

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2023.01.03

# 华北地区铬铁矿资源概况及其资源潜力

党智财<sup>1,2</sup>,李俊建<sup>1,2</sup>,张彤<sup>3</sup>,付超<sup>1,2</sup>,宋立军<sup>4</sup>,彭翼<sup>5</sup>,方同明<sup>6</sup>

(1.中国地质调查局天津地质调查中心,天津300170;2.中国地质调查局华北地质科技创新中心,天津300170;3.内蒙古自治区地质调查院,呼和浩特010020;4.河北省地质调查院,石家庄050081;5.河南省地质调查院,郑州450007;6.北京市地质调查院,北京102206)

**摘要:**华北地区已发现有铬铁矿矿床(点)49处,包括中型矿床1处,小型矿床11处,矿(化)点37处,主要分布在内蒙、河北、河南和北京等地。铬铁矿矿床(点)具有成群带分布的特征,主要沿商丹、索伦山、贺根山等几条大的蛇绿岩带集中分布,形成时代从太古代到中生代均有发育,其中新太古-古元古代和晚古生代为两个主要的成矿时期。矿床类型以蛇绿岩型为主,次为岩浆型。综合分析认为,内蒙古二连-贺根山、索伦山、柯单山和商丹等几条大的蛇绿混杂岩带具有较好的铬铁矿找矿潜力,应加强已知矿区外围和深部勘查,有望实现铬铁矿找矿突破。

**关键词:**铬铁矿;资源概况;成矿规律;潜力分析;华北地区

**中图分类号:** P575

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2097-0188(2023)01-0027-07

铬因其具有质硬、耐磨、耐高温、抗腐蚀性等特性,是发展冶金、国防、化工等工业领域不可缺少的矿产资源。我国铬铁矿消耗量巨大,已成为全球不锈钢生产和消费第一大国<sup>[1]</sup>。未来世界铬铁矿需求总体依旧保持增长,且集中在以我国为主的亚洲市场<sup>[2]</sup>。然而,我国铬铁矿资源一直呈现储量少、品位低的特点,供需缺口急剧增加,铬铁矿已被自然资源部列为15种紧缺金属矿产之一。鉴于我国铬铁矿资源的紧缺形势,摸清铬铁矿资源家底,加强铬铁矿成矿规律研究,为指导找矿勘查提供服务支撑已成为保障资源安全的当务之急。

华北地区构造岩浆活动强烈,发育多条镁铁质-超镁铁质岩及蛇绿岩混杂带,为铬铁矿床的形成提供了有利的地质构造条件<sup>[3]</sup>。前人主要针对华北地区铬铁矿成因、形成背景及找矿预测方面做了较多的研究工作,为推动华北地区铬铁矿成矿规律研究奠定了坚实的基础<sup>[4-9]</sup>。笔者在前人工作资料基础上,对华北地区铬铁矿资源概况、矿床类型及区域成矿规律等方面进行总结,并对铬铁矿成矿潜力与找矿方向进行了探讨,以期华北地区铬铁矿找矿勘查部署提供基础资

