

馆藏唐代壁画画面霉斑清洗剂的筛选实验研究

严淑梅¹, 周铁¹, 黄建华¹, 付倩丽¹, 王伟峰¹张群喜²

(1. 陶质彩绘文物保护国家文物局重点科研基地秦俑博物馆, 陕西西安 710600) (2. 陕西历史博物馆, 陕西西安 710061)

摘要: 为了有效清洗表面留有霉斑的馆藏壁画, 筛选有效、安全的壁画表面清洗剂在壁画保护修复中尤为重要。本工作使用5%胰蛋白酶+清洗剂稀释液、5%中性蛋白酶+清洗液稀释液、氨水/乙醇溶液、70%乙醇溶液和去离子水五种生物和化学清洗剂, 对壁画模拟霉板、提取和包裹壁画的棉纱及留有霉斑的唐代壁画表面进行清洗实验, 筛选出了一种有效的生物清洗剂——胰蛋白酶清洗剂, 并配合使用其它几种化学清洗剂可较为有效地清洗多数壁画表面霉斑顽渍。

关键词: 壁画; 霉斑; 清洗剂

中图分类号: Q55 **文献标识码:** A

0 引言

古代壁画作为一种历史文化信息记录的视觉文化遗产, 有着极高的历史、科学及艺术价值。留存至今的古代壁画主要包括石窟寺壁画和墓葬壁画两种。石窟寺壁画的内容多以佛经故事为主; 而墓室壁画则多反映的是与墓主身份、地位和生活相关的社会风貌, 如陕西历史博物馆唐代章怀太子墓等诸多壁画。然而不论是哪种壁画, 由于时代久远、环境控制不当等问题, 很多都出现了各种病变, 其中霉害是一种主要病变。壁画表面斑斑点点的霉斑不仅给室内带来一种发霉的味道, 同时也减弱了壁画的视觉效果, 污染了壁画表面, 更严重的是, 霉菌还会对壁画产生侵蚀作用, 直接影响壁画的长久保存。唐代壁画在我国历史文化宝库中占有十分重要的位置, 尤以陕西省历史博物馆壁画库保藏唐代壁画最为著名。为了保护这些弥足珍贵的文化遗产, 使壁画表面图案恢复原貌, 清洗壁画画面霉斑显得十分必要。为此, 筛选了几种常用的、有效的壁画清洗剂对陕西历史博物馆壁画库保藏的唐代壁画画面霉斑进行了清洗实验对比研究, 以便找到更有效、安全、操作方便、无污染的清洗剂以解决壁画画面霉斑清洗的难题。

1 壁画发霉原因及霉菌对壁画的危害

1.1 霉菌概念

收稿日期: 2009-05-25; 修回日期: 2009-01-11

作者简介: 严淑梅(1962—), 女, 秦俑博物馆高级工程师, 长期从事文物防霉害保护研究, E-mail: yansumei1204@sina.com

霉菌也称小型丝状真菌, 是通过孢子繁殖的一类微生物。包括在分类学上很不相同的许多真菌, 它们分别属于藻状菌纲、子囊菌纲和半知菌类。霉菌最重要的特点是有发达的无性繁殖机能, 因此能广泛的分布, 高速增殖于各种有机物质或动植物残体上, 在高温高湿季节, 在各种有机质的材料、物品上都可能生长霉菌。霉菌不仅繁殖迅速、适应性强, 而且代谢旺盛、易于变异。

1.2 壁画表面常见的霉菌种类

壁画表面常见霉菌种类见表1所示。

1.3 馆藏壁画发霉原因及危害

1.3.1 霉菌孢子的来源 空气中有大量霉菌孢子存在, 这些霉菌孢子随风而飘, 它们落于壁画之上, 可以获得营养, 一旦温湿度适宜便可以生长繁殖。此外, 墓葬壁画均出土于地下, 土壤中含有大量菌类孢子, 当环境条件适宜时, 如湿度大于60%, 温度在20~30℃时就会迅速生长。

1.3.2 霉菌生长的营养源 在古代壁画制作过程中, 往往在地仗层中添加草、麻、棉等纤维质材料以增加强度。同时为了增加颜料的附着力, 使其易于绘画, 在颜料中常常还添加动植物胶如桃胶或驴皮胶等。这些有机材料经长期腐蚀水解, 降解等变成微生物的生长培养基。在温湿度条件适宜的情况下, 霉菌孢子会在壁画画面上迅速生长蔓延。此外为了保护濒临破坏的墓室壁画, 很多壁画都进行过整体搬迁, 在揭取壁画过程中使用的桃胶等有机胶料也为霉菌的生长提供了营养源, 在潮湿、温暖、不

