

# 环渤海地区及华北平原第四纪古环境变迁机制

王 强<sup>1</sup>, 刘立军<sup>2</sup>, 王卫东<sup>3</sup>, 徐海振<sup>2</sup>, 孙维义<sup>4</sup>

(1.天津地质矿产研究所, 天津, 300170; 2.河北水文工程地质勘察院, 石家庄, 050021;  
3. 辽宁水文地质工程地质勘察院, 大连, 116037; 4. 辽宁省地质调查研究院, 锦州, 121000)

**摘要:**在青藏高原隆升背景下, 环渤海地区与华北平原成为中国东部汇流盆地和堆积平原。第四纪时期阶段性河流进积, 造成研究区出现构造气候旋回性的环境变迁。晚更新世以来沿海平原进入一个快速沉降阶段, 在全球性冰川海平面变化叠加背景下, 研究区水热对流状况以及相应的环境变迁更加剧烈和丰富。在晚全新世河流造陆过程中, 河流的沉积速率超过了海平面的上升速率, 陆地才得以形成。在现代海岸带依然持续构造沉降、河流输沙减少、相对海平面上升的背景下, 认识不同时间尺度环境变迁机制是极其必要的。

**关键词:** 环渤海; 华北平原; 第四纪; 古环境变迁; 机制

**中图分类号:** P534.63

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-6956(2004)03-

环渤海地区与华北平原现代地质环境的形成, 是全球变化与构造气候旋回变化的最终结果, 了解其中的动力驱动, 是保持环渤海地区可持续发展的基础。

## 1 华北平原与环渤海地区的沉降

### 1.1 华北裂谷系形成的构造学背景

华北平原与环渤海地区的最终形成, 是晚全新世河流进积作用导致泥沙堆积造陆的结果。河流得以汇流塑造华北平原与下辽河平原, 是在中国大陆自西向东掀斜作用下发生的。郯庐断裂带的拉张断陷又导致辽东湾和莱州湾的形成。

华北山地区层状地貌研究表明, 喜马拉雅运动始于始新世, 中新世是激烈期; 早更新世喜山运动进入第三幕, 又可分为早、中更新世的第一亚幕和晚更新世的第二亚幕<sup>[1]</sup>。太行断块与冀鲁断块分异始于始新世, 中新世加剧。晚上新世燕山、太行山、鲁西台隆的构造抬升, 出现大量山前似混杂岩以及冲洪积扇裙的沉积, 湿热气候下的棕红色泥砾层随水流进入平原湖泊。但是山体抬升表现为间歇性, 如河北省固安固 2 孔深部地层上新世泥砾层, 即是大冲积扇以水道形式冲入平原的沉积(图 1)。该地大体自第四纪又开始受到大规模河流沉积作用影响, 自然电位(SP)与视电阻率(LR)曲线皆显示河流砂坝基本呈进积形态, 故而该地第四纪时期系整体沉降背景下洪泛平原上的洼地或盆地; 一度出现的永久性湖泊, 造成指示这一环境的介形虫奇异湖花介 *Limnocythere mirabilis* (Kaufman) 在全孔惟一出现在 230.5 m 处。二十世纪 70 年代以来长期与之对比的津西 1 孔底部, 亦出现一期河床细砂沉积, 其上地层未再见细砂级物质。由于固安地区比天津更近山前, 易受出山河流影响, 出现第四纪湖盆背景下多水道沉积穿插, 而天津杨柳青地区则略受水道影响。

如是看来, 华北周边山体抬升在中新世一上新世剧烈, 进入第四纪后的构造问题主要需从追索来自山区的水道分布着手。

### 1.2 华北湖盆的形成、萎缩与绝灭

华北平原北部、西部山区属延庆—怀来—桑干河—汾河—渭河裂谷系, 系由陕西省宝鸡、西安盆地, 山西省运城、临汾、太原、忻县、大同盆地, 河北省蔚县—阳原盆地, 河北涿鹿—怀来—北京延庆盆地等组成的一个近 S 形的构造带<sup>[2-4]</sup>。裂谷系中新世代最早的沉积出现

收稿日期: 2004-07-01

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(1212010340108)

作者简介: 王 强(1945-), 男, 研究员, 从事第四纪地质学、古海洋学、古湖泊学研究。

在广义的汾渭盆地，系未钻透的第三纪户县群(Eh)。当时将N/Q界线放在 3.0 Ma前后，下三门组置于“早更新世”<sup>[5]</sup>。现以 2.60 Ma为第四系下限，则以湖相地层为主的下三门组应为上新统顶部的一个地层单元了。

我国中西部地区上新世气候干热，红粘土发育，干旱草原植被茂盛，草原之上有大片内陆湖。华北山间盆地的湖泊，如古三门湖、古泥河湾湖等即在此背景下形成<sup>[6, 7]</sup>。粗略说来，2.6 ~ 3.4 Ma的高斯极性时是华北、黄土高原、云南高原湖盆形成或湖泊广泛发育期<sup>[8]</sup>，而隆升与断陷在不同地点表现不一。

进入第四纪，各湖盆不同程度地发生萎缩，首先是周边山体的抬升使湖盆边缘受河流影响增强<sup>[9]</sup>。如河北阳原泥河湾盆地最终因湖泊外流，黄土堆积其上，造成湖盆淤塞，直至最后消亡<sup>[10]</sup>。华北平原与下辽河裂谷系作为汇流区，则接受周边山体抬升造成的大量物质供给。其主要输送动力是河流，山前地区则出现崩塌、滑塌和泥石流堆积。尽管在不同地点水成沉积表现不一，但是现在的平原区在第四纪同样出现湖泊沉积萎缩、洪泛平原逐渐发育的现象。图 1 中两个钻孔大体自 300 m开始河流作用增强，其根本原因是青藏高原隆升造成的中国大陆东部的沉降，以及河流阶段性输沙塑造东部大平原。

