

广东东部沿海全新世地层

李平日 黄镇国 张仲英 宗永强

(广州地理研究所)

摘 要

根据对全区1700个钻孔资料的分析及选择其中4个代表性剖面进行了详细研究,综合全区47个钻孔的放射性碳年代分期、孢粉分析反映的气候更替、沉积环境的变化等,提出将广东东部(珠江口以东)沿海的全新世地层划分为下、中、上统,其中的中全新统和上全新统再各分为上、下段,即共5个地层段。下全新统以距今1.2万年为起始年龄,以河相砂砾层和风化的花斑粘土、“老红砂”作为上更新统与全新统的分界。并划分出韩江三角洲区、滨海平原区、珠江三角洲区等3个地层区。

广东东部(珠江口以东)沿海全新世地层比较发育,前人已作过不少研究,提出一些地层划分意见^{[1-4], 1)}。但这些划分意见往往缺乏年代依据,对气候变迁和沉积环境未进行详细分析,分层也较粗略。笔者分析了该区约1700个钻孔资料,对其中的47个钻孔剖面进行了年代学和沉积学的综合研究,测定了83个属于全新世范围的¹⁴C年代样品,分层分析了孢粉²⁾、化石硅藻³⁾、有孔虫和介形虫⁴⁾、贝壳⁵⁾、粒度、微量元素、重矿⁶⁾等的特征和变化。本文试图通过对若干代表性剖面的分析和综合全区的¹⁴C年代分期、气候更替、沉积环境变化等方面,讨论全新统与更新统的分界,划分全新世地层,并根据各岸段地层发育的差别,划分地层区及探讨各区的利用问题。

一、代表性剖面简述

广东东部沿海的全新统主要是三角洲相或滨海相沉积,一般厚15—30米,最大厚度63.6米(斗门县灯笼沙D6孔)。下、中、上统发育完全,与上更新统常以不整合面分界。

本文1984年6月20日收到,修改稿1985年8月6日收到。

- 1) 陈培虹, 粤东潮汕平原第四纪地质的初步认识, 1982.
- 2) 孢粉承中国科学院植物研究所杜乃秋、吴玉书、席以珍同志鉴定。
- 3) 硅藻承暨南大学齐雨藻、张子安、林兰英同志及广州地理研究所何锐如同志鉴定。
- 4) 有孔虫和介形虫承同济大学海洋地质系微体古生物研究室鉴定。
- 5) 贝壳承中国科学院南海海洋研究所邹仁林、林碧萍同志鉴定。
- 6) 粒度、微量元素、重矿由广州地理研究所实验室分析。

现选择若干个代表性剖面简述如下:

(一) 潮州市沙溪区黄里口2孔剖面 (图1、图2的剖面11)

位于韩江三角洲的西北部,第四系总厚度84.20米,下部为 Q_3^{1-2} 的灰白色砂砾及灰黑色淤泥质砂(^{14}C 年龄为距今 $26470 \pm 840 - 18990 \pm 600$ 年),厚46.93米;中部为 Q_3^3 的花斑粘土及灰白色中粗砂,厚7.37米;上部的全新统厚29.90米,自上而下为:

