。镍矿床类型为岩浆型矿床,其产于新元古代蚀变超基性岩中。查明镍资源储量占全省镍查明总资源储量的99.74%。铬矿床类型为岩浆型矿床,产于新元古代滑石菱镁岩及叶蛇纹岩中,查明资源储量占全省铬查明总资源储量的3.15%。

燕山期为构造热液型和蚀变岩型金矿的主要成矿期。已发现岩金矿产地5处,主要分布于勉略构造带内的近东西向韧-脆性剪切断裂蚀变带。查明岩金资源储量占全省岩金查明总资源储量的

4.84%。

喜马拉雅期为砂金矿主成矿期。已查明的4处矿产地均赋存于第四系全新统Ⅰ级阶地下部砂砾层及现代河漫滩砂砾层,砂金查明资源储量占全省砂金总资源储量的11.54%。

2.12 摩天岭成矿亚区(IV-73-2)

该亚区位于龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)西部,已发现铁、锰、铜、金(银)及石棉等十余种矿产,其成矿时代主要为晋宁期、加里东期和燕山期,矿床类型主要有火山-沉积受变质型、海相沉积型、蚀变岩型和构造热液型等。

晋宁期,该区主要成矿期。岩浆热液型铜厂铜矿产于闪长岩体边缘断裂带中,查明铜资源储量占陕西省铜查明总资源储量的8.51%;火山-沉积受变质型铁矿,有矿产地5处,分布于青白口系碧口岩群变火山-沉积磁铁石英岩中,查明铁资源储量占陕西省铁查明总资源储量的7.06%。火山-沉积受变质型金银多金属矿,分布于新元古界青白口系碧口岩群变质中酸性火山岩中,其查明资源储量占陕西省相应矿种资源储量的1.45%(岩金)和22.79%(银)。海相沉积型锰矿分布于震旦系陡山沱组含磷锰碎屑岩-碳酸盐岩建造,查明资源储量占陕西省锰查明总资源储量的34.32%。蚀变岩型石棉矿,主要分布于黑木林-峡口驿一带的蚀变超基性岩中,查明其资源储量占陕西省石棉查明总资源储量的68.64%。

加里东期主要形成层控热液型铅锌矿和蚀变岩型铜矿,共发现矿产地5处(铅锌矿各2处,铜矿1处)。铅锌矿主要产于震旦系灯影组白云岩角砾岩带中,铜矿主要产于沿断裂侵入的钠长岩脉中。

燕山期,形成了6处构造热液型金矿产地,主要分布于近东西向韧-脆性剪切带及脆性断裂破碎蚀变带中。查明金资源储量占陕西省金查明总资源储量的1.67%。

2.13 汉南-碑坝成矿亚带(IV-73-3)

该成矿亚带位于龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)中部,以钽钛磁铁矿和铅锌矿为主,此外有锰、铜、钴及铝土矿、石灰岩、花岗岩、玉石等。已发现矿产地106处,占全省矿产地总数的4.91%。其中,大型5处、中型26处、小型38处和矿点37处。成矿时代为晋宁期、加里东期、燕山期和喜马拉雅期,矿床类型主要有岩浆型钽钛磁铁矿、火山热液型和接触交代型铜矿、层控热液型铅锌矿、构造热液型和砂矿型金矿。

晋宁期为铁、钛和铜的主要成矿期。其中,铁矿有20个矿产地,钛矿有1个中型矿产地。矿床类型主要为岩浆型,矿体赋存于新元古代基性-中酸性复式岩岩带之基性岩中,铁、钛共生。查明铁矿石资源储量占全省查明铁矿石总资源储量的6.08%,查明钛矿石资源储量占全省查明钛矿石总资源储量的10.12%;铜矿主要为火山热液型和接触交代型,分别产于新元古界铁船山组古火山管道和新元古代青白口纪中酸性岩浆岩与古元古界大理岩接触带处的矽卡岩中。累计查明铜资源储量占全省查明铜总资源储量的7.68%。

