

Sci Bull. 1995. 40(supp): 138~140

- 6 Hacker B R, Wang Q. Ar/Ar geochronology of ultrahigh-pressure metamorphism in Central China. *Tectonics*. 1995, 14: 994~1006
- 7 李曙光, Jagoutz E, 肖益林, 等. 大别山-苏鲁地体超高压变质年代学——I. Sm-Nd 同位素体系. *中国科学, D 辑*, 1996, 26(3): 249~257
- 8 李曙光, 聂永红, 郑双根, 等. 俯冲陆壳与上地幔的相互作用——I. 大别山同碰撞镁铁-超镁铁岩的主要元素及微量元素地球化学. *中国科学, D 辑*, 1997, 27(6): 488~493
- 9 Krough T E. A low contamination method for hydrothermal decon-position of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations. *GCA*, 1973, 37: 485~494
- 10 张理刚. 东亚岩石圈块体地质——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学. 北京: 科学出版社, 1995. 55~56
- 11 Ludwig K R. Isoplot——A plotting and refression program for adiogetic-isotope data. USGS Open-file report, Version 2.92. 1997. 91~445
- 12 Xue F, David B Rowley, et al. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the North Dabie Complex, Eastern Dabie Shan, China. *Journal of Geology*, 1997, 105: 744~753
- 13 陈江峰, 谢 智, 刘顺生, 等. 大别造山带冷却年龄的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 和裂变径迹年龄测定. *中国科学, B 辑*, 1995, 25(10): 1086~1091

(1999-03-01 收稿, 1999-05-24 收修改稿)

南极洲伊利莎白公主地区冰雪中 $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ 和 Ca^{2+} 年层效应初探

李忠勤^① 张明军^① 秦大河^① 效存德^① 田立德^①
康建成^② 李 军^③

(^① 中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000; ^② 上海中国极地研究所, 上海 200129;

^③ Antarctic CRC and Australian Antarctic Division, Hobart, Australia)

摘要 对 1996~1997 年中国首次南极内陆冰盖考察获得的南极洲伊利莎白公主地区 2 个雪坑及 50 m 雪芯样品的阴离子、阳离子和 $\delta^{18}\text{O}$ 进行对比分析, 结果表明, 在浅层雪坑内, Cl^- 和 Na^+ 的浓度变化与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化异相; NO_3^- 的浓度变化和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化同相. 这些变化呈现明显的季节波动, 反映出良好的年层效应. 随着深度的增加, $\delta^{18}\text{O}$ 的年层效应在 3 m 左右(约 10 a)逐渐被平滑; Cl^- , NO_3^- 和 Na^+ 则在 50 m 雪芯范围内(约 250 a)保持了较清晰的季节变化层, 这为本区冰盖时间序列的建立提供了重要依据. 与此相反的是, 无论在雪坑内还是在雪芯中, 陆盐离子 Ca^{2+} 均不具有明显的年层效应.

关键词 伊利莎白公主地区 $\delta^{18}\text{O}$ 离子 年层效应

自 Bader^[1] 于 1954 年首次提出在极地冰川冰中钻取连续冰芯以进行科学研究后, 南极地区的冰芯研究不断深入, 成果匪然. 这些研究加深了人们对南极这一特殊地理区域对全球变化的反映与反馈的认识, 并成为当今全球变化的热点之一. 在南极冰芯研究中, 冰芯时间序列的确立一直是重点和难点内容. 降雪资料的匮乏、雪冰和其内部所包含的各种化学成分沉积后的次生变化, 都会影响到冰芯定年的准确性. 显然, 搞清冰芯中用于定年的各种参数的特征及相互关系, 是正确定年、确保冰芯记录精度和可靠性的前提及基础. 本文将对中国首次南极内陆冰盖考察获得的南极洲伊利莎白公主地区两个雪坑及 50m 雪芯的冰化学分析资料对上

述问题进行初步探讨.

