

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2021.01.001

# 华北地区铅锌矿资源特征及成矿规律

付超<sup>1</sup>, 李俊建<sup>1</sup>, 党智财<sup>1</sup>, 张彤<sup>2</sup>, 彭翼<sup>3</sup>,  
宋立军<sup>4</sup>, 侯占国<sup>5</sup>, 倪振平<sup>6</sup>

(1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170; 2. 内蒙古自治区地质调查院, 呼和浩特 010020;  
3. 河南省地质调查院, 郑州 450007; 4. 河北省地质调查院, 石家庄 050081;  
5. 山西省地质调查院, 太原 030006; 6. 山东省地质调查院, 济南 250013)

**摘要:** 华北地区铅锌矿资源丰富、类型多样, 是我国铅锌矿床的重要产区。本文在总结资源禀赋、矿床类型、时空特征、主要控矿因素、资源潜力等要素基础上, 较全面分析了华北地区铅锌矿的主要特征和成矿规律。研究表明, 从矿床成因角度, 华北地区铅锌矿可划分为岩浆热液型、碳酸盐岩—细碎屑岩型、陆相火山岩型、矽卡岩型、斑岩型、碳酸盐型等6种类型, 并可划归“层控”型和“岩控”型两大类; 从矿产预测角度, 又可划分为26个矿产预测类型, 其中以碳酸盐岩—细碎屑岩型、岩浆热液型铅锌矿最为重要。基于华北地区铅锌成矿演化规律, 华北地区铅锌成矿期可划分为中元古代、早古生代、晚古生代和中生代4个主要时期, 中元古代、中生代是铅锌成矿的高峰期。华北地区铅锌成矿受控于区域构造、沉积-火山岩系、中酸性侵入岩等多种因素, 经历了长期且复杂的构造演化, “层控”型和“岩控”型矿床的成矿环境各有不同, 成矿作用特征具有明显差异。经综合评价, 华北地区的铅锌成矿可划分为34个铅锌找矿远景区, 显示出良好的找矿资源潜力。

**关键词:** 铅锌矿; 资源特征; 矿床类型; 成矿规律; 资源潜力; 华北地区

中图分类号: P618.42 文献标识码: A

## 0 引言

铅锌矿是重要的有色金属原材料, 在有色金属消费中仅次于铜和铝, 具有良好的压延性、耐磨性和抗腐性, 在机械、冶金、化工、电气、军事以及轻工业等领域用途广泛。我国铅锌矿产资源丰富, 截至2018年底, 铅查明资源储量  $9216.31 \times 10^4$  t, 同比增长2.8%, 潜在资源量  $2.6 \times 10^8$  t; 锌查明资源储量  $18755.67 \times 10^4$  t, 同比增长1.6%, 潜在资源量达  $6 \times 10^8$  t<sup>①</sup>。总体呈现分布不均一、成群成带产出的分布特征, 产地相对集中于南岭、三江、秦岭—祁连山、狼山—渣尔泰山等地区<sup>[1-4]</sup>。华北地区是我国铅

锌矿产资源的重要产区, 近年来, 在华北陆块北缘、南缘等地均有重大找矿突破<sup>②</sup>, 如内蒙古巴尔陶勒盖—复兴屯新发现特大型陆相火山岩型铅锌银矿床、河南栾川中营铅锌矿、冷水—赤土店钼铅锌多金属矿深部勘查取得重大突破, 显示了良好的找矿潜力。因此, 加强该区铅锌矿成矿规律总结和资源潜力评价, 对华北地区铅锌矿下一步勘查部署具有重要意义。

## 1 铅锌矿资源特征

研究区主要包括北京、天津、河北、河南、山东、山西和内蒙古中西部地区。区内铅锌矿床主要分布

收稿日期: 2020-08-24; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国地质调查局项目(编号: DD20190379-31, 1212011121029, 200110200038, DD20190155)、国家重点研发计划“深地资源勘查开采”重点专项(编号: 2016YFC0600107, 2018YFC0603805-1)联合资助。

作者简介: 付超(1986—), 男, 高级工程师, 主要从事矿产资源调查评价、区域成矿学研究工作。E-mail: fuchaocugb@163.com

通信作者: 李俊建(1962—), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事区域成矿学研究和矿产勘查工作。E-mail: tjlijunjian@163.com

于内蒙古自治区狼山—渣尔泰山、锡林浩特—霍林郭勒一带,河北省涞源—易县、张北—宽城一带,以及河南省西南部卢氏、栾川、熊耳山、外方山等地(图1)。此外,山东省栖霞、胶南、安丘等地亦有燕山晚期铅锌矿床产出。

截至2016年,全区累计查明铅锌矿床数251个,其中,超大型矿床1个、大型矿床13个、中型矿床54个、小型矿床183个<sup>③④⑤</sup>,大型及以上规模矿床仅占华北铅锌矿床的5.58%。2011年实施找矿战略突破行动以来,华北地区铅锌矿新增大型矿产地3处、中型矿产地29处、小型矿产地16处,新增333及以上资源储量 $1995.51 \times 10^4$  t<sup>③</sup>,其中,内蒙古自治区新增 $1482.19 \times 10^4$  t,河南省新增 $253.78 \times 10^4$  t,河北省新增 $197.33 \times 10^4$  t,山东省新增 $36.72 \times 10^4$  t,山西省新增 $25.49 \times 10^4$  t。在华北陆块北缘狼山—渣尔泰山、锡林浩特—霍林郭勒地区,以及华北陆块南缘卢氏—栾川等地区显示了较好的

找矿资源前景,尤其是近年来内蒙古白音诺尔铅锌矿、昌图锡力锰银铅锌多金属矿、河南栾川中营铅锌矿、冷水—赤土店钼铅锌矿取得重大找矿突破<sup>[5]、[2]</sup>,展示了华北地区铅锌矿深部巨大的找矿潜力。因此,在实践“三位一体”找矿模式的同时,加强矿床深部勘查应该是取得进一步找矿突破的关键。

## 2 铅锌矿床类型

### 2.1 铅锌矿床成因类型

华北地区铅锌矿床丰富,成因类型较多,参考全国矿产资源潜力评价铅锌矿床类型划分方案<sup>[1-3]</sup>,依据华北地区铅锌矿床特征,将其划分为岩浆热液型、碳酸盐岩—细碎屑岩型(SEDEX型)、陆相火山岩型(VMS型)、矽卡岩型、斑岩型、碳酸盐型(MVT型)等6种类型,并可归属为“层控”型和“岩控”型两大类<sup>[6-7]</sup>。

