

前哥伦布时期中美洲古陶的研究

陈显求 陈士萍 李家治
(中国科学院上海硅酸盐研究所)

Victor R. Palmeri

(palmer Electronics Ins. 156 Belmont Ave. Garfield NJ 07024 U. S. A)

摘 要

研究了洪都拉斯西部约罗地区出土的单色彩陶和墨西哥特奥蒂瓦坎古城遗址出土的多色彩陶的化学组成、物理性质和显微结构。这些古陶都含有环带结构的斜长石粗颗粒,据此可知它们之间在地质、地理方面有着密切的关系。约罗地区的粗陶与玛雅的其他一些地区一样,以黑曜岩粗颗粒或火山灰为其掺和料。发现约罗有些古陶使用含古生物微体化石有孔虫的白垩粗颗粒为掺和料。这种深海形成的白垩沉积岩中除了有显球型和微球型的有孔虫分布外主要含大量的方解石微晶,质地洁白细腻。中美洲的古代陶工除了用它作粗粒掺和料外,还在约罗与特奥蒂瓦坎古陶上作为化妆土来使用。

关键词 中美洲古陶,显微结构

The Study on Pre - columbian Potteries from Mesoamerica

Chen Xianqiu Chen Shiping Li Jiazhi

(Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences)

Victor R. Palmeri

(palmer Electronics Ins. 156 Belmont Ave. Garfield NJ 07024 U. S. A)

Abstract

The chemical compositions, physical properties and microstructures of pre - columbian potteries from mesoamerica have been studied. The monochromatic painted samples were unearthed in Yoro region located on the basin of the Ulua river in the west of Honduras and a polychromatic painted sherd was collected from the world - famed Teotihuacan ruin of Mexico. All of these ancient potteries contained rough particles of zone - structural plagioclase. From this reason it is known that they have close relationship in geology and geography. As the same of other maya potteries, the raw material of Yoro potteries were blended with rough particles of obsidian or volcanic ash as an admixture. Chalk particles, which contained the microfossils of foraminifera, were used in some of Yoro ancient potteries as a granular admixture. This chalky sedimentary rock formed in deep ocean was consisted by the shells of megalospheric and microspheric foraminifera fossils and numerous microcrystals of calcite. Because of its whiteness and smooth, in addition to the use as the large particles admixture in the bodies, the ancient potters from mesoamerica also used its powder to the surface of Yoro and Teotihuacan potteries as an excellent engobe.

Key words Pre - columbian potteries, Microstructures

1 绪 言

中美洲是古代美洲印第安文化发展水平最高的地区之一。公元二千多年以前已开始创立辉煌的印第安文明。美洲大陆最古老的文明孕育于墨西哥中部山

谷、南部海湾地区和太平洋沿岸地区,分布在墨西哥,危地马拉,伯利兹,萨尔瓦多和洪都拉斯西部边境。其主要考古学文化有:奥尔梅克文化,玛雅文化,特奥蒂瓦坎文化,托尔特克文化和阿兹台克文化。而以奥尔梅克文化为中美洲印第安文化的先驱。

收稿日期:1995-12-30

通讯联系人:陈显求,中国科学院上海硅酸盐研究所 200050

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中美洲印第安文化共经历了三个发展时期,即(1)前古典期(The Preclassic era, 约 2000B. C 到 A. D250)。已出现定居的农业村落,祭祀中心,制作陶器、编织物、玉雕、巨人头像以及出现最早的象形文字。其遗址分布在墨西哥各地,奥尔梅克文化为该时期较早阶段的代表。(2)古典期(Classic, 约 A. D250—900)。这一时期已发展到建立国家,建设了城市,出现巨型的金字塔建筑群、宫殿、球场、天文观象台、叠涩结构等。在玛雅地区出现象形铭文纪时石碑,有了数学和相当完善的历法,陶器发展为彩陶,制作出精美的陶偶,金、银饰物、壁画艺术都达到较高水平。古典期文化有四大文化和艺术中心,即特奥蒂瓦坎(Teotihuacan)、玛雅南部低地,蒙特阿尔万(Monte Alban)和塔欣(Tajin),而以前两者的发展水平最高。(3)后古典期(Postclassic 约 A. D900—1520),即 A. D900 到西班牙人征服时期。这一时期以发展了许多复杂而有权力的国家为特征,此时有著名的托尔特克文化和阿兹特克文化。

特奥蒂瓦坎遗址位于墨西哥城东北 48 公里,为古典期著名的文化中心,8 世纪后半叶被焚毁(另一说为 ca. A. D600)。有 100 多个金字塔组成的建筑群,其中最著名的是“太阳金字塔”和“月亮金字塔”,发现了制陶的工场,制造彩陶和陶偶。居民种属不详,但其文化影响除墨西哥地区外,还远及危地马拉、萨尔瓦多和洪都拉斯等地的玛雅文化地区。

