河北省赤城县温泉环斑花岗岩的地质特征及形成时代

刘振锋[1,2]　王继明[3]　吕金波[3]　郑桂森[3]
(1.中国地质图书馆,北京　100083;2.北京大学地球与空间科学学院,北京　100871;
3.北京市地质调查研究院,北京　102206)

提要:温泉环斑花岗岩分布于河北省赤城县温泉一带,面积约 50km²。在 1:25 万延庆县幅区域地质调查工作的基础上,笔者研究了该岩体的产出状况、侵入关系等地质特征。结合岩石学、地球化学及同位素年龄等证据,探讨了温泉环斑花岗岩的形成时代。研究表明,该岩体为富钾、过铝、高铁、低钙、低镁 A 型花岗岩,形成于中元古代,相当于长城纪大红峪期,与北京市密云县沙厂环斑花岗岩可以对比。同时也为华北板块基底的克拉通化时间及其在中元古代发生的裂解事件提供了岩石学及同位素年龄依据。

关　键　词:环斑花岗岩;中元古代;赤城;河北
中图分类号:P588.12⁺1;P597⁺.3　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-3657(2006)05-1052-07

1　地质特征

温泉环斑花岗岩出露于河北省赤城县西侧温泉—小赵家沟一带(图 1)。岩体呈北西向产出,形态不规则,出露长度约 17 km,宽约 3 km,面积约 50 km²。南侧侵入于中太古代崇礼岩群;西南侧及西侧分别侵入于小张家口辉石岩体、后沟正长岩体、石垛口石英二长岩体、小赵家沟正长岩体;西北端以高角度深大断裂与崇礼岩群接触;北部及东部则被第四系覆盖。在温泉水库一带可见温泉环斑花岗岩侵入于古元古代西栅子变质二长花岗岩,并被下—中侏罗统下花园组不整合覆盖。西栅子变质二长花岗岩因受韧性剪切变形变质作用,岩石强烈变形,形成糜棱岩、构造片岩等绿片岩相岩石,但温泉环斑花岗岩体未发生任何韧性剪切变形。下花园组含煤地层压覆在温泉环斑花岗岩之上,二者接触部位岩体发育古风化壳,上覆地层未有任何烘烤变质现象。

温泉环斑花岗岩与上述岩体共同组成了中元古代赤城—古北口双峰式深成岩带的西端[1]。该深成岩带的产出和分布严格受尚义—崇礼—赤城—丰宁深断裂和崇礼—古北口深断裂的控制,是研究华北地区中元古代岩浆活动及陆壳发展演化的重要地带。

2　岩石学特征

温泉环斑花岗岩呈肉红色,环斑结构及似斑状结构。斑晶为钾长石,呈卵球形,不规则形,以卵球形者居多,有时具有斜长石外环,有时也见钾长石和石英、斜长石、黑云母共同组成外环。斑晶由一个或几个钾长石晶体构成,最大直径可达 10 cm❶,一般为 1~2 cm。斑晶内常包裹有斜长石及暗色矿物黑云母和磁铁矿等包体。钾长石为微斜条纹长石,斜长石外环为奥长石,厚 1 mm 左右。基质由中粗粒钾长石、斜长石、石英和黑云母组成,石英则呈颗粒状,最大可达 1 cm,一般为 0.2~0.4 cm。黑云母常聚集成团块,但融蚀强烈,包裹有锆石、磷灰石等副矿物。矿物的组成为:钾长石 60%,斜长石 10%,石英 20%,黑云母及其他矿物 10%。温泉环斑花岗岩的外貌与赤城东部红沙梁环斑花岗岩的外貌基本一致。与北京市密云县沙厂环斑花岗岩相比,钾长石球斑个体较小,且多为近球形钾长石单晶,斜长石外环较少,同时基质粒度偏细,含暗色矿物多,并有较强的绿泥石化,显示了相对快速冷凝结晶的特点[1]。

收到日期:2005-08-18;**改回日期**:2006-03-13
地调项目:中国地质调查局地质大调查项目(K50C004002;20001300005031)资助。
作者简介:刘振锋,男,1962 年生,博士生,高级工程师,主要从事地学研究工作;E-mail:zhfliu@ sohu.com。
❶白志达等.1:20 万赤城幅区域地质调查报告,1990.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

