

学校编码: 10384  
学号: 10320141152293

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

葫芦山遗址原始瓷主成分分析及相关问题研究

Principal Component Analyses and Related Studies on  
the Proto-porcelain of Hulushan Site, Wuyishan,  
Fujian Province

王 锐

指导教师姓名: 葛 威 副教授  
专业名称: 文物与博物馆  
论文提交日期: 2017 年 4 月  
论文答辩时间: 2017 年 5 月  
学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_  
评 阅 人: \_\_\_\_\_

2017 年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 王锐

2017年5月27日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

(        ) 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于     年   月   日解密，解密后适用上述授权。

(  ) 2.不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人（签名）：王锐

2017年5月27日

## 摘 要

本文对 25 个武夷山市葫芦山遗址出土原始瓷片，3 个武夷山市竹林坑遗址出土原始瓷片以及 4 个永春县辽田尖遗址出土原始瓷片，共计 32 个样本的胎、釉主化学元素组成成分进行了测定，并通过主成分分析、因子分析、聚类分析等多元统计方法，对测定数据进行了分析研究。

结果表明葫芦山遗址原始瓷胎体是以瓷石为原料的一元配方，元素组成特征上符合我国南方早期石英—云母系瓷的特色。辽田尖、葫芦山胎体配方仍处于探索阶段，原料选取带有一定的原始性，而竹林坑样品的烧制工艺水平较之这两个遗址已具有了一定的先进性。三处遗址出土原始瓷的釉料均是由制胎粘土中掺和草木灰配制而成。竹林坑的窑工们已经初步掌握了较为先进的原始瓷釉料的配方技术，有利于提高原始瓷产品的烧制成功率与成品合格率。

此外，本文还对葫芦山原始瓷的区域性特征进行了探讨，将其与它相邻较近地区出土原始瓷胎、釉化学组成成分数据对比分析。结果显示浙江江山出土原始瓷与葫芦山样品关系密切，葫芦山原始瓷一部分可能来源于浙江地区的输入，一部分则可能是在吴越文化的影响下本地烧造。

**关键词：**葫芦山遗址；原始瓷；多元统计分析

## Abstract

This paper produced archaeometry studies on 25 pieces proto-porcelain of Hulushan site, 3 pieces proto-porcelain of Zhulinkeng site and 4 pieces proto-porcelain of Liaotianjian site. The main chemical composition of body and glaze of the samples were applied the multivariate statistical analysis methods including principal component analysis, factor analysis and cluster analysis.

The results show that the proto-porcelain of Hulushan site was manufactured with a single formula, of which the porcelain stone composed the raw material. The elemental composition is in line with the characteristics of the early quartz-mica porcelain in the southern China. The body formula of the proto-porcelain of Liaotianjian and Hulushan site was still in the exploratory stage, and the selection of raw material also show some primitive features. However, Zhulinkeng samples show more advanced characters than the other two sites in some extend. Our analyses indicate that the glazes of the samples from all the three sites were made from a mixture of clay with fired grass ash. The manufacturer of Zhulinkeng kiln have initially mastered the more advanced proto-porcelain enamel formula technology, which is conducive to improve the product quality and the success rate in firing manufacture.

In addition, the paper also discussed the regional characteristics of the proto-porcelain of Hulushan site. The chemical compositions of the body and glaze were compared with those unearthed in the nearby Zhejiang and Jiangxi province. The results suggest that the proto-porcelain unearthed in Jiangshan, Zhejiang have close relationship with Hulushan samples. We argue that part of the proto-porcelain of Hulushan site should be derived from the input of Zhejiang, while others were manufactured locally with the influence of Wu and Yue culture.

