

辽宁阜新地区二叠纪—三叠纪侵入岩的 TTG 岩类识别与地质意义

韩晓平,王海鹏,王咏梅,王志军

辽宁省地质勘查院,辽宁大连 116100

摘 要 :应用侵入岩 TAS 图解及 An-Ab-Or 标准矿物分类命名图解,在辽宁阜新地区有效地识别出 $T_1T_2G_1G_2$ 岩石组合,在时间及空间上较好地体现了岩石组合的极性,其主体在北部,是北部古亚洲洋板块俯冲作用的区域性及阶段性演化的一个有力证据。TTG 岩石组合与金及金铜矿床的形成密切相关,正确和有效地识别出 TTG 岩类或岩石组合,为研究区寻找该类矿产提供了线索。

关键词 :TTG 岩类;俯冲板片熔融;二叠纪—三叠纪;古亚洲洋;阜新地区;辽宁省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2016.02.002

THE RECOGNITION AND GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF TTG ROCK ASSEMBLAGE IN THE PERMIAN-TRIASSIC INTRUSIVE ROCKS IN FUXIN, LIAONING PROVINCE

HAN Xiao-ping, WANG Hai-peng, WANG Yong-mei, WANG Zhi-jun

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

Abstract : Applying intrusive rock TAS diagram and An-Ab-Or norm mineral classification diagram, the $T_1T_2G_1G_2$ rock assemblage is recognized in the Permian-Triassic intrusive rocks in Fuxin area, Liaoning Province, showing well time-space polarity. The main part of the rock assemblage is distributed in the north, which is a good evidence for the regional and phased evolution of the Paleo-Asia oceanic plate subduction. The TTG assemblage is closely related to the formation of Au and Au-Cu deposits. Therefore the correct and effective recognition of TTG rock assemblage would provide clues for the exploration of the same kind of mineral deposits in the area.

Key words : TTG rock assemblage; plate subduction; Permian-Triassic; Paleo-Asia ocean; Fuxin; Liaoning Province

0 引言

TTG 岩类是一类包含了 3 种岩性的岩石组合,即英云闪长岩(tonalite)-奥长花岗岩(trondhjemite)-花岗闪长岩(granodiorite),广泛分布于太古宙—古元古代的花岗-绿岩带(granite-greenstone belt)和显生宙的岛弧-活动大陆边缘岩浆弧^[1]。一般认为,TTG 岩类形成于洋俯冲作用的构造环境,是洋俯冲玄武岩板片(slab)脱水熔融(dehydration melting)的产物^[2],并且古元古代之后的 TTG 岩类可能无一例外均是俯冲板片熔融的产物^[3]。板片熔融作用(slab melting)与金及金铜矿床的形成密切相关。因此,正确和有效地识别 TTG

岩类或岩石组合,具有十分重要的科学和经济意义。

辽宁省阜新地区发育一定区域的二叠纪及早三叠世花岗岩类侵入岩,前人地质工作对于该区的 TTG 岩类的识别及地质意义的研究工作相对薄弱,因此笔者利用阜新地区 1:5 万及 1:25 万区调资料^[4]对该区进行了 TTG 岩类的识别并对其地质意义进行探讨。

1 地质特征

研究区跨跃天山-兴蒙造山系(I)及华北陆块区(II)两个一级大地构造单元(图 1、表 1)。北部二级大地构造单元属包尔汉图-温都尔庙弧盆系(I-8),三级

收稿日期 2015-12-02 修回日期 2015-12-28 编辑 张哲

作者简介 韩晓平(1964—),男,高级工程师,从事区域地质矿产调查和矿区矿产勘查工作,通信地址 辽宁省大连市金州新区五一路 10 号, E-mail/zxy8008@163.com

