

# 电力机器人技术在电网中的运用研究

刘 剑<sup>1</sup>, 陈佳凌<sup>1</sup>, 李 飞<sup>2</sup>, 朱 磊<sup>1</sup>, 许 玲<sup>1</sup>

(1. 国网浙江杭州市萧山区供电有限公司, 浙江 杭州 311200)

(2. 国网浙江杭州市供电有限公司, 浙江 杭州 310000)

**摘要:** 为了全面满足社会生产以及群众生活日益增长的电力需求, 我国电力工程建设规模在不断扩大, 电力网络建设正处于完善的过程中, 以及基本实现全国范围内覆盖。在电网建设以及管理过程中, 电力机器人技术具有良好的应用效果, 能够代替人工完成许多复杂且危险的电网作业内容, 全面提高电网建设管理效率, 所以必须明确电力机器人技术的应用要点。因此, 本文将对电力机器人技术在电网中的运用方面进行深入的研究与分析, 并提出一些合理的意见和建议, 旨在进一步提高电力机器人技术应用水平。

**关键词:** 电力机器人技术; 电网建设管理; 应用优势; 具体运用; 优化策略

**中图分类号:** F426

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.12230/j.issn.2095-6657.2021.44.019

电力机器人技术是电网建设管理领域中的一项新型技术, 其中结合了应用科学、制造科学以及知识科学, 能够在电网建设管理中取得良好的应用管理效果, 取代人工完成部分电网运维管理作业, 通过采用自动化技术、智能化技术, 能够有效促进电网运维管理工作水平提高。在国家出台的相关文件中, 将机器人技术作为我国各个行业发展的重点内容, 着力于推动机器人技术快速发展、打造机器人技术产业常态化, 从而促进电力生产效率提升。

## 一、电力机器人及其应用背景概述

### (一) 电力机器人概述

电力机器人是指在电网运维管理工作中, 为了适应复杂环境和场景操作需求, 保证电力系统运行安全性和稳定性, 在电网运维管理的巡视巡查、检修以及维护工作中应用的机器人技术。根据电力机器人技术实践应用来看, 具有如下几个方面优势: 第一, 受到环境影响较小。电力机器人技术在对电力网络进行巡视、检修等工作中, 所受到的环境因素影响较小, 能够在恶劣的天气环境、地理环境中有效克服环境因素开展运维作业, 在对发电、输电以及配电线路检修过程中, 也不会受到环境因素的影响, 保持正常工作状态, 从而能够提高电网巡视、检修等工作效率, 同时提升工作质量。第二, 代替人工完成高危作业。电网建设管理中存在多项高危作业内容, 传统模式需要人工完成, 一旦发生意外情况会对工作人员生命安全造成很大威胁, 而通过采用电力机器人技术, 能够代替人工完成大量的高危作业, 例如热电厂的管道泄漏检查、核电厂的核反应堆检查、高压输电线路带电检查等, 都能够通过电力机器人技术高效化完成, 从而解放工作人员, 使其投入到技术研发等价值更高的工作中, 还能够降低电网高危作业成本, 减少人力资源、物力资源投入, 同时能够提高检测工作准确性, 避免出现人工不稳定因素的问题。第三, 集成化较高。电力机器人技术将图像技术、声音技术、红外

线技术、激光技术以及可见光技术等融为一体, 从而满足电网运维巡检工作多项需求, 经过巡检后的结果能够以数据的方式自动传输到控制中心, 从而对电网整体运行状态进行检测, 能够有效解决传统电网巡检工作中存在的多项问题, 减少因工作人员人为因素导致的错误判断、漏检等问题, 从而提高电网管理工作质量。

### (二) 电力机器人技术应用背景

在新一轮产业变革的核心驱动力推动下, 人工智能在赋能提升传统行业、催生新兴产业方面成效显著, 有望引发经济结构的重大变革。我国高度重视人工智能机器人产业的发展, 从2016年起陆续出台多个国家层面的政策, 分别从产品、企业和产业层面分层落实发展任务。在各国人工智能战略和资本市场的推动下, 人工智能的企业、产品和服务层出不穷, 自动驾驶、工业机器人、智能医疗、无人机、智能家居助手等人工智能消费级产品不断被研发, 机器人技术与经济社会各行业各领域融合创新水平不断提升。随着云平台等新技术的建设与完善, 电力网络数据量与计算能力都有较大提升, 为开展电网管理领域的电力机器人技术研究创造有利的条件<sup>[1]</sup>。

