

藏东八宿地区朱村组火山岩地球化学、同位素年代学及其构造意义

谢尧武¹, 李林庆², 强巴扎西¹, 王 明³, 蒋光武¹

XIE Yao-wu¹, LI Lin-qing², QIANGBA Zha-xi¹, WANG Ming³, JIANG Guang-wu¹

1. 西藏地勘局区域地质调查大队, 西藏 堆龙德庆 851400; 2. 河北省区域地质调查研究所, 河北 廊坊 000650;

3. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061

1. *Regional Geological Survey Party, Tibet Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development,*

Doilungdegen 851400, Tibet, China;

2. *Hebei Institute of Regional Geological Survey, Langfang 000650, Hebei, China;*

3. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*

摘要:藏东八宿县城西南出露一套由中酸性火山碎屑岩及熔岩组成的火山岩地层体, 研究程度不高, 报道较少, 时代争论较大, 构造意义不明确, 称之为朱村组。在朱村组获得角闪英安岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $128\text{Ma} \pm 2\text{Ma}$, 将朱村组的时代厘定为早白垩世。地球化学特征反映朱村组火山岩形成于怒江洋壳向冈底斯-念青唐古拉板块俯冲、消减的火山弧环境, 是伯舒拉岭火山岩岩浆弧的组成部分, 与伯舒拉岭早白垩世花岗岩长岩应为同源不同相的产物, 并认为藏东地区班公湖-怒江缝合带的闭合在早白垩世晚期已经完成。

关键词:藏东; 八宿地区; 朱村组; 火山岩; 构造意义

中图分类号: P534.53; P595; P597⁺.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2009)09-1244-09

Xie Y W, Li L Q, Qiangba Z X, Wang M, Jiang G W. Geochemical, geochronological features and tectonic significance of volcanic rocks of Zhucun Formation in Baxoi area, eastern Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(9):1244-1252

Abstract: There are volcanic rocks which are made up of intermediate-acid volcanic-clastic rocks and lavas in the northwest Baxoi County, eastern Tibet. So far, the genesis of these rocks are poorly studied, including their formation age and tectonic significance. They were referred as Zhucun formation. The authors have obtained zircon U-Pb dating age of $128 \pm 2\text{Ma}$ of the amphibole dacite of Zhucun formation so the age of the Zhucun formation is defined as Early Cretaceous. The geochemical characteristics of the Zhucun formation reflect that the volcanic rocks formed in the volcanic arc setting of the Nujiang oceanic subduction to Gangdis-Nyainqen-tanglha plate which is part of the Boshula mountains volcanic arc. Compared to Boshulaling Early Cretaceous granodiorite, they have the same magma resources but show different facies. The authors also think that the closing of the Bangong Co-Nujiang suture belt in eastern Tibet was finished during early cretaceous.

Key words: eastern Tibet; Baxiu area; Zhucun Formation; volcanic rock; tectonic significance

在藏东八宿地区怒江西侧出露有一套中酸性火山岩地层体, 称为朱村组, 其成因、构造性质及时代争议较大。笔者从岩石学、岩石地球化学、同位素年代学的角度出发, 探讨了该组的成因环境、形成时代

及构造意义。

1 区域地质概况

朱村组(K_zh)分布于藏东八宿县城西南的朱村

收稿日期: 2009-06-05; 修订日期: 2009-07-06

地调项目: 中国地质调查局地质调查项目(编号: 1212010510214)资助

作者简介: 谢尧武(1970-), 男, 工程师, 从事青藏高原区域地质研究。E-mail: xzxieyaowu@126.com

一带,大地构造位置为冈底斯-念青唐古拉板块北东缘,紧邻班公湖-怒江结合带,属于伯舒拉岭火山岩浆弧的一部分,呈北西-南东向展布(图 1)。其成因和时代有较多争议,《1:100 万昌都幅区域地质调查报告》划为新第三系,称拉屋拉群^①;《西藏自治区区域地质志》划为上白垩统,称江巴组^①;《1:20 万八宿县幅、松宗幅区域地质调查报告》划为上白垩统一古近系,称朱村组^②;《西藏自治区岩石地层》划为上白垩统,称竟柱山组^②;《1:25 万八宿县幅区域地质调查报告》获得了 SHRIMP U-Pb 年龄 $128\text{Ma}\pm 2\text{Ma}$,时代为早白垩世,仍称朱村组^③。

朱村组(K_1zh)出露总体为一套由中酸性火山碎屑岩及熔岩组成的火山岩地层体,与下伏地层多尼组(K_1d)含煤岩系呈喷发不整合接触,顶部多处被早白垩世一晚白垩世花岗岩浆侵入破坏,局部地方有始新世宗白群(E_2Z)角度不整合覆盖。主要岩石组合

为中酸性火山碎屑岩及熔岩,由英安质集块岩、中酸性岩屑火山角砾岩、中酸性晶屑岩屑凝灰岩、英安岩、角闪英安岩、中酸性火山角砾集块岩、安山岩、中酸性集块火山角砾岩、安山质晶屑岩屑凝灰岩等组成。岩石具一定的蚀变,火山碎屑岩中发育火山弹,熔岩中发育柱状节理。

笔者根据对朱村组火山岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年,并结合岩石化学、地球化学资料,认为朱村组火山岩形成于怒江大洋板块向冈底斯-念青唐古拉陆块俯冲、消减的火山弧环境,形成时代为早白垩世。

2 朱村组火山岩剖面

取样剖面位于八宿县城以西约 11.5km 处,由西藏地勘局区调队 2006 年开展 1:25 万八宿县幅区调时测制(图 2)。朱村组顶部被早白垩世花岗(闪长)

