**附件2**

**“AI+核能创新应用场景”十大子赛道与参考示例**

为聚焦AI技术在核能产业关键环节的应用潜力，并充分响应行业发展需求，本次案例征集特设十大子赛道，以下为场景参考示例。

**子赛道一：核电智慧设计与智能建造**

**核心目标：**利用AI技术提升核电工程设计的智能化水平、优化设计流程、缩短设计周期、降低设计成本；推动核电工程建造过程的数字化、智能化和精益化，提高建造质量、效率和安全性。

**参考示例：**

1.智能三维电厂协调设计：打造基于AI的智能三维电厂协调设计平台，整合多专业设计数据与知识图谱。利用AI 技术对电厂整体布局（包括核岛、常规岛、辅助设施等）进行智能规划，实现各系统三维模型的自动匹配与空间冲突预判。通过深度学习算法分析历史设计案例与施工反馈，为不同区域（如反应堆厂房、汽轮机厂房、控制室）的设备布置、管线走向、电缆敷设提供最优协调方案，智能生成多专业协同设计报告，减少跨专业设计冲突，提升电厂整体设计的协调性与系统性，缩短整体设计周期。

2.AI驱动的工程物料全周期追踪：应用AI、物联网（IoT）与区块链技术构建工程物料全周期智能追踪体系。从物料采购招标阶段的智能供应商评估与选型推荐，到入库时的 AI 视觉识别验收入库、仓储期间的智能定位与库存动态预警，再到施工过程中的物料领用追溯与消耗分析，直至工程收尾阶段的余料处理建议与废料合规处置指导。利用AI算法对物料全周期数据进行挖掘，预测物料损耗趋势，优化采购计划，确保物料供应的及时性与准确性，降低物料管理成本，保障核电工程物料流转的规范性与可追溯性。

3.智慧工地：构建融合AI、大数据与传感技术的智慧工地管理系统。通过AI驱动的计算机视觉技术对施工现场进行实时监控，自动识别人员不安全行为（如未按规定佩戴防护装备、违规进入危险区域）、设备异常状态（如起重机操作角度超标、焊机工作参数异常）。利用 AI模型对工地环境参数（如辐射值、粉尘浓度）进行智能分析与预警，结合施工进度数据生成资源调配建议（如根据作业面需求调整人员班组、设备进场时间），实现对工地安全、环境、资源的智能化管控，提升施工安全性与管理效率。

4.其他：AI辅助设计变更智能评估与方案生成。整合设计规范、施工数据和历史变更案例，构建 AI模型。当出现设计变更需求时，快速分析变更对成本、进度、质量的影响，自动生成多种可行的变更方案及优劣对比，辅助决策并同步更新相关设计文件，提升变更管理效率与准确性。

**子赛道二：核电站智能运维与设备全生命周期管理**

**核心目标：**通过AI技术实现核电站设备状态的精准感知、故障的超前预警与智能诊断、运维策略的优化决策，提升设备可靠性、可用率和运维效率，降低运维成本，保障电站长期安全稳定运行。

**参考示例：**

1.无人机/机器人智能巡检系统：针对核电站高风险区域，开发具备自主导航能力的无人机/机器人巡检设备，集成 AI视觉识别、声学分析、红外热成像等技术，实现设备状态与环境指标的智能采集分析，自动生成缺陷评估与维修建议，降低人工风险，提升巡检效率与精准度。

2.AI驱动的预防性维护：基于设备全生命周期数据，利用机器学习挖掘故障征兆与演化规律，建立健康度评价模型，智能制定差异化维护计划并动态调整，优化备件储备与人员调度，避免过度或不足维护，降低非计划停机概率。

3.AI驱动的设备资产全生命周期数据管理：搭建整合设备全流程数据的管理平台，借助 NLP 解析非结构化数据，通过知识图谱构建设备关联网络，AI算法实现数据清洗、分类与规律挖掘，为设备采购、维修、退役提供支持，提升资产效率与成本管控能力。

4.基于AI的设备数字孪生：打造与实体设备精准映射的数字孪生系统，融合实时数据，AI构建设备动态模型，模拟不同工况性能，实现状态可视化监测与预测，虚拟模拟故障与维护效果，辅助制定最优方案，减少试验成本，提升运行可靠性。

5.AI辅助故障定位与原因分析：开发多源数据融合的 AI 系统，设备异常时快速关联实时数据与历史案例，定位故障部件与位置，通过知识图谱追溯传播路径，结合根因分析算法识别根本原因，生成修复建议，缩短故障处理时间。

6.AR/VR辅助远程检修指导：构建 AI与AR/VR 融合的远程平台，AI视觉识别现场画面，推送带三维标注的操作指引等信息，远程专家可虚拟交互演示，AI监测操作合规性并预警风险，提升检修效率与安全性。

7.其他：探索AI在核电站网络安全防护中的应用，构建态势感知系统，实时监测工业控制系统，识别异常行为与攻击路径，预测风险等级并生成防御方案，保障运维数据与指令的安全。​

