

32 高铁, 钱朝勇. 工业水处理, 2000; 20(4): 10-13

Progress in Lake Water Disinfection

Shi Yin-tao^①, Zheng Qing-fu^②, Lu Xiao-hua^③^① Research Centre of Environmental Science, Wuhan Institute of Science of Technology, Wuhan 430074^② Research Centre of Environmental Science, Wuhan Institute of Science and Technology, Wuhan 430074^③ Institute of Environmental Science and Engineering, Huazhong University of Science of Technology, Wuhan 430074**Key words** lake water disinfection solar energy, photocatalysis

南极冰盖冰川化学和冰芯记录的气候环境及物质平衡研究进展^{*}

张明军^① 李忠勤^① 秦大河^① 效存德^① 康建成^②

(① 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, ② 中国极地研究所)

^{*} 国家自然科学基金(49771022 49971021)、中国科学院“九五”重大 A(KZ951-A1-205)和国家科技攻关(98-927)资助项目**关键词** 冰川化学 冰芯记录 物质平衡

根据对国内外有关文献资料的总结归纳, 对南极冰盖中各主要化学离子的来源、平衡、时空分布特征做了概括性总结, 同时, 对南极冰盖几支主要冰芯的研究成果做了比较, 重点介绍了 Vostok 冰芯的最新研究进展, 南极冰盖物质平衡的最新研究进展也在本文中做了介绍, 并对南极冰盖冰川化学和冰芯记录的气候环境及物质平衡的发展趋势进行了探讨。

1954 年自 Badel^[1] 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, 南极地区的冰川化学和冰芯研究此起彼伏、高潮迭起、成果纷呈。本文对南极冰盖冰川化学和冰芯气候环境记录研究做一归纳总结, 同时介绍有关南极冰盖物质平衡的最新研究进展。

一、冰川化学研究进展

南极冰盖中蕴藏着丰富的全球变化的信息, 主要包括稳定同位素比率、各种阴阳离子、生物有机酸(甲酸、乙酸、MSA、DMS 等)、温室气体(CO₂、CH₄、N₂O)、微粒、放射性物质(¹⁴C、¹⁰Be、³⁶Cl、⁸¹Kr)、宇宙尘埃、火山灰和超痕量重金属元素等^[2]。鉴于资料, 这里只对氧稳定同位素和各种离子的研究进展作一回顾。

1. δ¹⁸O 研究进展

大量的分析研究结果表明, 极地雪冰中的氧(和氢)同位素的组成主要取决于温度, 更确切的说, 与云团形成降水时的凝结温度有关^[3-6]。虽然不可能确切地知道降水凝结时的温度, 但是却很容易得到降水地点处的年

平均温度。据此, Dansgaard^[3] 总结了降水中的 δ¹⁸O 和各样点处年平均温度之间的线性关系, 这一关系的发现与相关性的建立, 是利用雪冰中稳定同位素建立过去几十万年以来温度变化的依据。Lorius 和 Merlivat^[7] 则根据东南极冰盖海岸迪·迪维尔站到 Dome C 沿线站点的资料, 建立了 δ¹⁸O 与平均温度 θ(°C)之间的经验公式

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})=0.755\theta(^{\circ}\text{C})-7.6$$

Qin Dahe 等^[8] 根据横穿南极冰盖表面雪样的分析结果, 系统研究了稳定同位素比率 δ¹⁸O、D 与年平均温度的关系, 过量氘(ex D)的降水源区示踪性, 以及它们的地域差异。以 δ¹⁸O 为例, 沿横穿南极冰盖路线在 Patrot Hills-Vostok 站段内为

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})=0.77\theta(^{\circ}\text{C})-13.4$$

而在 Komsomolskaya-Mimyy 站段内为

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})=0.90\theta(^{\circ}\text{C})-3.4$$

与前人工作相比, 这一关系的建立对研究南极冰盖不同地区 δ¹⁸O 与气温的关系具有重要意义。

2. 离子种类、来源及平衡研究

根据目前的大气化学知识, 可以在极地雪冰中检测

到图 1 所示的各种离子. 这些离子或者像海盐和粉尘直接进入大气圈(原生气溶胶), 或者卷入硫、氮、氯、碳等循环在大气中氧化生成(次生气溶胶). 从图 1 中可以看出, Al 是典型的陆盐离子, 而 Na 是典型的海盐离子. 其他离子的来源一般都比较复杂, 大多不止一种来源. 比如, 硫酸根离子既可来源于海洋又可来源于大陆, 同时既可是原生来源, 又可是次生来源. 因此, 要探讨雪冰中检测到的各种离子的来源, 必须对雪冰中各种离子的关系及离子平衡做一分析.