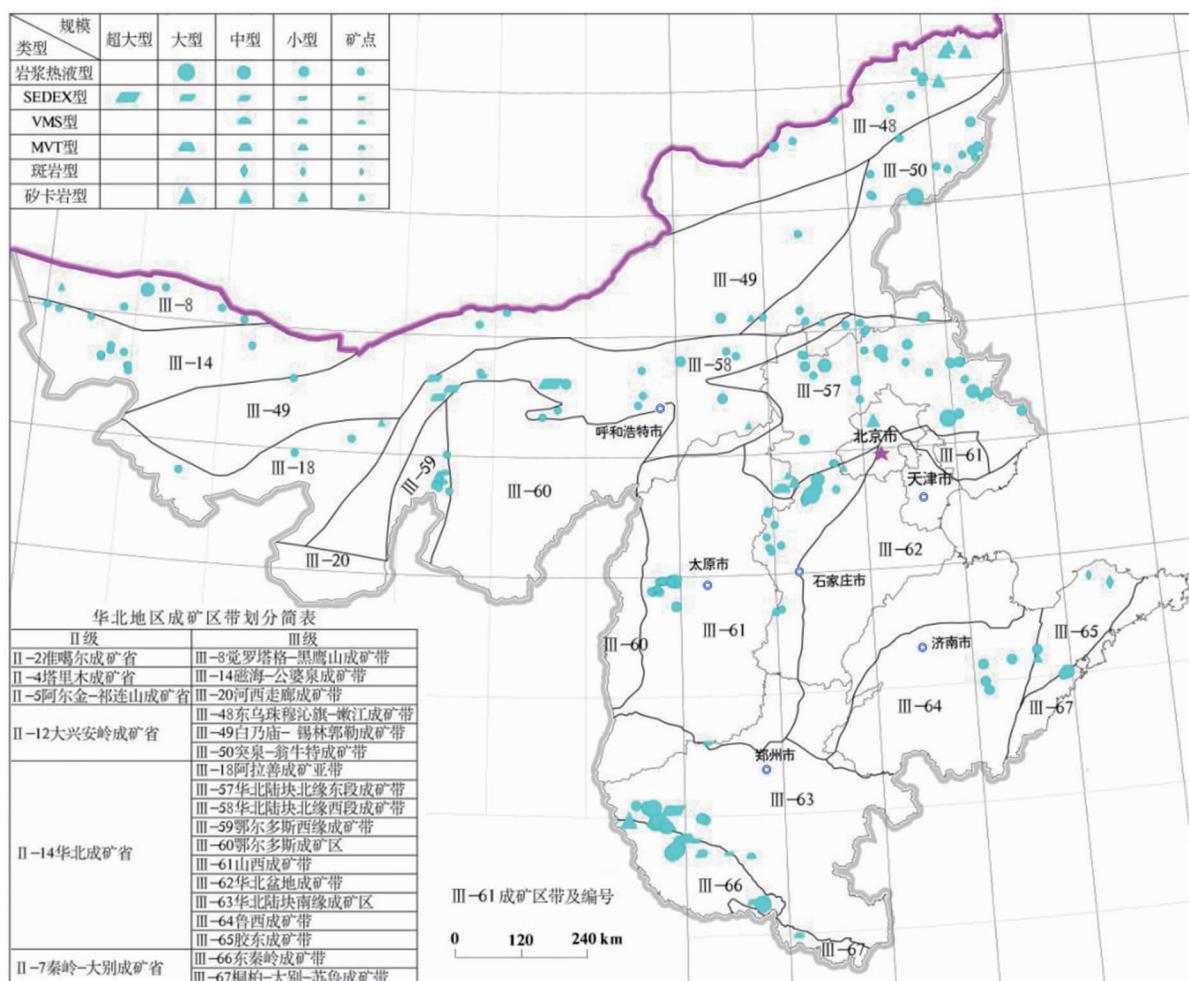


图1 华北地区铅锌矿床分布图(据注释④,修改)

Fig. 1 Map showing distribution of Pb-Zn deposits in North China

### 2.1.1 岩浆热液型

该类型铅锌矿床在华北地区分布广泛,主要形成于构造和岩浆活动比较活跃的地带,具有明显的多旋回性。矿体主要受控于断裂破碎带或化学性质活泼岩层,与中性—酸性岩浆岩带密切相关,呈似层状、脉状或局部透镜状断续分布。矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿,次为磁铁矿、赤铁矿、斑铜矿、毒砂等。矿石结构有交代结构、包含结构、固溶体分离结构、粒状结构及碎裂结构。矿石构造主要有浸染状、细脉—网脉状、角砾状、蜂窝状、团块状及块状构造。常见围岩蚀变有硅化、碳酸盐化、白云岩化、蛇纹石化、绿帘石化、绿泥石化、绢云母化、高岭土化等。硅化、碳酸盐化具有多期次蚀变的特征。代表性矿床有蔡家营、东闯、西灶沟、铁炉坪、放牛沟等铅锌多金属矿床,成矿时代集中在 125 Ma—143 Ma<sup>[8-13]</sup>、255 Ma—270 Ma<sup>[14]</sup>。

### 2.1.2 碳酸盐岩—细碎屑岩型

该类型铅锌矿主要为 SEDEX 型矿床,矿床规模大、品位高,是华北铅锌矿产资源量的重要来源,集中分布于华北陆块北缘的狼山—渣尔泰山裂谷系;在华北陆块南缘的栾川—外方山、晋西的灵丘一带亦有分布。矿床主要受控于中新元古代、晚古生代沉积—变质岩系和同生断裂活动,在空间上主要与矿化期活动的生长断裂有关,矿化阶段与围岩沉积环境同期发育。矿体产状与地层基本一致,呈似层状、透镜状。矿石矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿等。脉石矿物主要为白云石,次为方解石、石英。矿石结构构造比较复杂,充分表现了沉积成因的特点,矿石结构主要有胶状结构、隐晶状结构、自形—他形晶粒状结构、放射状结构、球粒状结构、花岗变晶结构、变胶状结构、交代结构等。矿石的构造主要有层纹状、条带状、致密块状、角砾状、浸染状、脉状、网脉状等。围岩蚀变较弱,常见的蚀变类型有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、电气石化、重晶石化等。代表性矿床有甲生盘、东升庙、炭窑口、赤土店西沟、银洞岭、破山等铅锌多金属矿床,成矿时代集中在 1370 Ma—1900 Ma<sup>[15-19]</sup>、463 Ma—554 Ma<sup>[20]</sup>。

### 2.1.3 陆相火山岩型

该类型铅锌矿主要为 VMS 型矿床,主要分布于华北陆块南缘的栾川—桐柏北部地区。此外在华北陆块北缘狼山—渣尔泰山地区存在介于 VMS 和 SEDEX 之间的矿床类型,如霍各乞铜铅锌矿床,与

中基性火山岩参与的火山喷流沉积作用有关。

华北陆块南缘的 VMS 型矿床产出于早古生代弧后裂谷系,赋存于二郎坪群细碧岩—石英角斑岩等沉积—火山岩系中,矿体主要呈层状、似层状、脉状或透镜状,与围岩产状基本一致。矿石矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿等。脉石矿物主要为石英、绢云母、重晶石、方解石、绿泥石等。矿石构造主要有块状构造、浸染一条带状构造、细脉状—脉状构造、角砾状构造等。围岩蚀变主要发育硅化、绢云母化、绿泥石化、重晶石化、金云母化等。代表性矿床有别鲁乌图、刘山岩、水洞岭、上庄坪、大坪矿床等,成矿时代集中在 271 Ma—376 Ma<sup>[21-22]</sup>、481 Ma—613 Ma<sup>[23-25]</sup>。

### 2.1.4 砂卡岩型

该类型铅锌矿在华北陆块北缘广泛发育,其他地区亦有零星发育。主要为燕山早期中酸性浅—超浅成侵入岩沿构造破碎带侵入到碳酸盐岩,在接触带富集成矿,燕山期岩浆活动叠加改造。矿床受断裂构造控制明显,主要沿断裂带分布。矿体形态复杂,厚度、品位及产状变化大,矿体成群、成带分布,规律性较强。矿区的矿物种类较多,金属矿物以闪锌矿、方铅矿为主,次为黄铜矿、磁铁矿,偶见黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、斑铜矿等。非金属矿物以透辉石、钙铁辉石为主,次为石榴石、硅灰石、绿帘石等。矿石结构以半自形、他形粒状结构为主,乳滴状、叶片状结构次之。矿石构造为斑杂状、细脉浸染状及团块状,偶见脉状和致密块状构造。代表性矿床有查干敖包、小营子、南泥湖矿床等,成矿时代集中在 136 Ma—147 Ma<sup>[26-27]</sup>、237 Ma<sup>[28]</sup>附近。

