

华东师范大学跨世纪学术著作出版基金资助

长江三角洲及海域 风尘沉积与环境

AEOLIAN DEPOSITION AND
ENVIRONMENT IN CHANGJIANG
DELTA AND EXTENDING SEA AREAS

郑祥民等 著

华东师范大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

长江三角洲及海域风尘沉积与环境/郑祥民等著. - 上海: 华东师范大学出版社, 1999.9

ISBN 7-5617-1947-7

I. 长… II. 郑… III. ①长江-三角洲-风积相-沉积环境-第四纪 ②长江-三角洲-沿海-风积相-沉积环境-第四纪 IV. G534.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 41772 号

责任编辑: 金庆祥

封面设计: 陆震伟

长江三角洲及海域风尘沉积与环境

郑祥民 等著

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路 3663 号 邮政编码 200062)

新华书店上海发行所经销

上海新文印刷厂印刷

开本 850 × 1168 1/32 印张 5.5 插页 8 字数 150

1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月第 1 次印刷

印数 001-1,100 本

ISBN7-5617-1947-7/P · 004

定价: 15.00 元

AEOLIAN DEPOSITION AND ENVIRONMENT IN CHANGJIANG DELTA AND EXTENDING SEA AREAS

ABSTRACT

The top strata of the late Pleistocene series on the plain of the Changjiang River Delta and the sea floor in the East China Sea generally consist of dark – green or yellowish – brown hard clay with a thickness of up to 1 ~ 10 meters. Based on grain size, heavy minerals, clay minerals, microfauna, pollen and spores, geochemical analyses, SEMs, and ^{14}C dates, the hard clay corresponds with the Xiashu loess on the hilly areas of the western Changjiang River Delta and the Malan loess in Northwest China. It is suggested that the hard clay is aeolian loess in origin, deposited in dry – cold climatic conditions during the last glacial period, and that the stratigraphic relationship between the hard clay on the plane of the Changjiang River Delta, East China Sea floor and the Xiashu loess in the western hilly areas of the Changjiang River Delta is continuous. This book also proposes that the islands in the East China Sea, the coastal plain of the East China and the floor of the Yellow Sea and East China Sea, all the way to the Korea Peninsula, Japanese Island and the neighboring sea areas, received aileron

dust deposition during the last glacial period.

The current consensus regarding the boundary of Pleistocene loess distribution is that it extends to hilly areas of Changjiang River Delta, and that the origin of the Pleistocene hard clay on the plain of the Changjiang River Delta and the floor of the East China Sea is fluvio - lacustrine . But our analysis of new data is not fluvio - lacustrine in origin on the hard clay, and that a fluvio - lacustrine origin could not explain the deposition of such a extensively distributed strata. To determine the mechanism of formation, and the sedimentary environment of the hard clay, the strata relationship between the hard clay on the East China Plain, the sea floor and the Xiashu loess in the western hilly regions have been investigated. On the basis of analyses on the clay and the Xiashu loess, integrated with the results of the study on the Malan loess, the following issues are discussed in this book: (1) The sedimentary feature and the age of the loess in hilly regions of the Changjiang River Delta and on the islands in East China Sea; (2) The sedimentary feature and the age of the hard clay in the plain and in the sea floor; (3) The origin of the hard clay and the postdepositional diagenesis of the aeolian dust sediments; (4) The environmental characteristics during the last glacial period. and (5) The applications of hard clay study in the engineering geology and archaeology. It is suggested that the origin of hard clay is aeolian loess deposited during the last glacial period and the eastern limit of loess deposits in East Asia is farther eastward.

The conclusions are as follows:

(1) During the last glacial period, the aeolian dust from Northwest china and the central plains of china may have been widely deposited on the East china plain, continental shelf of the Yellow Sea and East china Sea, and even on the Korea peninsula, Japan Island and the neighboring sea areas.

AEOLIAN DEPOSITION AND
ENVIRONMENT IN CHANGJIANG DELTA AND EXTENDING SEA AREAS

(2) The aeolian dust deposits on the eastern plain of the Changjiang River Delta and sea floor were transformge into hard clay through postdepositional diagenetic processes.

(3) The stratigraphic extension from the Xiashu loess in the western hilly regions of the Changjiang River Delta to the hard clay buried under Holocene sediments on the eastern plain and sea floor is continuos.

(4) The upper layer of the hard clay on the eastern plain and sea floor was altered from yellowish-brown into dark-greenas a result of reduction due to leaching by sea water.

