

温州、黄岩平原第四纪海侵地层

汪品先 闵秋宝 卞云华

(同济大学海洋地质系)

浙江南部山地瓯江、灵江等河流的下游，分布着温州、黄岩等沿海平原，这里第四纪疏松沉积厚达一百五十米左右。近年来我国沿海各地调查表明：凡沿海平原都在不同程度上遭受过第四纪海侵，形成的海侵地层是沿海第四系划分对比的重要依据，也是研究沿海各地第四纪古地理历史的重要依据。为此，我们对温州永强的平18孔、平阳敖江的平14孔、乐清温2孔以及黄岩新桥的温黄29孔等四个钻孔（图1）进行了微体古生物分析，发现有丰富的有孔虫、介形虫等化石群。本文先讨论微体化石群的组成并结合岩相划分确定海侵地层的地质年龄，然后进一步讨论温、黄平原第四纪海侵的历史。

四个钻孔微体古生物分析表明，温州、黄岩平原第四纪记录了四个海侵层，其中温黄29孔资料最全。下面举此孔的地层剖面为例加以说明（图2）。

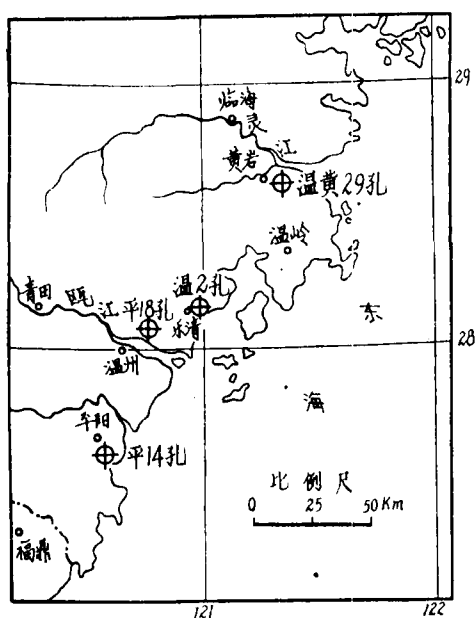


图1

温黄29孔于150.0米见石英闪长岩基底的风化壳，此上的疏松沉积可分为10层，自上而下是：

1. 0—5米左右

灰色泥。仅含植物碎屑与盾形化石，未见其它生物遗骸。盾形化石一般见于沿海地区海陆过渡相地层中^[1]，因此本层属海相性十分微弱的过渡相沉积。

2. 5米左右—19.0米

灰色泥。富含孔虫、介形虫、软体动物、棘皮动物(海胆刺，蛇尾类骨片)和海绵骨针等化石，其中有孔虫每50克样品中可达1500枚左右，介形虫可达170枚左右。有孔虫主要是：同现卷转虫 *Ammonia annectens*、异地希望虫 *Elphidium advenum*，其次有：毕克卷转虫(变种) *Ammonia beccarii* Var.、阿卡尼五块虫圆形亚种 *Quinqueloculina akneriana rotunda*、光

