第 42 卷 第 6 期 地 质 论 评 Vol. 42 No. 6
1996 年 11 月 GEOLOGICAL REVIEW Nov. 1996

广西大厂层状花岗质岩石地质、地球化学特征及成因初探

陈毓川 王登红
(中国地质科学院,北京)

内容提要 在广西大厂拉么矿区黑云母花岗岩岩体周围的层状花岗质岩石,其地质产状、成岩时代、结构构造、矿物成分、化学成分及稀土元素、微量元素地球化学特征等方面与一般的交代岩不同,也与一般的岩浆成因花岗岩不同;成岩物质既有岩浆来源又有地层来源,反映了与笼箱盖岩体同源的岩汁或热液沿层交代泥盆系的成因特征。它与层状锡多金属矿体、层状夕卡岩及层状锌-铜矿体等共同构成燕山期酸性岩浆作用所形成的层状交代体系。

关键词 花岗质岩石 层状 沿层交代 广西大厂

花岗岩成因是一个至今仍未完满解决的问题,尤其是层状产出的花岗岩类究竟怎么"安放",争论颇多。在广西大厂超大型锡多金属矿田笼箱盖岩体周围存在一类层状产出的花岗质岩石,前人尚未作过深入研究。笔者从地质、地球化学特征等方面对其成因进行了初步探讨,认为它与层状锡多金属矿体、层状夕卡岩及层状锌、铜矿体一样都是次生交代的产物。

1 地质特征

该类层状花岗质岩石虽然在坑道(如拉么 530 中段)中常见,但因规模小而不被人重视,其长度一般只有几米到一、二十米,厚度也不大,且取决于地层岩层的厚度。其赋存围岩既有宽条带状灰岩(D_3^2),也有硅质页岩,在 530 中段的硅质页岩(D_3^1)顶部和宽条带状灰岩底部尤其是硅质页岩中该类岩石最常见。其沿斜井往上到 570 中段处仍有产出但规模更小,表明在空间分布上与主岩体有关,并主要在接触带发育。

层状花岗质岩石的全岩 K-Ar 年龄为 93.98Ma(中国地质科学院地质研究所测试),晚于细粒花岗岩岩床(138.6Ma,K-Ar 法),早于黑云母花岗岩的蚀变年龄(72—89Ma,K-Ar 法),而介于长坡-铜坑矿床的成矿年龄之间(117.89—90.92Ma,K-Ar 法),表明了其成岩时代与层状锡多金属矿床的成矿时代一致。因而可以认为它们是同期岩浆热液活动的产物。

花岗质岩石产于泥盆系中,但二者没有侵入关系,也无冷凝边,与围岩逐渐过渡。且有围岩残留,或围岩成分已改变,但围岩的层理构造仍保留下来而形成特征的"影子地层"(图 1)。围岩产状不被破坏,具有典型的同构造层状形态。野外露头上,花岗质岩石延伸十几米即过渡到沉积岩。显微镜下观察电气石、黑云母等呈条带状排布,与其在手标本上所见一致,这些条带平行围岩层理。交代结构发育,硅质页岩呈残余体产出,其中的钙质结核或钙质扁豆体已重结

本文 1994 年 2 月收到,10 月改回,刘淑春编辑。

晶。花岗质岩石伴有弱夕卡岩化(但并非夕卡岩期的层状夕卡岩),围岩浅变质,灰岩大理岩化。从总体上看,这类花岗质岩石与混合岩化、深层花岗岩化无关,应属于晚构造的上层花岗岩化花岗岩[1]。

图1 条带状构造显示的“影子地层”