目 次

第一章	绪论	(1)
第二章	长江三角洲区域自然地理概况与地质背景	(8)
一	区域自然地理概况	(8)
二	区域地质背景	(10)
三	第四纪地层特征	(11)
第三章	黄土地层的分布特征	(18)
一	下蜀黄土的分布特征	(18)
二	平原区硬土层的分布特征	(22)
第四章	下蜀黄土和硬质粘土的沉积物特征	(40)
一	下蜀黄土的一般特征	(40)
二	下蜀黄土的土壤学特征	(47)
三	平原区的硬质粘土(埋藏黄土)的一般特征	(50)
四	古生物化石特征	(51)
五	机械颗粒组成	(54)
六	地球化学成分特征	(59)
七	微量元素含量	(65)
八	轻、重矿物组合与粘土矿物特征	(69)
九	石英颗粒表面特征	(74)

第五章	硬土层的次生变化及与下蜀黄土的地层关系	(78)
一	平原区硬土层的色调及变化机制分析.....	(78)
二	下蜀黄土和平原区埋藏黄土的地层关系.....	(85)
第六章	黄土地层中的钙质结核	(94)
一	下蜀黄土中钙质结核.....	(94)
二	平原硬质粘土中钙质结核.....	(97)
三	海底的钙质结核.....	(99)
第七章	东海岛屿黄土和海底黄土	(102)
一	东海岛屿黄土.....	(102)
二	东海海底的埋藏风尘黄土.....	(108)
第八章	黄土地层的形成年代、成因与沉积环境	(119)
一	黄土地层的形成年代.....	(119)
二	下蜀黄土和硬土层的成因机制.....	(127)
三	晚更新世晚期的古地理环境演变.....	(140)
第九章	平原区硬土层的应用研究	(146)
一	上海浦东新区硬土层的工程地质特性.....	(146)
二	硬土层古地面地貌形态与人类古遗址分布的关系研究.....	(155)
第十章	几点看法(后记)	(162)
	主要参考文献	(170)

第一章 绪 论

黄土是指第四纪时期特定环境条件下形成的一种特殊的土状沉积物。中国第四纪黄土,尤以广泛的分布性、沉积时代的连续性和对全球环境变化事件和古气候演变的记录,在第四纪古环境研究中具有重大的理论意义;在社会经济建设中,黄土地层与工程地质、农业、环境生态以及考古学等方面有着密切的关系。对黄土地层的研究已引起了国内外广大地质、地理、农业、工程建筑和考古学者们的极大兴趣。黄土覆盖了 10% 的地球陆地表面,主要分布在中纬度地带的半干旱地区。我国是世界上黄土最为发育的地区,主要分布在我国西北和黄河中游地区,黄土覆盖面积超过 44 万平方千米。几十年来,广大的地学工作者对我国西北地区及黄河中游地区的第四纪黄土地层和古气候演变进行了系统、细致的研究工作,已取得了显著的成果,我国在黄土地层划分、特征、成因及古气候、古环境等研究领域已达到国际领先水平。分布在长江下游两岸的低山、丘陵地带晚更新世的下蜀黄土及其在东部平原、东海岛屿和海底的风尘黄土及其次生产物也是我国第四纪黄土的重要组成部分,它是我国第四纪黄土沉积物中的一种独特类型。几十年来,前人对下蜀黄土研究相继取得了系列的成果,南京大学、南京师范大学、中国科学院南京地理研究所、中国科学院南京土壤研究所、江苏省水文地质大队、华东师范大学地理系等单位先后对下蜀黄土的特征、地层划分、成因、时代以及土壤学特点进行过深入的研究工作,取得了系列的研究成果,但也有许多重要的基础理

论问题尚未得到解决。例如中国第四纪黄土地层分布范围的东界到底在哪里？下蜀黄土的同期风尘黄土在长江三角洲地区的东部平原及东延海区是否仍有分布？如果也有分布，那么它埋藏后形成哪种类型的地层？分布在东海沿海岛屿上黄土地层是否与分布在宁镇山脉地区的下蜀黄土为同类黄土？分布在长江三角洲平原和东海海底的埋藏硬质粘土层与下蜀黄土之间在成因机制和地层关系方面又是如何？等等……

