

doi: 10.12029/gc20160327

蔡向民, 张磊, 郭高轩, 等. 北京平原地区第四纪地质研究新进展[J]. 中国地质, 2016, 43(3): 1055–1066.

Cai Xiangmin, Zhang Lei, Guo Gaoxuan, et al. New Progress in the study of Quaternary geology in Beijing Plain[J]. Geology in China, 2016, 43(3): 1055–1066 (in Chinese with English abstract).

北京平原地区第四纪地质研究新进展

蔡向民¹ 张磊¹ 郭高轩² 尤世娜¹ 方同明¹ 吕金波¹ 梁亚楠¹

(1.北京市地质调查研究,北京 102206;2.北京市水文地质工程地质大队,北京 100195)

摘要:北京平原地处山前冲洪积扇分布区,区内湖泊密布,河流纵横,沉积环境多样。由于第四系三维结构的复杂性,对第四系进行地层划分有一定的难度。前人根据不同的资料对北京平原第四系进行过地层划分,建立了泥河湾组、周口店组、马兰组等多个岩石地层单位。这些地层单位主要是依据沉积凹陷钻孔岩心中的孢粉、有孔虫、介形虫等化石和少量的古地磁数据划分的,实际上仍是年代地层单位。由于这些地层单位划分依据不统一,识别标志不清晰,因此难以得到广泛的共识。近十余年来,随着资料的积累和对第四系三维结构的认识提高,特别是古地磁测年技术的普及,为北京平原第四纪地层的划分奠定了基础。本文依据 40 余个钻孔的古地磁测试数据,初步厘定了下更新统底界、中更新统底界、上更新统底界 3 个等时面。依据工程地质勘察、水文地质钻孔、考古发掘和泥炭调查等资料编绘了平原区全新统等厚度图。

关键词:北京平原;第四纪沉积物;三维地层结构;第四纪地层划分;

中图分类号:P534.63 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2016)03-1055-12

New Progress in the study of Quaternary geology in Beijing Plain

CAI Xiang-min¹, ZHANG Lei¹, GUO Gao-xuan²,
YOU Shi-na¹, FANG Tong-ming¹, LV Jin-bo¹, LIANG Ya-nan¹

(1. Beijing Institute of Geological Survey, Beijing 100195, China; 2. Hydrogeological and Engineering Geological Party of Beijing, Beijing 100195, China)

Abstract: Beijing plain, located in the piedmont alluvial fan area, has lots of lakes and rivers in its administrative area. Because of the variability of sedimentary environment, the three-dimensional structure is very complex. Due to the complexity of the three-dimensional structure of the Quaternary strata, the Quaternary stratigraphic division is relatively difficult to some extent. Some researcher have established the lithostratigraphic units such as Nihewan Group, Zhoukoudian Group and Malan Group based on some geological data from different sources. These stratigraphic units are mainly based on fossil pollen, foraminifera, and Ostracoda in sedimentary sag drill holes, and a small amount of paleomagnetic data, and are actually the chronostratigraphic units. Because the units are not uniform and the identification mark is not clear, it is difficult to get a broad consensus. In the past 10 years, the increase

收稿日期:2016-03-21;改回日期:2016-04-16

基金项目:中国地质调查局项目(1212011301290)资助。

作者简介:蔡向民,男,1958年生,教授级高级工程师,主要从事区域地质、环境地质调查研究;E-mail:cxm5706@sohu.com。

of the accumulation of data, the understanding of the three-dimensional structure of the Quaternary, and especially the popularity of the ancient magnetic prospecting technology have laid the foundation for the division of the Quaternary strata in Beijing plain. Based on paleomagnetic data from more than 40 drill holes, the authors initially established the bottom boundaries of lower, middle and upper Pleistocene series. According to the engineering geological prospecting, hydrogeological drilling, archaeological excavations and peat investigation materials, the authors compiled a Holocene isopach map for Beijing Plain.

Key words: Beijing Plain; Quaternary sediments; 3D geological structure; Quaternary strata division

About the first author: CAI Xiang-min, male, born in 1957, senior engineer, engages in regional and environmental geological survey; E-mail: cxm5706@sohu.com.

Fund support: China Geological Survey Program (No. 1212011301290).

北京地区的第四纪沉积物主要分布于平原地区,研究程度相对较低,其研究历史总体上可分为3个阶段。

第一阶段(1949年以前),1927—1929年中国学者李捷、步林、杨钟健、裴文中等发掘了周口店猿人遗址第一地点,将一套厚达35 m的洞穴堆积划分为13层。1929年裴文中在该地层发现了中国第一个古人类头盖骨化石。1933年步达生、德日进、杨钟健和裴文中合著出版《中国猿人史要》,书中提出了较完善的地文期表,大致反映了中国的古气候变化,为北京地区第四系研究的开创阶段^[1]。

第二阶段(1949—1977年),北京平原地区地质工作高速发展,开展了很多石油普查和针对城市供水的地质工作,在平原区取得了大量的地质资料。1977年出版了《华北地区区域地层表——北京分册》,以冰期、间冰期观点编制了第四纪年表^[2]。这一阶段建立了泥河湾组、周口店组、马兰组、刘斌屯组、尹各庄组和肖家河组。

第三阶段(1978年至今),随着地质测试技术的发展,特别是古地磁测年的普及,为第四纪地质研究提供了较为可靠和有效的方法。1979年,安芷生等在顺义军营村顺5孔进行了古地磁研究,提出了平原区以松山/高斯界面为第四系与新近系的分界^[3]。1981年北京地质调查所张子斌等经过多年平原区泥炭调查,初步查清了全新世泥炭分布,划分了坟庄组、高丽掌组、桃山组和辛力屯组,编绘了全新统底界标高图^[4]。20世纪80年代初,北京市组织多家单位开展地震地质会战,对平原地区新生代地质进行了大规模调查和研究,对第四系、古近系-新近系进行了初步划分。1991—1993年北京地质研究所和中国地质大学等单位对怀柔张喜庄HR88孔开展了较为系统的古地磁研究^[5]。2005—2008年,

