

长江三角洲北翼 J9 孔揭示地层和古地磁特征

缪卫东^{1,2,3} 李世杰¹ 王润华⁴

(1.中国科学院南京地理与湖泊研究所,江苏南京 210008;2.中国科学院研究生院,北京 100049;3.江苏省地质调查研究院,江苏南京 210018;4.南京地质矿产研究所,江苏南京 210018)

摘要:长江三角洲北翼地区缺少较长尺度的第四纪海陆变迁及环境演变的深入探讨,深达 423 m 的海安县基岩标 J9 孔为此提供了较好的研究对象。通过观察该孔松散层岩心,总结其沉积特征,认为岩心可明显地划分为 6 个特征岩性段。同时,地层古地磁测试结果显示:0~200 m 为布容正极性世,200~334 m 为松山负极性世,334 m 以下为高斯正极性世。综合分析岩心沉积特征并参考古地磁测试结果对地层进行了初步划分,认为:0~39 m 为全新世地层,39~153 m 为晚更新世地层,153~200 m 为中更新世地层,200~334 m 为早更新世地层,之下为新近纪地层。地层中存在晚更新世晚期特征的硬粘土标志层,指示本地不是冰后期古河谷的发育地。

关键词:长三角北翼;第四纪沉积;古地磁;沉积特征;地层划分

中图分类号:P318.4⁺4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2008)03-0489-07

长江三角洲是中国经济最具活力的地区之一。很多学者曾对长三角及周边地区的第四纪地质进行了研究^[1-6]。从已有文献及这些年的实地工作看出长江三角洲南北两翼的第四纪地层在沉积厚度上有较明显的差异,南翼第四纪地层厚度一般 100~200 m,而北翼地层厚度较大,一般在 200~400 m,南翼的工作明显多于北翼。另外,随着全球气候变化、海陆交互作用及其环境响应研究的不断深入,长三角及比邻地区第四纪以来海陆演变已成为研究热点。特别是晚更新世晚期沉积的一层青灰色、暗绿色硬粘土作为特征层被很多研究者论及^[7,8];长江河口段深切古河谷展布特征也成为研究热点问题之一^[9]。可以看到这些工作内容多集中在晚更新世以来的地层与环境演变方面,而缺乏长三角北翼地区更长时间尺度的海陆变迁及环境演变的深入探讨。

近年来,为配合完成中国地质调查局下达的长三角地面沉降监测任务,相继在长三角北翼打了几个穿过第四纪地层的深孔,这些孔为第四纪研究提供了很好的对象。海安县孔(J9)即是其中之一,是对

海安县钻孔(J9)第四纪地层的初步探讨。

南通市海安县地处长江三角洲北翼,苏北盆地南缘,第四纪地层覆盖较厚,下伏新近纪地层。由于新近纪地层固结不是很好,在地层划分时,第四纪地层与新近纪地层的划分往往是研究人员争论较大的问题。

海安县 J9 孔是为建设地面沉降监测基岩标而施工的(图 1),孔深为 423 m,粘性土岩心采取率 90%,砂性土岩心采取率 75%。基岩标的建设需将基岩标的标体下入到新近纪地层中,达到避开地下水主开采层从而监测地面沉降的目的。因此,确定第四纪地层与新近纪地层的分界是个非常关键的工作。由于钻孔较深,跨度较大,采用古地磁方法来做大尺度的地层划段是个尝试也是较为经济的方法。

1 钻孔岩心沉积特征

海安县 J9 孔岩心主要由砂和粘土组成,自上而下岩心描述如下:

(1)0~1.50 m 为填土和粉质粘土,以棕黄色、灰

收稿日期:2007-11-07;改回日期:2007-12-11

基金项目:国土资源部与江苏省政府合作项目(200312300009)资助。

作者简介:缪卫东,男,1967年生,高级工程师,博士生,主要从事环境地质及第四纪地质研究;Email:mwd118@163.com。

通讯作者:李世杰,男,1954年生,研究员,博士生导师,从事于第四纪沉积与环境研究;Email:shjli@niglas.ac.cn。



图 1 海安县 J9 孔地理位置略图

Fig.1 Location of the J9 hole at Hai'an County

色亚粘土、亚砂土夹砖块为主；

(2)1.50~5.00 m 为棕黄、黄灰色、灰色亚砂土夹粉砂,水平层理发育；

(3)5.00~39.00 m 灰色、局部灰黄色粉砂夹亚砂土,见水平层理,偶含腐木及贝壳碎片；

(4)39.00~54.00 m 上部灰绿色、青灰色粘土,可塑-硬塑,见铁锰斑点。下部灰黄色、黄褐色亚粘土、亚砂土夹粉砂,水平层理发育,偶见砂质结核,局部含少量泥质成分；

(5)54.00~82.30 m 褐黄色、灰黄色、灰色粉砂、粉细砂,局部夹亚砂土,中密,见水平层理,底部砂质较纯,以石英、长石为主,偶有云母片；

(6)82.30~121.10 m 灰色、青灰色亚粘土、亚砂土夹薄层粉细砂,软塑-可塑,水平层理发育,偶见腐植物碎片；

(7)121.10~153.20 m 上部灰色细砂夹灰色亚砂土及薄层灰色亚粘土,局部有薄层中砂,见腐植物碎片；下部灰色、灰白色中粗砂夹薄层细砂,偶见腐木,局部混夹少量直径 0.5 cm 左右呈次圆状的石英砾；

(8)153.20~171.10 m 青灰色、灰黄色亚粘土、亚砂土,水平层理发育,见铁锰斑块。中部夹薄层灰色细砂,砂质较纯,成分以石英、长石为主,次为云母片；

(9)171.10~199.00 灰色细砂,局部混夹中粗砂,底部有约 10cm 呈坚硬状薄层砂；

(10)199.00~227.40 m 灰黄色亚粘土局部夹亚砂

土,偶见铁锰斑块,见水平层理；

(11)227.40~246.30 m 灰色亚砂土夹粉砂、亚粘土；

(12)246.30~277.20 m 上部灰色细砂,局部偶夹中粗砂,偶见螺壳；中部灰色、灰白色含砾中粗砂,砾石一般 ϕ 为 2~5 mm,含量约 15%,靠近底部见约 10 cm 薄层坚硬状砂；下部灰色、灰白色细砂、中粗砂,局部夹直径 2~3 cm 呈次圆状砾石；

(13)277.20~289.50 m 上部青灰色、灰色亚粘土,下部灰褐色粘土,水平层理发育；

(14)289.50~334.80 m 灰色中细砂、细砂,局部混夹粗砂及少量直径 2~3 mm 砾石,偶见斜层理,少量腐植物碎片,中下部见薄层坚硬状砂,约 25 cm 厚；

(15)334.80~351.50 m 上部青灰色、黄褐色局部白色斑块的亚粘土,偶见铁锰斑块,底部见棱角状直径 3~5 mm 坚硬杂石；中部灰色中粗砂,局部夹直径 2~4 mm 呈次圆状石英砾石；底部以细砂为主；

(16)351.50~407.70 m 上部青灰色亚粘土,含少量钙质团块,砂质含量较高；

中部棕黄色、黄褐色、青灰色、灰白色亚粘土,局部混夹直径 5~10 mm 呈次棱角状坚硬状杂石,见较多钙质团块,偶含铁锰结核；下部棕黄色、灰绿色、黄褐色亚粘土、粘土,底部局部夹直径 2~5 mm 呈次棱角状坚硬状杂石,含少量铁锰结核；

(17)407.70~424.30 m 灰色中细砂、混夹中粗砂,

偶含直径 3~6 mm 呈次圆状砾石;

