

成果与方法

南四湖周边地区第四纪地层划分的初步研究

张祖陆^{1,2}, 孙庆义³, 宋印胜⁴, 王梅⁵

(1. 山东师范大学人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014; 2 山东建筑大学土木工程学院, 山东 济南 250014; 3. 济宁市水利局, 山东 济宁 272119; 4 鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 5. 山东科技大学地球信息科学与工程学院, 山东 青岛 266510)

摘要:依据南四湖周边地区数十眼钻孔的数据资料,以岩性地层分析对比研究为基础,通过利用¹⁴C、热释光等年代测定和孢粉分析技术方法,对该地区第四纪地层的划分提出了初步认识。经研究认为,该区中南部的南四湖、北五湖的湖相沉积大约形成于全新世中晚期之后。根据区内松散岩层的沉积物岩性和岩层的组合特征可以划分出 5 个岩组段。

关键词:第四纪;地层划分;孢粉;同位素地质年龄;南四湖;山东济宁

中图分类号: P534.63 **文献标识码:** A

南四湖之上级湖的周边地区(图 1)属山东省济宁市辖区。该区为华北平原与苏北平原的过渡区,亦是黄淮海平原中黄河冲积平原与淮河冲积平原、苏北丘陵区的交错地带^[1]。目前该地区的研究尚属相对空白区,区域第四纪地质工作基础较为薄弱。南四湖地区是我国东部地区重要的能源基地和山东省水源地,现在又成为南水北调东线工程的水资源重要的枢纽调蓄之地,社会经济发展很快,建设工程突飞猛进,但是长期以来由于对第四纪地层认识的欠缺,造成了该区域大量水文地质、工程地质勘察工作的被动与困难;为此,在该区进行第四纪地层划分的工作研究对生产具有重要指导意义;也为山东省系统、完善第四纪地层划分工作提供了基础资料。

1 第四纪沉积地层形成背景

该区地处山东省西南部,鲁中南山地的西南麓山前平原与鲁西黄河泛滥冲积平原的交接地带,居于鲁西地块的西南部。NNW 向的峰山断裂和嘉祥断裂分别为其东、西边界,纵贯区内的 NNW 向的孙氏店断裂将该区划分为兖州潜凸、济宁潜凸和鱼台潜凹等 3 个次级构造单元。新生代初期的差异性构

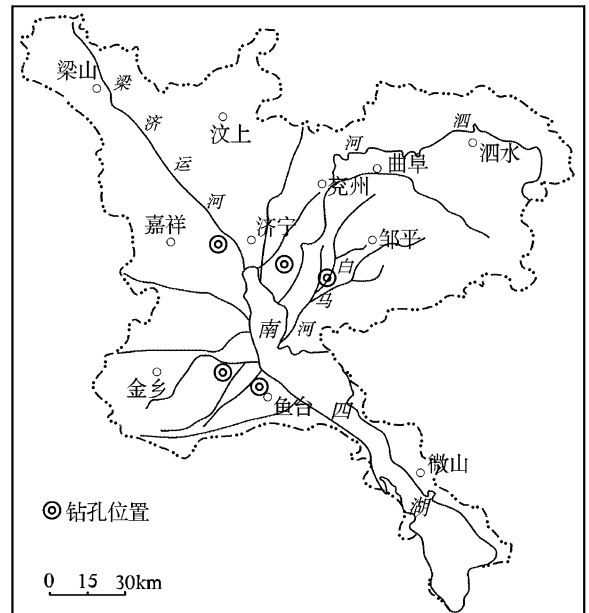


图 1 研究区范围及主要钻孔位置图

造活动使各构造单元进一步分化,其后各单元稳定的沉降活动在断陷区内形成了古近系沉积;新近纪以来的新构造活动以块断间的差异升降转变为断凸与断陷的整体沉降,开始形成了新近系沉积,直至进

收稿日期: 2007 - 03 - 14; 修订日期: 2007 - 06 - 22; 编辑: 孟舞平

基金资助项目: 山东省自然科学基金(Y2004E01); 山东省自然科学基金重点项目(Z2000E01)。

作者简介: 张祖陆(1949 -), 男, 上海嘉兴人, 教授, 主要从事自然地理教学及研究工作。

入第四纪时期。

该区东部丘陵的侵蚀剥蚀碎屑物向区内大量冲刷堆积,形成了自北向南的大汶河、泗河、白马河、城河诸条河流的山前冲洪积扇。大致以孙氏店断裂为界,南四湖湖区及其以西的平原区第四纪以来一直处于断陷下沉的沉积过程。前人研究认为大约在中更新世以后,黄河自西进入该平原区,该区成为巨型黄河冲积扇平原的前缘,主要形成了河流相、湖沼相的沉积,区内的济宁、鱼台 2 断陷区正处在上述东、西两大冲洪积扇平原前缘交叠的范围,因此沉积变化比较复杂,使该区的第四系松散沉积物存在 2 套不同物源的物质组成,大大增加了区内第四系划分的复杂性。据笔者的研究工作成果证明^[2],该区中南部的南四湖、北五湖的湖相沉积大约形成于全新世中晚期之后。

