

浅谈电力工程以及电力工程技术

郝小燕

伊金霍洛旗圣地电力安装维护有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017200

摘要: 电力工程技术是实现电能生产、传输、分配与高效利用的综合技术体系,其发展深刻影响能源安全与经济社会运行。本文阐述该技术的基础内涵、功能与学科框架,进而系统梳理发电、输电、变电、配电及系统调控等核心环节的关键技术。分析了电力工程技术所具有的专业性、创新性、安全性与节能环保等核心特性,并探讨其在能源结构转型、智能化融合、绿色低碳驱动下的发展趋势,以揭示电力工程与技术互动共进的演进路径。

关键词: 电力工程技术;能源转型;智能化;绿色低碳;系统集成

引言:电力作为现代社会运转的基石,电力工程技术的发展水平直接影响能源供应的稳定性与可持续性。随着全球能源格局深刻变革,传统化石能源面临资源枯竭与环境污染双重压力,清洁能源占比逐步提升。与此同时,数字化、智能化浪潮席卷各行业,为电力工程技术创新带来新契机。在此背景下,深入剖析电力工程技术内涵、特性及发展趋势,对推动电力行业高质量发展,满足经济社会发展日益增长的电力需求具有重要意义。

1 电力工程技术的基础认知

1.1 电力工程技术的定义与核心内涵

电力工程技术是围绕电能生产、传输、分配及利用全流程所形成的技术体系,其本质是通过物理原理与工程方法的结合,实现能源形式转换与系统化管控^[1]。该技术领域以电磁场理论、电路理论为基础,涵盖发电设备设计、电网架构优化、电能质量调节及用户侧管理等多个维度。其核心内涵不仅包括硬件设备的研发与制造,还涉及控制策略、运行算法及系统集成等软件层面的创新,旨在构建安全、高效、清洁的电力供应体系。例如,在发电环节,通过改进汽轮机叶片气动设计或光伏电池材料结构,可提升能源转换效率;在输电环节,采用特高压输电技术可减少远距离传输损耗,这些均体现了电力工程技术的系统性特征。

1.2 电力工程技术的核心功能与作用

电力工程技术的功能贯穿于电力系统的全生命周期。在能源生产阶段,通过优化发电设备性能与能源利用方式,支撑火电、水电、核电及可再生能源的多元化供应;在传输阶段,依托高压输电与柔性交流输电技术,实现大容量、低损耗的电能跨区域调配;在分配环节,智能配电网技术可动态平衡供需关系,提升电网对分布式能源的接纳能力;在利用阶段,电力电子技术与需求响应机制可改善用户侧电能质量,降低终端能耗。

这些功能共同构成了电力工程技术保障能源安全、促进节能减排、推动经济可持续发展的基础作用。

1.3 学科属性与知识体系框架

电力工程技术属于多学科交叉领域,其知识体系以电气工程学科为核心,融合了材料科学、控制理论、计算机技术及能源经济学等学科内容。从基础理论层面看,电磁场理论、电路分析、电机学构成技术原理的基石;从应用技术层面看,电力系统分析、继电保护、高电压技术等课程支撑电网规划与运行;从前沿发展方向看,人工智能、物联网及大数据技术的引入,正在推动电力工程技术向智能化、数字化方向演进。这种跨学科特性要求从业者具备复合型知识结构,以应对复杂工程问题。

1.4 电力工程技术与电力工程的内在关联

电力工程技术是电力工程实践的理论支撑与技术工具,而电力工程则是技术落地的载体与验证场景。前者通过研发新型设备、优化控制策略或提出系统解决方案,为工程建设提供科学依据;后者通过具体项目的实施,检验技术可行性并推动技术迭代。例如,特高压输电技术的突破直接催生了跨国联网工程,而大规模新能源基地的建设需求又反向促进了储能技术与并网控制技术的创新。这种“技术驱动工程、工程反哺技术”的互动关系,构成了电力领域持续发展的内在动力。

2 电力工程的核心技术分类

2.1 发电环节核心技术

发电环节的核心技术聚焦于能源转化效率提升与清洁化转型。传统火力发电通过超超临界机组技术、循环流化床燃烧技术等手段,实现煤炭等化石能源的高效利用,降低污染物排放;水力发电依托高水头、大容量水轮机设计技术,优化水流能量转换路径,提升发电效率;核能发电则以第四代核反应堆技术为发展方向,通

过非能动安全系统与模块化设计,增强核能利用的安全性与经济性^[2]。在可再生能源领域,风力发电技术向大型化、智能化演进,兆瓦级风电机组与变桨距控制技术成为主流;光伏发电技术通过钙钛矿电池、异质结电池等新型材料研发,突破光电转换效率瓶颈;生物质发电技术通过气化-燃烧耦合工艺,实现有机废弃物的资源化利用。这些技术共同推动发电环节向低碳化、高效化方向演进。

