2022年度山西省重点研发计划

（大健康与生物医药及有关社会发展领域）

申请项目信息

#### 大健康与生物医药领域

**1.非小细胞肺癌（NSCLC）精准诊疗决策系统的研发和应用**

**研究内容：**针对中晚期非小细胞肺癌（NSCLC）传统放化疗毒副作用大、疗效差及重复活检难以取样的问题，开发基于多组学的精准诊疗决策系统，并开展临床应用。运用经支气管镜针吸活检术（TBNA），建立中晚期NSCLC治疗前、后及复发时的组织学样本库；建立基因组学、转录组学、免疫组化、病理诊断等多层次检测数据库，并进行淋巴结和原发灶的一致性分析；建立NSCLC生物标记物识别、提取和分类预测模型。

**技术指标：**开发NSCLC精准诊疗决策系统1套，实现在全国范围内不少于8家三甲医院的应用推广。建设不少于200个中晚期NSCLC的重复活检样本库，建立用于多组学分析的样本库质量控制标准；完成淋巴结和原发灶的一致性分析，样本数量不少于400个；建立多组学数据库，数据检索响应速度≤2s；开发1项多基因检测产品（不少于800个基因），获国家III类医疗器械注册受理；开发1项DNA检测突变分析软件，并完成注册检验；制定适用于精准诊疗决策系统的术语体系1套，并开发基于深度学习的多尺度NSCLC生物标记物识别、提取和分类预测软件1套。

**2.用于牙髓组织工程的光交联丝素蛋白（SF）/透明质酸（HA）水凝胶的研发及应用示范**

**研究内容：**针对目前临床口腔牙髓、根尖周疾病的治疗难点，结合水凝胶及光交联技术的优点，研发具有流动性、抗菌性及生物学效应的新型牙髓复合材料，形成牙髓抗炎、再生的生物递送系统。制备SF/HA水凝胶并进行工艺参数调整，获得最佳凝胶条件及时间；在此基础上，评价SF/HA水凝胶的理化性能、力学性能、降解速率、释药性能等；实现SF/HA水凝胶对细胞、生物活性物质及药物的递送及牙髓再生功能；阐明蛋白质/多糖组织工程支架促进组织重建的作用机制。

**技术指标：**研发出具有抗菌、再生修复功能的齿科新型多功能复合水凝胶材料系列产品并建立产品标准；成胶时间控制在3~5min，孔隙率达到90%以上，抗压强度达到100kPa以上，药物释放持续时间达到15天以上，生物活性物质包封率达到90%以上。开发1~2种满足临床需求的产品，并取得医疗器械注册证书，在不少于5家单位进行推广应用。

**3.慢性肾脏病检测试剂盒与动物模型的开发及推广应用**

**研究内容：**针对慢性肾脏疾病发病的隐匿性，筛选出特异性强的相关蛋白质及氨基酸序列，合成特异性多肽，研发特异性检测试剂盒，评估试剂盒检测精准性；建立慢性肾脏疾病关联基因的sgRNA质粒库，构建特异性慢性肾脏疾病动物模型并完成验证，对优选模型种类进行市场推广。

**技术指标：**实现多肽效用比例至少30%，种类数至少4种；研发出至少1种特异性检测试剂盒，取得医疗器械注册（备案）证书并在省内推广和应用；实现sgRNA效用比例＞70%，脱靶率＜30%，种类数＞10种，基因型质粒构建至少5种；基因编辑动物模型测序，验证基因序列差异性变化可见不少于1个碱基；有效慢性肾脏病动物品系至少2种，特异性明显的慢性肾脏疾病动物品系至少1种，推广和应用至少1种；可应用肾脏疾病种类研究至少3种，市场推广动物品系至少2种，至少辐射2个省份30家单位。

**4.山西地区围孕期****高发单基因隐性遗传病携带者筛查产品研发及应用示范**

**研究内容：**针对单基因隐性遗传病综合发病率高的问题，研发适合山西地区扩展性携带者筛查产品并应用示范。构建山西地区万人级基因数据库并分析单基因隐性遗传病遗传状况，建立发生频率、热点区域等特征指标，筛选高发单基因隐性遗传病作为扩展性携带者筛查的目标疾病；基于基因芯片技术，研发针对包括苯丙酮尿症在内的5~10种山西地区高发单基因隐性遗传病的扩展性携带者筛查检测产品，并进行检测性能评估；制定筛查方案，在试点单位选择适用人群进行检测产品应用示范。

