

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.11.028

基于 Photoshop 实现的古代壁画虚拟复原研究^①

李雅梅

重庆大学 艺术学院, 重庆 401331

摘要: 通过对古代壁画颜料特性与褪色变色情况的调查, 提出基于 Photoshop 实现的古代壁画虚拟修复方法, 重点讨论褪色变色区域和残缺区域修复与补绘的具体实施方案, 最后通过调整色彩中的 HSV 值还原古老壁画的本来面貌.

关键词: 古代壁画; 虚拟修复; 残缺补绘; 色彩复原

中图分类号: TP391.7

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)11-0190-07

古代壁画是我国优秀传统文化的重要组成部分, 具有十分重要的艺术价值^[1]. 但是, 由于年代久远、气候变化、环境污染等客观原因, 这些珍贵的壁画目前正遭受着起甲、空鼓、褪色、变色、龟裂、剥落等病害的威胁^[2]. 上世纪初还清晰可见的敦煌第 281, 301, 401 窟供养人图至今已无法看清其原貌^[3]; 上世纪 50 年代还保存完好的四川广汉龙居寺和新繁龙藏寺壁画如今早已是满目疮痍^[4]; 上世纪末新疆克孜尔千佛洞第 126, 127, 128 窟的部分墙体开始倒塌^[5]; 本世纪初西藏古格壁画病害面积已达达到 937 m²^[6]. 我国古代壁画的保护中修复是艺术传承与发展的重要手段, 但是在原壁画上直接进行修复存在相当大的风险, 技术手段的使用如果稍有不当, 修复后的画面不但经不起时间的考验, 还会对原有的壁画造成新的破坏^[7]. 因此, 长期以来研究者们对壁画的修复都是以临摹为主, 采用的方法为: 拍照、拷贝、勾线、做底、着色. 这种完全依赖人工绘制的方法存在以下缺陷: ① 由于壁画绘制使用的颜料繁多、技法复杂, 完成的作品往往与原作存在一定的差异; ② 不同光照下矿物颜料的褪色与变色情况极为微妙, 仅靠肉眼的观察很难做出准确的判断; ③ 壁画中大面积剥落的部分, 仅凭个人的经验很难达到令人信服的补绘; ④ 人工绘制壁画是一个相当漫长的过程, 通常情况下完成 1 m² 的壁画需要半年以上的时间, 一旦出现失误, 劳动损失巨大^[8]. 鉴于以上原因, 古代壁画的复原工作一直未能得以大量的开展. 本研究在对古代壁画绘制的颜料和制作技法进行调查分析的基础上, 应用计算机 Photoshop 软件为辅助工具对其进行虚拟的色彩修复、线条修复以及残缺补绘等, 最后调整色彩中的 HSV 值还原古老壁画的本来面貌.

1 古代壁画使用的绘画颜料

1.1 颜料主要特性调查

我国古代壁画使用的颜料(表 1)分为矿物颜料、植物颜料、化学颜料、金属颜料 4 种类别^[9]. 矿物颜料是将天然矿石经粉碎研磨以后加工制成的绘画颜料, 它的原料为天然晶体矿石, 呈透明状或半透明状, 属

① 收稿日期: 2015-01-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(61402020); 教育部社会科学基金规划项目(15YJA760019); 重庆市社科基金面上项目(2013YBYS101); 中央高校基本科研专项项目(CDJKXB13001, 06112015 CDJSK 05 XK 08).

作者简介: 李雅梅(1974-), 女, 四川洪雅人, 博士, 教授, 主要从事数字图像处理与文物保护研究、工笔重彩画技法研究、中国画创作与史论研究.

于低档宝石类,这类矿石经自然界数万年或更长的时间沉积形成,色相饱和,色质稳定.古代壁画历经数百上千年之后颜色之所以鲜艳亮丽,最主要的原因就是使用了矿物颜料^[10].植物颜料由天然植物加工提炼制成,为透明的水色,色彩鲜艳,具有染色性,但性质不稳定,在古代壁画中有一定程度的使用.铅粉是我国古人采用化学方法制作出来的绘画颜料,成分是碱式碳酸铅,古代壁画中主要用于绘制人物的皮肤和服饰,日久容易变色^[11].古代壁画中金属颜料主要为金箔和金粉,由于金箔和金粉具有高贵华丽的光泽和千年不变色的性质,在我国古代壁画中使用十分广泛.

