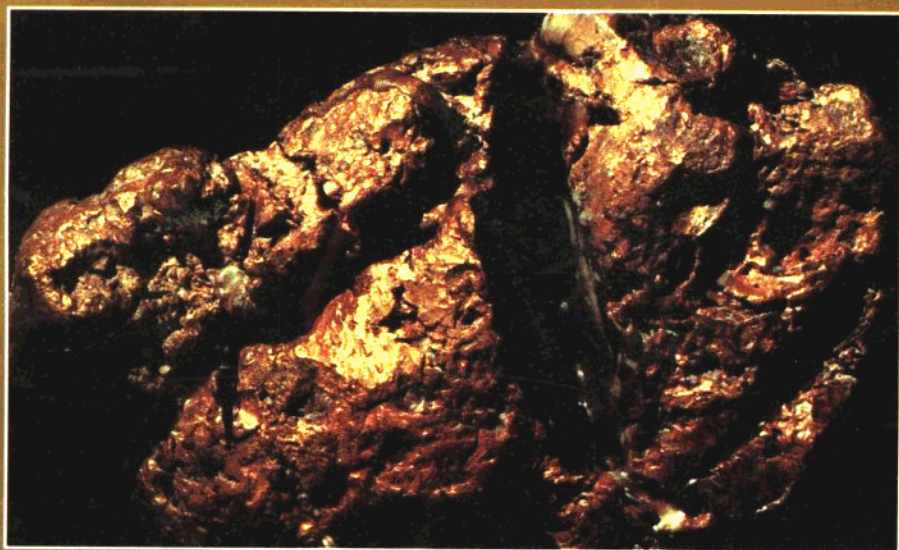


沈阳地质矿产研究所 编

中国金矿主要类型 区域成矿条件文集

4. 辽南地区



57121

117

4

地质出版社

中国金矿主要类型区域 成矿条件文集

辽南地区

沈阳地质矿产研究所 编

地 质 出 版 社

内 容 提 要

“中国金矿主要类型区域成矿条件”科研成果按地质专报和文集两个系列陆续出版。文集共包括6辑：第1辑为黑龙江地区，第2辑为冀东地区，第3辑为豫陕小秦岭地区，第4辑为辽南地区，第5辑为胶东地区，第6辑为黔西南地区。

本辑由3篇文章组成。文中论述了辽南地区变质岩和花岗岩含金性及其与金矿成矿关系、金矿地质特征、区域金矿化控矿条件及地球化学特征、金矿床的成因及分布规律。

本书可供从事金矿地质工作的生产、科研及教学人员参考

中国金矿主要类型区域成矿条件文集

4. 辽南地区

沈阳地质矿产研究所 编

责任编辑：杨广华

地质出版社 出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092^{1/16} 印张：8.625 插页：2页 字数：210000

1988年12月北京第1版·1988年12月北京第一次印刷

印数：1900册 定价：4.40元

ISBN 7-116-00324-X/P·282

目 录

辽南地区变质岩和花岗岩含金性及其与金矿成矿关系

.....	王孔海 李才春 庞庆邦 马启波 崔克英 国家辉 赵爱林 裴有守 余汉茂 徐英奎	(1)
序 言.....		(1)
一、变质岩系的原岩建造及其含金性.....		(2)
二、元古代花岗岩的地质特征及含金性.....		(13)
三、断裂构造及其与金矿成矿关系.....		(21)
四、主要金矿地质特征.....		(25)
五、金矿形成条件及成因.....		(34)
结 语.....		(38)

辽南中生代花岗岩演化及其与金矿成因关系

.....	姚凤良 邹祖荣 刘允良 任洪茂	(45)
序 言.....		(45)
一、区域地质背景.....		(46)
二、中生代岩浆岩.....		(49)
三、金矿地质.....		(63)
四、区域金矿化控矿条件及地球化学特征.....		(71)
五、金矿床的成因及分布规律.....		(82)
结 语.....		(85)

辽南地区岩浆岩与金矿关系及区域构造对金矿的控制作用

.....	彭金起 齐朝顺 罗守文 韩永昌	(91)
序 言.....		(91)
一、区域地质背景.....		(91)
二、岩浆岩.....		(93)
三、花岗岩与金矿关系.....		(109)
四、区域构造对金矿的控制.....		(128)
五、成矿模式.....		(129)

CONTRIBUTIONS TO THE PROJECT OF REGIONAL METALLOGENETIC CONDITIONS OF MAIN GOLD DEPOSIT TYPES IN CHINA

IV Southern Liaoning Province

CONTENTS

Auriferousness of the Metamorphic Rocks and Granite in Southern Liaoning Province and Its Relation with Metallogenesis	
<i>Wang Konghai, Li Caichun, Pang Qingdong, Ma Qibo, Cui Keying, Guo Jiahui, Zhao Ailin, Qiu Youshou, Yu Hanmao and Xu Yinghui</i>	(1)
Introduction	(1)
1 Protolith formation and auriferousness of the metamorphic rock series	(2)
2 Geological characteristics and auriferousness of the Proterozoic granites	(13)
3 The fault structures and their relation with the gold metallogenesis	(21)
4 Geological characteristics of main gold deposits	(25)
5 Forming conditions and genesis of gold deposits	(34)
Conclusion	(38)
Evolution of the Mesozoic Granites in the Southern Liaoning Province and Genesis and Prediction of Related Gold Deposits	
<i>Yao Fengliang, Zou Zurong, Liu Yunliang and Ren Hongmao</i>	(45)
Introduction	(45)
1 Regional geological setting	(46)
2 The Mesozoic magmatic rocks	(49)
3 Gold geology	(63)
4 Ore-controlling conditions and geochemical characteristics of regional gold mineralization	(71)
5 Genesis and distribution of gold deposits	(82)

Conclusion	(85)
The Controlling of Magmatic Rocks and Regional Structures over Gold deposits in Southern Liaoning Province	
..... <i>Peng Jingqi, Qi Chaohuns, Luo Shouwen and Han Yongcheng</i>	(91)
Introduction	(91)
1 Regional geological setting.....	(91)
2 The magmatic rocks.....	(93)
3 The relationship between the granites and the gold deposits	(109)
4 Controlling of regional structures over the gold deposits.....	(128)
5 Metallogenetic model.....	(129)

