

中 华 人 民 共 和 国

城市地质综合调查报告

比例尺 1 : 50000

杭州市幅

临浦镇幅

H-51-61-A

H-51-61-C

(第 二 册)

10040-01-002

浙 江 省 地 质 矿 产 局

1987 年 7 月

中 华 人 民 共 和 国

城市地质综合调查报告

比例尺 1 : 50000

杭州市幅

临浦镇幅

H-51-61-A

H-51-61-C

第二册

(第四纪地质及地貌)

责任编辑 朱汉生 李关盛

大队长 蔡火炎 章瑜

大队总工程师 宋云骥 张健康

技术负责 董继海

分队长 吴炬芳 包超民

浙江省水文地质工程地质大队一分队

浙江省区域地质调查大队五分队

1987年7月 萧山

目 录

第二篇 第四纪地质及地貌	1
第一章 概 述	1
第二章 第四纪沉积物的基本特征和划分标志	2
第一节 第四纪沉积物的基本特征	2
第二节 第四纪地层的划分标志	5
第三章 第四系分区及其特征	16
第一节 山麓沟谷区	16
第二节 平原区	24
第四章 地貌	45
第一节 地貌分区原则	45
第二节 地貌分区特征	45
第三节 构造地貌	48
第五章 第四纪地质发展简史	49
第六章 结语	52
图版及其说明	53
主要参考文献	55

第二篇 第四纪地质及地貌

第一章 概 述

1 : 5 万杭州市、临浦镇幅第四纪地质工作由两个单位共同完成。浙江省区域地质调查大队五分队承担山麓沟谷区及平原区表部调查任务, 浙江省水文地质工程地质大队完成了平原区第四纪地质深部调查和勘探, 总的目标是为国民经济建设提供基础性资料。

工作中严格按照规范和任务要求, 充分搜集和参考了有关资料, 合理使用工作方法, 进行了系统的野外地质调查和勘探工作, 紧密结合城市建设事业需要, 取得了丰富的资料。

通过本次工作基本查明了第四纪地层的分布、成因类型、时代、岩性结构构造、古地理环境、古气候等变化规律, 并依据所掌握的资料与长江三角洲地区的第四纪地层进行了对比; 建立了区内苕溪地层区及钱塘江地层区的层型剖面; 在原来几乎空白的浦阳江地层区取得了新的地层资料, 建立了初步的地层层序。

本次调查及勘探中, 发现了区内不仅遭受了全新世早、中期两次海侵, 而且在苕溪地层区的余杭县三墩南阳坝以北地带还受过晚更新世晚期海侵影响。

第二章 第四纪沉积物的基本特征和划分标志

第一节 第四纪沉积物的基本特征

第四纪以来，由于海陆变迁，古气候的冷暖更迭，以及新构造运动的影响，其沉积物有如下特征：

(一) 沉积物的厚度

据钻孔揭露，平原区内第四纪厚度一般为30—60m，自西南向东北逐渐递增，到东北测区边缘最大厚度达66m。由于基底构造的控制，古钱塘江、古苕溪河道，形成凹槽，其沉积厚度相对较大，自西南至东北，由上游至下游有增厚的趋势。山麓沟谷区的第四系厚度不大，3—22m，但厚度变化较大。

(二) 沉积物的成因类型

区内第四纪沉积物的成因类型较为复杂。沟谷及山麓地带有残坡积、坡洪积、洪积、洪冲积及冲洪积等，均为陆相地层。平原区的表部有湖沼积、冲湖积、冲海积和冲积，其深部全新统以海相、海陆过渡相为主，其次为河湖相；中、上更新统以河流、河湖相为主，局部为海陆过渡相。

(三) 海侵

据微古资料分析，结合岩性岩相特征，测区从第四纪以来，晚更新世晚期及全新世发生海侵，分别形成Ⅱ、Ⅰ海侵层。其中全新世海侵规模最大，侵漫了整个平原；晚更新世海侵范围较小，程度较弱，见表2-1和图2-1。