**技术指标：**完成山西地区围孕期高发单基因隐性遗传病携带者筛查产品研发及应用示范。构建山西地区万人级基因数据库并明确本地区高发单基因隐性遗传病及其突变热点；扩展性携带者筛查产品性能达到相关自建试剂专家共识标准，有效深度＞100×，覆盖度＞99%，捕获效率＞65%，精密度测试CV＜5%，与金标准方法相比，检测率（灵敏度）不低于95%，特异性不低于95%；与8~10家试点单位合作，完成不少于1000人检测产品示范应用，同时总结临床研究数据并用于国家III类医疗器械注册申请。

**5.治疗心肌梗死后心力衰竭的子宫间充质干细胞制剂临床前研发**

**研究内容：**按照《干细胞制剂质量控制级临床前研究指导原则》、《生物样本库质量和能力通用要求》，在GMP条件下，开展临床级子宫间充质干细胞制剂的研发，制定完整的干细胞采集、运输、分离、培养、存储、质量控制等标准操作规程，建立完善的干细胞溯源系统并筛选出心肌损伤修复的活性效应分子；基于GLP条件下，进行子宫间充质干细胞治疗心肌梗死后心力衰竭临床前有效性和安全性评价。

**技术指标：**获得科技部中国人类遗传资源采集审批、中国人类遗传资源保藏审批；建立完善、稳定的子宫间充质干细胞制备工艺；制剂通过权威第三方机构质量复核，形成200人份10000管合格子宫间充质干细胞制剂储备；筛选出3~5种促进血管生成的活性分子；建成2种心肌梗死后心力衰竭大动物模型方法；确定子宫间充质干细胞治疗最佳方式和安全剂量；应用心电图、心功能、心肌代谢等手段明确其有效性并阐明机制；支撑1~2项研究者发起的干细胞临床备案研究。

**6.牙周炎患者口腔菌群基因芯片诊断系统研发及临床应用推广**

**研究内容：**针对牙周炎诊断主观性较强的问题，建立牙周炎及牙周炎伴全身疾病患者的口腔菌样本库，研发口腔菌群基因芯片诊断系统并在临床推广应用。采用DNA微阵列方法，在碱基互补配对的基础上，通过人工智能菌群数据分析软件筛选出牙周炎相关的目标菌群；收集500例正常人群验证目标菌群，从DNA水平建立目标菌群的正常参考值范围；采用人工智能及全微生物组关联分析方法，建立牙周炎及牙周炎伴全身疾病患者预后的风险评分标准。

**技术指标：**建立牙周炎患者的口腔菌群样本库，样本量达1600例（包含单纯牙周炎患者、至少2种以上全身疾病伴牙周炎患者）；开发一种牙周炎及牙周炎伴全身疾病的口腔菌群原位合成光蚀刻超高密度基因芯片诊断系统，其芯片位点检测分辨率4µm以上，覆盖指标200种以上，定量检测准确率99.9%以上，检测量达到384样本/批次，检测时间＜8h/次；研发牙周炎口腔菌群1~2个生物标志物的标准化试剂盒，并取得国家二类医疗器械注册证；构建并评价牙周炎患者口腔菌群与2种以上全身疾病数据关联风险评估系统；实现在省内外3家以上医疗机构的临床应用推广。

**7.基于人工智能的心源性猝死鉴定系统开发及在涉毒案件中的应用**

**研究内容：**针对心源性猝死判定缺乏直接证据的难题，着力解决复杂心源性猝死案件中死因认定及吸毒、疾病与死亡之间的因果关系，构建面向用户的可视化因果关系辅助鉴定平台。建立心源性猝死动物及人体体液中小分子代谢物的高通量质谱检测方法；筛选吸毒、心源性猝死及吸毒诱发猝死的特异性分子指标；制定一套从体液提取、检测及数据分析全过程的技术规范；结合多种死因案例样本，开发基于人工智能技术的心源性猝死判别算法模型，并将技术成果转化用于司法鉴定实践。

**技术指标：**研发与吸毒、心源性猝死鉴定相关的7~10个生物标志物的标准化检测方法；构建基于代谢组学数据的心源性猝死AI鉴别诊断算法模块1套，性能要求Accuracy、Precision、Recall和F1 score＞80%；完成多视图因果推断辅助鉴定平台开发及准确性评价；制定可疑心源性猝死检测提取、检测及分析全过程的技术规范；应用司法鉴定案件不少于100例，成果在山西及周边省份10个以上公安或司法鉴定中心示范推广。

