（上接B362版）

火电机组灵活性改造是可再生能源消纳、平衡电力系统调峰的关键。报告期内，根据国家发展改革委提出的“全国煤电机组改造升级方案”，对存量煤电机组灵活性改造应改尽改，“十四五”期间完成2亿千瓦，增加系统调节能力3,000—4,000万千瓦，促进清洁能源消纳。另外，对供电煤耗在300克标准煤/千瓦时以上的煤电机组，应加快创造调节实施节能改造，“十四五”期间改造规模不低于3.5亿千瓦。鼓励现有燃煤机组替代供热，对具备供热调节的纯凝机组开展供热改造，“十四五”期间改造规模力争达到5,000万千瓦。习近平主席主持中共中央政治局集体学习时提出，要严格控制煤炭消费增长，有序减量替代，大力推动煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”。随着新能源机组装机规模不断扩大，传统电源升级改造的不断推进，试验检测及调试服务行业市场容量快速扩大。

海上风电具有资源丰富、可利用小时数高、靠近负荷中心等优势，是清洁低碳能源发展的重要领域之一。在政策的鼓励下，近年来国内海上风电机组装机规模持续增长。尤其2021年受补贴政策到期的影响，装机容量呈现井喷式增长。根据国家能源局最新发布的数据，2021年我国海上风电新增装机容量16.9GW，是此前累计建成总规模的1.8倍，跃居世界首位。长期以来，国内海上风电行业对于政策补贴的依赖度较高，成本下降较慢。随着补贴政策的退出，海上风电行业也将走向成本降低，再到需求增大的发展趋势。因此，海上风电检测及调试市场需求巨大，行业前景广阔。

（2）智能设备行业的发展阶段与基本特点

①智能用电设备的发展阶段与基本特点

A.智能配电设备

智能配电设备采用先进的物联网、现代传感和信息通信等技术，实现设备本体、配电网运行状态及外部环境的实时监控。国家能源局《关于印发配电网建设改造行动计划（2015—2020年）的通知》中提出“实现配电网装备水平升级”，通过“十三五”时期的配电网大规模建设，各类传感器广泛应用于配电环节，感知内容也逐步呈现多样化和全面化，一二次融合柱上开关和智能环网柜等产品已逐步应用。当前，智能配电设备通过采用标准接线方案、典型布置设计、参数统一配置等手段提升标准化程度，已实现配电设备的结构、参数、接口统一。随着自动化成套设备的规模化应用与智能化技术发展，智能配电设备逐渐具备集成化、标准化和抗态化的特点，并朝着数字化方向发展。

B. 智能用电设备

智能用电设备是采集分析用户用电信息的智能电表等终端设备，是用户同电力能源之间交互互动的关口计量设备，一直以来受到国家产业政策的大力支持，是构建智能电网的核心部件产品之一。

智能电表属于强制检定设备，更换周期为6—8年，目前我国存量电表规模接近5亿台，陆续进入更换期。另外，随着泛在物联网的发展，国家电网和南方电网均加大了IR46新标准体系下新一代智能电表的研发工作。2020年8月，南方电网正式招标新一代模组化智能电表及终端设备入网应用，2021年国家电网针对智能物联网表招标13万只，这标志着智能电表正式进入一个新的发展阶段。

② 智能监测设备的发展阶段与基本特点

新能源的大规模接入、用电需求的快速增长提高了线路的复杂度，倒逼电网向信息化、自动化、智能化升级，创造了海量电力数字化市场。随着特高压骨干网的建成投运，中国输电线路已超159万公里，“十四五”期间，输电线路和变电站的监测监控、智能化管理运维将成为新兴市场。随着人工智能技术深入发展及智能监测终端（图像视频类、电气量类、气象环境类等）应用成熟度持续提高，智能化技术在电网得到大范围推广。目前，电网智能监测领域还存在终端应用封闭、信息展示手段单一、数据未充分融入业务流程等问题，导致监测采集的多源数据未实现联动，数据价值未得到充分挖掘。因此，新一代智能监测设备将通过融合大数据、人工智能、云计算、虚实融合等技术，向支撑智能巡视、智能操作、智能安全等多种不同应用场景等方向发展，并实现电网设备监测、巡视、运维的多业务协同。

③机器人及无人机的发展阶段与基本特点

A. 电力智能巡检机器人

电力智能巡检机器人包括户外轮式巡检机器人、户内轮式巡检机器人、轨道式巡检机器人、多足式巡检机器人、履带式巡检机器人。从2000年前后电力行业最初开始探索机器人应用开始，经过近二十年的发展，智能巡检机器人在电力行业已经得到广泛应用，截至2021年，国家电网和南方电网投入使用的户外轮式巡检机器人超过3,000台，在电网智能运维和数字化转型升级中发挥了积极作用。

