G-O 的沉积,耀岭河裂谷式火山岩的喷发,从而开始了秦岭另一个大地构造演化阶段——加里东构造旋回,因此吐雾山 A 型花岗岩及其时代的厘定,普遍受到构造学家的关注,也为东秦岭造山带构造演化提供了重要证据,解决了人们长期困惑的一个地质问题——晋宁与加里东期的构造转换机制,具有重要的地质意义.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:49672111)资助项目.

参 考 文 献

- 1 卢欣祥. 东秦岭花岗岩. 见: 叶连俊, 钱祥麟, 张国伟, 主编. 秦岭造山带学术讨论会论文集. 西安: 西北大学出版社, 1991. 253~ 255
- 2 卢欣祥. 秦岭花岗岩揭示的造山过程——秦岭花岗岩研究进展. 地球科学进展, 1998. 13(2): 213~ 214
- 3 邓晋福, 赵海玲, 罗照华. 中国大陆根柱构造. 北京: 地质出版社, 1996
- 4 李曙光. 一个距今 10 亿年侵位的阿尔卑斯型橄榄岩体——北秦岭晚元古代板块构造体制的证据. 地质论评, 1991, 37(3): 235~ 241
- 5 张宗清, 刘敦一, 付国民. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京: 地质出版社, 1994. 11~ 55
- 6 张寿广. 东秦岭陡岭杂岩的形成与变质演化. 中国科学, D 辑, 1996, 26(增刊): 73~ 77
- 7 沈 洁, 张宗清, 刘敦一. 东秦岭陡岭群变质杂岩 Sm-Nd, Rb-Sr, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄. 地球学报, 1997, 8(3): 248~ 254
- 8 张本仁, 骆庭川, 高山, 等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994. 209

(1998-05-06 收稿, 1998-10-28 收修改稿)

7000 m 处冰芯中 Pb 记录揭示人类活动污染在加剧

霍文冕 姚檀栋 李月芳

(中国科学院兰州冰川冻土研究所冰芯与寒区环境开放研究实验室, 兰州 730000)

摘要 利用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)及相关的超净化技术,对希夏邦马峰达索普冰芯上部 40 m 样品中的超痕量 Pb 含量进行测试的结果显示,冰芯自下而上,Pb 含量增长十分显著. 由于达索普冰川的特殊地理位置,局地 Pb 污染的可能性很小,Pb 的主要来源可能是工业排放的 Pb. 而造成这种增长的原因是与希夏邦马峰相邻的国家工业化进程加快,特别是含 Pb 燃料的燃烧释放的 Pb 增大.

关键词 达索普冰芯 Pb 含量 大气污染

冰川是大气过程的产物,对冰芯中污染物质进行分析,可以重建空气污染的历史记录. Pb 等重金属是大气传输的良好指示剂. 同时,作为一种污染物质,引起人们的广泛关注. 其中对痕量重金属如 Pb, Cu, Zn, Cd, Hg 的时间趋势和空间分布的研究主要集中在格陵兰和南极地区. 最具代表性的发现是自工业革命开始,格陵兰雪中 Pb 浓度上升了 200 倍^[1],而距离人类工业活动区很远的南极,在过去的 200 年间 Pb 的浓度增长了 2~ 5 倍^[2]. 中低纬度山地冰川重金属时间趋势的报道极少,而事实上对山地冰川的研究具有更现实的意义,因为山地冰川距

离人类活动区更近,更能反映人类活动对气候与环境的影响. 本文对目前取得的世界上海拔最高的冰芯——达索普冰芯上部40 m 中超痕量Pb进行了测试,阐述了Pb的时间趋势所揭示的区域性大气污染状况.

1 样品的采集与分析方法

希夏邦马峰地处喜马拉雅山系的中段,海拔8 012 m. 该区地形复杂,气候多变,年平均气温约 $-9\sim -10\text{ }^{\circ}\text{C}$,年降水量约为600~700 mm. 达索普冰川($28^{\circ}21'\text{N}$, $85^{\circ}46'\text{E}$)位于希夏邦马峰西边约1 km处(图1),冰芯钻取点海拔高度为7000 m,冰川积累量约为826 mm/a(水当量),10 m处的冰温为 $-13.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,初步研究^[3~5]首次发现了干雪带(重结晶成冰作用带)也存在于山地冰川,高的分辨率和高保真性决定这里是进行冰芯研究十分理想的场所.

