

内蒙古双尖子山银多金属矿床锡矿化的发现 及其意义*

吴晓林¹, 赵骏峰¹, 刘文元^{1**}, 武广², 江彪², 李志远³, 孙洪军³

(1 福州大学紫金矿业学院, 福建 福州 350000; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

3 赤峰宇邦矿业有限公司, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要 大兴安岭南段是中国重要的有色金属成矿带, 区内发育众多锡银铅锌等多金属矿床。双尖子山银铅锌多金属矿床是近年来发现的一个以银为主的超大型矿床, 前人研究普遍认为该矿床是典型中低温岩浆-热液型矿床, 缺乏高温成矿阶段。然而, 文章在该矿床的井下和深部钻孔发现了大量铜锡矿化, 表明双尖子山银多金属矿床的深部和外围具有巨大的锡铜资源找矿潜力。

关键词 地质学; 锡矿化; 双尖子山矿床; 大兴安岭

中图分类号: P618.52; P618.44

文献标志码: A

New discovery of tin mineralization in Shuangjianzishan Ag polymetallic deposit, Inner Mongolia and its significance

WU XiaoLin¹, ZHAO JunFeng¹, LIU WenYuan¹, WU Guang², JIANG Biao², LI ZhiYuan³ and SUN HongJun³

(1 Zijin Mining College, Fuzhou University, Fuzhou 350000, Fujian, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037, China; 3 Chifeng Yubang Mining Co. Ltd, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China)

Abstract

The southern section of the Great Xing'an Range is an important nonferrous metal metallogenic belt in China, containing many Sn-Ag-Pb-Zn polymetallic deposits. Shuangjianzishan Ag-Pb-Zn polymetallic deposit is a super-large deposit mainly composed of silver discovered in recent years. Previous studies generally believe that this deposit is a typical medium-low temperature magmatic-hydrothermal deposit, lacking a high-temperature metallogenic stage. In this study, a large amount of copper and tin mineralization was found within the underground and deep drills in this area, indicating great prospecting potential for tin and copper mineralization in the deep and peripheral areas of the Shuangjianzishan Ag polymetallic deposit.

Keywords: geology, tin mineralization, Shuangjianzishan deposit, Great Xing'an Range

大兴安岭南段位于内蒙古东南部, 区内发育众多的铅银多金属矿床, 是中国重要的有色金属成矿带, 也是中国北方最重要的锡多金属成矿带(图 1a)。区内地层主要由晚古生代基底岩系和侏罗纪火山-沉积岩组成, 其中, 二叠系大石寨组是该区域重要的银、铅锌多金

属矿床的赋矿地层(赵一鸣等, 1994)。区内主要岩浆岩为海西期的中基性火山岩以及燕山期的中酸性火山岩, 燕山晚期的构造活动是本区锡多金属矿产形成的主要构造因素。大兴安岭南段的锡银多金属矿床主要产于锡林浩特微陆块内及其边部的构造-岩浆带中(图 1a),

* 本文得到国家自然科学基金项目(编号: 41672035)和内蒙古自治区地勘基金项目(编号: 2015-01-YS01)联合资助

第一作者简介 吴晓林, 男, 1995 年生, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业。Email: 727645113@qq.com