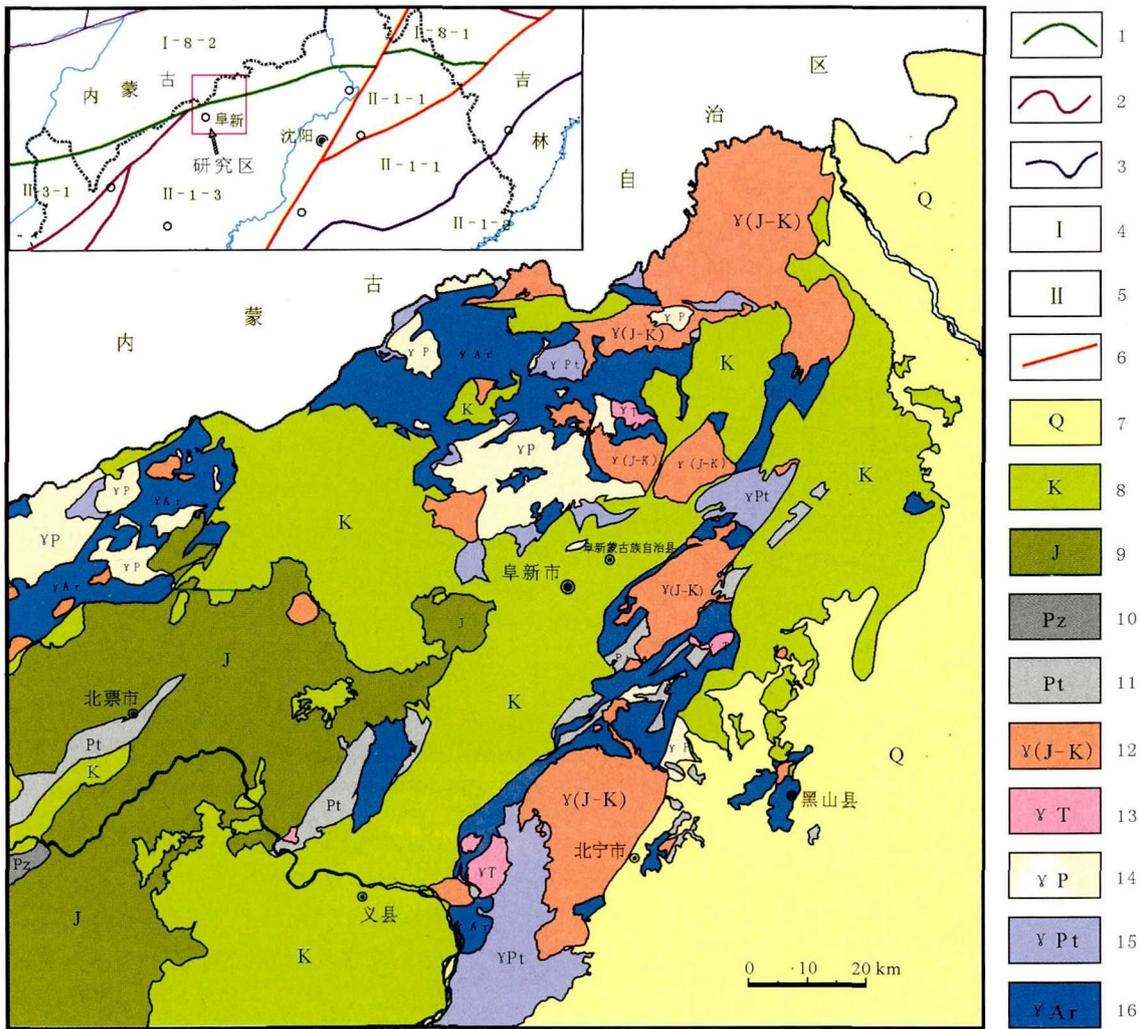


图 1 辽宁阜新地区地质简图

Fig. 1 Regional geological sketch map of Fuxin, Liaoning Province

1— 一级分区界线(boundary of Grade tectonic unit) ;2— 二级分区界线(boundary of Grade tectonic unit) ;3— 三级分区界线(boundary of Grade tectonic unit) ;4— 天山—兴蒙造山系(Tianshan-Xingan-Mongolia orogenic system) ;5— 华北陆块区(North China landmass) ;6— 走滑断裂(strike-slip fault) ;7— 第四系(Quaternary) ;8— 白垩系(Cretaceous) ;9— 侏罗系(Jurassic) ;10— 古生代(Paleozoic) ;11— 元古宇(Proterozoic) ;12— 侏罗—白垩纪侵入岩(Jurassic-Cretaceous intrusive rock) ;13— 三叠纪侵入岩(Triassic intrusive rock) ;14— 二叠纪侵入岩(Permian intrusive rock) ;15— 古生代侵入岩(Paleozoic intrusive rock) ;16— 太古宙侵入岩(Archean intrusive rock)

