

DOI: 10.7672/sgjs2024170107

故宫古建筑油饰技艺中的传统材料研究*

周乾

(故宫博物院故宫学研究所,北京 100009)

[摘要] 为更好地保护故宫古建筑,基于现场调查与分析论证相结合的方法,以油饰技艺中的传统材料为研究对象,即油饰技艺中地仗层之桐油、猪血、麻、砖灰、面粉,油皮层之光油,贴金层之黄金进行分析,讨论其运用方式和主要科学机理。结果表明:桐油、猪血、麻、面粉均有较好的胶结或拉接性能,有利于提升地仗层的防菌、防潮、防裂等性能;砖灰是地仗层的填充料,有利于与灰油等黏结材料进行调和;光油为油皮层黏结材料,且为贴金层用金胶油的主要材料;黄金以金箔的形式,用于贴金面层,使古建筑呈现金碧辉煌的视觉效果。上述传统材料在油饰技艺中的科学运用,体现了我国古代工匠卓越的建筑智慧。

[关键词] 故宫;古建筑;油饰技艺;传统材料;施工技术

[中图分类号] TU7;K876

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2024)17-0107-08

Study of Traditional Materials of Oil Ornament Works for Ancient Buildings in the Forbidden City

ZHOU Qian

(Institute of Gugong Studies, Palace Museum, Beijing 100009, China)

Abstract: To effectively protect ancient buildings in the Forbidden City, based on spot investigation as well as analytic demonstration, scientific utilization of traditional materials for oil ornament works are studied, that is tung oil, pig blood, hemp, brick dust, flour and so on, brighter oil for oil surface layer, as well as gold for gild layer are also discussed. Results show that tung oil, pig blood, hemp, flour have good cementing or connecting performances. Brick dust is used as filling material, which is easy to be blended with bonding material such as ash oil. Brighter oil has good gluing performance for oil surface layer as well as gild layer. Gold is usually treated as foil shape for gild layer, which makes the ancient building in the Forbidden City brilliant. Scientific utilization of traditional materials of oil ornament works reflects the architectural wisdom of Chinese ancient craftsmen.

Keywords: the Forbidden City; ancient buildings; oil ornament works; traditional materials; construction technology

0 引言

位于北京市中心的故宫(今故宫博物院),为明清皇家宫殿建筑群,其主要建筑特征之一即华美绚丽的色彩,主要源于木构件表面的彩画或油饰技艺^[1]。其中,“彩画”为装饰性绘画,可见于檩、垫板、枋、斗拱、顶棚等部位。“油饰”则为涂刷的颜料光油,可见于立柱、门窗、连檐、瓦口、椽身等部位。故宫古建筑木构件的油饰工程包括基层地仗、面层油皮、面层贴金3部分。其中,“地仗”指包裹在木

构件基层表面的混合物,由猪血、砖灰、石灰、面粉、桐油、麻等混合调制而成,主要用于木构件免受潮气、虫害等破坏^[2-6]。“油皮”指在地仗层表面涂刷不同颜色的颜料光油,一方面保护木构件,另一方面装饰、美化建筑,并能反映出古代宫廷建筑的等级^[7]。“贴金”是在木构件装饰线、菱花扣、面叶、门钉等特殊部位贴上金箔的技艺,以体现建筑外观金碧辉煌的视觉效果^[8]。关于故宫古建筑油饰技艺的相关研究,近年来相关成果较丰富^[9-12],然而对油饰技艺中传统材料的系统化研究,相关成果偏少。本研究以桐油、猪血、麻、光油、黄金等传统材料为对象,结合现场调查与分析论证方法,探讨其在故

* 故宫博物院英才计划;万科公益基金会专项经费
[作者简介] 周乾,研究馆员,E-mail: qianzhou627@126.com
[收稿日期] 2024-07-15

宫古建筑油饰技艺中运用的方式和包含的科学机理,为故宫古建筑保护和传承提供参考。

1 桐油

桐油为故宫油饰技艺中的地仗材料,属于植物蛋白胶,主要起黏结作用。

桐油源于油桐树的种子。油桐树主要生长在我国南方,《农政全书》^[13]载其特点为:其木无节直生,理细而性紧,四月开花,五六月结子。桐油分为生桐油和熟桐油。生桐油由油桐树种子所榨,外观呈浅棕黄色,清澈透明。生桐油含85%左右的不饱和脂肪酸,主要成分为桐酸甘油酯,具有干燥快、不怕热、耐腐蚀等优点^[14]。生桐油经熬制后成为熟桐油,熟桐油具有防水(潮)、抗老化、耐腐蚀、胶结性能好等优点^[15-16]。

桐油在地仗层施工中有科学运用。故宫古建筑金碧辉煌的外观,主要为油饰、彩画层展示的美学效果,相当于古建筑的“外衣”,而地仗层相当于古建筑外衣的“内胆”。

地仗层的施工过程包含桐油的多次运用,以“一麻五灰”工艺为例,其工艺流程如下^[17]:木基层处理→汁浆→捉缝灰(第1种灰浆)→通灰(第2种灰浆)→使麻→压麻灰(第3种灰浆)→中灰(第4种灰浆)→细灰(第5种灰浆)→磨细钻生。5种灰浆均为油满、血料、砖灰按一定体积比配制而成。5种灰浆的施工工序依次为捉缝灰、通灰、压麻灰、中灰、细灰(见图1)。其中,通灰之后、压麻灰之前的工序为使麻,即将麻丝缠绕在木构件表面,以增强抹灰层强度。上述不同灰浆材料质量比如下:①捉缝灰,油满:血料:砖灰=1:1:1.5;②通灰配合比同捉缝灰;③压麻灰,油满:血料:砖灰=1:1.5:2.3;④中灰,油满:血料:砖灰=1:1.8:3.2;⑤细灰,油满:血料:砖灰:光油:清水=1:10:39:2:适量^[17]。