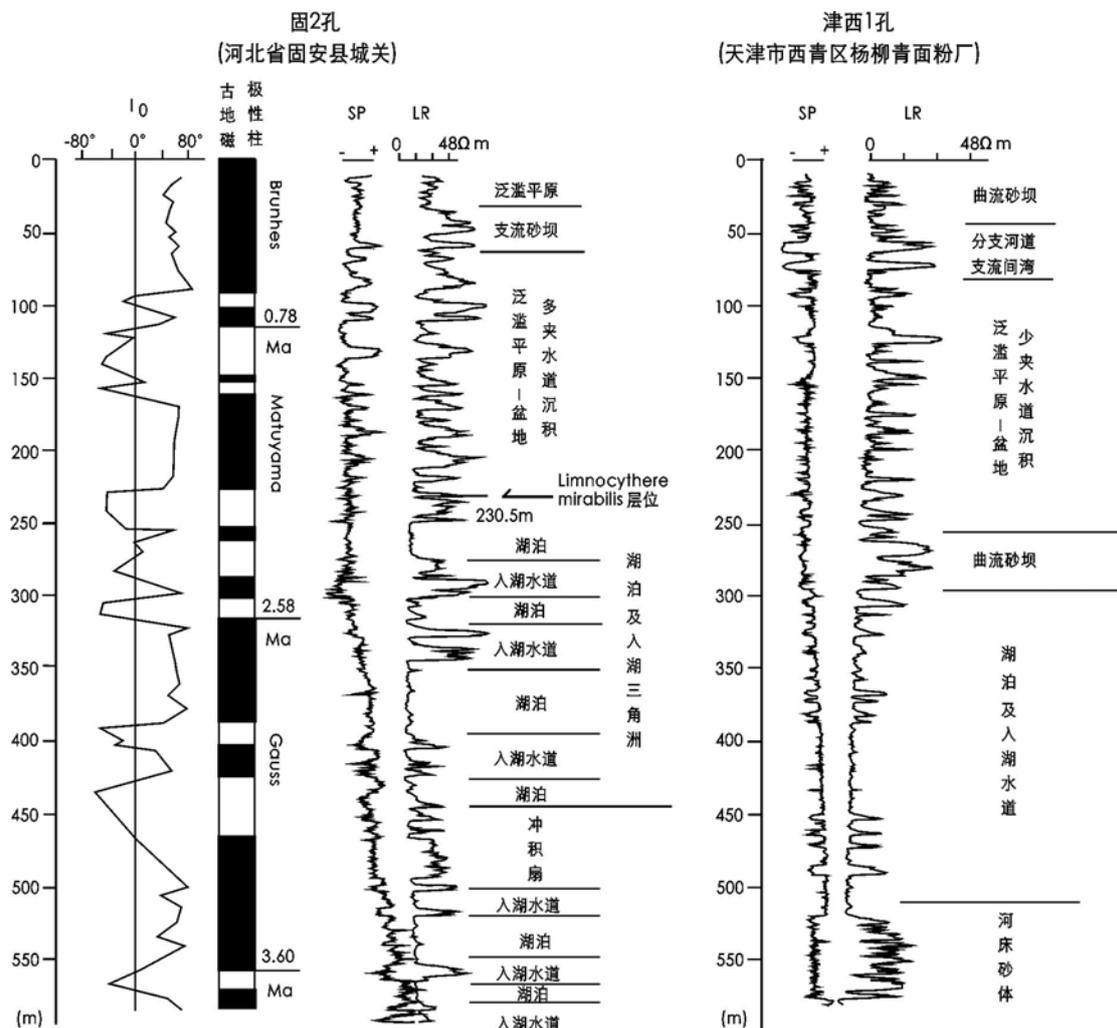


图 1 河北省固安固 2 孔古地磁研究结果与天津津西 1 孔测井相分析

Fig. 1 The palaeomagnetic study result and correlation of logging facies of drilling holes G2 in Gu'an county, Hebei Province and JX1 in Tianjin Municipality.

## 2 下辽河裂谷第四纪演化

### 2.1 下辽河上新世湖泊沉积的结束

下辽河地堑裂谷系在上新世同样为湖泊为主的环境<sup>[11]</sup>，其沉积物见水下还原环境下沉积

的灰绿色泥岩或极浅水沉积的棕红色泥岩。这一状况大致同样在进入松山极性时后结束，进入快速断陷沉降期，继而接受了大量近源碎屑沉积物，形成厚层砂层沉积。

第四纪辽东山地处于长期连续上升，剥蚀作用远大于堆积作用。虽然也出现过几次相对宁静时期，在有利于第四纪沉积的地形地貌部位，接受了一定数量的沉积，但由于后期剥蚀作用，遭受了不同程度的破坏而残缺不全。特别是早、中更新世残积、残坡积物为主的地层，多为黏性土或间夹混杂砾石，分布零星，厚度变化大，几米到几十米不等。辽西走廊丘陵山地由于受构造运动的影响，自新生代以来到第四纪早期，地壳亦处于缓慢上升状态，剥蚀作用同样大于堆积作用，致使部分地点早更新世地层缺失。