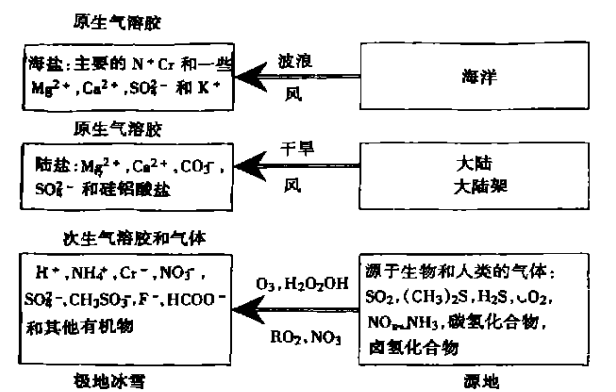


图 1 极地雪冰中检测到的各种可溶性杂质及其源地^[9]

南极沿海和内陆地区的离子平衡研究结果表明, 南极雪冰中阴阳离子的不平衡量(表示为 ΔC)小于离子总量(表示为 Σ)的 5%:

表 1 方程(4)在不同时间段和地点处的简化形式和各种可溶性离子与不溶性杂质在不同时间段和地点处占南极雪冰中杂质总量的比例 (单位: %)

	Coastal Areas (Present Climate)	Central Area (Present Climate)	Central Area (Glacial Age)
Equation (4)	$[H^+] = [NO_3^-] + [SO_4^{2-}]^*$	$[H^+] = [Cl^-]^* + [NO_3^-] + [SO_4^{2-}]^*$	$[H^+] + Ca^{2+}* + [Mg^{2+}]^* = [NO_3^-] + [SO_4^{2-}]^*$
Sea salt	85	36	54
HCl	...	22	...
HNO ₃	5	6	2
H ₂ SO ₄	10	36	16
Terrestrial salts	...	...	26
Insoluble species	2	6	62

$[H^+] + [Ca^{2+}]^* + [Mg^{2+}]^* = [Cl^-]^* + [NO_3^-] + [SO_4^{2-}]^*$ (4)

其中 $[X]^*$ = “excess X”, 代表非海盐的 X.

可溶性离子(Sea salt, HCl, HNO₃, H₂SO₄ 和 Terrestrial salts)为离子浓度百分比, 不可溶性杂质为质量百分比, ...表示为百分比小于 1%^[10].

在现代气候环境下沉积到南极冰盖的积雪, 由于陆

$$\begin{aligned} \Delta C &= [Na^+] + [NH_4^+] + [K^+] + [H^+] + \\ &[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] - [F^-] - [Cl^-] - \\ &[NO_3^-] - [SO_4^{2-}] - [CH_3SO_3^-] - \\ &[HCOO^-] - [CH_3COO^-] \end{aligned} \quad (1)$$
$$\begin{aligned} \Sigma &= [Na^+] + [NH_4^+] + [K^+] + [H^+] + \\ &[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [F^-] + [Cl^-] + \\ &[NO_3^-] + [SO_4^{2-}] + [CH_3SO_3^-] + \\ &[HCOO^-] + [CH_3COO^-] \end{aligned} \quad (2)$$

$Na^+, H^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, NO_3^-$ 和 SO_4^{2-} 是现代和过去冷气候条件下沉积在南极雪冰中的主要离子^[10, 11]. NH_4^+ 和 K^+ 对整个离子总量 ($5 < \Sigma < 30 \mu eq L^{-1}$) 的贡献量很小 (小于 $0.2 \mu eq L^{-1}$), $CH_3SO_3^-$ 的贡献量为 $0.2 \mu eq L^{-1}$ ^[12, 13], 而 $F^-, HCOO^-$ 和 CH_3COO^- 在整个离子总量中不占重要位置^[14]. 因此南极雪冰中离子平衡方程可以表述为:

$$[Na^+] + [H^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] = [Cl^-] + [NO_3^-] + [SO_4^{2-}] \quad (3)$$