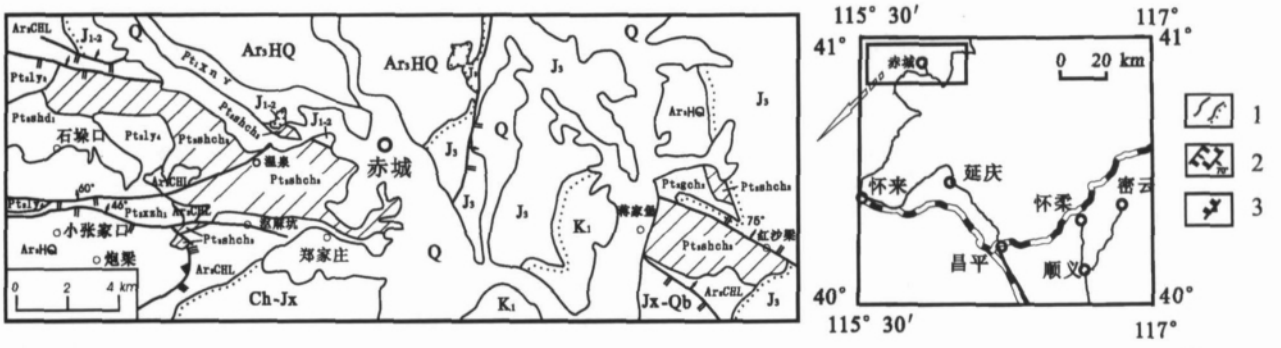

图 1　工作区交通位置及河北省赤城县一带地质图

Q—第四系;K_1—下白垩统;J_3—上侏罗统;J_{1-2}—下—中侏罗统;Jx—Qb—蓟县系—青白口系;Ch-Jx—长城系—蓟县系;Ar_3HQ—红旗营子岩群;Ar_3CHL—崇礼岩群;Pt_2shch—中元古代沙厂环斑花岗岩单元(2 号为红沙梁环斑花岗岩体,3 号为温泉环斑花岗岩体);Pt_2ly—中元古代兰营石英正长岩单元(2 号为王家窑正长岩体,3 号为小赵家沟正长岩体,4 号为后沟正长岩体);Pt_2shd—中元古代石梯口二长岩单元(1 号为石梯口石英二长岩体,3 号为大南山角闪二长岩体);Pt_2gch—中元古代鸽岔沟辉石闪长岩单元(2 号为戴家沟辉石闪长岩体);Pt_2xzh—小张家口辉石岩单元(1 号为小张家口辉石岩体);$Pt_1\chi\eta\gamma$—西栅子变质二长花岗岩;1—整合地质界线/不整合地质界线;2—正断层/逆断层;3—逆冲式韧性断层

Fig.1　Location map of the study area and geology of the Chicheng area, Hebei Province

Q–Quaternary; K_1–Lower Cretaceous; J_3–Upper Jurassic; J_{1-2}–Lower–Middle Jurassic; Jx–Qb–Jixianian–Qingbaikouan systems; Ch–Jx–Changchengian–Jixianian systems; Ar_3HQ–Hongqiyingzi Group–complex; Ar_3CHL–Chongli Group–complex; Pt_2shch– Mesoproterozoic Shachang Rapakivi granite unit (2 represents the Hongshaliang Rapakivi granite and 3 represents Wenquan Rapakivi granite); Pt_2ly–Mesoproterozoic Lanying quartz syenite unit(2 represents Wangjiayao syenite, 3 represents the Xiaozhaojiagou syenite and 4 represents the Hougou syenite); Pt_2shd–Mesoproterozoic Shiduokou monzonite unit(1 represents the Shiduokou quartz monzonite and 3 represents the Dananshan hornblende monzonite); Pt_2gch–Mesoproterozoic Gechagou pyroxene diorite unit(2 represents the Daijiagou pyroxene diorite); Pt_2xzh–Mesoproterozoic Xiaozhangjiakou pyroxenite unit(1 represents the Xiaozhangjiakou pyroxenite); $Pt_1\chi\eta\gamma$ –Xizhazi metamonzogranite; 1–Conformable/unconformable geological boundary; 2–Normal fault/thrust fault; 3– Thrust ductile fault

3　地球化学特征

根据本次工作及前人资料❶[1],温泉环斑花岗岩的平均化学成分(表 1)K_2O+Na_2O 含量可达 9.38%,而 K_2O 含量高达 6.04%。$K_2O/Na_2O=1.81$,$K_2O/(K_2O+Na_2O)=0.64$,$Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)=1.29$,$Fe/Mg=7.01$。因此,温泉环斑花岗岩以富钾、过铝、高铁为特征,其钾长石含量 50%~60%,而 K_2O 含量 5.93%~6.16%,显然高于世界花岗岩平均值(4.07%)和中国花岗岩平均值 (4.03%)[2],而与红沙梁环斑花岗岩(4.18%~5.61%)和沙厂环斑花岗岩(5.51%~5.80%)相近。

