

辽西中生代侵入岩基本特征及与构造运动的关系

江淑娥 张国仁 潘玉启 鲁红峰 王海鹏 程培起

(辽宁省地质勘查院 辽宁 大连 116100)

摘 要 辽西地区中生代岩浆活动及构造运动强烈,侵入岩分布广泛,产出形态多样,岩石类型复杂,集中分布于 4 个北北东向、北东向的侵入岩带内,划分为印支期、燕山早期、燕山晚期 3 个侵入时期。每个时期岩浆的活动具有由早至晚岩浆物质成分由中基性向酸性演化的特点。岩浆侵入与其所处的独特的地质构造位置有关,岩浆活动的时空分布主要受东西向与北东—北北东向构造体系的制约。中生代岩浆活动的旋回性与地壳活动的多期、多幕性密切相关。岩浆活动可划分 6 个峰值区段,分别对应于 6 个构造幕。区域裂隙与挤压作用形成了不同来源、不同成分和不同就位方式的岩浆岩,即不同成因类型花岗岩的物质来源与区域构造环境有密切的联系。

关键词 辽西;中生代;侵入岩;岩浆活动;构造运动

辽西地区中生代地壳由稳定转为活化,构造运动及岩浆活动强烈,是研究中生代地质的典型地区^[1]。侵入岩具有分布广泛、产出形态多样、多期次活动及岩石类型复杂的特点。岩浆侵入与其所处的独特的地质构造位置及应力作用有关,岩浆活动的时空分布主要受东西向与北东—北北东向构造体系的制约,形成了不同时期 2 个方向的岩浆岩带。中生代岩浆活动的旋回性与地壳活动的多期、多幕性密切相关,具有明显的对应性。区域裂隙与挤压作用形成了不同来源、不同成分和不同就位方式的岩浆岩。就是说不同成因类型花岗岩的物质来源与区域构造环境有密切的联系^[2-3]。

笔者先后参加了多幅 1:5 万和 1:25 万区调^{①②}及研究工作,在广泛分析研究前人资料的基础上,利用有关岩浆岩和构造地质学新理论,通过大量的野外工作取得的最新成果,对辽西地区中生代侵入岩特征、成因类型及形成构造环境重新进行认识,同时探讨岩浆活动与区域构造运动的关系。

1 侵入岩的时空分布与区域断裂构造

依据侵入岩体的时空分布特点、岩体之间的成因联系以及所处的构造位置,将辽西中生代侵入岩可划分为 4 个侵入岩带^{[1]③}(如图 1)。可见侵入岩在空间分布上与构造带相辅而行,主要受东西向构造带与北东—北北东向构造带控制。

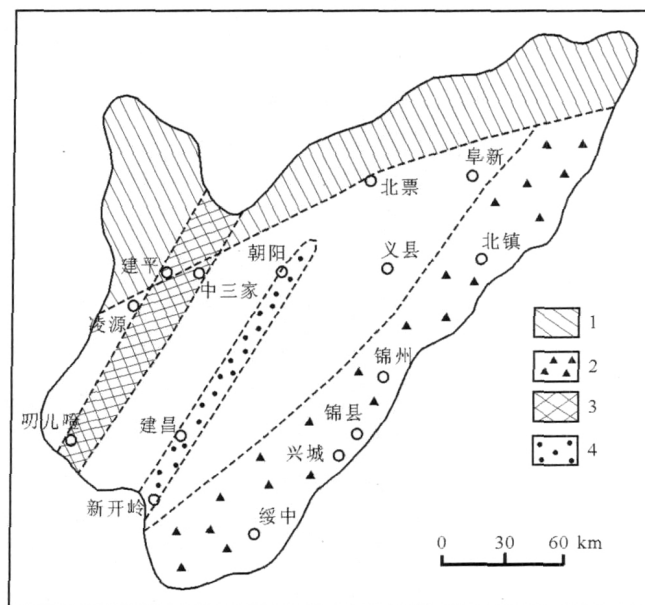


图 1 辽西地区侵入岩分布示意图

Fig. 1 Distribution sketch of the intrusive rocks in Western Liaoning

1—建平—北票侵入岩带(Jianping-Beipiao intrusive belt); 2—兴城—北镇侵入岩带(Xingcheng-Beizhen intrusive belt); 3—叨儿噔—中三家侵入岩带(Daodeng-Zhongsanjia intrusive belt); 4—新开岭—朝阳侵入岩带(Xinkailing-Chaoyang intrusive belt)

1.1 建平—北票侵入岩带

该岩带位于华北地台与兴蒙地槽的交接部位,其

收稿日期 2009-07-21, 修回日期 2009-10-26, 张哲编辑。

①辽宁省地调院. 1:25 万锦州市幅区域地质调查报告. 2002.

②辽宁省地调院. 1:25 万建平县幅区域地质调查报告. 2002.

③辽宁省地质矿产局. 辽宁省侵入岩与矿产研究报告. 1985.

南侧以凌源-北票岩石圈断裂为界, 北侧跨越赤峰-开原超岩石圈断裂进入地槽区。带长 280 km, 宽 20 ~ 100 km, 近东西向展布, 为一规模巨大的多旋回、多期次的复式侵入岩带。

1.2 兴城-北镇侵入岩带

该岩带南段位于山海关台拱与辽西台陷的交接部位, 北段与医巫闾山隆起吻合, 受东西向要路沟-锦西壳断裂和锦州-哈尔套壳断裂控制。带长 320 km, 宽 20 ~ 50 km, 总体呈北东向弧形展布, 同样经历了多旋回、多期次岩浆侵入活动。

1.3 叨尔噶-中三家侵入岩带

该岩带位于辽西台陷西部, 其北段跨入内蒙地轴, 东西两侧边界分别与中三家-朱碌科和张家营子-叨尔噶断裂带基本一致, 与努鲁儿虎隆起吻合。带长 180 km, 宽 20 ~ 30 km, 呈北北东向展布。主要分布有印支和燕山旋回各期次侵入岩。

1.4 新开岭-朝阳侵入岩带

该岩带位于辽西台陷中部, 主要受药王庙-朝阳壳断裂控制, 与松岭-黑山隆起吻合。带长 170 km, 宽 10 ~ 20 km, 呈北北东向展布。主要分布有燕山旋回各期次侵入岩。

2 侵入岩时代划分及岩浆活动特征

辽西中生代侵入岩的时代, 根据同位素测定、相互关系及所控制的区域构造的活动特征, 概略地划分为印支期和燕山期^{[1]①}, 但以燕山期为主。燕山期岩浆的侵入活动最强烈, 分布范围最广, 形成岩体数量最多, 出露面积最大, 岩石类型复杂。燕山期侵入岩可分为早期(侏罗纪)和晚期(白垩纪)2个侵入期, 晚期较早期活动强烈。各侵入岩带岩浆特征如下(见表1、表2)。

