

# 内蒙古阿贵庙地区地质构造演化与成矿响应探讨

陈喜峰<sup>1</sup> 彭润民<sup>2</sup> 曾普胜<sup>1</sup>

(1. 中国冶金地质总局矿产资源研究院, 北京 100025; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

**摘要:**阿贵庙地区位于狼山造山带的西段, 同狼山成矿带东段的东升庙、炭窑口、霍各乞等大型-超大型铜铅锌多金属矿区具有相似的成矿地质背景和其他有利的成矿地质条件。笔者在分析区域构造地质背景的基础上, 重点研究了阿贵庙地区的地质构造演化过程与成矿作用。研究表明: 阿贵庙地区经历了古太古代基底岩石建造的形成、太古宙晚期-古元古代早期结晶基底形成和变质与变形、中元古代陆缘裂解与接受沉积-成矿、新元古代末裂陷槽闭合、晚古生代(海西期)-中生代(印支期)以来的挤压造山变形、大量岩浆上侵、地壳增生与变形的多个构造演化阶段。在不同的构造演化阶段形成不同类型的矿床: 新太古代主要形成海底火山热水沉积条带状铁矿、在中元古代主要形成了与被动陆缘裂解过程相关的热液沉积硫化物矿床、晚古生代则形成与次火山岩浆热液成矿作用相关的斑岩型铜金矿床以及其他与火山岩有关的多个铜矿点。

**关键词:**地质构造演化; 成矿响应; 阿贵庙; 内蒙古

**中图分类号:** P611      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2011)05-1201-11

阿贵庙地区位于中国北方重要的狼山 Zn-Pb-Cu-Fe 多金属成矿带的西段, 与狼山成矿带东段的东升庙、炭窑口、霍各乞等大型-超大型铜铅锌多金属矿区具有相似的成矿地质背景和其他有利的成矿地质条件, 且在该区已发现叠布斯格、千德曼等多个中、小型铜铅锌铁矿(化)点, 具有较好的成矿前景。但长期以来, 受地形陡峭、自然地理与交通条件差等因素的影响, 该区的基础地质研究程度低, 其地质构造演化与成矿方面的研究较少。因此, 笔者拟根据近年来在阿贵庙地区参加“十一五”国家科技支撑计划重大项目课题的研究, 对该地区的地质构造演化与成矿响应进行探讨, 为今后在该区开展的基础地质研究工作提供有用信息和依据。

## 1 区域构造地质背景

阿贵庙地区大地构造上位于华北克拉通北缘狼山造山带的西段(图 1)。狼山造山带大致经历了太古宙结晶基底形成→中元古代被动陆缘裂解→喷流

沉积成矿→闭合及古生代以来的岩浆侵入、叠加改造的漫长演化过程<sup>[1]</sup>。在上述构造演化过程中, 发生了多期成矿作用, 在狼山造山带的中东段形成了著名的东升庙、炭窑口、对门山、霍各乞等大型-超大型铜铅锌多金属矿床及欧布拉格、叠布斯格、千德曼等多个中、小型铜铅锌铁矿(化)点(图 2), 显示出较大的成矿潜力。

自元古宙以来, 狼山造山带经历了多次构造变动, 岩浆侵入和喷出活动频繁, 从元古宙到燕山期都有岩浆侵入与喷出活动发生。因此, 区内岩浆岩广泛分布, 岩体规模较大、方向性明显, 总体呈近北东向展布。岩石类型较复杂多样, 从超基性-基性-中酸性-酸性岩浆岩均有出露, 代表性岩石有辉长橄榄岩、辉绿岩、闪长岩、伟晶岩、石英闪长岩、角闪斜长花岗岩、花岗岩类等等。其中, 出露最多的是酸性侵入岩, 以海西期中-酸性花岗岩和闪长岩为主。

狼山造山带从太古宙至古生界经历了漫长、多期次的构造演化过程, 区域构造比较复杂, 区内断裂

收稿日期: 2010-01-26; 改回日期: 2011-05-27

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重大项目课题(2006BAB01A09)资助。

作者简介: 陈喜峰, 男, 1979 年生, 博士, 工程师, 从事矿床学研究; E-mail: chen6100117@126.com。

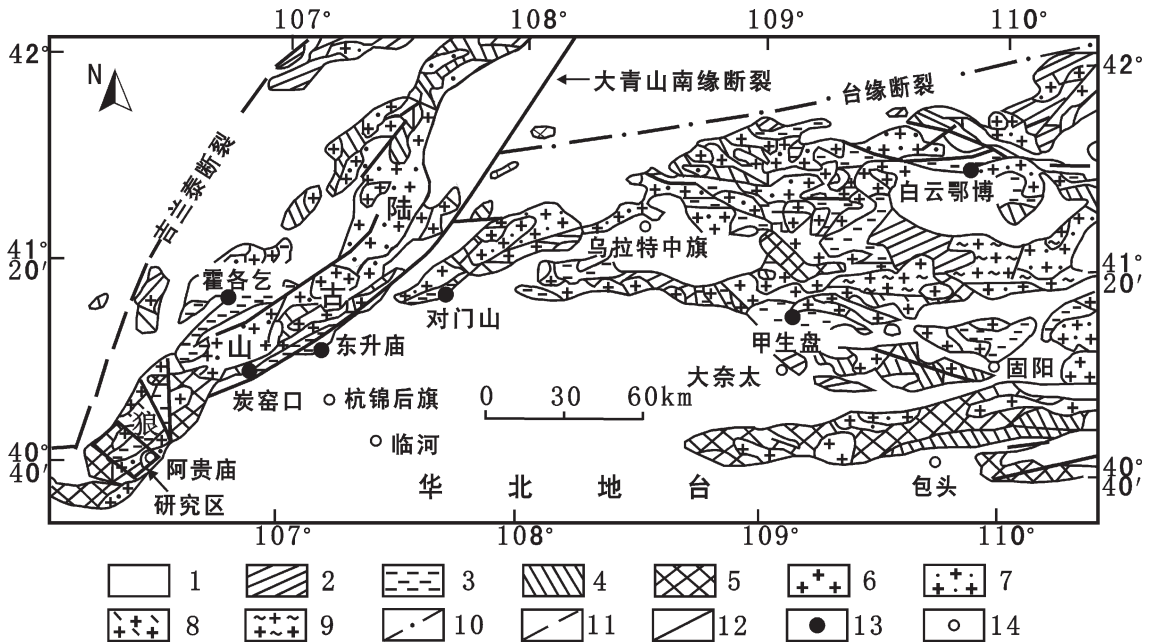


图1 华北陆块北缘西段地质构造略图(据内蒙古1:50万地质图及徐贵忠,1998修编)

1—中生界;2—古生界;3—中元古界;4—古元古界色尔滕群;5—太古宇乌拉山群;6—印支期花岗岩;7—海西期侵入岩;8—加里东期侵入岩;9—元古宙及太古宙侵入岩;10—台缘断裂;11—吉兰泰断裂;12—断裂;13—矿床;14—地名

Fig.1 Geological-tectonic map of the western part of North China Platform

1—Mesozoic-Cenozoic; 2—Paleozoic; 3—Mesoproterozoic; 4—Lower Proterozoic Seerteng Group; 5—Archean Wulashan Group; 6—Indo-Chinese granites; 7—Hercynian intrusion; 8—Caledonian intrusion; 9—Proterozoic-Archean intrusion; 10—Platform Indo-Chinese granites; marginal fault; 11—Jilantai fault; 12—Fault; 13—Ore deposit; 14—Place name

