2019 年
中国电力巡检机器人行业概览

行业走势图



工业研究团队

文晗　　分析师

邮箱： cs@leadleo.com

相关热点报告

- 工业机器人系列概览——2019 年中国并联机器人行业概览
- 工业机器人系列概览——2019 年中国仓储物流机器人行业概览
- 工业机器人系列概览——2019 年中国自动送货机器人行业概览

报告摘要

人工巡检存在人员业务素质、技术经验、工作积极性等不确定性因素，机器人巡检可弥补人工巡检在这方面的不足，提高运维效率与质量，同时还可兼具安全性与经济性。电力巡检机器人的需求主要来自国家电网及地方电网，其市场规模由 2014 年的 2.1 亿元增长至 2018 年的 9.4 亿元，年复合增长率达 45.4%。未来五年，智能电网建设改造还将继续提速，预计未来 5 年中国电力巡检机器人市场规模还将持续扩大，到 2023 年有望达到 52.2 亿元。

热点一：电网运行安全问题引发社会高度关注

随着电网朝着特高压、大容量方向发展，人工巡检的方式已难以适应日益复杂的电力系统。电力巡检机器人可避免因人员业务素质及工作态度经验对巡检工作效率与可靠性造成的负面影响，且更适合代替人工在高危工作环境开展巡检工作，能够弥补人工巡检的不足。中国电网规模持续扩大，维护电网运行安全难度提升，中国电力行业对电力巡检机器人的需求日益迫切。

热点二：智能电网建设加速

智能电网的迅速发展对关键技术与设备提出了更高要求，国家能源局发布《配电网建设改造行动计划(2015-2020 年)》等系列文件，将有效促进智能电网配套产业链的发展，催生出专业提供智能化、自动化电网检测设备的高新技术企业。随着智能电网发展规模不断扩大，电力巡检机器人在巡检方面的优势明显超过人工，市场发展前景明朗，潜力巨大。

热点三：机器人智能化程度提高

未来机器人将从感知信息逐渐发展为处理、操作信息。当机器人感知到信息后，通过网络层将数据传送给应用层，机器人在深度学习后开展深入分析，自动识别、自动预警异常信息或故障，并对异常信息或故障自主进行操作。现阶段，机器人与人类之间只有基本交互，未来随着中国电力系统运行的安全性、经济性、可靠性要求更加严苛，电力巡检机器人将需要与人类有深度交互，形成互相支撑，共同完成复杂巡检操作。

目录

1 方法论 5

1.1 研究方法 5

1.2 名词解释 6

2 中国电力巡检机器人行业市场综述 8

2.1 中国电力巡检机器人行业定义及分类 8

2.2 中国电力巡检机器人行业发展历程 9

2.3 中国电力巡检机器人行业产业链 10

2.3.1 上游分析 11

2.3.2 中游分析 12

2.3.3 下游分析 14

2.4 中国电力巡检机器人行业市场规模 15

3 中国电力巡检机器人行业驱动与制约因素 16

3.1 驱动因素 16

3.1.1 电网运行安全问题引发社会高度关注，对电力巡检机器人需求日益迫切 16

3.1.2 智能电网建设加速 17

3.2 制约因素 19

3.2.1 关键技术成熟度不足，实际运行情况与理想目标存在较大出入 19

3.2.2 技术指标与性能参数标准未统一 20

4 中国电力巡检机器人行业政策及监管分析 21

5 中国电力巡检机器人行业市场趋势 23

5.1 电力巡检机器人设备进一步改进.....23
5.2 机器人智能化程度提高.....24
6 中国电力巡检机器人行业竞争格局分析.....25
6.1 中国电力巡检机器人行业竞争格局概述.....25
6.2 中国电力巡检机器人行业典型企业分析.....26
6.2.1 浙江国自机器人技术有限公司.....26
6.2.2 南京七宝机器人技术有限公司.....29
6.2.3 信同信息科技有限公司.....31

图表目录

图 2-1 巡检系统组成 8
图 2-3 中国电力巡检机器人行业发展历程 10
图 2-4 中国电力巡检机器人产业链 11
图 2-5 亿嘉和产品成本结构 12
图 2-6 智能巡检解决方案系统框架 13
图 2-7 电力巡检机器人应用核心场景 14
图 2-8 中国电力巡检机器人市场规模（按需求量计），2014-2023 年预测 15
图 3-1 全球大电网停电事故 16
图 3-2 电网建设投资额，2014-2018 年 18
图 3-3 “十三五”期间智能电网建设投资分布 18
图 3-4 当前机器人巡检技术仍存在许多不足 19
图 4-1 电力行业发展相关支持政策 22
图 4-2 机器人行业发展相关支持政策 23
图 5-1 电力巡检机器人设备改进方向 23
图 5-2 电力巡检机器人智能化发展步骤 25
图 6-1 中国电力巡检机器人典型企业介绍 26
图 6-2 2018 年国家电网室外机器人中标情况 26
图 6-3 国自机器人产品类型 27
图 6-4 国自智能巡检机器人分类 28
图 6-5 七宝智能巡检机器人分类 30
图 6-6 信同科技主要产品 31

1 方法论

1.1 研究方法

头豹研究院布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

- ✓ 研究院依托中国活跃的经济环境，从服务机器人、电力、传感器等领域着手，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。

- ✓ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。

- ✓ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。

- ✓ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

- ✓ 头豹研究院本次研究于 2019 年 8 月完成。

1.2 名词解释

- **非接触检测：**以光电、电磁等技术为基础，在不接触被测物体表面的情况下，得到物体表面参数信息的测量方法。典型的非接触测量方法如激光三角法、电涡流法、超声测量法、机器视觉测量等等。
- **视觉伺服：**通过光学的装置和非接触的传感器自动地接收和处理一个真实物体的图像，且通过图像反馈的信息让机器系统对机器做进一步控制或相应的自适应调整的行为。
- **智能电网：**电网的智能化，也被称为“电网 2.0”，智能电网利用双向数字技术控制用户用电设备从发电厂向用户供电，以此达到节约能源、降低损耗、增强电网可靠性的目的。智能电网包括电能配送网络及计量网络，通过先进的传感和测量技术、设备技术、控制方法及决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标。
- **红外热像仪：**将物体发出的不可见红外能量转变为可见的热图像。热图像的上面的不同颜色代表被测物体的不同温度。红外热像仪在军民两方面都有应用，最开始起源于军用，逐渐转为民用，其在民用中通常叫热像仪，主要用于研发或工业检测与设备维护中，在防火、夜视及安防中也有广泛应用。
- **三相电：**电能的一种输送形式，是由三个频率相同、振幅相等、相位依次互差 120 度的交流电势组成的电源。三相电的用途很多，工业中大部分的交流用电设备，例如电动机，都采用三相交流电。
- **温升：**电子电气设备中的各个部件高出环境的温度。
- **无线网桥：**无线网络的桥接，它利用无线传输方式实现在两个或多个网络之间搭起通信的桥梁；无线网桥从通信机制上分为电路型网桥和数据型网桥。
- **特高压直流输电：**±800kV 及以上电压等级的直流输电及相关技术。特高压直流输电的

