深圳市南山区机器人应用场景征集表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **需求名称** | 面向变配电站场景的安全巡检人形机器人需求 | | |
| **应用场景** | 面向变配电站安全巡检工作场景分析  （一） 现有场景基本情况描述  变配电站是电力系统的核心节点，承担电能传输、电压转换及区域电网稳定运行的关键职责。其典型特征包括：  设备复杂性：包含变压器、断路器、隔离开关、避雷器、GIS（气体绝缘开关设备）等高压设备，结构精密且分布密集。  环境特殊性：高压电场、高温、噪音、电磁干扰等危险因素并存，部分区域存在密闭空间或高空作业需求。  安全要求高：设备故障可能引发大面积停电甚至安全事故，需高频次、高精度巡检保障运行状态。  巡检内容：涵盖设备温度监测（红外测温）、机械状态检查（异响、振动）、绝缘性能检测、仪表数据记录等，需覆盖室内外多场景。  （二）现有场景作业方式描述  当前变配电站所巡检以人工为主，具体流程如下：  1. 人力投入：巡检班组（通常2-3人）按计划分区域作业，需穿戴绝缘服、安全帽、检测仪器等装备。巡检频次：日常巡检（每日1-2次）、特殊天气后巡检（如雷雨）、故障后特巡。  2. 作业流程：  目视检查：观察设备外观（如油位、漏液、锈蚀）、仪表盘数据（电压、电流）。  仪器辅助：使用红外热像仪检测设备温度，局放检测仪排查绝缘缺陷，记录仪保存数据。  手工记录：纸质或手持终端录入巡检结果，异常情况需逐级上报并启动应急流程。  3. 局限性：依赖人员经验，夜间或恶劣天气下效率降低，部分高危区域（如GIS室、变压器顶部）需搭设脚手架辅助检查。  （三） 现有场景痛点  1. 安全隐患突出：人员长时间暴露于高压、强电磁环境，存在触电、电弧灼伤风险；密闭空间可能积聚SF6气体，危害健康。  2. 人力成本与效率矛盾： 熟练技工培养周期长，老龄化趋势加剧人力短缺；人工巡检耗时（单站全面巡检需3-4小时），难以实现高频次覆盖。  3. 数据质量不稳定：人工记录易出现漏检、误判（如红外测温角度偏差导致数据失真），历史数据对比分析依赖人工经验。  4. 复杂场景覆盖不足：夜间或极端天气（暴雨、极寒）下巡检效果受限。  5. 应急响应滞后：异常状态依赖人工发现，故障预警实时性不足；突发事故时人员撤离风险高。  （四）引入人形机器人进行安全巡检的必要性  人形机器人可深度融合仿生运动能力、多模态感知技术与智能决策系统，针对性解决现有痛点：  1. 高危场景替代人力：双足/轮足复合移动能力适应变配电站复杂地形（台阶、斜坡、沟槽），机械臂灵活操作设备按钮或近距离采集数据，避免人员进入高危区域。  2. 全天候高效作业：搭载红外、超声波、气体传感器等模块，支持夜间、雨雪天气连续巡检；AI算法自动比对设备状态变化，实时推送异常预警。  3. 数据精准性与可追溯性：标准化巡检路径与传感器校准消除人为误差，多源数据（热成像、振动频谱、局放信号）融合分析提升故障诊断准确率；云端存储实现全生命周期数据追溯。  4. 成本优化与资源释放：减少高危岗位人力配置，将技术人员转向数据分析与决策优化；机器人复用率高，长期运维成本显著低于人力投入。  5. 技术可行性支撑：5G通信保障低延时远程控制，边缘计算实现本地化实时处理；模块化设计便于扩展功能（如无人机协同高空巡检）。  结论：人形机器人通过环境适应性、智能化与安全性优势，可系统性提升变配电站巡检的可靠性、效率与经济性，是电力行业向少人化、智能化转型的必然选择。 | | |
