

# 福建省泉州市第四纪沉积物粒度特征及沉积环境分析

张 璞<sup>1,2</sup>, 陈建强<sup>1</sup>, 田明中<sup>1</sup>, 朱金芳<sup>3</sup>, 黄宗林<sup>3</sup>, 江春亮<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 青海师范大学地理系, 青海 西宁 810008;

3. 福建省地震局, 福建 福州 350003)

**摘 要:**对福建省泉州市钻孔,进行详细的第四纪沉积物粒度分析,同时结合地质背景、岩性等资料,得出了研究区第四纪以来沉积环境及其演变认识。采用MS-2000型激光粒度分析仪进行测试,所测数据利用计算机整理,绘制出沉积物粒度频率曲线、概率累积曲线和粒度众数分布曲线图。根据曲线变化情况,进行沉积环境及其演化解释。区内第四纪沉积环境和沉积物的成因类型分为3个类型,晋江河道以冲积相为主,山前高地以洪冲积为主,盆地主体区域以海湾相为主。第四纪以来泉州盆地环境演化经历了:更新统中期龙海组洪积和洪冲积→更新统晚期东山组洪积和洪冲积→全新统长乐组海湾相沉积。

**关键词:**粒度分析;沉积环境;第四纪;泉州;福建

**中图分类号:**P534.63

**文献标识码:**A

**文章编号:**1008-858X(2005)02-0025-09

## 0 引 言

第四纪是地球发展的最新阶段,在这短暂的地质时间内发生过多次急剧的冷暖气候变化和大规模冰川活动,广泛堆积陆相沉积物和矿产。第四纪沉积物具有岩性松散、成因多样、岩性变化快、厚度差异大、不同程度地风化和含有化石及古文化遗迹的特点,其形成受地质营力、地貌和环境的影响,其岩性、结构、构造、产状和沉积体形状等特征,能够提供沉积物形成过程的外动力类型与沉积环境方面的许多重要信息<sup>[1]</sup>。因此,第四纪沉积物成因研究对于环境分析、工程建筑、水文地质等有很重要的意义。

在第四系研究中,通过沉积物粒度分析,不仅推断其搬运介质、搬运方式的变化,而且还可判明沉积物的来源,解释沉积分异作用,判别古

沉积相和环境。在研究沉积岩石学方面粒度分析应用最早。最初只是表示碎屑岩的结构,后来经过大量的统计资料,发现碎屑岩颗粒的粒度分布是服从对数正态分布规律的。粒度大小是受流水作用应力强度控制的,与沉积物形成的环境关系极为密切。因此,粒度分析的资料,广泛用来研究沉积岩的成因,作为研究沉积环境的方法之一<sup>[2]</sup>。

粒度分析的技术,目前主要采用传统粒度分析方法和激光粒度分析方法。传统粒度分析方法主要有:筛析法、显微镜法、比重计法、吸管法、沉降法等。近20年来,发展了光透式粒度自动分析、库尔特计数粒度分析和激光粒度分析方法。目前,使用得比较多的是激光粒度分析法。无论是传统粒度分析还是激光粒度分析,都有各自的优缺点。这点许多学者都已进行了详细的研究。

对沉积物粒度特征的研究最主要的是图解参数法和因子分析法。图解参数法就是根据所绘制的粒度分布的频率图、概率累积曲线以及 C—M 图等,以及相关的罗辛分布检验、粒度分布的灰关联分析、模糊综合评判分析<sup>[3]</sup>、多元统计分析<sup>[4]</sup>、分形结构及分维值分析<sup>[5,6]</sup>来反映沉积物的变化。因子法就是利用各种粒度参数进行运算,并对结果进行分析,从而得出环境变化的结论。这两种方法均使用激光粒度分析仪进行,并通过粒度分析数据处理软件在计算机上完成频率曲线、频率累积曲线的输出,同时计算矩法值并由百分位值的精确求算而得到传统的图解参数值。虽然沉积物粒度分析中存在多解性,但这些常用的方法作为沉积相分析的证据已经有近百年的历史,且至今仍然在使用。

粒度分布的数据分析和求解手段很多,如函数限制解法、矩形积分数值离散方法、切比雪夫高斯积分公式方法、最小二乘法<sup>[7]</sup>、光圆环检测器测量衍射光能方法、迭代法、模型独立算法、激光衍射法等等,无论那种方法,其目的都是不断提高颗粒分布求解的精度。张会生等<sup>[8]</sup>和米凤文等<sup>[9]</sup>对此作了大量研究。

除了这些传统的分析方法以外,有学者已经推出了 CSA—通用力度数据处理系统和 GPER—基于粒度母体的沉积环境识别系统两个专门用于粒度数据表征和沉积环境识别的应用软件,使用后取得了良好的效果<sup>[10]</sup>。这些都为第四系沉积物粒度分析研究方法的改进和提高起到很大的作用。