科潘(Capan)遗址属古典期,位于洪都拉斯西部边境,为玛雅文明的学术中心,有现存最长的铭刻的“象形文字梯道”。这也是世界著名的许多玛雅遗址之一^[1]。

陶瓷遗存长期以来是人类过去社会最有价值的历史见证。考古学家据此可以鉴定古人类的生产水平,

生活方式,宗教信仰与祭祀活动,战争与和平的情景以及社会组织等,一些标准的陶片能够作为时间的标记甚至用来断代。中美洲玛雅地区的古陶考古学研究已有系统的总结^[2]。

在前哥伦布时期,美洲陶器生产从来不知施釉,只使用化妆土或泥浆,也不知道使用陶轮来成形。烧成的方法仅在户外平地堆烧而没有封闭式的窑炉。陶釉、陶轮和陶窑这些在当时属先进的制造技术在 16 世纪才由欧洲探险者和殖民者传入^[3]。中美洲玛雅陶器的技术和工艺的研究也有详细而系统的总结^[4]。有关文化与年代的关系见图 1^[5]。

古陶的制造技术和工艺,所用原料的来源及其化学—矿物组成以及它们的显微结构等研究显然受到某些现代陶瓷学家特别是古陶瓷学家的重视。中美洲的古陶研究当然也不例外。作者之一(Dr. Palmeri)曾考察科潘遗址,并且接受了洪都拉斯考古学家所惠赠的约罗(Yoro)地区的一些古陶片。他自己以前还收藏了一块特奥蒂瓦坎出土的彩陶残片。约罗地区古陶以往似乎没有研究,因此,这些陶片正是我们现在要研究的试样。

2 试样和方法

约罗地区位于洪都拉斯西部乌鲁阿(ulua)河流域。其东面有约罗市。乌鲁阿河西部的支流为科潘(copan)河,其上游刚好切科潘遗址城边流过,故科潘与约罗地区或多或少地有历史和地理的渊源。这些陶片就出土于这一地区,我们把它编号为 YO1 到 YO13。特奥蒂瓦坎出土的彩陶,编号为 Te。

兹将玛雅地区重要遗址和约罗地区的简图表示于图 2。

本工作先以肉眼和实体显微镜仔细观察样品的内

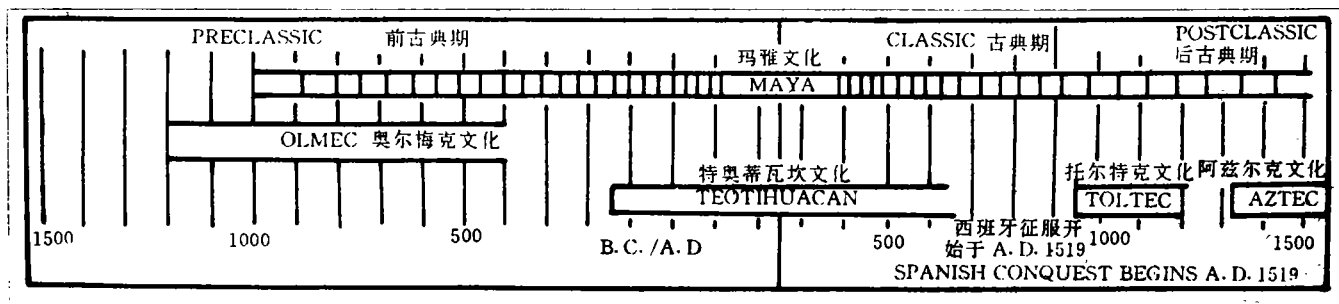


图 1 中美洲四大文化与年代关系图

Fig. 1 The relationship between the culture and age in Mesoamerica

从图4可以初步看出,试样1—5和7比较集中,从图中原点至这些试样点的各个距离相差不大,故可以认为其熔剂与硅质之和的含量大致相同,成分属同一类型。熔剂含量较多的试样为6,9,10等试样而以9号为最多。由于所用原料的某些矿物组成的差异,致使它们例如从7号到12号在图中比较分散。Te试样处于图的左上角,说明它的 RO_2 含量偏少,但其 R_2O_3 对 $R_2O+RO+RO_2$ 之比却与9号相当。Te另处一隅表明其原料与工艺的明显差别。此外,铁含量高是这些陶器黑胎的主要原因之一。特别是1—5号粗陶试样, Fe_2O_3 含量高达5—6%,与中国建盏有相似之处。

实验室测定的各试样的物理性质列于表2。吸水率(6.2%)和气孔率(13.5%)最低的当属3号。同时,6,7,8,10,12等号气孔率都很大,由此可见,这些试样的烧成温度是不会高的,Te试样也不高。