** 通讯作者 刘文元, 男, 1982 年生, 副教授, 主要从事矿床矿物学研究。Email: 15146@163.com

收稿日期 2020-10-15; 改回日期 2021-04-19。赵海杰编辑。

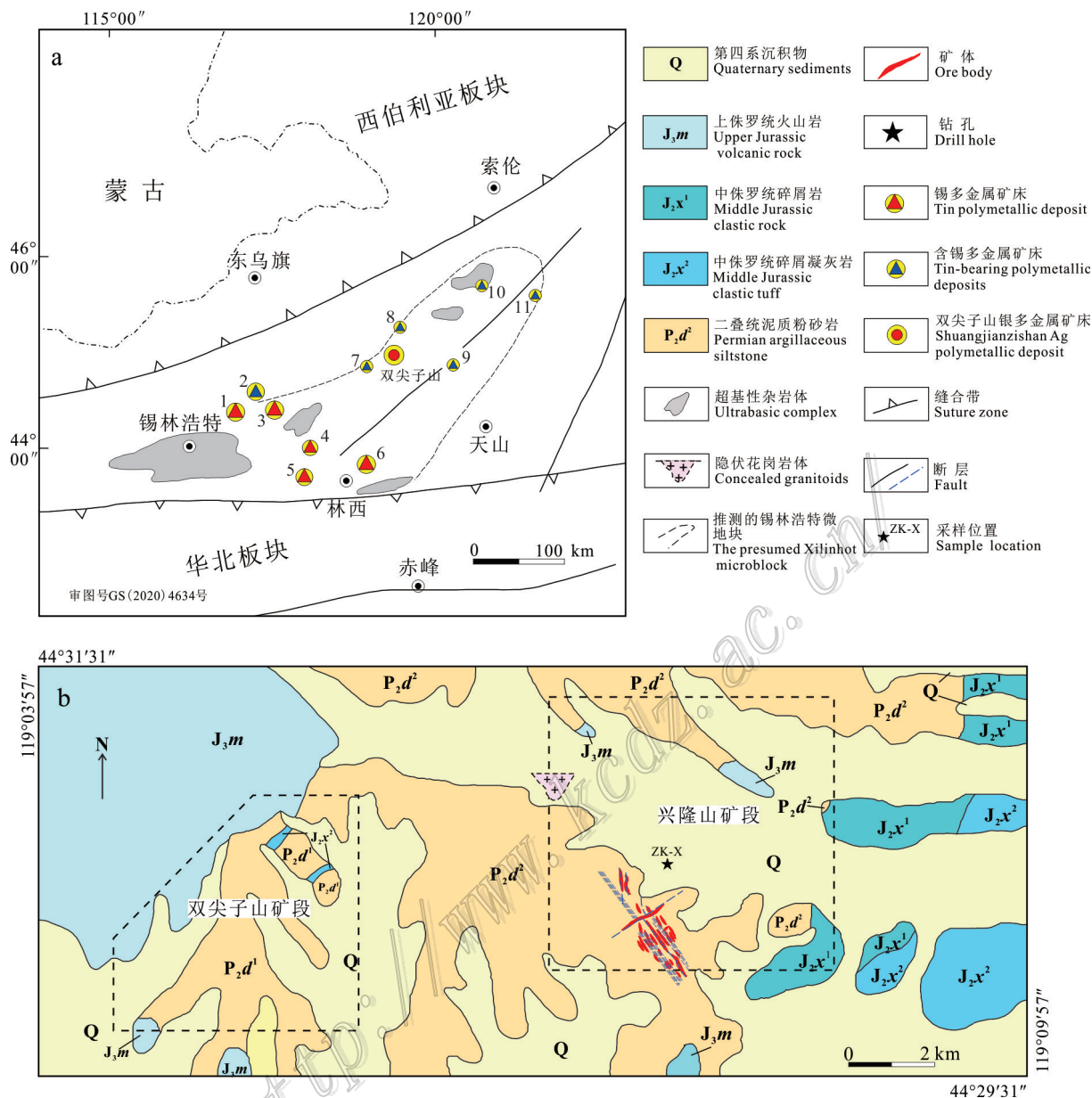


图1 大兴安岭及邻区大地构造及锡多金属矿床分布示意图(a,修改自 Wang et al., 2001)和双尖子山银铅锌矿床区域地质图(b,修改自张志强, 2018)

矿床名称: 1—毛登 Sn-Cu 多金属矿床; 2—白音查干 Ag-Pb-Zn-Sn 多金属矿床; 3—维拉斯托 Sn-Cu 多金属矿床; 4—安乐 Sn-Cu 多金属矿床; 5—黄岗 Sn-Fe 多金属矿床; 6—大井 Sn-Cu 多金属矿床; 7—白音诺尔 Pb-Zn-Ag-Sn 多金属矿床; 8—浩布高 Ag-Pb-Zn-Sn 多金属矿床; 9—敖瑙达坝 Ag-Sn-Cu 多金属矿床; 10—罕山林场 Cu-Ag-Sn 多金属矿床; 11—孟恩陶勒盖 Ag-Zn-Pb-Sn 多金属矿床

