

输变电工程设计中环境因素的综合考量与优化设计策略

董康

杭州鑫泰电力设计有限公司，浙江杭州，311400；

摘要：输变电工程作为电力系统的关键组成部分，其建设与运行对周边环境产生着多方面的影响。本文探讨在输变电工程设计过程中需要综合考量的各类环境因素，包括电磁环境、噪声环境、生态环境以及景观环境等。详细分析这些环境因素对输变电工程设计的具体要求与限制，然后，提出一系列针对输变电工程设计的优化策略，涵盖线路设计优化、变电站设计优化以及施工与运维阶段的环境友好型设计措施等内容，旨在实现输变电工程建设与环境保护的协调统一，提高输变电工程的环境适应性与可持续性。

关键词：输变电工程；环境因素；优化设计；电磁环境；生态保护

DOI：10.69979/3060-8767.25.01.020

引言

随着社会经济的快速发展，电力需求持续增长，输变电工程的建设规模不断扩大。然而，输变电工程在为人们提供电力保障的同时，也不可避免对周边环境产生一定的影响。输变电设施产生的电磁辐射，对周围居民的健康和电子设备的正常运行造成潜在威胁；运行过程中的噪声会干扰周边居民的生活环境；工程建设破坏当地的生态平衡，影响动植物的生存繁衍。因此，在输变电工程设计阶段，全面、综合地考量环境因素，并采取有效的优化设计策略，对于减少工程建设对环境的负面影响，实现电力行业的可持续发展具有重要意义。

1 输变电工程设计中环境因素的综合考量的重要意义

1.1 保障公众健康与生活质量

输变电工程在运行过程中会产生电磁辐射、噪声等环境因素。若在设计时未充分考量，过高的电磁辐射会对周边居民的身体健康造成潜在威胁，如影响神经系统、免疫系统等，长期处于超标的电磁环境中甚至增加患癌风险。而不合理设计导致的噪声污染，会干扰居民的正常生活、睡眠与休息，引发烦躁、焦虑等不良情绪，降低生活的舒适度与幸福感。综合考量环境因素，合理规划输变电工程的选址、布局以及设备选型等，有效控制电磁辐射强度和噪声水平，保障公众在安全、安静的环境中生活，减少因工程建设带来的健康隐患，提升生活质量^[1]。

1.2 维护生态平衡与生物多样性

输变电工程的建设涉及大量土地占用与基础设施建设，如输电线路塔基的建设、变电站的修建等。这些

工程活动如果不考虑生态环境因素，会直接破坏动植物的栖息地，阻断生物的迁徙通道，影响它们的觅食、繁殖等活动。在森林地区建设输变电工程可能导致树木砍伐、植被破坏，使得依赖森林生存的动物失去家园；在湿地附近施工破坏湿地生态系统的完整性，影响众多珍稀鸟类、鱼类等生物的生存繁衍。综合考量环境因素，在设计阶段就避开生态敏感区或采取有效的生态保护措施，如采用高塔跨越减少植被破坏、设置生态廊道保障生物迁徙等，最大程度降低对生态系统的干扰，维护生态平衡，保护生物多样性，确保生态系统的稳定与可持续发展^[2]。

1.3 促进工程与周边环境的和谐共生

从自然景观角度看，若设计时忽视环境因素，会出现输电线路杆塔突兀地矗立在优美的山川湖泊之间，破坏自然景观的协调性与美感。而在人文景观方面，如在历史文化名城或古镇中建设的变电站，若设计风格与当地建筑格格不入，会破坏整体的文化氛围与历史风貌。综合考量环境因素，在设计中融入美学理念与文化元素，优化杆塔造型、颜色使其与自然环境相得益彰，变电站建筑风格与当地人文景观相呼应，可使输变电工程成为周边环境的有机组成部分，促进工程与环境的和谐共生^[3]。

2 输变电工程设计中需考量的环境因素

2.1 电磁环境

输变电工程中的电磁辐射主要来源于高压输电线路和变电站内的电气设备。在高压输电线路中，电流通过导线时会在周围空间产生磁场，而导线与大地之间的电位差则会产生电场。这些电场和磁场的强度与输电线路的电压等级、导线排列方式、导线高度等因素密切相

关。电压等级越高,电场强度和磁场强度通常也会相应增大;导线排列越紧密,电场和磁场的分布就越复杂。长期暴露在高强度的电磁环境中,会对人体健康产生一定的影响。虽然目前关于电磁辐射对人体健康的影响程度仍存在一定争议,但一些研究表明,过高的电场强度和磁场强度可能会增加患癌症、神经系统疾病以及心血管疾病的风险。同时,为保障公众健康和设备正常运行,各国都制定了相应的电磁环境标准与规范。我国规定不同电压等级输电线路下方和变电站周围的电场强度和磁场强度限值。在居民区,电场强度一般不得超过 4 千伏/米,磁场强度不得超过 0.1 毫特斯拉。这些标准是输变电工程设计时必须遵循的重要依据,设计师需要根据这些标准来确定输电线路的路径、高度以及变电站的选址和布局,以确保电磁辐射强度在规定的限值范围内^[4]。