透气的存放环境下导致霉菌滋生。

1.3.3 霉菌生长适宜的温、湿度 霉菌的生长要有适宜的湿度和温度。霉菌可以生长的温度范围很广,在 7~43℃ 之间均可生长,在 20~30℃ 时生长繁殖最快。霉菌生长要求相对湿度在 60%~75% 以上,相对湿度上升时,霉菌生长繁殖加快,在相对湿度为 95% 左右时霉菌生长最为旺盛。

1.3.4 霉菌生长适宜的 pH 值环境 霉菌在 pH 值为 2~9 的宽广范围内均能生存,但最适宜的 pH 值还是 5.6~6.2。霉菌比一般微生物对苛刻环境具有更强的适应力。

1.3.5 霉菌对壁画的危害 主要有污染和侵蚀两种危害。

1) 污染壁画。壁画中存在的有机质为霉菌的生长提供了营养源,在适宜的温湿度条件下迅速繁殖生长,菌丝体不断增加,大量斑斑点点的菌落附着在精美的壁画上,减弱了壁画的视觉效果,甚者导致一些原本清晰的纹饰被彻底遮盖。这些霉菌即使死亡之后,其残留物依然会覆盖在壁画表面,严重污染了壁画表面。

2) 侵蚀壁画。壁画颜料中的有机粘合剂是霉

菌赖以生存的生长基质之一,霉菌对该类基质的侵蚀直接导致了颜料中胶料的分解与流失,造成颜料间原本已残留不多的粘着力彻底消失,从而导致颜料的脱落。此外霉菌在其生长过程中产生的各种代谢产物,也会对壁画造成侵蚀。如曲霉属中的黄曲霉、黑曲霉能产生柠檬酸、草酸、苹果酸、葡萄糖酸等多种有机酸,青霉属中的桔青霉也有产生葡萄糖酸的能力,产黄青霉能产生葡萄糖酸、柠檬酸和抗坏血酸等多种有机酸,白曲霉有很强的蛋白质分解能力,葡萄状穗霉含有很强的纤维素酶,枝孢霉和交链孢霉是典型的腐霉等。霉菌代谢过程中产生的 CO₂ 和 H₂O 能与白粉层中的 CaCO₃ 发生反应,生成可溶性的 Ca(HCO₃)₂ 致使壁画软腐。纤维素酶能分解地仗层中的麦草纤维、麻纤维、或棉花纤维,这些因素都易造成壁画颜料层起甲脱落。另外,黑曲霉和一些放线菌还具有很强的蛋白质分解能力,它们有可能分解颜料层的动植物胶。除此之外,霉菌和放线菌都是丝状菌,在用小刀取霉斑样时就发现菌丝不仅在表面生长,而且已伸入壁画层之内,不容易除去。可见,菌丝侵入壁画颜料层之内也是造成颜料剥落的原因之一。