在电力系统快速发展的背景下, 为了电力市场化工作推进, 实现大电网一体化建设目标, 系统内部不同元素以及系统与外部环境之间的耦合关系不断增强。电网资源类型不断丰富, 电力系统及调控业务的一系列深层次发展变化, 对调控业务的自动化、智能化提出了更高的要求。电网建设管理过程中, 需要将海量多样数据、方案模型进行经验知识关联, 重复性“人脑劳动”较多, 效率较低, 如果能够通过自动记录、语意分析、智能判断等功能与机器人相结合, 通过机器人给出相应的反馈, 将大大提升电网运维管理工作质量和效率, 因此非常有必要进行电网电力机器人技术进行研究。通过研究电网电力机器人技术, 构建电网运维专业数据学习体系, 进而进行电力机器人研制和应用工作, 能够大大增加电

网运维管理工作在自动调度、电网信息查询、故障管理等方面的工作效率和质量,为进一步增强电网运维管理工作效率提供强有力的支撑<sup>[2]</sup>。

### 二、电力机器人技术在电网中应用的重要意义分析

在我国电力工程建设过程中,电网建设规模不断扩大,电网管理难度也随之而增加,传统的管理模式已经难以满足电网建设需求,信息化管理已经成为电网管理的重要方式。电力机器人技术在电网管控中具有重要的作用,能够全面提高电网管理工作质量,克服传统管理模式中存在的多项问题,满足我国电网建设需要。在传统电网管理模式中,人工管理模式存在较多的不稳定因素和不确定因素,会受到运维管理人员专业能力的影响,且在长期处于高强度工作状态下,运维管理人员就会出现一定的失误操作以及错误判断,对于电网管理工作会造成很大负面影响,而电力机器人技术能够有效克服上述问题,提高电网管控工作质量,其重要应用意义主要体现在以下几个方面。

#### (一) 创新电网运维管理模式

电力企业发展受到业务能力影响,对于管理能力的依赖较高,电力企业在发挥发展过程中,必须做好电力网络管理工作,但是受到客观因素和主观因素的影响,电网管理模式相对滞后,管理工作实效性不足,整体智能化、自动化建设水平较差,从而严重影响电力企业的服务工作质量。而通过采用电力机器人技术,对电网管理相关配套设施进行信息化、智能化以及自动化改造,能够全面提升电网管理系统信息化水平,将电力机器人技术作为重要的辅助管理技术,从而能够促进电网运维管理工作面模式,形成以信息技术为驱动的管理方案,解决传统管理模式中存在的多项局限性问题,是推动我国电网管理工作创新发展的重要技术手段,全面激发电力企业在电网运维管理工作中的潜力和活力,帮助电力企业实现管控模式的创新升级和优化,是实现电力企业长远发展的重要举措。

#### (二) 开拓新的电网管控领域

在我国市场经济建设过程中,电力企业深度参与市场竞争,导致电力企业所面临的市场竞争压力在不断增大,电力企业想要市场中占据更大优势,则必须做好电网管控领域拓展工作,为电力用户提供更加完善的服务工作。电网管控领域拓展,会受到技术水平的限制,而电力机器人作为一项集成多项新技术的载体,能够有效推动电力企业电网管控领域拓展。电力机器人技术能够构建电力用户信息系统,通过结合大数据技术对电力用户的需求进行分析,从而实现精准化管理,还能够对电力潜在的电力用户数据进行挖掘,通过其自身强大数据处理能力,能够有效帮助电力企业拓展电网管控领域。最为重要的是,电力机器人技术能够代替人工完成大量的危险作业,从而能够提高电网运维、故障筛查以及故障检修效率,保障电网运行安全,从而延长电力设备使用寿命,及时发现并解决电网中存在的故障问题,采用预防性运维管理措施,提高电网管理资源利