主要特点是输送容量大、输电距离远、电压高，可用于电力系统非同步联网。

- **配电：**在电力系统中直接与用户相连并向用户分配电能的环节。配电系统由配电变电所、高压配电线路、配电变压器、低压配电线路以及相应的控制保护设备组成。
- **变电：**通过变压器进行电能传递的过程。变压器是利用电磁感应的原理来改变交流电压的装置，主要构件是初级线圈、次级线圈和铁芯（磁芯）。
- **接口：**同一计算机不同功能层之间的通信规则。
- **局放：**局部放电的简称。
- **类人智能：**具有“发现和觉察功能”的计算机，即能够从数据中生成特征量，并对相关现象进行模型化处理的计算机。
- **智能补光技术：**根据外界光线强弱自动调节的一项新兴技术。
- **漏缆：**漏泄同轴电缆的简称，其结构与普通的同轴电缆基本一致，由内导体、绝缘介质和开有周期性槽孔的外导体三部分组成。电磁波在漏缆中纵向传输的同时通过槽孔向外界辐射电磁波，外界的电磁场也可通过槽孔感应到漏缆内部并传送到接收端。

2 中国电力巡检机器人行业市场综述

2.1 中国电力巡检机器人行业定义及分类

电力巡检机器人是针对电力系统所开发的一款可自动分析和处理电力设备、设施状态和运行情况数据信息，为现场运维工作提供技术支持的设备。电力巡检机器人属于服务机器人范畴，服务目的在于减轻电力运维人员的运维负担、提高巡检工作效率、保障设备安全可靠运行，现已逐渐应用于电力、铁路、石化等领域。

电力巡检机器人巡检系统包括三部分：机器人分系统、任务荷载分系统和综合保障分系统（见图 2-1）。

图 2-1 巡检系统组成



来源：头豹研究院编辑整理

（1）机器人分系统：机器人平台包括机器人设备本体和导航定位系统；通讯系统包括数据和图像传输系统；监控后台系统包括实时状态控制系统和巡检任务管理和检测软硬件。

（2）任务载荷分系统：标配的任务设备包括可见光摄像机、红外热像仪，此外还可选配超声、局放等检测设备；地面显控单元能够显示当前参数设定、实时曲线、历史曲线、历

史数据等信息。

（3）综合保障分系统：为机器人提供电力、必备维修工具器件等综合保障；通常电站内会配备自动充电房，机器人电量不足时可返回充电房进行自主充电。

电力巡检机器人是集合了智能巡检技术、机器人本体技术、电力设备非接触检测技术、多传感器融合技术、导航定位技术、模式识别技术及物联网技术等高新技术的有机结合体。作为新型检测手段，电力巡检机器人具有数据采集与记录、数据查询及分析、重点设备关注、提示报警、生成巡检报告五大主要功能（见图 2-2）。

图 2-2 电力巡检机器人功能



来源：国自机器人公司官网，头豹研究院编辑整理

2.2 中国电力巡检机器人行业发展历程

20 世纪 90 年代，日本开始研究应用于 500kV 变电站的有轨巡检机器人，提出通过红外传感器对电网设备的温度进行自动测量的研究方案（见图 2-3）。随后中国也加入开展巡检机器人研究的行列。1999 年，国网山东省电力公司电力科学研究院及下属的山东鲁能智能技术有限公司（以下简称“山东鲁能”）最早开始进行变电站巡检机器人的研究。针对电力行业运行特点，山东鲁能尝试将机器人应用于电力领域。2002 年，国家电网公司成立电力机器人技术实验室，也逐渐展开电力巡检机器人技术的研究，并于 2004 年成功研制出第一台功能样机。随后，国家电网公司运用非接触检测、机械可靠性设计、定位导航及视觉伺服云台控制等技术研制出可用于室外变电站，具有全天候、全区域自主运行功能的巡检机器

人，但由于其功能单一、价格偏高且缺陷多，市场购买意愿不强烈。

2012 年，在智能电网政策的大力推动下，电网智能化升级需求开始扩大，电力巡检机器人是电网智能化发展的重要载体，参与研发电力巡检机器人的企业逐渐增多。2014 年起，国家电网公司开始采取统一招标形式，集中采购变电站智能巡检机器人，中国变电站机器人行业迎来了快速增长期，亿嘉和、浙江国自、朗驰欣创、申昊科技等企业陆续推出各自变电站巡检机器人产品。2015 年，随着配电网智能化推进速度加快，山东鲁能、亿嘉和、科大智能等行业领先企业开始着手研发应用于配电站的智能巡检室内机器人。其中，江苏电力公司作为国家电网智能电网及智能运维示范基地，率先在全国开展配电网智能化改造，运用巡检机器人加强日常巡检工作的准确性。此后，在江苏省的先行示范作用下，配电站智能巡检机器人在天津、上海和河北地区也开始投入运行。中国电力巡检机器人在仿真设计、机器人操控、模式识别等多项关键技术上不断取得突破，目前行业整体发展水平已达国际领先水平。但从应用情况来看，人工智能技术还未完全成熟，致使电网巡检机器人功能单一，无法满足电网运维的全部需求从而真正替代人工巡检。

图 2-3 中国电力巡检机器人行业发展历程



来源：头豹研究院编辑整理

2.3 中国电力巡检机器人行业产业链

中国电力巡检机器人行业产业链由上至下依次可分为上游零部件供应、中游机器人本体

制造与集成、下游应用领域（见图 2-4）。

图 2-4 中国电力巡检机器人产业链



来源：公司官网，头豹研究院编辑整理

2.3.1 上游分析

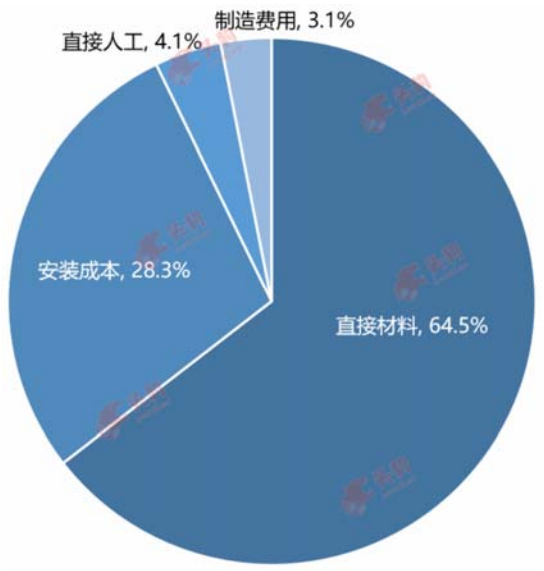
中国电力巡检机器人行业产业链上游为零部件供应，参与者为国内外零部件供应商。电力巡检机器人所需零部件包括机械组件、功能模块及电子类元器件三大类。**中国电子配套行业经过多年发展，已获得充分发展，一般类机械组件（如伺服驱动）、电子产品（如高清摄像机）可使用成熟的标准件集成，但一些关键零部件如红外热成像传感器、控制器、减速器仍依赖进口。**

