

大兴安岭南段莲花山铜银矿床钨矿化的发现及 找矿指示意义*

陈郑辉, 牛之建, 黄宇**, 王岩, 马旭东, 尤俊杰, 铁朋, 范建福, 王刚, 李嘉宝
(中国地质科学院矿产资源研究所 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室 北京 100037)

摘要 大兴安岭成矿带是中国北方重要的铅、锌、银、铜、锡多金属成矿带, 内蒙古莲花山矿床是该成矿带南段东坡的一个中型的热液脉型铜银矿床。文章在详细的研究矿床成矿系列和成矿规律的基础上, 采用“全位成矿”和“缺位找矿”的思路, 提出该矿床存在中高温钨多金属成矿作用的可能, 并通过实施找矿勘查示范研究工作, 新发现了白钨矿体, 确认钨矿化的存在。该发现不仅对莲花山地区新一轮找矿突破战略行动实施提供指导, 同时也对大兴安岭南段东坡钨矿潜力评价及成矿规律研究具有重要意义。

关键词 钨成矿; 白钨矿; 莲花山铜银矿; 大兴安岭南段东坡

中图分类号: P618.41; P618.52

文献标志码: A

Newly discovered tungsten mineralization in Lianhuashan copper-silver deposit from southern Great Xing'an Range and its significance for prospecting

CHEN ZhengHui, NIU ZhiJian, HUANG Yu, WANG Yan, MA XuDong, YOU JunJie, TIE Peng, FAN JianFu, WANG Gang and LI JiaBao

(Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Ministry of Natural Resources, Institute of Mineral and Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract

The Great Xing'an Range area is an important lead-zinc-silver-copper-tin polymetallic metallogenic belt in northern of China. The Lianhuashan copper-silver deposit is a typical hydrothermal vein-type medium copper ore deposit on the eastern slope of this belt. Based on the series of metallogenic studies and analysis of metallogenic regularity the authors adopt the ideas of 'geospatial mineralization' and 'absence prospecting', and believe that there is a possibility of midium-high temperature tungsten mineralization in this area. Through the implementation of demonstration research work on prospecting and exploration, new scheelite was discovered and the tungsten ore bodies was confirmed. It not only provides important guidance for a new round of strategic action in the Lianhuashan area, but also has important significance for the study of tungsten deposits and metallogenic regularity on the East slope of the southern Great Xing'an Range.

Key words: tungsten mineralization, scheelite, Lianhuashan copper-silver ore deposit, eastern slope of the southern Great Xing'an Range

* 本文得到中国地质调查项目二级项目《兴蒙中东段区域靶区优选与勘查示范》之三级项目《兴蒙中东段区域靶区优选与勘查示范》(编号: DD20243489)、中国矿产地质志(编号: DD20221695、DD20190379)、战略新兴产业地质调查工程(编号: DD20230034)共同资助

第一作者简介 陈郑辉, 男, 1973年生, 正高级工程师, 从事成矿规律及成矿远景区划、地质信息化研究。Email: chenzhenghui@mail.cgs.gov.cn

