

文章编号:1005-1538(2021)06-0037-10  
DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20200601781

## 西夏陵瓷质和琉璃建筑构件的工艺特点研究

石若瑀<sup>1</sup>,温睿<sup>1</sup>,马强<sup>2</sup>,师培轶<sup>3</sup>,刘峰<sup>3</sup>,温涛<sup>3</sup>,王文轩<sup>1</sup>

[1. 文化遗产研究与保护技术教育部重点实验室(西北大学),陕西西安 710069; 2. 宁夏文物考古研究所,宁夏银川 750021;  
3. 银川西夏陵区管理处,宁夏银川 750021]

**摘要:** 琉璃建筑构件在中国历史悠久,起源于北魏,唐宋时期已在高等级建筑上大量使用,鼎盛于元明清时期。西夏作为少数民族政权,同宋辽金并立,处于琉璃瓦技术发展的重要过渡阶段。西夏陵遗址是西夏时期官式建筑的典型代表,位于宁夏回族自治区银川市西郊贺兰山东麓,经考古调查与发掘,出土了大批文物,包括大量建筑构件,以白瓷板瓦与各种类型的绿釉琉璃建筑构件为主,即为官式建筑的典型代表。

当前对西夏陵的考古工作及出土文物的研究,已取得了许多重要的成果,但对西夏的瓷质和琉璃建筑构件,主要是通过考古类型学与历史文献对其社会功能等加以考释,对工艺研究甚少,同时相关的技术特点与来源也是一个亟待解决的问题。为研究西夏时期官式建筑材料的工艺特点,选取该遗址出土的白瓷板瓦、绿釉琉璃瓦30件,采用X射线荧光分析仪、X射线衍射仪、扫描电子显微镜对其进行成分分析、物相分析及显微观察。结果表明,白瓷板瓦胎体Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量较高,存在莫来石,釉料配方属于钙碱釉,工艺精细,与同时期灵武窑白瓷接近,应采用白瓷技术制作;绿釉琉璃瓦胎体CaO与Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量较高,属于北方普通高钙易熔黏土,釉料为铜作着色剂的铅釉,与宋代绿釉琉璃瓦成分相近,符合传统的低温铅绿釉体系,可能是借鉴中原技术完成的。两种材质的瓦件都是西夏时期高等级建筑构件,官式建材的典型代表,是同时存在的,展现出西夏时期在官式建材生产技术上的多元性。但这两种技术差别较大,来源不同,反映出西夏在官式建材生产中兼容并包,在学习中原传统的同时又能紧密结合佛教文化,极具党项族的民族特色。更重要的是,西夏时期的建筑体系已趋于复杂化,可能会根据建筑不同部位、性质、等级与功能来使用不同的琉璃瓦构件,这对建筑琉璃体系的丰富与发展是极大的贡献。

本工作利用科技考古分析,探究西夏时期官式建筑构件的工艺特点,讨论制作技术反映出的建筑思想伦理;进一步丰富西夏瓷质和琉璃建筑构件的研究,与宋辽金时期建筑琉璃形成对比,补充了中国古代建筑琉璃技术的研究;同时加深了对西夏官式建筑的认识,也促进了对西夏与中原地区文化融合互鉴的理解。

**关键词:** 西夏陵遗址;琉璃瓦;科技分析;功能复杂化

**中图分类号:** K878.8    **文献标识码:** A

### 0 引言

西夏陵位于宁夏回族自治区银川市西郊30公里的贺兰山东麓。建于公元1038年,历时190年的西夏王朝共十代皇帝,同宋辽金并立。1227年亡于蒙夏战争后,西夏陵被严重破坏,但迄今仍是西夏所遗留的规模最大、内涵最丰富的建筑遗迹。从20世

纪70年代开始,考古工作者对西夏陵进行了5次重要的考古调查与发掘,出土了大批文物,包括大量建筑构件<sup>[1]</sup>。在西夏首府兴庆府所在的今银川市及周边地区,西夏的宫殿、官府等官式建筑已荡然无存,因而西夏陵遗址群及出土的建筑构件,以白瓷板瓦与各种类型的绿釉琉璃建筑构件为主,即为官式建筑的典型代表。

收稿日期:2020-06-05;修回日期:2020-09-11

基金项目:国家自然科学基金资助(11575142);宁夏回族自治区哲学社会科学项目资助(18NXBTQ02);西北大学文化遗产学院研究生自主创新项目资助(2020wyey-10)

作者简介:石若瑀(1997—),男,西北大学文化遗产学院2019级硕士研究生,研究方向为科技考古,E-mail:sruoyu97@163.com

通信作者:温睿(1980—),男,博士,西北大学文化遗产学院,教授,研究方向为丝绸之路沿线不同文明的陶瓷器、玻璃器的相互传播和影响,以及古代酒文化及其残留物的分析,E-mail:rwen80@163.com

琉璃瓦在中国历史悠久,起源于北魏,唐代已在高等级建筑上大量使用,鼎盛于元明清时期<sup>[2]</sup>,西夏同宋辽金并立,处于琉璃瓦技术发展的过渡阶段。当前对西夏陵的考古及出土文物的研究,已取得了许多重要的成果,但对西夏的瓷质和琉璃建筑构件,主要是通过考古类型学与西夏学对其社会功能等加以考释<sup>[3]</sup>,对工艺研究甚少,同时相关的技术特点与来源也是一个亟待解决的问题<sup>[4]</sup>。故本研究选取西夏陵白瓷板瓦与绿釉琉璃瓦样品,结合文献及考古学研究资料,利用科技考古分析,探究西夏时期官式建筑构件的工艺特点,讨论制作技术反映出的思想伦理;进一步丰富西夏瓷质和琉璃建筑构件的研究,与宋辽金

时期建筑琉璃形成对比,补充了中国古代建筑琉璃技术的研究;同时加深了对西夏官式建筑的认识,也促进了对西夏与中原地区文化融合互鉴的理解。

## 1 实验样品

分析样品共30件,其中白瓷板瓦9件,玉白色釉,釉面有裂纹开片,胎体坚硬,呈灰白色,样品编号为XXLW-001~009。绿釉琉璃瓦21件,釉色深绿,表面均匀,部分脱落,砖红色胎体,颜色较深,易碎有残损,样品编号为XXLG-001~021。均来自西夏陵遗址的考古发掘工作,由西夏陵区管理处提供。图1~图4为样品照片。