- | | |
|--|--------|
| 9. 灰黑色淤泥,含圆筛藻(<i>Coscinodiscus</i>)、马鞍藻、(<i>Campylodiscus</i>)、盾形化石 | 厚2.50米 |
| 8. 灰黑色粉细砂,含圆筛藻、马鞍藻、棒网虫(<i>Dictyocoryne</i>)、盾形化石及少量的贝壳碎片和腐木, ^{14}C 年代为距今 2120 ± 90 年 | 厚6.29米 |
| 7. 灰黑色淤泥,含圆筛藻、三角藻(<i>Trioetium</i>)、马鞍藻、辐海藻(<i>Actinoptychus</i>)、霜粒希里虫(<i>Elphidium nakanokawaense</i>)、中华花介(<i>Sinocythere sinensis</i>),有大量的牡蛎(<i>Ostrea sp.</i>)、蚶(<i>Arcidae</i>)等海相贝壳碎片及自生黄铁矿, ^{14}C 年代为距今 4610 ± 120 年 | 厚6.17米 |
| 6. 灰白色中细砂,含圆筛藻、自生黄铁矿,下部以粗砂为主 | 厚1.50米 |
| 5. 灰白色粘土,局部带黄斑,含圆筛藻、三角藻 | 厚0.80米 |
| 4. 深灰色淤泥,含圆筛藻及大量自生黄铁矿,有少量腐木 | 厚1.70米 |
| 3. 灰色粘土,含圆筛藻及自生黄铁矿,有少量腐木 | 厚3.98米 |
| 2. 灰白色粘土,含较多自生黄铁矿,有少量腐木 | 厚2.60米 |
| 1. 灰白色中粗砂,磨圆度较差,含少量腐木 | 厚3.02米 |

不 整 合

下伏上更新统上段灰白、砖红色花斑粘土

根据 ^{14}C 年代、岩性特征、生物、矿物、孢粉分析等综合分析判断,层1为陆相沉积,层2含较多的海相指示矿物,微量元素(钨、钾、铈、钡)的含量和粒度分析也指明偏于海相,孢粉反映为乍暖还寒的冰后期初期的温凉气候,表明层1—2是早全新世(Q_3^1)海进初期的堆积;层3—5为海相环境较稳定的沉积,气候湿热,相当于大西洋期,属中全新统下段(Q_3^{2-1});层6—7海相性质明显,气候比前期稍凉,相当于亚北方期,属中全新统上段(Q_3^{2-2});层8为海陆交互相沉积,气候与层3—5相似,相当于亚大西洋期,属上全新统下段(Q_3^{3-1});层9海相性质渐弱,气候比前期稍凉,相当于太平洋期,属上全新统上段(Q_3^{3-2})。

(二) 海丰县梅陇区梅陇农场A4孔剖面 (图1、图2的剖面8)

位于红海湾的滨海平原,第四系总厚度32.09米,下部为厚1.04米的 Q_3^3 河相砾石层;上部的全新统厚31.05米,自上而下为:

- | | |
|---|---------|
| 8. 灰褐色淤泥 | 厚2.20米 |
| 7. 黄白色粉砂粘土,有铁钙结核 | 厚0.90米 |
| 6. 灰色粉砂质淤泥,含带维螺(<i>Turritella fascialis Meake</i>), ^{14}C 年代为距今 1560 ± 80 年 | 厚1.60米 |
| 5. 灰色淤泥,含较多的带维螺、伊萨伯雪蛤(<i>Chione (Clausirella) isabellina</i> (Philipp)) | 厚13.09米 |
| 4. 灰黄色淤泥质粉砂 | 厚1.65米 |
| 3. 灰黑色淤泥质粉细砂,有较多的织锦巴非蛤(<i>Paphia textile</i>)、乌蛤(<i>Cardiidae sp.</i>), ^{14}C 年代为距今 3120 ± 160 年 | 厚0.80米 |
| 2. 黄色粉细砂 | 厚4.10米 |

1. 灰色含泥砂砾, 有较多的云母蛤 (*Nuculanidae Yoldia sp.*)、织锦巴非蛤、扭转蚶 (*Arca tortuosa Linnaeus*) 厚0.13米

不整合

下伏上更新统砾石层

层1—2为全新世早期海侵的堆积; 层3—5为中全新世海侵盛期堆积, 根据层3和层6的 ^{14}C 年代推断层5下部属大西洋期(Q_4^{2-1}), 上部属亚北方期(Q_4^{2-2}); 层6为 Q_4^{3-1} 的滨海沉积; 层7—8为 Q_4^{3-2} 陆相堆积。

(三) 顺德县杏坛ZK8孔剖面 (图1、图2的剖面1)

位于珠江三角洲的中部, 第四系总厚40.79米, 下部的 Q_4^3 河相砾石层厚10.26米; 上部为全新统, 厚30.53米, 自上而下为:

