

收稿日期: 2021-05-05  
改回日期: 2021-05-16

基金项目: 中国地质调查局地  
质调查项目: “钦杭成矿带德  
兴—歙县地区地质矿产调查”  
(DD20160038) 和 “长江三角  
洲沪宁杭地区区域地质调查”  
(DD20190043) 资助。

doi: 10.12029/gc2021Z110

论文引用格式: 曾剑威, 刘凯, 蒋仁, 于俊杰, 李长波, 彭博, 赵玲. 2021. 浙江乌镇幅 1 : 50 000 区域地质图数据库 [J]. 中国地质, 48(S1): 101-111.

数据集引用格式: 曾剑威, 刘凯, 于俊杰, 蒋仁, 彭博, 李长波, 赵玲. 2021. 中国地质调查局: 浙江省乌镇幅 (H51E008002) 1 : 50 000 地质图数据库 [DB]. 地质科学数据出版系统. DOI:10.35080/data.C.2021.P15; <http://dcc.ngac.org.cn/cn/geologicalData/details/doi/10.35080/data.C.2021.P15>

## 浙江乌镇幅 1 : 50 000 区域地质图数据库

曾剑威 刘凯 蒋仁\* 于俊杰 李长波 彭博 赵玲

(中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏 南京 210016)

**摘要:** 浙江乌镇幅 (H51E008002) 1 : 50 000 区域地质图数据库综合采用遥感解译、槽型钻揭露、地质钻探和物探等多种调查手段, 查明了主干断裂的第四纪活动性, 详细总结了各地层单位岩性组合特征和时空分布规律, 恢复了工作区第四纪以来气候特征及海平面变化特征, 将末次冰期以来古地理古环境、海平面变化曲线重建与杭嘉湖平原古人类遗迹分布及迁徙特征相结合, 探讨末次冰期以来海平面变化对古人类活动及迁移的影响。图幅数据库包含 5 个地层单元、10 个钻孔, 数据量约为 293 MB, 涵盖了浅表沉积物属性特征及第四纪松散层、隐伏基岩及断裂构造等多方面的综合信息, 充分反映了杭嘉湖平原第四纪沉积基底特征、地层结构及沉积环境演化特征, 丰富了长江三角洲第四纪研究内容, 为区域工程地质、水文地质调查提供了基础地质支撑。

**关键词:** 数据库; 区域地质图; 1 : 50 000; H51E008002; 第四纪; 长江三角洲; 地质调查工程; 乌镇幅; 浙江

**数据服务系统网址:** <http://dcc.ngac.org.cn/>

### 1 引言

浙江乌镇幅 (H51E008002) 1 : 50 000 地处浙江省嘉兴市与湖州市交界处, 属长江三角洲南翼的杭嘉湖平原 (图 1)。该区域地势极为低平, 平均海拔 3 m 左右, 河网密布, 全区为第四系覆盖, 松散层厚度 100 ~ 150 m 不等。中—新生代早期, 杭嘉湖平原基底构造特征表现为拉张构造背景下的北东及北西向的断裂活动、火山活动及白垩纪—古近纪断陷盆地的形成。图幅位置处于长兴—奉化北西向断裂与塘栖—乌镇北东向断裂交汇处 (图 1), 这 2 组断裂控制该区域中—新生代隆起及断陷盆地的形成, 其在第四纪时期的再活动控制了该时期沉积物厚度、沉积环境演化及地质体空间展布特征。第四纪时期, 杭嘉湖平原发育海陆交互沉积, 沉积物的发育及分布主要受控于地形、老断层的再活动及海平面升降等因素 (杨建梅等, 2006; 陈忠大等, 2002; 姚琪等, 2008)。第四纪早期以山前河湖相沉积为主, 沉积基底起伏变化较明显; 至晚更新世, 区内已趋于准平原化, 以湖相及海侵

第一作者简介: 曾剑威, 男, 1986 年生, 高级工程师, 硕士, 主要从事第四纪地质调查研究工作; E-mail: [zjwcug@163.com](mailto:zjwcug@163.com)。

通讯作者简介: 蒋仁, 男, 1981 年生, 高级工程师, 主要从事基础地质、第四纪地质研究; E-mail: [jren@mail.cgs.gov.cn](mailto:jren@mail.cgs.gov.cn)。

期的潮坪沉积为主,最终在全新世形成地势平坦的滨海湖沼平原(李从先等,1986;姜月华等,2005;舒军武等,2008;李保华等,2012;Wang Zhanghua et al.,2012;陈艇等,2013;Zeng Jianwei et al.,2019),并随着古太湖湾的逐渐淡水化和稳定淡水环境的形成,地表水系为太湖平原带来丰富的淡水资源及洪泛沉积物,为该区域新石器文明的发展和扩张创造了有利的自然条件(王张华和陈杰,2004;Chen Zhongyuan et al.,2008;Zong YQ et al.,2012;Zhang Xiaoyu et al.,2015)。