在沿岸地区, 由于海盐离子 ($Na^+, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}$) 和一部分 SO_4^{2-} 占了离子总量的主体部分 (约 80%, 见表 1), 而在内陆, 随着海盐离子的减少, 其他离子逐渐占了离子总量的主体部分, 用 Na^+ 的含量和海水中各种离子与 Na^+ 的比率^[15] 从方程 (3) 中扣除海盐离子的贡献量就可得到非海盐离子的平衡方程:

源物质传输很弱, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度很低^[16], $[Cl^-]^*$ 可能为正、负或零, 因此方程 (4) 可简化为

$$[H^+] = [NO_3^-] + [SO_4^{2-}]^* \quad (5)$$

在海岸地区, $[Cl^-]^*$ 接近于零, 表示除了海盐物质外, 雪冰中包含 HNO₃ 和 H₂SO₄. 而在内陆地区, 由于 $[Cl^-]^*$ 不等于零, 因此雪冰中除海盐和上述的两种酸外, 还有 Na₂SO₄ 或 HCl^[17].

在末次冰期,由于陆地面积扩大、经向环流加强等原因, $[Ca^{2+}]^*$ 和 $[Mg^{2+}]^*$ 占有很大比重,而 $[Cl^-]^*$ 接近于零^[19],在这样的气候环境条件下,南极雪冰中主要杂质为 HNO_3 、 H_2SO_4 、海盐和陆源的盐类物质。

总之,正如表 1 所示,在现代气候条件下,可溶性离子占了南极雪冰中杂质含量的主体部分,且海盐离子含量从沿海向内陆递减,而无机酸 (HCl , HNO_3 , H_2SO_4) 含量递增。在末次冰盛期,南极雪冰中的不溶性杂质约占了雪冰中杂质含量的 50%,而在现代气候条件下含量不显著的陆盐物质在末次冰盛期约占整个离子总量的 25%。

3. 主要化学离子空间分布特征

Mulvaney 等人^[18] 根据南极冰盖现有的资料,对南极冰盖中主要离子 (Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 NO_3^-) 空间分布特征做了概括性研究。结果表明,尽管 NO_3^- 的浓度与海拔高度和积累率有一定的关系,但在整个冰盖上的分布仍趋一致; Cl^- 浓度值随离岸距离的增大而减小,如果高度变化不大,其衰减趋势缓慢; $ssSO_4^{2-}$ 的浓度变化趋势类似于 Cl^- 。南极冰盖中主要化学离子的空间分布特征最具代表性的资料当属秦大河 1990 年横穿南极获得的雪冰样品资料,研究表明,非海盐离子 (MSA 、 Ca^{2+} 和 $nssSO_4^{2-}$) 通量在内陆腹地分布均匀,但海盐离子却呈“西高、东低”,即“西南极洲高、东南极洲低”的态势,说明不同冰盖地区降水气团的来源不同,这与过量氙 (exD) 的分析结果一致;而 NO_3^- 的空间分布特征表明,其来源与高层大气中的电离层作用有密切关系^[19]。

4. 主要化学离子时间分布特征

由于受源地、传输路径、沉积方式等影响,南极雪冰中的很多化学离子都不同程度呈现一些季节性变化,表现出较强的年层效应。以下简述各种离子的季节变化及其原因,并对各种离子长时间尺度的变化特征作一介绍。

(1) 海盐离子。很多研究发现,南极冰盖中的海盐离子(主要指 Cl^- 和 Na^+) 在冬季出现最大值,呈现明显的季节变化。其主要原因是: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,也将各种海盐性离子一道送入雪冰内,因此,冰盖浅层雪内海盐性离子的浓度在冬季雪内可出现高峰值,夏季出现较低值,即在南极冰盖浅层雪冰内形成较清晰的季节旋回,从而使海盐性离子成为划分年层的依据^[20 21]。

(2) SO_4^{2-} 和 NO_3^- 。 SO_4^{2-} 一般都是在夏季出现最大值,冬季出现最小值。这是由于非海盐硫酸根离子 ($nss-SO_4^{2-}$) 占硫酸根离子的主体部分,而 $nssSO_4^{2-}$ 主要来源于