表 1 大地构造单元划分表

Table 1 The division of tectonic units

一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元
I 天山—兴蒙造山系	I-8 包尔汉图—温都尔庙弧盆系(P _{z2})	I-8-1 下二台—呼兰镇岩浆弧(P _{z2})
		I-8-2 温都尔庙俯冲增生杂岩带
II 华北陆块区	II-1 胶辽陆块	II-2-2 遵化—五台—太行山古岩浆弧(Ar ₃)(燕辽裂谷, Pt ₂)
	II-2 晋冀陆块	II-3-1 恒山—承德—建平古岩浆弧(Pt ₁)(冀北大陆边缘岩浆 P _{z2})
	II-3 大青山—冀北古弧盆系(Pt ₁)	

大地构造单元属温都尔庙俯冲增生杂岩带(I-8-2)南部二级大地构造单元属秦皇岛古岩浆弧(II-1-3). 通常认为紧邻研究区北部即为古亚洲洋闭合造山区.

研究区二叠纪侵入岩(γP)主要位于北部, 出露区域较大, 侵入太古宙变质深成岩(灰色片麻岩)及元古

宙侵入岩, 并被三叠纪侵入岩(γT)及侏罗纪—白垩纪侵入岩($\gamma J-K$)侵入, 被白垩系火山—沉积地层覆盖. 三叠纪侵入岩(γT)零星分布于南部, 侵入太古宙变质深成岩(灰色片麻岩)、元古宙侵入岩及元古界(Pt)地层, 并被侏罗纪—白垩纪侵入岩($\gamma J-K$)侵入, 被侏罗系、

白垩系火山-沉积地层覆盖.

2 TTG 岩类的识别

正确和有效地识别 TTG 岩类或岩石组合十分关键. 冯艳芳等^[5]总结了识别 TTG 岩类的两个步骤:首先,应用侵入岩 TAS 图解判别花岗岩类;然后,应用 An-Ab-Or 标准矿物分类命名识别 TTG 岩类. 本文按照这种方法收集研究区内二叠纪、三叠纪侵入岩 57 个样品进行 TTG 岩类的识别.

2.1 应用侵入岩 TAS 图解判别花岗岩类

将研究区二叠纪及三叠纪侵入岩样品主元素含量(表 2)投影在 TAS 分类图解上(图 2),选择落在图中 4、5 和 6 区的样品(即闪长岩、花岗闪长岩和花岗岩)进行 CIPW-norm 计算,计算结果中石英标准分子(Q-norm)>10%的岩类即为我们所指的花岗岩类.

2.2 应用 An-Ab-Or 标准矿物分类识别 TTG 岩类

将 TAS 图解中取得的花岗岩类样品的 CIPWAn-, Ab-, Or-norm% 折算成 An+Ab+Or=100% 时的含量,然后投影在 O'Conner (1965) An-Ab-Or 标准矿物分类图解(图 3)上. 从图 3 可以得出,研究区二叠纪、三叠纪侵入岩除了花岗岩(granite)外,均存在英云闪长岩

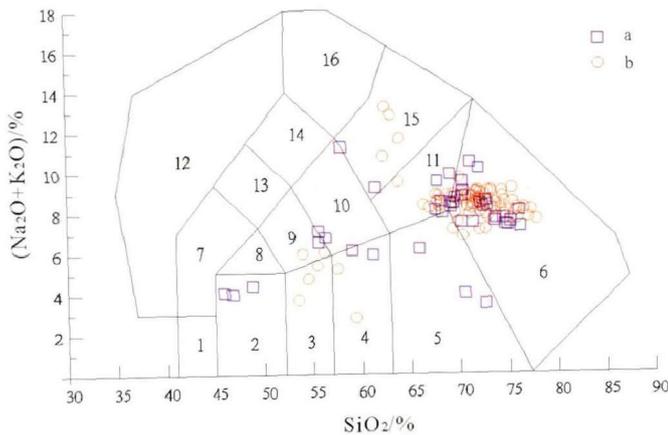


图 2 侵入岩 TAS 图解

(据 Middlemost, 1994)