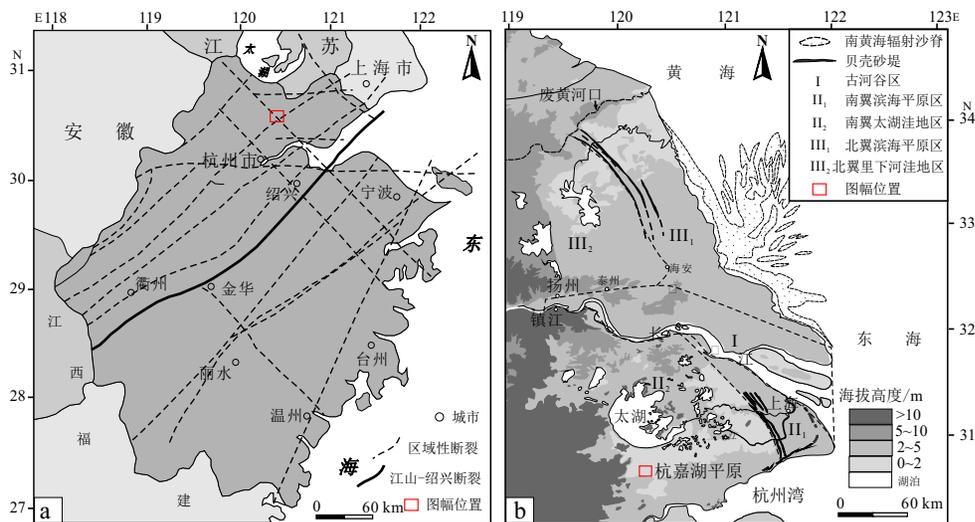


图1 杭嘉湖平原古地理与古构造背景

a—浙江省构造断裂构造简图; b—长江三角洲地貌图(据 Zhao Baocheng et al., 2008 修改)

历年来,工作区范围内区域地质调查<sup>①②</sup>、水环地质调查<sup>③④⑤</sup>等工作大量开展,近年来围绕重大建设工程项目和城市基础设施建设开展了工程地质勘察等<sup>⑥</sup>。这些工作为本次1:50 000区域地质调查工作奠定了坚实基础,但仍存在调查精度不够、地层划分不一致、重要地质问题悬而未决等问题。乌镇幅1:50 000区域地质图数据库的各项数据由中国地质调查局2016年部署的“钦杭成矿带德兴—歙县地区地质矿产调查”项目支持获取。该二级项目2016—2018年部署实施了“浙江1:50 000乌镇(H51E008002)、德清县(H51E009001)、崇福镇(H51E009002)幅区域地质调查”子项目,旨在创新长江三角洲覆盖区区域地质调查方法,充分利用新技术、新思路,针对关键地质问题和重大社会需求部署工作,在解决太湖平原第四纪海陆交互作用、海平面变化与古人类活动等关键地质问题的同时,为防灾减灾、环境保护及重大工程建设等提供基础地质资料。

浙江乌镇幅(H51E008002)1:50 000区域地质图(图2)及数据库(表1,曾剑威等,2021)建立了工作区第四纪地层的时间框架,系统总结了各地层单位岩性组合特征和时空分布规律,查明了工作区第四纪以来气候变化特征,对图幅内第四纪不同演化阶段进行详实的沉积环境判断和描述。一方面提高本区沉积结构的划分准确性及精度,另一方面也为工程地质、水文地质及环境地质调查提供基础地质资料。项目所获取的数据集基本信息如表1所示。

