

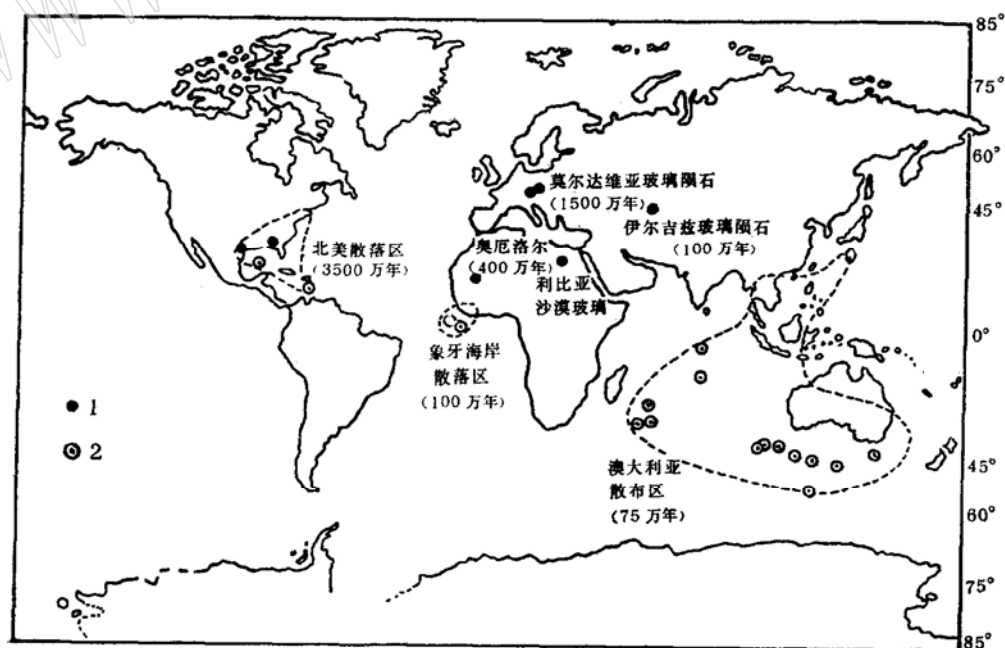
海南岛雷公墨及成因探讨

武汉地质学院

李昌年

雷公墨是我国广东雷琼地区人民对当地一种散布状产出的黑色玻璃质岩石的俗称，对雷公墨的记载最早见于我国唐朝刘恂所著《岭表录异》一书。言“雷州骤雨后，人于野

中得鬣石，谓之雷公墨”。据统计，这种玻璃质岩石在世界范围内目前已发现有约65万块，它们分布于地球南北纬 55° 范围内的四个地区，中国的雷公墨属澳大利亚散落区



(图1)^[12]。

1900年,修斯(F. E. Sues)将这种玻璃岩石取名Tektite^[15]。1963年,我国李达明确定我国的雷公墨与世界其他地区的Tektite相当^[1]。1976年美国的奥克夫(J. A. O'Keefe)在专著(Tektites and Their origin)中提出了Tektite来自月球的结论^[13],这也得到国内众多学者的赞同,笔者通过研究提出与此不同的看法。

一、分布和产状

我国的雷公墨主要分布于雷州半岛及海南岛沿海,在海南岛,雷公墨多集中在琼海、文昌、琼山、澄迈一带(图2)。散布在低海拔的30—40米的台地上,经雨水冲刷,它常裸露于地表。

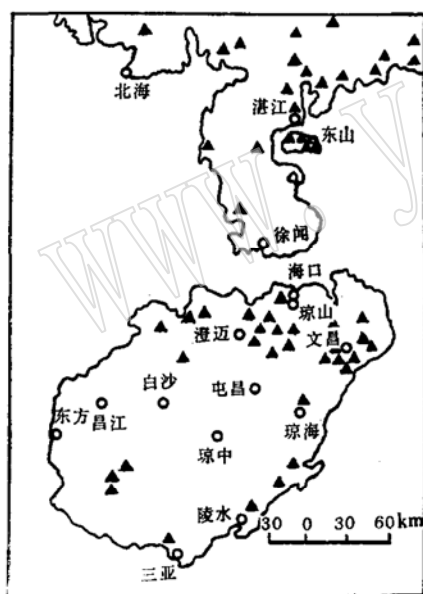


图2 琼雷地区雷公墨的分布
(据陈华堂, 1981, 另加补充)

海南岛雷公墨主要裸露于第四纪早期玄武岩的风化表土上,其次在中更新统(Q₂)北海组地层中略有分布^[2]。但在最后一期玄武岩之上不见雷公墨样品,由此可以推测:海南岛雷公墨于第四纪早期玄武岩喷发之后开始大规模降落,至北海组堆积时降落趋势减

