

“化”说国漆——普漆中化学，传漆艺非遗

王映贤，苏田野，沈利苗，高金苹*，武庆贺*

汕头大学化学化工学院(碳中和未来技术学院)，广东 汕头 515063

摘要：漆在中国数千年的使用沉淀出独特的漆艺文化。这里的“漆”是指大漆，从漆树中采集，主要成分漆酚通过化学反应形成漆膜，漆膜具有防潮、耐高温、耐酸碱等优良性质。大漆与色粉混合可以调制出光彩照人的色漆，被广泛地应用于髹饰、设备防腐和文物修复等。将科学与文化相结合，普漆中化学，传漆艺非遗，本文从化学的视角出发，介绍大漆中的化学成分和性质，从漆酚到漆膜发生的化学反应，设计一系列科普实验验证什么是大漆及其优良性质，让科普对象深切体会化学无处不在、化学的重要应用；介绍漆的发展历程，增加中小生动手参与漆器制作和漆画绘制等梯度科普环节，锻炼青少年的动手能力，传递漆文化与漆艺人的工匠精神。通过糅合漆艺和化学，使科普对象领略到漆艺之美，认识到化学在漆中的重要作用，激发对化学的兴趣，从而达到弘扬漆艺非遗文化和传播化学科学知识的目的。

关键词：大漆；漆酚；化学漆；非遗；科普实验

中图分类号：G64；O6

Introduction of Chinese Lacquer from the Perspective of Chemistry: Popularizing Chemistry in Lacquer and Inherit Lacquer Art

Yingxian Wang, Tianye Su, Limiao Shen, Jinping Gao*, Qinghe Wu*

College of Chemistry & Chemical Engineering, Shantou University, Shantou 515063, Guangdong Province, China.

Abstract: The use of lacquer in China for thousands of years has resulted in the development of a unique lacquer art culture. The “lacquer” refers to urushi lacquer, which is collected from lacquer trees. Lacquer phenol undergoes series of chemical reactions to form a solid film with excellent properties, such as moisture resistance, high temperature resistance, and resistance to acid and alkali. Adding color powder into lacquer can produce a brilliant color paint, which is widely used in jewelry, anti-corrosion and cultural relics restoration. From the perspective of chemistry, the chemical composition, properties of lacquer and the chemical reaction of urushiol to lacquer film are introduced. Also, a series of popular science experiments are designed to verify what is lacquer and its excellent properties so that the people can deeply understand the ubiquity and importance of chemistry. The introduction of the history of lacquer, and the hands-on participation of primary and secondary school students in lacquerware production and lacquer painting drawing could exercise hands-on ability of young people, and convey the lacquer culture and the craftsman spirit of lacquer artists. The combination of lacquer art and chemistry can help the people to appreciate the beauty of lacquer art, realize the crucial role of chemistry in lacquer, and stimulate their interest in chemistry, therefore, realize the purpose of carrying forward the intangible cultural heritage of lacquer art and spreading the scientific knowledge of chemistry.

Key Words: Lacquer; Urushiol; Chemical paint; Intangible cultural heritage; Popular science experiment

收稿：2023-12-04；录用：2024-02-04；网络发表：2024-04-26

*通讯作者，Emails: wuqh@stu.edu.cn (武庆贺); jggao@stu.edu.com (高金苹)

基金资助：广东省教育厅创新团队项目(2021KCXTD032)

漆艺文化在中国历史的长廊中生发起伏、延绵不断地积累而繁盛,经过了8000多年的历史演进、文化积淀发展至今。从原始社会,我国先民们就已发现漆树并懂得使用由漆树的汁液制成的天然漆来做涂料以增加物品的强度和寿命。井头山遗址出土的八千多年前两件木器上的漆涂层,是我国乃至世界最早使用漆的记录^[1];到了明清漆艺达到顶峰^[2],出现了“千文万华”的局面,每个朝代对漆艺的发展都做出了巨大的贡献,才促成如今品类繁多的漆器艺术品。漆艺作为中国优秀传统文化遗产之一,具有举世瞩目的艺术光辉和独特的文化魅力,对人类物质文明和精神文明的发展贡献巨大。

