

# 青海热贡地区传统建筑彩画颜料光谱特征分析研究

黄跃昊<sup>1,2</sup>, 金永泽<sup>2</sup>

1. 西北民族大学中国语言文学学部, 甘肃 兰州 730030

2. 兰州交通大学建筑与城市规划学院, 甘肃 兰州 730070

**摘要** 青海省热贡地区是安多藏区藏式建筑彩画艺术的重要产地, 作为热贡艺术的重要组成部分影响甚广。热贡地方建筑彩画不仅是附着建筑栋梁之上的艺术瑰宝, 更是一项延续至今的传统技艺, 至今仍有大批传统匠人画师从事相关行业。热贡地方建筑彩画有独立的用色方法和颜料制作工艺, 对其所用传统颜料进行科学检测是系统研究该地区建筑彩画的基础性工作, 在进一步研究热贡地区建筑彩画的制作工艺和艺术特色, 传承地方建筑彩画技艺和完善保护政策等方面具有积极意义。通过对同仁市隆务寺夏日仓行宫火供殿所用当地传统建筑彩画颜料的采样, 运用X射线荧光光谱、X射线衍射分析、激光显微拉曼光谱分析等多种实验分析方法, 对颜料样品进行分析, 测定其主要显色物质和成分占比。结果表明, 热贡地方建筑彩画所用颜料多为无机颜料; 蓝色颜料主要是人造群青; 绿色颜料的主要矿物组成为绿土, 显色物质为蒙脱石, 存在将植物色素染料加入当地所产的富镁蒙脱石中混合使用的可能性; 红色颜料的主要矿物组成为铁红(赭石类红土), 通过焙烧富铁矿土来人工合成, 材料来自于当地吾屯村所产红色赭石类粘土; 黄色颜料主要矿物组成为密陀僧、硫磺及其他植物色素染料制备而成; 黑色颜料为碳黑, 符合木炭黑的性状特征; 白色颜料主要为生石灰及氧化镁粉, 并在其他颜料中广泛使用石灰及氧化镁粉作为调色颜料; 推测部分样品中含有包金土及植物色素染料、其他人工合成颜料的可能性。整体来看, 热贡地区建筑彩画所用颜料成本价格较低, 制取难度不大, 来源大多是当地常见的矿土料和动植物染料, 传统的制料工艺较简单, 颜料多呈现为组分复杂的混合物状态; 密陀僧、包金土和群青等颜料多来自于内地及国外, 颜料人工合成的历史较早, 反映出热贡地区建筑彩画在颜料使用上不仅使用本土材料制备, 也广泛使用外来颜料的历史传统, 为进一步研究热贡地区建筑彩画领域内汉、藏等多民族文化交往、交流、交融历史提供了良好实证材料。

**关键词** 热贡地区; 建筑彩画; 颜料; 光谱特征

**中图分类号**: K879.4

**文献标识码**: A

**DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)11-3519-07

## 引言

发源于青海省海南藏族自治州的热贡艺术是我国藏传佛教艺术的重要流派<sup>[1]</sup>, 包括唐卡、建筑彩画、堆绣、泥塑等多种艺术形式。热贡艺术于2009年入选《人类非物质文化遗产代表作名录》<sup>[2]</sup>。热贡艺术的建筑彩画对甘青地区传统建筑彩画影响非常广泛, 遍布各地的官衙府殿、坛庙寺观、华堂宅第、亭台楼阁栋梁之上, 蕴含着丰富的历史信息。热贡地区建筑彩画的影响力涵盖整个安多藏区, 并伴随着藏传佛教的传播, 流传到了华北、东北等全国其他藏传寺院。目前, 仍有大量的本地建筑彩画工匠从事藏式建筑彩画的新绘, 重

绘和保护工作, 并坚持传统的绘制技法和艺术风格, 使用传统的建筑彩画颜料。目前国内关于热贡地区建筑彩画的研究多集中在图像学、绘制技法与艺术特色领域<sup>[3-5]</sup>, 鲜有对建筑彩画颜料及用色习惯的基础性科学分析。

在对热贡地区建筑彩画制作工艺及传承现状的田野调查中, 发现当地匠人画师有采集植物色、矿石土料等制备颜料的传统和历史, 并广泛使用当地的一种“土料”作为颜料, 在早期建筑彩画、唐卡绘制中这种情况非常普遍。进入新世纪, 唐卡以商品属性开始广泛地出现在市场交易之中。伴随着唐卡艺术的发展和市场化运作模式的加入<sup>[6]</sup>, 当地画师所绘唐卡画面日趋精美, 传统土料已无法满足绘制需要被逐渐弃用, 但建筑彩画依然使用传统土料作为颜料, 行业匠人也

