



引文格式: 陆茂欣, 向连格, 王红, 等. 宁夏区域成矿规律概论[J]. 西北地质, 2024, 57(4): 229-239. DOI: 10.12401/j.nwg.2023176

Citation: LU Maoxin, XIANG Liange, WANG Hong, et al. Summary of Regional Metallogenic Regularity in Ningxia[J]. Northwestern Geology, 2024, 57(4): 229-239. DOI: 10.12401/j.nwg.2023176

宁夏区域成矿规律概论

陆茂欣, 向连格, 王红, 马彦云, 汪栋刚, 李通

(宁夏回族自治区基础地质调查院, 宁夏 银川 750000)

摘要: 宁夏虽地域面积较小, 但矿产资源种类众多, 能源、金属、非金属、水气类矿产均有发现。已发现 60 余种矿产(含亚矿种)中, 获探明储量的矿产种类达 50 余种, 煤、石膏、灰岩、冶镁白云岩、硅石等为优势矿种。笔者总结了宁夏矿产资源的时-空分布演化规律: 时间上分为元古宙、古生代、中生代和新生代 4 个时段。非金属矿在加里东期及喜马拉雅期、金属矿在晋宁期及燕山期、能源矿产在华力西期及燕山期、水气矿产在喜马拉雅期分别达到成矿高峰期。空间上以宁夏 12 个五级(V)构造单元为基本空间单元开展: 金属矿产主要集中地即为贺兰山、卫宁北山、南-西华山地区。非金属矿产主要集中在贺兰山褶皱带及香山褶皱带中, 其次为烟洞山-窑山冲断带, 陶乐-彭阳冲断带。能源矿产在陶乐-彭阳冲断带聚集特征明显。水气矿产绝大部分聚集在银川断陷盆地内。在综合消化已有地质矿产资料的基础上, 对宁夏全区划分 9 个 IV 级成矿亚带及 19 个矿集区或远景区, 厘定 9 个矿床成矿系列及 10 个矿床成矿亚系列, 并建立了区域成矿谱系。

关键词: 成矿规律; 成矿区带; 成矿系列; 成矿谱系; 宁夏

中图分类号: P612

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2024)04-0229-11

Summary of Regional Metallogenic Regularity in Ningxia

LU Maoxin, XIANG Liange, WANG Hong, MA Yanyun, WANG Donggang, LI Tong

(Ningxia Institute of Basic Geological Survey, Yinchuan 750000, Ningxia, China)

Abstract: Although Ningxia is small in area, there are many kinds of mineral resources, including energy, metal, nonmetallic and groundwater - gas minerals. More than 60 kinds of minerals (including subminerals) have been discovered, of which more than 50 kinds of minerals have proved reserves. Coal, gypsum, limestone, magnesia dolomite, silica and other dominant minerals. This paper summarizes the time-space distribution evolution of mineral resources in Ningxia: The time can be divided into Proterozoic, Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic. The non-metallic minerals reached their metallogenic peak in Caledonian and Himalayan ages, the metallic minerals in Jinning and Yanshanian ages, the energy minerals in Hualissian and Yanshanian ages, and the water-gas minerals in Himalayan ages. In space, 12 grade V structural units in Ningxia are used as the basic spatial units: Metal minerals are mainly concentrated in Helan Mountain, Weining North Mountain and South-West Huashan

收稿日期: 2023-01-31; 修回日期: 2023-09-05; 责任编辑: 贾晓丹

基金项目: 中国矿产地质志项目(DD20221695、DD20190379、DD20160346), 2023 年度宁夏回族自治区青年科技托举人才培养项目、宁夏自然科学基金项目(2023AAC03770)联合资助。

作者简介: 陆茂欣(1990-), 男, 工程师, 硕士, 从事区域地质调查、矿产勘查、区域成矿规律方面研究。E-mail: 543865671@qq.com。

region. Non-metallic minerals are mainly concentrated in helan Mountain fold and Xiangshan fold, followed by Yandong Shan-Yaoshan thrust belt and Taole-Pengyang thrust belt. Energy mineral resources are concentrated in taole - Pengyang thrust belt. Most of the hydrogas minerals are concentrated in yinchuan fault depression basin. Most of the groundwater - gas minerals are concentrated in Yinchuan fault depression basin. On the basis of comprehensive digestion of existing geological and mineral data. The whole area of Ningxia is divided into 9 grade IV metallogenic subbelts and 19 ore clusters or prospective areas. Nine ore-forming series and 10 ore-forming subseries were determined and regional metallogenic genealogy was established.

Keywords: metallogenic regularity; mineralization belt; minerogenetic series; metallogenic lineage; Ningxia

宁夏虽地域面积较小,但矿产资源种类众多,能源、金属、非金属、水气矿产均有发现。宁夏已发现60余种矿产(含亚矿种)中,获探明储量的矿产种类达50余种(含亚矿种)。煤、石膏、石灰岩、冶镁白云岩、硅石类(冶金用石英岩、石英砂岩)等矿产为宁夏的优势矿种,保有资源储量在全国排位居前。

近年来,随着全国矿产资源潜力评价、中国矿产地质志等一批全国性项目的部署实施,全国在区域成矿规律研究方面取得了重大突破(陈毓川等,2007,2015;王登红等,2014)。宁夏近年来在矿产资源潜力评价成果的基础上,在典型矿床、成矿地质背景和区域成矿规律研究方面取得了一些进展和成果(徐广平等,2011;马秀军等,2018;向连格等,2018;仲佳鑫等,2018)。已有宁夏重要矿种资源潜力评价专著出版

(艾宁等,2014),也有包括宁夏的祁连地区与鄂尔多斯地区成矿系列有关论文发表(谭文娟等,2013,2015;杨合群等,2023)。但由于以往成矿规律研究工作对矿种及矿床类型尚未全覆盖,致使成矿规律总结不够系统,笔者在《中国矿产地质志·宁夏卷》基础上,系统总结了宁夏矿产资源的特征及其成矿规律。