料和理论支撑。

## 1 华北地区铬铁矿资源概况

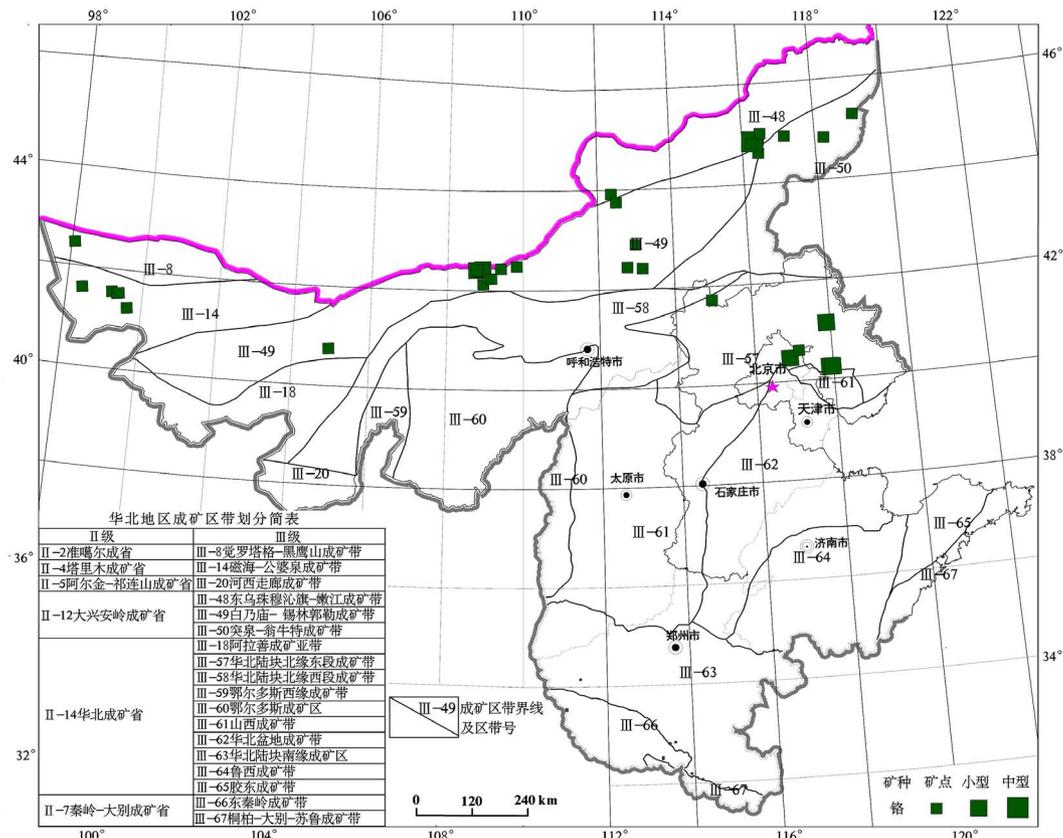
华北地区铬铁矿主要分布在内蒙、河北、河南和北京等地。华北地区铬铁矿(点)数量多而规模小,资源储量偏低。截止2016年,华北地区先后发现/勘查了铬铁矿矿床(点)49处,包括中型1处,小型11处,矿(化)点37处(图1),累计查明铬铁矿资源量283.41万吨<sup>①</sup>。其中,内蒙古铬铁矿矿床(点)39处,包括中型1处,小型5处,矿(化)点33处,主要沿区内几条蛇绿岩带分布,查明铬铁矿资源储量103.32万吨;河北省小型铬铁矿矿床4处,主要分布于承德、遵化等地;在康保永德堂、万全洗马林、黄土梁、平泉大庙罗区沟、兴隆卦兰峪、迁西汉儿庄盆沟、元氏鹿台等超镁铁质岩中也见有铬铁矿矿化;河南省铬铁矿矿床(点)4处,包括小型1处,矿(化)点3处,主要分布在商丹蛇绿岩片、熊耳山及泌阳县古元古代片麻岩系中;北京铬铁矿矿床(点)2处,包括小型1处,矿点1处,主要分布在密怀隆起平顶山-放马峪一带。

**收稿日期:** 2021-12-30

**资助项目:**中国地质调查局项目“华北地区区域成矿规律研究与总结(DD20190379-31);华北地区矿产资源潜力评价(1212011121029);华北地台成矿规律研究和找矿方向综合研究(200110200038)”;国家重点研发计划深地资源勘查开采重点专项“胶东矿集区三维结构与定位预测课题(2016YFC0600107)和胶东招平带北段金矿深部预测与勘查示范专题2018YFC0603805-1)”

**作者简介:**党智财(1989-),男,硕士,高级工程师,毕业于中国地质科学院,专业方向为矿物学、岩石学、矿床学,现从事区域地质矿产调查和成矿作用研究工作,E-mail:dangzhicai@163.com。<sup>\*</sup>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,Email:tjljunjian@163.com。

<sup>①</sup>鞠建华,蒋文彪.全国矿产资源储量通报[R].国土资源部,2017.

图1 华北地区铬铁矿分布图<sup>②</sup>Fig.1 Distribution of chromite deposits in North China<sup>②</sup>

## 2 主要矿床类型

铬铁矿主要产于镁铁质-超镁铁质岩中,具有极强的成矿专属性。根据成矿作用和成矿地质条件的不同,可将华北地区铬铁矿分为蛇绿岩型和岩浆型两种预测类型<sup>[3]</sup>。其中,蛇绿岩型铬铁矿主要分布在内蒙和河南等地,为华北地区铬铁矿主要矿床类型;岩浆型铬铁矿主要分布在河北和北京。

### 2.1 蛇绿岩型铬铁矿床

蛇绿岩型铬铁矿主要赋存在俯冲挤压环境下沟弧盆体系蛇绿岩混杂带或俯冲增生杂岩带中,是大洋地幔高度部分熔融的产物。岛弧、弧后盆地、弧前盆地、增生带均是该类矿床成矿的有利构造部位。由于构造运动强烈,蛇绿岩特征受到破坏,勘查难度较大,但因其质优、品位高而具有良好的工业价值<sup>[10-11]</sup>。蛇绿岩型铬铁矿为华北地区铬铁矿主要的矿床类型,代表性矿床有内蒙古赫格敖拉、索伦山、柯单山、贺根山铬铁矿及河南洋淇沟铬铁矿等。

