

广西花山岩画颜料脱落和褪色原因分析

孙延忠,王志良

(中国文化遗产研究院,北京 100029)

摘要:花山岩画是研究我国百越民族古代社会历史最重要、最直接的资料,岩画颜料脱落和褪色是岩画的主要病害。任何文物发生病害既与其制作材料和工艺有关,也与其保存环境因素相关。本工作在花山岩画制作材料和工艺分析研究以及区域环境特点分析的基础上,分析并讨论了岩画颜料脱落及褪色发生的原因。结果表明,岩画颜料层病害主要是受物理风化(温差变化、高湿度与光辐射)、化学风化-溶蚀作用和胶结材料老化引起;颜料褪色是由于岩画颜料表面覆盖泥质薄膜和颜料胶结材料老化导致颜料颗粒脱落致使颜料色彩饱和度降低,岩画颜色变淡变暗。

关键词:花山岩画;颜料;脱落;褪色

中图分类号: K879.41;TQ621;TQ622 **文献标识码:** A

0 引言

花山岩画位于广西壮族自治区宁明县耀达乡,由我国百越民族的一个重要分支——骆越族绘画于距今2400~1600年之间,对研究古代百越民族历史文化具有重要意义。宁明花山是一座峰峦绵延的断崖山,位于左江支流的明江右岸,临江峭壁布满岩画,画面距江面最高处约90m,最低处约30m(距地面10m),画面宽约170m、画面面积约8000余平方米。除风化剥落和漫漶不清者外,在峭壁上分布着约1900多个大小不等的赭红色人物、动物、道路,以及铜鼓、刀、剑、钟、船等器械图形。人像高度一般在60~150cm之间,最大的高约3m。花山岩画包涵着丰富的社会内容,是研究我国百越民族古代历史最重要、最直接的资料。

颜料是表现花山岩画内容的主要元素,因受自然环境因素的长期影响,颜料的载体—岩石风化现象明显,风化类型复杂多样,化学风化、物理风化和生物风化同时存在和相互影响,导致岩体崩落、片状剥离脱落,造成岩画颜料一起脱落。其中岩画颜料脱落和褪色是主要病害之一,严重者消失殆尽、无法辨认,失去其应有的历史与艺术价值,威胁着岩画的长期保存。对岩画颜料脱落及褪色病害原因研究,是对其进行科学有效治理的前提,对于岩画保护具有重要的现实意义。

1 花山岩画制作材料与工艺

花山岩画的图像全部呈红色,虽经历了2000余年的风吹日晒,但画面至今依然色彩鲜艳。经中国文物研究所(现中国文化遗产研究院)、广西壮族自治区博物馆、中国科学技术大学等单位对岩画颜料采用湿法化学分析、发射光谱分析、X射线衍射分析,结果显示颜料的主要成分是氧化铁(Fe_2O_3),也称红土、铁红^[1~3]。

关于岩画颜料中使用的粘合剂,广西化工研究所对花山岩画颜料进行了红外光谱分析,属于动物蛋白质^[3]。覃圣敏依据民俗学资料,推测岩画颜料利用动物乳汁、血液、皮胶作粘合剂^[4]。广西壮族自治区博物馆与中国科学技术大学合作,对花山岩画颜料粘合剂应用紫外吸收光谱法和红外吸收光谱法的分析结果表明,颜料粘合剂采用的是新鲜植物树液,经过漫长的变化,树液中的松柏醇转变成成为木质素,由于木质素不溶于水,使得岩画能够保存至今^[2]。郭宏利用红外光谱分析表明岩画绘制颜料中掺入植物性胶结材料(植物树液)^[5]。

