

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.05.15

引用格式: 王永成,章秉辰,李庆康,等.郑州市第四纪沉积地层的三维空间分布规律[J].中国地质调查,2023,10(5): 128-134. (Wang Y C,Zhang B C,Li Q K,et al.3D spatial distribution of Quaternary sedimentary strata in Zhengzhou[J]. Geological Survey of China,2023,10(5): 128-134.)

郑州市第四纪沉积地层的三维空间分布规律

王永成¹,章秉辰^{2,4},李庆康^{2,4},任利平^{2,4},许连峰¹,宋磊³,范小磊²

(1.河南省地质科学研究所,河南 郑州 450001; 2.河南省地质研究院,河南 郑州 450001;

3.中国地质科学院水文地质环境地质研究所,河北 石家庄 050000;

4.河南省地质研究院地学科普基地,河南 郑州 450001)

摘要:郑州市第四纪沉积地层的空间分布特征与规律研究,与探明人类早期文明在黄河沿岸,特别是在郑州周边地区的诞生和发展关系密切,对现代城市规划布局、地下空间开发利用以及黄河生态保护与高质量发展也具有重要的支撑作用。为此,郑州市开展了地质旅游与地质文化资源调查工作,在主城区及周边不同地貌单元的第四纪沉积覆盖区实施了38个沉积钻孔,其中有9个为钻穿第四系的深部钻孔。根据深部钻孔分析,结合已有的HK-GA孔勘探成果,在准确划分各钻孔第四纪沉积地层结构的基础上,分别建立了各种地貌单元的标椎地层柱;通过分析对比这些不同地貌单元沉积地层的变化特征,取得了在东部平原区早更新世与中更新世普遍存在风成沉积,晚更新世转为河流与湖沼相沉积的认识和实证;沉积物物源特性分析结果,从侧面证实了黄河沉积物在区内的沉积时间可能始于晚更新世时期。

关键词:第四纪;沉积地层;钻孔;空间分布;冲积平原;郑州市

中图分类号: P534.63

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2023)05-0128-07

0 引言

第四纪是自然界与人类相互作用的时代,它的过去、现在和未来变化都与人类的生存与发展息息相关^[1]。第四纪沉积物作为距离人类历史最近的地表沉积物,它记录的气候变迁对人类的影响最大,与人类文明的诞生和发展关系也最为密切,因此一直备受人们的关注^[2-4]。郑州市除西南部嵩山与箕山基岩山地外,其他地区特别是郑州主城区及周边全部被第四纪沉积地层覆盖。面对黄河国家战略重大需求,以服务郑州黄河流域生态保护和高质量发展核心示范区建设为导向,探索和研究郑州市第四纪沉积地层三维空间分布,这对研究人类文明在黄河沿岸,特别是在郑州周边地区的诞生和发展关系密切,以及对现代城

市地下空间开发利用、黄河生态保护与高质量发展具有重要的支撑作用。

为了查明郑州市地质文化资源情况,助力讲好黄河故事,依托“郑州市旅游地质与地质文化资源调查”项目,采用第四纪地质调查、第四纪地质钻探等技术,通过39个第四纪研究钻孔,特别是其中的10个钻穿第四系的深部钻孔,查明了郑州市第四纪沉积地层三维空间分布特征,为黄河国家战略背景下郑州市的高质量发展和讲好黄河与郑州历史故事提供了基础资料。

1 地形地貌特征

郑州市位于黄河中下游过渡地带(图1),地貌上位于中国第二级地貌台阶与第三级地貌台阶的过渡区^[5],地势西南高、东北低,呈阶梯式下降,由

收稿日期: 2023-04-22; 修订日期: 2023-08-21。

基金项目: 省部合作“郑州市旅游地质与地质文化资源调查(编号: DKSHT-2020-0115)”项目资助。

第一作者简介: 王永成(1966—),男,高级工程师,主要从事地学旅游、地质文化与古环境研究及科展设计工作。Email: 365895686@qq.com。

通信作者简介: 章秉辰(1964—),男,教授级高级工程师。主要从事地学旅游、地质文化与古环境研究工作。Email: ddyzbc@163.com。

西部、西南部的构造侵蚀中低山,逐渐下降过渡为构造剥蚀丘陵、黄土丘陵、倾斜(岗)平原和冲积平原,形成较为完整的地貌序列^[6]。其中,西部、西南部中低山分别由嵩山、箕山组成,二者呈 EW 向近于平行地展布在西部中间地带和西南部边缘,其北部和东部山前为丘陵台地,北部为黄河和由黄土堆积而成的邙山黄土台地,西部邙山与嵩山之间为丘间平原,广大的东部地区为冲积平原^[7]。