弱,直至被晚期玄武岩复盖(图3)。雷公墨裂变径迹测定的绝对年龄为0.73—0.75百万年^[3],这与上述玄武岩的两次喷发次序是完全吻合的。

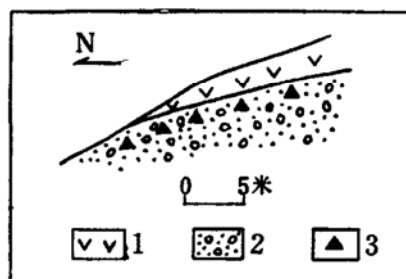


图3 美亭水库下游左岸雷公墨出露位置示意图
1—晚期玄武岩; 2—砂粘土; 3—雷公墨
(据陈华堂, 1981)

二、物理性质

雷公墨通常为墨黑色、漆黑色,标本的边部因较薄而呈半透明的茶色。玻璃光泽,贝壳状断口,全玻璃质,即使在电镜下放大数千倍也表现出非晶质性和断口特征(图版I—1)。个体大小不一,重量不等,一般为几克至几十克,个别达100克以上。样品新鲜,无被搬运和磨蚀痕迹。据文昌蓬莱1平方公里面积内收集到的144块样品统计,并恢复雷公墨原始形态(图4)可以确定多为

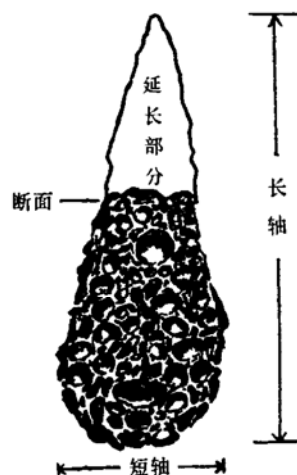


图4 根据原始表面恢复碎块雷公墨的原始形态示意图(1:1)

一向延长的弹状和水滴状(约占56.2%),少数为片状、板状(约占36%),结核状仅占7.8%。

对于弹状和水滴状的雷公墨,一端呈弧形急剧收敛,另一端呈锐角渐灭,形成受阻力最小的流线型体。表现出溅起和降落的特征(图版I—2,3)。图上可见雷公墨表面具凹坑构造和纹层构造。凹坑构造是玻璃体急剧冷缩形成的弧形裂开脱落后留下的痕迹。而纹层构造则是玻璃体在完全固结前呈塑性状态时经过扭曲,拉扯和柔皱形成的丝状物

聚集而成,由于玻璃的均一性,使得这些丝状物已表现不明显,仅在风化的表面隐约可见,纹层构造便是这种成因的反映。

测量雷公墨的折射率和比重,并利用奥克夫公式和与 SiO_2 含量的相关图来估算和投影^[14],得到的三个数值基本一致(表1)。相对世界其他地区的Tektite,其折射率与比重较之菲律宾石相差无几,而较之低Ca高Al Tektite则差异较大,说明雷公墨与菲律宾石来源相同。

雷公墨与其他地区 Tektite 的折射率比重对照表

表 1

物理参数	雷 公 墨			菲律宾石	低钙高钾 Tektite
	测量值	估算值	投影值		
折 射 率	1.507	1.504	1.505	1.513	1.544
比 重	2.410	2.409	2.411	2.451	2.519

三、化学性质

海南岛雷公墨的化学成分(表2)具有如下特征: SiO_2 为70.07—75.78, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$

为0.47—0.65, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}=0.15—0.25$, $\text{MgO}/\text{FeO}=0.3—0.6$, $\text{MgO}/\text{CaO}\cong 1$ 。收集14个雷公墨化学分析数据并取平均值,得到标准雷公墨成分如下:

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
73.89	0.76	11.94	0.80	4.89	0.09	1.82	1.92	1.17	2.32	0.12

红外光谱分析表明(图5),雷公墨无吸附水,仅有参与硅酸盐熔体结构处于无序状态的微量OH基和缔合氢键。

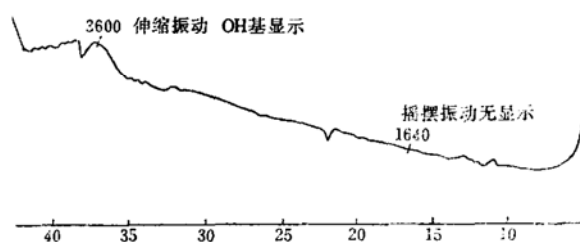


图 5 雷公墨红外吸收光谱
(样品焙烧3分钟。据武汉地质学院测试中心张保民提供)

为了探讨雷公墨与其他成因天然玻璃之间在化学成分上的差异性(表2),作 Al_2O_3 — TiO_2 , Al_2O_3 — Na_2O , Al_2O_3 — K_2O , Al_2O_3 — MgO , Al_2O_3 — $\text{Na}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, Al_2O_3 — MgO/FeO 的成分变异图(图6),图中可见:雷公墨与东南亚地区的Tektite具同一化学成分范围,但区别于月壤中的玻璃和宇宙尘。看来它与天体来源的玻璃物质无成分上的共同之处。然而有趣的是,雷公墨与德国瑞耶(Rie)陨石坑中的玻璃却相似,两者