在硅–碱变异图上(图 2),温泉环斑花岗岩与沙厂环斑花岗岩投影在流纹岩区,而红沙梁环斑花岗岩投影在粗面岩区,但非常接近流纹岩区,3 种环斑花岗岩都投影在非碱性岩石区。另外,3 种环斑花岗岩的 δ(里特曼指数)分别为:3.30(温泉环斑花岗岩)、3.01(红沙梁环斑花岗岩)和 3.12(沙厂环斑花岗岩)。按岩浆岩分类[3],温泉环斑花岗岩属于碱性岩石,而红沙梁环斑花岗岩和沙厂环斑花岗岩属于钙碱性岩石(δ <3.30)。

经分析❶[1],温泉环斑花岗岩稀土元素含量平均值(表 1):La 为 123.32×10^{-6},Ce 259.88×10^{-6},Pr 24.44×10^{-6},Nd 104.19×10^{-6},Sm 17.01×10^{-6},Eu 1.88×10^{-6},Gd 11.89×10^{-6},Tb 2.11×10^{-6},Dy 9.89×10^{-6},Ho 1.89×10^{-6},Er 5.05×10^{-6},Tm 0.77×10^{-6},Yb 4.13×10^{-6},Lu 0.75×10^{-6},Y 46.06×10^{-6},而 REE 含量达 613.26×10^{-6}。其稀土元素含量及稀土元素配分曲线与红沙梁环斑花岗岩和沙厂环斑花岗岩也具有较大的可比性,尤其与沙厂环斑花岗岩极为一致(图 3,稀土元素标准化处理采用了 Boynton 等 1984 年推荐的数值[4])。轻稀土为球粒陨石的 92~432 倍,曲线向右陡倾。而重稀土为球粒陨石的 14~49 倍,曲线非常平缓。反映温泉环斑花岗岩具有轻稀土富集,Eu 亏损的特点。

温泉环斑花岗岩 Zr 含量达 262.5×10^{-6},Ga 含量达 17.95×10^{-6},10 000×Ga/Al=2.72。与钾关系密切的微量元素 Rb(187.5×10^{-6})、Ba(715×10^{-6})等含量较高。稀土元素的高含量与岩石较高的碱度密切相关,其原因可能与岩浆来源于地壳深部和上地幔有关[5]。

典型的环斑花岗岩以其发源地芬兰南部 Wiborg 研究

❶白志达,等.1:20 万赤城幅区域地质调查报告,1990.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 环斑花岗岩化学成分及稀土元素、微量元素含量分析

Table 1 Analyses of chemical components, REE and trace elements of rapakivi granites

