

## 拟推荐参加 2024 年度甘肃省科学技术奖励评选项目信息

### 1. 项目名称

岩土质文物保护多场耦合环境模拟实验室研发与应用

### 2. 申报奖种

省科技进步奖

### 3. 完成单位

- (1) 敦煌研究院
- (2) 兰州大学
- (3) 上海佐竹冷热控制技术有限公司
- (4) 西北大学
- (5) 上海师范大学

### 4. 项目简介

本项目属于土木工程-建筑史、机械工程-专用机械工程-专用机械工程其他学科、环境科学技术-环境科学技术基础学科-环境科学技术基础学科其他学科。

针对岩土质文物长期采用缩尺试样相似度低、环境仿真模拟差异大、多因素累积劣化难以叠加等难题，开展基于自然环境真实模拟的多场耦合试验装置的研发，以及岩土质文物劣化机制和保护材料评估研究。科学提出了基于自然界风、雨、雪、日照、温度、湿度等主要影响因素的环境仿真模拟理论，建成了我国首座涵盖冬季仓、夏季仓、风雨仓的多场耦合环境模拟实验室，可实现温度-30至60℃，相对湿度10%至90%，风、雨、雪、太阳照射等全气候条件的足尺环境仿真模拟，具有时间可控、条件可重复、多因素耦合、环境覆盖范围大等优点，实现了多因素长时序作用下足尺试样的全生命周期劣化过程模

拟；研发了集试样尺寸、形貌、边界条件、养护方法、转运等要求的多场耦合环境足尺试样制备方法；厘清了岩土质文物劣化的主要影响因素，构建了时空多元环境主控因子模拟计算系统，建立了高相似度典型环境模拟加载方法；提出了岩土质文物全生命周期劣化的宏-微观映射关系，构建了足尺模型劣化过程表征指标和检测方法体系。揭示了基于形貌改变、物质迁移、变形、结构损伤等劣化现象的水、热、盐、力耦合响应机制，能够精准捕捉岩土质文物浅表层粉化、片状剥落、泛盐、开裂等劣化过程。应用多场耦合环境模拟实验室开展耐候性试验，揭示了岩土质文物保护材料在多场耦合下的作用机制，精准评估了岩土质文物保护加固材料的服役性能。破解了足尺试样高仿真自然环境长时序模拟的技术难题。

研究成果成功应用于西北地区土遗址与砂岩石窟，涉及多个省（市、自治区）54项保护工程，其中1项获甘肃省示范性文物保护项目。发表论文76篇，其中SCI、EI40余篇。授权专利28件，编写国家标准1部，出版专著1部。与世界顶级高校和科研院所合作，搭建土遗址保护人才最高端的平台。先后入选国家百千万人才1人，全国文物系统先进工作者1人，甘肃省拔尖领军人才2人，甘肃省领军人才3人，甘肃省飞天学者2人，甘肃省宣传部“四个一批”人才2人，甘肃省青年文化人才3人，陇原青年英才1人。培养博士研究生12人，硕士研究生45人，保护技术推广应用修复技师22人次。

### 完成人排序及对项目主要贡献

姓名	排序	单位	主要贡献
郭青林	1	敦煌研究院	全面负责多场耦合环境模拟实验室的研发与实施，技术集成与推广应用。
裴强强	2	敦煌研究院	负责多场耦合环境模拟实验室的建设，加载环境的耦合加载研究，土遗址温度响应机制研究。
张博	3	敦煌研究院	负责多场耦合环境模拟实验室装备的研发与集成，砂岩石窟微环境特征、土遗址防风化加固技术研究。

王彦武	4	敦煌研究院	负责砂岩、砂砾岩石窟水盐运移特征和防控技术研究。
谌文武	5	兰州大学	负责岩土质文物病害特征与赋存环境关系研究。
杜 军	6	上海佐竹冷热技术有限公司	负责多场耦合环境模拟实验室的装置研发和实施。
张虎元	7	兰州大学	负责多场耦合环境模拟实验室构建理论、岩土质文物热劣化效应和检测技术。
杨善龙	8	敦煌研究院	负责多场耦合环境模拟实验室研究成果的推广应用
孙满利	9	西北大学	负责多场耦合作用下化学、生物加固效果评价。
张景科	10	兰州大学	负责多场耦合环境模拟实验室研究成果的推广应用。
张得煊	11	上海师范大学	负责多场耦合环境模拟实验室的装置研发和计算机控制系统研发。
刘晓颖	12	敦煌研究院	负责多场耦合环境作用下砂岩质文物劣化机制研究。
尚东娟	13	敦煌研究院	负责多场耦合环境作用下土遗址劣化机制研究。
赵建忠	14	敦煌研究院	负责多场耦合环境作用下岩土质文物劣化表征体系构建。
朱 晶	15	敦煌研究院	负责多场耦合环境模拟实验室建设和岩土质文物尺寸效应机制研究。