Fig. 1 The ghost stratigraphy showing by bedded structure

2 岩石学特征

层状花岗质岩石与地层基本上整合甚至完全整合,但沿层方向物质成分由花岗岩向沉积岩逐渐过渡,二者之间没有截然界线。颜色由灰、灰白过渡为原岩的黑、灰黑色。原岩的层理构造在一定范围内得以保留,并在花岗岩处逐渐消失——变为黑电气石、黑云母等条带(图1),更远离原岩处则变为块状构造。矿物成分以钾长石(正长石和条纹长石)、斜长石(成分变化很大,主要为钠长石,少量为中长石)、石英为主。常见黑云母、电气石、白云母及斧石等气成矿物。其它还有黄玉、锡石及铌钽铁矿(?)及放射性元素矿物等(有待于进一步研究)。长石常呈似斑状结构,斑晶可达4—5mm,但还不如主岩体含斑及斑状黑云母花岗岩中的长石斑晶,后者常在10mm以上。电气石和黑云母颗粒也较大,常大于1mm。基质以斜长石、钾长石和石英等为主。细粒等粒、不等粒、它形等结构均可见。一般斜长石自形程度最高,钾长石稍差。石英呈它形晶产出。在过渡处交代结构尤为发育,如斜长石常被钾长石和石英交代而出现反条纹长石、蠕英石等。

对拉么530中段硅质页岩中的层状花岗质岩石所作的详细研究表明,其成岩过程有如下特点:在与硅质页岩过渡处,花岗质岩石中的斜长石呈巨斑晶,表面较干净,双晶发育,晶形较好,交代现象少见;在远离过渡处的中心部位,则斜长石斑晶粒度明显减小,基质近等粒结构,交代现象复杂多变,交代矿物晶形较好而被交代者晶形较差;在介于上述二者之间靠近围岩处,斜长石斑晶普遍被钾长石和(或)石英交代。交代体形态不规则,有时密集,有时稀疏,有时跨过双晶缝,有时自被交代长石的边部向内部逐渐消失等等。可见交代作用是复杂的、多期次的。后来上升的富钾热液可交代先形成的富钠斜长石,随后来热液能量逐渐衰减,其活动范围逐渐缩小,从而使交代最前锋靠近围岩处的斜长石得以残留、保持原状而未被彻底改造,在裂隙发育的中心部位,热液上升,多次交代的结果是原岩被彻底改造而花岗岩的特征越来越明显。

3 岩石化学特征

在同一“条”层状花岗质岩石的不同部位分别取样,其化学分析结果(表1)表明:这类花岗质岩石虽然产于硅质页岩中,但SiO_2含量却较低(66.58%—69.45%,平均67.67%),比主岩体笼箱盖黑云母花岗岩约低5%,比华南电气石花岗岩约低7%。但总体上SiO_2含量大于66%,应属花岗岩范畴。K_2O+Na_2O平均为8.32%,与主岩体相近但略高,也高于华南电气石花岗岩;TiO_2含量为0.01%—0.02%,低于大厂花岗岩类岩石和华南电气石花岗岩等十几倍;而Al_2O_3,MnO,P_2O_5,H_2O及F等组分含量比其它花岗岩中的低得多。Fe_2O_3/FeO值高达1.01,CaO/MgO值为6.42,K_2O/Na_2O值为1.06,这都与大厂岩浆成因花岗岩类(Fe_2O_3/FeO

=0.288，CaO/MgO=2.06，K_2O/Na_2O=1.29）明显不同，表明二者成因上存在差异。

表 1 层状花岗质岩石化学成分

Table 1 The chemical compositions of the bedded granitic rock

含量(%) 成分 产状	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	F	B	资料来源
r15，近围岩	69.45	0.02	16.70	0.46	0.64	0.27	0.12	1.04	4.54	4.11	0.80	1.18	0.54	0.071	本文
r9，居中	66.58	0.01	18.24	1.56	1.02	0.26	0.32	1.39	2.77	3.14	0.86	3.50	1.10	0.170	
r3，远离围岩	66.98	0.01	17.87	0.12	0.43	0.09	0.12	1.23	4.81	5.58	0.77	1.68	0.50	0.0024	
层状花岗岩平均值	67.67	0.013	17.60	0.71	0.70	0.21	0.19	1.22	4.04	4.28	0.81	2.12	0.71	0.081	
大厂花岗岩类	72.66	0.11	14.38	0.46	1.60	0.095	0.50	1.03	3.53	4.56	0.356				[4]
中国黑云母花岗岩	71.99	0.21	13.81	1.37	1.72	0.12	0.81	1.55	3.42	3.81	0.20	0.64			[2]
滇西电气石花岗岩	71.45	0.21	14.92	0.91	1.09	0.06	0.66	1.13	4.53	3.06	0.24	1.03			
华南电气石花岗岩	74.33	0.126	13.61	0.40	1.23	0.07	0.40	0.77	3.24	4.54	0.16		0.33	0.025	[3]
国外电气石花岗岩	74.83	0.05	13.79	0.25	0.78	0.035	0.075	0.43	3.96	4.49	0.13		0.33	0.177	