用率,建设长效信息化管控机制。

### (三) 促进多元素融合发展

在当前的电网运维管控工作中,电力企业不仅需要做好电力生产、电力供给工作,同时需要做好电力服务工作,需要对电网资源进行充分整合,从而实现多元素融合发展。将电力机器人技术应用在电网管理工作中,能够准确识别电力企业可用的多项资源,因为能够减少人力投入,所以更多的工作人员可以从事更高级的工作,进一步释放电网管理人力成本压力,同时通过与大数据技术、人工智能技术以及物联网技术的融合,能够改变当前电力企业的传统生产模式和管理模式,促进电网管理产业结构升级,最为重要的是能够推动电网管理技术创新,通过技术创新能够提高各项资源利用率,将多项元素融合在电网管理工作中,从而促进我国电力网络运维管理标准化、规范化体系建设。

### 三、电力机器人技术在电网中的具体应用

电力机器人技术是一项较为复杂的技术,其核心技术为自动化运行技术、人工智能技术等,需要将多项技术进行集中整合,从而够构建电力机器人的“大脑”,才能够代替人工完成具体工作。因此,本文结合电网管控的实际需求,设计开发一套智能电力机器人系统,将其应用在电网管理工作中,通过人工智能技术能够完成更为复杂的工作,相比于传统的电力机器人而言,能够实现更高级的电网管理。

#### (一) 具体技术应用

##### 1. 语音智能识别技术

在本次智能电力机器人系统设计中,语音识别模块以Aishell数据集的海量数据为依托,利用门控卷积网络进行训练,识别成功率高;同时引入中文语境中的预训练的统计语言模型,有效提高语句识别效果<sup>[3]</sup>。

##### 2. 意图识别技术

意图识别技术是指利用机器学习技术对输入的文本消息进行意图分析和识别,接收到语义输入的文本后,首先经过数据预处理模块,将其中的特殊字符、空白字符、语气词等非法符号进行处理,得到处理后的文本;之后将文本转化为能够识别的模块,输入神经网络模型的语义文本向量中;文本向量通过卷积神经网络模型进行预测,最终得到意图所属类别<sup>[4]</sup>。

##### 3. 多轮对话技术

多轮对话技术是一种基于上下文关系的对话功能,根据调度专业知识库的数据信息,通过对话管理模块控制着人机对话的交互过程,根据对话的历史信息,决定当前对话的应答。多轮对话技术的基本应用流程为:语音输入查询任务→用户意图识别/信息调取→多轮对话控制器→调度专业知识库→语音输出结果。

##### 4. 自动训练技术

在本文所设计的智能电力机器人系统运行过程中,系统会自动收集汇总电网运维管理人员的语音操作指令,不断扩充数

据集。经过统计分析后，将高频重要的意图文本数据推荐给电网运维管理人员。电网运维管理人员通过简单配置，将收集汇总后的意图数据加入训练中，系统触发训练机制，完成新模型的自动训练与迭代。

### （二）智能电力机器人系统设计技术路线分析

智能电力机器人系统提供电网业务系统的语音人机交互界面，解决传统操作模式下的速度慢，操作烦琐等多项问题。通过语音识别、语义理解、意图识别、对智能管理、语言生成、语音合成等人工智能技术，提供自然语言听说式交互体验，将语音输入转换成智能操作命令，实现基于语音的辅助调控功能，提升电网运维管理人员工作效率。该智能电力机器人的基本运行逻辑为：语音输入→语音识别→语义理解→对话状态跟踪→对话策略应答→语音生成→语音合成→语音输出。故障处置通过故障智能感知技术，事件化和对象化与电网故障相关信息，对当前电网运行中存在的风险进行分析，以流程化引导方式辅助电网运维管理人员执行电网故障处置流程，并实现故障协同处置和信息共享的功能。同时，对故障处置流程和故障报告进行日志电子化自动记录，能够有效提高调控系统智能化与自动化水平，减轻电网运维管理工作人员工作负担和工作强度，同时能够提高电网故障识别、诊断以及检修效率，从而保障电网运行安全性<sup>[5]</sup>。