1 矿产资源时空分布规律

1.1 矿产资源空间分布规律

矿产资源的空间分布规律是研究区域成矿规律的重要组成部分。宁夏矿产资源的空间分布规律研究是以五级(V)构造单元(表1)为基本空间单元开展的。

表1 宁夏构造单元综合划分表

Tab. 1 Table of time-space distribution of mineral sites

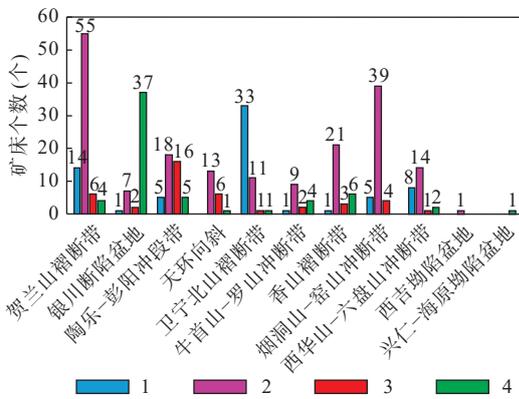
单元级别	I级	II级	III级	IV级	V级	
构造单元 名称	柴达木-华北板块 III ₅	阿拉善微陆块 III ₄	鄂尔多斯地块 III ₅ ¹	鄂尔多斯西缘中元古代—早古生代裂陷 III ₅ ¹⁻¹	鄂尔多斯西缘冲断构造带	贺兰山褶皱断带 III ₅ ¹⁻¹⁻¹
				鄂尔多斯中生代坳陷 III ₅ ¹⁻²		银川断陷盆地 III ₅ ¹⁻¹⁻²
				卫宁北山—香山晚古生代前陆—上叠盆地 III ₄ ¹⁻¹		陶乐—彭阳冲断带 III ₅ ¹⁻¹⁻³
				景泰—海原中元古代—早古生代弧后盆地 III ₂ ¹⁻¹		天环向斜 III ₅ ¹⁻²⁻¹
		腾格里早古生代增生楔 III ₄ ¹	宁夏弧形构造带		贺兰山南段褶皱断带 III ₄ ¹⁻¹⁻¹	
		祁连早古生代造山带 III ₂	北祁连中元古代—早古生代海沟系 III ₂ ¹		卫宁北山褶皱断带 III ₄ ¹⁻¹⁻²	
			白银—西吉中元古代—早古生代岛弧 III ₂ ¹⁻²		牛首山—罗山冲断带 III ₄ ¹⁻¹⁻³	
					烟洞山—窑山冲断带 III ₄ ¹⁻¹⁻⁴	
					香山褶皱断带 III ₄ ¹⁻¹⁻⁵	
					西华山—六盘山冲断带 III ₂ ¹⁻¹⁻¹	
					兴仁—海原坳陷盆地 III ₂ ¹⁻¹⁻²	
					西吉坳陷盆地 III ₂ ¹⁻²⁻¹	

注:资料来源于《中国区域地质志·宁夏志》,2017。

宁夏共划分12个五级(V)构造单元,除了贺兰山南段褶皱断带未分布矿产外,其余11个V级构造单

元均分布有矿产地。根据宁夏358个矿产地(金属矿产71个、非金属矿产189个、能源矿产42个、水气矿

产56个)的分布情况来看(图1),金属矿产在卫宁北山褶皱断带、贺兰山褶皱断带、西华山-六盘山冲断带中集中分布,聚集特征明显,说明宁夏的金属矿产主要集中地即为贺兰山、卫宁北山、南-西华山地区。非金属矿产在各构造单元中均有分布,但主要集中在贺兰山褶皱断带及香山褶皱断带中,其次为烟洞山-窑山冲断带,陶乐-彭阳冲断带。能源矿产在陶乐-彭阳冲断带聚集特征明显,说明该构造单元为宁夏重要的能源矿产分布带。水气矿产绝大部分聚集在银川断陷盆地内,成为宁夏重要的水气矿产分布区。



1. 金属矿产; 2.非金属矿产; 3.能源矿产; 4.水气矿产

图1 宁夏V级构造单元矿产资源分布图

Fig. 1 Mineral resources distribution map of class V tectonic units in Ningxia

通过对比各类矿产在各V级构造单元中的分布情况,可以看出宁夏矿产资源聚集特征比较明显,可为成矿区带及成矿系列的划分提供重要依据。

1.2 矿产资源时间分布规律

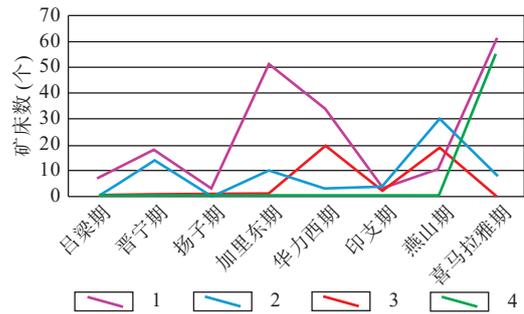
宁夏成矿类型较为单一,以沉积型非金属矿产及能源矿产为主。成矿作用从元古宙沿至第四纪全新世均有发育,按演化时段,大致分为元古宙、古生代、中生代和新生代4个时段。据宁夏39个主矿种,共计358个矿产地的成矿时代、矿床规模统计分析结果。宁夏矿产资源具有以下一些时间演化规律。

1.2.1 矿床数随时间演化规律

据宁夏主要矿产矿床成矿时代分布图(图2)显示,宁夏非金属矿在加里东期及喜马拉雅期、金属矿在燕山期和晋宁期、能源矿产在华力西期及燕山期、水气矿产在喜马拉雅期分别达到成矿高峰期。非金属矿产、金属矿产和能源矿产均具有双波峰特征,显示其具有两个主要的成矿期。

1.2.2 矿床规模随时间演化规律

据宁夏主要矿产各成矿时代矿床规模分布及不

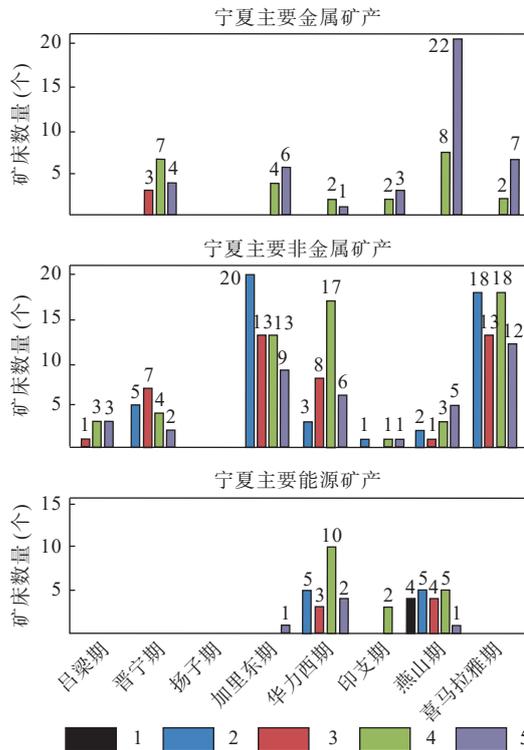


1.非金属矿产; 2.金属矿产; 3.能源矿产; 4.水气矿产

图2 宁夏主要矿产矿床成矿时代分布图

Fig. 2 Distribution map of major mineral deposits in ore-forming times in Ningxia

