

# 基于数据处理技术的古玻璃成分分析与鉴别

文艳姑 刘蕴霖 孙 瑞 王怡铭

桂林信息科技学院 广西桂林 541004

**摘要:** 玻璃是人类最早发明的人造材料之一, 研究玻璃文物的化学成分及鉴别对古代玻璃文物的保护具有重要意义. 本文从成分数据分析视角出发, 采用K-means算法和灰色关联法等对玻璃的化学成分进行分析并建立数学模型, 对不同类型的玻璃进行分类及预测.

**关键词:** 玻璃文物; 均值化处理; k-means聚类分析; 灰色关联法

## Analysis and Identification of Ancient Glass Composition Based on Data Processing Technology

Yangu Wen, Yunlin Liu, Rui Sun, Yiming Wang

Guilin Institute of Information Technology, Guilin 541004, China

**Abstract:** Glass is one of the earliest artificial materials invented by mankind. It is of great significance to study the chemical composition and identification of glass relics for the protection of ancient glass relics. From the perspective of component data analysis, this paper uses K-means algorithm and gray correlation method to analyze the chemical composition of glass and establish a mathematical model to classify and predict different types of glass.

**Keywords:** Glass cultural relics; Averaging treatment; K-means cluster analysis; Gray correlation method

### 1 引言

丝绸之路是一条促进中外交流的重要通道, 是促进欧亚技术以及经济文化等沟通交流的代名词, 从中国出发, 继续向周边延伸. 从古代中外技术文化交流来看, 玻璃文物是早期用来贸易往来的宝贵物证<sup>[1]</sup>.

玻璃是人类最早发明的硅酸盐材料之一, 但其发展缓慢. 中国古代玻璃制造的主要成分是铅钡、钾, 铅钡玻璃在烧制过程中是铅矿石作为助燃剂<sup>[2]</sup>, 所以相对其氧化铅、氧化钡含量也就会较高, 而钾玻璃则是在烧制过程中以钾含量较高的草木灰作为助燃剂, 但无论是何种类型的玻璃, 在自古至今的保存和流传过程中, 极易受埋藏环境的影响而风化.

近年来, 国内外许多学者对不同类型玻璃文物的化学成分进行分析与研究, 古代玻璃在风化过程中, 内部元素与环境元素进行大量交换, 导致其成分比例发生变化, 从而影响对其类别的正确判断. 本文结合样本数据对于不同类型玻璃进行数据分析和研究处理, 从而深入了解古代玻璃的特性与类型<sup>[3]</sup>.

### 2 玻璃文物的分类

#### 2.1 相关性分析

基于收集到的一批古代玻璃文物的分类信息, 对其数据进行预处理<sup>[4]</sup>, 剔除成分比例累加和在85%~105%之外的无效

数据, 再利用SPSS软件, 对有效数据进行列联交叉分析, 得到表面风化情况与玻璃类型, 纹饰和颜色的关系, 具体结果数据如下:

表2.1-1 列联交叉分析

标题	名称	表面风化	
		无风化	风化
纹饰	铅钡	30.0%	70.0%
	高钾	66.7%	33.3%
类型	A	50.0%	50.0%
	B	0.0%	100.0%
	C	43.3%	56.7%
颜色	浅绿	66.7%	33.3%
	浅蓝	42.1%	57.9%
	深绿	42.9%	57.1%
	深蓝	100.0%	0.0%
	紫	50.0%	50.0%
	绿	100.0%	0.0%
	蓝绿	40.0%	60.0%
	黑	0.0%	100.0%

表2.2-1 高钾类型玻璃聚类分析—字段差异性分析表

	聚类类别 (平均值±标准差)			F	P
	类别1 (n=7)	类别3 (n=5)	类别2 (n=4)		
文物采样点	10.714±4.152	3.0±1.581	11.5±1.291	12.161	0.001***
氧化钾	0.466±0.455	8.634±2.331	12.188±2.1	72.208	0.000***

表2.2-2 铅钡类型玻璃聚类分析—字段差异性分析表

	聚类类别 (平均值±标准差)			F	P
	类别2 (n=16)	类别3 (n=14)	类别1 (n=10)		
文物采样点	19.312±9.257	30.786±7.181	8.0±5.85	25.057	0.000***
氧化铅	17.437±4.473	47.46±10.726	36.227±8.176	53.259	0.000***

表2.3-1 玻璃文物未风化时各物质占比的平均值

Na <sub>2</sub> O	MgO	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	PbO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO	SnO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
0.735	0.774	60.423	4.613	3.2	1.412	1.987	12.466	4.839	5.74	1.143	0.174	0.128	0.195

## 2.2 亚类划分

为了更好的分类各个玻璃文物中二氧化硅和其他化学成分之间的含量的差异显著性,结合已知的数据,将数据按类型分为高钾类型和铅钡类型<sup>[5]</sup>两类,再将数据导入SPSS,进行聚类分析<sup>[6]</sup>,结果如下表所示:(见表2.2-1)

合理性和敏感分析结果:

对于变量文物采样点,显著性P值为0.000001,水平上呈现显著性,拒绝原假设,说明变量文物采样点在聚类分析划分的类别之间存在显著性差异;

对于变量氧化钾,显著性P值为0.0000001,水平上呈现显著性,拒绝原假设,说明变量氧化钾在聚类分析划分的类别之间存在显著性差异。(见表2.2-2)

合理性和敏感分析结果:

变量抽样地点,文物显示显著水平,显著性P值为0.000001,拒绝原假设,解释变量抽样点的文物聚类分析划分类别之间存在显著差异;

