

配电网线损管理关键技术研究及案例分析

张忠静¹, 蔡永翔², 党剑亮³

1 贵州电网公司, 贵州 贵阳 550001

2 贵州电网公司电力科学研究院, 贵州 贵阳 550001

3 南方电网超高压输电公司海口分局, 海南 海口 570100

摘要： 本文全面剖析了配电网线损的理论根基、分类及影响因素，并详细阐述了线损的理论计算方法与技术降损措施。同时，探讨了配网线损管理模式的创新性发展，重点介绍了线损管理的关键技术，如数据分析挖掘、异常诊断处理、预测优化以及线损管理系统的构建。通过具体案例分析，提炼出不同地区高效线损管理的先进模式。文章最后展望了配电网线损管理技术的创新路径、发展趋势以及所面临的挑战，并提出了相应的政策建议和措施。

关键词： 配电网；线损；关键技术；数据分析

Research on Key Technologies and Case Analysis of Line Loss Management in Distribution Network

Zhang Zhongjing¹, Cai Yongxiang², Dang Jianliang³

1. Guizhou Power Grid Corporation, Guiyang, Guizhou 550001

2. Electric Power Research Institute of Guizhou Power Grid Corporation, Guiyang, Guizhou 550001

3. Haikou Branch of China Southern Power Grid Extra-High Voltage Transmission Company, Haikou, Hainan 570100

Abstract： This paper comprehensively analyzes the theoretical foundation, classification, and influencing factors of line losses in distribution networks, and elaborates on the theoretical calculation methods and technical loss reduction measures of line losses. At the same time, it explores the innovative development of distribution network line loss management models, focusing on key technologies such as data analysis and mining, abnormal diagnosis and processing, prediction optimization, and the construction of line loss management systems. Through specific case studies, advanced models of efficient line loss management in different regions are extracted. Finally, the paper looks ahead to the innovation path, development trends, and challenges faced by distribution network line loss management technology, and proposes corresponding policy suggestions and measures.

Keywords： distribution network; line loss; key technology; data analysis

引言

随着电力系统规模的不断扩大和负荷需求的日益增长，配电网线损管理成为电力企业提高经济效益、降低能源消耗、实现可持续发展的重要课题。配电网线损是指电力通过电网10KV以下线路及台区变压器输送到终端用户过程中由于电阻、电感等因素造成的能量损耗，主要包括技术线损和管理线损。技术线损是由电网自身特性决定的，而管理线损则主要与电网运行管理、维护水平、设备状态等因素相关。降低配电网线损不仅可以提高电力企业的经济效益、管理水平，提高竞争力，还可以减少能源消耗，降低碳排放，对实现碳达峰、碳中和目标具有重要意义。

传统的配电网线损管理模式主要依靠人工经验进行管理，存在效率低、数据不准确、难以发现潜在问题等缺点。随着大数据、云计算、人工智能等数字技术的快速发展，为配电网线损管理提供了新的思路和方法。通过数字化技术可以实现配电网线损数据的实时监测、分析、预测和优化，提高线损管理的效率和水平。同时，通过人工智能算法可以对线损异常进行诊断和定位，及时发现和解决潜在问题，提高线损管理的精准性和有效性。

一、配电网线损理论基础

配电网线损是电力系统运行过程中不可避免的电能损耗，指电能通过电网10KV以下线路、台区输送到用户终端过程中，由于线路电阻、电抗、绝缘损耗以及变压器损耗等原因，导致电能转

化为热能而损失的现象。配电网线损不仅影响电力企业的经济效益，也关系着能源的节约和环境保护。

（一）配电网线损分类与影响因素

线损率是一项重要的综合性技术经济指标。目前我国配电网的建设相对主网更为落后，致使配电网的线损率整体偏高。对

配电网的线损特征进行分析，揭示线损的变化规律及其影响因素^[1]。作为电力系统运行中不可避免的现象，其产生根源可归纳为技术线损与管理线损两大类。技术线损是电力系统中不可避免的现象，它主要由电力设备的物理属性决定，包括线路的电阻、电抗以及变压器的损耗等。这些因素构成了电力传输过程的基本部分，尽管它们在系统中扮演着关键角色，但依然是电力系统优化工作中需着力降低的重要环节。管理线损是由于企业管理不善和设备运维不足所导致的问题，涵盖了抄表误差、计量装置偏差、窃电等环节。这些因素是影响电力系统效率的突出问题，需要通过精准的管理措施进行纠正和预防。在配电网线损的影响因素中，线路长度、截面积、材质、温度、负荷电流、功率因数、变压器容量、负载率以及管理水平等因素相互作用，构成了电网运行的复杂局面^[2]。线路的延长和截面积的减小、材质的不同、温度的变化、负荷的波动、功率因数的降低、变压器容量与负载率的高低差异，以及管理水平的参差不齐，都是决定电能损耗的关键。