本文于1981年11月13日收到。

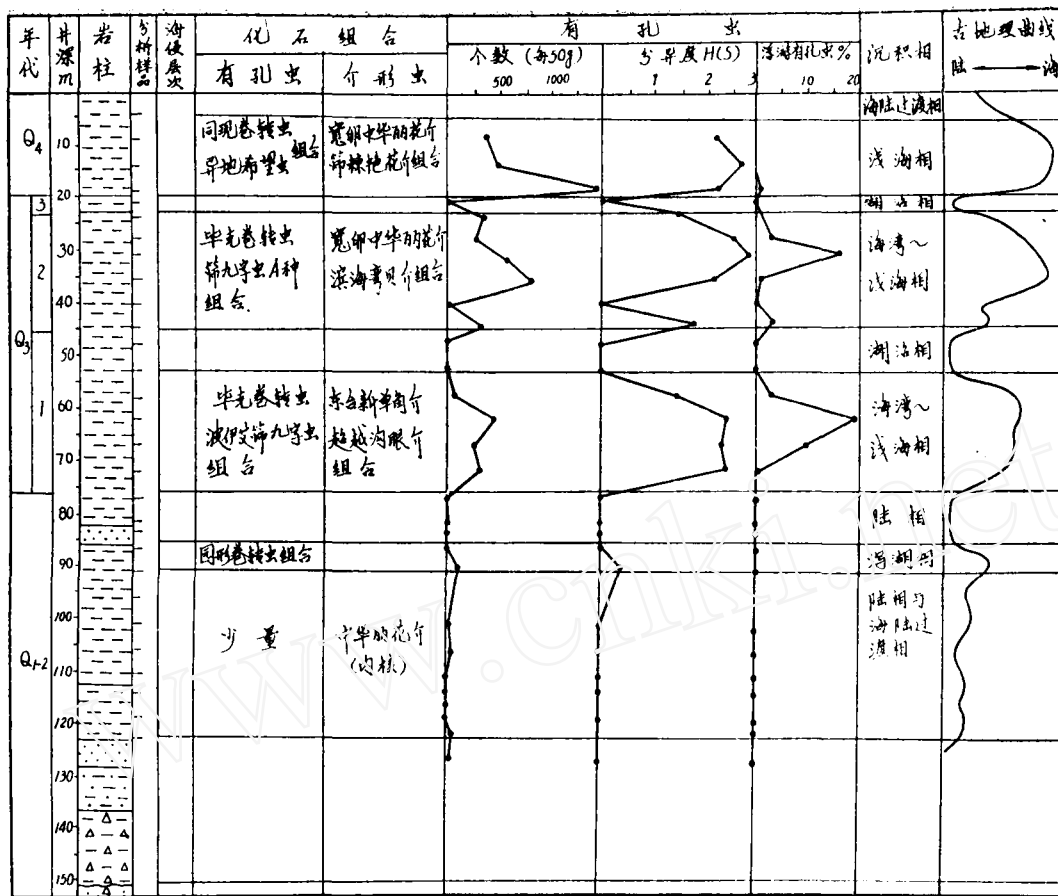


图2

滑抱环虫 *Spiroloculina laevigata*、球室刺房虫 *Schackoinella globosa*、茸毛希望虫 *Elphidium hispidulum*、具瘤先希望虫 *Protelphidium tuberculatum*、大西洋小九字虫 *Nonionella atlantica*、透明筛九字虫 *Cribronion vitreum* 等种，未见胶结壳，几乎不含浮游类型，有孔虫群分异度在2.1~2.7之间，可称为同现卷转虫—异地希望虫组合。介形虫主要有：宽卵中华丽花介 *Sinocytheridea latiorata*、筛棘艳花介 *Echinocythereis Cribiformis*、方地豆艳花介 *Legum-inocythereis hodgii*、弯脊拟博斯凯介 *Parabosquetina sinucostata* 等种，可称宽卵中华丽花介—筛棘艳花介组合。

上述化石群与现代东海沉积中所见相比，说明水深不超过20米，盐度基本正常，属于浅海相。

3. 19.0—21.0米

黄灰色泥。除少量鱼骨碎片外，未见任何化石。属湖沼相沉积。

4. 21.0—45.05米

灰色、深灰色泥。含相当丰富的有孔虫群，介形虫少见，并有海胆刺、圆盘形硅藻与海绵骨针等共生。每50克中含有有孔虫数百枚，有孔虫群分异度H(S)值在1.5—2.8之间，主要为：毕克卷转虫(变种)、筛九字虫A种 *Cribronion sp. A*。其次有：波伊艾筛九字虫 *Cribronion poeyanum*、茸毛希望虫、江苏小希望虫 *Elphidiella kangsuensis*、奈良小上口虫 *Epist-*

ominella naraensis、凸背卷转虫 *Ammonia convexidorsa* 以及小个体的浮游有孔虫，如五叶抱球虫 *Globigerina quinqueloba* 等，不含胶结壳及瓷质壳有孔虫，称毕克卷转虫—筛九字虫 A 种组合。介形虫为：宽卵中华丽花介、滨海弯贝介 *Loxoconcha binhaiensis*，本层所含化石包括两类：一个为广盐性种，如毕克卷转虫、波伊艾筛九字虫、茸毛希望虫、江苏小希望虫以及宽卵中华丽花介、滨海弯贝介，它们属于中国海最常见的广盐性微体化石之列；另一类是小个体窄盐种，如奈良小上口虫、五叶抱球虫等，虽然生活于正常盐度的海区，但常随潮流携入河口、海湾，长江口、杭州湾沉积即以此类小个体有孔虫为特征。而大个体窄盐分子，本层未曾发现。因此，此层属于海湾—浅海相，盐度低于正常海水，其中顶部与底部层段分异度低，属海湾相，中部分异度高，属浅海相。

