

doi: 10.12029/gc2021Z204

论文引用格式: 褚平利, 段政, 余明刚, 朱延辉, 洪文涛. 2021. 浙江儒岙镇幅 1 : 50 000 地质图数据库 [J]. 中国地质, 48(S2): 32-41.

数据集引用格式: 褚平利, 段政, 余明刚, 朱延辉, 洪文涛. 2021. 中国地质调查局: 浙江省儒岙镇幅 (H51E016004) 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.P16; <http://dcc.ngac.org.cn/geologicalData/details/doi/10.35080/data.C.2021.P16>

收稿日期: 2021-06-07

改回日期: 2021-06-21

基金项目: 中国地质调查局项目: “武夷山松溪—庆元地区区域地质调查” (DD2019 0045) 和 “武夷山成矿带龙泉—上杭地区地质矿产调查” (12120113064800) 资助。

浙江儒岙镇幅 1 : 50 000 地质图数据库

褚平利¹ 段政^{1,2} 余明刚¹ 朱延辉¹ 洪文涛^{1,3}

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏 南京, 210016; 2. 中国地质科学院, 北京, 100037; 3. 南京大学, 江苏 南京 210016)

摘要: 浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1 : 50 000 区域地质图数据库是按照《1 : 50 000 区域地质调查技术要求》(DD 2019—01)、《数字地质图空间数据库》(DD 2006—06) 和地质行业的其他统一标准及要求, 在充分搜集和利用 1 : 200 000、1 : 250 000 等区域地质调查工作成果资料以及遥感解译的基础上, 采用数字地质调查系统 (DGSS) 进行野外路线地质调查、实测剖面 and 数据库建设。重点对本图幅内火山岩、沉积岩、侵入岩和构造形迹进行了详细的调查与研究。查明了工作区中—新生代火山岩火山机构类型与范围、火山岩相及火山岩性特征, 划分出 3 个 I 级火山构造、4 个 II 级火山构造、13 个 III 级火山构造, 识别出 9 种不同类型的火山岩相。图幅数据库的数据内容包含有 14 个非正式填图单位、8 个正式地层单位, 以及 155 件各类样品, 数据量为 181 MB。该图是运用“火山机构—火山岩相—火山岩性”三维一体填图方法在中国东南沿海陆相火山岩区的示范, 同时也是中国地质调查局在陆相火山岩区开展智能化区域地质调查的试点图幅, 反映了 1 : 50 000 区域地质调查最新示范性成果, 对后续该区域的地质调查与研究也具有参考和借鉴意义。

关键词: 1 : 50 000; 地质图; H51E016004; 数据库; 儒岙镇幅; 浙江

数据服务系统网址: <http://dcc.ngac.org.cn/>

1 引言

中国东南沿海地区中生代火山岩浆活动强烈, 形成大规模的火山—侵入杂岩带 (图 1), 是环太平洋火山—侵入岩带的重要组成部分。该带大致以赣江断裂为界, 以西主要出露花岗岩, 以东火山岩遍布苏、浙、闽、赣、粤、琼诸省, 构成长约 1 200 km、宽约 500 km 的中生代火山岩带 (谢家莹等, 1996; 陆志刚等, 1997; 陶奎元等, 1998; 周新民等, 2000; 王德滋等, 2000)。火山活动时代具有自西 (大陆内侧) 向东 (沿海) 和自南 (南西) 向北 (北东) 逐渐变年轻的迁移规律。