在Ⅰ、Ⅱ海侵层中间均有一次海面波动，并相应沉积了陆相层，将两海侵层各分为两个亚层（Ⅰ₁、Ⅰ₂，Ⅱ₁、Ⅱ₂）。

(四) 沉积物的颜色

古气候的变化，氧化还原环境周期性的变化，以及海侵和海岸线进退的影响，造成第四纪沉积物的主要色调具有如下特征：

1. 山麓沟谷区

(1)中更新统以棕红、棕黄色为主，发育灰白色蠕虫状网纹构造；

(2)上更新统以棕黄、褐黄色占优势；

(3)全新统为浅黄、褐黄、浅灰色。

2. 平原区

(1)中更新统上组为棕黄、褐黄色；

(2)上更新统下组下部为灰—灰褐、灰、白、灰黄色；上部为灰绿、黄褐、灰褐色；上组下部为灰黄、褐灰、褐黄色；上部为绿灰、棕黄、褐黄色；顶部为灰绿色。

(3)全新统以灰、深灰色为标志，上部间有灰黄、灰褐、黄褐色。

(五) 沉积物的粒度

(1)平原区第四纪沉积物的粒度有自下而上由粗到细的趋势。底部为冲积相砂砾石及冲

表 2-1 第四纪海侵层标志及分期表

钻孔编号		HLd ₆				HLd ₂				
钻孔位置		三 墩 南 阳 坝				余 杭 高 桥 永 胜				
钻孔所在地层区		苕 溪 地 层 区 (下游)				苕 溪 地 层 区 (上游)				
海 侵 层		深度(m)	有孔虫组合	分异度 H(S)	介 形 虫	深度(m)	有孔虫组合	分异度 H(S)	介 形 虫	
第 I 海侵层	I ₁	4.50	毕克卷转虫		未见	1.62	隆凸砂轮虫	1.59	宽卵中华丽花介 长中华丽花介	
	I ₂	13.50	凸背卷转虫			18.89	毕克卷转虫 抱球虫	2.30		
第 II 海侵层	II ₁	22.00	毕克卷转虫		宽卵中华丽花介	该 处 未 受 海 侵 影 响				
	II ₂	31.10	九字虫 缝裂希望虫 霜粒希望虫							

钻孔编号		HLd ₁₃				HLd ₂₄			
钻孔位置		杭 州 市 东 郊 彭 埠				萧山共联北东1000m处			
钻孔所在地层区		钱 塘 江 地 层 区				钱 塘 江 地 层 区			
海 侵 层		深度 (m)	有孔虫组合	分异度 H(S)	介 形 虫	深度(m)	有孔虫组合	分异度 H(S)	介 形 虫
第 I 海侵层	I ₁	0 24.50	毕克卷转虫 缝裂希望虫	2.22 0.89	宽卵中华丽 花介 长中华丽花介 棘艳花介	0 32.30	毕克卷转虫 奈良小上口 虫,抱球虫 多变假小九字虫 缝裂希望虫	1.90 1.64	滨海弯贝介 宽卵中华丽 花介
	I ₂								
第 II 海侵层	II ₁	该 处 未 受 海 侵 影 响				该 处 未 受 海 侵 影 响			
	II ₂								