### 2.1.5 斑岩型

该类型铅锌矿主要产出于鲁东地区,成矿时代集中于中生代燕山期,大地构造位置位于滨太平洋造山—裂谷系陆壳深断裂岩浆活动带。成矿岩体主要为蚀变石英斑岩、花岗闪长斑岩。矿体形态主要呈筒状、似层状、扁豆状。矿石矿物主要为方铅矿、闪锌矿,其次是黄铁矿、黄铜矿。脉石矿物主要为石榴子石、透辉石和绿泥石等。矿石具有半自形—他形粒状结构、反应边结构、乳滴结构、交代残余结构;矿石构造主要为浸染状构造、细脉浸染状构造、块状构造及条带状构造等。围岩经受不同阶段的变质作用及重复的改造变化,蚀变强烈,在岩浆期后的溶液作用下,接触带的岩石发生了矽卡岩化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、绢云母化和重结晶作用的大理岩化等。代表性矿床为山东香夼铅锌矿,成

矿时代在 130.4 Ma<sup>[29]</sup>附近。

### 2.1.6 碳酸盐型

MVT 型铅锌矿分布于华北陆块北缘关门山一带和华北陆块南缘的卢氏栾川一带。矿床产出在造山带边缘前陆环境或靠近克拉通一侧的沉积盆地环境,出露地层主要为中元古界条带状白云岩,断裂和褶皱构造发育。矿床具有后生特征,岩浆活动不甚发育,见较多基性岩脉侵入,局部被金属硫化物脉充填。矿体形态变化较大,多呈层状、筒状、透镜状、不规则状等。矿物组合简单,矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、白铁矿等,脉石矿物主要为白云石、方解石、石英等,偶见重晶石、萤石。矿石硫化物多交代碳酸盐岩,组构变化较大,矿石结构由粗到细,多呈块状、浸染状构造。围岩蚀变主要有白云岩化、方解石化、硅化等。代表性矿床有关门山、杨树凹、百炉沟矿床等,成矿时代为 1400 Ma—1620 Ma<sup>[30-32]</sup>。

## 2.2 铅锌矿产预测类型

根据华北地区铅锌矿自然类型及其不同时期在不同成矿地质构造部位的矿床类型,共划分了 26 个矿产预测类型(表 1),其中以 SEDEX 型、岩浆热液型铅锌矿最主要,次为 MVT 型、VMS 型和矽卡岩型,斑岩型铅锌矿在华北地区分布较为局限。

## 3 铅锌矿成矿规律

### 3.1 铅锌矿时间分布规律

华北地区铅锌矿成矿时代相对集中,但不同地质时期形成的铅锌矿床类型与成矿作用各有差异。通过梳理华北地区 247 个铅锌矿床(点)的时空规律,将其划分为中元古代、早古生代、晚古生代和中生代等 4 个成矿期(表 2),中元古代与中生代是铅锌成矿的高峰期。

(1) 元古宙矿床集中分布在华北陆块南、北缘,多形成于活动大陆边缘裂陷盆地成矿环境,主要产出碳酸盐岩—细碎屑岩型(SEDEX)矿床以及少量碳酸盐型(MVT)矿床,前者典型矿床有甲生盘、东升庙、炭窑口、高板河、赤土店西沟矿床等(规模多为大型—超大型),后者典型性矿床有关门山、百炉沟矿床等(规模以大—中型为主),其中以狼山—渣尔泰山成矿带热水喷流沉积作用形成的铅锌矿床最具代表性。

(2) 早古生代铅锌成矿作用较弱,主要发生在华北陆块南缘,形成有一系列 VMS 型矿床,主要赋存于东二郎坪群刘山岩组和西二郎坪群火神庙组的变石英角斑岩、变石英角斑质凝灰岩之中<sup>[6]</sup>,如水洞岭、上庄坪、大坪矿床等。

(3) 晚古生代铅锌矿床分布也较为局限,如放牛沟岩浆热液型铅锌矿床,位于华北陆块北缘东段火山岛弧环境,赋矿围岩为石缝组条带状大理岩、变质安山岩建造<sup>[33]</sup>;此外,豫西成矿带桐柏北部发育一系列晚古生代 SEDEX 型矿床,如破山、银洞岭矿床,产出在弧后裂陷槽成矿环境,赋存于歪头山组白云石英片岩、碎裂状大理岩建造之中<sup>[32]</sup>。

(4) 华北地区中生代铅锌成矿作用广泛发育。华北陆块北缘以与岩浆作用有关的接触交代、热液充填和变质热液成矿为主,并伴有后期变质改造作用<sup>[6]</sup>,产出有岩浆热液型、矽卡岩型等矿床类型,以蔡家营、八家子、小营子等矿床为代表。华北陆块南缘以岩浆作用或与其有关的接触交代、热液充填和地下热水成矿为主,并伴有后期改造、再造作用<sup>[6]</sup>,产出有岩浆热液型、矽卡岩型、SEDEX 型等类型,以冷水北沟、王坪西沟、铁炉坪等矿床为代表。在鲁东、鲁中地区以岩浆作用或与其有关的接触交代、热液充填成矿作用为主,产出有香夼、凤凰山等斑岩型矿床和七宝山、金家山等岩浆热液型铅锌矿。此外,在晋东、冀西一带发育有支家地陆相火山岩型、大湾矽卡岩型铅锌矿床。

### 3.2 铅锌矿空间分布规律

华北地区铅锌矿床分布范围广泛,各省区均有产出,但大型—超大型规模矿床和主要类型矿床相对集中。在全国成矿区带Ⅲ级划分的基础上<sup>[34]</sup>,充分考虑铅锌矿产空间分布的集中性和区域成矿作用的统一性,以明显的地层、构造和岩浆带及相关的成矿作用为标志,将华北地区铅锌矿划分为 4 个Ⅱ级成矿省、12 个Ⅲ级成矿带,24 个Ⅳ级成矿亚带,以及 57 个Ⅴ级矿集区<sup>③</sup>。其中,华北陆块北缘西段(Ⅲ-58)、华北陆块南缘(Ⅲ-63)等Ⅲ级成矿带是华北地区铅锌矿床的集中发育区。

### 3.3 控矿地质因素

#### 3.3.1 构造对铅锌成矿的控制作用

铅锌矿床的形成过程中,成矿流体的运移和成矿物质的沉淀、定位以及其保存条件均与构造息息相关,其主要控矿作用体现在以下方面:

