

吉林省成矿规律与百年勘查成果及 新一轮找矿突破行动建议

——《中国矿产地质志·吉林卷》研编

姜福平¹⁾, 靳皇玉¹⁾, 李楠¹⁾, 马超¹⁾, 宋小磊¹⁾,
臧兴运^{1)*}, 赵华伟²⁾, 冯德臣¹⁾

1)吉林省地质调查院, 吉林长春 130102; 2)吉林省区域地质矿产调查所, 吉林长春 130021

摘要: 吉林省的地质历史演化复杂, 构造岩浆活动强烈, 矿产资源丰富。其中油页岩、硅藻土、油砂、火山渣等矿产资源量位居中国前列。本研究通过研编《中国矿产地质志·吉林卷》, 总结了吉林省矿产资源禀赋特征和区域成矿规律。在5个III级成矿区带的基础上, 将吉林省进一步划分了11个IV级成矿亚带, 29个矿集区, 并总结了各IV级成矿亚带和重要矿集区的矿产分布规律。根据区域地质构造发展历史与成矿作用演化过程, 吉林省地壳演化经历了新太古代—中元古代、新元古代—晚三叠世、晚三叠世—新生代3个构造演化阶段, 10个构造演化旋回, 形成了3个成矿域, 24个矿床成矿系列, 70个矿床式。据此构建了吉林省区域成矿谱系图。在此基础上, 针对大宗紧缺矿产和战略性矿产资源金、铁、铜、镍、油页岩等矿种, 提出了吉林省实施新一轮找矿突破战略行动的建议。

关键词: 勘查成果; 成矿区带; 矿床成矿系列; 找矿方向; 吉林省

中图分类号: P612 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2024.112511

Metallogenic Regularity, Centennial Exploration Results of Jilin Province, and Suggestions for a New Round of Prospecting: Research and Compilation of “Geology of Mineral Resources of China • Jilin Volume”

JIANG Fuping¹⁾, JIN Huangyu¹⁾, LI Nan¹⁾, MA Chao¹⁾, SONG Xiaolei¹⁾,
ZANG Xingyun^{1)*}, ZHAO Huawei²⁾, FENG Dechen¹⁾

1) Institute of Geological Survey of Jilin Province, Changchun, Jilin 130102;
2) Regional Geological and Mineral Resources Survey of Jilin Province, Changchun, Jilin 130021

Abstract: The geological history of Jilin Province is marked by its complex evolution, with intense tectonic-magmatic activities and abundant mineral resources. Jilin ranks among China's leading provinces in reserves of key minerals such as oil shale, diatomite, oil sands, and volcanic scoria. This study, compiled within “Annals of Geology of Mineral Resources of China • Jilin”, summarizes the regional metallogenic patterns of Jilin Province. Based on the five tertiary metallogenic belts, we further subdivided 11 quaternary metallogenic sub-belts and 29 ore concentration areas. The mineral distribution patterns of each sub-belt and key ore concentration areas are detailed. Our findings indicate that Jilin's crustal evolution can be divided into three major tectonic evolution phases: Neoproterozoic–Mesoproterozoic, Neoproterozoic–Late Triassic, and Late Triassic–Cenozoic, encompassing 10 tectonic evolution cycles. These processes resulted in the formation of three metallogenic provinces, 24 metallogenic series, and 70 deposit types. Additionally, we constructed a metallogenic pedigree for Jilin's mineral deposits. Based on this framework, we propose strategies for advancing Jilin's next phase of mineral prospecting breakthroughs, particularly focusing on strategic and critical minerals such as gold, iron, molybdenum, nickel, and oil shale.

本文由中国地质调查局“中国矿产地质志”项目(编号: DD20221619; DD20190379; DD20160346)资助。

收稿日期: 2024-09-05; 改回日期: 2024-11-05; 网络首发日期: 2024-11-26。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 姜福平, 女, 1975年生。本科, 研究员。主要从事矿产地质及勘查技术研究。E-mail: 592109524@qq.com。

*通信作者: 臧兴运, 男, 1969年生。本科, 研究员。主要从事区域地质、成矿规律与隐伏矿体预测等方面的研究。E-mail: zangxingyun01@163.com。

Key words: exploration results; metallogenic belts; metallogenic series of deposits; mineral prospecting directions; Jilin Province

吉林省矿产资源丰富,截至2018年,查明资源储量的矿产有105种,全省共发现矿产地1988处。其中,重要的能源矿产有煤、石油、天然气、油页岩;金属矿产有铁、铜、铅、锌、镍、钴、钼、镁、金、银;非金属矿产有硅藻土、硅灰石、石灰岩、耐火黏土、膨润土、石墨等20种。它们在吉林省和新中国的建设中发挥了重要作用。

吉林省矿产地志的编写,是对吉林省百年来矿产资源勘查成果的集成,具有重大意义。早在西周时期,《国语·鲁语》记有“武王伐纣时,肃慎向西周进贡石柝柝矢”,石柝是硅化木,是吉林省历史上最早有文字记载的矿产。其后经历了清朝和中华民国前期的采矿时期、帝国主义掠夺矿产时期。中华人民共和国成立后,全省开展了系统的地质矿产勘查工作,相继发现或评价了多处大-中型矿床。1949—1999年,全省查明资源储量的矿产有74种,其中开采的有42种,矿产地350余处,大型矿产地40余处、中型矿产地60余处(吉林省地方志编纂委员会,2001)。2000—2018年,中国地质调查局组织实施了国土资源大调查和找矿突破战略行动计划,掀起了新一轮的找矿高峰,铁、贵金属、有色金属、非金属、油页岩等矿产勘查取得了重要成果,探明了白山市五道羊岔等铁矿床45处;白山市板庙子、敦化市松江河、桦甸市六批叶等大-中型金矿床;临江市苇沙河中型银多金属矿床;东辽县弯月、磐石市小红石砬子、图们市碧水等铜铅锌矿床;珲春市杨金沟钨矿床;舒兰市福安堡、敦化大石河、安图刘生店等10余处大-中型钼矿床;集安市双兴等5处大-中型石墨矿床;白山市石青沟滑石矿床;磐石市样子沟等6处大-中型方解石矿床;通化县富江等6处钾长石矿床;伊通县张家屯等5处大理岩矿床;长春市三家子膨润土矿床;磐石市新立屯高岭土矿床;安图县双桥沟超大型伊利石黏土矿床;前郭县小城子等10处大-中型陶粒页岩矿床;辉南县董家堡等4处大-中型火山渣矿床;蛟河市天岗镇等5处花岗岩石材矿床;敦化市意气松南山橄榄石宝石矿床;桦甸市辉发河蓝宝石矿床;磐石市小红石砬子石英质玉石(磐龙玉)大型矿床;白山市库仓沟等4处观赏石及砚石(松花石)矿床;临江市错草项子南岗前岗头等25处硅藻土矿床;扶余县长春岭、三井子一大林子、前郭县深井子、前郭一农安等4个超大型油页岩矿床;先后勘探了羊草沟矿区龙家堡煤矿,蛟流河南部煤井田,舒兰煤田水曲柳煤矿,珲春煤矿区板石、八连城及城西煤矿,增加了

吉林省煤矿资源储备。

2013年,陈毓川院士带领全国各省区的专业技术团队完成了全国矿产资源潜力评价工作,对当时国家25种重要的矿产资源家底进行了一次客观评估,同时对全国的矿产地质工作成果进行了一次比较全面的综合集成。此时,编著第一部关于中国矿产地质学的专业志书,具有历史意义,同时也具有极大的学术价值。在陈毓川院士团队的建议下,国家对此项工作非常重视,从2014年开始,中国矿产地质志研编工作全面展开,截至2020年,《中国矿产地质志·吉林卷》完成研编,实现了吉林省已发现矿种、矿产地和省域面积的“三个”全覆盖,并以矿床的成矿系列理论为指导,对吉林省主要矿种及区域成矿规律进行了系统总结,既是集大成也是开新端,将为新一轮找矿突破战略行动的实施提供科技服务。

1 吉林省矿产资源总貌

1.1 矿产种类齐全

吉林省成矿地质条件较好,矿产资源的种类比较齐全。截至2018年底,已发现能源矿产、金属矿产(黑色金属、有色金属、贵金属、稀土金属、稀有金属、稀散元素)、非金属矿产(工业矿物、工业岩石(土)、宝玉石、观赏石及砚石)、水气矿产共4大类,122种(包括亚矿种148种)。其中,查明资源储量的矿产有105种(包括亚矿种121种),列入吉林省矿产资源储量数据库的矿产有99种(包括亚矿种115种)(表1)。

查明资源量居全国第1位的矿产有油页岩、硅藻土、油砂、火山渣、陶粒页岩、伊利石黏土、饰面用玄武岩、饰面用辉长岩、玉石(石英质玉)、冰洲石等10种;居全国前2~5位的矿产有硅灰石、浮石、隐晶质石墨、高岭土、方解石、钼、镁(炼镁白云岩)、宝石等26种。在已经开发利用的矿产中,金、镍、铁、石油、天然气、天然矿泉水及二氧化碳气等在吉林省矿业经济中占有重要地位。

1.2 矿产特色明显

吉林省矿产资源分布具有明显的地域特色。西部松辽平原以油气等能源矿产为主,松辽盆地为国家重要的含油气盆地;金属矿产、非金属矿产、地热(水)和天然矿泉水主要分布在中—东部及东南部山区,辽东—吉南成矿带是全国的重点成矿区带。铁矿、金矿在吉林、延边、白山、通化等地区分布相对较集中;镍矿、钼矿集中分布在吉林、通化、延边等地;硅藻土主要分布在长白、临江、抚松等

表 1 吉林省已发现的矿产一览表
Table 1 Discovered mineral resources of Jilin Province

矿产分类	已发现的矿产	
	数量	矿种
能源矿产	7	石油、天然气、煤、油页岩、油砂、铀、地热(水)
金属矿产 (52种)	黑色金属	5 铁、铬、锰、钒、钛
	有色金属	13 铜、铅、锌、镍、钼、钴、镁、钨、锑、汞、锡、铋、铝
	贵金属	8 金、银、铂、钯、铑、铱、钇、钽、铀
	稀有金属	3 锆、铌、钽
	稀土金属	16 镧、铈、镨、钕、钐、铈(轻稀土); 铥、钇、钆、铽、镱、铪、铟、铊、铀(重稀土)
	稀散元素	7 锗、镓、铟、铊、铋、碲、硒、碲
非金属矿产 (60种) (包括亚种共86种)	工业矿物	27(包括亚种共29种) 硅灰石、石墨、硼、硫铁矿、萤石、沸石、石膏、砷、水晶(压电水晶、熔炼水晶)、刚玉、石榴子石、蓝晶石、红柱石、透辉石、滑石、石棉、云母(白云母、金云母)、长石、重晶石、明矾石、菱镁矿、水镁石、方解石、冰洲石、透闪石、电气石、蛭石
	工业岩石(土)	30(包括亚种共48种) 硅藻土、膨润土、耐火黏土、石灰岩(电石用灰岩、熔剂用灰岩、水泥用灰岩、制灰用灰岩、饰面用灰岩)、白云岩(冶金用白云岩、玻璃用白云岩、化工用白云岩)、伊利石黏土、高岭土、花岗岩(饰面用花岗岩、建筑用花岗岩)、浮岩、火山渣、大理岩(建筑用大理岩、水泥用大理岩、饰面用大理岩)、天然石英砂(玻璃用砂、建筑用砂、铸型用砂)、砂岩(玻璃用砂岩、水泥配料用砂岩)、石英岩、脉石英、陶瓷黏土、海泡石黏土、其他黏土(水泥配料用黏土、水泥配料用黄土、砖瓦用黏土、铸型用黏土)、泥炭、蛇纹岩、辉长岩、玄武岩(饰面用玄武岩、建筑用玄武岩)、安山岩、闪长岩、麦饭石、霞石正长岩、凝灰岩、珍珠岩、页岩(陶粒页岩、水泥配料用页岩)、板岩(水泥配料用板岩、陶瓷板岩)
	宝玉石	2(包括亚种共8种) 宝石(橄榄石宝石、蓝宝石)、玉石(蛇纹石玉、长白玉、鸡血石玉、敖东玉、透闪石玉、石英质玉石)
	观赏石及砚石	1 松花石
合计	122(包括亚种共148种)	

地区; 硅灰石主要分布在磐石、梨树、安图、龙井等地; 石墨主要分布在通化、吉林地区; 松花石主要分布在通化、白山、安图等地; 橄榄石宝石主要分布在敦化地区; 优质矿泉水主要分布在长白山地区(图 1)。

矿石质量优劣不一。煤炭、油页岩等固体能源矿产在不同地域质量相差较大, 煤炭以白山地区浑江煤田质量较好, 油页岩以桦甸、汪清地区含油率较高、质量较好; 金属矿产普遍质量一般, 多以共伴生的形式赋存, 贫矿多、富矿少; 非金属及水气矿产质量较好, 适宜深加工, 其中, 硅藻土、橄榄石宝石、天然矿泉水以资源丰富、品质良好享誉中外。

油页岩、硅藻土、硅灰石是吉林省特色矿产。油页岩矿以资源量大(已查明 1 032 亿 t, 约占全国 80%)、层位稳定为特征, 为我国能源安全提供了有力保障; 长白县的硅藻土矿床, 层位稳定, 在资源量和质量上, 均位于世界前列; 吉中地区的硅灰石矿床, 以热接触变质成因为其显著特点; 延边地区的中生代火山-次火山热液金及多金属矿床, 具有鲜明的活动陆缘火山成矿特征。

1.3 矿床类型多

吉林省自新太古代至新生代均发育广泛的成矿作用, 矿床类型比较复杂。各类矿产(不包括地热(水)、地下水、天然矿泉水)可划分为 16 种矿床类

型, 其中, 岩浆热液型矿产地 313 个, 占矿产地总数的 20.61%; 生物化学沉积型矿产地 248 个, 占矿产地总数的 16.34%; 其次, 接触交代型矿产地 117 个, 占矿产地总数的 7.71%; 陆相火山岩型矿产地 129 个, 占矿产地总数的 8.50%; 受变质型矿产地 176 个, 占矿产地总数的 11.59%; 变成型矿产地 139 个, 占矿产地总数的 9.16%; 化学沉积型矿产地 100 个, 占矿产地总数的 6.59%(表 2)。