注：滇西、华南和国外电气石花岗岩由 10，8，4 个地区（和国家）的 19，21，4 个样品计算所得平均值。

本文样品由中国地质科学院岩矿测试技术研究所分析。

花岗质岩石属铝过饱和型，显微镜下可见刚玉呈白色，正高突起，无解理但有菱形裂开。标准矿物分子经计算也富 C 和 Ap，但贫 Q，An，Fs 和 Ilm。与大厂岩浆成因花岗岩相比，同样是贫 An，En 及 Fs 等基性矿物分子而富 Ap。这与被交代原岩硅质页岩富 P 有关（而富 P 低 Ti 又是硅质页岩生物成因的标志）。由此可见，两种花岗岩在成因及成岩物质来源上有所不同。

4 微量元素和稀土元素地球化学特征

层状花岗质岩石富含 Sn，W，Sb，Bi，As 等矿化元素；而 Cu，Pb，Zn 却不高（表 2），表明其成因与拉么的 Zn-Cu 矿化关系不大，但可能与锡多金属矿化有关。这与前述从成岩时代上所得结论一致。含 Cl，S 不高；但 F，B 很高；显示 Sn，W 等的搬运与 F，B 有关；而 Cl，S 可能与 Cu，Pb，Zn 有关。因此，F，B 与 Sn，W，Sb，Bi，As 是一套组合元素，在层状花岗质岩石中富集，也是锡多金属矿化的特征组合元素。而 Cl，S 与 Cu，Pb，Zn 为另一套组合元素，与早期夕卡岩型 Zn-Cu 矿化有关。

碱性痕量元素 Rb 的富集程度很高（1068×10^{-6}），为酸性岩的 5 倍；而 Sr 明显偏低（39×10^{-6}）；Rb/Sr 值达 27.4，远高于华南电气石花岗岩与维氏酸性岩，与世界上具锡矿化的花岗岩（一般>4.0—58）相一致，但并不是说这种花岗质岩石是锡矿化的成矿物质来源，而是与锡矿属同类热液作用的产物。剖面上位于两端的样品 Rb/Sr 值（各为 35.2，32.0）高于中间部位的值（19.1），这表明热液由中心向两端交代过程中，演化得越来越彻底。层状花岗质岩石含 Th 与酸性岩相近，但 U，Nb，Ta 要高得多。故黑云母中常见的黑色不透明柱状带放射晕的矿物可

能是含 U 较高的铌钽铁矿，而黑色短柱状锡石可能是气化热液高温条件下形成的含 Nb，Ta 较高的一类锡石。这也可佐证层状花岗质岩石与锡矿化有关。

表 2　层状花岗质岩石微量元素含量

Table 2　Trace element compositions of the bedded granitic rock

含量($\times10^{-6}$) 元素 / 产状	Sn	W	Pb	Zn	Cu	Sb	Bi	As	Cl	S	Rb	Sr	Th	U	Nb	Ta	F	B	资料来源
r15	20.0	92.5	<15	60	25	15.4	45.9	227	90	420	1088	34	22	30	92	39	5400	710	本文
r9	21.6	3.1	<15	60	10	5.83	73.7	103	190	100	953	50	32	12	74	67	11000	1700	
r3	31.6	29.4	16	20	12	4.42	1.41	21.8	50	150	1163	33	10	12	75	65	5000	24	
平均	24.4	41.7	15	46.7	15.7	8.55	40.3	117.3	110	223	1068	39	21	18	80	57	7100	810	
大厂花岗岩	8.46	19	15	193	7	0.37	2.35	15.54	66	300	535						9500	39	[4]
大厂斑状黑云母花岗岩	16	1.5	23	52	6	0.45		4.25	135	300	509						2700	31	
大厂中细粒黑云母花岗岩	21.24	56.69	18.92	52.54	16.86	1.34		31.61	53	480	1123						1400	206	
华南电气石花岗岩	42.96	23.98	54.48	44.80	49.17						612	60			25		3300	250	[3]
酸性岩(维氏)	3.0	1.5	20	60	20	0.26		1.5	240	400	200	300	18	3.5	20	35	800	15	