2 第四纪地层划分的岩性标志

该次研究工作主要结合工程施工钻孔,采用¹⁴C 热释光测年技术结合孢粉分析方法进行。先后共收集、综合该地区 30 余个水文地质钻孔资料。钻孔资料揭示:自南四湖湖东山前向湖西沿岸平原,全区新生代松散沉积层由 60 余米逐渐增厚至 180 m 左右;综合钻孔揭露的岩层特征,尽管在不同潜凸、潜凹的块断区内沉积厚度有一定差异,但依据区内松散岩层的沉积物岩性和岩层的组合特征仍可比较对应地划分出 5 个岩组段(图 2)。

2.1 沉积物的颜色变化

沉积物的颜色往往是最醒目的宏观标志之一,是沉积环境、气候条件、物质成分和沉积物的后生变化等因素的综合反映。在所有钻孔中,垂直变化的总体特点是深度越大颜色愈深,根据变化的基本特征可大致分为 5 个色段:灰黄—灰、灰黑、黄—棕黄、黄褐—灰白—灰绿、紫红等色。颜色色调总体反映的是大部分的氧化环境下的产物,但各组段均夹有灰黑、灰绿等色,反映出其中某些时段处于还原环境。由于早期周边石灰岩山地风化碎屑物源较丰富和沉积时受暖干气候环境条件影响,灰白色 CaCO₃ 沉积较普遍,且在下部层段的厚度均较大。

5 组颜色段特征:

(1) 平均埋深 1~9 m,上部或底部主要为灰黄色—浅棕黄色,在中部或中下部常有灰黑色、灰蓝、灰色层。

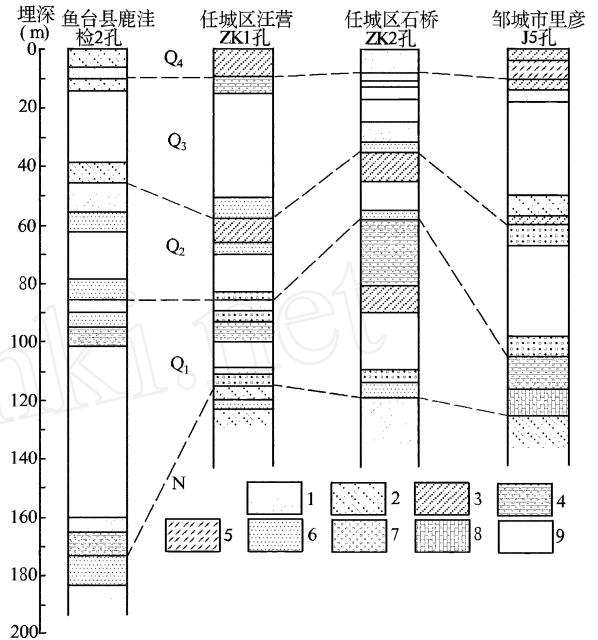


图 2 南四湖周边地区第四纪地层及岩性对比图

1—粘土; 2—砂质粘土; 3—粉土; 4—钙结土; 5—粉质粘土; 6—中细砂; 7—混粒砂; 8—淡水灰岩; 9—粉砂土

(2) 埋深 9~55 m 左右,以灰黄—棕黄色色调为主,常见夹有灰白色或灰绿色砂质粘土层。

(3) 埋深 55~85 m,棕黄至褐黄色调为主,常夹灰白色或灰绿色砂质粘土或粘土层。

(4) 埋深 85~175 m,以灰白或灰绿色的砂质粘土层和钙质层为主,多层混含砂粒的粘土。

(5) 一般埋深在 150~175 m 以下,为灰绿、紫红或棕红、灰白等杂色的砂质粘土、粘土层。

2.2 沉积物的岩性组合

与上述 5 个颜色段组合基本吻合,也可将该区 175 m 深度以上的松散沉积岩层大致划分为 5 个岩性组段,根据岩芯记录,各钻孔自上而下可划分为:

第 1 段:以均质泥质结构或松散粉砂质结构的砂质粘土或粉砂土为主,中下部或底部往往为色调较暗、含有较多有机质的淤泥层或砂质粘土、粘土层。

第 2 段:以砂质粘土、粉砂质粘土或粉砂层互层为主,层中含有钙质结核或铁锰结核,往往夹多层砂层或偶夹有 1~2 层较致密的粘土层。

第 3 段:主要由砂质粘土、粘土层与粗碎屑、分选差的含砂粒粘土互层构成。其中夹有 2~5 层中粗粒砂或含砾砂层,粘土层呈微固结状,具光滑压裂

面,该组中下部富含钙质结核或铁锰结核。

第 4 段:其岩性主要为灰白色富含钙质(钙质胶结)的砂质粘土或钙质团块、钙质结核层有的地段甚至形成泥灰岩,其中夹有灰绿色粘土层或含砾砂层。

第 5 段:以杂色的粘土、砂质粘土互层,粘土层致密,粘性强,具静压滑裂面,偶夹有砂层透镜体。在该区东部山前地区未见此层发育。

2.3 沉积旋回与岩相分析

从上述的颜色、岩性组合结构的特点分析:第 1 段的砂质粘土、淤泥质粘土—粉细砂组合;第 2 段的砂质粘土或砂质粘土—粉细砂或砂层组合,显示出 1 次或多次的粗—细韵律变化,往往是下部为砂层—粉砂,上部为砂质粘土、粘土层或淤泥质层的二元结构特征,是河流冲积相沉积特征的明显反映;第 3 段砂质粘土—粘土—砂砾、砂层的岩性组合则代表了山前冲洪积扇相沉积结构,为冲洪积相的特征;第 4、第 5 段则为厚层砂质粘土、粘—细砂的岩性特征明显反映的是河流相—湖沼相的韵律结构,系河湖相沉积;第 4 段碳酸钙质物质沉积的集中出现,反映出该区周围的石灰岩山地丘陵处在长期稳定侵蚀—剥蚀状态下,气候比较干燥,在山前低洼地方形成的湖沼水盆中形成的相关化学沉积;第 5 段则为较典型的近源湖沼相沉积。

3 孢粉分层与古植被、古气候分析

该次研究在鹿洼、汪营、尹沟、杨庄、济宁鲁抗工地等地的 7 个钻孔中共采取近 300 块样品进行了孢粉分析鉴定。样品采取深度视不同地点与岩性而不同。其中 5 个孔的样品由原地质矿产部水文地质工程地质所第四纪研究室分析鉴定,2 个孔的样品由国家地震局地质研究所分析鉴定。均采用常规孢粉分析方法,样品经酸、碱处理后,再用碘重液悬浮,分选出孢粉,进行鉴定。综合各孔分析结果,在埋深 > 50 m 的样品中孢粉含量较少,但 50 m 以上深度的样品中孢粉含量丰富,图 3 为各孔的孢粉图谱。

3.1 第四纪地层中孢粉分布的总体特征

综合各孔的分析结果,所有孢粉可分别归入 61 个植物自然分类科、属的乔木植物和灌木、草本植物及蕨类植物 3 大类。乔木植物主要有松属(*Pinus*)、桦属(*Betula*)、栎属(*Quercus*)、胡桃属(*Juglans*)等;

灌木及草本植物花粉主要有蒿属(*Asteraceae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、禾本科(*Gramineae*)等;蕨类植物孢子主要有为数不多的卷柏属(*Selaginella*)、水龙骨科(*Polypodium*)等。全区孢粉的组合与分布具有以下几方面基本特征:

(1)乔木植物或木本植物花粉占优势,而且其中又以针叶裸子植物松粉及阔叶被子植物桦粉为主。

(2)该区除埋深 > 85 m 的地层中有少数可能属于新近纪亚热带子遗植物花粉(如山核桃、枫香等)以外,其余均属于温带植物花粉。

(3)各钻孔剖面中松、桦等阔叶植物花粉的数量,以及具有气候特征指示意义的冷杉、云杉等花粉均有比较明显的变化,可以看出该区在第四纪期间植被和气候曾出现不同程度的变化和波动。

3.2 孢粉带划分及其各自反映的古植被与古气候条件

该区埋深 0 ~ 175 m 剖面中孢粉组合带自下而上基本可以划分为 5 个带,大致与岩性分段相接近,其中 0 ~ 50 m 的样品中孢粉普遍含量丰富,可以划分为 3 个带,且可细分为 6 个亚带;由于在埋深 50 ~ 175 m 的地层剖面中孢粉含量明显减少,而且随地层埋深增加,其中孢粉含量减少,对分析研究带来一定的困难,仅粗略划分出 2 个带。

3.2.1 孢粉带 1 特征

孢粉带 1:平均深度 85 ~ 175 m,相当于上述岩性段的第 4 段,其中的松、冷杉花粉大约可占总数的 56%,桦占到 17% 左右,在该带中除桦以外的栎、榆、胡桃、椴等好暖湿的阔叶被子植物花粉只占总数的 10% 左右。但在此带中还出现了山核桃、枫香等亚热带的植物花粉,而灌木及草本植物花粉则占到 13% ~ 25%。可见这一时期的当地植被是由针叶植物松为主组成的针阔叶林。由于该段中喜暖湿的栎、榆、胡桃等阔叶植物花粉不多,好凉的冷杉、云杉等有一定的含量,可推论这时期可能是一种温凉偏干燥的气候环境。

孢粉带 2:深度大致在 55 ~ 95 m,也即相当于岩性的第 3 段,松与冷杉、云杉等占孢粉总量的 60% 左右,桦树花粉占到 18%,喜暖湿的栎、榆、胡桃等阔叶植物花粉多于带 1,占到孢粉总量的 13% 左右。该带的下部虽也出现了亚热带的山核桃等花粉,但已较带 1 减少。此带针叶植物与桦的花粉比

带增多,但喜暖湿的阔叶树种花粉无论种类、数量均有明显增加,草本植物花粉较上一带有所减少。这一时期的植被虽仍属于以松等针叶植物为主,系由松、桦等为主组成的针阔混交林,但从该带中喜冷

