

山东博山颜文姜祠彩画的工艺分析与研究

邹非池¹ 曹 鹏² 谢怡明³ 雷 勇¹

(1. 故宫博物院, 北京, 100009; 2. 天津大学, 天津, 300072; 3. 清华大学, 北京, 100084)

摘要 颜文姜祠是山东博山地区的重要文化遗产, 目前对于颜文姜祠的研究主要集中于历史文献、建筑形制、法式特征的考证, 缺乏对于建筑本体材料的分析研究。本文通过金相显微镜、微区X射线荧光光谱(XRF)、显微激光拉曼光谱仪(LRS)、红外光谱(FTIR)与热裂解-气相色谱/质谱(Py-GC/MS)等方法对颜文姜祠的彩画剖面样品进行分析, 为颜文姜祠建筑彩画的年代信息和工艺特征研究提供了新的证据。

关键词 颜文姜祠 建筑彩画 剖面分析 工艺

引 言

颜文姜祠, 又名灵泉庙, 顺德夫人祠, 位于凤凰山东南麓(山东省淄博市博山区山头镇北神头村), 其初建年代尚有争议, 一般认为始建于北周(557年), 之后唐玄宗为表彰颜文姜的孝行而兴建^[1]。如今看到的颜文姜祠古建筑群主要由山门、香亭、灵泉、大殿、东西厢房和寝殿等构成。

对于颜文姜祠的早期研究集中于颜文姜的身份的探讨、信仰和孝文化, 以及建筑的年代^[2, 3]。近年来研究者开始关注颜文姜祠建筑的历史和艺术价值, 包括风格、结构和彩画特征^[4-6]。目前尚缺乏对于颜文姜祠建筑本体材料的分析研究。对彩画材料和工艺进行分析研究一方面可以厘清古代工匠彩画过程的施工工艺, 为后期的保护修复提供科学的依据^[7, 8]。另一方面, 彩画剖面分析与考古“地层学”类似, 可以通过记录和排列各层彩画和涂层的时代序列确定古代建筑修缮或改造的年代关系^[9-11]。

此次研究是配合颜文姜祠2019年彩画大修对颜文姜祠的部分彩画进行取样, 科学分析彩画的材料和工艺, 同时通过剖面分析, 尝试探讨彩画材料的年代特征。

1 分 析 方 法

1.1 现场取样

通过文献调研, 可以确定山门、香亭与正殿(图1)历史年代较早, 可以追溯到明代以前, 因

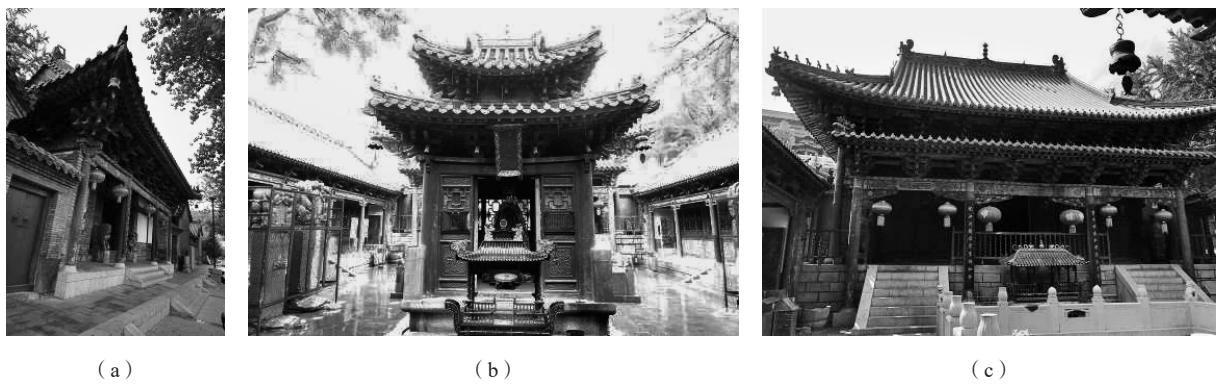


图1 颜文姜祠的主体建筑
(a) 山门；(b) 香亭；(c) 正殿

此主要对这三个建筑进行取样。

取样位置包括山门内檐、香亭内侧、正殿内部东北角、正殿内部东侧（图2）。重点选取蓝色和绿色的颜料进行分析，在已有破损处使用手术刀截取直径小于2mm的小块样品，拍照记录取样位置信息（表1）。

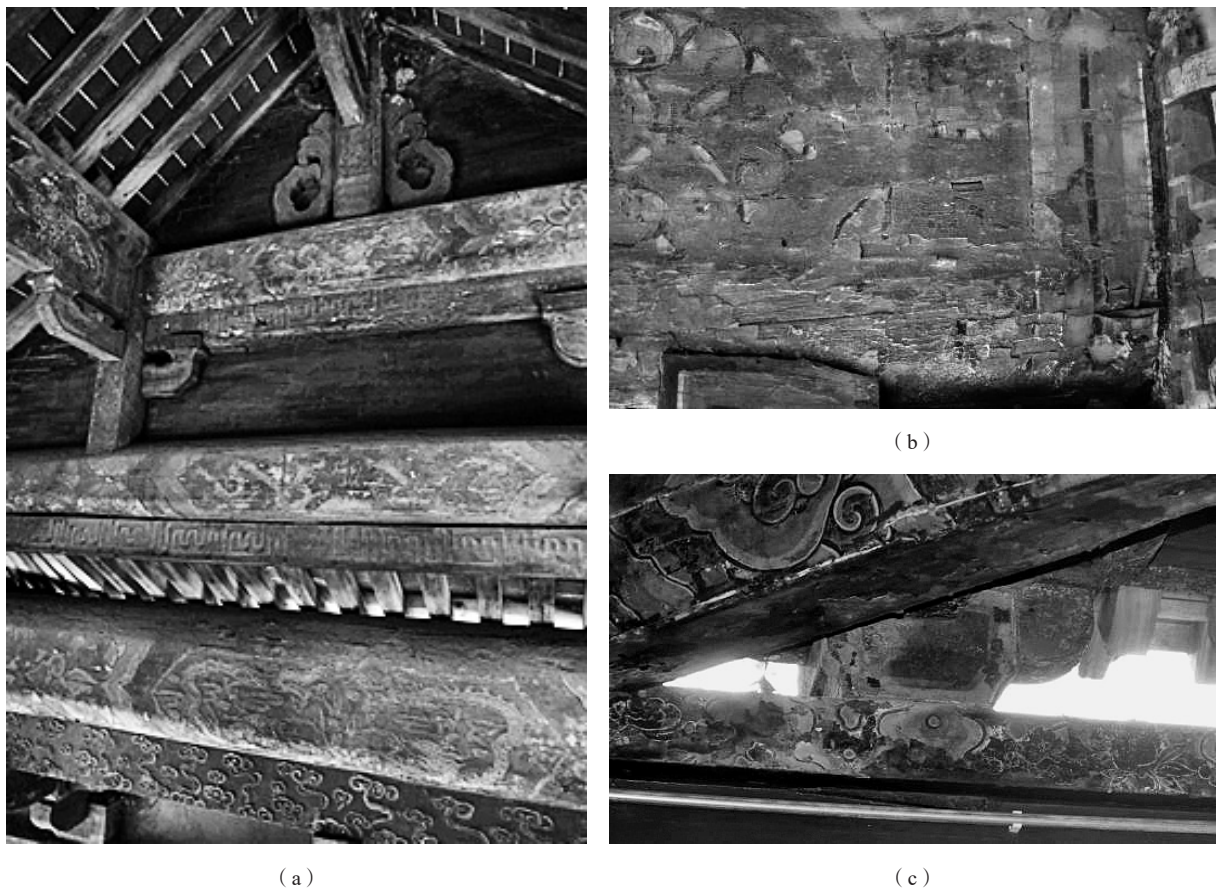




图2 彩画取样区域

(a) 山门内檐东侧；(b) 山门内檐北侧明间额枋；(c) 香亭内部西侧；(d) 正殿东北角抹角梁童柱；
(e) 正殿东北角第一座平身斜斗拱后檐垂莲柱；(f) 正殿东侧单步梁下枋；(g) 正殿东侧金柱上童柱