Fig. 1 Sketch map showing the structure and distribution of tin polymetallic deposits in the Da Hinggan Mountains and its adjacent regions (a, modified after Wang et al., 2001), regional geological sketch map of the Shuangjianzishan Ag-Pb-Zn deposit (b, modified after Zhang, 2018)

Name of deposits: 1—Maodeng Sn-Cu polymetallic deposit; 2—Baiyinchagan Ag-Pb-Zn-Sn polymetallic deposit; 3—Weilasituo Sn-Cu polymetallic deposit; 4—Anle Sn-Cu polymetallic deposit; 5—Huanggang Sn-Fe polymetallic deposit; 6—Dajing Sn-Cu polymetallic deposit; 7—Baiyinnuoer Pb-Zn-Ag-Sn polymetallic deposit; 8—Haobugao Ag-Pb-Zn-Sn polymetallic deposit; 9—Aonaodaba Ag-Sn-Cu polymetallic deposit; 10—Hanshanlinchang Cu-Ag-Sn polymetallic deposit; 11—Mengentaolegai Ag-Zn-Pb-Sn polymetallic deposit

与成熟度较高、相对富锡的微陆块的岩浆重熔-分异作用密切相关(王京彬等, 2005)。近年来,在大兴安岭南段多个铅锌银矿床的深部及外围发现多处大中型锡矿

床(道伦达坝、维拉斯托、边家大院、白音查干等),该成矿带逐渐显现出较大的锡矿找矿潜力(王春女等, 2016)。双尖子山银多金属矿床是近年来在该矿带新发

现的一个超大型银多金属矿床,目前探明和控制的银金属量 >2 万t,锌金属量 >200 万t(匡永生等,2014)。目前,普遍认为双尖子山银多金属矿床属中低温热液矿床,缺乏中高温成矿阶段(吴冠斌等,2014)。本次通过详细的矿物学研究,在双尖子山银多金属矿体中发现了大量的铜锡矿化,这对该矿床的深部和外围找矿突破,尤其是该带与铅锌银矿床共、伴生的锡铜资源的找矿勘查提供了重要线索。

1 矿床地质

内蒙古双尖子山矿区分为西部双尖子山矿段和东部兴隆山矿段,2个矿段之间相距约4.7 km,其中双尖子山矿段矿化作用较弱,未深入开采(图1b)。矿区出露地层主要有中二叠统大石寨组泥质板岩、粉砂质板岩夹凝灰岩;中侏罗统新民组流纹质含角砾岩屑晶屑凝灰岩;上侏罗统满克头鄂博组凝灰质砂岩、流纹质角砾凝灰岩以及第四系沉积物。区内断裂构造发育,主要为北东向、北西向和近南北向断裂。北西向断裂走向约 310° ,倾向北东,倾角 $45^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 。北东向断裂带展布方向一般为 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,总体倾向北西,倾角约 60° ,近南北向断裂则主要发生在矿区东部。区内岩浆岩,在地表仅有闪长玢岩脉、流纹斑岩脉出露,位于矿区中部和西北部的花岗岩体为隐伏岩体,由钻孔揭露控制(图1b)。

按照矿体的展布方向,兴隆山矿段可分为北西向矿体和北东向矿体。根据野外地质现象和矿体的穿插关系可以初步判定,北西向矿体的形成早于北东向矿体。北西向矿体产在北西向韧性剪切带中,银铅锌多金属矿体主要呈透镜状、脉状和细脉状。矿体总体走向约 310° ,倾向南西,倾角约 60° ,控制长度大于400 m。赋矿围岩主要为大石寨组深灰色粉砂质板岩和黑板岩,矿体总体呈透镜状、脉状和细脉状平行密集分布,形成北西向的矿脉带。金属矿物以闪锌矿为主,方铅矿、黄铁矿、黄铜矿次之,此外,还出现大量的硫银锡矿、富硒硫银锡矿、富硒方铅矿、辉银矿和富硒的硫锑铜银矿等富硒的矿物组合,并发现了锡石-