福建省由于独特的地理位置,各区域第四纪沉积物发育情况、沉积环境及其变化过程均不相同,使得第四纪研究工作难度加大,已发表的成果不多。有关学者已对区内第四纪地层、孢粉组合、海平面变化、构造等做过研究(王开发、陆继军、陈文瑞<sup>[11,12,13]</sup>等对于孢粉、硅藻组合的研究,王绍鸿<sup>[14]</sup>、林继华<sup>[15]</sup>、曾从盛<sup>[16]</sup>等对于海平面变化的研究,程乾盛<sup>[17]</sup>、陈文瑞<sup>[18]</sup>、何昭星<sup>[19]</sup>、李兼海<sup>[20]</sup>、郑荣章<sup>[21]</sup>等对于部分地区的地层和沉积环境的研究。有些学者对盆地构造活动的研究<sup>[22]、[23]</sup>等),这些为系统研究区内第四纪奠定了基础。

为了解泉州地区第四纪沉积环境及其演化

过程,本次研究运用粒度分析图解法,采用激光粒度仪进行分析。样品按常规方法进行预处理,利用 Mastersizer—2000 型激光粒度分析仪进行测试(粒度测试范围为 $<2\text{mm}$ ,显然它更适合于较低能沉积环境条件下形成的沉积物的分析)。测试过程,对每一样品进行超声波超声,测试结果利用已开发的粒度分析软件数据处理系统进行计算机处理,绘制出每个样品的频率曲线、频率累积曲线。实验中尽量避免出现上述各种方法中所存在的问题。在分析中,采用了众数值分析方法,它与概率累积曲线以及频率曲线的分析结果具有很好的一致性,它还有助于进行精细地层划分和进一步判定微沉积环境。本文以粒度分析为基础,提出了泉州市第四系的沉积环境及其演变认识,为综合研究福建省东南沿海第四系沉积环境、气候变化提供参考资料。

## 1 研究区概况

泉州盆地位于福建省东南部、台湾海峡西岸,东经  $117^{\circ}25'$ ~ $119^{\circ}05'$ ,北纬  $24^{\circ}30'$ ~ $25^{\circ}56'$ ,东西宽  $153\text{km}$ ,南北长  $157\text{km}$ 。与台湾隔水相望,离台湾最近的地方仅有 97 海里。全市土地面积  $11\,015\text{km}^2$ 。泉州依山面海,境内山峦起伏,丘陵、河谷、盆地错落其间。地势西北高而东南低,由中山、低山沿海丘陵、盆地平原过渡。海岸线曲折蜿蜒,大部分为基岩海岸,总长度约  $421\text{km}$ 。整个地型呈“E”型朝南方向开口。为了解该区第四纪地层发育情况,在泉州盆地的不同位置进行了钻孔探测(图 1)。

区内第四系发育晚更新统龙海组、东山组和全新统长乐组。地层发育较完整。东山组和长乐组分布较为广泛,但厚度变化较大,龙海组厚度小、分布范围小,变化较大。地层序列和结构的可对比性较好,海相夹层和标志层发育较好,为地层的精细划分和对比提供了条件。本次研究选取一个钻孔样品进行粒度分析。

### 1.1 钻孔位置及岩性特征

该钻孔位于泉州新步村,坐标为( $24^{\circ}55'33.9''$ ,  $118^{\circ}33'8.3''$ )。第四系厚度为  $20.95\text{m}$ ,取

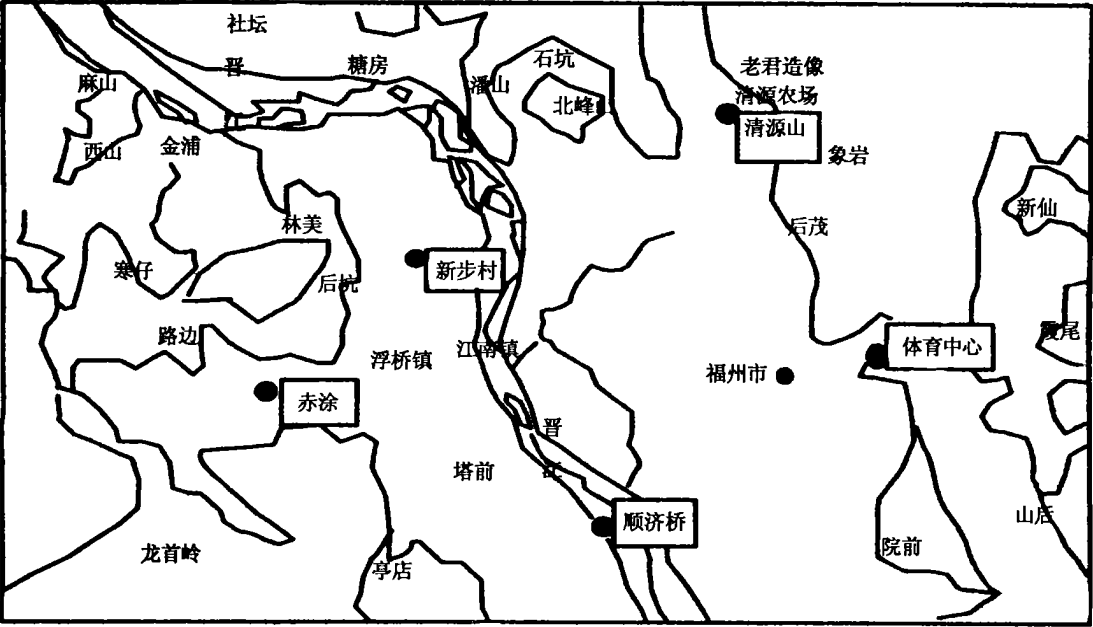


图1 泉州钻孔施工场地位置图

Fig.1 Sketch map showing the location of core and geography in Quanzhou city

样深度为 21.05m,采集样品 39 件,代表靠近河道的冲积成因为主的沉积。按地层岩性、颜色、结构和构造划分为 29 层,由上向下各层岩性特征简述如下:

