**2017年申报国家科技进步奖公示材料**

**推荐单位:国家文物局**

**一、 项目名称**

考古发掘现场脆弱文物新型临时固型保护技术及应用

**二、 项目简介**

本项目来源于“十二五”国家科技支撑计划及国家重点基础研究发展计划等重点课题。

考古发掘现场脆弱文物与遗迹众多，将其完整、安全、有效地提取到实验室进行永久保护,不但是考古发掘现场第一保护亟待解决的问题，也是濒危文物抢救、中华文化保护的重大需求和任务。

针对考古发掘现场脆弱文物与遗迹第一保护存在的瓶颈问题，依据临时加固材料提取的特殊要求以及国内外文献资料调研结果，本项目首次提出了适合脆弱文物临时加固的可控去除材料的设计与遴选原则，系统开发了考古发掘现场微环境控制技术，在多种拟用材料加固实验研究的基础上，确定以薄荷醇作为可控去除的临时加固目标材料进行后续深入研究。在确定目标材料的基础上，本项目深入探索了多种形态的薄荷醇及其衍生物在提取文物方面的可行性、安全性及可控去除性，研究了脆弱文物临时加固提取技术、加固材料可控去除技术、加固材料对文物、环境、人体的安全性评价等，优化确定了临时加固提取工艺技术与标准，获得了多项国内外领先的创新性研究成果，并积极地将科研成果推广应用于近50处多种不同材质脆弱文物及遗迹的提取与保护实践中，获得了文保单位的广泛好评，为考古发掘现场文物及遗迹的临时加固提取及后续的有效保护奠定了良好的基础，大大缩短了脆弱文物的提取速度，缓解了环境敏感性文物因长时间暴露于环境中产生的破坏，减少了传统方法（石膏提取等方法）提取文物时对文物的污染与损坏，有助于文物临时加固提取技术由从被动的抢救性应急保护向主动的预防性科技保护转变，大大提升了我国考古发掘现场文物保护的科学技术水平，为我国考古发掘现场脆弱文物的保护提供了强有力的科学技术支撑。

本项目已获发明专利授权4项，申报受理6项，研究编制国家标准1项及行业标准草案4项，发表论文14篇，出版著作1部。获国家文物局科技创新一等奖1项。培养了一支跨单位、跨学科、优势互补的联合研究团队。

**三、项目研究内容**

1. **可控去除临时固型材料的设计与遴选原则**

针对临时加固和可控去除技术对提取材料的有效性、安全性及可控去除性的要求以及被提取脆弱文物的特点，在国内外文献调研的基础上，率先提出了可控去除临时固型材料的设计与遴选原则：

1. 材料应具有较低的融化温度，且在常温下可以固化；融化形成的融液-结晶固化-升华过程所产生的体积变化越小越好；
2. 材料融化后形成的融液以及加入溶剂后形成的溶液，应具有较好的流动性，且对不同材质的文物应具有良好的润湿性及渗透性。同时，也应具有一定的亲水性；
3. 材料进入文物本体的孔隙后，结晶固化可与脆弱性文物本体形成一个整体，赋予文物一定的强度，为文物临时提取过程的顺利进行提供力学强度支撑，从而保持发掘过程中文物的形态，而且文物碎片间的依存关系不会因临时提取而被破坏；
4. 进入文物本体孔隙内部的临时固型材料，应能通过温度及通风条件等环境因素的调节按一定的速度可控挥发，既要保证在临时提取过程中文物能保持一定的强度，同时临时固型材料不能残留在文物的内部；
5. 在加固提取的全过程中，材料应当是绿色安全的，即材料不能对文物、环境以及人体产生损害，也不应和文物发生化学反应而影响文物的安全；
6. 针对可控去除的临时固型材料所开发的成套提取技术，应具有工艺简单、耗时短等特点，能满足多种脆弱文物与遗迹的快速提取要求。
7. **可控去除临时固型材料的筛选研究**