1 样品的采集和分析

1996~1997年中国首次南极内陆冰盖考察期间,在中山站至 Dome A 方向的考察途中,分别在 LT921 (71°10.750'S, 77°21.198'E)处和 LGB65 (71°50.735'S, 77°55.319'E)处挖了 2 个深 2.5 和 4.5 m 的雪坑(图 1),并在 LGB65 处钻取了 1 支 50 m 长的雪芯(称之为雪芯,是因为其密度尚未达到冰川冰的密度).雪坑从上至下每 3cm 连续取样,样品封装在美国产洁净的聚四氯乙烯广口瓶中.所有样品在低温冷冻状态下运回到中国科学院兰州冰川冻土研究所低温室冷存(-15℃),直到分析前方开启.雪芯在兰州冰川冻土研究所低温室每 3 cm 分样.

Na⁺和 Ca²⁺的分析采用 Dionex 300 离子色谱仪测试,最低检测限小于 1×10⁻⁹g·g⁻¹, Cl⁻和 NO₃⁻由 Dionex 100 离子色谱仪测定,最低检测限小于 1×10⁻⁹g·g⁻¹, δ¹⁸O 的测定在 MAT-252 气体同位素质谱仪上进行,测得的样品中氧稳定同位素的含量为与“标准平均大洋水(SMOW)”的千分差,其精度在±0.5‰之内.

2 结果与讨论

从图 2 可见:在两个雪坑中,NO₃⁻的浓度变化与 δ¹⁸O 的变化同相,而 Cl⁻和 Na⁺的浓度变化与 δ¹⁸O 的变化异相,但它们的变化和 δ¹⁸O 的变化一样,都形成明显的季节变化层,可见在表层雪坑内,以稳定同位素比率为基础建立时间序列后,Cl⁻, Na⁺和 NO₃⁻的时间序列与稳定同位素比率的时间序列具有可比性,因此,当稳定同位素资料不全或缺乏时,Cl⁻, Na⁺和 NO₃⁻可以成为研究者在冰盖内划分年层、建立时间序列的重要依据之一.然而在两个雪坑中, Ca²⁺的变化基本上看不出季节变化层.同时,从图 2 (b)中还可以看出,在本地区, δ¹⁸O 只在冰盖表层深约 3m 范围内(约 10 a)具有良好的年层效应.为了进一步研究 δ¹⁸O 和各种离子年层效应随深度的变化,本文将用 50 m 雪芯 24~26 和 36~38 m 的冰川化学资料和表层雪坑资料进行比较,从图 3 中可以看出:随着深度的增加, δ¹⁸O 的年层效应彻底被平滑掉, Cl⁻, Na⁺和 NO₃⁻却仍然表现出良好的年层效应(图 3 中标注的年份是在 50m 雪芯综合定年后得到的,对此作者将有专文论述), Ca²⁺的变化还是无明显规律.

一般说来, Ca²⁺主要来源于大陆,而 Cl⁻和 Na⁺是典型的海盐离子.综观图 2 和图 3,可以得出这样的结论:在南极洲伊利莎白公主地区的海盐离子和陆盐离子中,海盐离子更易揭示出气候的季节变化,其原因是伊利莎白公主地区位于南极洲东海岸.冬季,亚南极地区海洋上空的气旋南侵,频频进入南极冰盖内陆,同时,也将各种海盐离子一道送入雪冰内.因此,冰盖雪冰内海盐离子的浓度在冬季雪内可出现峰值,夏季出现较低值,即在南极冰盖雪冰内形成较

