

科学出版社

太古宙花岗岩 华北地台东部

林 强 吴福元
刘树文 葛文春 著
孙景贵 尹京柱



华北地台东部太古宙花岗岩

林 强 吴福元 刘树文
葛文春 孙景贵 尹京柱 著

国家自然科学基金资助项目

科 学 出 版 社

1992

(京)新登字092号

内 容 简 介

华北地台东部辽东、鲁西、冀东等地区是我国古老变质岩出露区之一，是太古宙花岗质岩石广泛分布的地区。《华北地台东部太古宙花岗岩》一书是作者近10年来对这一地区太古宙花岗岩地质研究的总结。

本书全面、系统地阐述了本区太古宙花岗质岩石的地质学、岩石学、地球化学特征，讨论了太古宙花岗岩深成侵入体的成因标志，变质作用的 $P-T$ 流体的演化及其与花岗质片麻岩的成因联系，以及花岗岩熔融体系的相平衡规律，对太古宙晚构造钾质花岗岩的成因制约等问题，提出了华北地台东部太古宙花岗岩的成因系列和成因类型。

本书可供广大地质人员、地质院校师生以及科研人员参考。

华北地台东部太古宙花岗岩

林 强 吴福元 刘树文 著

高文瑞 孙景贵 尹京柱

责任编辑 谢洪源

地质出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码：100707

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992年9月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1992年9月第一次印刷 印张：14 1/4
印数：1—500 字数：326 000

ISBN 7-03-003007-9/P·592

定价：13.50元

前 言

自 1986 年至 1989 年间, 由 穆克敏 教授申请了国家自然科学基金资助项目(编号: 4850095)——“华北地台东部花岗质岩石成因系列及含矿性”研究课题, 因而我们对辽东、山东、冀东等地区太古宙及中生代花岗质岩石进行了系统的科学研究。研究报告于 1991 年 1 月由吴利仁研究员、王德滋教授、黎彤教授、王联魁研究员和周珣若教授等评审通过。经修改后最终研究成果以《华北地台东部太古宙花岗岩》和《胶辽半岛中生代花岗岩》两卷出版。

华北地台东部是我国早前寒武纪花岗质岩石广泛发育的地区。近年来国内外学者对该区早前寒武纪地质研究的新进展, 为深入研究太古宙花岗岩提供了可贵的科学资料。本书在前人工作的基础上, 系统总结了作者近 10 年来该区太古宙花岗岩研究的新成果。从早前寒武纪这一地球发展早期构造-岩浆演化的基本特点入手, 全面、系统地阐述了太古宙花岗质岩石的物质组成、岩石系列、成因标志, 尤其强调了这一地质时期地幔-地壳不同层次的熔融作用以及上部地壳岩石的变质作用、深熔作用对花岗质岩浆作用的制约。书中论述了太古宙花岗岩古深成侵入体的成因标志; 太古宙麻粒岩相-角闪岩相变质作用的 P - T -流体的演化及其与英云闪长质-奥长花岗质片麻岩的成因联系。并通过天然花岗岩块状样品的熔融实验, 讨论了太古宙变质岩系的深熔作用以及花岗岩熔融体系的相平衡关系对太古宙晚构造钾质花岗岩的成因制约, 提出了华北地台东部太古宙花岗岩成因系列和成因类型以及划分不同成因类型花岗岩的鉴别标志。

书中论述的问题涉及到早前寒武纪花岗岩地质学、岩石学、地球化学的基础理论和实践中引人关注的地质问题, 这对华北地台东部早前寒武纪变质地层体系以及地壳演化历史的认识将提供新的启示。

本书前言、第二、八章和结论由林强撰写, 第一章由葛文春、孙景贵、尹京柱撰写, 第三、四章由刘树文撰写, 第五、六章由吴福元撰写, 第七章由葛文春撰写, 全书由林强统编定稿。刘春华副教授承担了部分岩矿鉴定工作。本书引用了方占仁副教授关于冀东地区安子岭、秦皇岛太古宙花岗岩的研究成果。全书英文简介由吴福元、刘树文翻译, 由毕立君审校。先后参加野外及室内研究工作的还有曹林副教授、李体刚、仲革维、高天山、高建峰、张文宝、郭联合等。

整个研究工作始终得到了长春地质学院有关部门的大力支持, 贺同兴教授、卢良兆教授、周裕文副教授给予了热情支持和帮助, 曾得到地质矿产部系统、冶金工业部系统在冀东、山东、辽东的地质队和矿山的大力支持和协助, 特别是河北省地质矿产局第二、五地质大队、冶金第一地质大队和辽宁省地质矿产局第十地质大队给予了较多的帮助。测试工作蒙吉林省地质实验测试研究所、长春地质学院电子探针分析室、电子显微镜分析室等单位协助完成。欧相贤完成了书中各种图件的清绘工作。值此本书出版之际, 谨向上述单位和个人表示深切谢意。

