

中国科学院地质研究所
地质局

科技论文选编

江西省地质局水文地质大队

EJI LUNWEN XUANBIAN



1985

97.131

科技论文选编

总第 期

江西省地质局水文地质大队

印刷单位：水文大队印刷厂

通讯地址：南昌尤口太子殿

《科技论文选编》第八期（总）编委会名单

主 编 王兆英

付 主 编 高忠坛

责任编辑 陈诗礼

执行编委 （按姓氏笔画为序）

刘光明

刘乘风

刘宝昌

李享才

旷 葵

吴建康

罗开元

张建阁

黄义佐

黄 海

《科技论文选编》

1985年12月

总第八期

内部刊物，注意保存

目 录

鄱阳湖赣江河口平原表层沉积物的粒度特征及其环境意义初探

.....雷裕江 姚奉禧 (1)

江西省土体工程地质类型及基本特征.....刘光明 (9)

江西省外动力地质现象发育的一般规律.....刘光明 王晓真 (18)

赣江中游流域区的岩石风化及水土流失.....肖文奎 执笔 (31)

土石滑坡形成的机理及预测探讨.....陈诗礼 (45)

无压含水层不同形状坝肩的绕坝渗漏计算.....旷葵 (50)

“压水试验止水失效时单位吸水量计算方法”的补充.....旷葵 (63)

运用物性三维法对××地热田储热构造研究的初步尝试.....陶德骏 (66)

一九八五年我队科技进展综述.....范光斌 陈诗礼 执笔 (82)

• ~ • ~ • ~ • ~ • ~ •
} 技术应用与经验交流 }
• ~ • ~ • ~ • ~ • ~ •

泵吸反循环钻井技术的应用与探讨.....生产技术科 (87)

于都寒信水库坝址水上钻探技术小结.....生产技术科 (93)

• ~ • ~ • ~ • ~ • ~ •
} 问题讨论 }
• ~ • ~ • ~ • ~ • ~ •

环境地质与地质环境 兼谈长江流域(水土流失、泥沙淤积)河湖发育变迁环境地质

图编图思想.....高忠坛 (96)

鄱阳湖赣江河口平原表层

沉积物的粒度特征及其环境意义初探

雷裕江 姚奉禧

赣江河口平原，位于鄱阳湖的西南角，是湖区最大的河口冲积平原，总面积约为 900 余平方公里。赣江自南昌市向北，四支分流，蜿蜒曲折于平原之上。除主支经吴城直泄湖口外，其余三支均入流松门山以南的“南鄱阳湖”。由于人工圩堤的系统阻隔，三支现代河口位于枫林山——南矶一线。

根据 C¹⁴ 测年及岩相综合研究，赣江河口平原的表层沉积，绝大部分是全新世晚期的产物。它们由亚砂土、亚粘土、粘土质砂等细屑物质组成。分流河道两旁较粗，局部含砾。自从本世纪五十年代以来，平原上大规模修建人工圩堤、并日益完善连成一体之后，新的沉积物基本上停止加积于平原表层。因此，这些表层沉积大多是建国之前形成。

借助于上述表层沉积物的沉积相研究，可以为鄱阳湖历史水域的变迁提供重要佐证。本文欲通过其粒度特征的分析，初步探讨其沉积环境。并就此推论鄱阳湖历史水域，是否淹及这一平原地区略作浅析。

由于粒度资料本身的环境判别参数具有一定的相对性，粒度采样的代表性和广泛性也受到限制，加之笔者水平有限，文中错误一定难免，衷心地欢迎批评、指正。

一、沉积物粒度特征及变化规律

(一) 粒度样品的采集与粒度分析

1. 样品采集：样品总数 39 个。分别沿主支、中支、南支两侧分布。前缘近湖地带少数点为洛阳铲采样，垂向上控制了 2—3 个岩性层，但最大深度不超过 2.0 米（图 1）。

2. 粒度分析：粒度分析由江西省地质矿产局水文地质工程地质大队土工实验室完成。粒级划分按福克——沃德的 ϕ 系统，采用筛析和移液管法联合测定。成果误差一般在 5% 以内，符合规范要求。

