

文章编号: 1000-5013(2008)01-0111-05

福建漳浦前湖湾沉积物磁学性质特征分析

吴彩容¹, 刘剑秋¹, 王绍鸿², 俞鸣同²

(1. 福建师范大学 生命科学学院; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福建 福州 350007)

摘要: 通过对福建漳浦前湖湾 QHP 剖面 and 钻孔 QHZ2 沉积物磁学取样及其实验分析, 得到各种磁学参数及多个磁参数的比值随样品号(深度)的变化曲线. 结合该剖面 and 钻孔的粒度特征、孢粉分析和¹⁴C 测年, 结果表明, QHP 剖面 and 钻孔 QHZ2 沉积物中磁参数及其比值的变能与其古气候变化很好地相对应, 特别是在 7 号样、13 号样、22 号样的气候转折点上, 沉积物中环境磁参数及其比值出现比较明显的变化. 这说明沉积物中磁参数及其比值能较好地记录沉积物沉积时的古气候, 也可用来认识古气候突变的界线. 前湖湾 QHP 剖面 and 钻孔 QHZ2 是晚更新世以来形成的, 至少经历了 2 个暖湿期和 2 个干冷期, 而每一个期内又存在着小的暖湿期和冷干期的交替.

关键词: 磁参数; 古气候; 漳浦前湖湾; 环境变迁

中图分类号: P 318; P 512

文献标识码: A

20 世纪 70 年代初, 英国的 Frank 和 Ray 首次将土壤和沉降物磁参数研究应用于河流悬浮物的来源判断及泥沙迁移^[1]. 之后, 有关磁参数的研究应用迅速扩展, 涉及水土流失^[2]、大气污染^[3]、沉积研究^[4]、重金属污染^[5], 以及古气候的重建^[6-7] 等多个领域. 由于磁学记录的稳定性^[8] 和磁学测量具有简便、快速、经济、无破坏性和多用途等优点^[9], 使得磁学方法成为认识环境演变的重要手段. 本文在大量野外考察的基础上, 选择福建漳浦前湖湾具有南亚热带季风常绿阔叶林特征的海底古森林遗迹为研究对象. 该古森林遗迹分布区中出露比较完整的 QHP 海岸沉积物剖面 and 分布着海底古森林遗迹的潮间带钻孔 QHZ2, 通过对海岸剖面沉积物 and 钻孔岩心沉积物磁性特征的研究, 结合粒度、年代、孢粉的分析资料, 探讨前湖小湾的环境变化过程.

1 实验方法

本实验样品的采样工作是在 2005 年 10 月进行的. QHP 剖面是前湖湾自然崩塌的海岸剖面, 剖面坡度 65~ 70°, QHP 剖面总厚度 810 cm, 剖面顶部海拔高程为 10.00 m, 自下而上采样, 分别记为 QHP13, QHP12, ..., QHP1, 共 13 个采样号. 钻孔 QHZ2 位于潮间带的中部, 孔口标高为 - 111 cm, 孔深为 1 055 cm, 底部已达基岩风化壳, 自下而上采样, 分别记为 QHZ29, QHZ28, ..., QHZ14, 共 16 个采样号. QHP 剖面底部与钻孔 QHZ2 顶部并非直接相连, 中间还有 3.01 m 的高差. 29 个样号所在地层特征, 如表 1 所示. 表中, d 为地层深度, H 为海拔高程.

采样后, 将样品置于 40 °C 的干燥箱内烘干, 并在陶瓷研钵中轻轻研磨至粉状, 以不损坏自然颗粒为准. 称重后置于 10 mL 容量的圆柱状聚乙烯样品盒中压实、密封后即可进行磁性测量. 实验采用 MS2 型磁化率仪(英国 Bartington 仪器公司)测量所有样品的低频磁化率(X_{lf})和 高频磁化率(X_{hf}), 采用旋转磁力仪 and 脉冲磁场发生器(英国 Molspin 公司)测量样品的非磁滞剩磁(M_{AR})、等温剩磁(M_{IR})、硬剩磁(M_{HIR}). 将测量数据输入计算机, 计算频率磁化率(X_f)、饱和等温剩磁(M_{SIR})、非磁滞剩磁(M_{AR})、 α (亚

收稿日期: 2007-12-09

作者简介: 吴彩容(1981-), 女; 通讯作者: 刘剑秋(1956-), 男, 教授, 主要从事植物分类与植物资源学的研究. E-mail: jqliu@fjnu.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40476051); 福建省自然科学基金资助项目(D0610006)

铁磁性矿物和不完整反铁磁性矿物的相对组成), 以及各比值参数, 并绘出各磁性参数曲线图及比值参数曲线图.