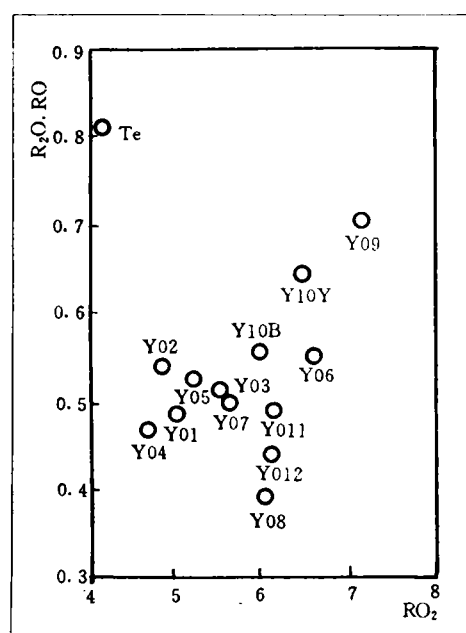


图4 胎式图

Fig. 4 The body formular chart

从表1和表2的数据看出,YO13号试样并不是陶器。由于 CaO 之含量与烧失量(I-L)都很大,初步可以认为它是一种石灰岩类块体。

据知,中美洲的陶瓷资源与其地质条件有关。陶瓷使用的原料多来自火成岩、变质岩、岩浆岩等地质岩料。此外,中美洲古陶往往以云母质胶泥制胎并以混合了色剂的细腊条法进行装饰^[4]。其掺和物常用浮石、火山灰、砂子、云母、贝壳、碎陶片、骨灰、滑石以及

用树皮烧制的木灰^[7]。故在以光学显微镜观察时要特别注意是否有上述岩石矿物的颗粒存在。

在实体显微镜下除了看出上述的各种单色彩陶的施化妆土、涂腊和打磨等工艺方法之外,许多试样都加入一定量的白云母大颗粒,以至在打磨时使云母的{0001}面平行于器面而部分外露。这些云母颗粒中或多或少混有黑云母颗粒以及更少量的蛭石,蛭石有一个特性即在焙烧时体积大大膨胀,可达原体积的15—25倍,在陶器化妆土层表面产生爆胀斑。此外,焙烧后,由于晶格层间脱水,产生了许多纳米尺度的层面平行间隙,使此一颗粒发生多层反射效应,以至不透明并呈强烈的金黄色。据此可以证实这批约罗地区古陶所用原料皆掺有白云母大颗粒($\leq 1mm$),而其中混有的少数蛭石大概是原料中的一种地质来源的标志矿物吧!这种情况以试样1—5号较为显著。

在实体显微镜下观察试样断口时,可以看到胎中含有一些 $\leq 1mm$ 的各种颗粒,有透明的(例如细小的水晶),有灰白的,暗哑无光的,这些颗粒只能在偏光显微镜下才能鉴定。然而,一些陶片,在实体显微镜下由于这些颗粒不规则的外形以及透明性亦可初步测知掺有火山灰颗粒,不过仍需在偏光显微镜下最终确定而已。掺火山灰的试样是6号、7号、9号、和10号。

在偏光显微镜(POM)下观察可知,几乎所有试样的粗颗粒都是由风化程度不高的斜长岩、正长岩、石英岩以及云母类矿物等碎片所组成。条纹长石在正交偏光下呈黑白相间的聚片双晶结构,它的存在证明该陶片的烧成温度 $< 1100^{\circ}C$ 。石英岩的粗粒有脉石英,或胶结石英,云母一般为白云母和少数呈多色性的黑云母。一些试样也含有粗粒的粘土团块和赭石团块。值得重视的是,所有这些试样的斜长石粗粒都呈现双晶和环状结构。约罗地区出土的陶器中斜长石的这种结构完全与墨西哥试样包括特奥蒂瓦坎细彩陶(Te)相同,不能不认为此两者所用原料在地质学上是同源的。斜长石的环带结构见图5。许多试样的基质是由绢云母质粘土构成,证明约罗地区陶器也如中美洲其它地区古陶一样以云母质粘土为原料。在POM下,观察YO6试样可知,除含有环带结构的斜长石、石英等粗粒外,亦有中粒条纹长石,黑云母并且含有未烧掉的残留碳粒。也可能混入个别的火山灰。它的基质为绢云母类型。从整个样品的各项测定数据可知这是一个粗土器的残片。