图1 西夏陵遗址样品 XXLW - 006

**Fig. 1** Sample XXLW - 006 from Xixia Mausoleum



图2 西夏陵遗址样品 XXLG - 007

**Fig. 2** Sample XXLG - 007 from Xixia Mausoleum



图3 西夏陵遗址样品 XXLW - 008

**Fig. 3** Sample XXLW - 008 from Xixia Mausoleum



图4 西夏陵遗址样品 XXLW - 010

**Fig. 4** Sample XXLW - 010 from Xixia Mausoleum

## 2 实验方法

成分分析在北京大学考古文博学院科技考古实验室进行。采用HORIBA公司生产的XGT-7000型能量色散型微区X射线荧光分析仪,测试条件均为:电压30 kV,电流0.062 mA,束斑直径1.2 mm,

测试精度为0.01%。以康宁玻璃(corning glass A,B,C,D)为釉层元素标样,以北京大学无机材料科技考古实验室自制陶瓷胎体检测标样为胎体元素标样,制作标准曲线对被测样品元素含量标定。标样的主量元素包括: $\text{Na}_2\text{O}$ , $\text{CaO}$ , $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{MgO}$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{PbO}$ , $\text{CuO}$ , $\text{BaO}$ ,微量元素包括: $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{TiO}_2$ , $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,

$\text{MnO}$ , $\text{SnO}_2$ , $\text{V}_2\text{O}_5$ , $\text{ZnO}$ , $\text{P}_2\text{O}_5$ 。实验所用标定方法为利用一组标准样品数据,以线性回归方程为依据建立回归曲线,对未知样品 XRF 数据进行标定。一组标准样品中有最高值和最低值,被测样品的元素含量在最高值和最低值之间,可以认为是非常准确的。在选取文献数据比较时,尽可能选取由能量色散型 X 射线荧光光谱仪(EDXRF)完成测试研究的数据,尝试将数据的准确度与精确度放在统一标准下进行比较,尽可能减小系统误差。

物相测试与显微观察实验在西北大学文化遗产研究与保护技术教育部重点实验室进行。取样品 XXLG-009 与 XXLW-002 胎体研磨成粉末,采用日本理学株式会社生产的微区 X 射线衍射仪(仪器型号为 Smart Lab)进行测试。实验参数:Cu 靶,石墨单

色器,电压 40 kV,电流 200 mA,扫描方式:连续扫描,扫描速度  $10^\circ/\text{min}$ ,狭缝 DS = SS =  $1^\circ$ ,RS = 0.15 mm。

在样品 XXLG-012 边角处取样,带釉层 1 mm 左边的小块,横切面向上粘在导电胶带上,采用捷克 TESCAN 公司生产的扫描电子显微镜(仪器型号为 VEGAXM 钨灯丝),用于观察样品的微观形貌。实验参数:电压 200 V ~ 30 kV,探针电流为 1 pA ~ 2  $\mu\text{A}$ ,二次电子分辨率在 3.0 ~ 8.0 nm 之间,放大范围为 1.5 ~ 1 000 000 倍。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 胎体的原料组成

X 射线荧光光谱仪分析测定了样品胎体中各元素组成,结果如表 1。

表 1 西夏陵琉璃瓦胎体的化学组成

Table 1 Chemical compositions of the glaze tiles' bodies from the site of Xixia Mausoleum (%)

样品编号	胎色	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{MnO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
XXLW-001	灰白	0	0	36.82	55.55	0	5.42	0.83	1.12	0	0.26
XXLW-002	灰白	0	0	36.41	55.63	0	5.49	1.05	1.12	0	0.29
XXLW-003	灰白	0	0	33.29	59.15	0	5.17	1.06	1.05	0	0.29
XXLW-004	灰白	0	0	36.13	56.41	0	5.38	0.63	1.22	0	0.23
XXLW-005	灰白	0	0	37.36	55.01	0	5.32	0.73	1.22	0	0.36
XXLW-006	灰白	0	0	33.65	59.64	0	4.72	0.58	1.16	0	0.26
XXLW-007	灰白	0	0	32.21	60.61	0	4.94	0.66	1.35	0	0.22
XXLW-008	灰白	0	0	33.89	58.56	0	5.46	0.61	1.26	0	0.22
XXLW-009	灰白	0	0	33.62	59.64	0	4.59	0.80	1.08	0	0.27
XXLG-001	砖红	0	0	16.58	55.49	0	2.98	15.85	0.84	0.14	8.12
XXLG-002	砖红	0	0	16.90	56.31	0	3.01	14.88	0.88	0.16	7.86
XXLG-003	砖红	0	0	16.64	56.61	0	3.11	14.97	0.83	0.15	7.68
XXLG-004	砖红	0	0	16.76	56.06	0	3.09	14.86	0.80	0.16	8.26
XXLG-005	砖红	0	0	16.84	56.47	0.10	2.80	14.84	0.85	0.15	7.96
XXLG-006	砖红	0	0.38	14.84	57.35	0	2.31	15.94	1.06	0.20	7.93
XXLG-007	砖红	0	0	18.53	56.73	0.10	3.59	11.03	0.97	0.20	8.85
XXLG-008	砖红	0	2.42	19.28	57.82	0.27	3.14	8.26	0.80	0.21	7.80
XXLG-009	砖红	0	0	18.67	58.84	0	3.18	10.60	0.82	0.15	7.75
XXLG-010	砖红	0	0	16.77	56.49	0	2.99	14.94	0.85	0.15	7.81
XXLG-011	砖红	0	0.09	16.64	56.90	0	2.91	14.72	0.87	0.14	7.73
XXLG-012	砖红	0	0	17.08	56.93	0	3.00	14.45	0.69	0.15	7.70
XXLG-013	砖红	0	0	16.92	56.29	0	2.88	15.16	0.80	0.14	7.80
XXLG-014	砖红	0	0	17.33	56.04	0	2.97	14.95	0.77	0.15	7.80
XXLG-015	砖红	0	0.6	16.96	55.92	0.15	2.92	14.74	0.84	0.15	7.71
XXLG-016	砖红	0	0	16.83	58.31	0	2.61	14.37	0.65	0.10	7.13
XXLG-017	砖红	0	0	16.56	56.51	0	2.89	15.17	0.83	0.15	7.89
XXLG-018	砖红	0	0.24	16.63	56.83	0	2.86	14.90	0.84	0.14	7.55
XXLG-019	砖红	0	0.12	16.70	57.36	0	2.73	14.48	0.82	0.15	7.64
XXLG-020	砖红	0	0.19	17.17	56.57	0	2.82	14.61	0.80	0.14	7.71
XXLG-021	砖红	0	0.33	16.19	59.07	0	2.88	13.83	0.72	0.14	6.85