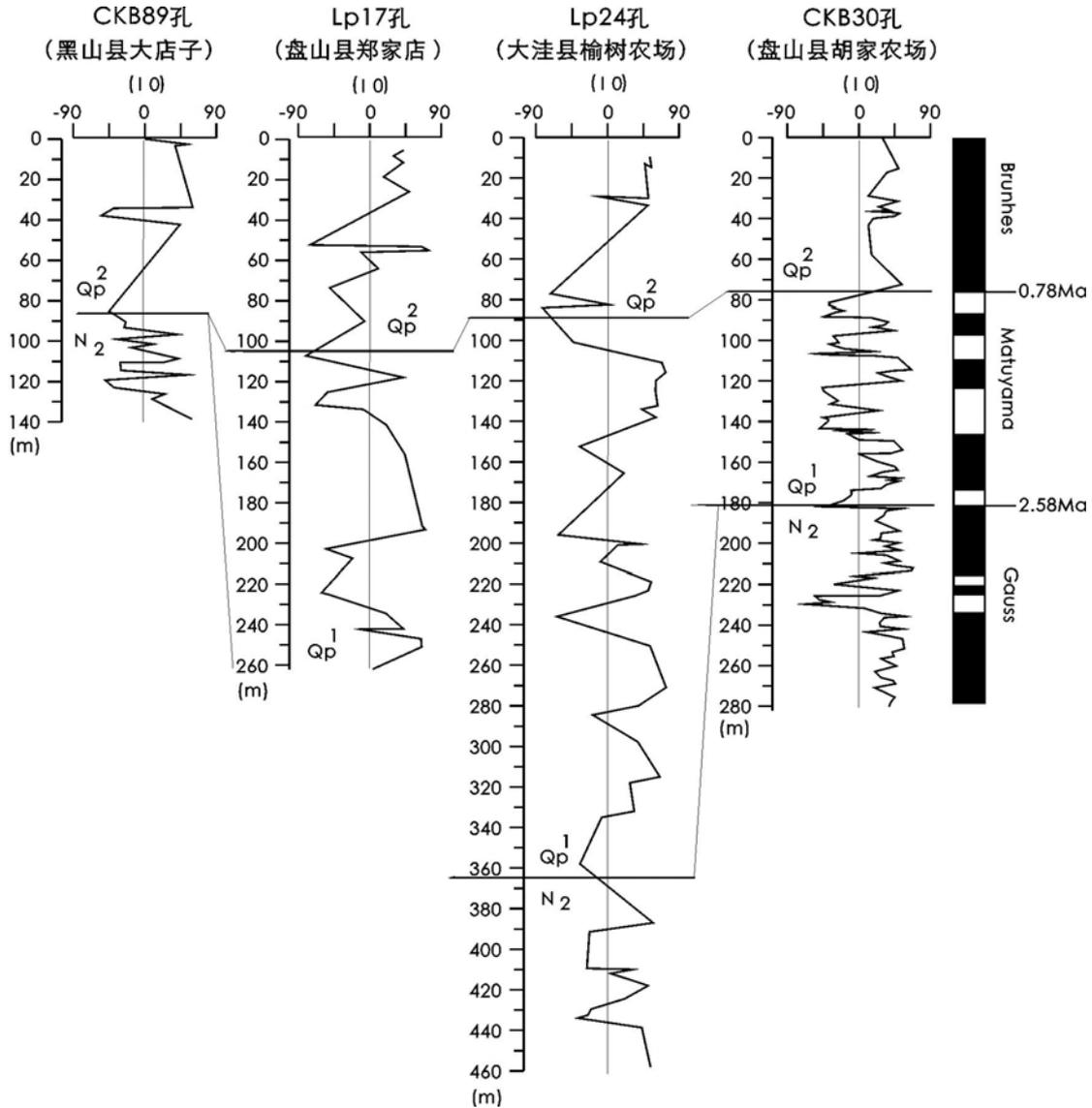


图2 下辽河平原古地磁研究基准孔反映的早更新世差异断陷  
(据辽宁省水文地质大队资料绘制)

Fig. 2 The different fault-depression during Early Pleistocene representing by standard drilling holes in Lower Liaohe River Plain (Dawn after data of Liaoning Province Hydrogeologic Team)

下辽河平原差异断陷发生在上新世末—早更新世，中更新世以来基本系整体断陷。图2中 CKB89 孔 87 m 以下为上新统明化镇组灰绿色黏土，表明中更新世开始接受河流砂体沉积。全新世之前下辽河平原一直以砂砾石、砂沉积为主，进入全新世才较多出现细粒沉积物，表明两侧山体抬升开始减缓。

## 2.2 下辽河平原年代地层研究再认识

下辽河平原明化镇组的建立,依据的是岩石地层学的原则,即湖泊沉积在上新世才发育。

由于多砂层沉积,下辽河平原古地磁研究从采样到测试、极性柱建立困难甚多。图2中CKB89、Lp17和Lp24孔系古地磁技术开展初期的工作,采样密度低,很难评价和使用。Lp24孔370 m以下灰绿色黏土中见亚热带孢粉分子,故确定为上新统,恰与古地磁研究匹配<sup>[11]</sup>。CKB30孔Brunhes极性带甚薄,当是位于相对升高部位造成。

陈德昌等对盘山县东郭苇场三道沟S1孔(440.18 m)、大洼县赵圈河苇场S3孔(530.95 m)进行古地磁研究,认为两钻孔松山极性带缺失,布容极性带与高斯极性带直接接触<sup>[12]</sup>。本文对这两个钻孔相关图件重新绘制,将测试数据不作取舍连成曲线,重新提出极性柱解释,发现S1孔可能未显示地层间断,S3孔有较长时间断,造成Matuyama极性带极短,Brunhes极性带几乎直接覆于高斯极性带之上(图3)。由于哥德堡、拉尚、琵琶湖、吉曼卡等亚时已废弃<sup>[13]</sup>,黄土高原近年对Blake亚时是否存在亦有存疑,甚至认为布容极性时只有一个0.49~0.50 Ma的C1n-1亚时<sup>[14]</sup>,故而未使用原文献对极性亚时的解释。

