

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

问题讨论

我国东部地槽阶段与地洼阶段的地球化学比较

黄 瑞 华

(中国科学院长沙大地构造研究所)

地槽区地球化学及其与地洼区地球化学的对比研究,无疑对了解地壳的形成和发展,有所启示,对矿产的寻找和预测,也有着一定的意义^{[1][2][3]}。

根据按地洼学说及递进说所编制的1:400万中国大地构造图^{[2][3][4]}的划分,在我国现存地槽区(昆仑地槽区、巴颜喀拉地槽区、冈底斯地槽区、喜马拉雅地槽区、台湾地槽区)或是古代地槽区(元古代的华北、四川、滇西、塔里木和北疆等地;古生代的祁连、内蒙、藏北、东北、青甘和阿尔泰等地;元古代及下古生代的华南等地)中,在一些地球化学特征上,都有类同之处^{[2][5]},而与地洼区(或阶段)的地球化学特征,有显著差别。本文着重从我国东部湖南、内蒙、浙江和江西等地来阐述这个问题。

一、元素在地槽阶段中的丰度和集散特点

在地槽区发展前期,广泛地出现海底基性熔岩喷发,构成典型的细碧-角斑岩建造。如那丹哈达、辽东和辽北、河南桐柏山、湘东北、湖北两郢、安徽张八岭、江西庐山、浙江西裘、闽北、广西上草、广西鹰阳关、云南澜沧江、甘肃白银厂、四川腰棚子、青海银灿等地区的细碧-角斑岩系。在现代喜马拉雅地槽区,也分布有华力西期、燕山期和喜山期细碧-角斑岩和细碧岩。

细碧-角斑岩建造在成分上最普遍的特点是富钠,为 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。而地洼区前期的陆相酸性熔岩类则相反,为 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$,如我国东部地洼区前期中生代的流纹岩类。杰克·格林和爱利·玻尔德法特曾指出海洋喷发岩系成分演化的方向较趋向于富钠,而陆相喷发岩系成分演化的方向更趋向于富钾^[6]。

一般说来,地槽区发展阶段。(昆仑、西秦岭、喜马拉雅和台湾等现代地槽褶皱带。内蒙、祁连、东秦岭、北京密云、苏北、湖北随县、豫南大别山、山

东、贵州梵净山、桂东北、湘西南和闽西等古地槽区)有着大量的基性超基性岩侵入^{[7][11]}。这些超基性岩典型特征是富镁质^{[8][9]}(表1)。

地槽区的酸性岩类岩浆活动也很发育。我国西部一些现代地槽区(即昆仑、喜马拉雅、冈底斯等)或已衰亡的古地槽区(元古代至早古生代的地槽阶段)如辽宁、华北一带的前震旦纪,华东和中南、四川一带的吕梁期、雪峰期、加里东期,东北、内蒙一带的海西期等)均有显著的花岗岩浆活动。

地槽区的花岗岩类在岩类、成分和矿化成岩诸特征,与地洼区相比均有其独特之点。

地槽阶段多见二长花岗岩和斜长花岗岩,以及数量相对较多的花岗闪长岩。与地洼型相比,地槽型花岗岩一般含暗色矿物(黑云母)较多、浅色矿物较少,钾长石含量亦较少,斜长石稍多而偏中性(表2)。副矿物种类较单一,磁铁矿和钛铁矿含量较多,有色稀有金属矿物和含挥发性矿物较少(如内蒙、湖南、浙江、江西等加里东期花岗岩)。

地槽区花岗岩的岩石化学成分,笔者曾有所总结^{[5][2]},大致具有如下特征: SiO_2 含量较少,接近于世界花岗岩的平均成分; CaO 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 的总量一般稍高于花岗岩平均值, MgO 通常大大高于平均值, TiO_2 一般高出中国花岗岩平均成分的一半,碱度($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)较低约为7%(表3)^{[10][3,4]}。微量元素

- 1) 中国大地构造编图组岩石小组,1974,我国超基性岩及有关岩石(兼1/600万中国超基性岩分布图说明书)。中国科学院地质研究所。
- 2) 黄瑞华,1963,论华夏型地洼区火成岩岩石化学特征。《湖南省地质学会1963年论文摘要汇编》。
- 3) 郝用威,1964,扬子准地台中段及邻区岩浆岩、岩石化学成分特征。《中国地质学会第一届矿物、岩石、地球化学专业会议论文选集(岩石部分)》,中国地质学会编。
- 4) 朱贤甲,1964,南岭花岗岩岩石化学特征。《同上》。