漆,涂也,饰也,传也。几千年来大漆工艺作为独具中华气息的瑰宝,不仅是因为它“百里千刀一斤漆”的珍贵,也不仅因为它“滴漆入土 千年不腐”的稳定,更多的是因为它与中华文明相辅相成的品格,海纳百川,兼容并包。它在中国漆匠手上闪转腾挪、薪尽火传,每当一件华彩纷呈的漆器制作出来,人们都会赞叹漆器华丽丰富的色彩、内蕴温敛的光泽、细腻光滑的触感。漆艺如此熠熠生辉离不开它的原料——大漆。大漆,是人工割取漆树获得的一种天然树脂涂料,故大漆又名生漆、土漆、国漆,是一种最具东方特色的自然材料,中国是世界上最早熟练掌握用漆的国家。在大漆中加入桐油、色粉等助剂,可制备成色彩斑斓的色漆,应用于家具、防腐和漆艺等众多领域。

大漆主要由漆酚、漆酶、含氮物、树胶质、水分等组成,其中漆酚是大漆的主要成分,含量为50%–75%,是主要成膜物质^[3]。漆酚的含量越多,大漆的质量就越好。大漆形成的漆膜具有众多优良的性质。第一,大漆耐化学试剂腐蚀能力优良,大漆的漆膜耐酸、耐盐、耐油、耐有机溶剂,是优良的耐腐蚀涂料;第二,耐久性极佳,这早已由出土的文物证实,如1972年湖南长沙马王堆出土的西汉朝棺木和漆器距今已有2000多年,其漆膜鲜艳完整,充分证明大漆的漆膜耐水、耐潮湿;第三,耐磨性好,可以防锈漆、可抛光,这是由漆酚的结构所决定的,由于含苯环而刚性好、硬度高,因此耐磨;第四,耐热性好,可以在150℃下长期使用,瞬时可达200℃,若加入耐热性颜料填料还可以进一步提高漆膜的耐热温度^[4]。

人类对漆的探索,促进了大漆向现代漆的过渡。在这一过程中,化学扮演着重要的角色。自战国起,制漆工匠已熟练掌握桐油和大漆的复配,并形成了“油漆”的习惯称呼,流传至今,这也说明中国较早地掌握了在漆中使用助剂的加工手段及促进成膜性质的技术。17世纪中期,欧洲开始工业革命,油漆发展进入一个新时期,英国建立起了第一个油漆厂。近现代,有机化学和高分子学科的建立,为油漆的开发、研究提供了坚实的理论基础^[5,6]。

为了更好地向中小学生和公众呈现科普内容,我们拟开展梯度科普,采用多种方式普及科学知识,为实现“大科普”的格局而努力^[7]。对于小学生,主要开展科普课堂,带领他们了解漆艺的发展与文化遗产,介绍漆中化学知识,进行漆画绘制与漆器的制作;对于中学生,主要引导他们了解漆酚的性质与反应,利用实验探究漆膜的成膜性、耐酸碱性,通过严谨的化学实验学习漆的物理、化学性质。该科普加入“密信书写”这种有趣的实验展示漆酚与金属离子的反应;利用漆艺相关的创新实验和漆画、漆器的制作向公众传播漆中化学和漆艺之美,通过科学与文化相结合的科普实验,普及漆中化学,传漆艺非遗。本科普利用化学实验揭示漆中化学,使受众了解什么是漆,以及漆的性质、作用和用途,了解漆器制作和漆艺文化的传承,可以提升青少年和公众对漆艺文化和漆中化学知识的认知,理解科学与文化相辅相成,化学的应用无处不在;可以锻炼青少年的动手能力,切身体验漆器制作工艺,传递漆文化与漆艺人的工匠精神;可以传播科学精神,激发中小学生对化学和非遗文化的好奇心和探索欲。

