

附件一：

编号：



西華大學  
XIHUA UNIVERSITY

## 更新置换先进设备中长期贷款 项目立项申报书

项 目 名 称： 低场核磁共振实验室

申 报 单 位： 应急管理学院

申报单位负责人： 李晓宁

项 目 负 责 人： 康 舜

申 报 日 期： 2024 年 5 月 29 日

联 系 电 话： 18380462287

西华大学国有资产与实验室管理处制



## 一、项目基本信息

项目名称	低场核磁共振实验室			
项目类别	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改(扩)建 <input type="checkbox"/> 更新			
项目归口 管理部门	<input type="checkbox"/> 教务处 <input checked="" type="checkbox"/> 科技处 <input type="checkbox"/> 网管中心 <input type="checkbox"/> 基建处			
项目负责人	姓名	康 舜	职务职称	讲师
	办公电话		移动电话	18380462287
	Email 信箱	kangshun5683@163.com		
项目总预算	360 (万元)			

### 项目简介:

近年来,在暴雨、地震、大火等因素作用下,我国重大灾害频发,灾害的突发性给人民群众造成巨大的损失。研究不同环境作用下的制灾机理和灾损分析能有效降低灾害发生的风险、评估受损情况、提升抗灾性能。而所需研究的固体材料往往为不透明的多孔介质,难以通过表观手段对其制灾机理和抗灾能力进行合理的分析。基于此,本项目建立低场核磁共振实验室,为防灾减灾及灾后修复提供支持。实验室主要依托“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”,并配置“可编程高温马式炉”,“非金属超声检测分析仪”和“回弹仪”等对高温、暴雨、冰冻和过载等环境条件下突发灾害的制灾机理和受损分析提供研究支持。实验室主要开展以下几个方面的研究:

#### (1) 微观空隙结构表征

火灾、地震和暴雨等灾害发生后,材料内部孔隙结构特征发生变化。

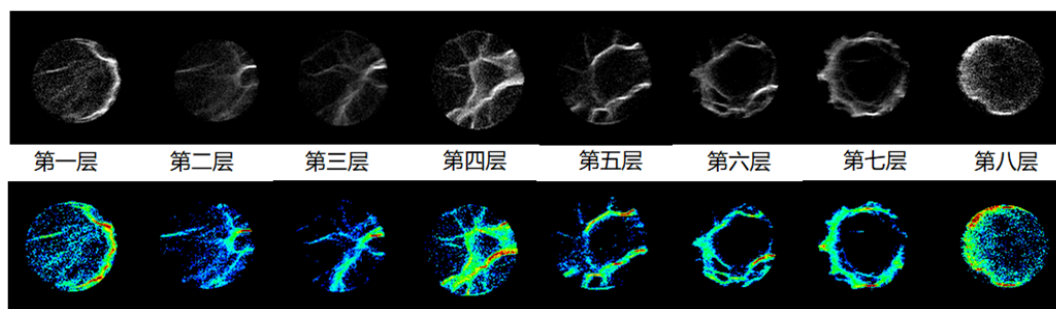


图 1 分层孔隙结构特征

本项目旨在表征非透明介质内部的孔隙率、孔径分布、可动/束缚流体饱和度等参数,通

过空间成像进行火灾、地震等灾害损伤对比表征，结合孔隙发育情况、孔隙类型、裂缝发育情况，科学的探究承载体抗灾性能、评价承载体损伤情况。

## （2）水分空间分布与动态迁移

在水土灾害等方面，“水”作为润湿性流体，在岩土孔隙中的流动将对土粒或块体产生破坏力使其失去稳定，产生危害。“解码”水的动态迁移与状态转变机理，正确认识水分与微观孔隙演变的关系，是防灾减灾的关键所在。

在城市的发展基石—水泥基材料方面，水的存在和迁移运动对其防灾性能产生许多负面影响，危害“健康”。如，酸性溶液对 C-S-H 的消耗。分析水泥基材料中水的存在和迁移是提升水泥基承载体防灾能力的保证。

本项目旨在量化多孔材料中的水分分布与迁移，建立水分与孔隙结构演变的模型关系，为降雨、环境污染等灾害的发生提供预防指导。

## （3）灾损混凝土原位测强

采用超声仪和回弹仪，针地震、暴雨和火灾等环境下的承灾混凝土结构建立起针对性的测强方法，从而评估测区混凝土强度，以磁共振分析与成像系统进行验证，建立起测试精度高、适用范围广的混凝土灾损评估原位测试方法。