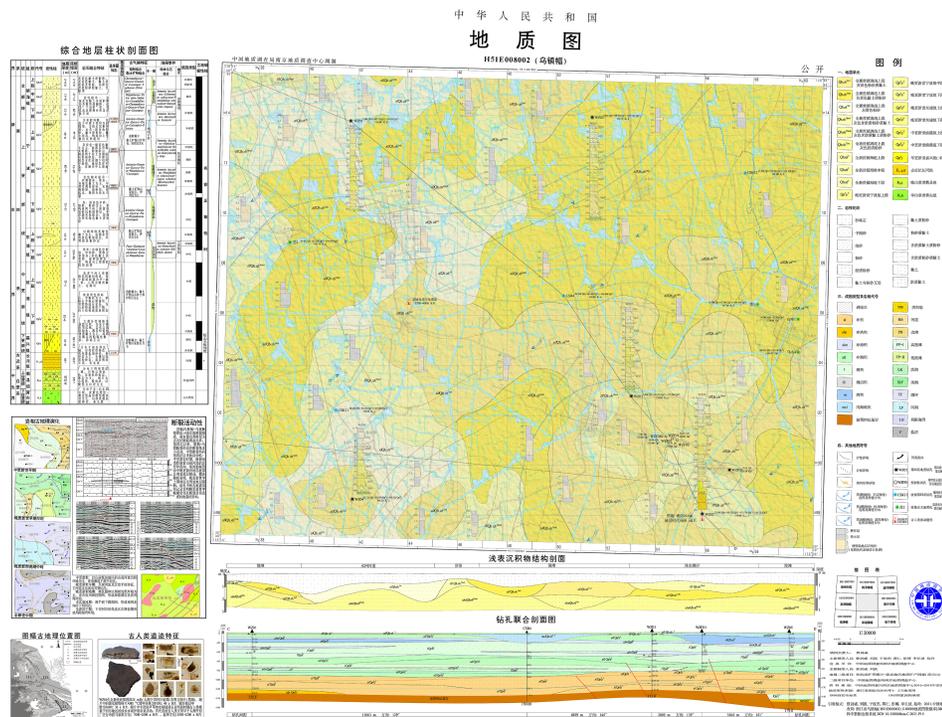


图2 浙江乌镇幅(H51E008002) 1:50 000地质图示意图

表1 数据库(集)元数据简介

条目	描述
数据库(集)名称	浙江省乌镇幅(H51E008002) 1:50 000地质图数据库
数据库(集)作者	曾剑威, 中国地质调查局南京地质调查中心 刘 凯, 中国地质调查局南京地质调查中心 蒋 仁, 中国地质调查局南京地质调查中心 于俊杰, 中国地质调查局南京地质调查中心 李长波, 中国地质调查局南京地质调查中心 彭 博, 中国地质调查局南京地质调查中心
数据时间范围	2016—2018年
地理区域	东经120°15'~120°30', 北纬30°40'~30°50'
数据格式	MapGIS, JPG, PDF, CorelDraw, Illustrator
数据量	293 MB
数据服务系统网址	<a href="http://dcc.ngac.org.cn">http://dcc.ngac.org.cn</a>
基金项目	中国地质调查局地质调查项目: “软杭成矿带德兴—歙县地区地质矿产调查”(DD20160038)和“长江三角洲沪宁杭地区区域地质调查”(DD20190043)
语种	中文
数据库(集)组成	1:50 000地质图库和图饰图廓。地质图库包括地质面实体(沉积岩)、地质界线、第四系等厚线、钻孔信息及柱状简图、岩性花纹、各类代号等。图饰图廓包括第四纪综合地层柱状图、分时岩相古地理图、古地理位置图、浅表沉积物剖面图、钻孔联合剖面图、古人类遗迹特征、塘栖—乌镇断裂活动性、图例、接图表、责任签栏、引用格式等

## 2 数据采集和处理方法

### 2.1 数据准备

调查过程中地理底图使用浙江省测绘局提供的1:50 000地形图(图幅范围东经120°15'~120°30',北纬30°40'~30°50'),该图系2013年编制,投影系统为高斯-克吕格投影,坐标系统为1980年西安坐标系,1985年国家高程基准。按1:50 000区调要求处理后,转入数字地质调查系统(DGSS),作为数字化填图PRB总库、实际材料图库及空间数据库地理底图,数据格式为点(.tm)、线(.lm)、区(.pm)3种,使用统一规定的Slib系统库。1:50 000地质调查全程采用数字区域地质调查系统(DGSS)进行。

### 2.2 数据采集

在充分收集整理工作区已有成果资料的基础上,项目工作综合采用遥感解译、槽型钻揭露、地质钻探和物探等多种调查手段,工作依据《1:50 000覆盖区区域地质调查规范(试行,2015)》设计、部署实物工作量,严格按照钻探、物探、采样、试验等相应的规范或技术规程要求进行施工和测量工作。本次共完成遥感解译450 km<sup>2</sup>,槽型钻调查点293个,钻探10个,累计钻探进尺1080.5 m,采集第四纪地质相关测试样品1459组,包括测年样品、粒度分析样品、古地磁样品、微体化石样品、地球化学分析样品等。

#### 2.2.1 覆盖区遥感地质解译

工作区遥感解译工作采用多时相影像数据,能较好的反应地物空间位置和空间形态的变化,尤其是对第四系地质体有较好识别效果。项目遥感地质调查采用的TM数据成像时间为1984年8月,利用城镇化快速发展之前的遥感影像可以减少城镇建筑对地质解译的影响。高分一号、二号数据为2015年12月、2016年1月的影像。此外,还有2016年3月的Landsat 8的OLI数据提供参照。在解译过程中,充分利用Google Earth高分辨率多时相遥感影像数据,进行多时相对比分析,协同解译。对收集的覆盖全区的遥感影像数据经过图像校正→数据融合→数字镶嵌→图像增强后,利用NDWI(归一化水体指数)和NDVI(归一化植被指数)指数提取、地表温度反演、缨帽变换等不同的处理、分析方法,分别提取工作区水系、植被、地形起伏、构造及浅表沉积物发育特征,并进行了野外验证。

#### 2.2.2 平原区槽型钻路线调查

工作区整体地势平坦,水网密布,为第四系浅覆盖区,地表岩性区划明显,且城镇化程度高。按《1:50 000覆盖区区域地质调查规范(试行,2015)》要求,根据遥感初步解译结果,结合区内已有工作程度,按1~1.5 km/线布置,点距不大于线距,工作程度较高的区域适当放大线距。对地表岩性变化较迅速,适当加密路线,按1 km线距布置。所有调查点均采用槽型钻钻取2~5 m岩心进行观察,记录内容包括:沉积物颜色、岩性、成分、结构构造、粘性、塑性等,以及观察点所处的地貌特征、地下水位、土壤类型、植被环境、灾害等其它重要的地质现象,必要时采集部分样品。