2.1 建平-北票侵入岩带时代及岩浆特征

该岩带发育有燕山旋回各期次侵入岩, 以中、酸性侵入岩为主, 呈岩株产出。

燕山早期划分为3个侵入阶段。第一阶段为基性岩, 以上朝尺沟岩体为代表, 岩石类型为闪长岩。第二阶段为酸性岩, 以江沟山、少冷、蔡达山和红帽子-骆驼山岩体为代表, 岩石类型以花岗岩、二长花岗岩为主。第一、二阶段具有从中性→酸性侵入的演化特点。第三阶段以东官营子、沙金沟和水泉岩体为代表, 岩石类型从闪长岩、石英闪长岩到花岗岩。其内部本身构成一个从中性→酸性的岩浆演化过程。

燕山晚期可划分为2个侵入阶段, 均以酸性岩为主。第一阶段比较发育, 其岩石类型主要为花岗岩和二长花岗岩, 少量花岗闪长岩, 代表岩体有大城子、烧锅

表1 辽西地区燕山早期主要岩体一览表

Table 1 Early Yanshanian rock bodies in Western Liaoning

侵入阶段	岩体名称	时代	岩带 编号	成因 类型	岩石组合 系列
第一 阶 段	肖家营子	$\delta_5^{2(1)}$	3	IS 型	六
	上朝尺沟	$\delta_5^{2(1)}$	1		
	松树卯	$\delta_5^{2(1)}$	2	I 型	
	白马石	$\delta_5^{2(1)}$	2	I 型	
	广铃山	$\delta_5^{2(1)}$	2		
	腰衙门	$\delta o_5^{2(1)}$	2		
	杨杖子	$\delta o_5^{2(1)}$	3	I 型	
	碱厂	$\eta\gamma_5^{2(1)}$	2	I 型	
	圣宗庙	$\eta\gamma_5^{2(1)}$	2	A 型	
	杨家杖子-张相公屯	$\eta\gamma_5^{2(1)}$	2	I 型	
第二 阶 段	江沟山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	1	I 型	六
	少冷	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	1	I 型	
	红帽子-骆驼山	$\gamma_5^{2(2)}$	1		
	蔡达山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	1		
	喇嘛洞山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	3	I 型	
	芝麻山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	3		
	东岱王山	$\delta o_5^{2(2)}$	3		
	碾盘山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	3		
	张家湾	$\gamma_5^{2(2)}$	3		
	滴达水	$\delta_5^{2(2)}$	3	I 型	
	石柱子	$\gamma_5^{2(2)}$	2	S 型	
	八家子	$\gamma_5^{2(2)}$	2		
	裴家屯-旧门	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	2	I 型	
	杨家杖子	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	2	I 型	
	天桥厂	$\gamma_5^{2(2)}$	2	I 型	
	石山站	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	2		
	贝力房	$\gamma_5^{2(2)}$	2		
	海棠山	$\gamma o_5^{2(2)}$	2	S 型	
第三 阶 段	医巫闾山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	2	S 型	七
	恒山	$\eta\gamma_5^{2(2)}$	2		
	沙金沟	$\eta\delta o_5^{2(3)}$	1	I 型	
	东官营子	$\delta_5^{2(3)}$	1	I 型	
	东岱王山	$\delta o_5^{2(3)}$	3		
	青松林	$\delta o_5^{2(3)}$	3		
	水泉	$\gamma_5^{2(3)}$	1	I 型	
	长茂河子	$\beta\mu_5^{2(3)}$	4		
	梅勒营子	$\beta\mu_5^{2(3)}$	4		
	西沟门	$\beta\mu_5^{2(3)}$	4		
	白庙子	$\eta\gamma_5^{2(3)}$	2	I 型	
	兰家沟	$\eta\gamma_5^{2(3)}$	2	I 型	
	虹螺山	$\eta\gamma_5^{2(3)}$	2	I 型	
	姜家屯	$\eta\gamma_5^{2(3)}$	2	I 型	
	江屯	$\eta\gamma_5^{2(3)}$	2	I 型	

岩带编号: 1—建平-北票侵入岩带; 2—兴城-北镇侵入岩带; 3—叨尔噶-中三家子侵入岩带; 4—朝阳-新开岭侵入岩带。岩石组合系列编号: 六一闪长岩-二长花岗岩-细粒二长花岗岩; 七一钾长花岗岩-二长花岗岩。

①辽宁省地质矿产局. 辽宁省侵入岩与矿产研究报告. 1985.

表 2 辽西地区燕山晚期主要岩体一览表
Table 2 Late Yanshanian rock bodies in Western Liaoning

侵入阶段	岩体名称	时代	岩带编号	成因类型	岩石组合 系列
第 一 阶 段	大城子	$\gamma_5^{3(1)}$	1	I 型	六
	烧锅营子	$\gamma_5^{3(1)}$	1		六
	新 城	$\gamma_5^{3(1)}$	1		六
	于家营子	$\gamma\delta_5^{3(1)}$	1		六
	三家子	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1	I 型	六
	杜力营子	$\gamma_5^{3(1)}$	1		六
	哈大图山	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		六
	转山子	$\gamma\delta_5^{3(1)}$	1		七
	望海寺	$\gamma\pi_5^{3(1)}$	1	I 型	七
	龙山村	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		七
	石景山	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		七
	索龙岗	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		七
	费家沟	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1	IS 型	七
	大冲堡	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		七
	继树口子	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		七
第 二 阶 段	砬子山	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	1		七
	套堡河洛	$\eta\gamma_5^{3(1)}$	3	I 型	七
	石羊石虎沟	$\gamma_5^{3(1)}$	3		七
	大黑山	$\eta\delta_5^{3(1)}$	4		七
	花坤头营子	$\delta_5^{3(1)}$	4	S 型	七
	喇嘛洞山	$\eta\gamma_5^{3(2)}$	2		七
	马户沟	$\gamma_5^{3(2)}$	1		七
	建平	$\gamma_5^{3(2)}$	3		七
第 三 阶 段	平房子	$\zeta\gamma_5^{3(2)}$	4	I 型	七

岩带编号：1—建平—北票侵入岩带；2—兴城—北镇侵入岩带；3—叨尔噶—中三家子侵入岩带；4—朝阳—新开岭侵入岩带。岩石组合系列编号：六—闪长岩—二长花岗岩—细粒二长花岗岩；七—钾长花岗岩—二长花岗岩。

营子、新城等(详见表 2)；第二阶段岩石类型为花岗岩，以马户沟岩体为代表。

2.2 兴城—北镇侵入岩带时代及岩浆特征

该岩带发育有燕山旋回各期次侵入岩，其中以燕山早期中酸性侵入岩最为发育，多呈岩基、岩株产出，呈串珠状或带状分布。

燕山早期可划分为 3 个侵入阶段。第一阶段以松树卵、白把石、广铃山、腰衙门、杨杖子、碱厂、圣宗庙、张相公屯岩体为代表，岩石类型为闪长岩、石英闪长岩、花岗岩，其本身构成一个从中性→酸性的岩浆演化过程。第二、三阶段均以酸性岩为主，岩石类型为花岗岩和二长花岗岩。第二阶段以石柱子、八家子、海棠山岩体为代表；第三阶段以白庙子、兰家沟、虹螺山为代表。

