

卫俊杰, 靳建辉, 左昕昕, 等. 福建海岛型新石器遗址出土陶片的地球化学特征及其指示意义 [J]. 地理科学, 2023, 43(6): 1101-1112. [Wei Junjie, Jin Jianhui, Zuo Xinxin et al. Cultural exchange indicated by geochemical characteristic of pottery from neolithic island type sites in Fujian Province, China. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(6): 1101-1112.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2023.06.016

福建海岛型新石器遗址出土陶片的地球化学特征及其指示意义

卫俊杰¹, 靳建辉^{1,2}, 左昕昕^{1,2}, 范雪春^{3,4}, 王晓阳⁴,
危长福⁴, 任永青¹, 邱俊杰¹, 谭典佳¹

(1. 福建师范大学福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福建 福州 350007; 2. 福建师范大学东南环境考古中心, 福建 平潭 350400; 3. 平潭国际南岛语族研究院, 福建 平潭 350400; 4. 福建省考古研究院, 福建 福州 350001)

摘要: 福建平潭是华南地区新石器时期海岛型遗址的主要分布区之一, 也是南岛语族从福建向南太平洋岛屿传播的关键区域。该时期典型遗址出土的陶器作为最直接的文化遗存, 对于研究区域内文化交流和传播过程有重要作用。基于主成分分析和聚类分析方法, 以福建平潭海坛岛北部壳丘头遗址、东花丘遗址和龟山遗址出土陶片为研究对象, 分别测试了 10 件典型陶片和 52 个土壤样品的地球化学元素, 以此为基础分析区域内不同文化时期的史前文化交流特征。同时结合闽东沿海地区的地理环境演化和史前人类活动, 探讨这一文化交流特征产生的原因。结果表明: ① 陶片化学元素组成分析显示壳丘头、龟山、东花丘 3 个遗址的陶土原料和产源地离散性弱, 说明 3 个遗址在制陶取土环境上存在相似性; 但龟山遗址 D01 号陶片化学元素组成与剩余陶片和遗址土样存在较大差异。② 主成分和聚类分析结果指示出自壳丘头文化期至黄瓜山文化期平潭地区有人类活动范围扩大和文化交流增加的趋势。③ 海平面波动、史前人类文化的延续和陶器烧制技术的提高是福建沿海地区文化交流增加的原因。

关键词: 陶片; 化学元素; 文化交流; 主成分分析; 聚类分析; 福建平潭海坛岛

中图分类号: K872 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2023)06-1101-12

陶器不仅是器物文明的重要载体, 同时也是探讨器物背后所包含的政治、经济、文化和社会组织等人类活动痕迹的重要遗存^[1-2]。通过对陶器化学组成的分析, 可以确定烧制陶器的矿料类型和产地^[3-4]进而为研究史前人类活动提供依据。目前已有学者对国内甘青地区^[1,5-6]、山西陶寺遗址^[7-8]、成都金沙遗址^[9]、安徽凌家滩遗址^[10]等地的陶器进行了化学组成分析研究, 并以此为基础, 对出土陶器的原料类型、产地以及不同遗址间的早期文化交流和商业贸易行为做出了解释。

福建地区在新石器时代的气候比现在稍为温暖, 生物多样性丰富, 优越的自然条件, 为福建史前

人类提供了适宜的生存场所^[11]。已有研究发现, 闽东沿海地区的史前人类活动遗址分布广泛, 石器和陶器等文化遗存非常丰富, 且具有明显的海洋文明特征^[12]。近年来, 研究人员已从植物考古^[13]、年代学^[14-15]、时空分布^[16]等方面对闽东沿海的史前遗址做了一些工作, 丰富了该地区的考古年代序列和史前人类活动研究数据, 但针对出土陶器材料组分和来源的研究相对薄弱。

本研究以福建平潭海坛岛北部壳丘头遗址、龟山遗址和东花丘遗址的出土陶片为研究对象, 基于陶片的地球化学组成特征, 对 3 个遗址不同陶片的陶土类型和产源地进行了分析, 并对其反映出的区

收稿日期: 2022-03-06; **修订日期:** 2022-06-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(41301012, 42077407)、福建省自然科学基金项目(2020J01185)、福建师范大学创新团队项目(IRTL1705)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41301012, 42077407), Natural Science Foundation of Fujian Province (2020J01185), Fujian Normal University Innovation Team Project (IRTL1705).]

作者简介: 卫俊杰(1998—), 男, 山西沁县人, 硕士研究生, 主要从事环境考古研究。E-mail: jj_wei1006@163.com

通信作者: 靳建辉。E-mail: geojjh@fjnu.edu.cn

域文化在不同文化时期的交流特征及其原因进行了探讨, 以期为史前闽东沿海地区内跨区文化交流提供新的证据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

海坛岛位于 $119^{\circ}32'E\sim 120^{\circ}10'E$, $25^{\circ}15'N\sim 25^{\circ}45'N$, 是福建省第一大岛, 属亚热带季风气候, 雨热同期, 生物种类丰富^[17]。海坛岛最高高程不超过 460 m, 以低地丘陵和洼地滩涂为主要地貌类型, 岛内土壤以红壤为主, 滨海滩涂主要为风沙土, 总体上呈现出土层稀薄, 养分含量少的特点^[18-19]。温暖适宜的气候, 丰富的海洋生物多样性, 农业种植在地貌和土壤条件上的局限性, 促成了海坛岛海洋文明的诞生和发展。

目前海坛岛已发现 26 处史前遗址, 时间跨越旧石器时代至青铜时代, 形成了相对完整的史前文化谱系^[12]。壳丘头遗址位于平潭县平原镇北面的山显美村路边(图 1), 出土陶器夹砂陶占比 90% 以上,

其中灰陶比例较大, 次为灰黑陶^[20], 以其命名的壳丘头文化被认为是福建省目前已知最早的考古文化期, 年代范围为 6.5—5.5 ka B.P.^[21-22]。龟山遗址位于平原镇上攀村村委会西南约 200 m 处, 初步确定为新石器时代晚期——青铜时代早期遗址, 出土陶器以夹砂陶居多, 其中夹砂灰黄陶占比超过 1/2, 次为部分泥质硬陶和少量原始瓷^[23-24], 属福建省霞浦县黄瓜山遗址为代表遗存的黄瓜山文化, 年代范围为 4.3—3.5 ka B.P.^[21]。东花丘遗址位于壳丘头遗址的东北部, 距壳丘头遗址直线距离约 200 m, 为一处较为平坦的台地, 出土陶器以夹砂陶为主, 此外有少量泥质灰色硬陶, 为青铜时代遗址, 属黄瓜山文化, 但在考古时间序列上认为晚于龟山遗址^[23]。3 个遗址在时间序列上有一定的顺序性。

1.2 材料选取

研究样品来自福建平潭地区东花丘遗址、壳丘头遗址和龟山遗址等 3 个典型新石器遗址。其中壳丘头遗址陶片来源于 1985 年的考古发掘材料; 东花丘遗址和龟山遗址陶片来源于 2017—2019 年海