** 通讯作者 黄宇, 男, 1995年生, 博士研究生, 从事岩浆热液矿床成矿规律研究。Email: huangyu@cug.edu.cn

收稿日期 2024-11-17; 改回日期 2024-11-29。赵海杰编辑。

大兴安岭被誉为中国北方的“南岭”，而南岭是以钨矿大量发育为其显著特点，如湖南的柿竹园、新田岭、瑶岗仙，江西的淘锡坑、西华山、盘古山，广东的石人嶂，福建的行洛坑等。那么，大兴安岭南段东部有没有钨矿呢？笔者参与研编《中国矿产地质志》相关志书时，发现该区一直以来未见钨矿的相关报道，但存在如黄岗锡多金属矿的中高温成矿热液活动，因此，笔者通过对比大兴安岭成矿带和南岭成矿带的成矿作用，认为大兴安岭南段地区很有可能存在中高温钨矿化作用。笔者采用矿床成矿系列理论中的“全位成矿、缺位找矿”思路(陈毓川等, 2007)，分析位于大兴安岭南段东部的莲花山铜银矿床，认为其深部找矿潜力较大，有望在该区深部实现找矿突破，且发现新矿种，为此将地质大调查《兴蒙中东段区域靶区优选与勘查示范》研究项目的主攻方向放在了莲花山铜银矿的外围，进行找矿勘查示范研究。笔者通过莲花山铜银矿的地表和坑道的地质特征、蚀变组合、矿物组合等研究发现，铜是矿区的主要成矿元素与开采对象，矿石矿物以黄铜矿为主，伴有方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、毒砂、黄铁矿、磁铁矿等，毒砂可能为载金矿物，银主要在细粒的方铅矿中，表明该区以中低温成矿作用为主，但同时该区存在的大量电气石化、绿帘石化、钾化、磁铁矿化，引起笔者的思考，这些蚀变是否暗示了矿区深部存在中高温钨锡矿化？故笔者针对高温热液的成矿作用，在该区部署了深部验证孔和进一步的坑道观察，在矿区地下 60 m 标高和实施的靶区验证钻孔 LZK01 中新发现了前人从未报道的白钨矿，暗示了该区存在中高温成矿作用的可能。

1 矿床地质概况

大兴安岭南段为中国重要的多金属成矿带，处于兴蒙造山带东段古亚洲洋成矿域与环太平洋成矿域的叠加部位，复杂的构造演化历史造就了该地区丰富的矿产资源。内蒙古莲花山铜银矿床位于大兴安岭南段东坡内蒙古乌兰浩特市突泉县境内，区内出露地层主要有下二叠统大石寨组凝灰岩、凝灰质砂岩；中侏罗统万宝组砂岩，上侏罗统满克头鄂博组角砾凝灰岩、安山岩、安山质角砾岩、英安岩、英安质角砾岩。区内岩浆岩发育，侵入岩主要有花岗闪长岩、闪长岩(图1)。花岗闪长岩锆石 LA-

ICP-MS U-Pb 测年结果显示其成岩时代为 343~246 Ma (王忠禹等, 2014)，为晚二叠世—早三叠世；闪长岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年结果将其限定在 (252.8 ± 1.8) Ma，为晚二叠世(Ma et al., 2024)；闪长岩成岩时代为 (130.4 ± 1.6) Ma (马雪俐, 2020)，为早白垩世。矿区构造较为简单，主要由 NE 向以及 NW 向 2 组断裂构成。

矿区具有经济价值的矿体约 30 余条，主要赋存于蚀变闪长岩中(图1)，矿脉主要呈 NW-SE 向，少量为 NE-SW 向，在二者交汇部位矿化最好。主要矿体为 5 号、36 号矿体。矿石类型以细脉状-网脉状为主，主要矿石矿物有黄铜矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、毒砂、电气石，少量的辉钼矿以及新发现的白钨矿；矿化蚀变以钾化、硅化、绿帘石化、绿泥石化为主。对于莲花山铜矿的成矿时代，目前还存在争议，王忠禹等(2014)认为花岗闪长岩与铜矿化在空间上密切相关，因此，推测其形成在晚三叠世左右；康欢等(2019)利用辉钼矿 Re-Os 测年，获得 (139.1 ± 1.1) Ma，认为铜矿形成在早白垩世。因此，铜矿形成时代还需要进一步界定。