(二) 样品的粒度特征及其变化

样品的粒度概率图式，可分为一段式、二段式和三段式。各类所占样品总数的百分

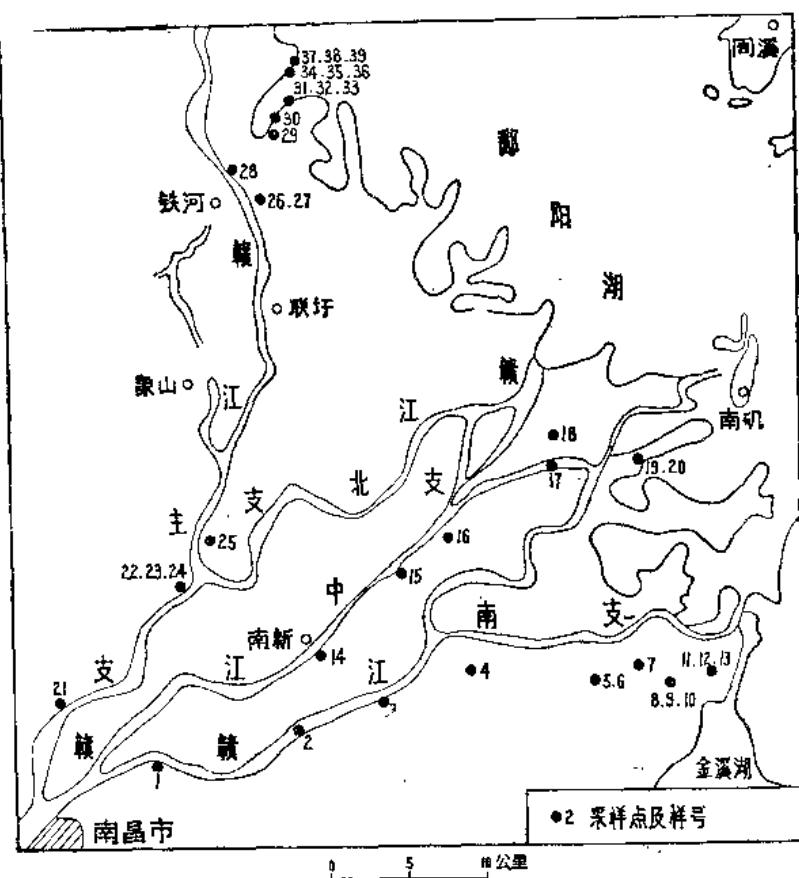


图 1 赣江河口平原表层粒度采样分布示意图

比，分别为13%，72%，15%。兹将各类图式特征，分述如下：

1. 一段式

计有 8、16、29、37、38号等 5个样品。粒径范围0—10(ϕ 值，下同)，直线斜率(倾角) 33度—71度。其中，小于50度的图式占 60%。平均粒度参数：中值5.91，偏差 1.72，偏度 0.22，峰态1.13(均为 ϕ 值，下同)。故其粒度状况为分选差的细粒悬浮物质为主(图2)。

2. 二段式

计28个样品。按其搬运形式的组合，又可分为两个亚类：

(1) 由牵引和跳跃组合的二段式

计8个样品。粒径范围—3—10，截点平均值1.0。跳跃组分平均百分含量达82.5%。斜率平均倾角55度。粒度参数平均值：中值2.75，偏差1.32，偏度—0.07，尖度1.39。故其粒度组合状态，为以含砾砂为主的、分选较差的颗粒组成。少数样品，混有较多的悬浮物质。4号、32号样品，可分别代表以上组合趋势(图3、4)。