YO7的特点是长石双晶颗粒较多,有粗粒的石英。发现其中含有许多玻璃状粗、中颗粒。在暗场下

这些颗粒看来非常纯净,少数颗粒仅含一个气泡,应是从黑曜岩而来的火山玻璃,据知,玛雅高原东部几处地方有黑曜石岩流的经济资源^[4],其工业级原料当可用以制陶。



图5 斜长石的环带结构, OM, A⊥P, ×43.5

Fig.5 The zonal structure of plagioclase, OM, A⊥P, ×43.5

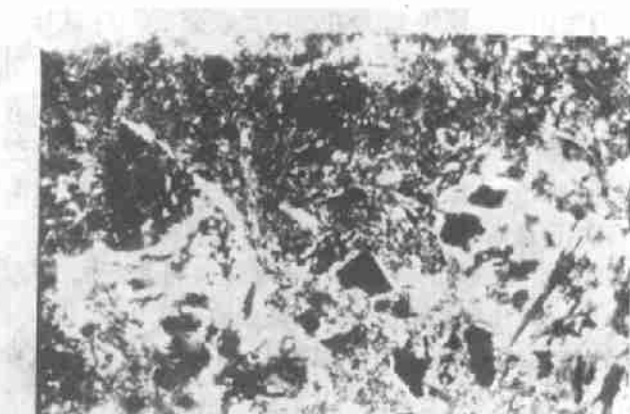


图6 钾钠长石的半熔状态, OM, A⊥P, ×167

Fig.6 Some of feldspar granules became in semi-melted state, OM, A⊥P, ×167

晶体则依然未熔,由此可知此陶器的烧成温度大约在1050℃左右。半熔的长石颗粒如图6所示。

Y09试样的特点是正长石的双晶粗粒较多,有大粒的石英和中粒的胶结石英。斜长石环带结构明显并发现有少数粗粒的叶腊石(粒径约520μm)和少量碳粒。值得注意的是,发现此器掺有粗粒的石灰岩(粒径

约128μm)这种颗粒由高双折射的方解石微晶粒(约<5μm)密集聚结而成,其中少数大于10μm的晶体可以清楚地看到在POM下看到多彩环的一轴晶负光性的干涉图,经过仔细搜寻,在其中的少数颗粒中发现了一种古生物微体化石,即有孔虫,如图7所示,证明这种石灰岩粒为白垩矿物。由此可知,此器有意在胎料中掺和

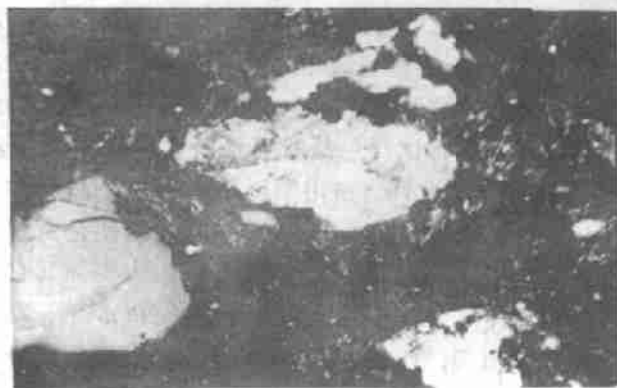


图7 9号陶片中含有孔虫微体化石的白垩颗粒, OM, A⊥P, ×167

Fig.7 Foraminifera microfossil contained in chalk particle from sherd No. 9, OM, A⊥P, ×167

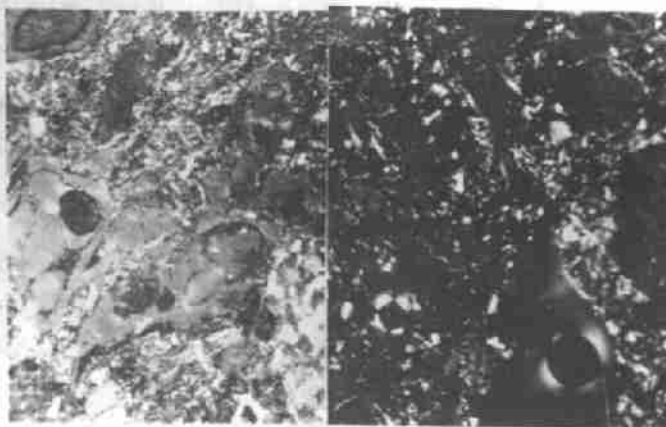


图8 10号试样中有流纹状和小泡状的火山灰颗粒, OM, A⊥P, ×43.5

Fig.8 The volcano ashes in sherd No. 10, OM, A⊥P, ×43.5

了粗中颗粒的白垩作为原料。按照石灰石的矿物学性质, 纯的方解石的分解温度为 970°C , 一般有无机或有有机杂质的, 其分解温度略低。未分解的白垩在陶器中的出现说明该器的烧成温度低于 900°C 。

YO10 试样在 POM 下可见长石双晶已半熔, 有大粒的石英 ($\sim 1\text{mm}$) 和植物残留的碳粒。长石的半熔说明其烧成温度与 YO8 相近。发现此器的原料中掺入了许多火山灰, 其量超过 10% 。这些火山灰粗粒往往带有流纹, 许多颗粒则呈多个小泡状。与 YO7 号试样所掺和的黑曜石在原料等级上有明显的差异。火山灰颗粒如图 8 所示。