**Keywords:** Hulushan site; Proto-porcelain; Multivariate statistical analysis

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>1.1 葫芦山遗址概况</b> .....	1
<b>1.2 陶瓷科技考古概况</b> .....	4
1.2.1 中国古代陶瓷科技的发展.....	4
1.2.2 我国陶瓷科技考古简史.....	6
<b>1.3 商周原始瓷研究综述</b> .....	8
<b>1.4 福建地区原始瓷器研究概况</b> .....	11
<b>1.5 研究思路与方法</b> .....	12
<b>第二章 材料与方法</b> .....	17
<b>2.1 葫芦山遗址原始瓷样本</b> .....	17
2.1.1 葫芦山部分样品吸水率测定.....	17
2.1.2 主成分测试样品.....	18
<b>2.2 测试仪器和条件</b> .....	19
<b>2.3 实验过程</b> .....	20
<b>2.4 数据处理方法</b> .....	20
2.4.1 主成分分析.....	21
2.4.2 因子分析.....	22
2.4.3 聚类分析.....	23
<b>第三章 原始瓷的主成分分析</b> .....	26
<b>3.1 主量元素测试结果</b> .....	26
<b>3.2 三个遗址出土原始瓷主量元素因子分析</b> .....	29
3.2.1 胎的主量元素组成因子分析.....	29
3.2.2 釉的主量元素组成因子分析.....	37
<b>3.3 三个遗址出土原始瓷主量元素聚类分析</b> .....	45
3.3.1 胎的主量元素组成聚类分析.....	45
3.3.2 釉的主量元素组成聚类分析.....	45
<b>3.4 小结</b> .....	49

<b>第四章 葫芦山原始瓷的区域性特征</b> .....	51
4.1 福建原始瓷与吴越文化的关系.....	51
4.2 商周时期原始瓷生产中心.....	52
4.3 葫芦山与其他遗址原始瓷化学成分比较分析.....	53
4.3.1 原始瓷胎数据的多元统计分析.....	56
4.3.2 原始瓷釉数据的多元统计分析.....	59
<b>第五章 结语</b> .....	64
5.1 胎釉原料选取及工艺特征.....	64
5.2 葫芦山原始瓷的地域性特征.....	65
5.3 局限性与展望.....	65
<b>参考文献</b> .....	66
<b>致谢</b> .....	72

## CONTENTS

<b>Chapter 1: Introduction</b> .....	1
<b>1.1 A Profile of Hulushan Site</b> .....	1
<b>1.2 A Profile of Ceramic Science and Technology Archaeology</b> .....	4
1.2.1 The Development of Ancient Chinese Ceramics Technology.....	4
1.2.2 Chinese Ceramic Science and Technology Archaeology History.....	6
<b>1.3 Research in Proto-porcelain of Shang Zhou Period</b> .....	8
<b>1.4 An Overview of The Proto-porcelain in Fujian Area</b> .....	11
<b>1.5 Research Plan and Methods</b> .....	12
<b>Chapter 2: Materials and Methods</b> .....	17
<b>2.1 The Proto-porcelain Sample of HuLushan Site</b> .....	17
2.1.1 Water Absorption Test for Pratial Sample of Hulushan Site .....	17
2.1.2 Master Component Test Sample.....	18
<b>2.2 Test Instruments and Conditions</b> .....	19
<b>2.3 The Experimental Process</b> .....	20
<b>2.4 Data Processing Method</b> .....	20
2.4.1 Principal Component Analysis.....	21
2.4.2 Factor Analysis.....	22
2.4.3 Clustering Analysis.....	23
<b>Chapter3: Principal Component Analysis of The Proto-porcelain..</b>	26
<b>3.1 Test Data Result</b> .....	26
<b>3.2 Factor Analysis of Principal Component of Proto-porcelains from three sites</b> .....	29
3.2.1 Factor Analysis of The Main Component of The Tire.....	29
3.2.2 Factor Analysis of The Main Component of The Glaze.....	37
<b>3.3 Clustering Analysis of Three Sites Unearthed Proto-porcelain Principal Component</b> .....	45
3.3.1 Clustering Analysis of The Main Component of The Tire.....	45

