

三种釉色钧官瓷和现代高档钧瓷的中子活化分析

李国霞¹, 孙洪巍¹, 李融武², 赵维娟¹, 赵青云³, 孙新民³, 赵文军³, 郭敏¹,
谢建忠¹, 高正耀¹, 冯松林⁴, 杨勇¹, 田红宇¹, 杨大伟¹

(1. 郑州大学物理工程学院, 郑州 450052; 2. 北京师范大学物理系, 北京 100875; 3. 河南省文物考古研究所, 郑州 450000; 4. 中国科学院高能物理研究所, 北京 100080)

摘要: 用中子活化分析(neutron activation analyses, NAA)技术测定了一组古钧官瓷和3个不同窑口现代高档钧瓷样品中25种元素的含量, 从这些元素中筛选出能比较好的区分古钧官瓷和现代高档钧瓷的指纹元素, 对这些指纹元素进行散布分析。结果表明: 古钧官瓷的胎料来源比较集中, 古钧官瓷胎和现代高档钧瓷胎的原料来源和分类关系明显不同; 古钧官瓷釉和现代高档钧瓷釉的原料来源、配方和分类关系也明显不同, 用NAA和指纹元素散布分析可以区分古钧官瓷和现代高档钧瓷样品。分析结果可为深入研究古钧官瓷和不同窑口现代高档钧瓷的原料来源、分类关系、鉴别以及提高仿古钧瓷的质量提供科学依据。

关键词: 古钧官瓷; 现代高档钧瓷; 原料来源; 指纹元素; 散布分析

中图分类号: TQ17, K87 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-5648(2008)06-0816-05

NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF OFFICIAL JUN PORCELAIN AND MODERN TOP-GRADE JUN PORCELAIN WITH THREE GLAZE COLORS

LI Guoxia¹, SUN Hongwei¹, LI Rongwu², ZHAO Weijuan¹, ZHAO Qingyun³, SUN Xinmin³, ZHAO Wenjun³, GUO Min¹,
XIE Jianzhong¹, GAO Zhengyao¹, FENG Songlin⁴, YANG Yong¹, TIAN Hongyu¹, YANG Dawei¹

(1. School of Physical Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052; 2. Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875; 3. Institute of Cultural Relic and Archaeology of Henan Province, Zhengzhou 450000; 4. Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Neutron activation analysis (NAA) was performed on samples of official Jun porcelain and modern top-grade Jun porcelain. The content of 25 elements contained in the body and glaze of each sample were measured with the NAA technique. Their fingerprint elements were selected to make scatter diagram. The results show that the raw material sources of the majority of the official Jun porcelain bodies are comparatively more concentrated; the raw material sources of the porcelain bodies of the official Jun kiln and the modern top-grade Jun porcelain kilns are apparently different, and so the classification relationship is also different. The raw material sources, recipes and classification relationship of the official Jun porcelain glazes also differ significantly from those of the modern top-grade Jun porcelain glazes. Therefore, the official Jun porcelain samples and the modern top-grade Jun porcelain samples can be differentiated by NAA and fingerprint element scatter analysis. The above information can provide scientific and referential evidence for the study of the source of raw materials and classification relationship of ancient official Jun porcelain and modern top-grade Jun porcelain, and improve the quality of archaized porcelain.

Keywords: official Jun porcelains; modern top-grade Jun porcelains; raw material sources; fingerprint elements; scatter analysis

钧窑是中国古代著名的瓷窑, 以其“釉具五色, 艳丽绝伦, 窑变美妙, 彩色缤纷”, 为其它窑口的产品所不及。钧窑遗址以河南省禹州市神垕镇为中心, 共发现窑址150多处。其中, 禹州市城里钧台附近

发现的钧台窑, 产品质量为诸窑之冠, 被考古学界确认为钧官窑。钧瓷有三大特征: 第一, 全面施有乳光釉, 呈鲜明的蓝色散射光; 第二, 局部或全部以铜及其氧化物着色, 产生红色斑块或全部为紫红

收稿日期: 2007-12-26。 修改稿收到日期: 2008-02-10。

基金项目: 国家自然科学基金(50772101, 50432010, 50572097); 中国科学院核分析技术重点实验室项目(K-113); 河南省自然科学基金(0611011500)和郑州大学历史文化遗产保护中心资助项目。

第一作者: 李国霞(1952—), 女, 教授。

Received date: 2007-12-26. Approved date: 2008-02-10.