燕山晚期仅发育相当于区域上第二阶段的酸性岩，以喇嘛洞岩体为代表，岩石类型为二长花岗岩。

2.3 叨尔噶—中三家侵入岩带时代及岩浆特征

该带发育有印支和燕山旋回各期次的侵入岩。其中印支期以碱性岩为主，呈小岩株状，燕山期有酸性花岗岩脉呈岩株或岩脉产出，规模较小。

印支期侵入岩不甚发育，可分为早期和晚期。早期为中性岩，岩石类型为闪长岩，以锦西水泉岩体为代表，晚期为碱性岩，岩石类型为碱性正长岩，以河坎子碱性杂岩为代表。

燕山期可分为早期和晚期。燕山早期又划为 3 个侵入阶段，第一阶段为中酸性，岩石类型为闪长岩，以肖家营子、杨家杖岩体为代表，第二阶段具有从中性→酸性演化特点，以滴达水、东岱王山、孙家湾、芝麻山等岩体为代表，岩石类型为闪长岩、石英闪长岩、花岗岩、二长花岗岩；第三阶段为中性岩，岩石类型为石英闪长岩，以青松林岩体为代表。燕山晚期可划分为 2 个阶段，均为酸性岩，岩石类型为花岗岩和二长花岗岩。第一阶段以套堡河洛、石羊石虎沟岩体为代表，第二阶段以建平岩体为代表。

2.4 新开岭—朝阳侵入岩带时代及岩浆特征

该带主要分布有燕山旋回各期次侵入岩，主要为基性、中酸性岩侵入，多呈岩脉或岩株状产出。

燕山早期仅发育相当于区域上第二阶段的中基性岩，岩石类型为辉绿岩，以长茂河子、梅勒营子和西沟门辉绿岩体为代表。

燕山晚期可划分为 2 个侵入阶段。第一阶段具有由中性→中酸碱性活动的特点，岩石类型为闪长岩、石英二长岩，以花坤头营子、大黑山岩体为代表；第二阶段为酸性岩，岩石类型为碱性花岗岩，以平房子岩体为代表。

3 各时期岩浆活动及岩性特征

根据上述各侵入岩带内岩浆岩分布特点，综合辽西中生代各时期岩浆活动及岩性特征如下。

3.1 印支期侵入岩

本区印支期侵入岩不甚发育，早期以锦西水泉闪长岩体为代表，晚期以凌源河坎子碱性岩体为代表，呈岩基和岩株产出，侵入于太古宙、元古宙和古生代地层中。接触变质带发育，见夕卡岩化、大理岩化、硅化、绢云母化和碳酸盐化。该旋回侵入岩多为中深成侵入，中浅剥蚀。

闪长岩类以辉石角闪岩和角闪石闪长岩为主，岩石呈灰色、灰褐色、灰绿色，以中粒、中细粒居多，半自形粒状结构，块状构造。主要矿物及含量：单斜

辉石 10%, 普通角闪石 10%~20%, 斜长石 50%~60%, 钾长石 5%~10%, 石英少量。副矿物类型以锆石-磷灰石型为主。

碱性岩类岩石以碱性正长岩为主, 岩石呈褐紫色、灰褐色, 自形一半自形粒状、细粒-粗粒结构, 块状、斑状构造。主要矿物及含量: 钾长石 30%~50%, 霞石 10%~20%, 黑云母 5%~15%, 普通角闪石 5%~15%, 斜长石 5%~10%。

3.2 燕山早期侵入岩

燕山早期侵入岩按其侵入的先后顺序, 可以分为3个阶段。第一阶段为早侏罗世, 第二阶段为中侏罗世, 这2个阶段形成的岩石均以闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩组合为特征。第三阶段为晚侏罗世, 以辉绿岩、闪长岩、石英闪长岩和钾长花岗岩、二长花岗岩组合为特点。该期侵入岩主要分布在锦西、北镇、阜新、北票、朝阳、凌源等地(见表1)。

各岩体呈岩基、岩株、岩脉和不规则脉状产出, 分别侵入于太古宇、元古宇和古生界中, 岩体内多见残留顶盖, 相变明显, 接触变质带极为发育, 见夕卡岩化、大理岩化、硅化、角岩化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化、铁锰碳酸盐化和碳酸盐化。该期侵入岩多为中深成侵入, 中浅剥蚀。

石英闪长岩呈灰白色-灰绿色, 中粒-细粒, 以半自形粒状结构为主, 次为柱粒状结构, 块状构造。主要矿物及含量: 斜长石 50%~60%, 角闪石少于 20%, 黑云母少于 15%, 石英 5%~10%, 副矿物以锆石-磷灰石型为主。

二长花岗岩多呈暗红色、肉红色, 风化后呈黄色, 粗粒、中粗粒及中细粒结构, 以花岗结构为主, 还有二长结构、文象结构, 局部为似斑状结构, 块状构造。有的岩体边部可见流动构造、斑杂构造。主要矿物成分及含量: 斜长石 30%~35%, 钾长石 40%~45%, 石英 20%~25%, 黑云母 2%~5%。副矿物以锆石-磷灰石型和石榴石-锆石型为主。

3.3 燕山晚期侵入岩

燕山晚期是燕山岩浆旋回侵入岩最发育时期, 岩体规模大小不等, 岩石类型比较复杂, 基性、中性、酸性岩体均有出露。其中花岗岩类分布最广, 其次为闪长岩。依据岩体与地层及岩体相互间的侵入关系, 结合同位素年龄值及区域构造运动特征, 燕山晚期侵入岩可以分为第一(早白垩世)和第二(晚白垩世)2个侵入阶段。

第一阶段岩浆侵入活动十分强烈, 岩石类型以花岗岩类最为发育, 次为闪长岩类, 正长岩类较少。可分为2个岩石组合, 一是花岗闪长岩-花岗岩-二长花岗

岩组合; 二是花岗闪长岩-石英二长岩-花岗斑岩-花岗岩-二长花岗岩组合。岩体分布在建平、北票、阜新、建昌、锦西等地。

第二阶段岩浆侵入活动较第一阶段明显减弱。岩石类型以花岗岩为主, 次为正长岩类。岩石以正长斑岩-二长花岗岩组合为主。岩体主要分布在北镇、建平、建昌一带(见表2)。

岩体多呈岩基和岩株产出, 分别侵入于太古宇、元古宇和古生界及燕山早期岩体中, 岩体多保存残留顶盖和围岩捕虏体, 接触变质带发育, 常见角岩化、大理岩化、夕卡岩化、绿帘石化和铁锰碳酸盐化。该期侵入岩多为中深成侵入, 中浅剥蚀。