加里东期是层控热液型铅锌矿的主要成矿期,已发现19处层控热液型铅锌矿,累计查明铅锌资源储量占全省累计查明铅锌总资源储量3.42%(铅)和7.07%(锌)。分布于汉南穹隆和碑坝穹隆周边震旦系灯影组角砾状白云岩中。此外,在碑坝隆起灯影组顶部古侵蚀面之上分布有风化-沉积型钴土矿。

燕山期为构造热液型金矿的成矿期,已发现该类金矿产地2处,主要分布于韧脆性断裂蚀变带,查明岩金资源储量占全省查明岩金总资源储量的1.14%。

喜马拉雅期为砂金主要成矿期,已发现矿产地6处,均分布于第四系全新统河床和河漫滩砂砾层,累计查明砂金资源储量占全省查明砂金总资源储量的7.75%。

3 矿产地时空演化趋势

陕西省不同成矿单元、不同成矿期的矿产地数

量及其规模,在时空分布上具有一定的规律性和演化趋势。

3.1 矿产地的时间演化

陕西省不同成矿期矿产地分布统计资料显示(图2,图3),位居第一序列的是燕山期,其矿产地数量(697个)占陕西省矿产地总数(2137个)的32.62%;第二序列是喜马拉雅期(378个)、华力西期(342个)和加里东期(341个),三者矿产地数量接近,分别占陕西省矿产地总数的17.69%、16.00%和15.96%,三者合计(1061个)占矿产地总数的49.65%;第三序列是晋宁期,矿产地数量(186个)占矿产地总数的8.70%;第四序列是印支期,矿产地数量(146个),占矿产地总数的6.83%;阜平期(17个)与吕梁期(30个)矿产地数分别占矿产地总数的0.80%和1.40%,二者合计(47个)占矿产地总数的2.20%,位居第五序列。大型-超大型矿产地也与上述分布规律相似(董王仓等,2020)。

矿产地时间分布上总体具有以下规律性:

(1) 矿产地数量随着地质构造发展演化(地质年代变新)逐渐增多。地质历史早期(新太古代—元古宙)的矿产地数量明显少于中晚期(古生代—中、新生代)的矿产地数量。不论是全部矿产地数量,还是超大型、大型矿床数量均如此(董王仓等,2020)。这一现象与全球成矿演化在地史上矿床数量随地质时代变新逐渐增多、聚矿能力由弱到强的前进式演化趋势(国土资源部中国地质调查局,2016;顾雪祥等,2019)基本一致。

(2) 燕山期是陕西省最重要的构造-成矿期。陕

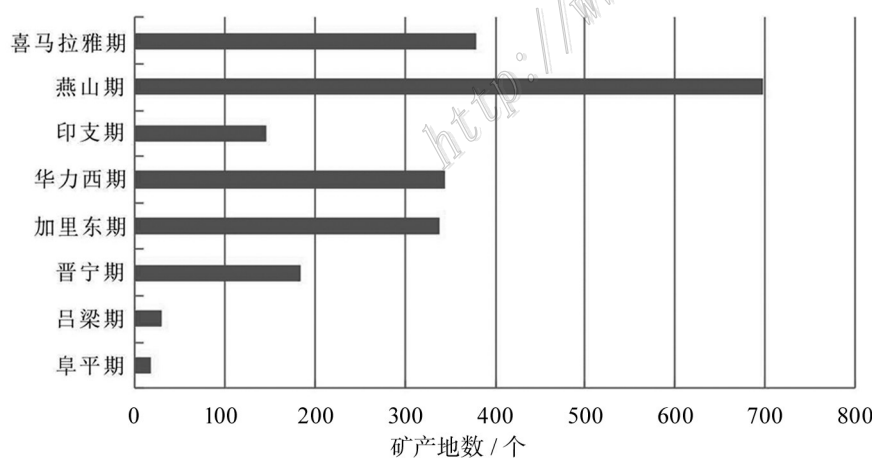


图2 不同构造-成矿期矿产地(含伴生矿)数量分布图

Fig.2 Histogram showing the number of mineral deposits/occurrences (including associated ore) formed in different structure-mineralization periods