作 者

1991年8月

目 录

前言	
第一章 太古宙花岗岩主要岩石组合	1
一、辽东地区太古宙花岗岩	1
二、鲁西地区太古宙花岗岩	25
三、冀东地区太古宙花岗岩	38
第二章 太古宙花岗岩古深成侵入体的成因标志	70
一、侵入界面的构造变形	70
二、岩体的递进变形	72
三、深源火成岩包体	76
四、变余火成结构	79
第三章 英云闪长质片麻岩成因	82
一、地质学及岩相学	82
二、异常的地球化学性质	85
三、富硅流体的性质、来源、运移	87
第四章 变质作用	100
一、变质矿物特征	100
二、变质反应及变质阶段	110
三、变质作用的 P - T -流体的演化	112
第五章 深熔作用	127
一、深熔作用的岩相学	127
二、微斜长石-钠长石花岗岩脉体	132
三、暗色包体	134
第六章 天然花岗岩熔融实验及熔融体系的相平衡	138
一、花岗闪长质片麻岩粉末试样的熔融实验	138
二、天然花岗岩块状样品的熔融实验	143
三、微斜长石花岗岩的成因	153
第七章 太古宙花岗岩构造变形与岩浆活动	157
一、辽东北部太古宙花岗岩卵形构造及其变形	157
二、辽东南部太古宙花岗岩线形构造及其变形	160
第八章 太古宙花岗岩的成因系列与成因类型	168
一、幔源岩浆分异系列——幔源分异型花岗岩	168
二、幔-壳源混合系列——硅质渗透型花岗岩	174
三、壳源岩浆分异系列——壳源分异型花岗岩	178
四、深熔岩浆分凝系列——深熔型花岗岩	184
结论	200
参考文献	202
英文简介	208

CONTENTS

Preface

Chapter 1 The major rock assemblages of Archaean granitoids.....	1
1.1 Archaean granitoids in eastern Liaoning.....	1
1.2 Archaean granitoids in western Shandong.....	25
1.3 Archaean granitoids in eastern Hebei.....	38
Chapter 2 The genetic criteria of the palaeoplutonic intrusive bodies of Archaean granitoids	70
2.1 Structural deformation of intrusive interface.....	70
2.2 Progressive deformation of rock bodies.....	72
2.3 Deep-originated igneous inclusion.....	76
2.4 blasto-igneous textures	79
Chapter 3 The origin of tonalitic gneisses	82
3.1 Geology and petrography	82
3.2 Abnormal geochemical characteristics	85
3.3 Properties, origin and movement of silicon-rich fluid.....	87
Chapter 4 Metamorphism	100
4.1 Features of metamorphic minerals	100
4.2 Metamorphic reactions and metamorphic stages	110
4.3 Evolution of <i>P-T</i> -fluid in metamorphism	112
Chapter 5 Anatexis	127
5.1 Petrography of anatexis	127
5.2 Microcline-albite granitic veins	132
5.3 Mianthites	134
Chapter 6 Partial melting experiments of natural granites and the phase equi- librium of granitic systems	138
6.1 Melting experiments of powdered granodioritic gneiss	138
6.2 Melting experiments of natural massive granites	143
6.3 Origin of microcline granite	153
Chapter 7 Structural deformation of Archaean granitoids and magmatic activi- ties	157
7.1 Oval structure and its deformation of Archaean granitoids in the north of eastern Liaoning	157
7.2 Linear structure and its deformation of Archaean granitoids in the south of eastern Liaoning	160
Chapter 8 Genetic series and types of Archaean granitoids	168
8.1 Mantle-derived magmatic differentiation series——granitoids of mantle-derived differentiating magma	168
8.2 Mantle-crust-derived mixing series——granitoids of siliceous infiltration	174

8.3 Crust-derived magmatic differentiation series——granitoids of crust-derived differentiating magma	178
8.4 Anatectic magmatic segregation series——granitoids of anatexis	184
Conclusion	200
References	202
Abstract (in English)	208

第一章 太古宙花岗岩主要岩石组合

一、辽东地区太古宙花岗岩

辽东地区广泛分布的长英质片麻岩是太古宙变质岩系的重要组成部分, 占整个太古宙变质岩系的 80% 左右。过去把这套长英质片麻岩的大多数作为鞍山群的重要组成部分进行对比。近几年区域岩石学研究表明, 它们的大多数应属遭受过变质、变形的古深成侵入体或是太古宙晚期花岗岩。根据野外地质特征和岩相学、地球化学特征, 将辽东地区太古宙花岗岩划分为如下三个岩石组合类型: 辽东北部英云闪长质-花岗闪长质-二长花岗质片麻岩组合; 鞍本地区钾长花岗质片麻岩-淡色块状花岗岩组合; 辽东南部石英闪长质-英云闪长质-花岗闪长质片麻岩组合 (图1-1)。

(一) 辽东北部英云闪长质-花岗闪长质-二长花岗质片麻岩组合

该组合主要分布于辽东北部清原、抚顺、新宾一带, 构成规模较大呈东西向展布的花岗质杂岩体 (图 1-1)。岩石组合以英云闪长质-花岗闪长质片麻岩为主体, 其中分布斑状花岗闪长质-二长花岗片麻岩。这些岩石明显侵入鞍山群层状变质岩石, 并一同遭受强烈构造变形, 显示卵形构造样式 (图1-2)。

1. 英云闪长质-花岗闪长质片麻岩类

这类岩石主要分布于浑北、清原以南敖家堡-大苏河-新宾以及立山-歪头山一带, 构成辽北太古宙花岗岩杂岩的主体, 其中有斗虎屯岩体、北三家岩体、立山岩体以及清原岩体的一部分 (图 1-2)。岩石明显侵入于鞍山群之中, 并含有围岩捕虏体, 岩体与围岩具有贯通片麻理 (图 1-2)。

岩石总体呈半自形粒状结构, 暗色矿物 (黑云母、角闪石) 和斜长石晶形发育较好, 石英和碱性长石以他形粒状充填其间。主要矿物组成为黑云母 (5—15%) + 角闪石 (0—5%) + 斜长石 (50—70%) + 石英 (10—30%) + 碱性长石 (0—15%), 副矿物有磷灰石、榍石、褐帘石、锆石等。片麻状构造明显。在 An-Ab-Or 图上 (图 1-3), 这类岩石主要落入英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩区。岩石类型以英云闪长质-花岗闪长质片麻岩为主, 出现少量奥长花岗质片麻岩 (如鞍山地区的立山奥长花岗质片麻岩)。