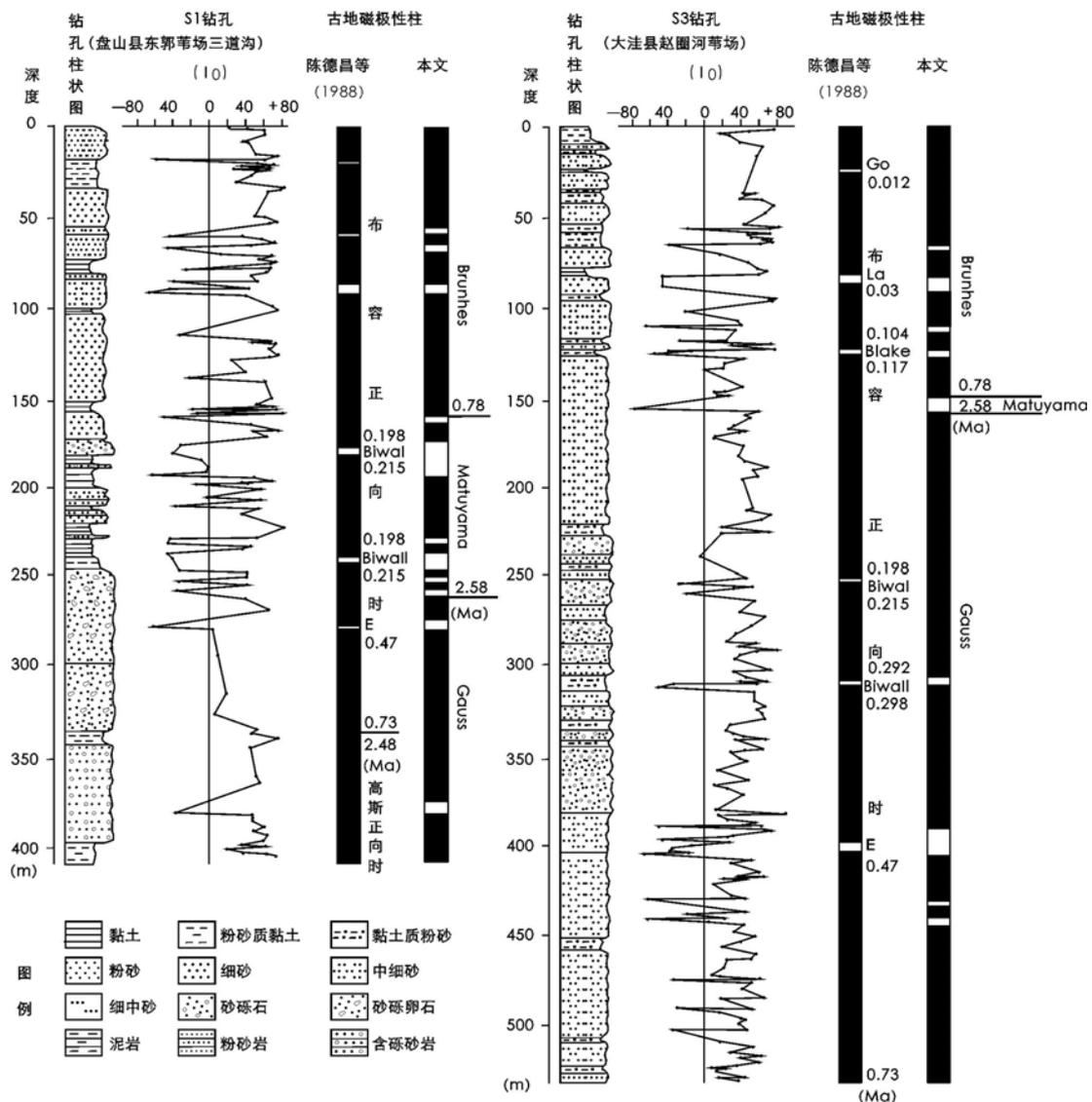


图3: 下辽河平原 S1、S3 孔古地磁测试结果及极性柱解释  
(据陈德昌等, 1988 重绘)

Fig.3 The palaeomagnetic measurement result and correlation of polarity columns between drilling holes S1 and S3 in Lower Liaohe River Plain  
(Redrawn after Chen Dechang et al. 1988)

## 2.3 地层间断的判断

在安徽五河钻孔、苏北钻孔<sup>[15]</sup>,将临近郯庐断裂带的钻孔湖泊沉积地层一律归为上新世,

由此产生对地层间断问题的讨论<sup>[16]</sup>。

在山西运城盆地边缘黄土塬上P5孔，由于基底构造的影响，松山极性带仅见Olduvai亚时以来的地层，下伏“红黏土”是上新世湿热气候下的沉积<sup>[17]</sup>。在环渤海地区和华北平原，同样的“红黏土”沉积属于同样气候下富铝化作用的产物，古地磁极性柱就不能再连续解释下去了。天津地区沧县隆起上的钻孔，据此岩石地层学原则判断的N/Q界线深度仅300 m余，基底凹陷处此界线要深些。

在河北省阳原县泥河湾地区下沙沟剖面<sup>[18]</sup>，由于多砂层，显示正向带居多，反向沉积甚薄。粗碎屑物质居多是否干扰地磁场记录？尚无定论。沿袭岩石地层学概念和原则，将岩石组之间划为间断即可<sup>[16]</sup>。

如果使用本文图3对古地磁极性柱的解释，即发现上新世下辽河平原不仅是湖泊，而且存在着大河流沉积的同期异相问题。显然在强调年代地层的第四纪研究中，年代地层处于优先地位。但是需要再高质量古地磁研究基础上，考虑并妥善处理地层间断<sup>[19]</sup>。一个地区的层型剖面尚需要副层型、乃至几个辅助剖面补充其同期异相内容，才可以表达清楚。

下辽河平原第四纪下限最早取自Lp24孔古地磁研究结果和孢粉分析，从该孔不成熟的古地磁极性柱看，取245 m为M/G界线未尝不可，且与本文确定的S1孔此界线接近了。

### 3 河流动力对构造气候旋回的响应

渤海湾西岸黄骅坳陷在上新世是曲流河发育期<sup>[20]</sup>，辫状河在靠近山前地带发育。北京顺义地区由于近山前，出山河流阶段性发育明显受到山区抬升的控制（图4）。

