

电力主网线路方向设计中的智能化选线技术研究

章程萍 罗 秧 周世霞

杭州交联电力设计股份有限公司 浙江杭州 310011

摘 要：随着电力行业智能化发展，传统电力主网线路选线方式已难以满足复杂环境下的设计需求。本文聚焦电力主网线路方向设计中的智能化选线技术，阐述其核心原理与关键技术，分析该技术在提升设计效率、降低成本及增强安全性等方面的优势，探讨未来智能化选线技术与多领域融合的发展趋势，旨在为电力主网线路智能化设计提供理论参考与实践方向。

关键词：电力主网线路；智能化选线技术；线路方向设计

引言

电力主网作为电力系统的关键架构，其线路方向设计直接影响供电可靠性与经济性。传统人工选线存在效率低、精准度不足等问题，难以应对复杂地形与环境变化。智能化选线技术凭借大数据、人工智能等先进技术，可优化选线流程、提高设计质量。本文深入研究该技术的原理、应用及发展，为电力主网线路设计的智能化转型提供理论支撑。

一、电力主网线路智能化选线技术概述

1. 智能化选线技术背景与意义

电力主网线路规划正处于革新关键期，面临着双重挑战。城市扩张与用电负荷攀升，迫使线路设计需平衡城市空间规划与供电可靠性；而复杂地形、生态红线等环境制约因素，进一步加剧了选线难度。传统人工选线模式过度依赖经验，存在效率低、误差大等弊端，易导致线路布局失当，影响电网运行效能与稳定性。智能化选线技术凭借数据驱动优势，可整合多源信息，快速应对复杂环境变化，以精准方案优化线路设计。智能选线技术对电力系统主线路的规划提出了新的要求。结合大数据分析等先进技术，对多维空间的地形地貌、城市规划等进行精确分析，形成多个可供选择的路线，并采用智能算法对其经济性及环保性进行全面的评估，为我国电网规划提供科学、准确的决策支撑，促进电网建设与城市发展的协调发展。

2. 智能化选线技术核心原理

智能化选线技术以大数据挖掘、地理空间建模和智能算法为核心驱动。大数据技术整合地形地质、气候条件、人口密度及电力需求等多元数据，构建选线基础数

据库；地理信息系统（GIS）通过三维建模技术，立体化呈现线路规划区域的地理特征，辅助设计人员直观把握地形要素。智能算法如遗传优化算法、群体智能算法，模仿人类决策思维，在海量数据中高效搜索最优解，精准规划线路走向与杆塔布局。特别是深度学习算法，通过对历史线路案例的训练学习，能够识别不同场景下的选线规律，自动生成适配性方案。这些技术相互协同，形成从数据采集、空间分析到方案生成的全链条智能化运作模式，显著提升选线设计的科学性与精准度。

3. 智能化选线技术关键构成

智能化选线技术的运行依托硬件设施、软件平台及数据采集体系三大核心模块。硬件层面配备高性能运算终端、大容量存储设备与高精度测绘装备，为数据处理与复杂运算提供坚实算力基础；软件体系集成地理信息系统（GIS）、数据分析工具及选线优化程序，实现数据可视化呈现、深度分析及方案智能生成。数据采集模块综合运用卫星遥感监测、无人机航测及地面传感网络，实时采集地形地貌、气象环境及电力设施等多源数据，并快速传输至数据处理中心。三大模块紧密协作，数据采集模块负责原始数据获取，硬件设备承担数据高效运算，软件系统借助算法完成数据解析与方案优化，共同构建起完整的智能化选线体系，保障技术应用的稳定性与高效性。

二、电力主网线路智能化选线技术应用优势

1. 提高设计效率与精准度

传统人工选线依赖实地踏勘、手工制图和重复计算，流程冗长且效率低下。智能化选线技术依托自动化运算与数据分析能力，可快速集成地形地貌、气象条件、用电负荷等多源数据。在选线伊始，系统便能迅速生成多

套线路预选方案，并对各方案的线路长度、建设投资、施工复杂度、运维损耗等关键指标进行量化评估与对比分析。设计人员依据系统输出的详实数据与可视化呈现结果，可直观权衡各方案利弊，高效选定最优线路走向。此外，凭借高精度地理信息数据与智能算法，该技术能够规避人工测量和估算的误差，精准规划杆塔点位、线路转角等关键参数，确保线路设计与实际需求高度契合。相较于传统选线模式，智能化选线技术显著缩短设计周期，大幅提升设计效率与精准度，为电力工程的高效推进提供有力支撑。