注：本文样品(r15，r9，r3)由中国地质科学院岩矿测试技术研究所分析。

层状花岗质岩石稀土元素总含量低，$\Sigma REE \leqslant 20\times10^{-6}$(表 3)；Eu 亏损强烈(而原岩硅质页岩 Eu 含量基本正常)，$\delta Eu < 0.17$；Ce 亏损相对较弱，接近于正常；轻、重稀土含量接近，$LREE = 5.06\times10^{-6}$—9.50×10^{-6}，$HREE = 6.09\times10^{-6}$—10.57×10^{-6}。

5　成岩过程中地球化学特征

从图 2 可见，剖面上连续分布的样品，其地球化学剖面却是不连续的，组分含量呈锯齿状分布而不是连续变化。这表明热液并非自下而上连续运移，而可能从中间(r9)开始分别向两侧沿层交代。这与其地质特征、岩石结构构造特征和矿物成分特征是一致的。

交代过程中，Fe^{3+}，Fe^{2+}，Ca^{2+}，Mg^{2+}，Ti^{4+}，P^{5+}等偏基性组分呈带出趋势；而 OH^-，Al^{3+}，Na^+，K^+则被带入。与一般夕卡岩化过程相似，但 Si^{4+}在此属带出组分(至少带走 13%，JH25 为未蚀变硅质页岩)。此外，带出组分在中部富集，由岩浆热液带入的 OH^-，Al^{3+}也在此富集；而 Na^+，K^+在中部的含量虽高于硅质页岩，但低于交代前锋；Al^{3+}的变化不大，中部也无明显富集。另外，还有部分 K^+，Na^+，Al^{3+}，Si^{4+}运移到该层状花岗质岩石的顶部形成伟晶长石等。

微量元素在成岩过程中的变化(图 3)表现为：(1)中部 F，B，Cl 及 OH^-等矿化剂元素特别富集，说明热液由此导入并向两侧沿层交代，与该处裂隙发育密切有关。(2)碱金属元素 Rb 与 K，Na；碱土金属元素 Sr 与 Ca，Mg 分别同步变化，但碱金属与碱土金属元素的变化完全相反，可见微量元素的行为受控于相关的主元素。(3)同周期的 Sr 比 Nb；Ta 比 W；Th 比 U 碱性要强，而同族的 Ta 比 Nb 碱性强。因此，Sr，Ta，Th 和 Nb，W，U 成为碱性程度不同的两类，其地

球化学行为也不同,但每一类中的三个元素分别相同,故成岩过程中微量元素的行为与环境的酸碱度也有关。在交代前锋因围岩是硅质页岩,SiO_2 含量高,故亲酸性的 Nb,W,U 含量两侧高中间低;而偏碱性的 Sr,Ta,Th 含量则两侧低中间高;同时,r15 处 SiO_2 比 r3 处高,酸性更强,Nb,W,U 的含量也更高。(4)成岩过程中 As,Sb 带入且趋于 r15 处富集,是其亲酸性特征促使它们向酸性前锋汇集,同时也是低温分带,晚期富集的一种体现。(5)矿化元素 W 也是晚期富集,但 Cu,Zn,Sn,Pb 显示带出,尤以 Cu,Zn 最显著。这意味着夕卡岩期除有 Cu-Zn 矿体形成外,附近的地层也受成岩成矿作用的影响而使 Cu,Zn 等矿化元素预富集(沉积原岩含 Cu,Zn 很低),形成类似于前缘晕的地球化学异常;后期锡矿化的岩浆热液在脱离岩体向外运移的过程中又"路过"这些异常区,并可淋滤出 Cu,Zn 等预先富集的元素并使之重新进入热液,参与锡矿化期的成矿作用。