- | | |
|---|---------|
| 7. 灰黄色粉砂质粘土 | 厚2.33米 |
| 6. 深灰色淤泥, 含圆筛藻、小环筛等 | 厚1.23米 |
| 5. 深灰色粉砂淤泥, 含圆筛藻、小环筛等, 夹少量腐木, ^{14}C 年代3710±110年 | 厚4.40米 |
| 4. 深灰色粉砂质淤泥, 下部粉砂较多, 有较多海相贝壳, ^{14}C 年代5660±130年 | 厚11.01米 |
| 3. 深灰色淤泥质粉砂, 含圆筛藻及海相贝壳, ^{14}C 年代8930±220年 | 厚4.19米 |
| 2. 灰色粉砂质淤泥, 含圆筛藻 | 厚4.83米 |
| 1. 灰黄色粉砂淤泥, 含腐木, 底部的 ^{14}C 年代13070±320年 | 厚2.54米 |

不整合

下伏上更新统河相砾石层

层1—3为海进初期沉积属 Q_4^1 ; 层4为海进盛期沉积, 属 Q_4^{2-1} ; 层5为海进末期沉积, 属 Q_4^{2-2} ; 层6为三角洲沉积, 属 Q_4^{3-1} ; 层7为泛滥平原堆积, 属 Q_4^{3-2} 。

(四) 珠江口伶仃洋西滩W7孔剖面⁷⁾

为水下浅钻取得的岩芯, 仅238厘米, 未打穿全新统。自上而下为:

- | | |
|---|-------|
| 4. 灰黄色半流动淤泥 | 厚7厘米 |
| 3. 浅灰色淤泥, 含条纹小环藻、柱状小环藻, ^{14}C 年代790±85年 | 厚93厘米 |
| 2. 浅灰色粉砂质淤泥 | 厚61厘米 |
| 1. 深灰色淤泥, 含大量小眼圆筛藻, 条纹小环藻及海相贝壳, ^{14}C 年代2520±100年 | 厚75厘米 |

层1—2为海相性质较强的 Q_4^{3-1} 沉积; 层3为海相性质较弱的 Q_4^{3-2} 沉积; 层4为现代沉积。

二、全新统与更新统的分界

冰期的出现, 是更新世的特征性事件。把玉木晚冰期结束, 气温大体回升至冰期前的状况, 海侵达现海岸斜坡, 作为全新世开始, 在理论上是合理的, 在实际工作中也比较容易掌握。广东东部沿海虽无冰川出现, 但晚冰期的全球性变冷和海平面大幅度下降则对本区同样有深刻的影响。

通过对韩江三角洲潮州贾里E2孔剖面的孢粉分析可知, 晚更新世中期后段(Q_3^{2-2})的孢粉 (^{14}C 年龄为距今18990±600年) 为栲(*Castanopsis*)—栎(*Quercus*)—枫香(*Liguid-*