毒砂的高温锡矿化组合。北东向矿体总体走向约 30° ,倾向北西,倾角大于 60° ,控制长度大于600 m。矿石主要呈条带状、块状和角砾状构造,部分矿体穿插北西向矿体,金属矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿和毒砂等,与北西向矿体相比,方铅矿、黄铁矿以及碳酸盐含量明显增加。

矿区围岩蚀变以绿泥石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化和碳酸盐化为主。主要矿石构造为脉状、细脉状、网脉状、角砾状和块状。矿石结构主要以交代结构、交代残余结构、乳滴状结构为主。金属矿物主要包括闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、毒砂、黄铜矿;银矿物主要为硫银锡矿、硫锑铜银矿、银黝铜矿、深红银矿、辉银矿、自然银和金银矿等。

2 锡矿化特征

新发现的锡矿化现象主要出现在兴隆山矿段井下625中段的北西向银多金属脉体,以及最新钻探工程获取的深部钻孔岩芯ZK-X(图1b)中。锡矿化主要以出现大量的硫银锡矿(Ag_8SnS_6)和锡石为标志,此外还伴有黄铜矿、毒砂、黑钨矿等中高温的矿物组合。

在兴隆山625中段的坑道中,锡矿化主要出现在北西向富铜的矿脉中,手持XRF的初步成分分析表明,部分块状铅锌矿石中呈现明显的铜(5.67%)、锡(2.35%)富集的特征(图2a)。矿石中出现大量的富硒硫银锡矿与闪锌矿和方铅矿交代,锡石主要呈细粒状或细柱状集合体产出,常被闪锌矿、黄铜矿和方铅矿包裹,或与石英构成锡石-石英脉,部分呈现锡石-毒砂共生组合。北东向矿体则缺乏显著的中高温矿物组合,主要为方铅矿和黄铁矿,少量闪锌矿,硫银锡矿和深红银矿等银矿物,以及毒砂、黄铜矿和锡石。在矿区最新的钻探工程(图1b,钻孔ZK-X),部分钻孔深部(260~40 m)出现较富的铜锡矿体。铜锡矿石呈稠密浸染状和角砾状构造。手持荧光光谱分析表明,富黄铜矿的矿石中含较高的铜、锡品位,分别为12.98%和4.75%(图2b)。矿石矿物主

表1 双尖子山银矿床钻孔中锡石电子探针分析结果(w(B)/%)

Table 1 EPMA analyses of cassiterite (w(B)/%) from the drill hole in the Shuangjianzishan Ag deposit

样品号(测点数)	计算值	Ta ₂ O ₅	WO ₃	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	TiO ₂	FeO
SJ-1 (13)	最小值	0	0.04	0	0	95.04	0	0.41
	最大值	0.08	2.81	0.04	0.02	99.0	0.09	2.53
	平均值	0.02	0.85	0.01	0	96.9	0.03	1.26

