

里下河地区全新世自然环境变迁

郭盛乔 马秋斌 张祥云 葛 云 龚绪龙

(江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

提要:在区域地质调查项目进行过程中,以几个典型地质剖面 and 钻孔为基础,讨论了里下河区域全新世地层的分布规律,研究了地貌分布特征;探讨了全新世古植被、古气候与古环境变迁以及历史时期自然环境变化特征。里下河地区全新世自然环境变迁经历了 4 个重要的阶段:(1)10~7.5 kaBP,以湖沼发育为主,海水曾经影响到本区;(2)7.5~4.0 kaBP,海水入侵本区,自然环境以潮滩、滨浅海、潟湖等为主,最大海侵甚至可到达运河以西地区,但里下河仍然有部分地区未被海水淹没;(3)4.0 kaBP~1128 AD,海水全面后退,岸线在范公堤一线曾做长时间停留,形成西冈贝壳砂堤,断续分布,海水时常影响西部地区;(4)1128 AD 以来,由于黄河南泛夺淮入海,改变了里下河地区的地表水系,苏北滨海平原迅速向海推进,此后里下河地区远离海水的影响。

关键词:里下河;全新世;地貌;环境变化

中图分类号:P534.63*2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2013)01-0341-11

引 言

里下河是江苏著名的洼地。关于里下河的名称^①,一般认为:在历史上江淮之间的运河曾称里运河,又称里河,而大体上与范公堤平行、位于范公堤东侧的串场河则被称之为下河,介于里河与下河之间的地区,遂被称为“里下河”,因此,里下河并不是一条河,而是由许许多多河网构成的一大片河网洼地的统称。地理上里下河地区位于江苏中部,是江苏省地势最低洼的地区,它西至里运河,东到串场河,北至苏北灌溉总渠,南到新通扬运河,面积大约 1.2×10^4 km²,大致涉及江苏省扬州、泰州、淮安、盐城、南通五个省辖市的 12 县(市、区)。

笔者在 2006—2009 年进行的“江苏 1:250000 淮安市、盐城市幅区域地质与环境调查”项目中,对里下河地区进行了野外地质调查,工作范围仅限于 33°N 以北,是里下河地区的北半部分。本文就是以本次区域地质调查的资料为基础,结合前人的资料,对里下河地区浅部的地层及地貌成因也提出了自己粗浅的认识,意在抛砖引玉。

1 典型全新统剖面

自 20 世纪 70 年代以来,里下河地区先后开展水文地质普查^{②③④⑤}、区域地质调查^⑥和其他专项科研工作^{⑦-⑩},对全新世地层、海侵、古地理和古气候变化进行了大量的工作,其中建湖县庆丰剖面尤其

收稿日期:2012-06-19; 改回日期:2012-12-18

基金项目:江苏 1:250000 淮安市、盐城市幅区域地质与环境调查(1212010610604)项目资助。

作者简介:郭盛乔,男,1963 年生,研究员,博士,一直从事于第四纪地质与过去全球变化、环境地质、区域地质调查工作,E-mail:gsjq21@126.com。

①江苏省地质局第 2 水文地质队.盐城幅、东台幅 1:20 万区域水文地质普查报告,1982.

②江苏省地质局第 2 水文地质队.宿迁幅 1:20 万区域水文地质普查报告,1982.

③江苏省地质局第 2 水文地质队.清江幅 1:20 万区域水文地质普查报告,1982.

④江苏省地质局第 2 水文地质队.盱眙幅 1:20 万区域水文地质普查报告,1982.

⑤江苏省地质局第 1 水文地质队.高邮幅、镇江幅 1:20 万区域水文地质普查报告,1982.

⑥江苏省区测队.盱眙幅区域地质调查报告(1:200000),1979.

⑦江苏省地质局第二水文地质工程地质大队.江苏省徐淮盐地区水文地质工程地质综合评价,1985.

引人注目,成为该地区目前研究程度最高的地质剖面之一。本文是在原来的研究基础上,在里下河地区遴选出比较好的全新统剖面(图 1)进行论述。

(1)青沟剖面^①,位于阜宁县罗桥镇青沟村。自上而下:

顶部为耕作层 0.2 m
全新统淤尖组(Qhy) >3.80 m

①灰色淤泥质粘土,软塑,粘性好,淡水湖沼沉积 0.20 m
②棕黄色粉砂质粘土,硬塑,可见砂粒,透水性能弱 0.55 m

③灰绿夹锈黄色粘土,硬塑,结构致密,干后较硬,下部含铁锰结核。底部 OSL 年龄为(0.8±0.0)ka BP 1.05 m
④青灰色淤泥质粘土,软塑,粘性好,局部含锈黄色斑块。 1.20 m

⑤青灰色淤泥质粉砂与淤泥质粘土互层,俗称为“千层饼”状。底部淤泥质成分含量增加。 0.80 m

(2)流均剖面^②,位于淮安市楚州区流均镇砖瓦厂剖面。自上至下为:

全新统淤尖组(Qhy) >3.59 m
上段:

①水稻土 0.32 m
②黄色砂 0.61 m

中段:
③灰色粉砂贝壳,上部有 10 cm 细砂,含介形虫、有孔虫

化石,具有海岸带风暴沉积的特点。贝壳 ¹⁴C 年龄为(3390±135) aBP; 0.45 m

④粉砂质淤泥质粘土,含介形虫、有孔虫化石,为滨岸或近岸沉积 0.40 m

⑤淤泥质粘土,含 4 层贝壳,含瓣腮类、介形虫、有孔虫化石 1.36 m

⑥淤泥质粘土,富含瓣腮类,含介形虫、有孔虫化石,底部 ¹⁴C 年龄为(6530±100)aBP >0.45 m

1.3 BY1 孔剖面^③,位于宝应县望直港小学。自上而下为:
全新统淤尖组(Qhy) 8.70 m

①0~1.00 m,黄棕色粉砂与粘土质粉砂层,见沉积间断面,含轮藻化石,淡水小螺,壳屑及碎瓷片。¹⁴C 测定在 0.78~0.86 m 处为(1415±40)aB.P。 1.00 m

②1.00~5.13 m 以橄榄灰、中深灰、绿灰色为特征的粉砂层,轻度盐水环境,含有孔虫的毕克卷转虫及缝裂希望虫(*Elphidium magellanicum*)2.6 m 以下为灰色与棕黄色交互粘土质粉砂层,含虫孔及黑色植物碎屑。是海水淹没的潮滩沉积层 4.13 m

③5.13~8.70 m 为潮滩相沉积。黄棕、橄榄棕色粉砂、粘土质粉砂、砂质粉砂交互成层的页状层理(1 mm)及粘土质条带(0.4~0.8 cm)。含虫孔,内充填泥丸 3.57 m