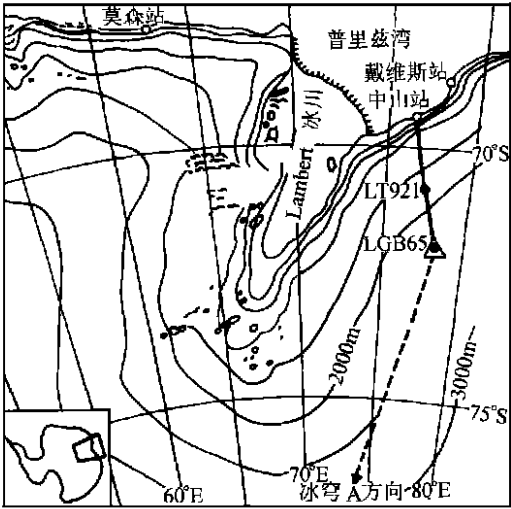


图 1 中国首次南极内陆冰盖考察路线图
● 为雪坑采样地点, Δ 为雪芯采样地点

清晰的季节旋回,从而使海盐离子成为划分年层的依据. 同时,在本研究中还发现, NO_3^- 浓度的变化与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化表现出良好的正相关性. 文献表明,有学者业已发现雪冰中的 NO_3^- 浓度的最大值在夏季,有时也在春季^[2,3]. 但对 NO_3^- 随季节变化的原因至今尚无完满的解释,主要是 NO_3^- 有多种来源,哪一种来源最为重要很难确定. 不过,目前的研究结果告诉我们,在伊丽莎白公主地区 NO_3^- 的多种来源中,能反映季节变化的来源可能占主导地位. 随着深度的增加, $\delta^{18}\text{O}$ 的年层效应由于在粒雪化过程中水汽的扩散作用逐渐被平滑,在本地区只在深约 3m 以内(约 10 a)的范围具有年层效应,而对 Cl^- , Na^+ 和 NO_3^- 来说,虽然在个别深度也发生平滑现象,但总体说来,在研究的 50m 雪芯范围内(约 250 a)都表现出良好的年层效应. 近年来各种离子沉积后的现代环境过程研究表明,东南极洲粒雪表层及雪芯内的 Cl^- , Na^+ 和 NO_3^- 都存在缓慢逸失和相对移动现象^[4~6],然而各种离子的迁移要通过水分的迁移. 在采样地点,代表年均温变化的雪层 10m 深处的温度很低(约 -33.1°C),因此各种离子的逸失和移动非常缓慢,从

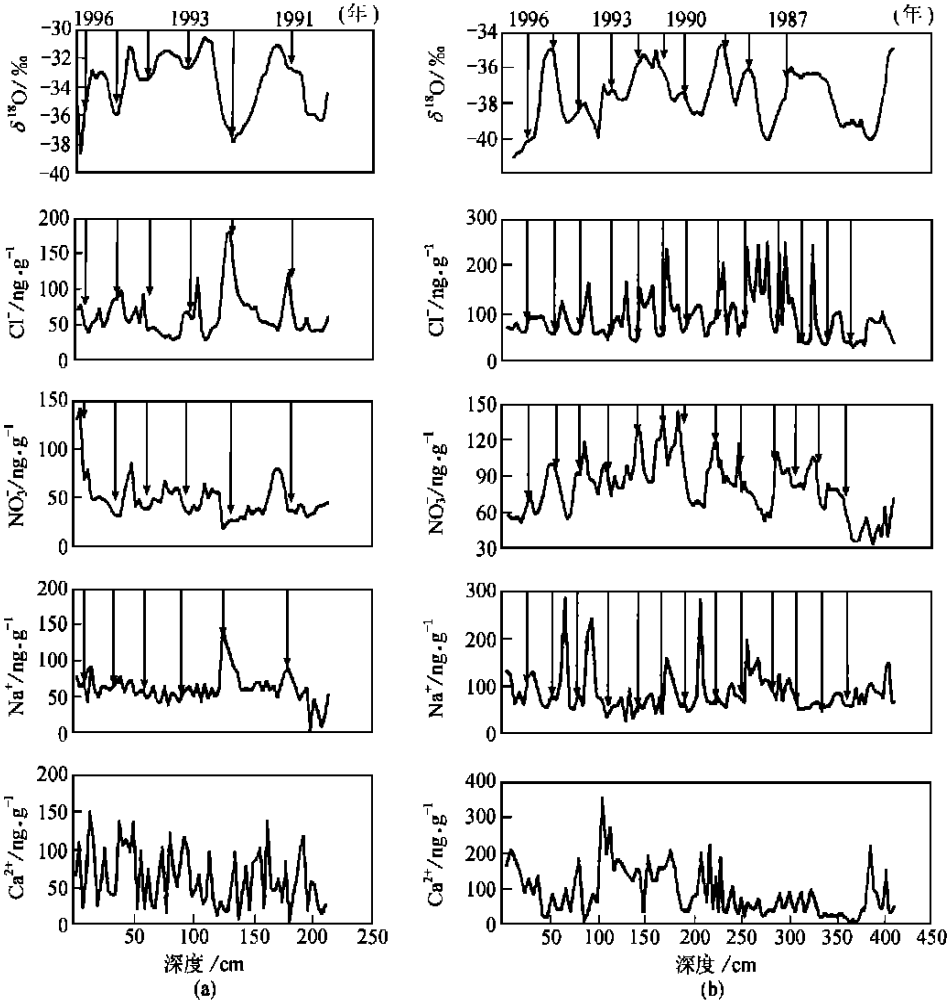


图2 LT921 (a)和 LGB65(b)雪坑中 $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ 和 Ca^{2+} 浓度剖面的对比