2 吉林省矿产资源产出的地质背景

吉林省大地构造位置处于华北古陆块(龙岗地块)和西伯利亚古陆块(佳木斯—兴凯地块)及其陆缘增生构造带与太平洋板块叠加复合地带, 其地质演化主要受华北克拉通和古亚洲洋与太平洋两大构造体制的制约, 经历了太古宙陆块形成阶段、古元古代裂谷(拗陷)阶段、新元古代—晚三叠世古亚洲构造域多幕陆缘造山阶段、中生代滨太平洋构造域阶段的地质演化过程, 特定的大地构造背景下形成了多岛弧盆系、地块、结合带并存的三种大地构造单元。根据以往研究成果, 将吉林省的构造单元划分为 2 个 I 级构造单元, 3 个 II 级构造单元, 5 个 III 级构造单元(李德洪等, 2023)(图 2)。各构造单元代表的成矿地质背景既相互区别, 又相互联系。

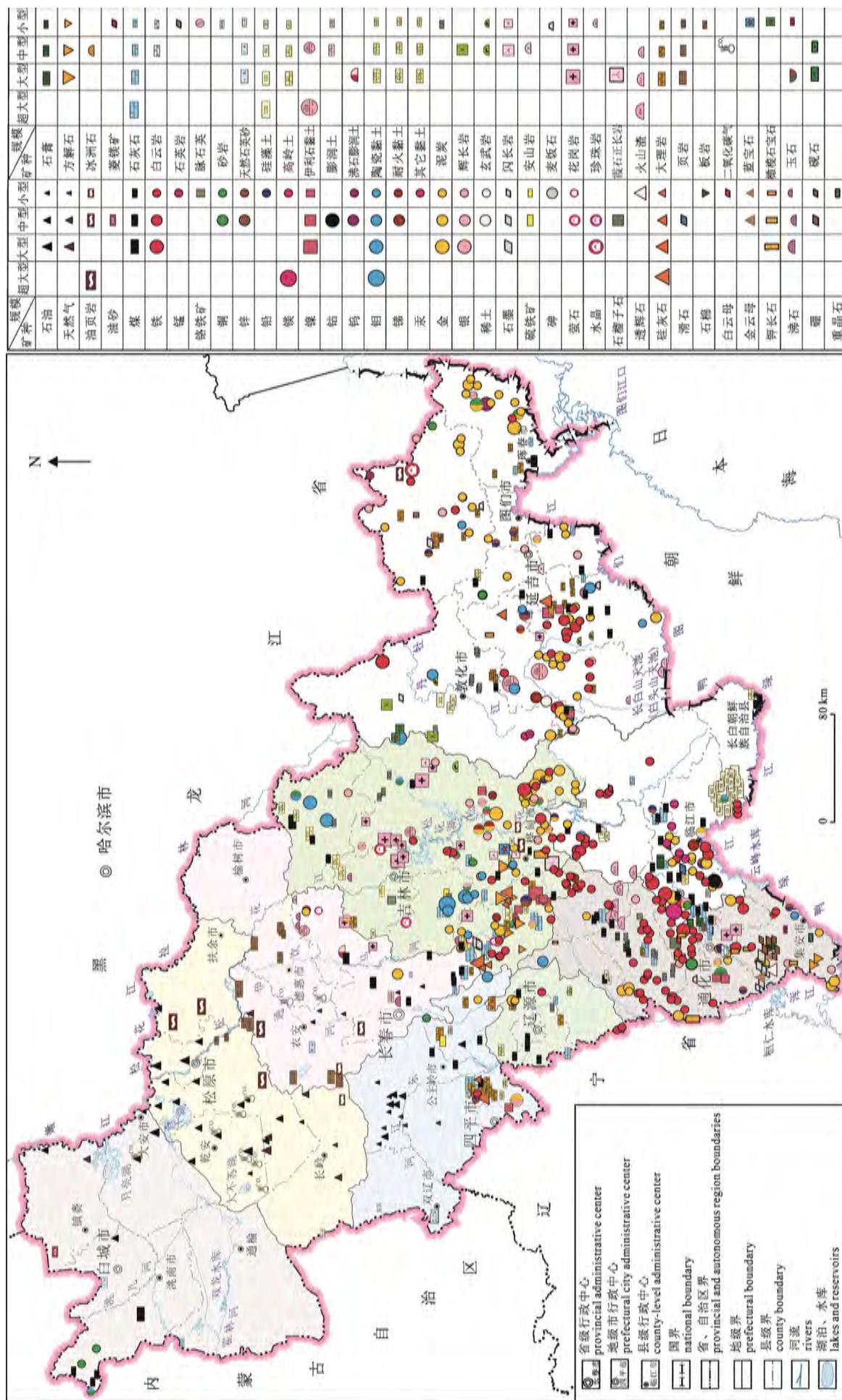


图 1 吉林省主要矿产产地分布简图
Fig. 1 Simplified map of major mineral deposits in Jilin Province

表 2 吉林省各矿床类型成矿时代统计表
Table 2 Chronological statistics of metallogenic epochs for different deposit types in Jilin Province

矿床类型	新太古代	古元古代	新元古代	早古生代	晚古生代	中生代	新生代	合计	
	数量/个	占比/%							
岩浆型	6	4	—	—	15	41	3	69	4.55
伟晶岩型	9	6	—	—	1	3	—	19	1.25
接触交代型	—	4	—	2	5	106	—	117	7.71
斑岩型	—	—	—	—	—	24	—	24	1.58
岩浆热液型	5	4	—	—	16	288	—	313	20.62
陆相火山岩型	—	—	—	—	5	74	50	129	8.50
海相火山岩型	—	—	—	4	11	—	—	15	0.99
受变质型	123	39	7	2	3	2	—	176	11.60
变成型	1	41	10	8	4	75	—	139	9.16
风化型	—	—	—	—	—	—	17	17	1.12
砂矿型	—	—	—	—	—	—	63	63	4.15
机械沉积型	—	—	5	2	1	14	9	31	2.04
化学沉积型	—	—	31	15	44	3	7	100	6.59
蒸发沉积型	—	—	—	9	—	—	—	9	0.59
生物化学沉积型	—	—	—	—	14	130	104	248	16.34
叠加(复合/改造)型	—	—	—	—	—	49	—	49	3.23
总计	144	98	53	42	119	809	253	1 518	100

注：“占比”为占全省矿产地总数的百分比；地下水、天然矿泉水、地热(水)未参加统计；“—”为没有此类型矿床。

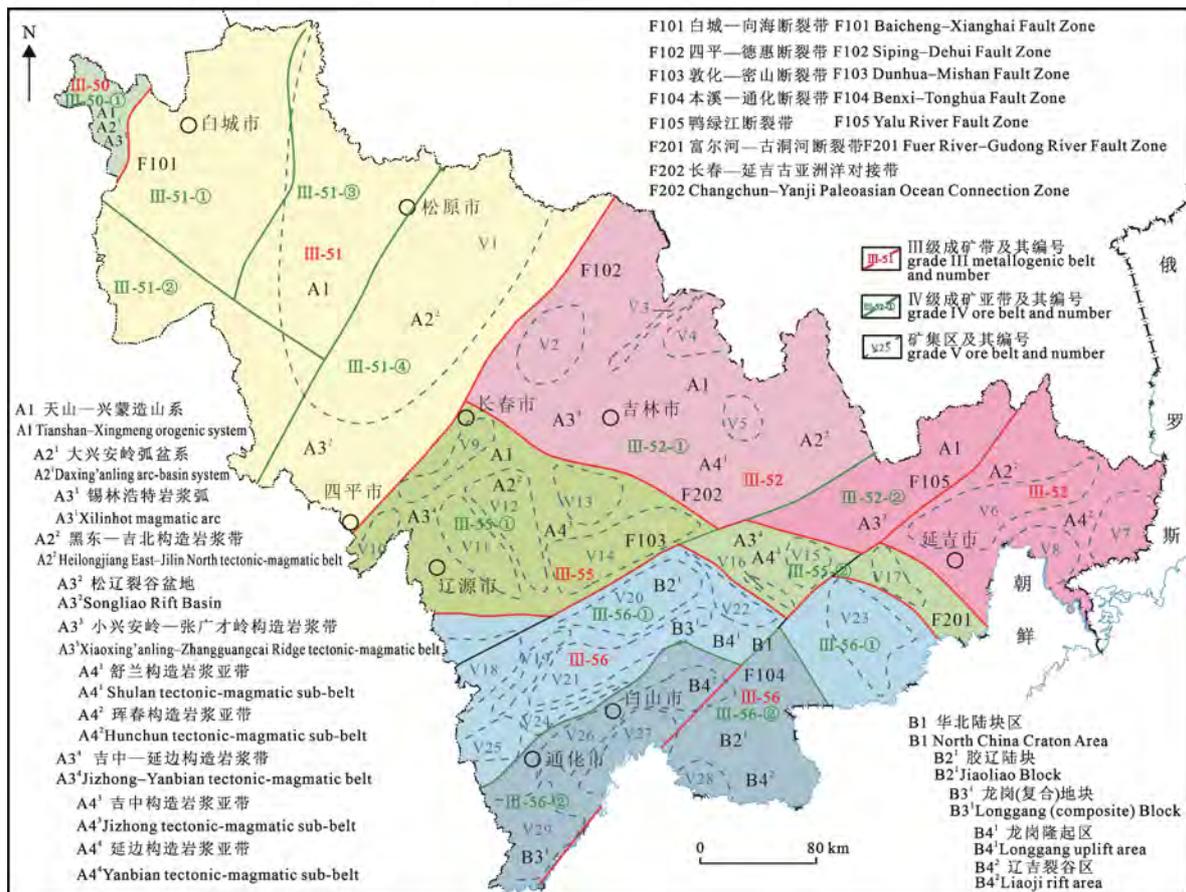


图 2 吉林省成矿单元划分图
Fig. 2 Metallogenic belt division map of Jilin Province

锡林浩特岩浆弧(A3¹)为兴安地块在吉林省内的出露部分; 松辽裂谷盆地(A3²)以发育较完整的晚白垩世地质建造为特征; 小兴安岭—张广才岭岩浆弧(A3³)在吉林省境内出露的是松嫩地块、佳木斯

地块、兴凯地块间复杂的古生代陆缘(活动)增生带, 以及叠加于之上的中生代滨太平洋构造体系地质建造。以东北向敦密断裂为界, 进一步划分为两个次一级构造单元: 舒兰构造岩浆亚带(A4¹)和珲春构

造岩浆亚带(A4²);吉中—延边岩浆弧(A3⁴)经历了古亚洲洋构造体系和环太平洋构造体系,以环太平洋构造体系地质建造为主。以北东向敦密断裂为界,分为两个次一级构造单元:吉中构造岩浆亚带(A4³)和延边构造岩浆亚带(A4⁴),A3³、A3⁴在古亚洲洋构造体系中分属古亚洲洋两侧,各自具有不同的构造演化史,为两个 III 级构造单元,在环太平洋构造体系中二者构造岩浆活动没有明显不同,可做为一个 III 级构造单元。龙岗复合地块(B3¹)为华北陆块的一部分,经历了新太古代初始克拉通化、古元古代成熟克拉通化(辽吉裂谷演化)、中元古代构造演化、新元古代—晚三叠世相对稳定地块演化、晚三叠世以来环太平洋构造体系演化,是吉林省境内构造演化历史最长、成矿作用复杂多样的构造单元。进一步划分为两个次一级构造单元:龙岗隆起区(B4¹)和辽吉裂谷区(B4²)。

3 吉林省矿产成矿地质规律

3.1 吉林省矿床类型结构特征

3.1.1 矿床类型分布特征

吉林省矿床类型比较齐全,共厘定 16 个矿床类型,以岩浆热液型、受变质型、变成型、接触交代型、斑岩型、化学沉积型等为主。吉林省自新太古代至新生代均有成矿作用,新太古代共发现矿产地 144 处,主要为受变质型,其次为伟晶岩型、岩浆型、岩浆热液型。古元古代共发现矿产地 98 处,主要为受变质型、变成型,其次为伟晶岩型、岩浆型、岩浆热液型、接触交代型;新元古代共发现矿产地 53 处,主要为化学沉积型、变成型,其次为受变质型、机械沉积型;早古生代共发现矿产地 42 处,主要为化学沉积型、蒸发沉积型、变成型,其次为海相火山岩型、接触交代型、受变质型、机械沉积型;晚古生代共发现矿产地 119 处,主要为化学沉积型,其次为生物化学沉积型、岩浆型、岩浆热液型、海相火山岩型;中生代共发现矿产地 809 处,主要为岩浆热液型、接触交代型、生物化学沉积型,其次为陆相火山岩型、变成型、岩浆型、叠加(复合/改造)型;新生代共发现矿产地 253 处,主要为生物化学沉积型,其次为陆相火山岩型、砂矿型、风化型(表 2)。

3.1.2 矿床类型成矿地质特征

(1) 岩浆型矿床

古元古代和中生代是岩浆型矿床的主要成矿时期,矿床与构造-岩浆活动密切相关,主要形成于岩浆演化阶段,矿体主要产在岩浆岩母岩体内。不同岩性、岩相条件形成的矿产不同,与基性-超基性侵入岩有关的矿产主要为镍、铜、铁、铬铁矿、钒、

钛、铂族金属和辉长岩等,成矿作用主要为岩浆结晶分异作用和岩浆熔离作用。如通化县赤柏松镍铜矿床、磐石市红旗岭镍矿床、白山市五道羊岔铁矿床、敦化市马鹿沟辉长岩饰面石材矿床等。