角闪石呈半自形粒状, 粒度 1—2mm 为主, N_g ——蓝绿色, N_m ——黄绿色, N_p ——淡黄色, $c \wedge N_g = 24^\circ$, 大多与黑云母共生。黑云母为片状, 晶形发育较好, 粒度 0.5mm 不等, 多色性显著, N_g ——黄褐色, N_m ——淡黄褐色, N_p ——淡黄色。镜下大多定向排列成明显的片麻状构造, 有时黑云母呈团块状产出, 此时颗粒之间具平衡的三边结构, 这可能是在变质过程中经聚集重结晶作用形成的。黑云母化学成分属于镁质黑云母 (表 1-1)。斜长石呈半自形板柱状, 粒度 0.5—2mm 不等, 以 1.5mm 常见, 发育有

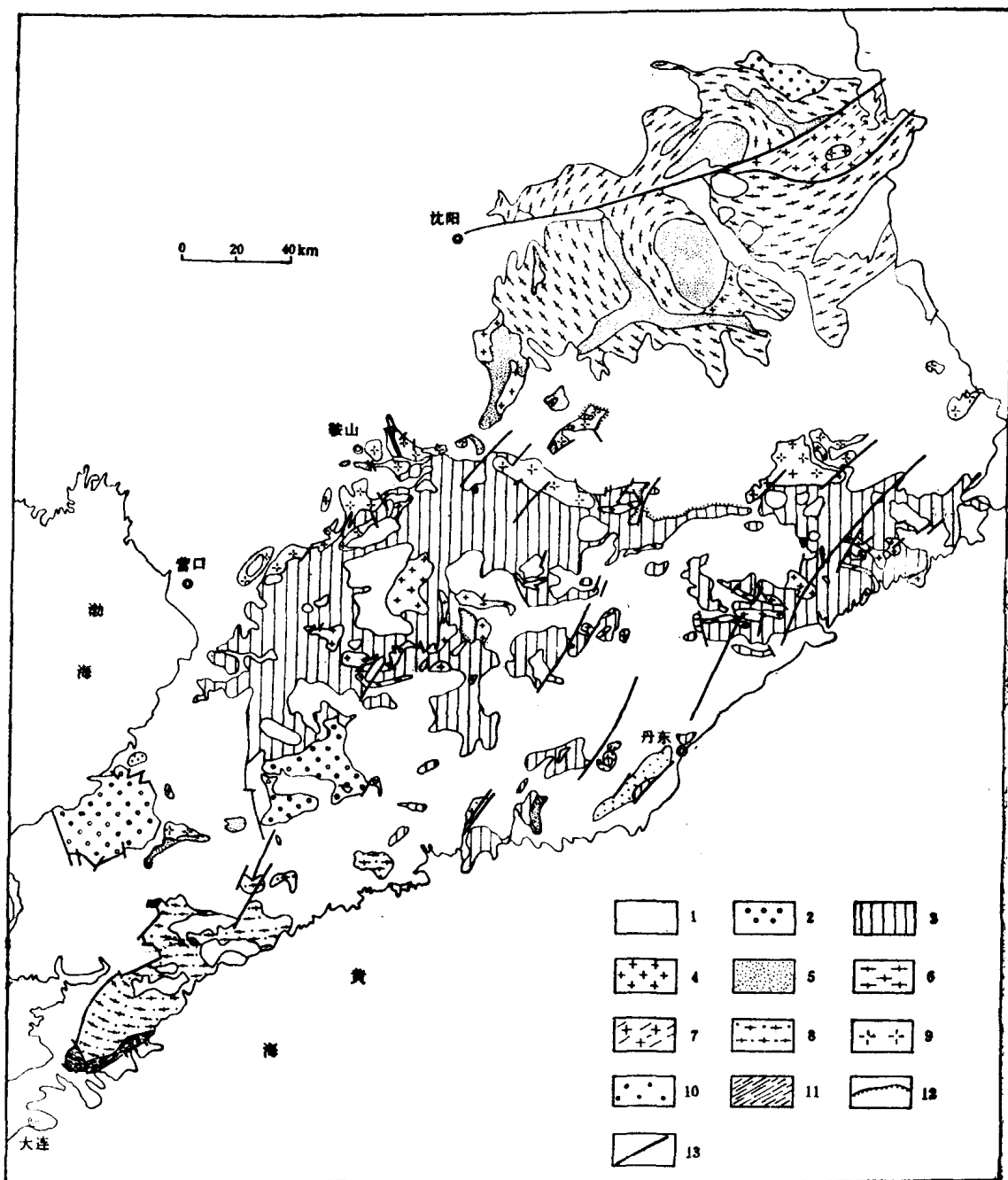


图1-1 辽东地区太古宙花岗岩分布图

1.显生宙盖层+花岗岩; 2.磨拉石; 3.元古宙地层; 4.元古宙花岗岩; 5.太古宙地层; 6.英云闪长质-花岗闪长质片麻岩; 7.斑状花岗闪长质-二长花岗质片麻岩; 8.石英闪长质-英云闪长质-花岗闪长质片麻岩; 9.钾长花岗质片麻岩-淡色块状花岗岩; 10.紫苏花岗岩; 11.糜棱岩; 12.不整合界线; 13.断层及推测断层