收稿日期: 2021-11-13, 修订日期: 2022-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(51668030)资助

作者简介: 黄跃昊, 1981年生, 西北民族大学中国语言文学学部博士研究生, 兰州交通大学建筑与城市规划学院教授

e-mail: 13954573@qq.com

多为经验丰富的老艺人,依然掌握着传统植物色、矿石颜料的制备方法。当地保留的颜料制备、储运工具也侧面佐证了当地建筑彩画颜料多来自于当地、并广泛运用的历史传统。本工作对热贡地区建筑彩画所用的传统颜料进行实验分析研究,确定其主要成分,研究成果可对甘青地区传统建筑彩画的保护提供依据,进一步丰富热贡地区建筑彩画的艺术和历史价值,充实中国传统地方建筑彩画的研究内容。

## 1 实验部分













### 1.1 样品

隆务寺地处同仁市隆务镇隆务河西岸,入选第四批全国重点文物保护单位。本次实验样品于 2020 年 8 月采自隆务寺夏日仓行宫火供殿大殿重修现场,负责大殿建筑彩画修复工作的是当地经验丰富的藏族画师团队。受隆务寺寺主夏日仓活佛委托,6 位画师主要负责火供殿大殿建筑彩绘、壁画及堆绣的制作。团队负责人陈列达杰介绍说,他们皆来自隆务镇及附近村镇,有着多年唐卡学习经历并从事建筑彩画行业多年。该团队年龄资历梯度明显、承袭稳定,维持传统的父子、师徒传帮带模式,常年在同仁及河湟地区进行建筑彩画绘制和修缮工程,从业最久者已有近 30 年,一些画匠在内蒙古、东北及华北等地区,也从事过藏传佛教寺院建筑彩画的重绘、新绘工作。

经画师允许及现场确认,我们对其使用的传统土料做了全部采样,包括颜料、骨胶及油料。本次实验以采集到的全部 13 种颜料作为实验样品进行检测分析,包括红色(3 种)、黄色(3 种)、绿色、蓝色(3 种)、褐色、黑色及白色颜料,详见表 1。

表 1 颜料样本色样及编号

Table 1 Pigment sample color card and number

样本编号	俗名	色卡	色号 (RGB)
样本 01-浅褐色	土色		160, 145, 134
样本 02-黑色	黑色		17, 17, 17
样本 03-金黄色	金粉		192, 144, 68
样本 04-白色	白色		255, 255, 255
样本 05-湖蓝色	草蓝		37, 109, 152
样本 06-蓝色	蓝色		22, 34, 112
样本 07-浅蓝色	白蓝色		53, 70, 171
样本 08-绿色	绿色		29, 103, 39
样本 09-黄色	黄色		195, 128, 40
样本 10-深黄色	深黄色		178, 109, 17
样本 11-红褐色	赭石		107, 57, 33
样本 12-桔黄褐	白赭石		138, 72, 40
样本 13-红色	朱红		138, 11, 11

### 1.2 仪器

(1)X 射线荧光光谱分析仪(XRF)。荷兰 PANalytical 公

司 MagixPW2403 X 射线荧光光谱仪。以粉末压片样品(30T, 20S)测定颜料样品的主要元素构成和含量占比。(2)X 射线衍射分析仪(XRD)。德国布鲁克 AXS 公司 D2 PHASER 多晶 X 射线衍射仪,电压 40 kV,电流 200 mA。实验通过测定样本晶体结构来进一步验证 XRF 测定结果,分析其构成要素。(3)激光显微拉曼光谱仪。法国 Horiba Jobin-Yvon LabRAM HR800 激光共焦拉曼光谱仪。使用 532 nm 激光器;100×物镜;光栅 1800,根据不同颜料样本选用 20×10 s、50×10 s 等扫描频次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 X 射线荧光分析

通过对全部 13 个样品进行的 X 射线荧光光谱分析,基本了解了其组成元素。从分析结果来看,褐色样本的显色元素为 Fe(4.449%)。红色系颜料的显色元素为 Fe, S 和 Pb。黄色系颜料的显色元素为 Pb 和 Fe。绿色样品虽含有 Cu 元素,但其含量仅为 0.43%,其显色物质需进一步分析。白色颜料的显色元素主要为 Ca 和 Mg 元素,此外, Ca 和 Mg 元素在多数颜料样品中皆被检出,且成分占比偏高,推测颜料使用了其化合物作为调色剂与其他颜料进行混合。未检出黑色样品成分构成,初步推测样本 02-黑色为 C(碳黑)。通过 X 射线荧光分析元素组成及偏光显微镜观察,对颜料成分做出基本判断,蓝色系、绿色及褐色颜料未检测出有效的显色成分,详见表 2。