全新统,长乐组(Q<sub>2</sub>Ch)(厚度 3.3m);长乐组上部,(厚度 3.3m)。1.耕植土,厚度 0.3m。2—3.黄褐色粉砂质亚粘土,厚度 1.3m;4—5.黄色粉细砂,厚度 1.0m;6.浅灰黄色粉砂质粘土,厚度 0.7m;

长乐组下部 A(厚度 3.7m)。7—8.浅灰色粘土,厚度 1.0m;9—11.深灰色淤泥质粘土,厚度 2.7m;长乐组下部 B(厚度 8.3m)。12—15.灰色细砂,厚度 5.25m;16—17.灰色中细砂,厚度 3.05m;长乐组下部 C(厚度 5.75m)。18—19.深灰色淤泥质粘土,厚度 1.35m;20—22.灰色淤泥质粘土,厚度 3.5m;23.浅灰色粉细砂,厚度 0.2m;24.浅灰色含砾细砂,厚度 0.25m;25.浅灰色粉细砂,厚度 0.45m。其特点为平行不整合。

上更新,统东山组(Q<sub>1</sub>D)(厚度 4.3m)。26.灰色含砾粗中砂,厚度 0.2m;27—29.灰黄色砂砾石层。厚度 4.1m。其特点为角度不整合。

该场地发育全新统长乐组、上更新统东山

组地层。全新统长乐组与上更新统东山组以平行不整合接触,东山组地层以角度不整合覆盖于残积层之上。残积层厚度平均为 15.53m。

根据岩性、沉积相、沉积旋回、沉积层序、孢粉及藻类组合特征分析,浅层地震剖面探测、构造解译及分析,<sup>14</sup>C 和光释光测年等,确定了地层划分依据、岩性标志层、不整合面、断层位置及活动时间等,利用层序和年代学对比方法,绘制连孔柱状图和二维剖面的等时层序格架对比图,提出小区内的精细地层划分和对比方案,建立了盆地分析等时地层单元对比和地层格架。

通过对泉州地区 5 个钻探场地 22 个钻孔的地层、沉积、构造和年代学研究,并根据泉州盆地第四系地层发育特征和断陷盆地控制沉积地层发育的特征,识别出泉州沉积记录开始普遍较晚,多数为晚更新世 40 000 年以来的地层,即东山组,龙海组地层分布较少,时限约 43 000 ~ 73 000 年。地层成因类型多样,尤其是冲积、海积较发育。

根据前人层序地层的研究成果,整个第四纪迄今只有不足 240×10<sup>4</sup> 年,第四纪以来全球海平面变化产生的层序仅属于一个三级层序,所以包括福建沿海在内的第四纪内部进一步划

分的层序,尤其是对陆相和海陆交互相地层,从时限和发育模式上应属于四级层序。系统分析泉州盆地及其邻区的第四系,龙海组、东山组和长乐组分别代表 3 个四级层序。各层序间均表现为明显的侵蚀不整合或暴露剥蚀不整合接触关系,属于 I 型层序类型。

年代地层和地层发育时限为上更新统龙海组的底界,也即盆地第四纪沉积记录的开始时间约为 73 000~43 000 年,东山组的时限约为 10 900~40 000 年,长乐组下部 10 900~7 400 年,长乐组上部 3 500 年以来。东山组与长乐组之间存在明显的沉积间断,间断时限约为 3 500~7 400 年,甚至更长。

根据全球和东南沿海区域层序地层研究结果,并总结泉州盆地第四系年代地层、岩石地层、层序地层主要成因相划分和对比关系,区内约  $7 \times 10^4 \sim 8 \times 10^4$  年以来的第四系划分为 2 个四级层序(Sq1, Sq2),分别对应于东山组和长乐组,各层序之间均存在不整合面(图 3)。层序内体系域可以进一步划分为水进体系域沉积(TST)、凝缩段(cs)和高位体系域(HST)。泉州 2 个四级层序中,东山组(Sq2)层序基准面较高,以接受陆相冲积和洪冲积沉积为主,而长乐组层序(Sq1)的沉积基准面较低,以接受海积和海陆交互相沉积为主,并可以进一步划分为水进体系域沉积(TST)、凝缩段(cs)和高位体系域(HST)。其中凝缩段(cs)部位相当于长乐组中下部海相淤泥层。沉积环境和沉积物的成因类型包括冲积、冲洪积、海积 3 种类型。

## 2 泉州钻孔粒度分布特征与环境解释

### 2.1 频率曲线特征

该钻孔位于晋江河道附近,样品均为全新世以来的沉积。频率分布较为简单,粒径范围在 0.479~1 905.461  $\mu\text{m}$  之间。曲线大多为单峰,个别为双峰。峰值范围相差不大,大多呈近正态分布。偏态以负偏为主<sup>[2]</sup>(图 2 福建泉州钻孔沉积物粒度频率曲线)。