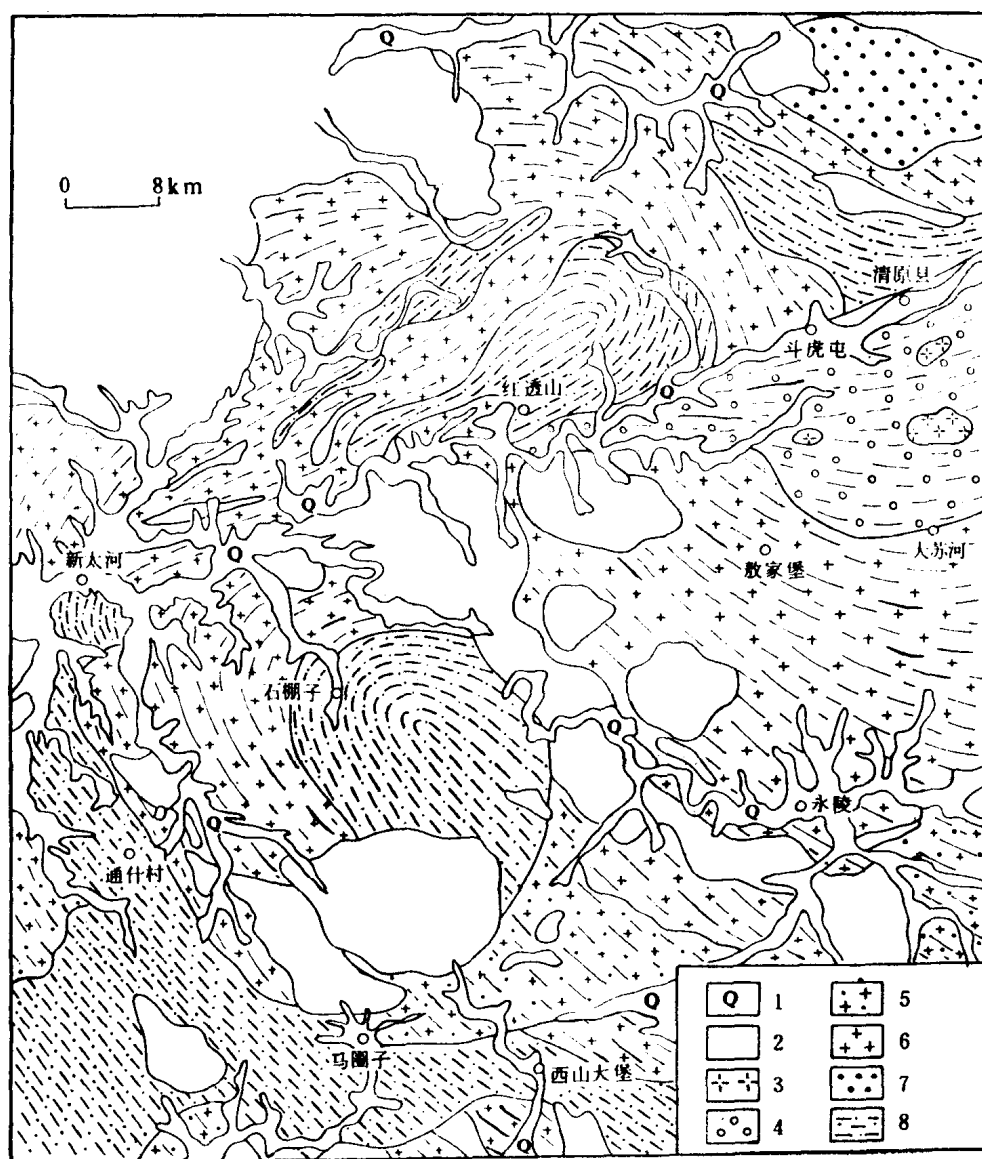


图1-2 辽北地区太古宙花岗岩地质图

1.第四系, 2.后太古宙岩石, 3.块状钾长花岗岩, 4.斑状花岗闪长质-二长花岗质片麻岩, 5.灰色斑状花岗闪长质片麻岩, 6.英云闪长质-花岗闪长质片麻岩, 7.紫苏花岗岩, 8.鞍山群层状变质岩系

明显的聚片双晶与卡钠联合双晶, 可见有环带结构, An_{30-32} 。石英呈粒状, 粒度一般 1mm, 他形为主, 常以充填状存在于其它矿物粒间。钾长石大多呈不规则状, 表面洁净, 格子状双晶规则, 属微斜长石, 充填于石英及斜长石粒间。

表 1-2 列出了英云闪长质-花岗闪长质-二长花岗质片麻岩组合的化学成分数据。由表 1-2 可以看出, 英云闪长质-花岗闪长质片麻岩贫钾富钠, SiO_2 在 60—73% 之间变化, $Na_2O/K_2O=1.2-6.4$ 。与苏格兰、东格陵兰太古宙英云闪长岩相比, 本区岩石贫 Al_2O_3 、 K_2O , 而富 FeO^* 、 CaO 。从英云闪长质到奥长花岗质片麻岩, 其含铝指数 $[Al' = Al_2O_3 \times 100 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)]$ 逐渐增加, 由偏铝质岩石过渡为过铝质岩石,

奥长花岗质片麻岩常含刚玉标准分子和白云母（图 1-4）。在 $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图解上呈英云闪长岩-奥长花岗岩演化趋势（图 1-5）。

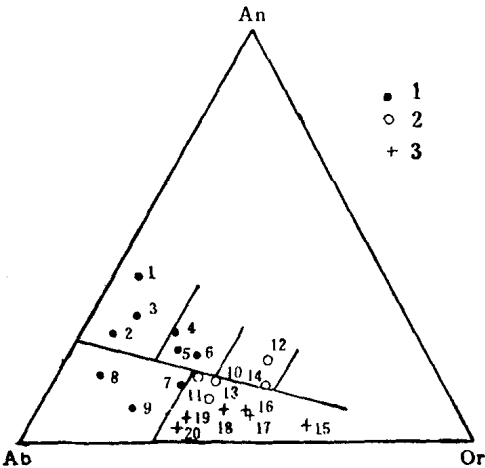


图1-3 辽东北部英云闪长质-花岗闪长质-二长花岗质片麻岩组合标准矿物An-Ab-Or图解

1.英云闪长质-花岗闪长质片麻岩类；2.斑状花岗闪长质-二长花岗质片麻岩类；3.钾长花岗岩类。三角用内数字为表 1-2 样品序号

表1-1 英云闪长质片麻岩中黑云母电子探针分析数据 (wt%)