表1 颜文姜祠彩画取样记录

取样区域	取样位置	编号	描述
山门内檐东侧	七架梁下枋	Z1	红色彩画
	七架梁	Z2	绿色彩画
	七架梁	Z2	黄色彩画
	五架梁	Z4	黄色沥粉
		Z6	绿色彩画
	三架梁下枋	Z8	绿色彩画
	三架梁	Z9	黄色彩画
山门内檐北侧	明间额枋	942	蓝色彩画
		943	绿色彩画
香亭内	西侧平板枋	926	蓝色彩画
	西侧抹角梁	930	绿色彩画
正殿内东北角	抹角梁童柱	965	蓝色彩画
	第一座平身斜斗拱后檐垂莲柱	4539	蓝色彩画
正殿内东侧	单步梁下枋	X50	绿色彩画
	金柱上童柱	2118	蓝色彩画

1.2 剖面样品制备及光学显微镜观察

将丙烯酸类光固化树脂 (Technovit 2000 LC) 倒入边长10mm的立方体磨具中约1/2处, 放入紫外光固化机固化约15min, 放入彩画样品, 再次倒入光固化树脂至接近模具顶端, 再次放入紫外光固化机中固化10min, 加入少许固化剂后紫外光固化10min。待样品完全固化后, 使用磨抛机和800目砂纸将样品粗磨至接近暴露后依次使用1800、2400、3200、4000、6000、8000和12000目金相砂纸手动以8字形打磨抛光至镜面效果, 避免水对样品的干扰。

抛光完成后, 在剖面样品底部粘上橡皮泥, 放置在载玻片上, 使用压平器压平, 表面点滴矿物精油, 盖上盖玻片, 在Leica DM4000M反射光显微镜下观察样品剖面结果, 确定彩画的层次。

1.3 显微X射线荧光光谱分析 (XRF)

使用德国Bruker公司M4型微区X射线荧光光谱仪对特定颜料层位进行元素分析。

单点测试时, 测试电压和电流为50kV和200 μ A, 铈靶, 在10倍物镜下找到测试区域, 在100倍物镜下, 选择测试的点, 束斑直径为20 μ m, 单点测试时间120s, 为了确保分析结果的准确性, 将光斑选在测量颜料层位的正中心, 避免光斑接触到别的层位。

面扫描时, 测试电压和电流为50kV和200 μ A, 铈靶, 在10倍物镜下选择需要面扫描的区域, 束斑直径为20 μ m, 采集步长为20 μ m, 单点采集时长为100ms。

1.4 显微激光拉曼光谱分析 (LRS)

使用 Renishaw-inVia型激光共焦显微拉曼光谱仪对彩画剖面样品进行成分分析, 在制好的彩画剖面样品表面选取有代表性的点进行拉曼光谱检测, 确定特定层位彩画的成分, 蓝色颜料使用532nm激光器, 红色、黄色以及绿色颜料使用633nm激光器。分辨率4 cm^{-1} , 测量范围100~1500 cm^{-1} , 扫描次数为1次, 分析软件为Wire 4.1, 对测试图谱进行峰形拟合, 并计算峰强度面分布图像, 最后在数据库中进行匹配。

1.5 红外光谱 (FTIR) 与热裂解-气相色谱/质谱 (Py-GC/MS) 分析

使用手术刀刮取Z2、Z6样品的表层颜料, 使用FTIR与Py-GC/MS方法对颜文姜祠表层彩画的胶结材料进行分析。

红外光谱 (FTIR) 分析条件: 采用ThermoFisher Nicolet iN10 MX傅里叶显微红外光谱仪, MCT检测器, 金刚石池透射模式, 扫描范围4000~650 cm^{-1} , 分辨率4 cm^{-1} , 扫描次数64次。

热裂解-气相色谱/质谱 (Py-GC/MS) 分析条件: 采用日本Frontier公司EGA 3030D型热裂解仪, 结合美国Agilent公司7890/5977气相色谱/质谱联用仪, HP-5MS毛细管色谱柱 (30m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.25 μ m), 四极杆质谱仪, 电子轰击源, 电离源能量为70eV。将少于1mg的样品与5 μ L TMAH甲醇溶液放入样品舟, 然后直接放入热裂解仪石英裂解管。样品裂解温度为500 $^{\circ}\text{C}$, 保持0.2min, 样品甲基化反应可在裂解反应进行的同时完成。采用分流进样, 分流比1:20。载气为氦气, 流速1.0mL/min。热裂解仪与气相色谱接口温度为300 $^{\circ}\text{C}$ 。GC进样口温度为300 $^{\circ}\text{C}$; 色

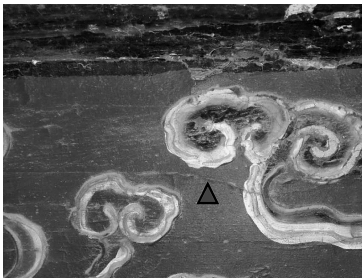
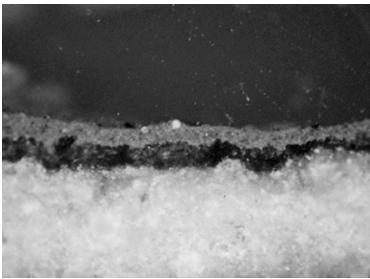
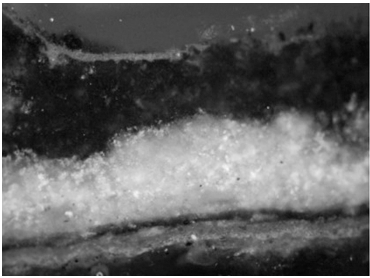
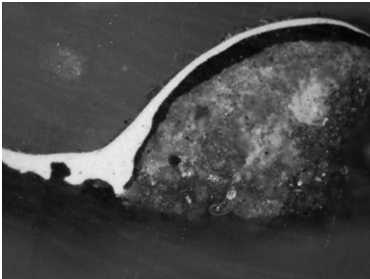
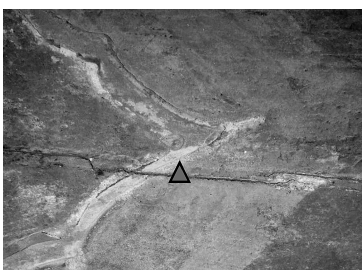
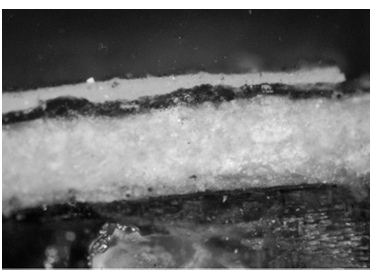
谱柱初始温度为50℃，保持2min，柱温以4℃/min从60℃升到300℃，保持15.5min。质谱离子源温度230℃，四级杆温度150℃，采取全扫描模式，扫描范围为10～600m/z，质谱识别数据库为NIST libraries。