中国地质调查局开展第一轮全国城市地质调查试点工作,北京市政府与中国地质调查局在平原地区联合开展了大规模的多参数城市综合地质调查工作,其中第四系三维地质结构调查是工作重点。这次工作对北京山前平原冲洪积扇发育区的地质结构有了新的认识,开展了14个钻孔的古地磁测试,重新编绘了平原区1:10万基岩地质图、第四系等厚度图和更新统等厚度图等图件^[6]。2012—2014年,开展了北京平原区活动断裂专项调查工作。实施钻孔24个,开展了11个钻孔的古地磁测试,获取了丰富的资料。2014年北京市地质调查研究院在地质志修编工作中,系统收集分析整理近些年的成果,在前人成果的基础上对第四系进行了划分,建立了年代地层单位(表1)。

1 北京平原区三维地质结构

经过多年的地质工作和资料的积累,特别是2008年结束的城市综合地质调查工作,对平原区三维地质结构有了较为清晰的认识。北京平原的第四系总体上由几个巨大的冲洪积扇和沉积凹陷构成,在冲洪积扇内广泛发育河流相冲洪积物,在扇间洼地和扇缘分布有湖泊沼泽,如昆明湖、玉渊潭、莲花池等。在海淀区高里掌、辛立屯,昌平区西马房、大汤山,顺义区西府,朝阳区洼里、清河、立水桥,平谷东高村,通县小甸屯等地还见有湖沼型和河床型泥炭沉积,泥炭蕴藏量丰富(图1)。第四纪早期在平原北部的马池口、后沙峪和平谷形成3个沉积凹陷(有学者称断陷),沉积了巨厚的第四纪沉积物。冲洪积扇、沉积凹陷等不同的地质单元,共同组成了北京平原第四系的沉积相组合(图2)。

广阔的北京平原主要由永定河冲洪积扇群和潮白河冲洪积扇组成,其中永定河冲洪积扇群由多

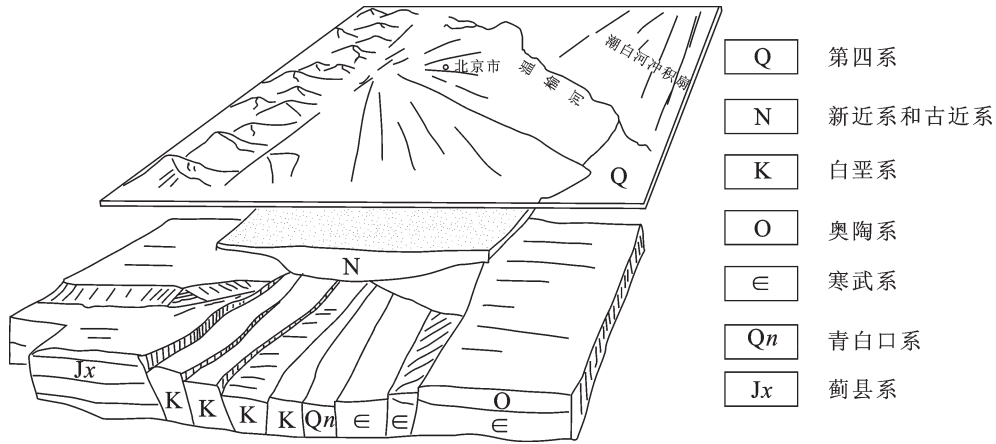


图1 北京平原地质构造示意图
Fig.1 Sketch map of geological structures in Beijing plain

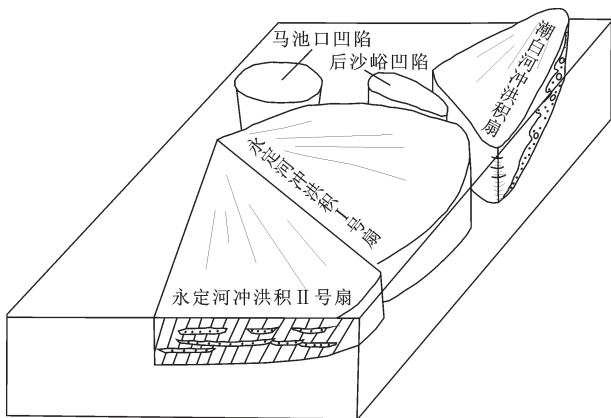


图2 北京平原区第四系地质单元组合示意图
Fig.2 Sketch map showing Quaternary geological units and their combination in Beijing plain

个扇体相互叠压,在北京市域内有两个扇体(称 I 号扇、II 号扇),其余则分布在河北。永定河 I 号冲洪积扇的轴线为东西方向,大致沿长安街由西向东。扇顶在石景山地区,砂砾石出露地表厚度数十米。冲洪积扇的中部为中砂—细砂—粉砂与黏土互层。河道部位为砂砾石和砂。河道两侧沉积物粒度变细。通州地区是该冲洪积扇的扇缘,沉积物颗粒较细,以黏土、亚黏土为主,见湖沼相沉积(图3)。

通州向东至宋庄一带是永定河冲洪积扇与潮白河冲洪积扇的结合部位。两个扇的沉积物相互叠压比较复杂。永定河冲洪积扇的形成时间较早,经新5孔钻探,永定河冲洪积扇的底界埋深422 m,经古地磁测试其形成时代为上新世中期,距今

3.33~3.58 Ma^[7]。冲洪积扇之下为上新世湖相沉积。在大兴隆起部位冲洪积扇覆盖在寒武、奥陶系之上。永定河 II 号冲洪积扇形成时间较晚,其轴线为南东方向,与古泇水、古浑河、古永定河走向一致。II 号扇的规模较大,扇缘分布在与河北省交界附近。扇顶在石景山附近,砂砾石层沿古河道向东南方向凸出。电测深资料可清晰显示其分布范围和埋藏粒度沿轴部由扇顶向南由砂砾石渐变为中细砂、粉砂。潮白河冲洪积扇相对稳定,形成时代较永定河冲洪积扇晚,潮白河冲洪积扇南部在通州与永定河冲洪积扇相互叠置交错。两个冲洪积扇的地球化学特征也表现出有明显差异,前者 K₂O 的含量明显高于后者,说明了物质来源的差异。北京平原的沉积凹陷严格受断裂控制。凹陷中心第四系厚度大,后沙峪凹陷中心第四系厚约 1000 m。上述冲洪积扇与沉积凹陷的组合构成了北京平原第四系的总体轮廓^[8]。