2 白钨矿化特征

笔者在矿山生产的铜矿石堆、坑道以及设计施工的靶区验证钻孔(LZK01)中首次发现了白钨矿颗粒和白钨矿脉，其中铜矿石堆中发现的白钨矿颗粒，数量较少，但结晶颗粒较粗，可达 1 cm；坑道中见到的白钨矿呈星点状、脉状(图2a、d、e)产于黄铁矿-黄铜矿石英脉中；钻孔中多处的白钨矿也产于黄铁矿-黄铜矿石英脉中(图2g、h)。坑道及钻孔的揭露显示白钨矿矿化形成晚于铜矿，且星点状产出白钨矿仅在钻孔绿帘石化蚀变闪长岩中极少量产出，不具有经济意义，而白钨矿主要呈脉状产出。根据产出特征及矿脉矿物组合，笔者将白钨矿脉分为 2 种类型：第一类以黄铁矿-黄铜矿石英脉产出(图2d、e、g、h、i)，白钨矿晶体大小为 1~3 mm，发育黄铁矿、黄铜矿，少量方铅矿、闪锌矿等硫化物，在白钨矿中见有少量黄铜矿(图2i)；第二类以毒砂石英脉中产出，其中白钨矿晶体大小为 8~9 mm(图2a、b、c、f)，晶体较为破碎(图2c)。总体而言，白钨矿脉主要产在中细粒蚀变闪长岩中(图2b、d、f、g)，蚀变主要以绿帘石-绿泥石化为主，少量的硅化(图2b、d、g)。

