



## 吉黑东部地区金矿资源禀赋及成矿规律特征

赵院冬<sup>1</sup>, 杨仲杰<sup>1</sup>, 马承<sup>2</sup>, 张苍江<sup>1</sup>, 王存柱<sup>1</sup>, 任传涛<sup>1</sup>,  
张龙<sup>1</sup>, 常亮<sup>1</sup>, 许国雨<sup>1</sup>

1. 中国地质调查局 牡丹江自然资源综合调查中心, 黑龙江 牡丹江 157021;

2. 中国地质调查局 西安矿产资源调查中心, 陕西 西安 710010

**摘要:** 金矿是吉黑东部地区的优势矿种之一, 资源丰富、类型多样。通过系统收集和整理已有金矿地质资料, 全面总结了吉黑东部地区金矿资源禀赋、矿床类型、控矿因素、时空分布规律、成矿演化及资源潜力, 将研究区金矿床划分为 6 种成因类型、48 个主要预测类型和 5 个成矿期。研究区金矿主要产出于经历多期次构造运动和频繁岩浆活动的活动大陆边缘和岛弧(火山弧)等构造单元内, 特别是华力西期—燕山期大规模的构造、岩浆活动是金矿床形成的重要控制因素。通过总结上述成果, 在研究区划分出 34 处金矿重要找矿远景区, 明确了研究区金资源潜力和找矿方向, 并提出加强重要找矿远景区及已知矿床深边部和外围金矿资源勘查是实现找矿突破的重要途径。

**关键词:** 金矿; 矿床类型; 成矿规律; 资源潜力; 找矿方向; 吉林省; 黑龙江省

## GOLD RESOURCES ENDOWMENT AND METALLOGENIC REGULARITY IN EASTERN JILIN AND HEILONGJIANG PROVINCES

ZHAO Yuan-dong<sup>1</sup>, YANG Zhong-jie<sup>1</sup>, MA Cheng<sup>2</sup>, ZHANG Cang-jiang<sup>1</sup>, WANG Cun-zhu<sup>1</sup>, REN Chuan-tao<sup>1</sup>,  
ZHANG Long<sup>1</sup>, CHANG Liang<sup>1</sup>, XU Guo-yu<sup>1</sup>

1. Mudanjiang Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Mudanjiang 157021, Heilongjiang Province, China;

2. Xi'an Mineral Resources Survey Center, CGS, Xi'an 710010, China

**Abstract:** Gold is one of the dominant minerals in eastern Jilin and Heilongjiang provinces, with abundant resources and multiple types. Through systematic collection and sorting of the existing geological data of gold deposits, the paper comprehensively summarizes the resources endowment, deposit types, ore-controlling factors, spatiotemporal distribution rule, metallogenic evolution and resources potential of gold deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces. The gold deposits in the area can be classified into 6 genetic types, with 48 main prediction types in 5 metallogenic periods. The gold deposits are mainly occurred in such tectonic units as active continental margin and island (volcanic) arc which have experienced multistage tectonic movements and frequent magmatic activities, especially the Variscan-Yanshanian large-scale tectonic and magmatic activities are important controlling factors for gold deposit formation. By summarizing the above results, 34 important prospecting potential areas for gold deposits are

收稿日期: 2024-04-09; 修回日期: 2024-07-08. 编辑: 李兰英.

基金项目: 中国地质调查局项目“吉黑东部地区金矿资源潜力动态评价”(DD20230373).

作者简介: 赵院冬 (1981—), 博士, 正高级工程师, 从事区域地质矿产调查工作, 通信地址 黑龙江省牡丹江市东安区卧龙街道 45 号, E-mail//zhaoyd1981@qq.com

通信作者: 杨仲杰 (1987—), 男, 高级工程师, 从事区域地质调查与固体矿产勘查工作, 通信地址 黑龙江省牡丹江市东安区卧龙街道 45 号, E-mail//147018374@qq.com

identified in the study area, and the gold resources potential and prospecting direction are defined. It is proposed the way to achieve prospecting breakthrough by strengthening exploration in key prospective areas and beneath and around the known gold deposits.

**Key words:** gold deposit; deposit type; metallogenic regularity; resources potential; prospecting direction; Jilin Province; Heilongjiang Province

## 0 引言

吉黑东部地区系指黑龙江省和吉林省东部大部分地区及辽宁省北部极少一部分,即松辽盆地以东、以北地区,东部与俄罗斯相接壤,东南部以图们江、鸭绿江为界与朝鲜隔江相望<sup>[1-2]</sup>。研究区包括吉中-延边成矿带、小兴安岭-张广才岭成矿带、佳木斯-兴凯成矿带和完达山成矿带(图1),具有良好的成矿地质条件和找矿前景。该成矿省矿产资源丰富,尤其是金矿更具特色,目前已探明和开采利用的金矿床类型多种多样。随着地质工作程度和研究水平的不断提高,虽然研究区大部分典型金矿床的成矿地质背景、控矿因素、矿床成因、成矿时代等取得了丰硕的成果,但对于区内金矿的资源分布特征、矿床类型、成矿规律及找矿远景还缺乏系统的总结分析。本文依托近年主持开展的“吉黑东部地区金矿资源潜力动态评价”项目,对该地区金矿资源上述特征进行系统的阐述和总结,以期相关部门、机构的资源规划与工作部署、投资勘查和科学研究提供基础性资料,从而促进吉黑东部地区金矿的研究程度和找矿水平的提升。

## 1 区域地质背景

吉黑东部地区位于中亚造山带天山-兴蒙巨型造山系东段,濒太平洋东北亚地区陆缘造山系南部,夹持于华北板块、西伯利亚板块和古太平洋板块之间,北部以贺根山-黑河断裂为界与俄罗斯毗邻地区的布列亚陆块对接,南部以华北板块北缘巨型断裂带为界与华北板块对接,西部以塔西-林口断裂和沈阳-四平-德惠-逊克断裂为界与松嫩陆块相邻,东部以锡霍特-阿林断裂带为界与锡霍特-阿林中生代陆缘增生带相邻<sup>[1-4]</sup>。该区为古亚洲洋构造域与环太平洋构造域的叠加复合区域<sup>[2-4]</sup>,在古生代期间,受华北和西伯利亚两大板块间古亚洲洋俯冲作用的影响,研究区具有多块体、多阶段拼合以及增生的特点<sup>[1-5]</sup>;中生代以来,该区受古太平洋板块西向俯冲作用产生的推覆构



图1 吉黑东部地区大地构造位置图

Fig. 1 Tectonic map of eastern Jilin and Heilongjiang provinces  
1—成矿带界线 (boundary of metallogenic belt); 2—三级成矿带编号 (number of third-order metallogenic belt); 3—海域界线 (coast line); 4—省界线 (provincial boundary); 5—国界线 (national boundary); 6—研究区 (study area)

造运动影响,促使岩石圈在整个构造演化过程中经历了强烈的挤压、碰撞、拆沉、伸展和减薄等一系列构造活动。后期构造作用对前期的改造叠加导致本区地质构造背景复杂,成矿地质条件优越,矿床种类齐全、数量多、资源量丰富,是我国重要的矿产资源保供基地(图2),尤其以金矿最具特色<sup>[2-9]</sup>(图3)。