## 主要知识产权证明目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	证书编号	权利人	发明人	专利有效状态
1	发明	一种模拟冬季气候侵蚀足尺试样的试验舱体	中国	CN114279945B	ZL202111616521.6	敦煌研究院；上海佐竹冷热控制技术有限公司	郭青林；裴强强；张博；朱晶；余静；朱毓；刘鸿；杨善龙；杜军；李庆；张鹏	有效
2	发明	一种模拟风雨环境侵蚀足尺试样的试验舱体	中国	CN114486699B	ZL202111615622.1	敦煌研究院；上海佐竹冷热控制技术有限公司	郭青林；裴强强；王彦武；张博；余静；朱晶；赵国靖；黄井镜；李庆；张鹏	有效
3	发明	一种模拟夏季气候变化侵蚀足尺遗址的试验舱	中国	CN114295538B	ZL202111615597.7	敦煌研究院；上海佐竹冷热控制技术有限公司	郭青林；裴强强；杨善龙；余静；朱晶；尚东娟；赵建忠；杜军；李庆；张鹏	有效
4	发明	基于多场耦合下的石窟围岩风化及壁画盐害模拟试验装置	中国	CN201310042876.8	ZL201310042876.8	敦煌研究院；上海佐竹冷热控制技术有限公司	王旭东；范宇权；郭青林；杜军；张鹏；沈宇纲	有效
5	发明	空压机后冷却器性能试验的进口湿度控制系统及实现方法	中国	CN201510225489.7	ZL201510225489.7	上海佐竹冷热控制技术有限公司	王文斌；范力群；杜军；金志良	有效

6	发明	一种基于土水曲线研究非饱和盐分迁移规律的室内试验装置及其试验方法	中国	CN108061740B	ZL201711011284.4	兰州大学	王娟; 谌文武; 刘伟; 孙冠平	有效
7	发明	一种可测体变的土水特征曲线测试装置	中国	CN106018743B	ZL201610378279.6	兰州大学	谌文武; 刘伟; 刘鹏; 孙冠平; 林高潮; 叶飞	有效
8	发明	一种适用于平顶窟顶板岩体锚固工程的灌浆方法	中国	CN112942339B	ZL202110381853.4	敦煌研究院	裴强强; 朱毓; 刘鸿; 王彦武; 陈嘉睿; 郭青林	有效
9	实用新型	大体积夯筑土建筑失水速率测试装置	中国	CN207866748U	ZL201721493886.3	敦煌研究院; 敦煌研究院文物保护技术服务中心	裴强强; 张博; 杨善龙; 尚东娟; 刘晓颖; 朱毓; 赵国靖; 郭青林	有效
10	实用新型	大体积夯土墙体表面和内部温度场测试装置	中国	CN207423406U	ZL201721495423.0	敦煌研究院; 敦煌研究院文物保护技术服务中心	郭青林; 裴强强; 张博; 王彦武; 尚东娟; 刘鸿; 赵建忠	有效
11	实用新型	夯锤夯筑土遗址冲击应力的测试装置	中国	CN207991934U	ZL201721493848.8	敦煌研究院; 敦煌研究院文物保护技术服务中心	裴强强; 张博; 许宏生; 刘晓颖; 尚东娟; 朱晶; 郭青林	有效
12	实用新型	夯筑土体内部应力应变测量装置	中国	CN207395797U	ZL201721494964.1	敦煌研究院; 敦煌研究院文物保护技术服务中心	裴强强; 杨善龙; 张博; 尚东娟; 刘晓颖; 郭青林	有效
13	实用新型	大体积夯筑土建筑失水速率测试装置	中国	CN207866748U	ZL201721493886.3	敦煌研究院; 敦煌研究院文物保护技术服务中心	裴强强; 张博; 杨善龙; 尚东娟; 刘晓颖; 朱毓; 赵国靖;	有效