(1) 区域性深断裂构造带对铅锌成矿具有宏观控制作用。如华北陆块北缘深断裂构造带及其次级

**表1 华北地区铅锌矿产预测类型及特征**  
Table 1 Prediction types and characteristics of lead and zinc minerals in North China

编号	铅锌矿产预测类型	成矿时代	所属成矿区带		主要预测要素	全国评价模型
			Ⅲ级	Ⅳ级		
1	查干敖包式矽卡岩型锌矿	中生代	Ⅲ-48 东乌珠穆沁旗—嫩江(中强挤压区) Cu-Mo-Pb-Zn-Au-W-Sn-Cr 成矿带	Ⅲ-48-① 二连—东乌旗 W-Mo-Fe-Zn-Pb-Au-Ag-Cr 成矿亚带	中下奥陶统多宝山组地层和似斑状花岗岩的接触带,中粗粒似斑状花岗岩,断层,重力异常	矽卡岩型
2	阿尔哈达式岩浆热液型铅锌银矿	中生代			上泥盆统安格尔音乌拉、燕山早期花岗岩,断裂,重力异常、航磁异常、化探异常	岩浆热液型
3	拜仁达坝式岩浆热液型银铅锌多金属矿	晚古生代	Ⅲ-50 突泉—翁牛特 Pb-Zn-Ag-Cu-Fe-Sn-REE 成矿带	Ⅲ-50-① 索伦镇—黄岗 Fe-Sn-Cu-Pb-Zn-Ag 成矿亚带	下元古界宝音图群,华力西期石英闪长岩,断裂构造,重力、航磁、化探、遥感异常	岩浆热液型
4	花敖包式中低温热液型银铅锌矿	中生代			二叠系下统寿山沟组、华力西晚期蛇纹岩,北北东向构造,重力、航磁、化探、遥感异常	岩浆热液型
5	蔡家营式岩浆热液型铅锌矿	中生代		Ⅲ-57-① 冀北隆起东段 Fe-Cu-Mo-Pb-Zn-Au-Ag-萤石成矿亚带	变质建造、侵入岩体,化探异常	岩浆热液型
6	板厂式热液脉状银铅锌矿	晚古生代	Ⅲ-57 华北陆块北缘东段 Fe-Cu-Mo-Pb-Zn-Au-Ag-Mn-U-磷-煤-膨润土成矿带		蓟县系雾迷山组、铁岭组地层,北直河复式背斜,化探异常	岩浆热液型
7	扣花营式次火山热液型铅锌矿	中生代		Ⅲ-57-② 张承凹陷 Au-Cu-Mo-Pb-Zn-Fe-煤成矿亚带	火山碎屑岩、次火山岩,NW 向构造,化探、航磁、重力异常	岩浆热液型
8	轿顶山式斑岩型铅锌矿	中元古代			斑岩体,化探异常	斑岩型
9	高板河式沉积型铅锌矿	中生代			细碎屑岩建造、岩相古地理,化探异常	SEDEX 型
10	支家地式火山岩型银铅锌矿	中生代			燕山期石英斑岩,化探异常	岩浆热液型
11	东升庙式喷流沉积型铅锌矿	中元古代	Ⅲ-58 华北陆块北缘西段 Au-Fe-Nb-REE-Cu-Pb-Zn-Ag-Ni-Pt-W-石墨-白云母成矿带	Ⅲ-58-② 狼山—渣尔泰山 Pb-Zn-Au-Fe-Cu-Pt-Ni-硫成矿亚带	碳质粉砂岩-泥岩建造、含碳石英砂岩建造,断裂,化探异常、磁异常	SEDEX 型
12	李清地式火山热液型铅锌矿	中生代		Ⅲ-58-④ 乌拉山—集宁 Fe-Au-Mo-Cu-Pb-Zn-石墨-白云母成矿亚带	中太古代集宁岩群大理岩组,燕山期花岗岩,断裂,重力、航磁、化探、遥感异常	岩浆热液型
13	代兰塔拉式热液型铅锌矿	中生代	Ⅲ-59 鄂尔多斯西缘(陆缘坳褶带) Fe-Pb-Zn-磷-石膏-芒硝成矿带	Ⅲ-59-① 鄂尔多斯西缘 Fe-Pb-Zn-磷-石膏-芒硝成矿亚带	下古生界寒武系、奥陶系灰岩,侏罗纪霓霞正长岩,近南北向和北西向断裂,重力异常、航磁异常、遥感异常	岩浆热液型
14	镰巴岭式热液型铅锌矿	中生代	Ⅲ-61 山西(断拗) Fe-铝土矿-石膏-煤-煤层气成矿带	Ⅲ-61-④ 五台山成矿亚带	燕山晚期侵入岩,NNE 向断裂,化探异常	岩浆热液型
15	沙沟式层控热液型铅锌矿	中生代	Ⅲ-61 山西(断拗) Fe-铝土矿-石膏-煤-煤层气成矿带	Ⅲ-61-① 太行山成矿亚带	上寒武统厚层白云岩,与构造关系密切,化探、自然重砂异常	MVT 型
16	铁炉坪式岩浆热液型银铅锌矿	中生代		Ⅲ-63-⑧ 小秦岭—外方山 Au-Mo-W-Pb-Zn-Ag-萤石-重晶石成矿亚带	白垩世二长花岗斑岩小岩株,磁测、化探、重砂异常	岩浆热液型
17	王坪西沟式岩浆热液型铅锌矿	中生代	Ⅲ-63 华北陆块南缘 Au-Mo-W-Pb-Zn-Ag-Fe-Cu-U-萤石-重晶石-磷-铝土矿-耐火黏土-硫铁矿-煤-石油-天然气成矿区		中元古界熊耳群中-基性火山岩建造,成矿侵入建造为隐伏花岗斑岩株建造,重力、磁测异常	岩浆热液型
18	冷水北沟式岩浆热液型铅锌矿	中生代			斑岩岩株建造,磁测、化探、自然重砂异常	岩浆热液型
19	百炉沟式层控热液型铅锌矿	中元古代		Ⅲ-63-⑨ 卢氏—栾川 Fe-Mo-W-Pb-Zn-Ag-硫铁矿成矿亚带	斑岩岩株建造,磁测、化探、自然重砂异常	MVT 型
20	赤土店式层控热液型铅锌银矿	中元古代			磁测、化探异常	SEDEX 型
21	金家山式层控型铅锌矿床	中生代	Ⅲ-64 鲁西(断隆、含淮北) Fe-Cu-Au-铝土矿-煤-金刚石成矿带	Ⅲ-64-② 鲁中地区煤-Fe-Al-Au-建材、非金属成矿亚带	中生代燕山晚期长玢岩、寒武系朱砂洞组白云岩段,前寒武系基底与古生界界面,化探异常	岩浆热液型
22	香夼式斑岩型铅锌矿	中生代	Ⅲ-65 胶东(次级隆起) Au-Fe-Mo-菱镁矿-滑石-石墨成矿带	Ⅲ-65-② 胶莱盆地 Cu-Au-Pb-Zn-萤石-重晶石-膨润土成矿亚带	蓬莱群香夼组灰岩、中生代燕山晚期花岗闪长斑岩,化探、重砂异常	斑岩型
23	七宝山式热液型铅锌矿床	中生代			火山期后潜辉绿岩,潜安山玢岩、北东、北西向断裂构造,化探异常	岩浆热液型

续表1:

24	银洞岭式层控热液型铅锌矿	晚古生代	Ⅲ-66 东秦岭 Fe-Au-Ag-Mo-Cu-Pb-Zn-Sb-非金属成矿带	Ⅲ-66-②桐柏北部(北秦岭)成矿亚带	歪头山组、子母沟组大理岩建造;变细碧岩-石英角斑岩建造,燕山期花岗斑岩	SEDEX型
25	破山式层控热液型银铅锌矿	晚古生代			歪头山组、刘山岩组变细碧岩-变石英角斑岩建造,重力、化探异常	SEDEX型
26	皇城山—白石坡式火山热液充填型银铅锌矿	中生代	Ⅲ-67 桐柏一大别—苏鲁 Au-Ag-Mo-Pb-Zn-Fe-Cu-萤石-金红石-白云母-石墨成矿带	Ⅲ-67-②鸡公山—灵山 Mo-Cu-Pb-Zn-Ag-萤石成矿亚带	中元古界火山碎屑岩、中生代潜火山岩,重力、化探异常	VMS型

表2 华北地区铅锌矿成矿期与矿产规模

Table 2 Metallogenetic period and mineral scale of lead-zinc deposits in North China

矿产规模	成矿期	古元古代	中元古代	早古生代	晚古生代	中生代
超大型			1			
大型			5			7
中型				3	3	21
小型		1	2	2	1	63
矿点			28	3	19	88