依据可控去除的临时固型材料的设计与遴选原则，项目选取了薄荷醇、薄荷酮、薄荷醇乳酸脂、麝香等香料作为备选材料进行加固实验研究。比较研究结果后，聚焦薄荷醇及其衍生物作为目标材料进行深入研究。

1. **薄荷醇临时固型材料有效性、安全性以及可控去除性研究**

在制备不同物理形态（融液、溶液以及气态）薄荷醇及其衍生物的基础上，通过它们对模拟样品（有机质、无机质、金属质）的加固实验研究，系统获得了临时加固、可控去除材料在提取文物应用时的有效性、安全性以及可控去除性研究结果，为后续的实际提取应用奠定了良好的基础。

1. **薄荷醇临时加固工艺技术优化以及提取标准**

通过壁画、脆弱性文物及遗迹的模拟实验，系统研究了文物加固提取的工艺技术路线，探讨了不同材质文物（有机、无机、金属质）、不同含水状况文物（低含水、高含水）以及不同提取环境（温度、湿度）下，薄荷醇及其衍生物临时加固、可控提取文物的最佳工艺技术路线，研制了文物微环境控制装置、开发了一批适合于文物提取的工具与装置，为文物标准化提取过程的建立奠定了良好的基础。

1. **考古发掘现场出土脆弱文物与遗迹临时固型提取技术的应用研究**

从国内重点文物单位选择了46处有代表性的典型文物进行应用研究工作，按照考古现场的提取要求，结合预先制定的提取工艺技术标准，量身定做成适合于各自特征的临时加固提取工艺技术规范，并付诸于临时加固提取文物应用，圆满地将46处脆弱文物成功提取到实验室进行保护，其中很多是过去难以提取的文物。

**四、项目创新点**

1. 首次在国际上，依据文物保护特点，提出了临时固型材料的遴选与研发原则；
2. 首次在国际上，成功地将左旋薄荷醇应用于多种不同材质脆弱文物与遗迹（彩绘遗迹、漆木器、壁画、棺板、骨骼等）的提取；
3. 首次在国际上，系统地研究了左旋薄荷醇用于文物遗迹的临时固型特性（安全性、有效性、可控性），开启了未来对此类材料持续研究的先河；
4. 填补了国际上对“绿色安全、可控去除”临时固型材料的需求空白，是我国考古发掘现场抢救性保护工作的开创性成果， 具有广阔的应用前景和较高的推广价值。

**五、支撑材料**

（一）教育部科技查新结果

本团队首次将左旋薄荷醇作为临时固型材料应用于考古发掘现场脆弱遗迹（易损彩绘遗迹、木炭遗迹、青铜兵器遗迹、漆木器遗迹、彩绘棺板、骨骼、壁画等）的提取保护，该项工作在国际上具有首创性，成果总体上达到同类保护技术国际领先水平。（见附件1）

（二）文物局科技创新奖评审专家评价

该项目基于考古发掘现场脆弱遗迹提取的技术难点，科学提出了脆弱遗迹提取临时固型材料的性能指标要求，研发筛选出薄荷醇及其衍生物作为脆弱遗迹临时固型材料，并科学表征了该材料现场应用中临时固型的有效性和可靠性。该项目系统研究了临时固型材料与脆弱遗迹提取的相互关系，建立了临时固型材料薄荷醇类物质性能的科学表征及应用效果综合评价方法，研发出考古发掘现场脆弱遗迹临时保存的微环境控制装置，研制了考古发掘现场脆弱遗迹临时固型的工作流程及操作规范。对不同质地和形态的脆弱遗迹提取应用和工艺比较表明，该固型材料对脆弱遗迹形态具有良好的固型性，对脆弱遗迹本体无不良影响，容易去除，使用安全。该项目研发成果在我国多处重要考古发掘现场的应用取得了良好的示范效果，具有良好的推广应用前景。该项目可为我国考古发掘现场脆弱遗迹提取提供有力的技术支撑，对提高我国考古发掘现场脆弱遗迹提取的技术与装备水平具有重要意义。（见附件2）