							郭青林	
14	实用新型	一种自动反馈式岩土膨胀压力仪	中国	CN209945883U	ZL201920229535.4	兰州大学	王娟; 刘伟; 谌文武; 孙冠平	有效
15	实用新型	一种便携式降雨与日照模拟装置	中国	CN215180164U	ZL202023181839.X	兰州大学	谌文武; 陈浩鑫; 张帅; 范文军; 蔡韬	有效
16	实用新型	一种可测体变的土样增湿装置	中国	CN207600824U	ZL201721805358.7	兰州大学	王娟; 刘伟; 谌文武; 孙冠平	有效
17	实用新型	砌筑土建筑遗址专用土坯的成套模具	中国	CN206216873U	ZL201621294985.4	敦煌研究院	裴强强; 郭青林; 杨善龙; 李志强; 王彦武; 赵建忠	有效
18	实用新型	一种制作土建筑遗址高含砂量土坯的模具	中国	CN206216874U	ZL201621295001.4	敦煌研究院	裴强强; 郭青林; 朱晶; 张博; 李志强; 赵国靖	有效
19	实用新型	一种土遗址专用夯筑墙体钻芯取样机	CN	CN205958285U	ZL201620836252.2	敦煌研究院	裴强强; 李志强; 杨善龙; 王新卿; 王彦武; 郭青林	有效
20	标准	试验用空气焓值法试验装置通用技术要求	中国	GB/T 37292-2019	GB/T 37292-2019	上海佐竹冷热控制技术有限公司; 中国电器科学研究院有限公司; 江苏中关村科技产业园节能环保研究有限公司; 上海市计量测试技术研究院; UL 美华认证有限公司; 中国家用电器研究院; 大金空调(上海)有限公司; 上海理工大学能源与动力工程学院制冷所; 上海贝洱热系统有限公司; 上海横河国际贸易有限公司; 横河电机(中国)有限公司; 上海三菱电机·三菱空调机电器有限公	杜军; 郑毅穗; 陈江平; 余国瑞; 孙健; 陈曦; 董浩; 徐鸿; 沈宇纲; 陈杰; 李瑛; 黄莉; 谢晓筠; 孟繁普; 熊巍; 潘晔巍	有效

						司；上海市在线检测与控制 技术重点实验室		
--	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--

## 主要论文、专著目录

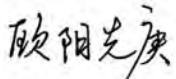


序号	论文专著名称	刊名	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间	全部作者
1	Environmental Atlas For Important Monuments and Sites Along The Silk	Beijing: Sinomaps Press	著作	2017	王旭东; 郭青林; 谌文武
2	甘肃省石窟寺保存现状与对策研究	石窟与土遗址保护研究	2022 年 1 卷 4-17 页	2022.06.30	郭青林; 黄井镜; 裴强强; 张琪; 李义杰
3	不同开放环境下北石窟洞窟温湿度变化特征	岩石力学与工程学报	2021 年 40 卷 2834-2840 页	2021.04.01	张博; 崔惠萍; 裴强强; 郭青林; 王彦武; 杨善龙
4	甘肃庆阳北石窟寺水环境特征研究	西北大学学报(自然科学版)	2021 年 51 卷 360-369 页	2021.03.01	王彦武; 韩增阳; 郭青林; 崔惠萍; 段焘; 裴强强
5	敦煌莫高窟崖体中盐分分布特征研究	敦煌研究	2017 年 (04)125-129 页	2017.09.18	杨善龙; 王旭东; 郭青林; 裴强强
6	Discussion on the environmental adaptability of weather-resistant measures for earthen sites in China	Built Heritage	2022 年 6 卷 1-13 页	2022.08.31	王旭东; 张博; 郭青林; 裴强强
7	Characteristics of Temperature Field of Rammed Earth Wall in Arid Environment	Coatings	2022 年 12 卷 735 页	2022.05.27	裴强强; 张博; 尚东娟; 郭青林; 黄井镜; 朱晶
8	The effect of polyvinyl alcohol solution with a high degree of alcoholysis on the expansion and cracking behaviour of quicklime-treated soil in earthen sites	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	2021 年 80 卷 4159 页	2021.3.18	张启勇; 谌文武; 范文军; 刘端午
9	土的含水率测定方法综述	西北大学学报(自然科学版)	2019 年 49 卷 219 页	2019.04.10	孙满利; 付菲; 沈云霞



