长江三角洲地区晚第四纪古土壤发育的阶段性

陈庆强①② 李从先①

(① 同济大学海洋地质开放实验室，上海 200092；② 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640)

摘要 长江三角洲地区晚第四纪古土壤形成于 25～12 kaBP，古土壤中反映暖湿气候的扇型、方型、长方型与反映冷干气候的棒型、帽型、尖型植物硅酸体含量比值 A，自下向上总体变小，表明气候由暖湿向冷干转变，A 值并未指示气候转暖，推断末次冰盛期之后海侵速度较快. 古土壤发育过程受海侵、海退的显著控制，呈明显阶段性：(ⅰ) 沉积与成土交替作用时期，自末次冰盛期海退开始，至海面接近最低时止；(ⅱ) 暴露成土期，至末次冰盛期过后古土壤被海水淹没时止；(ⅲ) 淹埋期，古土壤被海相沉积物覆盖，经受早期成岩改造.

关键词 古土壤 植物硅酸体 发育过程 晚第四纪 长江三角洲

长江三角洲地区晚第四纪硬粘土层实际为古土壤[1]，形成于末次冰盛期低海面时[2]. ^{14}C 测年资料[3～5]表明这一古土壤层形成时代约为 25～12 kaBP，但它们究竟主要是在末次冰盛期前的海退过程中，还是主要在末次冰盛期，或冰盛期之后海侵淹没之前形成的？至今尚不清楚. 作者对古土壤做了植物硅酸体分析，根据古土壤发育期间的气候变化特征回答这一问题，现简要报道分析结果.

1 样品与方法

植物硅酸体主要存在于植物的茎叶中，它不象孢粉那样易于搬运和飘扬很远，应用它恢复植物群落特别是草本群落及恢复古环境时，受外来混杂成分影响较小[6]，故可以根据古土壤中的植物硅酸体分析当时的植被及气候状况. 选取长江三角洲北翼 T11 孔(32°32.4′N120°14.6′E)、南翼 T3 孔(31°8′N121°3.6′E)和 NK 孔(31°15.3′N121°24.4′E)作为研究钻孔. 取样时，视古土壤样品保存情况，尽量加密取样，样品干重 50 g；取样间距，T11 孔、T3 孔为 30～40 cm，NK 孔为 20 cm；在 T11 孔古土壤层共取得 16 个样品，T3 孔 19 个，NK 孔 25 个. 古土壤中植物硅酸体的分离、提取方法根据文献[6]，在 Leitz Orthoplan 生物显微镜下鉴定.

2 鉴定结果与讨论

2.1 植物硅酸体类型

50 g 干样中植物硅酸体含量多在 50～150 枚，对硅酸体含量大于 50 枚的试样做显微镜下鉴定和统计分析. 长江三角洲地区晚第四纪古土壤中植物硅酸体的主要类型有反映暖湿气候[6]的扇型、方型、长方型、长鞍型、短鞍型、竹节型、Y 型、哑铃型、旋转导管型；反映冷干气候[6]的棒型、帽型、尖型，其含量自下向上有增加之势(图 1)，指示气候趋于干冷. Y 型、旋转导管型硅酸体源于阔叶类木本植物[6]，数量仅占硅酸体总量的 2%～10%；棒型、尖型源于禾本科、莎草科植物[6]；其余类型硅酸体，除在西北干旱地区土壤中常见的条纹型尚不清楚产于何类植物外，均源自禾本科植物[6]. 可见，长江三角洲地区晚第四纪古土壤中草本植物硅酸体在类型和数量上均占绝对优势. 古土壤中的花粉亦以草本为主[7, 8]，因此，长江三角洲地区在晚第四纪古土壤发育之时应为草原环境，考虑到阔叶类木本植物硅酸体尚占一定比例，本区

当时应是一种森林草原景观，这与孢粉分析结果[7, 8]一致.