同规模矿床在各成矿时代数量(图3)显示,矿床规模与矿床数量具有相似的演化规律。全区中型及以上规模金属矿产均集中在晋宁期,全部为镁矿,非金属矿中型及以上矿产几乎在各时代均有产出,但主要集中在加里东期及喜马拉雅期,能源矿产中型及以上矿产均集中在华力西期及燕山期。



1.超大型矿床; 2.大型矿床; 3.中型矿床; 4.小型矿床; 5.矿点

图3 宁夏金属、非金属、能源矿产矿床规模与成矿时代分布图

Fig. 3 Scale and age distribution of metallic, nonmetallic and energy mineral deposits in Ningxia

通过矿床数、矿床规模与成矿时代的规律统计可以看出宁夏金属、非金属、能源矿产的主要成矿期。

该结论为成矿系列划分提供重要依据。

1.3 矿产资源有利时空域分析

在对宁夏矿产地空间分布规律及时间演化规律研究的基础上,将 302 个矿产地(除 56 个水气矿产地)

的时、空分布特征归纳于表 2, 横坐标代表 IV 级成矿亚带, 纵坐标代表成矿期。通过对比各时空域的矿产地数量, 厘定了宁夏有利的成矿时空域和一般的成矿时空域。

表 2 矿产地时—空分布表

Tab. 2 Table of time-space distribution of mineral sites

成矿期	IV 级成矿亚带									
	IV-59①	IV-59③	IV-20③	IV-20②	IV-20①	IV-60①	IV-21①	IV-59②	IV-21②	
喜马拉雅期		7	11	18	9	10	9	6	1	
燕山期	1	8	2	4	29	1	6	1		
印支期	6	3				5		1		
华力西期	13	6	23	5	7	1		2		
加里东期	24	10	14	11		1	6			
扬子期										
晋宁期	25	7					2			
吕梁期	7									

2 区域成矿规律

2.1 成矿单元

本研究在《中国成矿区带划分方案》基础上进行(徐志刚等, 2008)。

在华北(陆块)成矿省进一步划分为鄂尔多斯西缘(陆缘拗褶带)Fe-Pb-Zn-磷-石膏-芒硝成矿带(III-59), 鄂尔多斯(盆地)U-油气-煤-盐类成矿带(III-60), 在秦祁昆成矿域阿尔金-祁连(造山带)成矿省进一步划分河西走廊 Fe-Mn-萤石-盐类-凹凸棒石-石油成矿带(III-20)和北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(III-21)(徐志刚等, 2008)。在以上 I 级、II 级、III 级成矿区带的基础上, 以宁夏矿产资源潜力评价资料为基础, 以最新的矿产地质资料为前提, 结合宁夏大地构造单元划分, 在总结区域成矿规律的基础上进一步划分了 9 个 IV 级成矿亚区(带)和 19 个 V 级矿集区、远景区(图 4, 表 3)。

2.2 成矿系列

矿床成矿系列是指在一定的地质构造单元和一定的地质历史发展阶段内, 与一定的地质成矿作用有关、在不同成矿阶段(期)和不同地质构造部位形成的不同矿种和不同类型, 但具有成因联系的一组矿床的自然组合(陈毓川等, 2006; 杨合群等, 2023; 姜寒冰等,

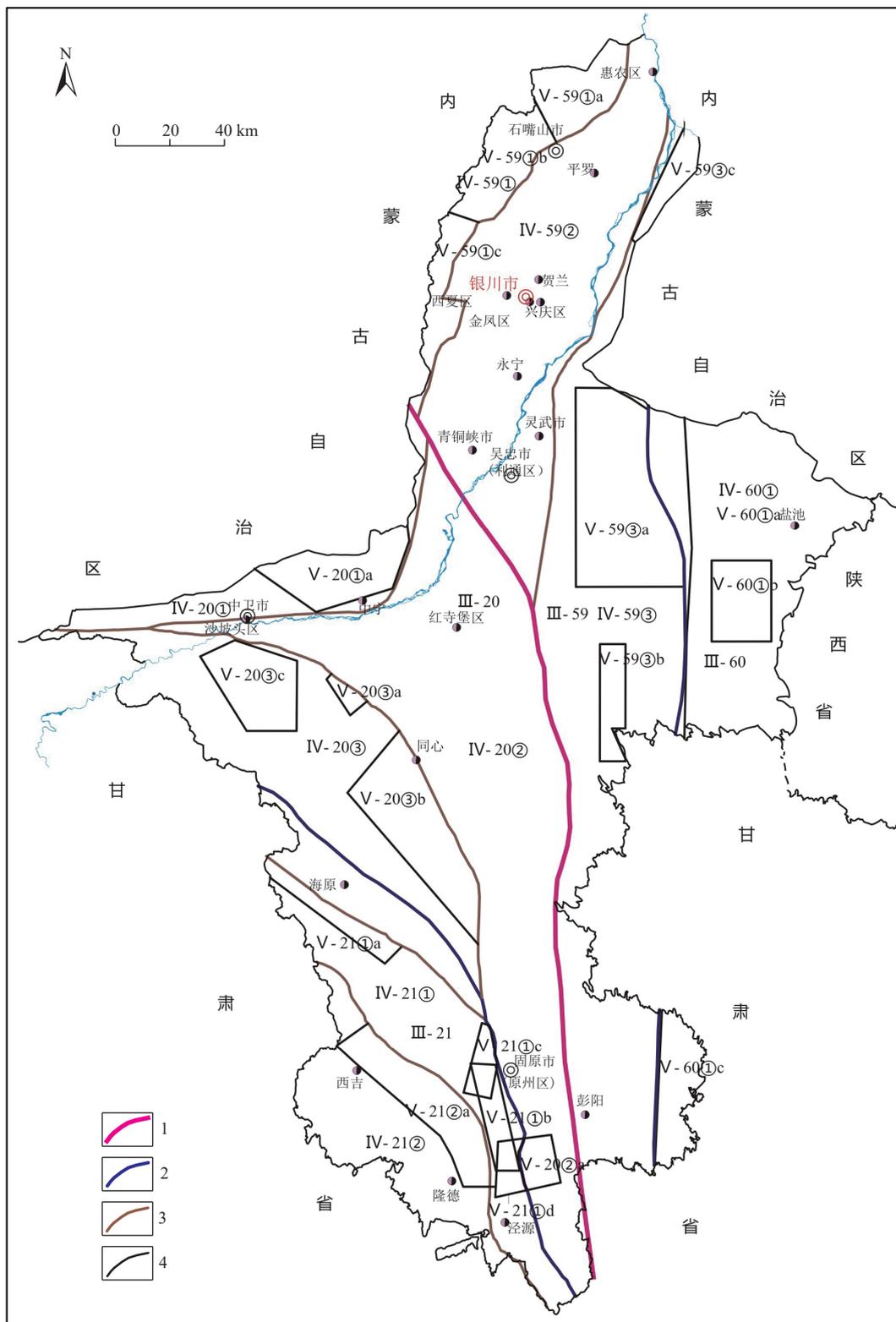
2023)。宁夏成矿系列划分按照程裕淇先生、陈毓川先生等创立和完善的成矿系列理论与研究方法, 依据宁夏矿床的地质背景、含矿地层、含矿岩浆岩、成矿时代、主要成矿作用, 首次尝试建立起宁夏系统的矿床成矿系列, 共划分 9 个成矿系列及 10 个成矿亚系列(表 4)。