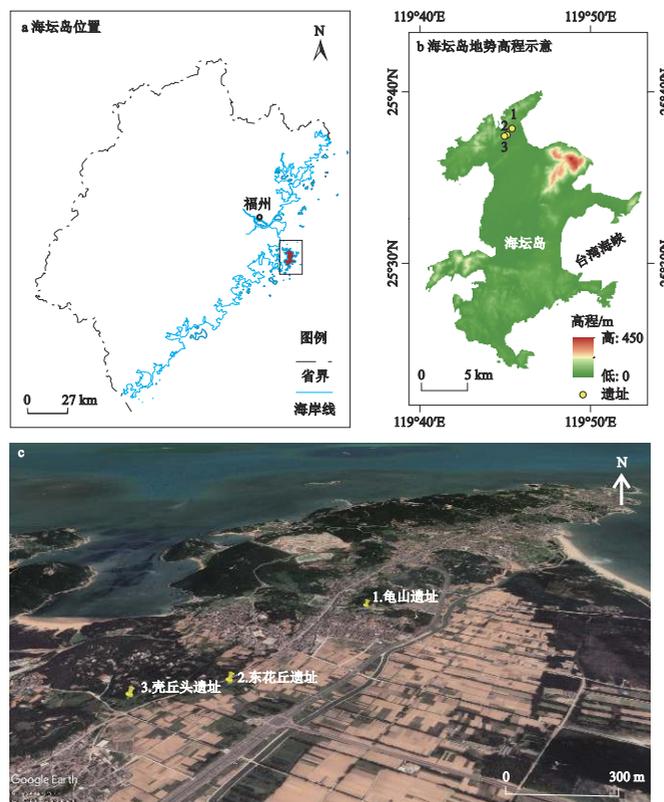


图 1a 据审图号 GS(2017)1267 号的标准地图制作, 底图无修改。图 1b、c 数据分别来自地球空间数据云 (<https://www.gscloud.cn/>) 和谷歌地球 (<http://earth.jszplw.cn/>)

图 1 福建平潭海坛岛东花丘遗址、龟山遗址和壳丘头遗址地理位置

Fig.1 Location of the Donghuaqiu site, Guishan site and Keqiantou site in Haitan Island, Pingtan of Fujian, China

坛岛史前遗址调查采集的材料。以龟山遗址 TS3W10(考古发掘探方名称)为例,第 4 层为黄灰色细砂土,土质疏松,该层位出土陶器以夹砂陶为主,次为印纹硬陶,同时发现有永春苦寨坑窑址流传至此的原始瓷^[24]。故在龟山遗址 TS3W10 第 4 层位,以网格化平行采样方式采集 52 个土样(编号为 GS-S1~GS-S52),并在同一层位挑选龟山遗址黄瓜山文化期代表性印纹硬陶(D01)和夹砂陶(D02)各一件与土样进行对比分析。3 个遗址共计采集 10 件陶片,另龟山遗址采集 52 个土样(表 1,图 2)。

1.3 研究方法

从陶片样本上刮取 10 g 样品,研磨过 200 目筛,然后取研磨后 4 g 样品与四硼酸锂($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)混合进行压片。压制后的样品使用帕纳科 Epsilon 3 XLE X 射线荧光光谱仪测定样品的常量元素丰度,标样选用国家一级土壤标样,相对标准偏差小于 5%,测试结果用质量分数(%)表示。所有微量元素待测样品先称量 0.04 g 样品于特氟龙容器中,加入 0.5 mL 硝酸(HNO_3)和 1 mL 氢氟酸(HF)(纯度均为电子级)后密封放入高压消解罐中,置入烘箱内加热至 150℃ 消解 15 h。待消解罐冷却后,取出特氟龙容器置于 150℃ 加热板上,加入 0.25 mL 高氯酸(HClO_4)(优纯级)蒸至近干,此时再加入 1 mL HNO_3 (电子级)和 2 mL 超纯水,密封后再次置入烘箱 150℃ 消解 15 h。冷却后将消解的样品用超纯水稀释待上机测试。测样仪器为 Thermo Fisher 公司 X-Serie II 型 ICP-MS 质谱仪,相对标准偏差小于 5%,测量结果(丰度)以质量分数(mg/kg)表示。以上测试过程均在福建师范大学福建省亚热带资源与环境重点实验室完成。本研究对东花丘遗址、壳

丘头遗址和龟山遗址累计 8 件陶片(KQT1、KQT2、GS1、GS2、GS3、D01、D02、DHQ-H4、DHQ-H9 和 DHQ-H15)的 Al、Fe、Si、Na、Mg、Ca、K、P、S、C、Ti、V、Co、Ni、Cr、Mn、Cu、Zn、As、Pb、Ba、Rb、Br、Sr、Y、W、Zr、Bi、Mo 共 29 种常量和微量元素,以及 2 件龟山遗址陶片样本(D01 和 D02)和 52 个土壤样本的 Sc、V、Cr、Co、Ni、Rb、Y、Nb、La、Ce、Pr、Nd、Gd、Sm、Eu、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Hf、Tl、Pb、Th、U 共 27 种微量元素含量进行了测定。

主成分分析法是通过降维的方式将原来多个变量重新组合成一组新的互相无关的综合变量,同时根据需要从中可以选出几个综合变量尽可能多来反映原来变量的信息的统计方法^[10]。聚类分析是将数据分类到不同的类或簇以反映多个变量之间的相似和相异性的方法^[25]。陶片的常量元素组成可以反映陶土类型的差异,微量元素尤其是稀土元素对于陶土材料的产源地示踪敏感^[3-4]。基于陶片和土壤样本化学元素测定结果,利用主成分分析和聚类分析方法来反映陶片间元素组成的相似和相异性,以实现不同陶片的陶土类型和产源地的区分。数据主成分分析在 Origin 2018 软件中完成,聚类分析在 IBM SPSS Statistics 21.0 软件中完成。

2 结果与讨论

东花丘、壳丘头、龟山遗址的 8 件陶片化学元素和龟山遗址 2 件陶片、52 个土壤样本微量元素测定结果分别见表 2,图 3。

2.1 出土陶片的元素丰度与区域环境元素丰度对比

对遗址出土的 8 件陶片的 29 种元素进行了测

表 1 壳丘头、龟山和东花丘遗址 10 件陶片信息

Table 1 The information of 10 pieces of pottery from the Kequtou site, Donghuaqiu site, and Guishan site

陶片编号	出土单位	胎质	纹饰	文化期	出土遗址	经度(E)	纬度(N)
KQT1	T403(6层)	夹粗砂灰陶	无	壳丘头文化	壳丘头遗址	119°45'13"	25°37'13"
KQT2		夹粗砂灰黑陶	无	壳丘头文化	壳丘头遗址	119°45'13"	25°37'13"
GS1	TS2W10(3层)	夹粗砂灰黄陶	无	黄瓜山文化	龟山遗址	119°45'41"	25°37'42"
GS2		夹粗砂灰黑陶	绳纹	黄瓜山文化	龟山遗址	119°45'41"	25°37'42"
GS3		泥质硬陶	绳纹	黄瓜山文化	龟山遗址	119°45'41"	25°37'42"
D01	TS3W10(4层)	泥质硬陶	压印纹	黄瓜山文化	龟山遗址	119°45'41"	25°37'42"
D02		夹粗砂灰黄陶	无	黄瓜山文化	龟山遗址	119°45'41"	25°37'42"
DHQ-H4	TG2(4层)	夹粗砂灰黄陶	无	黄瓜山文化	东花丘遗址	119°45'20"	25°37'19"
DHQ-H9		泥质硬陶	云雷纹	黄瓜山文化	东花丘遗址	119°45'20"	25°37'19"
DHQ-H15		夹粗砂红褐陶	无	黄瓜山文化	东花丘遗址	119°45'20"	25°37'19"



a. 平潭壳丘头夹砂陶(图中上方及左下为 KQT1, 右下 KQT2); b. 平潭龟山 GS1-夹砂陶; c. 平潭龟山 GS2-夹砂陶; d. 平潭龟山 GS3-硬陶; e. 平潭龟山 D01-硬陶; f. 平潭龟山 D02-夹砂陶; g. 平潭东花丘 DHQ-H4-夹砂陶; h. 平潭东花丘 DHQ-H9-硬陶; i. 平潭东花丘 DHQ-H15-夹砂陶

图 2 壳丘头、龟山和东花丘遗址陶片信息

Fig.2 The information of 10 pieces of pottery from the Keqitoutou site, Donghuaqi site and Guishan site in Pingtan