铬铁矿矿体宏观上常具有塑性变形特征,矿体

形态不规则,常呈豆荚状、透镜状及不规则状产出。浸染状矿体与围岩呈渐变过渡,致密块状矿体与围岩接触清楚。一条矿带中常由数十至数百个矿体组成。矿石矿物主要为铬尖晶石,伴生有少量黄铁矿、镍黄铁矿、赤铁矿等,偶见铂族矿物。镍黄铁矿含量自稀疏浸染条带状-中等浸染条带状-致密块状矿石具有明显增高的趋势。脉石矿物因矿石类型不同而异,稀疏浸染状及中等浸染状矿石的脉石矿物主要为镁橄榄石、纤维蛇纹石、胶蛇纹石、叶蛇纹石,偶有滑石及方解石。稠密浸染状矿石脉石矿物以斜绿泥石、纤维蛇纹石、叶蛇纹石、胶蛇纹石及碳酸盐为主,偶有橄榄石残晶。致密块状矿石中脉石矿物为斜绿泥石及少量纤维蛇纹石、叶蛇纹石。矿石结构以半自形-他形不等粒结构、自形-半自形中细粒结构为主,次为他形不等粒结构、包橄结构、熔蚀结构等。矿石构造主要为浸染状构造,少量致密块状构造。矿体边缘常有斜绿泥石或蛇纹石组成外壳,围岩多具蛇纹石化、斑点状滑石化蚀变现象。

该类矿床成矿模式为:扩张脊构造背景,地幔上

<sup>②</sup>李俊建主编. 华北地区重要矿种区域成矿规律研究成果报告[R]. 天津地质调查中心, 2013.

涌,比较重的矿浆沉淀于上地幔中岩浆房底部。当扩张脊温度和压力下降时,铬铁矿结晶并聚集形成矿体。随着板块在扩张脊两侧的相向运动,矿体也随板块向大陆边缘运移,并受到地幔运移中的塑性剪切作用而在地幔橄榄岩中发育叶理,使与叶理不整合的矿体逐渐转为整合。板块运移离扩张脊越远,水平拉伸持续的时间越长,剪切作用也越强,从而使原矿体支离破碎,形成串珠状小豆荚体。在空间上,矿体要经历从上地幔、扩张脊、大陆边缘仰冲带这样宽广的区域;时间上要经历板块从扩张脊至大陆边缘所需的时间,最终定位形成矿床。如河南洋淇沟含铬超镁铁质岩可能形成于新元古代古秦岭洋中脊,在新元古代末向秦岭岛弧的俯冲,早古生代进一步深俯冲达到高压-超高压基性麻粒岩相<sup>[12]</sup>;之后经历了构造挤出、推覆隆升和断块台升等复杂构造过程,最终定位在南、北秦岭缝合带的蛇绿岩片中。

## 2.2 岩浆型铬铁矿床

岩浆型铬铁矿床主要分布在地台凹陷带或裂谷带附近的镁铁质-超镁铁质岩中,以品位低、规模小、工业价值不高为特点。化学成分以高铁、高钛为特点,并可与铁、铜、镍、铂族元素等矿种伴生。代表性矿床有承德高寺台铬铁矿、遵化毛家厂铬铁矿、北京密云平顶山和放马峪铬铁矿。

岩浆型铬铁矿主要产于纯橄岩和蛇纹石化纯橄岩中,岩石类型主要为蛇纹石化辉橄-纯橄岩、橄橄榄岩、橄橄榄-辉石岩。岩石普遍遭受强烈的蛇纹石化,次为碳酸盐化、绿泥石化和滑石化。矿石矿物以铬铁矿、铬尖晶石为主,另有少量磁铁矿、钛磁铁矿;脉石矿物以橄榄石、蛇纹石为主,少量绿泥石、云母、铬云母、蛭石、滑石、碳酸盐矿物等。矿石结构主要有自形中粗粒结构、自形不等粒结构、自形-半自形不等粒度结构,偶见交代结构和压碎结构。矿石构造依据铬铁矿和脉石矿物的相对含量、排列组合可分为6种类型。1)致密块状构造:铬铁矿以中粗粒自形为主,脉石矿物为叶蛇纹石,少量脉石胶结自形的铬铁矿,碳酸盐以细脉状充填于铬铁矿裂隙中;2)浸染状构造:以铬铁矿含量及浸染程度分为稠密浸染状、中等浸染状、稀疏浸染状以及多类浸染状矿石组成的斑杂状;3)同生角砾状构造:为致密块状或稠密浸染状矿石胶结,包裹棱角不明显或浑圆的纯橄橄榄岩崩离体;4)网环状构造:网环由稀疏-中等浸染矿石组成,铬铁矿为自-半自形不等粒结构,大小不一,

脉石矿物为蛇纹石化橄榄石、绿泥石;5)斑点浸染状构造:铬铁矿呈自形不等粒,压碎结构明显,其间偶见蛇纹石化橄榄石包体,脉石矿物为叶蛇纹石、碳酸盐等;6)浸染条带构造:铬铁矿矿石为它形晶,少部分为半自形,铬铁矿浸染体增加则形成不甚清晰的条带构造,有时具雏网环状构造,脉石为橄榄石。