藏式建筑彩画通常以红、黄、蓝、绿为基础色,搭配以白色(常用垩土、石灰粉等)颜料为子色,在子色基础上,再继续调配出其他丰富多彩的颜色。走访得知颜料多来自于本地区矿石和高原植物染料,X 射线荧光光谱的分析结果也佐证了这一点,很多颜料并未检测出有效的显色成分,而在藏族颜料中,动植物色占有重要比重,高原地区常见的植物色和海藻类寄生物等都可以作为藏族颜料的提取物,如野菊花、飞燕草(蓝色、蓝紫色)、扁豆花(紫色)、牛旁子(灰褐色)、黄花、青莲花、姜黄(黄色)、松香(淡黄色油脂)、松脂(与松香同)等多种。一些动物类材料,如珍珠、珊瑚、龙骨等也是当地制作颜料的常用材料。此外,检测样本还具有元素较多的明显特征,颜料表现出一种组分复杂的混合物状态。热贡地区的颜料以矿石类颜料为主,较多使用的有:白土、红土、朱砂矿、石膏、墨锭、水银、白垩、方解石、雄黄、硫磺、黄铜矿石和铜氧化物、金银箔等多种。在建筑彩画中,多用价格低廉,易得易制取的颜料,更偏向于使用土质矿物色,如黄土、白土(高岭土)、绿土、石膏、白垩、赭石、贝壳等。

通过 XRF 检测确定了样本的主要元素构成及成分占比,并在偏光显微镜下通过对样本颗粒形状及大小的判断,结合现有文献研究成果和实验室分析数据<sup>[7-9]</sup>,对于颜料的主要成分有了基本判定。为了进一步检测实验样品的组成成分,及验证 X 射线荧光光谱的实验结果,对全部样品进行了 X 射线衍射分析,并通过拉曼光谱来分析颜料的特征。

表 2 热贡地方建筑彩画颜料样品荧光光谱分析结果

Table 2 Results of XRF analysis

样品编号	分析物及其成分比值(按比值由高到低排序)	推论
样本 01-浅褐色	Si Al Ca Mg Fe Na K Ti S P Sr Mn Ba Cr Cl Zr Rb Zn	混合物
样本 02-黑色	未检出	推测为碳黑
样本 03-金黄色	Ti Si Al K Fe Na Mg S Ce Zn Rb Mn Sn Nb P	钛粉、混合物
样本 04-白色	Ca Mg Si Na Al Fe Cl P Mn K S Sr	石灰
样本 05-湖蓝色	Ca Mg Si Cu Al S Na Cl K Sr P	群青、有机染料或其他人工合成颜料
样本 06-蓝色	Si Na S Al Fe Ca Mg K Ti P Cl Sr Zr Mn Ba Rb	群青
样本 07-浅蓝色	Ca Si Na Al S Mg Fe Cu Ti K Cl Sr P Zr	群青、石灰
样本 08-绿色	Ca Mg Si Cl Ti Na S Cu Al Fe Ba Zn P Sr K	有机染料或其他人工合成颜料
样本 09-黄色	Na S Cl Si Ca Mg Al Fe K Pb Cr P Sr Br	有机染料或其他人工合成颜料
样本 10-深黄色	Ca Mg Pb Si Cr Al Ba S Cl Fe Na Ti K Sr P Rb	铁红、铅丹
样本 11-红褐色	Fe Si Ca Al S Na Mg Pb K Ti Zn Ba Cu P Cl Mn Ir Sr	铁红、铅丹
样本 12-桔黄褐	Fe Ca Mg Si S Al Cl K Pb Ti Cr P	铁红
样本 13-红色	Ca Mg Si Al K Fe Na Ti S Ba Mn Cl P Sr Rb	铁红

2.2 蓝色系颜料分析

蓝色系颜料：样本 05-湖蓝色、样本 06-蓝色、样本 07-浅蓝色。XRF 测定其中样品 06-蓝色 SiO<sub>2</sub> (32.23%)，及 Na<sub>2</sub>O (26.01%)、SO<sub>3</sub> (19.77%)；样品 07-浅蓝色 CaO (32.61%)，SiO<sub>2</sub> (18.74%)，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13.39%) 和 Na<sub>2</sub>O (17.89%)。对样本 06-蓝色的拉曼图谱进行分析，在 245, 535 和 1 084 cm<sup>-1</sup> 等处附近出现拉曼峰，这些均与人工群青的拉曼峰数值对应较好<sup>[10]</sup>，详见图 1。通过 XRD 检测群青的分子结构，并比对其颗粒大小及形态，加之青金石价格高昂，地方建筑彩画中不存在大量使用青金石的情况，样本 06-蓝色、样本 07-浅蓝色的主要显色物质应为人造群青，详见图 2。

