

南极乔治王岛柯林斯冰帽冰芯(SDT)中 火山物质成分特征

The Composition of Volcanic Ash from Ice Core of Collins Cap, King George island of Antarctica

张雯华 刘嘉麒

Zhang wenhua and Liu Jiaqi

(中国科学院地质所 北京 100029)

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*)

摘要 对柯林斯冰帽小冰穹冰芯中物质成分的研究,发现冰芯中有九层火山灰沉积。它们由玻屑(橙玄玻璃)、岩屑(黑色)和晶屑(长石、辉石、橄榄石和微量的钛铁氧化物)组成。长石为钠钙系列的中长石到拉长石。橄榄石为镁质的贵橄榄石。主要元素和微量元素分析结果表明,该类火山灰为玄武质成分,其 SiO_2 含量在50wt%左右, Na_2O 大于 K_2O ,并具有轻稀土元素轻微的富集、重稀土元素亏损、Eu正异常的特征。这些火山灰的存在,证实了近百年来南极地区的企鹅岛和欺骗岛的火山喷发活动。

Abstract According to our study, there are nine layers of volcanic ash deposited in ice core of small dome from Collins cap, King Creorge Island of Antarctica. These volcanic ashes consist of black color volcanic detritus, yellow volcanic glass and crystal mineral that are plagioclases, clinopyroxenes, olivine and a few of amphiboles, Ti-Fe oxides. The plagioclases belong to albite-anorthic series ($\text{An}=33\sim 55$). Olivine is chrysolite type ($\text{Fo}=70\sim 74$). Major elements and trace elements analyses of volcanic ashes suggest that they are tholeiite with richer soda and lower potassium features. The REE distribution patterns of these ashes show light REE enriched type. Characteristics of expending mineral chemistry and geochemistry indicate that the ice core has a record of volcanic activity event nearly 100 years in Deception island and Penguin island of southwest Antarctica.

主题词 组分 火山物质 冰芯 南极

Key words: Composition; Volcanic Ash; Ice core; Antarctica

分类号: P588. 14

Classific. code: P588. 14

• 本文原稿1996年2月15日收到,1996年7月1日改回。

国家南极考察委员会资助项目,中国科学院资助项目。

第一作者简介: 张雯华 女 1939年出生 副研究员 岩石学专业

1 引言

极地冰芯科学研究自1954年提出(Bader 1958)以来,至今已有半个世纪,发表了大量的科学资料。对研究其成层的层位的自然沉积环境有着重要的意义。在冰中存储有各种固体的和可溶的颗粒物,包括火山尘埃、自然和人为的放射性物质、化学物质、酸性物质和微量物质等等(姚檀栋等1993)。所有这些物质起初都在大气中存在,经降落堆积和变质作用过程以及冰川的发育过程进入冰川的内部。我们称冰中这些沉积物为污化物,其中的火山灰为我们提供了火山活动的量级与组分的信息。

我国对极地冰芯中的火山物质的研究始于九十年代初(戴枫年等1993,秦大河等1994)。本文仅对南极乔治王岛柯林斯冰帽西南端小冰穹顶SDT冰芯中的污化物进行较详细的物质组分研究。该支冰芯位于小冰穹顶,高程为252m,冰芯全长80.36m,于1992年5月到10月由朱国才、韩建康、康建成等人采集。SDT冰芯中,上下共发现有9层含污化物,自上而下的深度(钻孔深度)分别为22.29m, 42.24m, 46.37m, 47.56m, 49.24m, 50.40m, 51.09m, 59.12m和63.86m(图1)。

我们对每层均取样作了矿物学研究,并利用电子探针和等离子光谱仪(ICP)进行了微量元素和造岩元素等测试,试图确定污化物是否属于火山喷发物,并探讨其物源区。

2 一般特征

如上所述,整支冰芯有9层含较多的污化物,可将其分为三种沉积类型。第一类为明显的黑色、褐色致密似层状沉积物,厚约1cm,位于第3、5、6层;第二类为黑色呈小团块或聚片状分散在约3cm厚的范围内,如第4层;其余各层为第三类,呈点状或局部聚合成小片状分散在0.5~1cm厚的范围内(照片1,2)。这种沉积特点反映了各层沉积物来源的多少、沉降速率,以及搬运距离的不同。

