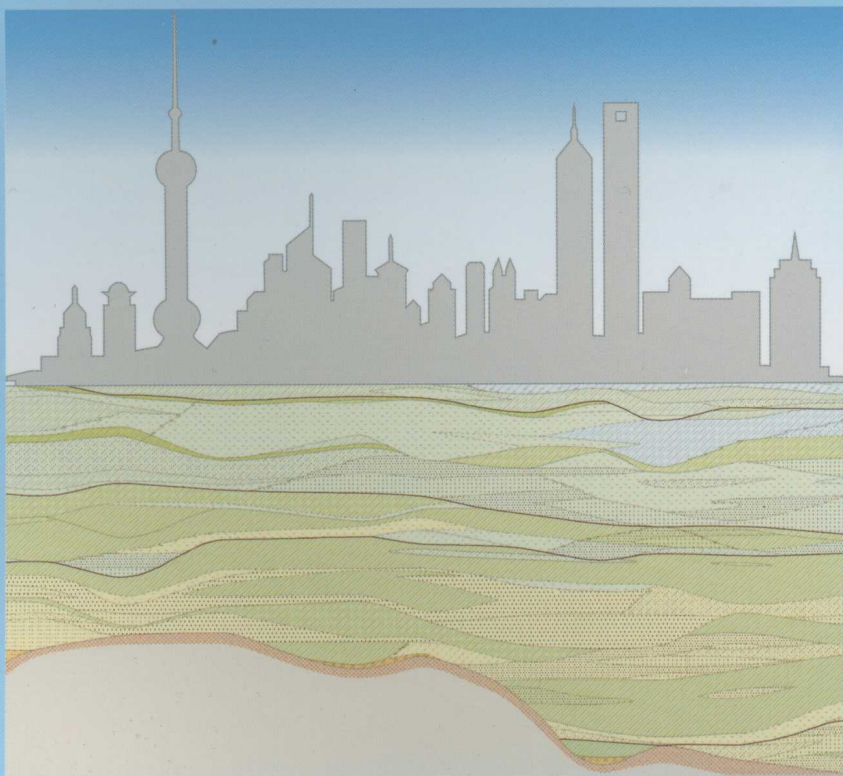


上海市第四纪地层与沉积环境

邱金波 李 晓 著



上海科学技术出版社

上海市第四纪地层与沉积环境

邱金波 李 晓 著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

上海市第四纪地层与沉积环境 / 邱金波, 李晓著. -

上海: 上海科学技术出版社, 2007.8

ISBN 978-7-5323-8822-6

I. 上… II. ①邱…②李… III. ①第四纪 - 地层层序
- 研究 - 上海市②第四纪 - 沉积环境 - 研究 - 上海市

IV. P535. 251

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 007238 号

审图号: 沪 S(2006)216 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海出版印刷有限公司印务分公司

新华书店上海发行所经销

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

开本 16 开 印张 16 字数 385 000

印数 0 001-1 050 定价: 86 元

版权所有·不准翻印

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

内 容 简 介

本书根据上海市地质调查研究院 20 多年来第四纪地质调查和研究结果编写而成。本书阐明了上海市第四纪沉积的区域地质构造背景、沉积物特征、地层的划分与分布及沉积环境演变,讨论了第四纪海侵、晚第四纪沉积模式及与工程地质、地面沉降评价有关的应用地质问题。

本书论点明确,依据资料丰富,可供从事地学研究、地质勘察和有关高等院校师生参考。

序

——为《上海市第四纪地层与沉积环境》而作

第四纪地层学是地质科学研究最近地质时期地球演化史的基础学科之一。当前,随着人类与地球资源、环境的协调发展问题日趋突出,为适应人类可持续发展的需要,对第四纪这一在地史上时间跨度相对较短、但与人类的生存和发展密切相关的最新地质时期、尤其是晚近第四纪时期沉积地层与地质环境演化的探讨,成为近期国内外地学研究十分重视的热门课题。

上海市位于中国大陆东部、为广厚的第四纪松散岩层覆盖的长江三角洲河口滨海平原上,陆域面积(6 340km²),仅为全国国土总面积的 0.066%(1997);但是它在我国有着举足轻重的经济地位,所处的第四纪地质环境及其变迁过程在我国东部滨海平原也具有一定程度的代表性。通过这一窗口,了解长江三角洲平原乃至中国东部滨海平原地质环境系统的演化过程及共同面临的地质环境的趋利避害问题,无疑在理论与实际应用上都具有相当重要的意义。

地质科学是一门实践性很强的科学,对地球奥秘的揭示常常来自于地学工作者长期不辞艰辛的野外实践结果。这正如澳大利亚地质学家 M.A.J. Williams (1993)在他编写的《第四纪环境》一书的序中有感而发的:“客观的规律总是‘一盎司’的实践知识比‘一磅’理论更值钱”。本书作者所在的地质勘察单位自 20 世纪 50 年代末建立以后,结合上海与毗邻省区开展的区域性水文—工程地质、基础地质和遥感调查及矿产资源勘察,实际上在半个世纪以来长期进行范围广泛、逐步深入的野外第四纪地质调查和实验研究工作。本书作者近 20 多年来以多重地层划分理论为指导,吸收现代科技进步成果,综合分析了遍布上海陆域的大量深孔地层观察资料和数以万计的样品测试结果,积累了极其宝贵的野外观察岩心剖面资料和综合测试成果,这些工作为本专著的编写奠定了扎实可靠的基础。

