

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2018.01.004

引用格式:潘小青,董贤哲,章泽军,等. 浙江宁波地区 Z03 孔第四纪磁性地层研究[J]. 华东地质, 2018, 39(1):26-31.

浙江宁波地区 Z03 孔第四纪磁性地层研究

潘小青^{1,2},董贤哲²,章泽军²,吴炳华²,马勤威¹,张 寒²

(1. 浙江省工程勘察院,宁波 315000; 2. 浙江省水文地质工程地质大队,宁波 315000)

摘要:浙江宁波地区第四纪以来沉积了较大厚度的海陆交替沉积物,对其进行划分和对比,对研究该区第四纪地层至关重要。宁波南部滨海平原 Z03 孔揭示该区伴随多次海侵—海退,形成数个沉积旋回,其岩性多变,沉积相复杂。文章通过对 Z03 孔进行磁性地层研究,结合钻孔岩性特征、光释光测年和¹⁴C 测年数据,建立可靠的磁性地层框架。结果显示,Z03 孔所有样品均位于布容正向时内,且包含了 3 个全球性极性漂移事件和 1 个地方性亚时,自下而上分别为布莱克事件、拉尚事件、哥德堡事件以及宁波亚时;80.0~87.0 m 样品记录了中更新世和晚更新世之交的布莱克事件,上更新统底界定于 79.2 m 处;42.2~44.0 m 样品记录了拉尚事件;21.0~23.0 m 样品记录了全新世和更新世之交的哥德堡事件,全新统底界定于 23.6 m 处。

关键词: Z03 孔;第四纪;磁性地层;宁波地区

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2018)01-026-06

第四系在第四纪地质研究中具有重要地位,第四纪地层划分和对比是研究区域地质、构造活动、古地理环境演变的基础^[1-3]。浙江宁波地区位于海陆交界地带,第四纪以来,在古气候冷暖波动和多次海平面升降的影响下,形成了广泛分布且厚度较大的海陆交替沉积物,为研究该地区第四纪以来的古环境演变及海陆相互作用提供了重要窗口。

第四纪地层年龄框架的确定需要综合运用多种方法,而其基础年龄模式的确定需要对磁性地层进行框定^[4]。目前,宁波地区已经开展了较多的第四纪地层研究,但这些研究多集中于岩石地层学和生物地层学^[5-9],而关于磁性地层学的研究不多,仅陈德昌等^[10]对宁波地区的 B12 孔和 LK1 孔进行了第四纪磁性地层研究,并认为该区存在哥德堡事件(11~13 ka BP)、拉尚事件(30~40 ka BP)和布莱克事件(100~110 ka BP)。

本文运用磁性地层学结合年代地层学的方法,对宁波南部地区 Z03 孔进行第四纪地层划分,以期

在该区建立可靠的磁性地层框架,丰富宁波地区第四纪磁性地层研究资料,为宁波地区乃至长三角地区第四纪地层对比研究提供新资料。

1 钻孔岩性特征

Z03 孔是系统采集测试样品的第四系标准钻孔,位于宁波市象山县定塘镇金牛港村东侧(图 1),地貌为海积平原,具有典型的第四纪沉积物和剖面结构。该钻孔终孔深度为 125.4 m,其中第四系厚度为 121.7 m,第四系超覆于燕山晚期花岗岩体之上,是开展第四系多重地层划分与对比的理想钻孔。

Z03 孔岩性以淤泥、黏土、粉质黏土和含黏性土圆砾为主,沉积相较复杂,伴随多次海侵—海退,形成数个沉积旋回。根据岩性特征,自上而下可划分为 17 层。

(1)0~0.5 m,素填土,黄褐色,松散,以可塑状黏性土为主,地表 20 cm 以浅含较多的植物根茎,为近期人工填筑。

* 收稿日期:2017-06-29 修订日期:2017-08-24 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“浙江 1:5 万力洋镇(H51E017007)、石浦镇(H51E017008)环境地质调查(编号:12120114074401)”和宁波市自然科学基金(编号:2016A610011)项目联合资助。

