

对变电站智能巡视技术的几点探讨

蒋昌有

国网三明供电公司

摘要：变电站作为电力系统的重要节点，其稳定、安全与高效的运行对于整个电网的稳定性至关重要。传统的人工巡视方法在很大程度上依赖于工作人员的经验判断，不仅效率低下，而且存在一定的安全风险。随着科技的不断进步，智能技术逐渐渗透到各行各业中，电力行业亦不例外。智能巡视技术以其独特的优势，如机器视觉、传感器网络等，为变电站带来了前所未有的转变，实现了对设备的高效、精准的监测与管理，大大提高了电力系统的运行可靠性。而这种转变不仅对于提高变电站的运维效率具有重要意义，更为确保整个电网的稳定和安全运行提供了坚实的技术保障。

关键词：变电站；智能；巡视技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.06.064

电力行业正处于一个数字化、网络化的变革时期。随着大数据、人工智能和物联网的飞速发展，智能技术已经不再是一个遥不可及的概念，而是逐步实现了在电力系统中的广泛应用。这种技术的兴起不仅代表了技术进步的成果，更是电力行业对于提高效率、确保安全的迫切需求的回应。在日益增长的电力需求和对环境保护的高度关注下，电力行业面临着如何有效管理资源、提高供电可靠性和减少能源浪费等挑战。智能技术为这些问题提供了解决方案，能够实现电力系统的实时监控、预测故障、优化运行等功能，从而极大地提高了电力系统的运行效率和安全性，确保了稳定可靠的电力供应。

一、智能巡视技术概述

（一）技术构成

智能巡视技术，通常被认为是电力行业中的技术变革，结合了多个领域的尖端技术，旨在为变电站和电力系统提供更为精确、高效的设备检查和维护手段。首先，机器视觉，作为智能巡视的核心，通过高分辨率摄像头和红外成像设备，可以捕捉到设备的微小变化，如温度升高、轻微的设备变形等，这对于及时识别和预防潜在故障至关重要。接着，图像处理技术对捕获的图像进行深度解析，借助先进的算法如卷积神经网络，能够自动识别出设备的异常状态，大大提高了巡视的精确性。此外，传感器网络和物联网技术也在此扮演了重要角色，它们能够实时采集、传输并分析设备的运行数据，从而对系统中的任何异常进行实时警告。同时，无人机技术也被广泛应用于智能巡视中，它可以在高空或难以到达的地方进行巡视，不仅提高了巡视的效率，而且减少了人员在复杂环境中的风险。最后，边缘计算技术使得数据处理更为迅速和实时，减少了数据传输的延迟，确保了系统的高效运行。

（二）智能巡视与传统巡视的差异

智能巡视与传统巡视在许多方面呈现出鲜明的差异，这些差异不仅体现在技术手段上，更反映了电力行业向更高效、更安全的运维方向迈进的趋势。传统巡视往往依赖于人工操作，这意味着每次巡视都需要大量的人力物力，而且检查的结果受到人员经验、技能和疲劳等因素的影响，可能出现遗漏或误判的情况。而智能巡视，凭借其机器视觉、传感器技术和自动化处理手段，可以进行连续、无间断的监控，大大提高了巡视的频率和精度。此外，智能巡视还引入了自动识别和分析的功能，不仅能够自动检测出设备的异常，而且可以对异常进行初步诊断，为后续的维护和修复提供有力支持。在安全性方面，传统巡视由于需要人工直接进行操作，存在一定的安全风险，特别是在高压、高温或其他恶劣环境下。而智能巡视技术，尤其是采用无人机的巡视方法，能够在无须人员直接介入的情况下完成任务，大大减少了工作人员的安全风险。最后，在效率和成本上，智能巡视通过自动化、数字化和网络化的手段，大大减少了人力和物力的投入，同时提高了巡视的效率，从长远看，它为电力行业带来了显著的经济效益。

二、智能巡视技术的核心应用

（一）无人机巡视技术

无人机巡视技术在电力行业中正逐渐展现出其不可或缺的价值，作为智能巡视的一大核心应用，它将航空领域的创新与电力设施管理的实际需求相结合。在无人机的种类中，固定翼、多旋翼以及垂直起降等各有其独特的优势。固定翼无人机，凭借其稳定的飞行特性和较长的续航时间，尤其适用于大范围、长距离的巡视任务；而多旋翼无人机则以其出色的灵活性和稳定性，在复杂地形和特定区域的细致巡查中展现了优越性；垂直起降无人机则结合了前两者的优点，适应了快速响应和特定场景的需求。选择合适的无人机不仅仅是根据飞行类型，更需综合考量飞行距离、载荷能力、抗风能力及

其与巡视任务的匹配度。随着技术的不断进步，无人机的精度、智能化程度以及续航能力都得到了显著提高，使得电力行业能够更加高效、准确地完成巡视任务，确保电网安全与稳定运行。