7) 据徐君亮等的伶仃洋浅滩形成发育演变(1983)整理。

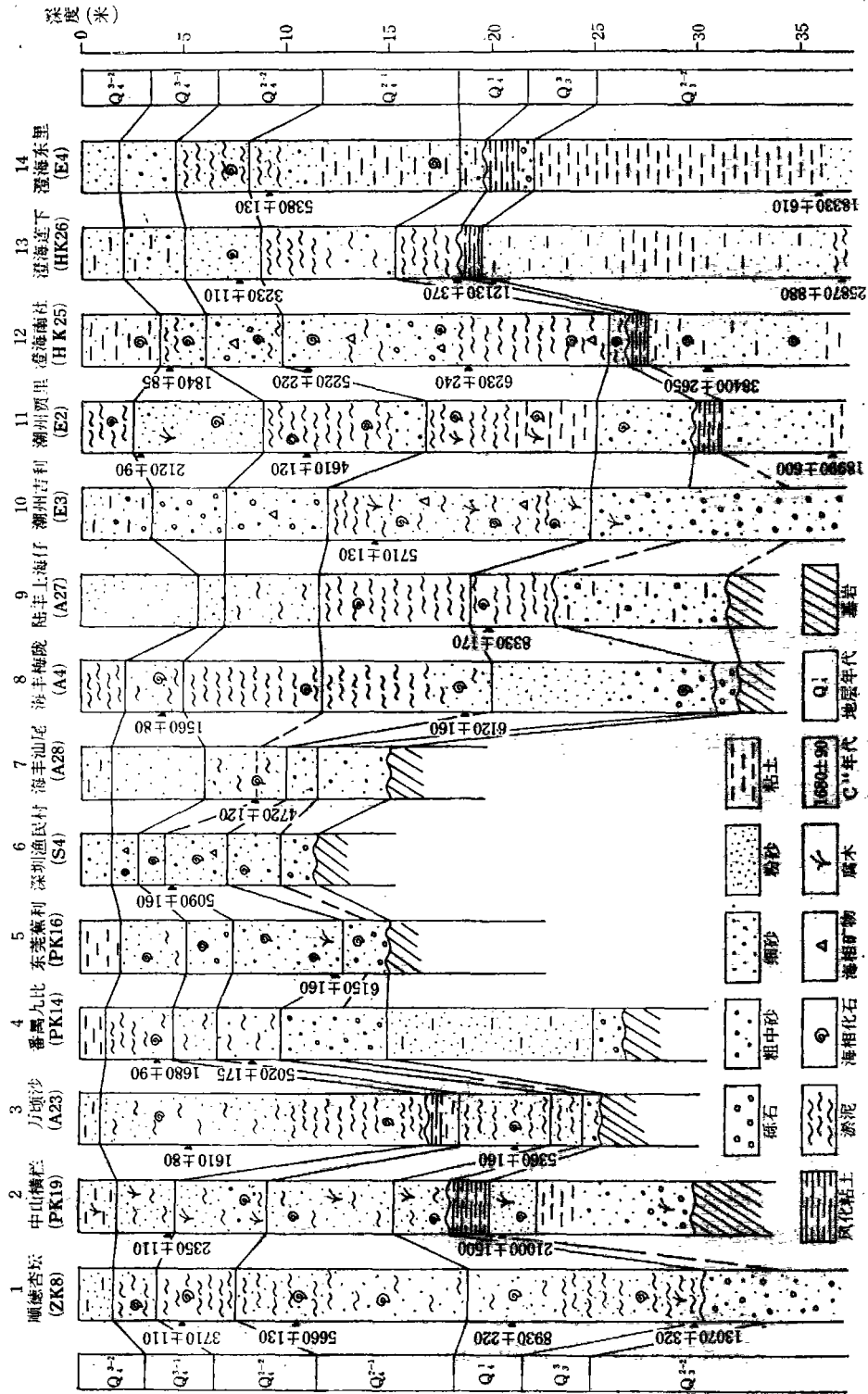


图 1 广东东部沿海主要钻孔剖面

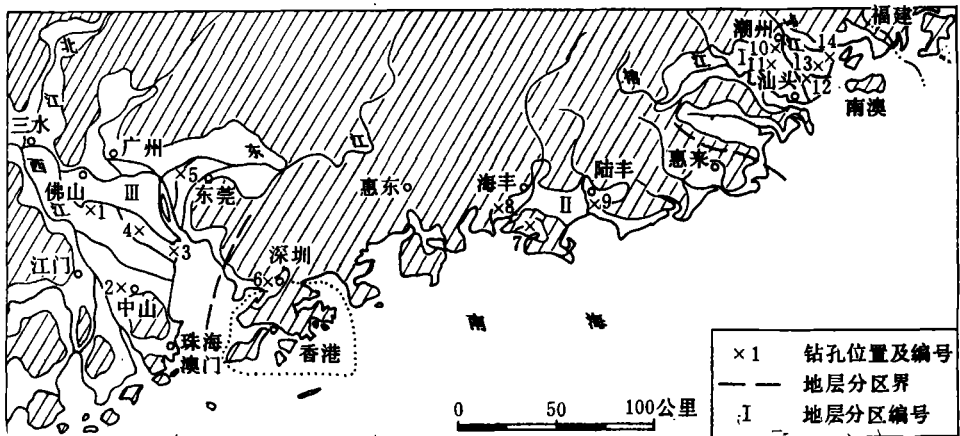


图2 广东东部沿海主要钻孔剖面位置及地层分区(剖面编号同图1)

