

探究高压输电线路电气设计存在问题及解决措施

朱建宏

杭州交联电力设计股份有限公司，浙江杭州，310000；

摘要：在当今社会，电力已成为现代工业与日常生活中不可或缺的基础能源，宛如社会运转的“血液”，其稳定供应不仅直接关系到国家经济的繁荣发展和人民生活质量的稳步提升，更是衡量一个国家现代化程度的重要标志。高压输电线路作为这一庞大电力传输网络中的主动脉，承担着将电能从发电站安全输送至各个负荷中心的重任，更是连接能源生产与消费的关键纽带。基于此，笔者结合自身工作实践与研究成果，对高压输电线路中电气设计存在的问题及优化策略进行深度剖析，希望能够促进我国电力事业的高质量发展。

关键词：高压输电线路；电气设计；杆塔选型

DOI：10.69979/3060-8767.24.4.003

随着经济的快速增长和人口的不断集聚，电力需求呈现出爆炸式增长的趋势，这对高压输电线路的电气设计提出了前所未有的挑战。与此同时，电网技术的持续进步，如智能电网、特高压输电技术的研发与应用，为高压输电线路的设计带来了更多的可能性与更高的效率要求。因此，高压输电线路电气设计的质量与效率不再仅仅是技术层面的考量，更成为保障整个电力系统安全稳定运行、促进能源资源优化配置、推动经济社会可持续发展的关键因素。

1 高压输电线路电气设计存在的问题分析

1.1 电气特性与环境不匹配

输电线路需要横跨多样化的地理与气候条件，无论是冰雪覆盖的寒冷地带，还是酷热难耐的沙漠区域，亦或是湿润茂密的雨林以及干燥辽阔的高原。在这种复杂多变的环境背景下，电气设计所面临的一项重大挑战为如何巧妙地调整输电线路的电气特性以适应周围环境，从而保障线路的稳固和安全。举例来说，在寒冷的冰雪环境中，输电导线常被厚厚的冰雪包裹，不仅显著增加了导线的重量和承受的风力负荷从而影响电能的传输效率，还可能因过重负荷对导线和支撑塔架造成物理上的损害。而在沿海地区或盐碱地带，输电设备长期暴露在盐雾的侵蚀下，会加速其老化过程与削弱绝缘性能，进而提升线路发生故障的概率。

在特定的地磁条件下，高压输电线路产生的电磁场可能会与周遭环境相互作用产生干扰效应，对周边区域的电子设备及通信系统带来显著的负面影响。此外，急剧的温度波动、强劲的风力以及暴雨等极端自然现象也极有可能改变输电线路的电气属性，进而导致其正常运行受阻。高压输电线路常常需要横贯多样化的复杂地形

与多变的气候条件，若在设计阶段忽视了周边环境因素的全面考量，那么输电线路的电气特性可能会与这些环境条件不相适应，进而造成绝缘性能衰退，甚至对线路的结构安全构成重大威胁^[1]。

1.2 电磁场对周边设备干扰严重

在高压输电线路的运行过程中会产生电磁场这一自然现象，其根源在于导线内电流的流动。具体而言，电流流经导线时会在其周围形成一个电磁场，此电磁场的强度直接取决于导线中电流的大小和频率，由于高压输电线路承载着大电流传输的任务，所以伴随产生的电磁场强度也非常高。首先，这种高强度的电磁场环境会对周边众多电子设备产生明显干扰，尤其是那些对电磁干扰特别敏感的高端设备如精密的医疗诊断设备、关键的通信基站设施以及高性能的计算机数据处理系统等，都会受到相当大的负面影响。电磁场对于输电线路附近区域所造成的干扰现象将更为显著且直接，高精度科学仪器可能会因电磁场干扰而出现测量误差，通信设备可能会经常遇到信号不稳定或通话质量明显下降的情况，影响日常通讯的流畅性。同时，数据中心和大型服务器群可能面临数据传输错误增多或数据安全性受损的风险。

电磁场对周边的工业自动化体系也可能带来负面效应，现今众多工厂均极度依赖精确的自动化管控系统以保障生产流程的精准度与高效性，一旦电磁干扰出现便可能导致控制信号出现偏差或中断，进而造成生产线停滞或产出次品。此外，关于电磁场对人体健康带来的潜在风险一直是社会各界普遍关注的焦点，尽管到目前为止，科学研究尚未能提供确凿无疑的证据明确表明长期暴露于高强度的电磁场环境中会直接危害人体健康，但已有一些研究揭示，长期处于高强度的电磁场之中，

人们会经历头痛、身体倦怠、失眠等一系列不适反应，特别是在靠近高压输电线路的居民区域这些症状的发生尤为明显和频繁。因此，鉴于电磁场可能对公众健康和设备安全构成的潜在威胁，必须正视其对周边设备产生的干扰问题。这意味着应深入探究电磁场干扰的根源并采取及时且有效的措施来应对，以确保公众健康和设备运行的安全^[2]。

1.3 电气路径设计存在缺陷

路径规划在高压输电线路设计工作中占据核心地位，其不仅深刻影响着整个高压输电系统的稳定性和安全性，也是保证电力能够平稳、不间断地输送到千家万户和各类工业设施中的关键，并在很大程度上直接关系到线路的能耗水平，对节能减排、提升能源利用效率具有不可忽视的作用。