的冷杉、云杉等已少于带,而阔叶树成分显著增多的特征,推测这一时段气温可能较带略高,大致属于温和偏湿的气候环境。

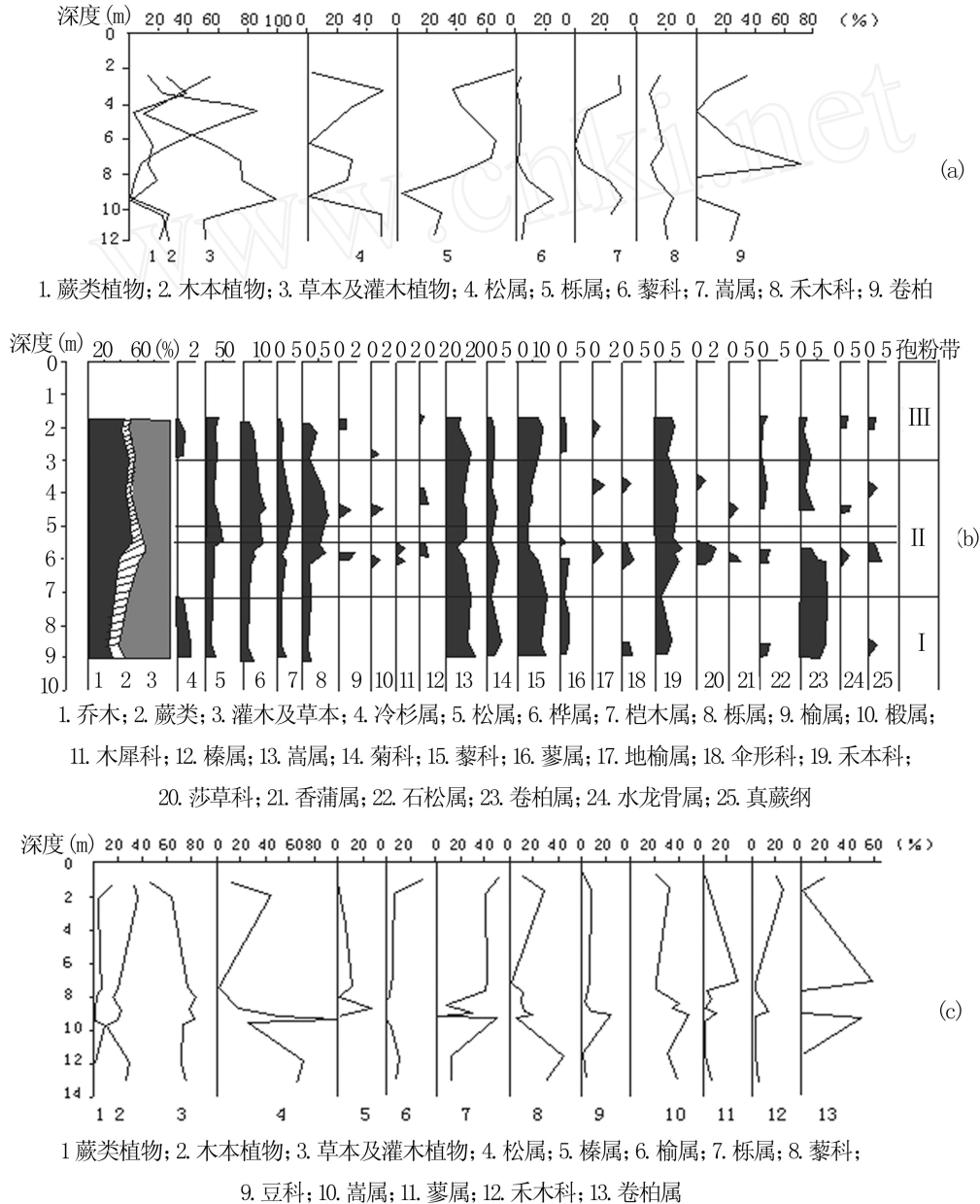


图 3 孢粉图谱

a—ZK孔全新世主要孢粉百分比; b—J₅₅孔孢粉百分比; c—S₃₂孔主要孢粉百分比

3.2.2 孢粉带 特征

该区深度在 55 m 以上地层的孢粉含量较其下部的带显著增多,可划分出 3 个带,各孢粉带还可以细分 2~3 个亚带。深度约 32~55 m 处可划分为带,该带孢粉含量较其以下地层大大增加,可

以再划分 2 个亚带,带中乔木花粉与灌木草本花粉的比重已发生显著的改变,后者比重大大增加。

孢粉亚带₁:深度大致在 45~55 m,该亚带中乔木花粉一般占 12.1%~41%,灌木及草本花粉占 52.5%~76%,蕨类孢子含量很少,在 6% 以下。乔木

花粉中喜冷的针叶树种占优势,其中又以松为主,另外有少量冷杉、云杉等,落叶阔叶树种成分相对较少,主要为桦属,其次还有少量柳、榆等成分。灌木及草本植物成分以适应干旱的蒿属、藜科为主,其他尚有禾本科、榛属、蓼属、豆科和菊科等。蕨类孢子有鳞钙蕨属、蹄盖蕨属、石松属和卷柏属。此组合特征反映的是针阔混交的疏林草原植被,气候寒冷干燥。