Fig. 2 The TAS diagram of intrusive rocks

(After Middlemost, 1994)

- 1—橄榄辉长岩(peridotgabbro); 2—辉长岩(gabbro); 3—辉长闪长岩(gabbroic diorite); 4—闪长岩(diorite); 5—花岗闪长岩(granodiorite); 6—花岗岩(granite); 7—似长石辉长岩(foid gabbro); 8—二长辉长岩(monzogabbro); 9—二长闪长岩(monzodiorite); 10—二长岩(monzonite); 11—石英二长岩(quartz monzonite); 12—似长石岩(foidite); 13—似长石二长闪长岩(foid monzodiorite); 14—似长石二长正长岩(foid monzosyenite); 15—正长岩(syenite); 16—似长石正长岩(foid syenite); a—二叠纪侵入岩(Permian intrusive rock); b—三叠纪侵入岩(Triassic intrusive rock)

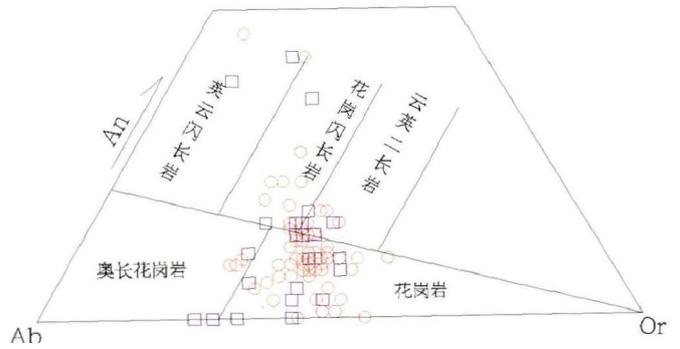


图 3 侵入岩 An-Ab-Or 分类图解

(据 O'Conner, 1965)

Fig. 3 The An-Ab-Or classification diagram for intrusive rocks

(After O'Conner, 1965)

(tonalite) — 奥长花岗岩 (trondhjemite) — 花岗闪长岩 (granodiorite) 组合, 即 $T_1T_2G_1G_2$ 岩石组合.

3 地质意义探讨

本研究通过应用侵入岩 TAS 图解及 An-Ab-Or 标准矿物分类命名图解有效地在研究区识别出 $T_1T_2G_1G_2$ 岩石组合(图 3). 这样研究区在空间上从北到南, 在时间上从二叠纪到三叠纪均较好地体现了 $T_1T_2G_1G_2$ 组合从英云闪长岩→奥长花岗岩→花岗闪长岩→花岗岩组合的组成极性, 是北部古亚洲洋板块俯冲作用的区域性及阶段性演化的一个有力证据(图 4). 辽宁阜新地区二叠纪—三叠的 TTG 岩石组合出露区域较小, 其主体在北部. 古亚洲洋板块向华北板块俯冲期, 俯冲的板片在一定的深度发生部分熔融而形成 TTG 侵入岩组合, 岩浆演化具 Tdj 特征(图 5). TTG 岩类不但是不成熟的新生陆壳的组成部分, 而且又是成熟陆壳花岗岩(狭义)的源区岩石^[6]. 因此在 TTG 侵入岩期之后形成了以花岗岩为主的侵入岩组合, 具 CA (钙碱性)演化特征(图 5).

辽西地区在古生代古亚洲洋聚合-碰撞, 与此同时发生大规模岩浆侵入, 岩浆演化特点与大地构造背景密切相关, 不同构造背景具有不同的演化特征. 造山前以四合顺地区岩体为代表, 岩浆演化由超基性—基性—中性, 由钙、铁、镁质向钠质演化, 钙碱系列和拉斑