第一作者简介:潘小青,1987 年生,女,工程师,主要从事第四纪地质和磁性地层学研究。

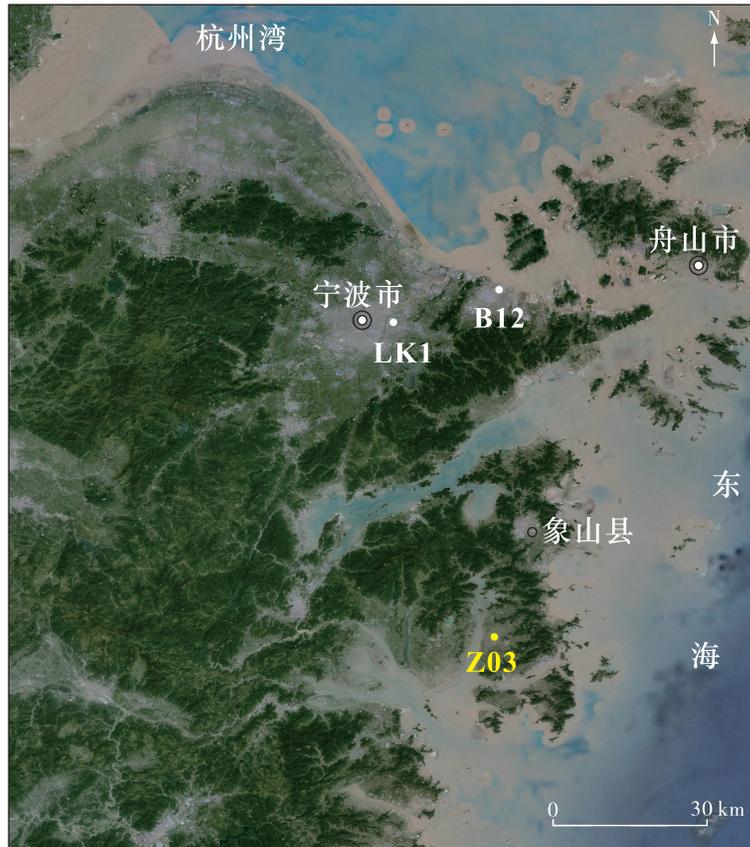


图 1 Z03 钻孔及宁波地区其他第四纪钻孔(LK1, B12)位置图

Fig. 1 Location map of Z03 borehole and other (LK1, B12) boreholes in the Quaternary Ningbo area

(2)0.5~3.6 m,黏土,黄褐色,可塑,渐变软塑,厚层状,可见 Fe、Mn 质氧化斑点及碳化物,下部见少量贝壳碎屑。

(3)3.6~6.0 m,淤泥质黏土,灰色,流塑,厚层状,可见贝壳碎屑。

(4)6.0~17.0 m,淤泥,灰色,流塑,厚层状,可见贝壳碎屑。

(5)17.0~23.6 m,粉质黏土,灰色,软塑,厚层状,可见贝壳碎屑。

(6)23.6~39.0 m,黏土,灰色至黄褐色,软塑至可塑,厚层状,可见 Fe、Mn 质氧化斑点及少量碳化物。

(7)39.0~50.2 m,黏土,灰色,软塑至可塑,厚层状,见碳化物及少量腐殖质。其中 44.7~44.8 m 含较多腐殖质。

(8)50.2~57.6 m,粉质黏土,浅灰色至灰褐色,可塑,厚层状,含碳化物及腐殖质,偶含粉砂团块。其中 51.3~51.6 m 处含少量砾砂。

(9)57.6~58.6 m,含黏性土圆砾,浅灰色、兰

灰色,中密状。砾石呈亚圆形,砾径以 0.2~2 cm 为主,含量 50%~60%,砂含量约 20%,余为黏性土,土质不均匀,母岩以凝灰岩为主。

(10)58.6~70.0 m,粉质黏土,黄褐色、灰褐色夹兰灰色斑块,可塑至硬塑,厚层状,可见 Fe、Mn 质氧化斑点。其中 64.4~65.2m 处夹少量粉砂。