另外, 东南沿海地区矿产资源丰富, 燕山期火山岩浆活动形成了大量的铜、金、

第一作者简介: 褚平利, 男, 1985 年生, 高级工程师, 硕士, 从事火山岩地质调查与研究工作; E-mail: 343938990@qq.com。

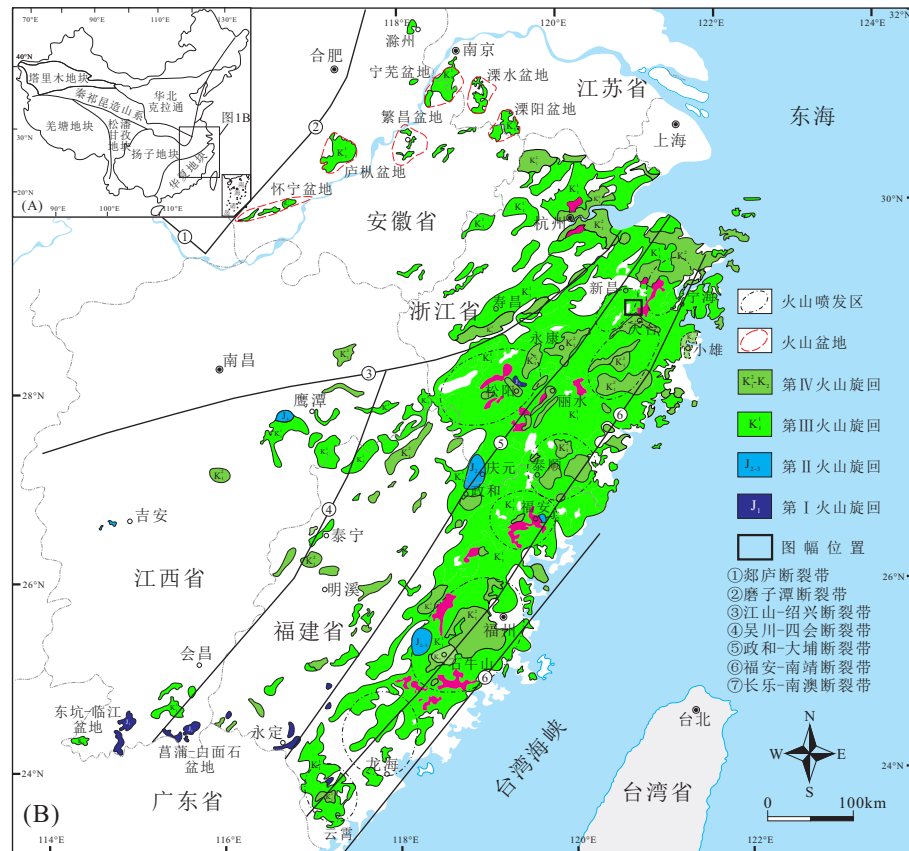


图1 华南大陆大地构造位置图(A)和东南沿海中生代火山岩分布图(B)(据曹明轩等, 2020 修改)

银、铅、锌、锡、铀等金属矿产和高岭土、沸石、萤石、叶腊石等非金属矿产以及镓、稀土、锂、铍等关键矿产, 这些矿产与燕山期火山活动密切相关, 被称为“中国东部晚中生代火山岩浆—成矿大爆发”(毛景文等, 2009; 陈毓川等, 1999, 2012; 刘皓等, 2015; 邢光福等, 2017)。近些年围绕东南沿海中生代以来的大地构造演化进行了大量科学研究, 提出了不同的构造演化模式, 如左旋走滑断层和大陆裂谷模式(Gilder S A et al., 1996)、岩石圈伸展与软流圈地幔上涌(Li Xianhua, 2000)、中生代开始的整个中国东海岸裂谷(Li Xianhua et al., 2004)、中生代地幔柱上升(谢桂青等, 2001; Deng Jinfu et al., 2004)、阿尔卑斯型大陆碰撞模式(Hsü Kenneth J et al., 1988)、古太平洋俯冲板块对亚欧板块的俯冲消减等(Jahn BM et al., 1990; Lapierre H et al., 1997; Zhou Xinmin et al., 2006; Liu Liang et al., 2018; Wang Guochang et al., 2016; Yang Yulong et al., 2017)。目前大多数学者认可古太平洋板块对欧亚板块的俯冲作用才是中国东南部晚中生代大规模岩浆活动的根本动力学机制。

本区火山地质调查始自20世纪20—40年代, 1960年以来的1:200 000区域地质调查、1980年以来的1:50 000区域地质调查, 对全区开展了火山构造、火山岩相、火山地层的系统调查研究。21世纪初地质大调查开展以来的1:250 000区域地质调查、2006—2013年实施的华东地区矿产资源潜力评价工作, 以及近年来陆续完成的区域地质志和地质研究工作, 全面更新了东南沿海中生代火山地质资料, 特别是将大面积中生代火山岩主体(下火山岩系)的时代, 由长期以来认为的晚侏罗世重新厘定为早白垩世早期, 而将上火山岩系时代进一步归为早白垩世晚期—晚白垩世, 火山活动均形成于区域伸展构造环境, 从而颠覆了区域火山活动规律的传统认识(周金城等, 1994; 丁保良

等, 1999; 邢光福等, 1999, 2011; 俞云文等, 1999; 陶奎元等, 2000; 颜铁增等, 2005; 马之力等, 2016; 刘远栋等, 2019)。