下伏上更新统灌南组深黄棕、浅橄榄棕、灰、深黄褐色,粘土质粉砂、砂质粉砂与硬粘土,与全新统为假整合接触。

(4)庆丰剖面^④,是该地区目前研究程度最

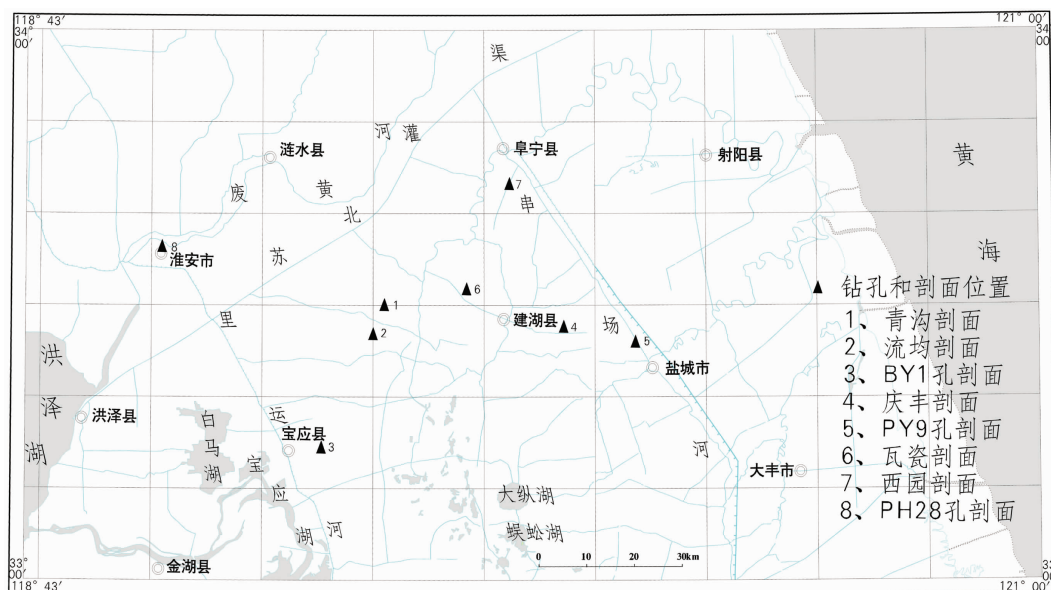


图 1 钻孔和剖面位置图

Fig.1 Locations of drill holes and sections

①江苏省地质调查研究院.淮安市幅区域地质调查报告(1:250000), 2010.

高的地质剖面之一,在20世纪后20年倍受关注。位于江苏省建湖县东约13 km的马庄乡庆丰砖瓦厂。自上而下为:

人工填土 0.38 m
全新统淤尖组 3.70 m
①青灰色粘土,含篮蛤未定种 *Aloides* sp.,珠带砗螺 *Tympanotomus singulata*,纵带锥螺 *Batillaria zonails*,河蚬 *Corbicula fluminea*,铜锈环棱螺 *Bellamya aeruginosa*及方形环棱螺 *B. quadrata*等白色小贝壳,顶部有机质土 ^{14}C 年龄为(1270±80)aBP 0.50 m

②上部为青灰色含粉砂粘土,夹大量腐木;下部为浅灰色细砂与青灰色粘土的交替纹层,上部腐木 ^{14}C 年龄为(2425±95)aBP 0.50 m

③浅灰黄色粘土质粉砂,含立姿埋藏的缩缢蛭 *Simonovacula constricta*和中华青蛤 *Cyclina sinensis*,并见篮蛤、珠带砗螺和少量的蚶 *Arca* sp. 0.40 m

④青灰色含粉砂粘土,3层贝壳密集层分别位于该层顶部、中部和底部,篮蛤、珠带砗螺为主,另有中华青蛤、缩缢蛭、大连湾牡蛎 *Ostrea talienwanensis*,日本蓝蛤 *Libitina japonica*和福氏王螺 *Natira fortunei*等,顶部贝壳 ^{14}C 年龄为(5355±95)aBP,底部贝壳 ^{14}C 年龄为(6390±110)aBP,底部螺壳 ^{14}C 年龄为(6500±110)aBP。 0.80 m

⑤青灰色砂质粘土,均匀分布有立姿埋葬的缩缢蛭及篮蛤幼体等,近底部有一层厚约10 cm的稳定细砂层,由数十个厚约1 mm的细砂纹层与粘土相间构成,下部缢蛭 ^{14}C 年龄为6695±165(-160)aBP。 0.50 m

⑥灰蓝色淤泥,上部含大量篮蛤幼体,密集成层。中上部含立姿埋藏的缩缢蛭,中、下部见大量中小型潜穴,上部淤泥 ^{14}C 年龄为(7700±110)aBP。 0.50 m

⑦灰黑色炭质淤泥,含炭化植物残体,见钙化大型潜穴。顶部炭质淤泥 ^{14}C 年龄为(9195±115)aBP,底部炭质淤泥 ^{14}C 年龄为(10085±320)aBP。 0.50 m

上更新统:灰黑色粘土,含大量炭化根管及由全新统7)层向下延伸的钙化大型潜穴,约1 m处有机质土 ^{14}C 年龄为12660±160 aBP,与全新统为整合接触。 >1.00 m

(5)PY9孔剖面^{[4] 102},位于盐城市北郊新兴镇兵团化肥厂内。

全新统淤尖组 16.84 m
上、中段:

①0~1.10 m,粉砂质粘土,褐灰色,可塑,具Fe、Mn侵染,含植物根茎和贝壳; 1.10 m

②1.10~13.20 m,淤泥质粘土与粉砂互层,暗灰色,软塑,

具层理,顶部具Fe、Mn侵染,常含贝壳碎片,见植物残体可螺壳; 12.10 m

埋深0.00~13.20 m,主要化石有:卷转虫、九字虫、希望虫、丽星介、弯贝介、艳花介、细花介。含有较多的广盐性有孔虫和海相介形虫,并且有较多的浅海相分子,反映水深10~20 m的环境,属浅海相和滨海相沉积环境,是区域第I海侵层。

下段:

③13.20~16.84 m,淤泥质粘土,浅褐灰色,灰黑色,致密,具Fe、Mn侵染,淡水湖沼相,13.50 m ^{14}C 年龄为10.8 ka。 3.64 m

下伏上更新统灌南组褐黄色粉砂质粘土,可塑,具Fe、Mn侵染,假整合接触。

(6)瓦瓷剖面^⑥,位于建湖县建阳镇瓦瓷村。自上而下:

顶部0.1m为耕作层。

全新统淤尖组(Qhy) 1.50 m

①灰白、锈黄色粘土,硬塑,结构致密,河流泛滥相沉积。 0.55 m

②灰色淤泥质粘土,可塑,粘性好。底部 ^{14}C 年龄为(1137±119)a BP。淡水湖沼沉积。 0.95 m

上更新统灌南组(Qp³g)灰白、锈黄色粘土,硬塑,结构致密,假整合接触,河流泛滥相沉积。底部OSL年龄为18.8±1.0 ka BP。 0.80 m

(7)西园剖面^[5-6],位于阜宁县施庄镇西园村的人工剖面。自上而下为:

全新统淤尖组(Qhy) >7.47 m

上段:

①黄色中粗砂; 0.20 m

②砂与古土壤互层,含1~4层古土壤; 0.40 m

③黄色中粗砂; 1.00 m

④灰色淤泥质粘土夹黄色中粗砂,含瓣腮类化石; 1.20 m

⑤灰黄色砂,含2层淤泥质粘土; 0.80 m

⑥黄色中粗砂夹灰色淤泥质粘土; 0.65 m

中下段:

⑦灰色细砂,含贝壳碎片及瓣腮类化石; 0.42 m

⑧蓝灰色淤泥质粘土,含有孔虫化石,具有潟湖相沉积的特点。顶部 ^{14}C 年龄为(6675±115)aBP和(6120±130)aBP,底部 ^{14}C 年龄为(9900±135)aBP; >2.80 m

(8)PH28孔剖面^{[4] 106},位于淮安市原淮阴地区第二招待所。

全新统淤尖组 7.65 m

①江苏省地质局第二水文地质工程地质大队.江苏省徐淮盐地区水文地质工程地质综合评价,1985.