为查明郑州市第四纪沉积地层的三维空间分

布,在对郑州市典型地貌单元进行沉积地层岩性特征与沉积结构对比的基础上,利用钻探技术,布设施工了 39 个第四纪研究钻孔(HKGA 孔为其他项目资金施工完成的第四纪钻孔),其中有 10 个为钻穿第四系的深钻孔(图 1)。钻孔主要分布于郑州市北部和东部地区,以郑州北部黄河流域生态保护与高质量发展核心示范区为重点研究区。钻孔分布从海拔 167.57 m 至 83.68 m,高差超过 80 m。

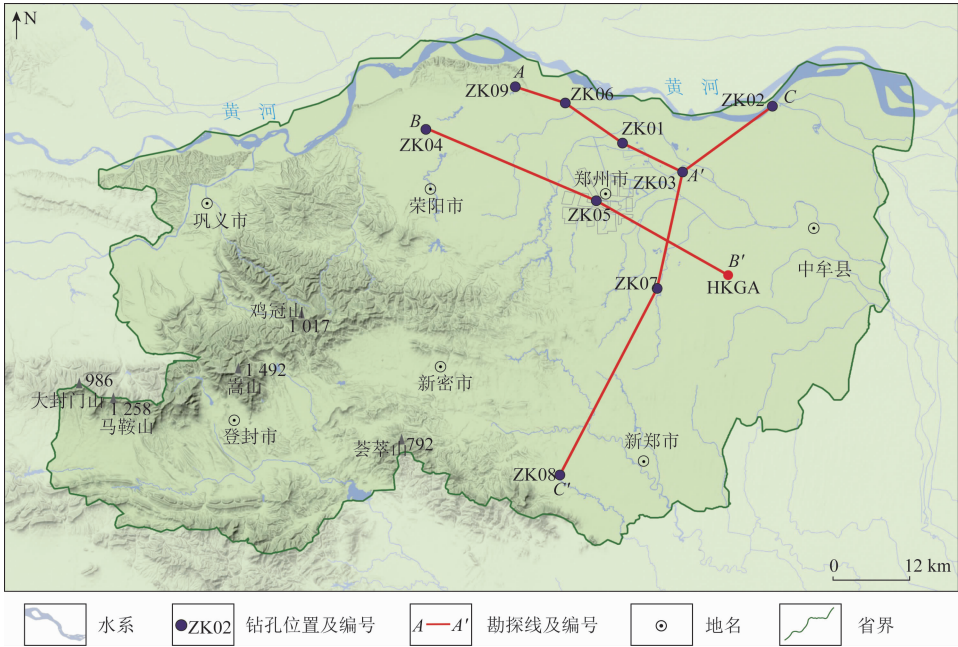


图 1 郑州市第四纪钻孔与综合研究剖面位置

Fig.1 Location of Quaternary drilling holes and comprehensive research sections in Zhengzhou

ZK01 孔、ZK02 孔和 ZK03 孔和 HKGA 孔为郑州东部冲积平原区沉积探测钻孔;ZK04 孔位于郑州西部丘陵间冲洪积平原区;ZK05 位于郑州商城古文化遗址内;ZK09 孔和 ZK06 孔分别位于老鸦陈断层两侧,老鸦陈断层是郑州市区内分割我国黄土高原与华北平原(即我国第二与第三级地貌单元)的断层^[8],ZK09 孔位于断层西侧邙山黄土塬的东部边缘,ZK06 孔位于东部冲积平原区,形成代表黄土高原的第四纪风成沉积区与代表黄淮平原的冲积平原区之间的对比孔;ZK07 孔位于郑州中部的丘陵、平原过渡地带;ZK08 孔位于郑州南部黄土丘陵台地边缘。

10 个钻孔构成 3 条综合研究剖面(图 1),3 条剖面包含的钻孔覆盖了郑州市大多数第四纪沉积

物覆盖较厚的地貌类型,可以代表区内第四纪沉积地层的发育情况。

2 第四纪沉积地层三维空间分布特征

2.1 黄河南岸邙山黄土塬—东部冲积平原 AA'剖面

自邙山脚下沿黄河南岸穿越至东部冲积平原区,自西向东施工了 4 个铅孔依次为 ZK09、ZK06、ZK01 和 ZK03,4 个钻孔的第四系沉积厚度分别为 128 m、165 m、220.8 m 和 208.5 m,沉积厚度基本呈逐渐增加的趋势,ZK01 孔第四系埋深较 ZK03 孔更深,可能与新近纪末期古地形的起伏有关(图 2)。从整个钻孔沉积地层结构看,4 个钻孔存在明显的空间分异规律。