和褶皱广泛发育,具期次多、多样性的特点,而且具有明显的方向性,总体呈近 NE-SW 向延伸。断裂尤以与成矿作用关系密切的狼山北麓深断裂和狼山南侧的太阳庙—翁根深断裂两条区域性深断裂为主,在这两条区域性深大断裂之间形成了南、北两个次级被动陆缘裂陷槽,亦使狼山裂陷槽分割成3个亚带,由北至南依次为:狼山北侧次级裂陷槽、狼山主峰断隆和狼山南侧次级裂陷槽<sup>[4]</sup>,阿贵庙地区构造上位于狼山南侧次级裂陷槽。区域褶皱以狼山复式背斜为主,区域矿产则主要赋存于该背斜的核部。

区域出露的最老地层为变质程度达高角闪岩相的太古宇乌拉山群<sup>[5]</sup>,其次为原岩主要为一套陆源碎屑岩和碳酸盐岩建造、变质程度达绿片岩相的下元古界宝音图群和中元古界渣尔泰山群,另有二叠系、侏罗系、白垩系、古近-新近系和第四系等。其中,太古宇乌拉山群和中元古界渣尔泰山群为区域主要赋矿地层,尤其以中元古界渣尔泰山群为主,几乎狼山成矿带内的所有大型-超大型矿床都赋存在渣尔泰山群中。其地层岩性以变质岩为主,是本区最为重要的含矿岩性,种类较多,主要包括变质砂岩

类、大理岩类、片岩类、千枚岩类、片麻岩类、变粒岩类、斜长角闪岩类和石英岩类。其中,大理岩类、片岩类、千枚岩类和石英岩为主要的容矿岩石<sup>[6-8]</sup>。

## 2 阿贵庙地区地质背景

阿贵庙地区出露的地层以变质岩系为主,总体呈近 NE-SW 向延伸,与区域地层展布方向一致,主要包括太古界乌拉山群、古元古界宝音图群和中元古界渣尔泰山群、白垩系、古近-新近系和第四系等(图3),与狼山地区出露的地层相比缺少二叠系和侏罗系,与东升庙等典型矿区出露地层相比发育古元古界宝意图群;从整体来看,阿贵庙地区同狼山地区、东升庙等典型矿区出露的地层基本一致(表1)。其中,太古宇乌拉山群、中元古界渣尔泰山群为本区主要矿化地层。其岩性也以变质岩为主,组成与狼山地区一致,具有相似的岩石建造。容矿岩性与狼山地区和东升庙等典型矿区一致,以大理岩类、片岩类、千枚岩类和石英岩为主。

阿贵庙地区岩浆岩比较发育,具有规模大、岩石类型多样、延伸具有明显的方向性的特点,呈近

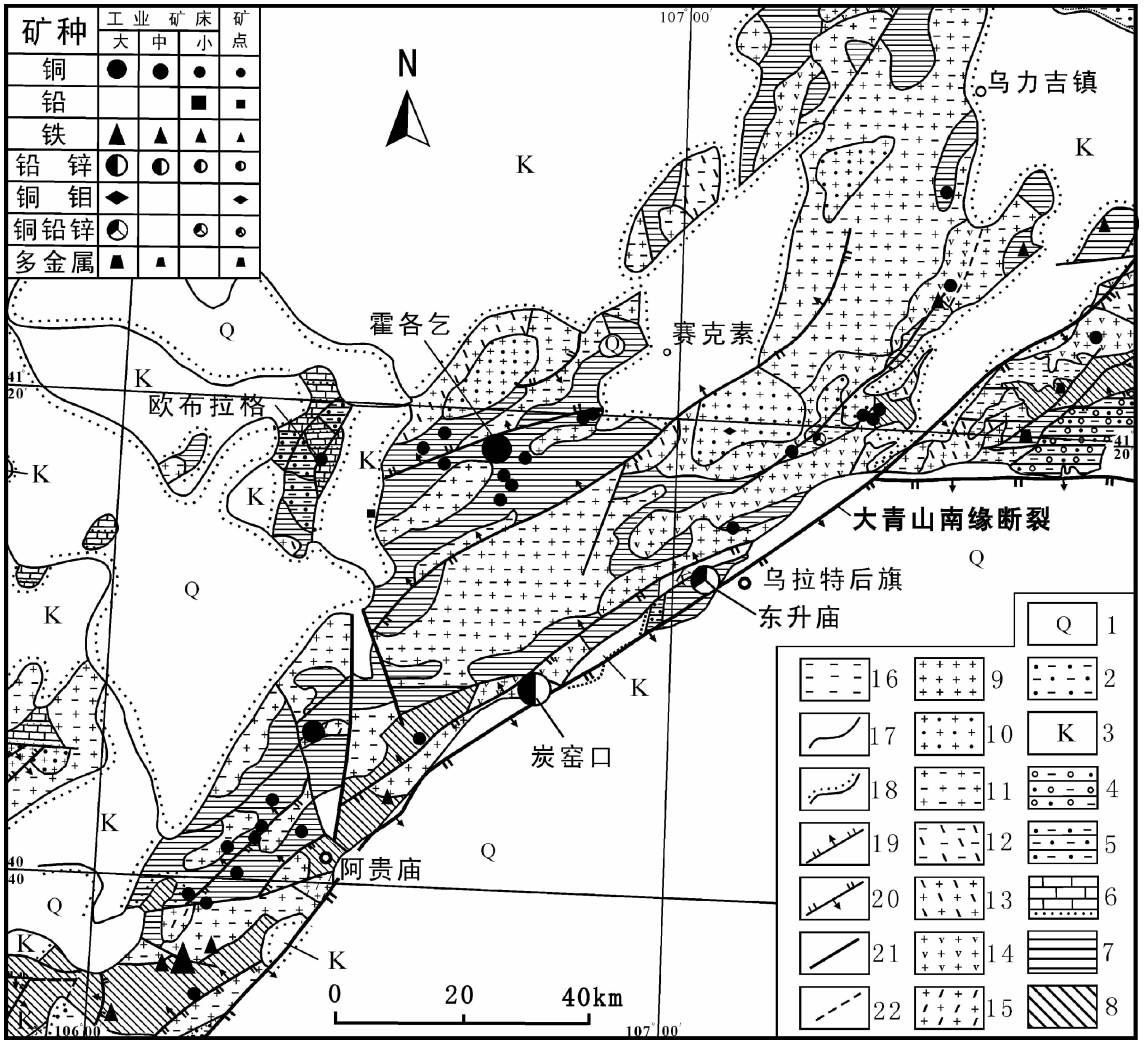


图 2 内蒙古狼山地区地质矿产分布略图(据文献[1]修编)