表 1 古代壁画主要颜料成分调查一览表

编号	颜料名称	主要成分	化学分子式	种 类
1	朱砂、朱磬	辰砂、丹砂	HgS	光明、镜面、白金、芙蓉等
2	雄黄、雌黄	黄金石、天阳石	As ₄ S ₂ ,As ₂ S ₃	雄黄、雌黄、石黄、土黄
3	石青	青金石、蓝铜矿	CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂	空青、扁青、曾青、白青、沙青
4	石绿	孔雀石、绿泥石	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	头绿、二绿、三绿
5	赭石、褐色	赤铁矿	Fe ₂ O ₃	代赭、铁朱、金茶石、驼色
6	珍珠粉	天然贝壳	CaCO ₃	蛤粉、白珊瑚
7	云母粉	天然矿石	KAlSi ₂ O ₆	白云母、金云母、黑云母
8	铅粉	胡粉	Pb(OH) ₂ ·2PbCO ₃	豆粉、蛤粉、官粉、白垩土
9	石墨	碳	C	黑石脂、黑朱、象牙黑
10	金箔、金粉	黄金	Au	紫赤、库赤、大赤、田赤、选金

1.2 颜料褪色变色情况分析

矿物颜料的品类有石青、石绿、朱砂、赭石、土红、雄黄、雌黄、云母等,化学性质稳定,不易变色.但是,如果经历了长年的日照或者高温烧制以后依然会产生一定程度的变化.譬如:石青、石绿、朱砂的色相会由鲜亮逐渐变灰暗,暴露于高温下的时间越长变色越明显,这就是现存古代壁画中的色彩比绘制之初偏灰偏暗的最主要原因^[12].除此以外,天然矿物颜料中的土红、群绿、金茶、虎目石等也会产生不同程度的变色,变色的规律为由明变暗再变黑^[13].传统壁画中植物颜料也有不同程度的使用,主要品类有花青、藤黄、胭脂等,植物颜料色彩鲜艳,但是化学性质不稳定,时间久了容易产生褪色.化学颜料中铅粉分为铅白和铅丹两种类型,铅白是传统壁画中常用的白色,呈碱性,覆盖力强,干燥较快.铅丹为红色,色相偏暖,类似于桔红色.铅白经过长时间的光照以后会变黄,与空气中化学物质混合以后会变黑;铅丹则会由原来的桔红色变成棕红色,最后变成红黑色.铅粉化学性质极不稳定,是导致古代壁画变色的重要因素.分析古代壁画颜料的使用情况可以得出以下结论:矿物颜料化学性质稳定变色速度缓慢,植物颜料次之,化学颜料变色最快;绘画中矿物颜料与植物颜料的混合使用会加快变色的速度,若是将矿物颜料、植物颜料与化学颜料三者混合,不但变色而且变色的速度非常快(表 2).

表 2 古代壁画颜料褪色变色情况分析一览表

编号	色彩	颜料名称	绘制位置	变色因素分析	褪色变色程度/%
1	红色	朱砂	人物服饰	日照、高温	35.0
2	黄色	雄黄	装饰、点缀	日照	0.9
3	蓝色	石青	人物服饰	日照、高温	27.0
4	绿色	石绿	人物服饰	日照、高温	31.0
5	褐色	赭石	服饰、背景	氧化、高温	24.6
6	珍珠白	蛤粉	皮肤、装饰	氧化	10.0
7	白云母	云母	装饰品	氧化、尘土	0.8
8	白色	铅粉	人物面部	日照、氧化	99.8
9	黑色	墨	线条、服饰	氧化	38.5
10	金色	金箔、金粉	装饰图案	尘土	0.2

2 古代壁画褪色变色区域的修复

2.1 色彩修复的主要流程

古代壁画中原本相同的颜色，由于受到光照、空气、湿度等不同因素的影响，褪色变色的情况也各不相同^[14]。一般来说壁画中受光部位的颜色比背光部位的颜色褪色更快，阴冷潮湿的墙面比干燥的墙面更易于受到病菌的侵蚀，用手触摸过的壁画由于汗液的侵蚀，很容易产生霉变^[15]。鉴于以上原因，应用计算机修复古代壁画中褪色变色的区域时首先要选择保存最为完好的颜色信息，并将其作为标准色类推到其他需要修复的区域^[16]。基本流程见图 1。