海南岛雷公墨及其他成因岩石常量成分含量表

表 2

岩石名称与产地 氧化物	海 南 岛 雷 公 墨													
	蓬 莱						海 南 岛		文昌	琼 海	龙楼西	潭牛	地绿仔	
SiO ₂	72.70	74.85	73.93	74.57	75.78	72.07	73.00	74.52	72.85	73.54	73.07	75.25	74.59	73.80
TiO ₂	0.96	0.75	0.76	0.70	0.62	0.68	0.73	0.94	0.74	0.80	0.88	0.73	0.78	0.78
Al ₂ O ₃	12.79	11.59	12.15	11.63	11.10	13.40	12.28	11.98	11.97	11.32	11.33	11.52	11.79	12.26
Fe ₂ O ₃	1.01	0.57	0.82				1.78		0.40	0.89	0.90	0.50	0.49	0.59
FeO	3.88	4.12	4.49	4.40	4.06	4.82	4.05	4.85	6.46	4.78	5.31	5.43	5.38	5.04
MnO	0.09	0.06	0.08	0.08	0.06	0.07	0.08	0.13	0.11	0.09	0.12	0.11	0.11	0.08
MgO	2.18	2.06	1.65	1.75	1.78	2.13	2.19	1.85	1.93	1.61	1.85	1.44	1.50	1.54
CaO	1.86	1.77	1.90	1.93	1.67	2.13	2.36	2.48	2.20	2.03	2.25	2.00	2.03	2.14
Na ₂ O	1.21	1.53	1.54	0.47	0.48	0.57	1.12	1.13	1.50	1.20	1.36	1.30	1.50	1.50
K ₂ O	2.58	2.40	1.97	2.44	2.31	0.68	2.12	2.41	2.40	3.30	2.90	2.20	2.40	2.40
P ₂ O ₅	0.09	0.05	0.12	0.06	0.11	0.04	0.06		0.12	0.34	0.28	0.11	0.08	0.12
Σ	99.71	99.76	99.52	98.11	98.02	98.62			100.68	99.40	100.25	100.59	100.65	100.25
注	①	②	③				〔1〕			〔6〕				

岩石名称与产地 氧化物	印 支 石					勿 里 洞 石			爪哇石	菲律宾石	
	越 南	老 挝	柬埔寨	泰 国		马来亚	勿里洞	婆罗洲	爪 哇	菲 律 宾	标 准 菲 律 宾
SiO ₂	72.63	72.94	71.44	73.37	73.07	69.94	70.71	70.11	71.39	71.25	73.30
TiO ₂	0.98	0.97	1.02	0.94	0.79	0.10	1.10	1.01	0.66	0.78	0.89
Al ₂ O ₃	12.68	12.37	13.25	12.40	12.70	13.95	12.33	12.88	12.16	12.36	13.10
Fe ₂ O ₃			0.17	0.22	0.23	0.10	0.20	0.19	0.17	1.23	
FeO	4.93	5.40	4.86	5.01	4.18	5.23	5.29	6.14	4.62	4.27	4.49
MnO	0.15	0.16	0.13	0.11	0.10	0.10	0.25	0.05	0.12	0.09	
MgO	2.08	2.33	2.05	2.05	1.87	2.68	2.50	3.25	3.09	3.33	2.00
CaO	3.24	2.34	2.89	2.15	2.63	3.05	3.38	3.03	2.91	3.47	2.17
Na ₂ O	1.37	1.37	1.65	1.63	1.80	1.57	2.08	1.12	1.76	1.50	1.27
K ₂ O	2.06	2.25	2.67	2.38	2.68	2.17	2.54	2.17	2.22	2.02	2.36
P ₂ O ₅											
Σ											

〔1〕

注中的数字代表参考文献目录编号。①武汉地质学院马义兰；②武汉地质学院北京研究生部刘秀明；③中国地质科学院矿床地质研究所杨明明。

续表 2

岩石名称与产地 氧化物	宇 宙 尘 玻 璃				月 球 玻 璃					月球玄武岩		陨 石		
	西藏雅鲁藏布江		太平洋西部		月 球					月 球 高 地	月 海	顽火球 陨 石	球 陨	普通 粒 石
SiO ₂	42.52	89.06	54.20	66.06	70.30	76.50	78.20	74.80	76.40	44.40	43.80	38.47	36.55	39.93
TiO ₂	0.16	0.02	0.03	0.95	0.53	0.67	0.88	0.50	0.50	0.43	4.9	0.12	0.14	0.14
Al ₂ O ₃	9.12	3.54	15.25	15.89	16.50	13.00	10.40	12.20	11.90	28.00	13.65	1.78	1.91	1.86
Fe ₂ O ₃														
FeO	1.93	2.71	9.61	6.11	1.64	1.61	1.35	2.60	2.80	5.05	19.35	0.23	10.21	15.44
MnO			0.02	0.09	0.04						0.20	0.02	0.34	0.33
MgO	0.13	0.83	2.02	3.02	0.22	0.02	0.02	0.20	0.10	6.86	7.05	21.63	23.47	24.71
CaO	21.04	0.03	0.18	0.18	2.42	1.06	1.20	1.80	1.40	15.60	10.40	1.03	2.41	1.70
Na ₂ O	0.01	0.17	0.12	0.08	0.69	0.18	0.06	0.40	0.10	0.19	0.38	0.64	0.78	0.74
K ₂ O	0.02	0.35	1.08	2.93	7.80	7.90	9.10	7.30	6.70	0.01	0.15	0.16	0.20	0.13
P ₂ O ₅						0.12							0.30	0.31
Σ														
注	〔7〕			〔8〕	〔4〕			〔18〕		〔4〕		〔16〕		

