故宫景福宫建筑彩画检测分析初探

A Preliminary Exploration about Detection and Analysis of the Decorative Paintings of Palace of Great Blessings in the Forbidden City

宋路易　杨红

Song Luyi Yang Hong

故宫博物院 The Palace Museum
Journal of Gugong Studies 2017 Vol.18
故宫学刊
二〇一七年 总第十八辑
故宫出版社 | The Forbidden City Publishing House

故宫景福宫建筑彩画检测分析初探*

A Preliminary Exploration about Detection and Analysis of the Decorative Paintings of Palace of Great Blessings in the Forbidden City

宋路易　杨红

Song Luyi　Yang Hong

内容提要：

故宫景福宫始建于清康熙元年（1662年），于乾隆四十一年（1776年）仿照建福宫中静怡轩的形制重建，以待皇帝归政后燕憩之用。在光绪二十九年（1903年）曾经对油饰彩画部分进行过翻新。现存建筑彩画保存完整、状态良好，是清晚期包袱式苏画的代表，具有很高的历史价值、艺术价值和重要研究价值。本文选取景福宫前抱厦西次间金步大木包袱式苏画、游廊及包金土墙体彩画为研究对象，对彩画的颜料颜色进行无损检测，通过无损检测和采样检测的方法对彩画颜材料进行分析检测，为后期景福宫区彩画的保护和修复工作提供科学的色彩分析和数据。

关键词：

故宫景福宫　清晚期官式　苏式彩画　颜材料

色彩　成分

ABSTRACT:

Palace of Great Blessings (Jingfu Palace) was built in 1662 . In 1776 , it was rebuilt followed the form of Pavilion of Tranquit Joy (Jingyixuan) as a residence for the emperor after he abdicated. The decorative paintings of the palace was repainted in 1903 . The remaining paintings are the representative of Su-style, which are preserved intact and in good condition. They have high historical, artistic value and important research value. The objects of the study involved paintings of the beam and the wall from the second room in the west of the front porch of Jingfu Palace and the veranda. Through analysing the color by nondestructive testing method, and through nondestructive testing and sampling inspection methods to detect and analyze the paint composition, this study provides scientific color analysis and data for the latter work of the protection and restoration of the paintings in Jingfu Palace.

KEYWORDS:

Palace of Great Blessings in the Forbidden City, official in the late period of Qing Dynasty, Su-style decorative paintings, pigments, colour, components

*　基金项目编号：ykj-2015-12138 北京市历史建筑保护工程技术研究中心支持。

故宫景福宫区位于宁寿宫区东北部，目前并未向游客开放。依据康熙朝满文朱批奏折、清宫内务府造办处档案、内务府奏销档等文献资料对景福宫的相关记载，景福宫为康熙皇帝奉仁宪皇太后（孝惠皇后，顺治帝第二任皇后）所居[1]。其油画工竣工于清康熙元年（1662年）[2]，于康熙四十八年（1709年）对建筑进行过整修[3]。雍正四年（1726年）加建，在东配殿后面添建了两间三檩木板房，西配殿后面添建了一间四檩木板房[4]。重建于乾隆四十一年（1776年）[5]，形制仿照建福宫中静怡轩而建，以待皇帝归政后燕憩之用[6]。光绪二十九年（1903年）重修时对景福宫的油饰彩画进行了见新[7]。

目前，景福宫区彩画整体保存状态良好，其中景福宫前抱厦的大木彩画为包袱式苏画。清早、中期的苏画主要题材以图案为主，清晚期为以写实轻松活泼的绘画内容为主[8]，景福宫彩画具有清晚期苏式彩画的特点，与文献记载的光绪年间进行过油饰彩画的见新相互印证，推测现存景福宫彩画为清晚期所绘制。

主要对景福宫前抱厦西次间金步的檩、垫、枋三件包袱式苏画及下架油饰，东西缝天花梁、随梁枋包袱式苏画如〔图1〕和景福宫游廊及墙体彩画如〔图2〕进行检测，色彩无损检测选取了102个检测点，采样检测选取了40的检测点，检测位置如〔图3〕。