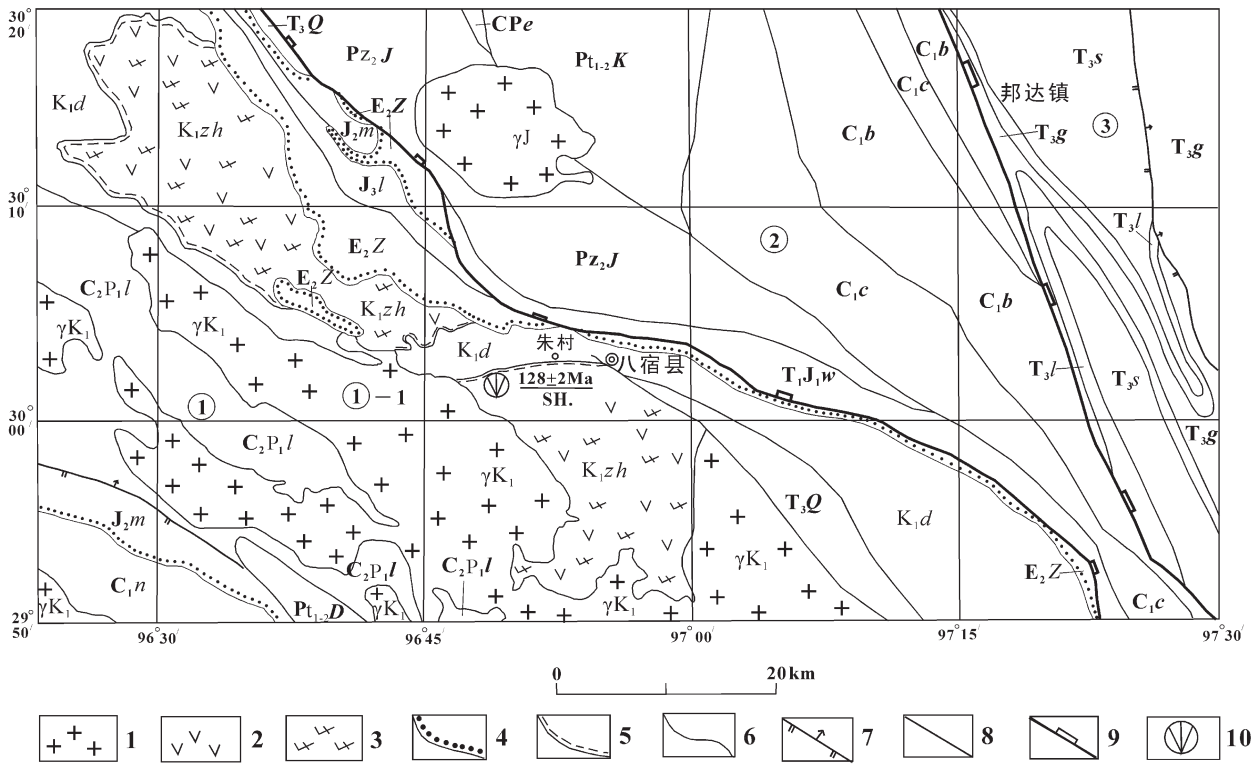


图 1 藏东八宿地区地质构造简图及朱村组分布图

Fig. 1 Geo-tectonic sketch map of the Baxoi area and distribution of the Zhucun Formation, eastern Tibet

1—花岗岩体;2—安山岩;3—英安岩;4—角度不整合界线;5—喷发不整合界线;6—整合界线;7—逆断层;8—性质不明断层;9—板块边界断裂;10—同位素测年样品点;①—冈底斯-念青唐古拉板块(陆块);②—班公湖-怒江结合带;③—南羌塘-左贡板块(陆块);①-1—伯舒拉岭岩浆弧;Pt₁₋₂D—德玛拉岩群;Pt₁₋₂K—卡穷岩群;Pz₂J—嘉玉桥岩群;C_{1n}—诺措组;C_{1c}—错绒沟口岩组;C_{1b}—邦达岩组;Cpe—俄学岩组;C₂P₁l—来姑组;T₃Q—确哈拉群;T₃g—锅雪普组;T₃l—乱泥巴组;T₃s—桑多组;T₃lw—瓦达岩组;J₂m—马里组;J₃l—晚侏罗世拉贡塘组;K₁d—多尼组;K₁zh—朱村组;E₂Z—宗白群;γJ—侏罗纪花岗岩;γK₁—早白垩世花岗岩

质岩浆侵入破坏,未见顶;底部与早白垩世多尼组呈喷发不整合接触。总厚约 3600m。现将该剖面描述如下。

早白垩世花岗闪长岩($\gamma\delta K_1$)

~~~~~ 侵入接触 ~~~~~	
朱村组( $K_1zh$ )	>3600m
9.灰绿色、紫灰色安山质晶屑凝灰岩,早白垩世花岗闪长岩侵入其中,具有接触变质现象	450m
8.灰绿色中酸性岩屑晶屑凝灰岩	300m
7.灰色蚀变安山岩夹中酸性火山角砾岩	550m
6.灰色蚀变中酸性火山角砾岩	600m
5.绿灰色蚀变中酸性岩屑晶屑凝灰岩	350m
4.灰黑色英安质集块岩	350m
3.灰色蚀变中酸性火山角砾岩	400m
2.灰黑色英安质集块岩	150m
1.绿灰色角闪英安岩,同位素年龄样品编号 BS52-1TW,年龄值 $128\text{ Ma}\pm 2\text{ Ma}$ (锆石 SHRIMP U-Pb)	450m
~~~~~ 喷发不整合接触 ~~~~~	
下伏地层:早白垩世多尼组(K_1d)粉砂岩、粘土岩,含煤,产大量植物化石	

在朱村剖面西北八宿县出水凌曲—波密县毛热曲一带,岩石组合与朱村剖面基本相同,主要岩性为英安质岩屑晶屑凝灰熔岩、英安质火山角砾集块岩、

英安质岩屑晶屑凝灰岩、安山质火山角砾岩、玄武安山质岩屑晶屑凝灰岩、玄武安山质火山角砾集块岩、安山岩等,厚度大于 1129m;朱村剖面之东八宿县拉曲一带,岩石组合与朱村剖面也基本相同,主要岩性为英安质火山角砾凝灰岩、安山质岩屑晶屑凝灰岩、英安质岩屑晶屑凝灰岩、英安岩、英安质火山角砾岩、英安质火山角砾岩屑晶屑凝灰岩,厚度大于 1579m。

