致谢 陈全副教授审阅本文初稿并提出了宝贵意见,作者表示感谢.本工作为国家自然科学基金(批准号:49776279)及国家杰出青年科学基金(批准号:49825161)资助项目.

参 考 文 献

- 1 Bijker K W. Longshore transport computations. J of the Waterways. Harb and Coastal Eng Div, ASCE, 1971, 97: 678~ 701
- 2 Swart D H. Coastal sediment transport. Computation of Longshore Transport, Delft Hydraulics Lab, Report R968, 1976
- 3 窦希萍,罗肇森.波浪潮流共同作用下的二维泥沙数学模型.水利水运科学研究,1992,4: 331~ 338
- 4 窦国仁,董风舞.黄骅大港潮流和波浪共同作用下泥沙数学模型计算.见:第七届全国海岸工程学术讨论会论文集.北京:海洋出版社,1993. 500~ 506
- 5 窦国仁,董风舞,窦希萍,等.河口海岸泥沙数学模型研究.中国科学, A 辑, 1995, 25(9): 995~ 1001
- 6 丁平兴,贺松林,张国安,等.半封闭港湾沿岸工程冲淤影响的预测分析. II. 冲淤的数值计算. 海洋学报, 1997, 19(1): 64~ 72
- 7 曹祖德,王桂芬.波浪掀沙、潮流输沙的数值模拟. 海洋学报, 1993, 15(1): 107~ 118
- 8 曹祖德,王桂芬.三维潮流、波浪、泥沙数值模拟. 见:第七届全国海岸工程学术讨论会论文集. 北京:海洋出版社, 1995. 584~ 590
- 9 曹祖德,王运洪.水动力泥沙数值模拟. 天津:天津大学出版社, 1994
- 10 O' Connor B A. Three-dimensional sediment-transport model. Coastal, Estuarial and Harbour Engineer' s Reference Book, 1994. 199~ 214
- 11 De Vriend H J. Two-dimensional horizontal and weakly three dimensional models of sediment transport due to waves and currents. Coastal, Estuarial and Harbour Engineer' s Reference Book, 1994. 215~ 238
- 12 Kotopodi I, Ribberink J S. Quasi-3D modelling of suspended sediment transport by currents and waves. Coastal Eng, 1992, 18: 83~ 110
- 13 丁平兴,史峰岩,孔亚珍.海滩上波-流共同作用下泥沙扩散模型的研究. 见:第八届全国海岸工程学术讨论会论文集. 北京:海洋出版社, 1997. 754~ 761

(1998-09-29 收稿, 1999-01-13 收修改稿)

南极菲尔德斯半岛苔藓泥炭层¹⁴C 测年

赵 焱 李容全

(北京师范大学资源与环境科学系, 北京 100875)

摘要 根据南极菲尔德斯半岛海岸阶地面上苔藓泥炭层剖面上、中、下3层泥炭的¹⁴C数据,推得该苔藓泥炭层上段的平均累积速率为 $0.195\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$,下段为 $0.0694\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$.由下部苔藓泥炭的¹⁴C数据和下段平均累积速率,推得该地区海拔18 m的海岸阶地形成时间应略早于4 300 aBP,且自4 300 aBP以来这里的海滩一直处于稳定上升状态.相应这个地区的冰盖解体与冰退过程也应早于4 300 aBP.

关键词 南极 苔藓泥炭层 ¹⁴C 测年 环境演变

在南极洲的滨海无冰区,各种上升海岸现象和位于海平面以下的海蚀平台都有力地证明,南极海平面在地质时期曾多次发生升降变化.任美锲^[1]和谢又予^[2]认为全球气候变化是引起