(11)70.0~77.0 m,黏土,浅灰色、灰色,顶部夹薄层灰褐色,可塑,厚层状,可见少量碳化物,中下部含较多腐殖质。

(12)77.0~79.2 m,含黏性土圆砾,灰色,中密状,砾石多呈次圆形至圆形,砾径以 0.2~2 cm 为主,含量为 50%~60%,砂含量为 10%~20%,余为黏性土,土质不均匀,母岩为凝灰岩。

(13)79.2~87.4 m,含砾粉质黏土,浅灰色、兰灰色夹黄褐色斑块,可塑至硬塑,厚层状,含少量 Fe、Mn 质氧化斑点、碳化物及腐殖质。中部含薄层细砂,82.0~82.5 m 处含砾砂较多,含量约 20%~30%。

(14)87.4~89.0 m,细砂,浅灰色,密实状,湿,

以石英、长石为主,含少量砾,砾径以 0.2~1.0 cm 为主,含量约 10%。

(15)89.0~99.6 m,粉质黏土,兰灰色、黄褐色,可塑至硬塑,厚层状,可见铁锰质氧化斑点,底部夹少量砂。

(16)99.6~121.7 m,含黏性土圆砾,黄褐色为主,局部浅灰色,中密—密实状,砾石多呈亚圆形,少量呈次棱角状,砾径以 0.2~2 cm 为主,含量为 50%~60%,砂含量为 10%~20%,其余为黏性土,局部不均匀,黏性土含量高。母岩以凝灰岩为主。

(17)121.7~125.4 m,中等风化花岗岩,灰紫色,细粒结构,块状构造,岩质坚硬,敲击声响。

2 取样及测试

古地磁样品主要在黏土层和粉质黏土层中采集,采用无磁性塑料盒以 0.5 m 间隔有序采集无扰动样。共采集古地磁样品 134 个,采取率 >90%。钻孔下部为砂砾石层,无法采集无扰动样,故未采集古地磁样品。

古地磁测试和磁性参数测量在国土资源部华东矿产资源监督检测中心完成,对 134 块样品进行系统交变退磁。交变退磁所用仪器为美国 GSD-5 型交变退磁仪,在测试完样品的天然剩磁后,对样品逐级施加不同场强(100 mT、200 mT、250 mT、300 mT、350 mT、400 mT、450 mT、500 mT、600 mT、700 mT),直至获得样品的原生剩磁。样品的剩磁测试在 DSM-2 数字旋转磁力仪上进行,磁化率测试在 HKB-1 高精度磁化率仪上进行。

在 44.7~45.0 m 深处采集 250 g 木头样品进行¹⁴C 测年,在 83.2~83.5 m 深处采集长 30 cm、直径 3.8 cm 的圆柱形细砂样品进行光释光测年。

3 结果及讨论

3.1 结果

本次对 Z03 孔采集的 134 个样品进行古地磁测试,结果(表 1,图 2)显示,所有样品的体积磁化率为(60.6~619.0)×10⁻⁶ SI,磁化率平均值为 172.9×10⁻⁶ SI。磁化率相对较大的样品多集中在地表至 25 m 深处,剖面上磁化率的变化与沉积旋回之间无明显的相关性。