孢粉亚带₂:深度大致在 32~45 m,该亚带中乔木植物花粉占总量的 14%~65.5%,较₁带有所增加,且针叶树种成分比例相对减少,仍以松为主,云杉、冷杉等暗针叶树种成分未有出现;乔木花粉中变为落叶阔叶林种成分占多数,但喜湿凉的桦属所占比重仍较大,此外还包括栎、胡桃、榆、柳以及鹅耳枥、榛属等。灌木及草本植物花粉占孢粉总量的 25%~86%左右,其中以蒿属为主,还有禾本、毛茛、豆、藜、木樨等科;水生或湿生植物包括有伞形、莎草科、香蒲、杏菜属;蕨类植物孢子有卷柏、水龙骨、凤尾蕨及蹄盖蕨等属。此孢粉特征表明此时为针阔混交的森林草原植被,气候相对₁带显然已变为比较温凉,但仍偏干。

3.2.3 孢粉带 特征

孢粉带₃的分布范围基本在 10~32 m 深度。孢粉带₃,相当于岩性组合的第 2 组段。该带孢粉含量较₂带有所减少,但组合特征显现出一定变化,根据组合特征大致可再分为 3 个孢粉亚带:

孢粉亚带₁:一般分布在深度 25~32 m 的范围内,该亚带中乔木花粉退居次要,有一定量的松属、桦属,此外还有少量的栎、榆、柳属等;灌木及草本花粉含量占据优势,以蒿属、藜科为主,还有毛茛、禾木、豆科、蔷薇、菊科等;尚含有少量的水生和湿生的草本植物,如眼子菜科、莎草科,以及蕨类孢子如水龙骨科、卷柏属。从孢粉组合特征推断,这一时期可能是疏林草原植被类型,气候冷而偏干。

孢粉亚带₂:深度分布于 19~25 m 的范围,该亚带所选出的孢粉较前亚带增多,乔木花粉约占总量的 33%~47.5%,灌木及草本植物花粉占 43%~67%,蕨类植物孢子占 0~9%,乔木植物中花粉以针叶树种为主,主要为松,尚有少量云杉属,落叶阔叶树成分有栎、榛、桦、榆、柳、胡桃等属;灌木及草本花粉以蒿属、毛茛科为主,其次有藜科、禾本、豆、蔷薇、木樨、和蓼科;水生及湿生草本植物有眼子菜属、莎草科、香蒲属、天南星科;蕨类植物孢子有卷柏、水

龙骨属和膜蕨科。据此孢粉组合特征推测为针阔混交的森林草原植被,气候冷而偏湿。

孢粉带₃:深度约在 10~19 m 的范围,该亚带的孢粉中木本花粉占据优势,约占 43%~74%左右,其中又以针叶林为主,松属占据优势,其次为冷杉、云杉;落叶阔叶树成分中桦属占较大比重,其他还有栎、椴、胡桃、柳属;灌木草本植物花粉 23%~56%,以蒿属、藜科为主,还有榛属及湿生禾本科等,蕨类植物孢子含量很少,一般在 2%左右,主要为卷柏、真蕨、水龙骨等。由孢粉组合推断,当时为针叶阔叶混交林的森林草原景观,气候寒冷而略偏湿。

3.2.4 孢粉带 特征

孢粉带₁:深度范围约 1.2~10 m,即岩性组合段的第 1 段,该孢粉带孢粉丰富且种类繁多,依据孢粉组合的特征可以再细分为 3 个亚带:

孢粉亚带₁:深度基本在 7~11 m 之间,该亚带中以灌木及草本植物花粉含量占优势,占总量的 49.5%~77.2%,其中又以适应于干旱条件的蒿属、藜科为主,其次有毛茛科、菊科、禾本科、麻黄属、石竹属、豆科、蔷薇科等;湿生、水生草本植物花粉有香蒲属、眼子菜属、菖蒲属、莎草科、伞形科等。乔木植物花粉占 15.9%~33.6%,主要有松属、栎属,但南四湖湖西 2 孔的样品中均出现冷杉属花粉,其他阔叶林种花粉尚有桦属、榆属、漆属、椴属;蕨类植物孢子占孢粉总量的 1.2%~9.47%,主要有水龙骨科、卷柏属、水蕨科等。孢粉组合反映了该地区当时为针阔混交林的疏林草原植被类型,气候温和偏湿。

孢粉带₂:此亚带一般孔深 4~7 m 左右,该带中灌木及草本植物退居次要,只占孢粉总量的 20.5%~42.2%,而乔木花粉大大增加,占据优势。含量达 40.4%~50.39%,蕨类孢子占 4.8%~7.41%。乔木花粉中松属占突出地位(但未再见有冷杉花粉出现),出现较多的桦属、栎属、胡桃属、以及榆属、柳属、椴属、木樨科等花粉,草本植物花粉仍以干旱气候的蒿属和藜属为主,其次为菊科、禾本科、地榆、十字花科等,水生与湿生草本花粉普遍有增加,主要有莎草科、眼子菜属、伞形科、蓼属、以及香蒲属、菖蒲属等;蕨类孢子以卷柏属、石松科为主,还有水蕨科、真蕨属、水龙骨科、凤尾蕨等。孢粉组合反映了当时的针阔叶混交林森林草原景观,显然气候已变为温暖湿润。