海洋生物,因此在夏季海洋生物活动最为强盛时, SO_4^{2-} 出现最大值^[13]。虽然很多研究发现 NO_3^- 的浓度在春末夏初出现最大值^[22 23],然而目前对这一现象的解释还不能令人满意。

(3) Ca^{2+} 。钙离子在格陵兰冰盖的雪冰中表现出良好的季节变化,但在南极雪冰中却没有表现出季节变化现象,其原因是格陵兰冰盖的 Ca^{2+} 主要来源于大陆粉尘。因此,春季出现最大值,而南极冰盖中 Ca^{2+} 既有海洋来源,又有大陆来源,海洋来源的冬季出现最大值,大陆来源的夏季出现最大值,这样 Ca^{2+} 就很难表现出季节变化现象^[23 24]。

二、冰芯记录的气候环境研究进展

冰芯与气候和环境变化关系的研究是通过从冰川(包括冰盖和冰帽及其他类型的冰川)中钻取冰样,检测过去气候与环境变化、检测现代气候与环境变化、预测未来气候与环境变化的一个多学科交叉性前沿研究领域。通过对冰芯中气候与环境信息的研究,可揭示近代至现代,甚至过去几十万年的气候环境特征,同时也可通过与现代气象记录的结合,提高预报未来气候变化的能力^[25]。冰芯不仅记录着自然变化的信息,而且记录着过去人类活动对于气候环境的影响。因此,冰芯在过去全球变化研究中具有重要的地位。与其他方法相比,冰芯不仅保真性强(低温环境)、包含的信息量大,而且分辨率高、时间尺度长(见表 2),因而在过去全球变化研究中,冰芯研究是一个极为重要的领域^[25]。

表 2 通过各种手段可提取的气候环境信息

信息来源	时间精度	时间范围/a	可提取的参数*
树木年轮	a/ 季节	10^4	THCBVMS
湖泊沉积	A	$10^4 \sim 10^6$	TBM
极地冰芯	A	10^5	THCBVMS
中纬度冰芯	a/ 季节	10^5	THCBVMS
珊瑚	A	10^5	TCL
黄土	100a	10^6	HCBM
深海沉积	100a	10^7	TCBM
孢粉	10~100a	10^8	THB
古土壤	100a	10^7	THCV
沉积岩	A	10^8	HCVML
历史记录	a/ h	10^3	THBVMS

* T—温度, H—温度或降水, C—大气化学成分或土壤的化学成分, B—生物圈的各种信息, V—火山活动, M—地磁场
S—宇宙事件, L—海平面。

冰芯研究最早可追溯到 50 年代^[1],冰川学家在格陵兰冰盖钻取了 300~400 m 冰芯,其主要目的是研究雪冰

物理特征^[29]. 60年代在格陵兰和南极冰盖钻取的深孔冰芯稳定同位素比率和微粒含量等分析, 揭开了冰芯气候环境记录研究的序幕^[27-29]. 七八十年代, 南极冰盖冰芯研究引人注目, 用三大冰芯(Vostok, Dome C., Byrd Station)的 $\delta^{18}\text{O}$ 资料恢复四万年以来的气温取得了非常好的效果^[30].

其中东南极高原 Vostok 站 2 100 m 冰芯重建过去的气候环境记录最为突出, 采用稳定同位素比率重建的 16 万年以来气温变化曲线表明^[31-33]: 末次间冰期最盛期(130 ka B.P.)时的气温略高于现代, 末次冰期冰盛期(25~18 ka B.P.)要比现代低 6℃; 温室气体 CO_2 和 CH_4 的变化趋势与气温有较好的一致性, 冰期大气中 CO_2 和 CH_4 浓度分别是间冰期的 30%和 50%^[34, 35].

Vostok 冰芯还分析了 10 Be、 ssSO_4^{2-} 、MSA 和其他主要阴、阳离子, 认为冰期时无论海洋源还是陆地源杂质, 其浓度均明显高于间冰期, 其原因是冰期时荒漠和大陆架面积扩大, 经向环流增强以及冰盖物质积累量减小所致, 而 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 浓度与冷、暖变化无明显对应关系, 说明火山爆发与大尺度气候之间的关系不明显^[19]. 20 世纪 90 年代以来, Vostok 冰芯钻取 1995 年底已达 3 310 m, 时间尺度为 40 万年, 并发现了 4 个冰期和间冰期旋回^[36]. 1998 年 1 月, Vostok 冰芯钻到 3 623 m, 距冰下的 Vostok 湖面仅 120 m, 恢复了过去 420 ka 以来的气温变化曲线(见图 2), 发现 4 个冰期—间冰期的变化情况很相似, 且温室气体 CO_2 和 CH_4 的浓度变化与气温变化非常一致, 目前大气中这两种温室气体的浓度达到 420 ka 的最高水平^[37].