表 1 一些地槽型镁质超基性岩岩石化学成分表

构造区	构造—岩浆 活动期	地 点	岩体名称	岩 性	岩 石 化 学 成 分 (%)															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	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	P ₂ O ₅	CO ₂	其它	
现代地槽区	喜山期—燕山期	喜马拉雅	罗布岩体	纯 橄 岩	38.90	0.05	0.29	4.14	3.94	0.14	40.00	0.90	0.54	0.10	9.75	0.62		0.43	0.57	5
				斜辉辉橄岩	42.30	0.04	0.89	2.52	6.53	0.19	41.00	0.66	0.28	0.07	4.67	0.24		0.22	0.52	3
				橄 榄 岩	42.50	—	0.04	1.92	7.54	0.15	44.56	1.81	0.20	0.01	0.72	0.31		—	0.48	1
古地槽区	燕山期	藏 北	巧区岩体	纯 橄 岩	35.81	0.01	0.35	5.64	2.38	0.11	40.01	0.53	0.07	0.03	14.41	0.86		0.62	0.71	2
				斜辉辉橄岩	38.04	0.01	0.44	4.58	2.67	0.09	39.32	0.45	0.06	0.05	13.59	0.62		0.34	0.71	7
	华力西期	黑龙江	开山屯	叶蛇纹石化纯橄岩	40.31	0.08	0.89	5.22	2.71	0.07	36.28	0.87	0.10	0.17	11.41	0.53		0.22	0.63	1
				多蛇纹石化纯橄岩	38.94	0.08	1.15	5.15	2.58	0.08	36.63	0.75	0.14	0.16	11.59	0.82		—	0.80	1
		阿尔泰	清水岩体	纯 橄 岩	35.05	0.03	0.71	4.92	2.54	0.07	41.29	0.22	0.15	0.02	12.93	0.56		1.13	1.09	2
				斜辉辉橄岩	38.18	0.03	0.06	5.44	2.60	0.07	40.80	0.23	0.12	0.02	12.65	0.54		1.13	0.98	3
		新 疆	克—塔岩体	纯 橄 岩	39.01	0.15	1.11	5.89	2.93	0.11	37.00	0.40	0.15	0.15	12.76	0.67	0.00	0.18	0.72	56
				斜辉辉橄岩	33.28	—	0.67	3.45	4.28	0.05	41.25	0.31	0.06		12.57	1.04	0.05	0.48	2.20	1
		西准噶尔界山	萨尔岩体	斜辉辉橄岩	39.18	0.55	0.65	5.26	2.44	0.09	38.02	0.06	0.03		13.84	0.59	0.03	0.13	0.64	2
				斜辉橄榄岩	38.36	0.07	1.04	4.40	2.68	0.10	38.43	0.35	0.14	0.02	12.76	0.77		0.45	0.74	8
			鲸鱼岩体	斜辉辉橄岩	38.29	0.03	0.85	5.96	1.95	0.03	38.57	0.20	0.18	0.03	4.10	0.08		0.19	0.44	3
				斜辉辉橄岩	34.92	0.05	0.87	5.53	2.59	0.11	39.19	0.51	0.06	0.03	13.68	1.21	0.00	0.59	0.94	3
		祁 连	大道岩体	蛇纹石化纯橄岩	40.18	0.01	0.31	6.11	1.09	0.06	39.46	0.22	0.01	0.00	12.06			0.27	0.49	3
				叶蛇纹岩	41.81	0.01	0.31	3.78	1.29	0.03	39.92	0.22	0.01	0.00	12.55		0.00	0.17	0.44	2
		北天山	红石山岩体	层状纯橄岩	35.80	0.03	0.69	6.30	3.99	0.16	40.81	0.53	0.08	0.04	10.36	0.43	0.07	—	0.75	4
				纯 橄 岩	35.80	0.03	0.58	5.11	3.62	0.10	41.74	0.34	0.12	0.04	10.13	0.67		1.36	0.89	7
				斜辉辉橄岩	37.84	0.03	0.57	5.53	2.45	0.16	40.10	0.41	0.12	0.05	11.42	0.54	0.07	0.73	0.50	7
				斜辉橄榄岩	38.60	0.02	0.71	7.05	1.63	0.10	39.35	0.35	0.05	0.01	11.61	0.50	0.07		0.63	2
		内 蒙	高寺岩体	纯 橄 岩	34.29	—	0.07	4.75	3.31	0.10	40.52	0.16							16.33	5
				粗粒纯橄岩	38.54	—	0.06	7.07	2.73	0.16	37.25	0.19							13.75	1
				透辉橄榄岩	38.28	—	0.12	7.61	2.37	0.04	38.12	0.27							13.01	1
			索伦岩体	蛇纹石化橄榄岩	32.41	0.03	0.29	4.21	2.35	0.08	40.67	0.38	0.06		16.62	1.71		1.11	0.76	12
				蛇纹石化斜辉辉橄岩	36.43	0.02	0.49	3.72	3.71	0.11	39.16	0.34	0.09		13.98	1.42		0.46	0.70	10
			乌珠岩体	纯 橄 岩	32.48	0.01	0.49	5.86	3.12	0.10	39.44	0.06	0.05	0.005	14.06	1.77		0.74	1.33	13