大量的钻孔资料表明，在长江三角洲东部平原地区及东海海底陆架区的全新统之下，普遍埋藏着一层厚度为 1 米 ~ 10 米不等的晚更新世晚期暗绿色、黄褐色硬质粘土层，长期以来被作为划分全新统与更新统界面的重要标志层。由于该硬质粘土层在研究中国东部及海域的全球变化、第四纪地质、古气候变化、海面波动、三角洲演变及古地理环境等重大问题上有着独特意义，而且在上海及邻近沿海平原地区是被作为高层建筑的主要地基持力层之一，在工程地质应用上具有非常重要的地位。因而针对该地层的研究，近年来已成为热点和前沿课题。通过对长江三角洲平原区晚更新世末期硬土层的研究，不仅对中国东部黄土沉积、恢复古气候和古地理环境、全球变化事件对比、海陆地层的对比等第四纪科学研究具有深远的理论意义，而且在社会经济发展的实际应用中也具有广泛的价值。几十年来，同济大学海洋地质系、地矿部上海海洋地质调查局、浙江省地矿局、国家海洋局第二海洋研究所和华东师范大学等单位在长江三角洲不同区域，从不同学科角度，对平原和海区的该硬质粘土层的分布、沉积物特性、地层划分、沉积环境、地层年代、成因机制及工程地质特性等方面做了富有成效的研究工作。但在以往的工作中，由于该硬土层中缺乏具有明显指相意义的沉积指标和沉积物特征，而且地层形成后的次生变化和后期改造的影响

作用较大,给硬土层的研究工作带来一定的难度。对其成因机制的解释众说纷纭,认识不一,悬而未决。主要的观点归纳起来有湖沼成因说^{[1]、[2]}、河流成因说^{[3]、[4]}、河湖成因说^{[5]、[6]}和风尘黄土成因说^{[7]、[8]}。

80年代初期,我们在研究长江三角洲地区第四纪地层和环境演变过程中发现诸多疑点和问题:第一、对广泛分布在长江三角洲东部平原地区的晚更新世晚期硬质粘土地层成因解释和观点缺乏足够的依据和深入的分析。从长江三角洲地区及东延海区的地质背景、地貌发育和沉积环境来看,河流成因说、河湖成因说和湖沼成因说在宏观和微观分析上都难以解释分布如此广泛硬土地层的沉积物特征和地层成因机制,那么该层硬质粘土层的母质到底为何种营力成因的沉积体?第二、中国第四纪黄土地层分布东界为什么仅限制于宁镇山脉及丘陵边缘地区?为什么在长江三角洲丘陵以东平原地区没有分布?这种分布特点仅仅与现代的丘陵与平原地貌分界相符,而与晚更新世晚期末次冰期时期的古地貌分界不符,是否冰期低海面时期在长江三角洲东部地区以及海区的古陆地部分也应有堆积?第三、如果长江三角洲东部地区以及海区在寒冷的冰期存在黄土堆积,这些黄土沉积物埋藏之后经过了长期的次生变化作用后演变成什么类型的土层,它们是否与广泛分布的硬质粘土存在着一定的关系?针对这些问题,我们在前人研究的基础上,对长江三角洲西部丘陵区下蜀黄土和东部平原地区的晚更新世晚期的硬土层进行了一些研究工作,发现平原区的硬土层在沉积物特征上与分布在南京、镇江、苏北的下蜀黄土地层具有很大的相似性;而且野外调查也相继发现东部平原的硬质粘土层与下蜀黄土在地层分布关系上是连续延伸的,为同期同成因的堆积地层。可见在末次冰期,风尘黄土在中国东部平原均普遍产生堆积并得

以保存,但风尘黄土堆积在不同地貌部位,如在丘陵区和平原区经历了不同的次生变化和成土过程,形成了黄土沉积物的不同类型的地质层。90年代初,在国家海洋局第二海洋研究所和地矿部上海海洋地质调查局等有关单位的协助下,我们也相继开展了对长江口、东海陆架钻孔岩芯中埋藏黄土地层以及东海嵎山岛、黄龙岛、浪岗山列岛的黄土地层的研究工作。与此同时,日本地质学家在朝鲜半岛、日本岛屿以及临近海域晚更新世晚期以来的地层研究中也相继发现存在有物源来自于中国大陆风尘的黄土堆积层。90年代初期,我们与日本大学、名古屋大学、九州大学等大学的科学家联合开展了有关中国东部及日本岛风尘黄土沉积和环境演变的国际合作研究工作,开展了对日本岛屿古风尘土壤、日本海海底及太平洋海域的海底钻孔中的风尘沉积物研究工作。