以红外热成像传感器为例，红外热像仪主要用于：（1）对变压器、断路器、各母线连接头、隔离开关触头等变电设备进行红外测温；（2）对各类变电设备运行状况进行判断分析，在温度出现异常情况下报警；（3）对红外测温数据进行历史趋势分析、设备温升分析、三相设备温升对比。红外热像仪最早用于军用领域，后来逐渐转为民用。美国的红外热成像技术处于全球领先地位，电力巡检机器人厂商大多采用的是美国菲力尔（FLIR）公司生产的红外热像仪。对比之下，中国拥有红外热像仪生产能力的厂家较少，具备独立研发红外热成像技

术的民营企业仅十余家，此类企业以高德红外、海康威视、艾睿、大立等为代表。随着中美贸易战不断升级，贸易战已延伸到科技领域，高精度红外热像仪由于具有军事敏感度，被美国政府禁止销往中国，导致高精度红外热像仪处于供不应求的状况。

从成本结构来看，原材料在电力巡检机器人的生产过程中占比较大，以亿嘉和为例，根据亿嘉和 2018 年度报告显示，项目成本（包括机器人产品与智能巡检解决方案）主要由直接材料、安装成本、直接人工和制造费用构成。直接材料占比最高，为 64.5%；其次是安装成本、直接人工和制造费用，分别占总成本的 28.3%、4.1%、3.1%（见图 2-5）。

图 2-5 亿嘉和产品成本结构



来源：亿嘉和 2018 年度报告，头豹研究院编辑整理

总体来看，关键零部件供应受到制约，阻碍了电力巡检机器人生产成本进一步下降。而在关键零部件领域（传感器领域、控制器领域、减速器领域）具有技术优势的供应商，其市场地位和议价能力较高。

2.3.2 中游分析

中国电力巡检机器人行业产业链中游为机器人本体制造与集成，参与主体为电力巡检机器人厂商。根据电力行业发展需求，电力巡检机器人厂商着力于开发种类全面、功能丰富的

电力巡检机器人产品以及不断完善智能巡检解决方案。

产品开发主要集中在产品种类多样化与功能提升两方面：（1）产品种类多样化：使电力巡检机器人充分应用在电力行业发电、输电、变电、配电等环节，以满足下游客户不同层次的需求；（2）产品功能提升：在基本巡检功能的基础进一步提升图像识别率、数据分析等能力，提高机器人巡检的适应性、稳定性。

智能巡检解决方案的系统框架包括感知层、网络层与应用层三个层面（见图 2-6）。

（1）感知层：机器人通过分布式传感器完成对运行设备及环境状态的采集；

（2）网络层：通常包括无线网桥、网络交换机等设备，主要负责实现基站层和终端层的连接，将现场检测设备状态参数及工作参数等相关数据传输至信息管理层；

（3）应用层：由后台主机、智能控制和分析软件、硬盘录像机等部分组成，具备模式识别和图像处理等功能，可自动识别、自动预警设备异常信息及缺陷信息。

图 2-6 智能巡检解决方案系统框架



来源：头豹研究院编辑整理

从利润率来看，现阶段，电力巡检机器人厂商的利润率出现下滑势头，原因在于中美贸易关系的不确定性，导致上游关键零部件价格上浮以及下游客户的采购状况恶化：电力巡检机器人采购价格已由 2012 年的 300 万下降至 2019 年的 90~100 万的水平，而电力巡检

机器人厂商研发成本高，导致成本分摊较大，进一步缩小了中游电力巡检机器人厂商的利润空间。

2.3.3 下游分析

中国电力巡检机器人行业产业链下游为应用领域，电力巡检机器人的应用领域包括电力、铁路、石化等，起到提高各个应用领域电力系统运维工作效率与质量的作用。其中，电力巡检机器人应用的核心场景包括输电线巡检、配电站所巡检、变电站巡检、隧道巡检（见图2-7）。

图 2-7 电力巡检机器人应用核心场景



来源：亿嘉和招股说明书，头豹研究院编辑整理

现阶段，电力巡检机器人的市场需求全部来自于电力领域，即国家电网和南方电网及其下属公司。国家电网总公司通常会委托国网物资有限公司，在国家电网电子商务平台以国家电网总公司名义进行统一招标。中游电力巡检机器人厂商需通过参与公开招投标来获取订单。除此之外，借鉴国外已成熟的商业模式，电网公司开始尝试采用租赁方式来获取智能巡检设备，来缓解设备投资压力过大而产生的资金压力。现阶段，电力巡检机器人在配电站所的应用较多，据统计，大约有 2~3 万台挂轨式巡检机器人应用于配电站所内，原因在于此类电力巡检属于室内巡检，对机器人技术要求相对简单，研发难度不高，因此应用落地速度较快。输电线巡检、变电站巡检等室外巡检用机器人由于环境复杂程度高，对其传感器精度与性能、环境适应性、图像识别等技术标准高，研发难度大，是导致室外巡检机器人应用落地速度慢于室内巡检机器人的重要因素。

2.4 中国电力巡检机器人行业市场规模

2012 年后，电网智能化升级需求逐渐开始释放，中国电力巡检机器人行业发展前景逐渐明朗。智能巡检技术是一项新兴技术，技术的成熟度直接影响了电力巡检机器人的渗透率。人工巡检存在人员业务素质、技术经验、工作积极性等不确定性因素，机器人巡检可弥补人工巡检在这方面的不足，提高运维效率与质量，同时还可兼具安全性与经济性。电力巡检机器人的需求主要来自国家电网及地方电网，从公开招标信息看，2014-2018 年，电网公司对电力巡检机器人的需求一直保持快速增长，电力巡检机器人的市场空间逐渐开始扩大，市场规模由 2014 年的 2.1 亿元增长至 2018 年的 9.4 亿元，年复合增长率达 45.4%（见图 2-8）。根据国家能源局在《配电网建设改造行动计划（2015-2020）》设定的发展目标，到 2020 年，中国配电自动化覆盖率将达到 90%。未来五年，智能电网建设改造还将继续提速，加上机器人巡检技术逐渐成熟，图像识别将更加准确，具备大幅提高巡检效率和质量的能力，预计未来 5 年中国电力巡检机器人市场规模还将持续扩大，到 2023 年有望达到 52.2 亿元。