岩石名称与产地 氧化物	陨 石 冲 击 玻 璃				玄武岩	花岗岩	砂 岩	岩屑砂岩	硬砂岩	长石砂岩	花 岗 岩 分 解 粘 土	粉砂岩	
	德 国 陨 石 坑				蓬 莱	海南岛					香 港	广 州	
SiO ₂	63.54	62.07	64.04	65.32	52.02	74.16	78.33	66.10	66.70	77.10	66.01	59.08	
TiO ₂	0.81	0.85	0.78	0.66	1.97	0.16	0.25	0.30	0.60	0.30	0.10	0.30	
Al ₂ O ₃	15.10	14.72	15.28	14.88	13.98	12.94	4.77	8.10	13.50	8.70	21.21	11.16	
Fe ₂ O ₃	0.94	1.25	1.42	1.59	2.31	0.82	1.07	3.80	1.60	1.50	2.10	3.97	
FeO	3.75	3.37	2.39	2.39	8.01	1.89	0.30	1.40	3.50	0.70	0.57	0.77	
MnO	0.10	0.13	0.08		0.08	0.16	1.16	0.10	0.10	0.20	0.05	0.03	
MgO	2.71	2.63	1.71	1.83	6.94	0.26	5.50	2.40	2.10	0.50		1.76	
CaO	3.00	2.98	3.58	3.10		1.03	0.45	6.20	2.50	2.70		8.99	
Na ₂ O	2.86	3.53	3.59	3.08		3.26	1.31	0.90	2.90	1.50	0.85	0.84	
K ₂ O	3.71	3.29	3.50	3.13		4.95	0.08	1.30	2.00	2.80		2.69	
P ₂ O ₅	0.36	0.36	0.32	0.50		0.03		0.10	0.20	0.10			
Σ													
注	〔12〕				*	〔9〕	〔17〕					〔2〕	