每种灰浆均含油满,油满由灰油、白面、石灰水按150:26.7:100(质量比)调配而成^[18],为调制地仗灰的胶结材料。“满”即各种材料配齐的意思。灰油由生桐油、土籽面、樟丹粉按一定比例混合熬制而成^[19]。“钻生”是使用丝头或刷子蘸生桐油,在细灰层表面搓刷,使桐油深入灰层内。包含桐油的地仗层坚固密实、防潮防腐,对木构件具有很好的保护作用。

桐油是典型的干性油,其桐酸分子含3个共轭双键,使桐油在空气中氧化聚合,形成柔韧的固态膜,可阻断水分传输、霉菌入侵^[20]。桐油具有毒性,渗入木材内部后,能阻止菌虫生长繁殖^[21]。另桐油

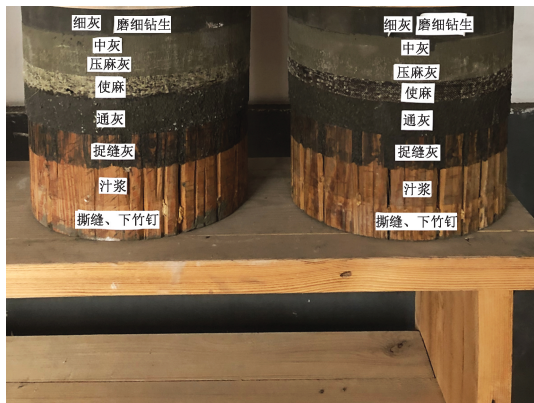


图1 “一麻五灰”地仗分层示意

Fig. 1 Plaster layering of “one hemp and five ashes”

易于在泥灰类黏结材料表面发生包裹作用,并填充与颗粒间的空隙,完全阻隔黏结材料颗粒与空隙水间的相互作用,使水分更易散失,因而起防潮防渗作用^[22]。

2 猪血

猪血为故宫油饰技艺中的地仗材料,属于动物蛋白胶,以血料的形式,发挥很好的黏结作用。

血料由新鲜猪血与石灰在常温下配制而成,配制过程如下^[23]:①将猪血过筛。使用丝瓜瓢或稻草用力揉搓新鲜猪血,将血块搓成稀血浆,然后过铁纱网,去掉其中的血丝和杂质。②泼石灰水。将块状生石灰置于桶中,泼入约4倍质量的清水,均匀调制成稀浆,再过40目铁纱网,制成净石灰水。③制成血料。将净石灰水倒入过筛后的血浆内,边加入边搅拌,使石灰与猪血中的蛋白质充分作用,然后放置阴凉处2~3h,即制成黏稠状的紫色血料。血料为碱性材料,具有良好的干燥性能和黏结性能。

关于血料的运用,仍以“一麻五灰”做法为例进行说明。“一麻五灰”即捉缝灰、通灰、使麻、压麻灰、中灰、细灰,均为油满,血料中的砖灰按不同质量比配制而成。此外,“汁浆”工序即在木基层表面刷油浆,油浆材料中油满、血料、清水体积比为1:1:10^[15]。“使麻”工序即在通灰层表面刷粘麻浆,然后将麻类植物的纤维粘在上面,以防地仗开裂。其中,粘麻浆材料油满、血料体积比为1:1^[15],则故宫古建筑地仗层施工时,所用灰浆几乎均含血料(见图2),且油满为主要胶结材料,血料为辅助胶结材料。

另外,从木基层向外的各层灰浆,所用血料与油满比值逐渐增大。因为工匠在长期实践中发现,血料的黏结性能不及油满,因而有利于逐渐减小灰浆的黏结力,使靠近木基层的灰浆黏结力最大、最



图 2 含有血料的灰浆

Fig. 2 Mortar containing blood

外层灰浆黏结力最小。这种配合比变化的灰浆,有利于地仗层紧紧包裹在木基层表面,产生良好的保护效果,且避免地仗层与木基层剥落。

血料在地仗灰中的运用,包含丰富的科学机理^[24]。血料制备过程中,蛋白质在碱性环境下分解,与灰浆中的钙离子产生交联,紧紧连接灰浆中的氢氧化钙、碳酸钙颗粒,有利于提高地仗黏结性能。将血料加入灰浆中,产生的小气泡充斥在灰浆中,可使灰浆颗粒均匀分散,增强地仗和易性。血红蛋白中的羟基、氨基、羧基等活性官能团,可与灰浆材料形成防水的胶合键,因而增强地仗防水性能。猪血中的血红蛋白既有亲水基又有亲油基,其亲油基可与灰浆中的桐油较好融合,亲水基可与灰浆中的水分结合,以上均可在灰浆中形成网格结构,有利于地仗防裂。血红蛋白中的阴离子基团及亲水性基团,可使灰浆颗粒间产生静电排斥力,有利于释放灰浆中的游离水,保证地仗干燥。因而地仗施工时,将血料掺入灰浆中,可不同程度提高灰浆黏结性、和易性、防水性、防裂性、干燥性等性能,并提高施工操作的便利性。