Geological Publishing House
Address,
Xisi, Beijing, China

Shenyang Institute of Geology and
Mineral Resources, CAGS
Address,
Beiling Street 2-5, Shenyang, China

辽南地区变质岩和花岗岩含金性 及其与金矿成矿关系

王孔海 李才春 庞庆邦 马启波
崔克英 国家辉 赵爱林 裘有守
余汉茂 徐英奎

(沈阳地质矿产研究所)

内容提要 本文论证了区内存在城子坦、庄河和岫岩三个交代-重熔型花岗岩体群是鞍山群城子坦组一段二段和辽河群变质岩系混合岩化-花岗岩化作用的产物。在区域变质作用过程中原变质岩中将有1.12ppb的金转入成矿热液中,为区内金的成矿提供物质来源。文中指出,区内庄河、岫岩和皮口三条北东向断裂有三次强烈的活动,每次活动均有金矿化发生;区内金矿床(点)均为硫化物石英脉型,按其成因划分为变质热液型和超变质热液型两种。前者主要产于低变质相带的片理化构造区,后者产于花岗岩体的内接触带中。

序 言

本文是地质矿产部科研攻关项目“中国主要金矿类型(地区)成矿条件及找矿方向研究”之第7项“辽宁省东南部变质岩和花岗岩含金性及其与金矿成矿关系”科研课题的成果性论文。本课题的研究目的是从本区研究金矿成矿条件着手,并与山东招-掖型金矿区域成矿件进行对比,从理论上探讨该区找寻招掖型金矿的前景。

研究区选在岫岩一新金一带。区内金矿床(点),按成因可分为变质热液和超变质-岩浆热液两种类型。

工作区处于中朝准地台胶辽台隆北东部辽东古隆起的西南端。本区西侧有金州大断裂带通过,它对辽东古隆起的地质发展起了明显的控制作用。本区基底构造骨架是由两个时代地层组成的复背斜构造(图1)。南部由鞍山群城子坦组构成的城子坦-亮甲店复背斜,北部为辽河群构成的虎皮峪-红石砬子复背斜。区内岩浆岩主要为元古代混合花岗岩,它占工作区面积的70%,太古代基性-超基性岩呈层状产于鞍山群变质岩系中,中生代中-基性喷发岩和中-酸性岩浆岩分别出露在北东向断裂带和工作区的北部。断裂构造以北东向为主,主要有皮口、岫岩和庄河三条断裂带。金矿主要受这些断裂构造的次一级断裂所控制。

该文较为系统地论述了区内金矿区域成矿条件和远景。文中笔者认为辽河群盖县组和太石桥组是变质热液型金矿的良好矿源层,其分布地区是潜在的找矿远景地区。由鞍山群和辽河群下亚群转化而来的混合花岗岩的内外接触带,是寻找超变质-岩浆热液型金矿的有利地段,后者与招-掖型金矿的区域成矿条件尚存在差异。即本区未发现较大的重熔型

花岗岩体和与之相关的较为强烈的碱性交代带，也不具备像胶东群蓬乔组那样良好的矿源层。但与招-掖地区金矿成矿条件相比较，尚有一定的类似之处，因此可望在该区寻找到招-掖型金矿床。

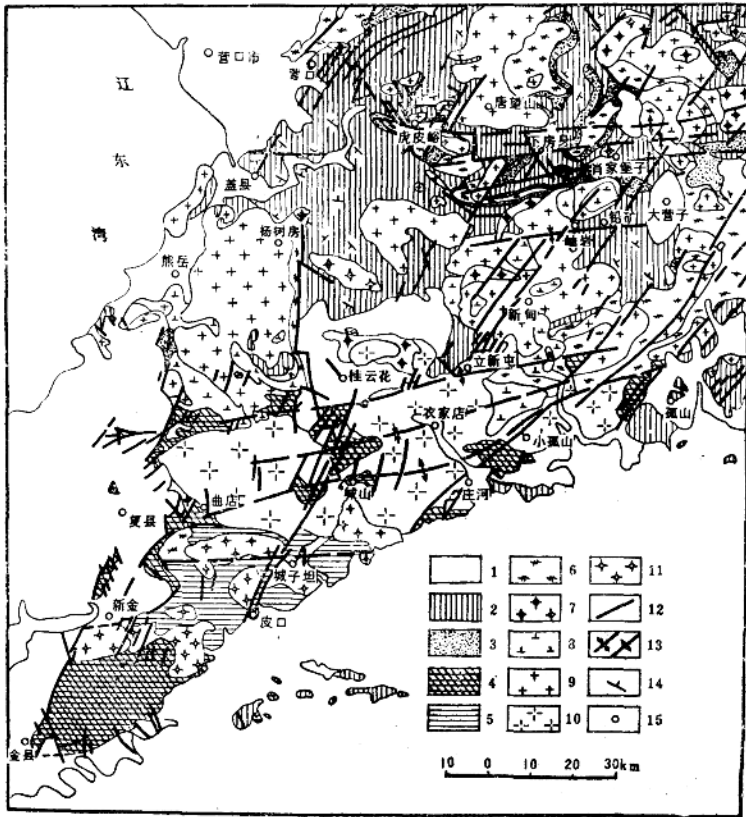


图 1 辽东地区地质略图

Figure 1 Sketchy geological map of Liaodong peninsula

1—震旦系—第四系；2—辽河上亚群；3—辽河下亚群；4—鞍山群城子组二段；5—鞍山群城子组一段；6—混合岩；7—中生代花岗岩；8—闪长岩；9—元古代花岗岩；10—元古代花岗岩；11—元古代花岗岩；12—断裂；13—褶皱；14—产状；15—地名