儒岙镇幅1:50 000地质图作为智能化区域地质调查试点的探索性图件, 力争在客观表达野外地质事实的基础上, 结合前人地质调查以及科研新成果, 采用陆相火山岩区多重填图方法(褚平利等, 2017)及数字填图技术, 精细刻画工作区火山活动过程。浙江儒岙镇幅1:50 000地质图数据库(表1)系统反映了浙江嵊州地区中—新生代火山岩火山构造类型与范围、火山岩相—岩性特征, 从而为嵊州地区地质科研和野外地质调查提供有益的参考资料。

表1 数据库元数据简介

条目	描述
数据库名称	浙江省儒岙镇幅(H51E016004)1:50 000地质图数据库
数据库作者	褚平利, 中国地质调查局南京地质调查中心 段政, 中国地质调查局南京地质调查中心 余明刚, 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°45′~121°00′; 北纬29°20′~29°30′
数据格式	MapGIS, JPG, PDF, CorelDraw, Illustrator
数据量	181 MB
数据服务系统网址	http://dcc.ngac.org.cn
基金项目	中国地质调查局项目: “武夷山松溪—庆元地区区域地质调查”(DD20190045)和“武夷山成矿带龙泉—上杭地区地质矿产调查”(12120113064800)
语种	中文
数据库组成	1:50 000地质图库、角图和图饰。地质图库包括地质面实体(沉积岩、火山岩、第四系、侵入岩)、地质界线、产状、岩性花纹、各类代号等。角图包括综合柱状图、火山岩相构造图、图切剖面、大地构造位置图。图饰包括接图表、图例、责任表、引用格式等

2 数据采集和处理方法

2.1 数据准备

浙江儒岙镇幅(H51E016004)1:50 000地质图以《1:50 000区域地质调查技术要求》(DD 2019—01)为规范, 在参考1:200 000区域地质调查项目资料的基础上, 以地球系统科学理论为指导, 应用数字填图技术方法, 遵循遥感解译与地面调查相结合、地质填图与宏观、微观相结合的原则完成的工作区基础地质调查。地理底图采用国家测绘地理信息局提供的地理数据。应用已有的技术标准和数字填图系统(DGSS)、MapGIS等计算机软件进行数据处理。

2.2 数据采集

2.2.1 数据采集准备

本次数据采集使用的地形图采用国家基础地理信息中心提供的1:50 000数字化地形图, 投影类型为高斯—克吕格投影, 椭球参数为“北京54”, 高程基准为1985黄海国家高程基准。进一步结合1:200 000、1:250 000地质图, 编制地质草图, 所有子图号、岩石代号均按照《区域地质图图例》(GB/T 958—2015)进行标准化, 在此基础上编制工作部署图, 参考浙江地区岩石地层清理及前人研究成果, 初步划分野外填图单位,

并编制数字填图字典库,供野外地质调查参考使用。

2.2.2 数据采集

以数字化1:25 000地形图为底图,通过野外实际调查,在数字填图系统中标绘出地质点、地质界线及地质路线等点、线信息,初步建立数字填图(PRB)数据库。

地质点(P):坐标信息由GPS自动读取,在数字填图系统中填写地质点属性,包括露头、风化程度、填图单位、微地貌、点性、岩石名称和接触关系等。

地质路线(R):野外需要在系统中填写的地质路线属性,包括填图单位和岩石名称、R编号、方向、本站距离和累计距离。其中地质路线方向、本站距离、累计距离为系统自动读取。

地质界线(B):野外需要在填图系统中填写的地质界线属性,包括B编号、R编号、界线类型、接触关系、界线走向、界面倾向、界面倾角以及左右侧填图单位。

沿途所拍摄的照片(Photo)、绘制的素描(Sketch)、测量的产状(Attitude)、采集的标本(Sample)等信息,要在系统中录入相关信息并填写相关属性数据。

2.3 数据处理

将野外采集的各类原始数据资料导入电脑中,并在电脑上进行适当的补充整理。

(1)完善地质点填图单位、岩石名称和接触关系等信息,补充完善野外现象描述,注意岩石名称的一致性,待薄片鉴定结果完成后,结合野外岩石定名进行综合定名,并进行批注。

(2)对野外所采集的所有地质界线根据野外接触关系和岩层产状进行延长或缩短,最后对线进行光滑美化处理。统一地质界线的线型、颜色、线宽等参数(如地质界线线型为1,线颜色为1,线宽为0.2;断层界线线型为1,线颜色为6,线宽为0.25)。同时完善地质界线描述,对两侧岩性接触关系做出明确判定并提供相关地质证据。