②江苏省地质调查研究院.盐城市幅、滨淮农场幅区域地质调查报告(1:250000). 2010.

③江苏省地质调查研究院.淮安市幅区域地质调查报告(1:250000). 2010.

①0~3.78 m, 粘土质粉砂, 褐黄色, 可塑, 上部含植物根茎, 局部见 Fe、Mn 质侵染; 3.78 m

②3.78~7.65 m, 淤泥质粘土, 青灰色, 软塑, 含腐殖质, 为淡水湖沼相沉积。 3.87 m

下伏上更新统灌南组青灰色粉砂, 松散, 假整合接触。

总之, 里下河全新统区域地层为淤尖组, 可分 3 个岩性段(图 2, 表 1)。

上段: 岩性以暗灰色、灰黑色淤泥质粘土、淤泥质粉砂质粘土为主, 一般为淡水湖沼相沉积, 厚度 0~2.00 m, 时代为全新世晚期。在北部受黄河泛滥影响, 上覆灰黄色粘土、粉砂质粘土、粘土质粉砂及粉细砂、中细砂, 为 1128—1855AD 时期的黄泛沉积 (hfb)。

中段: 主要岩性为灰、深灰、青灰、灰黑色粘土、淤泥质粘土、淤泥质粉砂质粘土、淤泥质粘土质粉砂、淤泥质粉砂、淤泥质粉砂质粘土与粉砂质粘土互层、粉砂, 局部夹泥炭层。层理发育, 区内大部分地区均有分布。该段局部含较丰富的海相化石, 以河口相、滨海相、滨岸相、潟湖相沉积为主。一般厚度 0~8.00 m, 时代为全新世中期。

下段: 主要岩性为蓝灰、灰黑、深灰、灰黑色粘

土、淤泥质粘土、淤泥质粉砂质粘土夹粉砂, 层理发育, 多为湖沼相沉积, 局部见滨海相、滨岸相、潟湖相沉积, 一般厚度 0~3.00 m, 其中在区内该时期的淡水湖沼相的深灰、灰黑色淤泥质粘土, 分布广泛, 地层稳定, 一般厚度不超过 2 m。时代为全新世早期。

在微地貌为高亢平原的淮安市的洪泽、武墩、楚州朱桥、平桥、复兴一带以及宝应港河缺失。洪泽—武墩高亢平原上, 有草泽河、高浚河、老三河等 3 条河流, 是连接洪泽湖与白马湖的通道, 在晚期有湖沼相灰色淤泥质粘土沉积, 同样在黄滕一带, 晚期有湖沼发育, 一般沉积厚度小于 2 m。里下河地区, 在晚更新世晚期的低海面时期, 地形有起伏变化。地层厚度有较大变化, 为 1~10 m。在建湖县建阳镇瓦瓷剖面, 淤尖组上段为湖沼相灰色淤泥质粘土, 中下段缺失, 说明全新世海侵未达到该地。而西侧沿安丰—公兴—永兴—阜城一线发育一冲沟, 流入古淮河, 沿冲沟洼地是全新世海侵通道, 流均地层厚度约 10 m。大纵湖、蜈蚣湖一带, 湖底为上更新统灌南组灰黄色粘土, 湖水深度一般 1.2~1.6 m, 该地区地层厚度小于 2 m; 建湖东部庆丰和南部沙沟, 全新世均发生海侵, 地层厚度为 5~8 m。在古淮河谷地, 地层厚度比

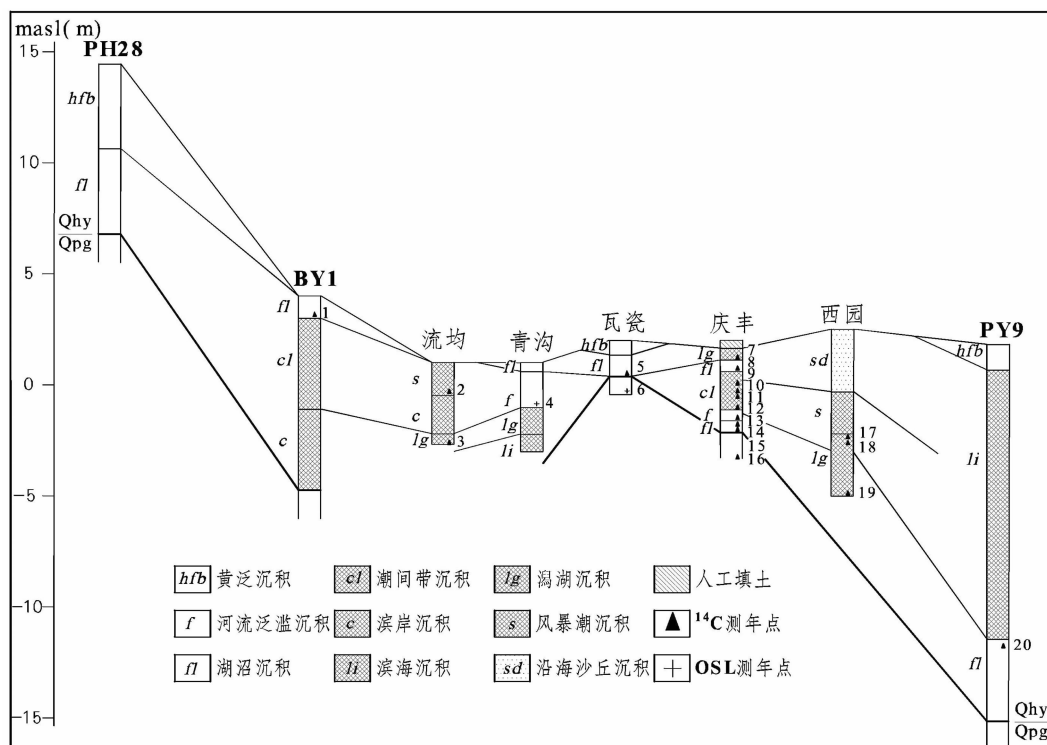


图 2 里下河地区钻孔和剖面对比图

Fig.2 Comparative map of drill holes and sections in Lixiahe area

表 1 里下河北部钻孔和剖面年龄数据一览表
Table 1 Age data of drill holes and sections in northern Lixiahe area