(2) 由跳跃和悬浮组合的二段式

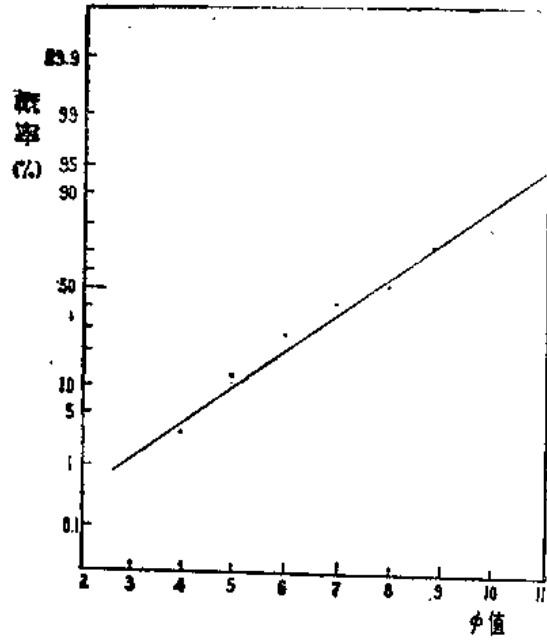


图 2 38号样粒度概率图

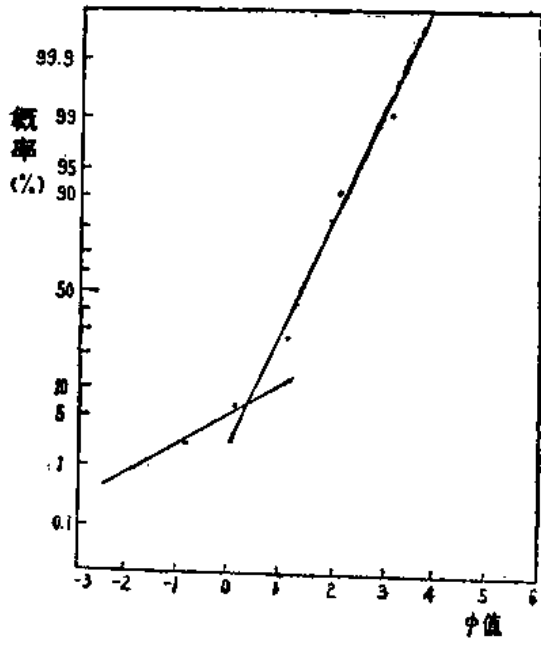


图 3 4号样粒度概率图

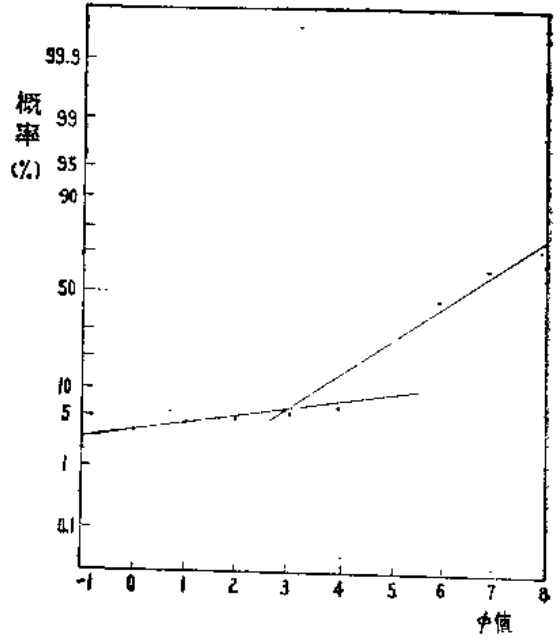


图 4 32号样粒度概率图

计20个样品，约占总样品数的51%，故为主要的粒度组合形式。其粒径范围一般为2—10，个别—0.2—10。截点平均值5.55；跳跃组分平均含量45.4%，直线斜率平均倾角50度。粒度参数平均值：中值6.93，偏差2.54，偏度0.35，尖度1.1。可见，相对于第1类二段式，粒度明显偏细，分选和集中趋势均变差。可以17号样品粒度概率图为代表（图5）。

3. 三段式

计有1、9、22、25、35、36等6个样品。粒径范围—3—10。粗截点位于0.7—4.8，细截点2.8—5.8。跳跃段斜率倾角平均值约为59度，平均含量约55.8%。粒度参数平均值：中值4.80，偏差1.75，偏度0.13，尖度1.19。因此，该粒度组合亦为以粉砂、粘粒为主的、分选和集中趋势差的样品。以9号样品为代表（图6）。

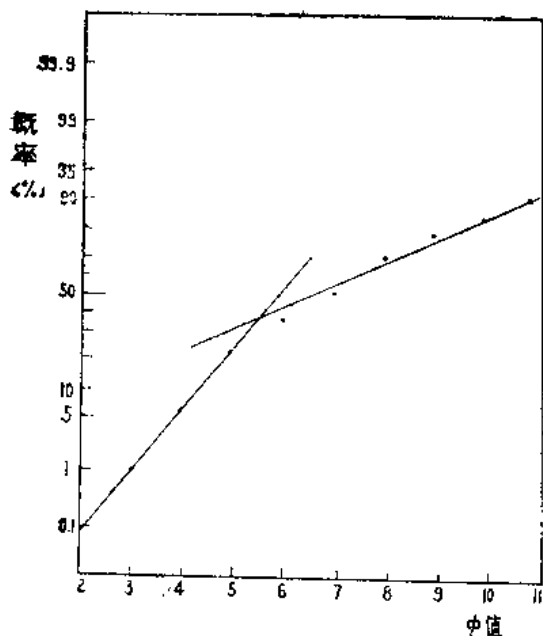


图5 17号样粒度概率图

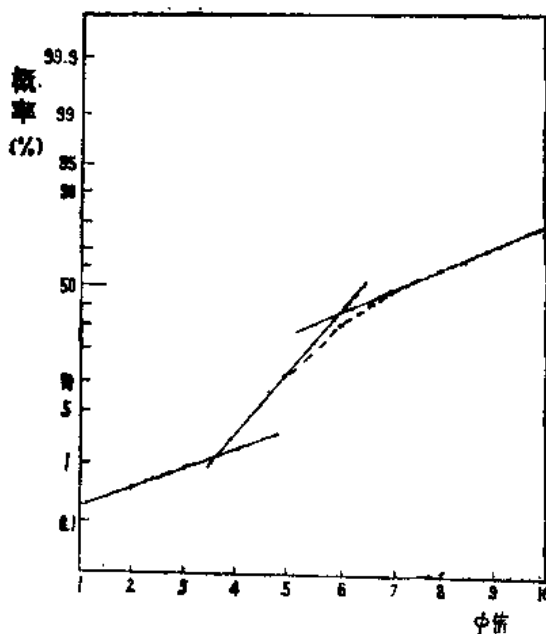


图6 9号样粒度概率图

二段式曲线沿河流流向有明显变化规律：由第一亚类过渡到第二亚类，和截点数值逐渐增大的趋势。以南支样品为例（图7）。

样品粒度参数中的中值和偏差值，自上游向下游也有增大趋势。譬如，若以4号、16号、25号样品点连线划分上、下游，则其平均中值由2.02增至7.21，平均偏差值由0.91增至2.58。