2 北京平原区第四系划分

北京平原地处山前冲洪积扇发育区,冲洪积扇相互叠压,河流、湖泊、沉积凹陷并存,沉积物横向相变迅速,纵向很不稳定,结构十分复杂。在本地区建立岩石地层单位并不容易。

2.1 马兰组、周口店组、泥河湾组(军营组、翟里组、夏垫组)

1964年北京市水文地质工程地质大队在八里店施工钻孔,对深500.54 m地层进行了一些孢粉分

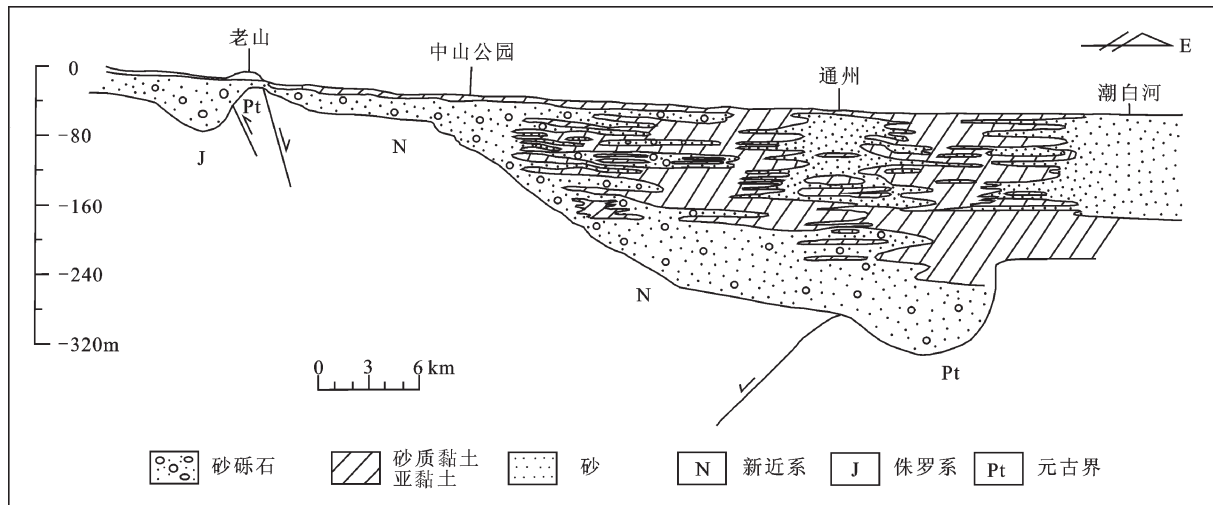


图3 永定河冲洪积扇地质剖面图
Fig.3 Geological section of Yongding River alluvial fan

析,据此进行了地层划分,华北地区区域地层表北京分册把它列为标准剖面,将更新统划分为马兰组(Q_3)、周口店组(Q_2)、泥河湾组(Q_1)^[2]。1979年李鼎容等在前人工作基础上在顺义凹陷将更新统划分为军营组(Q_3)、翟里组(Q_2)、夏垫组(Q_1),与上述马兰组、周口店组、泥河湾组意义相同^[9]。上述3个组的划分主要依据是孢粉、化石和古地磁资料,是年代地层单位,不是岩石地层单位,不符合岩石地层单位的概念(野外无法直观鉴别,没有明显的区分标志),因此没有被广泛应用。

2.2 刘斌屯组、尹各庄组、肖家河组

20世纪60-70年代北京的地质工作者开展了泥炭调查和研究^[4]。1977年华北地层表北京市分册建立了刘斌屯组、尹各庄组、肖家河组^[2]。陈方吉等编绘了北京地区全新世地层厚度等值线图^[10]。张子斌等编绘了北京平原区全新统基底形态图^[11]。

经过30多年的工作,在平原区积累了大量的地质资料,特别是在平原区开展了大量古地磁研究工作,经初步统计共收集古地磁测试数据钻孔40余个。随着古地磁测试数据的积累,在本地区建立年代地层单位具有了一定基础。建立年代地层单位可以方便应用和容易对比。

3 北京平原区第四纪地质研究新进展

根据最新发布的中国地层表^[18],中国第四系下限为松山与高斯极性世分界线,距今约2.588 Ma。

经过几十年的工作,北京平原地区开展了大量的勘探工作,取得了大量的古地磁测试数据,在前人资料基础上北京市地质调查研究院编绘了北京市平原区下更新统底界埋深图、中更新统底界面埋深图、上更新统底界埋深图、全新统底界面埋深图。2008年北京市多参数立体地质调查项目实施的钻孔新5孔,系统的开展了综合研究工作,通过孢粉测试对第四纪的气候地层进行了划分,其(图4)结果与前人研究成果存在一定的差异,有待进一步商榷^[8]。

3.1 下更新统

早更新世,北京平原地区的地貌和构造格架雏形已基本形成。由于冲洪积扇、河流、沉积凹陷(湖泊)同时存在,沉积物类型多样。早更新世冲洪积扇初具规模,在冲洪积扇分布区沉积物以冲洪积物为主,岩性特征有明显的规律性。在扇间洼地和扇缘分布有湖相和沼泽相沉积。由于河流的摆动,冲洪积扇内岩性横向变化迅速,对比困难。在垂向上,砂砾石、砂、粉砂、亚黏土、黏土交互出现。

早更新世早期,马池口凹陷、后沙峪凹陷和平谷凹陷已经形成,直到更新世末期不断沉降接受沉积,形成几个第四纪沉积中心。沉积凹陷的岩性特征明显,靠近山前的马池口凹陷、平谷凹陷沉积物颗粒较粗,沉积物较厚。后沙峪凹陷沉积物颗粒较细。