猪血在故宫古建筑地仗中的使用,与牛血、羊血有明显区别。根据故宫老工匠介绍,清早期及以前的地仗做法中,其各层灰浆并未使用血料,仅需调整油满材料比例,地仗表面呈黄色,又称为“净满地仗”。由于清政府逐渐没落,在地仗灰中大量使用面粉的做法已不现实,于是宫中参考民间地仗做法,在其中掺入猪血,保留部分油满,地仗表面呈墨绿色。相比2种地仗施工做法,净满地仗极其坚硬,而含猪血的地仗具有多种良好性能。且牛羊血料为脆性,黏结性能、和易性能较差;猪血中的油脂较多,各种性能较好。

3 麻

麻为故宫油饰技艺中的地仗材料,属于植物蛋白胶,主要起黏结作用。

麻是从麻类植物中取得的纤维,包括苧麻、线麻(大麻)等,具有较好的韧性、吸湿性与天然抗菌性能^[25]。其中,苧麻纤维较长,弹性相对较小,但仍有较好的拉接强度^[26];线麻纤维的空腔与纤维表面分布着许多裂纹和小孔洞,因而吸湿、透气性能相对更佳^[27]。上述麻纤维材料以麻丝形式,科学应用于故宫古建筑地仗抹灰施工中。

在故宫古建筑门窗、立柱、屋檐等木构件表面的地仗层施工技艺中,麻被用于防止地仗层开裂^[28]。地仗基层为木构件,而木材因为温度、湿度变化,会产生膨胀或收缩,从而诱发裹在其表面的地仗层开裂。用麻丝包裹木构件表面后,可产生约束力,减少或避免开裂问题。麻在地仗层中,犹如箍筋在混凝土中,非常重要。

麻丝由线麻经梳理加工而成。施工人员在使麻前,将线麻梳理齐整、去掉杂质、分段裁剪,再用2根竹竿将麻挑起、掸松,使之成为整齐的卷状,如同棉花,即为麻丝,用于减少麻料杂质,保证麻与灰浆的黏结。

使麻包括刷开头浆→粘麻→砸干轧→溜生→水翻轧→修整活等过程^[18]。使麻后的地仗层牢固可靠、不易开裂。

刷开头浆即在立柱表面刷粘麻浆(由猪血、桐油、白面等材料混合而成),以保证麻的黏结密实。粘麻即将掸好的麻丝均匀粘在浆上(见图3),然后用轧子不断压蓬松的麻,使浆液渗出麻丝表面,以利于麻丝与粘麻浆挤压牢固。砸干轧即对未浸透的麻丝,重新蘸粘麻浆,再进行压实,以利于麻丝与灰浆充分接触。溜生即对未浸透麻丝的部位补刷粘麻浆,以避免该部位干燥后出现空鼓问题。水翻轧即用工具将已轧实的麻丝翻虚,然后再次进行轧实,继续查找未浸透部位并补刷,使麻为片状,增大了麻丝与灰浆的接触面积。修整活即在麻丝干固后,使用砂石打磨表面,磨出麻绒,因为桐油等油脂渗透到麻层内,不利于麻层与灰浆接触,磨麻出绒后,可去除油脂,增强麻丝与灰浆的附着力。

部分木构件使麻后,还可增加1道糊布工序,即用夏布粘浆裹在地仗层表面^[29]。夏布即用苧麻制成的布,其布丝粗,有一定孔隙,具有较强的拉力,有利于进一步提升地仗层的防裂能力。

上述麻在故宫古建筑中的科学运用,包含丰富的机理。研究表明^[30],麻纤维掺入泥灰、地仗等颗粒类混合物中,提供了水分蒸发通道,减少颗粒层不均匀干缩导致的变形量;麻纤维在颗粒层中较均匀地分布,纤维间相互缠绕,增大与颗粒层间的接



图3 木构件地仗层使麻

Fig. 3 Hemp in the plaster layer of wooden parts

触面积及摩擦力,并产生约束作用,减小因外部因素变化导致的颗粒层变形、开裂等问题;麻纤维还可承担部分拉应力,延缓颗粒层受外部作用时发生破坏。

4 光油

光油又名熟桐油,是故宫古建筑油饰材料的重要组成部分,是在生桐油中掺入不同材料混合熬制而成的。掺入的生桐油、苏子油、土籽灰、黄丹粉、定粉质量比为 100 : 25 : 4 : 2.5 : 0.5^[18]。其中,苏子油为通过压榨白苏子而成的油,是非共轭酸油脂中干性最强的油脂,在空气中易氧化干燥,形成富有弹性的柔韧固态膜^[31]。土籽是含二氧化锰(MnO_2)的矿石,是由氧化和聚合作用同时进行生成的催化剂^[32]。定粉学名碱式碳酸铅 $[2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2]$,为白色颜料,具有良好的耐候性和遮盖力,具有增亮作用^[33]。黄丹又名章丹,学名四氧化三铅(Pb_3O_4),为红色颜料,具有较好的耐碱、耐高温、耐腐蚀等性能,其催干能力比土籽缓慢,但可使油中杂质沉底,油质更加干净^[15]。