二、沉积物粒度特征的环境意义

首先，我们通过沉积区的其他地质研究，可以排除表层沉积的海相环境的可能性（粒度曲线也可以证明）。

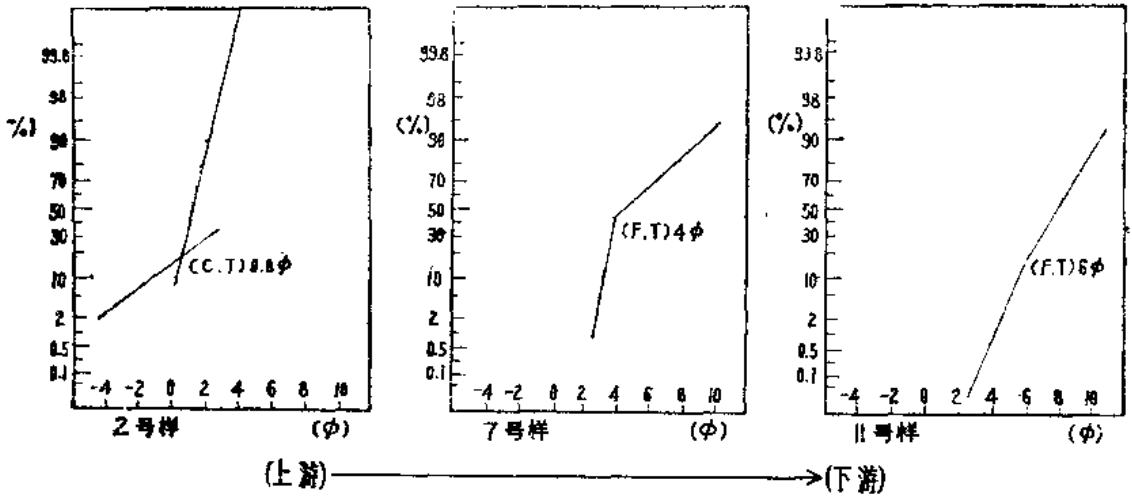


图7 南支样品二段式粒度概率曲线变化图

其次，各种类型的粒度曲线，粒径范围均限宽，也不是风成的特征。因为风成沉积，常常有一定的粒径限制，而且，峰态常很尖锐。

大陆的水成沉积物，可以由单向流水和双向流水形成。前者是河流的特征，后者是滨湖水流的特征。双向流水沉积的粒度概率图，其跳跃组分由于受冲流、回流的双重影响而表现为两段微有交角的直线（图8）。而且，概率图一般为三段式或四段式。这是由于湖泊的季节性水进和滨湖波浪活动所形成的回流次总体加入的结果。越是大型湖泊，这种形式越发育。综观赣江河口平原表层沉积物的粒度概率图，没有一个具备这种双向流水环境的特点。因此，这些沉积物可能都是河流环境的产物。

河流沉积物由于其杂复而多变的环境，至今还很难概括成一种典型、固定的粒度概率图模式。但是，中、外沉积学研究者根据大量古代和现代河流沉积物粒度资料的综合概括，认为河床沉积物的粒度概率图一般具有以下特点：

1. 跳跃组分是主要成分，其所代表的线段斜率倾角为60—65度，分选中等，粒度范围1.75—2.50φ；
2. 一般有发育良好的悬移组分，含量5—20%，细截点位置2.75—3.50φ；
3. 有或无滚动组分，若有，粒度粗于1φ。

这就是说，河床沙一般由跳跃和悬浮两个次总体组成，粒度细偏，分选中等。若为河床两侧的沉积，譬如天然堤沉积，则粒度更细，常主要为悬浮次总体。有时，甚至粒度概率图上只表现代表悬浮组分的一段直线。