这本专著如实地反映了上海陆域第四纪地层与沉积环境研究所取得的巨大进展,其所附图件、图版资料之丰富、精彩,所具测试成果的充分、新颖,目前我国滨海平原的地质专著中尚属仅见。相信这一本科学性和实用性都很强的地质专著的出版,无论对东部滨海平原地带第四纪地层的划分对比,对晚新生代以来地质环境的演化和第四纪海侵异同特征等的研究,还是对从事水文地质、工程地质、环境地质勘察与有关院校的教学参考,以及国际学术交流等,均将发挥相当大的作用。



2006 年 11 月 10 日

前 言

本书是有关调查、实验部门许多地学、科技工作者长期来共同劳动的结晶。专著的编写虽然主要是根据上海市房屋土地资源管理局所属上海市地质调查研究院 20 多年来的第四纪地质调查、研究结果,但是综合利用的资料可上溯到 20 世纪六、七十年代的地质勘察成果。

这里首先要感谢众多实验单位为我们承担了大量的样品实验研究工作,主要有原属地质矿产部的地质研究所、地质力学研究所、矿床研究所、岩溶地质研究所、水文地质环境地质研究所、海洋地质研究所、南京地质矿产研究所、吉林省石油地质普查指挥所、辽宁、江苏、浙江、江西等省地质矿产局和无锡石油地质中心实验室等,还有其他系统的北京地震地质大队实验室、中国科学院海洋研究所古地磁实验室、南京古生物研究所、同济大学海洋地质系、华东师范大学地质地理系和中国地质大学等单位,众多的科技人员为此付出了巨大的智慧和辛劳。

需要提及 20 多年来,承担此项第四纪地质调查研究工作的除作者外,还有戴锦明、黄焕忠、张祖培高级工程师,参与部分工作的有范仲仁、叶裕民、李金柱、施玉麒、徐明德等高级工程师。图件的电脑成图主要由上海市地质调查研究院沈建平、季玲安完成,李华利、钱惠琴等参与了部分成图工作。汪蓓妮除参与电脑成图工作外,还进行了所有图件的最后整饰,并协助作者完成了本书图文的编排任务。

本书的编写、出版,有赖于现上海市房屋土地资源管理局副局长、前任上海市地质调查研究院院长陈华文博士和现任院长魏子新博士及上海科学技术出版社领导和专家的倾力支持和热情指导;魏子新博士任院总工程师时,还亲自编写了本书的沉积物粒度成分、黏土矿物及孢粉组合等部分章节的图、文。最后,幸赖于上海市地质调查研究院地面沉降和水资源研究所所长王寒梅女士的悉心组织领导,才使本书得以顺利编就付印。还要重笔表达的是,还有不少人员为前期的野外调查工作付出了辛劳,这里就不一一列举了。在此,谨向曾为本书作出过贡献的所有地质队员致谢。

邱金波 李 晓

2006 年 10 月

目 录

第一章 概 论	1
第一节 上海第四纪地质的研究意义	1
第二节 上海第四纪地质的研究历史	2
第三节 上海第四纪地质的研究方法和研究工作	5
第二章 区域地质背景	7
第一节 沉积盆地形成的地质构造背景	7
第二节 沉积盆地构造	10
第三节 区域地貌特征	11
一、邻近区域地貌区划	11
二、上海地貌区划	12
第三章 沉积物特征	15
第一节 粒度成分	15
一、沉积物类型	15
二、沉积物特征及分布	17
三、沉积物粒度变化与沉积环境演化	18
第二节 碎屑矿物	25
一、重矿物成分	26
二、重矿物组合分带	26
三、应用重砂分析结果探讨沉积环境与古气候	30
第三节 黏土矿物	35
一、黏土矿物的环境指示意义	35
二、黏土矿物种类	36
三、黏土矿物组合分带	39
四、古气候环境分析	45
第四节 化学成分	46
一、氧化物特征	46
二、氧化物含量变化与沉积物的关系	48
三、氧化物含量变化与风化程度的关系	50
四、微量元素特征	53
五、沉积磷酸盐特征	55
第五节 沉积物岩性及构造	55

一、沉积物的颜色	55
二、沉积物的物性状态特征	57
三、包含物	59
四、特殊沉积物	60
五、沉积构造特征	67
第四章 第四纪地层划分	69
第一节 地层划分标准	69
一、第四系下限	69
二、第四系内分	70
第二节 生物地层及第四纪海侵	70
一、研究钻孔及所见化石门类	70
二、古生物化石组合类型	72
三、第四纪海侵	77
第三节 孢粉组合及气候地层	89
一、钻孔孢粉组合分带特征	89
二、综合孢粉组合分带特征	89
三、古植被与古气候演变	99
第四节 古地磁及地层定年结果	102
一、古地磁学研究结果	102
二、地层定年结果	112
第五节 沉积旋回与剥蚀面	117
一、沉积旋回	117
二、剥蚀面	120
第六节 多重地层划分	121
第五章 地层分述	127
第一节 上新统	127
一、层型剖面	127
二、对比剖面	132
三、崇明组地层总体特征	133
第二节 下更新统	135
一、层型剖面	135
二、对比剖面	137
三、安亭组地层总体特征	140
第三节 中更新统	145
一、层型剖面	145