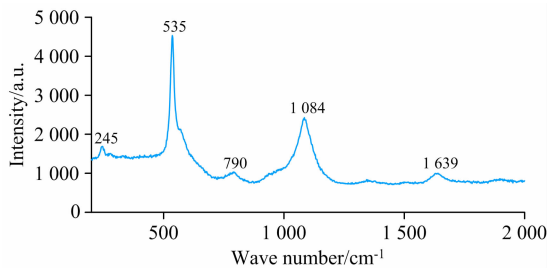


图 1 样本 06 拉曼光谱

Fig. 1 Raman spectrum of sample 06

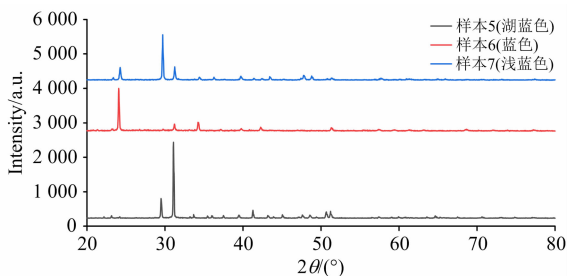


图 2 样本 05, 06 和 07 X 射线衍射图谱

Fig. 2 XRD patterns of samples 05, 06 and 07

传统藏族颜料中，蓝色多为青金石、石青、靛蓝。人造群青的主要成分与青金石相同，成色基本无异，虽较难辨别

但价格低廉，因而被广泛应用于建筑彩画之中。1814 年，人造群青在法国、德国相继被人工合成，代替青金石在西方国家广泛使用。伴随着海外贸易的扩张，人造群青流入中国并迅速成为一种非常普通的人工合成颜料。

2.3 绿色颜料分析

样本 08-绿色的 XRF 实验结果显示：CaO 含量 74.51%，MgO 含量 19.25%，并未检测到有效的显绿元素。在拉曼光谱分析中，发现其在 219, 668, 1 132, 1 327, 1 438 和 1 515 cm<sup>-1</sup> 等处有明显拉曼峰，这与已有文献中对绿土的 XRD 及拉曼光谱测试结果较为一致<sup>[11-12]</sup>，推测其主要的矿物组成为绿土，详见图 3 和图 4。国内目前对于绿土颜料的检测仅有定边郝滩东汉壁画墓绿色底层颜料一例，研究者将其断为绿土并将绿土的使用时间最早断为东汉。

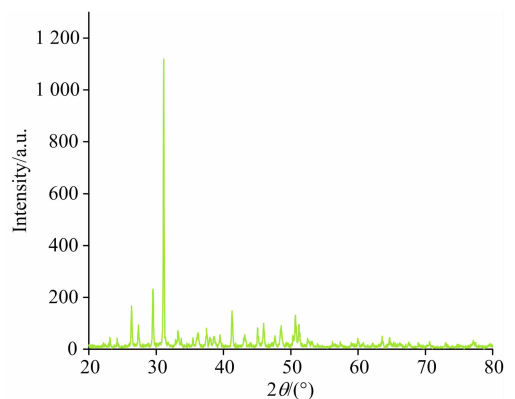


图 3 样本 08 X 射线衍射分析图谱

Fig. 3 XRD pattern of sample 08

绿土制成矿物颜料，色显草绿色，因所产地域不同，其色相、性状亦不同。X 射线衍射图谱显示了样本 08-绿色中的矿物质成分及其显色物质，判断蒙脱石 (Na, Ca)<sub>0.33</sub>(Al, Mg)<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub> · nH<sub>2</sub>O 是其主要的显色物质。作为膨润土的主要矿物成分，蒙脱石在我国分布十分广泛，主要集中在东北、华北及浙江等地。蒙脱石是一种天然的着色剂，为了达到更好的显色效果，人们通常在其中再加入植物色染

料。绿土在颜料领域的应用很广，具有良好的持久性特征，但相对于传统建筑彩画中广泛使用的石绿颜料来说，其色调较为沉稳，低廉的价格和良好的耐光性使得其广泛使用在藏地壁画及建筑彩画之中。