1—6 号样(深度 3.75~5.3m),曲线为单峰

态,近于正态分布,峰值粒径为 10  $\mu\text{m}$ ,为细粉砂。含量从 60%~70% 逐渐减小到 50%~55%。7 号样(深度 5.45~5.5m),曲线为单峰态,近于正态分布,峰值粒径 10~20  $\mu\text{m}$ ,为细粉砂、中粉砂。含量 50%。8 号样(深度 5.65~5.7m),曲线为双峰态,第一峰值粒径为 10  $\mu\text{m}$ ,为细粉砂,含量 50%~55%,第二峰值粒径为 80~90  $\mu\text{m}$ ,为极细砂,含量 20%~25%。9—11 号样(深度 5.85~6.35m),曲线为单峰态,峰值粒径在 10  $\mu\text{m}$  左右摆动,近正态分布,含量略有不同,9 号样为 55%;10 号样为 47%;11 号样为 47%。12 号样(深度 6.55~6.6m),曲线为双峰态,第一峰值粒径为 1.0  $\mu\text{m}$ ,含量 42%,第二峰值粒径为 60  $\mu\text{m}$ ,为粗粉砂,含量 35%。13—20 号样(深度 15.5~17.4m),曲线为单峰态,近于正态分布,峰值粒径在 10  $\mu\text{m}$  左右摆动,含量在 45%~55% 之间。从 17 号样开始粒径在 10~100  $\mu\text{m}$  之间的颗粒(细粉砂、中粉砂、粗粉砂和极细砂)含量逐渐增加,使曲线呈现逐渐向双峰态发展的趋势。21 号样(深度 17.5~19.45m),曲线为明显双峰态,第一峰值粒径大于 1 000  $\mu\text{m}$ ,为极粗砂,含量 56%,峰值区间窄,第二峰值粒径为 8~10  $\mu\text{m}$ ,为细粉砂,含量 40%,峰值区间较宽。22—32 号样(深度 17.65~19.45m),曲线为单峰态,近于正态分布,峰值粒径在 7  $\mu\text{m}$  左右,为极细粉砂,含量大部分在 50%~55% 之间,个别为 55%~60% 之间。33 号样(深度 19.55~19.6m),曲线为不对称单峰态,峰值粒径为 7  $\mu\text{m}$ ,为极细粉砂,含量 50%,其中大于 10  $\mu\text{m}$  粒径颗粒含量有所增加,使得曲线偏斜。34—36 号样(深度 19.7~19.95m),曲线为单峰态,近于正态分布,峰值粒径为 7~8  $\mu\text{m}$ ,大于 10  $\mu\text{m}$  粒径颗粒含量明显加少。37 号样(深度 20.05~20.1m),曲线为不对称单峰态,峰值粒径为 10  $\mu\text{m}$ ,为细粉砂,含量 47%,大于 10  $\mu\text{m}$  粒径颗粒含量大增,使曲线相粗粒方向凸起。38 号样(深度 20.65~20.75m),曲线为双峰态,第一峰值粒径为 100  $\mu\text{m}$ ,为细砂,含量 44%。第二峰值粒径为 10  $\mu\text{m}$ ,含量 27%。39 号样(深度 20.9~20.95m),曲线单峰态,有明显细尾,峰值粒径大于 100  $\mu\text{m}$ ,为细砂,含量 55%。