1 实验部分

1.1 实验原理

大漆中的主要成分漆酚是由含有0–3个双键的C₁₅和C₁₇侧链脂肪烃取代基的邻苯二酚衍生物混合物组成的多酚类化合物^[8]。它是一种棕黄色粘液,稍溶于水,溶于乙醇、二甲苯等有机溶剂^[9]。图1为常见漆酚类型的结构式。

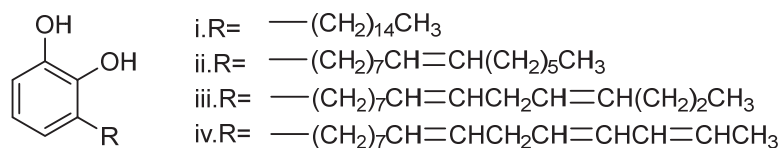


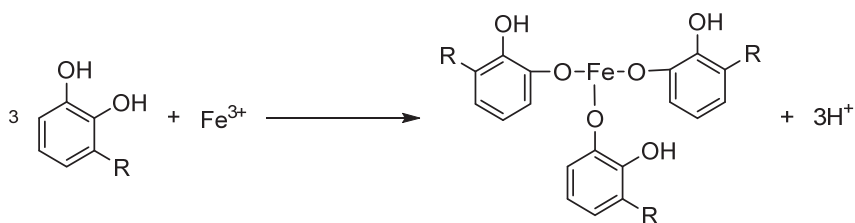
图1 常见漆酚类型的结构式

它具有两个相邻的酚羟基，所以有酚类的特性；苯环上邻位和对位氢原子受酚羟基影响，化学性质活泼；苯环侧链上的不饱和双键和共轭双键，可发生聚合反应。

本科普实验中涉及漆酚的反应及对应机理可总结如下^[8,10-12]：

(1) 漆酚与金属的配位反应。

漆酚与 Fe^{3+} 可以反应生成淡紫色的配合物(图2)，反应中漆酚以一个离子态的氧负离子及一个酚羟基或两个离子态的氧负离子与铁络合，在强酸性条件下形成一配位络合物，在pH为4-6时形成二配位络合物，在碱性状态下形成三配位络合物。


 图2 漆酚与 Fe^{3+} 反应式

(2) 氧化还原反应。

漆酚可被氧气氧化，特别是在有漆酶存在时，最终生成棕黑色聚合物(图3)。酚羟基通过离解生成氧自由基，进一步失去电子生成邻醌，邻醌可发生聚合反应。

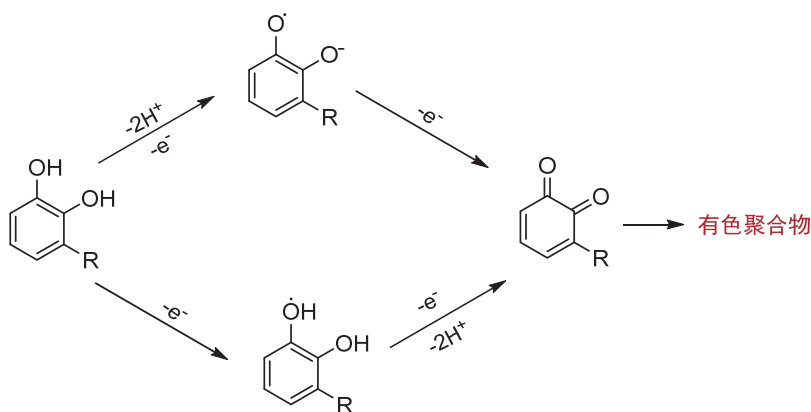


图3 漆酚氧化反应

(3) 成膜反应(交联反应)。

漆酚在空气中分子间相互键合，形成具有较高稳定性的漆膜，成膜反应主要分为三步。第一步，漆酚在氧气条件下经漆酶催化氧化，生成半醌自由基，自由基的转移生成聚合物(图4)；第二步，脂肪族不饱和侧链上发生自氧化反应构建交联并不断聚合(图4)；第三步，形成三维空间的网状体型结构的化合物，进而固化成膜。