(3)统一设置地质路线的线型、颜色、线宽等线参数(线型为2,线颜色为7、线宽为0.15),然后对线进行光滑处理,随后对路线进行重新计算,修正方位角和距离信息。最后对路线内容进行补充完善,包括沿途地质体出露情况、地质体岩性组成及变化特征等。

(4)对补充完善路线中所采集的照片、样品、素描、产状等要素属性信息,如照片的内容、详细说明等,样品的岩性、采样层位等,素描的名称、比例尺、素描图等,产状的走向、倾向、倾角、产状类型、填图单位等。所有要素的编号根据所属地质点按1、2、3等进行统一顺序编号。

2.4 图件编制

2.4.1 野外总图库(图幅PRB库)

在形成野外总图库之前应详细检查野外手图库中的每条地质路线和地质剖面。然后将地质路线和地质剖面统一入库,生成野外总图库数据库,检查所有地质要素的属性结构。

2.4.2 实际材料图库

实际材料图是用点、线、面的空间实体在地形图上表示地质点、地质界线、分段路线、地质体、样品、产状、GPS点等各种地质要素分布密度的一种重要的原始资料地质图件。实际材料图继承野外总图库中野外路线、剖面等实体观测数据点、线采集层及标注图层,同时自动生成点要素(Geolabel.wt)、线要素(Geoline.wl)、区要素(Geopoly.wp)

这3个文件。

首先在 Geoline.wl 线文件中形成地质体界线,地质体界线包括用于建立拓扑构造区的地质体界线、断层界线、岩性岩相界线以及内图框、面状水体等地质界线。地质体界线形成后通过拓扑可形成地质体面实体。地质体面实体形成后,还要对不同地质体根据属性进行统一着色,根据相关标准规范对地质体不同类型界线线型及对应参数进行修改,按规范对地质体代号进行标注,对图廓外进行整饰,重点是图例的完善。

2.4.3 编稿原图

在编稿原图基础上将4幅1:25 000实际材料图进行入库,形成儒岙镇幅1:50 000编稿原图库。在形成编稿原图后需要进行全面性、规范性、标准化整理。具体包括:地质体界线图层、地质体面图层、产状图层、地质体标注等图层及文件的整理流程。

2.4.4 空间数据库

将儒岙镇幅1:50 000编稿原图库入库到成果数据库中,形成1:50 000地质图空间数据库,包括地理要素、地质要素和图面整饰3部分,并划分为如下图层:地质体图层、地质界线图层、水系图层、居民地图层、境界线图层、地质体图层、脉岩图层、产状符号图层和其他图元图层。

成果数据库建设内容和有关要求将依据《数字地质图图层及属性文件格式》(D/Z 0197—1997)等标准进行图形库和属性库等的建设,参照《地质图用色标准及用色原则》(DZ/T 0179—1997)、《区域地质图图例》(GB/T 958—2015)等标准确定用色及图饰、图例、符号等的表达。