图 2-8 中国电力巡检机器人市场规模（按需求量计），2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

3 中国电力巡检机器人行业驱动与制约因素

3.1 驱动因素

3.1.1 电网运行安全问题引发社会高度关注，对电力巡检机器人需求日益迫切

过去十年间，世界范围内发生过许多起大电网停电事故（见图 3-1）。从事故经验总结来看，大面积停电事故往往是由于电线老旧引发的电力故障，反映出电网运行安全需要更多运维资源的投入，为电力巡检机器人的应用提供了广阔的市场发展空间。

图 3-1 全球大电网停电事故

国家	时间	事故影响
美国	2019-07	纽约市曼哈顿地区突发大面积停电事故，导致商店暂停营业、部分交通设施停运，此次停电事故至少波及了9万用户
阿根廷	2019-06	阿根廷发生大规模停电，波及4,800万民众
印度	2012	印度发生两次大面积停电事故，直接影响6亿多人的生活，交通出现大面积拥堵，社会影响巨大
巴西	2009-11	巴西最大的两个城市里约热内卢和圣保罗以及周边地区遭遇大停电，停电范围约占巴西国土面积的一半，波及全国18个州

来源：头豹研究院编辑整理

得益于中国对电网建设与电力运维重视程度的提高，中国电网一直保持着安全稳定运行，但总体来看仍面临着较大压力：（1）电网规模持续扩大。1978 年，中国 220kV 及以上输电线路长度仅为 2.3 万千米，2018 年这一长度达到了 71.6 万千米，增长了 31 倍。中国电网是世界上规模最大的电网之一，工业、生活用电需求庞大仍在不断推动电网规模快速增长；（2）电网结构复杂。中国拥有世界上等级最高、输送容量最大、送电距离最远的特高压直流输电工程，电力安全风险控制难度极大；（3）自然灾害、极端天气对电网安全造成了严重威胁。

随着电网朝着特高压、大容量方向发展，且每年都有大量的新建或扩建的变电站投入运

行，人工巡检的方式已难以适应日益复杂的电力系统。人工巡检主要依靠现场工作人员的感官知觉与长期积累的经验对设备运行状况进行判断，因此，工作人员的业务素质、工作态度与经验对巡检效果带来不确定性。电力巡检机器人可避免因人员业务素质及工作态度经验对巡检工作效率与可靠性造成的负面影响。此外，电力巡检机器人更适合代替人工在高危工作环境开展巡检工作，能够弥补人工巡检的不足。整体来看，中国电网规模持续扩大，维护电网运行安全难度提升，中国电力行业对电力巡检机器人的需求日益迫切。

3.1.2 智能电网建设加速

2012 年 3 月，中国科学技术部下发《智能电网重大科技产业化工程“十二五”专项规划》，正式提出智能电网概念，并将智能电网定义为“实施新的能源战略和优化能源资源配置的重要平台，涵盖发电、输电、变电、配电、用电和调度各环节，广泛利用先进的信息和材料等技术，实现清洁能源的大规模接入与利用，提高能源利用效率，确保安全、可靠、优质的电力供应”。自 2012 年起，中国便开始实施智能电网技术研发和示范工程，加快推进智能电网相关产业发展。根据国家能源局数据，中国电网建设投资已从 2014 年的 4,119 亿元增长至 2018 年的 5,373 亿元，年复合增长率达到 6.9%，中国电网智能化发展潜力巨大（见图 3-2）。

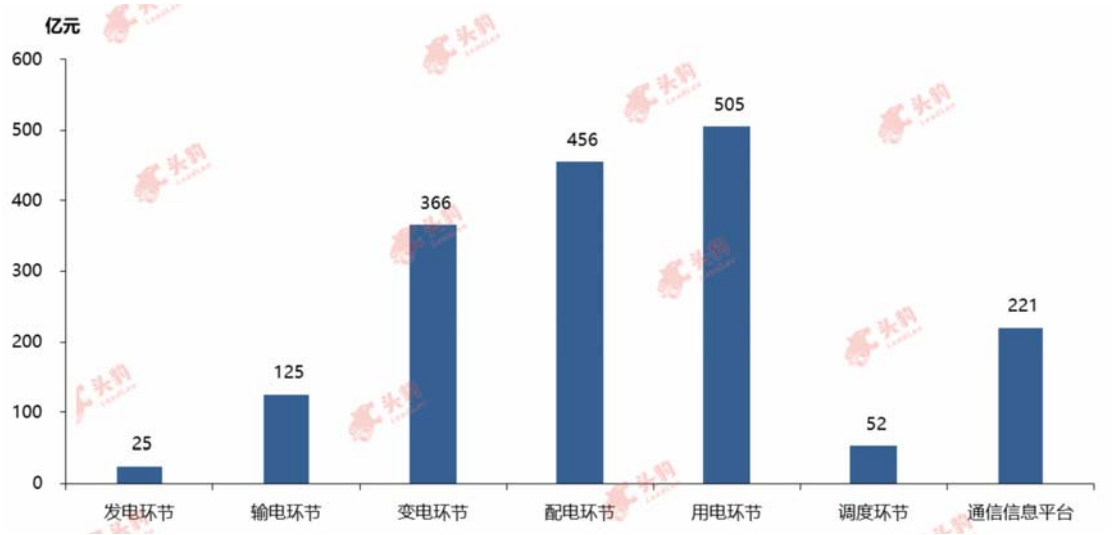
图 3-2 电网建设投资额，2014-2018 年



来源：国家能源局，头豹研究院编辑整理

“十三五”期间，中国智能电网建设投资主要集中在用电、配电、变电、通信信息平台、输电、调度及发电环节。其中，用电、配电、变电三个环节合计建设投资额超过 1,327 亿元，是“十三五”时期智能电网投资的重点领域，也是电力巡检机器人的需求来源 (见图 3-3)。

图 3-3 “十三五”期间智能电网建设投资分布



来源：头豹研究院编辑整理

智能电网的迅速发展对关键技术与设备提出了更高要求，国家能源局发布《配电网建设改造行动计划(2015-2020 年)》等系列文件，计划对智能电网投入超 3,000 亿元资金支持，并要求到 2020 年国内配电自动化覆盖率达到 90%。这将有效促进智能电网配套产业链的发展，催生出专业提供智能化、自动化电网检测设备的高新技术企业。2019 年 3 月，南方

电网宣布未来五年将投资 1,700 多亿元加快粤港澳大湾区智能电网规划建设。随着智能电网发展规模不断扩大，电力巡检机器人在巡检方面的优势明显超过人工，市场发展前景明朗，潜力巨大。