#### 2.2.3 地质钻探

钻探是覆盖区区域地质调查的主要手段。在分析已有钻孔资料的基础上,钻孔布置原则是兼顾第四纪地层、重要构造单元或沉积单元。本次根据调查目的的不同,共开展地质钻孔10个,其中第四纪地质钻孔5个(标准孔2个,控制性钻孔3个)、围绕塘栖-乌镇断裂开展的排钻5个。另外,对收集的可利用程度较高的钻孔进行了整理,以增加工作

区钻孔密度,较全面控制整个工作区第四纪地层,同时可以了解基底隐伏基岩特征。

各钻孔取心率满足1:50 000地质调查的需求及1:100比例尺钻孔编录及柱状图编制的需求。各钻孔孔位均采用高精度RTK进行水平坐标及高程测量,确保定位及高程数据的精度,其中高程误差在5 cm内。钻孔地质编录中,对大于10 cm的岩性层均需分层描述,特殊层位如炭屑层、钙结层等厚度<10 cm时,也必须分层描述。地质描述必须包括颜色、岩性、沉积构造、物质组分等重要内容;重要标志层如“硬黏土层”须描述其物性。

所有5个第四纪地质钻孔均进行全孔多参数测井。测井内容主要有视电阻率、自然伽玛、密度、自然电位、井径、井斜、井温、声波时差8项参数,通过计算得到泊松比、体积模量、切变模量、杨氏模量、强度指数等5项指标。将多参数的测井数据相结合,可以较好的反应地层岩性差异及沉积相划分。

#### 2.2.4 浅层地震物探勘察

浅层地震是平原区尤其深覆盖区探测深部松散层沉积结构、新构造特征及基底构造特征最直接有效的物探方法之一。根据探测深度的不同,本次工作中采用纵、横波联合勘察,纵波勘察进行全局控制,横波勘察进行浅部精细刻画,从地震资料上达到互补,并以浅层地震纵波法为主(探测深度0~300 m)、浅层地震横波法(探测深度0~70 m)为辅进行补充,由深至浅全面查证工作区内松散层地质结构特征及主要断裂的空间展布特征及其活动性。浅层地震的施工严格遵循下列有关规程及规范的要求:《浅层地震勘察技术规范》(DZ/T 0170—1997)、《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)、《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》(CH/T 2009—2010)及《物化探工程测量规范》(DZ/T 0153—2014)。

#### 2.2.5 实验测试

第四纪地质研究主要通过钻孔揭露地层结构、岩性,年代学、古生物学、环境磁学等样品采集测试划分岩石地层、反演古地理、古气候。分析测试样品主要集中在钻孔岩心,样品均按相关技术要求进行采集、挑选和测试。所有分析测试样品均由国家认证的或国家级、省部级开放实验室完成。粒度分析及古地磁测试样品由国土资源部华东矿产资源监督检测中心(南京地质调查中心实验测试中心)采用激光粒度分析仪测试完成。孢粉及有孔虫、介形虫样品泡制和鉴定由中国科学院南海海洋研究所完成。碳十四测年(AMS<sup>14</sup>C)由中国科学院地球环境研究所西安加速器质谱中心采用荷兰HVEE串行加速器质谱仪测试完成。光释光样品测试(OSL)样品由南京师范大学地理科学院采用单片再生剂量(SAR)测试法完成,电子自旋共振测试(ESR)样品由中国原子能科学研究院采用德国BRUKER的电子自旋共振谱仪测试完成。

### 2.3 图件编制

#### 2.3.1 室内数据处理

将基于Android操作系统的野外数字填图系统采集的路线资料整理完善,包括地质点(P)、地质路线(R)和地质界线(B),形成图幅PRB库;在数字填图桌面系统的第四系钻孔单元中录入形成钻孔数据库,包括孔位、孔深、取心率等施工信息及回次库、分层库、样品库,并关联钻孔岩心照片、测井数据、各类钻孔样品测试分析结果,生成钻孔地层综合柱状图。

更新图幅PRB库至实际材料图库,编辑地质区文件(GEOPOLY.pm)、地质线文件

(GEOLINE.lm)、地质点文件 (GEOLABEL.tm), 并根据 PRB 内容提取相应的属性数据; 更新第四系钻孔库至实际材料图库, 标注钻孔信息并形成钻孔柱状简图; 投影物探测量数据至实际材料图库, 并根据物探地质解译成果, 标注异常点及异常区。最终综合多手段的工作成果, 形成实际材料图。

### 2.3.2 成果图件编制

成果图件的编制遵守《1:50 000 覆盖区区域地质调查规范(试行, 2015)》、《区域地质图图例》(GB/T 958—2015)、《地质图用色标准及用色原则》(DZ/T 0179—1997) 的要求, 综合考虑幅内的地质问题和应用服务内容。除主图外, 编制不同的图件并分列主图两侧, 包括第四纪综合地层柱状图、分时岩相古地理图、古地理位置图、浅表沉积物剖面图、钻孔联合剖面图、古人类遗迹特征、塘栖—乌镇断裂活动性、图例、接图表、责任签栏。