对灾变、灾损的深入研究不仅是我国应急技术领域，更是国家安全发展过程中的一个研究热点。本项目选用具有前沿技术的仪器设备组建成低场核磁共振实验室，能为全校师生提供科研、教学支持，并辐射整个西南地区相关领域的检测、研究。实验室的建立与运行，能培养具有更高专业素养和科学研究能力的师生，产出具有国际水平和持续创新能力的科研成果，极大的增强我校在相关领域的科研水平与竞争能力。

## 二、立项论证

### 2.1 建设项目的必要性：

#### ●本项目的实施服务国家需求

2016 年《中共中央国务院关于推进防灾减灾救灾体制机制改革的意见》指出要提升灾害风险预警能力，加强灾害风险评估、隐患排查治理能力。2022 年习近平总书记在党的《二十大报告》中指出，我们要健全国家应急管理体系，提高防灾减灾救灾和急难险重突发公共事件处置保障能力。

城市灾害突发性强、危害性大，基于城市灾害应急管理工作坚持预防为主、预防与应急相结合的原则，建立一套具有先进的灾变（水土灾害）机理、灾损分析设备及实验高度契合政策要求。

#### ●本项目的实施能服务于教学质量提升

本实验室建成后，针对我院应急技术与管理系和消防工程系相关学科，一方面可以针对教学内容开设多门实验课程，培养学生的动手操作能力；另一方面可利用该设备开展一些创新性的课题，引导学生开拓思维，满足学生开放性实验、创新创业实验等创新课程方面的需要，使学生真正做到实验和理论相结合。

#### (1) 实践教学项目

基于我院《工程与环境安全检测》、《安全检测技术》、《固体废弃物处理处置及资源化》、《土木工程防灾减灾》、《基础地质学与水利应用》等课程可开展如下教学内容：1) 了解常规土、非饱和土概念；2) 从宏观角度了解岩石、岩土、混凝土、水泥基材料物性评价参数；3) 了解灾害产生多种因素，如孔隙度、含水率、温度、压力环境因素对灾害产生的影响因素等。

目的：学生用核磁共振仪器通过开展上述这些实验，针对岩土工程、土木工程、水利工程、工程与地质等学科有了更加感性和深入的了解，通过对这些物性参数评价对土木工程、工程地质、道路桥梁房屋建设、灾害评估与修复、应急管理有着重要的指导意义，使学生真正做到了实验和理论相结合，提高学生的行业内认知能力和专业性，培养学生善于从根本上解决问题的能力，成为应用型高级专业技术人才。

#### (2) 第二课堂培训项目

基于该设备，我院学生可以开展深入来战创新性实验研究，做一些创新课题和项目，可

申报国家级、省级、市级、校级的创新项目竞赛，例如“互联网+”大学生创新创业大赛、“挑战杯”四川省大学生课外学术科技作品竞赛等。

### (3) 毕业设计（论文）项目

利用该设备可以完成以下实验：1) 微观结构表征，包括孔隙率、孔径分布、孔隙结构非均质性评估；2) 含水率测试，包括含水率快速测定、含水率均匀性测定；3) 水结合状态评价，包括多孔介质材料水分相态分布、水泥基固化过程水分相态变化；4) 水分动态迁移分析，包括吸水/持水/透水性分析、水分/浆体注入运移规律研究；5) 水化进程表征，包括矿物掺合料、外加剂等对水化过程影响分析、材料非均质性评估；6) 孔洞裂缝发育，直观可视化内部结构和微孔隙、裂缝发育情况。

针对上述应用，该设备也可作为本科生及研究生的论文写作提供实验支撑，形成前言的研究课题和发表高水平文章。

#### ●本项目的实施能加速相关学科走在国内前列

西华大学应力管理学院一方面迫切需求建设好具备灾害与风险演化机理和灾害风险评估与预测能力的多学科交叉融合的应急技术与管理等相关专业，从而推动西华大学学科整体发展；另一方面迫切需要组建专业的师资队伍团队，提升我校在应急技术领域的硬实力。学科的发展，师资队伍的组建离不开前沿的科研设备，本实验室具备防灾减灾的前沿设备，有助于我校在学科建设走在前列。

#### ●本项目的实施能建立最前沿的同类实验室之一

通过初步市场调研，全国具有完备的温度-压力-流体多场耦合下核磁共振分析与成像系统的实验室较少，四川省更少。本实验室的建立将成为四川省最为先进的多场耦合核磁实验室之一，不仅能抢占科学研究的先机，也能开拓部分社会服务市场。

#### ●本项目的实施能促进我校自然科学基金发展

一方面，目前我学院在隧道裂隙成灾机理、边坡裂缝水分运移及制灾机制、脆性材料地质灾害防治、高填方变形、岩石脆性损伤等有多项国家自然科学基金、省部级自然科学基金在研。我校则有更多相关的自科自然科学基金在研。该实验室的建立能为相关的在研自然基金提供强力的技术支持。另一方面，我校每年有大量相关课题基金的申报，以青年基金为例，2022年全国青年基金平均中标率约14%，我校低于平均，国际前沿的实验室是学校申报自然科学基金的支撑条件之一。