2.4.5 编制各类角图

儒岙镇幅(H51E016004)1:50 000地质图主要角图包括:综合地层柱状图、火山岩相构造图、图切剖面、大地构造位置图和其他角图(图2)。

(1) 综合地层柱状图:对地质图中岩石地层单元的组合特征进行详细表达。系统梳理图幅内各填图单元的地层层序、岩石组合特征、厚度、时代等。

(2) 火山岩相构造图:火山岩相构造图主要是为了能够充分反映图幅内火山构造(火

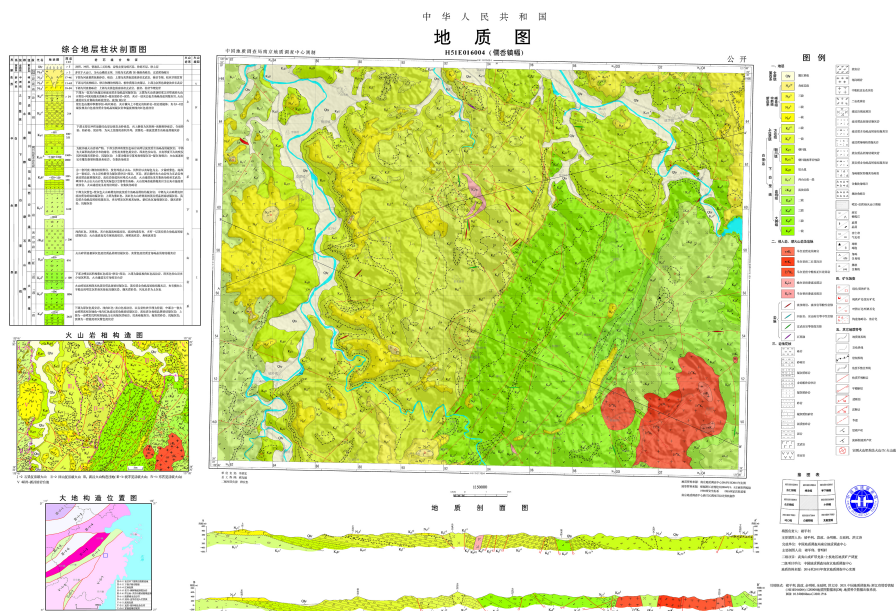


图2 浙江儒岙镇幅(H51E016004)1:50 000地质图示意图

山机构)类型、空间组合样式、以及各火山机构喷发产物的空间分布范围,着重表达不同火山机构内火山岩相-岩性的类型及范围。

(3)图切剖面:为了能充分反映图幅内总体构造格架,展示了2条穿过主要火山机构和地质构造的图切剖面,分别显示出中生代下火山岩系火山岩、上火山岩系火山-沉积岩、中生代侵入岩、新生代火山岩时空分布规律以及地质构造特征。主要采用“标准剖面线型+标准代号”进行表达,并在相应的位置标注花纹、代号及接触关系等。

(4)接图表:标注与儒岙镇毗邻的1:50 000地质图的图名和图幅代号,便于检索相邻图幅信息。

3 数据样本描述

3.1 数据类型

实体类型名称:点(.wt)、线(.wl)、面(.wp)。

点实体:各类地质体代号、岩性花纹、产状等。

线实体:地质界线、道路、河流等。

面实体:地质体等。

3.2 图层内容

地质图内容包括地质体(沉积岩、火山岩、侵入岩、第四系)、地质界线、地质体产状、各类代号等。角图和图饰内容包括综合地层柱状剖面图、火山岩相构造图、图例、大地构造位置图、地质剖面图、接图表等。

3.3 数据属性

浙江儒岙镇幅1:50 000地质图数据库包括基本要素类和综合要素类数据库(表2)。其中要素数据库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。

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。晚白垩世沉积岩地质体面实体属性表见表3。

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。

照片(_PHOTOGRAPH):照片编号、照片题目、照片说明、子类型标识。

素描(_SKETCH):素描编号、素描题目、素描说明、子类型标识。

产状(_ATTITUDE):产状类型代码、产状类型名称、走向、倾向、倾角、子类型标识。

样品(_SAMPLE):样品编号、样品类型代码、样品岩石名称、子类型标识。

河、水库岸线(_LINE_GEOGRAPHY):图元类型、图元名称、子类型标识。

标准图框(内图框)(_MAP_FRAME):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。

脉岩(_DIKE):脉岩名称、脉岩符号、岩性、颜色、结构、构造、主要及次要矿物及含量、与围岩接触面走向、与围岩接触面倾向、倾角、形成时代、子类型标识。

表2 地质图空间数据库数据属性表

数据类型	名称	标准编码	数据项属性
基本要素类	地质体面实体	_GEOPOLYGON	地质体面实体标识号, 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
	地质界线	_GEOLINE	要素标识号, 地质界线代码, 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
	产状	_ATTITUDE	要素标识号, 产状类型名称代码, 产状类型名称, 走向, 倾向, 倾角, 子类型标识
	样品	_SAMPLE	要素标识号, 样品编号, 样品类型代码, 样品类型名称, 样品岩石名称, 子类型标识
	照片	_PHOTOGRAPH	要素标识号, 照片编号, 照片题目, 照片说明, 子类型标识
	素描	_SKETCH	要素标识号, 素描编号, 素描题目, 素描说明, 子类型标识
	火山口	_CRATER	要素标识号, 火山口名称, 火山口大小, 火山口产出的地质体单位及代号, 火山口类型, 火山口岩石类型, 火山口形成时代, 子类型标识
	同位素测年	_ISOTOPE	要素标识号, 样品编号, 样品名称, 年龄测定方法, 测定年龄, 被测定出地质体单位及代号, 测定分析单位, 测定分析日期, 子类型标识
综合要素类对象类	河、湖、海、水库岸线	_LINE_GEOGRAPHY	要素标识号, 图元类型, 图元名称, 子类型标识
	标准图框 (内图框)	_MAP_FRAME	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
	脉岩	_DIKE	脉岩分类代码, 脉岩名称, 脉岩符号, 岩性, 颜色, 结构, 构造, 主要及次要矿物及含量, 与围岩接触面走向, 与围岩接触面倾向, 倾角, 形成时代, 子类型标识