洪积相粘性土夹砾石；向上变化为以粘性土为主的河湖相或海相沉积层；并具比较明显的粗细相间的韵律层。

(2)山麓沟谷区沉积物的粒度自下而上有粗—细—粗的变化趋势，而且各岩性段具有较明显的分界线；岩性多为砂砾石、亚粘土含碎砾石；均为陆相地层。

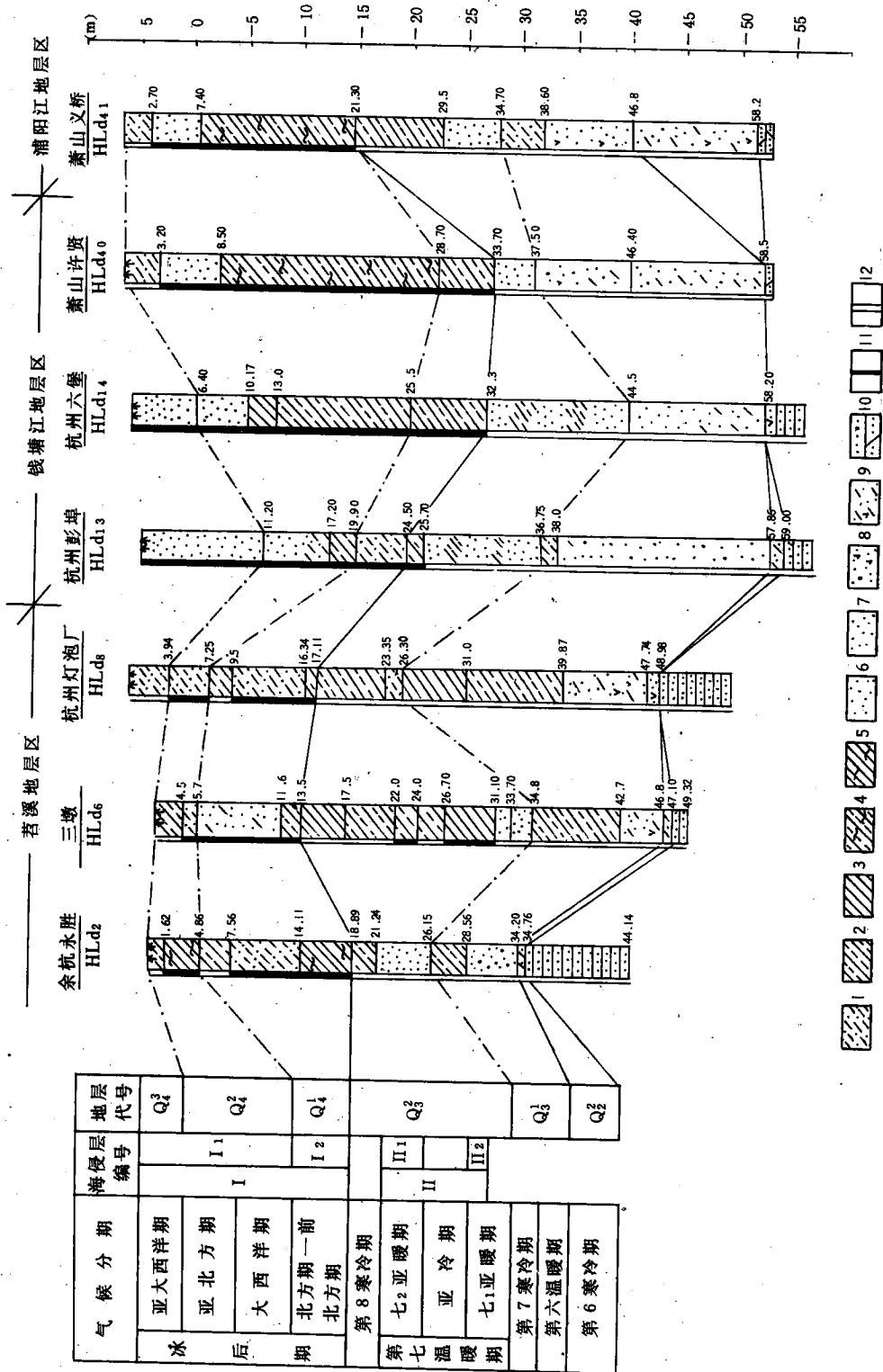


图 2-1 第四纪海侵层位及钻孔综合柱状对比图

（六）稠度状态

表壳层以下由浅而深，粘性土一般由流塑、软塑渐变为可塑和硬塑，甚至坚硬；砂层，中上部一般呈松散状态，中下部则由稍密渐变为中密和密实状态。

稠度状态的变化特征与地层时代的新老、沉积物的成因类型和岩性结构，以及出露部位等密切相关。如河湖相亚粘土、粘性土为可塑—硬塑；海相、湖沼相粘土、亚粘土则以软塑、流塑为主。

第二节 第四纪地层的划分标志

本次在平原区第四系勘探中，分别在苕溪地层区和钱塘江地层区各施工一个第四纪地层柱子孔（图 2-2、3），进行了比较系统的取样测试。另外，分别在HLd₂、HLd₈、HLd₉、HLd₂₄、HLd₄₀等五个钻孔中系统采取了微古孢粉样，为区内第四纪地层划分取得了主要的依据资料。