表 3　层状花岗质岩石稀土元素含量

Table 3　REE compositions of the bedded granitic rock

含量($\times10^{-6}$) 样号 / 元素	r15	r9	r3	ch^a	r15/ch	r9/ch	r3/ch
La	1.61	1.14	1.35	0.32	5.03	3.56	4.22
Ce	4.07	1.99	2.82	0.94	4.33	2.12	3.0
Pr	0.64	<0.5	<0.5	0.12	5.33	<4.2	<4.2
Nd	1.88	<0.7	<0.7	0.6	3.13	<1.17	<1.17
Sm	1.24	0.67	<0.4	0.2	6.2	3.35	<2
Eu	<0.06	<0.06	<0.06	0.073	<0.82	<0.82	<0.82
Gd	1.13	0.55	<0.36	0.31	3.65	1.77	<1.16
Tb	<0.3	<0.3	<0.3	0.05	<6	<6	<6
Dy	1.25	0.64	0.55	0.31	4.03	2.06	1.77
Ho	0.16	<0.1	0.18	0.073	2.19	<1.37	2.47
Y	6.44	3.77	4.28	1.96	3.29	1.92	2.18
Er	0.38	0.17	0.25	0.21	1.81	0.81	1.19
Tm	<0.1	<0.1	<0.1	0.033	<3.03	<3.03	<3.03
Yb	0.71	0.36	0.46	0.19	3.74	1.89	2.42
Lu	<0.1	<0.1	<0.1	0.031	<3.23	<3.23	<3.23
ΣREE	20.07	11.15	<12.41				
(La/Yb)					1.34	1.88	1.74
δEu					<0.17	<0.32	0.52
δCe					0.84	>0.55	>0.71

注:ch^a 为球粒陨石。样品由中国地质科学院岩矿测试技术研究所分析。

6　讨论与结论

目前,对于层状产出的花岗质岩石或花岗岩类的研究还是个新课题。法国的迪迪埃[5]在他的著作《花岗岩及包体——包体与花岗岩成因的关系》一书中论及比利牛斯山存在与灰岩同生的花岗岩。我国矿床学家孟宪民[6]也早在 60 年代就论述过花岗岩的成层性和同生性,发表有

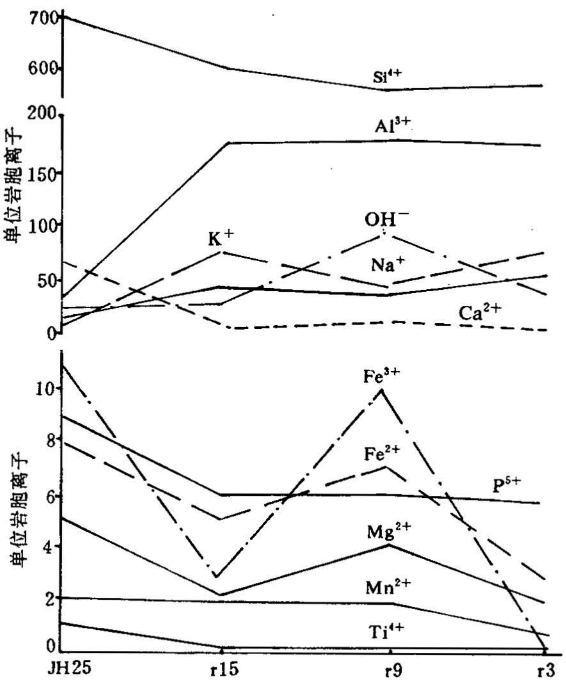

图 2 层状花岗质岩石成岩过程中主元素含量变化
JH25 为硅质页岩原岩

Fig. 2 The change of host element contents during the formation of the bedded granitic rock
JH25: siliceous shale

《花岗岩的安放》等文章。在这里,我们研究的是封闭条件下,由花岗岩化交代而成的层状花岗质岩石。据《岩石学词典》[7],花岗岩化是指"固体岩石未经岩浆阶段,只是由于物质的加入和带出而转化或转变的花岗质岩石的作用…"。