### 项目建设目标

本项目主要包括项目总目标是建立一个以“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”为核心，以“非金属超声检测分析仪”和“回弹仪”为配套的低场核磁共振实验室，针对暴雨、火灾、过载等环境条件下的制灾机理和灾损评价等科学研究进行支持，为本学院的教学实验提供帮助。并且，辐射全校食品工程、材料科学与工程、机械制造、交通运输工程和水利水电工程等学科的相关研究。

### 2.2 主要仪器设备的功能等基本情况

本实验室主要包括以下仪器设备：

高压在线荷载核磁共振分析与成像系统：可用于火灾/地震/动静载荷下微观孔隙结构动态特征和水分迁移过程，从而探究突发灾害的制灾机理和灾损机制。具体应用功能如下：针对岩土体、土壤、土工材料，可敏感测试其内部水分分布、微观形貌成像以及水分形态转化、水分动态迁移规律；针对水泥基浆体、混凝土、沥青、道路交通路基等，可以实时在线开展原位检测，研究不同环境作用下的损伤过程，开展混凝土抗灾性能、制灾机理和灾损评价、路基透水性研究；针对砂岩、花岗岩、碳酸盐岩、岩石等，可以测试其微观孔隙结构、孔隙率、孔径分布、含水率、饱和度以及孔裂缝成像分布等。最大测试尺寸 $\phi 150\text{mm} \times H100\text{mm}$ ，测试过程快速无损，最高温度达 $100^{\circ}\text{C}$ ，最大轴压达 $100\text{MPa}$ ，围压 $40\text{MPa}$ 。

非金属超声检测仪：具备非金属结构内部缺陷和裂缝深度检测、匀质性、损伤层厚度检测的功能，以及检测动泊松比、动弹性模量、动刚性模量、动剪切模量、动拉梅系数、动体积模量、岩体的风化系数、跨孔法及单孔一发双收进行地质勘察、地质裂缝检测、岩体状态及隧道围岩松动圈检测等功能。配备教学分析软件可自动计算钢管混凝土缺陷、岩体(混凝土试块)参数、超声回弹测强、混凝土缺陷测定。

### 2.3 建设项目可行性：

(1) 安装地点及房屋面积（平方米）：

项目核心设备“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”主要包括主体核磁系统，低温高压荷载外围模块，分析仪 0.5 米范围内不能置放金属和磁体。设备整体加上防护空间占地面积需求小于  $25\text{m}^2$ 。



“非金属超声检测分析仪”和“回弹仪”均是可携带仪器，占地面积较小。

“样品柜”尺寸约  $0.4 \times 2.0\text{m}$ 。

综上，西华大学彭州校区第 5 教学楼 5-103 实验室 ( $6.64 \times 6.64\text{m}$ ) 完全满足本项目实施的空间需求。



图 2 高压在线荷载核磁共振分析与成像系统

## (2) 环境改造

5-103 实验室位于 5 教 1 楼，满足实验室运行的承重要求。但该实验室地板存在隆起现象，需要进行修复；门锁破旧需要更换；墙面及房顶剥落需要重新粉刷。

## (3) 设备基本工作条件（如水电设施、恒温、恒湿等）：

本实验室对环境和湿度没有特殊要求。

除“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”电源电压为 380V 以外，其他用电设备均为 280V。设备整体最大功率为 5kw，故需对既有线路进行改造。

(4) 是否涉及环境保护相关内容要求，如有请提供解决方案（防磁、防震、生化排污、放射等）：

“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”，电磁环境远低于国家标准《电磁环境控制限值》GB8702\_2014 所规定的公共暴露控制限值，使用无需任何防护措施。

地面振动： $5\text{Hz} < 2 \mu\text{m}$ ；杂散磁场： $\text{AC} < 0.3 \mu\text{T}$ ；设置通风设施；实验室需配有有线网络。

## (5) 安全运行、管理人员的落实情况：



西华大学彭州校区第 5 教学楼 103 实验室具有足够的安全条件以提供设备正常运行，同时，该实验室随时有导师带领研究生值班，能够提供充足的管理人员，实验室布置如图 3。

