

小兴安岭地区与加里东期 花岗岩类有关的矿床成矿系列

韩振新 郝正平 侯 敏

(黑龙江省地质矿产科学研究所, 哈尔滨)

提 要: 加里东期花岗岩类岩浆活动及与其有关的成矿作用, 在小兴安岭地区形成了一批铁、铜、锌、铅、锡、钼和钨等矽卡岩型和热液型的矿床。这些成因上紧密相关的矿床形成时间相近。不过, 在不同的岩浆活动阶段和不同的地质环境中形成的矿床, 其矿化特征又有明显的差别, 而且, 矿种和矿化类型在空间的分布上, 呈现有规律的分带现象。本文着眼于研究上述的矿床所处的地质背景、成矿条件和成矿作用, 用成矿系列的观点, 对矿床进行成矿亚系列和矿床式的划分。并研究了区域矿化分带和重要矿区的矿化分带及其成因问题。

主题词: 矿床成矿系列 矿化分带 加里东期 小兴安岭

小兴安岭-张广才岭铁、多金属成矿带北段的金属矿床一直被认为主要是华力西晚期岩浆活动的产物, 少部分为燕山期岩浆活动的产物。近年来通过较精确的同位素测年资料, 原先被划为华力西晚期的侵入岩现在被重新确定为加里东中期或印支期^①, 相应地, 这一地区的东南段金属矿产除少部分矿床形成于印支期和燕山期外, 大部分矿床都是加里东中期成矿。形成的矿床各具特色, 并作规律性的分布。

1 区域地质特征

研究区位于黑龙江省东部依(兰)-舒(兰)深断裂以北的伊春-延寿地槽褶皱系中的五星-关松镇中间隆起带内。

区内最老地层为元古界, 主要由片岩、变粒岩和大理岩等组成。寒武系在区内分布广泛而零星, 是一套以碳酸盐岩、砂板岩为主的浅海相沉积, 自下而上分别为: ① 老道庙沟组: 结晶灰岩和砂板岩; ② 铅山组: 主要为白云岩、白云质大理岩、条带状大理岩、泥质灰岩夹碳质板岩; ③ 五星镇组: 主要由碳质板岩和大理岩组成。上述地层中铅山组是主要的赋矿地层。奥陶系下统以中、酸性火山岩为主, 上统以板岩和砂砾岩为主; 二叠系主要为砂板岩夹灰岩; 三叠系, 侏罗系和白垩系以中酸性火山岩为主, 夹少量碎屑沉积岩。

加里东期岩浆活动共分三期。第一次侵入形成混染花岗岩(小西林混染花岗岩, 4.51 亿年)^②、闪长玢岩和花岗斑岩; 第二次侵入形成花岗闪长岩和英云闪长岩(圣浪-鸡岭花岗闪长

韩振新, 男, 53 岁, 高级工程师, 长期从事地质找矿、区调及科研工作。邮政编码: 150036
1994-1-24 收稿, 1994-7-10 修改回

① 黑龙江省地质矿产局, 1989, 黑龙江省区域地质志, 46~47 (送审稿)

② 荣慧敏, 1991, 黑龙江省岩石同位素年龄汇编, 121~131 (送审稿)

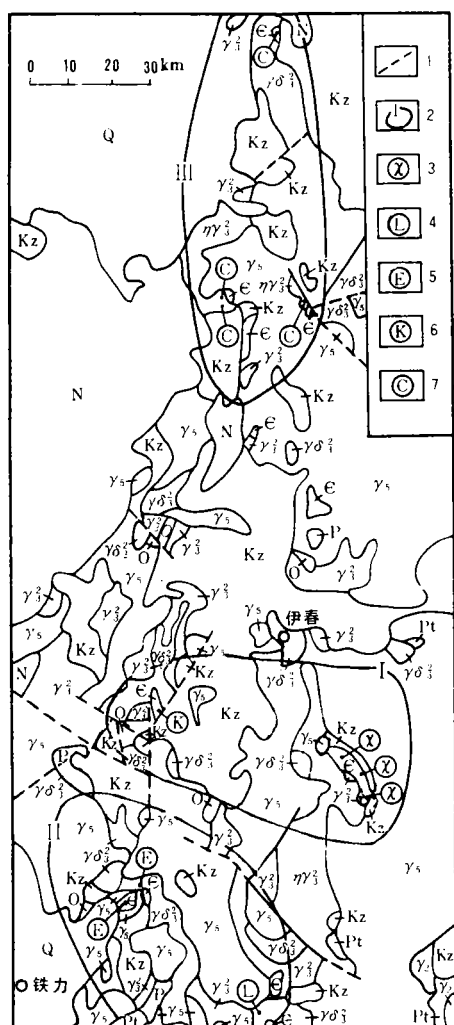


图 1 小兴安岭地区与加里东期花岗岩类有关的矿床成矿系列略图

Q—第四系；N—第三系；Kz—中生界；P—二叠系；O—奥陶系；E—寒武系；Pt—元古界；Ys—燕山期和印支期侵入岩；Y₃—加里东中期第三次侵入二长花岗岩类；Y₂—加里东中期第二次侵入花岗岩类；Y₁—加里东中期第一次侵入混染花岗岩类；Y₀—元古代花岗岩类；1—断裂；2—成矿亚系列编号及分布范围；3—小西林式；4—朗乡南沟式；5—二股东山式；6—昆仑气式；7—翠宏山式。

Fig. 1. Geological sketch map showing metallogenic series of ore deposits related to Caledonian granitoids in Xiaohingganling region.