一、变质岩系的原岩建造及其含金性

(一) 辽南前震旦纪变质岩系层序

1. 太古代鞍山群层序

前人将区内鞍山群划分为城子组组和董家沟组。据笔者所见董家沟组乃是发育在金县大李—董家沟—响水寺一带狭长韧性变质带内，岩石类型为千枚状、片状的动力变质岩，与城子组上部的岩性相当，故应将其归属为城子组二段。而将其含多层磁铁石英岩的层位归属于城子组一段的顶部，并以此磁铁石英岩层作为划分城子组一段和二段的标

志层。

(1) 城子坦组一段：主要分布在新金县莲山、城子坦、孙家沟和庄河县明阳、尖山等地，地层厚约2160m。以莲山—安山屯一带为例，其地层层序自下而上为：①含榴辉角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩及其混合岩层；②角闪黑云变粒岩、浅粒岩及片麻岩夹角闪石岩及其混合岩层；③角闪黑云片麻岩夹斜长角闪岩、黑云角闪变粒岩及片麻岩夹角闪磁铁矿石岩层。

(2) 城子坦组二段，主要分布在复县松树镇、新金县安波、庄河县城山、孤山，新金县亮甲店，金县董家沟等地。董家沟一带出露的地层较为完整，厚约6150m，其地层层序自下而上为：①含角闪黑云片麻岩，黑云变粒岩、浅粒岩和片麻岩夹斜长角闪岩层；②黑云角闪片岩或片麻岩，斜长角闪岩及其混合岩层；③黑云斜长片麻岩夹角闪黑云片岩和二云片岩层。

2. 早元古界辽河群层序

在工作区辽河群仅出露有里尔峪组，高家峪组、大石桥组和盖县组。在营口县铜匠峪一带辽河群的层序自下而上为：

(1) 里尔峪组，以含电气石变粒岩为特征，厚度大于460m。下部为黑云变粒岩、电气变粒岩夹斜长角闪岩、镁质大理岩及硼矿层；上部为黑云、角闪变粒岩、磁铁浅粒岩和斜长角闪岩层。

(2) 高家峪组，以含石墨的钙质大理岩为特征，厚约280m。下部为二云片岩、黑云变粒岩、含石墨透闪变粒岩层；上部为二云片岩和片麻岩及大理岩、夹有透闪透辉岩层。

(3) 大石桥组，以厚层大理岩和菱镁矿为特征，厚约1400m。下部为大理岩片麻岩互层；中部为二云片岩、大理岩、透闪透辉岩夹斜长角闪岩层；上部为二云片岩夹浅粒岩和大理岩层。

(4) 盖县组，以含十字石、矽线石的云母片岩和片麻岩为特征，厚约2000m。下部为黑云片岩、黑云变粒岩夹斜长角闪岩层；上部为黑云片岩和片麻岩夹变粒岩及浅粒岩层。

(二) 辽南前震旦系变质岩的变质作用和混合岩化作用

1. 前震旦系变质岩的岩石类型

区内变质岩系的主体是具有中高级变质程度的层状变质岩。根据变质岩系的建造和岩石化学特征，可划分为两个变质杂岩群，即以含有鞍山式铁矿的太古界角闪质变质建造和含有硼-铁矿及菱镁矿的早元古界电气-黑云质变质建造。

(1) 变质岩石类型：常见的变质岩石可划分为七类

- ① 片岩类：主要有云母石英片岩，镁铁闪石石英片岩和矽线黑云片岩。
- ② 片麻岩类：常见的有石榴矽线片麻岩，黑云片麻岩和角闪黑云片麻岩。
- ③ 变粒岩类：主要有黑云的、电气石的和角闪石的变粒岩、角闪辉石变粒岩及含黑云的、角闪石和辉石的、含电气石和磁铁矿的浅粒岩。
- ④ 斜长角闪岩类：主要有普通角闪石和含辉的斜长角闪岩及其角闪石岩。
- ⑤ 石英岩类：包括有电气石英岩和云母石英岩。
- ⑥ 钙硅酸盐类：主要为透闪透辉岩和含石墨的透闪岩。

⑦ 大理岩类：包括有方解石和白云石大理岩及菱镁矿岩等。

(2) 变质岩系的岩石学特征

鞍山群变质岩以含角闪石和辉石及中-基性斜长石为特征，副矿物属含钛磁铁矿和磷灰石型，岩石组成矿物结晶较粗，常见变余火山岩结构。元古界辽河群变质岩以含石墨、电气石和标型变质矿物十字石、蓝晶石、矽线石及石榴石为特点，副矿物属锆石和磷灰石型。主要次生矿物有帘石类、绿泥石、金红石和榍石。在各类变质岩石中普遍发育有碱性交代作用，因而形成形态各异、成分不一的各种混合岩。动力变质岩主要产在断裂构造带中，常见的构造岩有碎裂状、碎斑状和糜棱状等变质岩。

2. 辽南变质岩系的变质和混合岩化作用

区内层状变质岩系是具有中-高级变质程度并经受混合岩化作用改造的变质岩。但在不同的构造岩相带内，变质岩系的变质程度又存在差异。根据变质杂岩区内变质作用特征，大致分为南部为太古代角闪岩相区和北部的早元古代绿帘角闪岩相-高角闪岩相区。

(1) 变质作用及变质相

辽南地区变质岩的岩石学研究表明，它们具有下列典型的矿物共生组合：

- ① 角闪石 + 中-拉长石 + 单斜辉石 + 石英
- ② 黑云母 + 石榴石 + 矽线石 + 更-中长石 + 钾长石 + 石英
- ③ 透辉石 + 金云母 + 方解石 + 白云石