**8.智能数字三维矫形骨外固定架系统研发**

**研究内容：**针对目前空间外固定架费用昂贵、伸缩杆松弛度大、使用行程短的问题，研发智能数字三维矫形骨外固定架系统。设计新型可实现智能化控制、结构稳定、操作简便的六连杆外固定架；研发适配于智能外固定架的调节软件；建立智能外固定架的生产、使用标准规范。

**技术指标：**智能骨外固定架取得国家二类医疗器械注册证书。智能骨外固定架伸缩杆长度范围70mm~220mm，误差＜0.3mm，最大负荷＞130kg；制动器以5°/min 的速率转动达最大旋转角度5°时不发生失效。智能骨外固定架调节软件可实现二维或三维畸形模拟矫正，矫正精度＜0.1mm；智能数字三维矫形骨外固定架系统总误差在三维骨骼模型中断骨轴线偏移距离不超过1mm。

**9**.**治疗脱发的米诺地尔泡沫剂研发**

研究内容：针对治疗脱发缺乏抛射剂药物的问题，开展米诺地尔泡沫剂的研发并完成注册申报。开展药用级抛射剂的小试研究、处方工艺研究和质量研究；开展药用级抛射剂的中试研究，包括生产线的建设、方法学验证、稳定性研究及安全性评价。

**技术指标：**确定处方工艺，生产线控制温度在40℃~60℃范围内；解决药用级辅料供应问题；建立质量标准，使得平均喷射速率每秒不得少于5克，喷出量均不得少于标示装量的85%；完成体外透皮试验和安全性评价，保证产品安全、有效；建立生产线并获得生产许可，解决防爆及自动化生产的问题，年产量达到300万瓶；完成稳定性研究，取得注册申请受理通知书，力争获得药品上市许可批准件。

**10.胰腺多肽纳米抗体体外诊断试剂的开发**

**研究内容：**建立羊驼源胰腺多肽噬菌体免疫文库，筛选和制备高亲和力的胰腺多肽纳米抗体；建立符合中试标准的实验室，形成筛选免疫文库、表达和纯化纳米抗体及其质量控制的标准流程；根据抗原特性和抗体用途，建立抗原安全性控制、纳米抗体文库筛选及亲和力鉴定的中试标准；将胰腺多肽纳米抗体研发为高灵敏度的生化检测试剂，用于检测血液中的胰腺多肽；并对其重复性和稳定性进行监测，以用于胰腺神经内分泌肿瘤（非功能性）的临床诊断；通过临床试验机构进行临床试验，获取临床试验报告，并对产品进行注册申报并获取产品注册许可证。

**技术指标：**筛选到的胰腺多肽纳米抗体具有高亲和力（KD=10-8~10-9）和特异性（交叉反应性IC50＜0.01%）；基于生化检测技术满足血液胰腺神经内分泌肿瘤检测，使其准确率可达90%以上，其检测时间少于5min，最低检出剂量为10-9mol/L，批间差的变异系数≤10%，批内差的变异系数≤10%；获取胰腺多肽纳米抗体体外诊断试剂检验报告1份和临床试验报告1份；胰腺多肽纳米抗体体外诊断试剂获得国家二类医疗器械注册证。

**11.青霉素V钾片质量和疗效一致性评价研究**

**研究内容：**确定参比制剂和考察标准，开展参比制剂处方、工艺研究；开展参比制剂溶出曲线考察研究、加速实验和长期稳定性考察研究；按照参比制剂信息，开展自制药品的组方、工艺流程、质量对比研究、溶出曲线相似性比较、稳定性考察等研究工作；开展原料药和制剂质量标准研究；开展生物等效性（BE）研究；撰写申报资料并完成药品上市注册。

**技术指标：**完成青霉素V钾片一致性评价研究工作，并获得商业化生产批件。完成产品处方工艺研究及工艺参数验证，产品质量与参比制剂一致；建立原料药及内控质量标准2项，标准达到《中国药典》2020年版二部、欧洲药典EP10.2及美国药典USP43-NF38标准；产品的溶出曲线和稳定性考察结果与参比制剂一致；产品与参比制剂生物等效。

**12.基于多金属氧簇（POM）的新型抗HPV病毒抑制剂的设计与成药性评价**

**研究内容：**基于化学稳定性、溶解性、容量因子、脂水分配系数等理化性质，优化有机杂化POM分子结构；对杂化POM进行药效学研究，探究杂化POM抑制HPV的分子机制，检测其对宫颈癌细胞迁移和侵袭的影响。在家兔皮肤上进行透皮吸收与局部药代动力学评价，开展安全性评价。