Katsui的研究表明,火山喷发后的火山物质可以顺风搬运,颗粒大小按降落速度不同而发生重力分异:降落、沉积在顺风方向其厚度和粒度均随与火山口距离的增加而减小,当 $>100\text{km}$ 时,粒度大约在1cm左右;当 $>150\text{km}$ 时粒度降至0.2cm左右,甚至更小;通常,将粒度在 $2\sim 0.065\text{mm}$ 的称为火山灰, $<0.065\text{mm}$ 的称为火山尘(曾永孚1986)。SDT冰芯中黑色和褐色沉积物的粒径大小不等,从几个微米至几百微米,其中SDT93样品颗粒较大。我们主要对粒径在 $0.05\sim 0.40\text{mm}$ 之间的颗粒进行分析研究。采用光性鉴定方法对其外部形态和内部结构进行观察分析,发现颗粒多为具弧形面的棱角状,少量具有磨蚀痕迹呈椭圆状,以及表面具白色充填物的凹坑。这些沉积物以玻屑为主,有黑色不透明物质(岩屑)和棕黄色

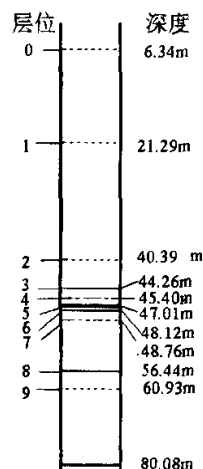


图1 南极柯林斯冰帽SDT冰芯中污化物分布深度图

Fig. 1 Black materials depth section, Ice core of Collins ice cap, Antarctica

玻璃(橙玄玻璃),约占85%左右;其次为长石,微量的辉石、角闪石、磷灰石、绿帘石等晶屑,约占10%左右。其余为金属矿物(钛铁氧化物)和蚀变风化物。根据污化物中玻屑和晶屑(单矿物)的含量和颗粒度,以及熔体中的气泡因突然降压而发生爆裂,形成颗粒表面具弧形凹面等特征,笔者认为冰芯中粒状污化物是由于火山喷发,飘散在空中经降落的火山灰物质,即降落火山灰。

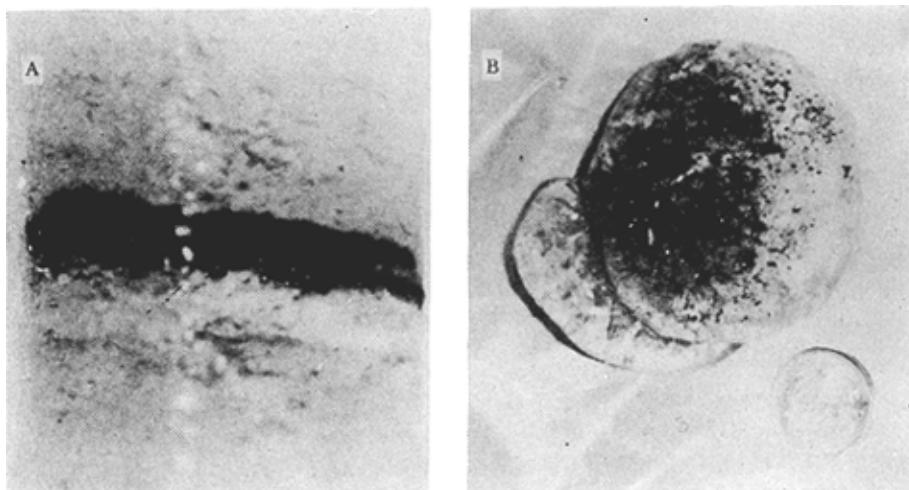


图2 冰芯中污化物呈致密层状(A)和呈分散的点状和片状(B)的分布
Fig. 2 A dense leary (A) and a dispersion leary of particals and scaly (B) for volcanic ashes in ice core

3 火山灰物质的化学成分

3.1 岩石化学(主要元素)

由于冰芯中火山灰物质的含量极少,我们则能将其中含火山灰物质较多的4层进行了主要元素氧化物分析,得出主要元素的含量范围(wt%)如下: SiO_2 为 49.79~51.90, Al_2O_3 15.64~16.72, TiO_2 1.80~2.07, CaO 7.62~8.8, MgO 4.16~4.9, FeO^* 8.23~10.00, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 碱量 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 6.02~7.79 (表1)。与世界拉斑质玄武岩类相比,冰芯中火山灰物质的化学成分以高 TiO_2 、 K_2O 和 Na_2O , 低 Al_2O_3 、 CaO 和 MgO 为特征。

这些火山灰在($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)对 SiO_2 (IUGS)的火山岩分类图上投影在 S1 和 S2 区内,相当于粗面玄武岩和玄武粗面安山岩,属于偏碱性的中基性岩。然而,这种成分并不能完全代表原始岩浆的成分,这是因为岩浆从地下深部喷发到地表,物理化学条件的突变,以及挥发物的散逸,会使某些元素含量有所增加或减少。其次是火山灰在搬运过程中因重力分异作用发生分选,造成沉积物在不同层位上的成分差异。尽管如此,基于冰芯中每层沉积物均以玻