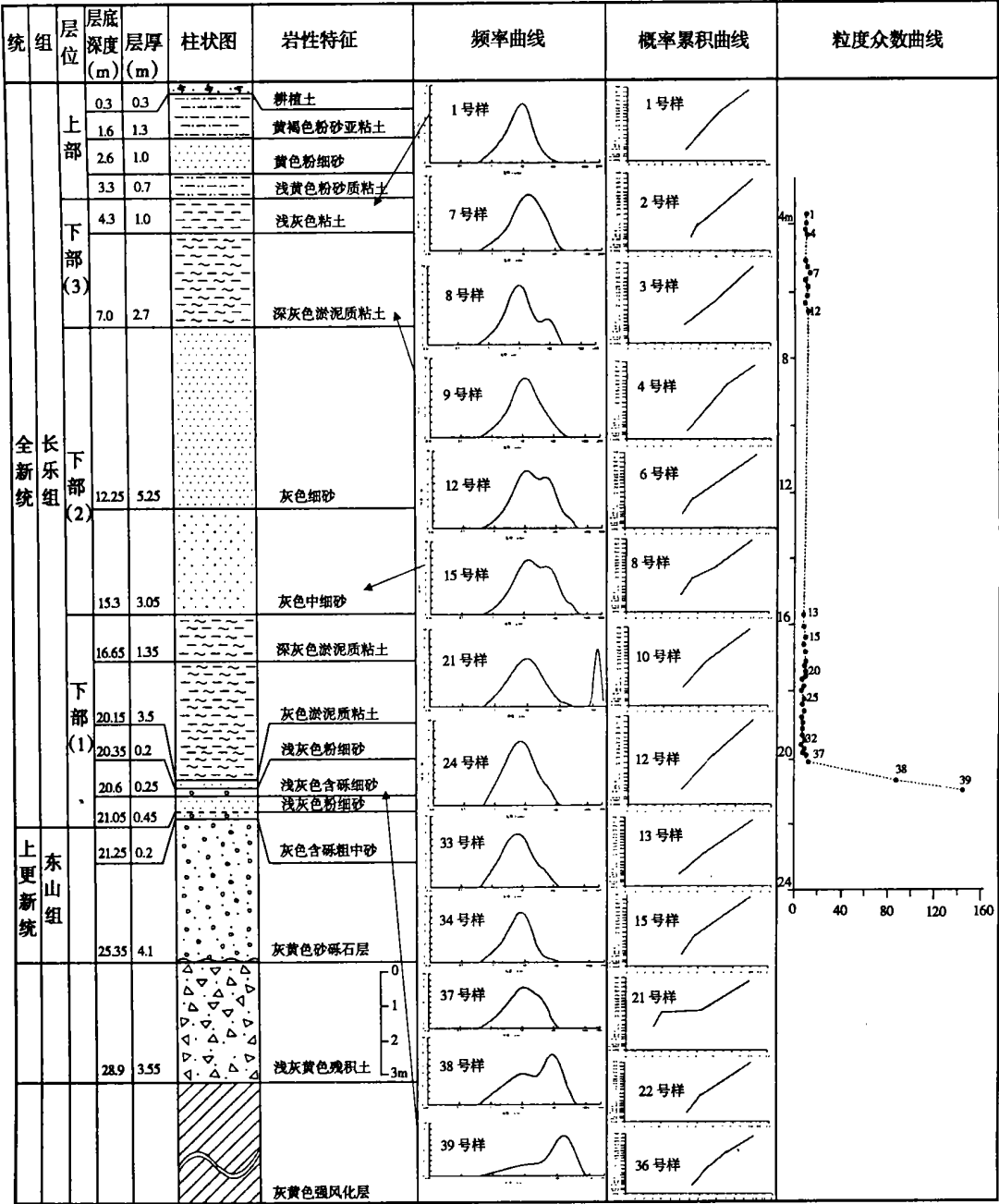


图 2 泉州钻孔柱状图与频率曲线、概率累积曲线及粒度众数图

Fig.2 The lithology, frequency curves, and probability cumulative curves and modes distributing map of the grain sizes of the core Quanzhou, Fujian.

依钻孔深度从上到下,曲线形态变化不大,但表现不同。可分为两种类型。1—12 号样,曲线以单峰为主,呈近正态分布,峰值粒径为 10 $\mu$ m,粒度组成相对集中,泥质粒级占绝对优势,总含量在 90% 以上,其中以细粉砂为主。砂质含量较低。表现出湖相沉积特点。8 号样

曲线有所变化,为双峰态,但第一峰值粒径仍然为 10 $\mu$ m,第二峰值粒径在 80~90 $\mu$ m 之间,含量很低不超过 25%。从 12 号样开始粒度曲线发生变化,表现为双峰态,第一峰值粒径为 10 $\mu$ m,含量降低为 42%,第二峰值粒径为 60 $\mu$ m,含量 35%,为粗粉砂。表明水动力条件开始发生变

化,在细粒沉积的同时有来自于河流的粗粒成分加入。对应于全新世长乐组下部 A 段地层。13—39 号样情况略有不同,曲线虽然也以单峰态为主,但形态多样,峰值粒径有变化(有  $10\mu\text{m}$ 、 $7\sim 8\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$  以及大于  $1\,000\mu\text{m}$ ),含量均不超过 55%,并且表现出一定的旋回性。表明在沉积的过程中水动力条件不稳定,随气候和海平面的变化而变化。其中 13—20 号样为相对稳定的低水能浅湖相沉积。21 号样曲线为明显的双峰态,第一峰值粒径大于  $1\,000\mu\text{m}$ ,此时有洪冲积物参与沉积。22—32 号样又恢复到以前的沉积环境条件,但峰值粒径变小,表明水动力条件减弱,反映水的深度可能增加或是水量减小。33、37 号样曲线发生偏斜,大于  $10\mu\text{m}$  粒径的颗粒含量减少,沉积条件有所变化。38 号样曲线为双峰,第一峰值粒径与 21 号样不同为  $100\mu\text{m}$ ,其反映的沉积条件与也不相同。总体看来此段沉积环境比较动荡。

## 2.2 概率累积曲线特征

希斯(Sheas, 1974)对 1 100 个粒度分析,指出正态概率曲线有  $4\phi$ 、 $3\phi$  和  $0\phi$  三个截点,认为曲线斜率和截点是受母岩物质的粒度分布及物质经受长期磨损效应的方式所控制。我们采用曹伯勋<sup>[1]</sup>提出的,以  $3\phi$ (粒径  $d=0.125\text{mm}$ ,细砂的下限)为界,将正态概率曲线第一截点所对应粒径小于  $3\phi$ ,且砂砾含量大于 50% 的称为粗粒型,有粗一段、粗二段和粗三段型;第一截点大于  $3\phi$  且以粉砂质粘土为主的称细粒型,有细一段、细二段型;此外还有多段型。

泉州钻孔全部为细粒型,主要是细二段和细三段型。同一种类型的截点位置、各总体的含量和分选性不完全相同,但相差不是太大(图 2)。

1 号样,曲线为细二段型,截点在  $6\sim 7\phi$ 。跳跃总体含量小于悬浮总体,但悬浮总体分选性好于跳跃总体。2 号样,曲线为细二段型,截点在  $3\sim 4\phi$ 。悬浮总体含量占绝对优势,跳跃总体分选性好于悬浮总体。3 号样,曲线为细二段型,截点为  $6\phi$ 。跳跃总体含量小于悬浮总体,悬浮总体分选性好于跳跃总体。4 号样,曲线为细二段型,截点在  $7\phi$ 。跳跃总体含量大于悬浮总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体。5—