First author: LI Guoxia (1952—), female, professor.

E-mail: liguoxia@zzu.edu.cn

色釉，……；第三，釉中弥漫着许多微小的釉泡，这些釉内的釉泡对钧瓷呈现的眩丽异光亦起一定的作用。^[1]正是这些与众不同的特征，使钧瓷在中国闻名遐迩。民间一直流传有“纵有家产万贯，不如钧瓷一件”，可见它的弥足珍贵。一些传世钧瓷被英、美、日等著名博物馆珍藏。

现代孔家钧窑是中国钧瓷的重点生产企业，其产品在汲取传统技艺精华的同时，率先将人物、动物造型、陶艺引入到钧瓷作品中，并结合现代艺术，运用浮雕、镂空等技法，丰富了钧瓷的表现形式，为钧瓷行业的振兴和产业化发展做出了贡献，产品远销国内外。作品《伟人尊》、《国泰鼎》、《丰尊》、《小口瓶》被中国国家博物馆永久收藏，其中《伟人尊》作为唯一的现代钧瓷作品入选第五届中国工艺美术大师纪念邮票，《丰尊》又被选为第三届中国—东盟博览会国礼。

现代苗家钧窑在继承传统工艺的基础上又有新的创新，《出荷口碗》被中国历史博物馆收藏，《玉龙腾飞》大花瓶珍藏于昆明世博园中国馆一楼大厅，《千秋辉煌》大花瓶被北京大学用于百年校庆，产品不但畅销国内，而且远销马来西亚、美国、日本、德国、泰国等，深受广大用户好评。

现代星航钧窑是一家专门研究、生产钧瓷的单位，生产品种上百种，有钧瓷、汝瓷、哥瓷、官瓷和各种规格的花瓶、人物、茶具、文具，其中仿钧官窑产品为市场所罕见，寿桃(福、禄、寿、禧)被

中国民族博物馆专家给予高度评价，伟人领袖像也为广大收藏者所喜欢。

古钧官瓷具有极高的经济价值和社会价值，并且深受人们的喜爱，是历代瓷窑仿制的对象；现代高档钧瓷也具有比较高的经济价值和收藏价值，典型产品和工艺是一些瓷窑模仿的对象(即现代仿现代)。国内外有关学者曾在钧瓷的原料来源、微结构和呈色机理方面，做了很多有益的工作，^[2-3]但是，有关古钧官瓷和不同窑口现代高档钧瓷原料来源、分类关系和鉴别的研究尚有待深入开展。研究原料来源和分类关系的有效方法是微量、痕量元素分析，微量、痕量元素是人工不能控制的，而且基本上不受工艺过程的影响，它主要反映原料来源的特征。本工作从钧台窑和现代孔家钧窑、苗家钧窑、星航钧窑选取天蓝、天青、月白釉色钧瓷残片样品 39 个，用 NAA^[4]测试这些样品胎和釉中常量、微量和痕量元素的含量，将这批 NAA 数据进行散布分析，^[5]得到一些有价值的信息。

1 样品的选取和 NAA 实验

从钧台窑考古编号为 H2T7 的碎片坑出土样品中选取古钧官瓷残片样品 24 个，从孔家钧窑、苗家钧窑、星航钧窑选取现代高档钧瓷残片样品 15 个，瓷片釉色有天青、月白、天蓝 3 种，所选择的样品代码、名称、窑口列于表 1。