表 1 壁画表面常见的霉菌种类

Table 1 General fungi species from mural painting

属名	种名	属名	种名
青霉属	桔青霉 <i>Penicillium Citrinum</i>	青霉属	变灰青霉 <i>Penicillium canescens</i>
	产黄青霉 <i>Penicillium chrysogenum</i> Thom		托姆青霉 <i>Penicillium thomii</i>
	白边青霉 <i>Penicillium italicum</i> wehme		沙门柏干酪青霉 <i>Penicillium camemberti</i>
	圆弧青霉 <i>Penicillium cyclopium</i>	曲霉属	黄曲霉 <i>Aspergillus flavus</i>
	荨麻青霉 <i>Penicillium urtreal</i>		黑曲霉 <i>Aspergillus niger</i>
	扩展青霉 <i>Penicillium expansum</i>		白曲霉 <i>Aspergillus candidus</i>
	产紫青霉 <i>Penicillium purpurogenum</i>		构巢曲霉 <i>Aspergillus nidulans</i>
	微紫青霉 <i>Fenicillium janthi nellum</i>		杂色曲霉 <i>Aspergillus versicolor</i>
	筒青霉 <i>Penicillium simplicissum</i>		焦曲霉 <i>Aspergillus ustus</i>
	顶青霉 <i>Penicillium corylophilum</i>		黄柄曲霉 <i>Aspergillus flavipes</i>
	短密青霉 <i>Penicillium brevi - compactum</i>		淡黄曲霉群 <i>Aspergillus cremeus</i> Group
	土壤青霉 <i>Penicillium terrestre</i>	枝孢霉属	腊叶芽枝孢 <i>Cladosporium herbarum</i>
	娄地青霉 <i>Penicillium rogueforti</i>	交链孢霉	交链孢霉 <i>Alternaria</i> sp.
	常显青霉 <i>Penicillium frequentans</i>	葡萄状穗霉	黑葡萄状穗霉 <i>Stachybotrys atra</i>
	斜卧青霉 <i>Penicillium decumbens</i>	筒梗孢霉属	筒梗孢霉属 <i>Chromosporium</i>
	新西兰青霉 <i>Penicillium novae - zeelandiae</i>	头孢霉属	头孢霉属 <i>Cephalosporium</i>
	黑青霉 <i>Penicillium nigricans</i>	根霉属	葡枝根霉 <i>Rhizopus . stolonifer</i>
	褶皱青霉 <i>Penicillium rugulosum</i>	毛霉属	林木毛霉 <i>Mucor . silvaticus</i>
	局限青霉 <i>Penicillium restrictum</i>	脉孢菌属	脉孢菌 <i>Neurospora shearet</i>

2 壁画霉斑清洗实验技术路线及过程

2.1 技术路线

经查询国内外的清洗剂资料,共选出五种有效、常用及安全的清洗剂先用于清洗提取壁画的包裹布上的霉斑,观察各清洗剂的清洗效果及对棉布的影响;再用于清洗人工模拟的发霉壁画模板,观察清洗效果及对模板表面的影响;最后用于清洗有霉斑的唐代章怀太子墓壁画表面,观察效果及影响。用色度仪检测清洗前后壁画颜料色度的变化,并在显微镜下观察清洗样品的结构变化,以做出清洗剂的清洗效果及影响评估。

2.2 筛选出的五种清洗剂

据报道的有效生物清洗剂及常用化学清洗剂,经性能及清洗效果及原理筛选得到(为方便实验将下列五种清洗剂分别用A,B,C,D,E代表):

A、5%胰蛋白酶+清洗剂稀释液(微量):胰蛋白酶是一种丝氨酸蛋白水解酶,它能特异性地水解碱性氨基酸精氨酸及赖氨酸羧基所组成的肽键。酶本身很容易自溶,其作用最佳的pH值为8.0~9.0。胰蛋白酶活性能被胰腺中的天然抑制剂所抑制。钙离子能延迟胰蛋白酶的自溶,并能促进胰蛋白酶原的活性。胰酶的水解机理:酶的最适pH为8,在pH7.5~8.5之间稳定,最适作用温度为45℃,能为 Mn^{2+} Ca^{2+} Mg^{2+} 离子激活。酶的活性中心含丝氨酸,也属于内切蛋白酶,胰酶水解蛋白质时切开点是羧基侧为碱性氨基酸(如精氨酸,赖氨酸)的肽键,对蛋白质水解能力较强。

B、5%中性蛋白酶+清洗剂稀释液(微量):中性蛋白酶是经选育的枯草芽孢杆菌1398深层发酵培养,后经先进的提取工艺精制而成的一种内切蛋白酶,在一定温度、pH值下,能将大分子蛋白质分解为多肽及氨基酸等产物。中性蛋白酶作为一种内切蛋白酶,具有纯天然、安全无毒、水解能力强、作用范围广等特点。常态为淡黄色固体粉末,可应用于动植物蛋白的水解。最适温度:50℃,最适pH7.0。碱性蛋白酶的水解机理:碱性蛋白酶,最适pH为9~12,以pH为11为最佳,最适温度为30~50℃,碱土金属特别是钙对酶的热稳定性有益。酶的活性中心含丝氨酸,属于内切蛋白酶,水解蛋白质时任意切开蛋白质的肽键形成多肽,对切开点蛋白质有选择,一般是羧基侧为疏水性芳香族氨基酸(如色氨酸,酪氨酸)碱性蛋白酶清洗污物的作用,主要是分解污物中的蛋白质使之变为水溶性,从而被洗涤剂清洗去除。