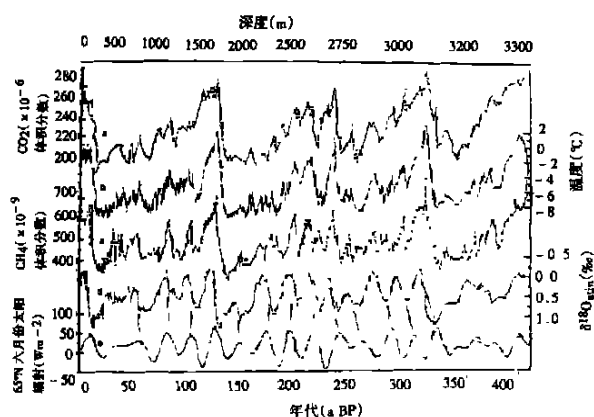


图2 Vostok 冰芯 420 ka 气候环境记录
(温度值是与现代年平均气温-56℃的差值)^[37]

三、南极冰盖物质平衡研究进展

南极大陆面积为 $1400 \times 10^4 \text{ km}^2$, 冰盖和冰架面积占

了总面积的 97.6%, 是全球现代冰川总面积的 86%. 南极冰盖的平均厚度为 2 450 m, 冰储量达 $2\,937.8 \times 10^4 \text{ km}^3$, 占地球表面淡水资源的 85%^[38]. 冰川学家估计, 倘若某种原因导致南极冰盖全部融化, 全球海平面将上升 60 m 以上^[39]. 因此, 研究南极冰盖物质平衡具有重大而现实的意义.

对 90 年代以前的南极冰盖物质平衡, Giovinetto 等人^[40-42]已做了非常详细的总结, 并给出了南极冰盖净积累量等值线图和南极冰盖物质平衡积累速率及近期变化趋势图. 尽管几十年来对南极冰盖的物质平衡做了大量研究, 至今仍不能确定冰盖物质平衡值为正(物质输入大于物质输出)、为负(物质输出大于物质输入)、还是变化甚微. 最新的研究结果仍处于相互矛盾之中, 如通过对大陆冰盖观测得出的冰川学结论表明, 南极冰盖在缓慢地增大^[43]; 海洋学证据则证明冰盖在退缩^[44, 45]; 而卫星观测资料表明, 南极冰盖物质平衡值的年际变化很小^[46].

Bentley 和 Giovinetto^[43]分析了已获得的冰盖上所有积累量(物质输入)和冰盖边缘冰架崩解的冰(物质输出), 分析的资料包括了物质积累量非常低的内陆高原广袤地区, 但对一些冰盖边缘海岸带高积累区的物质平衡量, 因知之甚少, 且同内陆低积累区相比, 近岸带积累的物质似乎不可能很快从冰盖排出, 最后得出南极冰盖的物质净积累约为 200 Gt/a, 相当于海平面每年下降 0.5 mm. 海洋学研究得出与上述相反的结果, Jacobs 等^[44, 45]通过测量东南极冰盖 Wilkes Land 北缘冰架毗邻的南大洋温度、盐度、洋流及同位素比率等, 计算了冰架底部的消融速率, 估算了冰架的崩解量, 最后推算出整个冰盖每年的总物质输出为 500 Gt. 而 Wingham^[46]根据卫星资料研究南极冰盖物质平衡后, 认为冰盖物质平衡的年际变化甚微.