Q—Quaternary; N—Tertiary; Kz—Mesozoic; P—Permian; O—Ordovician; E—Cambrian; Pt—Proterozoic; Ys—Yanshanian and Indosinian intrusives; Y₃—3rd stage adamellites of Middle Caledonian; Y₂—2nd stage granodiorites of Middle Caledonian; Y₁—1st stage hybrid granitoids of Middle Caledonian; Y₀—Proterozoic granitoids; 1—Fault; 2—Serial number and distribution of metallogenic subseries; 3—Xiaoxilin Style; 4—Langxiangnangou style; 5—Ergudongshan style; 6—Kunlunqi style; 7—Cuihongshan style.

岩，4.45 亿年)^①；第三次侵入形成二长花岗岩和钾长花岗岩等（红旗林场二长花岗岩，4.07 亿年)^①，它们呈大小不等的岩基或岩株状产出，与寒武系和奥陶系等地层呈明显侵入接触关系，常使围岩产生角岩化、矽卡岩化和硅化等，并在岩体边部形成较宽的混染带。此外，区内还有元古代片麻状花岗岩，印支期—燕山期的中—酸性侵入岩分布。

本区为小兴安岭—松嫩和老爷岭两个古陆之间的拼接活动带，地质构造错综复杂。主要构造线方向近南北，表现为线状紧密褶皱，为中加里东运动产物。南北、东西和北西向断层纵横交错，具多期活动和继承性活动的特点。

研究区所在的伊春—延寿地槽褶皱区基底目前已知为元古界东风山群及一面坡群。在中奥陶世由于硅铝壳基底的分裂扩张形成南北向海槽，堆积了大量陆源碎屑及火山物质。当海槽由扩张环境转变为收缩环境时，发生加里东中期以混染花岗岩为代表的第一次岩浆活动。随着地槽的进一步收缩，出现了加里东中期以花岗闪长岩等为代表的第二次岩浆活动。第三次岩浆活动形成的二长花岗岩等是同溶岩浆分异演化的产物。由上述岩浆产生富含挥发分和成矿组分的热液，在有利构造部位和围岩中形成一系列矿床（图 1）。

2 成矿系列的划分

研究区内 11 处内生金属矿床，大量矿点和矿化点在成因上均与加里东中期岩浆作用有密切联系，并形成成矿系列^①。据其与不同岩浆发展阶段的关系、岩浆成因类型、矿床所在构造部位以及

① 栾慧敏，1991，黑龙江省岩石同位素年龄汇编，121~131（送审稿）

表 1 小兴安岭地区与加里东中期花岗岩类有关的矿床成矿系列的划分

Table 1. Division of metallogenic series related to Middle Caledonian granitoids in Xiaohingganling region

矿床成矿亚系列	矿床式	成矿元素		花岗岩类	成岩时代 (亿年)	矿床成因类型
		主要	次要			
与第一次侵入混染花岗岩类有关的铅锌矿床成矿亚系列	小西林式	Pb、Zn		混染花岗岩、花岗斑岩	4.51	热液
	昆仑气式	Pb、Zn		混染花岗岩、闪长玢岩		热液、砂卡岩
与第二次侵入花岗闪长岩类有关的铁铅锌矿床成矿亚系列	朗乡南沟式	Fe		花岗闪长岩	4.45	砂卡岩
	二股东山式	Zn、Fe	Pb、Mo Cu	花岗闪长岩		砂卡岩
与第三次侵入二长花岗岩类有关的钨钼铅锌铁矿床成矿亚系列	翠宏山式	W、Mo Zn	Pb、Fe Sn、Cu	二长花岗岩	4.07	热液、砂卡岩

表 2 小兴安岭地区加里东中期成矿花岗岩类化学特征

Table 2. Chemical characteristics of Middle Caledonian metallogenic granitoids in Xiaohingganling region