辽河群变质岩中的富铝硅酸盐岩经常出现云母类、十字石和矽线石等变质矿物，表明该变质岩系经历了由绿帘角闪岩相到高角闪岩相的区域变质作用。在钙质硅酸盐岩中，角闪石类矿物是普遍存在的共生矿物。角闪石的化学成分变化对变质压力和温度是极其灵敏的。因此，许多学者认为不同变质相中的角闪石所含的 TiO_2 和 $(Na_2O + K_2O)$ 有显著差别。角闪石的化学成分表明，区内变质岩石中的角闪石主要为钙质角闪石，它们含有不同数量的 TiO_2 和 $(Na_2O + K_2O)$ ，在 TiO_2 对 $(Na_2O + K_2O)$ 和 Si 对 $(Ca + K + Na)$ 的图解上（图 2, 3）鞍山群变质岩石中的角闪石落在低角闪岩相区，个别落在高角闪岩相区，而辽河群变质岩石中的角闪石落在阳起石域到高角闪岩相和麻粒岩相域的所有变质相区内，这就表明辽河群比鞍山群有其较宽阔的变质域。

根据钙质角闪石的结晶化学式中四配位 Si 被四配位 Al 替换的程度反映变质温度的变化之论据，一般在温度增加时， Al^IV 可以替换 Si ，即 Al^IV 替换 Si 的量愈多，其形成温度愈高。鞍山群变质岩中的角闪石， Al^IV 值在 0.83—1.52 之间，而辽河群变质岩中的角闪石 Al^IV 值在 0.47—1.55 之间，说明角闪石的变质结晶温度较高，但辽河群的变质温度范围较鞍山群宽，这个结论与变质相的事实相一致。

P. 约斯 (1974) 认为角闪石结晶化学式中的 Al^IV 对 Al^VI 的相关关系反映变质压力。鞍山群中的角闪石 Al^IV/Al^VI 值在 2.65—4.22 之间，平均值为 3.18，辽河群中的角闪石 Al^IV/Al^VI 值在 0.52—4.46，平均值为 2.08，表明鞍山群的变质压力小于 $5 \times 10^8 Pa$ ，而辽河群的变质压力趋近于 $5 \times 10^8 Pa$ 。

上述表明，辽南地区的前震旦纪变质岩经历了以角闪岩相为主的区域变质作用，其展布特点为，较高变质域出露在褶皱构造的轴部，其变质压力也表现为由背斜轴部向翼部降低，同时也出现由西向东其变质相也由高而降低的趋向，但变质压力确表现为由西向东升高之特点。

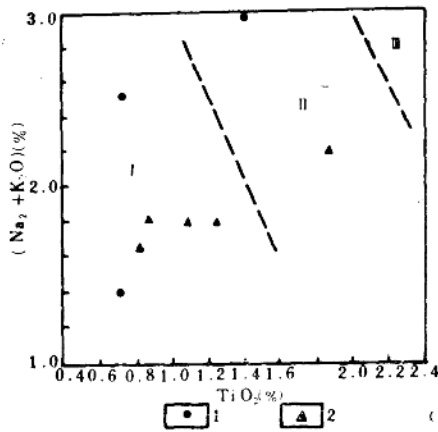


图2 角闪石中 TiO_2 与 $(Na_2O + K_2O)$ 关系
(P. 约斯, 1974)
Figure 2 Relationship of TiO_2 with $(Na_2O + K_2O)$ in amphibole
I—低角闪岩相; II—高角闪岩相; III—麻粒岩相; 1—鞍山群; 2—辽河群

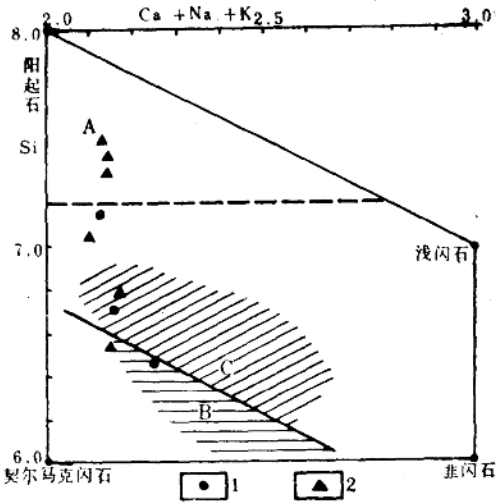


图3 辽南变质岩石中的钙质角闪石
Figure 3 Calci-amphibole in metamorphic rocks in southern Liaoning
A—阳起石域; B—低角闪岩相角闪石域; C—高角闪岩相和麻粒岩相角闪石域; 1—鞍山群; 2—辽河群

(2) 混合岩化作用的基本特征

辽南地区与世界范围的前寒武纪结晶基底一样, 出现大面积的花岗状岩石和一系列由变质岩再造形成的, 既不同于结晶片岩, 又不同于典型岩浆岩的岩石, 被称为混合岩, 是大规模的区域性构造-岩浆作用的产物。花岗岩化作用是混合岩化作用发展到高级阶段, 以形成岩貌和岩性类同于花岗岩为特征, 因此广义的混合岩尚包括混合花岗岩。按上述概念, 辽南地区的混合岩类型有: 混合花岗岩, 条纹状、条痕状混合岩, 片麻状、眼球状混合岩, 条带状或层状混合岩, 枝状、脉状和揉皱状混合岩等等。

上述表明, 混合岩是原变质岩受混合岩化作用改造后的产物。因此, 变质原岩受改造的程度和混合岩化交代作用的性质就决定了本区混合杂岩的基本特征。

1) 变质原岩性质对混合岩类型的控制

混合岩的原岩化学性质不仅决定了混合岩化交代作用的性质, 而且也控制了混合岩化学成分、岩石类型和混合的形态特征。如鞍山群变质岩石是以含角闪石为特征。因此, 形成含角闪石的混合岩; 辽河群是以含云母类和电气石为特征, 所以形成黑云母质和含电气石的混合岩, 具复理石构造特征的辽河群变质岩, 常常形成条带状、层状和揉皱状混合岩, 而鞍山群中的变质基性岩, 因不易产出交代作用, 所以仅形成枝状或脉状混合岩等等。

2) 混合岩化过程中变质原岩的元素活化和迁移

变质岩的混合岩化作用, 实质上是岩石的酸性和碱性化的过程, 即长英质矿物增加和铁镁质矿物减少的过程, 是具有向花岗质岩石演化的趋势。因此, 它的主要表现形式是在岩石中普遍存在着碱性交代作用。对本区混合岩的岩石学研究表明, 在碱性交代作用过