四、结语与展望

从以上对南极雪冰化学和冰芯气候环境记录研究的回顾中可以看出, 尽管目前在南极雪冰化学和冰芯气候环境记录研究方面取得了丰硕的成果, 但这些成果大多以定性解释为主, 冰芯研究的最终目标是了解气候环境的变化历史, 预测其未来, 要达到这一目的, 必须对冰芯记录作出定量解释, 从而建立可靠的模型以利于预测未来. 但由于对冰芯中检测到的各种离子的来源、传输路径、沉积和沉积后过程等缺乏了解, 目前对冰芯记录的定量解释还很困难. 因此, 南极雪冰化学和冰芯记录今后的发展方向应该是: 探明各种离子的来源并使各种来源所占的比重定量化; 搞清各种离子及其不同来源的传输路

径;结合大气化学深入研究各种离子的沉积和沉积后过程.其目的是使冰芯记录的解释定量化,从而更好地预测未来气候和环境的变化.

同时,要想搞清南极冰盖物质平衡,还需做进一步的调查研究工作.一种办法是采用新技术,精确确定物质平衡各分量值,特别是冰架崩解及底部消融量,获得较为详细的物质积累和消融资料,进而确定物质平衡.由于南极洲面积辽阔,自然地理条件复杂多样,各地的气温和降水差别很大,再加上目前对冰盖消融的各个分量知之甚少,因此依靠有限的积累和消融资料来评价南极冰盖物质平衡还是很困难的.我们认为,要对整个南极冰盖的物质平衡进行评价,还须应用航测、卫测、雷达等各种现代化手段进行长期监测.

(2000年11月10日收到)

张明军 博士生,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,兰州 730000

李忠勤 研究员,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,兰州 730000

秦大河 博士生导师,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰芯与寒区环境开放实验室,兰州 730000

效存德 副研究员,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰芯与寒区环境开放实验室,兰州 730000

康建成 研究员,中国极地研究所,上海 200129

- 1 Bader H. United states polar ice and snow studies in the international geophysical year [J]. *Geophys. Monog.*, 1958; **2**: 177-181
- 2 秦大河. 南极冰盖表层内的物理过程和现代气候及环境记录 [M]. 北京: 科学出版社, 1995
- 3 Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation [J]. *Tellus*, 1964; **16**: 436-468
- 4 Koerner R. M., Russell R. D. $\delta^{18}\text{O}$ variations in snow on Devon Island ice cap, Northwest Territories, Canada [J]. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1979; **16**: 1419-1427
- 5 Robin G. Q. Ice cores climate change [J]. *Philosophical Transactions of Royal Society of London*, 1977; **280**: 143-168
- 6 Robin G. de Q (ed). *The Climatic Record in Polar Ice Sheets* [M], New York: Cambridge University Press, 1983
- 7 Lorius C., Merlivat L. Distribution of mean stable isotope values in East Antarctica: observed changes with depth in the coast area [J]. *IAHS Publ.*, 1977; **118**: 127-137
- 8 Qin Dahe, Petit J. R., Houzel J., et al. Distribution of stable isotope in surface snow along the route of the 1990 International Trans-Antarctic Expedition [J]. *J. Glaciol.*, 1994; **40**(134): 107-118
- 9 Legrand M., Mayewski P. Glaciocchemistry of polar ice cores: a review [J]. *Reviews of Geophysics*, 1997; **35**(3): 219-243
- 10 Legrand M. Chemistry of Antarctic snow and ice [J]. *J. Phys.*, 1987; **48**: 77-86
- 11 Mulvaney R., Peel D. A. Anions and cations in ice cores from Doleman Island and the Palmer Land plateau, Antarctic Peninsula [J]. *J. Glaciol.*, 1988; **10**: 121-125
- 12 Legrand M. Feniet-Saigne C., Saltzman E. S., et al. Special and temporal variations methanesulfonic acid and non sea salt sulphate in Antarctic ice [J]. *J. Atmos. Chem.*, 1992; **14**: 245-260