（二）线损理论计算方法

技术线损的计算，依赖于精确的公式推导，涵盖了导线电阻损耗的计算、变压器损耗的计算等多个方面。这些计算方法基于电力系统的物理特性和运行参数，通过严密的数学模型，实现对电能损耗的定量分析。与此同时，管理线损的估算则侧重于统计分析手段，如比例估算法、统计分析法等，这些方法通过对历史数据的深入挖掘和趋势分析，为管理层面的线损控制提供数据支持。这两种计算方法相辅相成，共同构成了线损理论计算的整体框架，为电力系统的节能降耗提供了科学依据。

（三）线损技术降损措施

在追求配电网运行的高效与精益过程中，降低线损是持续努力的目标。技术措施方面，采取以下策略：优化线路结构，减少传输路径长度，增加导线截面积，采用低电阻率材料，以降低电阻引起的能量损耗^[3]；提升功率因数，通过安装无功补偿装置和合理分配无功电源，提高电能利用效率；选用高效率节能变压器，并优化变压器的负载率，减少变压器能耗；此外，加强设备运维管理，定期对设备进行检查和维护，及时处理设备缺陷，确保设备运行在最佳状态。

在管理层面，亦全力以赴。加强抄核收管理，提升抄表数据的准确性，确保核收流程的规范性，严密防范窃电行为，保障电量计量的公正性与无误性。优化计量装置，采用高精度计量设备，并定期执行校验程序，以维护计量数据的精确性。此外，加强数据分析工作，定期深入分析线损数据，精确诊断线损原因，并据此制定有效的降损措施。

二、配电网线损关键技术研究

配电网线损管理是电力企业提质增效的重要环节，也是实现“碳达峰、碳中和”目标的关键。随着科技的不断进步，数据分析和挖掘、异常诊断与处理、预测与优化等技术为线损管理提供了新的思路和方法，推动着线损管理向精细化、智能化方向发展。

（一）线损数据分析与挖掘

线损数据分析与挖掘是线损管理的关键环节，其通过对大规模数据集的深度分析，揭示了线损发生的深层次规律及其主要影响因素，为管理层提供了决策的数据支撑。利用先进的大数据分析技术，可以对历史线损数据进行综合且详尽的统计分析，有效识别线损异常的线路与台区，深入探究线损的具体成因，并据此制定针对性的治理策略。

例如，通过对用户用电行为的精细分析，不仅能洞察潜在的窃电行为，还能采取精确的打击措施，有效防止电能的非正常损失。同时，对电力设备运行数据的深入挖掘，有助于识别设备的老化迹象和潜在故障，确保及时维护与更换，从而减少因设备问题引起的线损^[4]。此外，线损数据分析对于电网运行结构的优化和供电效率的提升也至关重要。

（二）线损异常诊断与处理

线损异常的诊断与处理是线损管理流程中的关键环节。该过程涉及对线损异常现象的深度分析，旨在精确识别线损异常的根本原因，并实施针对性的干预措施，以期显著降低线损率。借助人工智能技术的进步，能够构建出高效的线损异常诊断模型，实现线损异常的自动识别与精确诊断，并根据模型的输出提出切实可行的处理建议。

具体而言，采用机器学习算法，可以开发出基于数据驱动的线损异常诊断模型。该模型具备对线损数据进行智能分类的能力，能够将线损异常细分为技术线损、管理线损和窃电行为等多个类别^[5]。基于分类结果，系统将自动制定相应的处理策略：针对技术线损，可能包括电网结构优化或设备升级的建议；针对管理线损，则可能提出管理制度改进或加强抄表监督的措施；对于窃电行为，则可提出增强监控和执法力度的建议。此外，人工智能技术的运用还实现了线损异常的实时监控与预警功能，确保线损异常一旦发生，系统能够迅速做出响应，及时通知管理人员，并启动诊断流程。

（三）线损预测与优化

线损异常的诊断与处理是线损管理中的核心环节。通过对线损异常的深入分析，能够揭示导致线损的种种原因，并据此采取针对性的措施，以有效降低线损率。借助人工智能技术的先进性，可以构建起一套线损异常诊断模型，实现线损异常的自动化识别与诊断，同时基于模型的诊断结果，给出相应的处理建议^[6]。例如，通过开发基于机器学习算法的线损异常诊断模型，我们能够对线损异常情况进行精确分类，并依据分类结果实施恰当的处理措施。

（四）线损管理系统建设

线损管理系统，作为线损管理的关键平台，扮演着数据采集、存储、分析与展示的核心角色，为线损管理提供了强有力的技术支撑。该系统应当具备一系列先进功能，以实现对线损全方位、深层次的监控与管理。它能有效地采集线损相关的多元数据，包括用电量、设备运行状态、气象条件等，确保信息的全面性与实时性。同时，系统拥有强大的数据存储能力，不仅可以安全地保存这些数据，还能提供高效的数据查询与检索服务^[7]。在

数据分析方面，系统能够对线损数据进行深入统计分析，并通过可视化手段直观展现，使管理者能够迅速把握关键信息。此外，系统具备智能的异常诊断能力，能够自动识别线损异常，并提供专业的处理建议。