mbar)-凤尾蕨(*Pteris*)组合,以热带、南亚热带的常见树种栲属占优势为特征(栲属花粉占木本花粉的36.6%)。植被为中亚热带阔叶林类型,反映了晚冰期前气候温热。沉积物以含咸水种硅藻及牡蛎壳的海相灰色粘土为主。海平面高程,在韩江三角洲为-10—-20米,珠江三角洲为-20—-25米。晚更新世晚期(Q_3^3)的孢粉组合演变为以暖温带树种栎属占优势及喜热的栲属绝迹为特征,植被属暖温带混交林类型,反映 Q_3^3 的气候明显变冷。这个时期的沉积物有三种类型:第一种是河相砂砾层,第二种是花斑状风化粘土,第三种是曾经遭受强烈脱水氧化的“老红砂”。河相砂砾层所夹的泥炭土为距今 $16\ 720 \pm 470$ — $14\ 370 \pm 400$ 年;“老红砂”下伏的泥炭土或淤泥的 ^{14}C 年龄为距今 $21\ 270 \pm 550$ — $18\ 610 \pm 620$ 年,花斑粘土无法测定年代,但上、下有 ^{14}C 年代(上部为 $12\ 310 \pm 370$ 年或以晚,下部为 $17\ 270 \pm 600$ — $25\ 870 \pm 880$ 年)限制,故三者均确为 Q_3^3 沉积或风化,反映了 Q_3^3 本区全为陆相环境。根据 Q_3^3 砂砾层的最低埋藏高程-63.1米推断,当时的海平面比现今最少低63.1米。及至早全新世,孢粉组合为栎-枫香-栲类型或栲-冬青(*Ilex*)-栎-枫香型,以栲属的再复出现为标志,反映气候又复变暖。沉积物为含海相生物或矿物的深灰色粉砂淤泥或中粗砂,表征为冰后期初期海侵的产物。

综上所述,从晚更新世中期后段(Q_3^{2-2})→晚更新世晚期(Q_3^3)→早全新世(Q_1^1)。气候出现过暖→冷→暖的更替,沉积物为细→粗→细,沉积相为海→陆→海。海平面升降为高→低→高,变化明显。因此一般地说,本区的全新统与更新统的分界是清楚的。

三、全新世地层划分

本区的全新世地层多数含有贝壳、腐木、淤泥等能作 ^{14}C 测定的含碳物质,用 ^{14}C 年代法并结合气候变迁和沉积环境变化来划分本区的全新世地层,是一种合理而易行的方法。