表 1 QHP 剖面 and 钻孔 QHZ 2 采样地层特征
Tab. 1 QHP section and QHZ core 2 sampling Stratum characteristic

地层样号	d/ cm	剖面地层特征	地层样号	H/ cm	剖面地层特征
QHP1	100~ 0	砖黄色粉细砂	QHZ14	- 111~ - 234	砖黄色细砂
QHP2	290~ 200	砖黄色粉细砂	QHZ15	- 234~ - 261	砖黄色中~ 粗砂
QHP3	380~ 290	深灰色黏土	QHZ16	- 261~ - 268	棕黄色细砂
QHP4	430~ 380	灰黑色炭质黏土(泥炭层)	QHZ17	- 268~ - 279	黄色细砂
QHP5	490~ 480	灰黑色炭质黏土(泥炭层)	QHZ18	- 279~ - 288	浅棕色中~ 粗砂
QHP6	500~ 490	棕红~ 铁褐色砂质粘土	QHZ19	- 288~ - 318	黄色细砂
QHP7	508~ 500	褐黄色粘质砂土	QHZ20	- 318~ - 357	黄色中~ 粗砂
QHP8	568~ 508	黄灰色大条带细砂层	QHZ21	- 357~ - 408	黑色砂质黏土
QHP9	583~ 568	浅黄色锈斑粉细砂层	QHZ22	- 408~ - 434	黑色黏土
QHP10	623~ 598	浅黄灰色粉细砂	QHZ23	- 434~ - 513	灰色黏土
QHP11	658~ 638	黄灰色~ 砖黄色相间条带粉细砂层	QHZ24	- 513~ - 653	灰~ 灰白色粗砂层
QHP12	740~ 688	浅黄灰色粉砂	QHZ25	- 653~ - 759	黄色粗砂层
QHP13	810~ 770	黄灰色粉细砂	QHZ26	- 759~ - 833	灰色粗砂层
QHZ27	- 833~ - 844	棕色中~ 粗砂	QHZ28	- 844~ - 946	灰色粘质中~ 粗砂
QHZ29	- 946~ - 1026	灰白色粗砂			

2 磁学特征分析

2.1 沉积物磁参数特征

沉积物剖面的磁性参数曲线, 可以反映沉积物中磁性矿物随深度经受的气候、动力条件改变的变化过程. 磁化率、磁参数随样品号(深度)的变化曲线, 分别如图 1, 2 所示. 从图 1 的磁参数曲线的变化, 可

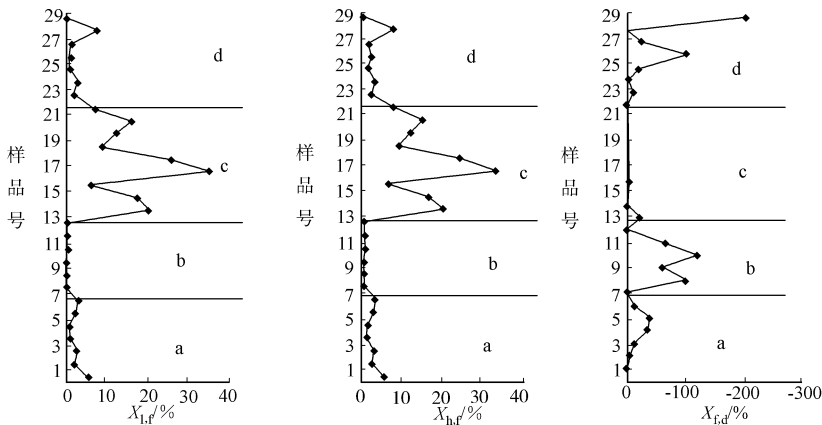


图 1 磁化率随样品号(深度)变化曲线

Fig. 1 The changing curve between the magnetic susceptibility with the sample (depth)

以将整个剖面大致分成 4 段.