**技术指标：**设计筛选出兼具良好水溶性、水解稳定性、细胞穿透性和抗HPV活性的新型杂化多金属氧簇，最终获得具有高HPV 病毒抑制活性的外用型HPV抑制剂及合成技术；所得POM对宫颈癌细胞增殖抑制率为≥75%，HPV转阴率≥80%；完成全部临床前成药性评价，为临床HPV感染局部治疗提供优质、低毒、高效的候选药物。

**13.干细胞药物杂质残留质量控制关键技术研究及相关产品研发**

**研究内容：**针对干细胞药物开发工艺中残留杂质（包括活化酶、消化酶及分散酶等）检测需求研发检测试剂盒，开展质量标准及质量评价研究。建立残留检测试剂盒的质量标准，确定生产工艺；开展干细胞药物质量分析的应用研究，建立活化酶、消化酶及分散酶等残留质量标准。

**技术指标：**完成标准品的溯源赋值；检出限≤0.5ng/ml，定量限≤1ng/ml，线性测量范围1~50ng/ml，准确度测量偏差≤15%，回收率70%~130%；批内差（重复性）≤10%；其线性相关系数应符合r≥0.9900；批间差≤15%；效期≥12个月。运行13485质量管理体系，实现试剂盒的生产，年产量≥1000盒。满足10种以上干细胞药物质量检测。

**14.高通量柔性脑机接口癫痫诊断系统研发**

**研究内容：**针对癫痫病精确诊断需求，采用高通道柔性脑机接口技术分析癫痫灶异常放电响应特征信号，研发致痫区异常放电信号自动检测系统，实现癫痫特征标志物自动检测与精准定位目标。针对癫痫发作前期尖波、棘波以及高频振荡放电混叠特点，构建神经元对脑区异常放电探测模型，探明癫痫发生标志物信号溯源机制；针对癫痫病灶点精准定位技术需求，优化皮层脑电极阵列成像理论，建立神经元定位模型，设计高密度电极结构，提高信号分辨率；针对癫痫患者非病理性脑部神经元放电信号干扰，分析癫痫发作前期脑电信号特征，结合异常放电响应信号幅频特征，研发癫痫特征标志物信号检测系统，实现癫痫神经元放电自动识别。

**技术指标：**开发高通量柔性脑机接口癫痫诊断系统1套，建立应用于致痫区异常脑电信号监测与精准定位的模型与评价方法，申报医疗器械注册（备案）证书。癫痫诊断系统包括柔性电极阵列器件1套与癫痫诊断软件系统1套，电极阵列器件需满足电极间距≤500μm，电极通道密度≥10pad/mm2，柔性电极弯曲半径≤10mm，循环次数≥500次。

**15.抗高危型人乳头瘤病毒（HPV16）纳米蛋白推注产品开发**

**研究内容：**针对于高危型HPV16感染的临床需求，开发纳米抗体蛋白与泊洛沙姆混合物推注产品，具有降低局部病毒载量和预防病毒入侵的功能。组装具有高免疫原性的HPV16病毒样颗粒、获得高活性的HPV16的纳米抗体蛋白；研制抗HPV16的推注型产品；开展产品稳定性、生物相容性及安全性评价研究；通过病变部位病理检测、HPV16 DNA检测等指标评定HPV纳米抗体产品临床有效性。

**技术指标：**获得HPV16高效纳米抗体蛋白，做为推注产品开发原材料，纯度达到95%以上；制成符合《医疗器械注册与管理办法》的抗HPV16的阴道推注医疗器械产品，产品体外有效性达到95%以上；抗HPV16型阴道推注产品临床有效性达到70%以上，安全性100%；抗HPV16型阴道推注产品获得国家二类医疗器械注册证书。

**16.治疗高脂血症中药滴丸创新药的临床前研究**

**研究内容：**根据高脂血症中医的病因病机开展处方配伍及合理性研究，优化并明确处方的理法方药及方解。根据新药注册管理办法及研究技术指导原则相关要求，开展处方药味的资源研究、提取纯化工艺、滴丸成型工艺、中试生产、质量标准及稳定性等相关药学研究；围绕功能主治开展病症结合的动物模型相关药效学评价、作用机理研究、急性毒性和长期毒性等药理毒理学研究。