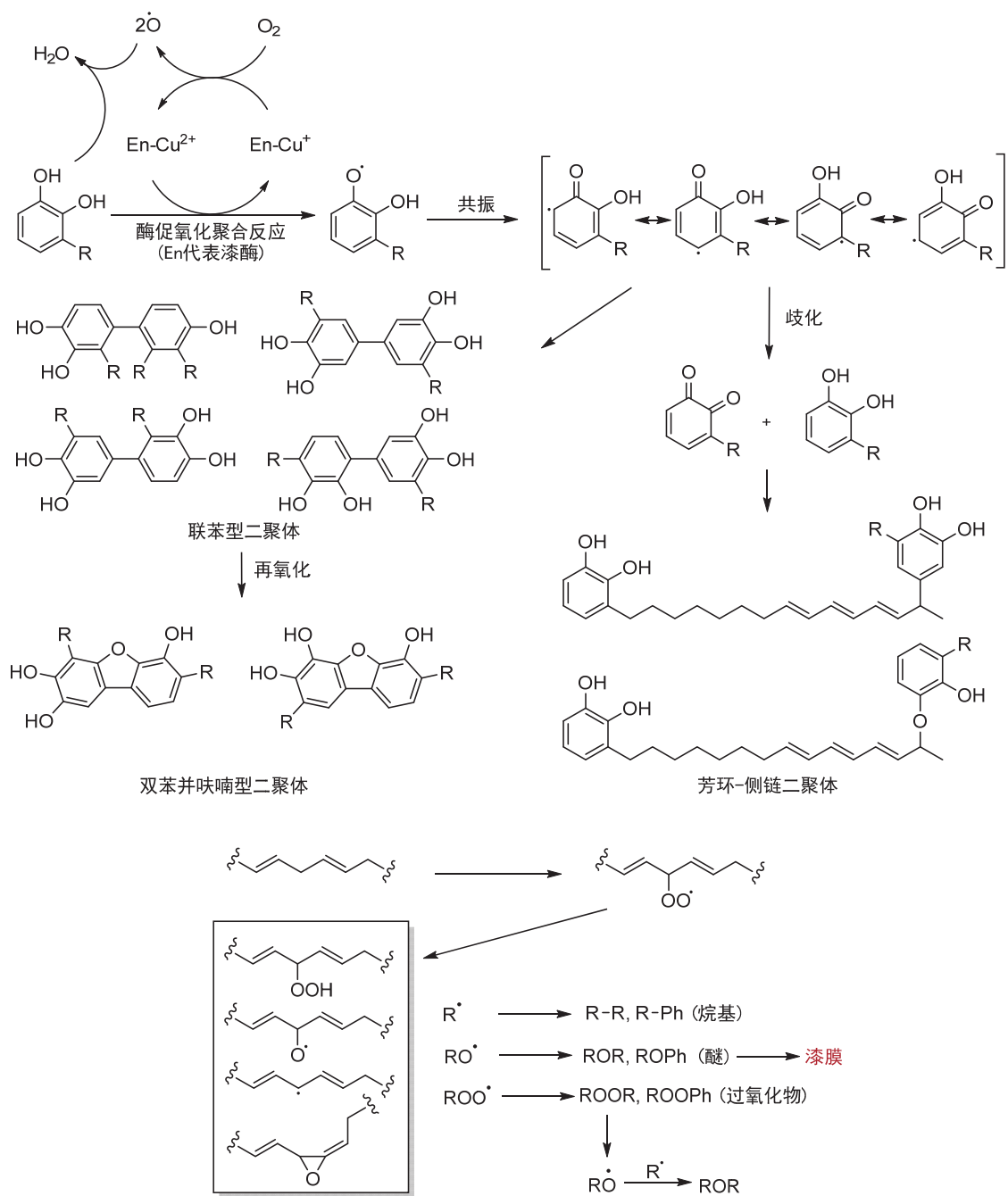


图4 漆酶催化漆酚氧化及漆酚不饱和侧链的自氧化

1.2 试剂或材料

实验所需主要试剂如表1所示。在使用大漆时应佩戴手套，如果长时间接触，会引起皮肤过敏的现象，出现红斑、起疹、瘙痒等现象。

1.3 实验步骤/方法/现象

1.3.1 漆酚酚羟基的配位显色

先配制50 mL大漆乙醇溶液(20 g·L⁻¹)和1%氯化铁乙醇溶液，用画笔蘸取大漆溶液在滤纸上书写，干燥后字迹不可见。在书写区域用喷瓶喷洒1%氯化铁乙醇溶液，有蓝色字迹出现(图5)。