5. 45.05—58.10米

灰绿色泥。化石罕见，仅发现少量鱼骨及水蕨孢子。含硬石膏，属陆相沉积。

6. 58.10—75.00米

灰色泥。含有孔虫、介形虫及蛇尾类骨片。有孔虫每50克中含300—400枚，分异度H(S)值在2.4以下；介形虫稀少。有孔虫群主要是：毕克卷转虫（变种）、波伊艾筛九字虫；其次有筛九字虫 A 种、江苏小希望虫、多变假小九字虫 *Pseudononionella variabilis*、凸背卷转虫、奈良小上口虫、太平洋蠢氏虫 *Hopkina pacifica* 以及小个体浮游有孔虫等种。未见胶结壳，几乎无瓷质壳。称毕克卷转虫—波伊艾筛九字虫组合。介形虫仅见个别：东台新单角介 *Neomonoceratina dongtaiensis*、超越沟眼介 *Alocopocythere transcendens*。本层化石群仍由广盐性属种及小个体窄盐种合成，同样属于海湾—浅海相，但从个数、种数、个体大小等方面判断，海相性程度较前述第四层更弱些。

7. 75.00—86.80米

上部灰绿色泥，下部棕黄色粉砂质泥。除植物碎屑外未见化石，属陆相沉积。

8. 86.80—93米左右

青灰绿色泥。含有孔虫，但数量不多，每50克中仅数十枚，且以圆形卷转虫 *Ammonia dominicana* 一种占绝对优势（91.5%），全群仅有4种有孔虫，分异度H(S)值仅0.37，属于微咸水泻湖沉积。

9. 93米左右—123.5米

灰绿、灰黄色泥。部分样品中见有个别有孔虫、广盐海相介形虫零星分布。本层沉积环境应以陆相为主，但可能曾受短暂海侵微弱影响，属陆相至弱的海陆过渡相。

10. 123.5—151.0米

灰、黄色砂砾、碎石夹粘土，未见化石。

综上所述，温黄29孔共有四个海侵层，即相当第1，2化石层的第I海侵层，相当第4化石层的第II海侵层，相当第6化石层的第III海侵层，以及相当第8化石层的第IV海侵层。各层海相性程度由上而下依次递减。我国东部沿海第四纪除去最底部一个可能属上新世或更新世初的海侵层不计外，广泛发育的也正是四个海侵层，它们分别是全新世的卷转虫海侵层（第I海侵层），晚更新世中期的假轮虫海侵层（第II海侵层），晚更新世早期的星轮虫海侵层（第III海侵层）及中更新世的盘旋虫海侵层（第IV海侵层）^[2]。温黄29孔的四个海侵层虽然因为大部分属海湾相或滨岸浅海相，海相性程度偏低，缺乏假轮虫、星轮虫等开放海才有的标志性属种，但根据各海侵层古地理特征，分布深度及厚度等特征，仍可以确定与整个

我国东部沿海的四个海侵层相当，即：

温 黄 29孔			我 国 东 部 沿 海			
海侵程序	化石层	井 深(米)	海 侵 程 序	名 称	地质年代	距 今 年 数
I	1, 2	0—19	I	卷 转 虫 海 侵	Q ₄	0—10000±
II	4	21—45.05	II	假 轮 虫 海 侵	Q ₃ ²	24000—39000±
III	6	58.10—75.08	III	星 轮 虫 海 侵	Q ₃ ¹	70000—100000±
IV	8	86.8—93±	IV	盘 旋 虫 海 侵	Q ₂	约300000