2.2 输电环节核心技术

输电环节的核心技术以提升电能传输效率与保障电网安全为目标。高压输电技术通过提高电压等级降低线路损耗,特高压输电技术(如 ± 1100 千伏直流输电)已实现数千公里跨区输电;柔性交流输电技术(FACTS)利用电力电子设备动态调节电网参数,增强系统稳定性;超导输电技术通过低温超导材料降低电阻,理论上可实现零损耗输电,目前处于实验室验证阶段。此外,直流电网技术凭借其无相位差、适合远距离传输的特性,在海上风电并网与跨国联网工程中展现优势。

2.3 变电环节核心技术

变电环节的核心技术围绕电压等级转换与电能质量调控展开。变压器技术通过优化铁芯材料与绕组结构,降低空载损耗与负载损耗,智能变压器还集成在线监测与自诊断功能;气体绝缘开关设备(GIS)采用SF₆气体作为绝缘介质,大幅缩小变电站占地面积;有载调压技术通过分接头切换装置实现电压动态调节,保障用户侧电压稳定。

2.4 配电环节核心技术

配电环节的核心技术聚焦于电能分配智能化与终端供给可靠性。智能配电网技术通过分布式电源接入、微电网控制与需求响应机制,实现供需双向互动;分布式储能技术利用电池储能系统平抑负荷波动,提升电网灵活性;电能质量治理技术通过动态电压恢复器(DVR)、有源电力滤波器(APF)等设备,消除电压暂降、谐波污染等问题。

2.5 电力系统调控与运维核心技术

电力系统调控与运维的核心技术以数字化、自动化为特征。能量管理系统(EMS)通过状态估计、潮流计算与优化调度算法,实现电网全局运行控制;广域测量系统(WAMS)依托同步相量测量单元(PMU),实时监测电网动态特性;人工智能技术应用于设备故障预测与健康诊断,通过大数据分析提前识别潜在风险;无人机巡检与机器人作业技术则提升了电网运维效率与安全性。这些技术共同构建起现代电力系统“自感知、自决

策、自修复”的智能调控体系。

3 电力工程技术的关键特性

3.1 技术的专业性与综合性

电力工程技术是高度专业化领域,知识体系涵盖电气、材料科学、控制理论、热力学等学科。例如,发电设备设计需综合流体力学与热力学优化燃烧效率,输电线路规划结合电磁场理论与GIS进行路径优化,电力系统调度依赖复杂网络分析与优化算法^[3]。这要求从业者具备扎实理论基础与专项技术能力。与此同时,电力工程技术又呈现显著的综合性特征。现代电力系统是包含发电、输电、变电、配电及用电的复杂网络,其技术实现需跨环节协同。例如,新能源并网需同时考虑发电侧的功率预测、电网侧的灵活调节能力及用户侧的需求响应机制,这种跨领域融合特性推动了电力工程技术向系统化、集成化方向发展。

3.2 技术的创新性与迭代性

电力工程技术的创新性体现在对传统技术路径的突破与新兴技术方向的开拓。例如,柔性直流输电技术通过全控型电力电子器件的应用,解决了传统直流输电换相失败问题,为海上风电大规模开发提供了技术支撑;智能变电站技术通过数字化建模与自主控制算法,实现了设备状态实时感知与运维决策自动化。这种创新不仅源于理论突破,更依赖工程实践反馈。技术迭代性则表现为技术生命周期的快速缩短与性能指标的持续提升。以光伏发电技术为例,从晶硅电池到钙钛矿电池的材料革新,使光电转换效率在十年间从15%提升至30%以上;储能技术从铅酸电池到锂离子电池再到液流电池的演进,推动了能量密度与循环寿命的跨越式发展。这种持续迭代特性要求技术研发与产业应用形成闭环,加速技术成熟度提升。

3.3 技术的安全性与可靠性

电力工程技术的安全性是保障电网稳定运行与用户用电安全的基础。在设备层面,高压绝缘技术通过纳米复合材料与表面改性工艺,提升了绝缘子在极端环境下的耐污闪能力;继电保护技术通过差动保护与广域保护算法,实现了故障的毫秒级隔离。在系统层面,电网安全稳定控制技术通过三道防线构建(预防控制、紧急控制、恢复控制),有效抵御大停电风险。可靠性则体现为设备寿命周期内的稳定运行能力。例如,特高压输电线路通过采用高强度钢芯铝绞线与在线监测装置,将故障率降低至0.1次/百公里·年以下;智能电表通过冗余设计与自检功能,确保计量数据的准确性与通信连续性。这些特性共同支撑起电力系统“全天候”运行需求。