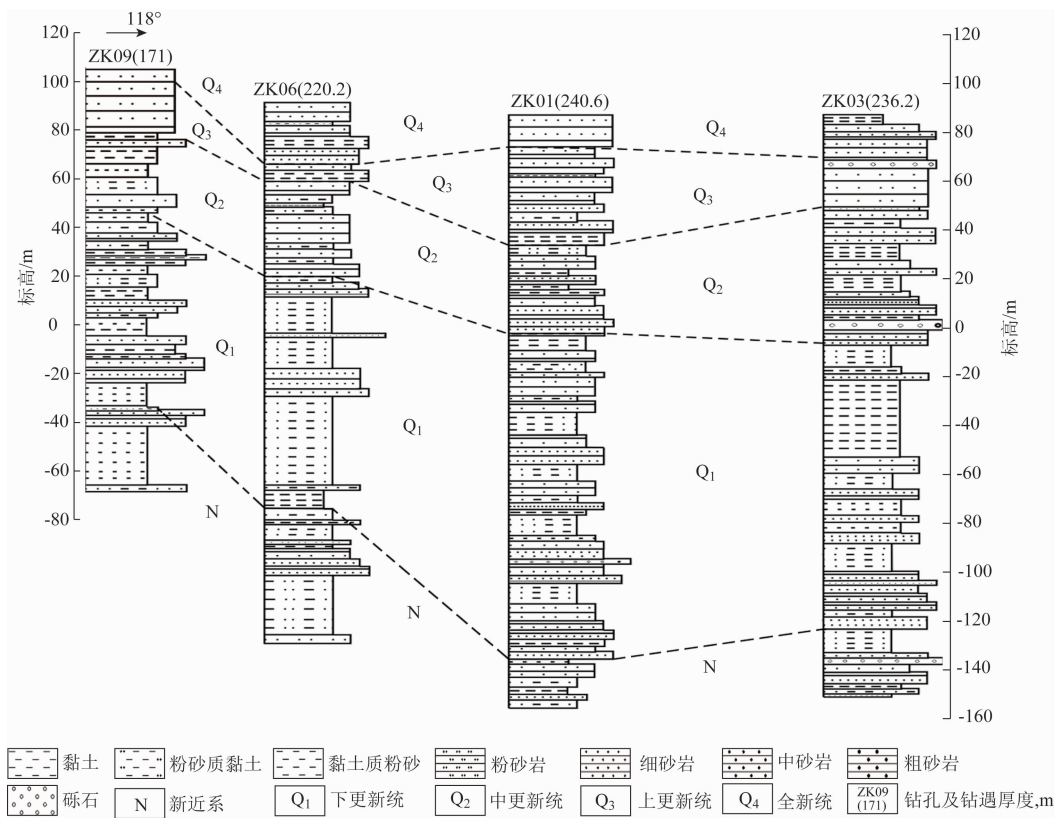


图2 黄河南岸邙山黄土塬—东部冲积平原 AA'剖面

Fig.2 AA' section of Mangshan Loess Plateau to eastern alluvial plain on the south bank of Yellow River

(1)早更新世。该阶段第四系沉积厚度最大。从岩性上看,ZK09 孔表现出浅棕色、棕色粉砂质黏土、黏土质粉砂与灰黄色细砂、中砂交替沉积的特征,夹灰白色钙质结核。ZK06 孔主要以棕红色粉砂质黏土夹灰白色钙质结核、灰绿色浸染以及灰黄色粉砂、细砂为主,遇钻厚度为 74 ~ 79 m 处沉积灰黄色细砂,112 ~ 120 m 处沉积棕红色细砂,与 ZK01 孔、ZK03 孔同期沉积的棕红色细砂特征一致,可能为同期沉积的标志性沉积特征。ZK01 孔沉积颜色整体以褐色、黄褐色、棕色为主,并多见灰绿色、灰白色沉积,同时钙质沉积较多,沉积以粉砂质黏土与细砂、中砂交替沉积为特征,前者比例较高,砂层中可见钙质胶结砂。ZK03 孔以灰褐色、灰绿色、棕色、棕红色黏土质粉砂及粉砂质黏土为主,部分层位多见灰白色钙质沉积,并在钻遇厚度为 140 ~ 145 m 处见棕红色细砂、中砂,与 ZK01 孔钻遇厚度为 148 ~ 150 m 处棕红色中砂沉积一致,其他层位为灰黄色、灰色中砂层中夹钙质胶结砂。综合该阶段剖面线上钻孔所揭示的沉积物特征,ZK09 孔所处区域早更新世早期以河流环