顺义地区6个钻孔位于几条构造线附近（图4），晚新生代地层受到基底构造的控制。顺义县城南部Sh5孔晚上新世由湖泊进入湖泊边部和泛滥平原环境，其NWW侧Sh4b孔位于冲积扇主河道附近；且进入第四纪时期河道主要经Sh4b孔所在地，故而该孔测井曲线显示多曲流砂坝，而Sh5孔多为侧翼水道；其后经历一段平静期，在Sh5孔140 m深度向上河流作用再度加强，并继而在上述两钻孔区间摆动，且以60 m以上、约晚更新世以来地层中最甚；表明约晚更新世以来山体抬升加剧。Sh2和Sh3孔似乎有同样情况，虽然80 m以下地层不时有河流摆动影响，但此深度以上三期河流作用更明显。最深的Sh1孔最初系上新世冲积扇，其后随山区抬升减弱进入曲流砂坝发育期，继而水流更缓成为分支河道与支流间湾，在220 m深度开始向上河流作用又开始增强。由于是山前沉降地带，冲积扇进入该地卸载后，很多地点形成还原水体，故而砂层沉积呈灰绿色、绿灰色等，近似湖泊、牛轭湖沉积。由于河流动力学<sup>[21]</sup>背景不同，相近距离内钻孔同一深度层段沉积相亦有差异，惟晚更新世以来对比性尚好。太阳宫地区第四纪可能属于另外的河流来水输沙，辫状河流沉积显示了更多的河流旋回。上新世为泛滥盆地沉积环境，一般仅受小水流作用影响。

除Sh5(顺5)孔依古地磁M/G界线为N/Q界线外，其它钻孔曾依有孔虫出现层位确定了N/Q界线<sup>[22]</sup>（表1）。

表1 北京顺义地区钻孔据浮游有孔虫层位确定的N/Q界线（顺5孔为古地磁M/G极性时界线）

Table 1 The depth of N/Q boundary determined by using planktonic foraminifera horizon at drilling holes of Shunyi county, Beijing, the boundary of palaeomagnetic M/G polarity chron at borehole Sh5 is used as the N/Q boundary

钻孔	Sh5孔	Sh4孔	Sh3孔	Sh1孔	Sh6孔
N/Q界线	472m	490m	479m	578.5m	159m

（据文献[22]编制）

顺义地区钻孔反映约晚更新世以来河流作用增强，是燕山山体抬升的表现，属于构造气候旋回，即相当前述喜山运动第三幕的第二亚幕<sup>[1]</sup>，此时开始沿海平原受到冰川海平面变化影响，气候亦进入强烈波动时期。

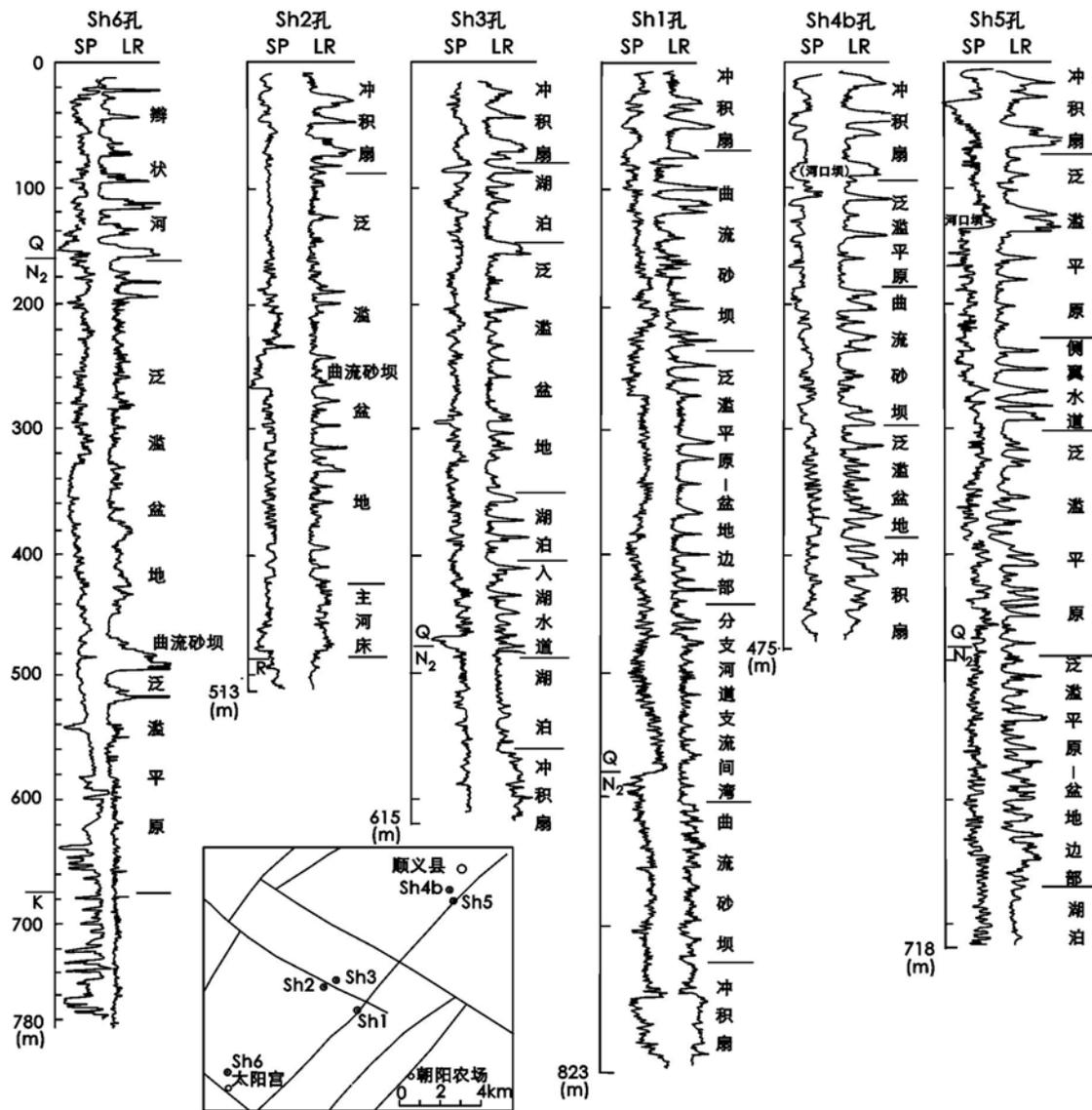


图4 北京顺义地区基底断裂附近钻孔测井相对比  
(据北京市地震地质会战办公室, 1987 重绘)

Fig.4 The correlation of logging facies of drilling holes situated near basic faults at Shunyi county in Beijing  
(Redrawn after Beijing Municipality Earthquake Geology Battle Office, 1987)