该类矿床应属早期岩浆重力分异和晚期压滤形成的混合类型,以晚期岩浆矿床成矿作用为主。如高寺台铬铁矿与围岩无明显界线的浸染矿条、浸染矿团及不规则浸染体是早期岩浆作用产物,Si、Fe、Co、V等元素明显的向边缘部位转移,而Mg、Cr元素则向中心部位集中,岩浆分异作用对矿液的富集起决定性作用;与围岩有明显界线的矿条、矿囊、透镜体、网状矿体,尤其具有同生角砾状构造矿石的矿体是属于晚期岩浆产物,在岩浆分异作用各种岩相已基本形成而处于塑性物质状态时,由于构造应力产生的原生构造破裂带,残余含矿岩浆伴随着大量挥发份向压力低和薄弱地带运移、结晶和聚集,形成带状富集成矿<sup>[13]</sup>。毛家厂铬铁矿有些较大的单个矿体核部为稠密浸染状及致密块状的矿石,边缘迅速变为稀疏浸染及星散状矿石,两者界线清晰,并且接触面充填有后期的方解石脉或石棉脉。说明早期矿床形成以后,又有较晚期的富含矿的熔浆受其外力影响,被压入到早期形成的矿体中。有很多单个矿体赋存于岩体上盘或与片麻岩直接接触,说明早期矿床形成以后,本来应赋存于岩体下盘,但因顶盘含有较多的挥发份,致使矿体富集于岩体上盘。这些现象说明整个岩体在深部可能已经过一定程度的分异作用之后,又侵入到片麻岩的构造带中,继续进行分异、冷凝、结晶成铬铁矿与超基性岩体。

## 3 华北地区铬铁矿成矿规律

### 3.1 铬铁矿时空演化特征

华北地区铬铁矿(点)形成时代从太古宙到中生代均有发育,但不同时代在强度上有一定的差异,其中新太古-古元古代、晚古生代是华北地区铬铁矿形成的两个高峰期。在空间上,华北地区铬铁矿分布具有成群带分布的特征。从地理位置上看,铬铁矿主要集中分布在内蒙古蛇绿岩带发育区,河北、河南和北京也少量产出。在大地构造位置上,除北京和河北几处岩浆型铬铁矿产在华北陆块北缘燕山台褶带之外,其余蛇绿岩型铬铁矿均产在天山兴蒙造山

系(索伦山蛇绿岩带、贺根山蛇绿岩带)和秦岭造山系(商丹蛇绿岩带)中的洋壳蛇绿岩残片中。

新太古-古元古代,是华北地区岩浆型铬铁矿的主要成矿期之一<sup>[6,14]</sup>,形成诸如平顶山、放马峪、毛家厂、闫家沟、闫王台等铬铁矿,主要分布在燕山台褶带迁西群广泛出露的构造隆起部位,集中分布于遵化-迁西-北京一带<sup>[6,15]</sup>,其形成环境可能与华北克拉通经历了克拉通化后强烈的伸展事件有关<sup>[16]</sup>。

古元古代,华北地区发育有铁炉坪、碾盘山、薛头湾等蛇绿岩型铬铁矿点,主要分布在河南熊耳山片麻岩穹隆、碾盘山构造混杂岩带中。该期铬铁矿点应代表了华北陆块区最后一次陆块聚合的洋壳,后期经历了古元古代大洋板块的俯冲、弧陆碰撞和志留纪以来的造山过程<sup>[17-19]</sup>。

新元古代,主要发育秦岭构造带南部商丹缝合带中的洋淇沟、松树沟蛇绿岩型铬铁矿,陕西省商南县松树沟岩体是秦岭造山带规模最大、唯一赋存铬铁矿床的镁铁-超镁铁质岩。洋淇沟铬铁矿与松树沟铬铁矿属同一个矿床,形成环境为新元古代古秦岭洋中脊扩张阶段(1 000~800 Ma)<sup>[20-23]</sup>,是中粗粒纯橄岩在热边界层的冷凝结晶过程中岩浆分异作用的产物<sup>[24]</sup>。

早古生代,华北地区铬铁矿成矿作用较弱,主要在二郎坪群与秦岭杂岩之间的构造混杂岩中零星发育少量铬铁矿点,如老坟扒和老龙泉铬铁矿点。铬铁矿点主要发育在辉橄岩分离体边部,有关岩片、岩块规模甚小,其成矿潜力有限。有关超镁铁岩带与岛弧火山岩、基底杂岩构造混杂在一起,处在弧后盆地枕状熔岩南侧的俯冲带,时代应为早古生代<sup>[25]</sup>。

晚古生代为华北地区蛇绿岩型铬铁矿另一主要成矿时期。矿床主要分布在天山-兴蒙造山系内索伦山和贺根山洋壳残片中,代表性矿床有赫格敖拉、索伦山、贺根山、柯单山、二道沟等。矿床形成时间上与蛇绿岩一致,主要为晚古生代<sup>[9,26-31]</sup>。晚古生代时期,华北陆块北缘以陆缘俯冲-碰撞造山作用为主,经历了多期洋壳扩张与俯冲、碰撞造山过程,贺根山蛇绿岩型铬铁矿床即形成于泥盆-石炭纪俯冲作用过程中洋内弧后盆地环境<sup>[8-9,26,32-33]</sup>,而索伦山、柯单山蛇绿岩型铬铁矿则形成于二叠纪洋中脊扩张环境<sup>[7,28-29]</sup>。