注: 表中“0”表示组分含量低于检测限 0.01%,故未能检测出。测试结果中, $\text{Na}_2\text{O}$  的全部检测结果为“0”。

西夏陵白瓷板瓦与绿釉琉璃胎体化学组成差异明显。白釉瓷质胎体中  $\text{SiO}_2$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量分别在 55% ~ 61.6% 与 33.3% ~ 37.3%,  $\text{K}_2\text{O}$  的含量为 4.5% ~ 5.4%, 三者之和几乎占到总成分的 95%, 可能是一种高铝质黏土、瓷土或高岭土。由于地质情况的差异, 南北方所产制瓷原料不同, 南方盛产瓷石,  $\text{SiO}_2$  较高而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  较低, 北方多为高铝黏土,  $\text{SiO}_2$  较低而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  较高, 使得南方多为高硅质瓷, 北方为高铝质瓷。唐宋时期的白釉陶瓷种类丰富, 北方地区生产极盛。将西夏陵白瓷板瓦胎体与这一时期样品比较, 在探究同时期技术来源的同时, 也能与之前的胎体组成形成对比。将测试结果与唐代三彩白釉陶<sup>[5]</sup>、定窑白瓷<sup>[6]</sup>、西夏灵武窑白瓷<sup>[7]</sup>、宋代景德镇青白釉瓷<sup>[8]</sup>的数据进行比对, 胎体中  $\text{SiO}_2$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量较高。如图 5, 西夏陵样品与定窑、灵武窑胎体组成相似, 与唐三彩、景德镇窑样品差异明显, 说明西夏陵白瓷板瓦胎体可能采用了北方地区的制瓷原料。灵武窑窑址附近有丰富的煤矿资源, 且开采历史悠久, 地质学调查发现, 地层中富含高岭石质泥岩与高岭石泥岩夹矸, 这都是优质的瓷胎原料<sup>[9]</sup>。因此, 综合考虑原料组分与成本控制等因素, 西夏陵遗址出土的白瓷板瓦胎体原料可能与灵武窑同属一脉。

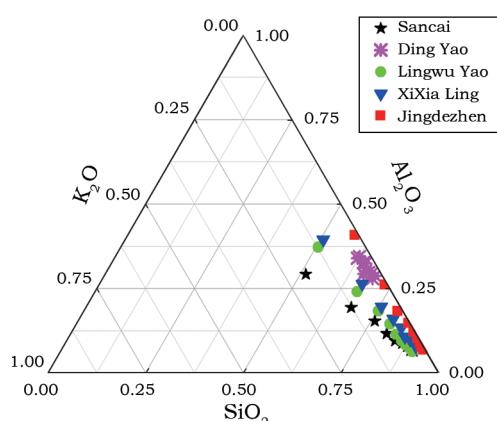


图 5 胎体主元素的三角图

Fig. 5 Trinary plot of the bodies' components

这种原料为胎体提供了丰富的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 其含量较高, 利于胎体烧结。此外, 胎体中  $\text{K}_2\text{O}$  含量较高, 会使胎体在烧制过程中生成的玻璃相物质黏度变化小, 在高温下更坚硬不易变形。通过观察, 白瓷板瓦胎体更紧密, 孔隙明显少于绿釉琉璃瓦, 胎质更坚硬, 不易碎开,  $\text{K}_2\text{O}$  含量高可能是原因之一。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的含量与其他白瓷胎体相比非常低, 甚至不足 0.5%, 如图 6。西夏陵白瓷板瓦产自本地, 有专门

为陵区生产建筑构件的窑址<sup>[10]</sup>, 距灵武窑直线距离不到 70 km, 地质学条件差异很小, 因而白瓷板瓦生产窑址所在地区的黏土或瓷土原料同灵武窑瓷器胎体一样, 也具有铁含量较高的特点。同时, 在生产西夏瓷器的多处窑址中, 都有与淘洗、沉淀、处理瓷泥相关的作坊遗存<sup>[11]</sup>。这说明西夏时期的瓷器生产中已经有通过淘洗沉淀来降低铁含量获得更浅胎色的作法。此外, 淘洗沉淀技术得到了普及, 自北宋以来多处窑址都有使用<sup>[12]</sup>, 这在西夏瓷器生产中也得到了应用。综上分析讨论, 白瓷板瓦胎体中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量低, 基本不存在原料中铁含量低的可能性, 而是窑工在胎体制作过程中较好掌握了淘洗技术, 减少原料中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量获得更浅的胎色, 增强白釉的呈色效果。

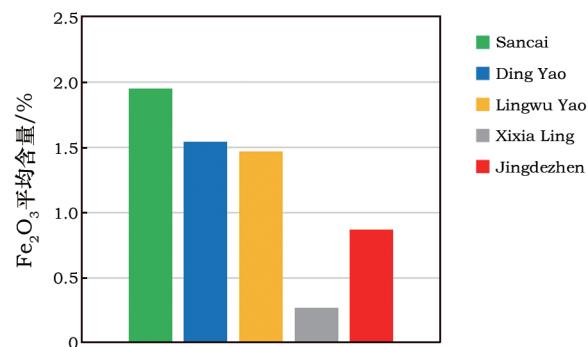


图 6  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  平均含量统计图

Fig. 6 Plot of the average content of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

绿釉琉璃胎体中  $\text{SiO}_2$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量分别在 54.5% ~ 59% 与 14.8% ~ 19% 之间,  $\text{K}_2\text{O}$  的含量为 2.6% ~ 3.5%, 钙与铁的含量较高,  $\text{CaO}$  在 15% 左右,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的含量在 7.5% 左右。绿釉琉璃瓦在古代高等级建筑中最为常见, 每个朝代几乎都有生产, 而胎体原料多来自产地附近, 因而胎体的化学组成是判断琉璃瓦产地的重要依据。有学者将古代琉璃瓦胎体根据成分可以划分为 4 种, 北方地区的高铝质黏土原料, 南方地区的高硅质黏土和瓷石, 辽宁地区的高镁质易熔黏土, 北京元代及宁夏地区的高钙质易熔黏土<sup>[13]</sup>。显然西夏陵绿釉琉璃瓦样品属于第四种, 与白瓷板瓦胎体原料差别较大, 应有不同的原料来源。铁含量较高, 说明胎体原料在制作中并没有进行严格淘洗, 烧成后保留了胎体的砖红色, 进而反映出绿釉琉璃瓦胎体制作较为粗糙, 也可能是绿釉颜色较深, 不需要通过淘洗来增加胎体白度。