屑和晶屑为主, 笔者仍将它们视为火山灰的岩浆成分。

表1 南极柯林斯冰帽 SDT 冰芯中火山灰的主要元素含量(wt%)

Table 1 Major element analyses of volcanic ash from ice core of Collins cap, Antratica (wt%)

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	总量
93	51.9	1.8	16.77	2.85	6.14	0.17	8.8	4.84	1.44	4.68	0.23	0.67	100.29
101	51.4	1.82	16.64	3.64	5.72	0.17	8.63	4.9	1.39	4.63	0.24	0.62	99.8
118	51.03	2.08	15.96	2.61	7.24	0.18	8.04	4.38	2.33	5.46	0.26	0.67	100.24
125	49.79	2.07	15.64	4.62	5.43	0.18	7.62	4.16	2.31	5.23	0.29	3.06	100.4

注: 由中国科学院地质研究所王德恭先生分析

3.2 微量元素和稀土元素

该两种元素成分分析采用了等离子光谱(ICP-MS 仪)方法, 由中国科学院地质研究所阎欣和张海政分析。为了检测可靠性和获取数据的精度, 做了内检和平行分析, 相对偏差小于±3%~±5%, 表现出较好的一致性, 分析精度可满足研究的要求。

3.2.1 稀土元素的丰度

表2列举了三个主要层位 SDT85, SDT93, SDT101 的稀土元素含量, 其总量变化范围为 105~119μg/g, 表明它们之间变化不大, 揭示它们可能属于同类岩浆喷发物的产物。图2中, 冰芯内三层火山喷发物的稀土丰度经球粒陨石标准化后的配分形式表现出轻稀土元素(LREE)轻微的富集, 重稀土亏损的特点。La 的丰度 13.47~14.83μg/g, 平均 14.15μg/g, 为球粒陨石的 40~50 倍。Yb 的丰度 3.107~3.466μg/g, 平均为 3.29μg/g, 是球粒陨石的 15 倍左右。La/Yb 值的变化范围为 3.98~4.77。这种比值与玄武岩相接近, 但 Ce 的含量较高。冰芯中火山灰中 Eu 表现出清晰的正异常, 以及 Ce 稍微的正异常。这种特点可用玄武岩质或玄武安山岩质岩浆的生成与辉石的结晶分离有关的观点来解释。因为, 辉石分离后的残留熔体中 Eu 相对富集, 形成了玄武岩和玄武安山岩中的 Eu 正异常。

表2 南极 SDT 冰芯中稀土元素含量表(μg/g)

Table 2 Contents of REE in volcanic ashes in ice core (μg/g)

样品号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	总量
85	13.787	36.44	4.807	19.685	5.462	2.091	6.056	1.182	6.07	1.302	4.216	0.643	3.164	0.526	105.426
93-1	13.47	35.52	4.741	19.393	5.2	2.004	4.794	1.037	6.33	1.384	3.686	0.568	3.382	0.516	102.03
93-2	13.853	37.2	4.981	20.75	5.702	2.206	5.98	1.104	6.81	1.374	4.083	0.639	3.348	0.534	108.569
101	14.052	37.39	5.055	21.117	5.366	2.176	6.267	1.177	6.36	1.43	4.008	0.634	3.466	0.569	109.06
101-5	14.834	40.2	5.424	22.85	6.804	2.455	7.027	1.191	7.59	1.914	4.634	0.705	3.107	0.749	119.479

注: 由中国科学院地质研究所阎欣和张海政分析

综上所述, 冰芯内火山灰的稀土元素丰度较低, 各层具有相近的 La/Yb 比值, 在稀土元素球粒陨石标准化配分模式图中大体平行分布。该现象暗示这些火山灰可能来自同类火山喷发的产物。

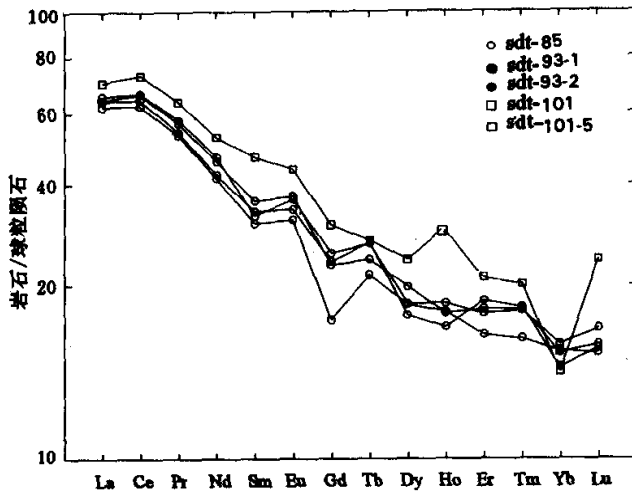


图3 SDT冰芯中火山灰的稀土配分模式图

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of volcanic ashes in ice core