根据我们获得的83个 ^{14}C 年代数据⁸⁾,连同前人的73个数据,本区已有属于全新世的

8) ^{14}C 年代数据均经检验校核。

表 1 广东东部沿海全新世沉积环境变化

地层分段	岩性	孢粉组合	生物标志			粒度标志			微量元素含量	指相矿物	沉积环境综合分析	
			有孔虫	贝壳	腐木	粒度参数散点图	y值	C-M图				概率曲线
1	黄褐色粉砂质粘土、灰色粉砂质泥	水龙骨科-禾本科-椴、栎、栲	河蚶、文蛤、蚌、牡蛎	红树腐木较少	偏河相	—	Ⅳ、Ⅴ区、水动力较弱	河流型潮流型	微量自生黄铁矿	泛平原环境，沿岸局部为河口湾浅滩环境		
2	深灰色淤泥质粘土	栎-椴-水栲-山枫	蛤、蚌、文蛤、牡蛎、河蚶	红树腐木较少	偏海相	-1.43	Ⅳ、Ⅴ区、水动力较弱	潮流型河流型	少量自生黄铁矿	海平面稳定期的河口三角洲或滨海环境		
3	深灰色粉砂质细砂	栎-椴-枫-山枫	伊萨伯雪蛤、文蛤、海月、河蚶	中量腐木	偏河相	-9.11	Ⅱ、Ⅲ区、水动力较强	潮流型河流型海蚀型	少量自生黄铁矿	海侵末期的河海交互作用环境		
4	深灰色淤泥质粉砂质泥	山矾-栲-栎-枫-椴-山枫	光澤蓝蛤、青蛤、毛蚶、牡蛎、中华花介	少量腐木	偏海相	-4.72	Ⅵ、Ⅶ区、水动力较弱	潮流型	多量自生黄铁矿，少量海绿石	海侵盛期的海湾环境		
5	深灰色粉砂质中粗砂	栎-椴-枫-栲	美叶蛤、樱蛤	中量腐木	偏河相	-9.77	Ⅱ、Ⅲ区、水动力较强	洪积型河流型潮流型	少量自生黄铁矿，大量黄铁矿	海侵初期河流作用稍占优势的滨海环境		

• y > -7.419 为浅海三角洲相, y < -7.419 为潮流相, 下面数值为全区 47 个剖面统计的算术平均值。

• 本区的微量元素海、河判别值为 Rb > 0.01%, K > 2.0%, Sr > 0.005%, Ba > 0.035% 为海相, 小于上述值为陆相。

156个 ^{14}C 年代数据, 可分为5个年代组。第1组有8个 ^{14}C 年龄数据, 为距今 $13\,070 \pm 320$ — 8050 ± 200 年。第2组有45个年龄数据, 为距今 7920 ± 110 — 5020 ± 175 年。第3组有59个年龄数据, 为距今 4940 ± 250 — 2510 ± 90 年。第4组有38个年龄数据, 为距今 2485 ± 250 — 960 ± 60 年。第5组有6个年龄数据, 为距今 860 ± 70 — 640 ± 70 年。

第1组的年代分期涉及全新世的起始年限。过去, 不少人采用距今10 000年或10 300年为全新世的起始年龄。近年随着对深海岩芯研究的进展以及各地发现越来越多的早全新世新资料, 人们对全新世的起始年代也有了新的认识。例如北大西洋深海岩芯冷—暖气候转变的中点年龄, 较早的为13 500年, 较晚的为10 450年; 墨西哥湾(纬度与本区相若)的为12 900—10 900年^[8]。杨怀仁教授等报道^[9], 距今13 200—12 400年前, 我国东部的海平面已回升到-35米, 同期苏南的气温上升幅度超过 7°C 。上海地区真如组(Q_4^1)埋深46米的泥炭 ^{14}C 年龄为距今 $11\,640 \pm 540$ 年, 气候转暖, 生物以滨海半咸水的为主^[10]。从广东东部沿海的实际情况看, 前述的剖面3全新统底部含海相化石的淤泥 ^{14}C 年龄为距今 $13\,070 \pm 320$ 年; 图1的剖面13全新统底部海相淤泥 ^{14}C 年代为 $12\,310 \pm 370$ 年; 珠江三角洲珠海南屏PK10孔层4含牡蛎壳淤泥的 ^{14}C 年龄为 $11\,620 \pm 380$ 年。可见本区在约1.3—1.2万年前, 气温已显著回升, 海平面已达较高的高度。因此, 把距今1.2万年作为本区的全新世的起始年限是比较符合实际的, 也与国内外许多新资料一致。

气候变迁是划分全新世地层的一个重要依据。对韩江三角洲潮州贾里E2孔剖面所作的孢粉分析表明, 全新世期间有5次冷、暖交替(表1)。在珠江三角洲^[11]和深圳地区^[7]的4个剖面所作的孢粉分析也有相类似的气候变化。