* 武汉地质学院北京研究生部刘秀明

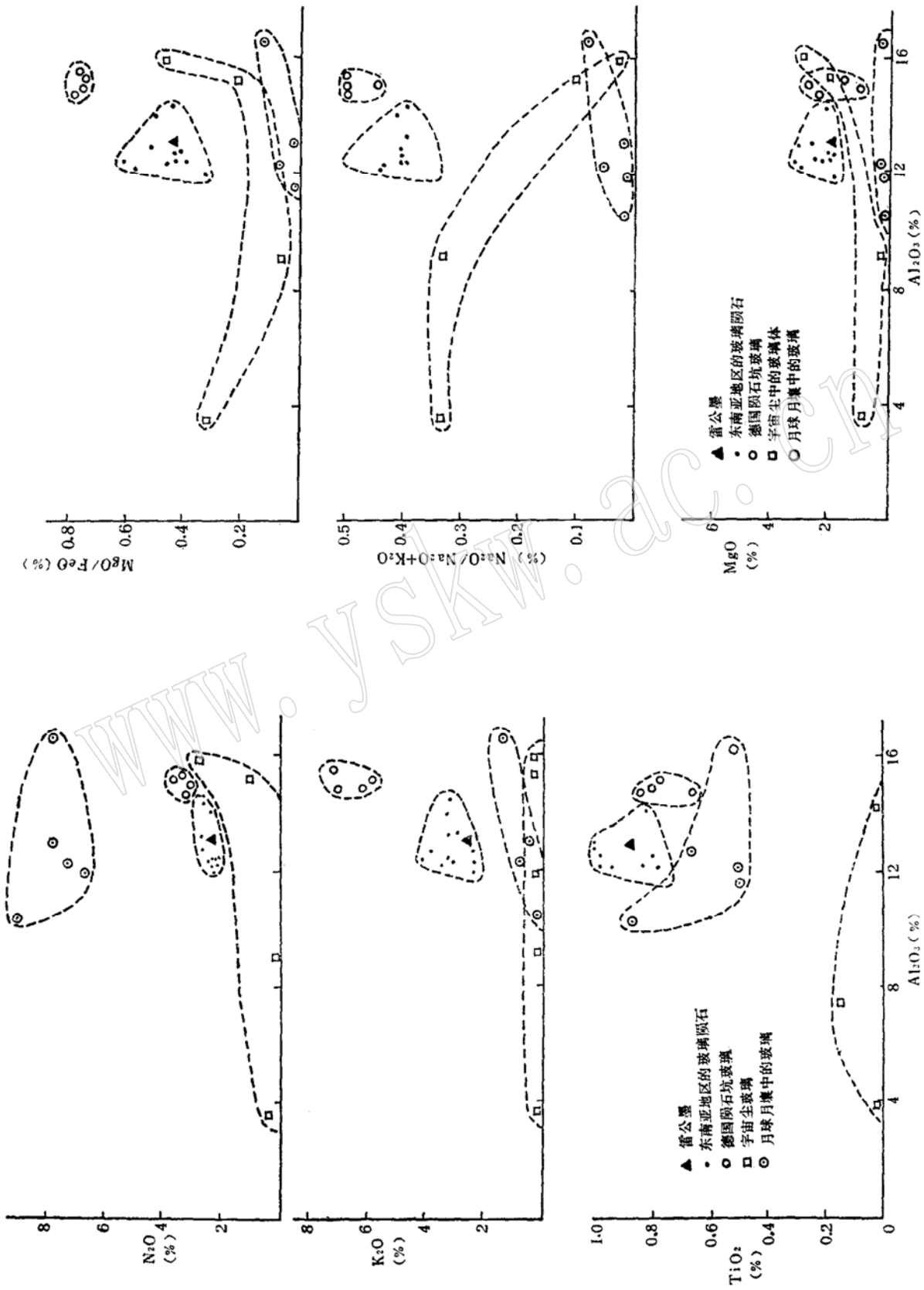


图 6 雷公堡及其他成因天然玻璃化学成分变异图

雷公墨及其他成因岩石常量、微量、稀土元素含量表 (氧化物Wt%
其他ppm)

表 3

	玻 璃 陨 石		地 球 岩 石			天 体 岩 石		
	雷 公 墨	澳洲石	页 岩	酸性火成岩	玄武岩	玄武岩	绿色玻璃	陨石(球粒)
	海 南 岛	澳大利亚				月球高地	月球高地	天 体
SiO ₂	73.98	70.04				44.40	45.3	36.55
TiO ₂	0.76	0.82				0.43	0.42	0.14
Al ₂ O ₃	11.94	14.30				28.0	7.72	1.91
Fe ₂ O ₃	0.80							
FeO	4.89	4.97				5.05	19.6	10.24
MnO	0.09							0.34
MgO	1.82	2.20				6.86	17.5	23.47
CaO	1.92	2.94				15.6	8.34	2.41
Na ₂ O	1.17	1.56				0.19	0.12	0.78
K ₂ O	2.32	2.49				0.01	0.01	0.20
P ₂ O ₅	0.12							0.30
Σ						100.6	99.4	
La	40.03	60				3.0	14	0.32
Ce	79.28	84				6.7	3.8	0.94
Pr	9.29	11.5				0.95	0.53	0.12
Nd	32.93	33				3.37	2.2	0.60
Pm								
Sm	6.73	4.6(?)				0.88	0.76	0.20
Eu	1.25	1.3				1.76	0.21	0.073
Gd	6.04	5.5(?)				0.95	0.91	0.31
Tb	0.88	1.0				0.14	0.15	0.051
Dy	5.44	4.3				0.84	1.10	0.31
Ho	1.42	1.2(?)				0.17	0.27	0.073
Er	3.53	1.18				0.46	0.80	0.21
Tm	0.67	0.4				0.06	0.15	0.033
Yb	2.94	1.90				0.36	0.93	0.19
Lu	0.88	0.36				0.06	0.14	0.031
Rb	138—79	96	200	200	45		0.34	5
Ba	300—500	590	800	830	300	42	17	6
U	1.49—1.15	1.9	3.2	3.5	0.5	0.05	0.04	0.015
Th	1.52	13.4	11	1.8	3	0.21	0.16	0.04
K	19236	20400	22800	33400	8300	80	88	850
Na	8694	11000	6600	27700	19700	2700	890	5790
Al	63234	73500	104500	77000	87600			10100
	稀土据中国地质科学院岩 矿测试技术研究所伍新 宇, 其他微量据 [11]	[12]		[10]		[18]		[10]

的成分范围均位于成分变异图座标系的上部。这可以给我们启示,雷公墨的成因与陨石冲击有着内在联系。

为了进一步了解雷公墨母体物质来源,采用了 $Al_2O_3/5-K_2O-Na_2O$ 三角图,即把各种成因的天然玻璃的 K_2O 、 Na_2O 及 $Al_2O_3/5$ 作为三角图的顶点,然后将其值投影(图7)。显然,月岩及宇宙尘中玻璃体的成分点集中在三角图的 $Al_2O_3/5-K_2O$ 边一侧,陨石集中于顶点 Na_2O 附近,而地球岩石则位于三角图的中心部位。需要强调的是,雷公墨与陨