其中古钧官瓷样品是由河南省文物考古研究所

表 1 样品情况
Table1 Samples circumstances

No.	Sample's code	Porcelain's name	Kiln's name	No.	Sample's code	Porcelain's name	Kiln's name
1	J176	Official Jun	Juntai kiln	21	J243	Official Jun	Juntai kiln
2	J179	Official Jun	Juntai kiln	22	J245	Official Jun	Juntai kiln
3	J180	Official Jun	Juntai kiln	23	J246	Official Jun	Juntai kiln
4	J181	Official Jun	Juntai kiln	24	J248	Official Jun	Juntai kiln
5	J182	Official Jun	Juntai kiln	25	J858	Modern Jun	Kongjia kiln
6	J185	Official Jun	Juntai kiln	26	J863	Modern Jun	Kongjia kiln
7	J186	Official Jun	Juntai kiln	27	J865	Modern Jun	Kongjia kiln
8	J187	Official Jun	Juntai kiln	28	J873	Modern Jun	Kongjia kiln
9	J190	Official Jun	Juntai kiln	29	J828	Modern Jun	Miaojia kiln
10	J191	Official Jun	Juntai kiln	30	J829	Modern Jun	Miaojia kiln
11	J217	Official Jun	Juntai kiln	31	J841	Modern Jun	Miaojia kiln
12	J220	Official Jun	Juntai kiln	32	J900	Modern Jun	Miaojia kiln
13	J223	Official Jun	Juntai kiln	33	J901	Modern Jun	Miaojia kiln
14	J225	Official Jun	Juntai kiln	34	J854	Modern Jun	Xinghan kiln
15	J228	Official Jun	Juntai kiln	35	J855	Modern Jun	Xinghang kiln
16	J229	Official Jun	Juntai kiln	36	J857	Modern Jun	Xinghang kiln
17	J247	Official Jun	Juntai kiln	37	J897	Modern Jun	Xinghang kiln
18	J233	Official Jun	Juntai kiln	38	J898	Modern Jun	Xinghang kiln
19	J234	Official Jun	Juntai kiln	39	J899	Modern Jun	Xinghang kiln
20	J235	Official Jun	Juntai kiln				

提供的, 现代高档钧瓷样品由孔家钧窑、苗家钧窑、星航钧窑提供, 这些样品都具有一定的代表性。

用 NAA 测得每个钧官瓷和现代高档钧瓷胎、釉样品的 25 种元素含量, 其中稀土元素 8 种, 包括: La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu; 其它元素 17 种, 包括: Na, K, Sc, Cr, Fe, Co, As, Rb, Sr, Zr, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Th, U, 单位为 $\mu\text{g/g}$ 。NAA 数据的置信水平为 90%, 即多数元素的 NAA 数据误差为 $\pm 10\%$ 。

2 钧官瓷和现代高档钧瓷胎样品的散布分析

分别计算钧官瓷、现代孔家钧瓷、苗家钧瓷和星航钧瓷胎样品中各元素组成的算术平均值 α 和标

准误差 σ 。从中挑选几种瓷器样品的 α 值明显不同的元素, 即认为该元素为指纹元素, 可以比较好的表示原料的来源和配方特征。经过分析, 认为 U, Hf, Ta, Th, Cs 这 5 种元素是反映古钧官瓷、现代孔家钧瓷、苗家钧瓷和星航钧瓷胎来源的指纹元素, 其算术平均值和标准误差列于表 2。

这些指纹元素最显著的特征是在同一窑口瓷胎样品中, 每种元素的含量比较接近, 不同窑口瓷胎样品中的含量有所不同。

2.1 古钧官瓷和现代高档钧瓷胎的一维散布分析

以样品的序号为横坐标, 任意一种指纹元素的含量为纵坐标, 可作出一维散布图。钧官瓷、现代孔家钧瓷、苗家钧瓷和星航钧瓷胎中 Hf 含量的散布图如图 1 所示。对每一种指纹元素都可以画出类似的散布图。