YO11 试样从断口看完全是一种淡棕色的红陶, 因无肉眼可见的粗粒, 根据其物理性质, 完全是一种细陶。断口呈淡砖红色。POM 下证实中粒的长石已熔解, 部分颗粒有残留光性。少量斜长石亦有环带结构。个别颗粒有黑云母、叶腊石和赭石团块, 氧化铁的成分大部分分布于基质之中而基质则属于绢云母类型。POM 发现其中有明显的高岭石“蠕虫”, 如图 9 所示, 由此证明, 此器至少用了高岭石为其部分原料。据知, 玛雅高地有适于制陶的各种粘土原料, 例如从质地细腻的河生土或湖生土, 其中含高岭石、蒙脱石和坡缕石以及粗粒的红棕色表土^[4]。因此本器使用含高岭石质粘土为原料是不足为奇的, 此器的烧成温度当在 1100°C 以上。

YO12 与 11 相近, 因未找到高岭蠕虫, 而不能肯定它是否用高岭原料。但在 POM 下发现其表面施加白垩化妆土, 方解石微晶富集在表层上是有力的证明。

在 POM 下可见 YO13 试样为许多方解石微晶聚结而成, 微晶尺寸一般为 $5\mu\text{m}$ 左右或更小, 有许多约 $32\mu\text{m}$ 的略大的微晶粒, 正交偏光镜下常可看到多彩环的一轴晶负光性干涉图。在这些微晶中发现有许多古生物微体化石存在, 经鉴定证明它们是有孔虫。大部分已经破碎, 往往成为一半而呈孤状, 壁厚 $\sim 32\mu\text{m}$, 壳长 $\sim 800\mu\text{m}$, 由方解石微晶构成。如图 10 所示, 当然也有完整的个体。在这一试样中, 可以看到这种有孔虫的显球型和微球型的壳体, 如图 11 所示。有孔虫的壳体形状多样, 有圆壶形和扁桃形等等, 本试样属后者。这种含有古生物微体化石遗骸的石灰岩是在深海中碳酸钙微晶的沉淀与该化石遗体的坠落后经过漫长的地质年代而形成的。这正是白垩岩的典型地质学上的形成过程, 因此证实本试样为白垩。实际上是约罗地区古陶所用的胎质和化妆土的原料。

特奥蒂瓦坎多色彩陶试样 (Te) 含环带结构的斜长石大颗粒较多, 与以前研究过的 M1, M2 号的墨西哥古陶^[6] 很相似。大颗粒中可以找到个别的角闪石 (YO2 中亦有)。中颗粒为钾钠长石聚片双晶, 其中个别颗粒有半熔状态, 基质属绢云母类型, 含 Fe_2O_3 较多, 这一器物的烧成温度应在 1050°C 以下。

在 POM 下可知, 此器内侧表面有一层化妆土, 厚 $1.6\mu\text{m}$ 在正交偏光镜下呈棕红色, 属氧化铁微晶层, 实际上它是一种赭石胶泥。在外侧涂有一层成分为方解石微晶 ($< 5\mu\text{m}$) 的化妆土, 实际上用的是白垩胶泥, 其原料即 13 号试样的白垩石而已。涂上此层后再在



图 9 11 号试样中的高岭石“蠕虫”, OM, A $\perp$ P, $\times 167$

Fig. 9 The Kaolinite “worms” in sherd No. 11, OM, A $\perp$ P, $\times 167$

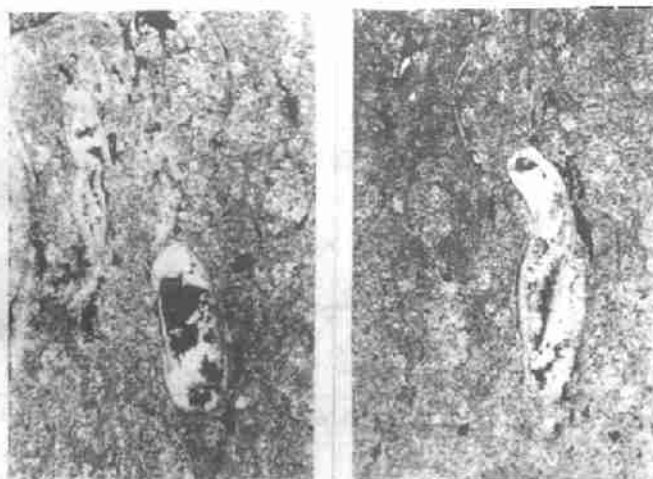


图 11 13 号试样中有孔化石的显球型和微球型壳体, OM, A $\perp$ P, $\times 83.5$

Fig. 11 The shells of megalospheric and microspheric foraminifera fossils in sample No. 13, OM, A $\perp$ P, $\times 83.5$