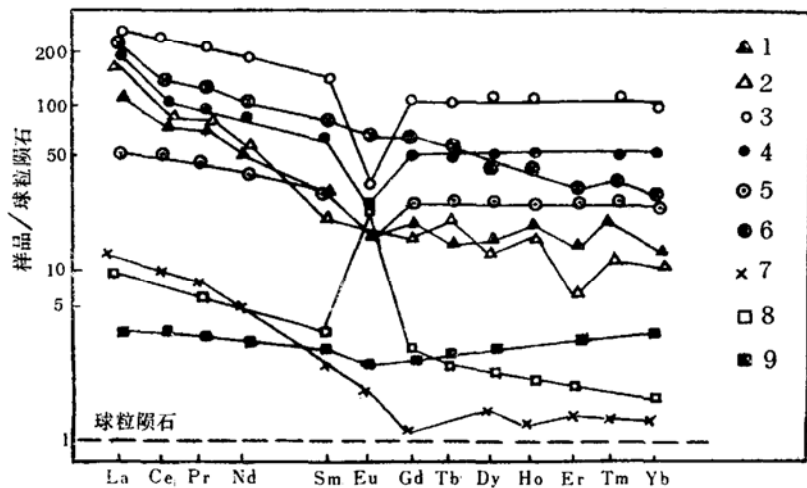


图8 雷公墨、月岩*、月球玻璃及地球岩石的稀土元素球粒陨石标准化稀土分配模型

1—雷公墨; 2—澳大利亚石; 3—月球中等钕的弗拉摩洛玄武岩; 4—月球低钕的弗拉摩洛玄武岩; 5—A-16月壤; 6—地球洋岛玄武岩; 7—北美页岩; 8—月球上的绿色玻璃; 9—月球上的白色玻璃。

* 月球岩石稀土分配模型见参考文献[4], 雷公墨的稀土元素浓度值为两个样品的X-光荧光光谱测试值平均。

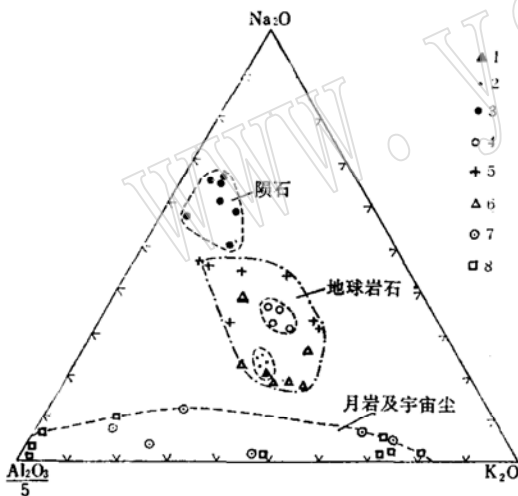


图7 雷公墨、天体岩石和地球岩石的 $Al_2O_3/5-K_2O-Na_2O$ 三角变异图

1—雷公墨; 2—东南亚地区的Tektite; 3—陨石; 4—陨石坑玻璃; 5—地球上的岩浆岩; 6—地球上的沉积岩(砂页岩); 7—宇宙尘中的玻璃体; 8—月岩和月壤中的玻璃体

石冲击的陨石坑玻璃的成分点均位于地球岩石成分范围,说明雷公墨的母体物质仍是地球岩石。

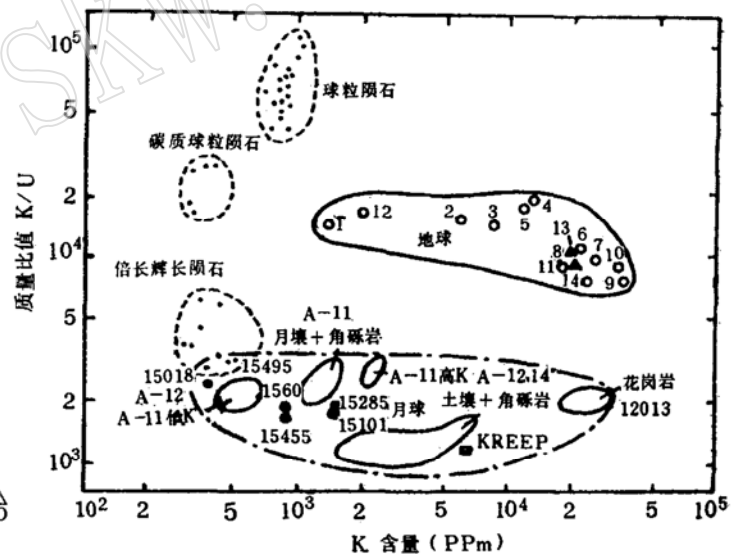


图9 地球岩石与月球岩石、陨石的 $K/U-K$ 关系图

(原图转引自《月质学研究进展》, 1977)

1—海洋拉班玄武岩; 2—塞庞斯岩; 3—玄武岩; 4—安山岩; 5—钾玄武岩; 6—似曜岩; 7—花岗闪长岩; 8—过渡型岩石; 9—花岗岩; 10—酸性火成岩; 11—页岩; 12—碱性玄武岩; 13—雷公墨; 14—澳大利亚石

海南岛雷公墨的稀土、微量元素含量列入表3。其稀土元素的球粒陨石标准化得到的稀土分配模型(图8)属富集轻稀土型,

销略具亏损,但它消耗较少。经比较可知,雷公墨的稀土分配模型既不同于月岩和月壤玻璃,也不同于陨石,故可以排除雷公墨为陨落成因的可能性。从图中看到,雷公墨的稀土分配模型与地球岩石的洋岛玄武岩和页岩的稀土分配模型相似,所以推测,雷公墨可能为陨石冲击地球上的玄武岩或页岩,使低熔点物质速熔、溅起、骤冷、降落而成。