闪长岩类主要有二长闪长岩、石英闪长岩、角闪石闪长岩, 岩石为灰绿色, 粒度为中粒、中细粒, 不等粒、柱粒结构和半自形粒状结构, 块状构造。主要矿物及含量: 普通角闪石 10%~25%, 斜长石 45%~65%, 钾长石 5%~15%, 石英 1%~10%, 副矿物类型以磷灰石-锆石为主。

花岗岩呈红色与肉红色, 粒度不等, 为花岗结构、半自形粒状结构、文象结构、二长结构、似斑状结构, 块状构造。主要矿物成分及含量: 斜长石 20%~30%, 钾长石 40%~45%, 石英 25%~33%, 黑云母少量。副矿物类型以锆石-磷灰石型为主。

正长岩为肉红色、浅粉色, 自形-半自形粒状、细粒-粗粒结构, 块状构造。主要矿物及含量: 钾长石 60%~85%, 暗色矿物 5%~15%, 磁铁矿 5%。

4 典型侵入岩体岩石化学特征

由于本区印支期侵入岩不甚发育, 下面仅就燕山早期和晚期侵入岩, 举典型实例分述其特征。

笔者统计了大量数据, 求得平均值, 其各阶段主要岩石的岩石化学特征见表3。

从表3中可知, 从燕山早期到燕山晚期, 在同类酸性岩中 SiO_2 、 K_2O 含量逐渐增高; 相反, Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 Na_2O 含量逐渐减少, 表明暗色矿物减少。在每个时期、每个阶段, 岩浆化学成分都是从中基性→中性→酸性; 岩石类型一般从闪长岩→花岗闪长岩→二长花岗岩周期性变化, 具有向酸性和碱性演化的特点。也说明每期岩浆物质来源由深部地幔向浅部地壳的演化过程。

与 Nockolds(1954)花岗岩相比, SiO_2 、 Na_2O 明显偏高, 而其他成分相对较低, 反映富硅富钠的特点。

5 花岗岩成因类型

关于花岗岩的成因分类很多, 这里仅列举几种。

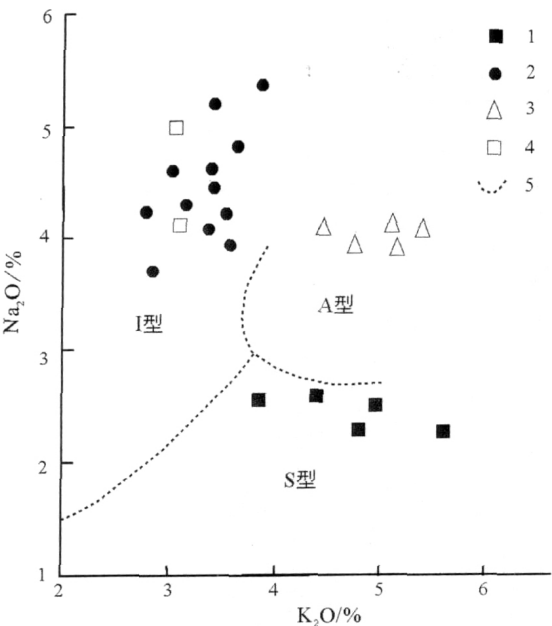


图 2 辽西地区中生代主要岩体 Na₂O-K₂O 图解
(据 W. J. Collins 等, 1982)

Fig. 2 Diagram of Na₂O vs. K₂O of major Mesozoic rock bodies in Western Liaoning
(after W. J. Collins et al., 1982)

1—S 型花岗岩投影点 (S-type of granite); 2—I 型花岗岩投影点 (I-type of granite); 3—A 型花岗岩投影点 (A-type of granite); 4—M 型花岗岩投影点 (M-type of granite); 5—花岗岩成因分区界限 (boundary of the genetic division of granites)

B·W·查佩尔和 A·怀特等根据地球化学参数, 将花岗岩成因划分为 I 型、S 型、A 型和 M 型。以火成岩

为源岩的属 I 型, 以变质沉积岩为源岩的属 S 型, 以非造山碱性花岗岩为 A 型, 大多数钙碱性斜长花岗岩称为 M 型。M·S·皮切尔认为: I 型形成于两个阶段, 即先是来自大洋-大陆汇聚板块边缘的洋壳和陆壳物质, 后来又被重熔; S 型是大陆碰撞带或克拉通韧性剪切带的产物, 因构造运动, 地壳加厚, 深部温度增高, 加剧地壳的重熔作用; M 型来源于地幔或俯冲到火山岩弧之下的洋壳母岩浆; A 型花岗岩是地盾区与裂谷有关的产物^[2]。

根据大量地球化学数据和地球化学图解 (如图 2)^[2] 及对对比表 (表 4)^[2] 得知, 辽西中生代花岗岩成因类型种类繁多, 主要包括 I 型和 S 型, 少为 A 型和 M 型。从时空演变看, 印支期沿东西向构造-岩浆岩带, 以 S 型、I 型花岗岩为主, 其次为北东向构造-岩浆岩带的 A 型 (如河坎子碱性岩体)、环形构造的 M 型 (如柏杖子岩体); 燕山早期, 如在东西向与北东向构造复合部位出现的杨家杖子岩体、江屯、江沟山、白庙子、虹螺山等岩体为 I 型, 而辽西医巫闾山、石柱沟等岩体为 S 型; 燕山晚期, 北北东向构造-岩浆岩带, 以 I 型花岗岩为主, 如烧锅营子、花坤头营子等岩体, 而锦西、建平花岗岩、北票马户沟等岩体却为 S 型花岗岩, 在山海关隆起带上出现 A 型花岗岩。总之, 花岗岩成因类型与构造演化阶段、构造部位、岩浆源区及构造环境诸因素相关。