X 射线衍射仪测定了白瓷板瓦样品 XXLW - 002 与绿釉琉璃瓦样品 XXLG - 009 的胎体物相组成, 结果见图 7。

白瓷板瓦样品中, 胎体物相组成为石英与莫来

石。石英是制瓷原料中的基本组成,主要成分为 $\text{SiO}_2$ 。莫来石一般是在瓷土受热过程中产生的,温度至少在1050℃之上<sup>[14]</sup>。瓷土中包含石英、长石、高岭土,且定窑与灵武窑瓷胎主要原料都为高岭

土。同时,物相组成反映出的成分与其化学组成的测试结果较一致,说明西夏陵白瓷板瓦的胎原料与唐宋时期北方地区的瓷胎原料比较相似,使用了高岭土,且在高温条件下烧成。

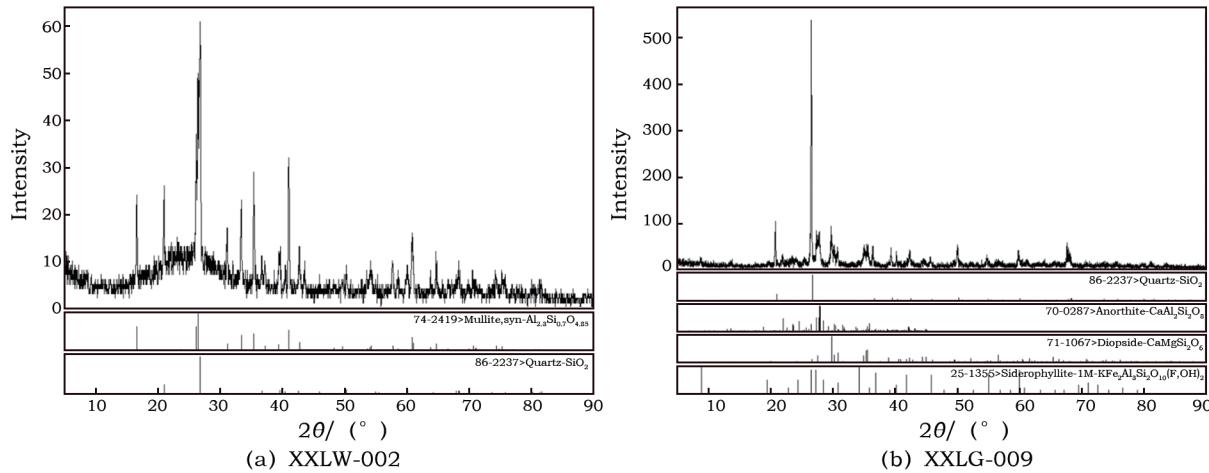


图7 西夏陵样品的XRD分析结果

Fig. 7 XRD patterns of samples from the site of Xixia Mausoleum

绿釉琉璃瓦样品中,胎体组成为石英、钙长石、透辉石与铁叶云母。显然,钙长石是胎体中Ca的主要来源,原料可能是高钙黏土的一种。透辉石是钙镁硅酸盐矿物的一种,多与石英矿共生而被作为原料的一种,也有可能是由胎体原料中顽辉石在900℃加热时形成<sup>[15]</sup>。铁叶云母是在较高温度条件下形成的云母矿物之一<sup>[16]</sup>,是胎体中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的来源,可能是原料中赤铁矿在较高温度条件下的反应产物。因而绿釉样品胎体原料可能是北方普通高钙易熔黏土,在氧化氛围中烧成。

### 3.2 釉层的制作工艺

X射线荧光光谱仪分析测定了釉层中各元素的组成,结果如表2。

白瓷板瓦釉层成分中, $\text{SiO}_2$ 与 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量分别在63.5%~71%与11.2%~16.8%之间, $\text{CaO}$ 的含量较高,在6.9%~15.5%之间, $\text{K}_2\text{O}$ 的含量为

3.7%~6.5%,不含 $\text{PbO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 与 $\text{SnO}_2$ 都在1%左右。瓷釉的釉料多以瓷石、釉灰、釉石为主,瓷石中富含石英长石,即为 $\text{SiO}_2$ 与 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的主要来源,釉灰为草木灰,提供 $\text{K}_2\text{O}$ ,釉石加入则提高Ca的含量。通过降低釉中Fe的含量提高釉的白度, $\text{SnO}_2$ 的加入可以提高釉的乳浊效果<sup>[17]</sup>。显然,西夏陵白瓷板瓦的釉料采用了制瓷原料,与同时期的制瓷技术联系紧密。唐宋时期的白釉陶瓷依据助熔剂和烧成温度的不同可以划分为高温钙釉与低温铅釉,其中钙釉按照草木灰的Seger统计式分类还包括碱钙釉与钙碱釉<sup>[18]</sup>。根据计算结果,如样品XXLW-004的Seger统计式为 $1.11\text{R}_2\text{O} \cdot 0.65\text{RO} \cdot 0.81\text{R}_2\text{O}_3 \cdot 3.92\text{RO}_2$ ,白釉样品应属于钙碱釉配方。再将釉层成分进行主成分分析(PCA),结果如图8,西夏陵白瓷板瓦釉层的组成更接近于灵武窑与景德镇窑的白瓷样品。

表2 西夏陵琉璃瓦釉层的化学组成

Table 2 Chemical compositions of the glaze tiles' glazes in the site of Xixia Mausoleum (%)

样品编号	釉色	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{MnO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CoO}$	$\text{CuO}$	$\text{SnO}_2$	$\text{PbO}$
XXLW-001	白色	0	0	14.42	63.54	0	3.76	15.62	0.50	0.19	1.70	0	0.02	0.25	0
XXLW-002	白色	0	0	11.24	71.70	0.38	4.11	11.08	0.16	0.02	0.61	0.01	0	0.69	0
XXLW-003	白色	0	0	15.35	68.12	0.05	4.27	9.67	0.50	0.06	0.71	0	0.01	1.26	0
XXLW-004	白色	0	0	12.62	70.25	0.37	6.56	7.36	0.10	0.01	0.70	0	0	2.03	0
XXLW-005	白色	0	0	13.20	67.27	0.71	6.58	8.79	0.15	0.02	1.28	0.01	0	2.00	0
XXLW-006	白色	0	0	12.66	69.98	0.61	6.39	7.64	0.09	0.02	0.68	0.01	0.01	1.92	0
XXLW-007	白色	0	0	15.34	69.29	0.19	5.04	7.92	0.50	0	0.49	0	0	1.21	0

(续表2)