马池口凹陷位于南口—孙河断裂西北端南侧,因断裂上盘下降形成。据震平2孔揭露的第四系厚597.6 m。由于地处山麓,沉积物颗粒较粗,主要沉

火成岩。根据其他钻孔资料,泥砾岩应为上新世产物。后沙峪凹陷基底为中生代凝灰岩、凝灰质角砾岩。

平谷凹陷位于平谷盆地,凹陷中心基岩埋深600余米,主要为中新元古界长城系、蓟县系白云岩。基岩之上为巨厚第四系单一结构的砂卵砾石层。主要由洹河冲洪积物组成。砂砾石层砾径由东向西减小,东部以漂砾为主,西南出山部位以砂为主,砾石较少。砾石成分主要为砂岩、片麻岩,少量白云岩、火山岩。砾石磨圆中等。砾石层中夹有厚度不等的透镜状、层状砂层。

根据古地磁样品测试数据,以松山极性世与高斯极性世界线初步建立了北京市平原区第四系底界等时面或下更新统底界等时面(松山极性世/高斯

极性世)(图5)。

下更新统地层中发现有丰富的化石,以腹足类、介形虫、有孔虫为主。

介形虫:东台球星介 *Cyclocypris cf dongtai Hou*、大美星介 *Cyprinots amplus Yuan*、德卡里金星介 *Cypris decaryi Gauthier*、真星介 *Eucypris sp.*^[4],大量发育;*Ilycypris Cornae*, *I.kaifengensis, I.sp.*, *Candoniella albicans*, *Candoniella suzini*, *Cyprinotus (Heterocypris)solinus(Brady)*, *Cypris subglobosa sowerby*, *Cyclocypris Pisiformis Huanq*等^[15]。腹足类:小粉华蜗牛 *Cathaica pulveraricula Miller*、肋瓦娄蜗牛 *Vallonia costata Martens*、蛹形螺 *Pupilla sp.*、琥珀螺 *Succinea sp.*^[4], *Panorbarius sp.*, *Gyraulus sp.*, *Radix sp.*, *Pardfossarlus striatus*, *Spiroconcentric*

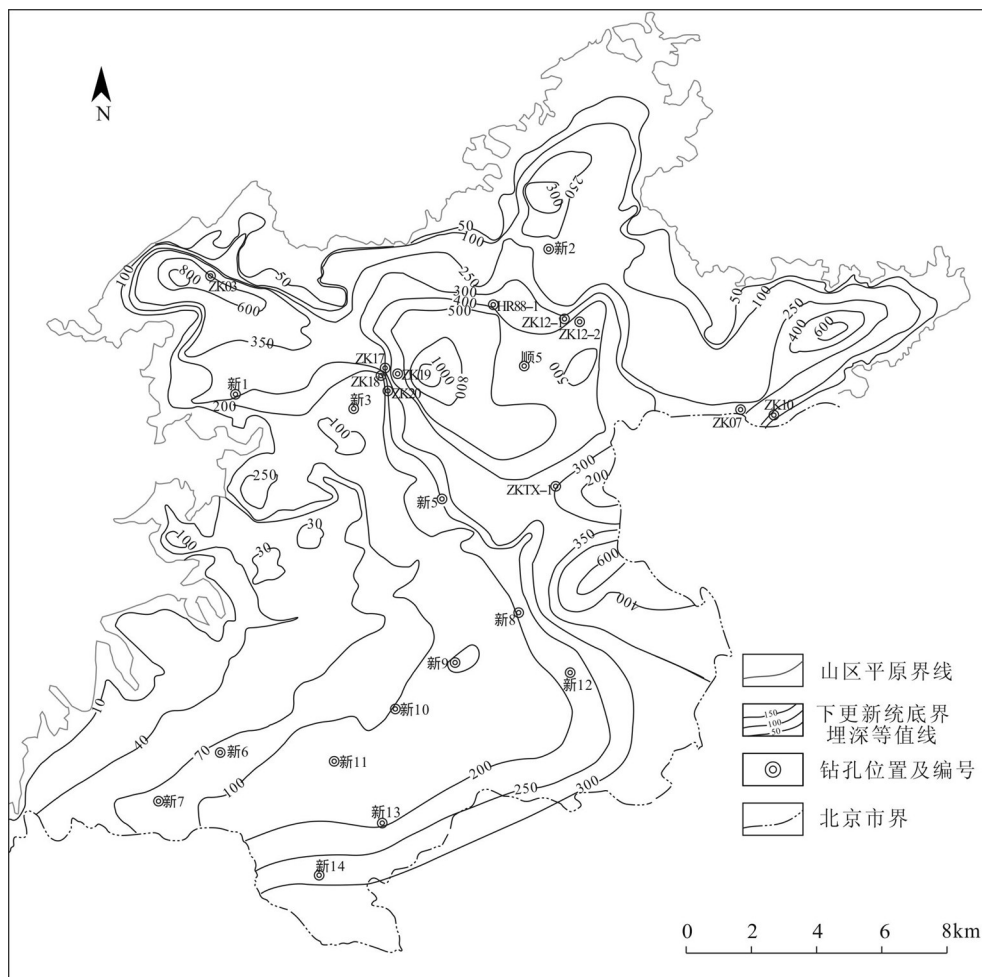


图5 北京市平原区下更新统底界埋深等值线图

Fig.5 Bottom boundary depth contour map of lower Pleistocene in Beijing Plain

type, *Bithynia* sp., *Cinoinnatia* sp., *Segmentorhis* sp., *Pupillacea*, *Vallonia* sp., *Stenothyria* sp.等^[15]。

在顺义、通州、朝阳区等地钻孔中发现广海窄盐性有孔虫化石群:泡抱球虫 *Globgerina bulloides*, 厚鱼抱球虫 *G.pachydeema*, 波罗的透明虫 *Hyalinea baltica*, 冷水面颊虫 *Buccella frigida*, 北极小希望虫 *Elphidiella arctica*等^[15]。

孢粉组合以 *Artemisia* 和 *Chenopodiaceae* 占优势, 木本植物以针叶树种花粉为主(其中 *Pinus* 占 88%), 阔叶树种花粉极少^[15]。

