

# 节能降耗措施在电力工程输配电线路中的应用

张志斌

国网山西省电力公司阳高县供电公司

**摘要：**输配电线路的能耗问题是电力工程中需要重视的一个重要环节。本文从线路能耗的成因入手，分析了电阻损耗、电容电感损耗等主要能耗部分，提出采用智能监测与诊断、优化输配电技术、无功补偿和应用新型节能材料设备等技术措施来降低线路能耗。同时也阐述了加强线路维护、优化负荷管理、建立管理体系和加强培训宣传等管理措施，为全面系统地开展输配电线路节能降耗工作提供了建议。

**关键词：**输配电线路；能耗；节能降耗；技术措施；管理措施

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.10.061

引言：能源短缺和环境污染等问题的日益严峻，使得节能减排在经济社会发展中举足轻重。作为电力工程的关键组成部分，输配电线路的运行存在一定的能量损耗，加大了电网运行成本。因此，采取有效措施控制和降低输配电线路能耗，具有重要的经济和社会效益。为应对当前能源约束加剧、节能减排加压的形势，结合最新的相关政策法规，从技术和管理两个层面综合施策，全面推进输配电线路的节能降耗工作十分必要。

## 一、输配电线路的能耗分析

输配电线路是电力系统的关键组成部分，其运行过程中难免会产生一定的能量损耗，这不仅增加了电网运营成本，也加剧了能源浪费和环境污染问题。因此，降低输配电线路的能耗水平，对于提高电网运营效率、节省能源、减少碳排放具有重要意义。输配电线路的能耗主要源于线路本身的电阻、电容和电感等因素在电流传输过程中所产生的电能损耗，这种损耗与电流大小、线路长度等多个因素相关，是电力传输过程中不可避免的现象。输配电线路的能耗包括电阻损耗、电容和电感损耗以及变压器损耗、无功损耗等其他损耗。电阻损耗是当电流通过导线时，由于导线本身的电阻而消耗的电能，其大小与电流的平方成正比、与导线的电阻率成正比、与导线的截面积成反比。电容和电感损耗则源于输配电线路中的电容和电感元件在交流电的作用下产生无功功率所致，这种损耗与线路的电压等级、长度及电容电感数值密切相关。此外，变压器在电压转换和电能传输过程中会产生铁损和铜损，而无功损耗则由于电力系统中感性负载和容性负载的失衡而形成。由此可见，输配电线路的能耗涉及多个环节，受多种因素的影响，因此需要对线路能耗进行全面精确的计算和评估，找出能耗高的原因和部位，以制定针对性的节能降耗措施。只有充分认识到输配电线路能耗的严重性和紧迫性，并采取有力有效的节能降耗对策，才能从根本上控制输配电线路的能耗水平，进而提高电网运行效率，实现能源节

约和环境友好。

## 二、节能降耗措施的技术应用

### （一）智能监测与诊断技术

智能监测与诊断是输配电线路节能降耗的基础性工作，其重要性不言而喻。传统的线路巡检方式存在滞后性、不精确等诸多缺陷，难以及时全面掌握线路运行数据，制约了节能降耗工作的有效开展。相比之下，应用智能传感器、在线监测等先进技术，可以实现对输配电线路各环节运行状态的实时动态监测，精准评估线路能耗水平，及时发现异常情况和潜在隐患，为制定针对性的节能降耗措施提供数据支持。以智能传感器为例，它可以持续采集线路温度、负荷、故障等多维数据，并将数据实时传输至监控中心，经过大数据分析处理后，可以生成准确的线路运行画像。基于此，管理人员能够清楚掌握线路中能耗较高的环节，明确存在的问题和原因，从而制定精准的节能降耗策略。此外，智能监测系统还可与电网其他子系统深度融合，促进优化配置电源、平衡负荷、降低线损等应用场景的实现，使节能降耗工作可持续、高效开展。当前，随着智能电网建设的加快推进，输配电线路智能化水平不断提高，未来将全面应用智能监测和智能运维技术，为输配电线路的节能降耗奠定坚实基础。