二、对比剖面	147
三、嘉定组地层总体特征	150
第四节 上更新统	153
一、川沙组	154
二、南汇组和滬湖组	158
第五节 全新统	173
一、娄塘组	175
二、上海组	180
三、青浦组 / 如东组	185
第六章 沉积环境演化及沉积模式	191
第一节 上新世	191
第二节 早更新世	193
第三节 中更新世	199
第四节 晚更新世	202
第五节 全新世	209
第六节 沉积模式与沉积分区	215
一、沉积模式	215
二、沉积分区	217
第七章 应用地质问题	220
一、既有地质结构分区论述	220
二、松散盖层地质结构分区	221
三、地质结构分区特征	222
参考文献	226

第一章 概 论

第一节 上海第四纪地质的研究意义

地层学是地质科学的一门基础学科,第四纪地层学则是这门学科研究最近地质时期地球演化史的一个分支。第四纪是地球发展史上最新的一个地质时期,虽然其时间跨度相对较短,但是第四纪期间发生的一系列重大地质事件,对人类的出现与生存、发展环境具有决定性的影响。例如,青藏高原的继续强烈隆起结果,对大气环流格局和东亚季风的形成,中国大陆由西而东出现依次下降的三级阶梯为特征的地形格局;全球性气候恶化,地史上又一个大冰期降临,两极冰盖终于形成,我国西北黄土高原巨厚黄土地层的堆积及西北戈壁、沙漠的形成和发展;受地球轨道要素周期性变化的制约,全球性的冷干、暖湿气候变迁频繁交替,极地冰盖与山岳冰川的增减进退,海平面出现相当频繁、幅度颇大的升降变化,我国东部平原和滨海陆架的海、陆环境格局发生剧烈的交替变迁;大陆内部众多巨型湖泊趋于消亡,黄河、长江等原内流河发展成为东西贯通、外流入海的大河,等等。由于它与人类的生存和发展密切相关,因此这一在地史上历时很短的地质时期的研究受到了人们的极大关注。随着人类的共同家园地球的荷载日益加重,人类与地球资源、环境的协调发展问题日趋突出,对第四纪、尤其是晚第四纪时期地质环境的研究,更成为地学工作者倍加重视的重大课题。面对日益严峻的地球温室效应与海平面上升问题,为适应人类可持续发展的需要,以高分辨率的晚第四纪地层研究,探寻具精细时间尺度的古气候周期性变化的答案,成为近期第四纪研究的热门课题。

上海市的面积为 $6\,340\text{km}^2$,其面积仅为全国国土总面积的 0.066% (1997),但是它在我国有着举足轻重的经济地位,所处的第四纪地质环境及其变迁在我国东部滨海平原也具有一定程度的普遍性和特殊性的显著特征,通过这一窗口,对了解长江三角洲乃至中国东部滨海平原地质环境系统的演化过程,其代表性是相当强的。

第四纪时期青藏高原的持续隆起,塑造了中国现代地形格局,形成六个不同的地质环境系统(刘东生等,1997)。上海位于中国东部沉降平原与滨海大陆架这两个地质环境系统的交接带上。第四纪以来,随着青藏高原的持续隆起,以及全球性古气候旋回的周期性变化引起的环境效应,如沉积环境与海水的升降、进退变迁,包含地壳变动与气候变化的内外两种地质营力的长期作用及其发展过程,在第四纪沉积中留下了环境演化的相应记录,在沉降平原与滨海陆架交接地带对地质环境变动、尤其是海、陆交替变迁的响应更是相当敏感。对上海第四纪期间形成的沉积地层这一宏篇巨著的悉心研读,发掘其中蕴涵的诸多地质事件的丰富信息,揭示其由早期的陆相环境—中期的海陆过渡—晚期以海相为主环境的第四纪地质环境演变历史,反映第四纪期间上海所处的地质环境,由沉降平原内部至平原前缘的东部平原系统,再向滨海陆架系统逐步推进、地壳沉降渐行加强的演化过程。这与青藏高原的持续隆起恰成倒影,显示地壳均衡调整机制的作用。从一个侧面证明,全球环境变化和青藏高原隆起是影响中国第四纪地层发育和地质环境演化的主要因素(刘东生等,1997)。

在上海地面以下数百米厚的松散岩层内蕴藏着丰富的地下水,对此,早在 20 世纪

20 年代起就有英国学者前来进行凿井开采和有关第四纪地层的研究。近一个世纪来,随着上海这一国际性特大型城市的形成和持续扩展,对地下水资源的需求急剧增加,近期更在地下含水层中发现了极其宝贵的天然矿泉水资源,有关第四纪地层系统的正确厘定、岩石地层的详细划分、对比与分布,以及沉积环境变迁的重建等,都需要籍助于勘察成果的综合研究给予充分、可靠的论证。分布较浅的晚第四纪地层中的砂层、硬土层是承载城市建(构)筑物桩基或天然地基的持力层,近年伴随上海城市建设迅猛发展而提上日程的城市地下空间的开发利用课题,还有愈益受到人们关注的上海地面沉降等地质灾害的控制,迫切要求对不同地区的第四纪地层结构、组成成分与沉积环境演变过程等基础地质问题予以明确、切实的阐明。通过研究第四纪地层中的沉积间断面与构造活动形迹,以及区内磁性地层与极性年表的对比分析,可以为新构造活动性质及活动断裂的确定提供重要的佐证,这与城市地壳稳定性评价的关系很大。总之,第四纪地层与沉积环境的研究,在理论与实际应用上都具有重大的意义。