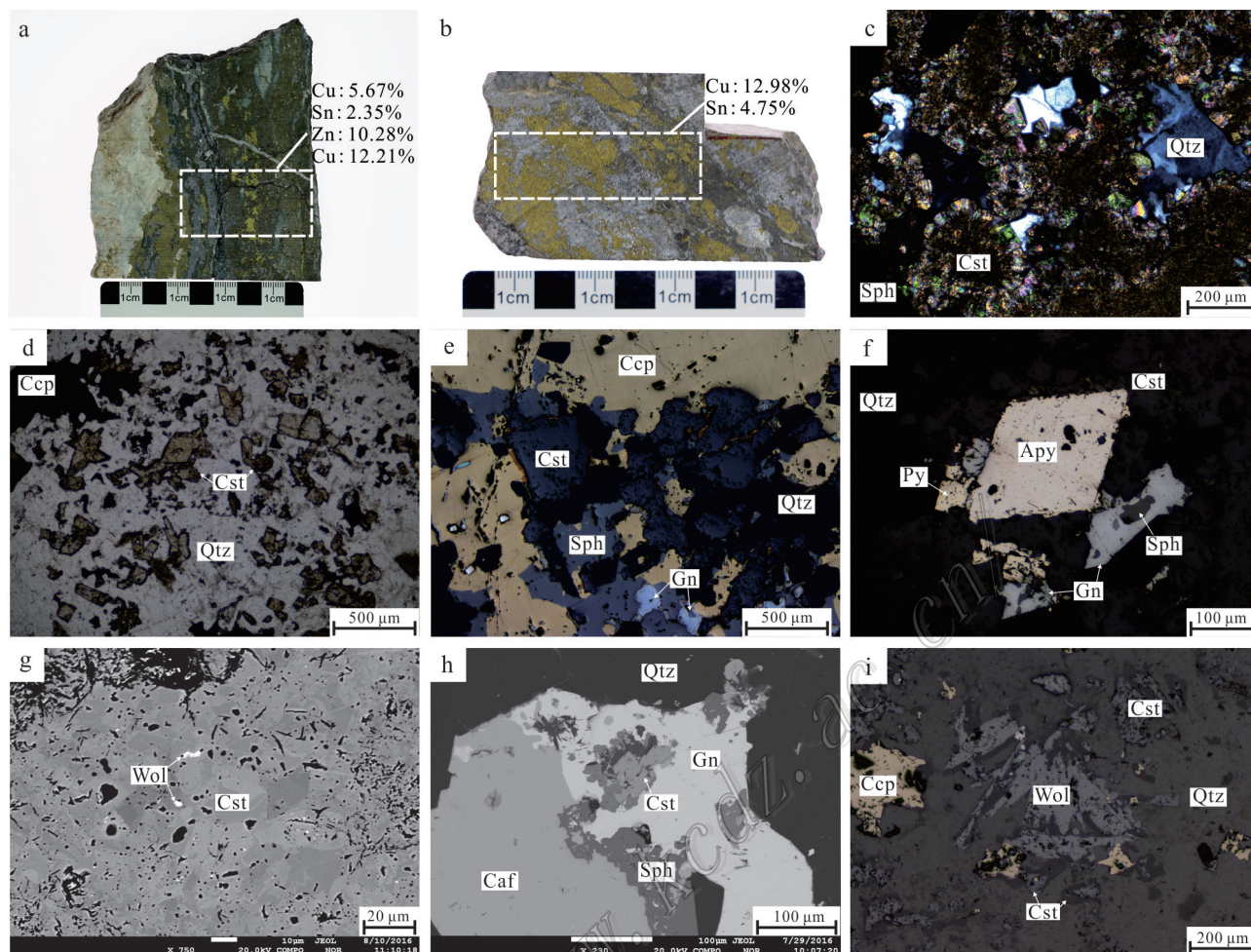


图2 双尖子山银矿床中的主要锡矿化特征

a. 625 m中段铜-锡-铅-锌矿化; b. 深部钻孔中的铜-锡矿化; c. 他形锡石细脉; d. 自形-半自形锡石; e. 锡石-黄铜矿-石英共生; f. 他形锡石与自形毒砂共生; g. 锡石中的黑钨矿包体; h. 硫银锡矿-方铅矿-锡石共生组合; i. 自形-半自形黑钨矿颗粒

注: 矿石中金属元素含量由便携式X射线荧光光谱仪测得

矿物缩写: Apy—毒砂; Caf—硫银锡矿; Cst—锡石; Ccp—黄铜矿; Gn—方铅矿; Sph—闪锌矿; Qtz—石英; Wol—黑钨矿

Fig. 2 The main characteristics of tin mineralization in Shuangjianzishan Ag deposit

a. Cu-Sn-Pb-Zn mineralization in deep 625 m section; b. Cu-Sn mineralization in deep drill hole; c. Fine vein with anhedral cassiterite grains;

d. Euhedral-sub-euhedral cassiterite grains; e. Association of cassiterite-chalcopyrite-quartz; f. Association of anhedral cassiterite and euhedral arsenopyrite; g. Wolframite inclusion in cassiterite; h. Association of canfieldite-galena-cassiterite; i. Euhedral and sub-euhedral wolframites grains