**技术指标：**完成创新中药新药滴丸的临床前研究内容，达到中试生产规模，力争获得国家中药创新药临床试验批件。优化确定的临床经验方，研究提供不少于100例符合中医证型的病例临床研究总结；建立1套完整的处方提取制备及滴丸成型的工艺流程；完成不少于3批次的中试研究，形成1份主要生产设备清单；制定1份成品滴丸的质量标准草案；完成1份稳定性研究报告、1份有效性研究报告及1份安全性评价报告；根据药品注册管理办法相关要求，整理并提交中药创新新药申报资料1套。

**17.治疗小儿咳喘中药凝胶贴膏创新药的临床前研究**

**研究内容：**依托山西道地药材为主药的临床经验方，按照《药品注册管理办法》中药创新药的技术要求系统开展处方、工艺、质量标准、药效及毒理研究，完成临床前全部研究内容。主要包括：处方药材资源评估、制备工艺研究（提取、纯化、成型、中试验证）、质量标准及稳定性研究等、药效学试验、非临床安全性（急性毒性、长期毒性、刺激与过敏等）评价，安全性评价须在GLP条件下开展。

**技术指标：**完成凝胶贴膏中药新药临床前研究，达到中试生产规模，力争获得国家中药创新药临床试验批件。完成1份药材资源评估报告；建立1套中试规模的制备工艺及流程；制定1份成药质量标准草案；完成1份针对小儿咳喘主要病因病机、证候类型的药理学研究报告；完成1份毒理学研究报告。

**18.治疗复发性膀胱癌的中药新药临床前研究**

**研究内容：**基于医疗机构中药制剂，开发治疗复发性膀胱癌的中药新药，系统开展处方、工艺、质量标准、药效及毒理研究，完成临床前全部研究内容。主要包括：优化生产工艺、产品中试和生产工艺验证、药品的质量标准研究和稳定性研究、药效学及毒理学研究。

**技术指标：**完成治疗复发性膀胱癌的中药新药临床前研究，达到中试生产规模，力争获得国家中药创新药临床试验批件。优化生产工艺、建立1套完整的提取制备工艺流程；完成不少于3批次的中试研究，形成1份主要生产设备清单；制定1份成品质量标准草案；完成1份稳定性研究报告、1份有效性研究报告及1份安全性评价报告；根据药品注册管理办法相关要求，整理并提交中药创新新药申报资料1套。

**19.治疗妇科疾病的古代经典名方中药复方制剂新药研发**

**研究内容：**基于国家中医药管理局发布《古代经典名方目录》

中治疗妇科疾病的古代经典名方，按照国家药监局发布的《中药注册分类及申报资料要求》具体要求，系统开展药材、饮片、基准样品、制剂生产工艺、制剂质量和质量标准、药材-饮片-中间体-制剂相关性、稳定性及毒理学等研究，建立符合中药特点的全过程质量控制体系，形成完整的古代经典名方中药复方制剂新药申报资料，并完成古代经典名方中药复方制剂注册申报。

**技术指标：**完成治疗妇科疾病的古代经典名方复方制剂开发药学研究，取得各项药学研究资料，并获得3批生产规模制剂样品；完成单次给药毒性及重复给药毒性试验，取得1套完整的GLP认证机构毒性研究报告；形成1套完整的古代经典名方复方制剂注册申请申报资料，申请并力争获得新药批准文号。

**20.康养人群心脑血管病智能化干预治疗辅助决策平台研究与应用**

**研究内容：**研究并设计康养人群中心脑血管病患者数据采集与筛选策略；融合康养患者病历数据、食物数据知识、医学专家知识，利用自然语言处理技术，构建以心脑血管病为中心面向干预治疗的医学知识图谱；基于医学知识图谱和病历数据，采用数据挖掘、序列深度学习算法，研究心脑血管病患病或复发风险的早期预测模型；基于风险预测结果以及病历数据，结合医学知识图谱，采用多元数据融合算法、知识图谱推理技术，研究心脑血管病智能化干预治疗方案推荐模型；搭建康养人群心脑血管病的智能化干预治疗辅助决策平台并进行应用验证。

**技术指标：**搭建一个针对心脑血管病的智能干预治疗辅助决策平台，其具备人机交互界面并能够可视化风险评估及推荐结果的功能；数据库中至少包含3000例心脑血管病患者的病例数据；完成针对心脑血管病干预治疗的医学知识图谱构建，图谱需至少包括“药物、疾病、症状、检查、操作、食物”六类实体及对应关系；提出一种基于病历数据和知识图谱的心脑血管病患病或复发风险的早期预测模型，预测准确率分别为≥75%和≥90%；提出一种基于多源异质性数据与知识图谱交互性融合方法的干预性治疗方案推荐模型，预测性能预期达到Jaccard≥0.50、PRAUC≥0.75、F1-score≥0.65、DDI≤0.05；至少建立一个康养社区示范类项目进行应用验证。