3.3.2 Clustering Analysis of The Main Component of The Glaze.....	45
<b>3.4 Summary</b> .....	49
<b>Chapter4: The Regional Characteristics of The Proto-porcelain of Hulushan Site</b> .....	51
<b>4.1 The Relationship Between The Proto-porcelain of Hulushan Site and The Culture of WuYue</b> .....	51
<b>4.2 The Production Center of Proto-porcelain in The Shang Zhou Period</b> ...	52
<b>4.3 The Hulushan is Compared With Proto-porcelainPrincipal Component of Other Sites</b> .....	53
4.3.1 Multivariate Statistical Analysis of Data on The Proto-porcelain Tire.	56
4.3.2 Multivariate Statistical Analysis of Data onThe Proto-porcelain Glaze	
.....	59
<b>Chapter 5: Epilogue</b> .....	64
<b>5.1 Selection of Tire Glaze Raw Material and Process Characteristics</b> .....	64
<b>5.2 TheRegional Characteristics of The Proto-porcelain of Hulushan Site</b> ...	65
<b>5.2 Limitation and Prospective</b> .....	65
<b>References</b> .....	66
<b>Acknowledgement</b> .....	72

## 插图目录

- 图 1.1 葫芦山遗址位置示意图
- 图 3.1 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷胎的主成分元素因子分析三维散点图
- 图 3.2 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷胎的因子得分 F1 和 F2 散点图
- 图 3.3 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷胎的因子得分 F2 和 F3 散点图
- 图 3.4 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{SiO}_2$  箱型图
- 图 3.5 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  箱型图
- 图 3.6 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  箱型图
- 图 3.7 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{K}_2\text{O}$  箱型图
- 图 3.8 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{CaO}$  箱型图
- 图 3.9 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{MgO}$  箱型图
- 图 3.10 三处遗址出土原始瓷胎中  $\text{TiO}_2$  箱型图
- 图 3.11 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷釉的主成分元素因子分析三维散点图
- 图 3.12 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷釉的因子得分 F1 和 F2 散点图
- 图 3.13 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷釉的因子得分 F2 和 F3 散点图
- 图 3.14 三处遗址出土原始瓷釉中  $\text{SiO}_2$  箱型图
- 图 3.15 三处遗址出土原始瓷釉中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  箱型图
- 图 3.16 三处遗址出土原始瓷釉中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  箱型图
- 图 3.17 三处遗址出土原始瓷釉中  $\text{R}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 箱型图
- 图 3.18 三处遗址出土原始瓷釉中  $\text{RO}$  ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ) 箱型图
- 图 3.19 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷胎的聚类分析结果
- 图 3.20 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷釉的聚类分析结果
- 图 4.1 葫芦山与其他遗址原始瓷胎的主成分元素因子分析三维散点图
- 图 4.2 葫芦山与其他遗址原始瓷胎的聚类分析树状图
- 图 4.3 葫芦山与其他遗址原始瓷釉的主成分元素因子分析三维散点图
- 图 4.4 葫芦山与其他遗址原始瓷釉的聚类分析树状图

## 表格目录

表 2.1 葫芦山遗址部分样品吸水率

表 2.2 福建地区原始瓷片实验样品清单

表 3.1 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷样品胎的主量元素成分表 (wt%)

表 3.2 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷样品胎的各主次量元素成分平均值及标准偏差表 (wt%)

表 3.3 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷样品釉的主量元素成分表 (wt%)

表 3.4 葫芦山、竹林坑及辽田尖原始瓷样品釉的各主次量元素成分平均值及标准偏差表 (wt%)

表 3.5 旋转后因子载荷矩阵 (胎)

表 3.6 旋转后因子载荷矩阵 (釉)

表 3.7 各种常见草木灰的化学组成成分

表 4.1 赣浙地区出土原始瓷胎主要氧化物组成 (wt%)

表 4.2 赣浙地区出土原始瓷釉主要氧化物组成 (wt%)

表 4.3 旋转成分矩阵 (胎)

表 4.4 旋转成分矩阵 (釉)