2 区域环境特征

花山岩画地处北回归线以南,属温暖亚热带季风型气候。岩画区域年均气温为22℃左右,冬季极端低温达0.8℃,夏季极端高温达41.6℃,岩画崖面

受太阳光直射,温度可高达 50 ℃;全年湿度平均在 80%,年平均蒸发量为 1663.7mm,导致相对湿度较大;年均降雨量在 1240.7mm,2001 年达到 1709.6mm,雨季雨量集中,降雨强度大,日最大降雨量为 157.4mm;据统计,从 1953 年至 1980 年明江水位达海拔 118.7m 以上的灾难性洪水就有 15 次,1955 年 9 月 28 日发生的最大洪水,水位高达海拔 123.50m;年均日照时数为 1650h 左右,太阳辐射总量约 108kcal/m²,日照百分数约 35%;受地形影响,岩画区域内风速较小,年平均 1.3m/s,花山崖壁走向为 NNW 向,区内大风多为东北风,最大风速 16m/s,受西南风的影响较大。总之,花山岩画区域基本特征是高温、高湿、光辐射强度大、雨量充沛及低风速等。

3 花山岩画颜料病害原因分析

3.1 岩画颜料层脱落及其原因

3.1.1 颜料脱落现状 岩画颜料受各种环境因素影响,颜料发生不同现象和不同程度的脱落,主要有

5 种脱落形式。

1) 颜料层片片脱落(图 1)。岩画颜料层本身片片脱落,颜料脱落后露出基岩较完整,颜色呈红色,主要由于岩画颜料的人渗造成。此类病害最严重,面积最大。

2) 颜料粉末状脱落(图 2)。岩画颜料粉末状脱落,颜料脱落后露出基岩,颜色呈白色,颜料下面岩石酥粉风化。

3) 颜料连同岩石点状脱落(图 3)。颜料连同岩石不规则点状脱落,脱落处边缘呈白色,点中心呈灰色,脱落点大小约 0.1~0.3mm,点与点之间逐渐连成片。

4) 颜料连同岩石坑状脱落(图 4)。颜料连同岩石坑状脱落,脱落处边缘呈白色,坑底呈灰色。脱落点呈圆形,脱落点逐渐连成一片,脱落点较大,约 0.3~0.6mm。

5) 颜料连同岩石薄片状脱落(图 5)。颜料连同岩石薄片层脱落,脱落后露出岩石呈灰色。



图 1 岩画颜料层脱落

Fig. 1 Exfoliation of rock - painting pigments



图 2 颜料层粉化脱落

Fig. 2 Pulverous exfoliation of Rock - painting pigments



图 3 岩石溶蚀导致的颜料层点状脱落

Fig. 3 Punctate exfoliation of Rock - painting pigments



图 4 岩画颜料坑状脱落

Fig. 4 Pit exfoliation Rock - painting pigments



图5 岩画颜料连同岩石片状脱落

Fig. 5 Rock - painting pigments exfoliation by rock stripping

3.1.2 颜料脱落原因 岩画颜料脱落是影响岩画长期保存的主要病害之一。引起岩画颜料脱落的主要原因是物理风化、凝结水的溶蚀作用、以及颜料胶结材料的老化等因素造成的。

1) 胶结材料老化导致颜料脱落。花山岩画颜料胶结材料处于高温、高湿和强光辐射等因素,颜料中胶结材料发生老化反应,胶结性能不断丧失,导致颜料层与岩石的粘结性降低,颜料层片状或颜料粉末状脱落。

2) 物理风化导致颜料脱落。由花山岩画区域温度变化可知,虽然大气温度变化幅度和速度不大,但受太阳光直射,崖面温度最高可达 50℃,崖面温度变化幅度较大,极端温差高达40℃。岩画岩石主

要由方解石组成,是热的不良导体,岩画岩面的温差变化导致岩画表面岩石出现微裂隙,微裂隙的存在和发展改变了岩石的力学性能,造成岩石沿裂隙片状或薄层剥离,并最终连同颜料一起脱落。另外,高湿环境造成岩石湿胀干缩,导致岩石中可溶盐体积膨胀或收缩,最终引起岩画表层产生片层或薄层剥落。