**子赛道三：核安全监管与应急响应智能化**

**核心目标：**运用AI技术提升核安全监管的智能化水平和效率，增强风险识别与预警能力；提高核事故应急响应的快速性、精准性和协同性。

**参考示例：**

1.AI人员行为安全智能分析：通过智能摄像头捕捉关键区域人员行为，利用 AI算法实时识别操作合规性、区域进出权限及应急疏散行为等，预警不安全行为，挖掘风险趋势，强化人员安全管理。

2.辅助应急预案智能生成与动态优化：基于不同事故情景，利用AI技术辅助生成或动态优化应急预案，确保预案的针对性和有效性。

3.AI事故场景智能推演与后果评估：开发基于AI的快速事故模拟与后果评估工具，为应急决策提供科学依据。

4.放射性污染智能监测与预警：布设多类型监测传感器，AI 融合分析辐射数据，构建污染扩散模型，预测影响范围并分级预警，同步推送防控建议，提升污染防控的及时性与精准性。

5.其他：智能应急物资调度系统依据事故信息，AI梳理物资储备与分布，计算缺口并优化调配路径，确保应急物资快速精准送达，提升利用效率。

**子赛道四：核燃料循环与危废处理中的创新应用**

**核心目标：**将AI技术应用于核燃料循环的各个环节(如铀矿开采、燃料制造、乏燃料后处理)，以及放射性废物的安全高效处理处置，提升资源利用效率和环境安全性。

**参考示例：**

1.放射性废物智能处理与处置：运用 AI技术对放射性废物自动分类识别和活度评估，推荐最优处理工艺并优化流程参数。同时构建处置场安全评估模型，模拟放射性物质迁移规律，为处置方案和选址提供支持，提升处理效率与环境安全性。

2.核燃料智能化管理与优化：打造全生命周期管理平台，AI 在铀矿开采阶段优化方案和回收率；燃料制造时检测缺陷并调整工艺；在反应堆内优化换料策略和组件布置；乏燃料后处理中优化参数和控制产物纯度，最大化燃料利用率。

3.核设施退役智能化：基于核设施三维模型和历史数据，AI制定最优退役拆解方案。由AI驱动的机器人完成高辐射区域作业，同时动态预测废物量和污染风险，辅助调整策略，确保退役安全且经济。

4.机器人化远程操作与维护：研发集成AI的机器人系统，在高辐射、高污染等恶劣环境中自主完成巡检、部件更换等操作。AI实时分析数据预判故障，生成维护方案，实现远程无人化操作，降低人员风险，提高效率。

5.其他：构建AI辐射防护智能决策系统，整合各环节辐射数据，预测辐射场分布和人员受照剂量，推荐最优防护方案并实时预警，实现辐射防护动态精准管理，保障人员安全。

**子赛道五：核能科普、公众沟通与政策研究中的创新**

**核心目标：**AI助力提升核能知识科普的生动性与可及性；深度洞察公众情绪与关切，构建精准的公众沟通环境与政策解读渠道。

**参考示例：**

1.基于大模型的核能知识智能问答与科普系统：开发面向公众或专业人士的核能知识图谱与智能问答机器人，创新核能科普形式。

2.核能舆情分析与公众接受度提升：利用NLP技术对涉核舆情进行智能监测、情感分析与演化预测，辅助制定有效的公众沟通策略。

3.AI辅助的核能政策分析与发展战略研究：运用AI方法对核能相关政策文本、国际发展动态、技术经济数据进行分析，为核能发展战略规划提供决策支持。

4.其他：AI驱动的沉浸式核能科普体验系统。结合VR、AR与AI技术，根据用户背景和兴趣生成个性化科普内容与互动路径，如青少年的“核电厂虚拟探险”、公众的“核能与生活”体验。AI通过情感识别调整讲解方式，增强科普针对性与吸引力，助力公众直观理解核能知识。

**子赛道六：新型核反应堆的设计、模拟、验证与性能分析**

**核心目标：**利用 AI等先进技术，提升新型核反应堆设计的创新、效率与可靠性，强化性能预测能力，实现堆芯运行安全精准把控与风险预警，推动新型反应堆安全、经济、高效发展。

**参考示例：**

1.AI辅助新型堆设计：针对小型模块化反应堆等新型堆型，运用生成式 AI等技术进行概念设计与参数优化，智能生成并评估设计方案，结合新材料特性分析影响，缩短设计周期。

2.AI模拟分析反应堆性能：借助AI加速多物理场耦合模拟，构建代理模型，快速分析不同工况下的反应堆性能，识别性能瓶颈，为设计和运行策略优化提供支持。

3.堆芯运行安全智能预警：基于实时监测数据构建AI 安全预警模型，捕捉参数异常波动，识别早期安全隐患，实现风险提前预警，辅助应急处置决策。

4.其他：AI设计关键部件实验方案，优化参数与数据采集；构建融合AI的数字孪生系统，追踪堆芯全生命周期性能，模拟故障并预测寿命，支撑新型反应堆迭代优化与安全运行。