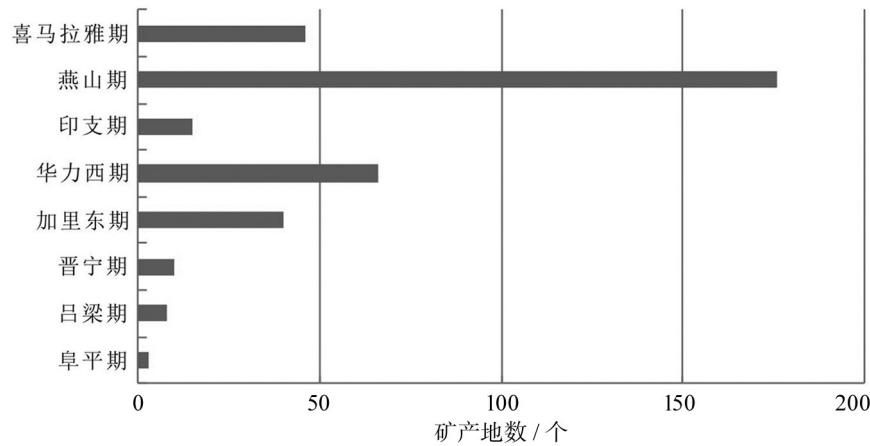


图3 不同成矿期大型、超大型矿床数量分布图

Fig.3 Histogram showing the number of large and super large deposits formed in different mineralization periods

西省全部矿产地数量(2137个)的近1/3(697个)、超大型和大型矿床总数量(364个)的近1/2(176个)形成于该构造-成矿期(董王仓等,2020)。这一现象与中国矿产资源在燕山期具有“成矿大爆发”的区域成矿规律一致;其次是喜马拉雅期、华力西期和加里东期,三者矿产地数量相近,其总数量(1061个)约占陕西全部矿产地数量(2137个)的1/2。

3.2 矿产地的空间演化

不同成矿单元矿产地分布统计资料(表2,图4)表明,矿产地数量位居前五位的依次为南秦岭、鄂尔

多斯盆地、龙门山-大巴山、北秦岭和小秦岭等成矿区带(董王仓等,2020)。

第一位:南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)。该成矿带的矿产地数量(679个)占陕西矿产地总数(2137个)的31.77%。除阜平期未见矿产地分布外,其余7个成矿期均有矿产地分布。其中,矿产地数量较多的前3个成矿期依次是华力西期(198个)、燕山期(148个)和加里东期(137个),三者合计(483个)约占该带矿产地总数(679个)的71.13%。

第二位:鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60)。矿产地

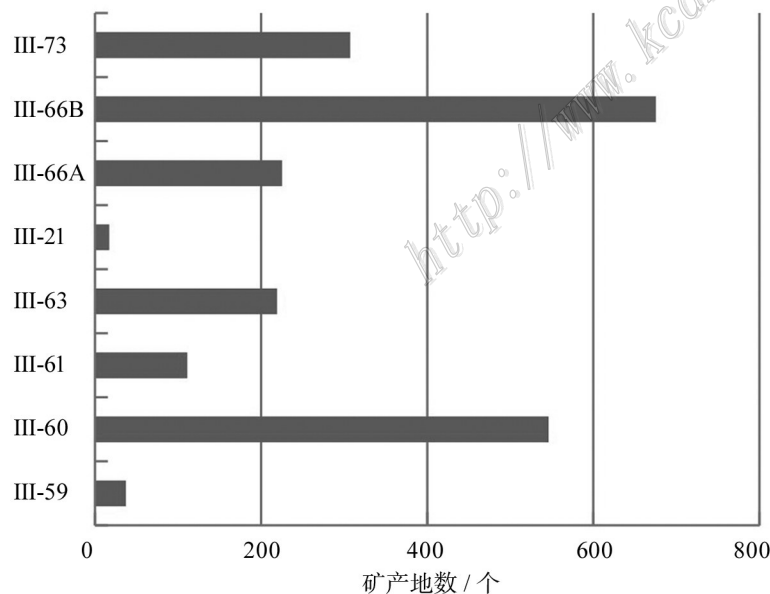


图4 陕西省不同成矿单元矿产地数量分布图

Fig.4 Histogram showing the number of mineral deposits / occurrences of different metallogenic units in Shaanxi Province