2.2 QHP 剖面磁参数特征

(1) 低频磁化率($X_{L,f}$)和 高频磁化率($X_{H,f}$)随深度的变化曲线的特征是一致的. 总的特征是, 在 7 号样处有一个突变点. 在这个界线之下的 8~ 13 号样的磁化率值明显低于 7~ 1 号样, 但两者的范围均在 $6.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 的范围内; 8~ 13 号样磁化率很弱, 均小于 $0.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$; 7 号样处磁化率突增, 达 $4.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$; 2 号样的磁化率较低, 到 1 号样突增至该段的最高磁化率.

(2) 频率磁化率(X_f)曲线与高、低频磁化率曲线呈正相关关系(图 2), 其显著特征是, 整个剖面频率磁化率频率值都较低; 7 号样仍为变化的一个明显分界线; 8~ 13 号样中, 除 12 号样频率磁化率值相对稍高外, 其他 5 个样号也较低; 而在 1~ 7 号样中, 1, 2 号样的频率磁化率相对稍高. 根据频率磁化率

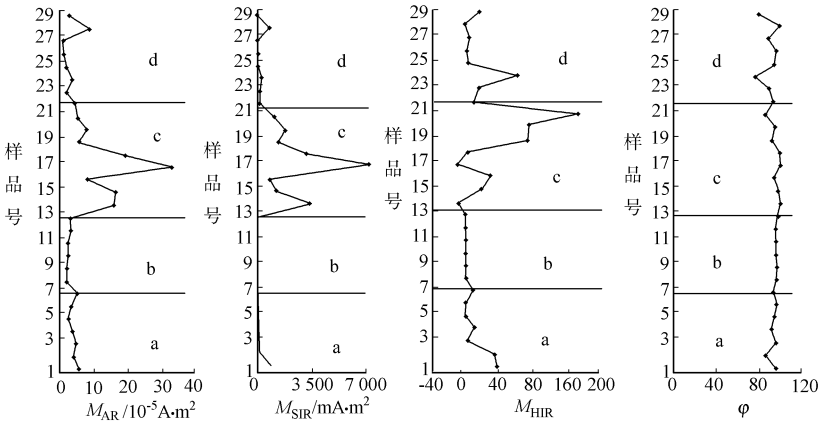


图 2 磁参数随样品号(深度)变化曲线

Fig. 2 The changing curve between the magnetics parameter with the sample (depth)

是样品中接近于稳定单畴/超顺磁界限附近的磁性颗粒存在的指示,说明该剖面不含有超顺磁或含量非常少,8~13号样磁性颗粒以粗粒为主,1~7号样磁性颗粒稍细,有波动但波动不是很大,其中3~7号样磁性颗粒以细粒为主,1,2号样磁性颗粒较粗。

(3) 非磁滞剩磁 (M_{AR}), 饱和等温剩磁 (M_{SIR}) 曲线与磁化率变化特征相似。7号样同样是一个突变点,8~13号样非磁滞剩磁,饱和等温剩磁平均低于1~7号样,并且8~13号样之间曲线波动不大;1~7号样之间曲线波动稍大,表明在气候变化上有所改变;2号样的非磁滞剩磁,饱和等温剩磁有所降低,而1号样则有继续增大的趋势,反映该阶段的气候波动是比较大的。磁参数反映了磁性矿物含量浓度特征。根据上述的分析可知,整个QHP剖面的沉积物中磁性矿物浓度普遍较低,8~13号样的磁性矿物浓度较3~7号样低且较稳定,3~7号样的磁性矿物浓度稍高并且表现出高-低-高的规律性,1,2号样磁性矿物浓度进一步升高。

(4) 硬剩磁 (M_{HIR}) 反映不完整反铁磁性矿物的量,硬剩磁曲线的变化特征也与磁化率变化特征相似,QHP剖面总体的 M_{HIR} 值都偏低,其中1~7号的 M_{HIR} 值稍微比8~13号的高,8~13号样的硬剩磁曲线几乎成了一条直线,其 M_{HIR} 值均小于 $4.0 \times 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$,反映8~13号不完整反铁磁性矿物量更加少;7号样和4号样的 M_{HIR} 值突然偏高,同样表现出高-低-高的规律;1,2号的 M_{HIR} 值明显升高,接近 $40.0 \times 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$,说明不完整反铁磁性矿物量突然增加。