表 2 古钧官瓷和现代高档钧瓷胎样品指纹元素的平均值和标准误差

Table 2 Mean value α and standard error σ of the contained in Jun Guan porcelain and modern top-grade Jun porcelain bodies

Name	$(\alpha \pm \sigma) / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$				
	U	Hf	Ta	Th	Cs
Official Jun porcelain body	5.19 ± 0.56	8.03 ± 0.40	1.56 ± 0.07	19.92 ± 0.85	8.15 ± 0.61
Kongjia Jun porcelain body	8.49 ± 0.11	10.25 ± 0.50	2.09 ± 0.07	28.48 ± 0.47	2.74 ± 0.17
Miaojia Jun porcelain body	10.00 ± 1.06	11.36 ± 0.56	1.97 ± 0.12	24.20 ± 1.63	5.75 ± 0.49
Xinghang Jun porcelain body	13.29 ± 2.43	14.01 ± 2.14	2.65 ± 0.29	33.28 ± 4.71	4.73 ± 0.76

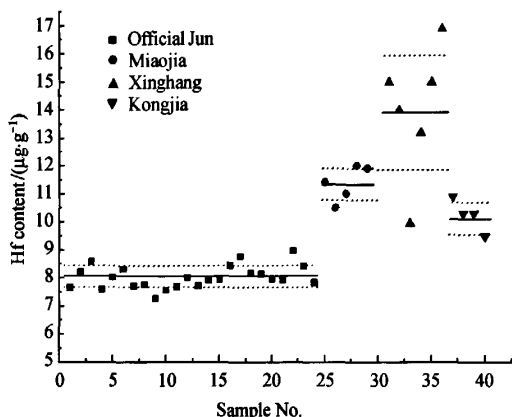


图 1 古钧官瓷和现代高档钧瓷胎 Hf 含量的一维散布分析
Fig.1 One dimension scattered analysis of the Hf contents in Jun Guan porcelain and modern top-grade Jun porcelain bodies

从图 1 可以看出: 24 个古钧官瓷胎的 Hf 含量比较接近, 这表明它们的原料来源比较接近集中。古钧官瓷胎的 Hf 含量和 3 种现代高档钧瓷胎明显不同。

2.2 古钧官瓷和现代高档钧瓷胎的二维散布分析

以任意一种指纹元素的含量为横坐标, 另一种指纹元素的含量为纵坐标, 可做出二维散布图。钧官瓷、现代孔家钧瓷、苗家钧瓷和星航钧瓷胎中 Hf-Th 含量的二维散布图如图 2 所示。

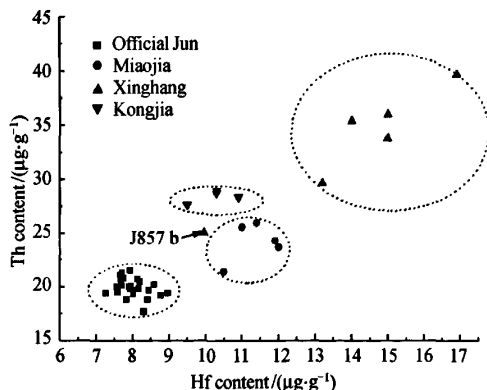


图 2 古钧官瓷和现代高档钧瓷胎 Hf-Th 含量的二维散布分析
Fig.2 Two dimension scattered analysis of the Hf-Th contents in Jun Guan porcelain and modern top-grade Jun porcelain bodies
b—Body.