光油在运用前需要熬制,而光油熬制是我国流传已久的传统技艺。故宫古建筑光油熬制包括熬油坯、熬光油 2 个阶段^[17]。熬油坯时,将苏子油倒入锅中加火熬制,待开锅后,用油勺盛土籽,浸入锅内,不断取出-颠翻-取出,直至土籽不炸响,再将土籽放入锅内,用微火慢熬,直至出锅。熬光油时,将生桐油倒入锅内,油开锅后,放入油坯,随熬随扬烟。再次开锅后,加入定粉,改用微火熬制,然后出锅,并加入黄丹。宋代李诫的《营造法式》卷 14“彩画作制度”中,亦有类似记载:“炼桐油之制,用文武火煎桐油令清。先煤胶令焦,取出不用。次下松脂搅候化,又次下研细定粉,粉色黄滴油于水内成珠。以手试之,黏指处有丝缕,然后下黄丹,渐次去火搅令冷”。

光油主要起胶结(黏结)作用,灵活运用于故宫

古建筑油饰技艺的多个场合中,光油是木构件地仗层之细灰层的胶结材料。地仗层之上,是木构件最外层的油饰。地仗层最外层的灰浆称为细灰,由光油、血料(猪血与石灰的混合物)、砖灰按约 1 : 7 : 6.5 的质量比混合^[18],再掺入少量清水调配而成,包含光油的细灰层,灰浆颗粒细腻,黏结性能较好,且强度不高,既牢固黏结在地仗最外层,又有利于自身打磨或找补,以便后续油饰层施工。

光油是调配不同颜色油饰的胶结材料。一般而言,椽头、屏门、格栅芯等构件多用洋绿油,连檐、瓦口、斗拱垫板等构件多用银朱油,立柱、门窗多用广红土油或二朱油,建筑室内多用白铅粉油。而上述不同种类的颜料光油,均由光油与不同颜料配制而成(见图 4)^[34],如洋绿油为光油与洋绿调配而成,后者为石性绿色颜料,具有较好的着色力,晚清时从德国进口。银朱油为光油与银朱调配而成,银朱学名硫化汞(HgS),为鲜红色颜料,有较好的耐酸碱碱性。广红土油为光油与广红土调配而成,广红土学名三氧化二铁(Fe_2O_3),外观呈暗红色颗粒状,色彩柔和,经久不褪色。二朱油为银朱油与广红土油按约 2 : 8 体积比混合而成,外观为朱红色。油饰工程中,纯用银珠,色彩过于亮丽;纯用广红土油,色彩过于沉闷;二朱油的配合比方式,使油饰色调既靓丽又稳重。白铅粉油为光油与定粉调配而成,定粉具有较好的耐光、耐潮性能。

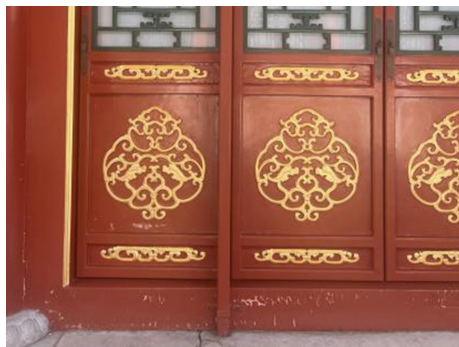


图4 隔扇上的红色、绿色油饰与棱线上的贴金

Fig. 4 Red and green oil on the partitions and gold on the edges

当古建筑木构件采用油饰面层时,一般涂刷 3 道光油。具体做法如下^[35]:地仗做好后,刮 1 道细腻子,磨细找平,湿布擦净,然后用油刷刷颜料光油 1 道;干后用青粉擦之,用细砂纸细磨,湿布擦净,再刷颜料光油 1 道;干后磨细擦净,最后刷 1 道不加颜料的光油。之所以刷 3 道油,是因为从油膜的厚度、饱满度、着色力及对木构件的保护角度而言,3 道颜料光油已满足要求^[36]。罩面油即不掺和任何颜料

的光油,位于油饰最外层,可使油面平整光滑、细腻明亮,既保护木构件,又产生极佳的色彩展示效果(见图5)。



图5 刷完罩面油的古建大门

Fig. 5 Ancient building gate after painting the finishing oil

不仅如此,光油是调配石膏油腻子的胶结材料。石膏油腻子是由光油、调和漆、石膏粉、清水按约6:1:10:6的质量比配制而成的混合物^[15]。包含光油的石膏油腻子,其耐候性、可塑性较好,干燥慢,易于找平及打磨。在木构件油饰技艺中,头道颜料光油施工完成并干燥后,木构件表面的砂眼、划痕等细微缺陷,可用石膏油腻子找补、修复并打磨。

