

化学科普创作的多元化艺术表达——以蓝晒为例

何绮婷*

南方科技大学化学系, 广东 深圳 518055

摘要: 化学科普创作者如何在介绍化学知识的过程中不失趣味性? 他们需要尝试多元化的艺术表达方式来呈现化学之美。本文探讨影像时代下科普创作的艺术表达创新, 介绍作品呈现的创作过程, 探究超越物质的精神追求。以《化学与生活》系列视频中的《蓝色颜料》、短片《蓝晒之夏》以及跨界艺术展《蓝晒×生命》为例, 采用视听融合等艺术手法, 展现蓝晒艺术的化学奥妙, 呈现视频作品和艺术展览的审美情感。此外, 将科普文章“蓝色颜料之蓝晒奇旅”中的研究内容融入化学课堂中, 建构了新颖有趣的知识传播形式。

关键词: 化学科普; 蓝晒; 蓝色颜料; 跨学科研究; 科学可视化; 知识传播

中图分类号: G64; O6

Diversified Artistic Expressions of the Creation of Chemical Science Popularization: Taking Cyanotype as an Example

Qiting He *

Department of Chemistry, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, Guangdong Province, China.

Abstract: How can the creators of chemical science popularization introduce chemical knowledge without losing the fun? They need to try diversified artistic expressions to present the beauty of chemistry. This article discusses the innovation of artistic expressions of popular science creation in photo-image times, introduces the creative process of presenting artworks, and explores the spiritual pursuit beyond the material. Taking “Blue Pigment” in the video series “Chemistry and Life”, the short film “Cyanotype × Summer”, and the cross-border art exhibition “Cyanotype × Life” as examples, audio-visual fusion and other artistic techniques are used to show the chemical mystery of cyanotype and present the aesthetic emotions of video works and art exhibition. In addition, the research content in the science popularization article “Adventures in Blue Pigments: Cyanotype” was chosen for the course to construct a novel and interesting form of knowledge dissemination.

Key Words: Chemical science popularization; Cyanotype; Blue pigment; Interdisciplinary research; Scientific visualization; Knowledge dissemination

1 引言

科学与艺术有着各自的思维和逻辑, 两者的相互交融促进了科学传播的艺术化, 两者的深度协同启发了人们的思考不再囿于既定的领域与范畴。跨学科的交融往往能使人们以更开阔、更全面的视野去审视当下生活的世界。借助视觉艺术的视觉思维对信息进行加工处理, 让大众以视觉的语言对客观世界进行再认识, 从而获得改造世界的知识^[1]。知识传播者如能在其学术领域有一定的研究

基础之外, 还能有文学素养的功底加持、语言表达能力以及播音员的技能, 那么由此创作出来的科普视频可谓是较好的艺术作品, 让观众产生期待下一期作品的意愿。化学科普创作者在介绍化学知识的过程中, 可以尝试多元化的艺术表达方式来呈现化学之美, 实现与艺术融合的科学可视化。在南方科技大学举办跨界艺术展览, 实现了科学与艺术的完美结合, 创造了具有独特风格的作品呈现与故事叙述, 引导观众养成良好的审美品位和思维习惯。

2 科普多元化表达的跨学科视野

2.1 科普创作融入跨学科思维

2021年6月, 中国政府网刊发了2021年版《全民科学素质行动规划纲要》, 习近平总书记指出: “科技创新和科学普及是实现创新发展的两翼。没有全民科学素质的普遍提高, 难以建立起高素质的创新大军来实现科技成果的快速转化。”这意味着科技创新和科学普及两者同等重要, 它们共同主导着科技发展。该版本纲要作出了新部署: “重视推进高等教育阶段的科学教育和科普工作, 深化高校理科教育的教学改革, 挖掘优质科普内容的创作, 推动多种媒体平台的深度融合^[2]。”

科学普及具有重要的社会意义和历史意义, 在科普传播中最需要被普及的内容并不是具体的结论, 而应该是科学的思维方式。科普创作的目的是在传播科学知识的过程中, 激发学习者的科学兴趣, 提高全民科学素养。值得注意的是, 目前化学科普的社会公共资源还不够丰富, 大部分高校仅重视教学与科研, 未能发挥高校优质的科普资源优势。中山大学李厚金、陈六平在科普特刊曾总结了化学科普的发展创新需要经历以下过程: 重视化学科普, 提高公众参与度; 加强化学科普人才的培养; 推行分层次的全民化学科普教育; 鼓励产出高质量的化学科普作品^[3]。

中国科学院化学所前所长胡亚东谈到重新界定“科普”时说: “科学普及要落实在让公众理解科学和科学传播上, 使其获得跨学科的视野、相关的知识以及启示和灵感^[4]。”跨学科研究是指“研究主体打破不同学科之间的界限、跨越不同研究领域而进行的一种创造性活动”。后现代主义认为自启蒙运动开始过度强调社会分工, 导致了人们的知识日益分裂成相互独立分离的“碎片”。为了应对这种知识的碎片化, 自然科学和人文社会科学之间的学科壁垒必须逐渐被打破^[5]。

科学家擅长建构模型, 用符合语言的方式简化经验来表述知识; 而艺术家则擅长讲述故事, 用自然语言的方式编造叙事来表述知识^[6]。在保证完成普及科学知识的前提下, 科普创作者将科学与艺术融合, 在艺术氛围中传播相应知识水平的科普内容, 结合文史哲、理工科等领域的跨学科交叉研究, 借助多学科的灵感碰撞, 从不同的专业角度分析问题, 创作出具有独特的科普微视频或微电影风格, 最终呈现出较强的科学性、艺术性、人文性和趣味性, 引导观众培养发散性思维。微视频的运用使得科普知识从单一到多元、从文字到影像、从无声到有声的创新融合转变, 在融媒体环境下的视频科普热大环境中给科普工作者增添了独具魅力的创作模式。

2.2 科普视频作品的现状浅析

科学传播是关于科学知识的分享, 包括吸收和传授知识、传递信息和增加理解建构科学知识的社会价值和文献价值。纵观网络上传播的所谓科普视频作品, 确实存在一部分科普价值较低的内容。由于当下拥有对科学知识向外传播机会和权利的传播主体不仅仅是具有科研背景的专业人士, 而获取到不太系统的科学知识或零碎信息的大众也能进行自由的内容传播, 这导致了传播内容的质量无法得到保障或存在错误造假信息等问题的出现。

比如, 点击量很高的一些化学实验视频存在着不可忽视的实验模仿安全问题。然而, 应当避免的化学知识错误表述多次出现在非化学专业制作者的视频中, 解说者穿上实验服对着镜头演说的内容并不是全对的, 因这些模仿者的科普水平远不及科普严谨的“戴博士爷爷”等专家。教育人士和科普人士需要深思对真正的知识传播的表达策略和合作背调, 一味地追求吸引眼球的视频效果就是合理正确的吗? 对化学实验的理解仅仅局限在燃烧、爆炸和变色反应吗? 可悲的是, 目前各大平台往往更愿意将这类视频置于首页推荐吸引流量, 然而如何做好正确的舆论导向显得非常重要。