从图 2 可以看出：24 个古钧官瓷胎的 Hf-Th 含量比较接近；现代苗家钧瓷胎的 Hf 含量明显高于古钧官瓷胎，而 Th 含量比古钧官瓷胎稍高一些；现代孔家钧瓷胎的 Hf 含量略高于古钧官瓷胎，而 Th 含量明显高于古钧官瓷胎；多数现代星航钧瓷胎的 Hf-Th 含量明显高于古钧官瓷胎，只有 1 个现代星航钧瓷胎 J857b 的 Hf-Th 含量略高于古钧官瓷胎；古钧官瓷胎和 3 个不同窑口现代高档钧瓷胎的 Hf-Th 含量明显不同，这表明古钧官瓷和现代高档

钧瓷的胎料来源不同。

3 古钧官瓷和现代高档钧瓷釉样品的散布分析

计算古钧官瓷和不同现代高档钧瓷釉样品 25 种元素含量的算术平均值 α 和标准误差 σ ，根据上述原则从中挑选出 5 种指纹元素，把这 5 种指纹元素的算术平均值和标准误差列于表 3。

这些指纹元素最显著的特征是在同一窑口瓷釉

表 3 古钧官瓷和现代高档钧瓷釉样品指纹元素的平均值和标准误差

Table 3 Mean value and standard error of the contained in Jun Guan porcelain and modern top-grade Jun porcelain glazes

Name	$(\alpha \pm \sigma) / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$				
	La	Sm	Ce	Sc	Cr
Official Jun porcelain glaze	44.91 ± 3.94	6.56 ± 1.47	68.80 ± 9.00	4.63 ± 0.93	34.51 ± 4.95
Kongjia Jun porcelain glaze	19.83 ± 1.74	2.10 ± 0.20	29.03 ± 3.09	2.83 ± 0.51	20.18 ± 2.97
Miaojia Jun porcelain glaze	28.30 ± 0.76	3.47 ± 0.10	41.52 ± 2.41	3.27 ± 0.23	19.68 ± 1.08
Xinghang Jun porcelain glaze	17.92 ± 2.13	2.83 ± 0.45	28.33 ± 3.33	3.19 ± 0.77	14.95 ± 2.82

样品中，每种元素的含量比较接近，不同窑口瓷釉样品中的含量有所不同。

3.1 古钧官瓷和现代高档钧瓷釉的一维散布分析

以样品的序号为横坐标，任意一种指纹元素的含量为纵坐标，可做出二维散布图。古钧官瓷、现代孔家钧瓷、苗家钧瓷和星航钧瓷釉中 Sm 含量的散布图如图 3 所示。从图 3 可以看出：样品大体上可以分为 4 类。

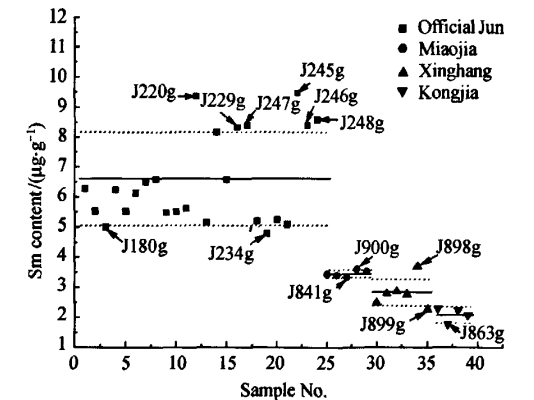


图 3 古钧官瓷和现代高档钧瓷釉 Sm 含量的一维散布分析
Fig.3 One dimension scattered analysis of the Sm contents in Jun Guan porcelain and modern top-grade Jun porcelain glazes
g—Glaze.