中生代,华北地区铬铁矿发育较少,仅见有1处岩浆型小型铬铁矿床-河北高寺台铬铁矿。该矿床位于华北陆块北缘,形成时代为晚三叠世,其形成环境为碰撞后伸展阶段<sup>[33-35]</sup>。

### 3.2 主要控矿因素

#### (1) 构造对成矿的控制作用

矿床形成过程中,成矿流体运移和成矿物质沉淀、定位空间及形成保存条件与构造息息相关。在古秦岭洋和古亚洲洋洋盆生成、发育和消亡过程中,不同的构造环境内发生不同的成矿作用。如洋中脊扩张或洋盆拉张环境下,地幔物质上涌,形成与洋壳相关的岩浆熔离贯入型铬铁矿。

#### (2) 蛇绿岩带对成矿的控制作用

华北地区商丹、二连-贺根山、索伦山和柯单山等蛇绿岩带中发育有幔源超镁铁质岩,这些幔源超镁铁质岩控制华北地区大部分蛇绿岩型铬铁矿的形成。

#### (3) 超镁铁质岩相带对成矿的控制作用

岩相带是岩浆分异程度的记录,分异时间越充足、分异程度越好,其所形成的岩体岩相带越明显,对成矿也最为有利;相反则成矿不利或不成矿。铬铁矿大多数产在纯橄岩-斜辉辉橄岩相带的纯橄岩析离体内,且主要赋存在纯橄岩中上部,向下逐渐减少,少量发育于斜辉橄橄岩内。该类岩相带规模越大,纯橄岩析离体规模越大,矿床规模也越大;反之矿床规模较小。

#### (4) 超镁铁质岩规模与成矿的关系

铬铁矿成矿与超镁铁质岩块的规模有密切关系。成矿条件最好、赋存有中型铬铁矿的贺根山超镁铁质岩块,出露面积约80 km<sup>2</sup>;赋存有3个小型铬铁矿床的索伦山超镁铁质岩块出露面积约72 km<sup>2</sup>,说明岩体的规模大,对成矿有利。

#### (5) 超镁铁质岩岩石化学成分对成矿的控制

铬铁矿和铬尖晶石的成矿与岩体含铬的丰度和m/f比值有关。镁质超基性岩基性程度愈高,即m/f比值愈高且变化范围宽、铬在岩体中的丰度愈高且变化范围宽,对成矿有利。河北高寺台含铬超基性杂岩m/f值为1.89~17.23,平均为7.30<sup>[34]</sup>;内蒙古二连-贺根山东段崇根山蛇绿岩m/f值为8.72~11.60<sup>[32]</sup>;贺根山蛇绿岩m/f值为8.47~10.78<sup>[32]</sup>;河南洋淇沟含铬超基性岩m/f值为6.2~8.4。

## 4 华北地区铬铁矿资源潜力与找矿方向

华北地区经历了多次洋壳/洋盆闭合,洋陆俯冲、陆陆碰撞演化阶段,发育形成了二连-贺根山、索伦山、柯单山等几条大的蛇绿岩混杂带<sup>[36-37]</sup>,这些蛇绿

岩混杂带内已发现/勘查了40余处蛇绿岩型铬铁矿床(点),显示蛇绿岩带内铬铁矿找矿潜力较大,应作为今后找矿的主攻方向。

#### (1)二连-贺根山蛇绿岩带

二连-贺根山蛇绿岩带呈北东东向展布,基岩断续出露长约180 km,最大宽约50 km,由数十个规模不等、大小悬殊、岩石类型各异的蛇绿岩块组成。该岩带分布有国内规模最大的朝根山、贺根山、崇根山、乌兹尼黑等蛇绿岩块。地表超镁铁质岩体出露规模较大,且物化探异常及航磁异常套合较好。目前,该岩带已发现有1处中型铬铁矿、1处小型铬铁矿和14处铬铁矿点,显示较好的成矿潜力。以往地质勘查深度主要在400 m以浅,应加强已知矿区深部地质矿产勘查,有望实现铬铁矿找矿突破。

#### (2)索伦山蛇绿岩带

该岩带位于中蒙边境内蒙古中段西部的中国一侧,分为东西两部分。西部为索伦山岩块,东西长约32 km,宽2~6 km,面积70 km<sup>2</sup>,已发现有查汗胡勒、索伦山2个小型矿床和巴音301、两棵树、巴润索伦、巴音104、巴音查等5个矿点;东部为阿布格-乌珠尔岩块,东西长约20 km,宽2~5 km,面积23 km<sup>2</sup>,已发现有乌珠尔三号小型矿床和桑根达来209、桑根达来206、桑根达来、塔塔等4个矿点<sup>③</sup>。该蛇绿岩带航磁及物化探异常呈条带状、串珠状套合,显示较好的成矿潜力。需要关注的是,该岩带地表未见超镁铁质岩出露而航磁和物化探异常套合较好地区,可能暗示有新的超镁铁质岩体隐伏,有望实现铬铁矿找矿突破。