## 第一章 绪论

### 1.1 葫芦山遗址概况

葫芦山遗址位于福建省武夷山市兴田镇西郊村东南约 1 公里处(图 1.1), 由南北两座各自独立的小山丘构成, 形似葫芦, 被当地人称作“南岗”和“北岗”。1990 年至 1992 年, 福建省博物馆与闽越王城博物馆对葫芦山北岗进行了三次大规模的发掘, 发掘面积共 800 平方米。发现有时间上相等于华夏中原区西周时期的建筑基址、商代居址和窑址, 以及龙山时期至夏代的文化遗存<sup>[1-3]</sup>。2014 年 9 月至 12 月, 经由国家文物局审批准许, 福建博物院、厦门大学历史系考古专业、武夷山市博物馆等单位对这处遗址进行再次发掘。本次发掘面积 365 平方米, 发现了一批灰坑、灰沟、柱洞以及建筑台基、窑址等遗迹现象, 初步揭露出一处新石器晚期至商周时代的古聚落遗址<sup>[4]</sup>。

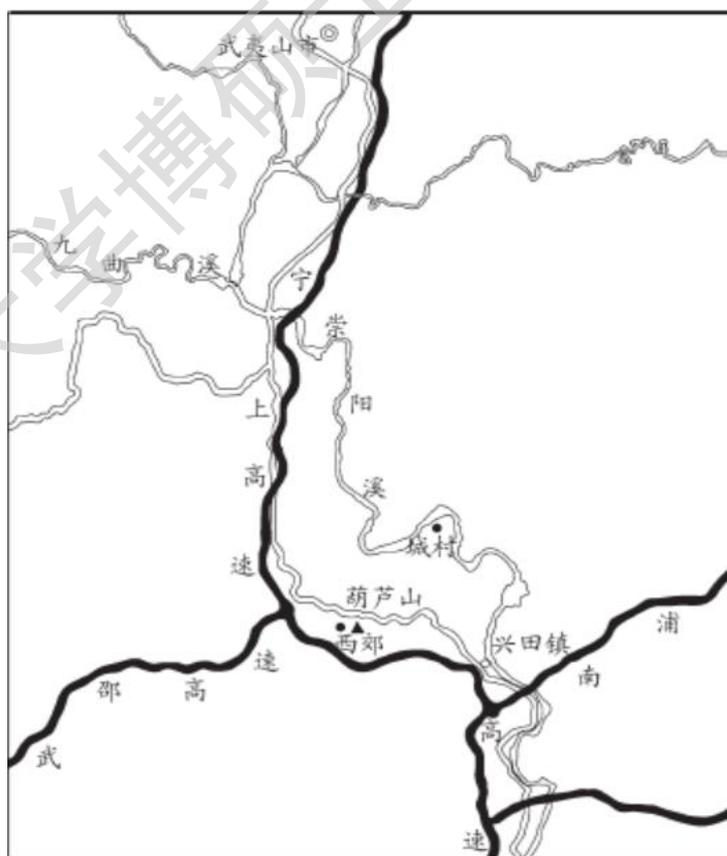


图 1.1 葫芦山遗址位置示意图<sup>[4]</sup>

葫芦山遗址所处的武夷山市, 属闽北地区。武夷山市地处闽江上游, 大致东

北——西南走向的武夷山脉绵亘赣闽边境，使从浙南经福建到粤东之间的东南沿海山地丘陵地域相对独立的天然地舆环境，如此的地舆格局在一定程度上阻碍了闽江流域尤其是闽江上游区域早期古文化与外部的文化交换互动。地舆条件的制约下，阻碍了闽江流域上下游之间的交流活动，致使闽江流域形成了具有相对独立性的一块地理小单元，流域内部诞生的原始文化长期处于半封闭的发展环境中。因此大河流域内部的古文化形成相对稳定的一致性，构成这一统一内部小区系文化产生发展的基础<sup>[5]</sup>。