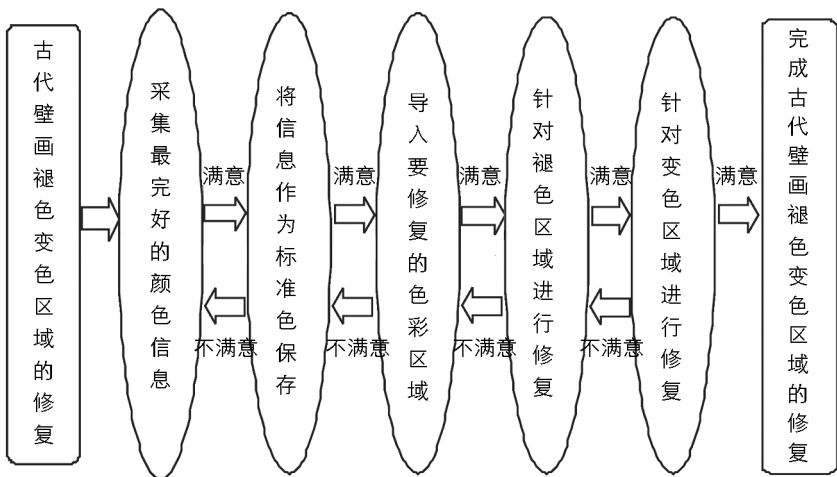


图 1 古代壁画颜料褪色变色区域修复流程图

2.2 色彩修复的基本方法

色彩的虚拟修复分为 3 个主要环节：① 墨线的修复。古代壁画中的墨线随着岁月的变化，逐渐由浓变淡，由清晰变得模糊。因此，应用计算机修复壁画褪色变色区域时首先要对墨线进行处理^[17]，墨线的修复需要具备的相关绘画知识：a. 运笔。古人勾勒墨线采用中锋用笔，每一根线条的运行都要经过“起、行、注、收”的过程，任何线条的产生都离不开这个过程；b. 用线。不同勾勒力度与速度的墨线会产生刚、柔、屈、直、干、湿、枯、润、顿、挫、虚、实等的变化，不同长短、粗细、宽窄、浓淡的线条可以表现不同的质感和量感；c. 墨色。中国画讲究墨分五色，即“焦、浓、重、淡、清”5 种不同的浓淡层次，实际应用的过程中远不止这 5 种墨色，不同墨色的线条可以产生不同的质感和量感^[18]。鉴于以上原因，应用计算机对墨线进行修复时准确选择工具栏中画笔的种类、大小、硬度和透明度十分关键。经过反复多次操作以后，使模糊浅淡的墨线恢复勾勒之初清晰有力的艺术效果。② 着色区域的修复。古代壁画的着色技法分为平涂和晕染两种类型：a. 平涂是指将色彩均匀地涂在墨线所界定的范围之内；b. 晕染是指通过色彩的渐变来表现物象的体积转折关系。它使画面颜色从着色中心至边缘呈现出由浓变淡的色彩关系，具有层层渐变的视觉效果^[19]。晕染使色彩产生浓淡虚实的变化，而平涂则没有这种变化。古代壁画中绘制的装饰图案、建筑图案、背景等主要采用平涂的技法，而人物的服饰、皮肤、植物、花鸟等则主要采用晕染的技法。平涂和晕染使用的毛笔皆为羊毫笔，即质地柔软且能充分吸收水分的画笔^[20]。应用计算机修复具有平涂和晕染效果的色彩区域时，必须根据壁画原有的运笔轨迹和着色技法选择具有特殊效果的笔刷模型。一般情况下，修复具有平涂效果的色彩区域时，只需要将保存完好的颜色采样移植到变色的区域即可。而修复具有晕染效果的色彩区域时，则需要选择具有渐变效果的笔刷模型，通过色彩的叠加来表现层层渐变的艺术效果。③ 变色区域的修复。古代留存下来的壁画中有相当一部分由于绘制之初在颜料中加入了大量的铅粉，导致人物的面部、皮肤、服饰等颜色由白变黑，应用计算机修复这些变色区域时需要对变黑的色彩进行反向处理，然后才能进入色彩修复的流程^[21]。修复人物面部皮肤的时候，除了以上操作以外还需要对脸颊上泛有红晕的区域进行特殊效果的处理，灵活调整修复工具中色彩的透明指数，方能使修复后的肤色产生自然生动的视觉效果(图 2—3)。