化学成分 (10^{-2})	沙厂					红沙梁			温泉				
	郁[1]	郁[3]	郁❶		平均	白❷	本次	平均	钱❸		郁[1]	本次	平均
SiO_2	67.93	68.69	69.20	66.99	68.20	66.84	67.8	67.32	69.93	67.36	72.01	69.35	69.66
TiO_2	0.62	0.40	0.60	0.50	0.53	0.43	0.53	0.48	0.35	0.35	0.34	0.37	0.35
Al_2O_3	14.64	14.55	14.64	14.91	14.69	13.80	14.48	14.14	13.17	14.19	13.09	13.70	13.54
Fe_2O_3	1.42	0.40	1.82	1.30	1.24	1.00	2.01	1.51	2.72	2.44	1.30	2.29	2.19
FeO	2.51	1.37	1.89	2.03	1.95	4.08	2.42	3.25	1.59	1.62	1.67	1.59	1.62
MnO	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.11	0.09	0.10	0.08	0.05	0.07	0.07	0.07
MgO	0.49	0.56	0.44	0.46	0.49	0.35	0.42	0.39	0.64	0.98	0.31	0.69	0.66
CaO	1.96	1.80	1.30	1.90	1.74	2.42	1.44	1.93	0.98	1.66	0.75	1.13	1.13
K_2O	5.63	5.51	5.80	5.80	5.69	4.18	5.61	4.90	6.16	5.93	5.98	6.10	6.04
Na_2O	3.16	3.20	3.06	3.30	3.18	3.56	3.74	3.65	3.00	4.14	2.85	3.38	3.34
P_2O_5	0.16	0.16	0.16	0.14	0.16	0.05	0.12	0.09	0.11	0.09	0.08	0.10	0.10
稀土元素含量 (10^{-6})													
La	146.4	118.9	131.8	109.8	126.72	108.00	84.71	96.36	127.80	101.20	146.0	118.27	123.32
Ce	314.3	245.4	293.9	244.9	274.63	230.00	156.8	193.40	263.00	217.50	303.00	256.00	259.88
Pr						26.92	12.62	19.77	29.07	20.53		23.71	24.44
Nd	125.8	118.7	133.5	107.9	121.48	105.00	50.49	77.75	118.60	88.77	112.00	97.38	104.19
Sm	19.5	20.2	21.0	17.6	19.58	18.64	7.94	13.29	19.73	15.21	16.90	16.21	17.01
Eu	3.27	3.3	3.3	3.59	3.37	2.42	1.82	2.12	2.13	2.29	1.22	1.88	1.88
Gd	11.7	13.6	13.1	10.3	12.18	12.2	5.90	9.05	14.13	11.54	9.40	12.49	11.89
Tb						1.79	0.99	1.39	2.22	2.07		2.05	2.11
Dy						11.00	4.29	7.65	11.87	8.54		9.25	9.89
Ho						2.25	0.76	1.51	2.17	1.75		1.76	1.89
Er						6.27	2.17	4.22	6.31	4.06		4.78	5.05
Tm						0.79	0.29	0.54	0.93	0.66		0.72	0.77
Yb	5.1	5.2	3.9	4.4	4.65	5.67	1.74	3.71	6.15	4.40	1.40	4.58	4.13
Lu	0.8	0.8	0.6	0.7	0.73	0.63	0.25	0.44	1.06	0.61	0.60	0.72	0.75
Y	48.6	48.2	42.8	43.2	45.70	56.25	16.7	36.48	61.09	35.51	45.50	42.15	46.06
微量元素含量 (10^{-6})													
Cr	68.4	30.6	68.0	68.0	58.75		4.30	4.30			13.10	<4	8.55
Ni	10.0	7.4	4.0	4.0	6.35		6.10	6.10			10.00	9.30	9.65
V	22.8	10.3	19.6	21.4	18.53		3.30	3.30			13.10	2.10	7.60
Ba	2746.0	2113.0	2391.0	3152.0	2600.5		1763.0	1763.0			122.0	1308.0	715.00
Ga	21.4	23.9	19.8	22.0	21.78		21.00	21.00			14.90	21.00	17.95
Sr	477.0	314.0	383.0	550.0	431.00		264.00	264.00			142.00	158.00	150.00
Rb	165.0	173.0	172.0	172.0	170.50		128.00	128.00			185.00	190.00	187.50
Nb	20.0	19.0	22.0	17.0	19.50		27.00	27.00			27.00	26.00	26.50
Zr	187.0	393.0	416.0	415.0	352.75		439.00	439.00			332.00	193.00	262.50
Hf	17.0		15.0	16.0	16.00		14.00	14.00			13.00	6.40	9.70
Th	12.0		8.0	5.0	8.33		9.50	9.50			9.00	8.70	8.85
Ta	10.0		10.0	10.0	10.00		1.40	1.40			10.00	1.30	5.65

注：由中国地质科学院地质研究所国家地质实验测试中心秦红等测试。

❶郁建华，付会芹，张凤兰，等.中元古代北京附近环斑花岗岩套的深成与火山作用，1993.

❷白志达，等. 1:20 万赤城幅区域地质调查报告，1990.

❸钱会文，等. 1:5 万镇宁堡幅、赤城幅区域地质调查报告，河北地矿局区调三队，1993.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

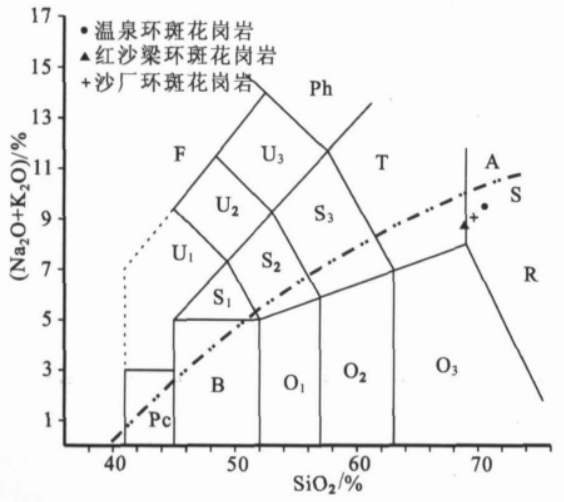

图 2 环斑花岗岩 TAS 分类图解(据 IUGS,1989)

Pc—镁玄武岩;B—玄武岩;O_1—玄武安山岩;O_2—安山岩;O_3—英安岩;R—流纹岩;S_1—粗面玄武岩;S_2—玄武粗面安山岩;S_3—粗面安山岩;T—粗面岩、粗面英安岩;U_1—碧玄岩、碱玄岩;U_2—响质碱玄岩;U_3—碱玄质响岩;Ph—响岩;F—副长石岩

Fig.2 TAS classification diagram of rapakivi granites (after IUGS, 1989)