智能巡检机器人的应用发展与业务场景的紧密关联，新场景和新需求导致新产品不断涌现。从产品应用的渗透程度上，正逐步从户外轮式巡检机器人向户内轮式、轨道式巡检领域扩展；从功能定义上，机器人也从单一的巡视功能，向巡视和操作功能集成方向发展。复合化、网络化、平台化将是未来巡检机器人重要发展方向。

B.智能巡检无人机

智能巡检无人机在电力能源行业应用广泛，按技术特征可分为固定翼无人机、多旋翼无人机、无人直升机等，其中固定翼与多旋翼无人机共同成为当前无人机的主流产品形态。2013年，国家电网出台《国家电网公司输电线路直升机、无人机和人工协同巡检模式试点工作方案》，南方电网推进输电线路“机巡+人巡”智能巡检工作。2015年，国家电网和南方电网公司全面推广直升机、无人机和人工巡检相互协同的输电线路新型巡检模式。2019年，南方电网公司利用多旋翼无人机开展输电线路巡检作业共计线路里程41.2万公里，已全面实现“机巡为主、人巡为辅”的协同巡检模式，2021年广东电网率先实现输电、变电、配电无人机巡检的全覆盖，实现由人工操作多旋翼无人机向自动驾驶转变。

电力能源行业的智能巡检无人机不同于通用性无人机，对飞行平台可靠性、飞行时间的持久性、集成任务传感器的专业性、数据传输的安全性、巡检作业与业务系统的耦合性有更高的行业要求，电力特种无人机的应用生态正逐步形成以多旋翼无人机、无人机自动机场、航线规划、监控调度系统为核心的应用生态，无人机应用正逐步从人工操控向自动驾驶转变，从单体巡视向多机协同方向发展。

C.带电作业机器人

目前我国电网作业仍主要依靠人工操作，先进作业装备的类型和规模均有限，劳动强度较大，作业风险高，电力行业对作业机器人需求亟为迫切，然带电作业机器人技术复杂度高，整体处于初步应用阶段，多处于研发及探索过程中。2016年12月，江苏省发改委《关于印发江苏省“十三五”电力发展专项规划的通知》（苏发改能源发[2016]1518号）鼓励电网企业加快智能机器人在带电作业等电力领域的科技研发和推广应用。2018年9月，科技部发布国家重点研发计划“智能机器人”重点资助配网带电作业机器人研制。2021年12月，国家能源局印发《电力安全生产“十四五”行动计划》（国能发安全〔2021〕62号），逐步推进高危作业人工替代技术，开发应用带电作业机器人等新技术。

带电作业机器人是利用智能感知、智能规划、运动控制、高压绝缘与电磁兼容等技术，采用平台化设计，通过多自由度柔性机械臂搭载面向带电作业的特种作业工具，实现机器替入登高开展树障清理、拆接引线等输配电线路带电作业任务，技术复杂性高、作业特定性强。近年来，随着国家电网、南方电网对本质安全性企业建设的深入开展，对带电作业技术研究的重视，带电作业机器人技术成熟度、操作便利度和业务接受程度正逐步具备，将是电力能源领域“机器代人”发展的重要方向。

（3）电力技术服务行业的主要技术门槛

①储能系统技术服务的主要技术门槛

公司所提供的储能系统技术服务是指根据电源、电网和用户侧客户对储能系统的应用需求，针对性提供电化学储能系统整套解决方案，包括系统方案设计、建模仿真、设备系统集成、工程实施、参数整定、控制优化、系统调试及并网调试、性能评估等全流程技术服务。主要技术门槛如下：

A.涉及电化学、电力电子、电力系统等众多专业领域，需要多专业人才和多学科技术储备作为支撑。

B.应用场景丰富，需要深度理解电源侧、电网侧、用户侧不同应用场景下的需求痛点，有赖于对电力能源行业长期的技术开发与实践以及相关应用数据的积累。

②试验检测及调试服务的主要技术门槛

开展试验检测及调试服务需要获得相应的资质，需要具备相应的技术人才、检测设备和技术能力，具体包括：

A.试验检测及调试服务资质。调试是新建机组工程建设最重要的一个环节，是工程安全、质量和进度的重要保障。在调试服务的招投标环节，一般根据机组容量将相应等级的调试资质作为准入门槛。公司具备电源工程特级调试资质，可承担任何容量等级的新建机组调试业务。