三、配电网线损案例分析

配电网线损管理是一项涉及众多因素、极具挑战性的系统工程。它要求我们根据具体实际，综合运用多种策略，以实现线损率的有效降低。由于不同地区在经济发展、电网架构、用电需求等方面存在差异，线损管理的模式也呈现出多样化的特点。某地电网公司创新性地构建了“三位一体”的配电网线损管理新模式，显著提高了线损管理的效率和质量。这一模式以线损指标为核心控制目标，依托数字化创新技术，并以创新人才培育体系为支撑。通过优化工作流程、深化数字化技术应用、创新人才发展机制这三个维度，打造了一套系统化、数字化、智能化的线损管理体系。该模式主要包含以下几个方面的内容：

系统构建管控机制，线损管理标准化：建立管理线损指标体系，实现配电网线损管理标准化；调查系统数据与现场一致性，提高数据可靠性；设计报表数据稽核方法，为工作提质增效；规范线损操作流程，促使过程标准化。

数字化科技助力，提高新质生产力：研发数据异常监控模型，确保数据测量系统准确稳定；异常分析流程自动化，提高处置时效性；动态阈值自动调控；报表逻辑性自动核查；研发“增比进位”APP，助推基层管理水平透明化；基于电能量数据平台构建台区健康度模型。

采纳多维培养路径，全方位提升专业人才能力：颠覆传统模式，开展别具一格的线损技能竞赛活动；广泛汇聚典型案例，精心编纂并推出管理线损的“操作宝典”；精炼核心要义，吸取先进地区线损管理的高效做法。

四、配电网线损管理关键技术创新与发展趋势

在这一章节中，将探讨配电网线损管理技术的创新方向、发展趋势以及面临的挑战，并提出相应的政策与措施建议。这些内

容旨在为未来的线损管理工作提供指导和参考。

（一）技术创新方向

在推进配电网线损管理技术的创新之路上，正在开发更尖端的智能监测系统，借助机器学习算法自动进行线损的诊断与预测，从而提升线损管理的自动化程度。同时，探索新型材料和技术，例如超导技术和高效变压器，这些创新有望大幅降低线路电阻，增强设备运行效率^[8]。此外，网络优化技术亦在持续进化，利用高级优化算法动态调整电网结构，不仅有效降低线损，还提升了供电的稳定性，共同促进了线损管理技术的全面进步。

（二）发展趋势与挑战

线损管理技术的演变正逐步倾向于数字化、网络化和智能化的大趋势，特别是大数据、云计算与物联网技术的深度融合，为这一领域注入了前所未有的活力和机遇^[9]。然而，技术的迅猛发展也带来了双重挑战：一方面，行业从业者需要不断更新知识，以跟上技术迭代的步伐；另一方面，如何高效地处理和分析庞大的数据集，以及如何确保数据的安全性和隐私保护，已经成为线损管理技术发展过程中不可忽视的关键问题。

（三）政策与措施建议

政府应出台政策，激励线损管理技术的研发与应用，并通过资金支持和税收优惠予以扶持。推广成熟技术和经验，通过建立示范区，提升行业整体技术水平。同时，加强电力行业人才队伍建设，尤其是数据分析与智能电网领域的专业人才，以支撑技术创新^[10]。促进电力企业与科研、教育及科技企业的合作，共同促进技术进步。此外，完善法律法规和技术标准，保障线损管理技术的健康成长。

五、结束语

本文深入探讨了配电网线损管理的关键技术，并通过案例分析，验证了所提方法的有效性与实用性。通过对配电网线损管理的全方位剖析，我们认识到技术创新与精细化管理是降低线损、促进电力行业可持续发展的双轮驱动。展望未来，配电网线损管理仍需在理论研究和实际应用中不断深化，以期构建更加高效、清洁、低碳的智能电网体系贡献智慧和力量。

参考文献

- [1] 庄远灿，朱建全，黄俊铭. 基于计量自动化系统的配电网线损特征及影响因素分析 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(03): 63-68+74. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.03.012.
- [2] 张莹. 基于大数据分析的配电网线损监测与预测模型研究 [J]. 今日制造与升级, 2023, (12): 43-45.
- [3] 颜中秋. 光伏电源接入对配电网线损动态的影响研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(12): 284-286. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2023.12.091.
- [4] 陈思龙. 低压配电网的线损与应对措施分析 [J]. 电子技术, 2023, 52(12): 94-95.
- [5] 谷建鹏. 低压配电网线损分析和降损措施研究 [J]. 科学技术创新, 2023, (26): 210-213.
- [6] 戴文飞. 配电网线损及降损措施探讨认识实践 [J]. 电气技术与经济, 2023, (08): 331-333.
- [7] 王珏. 分布式光伏并网对 10 kV 城市配电网线损的影响研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(09): 308-310. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2023.09.103.
- [8] 李逸岚，韩钟瑶. 配电网线损原因及降损技术措施分析 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(27): 126-128+133. DOI: 10.19981/j.cnki.23-1581/G3.2023.27.030.
- [9] 海家鸣，柴梦圆. 配电网线损管理现状及节能降耗技术分析 [J]. 光源与照明, 2023, (08): 234-236.
- [10] 张莹. 基于线性规划的主动配电网线损影响因素分析 [J]. 价值工程, 2023, 42(24): 114-116.