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-12-1342>

海平面升降变化的根本原因. 然而在南极无冰区由于地表物理过程强烈, 生物化学过程微弱, 因此少有能够感知并记录过去区域海平面变化、冰盖进退历史的较为敏感的环境记录载体. 在菲尔德斯半岛依据多个湖泊沉积岩芯 ^{14}C 测年资料所恢复的全新世冰退历史, 以及根据地衣测年结果所恢复的全新世海积阶地发育历史等并不令人满意, 这是因为南极滨海无冰区的湖泊普遍存在海源有机碳与陆源有机碳混合现象, 且南极海源有机碳又有不同程度的 ^{14}C 年龄老化现象^[2~4]. 在南极无冰区已有研究结果证明: 陆生苔藓没有 ^{14}C 年龄老化现象^[4,5]. 所以, 陆生苔藓泥炭层是亚南极无冰区晚全新世环境变化的最佳记录载体^[6,7], 但在中国南极长城站地区尚无这方面的研究报道.

1 样品采集

苔藓泥炭层采集地点位于中国南极长城站附近的阿德雷岛西北部海岸, 其地理坐标为 $62^{\circ}12'44''\text{S}$, $58^{\circ}56'21''\text{W}$, 海拔 18 m (图 1). 沿岸有多级连续的上升海滩, 采样点在海岸高阶地面上的现代苔藓密集生长、季节性积水的浅洼地内. 阶地上生长的苔藓属于金发藓科 (*Polypodiaceae*)^[8], 以苔藓残体和有机质构成的泥炭层厚度仅 44 cm, 这是菲尔德斯半岛地区发现的最厚苔藓泥炭层. 从 1993 年 2 月下旬开始连续地采集了样品, 样品按原状保存于宽 5 cm、高 3 cm、长 50 cm 的有机玻璃盒内, 并及时在长城站实验室烘干, 烘干后的苔藓泥炭层样品处于固结状态, 再密封带回国实验室.

图 1 南极菲尔德斯半岛苔藓泥炭层点位图

2 结果与讨论

所采苔藓泥炭层上部 0~ 5 cm 为活的苔藓生长层, 5~ 15 cm 层颜色为 10YR3/3 暗棕色, 其密度为 $0.527\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 烧失量为 39.87%; 在 15~ 18 cm 层中夹杂有少量粒径小于 2 cm 的砾石; 18~ 32 cm 层颜色为 10YR3/2 很暗棕色, 其密度为 $0.786\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 烧失量为 32.74%; 在 31~ 34 cm 层中夹杂少量粒径小于 2 cm 的砾石; 34~ 44 cm 层颜色为 10YR4/2 暗灰棕色, 其密度为 $1.043\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 烧失量为 25.18%; 44~ 50 cm 为泥沙夹杂少量砾石为主的混合冻结层. 可见该苔藓泥炭层具有较好的连续性. 分别从 5.5~ 8, 18~ 20 和 36~ 38 cm 层段采集 12, 11 和 17 g 样品送中国地震局地质研究所 ^{14}C 年代学实验室, 进行各层样品 ^{14}C 年代测定, 其测量结果分别为: 现代、 (671 ± 20) 和 $(3\,265 \pm 120)$ aBP (^{14}C 半衰期采用 5 568 a, 起始计年为 1950 年, 经树木年轮校正).

上述结果表明: 在南极菲尔德斯半岛苔藓泥炭层上部 (6.7~ 17 cm) 层段, 苔藓泥炭层的平均累积速率为 $0.195\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, 按其密度值推算可知其泥炭平均累积量约 $102.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; 其下部 (19~ 37 cm) 层段, 苔藓泥炭层的平均累积速率为 $0.0694\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$, 平均累积量在 $54.6\sim 72.4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间. Fenton^[9] 1980 年研究了南极西格尼岛 ($60^{\circ}43'\text{S}$, $45^{\circ}38'\text{W}$) 和 Argentine 岛 ($65^{\circ}15'\text{S}$, $64^{\circ}16'\text{W}$) 现代苔藓生长累积速率, 得出两地金发藓科苔藓泥炭的平均累积量分别为

158 和 $117 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 这显示南极菲尔德斯半岛苔藓泥炭累积量偏低. 这与 Bonner 等人^[7] 1985 年在研究南极植被带时所得出的南极植被地带性分异规律之结论吻合; 赵烨等人^[10] 1994 年在研究本区土壤发育过程时, 证明了因局部地形及小气候的影响, 限制了菲尔德斯半岛亚极地棕色土的发育, 但在附近其他海岛无冰区亚极地棕色土发育较为典型. 可见, 菲尔德斯半岛局部地形及小气候对本区苔藓及其泥炭层发育也有重要的影响.