此外,光油是调配金胶油的主要材料。金胶油在清工部《工程做法》中,被称为贴金油^[29],为光油中掺入少量的半干性油(如豆油)形成的黏合剂,主要用于贴金。贴金即在古建筑某特定部位饰以金箔(很薄的金片),以产生华丽、高贵的视觉效果。在古建筑油饰技艺中,门窗棱线、大门门钉、飞椽椽头等部位均采用贴金做法。将金胶油用于贴金,可保证金箔亮度和适宜的贴金时间^[37]。金胶油黏稠度大、油膜饱满、结膜厚、不会流坠,贴金后能保证金箔亮度。此外,金胶油干燥时间适当,一定时间内能保持良好的黏稠度,使金箔能够牢固贴在构件表面,加入的半干性油能够延长干燥时间。

5 黄金

黄金作为贴金材料,应用于故宫古建筑油饰技艺中。故宫古建筑辉煌的外观除包含黄色的琉璃瓦外,木构件表面金色装饰亦为极其重要的体现。琉璃瓦为在普通瓦表面涂1层黄色釉料而成,木构件外表的金色外衣贴真材实料的黄金。如图6所示,太和殿外立面的木构件表面所有金色装饰全部为黄金打造,纯度可达98%^[38]。黄金不仅有良好的延展性、可塑性,且稳定性非常强,氧化速度非常慢,可长期保持光泽,历经成百上千年仍光亮如新。

贴金即将成色很高的黄金打造成极薄的金箔



图6 金碧辉煌的太和殿外立面

Fig. 6 Golden facade of the Taihe Temple

片(通常厚约 $0.12\mu\text{m}$)。此时的金箔具有很强的附着性,利用特定材料可将其贴在建筑构件表面,并保持长久不脱落。我国古建筑贴金技术的起源,与古人对自身身体及心灵的诉求满足相关^[39]。较早的贴金运用可见于敦煌石窟第254窟,属于南北朝时期的作品^[40]。晚唐时期,出现堆泥或堆粉贴金的方法^[41],对后世大型宫殿、寺庙建造起重要作用。至明清时期,贴金在建筑装饰上应用更成熟,经过贴金装饰的建筑物更加华丽、庄重和威严。

贴金具体施工技艺如下:打金胶(往贴金部位抹金胶油)→贴金(用金夹子从护金纸中取出金箔,贴到纹饰图案上)→帚金(手持棉花,压实贴金部位)^[37]。故宫古建筑的贴金技术多用于油饰部位(如立柱、门窗),可使金箔牢固吸附于建筑外表,且长久保持光泽。金胶油即贴金用黏结剂^[18],如希望贴金后产生金色饱满、光亮照人的视觉效果,则需金胶油保持光亮,且感觉金胶油快贴不上(实际能贴上)时,再贴金箔。由上可知,紫禁城古建筑的黄金外衣是古代贴金技术的科学应用。

金箔作为贴金材料,其加工要求极其苛刻。明代宋应星的《天工开物》^[42]载:“凡造金箔,既成薄片后,包入乌金纸,竭力挥捶打成”。故金箔在古代又称“金薄”,黄金本身柔软,强度不足,单纯用纯度极高的黄金难以打出极薄的金箔,必须按照一定比例加入其他元素,使其合金化,以增加金的强度。由于银与金能完全互溶,且其延展性仅次于金,因此银为最主要的添加元素,其次为铜^[43]。故宫古建筑所用金箔多为库金,含金量98%,其余2%是银、铜等材料^[15]。另乌金纸是以朝北而生的竹子为原料,在水中浸泡10多年后打浆烟熏制成,韧性很强,乌黑发亮,主要用于制作金、银、铝箔时的垫铺。故宫古建筑贴金所用金箔厚 $0.12\mu\text{m}$,943张金箔仅1mm厚,可谓薄如蝉翼^[44],几乎透明,能透过蓝绿色的光,将其贴在建筑物上,不仅美丽华贵,且有特殊的保暖、透光功能,如图7所示。金箔打造包括将

金熔化成金锭,对金锭进行反复打箔,将金箔包入乌金纸内等工序。金箔没有成品率,没成型的金箔全部回炉重打。金箔生产工艺独特,技术要求高,从古至今一直为手工制作,需要2个人面对面打上万次^[45]。经专家计算,1两黄金最多贴24.37m²^[18]。



图7 油饰技艺中金箔的使用

Fig. 7 Use of gold leaf in the art of oil finishing

贴金后的紫禁城古建筑外表金光闪闪,因为金箔在光的作用下有强烈的反光性能,贴到错落有致、起伏有序的纹样上,将大大增加金箔反光面。古建筑纹饰会衬托贴金的光泽,金箔下又饱含纹样,充分辉映图案纹理,使纹饰与贴金相得益彰、互为作用。殿檐掩映下的构件光线暗淡,但由于金箔的反光,展示了金色花纹的存在。同时,在金光作用下,各种颜色的亮度得到不同程度的增加。

6 其他

1) 砖灰

砖灰是将黏土砖、瓦粉碎过筛后得到的不同粒径的粉末。砖灰属于成型骨料,主要用于制作地仗灰。清代北方官式建筑地仗几乎全部以砖灰为填料^[46]。在“一麻五灰”地仗施工技艺中,捉缝灰、通灰、压麻灰、中灰、细灰中均含砖灰,原因如下^[18]:
①砖灰具有很好的亲油性,其表面由多颗粒聚集而成,且有许多不均匀孔隙,有利于与灰油等黏结材料调和,并有利于灰油渗入其中,从而使地仗成为牢固的整体;②砖灰造价低廉、易于获取。另有研究表明,砖灰可促进地仗中的桐油固化^[47],砖灰弥散性分布于桐油基体中,使应力分布均匀,增强桐油的抗压、抗弯性能。砖灰具有良好的空气吸附作用,有利于桐油薄膜内部聚合固化,以及地仗层与油饰颜料层的黏结。