#### (3)柯单山蛇绿岩带

柯单山蛇绿岩带沿西拉木伦河北岸分布。该岩带由柯单山、九井子和杏树洼蛇绿岩块组成,其中柯单山蛇绿岩块发育最好,长约10 km,宽0.3~1.7 km,面积8 km<sup>2</sup>,已发现有1处柯单山小型铬铁矿。该蛇绿岩带航磁和物化探异常也有较好的套合,局部存在隐伏的超镁铁质岩,成矿潜力较好。该区工作程度相对较低,勘查深度较浅。加强已知矿区外围调查和深部勘查,有望发现新的超镁铁质岩隐伏岩体,实现铬铁矿找矿突破。

#### (4)商丹蛇绿岩带

商丹蛇绿混杂岩为秦岭造山系中早古生代重要的缝合带,主要为橄榄岩-纯橄岩-辉长岩-闪长岩-石英闪长岩组合,已发现有洋淇沟、松树沟等小型铬

铁矿床,具有较好的找矿潜力。然而,洋淇沟发现的矿体大多位于北带,次为中带,而西部相邻的松树沟铬铁矿体主要分布在南带。因此,今后应加强该岩带研究程度相对较低的南西部勘查和研究工作<sup>[38]</sup>。另外,仇东东等<sup>[39]</sup>根据已知探矿工程控制及三维地质模型研究表明,松树沟岩体下盘和深部也具有较大的找矿潜力。

## 5 结论

(1)华北地区铬铁矿主要分布在内蒙、河北、河南和北京等地,已发现/勘查了铬铁矿(点)49处,包括中型1处,小型11处,矿(化)点37处。

(2)华北地区铬铁矿分为岩浆型和蛇绿岩型两种预测类型。其中,蛇绿岩型铬铁矿主要分布在内蒙和河南等地,为华北地区铬铁矿主要矿床类型;岩浆型铬铁矿主要分布在河北和北京。

(3)华北地区铬铁矿床(点)形成时代从太古宙到中生代均有发育,其中新太古代-古元古代和晚古生代为主要成矿时期。铬铁矿分布具有成群带分布的特征,主要集中分布在天山兴蒙造山系(索伦山蛇绿岩带、贺根山蛇绿岩带)和秦岭造山系(商丹蛇绿岩带)中的洋壳蛇绿岩残片中。

(4)内蒙古二连-贺根山、索伦山、柯单山、商单等蛇绿岩混杂带具有较好的铬铁矿找矿潜力,应加强已知矿区外围和深部勘查,有望实现铬铁矿找矿突破。

#### 参考文献:

- [1] 何哲峰,蒋荣宝,刘树臣.我国铬铁矿资源安全分析[J].中国矿业,2016,25(6):7-11.
- [2] 张炜.世界铬矿资源需求分析及预测[J].资源与产业,2016,18(4):87-91.
- [3] 杨毅恒,曾乐,邓凡,等.我国铬铁矿资源潜力分析及找矿方向[J].地学前缘(中国地质大学(北京)),2018,25(3):138-147.
- [4] 马宏卫.河南铜柏老龙泉铬铁矿地质特征[J].矿业快报,2006,7(7):44-47.
- [5] 黄竺,杨经绥,朱永旺,等.内蒙古贺根山蛇绿岩的铬铁矿中发育金刚石等深部地幔矿物[J].中国地质,2015,42(5):1493-1514.
- [6] 李立兴,朱明玉,方同明,等.应用电子探针技术研究北京密云放马峪铬铁矿床成因—来自含铬尖晶石矿物化学的证据[J].矿物测试,2015,34(5):600-608.
- [7] 薛建平,刘美玉,李刚柱,等.内蒙古索伦山地球哈尔博格托尔TTG岩锆石年代学、岩石地球化学及大地构造意义

<sup>③</sup>许立权,张彤,张明等.内蒙古自治区重要矿产区域成矿规律研究报告[R].内蒙古自治区地质调查院,2013.