本书旨在对原地质矿产部上海地质矿产局下属地质勘查单位,今归属上海市房屋土地资源管理局的上海市地质调查研究院,经近 20 多年的第四纪地质工作成果作一系统的总结,以阐明上海第四纪沉积的区域地质背景、沉积物特征、地层的划分与分布、沉积环境演变与重大地质事件及应用地质问题,为上海城市地质的深入研究与城市规划建设的实际需要及进行学术交流和教学、科普提供一份较有价值的参考文献。

第二节 上海第四纪地质的研究历史

对上海基岩以上疏松沉积层的研究可以上溯到 20 世纪 20 年代,英商上海自来水公司等为解决上海的供水与航道疏浚问题,开始在这里进行凿井钻探和地层勘查。先后有 E.C.Stocker 1921 年发表《上海周围及邻近地区的土层调查》一文,论述了松散沉积层的特征与土层对比;H.Chatly 1926 年著文,论证上海及邻区钻遇的沉积层是在长江三角洲持续沉降和沉积作用下形成的;G.B.Cressy 1928 年发表《The Geology of Shanghai》一文,论述了长江三角洲的沉降、沉积速度与海侵、海退的相互关系及所形成的巨厚第四纪沉积层。

大规模的第四纪地质调查研究是在中华人民共和国建立以后,随着国家投入的水文、工程地质和矿产资源勘察的全面开展而持续进行的。相应的调查研究重点与研究深度,随着时代的进展,大致可以分为三个阶段。

早期,20 世纪的五、六十年代,可称为奠基阶段,通过上海市至长江三角洲地区区域性的广泛实地调查,为阐明区域第四纪地质与地质环境特征奠定了基础。

1959 年,华东师范大学陈吉余等通过对长江三角洲地貌、第四纪地质和新构造运动的广泛调查研究,论证了长江三角洲的发育形成过程;梅安新著文《长江三角洲第四纪地质》,将上海基岩以上覆盖的疏松沉积层全部置于第四系,并四分为下、中、上更新统和现代统。

1962 年,由上海市地质勘查局陈焕疆等编写的《上海市石油天然气地质普查总结报告》,将埋深一般至 90~110m、崇明地区埋深至 150m 以上的海陆交替堆积,与苏北东台群对比,将之归属第四系;认为其下系弱胶结的、基本为陆相的地层,可与苏北盐城组对比,将之划为上第三系。嗣后于 1964 年,地质部石油地质中心实验室在编纂石油地质图集

时,将上述分层方案赋予岩石地层单位名称,在“第四系”内建立了“上海组”(属全新统)、“南汇组”(属中、上更新统)和“川沙组”(属下更新统);将“上第三系”名之为“宝山组”(属上新统)。后来的不同研究者虽然对地层年代的归属认识不一,但所命名的岩石地层单位名称则被广为沿用下来。

1964年,上海市地质勘查局通过全市地质矿产的实地调查,形成了实测的上海 1:10 万地质地貌图和贝壳砂、泥炭等矿产资源分布图件。

中期,20 世纪的 70 年代至 90 年代中期,可称为夯实阶段。随着区域性水文、工程地质和环境地质普查的蓬勃开展及点上专门研究的启动,第四纪地层与沉积环境研究的基础得到了夯实。

1974 年,同济大学汪品先、闵秋宝等根据系统的微体古生物分析和孢粉分析结果,建立了以上海面粉厂钻孔为代表的地层序列,将基岩以上的疏松沉积层全部归入第四系,在其中划出四个海进层,对古气候演变和海陆变迁,都做了比较详细的研究;并沿用已建的岩石地层单位,通过与我国第四纪冰期的对比,重新确定了年代地层的归属。1978 年 8 月出版的《华东地区区域地层表》引用了这一研究成果;并指出,见于川沙、昆山等地钻孔中的玄武岩应隶属上第三系。同期,中国科学院南京古生物研究所刘金陵等根据上海市甘泉新村 S5 号钻孔的孢粉分析结果,华东师范大学竹淑贞等综合钻孔的微体古生物分析和孢粉分析结果,还有上海市地质处编写的地面沉降研究报告,均将上海疏松沉积层全部划归第四系。竹淑贞等根据气候旋回将上海第四系内分为六个统,并认为上海第四纪期间曾出现五次海侵。

同期七、八十年代,同济大学郭蓄民、王开发,华东师范大学竹淑贞和上海市地质处孙永福等先后著文,论述了上海地区全新世地层的划分和古气候、古地理变迁,分别提出了上海全新世三分或四分的意见。

1984 年,上海市地质处水文地质队在《1:20 万上海幅、启东幅区域水文地质普查报告中》中,嗣后 1988 年上海市地质矿产局水文地质工程地质队在公开出版的《上海市区域地质志》中,依据诸多钻孔的微体古生物、孢粉分析、古地磁和 ^{14}C 定年等成果,综合岩石地层特征,将上海疏松沉积层划分为第四系(包括上、中部的“灰色层”和“杂色层”)和上第三系(绿色层)两部分,其分界为约 3.00MaB.P.(2.92~3.15 MaB.P.)的高斯正极性世凯纳或马莫斯事件所在,埋深约在 300m 上下;将第四系内分为四个统和十个组。这一研究成果为 2000 年出版的《中国地层典·第四系》所引用。同期(1986 年)江、浙、沪三省、市地质矿产局和上海海洋地质调查局合作完成的《长江三角洲地区水文地质工程地质综合评价报告》,也按多重地层划分原理,作出了与上海相同的长江三角洲地区晚新生代地层的划分;并确定在约 2.10 MaB.P.的早更新世中期以来,与古气候温暖期相随,先后出现 7 次海侵。