### （二）优化输配电技术

优化输配电网布局 and 结构设计是降低输配电线路能耗的重要途径。由于输配电线路本身存在一定的电阻、电感等因素，使得部分电能传输过程中以热量等形式损耗掉，而这种损耗与线路长度和电流强度密切相关。科学合理地选择线路走向、缩短线路长度，不仅可显著减少电阻损耗，还有利于降低无功功率的传输，从而达到节约能源的目的。此外，合理选择线路导线截面积和材质，同样是降低电阻损耗的有效手段。例如，采用铝包钢绞线作为架空导线，可以充分发挥铝质轻、导电性能好的优势，减少线路输电损耗。除了导线外，输

配电网络整体布置结构的优化也需要重视。根据用电负荷的实际情况，合理配置变压器容量并优化其布置方式，可以降低变压器自身损耗，缩短输电距离，起到事半功倍的节能效果。例如，对于负荷分散的用户而言，可以适当增加变压器数量并靠近负荷中心安装，避免长距离输电带来的线损。综合运用各种优化设计措施，输配电网络的整体能耗水平必将大幅降低。当前，随着能源约束加剧和节能减排压力加大，优化输配电网络正成为输配电线路节能降耗工作的重点，未来必将借助智能优化算法等新技术手段，实现输配电网络的科学高效布局。

### （三）无功补偿技术

无功补偿技术的广泛应用是实现输配电线路节能降耗的重要技术途径。在输配电系统中，常常存在大量无功负荷，导致系统内部出现较为严重的功率因数偏差，不仅加剧了线路损耗，还降低了电压质量，影响用户用电质量。无功补偿就是通过系统中合理布置无功补偿装置，从而提高系统功率因数、减少无功损耗的技术手段。常见的无功补偿装置主要包括电容器补偿、无功功率发生装置和无功电力电子装置等。其中，静止无功电源（Static Var Compensator, SVC）作为新一代无功补偿装置，利用先进的功率电子技术，可根据负荷变化自动调节无功电流，使系统功率因数保持在较高水平，已被广泛应用。此外，无功补偿技术在改善供电电压质量、提高输配电能力等方面也有重要作用。例如，在一些电压较低的线路上安装并联电容器，不仅可补偿无功功率，还可抬高线路电压。同时，无功补偿装置还能起到滤波、减少谐波的辅助效果。当前，无功补偿装置正向智能化、模块化发展，其灵活性、可靠性将进一步提高。可以预见，未来无功补偿技术必将在输配电线路节能降耗工作中发挥越来越重要的作用。

### （四）新型节能材料与设备的应用

推广应用新型节能材料和设备是输配电线路节能降耗的关键所在。传统的材料和设备在设计理念和制造工艺上存在一定的滞后性，其节能性能已难以满足当前输配电系统日益提升的节能需求。相比之下，新一代导线材料具有更低的电阻率和更高的导电性能，能够有效降低电阻损耗。以铝包钢绞线为例，它将铝与钢线捆绑在一起，可以充分发挥铝的优势，即质轻、导电性好，从而减少线路输电损耗。与此同时，新型树脂绝缘导线也可以大幅降低导线损耗，其在超高压输电线路中的应用前景十分广阔。除导线材料外，变压器作为输配电系统的重要组成部分，其能耗问题也需要高度重视。新型高效节能变压器在铁心、绕组等部件的设计和工艺上进行了全面优化，使变压器本身的能耗大幅降低。与此同

时，新型开关设备如永磁真空断路器、六氟化硫断路器等的应用，也将有效减少开关损耗。可以看出，新型材料和设备的广泛使用是输配电线路节能降耗工作取得成效的关键因素，必将为输配电线路带来能耗水平的重大下降，是今后较长时间内的重点工作方向。