7 号样,曲线为细二段型,截点在  $3\sim 4\phi$ 。悬浮总体含量远大于跳跃总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体。8 号样,曲线为细三段型,粗截点在  $3\sim 4\phi$ ,细截点在  $6\phi$ 。悬浮总体含量大于过渡总体含量大于跳跃总体含量,跳跃总体分选性好于悬浮总体好于过渡总体。9—11 号样,曲线为细二段型,截点在  $3\sim 4\phi$ 。悬浮总体含量大于跳跃总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体。12 号样,曲线为细二段型,截点在  $5\sim 6\phi$ 。悬浮总体含量大于跳跃总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体。13—20 号样,曲线为细二段型,截点在  $3\sim 5\phi$ 。悬浮总体含量大于跳跃总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体。21 号样,曲线为细三段型,粗截点在  $0\phi$ ,细截点在  $4\sim 5\phi$ 。悬浮总体含量大于跳跃总体大于过渡总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体好于过渡总体。22—35 号样,曲线为细二段型,截点在  $4\phi$  左右。悬浮总体含量大于跳跃总体,跳跃总体分选性好于悬浮总体。36—39 号样,曲线为细三段型,粗截点在  $3\sim 5\phi$  之间,细截点在  $5\sim 7\phi$  之间,前三个样悬浮总体含量大于过渡总体含量大于跳跃总体含量,最后一个样跳跃总体含量大于悬浮总体含量大于跳跃总体含量,它们的分选性均为跳跃总体好于过渡总体好于悬浮总体。

从以上分析看出,曲线形态、截点位置变化不大,但有规律可循。其整体变化情况基本与频率曲线所反映情况一致。1—12 号样曲线以细二段式为主,截点在  $3\sim 4\phi$  和  $6\sim 7\phi$  之间变化,出现极细→细→极细→细的变化过程。分选性、含量各不同。8 号样曲线为细三段型,但截点位置没有变化。12 号样曲线虽然为细二段型,但截点发生变化,为  $5\sim 6\phi$ 。这与频率曲线所反映情况基本一致,代表的沉积环境也相同。13—39 号样曲线以细二段型为主,细三段为辅,悬浮总体含量均大于跳跃总体,且分选性也好于跳跃总体。截点粒径值与上一段相比变化不大,但有区别,并呈现一定的规律性。其截点基本在  $4\phi$  左右来回摆动,摆动幅度不大。13—20 号样曲线为细二段型,截点在  $4\phi$  左右摆动,出现由细→较细→细→较细的变化过程。21 号样发生变化,曲线表现为细三段型,这与

频率曲线的变化情况一致。粗截点为  $0\phi$ , 细截点仍在  $4\phi$  左右。22—35 号样均为细二段型, 截点也在  $4\phi$  左右, 但以  $4\phi$  和大于  $4\phi$  粒径为主。36—39 号样曲线为细三段型, 粗截点粒径各不相同, 最大为  $5\phi$ , 细截点最大为  $7\phi$ 。

2.3 粒度众数分布特征

众数相当于频率分布最高的颗粒粒径的含量值, 它的各种变化反映陆源沉积物的分选性、偏度、峰态的变化<sup>[24]</sup>。它对于确定岩石单元或沉积体总的沉积趋势及对物源区的研究具有明显的意义, 它可以在一个结构大类所代表的范围中更详细区分沉积物, 提供一个更为准确的粒度分布特征。为了详细划分地层以及区别沉积环境的变化, 本次研究采用了众数分析。确定众数位值时, 根据样品粒度频率曲线, 求取其众数粒度的直径。按取样深度依次做出曲线(图 2)。

第一段:  $20.95\sim15.5\text{m}$ , 即从样品 13 号至 29 号, 粒度总体偏细, 粒径在  $4\sim8\mu\text{m}$  之间, 属粉细砂、粘土。该段众数特征及其对应的段地层为相对稍低水能量的沉积环境。

第二段:  $6.6\sim3.75\text{m}$ , 即从样品 1 号至 12 号, 粒度较上一组偏粗, 粒径在  $5\sim10\mu\text{m}$  之间, 分布均匀, 属粉细砂、粘土成分。且粘土含量大于粉细砂含量。该段众数特征及其对应的该段地层为相对低的水能量环境。

从以上分析可以看出, 概率累积曲线的两种类型与众数图中的两段相互对应, 形式基本相同, 环境背景基本相同(中部冲积相砂层由于没有专门进行粒度分析的采样, 而是按孢粉样品做的粒度分析, 中部砂层应为高能环境的产物)。不同类型的概率累积曲线和粒度众数特征反映了不同的沉积物类型和环境背景, 2 个阶段(层段)的沉积环境极为接近, 都为低能量沉积环境。