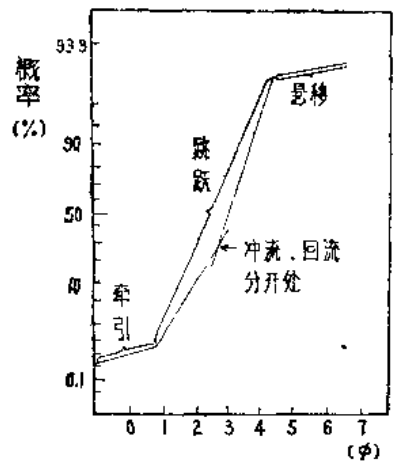


图8 滨湖低冲流带的典型粒度概率图

比较赣江河口平原表层沉积物的粒度概率图式，除粒度总体上偏细之外，其他特征与上述类似。譬如，跳跃组分平均含量达 61.03%，代表线段的斜率平均倾角为 54 度。悬移与滚动组分的平均含量，分别为 32% 和 7.3%，显然前者较后者发育。同时，在二段式概率图中，由跳跃和悬移组分构成的图式占二段式图数的 71%，占样品总数的 51%，亦为最发育的粒度组合。至于粒度总体偏细，是因为采样并不在各分流河床，而是在其两侧现代人工圩堤以内，多数样品可能属于天然堤沉积或接近天然堤沉积。

其次，如前所述，样品中值和标准偏差的 ϕ 值自上游向下游增大。表明沉积物颗粒直径向下游变细和分选性向下游变差。前者，毫无疑问是河流的特性之一。而后者，是由于分流愈接近湖泊水面，其单向水流的动力愈弱。当其减弱到某一临界值后，悬移细粒亦在河流两侧大量沉落，从而与较粗的颗粒混在一起，形成一种斜率很小的粒度概率图式（图 9）。这种机制，与河流环境中的洪流或洪泛作用，十分类似。

总之，赣江河口平原表层采样，其粒度概率图和粒度参数特征，主要表现河流环境。与典型的河床相粒度概率图比较，沉积物中各次总体的粒度范围更广，粒级和粗、细截点位置偏细。因此，它们可能主要是人工圩堤修建之前的近河床洪泛堆积或漫滩堆积。将这些样品投点于 CM 图上（图 10），显示了一种缺乏滚动组分的河流（拖流）环境的粒度组合图形。

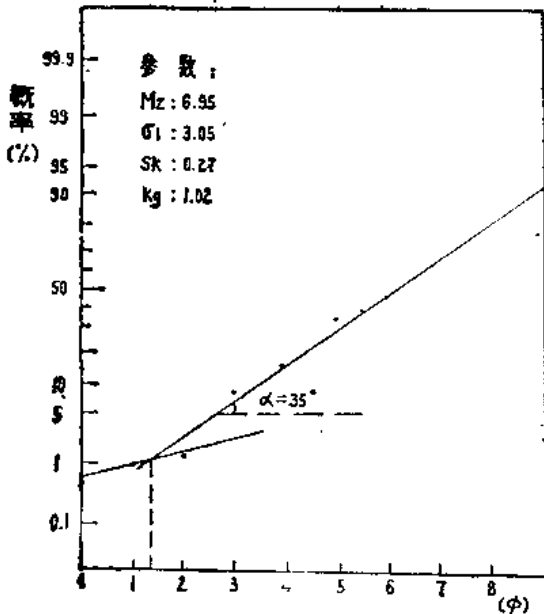


图 9 39号样粒度概率图

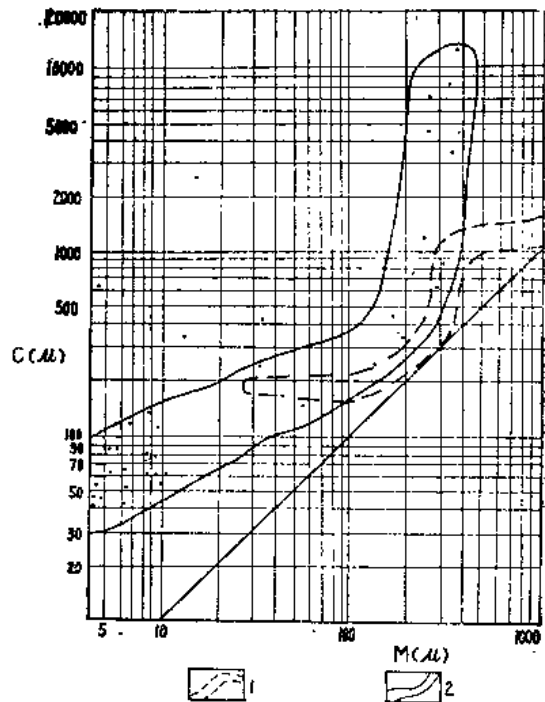


图 10 赣江河口平原表层沉积粒度 CM 图
1. 河流 CM 图模式 2. 实测样品 CM 图

三、沉积物环境意义与鄱阳湖历史水域的变迁

大约距今 1500 年左右，“彭蠡泽”古水域自北面南跨过松门山形成了统一的鄱阳湖大水面。大水面形成至今，变迁如何？研究者们有两种观点：其一，水域面积逐渐扩展。如果