特别是将雷公墨的 K/U 、 K 值投影于 $K/U-K$ 关系图中(图9)^[4],发现雷公墨的点明显地落于地球岩石范围中。从而更进一步证实了上述看法。

四、结 论

雷公墨的成因一直是一个争议十分激烈而又颇具兴趣的问题。传统的一些看法,诸如地球火山成因说,闪电熔岩说已基本否定。70年代以来对其成因的看法有二,其一为月球起源的玻璃陨石,其二为陨石冲击地球后形成的熔融石。从上可以看出,海南岛雷公墨属熔融石为好,其理由如下:

1. 散布状的雷公墨被晚期第四纪玄武岩复盖,而裸露于早期玄武岩之上。表明雷公墨形成于两期玄武岩喷发之间,这与雷公墨的年龄值(0.75百万年)吻合,从而否定它们是来自陨石或月岩(45亿年)。

2. 雷公墨的形态多为一向延长的水滴状、弹状,这是因为撞击地球物质而溅起液滴的典型形态。

3. 雷公墨常量元素含量与地球岩石接近,而与月球岩石和宇宙尘中的玻璃体差异较大。

4. 稀土元素球粒陨石标准化的雷公墨稀土分配模型与天体岩石无共同点,然而却与页岩和玄武岩的模型相似。 K/U 、 K 值投影也否定了雷公墨来自月球岩石的可能性。

综合所述可以假设:0.75百万年前有一块巨大的陨落体冲击了澳大利亚附近的某一

地区,当时表面为页岩或玄武岩,由于陨落体自身的重量和产生的千万巴以上冲击力,使地表岩石顷刻间得到超过自身熔点的温度,从而引起地表岩石熔融或选择性熔融,并且迅速溅起,形成数以万颗计的硅酸盐熔融液滴,然后骤冷、固结、漂浮在大气层上,最终因自身的重力降落到地球表面,形成雷公墨。乍看起来,这有点不可思议,但现代科学正在证明恐龙的消失归结为一块空间巨石撞击地球而产生的灾变原因^[5],那么陨落体冲击地球而导致形成雷公墨也是有可能的。

完成本文时曾受到邱家骧教授的指导,我校郭金华同志为此画了优美的素描图,在此致以谢意。

参 考 文 献

- [1] 李达明:1963,雷州半岛与海南岛玻璃陨石—雷公墨的调查与初步研究,地质科学,1,42—49。
- [2] 中国科学院南海海洋研究所地质研究室:1978,华南沿海第四纪地质,科学出版社,15。
- [3] 严正:1979,海南岛玻璃陨石(雷公墨)裂变径迹年龄的测定,地质科学,1,37—42。
- [4] 贵阳地球化学研究所:1977,月质学研究进展,科学出版社,108。
- [5] 光明日报:1982.3.5.,恐龙的消失是空间巨石与地球相撞造成。
- [6] 袁宝印:1981,海南岛雷公墨(玻璃陨石)起源问题的初步探讨,地质科学,4,334。
- [7] 梁日暄等:1982,西藏泽当地区的宇宙尘,岩矿测试,Vol. 1, No. 3,地质出版社。
- [8] 彭汉昌等:1981,深海宇宙尘的初步研究科学通报,11,683。
- [9] 南京大学:1980,火成岩岩石学,地质出版社,183。
- [10] 贵阳地球化学研究所:1970,简明地球化学手册,科学出版社。
- [11] 欧阳自远等:1976,海南岛玻璃陨石中某些微量元素组成,地球化学,2,144。
- [12] [13] [14] O'Keefe, J. A.: 1976, Tektites and Their Origin, New York, 179—194。

[15] Suess, F. G., 1900, Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser *Jahrb. geol. Reichsanstalt*, 50, 193—382.

[16] Mueller, R. F., and Saxena, S. K., 1977. *Chemical petrology*, New York, 86.

[17] Pettijohn, F. J., 1975, *Sedimentary*, New

York, 210.

[18] А. И. Гавришин, А. Корadini, М. Фулькиньони: 1980, Некоторые Закономерности Формирования Химического Составы Лунных Пород и Стекол, *Геохимия*, 3, 360.

A Discussion on Lei Gong Mo from the Hainan island and its Origin

Li Changnian

Abstract

Lei gong mo, a kind of Tektites in China, is black glassy objects found only in the Hainan island and the Lei Zhou Peninsula. They are genetically related to the Tektites in the Australasian strewn field. Their shapes present predominantly as water-drop and bullet, and some of them are platy. Its dented surface and fine close lamellation indicate that they were liquid drops freezed by rapid cooling in the space and dropped down to the earth. The diagram showing the major oxide variation of Lei gong mo indicates that they are different from the glass in the cosmos. Lei gong mo has REE pattern similar to normal Australasian Tektite and terrestrial shale and basalt. K and U abundances also indicate that Lei gong mo belongs to terrestrial rock.

