

# 吉林东部岩浆 Ni-Cu-(PGE) 硫化物矿床地球动力学背景初探\*

## An approach to the tectonic settings of typical magmatic Ni-Cu-(PGE) sulfide deposits in eastern Jilin Province

吕林素<sup>1,2</sup>, 毛景文<sup>1,3</sup>, 刘 珺<sup>1</sup>, 张作衡<sup>3</sup>, 谢桂青<sup>3</sup>, 柴凤梅<sup>4</sup>

(1 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2 中国地质博物馆, 北京 100034;  
3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4 新疆大学资源与环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

LÜ LinSu<sup>1,2</sup>, MAO JingWen<sup>1,3</sup>, LIU Jun<sup>1</sup>, ZHANG ZuoHeng<sup>3</sup>, XIE GuiQing<sup>3</sup> and CHAI FengMei<sup>4</sup>

(1 College of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Geological Museum of China, Beijing 100034, China; 3 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China;  
4 College of Resources and Environment, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China)

**摘要** 吉林东部地区是中国 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的矿化富集区之一。笔者基于以往研究成果, 比较详细而全面地总结了该区 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的基本特点、时空分布规律, 探讨了成矿地球动力学背景。吉林东部 Ni-Cu-(PGE)矿有 3 个主要成矿期, 即五台中期(2 484~2 500) Ma、华力西早期 361 Ma 和印支晚期(216~225) Ma, 所对应的地球动力学背景依次为华北板块北缘陆核解体成裂谷过程、华北板块边缘南北陆块挤压造山过程、“后挤压”-伸展阶段。

**关键词** 铜镍(铂族)硫化物矿床; 地球动力学背景; 吉林东部

吉林东部指四平—长春—榆树一线以东的广大地区, 即东经 125°以东, 北纬 42°20′~43°20′区间(郭孟习等, 1999), 是中国 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的矿化富集区之一。迄今为止, 已发现和探明了红旗岭、漂河川、长仁—獐项和赤柏松等 10 处矿床, 探明镍矿金属储量 45.2 万吨, 位居全国第四位(许以衡等, 1996)。在过去 40 多年, 不同学者从不同角度对该地区铜镍硫化物矿床的成矿时空分布特征、成矿物质来源、成矿模式以及成矿规律等进行了研究(王书丹等, 1982; 傅德彬等, 1992; 杨言辰等, 2005)。本文基于以往研究成果, 综合探讨了吉林东部 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床形成的地球动力学背景。

## 1 区域地质概况

吉林东部的大地构造位置处于华北克拉通北缘东段与兴安—蒙古造山带的东部两大构造单元的衔接部位(Zhang et al, 1984)。该区构造单元大致以辉南—桦甸—和龙一线为界, 南部属龙岗陆核, 其南缘发育了古元古代 EW 向集安活动带, 控制了通化赤柏松 Ni-Cu-(PGE)矿集区; 而北部为晚古生代近 EW 向吉黑褶皱系, 以伊通—舒兰带为界, 西侧为华北板块与北部陆缘活动带多次造山拼贴, 控制了四平山门 Ni-Cu 矿; 东侧为吉林—延边古生代陆缘增生褶皱带与辽吉台块拼贴挤压成的复杂构造带, 控制了磐石红旗岭、蛟河漂河川及和龙长仁—獐项 Ni-Cu-(PGE)矿集区(陈子诚, 1991)。吉林东部 Ni-Cu-(PGE)成矿带以辉发河—古洞河深断裂为界分为龙岗陆核边缘活动带东西成矿亚带(即“南亚带”)和吉林褶皱系边缘活动带东

\*本文得到中国地质大调查项目(编号 1212010634001)和(编号 200313000049)的资助  
第一作者简介 吕林素, 女, 1965 年生, 副研究员, 现为中国地质大学(北京)在读博士生, 矿物岩石矿床学专业。

西成矿亚带(即“北亚带”)(傅德彬等, 1988)(图1)。

## 2 主要矿集区地质特征

### 2.1 红旗岭矿集区

红旗岭矿集区位于磐石县境内, 由1个大型、1个中型和5个小型矿床构成, 累计探明储量镍21.17万吨, 铜6.99万吨(刘墨等, 2005)。该矿集区地处兴安—蒙古造山带东部, 北西向辉发河区域性深断裂的北侧, 南部毗邻华北克拉通, 北部与佳木斯地块相接(杨言辰等, 2005)。区内出露地层为下古生界呼兰群( $Pz_{h1}$ )浅变质岩系(张广良等, 2005)。含矿岩体均侵位于呼兰群黄莺屯组下段石榴石黑云母片麻岩中(郗爱华等, 2005)。区内出露的33个镁铁质-