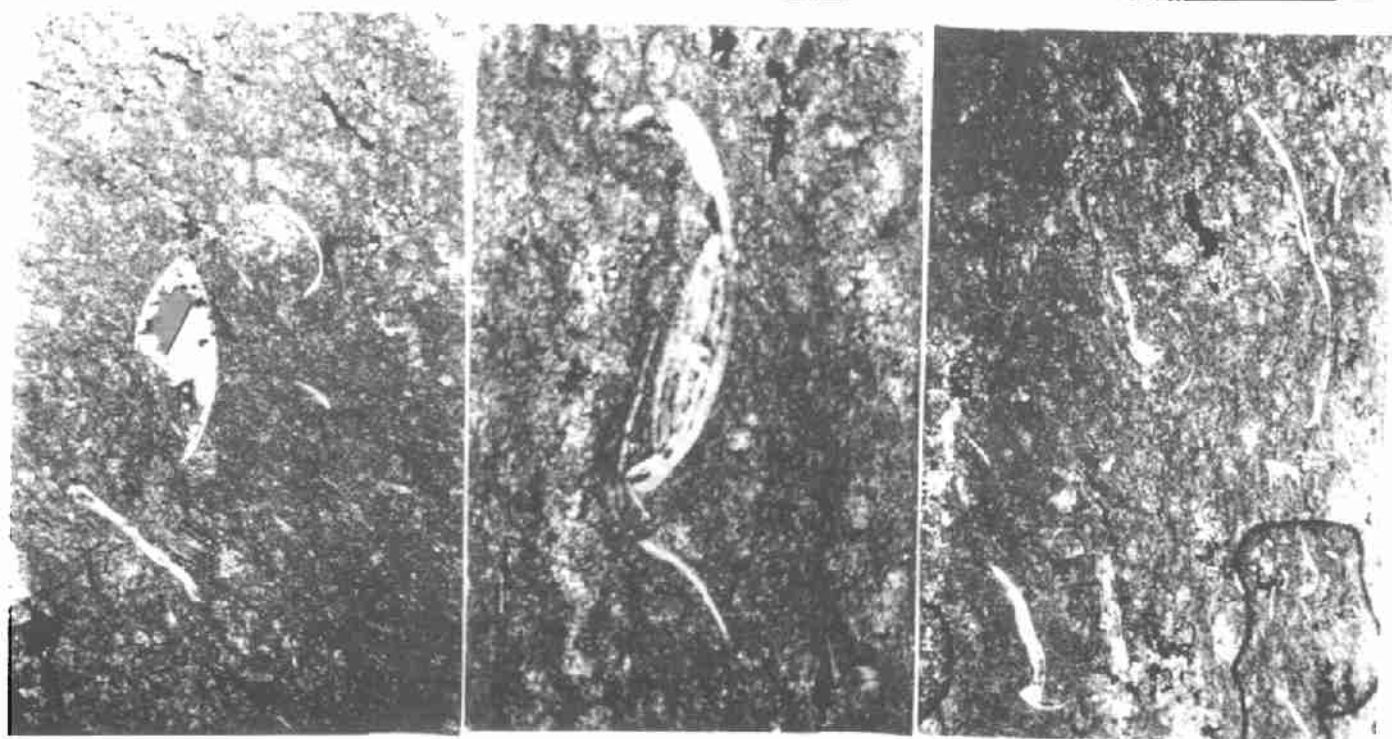


图 10 13号试样中白垩岩中壳已破碎的有孔虫化石 OM, A $\perp$ P, $\times 83.5$

Fig.10 The broken foraminifera fossils in the rocky chalk of sample No.13, OM, A $\perp$ P, $\times 83.5$

其上进行彩绘并施腊打磨。故本器的整个工艺都是比较精细的。

4 结 论

(1)根据试样中粗粒的斜长石的环带结构,洪都拉斯约罗地区古陶在地质和地理方面与中美洲玛雅地区和墨西哥地区有着密切的渊源。

(2)约罗粗陶以风化程度不高的斜长石、钾钠长石为粗、中颗粒原料,以云母质粘土加以结合制为胎泥。表面施赭石化妆土,然后施腊打磨。

(3)部分粗陶和土器加入黑曜岩或火山灰粗粒作

为掺和料,与中美洲玛雅的某些古陶相同。

(4)发现约罗单色粗陶加入了大颗粒的含古生物微体化石有孔虫的白垩为原料。其细陶则以白垩胶泥作化妆土。

(5)发现一种约罗单色细陶的基质部分含有高岭石,故知高岭石质粘土也是被用于该地区制陶的一种优质原料。

(6)特奥蒂瓦坎古城出土的多色彩陶加工精细。其显微结构特别是斜长石环带结构与其他墨西哥古陶和约罗地区古陶很相似。外侧是施白垩化妆土然后彩绘、施腊、打磨。故工艺精湛,美术优雅。

表 1 前哥伦布时期中美洲古陶的化学组成

Table 1 Chemical compositions of Pre-Columbian potteries from Mesoamerica

No	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	I. L.	
YO1	1.97	1.45	1.73	1.13	0.05	18.07	5.57	63.61	0.70	0.12	5.91	Wt%
	1.73	1.13	1.30	0.72	0.04	10.14	4.13	31.67	0.44	0.05		E%
	1.51	1.68	2.22	2.03	0.05	12.80	2.52	76.49	0.63	0.06		Mol%
	0.0988	0.1099	0.1451	0.1326	0.0031	0.8358	0.1642	4.9929	0.0409	0.0040		B. F.
	0.4895:5.0378											
YO2	1.95	1.44	2.36	1.13	0.046	18.08	5.50	61.28	0.71	0.12	7.65	Wt%
	1.75	1.15	1.81	0.73	0.04	10.35	4.16	31.10	0.46	0.06		E%
	1.53	1.71	3.11	2.07	0.05	13.07	2.54	75.21	0.66	0.06		Mol%