一、第四纪地层划分原则

鉴于第四纪地层的岩性岩相变化复杂，同期异相和异期同相极为普遍，因此，用某种单一方法难以正确的划分地层和进行区域对比。据所获资料，遵循岩石地层学、生物地层学、气候地层学、磁性地层学和年代地层学等原则和方法进行综合分析，建立本区地层序列。具体划分以下列几个方面作为依据：

（1）沉积物的岩性（如颜色、结构、构造等）、岩相变化特征，沉积物的沉积旋回和沉积间断及其它标志；

（2）沉积物出露部位，分布特征和微地貌形态特征相结合；

（3）海侵海退、古气候冷暖变化的周期性和古地理环境的变化；

（4）古地磁极性变化和¹⁴C同位素年龄测定；

（5）能进行区域地质与年代对比，便于更好地进行野外直接分层和掌握。本报告地层划分与区域地层对比见表 2-2、3。

二、第四纪地层划分标志

（一）海侵标志

利用微体古生物学来分析确定海侵层是最有效、最可靠的划分方法之一。根据有孔虫的有无及其组合特征进行划分对比，并结合岩性岩相综合分析，区内自上而下有两次海侵。冰后期海侵，即第 I 海侵层厚度最大，苕溪地层区达 25.50m，钱塘江地层区达 41.80m。其间有一次海退，形成河湖相沉积。第 I 海侵层可分 I₁、I₂ 亚海侵层；第 II 海侵层出现于上更新统上组，与区域对比属第七温暖期，其间也有一次海退，沉积了相应的陆相地层；反映在古气候上为亚冷期（表 2-4）；将第二海侵层分为 II₁、II₂ 亚海侵层，厚度分别为 2.0m 和 2.8—4.4m。据目前资料，区内第 II 海侵层仅在余杭县三墩南阳坝及其以北一带分布，范围小，海侵程度弱，有孔虫种属单一，化石少。海侵层以其自身岩性、色调、湿度、稠度状态、包含物等与陆相地层区别，是划分的重要依据。

（二）古气候标志

表 2-2 平原区地层划分对比表

1：5 万杭州市、临浦镇幅										长江三角洲水文工程地质综合评价 (1986)				浙 江 地 层 表 (1977)						
全 新 统	上组 (Q ₄ ³)									如 东 组	上段 (Q ₄ r ³)			滨 海 组	上段 (Q ₄ b ³)					
	中组 (Q ₄ ²)										中段 (Q ₄ r ²)				中段 (Q ₄ b ²)					
	下组 (Q ₄ ¹)										下段 (Q ₄ r ¹)				下段 (Q ₄ b ¹)					
上 更 新 统	上组 (Q ₃ ²)									嘉 善 组 (Q _{3j})						宁 波 组 (Q _{3n})				
	下组 (Q ₃ ¹)									全 塘 组 (Q _{3q})						东 浦 组	上段 (Q ₃ d ²)			
中 更 新 统	上组 (Q ₂ ²)									嘉 定 组	上段 (Q ₂ j ²)			嘉 兴 群 (Q _{1-2j})						
											下段 (Q ₂ j ¹)									
下 更 新 统										安 定 组	上段 (Q ₁ a ³)									
											中段 (Q ₁ a ²)									
											下段 (Q ₁ a ¹)									

表 2-3 山麓区地层划分对比表

对比 名称 地层	1 : 5 万 杭 州 市、 临 浦 镇 幅	长 江 三 角 洲 综 合 报 告 1985	浙 江 省 区 域 地 质 志 1984	1 : 20 万 杭 州 幅 1979	浙 江 地 层 表 1977
全 新 统	全 新 统 (Q ₄)	全 新 统 (Q ₄)	鄞江桥组 (Q _{4y})	全 新 统 (Q ₄)	全 新 统 (Q ₄)
上更新统	上更新统 (Q ₃)	嘉 善 组 (Q _{3j})	山门街组 (Q _{3s})	上更新统 (Q ₃)	莲 花 组 (Q _{3l})
		全 塘 组 (Q _{3q})	杨梅岭组 (Q _{3y})		
中更新统	中更新统 (Q ₂)	中更新统 (Q ₂)	大岩头组 (Q _{2d})	中更新统 (Q ₂)	之 江 组 (Q _{2z})
下更新统			钱 江 组 (Q _{1q})		汤 溪 组 (Q _{1t})