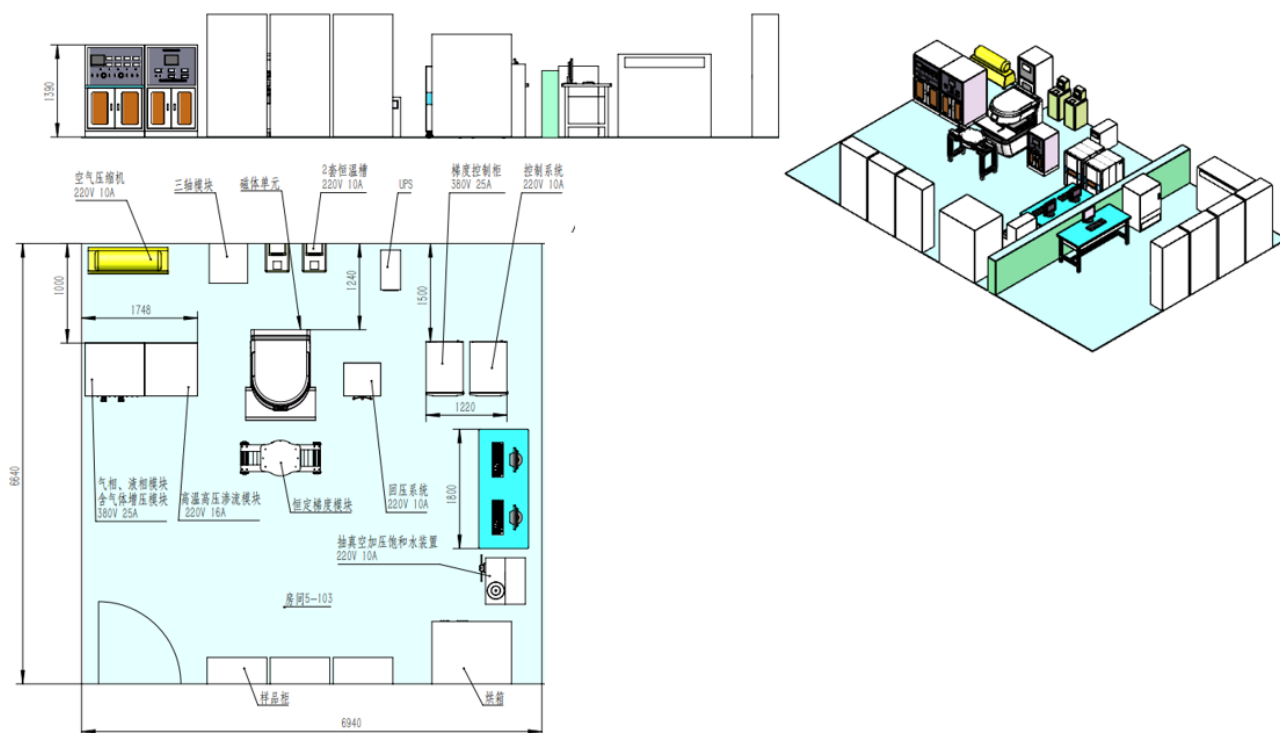


图 3 场地布置

综上所述，该项目和项目所需设备具备充足的建设条件。

## 2.4 建设项目科学性：

### (1) 拟采购设备科学性、先进性

作为可供多学科教学科研分析的设备，“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”在大部分理工或者综合高校均有配置，如：

东北三省：哈尔滨工业大学、吉林大学、东北大学、东北石油大学、大庆油田等。

西南地区：重庆大学、重庆交通大学、成都理工大学，四川大学，西南石油大学等。

其它：清华大学、北京大学、北京科技大学、天津大学、东南大学、河北大学、长安大学、山东大学、中科院武汉岩土所、中科院寒旱所等。

本次购置设备前期经过了多方调研，到成都地区的成都理工大学、四川大学和西南石油大学等单位参观和学习，对比性能参数，发现现有设备的以下不足：

1) 成都地区现有相关实验室核磁设备大多购置于 2018 年之前，实验室设备功能不完整，缺乏高温高压下耦合环境下的研究条件。

2) 部分实验室采用进口设备建立实验室, 导致对实验室设备的维护和培训工作较难长期维持, 核心设备功能开发不全, 闲置率较高。

3) 成都地区现有实验室多开展专项研究, 针对应急技术领域的实验室仍为空白。

本着契合实验室建设和发展目标, 择优购置的原则, 选用发展位于前列的“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”, 符合我学院建设的需求。

“核磁共振成像分析仪”作为一种快速、无损、高分辨检测新技术, 可以弥补传统技术对于多孔非透明材料的局限性, 可以直观显示工程材料空隙特征, 细观尺度孔隙中的流体赋存与运移特征, 具有精度高、适用范围广、安全性高、分辨率高、数据处理简单等独特优点, 暂无其他同原理仪器设备能更好的实现类似功能, 该设备具有较好的先进性。