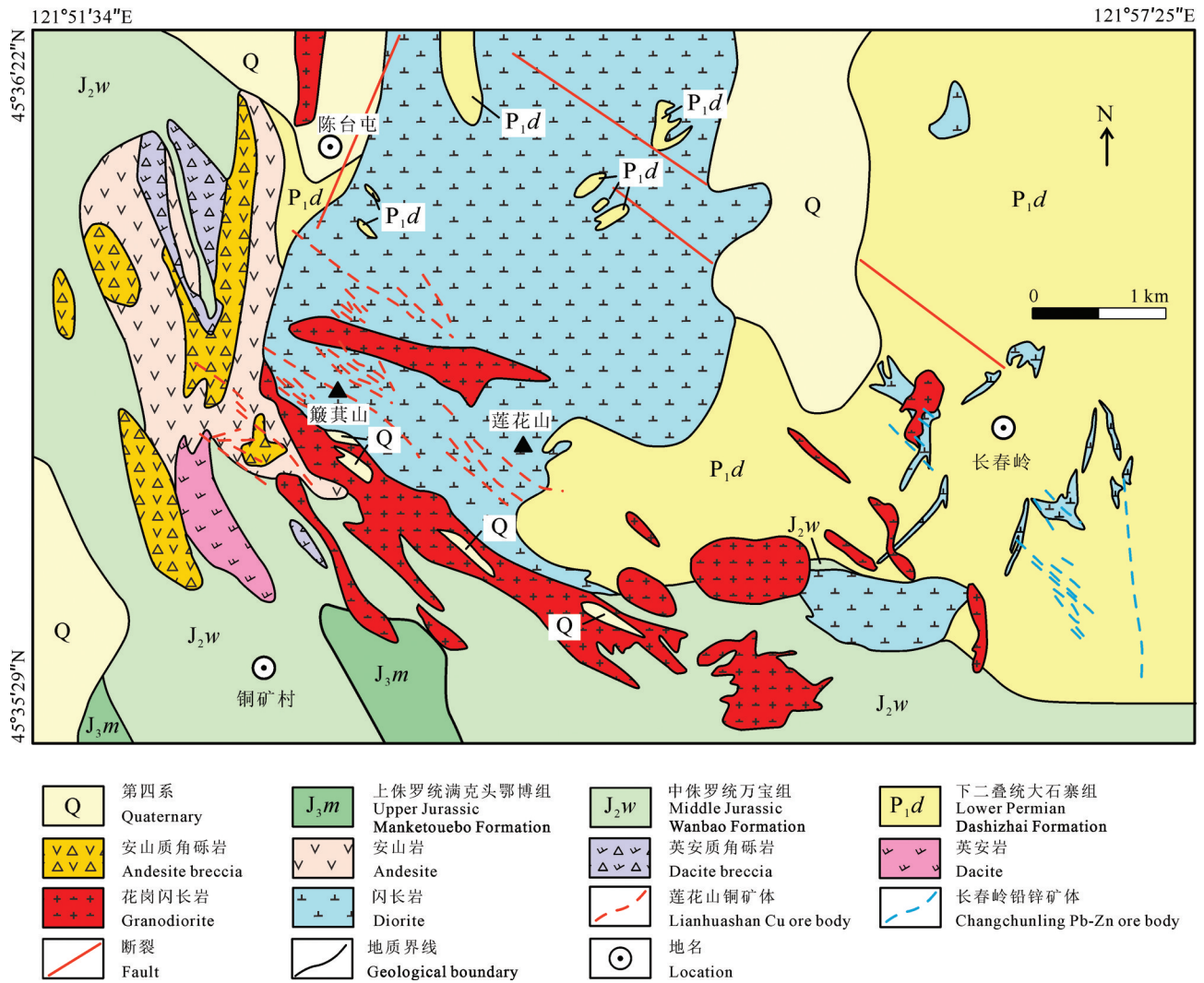


图 1 莲花山矿区地质图(据古阿雷, 2016 修改)

Fig.1 Geological map of Lianhuashan ore deposit (modified after Gu et al., 2011)

3 钨矿化的新发现对矿区新一轮找矿突破的指导意义

3.1 钨铜共生可能代表了 2 种不同成岩成矿作用的叠加

通常,钨和铜化学性质不同,源区不同,相关的岩体化学性质不同。钨与高分异的花岗岩有关,偏酸性,来自地壳;铜与壳幔混源的花岗闪长岩有关,偏中性,因此二者通常不共生。根据全国矿床成矿系列研究成果(陈毓川等, 2006; 2007; 2016),铜、钨通常分属于不同的成矿系列,而且两者有叠加成矿的关系,如南岭成矿带银坑示范区研究(陈毓川等, 2021)表明,存在 2 个成矿系列的叠加:一个是南岭

与燕山期中浅成花岗岩类有关的稀土、稀有、有色金属及钼矿床成矿系列,主要有盘古山、画眉坳、黄沙等钨锡多金属矿,即中高温岩浆期后热液矿床;而另一个是华南褶皱系与燕山期浅成-超浅成壳幔源中酸性侵入岩有关的 Cu、Pb、Zn、W、Mo、Ag、Au、U 矿床成矿系列,主要是柳木坑银矿、牛行坝铜多金属矿,即中温为主的铜多金属金银矿床。这两者在空间上存在分带性,时间上存在叠加性,浅部以中低温为主的铜多金属矿床相对更早,主要与花岗闪长岩关系密切,而深部揭露的中高温为主的钨多金属相对晚一些,主要与花岗岩关系密切,较好的说明了钨、铜共存的 2 种不同成岩成矿作用的叠加。本项目研究区也存在浅部中低温的铜、铅、锌、金、银成矿