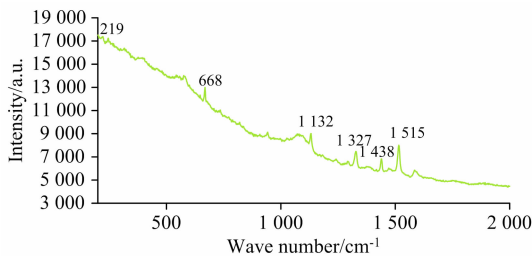


图 4 样本 08 拉曼光谱

Fig. 4 Raman spectrum of sample 08

#### 2.4 红色系颜料分析

红色系颜料：样本 11-红褐色、样本 12-桔黄褐、样本 13-红色。建筑彩画中的红色颜料种类并不多，根据 XRF、XRD 测试结果分析，红色系颜料的主要显色物质为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，即赤铁矿。其中，样本 11-红褐色中， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的含量为 68.23%， $\text{PbO}$  的含量为 0.66%，样本 12-桔黄褐  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量为 63.85%， $\text{PbO}$  的含量为 0.11%。颜料样本颗粒大小不一且色感偏黄，近赭石。二者 XRD 衍射图谱杂峰较多、背底高，其纯度也达不到人工合成铁红颜料的标准，推测为天然的铁红颜料，详见图 5、图 6。结合现有文献的梳理<sup>[13-14]</sup>，直接开采赤铁矿作为铁红颜料较为少见，且同仁市吾屯当地盛产赭石类红色粘土，因此推断样本 11-红褐色、样本 12-桔黄褐颜料应为通过焙烧当地赭石类红色粘土人工制造而成。

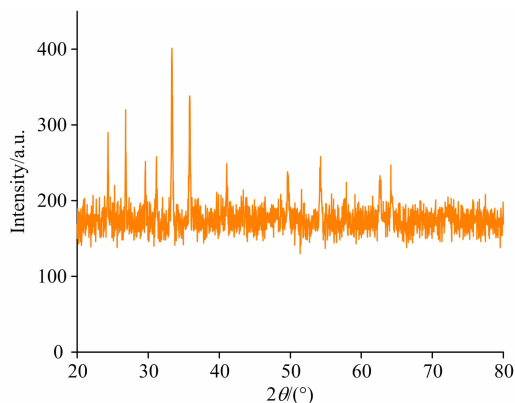


图 5 样本 11 X 射线衍射图谱

Fig. 5 XRD pattern of sample 11

样本 13-红色色相纯正，接近于大红色，XRD 未能测出有效的显色成分，详见图 7。传统的藏族颜料中的红色多为朱砂和植物色染料，但热贡地区的建筑彩画其显色元素皆为 Fe 元素，推测为有机物或其他人工合成材料<sup>[15]</sup>，可能是由动物和植物中提取的红色素制成。

热贡地方建筑彩画颜色偏向于暖色调，且多以佛教题材为主。红色系颜料在彩画颜料中细分最多，用量最大。通过对吾屯当地匠人画师的访谈来看，为最大程度适应和满足彩

绘需要，当地群众保留着很多因地制宜制备颜料的手工技艺。当地传统画师多在花期穿梭于高山草原之间，采集植物色，全程精挑细选，清洗干净后风干保存。颜料通过不断研磨、浸泡、煎煮(加碱)、蒸馏等多道工序制作后装入羊皮袋备用。草原上常见的许康草、黄莲花、报春花、藏红花、牛蒡子皆是制作红褐色颜料的常用原料。