沉积物中孢粉面貌及其组合特征是确定气候冷暖，进行古气候分期的主要标志。从区内七个钻孔的孢粉组合特征，并与《长江三角洲地区浙江省区域水文地质工程地质综合评价报告》（1986年）提出的古气候序列进行区域对比，区内第四纪显示明显的冷暖交替特征，即有三个寒冷期，二个温暖期和冰后期。温暖期孢粉丰富，孢粉组合以阔叶树花粉为主，常出现喜暖的常绿阔叶树青冈栎（*Quercus glauca*），栲属（*Castanopsis*）等；落叶阔叶树麻栎（*Quercus acutissima*），槲栎（*Quercus dentata*），风香属（*Liquidambar*）等。寒冷期上述花粉极少，乃至消失，代之以喜冷的针叶树为主，如柏科（*Cupressaceae*），云杉（*Picea*）等；或者以草本花粉为主，如禾本科（*Gramineae*），藜科（*Chenopodiaceae*），蕨属（*Pteridium*）等；整个寒冷期内孢粉较少（图 2-4）。

（三）岩性标志

由于古气候周期性冷暖更替，致使沉积环境相应的演变。区内第四纪沉积物自第六温暖期（上更新统初期）开始到冰后期的亚北方期，形成四个较大的粗细相间的沉积旋回。一般粗颗粒或灰色细颗粒层为温暖期，并往往位于沉积旋回的下部；灰绿、黄褐、棕黄色细颗粒层为寒冷期，位于沉积旋回上部。

（四）沉积间断及标志层

区内第四纪在垂直向上有三个灰绿、黄褐、棕黄色硬质粘性土层（简称“硬土层”，不含表壳层），其中钱塘江、浦阳江地层区缺失第一硬土层。各层底板埋深及厚度变化见表2-5。“硬土层”的共同特征如下：

- ①均位于一个沉积旋回的上部或顶部，与上复岩性层呈突变关系；
- ②由于失水固结，含水量小，均呈硬塑至坚硬状，个别可塑，明显区别于上下层；
- ③普遍有铁、锰质浸染或含铁锰质结核，故其色调常呈黄褐、棕黄、灰绿色；
- ④孢粉缺乏，反映为冷干的古气候特征；
- ⑤微体化石极少，为陆相层；
- ⑥山麓沟谷区中更新统普遍发育灰白色蠕虫状网纹构造，有铁、锰质浸染或结核，故呈棕红、棕黄色；
- ⑦山麓沟谷区普遍有粗—细—粗的沉积旋回韵律，其色调由深至浅。

上述综合特征说明“硬土层”、“网纹亚粘土层”形成于气候寒冷、海面下降和古地理环境的变化时期。因其暴露地表，经受后期侵蚀切割及氧化淋滤作用，形成了堆积物的古风化层，反映出一个沉积间断。“硬土层”特征明显，可作为划分地层的标志层。