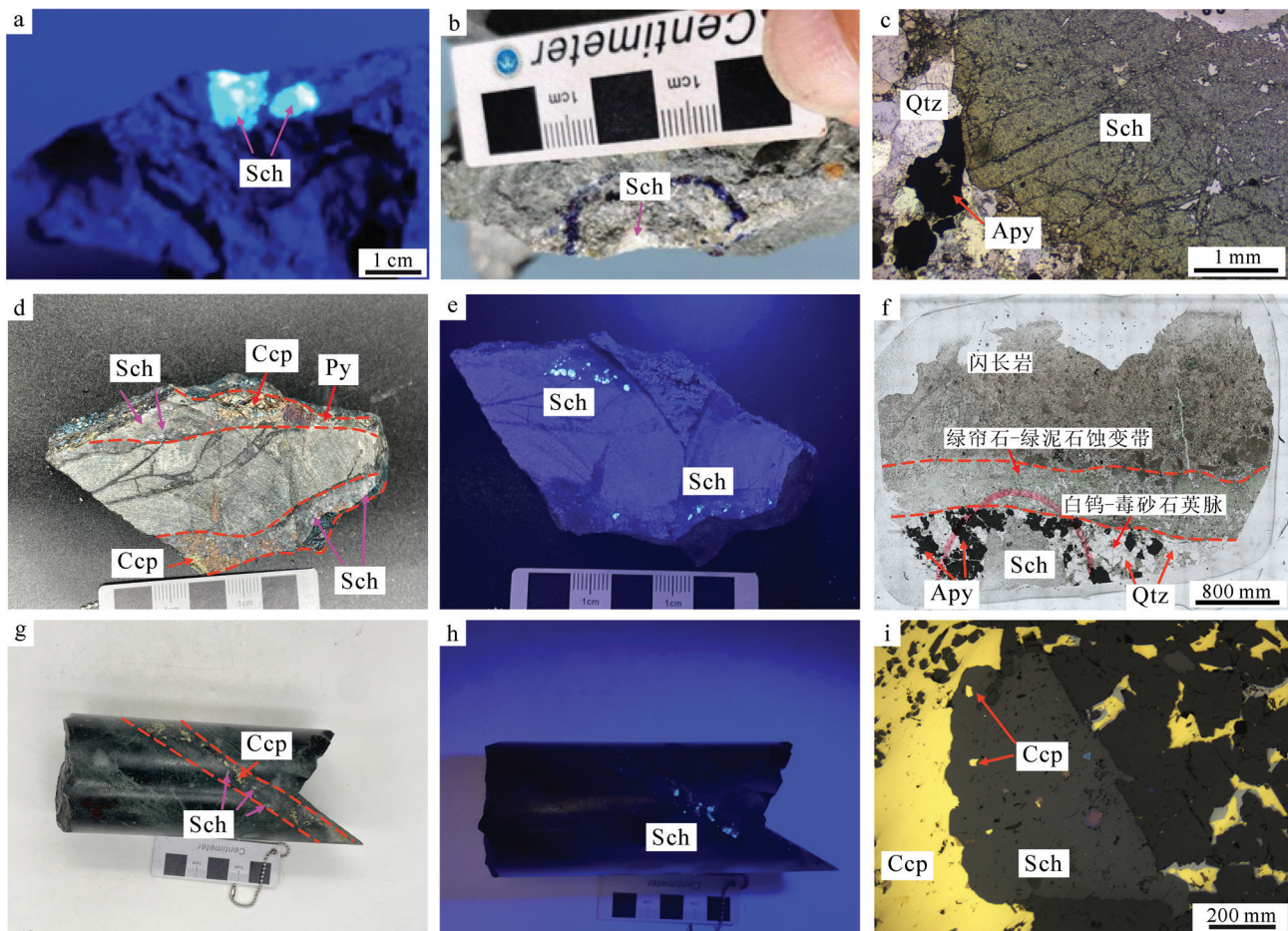


图2 莲花山矿区典型白钨矿矿石和显微镜下特征

a,b,c. 大颗粒白钨矿荧光灯下、矿石及单偏光显微镜下特征;d. 白钨矿-黄铁矿-黄铜矿脉矿石照片;e. 荧光灯下白钨-黄铁-黄铜矿脉矿石照片;f. 蚀变闪长岩中白钨矿-毒砂-石英脉全扫描单偏光镜下照片;g. 白钨矿-黄铜矿脉钻孔照片;h. 荧光灯下白钨矿-黄铜矿脉钻孔照片;i. 反射光下白钨矿-黄铜矿脉白钨矿交代黄铜矿