(2) 接触交代型矿床

接触交代型矿床主要为铁、锰、铜、铅锌、钼、钨及硫铁矿、金云母等,中生代是主要成矿时期。矿床主要受隆坳构造和深大断裂控制,形成于中深成、中浅成中酸性-中基性侵入体与碳酸盐类或其他钙镁质岩石等化学性质活泼的围岩接触带及其附近,由含矿热液的交代作用形成。如磐石市吉昌铁矿床、桦甸市火龙岭钼矿床、龙井市天宝山立山—新兴铅锌矿床、集安市财源镇北屯金云母矿床等。

(3) 斑岩型矿床

斑岩型矿床主要矿产为金、铜、钼等,成矿时代为中生代。矿床主要分布在活动大陆边缘和板块内部构造岩浆活动带内,受深大断裂构造控制,成矿作用在时间、空间和成因上与钙碱性系列的中酸性浅成岩侵入体有关。如永吉县大黑山钼矿床、珲春市小西南岔金铜矿床、通化县二密铜矿床等。

(4) 岩浆热液型矿床

岩浆热液型矿床是吉林省主要矿床类型,中生代是主要成矿时期。矿床主要分布在不同大地构造单元的边部和板块内部构造岩浆活动带内部,受区域深大断裂的控制,成矿作用主要与构造岩浆活动有关,由岩浆结晶分异过程中形成的含矿热液,通过充填和交代的方式形成矿床。如白山市板子金矿床、安图县海沟金矿床、四平市山门银金矿床、珲春市杨金沟钨矿床、安图县万宝镇伊利石黏土矿床等。

(5) 陆相火山岩型矿床

陆相火山岩型矿床是吉林省非金属矿产、金等金属矿产的主要矿床类型,中生代和新生代是主要成矿时期。矿床多分布在同期火山盆地或其边缘地带,区域深大断裂控制了多期次的火山喷发-岩浆侵入活动,为矿床的形成提供了大量的成矿物质,成矿作用主要与火山-沉积作用、火山热液作用、次火山热液作用有关。矿体主要赋存在火山岩、火山碎屑岩及次火山岩体中,受火山盆地及其边缘的弧形、放射状断裂或断裂裂隙带控制。如长春市九台区银矿山沸石膨润土矿床、辉南县大椅山火山渣矿床、汪清县刺猬沟金矿床等。

(6) 海相火山岩型矿床

海相火山岩型矿床主要矿产为金、银、铜、铅、锌、硫铁矿、石英质玉等,晚古生代是主要成矿时期。矿床主要与海底火山活动有关。如伊通满族自治县放牛沟硫多金属矿床、龙井市天宝山东风坑铅

锌矿床、永吉县头道川金矿床等。

(7) 受变质型矿床

受变质型矿床主要为铁、钴、硫铁矿、石棉、菱镁矿、白云岩、石英岩等, 新太古代是主要成矿时期, 其次为古元古代。含矿原岩建造主要有中基性火山-沉积建造和碎屑岩-碳酸盐岩沉积建造, 矿床在变质作用下受到强烈改造。如白山市板石沟铁矿床、桦甸市老牛沟铁矿床、白山市大横路钴矿床、白山市八道江区黑沟九队白云岩矿床等。

(8) 变成型矿床

变成型矿床是吉林省非金属矿产的主要类型, 中生代是主要成矿时期, 其次为古元古代。主要矿种有石榴子石、石墨等。富含成矿元素的原岩建造在变质作用下形成新矿物并富集成矿床。如梨树县大顶山硅灰石矿床、伊通县张家屯大理岩矿床、集安市双兴晶质石墨矿床、集安市高台沟硼矿床等。

(9) 化学沉积型矿床

化学沉积型矿床主要为铁、石灰岩、耐火黏土、白云岩、砚石等。新元古代和晚古生代是主要的成矿时期。原生岩矿石或矿物在风化作用下, 成矿物质以离子的形式随地表水迁移进入沉积盆地, 经化学分异作用逐步沉淀富集形成矿床。如长春市双阳区羊圈顶子石灰岩矿床、白山市库仓沟松花石矿床、吉林市大口钦镇前窑耐火黏土矿床等。

(10) 生物化学沉积型矿床

生物化学沉积型矿床主要为石油、天然气、油页岩、油砂、煤、硅藻土、硫铁矿、泥炭等, 中生代和新生代是主要成矿时期, 成矿构造环境主要为陆内裂谷带附近的拗陷盆地、火山断陷盆地及山间盆地, 具有持续稳定的地壳沉降构造背景, 大多数矿床属同时期连续沉积成因的同生矿床。如松原市扶余油田、扶余市长春岭油页岩矿床、白山市浑江煤田八宝矿区、长白朝鲜族自治县西大坡硅藻土矿床等。

(11) 叠加型矿床

叠加(复合/改造)型矿床是吉林省金矿的主要类型, 共发现矿产地 49 处。叠加成矿作用是吉林省夹皮沟式金矿的主要成矿作用之一, 在新太古代构造演化中形成富含金元素的矿源层, 中生代叠加构造岩浆作用形成石英脉型金矿床。如桦甸市夹皮沟金矿田、桦甸市老金厂金铁矿床等。

除上述主要矿床类型外, 伟晶岩型矿床主要形成于新太古代和古元古代, 成矿作用与与花岗岩类岩浆活动有关; 风化型矿床主要为工业岩石(土)类非金属矿产, 成矿时代全部为新生代; 蒸发沉积型矿床主要为石膏, 在由潮湿转干旱的气候条件下, 通过蒸发作用形成; 机械沉积型矿床主要为金、陶

粒页岩、砂岩、黏土等, 中生代和新生代是主要成矿时期; 砂矿型矿床主要为砂金、稀土(独居石)、天然石英砂、蓝宝石和刚玉等, 成矿时代为新生代。

3.2 矿产的空间分布规律

3.2.1 成矿单元划分

吉林省成矿单元划分如图 2 所示。划分总体原则是以地质构造单元为基础, 同一大地构造单元划为同一成矿区带, 逐级圈定成矿单元(陈毓川等, 1999, 2007, 2015b)。I、II、III 级成矿区带划分以及成矿区带编号均采用全国统一划分方案(徐志刚等, 2008); IV 级成矿亚带一般与吉林省 IV 级大地构造单元基本一致, 突出反映成矿构造环境, 充分考虑 III 级成矿带内成矿作用的差异性、区域控矿因素和区域物探、化探、遥感等综合信息特征基础上进行划分; 矿集区是以矿产地集中分布为前提, 对优势或特色的矿产单独划分矿集区。

依据上述原则, 吉林省共划分出 I 级成矿域 1 个, 编号为 I-4; II 级成矿省 3 个, 编号 II-12、II-13、II-14; III 级成矿带(区) 5 个, 编号分别为 III-50, III-51, III-52, III-55, III-56; 11 个 IV 级成矿亚带, 编号 III-50-①、III-51-①、III-51-②、III-51-③、III-51-④、III-52-①、III-52-②、III-55-①、III-55-②、III-56-①、III-56-②; 矿集区 29 个, 编号 V1~V29(表 3)。其中, III-51、III-52、III-55 及 III-56 四个成矿带为吉林省重点成矿带。

3.2.2 III 级成矿带矿产分布特征

(1) 突泉—翁牛特 Pb-Zn-Ag-Cu-Fe-Sn-REE 成矿带(III-50)

成矿带位于吉林省西部, 带内包括一个 IV 级亚带, 主要发育晚华力西构造旋回和燕山构造旋回。成矿带内矿产主要为煤、铜、铁、金等, 共发现矿产地 18 处, 其中, 大型矿床 1 个、小型矿床 6 个、矿点 11 个。矿床类型以岩浆热液型、陆相火山岩型和生物化学沉积型为主, 岩浆热液型矿床与晚侏罗世—早白垩世中酸性、酸性侵入体关系密切, 多位于岩体内和岩体边部; 火山热液型矿床空间分布与晚侏罗世—早白垩世断陷火山-沉积盆地关系密切, 多位于火山喷发机构内; 沉积型矿床分布在万宝早侏罗世沉积盆地和聚宝早白垩世沉积盆地。

(2) 松辽盆地石油-天然气-铀成矿区(III-51)

成矿区与松辽盆地吉林省出露范围相同, 为一规模较大的中生代沉积盆地。盆地形成和地质演化经历了燕山构造旋回和喜马拉雅构造旋回, 矿产以生物化学沉积型能源矿产为主, 多集中分布在松辽盆地中央凹陷带以及两侧的西部斜坡区和东南隆起区, 其次为非金属矿产, 多集中分布在松辽盆地的两侧及边部。

(3)小兴安岭—张广才岭(造山带)成矿带(III-52)

位于吉黑造山带内,四平—长春—德惠岩石圈断裂以东,西拉木伦河—长春—延吉断裂以北。前中生代位于西拉木伦河古亚洲洋缝合带以北,佳木斯—兴凯联合地块南部,为活动陆缘叠覆造山带成矿构造环境;中新代位于长白山陆缘火山盆岭叠加构造带上,为活动大陆边缘左行剪切与右行伸展拉张盆-岭成矿构造环境。

成矿带内主要矿产为煤、铁、金、铂、钨、铜、隐晶质石墨、萤石、沸石、水晶、红柱石、大理岩、

耐火黏土、陶瓷黏土、橄榄石宝石等;共发现矿产地 277 处,其中,大型矿床 22 个、中型矿床 35 个、小型矿床 106 个、矿点 114 个。成矿带内金、铂、钨为优势矿种,资源量占有重要地位。

成矿带内矿床类型多样,受变质型铁矿(BIF 型矿床)主要分布在敦化塔东地区以及九台机房沟地区;变成型红柱石矿主要分布在珲春小西南岔—五道沟地区,石墨矿床主要分布在敦化清沟子地区,大理岩矿床分布在汪清天桥岭地区以及大黑山条垒北段;岩浆型铬铁矿床主要分布在吉林市小绥河

表 3 吉林省成矿单元划分表
Table 3 Metallogenic belt division in Jilin Province

I 级成矿域	II 级成矿省	III 级成矿区(带)	IV 级成矿亚带	矿集区	
I-4 滨太平洋成矿域	II-12 大兴安岭成矿省	III-50 突泉—翁牛特 Pb-Zn-Ag-Cu-Fe-Sn-REE 成矿带(Ye; Ym; Y)	III-50-① 万宝—那金 Cu-Fe-Mo-Au-Ag-煤成矿亚带		
			III-51-① 镇赉—通榆石油-天然气-油砂成矿亚带		
	II-13 吉黑成矿省	III-51 松辽盆地石油-天然气-铀成矿区(YI-He)	III-51-② 瞻榆—双辽玻璃用砂-铸型用砂成矿亚带		
			III-51-③ 大安—长岭石油-天然气成矿亚带		
			III-51-④ 扶余—梨树油页岩-陶粒页岩-石油-天然气-二氧化碳气成矿亚带	V1 扶余—杨大城子石油-天然气-油页岩-陶粒页岩-二氧化碳气矿集区	
			III-52-① 舒兰 Au-Ag-Mo-Fe-Cr-煤-宝石-萤石-水晶-泥炭-沸石-膨润土-耐火黏土-珍珠岩-伊利石黏土-陶粒页岩-硅藻土-饰面花岗岩成矿亚带	V2 八台岭—上河湾 Au-Ag-沸石-膨润土-煤矿集区 V3 缸窑—水曲柳耐火黏土-煤矿集区 V4 福安堡 Mo 矿集区 V5 大石河 Mo-宝石矿集区	
	II-14 华北(陆块)成矿省	III-52 Mo-Au-W 成矿带(Pt ₃ ² ; V; I; Y)	III-52-② 珲春 Au-Ag-Cu-W-Pb-Zn-Fe-Mo-Pt-Pd-红柱石-大理岩-陶瓷黏土-煤-石灰岩-石墨成矿亚带	V6 闹枝—杜荒岭 Au-Cu-Pb-Zn 矿集区 V7 小西南岔—农坪 Au-W-Cu 矿集区 V8 板石大理岩-陶瓷黏土-煤矿集区 V9 放牛沟—兰家 Au-Cu-硫铁矿矿集区	
			III-55 吉中—延边(活动陆缘)Mo-Au-As-Cu-Zn-Fe-Ni-W 成矿带(Pt ₃ ¹ ; V; I-Y; Y)	III-55-① 吉中 Ag-Au-Cu-Pb-Zn-Mo-Fe-Ni-Sb-Mn-硫铁矿-萤石-硅灰石-石油-天然气-油页岩-硫铁矿-膨润土-煤-石墨-方解石-宝石-玉石-大理岩-石灰岩成矿亚带	V10 山门—孟家岭 Ag-Au-硅灰石-大理岩矿集区 V11 西苇—一座营 Au-Pb-Zn-Mo-大理岩矿集区 V12 山河—石嘴硅灰石-石灰岩-Au-Fe-石墨矿集区 V13 大黑山—锅盔顶子 Mo-Cu-硫铁矿矿集区 V14 红旗岭—漂河川 Au-Ni-硅灰石-方解石矿集区
	II-14 华北(陆块)成矿省	III-56 辽东(隆起)Fe-Cu-Pb-Zn-Au-U-B-磷-菱镁矿-滑石-石墨-金刚石成矿带(Ar ₂ ; Ar ₃ ; Pt ₁ ; Pt ₃ ; I-Y; Y)	III-55-② 延边 Au-Ag-Mo-Pb-Zn-Ni-Cu-Fe-Cr-Hg-REE-硅灰石-冰洲石-大理岩-煤-黏土成矿亚带	V15 万宝伊利石黏土-Mo 矿集区 V16 松江河—海沟 Au-Fe 矿集区 V17 天宝山—长仁硅灰石-Pb-Zn-Ni 矿集区 V18 山城—安口钾长石-Au-Fe 矿集区 V19 五道沟—样子哨石灰岩-石膏矿集区	
			III-56-① 铁岭—靖宇 Au-Ag-Cu-Fe-Pb-Zn-Mo-Cr-Ni-火山渣-沸石-硅藻土-石灰岩-钾长石-石膏-泥炭-煤-钾长石-石榴子石-玄武岩成矿亚带	V20 辉南—那尔轰 Fe-Cu-Au 矿集区 V21 双河堡—万良火山渣-硅藻土-Fe 矿集区 V22 夹皮沟—露水河 Au-Fe 矿集区 V23 金城洞—百里坪 Fe-Au-Mo 矿集区 V24 四方山—板石 Fe-钾长石矿集区 V25 二密—赤柏松 Ni-Cu-Au 矿集区	
			III-56-② 营口—长白 Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Fe-Co-Mo-Sb-石墨-硼-硅藻土-石棉-云母-蛇纹岩-白云岩-石灰岩-石膏-磷-滑石-高岭石-松花石-瓷土-黏土-玄武岩-煤成矿亚带	V26 大安—大营 Au-Fe-石膏-大理岩-石灰岩-煤矿集区 V27 南岔—荒沟山 Au-Fe-Co-Pb-Zn 矿集区 V28 六道沟—八道沟硅藻土-Fe-Cu 矿集区 V29 西岔—高台沟石墨-硼-Au-Pb-Zn 矿集区	