2.3 区域成矿谱系

成矿谱系是指一个区域内地质构造演化过程中成矿作用的演化及时空结构(陈毓川等, 2007)。将成矿单元作为横坐标, 成矿旋回的历史顺序和成矿地质环境变化顺序作纵坐标, 中间列出成矿旋回和成矿地质环境相对应出现的矿床系列, 构建成矿床成矿谱系图(陈毓川等, 2007)。笔者首次按照成矿谱系图的构建方法, 以构造旋回和成矿环境作纵坐标、以 IV 级成矿区带为横坐标, 把宁夏成矿(亚)系列展布于坐标系中, 以成矿作用构建宁夏矿产矿床成矿谱系(图 5)。成矿谱系图的建立显然可以更加直观地反映出宁夏的成矿作用的时空结构、分布和演化规律。

2.4 成矿演化

宁夏成矿作用最早在 IV-59①贺兰山褶断带 Fe-Au-Cu-煤(气)-磷-硅石-石灰岩-白云岩-黏土成矿亚带内开始发育, 古远古带表现为岩浆作用有关矿床成矿系列。中元古代早期, 鄂尔多斯西缘下陷, 祁连海水由南向北侵入, 在鄂尔多斯古陆与阿拉善古陆之间形成了一南北向的滨海浅滩环境(宁夏回族自治区地质调查院, 2017), 沉积了单陆屑建造—黄旗口组, 后遭



1. II级成矿省界线; 2. III级成矿区界线; 3. IV级成矿业区界线; 4. V级矿集区界线

图4 宁夏成矿区带图

Fig. 4 Map of Ningxia metallogenic zone

受一定程度的区域变质作用, 形成优质的硅石矿、贺兰石及铁矿。同一时期, 在IV-21①南、西华山-六盘山

冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁-泥炭-岩盐成矿亚带内的海原岩群遭受了区域低温动力变质作用, 形成了该区带

表3 宁夏成矿区带划分表

Tab. 3 Division table of ningxia metallogenic zone

成矿域 (I级)	成矿省 (II级)	成矿区(带) (III级)	成矿亚区(带) (IV级)	成矿亚区(带) (IV级)	成矿亚区(带) (IV级)	矿集区或成矿远景区 (V级)
I-4滨太平洋成矿域 (叠加在古亚洲成矿域之上)	II-14华北(陆块)成矿省	III-59鄂尔多斯西缘(陆缘拗褶带) Fe-Pb-Zn-磷-石膏-芒硝成矿带(Ar ₃ ; Pt; Pz; Kz)	IV-59①贺兰山褶皱带 Fe-Au-Cu-煤(气)-磷-硅石-石灰岩-白云岩-黏土成矿亚带	IV-59②银川断陷盆地石油-天然气-地热-地下水-矿泉水成矿亚带	IV-59③陶乐-彭阳冲断带煤(气)-石灰岩-白云岩成矿亚带	V-59①a贺兰山北段 Fe-Au-Cu-硅石-煤(气)-黏土-白云岩矿集区
						V-59①b贺兰山中段煤-黏土矿集区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-60鄂尔多斯(盆地)U-油气-煤-盐类成矿带(Mz; Kz)	IV-60①鄂尔多斯中-新生代拗陷石油-天然气-煤(气)-盐类-石膏成矿亚带	IV-20①卫宁北山褶皱带 Fe-Au-Ag-Cu-Pb-Zn-煤-黏土成矿亚带	IV-20②烟洞山-窑山冲断带煤-石灰岩-硅石成矿亚带	V-59③a宁东地区煤(气)矿集区
						V-59③b青龙山石灰岩-冶镁白云岩矿集区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-59③c陶乐煤炭远景区
						V-60①a盐池中新生代拗陷(盆地)石油-天然气-煤(气)矿集区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-60①b青山新生代石膏矿集区
						V-60①c彭阳中新生代拗陷石油-天然气-煤矿集区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-20①a卫宁北山 Fe-Au-Ag-Cu-Pb-Zn多金属矿集区
						V-20②a六盘山页岩气远景3区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-20③a团钵郎早古生代石灰岩矿集区
						V-20③b同心新生代石膏矿集区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-20③c香山 Fe-Cu-煤矿集区
						V-21①a南、西华山 Au-Cu-硫铁矿矿集区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-21①b硝口-开城第四系泥炭-岩盐矿集区
						V-21①c六盘山页岩气远景1区
I-2秦祁昆成矿域	II-6阿尔金-祁连(造山带)成矿省	III-21北祁连 Cu-Pb-Zn-Fe-Cr-Au-Ag-硫铁矿-石棉成矿带(Pt ₂ ; Pt ₃ -Pz ₁)	IV-21①南、西华山-六盘山冲断带 Au-Cu-Pb-Zn-硫铁矿-泥炭-岩盐成矿亚带	IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带	IV-21②西吉拗陷盆地多金属成矿亚带	V-21①d六盘山页岩气远景2区
						V-21②a西吉拗陷盆地磁异常多金属成矿远景区

内的铁矿、硅石矿及大理岩矿。中元古代晚期,随着盆地的持续下陷,古地理环境转变为局限台地潮坪相和开阔台地相,在沉积了范围广、厚度大、层位稳定的以白云岩为主的高镁碳酸盐建造-王全口组。在IV-59①和IV-59③陶乐-彭阳冲断带煤(气)-石灰岩-白云岩成矿亚带形成了王全口组优质的冶镁白云岩矿。

早古生代鄂尔多斯西缘地区在中元古代下陷后,寒武纪初再度下陷,海侵由南向北扩展,在IV-59①水流带来的磷质沉淀于砾、砂碎屑间隙间形成磷块岩,形成多个具工业价值的中小型磷矿床。奥陶纪时,宁夏北部地区(华北区)处于浅海环境,发育局限台地相、开阔台地相、广海陆棚相,形成以无机化学沉积为主的碳酸盐建造。南部地区(祁连地层区)处于华北地块与北祁连造山带过渡地带,沉积了一套大陆斜坡一深水陆棚相的复理石建造和远硅质建造。在IV-59①、IV-59③、IV-20②烟洞山-窑山冲断带煤-石灰岩-硅石