数量(546个)占陕西省矿产地总数的25.55%。矿产主要形成于加里东期、华力西期、燕山期和喜马拉雅期4个成矿期。其中,燕山期矿产地最多(282个),约占该成矿区矿产地总数(546个)的52%。而吕梁期、晋宁期则未见矿产地分布。

第三位:龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)。该成矿区的矿产地数量(307个)占陕西省矿产地总数(2137个)的14.37%。除吕梁期外,其余7个成矿期均有矿产地。其中,晋宁期矿产地最多(129个),约占该成矿区矿产地总数(307个)的42%。印支期、燕山期和喜马拉雅期则分布较少。

第四位:北秦岭成矿带(Ⅲ-66A)。该成矿带的矿产地数量(221个)占陕西省矿产地总数(2137个)的10.34%。除阜平期外,其余7个成矿期均有矿产地分布。其中,加里东期(70个)和燕山期(75个)矿产地分布较多,二者合计约占该成矿区矿产地总数(221个)的65.61%。印支期(32个)次之,约占该成矿区矿产地总数(221个)的14.48%。其他成矿期则分布较少。

第五位:小秦岭成矿区(Ⅲ-63)矿产地数量(219个)占陕西省矿产地总数的10.25%。除吕梁期外,其余7个成矿期均有矿产形成。其中,燕山期矿产地最多(147个),约占该成矿区矿产地总数(219个)的67.12%;印支期(33个)次之,约占该成矿区矿产地总数(219个)的15.07%。其他成矿期则分布较少。

就大型、超大型矿床而言,其分布数量由多到少依次为鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60)、南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)和渭河盆地成矿区(Ⅲ-61)。

矿产地在各四级成矿单元的分布也不均匀(见表2)。矿产地数量大于100个的有Ⅳ-60-1、Ⅳ-60-2、Ⅳ-63-1、Ⅳ-63-2、Ⅳ-66A-1、Ⅳ-66B-3、Ⅳ-66B-5和Ⅳ-73-3共8个四级成矿单元。其中,前三者依次为Ⅳ-60-1(372个)、Ⅳ-66B-3(270个)和Ⅳ-66B-5(185个)。

3.3 矿产地时空演化趋势

以矿产地在不同成矿期、不同成矿单元的分布数量为依据,编制矿产地时空分布表。在表4中,以15个矿产地为基准划一条矿产地数量分界线,分界线左上方的各时空域,矿产地数量多数大于15;其右下方各时空域的矿产地数量大多数少于15个。沿该分界线指示方向,从早到晚、由陕南向陕北,成矿作用及矿产地数量总体具有逐渐推进、增加的演化

趋势(表4),即从阜平期到喜马拉雅期,由陕南龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)到陕北鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60),除鄂尔多斯盆地成矿区加里东期—华力西期外,矿产地数量总体呈逐渐增加的演化趋势。这一趋势可能反映陕西矿产的形成具有独特的深部动力机制,即地质历史时期,陕西省南部可能长期处于成矿地质作用活跃期,并随着地质历史发展,成矿作用发生了由南向北逐渐推进、由内生向外生演变的变化(董王仓等,2020)。

4 成矿时空域

由陕西省三级成矿单元矿产地时空分布情况(表4)可以看出,矿产地在四维时空域的分布极不均匀。如晋宁期龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)的矿产地数量(129个)远多于同一成矿期的其他7个成矿单元的矿产地数量;又如燕山期鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60)的矿产地数量(282个)又远多于同一成矿期其他7个成矿单元的矿产地数量。由此可见,地质历史时期,有成矿时空域和非成矿时空域之分。即地质历史时期一些重要的成矿事件(作用)主要发生在一定的四维时空域,将此有利于矿产资源形成的四维时空域称为成矿时空域(董王仓等,2020)。

不同成矿期、不同成矿单元的矿产地数量的多少,反映了成矿单元成矿作用的有利程度。因此,以矿产地数量多少为依据,将陕西8个三级成矿单元与8个构造-成矿期构成的64个时空域分为4种不同类型(表5):有利成矿时空域、一般成矿时空域、不利成矿时空域和未见矿时空域(董王仓等,2020)。