Pc–magnesian basalt; B–basalt; O_1– basaltic andesite; O_2– andesite; O_3–dacite; R–rhyolite; S_1–trachybasalt; S_2–basaltic trachyandesite; S_3–trachyandesite; T–trachyte and trachydacite; U_1–basanite and tephrite; U_2–phonoli tictephrite; U_3–tephritic phonolite; Ph–phonolite; F–feldspathoidite

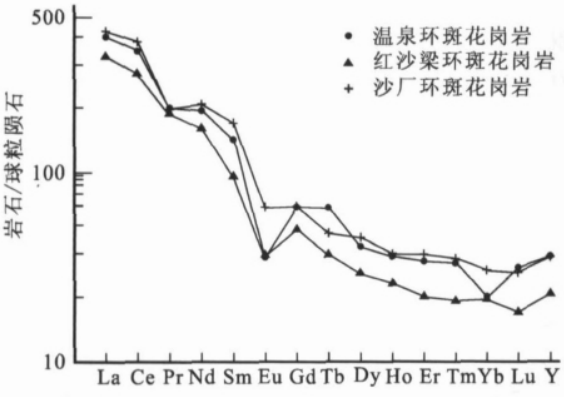

图 3 环斑花岗岩稀土元素含量对比

Fig.3 Comparison of REE contents of rapakivi granites

最为详尽[6-8]。根据 Haapala 和 Ramo(1992)的定义,环斑花岗岩具有 A 型花岗岩,至少在大的复式岩体中的一期中具有环斑结构。据研究,典型的环斑花岗岩为偏铝到过铝质的,Si、K、F、Rb、Ga、Zr、Hf、Th、Zn、REE(Eu 除外)含量较高,K/Na、Fe/Mg 比值也较高。而 Ca、Mg、Al、P、Sr 等成分低[9]。

如前所述,温泉环斑花岗岩 K_2O 含量高达 6.04%,K_2O/Na_2O=1.81,$K_2O/(K_2O+Na_2O)$=0.64, $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$=1.29,Fe/Mg=7.01,为富钾、过铝、高铁、低钙、低镁花岗岩。

在 10 000×Ga/Al 对(K_2O+Na_2O)、(K_2O+Na_2O)/CaO、K_2O/MgO、和 Zr 图解上[9](图 4),温泉环斑花岗岩与红沙梁环斑花岗岩、沙厂环斑花岗岩一样都投影在 A 型花岗岩区域内,而且大多数的投影点靠近 A 型花岗岩平均位置点,充分说明上述环斑花岗岩具有 A 型花岗岩的岩石地球化学特征。另外,在微量元素 Y–Nb 图解及 Y+Nb–Rb 图解(图 5)上,上述环斑花岗岩都投影在板内花岗岩(WPG)区。由此可见,这些环斑花岗岩都发育于非造山的环境中。

近年来的研究[8,10]发现,环斑花岗岩也可以出现在造山环境中,也有的环斑不太发育,其岩石类型也可以属于 A 型与 I 型过渡带的,甚至 A 型与 S 型过渡带的,反映了岩浆活动的复杂性及大地构造位置的差异。

4 同位素年龄

本次工作选送的岩石样品,由中国地质科学院地质研究所同位素实验室采用先进的单颗粒锆石蒸发–沉积法进行同位素年龄测定,获得了(1721±3)Ma 年龄(表 2)。

前人❶也曾对该岩体进行过同位素年龄测定,获得 K–Ar 法年龄为(198.42±3.51)Ma,年龄明显偏小。而属同一岩浆岩带的北京怀柔区北部兰营石英正长岩的锆石 U–Pb 年龄为(1790±24)Ma[1]。近年来的实践证明,全岩 K–Ar 法所测年龄值一般明显偏小,代表性很差。单矿物黑云母、角闪石采用 K–Ar 法测试,所获年龄值也均偏小。单矿物锆石采用 U–Pb 法测试年龄,与地质认识相符或接近,数值较为理想可靠。

5 结 论

如上所述,温泉环斑花岗岩是一套富钾、过铝、高铁、低钙、低镁 A 型花岗岩,形成于中元古代,具环斑结构。无论是从岩石外貌,结构构造,还是从岩石化学成分、稀土元素含量、微量元素特征等方面来看,都可与密云沙厂环斑花岗岩及赤城红沙梁环斑花岗岩进行对比。

在温泉环斑花岗岩的周边,分布有基性岩体(小张家口辉石岩体)及众多的酸性岩体(石垛口石英二长岩体、大南山角闪二长岩体、王家窑正长岩体、小赵家沟正长岩体、后沟正长岩体等),构成了典型的双峰式岩石组合。其发育和分布严格受尚义—崇礼—赤城—丰宁深断裂和崇礼—古北口深断裂的控制,组成了中元古代赤城–古北口双峰式深成岩带的西端。