3 朱村组火山岩岩石化学地球化学特征

3.1 岩石化学特征

朱村组部分岩石化学成分见表 1 和表 2。 SiO_2 含量在 51.13%~71.66%之间,平均为 63.03%,在中酸性岩范围内; Al_2O_3 含量偏高,在 13.36%~18.06%之间,平均为 15.19%;总碱量中等; TiO_2 含量平均为 0.566%,较之于上部大陆壳的 0.5%略高(据 Taylor 等,1985)。其余氧化物相对偏低。CIPW 标准矿物组合主要为 $\text{Q}+\text{Ab}+\text{An}+\text{Or}+\text{C}+\text{Hy}$,属于过铝岩石系列;其次为 $\text{Q}+\text{Ab}+\text{An}+\text{Or}+\text{Di}+\text{Hy}$,属正常类型; A/CNK 值同样以过铝岩石为主。 σ 值在 0.44~3.85 之间,个别为 5.43,总体上属于安山岩和粗安岩系列。在图 3 中,投到碱性系列和亚碱性系列的样品点各

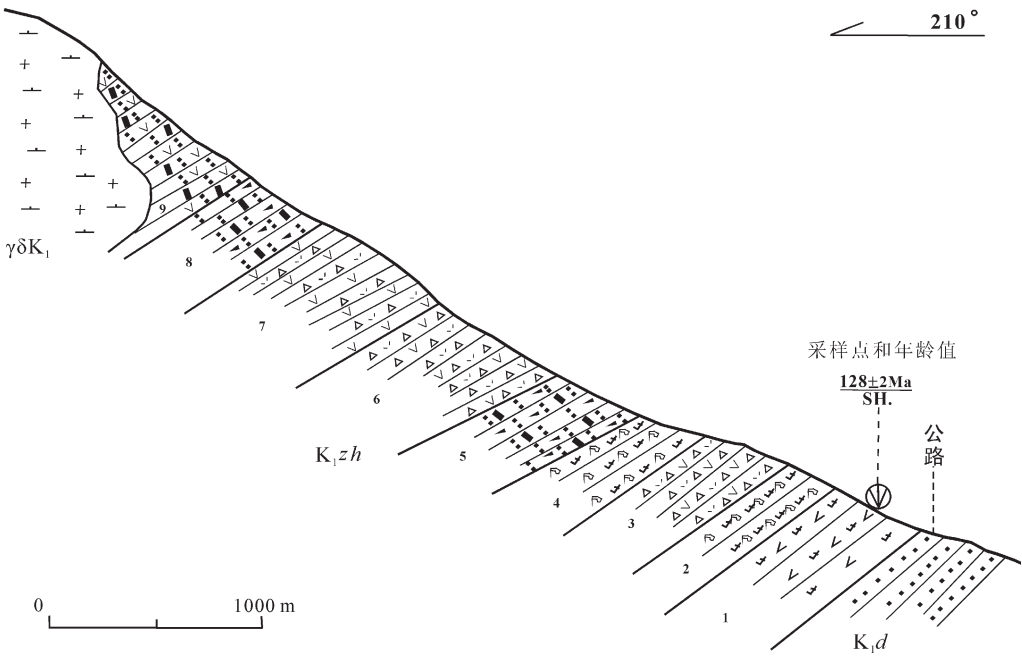


图 2 藏东八宿地区朱村组(K_1zh)路线剖面

Fig. 2 Section route of Zhucun Formation, Baxoi area, eastern Tibet

K_1d —早白垩世多尼组; K_1zh —早白垩世朱村组; $\gamma\delta K_1$ —早白垩世花岗闪长岩;1~9 为地层分层号

有一半;亚碱性系列岩石样品的点在图 4 中大多投到了钙碱性系列的区域内。在图 5 中,样点几乎全位于消减带火山岩区;在图 6 中,样点多位于岛弧拉斑玄武岩区。上述岩石化学特点反映出朱村组火山岩形成于火山弧环境,具有碰撞造山带的特征。

3.2 地球化学特征

朱村组部分岩石稀土元素丰度见表 3, 稀土元素总量较高, ΣREE 在 $154.98\times10^{-6}\sim260.11\times10^{-6}$ 之间, $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值在 6.83~14.31 之间, $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值在 5.61~11.41 之间, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 比值在 7.35~18.33 之间, 表现为轻稀土元素明显富集。 δEu 值除 1 件样品具十分微弱的正异常外, 其余都为较明显的负 Eu 异常。稀土元素配分型式为向右倾斜的曲线(图 7), 与分异花岗岩稀土元素曲线相似^{②③②}。稀土元素特征总体与火山弧型火山岩相似。

朱村组部分岩石微量元素丰度见表 4, K/Rb 为 239、216, 与壳源花岗岩化交代型的花岗岩(K/Rb 为 230)相近; Rb/Sr 值介于 0.3~0.4 之间, 高于大陆壳平均值 0.24。在微量元素蛛网图(图 8)中可以看出, 朱村组火山岩样品显著富集 K 、 Rb 、 Ba 、 Th 、 Ta 等大离子亲石元素, 表现为 Th 强烈富集型的特征性隆起, 曲线型式与火山弧玄武岩型(钙碱性的大陆)火山岩微量元素分布模式相似^{③④}。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7121^{④}$, 与大陆壳的 0.719 十分接近, 其物源应为陆壳。总地来讲, 朱村组火山岩的地球化学特点与火山弧玄武岩相似, 说明其形成于火山弧环境。

4 朱村组火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年

年龄样品点位于剖面第 1 层(图 2), 样品编号为 BS52-1TW。样品岩性为绿灰色角闪英安岩, 斑

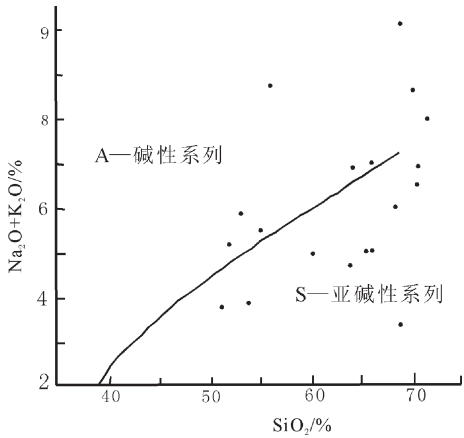


图 3 朱村组火山岩硅-碱图解(据 T.N.Jrvine, 1971)
Fig. 3 $\text{SiO}_2-(\text{K}_2\text{O}+\text{N}_2\text{O})$ diagram of volcanic rocks in Zhucun Formation