3) 化学风化 - 表面凝结水的溶蚀。化学风化离不开水的作用,岩画岩石的孔隙率为 2.87%,吸水率为 0.16%^[6],渗透系数极低,几乎不透水,因此岩石内部的毛细水和孔隙水基本不存在,造成岩石化学风化的水主要来自大气环境,外界的酸雨、酸雾、冷凝水的附着和浸润是岩石坑状风化的主要原因。

湿度、风速、气温、岩石表面温度是形成凝结水的主要因素。相对湿度是关键因素,空气湿度大、岩石表面温度低、风速小,易形成凝结水。由花山岩画区域环境数据分析可知,花山岩画区域环境特征是高湿度、低风速,早上岩石表面温度低,形成严重的凝结水。凝结水的长期存在,造成岩画表面产生溶蚀作用,形成“U”型和“W”型溶蚀坑^[7],导致岩画岩石附带颜料点状脱落,并为生物风化和物理风化创造条件。同时,凝结水过程可将空气污染物等有害物质带入岩画表面,对岩画产生不利影响。

3.2 颜料褪色及其原因分析

3.2.1 颜料褪色现状 颜料变色或褪色是岩画常见的病害。花山岩画颜料受各种环境因素影响,颜料颜色变淡变暗(图6)。



颜色鲜艳



褪色

图6 岩画颜料褪色病害

Fig. 6 Fading of rock - painting pigments

3.2.2 褪色原因分析 岩画颜料的主要成分是铁红($\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$),铁红是化学性质较稳定的颜料,本身不存在褪色或变色问题。根据现场分析和环境资料分析,虽然岩画区域风力不大,但高湿度使岩画表面经常形成凝结水,岩画对面是农民耕地,岩画表面覆盖一层较厚的泥质薄膜;同时胶结材料

的老化而失去粘结性能,使颜料颗粒呈粉末状脱落,致使颜料层色彩饱和度降低,视觉反应岩画颜色变淡。

4 讨论

4.1 影响花山岩画颜料脱落的主要环境因素

高温、高湿、强辐射是造成岩画颜料脱落的主要环境因素。高温及温差导致岩画岩石发生体积膨胀。岩画岩石不同温度热膨胀率见表 1。表 1 表明 90℃ 以下热膨胀率是 0.02%。表明在花山岩画保存环境下,岩石的热膨胀率变化很小,但方解石的热膨胀系数是非常的各向异性(图 7)。岩石各向异性

热膨胀特征,晶格平行方向与垂直方向膨胀性相反, $\alpha_{||}(50^{\circ}\text{C}) = 26.6 \times 10^{-6}$, $\alpha_{\perp}(50^{\circ}\text{C}) = -5.2 \times 10^{-6}$ ^[8,9],使岩石产生应力不同,其随着温度升高,平行方向晶格膨胀,而垂直方向随温度升高,晶格收缩变小,最终导致方解石受热后发生碎裂,颜料连同岩石薄层一起剥离脱落。

表 1 花山岩画岩石不同温度(℃)下的热膨胀率
Table 1 Thermal expansion of Huashan rock in different temperature (%)^[6]

岩石名称	27℃	50℃	80℃	90℃	100℃	120℃	160℃	200℃
岩画岩石	0.02	0.02	0.02	0.02	0.022	0.03	0.048	0.076
剥离岩石	0.02	0.02	0.02	0.02	0.023	0.026	0.046	0.076

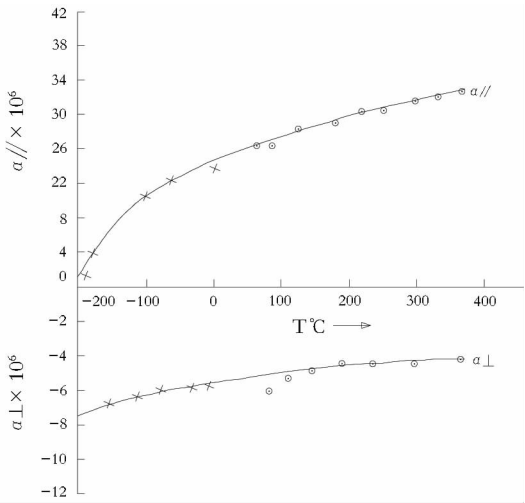


图 7 方解石平行方向和垂直方向热膨胀性^[8,9]
Fig.7 Thermal expansion of calcite in vertical and parallel to the Axis