样品编号	釉色	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO
XXLW-008	白色	0	0	13.31	70.15	0.13	4.21	10.56	0.42	0	0.54	0	0	0.68	0
XXLW-009	白色	0	0	16.87	68.31	0.07	5.05	6.92	0.58	0	0.54	0	0	1.66	0
XXLG-001	绿色	0	0	2.50	27.10	0	0.44	2.58	0.08	0.02	1.11	0	3.64	1.67	60.87
XXLG-002	绿色	0	0.16	2.54	28.10	0	0.43	2.45	0.13	0.04	1.16	0.01	3.73	1.52	59.72
XXLG-003	绿色	0	0	3.87	32.30	0	1.32	2.14	0.13	0.03	1.17	0.01	2.97	0.70	55.37
XXLG-004	绿色	0	0	2.21	33.56	0	0.42	1.01	0.07	0.02	0.90	0.01	2.35	0.27	59.18
XXLG-005	绿色	0	0	2.29	32.17	0	0.46	1.08	0.09	0.01	0.99	0.01	2.38	0.26	60.26
XXLG-006	绿色	0	0	2.91	32.49	0	0.52	1.06	0.07	0.02	1.08	0	2.15	0.32	59.37
XXLG-007	绿色	0	0.29	2.88	31.60	0	0.61	2.94	0.09	0.01	1.08	0.02	2.55	1.60	56.32
XXLG-008	绿色	0	2.48	2.02	32.62	0	0.56	4.23	0.11	0.03	1.38	0.02	2.36	1.53	52.66
XXLG-009	绿色	0	1.34	2.74	32.44	0	0.42	4.24	0.14	0.02	1.32	0.01	2.35	0.76	54.20
XXLG-010	绿色	0	0	2.96	31.08	0	0.82	2.35	0.08	0.02	1.13	0.01	2.82	1.54	57.18
XXLG-011	绿色	0	0	2.81	28.45	0	0.44	2.07	0.11	0.01	1.07	0	2.58	0.51	61.94
XXLG-012	绿色	0	1.43	2.54	30.65	0	0.61	3.67	0.09	0.01	1.40	0.02	2.38	0.46	55.91
XXLG-013	绿色	0	0	3.28	32.79	0	0.65	1.31	0.09	0.01	1.14	0.01	2.38	0.41	57.93
XXLG-014	绿色	0	0	2.31	31.23	0	0.60	1.08	0.04	0.01	0.98	0	2.56	0.29	60.92
XXLG-015	绿色	0	0	3.60	35.27	0	0.68	1.20	0.10	0.03	1.11	0.01	2.15	0.12	55.73
XXLG-016	绿色	0	0.23	2.95	31.87	0	0.51	1.98	0.08	0.01	1.23	0	2.42	0.87	57.58
XXLG-017	绿色	0	0	2.46	32.21	0	0.57	1.49	0.11	0.02	1.34	0	2.31	0.60	58.59
XXLG-018	绿色	0	0	2.07	34.60	0	0.67	1.39	0.03	0.01	1.26	0.01	2.23	1.20	56.53
XXLG-019	绿色	0	0.67	2.41	33.87	0	0.32	1.73	0.04	0	1.49	0.01	2.76	1.34	55.36
XXLG-020	绿色	0	0	2.12	34.21	0	0.47	2.00	0.03	0	1.50	0.01	2.45	0.90	56.31
XXLG-021	绿色	0	0.45	2.39	35.70	0	0.41	1.12	0.01	0.01	1.36	0	2.30	1.18	55.07

注: 表中“0”表示组分含量低于检测限 0.01%, 故未能检测出。测试结果中, Na<sub>2</sub>O 的全部检测结果为“0”。

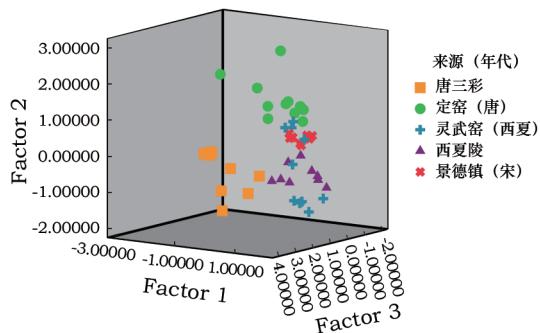


图8 西夏陵白瓷板瓦与历史时期白釉陶瓷釉层元素主成分分析图(PCA)

Fig. 8 Three main components plots of multivariate statistical analysis (PCA)

绿釉琉璃釉层成分中, SiO<sub>2</sub> 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量分别在 28.5% ~ 35% 与 2.1% ~ 3% 之间, CaO 的含量在 1.1% ~ 3.7% 之间。PbO 含量很高, 在 52.7% ~ 60.9% 之间, CuO 含量在 2.2% ~ 3.6% 之间, 是典型的低温铅釉, 以 Cu 为着色元素。传统琉璃釉料配方多以石英与铅丹为主, 提供 SiO<sub>2</sub> 与 PbO, 两者之和占比往往能达到 90% 左右。如图 9, 与不同历

史时期以绿釉琉璃瓦为代表的低温绿釉陶进行比较, 包括唐大明宫、宋洛阳城宫殿遗址绿釉琉璃瓦, 辽代窑址出土的低温绿釉陶<sup>[19]</sup>, 金代上京城<sup>[20]</sup>, 元代上都城, 明清故宫<sup>[21]</sup>的绿釉琉璃瓦, 西夏陵样品的铅硅比值更接近于宋代洛阳城宫殿遗址样品, 数值在 1.7 ~ 2 之间, 反映出西夏陵绿釉琉璃瓦釉很可能与宋洛阳城琉璃瓦釉的配方更为相似。北宋时期的《营造法式》明确记载了琉璃釉的配方: “凡造琉璃瓦等之制, 药以黄丹、洛河石和铜末用水调匀(冬月以汤)……凡合琉璃药, 所用黄丹阙炒造之制, 以黑锡、盆硝等入镬煎一日为粗户, 出候冷, 捣罗作末, 次日再炒, 砖盖奄第三日炒成。”<sup>[22]</sup>其中洛河石即为石英, 黄丹亦称铅丹, 系用铅、硫磺、硝石等合炼而成, 起到助熔剂的作用, 铜末则为致色元素 Cu 的来源。

采用扫描电镜对釉层的显微结构进行细节观察。绿釉琉璃瓦釉层中, 见图 10, 能观察到石英颗粒, 说明在原料筛选淘洗过程中不够精细, 继而在施釉过程中无法避免颗粒物, 且可能在较低温度条件下完成烧制。从外观上看, 绿釉琉璃瓦釉面粗糙不