表1 实验所用试剂

试剂	规格	生产厂家
大漆		陕西西龙头国漆文化产业有限公司
乙醇	分析纯	西陇科学股份有限公司
石油醚	分析纯	西陇科学股份有限公司
氯仿	分析纯	西陇科学股份有限公司
氯化铁	分析纯	西陇科学股份有限公司
罗丹明B	分析纯	国药集团化学试剂有限公司
锌粒	分析纯	西陇科学股份有限公司
盐酸	分析纯	广东光华科技股份有限公司
氢氧化钠	分析纯	西陇科学股份有限公司
橘子油	分析纯	陕西西龙头国漆文化产业有限公司
清漆		青岛光辉彩饰有限公司
色漆		陕西西龙头国漆文化产业有限公司

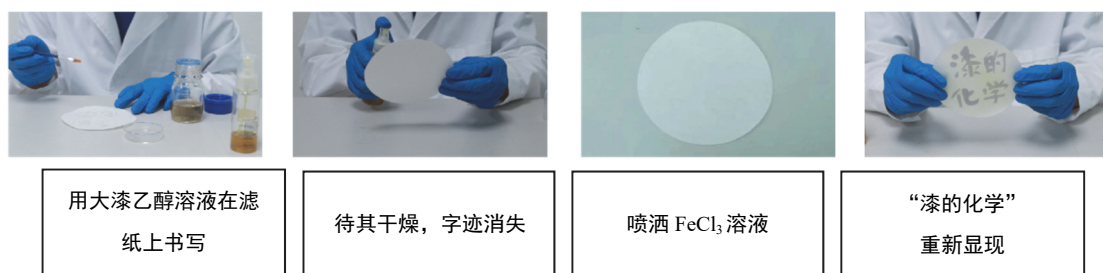


图5 保密书写与解密显影过程示意图

1.3.2 薄层色谱法分离漆酚

先配制50 mL大漆乙醇溶液($20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)和1%氯化铁乙醇溶液,用滤纸对其进行过滤,得到澄清的大漆溶液。量取12 mL氯仿加入到层析缸中。在离硅胶板底端约1 cm处,用铅笔划线,用毛细管蘸取配制好的大漆溶液和漆酚标准液点样于原点线上,自然风干,重复2-3次。将硅胶板放入到装有展开剂的层析缸中,静置观察,等待层析液爬升,待展开剂爬升至接近硅胶板顶部的位置后,取出滤纸,画前沿线,自然晾干后在254 nm的紫外线照射下在硅胶板不同位置观察到暗斑,说明漆酚随层析液迁移并分离(图6)。

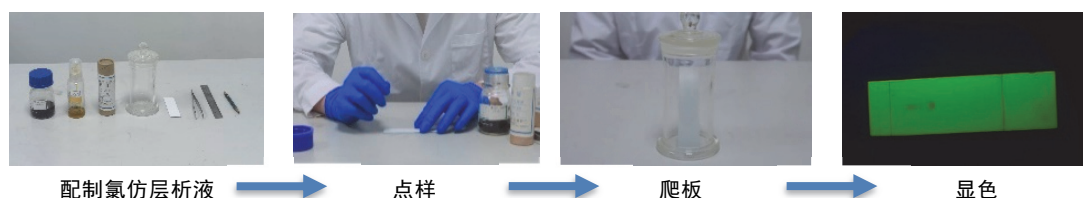


图6 薄层色谱法分离漆酚过程示意图

1.3.3 大漆的氧化现象

取少量大漆于表面皿中,发现大漆最初呈土黄色,在空气中放置后颜色逐渐变为棕黑色(图7)。

1.3.4 大漆的成膜性及耐酸耐碱性

方案一:配制 $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸,取两粒锌粒,在其中一粒的表面涂上大漆,干燥后分别将两粒锌粒投入 $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸中,观察到未涂大漆的锌粒表面产生大量气泡,而涂抹大漆的锌粒无明显变化(图8)。