1—第四系;2—古近—新近系;3—白垩系红色砾岩;4—侏罗系长石石英砂岩、砾岩、含砾粗砂岩;5—二叠系砂砾岩、石英砂岩;6—石炭系炭质页岩、粉砂质页岩、石英粗砂岩;7—狼山群(渣尔泰山群)变质砂岩、大理岩类、片岩类、千枚岩类和石英岩;8—乌拉山群石英岩、变粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩等;9—中生代花岗岩;10—海西期闪长岩、花岗岩;11—海西期辉长岩;12—加里东期花岗岩、闪长岩;13—中元古代角闪岩;14—中元古代辉长岩;15—中元古代闪长岩、花岗岩;16—古元古代花岗岩、闪长岩;17—实测整合岩层界线;18—角度不整合界线;19—逆断层;20—正断层;21—性质不明断层;22—推测性质不明断层

Fig. 2 Sketch geological map showing the distribution of strata, magmatic rocks, faults, ore deposit and ore spots in the Langshan orogenic belt

1—Quaternary; 2—Paleogene—Neogene; 3—Cretaceous red conglomerate; 4—Jurassic feldspar—quartz sandstone, conglomerate and sandstone with gravel; 5—Permian sandy conglomerate and quartz sandstone; 6—Carboniferous carbonaceous shale, silty shale and quartz gritstone; 7—Langshan Group: metamorphic sandstone, marble, schist, phyllite and quartzite; 8—Wulashan Group: quartzite, leptynite, amphibolite and magnetite quartzite; 9—Mesozoic granites; 10—Hercynian diorite and granite; 11—Hercynian gabbro; 12—Caledonian diorite and granites; 13—Mesoproterozoic hornblendite rock; 14—Mesoproterozoic gabbro; 15—Mesoproterozoic diorite and granite; 16—Palaeoproterozoic granodiorites and diorite; 17—Conformity; 18—Angular unconformity; 19—Reverse fault; 20—Normal fault; 21—Unknown fault; 22—Deduced unknown fault

NE-SW 向延伸,与区域岩浆岩展布方向一致。区内侵入岩、喷出岩、基性—中酸性—酸性岩浆岩均有出露,代表性岩石有碎裂花岗岩、角闪黑云石英闪长岩、(石英)闪长岩、角闪辉长岩、辉绿玢岩脉、辉长岩脉、安山岩脉等(图 3)。总体看,以海西期中酸性侵入岩体为主。

区内构造比较发育,以断裂和褶皱为主,尤其是断裂更为发育,可分为区域性深断裂、次级断裂等不同级别,具有明显的方向性,呈近 NE-SW 向延伸,与地层、岩浆岩的延伸方向一致,表明它们之间具有密切的关系。

综上所述,阿贵庙地区同狼山地区、东升庙、炭

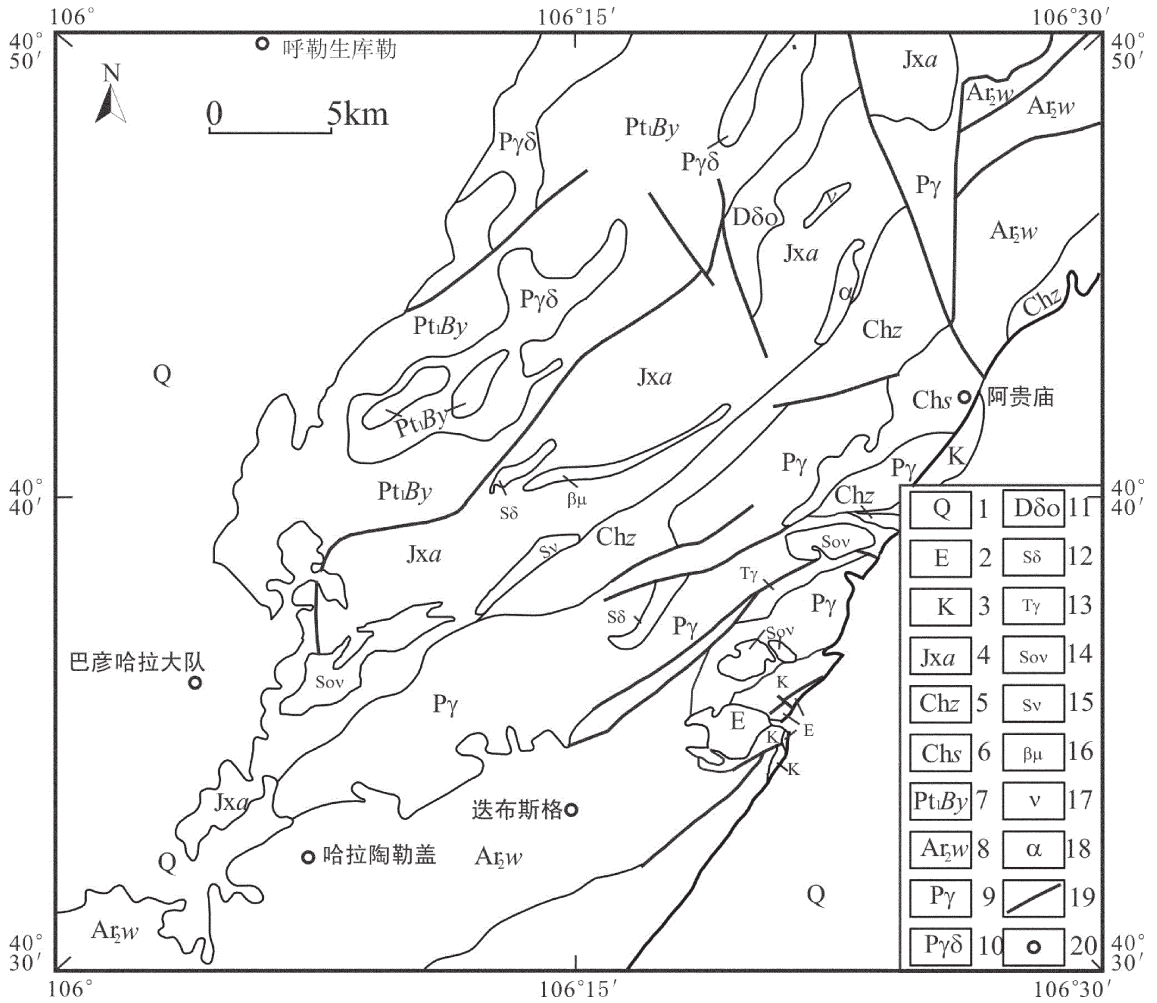


图3 内蒙古阿贵庙一带地质简图(据 1:20 万三道桥幅●和磴口幅●区调资料修编)

1—第四系;2—古近-新近系;3—白垩系;4—中元古界渣尔泰山群阿古鲁沟组;5—中元古界渣尔泰山群增隆昌组;6—中元古界渣尔泰山群书记沟组;7—古元古界宝音图群;8—太古宇乌拉山群;9—二叠纪中细粒碎裂花岗岩;10—二叠纪灰绿色中细粒及不等粒花岗闪长岩;11—泥盆纪灰绿色角闪黑云石英闪长岩;12—志留纪中细粒(石英)闪长岩;13—印支期花岗岩;14—加里东中期角闪辉长岩;15—加里东中期辉长岩;16—辉绿玢岩脉;17—辉长岩脉;18—安山岩脉;19—断层;20—地名