大部分关于互联网上科普视频的研究是在2015年以后才出现的。Rosenthal S.总结了科普视频领域的关键要素——媒体素养和科学素养在互联网上对科普视频的影响，探讨了创作者需要了解受众心理学，并主张全社会应继续努力提高公众的媒体素养和科学素养^[7]。查阅以科普视频/影视作为关键词的中文文献资料时可发现以下问题：作者们主要关注科普类作品的传播策略和受众分析，以求提高点击率和曝光率，而忽视了内容创作本应要求的质量和原创性；部分案例作品不乏采用博取眼球的内容低俗化和过度娱乐化手段，加之视频平台缺乏监管力度，导致原创内容和优质科普资源不足；而针对科普影视作品的内容创作、美学分析、叙事策略、价值分析等研究文献相对较少，大多是分析他人的作品以及探讨存在的问题，鲜有从亲自创作的视频作品中总结归纳经验。

周荣庭等总结了创作高质量科普内容的科普人才应具备的三个特性：具备一定的科学素质和科普技能的专业性；从事科普活动的实践性；从事科普实践并进行创造性劳动的价值性，为推动社会的发展做出积极贡献^[8]。赵东平等提到科普人才的稀缺问题：有较强冲击力的科普作品能更吸引公众的目光，探索将科学与艺术的结合是科普资源创作的关键点，但目前科学素养与创作能力兼备的科普创作人才非常欠缺^[9]。孙红霞为“高端科普人才”作出了定义：“指有目的地传播科学知识、具有非凡创造力、遵循科普范式进行研究和实践的一类共同体^[10]。”

关于科普视频作品的创作质量，郑璇认为科普视频具有“知识性和学术性、表达方式独特、传播内容严谨、知识含量高”等特点，其受众群体以具有较高文化素养的中高端人群为主。而越有针对性的科普信息内容是越细化的，因此需要具有扎实的科学知识背景的专业人士来制作科普视频，才能保证传播视频的质量^[11]。对于提供科普公共服务的权威机构来说，更应该重视科普内容的原创性这个首要问题。胡周颖分析科普微视频发展中出现的问题，包括内容重复性多、缺乏科学严谨性、经费不足以及版权问题；为了鼓励更多优质科普微视频作品的推出，应保护创作者的制作版权^[12]。

科普视频并非要求每位受众切实掌握一个具体知识或一项实操技能，而是引发其对科学的兴趣与好奇心。传统科普叙事多为单一讲述或故事化叙述，而当下科普创作引入了多重叙事线索，更注重受众的审美体验。基于媒介融合的时代背景，探索符合自然科学与人文艺术的审美与叙事策略，从创作观念到内容形态有了较大的审美转变，包括创作视角的日常化、叙述方式的通俗化、交互形式的多元化、受众体验的多重化等^[13]。基于文化分层与审美分类的受众，会追求更高的审美精髓。

2.3 与艺术融合的科学可视化

最初科学家为了分析实验数据而创建可视化形式的图表，在视觉表达的过程中发现科学可视化(Scientific Visualization)的创作富有惊人的美感，从而吸引了更多人去发掘其观赏价值和传播价值。前沿科学成果的视觉表达原本用于将科学成果面向业内同行进行传播，引起交流讨论。向自然科学类学术期刊投稿时，投稿人会被要求提供一幅TOC图(Table of Contents Image/Graphic)，用来反映论文要点、表述论文中代表的精华部分内容。前沿科学成果的科学可视化图形包括结构图、图像、相片、反应示意图或公式等。

随着公众理解的参与程度不断提高，科学可视化不断演变成新的形态。为了促进科学成果快速转化为生产力，科研团队需要考虑如何利用视觉媒介的优势来提升传播效果及成果影响力，从而促进公众理解科学，扩大科学技术对社会的影响。艺术作为探索科学更深层含义的有力媒介，由艺术家与科学家合作展开图像研究，促进科学与艺术的融合，让原本相互独立的艺术和科学两个领域以新颖的方式合作，借用艺术化的表现手法考究构图和色彩，实现符合认知习惯与审美习惯的视觉表达，达到有效的科学传播效果^[14]。

科学技术的不断发展使得科学图像逐渐成为了科学传播的符号阐释载体。借助科学可视化，将艺术符号与科学研究成果结合，构建与受众之间的感性交流空间。艺术图像被赋予了科学内涵，而科学内涵通过艺术图像实现知识的可视化，形成了独特的艺术与科学两者间的叙事关系。有趣的是，内涵丰富的科学图像作品可以让读者产生新的内容解码体验。由于图像画面缺乏文字叙述的戏剧性，使得读者在读解图像时需要耗费更多的时间，就像被深深地卷入图像中的事件^[15]。

随着跨学科交叉研究领域的融合发展, 可视化技术的成熟让科学信息的呈现更加多元化, 科学可视化不再局限于科研领域, 集合科学、艺术与技术三者的优势, 运用先进的多媒体技术, 创造出了视觉、听觉及触觉的多感官媒体交互体验。2019年, 由清华大学与中国国家博物馆共同主办、清华大学美术学院和艺术与科学研究中心承办的“第五届艺术与科学国际作品展”在国家博物馆举办, 展览的主题名为“AS-Helix: 人工智能时代的艺术与科学融合”, 探索人工智能技术背景下的艺术与科学的协同创新以及所面临的变革与转型。执行策展人赵超认为: “在当今智能信息时代下, 艺术与科学的学科界限逐步被打破并融合, 不同类型的艺术语言通过科学形式得到升华与呈现, 科学探索更依赖于艺术的表达与创新, 在技术创新时代需要更多新的艺术范式^[16]。”梁琰和朱文婷的作品《夜空中的精灵》(图1a)采用了微观摄影技术, 呈现了在简单的化学反应方程背后隐藏的奇观, 该作品探索了不同化学沉淀反应的沉淀形态, 千变万化的沉淀物仿佛拥有生命而游弋在夜空中的精灵, 显得未知又神秘。

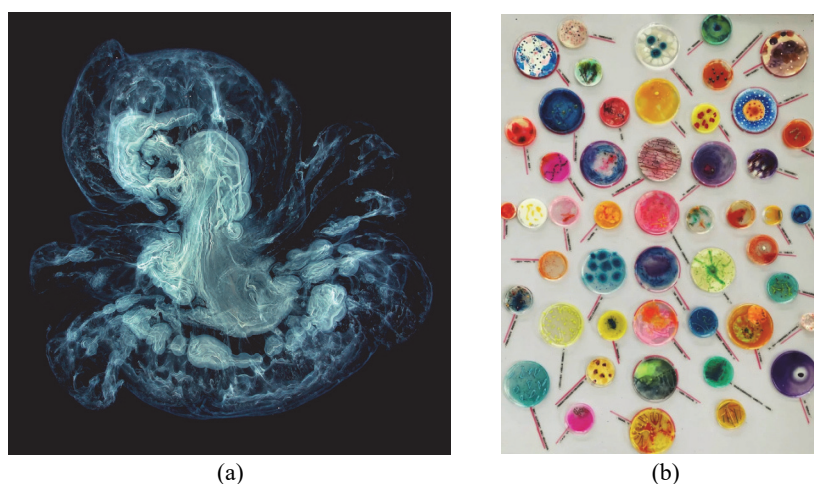


图1 “AS-Helix” 展览作品: 《夜空中的精灵》(a)和“Be Seen”(b)