图7 漆酚氧化过程示意图

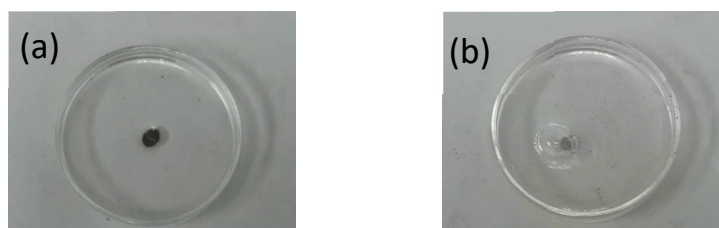


图8 锌粒法探究成膜性及耐酸性

(a) 有大漆，表面无气泡产生；(b) 未涂大漆，有大量气泡产生

方案二：配制 $6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸和 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠水溶液，再取少量罗丹明B溶于乙醇配成溶液。用大漆对涂有罗丹明B的滤纸片进行包裹成膜，干燥后，将涂有大漆的滤纸片浸入含有酸/碱的培养皿中，同时以未涂大漆的涂有罗丹明B的滤纸片为对照组。可以观察到，涂有大漆的滤纸片在酸或碱中均不使溶液染色，而未涂大漆的滤纸片使溶液迅速染色，其中酸溶液呈橙色，碱溶液呈红色，分别如图9与图10所示。

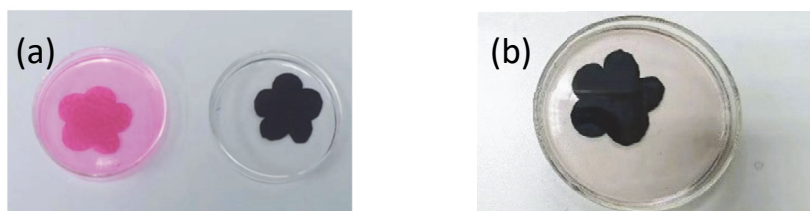


图9 罗丹明B法探究成膜后耐酸性

(a) 浸入HCl溶液5 min后对比；(b) 浸入HCl溶液2 h

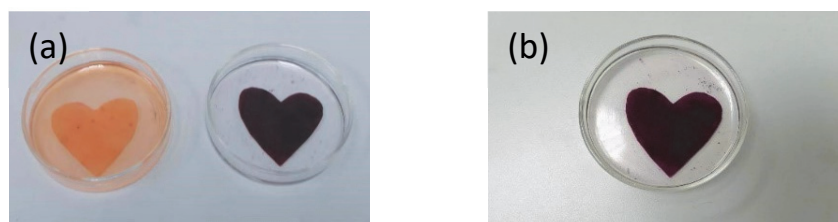


图10 罗丹明B法探究成膜后耐碱性

(a) 浸入NaOH溶液5 min后对比；(b) 浸入NaOH溶液2 h

2 科普展示和互动方案

对于小学及初中生，我们将非遗文化与化学知识带入校园，开展科普课堂，简述漆艺的发展与非遗传承，普及漆中的化学，使之既了解漆艺非遗，又认识化学之用；开展科学实验，使科普对象认识漆，同时通过“密信书写”验证漆酚，体验化学之趣，培养化学兴趣；结合美育教育，通过打

磨漆艺吊坠使其了解传统工艺，体会漆器之美。

对于高中生，我们将提高科普课堂的课程深度，将思政教育、科学与文化相结合，讲述漆中化学，传播漆艺文化。在科普课堂中，讲述漆的历史与非遗文化，传递匠人精神，传授漆中化学，挖掘漆艺非遗，梳理化学应用；从漆的性质与作用出发，探究化学视角下的漆，启发科普对象对漆中化学原理的理解与应用，尝试用化学方法分析问题；动手打磨漆器手镯和葫芦以及绘制漆画，感受工匠精神。