图1 景福宫前抱厦西次间单元



图2 景福宫游廊及墙体彩画

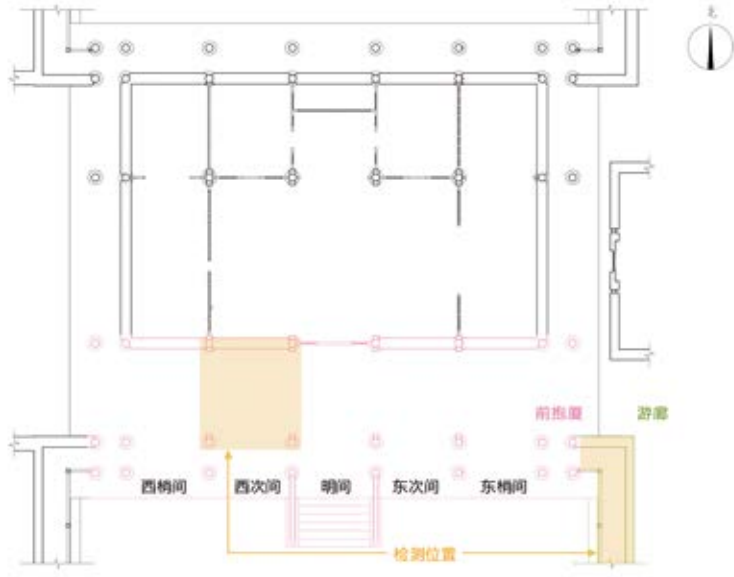


图3 检测位置

1 于敏中等编纂：《日下旧闻考》第一册，第246页，北京古籍出版社，1985年。
2 王小虹等编译：《康熙朝满文朱批奏折全译》第1541页，中国社会科学出版社，1996年。
3 中国第一历史档案馆：《内务府杂录档》，康熙四十八年三月二十三日甲午“景福宫首领太监陆洵告称本年修宁寿宫炕事”。
4 中国第一历史档案馆．内务府奏销档，雍正四年二月初六日己巳“内务府奏为添建宁寿奉宸苑静明园等处于工部领取物项数目尺寸事”。
5 故宫博物院编：《清高宗御制文二集》，第28页，海南出版社，2000年。
6 于敏中等编纂：《日下旧闻考》第一册，第247页，北京古籍出版社，1985年。
7 中国第一历史档案馆：《内务府奏销档》，光绪二十九年八月“内务府为修理景福宫工程请领工料银两奏稿”。
8 蒋广全：《中国清代官式建筑彩画技术》中国建筑工业出版社，2005年。

一 色彩无损检测

（一）检测方法

根据检测对象内容，提取 8 种色系（青色、绿色、红色、紫色、香色、黑色、白色、金色），按照彩画保存良好部分（A）、彩画严重褪色部分（B）、彩画后期修缮部分（C）、油饰部分（D）进行分类，同相关色样进行对比，并对色彩残损状况加以辨识，每类一般选择 3 处测试点，提取现状色彩的量化数据，测量点说明见表 1。

我们于 2015 年 6 月 9 日和 2015 年 6 月 15 日对对象进行检测，所用仪器为手持彩通色彩检测仪 PANTONE CAPSURETM，型号为 RM200-PT01，采用标准光源灯箱（D50），最终提取彩通标准色库、L*a*b*、sRGB 和 HTML 等的色彩信息。由此建立颜料与色彩的关系，建立与潘通标准色库对应的清晚期官式建筑彩画标准色库，指导之后的彩画修复工作，避免修复后的彩画与原彩画有明显色差。

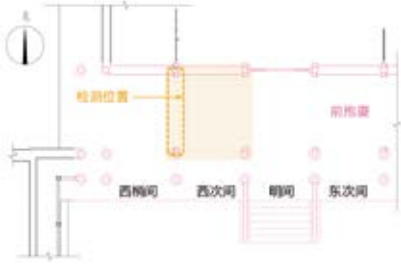
表1 测量点说明

大青 DB	ADB01、ADB02、ADB03	油饰绿 DDG	DDG01、DDG02、DDG03	浅香 LI	ALI01、ALI02、ALI03
	BDB01、BDB02、BDB03	深朱 DR	ADR01、ADR02、ADR03	深黄 DY	ADY01、ADY02、ADY03
	CDB01、CDB02、CDB03		BDR01、BDR02、BDR03	深黑 DK	ADK01、ADK02、ADK03
二青 MB	AMB01、AMB02、AMB03	二朱 MR	AMR01、AMR02、AMR03		BDK01、BDK02、BDK03
三青 LB	AMB01、AMB02、AMB03	三朱 LR	ALR01、ALR02、ALR03	浅黑 LK	ALK01、ALK02、ALK03
大绿 DG	ADG01、ADG02、ADG03	油饰红 DDR	DDR01、DDR02、DDR03	白色 WT	AWT01、AWT02、AWT03
	BDG01、BDG02、BDG03	深紫 DP	ADP01、ADP02、ADP03	白地 WD	AWD01、AWD02、AWD03
二绿 MB	AMG01、AMG02、MG03	浅紫 LP	ALP01、ALP02、ALP03	金色 GD	AGD01、AGD02、AGD03
三绿 LG	ALG01、ALG02、ALG03	深香 DI	ADI01、ADI02、ADI03	油饰金 DGD	DGD01、DGD02、DGD03