(1)有利成矿时空域指矿产地数量大于100个的时空域(表5中紫色区域)。陕西有8个此类时空域,占全部时空域的12.50%,主要分布在Ⅲ-66B和Ⅲ-60。

(2)一般成矿时空域指矿产地数量介于15~100个的时空域(表5中黄色区域),陕西省有16个此类时空域,占全部时空域的25.0%,主要分布在陕南各成矿单元(Ⅲ-73、Ⅲ-66B和Ⅲ-66A)。

(3)不利成矿时空域指矿产地数量介于1~15个的时空域(表5中绿色区域),陕西省有22个此类时空域,占全部时空域的34.38%,主要分布于陕西中部和北部的4个成矿单元(Ⅲ-63、Ⅲ-21、Ⅲ-61和Ⅲ-

表 4 陕西省三级成矿单元矿产地时空分布及其演化趋势

Table 4 The spatial and temporal distribution and evolution trend of ore deposits in different metallogenic units in Shaanxi Province

构造阶段	构造-成矿期	三级成矿单元名称及其矿产地数量/个							
		Ⅲ-73 龙门山-大巴山	Ⅲ-66B 南秦岭	Ⅲ-66A 北秦岭	Ⅲ-63 小秦岭	Ⅲ-21 北祁连	Ⅲ-61 渭河盆地	Ⅲ-60 鄂尔多斯盆地	Ⅲ-59 鄂尔多斯西缘
陆内造山	喜马拉雅期	32	97	7	5		104	107	26
	燕山期	26	148	77	147	11	5	282	1
板块构造	印支期	12	61	32	33			8	1
	华力西期	48	197	3	3			91	1
	加里东期	55	137	70	11	5	1	56	8
	晋宁期	129	25	18	11	1			
地壳早期	吕梁期			16					
	阜平期	5			9		1	2	

备注:表中数据据董王仓等,2020;表中三级成矿单元的排列顺序:从左到右,依次由陕南到陕北;“→”矿产地数量分界线。此线左上方各时空域的矿产地数量普遍大于15个,右下方各时空域的矿产地数量普遍少于15个。

表 5 陕西省不同类型成矿时空域分布情况一览表

Table 5 Temporal and spatial distribution of different types of mineralization in Shaanxi Province

构造阶段	构造-成矿期	三级成矿单元名称及矿产地(含伴生矿)数量(单位:个)							
		Ⅲ-73 龙门山-大巴山	Ⅲ-66B 南秦岭	Ⅲ-66A 北秦岭	Ⅲ-63 小秦岭	Ⅲ-21 北祁连	Ⅲ-61 渭河盆地	Ⅲ-60 鄂尔多斯盆地	Ⅲ-59 鄂尔多斯西缘
陆内造山	喜马拉雅期	32	97	7	5		104	107	26
	燕山期	26	148	77	147	11	5	282	1
板块构造	印支期	12	61	32	33			8	1
	华力西期	48	197	3	3			91	1
	加里东期	55	137	70	11	5	1	56	8
	晋宁期	129	25	18	11				
地壳早期	吕梁期		14	16					
	阜平期	5			9		1	2	
合计(个)		307	679	221	219	17	111	546	37

注:表中数据据董王仓等,2020;表中成矿单元的排列顺序:从左到右,依次由陕南到陕北;紫色区域为有利成矿时空域,黄色区域为一般成矿时空域,绿色区域为不利成矿时空域,无色区域为未见矿时空域。

59)。

(4) 未见矿时空域有18个此类时空域,占全部时空域的28.13%,主要分布在陕西中部和北部4个成矿单元(Ⅲ-21、Ⅲ-61、Ⅲ-60和Ⅲ-59)。

上述不同类型成矿时空域的划分,尤其是划分出的8个有利成矿时空域,为地质找矿工作部署明确了大的方向。即建议鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60)的燕山期和喜马拉雅期、南秦岭成矿带(Ⅲ-66B)

的加里东期、华力西期和燕山期、小秦岭成矿带(Ⅲ-63)的燕山期、龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)的晋宁期、渭河盆地成矿区(Ⅲ-61)的喜马拉雅期等8个时空域,应作为地质找矿工作部署优先考虑的时空域。但不同成矿时空域的矿产种类、矿床类型及找矿方向各不相同。

鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60),处于鄂尔多斯中生代陆内坳陷盆地南部,历经了奥陶纪蒸发沉积成

矿作用、石炭纪—二叠纪、三叠纪和侏罗纪成煤事件(期)和中生代(白垩纪)构造-流体成矿(藏)事件,形成以煤、油气、铀、石盐、黏土等为主的化学沉积型、蒸发沉积型和生物化学沉积型矿产,奥陶系马家沟组碳酸盐岩、石炭系本溪组含铁铝碎屑岩、二叠系太原组和山西组含煤建造、三叠系延长组和瓦窑堡组、侏罗系富县组、延安组和直罗组等应作为地质找矿的目标层位/成矿地质体。

渭河盆地成矿区(Ⅲ-61),经过早期挤压隆起、中晚期走滑拉分 and 差异升降等演化过程形成了断陷盆地,新生代发生了流体成矿(藏)作用,形成层控/构造流体型水气矿产和地热等矿产(藏),地质找矿应主要集中在盆地内不同级别断裂构造的交汇部位。

小秦岭成矿带(Ⅲ-63),处于华北陆块南缘中生代陆内构造活化区,发生了构造环境及构造体制的显著转换,伴随构造-岩浆-流体成矿作用形成了金、钼、铁和稀土元素等矿产,以岩浆热液型、斑岩型和接触交代型为主要矿床类型,地质找矿应以燕山期中酸性岩体及其内外接触带,以及印支期的碳酸岩脉等成矿地质体为主要对象。

南秦岭成矿带(Ⅲ-66B),位处扬子板块北缘晚古生代边缘海盆和中生代陆内构造活化区,历经了早古生代黑色岩系沉积成矿、晚古生代海底喷流沉积成矿作用,叠加华力西期—印支期变质成矿作用、中生代构造-岩浆-流体成矿作用,在凤县-太白地区以金、铅、锌为主要矿种,洛南-山阳-镇安-旬阳地区以钼、金、汞、锑、钨、铅、锌为主要矿种,以层控热液型、构造热液型、海相沉积型、沉积受变质型和接触交代型为主要矿床类型,寒武系水沟口组(钼)、寒武系—奥陶系石瓮子组和泥盆系石家沟组(铅、锌)、志留系梅子垭组(铅、锌)、印支期—燕山期中酸性岩体外接触带(钨、钼、铅、锌),以及区域性断裂旁侧次级构造带(汞、锑、金)等为有利的找矿部位。

龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73),处于太古宙—元古宙原始陆块及其边缘弧-盆系、裂谷与小洋盆环境,先后历经了新太古代火山喷发-硅铁沉积成矿、中-新元古代裂解成矿和中生代构造-热液成矿作用,形成以金、铁、锰、铜、镍等为主的多种矿产,以岩浆型、蚀变岩型、火山热液型、火山沉积受变质型和海相沉积型为主攻矿床类型,新太古界鱼洞子岩群、新元古代超基性岩和基性杂岩、碧口岩群及

近东西向韧-脆性剪切带及其与化探异常的叠合部位是有利的找矿部位。

5 结 语

(1) 成矿单元是矿产地分布或具有成矿潜力的区域,研究划分成矿单元是区域成矿规律研究的基础。近年来编撰完成的《中国矿产地质志·陕西卷》以新的区域地质调查和丰富的矿产勘查等地质资料为依据,建立了新一代陕西省五级综合成矿单元划分体系。划分出成矿域3个、成矿(亚)省4个、成矿区/带8个、成矿亚区/带20个和成矿远景区39个,为区域地质矿产调查研究工作提供了新的重要基础地质资料。

(2) 矿产地的时空分布具有明显的不均匀性,但有一定的分布规律和演化趋势。

时间上,陕西矿产主要形成于燕山期,其次是喜马拉雅期、华力西期和加里东期;空间上,矿产地分布数量多的三级成矿单元依次为南秦岭(Ⅲ-66B)、鄂尔多斯盆地(Ⅲ-60)和龙门山-大巴山(Ⅲ-73)三个成矿区/带。矿产地分布数量多的四级成矿单元有陕北(Ⅳ-60-1)、渭北(Ⅳ-60-2)、太华断隆(Ⅳ-63-1)、金堆城-洛南(Ⅳ-63-2)、镇安-山阳-旬阳(Ⅳ-66B-3)和勉略结合带(Ⅳ-73-1)等成矿亚区/带。