根据以上岩心沉积特征,可将岩心大致划分成以下 6 大段:

0~39 m:以灰黄色、棕黄色及灰色的亚粘土、亚砂土为主。水平层理发育。

39~153 m:顶部为青灰色、灰绿色、灰黄色的粘土,可塑-硬塑状,见铁锰质结核。

中部为灰色、青灰色亚粘土、亚砂土、粉砂、粉细砂。

底部为灰色、灰白色细砂、中砂、中粗砂。

153~200 m:上部以青灰色、灰黄色亚粘土、亚砂土为主,见铁锰斑块。

下部灰色细砂,局部混夹中粗砂,底部有约 10 cm 呈坚硬状薄层。

200~277 m:顶部为灰黄色亚砂土局部夹亚粘土为特征,偶见铁锰斑块,有水平层理。

中下部以灰色、灰白色砂砾层为特征。

277~334 m:上部青灰色、灰色亚粘土、粘土为主。

中下部以灰色、灰黄色的粉砂、中细砂、砂砾层为特征。

334~420 m:大部分为黄褐色、青灰色等杂色泥岩。

底部见灰色中细砂,混夹中粗砂并含砾。

2 沉积岩心古地磁测试及结果

本次样品采集采用专用古地磁样盒 (2×2×2 cm³),用无磁刀具削样装盒,盒上画上記号严格定向。采集间隔为 50 cm 左右。共采集了 755 个样品。每个样品重量约 10 g。样品由国土资源部南京地质矿产研究所岩矿测试室在无磁空间进行测试。

样品首先经过称重,得出每个样品的质量。选用了美国 Schonstedt 仪器公司生产的“DSM-2”型数字旋转磁力仪、“GSD-5”交变退磁仪,以及自制的“HKB-1”高精度磁化率仪等设备,并按序作系统的磁性测量。

具体工作步骤如下:

(1)先对每块样品进行称重;

(2)测试每块样品的体积磁化率;

(3)计算每块样品的质量磁化率;

(4)按 50~100 mT 步长进行磁清洗,并同步测试剩磁的强度和方向;

(5)最后作图、表解释。

经过对分析数据的整理,得到整个钻孔岩心的古地磁数据和曲线(如图 2)。

古地磁测试的结果,磁倾角具以下特点:

(1)0~200 m 地层以正极性为主,为布容正极性世。其间,39 m 处有一明显的负极性事件,推测为 Gothenburg 极性事件 (10~12.4 kaB.P.),110~120 m 处有一明显的负极性层段,推测为 Blake 极性事件 (108~114 kaB.P.)。

(2)200~334 m 以负极性为主,为松山负极性世。其间,210~220 m 层段出现明显的正极性,推测为 Jaramillo 正极性事件 (0.90~0.97 MaB.P.),260~270 m 层段又出现明显的正极性,推测为 Olduvai 正极性事件 (1.67~1.87 MaB.P.)^[10]。

(3)334 m 以下以正极性为主,为高斯正极性世。

磁化率则具有以下特点:

(1)0~200 m 磁化率平均值约 55.77;

(2)200~250 m 磁化率平均值约 62.53;

(3)250~332 m 磁化率平均值约 68.4;

(4)332~350 m 磁化率平均值约 35.49;

(5)350~405 m 磁化率平均值约 15.32;

(6)405 m 以下磁化率平均值约 62.75。

3 地层年代控制

由于本钻孔是专用于基岩标建设,所以未能做绝对年龄测试。岩心中存在的特征层对地层年代控制有重要参考价值。

(1)39 m 左右的青灰色硬粘土层:此层硬粘土在以往的研究中主要见于长三角南翼,深度一般为 15~30 m。被称为第一硬质粘土层,描述为棕黄色或暗绿色硬土层。对该硬土层的测年龄为 10~17 kaB.P.^[6],标志着晚更新世末期结束。另有 ¹⁴C 年代资料表明,第一硬粘土层形成于 25~12 kaB.P.。第一硬粘土层是该地区地下水的良好隔水层,而且被作为中高层建筑的良好桩基持力层^[8]。第一硬粘土层已成为划分更新统与全新统的良好标志层(表 1)。