1987 年,江苏省地质矿产局吴标云和同济大学李从先的专著《长江三角洲第四纪地质》出版。书中按多重地层划分方法将第四纪下限划在高斯与松山极性世的分界;确定从早更新世中期以来,包括上海在内的现长江三角洲地区出现 5 次海侵;认为长江原为内流河,早更新世早期开始外流,主泓流向黄海,从中更新世早期以来主泓才南移流入现长江三角洲地区。

同年,华东师范大学郑祥民等对长江三角洲东南部平原区分布的更新统顶部的暗

绿-褐黄色硬土层,进行了有关其成因的探讨,认为这一硬土层是西部丘陵区下蜀黄土的延续,同属于风尘堆积。

1991~1992年,上海市环境地质站与浙江省地矿局水文地质队合作完成的浦东新区,以及上海市环境地质站单独完成的上海市城区1:2万工程地质详查,对埋深80m以上的工程地质层做了详细的划分;根据地层接触关系,指出浦东新区等地埋深常达40m左右的工程地质⑤₄层硬土,为工程地质⑥层暗绿色硬土被侵蚀后、全新世海侵前形成的“高台深谷”沉积物,只是当时无定年结果予以证明。

1991年,上海市环境地质站应用多时相图像结合土壤、历史等资料的验证,完成了覆盖上海与江、浙邻近地区的《地貌和第四纪地质遥感调查》,丰富、修正了区内地貌分区及地表第四纪地质演变过程的认识。

1996年,上海海洋地质调查局黄慧珍、唐保根、杨文达等的著作《长江三角洲沉积地质学》出版。作者根据长江水下及滨岸区大量物探、地质和钻探取样等的调查结果,阐述了长江水下三角洲现代沉积特征和沉积环境,应用层序地层和沉积相分析,探讨了晚更新世晚期以来长江水下三角洲的分期;对上海滨岸区的第四纪地层按多重地层划分方法作出了与上述80年代中期相似的划分。

1996年,中国地质科学院林景星的英文专著《Quaternary Environment in the Eastern China》出版。作者根据对诸多钻孔松散沉积层中有孔虫化石等的综合研究结果,提出上海及长江三角洲地区在距今约2.1Ma以来的第四纪期间曾发生8次海侵,分别为早更新世2次,中更新世3次,晚更新世2次和全新世1次。

近期,从20世纪90年代后期以来,引入了原在我国黄土高原先行开展的磁化率、磁组构等环境磁学与古土壤母质层形成环境的研究,采用了包括热释光(TL)、光释光(OSL)、电子自旋共振(ESR)等定年新技术;特别是利用区内的第四系钻孔提取特征性稳定重矿物的电子探针化学测年信息,探讨长江的贯通时间;还有洲际三角洲晚更新世末硬土层成因的对比研究等,标志着区内第四纪地层与沉积环境、尤其是晚第四纪地层的研究进入了深化阶段。

1998年,同济大学李从先、汪品先的学术著作《长江晚第四纪河口地层学》出版。作者根据微古化石、磁性地层、同位素测年、浅层地震等多重信息,建立了长江河口地区晚第四纪地层层序框架,分析了距今6万年来长江河口地区晚第四纪沉积环境的演化。

同年,同济大学范代读、陈庆强等应用市区曹杨新村浅孔更新统顶部硬土层和全新统沉积磁组构特征的研究与¹⁴C定年,为高分辨率的沉积环境再造与地层划分提供了新的依据。2002年,同济大学覃军干、吴国瑄等通过该孔更新统顶部硬质古土壤层的孢粉、藻类分析,建立了孢粉-淡水藻类组合分带,并发现普遍含少量海水生藻类,有力地证明了古土壤层为曾受海水影响的水成沉积及水体进退的环境变迁过程。

1996年,华东师范大学陈中原、许世远通过尼罗河与长江三角洲晚更新世晚期硬土层的对比研究,揭示两地同属低海面时期的洪泛堆积。指出后者为湿冷气候下形成的含铁锰质、钙质结核和伊利石含量占优、成因较单一的洪泛堆积;与前者为干燥气候条件下形成的含较多石膏、铝钒土及蒙脱石等的浅水湖沼-洪泛平原的多相堆积有别。

2002年,华东师范大学陈中原、王张华在太湖流域全新世环境演变过程研究中,应用地质与环境考古、历史气候等的综合研究,论证了太湖碟形洼地为全新世中期以来,由

于海平面波动状上升、周缘不断加积淤高形成的淡水湖盆。

2002~2003 年,上海市地质调查研究院通过新一轮长江三角洲地区地下水资源和地质环境的综合评价与 1:250 000 上海市幅区域地质调查,根据浦东国际机场 J25 等孔的磁性地层剖面,将第四系下限重新厘定在 M/G 的分界;根据新取得的光 / 热释光等定年结果,确定上海青浦西部埋深仅数米的“第一硬土层”,与市区埋深 20 多米的暗绿色硬土层属于更新统顶部的同一标志层;证明太湖为在未受冰后期海侵的硬土台地上形成的淡水湖泊。