Z03 孔第四系古地磁测试结果(表 1,图 2)和测年结果(表 2)表明,研究区第四系松散沉积物的磁性

表 1 Z03 孔古地磁测试部分数据

Table 1 Part of paleomagnetic testing data of borehole Z03

送样号	编号	剩磁/ (10 ⁻³ A/M)	磁倾角 (D)	体积 磁化率/ (10 ⁻⁶ SI)	深度/ m
Z03-28	14G01073	2.65	-17.5	221.0	14.0
Z03-29	14G01074	2.13	-28.1	214.0	14.5
Z03-30	14G01075	1.95	11.9	233.5	15.0
Z03-31	14G01076	1.51	-27.2	191.5	15.5
Z03-32	14G01077	1.06	-0.2	202.0	16.0
Z03-33	14G01078	1.33	78.5	187.5	16.5
Z03-34	14G01079	3.71	72.9	196.5	17.0
Z03-35	14G01080	0.85	54.9	205.5	17.5
Z03-36	14G01081	2.37	1.0	189.5	18.0
Z03-40	14G01085	2.3	18.8	202.5	20.0
Z03-41	14G01086	1.1	66.5	186.5	20.5
Z03-42	14G01087	1.42	-8.5	201.5	21.0
Z03-43	14G01088	2.35	-45.4	183.0	21.5
Z03-44	14G01089	3.27	-0.7	142.0	22.0
Z03-45	14G01090	1.18	-17.3	160.5	22.5
Z03-46	14G01091	2.06	-42.9	106.5	23.0
Z03-47	14G01092	2.46	16.2	139.0	23.5
Z03-48	14G01093	1.1	11.7	321.5	24.0
Z03-49	14G01094	0.526	73.9	381.5	24.5
Z03-50	14G01095	1.05	31.7	246.5	25.0
Z03-80	14G01125	0.664	11.1	134.8	40.0
Z03-81	14G01126	0.63	2.3	103.2	40.5
Z03-82	14G01127	0.865	1.6	133.2	41.0
Z03-83	14G01128	1.46	19.1	134.8	41.5
Z03-84	14G01129	2.72	-20.0	143.4	42.0
Z03-85	14G01130	0.632	-3.7	122.4	42.5
Z03-86	14G01131	1.03	-31.5	126.8	43.0
Z03-87	14G01132	0.589	-52.0	129.4	43.5
Z03-88	14G01133	0.876	-50.6	110.2	44.0
Z03-89	14G01134	2.66	9.3	135.0	44.5
Z03-90	14G01135	4.25	8.0	152.4	45.0
Z03-148	14G01172	0.823	-20.7	99.0	80.0
Z03-149	14G01173	1.26	-13.3	85.0	81.0
Z03-150	14G01174	0.752	-33.3	75.0	82.0
Z03-151	14G01175	0.816	-25.7	98.2	83.0
Z03-152	14G01176	0.46	-54.6	105.0	84.0
Z03-153	14G01177	0.686	-33.3	70.2	85.0
Z03-154	14G01178	0.388	-60.7	78.4	86.0
Z03-155	14G01179	0.439	-51.2	84.2	87.0