超镁铁质岩体, 沿北西向呼兰复式背斜以及小岭子—赵家沟断裂和傅家—偏脸子断裂发育(秦宽, 1995), 呈北西向成群出现和分带展布。由南西至北东分为3个岩带, 其中仅有I岩带内的个别岩体发生铜镍矿化。第I岩带内有16个岩体, 呈不连续的串珠状排列, 单个岩体在平面上多呈纺锤状, 在剖面上多呈不完全对称的盆状、杯状或岩墙状。带内的1、2、3、7、9、32及33号等岩体分异程度高而发生强的铜镍矿化, 其中7号岩体内赋存大型Ni-Cu-(PGE)矿床, 1号岩体内赋存中型Ni-Cu-(PGE)矿床(秦宽, 1995), 其余岩体则赋存有小型Ni-Cu-(PGE)矿床或矿化点。岩体的岩相自NW而SE, 依次出现辉长岩(1%)、古铜辉岩(5%)、橄长—橄榄岩(隋延辉等, 2004)(90%)及橄榄辉石岩(4%), 呈环带状分布, 其中橄辉岩为主要的底部含矿岩相(Zhou et al, 2002)。矿石可分为浸染状、斑点状、海绵陨铁状和块状构造(陈子诚, 1991)。矿石矿物组合为磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿等(傅德彬等, 1988)。

### 2.2 赤柏松矿集区

赤柏松矿集区位于通化县境内, 包括赤柏松、新安和金斗等矿床, 累计探明储量镍9.10万吨, 铜5.18万吨(许以衡等, 1996)。该矿集区地处华北克拉通东北端的龙岗陆核南缘, 本溪—浑江深断裂的北侧, 并处于该断裂由东西而北东的区域构造转折部位, 北部毗邻兴安—蒙古造山带。区内出露地层主要为中太古界鞍山群( $Ar_{2a}$ )深变质岩系, 含矿岩体均侵位于该群四道砬子河组灰色黑云斜长片麻岩、混合岩化斜长片麻岩和磁石英岩中(傅德彬等, 1992), 与围岩呈斜交不整合接触。区内出露的近30个镁铁质-超镁铁质岩体, 沿赤柏松—金斗穹隆核部剪切带或横张裂隙或三棵榆树穹隆核部发育, 呈近南北或北东向成群出现, 分带展布。赤柏松I号岩体位于矿区的东端, 毗邻本溪—浑江深断裂带, 并受其次级断裂和褶皱控制, 系同源岩浆多次脉动侵入形成的复式岩体(钟长林等, 2005)。该岩体在平面上呈狭长带状, 在横剖面上呈岩墙状或板楔状, 沿近南北走向有膨缩现象, 倾向和倾角变化较大。岩体分异明显, 分为3个岩相带, 由S而N, 从上往下, 依次为辉绿辉长岩相→橄榄苏长辉长岩相→含长二辉橄岩相, 后者为主要含矿岩相。矿体呈不规则的囊柱状、板状和纯硫化物脉状, 其产状与岩体的产状一致。矿石主要为浸染状、角砾状、脉状和块状构造。矿石矿物主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿, 三者密切共生(梁有彬等, 1998)。