北京平原区下更新统的厚度不均匀。冲洪积扇分布区厚度较薄, 几米到几十米。沉积凹陷区厚度较大, 后沙峪凹陷经天竺钻孔揭露, 下更新统厚度达 338 m。

3.2 中更新统

中更新世, 北京平原继承了早更新世的沉积特征, 永定河冲洪积扇、潮白河冲洪积扇、马池口凹陷、后沙峪凹陷、平谷凹陷并存的面貌没有明显改变。根据古地磁测试数据, 将松山极性世与布容极性世的界线作为中更新统的底界(图6)。中更新统厚度在冲洪积扇分布区较薄, 一般几米到数十米, 城区及西部较薄。后沙峪凹陷中更新统厚度约 143 m。冲洪积扇分布区沉积物特征为黄棕色、棕色冲洪积物, 主要为砂砾石、砂、粉砂质亚黏土、黏土等互层。见砂砾石—砂—黏土的韵律层, 岩层具水平层理。沉积物颗粒粒径从扇顶到扇缘由粗到细的规律明显。

在凹陷区沉积了河湖相的黏性土和砂层, 在后沙峪(天竺)凹陷沉积物为灰褐色砂质黏土, 灰白色粉

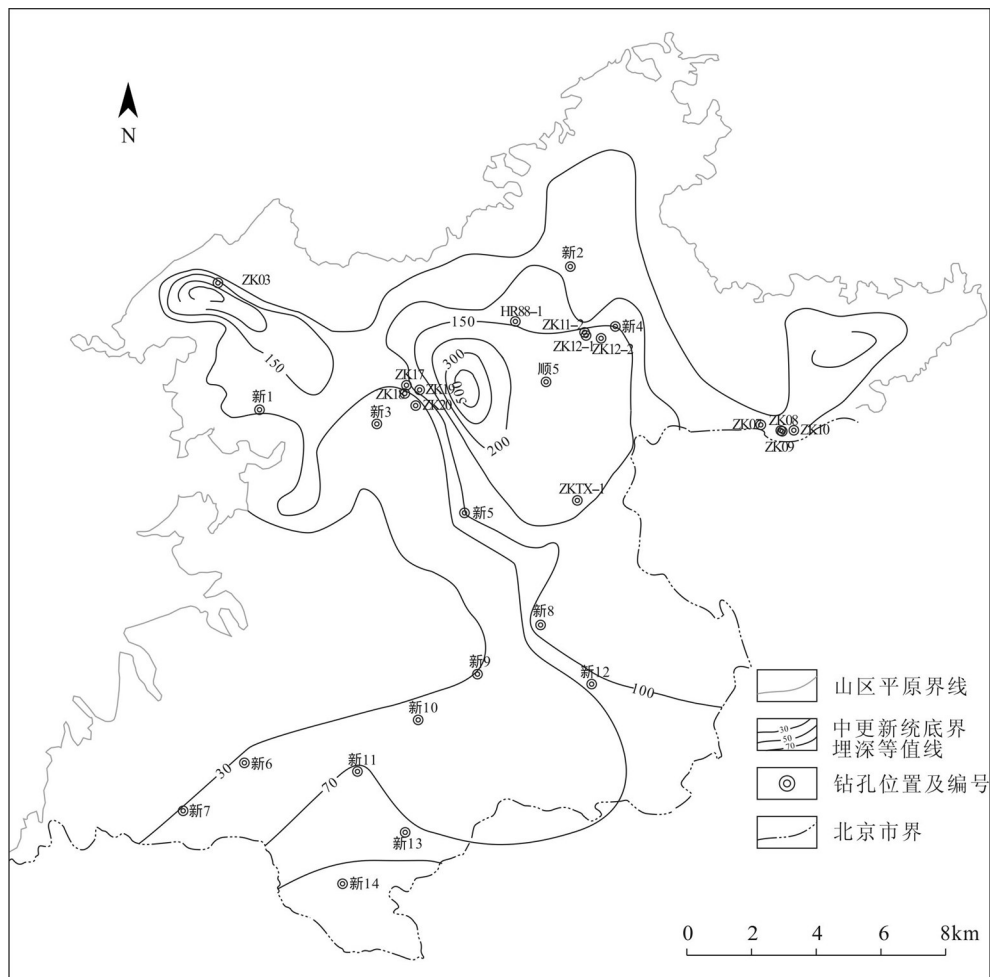


图6 北京市平原区中更新统底界埋深等值线图

Fig.6 Bottom boundary depth contour map of middle Pleistocene in Beijing Plain

砂、细砂、粗砂,灰黑色砂质黏土,灰色、灰黑色中、细砂,砂砾石层,浅褐色、深灰和灰褐色砂质黏土^[1]。中更新统生物化石以淡水介形类为主,主要有:

Ilyocypris kaifengensis Lee, *I. cornae*, *I. gibba*, *Candoniella albicans*, *Cycloocypris* sp., *Eucypris* sp.^[1], 下部含 *Candoniella albicans* Brady, *Candoniella suzini sohneider*, *Ilyocypris cornea* Mandelstam^[4]。其他有轮藻及腹足类化石等。孢粉仍以蒿属 *Artemisia* 和藜科 *Chenopodiaceae* 占优势,针叶树种花粉占76%。温暖带常见的阔叶树种花粉明显增加,如柳属 *Salix*、栎 *Quercus*、榆 *Ulmus*、椴 *Tilia* 等属花粉可达24%^[19]。

3.3 上更新统

晚更新世,北京平原的沉积环境与中更新世大

致相同。虽然冲洪积扇、沉积凹陷、湖沼、河流等沉积环境同时存在,沉积凹陷的范围明显缩小。沉积中心收缩到顺义至通州一带(图6)。在昌平沙河,顺义牛栏山,通州东部为湖沼沉积,以灰、灰绿色黏性土、砂为主夹砂砾石层,砂层多为细砂及中砂,含钙质结核。平原区上更新统厚度一般5~30 m,在顺义至通州一带的沉积凹陷中心,沉积物厚30~70 m。冲洪积扇分布区砂砾石、砂与褐黄色、黄灰色黏性土互层,由西向东砾石直径由大变小,沉积物颗粒由粗变细。据李鼎容等^[9]资料,在顺义等地钻孔中发现有海相沉积地层。