(2)153 m 左右青灰色、灰黄色、黄褐色亚粘土:此层在以往的长三角南翼研究中称为蓝灰色硬粘土层,有测年数据为 129950±4880 a B.P.,被认为是晚更新世底界的标志层^[8]。本研究认为此层与上覆地层差异较大,显示处于较大差别的沉积环境中,而与

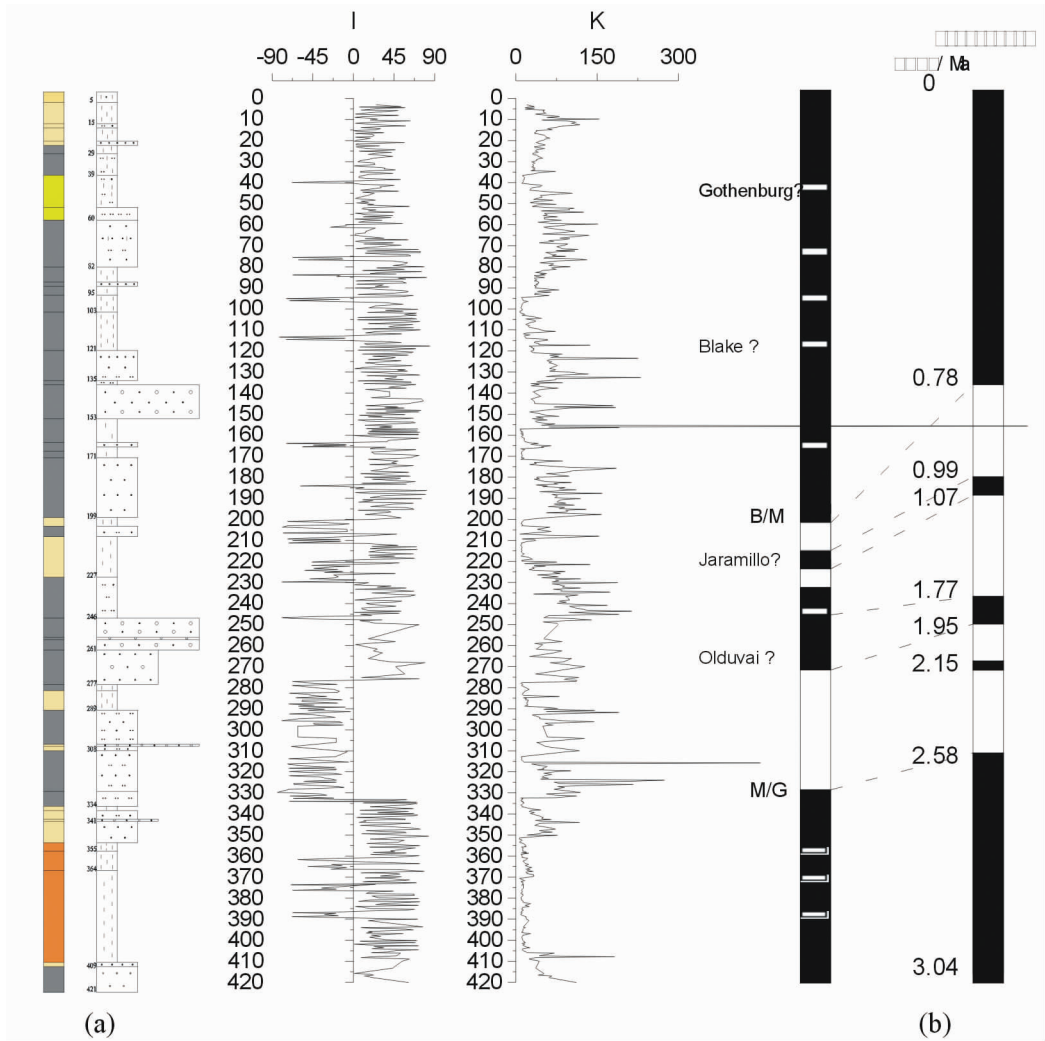


图 2 钻孔古地磁曲线(a)及岩性剖面(b)