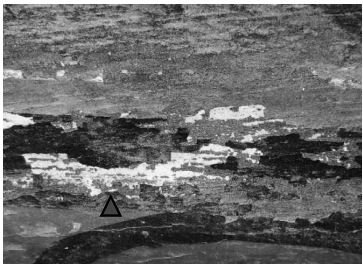
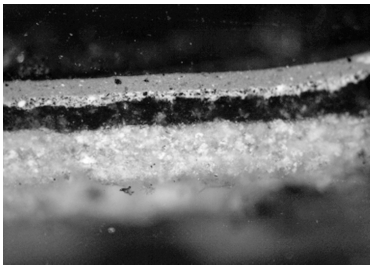
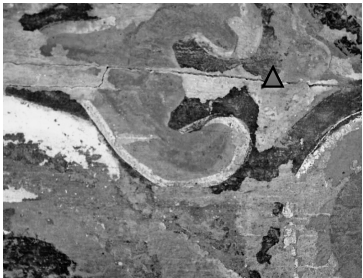
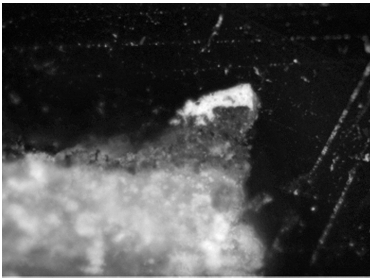
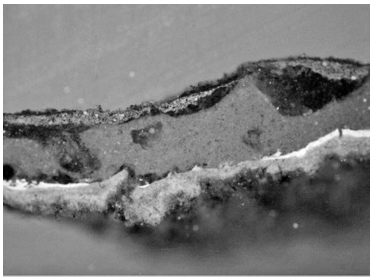
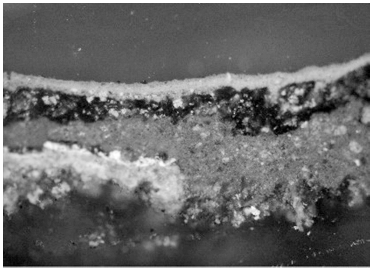
2 分析结果

2.1 剖面与拉曼分析结果

选取山门彩画样品制作剖面样品，使用金相显微镜观察、拍照，并进行拉曼光谱分析，分析结果如表2所示。

表2 山门彩画剖面 and 拉曼光谱分析结果

编号	取样位置	剖面显微照片	拉曼结果
Z1			红色：曙红 黑色：炭黑
Z2			绿色：酞靛绿 黑色：炭黑 红色：铁红
Z4			黄色：铬黄 蓝色：群青
Z6			绿色：酞靛绿 黑色：炭黑

续表			
编号	取样位置	剖面显微照片	拉曼结果
Z8			绿色：酞酞绿 浅蓝色：群青 黑色：炭黑
Z9			黄色：铬黄 黑色：炭黑
942			蓝色：群青 黑色：炭黑 红色：铁红 白色：未知
943			绿色：酞酞绿 黑色：炭黑 红色：铁红 白色：未知

山门内檐东侧表层红色颜料为曙红，表层绿色颜料为酞菁绿，表层黄色颜料为铬黄（ PbCrO_4 ），表层蓝色颜料为群青，四种颜料的拉曼光谱如图3所示。

曙红（eosine）为化工合成颜料，最早合成是在1871年，最初是作为精细的红色墨水，太阳光下易褪色。曙红Y染料的常规拉曼峰为109w，203w，286w，343w，407w，448vw，477w，645m，710m，772w，963w，1016w，1090w，1174w，1253w，sh，1280vs，1314w，1349br，m，1474m，1501vs，1570w，1620m^[12]。颜文姜祠中的曙红颜料拉曼峰为442w，487m，521m，646w，729w，777w，958w，1161m，1235m，1284s，1362vs，1494vs。

酞菁绿（phthalocyanine green）为工业合成颜料，可见光下稳定。颜文姜祠所使用的绿色颜料拉曼峰特征为686s，741m，776m，976m，1082m，1234vs，1282m，1338m，1444m，1538vs，与姜思序堂酞菁绿标准颜料的拉曼特征峰一致，与成都武侯祠彩画中的酞菁绿颜料的拉曼峰也基本一致^[13]。

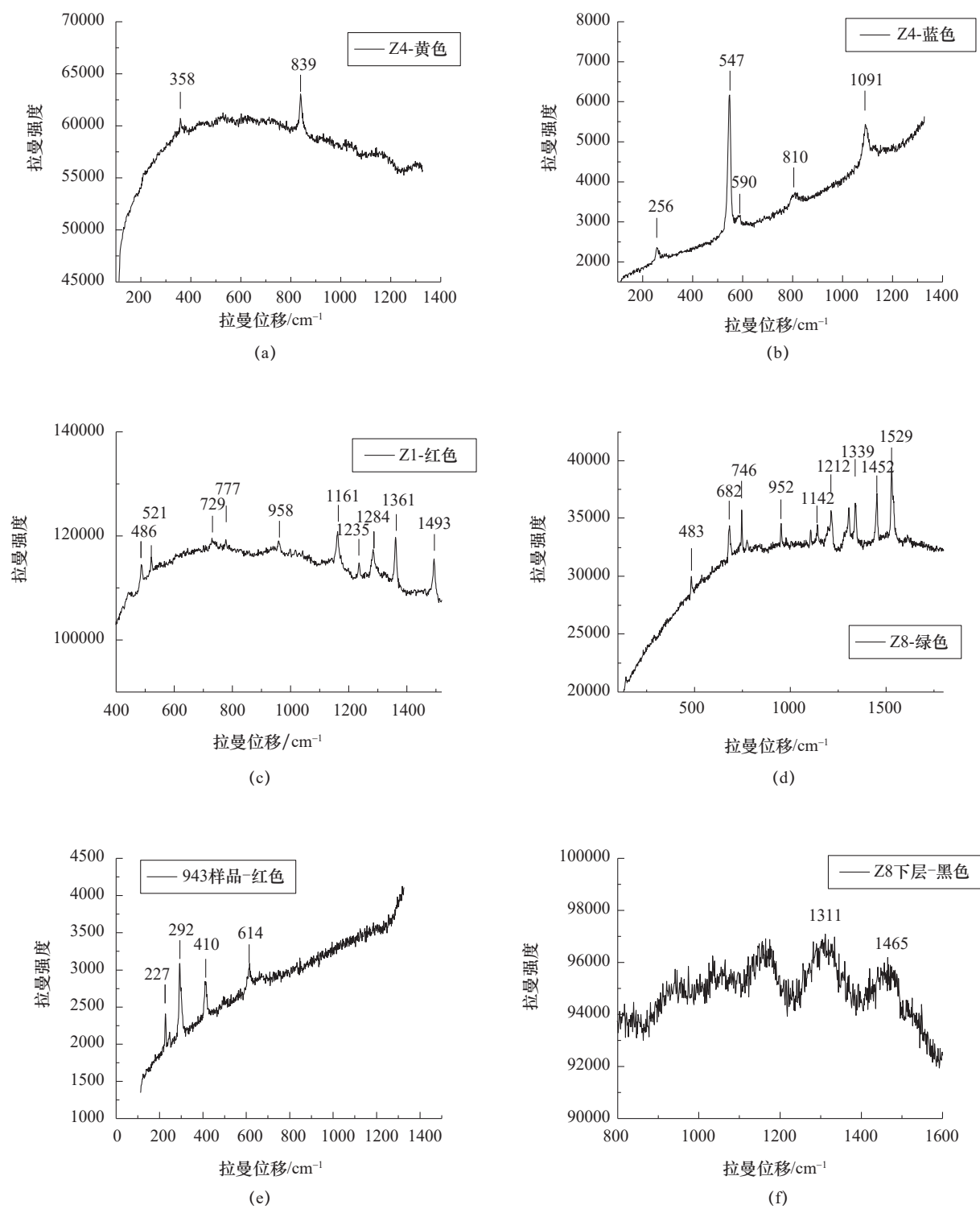
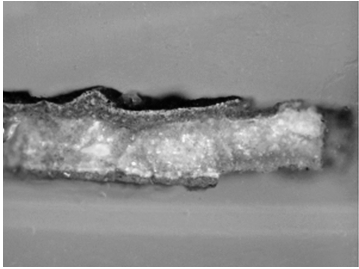
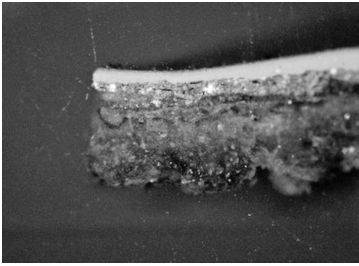