C、氨水/乙醇溶液:氨水是氨溶于水得到的水溶液。它是一种重要的化工原料,也是化学实验中常用的试剂。它具有强烈刺激性臭味,还具有局部强烈兴奋的作用。氨水在低温时可析出一水合氨晶体,它的熔点为-79℃,因此 $NH_3 \cdot H_2O$ 是氨存在于水溶液的主要成分。由于氨水中含有多重成分,而使其表现出多重性质:刺激性;挥发性;不稳定性,见光受热易分解而生成氨和水;弱碱性;沉淀性;络合性:氨水与 Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 三种离子能发生络合反应,当氨水少量时,产生不溶性弱碱或两性氢氧化物,当氨水过量时,不溶性物质又转化成络离子而溶解。

D、70%乙醇溶液:乙醇是无色、透明、有香味、易挥发的液体,能与水及大多数有机溶剂以任意比混溶,是主要的添加剂和溶剂,通常在使用蒸馏水时往往加入乙醇以降低蒸馏水的表面能,从而加快蒸馏水的蒸发,降低水对壁画颜料层、地仗层的伤害,同时,乙醇也可以当作有机溶剂来软化一些硬结的污染物;可以发生氧化、取代和脱水反应。

E、去离子水:去离子水是一般壁画污物清洗的常用清洗剂,另外,盐分是破坏地仗层强度的因素之一,所以清洗壁画的用水必须是不含盐分的,最好是去离子水。

2.3 实验及检测内容

清洗壁画模板上霉菌生长留下的霉斑;清洗包裹过壁画的棉纱布上留有的霉斑;清洗壁画表面的霉斑;用色度仪和显微镜检测和观察清洗前后样品的色度变化及样品质地结构的改变。

2.4 样品描述

2.4.1 壁画模板样品(图1) 由两块底板大小为 $(15 \times 15) cm^2$,按唐代壁画常用颜料配方涂刷上各种颜料的壁画模板组成,每块模板上用石灰、石膏模拟地仗层,并分为十个色区,每个色区涂一种颜料,其中一块是国画颜料,色彩分别为:藤黄、花青、三





图 1 壁画模拟色板

Fig. 1 Simulated color palette of mural

绿、三青、翡翠绿、赭石、朱膘、曙红、胭脂、朱砂；另一块模板是由矿物颜料与明胶调和而成，其色彩分别为：大红、赭石、胭脂、朱膘、曙红、石青、朱砂、土黄、石绿、深红。

2.4.2 有霉斑的棉纱布 陕西历史博物馆壁画库曾用于提取唐代壁画的包裹棉纱，B178 号包裹布，上面留有大量霉斑。

2.4.3 有霉斑的壁画 B 临 194 号唐墓壁画(图 2)和 B 临 175 号样品 陕西历史博物馆壁画库提供。



图 2 带霉斑的唐墓彩绘壁画

Fig. 2 One painting sample of with mildew spot

2.5 主要仪器

BINDER 霉菌培养箱;Nikon E800 电子显微镜;NORTHWARD 通风橱;LABCONCO 生物安全操作台;LABCONCO 纯水发生器;HIRAYAMA 电子灭菌器;美能达 CM-2600D 色度仪;Leica 体视显微镜。

2.6 实验过程和结果

2.6.1 壁画模拟霉斑的清洗实验 分三个步骤。

1) 在一定实验条件下,用微生物学实验技术:

采样、培养、分离及鉴定等实验方法收集并鉴定来自于陕西省历史博物馆壁画霉斑上的霉菌菌种,主要为:高大毛霉、蜡叶芽枝孢霉、灰绿曲霉、焦曲霉、暗篮曲霉、棒曲霉,及壁画常见菌:黄柄曲霉、产黄曲霉、蠕形曲霉、黑葡萄穗霉、杂色曲霉、华根霉、黑曲霉,(本实验室菌种库保藏)制成霉菌孢子混合悬浮液,接种于壁画模拟板上进行人工培养,使霉菌在模板颜料表面生长造成霉斑。

2) 模拟壁画发霉实验(图 3,图 4):在霉菌培养箱中进行,培养温度 28℃;湿度大于 80% RH;发霉时间约四十五天;受试菌种:用上述制备的混合孢子悬浮液每日定时喷于覆盖在壁画表面上的棉纱中,并用 3% 桃胶水溶液也喷洒在棉纱上,置于设定好的培养箱中培养。