境为主,之后转变为风成沉积与河流相沉积交替出现,与其他 3 个孔相同的是,钙质结核含量较高,说明沉积后的气候环境状况整体一致。而值得注意的是,该钻孔沉积少见灰绿色浸染,说明以氧化环境为主,而其他 3 个孔均见灰绿色浸染,特别是 ZK01 孔和 ZK03 孔杂色沉积较多,沉积环境具有较好的一致性,而位于中间的 ZK06 孔则处于过渡地带,砂质沉积较东部两个钻孔少。

(2)中更新世。ZK09 孔、ZK06 孔和 ZK01 孔中更新统沉积厚度均为 30 余米,ZK09 孔和 ZK06 孔均以灰黄色粉砂与棕色黏土为主,为风成沉积环境,夹 1 ~ 2 层河流相细砂;ZK01 孔中更新统下段(钻遇厚度为 77.3 ~ 88.3 m)为灰黄色、灰黑色中砂,可见多层棕色黏土层,厚度为 0.5 ~ 3 cm,上段(钻遇厚度为 52.6 ~ 77.3 m)岩性为灰黄色、褐色、棕色黏土质粉砂,局部见粉砂夹层,较薄,并见少量不规则钙质结核,岩性较西部 2 个孔(ZK09 和 ZK06)发生明显变化,整体为河流环境;ZK02 孔中更新统厚度达 61.2 m,厚度大约是西部 3 个钻孔的 2 倍,沉积特征表现为灰黄色、灰褐色、棕色黏土质

粉砂与灰黄色、褐色细砂、中砂交替沉积,部分地层见黄色浸染,河流相砂质沉积占比高。通过沉积地层空间对比可以看出,与早更新统相比,中更新世 ZK06 孔与 ZK09 孔的沉积特征更为一致,而东部 ZK01 与 ZK03 孔总体上一致,但从沉积厚度与沉积特征指示的沉积相与沉积环境看,ZK03 孔所处区域受古河流的影响更为强烈。

(3)晚更新世。ZK09 孔上更新统为灰黄色粉砂质黄土沉积,与邙山黄土 L_1 记录一致,而 ZK06 孔则为河流相灰色、灰棕色细砂与湖沼相深灰色粉砂沉积,为完全不同的沉积环境。ZK01 孔为灰色、灰黄色细砂、中砂沉积,沉积结构简单,ZK03 孔为青灰色中砂,虽然两者均为河流沉积环境,均沉积了 20~30 m 厚的河床相细砂、中砂,但岩性特征上存在细节上的差异,所处位置的沉积过程可能并不一致,与此阶段黄河开始影响本区有关。

(4)全新世。ZK09 孔该阶段的沉积物受人类活动的影响较大而缺失,区域上该阶段的沉积厚度为 1~2 m,仍然为黄土沉积,土壤化程度较弱^[9]; ZK06 孔厚度达 25.6 m,主要沉积为灰黄色粉砂,灰褐色、灰棕色及青灰色中砂,为河流环境; ZK01 和 ZK03 孔沉积物岩性单一,以灰色、灰黄色细砂、中砂为主,也为河流沉积环境。

纵观 AA'剖面,第四纪早期邙山脚下以河流环境为主,早更新世晚期以来转为以风成沉积为主,东部冲积平原整个第四纪以河流相沉积环境为主,夹积较少的风成沉积;处于两者过渡位置的 ZK06 孔下更新统—中更新统的沉积环境综合反映了西部风力作用与东部河流作用交替影响下的沉积过程。早更新世风成沉积与河流相沉积交替变化,河流相沉积为主,中更新世则与 ZK06 孔的沉积环境更为相似,之后进入晚更新世,邙山脚下表现为以粉砂质黄土为主的沉积特征,东部平原则完全转变为河流沉积环境,ZK06 孔所处区域表现出异于东部和西部两个区域的沉积特征与环境,为河湖相沉积环境,局部地层为风成沉积。

2.2 西部丘间平原—东部冲积平原 BB'剖面

BB'剖面西部起始于嵩山北麓与北部邙山之间的丘间冲积平原,这里是新生代时期的山间古湖,东部为黄河与嵩山北麓支流共同形成的冲积平原,自西北向东南依次为 ZK04 孔、ZK05 孔、HKGA 孔,其中, HKGA 孔为其他项目资金施工完成的第四纪钻孔。3 个钻孔第四系沉积厚度分别为 97 m、