“非金属超声检测仪”主机采用专用微机系统, 声时测读范围是  $0\sim 640\text{K}\mu\text{s}$ ; 最大穿透距离为  $10\text{m}$ 。内置锂电池可连续供电 6 个小时, 外置式大容量电池, 可连续工作 8-10 小时, 该设备具有较好的先进性。

## (2) 校内同类仪器设备购置、使用情况等

校内目前暂无多场耦合下微观孔隙结构成像分析仪, 均采用外包的方式进行使用, 这种方式收费昂贵, 单个样品常规  $T_2$  谱价格  $\geq 400$  元/样, 检测全套孔渗饱参数检测价格  $\geq 3000$  元/样, 针对温度-压力-流体多场耦合条件下在线驱替实验, 单个样品价格  $\geq 8000$  元/样, 每批 10 块样品的常规测试的使用费 30000 元以上。同时, 在试验过程中需要不停调整试样的尺寸、配套的准备工作的较多, 委外试验要浪费大量的时间, 外面的测试单位也没有耐心详细走完每次试验的流程, 本校科研人员会担心做了试验达不到预期的效果, 因此通常需要本人出差到试验现场, 增加了额外差旅费用。考虑到学校目前的情况, 为了更好地提升学校的科研实力和教学水平, 为学校早日申请博士学位点铺路筑桥, 建议将上述仪器设备用于科学研究和教学培养的工作中。

## 2.5 建设项目利用率:

### (1) 拟购仪器设备的使用范围、服务人数、团队、科研项目、专业、课程等

项目所依托的核心设备“高压在线荷载核磁共振分析与成像系统”可广泛用于 (1) 多孔介质试样受灾前后微观孔隙结构、裂缝评价、(2) 受损混凝土材料的修复评价及再利用、(3) 水工结构力学与防灾设计和评价、(4) 有机高分子材料老化固化评价、(5) 颗粒表面改性成程度研究 (6) 淤泥脱水、(7) 室内样品  $\text{CO}_2$  封存效果评价、(8) 颗粒比表面特性研究、(9) 颗粒表面改性成程度研究、(10) 高分子材料的微观损伤 (11) 金属材料的晶体结构以

及聚合物的微观结构构成、(12) 细胞结构分析、药物在机体中的扩散机理、软组织的生长发育、(13) 电子半导体中的微观电路检测，电子元件的损伤和负荷工作状态等。涵盖本校学科包括应急技术与管理、食品工程、材料科学与工程、机械制造、交通运输工程和水利水电工程等多个学科。可建立开放共享平台供全校共享使用，服务人数初步估计超过数百名学生群体，服务数个教学科研团队，充分保证后期设备的利用率。

## (2) 用于人才培养、科学研究、社会服务等方面的工作量及使用率

**教学科研：**实验室的建立，可广泛开展多项学科学研究，可为国家自然科学基金（国家级）、四川省自然科学基金（省部级）等科研项目的申请与完成提供支撑。预期在未来 3-5 年内，产出高水平论文 4 篇/年，承担国家及省部级科研项目 3 项（3 年内）。

**人才培养：**利用该实验室可以面向本科生，一方面可以针对教学内容开设多门实验课程，开展一些创新性的课题，并可作为参加利用该实验室开展一些创新性的课题的平台。另一方面，可以培养 1 名青年教师或新进博士/年，预计毕业研究生 6 人/年。

**社会服务：**一方面，从重庆大学大型仪器设备开放共享平台上查询得知该类实验室可共享，一块样品收费标准为 400 元/块（对校内）；西南石油大学拥有该类设备 3 台用于本科生的教学及相关科学研究使用，收费标准 800 元/小时（对校外），本实验室的建立预估可节省我校至少 60 万元/年的委外测试与分析费用；同时，为兄弟院校、科研院所、有机高分子开发商等提供试验服务。经调研，此类试验业务需求量很大，可为学校带来较大经济收益。

利用该实验室进行的学科方向研究结合我省乃至国家经济建设重大需求，将带动本省防灾减灾、工程材料、可持续发展等领域的发展，取得显著的社会和经济效益。

项目建设进度安排

主要设备均只需对实验室进行简单的电路等的改造，设备到位后 2 个月即可完成调试及验收前的全部工作。

### 三、项目采购清单及采购资金预算

仪器设备名称	规格型号	数量	参考单价 (万元)	金额 (万元)	主要技术参数
高压在线荷载核磁共振分析与成像系统	定制	1	350.00-500.00	360.0	1) 磁场强度： $0.3 \pm 0.03T$ ，最大检测试样尺寸： $\varnothing 150mm * H100mm$ ； 2) 配 1 英寸探头、2 英寸、4 英寸、6 英寸 4 个不同规格的室温探头线圈；其中 1 英寸探头最短回波时间 $\leq 60 \mu s$ ，探头具有低发热高灵敏度技术； 3) 具有 X、Y、Z 三路梯度，可以实现 2D/3D 成像； 4) 配备高温在线系统，工作温度实现：室温至 $100^{\circ}C$ ； 5) 配有 1 英寸核磁共振专用伪三轴夹持器，1 英寸实现轴压 100MPa\围压 40MPa\水压 35MPa； 6) 配备核磁共振专用软件，包括：核磁共振分析应用软件、岩心核磁共振分析测量软件、核磁共振成像软件、数据处理分析软件和图像处理软件。 7) 配备非金属超声检测分析仪及回弹仪。
汇总				360.00	