图3 山门内檐彩画表面颜料拉曼光谱分析结果

(a) Z4五架梁黄色颜料-铬黄; (b) Z4五架梁蓝色颜料-群青; (c) Z1七架梁下枋红色-曙红;
(d) Z8三架梁下枋绿色-酞菁绿; (e) 943明间额枋红色-铁红; (f) Z8三架梁下枋下层黑色-炭黑

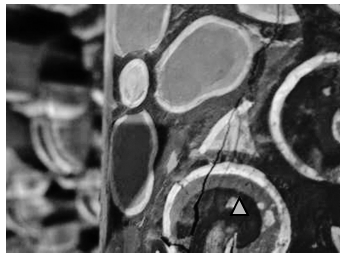
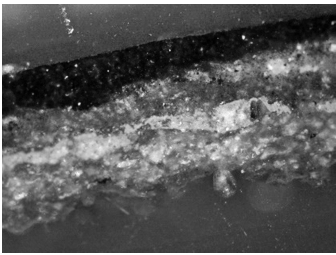
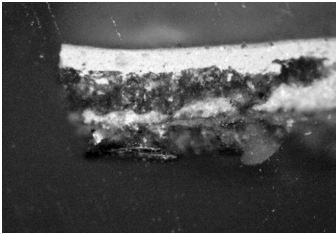
七架梁下枋、七架梁、五架梁下枋、五架梁、三架梁表层彩画下都有一层黑色层，拉曼光谱分析成分为炭黑，黑色层下为地仗。Z2（七架梁）地仗层下还有一层铁红，说明此处还保留了前一次修缮的信息。Z8中酞菁绿颜料层和炭黑颜料层中间为一层浅色的群青层，应为彩画施工过程中的刷大色工艺。而山门明间额枋却是在表层彩画和黑色垫层下直接为铁红颜料层，没有地仗层，铁红层下的白色，拉曼未能检测到明显信号。

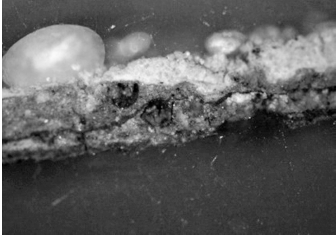
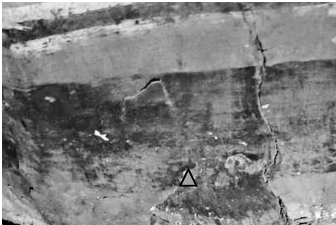
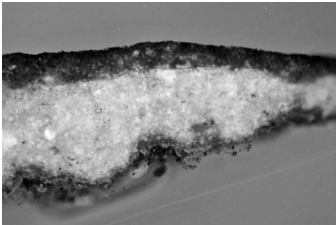
表3 香亭彩画剖面分析结果

编号	取样位置	剖面显微照片	拉曼结果
926			深蓝色：群青 浅蓝色：群青 红色：铁红
930			绿色：酞菁绿 浅蓝色：群青 红色：铁红

显微剖面照片和拉曼光谱显示香亭抹角梁表面的彩画情况与山门相似（表3），绿色颜料（930）为酞菁绿，酞菁绿下有一层浅蓝色的群青层，蓝色下为一层铁红颜料，铁红颜料层下为梁木。而平板枋（926）的表层蓝色为群青，群青下同样有刷大色的工艺，群青下的铁红颜料层和枋木之间有一层地仗。

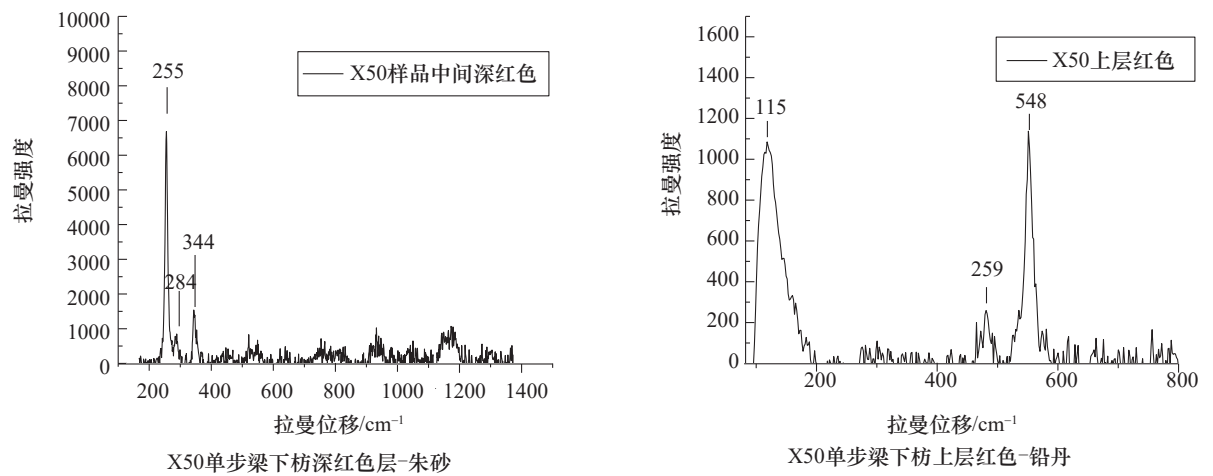
表4 正殿彩画剖面分析结果

编号	取样位置	剖面显微照片	拉曼结果
965			深蓝色：群青 浅蓝色：群青 黑色：炭黑 红色：铁红
967			绿色：酞菁绿 黑色：炭黑

续表			
编号	取样位置	剖面显微照片	拉曼结果
X50	 此处取样时分上下两层取样，上层为接近剥落的表层彩画，下层为枋木上紧密附着的底层彩画	 	绿色：酞酞绿 黑色：炭黑 橙黄色：铅丹 深红色：朱砂 浅绿色：氯铜矿 暗红色：密陀僧 棕色：未知
2118			蓝色：群青 黑色：炭黑 红色：铁红

如表4所示，经拉曼光谱分析，正殿内部东北角彩画表层绿色同样为酞酞绿，表层蓝色为群青，表层黄色为铬黄，表层红色为曙红。山门和正殿表层颜料下，地仗上均有一层黑色层，拉曼结果显示为炭黑。

正殿局部彩画的层次较多，尤其以单步梁下枋的彩画层数最多，上下共计有十六层，其间不同时期红色分别使用了铅丹、朱砂以及密陀僧（图4）。此外，由于单步梁下枋X50样品底部绿色颜料层 3351cm^{-1} 和 3431cm^{-1} 拉曼峰属于典型的氯铜矿的峰^[14]，表明颜文姜祠早期彩画有使用氯铜矿颜料。正殿单步梁下枋X50样品底层检测到氧化铅，氧化铅有两种晶型，一种是密陀僧，呈红色，