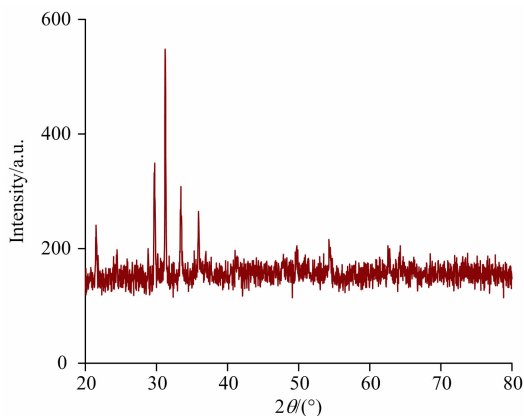


图 6 样本 12 X 射线衍射图谱

Fig. 6 XRD pattern of sample 12

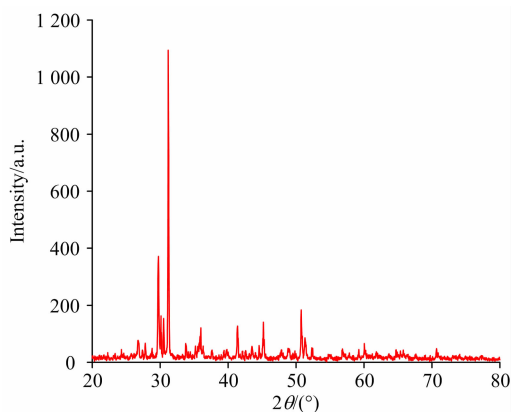


图 7 样本 13 X 射线衍射图谱

Fig. 7 XRD pattern of sample 13

#### 2.5 黄色系颜料分析

黄色系颜料：样本 03-金黄色、样本 09-黄色、样本 10-深黄色。XRF 检测结果显示样本 10-深黄色的  $\text{PbO}$  含量达到 18.2%，拉曼光谱图谱仅在  $827\text{ cm}^{-1}$  处有唯一较强拉曼峰，详见图 8。测定结果与已有文献对密陀僧颜料的测定结果基本一致，判断样本 10-深黄色的主要显色物质为密陀僧。密陀僧大约自唐代的波斯传入中国。密陀僧为黄色的  $\text{PbO}$ ，通过金属铅的焙烧氧化而成。密陀僧在藏传佛教寺院中被广泛应用，如对青海瞿昙寺壁画颜料的检测分析中，便在其中的南廊台阶第三间中部人物头光圈处的取样检测出氧化铝的存在。1997 年，由西藏大学组织的藏传颜料研究课题组在调查中将密陀僧的来源归结为内地及印度。

样本 03-金黄色检测结果表明其  $\text{TiO}_2$  (41.05%)， $\text{SiO}_2$  (26.86%)， $\text{AlO}_3$  (20.37%)， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (4.54%) 含量较高，除铁红外，未检测出其他有效的显色成分，测试比对该样本与样

本 01-浅褐色成分高度一致且含量配比接近, 推测其为包金土料, 并在其中加入了大量钛粉( $\text{TiO}_2$ )和植物染料, 如藤黄等, 使其达到增白增黄和玻璃质闪耀效果, 在当地建筑彩画中, 广泛地充当金粉使用, 详见图 9。

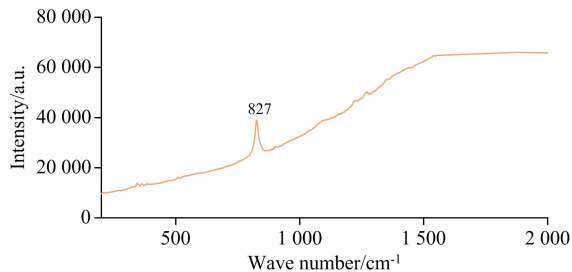


图 8 样本 10 拉曼光谱

Fig. 8 Raman spectrum of sample 10

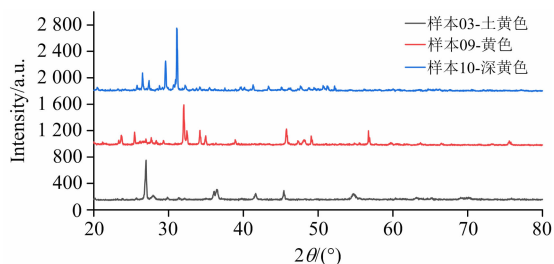


图 9 样本 03, 09 和 10 X 射线衍射图谱

Fig. 9 XRD patterns of samples 03, 09 and 10

样本 09-黄色  $\text{Na}_2\text{O}$  (44.73%),  $\text{SO}_3$  (35.17%),  $\text{Cl}$  (16.00%), 推测主要的显色物质为硫磺, 藏族传统颜料存在用硫磺和砒霜合成制备黄色颜料的传统, 但是 XRD、RS 未检测出其他有效的显色成分, 亦存在其他有机染料或其他人工合成颜料的可能<sup>[16]</sup>, 详见图 9。传统藏族颜料中, 植物染料制备的技术性相对较低, 简单易上手, 成为众多藏族画师匠人用料的首选, 黄色取自植物色的情况比较常见, 如许康草、野菊花、黄花、松脂、松油等皆是其重要原料。

## 2.6 其他颜料分析

通过对样本 01-浅褐色的 XRF、XRD 检测, 发现含有 Si, Al, Ca, Mg, Fe, Na, K, Ti, S, P 和 Sr 等 18 种元素, 其组成成分非常复杂, 详见图 10。偏光显微镜观察发现其颜色为暗黄色、黄色偏红, 颗粒物大小不一, 整体偏大且为圆形颗粒状。样本 01-浅褐色 XRF 检测显示其主要显色物质为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (4.45%)。比较分析故宫景福宫西侧游廊的包金土墙, XRF 检测数据显示其含有: S, Ca, Si, Fe, Al, K, Ti 和 Mg, 以及故宫寿康宫正殿内檐北壁的包金土墙检测数据, 检测结果与本次检测结果相近, 拉曼光谱分析与比对未得到良好结果。推测样本 01-浅褐色为组分复杂的粘土质天然颜料包金土。

包金土多产自河北、山西、陕西、山东等北方多地, 因其组分复杂所以各地包金土呈色略有不同。包金土料价格低廉, 在明清官式建筑中多用在大面积的墙面粉刷打底, 在藏传佛教寺院中具有悠久的使用传统。在对山西宁武地区的历