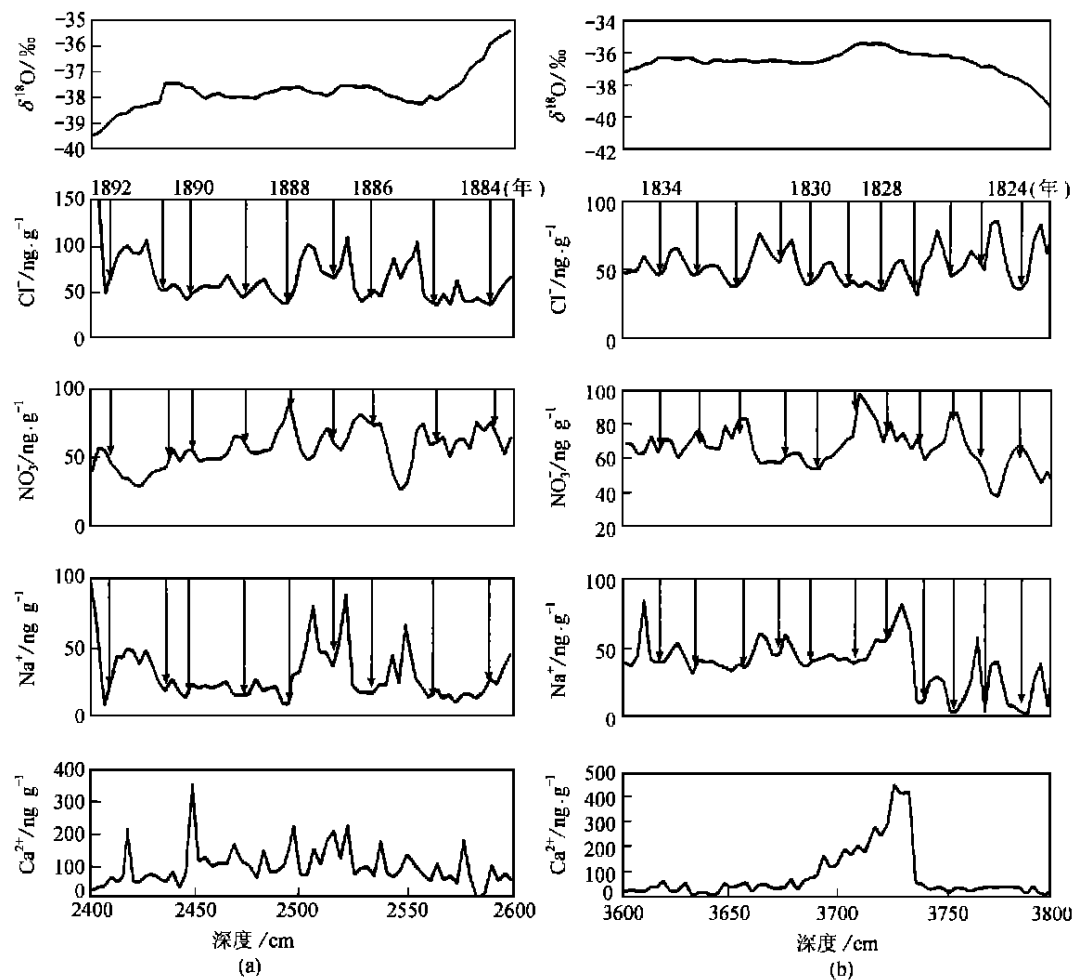


图3 24~26 m (a)和36~38 m (b)处雪芯中 $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ 和 Ca^{2+} 浓度剖面的对比

而可以利用具有年层效应的海盐离子(Cl^- 和 Na^+)和 NO_3^- 在本地区冰盖内划分年层。如前所述,由于上述离子在冰雪中存在缓慢逸失和相对移动现象,因此各种离子的年层效应必将随深度的增大逐渐被平滑,对于探讨本地区各种离子年层效应消失的深度,还需要进一步的研究工作。