温黄29孔与辽宁、河北、江苏、上海、浙江北部钻孔的第四纪海侵地层对比，如图3所示。

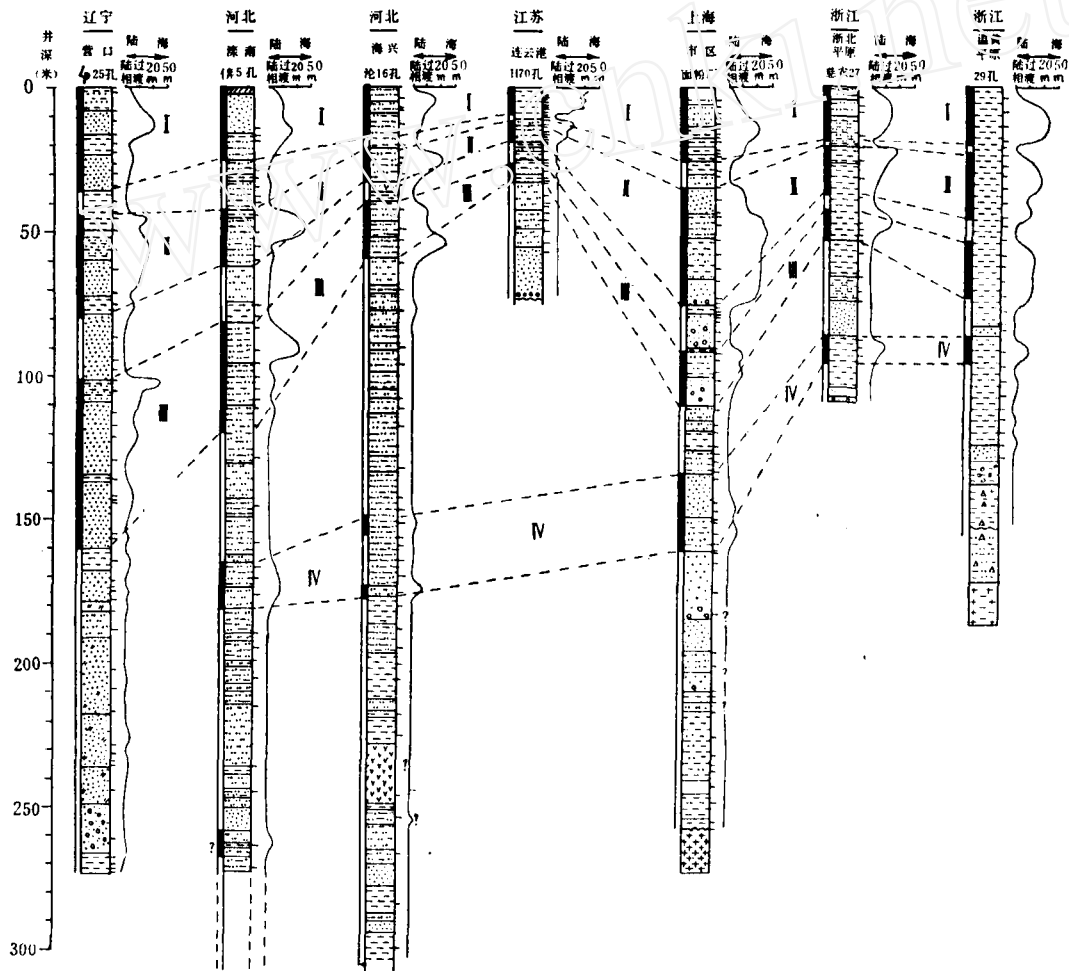


图 3

一、

上述四个海侵层，在温州、黄岩平原其他钻孔中，也同时可以发现。例如温州、平阳和

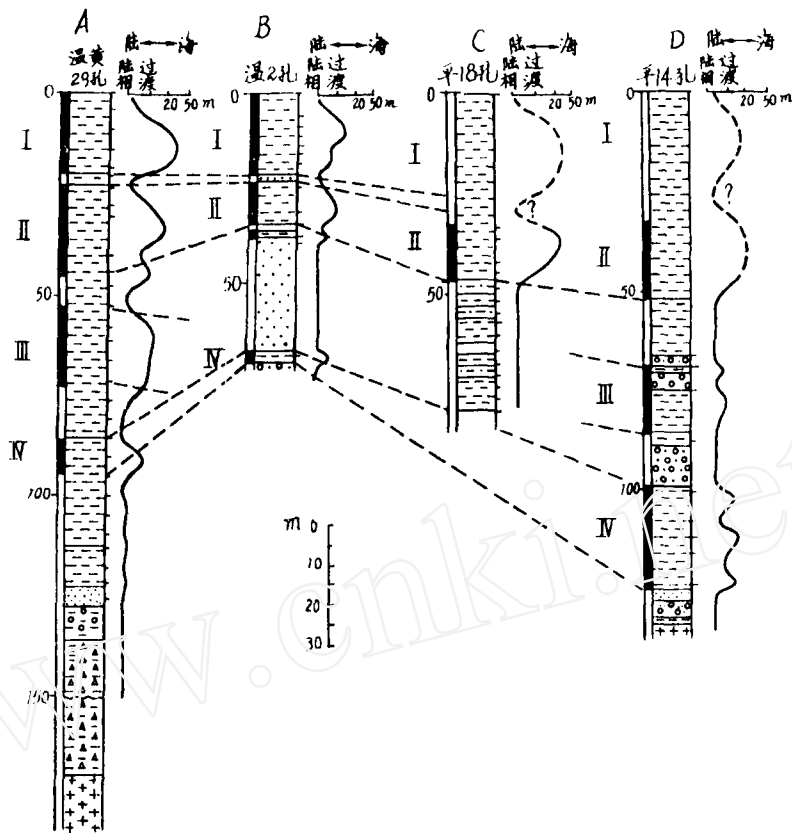


图 4

乐清的三个钻孔同样钻过这些海侵层（图 4），但发育程度各有不同。

温 2 孔记录了 I、II、IV 三个海侵层（图 4 B），第 III 海侵层表现不明显，有可能与剥蚀作用有关。与温黄 29 孔一样，温 2 孔的海侵层也是自上而下海相性程度逐渐减弱，从全新世海侵产生的海湾滨岸相，减弱到中更新世海侵时的微咸水泻湖相。然而，温 2 孔全井中完全不见浮游有孔虫及胶结壳有孔虫，各海侵层中有孔虫属种单调，绝大多数个体属于广盐性海相生物，有孔虫如：毕克卷转虫（变种）、凸镶边卷转虫 *Ammonia limbatobeccarii*、茸毛希望虫、江苏小希望虫、精美直小希望虫 *Rectoelphidiell lepida*、波伊艾筛九字虫等，并含死后搬运而来的个别小个体窄盐有孔虫，如：太平洋霍氏虫、现生金伯尔虫 *Guembeltria vivans* 