在2020年末跨入2021年初之际, 中国美术学院和西湖大学联手合作举办了“交集之域”卓越硕博跨年展览^[17], 这是西湖大学第一次举办的大型艺术展, 也是两校研究生首度尝试组队进行的艺术创作展, 开放命题和跨界征集造就了不少惊喜之作。艺术与科学的交集之域, 闪耀着智慧与思想碰撞的火花, 展览的主题“交集”碰撞以求发现更广阔的科技与艺术融合的世界。参展作品“Be Seen”(图1b)在墙上展示了“生命的一千种可能”, 主创团队将或大或小的“生命”放置在不同的培养皿中, 复述细胞、菌落、神经纤维的模样, 这个“皿”空间承载着生命走向成长、丰富、变异和消失。创作者希望在有限的时空里去表达无限的生命, 欢迎观众参与互动去创造他们眼里的“生命”。

科学可视化作为一种新颖的科普表达方式, 将科学生动形象地表现出来, 使传播内容能被受众理解。大众对可视化的内容越发感兴趣, 因其符合时下人们碎片化的阅读习惯。《美丽化学》系列是近十年来打破传统科普传播形态的新兴影像创作形式, 区别于以往传统的科教式科普纪录片, 以短视频的传播方式, 将枯燥的化学反应方程式与视觉艺术有机结合, 改变了大众对化学的刻板印象, 在唯美的配乐光影中挖掘化学之美, 能激发青少年对科学的兴趣。但如能在视频中呈现更全面深入的化学原理分析, 面向高中生年龄段以上的受众群体, 可能会有更好的知识传播效果。

此外, 微电影是数字媒体时代下跨学科融合的另一艺术形式, 中国科学院上海有机化学研究所破圈创作的《有机师姐》系列实现了科普微电影由硬科普到软科普的内容叙述转变, 将手性和氟元素等知识自然地融入到影片的情节中, 引导观众理解化学知识, 并了解化学科研人员的生活面貌。这种兼具艺术性和科学性的主动科普模式在近年来难得一见, 值得同行们借鉴。

笔者于2019年创建了南方科技大学《化学与生活》科普视频专栏(作品发布在化学系公众号、知乎(Dr.HO)和B站(Dr_HO)等平台),作为编导、制片、翻译、后期等多职位独立创作者。每集科普微视频时长为10–20 min,目前较受欢迎的科普视频内容包括蓝晒、建筑、咖啡和化学的故事,咖啡系列开始配有中英双语字幕。本文将以蓝色颜料和蓝晒科普为例进行跨学科研究分析。

3 影像时代科普的艺术表达创新

3.1 蓝色颜料的科普创作理念

汪品先院士在2021年科普作品研讨会上提到:“我国出版界的通病在于抄。中文科普质量不够高的原因之一是缺乏一手货,都是二手、三手以上的转手货。源头几乎都是英文,第一个人翻错了大家都跟着错。”此外,他还表示:“通常的科普文章只讲发现的结果,不讲发现的过程,缺乏科普介绍的深度。其实有用的不仅是发现了什么,更重要的是如何发现——这是中文科普文献的另一个弱点。因为写过程就要去追踪源头,不是靠简单的抄写或者翻译就能了事的。因此,做科学研究的专业人员,有着做高质量科普的天然优势^[18]。”除了科普文章外,科普视频同样存在类似的问题,视频内容大多雷同,探讨不够深入,原创性也较低。

笔者选择“蓝色颜料”这个科普主题,是因为在查阅颜料资料时发现很多书籍文章没有更新最新的知识点,仍然讲述“最古老的蓝色来自于古埃及”,这是不严谨且有误的。人类学家Jeffrey C. Splitstoser博士团队于2016年在*Science Advances*上介绍了距今6000多年的秘鲁普雷塔遗址中的棉织物保存有最古老的靛蓝色^[19],他们的考古发现比古埃及的还要早约1500年。靛蓝属于天然有机颜料,自古用作蓝染工艺的着色剂,目前大理扎染和自贡扎染的非遗蓝染布艺成为了游客喜爱的纪念品。

笔者参观伦敦泰特美术馆时看到伊夫·克莱因(Yves Klein)的蓝色单彩画“IKB 79”(1959),该法国艺术家在1960年为其本人研制的合成群青申请了名为“国际克莱因蓝”的专利。之后笔者在巴黎卢浮宫看到古埃及河马雕像,这是由发明于距今约4500年的第一个人工合成颜料埃及蓝所制,其化学成分为硅酸铜钙盐化合物。随后笔者在其他博物馆和美术馆欣赏各种艺术作品时留意其使用的蓝色颜料,包括群青、钴蓝和普鲁士蓝等,再对比中国古代石窟壁画和彩陶中使用的中国蓝和中国深蓝等,这些都属于无机颜料。这其中包含矿物地理分布、颜料化学成分、艺术流派创立、社会文明发展,甚至资源夺取等可深挖的研究内容。笔者在逐渐积累有关蓝色颜料的资料库后,梳理蓝色有机颜料和蓝色无机颜料的发展史,延伸到21世纪后实验室中发现合成的新型无机颜料(如YInMn蓝、Hibonite Blue等),作为化学课堂中的知识内容。

约翰·赫歇尔爵士(Sir John Herschel)在1842年发明的蓝晒工艺(Cyanotype)在技术和建筑图纸上提供了特殊的价值。自20世纪以来,当代艺术领域的艺术家们对完美蓝色颜料有着痴迷的追求,对蓝晒印相中的普鲁士蓝色调又重新开启了新的追逐。大众往往会混淆“蓝染”和“蓝晒”这两种不同的工艺,笔者也发现各大短视频平台的自媒体视频内容存在很多错误。蓝染涉及天然有机颜料的印染过程,使用的是靛蓝这种非偶氮类有机化合物着色剂;而蓝晒工艺的关键步骤为光照反应过程,感光剂在紫外线作用下生成普鲁士蓝,这是一种不溶于水的无机化合物。

恰逢笔者在撰写视频脚本的前期,化学系毕业生张皓帆前来交流蓝晒工艺,探讨未被厘清的工艺细节和化学机理,我们决定将科普视频聚焦在蓝色颜料和蓝晒工艺两部分内容的结合。经历了数年的蓝晒实验研究后,我们在“蓝色颜料之蓝晒奇旅”(Adventures in Blue Pigments: Cyanotype)^[20]一文中梳理了主要的蓝色颜料发展情况,并详细介绍了蓝晒印相工艺的实践经验和化学原理,包括感光剂制备、曝光产生潜影、曝光过度、显影和定影、褪色等过程中的化学机理,并分析了普鲁士黄、普鲁士蓝和普鲁士白三者之间的电化学转化过程以及作品表面颜色的变化差异。

笔者之前查阅国内已发表有关蓝晒的书籍、文章和学位论文时,发现作者们对生成普鲁士蓝的化学机理存在错误的化学认识,全部引用了以下这句话:“蓝晒法照片中的蓝色是柠檬酸铁铵和铁氰化钾的混合溶液中的二价铁离子光照后被氧化的结果^[21]。”这是出自美国著名摄影师克里斯多