在成因类型上, 不管是燕山早期, 还是燕山晚期, 总体上看, 以 I 型 (同熔型) 为主, 局部为 S 型, 少为 A

表 3 燕山期典型侵入岩体岩石化学特征

Table 3 Lithochemical features of typical Yanshanian intrusive rock bodies

岩浆活动时期	岩浆活动阶段	代表岩体	岩石类型	样品数	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	LOS	总量
燕山晚期	第二阶段	建平喇嘛洞山	二长花岗岩	4	79.93	0.12	14.11	0.75	0.9	0.03	0.35	0.91	3.92	4.13	0.43	0.63	100.21
	第一阶段	北票于家营子	花岗闪长岩	6	68.93	0.35	15.24	1.08	1.98	0.10	0.96	1.72	4.48	4.11	0.13		99.64
		朝阳花坤头营子	闪长岩	3	54.67	0.75	17.68	4.01	4.34	0.16	3.38	5.98	4.19	1.94	0.32	1.96	99.38
燕山早期	第三阶段	锦西江屯	二长花岗岩	11	75.13	0.18	12.32	0.52	1.62	0.04	0.46	0.45	3.37	4.90	0.04	0.71	99.74
	第二阶段	朝阳东官营子	闪长岩	3	57.58	0.67	15.72	1.72	4.30	0.10	5.10	5.52	3.83	3.89	0.45	1.25	100.13
		锦西杨家杖子	二长花岗岩	4	76.87	0.11	12.38	0.53	0.63	0.03	0.04	0.40	3.42	5.07	0.03	0.39	99.90
		恒山	二长花岗岩	1	73.82	0.10	13.63	0.66	1.61	0.05	0.29	0.88	3.83	4.23	0.03	0.55	99.68
		江沟山	二长花岗岩	4	73.78	0.09	14.29	0.76	0.67	0.05	0.21	0.96	4.13	4.06	0.02	0.35	99.37
		喀左滴水嘴	闪长岩	4	59.16	0.66	15.36	2.06	3.44	0.09	4.74	5.13	3.83	3.34	0.30	2.33	100.44
		凌源杨家杖子	二长花岗岩	3	71.55	0.24	14.47	1.35	1.18	0.06	0.77	1.19	4.61	4.51	0.10	0.46	100.49
	第一阶段	锦西张相公屯	二长花岗岩	9	72.86	0.22	13.45	0.84	1.85	0.07	0.57	0.81	4.11	4.57	0.07	0.54	100.01
		喀左县肖家营子	闪长岩	4	56.83	0.87	17.33	3.76	3.55	0.14	3.03	4.81	4.97	2.55	0.50	2.23	100.57
对照值 (Nockolds, 1954)			花岗岩		72.08	0.37	13.86	0.86	1.67	0.06	0.52	1.33	3.08	5.46	0.18		100.00
			碱性花岗岩		71.08	0.40	11.26	4.28	2.19	0.11	0.25	0.84	4.92	4.21	0.07		100.00
			花岗闪长岩		66.88	0.57	15.66	1.33	2.59	0.07	1.57	3.56	3.84	3.07	0.21		100.00

测试单位: 辽宁省区域地质调查队实验室。含量单位: %。

表 4 辽西地区中生代花岗岩类成因类型划分对比表

Table 4 Correlation of each genetic types of the Mesozoic granitoids in Western Liaoning

成因类型	I 型	S 型	A 型	M 型
岩石类型	二长花岗岩、花岗闪长岩、石英二长岩	花岗岩、石英二长岩	霞霞正长岩、钾长花岗岩	花岗闪长岩、闪长岩、花岗闪长斑岩
主要矿物	斜长石、钾长石、角闪石、富镁黑云母， 从铁镁质到长英质	钾长石、斜长石、黑云母、 白云母 限于高 SiO ₂ 类型	钾长石、斜长石、霞石、霓辉 石、富铁黑云母	钙长石、钠长石、角闪石
主要副矿物	磁铁矿、磷灰石	钛铁矿	锆石、萤石	磁铁矿、磷灰石
包裹体特征	含基性包体与各种“微粒包体”	含富云包体	斑状细晶岩大包体、晶洞	巨晶辉石斜长石包体
SiO ₂ 含量	61% ~ 75%	70% ~ 81%	50% ~ 60%	49% ~ 66%
Na ₂ O 含量	一般大于 4%	一般小于 4%	K ₂ O+Na ₂ O > 8%	4% ~ 5%
A/CNK	0.8 ~ 1	0.8 ~ 1.1	0.7 ~ 0.9	0.7 ~ 1
分异指数(DI)	50 ~ 90	>80	>85	<40
固结指数(SI)	一般 5 ~ 10	<10	<5	10 ~ 35
LREE/HREE	>3	<6	<10	6 ~ 8
富含元素	Sr、V、Co、Ni、Cr、Cu、Pb、Mo、Au、Ag	Ti、Nb、Ba、Zr、Au、Ag	Nb、Zr、La、Hf、Pb、Mn、F、Cl	P、Fe、K、Ni、Cr、Cu、Au
岩体实例	杨家杖子、屯、白庙子、虹螺山	石柱山、医巫闾山、马户沟	河坎子	柏杖子、杨杖子

型, 具有从 I 型→S 型演化特点. 岩浆类型从中基性→酸性变化, 反映了早期岩浆为壳幔混合源, 晚期侵入体主要为壳源. 就每个岩浆活动旋回而言, 总体有向富硅、碱演化的趋势. 大量的酸性岩浆的产生是由于深部岩浆上升, 导致下地壳上部或中地壳发生部分熔融的结果, 矿物的结晶分离可能是岩浆演化的主要原因.

6 花岗岩形成的造山环境与造山作用的过程

关于花岗岩的类型与构造环境, 国内外学者从不同角度都作出了相应的评述^[3]. 以海德曼(D.W. Hyndman)为代表基于地槽学说的分类, 从各类岩浆岩的形成与区域地质构造发展的关系, 划分出造山前阶段、同造山阶段、晚期造山和造山后阶段等三大类型岩浆岩组合. Loiselle 等(1979)提出 I 型、S 型花岗岩均为造山花岗岩, 据造山(Orogenic)一词, 可称为 O 型花岗岩. Pitcher(1983)从花岗岩成因类型与板块构造关系, 划分出 M 型, 产于大洋岛弧; J 型科迪勒拉花岗岩产于活动陆缘; I 型加里东花岗岩, 产于造山隆起区; S 型花岗岩, 产于大陆韧性剪切带、碰撞带; A 型花岗岩, 产于非造山、造山后、裂谷区. 另一些学者(Brown 等, 1984; Wickham, 1989; Cobbing, 1990) 则强烈主张花岗岩成因类型的主要控制因素是不同类的源岩而不是构造环境^[2]. 但也有人认为花岗岩的现代分类, 除根据源区外, 关键是构造环境.

崔盛芹等^[2-3]总结出邻区燕山地区最突出的特征之一是, 不同构造演化阶段, 伴有不同成因类型的花岗岩, 并提出燕山型板内造山带造山期 I 型花岗闪长岩—

二长花岗岩, S 型(交代型)花岗岩、白云母花岗岩, 非造山期 M 型辉长岩、闪长岩, A 型(碱性)花岗岩、正长岩等.

辽西地区中生代侵入岩所处的大地构造环境与燕山地区相同. 笔者进行了大量的花岗岩样品的投图(里特曼-戈蒂里图解), 均落入造山花岗岩类区内(如图 3).

将辽西中生代各时期侵入岩岩石化学成分在 R_1 — R_2 图解(图 4)中投影点, 可以看出: 三叠纪闪长岩及正常花岗岩的投影点落在碰撞期后抬升区和造山晚期花岗岩内, 二长花岗岩则落入同碰撞期并靠近碰撞期后抬升区, 侏罗纪—白垩纪中的石英正长岩、石英二长岩的投影点均落入造山晚期花岗岩区内, 侏罗纪二长花岗岩类的投影点大多数落入同碰撞区内.