				斜辉辉橄岩	35.59	0.01	0.41	4.18	2.99	0.10	39.41	0.37	0.04		13.87	1.92		0.58	0.61	17
			赫根岩体	蛇纹石化纯橄岩	31.22	0.03	1.09	3.54	4.46	0.12	42.16	0.20	0.08		15.13	1.48		0.57	0.53	7
				蛇纹石化斜辉辉橄岩	37.22	0.01	0.71	3.72	3.75	0.10	40.06	0.34	0.08		12.84	1.23		—	0.52	10
				单斜橄榄岩	39.63	0.07	2.11	5.10	2.61	0.13	35.52	1.36	0.03	0.02	11.56	—		—	0.59	14
				角闪橄榄岩	39.23	0.07	3.06	2.87	4.40	0.12	36.95	1.67	—	—	12.74	—		—	0.60	3
				二辉橄榄岩	39.26	0.03	1.92	5.18	3.23	0.12	35.23	1.43	0.02	0.01	13.27	—		0.82	0.61	1
地槽区	华力西早期或加里东晚期	新 疆	唐区岩体	纯 橄 岩	34.13	0.03	0.10	4.62	2.23	0.10	41.20	0.48	0.05	0.02	14.70	0.99	0.02	0.12	0.92	22
				斜辉辉橄岩	37.12	0.03	0.41	4.60	2.97	0.12	40.15	0.42	0.08	0.01	12.44	0.60	0.02	0.29	0.68	42
				二辉辉橄岩	39.38	0.10	0.14	1.93	5.75	0.11	45.20	0.44	0.10		5.26	0.24	0.09		0.84	1
				单辉辉橄岩	41.34	0.06	0.53	2.10	4.42	0.07	40.37	0.79	0.10	0.05	0.68	0.38	0.05		0.79	1
				斜辉橄榄岩	39.36	0.07	0.68	5.40	1.16	0.12	37.38	0.64	0.36	0.08	12.24	0.66	0.05	0.53	0.69	4
	加里东期	祁 连 山	绿梁岩体 (向阳坡段)	叶蛇纹石化橄榄岩	36.24	0.02	0.40	4.41	3.65	0.11	39.21	1.03	0.07	0.07	10.25	0.43	0.01	3.75	0.92	1
				滑石叶蛇纹岩	46.65	0.03	1.48	0.52	3.08	0.03	37.05	0.35	0.02	0.05	10.83	0.09	0.01	0.04	0.52	1
				细均粒叶蛇纹岩	39.85	0.04	1.20	1.86	3.04	0.05	37.47	1.74	0.03	0.06	11.22	0.18	0.01	2.36	1.30	1
			玉石岩体	纯 橄 岩	35.26	0.05	0.30	7.23	0.54	0.15	41.02	0.30			12.31	0.78	0.02	2.51	0.34	1
				斜辉辉橄岩	38.76	0.00	0.50	4.61	3.64	0.11	42.10	0.57	0.05	0.03	8.95	0.35	0.04	0.99	0.56	4
		百经寺岩体	拉洞岩体	纯 橄 岩	35.27	0.00	0.67	5.08	1.74	0.08	38.71	0.50	0.11	0.01	12.34	0.50		2.72	1.26	1
				纯 橄 岩	37.73	0.03	1.33	5.03	1.90	0.00	40.39	0.36	0.02	0.00	13.03	0.51		0.20	0.62	1
	元古代	黄陵背斜	太平岩体	巨晶纯橄岩	39.13	0.02	0.94	2.75	7.32	0.12	45.38	0.16	0.07	0.10	3.13	0.28	0.04	0.07	1.03	1
				含巨晶纯橄岩	36.31	0.06	0.48	4.67	3.94	0.11	42.38	0.17	0.04	0.01	10.51	0.31	0.01	0.50	0.75	1
地槽区	雪峰期	福 建	崇雒岩体	含辉纯橄岩	38.35	0.03	0.90	0.67	7.23	0.147	38.11	0.18	0.02	0.02	14.41	0.86		0.62	1.30	1
				纯橄榄岩	39.16	0.01	0.63	0.45	7.14	0.087	39.18	0.06	0.02	0.01	13.59	0.62		0.34	0.96	1
			长城岩体	橄 榄 岩	39.46	0.06	0.79	1.99	7.45	0.096	37.00	0.21	0.04	0.02					0.81	1
	晋宁期	安 徽	饶钹寨岩带	纯 橄 岩	39.80	0.01	1.67	2.93	5.45	0.09	44.65	0.26	0.10	0.04					0.82	3
				辉 橄 岩	39.79	0.02	0.96	3.45	3.97	0.09	43.04	0.23	0.03	0.05					0.68	10
				橄 榄 岩	41.99	0.02	1.23	5.06	2.78	0.09	38.62	0.76	0.09	0.09					0.68	10
				橄 辉 岩	49.73	0.11	1.26	8.35	3.24	0.16	27.54	1.69	0.16	0.19					0.69	3
	大别期 吕梁期	湖 北	土门河 太平溪	纯 橄 岩	43.91	0.08	0.81	3.63	3.87	0.10	40.02	0.26	0.05	0.06					5.30	1
				纯 橄 岩	37.48		0.95	4.32	3.75	0.11	39.60	0.40	0.26	0.05					12.91	1