## 2 金矿资源特征

吉黑东部地区含金岩系发育,成矿时代普遍,成因

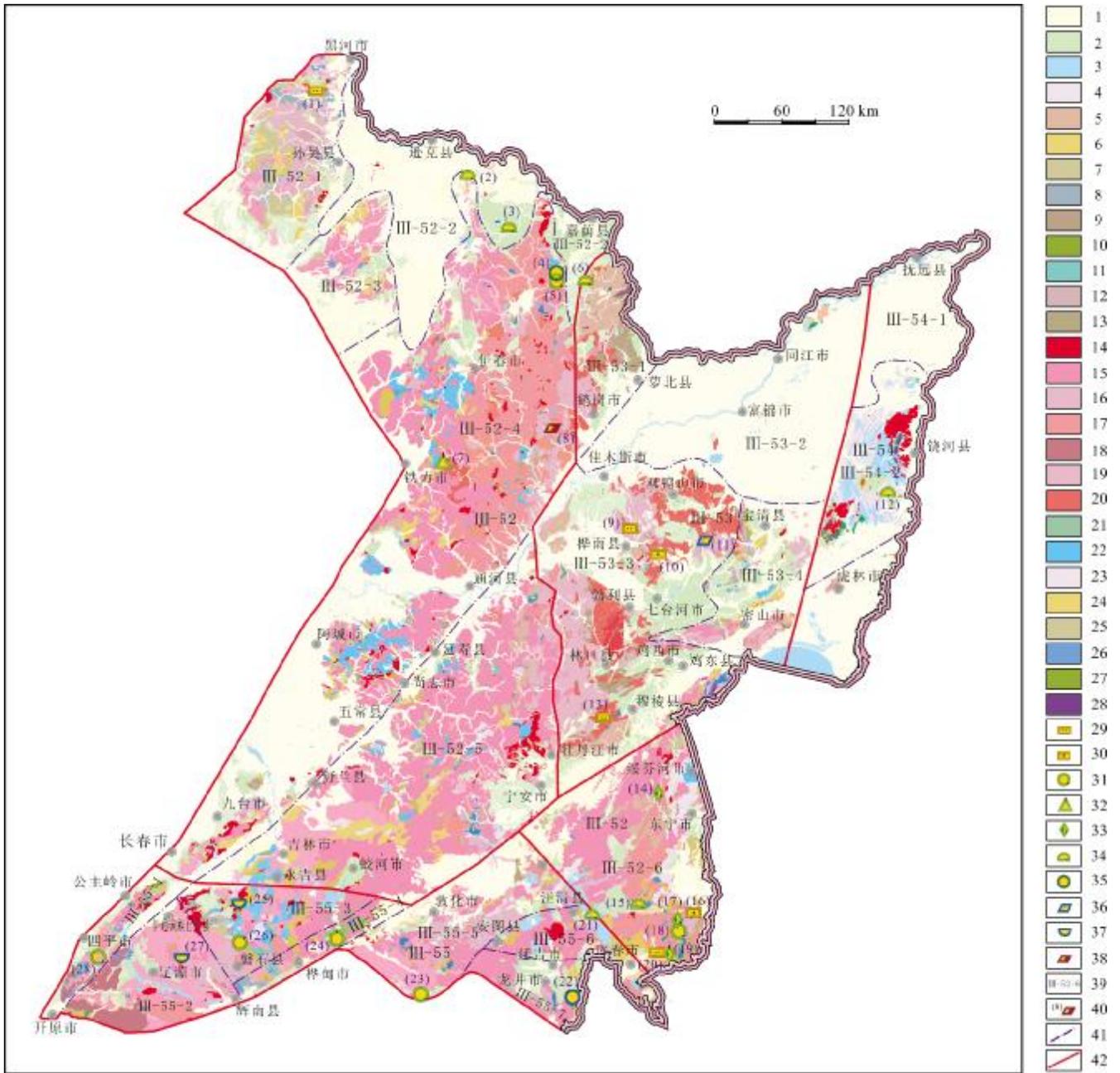


图 2 吉黑东部地区区域地质简图

Fig. 2 Regional geological map of eastern Jilin and Heilongjiang provinces

1—新生界 (Cenozoic); 2—白垩系 (Cretaceous); 3—侏罗系 (Jurassic); 4—三叠系 (Triassic); 5—二叠-三叠系 (Permian-Triassic); 6—二叠系 (Permian); 7—石炭-二叠系 (Carboniferous-Permian); 8—石炭系 (Carboniferous); 9—泥盆系 (Devonian); 10—志留系 (Silurian); 11—奥陶系 (Ordovician); 12—新元古界 (Neoproterozoic); 13—中-新元古界 (Meso-Neoproterozoic); 14—白垩纪花岗岩 (Cretaceous granite); 15—侏罗纪花岗岩 (Jurassic granite); 16—三叠纪花岗闪长岩 (Triassic granodiorite); 17—三叠纪花岗岩 (Triassic granite); 18—二叠纪花岗闪长岩 (Permian granodiorite); 19—二叠纪花岗岩 (Permian granite); 20—寒武纪花岗岩 (Cambrian granite); 21—白垩纪火山岩 (Cretaceous volcanic rock); 22—侏罗纪火山岩 (Jurassic volcanic rock); 23—三叠纪火山岩 (Triassic volcanic rock); 24—二叠纪火山岩 (Permian volcanic rock); 25—石炭-二叠纪火山岩 (Carboniferous-Permian volcanic rock); 26—闪长岩 (diortite); 27—辉长岩 (gabbro); 28—超镁铁质岩 (ultramafic rock); 29—喜马拉雅期砂岩型金矿床 (Himalayan sandstone type of gold deposit); 30—喜马拉雅期砾岩型金矿床 (Himalayan conglomerate type of gold deposit); 31—燕山期岩浆热液型金矿床 (Yanshanian magmatic hydrothermal gold deposit); 32—燕山期接触交代型金矿床 (Yanshanian contact metasomatic gold deposit); 33—燕山期斑岩型金矿床 (Yanshanian porphyry gold deposit); 34—燕山期陆相火山岩型金矿床 (Yanshanian continental volcanic rock type of gold deposit); 35—印支期岩浆热液型金矿床 (Indosinian magmatic hydrothermal gold deposit); 36—华力西期受变质型金矿床 (Variscan metamorphosed gold deposit); 37—华力西期海相火山岩型金矿床 (Variscan marine volcanic rock type of gold deposit); 38—吕梁-加里东期受变质型金矿床 (Lyuliang-Caledonian metamorphosed gold deposit); 39—四级成矿带编号 (number of fourth-order metallogenic belt); 40—典型矿床编号 (number of typical deposit); 41—四级成矿带界线 (boundary of fourth-order metallogenic belt); 42—三级成矿带界线 (boundary of third-order metallogenic belt)

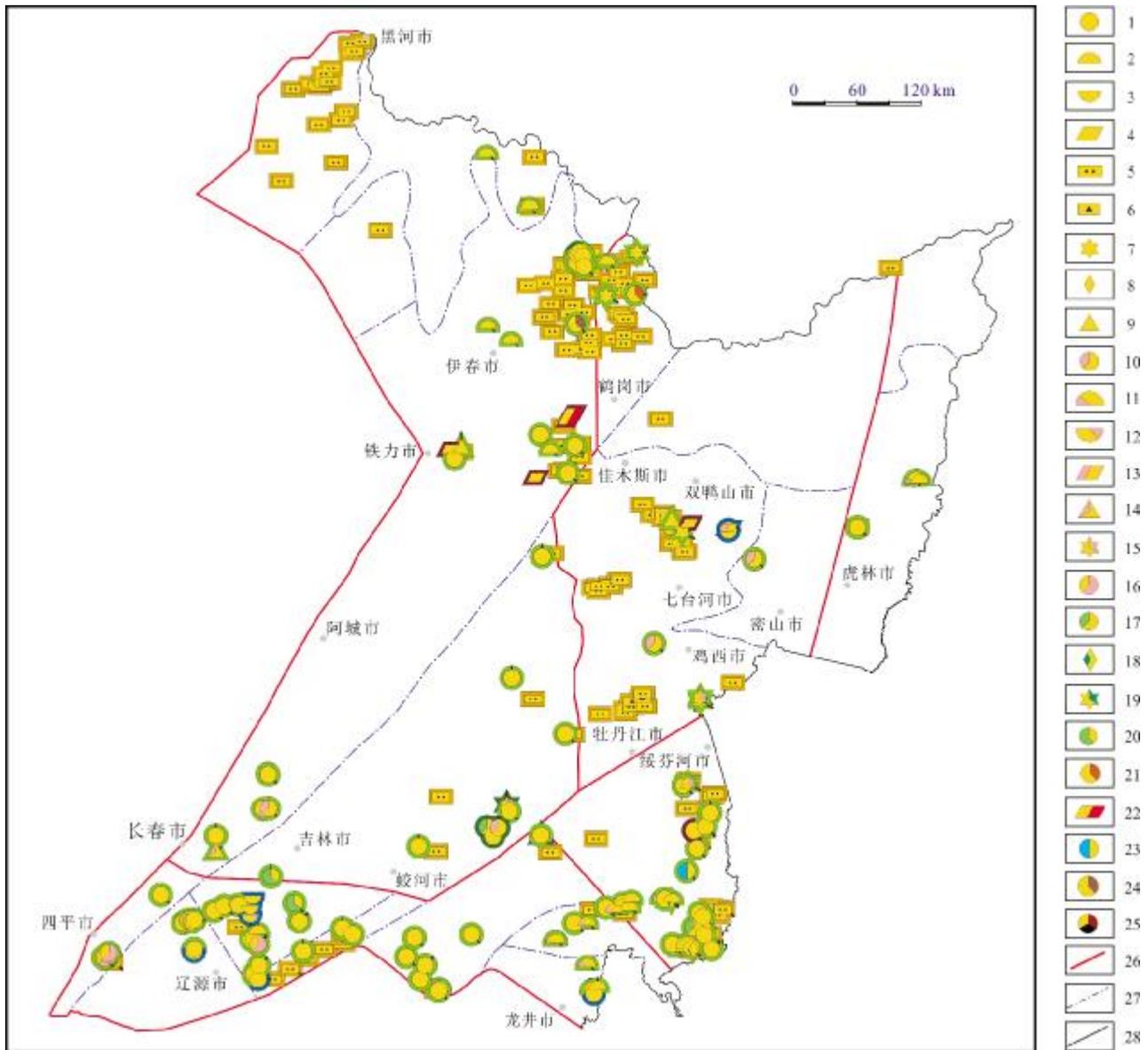


图3 吉黑东部地区金产地分布图

Fig. 3 Distribution map of gold deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces

1—岩浆热液型金矿床(magmatic hydrothermal gold deposit); 2—陆相火山岩型金矿床(continental volcanic rock type of gold deposit); 3—海相火山岩型金矿床 (marine volcanic rock type of gold deposit); 4—受变质型金矿床 (metamorphosed gold deposit); 5—砂岩型金矿床 (sandstone type of gold deposit); 6—砾岩型金矿床 (conglomerate type of gold deposit); 7—构造破碎蚀变岩型金矿床 (structurally fractured altered rock type of gold deposit); 8—斑岩型金矿床(porphyry type of gold deposit); 9—接触交代(夕卡岩)型金矿床(contact metasomatic/skarn type of gold deposit); 10—岩浆热液型银金矿床(magmatic hydrothermal type of Ag-Au gold deposit); 11—陆相火山岩型银金矿床(continental volcanic rock type of Ag-Au deposit); 12—海相火山岩型银金矿床(marine volcanic rock type of Ag-Au deposit); 13—受变质型银金矿床(metamorphosed Ag-Au deposit); 14—接触交代(夕卡岩)型银金矿床 (contact metasomatic/skarn type of Ag-Au deposit); 15—构造破碎蚀变岩型银金矿床 (structurally fractured altered rock type of Ag-Au deposit); 16—岩浆热液型金银矿床(magmatic hydrothermal Ag-Au deposit); 17—岩浆热液型铜金矿床(magmatic hydrothermal Cu-Au deposit); 18—斑岩型铜金矿床(porphyry type of Cu-Au deposit); 19—构造破碎蚀变岩型铜金矿床(structurally fractured altered rock type of Cu-Au deposit); 20—岩浆热液型金铜矿床 (magmatic hydrothermal Au-Cu deposit); 21—岩浆热液型铁金矿床 (magmatic hydrothermal Fe-Au deposit); 22—受变质型铁金矿床 (metamorphosed Fe-Au deposit); 23—岩浆热液型金锌矿床(magmatic hydrothermal Au-Zn deposit); 24—岩浆热液型金锑矿床(magmatic hydrothermal Au-Sb deposit); 25—岩浆热液型金锑钨矿床(magmatic hydrothermal Au-Sb-W deposit); 26—三级成矿带界线(boundary of third-order metallogenic belt); 27—四级成矿带界线(boundary of fourth-order metallogenic belt); 28—国界线(national boundary)

类型众多, 分布相对集中, 金矿资源丰富. 截至 2023 年底, 吉黑东部地区发现并查明金矿床(点)299 处(图 3), 占黑龙江省(337 处)和吉林省(232 处)金矿产地数据之和的 50%以上<sup>[10]</sup>, 显示出巨大的金成矿潜力. 从成因类型看, 研究区金矿以岩金为主, 砂金次之, 岩金矿床(点)151 处(含金多金属矿床/点), 砂金矿床(点)148 处, 伴生金也具有重要地位. 砂金矿主要分布于以牡丹江、松花江、绥芬河水系为主河谷的各级支谷中, 主要有黑河、嘉荫-萝北、佳木斯-桦南、牡丹江-东宁、汪清-珲春及红旗岭-漂河川 6 个集中区, 成矿作用以冲积型砂金矿为主<sup>[9]</sup>. 岩金矿主要分布于吉中-延边、小兴安岭-张广才岭、佳木斯-兴凯成矿带, 地域上主要分布在黑河市、嘉荫县、萝北县、伊春市、鹤岗市、佳木斯市、桦南县、穆棱市、林口县、东宁市、长春市、吉林市、四平市及延边朝鲜族自治州等地. 按矿床规模, 以中-小型矿床为主, 大型-超大型金矿相对较少, 其中超大型 1 处(砂矿床)、大型 9 处、中型 37 处、小型 154 处、矿(化)点 98 处. 吉林省大中型金矿床较少, 小型矿床及矿点居多, 主要分布在东南部山区, 集中分布在长春市、吉林市、四平市、通化市、白山市及延边朝鲜族自治州等<sup>[7]</sup>.

### 3 金矿床类型

#### 3.1 金矿床成因类型

吉黑东部地区构造演化历史漫长, 金矿成矿、控矿条件复杂, 成矿作用类型多样, 形成了多种类型金矿床(图 4). 前人根据构造背景、赋矿地质体、控矿构造、矿化类型、成矿流体等不同要素特征<sup>[11]</sup>, 提出了绿岩带型<sup>[12]</sup>、岩浆热液型<sup>[13]</sup>、造山型<sup>[14-17]</sup>、华北克拉通破坏型<sup>[18]</sup>、热隆-伸展成矿<sup>[19]</sup>等多种金矿床类型. 笔者在收集前人成果和进一步系统梳理以往矿产勘查及科研成果资料基础上, 采用全国重要矿产预测类型划分方案<sup>[20]</sup>, 将吉黑东部地区金矿床划分为热液型、陆相火山岩型、接触交代(夕卡岩)型、斑岩型和受变质型 5 种内生矿床类型以及沉积型 1 种外生矿床类型(见表 1).

##### 3.1.1 热液型

该类型可分为岩浆热液型和岩浆热液改造型矿床<sup>[21]</sup>. 岩浆热液型金矿是岩浆在侵入作用过程中形成的, 一般形成在侵入岩的内、外接触带及附近, 矿化多产在石英脉和破碎带蚀变岩中, 基本包括了以往所划

成矿时代		成矿类型							
		接触交代型	岩浆热液型	海相火山岩型	陆相火山岩型	火成岩型	沉积型	沉积变质型	斑岩型
喜马拉雅期	未分						□		
燕山期 (五分)	燕山期未分		○			△			
	5. 晚白垩世	△	○			△			☆
	4. 早白垩世	△	○			△			☆
	3. 晚侏罗世		○			△			☆
	1. 早侏罗世	△	○			△			☆
印支期 (三分)	印支期未分			△	△				
	3. 晚二叠世		○	△	△				
	1. 早二叠世			△	△				
华力西期 (八分)	华力西期未分								
	8. 晚二叠世		○						
	7. 中二叠世								
	6. 早二叠世								
	5. 晚石炭世				△				
	4. 早石炭世				△				
	3. 晚泥盆世		○						
	2. 中泥盆世								
加里东期 (六分)	6. 晚奥陶世								
	5. 中奥陶世								
	4. 早奥陶世								
	1. 早寒武世		○						
前寒武纪	前寒武纪未分								□
	8. 震旦纪								
	7. 南华纪								
	6. 晋白口纪								
	5. 蓟县纪								
	4. 长城纪								
	3. 中新元古代								
	2. 新太古代								
1. 中太古代									

图 4 吉黑东部地区金矿床类型及成矿时代

Fig. 4 Types and metallogenic ages of gold deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces

分的石英脉型和破碎带蚀变岩型. 它与夕卡岩型的区别主要是夕卡岩型有自己独特的夕卡岩矿物组合. 岩浆热液型金矿与岩浆侵入活动密切相关, 研究区内金矿床的成矿期以燕山期为主, 主要与燕山期岩浆作用有关, 金矿主要产在构造-岩浆活动带内, 赋矿围岩除侵入岩外, 部分赋存在原岩为碎屑岩-碳酸盐岩建造和火山岩建造的(浅)变质岩系中, 其中碳质大理岩、千枚状板岩等更有利于成矿. 赋矿侵入岩以中性、中酸性岩为主, 矿体产出部位多在侵入体内、外接触带, 以产在外接触带为主, 包括热液充填和热液交代两种形式. 矿体形状多为脉状、扁豆状、透镜状. 矿石成分较为复杂, 以金-黄铁矿型最为常见. 矿石中除自然金、黄铁矿外, 经常伴生方铅矿、闪锌矿、辉银矿、银金矿、黄铜矿等<sup>[21]</sup>. 脉石矿物主要由石英组成, 有时含相当数量的方解石、绿泥石和其他蚀变矿物. 该类型金矿分布范围较为广泛, 以吉林海沟金矿、粗榆金矿和黑龙江山平顶山金矿为代表.