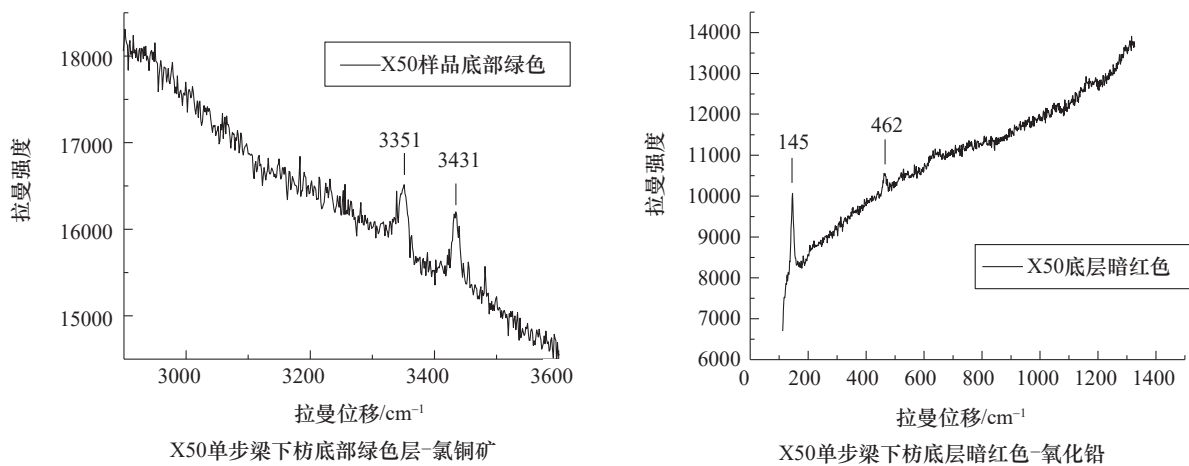


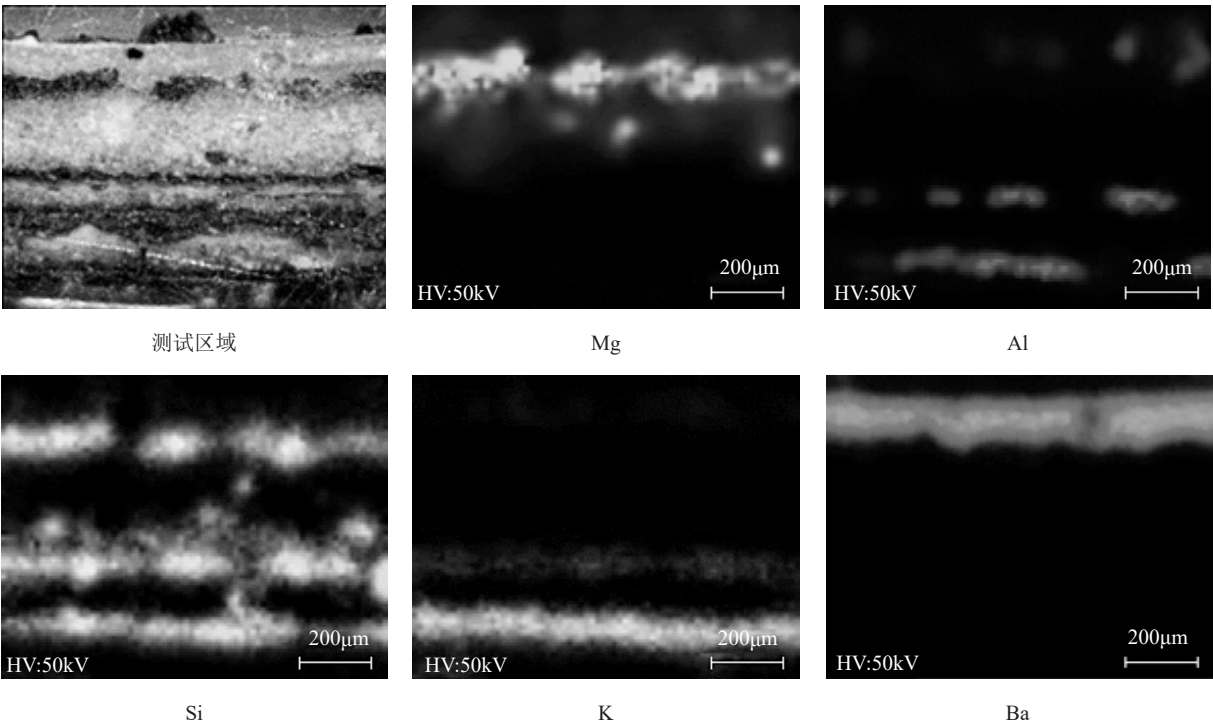
图4 正殿单步梁下枋各层彩绘的拉曼光谱分析结果

属四方晶系，很重也很软，有油脂光泽。另一种是铅黄，呈黄色，属正交晶系。结合X50底层氧化铅暗红色的外观，判断单步梁下枋底层红色颜料为密陀僧。

2.2 微区XRF面分析结果

根据2.1中剖面的分析，正殿单步梁下枋处（X50）保留的彩画层次最多，为了更清晰的解释彩画的材料，采用微区X射线荧光光谱仪对此处样品进行面扫分析，面扫结果如图5。

X50样品取样时分上下两层取样，上层为接近剥落的表层彩画，下层为枋木上紧密附着的底层



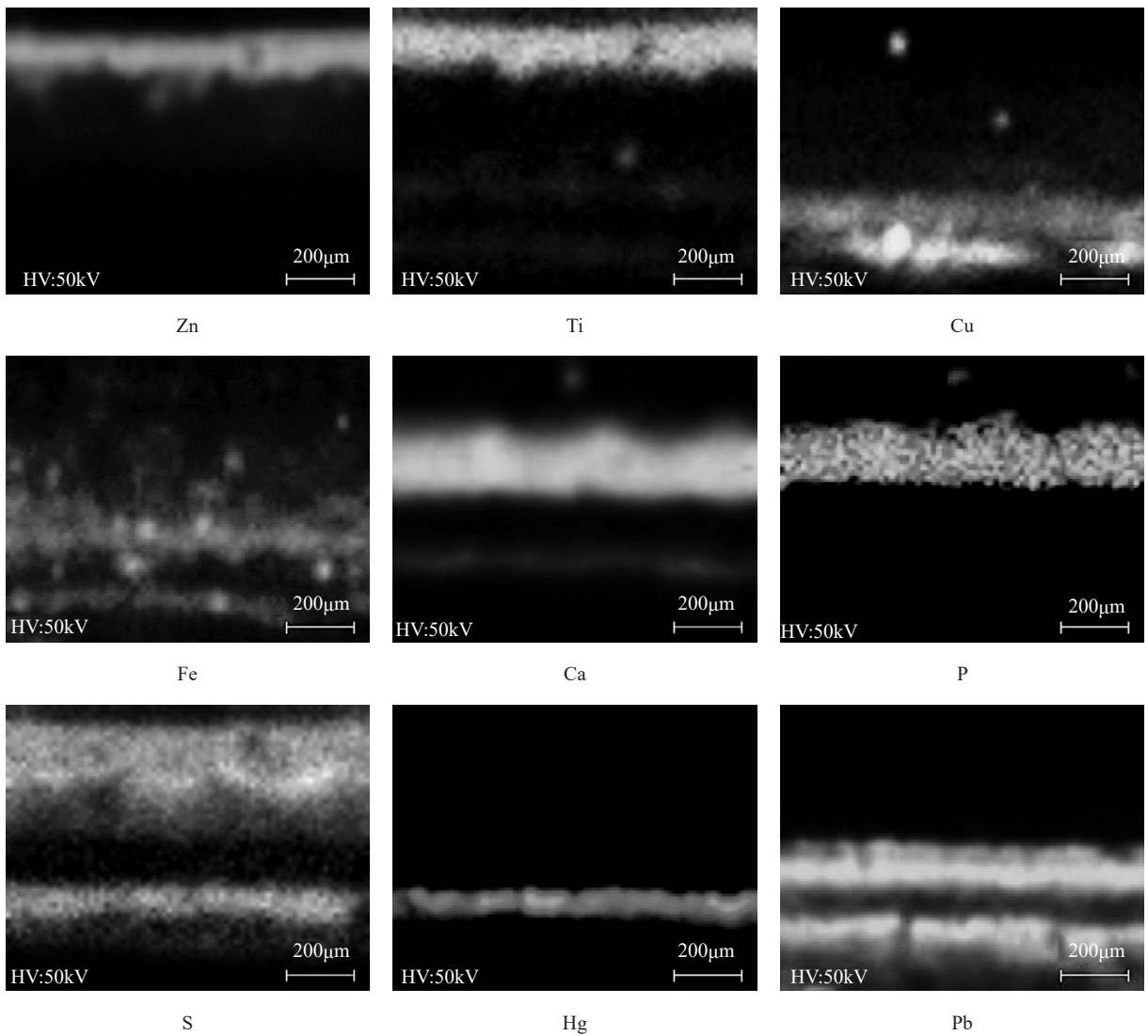
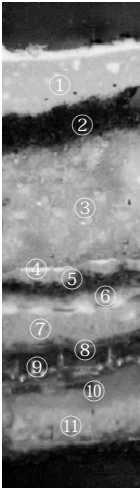
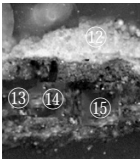