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
D141-3	36.000	0.274	16.182	21.493	0.019	11.326	0.022	0.069	7.172
D057-1	36.747	1.539	15.544	19.977	0.305	10.482	0.019	0.051	9.502
D125-0	36.971	3.459	16.772	19.849	0.392	10.642	0.019	0.050	9.332

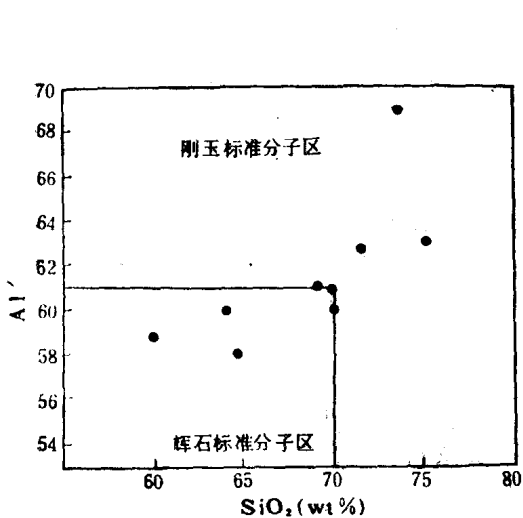


图1-4 辽东北部英云闪长质-花岗闪长质片麻岩类含铝指数 (Al')-SiO₂图解

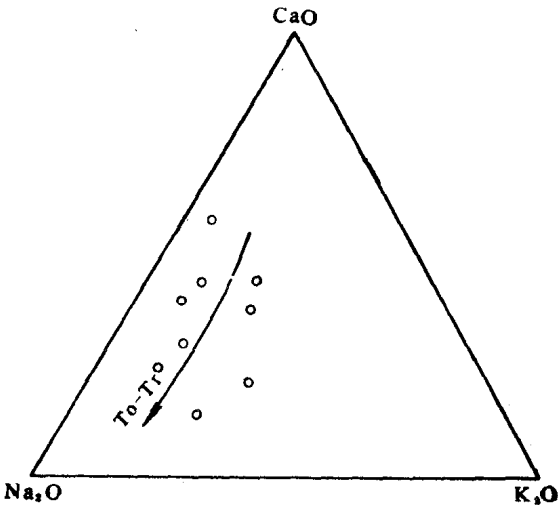


图1-5 辽东北部英云闪长质-花岗闪长质片麻岩类CaO-Na₂O-K₂O图解
图中To-Tr旁的箭头为英云闪长岩至奥长花岗岩的演化趋势

表1-2 辽东北部太古宙英云闪长质-花岗闪长质-二长
花岗质片麻岩组合岩石化学成分 (wt%) 及其参数

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
样 品 号	B141-3	B106-4	D123-1	B057-1	B087-8	D125-6	T43-1	T43-4	T63-1	D113-3
SiO ₂	69.13	71.07	71.46	64.72	60.29	64.06	70.08	75.14	73.55	62.33
TiO ₂	0.28	0.35	0.27	0.45	0.45	0.49	0.28	0.07	0.35	0.85
Al ₂ O ₃	14.35	14.32	14.64	14.97	16.76	14.95	14.90	14.36	14.26	15.60
Fe ₂ O ₃	1.97	1.43	0.96	2.40	2.36	1.95	1.28	0.43	1.08	2.82
FeO	3.14	2.34	2.41	3.07	3.58	4.09	1.48	0.26	1.62	2.68
MnO	0.05	0.02	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.00	0.01	0.05
MgO	1.38	0.80	0.55	2.24	2.45	2.74	0.64	0.21	1.28	1.60
CaO	5.19	3.41	3.74	4.67	4.30	2.98	1.93	2.07	0.89	3.41
Na ₂ O	3.40	4.55	3.95	3.80	4.55	3.83	4.40	5.30	3.80	4.65
K ₂ O	0.53	0.79	1.00	2.35	2.88	3.20	3.14	1.05	1.66	4.71
P ₂ O ₅	0.13	0.13	0.09	0.18	0.23	0.14	0.14	0.03	0.07	0.63
灼失	0.61	0.50	0.52	0.72	1.83	0.90	1.00	0.57	1.28	0.29
总和	100.16	99.71	99.62	99.62	99.73	99.37	99.30	99.49	99.85	99.62

CIPW 标 准 矿 物

An	22.44	16.28	18.05	17.05	17.17	13.93	8.90	10.21	4.06	7.84
Ab	28.90	38.80	33.40	32.52	39.32	32.40	37.87	45.34	32.62	39.62
Or	3.15	4.71	5.90	14.05	17.39	18.92	18.88	6.27	9.95	28.03
Q	33.18	32.49	34.58	20.40	9.60	17.05	27.54	35.83	41.31	9.54
Di	2.22			4.34	2.64					4.42
Hy	6.82	4.62	4.59	7.31	9.08	5.85	3.11	0.94	4.89	3.78
Ol										
Ap	0.29	0.29	0.20	0.40	0.51	0.34	0.31	0.07	0.16	1.39
Il	0.53	0.67	0.52	0.88	0.87	0.93	0.54	0.13	0.67	1.63
Mt	2.47	2.08	1.39	3.08	3.50	2.82	1.76	0.39	1.52	3.76
Hm										
C		0.06	0.44			0.07	1.08	0.82	4.82	