亚系列	I			II		III
矿床式	小西林式		昆仑气式	朗乡南沟式	二股东山式	翠宏山式
岩性	混染花岗岩	花岗斑岩	混染花岗岩	花岗闪长岩	花岗闪长岩	二长花岗岩
样品数	26	2	3	3	10	3
SiO ₂	70.39	71.00	72.86	66.96	68.53	74.27
TiO ₂	0.30	0.22	0.21	0.50	0.52	0.20
Al ₂ O ₃	14.07	14.35	13.75	16.27	15.75	12.80
Fe ₂ O ₃	0.61	0.59	0.69	1.79	1.52	0.90
FeO	2.79	2.86	1.94	2.07	1.99	1.45
MnO	0.07	0.04	0.11	0.09	0.07	0.04
MgO	0.76	0.80	0.24	1.67	0.89	0.27
CaO	1.82	2.56	1.45	3.55	2.63	0.69
Na ₂ O	2.61	1.30	3.47	3.87	3.78	3.01
K ₂ O	4.89	5.65	4.65	3.37	3.80	5.17
P ₂ O ₅	0.13	0.06	0.07	0.17	0.18	0.03
K ₂ O+Na ₂ O	7.50	6.95	8.03	7.24	7.58	8.13
Na/K	0.87	0.36	1.16	1.74	1.51	0.89
ΣREE	179.70			204.10	122.20	122.00
ΣCe/ΣY	4.18			3.93	7.64	10.95
δEu	0.40			0.67	0.98	0.88
锶初始比值	0.7090 ~0.7131			0.7045 ~0.7086		0.7056

据 1:200000 区域地质测量报告和地质志

相应表现在矿化特征和元素组合等方面的差别，将成矿系列划分为 3 个成矿亚系列（表 1）。

2.1 与加里东中期第一次侵入混染花岗岩类有关的铅锌矿床成矿亚系列 (简称 I 亚系列)

属于该亚系列的四个矿床 (小西林、西林二段、西林南沟和昆仑气) 分布于汤旺河-关松镇隆起的中段, 分属两个矿床式, 即小西林式和昆仑气式, 二者为向阳拗陷分隔, 东西遥相呼应。

与该矿床成矿亚系列有关的岩浆岩为加里东中期第一次侵入的混染花岗岩, 系重熔岩浆产物。与同熔岩浆形成的其它次侵入岩石相比, 其具较高的铝指数和锶初始比值, 而 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 、 Na/K 、钙指数和碱度指数较低, 在稀土元素特征上出现铈负异常 (表 2)。

与混染花岗岩相比, 其同源岩浆较晚阶段分异派生物——花岗斑岩和闪长玢岩与成矿关系更为密切。

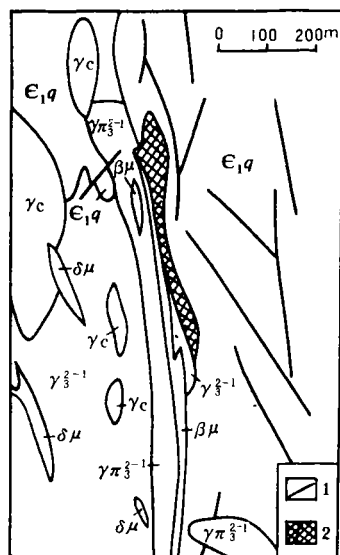


图 2 小西林铅锌矿床地质图
 E_{1q} —下寒武统铅山组碳酸盐岩类; γ_3^{-1} —加里东中期第一次侵入混染花岗岩;
 $\gamma\pi_3^{-1}$ —加里东中期第一次侵入花岗斑岩;
 γ_c —花岗细晶岩; $\delta\mu$ —闪长玢岩; $\beta\mu$ —辉绿玢岩; 1—断裂; 2—铅锌矿体

Fig. 2. Geological map of the Xiaoxilin lead-zinc deposit.

E_{1q} —Carbonate rocks of Lower Cambrian Qianshan Formation; γ_3^{-1} —1st stage hybrid granite of Middle Cambrian; $\gamma\pi_3^{-1}$ —1st stage granite porphyry of Middle Cambrian; γ_c —Granite aplite; $\delta\mu$ —Diorite porphyrite; $\beta\mu$ —Diabase porphyrite; 1—Fault; 2—Lead-zinc orebody.

2.1.1 小西林式 小西林式矿床产于上述混染花岗岩, 特别是花岗斑岩与下寒武统铅山组接触带附近的碳酸盐岩中。矿体呈脉状和透镜状沿接触带和南北向断裂破碎带分布 (图 2)。内接触带发育绢云母化、绿泥石化和硅化; 外带主要蚀变为弱硅化和碳酸盐化。矿体主要产于外接触带的弱硅化和铁锰碳酸盐化带中。矿床的一个突出特征是成矿元素简单, 主要为铅锌, 伴生镉和银等。各矿床均为中低温热液成因。这些矿床在热液成矿期之前都经历了矽卡岩期, 但在矽卡岩形成过程中基本不发生成矿作用, 或仅具磁铁矿化。