孢粉亚带₃:钻孔深度基本均在 1.2~4 m,该

亚带中乔木花粉含量在 32.4% ~ 48.7%，花粉中以松属、栎属为主，在湖西钻孔中出现少量的冷杉、云杉属，其次为桦属、榆属、桤木属、胡桃属、柳属、栗属等；灌木与草本花粉较前带又有增加，占到总量的 36.4% ~ 62.3%，仍以蒿属、藜属、禾本科为主，还有毛茛科、蓼科，水生与湿生草本花粉有所减少，有莎草科、香蒲属等；蕨类植物孢子占 2.8% ~ 3.87%，主要有卷柏属、水龙骨科、鳞钙蕨属等。此孢粉带的组合类型反映了当时的针阔叶混交林森林草原植被，而气候环境又变得温和偏干。

4 第四纪地质年代测定

该次工作运用了 ^{14}C 、热释光 (TL) 及电子自旋

共振 (ESR) 等多种地质测年的方法对区内 8 个钻孔中 24 件不同层位的样品进行了地质年代测定。其中 ^{14}C 年代测定与孢粉鉴定同时进行 (测定单位同上)，热释光、(TL) 及电子自旋共振 (ESR) 年代系国家地震局地质研究所九室测定。所得第四纪年龄数值统计见表 1。这些年龄值为判断各层位的地质年代提供了一定的科学依据。但由于当前采用的各种技术受测年所用的物质、样品和被测事件的性质等因素影响，测年的范围受到一定的限制，年龄值 35 ~ 250 万 a 的范围仍未能取得直接的数据，这为判断早更新统地层，特别是确定第四纪时代的底界造成较大困难。

表 1 第四纪地层年龄测定数据统计

样品编号	采样地点	采样深度 (m)	样品岩性	测年方法	测定年龄 (a BP)	备注
ZK ₁₋₁	任城区汪营	3.46	灰黑色亚粘土	^{14}C	7633 ± 314	
55 孔 ₁₋₂	鱼台县鹿洼	5 ~ 5.12	灰黄色粘土	热释光	4100 ± 300	
55 孔 ₁₋₁	鱼台县鹿洼	5.5 ~ 5.7	灰黑色粘土	^{14}C	3100 ± 110	
S ₃₋₂	邹城市尹家沟	6.03 ~ 6.72	灰黑色砂质亚粘土	^{14}C	1254 ± 137	
55 孔 ₁₋₃	鱼台县鹿洼	7.6	灰黄色粉土	^{14}C	9900 ± 800	
S ₃₋₂	邹城市尹家沟	8.85 ~ 8.95	灰色淤泥质粉土	^{14}C	13809 ± 211	
ZK ₁₋₂	任城区汪营	9	灰黑色亚粘土	热释光	14502 ± 247	
J ₅₋₁	邹城市东拐头	9.08 ~ 9.20	灰黑色淤泥质砂质粘土	^{14}C	7620 ± 60	
J ₅₋₂	邹城市东拐头	9.7 ~ 9.8	灰绿色淤泥质砂质粘土	^{14}C	18980 ± 1120	
J ₁₂₋₁	邹城市北亢阜	15	淤泥质粘土	^{14}C	24720 ± 680	
J ₅₋₄	邹城市东拐头	23.87 ~ 24.02	灰绿色粘土	热释光	54700 ± 4200	
J ₅₋₅	邹城市东拐头	34.99 ~ 35.16	灰绿色含钙质结核粘土	热释光	91700 ± 7200	
J ₅₋₇	邹城市东拐头	52 ~ 53	褐黄色粉砂土	热释光	183800 ± 14700	?
J ₁₂₋₂	邹城市北亢阜	56.09 ~ 56.18	淤泥质粘土	热释光	383200 ± 32600	?
J ₅₋₉	邹城市东拐头	82.26	灰白色淡水灰岩	ESR (电子自旋共振)	> 150000	估测
J ₅₋₁₀	邹城市东拐头	97.04 ~ 97.14	灰白色淡水灰岩	ESR (电子自旋共振)	> 150000	
55 孔 ₁₋₄	鱼台县鹿洼	120	褐黄色—棕红色粘土	热释光	96000 ± 8100	

5 第四纪地层的划分与讨论

从以上工作和分析中不难看出，该次工作所揭示的第四纪地层的岩性组合、构成、古植被的变化等特征均与华北的大部分地区具有一定的相似性^[3]，大致可与华北平原的东部地区如：河北、北京及鲁北平原相对比。