图5 X50上样品的微区XRF面扫分析结果

彩画，从剖面看，上下共计15层，拉曼光谱分析获得了其中的部分颜料成分，但对于地仗的分析效果不佳，而XRF面分析能弥补这一缺陷，综合XRF和拉曼光谱分析，结果见表5。

第1层绿色，拉曼光谱已分析出绿色颜料为酞菁绿，但XRF面分析结果表明其中还含有较高的Ba、Zn、Ti、S等元素，推测表层彩画中可能添加了锌钡白或硫酸钡等体质颜料；第2层黑色，拉曼光谱表面该层中含有炭黑，而XRF仅能对原子序数在11以后的元素进行分析，XRF面分析表明该层主要元素为S和Si，还能见到少的Mg和Al元素；第3、10层地仗主要成分为Ca和S，第3层还含有一定的P；第5层黑色中仅检测到Si元素；第4、7、11层检测到较高的Pb，拉曼光谱也表明为铅丹；第6层地仗检测到Pb、Si和Al，但拉曼光谱未检测到，推测可能为铅白；第9层主要元素为Hg和S，拉曼光谱也表明朱砂；第12层主要元素为Cu和Cl，拉曼光谱表明结果为氯铜矿；第13层主要元素为Pb，拉曼光谱表明结果为密陀僧；第14层主要元素为Fe和Si，第15层褐色主要为Pb、K，拉曼光谱未检测到成分信息。

表5 X50上样品中的层位关系

	层位		XRF成分	拉曼	颜料层关系
	序号	颜色			
	1	绿色	Ba、Zn、Ti、S、Na	酞菁绿	表层
	2	黑色	Si、S、Al、Mg	炭黑	
	3	白色	Ca、S、P	—	
	4	橙色	Pb、Ca（少量）	铅丹	第二层
	5	黑色	Si	—	
	6	白色	Pb、Si（无Ca）、Al	—	
	7	橙色	Pb	铅丹	第三层
	8	黑色	Si	—	
	9	红色	Hg、S	朱砂	第四层
	10	灰白色	Ca、S	—	
	11	橙色	Pb、Al、Si、K、Cu	铅丹	第五层
	12	浅绿色	Cu、Cl	氯铜矿	第六层
	13	暗红色	Pb	密陀僧	第七层
	14	黑色	Si、Fe	—	
	15	红棕色	Pb、K	—	第八层

2.3 FTIR和Py-GC/MS分析结果

使用FTIR对表层彩画的胶结材料进行分析，结果如图6所示，Z2为铅铬黄颜料层的红外光谱，图中 3405cm^{-1} 是OH伸缩振动吸收， 2928cm^{-1} 、 2855cm^{-1} 分别是 CH_2 、 CH_3 反对称伸缩振动和对称伸缩振动， 1728cm^{-1} 是醇酸树脂中邻苯二甲酸酯及油脂中 $\text{C}=\text{O}$ 伸缩振动吸收的叠加。 1261cm^{-1} 、 1121cm^{-1} 分别是 $\text{C}-\text{O}$ 的反对称伸缩振动和对称伸缩振动。 1073cm^{-1} 是苯环上邻位取代4个相邻氢原子面内变角振动， 743cm^{-1} 是苯环邻位取代4个相邻氢原子面外变角振动^[15]，说明Z2表层彩画的胶结物成分为醇酸类物质。 872cm^{-1} 为铬黄的吸收，与Z2拉曼光谱的结果一致。

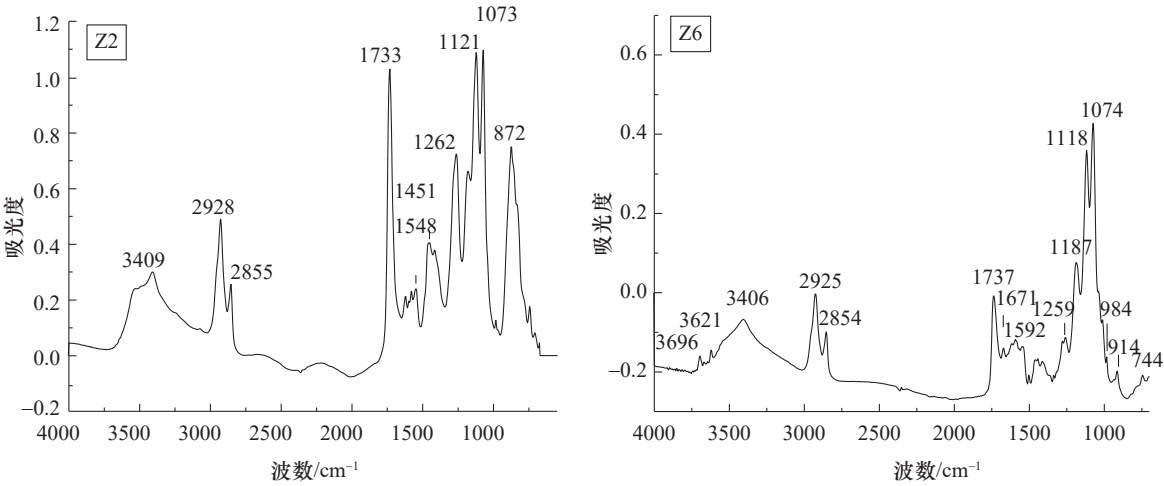


图6 Z2和Z6中的最外层颜料的红外光谱分析结果

Z6为酞菁绿颜料层的红外光谱, 3485cm^{-1} 、 2931cm^{-1} 、 2859cm^{-1} 、 1735cm^{-1} 、 1600cm^{-1} 、 1581cm^{-1} 、 1462cm^{-1} 、 1391cm^{-1} 、 1261cm^{-1} 、 1138cm^{-1} 、 1071cm^{-1} 、 744cm^{-1} 为醇酸漆的吸收^[15]。此外, Z6在 984cm^{-1} 有一个微弱的峰, 为醇酸漆中体质颜料硫酸钡的吸收峰, 1190cm^{-1} 是醇酸漆和硫酸钡吸收叠加的结果。与XRF对于X50处酞菁绿颜料层的元素分析结果一致。