Fig.3 Geological map of Aguiumiao area, Inner Mongolia

1- Quaternary; 2- Paleogene-Neogene; 3- Cretaceous; 4- Agulugou Formation of Mesoproterozoic Zhaertaishan Group; 5- Zenglongchang Formation of Mesoproterozoic Zhaertaishan Group; 6- Shujigou Formation of Mesoproterozoic Zhaertaishan Group; 6- Carboniferous; 7- Lower Proterozoic Baoyintu Group; 8- Archean Wulashan Group; 9- Permian middle-fine fractured granites; 10- Permian grayish green middle-fine granodiorites; 11- Devonian grayish green hornblende biotite quartz diorites; 12- Silurian middle-fine quartz diorites; 13- Indo-Chinese granites; 14- Middle Caledonian hornblendite gabbro rock; 15- Middle Caledonian gabbro rock; 16- Diabase vein; 17- Gabbro vein; 18- Andesite vein; 19- Fault; 20- Place name

窑口、霍各乞等典型矿区具有相似的地层、构造、岩浆岩等地质构造背景和成矿地质条件、处于同一大地构造环境,成矿潜力大。

### 3 区域构造演化

根据已有相关研究成果<sup>[9-20]</sup>,结合对狼山造山带

的岩石建造特征及其含矿性、地质构造特征及其对成矿的控制作用、岩相古地理等的综合分析研究,表明狼山造山带经历了以下构造演化阶段:

(1)基底岩石建造的形成阶段:古太古代,海底大规模的火山熔岩喷发-沉积作用形成了华北克拉通基底的多个小的古陆块<sup>[21]</sup>。目前,关于华北克拉通基

① 内蒙古自治区地质局.三道桥幅 1:20 万区域地质调查报告,1982.

② 宁夏地质局区域地质调查队.磴口幅 1:20 万区域地质调查报告,1980.

表 1 狼山地区、阿贵庙地区和东升庙等典型矿区出露地层及含矿性对比  
Table 1 Correlation of strata and ore potentials in Langshan, Aguimiao and Dongshengmiao typical sulfide deposits

狼山地区		阿贵庙地区		东升庙等典型矿区		含矿性
界	系(群)	界	系(群)	界	系(群)	
新生界	第四系	新生界	第四系	新生界	第四系	不含矿
	古近-新近系		古近-新近系		古近-新近系	
中生界	白垩系	中生界	白垩系	中生界	白垩系	
	侏罗系					
古生界	二叠系					
中元古界	渣尔泰山群	中元古界	渣尔泰山群	中元古界	渣尔泰山群	
古元古界	宝音图群	古元古界	宝音图群			基本不含矿
太古宇	乌拉山群	太古宇	乌拉山群	太古宇	乌拉山群	次要含矿地层

注:系(群)之间的波浪线代表不整合接触关系,系(群)之间的直线代表整合接触关系。

底微陆块组成的划分存在争议,代表性的划分方案有张福勤等<sup>[2]</sup>将华北克拉通基底划分为 15 微陆块,伍家善等<sup>[23]</sup>将华北克拉通基底划分为胶辽陆块、迁怀陆块、晋冀陆块、豫皖陆块和蒙陕陆块 5 个微陆块,翟明国等<sup>[24]</sup>将华北克拉通基底划分为胶辽陆块、迁怀陆块、阜平陆块、许昌陆块、集宁陆块和阿拉善陆块 6 个微陆块,赵国春<sup>[25]</sup>将华北克拉通基底划分为 3 个太古宙微陆块(东部陆块、阴山陆块和鄂尔多斯陆块)和 3 个早元古代活动带(孔兹岩带、华北中部带和胶-辽-吉带)。笔者认为赵国春等以微陆块间是否存在碰撞造山带为依据的划分方案相对比较合理,根据该划分方案,狼山地区地处阴山山脉西段,应归属于阴山陆块,即狼山地区出露的最古老的基底岩石建造太古宙乌拉山群为阴山古陆块的产物。

(2) 结晶基底形成、变质与变形阶段:太古宙晚期-古元古代早期,古陆块增生,五台运动(2500 Ma 左右)使各小古陆块聚集形成华北太古宙克拉通,这一过程也使狼山造山带的乌拉山群发生强烈的变形、变质作用,形成褶皱和各种正负地形。同时,南北向不断加强的挤压应力作用,使华北克拉通北缘形成了以近东西方向为主的线状断裂和褶皱系。

(3) 狼山裂陷槽格架初步形成阶段:古元古代(2500~1800Ma)华北克拉通以伸展构造体制为特点<sup>[27]</sup>。早元古代末,南北向挤压作用减弱,华北克拉通发生裂解作用<sup>[24,29]</sup>,吕梁运动(1800 Ma)使其北缘形成拉张带,地壳发生减薄、沉降作用,形成地堑和地垒等

正负地形。在此伸展构造背景下,狼山地区的老基底经历了抬升冷却,并出露地表,遭受剥蚀,与上覆地层形成不整合接触(表 1),同时,太古宇形成的硅铁沉积(BIF 型)变质铁矿床遭受一定程度的剥蚀。

(4) 狼山裂陷槽裂解、接受沉积阶段:中元古代(1800~1000 Ma),华北克拉通北缘在持续的拉张作用下进入伸展构造体制,发生了强烈的岩浆活动。赵越等<sup>[28]</sup>通过对中元古代沉积地层内的大量辉绿岩岩床的年龄进行分析指出它们的侵位时代为中元古代中期,并通过与全球中元古代基性岩墙群对比和古地磁数据的分析指出华北克拉通在中元古代期间应为哥伦比亚超大陆中 Nena 陆块群的一员,并可能与北美(劳伦)及西伯利亚克拉通相连,即华北克拉通从哥伦比亚超大陆的裂解可能开始于中元古代中期 1.35 Ga 以后,而华北克拉通北缘的大陆边缘从 1.35 Ga 开始发展,此时,华北克拉通北缘进入裂陷槽-陆内裂谷发育阶段,在其北缘西段形成了狼山-渣尔泰山裂陷槽,进而狼山裂陷槽继续发生裂解、沉陷作用,地堑进一步发展形成古裂陷槽,地垒形成古隆起,狼山裂陷槽形成,并伴有海水入侵、不均匀的同生断裂活动、小规模岩浆上侵、海底火山喷发活动<sup>[1]</sup>。这期间形成的区域性深大断裂,即狼山北麓深断裂和狼山南侧的太阳庙-翁根深断裂将狼山裂陷槽进一步划分为南、北两个次级裂陷槽,分割成 3 个亚带:狼山北侧次级裂陷槽(北亚带)、狼山主峰断隆(中带)和狼山南侧次级裂陷槽(南亚带)<sup>[1]</sup>,裂

陷槽内部发育多个次级断陷海盆地。在上述过程中,狼山南北两侧的次级裂陷槽开始接受陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积,形成了在狼山地区广泛分布的中元古界渣尔泰山群,同时,产生了同沉积期的隆升,遭受剥蚀,形成了目前的狼山主峰(图4)。这一过程中发生了大规模的成矿作用,形成了东升庙、炭窑口、霍各乞等大型-超大型多金属硫化物矿床。特别指出的是,沿炭窑口—东升庙北部通过的逆掩断层(大青山南缘断裂)为一条超壳断裂,它形成于太古宙末,之后多期活动,形成伊始为压性-压扭性,至早、中元古代转化为张性,为成矿作用提供了良好的通道,而中生代后转化为压性,从而把“狼山花岗岩”逆掩到中元古代沉积地层之上,形成了对中元古代拗陷及其中矿床的逆掩和保护。