通过对长江三角洲西部丘陵、东部平原、沿海岛屿和海底陆架区四个不同类型黄土地层的大量野外调查的基础上,考察和收集了有关晚更新世以来的风尘黄土地层剖面 and 钻孔 1 000 多个,并重点对其中有代表性的 60 多个剖面 and 钻孔地层进行了详细的描述和实验室分析,室内分析包括机械粒度组成、轻重矿物组合、粘土矿物、地球化学成分、微量元素含量、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 离子测定、磁性特征、石英颗粒表面特征、孢粉和微体古生物、 ^{14}C 年代测定和热释光年代测定等。其中部分 ^{14}C 年代测定和热释光年代测定分析工作是在日本大学地球科学实验室进行的。通过对大量资料的总结和剖析,并结合其它前人研究成果,本书主要就下列主要问题进行了阐述:

1. 长江三角洲地区下蜀黄土、平原埋藏黄土、东海岛屿黄土和海底黄土的分布、地层特征、地层划分、年代和成因问题。
2. 下蜀黄土和埋藏黄土的成因机制以及地表出露黄土和

埋藏黄土之间的地层关系。

3. 在平原区和海底区,风尘黄土的成土过程和埋藏后的次生变化和演变成硬质粘土的过程。

4. 末次冰期长江三角洲地区及海域黄土堆积时期的古地理、古环境特点和演变历史。

5. 下蜀黄土和埋藏黄土的研究在工程地质、考古方面的应用。

特别是在野外地层延伸追踪调查中已经发现并证实,分布在长江三角洲西部丘陵区下蜀黄土与分布在长江三角洲东部平原区硬质粘土地层为同一连续延伸分布地层,通过大量实验分析资料和地层的对比分析,认为长江三角洲平原地区晚更新世晚期硬质粘土为末次冰期风尘黄土母质被埋藏后经长期成土作用和次生变化而演变形成;东海海域及陆架区在末次冰期也存在相应同期的风尘黄土堆积。通过十多年来的研究工作,对中国东部第四纪黄土分布范围、类型及埋藏后的次生变化过程和中国东部环境演变方面取得了新的认识,对完善和发展中国第四纪黄土研究科学和中国东部第四纪环境变化研究具有一定的理论意义。

本项研究工作先后已得到了国家自然科学基金委、国家教委、上海市科学技术委员会、上海市教育委员会等方面的资助。十多年来完成和在研的主要科研项目有国家自然科学基金项目《长江下游及三角洲地貌与沉积环境研究》(1983年~1986年)、国家自然科学基金项目《苏北平原全新世地貌与沉积》(1989年~1992年)、国家教委博士点基金课题《中国东部沿海地区的平原黄土研究》(1991年~1994年)、上海市教委科技发展基金项目《浦东新区主要桩基持力层的成因、工程地质性质及在地基基础设计中的应用》(1992年~1995年)、上海市科委青年科技

启明星计划《末次冰期长江三角洲平原及海域黄土与环境》(1994年~1997年)和中日合作项目《东亚地区2万年以来的环境演变和人类生存》(1993年~1996年)、国家自然科学基金项目《东海岛屿的黄土沉积与环境信息研究》(1998年~2001年)、上海市科委青年科技启明星跟踪资助计划《1万年以来长江三角洲地区的环境演变与人类生存》(1998年~2001年)。本书结合和参考了前人的资料和研究成果,并在完成和执行上述科研项目的基础上撰写而成。通过系列的研究,主要获得如下几方面的新认识:

1. 长江三角洲西部丘陵区、东部平原区、东海岛屿和东海陆架区,在末次冰期期间均接受风尘黄土的堆积。关于中国第四纪期间长江三角洲地区黄土分布范围的东界比以往的认识更要向东推进。

2. 风尘黄土在长江三角洲西部丘陵为下蜀黄土;在长江三角洲东部平原区、东海陆架区以黄褐色或暗绿色的硬质粘土形式出现。西部下蜀黄土的上部地层与东部平原的晚更新世晚期硬质粘土层均为风尘沉积物,在地层分布上是连续延伸的。

3. 东部平原及海底的风尘黄土沉积物经风化、淋滤和压实等系列成土作用过程而形成坚硬的黄褐色粘土层。

4. 平原和海区的褐黄色硬质粘土层被全新世海侵物覆盖埋藏以后,受上覆富含有机质的海水或海相沉积物长期渗透,由于海水中可溶性有机质的分解,引起粘土中高价金属离子还原,使土体的色调产生变化,硬土层的上部地层转变为暗绿色或黄绿色的硬质粘土。

5. 在东海海底广大区域,由于全新世海侵和海水的强烈冲刷和侵蚀作用,绝大部分海底风尘沉积物已被侵蚀而缺失,只残留部分风尘黄土层中形成的钙质结核,仅在海水动力条件微弱