北西向断裂复合部位,控制了燕山期中酸性火山—侵入杂岩的分布,进而控制了其两侧不同时代形成的铅锌矿床的分布;二连—贺根山深断裂带和西拉木伦河深断裂带控制了大兴安岭火山—岩浆构造带中南段与燕山期陆相中、酸性火山—侵入杂岩有关的斑岩型、接触交代型和岩浆热液型铅锌矿床的形成和分布。

(2)巨型沉降带中的沉积盆地是铅锌矿的重要产地,赋存有众多大型—超大型矿床。如渣尔泰山—狼山裂谷带中的霍各乞、炭窑口、东升庙、甲生盘等SEDEX型矿床多形成在类似的断陷盆地中,矿床的形成往往与同生活动断层的活动时间的持续性和活动频率有着密切的关系<sup>[16-17]</sup>。

(3)褶皱构造空间是岩浆热液型铅锌矿床形成的有利部位。褶皱构造的核部常形成虚脱空间,并在岩层中产生许多密集裂隙,从而增加了裂隙度,有利于大量成矿流体的进入和物质的沉淀,如阿尔哈达铅锌矿床。

### 3.3.2 沉积-火山岩系对铅锌成矿的控制作用

(1)华北地区一些与海底火山喷发、热水喷流沉积作用有关的铅锌硫矿床多受沉积-火山岩系控制。如渣尔泰山群黑色岩系中的SEDEX型铅锌硫矿床,二郎坪群细碧岩—石英角斑岩中的VMS型矿床等,都是在热水或火山物质喷发、喷溢的同时,成矿物质大量富集而形成的。

(2)对成矿物质的初始预富集作用。许多成矿物质在火山喷发沉积作用或在沉积过程中未能富集

成矿,经历后期的变形变质作用、混合岩化作用和岩浆作用活化而富集成矿。如大兴安岭突泉—林西地区,二叠系大石寨组、哲斯组中富集Pb、Zn、Sn、Ag等金属元素,为该地区燕山期岩浆热液成矿提供丰厚的成矿物质。

(3)化学性活泼的岩性间接控矿。主要指中酸性侵入体与钙质、镁质碳酸盐岩接触带形成矽卡岩型铅锌矿床,如查干敖包、杨家杖子、八家子、小营子矿床等,赋矿地层岩性多为灰岩、白云质灰岩、大理岩、白云质大理岩等岩石建造。

(4)不同成分的火山岩系对铅锌成矿的控制作用不同。如霍各乞铜铅锌矿床的形成与钠质基性火山岩浆作用有关,而东升庙、炭窑口铅锌硫矿床的形成与钾质火山岩浆喷发作用有关。

### 3.3.3 侵入岩对铅锌成矿的控制作用

华北地区与铅锌成矿作用有关的侵入岩主要为中酸性、酸性侵入岩或斑岩体,主要岩性有石英二长岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩、黑云母二长斑岩、花岗闪长斑岩、黑云母二长花岗斑岩等,呈小岩株、岩枝和岩脉产出。其控矿作用体现于以下方面:

(1)侵入岩体本身有大量的成矿物质,是金属矿物的重要载体,具有直接控矿作用。例如,香夼斑岩型铅锌矿,与成矿关系密切的花岗闪长斑岩,侵入香夼组灰岩建造中,在岩体内部或边部形成斑岩型铅锌矿床。

(2)岩浆活动能释放出大量的热能和压能,对深层地下水起加热和集聚作用,与岩浆自身的含矿热

液混合,在其循环过程中可以滤取围岩中的矿物质,使其参加到热液矿床的成矿过程中,形成岩浆热液型、矽卡岩型等铅锌矿床,代表性矿床有蔡家营、东闯、铁炉坪、查干敖包矿床等。

(3) 中酸性侵入岩体与围岩接触带的产状形态对成矿有控制作用。比如,港湾状形态空间有利于铅锌矿体的富集、具有强热动力作用的岩体前缘部位有利于成矿、岩体的突然膨胀部位亦有利成矿。此外,华北地区与成矿有成因关联的岩体多呈岩株、岩枝、岩墙状、岩脉状产出,而且规模不大。

### 3.4 大地构造演化与铅锌成矿

华北地区北邻古亚洲成矿域、南接桐柏—大别成矿带,西为中条—吕梁成矿带,东濒太平洋成矿域,成矿环境十分优越。区域大地构造演化过程中,华北地区经历了多期次构造变形、岩浆活动及变质作用<sup>[1]</sup>,为铅锌成矿提供了充足的动力学环境和丰富的物质来源。同时,随着华北克拉通的演化,铅锌矿床亦由简单到复杂,不但表现为矿种由少到多,而且表现为矿床类型由相对简单到复杂多样,矿种的共生组合演化亦有这种趋势<sup>[2-3]</sup>。

太古宙陆块以变质杂岩系为主,迁西运动使之发生强烈变形和麻粒岩相变质作用,阜平运动后华北陆核逐渐形成<sup>[1,35]</sup>,其后经过五台运动和吕梁运动,华北陆块形成并稳定,伴有大量 TTG 岩系侵位,构成花岗—绿岩带,此期间华北地区铅锌成矿活动薄弱,未有大规模铅锌矿床产出。中元古代早期,由于地幔隆升,陆缘裂陷或陆内裂解发育,在华北陆块北缘形成白云鄂博裂谷、狼山—渣尔泰山裂谷和燕辽裂谷,在裂谷中形成了与海相火山活动有关的 VMS 型、SEDEX 型铅锌矿床,如霍各乞、东升庙、炭窑口、甲生盘等大型—超大型矿床;而在华北陆块南缘裂陷槽中的碳酸盐台地,主要产出 MVT 型、SEDEX 型铅锌矿床,如百炉沟、赤土店西沟矿床等。早古生代,华北陆块北缘出现裂谷系,开始了古亚洲洋的生长、发育和消亡演化过程<sup>[⑤]</sup>,板块碰撞效应下的岩浆活动较发育,在华北陆块北缘西段形成一系列规模较小的岩浆热液型、矽卡岩型铅锌矿床(点),而在华北陆块南缘火山岩系内形成有一系列规模较大的 VMS 型矿床,如刘山岩、上庄坪、大坪矿床等。晚古生代末,古亚洲洋消减,西伯利亚板块、华北板块、塔里木板块相继碰撞拼合<sup>[⑥]</sup>,伴随大量中酸性岩浆侵位,在华北陆块北缘火山岛弧环境下形成矽卡岩型、斑岩型、岩浆热液型铜铅锌多金属矿床,如拜仁达坝、放牛沟、板厂矿床等;在华北陆块

南缘弧后裂陷槽内发育晚古生代 SEDEX 型矿床,如破山、银洞岭矿床。印支运动后,华北陆块成长为滨西太平洋活动大陆边缘,受太平洋板块俯冲作用影响,大规模发育燕山期中酸性岩浆活动,构造—岩浆—火山活动强烈,形成了众多的断陷或坳陷盆地。中侏罗世—早白垩世,区内地壳增厚,岩石圈拆沉,幔源岩浆上涌,强烈的壳幔相互作用为铅锌成矿提供了充足的物质来源,大规模的构造—岩浆活动为铅锌成矿作用提供了动力学基础,在此成矿期内形成了一系列类型丰富、规模较大的铅锌(银)多金属矿床,分布范围亦十分广泛;如内蒙古查干敖包矽卡岩型锌矿、阿尔哈达岩浆热液型铅锌银矿、巴尔陶勒盖—复兴屯陆相火山岩型铅锌银矿,河北蔡家营岩浆热液型铅锌矿、板厂岩浆热液型银铅锌矿,山东香夼斑岩型铅锌矿、七宝山岩浆热液型铅锌矿,河南王坪西沟岩浆热液型铅锌矿、冷水北沟岩浆热液型铅锌矿等。