在早三叠世后, 区内进入了板内始造山阶段, 随着板块的拼合形成联合大陆, 岩浆活动所表现的构造环境为碰撞期后抬升及同碰撞期, 晚侏罗世开始进入板内造山主期, 火山岩浆活动强烈, 并表现为同碰撞期—造山晚期特征, 部分表现为造山期后和非造山期的特点.

将本区侵入岩成岩组合与 W.L.Petro 等岩套对比, 具有相似的特征. 从各成岩组合的物质来源看, 来源于地幔的成岩组合均属张裂性构造环境; 来源于幔壳同熔的成岩组合大部属于以张裂性为主兼挤压性构造环境, 少部分为张裂性兼挤压以及个别为挤压性为主兼张裂性构造环境. 说明与壳幔同熔有关的成岩组合在岩浆侵位过程中, 构造环境比较复杂. 物质来源于壳源

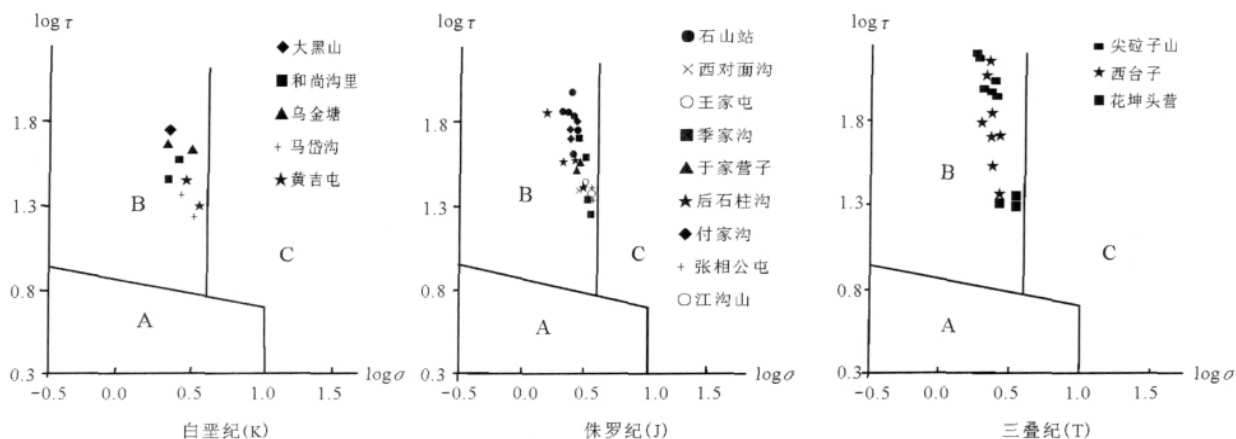


图3 侵入岩里特曼-戈蒂里图解

Fig. 3 Rittmann diagram of the intrusive rocks

A—非造山带(non-orogenic); B—造山带(orogenic); C—派生碱性岩(derived alkaline rock)

的成岩组合,以挤压为主兼有张裂性构造环境。

综合分析花岗岩的成因类型与组合系列、构造环境等方面因素,辽西地区中生代岩石组合形成的构造特点为:造山期为挤压型花岗岩套,以I型、S型为主,岩石组合为石英二长闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩-正长花岗岩等,其侵位方式为岩浆底辟式造山,线性构造-岩浆带挤压造山,气球膨胀、挤压与侧向迁移式张剪性、压剪性断裂造山及中深层次韧性剪切带上陆内俯冲造山等,造山初期或后期则为张裂型花岗岩套,以M型和A型为主,岩石组合为正长花岗岩-碱长花岗岩-石英碱长正长岩-辉长岩等,造山初期拉张环境有M型环形碱性辉长岩,造山后期处于松弛阶段,以岩体充填式、非共轴叠加膨胀造山为主,产A型花岗岩。

总之,辽西地区在不同的构造演化阶段伴有不同成因类型的花岗岩,说明造山带应力状况、断裂带达到的深度、岩浆来源深度、源岩性质及大陆岩石圈各层圈岩浆源区的多样性,决定了这种板内岩浆作用的更为复杂的演化史。

7 辽西中生代岩浆活动与构造运动

如前所述,本区无论是岩浆侵入活动还是喷发活动,在空间分布上都与构造带相辅而行,在时间演化上与构造运动时期密切相关^{[1][2]}。

7.1 中生代构造-岩浆事件

笔者根据大量的同位素资料统计,认为本区中生代的岩浆活动与构造运动关系密切,构造运动的多期、多幕伴有多个阶段的岩浆活动,每幕构造运动均伴

随有岩浆侵入和火山作用,尤其是在燕山早期末,岩浆活动最强烈,将辽西及邻区的中生代构造期、幕与岩浆旋回进行对比,两者的对应关系归纳于图5、图6,显示本区与燕山地区相同^[2]。

印支期有2个构造幕,主幕(第I幕)发生在中、上三叠统之间,使中新元古界—中三叠统一起卷入褶皱,从此本区地壳演化进入新的转折阶段,结束了长期稳定的历史,出现了克拉通地块内的活动带,或称地块边缘造山带,并伴有碱性花岗岩侵位和中基性火山喷发。区内上三叠统与下侏罗统之间的不整合是重要的区域性构造界面,为印支运动第I幕,有碱性岩、碱性花岗岩侵位。区内西部冀东滦平王营子早侏罗世南大岭期玄武岩喷发与晚三叠世杏石口期流纹质火山活动首尾相连。在构造带展布上,燕山早期与印支期有一定的继承性,印支期定型的构造体系,有近东西向构造带和北东—北北东向构造带等。

燕山期构造运动加剧,爆发了4个构造幕,其中第II幕为主幕,构造运动波及广泛,变动强烈。下白垩统义县组与上侏罗统土城子组之间,地层不整合现象常见,具有区域性构造意义,定型的主要构造体系为北东—北北东向构造带,岩浆活动频繁,伴有4~5期花岗岩侵入与中基性—中酸性火山喷发。

7.2 中生代岩浆作用与构造幕

辽西地区中生代岩浆活动具有连续性、递变性和旋回性。印支期→燕山期→喜马拉雅期,有弱→强→弱的总趋势。崔盛芹等在研究燕山及邻区岩浆活动时发现^[2-3],在燕山地区,岩浆活动多期性与构造幕基本一

①辽宁省地质矿产局. 辽宁省侵入岩与矿产研究报告. 1985.

②辽宁省地质矿产局. 辽宁省火山岩地质与矿产研究报告. 1985.