试,并计算了平均值(AVG)、标准偏差(STD)和变异系数(CV)(表 2),其中有 20 种元素丰度变异系数小于 0.5,说明遗址陶片在化学元素组成上存在相似性。剩余 9 种元素中, Mg、Cl、Co 和 Mo 变异系数均超过了 0.8,这可能与部分陶片测定结果为负值作 0 处理有关, Bi、Pb 等元素由于测定数值较低,故仪器测试灵敏度导致单个陶片的数值波动可能影响到最终变异系数值。陶器的元素差异主要由陶器原料和产地决定^[3-5],这说明 8 件陶片的陶土原料和产地存在一致性。将出土陶片的元素丰度与福建省海岸带和福建省土壤背景值^[26-28]对比发现,陶片的大部分元素丰度低于区域地球化学元素丰度(表 3)。这主要受区域成土母质和生物气候条件的影响。海坛岛内红壤主要由中生代早白垩系燕山运动晚期以花岗岩为主的侵入岩发育而来^[29],而花岗岩在成土过程中以硫化物形式存在的副矿物较其他矿物更易风化淋溶,造成土壤盐基物质的减少,所以其发育的土壤除 Al、Fe 等,在多数元素上丰度偏低^[30-31];此外,海坛岛地处亚热带季风区,受土壤 pH 值偏低、降水淋溶等影响,土壤中 Na、K、Ca、Mg 等碱金属元素和碱土元素易淋失,也会导致元素丰度偏低。通过陶片和福建沿海地区元素丰度对比分析,8 件陶片元素组成与福建省海岸带和福建省土壤背景值基本一致,结合陶片考古鉴定结果,

可以认为这 8 件陶片为海坛岛本地产出。

同时,我们对龟山遗址陶片与区域土壤的微量元素丰度进行了对比(图 3)。在本研究测得的 27 种微量元素中, Rb 的平均质量分数最高,达到了 80.55 mg/kg; Tm 的平均质量分数最低,仅为 0.22 mg/kg。总体上看,龟山遗址陶片和土壤微量元素丰度偏低,仅有 V、Cr、Rb 和 Ce 4 种元素平均质量分数超过 20 mg/kg; Sc、V、Cr、Co 和 Ni 5 种元素变异系数超过了 0.4,分异程度较大,剩余元素分异程度较小。结合元素测定结果和箱线图发现,图 3 中出现的异常值大部分来自于 D01 号陶片,表明该陶片在微量元素丰度上与同遗址其他陶片和土壤存在较强离散性。

成土母质是稀土元素(REE)的主要来源,且在陶器烧制过程中,这些稀土元素基本上不会与外界发生交换,在元素组成上具有较好的稳定性,通过陶器稀土元素的组成和丰度可以用于示踪陶器的产地^[32-33]。将龟山遗址陶片和土壤稀土元素与福建省土壤背景值经球粒陨石标准化^[34]后的配分模式对比发现(图 4),龟山遗址陶片和土壤稀土元素与福建省土壤背景值配分曲线均表现为右倾负斜率形态,但 D01 号陶片在轻稀土元素丰度上明显高于福建省土壤背景值与龟山遗址其他陶片和土壤样本。此外, D01 号陶片 \sum REE 为 250.83 mg/kg,远高于

表 2 东花丘、壳丘头和龟山遗址陶片化学元素测定结果

Table 2 Chemical elements abundance of pottery from the Keqitoutou site, Donghuaqi site and Guishan site

项目	常量元素/%							微量元素/(mg/kg)							
	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	P	Ti	Cl	S	V	Co	Ni	Cr
DHQ-H4	55.92	13.86	2.66	0.48	0.36	0.79	0.01	1558.00	3924.00	128.00	48.80	54.30	1.50	15.90	38.60
DHQ-H9	56.97	16.43	2.43	0.22	0.12	1.00	0.24	310.00	5034.00	0.00.00	26.60	69.10	1.30	8.30	27.70
DHQ-H15	55.86	14.39	1.85	0.62	0.32	0.42	0.15	1353.00	3442.00	184.00	45.30	51.70	0.00	17.70	33.80
KQT1	59.45	12.12	1.61	1.51	0.39	0.98	0.00	2171.00	3554.00	72.00	39.00	49.20	1.10	16.60	35.80
KQT2	58.52	13.40	1.16	1.42	0.34	0.48	0.08	2331.00	3914.00	106.00	81.50	48.50	0.10	15.60	34.30
GS1	58.20	13.16	1.70	0.40	0.43	1.06	0.00	1844.00	4510.00	11.00	75.90	59.40	0.00	7.10	31.70
GS2	54.34	14.44	2.44	0.40	0.25	0.56	0.01	2948.00	4672.00	37.00	56.70	62.40	0.00	14.60	34.20
GS3	57.12	15.33	2.24	0.27	0.16	1.71	0.10	177.00	4647.00	0.00	36.30	70.60	2.90	12.00	26.10
AVG	57.05	14.14	2.01	0.67	0.30	0.88	0.07	1586.50	4212.13	67.25	51.26	58.15	0.86	13.48	32.78
STD	1.55	1.25	0.48	0.48	0.10	0.39	0.08	900.51	543.48	63.22	17.94	8.09	0.98	3.69	3.87
CV	0.03	0.09	0.24	0.72	0.35	0.45	1.11	0.57	0.13	0.94	0.35	0.14	1.13	0.27	0.12

项目	微量元素/(mg/kg)													
	Mn	Cu	Zn	As	Pb	Ba	Rb	Br	Sr	Y	W	Zr	Bi	Mo
DHQ-H4	142.00	10.00	35.10	8.56	17.70	440.00	57.60	8.77	81.00	13.10	4.20	118.90	0.90	0.03
DHQ-H9	154.00	6.20	61.00	4.16	28.30	274.00	78.80	6.99	41.00	16.20	4.90	192.80	0.00	0.00
DHQ-H15	64.00	18.30	47.90	9.98	11.00	283.00	46.30	13.20	69.00	11.20	3.20	69.40	0.58	0.19
KQT1	80.00	17.10	37.20	12.75	16.00	807.00	50.20	8.54	210.00	18.70	2.20	130.90	0.60	0.00
KQT2	55.00	13.50	39.40	13.55	14.00	897.00	46.20	7.57	238.00	15.80	2.70	99.90	0.76	0.14
GS1	124.00	16.30	36.20	7.02	13.50	375.00	47.00	13.71	73.00	15.90	3.40	97.00	0.30	0.40
GS2	94.00	12.30	45.00	10.11	13.60	300.00	49.80	18.14	60.00	18.30	2.60	92.90	0.67	0.17
GS3	101.00	11.80	61.30	4.92	54.50	418.00	125.70	1.18	56.00	25.80	4.20	187.30	0.00	0.27
AVG	101.75	13.19	45.39	8.88	21.08	474.25	62.70	9.76	103.50	16.88	3.43	123.64	0.48	0.15
STD	33.52	3.76	9.98	3.18	13.56	226.57	25.90	4.82	70.81	4.09	0.88	41.94	0.32	0.13
CV	0.33	0.28	0.22	0.36	0.64	0.48	0.41	0.49	0.68	0.24	0.26	0.34	0.67	0.88

注: 部分测定结果为负值, 已作0处理。AVG为平均值, STD为标准偏差, CV为变异系数。由于P和Ti元素测出限为mg/kg, 归入微量元素中研究。

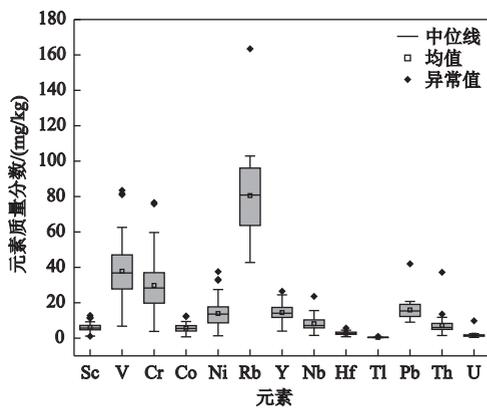


图 3 龟山遗址 D01 号、D02 号陶片与 52 个土壤样本微量元素质量分数

Fig.3 The box plot of trace elements ranges of pottery samples D01, D02 and 52 soil samples at the Guishan site