Note: The content of metallic elements in ore was analyzed by a portable X-ray fluorescence spectrometer

Mineral abbreviate: Apy—Arsenopyrite; Caf—Canfieldite; Cst—Cassiterite; Ccp—Chalcopyrite; Gn—Galena; Sph—Sphalerite;

Qtz—Quartz; Wol—Wolframite

要由黄铜矿、锡石和闪锌矿组成。

矿区的锡石在显微镜下主要呈自形-半自形板状、他形粒状,单偏光镜下呈深褐色-褐色,高级干涉色明显(图2c、d)。浅部矿体中的锡石主要呈细粒状(40~100 μm)、细柱状或他形粒状,他形细粒锡石集合体常与石英一起呈细脉状产出,多数锡石被硫银锡矿、闪锌矿和方铅矿所包裹(图2h)。部分自形粒状的锡石颗粒发育良好的韵律环带

特征,背散射下还可见锡石中含有黑钨矿的包裹体(图2g)。钻孔深部的锡石粒度较大(50~200 μm),多呈自形-半自形粒状与粗粒自形石英共生,且常被黄铜矿所包裹,总体为锡石-毒砂-黄铜矿的中高温矿物组合(图2e、f)。部分铜锡矿石中可见明显的中高温的钨矿化特征,出现了石英-黑钨矿-锡石-黄铜矿的矿物组合(图2i),暗示该矿区存在着显著的中高温的矿化阶段。锡石的

电子探针成分分析表明(表1),双尖子山矿区中锡石的 $w(\text{WO}_3)$ 、 $w(\text{FeO})$ 较高,而 $w(\text{Nb}_2\text{O}_5)$ 、 $w(\text{Ta}_2\text{O}_3)$ 甚微,明显区别于伟晶岩中锡石富Nb、Ta的特点,与大井铜锡矿床中的锡石成分类似(王玉往等,2006),属于典型的锡石硫化物型矿化特征。

3 地质意义

大兴安岭中南段发育有如黄岗为典型的矽卡岩型锡铁多金属矿床,以大井为代表的热液脉型锡铜银铅锌矿床以及道伦达坝铜-锡-钨多金属矿床,是中国重要的锡铜资源成矿区。双尖子山矿床一直以来被认为是以银铅锌为主的中低温热液脉型矿床,缺少中高温成矿阶段(吴冠斌等,2014;匡永生等,2014)。近年来在大兴南岭南段的维拉斯托银铅锌矿、白音查干银铅锌矿、边家大院银铅锌矿等深部均发现锡矿体,预示着大兴安岭南段已知的银铅锌矿床的深部和外围均有锡矿化的潜力。而本次研究中首次发现双尖子山矿床银矿脉中除发育有大量硫银锡矿外,还发育锡石-石英脉和锡石-毒砂组合,且伴生大量黄铜矿化。深部矿体中呈现典型的锡矿化特征。

值得注意的是,硫银锡矿是该矿床的主要含银矿物,而该矿物一般出现在与锡矿化密切的矿床中(如玻利维亚波托西锡-银矿,湖南香花岭锡多金属矿,东西伯利亚的Verkhoyansk锡-银矿等)(Penfield, 1984; 李正勤, 1991; Nekrasova et al., 1980),是一种潜在锡矿化指示标志。同时,矿区外围双尖子山矿段产出大量的毒砂脉体,发育电气石化、绿帘石化蚀变,且伴生锡矿化,表明双尖子山银多金属矿床的深部和外围具有巨大的锡铜资源找矿潜力。因此该矿区今后的勘查工作重点之一应该放在寻找可能存在的隐伏岩体及锡铜矿体上。