(a) 褪色的人物面部原图



(b) 修复后的面部效果图

图 2 人物面部的修复



(a) 大面积变色的壁画原图



(b) 修复后的壁画效果图

图 3 大面积变色区域的修复

3 古代壁画残缺区域的修复

古代壁画由于年代久远画面大多已经残缺不全,根据古代壁画的保存现状我们将残缺部分的绘制内容分为:可预见性缺失和不可预见性缺失两种类型.

3.1 可预见性缺失的修复

可预见性缺失是指通过现存壁画的视觉信息可以推测出已经残缺部分的绘制内容,古代壁画中可预见性缺失的内容主要出现在衣服的纹饰、装饰图案以及建筑彩绘等位置.可预见性缺失的壁画内容在一般情况下可以进行准确的修复(图 4).



(a) 可预见性缺失的壁画原图



(b) 修复后的壁画效果图

图 4 可预见性缺失的壁画修复

3.2 不可预见性缺失的修复

不可预见性缺失是指壁画中残缺的内容难以通过现存壁画的视觉信息来进行推测，如果残缺的内容出现在人物的头部、面部、四肢以及关键动态部位等，则很难通过现有的画面内容来进行修复，不可预见性缺失是壁画修复中的重点和难点. 以修复大面积残缺的人物头部为例(图 5—6)，采用的方法为：① 在原壁画中选择一个人物的头部作为原型，原型的选择必须满足 3 个条件：a. 保存完好；b. 绘制完整；c. 角度一致. ② 将原型复制后移动到残缺区域，进行大小、方向、角度、位置等的处理，通过拉伸、旋转、变型等操作使之符合人的视觉感受；③ 根据人物的动态、外轮廓特征以及面部朝向等对原型进行调整，使之与人的身体、四肢、动作以及周围的场景相融合；④ 确定面部五官的位置. 五官中眼睛对人物神态的传达最为重要，目光所指向的方向往往是身体乃至精神活动的中心，因此眼睛的大小、形状以及瞳孔的位置等都必须根据人物的动态和主要从事的活动来确定；⑤ 对人物面部表情和神态进行调整，通过反复多次操作后使之生动自然. 具体流程见图 6. 古代壁画绘制由于在造型、用笔、用色以及表现技法上具有特定的程式，因此，应用计算机修复不可预见性缺失的壁画区域时，利用原作上的造型来进行造型修补的思路，可以在最大程度上保留原壁画创作的神韵，使修补后的画面自然和谐. 特别关键的是将原型移植到待修复的区域以后，直接拼接的边缘很难与原壁画稳合，此时必须根据原壁画创作的用笔、用线、用色特征，对边缘衔接处进行每一个像素点的精细修复，准确选择画笔的种类、大小、硬度和透明度，方能使修复后的区域色彩统一、边缘整洁、过度自然^[22]. 计算机虚拟修复的过程中需要对壁画的局部与局部之间，局部与整体之间进行反复的对比，准确把握原壁画创作的艺术特色、制作手段和精神意韵，修补后的画面才能完全与原壁画融为一体.