程中,最先活化的组分是钠,表现为变质原岩中基性斜长石的去钙长石化,同时还有剩余的钠质进入渗透溶液中;继之为钾质交代作用,以铁镁硅酸盐矿物的黑云母化和形成新生的钾长石为特征。次后,渗透溶液中的钠组分进入到钾长石中,形成反条纹长石和蠕英石。交代作用的另一侧面是随新生长英质矿物的形成和数量的增加,以及暗色矿物的黑云母化,促使变质原岩中的铁、镁和钙等组分不断的进入到剩余的热液中。上述特点为不同交代带中岩石的化学分析结果所证实。

上述表明,本区混合岩化过程中的带入组分为Si和Na,K和Al既有带入,也存在带出,而Ca、Mg和Fe为带出组分。岩石中的微量元素金及其它成矿组分,在混合岩化过程中具有向交代带前锋运移,在该带中金的含量增高,此后在花岗岩化阶段,金又出现释放的趋势。

(三) 辽南变质岩系的原岩恢复

本区前震旦纪变质岩遭受了直到高角闪岩相以及混合岩化等多期地质作用,使原岩地层的产状,原始结构构造变化很大。因此,确定变质岩的原岩主要以岩石化学及地球化学方法,并参考残留的地层产状和原岩结构构造等特征进行的。

1. 变质岩系正、副原岩的确定

(1) 恢复变质岩的岩石化学方法

根据变质作用中岩石化学成分基本不变原则,并鉴于任何一种原岩恢复的岩石化学方法都有局限性,因而只有针对该区变质岩系的基本特征,选择合适的方法,并加以综合分析才能取得较好的判别效果。本文采用的岩石化学方法有①P. 尼格里四面体对称展开平面图解,②周世泰(1977)的K-A相关图解,③A. 西蒙南的尼格里值 $(al+fm)-(c+alk)$ 对Si图解,④D. M. 肖(1972)的判别式,⑤A. M. 库多的判别式,⑥B. 莫依纳等(1968)的 $(Al+Fe+Ti)$ 对 $(Ca+Mg)$ 的图解,⑦利克(1964)的C对mg的趋势图。另外还结合变质岩石中相似元素和稀土元素等特征对区内变质原岩进行恢复。

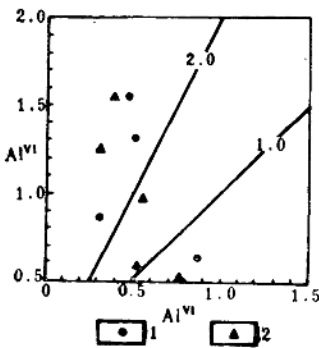


图4 钙质角闪石的 Al^{IV}/Al^{VI} 图解(P. 约斯, 1974)

Figure 4 Al^{IV}/Al^{VI} diagram of calcic amphibole

1—鞍山群中的钙质角闪石; 2—辽河群中的钙质角闪石

(2) 变质原岩的恢复结果

本文是根据106个分析样的数据进行的,其判别结果列于表1。

① 辽河群上亚群: 该亚群包括盖县组、大石桥组和高家峪。主要岩性有石英片岩、二玄片岩、含石榴石、矽线石的黑云片麻岩、黑云变粒岩、含石墨透闪透辉岩和大理岩组成,夹有少量斜长角闪岩。片岩,片麻岩和大理岩在尼格里、周世泰的图解上,均落在沉积岩区。在西蒙南的 $(al+fm)-(c+alk)$ 对Si的图解上,也落于泥质、砂质和钙质沉积区(图5)。斜长角闪岩的投影点落于岩浆岩区或附近。

② 辽河群里尔峪组: 该组主要岩性有电气石和角闪石及黑云母的变粒岩,角闪、电气和磁铁浅粒岩,黑云片麻岩和斜长角闪岩,夹有镁质大理岩和硼矿层。各种岩石化学方法的综合判别证明,里尔峪组的变质原岩为夹有粘土质、砂质和化学沉积物的火山岩或火

表 1 辽南地区鞍山群和辽河群变质岩石化学成分及其原岩恢复结果
Table 1 petrochemical composition and result of original rock restoration of metamorphic rocks of Anshan and Liaohé
Groups in southern Liaoning