第 1 类：古钧官瓷釉样品类。这 1 类共包括 24 个古钧官瓷釉样品，其中有 16 个古钧官瓷釉样品的

Sm 含量为 $(6.56 \pm 1.47) \mu\text{g/g}$ ，6 个古钧官瓷釉样品(J220g, J245g, J229g, J247g, J246g, J248g)的 Sm 含量高于 $(6.56 \pm 1.47) \mu\text{g/g}$ ，2 个古钧官瓷釉样品(J180g, J234g)的 Sm 含量略低于 $(6.56 \pm 1.47) \mu\text{g/g}$ 。

第 2 类：现代苗家钧瓷釉样品类。这 1 类共包括 5 个苗家钧瓷釉样品，其中有 3 个现代苗家钧瓷釉样品的 Sm 含量为 $(3.47 \pm 0.10) \mu\text{g/g}$ ，1 个现代苗家钧瓷釉样品 J900g 的 Sm 含量略高于 $(3.47 \pm 0.10) \mu\text{g/g}$ ，1 个现代苗家钧瓷釉样品 J841g 的 Sm 含量略低于 $(3.47 \pm 0.10) \mu\text{g/g}$ 。

第 3 类：现代星航钧瓷釉样品类。这 1 类共包括 6 个星航钧瓷釉样品，其中有 4 个现代星航钧瓷釉样品的 Sm 含量为 $(2.83 \pm 0.45) \mu\text{g/g}$ ，1 个现代星航钧瓷釉样品 J898g 的 Sm 含量高于 $(2.83 \pm 0.45) \mu\text{g/g}$ ，1 个现代星航钧瓷釉样品 J899g 的 Sm 含量略低于 $(2.83 \pm 0.45) \mu\text{g/g}$ 。

第 4 类：现代孔家钧瓷釉样品类。这 1 类共包括 4 个孔家钧瓷釉样品，其中有 3 个现代孔家钧瓷釉样品的 Sm 含量为 $(2.10 \pm 0.20) \mu\text{g/g}$ ，1 个现代孔家钧瓷釉样品 J863g 的 Sm 含量略低于 $2.10 \pm 0.20) \mu\text{g/g}$ 。

由图 3 还可以看出：古钧官瓷釉样品的 Sm 含量和 3 种现代高档钧瓷釉样品明显不同。

3.2 古钧官瓷和现代高档钧瓷釉的二维散布分析

以任意一种指纹元素的含量为横坐标；另一种指纹元素的含量为纵坐标，可做出二维散布图。古

钧官瓷、现代孔家钧瓷、苗家钧瓷和星航钧瓷釉中 Sm-Ce 含量的二维散布图如图 4 所示。由图 4 可以看出, 样品大体上可以分为 4 类。

第 1 类: 古钧官瓷釉样品类, 包括全部 24 个古钧官瓷釉样品。

第 2 类: 现代苗家钧瓷釉样品类, 该类包括全部 5 个苗家钧瓷釉样品。

第 3 类: 现代星航钧瓷釉样品类, 共包括 6 个星航钧瓷釉样品, 其中 J899g 的 Sm-Ce 含量略低于其它现代星航钧瓷釉样品。

第 4 类: 现代孔家钧瓷釉样品类, 包括全部 4 个孔家钧瓷釉样品。

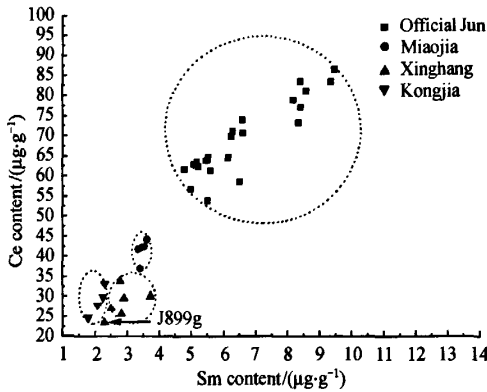


图 4 古钧官瓷和现代高档钧瓷釉 Sm-Ce 含量的二维散布分析

Fig.4 Two dimension scattered analysis of the Sm-Ce contents in Jun Guan porcelain and modern top-grade Jun porcelain glazes