岩 石 化 学 参 数

Di	55.23	76	73.88	65.23	66.31	63.38	84.29	87.44	83.88	77.19
σ	0.59	1.01		1.72	3.10		2.08	1.25	0.97	4.49
Na ₂ O/K ₂ O	6.42	5.76	3.95	1.62	1.58	1.20	1.40	5.05	2.29	0.99
Al'	61.14	60.02	62.75	58.05	58.83	59.90	61.14	63.04	69.19	54.99
Mg'	21.26	17.51	14.0	29.05	29.20	31.20	18.82	23.38	32.16	22.54
OX*	0.31	0.35		0.36	0.37		0.40	0.87	0.36	0.44

(续表)

序 号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
样 品 号	B 013-5	B 013-4	D 229-5	B 088-13	B 005-2	B 006-7	B 097-5	D 113-15	B 005-3	D 113-12
SiO ₂	60.99	61.98	72.14	74.75	77.80	74.37	70.80	74.26	61.61	66.03
TiO ₂	1.20	0.85	0.19	0.10	0.10	0.07	0.37	0.11	0.55	0.16
Al ₂ O ₃	15.11	16.29	14.09	13.37	11.07	11.98	13.11	13.04	16.42	17.70
Fe ₂ O ₃	3.94	3.81	1.14	0.58	0.96	0.67	1.87	0.84	3.53	1.12
FeO	3.31	2.98	1.32	0.93	0.40	1.74	1.80	1.02	1.96	1.26
MnO	0.06	0.01	0.02	0.12	0.02	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01
MgO	2.02	1.60	0.99	0.16	0.43	0.69	0.53	0.22	2.98	0.88
CaO	4.22	2.96	2.06	1.63	0.52	1.70	1.19	1.30	1.33	0.69
Ne ₂ O	4.30	2.90	3.73	2.85	2.25	3.20	3.55	3.92	4.70	6.13
K ₂ O	3.66	5.32	3.92	4.97	5.58	4.62	5.23	4.38	3.75	4.75
P ₂ O ₅	0.60	0.02	0.08	0.05	0.05	0.04	0.15	0.03	0.38	0.12
灼失	0.35	0.62	0.00	0.33	0.25	0.39	0.79	0.25	2.44	0.71
总和	99.76	99.34	99.68	99.84	99.43	99.48	99.44	99.38	99.68	99.56

CIPW 标 准 矿 物

An	11.20	14.77	9.71	7.83	2.31	4.73	4.46	5.03	4.49	2.92
Ab	36.63	24.88	31.56	24.23	19.20	27.32	30.45	33.14	40.94	51.85
Or	21.78	31.88	23.15	29.52	33.20	27.55	31.34	25.88	22.82	28.05
Q	11.44	14.83	28.61	35.13	41.75	33.41	26.93	31.47	12.69	9.12
Di	5.16					2.97	0.53	0.55		
Hy	5.74	7.27	3.67	1.69	1.84	2.81	2.74	1.52	10.52	3.31
Ol										
Ap	1.32	0.04	0.20	0.11	0.11	0.09	0.33	0.07	0.85	0.27
Il	2.29	1.64	0.36	0.19	0.19	0.13	0.71	0.21	1.08	0.30
Mt	4.45	4.27	1.64	0.85	0.85	0.98	2.51	1.23	3.48	1.62
Hm										
C		0.43	0.14	0.45	0.50				3.12	1.41

岩 石 化 学 参 数

DI	69.85	71.59	83.32	88.88	94.21	88.28	88.72	90.49	76.45	89.02
σ	3.49	3.50		1.92	1.76	1.94	2.75		3.70	
Na ₂ O/K ₂ O	1.17	0.55	0.95	0.57	0.40	0.69	0.68	0.89	1.25	1.29
Al'	55.37	59.30	59.20	58.59	57.00	55.72	56.80	57.60	62.67	60.47
Mg'	21.80	19.07	28.70	9.58	24.02	22.26	12.62	10.6	35.18	27.0
OX*	0.40	0.41		0.33	0.41	0.26	0.44		0.41	

(续表)

序 号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
样 品 号	B057-16	B114-7	B092-2	B089-5	B103-1	D118-1				
SiO ₂	47.10	52.06	44.07	51.68	42.59	54.17	66.70	67.17	65.00	73.80
TiO ₂	0.80	1.10	1.20	1.40	1.96	1.40	0.34	0.31	0.69	0.26
Al ₂ O ₃	16.06	14.88	15.45	14.49	16.69	14.55	16.04	15.79	14.20	13.20
Fe ₂ O ₃	10.84	4.41	6.29	6.01	7.78	6.09	1.49	1.68	0.54	1.62
FeO	3.18	5.69	6.68	6.12	7.49	5.16	1.47	1.41	1.11	0.53
MnO	0.14	0.01	0.12	0.12	0.06	0.08	0.04	0.04	0.05	0.05
MgO	6.39	4.79	5.80	3.53	7.93	3.67	1.44	1.09	0.37	0.35
CaO	8.07	7.48	7.56	6.72	10.37	6.15	3.18	3.54	1.48	1.11
Na ₂ O	3.25	3.45	3.25	4.15	1.85	3.45	4.90	4.74	4.18	3.20
K ₂ O	2.27	4.71	0.44	2.70	1.04	2.44	2.09	2.10	4.14	5.15
P ₂ O ₅	0.28	0.18	0.28	1.60	0.11	1.24	0.14	0.12	0.07	0.09
灼失	1.20	1.21	7.69	1.14	1.12	1.05				
总和	99.58	99.97	98.83	99.66	98.99	99.45				