群段	顺序号	岩石名称	样品数	元素含量 (%)											原岩恢复结果*							
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	I	II	III	IV	V	VI
鞍山群	1	(辉石)角闪石岩	5	48.70	0.31	7.39	4.27	9.17	0.23	12.87	11.74	1.19	0.70	0.13	1.23	1.09	+	+	-	-	+	±
	2	斜长角闪岩或黑云角闪片麻岩	7	49.56	0.95	15.48	1.93	7.21	0.12	5.22	8.36	4.23	1.40	0.30	2.56	2.30	+	+	±	±	+	+
	3	黑云角闪变粒岩	7	59.55	0.82	15.44	2.18	4.95	0.12	3.56	5.89	4.13	1.63	0.33	0.71	0.07	+	+	±	±	+	+
	4	角闪黑云变粒岩	1	63.16	0.58	11.30	2.33	3.30	0.08	2.98	4.98	3.00	3.18	0.11	0.70	0.29	+	+	±	±	+	±
	5	二长变粒岩或浅粒岩	3	73.42	0.23	12.90	0.69	1.59	0.03	0.40	2.20	3.42	3.81	0.05	0.34	0.14	+	+	±	±	+	+
	6	余带状角闪磁铁矿石英岩	2	44.06	0.95	2.80	30.11	16.65	0.13	1.25	1.85	0.36	0.51	0.06	0.27	0.34	+	+	±	±	+	-
鞍山群	7	辉石角闪石岩	1	51.00	0.86	9.06	1.50	8.41	0.23	11.77	8.35	1.20	3.40	0.11	0.54	0.91	+	-	+	+	+	±
	8	斜长角闪岩或黑云角闪片麻岩	9	50.57	1.59	13.77	3.89	9.63	0.19	5.29	9.46	2.87	1.07	0.23	0.53	0.31	+	+	+	+	+	+
	9	黑云角闪片麻岩	7	57.91	0.84	14.71	3.29	6.30	0.12	3.41	6.88	4.26	1.39	0.32	0.60	0.52	+	+	+	+	+	+
	10	黑云(角闪)变粒岩或浅粒岩	5	64.45	0.59	15.64	1.54	4.38	0.07	1.77	3.74	4.08	2.77	0.25	0.48	0.28	+	+	+	+	+	+
	11	含黑云浅粒岩或片麻岩	7	71.36	0.29	14.52	0.52	2.02	0.03	0.65	2.51	4.58	2.76	0.08	0.24	0.34	+	+	+	+	+	+
	12	含黑云母的石英岩	1	37.62	0.98	0.81	0.11	0.93	0.01	0.00	0.00	0.24	0.24	0.01	0.02	0.07	+	+	+	+	+	+
辽河群	13	斜长角闪岩	3	52.01	0.52	11.19	2.76	6.19	0.7	10.56	9.78	2.39	0.99	0.05	1.46	1.14	+	+	+	+	-	±
	14	斜长角闪岩	7	50.72	1.27	12.13	3.49	8.03	0.17	7.04	9.38	3.37	0.92	0.11	0.69	0.31	+	+	+	+	+	±
	15	含角闪黑云变粒岩	1	61.95	0.60	15.62	0.39	3.53	0.04	1.94	1.35	3.36	9.20	0.02	0.64	0.51	+	-	+	+	+	±
	16	含角闪浅粒岩	3	65.13	0.46	16.39	1.12	2.11	0.03	2.15	1.68	6.83	2.99	0.06	0.92	0.28	+	+	+	+	+	±
	17	电气二长变粒岩	3	67.58	0.58	13.53	4.20	1.37	0.01	2.08	0.59	4.84	2.11	0.13	0.52	0.11	+	+	±	±	+	±
	18	电气斜长变粒岩(石英岩)	2	69.33	0.47	12.56	4.72	0.57	0.01	3.15	1.05	1.73	0.21	0.14	0.12	0.24	-	-	-	-	-	-
辽河上亚群	19	斜长角闪岩	6	50.93	0.88	11.82	2.20	9.48	0.29	7.93	11.20	1.77	1.15	0.10	1.08	0.09	+	+	±	±	+	+
	20	含电气的黑云透闪片麻岩	1	49.48	0.58	14.50	3.76	4.83	0.17	7.68	7.28	2.70	4.16	0.18	1.24	3.04	+	-	+	+	-	-
	21	黑云更长变粒岩	1	54.06	0.94	17.12	1.23	9.23	0.04	3.87	3.36	4.48	2.10	0.06	1.82	0.44	+	+	+	+	+	±
	22	含石榴角闪黑云变粒岩	13	60.84	0.55	16.03	1.56	5.49	0.07	2.88	4.07	2.35	2.81	1.00	1.18	0.92	±	±	±	±	±	±
	23	大理岩	7	11.02	0.11	1.65	0.44	0.82	0.07	6.62	41.41	0.39	0.38	0.07	0.86	36.17	-	-	-	-	-	-
	24	透闪透辉岩	2	45.48	0.35	8.65	0.98	2.34	0.11	7.34	21.47	1.25	1.21	0.10	0.84	8.02	-	-	-	-	-	-
25	石英岩	2	83.53	0.18	7.20	0.71	2.67	0.03	0.65	0.40	1.21	1.58	0.12	0.72	0.59	-	-	-	-	-	-	

*注: 本表罗马字示恢复原岩所采用的方法, I: 尼德里四面体对称展开平面图; II: K-A相关图解(周世泰, 1977); III: (Al+Fe) - (C+SiK)对Si的图解(A. 西蒙南, 1953); IV: D、M自(Cam, 1972)的判别式; V: D、M自(Cam, 1972)的判别式; VI: (Al+Ca+Ti)对(Ca+Mg)的图解(B. 莫依纳等, 1968)

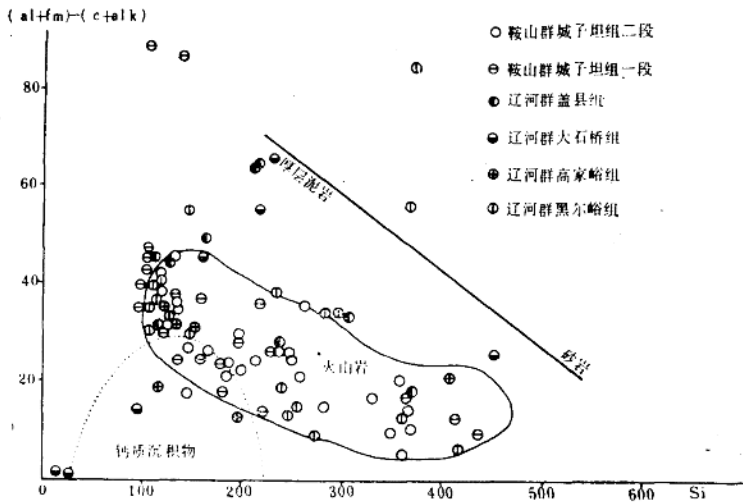


图 5 辽南地区变质岩的 $(al+fm)-(c+alk)$ 对 Si 图解

(A. 西蒙南, 1953)

Figure 5 $(al+fm)-(c+alk)$ vs. Si diagram of metamorphic rocks in southern Liaoning

山碎屑岩 (见图 5)。

③ 鞍山群城子坦组二段：该段主要岩性有角闪变粒岩、黑云角闪片麻岩、云母片岩及片麻岩夹斜长角闪岩。上述岩石经判别得出，其变质原岩属正变质岩。在图 5 上，城子坦组二段岩石投影在火山岩区。

④ 鞍山群城子坦组一段：本段主要岩性为黑云角闪变粒岩及片麻岩，含云母和角闪石的浅粒岩，斜长角闪岩夹角闪石岩和磁铁石英岩。与城子坦组二段一样，该段变质岩的绝大多数为正变质岩。而且该段主要为中-基性火山岩或凝灰岩，仅磁铁石英岩投影在沉积岩区。