91.43 m 和 152.1 m。从沉积地层结构看,3 个钻孔揭示的地层同样具有明显的空间分异规律(图 3)。

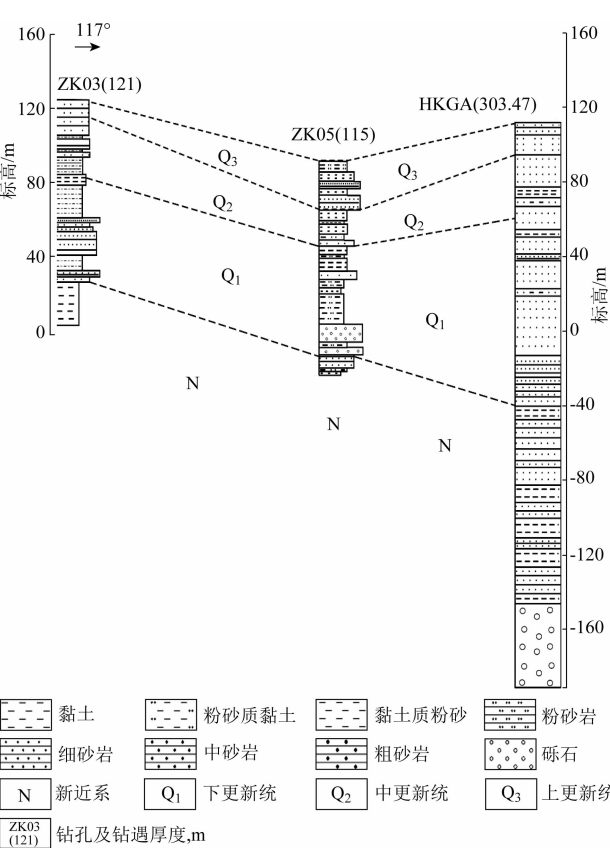


图3 郑州市中部西部丘间平原—东部冲积平原 BB'剖面
Fig.3 BB' section of western hilly plain to eastern alluvial plain in Central Zhengzhou

(1)早更新世。该时期沉积均为第四纪时期沉积最厚的地层,西部早更新世早期沉积厚层的河床相砂层。ZK05 孔则沉积了砂砾石层,说明在郑州偏西部地区,该时期为河流沉积环境,且水动力条件较强,向东至航空港区,海拔增加河流相沉积减少,以风成沉积为主,颜色也由灰色、灰黄色过渡至褐色、棕红色为主,沉积后环境由西部的弱还原环境过渡至氧化环境。早更新世晚期,自西北部的丘间平原为泛平原相沉积了粉砂质黏土,沉积连续且稳定,至郑州中部商城遗址处,则发育了河床相与漫滩相沉积,水动力条件依然较强,至航空港区以浅红色黏土与红色粉砂或黄色细砂互层为主的沉积特征,说明该时期的沉积环境为河流相沉积。值得注意的是,早更新世沉积以富集钙质结核为特征,说明当时的水介质作用强烈,气候偏温暖干旱。

(2)中更新世。自西北向东南方向沉积厚度逐渐增加,郑州西部以及中部沉积棕红色粉砂质黏土

与灰黄色粉砂、细砂交替沉积为特征,揭示了风成沉积与河流相沉积交替变化的沉积环境,而向东至航空港以含螺壳的粉细砂、细砂为主的沉积指示了河流相环境。总体看,该时期西部和中部水动力条件减弱,河流相环境开始发生变化,东部则延续了早更新世的河流相环境。

(3)晚更新世。西部沉积厚度 20 余米的黄土,中部则为黄土沉积与河流相沉积并存,东部港区依然为以灰黄色、浅黄色细砂、粉砂为主的河流相环境。

(4)全新统世。西部和中部延续了 Q₃ 阶段的风成环境,沉积了灰黄色粉砂质黄土,东部依然为

冲洪积环境。

2.3 西南丘陵台地—北东黄河滩地 CC'剖面

CC'剖面西起嵩山东南部低山丘陵台地,向北东方向至黄河南岸,纵贯郑州市东部地区,地貌类型跨越黄土丘陵台地、冲积平原以及冲积平原上的古大湖和黄泛区等,这一区域是受河流作用的影响较大,以冲洪积沉积为主,第四系沉积最厚的区域。依次包括 ZK08 孔、ZK07 孔、ZK03 孔和 ZK02 孔。标高从 167 m 降至 83 m,第四系沉积厚度由东部 ZK02) 的 253.1 m 减少至西部 ZK08 的 45 m(图 4)。4 个钻孔揭示的地层空间变化特征如下。