注：单台（套）设备需按设备名称填写。

#### 四、项目技术和管理人员配置计划

姓名	职务职称	所属单位	项目建设中承担的主要任务
康 舜	讲师	应急管理学院	负责人
吴海宽	讲师	应急管理学院	实验设备调研与比选
舒志乐	教授	应急管理学院	实验设备调研与比选
李晓宁	教授	应急管理学院	实验设备调研与比选
高美奔	副教授	应急管理学院	实验设备对比论证
蒋林城	讲师	应急管理学院	实验设备对比论证
罗泽彬	讲师	应急管理学院	实验设备对比论证

#### 五、支出绩效目标申报表

预算执行率权重(%):		10%		
整体目标:		设备快速到位、教学按期实施、科研如期进行		
一级指标	二级指标	三级指标	指标值	权重(%)
产出指标	数量指标	指标 1: 微观孔隙结构成像分析仪	1 台	25%
	质量指标	指标 1: 先进性	2 年内领先、5 年内良好、10 年内可用。	2%
		指标 2: 连续工作性能	不间断连续工作 1000 小时以上	5%
		指标 3: 可维修性	所有设备 3 年内保修	5%
		指标 4: 设备故障率	2 年内不出现故障 5 年内少许故障	2%
	时效指标	指标 1: 设备购买	2025 年 1 月前完成	2%
		指标 2: 设备安装与调试	购买后 1 个月内完成	2%
		指标 3: 用于科研	年产出高水平 SCI 1 篇及以上	5%

	成本指标	指标 4: 按时完工率	100%	2%
		指标 1: 经济成本指标	360 万元	2%
		指标 2: 社会成本指标	无负面影响	2%
效益指标	经济效益指标	指标 1: 直接经济效益	20 万 1 年	5%
		指标 2: 间接经济效益	100 万元	5%
	社会效益指标	指标 1: 落实国家政策	落实教育、应急管理等方面国家政策	2%
		指标 2: 推动行业发展	提升本科生专业知识能力、加强研究生科研水平、加强学生实践经验	5%
		指标 3: 对外服务大众	对外开展相关专业人员能力提升培训等	4%
	可持续影响指标	指标 1: 教学可持续性	满足本科生教育教学 5-10 年	5%
		指标 2: 科研可持续性	在 5-10 年内完全满足研究生科研需求	5%
满意度指标	服务对象满意度指标	指标 1: 学生教育满意度	90%	5%
		指标 2: 教师指导满意度	90%	5%
		指标 3: 社会面满意度	90%	5%

填报说明: 1.绩效指标由各单位(部门)结合项目具体情况增删,其中产出指标中至少选填数量指标、质量指标两项指标,效益指标中至少选填一项;批复后的绩效目标为绩效考评的主要依据;设定指标时可参考学校“十四五”发展规划纲要。

## 六、承诺

我单位填报的立项论证申报材料真实可行。若有不实,我单位愿承担一切责任。

项目负责人(签字):

立项申报单位负责人(签字、盖章):



## 七、立项论证意见

2024年5月30日(星期四)上午10:00在腾讯线上会议室(会议号:#腾讯会议:135-358-957、线下西华大学一教6022,召开了“西华大学应急管理学院(四川应急管理学院)更新置换先进设备中长期贷款项目”专家论证会。

会议邀请了相关专家对“低场核磁共振实验室”申报项目进行了充分论证,形成如下专家意见:

(1) 地场核磁共振实验室聚焦自然及城市灾害发生的机理,灾损评估及受损修复,主要开展受灾体微观孔隙结构表征,灾损混凝土无损检测等方面的教学和科研,建设目标明确,可改善学院教学及科研条件、提升相关专业建设水平。

(2) 西南地区自然灾害及城市灾害评估与防护是国家“十四五”优先发展领域,建设低场核磁共振实验室具有意义明显。

(3) 建议进一步完善核磁共振仪配套设施如真空保水仪及烘箱等的规划。

(4) 建议进一步明确核磁共振仪的培训、软件使用、维修方式等配套服务。

论证组专家(签字):