地仗用砖灰粒径分为粗、中、细。在地仗施工过程中,越远离木基层的砖灰粒径越细。因为较粗的砖灰,有利于基层表面找平,其粒径大,灰浆不易开裂;越往外层,砖灰粒径越来越细,有利于构件外

表面的光溜,刷漆后呈现视觉效果较好。而中灰层属于压麻灰与细灰的过渡层,可解决压麻灰与细灰间砖灰粒径悬殊问题。不同粒径砖灰的类似应用,可见明代黄成的《髹饰录》^[48]:“(垸漆),第一次粗灰漆,要薄而密;第二次中灰漆,要厚而均;第三次作起棱角,补平窳缺,共享中灰为善,故在第三次;第四次细灰漆,要厚薄之间;第五次起线缘。”

2) 面粉

面粉即普通食用面粉,又称白面,主要用于配制油满。油满由灰油、面粉、石灰调配而成。油满调制称为打满,即先将面粉与石灰水调和,用力搅拌;面粉在石灰水烧结作用下,很快成为糊状;再按比例倒入灰油,搅拌均匀即成。油满对地仗的黏结力、耐久性、防水性、防潮性及坚固程度起重要作用^[18]。

面粉在地仗施工中的运用非常丰富。如捉缝灰、通灰、压麻灰、中灰、细灰材料均包含油满,亦包含面粉。而油满中面粉与其他材料的相互作用机制,有研究表明^[49],石灰水可降低面粉中无定形区淀粉链间的氢键作用,有助于提高面粉在水中的溶解性,进而提高面粉黏结性;石灰水可乳化桐油,提高面粉在桐油中的分散性;桐油中的过氧化物可氧化面粉颗粒,且在石灰水提供的碱性条件下,增大亲水性面粉与疏水性桐油的复合性。

7 结语

1) 桐油、猪血、麻、面粉均有较好的胶结或拉接性能,有利于提升地仗层的防菌、防潮、防裂等性能。

2) 砖灰是地仗层的填充料,有利于与灰油等黏结材料调和。

3) 光油为油皮层黏结材料,且为贴金层用金胶油的主要材料。

4) 黄金以金箔形式,用于贴金面层,使古建筑呈现金碧辉煌的视觉效果。

参考文献:

- [1] 周乾. 紫禁城太和殿的建筑艺术[J]. 工业建筑, 2019, 49(12): 201-210.
ZHOU Q. Architectural art of the Hall of Supreme Harmony in the Forbidden City[J]. Industrial construction, 2019, 49(12): 201-210.
- [2] 周乾. 紫禁城古建筑的华服[N]. 科技日报, 2019-05-31(8).
ZHOU Q. Dress of ancient architecture in the Forbidden City [N]. Science and technology daily, 2019-05-31(8).
- [3] 周乾. 猪血在故宫古建筑中的科学运用[N]. 科技日报, 2023-09-01(8).
ZHOU Q. Scientific application of pig blood in ancient buildings of the Forbidden City [N]. Science and technology daily, 2023-09-01(8).