序号	钻孔或剖面	深度/m	数据	测年方法	材料	位置	参考文献
1	BY1	0.78~0.86	1415±40 aBP	¹⁴ C		宝应县望直港小学	[7]
2	流均	0.93~1.38	3390±135 aBP	¹⁴ C	贝壳	楚州区流均砖瓦厂	[5][6]
3	流均	3.50~3.59	6530±100 aBP	¹⁴ C	淤泥	楚州区流均砖瓦厂	[5][6]
4	青沟	1.80~2.00	0.8±0.0ka BP	OSL	粘土	阜宁县罗桥镇青沟村	①
5	瓦瓷	1.50~1.60	1137±119a BP	¹⁴ C	淤泥	建湖县建阳镇瓦瓷村	①
6	瓦瓷	2.20~2.40	18.8±1.0ka BP	OSL	粘土	建湖县建阳镇瓦瓷村	①
7	庆丰	0.38~0.48	1270±80 aBP	¹⁴ C	有机质土	建湖县庆丰砖瓦厂	
8	庆丰	0.88~1.10	2425±95 aBP	¹⁴ C	腐木	建湖县庆丰砖瓦厂	
9	庆丰	1.78~1.88	5355±95 aBP	¹⁴ C	贝壳	建湖县庆丰砖瓦厂	[5][6]
10	庆丰	2.48~2.58	6390±110 aBP	¹⁴ C	贝壳	建湖县庆丰砖瓦厂	[8][9]
11	庆丰	2.48~2.58	6500±110 aBP	¹⁴ C	螺壳	建湖县庆丰砖瓦厂	[10][11]
12	庆丰	2.88~3.08	6695±165(-160)aBP	¹⁴ C	缢蛭	建湖县庆丰砖瓦厂	[12][13]
13	庆丰	3.08~3.28	7700±110 aBP	¹⁴ C	淤泥	建湖县庆丰砖瓦厂	[14][15]
14	庆丰	3.58~3.68	9195±115 aBP	¹⁴ C	炭质淤泥	建湖县庆丰砖瓦厂	[16][17]
15	庆丰	3.98~4.08	10085±320 aBP	¹⁴ C	炭质淤泥	建湖县庆丰砖瓦厂	
16	庆丰	4.98~5.08	12660±160 aBP	¹⁴ C	有机质土	建湖县庆丰砖瓦厂	
17	西园	4.67~4.87	6675±115 aBP	¹⁴ C	淤泥	阜宁县施庄镇西园村	[5][6]
18	西园	4.67~4.87	6120±130 aBP	¹⁴ C	淤泥	阜宁县施庄镇西园村	[5][6]
19	西园	7.27~7.47	9900±135 aBP	¹⁴ C	淤泥	阜宁县施庄镇西园村	[5][6]
20	PY9	13.50	10.8ka	¹⁴ C	淤泥	盐城市新兴镇兵化厂	[4]

较大。区内总的趋势是由西向东逐渐增厚。

淤尖组与下伏灌南组地层为假整合接触关系。

2 区域地貌特征

在地形图上,里下河是一个很特别的碟形洼地。它的南面是通扬运河和沿江高沙地;西边是历史上视为王朝生命线的大运河和高耸的运河大堤;北边是黄河故道,比里下河高 5m 以上;东面是串场河和范公堤,也比里下河高 1~2 m(图 3)^{①②}。

(1)高亢平原(I)

主要分布苏北平原中部苏北灌渠附近还有楚州区朱桥—平桥、复兴、溪河南区域,宝应县港河有零星分布,在洪泽湖与运河之间蒋坝—洪泽—武墩一带亦成片分布。在平原中部,地面高程 10~15 m,地势和缓低平,起伏很小,相对高度一般 1.0 m 左右。

由上更新统灌南组棕黄色、灰黄色粉砂质粘土组成,岩性致密,坚硬,含 Ca 质结核,地下水位略高。

(2)黄泛平原(II)

分布在研究区的北部,是 1128—1855AD 时期黄河在徐州附近夺泗水、在淮阴附近夺淮水改道于涟水县云梯关一带入海。黄河携带大量的泥沙进入本区不断淤积河床,使河槽不断填高,形成地面悬河。黄泛平原中废黄河古道呈东西向分布,横贯研究区北部,由众多的决口扇相互叠加而成。总的趋势是西高东低。西部标高 17 m 左右,向东逐渐降为 10 m 左右,到近海地区为 5 m 左右。黄河河床地势高于两岸外地表,成为本区次一级的地表分水岭,以废黄河为中线,向南、北两侧呈逐渐降低的趋势。为全新世黄泛层,岩性以粘土质粉砂为主,高河漫滩为粉砂,局部也见有粉砂质粘土或淤质粉砂质粘土。由于

①江苏省地质调查研究院.淮安市幅区域地质调查报告(1:250000), 2010.

②江苏省地质调查研究院.盐城市幅、滨淮农场幅区域地质调查报告(1:250000), 2010.

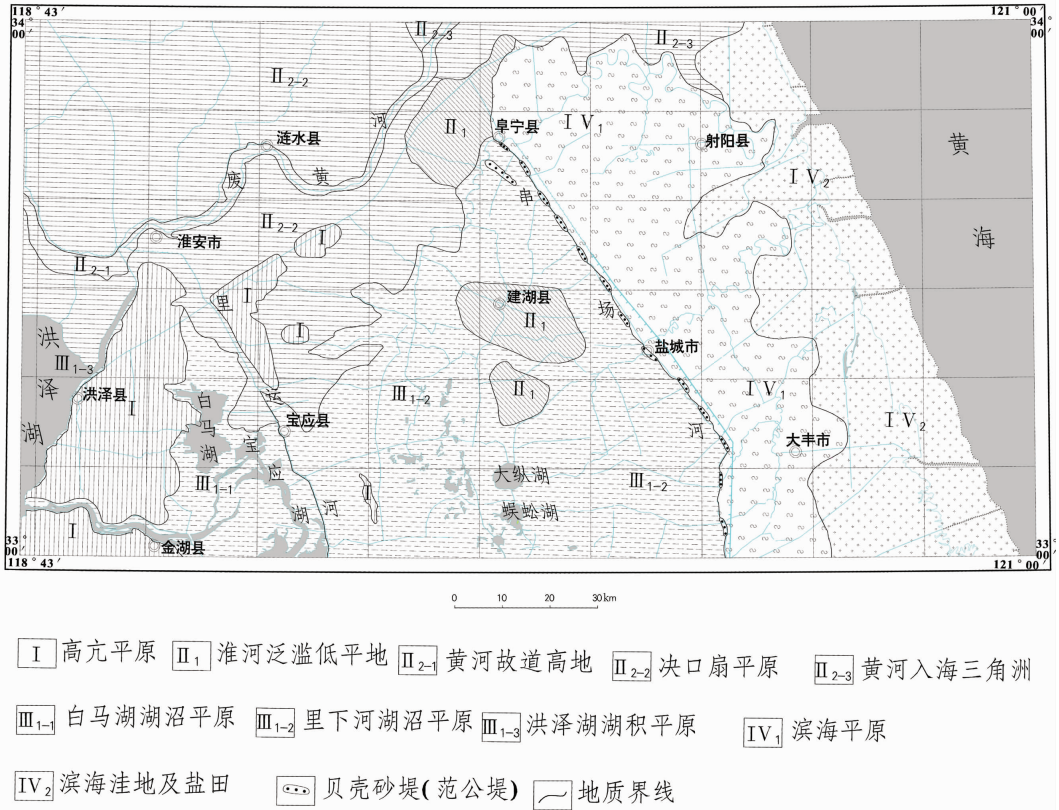


图3 里下河地区地貌图
 Fig.3 Landform map of Lixiahe area

黄泛平原是由一系列决口扇组成，因而在决口扇前缘、扇面、扇间发育一些低洼地带，其岩性多为粉砂质粘土。

(3) 淮河冲积平原(III)