地层均属于布容正向时,在不同深度发现 8 个负极性段,为第四纪地层的划分和对比提供了时代框架。

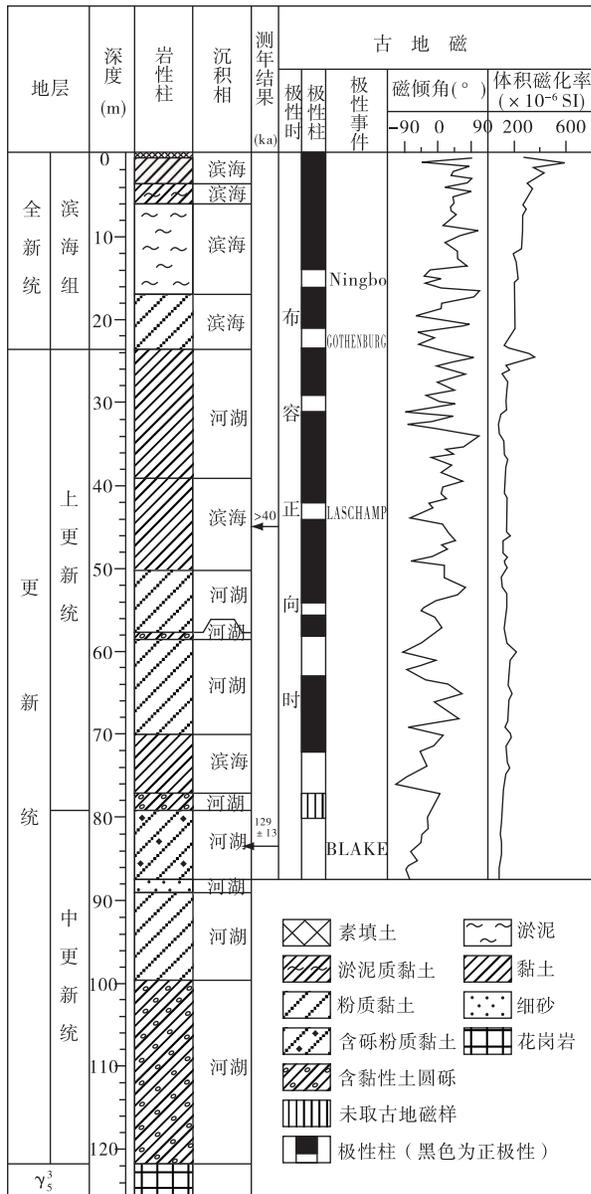


图 2 Z03 孔第四纪地质综合柱状图

Fig. 2 Integrated columns of Quaternary lithology and magnetostratigraphy using borehole Z03

表 2 Z03 孔测年数据

Table 2 Dating results of borehole Z03

测试方法	取样深度/m	样品	年龄/ka
光释光	83.4	细砂	129±13
¹⁴ C	44.7~45	木头	>40

Z03 孔的古地磁采样深度达 87.0 m, 在 80.0~87.0 m 的样品为负极性(图 3)。光释光测年结果(表 2)显示, 83.4 m 样品年龄为 129±13 ka BP, 布莱克事件年龄为 110~120 ka BP^[11-13], 两者年龄相

近。该段地层记录了布莱克事件, 这一事件是全球性的极性倒转事件, 通常被作为中更新世和晚更新世的时代界线^[14-15], 与陈德昌等^[10]将 B12 和 LK1 孔中的吉曼卡亚时(198~215 ka BP)作为上更新统底界不同。另外, 根据钻孔岩性特征, 将 Z03 孔的上更新统底界定于 79.2 m 处。

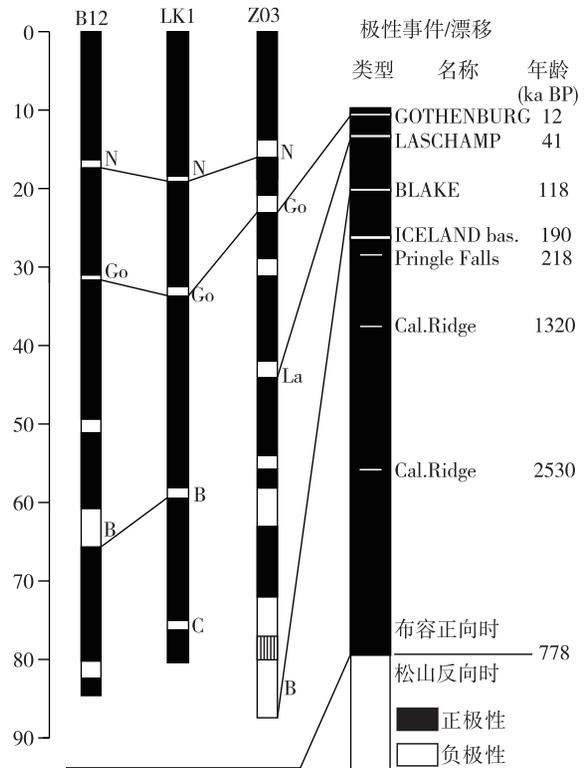


图 3 宁波地区第四纪钻孔极性柱对比

Fig. 3 Comparative chart of magnetostratigraphy of the Quaternary drillings in the Ningbo area