广西大厂拉么坑道中层状花岗质岩石常见,而同样层位、同样围岩的长坡-铜坑坑道中却没有,这主要是由于长坡-铜坑离花岗岩侵入体稍远,可见这种层状花岗质岩石与侵入体密切有关。在野外露头上,层状花岗质岩石的中心部位的岩石色浅,未见残余层理和"影子地层",上、下的层理面均已破坏而呈块状构造,有裂隙脉穿过;而前锋处在颜色、构造及成分上均与围岩呈过渡关系,其上、下都受层面限制;右上角比左下角在等距离于中心处颜色要浅而残余层理不发育。因此,层状花岗质岩石的形成过程先是富钠热液沿层交代硅质页岩,形成富含钠长石的交代岩,期间热液向围岩方向推进;随后,上升热液逐渐富钾,但数量渐少,它对先形成的钠长石交代岩进一步交代,形成交代成因的反条纹长石;再后来上升的热液继续对交代岩进行交代,使之逐渐向花岗岩转化。热液上升的中心部位由于裂隙发育,热液供应较充分,因而向花岗岩转化的程度也最高。右上角花岗岩特征比左下角更明显,也是由于热液上升时地层已经倾斜(构造后)、热液更主要是向上运移的结果。

层状花岗质岩石的成岩地球化学过程可概括为:首先是碱性高温气化热液沿裂隙导入;然后是碱性热液与酸性的硅质页岩发生化学反应,结果是原岩中 Fe^{3+},Fe^{2+},Mg^{2+},Ca^{2+},P^{5+} 等组分带出,而热液带入的 K^+,Na^+,Al^{3+} 向前锋运移,并就地与 Si^{4+} 一起形成花岗岩类矿物,如长石、石英等;多余的 Si^{4+} 及 Na^+,K^+,Al^{3+} 等组分随热液继续向上运移,遇到灰岩时,可形成灰岩中的类夕卡岩化、钾长石化、硅化。

综上所述,层状花岗质岩石主要产于花岗岩侵入体附近,沿层方向与围岩逐渐过渡而无侵入关系;且其厚度和产状受围岩控制;岩石的结构构造及物质成分在沿层方向上也是由花岗岩向围岩连续过渡;成岩物质既有岩浆来源又有地层来源;在地球化学特征上既有花岗岩的特征又"残留"有围岩的某些特征,且从花岗岩→层状花岗质岩石的中心部位→层状花岗质岩石的边部→围岩是一个连续变化的过程;成岩时代与锡多金属矿化同期而晚于主岩体,由此我们初步认为这是一种沿层交代岩,其成分和结构构造已具有花岗岩特征。