- [4] 周乾. 故宫古建也“穿”麻[N]. 科技日报,2024-07-12(8).
ZHOU Q. Ancient buildings in the Forbidden City also "wear" hemp[N]. Science and technology daily, 2024-07-12(8).
- [5] 周乾. 颐和园里品长廊彩画[N]. 北京日报,2023-04-13(11).
ZHOU Q. Painting in the Summer Palace[N]. Beijing daily, 2023-04-13(11).
- [6] 周乾. 中药在故宫古建筑中的应用研究[J]. 白城师范学院学报,2023,37(4):7-13,19.
ZHOU Q. Application of traditional Chinese medicine in ancient buildings in the Forbidden City[J]. Journal of Baicheng Normal University, 2023,37(4):7-13,19.
- [7] 周乾. 光油技艺为故宫古建筑增彩[N]. 科技日报,2024-06-21(8).
ZHOU Q. Polishing techniques add color to ancient buildings in the Forbidden City[N]. Science and technology daily, 2024-06-21(8).
- [8] 周乾. 紫禁城的黄金外衣是怎么“穿”上的[N]. 科技日报,2019-12-06(8).
ZHOU Q. How are the golden outerwear of the Forbidden City "worn"[N]. Science and technology daily, 2019-12-06(8).
- [9] 黄燕虹,张秀芬. 对故宫古建筑油饰彩画保护的思考[C]//中国紫禁城学会论文集(第七辑),2010.
HUANG Y H, ZHANG X F. Reflections on protection of oil painting of ancient buildings in the Forbidden City [C]// Proceedings of the Forbidden City Society of China (Volume 7), 2010.
- [10] 段牛斗. 清代官式建筑油漆彩画技艺传承研究[J]. 文化遗产,2011(4):74-84.
DUAN N D. Study on inheritance of painting techniques in Qing Dynasty official architecture[J]. Cultural heritage,2011(4):74-84.
- [11] 王丹青,刘畅. 故宫藏清神位龙亭油饰彩画营造史初探[J]. 建筑史,2017(2):48-76.
WANG D Q, LIU C. A preliminary study on history of the creation for Longting oil decoration painting in the Imperial Palace[J]. History of architecture, 2017(2):48-76.
- [12] 李路希,黄亚珍,魏书亚. 故宫博物院文渊阁建筑油饰的分析研究[J]. 博物院,2023(4):128-136.
LI L X, HUANG Y Z, WEI S Y. Analysis of Wenyuan Pavilion in the Palace Museum[J]. Museum, 2023(4):128-136.
- [13] (明)徐光启. 农政全书[M]. 长沙:岳麓书社,2002.
(Ming)XU G Q. Encyclopedia of agricultural affairs [M]. Changsha:Yuelu Press, 2002.
- [14] 刘德远. 油桐初考[J]. 四川林业科技,1987(4):76-80.
LIU D Y. A preliminary investigation on aleurites paulownia[J]. Journal of Sichuan forestry science and technology, 1987(4):76-80.
- [15] 王时伟,吴生茂,杨红,等. 清代官式建筑营造技艺[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2013.
WANG S W, WU S M, YANG H, et al. Qing Dynasty official architecture construction skills [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press,2013.
- [16] 周乾. 古建筑里的“添加剂”[J]. 知识就是力量,2020(11):20-23.
ZHOU Q. "Additives" in ancient buildings [J]. Knowledge is power, 2020(11):20-23.
- [17] 路化林. 中国古建筑油作技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
LU H L. Oil technology of Chinese ancient building [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2010.
- [18] 边精一. 中国古建筑油漆彩画[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
BIAN J Y. Paint color painting of Chinese ancient architecture [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007.
- [19] 周文晖,王丽琴. 中国古代建筑油漆彩画地仗传统制作工艺及材料剖析[J]. 西部考古,2009(0):318-326.
ZHOU W H, WANG L Q. Analysis of traditional manufacturing techniques and materials of Chinese ancient architectural paint and color painting ground[J]. Western archaeology, 2009(0):318-326.
- [20] 陈彦,戴仕炳. 桐油、石灰对木构历史建筑保护和加固作用的验证[J]. 建筑遗产,2020(3):118-125.
CHEN Y, DAI S B. Verification of the effect for tung oil and lime on the protection and reinforcement of wooden historic buildings[J]. Heritage architecture,2020(3):118-125.
- [21] 邓其生. 我国古代建筑的木材防腐技术[J]. 建筑技术,1979(10):62-65.
DENG Q S. Technology of wood preservative in ancient Chinese buildings[J]. Architecture technology, 1979(10):62-65.
- [22] 赵鹏,李广燕,张云升. 桐油-石灰传统灰浆的性能与作用机理[J]. 硅酸盐学报,2013,41(8):1105-1110.
ZHAO P, LI G Y, ZHANG Y S. Properties and mechanism of tung oil-lime traditional mortar [J]. Journal of the Chinese ceramic society,2013,41(8):1105-1110.
- [23] 张云升. 中国古代灰浆科学化研究[M]. 南京:东南大学出版社,2015.
ZHANG Y S. Scientific study of mortar in ancient China [M]. Nanjing:Southeast University Press, 2015.
- [24] 张坤,张秉坚,方世强. 中国传统血料灰浆的应用历史和科学性[J]. 文物保护与考古科学,2013,25(2):94-102.
ZHANG K, ZHANG B J, FANG S Q. Application history and science of traditional Chinese blood mortar [J]. Sciences of conservation and archaeology, 2013,25(2):94-102.
- [25] 邱莉. 麻类家用纺织品的开发[J]. 现代纺织技术,2005(1):40-43.
QIU L. Development of hemp household textiles [J]. Advanced textile technology, 2005(1):40-43.
- [26] 周帅,华建兵. 苧麻纤维加筋土的强度特性分析[J]. 兰州工业学院学报,2023,30(4):43-48.
ZHOU S, HUA J B. Analysis of strength characteristics of ramie fiber reinforced soil [J]. Journal of Lanzhou Institute of Technology, 2023,30(4):43-48.
- [27] 春婷. 世界上最会“抗菌”的纺织明星——大麻纤维[J]. 中国纤检,2019(3):120.
CHUN T. The world's most "antibacterial" textile star-hemp fiber[J]. China fiber inspection, 2019(3):120.