华北地区铅锌成矿作用经历了长期且复杂的大地构造演化,形成了不同成矿环境的成矿区带或矿集区,总体呈“层控”和“岩控”两种类型。“层控”型铅锌矿床以碳酸盐岩—细碎屑岩型、陆相火山岩型、碳酸盐型为主,多形成于华北陆块边缘裂谷环境。“岩控”型铅锌矿床以岩浆热液型、矽卡岩型、斑岩型为主,多形成于板内构造环境。随着成矿时代由早到晚,铅锌控矿作用具由“层控”向“岩控”变化的演化趋势<sup>[1-3,6]</sup>。成矿元素组合方面,“层控”型矿床以(Cu)Pb-Zn-S 组合为主,“岩控”型矿床除 Pb-Zn 组合外,还有较高含量的 Ag、Au 元素<sup>[7]</sup>。总体而言,华北地区铅锌成矿类型丰富多样、时限性特征显著,不同矿集区铅锌成矿作用特征具有明显差异(表 3)。

## 4 铅锌矿资源潜力与找矿方向

华北地区铅锌矿资源丰富、类型多样、分布比较集中,具备良好的成矿条件和找矿前景。目前,华北地区铅锌矿找矿方向主要集中在已知矿床的边部、外围及深部。近年来随着勘查技术水平的不断提升,华北陆块北缘、南缘等地均取得了重大找矿突破,如内蒙古巴尔陶勒盖—复兴屯地区新发现特大型陆相火山岩型铅锌银矿床,探获铅锌资源量  $375 \times 10^4$  t;河南栾川冷水—赤土店钼铅锌多金属矿深部勘查取得重大突破,新增铅锌资源量  $272 \times 10^4$  t,显示了华北地区良好的找矿潜力。

表3 华北地区主要铅锌成矿带成矿特征

Table 3 Main metallogenic characteristics of lead-zinc metallogenic belt in North China

成矿地区 成矿特征	华北陆块北缘 <sup>[6]</sup>	华北陆块南缘 <sup>[6]</sup>	北秦岭东段	桐柏—大别成矿带	山西断坳区	鲁西断隆区	胶东隆起区
太古宙成矿	成矿作用较弱,产有红透山VMS型Cu-Zn矿床	成矿弱	成矿弱	成矿弱	成矿弱	成矿弱	成矿弱
元古宙成矿	成矿作用显著,VMS、SEDEX、MVT型,特别是中元古代SEDEX型成矿更为显著,主要产于狼山—渣尔泰山裂谷和燕辽裂谷沉积岩系	中—新元古代,矿床类型为MVT和SEDEX型矿床,成矿环境为裂谷	成矿弱	成矿弱	成矿作用不强,东梁山地区发育较多岩浆热液型矿点	成矿弱	成矿弱
古生代成矿	成矿作用不强,产有牛沟岩浆热液型、别鲁乌图VMS型矿床	成矿作用显著,矿床类型为VMS型和SEDEX型	晚古生代成矿显著,矿床类型主要为SEDEX型,赋存于二郎坪群沉积-火山岩系	成矿弱	成矿弱	成矿弱	成矿弱
中生代成矿	成矿作用显著,主要在燕山期,印支期成矿不明显,成矿与岩浆侵入作用有关	成矿作用显著,主要为燕山晚期,印支期成矿不明显,成矿与岩浆侵入作用有关	成矿作用显著,发育板厂等岩浆热液型矿床	成矿作用显著,主要发育岩浆热液型矿床,与次火山活动有关	成矿作用显著,发育岩浆热液型矿床,与次火山活动有关	成矿作用不强,产有金家山等岩浆热液型矿床	成矿作用显著,与燕山晚期花岗闪长斑岩有关斑岩型矿床
成矿高峰期	古元古代—中元古代、燕山期	古生代、燕山晚期	晚古生代、燕山期	燕山期	燕山期	燕山期	燕山晚期
矿床规模	具有多个大型—超大型矿床	中小型为主,具多个大型矿床	中小型为主,少量大型	中小型为主,少量大型	中小型为主,少量大型	小型为主	中小型为主
成矿控制变化	由“层控”向“岩控”变化	由“层控”向“岩控”变化	由“层控”向“岩控”变化	“岩控”型	“岩控”型	“岩控”型	“岩控”型
成矿元素变化	由简单到复杂	由简单到复杂	由简单到复杂	复杂	复杂	复杂	复杂
典型矿床	甲生盘、霍各乞、东升庙、炭窑口、拜仁达坝、查干敖包、蔡家营	赤土店西沟、冷水北沟、王坪西沟、铁炉坪	银洞岭、破山、板厂、刘山岩	七宝山	镰巴岭、大湾	金家山	香夼

在开展华北地区矿产资源潜力评价工作基础上,根据铅锌矿资源特征、矿床预测类型、主控矿因素、时空分布规律等要素分析,在全区划分出34个重要找矿远景区(表4、图2),其中A级远景区22处、B级远景区3处、C级远景区9处,集中分布于华北陆块北缘、华北陆块南缘、北秦岭东段、桐

柏一大别、山西断坳、鲁西断隆、胶东隆起等成矿有利地段。在不同类型、不同特征的铅锌找矿远景区,选择针对性的综合找矿方法,同时加强已知矿床的深部勘查力度,将有效支撑华北地区找矿突破战略行动,进而提升华北地区铅锌矿产的资源保障能力。