将成岩与成矿联系起来考虑,我们认为老地层重熔后,Ti 及 Mg,Ca 等基性元素与 Fe,Cu,

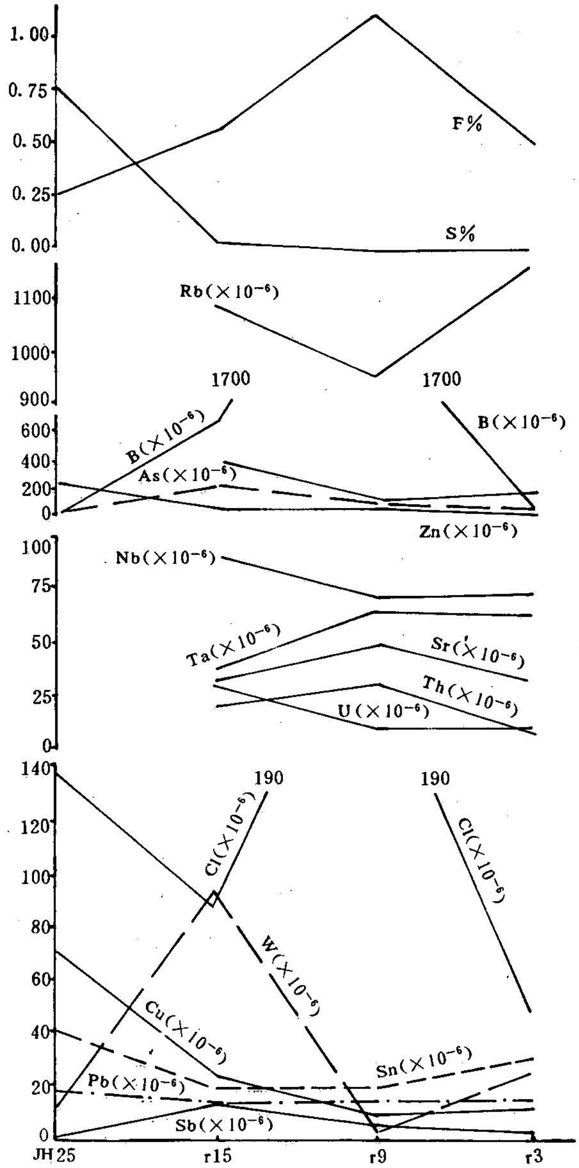

图 3　层状花岗质岩石成岩过程中微量元素含量的变化

JH25 为硅质页岩原岩

Fig. 3　The change of the trace elements contents during the formation of the bedded granitic rock

JH25：siliceous shale

Zn 等亲基性元素部分残留于原地；而 W，Sn，Pb 等亲酸性元素与 Si，K，Na 等浅色组分一起更多地在重熔岩浆及岩浆热液中富集，并随岩浆侵位而上升，岩浆上升过程中可能吸收地层围岩中的某些组分。这些包括期后热液在内的岩浆物质与泥盆系发生交代反应，尤其是对岩性差异很大的组合岩石进行沿层选择性交代的结果，是形成一个由层状夕卡岩、层状 Zn-Cu 矿体、层

状花岗质岩石及层状、似层状的91，92号矿体及细脉带等脉状矿体中沿层交代矿层等组成的燕山期完整的岩浆热液交代体系。

野外工作得到大厂矿务局、拉么矿区及广西地质矿产局部兆典等同志的帮助，特此致谢。

参 考 文 献

1 南京大学地质系主编．地球化学(修订本)．北京：科学出版社，1984.
2 吕伯西，段建中，高子英，潘长云，沈敢富．滇西含锡电气石花岗岩．青藏高原地质文集．北京：地质出版社，1990. 34—51页．
3 谭运金．华南地区电气石花岗岩的主要特征．岩石学报，1990，(4)：46—53.
4 陈毓川，黄民智等．大厂锡矿地质．北京：地质出版社，1993.
5 迪迪埃．花岗岩及其包体(包体与花岗岩成因的关系)．北京：地质出版社，1981.
6 孟宪民．花岗岩的安放问题．地质论评，1965，23(5)：379—382.
7 吴树仁编译．岩石学词典．北京：地质出版社，1990.

GEOLOGY，GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF BEDDED GRANITIC ROCKS IN DACHANG，GUANGXI

Chen Yuchuan and Wang Denghong
(Chinese Academy of Geological Sciences，Beijing)

Abstract

Bedded granitic rocks occurring in Lamo，Dachang，around a granite intrusion，has a distinct geological occurrence，petrogenetic epoch，structure and texture，mineral and chemical composition and REE and trace element geochemical characteristics. They are different from both general metasomatite and normal magmatogenic granite. Its materials might come from both magmas and host rocks，indicating that it was formed when the ichor (or hydrothermal solution) replaced the Devonian siliceous shale and so on. The bedded granitic rocks together with bedded skarns，bedded Zn-Cu ore bodies and bedded Sn-polymetallic mineralization bodies form a bedded metasomatic system formed by the Yanshanian acid magmatism.

Key words： granitic rock，bedded，lit-par-lit metasomatism，Dachang，Guangxi

作 者 简 介

陈毓川，男，生于1934年12月。1959年毕业于前苏联顿涅茨克工业学院地质勘查系。现为中国地质科学院研究员，长期从事矿床地质方面的研究。通讯处：北京西城百万庄路26号中国地质科学院，邮政编码：100037。