(分析数据来自中国地质科学院矿产所岩石室、陕西711队、湖北和福建地质局、谢奕克等)

表 3 一些地区地槽阶段的花岗岩平均成分及与地洼阶段的对比表

地 区	大地构造 类 型	构造-岩浆 活 动 期	岩 石						化 学 成 分 (%)								样 品 数	岩 体 数	备 注			
			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	灼 失	总 量						
湖 南	地槽阶段	加里东期	69.64	0.44	14.38	1.33	3.19	0.05	1.34	2.41	2.70	4.08	0.12		0.83		22	5	据冶金地质研究所，有删改			
	地 洼 阶 段	印 支 期	70.44	0.34	14.03	1.23	2.40	0.06	0.73	1.81	3.14	4.64	0.12		1.38	100.31	26	7				
		燕 山 期	燕山早期	73.70	0.18	13.57	0.87	1.54	0.10	0.36	1.45	3.19	4.72	0.08		0.66	100.06	54		13		
			燕山中期	73.75	0.17	13.06	1.55	1.65	0.07	0.45	0.87	3.14	4.97	0.09		0.60	100.35	24		4		
			燕山中晚期	74.59	0.06	13.66	0.86	1.02	0.11	0.53	0.61	3.63	4.43	0.02		0.91	100.42	15		3		
			燕山晚期	73.01	0.08	15.37	1.71	0.44	0.03	0.27	0.54	3.68	4.69	0.22			100.04	3		3		
			平 均	73.76	0.12	13.91	1.24	1.16	0.07	0.40	0.76	3.41	4.70	0.10		0.54	100.13					
		平 均	72.10	0.23	13.97	1.23	1.78	0.06	0.56	1.28	3.27	4.67	0.11		0.96	100.22						
福 建	地槽阶段	加里东期	72.58	0.21	13.76	0.89	1.71	0.18	0.49	0.83	2.92	4.94	0.13		1.43	99.67		10	据区测队，有删改			
	地 洼 阶 段	印 支 期	73.29	0.25	13.64	0.63	1.71	0.05	0.50	0.45	2.82	5.31	0.09		1.23			3				
		燕 山 期	燕山早期	73.47	0.21	13.28	1.06	1.43	0.09	0.46	0.92	3.39	4.93	0.06						78		
			燕山晚期	74.96	0.17	13.41	0.86	1.16	0.06	0.30	0.58	3.40	4.73	0.05						29		
			平 均	74.21	0.19	13.34	0.96	1.29	0.07	0.38	0.75	3.39	4.83	0.05								
			平 均	73.75	0.22	13.49	0.79	1.50	0.06	0.42	0.60	3.10	5.07	0.07								
		内 蒙 古	地 槽 阶 段	太 古 代	68.09	0.50	15.68	4.51	0.50	0.04	1.46	1.99	2.62	3.61	0.07		0.47			34	8	据内蒙古地质局分析数据计算
加里东晚期	62.04			0.68	16.31	6.08	1.90	0.06	2.21	4.51	4.12	2.10	0.41		1.20		5	4				
华 力 西 期	华力西早期			72.54	0.26	13.83	2.35	0.79	0.07	0.88	1.77	2.98	3.66	0.07	1.20			2	1			
	华力西中期			70.42	0.31	14.54	2.35	2.24	0.05	0.88	1.93	3.42	3.56	0.09	0.97	0.37		20	7			
	第一次			74.08	0.21	13.85	1.71	0.77	0.04	0.20	0.89	3.62	4.20			0.43		17	14			
				第二次	71.05	0.26	14.20	1.60	1.60	0.03	0.96	2.02	3.28	4.07			0.51		9	8		
				第三次	72.78	0.21	14.24	2.50	1.21	0.06	0.50	1.51	3.34	3.89			0.23		7	5		
				第四次	68.48	0.42	14.48	0.80	2.68	0.09	1.42	2.88	3.65	2.53			1.08		4	3		
	平 均			71.59	0.27	14.19	1.65	1.56	0.05	0.77	1.82	3.47	3.89			0.54						
	平 均			71.51	0.28	14.18	2.11	1.53	0.05	0.84	1.84	3.28	3.70	0.05	0.72	0.31						
地 洼 阶 段	平 均		67.20	0.49	15.39	4.23	1.31	0.05	1.50	2.78	3.34	3.14	0.18	0.24	0.66							
	燕 山 期		第一次	74.25	0.24	12.86	1.60	1.36	0.03	0.42	0.97	3.45	4.33			0.84		12	11			
			第二次	67.15	0.48	15.43	3.19		0.06	1.84	2.77	3.90	4.20			0.70		1	1			
			第三次	74.77	0.17	12.87	1.88	0.66	0.08	0.27	0.71	3.65	4.50			0.27		13	12			
			平 均	72.05	0.29	13.72	2.23	0.67	0.06	0.84	1.48	3.70	4.34			0.60						
			燕山晚期	74.47	0.16	13.38	1.20	0.88	0.03	0.38	0.47	4.02	5.03			0.35		5	4			
			平 均	73.26	0.22	13.55	1.71	0.77	0.04	0.61	0.97	3.86	4.68			0.47						
	新 疆		地 槽 阶 段	吕 梁 期	70.85	0.50	13.91	1.09	1.74	0.04	0.74	1.95	3.29	4.12	0.18	0.07	0.63	99.18	19		为据酸性岩类，	
				加里东期	69.72	0.34	14.95	1.34	2.08	0.05	0.91	2.15	3.54	4.15	0.10	0.11	1.03	100.55	74			
				华力西期	70.72	0.32	14.09	1.76	1.68	0.05	0.78	1.90	3.97	4.01	0.08	0.25	0.16	99.82	427			
平 均		70.58		0.33	14.20	1.67	1.74	0.05	0.80	1.95	3.85	4.05	0.09	0.23	0.30	99.89						
云 南	地槽阶段	华力西期	69.08	0.50	14.39	0.57	3.52	0.04	1.15	2.39	2.38	3.80	0.03		0.51		6		地16队			
	地洼阶段	印支—燕山期	71.69	0.28	13.88	0.58	2.83	0.02	1.11	2.21	3.25	3.63	0.11		1.10		3					
江 西	地槽阶段	加里东期	72.69	0.26	13.14	1.30	1.53	0.09	0.41	0.88	3.11	4.46	0.06	0.07			46	16				
	地洼阶段	燕 山 期	73.66	0.17	13.45	1.02	1.37	0.08	0.34	0.55	3.14	4.81	0.06	0.03			62	37				
安 徽	地 槽 阶 段	晋 宁 期	66.81	0.47	14.62	0.47	3.86	0.10	1.46	1.20	2.91	3.65	0.20	0.25			6	2	吕培基 刘振声			
		平 均	69.49	0.40	15.07	0.18	3.46	—	0.92	0.65	4.06	3.46	0.17	0.29	0.42(其它)		6	1				
			平 均	67.93	0.43	14.84	0.32	3.66	0.05	1.18	0.93	3.48	3.55	0.19	0.27							
浙 江	地 槽 阶 段	雪 峰 期	62.22	0.57	14.94	3.00	3.54	0.11	2.93	5.46	3.10	1.13	0.28						据 蔡惠兰			
		加里东期	73.64	0.23	13.94	0.94	1.43	0.05	0.61	0.77	3.03	4.60	0.11									
		平 均	67.93	0.40	14.17	1.97	2.49	0.08	1.77	3.12	3.07	2.97	0.20									
江 苏	地 洼 阶 段	印 支 期	72.36	0.23	13.42	0.93	1.30	0.04	0.56	1.10	3.58	4.63	0.20									
		燕山早期	72.81	0.22	13.29	0.98	1.69	0.06	0.56	1.10	3.53	4.79	0.07									
		燕山晚期	76.55	0.14	12.17	0.87	0.81	0.05	0.21	0.58	3.67	4.44	0.03									
		平 均	73.90	0.20	12.96	0.93	1.26	0.05	-0.44	0.92	3.59	4.60	0.10									
中国花岗岩平均成分			71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16	0.89					黎彤			
世界花岗岩平均成分			70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.11	0.19	0.84					戴里			