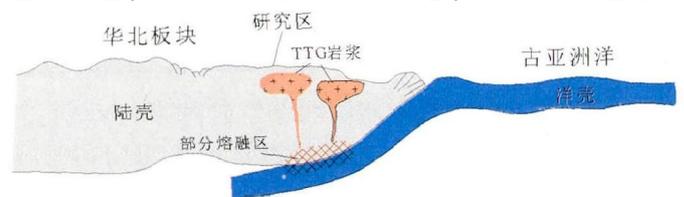


图 4 TTG 侵入岩形成模式图

Fig. 4 Formation model for the TTG intrusive rocks

表 2 侵入岩氧化物含量
Table 2 Oxide contents of the intrusive rocks

序号	TAS 图 岩石名称	An-Ab-Or 图 岩石名称	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	烧失量	Σ
1	二长岩		55.7	0.76	18.95	0	7.51	0.1	1.93	4.67	4.88	2.21	0.51	0	97.22
2	花岗岩	花岗岩	70.41	0.24	13.38	0.6	2.59	0.12	0.22	1.16	4.48	5	0.04	0	98.24
3	花岗岩	花岗闪长岩	69.5	0.17	14.43	0.77	2.44	0.12	0.39	2.31	4.65	3.75	0.11	0	98.64
4	二长闪长岩		55.68	1.24	16.91	0	8.47	0.12	2.83	5.93	4.43	2.09	0.82	0	98.52
5	二长岩		56.4	1.27	16.95	0	7.87	0.11	2.2	5.09	4.56	2.2	0.71	0	97.36
6	花岗岩	花岗岩	70.46	0.24	14.23	2.46	0.93	0.11	0.1	0.72	4.24	4.78	0.24	0	98.51
7	花岗岩	奥长花岗岩	70.48	0.29	14.58	0.6	2	0.01	1.21	0.96	4.28	3.09	0.1	1.03	98.63
8	花岗岩		71.1	0.09	15.47	0.61	0.93	0.01	0.76	0.02	6.75	3.68	0.04	0.35	99.81
9	闪长岩	英云闪长岩	59.12	0.6	18.75	0	6.27	0.09	2.03	4.76	4.62	1.5	0.38	0	98.12
10	辉长岩		45.94	1.48	16.5	7.49	6.71	0.18	4.4	10.88	3.03	1.03	0.22	0	97.86
11	花岗岩	花岗岩	70.72	0.35	14.81	2.74	0.72	0.06	0.18	1.02	3.85	4.95	0.14	0.93	100.47
12	花岗闪长岩	花岗闪长岩	65.56	0.41	15.47	2.26	2.51	0.11	1.38	3.69	2.99	3.15	0.25	1.68	99.46
13	石英二长岩		67.82	0.26	16.7	1.63	0.4	0.12	0.53	1.16	3.34	6.16	0.16	0	98.28
14	花岗岩	花岗岩	72.22	0.3	13.53	1.02	1.52	0.08	0.71	1.58	3.94	4.5	0.07	0	99.47
15	辉长岩		46.81	1.24	8.34	12.89	6.19	0.15	5.55	12.47	2.89	1.1	0.35	0	97.98
16	花岗岩		72.3	0.2	14.46	1.33	0.57	0.03	1.59	0.05	5.09	3.15	0.09	0.85	99.71
17	辉长岩		48.84	0.9	16.91	4.06	5.35	0.1	4.91	7.58	3.58	0.81	0.35	0	93.39
18	闪长岩	英云闪长岩	61.71	0.68	16.77	2.47	3.06	0.15	2.36	5.7	3.25	2.68	0.26	1.67	100.76
19	花岗岩	花岗闪长岩	69.22	0.36	14.12	1.99	1.92	0.08	0.89	2.06	3.86	4.38	0.2	0	99.08
20	花岗闪长岩		70.55	0.369	14.18	2.58	0	0.045	0.39	0.59	3.967	0	5.06	0	97.73
21	花岗岩	花岗闪长岩	70.32	0.24	15.21	1.6	1.08	0.05	0.64	1.52	3.68	3.8	0.15	0	98.29
22	花岗岩	云英二长岩	74.8	0.13	13.45	1.05	1.22	0.05	0.05	1.24	3.04	4.34	0.09	0	99.46
23	花岗岩	云英二长岩	75.02	0.11	12.96	0.44	1.37	0.02	0.25	1.1	3.22	4.12	0.06	0	98.67
24	石英二长岩		69.2	0.3	14.94	2.98	0.72	0.06	0.65	1.34	4.28	4.17	0.31	0	98.95
25	花岗岩	花岗岩	73.2	0.22	14.17	1.42	0.68	0.04	1.02	0.55	4.81	3.55	0.08	0.62	100.36
26	花岗岩	花岗岩	75.3	0.06	13.74	0.33	0.72	0.01	0.02	0.83	3.4	4.12	0.04	0	98.57
27	花岗岩	花岗岩	73.84	0.2	14.89	1.06	0.6	0.01	0.7	0.05	4.34	3.22	0.06	1.19	100.16