三、第四纪地层的划分

按照上述划分原则和划分标志，工作区内第四纪地层，平原区划分到“统”、“组”，山麓沟谷区划分到“统”。

（一）平原区

“统”的划分以第四纪重大地质事件，如古气候急剧变化，海侵、海退等为主要依据，并结合岩性特征与区域对比确定地层年代。划分如下：

①中更新统仅零星分布于深部，属上组顶部地层（即硬塑层“砾质土层”），岩性为亚粘土含砾石、砾石混亚粘土。厚度较小。

②上更新统自第六温暖期河流相砂砾石层沉积开始，即以下伏的“砾质土层”作为划分界线依据，上更新统底界年龄约20万年。

③全新统为冰后期沉积，以第二硬土层顶板为划界标志，底界年龄约1.2万年。

“组”的划分则以岩石地层学为主要依据，考虑沉积物的粗细韵律变化，结合微古、孢粉成果确定。

区内上更新统可分两个组（即上更新统下组、上更新统上组），上下组之间以第三硬土层顶板为分界标志。下组包括第六温暖期、第七寒冷期，顶界年龄约10万年。上组包括第七温暖期和第八寒冷期。全新统可分三个组：下组包括前北方期，含 I_2 海侵亚层；中组包括大西洋期和亚北方期，以第一硬土层顶板或 I_1 海侵亚层底板为划组标志，底界年龄约距今7500年；上组为亚大西洋沉积，底界年龄距今2500年。

表 2-4 第四纪古

古气候分期		地层	HLd ₆ 孔			HLd ₂ 孔		
			层底深度 (m)	岩性名称	孢 粉 组 合	层底深度 (m)	岩性名称	孢 粉 组 合
冰 后 期	亚大西洋期	Q ₄ ³	地 层 缺 失			地 层 缺 失		
	亚北方期	Q ₄ ²	4.50	亚 粘 土	麻栎-禾本科-十字花科	1.62	亚 粘 土	蕨-卷柏-禾本科
	大西洋期	Q ₄ ²	5.70	轻亚粘土	麻栎-禾本科-十字花科	4.86	淤泥质粘土	麻栎-青冈栎-松-栲属
	北 方 期 前北方期	Q ₄ ¹	13.50	轻亚粘土 亚 粘 土	禾本科-麻栎-蕨 水龙骨科-藜科-麻栎	18.89	亚 粘 土 轻亚粘土 淤泥质粘土	莎草科-麻栎-禾本科 麻栎-青冈栎-藜科
第 8 寒冷期		Q ₃ ²	22.00	亚 粘 土	禾本科-蒿-松-柏科 等少量化石	21.24	亚 粘 土	
第 七 温 暖 期	七 ₂ 亚暖期	Q ₃ ²	24.00	亚 粘 土		26.15	砂	麻栎, 槲栎-禾本科- 莎草科-柏科
	亚冷期		26.70	亚 粘 土				
	七 ₁ 亚暖期		34.80	粘土粉细砂	麻栎-蒿-禾本科 麻栎-栎-朴属-十字 花科-环纹藻			
第 7 寒冷期		Q ₃ ¹	42.70	亚 粘 土		28.56	亚 粘 土	
第六温暖期			46.80	砂 砾 石		34.20	砂 砾 石	麻栎, 槲栎-莎草科- 禾本科
第 6 寒冷期		Q ₂ ²	47.10	砂砾石混 粘性土		34.76	亚 粘 土 含 砾 石	