在上更新统河湖相地层中,陆续发现了众多动物化石地点。发现有古菱齿象 *Palaeoloxodon*^[15]、披毛犀 *Coelodonta*。孢粉组合以 *Artemisia* 和

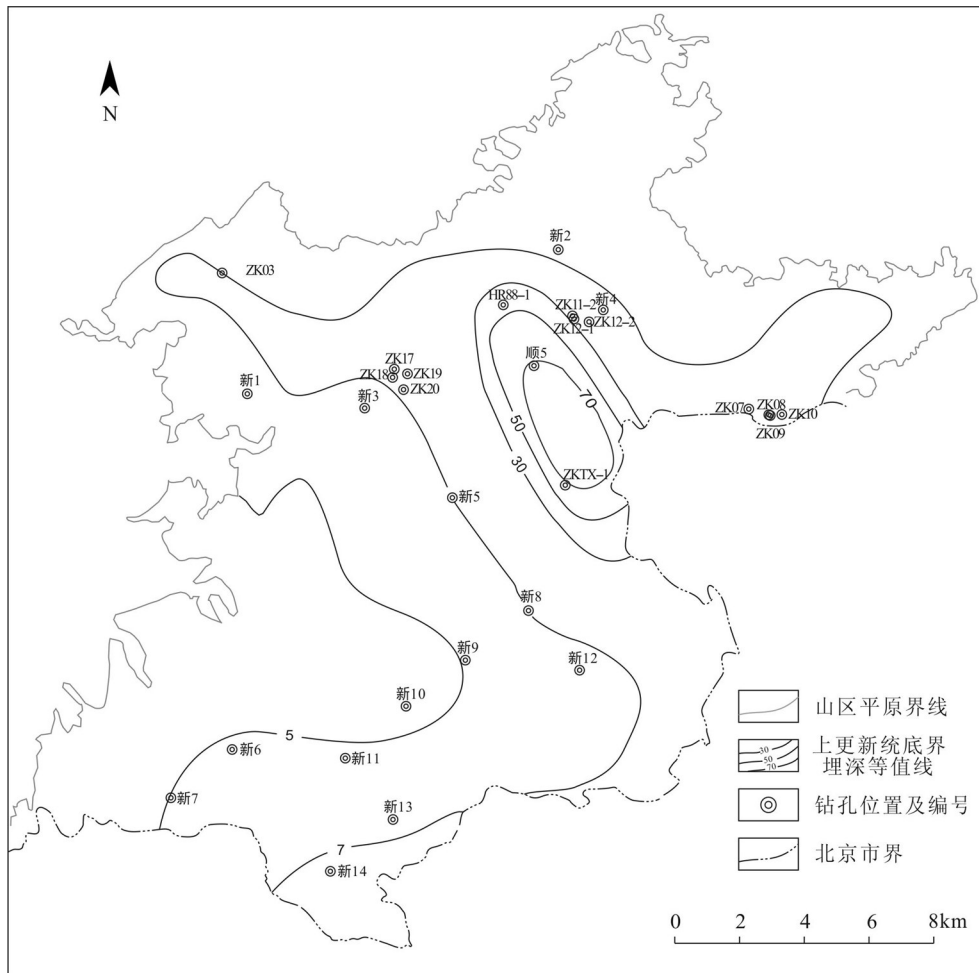


图7 北京市平原区上更新统底界埋深等值线图

Fig.7 Bottom boundary depth contour map of upper Pleistocene in Beijing Plain

Chenopodiaceae 占优势,木本植物中以针叶树种花粉 *Pinus*, *Abies*, *Picea* 为主,阔叶树种花粉种类和数量均少。

3.4 全新统

全新世,平原区地貌与当今基本一致。永定河河道由北向南迁移,在永定河冲洪积扇上形成辫状河。由于永定河的向南迁移,在老冲洪积扇南部形成新的冲洪积扇并叠压在其上。在昌平区辛力屯、高里掌,房山区坟庄、长沟,大兴南部,通州尹各庄、徐辛庄,平谷马昌营等地为大范围的湖沼,并有泥炭沉积。据调查^[4],在昌平区冷泉、辛庄、高里掌和辛力屯一带的广大地区,发现地下1~2 m处见有棕褐色、黑褐色含螺贝壳的泥炭层,厚可达数米。其中高里掌村附近泥炭层埋深2~3 m,似层状,多层,

延伸连续,泥炭层厚0.3~4.5 m,厚度稳定。经测定,泥炭层底部¹⁴C年龄为(9930±150)a,顶部泥炭层¹⁴C年龄约3 ka。经工程地质勘查,考古研究和泥炭调查等诸多工作,积累了丰富的资料^[20-26]。北京平原全新统厚度在5~40 m。城区全新统厚度在10 m左右,昌平辛力屯、平谷马昌营全新统厚度30 m左右,通州徐辛庄、大兴魏善庄全新统厚度为40 m左右(图8)。

4 结 论

北京平原地处山前冲洪积扇分布区,区内湖泊密布,河流纵横,沉积环境多样。随着资料的积累和对第四系三维结构的认识提高,特别是古地磁测年技术的普及,为北京平原第四纪地层的划分奠定