平,凸起的石英颗粒物较明显,相比之下,白瓷板瓦表面细腻平整。综上讨论反映出白瓷板瓦与绿釉琉璃瓦釉层原料有着完全不同的处理方法。

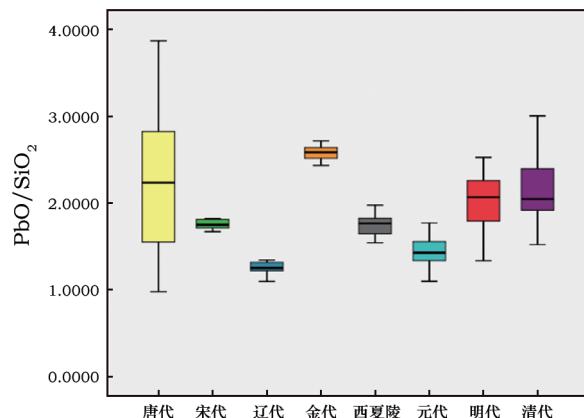


图9 历史时期绿釉琉璃瓦釉层铅硅比值箱式图

Fig. 9 Box chart of the rate of Pb/Si in the glazes during historical periods

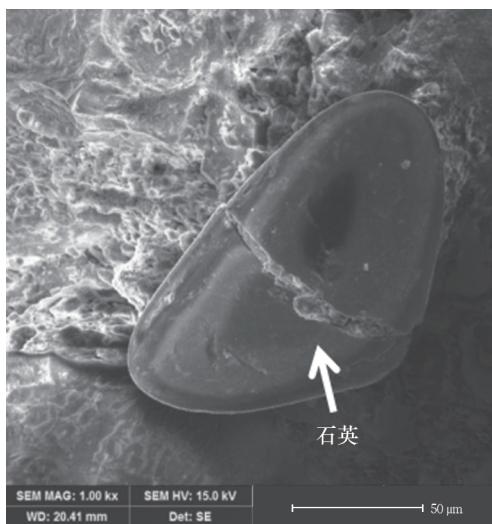


图10 绿釉层的显微结构

Fig. 10 Micro structure of the green glaze

### 3.3 技术来源与成因

综上分析讨论,西夏陵白瓷板瓦在胎釉组成与工艺上与同时期以灵武窑为代表的白瓷较为相似,属于瓷釉体系;而绿釉琉璃瓦的胎体由本地生产的可能性较大,釉料与宋代《营造法式》的记载较一致,符合传统的低温铅绿釉陶体系。西夏与北宋交往密切,有学习中原汉文化传统。中原地区使用琉璃瓦的历史可追溯至北魏时期,远早于西夏王朝的建立,且制作低温铅釉陶的技术已非常成熟。因此,推测绿釉琉璃瓦的制作技术是来自中原地区,并不是西夏王朝的创新。

砖瓦作在西夏时期仅被允许用在高等级建筑

中,《宋史·夏国传》中记载“俗皆土屋,唯有命者得以瓦覆之”,《隆平集夏国赵宝吉传》也写到“有官爵者始得覆之以瓦”,并设置砖瓦院进行管理生产。西夏时期对建筑材料的使用有着严苛的阶级划分,即使是普通的陶瓦也不得随意烧造使用,而西夏陵作为帝王陵墓,其建筑材料则体现出官式工艺的最高水平。

在西夏陵的官式建筑材料中,白瓷板瓦与绿釉琉璃代表了两种技术来源截然不同的陶瓷制作体系,二者被同时运用到建筑材料的制作中,一定程度上反映出西夏建筑中的思想伦理。白瓷板瓦,主要被用作西夏陵中陵塔和其他特殊部位的建筑装饰材料,且目前见于西夏陵遗址、贺兰山拜寺口西夏建筑遗址、灵武西夏窑址、银川市基建工地,西夏之前几乎没有,具有明显的民族风格。西夏国号有“白高国”“大白高国”“白高大夏国”(皆为西夏文名称)等多种,其中一种解释是党项族发于白水之上,“以白为吉”,崇尚白色<sup>[23]</sup>。这些白瓷板瓦,洁白细腻,胎体致密,釉层较薄,在外观上与高级白瓷的生活用具一样,多用在西夏统治集团的宫殿、住宅、庙宇、陵园等,与中原地区汉人的建筑有明显区别<sup>[24]</sup>。

西夏陵遗址出土的绿釉琉璃建材形式多样,以与中原地区实物相似的筒瓦、板瓦为主,但也有鸱吻、套兽、龙首脊兽、迦陵频伽、摩羯、吼狮、金翅鸟形象的蹲兽等来源于佛教文化的形象<sup>[25]</sup>。这些垂兽、蹲兽为西夏独有,是独一无二的创新,具有浓郁的民族风格<sup>[26]</sup>,主要被大面积铺设在陵园中具有中原地区风格的建筑物上,包括宫殿殿顶、屋檐、碑亭等。通过上文分析,白瓷板瓦相比于绿釉琉璃瓦,在数量上更少,在建筑物等级上更高,民族风格更加浓郁,突出了党项民族特点,制造技术更加成熟,筛选处理原料更加细腻,接近同时期的制瓷技术,工艺更精细。

西夏不但用严格的法律条例规定了建筑的等级,而且对建筑的用色装饰作了更明确的规定<sup>[27]</sup>。说明西夏统治者完全接受了中原传统的建筑伦理以及在这种伦理思想影响下的建筑技术规范,用尊卑差别和严格的等级突出了宫室陵寝、皇家建筑的独尊和佛教庙宇的崇高地位。西夏官式建筑所表现的文化内涵,拉近了与中原的距离,促进了民族间的文化交流,同时也有利于维护封建统治<sup>[28]</sup>。

结合上文的分析讨论,白瓷瓦与绿釉琉璃瓦应为本地生产,前者为同时期的白瓷技术,后者能很好借鉴中原地区的低温釉陶传统,说明西夏时期的窑

工很好地掌握先进陶瓷技术的同时,能够积极学习周边地区的先进文化,又能将佛教文化与技术很好地融合,产生具有独特民族风格的建筑材料。西夏王朝之所以能在贫瘠的沙砾上屹立百余年之久,这与其能够学习周边先进文化来建设国家是密不可分的。

#### 4 结 论

通过对西夏陵遗址出土白瓷板瓦和绿釉琉璃瓦的工艺分析,发现白瓷板瓦在胎釉组成与工艺上与同时期白瓷相似度较高,应采用白瓷技术制作;绿釉琉璃瓦的组成、工艺符合传统的低温铅绿釉体系,可能是借鉴中原技术完成的。两种材质的瓦件都是西夏时期高等级建筑构件,官式建材的典型代表,是同时存在的,展现出西夏时期在官式建材生产技术上的多元性。