表1 吉黑东部地区金矿床成因类型划分及典型矿床

Table 1 Genetic type classification and typical gold deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces

一级分类	二级分类	三级分类	典型矿床	产地数量
内生矿床	岩浆作用成矿	热液型	嘉荫县连珠山金矿床(4)、嘉荫县平顶山金矿床(5)、杨金沟金矿床(18)、龙井市金谷山金矿床(22)、安图县海沟金矿床(23)、桦甸市二道甸子金矿床(24)、永吉县头道川金矿床(25)、磐石市粗榆金矿床(26)、东辽县弯月东山金矿床(27)、四平市山门银金矿床(28)	113
		陆相火山岩型	逊克县东安金矿床(2)、嘉荫县高松山金矿床(3)、嘉荫县团结沟(乌拉嘎)金矿床(6)、四平山金矿床(12)、汪清县九三沟金矿床(15)、汪清县刺猬沟金矿床(21)	25
		接触交代(夕卡岩)型	铁力市大安河金矿床(7)	3
		斑岩型	东宁县金厂金矿床(14)、珲春市小西南岔铜金矿床(17)、珲春市马滴达北山金铜矿床(19)	5
	变质作用成矿	受变质型	汤原县东风山铁金矿床(8)、勃利县老柞山铁金矿床(11)	5
外生矿床	沉积作用成矿	沉积型	黑河市阿陵河砂金矿床(1)、桦南县砂金矿床(9)、桦南县腰台砾岩金矿床(10)、穆稜县雷峰沟砂金矿床(13)、珲春市黄松甸子砾岩金矿床(16)、浑春市柳树河子砂金矿床(20)	148

注:典型矿床后数字为图2中对应矿床编号。

岩浆热液改造型金矿是东北地区重要的金矿类型<sup>[21]</sup>,但在研究区内该类型矿床略显次要.该类型金矿成矿过程复杂,经历了沉积(火山沉积)、变质等相关地质过程中金矿物质富集或成矿过程(或形成矿源层),在后续的岩浆活动为主的地质作用过程中,进一步富集而形成金矿.研究区内该类型矿床主要产于显生宙含金建造中,受寒武-奥陶系碳质云英角页岩与长石角闪石角页岩互层、燕山期花岗岩类、北西向冲断层以及北西、北东向压扭性断裂等控制,代表性的构造破碎蚀变岩型矿床为鸡东县四山林场金银矿床;受早古生代火山-沉积建造及后期岩浆热液改造控制的金矿,代表性的海相火山岩型矿床为东辽县弯月金矿床.

### 3.1.2 陆相火山岩型

该类型金矿床是与陆相火山活动有关的金矿,包括了火山热液型、次火山热液型及火山爆破角砾岩型等类型,是吉黑东部地区重要的金矿成矿类型.该类型金矿床与火山岩及火山活动晚期的次火山侵入体有关,由火山-次火山热液作用形成.该类型金矿主要产于中生代火山盆地及火山断陷盆地边缘,矿床赋存在断裂中或爆破角砾岩筒的顶部.次火山岩体常产于火山口或火山口附近的裂隙中,主要是闪长玢岩、安山玢岩、石英斑岩、花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩.矿床常产在火山口附近的火山岩中,甚至是沉积岩或变质岩中,或次火山岩与围岩接触带上以及岩体边缘裂隙中,爆发角砾岩筒也是一个重要赋存部位.本类型围岩蚀

变范围变化较大,从高温的夕卡岩化、电气石化、阳起石化到中低温的绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁绢英岩化、次生石英岩化、硅化以及典型的低温蚀变高岭土化、明矾石化等均有.由于处在浅成-超浅成条件下,从次火山侵入体中析出的含矿气水溶液温度下降得很快,从溶液中沉淀的矿物表现为高温到低温矿物经常共生在一起,或者较低温的矿物覆盖在较高温的矿物组合之上,致使矿物组合常较复杂.矿石结构不仅有较高温形成的粗粒结构、块状结构,亦有较低温形成的细粒结构、角砾状结构、胶状结构.矿石构造常见细脉状、浸染状等构造.大中型岩金矿床多数为该类型,矿体延深不大,向下很快尖灭. Au 常与 Ag、Cu、Sb 伴生.代表性的矿床为黑龙江东安金矿、团结沟金矿,吉林刺猬沟金矿床、五凤金矿床、闹枝金矿床等<sup>[21]</sup>.

### 3.1.3 受变质型

该类型金矿指含金沉积层或火山-沉积岩组合在区域变质形成的热液作用下,金元素迁移、富集而形成与沉积变质岩系在成因、时间和空间分布上有关的金矿.该类型金矿床在大地构造部位上多产于老地块的隆起带,如佳木斯地区等,具有明显的层控性,矿体产于富碳质片岩、片麻岩、变粒岩及大理岩互层的岩层中.原岩建造为富碳质(富铁)的碳酸盐-碎屑岩建造,区域变质岩多为绿片岩相.矿床多产于区域性断裂带近旁,且以断裂交汇处对成矿最有利,矿体多受层间裂隙、层理、层间褶曲等控制.代表性矿床有黑龙江东风

山铁金矿、老柞山金矿等。

### 3.1.4 接触交代-夕卡岩型

该类型金矿床在吉黑东部地区多为伴生、共生金矿,在黑龙江小兴安岭-张广才岭、吉中-延边成矿带均有发育。该类型金矿床规模较小,目前所见多与银及多金属矿伴生。矿体主要发育在燕山晚期中酸性侵入岩体与古生代变质碎屑岩-碳酸盐岩建造的接触带及两侧夕卡岩带内,其产状受控于接触带的产状,多呈透镜状、囊状、脉状、扁豆状及似层状等。矿石矿物中金属矿物较少,以黄铜矿、辉铋矿、闪锌矿、黄铁矿以及磁黄铁矿为主,其次为毒砂、磁铁矿、褐铁矿,可见少量自然铋、银金矿、硫铋矿等,其中金以自然金和银金矿的形式产出<sup>[22-23]</sup>;脉石矿物主要为透辉石、石榴石、方柱石、石英、绿帘石和方解石,其次为绢云母、绿泥石、阳起石、钾长石、透闪石等<sup>[22-23]</sup>。矿石结构主要为他形粒状,其次为半自形粒状<sup>[22-23]</sup>;矿石构造主要为块状、碎裂状、稀疏浸染状,其次为细脉状和团块状<sup>[22-23]</sup>。矿石类型主要为夕卡岩型银金矿石。该类型金矿以印支期和燕山期为主,比较有意义的矿床多为燕山期。代表性矿床(点)有黑龙江大安河金矿床、四道河子金矿床和吉林长春兰家金矿床。

### 3.1.5 斑岩型

该类型金矿均为伴生型矿床,主要与斑岩型铜矿床伴生,如吉林小西南岔铜金矿床、马滴达铜金矿床等。成矿与海西期、印支期、燕山期的闪长玢岩、石英闪长岩和花岗斑岩有关。矿体产在侵入岩的内外接触带上,由岩浆的冷凝收缩产生大量的张裂隙构造,为含矿热液的上升和沉淀富集创造了良好的条件。成矿均与中酸性小侵入体有关,即小侵入体为成矿母岩。矿化以岩体为中心具有分带性,铜金矿在岩体内较少,多见于外接触带。围岩蚀变强烈,发育广泛,构成面型蚀变。围绕小岩体蚀变具明显分带性,蚀变以硅化、电气石化、绢英岩化和黄铁矿化为主。一般在岩体内为硅化、钾化带,接触带有角岩化带或夕卡岩带,远离接触带为绢云母化带、碳酸盐化带或青磐岩化带。矿体一般呈透镜状、扁豆状、脉状,往往成群成带出现。矿石多为浸染状构造、细脉状构造、细脉浸染状构造,少量为块状、角砾状、条带状构造。矿物成分十分复杂,主要金属矿物为黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、磁铁矿等,伴生矿物有辉钼矿、自然金等。矿化元素组合也十分复杂。

