

文章编号: 1007-4627(2005)01-0135-03

陕西西岳庙古琉璃胎料来源的 INAA 研究及多元统计分析*

程琳¹, 冯松林¹, 吕智荣²

(1 中国科学院高能物理研究所, 北京 100039;

2 陕西省考古研究所, 陕西 西安 710000)

摘要: 用仪器中子活化分析研究了陕西立地坡明代地层和陕西西岳庙宋、元、明、清早期、清晚期 4 个地层出土的古琉璃胎中的主量和微量元素, 并对实验数据进行多元统计分析. 结果表明, 陕西西岳庙从宋到清早期古琉璃胎料很稳定, 其原料可能来自本地; 清晚期古琉璃胎料与宋到清早期的古琉璃之间存在明显的区别, 明代 3 个样品和清晚期的古琉璃制造原料与立地坡出土的古琉璃其成分相近, 西岳庙清晚期的古琉璃可能来自陕西立地坡窑烧制.

关键词: 古琉璃; 仪器中子活化分析; 多元统计分析

中图分类号: TL99 **文献标识码:** A

1 引言

远在 2000 年前的汉代, 我国古代人民就创造了低温铅质绿釉陶器, 后来低温铅釉的陶器发展到用于建筑上, 人们称它为琉璃. 隋、唐、宋和辽代都有这类建筑用琉璃的生产和使用, 到明清时期特别流行琉璃建筑构件, 用于建造宫殿和佛寺等. 琉璃制品胎的素烧温度在 1 030—1 260 °C 之间, 与唐三彩烧成工艺接近, 是先将胎素烧后再施釉, 然后进行釉烧^[1]. 不同年代和产地的琉璃, 由于所用粘土原料的矿源不同, 主微量元素的含量就会有差别, 烧制成琉璃制品后这种差别几乎不会随放置年代的变迁而变化, 分析不同年代和产地古琉璃的化学成分, 对研究古琉璃的发展史、古代文化交流和文物的修复等具有重要意义.

陕西西岳庙位于陕西华阴市岳庙镇东侧, 南距华山 5 km, 西距华阴县城 2.5 km. 陕西立地坡在铜川市东南 20 余 km, 烧制瓷始于宋初, 元初开始烧青瓷, 至康熙雍正时到达鼎盛, 两处遗址相距约 50 km. 1996—2001 年陕西考古所对这两处遗址进行考古发掘, 出土了大量的古琉璃. 由于文物保护的需要, 对这两处古琉璃的化学成分进行分析. 仪器中子活化分析(INAA)具有灵敏度高、准确度好、

取样量小和多元元素同时分析等诸多优点, 已经被国内外学者广泛地应用于文物的产地、矿料来源、年代和产地等研究, 并成功地解决了许多考古学的难题^[2-4].

2 实验

选取 2000 年由陕西省考古所发掘出土的宋、元时期的绿色琉璃龙纹瓦当, 明、清时期绿色和黄色龙纹瓦当, 龙、凤纹滴水等碎片, 样品的特征见表 1. 样品经过清洗、烘干和研磨等处理后放在原子能研究院的 101 型重水反应堆中, 在中子注量率为 $7.0 \times 10^{13} / \text{cm}^2 / \text{s}$ 的条件下照射 8 h, 冷却、分

表 1 陕西西岳庙和立地坡古琉璃样品表^[3]

产地	出土地层	编号	分析的样品数	表面琉璃的颜色
西岳庙	宋	Song	10	绿
西岳庙	元	Yuan	10	黄、绿
西岳庙	明	Ming	26	蓝、绿
西岳庙	清早期	Early Qing	10	绿
西岳庙	清晚期	Late Qing	30	黄、绿
立地坡	明	LDP	10	蓝色

收稿日期: 2004 - 08 - 31

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10075060, 101435050); 中国科学院知识创新工程重点方向基金资助项目(KJJCX-NO4)

作者简介: 程琳(1967—), 男(汉族), 安徽桐城人, 博士研究生, 从事核分析技术及其应用研究;

E-mail: chenglin@mail.ihep.ac.cn

装、测量和解谱，得到古琉璃胎中多种主、微量元素值，所有元素的分析误差小于 10%。

3 结果与讨论

将古琉璃胎料中多种主量和微量元素的值作为变量进行因子分析，分析结果见图 1。从图中可以

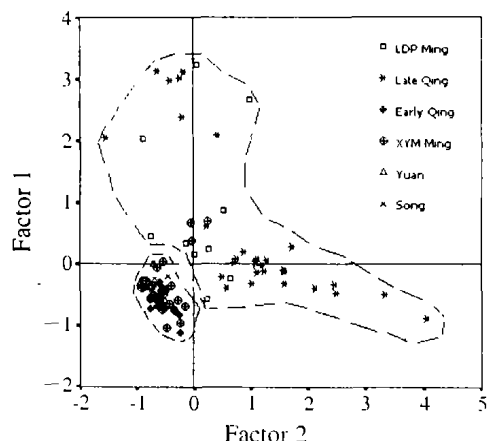


图 1 陕西西岳庙与立地坡古琉璃胎料的因子分析图

看出，西岳庙 5 个文化期的样品按照其制造原料的化学成分只能划分为两个阶段，即从宋到清早期为第一阶段，清晚期为第二阶段。在第一阶段中古琉璃的原料和工艺没有明显地变化，宋、元、明（除 3 个样品外）、清早期的样品全部分布在第三象限的