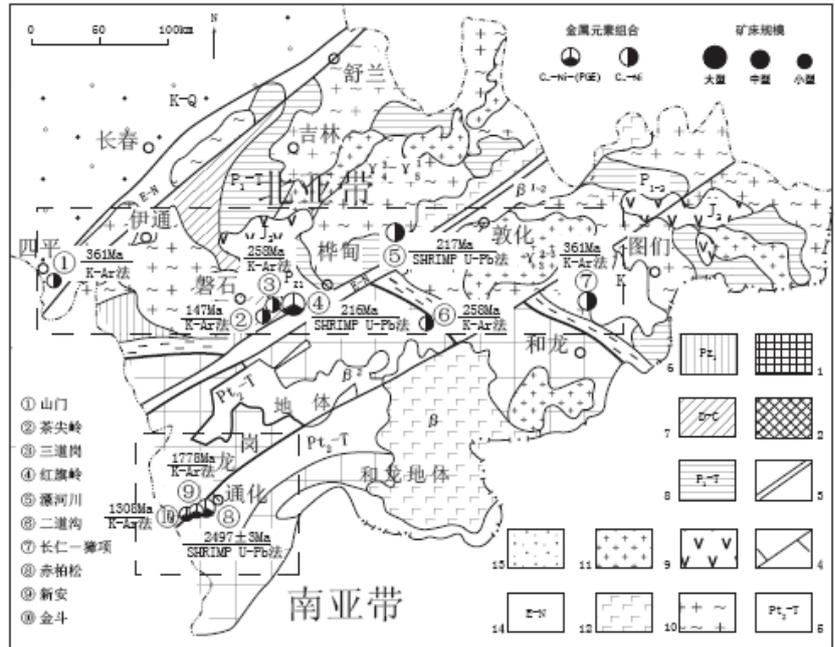


图1 吉林东部岩浆Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床时空分布图(底图据葛肖虹, 1990)  
1—华北克拉通; 2—佳木斯古板块; 3—裂谷深断裂; 4—走滑深断裂; 5—华北型盖层( $Pt_2-T$ );  
6—下古生界呼兰群浅变质岩系( $Pz_1$ ); 7—泥盆—石灰系浅变质岩系(D-C); 8—下二叠统—三叠系  
( $P_1-T$ ); 9—中侏罗统陆相火山岩( $J_2$ ); 10—晚海西-印支期( $\gamma_4-\gamma_5^1$ )花岗岩; 11—燕山中—晚期  
( $\gamma_5^{2-3}$ )花岗岩; 12—上新世-更新世玄武岩( $\beta^{1-2}$ ); 13—中生代(K-Q)裂谷裂陷盆地; 14—古近  
-新近系裂谷断陷沉积

### 3 成岩成矿时代厘定

吉林东部 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的形成与该区大规模出现的镁铁质-超镁铁质杂岩体有关,且小岩体控制了 Ni-Cu-(PGE)矿的生成。近年来,采用高精度的 SHRIMP 锆石 U-Pb 和  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  定年方法,对该区含矿镁铁质-超镁铁质岩体及其所侵入的围岩进行了年代学研究 (Wu et al., 2004; 张广良等, 2005; 郝爱华等, 2005; 裴福萍等, 2005),可重新厘定区内主要 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的成岩成矿时代。关于华北克拉通东北缘龙岗陆核地区赤柏松矿集区的成岩、成矿时代,多数学者认为形成于古元古代 (2 484~2 500 Ma); 而兴蒙—吉黑造山带呼兰—磐石地区红旗岭—漂河川矿集区的成岩成矿时代应为中生代早期 (216~225 Ma)。但山门矿床、长仁—獐项矿集区的成岩成矿时代限于目前的测试数据,可能为古生代中期 361 Ma。

### 4 地球动力学背景

吉林东部含矿镁铁质-超镁铁质岩浆活动都与一定大地构造发展阶段密切相关,且具有多期性特点,属多期迭加成矿 (表 1) (王书丹等, 1982)。该区 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿有三个主要成矿期,即古元古代早期的五台中期 (2 484~2 500 Ma)、古生代中期的华力西早期 361 Ma 和中生代早期的印支晚期 (216~225 Ma)。它们依次发生在陆核解体元古裂谷发展初期、次强造山期和“后挤压”伸展期,表明成矿作用发生在主要地质-构造事件的早期或晚期,且成矿时代均与区域地质-构造事件发生的地点时间有着同步的节律和耦合关系,说明三者具有相同的地球动力学机制 (关键等, 2003)。

(2 500~2 484 Ma) 期间,古元古代五台期,龙岗陆核发生了一次强烈的地质构造运动,由于地幔上涌,致使已刚化的太古宙克拉通发生裂解和拗陷,这次伸展作用形成了辽吉元古宙裂谷,最后五台运动结束了裂谷的演化历史,多期构造巨旋回的复合作用导致了地幔镁铁质岩浆上侵事件 (毕守业等, 1995),形成了与裂谷作用有关的 Ni-Cu-(PGE)矿床成矿系列,如赤柏松式中型铜镍 (铂族) 矿床。