B.检测实验室和仪器设备。开展试验检测及调试服务需要建设符合资质认证和量值传递的实验室，具有开展电力领域全生命周期技术服务所需要的仪器设备，申报实验室认可、认证资质需要具备大量的人才、过硬的条件、丰富的资源和较长的周期，购置开展试验检测及调试所用的仪器设备需要大量资金，是开展该项服务的门槛之一。

C.深厚的人才储备和技术积累。电力是人才和技术密集型行业，在电力发、输、配、用环节需要储备具有深厚技术功底的专业人员，熟悉工艺流程、技术要求并能根据国家行业标准提供高质量技术服务。随着经济社会发展，对供电可靠性和供电质量提出了更高要求。从电源侧，需要围绕机组安全、环保、节能、低碳和智能化等需求持续研发相应技术，提高机组安全稳定运行能力，减少非计划停运和限负荷时间，保障供电安全；深挖节能潜力，助力发电企业提质降耗减碳；提高传统电源机组响应电网调度的速率，提高电网对新能源机组并网消纳能力。开展试验检测及调试服务需要一批长期深耕此领域的技术专家，熟悉国家行业标准，针对电力市场需求变化，具备持续研发能力，掌握核心技术，具备解决试验检测及调试业务难点和痛点问题的能力。

（4）智能设备行业的主要技术门槛

①智能配用电设备的主要技术门槛

A.智能配电设备

开展智能配电设备研发和生产不仅需要掌握中低压电力设备的制造及运行技术，而且需要熟悉配电设备信息采集与控制的核心技术，涉及多领域、跨行业，技术范围涵盖了微电子技术、测控技术、信息处理技术、故障诊断技术等，技术门槛主要存在于结构设计优化和软硬件开发方面，具体包括兼顾安全和便捷的高可靠性结构设计、多源多维度的数据融合算法，以及即插即用的新型物联网规约设计等要求，只有经过多年的行业实践，建立技术研发的持续创新机制，才能够在行业中立足并建立竞争优势。

B. 智能用电设备

开展智能用电设备研发和生产，需要拥有强大的嵌入式操作系统、云计算、应用平台开发能力、还需要具备通信技术、微功率计量、信号处理技术、防护技术、传感技术、边缘计算等技术实力，属于技术密集型行业。产品在可靠性、稳定性、安全性等方面要求很高，企业需要储备相应的技术经验，持续研发创新的机制，以及多年的行业应用经验，才能够在行业中立足并建立竞争优势。

②智能监测设备的主要技术门槛

智能监测设备研发具有较高的技术壁垒，不仅需要掌握电网智能化监测设备的制造及运行技术外，而且需要具备输、变、配设备监测信息、定位及视频等现场作业关键信息的采集与分析等核心技术开发能力，其技术门槛主要在于结构设计优化和软硬件开发方面，包括智能监测产品的一体化、低功耗和灵活便捷的高可靠性结构设计能力，基于人工智能的缺陷识别、故障定位和隐患辨识算法开发能力，面向数字电网的新型物联网通信集成能力，同时还需精准掌握兼顾现场作业人员使用方便与安全监管人员督查需求。

③机器人及无人机的主要技术门槛

A. 智能巡检机器人

智能巡检机器人技术门槛较高，其研发综合了自动控制、智能检测、抗电磁干扰、网络通信、数据采集与处理、人工智能、图像处理和模式识别等多领域，具体技术主要包括：3D激光导航、运动控制、巡检检测、后台控制系统等，属于多学科综合的技术密集型行业。产品的研发需要依托对电力能源行业的技术开发与实践以及相关应用数据，基于核心技术领先优势，并持续资金投入，提升技术创新能力和产品迭代进化能力，对行业新进入者具有较高的技术门槛。公司在3D激光导航、运动控制、巡检检测、后台控制系统等方面均具有核心技术优势，具有丰富的行业专有知识和产品现场实践经验，具备面向智能巡检机器人平台化、功能复合化发展提供产品与服务的能力。

B.智能巡检无人机

智能巡检无人机属于技术密集型行业，无人机系统包括平台、挂载、航线系统、监控系统等部分，具体技术主要包括：面向行业应用的任务荷载技术、航线规划技术、自动飞行控制技术等，技术门槛较高。公司无人机产品聚焦在行业特种多旋翼无人机，在定制化载荷、航线动态规划及自动驾驶技术、多无人机群体智能及调度技术、设备缺陷诊断技术等方面对于电网客户具有独特优势，具备面向多行业应用、多领域客户提供低空网格化全自动巡检产品与服务的能力。