2004 年,同济大学范代读、李从先等与横山一己合作,筛取浦东 PD-99 深孔晚新生代地层粉细砂内的独居石,在日本国立地质博物馆作电子探针化学测年,根据独居石年龄谱的分析,获得了长江系在早更新世早期贯通并外流入海的重要认识。

第三节 上海第四纪地质的研究方法和研究工作

上海由于处在为广厚的晚新生代松散沉积物所覆盖、地势低平的滨江临海地区,第四纪地层层序的建立和地层的划分对比研究,主要借助于广布全区的水文地质、工程地质和环境地质勘查等取得的大量钻孔岩芯柱的综合测试研究,其分布的密度是其他平原区所不及的,这为第四纪地层的多重划分研究提供了丰厚、扎实的物质基础。在上海的贝壳沙堤和相邻的江苏苏锡地势较高亢的硬土台地等处,也利用揭露的个别露头地层剖面进行晚第四纪地层的研究。在 20 世纪 80 年代水文地质普查期间,曾进行数十个钻孔的视电阻率、自然电位和自然伽玛测井,据以划定井中含水层(砾砂层)和隔水层(黏土层)的确切位置;近年在嘉定、市区、浦东等部分地区应用浅层地震剖面结合钻孔控制,得以追索地层的横向延续及活动性断裂的分布。

近 20 多年来,随着地质科学的发展,第四纪地层研究进入了应用多重划分理论、方法进行地层研究的新领域。以野外地层剖面和实验室岩石地层研究为基础,运用生物地层、气候地层、磁性地层、年代地层等地层学分支理论及多种测试资料的综合分析、对比,建立岩石地层单位,恢复古气候和沉积环境,确定地层年代归属,作出具有多重理论基础及依据标志的第四纪地层划分,从而形成详细、可靠的上海晚新生代地层系统。

上海陆域钻达基岩的深孔已有 820 个,其中在松散覆盖层中取得岩芯和相应岩性记录的水文地质、工程地质、环境地质和第四纪地质勘察钻孔约 500 个。工程地质和环境地质(地面沉降监测)钻孔因普遍兼有土的物理力学测试和岩性描述资料,其岩性分层记录比较详细、可靠,这类钻孔、包括进行第四纪地质专题研究的水文地质钻孔共约有 400 个,广泛分布于全市各地,成为上海第四纪地层与沉积环境研究的有利条件。

20 世纪 80 年代与世纪之交进行的两次区域水文、工程地质和环境地质综合调查评价,还有包括上海与周边地区的区域地质调查和地貌、第四纪地质遥感调查,同时应用第四纪地层多重划分理论进行综合研究,对第四纪和新近纪松散沉积物,采取包括粒度分析、微体古生物、钙质超微化石、软体动物、孢粉分析、黏土的 X 光衍射分析、差热分析、扫描 / 透射电镜鉴定、氧化物分析、微量元素分析、沉积磷酸盐分析、碳酸盐分析、天然砂样的重矿物分析,还有古地磁测量、放射性碳法(^{14}C)、热释光、光释光、电子自旋共振等定年和石英颗粒表面形态电镜研究等,累计采取了 19 种技术手段、约 10 000 件测试样品,形