成矿亚带、IV-20③香山褶皱带 Fe-Cu-煤-石灰岩-石膏-黏土成矿亚带4个成矿亚带形成了宁夏最主要天景山式石灰岩矿产资源。加里东期在香山地区狼嘴子一磨盘井一带侵入了辉绿岩,在IV-20③形成大型辉绿岩矿床。同期热液活动在IV-21①形成了若干铜、金、硫铁矿矿化点及小型矿床。

晚古生代成矿作用以沉积作用为主。泥盆纪在香山等地区形成河湖相沉积的紫红色碎屑岩建造,是IV-20③香山一带砂岩型铜矿的赋矿地层。早石炭世香山及卫宁北山地区沉降,海水由南向北侵入,该区一度处于海湾泻湖环境,在干燥、炎热的气候条件下,在IV-20③沉积了石灰岩夹石膏建造,形成了石膏及石灰岩矿床。晚石炭世早期海侵范围向北逐渐扩展,晚期间歇性海退,形成海陆交互碎屑岩含煤建造,在IV-20①卫宁北山褶皱带 Fe-Au-Ag-Cu-Pb-Zn-煤-黏土成矿亚带、IV-20②、IV-20③形成一些煤矿床及耐火黏土。

表 4 宁夏矿床成矿系列划分表

Tab. 4 Division table of metallogenic series in Ningxia

矿床成矿系列	矿床成矿亚系列	矿床式	所在成矿亚带	矿产地实例
鄂尔多斯地块古元古代岩浆作用有关的矿床成矿系列	古元古代混合花岗岩化作用有关的伟晶白云母、石英、长石、热液脉石英矿床成矿亚系列	程子山式白云母 道路沟式脉石英	IV-59① IV-59①	石嘴山市程子山白云母矿床、榆树湾白云母矿床 石嘴山市道路沟脉石英矿床
	古元古代基性岩浆侵入作用有关的辉绿岩矿床成矿亚系列	正谊美式辉绿岩	IV-59①	石嘴山市正谊关辉绿岩矿床
	中元古代沉积-变质作用有关的铁、硅石、白云石大理岩、砚石矿床成矿系列	海原式铁、硅石、白云石大理岩	IV-21①	中卫市北沟石英岩矿床、中卫市乱堆子冶镁白云石大理岩矿床
长城纪变质作用有关的铁、硅石、白云石大理岩、砚石矿床成矿亚系列		黄旗口式铁、砚石、硅石	IV-59①	石嘴山市王全口铁矿床、银川市笔架山贺兰石矿床、银川市小口子贺兰石矿床、石嘴山市柳条沟硅石矿床、石嘴山市正义关鄂博梁硅石矿床、银川市王全口硅石矿床、石嘴山市白虎洞硅石矿床、石嘴山市偷牛沟硅石矿床、石嘴山市北岔沟硅石矿床、石嘴山市老树湾硅石矿床、石嘴山市枣窝硅石矿床、石嘴山市沟东硅石矿床、石嘴山市拜寺口硅石矿床、石嘴山市小口子硅石矿床、石嘴山市大口子硅石矿床
鄂尔多斯地块蓟县纪沉积作用有关的白云岩矿床成矿亚系列		王全口式白云岩	IV-59① IV-59③	石嘴山市王全口冶镁白云岩矿床、银川市大挺沟冶镁白云岩矿床 吴忠市青龙山李家新庄-童家慢坡冶镁白云岩矿床、吴忠市青龙山东道梁南段冶镁白云岩矿床、吴忠市青龙山东道梁南段石湾沟南冶镁白云岩矿床、固原市茆头上冶镁白云岩矿床、吴忠市青龙山东道梁北段冶镁白云岩矿床、吴忠市青龙山中段冶镁白云岩矿床
早古生代沉积作用有关的铁、彩石、磷、灰岩、白云岩、板岩矿床成矿系列	苏峪口式磷矿	IV-59①	银川市苏峪口磷矿床、银川市紫花沟磷矿床、银川市阿宝梁磷矿床	
	五道淌-陶思沟-阿不切亥式白云岩	IV-59①	银川市紫花沟熔剂白云岩矿床、银川市苏峪口五道淌熔剂白云岩矿床	
	天景山式灰岩	IV-59①	银川市套门沟水泥灰岩矿床、银川市驴驴沟化工灰岩矿床、银川市苏峪口石灰窑水泥灰岩矿床、银川市干沟熔剂用灰岩矿床、银川市双庙-牛珂拉灰岩矿床、银川市干沟水泥灰岩矿床、银川市窑舌子沟水泥灰岩矿床	
		IV-59③	吴忠市石儿山北段水泥灰岩矿床、吴忠市青龙山西道梁二道山北段石灰岩矿床、吴忠市青龙山西道梁二道山南段石灰岩矿床、吴忠市青龙山西道梁南段化工灰岩矿床、吴忠市萌城石梁水泥灰岩矿床	
		IV-20②	中卫市瀛龙山水泥用石灰岩矿床、中卫市黑疙瘩沟水泥用石灰岩矿床、吴忠市红寺堡区红柳山灰岩矿床、吴忠市红寺堡区青山化工灰岩矿床、固原市千秋峡石灰岩矿床、吴忠市卡子庙水泥灰岩矿床、中卫市天景山白路泉北段化工灰岩矿床、中卫市天景山白路泉南段化工灰岩矿床	
		IV-20③	中卫市天景山北段化工灰岩矿床、中卫市米钵山团钵郎电石灰岩矿床、中卫市园湾水泥灰岩矿床、中卫市青塔南段水泥灰岩矿床、中卫市刘岗井-银山化工灰岩矿床、中卫市天景山宽口井化工灰岩矿床	
狼嘴子式铁、磷	IV-20③	中卫市火山(顾家峁)铁矿床、中卫市磨盘井磷矿点		