表 2 一些地区地槽阶段花岗岩类主要造岩矿物平均含量及与地洼阶段的对比

地 区	大地构造类型	构造—岩浆活动期		主要造岩矿物平均含量(%)							岩体数	样品数	备注
				石英	钾长石	斜长石	斜长石牌号	黑云母	白云母	角闪石			
湖 南	地槽型	加里东期		29.2	30.3	33.6	An27	6.3	少量	少量	47.5		据湖南冶金地质所
	地洼型	印支期		28.7	35.6	27.7	An26	5.9	0.8	1.5	56.3		
		燕山期	燕山早期	30.25	39	23.8	An20	5.3	>1	<1	62		
			燕山中期	30.25	39.25	22.8	An19	5.6	2		62.6		
			燕山中晚期	30	42	18	An10±	3—5	3		70		
			平 均	30.15	40.08	21.5	An16.3	4.96	2	0.3	64.8		
			平 均	29.42	37.84	24.6	An18.2	5.43	1.4	0.9	55.5		
内 蒙	地槽型	华力西晚期	第一次	26.88	49.38	16.2	An13.3	5.20		少量	75.3	15	据内蒙地质局分析数据计算
			第二次	25.90	23.62	40.22	An26.1	7.10		3.6	36.9	6	
			第三次	25.25	42.56	22.81	An23.66	8.50			65.1	5	
			第四次	24.71	4	58.55	An26	7.55		3.55	6.4	5	
			平 均	25.69	29.89	34.45	An22.26	7.09		1.91	46.4		
	地洼型	燕山早期	第一次	25.53	47.80	21.80	An13.58	4.72		微量	68.6	12	
			第二次	26.66	46.66	18.66	An15.66	3.33			71.4	3	
			第三次	25.36	42.02	25.70	An10.67	4.38		微量	62.0	14	
			平 均	25.85	45.49	23.05	An13.30	4.14			66.3		
			燕山晚期	30.3	50.5	14.2	An4.96	4.2		少量	78.0	4	
			平 均	28.07	47.99	18.62	An9.13	4.17			72.0		
			燕山晚期	35.4	59.2	2.0		1			96.7		
			燕山早期	27.2	43.2	23.8		3.9			61.4		
	地槽型		印支期	25	48.8	22.5		少量			68.4		
			平 均	29.3	50.4	16.1					75.5		
			加里东期	24.1	39.2	30.2		4.5			56.4		
	地槽型		雪峰期*	12.5	6.3	63.8		12.5					

* 为闪长岩。

表 4 江西南部地槽阶段花岗岩中一些微量元素含量及与地洼阶段的对比

元 素	地 洼 阶 段		地 槽 阶 段	
	燕 山 期		加 里 东 期	
	平 均	最 高	平 均	最 高
Be	0—10	150	0—10	30
W	—	2000	—	—
Sn	0—50	500	—	80
Mo	—	1000	—	50
Li	300—400	4000	—	3000
Cu	—	100	0—10	100
Pb	40—100	200	30—80	200
Mg	<10000	20000	10000—40000	50000
Mn	100—400	90	400—2000	5000

续表

元 素	地 洼 阶 段		地 槽 阶 段	
	燕 山 期		加 里 东 期	
	平 均	最 高	平 均	最 高
Ni	0—20	40	40—100	100
V	0—50	100	100—200	500
Ti	0—2000	3000	3000—7000	80000
Ba	0—400	1000	1000—3000	5000
Sr	0—600	800	800—3000	
Ga	—	50	10—60	100
Zr	—		50—150	600

(单位: PPm; 据南京大学丁俊华)

中, W、Sn、Mo、Be、Li、Cu、Pb、Zn 和 Nb 等有色金属稀有金属、稀土元素(如 Y、Yb)等含量均较地洼型花岗岩低(表 4、5、6), 而铁族元素: Ti、V、Cr、Co、Ni 和 Mn 等含量则较多于地洼型花岗岩, 铈钡含量虽比地洼型为高, 但 Sr/Ba 比值则略小于地洼型花岗岩(表 4、5、6) [10] [11]、2)、3)、4)、5)。

矿化特征而言, 就目前所知地槽阶段有许多花岗岩类(如辽东南前震旦纪地槽阶段), 成因上与有色及稀有金属矿床有关的为数不多; 又如湘南地区, 依

现有资料, 与地槽阶段加里东期花岗岩有关的有色稀有金属矿床, 其规模及矿化强度均较差而不及地洼阶段, 其它如内蒙、山东、两广、华东等地亦是如此情况。必须指出, 这并不意味着这些矿床与地槽型花岗岩毫无关系, 例如内蒙、福建等地的一些稀有元素等矿床就与地槽型花岗岩有关。但很大部分以及具工业价值的上述成矿元素的矿床, 大都与我国地洼型花岗岩有关。凡与地槽型花岗岩有关的稀有、放射元素等矿床则多为伟晶岩型矿床, 很可能是地槽区压应力较

表 6 湖南地槽型和地洼型花岗岩体中锂和铍的含量 (ppm) 对比

构造类型	地槽型		地 洼 型							
时 代	加 里 东 期		印 支 期		燕 山 早 期		燕 山 中 期		燕 山 中 晚 期	
含 量	一 般	最 高	一 般	最 高	一 般	最 高	一 般	最 高	一 般	最 高
Li	25—50	100	75—100	100	100	900	900		900	
Be	<25		<25	75—100	<25		25—50	75—100	75—100	900

(据湖南冶金地质研究所, 1973, 所删改)

强, 塑性变形发育, 成矿时封闭条件较好所致。

地槽区酸性岩浆的同化混染作用强烈, 形成交代混合花岗岩等, 在花岗岩成因上不少属花岗岩化产物。自变质和围岩蚀变(如云英岩化等)微弱或不发育, 构造上常与褶皱作用有关, 形成巨大的同造山期侵入体, 而地洼阶段的花岗岩绝大部分与断裂构造有关。