(5) 参数 φ 反映亚铁磁性矿物和不完整反铁磁性矿物的相对组成。从图2可看出,13~8号样的 φ 的值较高,反映亚铁磁性矿物含量较多而不完整反铁磁性矿物含量较少;7号样和4号样的 φ 值突然偏低;1,2号样 φ 值急剧降低,其规律性和硬剩磁非常相似。1~7号样总体表现为亚铁磁性矿物量逐渐减少,而不完整反铁磁性矿物量增多。

2.3 钻孔 QHZ2 剖面磁参数特征

(1) 如图1所示,高频磁化率、低频磁化率随深度的变化曲线的特征也是一致的。其特征是:在22号样处有一个突变点,在这个界线之上的13~22号样的磁化率值明显高于23~29号样,并且两者的范围相差比较大。在22号样以下,磁化率比较弱,大致在 $10.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右摆动;在22号样以上,磁化率增大的幅度比较大,上升到平均值 $20.0 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,并呈锯齿状摆动。频率磁化率曲线的特点也是在22号样处有个明显界限,22~14号样的频率磁化率的值相对比较大,而23~29号样则比较小,说明22号样以上的土壤颗粒比较细,而22号样以下的比较粗。

(2) 如图2所示,非磁滞剩磁 (M_{AR}), 饱和等温剩磁 (M_{SIR}) 的变化曲线特征与磁化率随深度的变化特征十分相似,也是在22号样是一个突变点。14~22号样非磁滞剩磁 (M_{AR}), 饱和等温剩磁 (M_{SIR}) 平均高于23~29号样,并且14~22号样之间曲线波动比较大,反映的气候波动也是比较大的;23~29号样之间曲线波动稍小,逐渐从上一阶段的曲线过渡为直线,表明在气候波动变化稍小。

(3) 如图2所示,硬剩磁的突变点也在22号处出现,规律为14~22号的 M_{HIR} 值明显升高,曲线波动比较大,说明不完整反铁磁性矿物含量总体增高并呈现波动性变化。23~29号的 M_{HIR} 值较上一阶段

有明显的降低,说明不完整反铁磁性矿物含量减少.(4) 14~ 22 号样的 φ 值比 23~ 29 号样的 φ 值稍高,反映 14~ 22 号中亚铁磁性矿物量较多,而 23~ 29 不完整反铁磁性矿物量较多.

2.4 沉积物磁参数比值结果

磁参数比值(M_{AR}/M_{SIR} , M_{AR}/X , M_{IR}/M_{SIR} , M_{SIR}/X) 随样号的变化曲线,如图 3 所示. 从图 3 可以看出,以上磁参数比值同样可以 7, 13, 22 样号为界,分为 a, b, c, d 共 4 段.

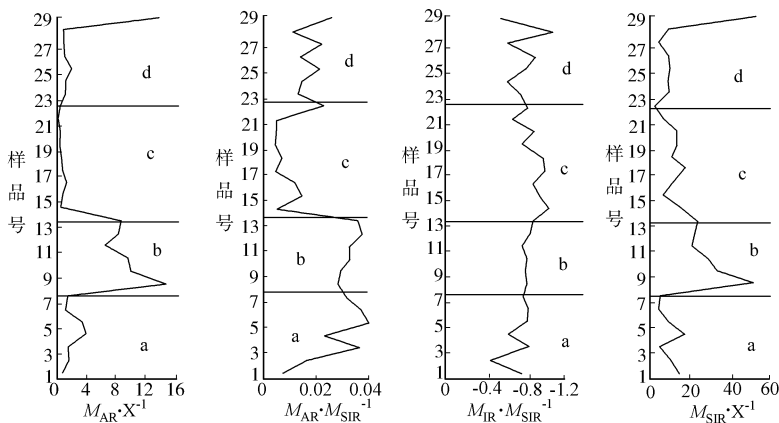


图 3 磁参数的比值随样品号(深度)变化的曲线

Fig. 3 The curve of the specific value of the magnetics parameter changing with the sample (depth)