醇酸树脂中植物油的类型很难通过红外光谱分析得出, 要比较准确了解植物油的类型, 需要使醇酸树脂水解甲酯化, 用色谱法等方法分析脂肪酸甲酯的成分而定。颜文姜祠Z2、Z6样品热裂解-气相色谱/质谱(Py-GC/MS)实验结果如图7所示。

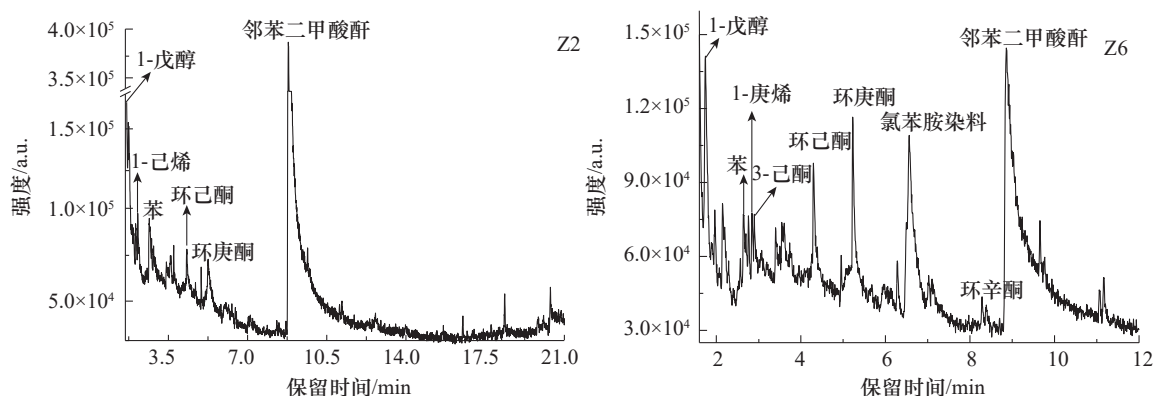


图7 颜文姜祠Z2、Z6样品Py-GC/MS实验结果

在两个样品中都检测出大量邻苯二甲酸酐, 结合红外光谱, 可以判定表层彩画的胶结成分为醇酸树脂, 但是在样品中未检出甘油、植物油等醇酸树脂这些其他常用原料, 在样品中所检出的1-戊醇、1-己烯、苯、1-庚烯、3-己酮、环己酮、环庚酮、环辛酮等小分子组分, 可能的来源较为多样, 尚不能确定醇酸树脂的确切类别。

此外, 根据盖蒂保护所现代材料分析数据库, 在Z6样品中保留时间 $\text{RT}=6.52\text{min}$ 处检出氯苯胺类现代染料, 这与Z6绿色颜料为酞菁绿的结论一致。

3 讨 论

3.1 彩画的材料和工艺分析

颜文姜祠绝大部分现存的山门、香亭和正殿木构件上的彩画普遍保留了两层或以上的彩画, 表层彩画使用醇酸树脂作为胶黏剂, 并添加硫酸钡或锌钡白等体质颜料, 同时使用了铬黄、群青以及现代颜料如酞菁绿、曙红等。

与常见的彩画剖面不同, 表层彩画底部都有一黑色垫层, 类似的情况在西安钟鼓楼彩画中也有发现, Mazzeo使用电镜能谱对西安钟鼓楼彩画中的黑色层进行分析, 检测到大量的碳元素, 判断这种黑色层是一层上光油^[16]。拉曼光谱显示颜文姜祠表层彩画下的黑色层为炭黑, 而XRF面分析的结果表明黑色层中含有Si、Mg、Al、S等元素, 与彩画工艺中的“合操”工艺中胶矾水的无机成分相近。“合操”是在彩画地仗工艺结束后, 彩画拍谱子前的一道工序, 是用胶矾水加少许深色(一般为黑色或深蓝色)均匀涂刷在地仗表面。目的是使地仗表面颜色加深, 便于拍谱子时花纹的显示, 另外还能防止下层地仗的油气上咬, 利于保持及体现彩画颜色的干净鲜艳^[17]。

山门内檐东侧的架梁上，在木胎上直接做石膏地仗，以炭黑层打底，再施以不同颜色的醇酸漆，醇酸漆中加入了硫酸钡或锌钡白作为体质颜料。且是先用一层颜料均匀铺满底色，再使用第二层颜料作画，即“刷大色”的工艺。

而山门内檐北侧明间额枋、香亭和正殿东北角则保留了旧的彩画痕迹，直接在其表面进行新彩画的绘制，过程与山门相同。不同的是香亭内檐的彩画没有使用炭黑层打底。

正殿单步梁下枋保留了层次最多的彩画，包括表层的酞菁绿、中下层的三层铅丹和一层朱砂以及底层的氯铜矿和密陀僧（表6），且每两层颜料层中间会有一层黑色垫层或地仗层。

表6 颜文姜祠彩画的层次归纳

层位	颜料成分
表层	酞菁绿、曙红、铬黄、群青
中间层	铁红
中下层	三层铅丹、一层朱砂
底层	氯铜矿、密陀僧、未知颜料层

3.2 彩画的年代分析

如表7所示，一般认为颜文姜祠建于唐朝天宝五年，宋神宗熙宁八年扩建，元代毁于战乱后重建，现存的正殿即是1232~1235年建造的，此后明、清、民国至今均有修葺或扩建。

表7 颜文姜祠历代修葺记录^[18]

建成或维修时间	记载	描述	备注
唐天宝五年 （746年）	正殿东墙“中书门下牒文石碣”	“唐天宝五年立庙于水次”	唐淄川尉李阳冰重建
后梁（911年）	北宋·商亿 《增修孝妇庙记》	“增起新址，宠敞有加，功兴于中夏，迨仲秋而祠成”“自乾化迄今百有六十年中间迨尝经葺至是再新，而机构始大”	朱梁刺史高霸增修三月余。乾化至熙宁中间160余年也有修缮
北宋咸平六年 （1003年）	北宋·周沆 《修孝妇庙记》	“会博州牧守安侯奉帝俞治郡事……乃召班尔之徒度材木之用……连薨而大壮，墙圯粉以过奢，使彼道途观乎”	此时有重建或修缮
元太宗七年 （1235年）	明·范一儒 《重修顺德祠记》	“视其基址仅存四壁，立余悉化为焦土”转变为“轩楹廊庑，焕然复新”	说明元代颜文姜祠曾被烧毁，而后重建
明弘治己卯 （1495年）	明·杨文卿 《修灵泉庙记》	“复建寝殿，两庑，香亭，门，左右翼，而規制愈宏敞矣”	明代建造了寝殿，香亭，山门等
明万历四十二年 （1614年）	明·范一儒 《重修顺德祠记》	“见残碑与荒草，螭头没于泥沙”转变为“随寻其业而葺之，使此石与此庙更新焉”	明万历年间颜文姜祠有修葺
顺治十一年至康熙七年 （1654~1668年）	清·孙文定公延铨康熙五年《修灵泉庙碑记》	“于是前宫生寝，台观门屏，悉从改作。更凿山石，规拓基垣，宇而壮又过之”	局部重修，以砖石砌墙加固，同时殿前增建卷棚
乾隆年间 （1736~1795年） 多次	清·尹济源 《重修灵泉庙记》	“蒋公社内重修朱阙香亭之时”“于大殿南偏，创建官厅三楹”	重修山门、香亭 增修供饌所 创建官厅 重修正殿
	山门梁上留存的字迹	“大清乾隆三十四年岁次乙丑六月吉旦中书科中书蒋今长重建”	
	正殿梁上留存的字迹	“大清乾隆五十七年中书科中书蒋今长重修”	