References

- Kuang Y S, Zheng G G, Lu M J, Liu Y L, Zhang S J, Li R Y and Cheng W J. 2014. Basic characteristics of Shuangjianzishan silver polymetallic deposit in Chifeng City, Inner Mongolia[J]. *Mineral Deposits*, 33(4): 847-856 (in Chinese with English abstract).
- Li Z Q. 1991. Distribution and mineralogical features of several large Ag deposits in Hunan Province[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 11(2): 148-154(in Chinese with English abstract).
- Nekrasova A N, Krasil'nikov A A and Denim G P. 1980. Endogenic ore zonation in a volcanogenic gold-silver deposit[J]. *International Geology Review*, 22(7): 864-868.
- Penfield S L. 1894. Argyrodite and a new sulphostannate of silver from

- Bolivia[J]. *American Journal of Science*, 47(282): 451.
- Wang C N, Wang Q M, Yu X F and Han Z Z. 2016. Metallogenic characteristics of tin and ore-search prospect in the southern part of Da Hinggan Mountains[J]. *Geology and Exploration*, 52(2):220-227(in Chinese with English abstract).
- Wang J B, Wang, Y W, Wang L J and Uemoto T. 2001. Tin-polymetallic mineralization in the southern part of the Da Hinggan Mountains, China[J]. *Resource Geology*, 51(4): 283-291.
- Wang J B, Wang Y W and Wang L J. 2005. Tin-polymetallic series in the southern part of Da Hinggan Mountains, China[J]. *Geology and Prospecting*, (6):18-23(in Chinese with English abstract).
- Wang Y W, Wang J B and Wang L J. 2006. Characteristics of tin minerals from Dajing tin-polymetallic deposit, Inner Mongolia, China[J]. *Geology and Exploration*, (4):51-56(in Chinese with English abstract).
- Wu G B. 2014. Research of silver mineralization in central-southern segment of the Great Xing'an Range—A case study of the Shuangjianzishan silver deposit, Inner Mongolia(thesis for Ph.D)[D]. Directors: Liu J M and Zeng Q D. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z Q. 2018. Geological and geochemical characteristics and metallogenetic mechanism of the Shuangjianzishan Ag-polymetallic deposit, Inner Mongolia(thesis for Ph.D)[D]. Directors: Liu J J and Zhu X Y. Beijing: China University of Geosciences (in Chinese with English abstract).
- Zhao Y M, Wang D W, Zhang D Q, Fu X Z, Bao X P and Ai Y F. 1994. Ore-controlling factors and ore-prospecting models for copper-polymetallic deposits in southeastern Inner Mongolia[M]. Beijing: Seismological Publishing House. 234p(in Chinese).

附中文参考文献

- 匡永生, 郑广瑞, 卢民杰, 刘艳林, 张少杰, 李洋, 程文景. 2014. 内蒙古赤峰市双尖子山银多金属矿床的基本特征[J]. *矿床地质*, 33(4):847-856.
- 李正勤. 1991. 湖南几个大型银矿床的分配和矿物学特征[J]. *矿物学报*, 11(2): 148-154.
- 王春女, 王全明, 于晓飞, 韩振哲. 2016. 大兴安岭南段锡矿成矿特征及找矿前景[J]. *地质与勘探*, 52(2):220-227.
- 王京彬, 王玉往, 王莉娟. 2005. 大兴安岭南段锡多金属成矿系列[J]. *地质与勘探*, (6):18-23.
- 王玉往, 王京彬, 王莉娟. 2006. 内蒙古大井锡多金属矿床锡矿物特征[J]. *地质与勘探*, (4):51-56.
- 吴冠斌. 2014. 大兴安岭中南段银成矿作用研究——以双尖子山银多金属矿床为例(博士论文)[D]. 导师:刘建明, 曾庆栋. 北京:中国科学院地质与地球物理研究所. 112p.
- 张志强. 2018. 内蒙古双尖子山银多金属矿床地质地球化学特征与成矿机制(博士论文)[D]. 导师:刘家军, 祝新友. 北京:中国地质大学.
- 赵一鸣, 张德全, 鲍修坡. 1994. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模型[M]. 北京:地震出版社. 1-234.