(注: 标准极性柱数据引自 Cande, S.C. and Kent, D.V., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic. JGR. 100, 6093-6095)

Fig.2 Paleomagnetic curve (a) and lithological section (b) of the J9 hole

Note: The data of the magnetic polarity time scale from Cande and Kent, 1995

表 1 不同钻孔硬粘土层的岩性对比及测年数据 (测年数据引自参考文献[6])

Table 1 Lithologic correlation and dating data of hard clay beds from different holes^[6]

钻孔	长三角北翼		长三角南翼			
	J9	J9	FX	FX	MFC	MFC
深度(m)	39	153	15.92~16.00	100.0~100.1	26.5~26.6	112.3~112.4
岩性描述	青灰色、 灰黄色 硬粘土	青灰色、灰 黄色、黄褐色亚粘土	暗绿色 硬粘土	蓝灰色 硬粘土	暗绿色 硬粘土	蓝灰色 硬粘土
年龄数据 (/a.B.P.)			17410 ± 880	129950 ± 4880	10100 ± 1130	116400 ± 11250
测年方法			OSL	OSL	OSL	OSL

下伏地层有较好的过渡性,故认为此层作为中更新世末期的标志层较合适。

(3)334 m 以下的黄褐色、青灰色等杂色泥岩;未见绝对年龄资料,但此层在南通地区分布较稳定,厚度一般 30~80 m,已在很多钻孔(海门、启东、如东等)见到。此处的科研工作者^①多认为是新近纪地层。以上几个标志层是本次地层划分的基础。

4 地层初步划分

综合钻孔岩性特点并结合古地磁特征,认为 B/M 界限划在 200 m 左右较合适,M/G 界限划在 334 m 左右较合适。

因此,地层初步划分如下:

0~39 m 为全新世地层(Qh),以灰色、局部灰黄色亚粘土夹亚砂土为主。沉积环境为泛滥平原漫滩、湖相夹少量海相沉积。

39~153 m 为晚更新世地层(Qp₃),顶部为青灰色、灰黄色、黄褐色亚粘土、亚砂土夹粉砂,可塑-硬塑状,水平层理发育,偶见砂质结核,局部含少量泥质成分,见铁锰斑点,为晚更新世晚期的特征硬粘土。中部以灰色的粘土、细砂为主。底部为砂砾层。整段呈现海陆交互沉积的特征。

古地磁测试曲线显示 40 m 左右为 Gothenburg 极性事件(10~12.4 kaB.P.),支持其上部层位为全新世地层,以下为晚更新世地层;110~120 m 处明显的负极性,可能为 Blake 极性事件(108~114 kaB.P.),支持此处已近晚更新世底部。

153~200 m 为中更新世地层(Qp₂),顶部以青灰色、灰黄色亚粘土、亚砂土,见铁锰斑块为特征,反映较长时期暴露地表的风化壳特征。中部为黄色、灰黄色的粘土、亚砂土沉积,反映漫滩相沉积环境。底部以灰色、灰白色砂砾层为特征,反映当时为水动力很强的沉积环境。

古地磁曲线显示 210~220 m 层段出现正极性事件,可能为 Jaramillo 正极性事件(0.90~0.97 Ma),支持 200 m 左右为 B/M 界线,是中更新世与早更新世的界线,约 0.78 Ma。

200~334 m 为早更新世地层(Qp₁),分为上下两段:200~277 m 和 277~334 m,呈现两个较大的沉积旋回。其中 200~277 m,顶部为灰黄色亚砂土局部夹