史考察中, 有学者发现宁武当地盛产包金土, “包金土:《魏志》云:石所化也。色类黄金,画工取以绚采,四邑多有之。”这些包金土因其绚丽的金黄光泽成为建筑彩画的必要颜料, 被大量运用在藏传佛教寺院建筑彩画之中, 旅蒙商人因此大量收购往藏地贩卖此土。

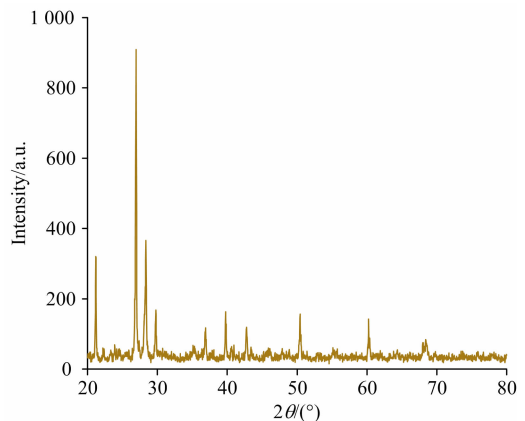


图 10 样本 01 X 射线衍射图谱

Fig. 10 XRD pattern of sample 01

样本 04-白色的测定结果较为明显, 显色物质主要为生石灰  $\text{CaO}$  (65.98%) 及  $\text{MgO}$  (28.79%)。值得一提的是, 大部分的检测样本中皆检测出生石灰粉及氧化镁粉, 并且含量较高, 以此来提高颜料亮度, 适应当地建筑彩画用色需要。但在藏族传统颜料中, 白色颜料多为方解石、白垩及高岭土, 石灰粉和氧化镁的出现, 一方面反映出当地画师追求极低的价格以适应市场需要的改变, 另一方面也印证了藏族传统配色方法, 颜料配比明度高, 偏暖色的艺术特征。

样本 02-黑色检测结果为碳黑, 碳黑有晶体碳、木炭黑、焦炭黑、焰碳等多种类型, 样本 02-黑色在偏光显微镜下呈现不透明黑色, 并呈现团聚状的细微颗粒态, 边缘模糊, 粒径细微, 符合木炭黑的形状特征。这也与笔者的田野调查相互印证, 当地人将煨桑用的柏木枝加入陶炉中燃烧碳化获取碳黑颜料, 这种传统工艺方法简单、绘制效果好。

## 3 结论

在对热贡地区的田野调查过程中, 当地人对于这种价格较低、方便采购的彩画颜料称为“土料”。本文经过 XRD、XRF 和 RS 等系统的科学分析, 判定蓝色颜料主要矿物成分为人工群青; 绿色颜料的主要矿物成分为绿土, 其主要显色成分为蒙脱石; 多种黄色颜料的组成成分不同, 较为复杂, 深黄色颜料为密陀僧, 黄色颜料推测为其他人工合成颜料或加入了植物类色素调配而成; 浅褐色颜料为包金土料; 红色颜料的显色成分多为铁红, 红色颜料及浅褐色颜料皆有很大可能来源于同仁本地的赭石类粘土矿; 白色颜料的主要成分为生石灰及氧化镁粉, 并与其他颜料混合使用; 金黄色颜料是在包金土中加入钛粉提高亮度和折射度来代替金粉使用, 从这个角度来说, 确可被称为“土料”。

整体来看热贡地区建筑彩画所用颜料具有以下几个方面

的特征：(1) 颜料价格较低，容易获取，颜料制备难度整体偏低且产量较大。(2) 多数颜料为本地生产制备，部分颜料来自于外地。(3) 颜料显色成分来源广泛并搭配使用，以无机