3.2.2 微量元素

表3列出了SDT冰芯中火山灰的主要微量元素($\mu\text{g/g}$)的分析结果,其中Sr 491~350, Rb 13.7~10.8, Ba 121~146, Th 2.11~1.41, Ta 0.89~1.71, Hf 5.3~4.43, Zr 197.85~178.60, Nb 8.91~7.99, Y 36.23~35.11。

过渡族金属元素的分析结果($\mu\text{g/g}$)同样列于表3中。冰芯中的Sc 42~51, TiO_2 1.80~2.07(wt%), V 313~202, Co 33~40, Cr 102~41, Ni 14~18, Cu 48~63, Pb 7.59~2.59。

4 矿物成分

这里指的矿物包括单矿物和岩屑中的微晶。单矿物有长石、辉石、角闪石、橄榄石和金属氧化物等。岩屑中的微晶主要有橄榄石、辉石和长石。表4例举了这些矿物的化学成分。矿物成分由中国科学院地质所电子探针室韩秀玲和徐平分析。

4.1 长石

长石是岩浆岩中最常见的浅色造岩矿物,冰芯中的每一层均能见到它们。呈细长条状或板状,偶见发育聚片双晶。在熔体中多为细长条状。表4中列出的是不同层位中9个长石样品的化学成分。从表中看到长石的成分变化不大,但在63.86m深度处的SDT125样品中 K_2O 含量较高(2.41%),长石的Or组分为20.86,其余各层的 K_2O 含量仅在0.1%~0.24wt%范围内,Or组分少于1.5。它们以低 Al_2O_3 (21.74%~26.60 wt%)、CaO(3.16%~

11.92%), 高 Na_2O (4.26%~7.49%) 为特征, 属于钠-钙系列, 其 A_n 为 33.5~56, A_b 为 42~65 的拉-中长石。根据冰芯中不同层位分布的长石为拉-中长石和钾钠长石的这一现象来看, 是否可认为它们很可能是两种不同成分的火山岩类。

表3 柯林斯冰帽 SDT 冰芯中火山灰微量元素含量表 ($\mu\text{g/g}$)
Table 3 Trace element contents of volcanic ashes in ice core ($\mu\text{g/g}$)

样品号	85	93-1	93-2	101	101-5
Ti	5389.5	6930.7	4693.1	4691.6	9593.7
V	210.9	261.2	213.3	203.9	313.6
Cr	41.949	51.716	58.11	41.708	102.51
Co	35.25	40.796	38.345	38.397	32.969
Ni	14.05	16.53	18.5	16.19	18.02
Mn	273.7	383.1	214	215.7	783
Be	2.13	2.35	2.063	2.329	2.71
Sc	42.64	51.53	51.25	48.07	48.54
Cu	55.4	56.4	55.2	63.3	48.2
Zn	92.487	111.34	92.788	98.096	63.912
Rb	12.822	10.857	41.156	13.286	13.723
Sr	354.41	402.84	350.62	345.02	491.73
Y	33.68	36.36	33.32	35.12	36.24
Zr	182.4	190.79	178.6	183.18	197.85
Nb	9.523	9.399	8.9133	9.6569	7.9951
Sn	1.694	1.653	1.6292	2.688	2.0067
Cs	0.843	0.6478	0.5821	0.8163	0.9954
Ba	132.88	122.85	134.38	146.79	121.7
Hf	4.963	4.8015	4.4379	4.9048	5.3471
Ta	1.7616	1.1656	1.0796	1.0967	0.8945
Tl	0.1509	0.1027	0.0767	0.1176	0.2823
Pb	13.038	2.5986	7.598	11.161	25.98
Bi	0.083	0.1304	0.014	0.0769	0.2067
Th	1.528	1.5318	1.407	1.7104	2.1164
U	0.5355	0.3417	0.4441	0.4888	0.4376