### 3.1.6 沉积型

此类型金矿是吉黑东部地区重要的金矿成因类型,按成矿作用、物质来源、成矿环境及时代分为第四纪冲积型砂金矿、残积型砂金矿、新近纪砾岩型金矿及白垩纪砾岩型金矿等。冲积型砂金矿是原生金矿或含金地质体经风化作用和流水冲刷作用,金从中解离出来,含金的碎屑物被河流搬运到适宜的地段经机械沉积积分异而形成的砂金矿床,是砂金矿床中最普遍、最稳定,分布最广泛也最具有工业意义的一种砂金矿床。区内已探明的大、中型砂金矿床绝大部分属此类型。冲积型砂金矿床皆赋存于第四系河漫滩堆积物下部的砂砾石层和基岩上部的含砂砾碎石层(残积层)中,矿体多呈单层带状或条带状沿河谷分布,厚度较为稳定。矿体长可达10 km以上,品位变化不大。有时在一个砂金矿体中,可出现一个或几个富矿地段,金粒粒度亦无多大变化。含金层中的砾石或碎石一般小于30 cm,多在2~20 cm,矿石松散,埋藏浅,易采易选。该类型矿床分布广泛,典型矿床为黑龙江省萝北县梧桐河砂金矿床和吉林省珲春市柳树河子砂金矿床。残积砂金矿赋存于原生金矿或含金地质体的表生疏松含金风化物中,为残留原地或位移不大的砂金矿,也是冲积型砂矿的来源之一。原生金矿或含金地质体,由于遭受地表的风化作用,岩石崩解破碎,或者原生矿中的硫化物遭受化学分解淋滤,风化的岩石细屑一部分被冲走,而金则因密度大而残留在原生金矿中或含金地质体附近,形成残积砂金矿。该类型矿床主要分布在桦南县一带,典型矿床为黑龙江省桦南县驼腰子砂金矿床。砾岩型金矿是指各地质时期的砂金矿经成岩作用或再受较轻微的变质作用,而形成含金砾岩,也称为古砂金矿。该类型矿床主要分布在佳木斯隆起带内,含矿地层为新近系富锦组,呈半胶结至松散状,由下而上为砂砾岩、细砂至粉砂岩、黑色黏土岩、灰色黏土岩。在黏土岩中含有丰富的动、植物化石。底部的砂砾岩即为金矿体,呈半胶结状态,岩层产状接近水平,厚度0.3~1.80 m。上覆新近系上新统船底山组玄武岩。该类型矿床仅分布在黑龙江省桦南、穆棱及吉林省珲春等地,典型矿床有桦南县民主新近系砾岩金矿和珲春市黄松甸子金矿床。

### 3.2 金矿矿产预测类型

矿产预测类型指为成矿预测而划分的、具有区域性特点的矿床类型,从预测的角度对矿产资源的一种

分类,是联通成矿规律与成矿预测方法的桥梁<sup>[20,24-25]</sup>。

根据全国重要矿产预测类型划分方案<sup>[20]</sup>及东北地区重要矿产与成矿规律<sup>[21]</sup>,以成矿系列、矿床式为理论依据,以矿床成因类型划分为基础,本文将吉黑东部地区金矿床预测类型进一步划分为48个(表2,扫描首页二维码可见),包括热液型19个,陆相火山岩型6个,接触交代型4个,构造破碎蚀变岩型2个,斑岩型2个,海相火山岩型2个,沉积变质(热液)型3个,沉积型10个。其中独立金矿预测类型48个,伴生、共生金矿预测类型5个,金常与银、铜、锑、铁等伴生。除砂金矿以外,与岩浆岩、火山岩、沉积变质建造有关的金矿类型最为重要。

## 4 金矿成矿规律

### 4.1 金矿时空分布规律

吉黑东部地区金矿存在着多个成矿时代和成矿期次,不同成矿期形成不同类型的金矿床。通过梳理吉黑东部地区299处不同规模金矿床(点)的时间演化规律,将其划分为5个主成矿期(表3):吕梁-加里东期(中新元古代—早古生代)、华力西期(泥盆纪—二叠纪)、印支期(三叠纪)、燕山期(侏罗纪—白垩纪)和喜马拉雅期(新生代),其中以燕山期和喜马拉雅期最为重要,吉黑东部地区已发现的金矿大多产于该成矿爆发期。此外,华力西期、印支期在吉黑东部地区也为重要的成矿时期,形成有一系列大中型金矿床。各成矿期的主要特点如下。

表3 吉黑东部地区金矿产地成矿期统计

Table 3 Metallogenic period statistics of gold deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces

矿产地规模	吕梁-加里东期	华力西期	印支期	燕山期	喜马拉雅期	合计
超大型					1	1
大型		1		7	1	9
中型	3		1	13	20	37
小型	1	9	1	49	94	154
矿点	1		4	61	32	98

1) 吕梁-加里东期:分布于小兴安岭-张广才岭成矿带东风山及佳木斯-兴凯成矿带桦南县林河至二伐

区一带,主要形成受变质型铁金矿。金矿床皆以中—新元古界兴东群大盘道组、东风山群亮子河组沉积变质建造为原始矿源层,多产于前寒武纪变质基底中。主要为构造控制的含金石英脉和硅化带金矿,部分为受层位控制的层状硫化物浸染金矿床<sup>[26]</sup>。如东风山式与沉积变质作用有关的金矿,包括黑龙江省铁力市东风山铁金矿床、桦南县林河至二伐区岩金矿床。

2) 华力西期:分布于吉中-延边成矿带磐石、永吉、金谷山及佳木斯-兴凯成矿带桦南县老柞山等地区,主要形成岩浆热液型、海相火山岩型、沉积变质型金矿床,多与变质细碎屑岩-碳酸盐岩建造、中酸性-酸性深成侵入岩密切相关,常见Ag、Cu、Sb等元素共伴生<sup>[21]</sup>。如黑龙江省勃利县鸡爪沟金矿床(鸡爪沟式)、勃利县老柞山金矿床(老柞山式)、宁安市四道河子金矿床(四道河子式)、吉林省龙井市金谷山金矿床(金谷山式)、永吉县头道川金矿床(头道川式)、磐石市宝山镇帽山金矿床(帽山式)、东辽县弯月东山金矿床(弯月东山式)。

3) 印支期:该期形成的金矿床分布较局限,位于小兴安岭-张广才岭成矿带连珠山、朱墩岭及营城子一带,以岩浆热液型、与岩浆岩有关的构造破碎蚀变岩型金矿为主要类型,多与印支期中酸性侵入岩关联密切。如黑龙江省的伊春市新春区连珠山金矿床、嘉荫县连珠山金锑钨矿点、宁安市朱墩岭东金银矿点、宁安市朱墩岭西金矿点、宁安市营城子金矿床等。

4) 燕山期:该时期是吉黑东部地区金矿的大爆发时期,是吉黑东部地区金矿分布格局形成的关键时间段。该成矿期金矿床广泛分布,大型—中型金矿床已有产出,但小型居多,形成了东安-汤旺河大型金资源基地、红旗岭-漂河川大型铜金资源基地以及金厂-小西南岔、夹皮沟-海沟等一系列重要金矿集区。在中国东北地区燕山期大规模构造-岩浆活动背景下,金的矿床类型十分丰富,其中以岩浆-热液型金矿床尤为发育,其成因与燕山期中酸性岩浆活动紧密相关,如海沟金矿、金厂金矿、小西南岔金矿、平顶山金矿等均属此类。此外,该成矿期亦常见Cu、Ag、Sb等伴生矿种。

5) 喜马拉雅期:为外生金矿主要成矿期。主要成因类型为沉积型金矿,亚类主要有近代冲积阶地砂岩型、砾岩型和现代洪积砂金矿等。

总体来看,吉黑东部地区金矿呈现不同成矿期次、

不同类型金矿和不同组合的成矿系列在同一地区相并存的规律。

#### 4.2 金矿主要控矿因素

吉黑东部地区金矿床控矿要素集中在以下几个方面: 1) 金矿集中产于板块缝合带边缘及造山带内, 具有岛弧(火山弧)、活动大陆边缘等构造特征。2) 金矿对围岩无选择性, 没有确切的证据表明存在某个特定的矿源层, 但含矿地层和岩体中金的克拉克值均具有较高的含量, 且标准离差和变异系数都较大<sup>[11]</sup>。3) 与金矿最为密切相关的岩浆岩主要为燕山期、印支期、华力西期以及加里东期中性、中酸性花岗岩类和煌斑岩等基性岩墙或岩脉, 如海沟金矿与早侏罗世二长岩、石英闪长岩、二长花岗岩密不可分, 金厂金矿与早白垩世闪长岩、二长花岗岩及其派生的花岗斑岩、闪长玢岩等关系密切。4) 构造对金矿床的形成至关重要, 不同级别的构造对金矿床的控制作用不同<sup>[11]</sup>。区域性巨型、大型构造控制了金矿床物质(侵入岩体、成矿流体)的运移, 大型构造不仅是金矿床的物质运移通道, 也是有利的储矿空间, 中小型构造一般仅是储矿构造, 穹隆(式)构造、压性-压扭性断裂构造、隐爆角砾岩筒构造和先存的韧性剪切带是有利的控矿构造。如华北板块北缘巨型断裂带(小四平-海龙段、柳树河子-大蒲柴河段)、敦化-密山断裂带及牡丹江断裂等主干断裂(带)对金矿床形成起到宏观控制作用, 控制了成矿侵入体的来源、分布, 控制了金矿床的储矿、控矿构造规模、特征及空间分布等。真正对金矿体的形成、分布及控制的构造是次一级或更次一级的构造系统, 如金厂矿区北东-北北东、北西、南北及东西向断裂构成的“米”字型断裂构造系统、海沟矿区的北东向构造系统等。此外, 韧性剪切构造对太古宙花岗-绿岩带型金矿床的形成具有重要控制作用, 如邻区的夹皮沟金矿等。5) 围岩蚀变在以花岗岩为主的岩石中表现为硅化、黄铁绢英岩化、高岭土化, 在以中性-中基性为主的闪长岩中表现为钾化、绿泥石化、绿帘石化及青磐岩化等。上述特征因素基本控制了吉黑东部地区金矿床的时空分布规律和产出特征, 是探讨吉黑东部地区金成矿作用特征和成矿规律的基本要素<sup>[11, 26]</sup>。