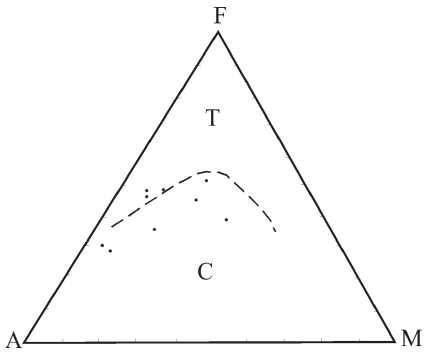


图 4 朱村组火山岩 AFM 图解(据 T.N.Jrvine, 1971)
Fig. 4 AFM diagram of volcanic rocks in Zhucun Formation
T—拉斑玄武岩系列; C—钙碱性系列

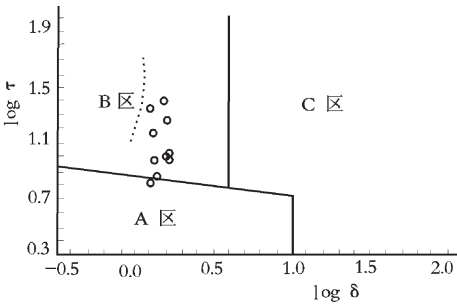


图 5 朱村组火山岩 $\log\delta-\log\tau$ 图解
(据 Rittamn, 1973)

Fig. 5 The $\log\delta-\log\tau$ diagram of volcanic rocks in Zhucun Formation
A—板内稳定区花岗岩; B—消减带火山岩;
C—A、B 区演化的碱性火山岩

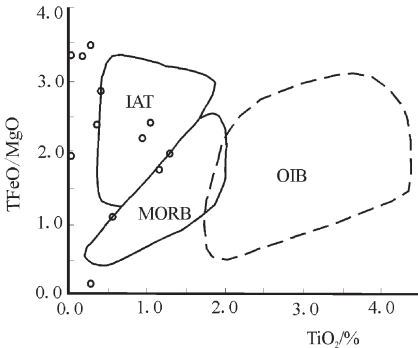


图 6 朱村组火山岩 $\text{TFeO}/\text{MgO}-\text{TiO}_2$ 图解
Fig. 6 $\text{TFeO}/\text{MgO}-\text{TiO}_2$ diagram of volcanic rocks in Zhucun Formation
IAT—岛弧拉斑玄武岩; OIB—洋岛玄武岩;
MORB—洋脊玄武岩

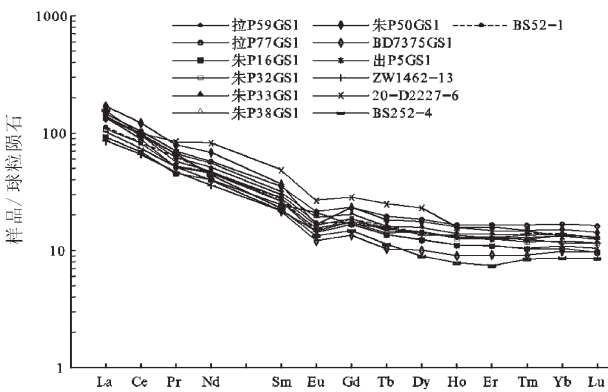


图7 朱村组火山岩稀土元素分布型式
(球粒陨石值据 W.V.Boynton, 1984)

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns
of volcanic rocks in Zhucun Formation

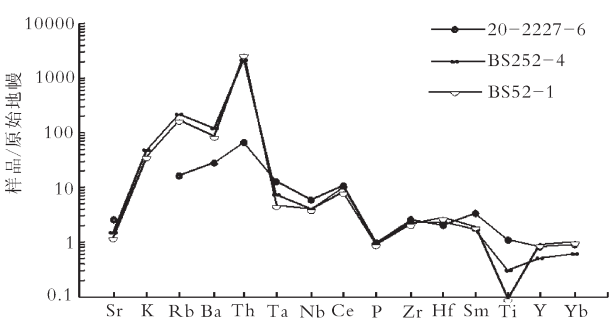


图8 朱村组火山岩微量元素原始地幔标准化蛛网图
Fig. 8 Primitive mantle-normalized trace element
patterns of volcanic rocks in Zhucun Formation

状结构、块状构造。斑晶由斜长石(50%±)、普通角闪石(10%±)组成;基质由微粒状石英(20%±)、斜长石微晶(15%±)、次生矿物绿泥石(3%±)等组成。斑晶粒度在 0.1~2mm 之间,基质粒度小于 0.1mm。岩石具一定的后期蚀变,局部发育裂隙,并有石英脉、方解石脉充填其中。

锆石的挑选由河北省区域地质调查研究所实验室完成,在双目镜下挑选出无裂隙、无包裹体、透明干净的自形锆石颗粒,将其与数粒标样置于环氧树脂中,磨至约一半,使内部暴露,然后进行反射光、透射光和阴极发光显微照相。阴极发光在北京大学物理学院完成(图 9);锆石 U-Pb 同位素分析由北京离子探针中心用 SHRIMP II 型离子探针测定。在分析过程中,应用标准锆石 TEM(417Ma)进行元素间