(1) a 段(1~ 7 号). M_{AR}/M_{SIR} , M_{AR}/X 曲线值比较低且波动比较大,反映沉积物中磁性矿物和颗粒大小变化比较大,且以粗颗粒的多畴(MD)或假单畴颗粒(PSD)为主; M_{IR}/M_{SIR} 曲线波动大,反映沉积物中磁性矿物成分变化比较大; M_{SIR}/X 曲线的波动,反映沉积物中可能存在多种磁性矿物.(2) b 段(8~ 13 号). M_{AR}/X 曲线除了 8 号样外,和 M_{AR}/M_{SIR} 曲线值一样波动不大,反映沉积物中磁性矿物颗粒大小变化不大,且以细颗粒的假单畴(PSD)或单畴(SD)颗粒为主; M_{IR}/M_{SIR} 曲线波动很小,几乎呈一条直线,反映沉积物中磁性矿物成分变化不大; M_{SIR}/X 曲线除在 8 号处有一峰值外,其他波动不是很大,反映沉积物中有多种磁性矿物的存在,且以一种磁性矿物为主.(3) c 段(14~ 22 号). M_{AR}/M_{SIR} , M_{AR}/X 曲线的值偏低,反映沉积物中磁性矿物以粗粒的稳定假单畴(PSD)颗粒为主,且颗粒大小变化不大,这一结果与频率磁化率的分析结果一致; M_{IR}/M_{SIR} 曲线有点波动,但波动比较小,反映沉积物中磁性矿物成分变化不是很大; M_{SIR}/X 曲线的值也偏低,但有点波动,反映沉积物中存在多相磁性矿物.(4) d 段(23~ 29 号). M_{AR}/X 曲线的值除了 29 号外,其他的都偏低,波动稍比 c 段大,反映该段的磁性矿物也是以粗粒为主,同时存在多种矿物. M_{AR}/M_{SIR} 呈波动状,但波动不大,也说明存在多种矿物. 上述根据磁参数比值与根据磁参数的分析,对沉积物中磁性矿物颗粒大小和成分的反映有很好的 consistency.

4 结论

据¹⁴C 测年的结果表明, QHP 剖面中 8 号样(泥炭层) 的年代为(39 810 ±245) a B. P., 4 号样(泥炭层) 的年代为(15 990 ±50) a B. P., 这说明该剖面是晚更新世晚期以来的产物. 而 14 号样的年代为(42 560 ±350) a B. P., 正是该地所发现的古树的年代, 钻孔 2 的年代在 4.3 万 a 以上, 更为久远. 现以沉积物磁化性质参数为主导指标, 同时参照该剖面 and 钻孔的粒度、孢粉等环境指标, 将 QHP 剖面 and 钻孔 QHZ2 的环境演化分为以下 4 个阶段.

(1) a 段(1~ 7 号) 对应晚更新世晚期至全新世, 气温波动较大. 在沉积物中磁性矿物上反映为: 6~ 4 号样磁化率相对较低, 而 3~ 1 号样则较高, 说明磁性矿物平均浓度是由低到高变化的, 在晚更新世晚期进入全新世先经历低温期, 然后才是高温期; M_{SIR} 值很低, 说明是磁铁矿类矿物量比较少. 该阶段磁性矿物成分多样, 磁性颗粒以细粒的假单畴或多畴为主, 且粒度变化较大, 并表现为一定的旋回性.

(2) b 段(8~ 13 号) 对应晚更新世晚期的干冷环境, 且气温变化较大. 在沉积物中磁性矿物浓度还是比较低但波动较为明显; 磁化率比 c 段低, 反映的颗粒比较粗, 也反映环境比较干冷; M_{SIR} 值比较低, 说明是赤铁矿类矿物相对多点, 磁铁矿类相对少些; M_{AR} , M_{SIR} 和 M_{AR}/M_{SIR} 由前一阶段的曲线逐渐