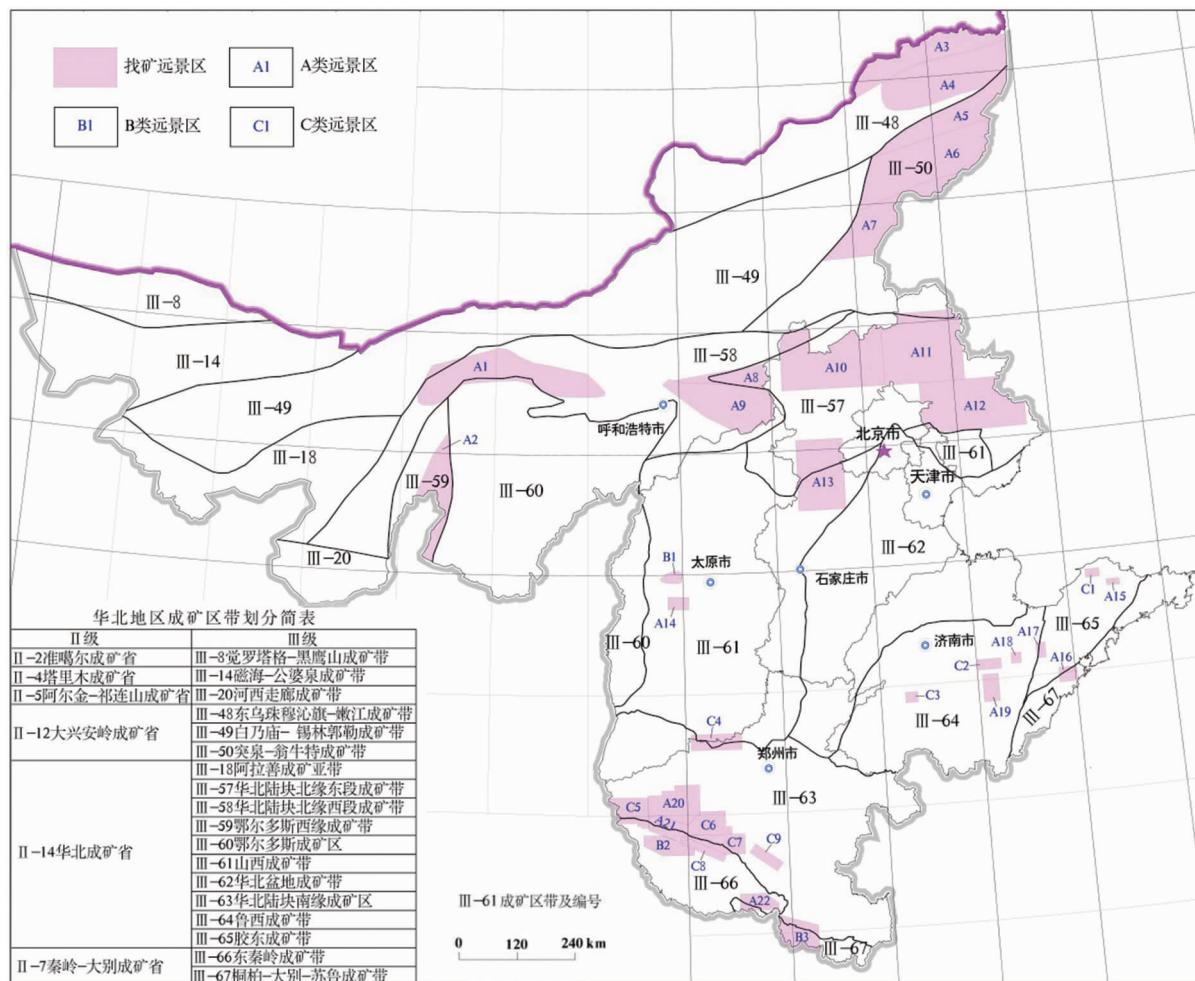
表4 华北地区铅锌找矿远景区特征

Table 4 Characteristics of lead-zinc potential prospecting area in the North China

编号	远景区名称	类别	主攻矿种	矿床预测类型	代表性矿床(点)
A1	呼和浩特—乌拉特后旗铅锌找矿远景区	A	铅锌	SEDEX型	甲生盘、东升庙
A2	代兰塔拉—公乌素铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	代兰塔拉
A3	阿尔哈达银铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	阿尔哈达
A4	查干敖包铅锌找矿远景区	A	铅锌	矽卡岩型	查干敖包
A5	扎木钦铅锌找矿远景区	A	铅锌	VMS型	扎木钦
A6	哈登胡舒铅锌找矿远景区	A	铅锌	矽卡岩型	白音诺尔
A7	达来诺尔铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	拜仁达坝
A8	察哈尔右翼中旗铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	李清地
A9	隆圣庄铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	李清地
A10	张北铅锌多金属找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	蔡家营
A11	围场铅锌多金属找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	姑子沟
A12	宽城铅锌多金属找矿远景区	A	铅锌	SEDEX型	高板河
A13	涞易铅锌多金属找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	镰巴岭
A14	东梁山铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	西榆皮

续表4:

A15	栖霞香夼铅锌找矿远景区	A	铅锌	斑岩型	香夼
A16	胶南七宝山铅找矿远景区	A	铅	岩浆热液型	七宝山
A17	安丘担山铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	担山
A18	安丘白石岭铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	白石岭
A19	金家山-夏蔚铅锌找矿远景区	A	铅锌	岩浆热液型	金家山
A20	熊耳山银铅锌找矿远景区	A	铅锌银	岩浆热液型	铁炉坪
A21	栾川银铅锌找矿远景区	A	铅锌银	岩浆热液型、MVT型、SEDEX型	冷水北沟、百炉沟、赤土店西沟
A22	桐柏北部银铅锌铜找矿远景区	A	铅锌银铜	岩浆热液型、SEDEX型	银洞岭、刘山岩
B1	天池店铅锌多金属找矿远景区	B	铅锌	岩浆热液型	西沟
B2	米坪夏馆铅锌银找矿远景区	B	铅锌银	岩浆热液型	银洞沟
B3	信阳南部银铅锌找矿远景区	B	铅锌银	VMS型	皇城山
C1	龙口东莱铅成矿区	C	铅	斑岩型	凤凰山
C2	沂源土门铅找矿远景区	C	铅	岩浆热液型	南流水
C3	汶上县白石铅找矿远景区	C	铅	岩浆热液型	毛村
C4	济源北部铅锌找矿远景区	C	铅锌	MVT型	沙沟铅锌矿
C5	卢氏银铅锌找矿远景区	C	铅锌银	矽卡岩型	曲里
C6	汝阳南部铅锌找矿远景区	C	铅锌	岩浆热液型	西灶沟
C7	外方山铅锌银找矿远景区	C	铅锌银	SEDEX型	土地庙沟
C8	龙王庙南召铅锌银找矿远景区	C	铅锌银	SEDEX型	上庄坪
C9	旧县章台铅锌找矿远景区	C	铅锌	SEDEX型	尚洞



## 5 结论

(1) 华北地区铅锌矿资源丰富、类型多样。从矿床成因角度,可划分为岩浆热液型、碳酸盐岩—细碎屑岩型、陆相火山岩型、矽卡岩型、斑岩型、碳酸盐型等6种类型,并可划归“层控”型和“岩控”型两大类;从矿产预测角度,可划分为26个矿产预测类型,其中以SEDEX型、岩浆热液型最为重要。

(2) 根据华北铅锌矿时空演化规律,矿床集中分布于华北陆块北缘和南缘,成矿期可划为中元古代、早古生代、晚古生代和中生代4个主要阶段,中元古代、中生代是铅锌成矿的高峰期。

(3) 华北地区铅锌成矿受控于区域构造、沉积—火山岩系、中酸性侵入岩等多种因素,经历了长期且复杂的构造演化,“层控”型和“岩控”型矿床的成矿环境各有不同,成矿作用特征具有明显差异。“层控”型矿床多形成于华北陆块边缘裂谷环境,“岩控”型矿床多形成于板内构造环境,具有由“层控”向“岩控”变化的成矿规律,同时存在显著的“时限性”差异。

(4) 华北地区具有良好的铅锌找矿潜力。在资源潜力评价工作基础上,全区可划分出34个重要找矿远景区,其中A级远景区22处、B级远景区3处、C级远景区9处,集中分布于华北陆块北缘、华北陆块南缘、北秦岭东段、桐柏一大别、山西断拗、鲁西断隆、胶东隆起等成矿有利地段。

### 注释:

- ① 自然资源部. 中国矿产资源报告[R]. 2019.
- ② 中国地质学会. 中国2019年度十大地质找矿成果[R]. 2020.
- ③ 中国地质调查局发展研究中心. 全国找矿突破战略行动五年阶段性目标评估报告[R]. 2016.
- ④ 李俊建,等. 华北地区重要矿种区域成矿规律研究成果报告[R]. 天津:天津地质调查中心,2013.
- ⑤ 李俊建,等. 华北地区重要矿种区域成矿预测研究成果报告[R]. 天津:天津地质调查中心,2013.