2. 降低工程成本与风险

工程成本管控与风险防范是电力主网线路建设的核心环节。智能化选线技术借助地理信息数据与土地规划资料的综合研判，科学规划线路布局，最大限度减少线路对耕地、居民区的占用，从而降低土地征收与拆迁费用。结合地质勘察数据，该技术可精准识别断层、滑坡等地质灾害隐患区域，合理规划危险地段，大幅减少因地质灾害造成的线路损毁及修复成本。在施工实施阶段，智能化选线生成的精确方案，能够优化施工流程设计，避免复杂地形带来的施工难题，减少材料损耗，进一步压缩建设成本。此外，通过主动避让生态保护区等环境敏感地带，可有效规避环保违规风险，避免因生态破坏产生的经济处罚，实现工程建设全周期的成本控制与风险化解，达成经济与环境效益的协同提升。

3. 增强电网运行安全性与稳定性

保障电力稳定供应的关键在于提升电网运行的安全性与稳定性。智能化选线技术在规划线路时，着重考量气象环境等外部因素对电网运行的潜在影响。通过挖掘历史气象数据，精准定位大风、雷电、暴雪等灾害频发区域，据此优化线路走向，或通过加固杆塔、增设防护装置等措施，降低极端天气对线路的损毁风险。同时，结合电力负荷的实时分布与预测数据，科学规划线路布局，实现各线路段的负荷均衡分配，有效规避因局部过载导致的设备故障问题。此外，该技术还具备线路周边隐患监测预警功能，例如实时监测树木生长对线路的威胁，及时通过修剪枝叶或调整线路走向等手段，消除短路隐患。凭借系统化的线路设计与风险防控策略，智能化选线技术显著减少线路故障发生率，强化电网抵御灾害的能力，为电力可靠供应筑牢坚实防线。

4. 优化资源配置与全生命周期管理

智能化选线技术可以对电网进行线路资源进行有效分配，并对其进行全生命周期的管理。应综合考虑电网设

备和市场价格变动等多种信息，对输电线路建设和维护过程中的资源需求等进行精确预测和动态优化。在设备选择方面，智能选线系统能依据线路的承载要求和地理环境特征，对杆塔的最优型号和导线规格进行自动优化，消除设备的冗余配置，减少前期的施工投入。比如，在高海拔强风地区，采用具有高抗风性和轻质性能的复合材料铁塔，可以使铁塔的材料和运输损失降低20%以上。在运行过程中，通过对线路老化等隐患的实时监测，智能规划维修方案，对人力物力资源进行合理配置，提高运行效率30%。通过对输电线路退役情景的模拟，预先规划出输电线路的拆解方案和资源再生路径，达到资源回收再利用的目的，促进输电工程向绿色、低碳和可持续发展方向发展。

5. 推动多主体合作决策和提高社会经济利益

智能选线技术突破了电力企业和环保部门之间的信息屏障，为电力行业的协调发展提供数据支持和技术平台。在选择路线时，所有参与方都可以在统一的数字平台上进行地形地貌和生态保护等方面的实时共享，并对线路方案进行综合评价和动态调整。以某城市新区为例，电力企业可以利用智能选线系统，与市政规划部门协调，对线路路线与地铁建设等进行统筹规划，降低线路搬迁造成的重复建设费用。引入“公共参与”模式，采集沿线居民对线路位置的意见，并对线路进行优化，减少对周边居民生活的干扰，提高工程的社会接受度。通过多方协同决策模式，提升线路比选的科学性和可行性，又可以有效地兼顾经济、环保和社会等方面的利益，帮助电力项目实现多主体的双赢。

三、电力主网线路智能化选线技术发展趋势

1. 与物联网技术的深度融合

物联网凭借全域互联与实时感知的优势，为智能化选线技术开拓创新路径。当两者深度融合后，电力主网沿线将布设多元传感器，实现线路电流、电压、覆冰状况等运行数据，以及气象环境参数的全天候采集。这些数据通过物联网快速传输至选线系统，构建起线路运行的动态监测网络。一旦线路异常或环境突变，系统可依据内置算法与规则，自动触发线路评估机制，快速调整线路参数或优化路径规划，达成智能化动态选线。此外，物联网还能打通选线系统与电网调度、运维平台的数据壁垒，实现多系统协同联动，构建智能化电网管理闭环，有效提升电网运行的安全性与管理效能。