(1) 主图: 主图填图单元的划分以沉积时代为基础, 以“岩相+岩性”组合为划分依据, 最终将覆盖图幅全区的全新世镇海组上段进一步划分为 5 个非正式填图单元, 并编绘各填图单元的典型槽型钻岩心柱状图; 以钻孔数据为基础, 在主图内表达第四系等厚线、第四纪以来各期海侵方向及海侵范围等信息。

(2) 第四纪综合地层柱状图: 以钻孔岩石地层为基础, 并开展了生物地层、磁性地层、年代地层、气候地层等多重划分对比。通过在晚更新世—全新世地层中获得 AMS  $^{14}\text{C}$ 、OSL 年龄, 结合磁性地层研究, 建立图幅第四纪地层的时间框架, 总结各地层单位岩性组合特征和时空分布规律, 分析第四纪以来气候变化特征、海平面变化特征及海侵事件。

(3) 钻孔联合剖面图: 综合考虑图幅构造线分布及沉积相空间展布方向, 选取北西向为剖面线走向, 综合地球物理场解译成果、物探勘察及钻孔多重划分对比资料, 编绘图幅钻孔联合剖面图, 综合反映图幅内第四纪沉积基底起伏、塘栖—乌镇断裂带构造特征、第四纪以来的沉积体系转变和沉积结构及重要地质体的空间展布特征 (如海侵层、砂层、软土层等)。

(4) 浅表沉积物剖面图: 平原区浅表沉积物的岩性及沉积结构与现今的地质环境、农业生产等密切相关, 是覆盖区路线地质调查的主要调查对象。通过槽型钻揭露岩心的分析及剖面对比, 揭示出工作区全新世中晚期海水退出本区后地表淡水水系的演化过程及近地表沉积物的堆积过程。

(5) 分时岩相古地理图: 在钻孔地层综合分析及地层结构剖面编制的基础上, 以岩性及岩石组合为根本, 结合沉积物粒度分析及测井沉积相分析, 较详细地划分和研究第四纪沉积体系及沉积相分布; 以海平面变化、海侵事件、气候变化为背景, 分时编制第四纪多个时段的岩相古地理图, 对第四纪古地理、沉积环境演变进行系统的总结。

(6) 塘栖—乌镇断裂活动性: 综合表达围绕塘栖—乌镇断裂开展的浅层地震纵波及横波勘探成果、联排钻孔地层结构对比及地震岩软沉积变形构造分析成果, 揭示塘栖—乌镇断裂的构造特征及第四纪以来的活动性。

(7) 古人类遗迹特征: 特征展示本次在古太湖下切河谷底部发现的富腐殖质土壤层 (8600±36 a B.P.) 和古陶片 (9350±40 a B.P.), 表明在工作区及邻区分布较广的马家浜文化之前, 已有古人类活动于下切河谷底部的水域。陶片中丰富的芦苇和水稻植硅石表明该时期古人类聚集于河谷地区的淡水水域开展农业活动。

其他如图幅古地理位置图、图例、接图表、责任签栏等按《1:50 000 区域地质调查技术要求》(DD 2019—01)、《区域地质图图例》(GB/T 958—2015) 最新要求编制, 其

中图例包含地质图主图及角图中使用的地层单元、地层界线、地层代号、岩性花纹、岩相符号及钻孔标记等点、线、面图示说明。

### 3 数据样本描述

依据《数字地质图空间数据库建库标准》(DD 2006—06)等相关标准,在原始资料数据库基础上,建立了1:50 000地质图空间数据库。地质图空间数据库包括基本要素类、综合要素类、对象类和独立要素类数据集(表2)。其中要素数据集是共享空间参考系统的要素类的集合,在地质图数据模型中,由地质点、面、线实体类构成。对象类是一个表,存储非空间数据,在地质图数据模型中,一般一个要素类对应多个对象类。

表2 1:50 000 乌镇幅地质图数据库要素类和对象类一览表

数据类型	实体名称	标准编码	实体个数	数据类型
基本要素类	地质体面实体	_GeoPolygon	974	Area
	地质(界)线	_GeoLine	2414	Line
	钻孔	_Drillhole	13	Point
	照片	_Photograph	400	Point
	河、水库岸线	_Line_Geography	2939	Line
综合要素类	标准图框(内图框)	_Map_Frame	4	Line
对象类	沉积(火山)岩岩石地层单位	_Strata	5	ACCESS
	面状水域	_Water_Region	从地理底图中提取	ACCESS
	图幅基本信息	_Sheet_Mapinfo	1	ACCESS

#### 3.1 基本要素类

基本要素类对应 BASE\_FCLS.mdb 数据表,主要包括:

(1) 地质体面实体 (\_GeoPolygon): 地质体面实体类型代码、地质体面实体名称、地质体面实体时代、地质体面实体下限年龄值、地质体面实体上限年龄值、子类型标识。图幅地质体面实体属性实例如表3。