对于社会公众，我们结合科普宣讲、媒体传播与海报宣传三种方式，既传递漆的发展与应用，又能宣传漆中非遗文化，更能实现漆中化学科普，让科普对象不仅能了解非遗文化，更能认识漆与化学的关系，发现化学之用、化学之美、化学之趣，消除对漆、对化学的刻板印象。

在活动开展过程中，我们将“科学知识”和“非遗文化”相结合，讲述漆的历史发展及其演变为涂料的现状与前景，普及漆中化学知识，传承漆艺非遗文化，弘扬工匠精神，促进中小學生和社会大众的科学文化素养的提升，通过动手体验科普实验与漆器制作，有利于参与者体会探究漆器制作过程的乐趣，了解我国深厚的文化底蕴，促进文化繁荣，认识化学在各行各业的重要应用，促进科学知识普及。

2.1 密信书写

巧妙利用漆酚遇到三氯化铁乙醇溶液会变色的化学特性，采用过滤后的大漆溶液在纸张上进行隐形书写，待其风干后，将三氯化铁乙醇溶液喷撒在已书写纸张上，利用显色特性使得字迹显现，达到保密书写和解密显影的效果(图11)。



图11 密信书写

2.2 漆画绘制

向色漆中加入适量稀释剂(橘子油)混合均匀，取适量混合溶液加入水槽中，携带色漆的油膜在水面扩散，可以产生不同的形状。调整到合适的图案后将准备好的白纸或扇子放入其中制作如图12所示的漂流漆，由于不同颜色漆的流动，每次在纸上呈现出来的图案千变万化，十分神奇。

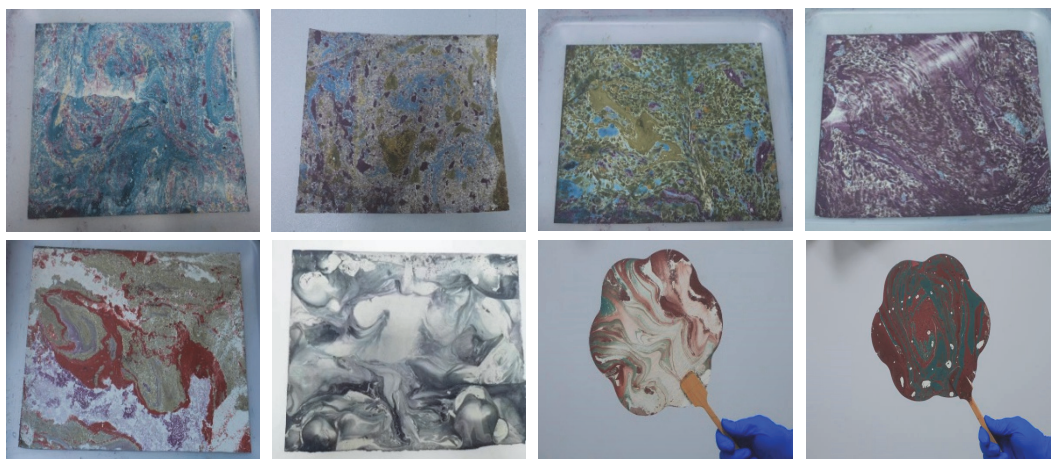


图12 漆画成果图

2.3 漆酚的薄层色谱研究

向高中生介绍薄层色谱的原理及操作方法，鼓励他们动手进行漆酚的薄层色谱实验，将课本上的层析原理与科普实验相结合，助力他们学化学、用化学、爱化学。

2.4 漆器制作

2.4.1 葫芦漆器

在不同颜色的色漆中加入适量橘子油稀释，准备一个已经打磨好了的大漆葫芦胎体，将用橘子油稀释后的色漆滴淋到葫芦上，并晾干即可制得如图13所示的流体葫芦。



图13 漆器——葫芦

2.4.2 手镯漆器

准备一个已经打磨好了的木质手镯，用刷子将经橘子油稀释后的色漆刷在表面，晾干后再用刷子于其表面刷一层透明漆即可制得美丽的手镯，也可经过多次涂漆打磨过程制作更光亮更具质感的犀皮漆手镯，实验中获得的手镯漆器如图14所示。