4.2 辉石

辉石是所有基性岩浆岩中最常见、也是最主要的暗色矿物。它们与橄榄石、斜长石共生, 形成间粒结构。辉石单颗粒呈绿色, 玻璃光泽, 透明-半透明, 片状, 大小在 0.03~0.5mm 之间。薄片中具有明显的多色性, 为淡黄-淡绿色。表 5 列举了用电子探针测定的结果。利用化学成分和辉石相应的端元组分在 Poldervarrt et al. (1951) 的辉石分类图 (Wo-En-Fs 图) 上进行投影, 确定冰芯中辉石有两类, 即单斜和斜方辉石。其中单斜辉石为次透辉石、普通辉石。斜方辉石为紫苏辉石。在 SDT 85 样品中单颗粒辉石为普通辉石, 而玻屑中的辉石则为紫苏辉石。总的来讲, 辉石的成分变化可用岩浆结晶分离作用来解释。从玄武岩→安山岩→英安岩, 化学成分 CaO 、 MgO 减少, SiO_2 增加。单斜辉石的成分随之变化, 出现透辉石→普通辉石→易变辉石, 也就是从岩浆中先结晶出的是富钙贫镁的透辉石, 然后是普通辉石。斜方辉

表4 南极SDT冰芯中长石矿物的分析结果和计算的阳离子数(O=8)

Table 4 Representative microprobe analyses of feldspars; structural formulae calculated on the basis of 8 oxygens

样品号	85-1	85-1	93-1	96-1	101-2	101-4	118-2	125-1	125-2
SiO ₂	54.46	55.38	54.78	55.47	53.67	55.14	59.16	54.98	63.57
TiO ₂	0.04	0.18	0.17	1.27	0.16	0.55	0.11	0.22	0
Al ₂ O ₃	26.45	25.48	26.11	21.81	26.60	23.32	23.16	24.30	21.74
Cr ₂ O ₃	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.27	0
MgO	0.17	0.21	0.16	1.22	0.17	0.98	0.07	0.29	0.62
CaO	11.11	10.26	10.62	10.20	11.92	10.03	6.87	9.93	3.16
MnO	0.04	0.00	0.08	0.07	0.00	0.12	0.03	0.00	0.15
FeO	0.77	1.09	0.91	4.52	0.71	2.95	0.75	1.34	2.63
NiO	0.03	0.00	0.01	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06
Na ₂ O	5.14	5.68	5.53	4.83	4.92	4.94	7.49	5.65	4.26
K ₂ O	0.11	0.14	0.10	0.24	0.18	0.21	0.21	0.17	2.41
总量	98.36	98.44	98.47	99.70	98.34	98.24	98.02	97.15	98.61
Si	2.5209	2.547	2.5083	2.5669	2.4802	2.564	2.7023	2.5671	2.8581
Ti	0.0012	0.006	0.0057	0.0441	0.0057	0.0193	0.0037	0.0077	0
Al	1.4357	1.382	1.4163	1.1895	1.4487	1.2781	1.2469	1.3372	1.1521
Cr	0.0014	0	0	0	0	0	0.006	0.0098	0
Mg	0.0116	0.014	0.0108	0.0839	0.0118	0.068	0.0045	0.0201	0.0417
Ca	0.5484	0.506	0.5237	0.5057	0.5904	0.4996	0.3362	0.4966	0.1524
Mn	0.0014	0	0.0031	0.0029	0	0.0047	0.0013	0	0.0057
Fe	0.0298	0.042	0.0349	0.1749	0.0273	0.1148	0.0287	0.0523	0.0988
Ni	0.001	0	0.0003	0.0026	0.0003	0.0002	0	0	0.002
Na	0.4594	0.507	0.4934	0.4336	0.4405	0.4458	0.6638	0.5116	0.3718
K	0.0066	0.008	0.0058	0.014	0.0104	0.0123	0.012	0.0099	0.1382
总量	5.0049	5.013	5.0023	5.0181	5.0153	5.0068	5.0054	5.0123	4.8208
Or	0.57	0.81	0.65	1.47	1.00	1.28	1.19	0.97	20.86
Ab	48.24	49.63	45.29	45.48	42.30	46.55	65.59	50.25	56.13
An	51.20	49.53	54.0	53.5	56.69	52.17	33.23	48.78	23.01

石中主要成分镁和铁的变化趋势是镁的不断亏损和铁的逐渐富集,从古铜辉石→紫苏辉石。

4.3 橄榄石

橄榄石是基性玄武岩中的镁铁矿物,在SDT冰芯中很少见到新鲜的橄榄石,大多数蚀变为棕红色的伊丁石,边缘有蒙脱石、绿泥石和铁质。然而,在熔体中则见到橄榄石与单斜辉石、斜长石共生,半自形晶呈不规则粒状(图4)。表6所列的样品取自深度42.24m、47.57m和59.11m处。橄榄石中Mg/(Mg+Fe)值的变化范围在70.21~73.06之间,属于贵橄榄石。