#### 4.3 构造岩浆演化与金成矿作用

吉黑东部地区位于中亚-兴蒙巨型造山带的东段, 大地构造位置上处于古亚洲洋构造域和环太平洋

中生代构造域的交汇部位, 夹持于西伯利亚板块、华北板块和西太平洋板块之间, 由佳木斯-兴凯地块、完达山陆缘增生带和小兴安岭-张广才岭等多个地质构造单元拼合而成。特殊的大地构造位置致使区内经历了复杂而又独特的地质构造演化及与之相伴的多期次构造-岩浆-流体活动, 为大规模内生金属成矿作用提供了优越的成矿条件<sup>[27-30]</sup>, 尤其是金。该区自古生代至中生代, 古亚洲洋和滨太平洋两大构造域的强烈转换是金矿床发育最为重要的地质背景, 其中关键演化有如下几个时期: 1) 元古宙结晶基底形成期, 该时期为火山-沉积作用阶段, 大量的金质从壳幔的深处随同岩浆活动一起迁移至地表, 形成原始的含金建造, 出现局部的富集地段, 为形成金矿床提供了一定的金物质来源, 其中较为重要的岩石组合为变质基性-超基性火山岩、条带状硅铁建造、含碳质的碎屑沉积建造等。在构造岩浆活动的晚期阶段, 受剪切带或断裂的控制, 并伴随着退变质作用形成与沉积变质有关的脉状和细脉浸染状金矿床<sup>[11]</sup>。2) 加里东期至印支期, 伴随着古亚洲洋与滨太平洋两大构造域的伸展、闭合、俯冲碰撞等构造活动, 在吉黑东部地区形成了一系列岩浆热液型金矿床, 多分布于深大断裂两侧的次级断裂内, 形成与海相火山岩及岩浆热液有关的脉状矿体。3) 燕山期为吉黑东部地区最重要的金矿爆发期, 受滨太平洋构造-岩浆活动的强烈影响, 伴随着造山的开始, 深部含金热液进一步活化, 中酸性含矿岩浆沿断裂带上升, 构成燕山早期第一次金成矿作用, 形成了众多的岩浆热液型金矿集区; 其次受该时期构造岩浆作用, 叠加改造早期形成的金矿床, 形成构造破碎蚀变岩型金矿床。4) 白垩纪太平洋板块和扬子板块对欧亚板块俯冲挤压, 导致华北板块北缘巨型断裂带以及敦化-密山断裂发生大幅度活动, 断裂带两侧伴生形成大量次级断裂, 构成羽状、“米”字型等断裂系统, 促使岩石圈减薄, 导致大规模岩浆强烈活动, 在 100~130 Ma 吉黑东部地区发生了大规模金成矿事件, 形成一系列以岩浆热液型、陆相火山岩型及斑岩型为主的金矿床。5) 喜马拉雅期以来, 随着新构造运动的开始, 研究区形成一系列沟谷、河流等新生代洼地, 同时早期形成的金矿床受该时期外生作用力影响, 发生抬升、风化、剥蚀等, 相继形成冲积型、残积型砂金矿和砾岩型金矿。

### 5 金矿资源潜力与找矿方向

吉黑东部是中国重要的黄金生产基地, 探明储量约占全国的 1/3, 金矿资源丰富、类型多样、分布广泛, 具备优越的成矿条件和找矿前景<sup>[11,20]</sup>. 依据吉黑东部已知金矿床分布、与金矿有关的重要物化探异常、成矿地质条件等要素, 在全区划分出 34 个重要金找矿远景区(图 5、表 4), 集中分布于逊克、嘉荫-萝北、长春-桦甸、安图、龙井、桦南、东宁-珲春等成矿有利地段.

目前, 吉黑东部地区金矿找矿方向集中在已知矿床的深边部、外围以及工作程度较低的地区等, 金矿床的勘探开发深度集中在 500 m 以浅, 而 500-1 000 m 区段的资源潜力尚不明朗. 近年来, 由于勘查资金和生态环境保护等客观条件的限制, 吉黑东部地区找矿效果不佳. 因此, 为保障国家能源资源安全, 以新一轮找矿突破战略行动为契机, 在重要成矿区带、矿集区利用最新的地质找矿理论, 结合国内外先进的物化遥、深

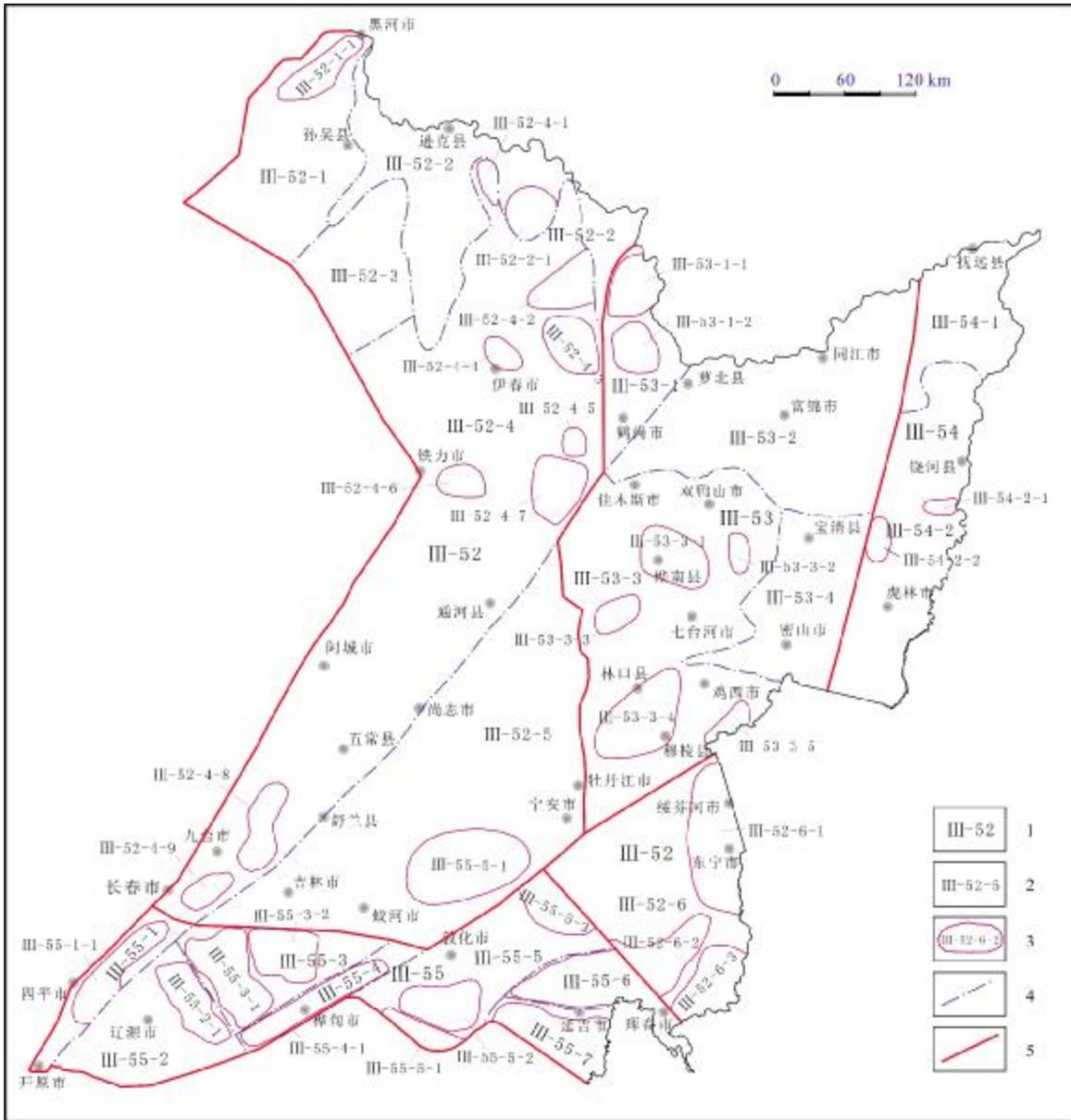


图 5 吉黑东部地区成矿带及找矿远景区分布图

Fig. 5 Distribution of metallogenetic belts and perspective areas in eastern Jilin and Heilongjiang provinces