注: C—加里东期, V—华力西期, I—印支期, Y—燕山期, H—喜马拉雅期; e—早期, m—中期, l—晚期。

地区, 花岗岩矿床主要分布在蛟河天岗地区; 斑岩型铜金矿床主要分布在珲春小西南岔—五道沟—农坪地区, 钼矿床主要分布在舒兰、蛟河及汪清地区; 岩浆热液型白钨矿、铜、铅、锌矿床主要分布在汪清闹枝—杜荒岭一带和珲春小西南岔—五道沟—农坪地区, 金、银矿主要分布在大黑山条垒北段和珲春小西南岔—五道沟—农坪地区; 陆相火山岩型金矿床主要分布在汪清闹枝—杜荒岭一带, 沸石、膨润土、珍珠岩(黑曜岩)矿床主要分布在大黑山条垒北段, 橄榄石宝石矿床分布在蛟河与敦化交界的大石河地区; 沉积型石灰岩矿床主要分布在汪清天桥岭地区以及大黑山条垒北段; 生物化学沉积型油页岩矿床分布在汪清罗子沟盆地, 硅藻土矿床分布在舒兰盆地和敦化盆地, 煤矿主要分布在舒兰盆地、蛟河、珲春盆地。

成矿带以北东向敦密断裂带为界, 以西的舒兰地区划分为 III-52-①、以东的珲春地区划分为 III-52-②共两个四级成矿亚带。舒兰地区产有铬铁矿、硫铁矿、萤石、花岗岩、耐火黏土、膨润土、敖东玉、硅藻土、珍珠岩、沸石、陶瓷黏土、橄榄石宝石、陶粒页岩矿产; 珲春地区产出的矿种为铂钯、铅锌矿、白钨矿、红柱石、油页岩等。

成矿带内划分出 V2~V8 共 7 个矿集区, 其中福安堡 Mo 矿集区(V4)和小西南岔—农坪 Au-W-Cu 矿集区(V7)为带内重要矿集区。福安堡 Mo 矿集区以叠加中生代陆内中酸性岩浆侵入活动和岩浆热液成矿作用为特征, 以斑岩型钼矿为主, 如舒兰市福安堡大型钼矿床等。小西南岔—农坪矿集区以发育早古生代五道沟群为特征, 在中生代叠加陆内火山-沉积作用和中酸性岩浆侵入活动。矿集区内的矿床、矿点主要分布在早古生代活动陆缘、晚二叠纪活动陆缘以及早中侏罗世岩浆活动带内。以岩浆热液型矿床为主, 如珲春市大六道沟金铜矿床、珲春市杨金沟钨矿床等(图 3)。

(4) 吉中—延边(活动陆缘)成矿带(III-55)

成矿带位于四平—德惠岩石圈断裂以东, 西拉木伦河—长春—延吉缝合带以南。前中生代位于西拉木伦河古亚洲洋缝合带以南, 龙岗地块北部陆缘活动带上, 为活动陆缘成矿构造环境; 中生代位于长白山陆缘火山盆岭叠加构造带上, 为活动大陆边缘左行剪切与右行伸展拉张盆-岭成矿构造环境。区内包括煤、铁、金、银、钼、镍、硅灰石、隐晶质石墨、硫铁矿、方解石、石灰岩、大理岩、蓝宝石、独居石等共计 55 个矿种、446 处矿产地, 其中, 超大型矿床 7 个、大型矿床 24 个、中型矿床 57 个、小型矿床 175 个、矿点 183 个。成矿带内主要矿床

类型为海相火山岩型块状硫化物矿床; 岩浆热液型银、金矿床; 斑岩型钼矿床; 接触交代型铅锌多金属矿床; 岩浆型铜镍硫化物矿床; 变成型硅灰石、大理岩、方解石矿床。

海相火山岩型金、银、铜矿床主要分布在磐石小梨河、民主屯以及石嘴子地区, 硫铁矿分布在大黑山条垒放牛沟和永吉头道沟地区。

岩浆热液型金矿分布在长春、东丰、桦甸、磐石、敦化、安图地区, 银矿主要分布在四平山门、磐石兴隆沟地区, 以四平山门银矿为代表, 铅锌矿分布在东辽县、磐石、桦甸和龙井天宝山地区, 伊利石黏土矿床则产于安图县双桥沟地区。

斑岩型钼矿分布在永吉县、桦甸、梅河口、安图、龙井地区。

接触交代型铅锌矿、硫铁矿分布在大黑山条垒、龙井天宝山地区。

岩浆型镍矿主要分布在磐石红旗岭及和龙长仁地区, 岩浆型钒钛磁铁矿主要分布在敦化、安图地区, 岩浆型花岗岩分布在取柴河地区, 岩浆型铬铁矿分布在龙井开山屯地区。

受变质型铁矿(BIF 型矿床)主要分布在东丰、磐石、安图及和龙地区, 赋存在西保安岩组、青龙村岩群和江城岩组。区域变质作用形成的变成型蓝晶石矿床分布在磐石地区, 大理岩矿床分布在大黑山条垒南段、东丰、磐石、桦甸、和龙等地, 赋存在呼兰岩群、青龙村岩群中; 热接触变质作用形成的变成型硅灰石矿分布在大黑山条垒南段、磐石、安图、龙井等地, 变成型红柱石矿仅分布在桦甸南部, 变成型大理岩矿主要分布在双阳、磐石、安图、龙井等地, 多产于石炭系、二叠系碳酸盐地层与中生代花岗岩接触带内, 变成型石墨矿床主要分布在磐石烟筒山地区, 多产于上三叠统含碳或煤系地层与中生代花岗岩接触带内。

成矿带以北东向敦密断裂带为界, 划分为 III-55-①、III-55-②两个四级成矿亚带和 V9~V17 共 9 个矿集区, 其中大黑山—锅盔顶子 Mo-Cu-硫铁矿矿集区(V13)、红旗岭—漂河川 Au-Ni-硅灰石-方解石矿集区(V14)、松江河—海沟 Au-Fe 矿集区(V16)为重要矿集区。

大黑山—锅盔顶子矿集区(V13)主要为二叠纪活动大陆边缘的火山-沉积岩系和中生代陆缘火山盆地沉积, 以及中生代大面积的中酸性岩浆侵入体。矿集区内以钼、铜、铅锌和硫铁矿的集中成矿为特色, 矿床类型有斑岩型、岩浆热液型和接触交代型, 以大黑山斑岩型钼矿床为代表。

红旗岭—漂河川矿集区(V14)主要为奥陶系呼兰岩群火山-沉积岩系、二叠纪活动大陆边缘的火山-沉积岩系和中生代陆缘火山盆地沉积,中生代中酸性岩浆侵入体大面积分布。矿集区内镍、金、方解石为优势矿种,区内镍资源量在吉林省占有重要地位。矿床类型以岩浆型、岩浆热液型和变成型为主,以红旗岭岩浆型铜镍硫化物矿床、漂河川4号岩体岩浆型铜镍硫化物矿床为代表(图4)。

(5)辽东(隆起)成矿带(III-56)

成矿带在吉林省分布范围与吉林南部龙岗地块分布范围一致。龙岗地块是从属于华北克拉通东北部的一个微小地块(王荃, 2011; 许王, 2019), 吉南地区为其北部在吉林省出露部分, 新太古代处于古老陆核裂解与碰撞拼贴以及克拉通化的复杂成矿构造环境; 古元古代处于裂谷成矿构造环境; 新元古代—晚古生代为陆表海沉积成矿构造环境; 中生代陆内叠加岩浆活动带及陆内伸展盆-



图3 III-52成矿带矿产资源分布图

Fig. 3 Mineral resource distribution in the Metallogenic Belt III-52

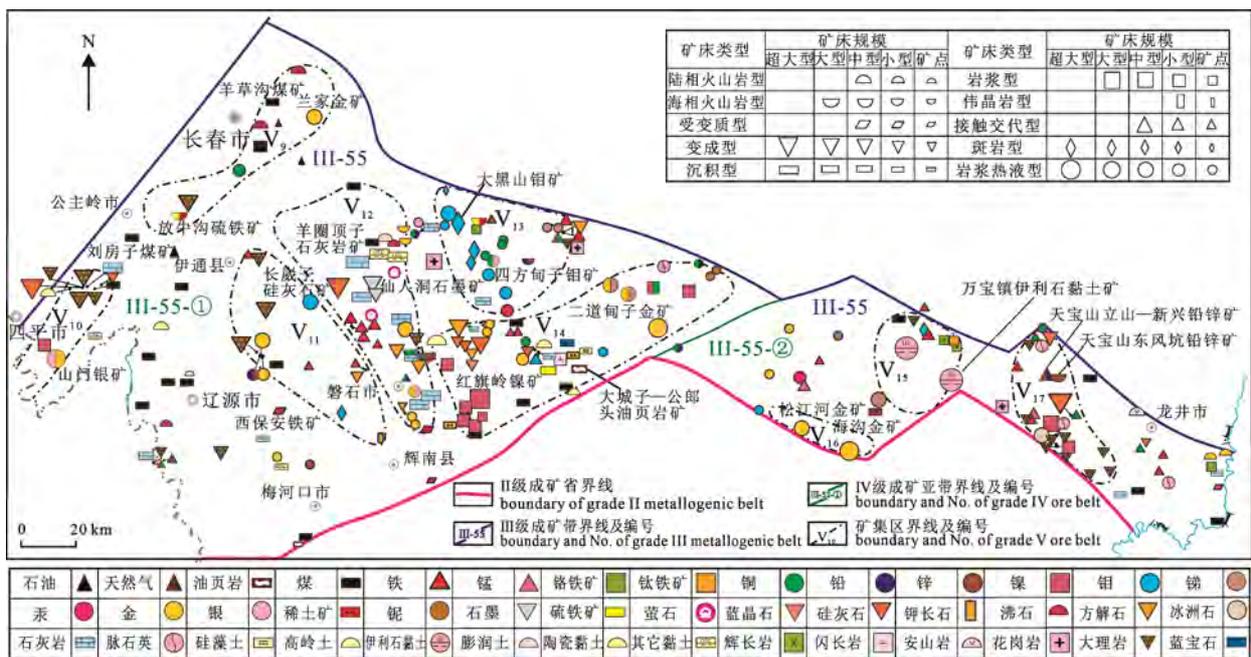


图4 III-55成矿带矿产资源分布图

Fig. 4 Mineral resource distribution in the Metallogenic Belt III-55

岭成矿构造环境。成矿带内主要有 51 个矿种, 矿床类型有岩浆型、伟晶岩型、接触交代型、斑岩型、岩浆热液型、陆相火山岩型、受变质型、化学沉积型、蒸发沉积型、生物化学沉积型以及叠加型等(李德洪等, 2023)。

受变质型矿床在龙岗隆起区、辽吉裂谷区均有分布。受变质型铁矿主要分布在龙岗隆起区靖宇、桦甸一带; 铅锌矿、钴矿、冶镁白云岩、白云岩、石英岩主要分布在辽吉裂谷区的白山、临江、长白地区; 受变质型硫铁矿和变成型金云母、透辉石、安绿石(蛇纹石玉)、蛇纹岩、硼矿、石墨矿床主要分布在集安地区。

岩浆型镍矿分布在辽吉裂谷区边部赤柏松和龙岗隆起区、桦甸小陈木沟地区; 岩浆型铬矿分布在龙岗隆起区柳河安口镇—双河堡地区。

斑岩型铜矿主要分布在龙岗隆起区中生代火山断陷盆地边部; 斑岩型钼矿主要分布在辽吉裂谷区集安地区鸭绿江断裂带附近。

伟晶岩型钾长石矿床、白云母矿床主要分布在龙岗隆起区柳河、抚松、靖宇、桦甸一带。

岩浆热液型金矿床分布广泛, 就矿产地数量和规模而言, 主要集中在辽吉裂谷区白山板庙子和临江荒沟山及集安地区; 岩浆热液型银矿主要分布在龙岗隆起区和龙百里坪地区(臧兴运等, 2007; 闫冬等, 2018); 岩浆热液型铜矿床主要产在龙岗隆起区的靖宇县常发沟一带; 岩浆热液型铅锌矿床集中在辽吉裂谷区白山、临江、集安一带; 岩浆热液型铋矿床主要分布在临江市青沟子地区; 岩浆热液型脉石英、重晶石、方解石矿床主要分布在长白、临江、集安地区。

接触交代型矿床以矽卡岩型铁矿、铜矿、铅锌矿为主, 主要分布在辽吉裂谷区白山六道江、抚松县大营、集安市正岔及临江、长白地区。

陆相火山热液型金矿床主要分布在柳河中生代火山断陷盆地边部的梅河口市香炉碗子一带; 陆相火山岩型浮石矿床主要分布在长白山西北部新生代玄武岩发育地区的和龙、安图一带; 陆相火山岩型膨润土、高岭土、明矾石矿床主要分布在中生代火山断陷盆地中白山八道江区红土崖、长白县马鹿沟一带; 陆相火山岩型火山渣矿床主要分布在柳河县小腰牌、辉南、靖宇县等地的新生代火山岩分布地区。