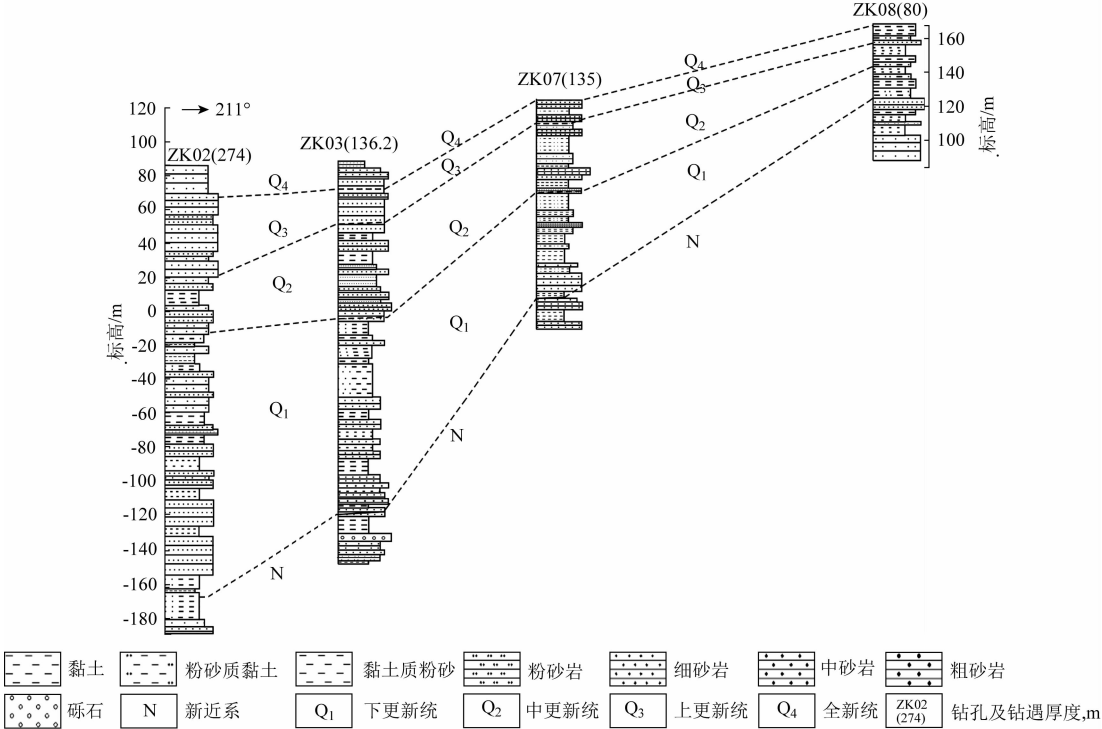


图 4 郑州市西南丘陵台地—北东黄河滩地 CC'剖面

Fig.4 CC' section of southwest hilly platform to northeast Yellow River beach in Zhengzhou

(1)早更新世。邻近黄河的 ZK02 孔沉积厚达 154 m,是所有第四系钻孔中沉积最厚的,表现出与 ZK01 和 ZK03 孔相似的沉积特征,以河流相细砂、中砂沉积为主,并沉积有以褐色、黄褐色、灰绿色、棕色等杂色为主的黏土质粉砂,多见灰白色钙质沉积。值得注意的是,该阶段 ZK02 孔的磁化率值整体较低,而 ZK01 孔和 ZK03 孔则存在 2 个最高值段,说明虽然均为河流相沉积,沉积物源可能不同。ZK07 孔位于丘陵台地向冲积平原的过渡地带,表现为以棕色、棕红色黏土、粉砂质黏土沉积为主,颜色相对简单,多含钙质结核,存在多层钙质胶结砂,

为风成沉积和河流相沉积交替出现。ZK08 孔该阶段早期为灰黄色、灰色粉砂、细砂,之后为褐色、棕褐色黏土质粉砂、粉砂质黏土沉积,沉积地层整体变化趋势与 ZK07 孔一致,沉积环境由河流相转为风成沉积。

(2)中更新世。该时期 ZK02 孔的沉积岩性较 Q₁ 时期具有一定的继承性,仍为河流相细砂、中砂沉积与灰黄色、黄褐色、灰褐色、棕色等杂色为主的黏土质粉砂沉积,但少见钙质结核,说明该时期的沉积环境变化不大,但沉积后成名作用受气候环境的影响较大。ZK01 孔的岩性特征与 ZK02 孔基本

一致,部分地层存在同期异相特征。ZK07 孔以棕色、棕褐色黏土质粉砂、粉砂沉积为主,交替沉积棕黄色、灰黄色粉砂,沉积地层特征与北部 ZK03 孔和 ZK02 孔完全不同,以风成沉积为主,而南部海拔更高的 ZK08 孔以棕色、棕红色粉砂质黏土、黏土为主,其间沉积较薄的灰黄色黏土质粉砂,沉积地层较为稳定,为风成沉积相。整体来看,自北向南、由低至高,沉积环境由河流相—河流风成交互相—风成相转变,沉积厚度也越来越薄。