### （三）在电网故障处理方面的应用

第一，智能电力机器人在故障感知的应用方面，故障感知模块通过综合智能告警感知电网故障，以电网设备故障数据和发生时间为检测主要依据，从时间和空间两个维度对跨电网中各类系统中与电网故障相关数据进行自动化收集，为电网故障处置提供决策依据。第二，在故障分析以及故障判断方面，智能电力机器人能够将电网故障事件化，针对故障事件进行感知和识别，从而提供电网故障事件的数据和信息，主要包括故障的描述、故障类型以及故障动作等情况，之后通过调控事件实时感知界面和故障处置界面之间的联系，辅助电网运维人员快速明确电网故障的处置流程信息。第三，在电网故障处理方面，针对不同风险类型提供多种不同的电网风险处置措施，同时对电网故障处理进行阶段划分和流程划分，故障处理第一个流程包括机组调整、事故限电、快速负荷转移、远程调控以及故障紧急处理；故障第二流程包括电网母线结排调整、常规负荷转移、故障处理效果判断、状态恢复以及有序用电，能够结合具体的电网故障的实际情况，给出不同的故障处理建议和处理策略。第四，在故障数据记录方面，智能电力机器人能够自动生成故障处理流程记录，所记录的数据包括电网故障发生原因、发生时间、故障设备等信息并形成相关故障数据库<sup>[6]</sup>。除此之外，智能电力机器人在故障处置流程中，能够自动整合故障处理时间、关键环节、处置人员等信息，形成故障处置流程记录数据库，从而能够为后续的电网故障查阅以及故障处理措施优化等方面提供支持，是智能电力机

器人在电网管理中的重要优势。

### （四）在电网故障检修方面的应用

电网故障检修是一项复杂且危险的工作，对于技术人员的专业能力要求较高，为了解决电网故障检修中存在的多项危险问题，可以采用智能电力机器人对风险较高的故障进行检修。例如，经过智能电力机器人识别后发现电网中存在的故障，在制定检修策略后，将检修程序指令发送到智能电力机器人中，使其完成高压线路的带电检修作业，从而能够代替人工完成高压线路带电检修作业，更好地应对高风险电力系统检修工作。由此可见，智能电力机器人技术在电网故障检修工作中具有良好的应用效果，能够全面提高故障检修效率，最为重要的是能够保障检修人员生命安全，实现高风险电网故障的全自动化、智能化机器人检修作业。

在具体应用过程中，检修人员通过输入相应的语音指令，智能电力机器人系统会自动识别关键词，并将结果输入至检修人员，从而帮助巡检人员更好地判断当前电网内部系统以及设备运行状态，能够及时地发现电网内部存在的故障问题，从而提高电网运行稳定性，避免多项风险和故障问题发生，并为检修人员提供相应的检修策略，帮助检修人员规避电网检修工作中存在的风险。

### 四、结束语

综上所述，本文全面阐述电力机器人技术的基本概念以及应用背景，并对电力机器人技术在电网运维管理中应用的重要意义进行分析，最后设计一项智能电力机器人应用系统，对电力机器人的功能具体实现方式进行阐明，希望能够对我国电力企业电网管理工作起到一定的借鉴和帮助作用，从而提高电网运维管理工作质量。

### 参考文献：

- [1] 田维青. 电力机器人技术在电网中的应用研究[J]. 应用能源技术, 2019(06): 44-46.
- [2] 兰依, 石敏, 耿昌易. 论电力机器人技术在电网中的应用[J]. 数字化用户, 2019(13): 322.
- [3] 刘玥辰, 尹春林. 智能教育机器人在电力企业培训中的应用[J]. 云南电力技术, 2019(S01): 117-118.
- [4] 陈锐, 王滨, 艾传鲜. 大数据处理技术在机器人红外巡检中的应用研究[J]. 电力系统装备, 2019(08): 212-213.
- [5] 张刚, 宋丽敏, 龚健, 等. 基于B样条曲线的电力巡检机器人越障控制[J]. 自动化与仪表, 2020, 35(03): 41-45.
- [6] 王伟, 张明. 浅谈智能巡检新技术在高压输电线路运行维护中的运用[J]. 科学与财富, 2019, 11(28): 384.

作者简介：刘剑（1990-），男，浙江杭州人，博士，高级工程师，国网浙江杭州市萧山区供电公司，从事直流电网保护与控制技术研究及电网发展、建设管理研究。