龟山遗址 D02 号陶片和土壤样本(93.59 mg/kg)及海坛岛风沙沉积物(37.27 mg/kg)^[35-36] 平均值。轻稀土总量/重稀土总量($\sum LREE/\sum HREE$), (Ce/Yb)N 可用于反映总稀土元素内部分异^[37], D01 号陶片 $\sum LREE/\sum HREE$ 值为 12.16, 高于龟山遗址 D02 号陶片和土壤样本(7.9)及海坛岛风沙沉积物(7.13)^[35-36] 平均值; D01 号陶片 (Ce/Yb)N 值为 12.08, 高于龟山遗址 D02 号陶片和土壤样本平均值 6.84, 说明 D01 号陶片与同遗址其他陶片和土壤样本存在不同源地, 为海坛岛外流入可能性极大。

2.2 聚类分析

本研究利用聚类分析方法分别对东花丘、壳丘头、龟山遗址 8 件陶片和龟山遗址 2 件陶片、52 个

表 3 出土陶片的化学元素丰度与福建海岸带和福建省土壤背景值对比

Table 3 Comparison of chemical elements abundance of pottery with the soil background value in Fujian coastal zone and Fujian Province

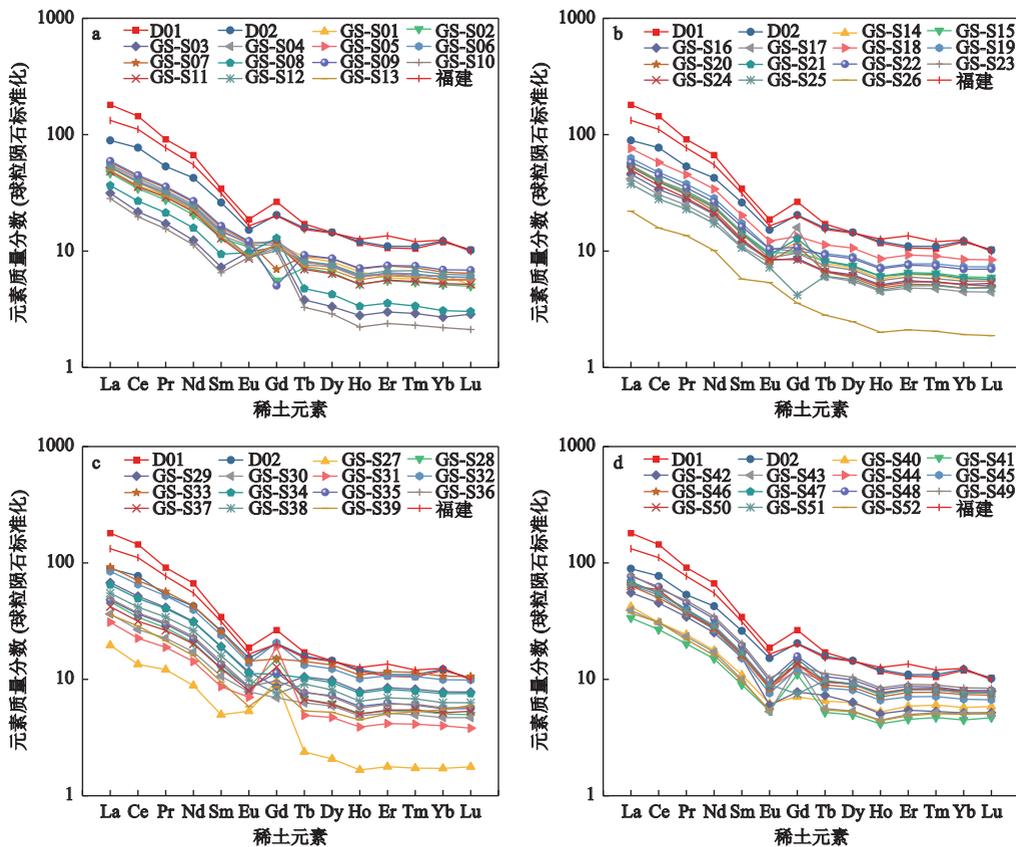
元素	Na	Al	Fe	K	Ti	V	Ni	Mn	Cr
陶片	0.30	14.14	2.01	0.88	4212.13	58.15	13.48	101.75	32.78
福建海岸	-	-	-	-	4200.00	65.10	12.20	290.00	35.60
福建	0.11	9.79	4.27	1.22	4200.00	78.30	13.50	280.00	41.30
元素	Cu	Zn	As	Ba	Rb	Br	Y	W	Zr
陶片	13.19	45.39	8.88	474.25	62.70	9.76	16.88	3.43	123.64
福建海岸	18.70	74.20	6.26	-	-	4.98	-	-	-
福建	21.60	82.70	5.78	300.00	140.00	9.73	25.10	3.56	300.00

注: Na、Al、Fe和K单位为%, 剩余元素单位为mg/kg; -为无数据。

土壤样本进行了分类。

对东花丘、壳丘头和龟山遗址 8 件陶片的常量和微量元素聚类分析结果见图 5。图 5a 结果显示, 壳丘头遗址 2 件陶片 KQT1、KQT2 与龟山遗址 GS1, 东花丘遗址 DHQ-H9 与龟山遗址 GS3, 东花丘遗址 DHQ-H4、DHQ-H15 与龟山遗址 GS2 分

属 3 个不同组别, 说明这 3 组陶片在陶土类型上分别具有相似性。图 5b 结果显示, 壳丘头遗址 2 件陶片, 东花丘遗址 DHQ-H4 与 DHQ-H15, DHQ-H9 与 GS3 分属不同类别, 说明这 3 组陶片可能分别存在相同的取土源地。8 件陶片常量元素和微量元素聚类分析分析结果表明, 壳丘头遗址 2 件陶片



a. GS-S01~GS-S13; b. GS-S14~GS-S26; c. GS-S27~GS-S39; d. GS-S40~GS-S52

图 4 龟山遗址陶片和土壤稀土元素球粒陨石标准化配分曲线与福建土壤背景值对比

Fig.4 Comparison of chondrite-normalized rare earth elements (REE) distribution pattern of the pottery and soil of the Guishan site with the soil background value in Fujian Province

在以常量和微量元素的聚类中均属于同一组别,说明平潭地区在壳丘头文化期陶土来源单一;而龟山遗址和东花丘遗址的陶片在以常量和微量元素的聚类中存在离散性,说明这 2 个遗址的陶土来源存在异源性,结合陶片元素丰度结果分析,这可能由于陶土即使取自同一地区也可能出现元素质量分数的波动所致。此外稀土元素特征也表明,遗址土壤 ΣREE 值(92.58 mg/kg)明显高于海坛岛风沙沉积物平均值(37.27 mg/kg),说明两者在土壤环境上存在差异性,并且壳丘头、东花丘和龟山遗址之间相距不超过 1 km,所以海坛岛遗址土壤环境区别于海坛岛风沙沉积物。

图 6 为龟山遗址陶片和土壤样本以微量元素丰度为分类依据的聚类分析结果。图 6 结果表明, D01 号陶片依旧与龟山遗址其他陶片和土壤样本表现出强离散性,这与稀土元素特征对比结果一致,也说明在黄瓜山文化期间平潭地区存在与外部文化区进行文化交流的可能。