表5 SDT冰芯中辉石的化学成分表(wt%)

Table 5 Representative microprobe analyses of clinopyroxenes; structural formulae calculated on the basis of 4 oxygens

样品号	85-1	85-2	93	96-1	101-3	118-2
SiO ₂	49.70	48.35	50.29	47.86	48.43	49.59
TiO ₂	1.68	1.96	1.96	3.02	1.82	1.18
Al ₂ O ₃	2.90	2.95	4.72	4.30	4.31	1.32
Cr ₂ O ₃	0.08	0.02	0.3	0	0.06	0.18
Fe ₂ O ₃ *	0.90	4.02	0	1.64	3.15	1.54
MgO	14.80	14.12	15.41	12.08	13.80	12.59
CaO	16.03	17.61	17.01	19.96	20.69	16.88
MnO	0.36	0.30	0.25	0.24	0.20	0.51
FeO	11.45	9.42	9.20	9.78	5.91	13.82
NiO	0.02	0.00	0.05	0.02	0.00	0.02
Na ₂ O	0.43	0.45	0.52	0.59	0.49	0.42
K ₂ O	0.07	0.01	0.08	0.02	0.03	0.00
总量	98.41	99.22	99.86	99.51	98.88	98.05
Si	1.8913	1.837	1.8627	1.8161	1.8255	1.9258
Ti	0.048	0.056	0.0545	0.0862	0.0517	0.0345
Al	0.1300	0.132	0.2059	0.1924	0.1916	0.0606
Cr	0.0024	0.001	0.0088	0	0.0017	0.0055
Fe ³⁺	0.0258	0.115	0	0.0469	0.0892	0.0449
Mg	0.8388	0.800	0.8506	0.6835	0.7753	0.7288
Ca	0.6532	0.717	0.6781	0.8122	0.8356	0.7023
Mn	0.0116	0.010	0.0077	0.0077	0.0062	0.0169
Fe ²⁺	0.3643	0.299	0.285	0.3104	0.1863	0.4489
Ni	0.0006	0	0.0015	0.0005	0	0.0005
Na	0.0317	0.033	0.0373	0.0432	0.0357	0.0314
K	0.0032	0.001	0.0039	0.0007	0.0012	0
总量	4.000	4.000	3.9961	4	4.000	4.000
Wo	34.97	39.26	37.23	44.78	46.34	37.02
Fs	20.12	16.93	46.7	37.58	10.68	24.56
En	44.91	43.81	16.7	17.54	42.99	38.42

注: *Fe₂O₃是FeO的换算值(据Deer et al. 1966)

4.4 角闪石和金属矿物

角闪石是基性-中性火山岩中常见的铁镁矿物。冰芯中的角闪石为褐黄绿色片状,具细裂纹。薄片呈黄绿色-绿色的多色性。根据Ca、Mg和Fe的含量它们为普通角闪石(表7)。钛铁氧化物在火山喷发物中普遍存在。但在SDT冰芯中却很少见到保存新鲜的钛铁氧化物,仅见到微量的已蚀变或风化的褐红色的褐铁矿。

表6 柯林斯冰帽冰芯中橄榄石的电子探针分析结果(Wt%)
Table 6 Representative microprobe analyses of olivines; structural formulae calculated on the basis of 4 oxygens

样品号	85-1-3	85-4	85-1-2	96-2-1	118-1
SiO ₂	37.20	36.72	37.16	37.53	36.07
TiO ₂	0.07	0.13	0.08	0.11	0.14
Al ₂ O ₃	0.13	0.24	0.04	0.04	0.08
Cr ₂ O ₃	0.00	0.05	0.01	0.01	0.51
MgO	35.29	34.05	35.29	36.90	34.08
CaO	0.41	0.43	0.31	0.33	0.41
MnO	0.41	0.43	0.40	0.45	0.44
FeO	24.79	25.74	25.17	23.27	23.40
NiO	0.02	0.09	0.01	0.04	0.00
Na ₂ O	0.02	0.07	0.04	0.05	0.04
K ₂ O	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
总量	98.35	97.95	98.52	98.75	95.18
Si	0.9995	0.9969	0.998	0.9969	0.9997
Ti	0.0013	0.0026	0.002	0.0022	0.0028
Al	0.004	0.0076	0.001	0.0012	0.0026
Cr	0	0.001	0	0.0002	0.0112
Mg	1.4131	1.3775	1.413	1.4607	1.4078
Ca	0.0119	0.0124	0.009	0.0095	0.0122
Mn	0.0092	0.0099	0.009	0.0102	0.0103
Fe	0.557	0.5843	0.566	0.5169	0.5425
Ni	0.0004	0.0019	0	0.0009	0
Na	0.0013	0.0035	0.002	0.0024	0.002
K	0.0004	0.0006	0	0.0006	0.0007
总量	2.998	2.9982	3.000	3.0016	2.9919
Mo	0.6	0.63	0.46	0.48	0.63
Fo	71.72	70.21	71.41	73.86	72.16
Fa	28.37	29.78	28.58	26.13	27.84