化学沉积型矿床以铁矿、白云岩、石灰岩、耐火黏土、砚石(松花石)为特征, 主要分布在通化、白山、临江一带的陆表海盆地中。蒸发沉积型石膏矿床主要分布在通化县下四平、白山市江源区大阳岔

和辉南样子哨等地。生物化学沉积型硅藻土矿床主要分布在长白县马鞍山、西大坡一带以及抚松地区的新生代玄武岩分布区。

叠加型金矿为多期次成矿作用产物, 主要分布在龙岗隆起区桦甸夹皮沟、和龙金城洞一带(图 5)。

3.3 矿产形成时代的演化规律

吉林省的地质演化经历了新太古代—中元古代、新元古代—晚三叠世、晚三叠世—新生代三个基本演化阶段, 漫长的地史演化形成复杂的构造格局、多样的成矿地质环境, 导致了复杂的成矿作用。

3.3.1 新太古代—中元古代构造演化

新太古代—中元古代为吉南地区龙岗复合地块演化过程, 其地壳演化和成矿环境、成矿作用与后期明显不同, 是吉林省内十分重要的成矿期之一, 因此将吉南龙岗地块区在前新元古代的成矿作用划分为吉南克拉通成矿域(吉林省内使用), 以更有利于吉南地区区域成矿规律总结。

(1) 新太古代五台构造-成矿旋回

吉南龙岗地块处于初始克拉通化演化阶段。新太古代早期, 伴随前新太古代吉辽古陆核裂解而形成的伸展拉张构造环境下的基性-超基性岩浆侵入作用, 形成新太古代早期的柳河县双河堡基性-超基性岩体、桦甸市大肚川超基性岩体群等, 相关矿床主要有: 柳河县双河堡岩浆型铬矿点、桦甸市大肚川铬矿点。新太古代晚期, 五台运动使各微地块再次拼合形成初始的龙岗地块, 并使表壳岩发生褶皱及麻粒岩-高角闪岩相区域变质作用, 相应成矿作用主要为区域变质成矿作用, 形成受变质型金铁矿床, 以桦甸市老牛沟铁矿床、夹皮沟(本坑, 包括宝戏台坑、东山青等采坑)金矿床为代表(董第光等, 1999)。新太古代末期, 在各微陆块拼合后的伸展环境下, 岩石圈地幔部分熔融并快速侵位形成桦甸市白山镇基性-超基性岩体群、会全栈超基性-基性岩体群, 相关矿产有岩浆型小陈木沟铜镍矿床、会全栈铜镍矿点等。

(2) 古元古代中条构造-成矿旋回

吉南地区为成熟克拉通化过程, 以辽吉裂谷演化为特征, 可分为北部构造带、南部构造带两个 V 级构造单元(本文仅讨论裂谷之吉林省境内部分)。裂谷演化初期, 在拉伸裂陷构造环境下沿北部构造带边缘断裂超基性、基性岩浆侵入, 代表性矿床有白山市五道羊岔铁钒矿床, 通化县赤柏松大型镍铜矿床。至古元古代末裂谷闭合, 裂谷北部活动带形成老岭岩群, 代表性矿床有临江市大栗子中型铁矿床、白山市大横路大型钴矿床、临江市荒沟山中型铅锌矿床, 其他矿产还有滑石、白云岩等; 裂谷

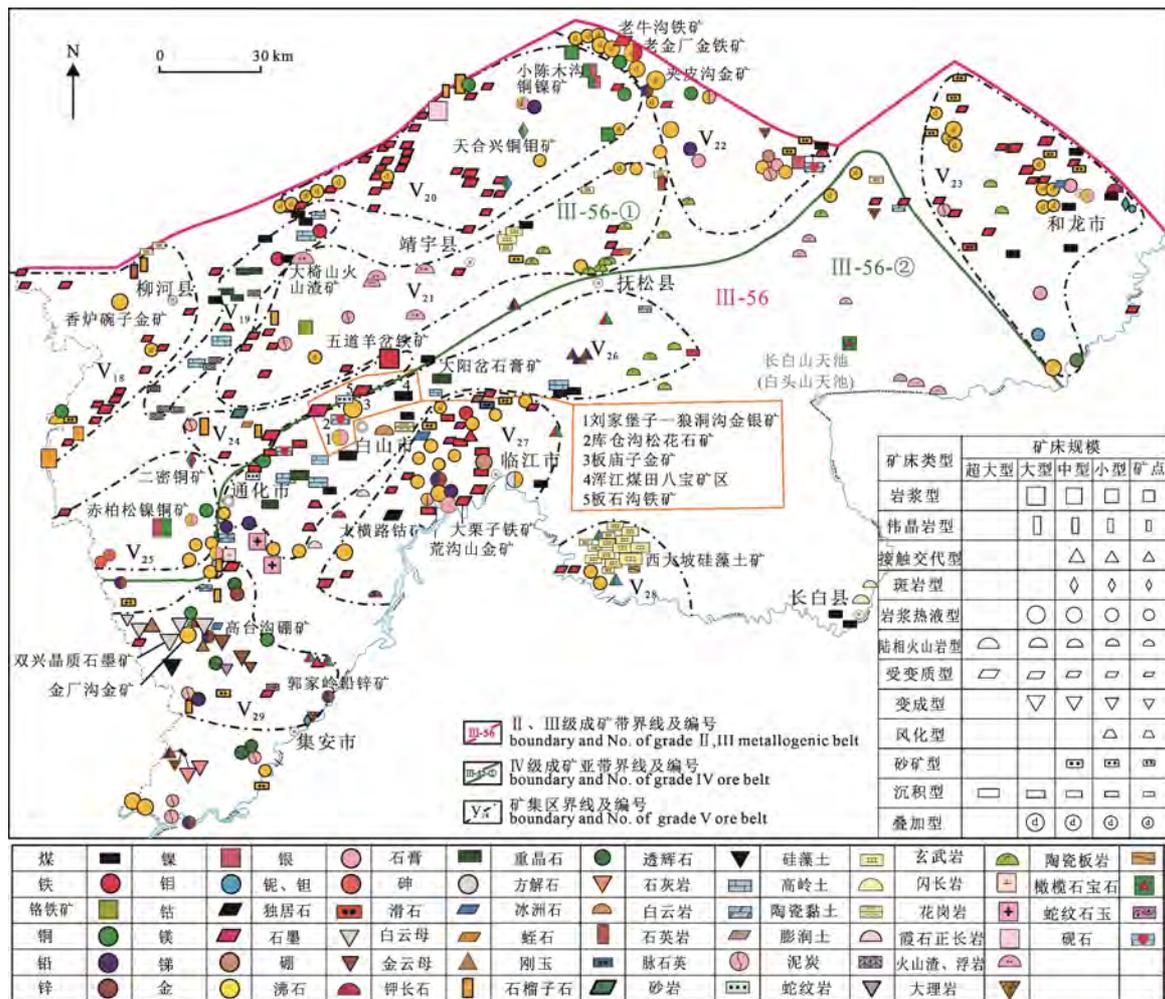


图 5 III-56 成矿带矿产资源分布图
Fig. 5 Mineral resource distribution in the Metallogenic Belt III-56

南部活动带形成集安岩群，代表性矿产有集安市高台沟中型硼矿床、集安市双兴大型晶质石墨矿床，其他矿产还有滑石、石棉等。夹皮沟岩群在古元古代末亦发生绿片岩相-低角闪岩相区域变质作用，并发生第二次成矿作用，形成的片麻岩型或蚀变岩型矿体是大架子金矿床(中型)主要矿石类型之一(臧兴运等 2020); 也形成小型小北沟石英脉型矿床，含金石英脉 K-Ar 年龄值为(1 864.34±45.44) Ma(王文武等, 2004)。

(3)中元古代四堡成矿-构造旋回,

该旋回在吉南地区发育一些超基性-基性岩墙群，未发现成型矿产地。

3.3.2 新元古代—晚三叠世构造演化

新元古代—晚三叠世为古亚洲构造域演化过程，吉林省以头道沟—采秀洞蛇绿构造混杂岩带与索伦山—西拉木伦缝合带对接，该缝合带以北为西伯利亚板块松佳兴联合地块南部陆缘活动带，以南为华北陆块龙岗复合地块及其北部陆缘活动带，经兴凯构造旋回、加里东构造旋回、华力西构造旋回、晚华力西—早印支构造旋回，西伯利亚板块与华北

陆块拼合在一起，形成近东西向的巨型造山带。

(1)新元古代—始寒武世兴凯构造-成矿旋回

古亚洲洋处于形成与扩张演化阶段。在伸展拉伸作用下，吉南地区的三个拉分盆地(样子哨盆地、浑江盆地、鸭绿江盆地)发育第一套盖层沉积，形成化学沉积型矿产，代表性矿床有白山市浑江区青沟中型铁矿床、临江市白房子锰矿床，其他矿产还有砚石、石灰岩等。龙岗地块北部陆缘形成一系列陆缘裂陷槽环境的海相火山-沉积建造，主要含矿建造有西保安岩组、色洛河岩群、青龙村岩群，成矿作用主要为区域变质作用，形成受变质型矿产，代表性矿床为东丰县西保安铁矿床。新元古界色洛河岩群等含矿建造的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等元素丰度值较高，为中生代成矿作用提供了重要的成矿物质。

(2)早寒武世—晚志留世加里东构造-成矿旋回

古亚洲洋处于早古生代弧盆系演化阶段。吉南地区发育第二套盖层沉积，以沉积成矿作用为主，代表性矿床为白山市江源区大阳岔石膏矿床，其他还有一些石灰岩矿床。在龙岗地块北部陆缘形成早

古生代弧盆系火山-沉积岩系,以岛弧环境下海相火山岩成矿作用为主,形成硫铁矿矿床,代表性矿床为伊通县放牛沟硫多金属矿床,矿体赋存于上奥陶统放牛沟火山岩中。在弧间盆地形成大理岩矿床,以伊通县张家屯大理岩矿床为代表,矿体赋存于下志留统石缝组。下一中志留统弯月组、椅山组岛弧相火山岩是山门银矿、椅山金矿的主要围岩和矿源层。

大约在 430 Ma 的加里东运动,古亚洲洋初步闭合,整体隆升为陆,其标志是区域性角度不整合接触关系、张家屯组底部典型磨拉石建造、大规模的加里东期花岗岩(聂桂娟等, 2015)。

(3)末志留世至晚二叠世华力西构造-岩浆演化旋回

末志留世至晚石炭世华力西构造-岩浆演化旋回早中期:古亚洲洋处于陆基裂谷演化阶段。成矿事件主要发生在龙岗地块北部陆缘一侧,形成与石炭纪余屯组和石嘴子组海相火山岩和火山碎屑岩有关的小型金、银、铜矿床,如磐石市石嘴子铜矿床、永吉县头道川金矿床、磐石市民主屯银矿床等;与镁铁、超镁铁质岩浆侵入作用有关的铬铁矿床,如小绥河岩浆型铬铁矿床。

早二叠世至晚二叠世华力西构造-岩浆演化旋回晚期:古亚洲洋处于晚古生代弧盆系演化阶段(杨宝忠等, 2006),吉南地区发育第三套盖层沉积,代表性矿床为白山市八道江煤矿,其他还有耐火黏土矿等。古亚洲洋两侧陆缘均发育有中酸性火山岩-陆缘碎屑岩-碳酸盐岩弧盆系火山-沉积建造。南侧弧盆系发育与中酸性火山岩有关的铅锌矿床,以龙井市天宝山东风坑铅锌矿床为代表;与碳酸盐建造有关的石灰岩矿床,以长春市双阳区羊圈顶子石灰岩矿床为代表;此外还有少量高岭土、黏土矿床等。北侧弧盆系发育与中酸性火山岩有关的铅锌矿床,如汪清县红太平铅锌铜矿床;与碳酸盐建造有关的石灰岩矿床,以汪清县庙岭东山石灰石矿床为代表;此外还有少量红柱石、页岩矿床。

(4)早三叠世至晚三叠世印支构造-岩浆演化旋回

印支早期(早中三叠世)古亚洲洋处于陆陆碰撞阶段,形成与中酸性岩浆活动有关的金、钨、水晶等矿产,在长春—延吉缝合线以南(III-55成矿带)形成与陆相火山岩有关的金矿床,以龙井市开山屯寺洞金矿床为代表;在缝合线以北(III-52成矿带)形成与中酸性侵入岩有关的钨、水晶矿床,钨矿床以珲春市杨金沟钨矿床为代表,水晶矿床以汪清县庙沟水晶矿床为代表。印支晚期(晚三叠世)古亚洲洋处于造山后伸展阶段,受槽台界线古洞河断裂控制,发生了超基性-基性岩浆侵入活动,有关矿产以镍为主、共伴生铜钴矿,以磐石市红旗岭镍矿床、和

龙长仁镍矿床为代表。

吉中—延边地区广泛分布的 230 Ma 左右 A 型花岗岩和淡色花岗岩,是古亚洲洋构造体制结束的重要标志(彭玉鲸等, 2012; 闫冬等, 2018)。

3.3.3 晚三叠世—新生代构造演化

晚三叠世开始进入滨太平洋构造域叠加改造阶段,主体受北东—北北东向走滑、走滑-伸展转换构造机制所控制,形成了北东向展布的盆岭构造格局,经历了晚三叠世—早白垩世(燕山期)和晚白垩世—新生代(喜马拉雅期)两个差别明显的构造演化阶段,形成不同的成矿地质环境。

3.3.3.1 晚三叠世至早白垩世燕山构造-成矿旋回

燕山期岩浆活动频繁,陆(缘)内走滑推(滑)覆-伸展构造-岩浆岩带发育,可分为吉南地区和吉中—延边以及松嫩盆地三大部分,为区内成岩成矿主要时期,形成丰富的矿产资源。