#### 有关社会发展领域（含食品安全、文物保护、公共安全及自然灾害防治等方面）

**21.食源性病原微生物的高通量快速检测产品研发与应用**

**研究内容：**针对目前食源性病原微生物检测灵敏度低，检测类别单一，研制不同食品基质中多种食源性病原微生物（细菌、病毒、寄生虫）的高通量快速检测产品。研究快速分析样品前处理技术，包括快速增菌培养液与纳米材料为基础的高效富集体系；结合免疫学方法研制纳米高灵敏传感器扩大待检病原体信号；研究新核酸技术与多重PCR对样品高灵敏高通量快速检测方法；结合市场检测情况研制检测产品，制定检测规程，在基层实验室与相关单位应用。

**技术指标：**研发两套不同病原微生物共富集技术，富集率达80%；研发一套高灵敏生物传感器，信号放大率提高30%。研制一套现场食源性病原微生物的快速检测产品，致病菌检测灵敏度达到103cfu/mL（g）；病毒检测灵敏度达到103pfu/mL（g）；寄生虫检测灵敏度提高10倍。产品在3~5家相关单位验证性评价环比；产品、技术、规范在全省五个地市进行推广。

**22.固态酿造食醋质量安全控制技术研究及应用示范**

**研究内容：**针对固态酿造食醋质量安全控制过程中缺乏潜在危害物质的快速识别、精准检测技术及阻断控制措施，开展山西老陈醋危害物控制技术体系研究。对食醋酿造全过程中的动态残留和最终残留物进行识别和风险评估，确定主要危害物质及发生工艺环节并建立快速检测技术；动态监测主要危害物质的变化规律，研究环境、工艺参数及食醋主要化学成分等对危害因子的归趋影响机制；从原辅料选择、配比，工艺参数，环境调控，功能菌剂强化，智能酿造装备采用、智能溯源等方面研究食醋酿造过程的有害物质的阻断机制和控制措施；建立山西老陈醋传统酿造和现代智能酿造危害物控制技术体系并开展应用示范。

**技术指标：**确定山西老陈醋酿造的主要危害物质，并建立快速可靠检测新技术2~3项；阐明2~3种主要危害物质的形成、变化规律、归趋影响及阻断机制；建立山西老陈醋传统酿造和现代智能酿造危害物控制技术体系2套，建立中试示范车间、生产线2套。

**23.山西寺观壁画病害机理与保护关键技术研究及应用示范**

**研究内容：**针对寺观壁画保护修复难题，开展壁画病害的无损或微损分析技术研究，建立病害量化指标与评价方法体系；开展保护材料与文物之间的相互作用机理及其随时间的演变规律研究，研发寺观壁画颜料层和地仗层新型加固材料和修复技术，开展保护修复材料安全性评估研究；开展针对壁画表面不同类型污染物，根据清洗理论，筛选出安全、高效的清洗材料与技术；选择典型寺观壁画开展应用示范。

**技术指标：**提出寺观壁画原位、快速评价的无损分析技术1项，建立病害评价方法体系1套；研发出壁画颜料层和地仗层加固材料各1类；针对壁画表面不同类型污染物，筛选出2种安全、高效的清洗材料；壁画保护地方标准1份；选择2~3处典型寺观壁画（如永乐宫、多福寺、长治观音堂等）开展应用示范。

**24.山西蒲津渡遗址铁质文物腐蚀现状与特征研究**

**研究内容：**开展铁器金属基体及其腐蚀产物的科学研究，明确腐蚀产物种类，表征腐蚀物由表及内和表面的空间分布情况，评估腐蚀程度；监测铁器所处环境温湿度、光照、降雨和污染物等与土壤酸碱度、湿度、可溶盐等，提出铁质文物所处环境指标；以监测结果为依据制定实验参数，用模拟铁质样品进行温湿度等加速腐蚀实验。结合铁器本身腐蚀现状，探究铁质文物腐蚀机理，揭示环境因素变化对铁器的影响；从铁器材质、显微结构、腐蚀形态观察、腐蚀深度以及保存环境入手，阐明铁器腐蚀特征。