**子赛道七：核能新材料的研发、筛选与性能预测**

**核心目标：**运用 AI 技术加速核能领域关键新材料（如耐辐照结构材料、燃料包壳材料等）的研发与筛选进程，精准预测材料在极端环境下的性能与服役寿命，提升新材料研发效率和应用可靠性。

**参考示例：**

1.AI加速耐辐照材料筛选：基于材料成分、微观结构与耐辐照性能的关联数据库，利用机器学习算法构建预测模型。输入候选材料的成分参数，AI快速评估其抗辐射损伤、耐腐蚀等性能，筛选出潜在的耐辐照材料，减少传统实验的盲目性，缩短筛选周期。

2.材料服役寿命智能预测：整合材料在核电环境下的服役数据（如辐照剂量、温度、应力等）与性能衰减记录，通过 AI 算法建立服役寿命预测模型。实时分析材料当前状态参数，智能预判其剩余服役寿命及失效风险，为材料更换与维护提供依据。

3.极端环境材料性能模拟：借助 AI构建高精度代理模型，模拟材料在极端条件（如高温、高压、强辐射）下的力学性能、热学性能等变化。快速输出不同极端环境参数组合下的材料性能数据，为新材料应用场景适配提供参考。

4.其他：AI辅助新型核燃料材料研发设计。利用AI分析燃料材料成分、结构与裂变性能、安全性的关系，智能设计新型燃料材料配方，预测其在反应堆内的燃耗行为与稳定性，加速高性能核燃料材料的研发进程。

**子赛道八：核领域的专用大语言模型、知识图谱构建等方面应用探索**

**核心目标：**构建核领域全产业链知识图谱，训练专业专用大语言模型，整合多源核知识，实现结构化沉淀、智能检索与高效复用，助力知识传承、决策支持和创新应用，提升行业智能化水平。

**参考示例：**

1.经验反馈知识大模型训练与应用：基于核电站运行、维护等经验反馈数据构建知识图谱，训练大模型，为现场人员提供相似问题解决方案，挖掘数据规律补充知识图谱，完善经验传承。

2.培训大模型训练与应用：以培训教材、案例等为基础构建知识图谱和大模型，根据不同岗位需求生成个性化学习路径和模拟指导，提升培训针对性和效果。

3.核文献智能摘要与专利分析：利用专用大语言模型处理核领域文献和专利，自动生成摘要、提取要点，通过知识图谱分析技术趋势和创新热点，为科研和布局提供支持。

4.其他：整合核安全法规标准构建知识图谱，训练模型解读条款，针对企业场景自动匹配法规开展合规性检查，提示风险并给出整改建议，提高法规执行效率。

**子赛道九：未来核能与前沿技术共融**

**核心目标：**推动核能与人工智能、物联网、区块链、量子计算等前沿技术深度融合，探索创新应用模式，提升核能系统的智能化、自主化与协同化水平，助力构建更高效、安全、灵活的未来核能体系。

**参考示例：**

1.先进冷却系统AI协同管理：将 AI与物联网技术融入先进冷却系统（如超临界二氧化碳冷却、铅铋合金冷却）管理，实时采集各节点温度、流量等数据。AI算法动态优化冷却介质分配与循环参数，协同调控多冷却单元运行，应对负荷波动，提升冷却效率与系统稳定性。

2.其他：核能与区块链融合的分布式能源管理。利用区块链技术构建核能参与的分布式能源交易平台，结合AI优化能源调度。实现核电厂发电量、周边用户需求的实时匹配与交易记录不可篡改，提升能源分配灵活性与交易透明度。

**子赛道十：“核能+”跨界与数据要素赋能**

**核心目标：**推动核能技术与其他领域跨界融合，利用数据要素与 AI技术挖掘核能相关数据的多元价值，拓展核能应用边界，提升跨界领域的技术创新与发展效能。

**参考示例：**

1.AI辅助核技术修复文物年代测定：结合核技术与 AI 算法，对文物样本的核素衰变数据进行智能分析。AI优化测年模型，提高年代测定精度，同时辅助识别文物修复过程中因时间侵蚀产生的细微特征，为文物修复方案提供数据支持。

2.AI辅助海洋放射性核素示踪环境变化：利用核技术监测海洋中放射性核素分布，结合 AI对长期监测数据进行挖掘。AI识别核素迁移规律与海洋环境（如洋流、温度）的关联，示踪气候变化、海洋污染等环境变化趋势，为生态保护提供决策依据。

3.其他：AI驱动核能与工业供热跨界协同。整合核能供热数据与工业用户用热需求信息，AI优化供热参数与调度方案，实现核能与工业生产的精准匹配，提升能源利用效率，推动低碳工业发展。