的海区,仍还有褐黄色或暗绿色的硬质粘土保留。

本项研究的前期工作是在我国著名地貌学家、沉积学家严钦尚教授的直接指导下开展的,许世远教授、郭蕃民教授、俞立中教授在工作中给予了各方面的指导;俞立中教授、陈学林副教授、黄昌发、许羽、张卫国、范文彦等同志参加了部分的野外工作和部分的实验分析工作;日本大学的远藤邦彦教授、滨田诚一、绵贯拓野、小森一郎先生等多次参加了野外调查和样品的分析工作;董惠娟女士参加了部分资料 and 数据的出版整理工作;华东师范大学出版社金庆祥教授对全书进行了严格和仔细审核,并提出了宝贵修改意见;本书附图由俞明兰同志清绘,在此一并致以衷心的感谢。

本书的第一章、第二章、第三章、第六章、第八章、第十章由郑祥民撰写;第四章和第五章由郑祥民、彭家亮撰写;第七章由郑祥民、彭家亮、张卫国撰写;第九章由郑祥民、彭家亮、范文彦撰写。本书最后由郑祥民执笔统稿完成。

第二章 长江三角洲区域自然概况和地质背景

一 区域自然地理概况

本书研究涉及的区域范围包括整个长江三角洲地区和东延海区,西抵宁镇山脉东南部山麓和丘陵地带,中部为苏北平原和苏南平原,东部达长江河口、东海沿海岛屿、南黄海南部海区和部分东海陆架区。(见图 2-1)

长江三角洲是指以镇江、扬州以东由长江泥沙冲积而成的三角洲平原地区,北起新通扬运河和东串场运河,南抵杭州湾北岸,东至东海滨岸,西以 10 米等高线与宁镇山脉、茅山山脉和宜溧山地为界,总面积达 4 万平方千米。在地貌上,西部及西南区为低山丘陵和低山丘陵的岗地,海拔标高大多为 20 米~50 米间,一些岗地基岩出露,大多基岩上覆盖有厚层的下蜀黄土。由西向东地势趋于平坦,东部为广阔坦荡的水网平原,地面海拔标高在 10 米以下,一般在 2 米~5 米。长江所携带的泥沙物质在江口地带冲积形成沙洲、沙坝,在河口南北两岸堆积形成沙嘴。长江三角洲平原区水网密布,湖荡众多,江、河、湖、塘纵横,区内除有水域面积达 2 425 平方千米的太湖外,还有大小湖群 200 多个,构成“水乡”景观。

长江三角洲地属亚热带湿润季风气候,四季分明,温暖多雨,年平均气温为 14.5℃~16℃。东亚季风盛行,冬季盛行西

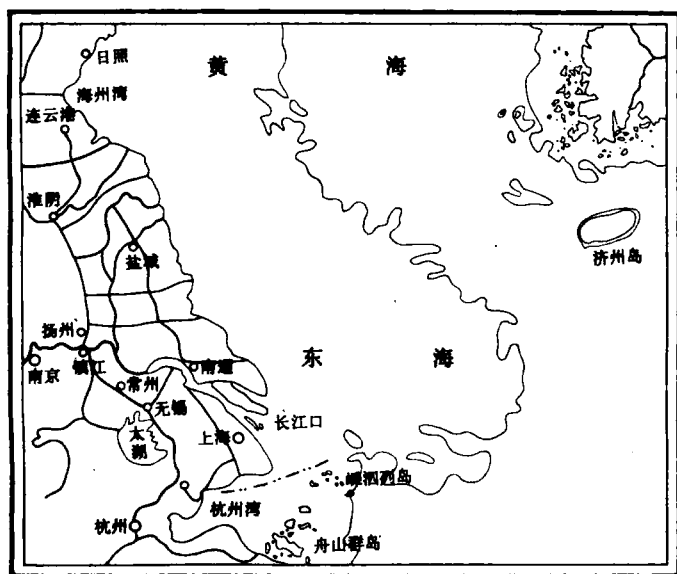


图 2-1 研究区位置图

北风,夏季以东南风为主,雨量充沛,径流丰富,年降水量在 900 毫米~1 200 毫米之间。本区雨量主要集中在 6~9 月份期间,占年降水量的 50%~70%;这段时期,特别由于受梅雨、台风、暴雨和风暴潮的影响,是全年洪、涝、渍的多发时期。植被类型为常绿阔叶与落叶阔叶混交林。常绿阔叶树种有棕榈、女贞、华冬青等;落叶阔叶树种主要有栎树、小叶树、麻树、栓皮树等,此外还有枫香、黄连木和化香树等^[9]。由于优越的自然地理条件和环境,长江三角洲地区成为中国经济和社会发展的重要地域。