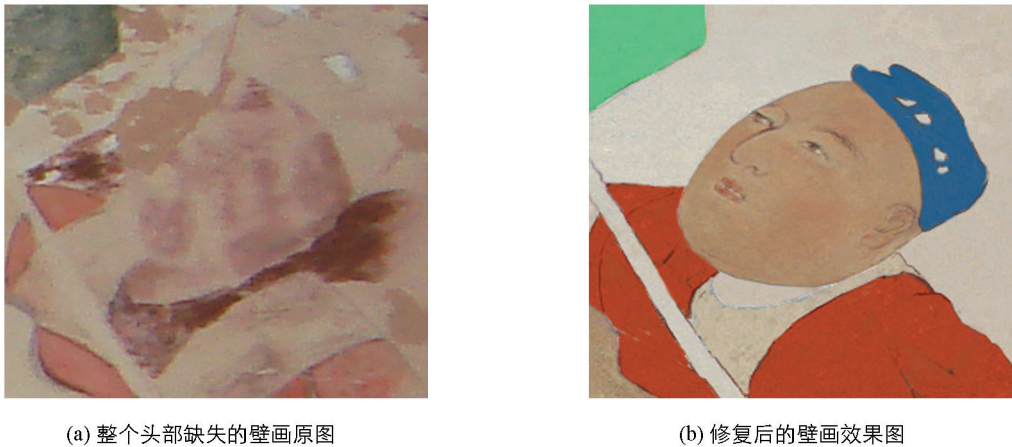


图 5 不可预见性缺失的壁画修复

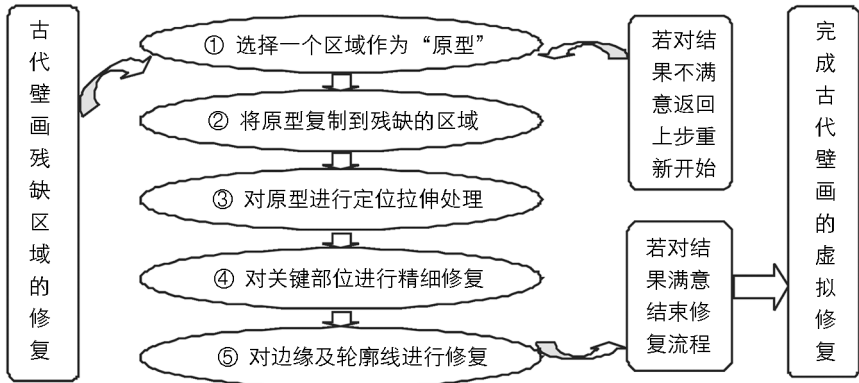


图 6 古代壁画残缺区域虚拟修复流程图

4 古代壁画原貌的恢复

在古代壁画虚拟修复的过程中要想全面、准确地把握不同颜料的褪色与变色规律,还原古老壁画本来面貌是一件十分复杂的工作^[23].如果壁画绘制之初曾经有一部分颜色被遮挡或者与空气隔绝,则较好地保留了可提供复原参考的色彩信息^[24],将壁画自身的色彩作为标准色就显得尤为重要,但是一般情况下这种情况并不多见.凡是暴露于空气中的颜色,历经数百上千年之后即使保存再完好也会产生一定程度的退变.变化后的颜色虽然灰雅沉稳,但是同时也失去了绘制之初鲜艳亮丽、光彩夺目的色彩效果.因此,在恢复古老壁画原貌的最后阶段,必须要对画面上每一个颜色的色彩值进行重新校正^[25].实施的方法:①对原壁画颜料进行收集和采样;②使用XTZ显微镜对获取的颜料样品进行观察,从形貌学角度了解颜色变化的基本情况^[26].③通过科学的分析和判断并结合专家知识,确定壁画中每一个颜色的HSV值;④对颜色的色调、明度、饱和度3个数值进行比对,纠正错误的色彩值;⑤色彩调整完成,恢复壁画绘制之初的本来面貌(图7).



(a) 古代壁画修复前原图



(b) 古代壁画复原后效果图

图7 古代壁画的虚拟修复

5 总结

基于Photoshop实现的古代壁画虚拟复原研究,是在具备绘画领域相关知识和实践经验的前提下应用计算机为工具和技术手段进行的一种尝试.该研究在对原壁画不造成任何伤害的情况下,最大程度地保留了古代壁画的原始信息,成功解决了过去数十年来壁画在临摹性修复中无法解决的一些难题,它比人工修复的壁画更加客观、理性和准确,更利于还原古代壁画的本来面貌.应用计算机虚拟复原壁画的整个过程中可以随时保存当前的效果,对出现的失误可以重新调整,节省了劳动的时间,提高了工作的效率,将古代壁画的数字化保护工作提升到了一个新的阶段.