表 1 朱村组火山岩岩石化学分析结果

Table 1 Petro-chemical analysis results of volcanic rocks in Zhucun Formation

序号	样品号	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	LOI	Total
1	拉 P ₂₀ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	65.94	0.38	14.10	1.71	3.84	0.12	0.80	3.21	2.26	2.82	0.15	4.30	99.63
2	拉 P ₅₁ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	68.50	0.30	14.73	0.85	1.93	0.63	0.44	2.88	2.23	3.80	0.05	3.20	99.54
3	拉 P ₅₉ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	65.6	0.45	14.35	1.38	4.04	0.09	0.88	3.34	2.50	2.64	0.15	4.36	99.78
4	拉 P ₆₈ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	64.40	0.33	14.94	0.69	3.14	0.08	0.76	3.77	2.76	4.11	0.08	4.46	99.52
5	拉 P ₇₇ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	54.16	0.90	17.84	2.24	5.57	0.14	3.42	7.65	2.34	1.53	0.25	3.91	99.95
6	朱 P ₃₃ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	64.44	0.45	14.07	0.83	2.75	0.05	1.49	5.08	2.09	2.59	0.07	6.73	100.64
7	朱 P ₃₈ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	68.90	0.35	14.07	1.41	2.80	0.06	1.18	2.35	0.72	2.69	0.05	4.85	99.43
8	朱 P ₄₈ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	70.60	0.30	13.63	0.68	2.05	0.05	0	3.31	2.74	3.74	0.07	3.33	100.50
9	朱 P ₅₀ GS ₁	中酸性火山碎屑岩	70.64	0.30	13.36	0.32	2.80	0.05	0.92	1.88	2.50	4.42	0.04	3.07	100.30
10	BD7375GS ₁	中酸性火山碎屑岩	71.66	0.16	14.01	1.00	1.38	0.05	0.69	1.15	3.70	4.32	0.07	1.85	100.04
11	BS252-4	碎裂蚀变英安岩	65.89	0.440	14.78	3.12	1.59	0.086	1.56	2.30	3.57	3.50	0.099	2.80	100.99
12	BS52-1	蚀变角闪英安岩	60.34	0.602	15.49	1.22	5.83	0.124	3.56	5.91	2.27	2.71	0.107	1.12	99.048
13	14-D2227GS ₂	流纹岩	70.04	0.25	13.53	2.03	2.48	0.06	0.39	0.61	4.51	4.10	0.059	0.93	98.989
14	14-D2227GS ₃	流纹英安岩	69.04	0.27	14.67	2.36	0.62	0.04	0.44	0.79	5.25	3.83	0.064	1.51	98.884
15	20-D2227-5GS	玄武安山岩	56.05	1.24	17.39	10.09	0.73	0.06	0.75	2.58	8.43	0.22	0.451	1.60	99.591
16	20-D2227-2GS	玄武安山岩	52.02	1.39	17.09	4.38	4.95	0.17	4.54	7.64	3.23	1.93	0.420	1.70	99.46
17	20-D4214(1)-2B ₃	玄武岩	55.42	1.13	16.73	1.79	5.39	0.19	2.93	4.48	4.71	0.75	0.432		98.182
18	20-D4214(1)-2B ₂	玄武岩	52.83	1.35	18.06	2.10	6.01	0.15	3.82	4.49	5.25	0.50	0.502		99.392
19	20-D4214(6)GS	玄武岩	51.13	0.64	15.78	2.12	3.42	0.09	4.93	5.88	2.71	1.07	0.172	10.87	98.812

注:氧化物含量为 w_B%

表 2 朱村组火山岩 CIPW 标准矿物特征

Table 2 CIPW standard mineral characteristics of volcanic rocks in Zhucun Formation

序号	样品号	A/CNK 分异指数																R ₁	R ₂
		石英 (Q)	钙长石 (An)	钠长石 (Ab)	正长石 (Or)	刚玉 (C)	透辉石 (Di)	紫苏辉石 (Hy)	钛铁矿 (Il)	磁铁矿 (Mt)	磷灰石 (Ap)	(DI)	SI	AR	σ43				
1	拉 P ₂₀ GS ₁	33.54	15.68	20.06	17.48	1.94		7.58	0.76	2.6	0.36	86.76	1.118	7	1.83	1.09	2906	692	
2	拉 P ₅₁ GS ₁	33.94	14.49	19.59	23.31	1.9		4.79	0.59	1.28	0.12	91.33	1.131	4.76	2.04	1.39	2905	642	
3	拉 P ₅₉ GS ₁	31.71	16.34	22.17	16.35	1.75		8.27	0.9	2.1	0.36	86.63	1.1	7.69	1.82	1.13	2835	715	
4	拉 P ₆₈ GS ₁	23	17.08	24.57	25.55		1.74	6.15	0.66	1.05	0.19	90.2	0.943	6.63	2.16	2.11	2351	772	
5	拉 P ₇₇ GS ₁	11.69	35.04	20.62	9.41		2.28	15.19	1.78	3.38	0.6	76.76	0.919	22.65	1.36	1.21	2274	1393	
6	朱 P ₃₃ GS ₁	30.35	22.75	18.83	16.3		2.98	6.43	0.91	1.28	0.17	88.23	0.909	15.28	1.65	0.97	3019	951	
7	朱 P ₃₈ GS ₁	48.81	11.98	6.44	16.81	6.15		6.82	0.7	2.16	0.12	84.04	1.681	13.41	1.52	0.44	3787	620	
8	朱 P ₄₈ GS ₁	33.59	14.25	23.86	22.75		1.94	1.85	0.59	1.01	0.17	94.45	0.935		2.24	1.5	2854	640	
9	朱 P ₅₀ GS ₁	32.76	9.32	21.76	26.86	1.17		6.96	0.59	0.48	0.1	90.7	1.085	8.39	2.66	1.71	2767	523	
10	BD7375GS ₁	30.16	5.34	31.89	26	1.35		3.32	0.31	1.48	0.17	93.39	1.09	6.22	3.25	2.23	2425	440	
11	BS252-4	24.74	11.11	31.19	21.39	1.21		5.81	0.86	3.48	0.24	88.4	1.068	11.76	2.41	2.13	2239	633	
12	BS52-1	16.02	24.64	19.66	24.71		3.86	17.11	0.24	1.81	0.25	76.72	0.89	22.84	1.61	1.38	2439	1139	
13	14-D2227GS ₂	25.72	2.69	38.92	23.26	0.72		3.62	0.48	3	0.14	92.04	1.043	2.89	4.11	2.71	2018	357	
14	14-D2227GS ₃	21.98	3.6	45.66	1.33	0.62		1.78	0.53	2.42	0.15	94.49	1.032	3.54	3.85	3.12	1804	405	
15	20-D2227-5GS		9.19	73.17	1.33		0.77	2.77	2.42	7.61	1.07	83.69	0.925	3.8	2.53	5.43	394	671	
16	20-D2227-2GS	3.53	27.06	27.98	11.67		7.21	13.33	2.7	5.53	1	70.23	0.803	23.94	1.53	2.72	1621	1410	
17	20-D4214(1)-2B ₃	9.86	20.65	42.42	4.72	1.13		15.12	2.28	2.76	1.07	77.65	1.001	18.82	1.69	2.11	F ₁ 0.59 F ₂ -1.49 F ₃ -2.56		
18	20-D4214(1)-2B ₂	3.29	19.98	46.73	3.11	2.02		17.74	2.7	3.2	1.22	73.11	1.041	21.61	1.68	2.91	0.57 -1.55 -2.59		
19	20-D4214(6)GS	11.51	31.54	26.08	7.19		0.29	18.21	1.38	3.36	0.45	76.32	0.968	34.62	1.42	1.22	0.58 -1.45 -2.54		