亚粘土,下部灰色、灰白色砂砾层,为二元结构的河流相沉积;277~334 m 顶部为青灰色亚粘土、粘土,厚度较小,中下部以灰色、灰黄色的粉砂、粉细砂、砂砾层为特征。也呈现二元结构,但砂、泥比远大于 1,反映动荡的水动力条件,可能是辫状河为主的沉积环境。古地磁曲线显示 260~270 m 层段的极性事件可能为 Olduvai 正极性事件(1.67~1.87 Ma),支持 334 m 左右为 M/G 界线(2.58 Ma)。

334 m 以下为新近纪地层(N),主要为黄褐色、青灰色等杂色泥岩为主。

5 讨论与结论

(1)全新世地层:长三角北翼地表普遍为全新世地层,在海安曾发现古文化层(青墩遗址),测得 ¹⁴C 年龄约 4000 aB.P.^[1]。据以往研究,全新世曾有较大海侵发生,钻孔 5~39 m 见灰色亚粘土层及贝壳碎片夹层,推测为海侵时期沉积。

(2)晚更新世硬粘土层:39 m 左右为一层以青灰色、灰黄色为主的亚粘土,此层与很多研究者提到的晚更新世硬粘土具有同样的特点。由于其特征明显,在长江三角洲南翼分布较稳定,被认为是长三角地区晚更新世晚期地层对比的标志层。该硬粘土层年龄为 10~17 kaB.P.,标志着晚更新世末期结束^[6]。值得注意的是此层硬粘土主要见于长三角南翼,长三角北翼大部分地区为深切古河谷分布区^[9],基本见不到这层硬粘土,此孔有这层硬粘土层出现至少说明这里不是冰后期古河谷的发育地。

(3)中更新统顶部亚粘土:153~171 m 以青灰色、灰黄色含铁锰斑块的亚粘土为主,显示具有较长时间风化壳特点,有观点认为此层属于晚更新世底部地层^[6]。由于 153 m 以上有一层明显的砂砾层,与此层的沉积环境截然不同,故认为此层作为中更新统顶部标志层比较合适。

(4)由于本钻孔并非专为第四纪研究所打,加之地层中砂层较多,因而,古地磁测试中的磁倾角变化在某些层段的规律性并不特别明显,但整体大的磁性变化趋势还是清晰的。其中,粘土定位性较好,在测试数据的分析中特别注意粘土样品所对应的结果,比如 90~120 m 的磁倾角特征、200~230 m 及 277~290 m 的磁倾角特征等对地层的划段有很重要

①冯小铭等.南通市第四纪沉积特征及沉积相.南京地质矿产研究所刊,1990。

的参考价值。此外,在中更新世沉积地层中出现了明显的风化壳层,可能指示着存在地层的剥蚀或缺失。

(5)磁化率指标与是否扰动关系并不是太大,因而,磁化率指标在对地层变化的反映上是比较客观的。可以看到 334 m 以下磁化率明显与上部不同(偏低),334 m 以下主要以棕黄色、褐黄色为主,一般认为属于较强的成壤环境,磁化率应较高,但此段磁化率反而较低。这一特征和北方红粘土与上部第四纪黄土-古土壤序列的磁化率变化上有类似之处^[12,13]。可能与上部地层属于两种截然不同的沉积环境,而磁化率上的这种差异是否可成为一种划段地层的参考值得进一步研究。

(6)334 m 之下的黄褐色、青灰色等杂色泥岩,在南通地区分布较广,厚度为 30~80 m,已经在南通、如东、启东、海门等地的钻孔中见到,非常稳定,虽然没有绝对年龄的数据,但在此处工作过的地质工作者多视之为新近纪地层,本次从古地磁角度初步证明这点。