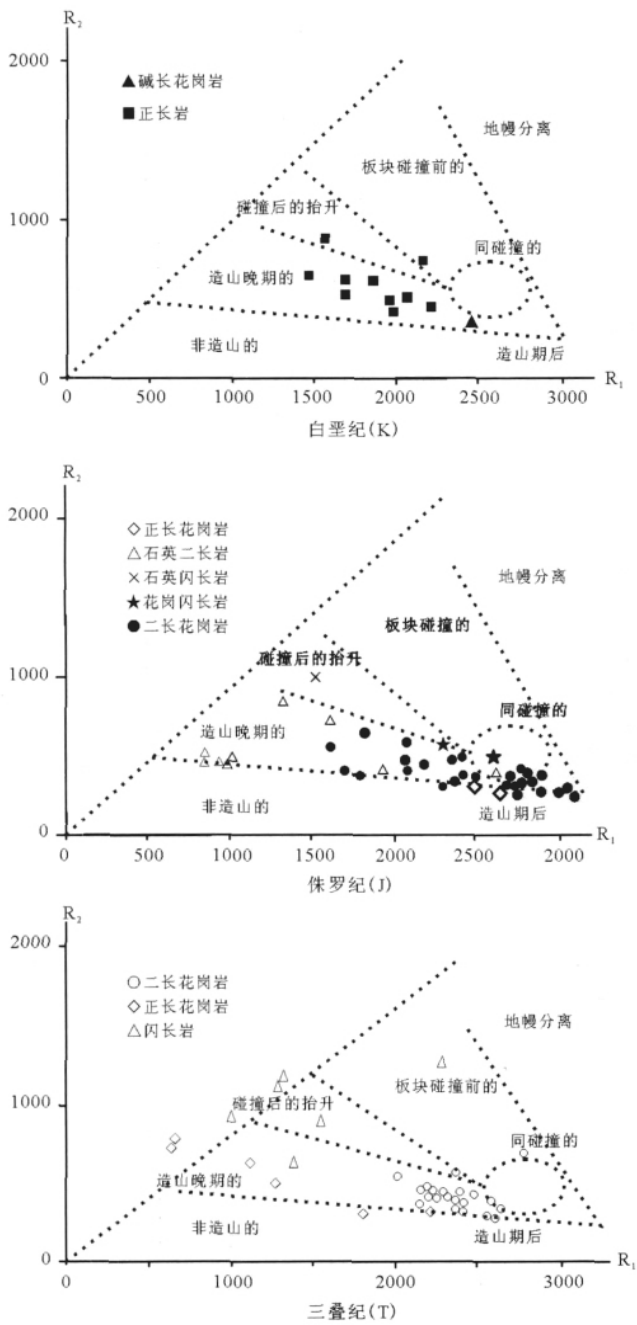


图 4 侵入岩 R_1 - R_2 图解

Fig. 4 R_1 - R_2 diagram of the intrusive rocks

致, 辽西地区与燕山地区完全相同^[2], 印支期岩浆活动可分为 2 期, 构造运动分为 2 幕、2 个峰值区(230、210 Ma). 燕山期岩浆活动包括 5 个峰值区段:(190±5)、(165±3)、(140±5)、(115±10)、(70±5) Ma. 其中 140 Ma 为岩浆活动鼎盛时期, 也正是燕山运动早、晚期的分界(见图 5、6). 本区燕山运动分为 4 期, 4 个构造幕, 总体上与岩浆活动的峰值区段对应, 所不同的是燕山运动第 1 幕出现了 2 个峰值, 说明该期岩浆活动强烈, 出现 2 次岩浆活动期.

8 结论

辽西地区中生代岩浆活动强烈, 具有多期次、多来源的特点, 呈北北东向、北东向分布. 该期构造运动强烈, 控制着侵入岩的分布, 岩浆活动旋回与造山幕是相对应且同步的, 可划分 6 个岩浆活动的峰值区段, 分别对应于 6 个构造幕, 显示较好的规律性, 即在每个造山幕较早期有偏基性的岩浆侵入, 晚期有中酸性岩浆侵入, 表现由早到晚岩浆物质成分由中基性向酸性演化的特点, 岩性由辉绿岩→闪长岩→石英闪长岩→花岗岩变化, 岩浆物质的来源由上地幔→壳幔混源→地壳. 也就是说, 基性岩浆的喷发发生于裂陷时期, 代表幔源物质的上升, 酸性岩的喷发与侵入代表地壳的重熔, 是幔源热流上升的结果.

参考文献:

- [1] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 394—730.
- [2] 崔盛芹. 燕山地区中生代陆内造山作用[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [3] 崔盛芹. 华北陆块北缘构造运动序列及区域构造格局[M]. 北京: 地质出版社, 2000.

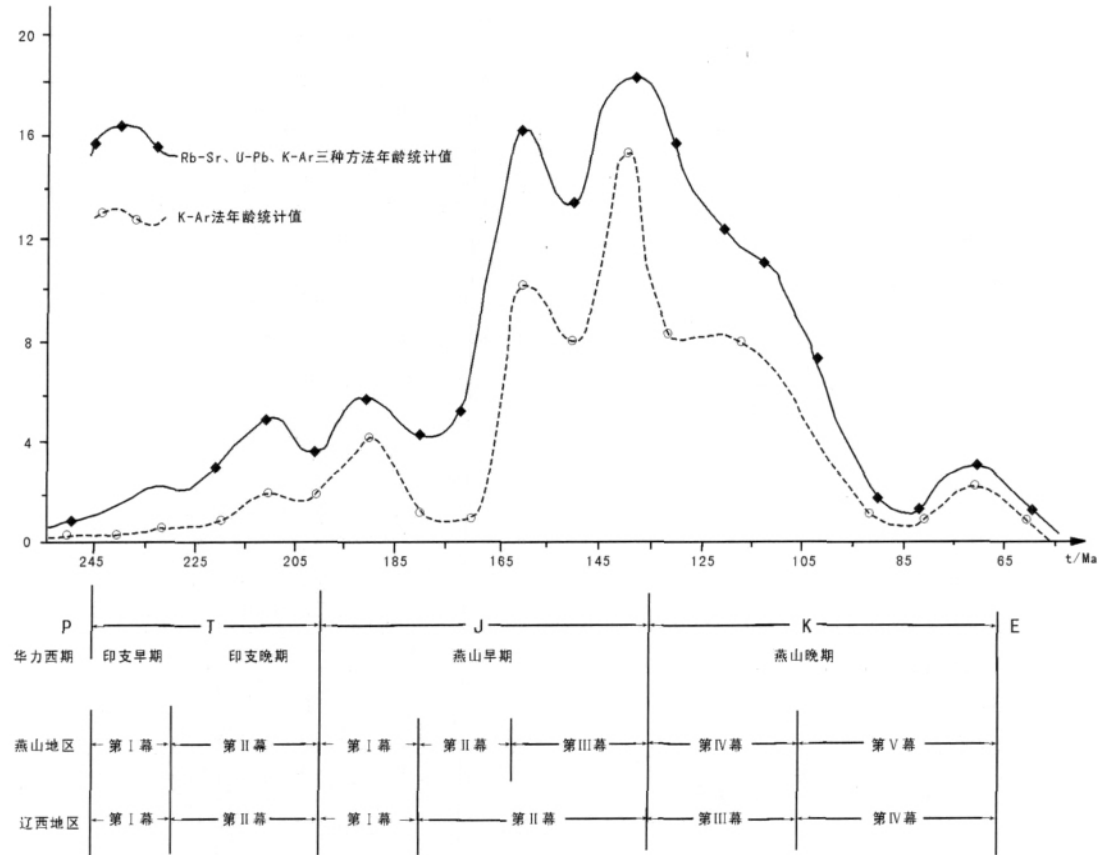


图 5 辽西和燕山地区中生代岩浆岩同位素年龄统计概率曲线

Fig. 5 Statistical probability curves of the isotopic ages of Mesozoic magmatic rocks in Western Liaoning and Yanshan areas