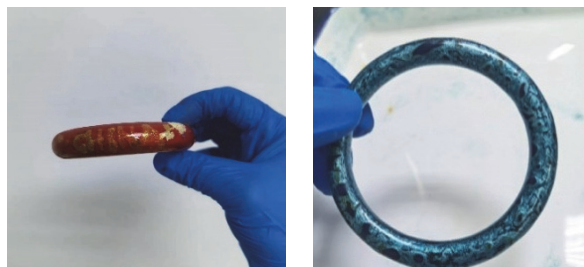


图14 漆器——手镯

2.4.3 漆艺吊坠

引导学生体验水磨工艺(图15)，让他们将已上漆的吊坠用不同目的砂纸进行分步多次打磨，用水清洗干净后，再用抛光粉和抛光油进行多次抛光，使吊坠表面呈现不同颜色与图案，发出令人赏心悦目的光泽。



图15 科普进校园

3 结语

“化”说国漆的科普创新与实践主要是将“科学知识”和“非遗文化”相结合,介绍我国传统文化漆艺的发展历程及漆中的化学,提升科学与文化认知,了解化学在非遗文化中的重要作用;通过化学实验,利用薄层色谱法来分离漆酚,探究漆膜的保护作用和修饰作用,科普实验具有原料获取环保方便、实验原理通俗易懂、实验操作方法简单易行等特点。此外,以大漆为原料,让科普对象体验密信书写、色漆绘画、漆艺制作等较为新颖的活动,用化学方法探究漆中科学奥秘,从漆器制作中感悟漆艺文化,传播化学之用、漆器之美,培养中小學生及社会公众的动手能力、探索精神和对化学的兴趣,促进科学素养和人文素养提升。

4 特色

- (1) 题材新颖:漆艺与化学结合,普及漆中化学,又传递漆文化与匠人精神等;
- (2) 环保、普适:生漆源于天然,实验科学趣味,梯度科普鲜明,传播广泛多维;
- (3) 教育意义突出:科学和非遗文化进校园,传工匠精神与科学教育,促劳育美育建设。

参 考 文 献

- [1] 宋瑞雪. 中国生漆, **2021**, *40* (2), 12.
- [2] 彭景. 传承与创造[硕士学位论文]. 昆明: 云南艺术学院, 2022.
- [3] 毛蕾蕾, 钱叶苗. 中国涂料, **2008**, *23* (12), 56.
- [4] 叶扬祥, 潘肇基. 涂装技术实用手册. 北京: 机械工业出版社, 2003: 39-40.
- [5] Otsuka, T.; Fujikawa, S.; Yamane, H.; Kobayashi, S. *Polym. J.* **2017**, *49* (3), 335.
- [6] Gupta, S.; Puttaiahgowda, Y. M.; Nagaraja, A.; Jalageri, M. D. *Polym. Adv. Technol.* **2021**, *32* (12), 4642.
- [7] 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》. [2022-09-04].
https://www.gov.cn/zhengce/2022-09/04/content_5708260.htm
- [8] 张飞龙. 中国生漆, **2010**, *29* (1), 26.
- [9] 王箴. 化工辞典. 第4版. 北京: 化学工业出版社, 2000: 721-722.
- [10] 廉鹏. 陕西师范大学学报(自然科学版), **2004**, No. S1, 99.
- [11] Lu, R.; Yoshida, T.; Miyakoshi, T. *Polym. Rev.* **2013**, *53* (2), 153.
- [12] Xia, J.; Lin, J.; Xu, Y.; Chen, Q. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2011**, *3* (2), 482.