综上所述，辽河群上亚群变质岩系属陆源碎屑-粘土质-碳酸盐岩建造，辽河群里尔峪组的原变质岩系为含正常沉积的中酸性火山-沉积建造。太古代鞍山群城子坦组变质原岩主要为中-基性火山岩或凝灰岩。应当提及的，在城子坦组变质岩系中夹镁铁质单矿物岩——角闪石岩。这些岩石投影在利克 (1964) 的 c 对 mg 图解上 (图 6)，表现为明显的火成岩趋势，应为基性-超基性熔岩。因此，鞍山群城子坦组相当于具绿岩性质的火山-沉积建造。

2. 正变质岩原岩岩石化学性质的确定

鞍山群城子坦组和辽河群里尔峪组的主体为正变质岩，而且是以火山岩或火山碎屑岩为特征。为判别变质火山岩系的岩石化学性质，主要采用了下列方法：①皮科克的钙碱指数；②李特曼组合指数；③久野的 SiO_2 对 (Na_2O+K_2O) 图解；④稀土元素特征等方法。判别结果为：

(1) 鞍山群变质火山岩系

鞍山群城子坦组变质火山岩系的钙碱指数为 50—60；李特曼指数 σ 值的平均数为 2.34， ρ 值的平均数为 2.64， p 值平均数为 56.42，表明该变质火山岩系属钙碱性，这与皮科克的

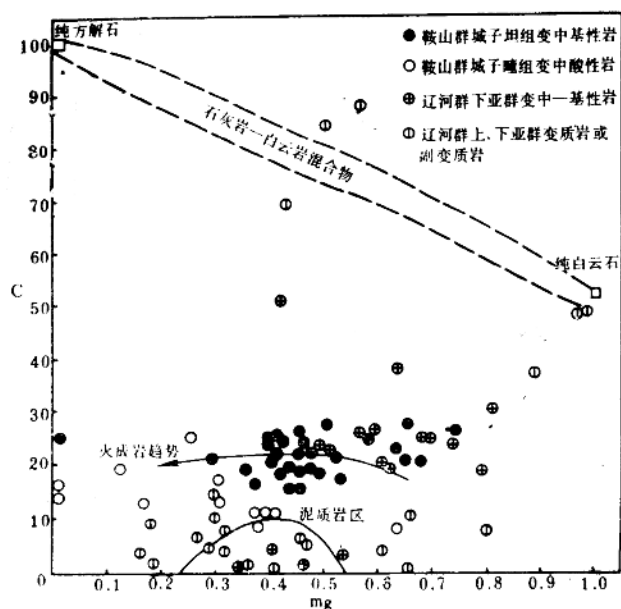


图 6 辽南变质岩系的C对 M_R 关系图

Figure 6 c vs. mg diagram of metamorphic rock series in southern Liaoning

钙碱指数值所确定的岩石化学性质相一致，但李特曼组合指数 ρ 值则出现碱性之偏差，综合分析认为，这可能为混合岩化过程中碱性交代作用造成的。这种认识也为 SiO_2 对 $(Na_2O + K_2O)$ 图解(图7)上的投影所证实。在图7上，城子坦组中的酸性、中性和基性火山岩均落于非碱性区的拉斑玄武岩区，而且投影点主要集中在高铝玄武岩区，表明变质火山岩系具有岛弧拉斑玄武岩之特征。

城子坦组含有相当数量的斜长角闪岩，其岩石化学成分以贫铁富铁为特点。斜长角闪岩的稀土总量平均值为130.87ppm， $\Sigma_{LREE}/\Sigma_{HREE}$ 值为2.81，其稀土模式图谱为轻稀土富

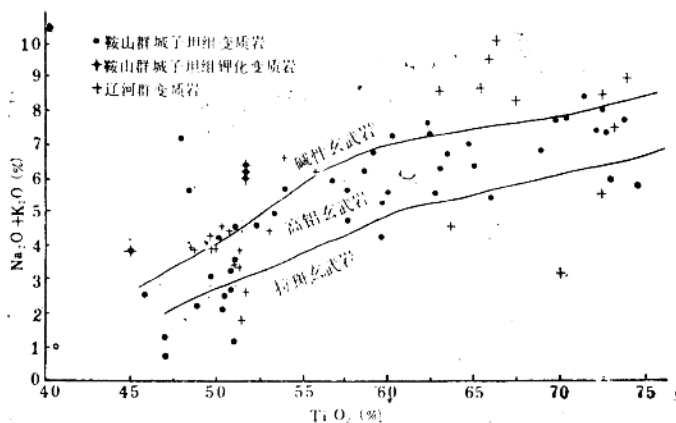


图 7 辽南变质岩 SiO_2 对 $(Na_2O + K_2O)$ 图解

Figure 7 SiO_2 vs. $(Na_2O + K_2O)$ diagram of metamorphic rocks in southern Liaoning

集型，是岛弧型拉斑玄武岩之特征。综合上述，鞍山群城子坦组变质火山岩系属非碱性的拉斑玄武岩系的中-基性火山岩建造。

(2) 辽河群里尔峪组变质火山岩系

辽河群里尔峪组变质火山岩的钙碱指数为55—60，属钙碱性岩系。李特曼指数 σ 值的平均数为3.26， ρ 的平均值为3.23，亦属钙碱性火山岩系。里尔峪组变质火山岩系的中酸火山岩表现有富钠之特点，而基性火山岩与城子坦组火山岩的化学性质有相似之处，它的

表 2 辽南、山东与世界某些地区科马提岩化学成分对比表

Table 2 Comparison of chemical compositions of komatiite in southern Liaoning and Shandong with abroad

地区 (样数)	SiO ₂ (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	CaO/Al ₂ O ₃
辽南 (11)	50.52	11.02	0.85	0.83	1.22
山东 (8)	49.12	18.38	0.916	0.47	1.51
印度 (8)	47.78	15.33	0.68	0.37	1.02
南非 (1)	50.02	21.53	0.49	0.06	1.22
澳大利亚(14)	50.04	16.60	0.50	0.09	1.11