由于仅做了古地磁的测试,地层的划分也只能是初步的。如果今后能辅以绝对年龄及微古孢粉的测试,地层的划分会更可靠。

古地磁测试结果反映的第四纪与新近纪的划段和野外岩性的观察是比较一致的。最终基岩标建设在 350 m 以下,基岩标的建设目的层应该是符合建设要求的。

参考文献(References):

- [1] 杨达源,陈可锋,舒肖明. 深海氧同位素第 3 阶段晚期长江三角洲古环境初步研究[J]. 第四纪研究, 2004, 24(9):525-530.
Yang Dayuan, Chen Kefeng, Shu Xiaoming. A preliminary study on the paleoenvironment during MIS 3 in the Changjiang delta region [J]. Quaternary Sciences, 2004, 24 (9):525-530 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈忠大,覃兆松,梁河,等. 杭嘉湖平原第四纪地层高精度对比方法研究[J]. 中国地质, 2002, 30(3):275-280.
Chen Zhongda, Qin Zhaosong, Liang He, et al. High-resolution stratigraphic correlation method of the Quaternary in the Hangzhou-Jiading-Huzhou plain [J]. Geology in China, 2002, 30 (3):275-280(in Chinese with English abstract).
- [3] 赵一阳,鄢明才,李安春,等. 中国近海沿岸泥的地球化学特征及其指示意义[J]. 中国地质, 2002, 29(2):181-185.
Zhao Yiyang, Wu Mingcai, Li Anchun, et al. Geochemistry of muds along the coast of China and their significance[J]. Geology in China, 2002, 29(2):181-185(in Chinese with English abstract).
- [4] 王国庆,石学法,李从先. 长江三角洲晚第四纪沉积地质学研究述评[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(6):131-137.
Wang Guoqing, Shi Xuefa, Li Congxian. A review on late Quaternary sedimentary Geology of the Yangtze River Delta [J]. Marine Geology & Quaternary, 2006, 26 (6):131-137 (in Chinese with English abstract).
- [5] 许志琴,杨经绥,张泽明,等. 中国大陆科学钻探终孔及研究进展[J]. 中国地质, 2005, 32(2):177-183.
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Zhang Zeming, et al. Completion and achievement of the Chinese Continental Scientific Drilling (CCSD) Project[J]. Geology in China, 2005, 32(2):177-183(in Chinese with English abstract).
- [6] 王张华,丘金波,冉莉华,等. 长江三角洲南部地区晚更新世年代地层和海水进退[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(4):1-8.
Wang Zhanghua, Qiu Jinbo, Ran Lihua, et al. Chronostratigraphy and transgression/regression during late Pleistocene in the southern Changjiang river delta plain[J]. Marine Geology & Quaternary, 2004, 24(4):1-8(in Chinese with English abstract).
- [7] 贾丽,张玉兰. 长江三角洲东缘晚新近纪沉积的孢粉与古环境研究[J]. 微体古生物学报, 2006, 23(1):70-76.
Jia Li, Zhang Yulan. Studies on palynological assemblages and paleoenvironment of late Quaternary in the east margin of the Changjiang River Delta [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2006, 23(1):70-76(in Chinese with English abstract).
- [8] 覃军干,吴国璋,郑洪波,等. 从孢粉、藻类化石组合看长江三角洲第一硬质粘土层的成因及其古环境意义[J]. 第四纪研究, 2004, 24(5):546-554.
Qing Jungan, Wu Guoxuan, Zhen Hongbo, et al. Palynomorph-assemblages, origin and palaeoenvironmental significance of the upper most hard clay in the deltaic area of the Changjiang River [J]. Quaternary Sciences, 2004, 24(5):546-554(in Chinese with English abstract).
- [9] 曹光杰,张学勤,熊万英. 冰后期长江河口段古河谷地层层序特征[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(3):1-5.
Cao Guangjie, Zhang Xueqing, Xiong Wanying. Characteristics of post-glacial incised-valley stratigraphic sequence in Yangtze river mouth area [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2006, 28 (3):1-5(in Chinese with English abstract).
- [10] 郑国璋,岳乐平. 中国北方第四纪磁性地层记录的古地磁极倒转与气候变化耦合关系 [J]. 地球科学与环境学报. 2005, 27(3):91-94.
Zhen Guozhang, Yue Leping. Coupling of paleomagnetic polarity reverse with climatic change recoded in Northern China by magnetostratigraphy during Quaternary [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2005, 27 (3):91-94 (in Chinese with English abstract).
- [11] 张强,朱诚,姜彤,等. 江苏海安青墩地区新石器时代环境考古[J]. 地理研究, 2004, 23(7):513-519.
Zhang Qiang, Zhu Cheng, Jiang Tong, et al. Environmental archaeological study on the Qingdun site, Hai'an, Jiangsu Province,