图 3 模拟壁画发霉实验

Fig. 3 Fungi growing on simulated color palette in cabinet

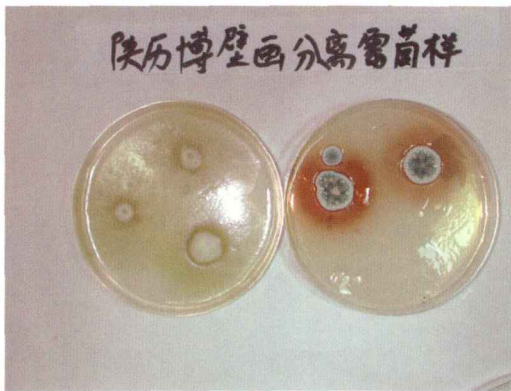


图 4 壁画分离霉菌样

Fig. 4 Fungi species separated from mural

3) 壁画模板霉斑的清洗:用上述配制好的 5 种清洗剂分别清洗已发霉的壁画模板表面霉斑,轻轻揭取已发霉的模板表面纱布,先用毛笔蘸去离子水冲洗表面霉菌孢子,然后用毛笔分别蘸取少量 A、B、C、D、E 清洗剂,涂刷在模板上对应的霉斑部位,用

纸巾纸紧紧贴于模板表面,以吸附霉斑中的污物及色素,净置 20 分钟,然后用去离子水冲洗每个模板样块区域,再用纸巾纸吸附,此步骤共反复操作三次,观察各种清洗剂的清洗效果,结果如下:用五种清洗剂均有效,清洗效果强度依次为:C>D>A>E>B。经体视显微镜下观察,五种清洗剂都未对模板颜料层造成脱落等外观劳度损害(图 5)。



图 5 壁画模板清洗前后对比

Fig. 5 Results of treating of comparison in simulated color palette of mural before and after wash

2.6.2 棉纱霉斑清洗实验 分三个步骤。

1) 收集并鉴定陕西历史博物馆曾用于提取壁画包裹的棉纱,B178 号包裹布棉纱上霉斑的主要霉菌菌种,为:高大毛霉、蜡叶芽枝孢霉、灰绿曲霉、焦曲霉、暗篮曲霉、棒曲霉。

2) 制作清洗实验需要的纱布样品块及空白对照样。将有霉斑的棉纱制成 10cm×10cm 的小块,共 10 块,用于五种清洗剂的对比清洗实验,每种各一块空白样以示对照,分别用 A,B,C,D,E 标记。

3) 分别将 5 种清洗剂用于发霉的样品,历博壁

画库壁画 B 178 号包裹布,表面部分霉斑,按每种清洗剂对应清洗一个样块,清洗操作同模拟板,且重点清洗下半部以便对照更明显,清洗效果同壁画模板,但效果强度依次为:C>D>A>B>E。经体视显微镜下观察,五种清洗剂都未对棉纱结构造成毛糙等外观牢度损害。清洗效果见照片(图 6)



图 6 棉纱清洗前后对比

Fig. 6 Result of treating of comparison in cotton sample before and after wash

2.6.3 壁画霉斑的清洗 分别将 5 种清洗剂用于发霉的壁画表面颜料层的清洗,样品为陕西省历史博物馆壁画库保藏唐墓壁画 B 临 194 号和 B 临 175 号,表面部分霉斑,将霉斑划分成 5 块区域,分别用上述 5 种清洗剂清洗不同的霉斑,操作方法同前两次。操作遇顽固污渍用蛋白酶及乙醇无法清洗掉时,用氨水/乙醇溶液清洗数次可去除。总体清洗效果同壁画模板清洗效果,清洗强度依次为:C>D>A>E>B。经体视显微镜下观察,五种清洗剂都未对壁画颜料层造成脱落等外观牢度损害(图 7,图 8)。



图 7 B 临 194 号壁画使用 A,B,C,D,E 试剂清洗壁画前后效果。

Fig. 7 No. 194 mural painting sample before and after cleaning treating by agents A,B,C,D,E



图 8 B 临 175 号壁画处理前后

Fig.8 No. 175 mural painting sample before and after cleaning treating

2.7 清洗工艺讨论

在上述清洗操作过程中,曾使用了两种清洗方法:一种直接用毛笔蘸取清洗剂清洗,静置后用纯水冲洗,自然风干;另一种为用毛笔蘸取清洗剂清洗,立即在其上覆贴两层纸巾纸以虹吸原理,将表面的污物和色素吸附在纸中,从效果来看,后一种方法清洗效率更高,吸附有利于带走污物,而且对壁画表面的损害较小,建议在壁画清洗中使用第二种清洗加吸附法。