1—三级成矿带编号(number of third-order metallogenetic belt); 2—四级成矿带编号(number of fourth-order metallogenetic belt); 3—找矿远景区编号及范围(number and scope of prospective area); 4—四级成矿带界线(boundary of fourth-order metallogenetic belt); 5—三级成矿带界线(boundary of third-order metallogenetic belt)

表4 吉黑东部地区金找矿远景区划分

Table 4 List of gold prospective areas in eastern Jilin and Heilongjiang provinces

编号	远景区名称	主攻矿床类型	代表性矿床(点)
Ⅲ-52-1-1	阿陵河砂金找矿远景区	与沉积建造有关砂岩型	阿陵河、哈拉力河
Ⅲ-52-2-1	高松山 Au 找矿远景区	与陆相(次)火山岩有关热液型	高松山、富强
Ⅲ-52-4-1	东安 Au-Mo-W 找矿远景区	与陆相(次)火山岩有关热液型	东安金矿床
Ⅲ-52-4-2	平顶山 Au-Sb-W 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	平顶山、连珠山
Ⅲ-52-4-3	梧桐河砂金找矿远景区	与沉积建造有关砂岩型	梧桐河
Ⅲ-52-4-4	东林场 Au 多金属找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	伊东林场东、友好岩
Ⅲ-52-4-5	东风山 Fe-Au 找矿远景区	与沉积变质有关热液型	东风山、桦阳
Ⅲ-52-4-6	大安河 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关接触交代型和热液型、与沉积变质有关热液型	大安河、东风林场、神树
Ⅲ-52-4-7	吉星 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	南岔吉星、骆驼山沟、笔架山西、八公里南、南岔东南
Ⅲ-52-4-8	八台岭 Au-Ag 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	八台岭、两家子乡、上河湾姜家
Ⅲ-52-4-9	兰家 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关接触交代型和热液型	兰家、孔家店
Ⅲ-52-5-1	营城子-西北岔 Au-Ag-Cu 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型和构造蚀变岩型	营城子、黄旗屯、东苇塘、朱墩岭西北岔
Ⅲ-52-6-1	金厂-九佛沟 Au-Cu-Ag 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型和构造蚀变岩型	金厂、东大川、九佛沟、新城子沟西
Ⅲ-52-6-2	杜荒岭 Au-Cu-Ag 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型、与陆相(次)火山岩有关热液型	杜荒岭、头道沟-干河沟、新沟
Ⅲ-52-6-3	小西南岔-农坪 Au-Cu-W-Pt-Pd 找矿远景区	与岩浆岩有关斑岩型和热液型、与陆相(次)火山岩有关热液型、与沉积建造有关砂岩型	小西南岔、大东南岔、杨金沟、黄松甸子、马滴达北山、农坪、柳树河子
Ⅲ-53-1-1	团结沟 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型和构造蚀变岩型、与陆相(次)火山岩有关热液型、与沉积建造有关砂岩型	团结沟、马莲、杜家河、嘉荫河-九里庄、太平沟
Ⅲ-53-1-2	小奇拉河-凤翔砂金找矿远景区	与沉积建造有关砂岩型	小奇拉河、凤翔、寒葱沟、创业沟
Ⅲ-53-3-1	新立 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关接触交代型和构造蚀变岩型、与沉积变质有关热液型、与沉积建造有关砂岩型	新立、烂泥沟、林河至二伐区、腰台、桦南、驼腰子、四方台
Ⅲ-53-3-2	老柞山 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型、与沉积变质有关热液型	老柞山、鸡爪沟
Ⅲ-53-3-3	刁翎-黑背砂金找矿远景区	与沉积建造有关砂岩型	刁翎-黑背、羊胡子、民主-兴隆沟
Ⅲ-53-3-4	雷锋沟砂金找矿远景区	与沉积建造有关砂岩型	雷锋沟、平岗、小金山、五林、八面通
Ⅲ-53-3-5	四山林场 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关构造蚀变岩型	四山林场、金场沟东区
Ⅲ-54-2-1	四平山 Au 找矿远景区	与陆相(次)火山岩有关热液型	四平山、岱王砬子
Ⅲ-54-2-2	跃进山 Cu-Fe-Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	光锋北山
Ⅲ-55-1-1	孟家沟-山门 Au 多金属找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	山门、叶赫河、孟家沟、大窝铺村
Ⅲ-55-2-1	伊通满族自治县-盈隆 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	盈隆、弯月东山、伊通满族自治县、新家乡、新洪村
Ⅲ-55-3-1	头道-粗榆 Au 多金属找矿远景区	与岩浆岩有关热液型、与海相(次)火山岩有关热液型	粗榆、小锅盔、兴隆沟、官马、民主屯、小梨河、头道川、八面石
Ⅲ-55-3-2	横道河子 Au 多金属找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	横道河子、隆廷、朝阳堡
Ⅲ-55-4-1	二道甸子 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型、与沉积建造有关砂岩型	二道甸子、大秃顶子、于家屯、陈家屯、徐家屯
Ⅲ-55-5-1	四道河子 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型、接触交代型	四道河子、马河
Ⅲ-55-5-2	大线沟-三岔子北山 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	大线沟、三岔子北山、杨树河、六合
Ⅲ-55-5-3	海沟-松江河 Au 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型	海沟、松江河、石人沟
Ⅲ-55-6-1	五风-百草沟 Au-Ag 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型与陆相(次)火山岩有关热液型	刺猬沟、闹枝沟、五风、五星山、海沟八道、青岭
Ⅲ-55-7-1	天宝山-开山屯 Au-Ag 找矿远景区	与岩浆岩有关热液型与陆相(次)火山岩有关热液型	金谷山、后底洞、开山屯、石井

部钻探、三维建模等有效的方法组合开展金矿潜力评价,将会实现金矿找矿突破,支撑和服务大型金资源基地建设。吉黑东部地区金矿找矿依然大有可为,而提升已有老矿山深边部及其外围资源勘查能力和规律认识是当前的关键。

## 6 结论

1)吉黑东部地区金矿类型多样,内生、外生金矿兼具,岩金、砂金以及伴生金矿并存,总体呈现不同类型、不同成矿期次、不同组合的成矿系列在同一地质背景区内相并存的规律。

2)从矿床成因角度,吉黑东部地区金矿可划分为热液型、陆相火山岩型、接触交代(夕卡岩)型以及斑岩型、受变质型和沉积型6种矿床类型。

3)吉黑东部地区金成矿期可划分为吕梁-加里东期、华力西期、印支期、燕山期、喜马拉雅期等5个主要阶段,燕山期为金矿爆发期。

4)吉黑东部地区构造岩浆演化构成了金成矿作用最重要的成矿地质背景,各成矿带受不同的构造演化制约,成矿环境也各有特点;金矿集中产出于华北板块北缘东段及各造山带内,具有活动大陆边缘和岛弧(火山弧)等构造特征。多期次构造运动和频繁的岩浆活动,特别是华力西期-燕山期大规模的酸性、中酸性岩浆活动,是金矿床形成的重要控制因素。

5)在吉黑东部金矿资源禀赋、矿床类型、控矿因素、时空分布特征、成矿演化、资源潜力等要素分析基础上,在全区划分出34处重要找矿远景区。

致谢:本文是“吉黑东部地区金矿资源潜力动态评价”项目组集体劳动的成果,在此对项目组全体成员致以诚挚的敬意,对工作中给予大力支持和帮助的专家以及审稿专家致以衷心感谢。

## 参考文献(References):

[1]段金扬. 吉-黑两省东部地区金矿床地球化学找矿模型[D]. 北京: 中国地质大学, 2018: 1-66.  
Duan J Y. Geochemical exploration model of gold deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2018: 1-66.  
[2]王硕. 吉黑东部中生代岩浆演化与成矿作用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014: 1-66.