成 20 多个深度不一具综合测试成果的钻孔。其主要的利用钻孔分布图如图 1-1 所示。

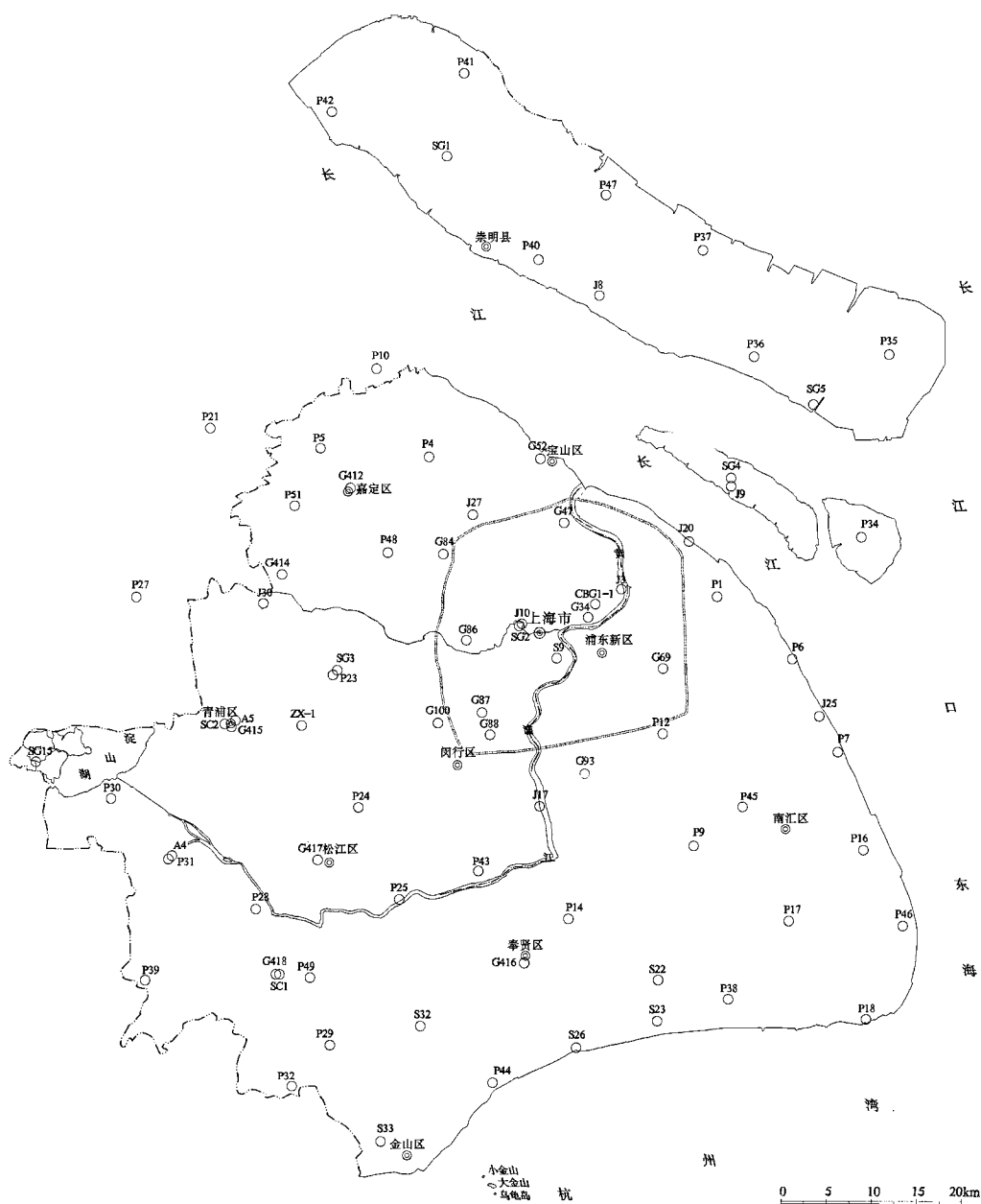


图 1-1 利用钻孔分布图

第二章 区域地质背景

第一节 沉积盆地形成的地质构造背景

以板块构造活动论观点和大地构造演化历史分析,上海市所在区域构造单元属于东亚大陆构造域的扬子京畿地块(也称“扬子古板块”)的南缘,其东南隔以江山—绍兴—光州深断裂与华南岭南地块(也称“华夏古板块”、“闽浙隆起带”)拼接(郭玉贵等,1997;王德华等,2002)。上海周围区域构造单元分区图如图2-1所示。

区域构造演化史经历了三个发展阶段:元古宙为扬子、华南两块古陆边缘增生与碰撞对接阶段,处在两块古陆边缘弧活动和海盆沉积环境,经吕梁运动和晋宁运动,形成上海的金山群($Pt_{1-2}jn$)、惠南板岩(Pt_2h);浙西北的双溪坞群($Pt_{2-3}sh$)、河上镇群(Pt_3hs);浙东