(5)狼山裂陷槽闭合到稳定克拉通阶段:新元古代末,受到北部西伯利亚板块向南俯冲的影响,华北板块北缘逐渐转为活动陆缘,狼山裂陷槽闭合,使中元古代时形成的喷流-沉积矿床得以保护。进入显生宙以来,华北克拉通在相当长的时间内表现为稳定地台性质,全区隆升,但据目前上网研究成果,此次抬升对中元古代时形成的喷流-沉积矿床破坏不大,而缺失寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪的沉积物,至中石炭世才重新沉降,遭受海侵,并发育平行

不整合,从二叠纪开始整体上升转为陆相沉积。

(6)晚古生代(海西期)-中生代(印支期)以来的造山变形阶段:在海西运动期间,受西伯利亚板块继续向南俯冲的影响,华北克拉通北缘地壳受到南北方向的强烈挤压,导致早期形成的渣尔泰山群发生变形、变质,同时,发生了大规模的中酸性岩浆侵入活动,形成了大量海西期花岗岩,使地壳增生、变厚,在岩浆侵入晚期发生了次火山岩浆热液成矿作用,形成了以欧布拉格为代表的斑岩型铜金矿床,同时,对中元古代喷流-沉积矿床产生了叠加成矿作用,形成了独立的黄铜矿体,但叠加成矿的具体时代尚需研究<sup>[1]</sup>。

(7)燕山运动对成矿作用的影响:华北克拉通及其边缘造山带在燕山期爆发式成矿已是不争的事实,形成了华北陆块北缘铁-稀土-铅-锌-银-铜成矿带。燕山与喜山运动以来,华北克拉通北缘进一步受到南北方向的挤压作用,对狼山造山带产生重要影响,使之发生了较强烈的中性岩浆和部分基性岩浆侵入与火山活动,地壳进一步增生变厚,并产生扭动变形,形成近北东方向展布的造山带<sup>[2]</sup>,形成了一系列的山间盆地,但目前还未见到有重要价值的外生沉积矿床。此时期内岩浆侵入与火山活动对成矿的贡献还有待于探索和研究。

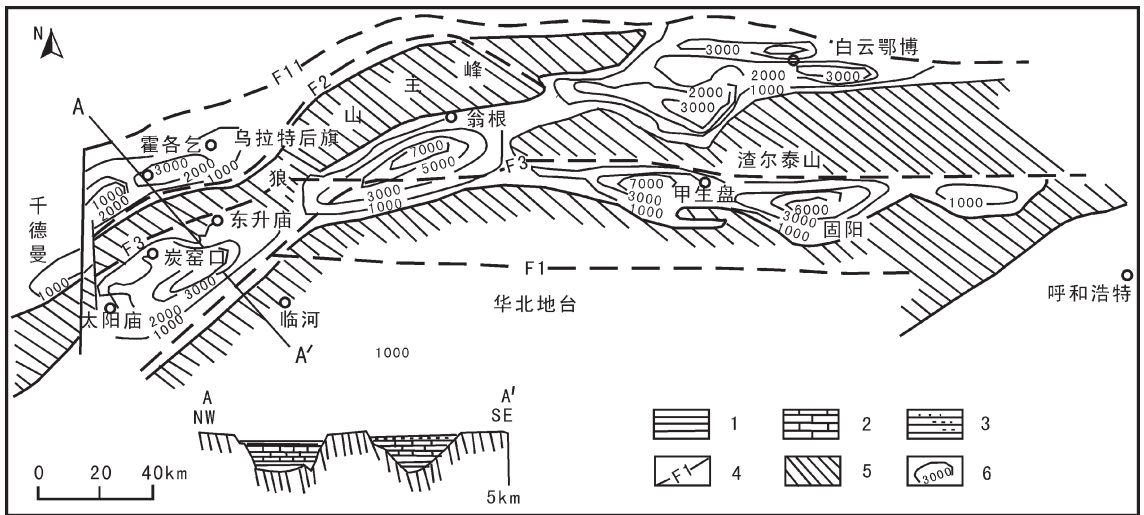


图4 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代沉积构造(据王思源等,1993 修改)

1—泥质岩类;2—碳酸盐岩类;3—砂砾岩类;4—深断裂及编号;5—古陆;6—地层等厚线

Fig.4 Sketch pattern diagram of Mesoproterozoic depositional basins and tectonics in Langshan and Zhaertai Mountains, Inner Mongolia

1- Argillaceous rock; 2-Carbonate rock; 3-Sandy conglomerate rock; 4-Deep fault and its serial number; 5-Old land; 6-Stratigraphic contour

综上所述,狼山造山带经历了早太古代基底岩石建造的形成→太古宙晚期-古元古代早期结晶基底形成、变质与变形→古元古代狼山裂陷槽格架初步形成→中元古代狼山裂陷槽裂解、接受沉积、岩浆上侵、海底火山喷发→新元古代末狼山裂陷槽闭合到稳定克拉通→晚古生代(海西期)-中生代(印支期)以来的挤压造山变形、大量岩浆上侵、狼山造山带地壳进一步增生、形变、近北东方向展布的漫长演化过程。

#### 4 阿贵庙地区构造演化与成矿响应

阿贵庙地区位于狼山造山带的西段,同样经历了漫长的地质构造演化与成矿过程,在不同构造演

化阶段形成了不同的岩石建造和矿床。阿贵庙地区主要经历了以下构造演化与成矿阶段:

(1)太古宙—古元古代结晶基底形成与成矿阶段:早太古代,海底大规模的火山熔岩喷发-沉积作用形成了阿贵庙地区出露最古老的基底岩石建造太古宙乌拉山群,五台运动(2500 Ma 左右)使乌拉山群热水沉积条带状硅铁建造发生强烈的变形、变质和成矿作用,在阿贵庙地区形成了以叠布斯格为代表的硅铁沉积(BIF 型)变质铁矿床,同时,在太古宙乌拉山群的主要异常元素有 Fe、Ni(图 5)。

(2)古元古代末—新元古代狼山裂隙槽裂解、接受喷流沉积-成矿、闭合阶段:

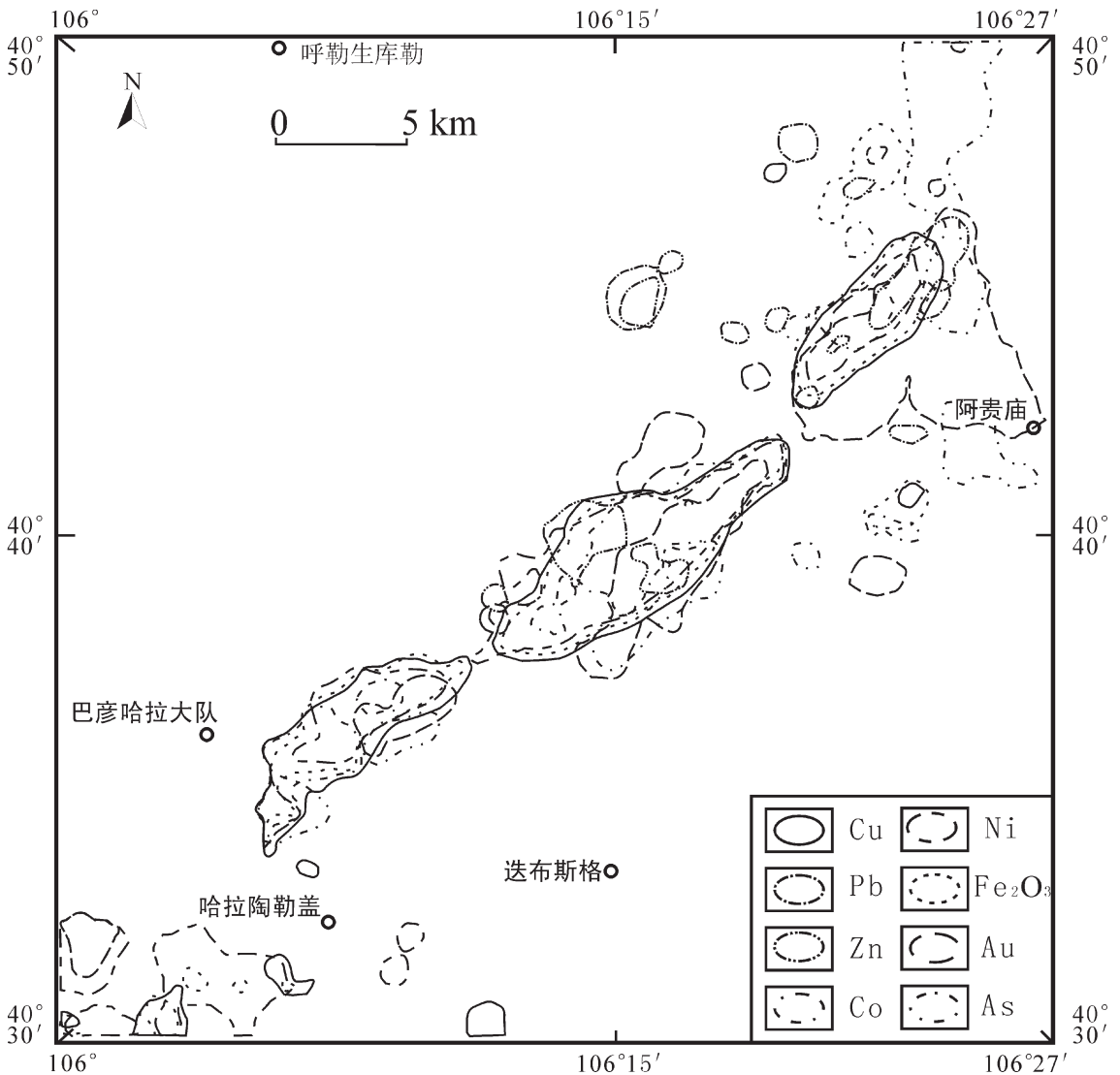


图 5 内蒙古阿贵庙一带主要成矿元素综合地球化学异常分布图

Fig.5 Comprehensive geochemical anomaly map of major ore-forming elements of Aguiyao area, Inner Mongolia

①古元古代末,受华北克拉通伸展-裂解作用的影响,阿贵庙地区抬升,遭受剥蚀,形成太古宇与下元古界之间的不整合接触(表1),同时,对太古宙硅铁沉积(BIF型)变质磁铁矿床产生一定的剥蚀破坏作用。与此同时,在华北克拉通北缘西段狼山裂陷槽格架初步形成,在裂陷槽内形成了多个次级凹陷,接受沉积,在阿贵庙地区形成古元古界宝音图群,但该阶段没有发生明显的喷流-沉积成矿作用。

②中元古代(1800~1000 Ma),持续的拉张作用,使狼山裂陷在太古宙末-古元古代形成的格架的基础上继续发生裂解、沉陷作用,形成狼山裂陷槽,开始接受陆源碎屑岩和碳酸盐岩沉积,形成了中元古界渣尔泰山群。渣尔泰山群可划分为书记沟组、增隆昌组、阿古鲁沟组和刘鸿湾组4个岩组,其中,在阿古鲁沟组沉积过程中伴有同生断裂活动、小规模的岩浆上侵、海底火山喷发活动,同时还发生了强烈热水喷流-沉积成矿作用,在狼山造山带的中-东段形成了著名的东升庙、炭窑口、霍各乞等大型-超大型多金属硫化物矿床,而狼山造山带西段的阿贵庙地区由于以往地质工作程度低,还未发现类似东升庙矿床的矿床。但近年来,通过开展地质矿产勘查工作,在阿贵庙地区的渣尔泰山群地层中发现了具有较好成矿前景的Cu、Pb、Zn、Fe异常,证实阿贵庙中元古界渣尔泰山群具有形成类似东升庙矿床等典型热水沉积矿床的较大的成矿潜力(图5)。

③新元古代时期,受到北部西伯利亚板块向南俯冲的影响,华北板块北缘逐渐转为活动陆缘,狼山裂陷槽闭合,阿贵庙地区没有发生明显的喷流-沉积成矿作用。

(3)古生代以来的造山作用与成矿阶段:进入显生宙以来,阿贵庙地区在相当长的时间内表现为稳定地台性质,全区隆升,缺少古生界的沉积物,直到白垩纪才重新沉降,并发育平行不整合。同时,进入晚古生代(海西期),由于华北克拉通北缘进一步受到挤压,阿贵庙地区发生了大规模的中酸性岩浆侵入活动与明显的岩浆热液成矿作用,对早期形成的中元古代喷流-沉积型矿床产生了改造与叠加<sup>[12]</sup>。此外,在造山过程晚期还发生了次火山岩浆热液成矿作用,在阿贵庙地区形成了以扣克陶勒盖、阿尔其图等为代表的斑岩型铜金矿床及其他与火山岩有关的多个铜矿点及相应的Cu地球化学异常(图2,图5)。

## 5 结 论

阿贵庙位于狼山造山带的西段,经历了古太古代基底岩石建造的形成、太古宙晚期-古元古代早期结晶基底形成和变质与变形、中元古代陆缘槽裂解与接受沉积-成矿、新元古代末裂陷槽闭合、晚古生代(海西期)-中生代(印支期)以来的挤压造山变形、大量岩浆上侵、地壳增生与形变等多个构造演化阶段。在不同构造演化阶段,阿贵庙地区有不同的地质作用过程,并形成了相应的矿产,其主要的构造演化与成矿阶段如下:

(1)在新太古代,主要形成了新太古界乌拉山群海底火山喷发-硅铁沉积建造,经过后期变质改造,在局部地段形成了以叠布斯格为代表的变质(BIF型)磁铁矿床。

(2)中元古代,受拉张作用的影响,裂陷槽裂解、沉陷、形成次级断陷盆地、接受喷流沉积-成矿,并伴有与成矿作用关系密切的同生断裂活动和火山喷发活动,目前在阿贵庙地区还未见有类似东升庙、炭窑口、霍各乞等典型热水沉积矿床,但根据其地质构造演化特征,结合区域成矿规律和近年来的研究工作发现具有很好成矿前景的Cu、Pb、Zn、Fe异常,证实该地区热水喷流-沉积成矿潜力大,值得开展进一步的勘查找矿研究。

(3)晚古生代,西伯利亚板块继续向南俯冲,华北克拉通北缘进一步受到挤压,造山作用增强,阿贵庙地区发生了大规模的中酸性岩浆侵入活动与岩浆热液成矿作用<sup>[29-30]</sup>。在造山过程晚期还发生了次火山岩浆热液成矿作用,形成了以扣克陶勒盖、阿尔其图等为代表的斑岩型铜金矿床及其他与火山岩有关的多个铜矿点。该区的次火山岩浆热液成矿作用对铜矿成矿有重要贡献,值得探索研究。