表3 全新世沉积岩地质体面实体属性表

序号	数据项名称	标注编码	数据类型	内容描述实例
1	地质体面实体标识号	FEATURE_ID	Character	AH51E008002000000005
2	地质体面实体类型代码	FEATURE_TYPE	Character	alQhzh\$3st
3	地质体面实体名称	GEOBODY_NAME	Character	全新世镇海组上段灰黄色粉砂冲积
4	地质体面实体时代	GEOBODY_ERA	Character	Qh\$3
5	地质体面实体下限年龄值	GEOBODY_AGE1	Double	/
6	地质体面实体上限年龄值	GEOBODY_AGE2	Double	/
7	子类型标识	SUBTYPE	Integer	0

注: \$代表上标。

(2) 地质界线 (\_GeoLine): 要素标识号、地质界线类型、界线左侧地质体代号、界线右侧地质体代号、界面走向、界面倾向、界面倾角、子类型标识。

(3) 照片 (\_Photograph): 照片编号、照片题目、照片说明、子类型标识。

(4) 钻孔 (\_Drillhole): 要素标识、钻孔编号、钻孔深度、基岩或目的层孔深、基岩或目的层岩性、基岩或目的层时代、松散沉积层的年代、松散沉积层的分层厚度、松散沉积层的岩性、子类别标识。图幅钻孔点实体属性实例如表4。

表4 钻孔属性表

序号	数据项名称	标注编码	数据类型	内容描述实例
1	要素标识码	FEATURE_ID	Character	AH51E008002000000001
2	钻孔编号	ZK_CODE	Character	WZ01
3	钻孔深度	ZK_DEPTH	Double	135.50
4	基岩或目的层孔深	ROCK_DEPTH	Double	130.90
5	基岩或目的层岩性	ROCK_TYPE	Character	风化层, 棕黄色, 较松散, 为火山岩风化堆积产物, 向下可见少量风化残留的火山岩残块。半风化层, 向下风化程度减弱, 岩性为灰紫色英安质晶屑凝灰岩
6	基岩或目的层时代	BASE_BED_ERA	Character	K@1
7	松散沉积层的年代	LOOSE_LAY_ERA	Character	Q
8	松散沉积层的厚度	LOOSE_LAY_THICKNESS	Character	130.90
9	松散沉积层的岩性	LOOSE_LAY_LITHOLOGY	Character	镇海组: 上部为灰黄色黏土质粉砂; 下部为灰-深灰色淤质黏土、淤质粉砂。宁波组: 下部岩性以灰色黏土质粉砂为主, 底部浅灰色中粗砂; 中部岩性为灰色黏土、千层饼状黏土与粉砂为主; 上部岩性为褐黄色、黏土质粉砂。东浦组: 下部主要为灰黄色中粗砂、中细砂、灰绿色黏土、粉砂质
10	子类型标识	SUBTYPE	Integer	0

注: @代表下标。

(5) 河、水库岸线 (\_Line\_Geography): 图元类型、图元名称、子类型标识。

### 3.2 综合要素类

覆盖区地质图综合要素类仅标准图框(内图框)(\_Map\_Frame), 属性结构包括: 图名、图幅代号、比例尺、坐标系统、高程系统、左经度、下纬度、图形单位。

### 3.3 对象类

对象类数据对应 DSGMAP.mdb 数据表, 主要包括:

沉积(火山)岩岩石地层单位 (\_Strata): 地层单位名称、地层单位符号、地层单位时代、岩石组合名称、岩石组合主体颜色、岩层主要沉积构造、生物化石带或生物组合、地层厚度, 含矿性、子类型标识。图幅沉积岩岩石地层单位数据实例如表5。

面状水域 (\_Water\_Region): 图元类型、图元名称、图元特征、子类型标识。

图幅基本信息 (\_Sheet\_Mapinfo): 图名、比例尺、坐标系统、高程系统、左经度、右经度、上纬度、下纬度、成图方法、调查单位、图幅验收单位、评分等级、完成时间、出版时间、资料来源、数据采集日期。

表5 全新世沉积岩岩石单位属性表

序号	数据项名称	标注编码	数据类型	内容描述实例
1	要素分类(地质代码)	FEATURE_TYPE	Character	alQhzh\$3st
2	地层单位名称	STRATA_NAME	Character	全新世镇海组上段灰黄色粉砂冲积
3	地层单位符号	STRATA_CODE	Character	alQhzh\$3st
4	地层单位时代	STRATA_ERA	Character	Qh\$3
5	岩石组合名称	ASSOCIATION_NAME	Character	粉砂、含黏土粉砂
6	岩石组合主体颜色	COLOR	Character	灰黄色
7	岩石主要沉积构造	SEDI_STRUCTURE	Character	水平层理
8	生物化石带或生物组合	ASSEMBLAGE_ZONE	Character	/
9	含矿性	COMMODITIES	Character	/
10	地层厚度	STRATA_THICKNESS	Character	0~1m
11	子类型标识	SUBTYPE	Interger	0