- [28] 周乾. 解码故宫古建筑“一麻五灰”地仗技艺[J]. 知识就是力量, 2023(10):46-47.
ZHOU Q. Decode the ancient buildings of the Forbidden City "one hemp five grey" ground battle skills [J]. Knowledge is power, 2023(10):46-47.
- [29] 王璞子. 工程做法注释[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.
WANG P Z. Annotation of *Engineering Practice* [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1995.
- [30] 游菁, 严绍军, 崔德山, 等. 不同种类纤维加筋对地仗层改性试验研究[J]. 低温建筑技术, 2022, 44(5):1-4.
YOU J, YAN S J, CUI D S, et al. Experimental study on modification of ground support layer with reinforcement for different kinds of fiber [J]. Low temperature architecture technology, 2022, 44(5):1-4.
- [31] 陆莲英, 许仁溥. 苏子油的开发利用前景[J]. 中国油脂, 1992(S1):434-438.
LU L Y, XU R P. Development and utilization prospect of Perilla oil [J]. China oils and fats, 1992(S1):434-438.
- [32] 茹天贵, 王兰萍. 天然二氧化锰催干剂的制备与应用[J]. 上海涂料, 2009, 47(10):4-7.
RU T G, WANG L P. Preparation and application of natural manganese dioxide drier [J]. Shanghai coatings, 2009, 47(10):4-7.
- [33] 毕东塘. 化妆晶中的珠光颜料[J]. 香料香精化妆品, 1988(2):18-24.
BI D Y. Pearlescent pigment in cosmetic crystals [J]. Flavour fragrance cosmetics, 1988(2):18-24.
- [34] 张家骧. 古建油漆作技术(三)[J]. 古建园林技术, 1987(3):15-21.
ZHANG J X. Painting techniques for ancient buildings(3) [J]. Traditional Chinese architecture and gardens, 1987(3):15-21.
- [35] 祁英涛. 中国古代建筑的保护与维修[M]. 北京: 文物出版社, 1986.
QI Y T. Preservation and maintenance of ancient Chinese architecture [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 1986.
- [36] 赵星. 大高玄殿乾元阁修缮设计研究[J]. 北京文博文丛, 2021(4):108-119.
ZHAO X. Study on renovation design of Qianyuan Pavilion in Dagaoxuan Temple [J]. Beijing cultural relics and museums, 2021(4):108-119.
- [37] 蒋广全. 古建彩画实用技术(四)[J]. 古建园林技术, 1987(1):33-35.
JIANG G Q. Practical techniques of ancient architecture painting (4) [J]. Traditional Chinese architecture and gardens, 1987(1):33-35.
- [38] 宋庆双. 黄金[J]. 世界有色金属, 2004(11):63-66.
SONG Q S. Gold [J]. World nonferrous metals, 2004(11):63-66.
- [39] 李婧, 张晶. 梵像金装从何来? ——中国早期佛像饰金探源[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2021(3):128-135.
LI J, ZHANG J. Where does the statue gold suit come from? Gold exploration of early Chinese Buddha statues [J]. Journal of Nanjing University of the Arts (fine arts & design), 2021(3):128-135.
- [40] 赵声良. 十六国北朝的敦煌石窟艺术(二)[J]. 艺术品, 2015(12):24-37.
ZHAO S L. Dunhuang Grottoes Art of the Northern Dynasty in Sixteen Kingdoms (II) [J]. Art work, 2015(12):24-37.
- [41] 徐振江. 唐代彩画及宋《营造法式》彩画制度[J]. 古建园林技术, 1994(1):40-44.
XU Z J. Color painting system of Tang Dynasty and Song Dynasty's *Yingzao Fashi* [J]. Traditional Chinese architecture and gardens, 1994(1):40-44.
- [42] (明)宋应星. 天工开物译注[M]. 潘吉星, 译. 上海: 上海古籍出版社, 2008.
(Ming) SONG Y X. Translation and annotation of *Tiangong Kaiwu* [M]. PAN J X, translated. Shanghai: Shanghai Ancient Books Publishing House, 2008.
- [43] 赵振茂. 金银铜器的传统修复技术[J]. 故宫博物院院刊, 1994(3):64-83.
ZHAO Z M. Traditional restoration techniques of gold, silver and bronze ware [J]. Palace museum journal, 1994(3):64-83.
- [44] 李兵. 南京金箔文化与金箔锻制技艺研究[J]. 设计, 2017(17):24-25.
LI B. Study on gold leaf culture and gold leaf forging technique in Nanjing [J]. Design, 2017(17):24-25.
- [45] 梁君, 陆春平. 非物质文化遗产产业的价值链探析——以南京金箔锻制技艺为例[J]. 文化产业研究, 2009(0):153-160.
LIANG J, LU C P. Analysis on value chain of intangible cultural heritage industry: A case study of gold foil forging technology in Nanjing [J]. Cultural industry research, 2009(0):153-160.
- [46] 尤贵媚, 章文杰, 曹振伟, 等. 故宫奉先殿彩画地仗制作材料及工艺研究[J]. 广西民族大学学报(自然科学版), 2022, 28(3):9-13.
YOU G M, ZHANG W J, CAO Z W, et al. Study on the materials and techniques of making painted ground poles in Fengxian Hall of the Forbidden City [J]. Journal of Guangxi Minzu University (natural science edition), 2022, 28(3):9-13.
- [47] 王晨. 古建彩绘地仗制作工艺中熟桐油与砖粉协同作用机制研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2021.
WANG C. Study on synergistic mechanism of cooked tung oil and brick powder in the making process of ancient painted ground pillars [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2021.
- [48] 王世襄. 髹饰论解说[M]. 北京: 文物出版社, 1998.
WANG S X. Commentary of *Xiushi Lu* [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 1998.
- [49] 张娅娅. 古建彩绘地仗油满固化过程中各物料间协同作用机制研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2020.
ZHANG Y Y. Study on synergistic mechanism of various materials in oil filling curing process for ancient painted floor pillars [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2020.