CIPW 标 准 矿 物

An	23.04	11.35	28.93	19.58	35.06	17.33				
Ab	21.58	21.35	30.27	29.71	12.72	29.73				
Or	13.37	28.19	2.86	12.09	6.31	14.69				
Q				7.74		7.22				
Di	13.34	20.31	8.69	6.72	13.98	5.20				
Hy			7.78	13.70		14.61				
Ol	16.40	5.50	12.73							
Ap	0.63	0.40	0.67	2.22	0.25	2.76				
Il	1.56	2.12	2.51	2.63	3.82	2.71				
Mt	6.17	6.26	5.56	5.61	5.43	5.75				
Hm										
C										

岩 石 化 学 参 数

Dl	38.83	53.94	33.13	49.54	19.03	51.64				
σ	6.13	7.02	3.00	5.09	15.41	2.96				
Na ₂ O/K ₂ O	1.43	0.73	7.39	1.54	1.83	1.41				
Al'	54.17	48.75	57.87	51.64	56.17	54.72				
Mg'	31.31	32.17	30.90	22.54	34.18	24.60				
OX*	0.29	0.40	0.25	0.35	0.23	0.33				

说明: 1—3. 英云闪长质片麻岩; 4—6. 花岗闪长质片麻岩; 7—9. 奥长花岗质片麻岩; 10—12. 石英二长质片麻岩; 13. 二长花岗质片麻岩; 14. 钾长花岗质片麻岩; 15—18. 微斜长石花岗岩; 19—20. 钠长花岗岩; 21—22. 细粒辉长岩包体; 23—25. 中粒辉长岩包体; 26. 粗粒石英二长质片麻岩包体; 27. 苏格兰英云闪长质片麻岩 (9个样品平均); 28. 东格陵兰英云闪长质片麻岩 (41个样品平均); 29. 苏格兰刘易斯平均花岗闪长岩; 30. 南非德库尤平均花岗岩。

表 1-3 辽东北部太古宙英云闪长质-花岗闪长质-二长花岗质片麻岩组合微量元素及其参数

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
样 品 号	B143-3	B106-4	D123-12	B057-1	B087-8	D125-6	T43-1	T43-4	T63-1	D113-3
La	11.93	23.88	9.404	19.11	37.46	56.91	82.13	14.58	15.84	9.257
Ce	21.99	39.17	19.38	38.54	63.49	97.73	121.6	25.61	21.58	156.6
Pr	4.514	5.411	2.375	7.609	8.980	11.68	12.42	1.220	2.889	20.07
Nd	12.17	17.13	8.384	22.90	26.37	36.95	42.72	9.059	9.265	63.97
Sm	2.858	2.935	1.484	4.590	4.284	4.875	5.826	1.517	1.806	8.474
Eu	0.750	0.812	0.514	0.930	0.978	0.942	0.987	0.457	0.292	1.837
Gd	2.308	1.674	0.980	3.426	2.861	2.317	3.929	0.872	0.741	5.082
Tb	0.579	0.357	0.213	0.806	0.642	0.401	0.574	0.068	0.281	0.809
Dy	1.479	1.104	0.681	2.004	1.848	0.997	3.312	0.693	0.749	2.429
Ho	0.401	0.260	0.190	0.510	0.477	0.224	0.676	0.102	0.177	0.548
Er	0.963	0.671	0.488	1.302	1.176	0.484	1.945	0.412	0.552	1.350
Tm	0.253	0.143	0.118	0.283	0.288	0.078	0.269	0.034	0.113	0.263
Yb	0.822	0.562	0.406	0.958	0.962	0.252	1.528	0.465	0.535	0.935
Lu	0.154	0.106	0.085	0.182	0.170	0.062	0.185	0.067	0.076	0.180
Y	8.083	5.473	4.363	10.63	8.772	4.358	18.54	4.274	4.195	11.35

微 量 元 素 (ppm)

Rb	108.6	138.2	43.4	166.7	174.9	157.5	220.7	111.0	167.0	224.6
Sr	282.5	431.4	197.4	472.7	518.1	495.0	364.4	352.3	127.4	525.3
Ba	145.3	189.4	292.5	454.8	741.4	424.9	1366.0	1034.0	958.3	1519.0
Cr	153.5	17.1	145.4	232.6	56.9	250.4	31.95	37.3	79.6	75.2
Ni	20.5	5.9	10.1	51.0	20.1	39.0	16.6	19.4	16.9	5.9
Co	14.3	12.4	9.0	16.4	17.4	19.4	16.6	20.3	12.9	17.9

有 关 参 数

Rb/Sr	0.384	0.320	0.220	0.353	0.338	0.318	0.606	0.315	1.311	0.428
Ba/Sr	0.514	0.439	1.48	0.962	1.431	0.86	3.749	2.935	7.522	2.892
ΣREE	69.254	99.688	49.065	113.78	158.76	218.26	296.64	59.43	59.09	366.47
LREE/HREE	3.60	8.63	5.52	4.66	8.23	22.79	8.58	7.49	6.96	14.96
(La/Yb) _N	9.66	18.33	13.12	13.3	25.96	128.2	35.84	20.90	19.74	66.00
(Ce/Y) _N	6.49	17.01	10.58	8.66	17.24	13.35	15.62	14.27	12.25	32.85
δEu	1.05	1.12	1.372	0.75	0.88	0.84	0.65	0.95	0.72	0.86
K/Rb	40.51	47.45	190.3	117.02	136.68	167.8	118.10	78.52	82.51	174.07

(续表)