It is concluded that Lei gong mo were formed by impacting of a very large meteorite on the surface of the earth.

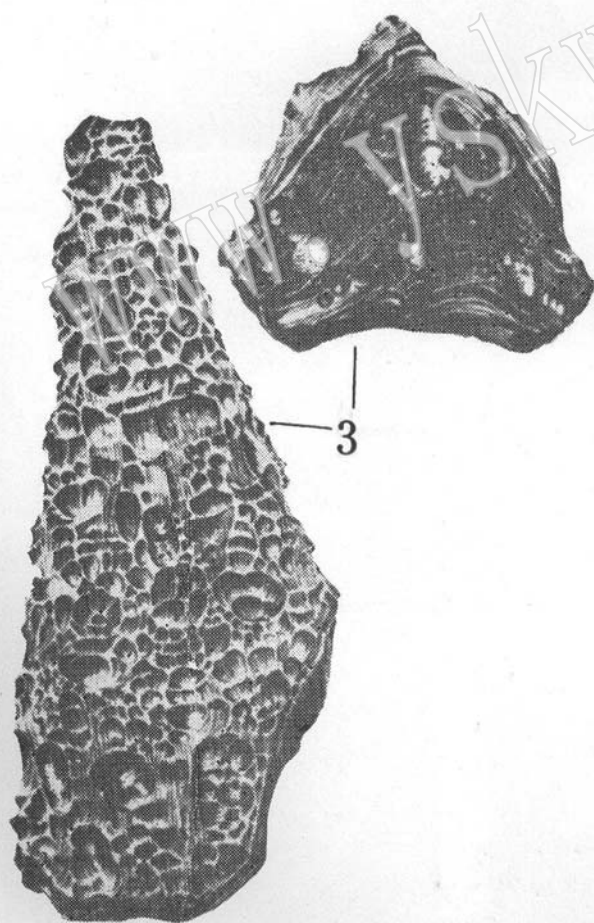
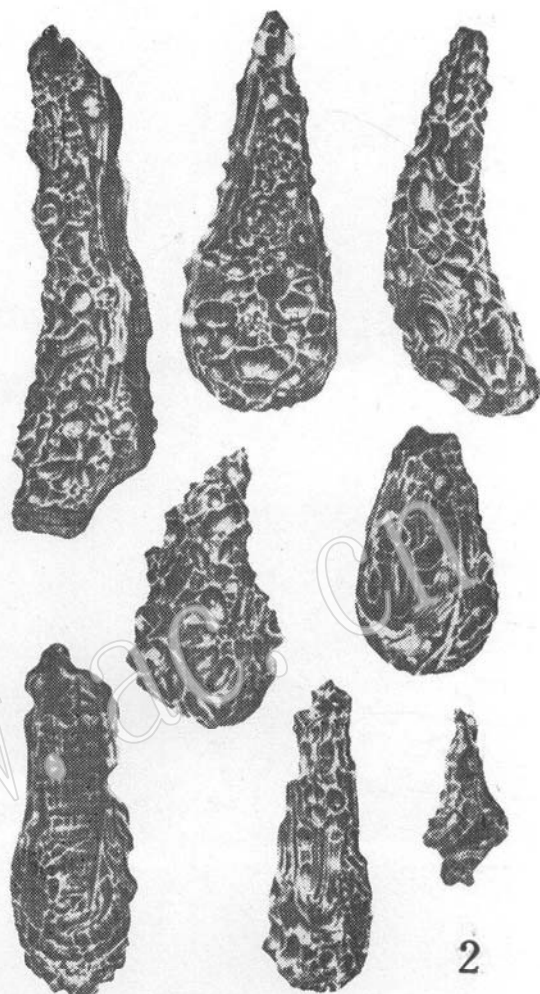
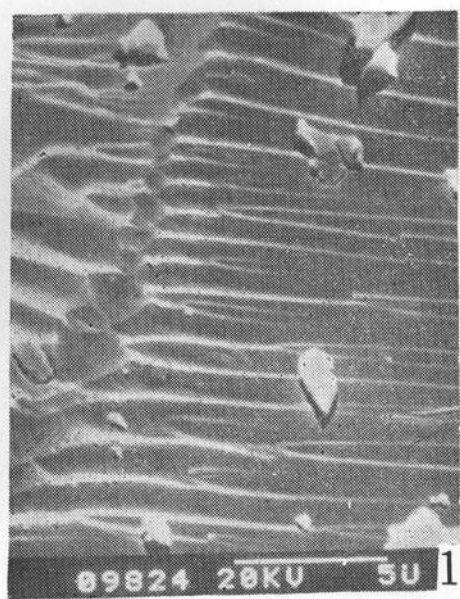


图 版 说 明

图版 I —1 雷公墨非晶质性和断口特征 电
镜×2000 (据武汉地质学院北京研究生部摄)

图版 I —2 弹状和水滴状雷公墨素描图 1:1

图版 I —3 板状、片状雷公墨素描图 1:1