2.1.2 昆仑气式 与该矿床式有关的侵入岩为混染花岗岩及其同源岩浆派生物——闪长玢岩, 矿床即产于闪长玢岩与铅山组碎屑-碳酸盐岩地层侵入接触矽卡岩内外带及其附近白云质大理岩中。成矿母岩与小西林式相比, 其具较高的碱总量, 但碱总量中 K_2O 含量略低。其它特征的差异, 可能受同化混染强度等控制。矿床成因为矽卡岩型和热液型, 矿化元素同小西林式。

2.2 与加里东中期第二次侵入花岗闪长岩类有关的铁铅锌矿床成矿亚系列 (简称 II 亚系列)

该亚系列的三个矿床 (朗乡南沟、二股东山和二股三林班) 及大量矿 (化) 点分布于向阳拗陷西侧的汤旺河-关松镇中间隆起带上, 与分布在向阳拗陷东侧的小西林式东西呼应。

与该亚系列矿床有关的侵入岩为花岗闪长岩和英云闪长岩等。这些中酸性岩石是因加里东地槽拗陷程度的加深、褶皱作用增强和深断裂的产生所形成的同熔岩浆的产物, 其岩石地球化学特征表现为铝指数和锶初始比值较低, 钙指数、碱

度指数、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 和 Na/K 较高,以及铀异常不明显等(表2)。

该亚系列的矿床均为矽卡岩型,矿体主要产于花岗闪长岩等侵入体与铅山组接触带附近的矽卡岩中,少数矿体产于矽卡岩与大理岩的接触处。该亚系列划分为二个矿床式。

朗乡南沟式:矿化规模小,成矿元素单一,主要是铁。品位较高的磁铁矿体形成于矽卡岩期。矽卡岩期之后有一石英-硫化物期,但只形成了石英、透闪石、绿泥石、方解石等热液矿物和黄铁矿,未发生多金属矿化。二股东山式:成矿元素主要是铁和铅锌,其次有铜和钼,并伴生砷及铋等。

2.3 与加里东中期第三次侵入二长花岗岩有关的钨钼铅锌铁矿床成矿亚系列(简称Ⅲ亚系列)

属于该亚系列的四个矿床(翠宏山、翠岗、红旗山和阿廷河)及其它一些矿(化)点分布于五星-关松镇中间隆起带的次级构造单元——乌敏河中断陷的北部。

与该亚系列成矿有关的侵入岩是二长花岗岩。较低的铈初始比值(0.7056)表明其仍具有深源和同熔岩浆的性质,具较高的铝指数和较低的钙指数,以及很高的酸度和碱度,即在化学成分上具有由I型花岗岩向S型花岗岩过渡的特征(表2)。成矿元素主要为钨、钼、锌,其次为铅、铁、锡和铜,还伴生硒、碲、铋及镉等。矿床为矽卡岩型或具矽卡岩与热液充填交代复合成因。矿体一般呈透镜状、豆荚状和条带状,主要产于二长花岗岩岩株与铅山组接触带的矽卡岩中及铅山组碳酸盐岩层中。围岩蚀变除矽卡岩化外,还有萤石化、蛇纹石化、硅化、绿泥石化、阳起石化和云英岩化等。这些矿床统划为一个翠宏山式,并以翠宏山钨钼多金属矿床为代表。

翠宏山矿床系多期多阶段形成:①热接触变质期。铅山组围岩产生角岩化和大理岩化;②接触交代变质期。先后出现矽卡岩化(及铁钼钨矿化)阶段、白钨矿化阶段和磁铁矿化阶段;③热液成矿期。先后有辉钼矿化阶段和铅锌(铜)矿化阶段;④成矿后热液蚀变期。形成黄铁矿-碳酸盐(网)脉和其它热液蚀变矿物。不同期次的成矿作用受不同地质条件的制约,发育在不同的构造部位,并局部叠加,形成了由岩体向围岩方向的矿化分带:①白钨矿辉钼矿(锡石)矿带;②磁铁矿白钨矿辉钼矿带;③磁铁矿带;④磁铁矿闪锌矿(方铅矿)带;⑤闪锌矿方铅矿(黄铜矿)带。上述矿化分带中,①和②两个矿带主要分布于内矽卡岩带,③带分布于外矽卡岩带,④带分布于外矽卡岩带的外缘及外侧铅山组围岩中,⑤带分布于距接触带较远的围岩中。在①、②、③矿带的下部有热液期形成的铅锌(铜)矿化叠加,使矿化分带局部复杂化(图3)。

3 成矿规律探讨

3.1 岩浆作用与成矿的关系

与加里东中期中一酸性侵入岩有关的金属矿床尽管特征各异,但具有统一的岩浆热液成因。加里东中期第一次侵入先后形成混染花岗岩和花岗斑岩及闪长玢岩,代表了两个岩浆活动阶段。混染花岗岩的地球化学特征表明其具壳源重熔成因或S型花岗岩特征(表2),花岗斑岩和闪长玢岩则是由重熔岩浆经分异演化,在不同地质构造背景下再度侵入形成的。如果把加里东中期岩浆活动作为一个岩浆旋回,那么由混染花岗岩到花岗斑岩和闪长玢岩构成一个