由图 4 还可以看出: 古钧官瓷釉样品的 Sm-Ce 含量和 3 种现代高档钧瓷釉样品明显不同, 这表明古钧官瓷和现代高档钧瓷的釉料来源和配方是不同的。

以上信息可为研究古钧官瓷和不同窑口现代高档钧瓷的原料来源、分类关系提供可借鉴的科学依据。如要进一步探讨古钧官瓷和不同窑口现代高档钧瓷的渊源关系, 还需要采用模糊聚类或其它分析方法处理数据, 各种分析结果互为验证, 可以提高分析结果的正确率; 并进一步分析不同窑口的其它钧瓷样品, 建立古钧官瓷和不同窑口现代高档钧瓷的元素组成数据库, 这对于正确鉴别古钧官瓷和现代高档钧瓷以及提高仿古钧瓷的质量是很有必要的。

4 结 论

(1) 24 个古钧官瓷胎样品之间的 Hf-Th 含量比较接近, 表明这些样品的胎料来源比较集中; 现代高档钧瓷胎样品和古钧官瓷胎样品之间的 Hf-Th 含量明显不同, 这表明古钧官瓷胎样品的胎料来源和现代高档钧瓷胎样品不同。

(2) 古钧官瓷釉样品的 Sm-Ce 含量和现代高档钧瓷釉样品明显不同, 这表明古钧官瓷釉样品和现代高档钧瓷釉样品的釉料来源或配方不同。

(3) 除 1 个现代星航钧瓷胎样品 J857b 的 Hf-Th 含量与多数现代星航钧瓷胎不同外, 其余不同窑口现代高档钧瓷胎样品 Hf-Th 的含量各自有所不同。

(4) 除 1 个现代星航钧瓷釉样品 J899g 的 Sm-Ce 含量与多数现代星航钧瓷釉不同外, 其余不同窑口现代高档钧瓷釉样品的 Sm-Ce 含量各自有所不同。

(5) 用中子活化分析和指纹元素散布分析相结合, 可以较好的区分古钧官瓷和现代高档钧瓷的胎、釉样品。

参考文献:

- [1] 李家治主编.《中国科学技术史—陶瓷卷》[M]. 北京: 科学技术出版社, 1998: 418-432.
Li Jiazhi. The History of Science and Technology of China on Chinese ceramics (in Chinese). Beijing: Science and Technology Press, 1998: 418-432.
- [2] 毛杰英. 钧瓷窑变釉的创烧和发展[A]//中国古陶瓷研究(第七辑)[C]. 中国古陶瓷研究会编. 北京: 紫禁城出版社, 2001: 155-158.
MAO Jieying. The initiating firing and development of Jun porcelain change kiln glaze// The Research Institute of Chinese Ancient Ceramics ed. Chinese Ancient Ceramics Study, Vol 7 (in Chinese). Beijing: Forbidden City Press, 2001: 155-158.
- [3] 孙洪巍, 陈显求, 黄瑞福. 中国历代分相釉再现的工艺基础[J]. 陶瓷, 1994(2): 8-15.
SUN Hongwei, CHEN Xianqiu, HUANG Ruifu, et al. Ceramics (in Chinese), 1994(2): 8-15.
- [4] 李国霞, 胥爱军, 李融武, 等. 古耀州瓷釉起源的中子活化分析[J]. 原子能科学技术, 2003, 37(4): 381-384.
LI Guoxia, XU Aijun, LI Rongwu, et al. Atomic Energy Sci Technol (in Chinese), 2003, 37(4): 381-384.
- [5] 高正耀, 王 杰, 陈显德, 等. 古汝瓷指纹元素散布分析[J]. 核技术, 1997, 20(7): 399-403.
GAO Zhengyao, WANG Jie, CHEN Xiande, et al. Nucl Tech (in Chinese), 1997, 20(7): 399-403.