淮河冲积平原是古淮河形成的冲积平原，黄河泛滥没有覆盖的区域，微地貌主要为泛滥低平地。

分布在区内中部的阜宁的陈集、羊寨、天场一带，成NE向条状紧邻黄泛平原分布以及建湖的南侧一带，高程一般2~4 m，地势低平，水系发育，高差小于1 m。由全新统淤尖组灰色、灰黑色淤泥质粘土。

(4) 里下河湖沼平原(IV)

里下河是苏北地区重要的地表水系统，地势低洼，河网密布，海拔2~5 m，最低处小于1.5 m，俗称“锅底洼”。小型湖泊星罗棋布，分布有大纵湖、蜈蚣湖、平旺湖、郭城湖、广洋湖等，其中以大纵湖最大。

大纵湖南北宽5.5 km，东西长6 km，略呈圆形，总面积为26.67 km²。为过水型湖泊，湖盆浅平，地势由东北向西南微倾，湖面高程2.5~3.0 m，平均水深为1.2~1.5 m。湖底平整，土质坚硬，由上更新统灌南

组粉砂质粘土组成，很少淤泥。

里下河地区也被前人统称射阳湖，是射阳河的发源地，地势极其低洼，河流密布，湖荡发育，流水不畅，次一级地貌有芦苇沼泽地、洼地、滩地等，水生植物繁盛。夏季降水，水面扩大，使得洼地、湖泊连接成片，冬季水位下降，湖底出露，形成大片季节性湖滩地。

射阳河发源于此，河流纵比降极小，一般小于千分之一，曲流发育，在阜宁附近入海。黄河南泛之后，携带大量泥沙在苏北地区不断淤积，海岸线不断后退，陆地面积不断东延，使得射阳河纵比降更趋减缓，河流长度增加，曲流进一步发育，形成了今日蜿蜒曲折、曲流发育的河流地貌景观。

全新统淤尖组物质多为灰色、灰黑色淤泥质粘土，局部有粉砂质粘土。灰黄色粉砂质粘土、粘土质粉砂、粉细砂组成。

(5) 滨海海积平原(V)

滨海海积平原分布在射阳、盐城一线以东，即范公堤以东。区内地势低洼、水系发育，地面标高低于5 m，坡降小于十万分之一。局部地区标高不足2 m，形

成洼地。物质主要由全新统淤尖组灰色、灰黑色淤泥质粘土、灰黄色粉砂质粘土、粘土质粉砂、粉细砂组成。富含有孔虫及海相介形虫化石。海积平原的形成时间大约为距今1000年以来。由次一级微地貌滨海低洼地、滨海低平地、盐田与海滩和贝壳砂堤组成。

贝壳砂堤:也称范公堤,是宋人根据贝壳砂堤的分布和岩性特征修建起来的。现今保留的贝壳砂堤一般宽10~20 m,高出地表1~2 m,断续分布,由贝壳、砂组成,是海岸碎浪带的产物,为古海岸线的标志,分布在白驹—刘庄—伍佑—沟墩—阜宁—通榆一线,为里下河湖沼平原与滨海海积平原的分界线,是研究区重要的地貌分界线。

3 区域自然环境变迁

3.1 地质时期古植被、古气候与古环境变迁

根据里下河地区几个典型剖面 and 钻孔中沉积物特征、孢粉组合、有孔虫、介形类、腹足类和双壳类等反映的古植被、古气候与古环境变迁来描述区域的自然环境变迁。

全新世早期的前北方期^[10],时间10.1~9.3 kaBP 时期^[14],孢粉组合^[13,15]为 Cupressaceae—*Pinus*—*Betula*—*Artemisia*—Gramineae, 为针叶为主的针阔叶混交林—禾草、盐生草地植被。此时乔木层以喜凉干的柏、松等针叶树为建群种,尚有栎、桦等落叶阔叶树混生林中,林下和近海以禾本科、藜科、蒿属等草本植物为主,反映冷凉偏干气候。

北方期^[14],时间9.3~7.5 kaBP 时期^[14],孢粉组合^[15]为 *Quercus*—*Castanea*—*Pinus*—*Artemisia*—*Chenopodiaceae* 孢粉带,含针叶林的落叶阔叶林—盐生草甸植被。乔木层以落叶栎、栗等落叶阔叶树为建群种,混生松、柏等针叶树,一些较湿润地区已出现少量常绿栎和栲,林下为毛茛科、禾本科等草本植物。滨海地区为滨藜、蒿、香蒲等盐生湿生草本植物生长,淡水环纹藻和盘星藻仍较多,反映温和半湿润气候。其中8900~8500 aBP 为升温期^[11],气候波动频繁,且幅度大。植被类型以落叶阔叶林为代表,开始出现常绿阔叶树种,年平均温度比现今当地高0.5℃左右,其波动幅度在1℃左右。

地层中含大量淡水环纹藻和盘星藻,沉积物为黑色淤泥夹杂大量植物残体^[4,11,13] ①②,表明当时海水还没有影响本区,为淡水沼泽环境,是里下河地区大量发育泥炭沼泽时期。只有庆丰剖面^[13]在9.3~9.2 kaBP 时期地层中含暖水卷转虫 *Ammonia tepida*、高锅卷转虫 *A.takanabensis* 和筛九字虫未定种 *Cribronion* sp.等,宏体化石为缢蛏优势组合^[9,12],孢粉中海相藻类 *Spiniferites*(刺甲藻)的零星出现,表明海水一度影响到庆丰地区,逐渐演变为滨海盐渍泥滩,为海水弱影响的滨海沼泽环境。

大西洋期的前期^[10],时间7.5~6.5 kaBP 时期^[14],孢粉组合^[13,15]为 *Quercus*—*Castanopsis*—*Castanea*—*Typha*—*Atriplex* 孢粉带,常绿落叶阔叶混交林—盐水沼泽植被。乔木层以常绿栎、栲、落叶栎、栗为建群种,地势较高处有暖性松林生长,滨海地区生长滨藜、盐蒿等盐沼植物,盐沼边缘为香蒲沼泽,反映温暖湿润气候。

大西洋期的后期^[10],时间6.5~4.0 kaBP 时期^[14],孢粉组合^[13,15]为 *Quercus*—*Castanea*—*Chenopodiaceae*—*Artemisia*—*Typha* 孢粉带,常绿落叶阔叶混交林—盐生草甸植被以落叶栎、栗、常绿栎、栲为建群种,常绿成分减少,地势较高处仍有暖性松林生长,滨海以滨藜、盐蒿、香蒲等盐生水生草本为主,反映温和半湿润气候。

盐城新兴PY9孔^[14] ③位于西冈沙堤旁,地层主要化石有卷转虫、九字虫、希望虫、丽星介、弯贝介、艳花介、细花介。含有较多的广盐性有孔虫和海相介形虫,并且有较多的浅海相分子,反映水深10~20 m 的环境,属浅海相和滨海相沉积环境。

阜宁县西园剖面^[5]的研究,该阶段前期(6.5~5.5 kaBP)是苏北平原中部沙坝—潟湖和风暴沉积发育时期,后期(5.5 kaBP 以来)则是海岸沙丘发育时期,故本区为较开放的潟湖至海湾环境。

庆丰地区^[5,11,13-16]含有孔虫、介形类、腹足类和双壳类,出现海相小刺球藻,有孔虫以 *Ammonia tepida*—*Ammonia multicella* 组合最具代表性,其中以广盐分子 *A.tepida* 占优势。与其共生的介形类为 *Sinocytheridea impressa*—*Loxococoncha ocellata* 组合,广盐性

①江苏省地质调查研究院.淮安市幅区域地质调查报告(1:250000),2010.