沉积环境变化也是划分全新世地层的依据之一。本文主要以化石硅藻的咸水种、半咸水种、淡水种的比例及优势种、特征种的变化, 并结合其他生物特征、粒度分析、微量元素含量和指相矿物, 来综合判断沉积环境的变化。根据上述指相标志, 将本区全新世的沉积环境变化列如表1。由表1可知, 本区在全新世期间有过5次比较明显的环境变化。

综合上述的 ^{14}C 年代分期、气候变迁、沉积环境变化, 本区的全新统可以划分为下、中、上统, 其中的中全新统和上全新统都可进一步分为上、下段, 即共划分为5个地层段。现将5个地层段的主要特征列如表2。

四、地层分区及其利用

广东东部沿海范围辽阔(直线距离约470公里), 无论构造、外动力、第四纪沉积和全新世地层都存在明显的地区差异, 现根据全新统特征以及其他方面的差异划分为三个地层区(图2), 各区特征见表3。

韩江三角洲区的全新统海相淤泥层厚度大, 下有上更新统砂砾层, 具备生、储地下水条件⁹⁾。滨海砂矿也比较丰富(如钛铁矿、独居石等)。第四系虽然深厚, 但可利用 Q_4^3 的砂砾层或花斑粘土层作柱基持力层, 不影响城市和沿海大型工程的建设。滨海平原区的工

9) 地下水铵离子 $>30\text{g}/\text{升}$ 称为地下肥水。

表 2 广东东部沿海全新世地层表

地质时代	统	地层组			气候期	年代 (距今, 年)	埋藏深度 (米)		地层厚度 (米)		岩性	14C年代 (距今, 年)		气候	沉积环境	分层标志
		珠江三角洲	深圳地区	韩江三角洲			一般	最大	一般	最大		样品个数				
Q ₄ ³⁻²	上全新统	伶仃洋组	沙井组	东里组	太平洋期	900	1-3	5.8	1-3	5.8	黄褐色或浅灰色粉砂粘土, 局部为浅黄色粉砂	640±70 860±70	6	南亚热带湿润气候—中亚热带湿润气候	陆地为泛滥平原环境, 局部为水下浅滩环境	黄褐色粉砂粘土或浅黄色粉砂
		灯笼沙组			亚大西洋期		5-7	28.3	3-5	16.0	深灰色或灰黄色泥砂质粘土	960±60 2485±250	33	南亚热带湿润气候	海平面稳定的河口三角洲或海滨环境	浅层或灰黄色泥砂质粘土
Q ₄ ²⁻¹	中全新统	万顷沙组	赤湾组	澄海组	亚北方期	2500	10-15	45.9	3-7	26.7	深灰色或灰黄色粉砂质粘土, 局部为细砂	2510±90 4940±250	59	中亚热带湿润气候	海侵末期约的交互作用环境	含较多贝壳的深灰色或浅灰色泥砂质粘土
		横栏组			大西洋期		5000	15-20	56.6	5-10	27.4	深灰色淤泥	5020±175 7920±110	45	南亚热带湿润气候	海侵盛期的海湾环境
Q ₄ ¹	下全新统	香坛组	松岗组	莲下组	前至北方期	8000	20-30	63.6	3-7	13.1	深灰色粉砂质粘土或中粗砂	8030±200 13070±320	8	北亚热带湿润气候	海侵初期河流作用占优势的浅滩环境	覆盖在花岗岩层上的粉砂质粘土, 粗砂质泥或中粗砂