孙 伟 吴 帆 张 鑫  
常 鸣 符 志 鸣

时间: 年 月 日

## 八、审批意见

项目归口管理部门意见	<p>项目归口管理部门负责人：      （签章）      年    月    日</p>
基建处意见	<p>基建处负责人：                      （签章）      年    月    日</p>
国资处意见	<p>国资处负责人：                      （签章）      年    月    日</p>
学校分管领导意见	<p>项目归口管理部门分管校领导：                      年    月    日</p>
	<p>国资管理部门分管校领导：                      年    月    日</p>

## 附件：设备清单技术参数

### 1、功能描述

高压在线荷载核磁共振分析与成像系统可用于火灾/地震/动静载荷损伤条件下微观孔隙结构动态特征和水分迁移过程，从而探究突发灾害的制灾机理和灾损机制。具体应用功能如下：针对岩土体、土壤、土工材料，可敏感测试其内部水分分布、微观形貌成像以及水分形态转化、水分动态迁移规律；针对水泥基浆体、混凝土、沥青、道路交通路基等，可以实时在线开展原位检测，研究不同环境作用下的损伤过程，开展混凝土抗灾性能、制灾机理和灾损评价、路基透水性研究；针对砂岩、花岗岩、碳酸盐岩、岩石等，可以测试其微观孔隙结构、孔隙率、孔径分布、含水率、饱和度以及孔裂缝成像分布等。

### 2、磁体单元

- ✓ 磁体主要材料：永磁体，无需液氮液氦降温、维护费用低；
- ✓ 磁场强度：0.3±0.03T，最大检测试样尺寸：Ø150mm\*H100mm；
- ✓ 检测  $^1\text{H}$  原子核；
- ✓ 磁体：平板型结构、推拉式设计，方便更换探头与安装附件；
- ✓ 磁体稳定性强：频率漂移≤300Hz/Hour；
- ✓ 磁场均匀度：≤50ppm (Ø150mm\*H100mm 圆柱体)；
- ✓ 磁体自身抗干扰能力强，距离磁体边缘 1m 的位置，磁场强度≤5 高斯，无需建造屏蔽房，控制柜方便移动。

### 3、谱仪和射频单元

- ✓ 谱仪：高度集成设计，可极大的降低板卡通讯的故障，支持更多成像序列与软件；
- ✓ 室温探头：1 英寸探头，样品最大尺寸：Ø25.4mm\*H80mm；2 英寸探头，样品最大尺寸：Ø50.8mm\*H100mm；4 英寸探头，样品最大尺寸：Ø110mm\*H100mm；
- ✓ 1 英寸探头最短回波时间≤60  $\mu\text{s}$ ，探头具有低发热高灵敏度技术；
- ✓ 4 英寸探头最短回波时间≤250us；
- ✓ 谱仪支持 5 万个 CPMG 回波同时采集，能够完全采集岩芯中流体和自由流体弛豫信号；
- ✓ 最大采样带宽：≥2000 kHz；
- ✓ 分析软件一套，至少配备 Fid、SE、IR、SR、CPMG、IR-CPMG 等脉冲序列；
- ✓ 软件多项操作自动化，自动寻找中心频率、自动确定所需要的 90° 和 180° 射频脉宽，软件可计划采样且自动保存数据、可查询导出数据；
- ✓ 单机版核磁共振数据分析软件 2 套，可在任意一台 windows 电脑可使用。

### 4、成像梯度单元

- ✓ 梯度功放最大电流：≥100A；
- ✓ 图像信噪比≥20dB，图像畸变≤5%，图像均匀性≥70%；
- ✓ 具有 X、Y、Z 三路梯度；
- ✓ 核磁共振成像软件一套：软件中具备 SE、HSE、Spiral-SPRITE、Conical-SPRITE 等成像序列，可实现二维与三维岩芯成像；
- ✓ 二维成像扫描参数可调节：层数、层厚、层间距、二维切面角度均可调节，提供软件界面截图；
- ✓ 成像软件中有层数、层厚、层间距、二维切面角度参数调节栏；
- ✓ 软件易用性：操作简单、使用便利、参数自动优化，可快速完成成像；
- ✓ 自动化程度高：频率自动调整、自动匀场、自动寻找软脉冲；
- ✓ 单机版核磁共振图像处理软件 2 套，可在任意一台 windows 电脑可使用。

## 5、恒定梯度模块

- ✓ 恒定梯度：Y 方向（驱替方向）恒定梯度，200A 电流；
- ✓ 梯度板间距：大于 86mm；梯度峰值：大于 35Gauss/cm（350 mT/m）；
- ✓ 适用探头规格：1 英寸与 2 英寸室温探头、1 英寸伪三轴夹持器；
- ✓ 每层  $T_2$  最短回波时间  $\leq 120 \mu s$ ；
- ✓ 实现样品 Y 方向不同位置选层  $T_2$ 、选层孔径、选层流体分布。