**技术指标：**建立铁质文物病害分布和腐蚀现状的三维模型1套；铁质文物腐蚀样品科学分析不少于50个，应包含不同铁器，不同部位，不同腐蚀程度；提出铁质文物环境指标体系1套，指标数量不少于3个，应包含环境和土壤分析；阐明铁质文物的腐蚀特征，指标数量不少于2项；建立铁质文物的腐蚀机理模型1项；提出1套蒲津渡遗址铁质文物的主要腐蚀病害的量化评价指标及方法体系评价方法。

**25.山西省长城夯土典型病害发育特征与关键防治技术研究**

**研究内容：**针对山西省境内长城夯土遗址典型区段，基于掏蚀病害精准识别与监测手段，研究环境与遗址夯土协同作用下掏蚀病害发育特征，揭示掏蚀发育与环境、建筑材料及工艺间的互馈机制；基于互馈机制的土遗址掏蚀病害的发育特征、影响因素与发育机理的分析结果，研发与遗址相兼容、耐候性良好的夯补材料、工艺与联结技术及成套装备，并建立防治示范地点。

**技术指标：**阐明山西省长城遗址夯土掏蚀病害的发育特征；

初步揭示山西省长城遗址夯土掏蚀病害的发育机理；研发山西省长城遗址夯土掏蚀病害防治的材料与技术；研发山西省长城遗址夯土掏蚀病害防治装备1套；建立山西长城遗址夯土掏蚀病害防治技术研发示范地1处。

**26. 世界物质文化遗产数字重建与数字孪生关键技术研究及应用示范**

**研究内容：**面向五台山、平遥古城等世界文化遗产地，研究文化遗产全生命周期的数字化重建与数字孪生理论模型；研发遗产地文物建筑单体及陈列文物的智能虚拟复原技术；建立“数字文物”多维度、多层级信息映射模型及其文物价值挖掘呈现系统；开发基于虚拟镜像的文物时空信息融合和交互展示平台并开展应用示范。

**技术指标：**构建适用于文化遗产地数字重建与数字孪生理论模型；文物建筑单体及陈列文物虚拟复原技术可实现数字孪生的虚拟展示；面向文物领域深度学习和数字孪生技术的应用需求，构建并发布不少于5种典型文物多维度（时空维度）、多层级基准数据集；原始图像数据集重叠率≥60%，精度≥1920×1080；高精度重建数据集精度、完整度误差≤0.5mm，重建时间＜1900秒/100张（1920×1080像素）；开发文物信息融合和交互展示平台一套，平台基于云端，可实现跨平台多终端协同交互（支持AR、VR端展示）；至少在1处世界文化遗产地开展应用示范。

**27. 光纤传感融合北斗定位的采空区地质灾害监测及预警系统研发及应用示范**

**研究内容：**针对大型煤田采空区地面塌陷、地面沉降、山体滑坡等地质灾害频发的严峻形势，研发大范围与高精度的地质灾害监测预警系统。构建地质灾害影响下采空区土体应变与位移变化理论模型，探究交叉敏感抑制的布里渊光时域反射光纤应变传感技术；研究北斗定位系统实时动态载波相位差分技术在高精度位移监测中的应用方案，分析光纤传感融合北斗定位的异构传感器融合感知方法；设计地质灾害监测预警系统硬件集成与软件开发方案，实施基于光纤传感融合北斗定位的采空区电力杆塔及道路边坡安全监测案例。

**技术指标：**研发至少1套采空区地质灾害监测预警系统。预警有效率≥95%，应变测量通道数≥4，单通道最长测量距离≥20km；应变测量灵敏度：≤100με，应变测量范围：±1000με，温度影响应变误差≤30με；北斗定位平面精度（RMS）≤1cm+1ppm，北斗定位高程精度（RMS）≤2cm+1ppm。监测预警系统软件具有数据采集、数据处理、数据储存、数据查询、数据分析、GIS地图展示、预警告知等功能；大型煤田采空区电力杆塔及道路边坡安全示范性监测案例≥1个。

**28. 山西省冰雹云识别及防雹预警应用技术研究**

**研究内容：**利用相控阵雷达、多普勒雷达、风云四号卫星、L波段探空、micaps及中尺度模式，研究山西冰雹天气产生的机理和规律以及冰雹云发生发展的微物理过程，提炼冰雹云识别指标因子；针对不同的冰雹云考虑催化过程，比较模拟的自然云和催化云，讨论催化时间、播撒剂量对强对流发生发展作业的影响，研究催化防雹机制和雹云的催化技术。根据前期的研究结果利用雹云和非雹云的判识指标，对雹云进行短时预警，并将三维冰雹云模式引入业务，尝试新的冰雹过程的客观预报，形成一套集预报预警与防雹作业指挥于一体的完整系统。