## 4 晚更新世海侵与沿海沉降加速

### 4.1 第三纪以来环渤海地区沿海的构造格架

自河北省滦河口向现代黄河三角洲连线以西的天津市塘沽、汉沽、大港区海岸，与河北沧州地区黄骅市海岸，到黄河口三角洲，构成了渤海湾西岸。在中国大陆青藏高原、黄土高原、黄淮海平原的三级阶梯地貌格局中，环渤海地区位于最低处。

作为内海的渤海，尽管现代是黄海海盆的一部分，但其构造格架在早第三纪即已形成。当时黄海海盆有三个独立的盆地，即渤海湾盆地、北黄海盆地和苏北—南黄海盆地。

从基底构造单元看，渤海湾西岸主要位于黄骅坳陷中。黄骅坳陷基本呈SW—NE倾覆状。天津大港区马棚口S32 钻孔M/G界线在 320 m，汉沽大神堂HG1 孔该界线在 410 m<sup>[23]</sup>。近十年的新钻孔资料显示，天津市区钻孔岩石地层学N/Q界线即是在 300—320 m 深度范围内。坳陷内中新世为辫状河沉积体系，上新世为曲流河沉积体系<sup>[20]</sup>，第四纪为泛滥平原与扇间洼地交互沉积，造成天津南部与河北东部平原含水层发育不良。上新统和第四纪早中期地层中偶尔出现广盐海相微体生物，表明短暂的咸水体早已出现。北京平原的早第四纪海侵可能

系沿构造通道发生<sup>[24]</sup>。据苏北沿海钻孔含有孔虫的薄层沉积，推测南黄海上新世一度遭受海侵<sup>[25]</sup>。但渤海湾西岸四次大规模海侵发生在约 150 ka BP 以来，其中 150 ka 期的海侵尚不普遍<sup>[16, 26-29]</sup>，此前中国东部沿海没有发生大面积海侵<sup>[30]</sup>。南海形成于渐新世中期，东海形成于中新世。上新世南黄海坳陷、渤海湾坳陷已经出现，且分别延伸到现代江苏、河北境内，这两个坳陷除暂时性出现 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 型水体及有孔虫、海相介形虫外，依然是陆相沉积<sup>[31]</sup>，并没有成为海盆，直至上新世这两个坳陷才与北黄海坳陷相连成现代的黄海盆地；但何时成为海盆，尚有赖于微体生物研究。

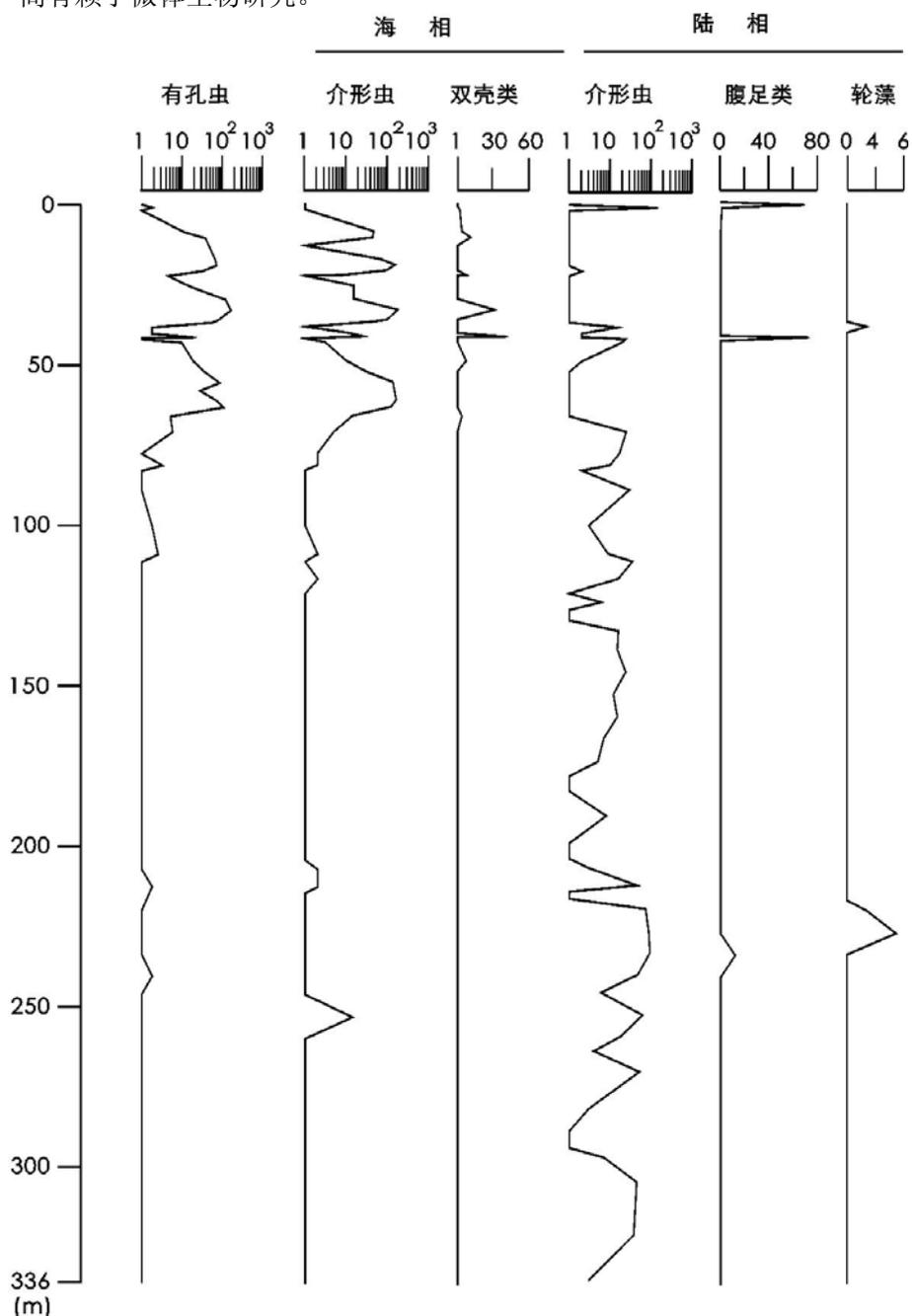


图5 河北省黄骅 HK1 孔微体生物标本数量统计  
Fig.5. Amount statistics of microfossils at drilling hole HK1 in Huanghua county, Hebei Province