3.2 制约因素

3.2.1 关键技术成熟度不足，实际运行情况与理想目标存在较大出入

在实际运行过程中，电力巡检机器人存在需改进的空间，表现在：（1）功能单一。电力巡检机器人只能用于简单的故障判断，复杂的故障还需要人工判断、排除，增加了劳动力成本与时间成本；（2）稳定性、可靠性不佳。机器人的抗干扰能力不强，在雾霾天气下，利用激光导航的机器人容易产生定位与导航失灵的问题，从而造成巡检质量下降甚至无法完成巡检任务。

从根本看来，机器人本体技术、人工智能技术、导航定位技术等关键技术的成熟度不高是制约电力巡检机器人全面替代人工巡检的重要因素（见图 3-4）：

图 3-4 当前机器人巡检技术仍存在许多不足



来源：头豹研究院编辑整理

（1）机器人本体设计方面，目前业内并未出台明确标准，因此业内出现了不同厂商生产的机器人机构各异、接口不统一的情况；

（2）图像识别技术是人工智能技术的难点，当前变电站巡检机器人巡检识别率大于 60%的机型占比为 53.8%，图像识别技术成熟度有待提高，图像识别的准确性与稳定性与理想目标存在较大差距；

（3）自主导航定位稳定性较差，环境适应性不佳，在实际运行中部分电力巡检机器人出现路线偏差，甚至翻车、掉入水沟等情况。

综上，机器人巡检关键技术成熟度不足，仍在摸索阶段，实际运行情况与理想目标相差较大，导致现阶段无法完全依赖机器人巡检。

3.2.2 技术指标与性能参数标准未统一

中国电力巡检机器人行业正处于基础阶段，尚未出台针对机器人技术指标与性能参数的试验标准。在下游电力行业的强大需求吸引下，已有超过 20 家机器人厂商投入到电力巡检机器人的研发、设计、生产过程中，迄今为止已研发出多种机型的巡检机器人产品，并投入市场运行，但不同机型的机器人巡检系统的运动功能、巡检能力、监控后台功能、抗电磁干扰性能、一般环境适应性、动力电池性能等性能特点和技术指标存在较大差异，技术指标与实验标准没有进行统一，难以保证巡检安全和质量。

具体而言，当前有的机型以 GB 2423 系列电子产品环境试验标准为参照，该标准是主要针对电工电子产品环境适应性能方面的专用标准；有的机型以 GJB 150 系列军工产品标准为参照，普适性较差；还有一些机型参照 GB/T 7261 电力系统二次电路所用保护装置、安全自动装置及其接口设备等产品的试验标准，该标准关于环境适应性方面的试验要求较低。行业标准与体系应建立在对行业发展具备深入认知的基础上，需要长期的经验积累方能对行业人员、设备、应用环境等多方面因素做出总结归纳，而当前中国电力巡检机器人行业内部与产业链配套企业都在不断寻求更佳方案，产品机型与功能标准还未达成统一，是造成

电力巡检机器人下游应用情况不理想的重要因素之一。

4 中国电力巡检机器人行业政策及监管分析

电力巡检机器人行业是多学科交叉复合领域，其发展与电力行业及机器人行业密不可分。电力行业是国民经济的支柱行业，电力发展水平是衡量国家经济发达程度的重要标志。2012 年 3 月，中国科技部出台了《智能电网重大科技产业化工程“十二五”专项规划》，提到要发展：（1）电网智能调度一体化支撑关键技术；（2）大电网运行状态感知、整体建模、风险评估与故障诊断技术；（3）在线安全分析并行计算平台的协调优化调度技术，复杂形态下在线安全稳定运行综合安全指标、评价方法和实现架构等。2015 年 7 月，中国发改委、能源局发布《关于促进智能电网发展的指导意见》，提出:（1）提高电网智能化水平，推广应用输变电设备状态诊断、智能巡检技术；（2）建立电网对冰灾、山火、雷电、台风等自然灾害的自动识别、应急、防御和恢复系统。2015 年 8 月，中国能源局出台《关于印发配电网建设改造行动计划（2015-2020 年）的通知》要求：（1）推进配电自动化和智能用电信息采集系统建设，实现配电网可观可控；（2）持续提升配电自动化覆盖率，提高配电网运行监测、控制能力。2015 年 8 月，中国发改委发布《关于加快配电网建设改造的指导意见》，提出以智能化为方向，按照“成熟可靠、技术先进、节能环保”的原则，全面提升配电网装备水平。采用先进物联网、现代传感和信息通信等技术，实现设备、通道运行状态及外部环境的在线监测，提高预警能力和信息化水平。2016 年 8 月，中国国务院出台《“十三五”国家科技创新规划》，明确全面部署启动科技创新 2030 重大项目，包括聚焦部署智能电网基础支撑技术，实现智能电网技术装备与系统全面国产化；发展新一代信息技术，包括重点发展大数据驱动的类人智能技术方法，突破一人为中心的人机物融合理论方法和关键技术，研制相关设备、工具和平台。

图 4-1 电力行业发展相关支持政策

政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
《“十三五”国家科技创新规划》	2016-08	国务院	全面部署启动科技创新2030重大项目，包括聚焦部署智能电网基础支撑技术，实现智能电网技术装备与系统全面国产化；发展新一代信息技术，包括重点发展大数据驱动的类人智能技术方法，突破一人为中心的人机物融合理论方法和关键技术，研制相关设备、工具和平台
《关于加快配电网建设改造的指导意见》	2015-08	发改委	以智能化为方向，按照“成熟可靠、技术先进、节能环保”的原则全面提升配电网装备水平。采用先进物联网、现代传感和信息通信等技术，实现设备、通道运行状态及外部环境的在线监测，提高预警能力和信息化水平
《关于印发配电网建设改造行动计划（2015-2020年）的通知》	2015-08	能源局	要求推进配电自动化和智能用电信息采集系统建设，实现配电网可观可控；持续提升配电自动化覆盖率，提高配电网运行监测、控制能力
《关于促进智能电网发展的指导意见》	2015-07	发改委、能源局	提高电网智能化水平，推广应用输变电设备状态诊断、智能巡检技术；建立电网对冰灾、山火、雷电、台风等自然灾害的自动识别、应急、防御和恢复系统
《智能电网重大科技产业化工程“十二五”专项规划》	2012-03	科技部	电网智能调度一体化支撑关键技术；大电网运行状态感知、整体建模、风险评估与故障诊断技术；在线安全分析并行计算平台的协调优化调度技术，复杂形态下在线安全稳定运行综合安全指标、评价方法和实现架构等

来源：头豹研究院编辑整理

机器人作为高端智能装备重要领域，也是中国科技创新的优先重点领域。为促进中国机器人行业更好更快发展，中国多个政府部门出台了一系列机器人行业利好政策 (见图 4-2)。