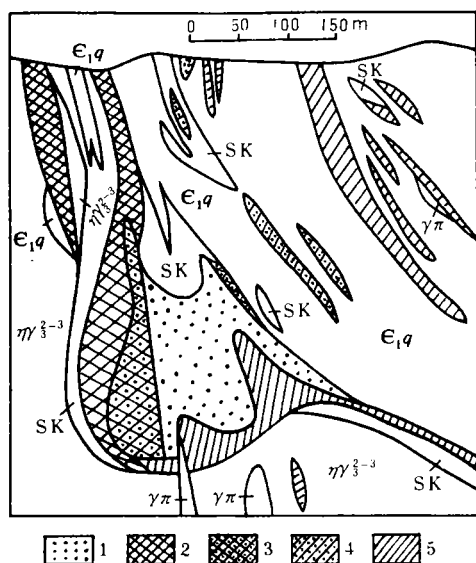


图 3 翠宏山钨钼多金属矿床 54 号线剖面图

(据黑龙江省第三地质大队资料简编)

E_{1q} —下寒武统铅山组; γ_3^{3-3} —加里东中期第三次侵入二长花岗岩; $\gamma\pi$ —花岗斑岩; SK—矽卡岩; 1—铁矿体; 2—钨钼矿体; 3—铁钨钼矿体; 4—铁铅锌矿体; 5—铅锌(铜)矿体

Fig. 3. Geological section along No. 54 line of the Cuihongshan tungsten-molybdenum polymetallic deposits.

E_{1q} —Lower Cambrian Qianshan Formation; γ_3^{3-3} —3rd stage adamellite of Middle Caledonian; $\gamma\pi$ —Granite porphyry; SK—Skarn; 1—Iron orebody; 2—Tungsten-molybdenum orebody; 3—Iron-tungsten-molybdenum orebody; 4—Iron-lead-zinc orebody; 5—Lead-zinc (copper) orebody.

有利层间交代和成矿作用的产生。

3.3 区域构造的控矿作用

矿床趋向于分布在五星-关松镇隆起带的边缘以及不同构造单元的交接部位。阿廷河、翠宏山、昆仑气、二股等地的矿床集中分布于五星-关松镇中间隆起带的西缘与茂林-木兰地槽褶皱带邻接的地带;小西林地区的矿床分布在五星-关松镇中间隆起带的次一级构造单元汤旺河-关松镇中间隆起与向阳拗陷邻接的地带。矿床在区域分布上表现出明显的近南北成列、北西成带的大体等间距分布规律(图4)。翠宏山、翠兰、二股、小西林、朗乡等地区是由多个矿床和矿(化)点组成的矿田或矿化集中区,是受近南北向(或北北东向)复式褶皱带与一系列北西向区域断裂所控制。翠宏山-二股和五星-朗乡两条复式背斜间距在50km左右,横切复背斜的北西向区域断裂两两间距为70~80km。研究区内所有复背斜与北西向断裂的交切部

亚旋回。以花岗闪长岩为代表的第二次侵入和以二长花岗岩为代表的第三次侵入构成另一个亚旋回,岩浆由中酸性向酸性和富碱质方向演化。第二亚旋回的岩石与第一亚旋回的岩石明显不同,具I型花岗岩特征(表2)。

成矿作用与上述岩浆息息相关,第一次侵入的岩浆由于起源于硅铝壳重熔,铁、镁组分低,基本上只形成铅锌矿床,并且矿床的Zn/Pb值较低,虽然在热液硫化物成矿期之前存在矽卡岩期,但矽卡岩期不形成铁矿。第二和第三次侵入的岩浆具壳幔同熔成因,镁、铁组分高,因此与其有关的矿床除铅锌外,增加了铁和铜,乃至钨和钼等,并且铅锌矿床中的Zn/Pb值显著增高;成矿中往往在矽卡岩期先形成铁矿,而后在热液硫化物期又形成铅锌(铜)矿,随着岩浆向酸性和碱度增高方向演化,还可形成多期次和多矿种的复杂叠加及矿化分带。

3.2 地层及围岩的控矿作用

区内已发现的十余处金属矿床均赋存在寒武系铅山组以碳酸盐岩为主的地层中,反映了地层和围岩条件对成矿有重要控制作用。铅山组主要由白云岩、白云质大理岩、条带状大理岩、泥质灰岩和碳质板岩组成,其化学成分特征是高镁、富碳,碳酸盐岩石中含较多的泥质成分,这种岩性特征有利于岩石在变质重结晶后产生更高的孔隙度,同时也有利于交代作用的广泛发育。此外,铅山组不同成分岩层的相互更替,容易形成层间构造,为热液活动提供空间和通道,