“毁除”人工圩堤的影响，其最大水面就是现代。其二，鄱阳湖水面形成以后，于南朝至唐初（公元五世纪早期至公元七世纪初）达到最大水面。湖泊西界抵今涂家埠沿赣江主支一线，即今赣江河口平原当时全为湖水淹没。宋、元、明时期（公元十世纪中叶至公元十七世纪早期），为河口三角洲迅速建造、湖域退缩期。清代初期以来，又为湖泊水域扩张期。

对于第二种观点，我们认为值得商榷。因为，如果鄱阳湖湖泊水面，曾经涵盖今赣江河口平原并时达200—300余年，则必然遗下湖泊相沉积。其后至清初的700余年，为三角洲沉积。清以来又为湖相沉积。如此，1500年以来，赣江河口平原上部应以湖相及河口三角洲相沉积为主。按照现代鄱阳湖平均沉积速率2毫米/年计算，平均沉积厚度应为2—3米。本次粒度采样深度已达2.0米左右，样品反映的主流为河流环境，与以上第二种观点的推断不能吻合。这说明，赣江河口平原表层沉积，同鄱阳湖现代湖相沉积，主要是同期异相的关系。

根据以上事实并结合其他佐证，我们推断：鄱阳湖形成以后，是逐渐扩展其水域的。最初，由于赣江流域巨大的输沙量（占五河的61%）使其河口扇形冲积平原既高且大，东部的饶河、信江等河口地区显得低凹，湖泊自北向南推展时首先沿这些低凹地上溯。因此随代命名鄱阳湖时，是以水侵“鄱阳山”（今波阳县城东表恩附近）为根据。清光绪廿二年编《江西全省舆图》：“鄱阳湖即禹贡之彭蠡，隋以其接鄱阳山因易今名……”的记载可为史据。而这时的赣江河口地区（今四支分布区），仍为河网交织的冲积平原。只不过，由于湖泊水面的形成大大削减了河流的水力坡降，各河流水力条件因而减弱，携沙能力亦相应降低，沉积物粒度组合亦因此偏细。此后，随着长江河床日益南迁和水流归槽，鄱阳湖水位日益提高而逐渐扩展湖域，赣江河口平原上的洪泛沉积更趋发育，进一步加重了表层沉积的细偏倾向。清代末期以来，鄱阳湖汛期水位可能确已淹及赣江河口平原。但是，人类围垦能力日益加强，尤其新中国成立以来系统围垦的巨大发展，阻截了湖侵的自然扩张，从而使平原表部的湖相沉积很不发育而又十分零星。因此，粒度资料主要表现河流特征就是顺理成章的了。

四、结 论

1. 鄱阳湖区现代赣江河口平原表层沉积粒度资料，主要表现河流环境特点，是河流漫滩亚相或洪泛亚相的沉积。其粒度总体偏细的原因，是湖泊形成后对入湖河流顶托滞水作用造成。

2. 按照现代鄱阳湖平均沉积速率推算，赣江河口平原表层2米左右厚度的沉积，约代表1000年左右的时段。其底界大约相当于我国唐代。由于沉积物为河流环境产物，故唐代至今鄱阳湖湖泊水面并没有长时期淹没赣江河口平原的证据。

3. 由于现代赣江河口平原地表高程一般为吴淞18—20米，小于鄱阳湖汛期最高水位（1983年最高水位21.71米，湖口站吴淞水位）。因此，如果没有现代人工圩堤的系统阻截，鄱阳湖汛期水域应扩侵至赣江河口平原。据此并根据以上各点，我们认为鄱阳湖历史水域是逐渐扩展的。其最大水域期，如果剔除人为因素，应为现代。

主要参考文献

- 〔1〕 华东石油学院勘探系基础地质 石油地质教研室 《沉积岩》 1975年
石油化学工业出版社 1978年
- 〔2〕 朱海虹等 鄱阳湖的形成演变与现代三角洲沉积 1980
江西省地质矿产局水文地质工程地质大队 《鄱阳湖地质参考资料专辑》 1982年12月
- 〔3〕 雷裕江等 《鄱阳湖的形成演变及发展趋势考察课题的研究报告(初稿)》 1985年

江西省土体工程地质类型及基本特征

刘光明

江西省河、湖相堆积的土体主要分布在鄱阳湖平原和赣江、抚河、信江、饶河（又称鄱江）、修水及各支流河谷地带；残坡积堆积的土体主要分布丘陵岗地；类似泥石流堆积的冰川泥砾土体仅局限分布庐山地区。