360 Ma 左右,即华力西早—中期,西伯利亚板块与不同地体碰撞,遭受 EW 向挤压作用,造成地幔上隆,在山门、长仁—獐项等地有镁铁质-超镁铁质岩侵入,从而形成了与造山作用有关的 Ni-Cu 矿床成矿系列,即长仁—獐项中型铜镍矿集区以及山门等小型铜镍矿床。

表 1 吉林东部含 Ni-Cu-(PGE)矿岩体所对应的大地构造发展阶段一览表

地质时代	大地构造演化		岩体活动类型/Ma	典型矿床	矿床规模	动力学体系
	南亚带	北亚带				
显生巨旋回						
J-K	印支—喜马拉雅期为断块造山活动时期	燕山—喜马拉雅期陆内发展阶段	陆内断裂型镁铁质岩 /80, 147 和 191	通化四棚甸子茶尖岭 2 号	矿点 小型	太平洋
T		印支中—晚期“后挤压”-伸展期	“后挤压”镁铁-超镁铁质岩/216~225	红旗岭、漂河川	大型 中型	古太平洋
P	晚华力西期次生裂谷发展和残余裂谷时期	晚华力西—早印支强造山期	陆缘活动带镁铁-超镁铁质岩/258	二道沟 125 号三道岗	小型	古亚洲洋
D-C	早、中华力西期为次生裂谷发生时期	早、中华力西次强造山期	陆缘活动带镁铁-超镁铁质岩/361	四平山门、长仁—獐项	小型 中型	
C <sub>3</sub> -S	加里东—兴凯期为原生裂谷发生和发展时期	加里东次弱造山期	陆缘活动带镁铁质岩			
Z-C <sub>1-2</sub>		兴凯弱造山期				
元古巨旋回						
Pt <sub>2-3</sub>	扬子 (晋宁) 运动: 过渡壳增生阶段		裂谷型镁铁质岩/1308 和 1778	金斗、新安	小型	元古亚洲洋
Pt <sub>1</sub>	五台—中条运动: 古陆核解体, 元古裂谷发生、发展到结束阶段		裂谷型镁铁质岩/2484~2500	赤柏松	中型	待定
太古巨旋回						
Ar <sub>2-3</sub>	阜平运动: 古陆核明显增生, 而边缘地壳拉伸阶段		陆核边缘断裂绿岩型超镁铁质岩	桦甸老金厂	矿点	待定

注: 据王书丹等 (1982)、毕守业等 (1995)、任纪舜等 (1997) 和彭玉鲸等 (2001) 综合整理而成。

(216~225 Ma), 印支中—晚期, 吉林—延边一带挤压造山活动中止, 由于双向挤压造山(彭玉鲸等, 2001)的惯性作用, 也会产生“后挤压”造山活动, 从而导致幔源岩浆活动, 形成了红旗岭和漂河川含矿镁铁质-超镁铁质岩体, 很可能是“后挤压”-伸展的结果。吉林—蛟河—敦化—珲春一带存在晚二叠世—早中三叠世(242~232 Ma)具有 IA 型演化特征的 EW 向花岗质侵入岩带(彭玉鲸等, 2001), Nd 同位素结果表明这些花岗岩浆均来自地幔(洪大卫等, 2000)。该花岗岩带形成于陆-陆碰撞造山的动力背景下, 并在挤压碰撞过程中俯冲岩石圈的拆沉和软流圈地幔上涌而成(齐成栋等, 2005), 且受古亚洲构造域和受濒太平洋构造域制约(洪大卫等, 2000)。同位素资料表明, 红旗岭—漂河川含矿岩浆也来自地幔, 推测可能与该区的花岗岩有着相同或相似的地球动力学背景。

## 5 结 论

通过对吉林东部岩浆型 Cu-Ni-PGE 硫化物矿床的综合分析研究, 得出以下结论:

(1) 吉林东部 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿均与区域岩石圈演化的伸展地质事件相关, 且出现在与“开”相关的构造-地质事件的前奏中, 这时正是深部地幔柱最为活跃的时期, 富集于核幔边界的镍、铜、铂、钯、钴和硫等元素随着幔柱的上升, 最后在上部地壳中相对刚性地块的脆性或脆-塑性断裂中形成与镁铁质-超镁铁质岩有关的铜镍硫化物矿床。