上世纪 90 年代发掘工作中将葫芦山遗址地层划分为 5 层，其中第 3、4、5 层是其主要文化层。该遗址第 4 层主要是其文化晚期的建筑基址，发现有较多石铤与石镞等。这次所发现的陶窑也基本位于 4 层下，第 5 层是陶窑使用过程中产生的废弃物形成的堆积层。本次发掘共发现陶窑 23 座，大多遭到晚期建筑基址不同程度的破坏。每座窑形状不一，多数平面呈“8”字形（葫芦形），个别呈圆形或长条形。窑的大小与朝向也不尽相同，小的不足 1 米，大的窑体长达 4-5 米，其中 Y3 达到 5 米左右，主持发掘者杨琮先生认为是其承担的功能不一所导致的大小不同。窑址之间既存在平行关系又有叠压打破关系，这表明在时间上存在先后差别并且应该处于一段较长的时间跨度之中。从出土遗物内涵来看，仍属于同一文化类型。从窑的结构来看，所发现的窑的结构都基本相似，大多是横穴式。但其窑的复杂程度有所不同，如 Y9 号窑设有两个位于窑室后部的烟囱，Y8 发现两条环窑壁的弧形火道，是一种比较进步的窑炉，有利于提高这一时期陶器烧制成功的概率和成品质量。

2014 年度发掘工作将该遗址地层划分为 4 层，第 4 层仅见于发掘区中部以南。本次发掘的两座陶窑都属于第一期的文化遗存，位于第 3 层下。其中，Y1 的结构为半地穴式窑，窑上部受到不同程度的破坏，窑下部基本保存完整，全长 2.27 米，由窑室、火道和火膛组成。Y2 由于后期破坏严重，窑室、火膛基本无存<sup>[6]</sup>。Y1 窑室内堆积分为两层，第①层堆积为厚 0.1~0.2 米较疏松的黄褐色土，含较多红烧土块，应是窑顶坍塌后形成的堆积，有少量陶片；第②层为厚 0.1~0.2 米较致密的灰黑色土，包含较多大石块和大量的红烧土块，近底部有较多炭粒。出土有一定数量的夹砂陶片和泥质陶片，纹饰上以素面为主，篮纹、绳纹占有一定比例。火膛内堆积较为致密的红色偏黑土，东北部见大量红烧土块，近底

部存有较多炭粒。Y2 现仅残存平面近似椭圆形的灰烬面和部分红烧土块堆积，底部见有一定数量的炭粒和红烧土块。

根据现有资料，结合所处区域考古学背景来看，葫芦山遗址可分为早、中、晚三期文化类型，分别对应闽江流域上游史前文化序列的牛鼻山文化类型<sup>[7-8]</sup>

(5000—4000B. P.)、马岭类型<sup>[9-10]</sup> (4000—3600B. P.)、白主段类型<sup>[11]</sup> (3500—3000B. P.)。

闽江上游，闽西北地区迄今发现最早的新石器时代文化是以牛鼻山 M1-M13 为代表的牛鼻山文化。陶器遗存从陶质上表现为以泥质陶为主，少量夹砂陶，陶色基本为灰陶，较少红陶与黑陶，绝大多数均饰素面，后期开始出现黑衣陶。陶器类型主要有罐、豆、壶、鼎，还有钵、三足盘以及纺轮等。石器主要有石锛、箭簇、石斧、石戈等。14 年度葫芦山遗址发掘，遗址中早期陶器主要出土于 Y1 的废弃堆积内，以泥质陶和夹砂陶为主，陶色主要为灰色和红色，大多为素面。可辨器型以钵、豆、釜、鼎、罐类器为主<sup>[4]</sup>。与牛鼻山文化类型相似。

福建省内以黑衣陶为主体文化的遗址最早发现于马岭墓葬中。马岭类型是牛鼻山文化之后出现的在时间上与中原夏商时期相当的新石器时代末期考古学文化。马岭新石器时代末期墓葬位于闽西北光泽县境内，富屯溪上游大乾河东岸。上世纪 80 年代初，省、地文物普查工作中发现土坑墓两座，部分遗物暴露地表。两座墓葬共出土 45 件陶器，其中灰硬陶约占 44%，红、黄软陶约占 55% 并且约有一半饰黑衣或褐色陶衣。器形主要有凹底高领罐、长嘴盃、曲腹盆或杯、单把壶、圈底盃和钵等。主持发掘者林公务先生<sup>[10]</sup>认为马岭类型陶器与浙江江山南区肩头弄遗存的同类陶器在胎质、造型及其纹饰方面几近雷同，因此它们大体上应属于同一区域内的同一文化类型，且马岭类型文化与闽江下游黄瓜山文化以及浙赣边界的考古学文化皆有所联系。