5.1 下更新统

深度大约在 85 ~ 175 m 之间的范围，大致相当于前述沉积岩层的颜色与岩性组合的第四段，广泛形成了一套厚度较大的、多层灰白色砂质粘土层与灰白色的富钙亚粘土层、灰白色泥灰岩层。而其下则出现的是杂色的湖沼相细粒沉积层。此套地层的组合与层序关系与华北地区的新近系上新统与第四系下更新统之间的组合与层序的变化、相变是相似

的^[4],如河北泥河湾组下部灰白色的湖沼相富钙亚粘土、粘土或泥灰岩层,都是反映了华北地区在经过古近纪、新近纪长期侵蚀后,在第四纪早期干暖气候条件下的山地湖盆中的相关沉积特征^[3]。该层以下的颜色为灰白—灰绿或棕黄、棕红等色的泥岩化粘土,相当于鲁北平原的新近纪黄骅群明化镇组,也可与华北地区上新统湖沼沉积相对比。

我国华北许多地区新近纪之晚新近世,特别是新近世末期,气候明显转凉,草本、灌木植物或冷杉、云杉、松等针叶植物含量增加,但通常山核桃、枫香、等亚热带植物花粉仍有一定数量。至早更新世早期气候则明显变冷,常表现为喜湿冷的冷杉、云杉等针叶裸子植物和好干凉的麻黄及蒿、藜等灌木、草本植物等含量很高,但山核桃、枫香等亚热带植物花粉则成为新近纪的子遗植物成分出现,通常含量较少或少见。对照杨庄孔(170.66~175.91 m)和济宁市市中区西部水源地勘探孔(93.78~177.8 m)的孢粉带,出现与上述完全相同的组合特点,与下伏杂色粘土层的孢粉组合变化也很相似,由此似乎可以将孢粉带(85~175 m)划为下更新统。但是此段沉积物地质时代尚无适宜的方法可以测得,利用电子自旋共振方法(ESR)所测结果:邹城东拐头孔 97.04~97.14 m 和 120 m 2 件灰白色泥灰岩的年龄值只能推估 >150 万 a;与此孔相邻近的北亢阜孔埋深 82.26 m 处棕黄色粘土所测得的热释光年龄值为 38 万 a 左右(这些测年数据只能作为推测的参考依据)。按该区第四纪沉积的速率来推算,推测此深度地层地质时代可能在早更新世时间范围之内。

5.2 中更新统

在孢粉带或深度 55~95 m 段的沉积物样品中针叶植物松与阔叶植物桦等比孢粉带(85~175 m)分别略有增减,但喜暖湿的栎、榆、胡桃等无论种类及数量均明显的比孢粉带要多,可见植被已成为由松、桦等组成的针阔混交林。从该段中喜冷的冷杉、云杉明显少于其下部的带,而阔叶树成分却有明显增加,可以推论这一时段气温可能比带要高。该带相当于颜色、岩性结构的第 3 段。同时,北亢阜孔 50 余米处的热释光年龄为 (3832000 ± 32600) a BP,也支持了这种认识。因此,55~85 m 深度的沉积层初步可归入中更新统。

5.3 上更新统

前述孢粉带(深度 32~55 m)中 2 个亚带

(α_1, α_2),比较明显地反映了该区当时的疏林草原—森林草原植被类型的变化,其间木本植物与草本植物的比例变化与种属构成的变化,比较敏感地反映出前、后 2 时段气候由干冷向温凉偏干的环境变化,特别是 α_1 带中出现一定数量的冷杉、云杉等喜冷暗针叶植物,充分说明了当时比较寒冷的气候条件。目前华北地区大部分的研究结论表明,晚更新世早期及晚期均为干冷或湿冷的气候环境,而晚更新世中期气候相对温和、偏湿,所以由孢粉带层位上推,孢粉带 α_1 (深度 45~55 m)和孢粉带 α_2 (深度 32~45 m)应当是分别属于晚更新世早期和晚更新世中期。在邹城市东拐头 J_5 孔中埋深 52~53 m 处褐黄色粉土和埋深 34.99~35.16 m 处褐黄色粘土的热释光年龄分别为距今 18.38 万 a 和 9.17 万 a 左右。上述工作结果,可以比较可信地说明此深度沉积层应属于晚更新统。

孢粉带(深度范围 9~32 m)的 3 个亚带所反映的植被类型系由干旱草本植物占优势的疏林草原植被变为以针叶林为主,并出现暗针叶树种的针阔混交林草原植被。这与晚更新世晚期的末次冰期期间我国华北地区干燥寒冷的特点相吻合。而后,在全新世大间冰期来临之际,该区有向湿的方向发展的趋势。依此可将孢粉带所在层位的地质时代划入晚更新世晚期,其间的 3 个孢粉亚带($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)反映的植被成分的变化,也证实了在晚更新世晚期冰期期间的气候波动变化的特点。表 1 中鹿洼 55 孔孔深 7.6 m 灰黄色粉土 ^{14}C 年龄值为 0.99 万 a,东拐头 J_5 孔埋深 9.7~9.8 m 处灰绿色淤泥质粘土的 ^{14}C 年龄值为 1.8 万 a 左右,北亢阜 J_{12} 孔 15 m 深处灰黄淤泥质粘土 ^{14}C 年龄值为 2.47 万 a 左右以及 J_5 孔 23.78~24.02 m 深处灰绿色粘土的热释光年龄为 5.47 万 a 左右,均为此推论提供了较为明确的证据。