## 三、节能降耗措施

### （一）加强线路巡视与维护

输配电线路作为电力系统的“生命线”，其安全可靠运行直接关乎着终端用户的供电质量。然而，在长期的运行过程中，线路难免会出现不同程度的故障和隐患，如果不及时排查和维护，不仅会影响电网运行的可靠性和稳定性，也会加剧电能的损耗和浪费。因此，加强输配电线路巡视和维护工作，对于提高电网运营效率、降低线路能耗至关重要。某地级市的一供电公司，该公司高度重视输配电线路维护工作，每年都会制定详细的巡视检修计划，组建专业的巡视队伍，采用人工和无人机航拍相结合的方式，对辖区内的所有线路进行全面彻底的检查，及时发现可能存在的风险隐患。一次巡视发现，某条10千伏输电线路的部分绝缘子出现了裂纹，如果不及时处理，很可能会引发更大的故障。维修人员迅速对其进行了更换，确保了该线路的安全平稳运行。据统计，仅这一次及时的维修，就避免了约3.5万千瓦时的线损，节约了近3万元的电费支出。可见，加强输配电线路的日常巡视与维护，对于降低线路能耗、提高电网效率具有重要意义。

### （二）优化负荷管理

电力系统的负荷水平和分布情况是决定输配电线路能耗的重要因素。一方面，当线路过载时，电流增大会加剧电阻损耗；另一方面，负荷分布不均会造成线路部分段的“空载”现象，导致电能输送过程中白白损耗。因此，合理优化负荷管理，科学调配负荷分布和运行方式，对于降低输配电系统的整体能耗具有重要作用。某大型工业园区的供电系统，由于园区内企业用电量较大且分布较为分散，一直以来用电高峰时段的线路能耗问题十分突出。针对这一问题，供电公司与管理方通力合作，制定了分时段、分区域的精细化用电计划，对不同时段内的负荷水平进行了预测和优化调度。例如在用电高峰时段，通过启动园区储能装置为部分企业供电，缓解线路负荷压力；同时对部分非关键负荷实施有序限电，避免出现线路过载的情况。通过这一系列举措，该工业园区的高峰时段线损率由之前的8.7%下降到了6.5%左右，年均节约电费约200余万元。可见，优化负荷管理不仅能够平衡电网供需关系，还可以显著降低输配电系统的线路损耗，是提高电网运营效率、降低

能耗的有效途径。

### （三）建立节能降耗管理体系

要彻底解决输配电线路能耗过高的问题，单纯依靠技术层面的节能降耗措施是远远不够的，更需要建立完善的节能降耗管理体系，将节能降耗理念贯穿于电网运营的方方面面。一方面，企业需要制定和完善节能降耗管理制度，明确节能目标责任，合理分工，形成长效机制；另一方面，也要建立科学的考核和激励机制，调动各级人员的积极性，确保各项节能降耗措施落实到位。某一大型电网公司，该公司近年来高度重视节能降耗管理工作，专门成立了以总经理为组长的节能降耗领导小组，统筹协调全公司的节能降耗工作。在此基础上，公司还制定了节能降耗中长期规划和年度目标责任书，将节能降耗目标层层分解，落实到各单位和个人。与此同时，公司建立了节能降耗考核机制和激励机制，将节能降耗工作纳入绩效考核范围，对节能成绩突出的单位和个人给予相应奖励。凭借这一系列管理措施，该公司近三年以来年均可节约电量超过2亿千瓦时，为公司和社会创造了可观的经济和环境效益。可见，只有将节能降耗理念融入企业管理的各个环节，形成合力，才能真正发挥节能降耗工作的最大效能。