佛·詹姆士(Christopher James)的著作《美国摄影图片制作工艺专业教程》中文译本。具有权威性的摄影书籍在撰写化学机理部分时,对科学知识的把握不一定完全准确。而摄影圈的人们可能大多缺乏一定的化学知识背景,没能完全掌握化学原理,往往会导致蓝晒实验的失败。实际上,柠檬酸铁铵和铁氰化钾的混合溶液中在光照前只有三价铁离子,并不存在二价铁离子。我们在“蓝色颜料之蓝晒奇旅”一文中阐述了普鲁士蓝的生成机理,从化学的角度研究蓝晒的工艺和机理,填补了国内美术或艺术院校对蓝晒中化学知识的空白,对非化学背景人士实践蓝晒艺术创作具有指导意义。

3.2 数字媒体的视听艺术融合

近年来,科普视频的创作越来越重视视听语言的艺术表达,强调故事叙述逻辑性和修辞手法的应用。视觉语言以各种能构成视觉形象的方式来实现创作想法,比如视觉蒙太奇和声音蒙太奇。视听语言属于电影的主要艺术手段,利用画面和声音传递信息,剪辑时要避免屏幕上的画面与声音不匹配。声音信息可以延伸和扩展视觉影像所传达的信息,让镜头更具有感染力。《化学与生活》系列中的《蓝色颜料》^[22]分为演播室录制、实验室摄制和户外拍摄三个分场拍摄任务,使用了主讲人对话、运动或静止图像等表达素材。动画或移动图像在当代视听美学中占主导地位,而静止图像和图标志作为视觉画面的补充,作为完整表达主要叙事线索的视觉语言。

声音作为影像叙事空间的一种手段,包括画面内的人声、自然声等同期声,以及后期音效和画外解说。对声音进行不同类型和手法的剪辑,表达的含义和营造的意境也会不同。演播室里的蓝晒实验演示操作、室外的相片曝光、实验室里的相片冲洗几个过程都需要详尽的同期声解说。同期声的运用可以增强画面的真实感,将声画空间完整统一,明确影像的画面涵义,同时让观众有身临其境之感。观众跟随蓝晒实验画面的推进和旁白的解读,逐渐了解这种特殊的古典摄影工艺的分步操作及化学原理。

科普视频作为一种视听兼备的综合艺术创作,视觉信息与听觉信息是一个整体,画面与解说以双重信息同时呈现。解说词作为一种承担多种艺术功能的语言形式,交代幕后信息以及非视觉性信息的解说词应浅显易懂,保证创作者想要传递表达的信息能被观众顺利解码。蒙太奇化的解说词,指的是纪录片类型的解说词写作需要力求建立与镜头之间的呼应协作关系。对于创作者而言,掌握蒙太奇手法能更好地进行富有创造性的剪辑,创作出既符合观众思维习惯又具有艺术感的视频作品。

《蓝色颜料》开场出现在户外,随着轻缓抒情的钢琴爵士乐的声音淡入,两位主讲人先后入场走到蓝晒作品前交谈,同时出现一段轻柔的旁白:“艺术家对于色彩的执着,从艺术诞生开始就没有停息过。艺术家用色彩照亮作品……在这不断变幻的色彩中,见证每一代艺术家对于艺术的永恒探索。”这段解说词具有一定的思想性和艺术性,引导观众对不同艺术家所偏爱的各种颜色的联想,最后聚焦到蓝色。而在视频末尾处使用了俏皮的爵士蓝调音乐作为背景音乐,配上旁白“如同蓝调音乐,蓝晒用影像即兴演奏,宣泄自我的情感,充满原创性……”此时的背景音乐作为对图像话语的自动补充,并不是作为仅有技术表达叙事或情感力的配乐而存在。

在同时摄制操作步骤和旁白解说的过程中,此时的现场人声和实验操作的冲水声作为客观声音,亦即有声源音乐,其与后期配乐的无声源音乐假如被运用得当,对故事的叙述和主题的升华会有很好的效果。蓝晒的视频表达要体现出震撼力,除了与踩点的解说和音乐完美搭配外,还需考虑实验瞬间变化带来的视觉冲击力,显影和定影的化学变化过程就像是具有奇特的魔力,通过手工调试作出的复古蓝色带来的观感能直接吸引观众的注意力,并能加深对其背后化学知识点的信息接受。

科普创作需要先撰写以解说词为主的脚本,以理清每一段落的创作思路,为随后的拍摄和后期制作建立一个逻辑思路。考虑文字脚本要经历一个视觉化的过程,不能直接作为最终的解说文案使用,需要将一些文字内容通过视听艺术表现手段来实现,比如转化成画面图片、字幕处理、同期声解说等素材,以此来分解原来的脚本内容,重新构造成一个完整的视听文本。采取画面表现为主、文字表述为辅的艺术表达方式,作为视觉语言的画面具有极强的表现力和出色的叙事力。考察编导创作能力的一个重要标准,就是如何提高画面本身的叙事能力,同时融合解说的叙事表达^[23]。

3.3 蓝晒之夏短片的叙事过程

蓝晒工艺的产物普鲁士蓝不溶于水，附着于载体纤维结构中的空隙来呈现出蓝色。蓝晒作品可以在各种材料上制作和冲洗，包括纸张、织物、木头、陶瓷和玻璃等(图2)。在几年的蓝晒实验研究中，我们对实验操作有了更多的改进，无旁白版《蓝晒之夏》^[24]短片时长1.5 min，以快节奏的风格呈现经典蓝晒的制作步骤。短视频具有较短时长和信息密集的特点，使观众在很短的时间内接收一个完整的知识点内容。由于时长限制，短视频不涉及与知识点无关的细节和铺垫，根据3–5 s一个镜头内容细分拍摄任务，在撰写分镜头脚本时，将文本内容“翻译”成具象的拍摄画面镜头，并按顺序列出镜号、景别及组接技巧，用精炼的语言描述每个镜头要表现的画面内容。



图2 《蓝晒之夏》展示不同材质的蓝晒作品

蓝晒实验需要紫外线的照射，因此片头从灿烂的阳光穿过树枝间的空隙切入，暗喻蓝晒实验离不开光照。紧接着使用低角度镜头从后方跟拍人物出场向前的脚步进入实验室，之后切到以写有蓝晒实验中化学反应方程式的白板作为背景的场景。接着出现连贯的快速镜头，展示蓝晒实验前的准备步骤：悬挂的负片、切纸的裁刀、准备好的各种材料、感光剂A液和B液的混合、用刷子蘸取液体刷纸、用吹风机吹干纸张。每个镜头的切换都刚好与背景音乐的鼓点吻合，呈现出紧凑的节奏感。在裁刀切纸、混合液体、水滴落下等镜头中使用了特殊音效，使画面空间的构筑呈现出逻辑层次感，提高了视觉感染力，强化了音效叙事的艺术表达。与抽象的静态图文对比，科普视频结合了影像、声音和文字，实现科学知识可视化，将隐性知识进行了显性化处理。