Sch—白钨矿;Ccp—黄铜矿;Py—黄铁矿;Apy—毒砂;Qtz—石英

Fig. 2 Representative photographs scheelite veins and microscopic features in Lianhuashan ore deposit

a,b,c. Characteristics of coarse grained scheelites under fluorescent lamp, ore and single polarized light microscope; d. Photograph of scheelite-pyrite-chalcopyrite veins; e. Photograph of scheelite-pyrite-chalcopyrite veins under the fluorescent lamp; f. Single polarized photomicrograph of scheelite-arsenopyrite vein cut the altered diorite, using full scanning microscope; g. Photograph of scheelite-chalcopyrite vein in drilling; h. Photograph of scheelite-chalcopyrite vein in drilling under the fluorescent lamp; i. Reflected light photomicrograph of the scheelite substitutes chalcopyrite

in scheelite-chalcopyrite veins

Sch—Scheelite; Ccp—Chalcopyrite; Py—Pyrite; Apy—Arsenopyrite; Qtz—Quartz

作用,深部发现了相对晚期的中高温有关的钨成矿作用,暗示了本区存在着2种不同成岩成矿作用。

3.2 新发现将为矿床成矿系列研究提供新的证据,对指导莲花山铜银矿找矿突破具有重要的指示意义

根据前人总结,本区的矿床成矿系列归属于“大兴安岭地区与燕山期岩浆作用有关的Cu-Mo-Pb-Zn-Ag-Au-Fe-Sn-Be-U-萤石-花岗岩-膨润土-沸石-珍珠岩-凝灰岩-脉石英-宝石-玉石矿床成矿系列(47/48/49/50/58-Y-I)”(中国矿产地质志·内蒙古卷,2020),

“突泉-翁牛特与燕山期岩浆作用有关的Pb-Zn-Ag-Cu-Mo-萤石矿床成矿亚系列”,而最新的《中国矿产地质志·大兴安岭卷》(2024)将本区铜多金属矿归属于“扎赉特旗-林西地区与燕山期中酸性火山-侵入活动有关的铅、锌、银、铜、钼、锡、铀、稀有、稀土、萤石、玉石、脉石英、石榴子石、花岗岩矿床成矿亚系列”。这2个矿床成矿系列的厘定,均没有包括钨矿的成矿作用,究其原因,是因为这2个矿床成矿系列所在区域,钨矿的成矿作用未有明显的显示,而本次钨矿

化的发现,能够为该区矿床成矿系列的再厘定提供新的依据。笔者下一步针对钨矿开展成矿作用和找矿预测研究,丰富该区矿床成矿系列的成果总结。本次钨矿作用的新发现,是根据矿床成矿系列的“全位成矿”和“缺位找矿”的思路进行指导,能够利用矿床成矿系列理论指导本区开展新一轮找矿突破战略行动的工作部署。

本次新发现的钨矿化能够为矿山提高矿石综合利用,首先,笔者在矿石堆、坑道、验证钻孔中均新发现了白钨矿,结合前期对矿区铜精矿和尾矿库采样分析结果发现钨元素异常,说明该区因为没有评价钨矿体,矿区在生产过程中未回收钨,导致了钨的流失。目前钨矿 WO_3 (65%) 约 14 万元/吨,若矿区改进工艺,能够回收钨等元素,则大大增加矿山的收益。其次,有利于指导矿区的增储上产。自 20 世纪 50~60 年代发现铜矿体以来,区内工作主要针对铜银矿在浅部勘查找矿工作,80 年代初勘探工作中,没有注意到深部出现钨等中高温的矿化,也没有对钨矿进行评价,之后在矿区深部也未开展过相关勘查评价,只针对已有的矿体进行储量核实的工作,因此可能漏掉评价一个重要的战略性矿种。因此,白钨矿的新发现为莲花山铜银矿床勘查方向的确立以及深部增储上产提供重要的找矿思路。

致谢 野外地质工作过程中得到了突泉县莲花山铜矿冷松柏董事长、冷峰总经理及矿山职工的大力支持,钻孔的实施工程还得到了突泉县九龙乡当地政府和兴安盟 115 地质队的大力支持,论文的编写得到了王登红研究员的悉心指导,在此一并致谢!