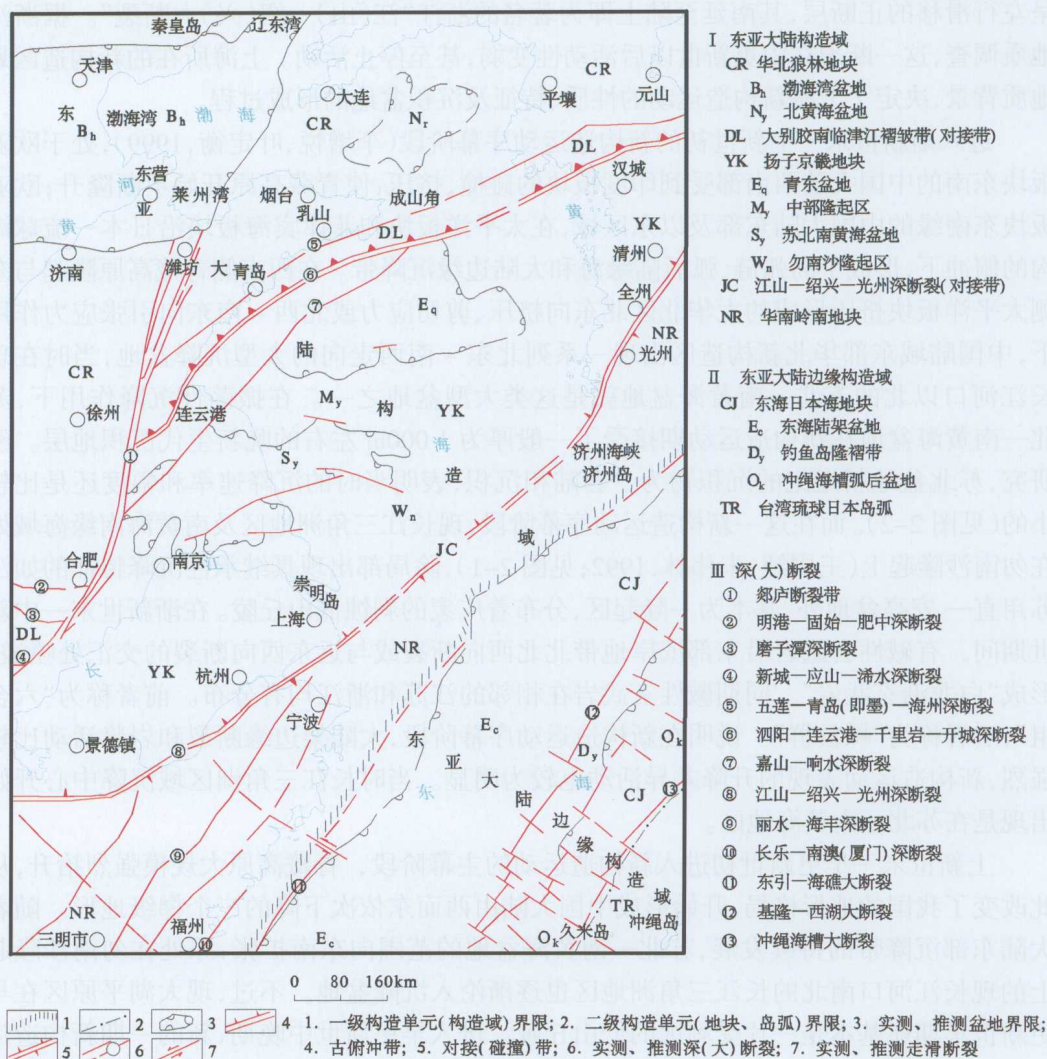


图 2-1 上海周围区域构造单元分区图

南的八都群(Pt_1bd)、陈蔡群($Pt_{2-3}ch$)/ 龙泉群($Pt_{2-3}lq$)等绿片岩相—低角闪岩相变质岩系组成紧密褶皱的结晶基底,并使两块古陆拼接成为统一的“华南板块”(王德华等,2002);震旦纪—晚古生代为板块裂陷阶段,形成滨岸碎屑—陆棚碳酸盐台地沉积组合,早古生代末与晚古生代末先后发生的加里东运动与印支运动,产生一系列宽缓褶皱与推覆构造,使裂陷经历闭合—再裂解—再闭合的复杂演化过程;中、新生代进入陆缘活动阶段,中生代与新生代先后发生的燕山运动与喜山运动,以断块活动和大规模的中酸性岩浆活动为特点,产生大陆东部平原与陆架边缘一系列 NNE—NEE 向断陷构造盆地和火山构造盆地,形成陆相碎屑—火山沉积与海、陆交替沉积组合。经过三个大地构造演化阶段 10 多亿年的塑造,形成了由三个构造层组成的上地壳。

在中国新构造区划上,上海处在华北新构造区的南缘(李祥根,2003),接近与华南新构造区的分界处。二者的分界约在杭州湾。其东侧为由浙江绍兴延来,经杭州湾口—南黄海—韩国光州的活动大断裂所限。已知绍兴—光州断裂在新构造期为一向北西陡倾、略呈左行滑移的正断层,其南延至陆上即为著名的浙江“江(山)—绍(兴)大断裂”。据浙江地质调查,这一断裂在中更新世以后活动性变弱,甚至停止活动。上海所在的新构造区划地质背景,决定了上海新构造运动的性质、特征及沉积盆地的形成过程。

进入渐新世末—上新世初的新构造运动序幕阶段(李增悦、叶定衡,1999),处于欧亚板块东南的中国大陆西南部受到印度板块的碰撞、挤压,使青藏高原开始不断隆升;欧亚板块东南缘的中国大陆东部及以东区域,在太平洋板块和菲律宾海板块沿日本—琉球海沟的俯冲下,形成了岛弧链、弧后陆缘海和大陆边缘沉降带。在西南侧青藏高原隆起与东侧太平洋板块挤压形成的大华北区北东向挤压、剪切应力或北西—南东向引张应力作用下,中国陆域东部华北新构造区出现一系列北东—南西走向的大型沉降盆地,当时在现长江河口以北的苏北—南黄海盆地就是这类大型盆地之一。在振荡性沉降作用下,苏北—南黄海盆地在新构造运动期接受了一般厚为 1 000m 左右的晚新生代沉积地层。经研究,苏北盆地新近纪的沉积物为一套陆相沉积,表明当时的沉降速率和幅度还是比较小的(见图 2-2)。而在这一新构造运动序幕阶段,现长江三角洲地区及南黄海南缘海域处在勿南沙隆起上(王国纯、朱伟林,1992;见图 2-1),除局部出现具继承性沉降特征的如江苏用直—安亭盆地外,基本为一隆起区,分布着广袤的剥蚀低山丘陵。在渐新世末—中新世期间,有碱性玄武岩沿东部滨岸地带北北西向断裂或与近东西向断裂的交汇处喷溢,形成“白龙港玄武岩”。同期碱性玄武岩在相邻的江苏和浙江均有分布。前者称为“六合组”,后者称为“嵯县群”。说明在新构造运动序幕阶段,大陆架边缘断裂和岩浆活动比较强烈,新构造运动表现的升降差异活动也较为明显。当时长江三角洲区域沉降中心开始出现是在苏北—南黄海地区。

上新世末—早更新世初进入新构造运动的主幕阶段,青藏高原大规模强烈抬升,从此改变了我国的地形格局,开始形成中国大陆由西而东依次下降的三个梯级地形。随着大陆东部沉降带的持续发展,苏北—南黄海盆地的范围向东南扩张,原处在勿南沙隆起上的现长江河口南北的长江三角洲地区也逐渐沦入沉降盆地。不过,现太湖平原区在早更新世早期还基本是一片受剥蚀的低山丘陵。进入早更新世中晚期,新的一期新构造运动加强了我国原有的地壳升降变化和地貌分异,现长江三角洲地区转入了全面沉降,现太湖平原区才沦为沉降盆地。