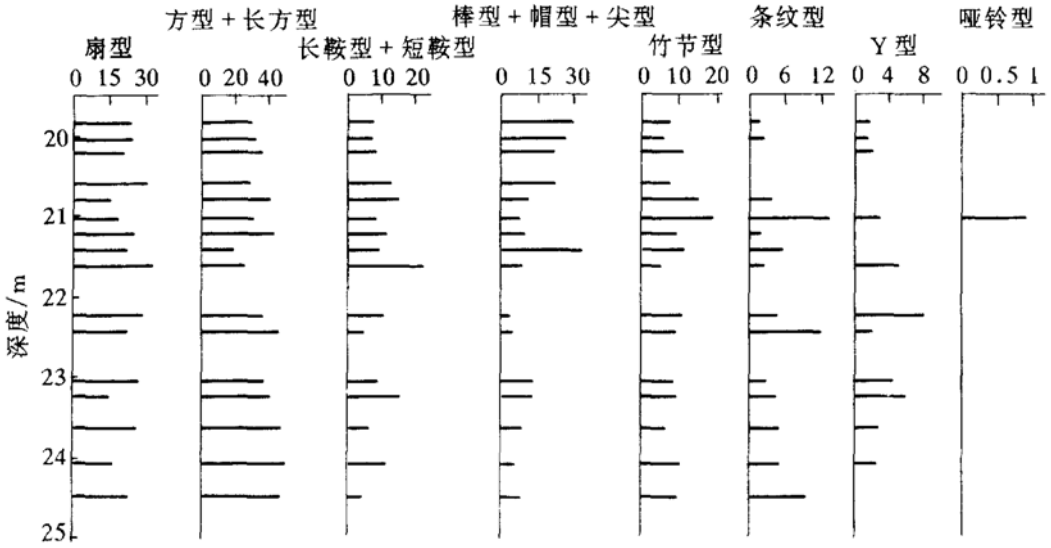

图 1 NK 孔古土壤剖面植物硅酸体组合图式

2.2 植物硅酸体 A 值

长江三角洲地区晚第四纪古土壤植物硅酸体中反映暖湿气候的扇型、方型、长方型与反映冷干气候的棒型、帽型、尖型的含量比值 A，自下向上总体呈减小趋势(图 2)，表明古土壤发育期间气候由暖湿向冷干转变. 不同古土壤剖面植物硅酸体 A 值所记录的气候变化趋势基本一致，表明古土壤主要是在末次冰盛期前的海退过程中发育的. 古土壤下部至中部，A 值波动明显，指示该层段发育过程中气候曾有明显变化，为末次冰盛期之前海退发生后的气候转型时期；自中部向上，A 值一致减小，反映气候趋于冷干，为气候转型期过后的稳定变化时期. 长江三角洲地区晚第四纪古土壤上部植物硅酸体 A 值并未记录气候明显转暖，推测末次冰盛期之后的海侵速度较快，古土壤尚未显著增厚就已被淹没. 由此可见，末次冰盛期前的海退延时较长，尔后的海侵相对迅速，气候由暖变冷是一个相对缓慢的过程，而由冷向暖转变却很迅速，这与由深海氧同位素曲线[9]得出的推论一致. 古土壤中部植物硅酸体 A 值由小突然变大，直至最大(图 2)，这应指示发生于末次冰盛期海退过程中的一次气候变暖事件.

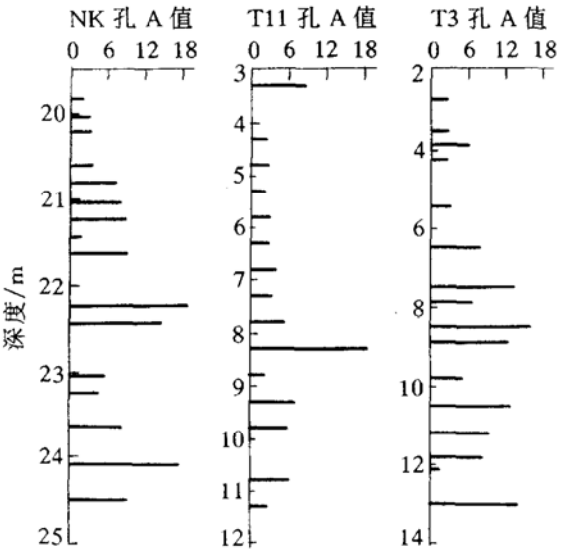

图 2 古土壤植物硅酸体 A 值及其变化
横坐标为比值

长江三角洲地区晚第四纪古土壤中的粘土矿物，剖面下部是以水云母为主的水云母-蛭石-高岭石组合，上部是以水云母为主的水云母-蒙皂石组合[1)]. 根据我国土壤粘土矿物分布的地带性[10]，古土壤下部发育期间应为亚热带北部气候，上部对应半干旱草原环境. 可见，自下向

1)陈庆强. 长江三角洲地区晚第四纪古土壤特征与古环境记录. 同济大学博士学位论文，1997

上气候由暖湿向冷干转变,这与植物硅酸体分析得出的结论一致.