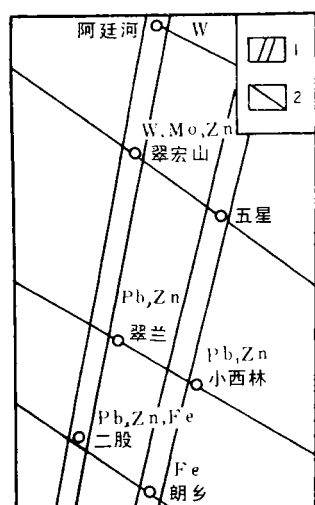


图4 小兴安岭地区成矿区等间距与矿化分带示意图

1—复式褶皱；2—区域断裂

Fig. 4 Sketch diagram showing mineralization zoning and equidistant distribution of metallogenic provinces in Xiaohingganling region.

1—Gomplex fold; 2—Regional fault.

位均为矿田或矿化集中区，而这些构造复合部位之外尚未有矿床发现。

3.4 区域矿化分带

小兴安岭地区与加里东中期花岗岩类有关的矿床在主要成矿元素种类上具有规律性的区域分带特征（图4）。自南向北，主要矿种递变规律为：铁（朗乡南沟等）→铁、铅、锌（二股东山、二股三林班等）→铅锌（小西林、西林南沟、西林二段、昆仑气等）→钨、钼、铅、锌（翠宏山、翠岗、红旗山等）→钨（阿廷河）。按戈尔德施密特的地球化学元素分类，在成矿地球化学区方面自南向北表现为亲铁元素→亲铜元素→亲石元素的过渡和区域分带。

上述矿化分带是加里东中期三次岩浆作用及有关的热液活动的产物。这些不同时间形成的矿床在空间上组合起来仍构成有规律的区域分带，这主要受区域地球化学场的变化所制约，而后者又是由区域构造特征，岩浆源的深度、地壳以至上地幔物质的不均匀分布等决定。研究与同一次岩浆作用有关的矿床也可发现类似的分带现象。例如，与加里东中期第二次侵入有关的矿床，自南向北的分带为：铁（朗乡南沟式）→铁、铅、锌（二股东山式）。与上述矿床有关的侵入岩，自南向北则表现出酸度和K/Na值逐渐增高的明显规律。与不同次侵入岩浆作用有关的成矿特征还表现在矿床中铅锌比值的区域变化上。与第一次侵入重熔岩浆有关的矿床中Zn/Pb储量

比值较低（0.5~1.4），而与第二、第三次侵入同熔岩浆有关的矿床Zn/Pb储量比值较高（2.0~32.7）。这造成研究区内以铅为主的铅锌矿石大量分布在小西林地区，而以锌为主的铅锌矿石主要分布在翠宏山和二股等地区。

4 成矿机理及成矿模式

从上述可知，成矿活动与岩浆演化息息相关，反映区域成矿物质可能主要来自岩浆，主要矿区的同位素资料进一步说明了这一点。

小西林矿田内各矿段和矿体的硫同位素组成差别很小^{①②}，具塔式分布特征（图5）。据计算，小西林矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 为+0.8‰~+4.7‰，西林二段矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 为+3.4‰~+4.5‰。上述特征表明硫来自岩浆，具深源成因。少数样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值较高，反映在成矿中可能有大气水萃取了地层中的重硫，并参与了成矿作用。小西林矿区的闪锌矿中气液包裹体 $\delta^{18}\text{O}$ 为-2.8‰， δD 为-72‰，亦表明成矿流体中有大气水成分。

① 杨锡坝、张贻侠，1989，小西林块状硫化物铅锌矿床典型矿床研究报告（送审稿）

② 祝德康等，1983，小兴安岭-张广才岭铅锌多金属成矿带成矿远景区划。黑龙江地矿局内部资料，78~85

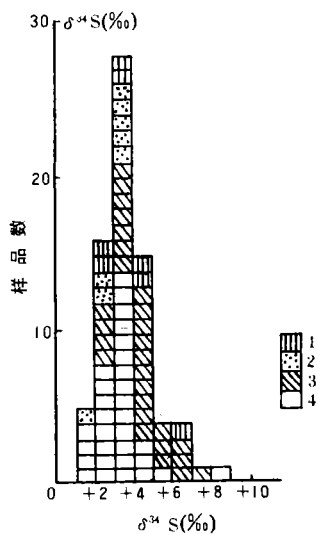


图 5 小西林矿田硫同位素组成直方图

1—磁黄铁矿；2—黄铁矿；3—闪锌矿；
4—方铅矿

Fig. 5. Histogram showing sulfur isotope composition of Xiaoxilin orefield.

1—Pyrrhotite; 2—Pyrite; 3—Sphalerite;
4—Galena.