• 我们将珠江三角洲Q₄³⁻²—Q₄¹地层的总称〔B〕, 现修改为三角组专指Q₄³⁻²地层, Q₄¹另立杏坛组。

表 3 广东东部沿海全新世地层分区

	I. 韩江三角洲区	II. 滨海平原区	III. 珠江三角洲区
构造特征	北东向与北西向断裂交切, 断块差异升降显著, 晚更新世初期开始沉降	纬向体系控制, 局部受北东向断裂影响, 总体轻度隆起, 晚更新世晚期起局部轻度沉降	北东向与北西向断裂交切, 断块差异升降较显著, 晚更新世中期开始沉降
外动力和泥沙特征	河流较长, 泥沙来源较丰富. 潮流和波浪作用均较强	河流短小, 泥沙来源较少. 波浪及沿岸流作用为主, 风的吹扬作用较显著	河流源远流长, 泥沙来源丰富. 潮流作用较强
第四纪沉积特征	晚更新世初开始沉积, 第四系厚度大 (平均 70 米, 最厚 168 米)	晚更新世晚期开始沉积, 第四系厚度薄 (平均约 20 米, 最厚 34 米), 上更新统不大发育	晚更新世中期开始沉积, 第四系厚度较薄 (平均 25.1 米, 最厚 63.6 米)
全新统特征	全新统以三角洲相为主, 厚 20—25 米; 下全新统海相性质较强, 中全新统下段厚度特大 (平均 12.68 米), 上段海相性质较弱; 上全新统下段海相性质复强, 但海侵层范围不大; 上段以泛滥平原相为主, 发育多列顺岸沙垅, 三角洲伸展较慢	全新统以滨海相为主, 厚 10—15 米; 下全新统不大发育; 中全新统较发育, 上下段不易区分, 厚度较薄; 上全新统以沙坝—泻湖堆积为主, 上段风沙堆积较普遍	全新统以三角洲相为主, 厚约 15 米, 最厚 63.3 米; 下全新统海相性质较弱, 与上更新统上段不易区分; 中全新统下段海相性质明显, 上段河相性质较强; 上全新统下段以三角洲相沉积为主, 上段河相性质较强, 三角洲伸展较快

程地质条件更佳. 滨海砂矿丰富, 锆英石、锡石、钛铁矿、玻璃砂等矿床都比较多. 珠江三角洲区淤泥层厚度也较大, 具备生、储地下肥水的条件. 工程地质亦可利用 Q₃ 的砂砾层或花斑粘土层为桩基持力层, 不影响城市和大型工程的基本建设. 砂矿较少, 仅见滨海沙堤玻璃砂矿及在一些岛屿周围赋存小型铌钽矿.

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南海海洋研究所海洋地质研究室, 华南沿海第四纪地质, 科学出版社, 1978, 120—129.
- [2] 张景文、李桂英、赵希涛, 闽南粤东沿海晚第四纪地层与新构造运动的年代学研究, 地震地质, 1982, 3, 27—36.
- [3] 李建生, 华南沿海地区第四纪地层的初步划分对比, 华南地震, 1983, 3, 10—25.
- [4] 薛万俊, 南海北部沿岸第四纪地层划分, 南海地质研究, 1983, 2, 1—14.
- [5] 宗永强、李平日, 粤东全新世海滩岩形成条件初步分析, 热带地理, 1984, 4, 205—212.
- [6] 李平日、黄镇国、张仲英、李孔宏, 珠江三角洲的形成年代, 热带地理, 1982, 4, 21—29.
- [7] 黄镇国、李平日、张仲英、李孔宏、乔彭年、宗永强, 深圳地貌, 广东科技出版社, 1983, 127—130.
- [8] 中国科学院贵阳地球化学研究所¹⁴C实验室, ¹⁴C年龄测定方法及其应用, 科学出版社, 1977, 116—117.
- [9] 杨怀仁、谢志仁, 中国东部近 20 000 年来的气候波动与海面升降运动, 海洋与湖沼, 1984, 1, 1—12.
- [10] 竹淑贞、陈业裕、吕全荣、奚建国、孙永福, 上海地区全新世地层与古地理, 科学通报, 1983, 5, 269—299.
- [11] 黄镇国、李平日、张仲英、李孔宏、乔彭年, 珠江三角洲形成发育演变, 科普出版社广州分社, 1982, 150—165.
- [12] 李平日、黄镇国、张仲英、李孔宏, 珠江三角洲的第四纪地层, 地理科学, 1984, 2, 133—142.