(1)吉南地区构造岩浆活动强烈,为重要成矿期之一(李德洪等, 2023)。燕山早期(晚三叠世至早侏罗世)龙岗隆起的北部夹皮沟—金城洞地区中酸性岩浆活动强烈,夹皮沟成矿带发生第三次成矿作用,代表性矿床为桦甸市老金厂金矿床,此外还有少量银矿床。燕山晚期(晚侏罗世至早白垩世),辽吉裂谷区岩浆活动强烈,主要分布于集安—荒沟山等地区,以侵入岩为主,多为壳源(秦亚, 2010; 秦亚等, 2013),相关矿产以白山市江源区板庙子大型金矿床、临江市荒沟山中型金矿床、集安市金厂沟中型金矿床、临江市苇沙河中型银多金属矿床、抚松县大营铅锌矿床为代表,其他矿产铁、锑等少量;龙岗隆起区中生代火山断陷盆地(如柳河盆地、三源浦盆地等)中或其边缘,或大型断裂带(如敦密断裂带、鸭绿江断裂带)旁侧,以中酸性火山-次火山岩及浅成斑岩株为主,多为幔源(刘洪文等, 2002),代表性矿床为梅河口市香炉碗子金矿床、通化县二密中型铜矿床、临江市临江小型铜钼矿床等。在前中生代基底之上叠加的中生代北东向火山-断陷盆地中,火山喷发间隙形成 13 个小型煤矿床,代表性矿床为辉南县杉松岗煤矿龙王庙井田。

(2)吉中—延边地区在滨西太平洋构造域演化阶段,形成北东向展布的中新生代岩浆岩带,并成为黑东—吉北构造岩浆岩带的一部分(陈毓川等, 2007; 李德洪等, 2023)。长春—延吉缝合线以北(III-52成矿带)可称为小兴安岭—张广才岭构造岩浆岩带(III级);缝合线以南(III-55成矿带)可称为吉中—延边构造岩浆岩带(III级)(图 2)。两个三级成矿带区域处于统一的成矿构造环境,东西向缝合线两侧成岩成矿作用并无差异,时空演化具有一致性;与之相对应的是,北东向敦密断裂带两侧,即断裂

带北西侧的吉中—舒兰地区与东侧的延边—珲春地区,随着构造岩浆活动的演化,成岩成矿作用时而表现出一定程度的差异性,时而表现出一致性。

根据构造岩浆演化特征及相应的成矿作用,可分为四期构造岩浆活动。

第一期岩浆活动形成于燕山早期(晚三叠世至早侏罗世初)。敦密断裂带以西的吉中—舒兰地区构造环境主要为活动大陆边缘火成岩,并兼有弧后盆地扩张型,形成高钾钙碱性系列岩浆岩(王硕, 2014),成矿作用呈现出岩浆岩提供成矿所需的气水热液,成矿物质主要来源于围岩地层的特点,以长春市二道区兰家中型金矿床为代表(张文博 1998a, b);以东的延边—珲春地区形成中低-高钾钙碱性系列岩浆岩,为活动大陆边缘构造环境(吕长禄等, 2012),成矿作用所需的气水热液、成矿物质均来自于岩浆岩,以珲春市前山金矿为代表(赵华伟等, 2020)。

第二期岩浆活动形成于燕山早期(早侏罗世末至中侏罗世初)。敦密断裂带两侧的成岩成矿作用基本一致,岩浆活动以中酸性侵入岩为主,岩石化学以酸度高(SiO_2 含量一般 72%~77%),富碱高钾($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O} > 7\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1.3$),贫镁、铁、钙以及低 Sr 高 Y 和 Yb 为特征,属于准铝质-弱过铝质的高钾钙碱性 I-型花岗岩(侯雪刚, 2017)。以钼成矿作用为主,由于花岗岩就位时具体环境不同,形成四类不同类型钼矿床:斑岩型(以吉中地区的永吉县大黑山钼矿床为代表)、矽卡岩型(以吉林省磐石市胜利屯钼铅锌矿床为代表)、隐爆角砾岩筒型(以敦化市大石河钼矿床为代表)、石英脉型(以和龙市石马洞钼矿床为代表),以斑岩型为主。

第三期岩浆活动形成于燕山中期(中侏罗世末至晚侏罗世早期),区内以构造抬升剥蚀为主,岩浆活动较少,形成一些偏铝质钙碱性显示活动大陆边缘特征的花岗岩,如黄泥岭花岗闪长岩(165 Ma)(曹花花, 2013),暂没有发现较具规模(小型及以上)的矿床。

第四期岩浆活动形成于燕山晚期(晚侏罗世晚期至早白垩世),成岩成矿作用特点与第一期基本相同,是第一期岩浆活动的继承和延续,并形成众多相关矿产。在吉中—舒兰地区形成 Au、Ag、Fe、沸石、膨润土等矿床,为吉林省重要的贵金属、有色、非金属矿产地之一,代表性矿床有四平市山门银矿床、桦甸市二道甸子金矿床、长春市九台区银矿山膨润土沸石矿床、长春市双阳区三家子—磐石市碱场沸石膨润土矿床等;在珲春地区形成 Au、Cu、Zn、Fe 等矿床,为吉林省东部具有一定特色(以火山-次火山热液为主)的贵金属、有色金属成矿期及矿产地,代表性矿床有珲春市小西南岔

金铜矿床、汪清县九三沟金矿床、汪清县刺猬沟金矿床。

岩浆活动(主要是第二期次侵入岩)还形成与围岩热接触变质作用的相关非金属矿产,主要有硅灰石、石墨、方解石等。硅灰石、石墨矿床主要集中于吉中地区,代表性矿床为磐石市长崴子硅灰石矿床、磐石市马鞍山石墨矿床;方解石主要分布于吉中、舒兰地区,代表性矿床为桦甸市柎子石方解石矿床。

与沉积作用有关的矿产以煤为主,代表性矿床有吉中地区的公主岭市刘房子煤井田、长春市九台区营城煤矿区、蛟河市蛟河煤矿区。此外,汪清地区还产有汪清县罗子沟中型油页岩矿床。

(3)松嫩盆地在寒武纪结晶基底(裴福萍等, 2006)上,经历了古亚洲洋造山带演化全过程(贾维馨等, 2016)。燕山构造旋回为松辽断陷盆地形成和演化阶段。在古生代基底之上,依次发育上侏罗统火石岭组和下白垩统沙河子组、营城组、登楼库组等火山-沉积建造,登楼库组及其以后的地层几乎不存在火山岩,反映火山活动基本停止,之后进入裂谷演化阶段。相关矿产以能源矿产为主,如石油、天然气、页岩气、煤等。

3.3.3.2 晚白垩世至新生代喜马拉雅构造-成矿旋回

喜马拉雅构造旋回,华北陆块进入拉张阶段和大陆裂谷演化阶段。由于太平洋板块俯冲带向洋迁移,在陆缘形成了右行走滑-伸展拉张构造环境,发育了盆-岭构造体系,与此同时形成了广泛而强烈的幔源火山活动。

(1)吉南地区在燕山期构造岩浆带之上,叠加拗陷沉积盆地。岩浆活动以多期次的玄武岩喷发为主,形成浮岩、火山渣、宝石等矿产。拗陷沉积盆地内形成一系列沉积建造,形成上白垩统、古近系和新近系地层,成矿作用为沉积成矿作用,形成硅藻土、砂金等矿床。

(2)吉中—延边地区发育走滑拉分与走滑挤压并存的构造环境,控制了火山活动和火山-沉积盆地,以沉积成矿作用为主,主要形成金矿、独居石、膨润土、油气、油页岩、硫铁矿、蓝宝石、煤、硅藻土、泥炭、陶瓷黏土、耐火黏土等矿床。砂金矿床、煤矿床在珲春地区比较发育,代表性矿床有珲春市柳树河子砂金矿床、珲春市珲春煤田;油页岩矿床主要产于桦甸地区,代表性矿床有桦甸市大城子—一郎头油页岩矿床;耐火黏土矿床在舒兰地区比较发育,代表性矿床为吉林市大口钦镇前窑耐火黏土矿床。与新生代火山岩浆作用有关的宝石、铌矿床,代表性矿产地有敦化市意气松南山橄榄石宝石矿床、蛟河市琵河口村铌矿点等。

(3)松嫩盆地在喜马拉雅构造旋回进入盆地裂谷演化阶段。发育上白垩统泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组和明水组, 沉积了一套陆相湖泊相、滨湖相细碎屑岩沉积建造。形成巨厚含油气沉积建造, 构成大型含油气沉积盆地。晚白垩世为能源矿产形成主要时代, 成矿作用主要为生物化学沉积作用和机械沉积作用, 生油层、赋油层位为上白垩统泉头组、青山口组、嫩江组。相关矿产主要有石油、天然气、油页岩、页岩气, 油页岩以层位稳定、规模大、资源量丰富使其成为吉林省的优势矿产。

3.4 矿床成矿系列及成矿谱系

矿床成矿系列是指在一定地质历史时期或构造阶段, 在一定的地质构造单元及构造部位, 与一定的地质成矿作用有关, 形成一组具有成因联系的矿床自然组合(陈毓川等, 1994, 2006, 2015a, 2020)。按照吉林省区域地质构造发展史、成矿作用演化过程和矿床成矿系列特征, 吉林省地壳演化过程经历了新太古代—中元古代、新元古代—晚三叠世、晚三叠世—新生代三个构造演化阶段, 10个构造演化旋回, 形成3个成矿省, 24个矿床成矿系列, 70个矿床式(表4, 图6)。