No	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	I. L.	
	0.0979	0.1093	0.1990	0.1325	0.0031	0.8373	0.1627	4.8172	0.0420	0.0039		B. F.
	0.5418:1:4.8631											
YO3	1.94	1.42	1.58	1.05	0.05	16.50	5.03	63.66	0.65	0.15	7.45	Wt%
	1.75	1.14	1.22	0.68	0.04	9.50	3.83	32.51	0.43	0.07		E%
	1.51	1.68	2.08	1.91	0.05	11.89	2.32	77.88	0.60	0.07		Mol%
	0.1066	0.1180	0.1461	0.1346	0.1346	0.0033	0.8368	0.1632	5.4791	0.0423	0.0052	B. F.
	0.5088:1:5.5288											
YO4	2.12	1.51	1.69	1.01	0.051	18.50	5.79	61.64	0.74	0.16	7.13	Wt%
	1.88	1.20	1.29	0.85	0.04	10.52	4.35	31.08	0.47	0.07		E%
	1.66	1.79	2.22	1.84	0.05	13.37	2.67	75.64	0.68	0.08		Mol%
	0.1032	0.1117	0.1383	0.1147	0.0030	0.8335	0.1665	4.7136	0.0424	0.0051		B. F.
	0.4709:1:4.7611											
YO5	2.11	1.46	1.66	1.20	0.068	17.16	5.51	63.31	0.71	0.14	7.14	Wt%
	1.88	1.15	1.26	0.77	0.05	9.75	4.13	31.88	0.46	0.07		E%
	1.63	1.71	2.15	2.17	0.07	12.26	2.51	76.77	0.65	0.07		Mol%
	0.1104	0.1160	0.1459	0.1473	0.0046	0.8302	0.1698	5.1979	0.0437	0.0051		B. F.
	0.5242:1:5.2467											
YO6	2.40	1.09	1.72	0.63	0.02	13.94	3.90	63.80	0.57	1.50	11.20	Wt%
	2.22	0.90	1.36	0.42	0.02	8.25	3.05	33.48	0.38	0.73		E%
	1.92	1.33	2.30	1.17	0.02	10.27	1.83	79.83	0.54	0.79		Mol%
	0.1587	0.1097	0.1904	0.0967	0.0017	0.8487	0.1514	6.6036	0.0445	0.0657		B. F.
	0.5574:1:6.7138											
YO7	2.33	1.64	2.00	0.45	0.029	17.55	3.83	65.86	0.42	0.12	6.48	Wt%
	2.05	1.29	1.51	0.29	0.02	9.87	2.84	32.85	0.27	0.06		E%
	1.77	1.90	2.55	0.80	0.03	12.32	1.71	78.49	0.38	0.06		Mol%
	0.1259	0.1350	0.1816	0.0572	0.0219	0.8779	0.1221	5.5920	0.0269	0.0043		B. F.
	0.5016:1:5.6232											
YO8	1.42	0.90	2.00	0.20	0.037	16.48	2.76	64.24	0.41	0.16	11.90	Wt%
	1.33	0.75	1.60	0.14	0.03	9.86	2.18	34.08	0.28	0.08		E%
	1.14	1.10	2.69	0.38	0.04	12.20	1.30	80.68	0.38	0.09		Mol%
	0.0842	0.0817	0.1995	0.0282	0.0030	0.9035	0.0965	5.9757	0.0282	0.0064		B. F.
	0.3966:1:6.0103											
YO9	3.52	1.04	1.31	1.22	0.23	13.28	4.30	67.03	0.55	0.095	7.80	Wt%
	3.15	0.83	1.01	0.79	0.19	7.61	3.25	34.03	0.35	0.04		E%
	2.68	1.20	1.68	2.17	0.23	9.36	1.94	80.19	0.49	0.05		Mol%
	0.2372	0.1065	0.1489	0.1925	0.0206	0.8287	0.1713	7.0959	0.0436	0.0041		B. F.
	0.7057:1:7.1436											
YO10-B	2.02	1.39	2.39	0.57	0.049	16.37	3.43	65.37	0.56	0.083	8.33	Wt%
	1.82	1.12	1.84	0.37	0.04	9.41	2.60	33.31	0.37	0.04		E%
	1.56	1.68	3.09	14.03	0.05	11.64	1.56	78.90	0.51	0.04		Mol%
	0.1180	0.1236	0.2340	0.0780	0.0035	0.8820	0.1180	5.9787	0.0385	0.0030		B. F.
	0.5571:1:6.0202											
YO10-Y	1.85	1.23	3.24	0.51	0.049	15.23	3.45	66.23	0.58	0.17	7.95	Wt%
	1.66	0.98	2.49	0.33	0.04	8.73	2.62	33.63	0.38	0.08		E%
	1.41	1.43	4.15	0.90	0.05	10.74	1.55	79.16	0.52	0.09		Mol%
	0.1146	0.1162	0.3373	0.0735	0.0038	0.8735	0.1265	6.4395	0.0427	0.0070		B. F.
	0.6454:1:6.4892											
YO11	2.25	1.31	1.89	0.41	0.05	15.90	4.23	66.92	0.44	0.12	7.10	Wt%