- 13 Mulvaney R. Pasteur E. C., Peel D. A. The ratio of MSA to non sea salt sulphate in Antarctic Peninsula ice cores [J]. *Tellus*, 1992; **44**: 295-303
- 14 Legrand M. and Feniet-Saigne C. Formate acetate and methane sulfonate in Antarctic ice: Some geochemical implications [J]. *Atmos. Environ.*, 1988; **22**: 1011-1017
- 15 Holland H. D. *The Chemistry of the Atmosphere and Oceans* [M]. New York: Wiley-Interscience, 1978
- 16 Legrand M., Lorius C., Barkov N. I. Vostok (Antarctica) ice core: atmospheric chemistry change over the last climatic cycle (160,000 years) [J]. *Atmos. Environ.*, 1988; **22**(2): 317-331
- 17 Legrand M., Delmas R. J. Formation of HCl in the Antarctic atmosphere [J]. *J. Geophys. Res.*, 1988; **93**: 7153-7168
- 18 Mulvaney R., Wolff E. W. Spatial variability of the major chemistry of the Antarctic ice sheet [J]. *Ann. Glaciol.*, 1994; **20**: 440-447
- 19 秦大河 康世昌. 现代冰川过程与全球环境气候演变 [J]. 地学前缘, 1997; **4**(1): 85-94
- 20 Heron M. Impurities sources of F^- , Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-} in Greenland and Antarctic precipitation [J]. *J. Geophys. Res.*, 1982; **87**: 3052-3060
- 21 Legrand M., Delmas R. J. The ionic balance of Antarctic snow: A 10-year detailed record [J]. *Atmos. Environ.*, 1984; **18**: 1867-1874
- 22 Mulvaney R., Wolff E. W. Evidence for winter/spring denitification of stratosphere in the nitrate record of Antarctic ice cores [J]. *J. Geophys. Res.*, 1993; **98**: 5213-5220
- 23 Whitlow S., Mayewski P., Dibb J. E. A comparison of major chemical species seasonal concentration at the South Pole and Summit, Greenland [J]. *Atmos. Environ.*, 1992; **26A**(11): 2045-2054
- 24 Steffensen J. P. Analysis of the seasonal variation in dust, Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-} in two central Greenland ice cores [J]. *Ann. Glaciol.*, 1988; **10**: 171-177
- 25 姚檀栋, 王宁练. 冰芯研究的过去、现在和未来 [J]. 科学通报, 1997; **42**(3): 225-230
- 26 Langway C. C. J. Stratigraphic analysis of a deep ice core from Greenland [R]. *CRREL Research Report*, 1967; 77
- 27 Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B., et al. Climatic record revealed by the Camp Century ice core [A]. In: Turekian K. K. ed. *The Late Cenozoic Glacial Ages* [C], New Haven, U. S. A.: Yale University Press, 1971: 37-56
- 28 Johnsen S. J., Dansgaard W., Clausen H. B., et al. Oxygen isotope profiles through the Antarctic and Greenland ice sheets [J]. *Nature*, 1972; **235**: 429-434
- 29 Gow A. J., Williamson T. Volcanic ash in the Antarctic ice sheet and its possible climatic implications [J]. *Earth Planet Science Letter*, 1971; **13**: 210-218
- 30 Delmas R. J. Environmental information from ice cores [J]. *Rev. Geophys.*, 1992; **30**(1): 1-21
- 31 Lorius C., Jouzel J., Ritz C., et al. 150,000-year climatic record from Antarctic ice [J]. *Nature*, 1985; **316**: 591-595
- 32 Jouzel J., Lorius C., Petit J. R., et al. Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160,000 years) [J]. *Nature*, 1987; **329**: 403-407
- 33 de Angelis M., Barkov N. I., Petrov V. N. Aerosol concentrations over last climate cycle (160kyr) from an Antarctic ice core [J]. *Nature*, 1987; **325**: 318-321
- 34 Bamola J. M., Raynaud D., Korotkevich Y. S., et al. Vostok ice core provides 160,000-year record of atmospheric CO_2 [J]. *Nature*, 1987; **329**: 408-414
- 35 Chappellaz J., Bamola J. M., Raynaud D., et al. Atmospheric CH_4 record over the last climatic cycle revealed by the Vostok ice core [J]. *Nature*, 1990; **345**: 127-131

36 Petit J. R., Basile I., Lenyuet A., *et al.* Four climate cycle in Vostok ice core [J]. *Nature*, 1997; **387**: 359-360

37 Petit J. R., Jouzel J., Raynaud D., *et al.* Climate and atmospheric history of the past 420, 000 years from the Vostok ice core, Antarctica [J]. *Nature*, 1999; **399**: 429-436

38 Drewry D. J., Jordanand S. R., Jankowski E. Measured properties of the Antarctic ice sheet; surface configuration, ice thickness, volume and bedrock characteristics [J]. *Ann. Glaciol.*, 1982; **3**: 83-91