3 清洗效果分析与评价

3.1 清洗效果结论

经壁画模板及壁画实际清洗实验,五种清洗剂对霉斑的清洗效果比较为:C>D>A>E>B。

3.2 原因分析

1) A、B 为蛋白酶清洗液,清洗时在一定条件下酶能水解蛋白质分子中的肽键而使霉斑溶解,同时清洗剂中的活性离子又能与霉斑污物离子发生离子交换而更深入地溶解霉斑,在清洗反应中,蛋白酶几乎不与壁画颜料分子和地仗层中碳酸钙发生化学反应,所以这种试剂对壁画颜料层结构的破坏最小。同时,胰蛋白酶的效果又强于中性蛋白酶。

2) C 的清洗效果最好,由于 C 清洁剂是氨水-乙醇溶液,氨水是碱性清洗剂可和霉菌代谢过程中产生的各种不溶于水的酸性有机物发生中和皂化反应,变成可溶性的盐、皂而溶解,清洗除去。一般规律是清

洗剂溶液的 pH 值从 10 减少到中性时,清洗效果最好。氨水浓度 0.1% 时 pH 约 8.6,浓度 6.1% 时 pH 为 9.1,同时这种碱易挥发,清洗时在未对文物产生伤害作用时就挥发掉了,是一种安全的缓冲溶液清洗剂,加之溶液中有溶解能力很强的乙醇,大大提高了霉斑中的有机酸反应产生的盐和皂,所以 C 的清洗效果最好。

3) D 与 E 实际效果相差不大,D 因挥发较快,造成暂时的外观效果明显。

4) 去离子水本身就是一种洗涤剂,它对未浸入形成霉斑时壁画表面的尘土污物清洗有效。

3.3 清洗剂对壁画颜料色度影响的评估

3.3.1 画彩颜料色差 ΔE 为了证实该 5 种清洗剂对壁画颜料色度的影响,尤其是对矿物颜料的影响,用色度仪做了壁画模板颜料清洗前后颜料色度的变化测定,用色差值 ΔE 表示,结果见表 2。

表 2 清洗后化学颜料色差值 (ΔE)

颜料名称	试剂				
	A	B	C	D	E
翡翠绿	7.49	3.38	3.17	5.84	2.03
三青	5.87	8.70	10.99	12.73	6.61
三绿	4.64	11.02	8.37	9.94	14.34
花青	5.87	9.91	8.26	15.05	9.88
藤黄	9.42	13.45	10.06	8.23	6.39
朱砂	6.08	6.77	4.64	6.18	4.75
胭脂	5.75	7.20	8.82	6.10	6.82
曙红	7.99	14.56	15.45	8.23	11.82
朱膘	2.94	3.61	4.96	3.19	7.20
赭石	4.80	2.97	0.55	4.06	12.21

3.3.2 矿物颜料色差 ΔE 结果见表 3。

表 3 清洗后矿物颜料色差值 (ΔE)

颜料名称	试剂				
	A	B	C	D	E
曙红	2.59	12.77	5.56	13.69	4.66
朱膘	2.30	5.26	5.00	5.87	3.41
胭脂	10.83	5.76	4.02	4.25	3.98
赭石	3.84	7.90	6.01	7.03	1.99
大红	8.97	9.20	8.94	11.79	13.49
深红	3.98	9.94	7.66	7.51	6.31
石绿	18.90	21.14	27.19	25.55	20.78
土黄	1.51	5.33	5.36	5.42	4.87
朱砂	9.11	12.99	6.75	3.94	5.81
石青	24.31	21.05	12.93	22.95	13.77

4 结 论

ΔE 值越小,说明清洗剂对颜料色度的影响越小,由表2、3可以看出:清洗剂对矿物颜料色度的影响,从小到大依次为: $E < A < C < D < B$;对化学颜料色度的影响,从小到大依次为: $A < C < D < B < E$ 。总体来看,A、E、C、D为较理想的壁画清洗剂。

对新长霉的菌丝,用去离子水清洗即可;对一般霉斑,先用5%胰蛋白酶清洗剂清洗淡化霉斑,然后用去离子水进行清洗,再用纸巾吸附;遇到较难处理、老化的霉斑和顽渍,用氨水/乙醇或70%乙醇清洗剂清洗,纸巾吸附,再用纯水冲清,吸附;即可达到较为满意的清洗效果。