续表4

矿床成矿系列	矿床成矿亚系列	矿床式	所在成矿亚带	矿产地实例	
加里东期岩浆-热液作用有关的铜、金、银、硫铁矿成矿系列	腾格里早古生代增生楔加里东期基性岩浆侵入作用有关的铜、金、银、辉绿岩矿床成矿亚系列	磨盘井式辉绿岩	IV-21①	中卫市磨盘井辉绿岩矿床	
		祁连早古生代造山带加里东晚期热液作用有关的铜、金、银、硫铁矿矿床成矿亚系列	马场沟式金	IV-21①	中卫市马场沟金矿床
			簸箕掌式铜	IV-21①	中卫市簸箕掌铜矿点
			阳洼沟式硫铁矿	IV-21①	中卫市阳洼硫铁矿床
晚古生代沉积作用有关的铜、银、灰岩、石膏、石英砂岩、煤、天然气、黏土、油页岩矿床成矿系列		中宁式铜、银	IV-20③	中卫市腰峁子铜矿床、中卫市峡子沟(拐门沟)铜矿床	
		前黑山-臭牛沟式灰岩、石膏	IV-20③	中卫市小红山石膏矿床、中卫市甘塘石膏矿床、中卫市一碗泉石膏矿床、中卫市石门坎石膏矿床、中卫市宏佛寺石膏矿床、中卫市大茨脑石膏矿床、中卫市倒流水水泥灰岩矿床、石泉水泥灰岩矿床	
			IV-20①	中卫市碱沟山煤矿区	
			IV-20②	中卫市土坡煤矿区	
		羊虎沟-太原式煤、黏土、油页岩、石英砂岩	IV-20③	中卫市深井煤勘查区、中卫市油井山炭巷沟陶瓷黏土矿床、中卫市窑沟(上下河沿)陶瓷黏土矿床、中卫市油井山油井子沟陶瓷黏土矿床、中卫市孙家沟陶瓷黏土矿床、中卫市上下河沿(烟洞坡)油页岩矿床、中卫市陈水硅石矿床	
			IV-59①	石嘴山市石炭井煤矿区、石嘴山市呼鲁斯太煤矿区、石嘴山市马莲滩-炭梁坡煤矿区、石嘴山市沙巴台煤矿区、石嘴山市正义关煤矿区、石嘴山市石嘴山煤矿区	
			IV-59③	吴忠市韦州煤矿区、吴忠市四股泉煤矿区、银川市红墩子煤矿区、灵武市刘家庄天然气田、银川市横城煤矿区、石嘴山市三眼井煤勘查区	
			IV-60①	吴忠市线驮石煤矿区	
				IV-20②	中卫市上下河沿煤矿区、中卫市梁水园煤矿区
		鄂尔多斯地块印支期热液作用有关的金、铜、铅、锌、银、重晶石矿床成矿系列		牛头沟式金	IV-59①
灯影子式铜	IV-59①			石嘴山市正谊关沟铜矿点	
陶斯沟式铅、锌、银、重晶石	IV-59①			石嘴山市陶斯沟重晶石多金属矿点	
	IV-60①			吴忠市红井子油气田、吴忠市大水坑油气田、吴忠市马坊油田、吴忠市姬源油田、固原市彭阳油田	
中生代沉积作用有关的铜、石英砂岩、煤、油气、油页岩、黏土矿床成矿系列		延长式油气	IV-59③	吴忠市摆宴井油气田、吴忠市马家滩油气田、吴忠市惠安油田	
			IV-59②	吴忠市李庄子油田	
			IV-20②	固原市石峁子林场石英砂岩矿床、固原市炭山煤矿区	
		延安式石英砂岩、煤、油页岩、黏土	IV-59③	固原市银洞沟陶瓷黏土矿床、银川市鸳鸯湖煤矿区、银川市灵武煤矿区、银川市石沟驿煤矿区、银川市鸳鸯湖煤矿区、吴忠市积家井煤矿区、吴忠市马家滩煤矿区、吴忠市萌城煤矿区、固原市王洼煤矿区	
			IV-59①	石嘴山市汝箕沟煤矿区	
			IV-20③	中卫市下流水煤勘查区	
		六盘山式铜、油页岩、页岩气、石膏、芒硝、岩盐		IV-21①	固原市黄草沟铜矿点、中卫市阳明石膏矿点、固原市硝口-上店子岩盐矿床
				IV-20②	固原市炭山油页岩矿床

续表4

矿床成矿系列	矿床成矿亚系列	矿床式	所在成矿亚带	矿产地实例	
腾格里早古生代增生楔燕山期热液作用有关的铁、铜、金、银、铅、锌、硫铁矿、重晶石矿床成矿系列		照壁山式铁	IV-21①	中卫市照壁山铁矿床、中卫市新照壁山铁矿床、中卫市石墩(堆)水铁矿床	
		土窑-大铜沟式铜	IV-20① IV-20③	中卫市铜铁沟(土窑)铜矿床 中卫市大铜沟铜(钴)矿、中卫市峡子沟铜矿床	
		金场子式金	IV-20①	中卫市金场子金矿、中卫市黄石坡沟金矿床	
		二人山式银、铅、硫铁矿	IV-20①	中卫市二人山硫铁多金属矿床	
		一条岭式重晶石矿	IV-20①	一条岭重晶石矿床	
		杨家岭式铅、锌	IV-21①	固原市杨家岭铅锌矿床	
古近纪—新近纪沉积作用有关的黏土、石英砂、石膏矿床成矿亚系列			IV-59③	石嘴山市陶乐北石膏矿床	
			IV-60①	吴忠市刘记洼村石膏矿床、吴忠市石记场石膏矿床、吴忠市黄米湾石膏矿床、吴忠市余家圈石膏矿床、吴忠市青山石膏矿床	
		清水营式石膏	IV-20③	中卫市贺家口子石膏矿床、中卫市王家庄石膏矿床、吴忠市南泥沟石膏矿床、中卫市塌山洼石膏矿床、中卫市石峡口石膏矿床、中卫市田子墙石膏矿床	
			IV-21①	固原市双河湾石膏矿床、固原市赵家洼至王辛湾石膏矿床	
			IV-20②	固原市石砚子石英砂矿床、固原市莽花台石英砂矿床、固原市北湾石英砂矿床、固原市梁家台-沙窝石英砂矿床、固原市高圪陵石英砂矿床、固原市小黄崄山-青石峡口石英砂矿床、固原市开城镇石英砂矿床、中卫市油井山黏土岩矿床、固原市黄茆山黏土矿床、固原市刘家沟黏土矿床	
			IV-59②	银川市黄羊滩石英砂矿床、银川市花布山石英砂矿床、吴忠市邵岗镇双井-红崖子石英砂矿床、吴忠市黄羊滩黏土矿床	
		彰恩堡式石英砂、黏土	IV-59③	吴忠市苦水河沿岸石英砂矿床	
			IV-20②	吴忠市杨家井-丁家二沟石英砂矿床、吴忠市花豹湾黏土矿床、吴忠市河西石英砂矿床、吴忠市青铜峡镇火车站石英砂矿床、吴忠市马常滩黏土矿床	
	新生代沉积作用-表生作用有关的铁、石英砂、石膏、黏土、地下水等矿床成矿系列		麦垛山式铁	IV-20①	中卫市麦垛(堆)山铁矿床
			开城式泥炭	IV-20②	固原市开城泥炭矿床
		海子井式硝盐	IV-60①	吴忠市海牛滩芒硝矿床	
		石嘴山黄河式砂金	IV-59②	石嘴山市跑马崖砂金矿点	
		茶梁子式铁、钴	IV-20①	中卫市茶梁子铁钴矿床	
		二人山式膨润土	IV-20①	中卫市二人山膨润土矿床	
		深循环式地热水	IV-59②	银川市Y8地热井(沙温泉)	
		渗溶式米脂玉	IV-20①	中卫市黄羊滩火车站米脂玉矿点	
		渗溶式矿泉水	IV-20② IV-59③	吴忠市庙山湖泉、吴忠市鸽子山泉 固原市彭阳县供水井	
		第四纪流体作用有关的米脂玉(钟乳石)、地热(水)、地下水、矿泉水矿床成矿亚系列	IV-59② IV-59①	银川市南郊水源地、银川市北郊水源地、银川市东郊水源地、银川市南梁水源地 石嘴山市第一水源地(北武当沟水源地)	
	渗滤式地下水	IV-20② IV-59③ IV-60①	中卫市沙坡头区城市饮用水水源地、中卫市沙坡头区城市备用饮用水水源地、吴忠市红寺堡区沙泉水源地(柳泉) 固原市彭阳县县城水源地 吴忠市盐池县骆驼井水源地		