（二）机器视觉与图像处理

机器视觉与图像处理技术已在智能巡视中占据了核心地位，提供了对电力设备精确诊断的可能性。在这一领域中，高清摄像能够捕捉到设备的细节，从微小的裂缝到微不足道的腐蚀，都无所遁形，为后续的评估和判断提供了丰富的视觉信息。红外摄像则是一种强大的工具，能够检测出设备的热点，暴露出因为异常工作状态或潜在故障引起的温度异常，这对于预防性维护和及时干预至关重要。多光谱摄像技术进一步扩展了图像捕捉的范围，能在多个光谱段内识别不同的物理特性，从而为电力设备的健康状态评估提供更加全面和深入的视角。与此同时，自动缺陷识别与定位技术正在改变传统的巡视模式，它能自动分析图像，识别并定位设备上的潜在问题，大大提高了巡视的效率和准确性。结合这些先进的图像捕捉与处理技术，智能巡视已经成为确保电力设备健康和延长其使用寿命的重要工具。

（三）传感器网络与物联网技术

传感器网络与物联网技术已逐渐成为电力行业中智能巡视的关键组成部分，它们为设备健康监测和数据管理带来了巨大的转变。传感器网络布置在电力设备的各个关键部位，能够实时监测和记录设备的工作状态，从电流、电压到温度、振动等各种参数都被细致地监控。这不仅为设备健康提供了有力的监测手段，还为故障预警和维护决策提供了可靠的数据支持。与此同时，物联网技术使得这些传感器设备都能够实时地与中央数据库或云平台连接，确保数据的实时传输与同步。这意味着，不论设备位于哪里，相关人员都能够迅速获取其工作状态和健康状况，进行实时数据采集与分析。结合先进的分析算法，这些数据可以被转化为有价值的洞察，从而指导巡视工作，确保电力设备的持续、稳定和安全运行。这种高度集成、实时的监测和分析模式，显著提高了电力行业的运营效率与设备管理水平。

三、智能巡视技术的优势

（一）提高巡视效率与准确性

智能巡视技术在电力行业的引入已为巡视工作带来了显著的改进。首先，效率方面，传统的人工巡视方式受限于地理、环境和人为因素，但现在，通过无人机、机器视觉和物联网等技术，大面积和复杂地形的巡视任务可以在更短的时间内完成。不再需要大量的时间和人力来覆盖每一个区域，自动化的系统可以持续、不间断地进行监控，大大加速了巡视周期。其次，关于准确

性，传统巡视可能会受到人为疏忽、判断误差或环境干扰。而智能巡视技术利用高清摄像、传感器数据和自动缺陷识别技术，能够精准捕捉并定位到电力设备上的每一个细微问题，无论是裂纹、腐蚀还是其他微小异常。此外，结合实时数据分析，预测性维护成为可能，允许在问题恶化之前进行预防性干预。智能巡视技术确实为提高电力行业的巡视效率和准确性提供了有效的手段，从而确保了电网的稳定、安全与高效运行。

（二）实时预警与故障诊断能力

智能巡视技术具有出色的实时预警与故障诊断能力，为电力行业带来了前所未有的安全和效率保障。通过传感器网络和物联网技术，电力设备的各种运行参数都在持续监测之中。一旦出现异常或超出既定阈值的情况，系统可以立即发出预警，确保相关人员迅速采取行动，最大限度地降低设备故障的风险。此外，借助机器学习和大数据分析技术，智能巡视系统还可以自动分析多源数据，进行深度故障诊断。这不仅仅是简单地识别问题所在，更重要的是，它可以分析问题的根源，为维护决策提供有力支持。这种及时和深入的故障诊断方式，避免了许多传统人工巡视中可能出现的延误和误判，确保了电力设备的高效、稳定运行。实时预警与故障诊断能力不仅提升了设备的使用寿命和安全性，还极大地节省了维护成本和资源，真正实现了电力行业的智能管理和优化。

（三）减少人工巡视的风险和成本

随着智能巡视技术的应用，电力行业在巡视过程中所面临的风险和成本已经大大降低。在传统的人工巡视中，工作人员经常需要在复杂、危险的环境中进行长时间的工作，如高空、高压区域或恶劣的气象条件下，这无疑增加了事故的风险。而智能巡视技术，如无人机和机器视觉系统，使得巡视工作能够在地面控制室内完成，大大减少了对人员的物理要求和潜在的安全风险。此外，智能巡视还为电力行业带来了明显的经济效益。人工巡视不仅需要大量的人力资源，还伴随着高昂的培训和设备维护成本。而智能技术可以进行持续监测，不需要休息或轮换，而且只需少量的人员进行监控和维护。虽然初始投资可能相对较高，但在运营成本和人力资源方面的节省远远超过了这些开销。再者，智能巡视提高了巡视的频率和覆盖率，确保了电网设备的稳定运行，从而避免了由于设备故障导致的停电和维修成本。

四、面临的挑战与解决方案

（一）技术成熟度与稳定性的问题

随着智能巡视技术在电力行业的广泛应用，技术成熟度与稳定性的问题逐渐浮现。技术成熟度的问题意味着，虽然许多前沿技术已经进入市场，但它们可能仍处

于早期阶段，有待进一步验证和优化。例如，某些无人机或机器视觉系统在实际运行中可能会遇到尚未预测到的问题，或在特定环境和条件下的性能不尽如人意。此外，技术的稳定性是电力行业智能巡视中不可或缺的要素。一个不稳定的系统可能会导致数据丢失、误报或其他故障，从而对电网的正常运行造成潜在的威胁。例如，传感器网络的中断或误读可能会导致对设备健康状况的误判，从而增加维护成本和风险。