2.2 噪声环境

输变电工程的噪声主要来源于变压器、电抗器、冷却设备以及输电线路的电晕放电等。变压器在运行过程中,由于铁芯的磁致伸缩和绕组的电磁力作用,会产生振动并发出噪声。电抗器的噪声产生原理与变压器类似,也是由于电磁力的作用导致铁芯和绕组振动。冷却设备如风机、冷却塔等则是通过机械运转产生噪声。对于输电线路,当电压等级较高时,导线表面的电场强度可能会超过空气的击穿场强,从而发生电晕放电现象,产生可听噪声。这种噪声在潮湿天气或夜间可能会更加明显。此外,输变电工程产生的噪声会对周边居民的生活、工作和学习环境造成不良影响。长期暴露在高强度噪声环境中,居民会出现听力下降、失眠、烦躁、记忆力减退等症状,严重影响生活质量。针对输变电工程噪声,国家也制定了相关的控制标准。在居民区,昼间噪声等效声级一般不得超过 55 分贝,夜间不得超过 45 分贝。在输变电工程设计中,设计师需根据这些标准,选择低噪声的设备,如采用静音型变压器、优化冷却设备的设计等,并采取有效的降噪措施,如设置隔音屏障、消声器等,以确保工程运行时周边环境的噪声达标^[5]。

2.3 生态环境

输变电工程的建设会破坏动植物的栖息地,输电线路的塔基建设需占用一定的土地面积,这直接破坏植被,导致一些动物失去栖息场所和食物来源。在一些森林地区,输电线路的建设会将大片森林分割成小块,破坏森林生态系统的完整性,使得一些野生动物的迁徙通道受阻,影响其种群的交流和繁衍。对于植物而言,工程建

设过程中的挖掘、填方等活动,会改变土壤的物理和化学性质,影响植物的生长和分布;同时,输变电工程的建设,还对生态系统的完整性产生间接影响。变电站的建设会改变局部地区的水文地质条件,影响地下水的流动和水位,进而影响周边湿地生态系统的功能。此外,工程建设过程中产生的废弃物、油污等污染物如果未经妥善处理,会进入土壤和水体,对生态系统中的微生物群落、水生生物等产生毒害作用,破坏生态系统的物质循环和能量流动平衡。在输变电工程设计中,应遵循生态环境保护的原则,尽量减少对生态环境的破坏。在输电线路路径规划时,应尽量避免自然保护区、森林公园、湿地等生态敏感区。如果无法避开,则需采取特殊的保护措施,如采用高塔跨越的方式减少对植被的破坏,设置生态廊道保障动物的迁徙通道等。对于变电站的建设,应做好场地的生态恢复工作,如在工程竣工后及时进行植被恢复,对施工过程中产生的废弃物进行分类处理和回收利用,以维护生态系统的完整性。

2.4 景观环境

输变电工程作为一种人工构筑物,其外观设计应与周边的自然景观相协调。在山区、森林等自然景观优美的地区,输电线路的杆塔设计应尽量简洁、美观,颜色应与周围环境相融合,避免过于突兀。杆塔的颜色可采用与当地岩石、树木相近的色调,使其在视觉上能够融入自然环境。同时,线路的走向也应考虑自然地形的起伏,避免对自然景观的轮廓线造成破坏。在河流、湖泊等水域附近,应避免输电线路跨越水面时对水景的视觉遮挡,可采用特殊的跨越方式或调整杆塔位置,以保持水域景观的完整性。除与自然景观协调外,输变电工程还应与周边的人文景观相融合。在历史文化名城、古镇、古村落等地区,变电站的建筑风格应与当地的建筑风格相呼应,体现地域文化特色。例在古建筑群附近的变电站,可以采用仿古建筑风格的设计,使其外观与周围的古建筑相统一,不会破坏当地的历史文化氛围。输电线路的杆塔也可以在造型或装饰上融入当地的文化元素,如在少数民族聚居地区,杆塔上可绘制一些具有民族特色的图案,增强工程与人文景观的融合性。

3 输变电工程的优化设计策略

3.1 线路设计优化

在输电线路设计时,应充分利用地理信息系统(GIS)等技术手段,对线路路径进行多方案比选。综合考虑地形地貌、地质条件、生态敏感区分布、城市规划等因素,选择对环境影响最小的线路路径。优先选择已有道路、