- [J]. 地学前缘(中国地质大学(北京);北京大学), 2018, 25(3): 230-239.
- [8] 王成, 任利民, 张晓军, 等. 内蒙古贺根山蛇绿岩中铬铁矿特征及其大地构造环境[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2018, 37(1): 139-148.
- [9] 王成, 任利民, 张晓军, 等. 内蒙古贺根山蛇绿岩中玄武岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 地质找矿论丛, 2018, 33(4): 617-626.
- [10] 朱明玉, 王成辉, 王登红, 等. 中国铬矿主要矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 995-1006.
- [11] 胡振兴, 牛耀龄, 刘益, 等. 中国蛇绿岩型铬铁矿的研究进展及思考[J]. 高校地质学报, 2014, 20(1): 9-27.
- [12] 彭翼, 何玉良. 河南省区域成矿规律[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2015, 1-341.
- [13] 任树祥, 张德生, 宋立军. 河北省区域成矿规律研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2015, 1-206.
- [14] 陈森煌, 刘道荣, 包志伟, 等. 华北地台北缘几个超基性岩带的侵位年代及其演化[J]. 地球化学, 1991, 6(2): 128-133.
- [15] 纪燕祥, 帅邦林, 纪广俭. 冀东铬铁矿找矿方向探讨[J]. 河北地质, 2008, 4: 4-6.
- [16] 张少华, 张瑞英, 周金昱. 中条山地球古元古代变基性岩墙的地球化学特征、LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 2019, 65(6): 1350-1362.
- [17] 李曙光, 陈移之, 张国伟, 等. 一个距今 10 亿年侵位的阿尔卑斯型橄榄岩体: 北秦岭晚元古代板块构造体制的证据[J]. 地质论评, 1991, 37(3): 235-242.
- [18] YU H, ZHANG H F, LI X H, et al. Tectonic Evolution of the North Qinling Orogen from Subduction to Collision and Exhumation: Evidence from Zircons in Metamorphic Rocks of the Qinling Group[J]. Gondwana Research, 2016, 30: 65-78.
- [19] ZHANG H F, YU H, ZHOU D W, et al. The Meta-Gabbroic Complex of Fushui in North Qinling Orogen: A Case of Syn-Subduction Mafic Magmatism [J]. Gondwana Research, 2015, 28(1): 262-275.
- [20] 张宏福, 于红. 造山带橄榄岩岩石学与构造过程: 以松树沟橄榄岩为例[J]. 地球科学, 2019, 44(4): 1057-1066.
- [21] 陈丹玲, 刘汉, 孙勇, 等. 北秦岭松树沟高压基性麻粒岩锆石的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 科学通报, 2004, 49(18): 1901-1908.
- [22] 陈丹玲, 任云飞, 宫相宽, 等. 北秦岭松树沟榴辉岩的确定及其地质意义[J]. 岩石学报, 2015, 31(7): 1841-1851.
- [23] 董云鹏, 周鼎武, 刘良, 等. 东秦岭松树沟蛇绿岩 Sm-Nd 同位素年龄的地质意义[J]. 中国区域地质, 1997, 16(2): 217-221.
- [24] 李彝, 朱赖民, 弓虎军, 等. 北秦岭松树沟橄榄岩与铬铁矿矿床的成岩关系[J]. 岩石学报, 2010, 26(5): 1487-1502.
- [25] 陆松年, 于海峰, 李怀坤, 等. “中亚造山带”早古生代缝合带及构造分区概述[J]. 地质通报, 2006, 25(12): 1368-1380.
- [26] 黄波, 付冬, 李树才, 等. 内蒙古贺根山蛇绿岩形成时代及构造启示[J]. 岩石学报, 2016, 32(1): 158-176.
- [27] 陶继雄, 苏茂荣, 宝音乌力吉, 等. 内蒙古达尔罕茂明联合旗满都拉地区索伦山蛇绿岩混杂岩的特征及构造意义[J]. 地质通报, 2004, 23(12): 1238-1242.
- [28] 李钢柱, 王玉净, 李成元, 等. 内蒙古索伦山蛇绿岩带早二叠世放射虫动物群的发现及其地质意义[J]. 科学通报, 2017, 62(5): 400-406.
- [29] 薛建平, 苏尚国, 陈海舰, 等. 内蒙古索伦山地区地幔橄榄岩中豆荚状铬铁矿找矿前景[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(25): 25-32.
- [30] 李俊建, 党智财, 彭翼, 等. 华北地区铁矿资源成矿规律初探[J]. 华北地质, 2022, 45(1): 79-91.
- [31] 李俊建, 彭翼, 张彤, 等. 华北地区成矿单元划分[J]. 华北地质, 2021, 44(3): 4-24.
- [32] 王成, 任利民, 余国飞, 等. 内蒙古贺根山蛇绿岩中方辉橄榄岩岩石地球化学特征及构造环境分析[J]. 新疆地质, 2019, 37(2): 156-166.
- [33] 王树庆, 胡晓佳, 赵华雷. 内蒙古苏左旗洪格尔地区新发现晚石炭世碱性花岗岩[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(2): 81-85.
- [34] 李立兴, 李厚民, 崔艳合, 等. 河北高寺台含铬超基性岩体成岩成矿时代及岩石成因[J]. 岩石学报, 2012, 28(11): 3757-3771.
- [35] 初航, 张晋瑞, 魏春景, 等. 华北北部古生代-中生代多期变质作用及其大地构造意义——“华北地区古生代变质作用和动力学”研究进展与展望[J]. 地质调查与研究, 2020, 43(2): 186-197.
- [36] 李文渊, 张照伟, 高永宝, 等. 昆仑古特提斯构造转换与镍钴锰锂关键矿产成矿作用研究[J]. 中国地质, 2022, 49(5): 1385-1407.
- [37] 王成, 任利民, 张晓军, 等. 内蒙古崇根山地区超基性岩岩石地球化学特征及构造环境分析[J]. 地质科技情报, 2019, 38(5): 138-146.
- [38] 邝忠隆. 洋淇沟含铬超基性岩体矿化特征及深入找矿探讨[J]. 维普资讯, 20-25.
- [39] 仇东东, 焦建刚, 姜建超, 等. 北秦岭松树沟铬铁矿床三维地质建模及其找矿意义[J]. 地球科学与环境学报, 2014, 36(1): 210-217.