表7 SDT冰芯中角闪石的化学成分表(wt%)
Table 7 Microprobe analyses (wt%) of amphibole and structural formulae calculated on the basis of 24 (O,OH)

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	总量
101-3	50.468	1.399	2.351	0.142	0.00	16.493	16.008	0.366	11.462	0	0.305	0.046	2.076	101.118
样品号	Si	Ti	Al	Cr	Fe	Mg	Ca	Mn	Fe	Ni	Na	K	总量	
101-3	7.2856	0.1519	0.4	0.0163	0.00	3.549	2.476	0.0448	1.3838	0.00	0.0855	0.0085	15.4013	

注: H₂O含量为计算值

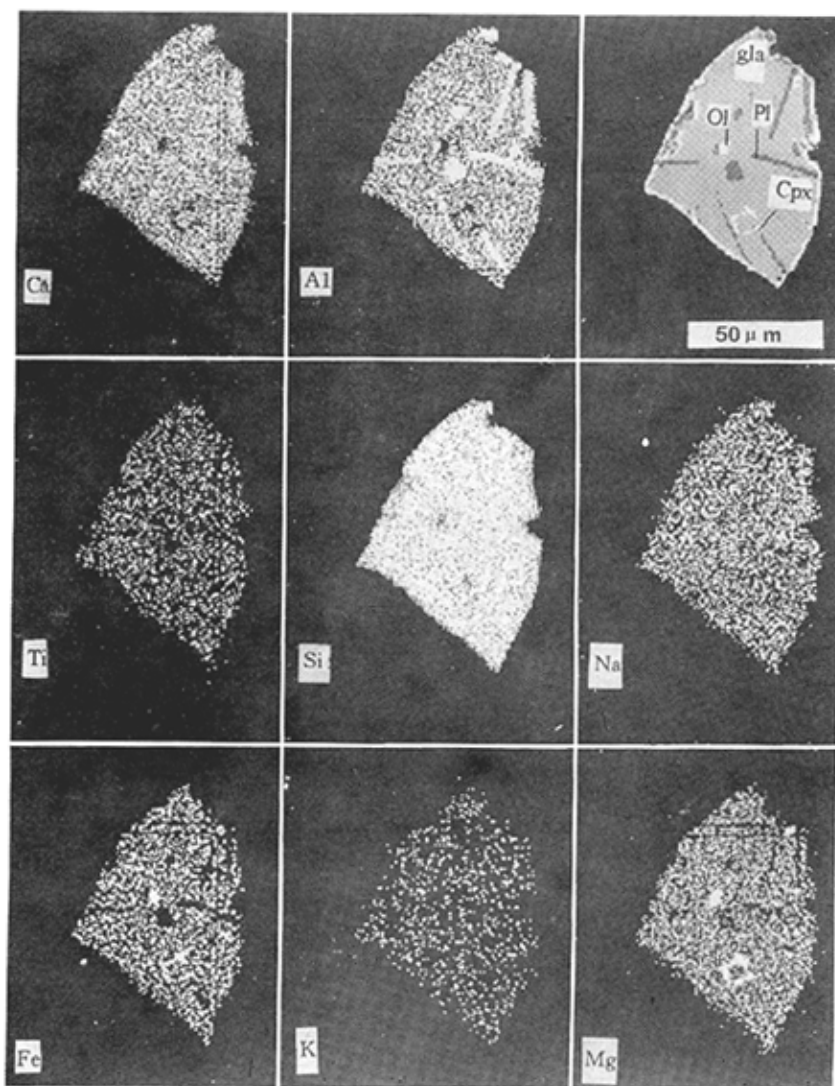


图 4 SDT96 岩屑中橄榄石-长石-玻璃基质中的元素分布
Ol 为橄榄石, Pl 为斜长石 Cpx 为单斜辉石, gla 为火山玻璃(基质)

Fig. 4 Major elements distribution in Olivines(Ol), feldspars(Pl), Clinopyroxenes (CPX) and ground mass(gla)