序 号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
样 品 号	B013-5	B013-4	D229-2	B088-13	B005-2	B006-7	B097-5	D113-15	B114-7	D113-12
La	89.28	144.7	39.81	18.97	28.26	16.43	98.23	10.18	207.3	26.01
Ce	156.4	226.4	70.71	29.82	49.34	19.45	142.1	22.02	305.7	51.00
Pr	24.74	27.64	7.504	7.213	9.706	1.642	16.43	2.631	36.72	6.152
Nd	87.84	92.38	21.52	10.81	15.41	9.831	54.81	9.993	119.0	21.70
Sm	13.17	12.45	3.105	2.304	3.038	1.717	7.471	1.698	15.84	3.888
Eu	2.703	2.184	1.190	0.555	0.300	0.748	1.151	0.528	3.131	0.797
Gd	9.375	7.522	1.437	0.866	2.353	0.920	4.657	0.933	10.98	2.869
Tb	1.389	1.166	0.251	0.348	0.503	0.077	0.677	0.221	1.757	0.565
Dy	5.190	3.851	0.617	0.607	0.913	0.575	3.438	0.521	8.770	2.347
Ho	1.129	0.888	0.150	0.271	0.479	0.085	0.611	0.154	1.586	0.526
Er	3.074	2.323	0.314	0.625	1.008	0.244	1.981	0.369	4.772	1.390
Tm	0.455	0.408	0.05	0.149	0.218	0.032	0.274	0.090	0.634	0.260
Yb	2.375	1.994	0.172	0.294	0.581	0.262	1.448	0.277	3.325	1.251
Lu	0.365	0.300	0.036	0.047	0.175	0.043	0.205	0.058	0.442	0.190
Y	26.02	20.22	3.491	2.920	4.313	3.374	17.77	3.063	46.78	13.47

微 量 元 素 (ppm)

Rb	179.3	248.4	86.4	233.8	233.7	235.1	245.2	100.2	163.0	83.4
Sr	599.4	377.1	805.8	474.5	31.7	371.3	71.3	266.2	65.2	112.5
Ba	1770.0	1377.0	1172.5	2099.0	78.9	1500.0	846.3	887.1	708.2	663.6
Cr	72.3	70.8	94.0	19.6	97.9	113.9	206.8	172.5	39.0	85.1
Ni	9.6	18.7	13.1	6.3	16.5	10.1	12.0	10.4	8.8	10.9
Co	19.3	23.5	3.9	11.7	25.3	17.3	18.1	2.4	18.3	4.9

有 关 参 数

Rb/Sr	0.299	0.659	0.107	0.472	7.372	0.633	3.439	0.376	2.5	0.743
Ba/Sr	2.953	3.652	1.46	4.424	2.489	4.04	11.87	3.92	10.86	5.90
ΣREE	421.5	544.43	150.347	75.799	116.597	55.43	351.25	52.732	766.74	132.415
LREE/HREE	7.54	13.08	22.07	11.37	10.06	8.88	10.31	8.29	8.70	4.79
(La/Yb) _N	25.05	48.38	131.39	43.01	32.43	41.81	45.22	20.82	41.55	11.78
(Ce/Y) _N	14.31	26.66	12.06	24.32	26.66	13.75	19.04	4.28	15.56	2.25
δEu	0.78	0.70	1.668	1.53	0.36	1.79	0.61	1.297	0.76	0.784
K/Rb	169.44	177.78	374.8	184.34	198.20	163.12	177.05	361.1	190.97	470.5

(续表)

序 号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
样 品 号	B057-16	B005-3	B092-2	B089-5	B103-1	D118-1				
La	14.42	59.85	45.27	115.3	11.94	111.1				
Ce	30.18	111.4	83.80	199.7	17.10	213.3	32		52	83
Pr	6.636	19.05	13.54	27.11	3.075	27.99	71	68	94	159
Nd	25.08	57.39	57.09	104.5	14.79	103.5				
Sm	5.543	9.803	9.170	15.37	3.666	15.39			42	96
Eu	1.426	2.298	2.589	3.697	1.035	2.932			9.2	12
Gd	5.886	8.096	7.532	10.19	4.599	10.47			2.3	0.78
Tb	1.005	1.076	1.021	1.483	0.823	1.704			4.5	10
Dy	4.431	4.134	5.708	6.825	3.923	6.542				
Ho	1.037	1.074	1.041	1.226	0.836	1.303			4.5	11
Er	3.042	2.645	3.330	3.500	2.285	3.314				
Tm	0.533	0.361	0.441	0.468	0.389	0.538			2.3	6.4
Yb	2.786	1.827	2.362	2.446	1.801	2.448				
Lu	0.434	0.362	0.326	0.330	0.272	0.348			2.0	5.8
Y	22.47	18.58	28.07	30.64	19.81	29.03			0.34	0.85

微 量 元 素 (ppm)

Rb	163.7	173.1	105.2	154.7	130.0	172.6	74	44	70	270
Sr	383.3	460.8	341.0	882.5	303.4	791.7	580	580	957	81
Ba	306.0	201.8	340.6	1283.0	226.3	1036.0	713	1040	1470	450
Cr	75.4	113.4	152.0	94.0	26.4	95.8	32	23		5
Ni	32.6	67.1	45.8	34.0	94.8	28.8	20	13	11	
Co	39.4	29.5	25.5	26.1	51.1	32.6				

有 关 参 数

Rb/Sr	0.427	0.376	0.309	0.175	0.428	0.218	0.172	0.076	0.07	3.3
Ba/Sr	0.798	0.438	0.999	1.454	0.746	1.309	1.2	1.8	1.5	5.6
ΣREE	124.40	297.95	261.29	522.79	86.35	529.91				
LREE/HREE	2.03	6.81	4.24	8.15	1.49	8.51				
(La/Yb) _N	2.879	21.83	12.78	31.42	4.42	30.25				
(Ce/Y) _N	3.203	14.27	7.11	15.50	2.06	17.49	24	22		
δEu	0.87	0.84	1.02	0.93	0.85	0.73			1.0	0.2
K/Rb	115.11	225.84	34.72	144.87	66.41	117.35	234	396	262	158

注：序号与说明与表1-2相同。