表3 晚白垩世沉积岩地质体面实体属性表

数据项名称	标注编码	数据类型	内容描述实例
地质体面实体标识号	FEATURE_ID	Character	AH51E016004000001005
地质体面实体类型代码	FEATURE_TYPE	Character	K2f@2
地质体面实体名称	GEOBODY_NAME	Character	晚白垩世永康群方岩组二段
地质体面实体时代	GEOBODY_ERA	Character	K2f@2
地质体面实体下限年龄值	GEOBODY_AGE1	Double	/
地质体面实体上限年龄值	GEOBODY_AGE2	Double	/
子类型标识	SUBTYPE	Integer	0

注: \$代表下标, @代表上标。

4 数据质量控制和评估

浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1:50 000 区域地质调查按照《1:50 000 区域地质调查技术要求》(DD 2019—01) 的填图精度标准执行。路线布置中, 根据野外地质实体具体特征, 以不平均使用工作量为原则, 对重点地区 (火山机构典型地区) 适当增加野外调查路线密度, 对一般地区 (岩性和构造简单) 路线适当稀疏。其中地质点或地质界线采集以充分控制地质体接触关系、重要构造边界、特殊岩性 (集块角砾岩等) 等重要地质界线为原则。

浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1:50 000 区域地质填图共完成路线总长度 629 km, 各类地质点 928 个, 地质界线 1107 个, 平均 682 m 路线含一个地质点, 平均 312 m 路线含一个地质点或地质界线; 样品采集 155 件, 产状采集 527 个, 素描图 72 张, 照片 1002 张, 填图精度达到 1:50 000 地质填图的具体要求。野外采用数字填图仪实地采集数据, 手图采用 1:25 000 数字化地形图。工作中对直径大于 50 m 的闭合地质体, 宽度大于 25 m、长度大于 50 m 的线状地质体, 长度大于 250 m 的断层均进行了填绘, 对火山机构中特殊的地质体不足填图尺寸的进行放大表示, 路线间距及各项工作均达到了总体工作要求。

野外地质调查过程中, 建立中国地质调查局南京地质调查中心、二级项目及部门、子项目组三级质量管理体系, 严格按照设计书和有关规范开展工作。项目进行过程中开展不间断的自检、互检和抽检。自检、互检率均为 100%, 项目负责人抽检率均达 30%, 各级质量检查均有文字记录。

浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1:50 000 区域地质填图数据库建设工作内容齐全, 描述清晰。提交的数据库原始资料数据库结构与数据库建设标准一致, 数据关联关系正确, 数据录入符合《数字地质图空间数据库标准》(DD 2006—06) 技术要求。数据完整、准确、图库一致性高、空间位置定位准确, 元数据录入符合要求, 成果数据详实可靠。

中国地质调查局南京地质调查中心于 2019 年 1 月在江苏省南京市组织有关专家对该图幅在内的地质调查项目进行了成果报告验收, 评定结果为优秀级。

5 数据价值

浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1:50 000 地质图是中国地质调查局开展新一轮地质调查工作的成果, 是陆相火山岩区智能填图试点调查图幅。该图幅按照《1:50 000 区域地质调查技术要求》(DD 2019—01) 要求, 运用数字化、智能化填图手段, 结合遥感解译, 通过野外路线调查、实测剖面等工作, 精细填绘出新生代火山岩火山机构及其喷发产物类型和特征, 通过岩流单元、特殊地质体的填绘, 清晰表达了新生代火山岩火山机构中心及其喷发产物的空间展布, 重塑了火山活动历史。通过详细的野外调查, 在中生代上火山岩系中鉴别出东茗复活破火山, 该破火山以磕山—乌龟山—大尖岗火山通道为中心, 火山—沉积岩层围斜内倾分布, 环状、放射状断裂及岩脉发育, 其火山活动先后经历了沉积夹小规模喷发、大规模喷发、破火山口沉陷、晚期复活 4 个演化阶段。