根据阿德雷岛西北部苔藓泥炭层下部(19~37 cm)段的平均累积速率 $0.0694 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ 推算, 距地表 44 cm 处的泥炭层形成的时间大约在 4300 aBP. Heusser^[11] 1989 年运用孢粉定量分析方法, 重建的南极洲及相临南美大陆南端近 30 ka 来气候变化系列证实: 从南极到南美苔原带的气候变化在 1~10 ka 尺度上具有一致性; 从 4430 aBP 开始, 南美 Harberton 全新世剖面中孢粉总量明显增加, 该地区气候从此明显转暖. Björck 等人^[5] 1991 年在研究南极半岛北端晚全新世火山灰年代学时, 在菲尔德斯半岛所在的乔治王岛及附近利文森岛无冰区的湖泊沉积层中发现了 4700 aBP 的火山堆积层, 表明这些无冰区的湖泊在 4700 aBP 就已存在. 据此推算, 南极菲尔德斯半岛苔藓及其连续泥炭层所着生的、海拔 18 m 海岸阶地的形成时间应略早于 4300 aBP, 且形成之后一直处于稳定上升的状态, 这与谢又予^[2] 1993 年推论海拔 18 m 上升海滩的形成时间至少有 3.2 ka 是相符的; 菲尔德斯半岛中部地区的冰盖解体与冰退过程也应早于 4300 aBP.

致谢 李炳元研究员、中国第9次南极考察队协助野外测量工作; 郑良美、郑勇刚、尹金辉和刘粤霞协助完成部分实验, 作者表示感谢. 本工作为国家自然科学基金(批准号:49501008)资助项目.

参 考 文 献

- 1 任美镔. 全球气候变化及海平面上升问题研究的现状与发展趋势. 地理科学, 1990, 10(3): 195~207
- 2 谢又予. 中国南极长城站地区地貌与沉积. 北京: 海洋出版社, 1993. 215~219
- 3 刘耕年, 崔之久. 乔治王岛菲尔德斯半岛周围海岸地貌研究. 南极研究(中文版), 1990, 2(3): 18~25
- 4 Herron M J, Anderson J B. Late Quaternary glacial history of the South Orkney Plateau, Antarctica. Quaternary Research, 1990(33): 265~275
- 5 Björck Svante, Sandgren Per, Zale Role. Late Holocene Tephrochronology of the Northern Antarctic Peninsula. Quaternary Research, 1991, 36(1991): 322~328
- 6 Janssens J A. A quantitative method for stratigraphic analysis of Bryophytes in Holocene peat. Journal of Ecology, 1983, 71(1983): 189~196
- 7 Bonner W N, Walton D W H. Key Environments Antarctica. Oxford: Pergamon Press, 1985. 94~101
- 8 陈阜东, 李学东, 神田启史. 南极长城站及附近岛屿的苔藓植被考察研究. 南极研究(中文版), 1993, 5(1): 46~50
- 9 Fenton J H C. The rate of peat accumulation in Antarctic moss banks. Journal of Ecology, 1980, (68): 211~228
- 10 赵 烨, 李天杰. 南极乔治王岛菲尔德斯半岛土壤发生类型及其诊断特性. 北京师范大学学报(自然科学版), 1994, 30(4): 529~535
- 11 Heusser C J. Climate and chronology of Antarctica and adjacent South America over the past 30000 yr. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 1989, 76(1989): 31~37

(1998-08-08 收稿, 1999-01-08 收修改稿)