4.5 熔融包裹体

在玻屑以及长石、辉石颗粒中发育有包裹体。玻屑中有气相包裹体。长石和辉石中的包裹体有气相和固相(玻璃质)两相。气相包裹体此次未予测定。玻璃质包体成分见表8。从所得的分析结果来看,这些玻璃质包体的成分与南设得兰群岛的玄武岩类岩石的平均值相比,其SiO₂、TiO₂、Na₂O含量偏高,Al₂O₃、CaO、MgO偏低。如与世界平均值相比,玻璃包体FeO*, MgO偏低,Na₂O和TiO₂较高,也就是说玻璃包体的成分相当于玄武岩浆中由于矿物析出,使熔浆成分发生演化后的残浆。冰芯中存在的玻璃质包体代表了晶析出橄榄石、辉石后的熔浆成分。

表8 柯林斯冰帽SDT冰芯火山碎屑中玻璃包体的主要元素成分(wt%)

Table 8 Major elements analyses of glass inclusion in volcanic clastics from ice core(wt%)

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	总量
85-2-1	54.11	2.46	13.06	0.00	4.25	7.62	0.26	11.32	0.09	2.05	0.8	96.02
85-3	54.08	1.6	15.75	0.00	4.17	8.22	0.15	7.94	0.11	4.10	0.6	96.72
93-2	55.19	2.16	14.73	0.04	4.47	8.07	0.21	8.97	0.06	4.17	0.46	98.52
96-1-2	54.41	3.27	11.81	0.07	3.31	7.48	0.20	12.09	0.00	3.22	0.86	96.70
101-1-1	54.17	2.04	14.33	0.26	4.38	9.53	0.10	8.76	0.00	3.49	0.47	97.53
101-1-2	56.22	2.91	14.09	0.11	3.14	7.72	0.29	9.94	0.00	3.18	0.73	98.33
101-2-2	47.7	3.35	10.23	0.00	8.89	3.39	0.28	18.61	0.03	3.08	0.72	96.27
101-4-1	54.33	2.60	13.77	0.09	4.07	7.85	0.24	10.77	0.00	3.27	0.77	97.75
125-1-2	52.67	2.40	13.5	0.01	4.35	7.51	0.22	11.27	0.00	3.45	0.72	96.09

5 火山灰年代及物源区的讨论

火山灰是机械破碎产物,粒级相对较大,很快地从空中降落。从冰芯上下层位中火山灰的含量及粒度来看,深度在46.35m和50.39m处沉积物较多、层厚、粒度较粗,为强污化面,表明它们的物质来源较其上下层为丰富,微粒搬运距离离源区相对要近些。反映此深度期间的火山活动较强烈或频繁,火山喷发物丰度较大。张万昌(1994)指出,柯林斯冰帽中40~56m的火山灰时代为1841~1907a。据Tom Simkin et al. (1981)的统计,在其西南部的欺骗岛现代火山喷发从1800~1972年共有14次,其中1842~1909年的喷发记录与计算的年代大致相吻合。在其东北部的企鹅岛火山喷发从1800~1962年共有20次(Gonzakz Ferran et al. 1990),其中与冰芯中火山灰年代相当的火山喷发有1819~1908年的6次(Tom Simkin 1981)。因而,笔者认为SDT冰芯中的九层火山灰能够分别代表离柯林斯冰帽小冰穹近百公里的火山岛(企鹅岛抑或欺骗岛)和海山火山的现代火山历次爆发。也就是说,这些地区火山喷发冲出地表的大量火山喷发物在大气中飘散,经风的作用,集中降落沉积在冰盖表层,而后又被冰雪覆盖,保存下来,形成火山灰沉积物的多少则与喷发的强烈程度有关,与搬运距离的远近有关。

致谢 冰芯分样工作中得到韩建康、刘雷保、康建成和汪大力等同志的指导和帮助。

参 考 文 献

- 姚檀栋, 韩建康. 1993. 冰川和冰盖中的环境记录. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1~5
- 戴枫年, 宋锦熙, 王远平等. 1993. 南极乔治王岛柯林斯冰帽小冰穹冰芯中火山喷出物的首次鉴定. 南极研究(中文版), 5(3): 75~77
- 秦大河, Zieliński, German M S et al. 1994. 南极洲 Nelson 冰帽排钻冰芯内的火山灰与冰川物质平衡. 中国科学(B辑), 24(7): 779~784
- 曾永孚, 夏文杰. 1986. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社
- 张万昌, 韩建康. 1994. 南极洲乔治王岛柯林斯冰帽小冰穹数学模式初步断代. 南极研究(中文版), 6(3): 25~32
- Tom Simkin. 1981. Volcanoes of the world. Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing Company, 107~108
- Gonzalez Ferran Oscar. 1990. Antarctic volcanic hazard. Korean Journal of Polar Research, 2(1): 97~105