### 参考文献:

- [1] 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,2015:118-137.
- [2] 张长青,芮宗瑶,陈毓川,等. 中国铅锌矿资源潜力和主要战略接续区[J]. 中国地质,2013,40(1):248-272.
- [3] 张长青,吴越,王登红,等. 中国铅锌矿床成矿规律概要[J]. 地质学报,2014,88(12):2252-2268.
- [4] 吕志成,戴自希,芮宗瑶,等. 铅锌矿床成矿理论和找矿方法[R]. 北京:中国地质调查局发展研究中心,2004:1-501.
- [5] 郑全波,苏航,何鹏,等. 内蒙古昌图锡力地区锰银铅锌多金属矿的找矿标志[J]. 地质调查与研究,2019,42(1):37-44.
- [6] 段士刚,薛春纪,燕长海,等. 华北陆块南、北缘铅锌矿床成矿特征对比[J]. 矿床地质,2008(3):383-398.
- [7] 解洪晶,王玉往,孙志远,等. 华北地块北缘铅锌矿床类型、地质特征及构造演化[J]. 地球学报,2018,39(6):707-720.
- [8] 胡小蝶,沈保丰,毛德宝,等. 冀北蔡家营铅锌矿床成因探讨[J]. 地质调查与研究,2005(4):221-227.
- [9] 张永兴,顾尚义. 河北省蔡家营铅锌银矿区地质构造研究[J]. 贵州工业大学学报:自然科学版,2003(4):1-5.
- [10] 李强之,陈衍景,钟增球,等. 小秦岭东闯金矿成矿作用的<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar同位素年代学研究[J]. 地质学报,2002(4):565.
- [11] 王长明,邓军,张寿庭. 河南西灶沟构造蚀变岩型矿床金和铅锌的关系[J]. 黄金,2005(4):13-16.
- [12] 董少波,马林霄,高建京. 熊耳山地区铁炉坪银铅矿床成矿时代:来自萤石Sm-Nd测年证据[J]. 矿产勘查,2016,7(1):120-125.
- [13] 高建京,毛景文,陈懋弘,等. 豫西铁炉坪银铅矿床矿脉构造解析及近矿蚀变岩绢云母<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar年龄测定[J]. 地质学报,2011,85(7):1172-1187.
- [14] 冯守忠. 吉林敦化牛沟多金属矿床成矿物质来源[J]. 桂林工学院学报,2000(1):5-11.
- [15] 付超. 内蒙古甲生盘铅锌矿床的地质特征及其成因[D]. 北京:中国地质大学,2010.
- [16] 彭润民,翟裕生,王志刚,等. 内蒙古狼山炭窑口热水喷流沉积矿床钾质“双峰式”火山岩层的发现及其示踪意义[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2004(12):1135-1144.
- [17] 彭润民,翟裕生,王志刚. 内蒙古东升庙、甲生盘中元古代SEDEX矿床同生断裂活动及其控矿特征[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2000,25(4):404-409.
- [18] 龚瑞君. 华北地台北缘中西段前寒武系重大成矿地质事件[D]. 成都:成都理工大学,2010.
- [19] 田浩浩. 豫西赤土店铅锌矿床地质地球化学特征及成因研究[D]. 北京:中国地质大学,2013.
- [20] 齐文,侯满堂. 陕西铅锌矿类型及其找矿方向[J]. 陕西地质,2005(2):1-20.
- [21] 郭硕,何鹏,刘洋,等. 内蒙古别鲁乌图铜多金属矿床锆石U-Pb年龄和S、Pb同位素特征及其地质意义[J]. 现代地质,2020,34(1):40-50.
- [22] 徐兆文,陆现彩,陈伟,等. 北秦岭河南省南召县水洞岭铜锌矿形成机制[J]. 地质论评,2013,59(2):345-354.
- [23] 聂凤军,裴荣富,吴良士. 内蒙古别鲁乌图晚古生代火山岩Sm-Nd同位素研究[J]. 岩石矿物学杂志,1994(4):289-296.
- [24] 韦昌山,杨振强,付建明,等. 河南桐柏刘山岩铜锌矿床成因及古大地构造环境[J]. 地质科技情报,2004(2):25-30.
- [25] 陈建立. 河南上庄坪铜铅锌矿床地质特征及成因探讨[J]. 地质找矿论丛,2005,20(1):26-30.
- [26] Cao HuaWen, Zhang ShouTing, Santosh M, et al. The Luanchuan Mo-W-Pb-Zn-Ag magmatic-hydrothermal system in the East Qinling metallogenic belt, China: Constrains on metallogenesis from C-H-O-S-Pb isotope compositions and

- Rb-Sr isochron ages [J]. Journal of Asian Earth Sciences, Volume 111, 1 November 2015, 751–780.
- [27] 向君峰, 毛景文, 裴荣富, 等. 南泥湖—三道庄钼(钨)矿的成岩成矿年龄新数据及其地质意义[J]. 中国地质, 2012, 39(2):458–473.
- [28] 张万益, 聂凤军, 江思宏, 等. 内蒙古查干敖包石英闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27(3):177–184.
- [29] 宋英昕, 宋明春, 李世勇, 等. 胶东晚中生代三期成矿岩体和 3.5 Ga 锆石的发现及成矿动力学背景[J]. 地质学报, 2019, 93(2):440–458.
- [30] 范宗瑶, 李宁, 王龙生. 关门山铅锌矿床盆地热卤水成矿及铅同位素打靶[M]. 北京:地质出版社, 1991:28–79.
- [31] 张国武. 凡河元古宙拗拉谷关门山铅锌矿床铅同位素研究[J]. 辽宁地质, 1993(1):24–37.
- [32] 燕长海, 宋要武, 刘国印, 等. 河南栾川杨树凹—百炉沟 MVT 铅锌矿带地质特征[J]. 地质调查与研究, 2004, 27(4):249–254.
- [33] 冯守忠. 吉林敦化牛沟多金属矿床成矿物质来源[J]. 桂林工学院学报, 2000, 20(1):5–11.
- [34] 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, 2010:1–138.
- [35] 翟明国, 彭澎. 华北克拉通古元古代构造事件[J]. 岩石学报, 2007, 23(11):2665–2682.

## Characteristics and metallogenic law of Pb-Zn resource in North China

FU Chao<sup>1</sup>, LI Junjian<sup>1</sup>, DANG Zhicai<sup>1</sup>, ZHANG Tong<sup>2</sup>, PENG Yi<sup>3</sup>,  
SONG Lijun<sup>4</sup>, HOU Zhanguo<sup>5</sup>, NI Zhenping<sup>6</sup>

(1. Tianjin Center of China Geological Survey, Tianjin 300170, China;  
2. Inner Mongolia Bureau of Geological Survey, Hohhot 010020, China;  
3. Geological Survey of Henan Province, Zhengzhou 450007, China;  
4. Geological Survey of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, China;  
5. Geological Survey of Shanxi Province, Taiyuan 030006, China;  
6. Geological Survey of Shandong Province, Jinan 250013, China)

**Abstract:** The North China is abundant with Pb-Zn resources and various genetic types occur thus is an important production area of Pb, Zn in China. Based on the resource endowment, deposit type, space-time distribution, main ore controlling factors and resource potential, this paper comprehensively analyzes the main characteristics and regional metallogeny. From the perspective of ore genesis, the Pb-Zn deposits in North China can be divided into six types: magmatic hydrothermal type, carbonate-fineclastic rock type, continental volcanic type, skarn type, porphyry type and carbonate type, which can be in turn classified into “stratabound” and “rock controlled” types. From the perspective of mineral prediction, lead-zinc deposits in North China can be divided into 26 types, of which SEDEX type and magmatic hydrothermal type are the most important. According to the temporal evolution the Pb-Zn mineralization can be divided into four main stages: Mesoproterozoic, Early Paleozoic, Late Paleozoic and Mesozoic, among which the Mesoproterozoic and Mesozoic are the peak periods. The Pb-Zn mineralization is controlled by many factors, such as regional structure, sedimentary-volcanic rock series, intermediate acid intrusive rock and so on and exposed to a long time and complex tectonic evolution. The “stratabound” and “rock controlled” deposits differ in ore-forming environments with obviously different mineralization characteristics. On the basis of the evaluation of mineral resources potential, 34 targets can be delineated.

**Key Words:** Pb-Zn deposits; resources characteristics; deposit types; regional metallogeny; resource potential; the North China