(3)晚更新世。ZK02 孔为灰色、灰黄色细砂、中砂沉积,沉积结构简单,ZK03 孔则为青灰色中砂,均为河流相沉积,但沉积物颜色存在差异性变化。ZK07 孔在该阶段早期出现灰色、青灰色粉砂、细砂沉积,晚期转变为灰黄色粉砂,由湖沼环境转变为河流沉积环境,ZK08 孔则为黄土沉积。

晚更新世以来,郑州东部平原区受黄河冲积作用影响强烈,第四纪沉积物分布广泛^[10];东南部丘陵台地区则主要受风力作用影响,部分地区发育黄土,沿河流两侧多发育河流相沉积^[11]。平原区以 ZK02 孔和 ZK03 孔为例,上更新统厚度分别为 65 m 和 37.5 m,前者为河流相灰色、灰黄色细砂、中砂沉积,后者以河流相青灰色中砂为主。海拔 122 m 的 ZK07 孔,上更新统厚约 13.7 m,早期出现灰色、青灰色粉砂、细砂沉积,晚期转变为灰黄色粉砂,由湖沼环境转变为河流环境。处于丘陵台地区的 ZK08 孔该时期为黄土沉积,厚度不足 10 m。

(4)全新世。ZK02 孔和 ZK03 孔均为灰色、灰黄色细砂、中砂,沉积地层特征一致,ZK07 孔为灰黄色细砂,均为河流环境,ZK08 孔上部为素填土,无法确定该阶段的沉积岩性。

2.4 第四纪沉积地层的三维空间分布特征与规律

西北部丘陵台地海拔较高,第四纪沉积物较薄,一般不超过 100 m,沉积物以灰黄色、棕黄色黏土质粉砂、粉砂和棕色、棕红色粉砂质黏土为主。丘陵平原过渡地带,大致以 WN—ES 向 100 m 等高线为界,第四系底界均以中砂夹砾石及钙质胶结砂为特征,早更新世均存在棕色、棕红色粉砂质黏土沉积,且占据主要沉积地位,中更新世以来,北部与南部的沉积特征存在明显的差异,前者以风成沉积为主,后两者则以水成沉积为主。西部丘间平原区第四系埋深约为 100 m,第四系底界沉积均为含钙质胶结砂砾石层,近地表以风成沉积为主,即便距离较近的地区也可能出现差异性的沉积变化,同期

异相或同相异期特征明显,说明该区域沉积地层受局部地形地貌的影响较大,而且构造活动对该地区沉积过程也产生一定的影响。

3 结论

(1)通过钻探和样品测试,首次系统地查明了郑州市第四纪沉积地层的三维空间分布特征与规律。

(2)取得了在东部平原区早更新世与中更新世时期普遍存在风成沉积的实证,晚更新世时期转为河流与湖沼相沉积,从侧面证实了黄河形成于晚更新世时期。

(3)通过系统的深部钻孔资料分别建立了郑州市西部丘陵台地、西部丘间平原、丘陵平原过渡地带、东部冲积平原等地貌单元的标椎地层柱。为郑州市城市规划与建设,黄河文化在郑州地区的繁衍特别是郑州古都建设的古环境恢复与研究提供了重要的基础资料。

(4)通过系统的沉积相划分,确立了郑州市第四纪风成相、河流相(河床亚相、漫滩亚相)、湖沼相存在的时间、层位和范围,为研究中华早期文明在黄河流域的诞生与发展提供了古环境与古时间依据。证实了郑州地区第四纪时期古湖的存在,并进一步确定出郑州地区茱广泽、茱泽、圃田泽形成的时间及湖泊的演化过程。

(5)位于地表的全新统是与人类文明进化研究关系最为密切的研究目的层,也是最易受到近代人类干扰的层位,本次研究该层位的采取率和研究精度尚显不足;加强更新世以来的相变研究,对研究历史时期黄河的河道变迁具有重要意义。

参考文献(References):

- [1] 杨伦,刘少锋,王家生.普通地质学简明教程[M].北京:中国地质大学出版社,1998:182—188.
Yang L, Liu S F, Wang J S. A Concise Course in General Geology[M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1998: 182—188.
- [2] 孙枢,王成善.“深时”(Deep Time)研究与沉积学[J].沉积学报,2009,27(5):792—810.
Sun S, Wang C S. Deep time and sedimentology[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(5): 792—810.
- [3] 苏晶文,龚建师,李运怀,等.基于地层结构组合的第四纪地质单元划分研究——以皖江经济带沿江丘陵平原区为例[J].中国地质调查,2019,6(5):28—35.
Su J W, Gong J S, Li Y H, et al. Division of Quaternary geological