2016 年 3 月，中国工信部、发改委、财政部在联合印发的《机器人产业发展规划 (2016-2020 年)》中提出发展目标：到 2020 年，服务机器人年销售收入超过 300 亿元，培育 3 家以上具有国际竞争力的龙头企业，打造 5 个以上机器人配套产业集群，争取在新一代机器人技术取得突破，智能机器人实现创新应用。2016 年 7 月，中国国务院在《“十三五”国家科技创新规划》中指出要开展下一代机器人技术、机器人学习与认知、人机自然交互与协作共融等前沿技术研究，攻克核心部件技术，服务机器人实现产业化发展。2016 年 12 月，中国工信部、财政部在《智能制造发展规划（2016-2020 年)》也提到了要促进服务机器人等机器人的研发和产业化。2017 年 8 月，中国科技部在《“智能机器人”重点专项 2017 年度项目专项申报指南》中明确围绕智能机器人基础前沿技术、新一代机器人、关键共性技术、工业机器人、服务机器人、特种机器人 6 个方向，按照基础前沿技术类、共性技术类、关键技术与装备类和示范应用类四个层次，启动 42 个项目，拟安排经费总概算约 6 亿元，显示出中国政府对智能机器人产业发展的重视程度不断提高。2017 年 12 月，中国工信部在《促

进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》提出到 2020 年，智能公共服务机器人实现批量生产，有利于电力巡检机器人企业进一步推进批量化生产。

图 4-2 机器人行业发展相关支持政策

政策名称	颁布日期	颁布主体	主要内容及影响
《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020年）》	2017-12	工信部	到2020年，智能家庭服务机器人、智能公共服务机器实现批量生产，医疗康复、助老助残、消防救灾等机器人实现样机生产，完成科技与功能验证实现20家以上应用示范
《“智能机器人”重点专项2017年度项目专项申报指南》	2017-08	科技部	明确围绕智能机器人基础前沿技术、新一代机器人、关键共性技术、工业机器人、服务机器人、特种机器人6个方向，按照基础前沿技术类、共性技术类、关键技术与装备类和示范应用类四个层次，启动42个项目，拟安排经费总概算约6亿元
《智能制造发展规划（2016-2020年）》	2016-12	工信部、财政部	促进服务机器人等机器人的研发和产业化
《“十三五”国家科技创新规划》	2016-07	国务院	开展下一代机器人技术、机器人学习与认知、人机自然交互与协作共融等前沿技术研究，攻克核心部件技术，服务机器人实现产业化发展
《机器人产业发展规划（2016-2020年）》	2016-03	工信部、发改委、财政部	到2020年，服务机器人年销售收入超过300亿元，在助老助残、医疗康复等领域实现小批量生产及应用。培育3家以上具有国际竞争力的龙头企业打造5个以上机器人配套产业集群；医疗健康、家庭服务、反恐防爆、救灾救援。科学研究等领域的服务机器人技术水平接近国际水平。新一代机器人技术取得突破，智能机器人实现创新应用

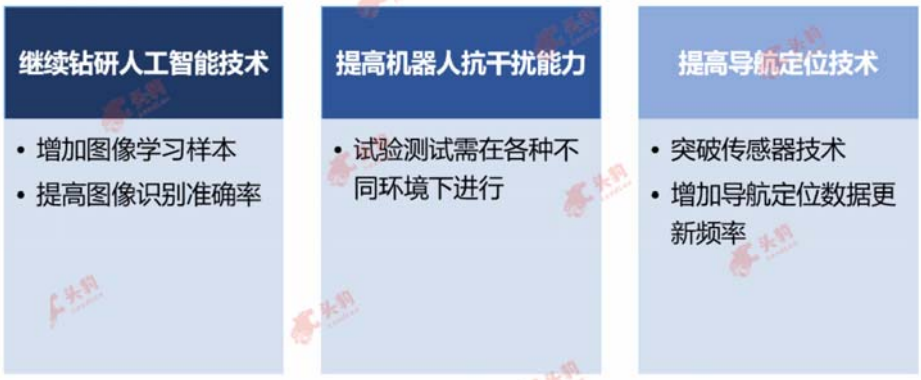
来源：头豹研究院编辑整理

5 中国电力巡检机器人行业市场趋势

5.1 电力巡检机器人设备进一步改进

中国电力巡检机器人行业资深专家表示，电力巡检机器人设备的改进应从巡检作业特点出发，丰富机器人功能，以满足智能巡检的应用需求，其中，有三项重点方向（见图 5-1）：

图 5-1 电力巡检机器人设备改进方向



来源：头豹研究院编辑整理

（1）继续钻研人工智能技术。据统计，目前变电站巡检机器人的图像识别准确率大于60%的机型占比为 53.8%，远远达不到应用需求。因此，应继续提高机器人的深度学习能力，将图像样本数量增加至 15~20 万份，增强机器人图像识别和故障检测能力，促进巡检机器人的实用化；

（2）提高机器人抗干扰能力。巡检机器人容易受强电磁干扰及外界环境温度、湿度、雨雪、雾霾等因素的影响，因此，机器人在进行试验测试时应充分考虑机器人在不同环境下的适应性，提高机器人的环境适应性；

（3）提高导航定位技术。机器人导航及定位的准确性高度依赖传感器，随着传感器技术不断突破，激光、雷达定位导航将会更多地应用在电力巡检机器人，还应增加导航定位数据更新频率，从而更好地提高机器人的运动能力。

5.2 机器人智能化程度提高

由于电力架空线、变电站、配电站及电力隧道等应用场景的复杂程度高，只凭运维人员的视、听、触、嗅等感官去掌握设备运行状态的方式明显存在效率低下的问题。当下，电力巡检机器人的功能大部分集中在感知层面，包括环境感知、设备状态感知等，可代替人力从事高危作业进而降低巡检风险。未来随着人工智能技术的成熟，机器人将从感知信息逐渐发展为处理、操作信息。当机器人感知到信息后，通过网络层将数据传送给应用层，机器人在深度学习后开展深入分析，自动识别、自动预警异常信息或故障，并对异常信息或故障自主进行操作。现阶段，机器人与人类之间只有基本交互，未来随着中国电力系统运行的安全性、经济性、可靠性要求更加严苛，电力巡检机器人将需要与人类有深度交互，形成互相支撑，共同完成复杂巡检操作（见图 5-2）。