儒岙镇幅数据库的建立可为东南沿海陆相火山岩区的地层划分对比、火山岩基础研究、以及嵊州地区的地质找矿工作提供基础数据支撑, 有效提升东南沿海陆相火山岩的研究水平。

6 结论

(1) 浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1:50 000 地质图工作详细查明了工作区中—新生代火山岩火山机构类型与范围、火山岩相及火山岩性特征, 划分出 3 个 I 级火山构造、4 个 II 级火山构造、13 个 III 级火山构造, 识别出 9 种不同类型的火山岩相。系统反映了浙江嵊州地区中—新生代火山岩火山机构类型与范围、火山岩相—岩性特征。

(2) 通过详细的野外调查, 鉴别出东茗复活破火山, 该破火山以磕山—乌龟山—大尖岗火山通道为中心, 火山—沉积岩层围斜内倾分布, 环状、放射状断裂及岩脉发育, 其火山活动先后经历了沉积夹小规模喷发、大规模喷发、破火山口沉陷、晚期复活 4 个演

化阶段。

(3) 浙江儒岙镇幅 (H51E016004) 1:50 000 地质图数据库的建立可为东南沿海陆相火山岩区的地层划分对比、火山岩基础研究和嵊州地区的地质找矿工作提供基础数据支撑,有效提升东南沿海陆相火山岩的研究水平。

致谢: 浙江儒岙镇幅 1:50 000 地质图数据库是集体劳动的结晶,在野外地质调查和地质图数据库的建立过程中,得到多位专家的大力指导与帮助,在此代表项目组向各位专家致以诚挚的谢意!

参考文献

- Deng Jinfu, Mo Xuanxue, Zhao Hailing, Wu Zongxu, Luo Zhaohua, Su Shangguo. 2004. A new model for the dynamic evolution of Chinese lithosphere: 'continental roots-plume tectonics'[J]. *Earth-Science Reviews*, 65(3-4): 223-275.
- Gilder SA, Gill J, Coe RS, Zhao XX, Liu ZW, Wang GX, Yuan KR, Liu WL, Kuang GD, Wu HR. 1996. Isotopic and paleo magnetic constraints on the Mesozoic tectonic evolution of south China[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 101(B7): 16137-16154.
- Hsü Kenneth J, Shu Sun, Li Jiliang, Chen Haihong, Pen Haipo, Ali Mehmet Celal Sengor. 1988. Mesozoic overthrust tectonics in south China[J]. *Geology*, 16: 418-421.
- Jahn BM, Zhou XH, Li JL. 1990. Formation and tectonic evolution of Southeastern China and Taiwan: Isotopic and geochemical constraints[J]. *Tectonophysics*, 183(1-4): 145-160.
- Lapierre H., Jahn B.M., Charvet J., Yu Y.W. 1997. Mesozoic felsic arc magmatism and continental olivine tholeiites in Zhejiang Province and their relationship with the tectonic activity in southeastern China[J]. *Tectonophysics*, 274(4): 321-338.
- Li Xianhua. 2000. Cretaceous magmatism and lithospheric extension in Southeast China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(3): 293-305.
- Li Xianhua, Chung Sunlin, Zhou HW, Lo Chinghua, Liu Ying, Chen Changhua. 2004. Jurassic intraplate magmatism in southern Hunan-eastern Guangxi: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, geochemistry, Sr-Nd isotopes and implications for the tectonic evolution of SE China[J]. *Geological Society London Special Publications*, 226(1): 193-215.
- Liu Liang, Hu Ruizhong, Zhong Hong, Tang Yanwen, Yang Jiehua, Li Zhen, Zhao Jiaolong, Shen Nengping. 2018. New constraints on the Cretaceous geodynamics of paleo-Pacific plate subduction: Insights from the Xiaojiang-Beizhang granitoids, Zhejiang Province, Southeast China[J]. *Lithos*, 314-315: 382-399.
- Wang Guochang, Jiang Yaohui, Liu Zheng, Ni Chunyu, Qing Long, Zhang Qiao, Zhu Shuqi. 2016. Multiple origins for the Middle Jurassic to Early Cretaceous high-K calc-alkaline I-type granites in northwestern Fujian province, SE China and tectonic implications[J]. *Lithos*, 246-247: 197-211.
- Yang Yulong, Ni Pei, Yan Jun, Wu Changzhi, Dai Baozhang, Xu Yingfeng. 2017. Early to late Yanshanian I-type granites in Fujian Province, SE China: Implications for the tectonic setting and Mo mineralization[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 137: 194-219.
- Zhou Xinmin, Sun Tao, Shen Weizhou, Shu Liangshu, Niu Yaoling. 2006. Petrogenesis of Mesozoic granitoids and volcanic rocks in South China: A response to tectonic evolution[J]. *Episodes*, 29(1): 26-33.