2.3 主成分分析

龟山遗址陶片和土壤样本微量元素主成分分析结果见图 7。结果表明在两个主成分上, D01 号陶片都显示出与遗址同层位其他陶片和土壤样本的强离散性,这也与聚类分析结果一致,说明 D01 号陶片所代表的龟山遗址典型印纹硬陶极可能为外部地区流入,进一步证实了在黄瓜山文化期平潭地区与岛外文化区存在交流的可能。其次, D02 号陶片和 GS-S32 和 GS-S33 土壤样本有小范围聚类产生,说明 D02 号陶片所属陶器为本地陶土烧制,且陶土原料地球化学元素与 GS-S32 和 GS-S33 所代表的

土壤较为接近。

2.4 陶片地化元素特征指示的区域史前文化交流

上述结果分析与讨论可以明确,自壳丘头文化期至黄瓜山文化期,福建平潭地区古人类的活动范围不断扩大,并出现了文化交流增多的趋势。这种趋势出现的原因是什么?本文结合闽东沿海地区地理环境演变过程和史前人类活动进行了探讨。

全新世中期的 6.1—5.6 ka B.P. 时段闽东沿海地区为高海面时期,平均超出现在海面 5 m,该地区仅有零星海岛和沿海高地出露海面^[38-39]。同期壳丘头文化下的壳丘头遗址地处海拔较高的坡地,虽出露海面,但古人类的活动范围依旧受限。聚类分析结果显示,壳丘头 2 件陶片呈现出聚类特点,这表明壳丘头遗址陶器制作表现出明显的地域性,此外壳丘头遗址与金门富国墩遗址、闽侯县县石山遗址下层等同时期遗址相对距离较远,考虑到当时交通运输条件的局限性,说明海平面上升成为这一时期闽东沿海地区古人类文化交流的主要阻碍因素之一。5.0—4.0 ka B.P., 闽东沿海地区海平面逐渐下降至现在高度,甚至低于现今海平面^[38-39], 这为同时期闽东沿海地区人类活动范围的扩大和陆岛间文化交流创造了良好的自然条件。此外,前文研究结果显示龟山遗址和东花丘遗址陶片的陶土来源有异源性特点,这也说明在海平面下降期间平潭地区古人类的活动范围的扩大。龟山遗址 D01 号陶片与同遗址其他陶片和土壤样本的稀土元素丰度分析结果表明这一时期平潭地区存在不同区域文化的交流。龟山遗址出土的原始瓷为永春苦寨坑窑址产品流通至闽江流域提供了实证,也表明黄瓜山文化期闽东沿海

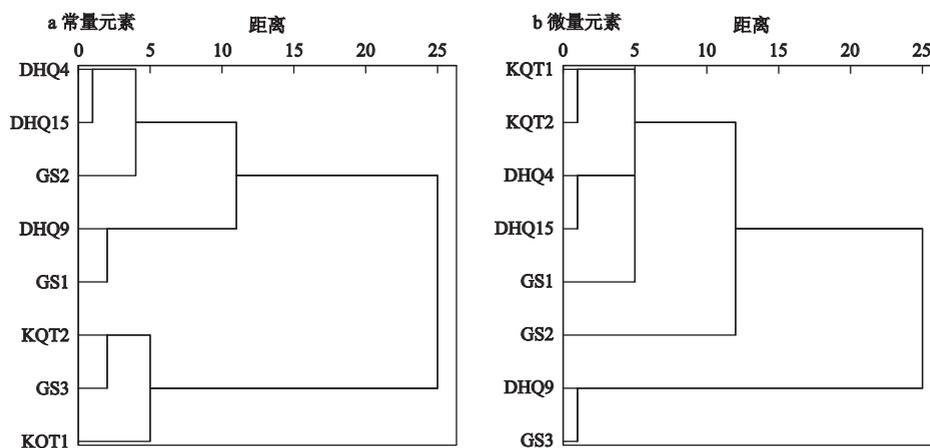


图 5 出土陶片常量元素和微量元素聚类分析

Fig.5 Cluster analysis of major and trace elements in unearthened pottery

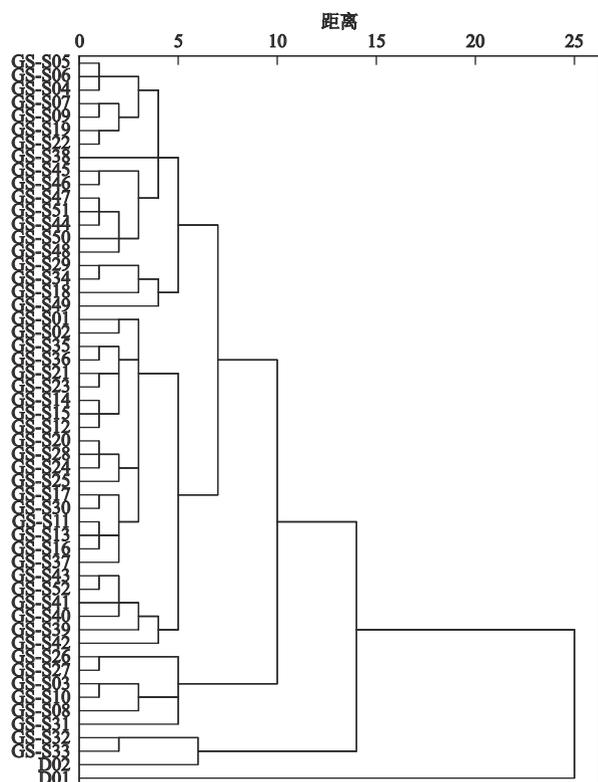


图 6 龟山遗址陶片和土壤样本微量元素聚类分析

Fig.6 Cluster analysis of trace elements in unearthed pottery and soil samples at the Guishan site

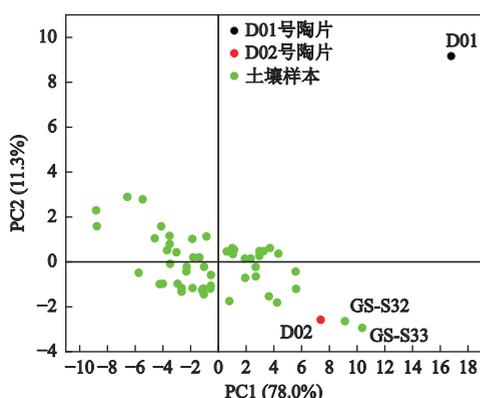


图 7 龟山遗址陶片和土壤样本微量元素主成分分析

Fig.7 PCA of trace elements in unearthed pottery and soil samples at the Guishan site

地区内存在跨区文化交流现象。结合平潭地区壳丘头遗址、龟山遗址和东花丘遗址陶器纹饰研究发现,壳丘头遗址以弦纹、贝齿纹和绳纹为主,其中贝齿纹数量显著多于同期闽江下游地区昙石山遗址下层^[20,40],显示出独特的土著海洋文化特色;至新石器晚期至青铜时期龟山遗址和东花丘遗址出现拍印或压印云雷纹、网格纹等^[23-24],其呈现出同闽江下游地

区黄瓜山文化相同的纹饰特征,表明受到了外来文化的影响。这表明闽东沿海地区海平面波动限制了该地区古人类活动的范围和不同文化区间的交流规模。

在文化的连续性和传承性上,壳丘头遗址年代为 6.5—5.5 ka B.P.,属壳丘头文化期遗址^[41-42];龟山遗址和东花丘遗址均为 2015—2017 年新发现的史前人类活动遗址,属黄瓜山文化期遗址^[23]。以福建省闽侯县昙石山遗址命名的昙石山文化已被证明是壳丘头文化的延续^[21],昙石山遗址下层出土的典型素面红衣夹砂陶和泥质磨光红陶,在壳丘头遗址中也有发现,同时两种文化陶器纹饰均以绳纹、条纹、刻划纹等为主^[43]。5.0—4.0 ka B.P.的海退期^[38-39],原本生活在坡地上壳丘头遗址的古人类,下移到坡地底部活动,逐步形成龟山和东花丘等新聚落,同时可能保留了原本的制陶取土地。这可以解释东花丘遗址、龟山遗址和壳丘头遗址 8 件陶片化学元素丰度特征存在相似性,但聚类分析结果显示东花丘遗址和龟山遗址陶土来源存在异源性的原因。对于更为精确地确定制陶材料源地,还需后续进一步的考古发掘或扩大与遗址及其周边地区的土壤地球化学元素分析。