白主段类型年代约相当于中原的商代晚期至西周早期，陶器多为泥质陶或灰硬陶，印纹陶数量占绝大多数，鲜有素面，拍印纹饰有云雷纹、方格纹、细绳纹、篮纹、席纹、曲折纹、菱格填线纹等。代表性器物有敛口豆、圈足杯、釜、钵、长腹罐、三足盘、折肩尊等。葫芦山遗址晚期出土陶器有泥质陶、灰硬陶、夹砂陶等，灰硬陶和泥质陶最多，纹饰种类繁多，还出土了一定数量的原始青瓷，器形主要为豆。

## 1.2 陶瓷科技考古概况

宋应星<sup>[12]</sup>在《天工开物·陶埴》一文中对陶器工艺基础进行了高度的科学概括,“水火既济而土合”。陶器的发明与使用在人类社会发展史具有划时代的意义,考古学上一般将陶器的出现和使用作为新石器时代的主要标志之一<sup>[13]</sup>。

### 1.2.1 中国古代陶瓷科技的发展

中国是最早出现陶器的文明古国之一,同时也是最早发明瓷器的国家。中国具有长达万年的陶瓷烧制历史,陶瓷工艺发展不断进步,长期领先于世界。中科院上海硅酸盐研究所李家治先生在其主编的《中国科学技术史——陶瓷卷》一书中用五个里程碑以及三大技术突破高度概括了我国陶瓷的发展进程<sup>[14]</sup>。其中“五个里程碑”是以时间顺序以及各时期典型陶瓷器的烧制成功为标准划分而成。

第一个里程碑是以早期陶器的出现为标志。根据目前考古资料<sup>[15]</sup>,北京大学吴小红对江西万年仙人洞遗址出土陶器的年代研究成果显示遗址出土最早的陶片年代距今 19,000~20,000 年,是迄今为止世界上发现年代最早的陶器。说明陶器在农业出现一万年甚至更早就被烧制和使用了<sup>[16]</sup>。新石器时代晚期印纹硬陶的发明以及商周时期原始瓷器的烧制成功作为陶瓷发展史上的第二个里程碑。一般认为印纹硬陶首先出现在江南地区距今 4000 多年前的新石器时代晚期,其所用的原料已不再是易熔粘土,而是一种含有较低  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  元素、化学元素组成比较纯的粘土,提高到平均  $1100^\circ\text{C}$  左右的烧成温度。印纹硬陶出现后不久,又出现了原始瓷。有关原始瓷,李家治和罗宏杰先生下了一个定义“商周时期所出现的,以瓷石为制胎原料所制作的具有较低吸水率的带釉陶瓷产品”<sup>[17]</sup>。原始瓷胎所用原料含有更少的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,一般在 3% 以下,烧成温度一般提高到  $1200^\circ\text{C}$  左右。原始瓷内外表面或仅在外表面施有一层厚薄不均的玻璃釉,一般胎釉结合不好,易剥落。原始瓷胎较致密,略有吸水性,断面略有玻璃态光泽,说明其烧结性能较好,但原料处理粗糙,有时用肉眼可见釉层下的粗颗粒石英砂和较大的气孔。原始瓷釉中  $\text{CaO}$  元素含量较高,通常称之为钙釉,是我国独创的一种高温釉,同时也是世界上最早的高温釉<sup>[18]</sup>。东汉晚期以浙江越窑为代表的南方青釉瓷的烧制成功是中国陶瓷工艺发展过程中的又一大飞跃,自此以后世界上就出现了瓷器。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库