42.2~44.0 m 之间的样品呈负极性, ¹⁴C 测年结果(表 2)显示 44.7~45.0 m 处样品的年龄 > 40 ka。前人相关研究表明, 拉尚事件年龄为 41~42 ka BP^[16-17]。可知, 该区 42.2~44.0 m 之间样品记录的是拉尚事件。

21.0~23.0 m 出现负极性段, 可与哥德堡事件对应。哥德堡事件地质年龄约 12 ka BP, 即冰后期首次海侵开始, 为全新世和更新世的分界^[15]。岩石地层学方面, 23.6 m 以浅样品的岩性具有明显的海相沉积特征, 皆含有贝壳碎屑, 为全新世滨海相。可见, 该段地层古地磁特征与岩性特征具有较好的吻合性。Z03 孔与陈德昌等^[10]研究的 B12 孔和 LK1 孔磁性地层划分对比图(图 3)显示, 3 个钻孔皆记录了哥德堡事件, Z03 孔中的记录位于 21.0~

23.0 m 之间, B12 孔的记录位于 32 m 处, LK1 孔的记录位于 33 m 处, 说明宁波平原的全新世地层较本次研究的宁波南部更厚。

另外, 在 Z03 孔的顶部 14.0~16.0 m 之间也存在负极性段, 陈德昌等^[10] 研究中也存在相似发现, 分别在 B12 和 LK1 两孔的 17 m 和 19 m 附近, 并将其命名为“宁波亚时”(N)(图 3)。这一存在于全新统中下段的负极性, 是否是普遍性的极性反向或是极性漂移事件, 有待进一步研究。

3.2 讨论

国内外对于第四纪下限以及第四纪内部划分方案争议较多, 目前较普遍的划分方案是将第四纪下限(即下更新统底界)定为 2.58 Ma^[1], 即松山反极性时与高斯正极性时的界限; 中更新统的底界定为 0.78 Ma, 即布容正极性时与松山反极性时的界限; 上更新统底界为 0.13 Ma, 全新世从 0.01 Ma 开始。对宁波南部滨海平原 Z03 孔磁性地层研究表明, 其包含的全球性极性漂移事件自下而上有布莱克事件(80.0~87.0 m)、拉尚事件(44.7~45.0 m)和哥德堡事件(21.0~23.0 m)。钻孔岩性特征、光释光测年和¹⁴C 测年结果与该划分方案基本相符。

4 结论

(1) 宁波南部滨海平原 Z03 孔包含的极性漂移事件自下而上有布莱克事件(80.0~87.0 m)、拉尚事件(44.7~45.0 m)、哥德堡事件(21.0~23.0 m)和宁波亚时(14.0~16.0 m), 其中, 前三者为具有全球性普遍意义的事件, 为第四纪地层的划分和对比提供了可靠的年代框架。

(2) 80.0~87.0 m 的样品记录了布莱克事件, 确定上更新统的底界位于 79.2 m; 42.2~44.0 m 的样品记录了拉尚事件; 21.0~23.0 m 的样品记录了哥德堡事件, 将全新统底界定于 23.6 m。

致谢: 中国地质调查局南京地质调查中心冯小铭研究员、浙江省水文地质工程地质大队张上麟教授级高级工程师、陈选博工程师给予悉心指导与帮助, 在此表示感谢!

参考文献

[1] 赵勇, 蔡向民, 王继明, 等. 北京平原顺义 ZK12-2 钻孔剖面第四纪磁性地层学研究[J]. 地质学报, 2013,

87(2):288-294.