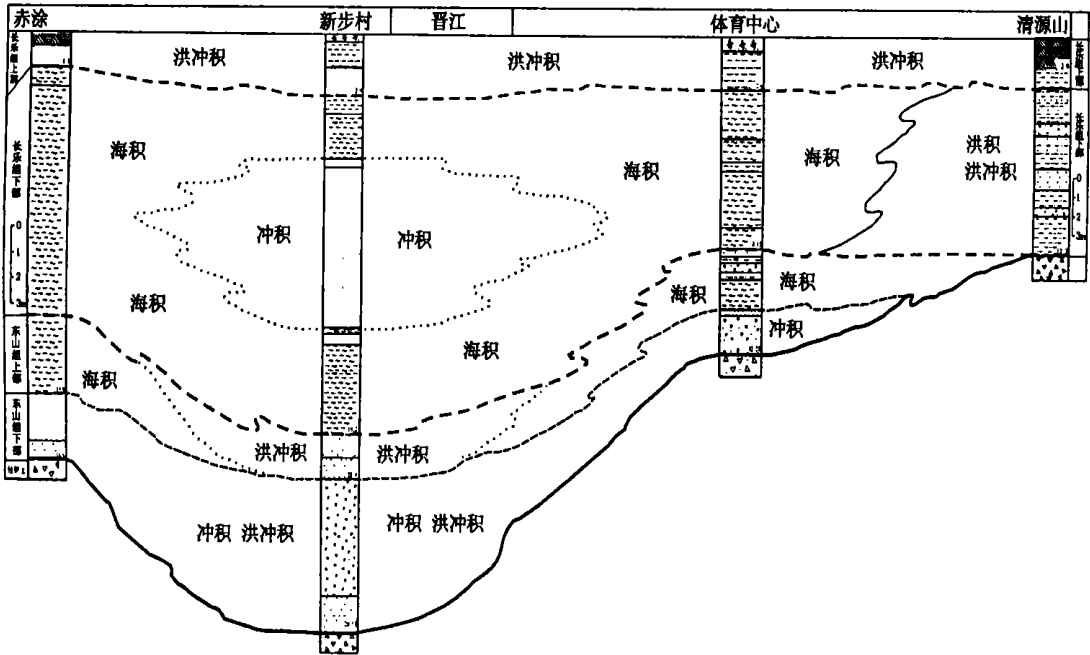


图 3 泉州东西向第四系钻孔地层沉积相变示意图

Fig. 3 The distribution of sedimentary facies and their changes of the Quaternary in the Quanzhou basin

3 泉州第四纪沉积环境演化

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>  
通过对泉州地区 5 个钻探场地 22 个钻孔

的地层、沉积、构造和年代学研究, 并根据泉州盆地第四系地层发育特征和断陷盆地控制沉积地层发育的特征, 识别出泉州沉积记录开始普遍较晚, 多数为晚更新世 40 000 年以来的地层,

即东山组,龙海组地层分布较少,时限约43 000~73 000年。地层成因类型多样,尤其是冲积、海积较发育(图 3)。

泉州地区沉积环境和沉积物的成因类型包括冲积、冲洪积、海积 3 种类型,可以大体分为 3 个类型,晋江河道以冲积相为主,山前高地以冲洪积为主,盆地主体区域以海湾相为主。

(1)长乐组上部沉积环境

代表3 000年~3 500年以来的沉积,以冲积和洪冲积为主。沉积亚粘土、粉细砂、淤泥质粘土以及耕植土、人工填土等。分布范围较广,遍布整个盆地。

(2)长乐组下部沉积环境

由于全新世以来海侵速度较快,在山前地带(赤涂、体育中心)以粘土和淤泥层为主要特征。厚度较大,分布稳定,以海湾相沉积为主。清源山场地,地势较高,发育洪冲积、洪积沉积,沉积物构成砂—泥互层的沉积旋回,表明发育比较完整。在河道地区(新步村)除了上下淤泥质粘土层外中间还发育有厚层的灰色细砂,构成沉积旋回。说明下部淤泥发育结束后海退迅速,出现河道相沉积。所以全新世以来海积、冲积均有发育。

(3)东山组沉积环境

山前地带以淤泥质粘土为主。以海湾相沉积为主。其中清源山地势较高,同期遭受风化剥蚀,致使该段地层缺失。在河道地区主要发育一套砂、砾石层,为洪冲积形成。

(4)东龙海组沉积环境

仅见于赤涂和体育中心两个场地,为一套灰黄色、褐黄色砂砾沉积。分布范围小,为洪冲积产物。

4 结 论

研究区第四系地层发育有全新统长乐组和上更新统东山组,局部缺失上更新统龙海组。以海湾相沉积为主。沉积物以代表低水能量的细粉砂为主。频率曲线简单,以单峰态为主。概率累积曲线为细粒型。众數位值变化不大,曲线摆动不大而有规律。

泉州第四系频率曲线、概率累积曲线和众

數位值变化曲线及其与沉积物的宏观描述特征总体上具有较好的一致性。激光粒度分析方法做出的粒度众数曲线,能够较灵敏地反映沉积环境及其水动力条件的微细变化,可以作为辅助分析环境的重要方法。

泉州第四系主要发育全新世海积、冲积,更新世中、晚期发育洪冲积物。泉州盆地第四纪环境演化总体经历了更新统中期龙海组洪积和洪冲积→更新统晚期东山组洪积和洪冲积→全新统长乐组海湾相沉积。

参考文献:

[1] 曹伯勋.地貌学及第四纪地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,2003.5—13.