（二）检测说明及示例

由于数据涉及 102 个检测点，本文以大青（DB）中彩画保存良好部分（A）为测量对象的 3 处检测点为例，检测结果示意见表 2。

表2 大青（DB）w中彩画保存良好部分（A）的3处检测点的结果

检测位置： 西缝天花梁		

（附表2）

序号	测量点	位置图	测点图	色彩编号	彩通标准色库	L*a*b*	sRGB	HTML	色样
01	ADB01			PANTONE 19-3950 TCX	PANTONE F + H cotton	31.5，11.4，-40.9	58, 70, 139	#3A468B	
02	ADB02			PANTONE 19-3951 TCX	PANTONE F + H cotton	27.2，10.7，-41.4	36, 68, 131	#244483	
03	ADB03			7.5PB 3/10	Munsell Book of Color Matte	27.4，17.6，-39.3	59, 62, 129	#3B3E81	

二 颜料无损及采样检测

（一）检测方法

采集样品，采用拉曼光谱（检测数据为分子式）、红外光谱（检测数据为分子式）、荧光光谱（检测数据为元素形式）的方式进行实验室分析，并对检测结果进行交叉对比、综合分析。

其中拉曼光谱的采样检测实验所用仪器为智能型全自动拉曼光谱仪 HORIBA Scientific/ 显微拉曼，型号为 XploRA，无损检测实验所用仪器为便携式拉曼光谱仪 HORIBA Scientific/ 模块化拉曼，型号为 HE，检测数据的结果形式为分子式。红外光谱的采样检测实验所用仪器为 Bruker 独立式红外显微镜，型号为 LUMOS，无损检测实验所用仪器为 Bruker 便携式红外光谱仪，型号为 ALPHA，检测数据的结果形式为分子式。荧光光谱的采样检测实验所用仪器为 OURSTEX 便携式 X 射线荧光光谱仪，型号为 100FA，无损检测实验所用仪器为 Niton 手持式 X 射线荧光光谱仪，型号为 XL3t，检测数据的结果形式为元素形式。

（二）检测说明及示例

以 36 号样品为例，检测包袱式苏画的深紫色颜料成分，取样位置如 [表 3] ，拉曼光谱图中有铁红的特征峰：224、291、408cm-1 处，分析结果为铁红 Fe2O3，如〔图 4〕；红外光谱图上为群青的特征峰，分析结果为 Na6Al6Si6O24S，定性分析如〔图 5〕；荧光光谱分析结果为含有元素 Fe、Ca、Al、Si、S，如〔图 6〕，其中 Fe 为铁红中的元素，Al、Si、S 为群青中的元素。根据以上检测结果推测检测对象为红土与群青混合而成，铁红与人造群青。