②江苏省地质调查研究院.盐城市幅、滨淮农场幅区域地质调查报告(1:250000),2010.

③江苏省地质局第二水文地质工程地质大队.江苏省徐淮盐地区水文地质工程地质综合评价,1985.

的 *Sinocytheridea impressa* 和 *Loxoconcha ocellata* 在组合中占绝对优势。双壳类以适宜生存于潮间带的 *Sinonovacula contracta* 和 *Cyclina sinensis* 为主。腹足类 *Cerithidea cingulata* 占绝对优势,形成篮蛤—珠带砗螺组合^[9,12],组成潮间带生态群落,仍有少量淡水环纹藻,表明海水已侵入本区,为潟湖至海湾环境,后期 6900~6400 aBP 腹足类 *Cerithidea cingulata* 和双壳类 *Sinonovacula contracta* 等也都是潮间带分子,为水体盐度偏低的潮坪环境^[9,11,12]。地层中^[14]出现了以篮蛤为主的贝壳密集层和极细砂与粘土相间的纹层。潟湖的发育与风暴沉积的出现,印证了其东部伴生障壁沙坝的发育。

庆丰剖面^[10]地层中出现大量海相刺球藻,有孔虫、海相软体动物与介形类等种类数量十分丰富,表明海侵达到高潮。海相有孔虫、介形类和双壳的资料^[9,11,12],表明 6 400~5 400 aBP 时期海侵范围已向西扩展,形成了建湖地区全新世的最高海面期。5 400~4 500 aBP 海平面已逐渐下降,为海湾或滨海环境。

流均剖面^[6]有孔虫、介形类和双壳类均有发现,剖面下部的有孔虫组合中以 *Arenoparrella mexicana* 居优势,此种为典型沼泽相分子;其上部组合中的成分则以 *Ammonia tepida* 和 *A.confertitesta* 为主,它们很可能代表半咸水潟湖或沼泽相动物群。剖面中的介形类非常单调,几乎只出现 *Sinocytheridea impressa* 一种;双壳类以 *Corbicula* 一属的分子居统治地位为特征,出现了 3 层 *Corbicula* 的密集层,一般反映了海陆之交的河口环境。

里下河西部运河旁的宝应 BY1 孔^[7]地层上部有孔虫为毕克卷转虫及缝裂希望虫,含虫孔及黑色植物碎屑。是海水淹没的潮滩沉积层,底部为潮滩相沉积。

运河以西洪泽湖南侧的盱眙维桥剖面^①深灰、灰绿色粉砂质粘土中含背凸卷转虫 *Ammonia convexodorse*, 日本假上穹虫 *Pseudoeponides japonica*, 抱球虫(未定种) *Globigerina* sp.。还有轮藻(受精卵膜)、鱼骨碎片、水蕨孢子。有孔虫为常见于潮汐河口或海湾沉积中的类型,它与陆相轮藻等化石共生,说明其“沉积环境为受海水影响较弱的河口、海湾或其潮间带”,属海陆过渡相沉积,说明此时海侵影响达运河以西。

但是苏北平原中部苏北灌渠附近楚州区朱桥—

平桥、复兴、溪河南区域,宝应县港河,在洪泽湖与运河之间蒋坝—洪泽—武墩一带和建湖县建阳镇瓦瓷村一带,地层缺失,可能说明没有受到海侵影响,另外淮安市原淮阴地区第二招待所 PH28 孔,为淡水湖沼相青灰色淤泥质粘土沉积,孔口标高 14.36 m,地层标高 6.71~14.36 m,没有受到海侵的影响。

总之,8500~3700 aBP^[11]为高温期,庆丰剖面中植被类型以暖性常绿针叶林和常绿—落叶阔叶混交林为代表,常绿乔木树种增多,典型的亚热带落叶阔叶成分出现并增加,构成孢粉带的主要成分,而且还出现较多的水生植物。在此期间,有孔虫组合中暖温种 *Elphidium hispidulum* 和 *Brizalina striatula* 等含量增加,前者超过总含量 15% 以上。主要分布于热带和亚热带的腹足类 *Cerithidea cingulata* 也是这一时期底栖动物群中的重要成员^[9,11,12]。生物群的面貌反映了当时气温、水温的升高。高温期升温幅度比今日当地高 0.4~0.8℃,最高时年平均气温比现今高 1.7℃^[13]。

亚北方期的前期,4.0~2.3 kaBP,孢粉组合为^[15] *Chenopodiaceae—Artemisia—Gramineae—Pinus* 孢粉带,含针叶树的落叶阔叶林—禾草草丛、淡化盐沼植被。以落叶栎、栗、松为建群种,常绿阔叶成分少见,尚有少量柏科等,林下生长禾本科、毛茛科等草本,近海主要是香蒲、滨藜、蒿、槐叶萍等植物,反映温凉略干气候。在 3700~2200 aBP 为降温期^[10],植被中常绿乔木逐渐减少,草本植物增加较多。但气温仍高于现今当地温度。

庆丰剖面地层中夹大量炭化木,出现淡水环纹藻,海相微体生物完全消失,表明海水基本退出,但宏体化石见篮蛤—珠带砗螺组合,偶有海水涌入,为滨海低地环境。

亚北方期的后期,大约 2.3~1.2 kaBP,孢粉组合^[15]为 *Artemisia—Typha—Hydrocharitaceae—Salvinia—Pinus* 孢粉带,针阔叶混交林—淡水湖沼植被。乔木层以松、柏、鹅耳枥、柳为建群种,平原低洼地区生长淡水草本植被,反映温凉半湿润气候。是气温回升期^[11],年平均气温波动在 14.5~15℃。

西冈沙堤旁的盐城新兴 PY9 孔含大量有孔虫和介形类,仍为海洋沉积环境。其西侧的庆丰剖面^[9,11,12]有孔虫、介形类、双壳类和腹足类等组成潮上带生态群落。有孔虫以 *Helenina anderseni—Protelphidium*