- units based on stratigraphic architecture combination; A case study in Wanjiang River Economic Zone[J]. Geological Survey of China, 2019, 6(5): 28–35.
- [4] 陈宏强, 杨瑞, 李庆喆, 等. 河北唐山西部 PZK14 孔晚新生代沉积演化特征[J]. 中国地质调查, 2022, 9(3): 67–75.
Chen H Q, Yang R, Li Q Z, et al. Sedimentary evolution of borehole PZK14 in western Tangshan area during Late Cenozoic[J]. Geological Survey of China, 2022, 9(3): 67–75.
- [5] 徐海亮, 王朝栋. 史前郑州地区黄河河流地貌与新构造活动关系初探[J]. 华北水利水电学院学报, 2010, 31(6): 101–106.
Xu H L, Wang C D. Preliminary study on the relationship between the fluvial geomorphology and the neotectonic movement in Yellow River in Zhengzhou prehistoric times[J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 2010, 31(6): 101–106.
- [6] 董晓光, 田洪礼. 从环境地质角度议郑州市城建发展布局[J]. 河南地质, 2000, 18(2): 152–157.
Dong X G, Tian H L. A study related to development distribution of Zhengzhou urban construction from environmental geology[J]. Henan Geology, 2000, 18(2): 152–157.
- [7] 朱晓强, 王强恒. 郑州市地质环境适宜性评价及功能区划[J]. 安全与环境工程, 2013, 20(2): 86–90.
Zhu X Q, Wang Q H. Suitability evaluation and function zoning of geological environment in Zhengzhou City[J]. Safety and Environmental Engineering, 2013, 20(2): 86–90.
- [8] 张军龙, 申晋利, 田勤俭, 等. 邙山东侧地貌陡坎与老鸦陈断层活动性关系讨论[J]. 地震, 2008, 28(4): 121–127.
Zhang J L, Shen J L, Tian Q J, et al. Relationship between Mangshan geomorphic scarp and Laoyachen fault activity[J]. Earthquake, 2008, 28(4): 121–127.
- [9] 章秉辰, 李庆康. 邙山黄土特征及区域对比研究[M]. 北京: 地质出版社, 2018: 53–109.
Zhang B C, Li Q K. Study on Characteristics and Regional Comparison of Mangshan Loess[M]. Beijing: Geology Press, 2018: 53–109.
- [10] 章秉辰. 从风中走来的高原[J]. 自然资源科普与文化, 2021(2): 34–41.
Zhang B C. A plateau coming from the wind[J]. Scientific and Cultural Popularization of Natural Resources, 2021(2): 34–41.
- [11] 张宗祜, 张之一, 王芸生. 中国黄土[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 87–98.
Zhang Z H, Zhang Z Y, Wang Y S. Loess in China[M]. Beijing: Geology Press, 1989: 87–98.

3D spatial distribution of Quaternary sedimentary strata in Zhengzhou

WANG Yongcheng¹, ZHANG Bingchen^{2,4}, LI Qingkang^{2,4}, REN Liping^{2,4}, XU Lianfeng¹,
SONG Lei³, FAN Xiaolei²

(1. Henan Institute of Geological Sciences Co., Ltd., Henan Zhengzhou 450001, China; 2. Henan Institute of Geology, Henan Zhengzhou 450001, China; 3. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Hebei Shijiazhaung 050000, China; 4. Henan Geological Research Institute Geoscience Popularization Base, Henan Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The study of the spatial distribution characteristics and law of Quaternary sedimentary strata in Zhengzhou is closely related to the birth and development of early human civilization along Yellow River, especially in the surrounding areas of Zhengzhou. And, it also plays an important supporting role in modern urban planning and layout, underground space development and utilization, as well as the ecological protection and high-quality development of Yellow River. Thus, the geological tourism and geological cultural resources survey was carried out in Zhengzhou, and 38 sedimentary boreholes were drilled in the main urban area of Zhengzhou and different geomorphic units around it, including 9 deep boreholes exposing Quaternary period. Based on the results of deep drilling and existing HKGA borehole exploration results, the authors established the standard stratigraphic columns of various geomorphic units, through accurately dividing the Quaternary sedimentary stratigraphic structure of each borehole. By analyzing and comparing the changing characteristics of sedimentary strata in these different geomorphic units, the authors obtained the understanding and empirical evidence, that is aeolian sedimentation was commonly present in Early and Middle Pleistocene in the eastern plain area, and it transformed into river and lacustrine facies sedimentation in Late Pleistocene. Based on the analysis of sediment source characteristics, it has indirectly confirmed that the sedimentation time of Yellow River sediment in this area may have started from the Late Pleistocene period.

Keywords: Quaternary; sedimentary strata; drilling hole; space distribution; alluvial plain; Zhengzhou

(责任编辑: 常艳)