总的来说, 地槽阶段的岩浆岩中, Mg、Fe、Cr、Co、Ni、Ti、V 和 Mn 等的丰度较高, 而 Si、K、Na、Li、Rb、Cs、B、Be、Nb、Ta、Th、U、W、Sn、Mo、Cu、Pb 和 Zn 等的丰度较低。考虑到地槽区基性超基性岩以及细碧-角斑岩的发育, 并且地槽型花岗岩中又见到相对较多的 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 的情况, 看来, 地槽型岩浆岩在碱量上的特征表现为钠高。

二、地槽区岩浆作用元素组合的一些特征

在地槽区有着最强烈的基性超基性岩浆活动, 按我国基性超基性岩所出露的面积而言, 其中超基性岩体的 95% 以上, 基性-超基性岩体的 80% 以上, 基性岩体的 75% 以上, 均为地槽区(现代地槽区和古代地槽区)的产物 [7] [8] [9] [16]。与地洼区对比, 地槽区的基性超基性岩浆的元素组合非常发育, 分配较多, 这是地槽区地球化学特征上的最大特色。

例如湖南、内蒙和广西等地在地槽阶段, 均有较多基性超基性岩侵入(湖南陇城等; 内蒙除太古代基性岩体、华力西期的小南山、索伦山、阿布格等; 广

西三门、林洞和红冈山等), 而在地洼阶段, 只有少许基性超基性岩、一些基性火山岩和脉岩。这种情况广见于我国东部山东⁷⁾、江苏和贵州等省, 我国西部亦然, 均不赘述。

地槽区的花岗岩浆活动稍逊于地洼区, 但亦转强烈, 如冈底斯褶皱带的北西西向和昆仑褶皱带的东西向花岗岩带, 天山古地槽区和喜马拉雅褶皱带的北西向花岗岩体等, 以及我国东部古地槽区的一些花岗岩体: 如东北加里东期和海西期、华北前震旦纪、华南雪峰期和加里东期的花岗岩体等。

地槽区一般少或无典型的碱性侵入岩。

可见, 地槽区的岩浆岩以超基性岩浆的元素组合和基性岩浆的元素组合特别发育, 分配量多。酸性岩浆的元素组合也颇发育, 分配量较多, 而碱性岩的岩浆元素组合贫乏。

按上述元素分布特点, 地槽区的岩浆活动看来更近于太平洋型的岩浆活动特征。B. B. 别洛乌索夫就曾指出过太平洋式的岩类一般是褶皱地区所特有的^[1]。

5) 刘镇声、于镇藩等, 1964, 华南某些不同时代花岗岩类微量元素铍、铈和钡分布特征的初步研究(同3)(地球化学部分)。

6) 见前1)。

7) 邱家骧等, 1963, 山东各时代超基性、基性岩岩石化学特征。《中国地质学会第三十二届学术年会论文选集(矿物、岩石、地球化学部分)》, 中国地质学会编。

地槽区的岩浆活动特点之所以属于“太平洋型”，是因为环太平洋带以及一些海沟等，相当于现代地槽区，目前仍处在发展过程中，如我国台湾省。为了使岩区概念与构造发展紧密地结合起来，笔者认为与其称“太平洋岩区”，不如称为“地槽岩型区”相宜。

众所周知，地槽区的岩浆活动顺序，一般大致地是从超基性发展到基性再至酸性的，大量的酸性岩浆活动是出现在大量的基性超基性岩之后。因此，地槽区发展前期以超基性和基性岩浆元素组合占优势，地槽后期以酸性岩浆的元素组合发育为特征。如内蒙，大量的酸性岩出现在地槽阶段后期，即华力西晚期的花岗岩类特别发育；此外山东在地槽结束期有大量的中酸性岩浆侵入（如桃科、鲁山、沂山等岩体）；祁连山地槽后期（志留纪末及以后）岩浆活动以酸性岩类为主；广西和福建在地槽阶段后期发育有大量加里东期花岗岩（如广西苗儿山、宁潭等岩体和福建、徐墩、上青、宁化、等岩体），等等。

这种地槽型岩浆活动顺序恰和地洼型岩浆活动顺序相反⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。根据 A. И. 切列尼契柯在背斜和向斜构造部位结晶岩分布规律⁸⁾，认为酸性岩形成于拉伸带，基性岩形成于压缩带，而中性岩一部分形成于压缩带，一部分形成于拉伸带，占据中和面两边的褶皱核部的空间。笔者认为这种规律性还可以适用于复背斜和复向斜、隆起（包括穹窿）和拗陷、上升作用和下降作用，因为应力状态的总的分布情况是大致相似的。

地洼区发展的前半期是隆起占优势，即便地洼本身也是在总的隆起背景下发生的（相对于邻侧的地穹，隆起幅度较小，而显出相对下降）⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾，这时拉伸带在上，易产生酸性岩浆活动，如我国东部地洼区于印支期，特别是燕山期侵入有大量的花岗岩类和喷出大量的中酸性熔岩；而在地洼区发展的后半期，却是下降作用占优势⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾，这时压缩带在上，易产生基性岩浆活动，如我国东部新生代分布极广的玄武岩型。因此，与地洼区发展的几个小阶段的构造变动特点相对应，元素组合的发展顺序必然是初期以大量酸性岩浆的元素组合为主，后期以较大量的基性岩浆的元素组合为主。

而地槽区发展过程中的构造运动，则刚好与地洼区相反，如上文所述，前期地槽拗陷下降（压缩带在上），因此细碧—角斑岩大量喷发，以及基性超基性岩侵入；后期在总的下降之后，发生总的隆起（拉伸带在上），因此岩浆活动顺序也就与地洼区相反。同理，在复合构造的上隆地段往往为花岗岩穹窿构造，

在复合沉降构造地段则往往发育基性超基性岩浆活动。

三、地槽阶段成矿作用中 造矿元素的集中作用

一般说来，地槽阶段是与基性超基性岩有关的内生金属成矿作用阶段，特别是铬铁矿床、铜镍钴矿床和铂族元素等的最主要的成矿大地构造阶段^(7,8,9,10)。前者如台湾、秦岭、祁连山和喜马拉雅等地槽区⁽¹²⁾，后者如苏北、湖北、河南、桂东北等⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