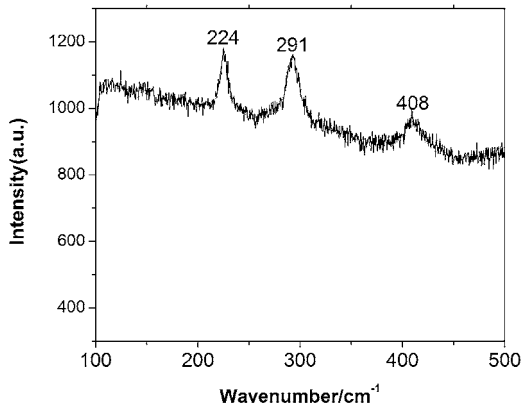


图 4　样品 36 的拉曼光谱分析结果

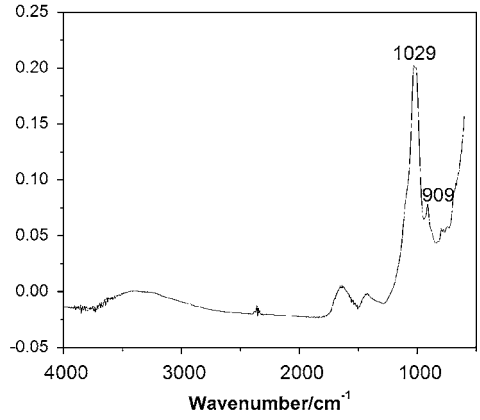


图 5　样品 36 红外光谱定性分析

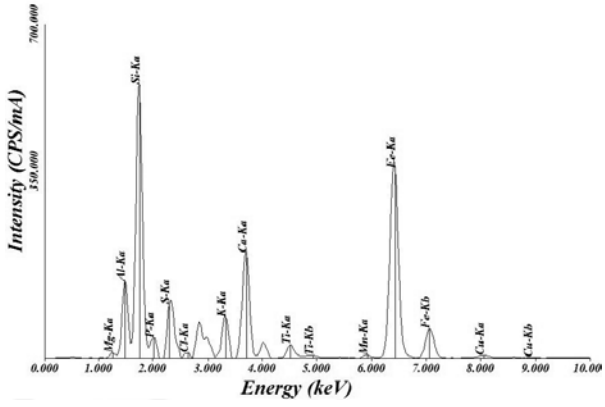
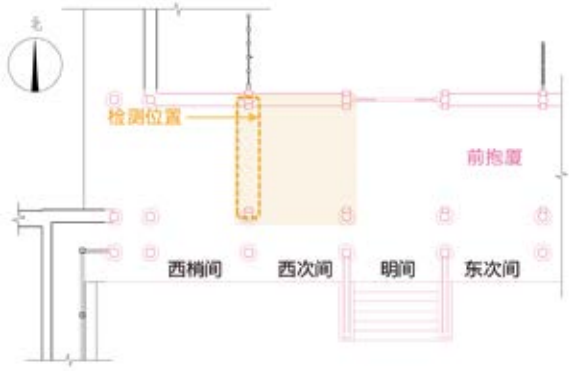


图 6　样品 36 荧光光谱分析

表3　样品36取样位置

平面位置	立面位置
	

三　数据分析与讨论

青色系：拉曼的检测结果为青金石 $Na_3CaAl_3O_{12}S$，青金石与人造群青分子式相同。结合颜材料发展及使用情况，推测不可能大面积使用宝石级的天青石。又因清晚期的彩画颜料普遍由天大青（青金石）被洋青（人造群青）替代，为近代化工颜料[1]。推测检测对象为洋青，即人造群青；二青、三青所用白色颜料推测为定粉，即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。检测结果及分析见表 4。

表4　青色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	大青		●	●	●	人造群青（青金石）	 群青色样 由蒋广全提供
	二青、三青		●		●	人造群青（青金石）、定粉（铅白）	
	修补青		●		●	人造群青（青金石）	
游廊彩画	大青		●		●	人造群青（青金石）	

绿色系：拉曼检测的抱厦彩画及游廊彩画结果为洋绿。锅巴绿及大绿在洋绿进口后被逐渐取代，洋绿多用于清晚期末的彩画，洋绿最早崇尚德国产的“鸡牌绿”，以后主要改为了德国产的“巴黎绿”[2]。推测检测对象为洋绿；二绿、三绿所用白色颜料推测为定粉，即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。检测结果及分析见表 5。

表5　绿色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	大绿		●		●	洋绿	 巴黎绿色样  鸡牌洋绿色样 由蒋广全提供
	二绿、三绿		●		●	洋绿、硫酸铅、碳酸铅	
游廊彩画	大绿		●		●	洋绿	

红色系：推测检测对象为银朱和黄丹，即朱砂（HgS）和章丹（Pb_3O_4）；浅红所用白色颜料推测为定粉，

1　蒋广全：《中国清代官式建筑彩画技术》，第 220 ～ 221 页，中国建筑工业出版社，2005 年。

2　蒋广全：《中国清代官式建筑彩画技术》，第 222 页，中国建筑工业出版社，2005 年。

即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。油饰中，红色醇酸磁漆可能为后期修复所用。检测结果及分析见表 6。

表6 红色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	深红		●		●	银朱	洋银朱色样 章丹(铅丹)色样 由蒋广全提供
	浅红		●		●	银朱、定粉(铅白)	
	油饰红		●		●	红色醇酸磁漆 (红棕醇酸漆)	
游廊彩画	帽子深红		●		●	银朱、黄丹	

紫色系：推测检测对象为人造群青（$Na_3CaAl_3O_{12}S$）和银朱（朱砂 HgS）、红土（铁红 Fe_2O_3）混合而成；浅紫所用白色颜料推测为定粉，即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。检测结果及分析见表 7。

表7 紫色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	深紫		●	●	●	人造群青、朱砂、 铁红、无定形碳	银朱紫色样 由蒋广全提供 RAMAN，深紫中无 定形碳可能为杂质
	浅紫		●		●	人造群青、朱砂、 铁红、硫酸铅	