- 曹明轩, 褚平利, 段政, 余明刚, 陈荣, 范飞鹏, 邢光福. 2020. 华南中生代火山活动时空演化及其问题探讨[J]. 地质论评, 66(4): 795–812.
- 陈毓川, 王登红. 2012. 华南地区中生代岩浆成矿作用的四大问题[J]. 大地构造与成矿学, 36(3): 315–321.
- 陈毓川, 朱裕生. 1999. 中国矿床成矿系列图[M]. 北京: 地质出版社.
- 褚平利, 邢光福, 洪文涛, 段政, 余明刚, 杨祝良. 2017. 陆相火山岩区填图方法的实践—以浙江嵊州新生代玄武岩为例[J]. 地质通报, 36(11): 2036–2044.
- 丁保良, 李耀西, 汪迎平, 冯宁生, 张瑛, 闫永奎. 1999. 浙江白垩系的深化研究与新进展[J]. 火山地质与矿产, 20(4): 241–286.
- 刘皓, 王婵, 缪秉魁, 邓江红. 2015. 华南地区 Nb、Ta 稀有金属矿床演化过程浅析[J]. 矿物学报, 2015(S): 316.
- 刘远栋, 李翔, 徐磊, 陈美君, 刘凤龙, 陈小友. 2019. 浙南龙泉地区晚侏罗世火山岩的厘定及成因探讨[J]. 中国地质, 46(6): 1530–1546.
- 陆志刚, 陶奎元, 谢家莹. 1997. 中国东南大陆火山地质及矿产[M]. 北京: 地质出版社.
- 马之力, 李建华, 张岳桥, 董树文, 宋传中, 李勇. 2016. 浙江南部丽水盆地地层时代及构造演化[J]. 中国地质, 43(1): 56–71.
- 毛景文, 谢桂青, 程彦博, 陈毓川. 2009. 华南地区中生代主要金属矿床模型[J]. 地质论评, 55(3): 347–354.
- 陶奎元, 高天钧, 陆志刚. 1998. 东南沿海火山岩基底构造及火山—侵入作用与成矿关系[M]. 北京: 地质出版社.
- 陶奎元, 邢光福, 杨祝良, 毛建仁, 赵宇, 许乃政. 2000. 浙江中生代火山岩时代厘定和问题讨论[J]. 地质论评, 46(1): 14–21.
- 王德滋, 周金城. 2000. 中国东南部晚中生代花岗质火山—侵入杂岩特征与成因[J]. 高校地质学报, 6(4): 487–498.
- 谢桂青, 胡瑞忠, 赵军红, 蒋国豪. 2001. 中国东南部地幔柱及其与中生代大规模成矿关系初探[J]. 大地构造与成矿学, 25(2): 179–186.
- 谢家莹, 陶奎元, 尹家衡. 1996. 中国东南大陆中生代火山地质及火山—侵入杂岩[M]. 北京: 地质出版社. 1996: 1–277.
- 邢光福, 洪文涛, 张雪辉, 赵希林, 班宜忠, 肖凡. 2017. 华东地区燕山期花岗质岩浆与成矿作用关系研究[J]. 岩石学报, 33(5): 1571–1590.
- 邢光福, 吴振扬, 陶奎元, 伍世良, 陈荣, 姜杨, 李龙明, 余明刚. 2011. 香港国家地质公园粮船湾组火山岩岩石学研究[J]. 中国地质, 38(4): 1079–1093.
- 邢光福, 陶奎元, 杨祝良, 赵宇, 许乃政. 1999. 中国东南沿海中生代火山岩成因研究现状与展望[J]. 矿物岩石地球化学通报, 18(3): 189–193.
- 颜铁增, 俞云文, 陈江峰, 许兴苗, 汪建国, 蔡子华, 董尧鸿. 2005. 浙江省西北部白垩纪火山岩 Nd–Sr 同位素特征[J]. 中国地质, 32(3): 417–423.
- 俞云文, 徐步台. 1999. 浙江中生代晚期火山—沉积岩系层序和时代[J]. 地层学杂志, 23(2): 136–145.
- 周金城, 张海进, 俞云文. 1994. 浙江新昌早白垩世复合岩流中的岩浆混合作用[J]. 岩石学报, 10(3): 236–247.
- 周新民, 李武显. 2000. 中国东南部晚中生代火成岩成因: 岩石圈消减和玄武岩底侵相结合的模式[J]. 自然科学进展, 10(3): 240–247.