前人在对温泉环斑花岗岩形成时代的认识上有很大不同。钱会文等❷、牛树银等[11]认为是海西期,依据是该岩体侵入

❶钱会文,等.1:5 万镇宁堡幅、赤城幅区域地质调查报告.河北地矿局区调三队,1993.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

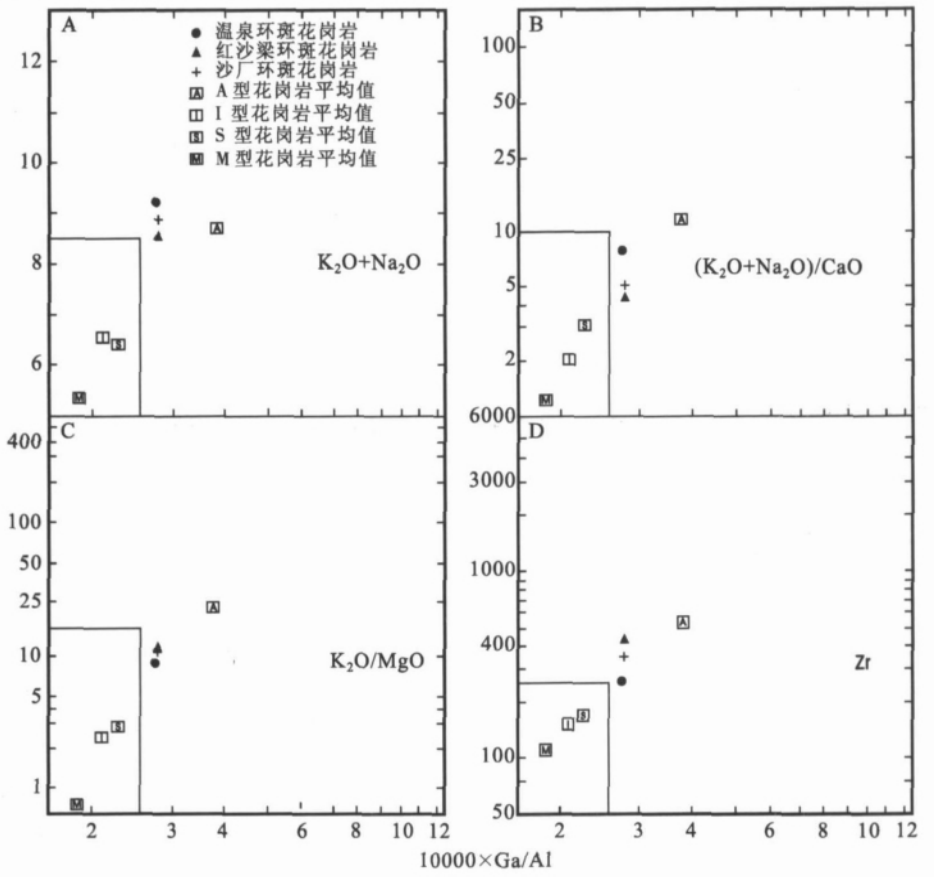

图 4 10000×Ga/Al 对(K_2O+Na_2O)、(K_2O+Na_2O)/CaO、K_2O/MgO 和 Zr 图解(据 J. B. Whalen, 1987)

Fig.4 Diagrams of 10000×Ga/Al vs (K_2O+Na_2O), (K_2O+Na_2O)/CaO, K_2O/MgO and Zr (after Whalen, 1987)

表 2 温泉环斑花岗岩锆石蒸发-沉积法年龄测定(TW1)

Table 2 Isotopic ages of the Wenquan Tapakivi granite obtained by zircon evapo-sedimentation method

编号 2	S	B	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	年龄/Ma	可见光（双目镜）下锆石特征
	1	6	0.0850±15	0.0998±15	0.0998±15	200 μm×100 μm，4 粒，紫色，长柱状，自形完好，表面平坦，无裂纹，无熔蚀，透明度高，无包裹体，具（110）、（111）晶面
	2	1	0.09030±60	0.10180±33	0.10180±33	
	3	4	0.09162±64	0.10339±59	0.10339±59	
	4	2	0.09277±42	0.10474±30	0.10474±30	
	5	3	0.09324±22	0.10537±15	0.10537±15 1721±3	

注：用 Kober 方法获得数据误差为 2σ；S 是锆石颗粒蒸发-沉积的某个阶段；B 是 Block 的数目，每个 Block 由 6 次扫描组成，其中 5 次参加 Block 平均值计算；铅同位素比值为原子比，年龄由放射成因($^{207}Pb/^{206}Pb$)计算得到；计算时采用的衰变常数为：$\lambda^{238}U=1.55125\times10^{-10}$ 年$^{-1}$，$\lambda^{235}U=9.8485\times10^{-10}$ 年$^{-1}$，$^{238}U/^{235}U$ 原子比为 137.88；锆石铅同位素测值通过在相似条件下测定美国铅标准 NBS981 进行了校正；由中国地质科学院地质研究所同位素实验室宋彪测定。