冰芯自钻取后低温存放,保持冻结状态. 冰样切割后,于超净化实验室中室温融化. 取样过程采取严格的防污染措施,实验过程中涉及到的玻璃,塑料等用具均由稀硝酸及超纯水($18.0\text{ M}\Omega$)浸泡,冲洗. 样品瓶中装入超纯水的空白实验显示铅含量近似零值. 测试实验在净化级别为100的超净化实验室内进行.

痕量Pb的测试采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS),该仪器为Finnigan MAT公司生产的SOLA型号,检测限在 10^{-12} g/g 级,对于元素Pb检测下限为 $0.6\times 10^{-12}\text{ g/g}$,可以直接对样品测试,从而避免因前处理带来的污染. 利用国家一级标准溶液(国家标准物质研究中心研制)进行的条件实验显示,10次平行测试的相对标准偏差(RSD)介于10.10%~16.97%.

图1 达索普冰芯的地理位置

2 结果与讨论

对达索普冰芯上部40 m的40个样品中痕量Pb的测试结果见图2. 从图2可以明显的看

出,冰芯自下而上,Pb 的浓度呈现明显的增大趋势. 这种增长可以大致划分为4个阶段:在40~35 m 之间,Pb 的平均浓度为 37×10^{-12} g/g,从34~22 m,Pb 的浓度明显增大,平均浓度达 87×10^{-12} g/g,而从21~3 m,Pb 的平均浓度增大了约4倍,为 162×10^{-12} g/g,到了冰芯最上部2 m,Pb 的浓度急剧增大,达到了最大值 564×10^{-12} g/g.

来自岩石、土壤尘埃和海洋的自然源对重金属的贡献在全球对流层范围内是很小的,其他的自然来源例如火山活动,森林火灾等也是

非常微弱的^[6~7]. Murozumi 等人认为60年代北半球对流层中的铅90%来自人类工业活动^[1]. O' Neille也指出每年进入大气环流的铅95%来自人类工业活动^[8]. 而人为源的铅主要是含Pb燃料的燃烧,其次是矿石的熔炼和煤的燃烧. 在所研究的时间段内,达索普冰芯中铅的含量在初期,即50年代,具有很低的浓度值 37×10^{-12} g/g,甚至低于同时期格陵兰冰中的铅浓度,可以认为该值接近希夏邦马地区的自然本底值,而后期的增长在很大程度上是由于人类工业活动加剧造成的,这种增长自70年代至今变得非常显著.

我们认为,一种很可能的情形是,南亚及东南亚等发展中国家对于铅的增长贡献较大. 从地理环境来看,尽管希夏邦马峰有阻碍印度洋气团南北交流的作用,但每年夏季,印度洋季风仍能够越过喜马拉雅山脉北到达该区,形成明显海洋性季风. 最新的有关资料表明,夏季时尼泊尔方向的水汽甚至可通过7200 m高山垭口直接到达达索普冰川. 痕量的铅随着受到污染的气团到达达索普冰川,并以干、湿沉降方式被记录在冰芯中. 而从70年代起,这些国家工业化进程加快,导致污染排放的增加. 例如印度本世纪50~80年代末期,矿物燃料排放的废气位居世界第9,特别是到了80年代末期,排放量为2.3亿吨,位居世界第5位,约占世界总量的4%^[9]. 因此记录在冰芯中的铅亦表现出明显的增长趋势.

达索普冰芯中痕量Pb的浓度远远高于南极冰盖雪坑样品中Pb的浓度,也高于格陵兰冰芯中的Pb的记录. 这与Pb的排放,尤其是含Pb燃料的燃烧过程中Pb的排放,主要发生在北半球,而达索普冰川地处低纬度,接近人类活动中心,更易受污染是一致的.