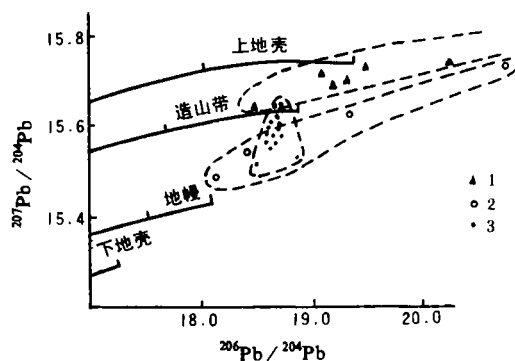


图 6 小西林矿区地层、岩浆岩及矿石铅同位素组成对比

1—下寒武统铅山组岩石；2—加里东中期第一次侵入混染花岗岩；3—铅锌矿石

Fig. 6. Lead isotope composition of strata, magmatic rock and ore from the Xiaoxilin ore district.

1—Rock from Lower Cambrian Qianshan Formation; 2—1st stage hybrid granite of Middle Cambrian; 3—Lead-zinc ore.

翠宏山矿床的硫同位素组成均一程度更高^①，采自不同硫化物及矿石的 19 个样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围在 $+2.0\text{‰} \sim +4.5\text{‰}$ 之间，平均值为 $+3.6\text{‰}$ ，表明与同熔岩浆有关的翠宏山等矿床基本为岩浆热液成因，硫来源于地壳深部或上地幔。

小西林矿床的铅同位素组成具有较高的均一性^②。矿石的铅同位素组成与铅山组岩石有明显差别，而与混染花岗岩较为接近，在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系图上，它们近于落在同一增长线上（图 6）。

上述资料表明，无论是以小西林为代表的与重熔岩浆有关的矿床，还是以翠宏山为代表的与同熔岩浆有关的矿床，成矿组分均来自岩浆。对于小西林式矿床，大气水和围岩在一定程度上参与了成矿作用。

与两种成因岩浆有关的矿床都是多期、多阶段形成的，多数矿床可划分出矽卡岩期和热液硫化物期。

据小西林、阿廷河等矿区的一些包裹体测温及硫同位素地质温度计测温资料，成矿温度大致可分为两组。一组为 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 以上，另一组为 $80 \sim 250^\circ\text{C}$ ，经历了高中温和中低温阶段。不同的矿床在不同阶段成矿特点不同，或以高中温阶段成矿作用为主，或以中低温阶段成矿为主。

① 祝德康等，1983，小兴安岭-张广才岭铅锌多金属成矿带成矿远景区划。黑龙江地矿局内部资料，78~85

② 杨锡坝、张贻侠，1989，上西林块状硫化物铅锌矿床典型矿床研究报告（送审稿）

上述与不同岩浆演化阶段有关、受不同局部环境制约、在不同温度条件下形成的一批在成因上密切联系而又各具特色的矿床，构成了小兴安岭地区与加里东中期花岗岩类有关的矿床成矿系列，并可概括为统一的成矿模式（图7）。该模式表明，多次岩浆侵入活动及有关的

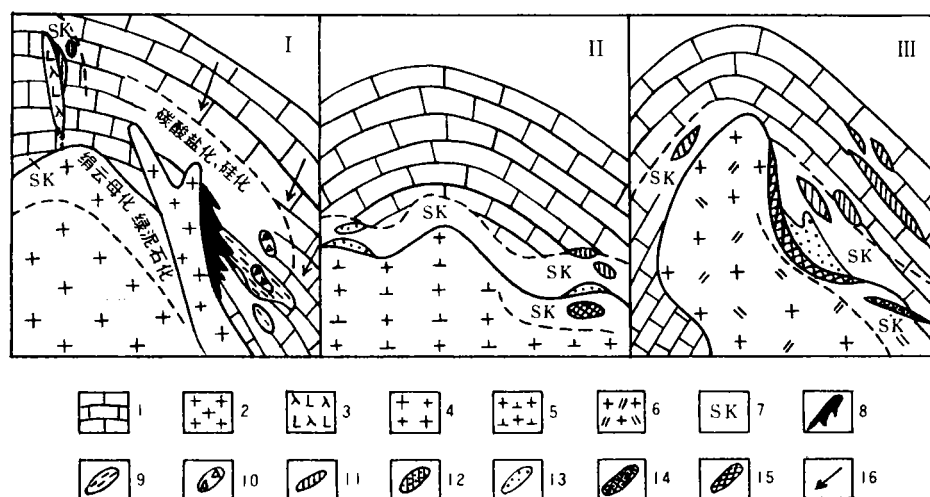


图7 小兴安岭地区与加里东中期花岗岩类有关矿床成矿系列的矿床分布模式图

1—寒武系铅山组；2—混杂花岗岩；3—闪长玢岩；4—花岗斑岩；5—花岗闪长岩；6—二长花岗岩；7—矽卡岩（化）；8—块状铅锌矿体；9—浸染状铅锌矿体；10—角砾状铅锌矿体；11—铅锌（铜）矿体；12—铅锌铁矿体；13—铁矿体；14—钨钼铁矿体；15—钨钼（锡）矿体；16—大气水运移方向

Fig. 7. Model showing distribution of ore deposits belonging to Middle Caledonian granitoids in Xiaohingganling region.