①江苏省区测队,盱眙幅区域地质调查报告(1:200000),1979。

glabrum 组合代表, 组合的优势分子 *H.andersoni* 和 *P. glabrum* 均为半咸水种, 同时还出现其他半咸水种, 如 *Ammonia limnetes* 和 *Alliatina variabilis* 等。介形类为 *Spinileberis pulchra* — *Ilyocypris* spp. 组合, 它主要以仅出现于潮上带的半咸水种 *S.pulchra* 为特征, 与其共生的有非海相介形类 *Ilyocypris gibba*, *I.bradyi*, *Candona sinuosa*, *Cypris subglobosa* 等, 还有少量的广盐种 *Sinocytheridea impressa*。双壳类以 *Corbicula fluminalis* 和 *C.montana* 为代表。*Corbicula* 为淡水属, 但亦可生活于微咸水中。腹足类则有 *Parafossarulus stritulus*, *Bellamyia quadrata* *Quadrata* 和 *Cerithidea cingulata*, 前两者为淡水种, 后者虽然主要生活于潮间带, 但在微咸水中亦可生存。这标志着建湖地区再次受到海侵的影响, 但海侵规模显然比全新世中期海侵规模小。由于这一时期的底栖动物群中还出现只能适应微咸水环境的介形类、腹足类和双壳类分子, 甚至还有介形类和腹足类的淡水种出现, 这表明淡水的注入是明显的。这一时期生物群的面貌反映庆丰地区的沉积环境为潮上带淡化潟湖。里下河大范围没有受到该次海侵的影响, 以灰黑色泥炭、淤泥沉积为主的淡水沼泽环境, 为滨海低地环境。

随着 12 世纪黄河南迁夺淮入海, 苏北滨海平原迅速向海推进, 使里下河地区海洋作用最终结束。

3.2 历史时期自然环境变迁

春秋时期^[1,18], 吴王夫差利用里下河众多的湖泊, 开通了沟通江、淮的古邗沟。秦汉时期, 里下河日渐涸出, 形成一些聚落, 秦有高邮亭, 西汉则有盐渎(今盐城)、射阳(今兴化北)、平安(今宝应西南)、高邮、海陵(今泰州)等县。

据谭其骧的中国历史地图集^[9], 隋唐五代时期, 里下河区域开发明显加快, 见于记载的水利工程即有邵伯的平津堰, 高邮的富人塘、固本塘, 宝应的白水塘、羨塘、永安堤以及徐州泾、青州泾、竹子泾, 山阳的常丰堰, 淮阴的棠梨泾等等, 而尤以常丰堰效益最大。此外, 唐政府还两次在射阳湖设立官屯, 有组织地开垦湖滨荒地和围湖造田。

从春秋—北宋时期, 由于人类的开发利用, 这一历程一直在缓慢地进行着。南宋建炎二年(1128)后, 黄河却持续离开河北平原而南摆至淮河流域夺淮入海, 里下河自然环境演变的进程陡然加快。南宋建炎二年(1128)到清咸丰五年(1855), 黄河之水在江淮平原上横行了七百多年。这是里下河自然环境演化最

快、最剧烈也最为深刻的阶段。众所周知, 黄河是世界上含沙量最大的河流, 素有“泥河”、“浊河”之称。来自黄河的洪水和泥沙是深刻而剧烈地改变里下河自然环境的力量。据《明史》、《清史稿》有关河渠志的记载统计^[1,18], 黄河在苏北溃决的次数明代 45 次, 清代 47 次, 每隔几年就是一场惨绝人寰的大水灾。

里下河地区本是有名的洼地, 而唐宋时期沿海海塘工程的兴筑以及黄河夺淮后苏北“地上河”的形成、洪泽湖高家堰的增高、运河大堤的加固, 进一步强化了里下河的低洼性。

4 结 语

(1) 全面系统地研究了浅表沉积物组成、层序、岩相变化、成因、厚度及其三维空间变化, 全面了解黄河南泛之前苏北盆地的古地形和区域水系特征。对里下河地区的浅表地层的揭露反映, 在表层湖沼相淤泥质粘土之下, 下伏地层有全新统淤尖组中段, 成因有陆相地层的河流相、湖沼相, 海相地层的潟湖相、滨海相和滨岸相, 局部还直接超覆在上更新统灌南组上段上部之上。

(2) 里下河地区全新世海侵, 西部最大范围达运河以西的洪泽湖畔的盱眙县维桥, 但里下河地区仍然有一些地区可能因为古地形起伏, 在苏北平原中部未见全新世海洋作用的沉积物。

(3) 里下河地区全新世自然环境变迁经历了 4 个重要的阶段。

第一阶段: 10~7.5 kaBP, 以湖沼发育为主, 南北有古长江和古淮河, 海水曾经影响到本区。

第二阶段: 7.5~4.0 kaBP, 海水入侵本区, 海侵最大范围甚至可越过运河达以西地区, 但里下河仍然有部分地区未被海水淹没。自然环境以潮滩、滨海海、潟湖等为主。

第三阶段: 4.0 kaBP~1128 AD, 海水全面后退, 岸线在范公堤一线曾做长时间停留, 形成贝壳砂堤, 断续分布, 海水时常影响贝壳砂堤西部地区, 局部因海水入侵发育淡化潟湖。

第四阶段: 1128 AD 以来, 由于黄河南泛夺淮入海, 改变了里下河地区的地表水系, 黄河携带的泥沙使苏北地区加积作用剧烈, 苏北滨海平原迅速向海推进, 从而里下河地区远离海水的影响。

(4) 微地貌及其自然环境演化反映, 里下河地区主要为季节性积水, 地势低洼沉积物以为主, 反映了

湖沼洼地的特点。下伏地层有河流相、湖沼相、潟湖相、滨海相和滨岸相,根据上述特点,笔者认为,原称里下河地区为古潟湖平原,有以点概全之嫌,其地貌类型为湖沼平原,微地貌称湖滩地、低平地、湖沼洼地更为恰当。

致谢:青沟剖面和瓦瓷剖面的 OSL 年龄数据由水文地质环境地质研究所开放实验室完成,瓦瓷剖面的 ^{14}C 年龄数据由青岛海洋与地质研究所中心实验室完成,本院范钦成、蒋小芳、王茂亭、周爱国、姜树林、陈雅琴参加了野外调查工作,冯玉玲参加了插图的清绘。在此,笔者一并致以衷心的感谢。

参考文献 (References):