图2不但反映了Pb的增长趋势,也反映出一种频繁波动的特征,这种波动特征在格陵兰和南极地区也存在. 格陵兰冰芯中Pb的浓度在冬季明显地呈现出最大值,每当大气条件有利于受污染的来自欧亚大陆的空气气团入侵时,上述最大值就有出现. 在南极也有相似的情况,Pb在秋季时达到峰值^[10]. 因此不难理解图2中所显示的Pb的波动增长. 这种波动很可能反映的是Pb的季节变化. 当大量的受污染气团进入希夏邦马峰地区时,较多的Pb沉积于冰川上,而在不利于上述空气气团入侵该地区的季节,Pb在冰川上沉积相对减少.

值得注意的是,尽管南北极Pb在过去的200年间呈大幅度的增长,但有资料显示自70年

图2 达索普冰芯上部40 m中痕量Pb的分布特征

代这种增长已经停止并呈下降趋势,在70~90年代的20年间格陵兰雪中Pb的浓度减少了7.5倍^[6],其主要原因是西欧和北美等大多数工业化国家禁止使用加铅汽油的法规得以生效,使北半球空气中Pb的污染程度下降.而从达索普冰芯中的数据来看,近几十年,特别是近几年来,Pb的含量仍持续增长,这是由于南亚以及东南亚国家近几年来工业发展较快,并且还没有禁止含Pb汽油的使用,而达索普冰芯所反映的是更加具有区域性的大气污染状况,因而在Pb的时间趋势上达索普冰芯表现出与南北极不同的情形,同时也充分体现了大多数发展中国家在发展经济与保护环境中所面临的现实问题.

致谢 本工作作为国家自然科学基金(批准号:49671021)资助项目.

参 考 文 献

- 1 Murozumi M, Chow T J, Patterson C C. Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata. *Geochim Cosmo Acta*, 1969, 45: 1247~ 1294
- 2 Bortron C, Patterson C C. The occurrence of lead in Antarctic recent snow firm deposited over the last two centuries and prehistoric ice. *Geochim Cosmo Acta*, 1983, 47: 1335~ 1368
- 3 姚檀栋,蒲健辰,王宁练,等. 中国境内又一种新成冰作用的发现. *科学通报*, 1998, 43: 94~ 97
- 4 姚檀栋. 1997年中国十大科技进展之一——青藏高原海拔7 000 m冰芯的钻取及意义. *冰川冻土*, 1998, 20: 1~ 2
- 5 段克勤,姚檀栋,蒲健辰,等. 达索普浅孔冰芯中记录的现代环境过程. *海洋与第四纪地质*, 1998, 18: 65~ 70
- 6 Bortron C F, Gorchach U, Candelone J P, et al. Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since the late 1960 s. *Nature*, 1991, 353: 153~ 156
- 7 Batifol F, Bortron C, Angelis M. Changes in copper, zinc and cadmium concentration in Antarctic ice during the past 40 000 years. *Nature*, 1989, 337: 544~ 546
- 8 O'Neill P. Sulphur in Environmental chemistry. U K: George Allen and Unwin Ltd, 1985. 231
- 9 世界资源研究所主编. 世界资源. 北京: 北京大学出版社, 1992. 2: 20~ 21
- 10 Suttie D, Wolff E W. Seasonal input of heavy metals to Antarctic snow. *Tellus*, 1992, 44B: 351~ 357

(1998-05-20 收稿, 1998-10-18 收修改稿)

秦岭沙河湾奥长环斑花岗岩的年龄及其对秦岭造山带主造山期结束时间的限制

张宗清 张国伟^④ 唐索寒 卢欣祥^④

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; ④西北大学地质系, 西安 710069; ④河南省地质科学研究所, 郑州 450053)

摘要 秦岭是我国著名大陆碰撞造山带. 其主造山期结束时间还存在争议. 报道了秦岭新发现的沙河湾奥长环斑花岗岩的⁴⁰Ar-³⁹Ar, Rb-Sr 和锆石 U-Pb 年龄, 讨论了秦岭造山带主造山期结束时间.

关键词 年龄 奥长环斑花岗岩 秦岭造山带

秦岭造山带主造山期结束时间是一个争论问题. 位于秦岭造山带缝合带商丹带上的奥长

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-9-978>