对于变量氧化铅,显著性P值为0.000001,水平显著性,否定原假设,表明可变氧化铅在通过聚类分析分类的类别之间差异显著。

注:\*\*\*、\*\*、\*分别代表0.01、0.05、0.1的显著性

表3.1-1 高钾类型灰色关联度结果

评价项	关联度	排名
氧化铝	0.926	1
氧化铜	0.924	2
五氧化二磷	0.911	3
氧化镁	0.899	4
氧化钾	0.892	5
氧化钙	0.887	6
氧化铁	0.884	7
氧化铅	0.865	8
氧化锡	0.854	9
氧化锶	0.844	10
氧化钡	0.842	11
二氧化硫	0.837	12
氧化钠	0.836	13

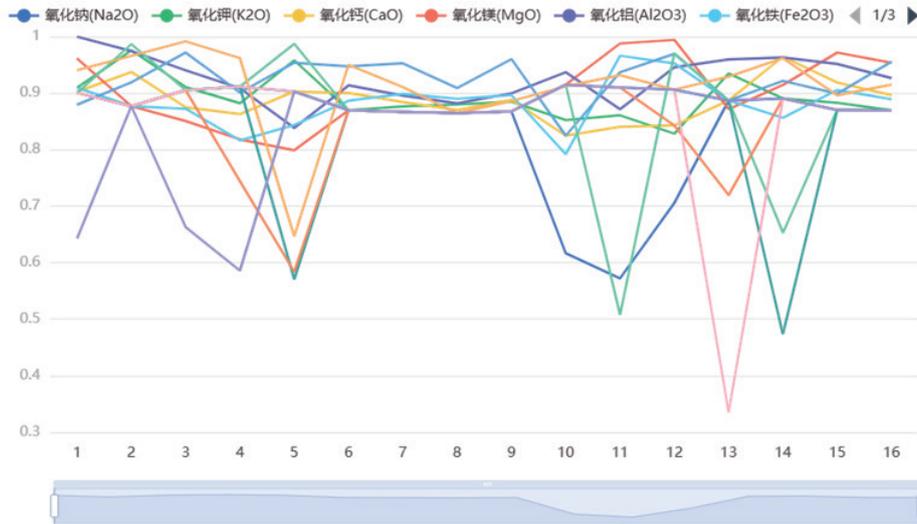


图3.1-1 高钾类型各成分的关联系数图

水平。

### 2.3 预测风化前化学成分含量

根据风化前后的数据变化规律，对已知的各物质含量数据进行均值化处理，得到玻璃文物未风化时各物质含量的平均值。选取其平均值代表其预测未风化玻璃化学成分的含量比例。（见表2.3-1）

## 3 数学模型的建立

### 3.1 灰色关联模型

通过结合已知的数据，采用灰色关联分析模型<sup>[7]</sup>探究不同材料化学成分之间的关系。首先结合基本算法，进行均值无量纲化处理，再导入处理过后的数据，输出得到相关结果，最后对结果进行进一步的分析，得到相关性。（见表3.1-1）

从灰色关联系数表可知，以二氧化硅作为“参考值”，针对13个评价项以及16项数据进行灰色关联度分析（分辨系数取0.5），结合上述关联系数结果进行加权处理，最终得出关联度值。针对13个评价对象进行评价排序，关联度值介于0~1之间，该值越大代表其与“参考值”之间的相关性越强，也即意味着其评价越高。由表3.1-1可知，在高钾玻璃中氧化铝评价最高，其次是氧化铜。

同理可对铅钡玻璃进行灰色关联分析，结果显示其氧化铝评价最高，其次是氧化钡。

### 3.2 差异性分析

针对比较不同类型之间的化学成分关联关系的差异性，建立卡方检验模型<sup>[8]</sup>，代入数据进行效应量化分析，结果得到其化学成分之间差异不仅仅是氧化铅，氧化钡和氧化钾含量不同，而且氧化钠，氧化锡在高钾类型玻璃中的含量

比例远远低于铅钡类型玻璃，正因为铅钡玻璃含Na量远多余高钾玻璃，故更容易被风化。

## 4 总结

本文对不同类型玻璃文物的化学成分及其类别进行了数据分析与研究处理，研究了玻璃文物表面有无风化化学成分含量的统计规律，对不同类型的玻璃文物按照化学成分进行亚类划分，分析其合理性与敏感性，同时研究了玻璃文物化学成分的相关关系，对其差异性进行了分析。

### 参考文献：

- [1] 陈姝聿, 侯志力. 浅析古代丝绸之路和中国古代玻璃[J]. 中国民族博览, 2019(05): 87-88.
- [2] 李青会, 黄教珍, 李飞等. 中国出土的一批战国古玻璃样品化学成分的检测[J]. 文物保护与考古科学, 2006(02): 8-13.
- [3] 李青会, 干福熹, 顾冬红. 关于中国古代玻璃研究的几个问题[J]. 自然科学史研究, 2007, No. 102(02): 234-247.
- [4] 司守奎, 孙玺菁. 数学建模算法与应用[M]. 第3版. 北京: 国防工业出版社, 2021: 358-364.
- [5] 王婕, 李沫, 马清林等. 一件战国时期八棱柱状铅钡玻璃器的风化研究[J]. 玻璃与搪瓷, 2014, 42(02): 6-13.
- [6] 杨文君. 入侵检测技术中k-means聚类算法综述[J]. 科学技术创新, 2018(36): 65-66.
- [7] 杨绍闻, 党耀国, 王俊杰等. 灰色关联模型关联序结果的稳定性检验方法及应用[J]. 控制与决策, 2023, 38(06): 1679-1686.
- [8] 房祥忠. 卡方分布与卡方检验[J]. 中国统计, 2022(05): 29-31.