28	石英二长岩		69.18	0.14	13.64	4.28	1.72	0.08	0.28	0.92	5	4.85	0.03	0	100.12
29	花岗岩	花岗岩	72.12	0.06	13.01	1.24	2.3	0.16	0.44	0.85	5.15	5	0.03	0	100.36
30	二长岩		58.08	1.18	16.92	3.65	2.61	0.1	2.3	1.15	4.38	6.84	0.43	0	97.64
31	正长岩		61.39	0.99	15.44	2.63	3.85	0.041	0.04	4.96	4.38	4.82	0.31	0.87	99.72
32	石英二长岩		68.02	0.47	15.74	1.59	1.75	0.05	0.93	1.94	4.21	3.73	0.18	0.93	99.54
33	石英二长岩		68.24	0.31	15.64	1.53	1.4	0.07	0.92	2.21	4.23	4.28	0.17	0	99
34	花岗岩	花岗岩	69.68	0.29	14.88	1.37	1.58	0.05	0.66	1.49	4.22	4.48	0.24	0	98.94
35	石英二长岩		67.62	0.42	15.49	1.66	2.08	0.09	0.85	2.32	3.76	4.32	0.22	0	98.83
36	花岗岩	花岗岩	76.32	0.05	13.03	0.61	0.86	0.05	0.1	0.66	2.91	4.34	0.04	0	98.97
37	石英二长岩		67.94	0.44	15.43	2.38	1.42	0.08	0.96	2.16	4.28	3.61	0.24	0	98.94
38	辉长闪长岩		55.58	0.62	20.49	3.38	3.3	0.06	5.67	2.66	2.24	3.14	0.42	0	97.56
39	花岗岩	花岗岩	76.64	0.08	12.44	0.82	0.5	0.08	0.18	0.82	3.78	4.24	0.1	0	99.68
40	花岗岩	花岗闪长岩	74.76	0.2	13.36	1.25	0.2	0.09	0.12	1.3	3.91	3.94	0.1	0	99.23
41	花岗闪长岩	花岗闪长岩	69.48	0.26	12.98	2.45	1.32	0.08	1.31	2.21	4	3.15	0.17	0	97.41
42	花岗岩	花岗岩	73.4	0.01	13.32	0.76	1.58	0.1	0.64	0.58	4.8	4.16	0.02	0	99.37
43	花岗岩	花岗岩	74.77	0.01	12.65	0.47	1.72	0.12	1.02	0.46	4.6	3.9	0.01	0	99.73
44	花岗岩	奥长花岗岩	70.85	0.8	13.66	1.14	2.12	0.08	0.5	1.73	5.2	3.4	0.06	0	99.54
45	花岗岩	奥长花岗岩	71.12	0.01	14.15	0.99	1.58	0.08	0.33	1.46	5.2	3.64	0.04	0	98.6
46	花岗岩	奥长花岗岩	72.06	0.01	13.57	0.91	1.72	0.08	1	1.08	5.08	3.56	0.02	0	99.09
47	花岗岩	云英二长岩	70.85	0.8	13.66	1.14	2.12	0.08	0.5	1.73	3.4	5.2	0.06	0	99.54
48	花岗岩	花岗岩	72.06	0.01	13.57	0.91	1.72	0.08	1	1.08	3.56	5.08	0.02	0	99.09
49	花岗岩	花岗岩	76.34	0.1	12.23	0.62	1.27	0.03	0.04	0.4	3.41	4.72	0.01	0.32	99.49
50	花岗岩	花岗岩	76.24	0.16	12.65	0.59	0.48	0.01	0.12	0.2	3.9	3.7	0.02	0.75	98.82
51	花岗岩	花岗岩	74.9	0.16	13.2	0.71	0.48	0.03	0.08	0.2	3.74	4.66	0.02	0.89	99.07
52	花岗岩	花岗岩	74.3	0.08	13.92	1.41	0.81	0.04	0.1	0.72	4.28	4.08	0.16	0	99.9
53	花岗岩	花岗岩	77.4	0.1	11.86	0.86	0.33	0.05	0.29	0.72	3.53	4.56	0.05	0	99.75
54	花岗岩	花岗岩	74.41	0.06	13.67	0.28	1.48	0.03	0.08	0.76	4.54	4.44	0.019	0.1	99.87
55	花岗岩	花岗岩	71.9	0.2	14.56	0.77	1.29	0.03	0.29	1.29	4.22	4.77	0.07	0.71	100.1
56	花岗岩	花岗岩	73.69	0.25	14.39	0.32	1.45	0.04	0.29	0.65	3.92	4.21	0.08	0.65	99.94
57	花岗岩	花岗岩	69.99	0.28	16.64	0.61	1.1	0.06	0.23	0.32	4.94	4.71	0.05	0.85	99.78