参考文献:

- [1] 楚启恩. 中国壁画史 [M]. 北京: 北京工艺出版社, 2002.
- [2] 西北大学文博学院, 中国化学会应化委员会考古与文物保护化学委员会. 文物保护与考古科技 [M]. 西安: 三秦出版社, 2006.
- [3] 敦煌文物研究所. 中国石窟敦煌莫高窟: 第二卷 [M]. 北京: 文物出版社, 1999.
- [4] 曾繁森. 四川明代佛寺壁画 [J]. 美术, 1992(4): 59—61.
- [5] 巫新华. 克孜尔石窟壁画 [M]. 济南: 山东美术出版社, 2013.
- [6] 孙正华. 西藏古格壁画 [M]. 合肥: 安徽美术出版社, 1989.
- [7] 中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心. 文物保护修复理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [8] 马里奥·凯利. 文物保护与修复的问题: 第三卷 [M]. 詹长法, 译. 北京: 文物出版社, 2009.

- [9] 尚立滨. 中国传统寺观壁画绘制工艺 [J]. 建筑创作, 2009(2): 138—145.
- [10] 李最雄. 敦煌莫高窟唐代绘画颜料分析研究 [J]. 敦煌研究, 2002, 74(4): 11—18.
- [11] 李雅梅. 中国画的材料与技法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [12] 田金英. 恒温恒湿环境对绘画颜料色牢度影响的试验研究 [A] //中国文物保护技术协会. 中国文物保护技术协会第四次学术年会论文集 [C]. 北京: 科学出版社, 2007: 305—312.
- [13] 马里奥·凯利. 文物保护与修复的问题: 第四卷 [M]. 詹长法, 译. 北京: 文物出版社, 2009.
- [14] 中国文化遗产研究院. 中国文物保护与修复技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [15] 马里奥·凯利. 文物保护与修复的问题: 第一卷 [M]. 詹长法, 译. 北京: 科学出版社, 2005.
- [16] 潘云鹤, 鲁东明. 古代敦煌壁画的数字化保护与修复 [J]. 系统仿真学报, 2003(3): 310—314.
- [17] 毛国红, 张俊松, 何兴恒. 虚拟毛笔模型研究综述 [J]. 系统仿真学报, 2006(3): 669—670.
- [18] 孙玉红, 屠长河, 孟祥旭. 基于形状演化的线条化风格转换与变形 [J]. 计算机辅助设计与图像学学报, 2006, 18(2): 208—211.
- [19] 李 茹. 三维头像的水粉效果渲染 [J]. 计算机工程, 2003(11): 67—68.
- [20] 毕晓峰, 唐敏等, 林建贞. 基于经验的虚拟毛笔模型 [J]. 计算机研究与发展, 2003(8): 2355—2362.
- [21] 李雅梅, 吴中福. 川南石刻图像模版匹配方法研究 [J]. 计算机科学, 2008(7): 247—249.
- [22] 王 琦, 鲁东明. 中国书画的计算机虚拟绘制概述 [J]. 计算机辅助设计与图像学学报, 2007, 19(2): 137—144.
- [23] 林 怡, 鲁东明, 潘云鹤. 虚拟壁画变褪色过程演示系统 [J]. 工程图学学报, 2001(1): 267—268.
- [24] 山西博物院. 山西朔州水泉梁北齐墓葬壁画修复报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [25] 华 忠, 鲁东明, 潘云鹤. 敦煌壁画虚拟复原及演变模拟模型研究 [J]. 中国图像图形学报, 2002(2): 181—186.
- [26] 魏宝刚, 潘云鹤, 华 忠. 基于类比的壁画色彩虚拟复原 [J]. 计算机研究与发展, 1999(11): 1366—1367.

Research on the Virtual Restoration of Ancient Murals Based on Photoshop

LI Ya-mei

College of Arts, Chongqing University, Chongqing 401331, China

Abstract: This paper explores the characteristics of the ancient murals pigments and their discolorations. Then it inquires into the methods of the virtual restoration based on Photoshop which mainly discusses the restoration of the discoloration area in the ancient murals and the concrete practical inpainting approaches in the fragmentary parts. Based on this, this paper expounds the way of ancient murals restoration by adjusting colors in the HSV color-space.

Key words: ancient murals; virtual restoration; inpainting of the fragmentary part; color restoration

责任编辑 潘春燕