(2) 吉林东部 Ni-Cu-(PGE)矿成矿带有 3 个主要成矿期, 即古元古代早期的五台中期(2 484~2 500 Ma)、华力西早期 361 Ma 和印支晚期(216~225 Ma), 这 3 大成矿期所对应的地球动力学背景分别为华北板块北缘陆核解体成裂谷过程、华北板块边缘南北陆块挤压造山过程、“后挤压”-伸展转变过程, 可能与地幔柱活动有关。

## 参 考 文 献

- Wu F Y, Simon A W, Zhang G L, et al. 2004. Geochronology and petrogenesis of the post-orogenic Cu-Ni sulfide-bearing mafic-ultramafic complexes in Jilin Province, NE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23: 781~797.
- Zhang Z M, Liu J G and Coleman R G. 1984. An outline of the plate tectonic of China. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 95: 295~312.
- 毕守业, 王德荣, 贾大成, 邵建波. 1995. 吉林省地体构造的基本特征. *吉林地质*, 14(1): 1~14.
- 陈子诚. 1991. 吉林省岩浆铜镍硫化物矿床地质特征及成矿模式. *地质与勘探*, 27(10): 1~10.
- 傅德彬, 陈尔臻. 1988. 吉林省硫化铜镍矿床成矿规律. *吉林地质*, 7(2): 124~144.
- 傅德彬, 王长春, 毕守业, 夏长江. 1992. 吉林省太古宙地体中硫化铜镍矿床的成矿规律概论. *吉林地质*, 11(2): 1~18.
- 葛肖虹. 1990. 吉林省东部的大地构造环境与构造演化轮廓. *现代地质*, 4(1): 107~113.
- 关键, 孙 炜. 2003. 吉林省东部贵金属、有色金属矿床的时空分布规律. *吉林地质*, 22 (2): 27~33.
- 郭孟习, 孙 炜, 尹国义, 彭玉鲸. 1999. 华北板块北缘东段拼贴带地质—地球物理特征. *吉林地质*, 18(4): 27~34.
- 洪大卫, 王式光, 谢锡林等. 2000. 兴蒙造山带正  $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$  值花岗岩带的成因和大陆地壳生长. *地学前缘*, 7(2): 441~456.
- 梁有彬, 刘同有, 宋国仁, 金在森. 1998. 中国铂族元素矿床. 北京: 冶金工业出版社. 14~88.
- 裴福萍, 等. 2005. 吉林通化赤柏松辉长岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义. *中国科学(D 辑)*, 35(5): 393~398.
- 彭玉鲸, 赵成弼. 2001. 古吉黑造山带的演化与陆壳的增生. *吉林地质*, 20(1): 1~9.
- 齐成栋, 纪春华, 韩 江, 等. 2005. 吉林至珲春地区晚二叠世—早三叠世花岗岩成因机制. *吉林地质*, 24 (2): 10~15.
- 秦 宽. 1995. 红旗岭岩浆硫化铜镍矿床地质特征. *吉林地质*, 14(3): 17~29.
- 任纪舜等. 1997. 新一代中国大地构造图. *中国区域地质*, 16(3): 229.
- 隋延辉, 戚长谋. 2004. 关于吉林红旗岭 1 号含矿岩体橄辉岩相的定名问题. *吉林地质*, 23(2).
- 王书丹, 许以衡. 1982. 吉林省硫化铜镍矿床的成矿规律. *吉林地质*, 1(1): 12~23.
- 郝爱华, 顾连兴, 李绪俊, 叶松青, 郑远川. 2005. 吉林红旗岭铜镍硫化物矿床的成矿时代讨论. *矿床地质*, 24(5): 521~526.
- 许以衡, 陈尔臻, 白飞雄, 等. 1996. 中国矿床发现史(吉林卷). 北京: 地质出版社. 45~51.
- 杨言辰, 孙德有, 马志红, 许文良. 2005. 红旗岭镁铁-超镁铁岩侵入体及铜镍硫化物矿床的成岩成矿机制. *吉林大学学报(地球科学版)*, 35(5): 593~600.
- 张广良, 吴福元. 2005. 吉林红旗岭地区造山后镁铁-超镁铁岩体的年代测定及其意义. *地震地质*, 27(4): 600~608.
- 钟长林, 董旭明, 傅德彬. 2005. 赤柏松 I 号岩体的地球化学特征及成岩成矿信息研究. *吉林地质*, 24(4): 1~7.