过渡到直线状态,反映了气候又从暖湿变为干冷。

(3) c 段(22~ 14 号) 对应晚更新世中期,温暖期且气温波动较大. 在沉积物中磁性矿物平均浓度相对较高; M_{SIR} 值突然增高许多, 说明是磁铁矿类矿物进一步增多, 占绝对优势; 但同时由于 M_{HIR} 值明显升高, 说明不完整反铁磁性矿物量也有所增加. 据孢粉测试结果表明, 该层位孢粉数量和种类都是最多的, 气候比较温暖潮湿。

(4) d 段(29~ 23 号) 对应晚更新世早期的干冷环境, 且气温变化比较大. 在沉积物中磁性矿物表现为浓度较低且波动比较大; 磁化率比较低, 反映的颗粒比较粗, 也反映了环境比较干冷; M_{SIR} 值比较低, 说明是赤铁矿类矿物相对多点, 磁铁矿类相对少些。

上述结果表明, 磁参数及其比值随样号(深度) 的变化能较好地反映该剖面 and 钻孔沉积物沉积时的古气候变化, 也较好地反映界线转折附近古气候变化. 前湖湾 QHP 剖面 and 钻孔 QHZ2 是晚更新世以来形成的, 至少经历了 2 个暖湿期和 2 个干冷期, 而每一个期内又存在着小的暖湿期和冷干期的交替。

本文的磁学分析得到华东师范大学河口海岸学国家重点实验室张卫国副教授的帮助, 参加野外工作的还有陈炳华、方玉霖、黄芯婷等同志, 特此致谢。

参考文献:

[1] 董瑞斌, 张卫国等. 土壤和沉积物的磁参数及其在环境科学中的应用[J]. 科技通报, 2000, 16(6) : 479-483.

[2] 曲 赞. 用于环境研究的磁性参数简介[J]. 地质科技情报, 1994, 13(2): 98-100.

[3] 张普纲, 樊行昭, 霍俊杰. 磁性参数的环境指示意义[J]. 太原理工大学学报, 2003, 34(3): 301-304.

[4] 张卫国, 俞立中. 长江口潮滩沉积物的磁学性质及其与粒度的关系[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(9): 783-792

[5] 俞立中, 张卫国. 利用磁信息研究潮滩重金属污染的探讨[J]. 环境科学进展, 1993, 1(5): 37-43.

[6] 朱日祥, 李春景, 吴汉宁, 等. 中国黄土磁学性质与古气候意义[J]. 中国科学(B 辑), 1994, 24(9): 992-997.

[7] VEROSUB K L, ROBERTS A P. Environmental magnetism: Past, presen and future[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, (100) : 217-219.

[8] THOMPSON R. OLDFIELD F. Environmental magnetism[J]. London: Allen and Unwin, 1986.

[9] 陈满荣, 王少平, 俞立中. 环境磁学及其在地理环境研究中的应用[J]. 云南地理环境研究, 2001, 13(1): 11-20.

The Characteristic Analysis on the Deposit Magnetism of
the Qianhu Small Bay on Fujian Zhangpu

WU Cai-rong¹, LIU Jian-qiu¹, WANG Shao-hong², YU Ming-tong²

(1. College of Life Sciences, Fujian Normal University;
2. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Deposit magnetism sampling and their experiment analysis of the QHP section and the QHZ core 2 of Qianhu bay in Fujian Zhangpu were studied. Combined with the size characterristic, sporopollen analysis and 14Cof the section and core, the changing curves of the ratio between the various magnetic parameters and several magnetism parameters with the sample number (depth) were obtained. The result showed that magnetism parameter and their ratio of the QHP section and the QHZ core 2 can respond to their paleoclimate, especially on the climate turning point NO. 7, NO. 13, NO. 22, the environmental magnetism parameter and their ratio appeared obvious change comparatively. These explained that the magnetism parameter and their ratio of the deposit can respond to the paleoclimate of the QHP section and the QHZ core 2 when deposit was depositing, also these can be used to understand the demarcation line of the paleoenvironment changing. The QHP section and the QHZ core 2 of Qianhu bay formed since epipleistocene, which had experienced 2 warm wet period and 2 dry cold period at least and in each period existed turns between the small warm wet and cold dry period.

Keywords: magnetics parameter; paleoclimate; Zhangpu Qianhu bay; environment vicissitude