### （四）加强培训与宣传

任何一项工作的开展，离不开全员的参与和支持。输配电线路的节能降耗工作也不例外，需要通过加强培训和宣传，增强全体员工的节能意识和参与度，促进各项措施的有效落实。良好的节能意识不仅是员工节约用能的基础，更有助于在日常工作中树立节能降耗理念，主动发现节能降耗的机会和潜力。某一大型电力公司，该公司高度重视节能降耗宣传教育工作，每年都会举办形式多样的培训活动，邀请专家解读节能减排政策法规，宣传节能降耗理念和技术措施。同时，公司还通过微信公众号、企业宣传栏等多种渠道开展节能宣传，并将节能降耗工作纳入班组建设和企业文化建设内容，营造了浓厚的节能氛围。在此基础上，公司员工的节能意识和主动性有了显著提升，纷纷建言献策，为线路运维和改造提供了诸多节能降耗的好建议，极大促进了节能降耗工作的开展。例如，某员工发现在没有输电负荷时，变压器仍在低效率运行，随即提出在无载运行期间切断变压器运行的建议，每年可节约约10余万千瓦时电量。可见，加强节能降耗宣传培训，有利于调动全员参与的积极性，更好地推进节能降耗各项措施的贯彻实施。

### （五）应用节能型变压器

变压器作为输配电系统中的关键设备，其能耗水平对整个系统的运行效率和能源消耗有着重要影响。传统

变压器在设计理念和制造工艺上存在一定的滞后性，存在较高的空载损耗和负载损耗，给输配电系统的节能降耗工作带来了诸多阻力。因此，应用节能型变压器就显得尤为必要和迫切。节能型变压器是在传统变压器的基础上，通过采用先进的制造工艺和新型节能材料，对变压器的铁心、绕组、冷却系统等关键部件进行全方位优化改造而研制的新一代变压器产品。与传统变压器相比，节能型变压器具有诸多优势：其一，空载损耗和负载损耗大幅降低，能效提高了20%以上；其二，采用无织布绝缘材料和环氧真空浇注工艺，使绝缘性能大幅提升，使用寿命更长；其三，采用自然通风或强制风冷散热方式，具备较强的耐热性和过载能力，可确保变压器在各种恶劣环境下的安全稳定运行；其四，体积更小、重量更轻，有利于变压器的运输和安装。可见，节能型变压器在降低能耗、提高效率、延长使用寿命等方面具有诸多优势，其广泛应用将为输配电系统节能降耗工作带来全新契机。随着节能减排理念的不断深入人心，以及新材料、新工艺不断涌现，变压器的节能环保性能必将得到进一步提升。例如，目前已经研制出无励磁调压节能型变压器，其无需励磁可大幅降低无功功耗；超导变压器利用超导体的零电阻特性，几乎不产生铜损，节能效果更加显著。

### 结束语

输配电线路的节能降耗不仅有助于降低电网运营成本和减少资源浪费，更是电力企业履行社会责任、推动可持续发展的应有之义。实施技术和管理双轮驱动的节能降耗工作，既需要电力企业持续加大研发投入、积极应用新技术新设备，又需要完善管理机制、强化精细化管理，促进节能降耗理念深入人心，形成节能文化。只有持之以恒地贯彻节能降耗理念，提升管理水平，输配电线路的节能降耗工作才能取得实实在在的成效，为实现绿色低碳循环发展贡献电力企业的力量。

### 参考文献

- [1] 董丁源. 节能降耗技术在电力工程输配电线路中的应用探究[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 000(012): 1028.
- [2] 邓多. 节能降耗技术在电力工程输配电线路中的应用分析[J]. 计算机产品与流通, 2017(9): 1.
- [3] 肖晗. 电力系统中的输配电线路的节能降耗分析[J]. 数字通信世界, 2021, (11): 118-120.
- [4] 朱金华. 配电线路节能降耗技术探究[J]. 电气传动自动化, 2021, 43(05): 35-38+18.
- [5] 韩鹏. 电力工程输配电线路中节能降耗技术应用分析[J]. 中国设备工程, 2019, (24): 66-68.