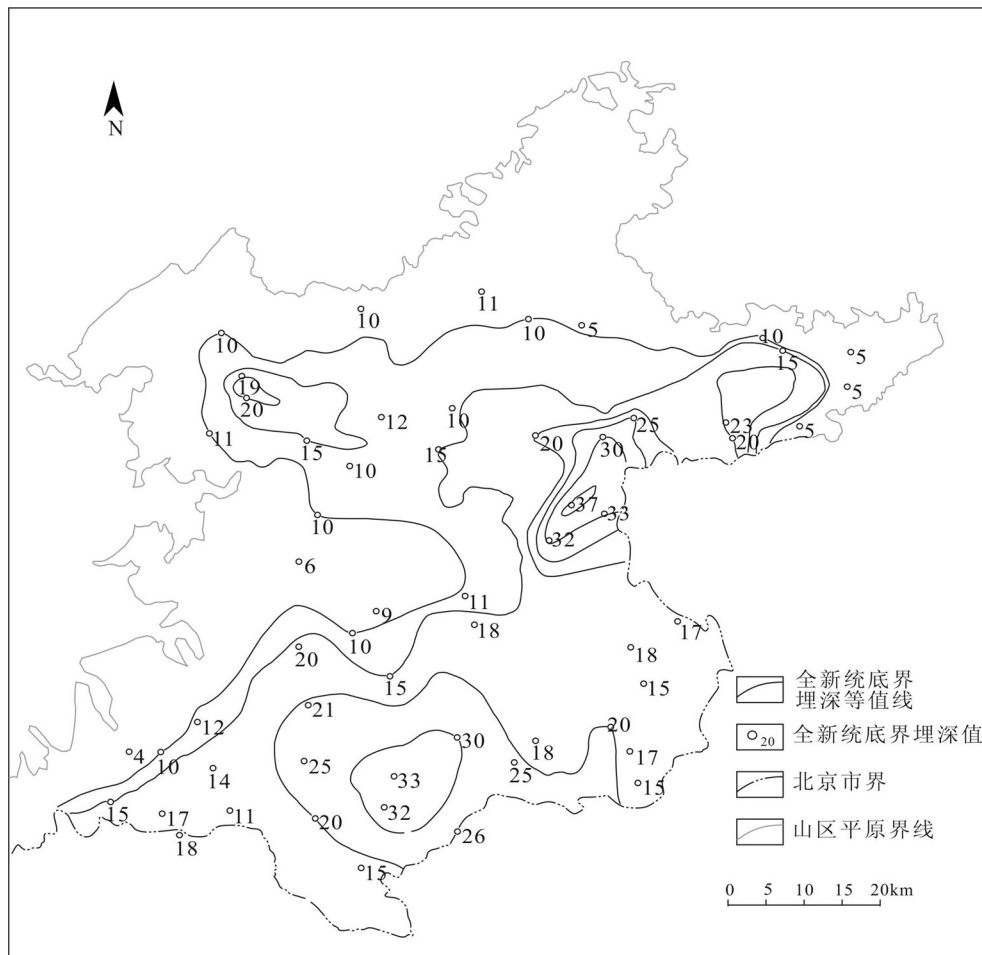


图8 北京市平原区全新统底界埋深等深线图

Fig.8 Bottom boundary depth contour map of Holocene in Beijing Plain

了基础。笔者收集整理北京平原区40余个钻孔的古地磁测试数据,初步建立了北京平原下更新统底界、中更新统底界、上更新统底界3个等时面,并依据工程地质勘察、水文地质钻孔、考古发掘和泥炭调查等资料编绘了平原区全新统等厚度图。

尽管北京的第四纪地质研究近些年取得了一些进展。这些进展是北京城市地质工作不断发展的一个侧面。城市地质工作一个最显著的特点就是其综合性。每项工作的进步都是建立在其他工作的基础之上,都会为其他工作起到促进作用。北京平原第四纪地质研究的进展,对揭示第四纪时期的古环境、古地貌提供了丰富的资料。为水文地质、环境地质和工程地质研究提供宏观的视野。对城市规划和研究城市发展也有一定作用。目前,北京平原第四系的划分还存在一些问题,特别是岩石地层单位的建立还没有好的方案,还需要进一步的研究。相信随着资料的不断积累和研究的不断深入,一定会取得新的进步。

参考文献(References):

- [1] 步达生, 德日进, 杨钟健, 等. 中国猿人史要[J]. 地质专报, 1933, 甲种11号.
Bu Dasheng, De Rijin, Yang Zhongjian, et al. Fossil man in China [J]. Geological Memoirs, 1933, series A, number 11 (in Chinese).
- [2] 华北地区区域地层表(北京市分册)[M]. 北京: 地质出版社, 1977.
North China Regional Stratigraphic Table in Beijing City [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1977(in Chinese).
- [3] 安芷生, 魏兰英, 卢演涛, 等. 顺5孔的磁性地层学和早松山世的北京海侵[J]. 地球化学, 1979, 4: 343-345.
An Zhisheng, Wei Lanying, Lu Yanchou, et al. Magnetostratigraphy of the core S-5 and the transgression in the Beijing area during the early Matuyama Epoch [J]. Geochimica, 1979, (4): 343-346 (in Chinese with English abstract).
- [4] 丁嘉贤, 张子斌, 王丁, 等. 北京地区泥炭普查、勘探总结报告[R]. 1979.
Ding Jiaxian, Zhang Zibin, Wang Ding, et al. Summary Report of Beijing Peat General Investigation and Exploration [R]. Beijing: Team 102 of Beijing Bureau of Geology, 1979(in Chinese).
- [5] 李龙吟, 陈华慧. 北京怀柔HR88-1钻孔剖面磁性地层学研究[J]. 地层学杂志, 1994, 18(1): 39-44.
Li Longyin, Chen Huahui. On magnetostratigraphy of the borehole HR88-1 in Huairou area, Beijing [J]. Journal of Stratigraphy, 1994, 18(1): 39-44 (in Chinese with English abstract).
- [6] 北京市地质矿产勘查开发局. 北京市平原区多参数立体地质调查报告[R]. 2008: 1-610.
Beijing Geology and Mineral Resources Exploration and Development Bureau. 3D Geological Survey Based on Multi-parameter of Geological Body in Beijing Plain [R]. 2008: 1-610 (in Chinese)
- [7] 蔡向民, 郭高轩, 栾英波, 等. 永定河形成时代研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30(1): 174-179.
Cai Xiangmin, Guo Gaoxuan, Luan Yingbo, et al. Forming times for the Yongding River [J]. Quaternary Sciences, 2010, 30(1): 174-179(in Chinese with English abstract).
- [8] 蔡向民, 栾英波, 郭高轩, 等. 北京平原第四系的三维结构[J]. 中国地质, 2009, 36(5): 1021-1029.
Cai Xiangmin, Luan Yingbo, Guo Gaoxuan, et al. 3D Quaternary geological structure of Beijing Plain [J]. Geology in China, 2009, 36(5): 1021-1029 (in Chinese with English abstract).
- [9] 李鼎容, 彭一民, 刘清泗, 等. 北京平原区上新统一更新统的划分[J]. 地质科学, 1979, (4): 342-351.
Li Dingrong, Peng Yimin, Liu Qingsi, et al. Subdivision of Pliocene-Pleistocene series in Beijing Plain[J]. Chinese Journal of Geology, 1979, (4): 342-351(in Chinese with English abstract).
- [10] 陈方吉. 北京地区全新世地层及自然环境的变化[J]. 中国科学, 1979, (9): 900-907.
Chen Fangji. The changes of Holocene stratum and natural environment in Beijing area [J]. Science in China, 1979, (9): 900-907(in Chinese).
- [11] 张子斌, 王丁, 丁嘉贤. 北京地区一万三千年来自然环境的演变[J]. 地质科学, 1981, (3): 259-268.
Zhang Zibin, Wang Ding, Ding Jiaxian. Environmental changes since 13000 years ago in Beijing region[J]. Chinese Journal of Geology, 1981, (3): 259-268(in Chinese with English abstract).
- [12] 德日进. 东亚地质及人类原始[M]. 北京: 北京地质学生物学研究所出版品7号, 1941.
De Rijin. East Asian Geology and Human Primitive [M]. Beijing: The Geology of Beijing Biology Institute Publications No. 7, 1941 (in Chinese).
- [13] 裴文中. 中国第四纪哺乳动物群的地理分布[J]. 古脊椎动物与古人类, 1957, 1(1).
Pei Wenzhong. The geographical distribution of the Quaternary mammalian fauna in China [J]. Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, 1957, 1(1) (in Chinese).
- [14] 北京地震地质办公室. 北京地震地质会战第四专题成果, 北京平原区全新世构造活动调查研究[R]. 1982.
Office of Beijing Seismic Geology. Beijing Seismology and Geology Fourth Projects, the Investigation of Holocene Tectonic Activity in Beijing Plain[R]. 1982(in Chinese).
- [15] 北京市地质矿产勘查开发局. 北京市区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Beijing Municipality. Regional Geology of Beijing Municipality [M].