图 5-2 电力巡检机器人智能化发展步骤



来源：头豹研究院编辑整理

6 中国电力巡检机器人行业竞争格局分析

6.1 中国电力巡检机器人行业竞争格局概述

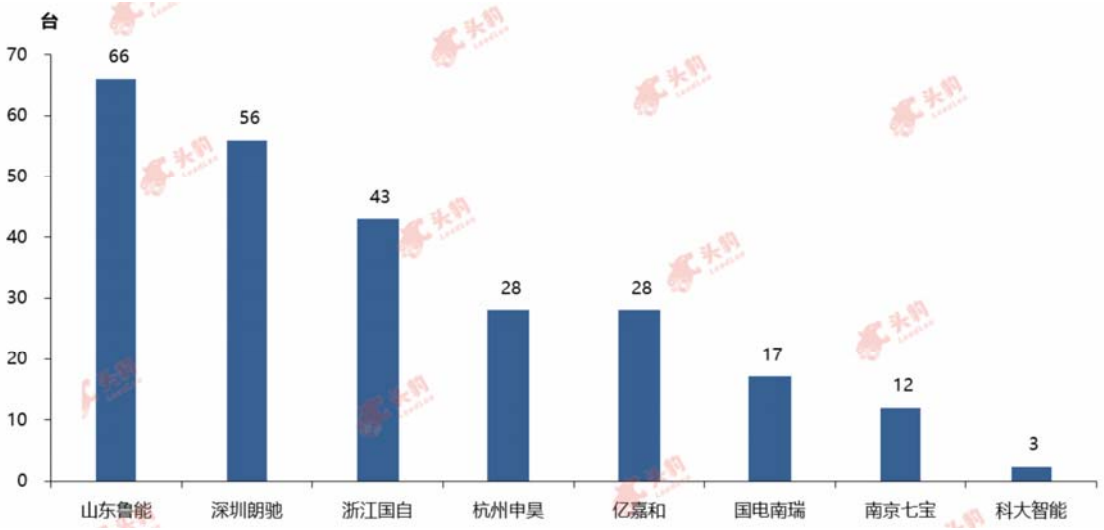
中国电力巡检机器人行业处于起步阶段，尚未形成充分的市场竞争。在中国政府大力推行电力装备国产化的背景下，业内的参与者全部为国产巡检机器人厂商，外资巡检机器人厂商未进入中国。据统计，中国电力巡检机器人行业共有 20 余家巡检机器人厂商参与竞争，其中主要以山东鲁能、深圳朗驰、浙江国自、杭州申昊四家企业为主，这四家企业进入行业早，在智能巡检机器人研发方面拥有较为深厚的技术沉淀，因此这四家企业中标率最高（见图 6-1)。根据国家电网电子商务平台所披露的2018年国家电网室外机器人中标情况，2018年，山东鲁能中标 66 台，位居行业首位。前五名中标企业还包括深圳朗驰、浙江国自、杭州申昊、亿嘉和，分别中标 56 台、43 台、28 台、28 台（见图 6-2)。

图 6-1 中国电力巡检机器人典型企业介绍

代表企业	企业介绍
山东鲁能智能技术有限公司	山东鲁能是国网山东省电力公司所属全资子公司，成立于2000年，主要开展电器自动化、企业信息化和电力行业特种机器人等业务。山东鲁能具备年产500台智能巡检机器人的生产能力，在中国电力巡检机器人市场占据第一的地位
深圳朗驰欣创科技股份有限公司	深圳朗驰成立于2005年，主要从事智能服务机器人、特种行业智能巡检机器人研发、生产、销售和服务。其机器人产品包括电力巡检机器人、隧道智能巡检机器人、室内环境巡检机器人、核应急处置机器人、红外热成像检测产到智能视频分析，主要应用于电力、石化、军警、市政等多个领域
浙江国自机器人技术有限公司	浙江国自成立于2011年，主要从事移动机器人的开发和推广，集科研开发、生产制造市场营销及工程服务为一体，业务已覆盖智能移动机器人、智能制造等领域。浙江国自产品广泛应用于电力、汽车、橡胶轮胎、物流、煤炭、铁路等行业
杭州申昊科技股份有限公司	杭州申昊成立于2002年，主要从事智能电网相关技术产品的研究与开发，主要为电力系统提供电力设备的智能化监测产品，主要产品包括智能机器人、智能电力监测及控制设备等

来源：头豹研究院编辑整理

图 6-2 2018 年国家电网室外机器人中标情况



来源：国家电网电子商务平台，头豹研究院编辑整理

6.2 中国电力巡检机器人行业典型企业分析

6.2.1 浙江国自机器人技术有限公司

6.2.1.1 企业概况

浙江国自机器人技术有限公司（以下简称“国自机器人”）成立于 2011 年，前身系中控研究院机器人事业部，主要从事移动机器人的开发和推广，是一家集科研开发、生产制造、

市场营销及工程服务为一体的科技公司。国自机器人拥有机器人技术、产品及解决方案，业务覆盖智能移动机器人、智能制造等领域，其产品广泛应用于电力、汽车、橡胶轮胎、物流、煤炭、铁路等行业。2014 年，国自机器人获得来自复聚投资的 765 万人民币种子轮投资。

6.2.1.2 产品介绍

国自机器人旗下产品包括三大机器人产品系列与两大智能制造系统（图 6-3）。

图 6-3 国自机器人产品类型



来源：国自机器人公司官网，头豹研究院编辑整理

其中，智能巡检机器人根据形态可分为小型智能巡检机器人、智能巡检机器人、标准轮式巡检机器人、轮式操作巡检机器人、挂轨巡检机器人及轻型挂轨机器人（见图 6-4）。

图 6-4 国自智能巡检机器人分类

巡检机器人类型	特点	功能
小型智能巡检机器人	• 体型迷你 • 实施更便捷 • 操作更简单 • 可广泛应用于各电压等级变电站	• 高清视频监控 • 环境信息智能检测 • 夜间巡视 • 智能表计识别 • 自动绕障等
智能巡检机器人	• 移动越野能力强 • 可在任何条件下完成巡检任务	• 智能表计识别 • 环境声音录波 • 精确红外测温 • 自动绕障 • 高清视频监控等
标准轮式巡检机器人	• 无轨化导航技术 • 搭载多种传感器进行数据采集	• 定点、定时、定路径巡检 • 红外测温 • 温湿度检测 • 交互式对讲 • 故障报警等
轮式操作巡检机器人	• 搭载巡检系统、手眼伺服系统、灭火系统 • 在室内发生异常情况时进行应急操作	• 定点、定时、定路径巡检 • 紧急分闸 • 可见光视频监控 • 应急灭火 • 自助充电等
挂轨巡检机器人	• 采用悬挂轨道行走方式，爬坡能力强 • 可垂直升降 • 转弯半径小，狭小空间通过能力强	• 表计智能识别 • 红外测温与故障报警 • 交互式对讲平台 • 可见光视频实时监控 • 温湿度超限报警 • 有毒气体超限报警
轻型挂轨机器人	• 采用悬挂轨道行走方式 • 应用于开关室、配电室等室内环境	• 高清视频监控 • 红外测温 • 开关变位确认 • 温湿度检测 • 智能表计识别等