此外，呈现一些操作细节时使用了特殊的运镜创意，将摄像机绑在长毛刷子的刷柄上，镜头跟随毛刷以刷柄上的低角度视觉，记录毛刷从蘸取玻璃器皿中的液体到纸上纵向刷纸的操作，具象地表达了这步操作的连贯性。紧接着使用叠化效果配合慢动作画面，从纵向刷纸到纵向刷玻璃的画面结合转变，镜头变成从透明玻璃下方仰视拍摄，说明蓝晒创作不仅可在水彩纸张上完成，还可以选择其他材料。之后使用墙遮挡的横移镜头，从黑色背景转到暗房中的红灯氛围，出现感光剂浸润小块玻璃的操作画面，完成过渡自然的转场效果。

在蒙太奇的镜头连接中，每一个镜头为下一个镜头做准备，前一个镜头所呼唤或缺少的内容会在后一个镜头里得到延续。关于负片的制作过程体现了这个表现手法：使用过肩镜头拍摄经专业软件调整负片的灰度曲线参数，跳接至使用专业打印机打印负片，仰视角度拍摄打印出的负片往下取出以遮挡镜头完成转场，接着将负片放置在准备好的水彩纸上，使用叠化效果侧面拍摄盖上紫外灯，完成下一个转场，展现了行云流水般的一整套动作，用纯粹的影像就能呈现具有说服力的叙事效果。

在蓝晒曝光过程中，除了使用紫外灯照射外，还可以通过太阳光直接照射。此时将镜头转至室外的自然风景画面，融合阳光、绿植、微风等元素，创造户外完成蓝晒的曝光操作场景。在等待光照的过程中，恰逢一只蜜蜂飞进花丛中，使用变焦拍摄记录了这一画面。还恰巧记录了一只小花猫前后脚缓慢跨过窗边并回看镜头的瞬间，暗喻提醒操作者曝光时间到了，该准备进入实验室继续下

一步水洗照片的操作。室外的温馨阳光与室内的昏暗严肃，造就了两者的对比蒙太奇^[23]。

4 化学科普跨界艺术的融合表现

4.1 蓝晒生命展览的主题立意

视觉传播是每个人与生俱来、通过视觉图像表达及传递信息的技能。在数字摄影成为影像主流的今天，在摄影生活化的年代，每个人都可以成为摄影师。蓝晒工艺可以给影像提供更多的输出口和载体，以当代艺术意识对手工印相进行重新诠释，以幽蓝的影调和人性化的笔触拓宽了艺术创作的无限可能性。著名摄影家山姆·王(Sam Wang)教授认为：“制作优秀作品的最高境界，是当你在获得一幅理想中的完美作品的同时，也享受到了制作过程中的心灵体验和自我满足^[25]。”透着朴实的手工性、不可复制性和对经验的依赖性，蓝晒作品能在一定程度上呈现人们的思维与交流。

蓝色是灵魂的颜色，是生命的色彩，是天空与海洋相互氤氲的映照，也是人们内心漂浮不定时的情绪。每个人对不同颜色的喜好程度不一，由色彩表达的主观性是非常微妙的。我们见证了不平凡的2020年，让当下显得更加弥足珍贵。2020年末在化学系的支持下，我们创作了南方科技大学十周年校庆系列展《蓝晒×生命》科普艺术展^[26]，作为一丹图书馆的首展，向大众呈现了一场化学与艺术跨界融合的蓝晒奇旅。蓝晒成像的载体可以是多样的，从树叶、羽毛等实物印相到由摄影作品制成的负片转印，甚至使用医学光片转印，我们在纸、木、布、纱、陶瓷上创作了一系列蓝晒作品，表达对生命的敬畏与思考，探讨生命的意义。本展览由《感受生命之痛》《探索生命重要之物——“物欲”》《寻找人生最大乐趣——“自我价值”》三幅大幅作品以及一系列小幅作品组成，让艺术作品成为一种公共记忆的载体。

在有限的展览空间中，伴随着合适的灯光映照和空间营造，观众在了解蓝晒创作过程中的化学原理之余，在对作品的触摸、感知和互动的过程中，进行细致观察和延伸思考，联系个体经验，发掘内心感受，建立起与心灵的对话与交流，实现感情的升华和精神的追求。艺术创作的过程是实践和探索的过程。在创作初期恰逢初秋时节，我们在社交平台发布“以物换物”信息，向网友们征集X光片、CT片、布料、银杏叶和枫叶等作为创作素材。展览结束后我们将纪念品附上手写祝福语寄送给对方以表谢意。素材提供者也作为艺术创作的参与者，与作品产生了一定程度的联系。

4.2 蓝晒艺术展览的空间建构

为了避免蓝色的单调呈现，在空间营造中加入蓝色的对比色进行色彩调和，达到空间色彩和谐统一的视觉效果。现场中央区放置高低不一的浅木色长方体木件，穿插不同材质和质感的蓝晒作品，凸显蓝、白、黄三种色调组合的简洁之美，多样的作品呈现方式给予观者在视觉上的层次感和丰富性(图3a)。其中树叶图案纱质披肩、玻璃瓶投影木板和陶瓷蓝瓶等作品最受观众的喜爱。银杏叶象征健康长寿，其花语是坚韧和沉着，我们选择银杏叶对生命表达美好的祝福。在现场众多明度低的蓝色基调上，在局部放置明度高的对比色黄色银杏叶，冷与暖的鲜明对立，产生强烈的视觉冲击力。

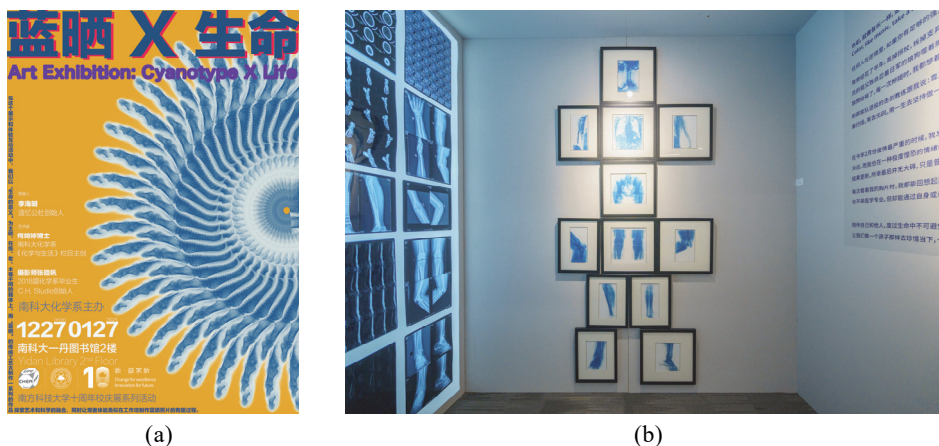
为了提升现场观览体验效果，大幅蓝晒作品被放进搭建的一大一小两个木房子里(图3b)。与房子外的泛光照明呈现效果不同，在独立的观展空间中配有射灯的重点照明，观者在静谧的环境中感受作品本身的力量，能更容易引起共鸣。基于展览现场的条纹地毯为沉稳灰色调，搭建的木房子外墙涂刷工序体现了考究的层次感：底部区域与顶部区域构成面积比为1:2的比例，分别涂刷纯蓝色和浅灰色油漆。蓝色作品和灰色内墙色调搭配显得优雅十足，引入的文艺格调给人大气舒适的感受。