1. 国家重点基础研究发展计划（973计划）项目专家评价

为解决考古发掘现场极度脆弱文物的安全提取或转移搬迁问题。利用左旋薄荷醇等固体香料在温室下自然挥发的特点，开发了具有极度熔点的临时固型材料系列。系统研究了这些临时固型材料对不同材质、孔隙度及不同含水率基材的渗透性、提取能力、加固强度、失效速率等基本性质；评估了熔体固化和释放发挥过程对脆弱文物基材结构的安全性和对环境的生物安全性；同时，完成了发掘现场文物提取施工工艺的优化研究，在秦始皇兵马俑等多处发掘现场对极度脆弱文物进行了一系列临时加固、搬迁和提取实验，取得了比较满意的结果。左旋薄荷醇等香料类临时固型材料价格比较低廉；对文物和环境安全，无毒；无生物体内聚集的生物安全性问题，对潮湿基材的渗透性和提取能力很好，并可自然发挥干净，无污染；熔融体对亲水和非亲水类基材有较好的渗透性；固化后强度满足文物提取和搬迁要求；现场施工工艺简单，有望成为国内售用的考古现场临时固型材料，为发掘现场极度脆弱文物的安全提取或转移搬迁提供材料和技术支撑。（见附件3）

1. 新闻媒体报道

陕西电视台、中国文物报、人民网、科技日报、澎拜新闻等媒体对本项目工作的报道：

1. 西安新闻网（2016年12月23日）薄荷糖、薄荷水还有薄荷味牙膏……这些食品和生活用品大家都已司空见惯，它们之所以能散发出一种清爽怡人的薄荷味是因为其中包含一种叫薄荷醇的元素。但可能让您意想不到的是秦始皇地陵博物院的专家将无害的薄荷醇及其衍生物用于考古后，竟捧回技术创新大奖。陕西电视台（2016年12月24日）播出新闻，“秦兵马俑考古技术新成果“薄荷醇”保护遗迹显神威”，“无害材料与考古“化学反应”捧大奖，比传统材料成本更低破坏更小。（见附件4）
2. 中国文物报（2016年12月13日）指出，专家点评评审科技创新奖项目时指出：该项目研发成果在我国多处重要考古发掘现场的应用取得了良好的示范效果，具有良好的推广应用前景。该项目可为我国考古发掘现场脆弱遗迹提取提供有力的技术支撑，对提高我国考古发掘现场脆弱遗迹提取的技术与装备水平具有重要意义。（见附件5）
3. 澎拜新闻（2016年10月27日）记者在采访徐州博物馆文保中心主任：千年玉棺是如何修复还原的...，提到这具玉棺总体是朝外侧倒塌的，那么西侧板外面的漆皮一定是相对完整的——事实上那个时候我们只是预测相对完整的，因为朽烂的木胎、淤积的白膏泥完全覆盖在漆皮上，具体保存状况是未知的。为了不破坏其整体性，以及为了保障更多信息的原始性，我们采用了脆弱遗迹的提取技术，也就是薄荷醇加固法，先把薄荷醇熔融以后涂上去，再铺上纱布，就像揭壁画一样，作为一个整体提取下来。因为加固面积较大，长2米、宽0.4米，5个人通力协作，成功将其提取并翻转过来。看到的情形是相当令人欣喜的，玉棺西侧板外侧残存的漆皮大体是保存完好的，棺外的装饰一目了然，有小铺首，有玉璧，有玉璜，有玉龙——现在看来应该是犀形的玉饰。看到这个结果，我们非常震撼，除了装饰性构件，漆皮上能辨识出的彩绘纹饰，也异常精美。薄荷醇整体加固法揭取西侧板(见附件6)