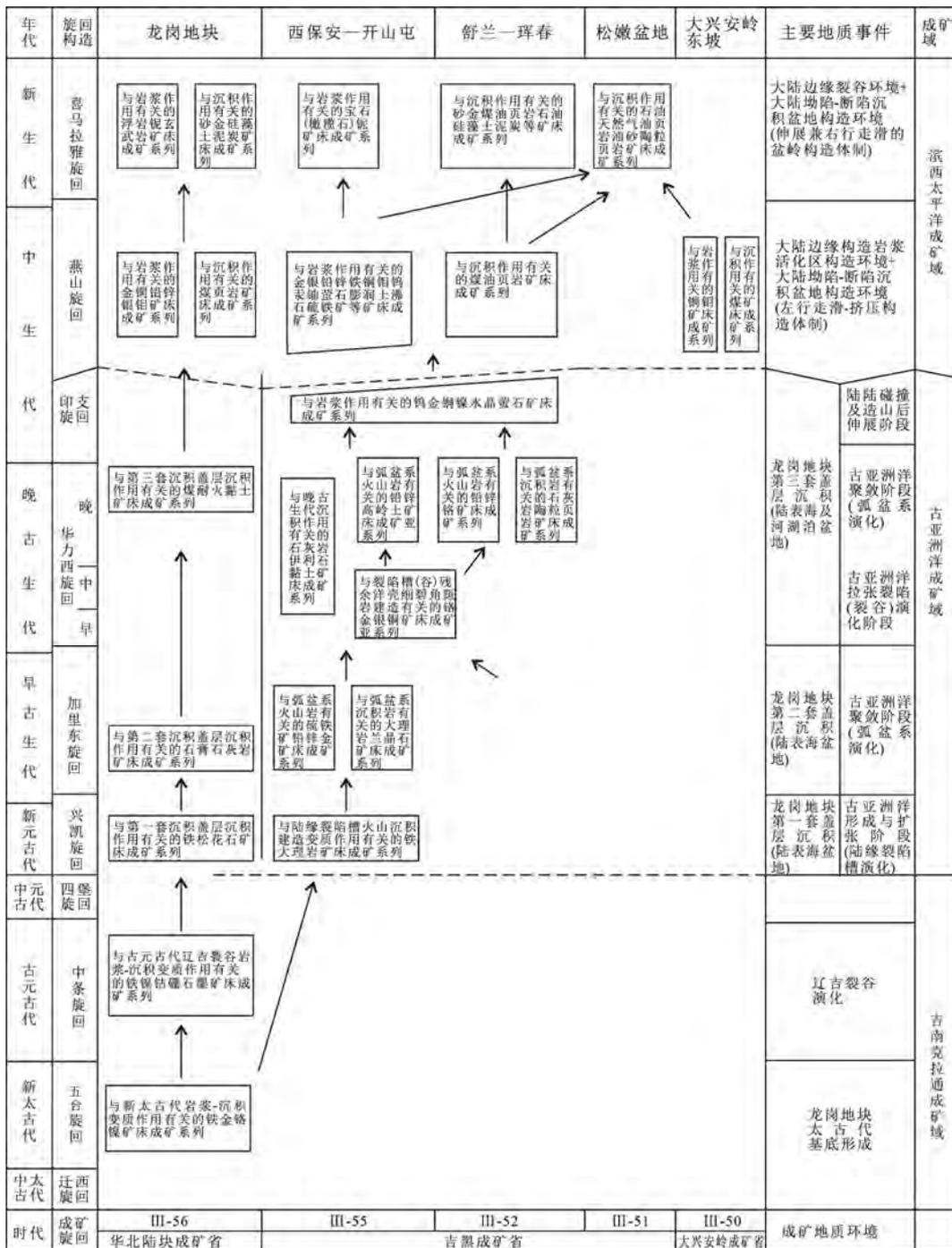


图6 吉林省区域成矿谱系图

Fig. 6 Metallogenic series pedigree of mineral deposits in Jilin Province

续表 4

代号	矿床成矿系列组	矿床成矿系列	矿床成矿亚系列	矿床式	代表性矿床(点)
P _{Z2-3S}	西保安—开山屯地区与华力西旋回岩浆、沉积作用有关的铅、锌、金、银、铜、铬、玉石、石灰岩、高岭土、伊利石黏土矿床成矿系列组	西保安—开山屯地区与晚古生代沉积作用有关的煤、耐火黏土、高岭土矿床成矿系列	P _{Z2-2I} ² 西保安—开山屯地区与华力西晚期挤压环境下岛弧火山岩建造有关的铅、锌、玉石、高岭土、陶瓷黏土矿床成矿亚系列	羊圈顶子式	长春市双阳区羊圈顶子石灰石矿床(超大型)
				东风式 PbZn	龙井市天宝山东风坑铅锌矿床(中型)
P _{Z2-2I}	西保安—开山屯地区与华力西中期岩浆作用有关的铅、锌、金、银、铜、铬、玉石、高岭土矿床成矿系列	西保安—开山屯地区与华力西早中期张裂陷环境下残余洋壳、细碧角闪岩建造有关的金、银、铜、铬矿床成矿亚系列	P _{Z2-2I} ¹ 西保安—开山屯地区与华力西早中期张裂陷环境下残余洋壳、细碧角闪岩建造有关的金、银、铜、铬矿床成矿亚系列	头道川式 Au	永吉县头道川金矿床(小型)
				民主屯式 Ag	磐石市民民主屯银矿床(小型)
				小绥河式 Cr	永吉县小绥河铬铁矿床(小型)
P _{Z2-1S}	吉南地区与晚古生代沉积作用有关的煤、耐火黏土、高岭土矿床成矿系列	吉南地区与晚古生代沉积作用有关的煤、耐火黏土、高岭土矿床成矿系列	咋子式煤	白山市浑江煤田八宝煤矿区(中型)	
P _{Z1-3M}	西保安—开山屯地区与加里东旋回岩浆、沉积变质作用有关的硫铁矿、铅、锌、金、大理岩矿床成矿系列组	西保安—开山屯地区与早古生代沉积-变质作用有关的大理岩、石灰岩矿床成矿系列	张家屯式大理岩	伊通县张家屯大理岩矿床(大型)	
P _{Z1-2I}	西保安—开山屯地区与加里东期火山-岩浆作用有关的硫铁矿、铅、锌、金矿床成矿系列	西保安—开山屯地区与加里东期火山-岩浆作用有关的硫铁矿、铅、锌、金矿床成矿系列	放牛沟式硫铁矿	伊通县放牛沟硫多金属矿床(中型)	
P _{Z1-1S}	吉南地区与早古生代沉积作用有关的石膏、石灰岩矿床成矿系列	吉南地区与早古生代沉积作用有关的石膏、石灰岩矿床成矿系列	大阳盆式石膏	白山市大阳盆石膏矿床(大型)	
P _{Z1-2M}	西保安—开山屯地区与新元古代沉积变质作用有关的铁、大理岩矿床成矿系列	西保安—开山屯地区与新元古代沉积变质作用有关的铁、大理岩矿床成矿系列	西保安式 Fe	东丰县西保安铁矿床(小型)	
P _{T3-1S}	吉南地区与新元古代沉积作用有关的铁、锰、硃石、砂岩、石灰岩矿床成矿系列	吉南地区与新元古代沉积作用有关的铁、锰、硃石、砂岩、石灰岩矿床成矿系列	浑江式 Fe	白山市浑江区青沟铁矿床(中型)	
			临江式 Fe	白山市浑江区老坪陀铁矿床(小型)	
			库仓沟式	白山市库仓沟松花石矿床(小型)	
P _{T1-1M}	吉南地区与古元古代辽吉裂谷岩浆-沉积变质作用有关的铁、钴、镍、铜、硼、石墨、滑石、镁、石棉、白云岩矿床成矿系列	P _{T1-1M} ³ 吉南地区与古元古代南部活动带火山-沉积变质作用有关的硼、石墨、铁、石棉、滑石、菱铁矿、蛇纹岩矿床成矿亚系列	高台沟式硼	集安市高台沟硼矿床(中型)	
			双兴式石墨	集安市双兴晶质石墨矿床(大型)	
			大栗子式 Fe	临江市大栗子铁矿床(中型)	
			大横路式 Co	白山市大横路钴矿床(大型)	
			赤柏松式 Ni	通化县赤柏松镍矿床(中型)	
A _{T3-1M}	吉南地区与新太古代岩浆-沉积变质作用有关的铁、金、铬、铜、镍矿床成矿系列	A _{T3-1M} ² 吉南地区与新太古代基性-超基性侵入杂岩有关的镍、铁、钼、钨、铂、钯矿床成矿亚系列	五道羊盆式 Fe	白山市五道羊盆铁矿床(大型)	
			鞍山式 Fe	桦甸市老牛沟铁矿床(大型)	
			鞍山式 Fe	白山市板石沟铁矿床(大型)	
A _{T3-1I}	吉南地区与新太古代基性-超基性岩浆作用有关的铬、铜、镍矿床成矿系列	A _{T3-1I} ¹ 吉南地区与新太古代基性-超基性岩浆作用有关的铬、铜、镍矿床成矿亚系列	双河堡式 Cr	柳河县双河堡铬铁矿床(小型)	
				桦甸市小陈木沟铜镍矿床(小型)	

4 新一轮找矿建议

根据吉林省矿产资源的禀赋条件、成矿特征、找矿潜力,以支撑国家战略性矿产资源安全保障为重点,持续推进找矿突破战略行动,以大宗紧缺矿产和战略性矿产资源为主,综合考虑吉林省重要矿产和优势矿产的勘查开发程度及资源现状,重点勘查金、铁、铜、铅、锌、钼、镍、钴、硼、石墨等矿种,实施全省地质找矿行动,加大地质找矿力度,提高战略性矿产的资源保障能力和战略储备,为吉林省的经济发展提供资源支撑。

4.1 III-51 成矿区找矿方向

松辽盆地上白垩统的青山口组和嫩江组在生物化学沉积作用下,形成多个含烃源岩的油气层,盆地内广泛发育冲积扇、扇三角洲、三角洲等各种砂岩、砂砾岩体、褶皱构造以及区域角度不整合接触带,为烃类的聚集成藏提供了储集空间;断陷期的火山岩层和拗陷盆地期出现多层泥质沉积等构成了良好的盖层,为松辽盆地油气成藏提供了良好的生、储、盖条件,使其成为吉林省油气矿产的重要找矿区域。上白垩统青山口组和嫩江组的深湖-半深湖相沉积建造是油页岩矿的赋矿地层,在盆地内广泛分布。探明4处超大型油页岩矿床主要集中于松辽盆地东南隆起区(扶余—杨大城子矿集区 V1),而西部斜坡区与中央凹陷区仍为油页岩勘探盲区,是未来油页岩等能源矿产找矿工作重点区域。

4.2 III-52 成矿带找矿方向

金:区内主要成矿期为燕山晚期,相关矿床成矿系列为与岩浆作用有关的金、银、铜、铅、锌、钼、钨、铀、汞、萤石、膨润土、沸石、硫铁矿等矿床成矿系列,其代表性矿床有珲春市小西南盆大型金铜矿床、汪清县九三沟小型金矿床、汪清县刺猬沟金矿床,其共同特点是成岩成矿物质均来源于火山-次火山岩(张晓秋,2014;邹欣桐,2015),因此在闹枝—杜荒岭(矿集区 V6)、小西南盆—农坪(矿集区 V7)燕山晚期中酸性火山-次火山岩分布地区应注意寻找类似矿床。

钼:区内钼矿床主要成矿期为燕山早期,相关矿床成矿系列为与岩浆作用有关的金、银、铜、铅、锌、钼、钨、铀、汞、萤石、膨润土、沸石、硫铁矿等矿床成矿系列,代表性矿床有永吉县大黑山钼矿床(斑岩型)、敦化市大石河钼矿床(隐爆角砾岩筒型)。在舒兰地区花岗岩隆起区(福安堡矿集区 V4)应注意寻找斑岩型钼矿,古生代盆地内及盆地边缘古生界发育部位(大石河矿集区 V5)应注意寻找矽卡岩型和石英脉型钼矿。

4.3 III-55 成矿带找矿方向

金:区内主要成矿期为燕山晚期,相关矿床成矿系列是与岩浆作用有关的金、银、铜、铅、锌、钼、钨、铀、汞、萤石、膨润土、沸石、硫铁矿等矿床成矿系列,长春市二道区兰家中型金矿床、桦甸市二道甸子大型金矿床的共同特点是成矿作用与燕山期中酸性岩浆活动有关,金成矿物质多来源于围岩,如兰家金矿来源于中二叠统范家屯组(闻爽,2013),二道甸子金矿来源于早古生界漂河川组(吴尚全等,1993;吴尚全,1995),因此在吉中地区(放牛沟—兰家矿集区 V9,山河—石嘴矿集区 V12,红旗岭—漂河川矿集区 V14)古生界及燕山期侵入岩发育部位应注意寻找兰家式金矿、二道甸子式金矿;敦化市松江河中型金矿床、安图县海沟大型金矿床成矿物质来源于新元古界色洛河岩群(冯守忠,1999;范振华,2012),在夹皮沟北部青茶馆—白水滩—海沟一带色洛河岩群分布地区(松江河—海沟矿集区 V16)应注意寻找松江河式、海沟式金矿床。

钼:区内钼矿床主要成矿期为燕山早期,相关矿床成矿系列为与岩浆作用有关的金、银、铜、铅、锌、钼、钨、铀、汞、萤石、膨润土、沸石、硫铁矿等矿床成矿系列,在吉中地区花岗岩隆起区(大黑山—锅盔顶子矿集区 V13)应注意寻找斑岩型钼矿,古生代盆地内及盆地边缘古生界与燕山期花岗岩发育部位(西苇—一座营矿集区 V11,万宝矿集区 V15)应注意寻找矽卡岩型和石英脉型钼矿。

镍:区内镍矿床主要成矿期为印支晚期,相关矿床成矿系列为与岩浆作用有关的镍、铜、钨、金、水晶、萤石矿床成矿系列。在晚三叠世超基性-基性岩发育地区(红旗岭—漂河川矿集区 V14,天宝山—长仁矿集区 V14)应注意寻找相关镍矿床,值得注意的是,超基性-基性侵入岩具有多期次活动特点,除晚三叠世外,早侏罗世也很发育,且受北东向断裂构造控制(薛昊日,2020),也应引起重视。

4.4 III-56 成矿带找矿方向

金:区内主要成矿期为燕山期,相关矿床成矿系列为与岩浆作用有关的金、银、铜、铅、锌、钼、钨、铀、汞、萤石、膨润土、沸石、硫铁矿等矿床成矿系列。夹皮沟成矿带(夹皮沟—露水河矿集区 V13)经历三期成矿作用叠加,形成了多种类型的金矿床,除了寻找含金石英脉型矿床外,还应注意寻找其他类型如片麻岩型或蚀变岩型的矿床;金英式、荒沟山式、金厂沟式金矿床其共同特点是:成矿物质主要来源于老岭岩群、集安岩群,岩浆活动主要提供成矿所需的气水热液。因此,辽吉裂谷区内变质岩系与燕山晚期中酸性侵入岩发育地段(大

安一大营矿集区 V26, 南岔—荒沟山矿集区 V27, 西岔—高台沟矿集区 V29)为该类矿床成矿有利部位; 香炉碗子式金矿床的成岩成矿物质同源, 深大断裂带(敦密断裂带、鸭绿江断裂带等)旁侧(山城—安口矿集区 V18)的中酸性火山-次火山岩发育地段为该类矿床的找矿远景区。

铁: 区内主要成矿期为五台期、中条期、兴凯期, 相关矿床成矿(亚)系列有与新太古代岩浆-沉积变质作用有关的铁、金、铬、镍矿床成矿系列、与古元古代辽吉裂谷岩浆-沉积变质作用有关的铁、镍、钴、硼、石墨矿床成矿系列、与新元古代沉积作用有关的铁、砷石矿床成矿系列, 相关矿床式有鞍山式、五道羊岔式、大栗子式、浑江式、临江式。鞍山式铁矿主要分布于龙岗隆起区新太古代表壳岩发育部位(辉南—那尔轰矿集区 V20, 双河堡—万良矿集区 V21, 夹皮沟—露水河矿集区 V22, 金城洞—百里坪矿集区 V23, 四方山—板石矿集区 V24), 吉南中东部玄武岩覆盖区应注意寻找该类矿床; 五道羊岔式铁矿形成于中条期基性-超基性岩浆活动, 沿辽吉裂谷北部构造带边缘断裂带分布的超基性、基性岩浆岩(二密—赤柏松矿集区 V25)应作为主要找矿标志; 大栗子式铁矿赋存于老岭岩群大栗子岩组中, 大栗子岩组的空间展布(南岔—荒沟山矿集区 V27, 六道沟—八道沟矿集区 V28)与构造形态决定着铁矿体的分布, 同时还应注意银、铜、金、稀土等共(伴)生矿产; 浑江式铁矿床分布于青白口系钓鱼台组底部, 临江式铁矿床分布于临江组底部, 具有层控和底砾岩型矿床特征, 主要分布于大安—大营矿集区 V26, 六道沟—八道沟矿集区 V28, 应注意底部接触带产状变化, 同时也应注意锰等共(伴)生矿产。

5 结论

(1)吉林省矿产资源丰富, 已勘查发现各类矿产 122 种(包括亚矿种 148 种), 共发现各类矿床(点) 1 988 处, 油页岩、硅藻土、油砂、火山渣等矿产资源量位居全国前列;

(2)吉林省共划分出 3 个 II 级成矿省(II-12、II-13、II-14), 5 个 III 级成矿区带(III-50、III-51、III-52、III-55、III-56), 11 个 IV 级成矿亚带; 29 个矿集区。其中, III-51、III-52、III-55 及 III-56 四个成矿带为吉林省重点成矿带;

(3)吉林省地壳演化过程经历了新太古代—中元古代、新元古代—晚三叠世、晚三叠世—新生代 3 个构造演化阶段, 10 个构造演化旋回, 形成 3 个成矿省, 24 个矿床成矿系列, 70 个矿床式;

(4)对新一轮找矿提出了建议, 在 III-51 成矿带

以查找长春岭式油页岩为主要方向; 在 III-52 成矿带以查找小西南岔式、九三沟式、刺猥沟式金矿为主要找矿方向; 在 III-55 成矿带以查找兰家式、二道甸子式、海沟式金矿, 红旗岭式镍矿, 大黑山式、大石河式钼矿为主要找矿方向; 在 III-56 成矿带以查找夹皮沟式、金厂沟式、荒沟山式、金英式、香炉碗子式金矿, 鞍山式、五道羊岔式、大栗子式、临江式、浑江式铁矿, 赤柏松式镍铜矿, 大横路式钴铜矿, 双兴式石墨, 高台沟式硼, 马鞍山式硅藻土矿为主要找矿方向。

Acknowledgements:

This study was supported by China Geological Survey (Nos. DD20221619, DD20190379, and DD20160346).