在展览中央区放置的一台电视机上循环播放《蓝色颜料》科普视频，在其前方围放了两张桌面压置有深蓝色玻璃板的圆弧型高脚桌，将实验室中使用的玻璃仪器、材料、负片与小尺寸的蓝晒作品有序地布置在桌上，复原了蓝晒创作时的场景氛围，吸引观众对化学实验产生兴趣。在展览区外围放置了一块白板架，通过几个对比实验，简洁清楚地呈现了曝光时长和负片制作的曲线调整过程。制作负片时进行曲线和高光调整可呈现出明显层次感的细节，根据工艺要求控制灰度与密度，让观众更了解蓝晒创作过程中的技术难点。这与科研中完成仪器测试和数据处理有着相似的探索过程。



(a) (b)
图3 《蓝晒×生命》科普艺术展现场(a)和搭建的木房子(b)

古德曼认为：“科学并不总是探求真理，艺术也不总是追求享乐。科学与艺术都是人们理解世界和创造世间的符号系统^[27]。”人生是一个又一个的圆圈，不断地回到起点，重新出发。我们选择“圆”作为表达符号，对手指骨X光片和树叶素材进行数字扫描转换、循环叠加设计，创作了《无限 | Infinity》系列的螺旋图。纸质蓝晒图像色彩饱满，边缘清晰自然，蓝白分明。基于人体结构的拼接设计，选择手指骨螺旋图作为展览海报的主画面内容(图4a)，呈现出一种特定幻境与思想内涵。



(a) (b)
图4 《蓝晒×生命》展览海报(a)和《感受生命之痛》纸面蓝晒作品(b)

在长、宽、高均为2.4 m的立方体小房子外墙，挂置了以X光片和CT片为负片制作的医学主题系列蓝晒作品。我们以自身的伤病经历，回顾疫情期间的故事，逐渐刺激了《感受生命之痛》作品的诞生。在房间内部的左侧内墙布置了一整面灯墙，规整地铺满了人体不同部位的X光片和CT片，复原了医院医学影像科的现场，伴有明亮的底部灯源照射，清晰的黑底白图呈现出细微结构，吸引了医学院的师生来现场研究。我们在捐赠的光片中挑选出部分片源来制作成十二幅单品，拼贴成具象的人体构型(图4b)，营造出一种严肃氛围，升华了对生命重新思考的意境，表达我们对脆弱生命的思考，让观者回想起自身或亲友以往的经历，从这个作品中引起共鸣。

纱布材质的蓝晒作品透光性好，图案纹样呈现出轻盈细腻的质感，普鲁士蓝色调柔和深刻。而观众和作品之间的距离与角度，也会影响观者的视觉经验，构建出特殊的艺术情境。在另一个长4.8 m、宽和高均为2.4 m的长方体大房子中布置了《寻找人生最大乐趣——“自我价值”》(图5a)和《探索生命重要之物——“物欲”》(图5b)两幅大幅作品，在房子内部的两端各悬挂了一幅两米高的纱布蓝晒作品，蓝白相映，以两位作者的等高原型投影转印创作，在人体内部填充重要之物，作品倾注了创作者的情感构思和表达。



图5 纱面蓝晒作品《寻找人生最大乐趣——“自我价值”》(a)和《探索生命重要之物——“物欲”》(b)

基于生活场景的拼贴叙事，使用蒙太奇的手法进行图像拼接，选定生活观察中的最重要瞬间和物品，按照联想性和节奏性原则组织素材，加强情绪感染力。观者伫立在房子中心，180°转身观看，阅读两位作者的对话文案会发现两组作品的强烈对比产生的冲击力。思考生命的重要之物是物质世界中的一个物品，还是去寻求自我价值的实现？鲜艳明亮的蓝色搭配纯粹干净的白色，体现出简洁明朗的观感，两组作品的并列组合形成新特质，产生新涵义。图5a作品中包含了多种体育素材，持重剑的右手上标注了容国团的一句话“人生能有几回搏”。笔者父亲何志毅研究撰写容国团的生平传记数十年，这句话蕴含的永不言弃、积极向上的拼搏精神一直激励着笔者，在生活和工作中找到突破难关的力量，具有特殊的含义。与之相比，图5b中突出物欲的对白文案显得俏皮有趣，构成了鲜明的物质与精神的对比，营造出轻松的观展氛围。让观众思考以下问题：人们总是竭尽所能想留下什么，能否在有限的生命里实现个人价值？是否能一直从事自己喜欢并觉得有意义的事？

小木块或小木片有光滑或粗糙的特殊手感，在展览区入口处的长木桌上摆放了数套不同尺寸的木板蓝晒拼图(图6a)，供观众触摸体验。麻纤维中粗糙的质感可以使纹样呈现出褶皱感的艺术效果和朴素韵味，笔者使用麻布手工制作了一本88页的观展留言簿，麻布蓝晒每一页都有不同的树叶图案，供观展者留下感言，与作者互动交流。现场还准备了一箱纸面树叶主题的蓝晒纪念品供观众随机抽选。有一位学生观众留言：“生命与化学，颜色与化学……未曾想到的联系在这里展现了，感谢创作者的奇思妙想与坚持。对生活每一个碎片的重拾与珍视、热爱，带给人很多力量！”

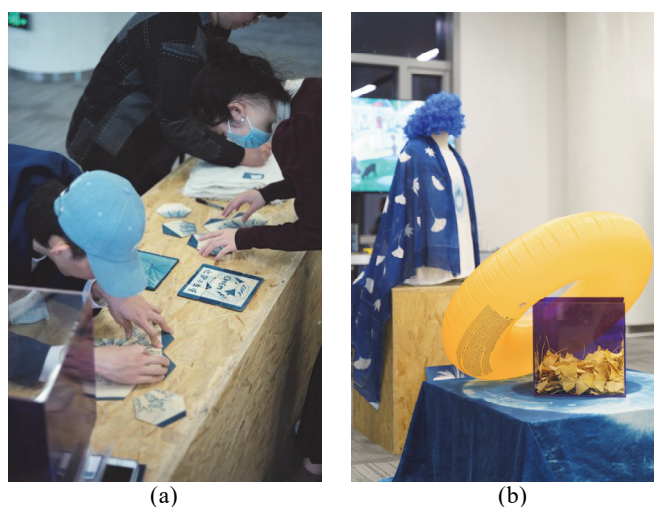


图6 展览现场的木板蓝晒拼图、麻布蓝晒留言簿(a)和对比明显的蓝黄色展品(b)

《蓝晒×生命》展览现场布置有序，蓝黄色对比明显(图6b)，不同尺寸的展示作品彰显不一样的视觉张力，凸显作品的独特魅力，具有自由的表达力和感染力，在作品和观众之间形成紧密的联系。以艺术的智性唤起和启发，传递人文关切之话题，作品制作的过程也是创作者重新思考哲学命题的过程：一切坚固的东西都会烟消云散，人类最希望克服的是死亡和孤独；在有限的生命里，将精力用于创作有思想和有价值的作品，并能有效地将其传播出去。