- Beijing: Geological Publishing House, 1991 (in Chinese).
- [16] 北京市地质矿产勘查开发局. 怀柔县 1:5 万区域地质调查报告[R]. 1991.
Beijing Geology and Mineral Resources Exploration and Development Bureau. 1:5 million Regional Geological Survey in Huairou County [R]. 1991 (in Chinese).
- [17] 北京市地质矿产勘查开发局. 北京市幅、通县幅 1:5 万区域地质调查报告[R]. 1991.
Beijing Geology and Mineral Resources Exploration and Development Bureau. 1:5 million Regional Geological Survey in Beijing and Tongxian [R]. 1991 (in Chinese).
- [18] 王泽九, 黄枝高, 姚建新, 等. 中国地层表及说明书的特点与主要进展[J]. 地球学报, 2014, 35(3): 271-276.
Wang Zejiu, Huang Zhigao, Yao Jianxin, et al. Characteristics and main progress of the stratigraphic chart of China and directions[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2014, 35(3): 271-276(in Chinese with English abstract).
- [19] 姚铁锋, 叶超, 寇香玉, 等. 北京天竺晚新世以来植被演替与气候变迁[J]. 古地理学报, 2007, 9(1): 45-57.
Yao Yifeng, Ye Chao, Kou Xiangyu, et al. Vegetation succession and climate changing since the Late Pliocene in Tianzhu Region in Beijing[J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(1): 45-57(in Chinese with English abstract).
- [20] 赵希涛, 孙秀萍, 张英礼, 等. 北京平原 30000 年来的古地理演变[J]. 中国科学(B辑), 1984, (6): 544-554.
Zhao Xitao, Sun Xiuping, Zhang Yingli, et al. The palaeogeographic evolution of Beijing Plain in the past 30000 years[J]. Science in China(Ser.B), 1984, (6): 544-554 (in Chinese).
- [21] 张佳华, 孔昭宸, 杜乃秋. 北京房山 16000-7000 年以来的植被与环境变迁[J]. 微体古生物学报, 1999, 16(4): 421-430.
Zhang Jiahua, Kong Zhaochen, Du Naiqiu. Vegetation and environmental changes in the Fangshan area of Beijing from 16000-7000 years B. P. [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1999, 16(4): 421-430 (in Chinese with English abstract).
- [22] 张清波, 萧宗正. 北京延庆盆地早更新世孢粉组合及其气候地层学意义[J]. 北京地质, 1996, (1): 1-9.
Zhang Qingbo, Xiao Zongzheng. Early Pleistocene palynological assemblages and it's significance of climatic stratigraphy from Yanqing Basin, Beijing [J]. Beijing Geology, 1996, (1): 1-9 (in Chinese with English abstract).
- [23] 周昆叔. 对北京市附近两个埋藏泥炭沼的调查及其孢粉分析, 中国第四纪研究[M]. 北京: 科学出版社, 1965, 4(1): 118-134.
Zhou Kunshu. Study on the Two Buried Peat and the Pollen Analysis near Beijing, Quaternaria Sinica[M]. Beijing: Science Press, 1965, 4(1): 118-134 (in Chinese).
- [24] 周昆叔. 华北区第四纪植被演替与气候变化[J]. 地质科学, 1984, (2): 166-171.
Zhou Kunshu. Quaternary succession of vegetation and climatic evolution in North China [J]. Chinese Journal of Geology, 1984, (2): 166-171 (in Chinese with English abstract).
- [25] 周昆叔, 严富华, 梁秀龙, 等. 北京平原第四纪晚期花粉分析及其意义[J]. 地质科学, 1978, (1): 57-64.
Zhou Kunshu, Yan Fuhua, Liang Xiulong, et al. Pollen analysis of late Quaternary in Beijing Plain and its significance [J]. Chinese Journal of Geology, 1978, (1): 57-64 (in Chinese with English abstract).
- [26] 郑公望, 夏正楷, 任秀生. 北京王府井东方广场古人类遗迹热释光断代[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(1): 128-130.
Zheng Gongwang, Xia Zhengkai, Ren Xiusheng. TL dating: Traces of ancient culture in Dongfang Square[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2000, 36(1): 128-130 (in Chinese with English abstract).