早二叠世早期海侵范围向北大致扩展到桌子山一带,晚期间歇性海退,形成海陆交互相碎屑含煤建造—太原组。早二叠世晚期海水退出宁夏,全区大部处于河

流—湖沼环境,沉积了陆相碎屑含煤建造—山西组。在IV-59①、IV-59③、IV-60①、IV-20②形成了大型煤矿及与其共生的耐火黏土、高岭土矿床。

构造旋回	成矿环境			IV级成矿亚区(带)							
	北祁连山造山带	阿拉善陆块	鄂尔多斯地块	IV—59①	IV—59②	IV—59③	IV—60①	IV—20①	IV—20②	IV—20③	IV—21①
喜马拉雅期	剪切-挤压	伸展-挤压-伸展	流体作用有关米脂玉(钟乳石)-地热水-地下水-矿泉水矿床成矿亚系列							流体作用有关米脂玉(钟乳石)-地热水-地下水-矿泉水矿床成矿亚系列	
						风化作用有关铁-钴-膨润土矿床成矿亚系列					
			沉积作用有关铁-砂金-石英砂-泥碳-盐类矿床成矿亚系列						沉积作用有关石英砂-泥碳-盐类矿床成矿亚系列		
	隆升夷平		沉积作用有关黏土-石英砂-石膏矿床成矿亚系列						沉积作用有关黏土-石英砂-石膏矿床成矿亚系列		
燕山期	伸展-挤压						热液作用有关铁-铜-金-银-铅-锌-硫铁矿-重晶石矿床成矿亚系列				
			沉积作用有关铜-石英砂岩-煤-油气-油页岩-黏土矿床成矿亚系列						沉积作用有关铜-石英砂岩-煤-油气-油页岩-黏土矿床成矿亚系列		
印支期	伸展	陆内伸展	热液作用有关金-铜-铅-锌-银-重晶石矿床成矿亚系列								
			沉积作用有关铜-银-灰岩-石膏-石英砂岩-煤-天然气-黏土-油页岩矿床成矿亚系列				沉积作用有关铜-银-灰岩-石膏-石英砂岩-煤-天然气-黏土-油页岩矿床成矿亚系列				
华力西期	造山后伸展-陆内挤压造山	伸展-挤压	沉积作用有关铜-银-灰岩-石膏-石英砂岩-煤-天然气-黏土-油页岩矿床成矿亚系列				沉积作用有关铜-银-灰岩-石膏-石英砂岩-煤-天然气-黏土-油页岩矿床成矿亚系列				
	挤压造山									热液作用有关铜-金-银-硫铁矿矿床成矿亚系列	
加里东期	伸展-挤压	陆缘伸展	岩浆作用有关铜-金-银-辉绿岩矿床成矿亚系列						岩浆作用有关铜-金-银-辉绿岩矿床成矿亚系列		
			沉积作用有关铁-彩石-磷-灰岩-白云岩-板岩矿床成矿亚系列		沉积作用有关铁-彩石-磷-灰岩-白云岩-板岩矿床成矿亚系列		沉积作用有关铁-彩石-磷-灰岩-白云岩-板岩矿床成矿亚系列				
晋宁期	挤压岛弧后地	伸展-陆缘盆地	沉积作用有关白云岩矿床成矿亚系列		沉积作用有关白云岩矿床成矿亚系列				沉积作用有关白云岩矿床成矿亚系列		
			变质作用有关铁-硅石-白云石-大理岩-砚石矿床成矿亚系列				变质作用有关铁-硅石-白云石-大理岩-砚石矿床成矿亚系列				
吕梁期	挤压碰撞	造山后伸展	岩浆作用有关辉绿岩矿床成矿亚系列								
		伸展	混合花岗岩化作用有关伟晶白云母-石英-长石-热液脉石英矿床成矿亚系列								

1.表生作用; 2.沉积作用; 3.岩浆作用; 4.变质作用; 5.含矿流体作用(非岩浆-非变质作用)

图5 宁夏主要矿产矿床成矿谱系

Fig. 5 The metallogenic lineage of the main mineral deposits in Ningxia

中生代印支期,在热液活化改造作用下,在IV-59①形成热液作用有关金、铜、铅、锌、银、重晶石矿床。早燕山运动使宁夏西部形成山间盆地、东部形成大型内陆盆地。三叠纪晚期沉积形成深灰、灰黑色页岩为油气烃源岩,后来经热演化形成油气藏。侏罗纪在温度潮湿的气候条件下,沉积了宁夏的重要陆相碎屑含煤建造—延安组,在IV-60①, IV-59①, IV-59②, IV-59③, IV-20②, IV-20③,形成煤层厚度大、层数多的大型煤田,同时形成了小规模油气田。早白垩世宁夏

经中燕山运动抬升后又下降,在宁南地区发育一大型内陆湖泊—六盘山盆地,沉积了杂色碎屑含盐建造。在IV-21①和尚铺组和李洼峡组赋存有陆相砂页岩型铜矿,均为矿点,马东山组及乃家河组形成了宁夏最大的蒸发沉积型岩盐矿床。燕山期的构造岩浆活动提供了热动力,驱动流体作用活化成矿物质迁移,在IV-20①、IV-20②、IV-20③、IV-21①形成铁、铜、金、银、铅、锌、硫铁矿、重晶石矿床,矿床规模均不大。