## Research on tectonic setting of Mesozoic granitoids in the Wuyuan county area, northeastern Jiangxi province

HU Peng<sup>1,2</sup>, ZENG Wei<sup>1,2</sup>, DUAN Ming<sup>1,2</sup>, WANG Jia-ying<sup>1,2</sup>

(1. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;

2. North China Center of Geoscience Innovation, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** The Bangyankeng, Duanxin and Qingshanling granitic plutons intrude in the eastern part of Jiangnan orogenic belt. The Bangyankeng pluton shows high SiO<sub>2</sub> content(65.56%~71.36%), rich in aluminum(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=14.12%~16.58%), and poor in MgO(1.08 to 1.33). It is also rich in potassium(3.42% ~ 4.56%), and weak negative Eu anomaly( $\delta\text{Eu}=0.65\sim 0.92$ ), (La/Yb)<sub>N</sub> has a higher value of 13.92~19.09. As the content characteristic element, Y is with a low value of  $13.8 \times 10^{-6} \sim 17.9 \times 10^{-6}$ . Sr is of  $335.9 \times 10^{-6} \sim 484 \times 10^{-6}$ , with the significant negative anomalies of Nb and Ti. Various characteristics indicate that Bangyankeng granite belongs to C-type adakites with the partial melting of mafic crust formation. The DuanXin and Qingshanling granites are rich in Si, K, poor in Ca, Mg and peraluminous characteristics. The LREE and HREE exhibit moderate right orientation, strong negative anomalies of Eu. It shows classic right-slope "V" shape. The incompatible elements Rb, Th, Ta are high, and Zr is slight loss. Ba, Sr, Eu show strong negative anomaly, together with Ga / Al = 3.12~3.44. The geochemistry indicates that DuanXin and Qingshanling rock belong to A<sub>2</sub>-type granite, as the product of post-orogenic extensional. The crust in northeast of Jiangxi was thickened after the Indosinian orogeny and then suffer the regional tectonic stress shifts during the Late Jurassic to Early Cretaceous. The compression under the tectonic thickening transfers to the post-orogenic extension.

**Key words:** Mesozoic Granites; A-type granites; C-type adakites; extrusion conversion to stretch

## The characteristics of chromite deposits and analysis of metallogenic potential in North China

DANG Zhi-cai<sup>1,2</sup>, LI Jun-jian<sup>1,2</sup>, ZHANG Tong<sup>3</sup>, FU Chao<sup>1,2</sup>,

SONG Li-jun<sup>4</sup>, PENG Yi<sup>5</sup>, FANG Tong-ming<sup>6</sup>

(1. Tianjin Center of China Geological Survey, Tianjin 300170, China; 2. North China Center for Geoscience Innovation, China Geological Survey, Tianjin 300170, China; 3. Inner Mongolia Bureau of Geological Survey, Hohhot 010020, China; 4. Geological Survey of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, China; 5. Geological Survey of Henan Province, Zhengzhou 450007, China; 6. Geological Survey of Beijing Province, Beijing 102206, China)

**Abstract:** In recent years, 49 chromite deposits (ore occurrences) including 1 medium-sized deposit, 11 small-sized deposits and 37 occurrences have been discovered in North China. These chromite deposits (occurrences) are mainly distributed in Inner Mongolia, Hebei, Henan and Beijing provinces, which strictly controlled by Ophiolites and distributed spatially along the ophiolite belts, such as Shangdan, Suolunshan and Hegenshan. They were formed in Archen to Mesozoic, and Neoproterozoic-Paleoproterozoic and Late Paleozoic were heyday period of chromite mineralization. The ophiolite type is mainly chromite deposit type, followed by magmatic type. The comprehensive analysis shows that several ophiolitic melange belts such as Erlian-Hegenshan, Suolunshan, Kedanshan and Shangdan have good prospecting potential for chromite deposits in Inner Mongolia. Deep exploration and peripheral investigation of known mining areas should be strengthened to achieve a breakthrough in chromite prospecting.

**Key words:** chromite deposits; resource characteristics; metallogenetic regularity; analysis of metallogenetic potential; North China