**致谢:**对审稿专家和编辑部的工作和宝贵建议表示诚挚的感谢。

### 参考文献(References):

- [1] 彭润民,翟裕生,韩雪峰,等. 内蒙古狼山造山带构造演化与成矿响应[J]. 岩石学报, 2007, 23(3): 679-688.  
Peng Runmin, Zhai Yusheng, Han Xuefeng, et al. Mineralization response to the structural evolution in the Langshan orogenic belt, Inner Mongolia [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(3): 679-688 (in Chinese with English abstract).
- [2] 徐贵忠,边千韬,周小平. 华北板块西北缘元古宙大型-超大型矿



- 床形成的地质构造条件[J]. 中国科学(D), 1998, 28, (增刊):78-84.
- Xu Guizhong, Bian Qiantao, Zhou Shaoping. Ore-forming geological-tectonic conditions of Proterozoic large-superlarge deposits in the western part of Northern margin of North China Platform [J]. Science in China (Series D), 1998, 28, (supp.):78-84 (in Chinese).
- [3] 肖荣阁, 彭润民, 王美娟, 等. 华北地台北缘西段主要成矿系统分析[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(4):362-368.
- Xiao Rongge, Peng Runmin, Wang Meijuan, et al. Analysis of major metallogenic systems in western section, northern margin of North China Platform [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25 (4):362-368 (in Chinese with English abstract).
- [4] 曹秀兰. 华北陆块北缘西段中元古代与裂谷作用有关的铁稀土、多金属矿床特征及成因 [J]. 前寒武纪研究进展, 2002, 25(3/4):246-255.
- Cao Xiulan. The characteristics and origin of iron REE polymetal deposits related to rift system of middle Proterozoic in the western part of Northern margin of North China block [J]. Progress in Precambrian Research, 2002, 25 (3/4):246-255 (in Chinese with English abstract).
- [5] 彭润民, 翟裕生. 内蒙古狼山-渣尔泰山中元古代被动陆缘热水喷流成矿特征[J]. 地学前缘, 2004, 11(1):257-268.
- Peng Runmin, Zhai Yusheng. The characteristics of hydrothermal exhalative mineralization of the Langshan-Zhaertai belt, Inner Mongolia, China [J]. Earth Science Frontier, 2004, 11(1):257-268 (in Chinese with English abstract).
- [6] 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), 2004, 34(12):1135-1144.
- Peng Runmin, Zhai Yusheng, Wang Zhigang, et al. Discovery of double-peaking potassic volcanic rocks in Langshan Group of the Tanyaokou hydrothermal-sedimentary deposit, Inner Mongolia and its indicating significance[J]. Science in China(SeriesD), 2004, 34(12) 1135-1144(in Chinese).
- [7] 夏学惠. 华北地台北缘多金属硫铁矿床地质及其成矿远景区划 [J]. 化工矿产地质 2003, 25(3):129-144.
- Xia Xuehui. Geology of the polymetallic pyrite deposits along the northern margin of North China Platform with a focus on regional division of prospective areas [J]. Geology of Chemical Minerals, 2003, 25(3):129-144(in Chinese with English abstract).
- [8] 朱笑青, 张乾, 何玉良. 地史早期岩石中的铅锌演化——狼山-渣尔泰山中元古代铅锌成矿的物质基础[J]. 矿物学报, 2005, 25(4):325-333.
- Zhu Xiaoqing, Zhang Qian, He Yuliang. The evolutions of Lead and Zinc in the rocks of the early earth's history ore forming material source of the Proterozoic sedex type Pb-Zn deposits from the Langshan-Zhaertaishan district in Inner Mongolia, China [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2005, 25 (4):325-333 (in Chinese with English abstract).
- [9] 胡晓, 许传诗, 牛树银. 华北地台北缘早古生代大陆边缘构造演化[M]. 北京:北京大学出版社, 1990:1-215.
- Hu Xiao, Xu Chuanshi, Niu Shuyin. Evolution of the Early Paleozoic Continental Margin in Northern Margin of the North China Platform[M]. Beijing:Peking University Press, 1990:1-215(in Chinese with English abstract).
- [10] 邵济安, 牟保磊, 何国琦. 华北北部在古亚州域与古太平洋域构造叠加过程中的地质作用[J]. 中国科学(D), 1997, 27(5):390-394.
- Shao Ji'an, Mu Baolei, He Guoqi. Deep geological process and its shallow response during Mesozoic transfer of tectonic frameworks in eastern North China[J]. Science in China(Series D), 1997, 27(5):390-394.
- [11] 翟裕生, 邓军, 汤中立. 古陆边缘成矿系统[M]. 北京:地质出版社, 2002:1-384.
- Zhai Yusheng, Deng Jun, Tang Zhongli. Tectonic Evolution and Metallogenic Systems in Paleontinental Margins [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002:1-384 (in Chinese with English abstract).
- [12] 彭润民, 翟裕生, 韩雪峰, 等. 内蒙古狼山-渣尔泰山中元古代被动陆缘裂陷槽裂解过程中火山活动及其示踪意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(5):1007-1017.
- Peng Runmin, Zhai Yusheng, Han Xuefeng, et al. Synsedimentary volcanic activities in the cracking process of the Mesoproterozoic aulacogen of passive continental margin in Langshan-Zhaertaishan area, Inner Mongolia, and its indicating significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (5):1007-1017 (in Chinese with English abstract).
- [13] 洪作民. 华北地台北缘中晚元古代地壳运动 [J]. 化工矿产地质, 1994, (3):145-153.
- Hong Zuoming. Crustal movements and structures on the northern margin of North China Platform in the middle to Late Proterozoic period[J]. Geology of Chemical Minerals, 1994, (3):145-153.
- [14] 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统[C]//北京大学地质系. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京:地震出版社, 1998:769-778.
- Zhai Yusheng. Tectonic evolution and metallogenic systems in paleontinental margins [C]//Symposium on International Geological Sciences Congress in Peking University. Beijing: Seismological Press, 1998:769-778(in Chinese).
- [15] 王魁元, 赵彦明, 曹秀兰. 华北陆台北缘元古宙典型铅锌矿地质 [M]. 北京:地质出版社, 1994:1-12,115-164.
- Wang Kuiyuan, Zhao Yanming, Cao Xiulan. Geology of Proterozoic Typical Pb-Zn Ore Deposits in the Northern Margins of the North China Platform [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1994:1-12,115-164 (in Chinese).
- [16] 李江海, 钱祥麟, 黄雄南, 等. 华北陆块基底构造格局及早期大陆克拉通化过程[J]. 岩石学报, 2000, 16(1):1-10.
- Li Jianghai, Qian Xianglin, Huang Xiongnan, et al. Tectonic