注:标准矿物含量为 w₆₀%;所有样品均来自朱村组(K_{2h});序号 1~10 样品资料来源自 1:20 万八宿县幅^②;11~12 源自 1:25 万八宿县幅^③;13~19 资料来源自 1:20 万左贡幅^④;σ43 为里特曼指数;F₁、F₂、F₃ 为玄武岩的图解常数

表 3 朱村组火山岩稀土元素含量及特征参数

Table 3 Concentrations of REE of volcanic rocks in Zhucun Formation

序号	样品号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	ΣCe/ΣY	(Ce/Yb) _N	(La/Yb) _N	δEu	δCe
1	拉 P ₃₀ GS ₁	中性性火山碎屑岩	42.84	78.29	7.49	30.20	5.75	1.264	4.37	0.719	4.58	0.926	2.67	0.400	2.785	0.427	25.36	208.07	9.83	7.27	10.37	0.74	0.97
2	拉 P ₇ GS ₁	中性性火山碎屑岩	44.73	83.21	8.51	34.16	6.81	1.570	5.97	0.918	5.86	1.173	3.44	0.526	3.478	0.532	32.08	232.96	8.17	6.19	8.67	0.74	0.96
3	朱 P ₁₆ GS ₁	中性性火山碎屑岩	28.52	55.33	5.48	23.85	4.72	1.523	4.28	0.642	3.95	0.791	2.29	0.332	2.153	0.317	20.81	154.98	8.09	6.65	8.93	1.02	1.00
4	朱 P ₃₂ GS ₁	中性性火山碎屑岩	33.60	66.28	6.32	27.78	5.42	1.194	4.80	0.696	4.60	0.900	2.61	0.380	2.514	0.379	24.84	182.31	8.33	6.82	9.01	0.70	1.02
5	朱 P ₃₃ GS ₁	中性性火山碎屑岩	41.94	77.69	8.07	32.78	6.10	1.393	5.23	0.753	4.98	0.987	2.88	0.433	2.845	0.422	27.05	213.55	9.06	7.06	9.94	0.74	0.95
6	朱 P ₃₈ GS ₁	中性性火山碎屑岩	31.67	59.60	6.21	26.91	5.07	1.130	4.41	0.663	4.58	0.913	2.73	0.4112	2.748	0.410	24.92	172.37	7.74	5.61	7.77	0.71	0.96
7	朱 P ₃₀ GS ₁	中性性火山碎屑岩	52.16	97.87	9.60	40.85	7.11	1.213	5.97	0.855	5.63	1.125	3.29	0.476	3.144	0.470	30.35	260.11	9.96	8.05	11.19	0.55	0.98
8	BD7375GS ₁	中性性火山碎屑岩	41.64	71.49	6.21	23.56	4.18	0.879	3.46	0.485	3.20	0.643	1.91	0.292	2.041	0.321	18.26	178.57	11.98	9.06	13.75	0.69	0.96
9	出 P ₃ GS ₁	中性性火山碎屑岩	41.76	77.72	6.95	27.86	5.06	1.044	4.28	0.636	3.92	0.792	2.28	0.335	2.260	0.341	21.31	196.54	10.81	8.90	12.46	0.67	1.00
10	ZW1462-13	安山岩	26.40	53.10	5.64	21.40	4.19	1.060	4.50	0.736	4.32	0.962	2.65	0.399	2.42	0.380	0	128.15	6.83	5.68	7.35	0.74	1.00
11	20-D2227-6	玄武安山岩	42.50	80	10.2	49	9.4	1.95	7.3	1.17	7.35	1.12	3.07	0.47	2.75	0.41	21.5	238.19	8.17	7.52	10.42	0.69	0.90
12	BS252-4	碎裂蚀变英安岩	48.4	78.5	8.07	26.0	4.40	0.97	3.81	0.53	2.84	0.56	1.55	0.27	1.78	0.28	14.1	192.06	14.31	11.41	18.33	0.71	0.87
13	BS52-1	蚀变角闪英安岩	34.8	66.3	7.61	27.4	5.34	1.08	4.77	0.76	4.52	0.92	2.60	0.45	2.91	0.42	24.5	184.38	8.21	5.89	8.06	0.64	0.94

注:稀土元素含量为 $w_0 \cdot 10^{-6}$; 所有样品均来自朱村组(K_{2h}); 序号 1~9 样品资料来源自 1:20 万八宿县幅^②; 10 源自 1:20 万竹瓦根幅^⑤; 11 源自 1:20 万左贡幅^③; 12~13 源自 1:25 万八宿县幅^③