**技术指标：**建立基于雷达、卫星、探空等观测资料的山西人工防雹作业条件识别指标体系；实现冰雹发生预报预警时效在原有基础上提前1小时；设计出针对不同系统影响下冰雹云的人工防雹作业方案；开发1套集冰雹预报预警和防雹作业指挥于一体的业务平台，并在10个以上冰雹多发区进行推广应用。

**29. 高速公路特殊路段交通安全风险主动预警防控技术研究及应用示范**

**研究内容：**融合大数据深度解析和驾驶模拟实验测试技术，在诊断明确高速交通安全风险时空分布特征、传播规律和影响致因的基础上，针对隧道、长大下坡、急弯和特大桥梁等高速公路特殊路段典型风险事件，将传统交通安全设施与新型智能交通安全防管控装备相结合，重点研究隧道事故预防处置、长大下坡伴随式服务、连续弯道超视距服务、桥梁不利天气与异常事件的主动预警及防控关键技术，通过示范应用工程进行预警防控效果评估与优化，并形成高速公路特殊路段主动预警防控技术指南。

**技术指标：**建设高速公路特殊路段交通安全风险事件特征数据库，数据特征指标≥10项，关键数据采集周期≥1年；构建高速公路高风险路段典型虚拟孪生场景，包含隧道、长大下坡、连续弯道、桥梁等特定场景不少于4个；高速公路特殊路段风险预警事件≥10个，基于路侧智能预警装备实现预警有效率不低于95%；高速公路特殊路段风险防控事件≥10个，基于路侧交通安全设施和智能防控装备实现防控有效率不低于90%；形成高速公路特殊路段交通安全风险预警防控指南。

**30. 基于三维时空融合的电网工程安全风险辨识与作业管控关键技术研究**

**研究内容：**基于3D激光雷达、硬件神经加速等先进视觉传感器和类脑计算器件，针对复杂电网工程作业场景，研究三维时空融合的快速建模技术，实现作业场景的实时三维建模；开发基于距离分割的3D场景目标快速识别模型，实现在3D环境下对人员、设备、运输车、作业车识别，同时可部署于嵌入式识别装置中；开展现场作业智能监护软件系统及装置的研制，具备电网工程安全风险辨识与作业管控功能，针对典型作业场景进行示范应用。

**技术指标：**完成一套电网工程安全风险辨识与作业管控智能监护装置，实现电网工程场景的设备、机械、人员等目标的快速定位和高鲁棒性识别，实现目标与工作区域、带电体、防护目标的安全风险辨识与作业管控。研发装置可建模30米×30米×50米景深场景，设备、机械、人员等目标的快速定位和高鲁棒性识别准确率不低于85%；对严重危害生产安全的电网工程安全风险辨识准确率不低于95%，反应时间＜0.2S；研发装置功耗＜30W，可在强光下进行工作；在5个电网施工作业场景完成示范应用。

**31. 游泳场馆水质净化关键技术研究及应用示范**

**研究内容：**针对目前游泳场馆普遍存在的泳池水质不稳定、缺乏有效处理手段等问题，重点从游泳池智能加药系统稳定性、尿素降解安全性、杀菌技术长效性等方面入手，研发安全、智能、长效泳池水处理系统，并开展应用示范。建立稳定、准确泳池水实时在线监测数据源及数学模型，并与泳池加药装置配套，实现智能精准控制药量；开发安全、低成本泳池水电催化氧化降解尿素技术，实现泳池水中尿素安全高效降解；针对泳池中大肠杆菌、葡萄球菌、念珠菌等菌落，研发泳池无机氧化杀菌滤料，提供一种泳池水长效、无毒的处理方法。

**技术指标：**研发一套完整泳池综合水处理系统，保证泳池水各项指标优于GB37487-2019要求，并能在省内1~2处国标泳池开展示范应用。研发一套在线实时监测信号源准确、稳定的泳池水智能化精准加药装置，保证泳池水氧化还原电位≥650，游离性余氯0.4~0.8mg/L；研发一套安全有效的电催化氧化降解尿素设备，泳池实际尿素降解率≥75%，催化剂寿命达1年以上；以1:200泳池无机杀菌滤料与泳池水比例，泳池水浑浊度/NTU≤0.5，菌落总数≤100。