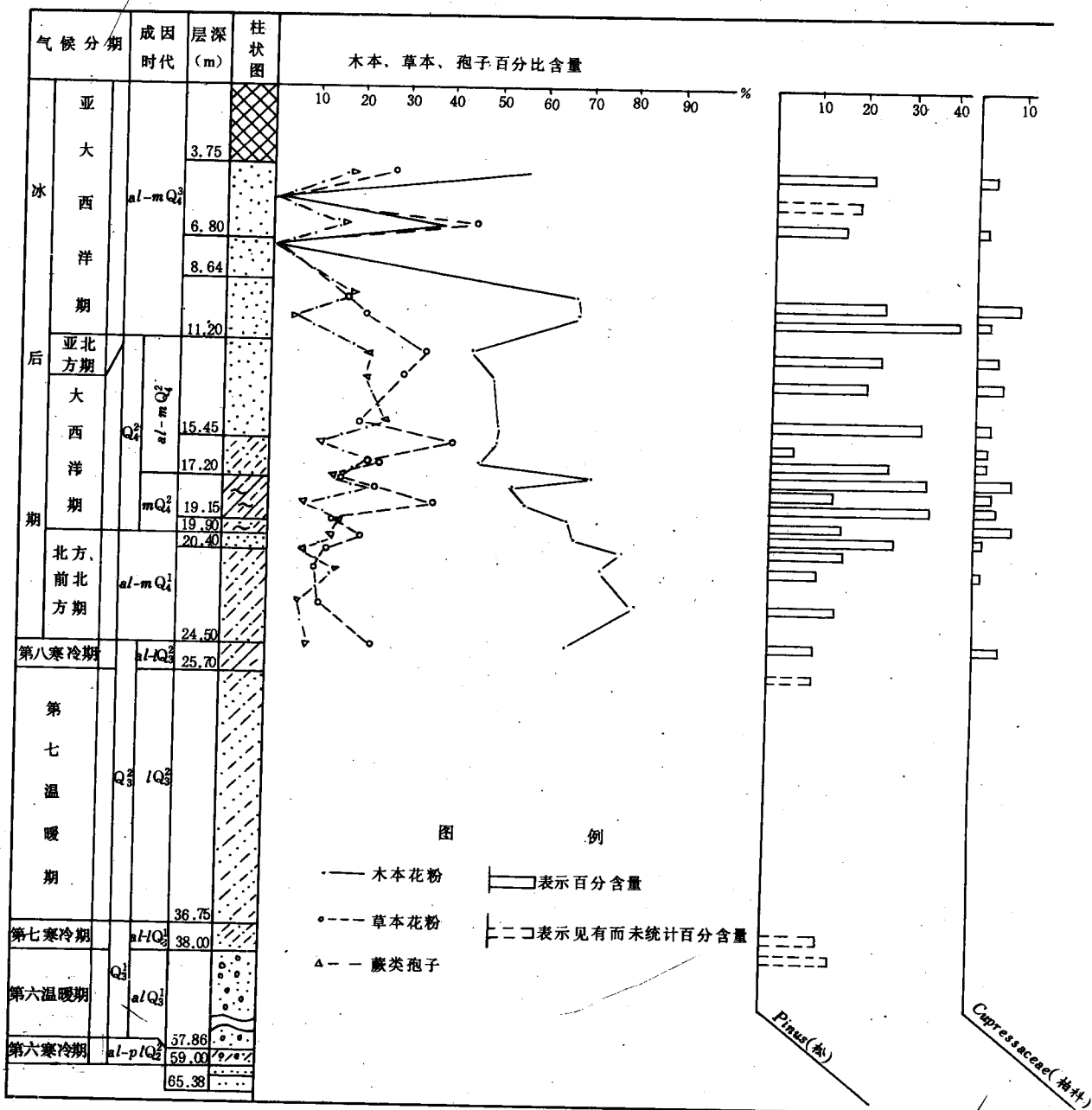
气候标志及分期表

HLd ₈ 孔			HLd ₉ 孔		
层底深度 (m)	岩性名称	孢粉组合	层底深度 (m)	岩性名称	孢粉组合
3.94	轻亚粘土	海金沙-松-蕨-水龙骨科	3.60	轻亚粘土	麻栎-蕨-凤尾蕨-禾本科
缺 失			缺 失		
7.25	轻亚粘土	麻栎-青冈栎栲属-松	7.46	淤泥质粘土	麻栎-青冈栎, 栲-禾本科-藜科
17.11	亚粘土 轻亚粘土 淤泥质亚粘土	松 水龙骨科-麻栎, 槲栎-松, 麻栎-槲栎-青冈栎, 栲属-藜	22.49	亚粘土 轻亚粘土	柏科, 松, 禾本科
23.55	粘土、亚粘土	柏科-禾本科, 藜科	32.85	亚粘土	未 见 化 石
26.30	轻亚粘土夹粉砂	柏科, 禾本科, 藜科	35.50	轻亚粘土	未 见 化 石
39.87	粘土、亚粘土		46.84	亚粘土	
48.98	砂夹粘性土 砂砾石		47.00	粗砂含少量粘土	
地 层 缺 失			47.54	粘土砾石	