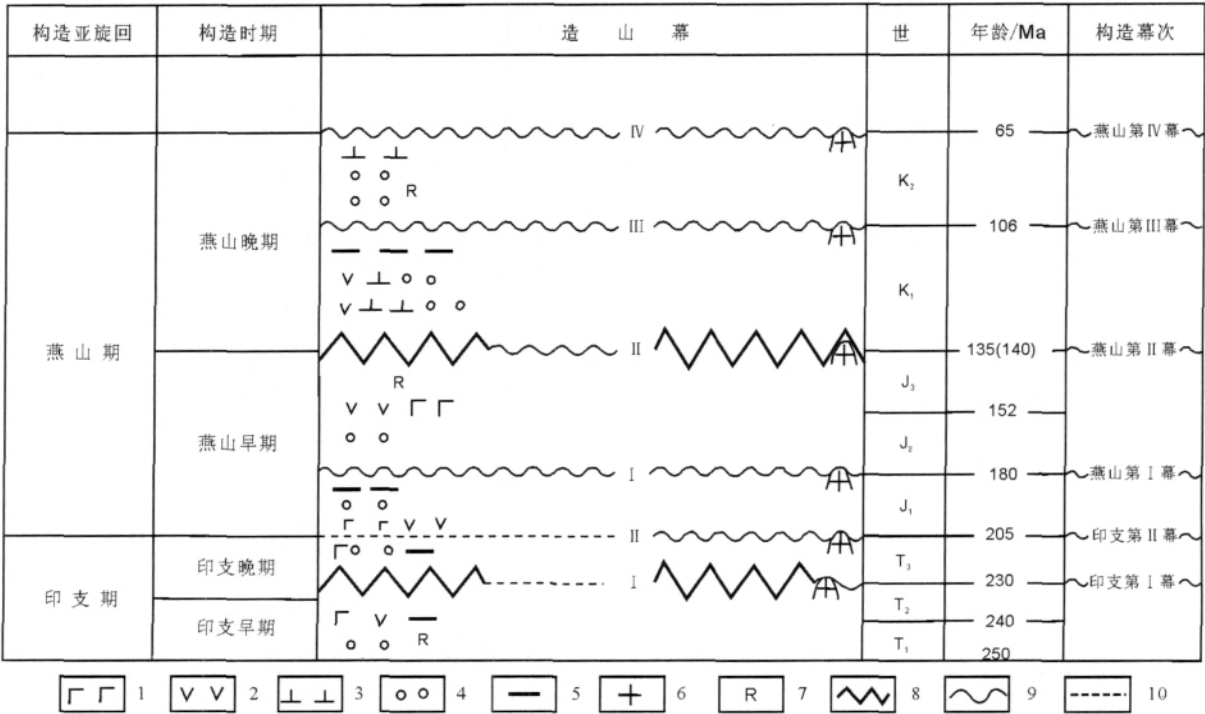


图 6 辽西及邻区中生代构造期、幕与岩浆旋回对比图

Fig. 6 Correlation between the Mesozoic tectonic phases and magmatic cycles in Western Liaoning and adjacent areas

1—玄武岩套(basalt suite);2—安山岩套(andesite suite);3—流纹岩套(rhyolite suite);4—砂砾层(sandy gravel);5—含煤沉积(coal-bearing sediment);6—侵入岩(intrusive rock);7—红色沉积(red sediment);8—主造山幕(major orogenic episode);9—角度不整合(angular unconformity);10—平行不整合(parallel unconformity)

MESOZOIC INTRUSIVE ROCKS IN WESTERN LIAONING: Basic characteristics and their relations to the tectonic movement

JIANG Shu-e, ZHANG Guo-ren, PAN Yu-qi, LU Hong-feng, WANG Hai-peng, CHENG Pei-qi

(Liaoning Institute of Geological Exploration, Dalian 116100, Liaoning Province, China)

Abstract : The Mesozoic magmatic activities and tectonic movements are intensive in Western Liaoning region, with broadly distributed intrusive rocks. The rock bodies, occurring in different forms, with complex types, are concentrated in four NNE- or NE-trending belts. The intrusions are divided into three periods, i.e. Indosinian, Early Yanshanian and Late Yanshanian. In each period, the magma evolved from intermediate-basic to acidic. The distributions of magmatic activities are controlled by the E-W, NE and NNE structural systems. The Mesozoic magmatic cycles are closely related to the multi-stage and multi-phase of crustal movement. The magmatic activities can be divided into six peak periods, respectively corresponding to the six tectonic phases. The regional fault depression and compression formed the magmatic rock with different sources, compositions and emplacing ways.

Key words : Western Liaoning; Mesozoic; intrusive rock; magmatic activity; tectonic movement

作者简介: 江淑娥(1962—), 女, 硕士, 地质高级工程师, 1988年毕业于长春地质学院地质普查与找矿专业, 现主要从事区域地质、矿产地质的调查与研究工作, 通信地址 大连市金州区友谊街道兴民村 677 号, 邮政编码 116100, E-mail// dkyjcb@163.com

(上接第 46 页 / continued from Page 46)

REGIONAL METALLOGENIC ANALYSIS AND PREDICTION OF LEAD-ZINC AND POLYMETALS IN LIAOYANG COUNTY, LIAONING PROVINCE

SHAO hui-wen, YANG Wei-min

(1. Liaoning Geo-environmental Monitoring Station, Shenyang 110032, China;

2. Shenyang Test and Research Center, Northeast Bureau of Coal Geology, Shenyang 110016, China)

Abstract : The southeastern area of Liaoyang County is one of the perfect metallogenic regions for lead-zinc in Liaoning Province. Through the correlation of the lead-zinc-gold-silver concentrated mineralized zones between Sanjiazi-Qingchengzi and Liaoyang County, it is concluded that a great potential exists in the area.

Key words : lead-zinc and polymetals; concentrated mineralized zone; SEDEX type; Liaoyang County of Liaoning Province

作者简介: 邵会文(1964—), 男, 高级工程师, 1986年毕业于长春地质学院, 现从事矿产资源规划与地质灾害区划工作, 通信地址 沈阳市北陵大街 29 号 辽宁省地质环境监测总站, 邮政编码 110032, E-mail// shaohuiwen_22@163.com