参考文献:

- 曹花花, 2013. 华北板块北缘东段晚古生代—早中生代火成岩的年代学与地球化学研究[D]. 长春: 吉林大学.
- 陈毓川, 1994. 矿床的成矿系列[J]. 地质前缘, 1(3): 90-94.
- 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, 裴荣富, 王登红, 等, 2015a. 论矿床的自然分类—四论矿床的成矿系列问题[J]. 矿床地质, 34(6): 1092-1106.
- 陈毓川, 王登红, 徐志刚, 等, 2015b. 中国重要矿产和区域成矿规律[M]. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 等, 2020. 论地球系统四维成矿及矿床学研究趋向——七论矿床的成矿系列[J]. 矿床地质, 39(5): 745-753.
- 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 等, 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 叶天竺, 张洪涛, 等, 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社.
- 董第光, 亢彬, 薄继荣, 1999. 夹皮沟金矿集中区成矿演化与时代研究[J]. 有色金属矿产与勘查, (4): 22-28.
- 范振华, 2012. 吉林省海沟金矿床地质特征及成矿模式[D]. 长春: 吉林大学.
- 冯守忠, 1999. 吉林海沟金矿床地质特征及成矿模式[J]. 地质与勘探, 35(1): 12-15, 27.
- 侯雪刚, 2017. 吉黑东部中生代斑岩型钼矿床的成矿岩体: 成因到成矿[D]. 长春: 吉林大学.
- 贾维馨, 姜琦刚, 王冬艳, 等, 2016. 松辽盆地南缘基性岩脉中捕获锆石 U-Pb 年龄及其对基底岩浆事件的制约[J]. 岩石学报, 32(9): 2881-2888.
- 李德洪, 臧兴运, 赵华伟, 等, 2023. 中国矿产地质志·吉林卷[M]. 北京: 地质出版社.
- 刘洪文, 邢树文, 周永昶, 2002. 吉南地区斑岩—热液脉型金多金属矿床成矿模式[J]. 地质与勘探, 38(2): 28-32.
- 吕长禄, 徐东海, 李新鹏, 等, 2012. 黑龙江太平岭早侏罗世花岗岩成因及壳幔混合作用[J]. 现代地质, 26(4): 635-646.
- 聂桂娟, 彭玉鲸, 苑风华, 等, 2015. 吉林省加里东运动的新

- 证据[J]. 吉林地质, 34(4): 1-6.
- 裴福萍, 许文良, 杨德彬, 等, 2006. 松辽盆地基底变质岩中锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 科学通报, 51(24): 2881-2887.
- 彭玉鲸, 纪春华, 辛玉莲, 2012. 中俄朝毗邻地区古吉黑造山带岩石及年代记录[J]. 地质与资源, 11(2): 65-75.
- 秦亚, 2010. 吉南老岭地区中生代花岗岩形成的构造环境研究[D]. 长春: 吉林大学.
- 秦亚, 梁一鸿, 胡兆初, 等, 2013. 吉林南部荒沟山地区侏罗纪花岗岩地球化学特征及构造意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 40(1): 97-105.
- 王荃, 2011. 华北克拉通与全球构造[J]. 地质通报, 30(1): 1-18.
- 王硕, 2014. 吉黑东部显生宙岩浆演化与成矿作用研究[D]. 长春: 吉林大学.
- 王文武, 殷茜, 程新民, 等, 2004. 吉林夹皮沟地区金矿床流体包裹体特征差异及其地质意义[J]. 黄金, 25(5): 5-7.
- 闻爽, 李碧乐, 李立宝, 等, 2013. 吉林省兰家金矿南泉眼闪长岩 U-Pb 年代学和地球化学特征[J]. 地球科学, 38(2): 305-315.
- 吴尚全, 1995. 吉林省二道甸子金矿床同位素地质学及成矿物质来源研究[J]. 黄金, 16(8): 5-9.
- 吴尚全, 张文起, 刘松义, 等, 1993. 吉林二道甸子金矿床的地质特征及其成因[J]. 黄金, 14(1): 1-6.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等, 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社.
- 许王, 2019. 中朝克拉通古元古代胶-辽-吉带的构造演化: 来自岩浆岩地球化学和年代学的约束[D]. 北京: 中国地质科学院.
- 薛昊日, 2020. 吉林省镁铁质-超镁铁质岩特征及成矿作用研究[D]. 长春: 吉林大学.
- 闫冬, 臧兴运, 马春生, 等, 2018. 吉林和龙地区勇新二长花岗岩的成因及形成构造环境探讨[J]. 世界地质, 37(3): 724-736.
- 杨宝忠, 夏文臣, 杨坤光, 2006. 吉林中部地区二叠纪岩相古地理及沉积构造背景[J]. 现代地质, 20(1): 61-68.
- 臧兴运, 姜建军, 李德洪, 等, 2020. 夹皮沟金成矿带成矿模式讨论[J]. 吉林地质, 39(3): 1-14, 28.
- 臧兴运, 王建新, 陈志强, 等, 2007. 和龙百里坪银、多金属矿化集中区白垩纪岩浆岩地球化学特征与成矿[J]. 吉林地质, 26(1): 14-20.
- 张文博, 1998a. 吉林省兰家金矿床地质特征及控矿地质条件[J]. 有色金属矿产与勘查, (1): 11-16.
- 张文博, 1998b. 吉林省大黑山条垒北东段金、银成矿系列的划分[J]. 黄金, 19(1): 13-17.
- 张晓秋, 2014. 吉林省汪清县九三沟金矿床地质特征和成因研究[D]. 长春: 吉林大学.
- 赵华伟, 李德洪, 臧兴运, 等, 2020. 吉中-延边地区燕山期岩浆作用与矿床成矿系列研究[J]. 地质学报, 94(1): 241-254.
- 邹欣桐, 2015. 延边刺猬沟金矿 I 号脉地质地球化学特征与找矿预测[D]. 长春: 吉林大学.
- Paleozoic-early Mesozoic igneous rocks in the eastern part of the northern margin of North China plate[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yuchuan, 1994. Metallogenic series of ore deposits[J]. Earth Science Frontiers, 1(3): 90-94(in Chinese).
- CHEN Yuchuan, PEI Rongfu, WANG Denghong, 2006. On minerogenetic (metallo-genetic) series: Third discussion[J]. Acta Geologica Sinica, 80(10): 1501-1508(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yuchuan, PEI Rongfu, WANG Denghong, et al., 2015a. Natural classification of mineral deposits: Discussion on minerogenetic series of mineral deposits(IV)[J]. Mineral Deposits, 34(6): 1092-1106(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yuchuan, PEI Rongfu, WANG Denghong, et al., 2020. Four-dimensional metallogeny in earth system and study trends of mineral deposits: A discussion on minerogenetic series(VII)[J]. Mineral Deposits, 39(5): 745-753(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yuchuan, WANG Denghong, XU Zhigang, et al., 2015b. Important mineral and regional metallogenic regularity in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- CHEN Yuchuan, WANG Denghong, ZHU Yusheng, et al., 2007. Chinese Mineralization System and Assessment of Regional Mineralization[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- CHEN Yuchuan, YE Tianzhu, ZHANG Hongtao, et al., 1999. Mineral resources assessment of major metallogenic provinces in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- DONG Diguang, KANG Bin, BO Jirong, 1999. Metallogenic evolution and time of the Jiapigou gold-concentrated area[J]. Mineral Exploration, (4): 22-28(in Chinese).
- FAN Zhenhua, 2012. Geological characteristics and metallogenic model of Haigou gold deposit in Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- FENG Shouzhong, 1999. Geological characteristics and metallogenic model of Haigou gold deposit in Jilin Province[J]. Geology and Exploration, 35(1): 12-15, 27(in Chinese).
- HOU Xuegang, 2017. Ore-forming rock mass of Mesozoic porphyry molybdenum deposit in eastern Jilin and Heilongjiang: From genesis to mineralization[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- JIA Weixin, JIANG Qigang, WANG Dongyan, et al., 2016. Captured zircon U-Pb ages in the mafic dike and constraints of the magmatic events in the basement of southern Songliao Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 32(9): 2881-2888(in Chinese with English abstract).
- LI Dehong, ZANG Xingyun, ZHAO Huawei, et al., 2023. Annals of Geology of Mineral Resources of China · Jilin Volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

References:

CAO Huahua, 2013. Geochronology and geochemistry of Late

- LIU Hongwen, XING Shuwen, ZHOU Yongchang, 2002. The metallogenic model of the porphyry-hydrothermal gold-multiple metallogenic deposits in south Jilin province[J]. *Geology and Prospecting*, 38(2): 28-32(in Chinese with English abstract).
- LÜ Changlu, XU Donghai, LI Xinpeng, et al., 2012. Petrogenesis and crust-mantle mixing of Early Jurassic granites in the taipingling mountains, Heilongjiang Province[J]. *Geoscience*, 26(4): 635-646(in Chinese with English abstract).
- NIE Guijuan, PENG Yujing, YUAN Fenghua, et al., 2015. The new evidence of Caledonian movement in Jilin Province[J]. *Jilin Geology*, 34(4): 1-6(in Chinese with English abstract).
- PEI Fuping, XU Wenliang, YANG Debin, et al., 2006. U-Pb geochronology of zircon from basement metamorphic rocks in Songliao basin and its geological significance[J]. *Chinese Science Bulletin*, 51(24): 2881-2887(in Chinese).
- PENG Yujing, JI Chunhua, XIN Yulian, 2012. Petrology and geochronology of the paleo-Jilin-Heilongjiang orogen belt in the adjacent areas of China, Russia and Korea[J]. *Journal of Precious Metallic Geology*, 11(2): 65-75(in Chinese with English abstract).
- QIN Ya, 2010. Study on tectonic environment of Mesozoic granite formation in Laoling area, southern Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- QIN Ya, LIANG Yihong, HU Zhaochu, et al., 2013. Geochemical characteristics and tectonic significance of Jurassic granites in Huanggoushan area, south of Jilin, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 40(1): 97-105(in Chinese with English abstract).
- WANG Quan, 2011. North China Craton and global tectonics[J]. *Geological Bulletin of China*, 30(1): 1-18(in Chinese with English abstract).
- WANG Shuo, 2014. Study on Phanerozoic magma evolution and mineralization in eastern Hebei Province[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- WANG Wenwu, YIN Qian, CHENG Xinmin, et al., 2004. The difference in fluid inclusion characteristics among gold deposits in Jiapigou district and its geological significances[J]. *Gold*, 25(5): 5-7(in Chinese with English abstract).
- WANG Youqin, 1996. Pre-Cambrian stratigraphy of Northeastern China[J]. *Jilin Geology*, 15(3/4): 1-14(in Chinese).
- WEN Shuang, LI Bile, LI Libao, et al., 2013. Zircon U-Pb age and geochemistry of nanquanyan diorite in the Lanjia gold deposit, Jilin Province[J]. *Earth Science*, 38(2): 305-315(in Chinese with English abstract).
- WU Shangquan, 1995. Isotopic geology and ore-forming material source of erdaodianzi gold deposit in Jilin Province[J]. *Gold*, 16(8): 5-9(in Chinese).
- WU Shangquan, ZHANG Wenqi, LIU Songyi, et al., 1993. Geological characters and genesis of Er-Dao-Dian-zi gold deposit, Jilin Province[J]. *Gold*, 14(1): 1-6(in Chinese with English abstract).
- XU Wang, 2019. Geochemical and geochronological insights into the tectonic evolution of the Paleoproterozoic Jiao-Liao-Ji Belt, Sino-Korean Craton[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences(in Chinese with English abstract).
- XU Zhigang, CHEN Yuchuan, WANG Denghong, et al., 2008. Scheme of the Classification of the Minerogenetic Units in China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- XUE Haori, 2020. Study on characteristics and mineralization of mafic-ultramafic rocks in Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- YAN Dong, ZANG Xingyun, MA Chunsheng, et al., 2018. Petrogenesis and tectonic setting of Yongxin monzogranite in Helong area, Jilin Province[J]. *Global Geology*, 37(3): 724-736(in Chinese with English abstract).
- YANG Baozhong, XIA Wenchen, YANG Kunguang, 2006. Permian sedimentary facies, palaeogeography and tectonic background in central Jilin Province, China[J]. *Geoscience*, 20(1): 61-68(in Chinese with English abstract).
- ZANG Xingyun, JIANG Jianjun, LI Dehong, et al., 2020. Discussion on metallogenic model of Jiapigou gold metallogenic belt[J]. *Jilin Geology*, 39(3): 1-14, 28(in Chinese with English abstract).
- ZANG Xingyun, WANG Jianxin, CHEN Zhiqiang, et al., 2007. Geochemical characteristics and mineralization of the Cretaceous period magmatic rock of the Bailiping silver-polymetallic ore-concentrated province, Helong area[J]. *Jilin Geology*, 26(1): 14-20(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Wenbo, 1998a. Geology and metallogenic condition of the Lanjiagold deposit, Jilin[J]. *Geological Exploration for Non-Ferrous Metals*, 7(1): 11-16(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Wenbo, 1998b. Division of gold and silver metallogenic series in the north-eastern section of Daheishan Tiaolei, Jilin Province[J]. *Gold*, 19(1): 13-17(in Chinese).
- ZHANG Xiaoqi, 2014. Geological characteristics and genesis of Jiusangou gold deposit in Wangqing County, Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Huawei, LI Dehong, ZANG Xingyun, et al., 2020. A study of magmatism and ore deposit series of Yanshanian magmatism in the central Jilin-Yanbian area[J]. *Acta Geologica Sinica*, 94(1): 241-254(in Chinese with English abstract).
- ZOU Xintong, 2015. Geological and geochemical characteristics and prospecting prediction of vein I in Hedgehog gold deposit, Yanbian[D]. Changchun: Jilin University(in Chinese with English abstract).