三种釉色钧官瓷和现代高档钧瓷的中子活化分析

作者：[李国霞](#)，[孙洪巍](#)，[李融武](#)，[赵维娟](#)，[赵青云](#)，[孙新民](#)，[赵文军](#)，[郭敏](#)，[谢建忠](#)，[高正耀](#)，[冯松林](#)，[杨勇](#)，[田红宇](#)，[杨大伟](#)，[LI Guoxia](#)，[SUN Hongwei](#)，[LI Rongwu](#)，[ZHAO Weijuan](#)，[ZHAO Qingyun](#)，[SUN Xinmin](#)，[ZHAO Wenjun](#)，[GUO Min](#)，[XIE Jianzhong](#)，[GAO Zhengyao](#)，[FENG Songlin](#)，[YANG Yong](#)，[TIAN Hongyu](#)，[YANG Dawei](#)

作者单位：[李国霞](#)，[孙洪巍](#)，[赵维娟](#)，[郭敏](#)，[谢建忠](#)，[高正耀](#)，[杨勇](#)，[田红宇](#)，[杨大伟](#)，[LI Guoxia](#)，[SUN Hongwei](#)，[ZHAO Weijuan](#)，[GUO Min](#)，[XIE Jianzhong](#)，[GAO Zhengyao](#)，[YANG Yong](#)，[TIAN Hongyu](#)，[YANG Dawei](#) (郑州大学物理工程学院，郑州，450052)，[李融武](#)，[LI Rongwu](#) (北京师范大学物理系，北京，100875)，[赵青云](#)，[孙新民](#)，[赵文军](#)，[ZHAO Qingyun](#)，[SUN Xinmin](#)，[ZHAO Wenjun](#) (河南省文物考古研究所，郑州，450000)，[冯松林](#)，[FENG Songlin](#) (中国科学院高能物理研究所，北京，100080)

刊名：[硅酸盐学报](#)   

英文刊名：[JOURNAL OF THE CHINESE CERAMIC SOCIETY](#)

年，卷(期)：2008，36(6)

被引用次数：0次

参考文献(5条)

1. [李家治](#) [中国科学技术史-陶瓷卷](#) 1998
2. [毛杰英](#) [钧瓷窑变釉的创烧和发展](#) 2001
3. [孙洪巍](#)，[陈显求](#)，[黄瑞福](#) [中国历代分相釉再现的工艺基础](#) 1994(02)
4. [李国霞](#)，[胥爱军](#)，[李融武](#) [古耀州瓷釉起源的中子活化分析](#) [期刊论文]-[原子能科学技术](#) 2003(04)
5. [高正耀](#)，[王杰](#)，[陈显德](#) [古汝瓷指纹元素散布分析](#) 1997(07)

相似文献(2条)

1. 会议论文 [李国霞](#)，[孙新民](#)，[赵文军](#)，[郭敏](#)，[李融武](#)，[赵维娟](#)，[孙洪巍](#)，[谢建忠](#)，[高正耀](#)，[冯松林](#)，[赵青云](#) [古钧官瓷和现代高档钧瓷原料来源的中子活化分析](#) 2009
2. 期刊论文 [李国霞](#)，[谢建忠](#)，[高正耀](#)，[冯松林](#)，[崔鹏飞](#)，[杨大伟](#)，[梁先华](#)，[李融武](#)，[赵青云](#)，[孙新民](#)，[赵文军](#)，[赵维娟](#)，[孙洪巍](#)，[郭敏](#) [古今名钧瓷鉴别的INAA和BP神经网络研究](#) -[原子能科学技术](#) 2010, 44(3)

为正确鉴别古今名钧瓷,从古钧台窑和现代孔家钧窑、苗家钧窑、星航钧窑选取钧瓷残片样品40个,用仪器中子活化分析(INAA)测得每个样品胎、釉中25种元素的含量,应用BP神经网络对这些样品的INAA数据进行了训练和预测.预测结果表明,训练好的网络能较好鉴别未知古钧官瓷和现代高档钧瓷的胎、釉样本.