物为主，辅以有机物提取色素染料。(4) 颜料既有传统的天然矿石颜料，又存在人工合成颜料的情况。

## References

- [ 1 ] LUO Gui-hua, Qie-yang-zhuo-ma, CHEN Wei-dong(骆桂花, 切羊卓玛, 陈卫东). *Northwestern Journal of Ethnology*(西北民族研究), 2019, (4): 80.
- [ 2 ] AI Fen, LI Ji-xiao, ZHANG Guo-xia(艾 霁, 李继晓, 张国霞). *Library Theory and Practice*(图书馆理论与实践), 2019, (10): 100.
- [ 3 ] DENG Qi-yao, DENG Yuan-ye(邓启耀, 邓圆也). *Cultural Heritage*(文化遗产), 2020, (2): 38.
- [ 4 ] NI Man(倪 漫). *ZHUANGSHI*(装饰), 2019, (1): 109.
- [ 5 ] LI Bo(李 博). *China Tibetology*(中国藏学), 2017, (2): 169.
- [ 6 ] HONG Xia(洪 霞). *Sichuan Drama*(四川戏剧), 2017, (12): 59.
- [ 7 ] Freitas R P, Felix V S, Pereira M O, et al. *Microchemical Journal*, 2019, 149: 104020.
- [ 8 ] Romani M, Capobianco G, Pronti L, et al. *Microchemical Journal*, 2020, 156: 104920.
- [ 9 ] Biron C, Mounier A, Perez Arantegui J, et al. *Microchemical Journal*, 2020, 152: 104374.
- [10] LIU Lu-yao, ZHANG Bing-jian, YANG Hong, et al(刘璐瑶, 张秉坚, 杨 红, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis*(光谱学与光谱分析), 2018, 38(7): 2054.
- [11] Rousaki A, Vargas E, Vazquez C, et al. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2018, 105(8): 338.
- [12] Cerrato E J, Casano D, Esquivel D, et al. *Microchemical Journal*, 2021, 168: 106444.
- [13] Kanth A P, Singh M R. *Vibrational Spectroscopy*, 2019, 104(9): 102947.
- [14] Molari R, Appoloni C R. *Radiation Physics and Chemistry*, 2021, 181: 109336.
- [15] Baddini A, Santos J, Tavares R, et al. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2022, 265: 120384.
- [16] Marcaida I, Maguregui M, Morillas H, et al. *Microchemical Journal*, 2018, 139: 458.

## Analysis and Research on Spectral Characteristics of the Traditional Architectural Color Painting Pigments in Regong, Qinghai Province

HUANG Yue-hao<sup>1, 2</sup>, JIN Yong-ze<sup>2</sup>

1. Department of Chinese Language and Literature, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, China

2. Department of Architecture and Urban Planning, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China

**Abstract** Regong area of Qinghai Province, an important origin of Tibetan architectural painting art in the Amdo Tibetan Area and a crucial part of Regong Art, has a wide influence. In addition to being the artistic treasure attached to architecture, Regong local architectural color painting is also a traditional skill in the current era. At present, there are a large number of traditional craftsmen engaged in related industries. Considering that the local architectural painting in Regong has developed its own independent methods of color usage and pigment-making technology, the scientific detection of traditional pigments is the basic work of the systematic study of architectural color paintings in this area. It is of great significance for many aspects, such as the study of the craft and artistic characteristics of architectural color painting in Regong area, inheritance of local architectural color painting craft and the perfection of the protection policy, etc. This work sampled the local traditional architectural color painting pigments of the Fire Temple of Xiarcang Palace, the Longwu Temple in Tongren city. Different experimental analysis methods such as XRF, XRD, RS and others were applied to analyze the pigment samples. Major chromogenic substances and components were successfully determined. The results show that inorganic pigments are mostly used in the local architectural painting in Regong. Blue pigments are mainly artificial ultramarine, while the green pigment is green clay. The chromogenic substance is montmorillonite. It has the possibility of mixing locally produced magnesium-rich montmorillonite with plant-coloured dyes. The main red pigment is iron red (red ochre red earth). It is artificially synthesized by roasting rich iron ore soil. The material comes from red ochre clay produced in the local village of Wutun. The yellow pigment is made from PbO, sulfur and other vegetable dyes. The black pigment is carbon black, which accords with the characters and characteristics of wood carbon black. White pigment is quicklime and magnesium oxide powder. Lime and magnesia powder are widely used in other pigments. It is speculated that some samples contain gold-coated clay, plant pigment dyes and other synthetic pigments. On the whole, the

pigment used in the architectural color painting in the Regong area is cheap and not difficult to make. Most sources are local common mineral soil and animal and plant pigments. The traditional material-making technology is rough and simple. Most pigments such as PbO, gold-coated clay and artificial ultramarine come from the mainland and abroad. These artificial pigments have a long history, reflecting the historical tradition that architectural color paintings in the Regong area not only use local materials but also widely use foreign pigments, which provides good evidence for further study of the history of ethnic cultural exchange in the field of architectural color paintings in the Regong area.

**Keywords** Regong area; Architectural color painting; Pigments; Spectral Characteristics

(Received Nov. 13, 2021; accepted Apr. 20, 2022)

---

## 敬告读者——《光谱学与光谱分析》已全文上网

从 2008 年第 7 期开始在《光谱学与光谱分析》网站([www.gpxygpx.com](http://www.gpxygpx.com))“在线期刊”栏内发布《光谱学与光谱分析》期刊全文,读者可方便地免费下载摘要和 PDF 全文,欢迎浏览、检索本刊当期的全部内容;并陆续刊出自 2004 年以后出版的各期摘要和 PDF 全文内容。2009 年起《光谱学与光谱分析》每期出版日期改为每月 1 日。

《光谱学与光谱分析》期刊社