等，以及广盐滨岸类型介形虫：宽卵中华丽花介、东台新单角介、中国中华花介 *Sinocythere sinensis*、方地豆艳花介、弯脊拟博斯凯介和滨岸型硅藻，三角硅藻未定种 *Triceratium sp.*、珠盘藻未定种 *Archinoidiscus sp.* 等，未见任何棘皮类遗骸。因此，温 2 孔第四纪海侵表现较弱，形成的地层只有海湾滨岸相与微咸水的海陆过渡相，从未形成正常海相沉积。可见，此孔所在地在第四纪各海侵时期均与东海有一定阻隔。

平 18 孔仅对 33—79 米井段取样分析，因此只发现一个海侵层（33—45 米），经与邻井对比，应属晚更新世中期的第 II 海侵层（图 4 C）。此层富含孔虫、海相介形虫、棘皮类、苔藓虫及海相软体动植化石，有孔虫主要为：毕克卷转虫（变种）、阿卡尼五块虫圆形亚种、光滑抱环虫、亚易变筛九字虫 *Cribronion subincertum* 等，并有少量小个体浮游有孔虫

发现。介形虫主要有：宽卵中华丽花介、弯脊拟博斯凯介、眼点弯贝介 *Loxoconcha ocellta* 等，均为正常滨岸类型。本层中部海相性程度最高，含有超越沟眼介等窄盐海相属种，属于水深约20米许的浅海相，而本层向上、下两端属种均趋单调，海相性程度下降。可见，平18孔的第2海侵层属于开放性滨岸海相，其海相性程度显著超过温2孔。