3.4 技术的节能性与环保性

节能性与环保性是电力工程技术适应低碳转型的核心诉求，贯穿能源生产、传输与消费全链条。节能技术通过优化能源利用路径降低系统损耗，例如超超临界燃煤机组技术提升蒸汽参数实现燃料化学能高效转化，较传统机组显著减少单位发电煤耗；柔性交流输电技术动态调节电网无功功率，增强线路传输能力并降低线损，提升电网整体运行效率。环保技术聚焦污染源治理与资源闭环利用，火电厂超低排放技术通过多级净化工艺深度脱除烟气中颗粒物、硫化物及氮氧化物，满足最严苛环保标准；退役光伏组件回收技术通过创新拆解与提纯工艺，高效分离组件中的贵金属与半导体材料并重新投入生产，形成“资源-产品-再生资源”的循环经济模式。这些技术特性不仅支撑电力系统清洁低碳转型，更通过减少化石能源消耗与污染物排放，为全球气候治理与可持续发展目标实现提供关键技术支撑。

4 电力工程与技术的发展趋势

4.1 能源结构转型下的技术发展导向

在全球能源结构加速向清洁主导转型的背景下，电力工程技术正经历从传统化石能源向可再生能源的技术范式转变^[4]。风电、光伏等新能源装机规模持续扩张，推动发电侧技术向高效化、灵活化方向演进。例如，超超临界燃煤技术通过提升蒸汽参数实现火电效率突破，碳捕集与封存技术为火电低碳化提供可行路径；柔性直流输电技术凭借快速响应特性，有效解决新能源间歇性接入导致的电网波动问题，成为新能源基地外送通道的核心支撑。特高压输电技术构建起跨区域资源调配大动脉，西北地区通过特高压直流工程将清洁能源输送至东部负荷中心，形成“电从远方来”与“就地消纳”的互补格局。

4.2 智能化技术在电力工程中的融合趋势

数字孪生、人工智能与物联网技术的深度融合，正在重塑电力系统的运行管理模式。数字孪生技术通过构建电网虚拟镜像，实现设备状态实时监测与故障预测，特高压变电站应用该技术后设备故障预测准确率超九成。人工智能算法优化负荷预测模型，可提前数小时预判用电峰值，为调度提供精准决策依据。物联网技术推动电网向“泛在感知”升级，智能电表与传感器网络实现用户用电行为动态捕捉，支撑需求侧响应机制落地。

虚拟电厂技术通过聚合分布式能源资源参与电力市场交易，为分布式发电与储能装置提供价值变现通道，推动电网从“单向供电”向“双向互动”转型。

4.3 绿色低碳目标对电力工程技术的驱动方向

碳定价机制与绿电交易市场的完善，倒逼电力工程技术向全生命周期碳管理演进。企业通过建立碳足迹数据库，对项目碳排放进行动态核算，采用高效电机系统、智能运维技术降低运营阶段碳排放强度。核电领域第四代反应堆商业化应用加速，高温气冷堆技术突破为核能制氢、工业供热等多元化利用开辟新路径。储能技术作为新能源消纳的关键支撑，液流电池、固态电池等长时储能技术加速突破，与新能源发电形成“捆绑式”开发模式，解决间歇性问题。

4.4 电力工程系统集成化与高效化发展趋势

电力电子集成技术向模块化、标准化方向演进，功率元件、电路元件与控制器的集成，显著降低系统损耗并提升自动化生产效率。综合能源服务模式推动电力工程向多能互补领域延伸，源网荷储一体化项目通过整合发电、电网、负荷与储能资源，实现区域能源自给率超八成。智能运维系统依托大数据分析优化设备检修策略，全生命周期成本降低。

结束语

电力工程技术作为电力行业发展的核心驱动力，在保障能源安全、促进节能减排、推动经济可持续发展等方面发挥着不可替代的作用。面对能源结构转型、智能化融合、绿色低碳等多重挑战与机遇，电力工程技术不断创新突破，持续优化升级。通过加强技术研发、完善标准体系、培养专业人才等举措，电力工程技术将进一步提升电力系统的稳定性、灵活性与经济性，为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系奠定坚实基础。

参考文献

- [1]侯健.探究配网电力工程技术可靠性影响因素及提高方法[J].中国设备工程,2022(21):221-223.
- [2]崔巍,丁峰.智能电网建设中电力工程技术的运用[J].光源与照明,2022(06):172-174.
- [3]吴昀茜.电力工程技术经济管理角度造价控制研究[J].老字号品牌营销,2022(03):104-106.
- [4]张家辉.可再生能源发电技术及其发展前景分析[J].能源与节能,2023(1):58-61.