序号 1~36 样品时代为二叠纪, 37~57 为三叠纪. 含量单位: % (质量分数).

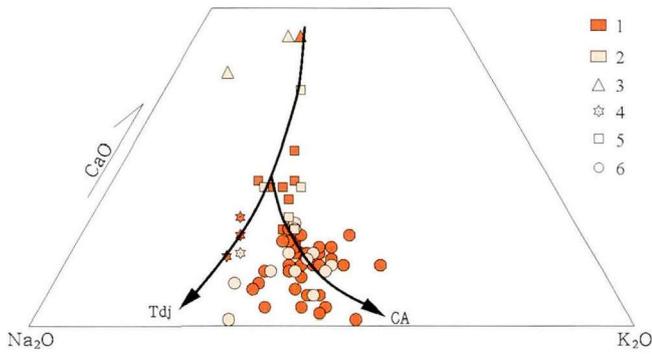


图5 侵入岩 CaO-Na₂O-K₂O 图解

Fig. 5 The CaO-Na₂O-K₂O diagram of intrusive rocks

1—三叠纪 (Triassic) 2—二叠纪 (Permian) 3—英云闪长岩 (tonalite, T₁) 4—奥长花岗岩 (trondhjemite, T₂) 5—花岗闪长岩 (granodiorite, G₁) ; 6—花岗岩 (granite, G₂) ; Tdj—奥长花岗岩演化趋势 (trondhjemite evolution trend) ; CA—钙碱性演化趋势 (calcium alkaline evolution trend)

玄武岩系列双峰式演化特点,与拉张构造背景岩浆演化相吻合;大洋俯冲期以阜新地区 TTG 岩石组合为代表,造山期以大三家子石英闪长岩-闪长岩、西丰-清河镇花岗闪长岩-二长花岗岩及建平镇二长花岗岩为代表,岩浆演化由中性—中酸性—酸性,由钙质—钠质—钾质,并具明显钙碱性演化特点;造山后期岩浆演化由钠质向钾质,具钙碱性演化趋势,显示与造山期岩浆演化构造背景呈继承性特点。

4 结论

应用侵入岩 TAS 图解及 O'Conner (1965) An-Ab-Or 标准矿物分类命名图解有效地在辽宁阜新区识别出 T₁T₂G₁G₂ 岩石组合,在时间及空间上较好地体现了岩石组合的极性,其主体在北部,是北部古亚洲洋板块俯冲作用的区域性及阶段性演化的一个有力证据。TTG 岩石组合与金及金铜矿床的形成密切相关,正确和有效地识别 TTG 岩类或岩石组合,为研究区寻找该类矿产提供了有利的线索。

参考文献:

- [1] 邓晋福,罗照华,苏尚国,等. 岩石成因、构造环境与成矿作用[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [2] 邓晋福,肖庆辉,苏尚国,等. 火成岩组合与构造环境讨论[J]. 高校地质学报,2007,13(3):392—402.
- [3] 吴鸣谦,左梦璐,张德会,等. TTG 岩套的成因及其形成环境[J]. 地质论评,2014,60(3):503—504.
- [4] 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.
- [5] 冯艳芳,邓晋福,肖庆辉,等. TTG 岩类的识别:讨论与建议[J]. 高校地质学报,2011,17(3):406—414.
- [6] 邓晋福,罗照华,苏尚国,等. 岩石成因、构造环境与成矿作用[M]. 北京:地质出版社,2004.