No	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	I. L.	
	2.00	1.04	1.43	0.26	0.04	9.01	3.16	33.63	0.28	0.06		E%
	1.72	1.52	2.42	0.73	0.05	11.20	1.90	80.01	0.40	0.06		Mol%
	0.1312	0.1158	0.1845	0.0559	0.0036	0.8549	0.1451	6.1071	0.0302	0.0046	B. F.	
	0.4910:1:6.1419											
YO12	1.69	1.14	1.96	0.27	0.043	16.06	3.16	64.45	0.40	0.54	10.70	Wt%
	1.56	0.94	1.55	0.18	0.04	9.49	2.46	33.76	0.27	0.26		E%
	1.34	1.37	2.61	0.50	0.05	11.78	1.48	80.22	0.38	0.28		Mol%
	0.1012	0.1037	0.1969	0.0374	0.0035	0.8887	0.1113	6.0531	0.0283	0.0213		B. F.
	0.4427:1:6.1027											
YO13	0.75	0.15	42.39	0.41	0.17	1.38	0.46	18.88	0.023	0.48	34.33	Wt%
	0.95	0.17	46.24	0.38	0.20	1.12	0.50	13.63	0.02	0.33		E%
	0.71	0.22	67.90	0.81	0.22	1.22	0.26	28.24	0.03	0.30		Mol%
	0.4841	0.1468	46.079	0.6190	0.1468	0.8254	0.1746	19.163	0.0198	0.2063		B. F.
	47.4760:1:19.3888											
Te	1.66	2.90	4.60	1.72	0.11	19.80	6.33	57.48	0.85	0.45	4.64	Wt%
	1.44	2.23	3.41	1.07	0.08	10.94	4.62	28.17	0.53	0.21		E%
	1.26	3.35	5.88	3.05	0.11	13.92	2.84	68.59	0.76	0.23		Mol%
	0.0754	0.1997	0.3510	0.1820	0.0060	0.8307	0.1693	4.0918	0.0455	0.0135		B. F.

表 2 前哥伦布时期中美洲古陶的物理性质

Table 2 Physical properties of Pre - Columbian potteries from Mesoamerica

No	气孔率 (%)	体积密度 (g/cm ³)	假比重 (g/cm ³)	吸水率 (%)	No	气孔率 (%)	体积密度 (g/cm ³)	假比重 (g/cm ³)	吸水率 (%)
Te	25.8	1.92	2.59	13.4	YO7	27.3	1.76	2.42	15.5
YO1	19.5	2.04	2.53	9.5	YO8	29.2	1.58	2.23	18.5
YO2	15.9	2.10	2.50	7.6	YO9	17.0	2.00	2.41	8.5
YO3	13.5	2.18	2.52	6.2	YO10	27.1	1.77	2.43	15.3
YO4	18.2	2.07	2.53	8.8	YO11	20.2	1.85	2.32	10.9
YO5	18.5	2.06	2.52	9.0	YO12	29.5	1.56	2.22	18.9
YO6	25.2	1.87	2.50	13.5	YO13	10.8	2.37	2.66	4.5

参考文献

- 1 中国大百科全书总编辑委员会(考古学)编辑委员会编, 中国大百科全书·考古学·P311, 312, 339, 522, 北京: 中国大百科全书出版社, 1986
- 2 S. G. Morley and G. W. Brainard, The Ancient Maya, Chapter 12. Ceramics. 4th ED. P363, 1983
- 3 P. M. Rics, Pottery Analysis P19 - 21 University of Chicago Press 1987
- 4 P. M. Rics, Maya Pottery Techniques and Technology Ancient Technology To Modern Science vol I Ed. by W. D. Kingery, p113 - 132, The American Ceramic Society, Inc. 1985
- 5 G. E. Stuart, New Light on the Olmec, National Geographic vol 184 [5] p92 1993
- 6 V. R. 厄万利, 陈显求, 陈士萍, 李家治, 拉丁美洲古陶瓷的研究, ISAC'92 古陶瓷科学技术国际讨论会文集, A-8, 60 - 66, 1992
- 7 R. J. Charleston: World Ceramics p327, Crescent Books 1990