注：国外资料据中国地质科学院情报所“国外绿岩带的几个问题”一文。

稀土元素总量平均值为103.30ppm， $\Sigma_{LREE}/\Sigma_{HREE}$ 值为2.85，稀土模式图谱亦为轻稀土富集型。因此，辽河群里尔峪组变质火山岩系也属非碱性的中-酸性火山岩建造，由于其李特曼 ρ 值趋近于碱钙性岩系，所以变质火山岩较鞍山群变质火山岩更富含碱性元素。

(3) 辽南变质火山岩系中的科马提岩

在鞍山群和辽河群里尔峪组的变质火山岩系中产有透镜状的铁镁质和超铁镁质火山熔岩——角闪石岩或斜长角闪岩。它们的岩石化学成分具有与世界相同之处(表2)，在Al₂O₃对<FeO>/(<FeO>+MgO)图解上(图8)其投影点亦落于相类似的区间内。科马提岩的固结指数大于40，平值为44.13，反映区内科马提岩来源于上地幔。本区科马提岩的MgO含量在8.00—16.13%之间，属玄武质科马提岩。

综上所述，本区太古代鞍山群城子坦组，其岩石组合与世界范畴的绿岩建造有相似之处。因此，它是太古代绿岩带的组成部分。

(四) 辽南变质岩含金性及其变化

对辽南地区变质岩的含金量的测定，主要采样于混合岩化程度很弱的地段。这样就排除了由于混合岩化作用中金元素的活化、迁移而引起的不准确性。

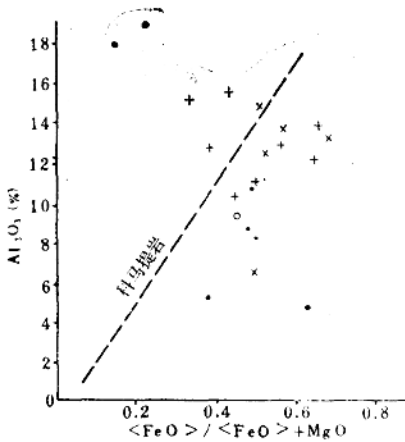


图 8 Al₂O₃对<FeO>/(<FeO>+MgO)图解
Figure 8 Al₂O₃ vs. <FeO>/(<FeO>+MgO) diagram

表 3 辽南地区鞍山群和辽河群变质岩含金量 (ppb)

Table 3 Gold content (ppm) in metamorphic rocks of Anshan and Liaohe Groups in southern Liaoning

地 层	岩石类型	斜长角闪岩	单矿物角闪岩	黑云角闪片麻岩	黑云角变粒岩	浅粒岩	黑云角闪片岩	磁铁矿石英英岩	透闪透辉岩	大理岩	混合岩	磷矿石	含 金 量	平 均 值
鞍 山 群	城子坦组一段	5.04 (12)	4.50 (5)	4.43 (7)	3.79 (12)	22.50* (6)		6.23 (3)			11.50 (5)		7.22	8.10
	城子坦组一段(矿区)	2.10 (5)	7.00 (1)	3.50 (2)	1.50 (1)			1.70 (1)						
	城子坦组二段	11.14 (11)	9.00 (1)	7.55 (11)	9.50 (3)	7.20 (5)		9.27 (2)			6.50 (3)		9.24	
辽 河 群	里尔峪组	6.76 (10)	2.60 (5)	7.67 (3)	6.61 (9)	6.46 (7)		5.00 (1)			6.20 (5)	2.75 (4)	6.06	5.69
	高家峪组	8.00 (1)			4.80 (8)		7.83 (3)			2.00 (1)			5.53	
	大石桥组			4.00 (1)	5.50 (2)	2.50 (2)	6.50 (4)		5.00 (1)	5.60 (6)			5.31	
	盖县组	3.00 (3)		4.50 (4)	4.80 (2)		6.25 (6)			9.00 (3)			5.20	
平 均 值		7.23	4.05	6.12	5.35	11.06	6.69	7.04	5.00	6.26	8.31	2.75	6.90	

* 示其中一个样品的含金量为 94.0ppb, 扣除此数按5个样品计算的平均值为 5.40ppb; 括号内数字为样品数目; 分析单位, 辽宁省冶金局地质勘探实验室

1. 鞍山群和辽河群变质岩的含金性

为了阐明辽南地区金元素在各类变质岩中的分配情况, 对其变质岩系按群、组和岩类分别进行了含金量的测定, 将分析结果列入表 3。从表 3 中可以看出:

(1) 鞍山群城子坦组的含金量平均值为 8.10ppb, 其中金矿床围岩城子坦组一段的含金量平均值为 7.22ppb, 城子坦组二段的含金量平均值为 9.24ppb。

(2) 辽河群变质岩系的含金量平均值为 5.69ppb, 而金矿围岩盖县组和大石桥组的含金量的平均值分别为 5.20ppb 和 5.31ppb。

(3) 辽南地区变质岩系的含金量, 具有自下而上逐渐降低的趋势, 如鞍山群城子坦组含金平均值为 8.10ppb, 辽河群含金平均值为 5.69ppb。其中辽河群自里尔塔组含金平均值为 6.06ppb 依次下降到盖县组的 5.20ppb。

2. 辽南地区变质岩系含金性的变化特征

本区出露的主要岩石有混合花岗岩和变质岩, 它们的平均含金值分别为 5.67ppb 和 6.90ppb。这些岩石的平均含金量为 6.04ppb, 与哥尔德施密特 (1954) 提出的岩石圈丰度值为 5.00ppb、维纳格道夫 (1962) 估计地壳金丰度值为 4.30ppb 相比, 均高出地壳丰度值, 说明研究区是金的异常区。

(1) 岩石化学性质、成因类型与金丰度关系

变质原岩恢复表明, 鞍山群城子坦组的原岩为中-基性火山岩或凝灰岩, 辽河群里尔