C.带电作业机器人

带电作业机器人具有很高的技术壁垒，带电作业机器人系统包括平台、感知系统、控制系统、作业臂、特种作业工具等部分，具体技术主要包括：环境感知技术、智能规划技术、运动控制技术、自主作业技术等。公司带电作业特种机器人产品，攻克基于力-视-位多关节机械臂运动模型及柔顺控制技术，突破了机器人刚柔耦合精确控制、复杂环境目标感知与定位等关键技术难题，实现了电力特种作业机器人关键部件的国产替代，具备面向电力能源等特殊行业提供带电作业机器人产品开发选代的能力。

2.公司所处的行业地位分析及其变化情况

（1）解决燃煤清洁高效利用、新能源并网接入等难题，持续保持行业领先地位

公司承接广东电科院六十余年电力能源清洁高效利用以及新能源并网等实践经验和技术积累，积极推动低碳新技术创新，总结形成了覆盖电源侧设备全生命周期的系列技术。公司研发的电力设备多信息融合和智能诊断技术，提高了机组安全稳定运行能力，减少非计划停运和限负荷时间，保障供电安全；研发的大型发电机组全负荷节能优化技术，深挖节能潜力，助力发电企业提质降耗；开展煤电燃烧优化、清洁利用和环保工程规模化改造，助力氮氧化物、硫化物和粉尘等大气污染物减排；研发新一代电厂废水零排放技术，提高了电厂水资源利用率；研发火电机组辅助调频外挂系统，提高了机组响应电网调度的速率，提高电网对新能源机组并网消纳能力；研发支撑煤电机组“三改联动”系列技术，并在广东能源珠海电厂供热改造、国能台山电厂升参数改造中实施。研发智慧电站升级服务，规模化海上风电接入成套解决方案、大容量电厂侧储能调频+黑启动等一系列电源侧技术服务核心技术成果，解决了燃煤清洁高效利用、新能源全额消纳等能源行业共性关键难题。

公司在储能系统技术服务领域积累多年，掌握储能系统集成优化技术、储能集装箱热管理及消防技术、电力电子系统高精度建模及测试技术、能量管理及优化控制技术等核心关键技术，具有丰富的工程实施经验，先后承担了全球首例由电化学储能系统黑启动9级重型燃机项目，承担了全球首个±10kV、±375V、±110V多电压等级多端交直流混合配电网项目实施，拥有行业领先的技术储备和持续提升的市场地位。

报告期内，公司完成的储能系统技术服务项目累计装机容量超过260MW，其中韶关坪石电厂加装储能调频系统项目，珠海电厂1、2号机组储能调频项目，国粤（韶关）发电有限公司加装储能调频系统项目等3个电源侧储能EPC项目顺利完成投运。公司积极开拓大规模储能集成项目应用场景，承接东莞供电局南社站、杨屋站，广州供电局芙蓉站等多个应用于电网侧的大规模储能系统集成项目，公司电网侧储能项目的装机规模大幅提升。

（2）攻关电力特种作业机器人技术难题，技术水平和品牌影响力进一步提升

公司始终贯彻落实国家智能制造战略规划，形成智能巡检机器人、智能巡检无人机、带电作业机器人等三大智能巡维设备系列产品。相关团队成员成长为国家能源局电力机器人标准化技术委员会委员、电网设备智能巡检标准化技术委员会委员、中电联电力机器人专家工作委员会副秘书长等行业领军人才，参与制定国家和行业标准7项，项目团队参与的“输变电巡检机器人智能化关键技术研究与应用”获得了中国电力科学技术进步二等奖和广东省科学技术二等奖。公司无人机团队创立了大型无人机在输电线的全自动巡检模式，在省级电网首次开展大型无人机规模巡检应用。公司机器人及无人机产品已实现规模化应用，其中智能巡检无人机系列产品在电网、交警等推广应用，“交警慧眼?”三维事故勘查系统通过公安部交通安全产品质量监督检测中心权威认证。研发的带电作业特种机器人，突破了机器人刚柔耦合精确控制、复杂环境目标感知与定位等关键技术难题，实现了电力特种作业机器人关键部件的国产替代。

报告期内，公司在智能巡检机器人方面，新参与制定《无损检测 木语 红外热成像》《变电站室内轨道式巡检机器人系统验收规范》等5项国家、行业标准，研发轻量化巡视遥控机器人，突破基于低成本视觉的定位和导航规划技术，实现轻量化底盘设计，进入试生产阶段，已启动变电站室外四足巡检机器人研发，拓宽延伸机器人产品线，确保产品和技术保持引领性和新颖性。

在智能巡检无人机方面，开展“慧眼”3.0软硬件系统升级关键技术及装备研发，包括电力特种无人机、无人机自动机场、“慧眼”无人机全自动巡检系统等，其中无人机自动机场产品通过中国电力企业联合会产品技术鉴定，产品技术整体达到国际先进水平。根据国家能源局综合司《关于下达2021年能源领域