为应对这些挑战，多种解决方案正在被探讨和实施。对于技术成熟度问题，深入的实地测试和验证是关键。通过在真实环境中对技术进行长时间的运行和测试，可以发现并解决潜在问题，从而提高技术的可靠性和性能。同时，与技术供应商紧密合作，确保技术持续迭代和更新，也是确保技术成熟度的有效途径。对于技术稳定性的问题，强大的后端支持和冗余设计是关键。例如，多个传感器可以被用于检测同一设备，以确保数据的完整性和准确性。同时，对于关键系统，如数据存储和传输，采用冗余设计可以确保即使部分系统出现故障，整体系统仍能正常运行。

（二）复杂环境下的自适应性问题

电力设备和系统常常位于各种复杂的环境中，如极端气候、高海拔地区或密集的城市网络。在这些环境中，智能巡视技术面临着自适应性的挑战。例如，在多变的气候条件下，无人机或机器视觉系统可能需要适应雨、雾、雪或强风等环境因素，以保持其巡视的准确性和效率。这种复杂性不仅限于气候变化。例如，在山区或森林中，无人机可能需要具备避障能力，以避免与地形或树木碰撞。在城市环境中，大量的建筑物和无线信号可能会干扰传感器的正常工作，从而影响巡视的准确性。

为了应对这些自适应性的挑战，电力行业正在采用多种策略和技术。首先，高级的传感器技术，如激光雷达（LiDAR）和深度摄像机，正在被集成到无人机和机器视觉系统中，以提供更高的环境感知能力。这些传感器可以为智能监视系统提供详细的三维数据，从而使其能够更好地识别和应对环境中的障碍物和变化。其次，先进的算法和机器学习技术也正在被应用于智能巡视系统。这些技术可以使系统在面对未知的环境变化时，学习并调整其行为，从而提高自适应性。例如，机器学习模型可以根据大量的训练数据，预测并应对某些环境因素对巡视的潜在影响。此外，仿真和数字双胞胎技术也正在被用于提高智能巡视的自适应性。通过创建电力设备和系统的数字模型，工程师可以在虚拟环境中模拟各种复杂的场景，从而优化和验证智能巡视技术的性能。

（三）数据安全与隐私保护

在智能巡视技术日益普及的背景下，数据安全与隐私保护已成为亟待解决的核心问题。电力设备和系统的巡视过程中，大量细致的数据被收集，如设备状态、工作环境、地理位置等。这些数据的泄露或被恶意利用可能对电力基础设施、企业和公众带来不可估量的风险。数据安全问题不仅关乎信息泄露，更涉及电网的安全与稳定运行。一旦恶意攻击者获取了电网的运行数据，他们可能会利用这些信息进行破坏或威胁，导致供电中断或设备损坏，给社会带来巨大损失。例如，对设备健康监测的数据篡改，可能会使电网运维人员做出错误的决策。

为了有效应对这些问题，加密技术和访问控制已被广泛采用，确保数据在传输和存储过程中的安全。高级的加密算法，如对称和非对称加密，可以保护数据不被未经授权的访问和篡改。同时，利用区块链技术记录数据的来源和修改历史，可以进一步增强数据的完整性。对于隐私保护，智能监视系统可以采用数据脱敏和匿名化技术，确保在收集、存储和分析过程中，不会捕捉到与个人有关的信息。此外，与公众的沟通与教育也至关重要，确保公众理解智能巡视的目的，并对其带来的好处有所认识。

结束语

随着科技的飞速进步，智能巡视技术在电力行业的应用将进一步深化。更为先进的传感器、强大的数据处理能力和创新的算法将使巡视更为精确、高效。与此同时，随着量子计算、边缘计算和更先进的人工智能技术的融入，智能巡视的范围和深度都将达到前所未有的水平。然而，这种飞速的技术进步也带来了新的挑战 and 机遇。电力行业需持续投入研发，保证数据安全，同时也不忘社会责任，确保隐私权益得到充分尊重。

参考文献

- [1] 郑敏莹. 某变电站智能巡视技术改造及应用[J]. 东北电力技术, 2021, (07): 26-27+30.
- [2] 郑敏莹. 变电站实现智能巡视的技术改造及应用[J]. 农村电气化, 2020, (11): 47-48.
- [3] 叶强, 崔大铭, 黄慰, 杨超超, 田亮, 李东瑞. 变电站“空地一体”的智能巡视技术研究及实践[J]. 电工技术, 2019, (15): 102-103+105.
- [4] 翟岭江, 袁林, 张冰, 冯凯翔. 变电站智能巡检系统的研究[J]. 企业科技与发展, 2019, (08): 59-60.
- [5] 韦其顺. 对变电站智能巡视技术的几点探讨[J]. 中国高新区, 2017, (19): 103.