- framework of North China block and its cratonization in the early Precambrian [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2000, 16 (1): 1-10 (in Chinese with English abstract).
- [17] 祁进平, 陈衍景, 李强之. 华北克拉通北缘浅成低温热液矿时空分布和构造环境[J]. *矿物岩石*, 2004, 24(3): 82-92.  
Qi Jinping, Chen Yanjing, Li Qiangzhi. The epithermal deposits in the northern margin of North China craton: spatio-temporal distribution and tectonic setting [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2004, 24(3): 82-92 (in Chinese with English abstract).
- [18] 金章东, 李英. 华北地台北缘西段铜多金属矿床的热液成因[J]. *西北地质科学*, 1997, 18(2): 54-62.  
Jin Zhangdong, Li Ying. Origin of hydrothermal sedimentary copper-polymetallic ore deposits in the Langshan district, Inner Mongolia [J]. *Northwest Geoscience*, 1997, 18(2): 54-62 (in Chinese with English abstract).
- [19] 刘正宏, 刘雅琴, 冯本智. 华北板块北缘中元古代造山带的确立及其构造演化[J]. *长春科技大学学报*, 2000, 30(2): 110-114.  
Liu Zhenghong, Liu Yaqin, Feng Benzhi. The establishment and tectonic evolution of Proterozoic orogenic belt in the North margin of North China Plate [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2000, 30 (2): 110-114 (in Chinese with English abstract).
- [20] 徐备, 陈斌. 内蒙古北部华北板块与西伯利亚板块之间中生代造山带的结构和演化[J]. *中国科学(D 辑)*, 1997, 27(3): 227-232.  
Xu Bei, Chen Bin. Framework and evolution of the middle Paleozoic orogenic belt between Siberian and North China Plates in northern, Inner Mongolia [J]. *Science in China (Series D)*, 1997, 27 (3): 227-232.
- [21] 刘敦一, 万渝生, 伍家善, 等. 华北克拉通太古宙地壳演化和最古老的岩石[J]. *地质通报*, 2007, 26(9): 1131-1138.  
Liu Dunyi, Wan Yusheng, Wu Jiashan. Archean crustal evolution and the oldest rocks in the North China craton [J]. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26 (9): 1131-1138 (in Chinese with English abstract).
- [22] 张福勤, 刘建忠, 欧阳自远. 华北克拉通基底绿岩的岩石大地构造研究[J]. *地球物理学报*, 1998, 41: 99-107.  
Zhang Fuqin, Liu Jianzhong, Ouyang Ziyuan. Tectonic framework of greenstones in the basement of the North China craton [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 1998, 41: 99-107 (in Chinese with English abstract).
- [23] 伍家善, 耿元生, 沈其韩, 等. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1998.  
Wu Jiashan, Geng Yuansheng, Shen Qihan, et al. Archean Geological Characteristics and Tectonic Evolution of China-Korea Pale-continent [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998 (in Chinese).
- [24] 翟明国, 卞爱国. 华北克拉通新太古代末超大陆拼合及古元古代末—中元古代裂解[J]. *中国科学(D)*, 2000, 30(增刊): 129-137.  
Zhai Mingguo, Bian Aiguo. The amalgamation of the supercontinent of North China Craton at the end of Neo-Archean and its breakup during late Palaeoproterozoic and Mesoproterozoic [J]. *Science in China (Series D)*, 2000, 30 (Supp.): 129-137.
- [25] 赵国春. 华北克拉通基底主要构造单元变质作用演化及其若干问题讨论[J]. *岩石学报*, 2009, 25(8): 1772-1792.  
Zhao Guochun. Metamorphic evolution of major tectonic units in the basement of the North China Craton: Key issues and discussion [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2009, 25 (8): 1772-1792 (in Chinese with English abstract).
- [26] 赵国春, 孙敏. 华北克拉通基底构造单元特征及早元古代拼合[J]. *中国科学(D)*, 2002, 32(7): 538-549.  
Zhao Guochun, Sun Min. Major tectonic units of the North China Craton and their Paleoproterozoic assembly [J]. *Science in China (Series D)*, 2002, 32(7): 538-549 (in Chinese).
- [27] 李江海, 钱祥麟, 侯贵廷. “吕梁运动”新认识[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2000, 25(1): 15-20.  
Li Jianghai, Qian Xianglin, Hou Guiting. Late Palaeoproterozoic to early Mesoproterozoic tectonic framework and major tectono-thermal episodes of North China: new interpretation of “lüliang orogeny” [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2000, 25(1): 15-20 (in Chinese with English abstract).
- [28] 赵越, 陈斌, 张拴宏, 等. 华北克拉通北缘及邻区前燕山期主要地质事件[J]. *中国地质*, 2010, 37(04): 900-915.  
Zhao Yue, Chen Bin, Zhang Shuanhong, et al. Pre-Yanshanian geological events in the northern margin of the North China Craton and its adjacent areas [J]. *Geology in China*, 2010, 37(04): 900-915 (in Chinese with English abstract).
- [29] 刘燊, 胡瑞忠, 冯光英, 等. 华北克拉通中生代以来基性岩墙群的分布及研究意义[J]. *地质通报*, 2010, 29(0203): 259-267.  
Liu Shen, Hu Ruizhong, Feng Guangying. Distribution and significance of the mafic dyke swarms since Mesozoic in North China Craton [J]. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(0203): 259-267 (in Chinese with English abstract).
- [30] 张允平, 李景春. 华北及其以北地区晚中生代—早中生代构造格架主体特点[J]. *中国地质*, 2010, 37(04): 916-930.  
Zhang Yunping, Li Jingchun. Tectonic framework and main characteristics of North China and its northward areas in Late Paleozoic—Early Mesozoic period [J]. *Geology in China*, 2010, 37 (4): 916-930 (in Chinese with English abstract).

## Metallogenic response to geological structural evolution in Aguimiao area, Inner Mongolia

CHEN Xi-feng<sup>1</sup>, PENG Run-min<sup>2</sup>, ZENG Pu-sheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Located in the western part of the Langshan orogenic belt, Aguimiao area is similar to the Dongshengmiao, Tanyaokou and Huogeqi large-superlarge Cu-Pb-Zn-Fe sulfide deposits in ore-forming structural geological setting and conditions. Based on an analysis of the geological setting of Langshan area and Aguimiao area, the authors studied the process of geological structural evolution and mineralization. Aguimiao area has experienced a long geological structural evolution and development process, which includes the following stages: ① the basement rock formation was formed in Neoproterozoic; ② the crystalline basement was formed, deformed and metamorphosed in Upper Archean and Lower Proterozoic; ③ the passive continental margin aulacogen was broken up, received sediments and experienced mineralization in Proterozoic; ④ the passive continental margin aulacogen was closed in late Neo-Proterozoic; ⑤ the development of compression and orogeny with considerable intrusion of acid-intermediate magma and the deformation occurred from Hercynian to Mesozoic. The different types of ore deposits were formed in different stages of geological structural evolution in Aguimiao area: ① the hydrothermal sedimentary banded-iron formation (BIF) deposits were formed in submarine volcanic environment in Neoproterozoic; ② the hydrothermal sedimentary sulfide deposits related to the Langshan passive continental margin aulacogen were formed in Mesoproterozoic; ③ the middle-small sized porphyry copper-gold deposits were formed by the magmatic-hydrothermal activities, related to the process of compression and orogeny from Hercynian to Mesozoic.

**Key words:** geological structural evolution; metallogenic response; Aguimiao; Inner Mongolia

---

**About the first author:** CHEN Xi-feng, male, born in 1979, engineer, engages in the study of mineral deposits; E-mail: chen6100117@126.com.