在器物制作技术的传播上,福建沿海地区黄瓜山文化期多个遗址发现了大量同类型或具有相同特征的纺轮、贝制工具和陶支脚^[44-46]等器物,此外,部分遗址出土陶器在样式和纹饰上还体现出中原和浙南文化特征^[47-48],说明福建沿海地区在黄瓜山文化期器物制作技术的传播范围扩大,带来了区域文化交流的增多。龟山遗址 2 件陶片代表了该遗址两种典型的陶器物类型。从外观看,D01 号陶片为泥质印纹硬陶,质地坚硬、做工精美;D02 号陶片为夹砂灰黄陶,质地疏松,做工相对粗糙,并且在福建霞浦县黄瓜山遗址、闽侯县庄边山遗址上层等同期遗址均有出土同类型夹砂陶,结合与龟山遗址同层位土壤样本化学元素分析结果,可以确定 D02 号陶片所代表的夹砂陶类型为龟山遗址本地生产和使用。前文分析结果表明,D01 号陶片与龟山遗址本地陶片存在不同产地,为平潭地区外部文化区传入。昙石山文化受到闽江上游牛鼻山文化和长江下游良渚文化的影响,在石镞、陶器等器物器型和纹饰上有许多相似之处^[49-51]。D01 号陶片代表的泥质印纹硬陶类型以闽北地区分布最为广泛^[11],但在良渚文化地区也有部分压印纹饰陶器出土,所以初步推测

D01 号陶片代表的陶器类型可能为从受良渚文化或昙石山文化影响的区域传入, 具体传入地区还需进一步研究。台湾西海岸与昙石山文化同期的风鼻头文化在农业农具、陶器形制中的鼎和豆有显著相似^[52-53], 两种文化出现时期相近, 平潭地区作为两种文化的过渡区域, 在其中可能充当了跳板的角色。

3 结论

本研究基于陶片化学元素丰度, 利用主成分和聚类分析的方法, 分析平潭地区在不同文化期的史前文化交流特征, 同时结合闽东沿海地区的地理环境演化过程和史前人类活动, 探讨这一文化交流特征产生的原因。

1) 陶片化学元素组成分析表明, 壳丘头遗址、龟山遗址和东花丘遗址 8 件陶片的陶土原料和产地离散性较弱, 说明 3 个遗址在制陶取土环境上存在相似性; 但龟山遗址 D01 号陶片化学元素尤其是稀土元素组成与剩余陶片和遗址土样存在较大差异, 表明其可能为外来输入。

2) 聚类分析结果显示壳丘头 2 件陶片有明显的聚类现象, 说明这两件陶片在陶土原料和生产时间上有相近性。间接指示平潭地区在壳丘头文化期与岛外文化交流较少, 在黄瓜山文化期古人类的活动范围逐渐增大, 文化交流增多。

3) 综合闽东沿海地区环境演化过程和史前人类活动分析表明, 海平面波动、史前人类文化的延续和陶器烧制技术的提高是福建沿海地区文化交流增多的原因。

参考文献(References):

- [1] 洪玲玉, 崔剑锋, 王辉, 等. 川西马家窑类型彩陶产源分析与探讨[J]. 南方民族考古, 2011, 7: 1-58. [Hong Lingyu, Cui Jianfeng, Wang Hui et al. A provenance study of the Majiayao painted pottery found in Western Sichuan Province. Southern Ethnology and Archaeology, 2011, 7: 1-58.]
- [2] 李曦珍, 李金桃. 陶器: 华夏史前文明的载道之器[J]. 青海社会科学, 2018(6): 191-202. [Li Xizhen, Li Jintao. Pottery: The trager of the Tao of Chinese prehistoric civilization. Qinghai Social Sciences, 2018(6): 191-202.]
- [3] 李士, 秦广雍. 现代实验技术在考古学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1991. [Li Shi, Qin Guangyong. The application of modern experimental technology in archaeology. Beijing: Science Press, 1991.]
- [4] 刘爽, 金海燕. 内蒙古大山前遗址陶片化学成分测定和分析[J]. 边疆考古研究, 2005(1): 330-338. [Liu Shuang, Jin Haiyan. Determination and analysis of the chemical composition of the pottery from Dashanqian site, Inner Mongolia. Frontier Archaeological Research, 2005(1): 330-338.]
- [5] 崔一付, 杨谊时, 张山佳, 等. 甘青地区马家窑文化彩陶贸易及其动力探讨[J]. 第四纪研究, 2020, 40(2): 538-546. [Cui Yifu, Yang Yishi, Zhang Shanjia et al. Discuss on the trade and motive force of Majiayao cultural painted pottery in Gansu-Qinghai region. Quaternary Sciences, 2020, 40(2): 538-546.]
- [6] 侯光良, 鄂崇毅, 杨阳, 等. 共存与交流——青藏高原东北部史前陶器来源地分析[J]. 地球环境学报, 2016, 7(6): 556-569. [Hou Guangliang, E Chongyi, Yang Yang et al. Codependent and exchange: The source analysis of prehistoric pottery in the northeast Tibetan Plateau. Journal of Earth Environment, 2016, 7(6): 556-569.]
- [7] 鲁晓珂, 徐嫦松, 李伟东. 基于锶同位素和微量元素分析的白陶原料来源研究[J]. 华夏考古, 2019(6): 34-40. [Lu Xiaoke, Xu Changsong, Li Weidong. A study on raw material sources of white pottery based on analysis of Strontium Isotopes and Trace Elements. Huaxia Archaeology, 2019(6): 34-40.]
- [8] 王小娟, 何努, 戴向明. 晋南地区新石器末期制陶粘土原料 EDXRF 分析[J]. 中国国家博物馆馆刊, 2020(5): 146-160. [Wang Xiaojuan, He Nu, Dai Xiangming. EDXRF analysis of the Late Neolithic pottery clay material in Southern Shanxi. Journal of National Museum of China, 2020(5): 146-160.]
- [9] Li Y E, Liu M T, Huang W et al. PIXE/RBS studies on ancient pottery from Jinsha Ruins Site of Chengdu[J]. Nuclear Physics Review, 2010, 27(4): 493-499.
- [10] 吴卫红, 姚政权, 王京, 等. 凌家滩遗址出土陶器的LIBS-PCA 分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2020, 40(2): 628-631. [Wu Weihong, Yao Zhengquan, Wang Jing et al. Quick classification of pottery from Lingjiatan Site (3000BC) based on Laser Induced Breakdown Spectroscopy and Principal Component Analysis. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2020, 40(2): 628-631.]
- [11] 曾凡. 关于福建史前文化遗存的探讨[J]. 考古学报, 1980(3): 263-284+405-408. [Zeng Fan. A study of the prehistoric remains discovered in Fujian Province. Acta Archaeologica Sinica, 1980(3): 263-284+405-408.]
- [12] 周振宇, 范雪春, 羊泽林, 等. 福建平潭岛新发现旧石器时代遗存及初步研究[J]. 南方文物, 2019(5): 27-34. [Zhou Zhenyu, Fan Xuechun, Yang Zelin et al. A study of newly discovered Paleolithic remains in Pingtan Island, Fujian Province. Cultural Relics in Southern China, 2019(5): 27-34.]
- [13] 戴锦奇, 左昕昕, 蔡喜鹏, 等. 闽江下游白头山遗址稻旱混作农业的植硅体证据[J]. 第四纪研究, 2019, 39(1): 161-169. [Dai Jinqi, Zuo Xinxin, Cai Xipeng et al. The mixed rice and millet agriculture in Neolithic age lower Minjiang River: Phytolith evidence from the Baitoushan site. Quaternary Sciences, 2019, 39(1): 161-169.]
- [14] Jin J H, Li F S, Zuo X X et al. OSL dating of Zhuangbianshan site in the humid subtropical coastal region of China[J]. Boreas, 2022, 51(1): 149-158.