古气候分期		地层	HLd ₁₃ 孔			
			层底埋深 (m)	岩性名称	孢粉组合	重矿物组合
冰 后 期	亚大西洋期	Q ₄ ³	11.20	粉砂	松-禾本科-水龙骨科- 麻栎, 榿栎-柏科	绿帘石, 角闪石-金红石- 磁铁矿
	亚北方期	Q ₄ ²	缺 失			
	大西洋期	Q ₄ ²	19.90	粉细砂含粘土 轻亚粘土 淤泥质亚粘土	麻栎-禾本科-水龙骨科- 青冈栎 麻栎, 榿栎-松, 水龙骨科	角闪石-绿帘石-磁铁矿
	北方期 前北方期	Q ₄ ¹	24.50	中细砂轻亚粘土	麻栎, 榿栎-松-禾本科	绿帘石-锆石-磁铁矿
第8寒冷期		Q ₃ ²	25.70	亚粘土	禾本科-藜科	
第 七 温 暖 期	七 ₂ 亚暖期	Q ₃ ²	36.75	轻亚粘土与粉	未 见 化 石	锆石-褐铁矿-钛铁矿-磁 铁矿-绿帘石
	亚冷期			细砂互层		
	七 ₁ 亚暖期					
第7寒冷期		Q ₃ ¹	38.00	轻亚粘土	松-禾本科-中国蕨-麻栎	
第六温暖期			57.86	砂砾石		
第6寒冷期		Q ₂ ²	59.00	粘土含砾石		

续表

HLd ₂₄ 孔			HLd ₄₀ 孔		
层底深度 (m)	岩性名称	孢粉组合	层底深度 (m)	岩性名称	孢粉组合
10.67	粉砂	松-麻栎-水龙骨科-禾本科	地层缺失		
缺失			3.20	轻亚粘土	松-蕨-水龙骨科-莎草科
25.5	淤泥质亚粘土	麻栎, 榿栎-青冈栎, 栲属-松-水龙骨科	28.70	粉砂 淤泥质亚粘土	麻栎, 榿栎-松-禾本科-蕨 麻栎, 榿栎-青冈栎, 栲-松-胡桃
32.30	淤泥质亚粘土	麻栎, 榿栎-松-胡桃-禾本科	33.70	亚粘土	麻栎-榿栎-松
地层缺失			地层缺失		
44.55	细砂夹亚粘土	麻栎-松-胡桃-禾本科	37.50	细砂	
地层缺失			地层缺失		
58.70	砂砾石		46.40	砂砾石	
地层缺失			58.50	粘土砾石	



图/2-4 HLD₁₃₁

表 2-5 平原区第四纪硬土层垂向变化特征表

孔号 成因时代 硬土层序号		HLd ₂		HLd ₄		HLd ₆		HLd ₈		全 区		HLd ₁₃		HLd ₁₆		HLd ₃₁
		层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)
—	al-Q ₁ ¹	7.56	2.70	7.51	4.36	缺 失		9.50	2.25	7.51 — 14.59	0.40 — 4.36	全 区 缺 失				
二	al-Q ₃ ²	21.24	2.35	20.38	3.35	22.00	8.50	23.55	6.44	20.38 — 32.80	2.35 — 18.50	25.70	1.20	20.76	2.36	38.00
三	al-Q ₃ ³	相变为湖沼积 亚粘土		相变为湖沼积 亚粘土		42.70	7.90	39.87	13.57	33.00 — 46.83	0.90 — 13.57	38.00	1.25	40.90	2.56	40.60
地 层 区		钱 塘 江 地 层 区														

孔号 成因时代 硬土层序号		HLd ₃₁	表 ₁		表 ₉		表 ₂₂		全 区		HLd ₄₁		HLd ₄₃		全 区		
		厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	层底埋深 (m)	厚度 (m)	
一	al-Q ₄ ¹	全 区 缺 失														全 区 缺 失	
二	al-Q ₃ ²	4.00	缺 失	22.50	4.30	缺 失		20.76 38.60	1.20 8.80	8.20	29.50	28.35	2.15	28.35 34.80	2.15 26.40		
三	al-Q ₃ ¹	1.10	32.50	25.60	1.60	31.80	4.80	25.60 47.18	1.10 10.25	3.90	38.60	39.45	3.70	38.60 49.50	3.70 13.70		
地 层 区		钱 塘 江 · 地 层 区														浦 阳 江 地 层 区	