上述土体，根据土的粒度成分及工程地质特征，可划分为粘性土、非粘性土和特殊土三类。粘性土指粘粒组大于3%，砾石粒组小于10%的粘土、亚粘土及亚砂土；非粘性土指砂性土（粘粒组小于3%，砾石粒组小于10%）和砾质土（粘粒组小于3%，砾石粒组大于10%）；特殊土指淤泥类土（液性指数大于0.75，天然孔隙比大于1，有机质含量及含水量较高，承压低，呈软塑——流塑状态的淤泥和淤泥质土）和粒度变化悬殊的冰川泥砾土。其结构类型按粘性土和非粘性土在垂向上的组合不同，有单层（以粘性土或非粘性土为主，其它夹层累计厚度不超过总厚度的10%，单夹层厚度小于1米）、双层（粘性土与非粘性各一层）、多层（粘性土与非粘性土互层）三种类型。

一、粘性土类

广泛分布于赣、抚、信、饶、修五河河谷、鄱阳湖平原、长江沿岸，以及次级水系岗间低地。包括第四系冲积相、湖冲积相及洪冲积相的上部（除淤泥类土外的）一般粘性土和下——中更新统残坡积相含少量碎石的粘土、亚粘土。厚度一般主流大于支流，下游大于上游，滨湖地带大于河谷地带，长江沿岸则更大（表1）。除北部九江——马垱及部分低丘陵岗地带的上更新统冲积相粘性土（又谓“泛滥层”）和下——中更新统残坡积相粘性土为单层结构及赣抚三角洲萝卜湖和成新农场一带为多层结构外，一般与下伏非粘性土组成双层结构土体。

该类土体主要物理力学指标如表2。其平均天然含水量24.67%，孔隙比0.758，压缩系数0.024平方厘米/公斤。属中等压缩性土。平均允许承载力2.56公斤/平方厘米（查表法，下同）。渗透系数 9.2×10^{-8} — 2.1×10^{-4} 厘米/秒，可视为相对隔水层。但由于形成时代和成因等不同，其工程地质性亦有差异：

全新统粘性土颜色多为浅黄色、浅褐色。粘结程度较差，天然含水量和孔隙比相对较高，一般为可塑状中等压缩性土。工程实践证明，其作建筑地基需做一定处理。

上更新统粘性土多呈棕黄色、桔黄色，具稀疏似网纹结构。中、下更新统粘性土则多呈棕红色、桔红色，具蠕虫状网纹结构。它们粘结性较好，天然含水量和孔隙比低于全新统粘性土。常呈硬塑状，属中——低压缩性土。允许承载力亦高于全新统粘性土。其作为一般建筑

土体(粘性、非粘性土)厚度统计表

表 1

水系流域		区 段 (或地点) 名 称	上部粘性 土 厚 度 (米)	下部非粘 性土厚度 (米)	第 四 系 厚 度 (米)	统计孔数 (或资料 来 源)	
赣 江 流 域	赣 水 主 流	万安——泰和	$\frac{5.62-10.95}{7.84}$	$\frac{2.0-16.1}{7.41}$	$\frac{9.8-22.96}{15.25}$	9	
		泰和—— 吉 安 市	$\frac{2.3-9.7}{6.47}$	$\frac{1.6-9.62}{5.53}$	$\frac{10.06-15.12}{12.0}$	6	
		吉安市—— 新 干	$\frac{1.0-10.0}{4.78}$	$\frac{2.8-14.69}{7.44}$	$\frac{7.7-15.9}{12.22}$	5	
		新干——丰城	$\frac{1.3-9.2}{3.41}$	$\frac{6.75-13.15}{10.74}$	$\frac{10.85-17.15}{14.16}$	7	
		丰城——南昌 市 昌 北	$\frac{1.20-12.2}{5.73}$	$\frac{9.22-32.70}{18.54}$	$\frac{11.83-37.4}{24.27}$	12	
	贡 水	贡 水 主 流	赣县—— 赣 州 市	$\frac{3.93-7.40}{6.16}$	$\frac{2.05-9.23}{5.28}$	$\frac{3.45-13.16}{11.44}$	3
		平 江	兴 国	$\frac{1.50-6.86}{4.01}$	$\frac{1.50-4.20}{2.28}$	$\frac{5.7-8.96}{6.83}$	4
		湘 水	会 昌	$\frac{3.89-7.0}{5.45}$	$\frac{0-8.32}{4.16}$	$\frac{3.89-15.32}{9.61}$	2
	章 水	唐江、南康 ——赣 州	$\frac{2.2-7.4}{5.08}$	$\frac{2.05-13.34}{7.61}$	$\frac{9.19-17.69}{12.69}$	4	
	遂 川 江	遂 川	$\frac{0.2-0.4}{2.29}$	$\frac{0.61-18.05}{5.19}$	$\frac{3.95-20.20}{7.48}$	16	