- [1] 彭安玉. 论明清时期苏北里下河自然环境的变迁 [J]. 中国农史, 2006, 25(1):111—118.
Peng Anyu. On natural environment vicissitudes of Lixia River basin in North Jiangsu Province during Ming and Qing Dynasties[J]. Agricultural History of China, 2006, 25(1):111—118 (in Chinese with English abstract).
- [2] 施雅风, 孔昭宸等著. 中国全新世大暖期气候与环境 [M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
Shi Yafeng, Kong Zhaochen, et al. The Climates and Environments of Holocene Megathermal in China[M]. Beijing: Ocean Press, 1992 (in China).
- [3] Lin Jingxing. Quaternary environment in the Eastern China [M]. Beijing: Seismological Press, 1996.
- [4] 陈希祥, 等. 江苏省徐淮地区第四纪地质 [M]. 北京: 海洋出版社, 1988.
Chen Xixiang, et al. Quaternary geology of Xuzhou-Huaiyin Area, Jiangsu Province[M]. Beijing: Ocean Press, 1988, (in Chinese).
- [5] 勾韵娴, 唐领余, 孙息春, 等. 江苏北部全新世海侵事件和气候变化 [J]. 江苏地质, 1999, 23(4):241—245.
Gou Yunxian, Tang Lingyu, Sun Xichun, et al. Holocene Marine Invasion Event and Climate Change in North Jiangsu [J]. Jiangsu Geology, 1999, 23(4):241—245 (in Chinese with English abstract).
- [6] Gou Yunxian, Tang Lingyu. Biota and Palaeoenvironment in Northern Jiangsu, China Since 10000 a BP [M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [7] 王颖, 张振克, 朱大奎, 等. 河海交互作用与苏北平原成因 [J]. 第四纪研究, 2006, 26(3):301—320.
Wang Ying, Zhang Zhenke, Zhu Dakui, et al. River-sea interaction and the North Jiangsu Plain [J]. Quaternary Sciences, 2006, 26(3):301—320 (in Chinese with English abstract).
- [8] 鲁刚毅, 赵希涛. 江苏建湖庆丰海相全新世剖面的古生态学研究与古环境恢复 [C]// 中国气候与海平面变化研究进展 (一). 北京: 海洋出版社, 1990:49.
Lu Gangyi, Zhao Xitao. Palaeoecology study and palaeoenvironment reconstruction in Qingfeng marine Holocene section, Jianhu county, Jiangsu [C]// Study Progress on China Climate and Sea-level Changes (I). Beijing: Ocean Press, 1990:49 (in Chinese).
- [9] 赵希涛, 鲁刚毅, 王绍鸿, 等. 江苏建湖庆丰剖面全新地层及环境变迁与海面变化的初步研究 [J]. 科学通报, 1990, 35(4):285—288.
Zhao Xitao, Lu Gangyi, Wang Shaohong, et al. Holocene stratigraphy in Qingfeng section, Jianhu county, Jiangsu and its basic study of environment and sea-level changes [J]. Science Bulletin of China, 1990, 35(4):285—288 (in Chinese).
- [10] 赵希涛, 吴学忠. 江苏建湖庆丰剖面孢粉组合及其古环境 [J]. 海洋科学, 1991, (4), 57—61.
Zhao Xitao, Wu Xuezhong. Palynological assemblages and their paleoenvironment in Qingfeng section, Jianhu County, Jiangsu Province [J]. Marine Sciences, 1991, (4): 57—61 (in Chinese with English abstract).
- [11] 勾韵娴, 唐领余, 孙息春, 等. 江苏建湖地区全新世生物群和古环境 [J]. 第四纪研究, 1992, 12(3):201—215.
Gou Yuxian, Tang Lingyu, Sun Xichun, et al. Holocene biota and paleoenvironment in Jianhu, Jiangsu [J]. Quaternary Sciences, 12(3): 201—215 (in Chinese with English abstract).
- [12] 鲁刚毅, 赵希涛. 江苏建湖庆丰海相全新世剖面的古生态学研究及古环境恢复 [J]. 地质科学, 1992, 增刊:261—269.
Lu Gangyi, Zhao Xitao. Paleocological study and Palaeoenvironmental reconstruction of the Holocene marine section in Qingfeng, Jianhu county, Jiangsu Province [J]. Scientia Geologica Sinica, 1992, (supp.): 261—269 (in Chinese with English abstract).
- [13] 唐领余, 沈才明, 赵希涛, 等. 江苏建湖庆丰剖面 1 万来的植被与气候 [J]. 中国科学 (B 辑), 1993, (6):6—643.
Tang Lingyu, Shen Caiming, Zhao Xitao, et al. Holocene climate and sea-level changes in Qingfeng section, Jianhu county, Jiangsu [J]. Science in China (Series B), 1993, (6):6—643 (in Chinese).
- [14] 赵希涛, 唐领余, 沈才明, 等. 江苏建湖庆丰剖面全新世气候变化和海面变化 [J]. 海洋学报, 1994, 16(1):78—88.
Zhao Xihao, Tang Lingyu, Shen Caiming, et al. Holocene climate and sea-level changes in Qingfeng section, Jianhu county, Jiangsu Province [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1994, 16(1):78—88 (in Chinese).
- [15] 吴学忠, 王绍鸿, 赵希涛. 江苏建湖地区全新世孢粉组合及其地质、古地理意义 [J]. 地理科学, 1996, 16(3):252—259.
Wu Xuezhong, Wang Shaohong, Zhao Xitao. Holocene spore-pollen assemblages and their paleogeographical significance in Jianhu County, Jiangsu Province [J]. Scientia Geographica Sinica, 1996, 16(3):252—259 (in Chinese with English abstract).
- [16] 王绍鸿, 赵希涛. 江苏建湖庆丰剖面全新世有孔虫与海面变化 [J]. 福建师范大学学报 (自然科学版), 1997, 13(1):105—111.
Wang Shaohong, Zhao Xitao. Holocene foraminiferal fauna and sea level changes in Qingfeng section, Jianhu County, Jiangsu Province [J]. Journal of Fujian Teachers University (Natural Science), 1997, 13(1):105—111 (in Chinese with English abstract).
- [17] 薛春汀. 关于江苏建湖庆丰剖面全新世沉积环境与海面变化关系的讨论 [J]. 沉积学报, 2002, 20(1):174—177.

- Xue Chunting. Holocene Sedimentary Environments and sea level change based on Qingfeng Section, Jianhu, Jiangsu, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20 (1):174-177 (in Chinese with English abstract).
- [18] 刘会远. 黄河明清故道考察研究 [M]. 南京: 河海大学出版社, 1998,
- Liu Huiyuan. Surveying of the Old Course of Yellow River in Ming-Qing Dynasties [M]. Nanjing: Hehai University Press 1988 (in Chinese).
- [19] 谭其骧. 中国历史地图集[M]. 北京: 地图出版社, 1982,
- Tan Qixiang. China Historical Atlas[M]. Beijing: Cartography Press 1982(in Chinese).

Holocene environmental changes in Lixiahe area

GUO Sheng-qiao, MA Qiu-bin, ZHANG Xiang-yun, GE Yun, GONG Xu-long

(*Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing Jiangsu 210018 China*)

Abstract: During the performance of the regional geological survey project, the authors, based on several typical geological profiles and drill holes, discussed the distribution regularity of Holocene strata and studied the distribution characteristics of landform in Lixiahe area. Then the vegetation change and palaeoclimatic and palaeoenvironmental variations in the area since 10 ka BP were analyzed and investigated. According to the results obtained, the natural environment changes in Holocene in Lixiahe area went through four stages: (1) From 10 to 7.5 ka BP, lakes and swamps were widely distributed, and some parts of the area were affected by the sea water. (2) From 7.5 to 4.0 ka BP, a transgression occurred in this area, and the natural environment was mainly composed of tidal flat, shallow marine foreshore and lagoons. The greatest transgression could reach the area west of the Great Canal, but a part of the area was not influenced by this transgression. (3) From 4.0 ka BP to 1128 AD, the regression occurred, the coastline stayed for a long time along the Fangong embankment, and the shell bar of Xigang was formed. Consequently, the west part of Lixiahe area was often impacted by the sea water. (4) From 1128 AD, because the Yellow River captured the Huaihe area, the surface water system in Lixiahe area changed, and the shoreline in the area withdrew continuously eastwards. Since then, the area has not been impacted by the sea water again.

Key words: Lixiahe area; Holocene; landform; environmental change

About the first author: GUO Sheng-qiao, male, born in 1963, senior researcher, doctor, long engages in the study of Quaternary geology and past global change, environmental geology and regional geological survey; E-mail: gshq21@126.com.