综合矿产地的时空分布情况可见,从阜平期到喜马拉雅期,由陕南龙门山-大巴山成矿区(Ⅲ-73)到陕北鄂尔多斯盆地成矿区(Ⅲ-60),除个别成矿单元和成矿期外,矿产地数量总体呈现逐渐增加的演化趋势。

(3) 提出了成矿时空域的概念,并在陕西省划分出有利成矿时空域、一般成矿时空域、不利成矿时空域和未见矿时空域等4种不同类型的时空域。尤其是划分出的8个有利成矿时空域,为今后地质找矿工作部署指出了大的方向。并根据各有利成矿时空域的具体成矿地质构造条件,进一步指出了有利于地质找矿的成矿地质体或地质构造部位。

致 谢 本文是在《中国矿产地质志·陕西卷》研编成果基础上编写而成。志书研编期间及成文过程中,得到了陈毓川院士、汤中立院士、宋小文教授级工程师、王登红研究员等许多专家的帮助和指导,在此表示真诚的谢意。

References

- China Geological Survey, Ministry of Land and Resources. 2016. One hundred theories of China Geological Survey[M]. Beijing: Geological Publishing House. 137-140(in Chinese).
- China Mineral Geology Program Office. 2016. Technical requirements for research and compilation of provincial mineral geology records of China mineral geology[R]. Beijing. 19-20(in Chinese).
- Dong W C, Li W C, Zhou X K, Zhu G Z and Duan X Y 2019. China mineral geology-Shaanxi volume-metal minerals[M]. Shaanxi Institute of Geological Survey. 1329-1436(in Press)(in Chinese).
- Dong W C, Li W C, Hu S Q, He D, Yang B, Du M and Liu Y C. 2020. China mineral geology-Shaanxi volume [M]. Shaanxi Institute of Geological Survey. 2721-2750(in Press)(in Chinese).
- Gu X X, Li B H, Zhang Y M, Peng Y W and Xiang Z L. 2019. Research methods and applications of mineral deposits[M]. Beijing: Geological Publishing House. 3p(in Chinese).
- Shaanxi Institute of Geological Survey. 2001. Summary of study on main metallogenic areas (belts) in Shaanxi Province[Z]. 55-59 (in Chinese).
- Song X W, Hou M T and Chen R Y. 2004. Devision of Shaanxi metallogenic province (belt) [J]. Northwestern Geology, 37(3): 29-42 (in Chinese).
- Xu Z G, Chen Y C, Wang D H, Chen Z H and Li H M. 2008. Division scheme of metallogenic zones in China[M]. Beijing: Geological Publishing House. 1-11(in Chinese).

附中文参考文献

- 董王仓,李维成,周小康,祝国柱,段湘益. 2019. 中国矿产地质志·陕西卷·金属矿产(待出版)[M]. 陕西省地质调查院. 1329-1436.
- 董王仓,李维成,胡双全,贺丹,杨波,杜明,刘勇诚. 2020. 中国矿产地质志·陕西卷(待出版)[M]. 陕西省地质调查院. 2721-2750.
- 国土资源部中国地质调查局. 2016. 中国地质调查百项理论[M]. 北京:地质出版社. 137-140.
- 顾雪祥,李葆华,章永梅,彭义伟,向中林. 2019. 矿床学研究方法及应用[M]. 北京:地质出版社. 3 页.
- 陕西省地质调查院. 2001. 陕西省主要成矿区(带)研究总结[R]. 55-59.
- 宋小文,侯满堂,陈如意. 2004. 陕西省成矿区(带)的划分[J]. 西北地质, 37(3):29-42.
- 徐志刚,陈毓川,王登红,陈郑辉,李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社. 1-11.
- 中国矿产地质志项目办公室. 2016. 中国矿产地质志省级矿产地质志编编技术要求[Z]. 北京. 19-20.