- [15] Jin J H, Wang X Y, Zhou Z Y et al. OSL chronology of a Palaeolithic site in a humid subtropical mountainous area of south-east China[J]. *Journal of Mountain Science* 2021, 18(8): 2012-2023.
- [16] 任永青, 靳建辉, 左昕昕, 等. 闽江流域史前聚落遗址时空分布特征及其环境影响因素[J]. *地球环境学报*, 2021, 12(1): 68-83. [Ren Yongqing, Jin Jianhui, Zuo Xinxin et al. Spatial and temporal distribution of prehistoric settlement sites in Minjiang River Basin and their relationship with environmental factors. *Journal of Earth Environment*, 2021, 12(1): 68-83.]
- [17] 福建省地方志编纂委员会. 福建省志·地理志[M]. 北京: 方志出版社, 2001. [Fujian Local Chronicles Compilation Committee. *Local chronicles of Fujian Province • Geography*. Beijing: Local Records Press, 2001.]
- [18] 方祖光. 平潭县土地利用现状与合理开发利用[J]. *福建地理*, 1995(2): 37-42+29. [Fang Zuguang. The situation and rational utilization of land in Pingtan, Fujian Province. *Fujian Geography*, 1995(2): 37-42+29.]
- [19] 季建万, 沙晋明, 金彪, 等. 平潭岛土壤重金属污染评价及生态风险研究[J]. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 34(5): 73-82. [Ji Jianwan, Sha Jinming, Jin Biao et al. Evaluation of soil heavy metals pollution and ecological risk assessment in Pingtan Island. *Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition)*, 2018, 34(5): 73-82.]
- [20] 林公务. 福建平潭壳头遗址发掘简报[J]. *考古*, 1991(7): 587-599+674. [Lin Gongwu. Excavation report of the Keqitoutou site in Pingtan, Fujian Province. *Archaeology*, 1991(7): 587-599+674.]
- [21] 林公务. 福建沿海的史前考古与早期海洋文化[J]. *福建文博*, 2012(1): 44-48. [Lin Gongwu. Prehistoric archaeology and early marine culture along Fujian coast zone. *Fujian Cultural Heritage and Museum*, 2012(1): 44-48.]
- [22] 焦天龙. 东南沿海的史前文化与南岛语族的扩散[J]. *中原文物*, 2002(2): 13-16. [Jiao Tianlong. The spread of Austronesian civilization and prehistoric cultures in the southeast coast of China. *Cultural Relics of Central China*, 2002(2): 13-16.]
- [23] 范雪春, 王晓阳, 危长福, 等. 2015—2017年平潭史前遗址考古调查简报[J]. *福建文博*, 2020(3): 2-11. [Fan Xuechun, Wang Xiaoyang, Wei Changfu et al. Brief excavation report of prehistoric sites in Pingtan, Fujian Province, 2015—2017. *Fujian Cultural Heritage and Museum*, 2020(3): 2-11.]
- [24] 羊泽林, 危长福, 王晓阳, 等. 福建平潭龟山遗址2019年发掘简报[J]. *福建文博*, 2021 (4): 2-13. [Yang Zelin, Wei Changfu, Wang Xiaoyang et al. Excavation report of the Guishan site in Pingtan, Fujian Province, 2019. *Fujian Cultural Heritage and Museum*. 2021(4): 2-13.]
- [25] 马清林, 苏伯民, 胡之德, 等. 甘肃秦安大地湾遗址出土陶器成分分析[J]. *考古*, 2004(2): 86-93. [Ma Qinglin, Su Bomin, Hu Zhide et al. Composition analysis of pottery unearthed from Didiwan site, Qinan, Gansu Province. *Archaeology*, 2004(2): 86-93.]
- [26] 陈振金, 陈春秀, 刘用清, 等. 福建省土壤环境背景值研究[J]. *环境科学*, 1992(4): 70-75+95. [Chen Zhenjin, Chen Chunxiu, Liu Yongqing et al. Study on soil environmental background values in Fujian Province. *Environmental Science*, 1992(4): 70-75+95.]
- [27] 刘用清. 福建省海岸带土壤环境背景值研究及其应用[J]. *海洋环境科学*, 1995(2): 68-73. [Liu Yongqing. Study and application of the soil environmental background values in Fujian coastal zone. *Marine Environmental Science*, 1995(2): 68-73.]
- [28] 陆森钦. 福建沿海地区土壤元素含量特征与地质背景研究[J]. *福建地质*, 2009, 28(4): 305-309. [Lu Senqin. Study on the characteristics of soil element contents and the geologic background in the coastal area of Fujian Province. *Geology of Fujian*, 2009, 28(4): 305-309.]
- [29] 赖海成, 李志忠, 靳建辉, 等. 福建海坛岛北部海岸带冲积扇沉积构造及其发育模式[J]. *地质学报*, 2017, 91(8): 1878-1893. [Lai Haicheng, Li Zhizhong, Jin Jianhui et al. Sedimentary structure and developing model of coastal alluvial fan along the northern coast of Haitan Island, Fujian. *Acta Geologica Sinica*, 2017, 91(8): 1878-1893.]
- [30] 邓宝山, 陈静生, 陶澍, 等. 中国东部花岗岩上发育的森林土壤微量元素含量地域分异趋势[J]. *环境科学进展*, 1994(2): 27-33. [Deng Baoshan, Chen Jingsheng, Tao Shu et al. Regional distribution of trace element contents in forest soils derived from granite in eastern China. *Environmental Science Advances*, 1994(2): 27-33.]
- [31] 王清, 唐大雄, 张庆云, 等. 中国东部花岗岩残积土物质成分和结构特征的研究[J]. *长春地质学院学报*, 1991(1): 73-81. [Wang Qing, Tang Daxiong, Zhang Qingyun et al. A study on the structure and composition of granite residual soil in the eastern China. *Changchun College of Geology*, 1991(1): 73-81.]
- [32] 陈树榆, 林淑钦, 彭子成, 等. 苏皖地区新石器时代陶器的稀土元素特征的初步探讨[J]. *中国科学技术大学学报*, 1995(1): 59-64. [Chen Shuyu, Lin Shuqin, Peng Zicheng et al. A preliminary research on characteristics of rare-earth elements in ancient pottery of Neolithic Age in Su Wan Area. *Journal of University of Science and Technology of China*, 1995(1): 59-64.]
- [33] 徐安武, 杨晓勇, 林辉, 等. 安徽蒙城尉迟寺遗址大口尊陶器的稀土元素地球化学研究[J]. *稀土*, 1999(3): 3-6. [Xu Anwu, Yang Xiaoyong, Lin Hui et al. REE geochemical study of pottery Big-mouth Zun from Yuchishi Site, Mengcheng County, Anhui Province. *Chinese Rare Earths*, 1999(3): 3-6.]
- [34] Henderson P. Rare earth element geochemistry[M]. Amsterdam: Elsevier, 1984.
- [35] 陈文华, 俞鸣同, 靳建辉, 等. 福建海坛岛风沙物质来源研究[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2017, 12(4): 21-29. [Chen Wenhua, Yu Mingtong, Jin Jianhui et al. Study on the sand sources in Haitan Island, Fujian. *Journal of Subtropical Resources and Environment*. 2017, 12(4): 21-29.]
- [36] 叶松芳, 黎龙辉, 王君玲, 等. 江西湖田窑古代瓷器中稀土元素的分析及产地的研究[J]. *中国稀土学报*, 2014, 32(4): 507-512.