注: \$代表上标。

#### 4 数据质量控制和评估

浙江乌镇幅1:50 000地质图全部由第四系覆盖,按照《1:50 000区域地质调查技术要求》、《1:50 000覆盖区区域地质调查规范(试行,2015)》等相关要求,以新理论为指导,在充分利用已有资料基础上,以实测为主要工作手段,采用槽型钻路线地质调查、地质钻探、浅层地震勘查、遥感技术和数字填图、智能填图新方法,提高工作区地质调查程度和填图质量。共完成槽型钻取心调查点293个,取心深度3~5m;完成地质钻孔10个,总进尺1 080.5m,平均取心率90%以上,其中黏性土>95%,松散的砂砾层和卵石层>85%;收集第四纪钻孔3个,收集揭穿第四系工程及水文地质钻孔4个。完成浅层地震纵波测量剖面1条,长11.44km,完成实际物理点563个;完成浅层地震横波测量剖面2条,长度2.01km,完成实际物理点338个。填图精度达到1:50 000覆盖区地质填图的具体要求。

浙江乌镇幅1:50 000地质图数据库各项工作的开展严格按照各项行业标准和规章制度执行,项目组开展经常性、阶段性、年度性的质量检查工作,对质量检查不合格项,及时的予以纠正完善。项目资料自检、互检率100%,项目负责人抽检率达30%,均按要求填写检查记录并及时整改。2016年10月28日、2017年7月12日及2018年9月25日,南京中心科技处组织专家对子项目野外工作及原始资料进行了检查。2018年09月25—27日,中国地质调查局南京地质调查中心组织专家采用室内、野外现场两者相结合的检查方法对子项目进行了野外验收,评价为优秀。2019年1月16—17日,子项目最终成果评定为优秀级。

#### 5 数据价值

浙江乌镇幅1:50 000区域地质调查工作的开展紧扣基础地质问题和重要社会需求,通过图幅路线地质调查、钻探及物探等手段,以岩石地层为基础,重新厘定了工作区第四纪地层层序和地层单元,并根据取得的相关测试成果,建立了工作区第四纪地层格架,查明了第四系地质结构特征,圈定了中更新世时期古河道位置、晚更新世时期湖相、滨浅海相黏土沉积的范围,查明了主要地质体(如砂层、软土层等)的成因及空间展布特征,为区域工程地质、水文地质调查提供了基础地质资料。

以图幅为出发点,浙江乌镇幅1:50 000区域地质调查工作将末次冰期以来古地理古环境、海平面变化曲线重建与杭嘉湖平原古人类遗迹分布及迁徙特征相结合,探讨末次冰期以来海平面变化对古人类活动及迁移的影响,为预测现今海平面变化对岸线变迁、沿海城市规划及人类活动的影响提供依据。通过对第四纪松散沉积物中地震岩的识别及震积序列的总结、归纳,探讨了地震活动与断裂活动性之间的耦合关系。将地震岩的识别和研究应用到覆盖区隐伏断裂活动性调查及区域地壳稳定性评价中,弥补了浅层地震等物探方法无法提供的断裂活动周期及强弱变化等信息的缺陷,提高了断裂活动性调查的精度,为防震减灾提供了直接依据,为人口、建筑稠密区等不便物探施工的区域隐伏断裂活动性调查提供了新方法。

## 6 结论

(1) 乌镇幅1:50 000地质图是执行《1:50 000覆盖区区域地质调查规范(试行,2015)》的相关要求,综合应用多种调查手段完成的长江三角洲覆盖区地质图,并系统编制了地质图数据库,全面反映了本次调查的全部工作和最新成果,对覆盖区地质调查具有一定的示范作用。

(2) 在前人分析研究的基础上,根据钻探和物探调查结果,对工作区隐伏地质构造进行了重新梳理,厘定了区内主干断裂4条(北西向1条、北东向断裂3条),基本查明了工作区基岩岩性分布、埋深及盆地形态。以岩石地层为基础,开展了生物地层、磁性地层、年代地层、气候地层等多重划分对比,建立了工作区第四纪地层的时间框架,圈定了晚更新世以来的3个海侵层位。调查研究发现,本区第四纪沉积物的发育及分布主要受控于地形、老断层的再活动及海平面升降等因素。第四纪早期以山前河湖相沉积为主,沉积基底起伏变化较明显;至晚更新世,区内已趋于准平原化,以湖相及海侵期的潮坪沉积为主,最终在全新世形成地势平坦的滨海湖沼平原。

(3) 浅层地震勘察结果及古地震沉积记录分析表明,塘栖—乌镇断裂第四纪早期有明显的活动,晚更新世则是主要的发震构造,周期性引发大于7级的强震,全新世趋于稳定。

(4) 在古太湖下切河谷底部发现的富腐殖质土壤层(8600±36 a B.P.)和古陶片(9350±40 a B.P.),表明在马家浜文化之前,已有古人类活动于下切河谷底部的水域。陶片中丰富的芦苇和水稻植硅石表明该时期古人类聚集于河谷地区的淡水水域开展农业活动。