平14孔亦只在44米以下取样分析，发现有第Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ三个海侵层（图4D），第Ⅰ海侵层因不曾取心而未能分析。本孔Ⅱ—Ⅳ海侵层中的微体化石群均以广盐性属种占优势，未见浮游有孔虫及棘皮类化石，海相性程度显然低于平18孔的第Ⅱ海侵层。平14孔仅于第Ⅱ海侵层见有保存良好的钙质有孔虫壳，其中以：毕克卷转虫（变种）、凸镶边卷转虫占明显优势，分异度较低，属半咸水滨岸相。第Ⅲ海侵层只含假几丁质壳的有孔虫：褐色花朵虫（？）*Florilus? fuscus* sp. nov.、砂轮虫（？）未定种*Trochammina? sp.*，并有较多的有壳变形虫*Centropyxis* sp.、刺盒虫未定种以及植物碎屑。由假几丁质壳组成的有孔虫群相当罕见，一般只见于pH值偏低的滨海沼泽或内陆残留海水中，本层因属种单调，应属与海水隔绝，但曾有海水影响的弱海陆过渡相，盐度可能与淡水接近。而第Ⅳ海侵层中有孔虫、介形虫化石多为黄铁矿内模而不见钙质壳壁，所见属种又为广盐性的毕克卷转虫（变种）、筛九字虫、希望虫、直小希望虫、中华丽花介、弯贝介广盐类型，又见有壳变形虫共生，是滨岸淡化海水沉积物，后来又曾处于还原、酸性环境所造成。可见，平14孔Ⅱ—Ⅳ海侵层海相性程度大体上也是自上而下递减，海相性程度也都不高。

归纳上述四个钻孔，可以得出四个可以相互对比的海相层（见下表）。各井的海侵层均

地 点	孔 号	海 侵 层 井 深(米)			
		I(Q ₄)	Ⅰ(Q ₃ ²)	Ⅲ(Q ₃ ¹)	Ⅳ(Q ₂)
黄岩新桥	温 黄29	0—19	21—45	58.1—75.1	86.8—93
乐 清	温 2	0—20	22.1—33.6	?	68.8—70.3
温州永强	平 18	未取心	~33—50		
平阳敖江	平 14	平 14	~42—52	~57.0—87.46	~100.3—124.6

有自上而下海相性程度减弱的趋势，而最强的也只不过20米许开放性正常浅海相沉积。其中温黄29孔第Ⅰ、Ⅱ海侵层和平18孔第Ⅱ海侵层海相性程度较高，反映盐度比较正常；其余所分析的各海侵层均为明显半咸水或微咸水的海陆过渡相沉积，海相性较弱。

三、

温州、黄岩平原第四纪海侵地层及其微体古生物特征的查明，为本区第四纪地质的研究提供了一些有趣的结论。

1. 为第四纪地层的划分、对比提供了标志层。根据我国东部调查的结果，第四纪各海侵层均可指示一定的地层界线，因而具有标志层的意义。第Ⅰ海侵层底界相当于全新统与更新统的分界(Q₄/Q₃)，第Ⅱ海侵层的上、下界代表上更新统中部(Q₃²)的界限，第Ⅲ海侵层的下界大体相当中、上更新统的分界(Q₃/Q₂)，第Ⅳ海侵层则接近中更新统(Q₂)的

下界。从上海等地钻孔分析的结果看来,这四个海侵层都各自相当于一个气候转暖期^[3],亦即与冰后期、玉木冰期中的亚间冰期、里斯—玉木间冰期、明德—里斯间冰期相应。温州、黄岩平原第四纪地层虽尚缺乏孢粉分析资料,但根据气候旋回与海侵旋回的对应关系,根据海侵层的位置同样可以划分和对比第四纪地层。