但这两种技术差别较大,来源不同,反映出西夏在官式建材生产中兼容并包,在学习中原传统的同时又能紧密结合佛教文化,极具党项族的民族特色。更重要的是,西夏时期的建筑体系已趋于复杂化,可能会根据建筑不同部位、性质、等级与功能来使用不同的琉璃瓦构件,这对琉璃瓦体系的丰富与发展是极大的贡献。

**致 谢:**感谢北京大学考古文博学院崔剑锋老师、周雪琪同学、吕竑树同学、西北大学文化遗产学院孙凤老师在实验及写作过程中的支持与帮助,在此致以敬意。

#### 参 考 文 献:

- [1] 钟侃,李志清,李范文.西夏八号陵发掘简报[J].文物,1978(8):60-70,104.  
ZHONG Kan, LI Zhiqing, LI Fanwen. Excavation of the eighth mausoleum of Xixia[J]. Cultural Relics,1978(8):60-70,104.
- [2] 柴泽俊.山西琉璃[M].北京:文物出版社,1988:3.  
CHAI Zejun. Glazed tiles in Shanxi Province[M]. Beijing: Cultural Relic Press,1988:3.
- [3] 陈育宁,汤晓芳.西夏官式建筑再探[J].西夏学,2011(1):12-33.  
CHEN Yuning, TANG Xiaofang. Restudy of official architecture in Xixia[J]. Xixia Studies,2011(1):12-33.
- [4] 李范文.李范文西夏学论文集[M].北京:中国社会科学出版社,2012:409-412.  
LI Fanwen. Collected papers on Xixia studies by Li Fanwen[M]. Beijing: China Social Sciences Press,2012:409-412.
- [5] 常东雪.渤海国釉陶的产地研究[D].南京:南京大学,2019.  
CHANG Dongxue. Study on the origin of Bohai glazed pottery[D]. Nanjing: Nanjing University,2019.
- [6] 张茂林,汪丽华,李其江,等.历代定窑白瓷的EDXRF和XAFS分析[J].光谱学与光谱分析,2017,37(5):1540-1545.  
ZHANG Maolin, WANG Lihua, LI Qijiang, et al. EDXRF and XAFS analysis of Dingyao white porcelain in previous dynasties[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2017,37(5):1540-1545.
- [7] 宋燕,王效军,李晓莉,等.西夏名窑—宁夏灵武窑出土瓷器研究[J].中国陶瓷,2010,46(11):70-77.  
SONG Yan, WANG Xiaojun, LI Xiaoli, et al. Study on the porcelain unearthed in Lingwu kiln of Xixia[J]. China Ceramics, 2010,46(11):70-77.
- [8] 李家治.中国科学技术史陶瓷卷[M].北京:科学出版社,1998:148-151.  
LI Jiazh. Ceramic volume of Chinese history of science and technology [M]. Beijing: Science Press,1998:148-151.
- [9] 郑直.煤系地层中高岭石泥质岩可能用作古陶瓷原料.中国的瓷器[M].北京:轻工业出版社,1983:338.  
ZHENG Zhi. The possibility of the usage of kaolinite argillaceous rock in coal strata for ancient ceramics materials. Chinese porcelain [M]. Beijing: Light Industry Press,1983:338.
- [10] 董居安.银川缸瓷井西夏窑址[J].文物,1978(8):85-87.  
DONG Ju'an. Xixia kiln site of Yinchuan porcelain well[J]. Cultural Relics,1978(8):85-87.
- [11] 彭善国.西夏制瓷手工业述论[J].内蒙古文物考古,2009(1):110-117.  
PENG Shanguo. Discussion on porcelain handicraft industry in Xixia[J]. Archaeology of Inner Mongolia Cultural Relics, 2009 (1):110-117.
- [12] 翁彦俊,江建新,秦大树,等.江西景德镇落马桥窑址宋元遗存发掘简报[J].文物,2017(5):4-36,2,1.  
WENG Yanjun, JIANG Jianxin, QIN Dashu, et al. A brief report on the excavation of Luomaqiao kiln site in Jingdezhen City, Jiangxi[J]. Cultural Relics,2017(5):4-36,2,1.
- [13] 段鸿莺,丁银忠,梁国立,等.我国古代建筑琉璃构件胎体化学组成及工艺研究[J].中国陶瓷,2011,47(4):68-72.  
DUAN Hongying, DING Yinzong, LIANG Guoli, et al. Study on the chemical composition and technology of the carcass of ancient building glass components in China[J]. China Ceramics,2011,47 (4):68-72.
- [14] 王昌燧.科技考古进展[M].北京:科学出版社,2013:20-22.  
WANG Changsui. The development of scientific archaeology[M]. Beijing: Science Press,2013:20-23.
- [15] 司伟,丁超,孙明.透辉石玻璃陶瓷的制备及其析晶特性研究[J].现代技术陶瓷,2016,37(5):349-356.  
SI Wei, DING Chao, SUN Ming. Preparation and crystallization characteristics of diopside glass ceramics[J]. Modern Technical Ceramics,2016,37(5):349-356.
- [16] 孙世华,于洁.Fe-Al云母及铝铁叶云母[J].矿物学报,1984(3):226-235.  
SUN Shihua, YU Jie. Fe Al mica and Al Fe leafy mica[J]. Acta Mineralogica Sinica,1984(3):226-235.
- [17] MANOUJAN M, MICHAEL T, OLIVER W. On the origins of tin-opacified ceramic glazes: new evidence from early Islamic Egypt, the Levant, Mesopotamia, Iran, and Central Asia[J]. Journal of