Wang S. Study on Phanerozoic magmatic evolution and metallogenesis in the eastern Jilin-Heilongjiang provinces [D]. Changchun: Jilin University, 2014: 1-66.  
[3]Wilde S A, Wu F Y, Zhang X Z. Late Pan-African magmatism in northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon evidence from granitoids in the Jiamusi massif[J]. Precambrian Research, 2003, 122(1/4): 311-327.  
[4]Wu F Y, Jahn B M, Wilde S, et al. Phanerozoic crustal growth: U-Pb and Sr-Nd isotopic evidence from the granites in northeastern China [J]. Tectonophysics, 2000, 328(1/2): 89-113.  
[5]纪伟强. 吉黑东部中生代晚期火山岩的年代学和地球化学[D]. 长春: 吉林大学, 2007: 1-85.  
Ji W Q. Chronology and geochemistry of late Mesozoic volcanic rocks in eastern Jilin and Heilongjiang provinces [D]. Changchun: Jilin University, 2007: 1-85.  
[6]高文. 吉黑东部典型金矿床综合勘查方法及找矿模型研究——以东安、金厂和麻达沟金矿为例[D]. 长春: 吉林大学, 2015: 1-124.  
Gao W. The study synthetic exploration methods and prospecting pattern on typical gold mine in Eastern Jilin and Heilongjiang provinces: Taking the Dongan gold mine, the Jinchang gold mine, and the Madagou gold mine as three examples[D]. Changchun: Jilin University, 2015: 1-124.  
[7]侯雪刚. 吉黑东部中生代斑岩型钼矿床的成矿岩体: 从成因到成矿[D]. 长春: 吉林大学, 2017.  
Hou X G. Mesozoic metallogenetic granitoids in the eastern Jilin-Heilongjiang provinces: Petrogenesis and molybdenum mineralization [D]. Changchun: Jilin University, 2017.  
[8]赵华雷. 吉黑东部钨矿成因及成矿地球动力学背景[D]. 长春: 吉林大学, 2014.  
Zhao H L. Ore genesis and geodynamic settings of tungsten deposits in eastern Jilin and Heilongjiang provinces[D]. Changchun: Jilin University, 2014.  
[9]谭成印. 黑龙江省主要金属矿产构造-成矿系统基本特征[D]. 北京: 中国地质大学, 2009.  
Tan C Y. General characteristics of the tectonic-metallogenic systems of main ore deposits in Heilongjiang Province, Northeast China[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2009.  
[10]王岩, 秦燕, 黎华, 等. 东北地区金矿成矿规律及找矿方向[J]. 地学前缘, 2024, 31(3): 235-244.  
Wang Y, Qin Y, Li H, et al. Metallogenic regularity and prospecting direction of gold deposits in Northeast China [J]. Earth Science Frontiers, 2024, 31(3): 235-244.  
[11]付超, 党智财, 李俊建, 等. 华北地区金矿成矿规律及资源潜力[J]. 中国地质, 2022, 49(4): 1179-1197.  
Fu C, Dang Z C, Li J J, et al. Regional metallogeny and resource potential of gold deposits in North China [J]. Geology in China, 2022, 49(4): 1179-1197.

- [12]沈保丰,毛德宝,李俊建.中国绿岩带型金矿床类型和地质特征[J].前寒武纪研究进展,1997,20(4):1-12.  
Shen B F, Mao D B, Li J J. Type and geological character of Chinese greenstone belts gold deposits[J]. Progress in Precambrian Research, 1997, 20(4): 1-12.
- [13]吕古贤,李洪奎,丁正江,等.胶东地区“岩浆核杂岩”隆起-拆离带岩浆期后热液蚀变成矿[J].现代地质,2016,30(2):247-262.  
Lv G X, Li H K, Ding Z J, et al. Hydrothermal alteration metallogenesis in the determination zone of a “magmatic core complex” upheaval-detachment structure, Jiaodong[J]. Geoscience, 2016, 30(2): 247-262.
- [14]Zhou T H, Lü G X. Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in east Shandong, China[J]. Ore Geology Reviews, 2000, 16(1/2): 71-90.
- [15]Qiu Y M, Groves D I, McNaughton N J, et al. Nature, age, and tectonic setting of granitoid-hosted, orogenic gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern North China Craton, China[J]. Mineralium Deposita, 2002, 37(3/4): 283-305.
- [16]Goldfarb R J, Groves D I, Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: A global synthesis[J]. Ore Geology Reviews, 2001, 18(1/2): 1-75.
- [17]陈衍景, Pirajno F, 赖勇, 等. 胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境[J]. 岩石学报, 2004, 20(4): 907-922.  
Chen Y J, Pirajno F, Lai Y, et al. Metallogenic time and tectonic setting of the Jiaodong gold province, eastern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(4): 907-922.
- [18]朱日祥, 范宏瑞, 李建威, 等. 克拉通破坏型金矿床[J]. 中国科学: 地球科学, 2015, 45(8): 1153-1168.  
Zhu R X, Fan H R, Li J W, et al. Decratonic gold deposits[J]. Science China Earth Sciences, 2015, 58(9): 1523-1537.
- [19]宋明春, 林少一, 杨立强, 等. 胶东金矿成矿模式[J]. 矿床地质, 2020, 39(2): 215-236.  
Song M C, Lin S Y, Yang L Q, et al. Metallogenic model of Jiaodong Peninsula gold deposits[J]. Mineral Deposits, 2020, 39(2): 215-236.
- [20]陈毓川, 王登红. 重要矿产预测类型划分方案[M]. 北京: 地质出版社, 2010.  
Chen Y C, Wang D H. Classification scheme of mineral prediction types of important minerals [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010. (in Chinese)
- [21]沙德铭, 赵东芳, 寇林林, 等. 东北地区重要矿产与区域成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 2019: 106-164.  
Sha D M, Zhao D F, Kong L L, et al. Significant minerals and regional metallogenic regularities in Northeast China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2019: 106-164.
- [22]杨帆, 孙景贵, 付俊彧. 黑龙江大安河金矿床与成矿相关岩体的地球化学及其地质意义[J]. 地质与资源, 2014, 23(5): 419-423, 449.  
Yang F, Sun J G, Fu J Y. Geochemistry and its geological implication of the Da'anhe deposit and ore-forming rocks in Heilongjiang Province[J]. Geology and Resources, 2014, 23(5): 419-423, 449.
- [23]薛明轩, 刘明, 双宝. 黑龙江大安河金矿控矿条件及成矿机理分析[J]. 世界地质, 2001, 20(1): 34-39.  
Xue M X, Liu M, Shuang B. Ore controlling conditions and mineralizing mechanism of Da'anhe gold deposit, Heilongjiang Province[J]. World Geology, 2001, 20(1): 34-39.
- [24]王登红, 赵如意, 陈毓川, 等. 中国金矿床的预测类型及其应用[J]. 矿床地质, 2023, 42(5): 945-954.  
Wang D H, Zhao R Y, Chen Y C, et al. Prediction types of gold deposits and its application in China[J]. Mineral Deposits, 2023, 42(5): 945-954.
- [25]王成辉, 徐珏, 黄凡, 等. 中国金矿资源特征及成矿规律概要[J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2315-2325.  
Wang C H, Xu J, Huang F, et al. Resources characteristics and outline of regional metallogeny of gold deposits in China [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12): 2315-2325.
- [26]吴猛. 黑龙江省中东部金矿类型、成矿特征与成矿规律[D]. 长春: 吉林大学, 2018: 1-247.  
Wu M. The type, metallogenic characteristics and regularity of gold deposits in the mid-eastern part of Heilongjiang Province[D]. Changchun: Jilin University, 2018: 1-247.
- [27]吴福元, 孙德有. 中国东部中生代岩浆作用与岩石圈减薄[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(4): 313-318.  
Wu F Y, Sun D Y. The Mesozoic magmatism and lithospheric thinning in eastern China[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 1999, 29(4): 313-318.
- [28]孟恩, 许文良, 杨德彬, 等. 佳木斯地块东缘及东南缘二叠纪火山作用: 锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其构造意义[J]. 科学通报, 2008, 53(8): 956-965.  
Meng E, Xu W L, Yang D B, et al. Permian volcanisms in eastern and southeastern margins of the Jimusi Massif, northeastern China: Zircon U-Pb chronology, geochemistry and its tectonic implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(8): 1231-1245.
- [29]杨言辰, 韩世炯, 孙德有, 等. 小兴安岭-张广才岭成矿带斑岩型钼矿床岩石地球化学特征及其年代学研究[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 379-390.  
Yang Y C, Han S J, Sun D Y, et al. Geological and geochemical features and geochronology of porphyry molybdenum deposits in the Lesser Xing'an Range-Zhangguangcai Range metallogenic belt [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2): 379-390.
- [30]王宝权. 黑龙江省争光岩金矿床地质特征及找矿标志[J]. 地质与资源, 2016, 25(3): 244-249, 253.  
Wang B Q. Geological characteristics and prospecting indicators of the Zhengguang gold deposit in Heilongjiang Province [J]. Geology and Resources, 2016, 25(3): 244-249, 253.