通过对南极洲伊利莎白公主地区两个雪坑及50m雪芯样品的阴离子、阳离子和 $\delta^{18}\text{O}$ 进行分析讨论,我们得出以下结论: (i)在南极洲伊利莎白公主地区,海盐离子比陆盐离子更易表现出年层效应; (ii)尽管在浅表层雪坑内, $\delta^{18}\text{O}$ 和 Cl^- , NO_3^- , Na^+ 一样表现出良好的年层效应,但随着深度的增加, $\delta^{18}\text{O}$ 在本地区的年层效应在3m左右(约10 a)消失,而 Cl^- , NO_3^- 和 Na^+ 在所研究的50 m雪芯范围内(约250 a)都表现出清晰的季节变化层。

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:49771022)、中国科学院95重大A(编号:KZ951-A1-205)和国家科技攻关(编号:98-927)资助项目。

参 考 文 献

1 Bader H. United States Polar ice and snow studies in the International Geophysical Year. *Geophys Monogr* 1958, 2: 177~181
2 Mulvaney R, Wolff E W. Evidence for winter/spring denitrification of stratosphere in the nitrate record of Antarctic firm cores. *Journal of Geophysical Research*, 1993, 98(D3): 5 213~5 220
3 Legrand M, Delmas R J. Relative contribution of tropospheric and stratospheric sources to nitrate in Antarctic snow. *Tellus*, 1986, 38B: 236~249
4 Mayewski P A, Legrand M. Recent increase in nitrate concentration of Antarctic snow. *Nature*, 1990, 346: 258~260
5 Legrand M, Leopold A, Domine F. Acidic gases (HCl, HF, HNO₃, HCOOH and CH₃COOH): a review of ice core data and some preliminary discussions on their air-snow relationships. In: Wolff E W, Bales R C, eds. *Chemical Exchange between the Atmosphere and Polar Snow NATO ASI Series I*, 1996, 43: 19~43
6 Wolff E W. Location, movement and reactions of impurities in solid ice. In: Wolff E W, Bales R C, eds. *Chemical Exchange between the Atmosphere and Polar Snow NATO ASI Series I*, 1996, 43: 541~560

(1998-11-24 收稿, 1999-03-29 收修改稿)

滇西南龙陵-澜沧断裂带
——大陆地壳上一条新生的破裂带

虢顺民^① 向宏发^① 周瑞琦^② 徐锡伟^① 董兴权^② 张晚霞^①

(^①中国地震局地质研究所, 北京 100029; ^②云南省地震局, 昆明 650041)

摘要 龙陵-澜沧断裂带是一条新生的破裂带, 由多条斜列式或丛集式次级断层组成, 以活断层、地震断层、地震成带分布为特征. 运动性质为右旋-拉张. 形成时代为早、中更新世, 晚期继续活动. 未来破裂趋势首先将断开那些构造闭锁段、破裂不连续段, 然后使断裂带完全贯通, 同时伴随强震发生.

关键词 滇西南 断裂带 新生破裂带

云南西南部发育的龙陵-澜沧断裂带是一条新生的破裂带. 前人工作主要开始于 1988 年澜沧-耿马地震发生之后^[1~3], 重点在于发震构造方面的研究. 本文对“新生破裂带”的提出还属首次. 地壳上许多活动断裂是沿衰老断裂重新活动的, 但有的断裂却是新生的, 文中研究的就是其中最典型的一例. 作者认为, 对新生断裂的研究, 不仅有构造学上的理论意义, 还有减灾防灾方面的实际意义.

1 新生破裂带形成前的老构造格局

滇西南地区从西北尖高山起, 向东南经腾冲、龙陵、耿马、澜沧, 到达勐海以南, 全长 500 余公里的范围内, 北北西向新生破裂带形成前的老构造几乎都是北东向的, 部分是南北向的. 老构造由断裂、褶皱、变质岩、岩浆岩组成. 它们形成于古生代, 强化于中生代, 新生代有的继续活动. 老构造的组成、走向、形成时代与新生断裂带完全不一致, 它们是两套不同时期的构造产物. 可见, 北北西向龙陵-澜沧断裂带早期并不存在, 而是后期切割老构造形成的一条新生破裂带.