根据岩画区域日照数据,岩画画面在每天 12 点以后都受日光直射,岩画日照时间长,光辐射度强度大。白天太阳光辐射使岩画表面温度很快升高,岩石表面受热膨胀,热量缓慢向岩石内部传递,内部因传热慢温度上升较慢,导致岩石内外受热不同,内外体积膨胀不同,产生横向裂缝;晚上岩石表面温度迅速下降,体积发生收缩,内部温度下降较慢,内外体积收缩不同,产生垂向裂缝。岩石内外收缩速率不同致使内部产生应力,岩石内外应力导致岩画颜料连同岩石发生片层或薄层脱落。

另外,白天太阳光线辐射到岩画表面,岩石中水分蒸发,晚上岩石从空气中吸收水分,引起岩石的湿胀干缩,并导致岩石中可溶盐体积膨胀或收缩,最终引起岩画颜料表层产生片层或薄层剥落。

4.2 关于岩画褪色原因分析

岩画颜料的稳定性是决定岩画是否褪色的关键因素之一,影响颜料稳定性的主要环境因素是光辐射、高湿度、空气污染物中的酸性气体。李最雄等对

铁红进行高温(25 ~ 80℃)、高湿(RH = 90%)、干燥(0 ~ 48%)、光照(15000lux)等稳定性研究,研究结果表明铁红是非常稳定的颜料,不会褪色^[10]。本研究模拟花山岩画区域环境特征,岩画颜料经过紫外光照、高湿、高温等进行加速老化试验,进行岩画颜料稳定性分析。分析结果表明,岩画颜料经过 720h 加速老化后,色差和光泽及化学成分没有变化,说明岩画颜料本身化学性质较稳定,不存在褪色或变色问题。在长期的保存环境下,花山岩画颜料表面物理成因沉积泥质薄膜层,加之颜料胶结材料老化导致颜料脱落而使颜料颜色色彩饱和度降低,视觉反应颜色变暗。如果这一过程持续进行,颜料层脱落将会继续。

4.3 花山颜料脱落病害防治建议

通过以上岩画颜料病害原因分析可知,颜料病害主要有颜料胶结材料的老化和物理化学等因素引起的岩画岩石片状剥离而导致颜料脱落,而岩画自然保存环境条件不能改变,因此颜料病害的防治只能选择化学加固保护。选择适合岩画保存区域环境因素的保护材料对岩画基体岩石和颜料进行加固保护,防治岩画岩石基体的风化,以防止颜料进一步的脱落。

5 结 论

- 1) 岩画颜料中胶结材料受光照等环境因素老化导致颜料片状或粉末状脱落。
- 2) 岩画岩石热膨胀性的各向异性,导致颜料层连同岩石一起片状薄层脱落。
- 3) 岩画表面凝结水的溶蚀作用导致颜料点状脱落。
- 4) 岩画颜料较稳定,不会褪色,岩画颜料色彩变淡是因为表面覆盖泥质薄膜或颜料因脱落导致颜料颗粒密度降低,使岩画变得模糊不清或颜料色彩

饱和度降低,视觉反应岩画颜色变淡变暗。

参考文献:

- [1] 中国文物研究所. 广西岩画红色涂料定性鉴定结果[J]. 广西文物, 1986, (2): 72.
China National Institute of Cultural Property. Qualitative identification of the red pigment for the petroglyphs in Guangxi[J]. Guangxi Cult Prop, 1986, (2): 72.
- [2] 邱钟仑, 李前荣. 花山岩画颜料和粘合剂初探[J]. 文物, 1990, (1): 85-87.
QIU Zhong-lun, LI Qian-rong. Initial research of the pigment and adhesive of the petroglyphs on the Flower mountain[J]. Cult Relic, 1990, (1): 85-87.
- [3] 龙刚强. 左江流域崖壁画成分的推断[J]. 广西民族研究, 1986, (4): 34-42.
LONG Gang-qiang. Deduction on the rock composition of the petroglyphs in the Zuo river drainage area[J]. Guangxi Nat Res, 1986, (4): 34-42.
- [4] 覃圣敏. 广西左江流域崖壁画考察与研究[M]. 南宁: 广西民族出版社, 1987: 127-145.
QIN Sheng-min. Investigation and research of petroglyphs in the Zuo river field, Guangxi[M]. Nanning: Guangxi Nationality Publishing House, 1987: 127-145.
- [5] 郭宏, 韩汝玢, 赵静, 等. 广西花山岩画颜料及其褪色病害的防治对策[J]. 文物保护与考古科学, 2005, 17(4): 7-14.
GUO Hong, HAN Ru-bin, ZHAO Jing, et al. Pigment and the prevention of its fading on petroglyphs of the flower mountain[J]. Sci Conserv Archaeol, 2005, 17(4): 7-14.
- [6] 郭宏. 广西花山岩画病害机理及其防治对策研究[D]. 北京科技大学, 博士论文, 2005.
GUO Hong. A study of weathering damage of the Huashan rock paintings in Guangxi and their treatment[D]. University of Science & Technology Beijing, Doctor thesis, 2005.
- [7] 郭宏, 韩汝玢, 赵静, 等. 广西花山岩画岩石化学风化机理研究[M] // 文物科技研究. 第三辑. 北京: 科学出版社, 2004: 10-19.
GUO Hong, HAN Ru-bin, ZHAO Jing, et al. Research of chemical weathering mechanism of petroglyphs of the Flower Mountain in Guangxi Zhang Municipality[M] // Scientific and technological research on cultural relics. Vol. 3. Beijing: Science Press, 2005: 10-19.
- [8] Srinivasan R. The Thermal expansion of calcite from room temperature up to 400℃[J]. Proc Math Sci, 1955, 42(5): 81-85.
- [9] Physical weathering of marbles caused by anisotropic thermal expansion[J]. Int J Earth Sci, 2000, 89: 170-182.
- [10] 李最雄. 光和湿度对土红朱砂和铅丹变色的影响[C] // 敦煌研究文集, 石窟保护篇上. 兰州: 甘肃民族出版社, 1993: 219-235.
LI Zui-xiong. Influence of light and humidity on red lead, vermilion and hematite[C] // Corpus of Duhuang: Conservation of Rock Caves. Lanzhou: Gansu Nationality Publishing House, 1993: 219-235.

Analysis of the flaking and fading of pigments in the Huashan rock – painting

SUN Yan – zhong, WANG Zhi – liang

(China Academy of Cultural Heritage, Beijing 100029, China)

Abstract: The Huashan rock painting provides the most important and direct information for studying the ancient social history and culture of Baiyue people in China. Flaking and fading of pigment are the main deterioration problems in rock paintings. All deterioration can be related to materials and craftsmanship, and to environmental factors, too. The effects of materials, craftsmanship and regional environmental characteristics on pigment flaking and fading on the Huanshan rock painting are discussed. This study shows that rock painting pigment deterioration was caused mainly by physical weathering (temperature changes, high humidity and light radiation), chemical weathering and dissolution, and aging of binding materials. Fading of pigments was caused by a thin dust layer on the top, and loss of pigments is caused by aging of the binding materials. Therefore, the paint becomes less saturated and looks faded and darker.

Key words: Huashan rock painting; Pigment; Flaking; Fading

(责任编辑 潘小伦)