（五）专利

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家  （地区） | 授权号 | 授权  日期 | 证书  编号 | 权利人 | 发明人 | 发明专利有效状态 |
| 发明专利 | 薄荷醇及其衍生物作为文物遗址现场提取材料的用途 | 中国 | ZL2010 1 0252551.9 | 2012年6月27日 | 982168 | 中国科学院上海有机化学研究所、  中国科学院上海硅酸盐研究所、秦始皇兵马俑博物馆 | 房强、韩向娜、罗宏杰、李伟东、周铁、容波 | 有效 |
| 实用新型专利 | 控制考古现场出土脆弱文物保存环境的便携式装备 | 中国 | ZL2011 2 0459017.5 | 2012年8月15日 | 2355995 | 中国科学院上海硅酸盐研究所、秦始皇帝陵博物院 | 罗宏杰、李伟东、周铁、容波 | 有效 |
| 发明专利 | 具有梯度熔点的复合材料及其对发掘现场文物加固的用途 | 中国 | ZL2015 1 0093729.2 | 2016年8月17日 | 2168754 | 中国科学院上海高等研究院、  、秦始皇帝陵博物院 | 姜标、周小安、周铁、容波 | 有效 |
| 发明专利 | 一类加固材料对发掘现场文物进行临时加固的应用和方法 | 中国 | ZL2015 1 0039823.X | 2016年7月13日 | 2146701 | 中国科学院上海高等研究院、  、秦始皇帝陵博物院 | 姜标、周小安、周铁、容波 | 有效 |

（六）发表文章

[1]容波,吴茨·鲁佩尔特,朱振宇,李斌,王春燕,王婷. 秦俑二号坑土壤干缩特征研究[J]. 北方文物. 2012(01).

[2]容波,王春燕,李华,秦俑坑考古发掘现场脆弱遗迹提取保护[A].《秦始皇帝陵博物院院刊》,2012年总壹辑.

[3]罗宏杰,韩向娜,黄晓,李伟东.环十二烷在文物保护中的应用进展[J]. 中国材料进展. 2012(11).

[4]韩向娜,黄晓 ,罗宏杰.薄荷醇作为临时性加固材料在文物保护中的应用,古陶瓷科学技术国际讨论会,2012

[5]王春燕,罗晓艳,容波,李华.薄荷醇及其衍生物在考古现场脆弱遗迹加固中的应用[J]. 北方文物. 2013(04).

[6]王春燕,惠娜,容波,李斌,朱振宇.薄荷醇及其衍生物对彩绘遗迹表面的影响[J]. 文博. 2013(04).

[7]X. HAN，B. RONG,X. HUANG,T. ZHOU,H. LUO and C. WANG, The use of menthol as temporary consolidate in the excavation of Qin Shihuang`s terracotta army[J].Archaeometry 2013,12.

[8]周珺,容波.薄荷醇在考古发掘现场脆弱遗迹提取的安全性研究——以秦俑一号坑遗迹为例[J].西北大学研究生学位论文,2015(04).

[9]Xiangna Han. The use of menthol on the archaeological site at the Mausoleum of the First Qin Emperor. Studies in Conservation [J].2014, 59(Supplement 1) s223-s224.

[10]容波,韩向娜,黄晓,王春燕. 薄荷醇提取发掘现场脆弱遗迹及其安全性研究[J]. 江汉考古. 2016(01).

[11]Xiangna Han , Xiao Huang , Bingjian Zhang ,Morphological studies of menthol as a temporary consolidant for urgent conservation in archaeological field[J].Journal of Cultural Heritage 18 (2016) 271–278.

[12]Xiangna Han, Xiao Huang, Bingjian Zhang. Laboratory research of menthol as a temporary consolidant for archaeological excavation conservation. Archaeometry [J](2016)368-379

[13]容波,周珺,刘成.考古发掘现场出土脆弱遗迹提取方法研究述评.文物保护与考古科学[J]. 2016（3）

[14]韩向娜, 张秉坚, 罗宏杰, 黄晓，苏伯民. 薄荷醇在墓葬壁画抢救性揭取上的应用研究.敦煌研究[J] 2016.9

[15]秦始皇帝陵博物院，中国科学院上海硅酸盐研究所，中国科学院上海有机化学研究所，等《出土陶质彩绘文物保护关键技术研究》，科学出版社，2014年11月.