39 Weller G. E. (ed). *The Role of the Antarctic in Gblal Change; An International Plan for a Regional Research Programme* [Z], Cambridge: SCAR 1993

40 Giovinetto M. B., Bentley C. R. Surface balance in ice drainage systems of Antarctic [J]. *Antarctic Journal of the United States*, 1985; **20**(4): 6-13

41 Giovinetto M. B., Bull C. Summary and analyses of surface mass balance compilation for Antarctica, 1960-1985 [R]. *Byrd Polar Research Center Report* 1987; 1

42 Giovinetto M. B., Bentley C. R., Bull C. Choosing between some incompatible regional surface-mass-balance data sets in Antarctic [J]. *Antarctic Journal of the United States*, 1989; **24**(1): 7-13

43 Bentley C. R., Giovinetto M. B. Mass balance of Antarctic and sea level change [Z]. *Proceedings International Conference on the Role of the Polar Region in Global Change*, 1991; 481-488

44 Jacobs S.S., Hellmer H.H. About the annual budget of the Antarctic ice sheet (abstract) [J]. *Eos, Trans. AGU*, 1992a; **73**: 203

45 Jacobs S.S., Hellmer H. H., Doake C.S.W., *et al.* Melting of ice shelves

and the mass balance of Antarctic [J]. *J. Glaciol.*, 1992b; **38**: 375-387

46 Wingham D. J., Ridout A. J., Scharroo R., *et al.* Antarctic elevation change from 1992 to 1996 [J]. *Science* 1998; **282**: 456-458

Progress on Glaciochemistry, Environmental Climatic Ice Core Records and mass Balance in Antarctica

Zhang Ming-jun^①, Li Zhong-qin^②, Qin Da-he^③, Xiao Cun-de^④, Kang Jian-cheng^⑤

- ① Ph. D. Candidate, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000
- ② Professor, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000
- ③ Supervisor of Ph. D. Candidate, Laboratory of Ice Core and Cold Regions Environment, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000
- ④ Associate Professor, Laboratory of Ice Core and Cold Regions Environment, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000
- ⑤ Professor, Chinese Institute of Polar Research, Shanghai 200129

Key words glaciochemistry, ice core record, mass balance

疟原虫的转染及分子功能研究

钱 锋 潘卫庆 （第二军医大学病原生物学教研室）

关键词 疟原虫 转染 基因功能

疟疾是一种严重危害人类健康的寄生虫病,疟原虫转染技术的建立,为我们在分子水平上研究这种病原体的生物学特性和发病机理,并最终能控制这种传染病提供了一种强有力的工具.

一、前 言

疟疾是世界上分布广、危害严重的寄生虫病,尤其是在热带和亚热带地区.我国人民对于疟疾早有认识,在黄帝内经中就有疟热论篇,明朝李时珍所著“本草纲目”中记载了治疗疟疾的特效药——常山.但当时对疟疾的病原体以及病原体的生活史是不了解的,由于认为疟疾是与恶浊的空气有关,因此称之为“瘴气”,古时称疟疾高发的云贵两省为“蛮烟瘴雨”之地.无独有偶的是在古代的意大利民间也认为疟疾与气候有关,英文的疟疾一词 malaria 就是由坏(mal)和空气(aria)组成.直到约一百年前,驻阿尔及利亚的法国军医 Laveran 才首次在

红细胞中发现了疟疾的病原体,驻印度的英国军医 Ross 则揭示了疟疾是由蚊虫传播的.随着对疟疾研究的深入,疟疾逐渐成为一门独立的学科.

现在我们知道,疟疾的病原体是一种单细胞的原虫——疟原虫,传播的媒介是按蚊.寄生于人体的疟原虫有四种,恶性疟原虫(Plasmodium falciparum)、间日疟原虫(Plasmodium vivax)、卵型疟原虫(Plasmodium ovale)和三日疟原虫(Plasmodium malariae),在我国流行的主要是前两种.此外还有猴、鼠、鸟等动物性疟原虫.携带病原体的雌性按蚊叮咬人体时,蚊虫唾液腺中的疟原虫子孢子随蚊虫的叮咬侵入人体进入肝脏,在肝细胞中进行裂体增殖而形成很多裂殖子,随着肝细胞的破裂,裂殖子释放入血.释入血液的裂殖子侵入红细胞,在红细胞中进