续表			
建成或维修时间	记载	描述	备注
道光八年至十二年 (1828~1832年)	清·尹济源 《重修灵泉庙记》	“历时既久,日就颓圯”,维修后“其费不 资,其观益壮”	维修了山门、正殿(梁上有 文字)
	山门内顶梁题字	“时大清道光八年岁次戊子桂月吉旦重修”	
民国十二年至十四年 (1923~1925年)	清·李守中 《重修灵泉庙记》	“重补残缺”“规模仍旧,丹牖重施,庙貌 乃一律更新”	重新做了彩画
	正殿内顶梁上留存的 字迹	“中华民国拾叁年岁次甲子荷月上浣吉旦邑 重修”	
1982年	正殿、山门上留存的 字迹	国家、地方政府两次拨款修葺、正殿“1982 年大修”、山门“公元一九八二年九月 重修”	彩画大修,扩建“孝园”等
1991年	曹鹏等《颜文姜祠建筑 彩画研究》	“前廊为1991年塌陷后重做”“廊内外彩画 为当时重新绘制”	重绘了正殿前廊卷棚内外 彩画

颜文姜祠山门、香亭和正殿的表层彩画大量使用醇酸漆调和各种颜料,结合颜文姜祠的修缮记录(表7),最近两次修缮的时间分别为1925年和1982年,而酞菁绿和醇酸漆的生产和使用都是晚于1925年,醇酸漆的历史要追溯到1927年通用电气公司Kienle开发出的不饱和脂肪酸的苯二甲酸-甘油酯,此后醇酸树脂开始应用于涂料行业^[19]。在国内,1948年陈调甫先生首次研制出醇酸树脂漆,但直到60年代中期,醇酸漆的生产技术才迅速普及^[20]。此外,酞菁绿于1938年进入市场,国内则是直到20世纪60年代末才开始生产^[21]。因此结合颜文姜祠的修缮记录可以判定表层彩画是1981~1982年大修后保留下来的。

而中间层的彩画则以铁红为主要颜料,山门、香亭和正殿大多数区域的样品均保留了两层彩画,上层为醇酸漆彩画,下层为铁红颜料,表明在1982年大修之前的一次彩画修缮中大量使用了红色,清代李守中《重修灵泉庙记》一文中记载在1925年的修缮中“规模仍旧,丹牖重施”,丹牖代指红色颜料,说明1925年和之前的彩画使用了大量红色颜料,那么铁红层有较大可能为1925年重修的结果。

而X50号剖面样品的中下层也有三层铅丹和一层朱砂,而在底层还有一层氯铜矿和一层密陀僧,即颜文姜祠正殿的单步梁下枋位置保留了7层彩画(底部还有一层未能识别)。而博山县志中记录的颜文姜祠的修缮历史,从元太宗年间颜文姜祠重建至今,进行了7次修缮,但由于明代期间颜文姜祠只有两次修缮的记载,可能存在记载缺漏,且早期的颜文姜祠相关文献中没有记录彩画相关的内容,因此无法进行对照分析。

结 语

颜文姜祠建筑上使用的红色颜料有曙红、铁红、铅丹和朱砂;绿色颜料有酞菁绿和氯铜矿;黄色颜料为铅铬黄;蓝色颜料有群青;黑色垫层为“合操”工艺中矾调和炭黑以及其他材料;表层彩画上使用的胶结物为醇酸树脂。

对颜文姜祠建筑彩画的研究结果可以作为其历代修葺的证据,体现在1982年颜文姜祠的大修中,没有砍除旧的彩画,而是直接在旧彩画上绘制新的彩画。表层彩画使用了醇酸树脂漆,以及曙

红、酞菁绿、铬黄和群青等近现代工业颜料；而稍早时期（1925年）的彩画修缮中则使用了大量的铁红颜料；明清时期则使用了铅丹、朱砂、氯铜矿等传统矿物颜料，尤其是底层的氯铜矿和密陀僧可以追溯到明代或以前。

致谢：故宫博物院文保科技部王娜博士以及文物保护标准化研究所段佩权博士和刘瀚文馆员为本文实验数据提出了宝贵意见，浙江大学博士生王嘉堃在取样过程中给予了巨大帮助，在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 建文. 中国孝文化的发源地——颜文姜祠 [J]. 城建档案, 2007 (3): 15-18.
- [2] 周光华. 孝文化及颜文姜祠索探 [J]. 管子学刊, 2003 (2): 39-43.
- [3] 朱阿丽, 石学军, 郝翠荣, 等. 颜文姜祠与文姜关系考 [J]. 管子学刊, 2015 (2): 65-70.
- [4] 孙韫. 山东博山颜文姜祠建筑艺术研究 [D]. 苏州: 苏州大学, 2011.
- [5] 吴现为. 山东颜文姜祠历史文化研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2011.
- [6] 曹鹏, 李情格, 谢怡明. 颜文姜祠建筑彩画研究 [J]. 风景名胜, 2019 (5): 82-83, 86.
- [7] 李宁民, 马宏林, 周萍, 等. 天水伏羲庙先天殿外檐古建油饰彩画保护修复 [J]. 文博, 2005 (5): 110-114.
- [8] 白崇斌, 马涛. 城楼彩绘颜料的技术分析 [M] // 陕西省西安市文物管理局. 西安长乐门城楼修缮工程报告. 北京: 文物出版社, 2001: 114-120.
- [9] Roger W M. Paint in America: The Colors of Historic Buildings [M], Philadelphia: The Barra Foundation, 1994.
- [10] 杨秋颖, 于群力, Mazzeo R. 蒙古国博格达汗宫建筑木构件彩绘工艺及材料分析 [J]. 文博, 2009 (6): 473-478.
- [11] [美] 苏珊. 建筑彩绘分析技术在美国的发展及其在故宫保护中的应用 [J]. 故宫博物院院刊, 2018 (3): 143-149.
- [12] Whitney A V, Van Duyne R P, Casadio F. An innovative surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) method for the identification of six historical red lakes and dyestuffs [J]. Journal of Raman Spectroscopy, 2006 (37): 993-1002.
- [13] 王玉, 张晓彤, 吴娜. 成都武侯祠彩绘泥塑颜料的拉曼光谱分析 [J]. 光散射学报, 2015, 27 (4): 355-358.
- [14] 成小林, 杨琴. 五种含氯铜合金腐蚀产物的拉曼光谱及扫描电镜的分析研究 [J]. 文物保护与考古科学, 2018, 30 (4): 26-33.
- [15] 冯计民. 红外光谱在微量物证分析中的应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [16] Mazzeo R, Cam D, Chiavari G, et al. Analytical study of traditional decorative materials and techniques used in Ming Dynasty wooden architecture. The case of the Drum Tower in Xi'an, P. R. of China [J]. Journal of Cultural Heritage, 2004, 5 (3): 273-283.
- [17] 蒋广全. 中国清代官式建筑彩画技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [18] (清) 富申. 博山县志 [M]. 1753.
- [19] 胡乔生, 叶家波, 范小林, 等. 水溶性醇酸树脂涂料的研究进展 [J]. 赣南师范学院学报, 2005, 26 (6): 54-57.
- [20] 张建新. 中国涂料工业史话 (二) [J]. 中国涂料, 2005, 20 (8): 51-52.
- [21] 王洪. 我国酞菁铜的生产现状及发展 [J]. 染料工业, 2001, 38 (1): 7-9.