该展览展出后，国内古典摄影界留意到化学人的跨界研究，尤其是蓝晒工艺中的化学机理解析。广东省大画幅摄影协会特邀请我们携这两幅大幅作品参加在广东开平美术馆举办的第三届沙飞摄影周及“掀起你的盖头来——大画幅摄影在广东(第二季)”(2021.10)，在现场给观众科普蓝晒化学。该巡回摄影展之后在广东省文联艺术馆(2021.11)、东莞棠美术馆(2022.4粤港澳摄影季)继续展出。

参展前恰好得知《人生能有几回搏》央视纪录片于2022北京冬奥会和冬残奥会开幕前播出，由此给笔者带来了新的灵感，创作出了《超级体育迷》系列实物印相木板蓝晒(图7)，展现了羽毛球、乒乓球、击剑、滑板、骑行等项目的体育用品，用蓝晒的方式表达对体育的热爱：不给自己设限，迎接每一个新挑战，感受奥林匹克精神和当下的生命力量，延续了“实现自我价值”的主题表达。



图7 《超级体育迷》系列实物印相木板蓝晒作品

5 基于化学科普研究的课堂实践

南方科技大学化学系面向全校学生开设了通识通修课程“化学与探索”^[28]，每次课以4学时计，课程宣传视频以英语配音并配有中英双语字幕。笔者将蓝色颜料和蓝晒化学的科普研究内容融入课程中，结合科普视频《蓝色颜料》和科普文章“蓝色颜料之蓝晒奇旅”的知识内容，从化学角度介绍蓝色颜料的化学知识点和蓝晒工艺过程中普鲁士蓝的合成原理。学生们在课上可以了解完整的蓝色颜料艺术史和发展史，对经典艺术画作、雕塑等艺术作品中使用的蓝色颜料有了更深刻的认识，学习各种颜料的化学成分和结构特性。比如归类于蓝色无机颜料的埃及蓝($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$)、中国蓝($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$)、中国深蓝($\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$)、唐三彩的低温蓝釉和元明清年代的高温蓝釉、普鲁士蓝、群青($\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$)、国际克莱因蓝(合成群青)、钇钡锰蓝、钴蓝和林伍德石($(\text{Fe}_x, \text{Mg}_{1-x})_2\text{SiO}_4$)等的发现故事，并从结构化学角度学习分析它们的稳定性与应用(图8)。

学生们在课上了解全面的蓝晒制作过程的知识点后，进入实验室进行蓝晒实践，还能尝试工艺过程中的变量对实验结果的影响：不同曝光时间得到的普鲁士蓝色调深浅差异；过度曝光生成普鲁士白；显影时漂洗操作不当导致纸面残留有黄色或褪色；使用醋酸、盐酸、草酸或双氧水时须考虑不同显影试剂的反应顺序，能调试出不同的蓝色调；蓝晒作品遇碱会褪色等。学生可思考其中的化学原理，加深对化学反应中浓度和反应量的概念，如何控制反应时间及产物的稳定性。

该课程将化学原理与探索方法相融合，学生们在课上创作纸面和木板蓝晒作品(图9)，他们可以选用感兴趣的负片制作校园风光和经典名画的蓝晒作品。实验室准备的负片已经过感光曲线的灰度和高光调整，如无意外，制作出来的蓝晒作品画面精美，学生们会惊叹于显影过程中的变色过程，纷纷拿出手机进行拍摄。笔者会提醒他们以后做其他实验时也要留意反应过程中的所有变化，包括

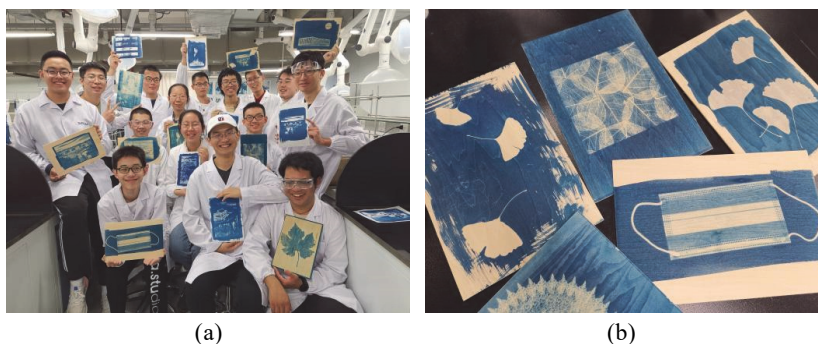
肉眼能观察到的以及仪器能监测到的各种信息，培养良好的科学素养和科研习惯。蓝晒实践让学生们除了能感受化学的魅力之外，还能用特别的化学角度走进蓝色颜料和蓝晒的艺术世界中。下课后学生们将作品带走还会拍照分享于社交媒体，给本课程带来了一定的宣传效果(图10)。



(a) (b)
 图8 “蓝色颜料之蓝晒奇旅”课程内容中的埃及蓝(a)和 $\text{MCuSi}_4\text{O}_{10}$ 结构(b)



图9 实验课堂上学生制作的蓝晒作品



(a) (b)
 图10 学生与蓝晒作品合影(a)和木板蓝晒作品(b)

交叉学科研究机构的逐渐兴起也说明被誉为中心学科的化学学科在多个学科领域的交叉和融合中起到了关键作用。目前科学技术飞速发展，知识更新迭代的速度也越来越快。除了介绍化学知识外，笔者在课上结合地图阐述零散的知识点，融入人文、艺术、地理和历史相关的内容，将每一板块的知识融合成一个个小故事。化学与探索课程虽然面向全校学生，但了解生活中的化学知识点不应局限于化学专业学生，非化学专业学生同样可以了解化学知识的学习方法和思维方式。跨学科思维的多重叙事模式带来的体验更受学生喜欢，还能延伸出对其他常见矿物的分析方法，让学生了解除了课本知识外，也应关注当下国内外对能源化学的发展战略和政策动向，从多重角度对各领域的知识点进行融合整理，形成独立的思考模式和研究方法。

笔者曾参与中国化学会学术年会科普分会场和首届化学哲学与化学文化学术研讨会做过科普创作分享，会场上有科学教育专业的师生与笔者交流讨论：借助高校化学教育的跨学科思维，目前专注中小学科学教育的研究人员除了需要掌握扎实的自然科学知识外，还需要具备良好的科学与人文素养、国际视野以及创新能力，这样才能培养出优秀的科学教育研究和科学普及教育的高级复合型专业人才。笔者也曾被邀请到其他高校、中小学和博物馆做蓝色颜料和蓝晒主题的科普讲座和实践互动，针对不同年龄层的受众群体，讲座内容会作适当调整。与南方科技大学化学系一直有交流的厦门大学、中国科学技术大学等兄弟院校也逐渐将蓝晒化学体验融入高校科技节、招生夏令营等化学科普活动中，得到了参与者的广泛好评，说明蓝晒科普课程或实践活动具有可复制性和可推广性。