- Archaeological Science, 2018, 97:42–66.
- [18] 罗宏杰,李家治.中国古瓷中钙系釉类型划分标准及其在瓷釉研究中的应用[J].硅酸盐通报,1995,14(2):50–53.
- LUO Hongjie, LI Jiazhi. The application of the standard classification of the calcareous glaze in ancient ceramics [J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 1995, 14(2):50–53.
- [19] 崔剑锋,刘爽,彭善国,等.赤峰北部辽代窑址出土陶瓷残片及窑具的成分分析[J].边疆考古研究,2009(1):309–316.
- CUI Jianfeng, LIU Shuang, PENG Shanguo, et al. The analysis of the ceramics sherd from kilns in Liao Dynasty at the north part of Chifeng city [J]. Research of China's Frontier Archaeology, 2009 (1):309–316.
- [20] 吕竑树,崔剑锋,周雪琪,等.金上京出土硅酸盐文物分析[J].北方文物,2019(1):57–68.
- LYU Hongshu, CUI Jianfeng, ZHOU Xueqi, et al. The analysis of silicate cultural relics in the site of Jinshangjing [J]. Northern Cultural Relics, 2019(1):57–68.
- [21] 杨桂美,杨玉璋,姚政权,等.凤阳明中都遗址出土琉璃瓦釉的工艺分析[J].中国陶瓷,2018,54(9):66–73.
- YANG Guimei, YANG Yuzhang, YAO Zhengquan, et al. The technical analysis of the glazed tiles in the site of Mingzhongdu [J]. China Ceramics, 2018, 54(9):66–73.
- [22] 李诫.营造法式[M].北京:人民出版社,2006:285.
- LI Jie. Ying Zao Fa Shi [M]. Beijing: People's Publishing House, 2006:285.
- [23] 梁松涛,杨富学.《宫廷诗集》中所见的“白高”释义[J].宋史研究论丛,2009(1):66–74.
- LIANG Songtao, YANG Fuxue. The interpretation of “Bai Gao” in the collection of Palace Poems [J]. A Review of the Study of Song History, 2009(1):66–74.
- [24] 李知宴.西夏陶瓷的初步研究[J].河北陶瓷,1990(2):37–44.
- LI Zhiyan. A preliminary study on Xixia ceramics [J]. Hebei Ceramics, 1990(2):37–44.
- [25] 宁夏回族自治区文物考古研究所,银川市西夏陵区管理处.宁夏银川市西夏3号陵园遗址发掘简报[J].考古,2002(8):2,25–40,99–101,105.
- Ningxia Academy of Cultural Relics and Archaeology, Management Office of the Site of Xixia Mausoleum. A brief report on the excavation of No. 3 cemetery site in Xixia, Yinchuan City, Ningxia [J]. Archaeology, 2002(8):2,25–40,99–101,105.
- [26] 牛达生.自成体系的西夏陵屋顶装饰构件[J].西夏学,2013(2):280–290.
- NIU Dasheng. Self-made roof decoration components of Xixialing [J]. Xixia Mausoleum, 2013(2):280–290.
- [27] 克恰诺夫.西夏法典—天盛年改旧定新律令[M].银川:宁夏人民出版社,1988:201–203.
- KEECHANOV E H. Xixia Code: changing old laws into new ones in the reign of Tiansheng [M]. Yinchuan: Ningxia People's Publishing House, 1988:201–203.
- [28] 陈育宁,汤晓芳.西夏官式建筑的文化特点——西夏王陵出土建筑构件之分析[J].西北民族研究,2006(1):24–32.
- CHEN Yunling, TANG Xiaofang. Cultural characteristics of official architecture in Xixia: analysis of architectural components unearthed in the Royal Mausoleum of Xixia [J]. Northwestern Journal of Ethnology, 2006(1):24–32.

## Study on the technology of architectural porcelain and glazed tiles unearthed from the Xixia Mausoleum site

SHI Ruoyu<sup>1</sup>, WEN Rui<sup>1</sup>, MA Qiang<sup>2</sup>, SHI Peiyi<sup>3</sup>, LIU Feng<sup>3</sup>, WEN Tao<sup>3</sup>, WANG Wenxuan<sup>1</sup>

[1. Key Laboratory of Cultural Heritage Research and Protection Technology (Northwest University), Ministry of Education, Xi'an 710069, China;  
2. Ningxia Academy of Cultural Relics and Archaeology, Yinchuan 750021, China;  
3. Management Office of the Site of Xixia Mausoleum, Yinchuan 750021, China]

**Abstract:** The development of glazed tiles has a long history in China. They originated in the Northern Wei Dynasty and were widely used in high-grade buildings in the Tang and Song Dynasties, and then flourished in the Yuan, Ming and Qing Dynasties. As a minority regime, Xixia stood side-by-side the Song, Liao and Jin Dynasties, and played an important transitional role in the development of glazed tile technology. The Xixia Mausoleum site is a typical representative of official architecture in the Xixia period. It is located at the eastern foot of Helan Mountain in the western suburb of Yinchuan city, Ningxia Hui Autonomous Region. After archaeological investigation and excavation, a large number of cultural relics, including a huge amount of architectural components were unearthed. These were mainly white porcelain tiles and various types of green glazed building components, and are typical representatives of official architecture.

At present, many important achievements have been made in the research on the archaeological work and

unearthed cultural relics of Xixia Mausoleum. However, the social functions of porcelain and glazed tiles of Xixia are mainly studied through archaeological typology and historical documents, and there is little research on technology. At the same time, the relevant technical characteristics and sources are also an urgent problem to be solved. In order to study the technological characteristics of official building materials in Xixia, 30 white porcelain and green glazed tiles unearthed at the site were selected for phase analysis and microscopic observation by X-ray fluorescence, X-ray diffraction and scanning electron microscopy. The results show that the content of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in the body of white porcelain tile is high and that mullite is present. The glaze formula belongs to a fine calcium alkali glaze technology, close to that of the white porcelain of Lingwu kiln at the same time. It should be made by white porcelain technology. The green glazed tiles have high contents of  $\text{CaO}$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  in their bodies, typical of the common high calcium fusible clay in the north. The glaze is lead glaze with copper as colorant, which is similar composition to the green glazed tiles of the Song Dynasty and which conforms to the traditional low-temperature lead green glaze system, which may be completed by using the technology of the central plains for reference. The tiles made of both materials are high-grade architectural components in the Xixia period and are typical representatives of official architectural materials. They co-exist, showing the diversity of official building material production technology in Xixia. However, the two technologies are quite different and come from different sources, which reflect that Xixia is inclusive in the production of official building materials, can closely combine Buddhist culture while learning the tradition of the central plains, and has the national characteristics of Dangxiang nationality. More importantly, the architectural system in Xixia has tended to be complex, and different glazed tiles may be used according to different parts, properties, grades and functions of the architecture, which is a great contribution to the enrichment and development of the architectural glazed system.

Based on the analysis of scientific and technological archaeology, this paper explores the technological characteristics of official architecture in Xixia, and discusses the ideological ethics reflected by the manufacturing technology. This paper further enriches the research on porcelain and glazed architectural components in Xixia, forms a contrast with the glazed buildings in Song, Liao and Jin Dynasties, and supplements research on the glaze technology in ancient China. It not only deepens the understanding of Xixia official architecture, but also promotes the understanding of the cultural integration and mutual learning between Xixia and the central plains.

**Key words:** Xixia Mausoleum site; Glazed tiles; Scientific and technological analysis; Complication of function

(责任编辑 潘小伦;校对 谢 燕)