**致谢:** 乌镇幅1:50 000地质图是一项集体成果,项目组全体地质工作人员付出了辛勤的努力。中国地质大学(武汉)、江苏省地质勘查技术院、浙江省工程地质水文地质大队、江苏煤炭地质物测队参与了野外地质数据采集工作,在此一并表示衷心感谢。

### 注释:

- ① 浙江省地质调查院. 2004. 1:25万杭州市幅区域地质调查成果报告[R].
- ② 南京地质调查中心. 2015. 长江三角洲重点地区三维地质调查成果报告[R].
- ③ 浙江地质矿产研究所. 1989. 杭嘉湖平原晚更新世~全新世松散土类工程地质性质及其评价[R].
- ④ 浙江物化勘查院和地矿部物化勘查研究所. 1992. 浙江省杭嘉湖平原区1:20万农业环境地球化学调查报告[R].
- ⑤ 南京地质矿产研究所和浙江省第九地质大队. 2002. 杭嘉湖平原1:5万生态环境地质调查试点成果报告[R].
- ⑥ 浙江省地质调查院. 2016. 浙江海洋经济发展示范区城市群(嘉兴)地质调查成果报告[R].

## 参考文献

- Chen Zhongyuan, Zong Yongqiang, Wang Zhanghua, Wang Hui, Chen Jing. 2008. Migration patterns of neolithic settlements on the abandoned yellow and yangtze river deltas of china[J]. *Quaternary Research*, 70(2): 301–314.
- Wang Zhanghua, Zhuang Chencheng, Saito Yoshiki, Chen Jie, Zhan Qing, Wang Xiaodan. 2012. Early mid-holocene sea-level change and coastal environmental response on the southern yangtze delta plain, china: implications for the rise of neolithic culture[J]. *Quaternary Science Reviews*, 35: 51–62.
- Zeng Jianwei, Liu Kai, Jiang Ren, Yu Junjie, Li Changbo, Zhao Ling, Peng Bo, Lao Jinxiu. 2019. Sedimentary records of paleoseismic events in the Late Pleistocene sediments of the Southern Yangtze River deltaic plain, East China, and their implications for differential subsidence of the Taihu block[J]. *Journal of Asian earth science*, 181: 103897.1–103897.12.
- Zhang Xiaoyu, Huang Dasong, Deng Han, Snape Colin, Meredith Will, Zhao Ye, Du Yong, Chen Xin, Sun Yongge. 2015. Radiocarbon dating of charcoal from the bianjiashan site in hangzhou: new evidence for the lower age limit of the liangzhu culture[J]. *Quaternary Geochronology*, 30: 9–17.
- Zhao Baocheng, Wang Zhanghua, Chen Jing, Chen Zhongyuan. 2008. Marine sediment records and relative sea level change during late Pleistocene in the Changjiang delta area and adjacent continental shelf[J]. *Quaternary International*, 186: 164–172.
- Zong Yongqiang, Llnes James B, Wang Zhanghua, Chen Zhongyuan. 2012. Environmental change and neolithic settlement movement in the lower yangtze wetlands of china[J]. *Holocene*, 22(6): 659–673.
- 陈艇, 王张华, 强小科, 马春燕, 战庆. 2013. 太湖平原 WJ 孔矿物磁学特征以及晚第四纪海侵事件 [J]. *地球物理学报*, 56(8): 2748–2759.
- 陈忠大, 覃兆松, 梁河, 张素君, 廖福源, 彭振宇. 2002. 杭嘉湖平原第四纪地层高精度对比方法研究 [J]. *中国地质*, 29(3): 275–280.
- 姜月华, 吴登定, 王润华, 康晓钧. 2005. 浙江湖州市青铜桥 ZK01 孔第四系沉积物磁性特征和古环境意义 [J]. *资源调查与环境*, 26(3): 205–213.
- 李保华, 王晓燕, 孔晓敏, 林春明, 李艳丽, 张霞. 2012. 浙江钱塘江冰后期有孔虫化石记录及其古环境意义 [J]. *微体古生物学报*, 29(2): 5–13.
- 李从先, 闵秋宝, 孙和平. 1986. 长江三角洲南翼全新世地层和海侵 [J]. *科学通报*, 21: 1650–1653.
- 舒军武, 王伟铭, 陈晔. 2008. 太湖平原西北部全新世古河道沉积特征及环境演变 [J]. *地层学杂志*, 32(2): 146–152.
- 王张华, 陈杰. 2004. 全新世海侵对长江口沿海平原新石器遗址分布的影响 [J]. *第四纪研究*, 24(5): 537–545.
- 杨建梅, 罗以达, 顾明光, 覃兆松. 2006. 杭州城市第四系三维地质结构模型建立中的孔间地层对比方法分析 [J]. *中国地质*, 33(1): 104–108.
- 姚琪, 陈汉林, 张徽, 叶建青, 马志江, 赵冬, 程晓敢, 廖林, 高翔, 钱峻峰. 2008. 浙江杭州地区孝丰—三门湾断裂晚第四纪活动性研究 [J]. *高校地质学报*, 14(4): 601–609.
- 曾剑威, 刘凯, 于俊杰, 蒋仁, 彭博, 李长波, 赵玲. 2021. 中国地质调查局: 浙江省乌镇幅 (H51E008002)1:50000 地质图数据库 [DB]. 地质科学数据出版系统. DOI:10.35080/data.C.2021.P15.