（七）推广应用情况

近年来，利用薄荷醇材料以及提取技术，成功提取了46处脆弱性文物，得到文物所在单位的一致好评，用户证明文件见附件7。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **应用单位名称** | **应用技术** | **应用的起止时间** | **应用单位联系人/电话** | **应用情况** |
| 秦始皇帝陵博物院 | 左旋薄荷醇应用于秦俑一号坑出土遗迹提取 | 2010年—2014年 | 王春燕029-81399252 | 弓弩遗迹、箭镞遗迹、兵器戟遗迹、兵器戈遗迹、木炭遗迹、彩绘土块遗迹、彩绘马腿遗迹 |
| 秦始皇帝陵博物院 | 左旋薄荷醇应用于秦陵百戏俑坑出土遗迹提取 | 2011年——2013年 | 王伟锋  029-81399111 | 脚踏板遗迹、木炭遗迹、棚木遗迹 |
| 陕西省考古研究院 | 左旋薄荷醇应用于凤栖塬张安世家族墓地出土遗迹提取 | 2010年-2012年 | 丁岩  13572127325 | 彩绘漆皮遗迹、木炭遗迹 |
| 陕西省考古研究院 | 左旋薄荷醇应用于陕北统万城墓地出土遗迹提取 | 2012年——2013年 | 赵西晨  13519119097 | 壁画、植物遗迹、建筑遗迹的提取 |
| 西安市文物保护与考古研究院 | 左旋薄荷醇应用于西安南郊壁画揭取 | 2012年——2013年 | 赵凤燕  13571492717 | 墓葬壁画画面的揭取 |
| 河南省考古研究院 | 左旋薄荷醇应用于城阳城遗址脆弱遗迹提取 | 2015-2016 | 武志江13598083010 | 左旋薄荷醇应用于彩绘脆弱遗迹提取 |
| 徐州市博物馆 | 左旋薄荷醇应用于江苏省盱眙大云山王都王王后墓出土的镶玉漆棺保护 | 2014年——2015年 | 赵晓伟  13645211579 | 将镶玉漆棺表面彩绘漆皮揭取并完整保存 |
| 中国社会科学院考古研究所 | 左旋薄荷醇应用于内蒙古谢尔他拉岗嘎墓地木制遗存揭取 | 2015年——2016年 | 李存信13520020015 | 岗嘎墓地木制遗存揭取 |
| 江西省考古研究所 | 左旋薄荷醇应用于江西南昌海昏侯主棺琉璃席提取 | 2012年——2013年 | 张仲立13630250333 | 提取珍贵的主棺琉璃席彩绘遗迹 |
| 辽宁省博物馆 | 左旋薄荷醇应用于北镇辽代贵族墓壁画揭取 | 2015-2016年 | 孙力13940592005 | 北镇辽代贵族墓壁画揭取 |

**六、主要完成人情况：**

1. 罗宏杰，上海大学教授，国家重点基础研究发展计划（973项目）首席科学家，“十二五”国家科技支撑计划项目组重要骨干，材料设计研发负责人，材料性能评估及工艺设计实验研究。对创新点1、2、3、4有重要贡献。

2. 周铁，秦始皇帝陵博物院研究员，“十二五”国家科技支撑计划课题《出土陶质彩绘文物保护关键技术研究》负责人，国家重点基础研究发展计划（973项目）项目组重要骨干，负责考古发掘现场材料实验及成果应用推广工作。对创新点1、2、3、4有重要贡献。主持编制了1项国家标准，4项行业标准。

3. 容波，秦始皇帝陵博物院研究员，“十二五”国家科技支撑计划项目以及国家重点基础研究发展计划（973项目）项目组重要骨干，实验室测试及现场工艺研究实施负责人，实施考古发掘现场材料实验及成果应用推广工作，组织实施了秦俑坑、秦陵百戏俑坑及凤栖塬墓地、陕北统万城工地临时固型技术应用工作。对创新点1、2、3、4有重要贡献。

4. 韩向娜，北京科技大学讲师，项目实验室测试及现场工艺研究实施负责人成员，实施考古发掘现场材料实验及成果应用推广工作，在秦俑坑、陕北统万城、海拉尔岗噶墓地、海昏侯考古工地实施材料应用。对创新点1、2、3有重要贡献。