References

- Chen Y C, Pei R F and Wang D H. 2006. On minerogenetic (metalloge-
netic) series: Third discussion[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80 (10):
1501-1508(in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, Wang D H, Zhu Y S, Xu L G, Ren J S, Zhai Y S, Chang Y F,
Tang Z L, Pei R F, Teng J W and Deng J F. 2007. Metallogenic
system and regional metallogenic evaluation in China[M]. Bei-
jing: Geological Publishing House. 1-1005(in Chinese).
- Chen Y C, Wang D H, Xu Z G, Sheng J F, Zhu M Y, Xu J, Yuan Z X,
Bai G and Chen Z H. 2016. Important mineral resources in China
and regional mineralization rules[M]. Beijing: Geological Publish-
ing House. 1-798(in Chinese).
- Chen Y C, Chen Z H, Zhao Z, Zhao B and Zeng Z L. 2021. Demonstra-
tion study on stereoscopic detection technology and deep mine-
ralization prediction in the Yudu-Ganxian ore cluster area of Nan-
ling[M]. Beijing: Geological Publishing House. 1-398(in Chinese).
- Gu A L. 2016. Study on the mineralization processes and metallogenic
model of epithermal-porphyry copper-polymetallic mineralization
system in the central and eastern of Great Xing'an Range, China[D].
Jilin: Jilin University. 1-148(in Chinese with English abstract).
- Kang H, Liu Y and Jiang S. 2019. Molybdenite Re-Os dating and ore
S-Pb isotope of the Lianhuashan Cu deposit, Inner Mongolia, and
their genetic significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 93 (12):3082-
3094(in Chinese with English abstract)
- Ma X L. 2020. Study on the mineralization of copper polymetallic de-
posits in the East Slope of southern Great Xing'an Range[D].
Jilin: Jilin University. 1-175(in Chinese with English abstract).
- Ma X L, Shi K T, Wang K Y, Lai C K and Wang R. 2024. Formation of
the Lianhuashan Cu deposit in the southern Great Xing'an Range,
NE China: Constraints from fluid inclusions, whole-rock geo-
chemistry, zircon U-Pb geochronology, and H-O-S-Pb isotopes[J].
Ore Geology Reviews, 174:106283.
- Wang Z Y, Sun J G and Bai L A. 2014. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating
of granodiorite porphyry in the Lianhuashan copper deposit of In-
ner Mongolia and its geological implications[J]. *Geological Bulle-
tin of China*, 33(9):1320-1325(in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题[J]. *地质学
报*, 80 (10):1501-1508.
- 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 徐林刚, 任纪舜, 翟裕生, 常印佛, 汤中立,
裴荣富, 滕吉文, 邓晋福. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价
(上、下册) [M]. 北京:地质出版社. 1-1005.
- 陈毓川, 王登红, 徐志刚, 盛继福, 朱明玉, 徐珏, 袁忠信, 白鹤, 陈郑
辉. 2016. 全国重要矿产和区域成矿规律[M]. 北京:地质出版
社. 1-798.
- 陈毓川, 陈郑辉, 赵正, 赵斌, 曾载淋. 2021. 南岭于都-赣县矿集区立
体探测技术与深部成矿预测示范研究[M]. 北京:地质出版社.
1-398.
- 古阿雷. 2016. 大兴安岭中东部浅成热液-斑岩铜多金属成矿系统成
矿地质过程与成矿模式[D]. 吉林:吉林大学. 1-148
- 康欢, 刘翼飞, 江思宏. 2019. 内蒙古莲花山铜矿床辉钼矿铼-钨年代
学、矿石硫-铅同位素地球化学与矿床成因[J]. *地质学报*, 93
(12):3082-3094.
- 马雪俐. 2020. 大兴安岭南段东坡铜多金属矿床成矿作用研究[D].
吉林:吉林大学. 1-175
- 王忠禹, 孙景贵, 白令安. 2014. 内蒙古莲花山铜矿区花岗闪长斑岩
LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄[J]. *地质通报*, 33(9): 1320-1325.