- [Ye Songfang, Li Longhui, Wang Junling et al. Rare earth concentration and provenance of ancient porcelain fired in Hutian Kiln, Jiangxi Province. *Journal of the Chinese Society of Rare Earths*, 2014, 32(4): 507-512.]
- [37] 徐方建, 李安春, 徐兆凯, 等. 东海内陆架沉积物稀土元素地球化学特征及物源意义[J]. *中国稀土学报*, 2009, 27(4): 574-582. [Xu Fangjian, Li Anchun, Xu Zhaokai et al. Rare earth element geochemistry in inner shelf of the East China Sea and implication for sediment provenance. *Journal of the Chinese Society of Rare Earths*, 2009, 27(4): 574-582.]
- [38] Rolett B V, Zheng Z, Yue Y. Holocene sea-level change and the emergence of Neolithic seafaring in the Fuzhou Basin (Fujian, China)[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2011, 30(7): 788-797.
- [39] 王绍鸿, 杨建明, 孙亨伦, 等. 闽江下游及邻近地区冰后期海平面变动[J]. *海洋学报(中文版)*, 1990(1): 64-74. [Wang Shaohong, Yang Jianming, Sun Henglun et al. Sea level fluctuation in the lower reaches of Minjiang River and its adjacent areas during the Holocene. *Haiyang Xuebao*, 1990(1): 64-74.]
- [40] 曾凡. 闽侯昙石山遗址第六次发掘报告[J]. *考古学报*, 1976(1): 83-119+151-166. [Zeng Fan. Excavations (sixth season) at Tanshishan in Minhou County, Fukien Province. *Acta Archaeologica Sinica*, 1976(1): 83-119+151-166.]
- [41] 焦天龙, 范雪春, 罗莱. 壳丘头遗址与台湾海峡早期新石器时代文化[J]. *福建文博*, 2009(2): 8-12. [Jiao Tianlong, Fan Xuechun, Luo Lai. Relationship between early Neolithic Culture in Taiwan Strait and the Keqiutou site, Fujian Province. *Fujian Cultural Heritage and Museum*, 2009(2): 8-12.]
- [42] 臧振华. 中国东南海岸史前文化的适应与扩张[J]. *考古与文物*, 1999(3): 20-33. [Zang Zhenhua. Coastal adaptation as expansion phenomenon in the prehistory of Southeastern of China. *Archaeology and Cultural Relics*, 1999(3): 20-33.]
- [43] 林光纪. 福建昙石山文化遗址的海洋社会学考察[J]. *中国海洋社会学研究*, 2014, 2: 11-26. [Lin Guangji. Fujian Tanshishan cultural sites of the Marine Sociology. *Chinese Ocean Sociology Studies*, 2014, 2: 11-26.]
- [44] 吴卫. 福建东部沿海地区的史前支脚[J]. *福建文博*, 2015(4): 51-55. [Wu Wei. A study of prehistoric pottery supports in the eastern of Fujian coastal area. *Fujian Cultural Heritage and Museum*, 2015(4): 51-55.]
- [45] 吴卫. 昙石山遗址出土纺轮研究(上)[J]. *文物春秋*, 2015(1): 15-20+41. [Wu Wei. A study on the spinning wheel unearthed from the Tanshishan Site (I). *Wenwu Chunqiu*, 2015(1): 15-20+41.]
- [46] 吴卫. 昙石山文化时期的贝制工具研究[J]. *农业考古*, 2016(3): 154-159. [Wu Wei. A study on shellfish tools in the Tanshishan Culture period. *Agricultural Archaeology*, 2016(3): 154-159.]
- [47] 常浩. 黄土仑类型的文化因素与社会性质分析[J]. *福建文博*, 2009(3): 29-35. [Chang Hao. Analysis of the cultural factors and social properties of the Huangtulun type. *Fujian Cultural Heritage and Museum*, 2009(3): 29-35.]
- [48] 贺娅辉. 黄瓜山文化彩陶分析[J]. *南方文物*, 2019(6): 89-100. [He Yahui. Analysis of the Huangguashan Culture colored pottery. *Cultural Relics in Southern China*, 2019(6): 89-100.]
- [49] 彭长林. 石器时代环南海地区的文化互动[J]. *东南亚南亚研究*, 2015(4): 83-89+110. [Peng Changlin. Cultural Interaction around South China Sea in the Stone Age. *South and Southeast Asian Studies*, 2015(4): 83-89+110.]
- [50] 许永杰. 距今五千年前后文化迁徙现象初探[J]. *考古学报*, 2010(2): 133-170. [Xu Yongjie. A preliminary study of the cultural migration round 5000 BP. *Acta Archaeologica Sinica*, 2010(2): 133-170.]
- [51] 钟礼强. 略论昙石山文化与良渚文化的关系[J]. *东南文化*, 2005(6): 31-34. [Zhong Liqiang. Relationship between the Tanshishan Culture and the Liangzhu Culture. *Southeast Culture*, 2005(6): 31-34.]
- [52] 张光直. 中国东南海岸考古与南岛语族起源问题[J]. *南方民族考古*, 1987, 1: 1-12+14+13. [Zhang Guangzhi. Coastal archaeology in southeast China and the origin of Austronesian. *Southern Ethnology and Archaeology*, 1987, 1: 1-12+14+13.]
- [53] 张光直. 新石器时代的台湾海峡[J]. *考古*, 1989(6): 541-550+569. [Zhang Guangzhi. Neolithic Taiwan Strait. *Archaeology*, 1989(6): 541-550+569.]

Cultural exchange indicated by geochemical characteristic of pottery from neolithic island type sites in Fujian Province, China

Wei Junjie¹, Jin Jianhui^{1,2}, Zuo Xinxin^{1,2}, Fan Xuechun^{3,4}, Wang Xiaoyang⁴,
Wei Changfu⁴, Ren Yongqing¹, Qiu Junjie¹, Tan Dianjia¹

(1. Fujian Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, Fujian, China;

2. Center for Environmental Archaeology in Southeast China of Fujian Normal University, Pingtan 350400, Fujian, China;

3. Pingtan International Institute of Austronesian Research, Pingtan 350400, Fujian, China;

4. Fujian Institute of Archaeology, Fuzhou 350001, Fujian, China)

Abstract: Pingtan of Fujian Province is one of the main distribution areas of neolithic island-type sites in the South of China, and a key area of the spread of Austronesian civilization from Fujian to the South Pacific islands. Pottery from typical sites of this period, as the direct cultural remain, plays an important role to analyse the process of cultural exchange of the study area. Based on principal component analysis and cluster analysis, the geochemical elements of 10 piece of pottery and 52 soil samples from the Kequtou site, Donghuaqiu site and Guishan site in the northern Haitan Island in Pingtan, Fujian Province were examined to analyze the characteristic of prehistoric cultural exchange in different cultural periods. Meanwhile, combining with the environment evolution and prehistoric human activities in Fujian coastal zone, this study discussed causes of the cultural exchange. The results showed that: 1) The dispersion of the chemical element composition of pottery was weak among three sites, which mean the similarities in material and source of pottery. However, the chemical element composition of pottery sample D01 in Guishan site is different from the remaining pottery and site soil samples. 2) The results of principal component analysis and cluster analysis indicated that the range of human activities and cultural exchange increased from Kequtou culture period to Huangguashan culture period in Pingtan area. 3) Sea level fluctuation, the continuation of prehistoric human culture and the spread of pottery firing technology are causes of the increase of cultural exchanges in Fujian coastal zone.

Key words: pottery; chemical element; cultural exchange; principal component analysis; cluster analysis; Haitan Island in Pingtan, Fujian Province