#### 4.2 渤海形成于早更新世

渤中凹陷BZ6-1-1孔 120 — 800 m层段微体生物研究，补充了附近BC1孔<sup>[32]</sup>未能揭穿的下部地层海侵记录。该孔 400 m以上地层出现南海型底栖有孔虫成年壳体，表明渤海在第四纪成为海盆<sup>[33]</sup>。但具体年代尚待系统取芯钻孔研究方能确定，或参考更偏南地区的工作。

长江口盆地的上海浦东钻孔，在高斯极性晚期发现小个体的浮游有孔虫，表明该地当时

可能发生了断陷,受到海水轻微影响,其中浮游有孔虫是随水流漂来的,不能反映海水的深度。根据该孔古地磁研究与高分异度微体生物群的出现,可以说黄海海盆可能在 1.70 Ma 开始受到海水影响。渤海 BZ6-1-1 孔大个体底栖有孔虫开始出现可能与之同期。

### 4.3 渤海湾西岸晚更新世以来的海侵

渤海湾西岸、南岸平原是研究中国东部第四纪海侵的主要场所,二十世纪 70 年代末提出第四纪有六、七次海侵主要是根据此地工作的结果<sup>[34, 35]</sup>。其中频繁引用的黄骅黄开 1 孔位于黄骅中捷农场二分场,系 70 年代初施工。由于当时仅是很长一个层段采一个“代表”样分析,采样密度不高,代表地层厚度过大。即使如此,取各采样层段中间深度制图(图 5),可见海相微体生物集中在黄开 1 孔约 60 m 以上地层。此深度以下鲜有此类生物出现,而且大量共生的陆相淡水生物在当年未报道,表明中、深部地层为洪泛平原上的洼地等暂时性湖泊。据此针对主要微体生物研究判断海侵的研究方法,提出需交代全部化石数量,并进行沉积相、生物相、古气候学和年代学研究<sup>[28]</sup>。实际上第四纪海侵研究中存在着许多微体化石错用问题<sup>[36]</sup>。海侵与气候转暖可能同时发生,可能滞后,也可能气候状况不清<sup>[37]</sup>。其中尚有不少事件沉积需要分辨。

由此可见,全球性冰川海平面变化在我国内海渤海亦有影响,且此时强烈的水汽循环影响了当时沿海平原的生态环境。然而晚更新世以来海侵的发生,尚有中国东部沿海平原沉降加剧的构造学背景,环境变化的各种表现是二者的叠加效应海水影响环渤海地区地下水水质基本发生在晚更新世以来。零星有孔虫、海相介形虫在中、深部地层中的出现,表明第四纪早、中期伴随气候一降水发生的蒸发、浓缩,导致出现偏酸性咸化水体。山西运城盐湖在由碳酸盐湖向偏酸性湖泊转化时,也出现海相世系微体生物。然而该地由于地处黄土高原东边缘,第四纪不可能存在与海洋连通的通道<sup>[17]</sup>,故而海侵概念不可滥用。因为微体生物是可以被搬运的,有鉴于此,第四系中、深部地层中零星海相微体生物的出现基本是水质咸化的反映,中、深部咸水的出现主要与大陆盐渍化有关。

环渤海地区虽然处于季风区,第四纪历史上可能少雨且多干旱,稀树草原与草原、草甸才是华北平原第四纪基本植被类型,大型乔木植被出现的时间颇短暂。(如果我提出的问题正确,则此两段似可删去,因与文无关)

## 5. 结 论

环渤海与华北平原地下水资源和现代地质环境评价等工作,涉及到晚新生代以来大量基础地质问题。其中首要的是构造沉降与河流沉积的贡献,因为最终成为陆地是河流输沙的结果。在现代沿海地区依然存在构造沉降的背景下,河流输沙减少的情况下,相对海平面上升的预警下,认识第四纪环境变迁机制是极其必要的;滨海地带海岸堆积速率超过相对海平面上升速率,即可保持海岸安全。

## 参 考 文 献

- [1]吴忱,陈萱,许清海,等.黄河三角洲的发育及其与水系变迁的关系[A].吴忱主编:华北平原古河道研究论文集[C].北京:中国科学技术出版社,1991,235—255.
- [2]吴忱,马永红,张秀清,等.华北山地地形面地文期与地貌发育史[M].石家庄:河北科学技术出版社,1999,190—201.
- [3]易明初.新构造运动及渭延裂谷构造[M].北京:地震出版社,1993,101—109.
- [4]王乃樑,杨景春,夏正楷,等.山西地堑系新生代沉积与构造地貌[M].北京:科学出版社,1996,1—392.
- [5]林和茂,袁凤钿,黄育庆.汾渭盆地新生代介形类化石[A].地质矿产部石油普查勘探局、中国地质学会石油专业委员会、石油地质文集编辑委员会编:石油地质文集,4—地层古生物[C].北京:地质出版社,1982,59—102.
- [6]岳乐平,薛祥煦.中国黄土古地磁学[M].北京:地质出版社,1996,1—128.
- [7]周廷儒,李华章,刘清泗,等.1991.泥河湾盆地新生代古地理研究[M].北京:科学出版社,1—157.
- [8]安芷生,王苏民,吴锡浩,等.中国黄土高原的风成证据:晚新生代北半球大冰期开始及青藏高原的隆升驱动[J].中国科学(D),1998,28(6):481—490.