一个小的范围内，说明其原料来自同一产地并且比较集中，随后的考古发掘在当地发现了明和清早期烧制古琉璃的窑址^[5]，说明其制造原料就是来自本地。西岳庙清晚期的样品分布在一个比较大的范围内，原料成分比较分散，同时明代的 3 个样品和陕西立地坡的样品也和清晚期的样品分布在同一个区域，表明其原料的化学成分近似。说明从明代开始修葺西岳庙时就可能从制瓷水平比较高的立地坡窑制造皇家所需要的琉璃用品，而在清晚期几乎全部所有的用品全部由立地坡窑烧制。

4 结论

考古学家从地层学和器物类型学的角度将陕西西岳庙出土的古琉璃划分为 5 个不同文化期的遗存，但依据古琉璃胎的化学成分只能划分为两个阶段，第一个阶段其烧制古琉璃的原料来自本地，第二个阶段其古琉璃构件来自 50 km 以外的立地坡窑，这对陕西西岳庙的修复和保护以及陕西地区古陶瓷发展史的研究都有着重要的意义。仪器中子活化分析是一种重要的核分析方法，它对于研究中国古陶瓷的年代、产地以及文化溯源等方面有着积极重要的意义。

参 考 文 献:

[1] 李国桢, 郭演义. 中国名瓷工艺基础. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 120—128.
 [2] Peter M Day, Evangelia Kiriati. J Archaeological Sci, 1999, 26(3): 1 025.
 [3] Hancock R, Betancourt P P. J Radioanalytical and Nuclear Chem, 1987, 114 (2): 393.
 [4] Kilikoglou V, Grimanis A P. J Radioanalytical and Nuclear Chem, 1992, 168 (2): 297.
 [5] 吕智荣, 刘育生. 西岳庙考古又获新发现, 北京: 中国文物报, 2003-06-01.

Study on Sources of Colored Glaze of Xiyue Temple in Shanxi Province by INAA and Multivariable Statistical Analysis*

CHENG Lin¹, FENG Song-lin¹, LÜ Zhi-rong²

(1 Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;
 2 Shanxi Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Xian 710000, China)

Abstract: The major, minor and trace elements in the bodies of ancient colored glazes which came from

* Foundation Item: National Natural Science Foundation of China(10075060, 10135050); Knowledge Innovative Program of Chinese Academy of Sciences(KJ CX-No4)

the site of Xiyue Temple and Lidipo kiln in Shangxi province, and were unearthed from the stratum of Song, Yuan, Ming, Early Qing and Late Qing dynasty were analyzed by instrumental neutron activation analysis (INAA). The results of multivariable statistical analyses show that the chemical compositions of the colored glaze bodies are steady from Song to Early Qing dynasty, but distinctly different with that in Late Qing. Probably, the sources of fired material of ancient colored glaze from Song to Early Qing came from the site of Xiyue Temple. The chemical compositions of three pieces of colored glazes in Ming dynasty and that of Late Qing are similar to that of Lidipo kiln. From this, we could conclude that the sources of the materials of ancient coloured glazes of Xiyue Temple in Late Qing dynasty have been fired in Lidipo kiln.

Key words: ancient colored glaze; instrumental neutron activation analysis; multivariable statistical analysis

(上接第 2 页)

Measurement of One- and Two-neutron Transfer Cross Sections for ${}^6\text{He} + {}^9\text{Be}$ Reaction at 25 MeV/u Energy*

YE Yan-lin, PANG Dan-yang, GE Yu-cheng, JIANG Dong-xing, ZHENG Tao,
WANG Quan-jin, LI Zhi-huan, LI Xiang-qing, AI Ying, ZHANG Gao-long,
WANG Jia, CHEN Zhi-qiang, HU Qing-Yuan

(School of Physics and DOE Key Laboratory of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

A. Ozawa, Y. Yamaguchi, C. Wu, R. Kanungo, D. Fang, I. Tanihata
(RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan)

Abstract: Differential cross sections for quasi-elastic scattering at forward angles and for 1n and 2n transfer reaction at backward angles induced by ${}^6\text{He}$ at 25 MeV/u from ${}^9\text{Be}$ target were measured. The experimental data were analyzed in the framework of the CRC model. The rise at backward angle of the 1n and 2n transfer cross section can not be reproduced by the current calculation.

Key words: halo nucleus; transfer reaction; CRC

* Foundation item: Major State Basic Research Development Program(G2000077403)