10	Research on in-situ color detection and data analysis on earthen sites	International Journal of Architectural Heritage	2019 年 13 卷 769 页	2019.8.18	毛维佳; 孙满利; 郭青林; 崔梦鹤; 黄姣; 白云峰
11	基于灰色关联度和 AHP 层次分析法评价定风速下的土遗址劣化效应	兰州大学学报 (自然科学版)	2021 年 57 卷 311 页	2021.06.15	谌文武; 夏云云; 雷宏; 蔡韬
12	融雪与降雨入渗下含盐土遗址的冻融劣化研究	岩土工程学报	2022 年 44 卷 334 页	2021.09.03	谌文武; 贾博博; 蔡韬; 陈浩鑫; 李湘
13	土遗址病害研究新进展与展望	敦煌研究	2022 年 02 卷 136 页	2022.04.15	孙满利; 陈彦裕; 沈云霞
14	Action Mechanism of Sticky Rice-Paste-Modified Site Soil: A Traditional Chinese Cementitious Material	Studies in Conservation	2020 年 65 卷 238 页	2020.02.04	裴强强; 王旭东; 郭青林; 赵林毅; 张博; 李志鹏
15	复合固化剂加注方法对土遗址加固效果的影响	中南大学学报 (自然科学版)	2020 年 51 卷 1946 页	2020.07.26	张迎敏; 谌文武; 杨光; 戴鹏飞; 李永杰
16	Wettability of earthen sites protected by PVA solution with a high degree of alcoholysis	Catena	2021 年 196 卷 104929 号	2021.01.01	张启勇; 谌文武; 张景科
17	植物覆盖技术保护潮湿地区土遗址探讨	文物保护与考古科学	2021 年 33 卷 125 页	2021.10.15	孙满利
18	经 PS 加固前后遗址土体的热传导率与强度关系研究	岩石力学与工程学报	2016 年 35 卷 3268-3273 页	2016.03.01	欧阳先庚; 张得煊; 王旭东; 郭青林
19	庆阳北石窟寺砂岩表层风化特征与地层岩性的关系研究	西北大学学报 (自然科学版)	2021 年卷 344 页	2021.06.01	张景科; 张理想; 郭青林; 李威昊; 文鑫; 刘盾
20	夯土遗址表层热劣化模拟试验研究	湖南大学学报 (自然科学版)	2021 年 45 卷 149-156 页	2018.05.11	张虎元; 杨龙; 刘平; 陈毅; 张国超

# 非连续申报证明

项目名称	岩土质文物保护多场耦合环境模拟实验室研发与应用
主要完成人	郭青林、裴强强、张博、王彦武、谌文武、杜军、张虎元、杨善龙、孙满利、张景科、张得煊、刘晓颖、尚东娟、赵建忠、朱晶
主要完成单位	敦煌研究院、兰州大学、上海佐竹冷热控制技术有限公司、西北大学、上海师范大学
<b>自查情况说明</b>	
项目组自查情况	<p>本项目申报 2024 年度甘肃省科技进步奖，主要技术内容未申报过以往年度省科学技术奖，无重复申报情况，符合申报要求。</p> <p>特此承诺。</p> <p>第一完成人（签名）： </p> <p style="text-align: right;">2024 年 11 月 1 日</p>
第一完成单位自查情况	<p>本项目申报 2024 年度甘肃省科技进步奖，主要技术内容未申报过以往年度省科学技术奖，无重复申报情况，符合申报要求。</p> <p>特此说明。</p> <p>第一完成单位（盖章）： </p> <p style="text-align: right;">2024 年 11 月 1 日</p>

项目名称	岩土质文物保护多场耦合环境模拟实验室研发与应用		
主要完成人	郭青林、裴强强、张博、王彦武、谌文武、杜军、张虎元、杨善龙、孙满利、张景科、张得煊、刘晓颖、尚东娟、赵建忠、朱晶		
论文专著/知识产权名称	全部作者/发明人	未列入主要完成人的论文作者/发明人	签名
经 PS 加固前后遗址土体的热传导率与强度关系研究	欧阳先庚；张得煊；王旭东；郭青林	欧阳先庚；王旭东	 
补充说明	无		
<p>承诺：上述论文专著/知识产权用于申报 2024 年度甘肃省科技进步奖，已征得未列入项目主要完成人的所有作者/发明人知情同意。</p> <p style="text-align: center;">第一完成人（签名）：</p> <p style="text-align: right;">2024 年 11 月 1 日</p>			