5.4 全新统

该次工作在埋深 9 m 以上沉积物中获取的孢粉最为丰富。在孢粉带中所反映的当时植被变化特征均可与北京、河北、鲁北平原和山东沿海滨海平原全新统的孢粉组合所反映的植被特点相对比。无论是同位素地质年龄还是孢粉组合特征均比较可信地说明该孢粉带所在地层应划为全新统。按我国通常采用的全新统 3 分方案,又可将该区埋深在 9 m 以

上的全新统地层 3 分:

(1) 孢粉带₁ (深度 7~9 m), 孢粉组合显示较冷的针阔叶混交草原植被, 出现冷杉、云杉等暗针叶林种, 草本植物中出现较多的湿生草本成分, 比较明显地反映出全新世早期的冷、湿气候特征, 据表 1 中埋深 9 m 左右的年龄值在 0.76~0.9 万 a 之间, 所以可将此段地层划为下全新统。

(2) 孢粉带₂ (深度 4~7 m), 在所有钻孔剖面中, 此孢粉带均比较显著地表现出温暖、湿润气候环境的孢粉组合特征, 有的还出现了大量热带、亚热带的蕨类孢子成分, 是该区全新世中期 (亦即气候最宜时期) 的明显反映, 鹿洼 55 孔中深度 5.5~5.7 m 地层¹⁴C 和热释光年龄值分别为 0.31 万 a 和 0.41 万 a, 东拐头 J₅ 孔埋深 9.08~9.20 m 的灰黑色淤泥质粘土¹⁴C 年龄值 0.76 万 a。比较合理地说明此段沉积时期应为全新世中期。

(3) 孢粉带₃ (深度 0~4 m), 深度在 1.5~4 m 左右的孢粉组合显示出喜干旱的蒿、藜等草本成分又比较明显地增多, 而且有些钻孔中喜冷的冷杉、云杉又有出现。表明了当时气候又由暖湿向冷干变化的趋势, 这与晚全新世新的降温时期的气候变化相吻合, 同时与山东省其他地区晚全新世古植被的反映也相一致。据此, 该段地层时代应划为全新世的晚期。该区钻孔资料中深度小于 4 m 测年数据均小于 0.3 万 a, 也充分证明了这一点。

6 结语

对该区第四纪地层划分的认识显然还是初步的, 尚有待更深入的工作。由于采样工作多是依托工程项目开展进行, 并未做专门的勘探孔采样, 所以难免各钻孔层位之间衔接不好, 造成某些层位未能取得必要的数据; 此外, 在深度大于 100 m 的第四系下部的关键层位也未能取得可信的测年数据, 对早更新统地层无法得出确凿的认识, 均有待于以后通过更深入的工作来补充和完善。

该项研究工作在岩芯取样过程中得到了鲁南地质工程勘察院的领导和水文地质公司的同志们大力支持帮助; 国家地震局地质研究所计凤桔、严富华先生协助完成了同位素测年与孢粉分析工作, 在此一并致以由衷的感谢!

参考文献:

- [1] 邵时雄, 王明德. 中国黄淮海平原第四纪地质图说明书 [M]. 北京: 地质出版社, 1989, 1.
- [2] 张祖陆, 沈吉, 孙庆义, 等. 南四湖的形成及水环境演变 [J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(3): 314-321.
- [3] 袁复礼, 杜恒俭. 中国新生代生物地层学 [M]. 北京: 地质出版社, 1984, 147-262.
- [4] 迟培星, 栾恒彦, 刘明渭, 等. 山东省新生代岩石地层清理意见 [J]. 山东地质, 1994, 10(专刊): 70-85.

Primary Study on Quaternary Strata Division in Surrounding Areas of Nansihu Lake

ZHANG Zu-lu^{1,2}, SUN Qing-yi³, SONG Yin-sheng⁴, WANG Mei⁵

(1. Population, Resources and Environment College of Shandong Normal University, Shandong Jinan 250014, China; 2. Civil engineering College of Shandong Architecture University, Shandong Jinan 250014, China; 3. Jining Water Conservancy Bureau, Shandong Jining 272119, China; 4. Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 5. Geo-information Science and Engineering College of Shandong Scientific University, Shandong Qingdao 266510, China)

Abstract: Based on datas gained from samples of 10 drillings surrounding Nansihu Lake area and contrast analysis of strata property, by using technical methods of ¹⁴C, TL etcetera and sporepollen analysis, primary suggestion for dividing Quaternary strata are put forward in this paper. As proved by the study, lacustrine sedimentation of Nansihu and Beiwuhu in middle and south part were formed in late period of Holocene. According to sedimentary property and strata combination characteristics of loose bed, this area can be divided into 5 rock sections.

Key words: Quaternary; stratigraphic division; sporepollen; isotopic geological ages; Nansihu lake; Jining in Shandong province