- [9]王强. 2.50 Ma BP 地质事件与全球变化的关系[J]. 第四纪研究, 1991, 11 (2): 149 — 157.
- [10]袁宝印、朱日祥、田文来, 等. 泥河湾组的时代、地层划分合对比问题[J]. 中国科学 (D), 1996, 26 (1): 67 — 73.
- [11]辽宁省地质局水文地质大队. 辽宁第四纪[M]. 北京: 地质出版社, 1983, 1 — 128.
- [12]陈德昌, 顾尚勇. 下辽河平原第四纪磁性地层地层的初步研究[J]. 同济大学学报, 1988, 16 (2): 169 — 177.
- [13]葛同明. 有关布伦赫斯正极性时时期内的一些极性事件[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1983, 3 (2): 50.
- [14]Cande S C & D V Kent. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic[J]. Journal of Geophysical Research. 1995, 100 (6): 93 — 95.
- [15]金权、王平、王松根, 等. 安徽淮北平原第四纪地质[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 1 — 107.
- [16]王强, 金权. 中国东部第四纪间断地层学初步研究[A]. 杨子庚, 林和茂主编: 中国近海及沿海地区第四纪进程与事件[C]. 北京: 海洋出版社, 1989, 132 — 142.
- [17]王强, 李彩光, 田国强, 等. 7.1 Ma 以来运城盆地地表系统巨变与盐湖形成的构造学背景[J]. 中国科学 (D), 2000, 30 (4): 420 — 428.
- [18]陈茅南. 泥河湾层的研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1988, 1 — 122.
- [19]王强, 田国强. 第四纪年代地层学研究的启示[A]. 《第三届全国地层会议论文集》编委会编: 第三届全国地层会议论文集[C]. 北京: 地质出版社, 2000, 366 — 369.
- [20]武汉地质学院北京研究生院石油地质岩相组、大港油田石油勘探开发研究院勘探室岩相组. 黄骠拗陷第三系沉积相及沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1987, 1 — 180.
- [21]赵霞飞. 动力沉积学与陆相沉积[M]. 北京: 科学出版社, 1992, 1 — 27.
- [22]王乃文, 何希贤, 张丽仙. 北京平原第四纪海相微体化石的研究[J]. 北京自然博物馆, 1983, 22: 1 — 12.
- [23]王强, 宋大伟, 王云生. 第四系[R]. 邓永高主编: 中华人民共和国地质矿产部地质专报, 一, 区域地质, 第 29 号, 天津市区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1992, 116 — 156.
- [24]王乃文, 何希贤. 北京平原钙质超微化石的发现及其意义[J]. 科学通报, 1982, 27 (13): 805 — 808.
- [25]杨子庚. 中国东部陆架第四纪时期的演变及其环境效应[A]. 梁名胜, 张吉林主编: 中国海陆第四纪对比[C]. 北京: 科学出版社, 1991, 1 — 22.
- [26]王强. 渤海湾西岸海相与海陆过渡相介形虫动物群与古地理[J]. 海洋地质研究, 1982, 2 (3): 36 — 46.
- [27]王强, 李凤林. 渤海湾西岸第四纪海陆变迁[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1983, 3 (4): 83 — 89.
- [28]王强, 李凤林, 李玉德, 等. 对渤海西、南岸第四纪海侵命名的讨论[J]. 海洋学报, 1986, 8 (1): 71 — 81.
- [29]郑守仪, 郑执中, 王喜堂, 等. 山东省打渔张灌区第四纪有孔虫及其沉积环境的初步研究[A]. 中国科学院海洋研究所编辑: 海洋科学集刊[C], 13[J]. 北京: 科学出版社, 1978, 16 — 88.
- [30]王强, 田国强. 中国东部晚第四纪海侵的新构造背景[J]. 地质力学学报, 1999, 4 (4): 42 — 48.
- [31]孙镇诚, 杨藩, 张枝焕, 等. 中国新生代咸化湖泊沉积环境与油气生成[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997, 150 — 178.
- [32]中国科学院海洋研究所海洋地质研究室. 渤海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1986, 181 — 223.
- [33]王强. 晚新生代以来华北断块内环境变迁动力学[A]. 前寒武纪第四纪地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 2002, 171 — 182.
- [34]林景星. 华北平原第四纪海进海退现象的初步认识[J]. 地质学报, 1977, 51 (2): 109 — 116.
- [35]杨子庚、李幼军、丁秋玲, 等. 试论河北平原东部第四纪地质几个基本问题[J]. 地质学报, 1979, 53 (4): 264 — 279.
- [36]汪品先. 微体化石在海侵研究中的应用与错用[J]. 第四纪研究, 1992, 13 (4): 321 — 331.
- [37]高秀林, 王强, 李玉德, 等. 从天津 P8 孔看中更新世末期以来海侵期与气候期的对比[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1986, 6 (1): 53 — 64.

## Since Quaternary the mechanism of palaeoenvironmental change in Circle-Bohai Sea Area and North China Plain

WANG Qiang<sup>1</sup>, LIU Li-jun<sup>2</sup>, WANG Wei-dong<sup>3</sup>, Xu Hai-zhen<sup>2</sup> and SUN Wei-yi<sup>3</sup>

(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170;

2. Hebei Exploitation Institute of Hydrology and Engineering Geology, Shijiazhuang 050021;

3. Liaoning Exploitation Institute of Hydrology and Engineering Geology, Dalian 116037;

4. Liaoning Province Geological Survey Institute, Jinzhou 121000)

### Abstract

Under the Tibet-Qinghai Plateau raising setting, the Circle-Bohai Sea area and North China Plain became the confluence basin and accumulation plain. Since Quaternary the periodic river progradation caused the happening of palaeoenvironmental change with tectonic-climatic cycles characteristic in the studied area. Since Late Pleistocene the coast plain subsidence came into a quick phase, because of global eustasy superposed, so the hydrothermal situation and relative environment changes became more abundant and acute. Since late Holocene in the process of modern land forming, the sediments accumulation rate over that of sea level rising, so then the land formed finally. Today on coast zone there exist continuously tectonic subsidence and river load reducing, the relative sea level rising, it is very necessary to know the mechanism with different time-scale for palaeoenvironmental change.

**Key word:** Circle-Bohai Sea; North Plain; Quaternary; environment change; mechanism