6 结语

本文以蓝色颜料和蓝晒化学科普的创作建构过程作为研究对象，阐述了化学科普创作的多元化艺术表达形式。基于全面的资料搜集和实验研究，逐步推进了科普视频、科普艺术展和科普研究文章等作品的诞生。本文以影视叙事学和艺术学相关理论剖析了视频《蓝色颜料》、短片《蓝晒之夏》以及跨界艺术展《蓝晒×生命》等作品的科学可视化表达、叙事策略和创作特征，从创作主题立意和作品内容表达等方面，研究科学传播者在创作中的认知再造和信息编码的主导过程，探讨跨学科研究思维对建构科普作品的科普价值、社会价值和美学价值等的重要性。

创作具有一定质量的科普视频和艺术展览，以艺术的多元化表达创新形式吸引大众了解化学。将化学科普研究内容引入化学与探索课堂中，是融合了跨学科知识点的教学尝试，建构了新颖有趣的知识传播形式，使学习化学成为一件既有意义又有乐趣的事情。本文提供了蓝色颜料和蓝晒化学科普的实践案例，融合跨学科研究思维，实现了化学实验课程模式的改革创新，鼓励学生在不同阶段做好相应的知识储备，提升综合能力和创造能力。

在科普影视创作的过程中需要考虑影视叙事的表现手法，融合视频作品内容的科学性和艺术性。刘立中分析了科普片的逻辑美学和蒙太奇手法：科普片强调逻辑表现的严密性、合理性和顺序性等；具有严密逻辑的科普作品产生有力的征服效果，成为科普作品中的上品；科普影视中思想感情的表现除了通过解说词的抒发，还需要依靠画面的内涵力度(如蒙太奇组合)来表达^[29]。这些年来科普领域利用互联网平台呈现出了不少创新的形式和内容。在视觉文化的大背景下，从视觉角度创作设计，科学可视化成为了科学普及的一种创新表达方式。视频画面成为了交流思想和传递信息的完美新渠道，观众更关注对视频画面的解读及信息的获取。科普创作者运用画面语言可以增强作品的艺术表现力，真实可信、制作精良、富有美感的画面可以优化作品的传播效果。

原创科普要求作者具有较高的综合素养，且创作和制作均需要花费较多的时间和精力。为了保证视频内容制作严谨、版权清晰且正确传播科学思想，需要具有专业背景和科研经验的研究人员把控作品输出，并注重影片审美。此外，如何提升科普视频和科普展览作品的科学价值和学术价值，也值得创作者对科普内容进行更深入的研究和剖析。假如有更多的创作主体总结归纳科普创作经验，或许能对自身和他人在今后的创作过程中提供有用的参考价值。

科普不仅要针对青少年起到启蒙或教育作用，更要面对社会大众起到科学普及的作用。化学科普创作者需要分析不同年龄段的受众群体的需求和认知差异，根据科学知识的难度情况，挖掘不同的科普内容，采用对应的创作表达和传播方式，实现多学科交叉融合，探索多元化教育的创新模式。希望在未来能有更多的高校和研究机构重视科普研究和创作，丰富化学科普的社会公共资源，真正发挥它们优质的科普资源优势，培养更多具有跨学科思维和研究能力的高端科普人才。

参 考 文 献

- [1] 连维建. 图像·视觉思维. 天津: 天津人民美术出版社, 2016: 7.
- [2] 国务院关于印发全民科学素质行动规划纲要(2021–2035年)的通知. [2021-06-25].
https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5623051.htm
- [3] 李厚金, 陈六平. 大学化学, **2020**, 35 (11), 1.
- [4] 任勇胜. 中国图书评论, **2005**, No. 9, 21.
- [5] 欧阳宏生. 认知传播学. 北京: 科学出版社, 2020: 21–22.
- [6] 科学与艺术应如何相遇. [2021-07-05]. <https://weekly.caixin.com/2021-07-03/101735438.html>
- [7] Rosenthal, S. *Front. Commun.* **2020**, 5, 581585.
- [8] 周荣庭, 杨舒婷, 杨元龙. 科普研究, **2013**, 8 (4), 54.
- [9] 赵东平, 高宏斌, 赵立新. 科技导报, **2020**, 38 (5), 92.
- [10] 孙红霞. 对高端科普人才发展现状的思考//第十三届中国科协年会第21分会场—科普人才培养与发展研讨会论文集. 第十三届中国科协年会, 天津, 2011年9月21–23日. 天津, 2011: 149–152.
- [11] 郑璇. 智慧中国, **2020**, No. 9, 76.
- [12] 胡周颖. 我国科普微视频发展浅析//中国科普理论与实践探索——第二十四届全国科普理论研讨会暨第九届馆校结合科学教育论坛论文集. 第二十四届全国科普理论研讨会, 珠海, 2017年10月14–15日. 珠海, 2017: 370–372.
- [13] 潘希鸣. 学会, **2018**, No. 7, 56.
- [14] 王国燕, 汤书昆. 科普研究, **2013**, 8 (6), 20.
- [15] 贡布里希 E. H. 图像与眼睛——图画再现心理学的再研究. 范景中, 杨思梁, 徐一维, 劳诚烈, 译. 南宁: 广西美术出版社, 2016: 97.
- [16] 赵超. 装饰, **2019**, No. 11, 38.
- [17] 当科学与艺术相遇, 我们会看到什么? [2021-01-18].
https://www.westlake.edu.cn/news_events/westlakenews/UniversityNews/202101/t20210119_8035.shtml
- [18] 汪品先院士: 我为什么做科普? [2022-01-28]. https://mp.weixin.qq.com/s/_ihg_NQUZeogxCq4owcy7g
- [19] Splitstoser, J. C.; Dillehay, T. D.; Wouters, J.; Claro, A. *Sci. Adv.* **2016**, 2 (9), e1501623.
- [20] 何绮婷, 张皓帆. 大学化学, **2021**, 36 (10), 2107107.
- [21] 克里斯多佛·詹姆士. 美国摄影图片制作工艺专业教程. 陆加佳, 译. 上海: 上海人民美术出版社, 2006: 107.
- [22] 南科大化学系科普, 带你探秘“蓝色颜料”. [2020-01-07]. <https://mp.weixin.qq.com/s/5d3pnDw5DcW4IH32Qgfx7A>
- [23] 何绮婷. 认知传播视域下的科普微视频及其价值分析[硕士学位论文]. 北京: 北京大学, 2022.
- [24] 蓝晒之夏[Blue House Lab. [2021-07-22]. <https://www.zhihu.com/zvideo/1401508732149407744>
- [25] 钟建明. 铁盐、铁银与银盐显影工艺. 北京: 中国摄影出版传媒有限责任公司, 2019: 23.
- [26] 校庆化学系艺术展|蓝晒×生命. [2020-12-31]. <https://mp.weixin.qq.com/s/oGQRlzcIzjP91qF5TGUWMA>
- [27] 彭锋. 艺术学通论. 北京: 北京大学出版社, 2016: 385.
- [28] 南方科技大学化学系特色选修课|一起探索奇妙的化学世界! [2022-06-10]. <https://mp.weixin.qq.com/s/BHScMxcVS4UuogLuLqboGw>
- [29] 刘立中. 当代电影, **1992**, No. 3, 86.