1—Cambrian Qianshan Formation; 2—Hybrid granite; 3—Diorite porphyrite; 4—Granite porphyry; 5—Granodiorite; 6—Adamellite; 7—Skarn(ization); 8—Massive lead-zinc orebody; 9—Disseminated lead-zinc orebody; 10—Brecciated lead-zinc orebody; 11—Lead-zinc (copper) orebody; 12—Lead-zinc-iron orebody; 13—Iron orebody; 14—Tungsten-molybdenum-iron orebody; 15—Tungsten molybdenum (tin) orebody; 16—Moving direction of meteoric water.

成矿作用是一个连续发展的过程。与不同侵入期次岩浆有关的矿床都有各自的分布空间，并在区域地球化学场和构造影响下形成规律清楚的矿化分带。

参 考 文 献

- 1 陈毓川等，南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质。北京：地质出版社，1989，20～57

METALLOGENIC SERIES OF ORE DEPOSITS RELATED TO CALEDONIAN GRANITOIDS IN XIAOHINGGANLING REGION

Han Zhenxin, Hao Zhenping, Hòu Min

(Heilongjiang Institute of Geology and Mineral Resources, Harbin 150036)

Key words: metallogenic series of ore deposits, zoning of mineralization, Caledonian, Xiaohinggan Mountains

Abstract

This paper has studied ore deposits related to Middle Caledonian granitoids in Xiaohingganling region in such aspects as their geological settings, metallogenic conditions, metallogenic mechanism, and evolutionary regularity of magma and mineralization. With the theory of metallogenic series, the authors have made classification for metallogenic subseries and types of ore deposits, and probed into regularity of regional mineralization zoning as well as mineralization zoning of important ore districts.

Xiaohingganling region lies in the northern part of the well-known Xiaohingganling-Zhangguangcailing iron and polymetallic ore-forming belt. The study region approximately corresponds to the second-order tectonic units (Maolin-Milan geosynclinal folded belt and Wuxing-Guangsiogzhen intermediate upwarped belt) of Yichun-Yanshou geosynclinal folded system, being the active conjunction zone between Xiaohingganling-Songnen old land and Laoyeling old land. In this region, geological structures are very complex and noted for multicyclic development; nevertheless, the principal cycle remains the geosynclinal folded system formed in Middle Caledonian, which is characterized by multiphase and inherited activities, Caledonian geosyncline evolved on the basis of an active and nonuniform sialic crust; when it changed from an expansion environment to a contraction environment, the increase in intrageosynclinal pressure and tectonic stress led to the formation of remelted hybrid granite in the sialic basement. With the deepening of the downwarping action of Caledonian geosyncline, the intensification of folding and the formation of deep faults, there occurred syntectic granodiorite; in addition, through complete deep differentiation and assimilation of wall rocks, the syntectic magma formed highly-acid and alkali-rich adamellite and K-feldspar granite, which were both products of Middle Caledonian tectonism. Their related ore-forming processes formed a series of iron, copper, lead, zinc, tin, tungsten and molybdenum skarn and hydrothermal deposits in favorable tectonic positions of the region. Though different in characteristics, these ore deposits were formed quite close to each other in time and restricted by the same major geological action, had intimate genetic connection and identical magmatic-hydrothermal origin, and occurred exclusively in Yichun-Yanshou geosynclinal folded system. Mineralization had much to do with evolution of magma and was closely related to intrusive rocks in time, space and genesis. Corresponding to three Middle Caledonian subcycles, the ore-forming processes might be divided into three main metallogenic subseries related to remelting type hybrid granite and granite porphyry, iron-lead zinc metallogenic subseries related to syntectic granodiorite, and tungsten-molybdenum-lead-zinc-iron metallogenic subseries related to highly-acid and alkali-rich granite.

Wall rocks of ore deposits of different subseries are all mainly carbonate rocks of Cambrian Qianshan Formation. Regionally, these deposits are distributed almost equidistantly in columns in nearly north-south direction and in zones northwestward. Ore deposits related to different evolutionary stages of magma had their respective distribution space and formed distinct mineralization zoning under the influence of regional geochemical field and tectonic activity. From south to north, the major ore species vary gradually in order of iron→iron, lead, zinc→lead, zinc→tungsten, molybdenum, lead, zinc→tungsten. This must have resulted from such factors as long intense inherited tectonic activity, temporal-spatial differences, source of magma, and uneven distribution of crustal and even upper mantle materials.