在地槽阶段还生成一些与内生作用有关的大型铁矿（如白云鄂博式铁矿、滇西北建基式菱铁矿）、与基性火山—侵入杂岩有关的热液充填交代型矿床（甘肃黑鹰山和新疆夏尔采克铁矿等）以及火山作用有关的火山—沉积型铁矿（谢尔塔拉式、大劲坑式、温都式和满银沟式等，以及豫中的火山—沉积变质铁矿）。

此外，地槽区另一主要矿化特点是形成金矿（古地槽区如内蒙、黑龙江、辽宁东南部、山东、准噶尔和阿尔太等地的脉金矿和伴生金矿；现存地槽区如台湾的金瓜石和瑞芳金矿）。此外亦见有含金的花岗岩，如内蒙油坊和河南小秦岭的花岗岩等。地槽区（阶段）还发育与超基性基性岩有关的绿岩型金矿，见于吉林、湖南、河北等地。应指出，地洼阶段也是很重要的金矿的成矿大地构造阶段，如鲁、豫、桂、湘等省，但多与中酸浆性岩活动有关。

我国在地槽阶段有规模巨大的沉积变质铁矿产生（如鞍山式、大栗子式、滇中式、祁东式、新喻式和石碌式等铁矿床），沉积变质型的铬铁矿床（如河北下元古界变质岩地层中的铬铁石英岩）、沉积金矿（如河南古生界大型沉积变质金银矿，黑龙江的似霍姆斯塔克型金矿，内蒙古太古代和元古界的含金砾岩等）和锰矿（如湘潭锰矿、江苏的变质锰矿和祁连山的喷发沉积锰矿床等）也很发育。

我国白云岩分布很广，主要赋存在地槽阶段的前震旦系中，如辽河系、桑干系均有巨厚白云岩层。菱镁矿也很发育，最著名的如辽宁大石桥结晶菱镁矿。

此外，在地槽区的山前凹地及山间凹地中，有煤、石油、油页岩、铝土矿和含铜砂岩矿床等分布。

盐类矿床较少见，H. M. 斯特拉夫指出，前寒武纪之所以缺乏卤素建造，是与当时地槽区的大面积分布有关⁽¹⁷⁾。

8) 切列尼契柯, A. И., 1971, 结晶岩分布的规律性。《国外地质》第10期。

9) 见前1)。

地槽阶段除与超基性和基性岩有关的矿床(铬铁矿床, 次为铁、铂、钴镍和铜矿床等)最重要外, 与酸性岩浆活动有关的矿床也比较发育, 特别是我国西部和内蒙、东北比较明显, 但一般来说, 逊于与地洼型花岗岩类有关的矿床。例如, 黑龙江在地槽阶段华力西期时造矿元素为 Fe、Cu、Mo、Au 等, 而地洼阶段燕山期则还出现 W、Pb 和 Zn 等, 且矿化强; 内蒙在地槽阶段华力西晚期矿化为铜、多金属、金、萤石、放射性异常与稀土矿化, 而在地洼阶段燕山期的矿化为 W、Be、Nb、Ta、萤石、水晶、Cu、Pb、Zn 和放射性元素等, 而就稀有放射性元素而言, 总的来看, 燕山期的比华力西晚期的侵入岩中出现的种类较多, 分布普遍, 含量也较高。

在地槽阶段外生成矿上, Fe、Mn、Mg 等元素特别集中, 分配量大, 并且还有 Cr、Au、Cu 等的富集。

四、小 结

地槽区在化学元素的组合、分配和集散上, 与地洼区相比, 大致具有以下几个特点:

1. 从门捷列夫元素周期律来看, 在类上, VIII 类元素(铁族和铂族)一些副族元素(Au、Cu、Ti、V、Cr、Mn 等)和个别主族元素(Mg)丰度高而集中。在周期上, 第一个长周期(第四周期)中的 Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co 和 Ni 的丰度较高, 富集而成矿产。这些元素均是金属性显著, 且大多具亲铁性。

2. 从查瓦里茨基的元素地球化学分类来看, 铁族元素(Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni)和铂族(Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt); 岩石的主要元素族中个别元素(Mg)和硫化矿床典型成矿元素族中的一些元素(Cu、Au、Ag、Pb、Zn 等)丰度较高, 形成集中。

3. 从元素性质来看, 地槽区所富集和丰度较高的元素(Mg、Cr、Ti、V、铁族、铂族、Au、Cu 等), 大都为原子核稳定的、原子体积小, 比重大、熔点较高、原子序数处于中等和半径处于中等的金属元素。

4. 从元素的共生组合来看, 在地槽区内, 超基性岩浆的元素组合特别发育, 基性岩浆的元素组合十分发育。而碱性岩浆的元素组合和气圈的元素组合则发育微弱。脉状体的元素组合和酸性岩浆的元素组合则比较聚积和分配量较多。

由此看来, 地槽区的地球化学特征与地洼区的地球化学特征, 两者具明显的差别。显然, 我国东部中生代地洼阶段可以明确的与地槽阶段, 地台阶段(关于地台区的地球化学特征及其与地洼区的比较, 曾有所论述^[6])相区分。地洼阶段既不能归于到地槽区或地槽区晚期, 也不能归于到地台区前期或晚期,

地洼区只能是大陆地壳已知的第三基本构造单元。

N. H. 托索等指出^[10], 现阶段地质学由二个新学说所决定, 其中之一(另一为板块构造说), 即地壳发展的第三构造类型(地洼区), 已成为重新审查成矿理论的基础和具体成矿预测的基础。

目前国外也有从大地构造(如板块学说)来研究岩浆岩的化学特征^{[19][20]}, 以及从岩石的化学成分来阐明构造环境^{[21][22][10]}, 看来元素(分配、聚散、迁移等)与构造(形态、运动、阶段等)呈一定的镜像关系。无疑, 镜像关系的深入研究, 是非常有理论意义和实际意义的。本文对地槽区的一些地球化学特征仅作一初步探讨, 还有待深化。

本文在陈国达所长指导下完成。文中参考了有关区调队的地质报告和内部资料, 引用了湖南冶金地质研究所和一些省局的地质成果, 在此致谢!