致谢: 壁画清洗实验工作由陕西历史博物馆的张群喜、李文怡、杨洁完成,谨在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 段 萍. 唐墓壁画保存现状及保护修复方法[J]. 中国文物科学研究, 2007, (4): 56-59.
DUAN Ping. Preservation status and conservation methods of mural of Tang dynasty tombs[J]. Sci Res Chin Cult Herit, 2007, (4): 56-59.
- [2] 陈红歌, 贾新成. 密县汉墓霉变壁画霉菌的分离鉴定[J]. 敦煌研究, 1996, (3): 145-148.
CHENG Hong-ge, JIA Xin-cheng. The isolation and identification of mould from mildewed murals of the tomb of Han in Mixian[J]. Dunhuang Res. 1996, (3): 145-148.
- [3] (日本) 相沢孝亮. 酶应用手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989: 104-133.
Aizawa K. Manual of application to use enzyme [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989: 104-133.

- [4] 郭 宏. 文物保护环境概论[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 235.
GUO Hong. An introduction to conservation environment of heritage [M]. Beijing: Science Press, 2001: 235.
- [5] 辜海彬, 陈武勇. 皮革防霉及防霉剂的研究进展[J]. 中国皮革, 2005, 34(1): 12-15.
GU Hai-bin, CHEN Wu-yong. Mould proof for the leather and the development of fungicides used in leather industry [J]. China Leather, 2005, 34(1): 12-15.
- [6] 李最雄. 丝绸之路石窟壁画彩塑保护[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 227-228.
LI Zui-xiong. Conservation of the Wall Paintings and Colored Statues of the Grottoes on the Silk Road [M]. Beijing: Science Press, 2005: 227-228.
- [7] 中国科学院微生物研究所. 常见与常用真菌[M]. 北京: 科学出版社. 1973: 163-248; 250-254.
Institute of Microbiology, the Chinese Academy of Sciences. Common and familiar epiphytes [M]. Beijing: Science Press, 1973: 163-248; 250-254.
- [8] 邢来君, 李明春. 普通真菌学[M]. 北京: 高等教育出版社. 1999.
XING Lai-jun, LI Chun-ming. General mycology [M]. Beijing: Higher Education Press. 1999.
- [9] 郭 宏. 敦煌莫高窟晚唐第85窟壁画制作材料及其工艺研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2000, 30(8): 53-54.
GUO Hong. The manufacturing materials and techniques for murals of cave 85 of Mogao Grottoes [J]. J Northwest Univ (Nat ed), 2000, 30(8): 53-54.
- [10] 张群喜. 唐墓壁画颜料的分析与研究[C] // 陕西历史博物馆编. 唐墓壁画研究文集. 西安: 三秦出版社, 2001: 411-419.
ZHANG Qun-xi. Analysis and research on wall painting's pigments of Tang tombs [C] // Shaanxi Historical Museum ed. Research on wall painting of Tang tombs. Xi'an: Sanqin Press, 2001: 411-419.

Study of cleaning agents for removal mildew spot from Tang Dynasty mural paintings in a museum environment

YAN Shu-mei¹, ZHOU Tie¹, HUANG Jian-hua¹, FU Qian-li¹, WANG Wei-feng¹, ZHANG Qun-xi²

(1. Key Scientific Research Base of Ancient Polychrome Pottery Conservation, Xi'an 710600, China;

2. Emperor Qin's Terra-cotta Warriors and Horses Museum, Xi'an 710600, China;

3. Shanxi Province History Museum, Xi'an 710600, China)

Abstract: It is important to select effective and safe painting cleaning agent for mildew spots on mural paintings. Five biological and chemical cleaning agents - 5% trypsinase with dilute cleaning agent; 5% neutral proteinase with dilute cleaning agent; an ammonium hydroxide and ethanol mixture; and 70% ethanol in deionized water were applied separately to a simulated mildew board, cotton cloth used for removing and packaging of the mural painting and to the surface of mildewed Tang Dynasty mural painting. Cleaning experiments suggested that a biological agent, namely the trypsin solution, was effective. This, along with a few other chemical cleaning agents, can remove most of the mildew on the mural painting to be.

Key words: Mural painting; Mildew spot; Cleaning agent

(责任编辑 谢 燕)