来源：头豹研究院编辑整理

6.2.1.3 竞争优势

（1） 技术优势

国自机器人依托工业自动化国家工程研究中心、工业控制技术国家重点实验室和浙江大学智能系统与控制研究所，拥有移动机器人全方位技术研发能力。国自机器人已建立起一套完整的技术体系，主要围绕自主导航技术、运动底盘技术，辅以数据智能分析技术和执行机构精确操作技术，从而一方面使机器人能够适应复杂、恶劣的环境；另一方面，使机器人能灵活运用并全面代替人工作业。

（2） 产品优势

国自机器人共拥有六款智能巡检机器人。基于多传感器融合的环境学习与精确定位技术、动态路径规划与精确轨迹跟踪技术、移动机器人多轴协同高效平稳控制技术、深度学习与智能云的数据挖掘技术、特种环境防护技术与本质安全技术等一系列移动机器人技术，智能机器人拥有表计智能识别、红外测温、气体检测、振动检测、声音分析、高清视频监测等功能，可全覆盖电厂关键设备，从而使电厂运维人员及时掌控设备运行状态，产品优势突出。

6.2.2 南京七宝机器人技术有限公司

6.2.2.1 企业概况

南京七宝机器人技术有限公司（以下简称“七宝机器人”）成立于 2014 年，主要从事服务机器人、特种机器人、机器视觉、图像识别、综合监控等人工智能技术的研究和应用。2015 年，七宝机器人成功投放室外巡检机器人，标志着七宝机器人由研发、测试阶段正式转入生产与销售阶段。2018 年，七宝室内巡检机器人研发成功，并投入量产。同年 7 月，七宝机器人中标国家电网有限公司 2018 年电源项目第三次招标采购变电站智能巡检机器人分标。

6.2.2.2 产品介绍

七宝机器人的智能巡检机器人包括室外巡检机器人与室内巡检机器人两大类（见图 6-5）。室外巡检机器人采用双激光雷达进行导航定位和路况探测，微型相机用于辅助视觉导航。其搭载红外热像仪、高清摄像机和定向拾音器等传感器，可实现非接触式的现场信息采集。室内巡检机器人与室外巡检机器人相比，两者搭载的导航定位技术和传感器相同，唯一区别在于室内巡检机器人可实现无轨化移动。

图 6-5 七宝智能巡检机器人分类

巡检机器人分类	巡检功能
室外巡检机器人	• 温度测量 • 指针表读数、数字表读数、液位计读数 • 外观检测 • 开关状态识别 • 噪声辨别 • 潮湿度判别、污秽度判别 • 物资盘点 • 颜色识别
室内巡检机器人	• 温度测量 • 指针表读数、数字表读数、液位计读数 • 外观检测 • 信号灯识别、开关/把手状态识别 • 噪声辨别 • 照明/空调/排风控制 • 物资盘点 • 人员身份识别

来源：头豹研究院编辑整理

6.2.2.3 竞争优势

（1） 技术优势

七宝机器人自主研发了两套智能系统，智能图像识别系统和智能辅助综合监控系统。智能图像识别系统采用了机器学习技术、数据挖掘技术等先进技术，可实现物体识别/定位、外观检验、表计读数、字符识别、人脸识别、行为识别、图像分析与判断及视频分析与判断等功能，从而帮助智能巡检机器人完成巡视巡检、安全防护、质量检验、自动控制及辅助决策等工作。

（2） 服务优势

针对电力行业特点，七宝机器人面向火电、水电、风电、核电等不同领域制定了智能机器人整体解决方案。该方案以智能巡检机器人为核心，可自主检测电力设备，对关键区域、高风险区域设备巡检，实现区域内关键设备状态全覆盖，满足电力行业为数字化、智能化发展的需求。

6.2.3 信同信息科技有限公司

6.2.3.1 企业概况

信同信息科技有限公司（以下简称“信同科技”）2013 年于中科院合肥研究所应用技术所成立，是从事特种行业无人值守及公共安全技术防范领域智能巡检解决方案的提供商和服务商。信同科技的研发重点主要集中在人工智能、机器人自动控制、数字化智能服务装备、图像处理与智能视频分析及嵌入式操作系统等领域，机器人主要运用于电力、石化、煤炭、水务等多个领域的不同环境下。

6.2.3.2 产品介绍

信同科技的主要产品包括地下管廊巡检机器人、配电房巡检机器人、周界巡视警戒机器人、输液袋分拣机器人及综合管廊监控报警与运维管理（见图 6-6）。

图 6-6 信同科技主要产品



来源：信同科技公司官网，头豹研究院编辑整理

信同科技自主研发的工业智能巡检机器人具有手动/自动巡检、智能识别各类仪器仪表读数，准确获取环境信息、语音对讲、视频分析、自动生成巡检报表、24 小时不间断巡检等功能，可用于水厂、配电房、石油勘探、生产线等多个领域。

6.2.3.3 竞争优势

（1） 技术优势

信同科技通过自主研发已研制出具有独立知识产权的智能分拣机器人及智能巡检机器人。室内智能巡检机器人主要功能包括图像识别、局放检测、红外测温、环境监控、设备联动及安防报警，可在-10℃~50℃的温度范围及 5%~95%的相对湿度范围保持工作状态。截至目前，信同科技获得国家专利 20 余项，软件著作 7 项，在同类产品中具有领先技术优势。

（2） 研发优势

依托中科院合肥研究院应用技术所的科研力量与人才优势，信同科技不断开展技术创新，智能巡检机器人创新性采用了高精度重叠目标图像分离算法、智能补光技术及漏缆+放大器通信方式来保证智能巡检机器人的产品性能，有利于促进智能化巡检机器人在电力、石化、煤炭等领域的进一步推广。

头豹研究院简介

- 头豹研究院是中国大陆地区首家 B2B 模式人工智能技术的互联网商业咨询平台，已形成集行业研究、政企咨询、产业规划、会展会议行业服务等业务为一体的一站式行业服务体系，整合多方资源，致力于为用户提供最专业、最完整、最省时的行业和企业数据库服务，帮助用户实现知识共建，产权共享
- 公司致力于以优质商业资源共享为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



四大核心服务：

企业服务

为企业提供**定制化报告**服务、**管理咨询**、**战略**调整等服务

云研究院服务

提供行业分析师**外派驻场**服务，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项**评选、行业**白皮书**等服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划**，**园区**企业孵化服务

报告阅读渠道

头豹科技创新网 —— www.leadleo.com PC端阅读全行业、千本研报



头豹小程序 —— 微信小程序搜索“头豹”、手机扫右侧二维码阅读研报


图说


表说


专家说


数说

详情请咨询

客服电话

400-072-5588

上海

王先生： 13611634866
李女士： 13061967127

南京

杨先生： 13120628075
唐先生： 18014813521

深圳

李先生： 18916233114
李女士： 18049912451