参 考 文 献

- [1] 别洛乌索夫, B. B., 1957, 大地构造学基本问题(下册)。地质出版社。
- [2] 陈国达, 1978, 成矿构造研究法。地质出版社。
- [3] 国家地震局广州地震大队主编, 1977, 中国大地构造概要。地震出版社。
- [4] 陈国达等, 1975, 中国大地构造简述。《地质科学》第 3 期。
- [5] 黄瑞华, 1978, 我国东部地洼区的一些地球化学特征。《地球化学》第三期。
- [6] 杰克·格林, 爱利·玻尔·德法特, 1958, 岩石化学的范围和趋势。地质出版社。
- [7] 索罗维耶夫, C. II., 1954, 苏联基性和超基性岩在时间上的分布特征。《地质学报》第 34 卷第 1 期。
- [8] 中国地质科学院矿产所岩石室, 1976, 含铬铁矿基性超基性岩岩体类型及铬铁矿成矿规律。地质出版社。
- [9] 肖序常等, 1965, 含铬基性, 超基性岩的地质构造特征。中国工业出版社。
- [10] 徐克勒等, 1963, 华南多旋迴的花岗岩类的侵入时代, 岩性特征及成矿专属性的探讨。《地质学报》第 43 卷 1—2 期。
- [11] 南京大学地质系, 1975, 华南不同时代花岗岩类中某些微量元素的地球化学。全国稀有元素地质会议论文集(第一集)。科学出版社。
- [12] 中国科学院地质研究所, 1959, 中国大地构造纲要。科学出版社。

10) Pearce, J. A., 1975, 应用玄武岩地球化学特征研究塞浦路斯的古构造环境。《Tectonophysics》. V. 25, No. 1/2. 《国外地质》1977 年 3 期。

- [13] 内蒙地质局等, 1973, 铬镍钴铂地质矿产 专辑 (第一集)。地质出版社。
- [14] 湖北省第十队等, 1974, 铬镍钴 铂地质矿产 专辑 (第二集)。地质出版社。
- [15] 广西第九地质队等, 1974, 铬镍钴 铂地质矿产 专辑 (第三辑)。地质出版社。
- [16] 马雷舍夫, И. И., 1956, 钛 矿 床 的 形 成 与 分布规律。中国工业出版社。
- [17] 斯特拉霍夫, Н. М., 1956, 地史学原理 (下册)。地质出版社。
- [18] Томсон, И. Н., Кравцов, В. С. и др., 1977, Метаморфогенический Анализ в областях Активизации. Изд. «Наука». Москва
- [19] Perfit, M. R., Gust, D. A., etc., 1980, Chemical characteristics of island-arc basalts. «Chemical Geology», №3, vol. 30.
- [20] Тихомирова, Н. И., 1976, Распределение редких щелочных металлов в гранитоидах различного структурно-тектонического паложения. «Докл. АН. СССР», №.6.
- [21] Rooke, J. M., 1974, Geochemical variation in African granitic rock and their structural implication. «Geological Magazine», №.2.
- [22] Урбаник, Я., Кузнецова, Г. Н., Налетова, М. В., 1977, О возможности использования петрохимических данны для решения некоторых спорных тектонических вопросов (на примере Центрального Казахстана). «Геология и разведка», №.5.

SOME GEOCHEMICAL FEATURE OF THE GEOSYNCLINAL STAGES AS COMPARIED WITH THOSE OF THE DIWA STAGE IN THE DIWA REGIONS OF EAST CHINA

Huang Ruihua

Abstract

"Diwa" is a specific Chinese tectonic term means "geodepression". It was proposed by Prof. Chen Guoda in 1959 as the third main tectonic element of the earth's crust. In the geological literature of other countries the term "activated region" is its synonym.

The geosynclinal stage in the diwa regions of east China has the following geochemical features;

1. At the geosynclinal stage in the area under investigation basic rocks consist predominantly of magnesium-ultrabasic rocks, the spilitic-keratophyre suites are rich in Na. In the granites Si, K, Na, Li, Rb, Cs, Be,

Nb, Ta, Th, U, Cu, Pb, Zn, W, Sn, Mo, rare earth etc. are less abundant while Mg, Fe, Cr, Co, Ni, V, etc. are relatively high. Geochemically in geosynclinal magmatic rocks Na is richer than K.

2. Spatially, magmatism of geosynclinal type is characterized by abundant element association of both ultrabasic and basic magmas; besides, acid magma is also well developed.

3. Temporally, magmatic process of geosynclinal type is characterized by the prevalence of element association basic-ultrabasic magmas in the early period and by the predominance of element association of acid

magma in the late period.

4. As the geosynclinal magmatism exhibits characteristics of "Pacific rock region", it is reasonable to call this region "rock region of geosynclinal type" instead.

5. At the geosynclinal stage the metallogenetic process is marked by enrichment of iron group elements (Ru, Rh, Pd, Os, Pt); Mg and Au is also abundant. Judging by the nature of the elements that are abundant and apparently enriched in geosync-

linal regions, they consist mostly of metallic element of stable atomic nucleus, small atomic volume, great gravity, high fusion point, medium atomic number, and medium radius. These elements are of strong metallic property siderophile in nature.

Geochemical features of the geosynclinal region differ decidedly from those of the diwa region. This suggests that different geotectonic processes produce different geochemical processes.