表 4 朱村组部分火山岩的微量元素含量

Table 4 Concentrations of trace elements of volcanic rocks in Zhucun Formation

序号	样品号	岩石名称	时代	Sr	Ba	Ni	V	Zr	Hf	Sc	Th	W	Ga	Sn	Be	Li	Rb	Cr	Co	Nb	Ta	Ti	Rb/Sr	Th/Ta	K/Rb
1	20-2227-6	玄武安山岩	K _{2h}	254	182		114	200	4.7	10	7.8	1.7	7.9	2.1	1.8	43.3	9	163	34.4	13.2	1.6	10100	0.4	4.88	
2	BS252-4	碎裂蚀变英安岩	K _{2h}	323	766	22.9	85.5	171	5.20	9.06	24.6						126	9.48	8.52	8.94	0.92		0.39	26.74	239
3	BS52-1	蚀变角闪英安岩	K _{2h}	361	562	18.2	190	170	6.22	20.4	15.9						108	39.0	15.7	9.28	0.61		0.30	26.07	216

注:微量元素含量为 $w_0 \cdot 10^{-6}$; 序号 1 样品资料来源自 1:20 万左贡幅^③; 2~3 引自 1:25 万八宿县幅^③

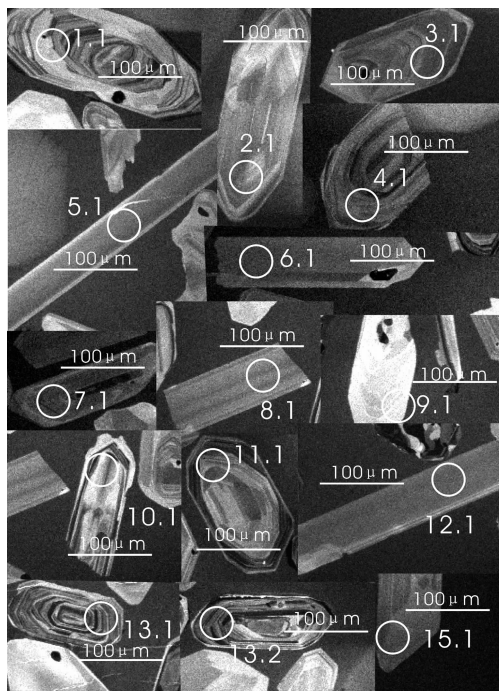


图 9 朱村组火山岩典型锆石的 CL 图像

Fig. 9 CL images of zircons from volcanic rocks in Zhucun Formation

的分馏校正, Pb/U 校正采用 $Pb/U=A(UO/U)^{[3]}$; 采用澳大利亚国立大学地学院标准锆石 SL13 (年龄 572Ma, U 含量 $238\mu g/g$) 标定所测锆石的 U 、 Th 和 Pb 含量, 详细的 SHRIMP 分析方法和过程请参阅有关文献^[4]。

数据处理采用 Ludwig SQUID 1.0^[5]和 ISOPLOT 程序^[6], 衰变常数使用 Steiger 等的推荐值^[7], 普通 Pb 校正使用直接测定 ^{204}Pb 的方法^[8]。表 5 中所列数据均为同一测点连续 5 次分析的平均值, 误差为 1σ 。所有样品均采用 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄, 加权平均值为 95% 的置信度。

本样品共测定了 13 颗锆石, 结果见表 5。在阴极发光下均具有原生 (岩浆) 锆石的特点, 锆石清晰透明, 自形程度高, 多呈长柱状, 颗粒较均匀, 一般粒径较大 (长 $100\sim 200\mu m$ 不等), 长宽比多在 $2:1\sim 3:1$ 之间, 发育典型的岩浆成因的韵律环带结构 (图 9)。13 个分析点的 Th 含量变化于 $138\times 10^{-6}\sim 390\times 10^{-6}$ 之间, U 变化于 $175\times 10^{-6}\sim 475\times 10^{-6}$ 之间, Th 、 U 之间具有正相关关系, Th/U 比值在 $0.34\sim 1.66$ 之间, 具有岩浆成因的特征^[9]。相应的测年结果表明: 样品中 13 个锆石分析点的 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄值变化于

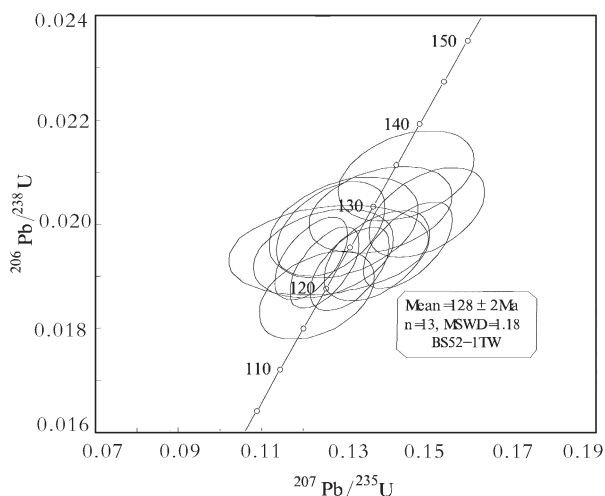


图 10 朱村组火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄谐和图

Fig. 10 SHRIMP U-Pb concordia diagram

of the zircons from volcanic rocks in Zhucun Formation

$122.2\sim 133.6Ma$ 之间, 13 个点年龄相差不大, 在谐和曲线上数据点成群集中分布 (图 10), 加权平均年龄值为 $128Ma\pm 2Ma$ ($n=13$, $MSWD=1.18$), 为熔岩的成岩年龄。

5 讨论与结论

朱村组的时代前人划分不一, 《1:100 万昌都幅区域地质调查报告》划为新第三系, 称拉屋拉群; 《西藏自治区区域地质志》划为上白垩统, 称江巴组; 《1:20 万八宿县幅、松宗幅区域地质调查报告》划为上白垩统一古近系, 称朱村组; 《西藏自治区岩石地层》划为上白垩统, 称竟柱山组。朱村组火山岩喷发不整合于含典型早白垩世植物化石的多尼组 (K_1d) 含煤碎屑岩系之上, 其间被早白垩世花岗岩体侵入, 其上又有始新世宗白群 (E_2Z) 角度不整合覆盖。朱村组火山岩锆石 SHRIMP U-Pb $128Ma\pm 2Ma$ 的年龄结果与地质关系吻合一致, 确定朱村组火山岩成岩时代为早白垩世晚期。朱村组火山岩时代的精确定年不但解决了朱村组火山岩时代的争论, 同时也是下伏含煤地层时代的准确约束。