2. 人工智能算法的持续优化

人工智能算法是智能化选线技术的核心驱动力，其

迭代升级将引领选线技术实现跨越式发展。伴随深度学习、强化学习等前沿技术的革新突破，新型选线算法模型将不断涌现。以深度学习神经网络为例，其强大的数据挖掘能力可从海量线路信息中精准提取潜在规律与关键特征，针对多样化环境和差异化需求，实现选线方案的智能预判与优化设计。强化学习算法则凭借与电网实时交互的特性，动态调整选线策略，高效适配电力系统的复杂变化。此外，人工智能算法与大数据分析、数字孪生技术的融合创新，将构建起更为智能、高效的选线决策体系。通过算法的持续精进，智能化选线技术将有效应对复杂选线场景，产出更优质、适配性更强的方案，全方位满足电力行业智能化发展需求。

3. 多领域协同应用拓展

智能化选线技术的应用边界正持续拓宽，未来将在多领域实现跨界协同创新。在新能源并网场景中，面对风电、光伏等分布式电源的大规模接入，该技术可依据电站地理分布、发电规律，优化电力传输路径，提升新能源消纳效率，加速能源结构绿色转型。在智慧城市建设领域，智能化选线技术深度融入城市规划体系，与交通设施布局、通信网络建设形成联动，通过将电力线路与地下综合管廊、5G基站一体化设计，实现基础设施集约化建设，有效提升城市空间利用效能与公共服务水平。此外，在乡村振兴和偏远地区电网建设中，该技术凭借数据驱动的精准规划能力，攻克地形复杂、供电分散等难题，科学设计供电线路，补齐电力基础设施短板，为区域经济发展注入动能。这种跨领域的协同应用模式，使智能化选线技术突破传统电力范畴，在更多场景中释放技术价值，驱动各行业向智能化、低碳化方向迈进。

4. 数字孪生和虚拟现实技术的融合

数字孪生和虚拟现实是未来智能选线技术发展的重要趋势。通过对输电线路的数字化孪生建模，将实际线路和虚拟模型进行实时映射，充分反映输电线路在各种工作条件下的工作状态。通过与虚拟现实相结合的方式，使规划者可以身临其境地感受线路周围的环境，并对线路对生态景观和城市风貌的影响进行直观的评估，进而对线路进行更加准确的优化。比如，在旅游线路的设计中，运用虚拟现实技术，可以对线路完工后的视觉效果进行模拟，从而对线路的方向进行合理的调整，从而更好地保护景区的自然景观。同时，通过与物联网设备的深度融合，实现对输电线路运行状态的实时更新，并对

输电线路的选线进行动态优化。在极端天气或突发事故情景下，通过模拟事故对输电线路造成的影响，实现对输电线路的快速选线，保证电网的安全稳定运行。随着数字孪生等技术的日趋成熟，智能选线将由“数据驱动”走向“虚实交互”，使选线决策更加具有直观性、可靠性。

5. 建立标准化体系和跨地区协作

为了促进智能选线技术在电力线路中的推广，建立统一的技术标准和规范系统是大势所趋。产业需要整合电力、设备制造商等各方面力量，建立包含数据接口和评价指标等在内的智能选线技术规范，解决各系统之间数据兼容和技术协同性等问题。比如，制定统一的数据格式规范，实现多源数据的无缝连接；确定选线方法的评估指标，并对其进行科学的优选。在跨地区协作方面，通过智能选线技术，实现跨省跨界电网的综合选线。将各区域资源禀赋和政策环境相结合，建立区域性智能选线平台，对跨区输电走廊进行优化配置，提高电力资源的跨区域配置能力。如“西电东送”中，采用智能选线方法，综合考虑东、西两省的地域布局，对特高压线路进行科学规划，可以减少传输损失，推动区域能源协调发展。通过该项目的研究，将促进智能选线技术在我国推广与应用，为实现世界范围内的能源互联提供技术支持。

结束语

智能化选线技术为电力主网线路方向设计带来革新，在提升设计效率、降低成本、保障电网安全等方面成效显著。未来，随着与物联网、人工智能等技术的深度融合及多领域协同应用，智能化选线技术将不断优化升级，为电力主网线路设计的智能化、高效化发展注入强劲动力，助力电力行业高质量发展。

参考文献

- [1] 张伟. 高速铁路牵引供电系统对电力主网谐波影响的研究[D]. 太原理工大学, 2016.
- [2] 洪焕森. 电力主网运检一体化模式分析[J]. 集成电路应用, 2019, 36(08): 108-109.
- [3] 余光海, 李鹏. 新能源互补电力主网谐波补偿孤岛检测方法研究[J]. 能源与环保, 2022, 44(03): 242-247+254.