5. 房强，中国科学院上海有机化学研究所研究员，中国科学院上海高等研究院兼职研究员，组织实施左旋薄荷醇衍生物选择及应用评价工作。对创新点1、2、3有重要贡献。

6. 黄晓，中国科学院上海硅酸盐研究所研究员，国家重点基础研究发展计划（973项目）组骨干成员，负责左旋薄荷醇提取性能关键技术研究。对创新点2、3有创造性贡献。

7. 张秉坚，浙江大学教授，国家重点基础研究发展计划（973项目）组骨干成员，材料性能功能评价专项负责人，对创新点2、3有重要贡献。

8. 王春燕，秦始皇帝陵博物院副研究员，参与项目实验室测试及秦俑一号坑现场出土遗迹提取工艺研究。对创新点3、4有重要贡献。

9. 王东峰，秦始皇帝陵博物院助理研究员，参与秦俑一号坑现场修复研究，实施成果应用推广工作。对创新点3、4有重要贡献。

10. 李伟东，中国科学院上海硅酸盐研究所研究员，国家重点基础研究发展计划（973项目）组成员，负责左旋薄荷醇提取性能提取技术研究。对创新点3有创造性贡献。

**七、主要完成单位及创新推广贡献：**

1. 秦始皇帝陵博物院

组织项目的实施和推广应用，保障项目的工作环境、设备条件、对外协作等。承担了本项目的需求分析、应用示范技术设计、工艺流程研究、材料评价研究，在材料遴选原则、提取工艺流程设计等诸多技术环节进行实验研究。参与编制了脆弱遗迹提取标准规范，填补了国内空白。

2. 中国科学院上海硅酸盐研究所

参与了本项目的需求分析、应用示范技术设计、工艺流程研究，参与本项目的立项、材料性能评价及实验室测试工作，专利撰写，协助开展科技成果推广应用工作。

3. 上海大学

参与了本项目的需求分析、应用示范技术设计、工艺流程研究、材料评价研究，在材料遴选原则、提取工艺流程设计等诸多技术环节进行实验研究。参与编制了脆弱遗迹提取标准规范，填补了国内空白。4. 中国科学院上海有机化学研究所

参与本项目的立项、材料研制及实验室测试工作，主要负责左旋薄荷醇及相关材料的科学表征，对部分材料工艺进行研究。

5. 浙江大学

对左旋薄荷醇及相关材料的安全性、有效性、可控性进行科学表征，参与本项目的立项、研制及实验室测试工作。

6. 北京科技大学

遴选出现场提取材料原则，参与左旋薄荷醇及相关材料的安全性、有效性、可控性实验室表征。后期承担了本项目的工艺流程研究，协助开展科技成果推广应用工作。

7. 中国科学院上海高等研究院

后期参与本项目的材料遴选、研制及实验室测试工作，负责相关材料的科学表征，对部分材料工艺进行研究。

**八、 完成人合作关系说明**

在国家文物局领导与支持下，项目主要承担单位建立了创新联盟（见附件8），且联合承担了“十二五”国家科技支撑计划（见附件9）以及国家重点基础研究发展计划（973）（见附件10）等国家级重点课题，协同开展了临时加固可控去除技术的研究与应用工作、共同制定临时固型工艺技术规范、共同发表论文、共同申报知识产权以及共同申报国家文物局奖励。

项目负责人及成员成功组织实施了国家科技支撑计划课题“出土陶质彩绘文物保护关键技术研究”、“脆弱性硅酸盐质文化遗产保护与关键技术基础”项目，并通过产、学、研的结合，项目研究促进了文物科技保护与相关学科的交叉与融合，培养研究人才，形成了一支多学科联合攻关的文物保护科研队伍；提升了我国文物保护领域的科技创新能力，构建了互信良好的文物科技保护合作平台。项目组成员合作获得专利4项，发表论文14篇，著作1部，编制标准5项，获得省部级科技进步一等奖1项。