during the Neolithic cultural period [J]. Geographical Research, 2004, 23(7):513-519(in Chinese with English abstract).

[12] 孙有斌, 孙东怀, 安芷生. 灵台红粘土-黄土-古土壤序列频率磁化率的古气候意义[J]. 高校地质学报, 2001, 7(3):300-306.

Sun Youbing, Sun Donghuai, An Zhisheng. Paleoclimatic implication of frequency dependent magnetic susceptibility of red clay-loess-paleosol sequences in the Lingtai Profile. Geological Journal of China Universities, 2001, 7(3):300-306(in Chinese with

English abstract).

[13] 刘艳霖, 岳乐平, 帕拉提. 西老高川红粘土剖面粒度磁化率特征及古环境意义[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 496-501.

Liu Yanlin, Yue Leping, Parati. Characters of grain-size susceptibility of the Neogene Laogaochuan red clay section, Shaanxi, and its paleoenvironment significance[J]. Geology in China, 2005, 32(3):496-501(in Chinese with English abstract).

Stratigraphic and paleomagnetic characteristics revealed by the J9 hole in the north flank of the Yangtze River delta

MIAO Wei-dong^{1,2,3}, LI Shi-jie¹, WANG Ren-hua⁴

(1. Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Jiangsu Institute of Geological Survey, Nanjing 210018, Jiangsu, China;

4. Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, Jiangsu, China)

Abstract: Quaternary land and sea shift and environmental evolution with a relatively long duration on the north flank of the Yangtze River delta are lacking in a deep-going study. A 423 m deep hole, named J9, was drilled in bed rocks at Hai'an County of the Yangtze River delta, which provides a good research target. Based on observations of its core in the loose bed and summarizing the sedimentary characteristics, it is evident that this core may be divided into six characteristic lithological intervals. In addition, the paleomagnetism data of the strata suggest the following: the interval 0-200 m belongs to the Brunhes normal polarity epoch, the interval 200-334 m to the Matuyama reverse polarity epoch, and the interval below 334 m depth to the Gauss normal polarity epoch. Through an integrated analysis of the sedimentary characteristics of the core and by referring to the results of the paleomagnetic measurements, the authors made a preliminary stratigraphic division and think that: the interval 0-39 m is Holocene strata, the interval 39-153 m Late Pleistocene strata, the interval 153-200 m middle Pleistocene strata, the interval 200-334 m early Pleistocene strata and the interval below 334 m depth Neogene strata. There is a late Pleistocene hard clay marker bed, which indicates that the postglacial river valley was not developed in this area.

Key words: north wing of the Yangtze River delta; Quaternary sediments; paleomagnetism; sedimentary characteristics; stratigraphic division

About the first author: MIAO Wei-dong, male, born in 1967, senior engineering, Ph.D student, mainly engages in the study of environmental geology and Quaternary geology; E-mail: mwd118@163.com.cn

About the corresponding author: LI Shi-jie, male, born in 1954, senior researcher, doctor director, engages in the study of Quaternary sediments and environment; E-mail: shjli@niglas.ac.cn.