3 古土壤发育的阶段性

长江三角洲地区晚第四纪古土壤是河漫滩上多次沉积与成土交替作用的产物[1)],根据上文对古土壤发育时期及其间气候变化的推断,古土壤的形成、发育过程可分为以下3个阶段:

阶段Ⅰ为沉积与成土交替作用时期,自末次冰盛期前海退开始. 这一阶段的前期,海平面下降,海岸线东移,洪水期间,河水漫滩,泥砂沉积;洪水过后,沉积物经受成土作用. 在沉积与成土的交替作用下,古土壤剖面厚度不断增加. 随着海平面下降,河床不断加深,加以气候趋于干冷,降水减少,河水漫滩次数逐渐减少,规模变小,古土壤厚度的增加不如前期显著. 至海面降至接近最低之时,河水基本上不能溢出,洪泛沉积作用中止,阶段Ⅰ结束. 在此期间,气候曾有明显波动,但总体上仍表现为暖湿气候. 这一阶段是古土壤剖面增厚的主要时期. 沉积作用中断成土,成土始于沉积的终止,基于沉积作用形成的沉积物,长期相对连续的成土作用过程中往往存在多次小规模的沉积. 沉积作用持续的时间毕竟很短,在此阶段,沉积作用在短时间内使剖面增厚,成土作用则长期地改造着业已形成的剖面. 阶段Ⅱ为暴露成土期. 由于洪水漫滩沉积作用中止,古土壤厚度不再明显增加,成土作用占主导地位. 这一阶段的前期,海平面不断下降,并降至最低. 之后,海平面回升,但由于上升速度较快,古土壤植物硅酸体A值未能反映气候转暖. 随着海平面的不断上升,海水内侵,至古土壤濒临被淹没时,阶段Ⅱ终止. 在阶段Ⅰ中多次沉积与成土交替作用形成的复合古土壤剖面,在阶段Ⅱ经受了长期统一的成土改造,最终在外观上表现为一个较厚的古土壤剖面,貌似单一土壤剖面. 由于沉积作用终止,阶段Ⅱ是一个相当长的沉积间断,但古土壤记录了该阶段的古环境信息[1)]故与一般意义上的沉积间断并不完全一致. 阶段Ⅲ为淹埋期. 古土壤被海水淹没,成土作用结束,古土壤的沉积-成土发育过程终结. 海相沉积物覆于古土壤层,早期成岩作用开始,古土壤层经受新的改造.

上述分析表明,长江三角洲地区晚第四纪古土壤发育过程总体上受到海侵、海退进程的显著控制,具有明显的阶段性,这可能是海陆过渡地区晚第四纪地层中古土壤发育过程的基本特征. 古土壤经受了沉积、成土及早期成岩作用的叠加影响,因而包含了复杂的环境信息.

致谢 在植物硅酸体提取及鉴定过程中,作者得到本系吴国暄副教授的悉心指导,谨致以衷心感谢. 本工作为国家自然科学基金(批准号:49476280)资助项目.

参 考 文 献

1 陈庆强,李从先. 长江三角洲晚第四纪古土壤与古环境初探. 沉积学报,1995,13(增刊):79~87
2 闵秋宝,汪品先. 论上海地区的第四纪海进. 同济大学学报,1979(2):109~128
3 李从先,闵秋宝,孙和平. 长江三角洲南翼全新世地层和海侵. 科学通报,1986,31(21):1 650~1 653
4 孙顺才,伍贻范. 太湖形成演变与现代沉积作用. 中国科学,B辑,1987(12):1 329~1 339
5 郑祥民,严钦尚. 末次冰期苏北平原和东延海区的风尘黄土沉积. 第四纪研究,1995(3):258~265
6 王永吉,吕厚远. 植物硅酸体研究及应用. 北京:海洋出版社,1993. 2~4;43~44;50~110
7 王开发,张玉兰,蒋 辉,等. 长江三角洲第四纪孢粉组合及其地层、古地理意义. 海洋学报,1984,6(4):485~495
8 王开发,张玉兰,蒋 辉. 中国东部海域更新世晚期的藻类、孢粉组合与古环境变迁. 中国科学,B辑,1987(8):874~882
9 Shackleton N, Opdyke N. Oxygen isotope and Paleomagnetic evidence for northern hemisphere glaciation. Nature, 1977, 270: 216~219
10 熊 毅,李庆逵. 中国土壤(第二版). 北京:科学出版社,1990. 374~388

(1997-12-02收稿,1998-05-25收修改稿)

1) 见2558页脚注