铁路等交通走廊或荒地、丘陵等非耕地作为线路走廊, 尽量避开农田、森林、湿地等生态敏感区域和居民密集区。同时, 线路路径应尽量减少转角和跨越, 以降低线路建设的难度和成本, 减少对环境的扰动。此外, 根据输电线路的电压等级、输送容量和环境要求, 合理选择导线型号和布置方式。在电磁环境要求较高的地区, 可选用分裂导线或紧凑型导线, 以降低导线表面的电场强度和磁场强度, 减少电磁辐射。例如, 采用六分裂导线代替传统的四分裂导线, 可以有效降低电场强度约20%-30%。在导线布置方面, 优化导线的相间距离和对地距离, 使其既能满足电气安全要求, 又能符合电磁环境标准。适当增大导线对地距离, 降低地面电场强度, 但也需要考虑杆塔高度增加带来的成本和景观影响。

3.2 变电站设计优化

变电站的选址应综合考虑电力负荷分布、交通运输条件、地质条件以及周边环境等因素。从环境角度出发, 应尽量远离居民区、学校、医院等环境敏感目标, 同时避免位于生态敏感区或景观保护区内。在城市规划中, 将变电站选址在工业园区、城市边缘的绿化带等区域, 既满足电力供应需求, 又减少对居民生活和生态环境的影响。在选址过程中, 还应进行详细的环境影响评价, 预测变电站建设和运行可能产生的电磁辐射、噪声、废水、废气等污染物对周边环境的影响程度, 并提出相应的防治措施。同时, 变电站的内部布局应合理紧凑, 减少占地面积, 降低对土地资源的占用。建筑设计应注重环保和节能, 采用环保型建筑材料, 提高建筑的隔热、隔音性能。变电站的外墙可采用新型的保温隔热材料, 减少热量的传递, 降低空调等制冷设备的能耗。在建筑造型方面, 应根据周边环境特点进行设计, 使其与周围景观相协调。如在城市中心区的变电站, 可采用地下式或半地下式建筑设计, 地面部分进行绿化或景观设计, 减少对城市景观的影响; 在郊区或乡村地区, 变电站的建筑风格更加自然、质朴, 与田园风光相融合。

3.3 施工与运维阶段的环境友好型设计措施

在输变电工程施工过程中, 应制定严格的环境保护措施。首先, 做好施工场地的临时防护, 如设置围挡、沉淀池、隔油池等, 防止施工扬尘、废水、油污等污染物扩散到周边环境。施工场地的出入口应设置洗车装置, 对进出车辆进行清洗, 避免车辆带泥上路产生扬尘污染。其次, 合理安排施工时间, 尽量避免在居民休息时间进行高噪声作业, 如打桩、混凝土浇筑等。对于施工过程

中产生的固体废弃物, 如建筑垃圾、废弃导线等, 应进行分类收集、回收利用或妥善处理, 避免随意倾倒。此外, 在生态敏感区施工时, 应采取特殊的生态保护措施, 如对施工区域进行植被移植和保护, 设置动物驱赶装置但避免伤害动物等。在输变电工程运维阶段, 应建立完善的环境监测体系, 定期对电磁环境、噪声环境、生态环境等进行监测。在变电站和输电线路周围设置电磁辐射监测点和噪声监测点, 实时监测环境指标的变化情况。一旦发现环境指标超标, 应及时采取措施进行整改, 如对设备进行维护检修、调整运行参数、增加降噪措施等。同时, 加强对运维人员的环境培训, 提高他们的环境保护意识, 规范运维操作流程, 减少因运维不当对环境造成的影响。运维人员在对设备进行检修时, 应妥善处理检修过程中产生的废油、废水等污染物, 避免其泄漏到土壤或水体中。

4 结论

输变电工程设计中对环境因素的综合考量与优化设计策略, 是实现电力工程建设与环境保护协调发展的关键环节。分析电磁环境、噪声环境、生态环境和景观环境等因素对输变电工程设计的影响, 并依据相关标准和规范, 制定出线路设计优化、变电站设计优化以及施工与运维阶段的环境友好型设计措施等一系列策略, 可有效减少输变电工程建设与运行对周边环境的负面影响, 提高输变电工程的环境适应性和可持续性。在未来的输变电工程设计与建设中, 应不断强化环境意识, 积极探索更加先进、环保的技术和方法, 为构建绿色、和谐的电力能源体系奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 聂慧莹, 冯华, 王文龙, 等. 山丘区输变电工程侵蚀环境及水土流失特征[J]. 水土保持研究, 2022, 29(2): 50-56.
- [2] 文凡, 王学明, 康鹏, 等. 输变电工程设计质量提升措施研究[J]. 电力勘测设计, 2020(z2): 19-24.
- [3] 潘葳. 输变电工程水土保持方案设计与实施脱节问题探讨[J]. 绿色科技, 2020(22): 143-144.
- [4] 李素萍, 池光湧, 韩方虎, 等. 输变电工程电磁环境防控措施分析[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(33): 105-108.
- [5] 刘应鹏. 浅谈220kV输变电工程对环境的影响[J]. 低碳世界, 2014(2): 108-108, 109.