[2] 刘宝 .沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1980.307—319.

[3] 李长安,田明中,等.周口店“下砾石层”粒度分析资料的多重方法处理及其成因分析[M].见:北京西山地质研究.武汉:中国地质大学出版社,1990.142—149.

[4] 赵志中,田明中,等.第四纪沉积环境从简中多元统计方法的应用——以周口店新发现的更新世洞穴堆积为例[J].成都理工学院学报,1998,25(2):296—302.

[5] 朱诚,于世永,等.分形方法在庐山第四纪沉积环境研究中的应用[J].地理研究,1996,15(3):64—69.

[6] 柏春广,王建.一种新的粒度指标:沉积物粒度分维值及其环境意义[J].沉积学报,2003,21(2):234—239.

[7] 米凤文.激光衍射粒度分析仪粒度分布求解的研究[J].光子学报,1999,28(2):151—154.

[8] 张会生,高敦岳.激光衍射粒度分析的研究[J].仪器仪表学报,1995,16(1):57—61.

[9] 米凤文,牟同升.激光粒度分析仪的数值计算[J].光学仪器,1995,17(4—5):8—11.

[10] 曲政.沉积物粒度数据表征方法的研究[J].中国粉体技术,2001,7(4):24—31.

[11] 王开发,陆继军,等.福建沿岸晚第四纪孢粉、硅藻组合及其古环境意义[J].微体古生物学报,1995,12(4):388—397.

[12] 陆继军.福建沿岸晚第四纪孢粉组合古植被和古气候[J].地理科学,1994,14(4):381—383.

[13] 陈文瑞,蓝东兆,等.九龙江河口平原晚第四纪孢粉组合及气候环境演变[J].台湾海峡,1998,17(1):34—42.

[14] 王绍鸿,杨建明,等.福建沿岸晚更新世以来的海平面变化[J].台湾海峡,1994,13(2):166—175.

[15] 林继华,刘序俨,等.福建沿海的海面变化及其影响[J].地壳形变与地震,1997,17(4):26—31.

[16] 曾从盛.闽东北沿海晚第四纪海侵与海面变动[J].福建师范大学学报(自然科学版),1997,13(4):94—101.

[17] 程乾盛,许汉荣.东山 ZK51 孔第四纪地层划分与闽南沿

海部分地区地层划分对比[J]. 福建地质, 1998, (1); 24—33.

[18] 陈文瑞, 蓝东兆, 等. 福建九龙江河口平原晚第四纪地层划分与对比[J]. 海洋通报, 1997, 16(4); 36—43.

[19] 何昭星, 姚庆元. 龙海—漳浦沿海第四纪地层及沉积结构[J]. 台湾海峡, 1994, 13(3); 245—253.

[20] 李兼海, 王国平, 等. 福建省地层多重划分、对比研究[J], 福建地质, 2000, (4); 203—256.

[21] 郑荣章, 徐锡伟, 等. 福州盆地晚第四纪地层划分及古环境分析[J]. 地震地质, 2002, 24(4); 503—513.

[22] 徐起浩, 冯炎基, 等. 福建深沪湾地区晚更新世中晚期以来的地壳运动[J]. 地震地质, 2002, 24(1); 111—123.

[23] 谢志平, 陈园田, 等. 福建沿海晚第四纪的地壳运动[J]. 华南地震, 1994, 14(4); 35—40.

[24] 徐馨, 何才华, 等. 第四纪环境研究方法[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992, 1—377.

Grain-Size Characteristics of Quaternary Sediments  
and Its Sedimentary Environment Implication  
in Quanzhou City, Fujan Province

ZHANG Pu<sup>1,2</sup>, CHEN Jian-qiang<sup>1</sup>, TIAN Ming-zhong<sup>1</sup>, ZHU Jin-fang<sup>3</sup>, HUANG Zong-lin<sup>3</sup>, JIANG Chun-liang<sup>1</sup>  
(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;  
2. Department of Geography, Qinghai Normal University, Xining 810008, China;  
3. Seismological Bureau of Fujian Province, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** On the basis of the grain size data from sediments of bore cores, geology background and lithology in the Quanzhou City, Fujian Province, the Quaternary sedimentary environment and its evolutionary stages are treated in detail. The grain size parameter of 39 sediment samples obtained from MS—2000 Laser Grain Size Analyzer has been illustrated in the frequency curves, cumulative frequency curves on probability scale, and modal curves. For the implication of the grain size distribution, the results show that the segments of the modal curves are obvious and have concordance with the segments of the cumulative frequency curves on probability scale, so that modal curves have an important significance in explanation of hydrodynamic sorting. The three types of formation causes be reflected in Quanzhou basin: the alluvial facies in Jinjiang riverway, and the pluvial facies and alluvial facies in highland, and the bay milieu facies in basin. The three evolutionary stages during the Quaternary of Quanzhou basin are recognized in the following: 1) the alluvial facies and pluvial facies of the Longhai Formation during the middle Pleistocene; 2) the alluvial facies and pluvial—alluvial facies of the Dongshan Formation during the late Pleistocene; 3) the bay milieu facies of the Changle Formation in the Holocene age.

**Key words:** Grain size analysis; Sedimentary environment; Quaternary; Quanzhou City; Fujian Province