- [2] 苗巧银, 朱志国, 陈火根, 等. 镇江地区长江南北两岸第四纪地层结构划分与沉积特征对比[J]. 华东地质, 2017, 38(3):175-183.
- [3] 蒋仁, 杨祝良, 于俊杰, 等. 长江三角洲北翼兴化—通州地区第四纪地层划分及古环境分析[J]. 华东地质, 2014, 35(4):263-269.
- [4] 邹亮, 张志忠, 韩月. 长江口外海区 DZS2 孔第四纪磁性地层[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2015, 35(2):43-52.
- [5] 王开发, 张玉兰. 宁波平原晚第四纪沉积的孢粉、藻类组合及其古地理[J]. 地理科学, 1985, 5(2):145-152.
- [6] 王宗涛. 浙江北仑港地区的第四纪海相地层及其古地理意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1986, 6(1):45-54.
- [7] 王建华, 周洋, 郑卓, 等. 杭州湾晚第四纪沉积与古环境演变[J]. 古地理学报, 2006, 8(4):551-558.
- [8] 刘锐, 覃军干. 宁绍平原末次冰盛期以来的沉积环境演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(3):37-46.
- [9] 骆丁, 肖渊甫, 叶思源, 等. 宁波平原晚第四纪的古气候变化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(5):155-161.
- [10] 陈德昌, 陈俊仪. 浙江宁波地区第四纪磁性地层的初步研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1988, 8(4):101-109.
- [11] Creer K M, Readman P W, Jacobs A M. Palaeomagnetic and paleontological dating of a section at Gioia Tauro, Italy: identification of the Blake event [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1980, 50(1):289-300.
- [12] Tric E, Laj C, Valet J P, et al. The Blake geomagnetic event: transition geometry, dynamical characteristics and geomagnetic significance[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1991, 102(1):1-13.
- [13] Fang X M, Li J J, Voo R V D, et al. A record of the Blake event during the last interglacial paleosol in the western plateau of China[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1997, 146(1/2):73-82.
- [14] 王润华, 郭坤一, 于振江, 等. 长江三角洲地区第四纪磁性地层学研究[J]. 地层学杂志, 2005, 29(Z):612-617.
- [15] 黄湘通, 郑洪波, 杨守业, 等. 长江三角洲 DY03 孔磁性地层研究及其意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28(6):87-93.
- [16] Bard E, Rostek F, Ménot-Combes G. Radiocarbon calibration beyond 20 000 ¹⁴C yr B.P. by means of plank-

tonic foraminifera of the Iberian margin [J].
Quaternary Research, 2004, 61(2):204-214.
[17] Laj C, Kissel C, Beer J. High resolution global pal-

eointensity stack since 75 kyr (GLOPIS-75) calibrated
to absolute values[J]. Conference on Timescales of the
Internal Geomagnetic Field, 2004, 145:255-265.

Quaternary magnetostratigraphic study of the Ningbo area in Zhejiang using borehole Z03

PAN Xiao-qing^{1, 2}, DONG Xian-zhe², ZHANG Ze-jun², WU Bing-hua², MA Qin-wei¹, ZHANG Han²

(1. Zhejiang Engineering Investigation Institute, Ningbo 315000, China;

2. Zhejiang Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Ningbo 315000, China)

Abstract: A large amount of thick marine and continental sediments had deposited in the Ningbo area since the Quaternary, and its classification and comparison is vital to study of the Quaternary sedimentary environment. Borehole Z03 located in the southern Ningbo coastal plain reveals that the area contains several sedimentary cycles due to several transgressive-regressive activities, with variable lithologic characteristics and complicated sedimentary facies. Combined with lithological features, OSL and ¹⁴C dating data of the drilling core, the study established a reliable magnetic stratigraphic framework. The results show that all the samples of borehole Z03 fall into the Brunhes normal polarity zone, and record three global magnetic excursion events and one regional event, including Blake, Laschamp and Guthenberg events from bottom to top. 80.0~87.0 m deep samples record the Blake event occurring between Middle Pleistocene and Late Pleistocene, with the bottom of upper Pleistocene defined at a depth of 79.2 m. 42.2~44.0 m deep samples record the Laschamp event and 21.0~23.0 m deep samples record the Guthenberg occurring between Pleistocene and Holocene, with the bottom of Holocene located at a depth of 23.6 m.

Key words: borehole Z03; Quaternary; magnetostratigraphy; Ningbo area