| **具体需求** | 面向变配电站安全巡检的机器人方案需求  （一）机器人基本情况  1. 数量配置：  单站部署1台人形机器人（主巡检单元），辅以少量轮式机器人（重点区域补充巡检）或无人机（高空设备协同巡检）。  2.机器人类型与功能：  （1）人形机器人（主巡检单元）：  整体规格：身高≥1.65m，体重≤75kg；  移动能力：双足或轮足复合式底盘，适应变配电站平坦场景；  感知能力：搭载激光雷达、深度相机、彩色相机，可提供环境感知、路径规划、智能避障等能力；  交互能力：配置麦克风、扬声器，基于LLM提供专业知识问答能力；  通讯能力：支持5G/Wi-Fi/蓝牙多模通信，支持远程控制、实时视频回传、语音告警播报； （2）辅助机器人：①无人机：配备激光雷达与热成像仪，快速扫描避雷器、绝缘子串等高空设备。②轮式机器人：用于室内常态化检测。  （二）需实现的具体效果  1. 全场景覆盖：  自主规划巡检路径，覆盖室内外设备（变压器、断路器、GIS室、电缆沟等），对高空、狭窄、高危区域实现100%无死角检测。  2. 高危作业替代：  替代人工进入高压区、SF6气体泄漏区、高空平台等危险环境，减少人员直接暴露风险。  3. 实时监测与预警：  自动识别设备温度异常（温差＞5℃报警）、机械振动超标、局部放电、气体泄漏等隐患，10秒内推送告警至监控中心。  4. 标准化数据管理：  自动生成结构化巡检报告（含设备状态对比、趋势分析），数据准确率≥90%，支持云端存储与AI故障诊断。  5. 应急响应辅助：  突发故障时快速抵达现场，及时抢修人员提供实时环境数据（如气体浓度、温度）。  （三）方案价值  通过“1+N”机器人集群（1台人形主巡检+N台辅助设备），实现变配电站巡检的无人化、智能化与数据闭环管理，综合运维效率提升50%以上，事故率降低70%，契合新型电力系统建设需求。 | | |
| **拟投入资金（万元）** | 500万元 | **拟建设周期** | 12个月 |
| **应用现状** | （一）当前国内外相关应用情况  1.国内应用现状  （1）技术应用与试点项目  国内已实现变配电站巡检机器人的初步应用，例如北京市人形机器人创新中心研发的“天工”人形机器人，能够自主移动，完成部分动作。  部分厂商推出的巡检机器人已覆盖变配电站设备温度监测、仪表数据采集、异常预警等功能，部分产品接入AI大模型（如通义千问），提升智能化水平。  （2）市场与政策支持  中国连续11年成为全球最大工业机器人市场，变配电站巡检机器人市场规模年均增长率超20%，政策层面通过“人工智能+”行动、智能电网建设专项等推动技术落地。  （3）技术成熟度  国产机器人已具备基础巡检能力，但AI大模型与机器人本体的深度融合尚处早期阶段。  2.国外应用现状  （1）技术研发与商业化探索  美国、日本主导早期技术突破，例如波士顿动力的Atlas机器人展示复杂运动能力，特斯拉Optimus尝试工业场景应用，但多限于实验室或小范围展示，尚未大规模商业化。  国外企业在多模态感知（如视觉-语言-动作融合控制）领域领先，例如Figure AI的Helix模型支持多机器人协作，但实际应用仍以特定场景试点为主。  （2）行业生态与标准体系  欧美已形成较完整的机器人产业链，注重基础理论研究（如类脑感知、新材料），但变配电站场景应用较少，更多聚焦工业制造、医疗等领域。  国际标准（如IEC 61000电磁兼容性）对机器人安全性能要求严格，但针对变配电站复杂环境的专用标准仍不完善。  （二）改进方向与技术难点  1.国内需改进的领域  （1）智能化与多模态融合  需突破多源数据（红外、振动、局放）实时融合分析技术，减少误报漏报；AI大模型需与机器人本体深度协同，提升自主决策能力。  （2）标准与生态建设  缺乏统一的变配电站机器人技术标准，需建立全生命周期检测体系，推动行业规范化。  2.国外技术难点与商业化瓶颈  （1）商业化落地困难  高昂成本（如波士顿动力Atlas单台成本超百万美元）制约规模化应用，需通过模块化设计降低制造成本。  （2）复杂场景泛化能力不足  现有机器人多针对结构化环境开发，对变配电站非结构化场景（设备密集、电磁干扰）的适应性较弱。  （3）跨领域技术整合挑战  具身智能需融合AI大模型、新材料（如人工肌肉）、仿生学等多学科，技术门槛高，研发周期长。  （三）总结  国内外在变配电站安全巡检机器人领域均取得显著进展，但侧重点不同：  国内：政策驱动下快速推进场景落地，但需突破核心技术与标准短板；  国外：技术积累深厚，但商业化进程缓慢，成本与环境适应性成主要瓶颈。  未来需聚焦复杂环境适应性、智能化升级与产业链协同，加速从“功能型”向“通用型”机器人演进。 | | |