了下花园组，岩体的 K-Ar 法测年为(198.42±3.51)Ma。在与温泉斑状花岗岩同岩性、同结构构造的红沙梁斑状花岗岩中，全岩 K-Ar 法测年为(929.59±13.4)Ma，认为是青白口纪侵入体。白志达等●认为温泉环斑花岗岩可以与密云沙厂环斑花岗岩及芬兰环斑花岗岩对比。野外调查证实，温泉环斑花岗岩侵入了赤城地区小张家口辉石岩体及二长岩-正长岩杂岩体并被下—中侏罗统下花园组含煤地层不整合覆盖。下花园组之下发育古风化壳，上覆地层未有任何烘烤变质现

●白志达，等. 1:20 万赤城幅区域地质调查报告. 1990.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

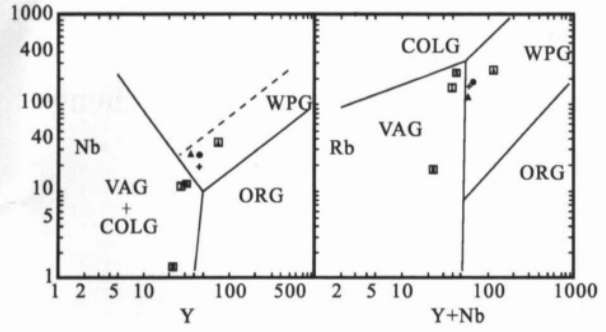

图 5　Y—Nb 与 Y+Nb—Rb 图解

COLG—同碰撞花岗岩;VAG—火山弧花岗岩;
ORG—洋脊花岗岩;WPG—板内花岗岩(其他符号同图 4)

Fig.5　Diagrams of Y vs. Nb and Y + Nb vs. Rb.

COLG-syncollision granite; VAG-volcanic arc granite;
ORG-oceanic ridge granite; WPG-within plate granite
(other symbols same as in Fig. 4)

象。本次研究采用单颗粒锆石蒸发-沉积法进行同位素年龄测定,获得(1721±3)Ma 年龄值,进一步确定了温泉环斑花岗岩的形成时代应为中元古代,与中元古代的大红峪火山活动期大致相当。温泉环斑花岗岩是构造-岩浆活化的产物,属于非造山裂谷环境,其产出标志着大陆火山构造形成的开始和下地壳的重熔,这种重熔是在地幔岩浆作用下进行的。

近年来,一些学者在柴达木盆地的北缘发现了鹰峰环斑花岗岩[12~13],具有 A 型花岗岩岩石地球化学特征,其锆石 U-Pb 同位素年龄为(1776±33)Ma,属于元古宙。沙厂、温泉、红沙梁及鹰峰环斑花岗岩的陆续发现,为华北板块基底的克拉通化时间及其在中元古代发生的裂解事件提供了岩石学依据,说明中国古大陆在古—中元古代之交的吕梁运动时曾发生过大陆的拼接。

致谢:在本文写作过程中,得到北京市地质调查研究院王增护高级工程师的大力帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献(References):

[1] 郁建华, 付会芹, 张凤兰, 等. 环斑花岗岩套的赤城-古北口深成岩带及元古代裂谷作用[J]. 华北地质矿产杂志,1994,9(1):34~46.
Yu Jianhua, Fu Huiqin, Zhang Fenglan, et al. The Chicheng-Gubeikou plutonic rock belt of rapakivi suite and Proterozoic rifting [J].Jour. Geol. & Min. Res. North China. 1994,9 (1):34~46 (in Chinese with English abstract).

[2] 邱家骧. 岩浆岩岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1985.
Qiu Jiaxiang. Magmatic Petrology [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1985(in Chinese).

[3] 郁建华, 付会芹, 张凤兰, 等. 元古代北京裂谷槽中钾质碱性火山-深成作用[J]. 中国区域地质,1994,(2):115~122.
Yu Jianhua, Fu Huiqin, Zhang Fenglan, et al. Petrogenesis of potassic alkaline volcanism and plutonism in a Proterozoic rift trough near Beijing [J].Regional Geology of China, 1994,(2):115~122(in Chinese with English abstract).

[4] 牟保磊. 元素地球化学[M]. 北京:北京大学出版社, 1999.
Mou Baolei. Geochemistry of elements [M]. Beijing: Peking University Press,1999(in Chinese).