综合以上岩石学、岩石化学、地球化学特征, 朱村组火山岩应形成于洋壳向陆壳俯冲、消减的火山弧环境, 是伯舒拉岭火山岩浆弧的组成部分, 与伯舒拉岭早白垩世花岗闪长岩应为同源不同相的产物。

朱村组火山岩产出的部位处于三江地区, 青藏

表 5 朱村组火山岩(样品 BS52-1TW)锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析结果

Table 5 Analysis results of zircon SHRIMP U-Pb dating age of volcanic rocks in Zhucun Formation

分析点号	²⁰⁶ Pb _c /%	U /10 ⁻⁶	Th /10 ⁻⁶	²³² Th / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* /10 ⁻⁶	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	±%	²⁰⁷ Pb* / ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb* / ²³⁸ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄/Ma
BS52-1-1.1	0.00	374	343	0.95	6.22	0.0580	3.3	0.1548	4.3	0.01936	2.8	122.2±3.4
BS52-1-2.1	0.00	475	157	0.34	7.92	0.0559	2.9	0.1496	4.0	0.01939	2.7	122.7±3.3
BS52-1-3.1	0.00	412	224	0.56	6.93	0.0547	3.2	0.1477	4.2	0.01957	2.7	124.0±3.4
BS52-1-5.1	0.00	344	390	1.17	5.97	0.0578	4.8	0.1610	5.7	0.02021	3.1	127.5±3.9
BS52-1-6.1	0.00	253	265	1.08	4.28	0.0563	3.8	0.1527	4.7	0.01969	2.8	124.5±3.5
BS52-1-7.1	0.00	356	173	0.50	6.52	0.0635	5.4	0.186	6.0	0.02131	2.7	133.6±3.7
BS52-1-8.1	0.00	229	233	1.05	4.06	0.0684	4.2	0.1946	5.0	0.02063	2.8	128.6±3.7
BS52-1-9.1	0.00	203	166	0.84	3.57	0.0656	6.0	0.185	6.8	0.02042	3.2	127.7±4.1
BS52-1-11.1	0.00	323	183	0.59	5.73	0.0641	5.8	0.183	6.4	0.02067	2.8	129.5±3.6
BS52-1-12.1	0.00	220	208	0.98	3.82	0.0730	7.6	0.203	8.1	0.02017	2.9	125.1±3.7
BS52-1-13.1	0.00	271	173	0.66	4.73	0.0870	2.9	0.244	4.2	0.02031	3.0	124.0±3.7
BS52-1-13.2	1.00	272	174	1.66	4.74	0.0871	2.10	0.245	4.3	0.02032	3.1	124.1±3.8
BS52-1-15.1	0.00	175	138	0.81	3.03	0.0755	5.0	0.210	5.8	0.02017	2.9	124.8±3.6

注:Pb_c和 Pb*分别表示普通 Pb 和放射 Pb,应用实测 ²³⁴Pb 校正锆石中的普通 Pb,采用年龄为 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄

高原的强烈隆升对原始的板块碰撞缝合结构破坏严重,通过对朱村组火山岩地球化学和同位素年代学的研究,可以判断当时的班公湖-怒江洋洋壳是向冈底斯-念青唐古拉板块消减俯冲的,藏东地区班公湖-怒江缝合带的闭合在早白垩世晚期已经完成。根据最近获得的丁青蛇绿岩堆晶辉长岩锆石定年结果,怒江洋打开的时间在 217Ma 左右^[10],并在 128Ma 左右闭合,班公湖-怒江洋的演化历史大约经历了 80Ma。

致谢:本文是西藏 1:25 万拉萨市幅等 14 幅区调填图项目全体成员的共同成果,锆石样品制备和 SHRIMP 定年得到北京离子探针中心和地科院地质研究所闫全人研究员、翟庆国博士、陶华工程师的指导,北京大学物理学院陈晶老师协助完成锆石阴极发光照相,李才教授详细审改了论文,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

[1]西藏地质矿产局.西藏自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993:19-21.

[2]西藏自治区地质矿产局.西藏自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996:72-145.

[3]Claoue Long J C,Compston J,Roberts C M,et al.Two Carboniferous ages:a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and ⁴⁰Ar/³⁹Ar analysis[M]//Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation 54.SEPM Special Publication,1995:3-21.

[4]宋彪,张玉海,万渝生,等.锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J].地质论评,2002,48(增刊):26-30.

[5]Ludwig K R.Using Isoplot / EX,version:A geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M].Berkeley Geochronological Center Special Publication 1a,1999:47.

[6]Ludwig K R.Squid1.02:A user manual[M].Berkeley Geochronological Center Publication,2001:219.

[7]Steiger R H,Jager E.Subcommission on geochronology:Convention on the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology [J].Earth Plan.Sci.Lett.,1997,36:359-362.

[8]Compston W,Williams I S,Mayer C.U-Pb geochronology of zircons from Lunar Breccia 73217 using a Sensitive High Resolution Ion Microprobe,Proc. X IV Lunar Planetary Science Conference[J].Geophys.Res.,1984,89(supp.):B525-534.

[9]Hoskin P W O,Black L P.Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon[J].Journal of metamorphic geology,2000,18:423-439.

[10]强巴扎西,谢尧武,吴彦旺,等.藏东丁青蛇绿岩中堆晶辉长岩锆石 SIMS U-Pb 定年及其意义[J].地质通报,2009,28(9):1253-1258.

① 四川省地质局第三区域地质测量队.1:100 万昌都幅区域地质调查报告.1974.

② 四川省地质矿产局区域地质调查队.1:20 万八宿县幅、松宗幅区域地质调查报告.1994.

③ 西藏自治区地质调查院.1:25 万八宿县幅、贡觉县幅、然乌区幅、芒康县幅区域地质调查报告.2007.

④ 贵州省地质矿产局区域地质调查大队.1:20 万察雅县幅、左贡幅区域地质调查报告.1992.

⑤ 云南省地质矿产局第三地质大队.1:20 万松冷幅、竹瓦根幅区域地质调查报告.1995.