新生代全区广泛发育沉积作用有关的矿产,包括

黏土、石英砂、石膏、铁、砂金、泥炭、盐类矿床成。渐新世早喜马拉雅运动后山间盆地和内陆盆地沉降接受红色碎屑含盐建造,在IV-59③, IV-60①, IV-20③, IV-21①形成了多个中型—特大型石膏矿床,赋矿地层为清水营组,为宁夏最主要的石膏成矿期。此外,在IV-20②, IV-59②, IV-59③寺口子组、清水营组、彰恩堡组局部形成石英砂和黏土矿。第四纪在IV-20①由于风化作用形成了风化型的铁、钴、膨润土矿床,此外,流体作用导致了米脂玉(钟乳石)、地热(水)、地下水、矿泉水矿的广泛形成,对应的成矿区带包括IV-59①、IV-59②、IV-59③、IV-60①、IV-20①、IV-20②、IV-21①。

3 结论

(1)宁夏已发现矿种36个共计358个矿产地,总体呈现出能源及非金属矿产丰富,金属矿产匮乏,水气矿产分布不均匀的特点。

(2)宁夏金属矿产在卫宁北山褶断带、贺兰山褶断带、西华山-六盘山冲断带中集中分布。非金属矿产主要集中在贺兰山褶断带及香山褶断带中,其次为烟洞山-窑山冲断带,陶乐-彭阳冲断带。能源矿产在陶乐-彭阳冲断带聚集特征明显。水气矿产绝大部分聚集在银川断陷盆地内。

(3)宁夏非金属矿在加里东期和喜马拉雅期、金属矿在晋宁期及燕山期、能源矿产在华力西期和燕山期、水气矿产在喜马拉雅期分别达到成矿高峰期。

(4)宁夏共划分4个Ⅲ级成矿区带、9个Ⅳ级成矿亚带和19个Ⅴ级矿集区或成矿远景区,厘定了9个矿床成矿系列及10个成矿亚系列,建立了区域成矿谱系,探讨了成矿作用、Ⅳ级成矿亚带与成矿系列的演化关系。沉积作用为宁夏最主要的成矿作用,主要形成早古生代的金属及非金属矿产、晚古生代—中生代的能源矿产以及新生代的非金属矿产。

参考文献(References):

艾宁,孟方.宁夏重要矿种矿产资源潜力评价[M].银川:阳光出版社,2014.

AI Ning, MENG Fang. Mineral resource potential evaluation of important mineral species in Ningxia[M]. Yinchuan: Sunshine Press, 2014.

陈毓川,裴荣富,王登红.三论矿床的成矿系列问题[J].地质学报,2006,80(10):1501-1508.

CHEN Yuchuan, PEI Rongfu, WANG Denghong. On minerogenetic (metallogenic) series: third discussion[J]. *Acta Geologica*

Sinica, 2006, 80(10): 1501-1508.

陈毓川,王登红,朱裕生,等.中国成矿体系与区域成矿评价[M].北京:地质出版社,2007.

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.

姜寒冰,杨合群,赵国斌,等.西秦岭成矿带区域成矿规律概论[J].西北地质,2023,56(2):187-202.

JIANG Hanbing, YANG Hequn, ZHAO Guobin, et al. Discussion on the Metallogenic Regularity in West Qinling Metallogenic Belt, China[J]. *Northwestern Geology*, 2023, 56(2): 187-202.

马秀军,海连富,母彩霞,等.卫宁北山多金属矿构造岩相成矿规律与找矿研究[J].*中国矿业*, 2018, 27(S2): 91-95.

MA Xiujun, HAI Lianfu, MU Caixia, et al. Study of the tectonolithofacis mineralization regularities and prospecting of the polymetallic deposit in Weiningbeishan[J]. *China Mining Magazine*, 2018, 27(S2): 91-95.

宁夏回族自治区地质调查院.中国区域地质志·宁夏志[M].北京:地质出版社,2017.

谭文娟,杨合群,姜寒冰,等.祁连成矿省成矿系列概论[J].地质科技情报,2013,32(3):135-146.

TAN Wenjuan, YANG Hequn, JIANG Hanbing, et al. Introduction on Metallogenic Serise of Qilian Metallogenic Province[J]. *Geological Science and Technology Information*, 2013, 32(3): 135-146.

谭文娟,杨合群,姜寒冰,等.鄂尔多斯地区成矿系列与地质建造的关系探讨[J].西北地质,2015,48(2):1-9.

TAN Wenjuan, YANG Hequn, JIANG Hanbing, et al. Relationship of Metallogenic Series and Geological Formation in Ordos Area[J]. *Northwestern Geology*, 2015, 48(2): 1-9.

王登红,徐志刚,盛继福,等.全国重要矿产和区域成矿规律研究进展综述[J].*地质学报*, 2014, 88(12): 2176-2191.

WANG Denghong, XU Zhigang, SHENG Jifu, et al. Progress on the study of regularity of major mineral resources and regional metallogenic regularity in China: a review[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 88(12): 2176-2191.

徐志刚,陈毓川,王登红,等.中国成矿区带划分方案[M].北京:地质出版社,2008.

徐广平,张晓东,艾宁,等.宁夏卫宁北山地区铁矿区域成矿规律探讨[J].*西北地质*, 2011, 44(1): 39-47.

XU Guangping, ZHANG Xiaodong, AI Ning, et al. Discussion on the Regional Mineralization Law of Iron Ore in the North Mountain of Weining Area, Ningxia[J]. *Northwestern Geology*, 2011, 44(1): 39-47.

向连格,艾宁,陈学,等.宁夏铁矿产资源概况及成矿规律[J].*地质学刊*, 2018, 42(4): 592-596.

XIANG Lian'ge, AI Ning, CHEN Xue, et al. Overview of iron resources in Ningxia and the metallogenic regularity[J]. *Journal of Geology*, 2018, 42(4): 592-596.

杨合群,赵国斌,陈高潮,等.鄂尔多斯地区成矿谱系及成矿演化史[J].西北地质,2023,56(2):175-186.

YANG Hequn, ZHAO Guobin, CHEN Gaochao, et al. Metallogenic Pedigree and Metallogenic Evolution History in Ordos Area, China[J]. *Northwestern Geology*, 2023, 56(2): 175-186.

仲佳鑫,徐刚,向连格,等.宁夏卫宁北山地区照壁山铁矿床地质特征及成矿规律探讨[J].*西北地质*, 2018, 51(1): 228-237.

ZHONG Jiaxin, XU Gang, XIANG Liange, et al. Geological characteristics and metallogenetic regularity of the Zhaobishan Iron Deposit in Beishan Area, Weining, Ningxia[J]. *Northwestern Geology*, 2018, 51(1): 228-237.