[5] 檀国平. 奥长环斑花岗岩的特征及含矿性评价 [J]. 沈阳黄金学院学报,1996,15(4):308~316 .
Tan Guoping. Features of Rapakivi and evaluation of its ore potentiality [J]. Journal of Shenyang Institute of Gold Technology, 1996, 15(4):308~316 (in Chinese with English abstract).

[6] 赵风清. 参加芬兰地质考察总结(Ⅰ)——芬兰中部地块的后造山花岗岩 [J]. 前寒武纪研究进展,2000,23 (2):111~115 (in Chinese with English abstract).
Zhao Fengqing. Summary of the geological visit to Finland (Ⅰ) ——The post-orogenic granites of massif in Central Finland [J]. Progress in Precambrian Research,2000,23(2):111~115(in Chinese).

[7] 赵风清. 参加芬兰地质考察总结(Ⅱ)——古元古代非造山的环斑花岗岩[J]. 前寒武纪研究进展,2000,23(2):116~120.
Zhao Fengqing. Summary of the geological visit to Finland (Ⅱ) ——The nonorogenic rapakivi Paleo-Proterozoic [J]. Progress in Precambrian Research,2000,23(2):116~120 (in Chinese).

[8] 王晓霞, 王涛, 卢欣祥. 环斑花岗岩研究及存在的问题[J]. 地质科技情报, 2001,20(4):19~23.
Wang Xiaoxia, Wang Tao, Lu Xinxiang. Studies and problems on Rapakivi granites [J].Geological Science and Technology Information, 2001,20(4):19~23(in Chinese with English abstract).

[9] Whalen J B. et al. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 95(4):407~419.

[10] 王晓霞,卢欣祥.北秦岭沙河湾环斑结构花岗岩的矿物学特征及其岩石学意义[J]. 矿物学报, 2003,23(1):57~62.
Wang Xiaoxia, Lu Xinxiang. Mineralogical characteristics of Shahewan Rapakivi textured granite in North Qinling and their petrological significance [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2003,23(1): 57~62(in Chinese with English abstract).

[11] 牛树银, 罗殿文, 叶东虎, 等. 幔枝构造及其成矿规律[M]. 北京:地质出版社, 1996
Niu Shuyin, Luo Dianwen, Ye Donghu, et al. Mantle-branch structure and its mineralization in North China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996(in Chinese with English abstract)

[12] 肖庆辉, 卢欣祥, 王菲, 等. 柴达木北缘鹰峰环斑花岗岩的时代及地质意义[J]. 中国科学(D 辑), 2003,33(12):1193~1200.
Xiao Qinghui, Lu Xinxiang, Wang Fei, et al. The age of Yingfeng rapakivi granite in the northern margin of Qaidam and its geological significance [J]. Science in China (Series D) , 2003,33 (12):1193~1200(in Chinese).

[13] 邢作云, 卢欣祥. 鹰峰环斑花岗岩地球化学特征及其构造意义[J]. 地球科学, 2005,30(2):153~158.
Xing Zuoyun, Lu Xinxiang. Geochemical characteristics and tectonic significance of Rapakivi granites in Yingfeng [J]. Earth Science, 2005,30(2):153~158(in Chinese with English abstract).

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Geological features and age of the Wenquan Rapakivi granite, Chicheng County, Hebei

LIU Zhen-feng[1,2], WANG Ji-ming[3], Lü Jin-bo[3], ZHENG Gui-sen[3]

(1. *China Geological Library, Beijing* 100083, *China*; 2. *School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing* 100871, *China*; 3. *Beijing Institute of Geological Survey, Beijing* 102206, *China*)

Abstract: The Wenquan Rapakivi granite is distributed in the Wenquan area, Chicheng County, Hebei Province, covering an area of about 50 km^2. Based on the regional geological survey of the 1:250000 Yanqing County Sheet, the authors studied the mode of occurrence and intrusive relationships of the Wenquan Rapakivi granite and discussed its age according to the petrological, geochemical and isotope age evidence. Study shows that the intrusion is A-type granite with higher contents of K, Al and Fe and lower contents of Ca and Mg. It was formed in the Mesoproterozoic, which is equivalent to the Dahongyu Stage of the Changchengian System and can be correlated with the Shachang Rapakivi granite, Miyun County, Beijing. In addition, the study also provides petrological and isotope age evidence for the study of the time of cratonization of the basement of the North China plate and event of its break-up during the Mesoproterozoic.

Key words: Rapakivi granite; Mesoproterozoic; Chicheng, Hebei

---

About the first author: LIU Zhen-feng, male, born in 1962, senior engineer; mainly engages in geosciences research; E-mail: zhfliu@sohu.com.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net