2. 为新构造运动的研究提供了依据。海侵地层的调查,揭示出温州、黄岩地区第四纪以来具有下沉的总趋势。如所周知,早更新世以来历次间冰期发生的海侵,在欧洲地区具有规模陆续缩小的现象。如意大利利威尼斯钻孔中,更新世早期海侵层中有浊流沉积发育,属较深海相,而全新世海侵层只有海陆过渡相化石群^[4];荷兰的北海沿岸第四纪历次海侵发生越晚的范围越小^[5];世界各地第四纪海成阶地也是越老的越高^[6]。因此,有人主张第四纪历次海侵时的海平面越早的越高;也有人以为上述现象只是陆地逐渐抬升所致,各次间冰期海面高差很小。然而,温州、黄岩平原第四纪地层中记录的历次海侵,却是发生越晚的海相性程度越高,与世界上上述趋势相反。这种现象,只能用本区地壳在第四纪期间具有逐渐下沉的总趋势来解释,由于海拔陆续下降,因而海侵越来越强。其实,我国整个东部沿海地区大体上都是第四纪海侵影响越晚越强,说明我国东部大陆在第四纪期间具有陆续下降的趋向。

如果将沿海各地的第四纪古地理曲线加以比较,可以发现有以下四种类型:

(1)四次海侵齐全,晚更新世海侵较全新世更强。这种钻孔剖面发现于杭州湾以北的大河口,如长江口、海河口平原区,属长期强烈沉降区。

(2)四次海侵齐全,但全新世海侵最强。浙江至辽宁的中等河口、温州、黄岩平原属之。

(3)只见全新世海侵层。分布于沿海平原与山地相交的边缘区或较小河口平原区,属于下沉较少、较晚的地方,仅全新世海侵才能淹及。温州、黄岩平原以南的福鼎地区,只见全新世海侵层^[7],便属于此类,估计闽、粤沿海平原基本上属此种类型。

(4)只有晚更新世海侵层,并无全新世海侵。见于离现代海岸较远的河谷地区,如山西运城盆地、江苏丰、沛地区等。

上述四类剖面的次序,实际上代表着沉降运动的等级,海侵层越少、越晚,发生的沉降也最弱。温州、黄岩平原属于沉降比较强的第二类。

3. 为认识东海第四纪古地理历史提供资料。温州、黄岩平原的钻孔分析表明:东海在第四纪期间曾四度将海域扩展到浙南平原,但范围不大,淹及平原的海水最深不过二十余米,大多时期只不过造成海陆过渡相环境。如果统计四个钻孔海侵地层中海相与海陆过渡相地层累积厚度的比例,则海陆过渡相大概是海相地层的6倍。如果对我国东部沿海36口钻孔进行同样的统计,可以发现海陆过渡相为海相层厚度的2.38倍^[8]。这些数据,不仅表明了海陆过渡相地层的重要性,同时也反映出新构造运动的差异。相比之下,东海沿岸第四纪海侵地层的强度、厚度及分布范围,均远远逊色于渤海沿岸,这种差异性也应当与渤海沿岸地区的沉降运动远较东海强烈有关。至于黄岩新桥、温州永强海侵层的海相性较乐清和平阳敖江为强,也反映了上述地点当时与东海联通程度的差别。

总之,第四纪海侵层的初步研究为认识瓯江、灵江等河下游平原的第四纪地质历史提供了不少有意义的线索;可惜部分钻孔取心样品不全,未能取得全貌,更可惜一时尚缺乏同位素、古地磁测年及孢粉分析等资料。如果在现有基础上进一步补充样品,采用多项目综合分析,当可取得更加全面确切的结论。

参 考 文 献

- (1) 汪品先等, 第四纪地层微体化石的研究方法和应用, 1980, 海洋微体古生物论文集.
- (2) 汪品先、闵秋宝、卞云华、成鑫荣, 我国东部第四纪海侵地层的初步研究. 地质学报, 1981, 第55卷, 第1期.
- (3) 闵秋宝、汪品先, 论上海地区第四纪海进, 同济大学学报, 1979年第2期.
- (4) Favero V. and Passega R., Quaternary Sedimentation Controlled by Subsidence Environment Glaciations well CNR Venice—1, Italy. IX—ème congrès international de sédimentologie, Nice, 1975, Thème 1, 73—78.
- (5) J.D. de jong, *The Quaternary*, 2(1967), 302—426.
- (6) В.А.Шлейников, *Изменение уровня мирового океана в плейстоцене*, 1975, 40—45.
- (7) 林景星, 科学通报, 1979年, 第11期.
- (8) 汪品先、闵秋宝、卞云华, 1982, 我国东部第四纪的海陆过渡相地层, 1982年第四纪研究 (待刊).