## 6、高压荷载模块及专用伪三轴夹持器

- ✓ 伪三轴夹持器与恒温探头高度整合式设计，能够放入核磁共振设备中在线加压加温并采集核磁数据；
- ✓ 核磁共振专用非金属伪三轴夹持器：由非金属材料制作，具有极低的  $^1H$  背景值；
- ✓ 一英寸专用伪三轴夹持器：可容纳岩芯直径 25.4mm，岩芯长度  $\leq 80mm$ ，实现围压：40MPa、轴压：100MPa、驱替压：35MPa，三个压力可独立施加和精确控制；
- ✓ 恒压恒流驱替泵：工作压力：0-40MPa、流量精度  $\pm 0.1ml$ ，容积：100ml，压力传感器： $\pm 0.1\%FS$ ；
- ✓ 围压跟踪系统：跟踪压力：0-40MPa，压力精度： $\pm 0.1\%FS$ ；
- ✓ 回压系统：能够施加回压，压力不低于 40MPa，压力精度： $\pm 0.1\%FS$ ；
- ✓ 高温油浴循环系统：加热温度范围是室温到  $100^\circ C$ ，精度  $\pm 0.1^\circ C$ ，工作压力  $\geq 40MPa$ ，压力精度： $\pm 0.1\%$ ；
- ✓ 轴压系统：能够施加轴压力，压力不低于 100MPa，压力精度： $\pm 0.1\%FS$ ；轴向位移能够精确控制，控制精度  $\pm 0.05\%FS$ ；
- ✓ 该装置运行时可以同时采集核磁弛豫信号与磁共振成像图。

## 7、配套辅助设备

- ✓ 配套抽真空保压装置、烘箱、非金属超声检测分析仪和回弹仪。
- ✓ 非金属超声检测分析仪具备混凝土结构内部缺陷和裂缝深度检测、匀质性、损伤层厚度检测的功能，以及检测岩体的动泊松比、动弹性模量、动刚性模量、动剪切模量、动拉梅系数、动体积模量、岩体的风化系数、跨孔法及单孔一发双收进行地质勘察、地质 裂缝检测、岩体状态及隧道围岩松动圈检测等功能，具体参数如下：①仪器配备纯横波换能器；②动泊松比测量范围 0~1；③动弹性模量测量范围 0~100 Gpa；④仪器最大穿透距离 10 米；⑤外置式大容量电池，可连续工作 8-10 小时；⑥声时测读范围：0~640K  $\mu s$ ；⑦幅度测读范围：0~177dB。
- ✓ 回弹仪参数如下：①数字显示；②高清彩屏；③语音播报

## 8、质保期：

- ✓ 设备整机验收合格整机质保 3 年，供应商提供设备所在实验室整改方案。

## 9、设备运行环境

- ✓ 设备运行环境整洁干燥，温度控制在  $25 \pm 5^\circ C$ ，场地平整，照明环境良好。

## 10、培训方式及周期

- ✓ 免费提供现场培训及相关技术咨询、指导及安装调试以及设备正常运行所必须的相关服务。仪器安装调试合格后 14 日内，负责免费对用户方操作维护人员进行 2 轮培训：分别是工厂培训、设备装机硬件及应用深化培训。其中，培训内容包括技术原理、连接、使用、操作、日常基本维护与保养、简单故障检查及维修等。
- ✓ 工厂培训：在设备到货前 1 个月内，安排用户方指定的技术人员到达工厂，进行为期 3-5 个

工作日的操作使用培训（食宿及交通自理）。培训的主要内容为：设备工作基本原理、设备系统构成、系统使用注意事项、设备软件系统介绍以及操作方法等。

✓ 设备装机硬件及应用深化培训：在设备到货后，应用户要求，公司派遣工程师到用户产品所在地，对设备进行 3-5 天的设备装机硬件及应用深化培训（原则上安装调试及深化培训一次性完成），对使用人员（其中一定要含设备负责人）免费进行深化培训。

✓ 设备装机硬件及应用深化培训的主要内容为：①设备硬件培训：设备的硬件连接、使用、操作注意事项、日常维护保养、简单故障检查及维修等；②设备应用培训：所有软件的应用及特征参数的设置，核磁原理、参数设置、各种弛豫时间测试、各种成像序列使用、高温高压在线驱替实验、轴压加载过程孔裂缝发育的 T2 谱、成实验像；③设备深化培训：T1-T2、二维实验与数据处理；驱替过程复杂二维成像与三维成像序列及图像处理等。