续表 1

水系流域	区 段 (或地点) 名 称	上部粘性 土 厚 度 (米)	下部非粘 性土厚度 (米)	第 四 系 厚 度 (米)	统计孔数 (或资料 来 源)	
赣 江 流 域	蜀 水	马 市	$\frac{2.0-2.01}{2.0}$	$\frac{1.0-2.97}{1.99}$	$\frac{3.0-4.98}{3.99}$	2
	禾 水	南坑——岗背	$\frac{4.0-8.0}{5.68}$	$\frac{1.0-5.0}{3.12}$	$\frac{7.5-12.0}{8.80}$	据1/20万吉 安市幅报告
	泸 水	安福——吉安			$\frac{4.75-19.12}{9.67}$	6
	龙 江	值 夏	$\frac{1.3-13.10}{2.40}$	$\frac{3.10-3.80}{3.40}$	$\frac{5.10-6.40}{5.80}$	3
	恩 江	藤 田	$\frac{8.58-9.12}{8.85}$			2
		永丰县城			$\frac{8.10-10.0}{9.05}$	2
	同江河		$\frac{3.0-4.95}{3.52}$	$\frac{3.82-14.4}{8.81}$	$\frac{6.82-17.15}{12.33}$	4
	袁 水	新余——昌付	$\frac{1.64-4.30}{2.81}$	$\frac{3.19-8.40}{5.94}$	$\frac{5.40-11.30}{8.75}$	6
	锦 江		$\frac{1.40-4.10}{3.14}$	$\frac{0.70-5.90}{3.61}$	$\frac{3.80-9.50}{6.75}$	9
抚河 流域	抚河主流	抚州段(浒湾 ——华溪)	$\frac{0.8-5.36}{3.07}$	$\frac{0-9.5}{7.26}$	$\frac{5.36-12.52}{10.33}$	6

续表 1

水系流域	区 段 (或地点) 名 称	上部粘性 土 厚 度 (米)	下部非粘 性土厚度 (米)	第 四 系 厚 度 (米)	统计孔数 (或资料 来 源)	
抚 河 流 域	盱 江	上 游	1.0-3.6	5.20-9.67	系指全新统冲 积层(据1/20 万南城幅水 文地质报告)	
		下 游	0.8-4.0	7.20-10.23		
	崇仁河		$\frac{0.5-3.25}{2.09}$	$\frac{4.10-10.9}{6.22}$	$\frac{3.04-11.70}{8.31}$	5
信 江 流 域	信江干流	贵溪——余干	$\frac{2.0-4.79}{3.42}$	$\frac{9.4-17.71}{11.70}$	$\frac{13.10-22.50}{15.12}$	5
	白塔流		0.79-3.21	3.45-6.95		据1/20万抚 州幅水文地 质 报 告
鄱 江 流 域	乐安河		$\frac{1.62-10.24}{6.05}$	$\frac{1.53-17.0}{6.75}$	$\frac{10.17-22.0}{12.8}$	11
		昌 江		$\frac{1.80-6.60}{4.58}$	$\frac{1.20-10.13}{6.22}$	$\frac{3.0-15.13}{10.8}$
	潼津河、西河		$\frac{6.0-8.07}{7.1}$	$\frac{0.92-9.84}{3.48}$	$\frac{7.57-16.5}{10.59}$	4
修 水 流 域	修 水	三 都	$\frac{1.5-6.43}{3.73}$	$\frac{2.0-4.91}{3.14}$	$\frac{4.0-11.34}{6.87}$	4
	潦 河	南北潦河	$\frac{1.3-4.73}{3.35}$	$\frac{1.54-6.82}{4.23}$	$\frac{5.12-11.55}{7.58}$	9

续表 1

水系流域		区段 (或地点) 名称	上部粘性 土厚度 (米)	下部非粘 性土厚度 (米)	第四系 厚度 (米)	统计孔数 (或资料 来源)
滨湖 三角 洲 平 原	赣江三角洲	上覆第一个 二元结构	4.0-8.0	厚度可 达 30 米		据1/20万波 阳幅水文地 质报告
		下伏第二个 二元结构	6.0左右	22.0左右		
	抚河三角洲	上覆二元结构	4-7	2.0左右		据1/20万波 阳幅水文地 质报告
		下伏二元结构	5-15	15-20		
	信、鄱江 三角洲		6-10	6-20		据1/20万波 阳幅水文地 质报告
	修水三角洲		6.25-7.5	12.5-15.0		据“鄱阳湖 区工程地质 概况”剖面 资料
湖 外 水 系 域	长 江 流 域	瑞昌——九江	$\frac{1.20-31.64}{12.04}$	$\frac{1.9-65.41}{23.98}$	$\frac{8.66-76.21}{36.03}$	11
		九江——彭泽	$\frac{6.08-22.61}{13.24}$	$\frac{1.63-137.47}{50.73}$	$\frac{17.0-153.79}{63.96}$	(双层结构) 5
		九江——彭泽			$\frac{12.18-45.96}{22.08}$	(均一结构) 9

注：分子代表厚度最小最大值；分母代表厚度平均值。