香色系：推测检测对象为人造群青（$Na_3CaAl_3O_{12}S$）与红土（铁红 Fe_2O_3）、石黄（雄黄 As_2S_2/ 雌黄 As_3S_2）混合而成，其中石黄包括雌黄和雄黄；浅香所用白色颜料推测为定粉，即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。检测结果及分析见表 8。

表8 香色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	深香		●		●	人造群青(青金石)、 红土、石黄	深香色样 由蒋广全提供 浅香铅白成分为推测
	浅香		●		●	人造群青(青金石)、 红土、石黄、 定粉(铅白)	

黑色系：推测检测对象为黑烟子，即无定形碳；浅黑所用白色颜料推测为为定粉，即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。

检测结果及分析见表 9。

表9　黑色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	深黑		●		●	黑烟子（无定形碳）	 黑烟子色样 由蒋广全提供
	浅黑		●		●	黑烟子（无定形碳）、定粉（铅白）	

白色系：推测检测对象为定粉，即铅白 $Pb_3(OH)_4CO_3$。检测结果及分析见表 10。

表10　白色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	白色		●		●	定粉（铅白）	铅白粉色样 由蒋广全提供
	白地				●	定粉（铅白）	

金色系：推测检测对象为金箔（Au），具体为库金箔还是赤金箔还有待检测分析。检测结果及分析见表 11。

表11　金色系颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
抱厦彩画	金色		●		●	金箔	

墙体彩画：推测检测对象中的绿色、朱红可能为树脂类涂料，朱红可能含有红土成分，即铁红。包金土可能含有红土和铅白粉。白色颜料为钛白粉，即钛白（TiO_2）。检测结果及分析见表 12。

表12　墙体彩画颜料检测结果及分析

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
墙体颜料	大绿		●	●	●	绿漆（合成树脂类亚光涂料、土绿）	锌钛白色样 由蒋广全提供

（附表12）

	分类	色样	分析方法			分析结果	备注
			RAMAN	FT-IR	XRF		
	朱红		●		●	红漆	
	包金土			●	●	推测含有土红（铁红Fe_2O_3）	
	白线		●		●	钛白粉（TiO_2）	

结论

抱厦彩画中的青色系推测检测对象为洋青，即人造群青，二青、三青所用白色颜料推测为铅白粉。绿色系推测检测对象为洋绿，二绿、三绿所用白色颜料推测为铅白粉。红色系推测检测对象为银朱和黄丹，即朱砂和章丹；浅红所用白色颜料推测为铅白粉。紫色系推测检测对象为人造群青与银朱、红土混合而成；浅紫所用白色颜料推测为铅白粉。香色系推测检测对象为人造群青与红土、石黄混合而成；浅香所用白色颜料推测为铅白粉。黑色系推测检测对象为黑烟子;浅黑所用白色颜料推测为铅白粉。金色系推测检测对象为金箔。

墙体彩画的检测对象中的绿、朱红可能为树脂类涂料，朱红可能含有红土成分，即铁红。包金土可能含有红土。白色颜料为钛白粉。

对颜材料的采样和无损检测方面，通过拉曼光谱、红外光谱及荧光光谱进行综合分析，优势是在于实验数据由各不同的优势的团队合作，进行多方求证，以确保检测结果的客观性，同时检测样品无须增加导电层，可进行重复实验。然而也有不足的方面，在检测过程和实验结果分析中发现拉曼、红外便携式仪器较为精密，无损检测效果不佳，因射线穿透能力较强，故在层叠关系复杂时易于混淆，应将样品分层后逐一检测。同时由于只有国外的数据库，缺乏可以确认我国建筑彩画颜材料样品属性的数据库，所以一些检测数据无法进行精确的数据对比得到进一步的结果。

特别感谢故宫博物院古建部的支持，古建部张琼老师在采样时给予的帮助，北京市历史建筑保护工程技术研究中心朱兆阳、马骏、翁联斌、董艺在检测过程中的帮助。拉曼光谱分析（采样检测：中国科学院上海光学精密机械研究所科技考古中心赵红霞博士、刘松博士；无损检测：Horiba 公司王峰工程师），红外光谱分析（采样、无损检测：Bruker 公司姜旭鞠工程师），荧光光谱分析（采样检测：中国科学院上海光学精密机械研究所科技考古中心赵红霞博士、刘松博士；无损检测：Niton 公司赵志工程师）给予的技术支持，以及北京市古代建筑设计研究所有限公司蒋广全先生所提供的参考色样。

[作者单位：北京工业大学、故宫博物院古建筑部]