一旦路径设计未能经过科学严谨的分析与优化来达到最优效果，就容易引发一系列连锁反应而导致输电线路的整体建设成本急剧增加，这不仅包括直接材料费用、施工费用，甚至涵盖因设计不合理而需进行的后期调整、维护乃至重建等额外费用。另外，这种在线路方面的设计缺陷还会进一步削弱输电线路的运行可靠性，给电力系统的安全稳定运行带来重大隐患，严重时甚至会引发大规模停电事故，对社会经济活动和居民日常生活造成不可估量的损失。因此，高度重视并不断优化高压输电线路的路径规划是实现电力工业可持续发展、保障国家能源安全的重要举措。

1.4 杆塔基础型号选择不合理

高压输电线路中的电气设计工作具有一定的复杂性和精细性，其中塔杆选择的合理性直接关系到整体设计水平，具体而言，塔杆作为支撑高压输电线路的关键结构必须能够有效固定整个线路，并且在各种复杂的环境和条件下能够长时间保持稳定运行，而这也是保障电力输送安全、连续与高效的基础所在。设计团队在选择杆塔型号时必须充分考虑施工自然环境与电气耗材的实际情况，确保杆塔与这些因素的高度匹配，地基条件、气候条件、线路张力等因素未能在杆塔选择过程中得到恰当考虑，将会导致整个高压输电线路的稳定性受到严重影响，进而出现线路下垂、断裂，甚至引发杆塔倒塌等严重后果，对电力供应和公共安全构成巨大威胁。此外，杆塔的型号匹配并不意味着价格越高就越符合实际情况，比如黄土地基与软体地基在力学性能方面存在显著差异，设计人员如果未能结合高压输电线路的实际施工地质环境对地基条件进行深入分析，将无法选择出更具性价比的塔杆型号。

2 高压输电线路电气设计的优化路径

2.1 做好环境适应性调查与研究

近年来，全球气候变化与环境状况的不断恶化，使得高压输电线路所面临的种种挑战愈发严峻和复杂。因此，深化对输电线路适应各种环境能力的研究以保障其在极端恶劣条件下仍能维持安全稳定运行，是当前电气设计领域亟须解决的关键问题。输电线路途经的地形地貌极为丰富多样，从干旱的荒漠到湿润的雨林再到辽阔的平原与陡峭的山岭，这些截然不同的地理环境对输电线路的材料选择、结构设计以及绝缘性能提出了各自独特且严苛的要求与挑战。比如，在湿度大且温度高的雨林条件下，绝缘材料容易因受潮和霉菌影响而导致性能衰退；相反，在严寒的高山区域，输电线路则必须具备承受低温环境和冰雪重压的能力。

另外，气候变化无疑加剧了高压输电线路所面临的挑战，诸如强烈风暴、极端高温或低温等日益频繁的极端天气事件都可能对输电线路构成重大威胁。因此，在电气设计过程中必须增加针对极端天气的应对策略，以确保输电线路能够在极端气候条件下依然保持平稳运行。环境适应性研究还需涵盖对生物和化学因素的考量，例如一些地区的鸟类倾向于将输电塔作为筑巢地点，极有可能扰乱输电线路的运作，从而对输电线路的稳定与安全带来潜在风险。在工业环境中，由于可能存在的化学物质侵蚀，输电线路面临着额外的风险，这就要求应选用具备更高耐腐蚀性能的材料和设计来克服这一难题^[3]。

2.2 引入电磁屏蔽技术

电磁屏蔽是一种基于磁性、导电材料构建屏蔽体的技术方法，旨在削弱或消除电磁场在设备内外部之间的干扰，当导电材料在外部磁场中暴露后，其表面会感应出一层与外部磁场相反的电流。这些感应电流随之产生一个与原始磁场方向相反的电磁场以达到相互抵消的效果，进而减弱原始磁场所造成的影响。具体而言，在设计初始阶段，设计团队要先对能够最大程度上削弱电磁辐射的材料加以确定，鉴于铝、铜等磁性材料各自拥有独特的屏蔽效能和频率响应特性，设计过程必须全面考量输电线路所处的频率区间以及具体的电磁干扰状况，从而精准选择最为适用当前应用场景的屏蔽材料来实现屏蔽效果的最优化。

当屏蔽材料确定后需要在电气设计环节中采取螺旋状的导线布局策略，让导线之间所产生的磁场相互抵消；并结合电磁场方向合理调整组件与设备的具体方向，从而更好地降低磁场所产生的干扰效果，比如，若某设

备会产生水平方向的磁场辐射,则可以尝试将其磁场方向调整为垂直状态来降低干扰。此外,导线与组件的相对距离对于磁场的干扰效果也具有一定影响,距离越大则干扰越微弱,因此适当拓宽二者之间的距离对于高电流、电压设备的保护尤为重要。同时,电气设计不能依赖于单一性的屏蔽措施来实现更好的屏蔽效果,大多数情况下都需要采取组合型屏蔽手段来协同配合,并在此过程中分析与评估各种措施的优劣势,从而结合实际长期进行优化与完善。

2.3 合理规划高压输电线路架空路径

在着手规划与设计高压输电线路的架空路径前必须深入且细致地对其所穿越的区域进行考察与规划,确保详尽地掌握线路所经地区的交通条件与地形特征,以此来保证所获取的信息是准确无误的。为了提高道路资源的使用效率,防止资源浪费,需要对高压输电线路的架空路径设计实施合理的数量管控,确保路径数量的适宜性,避免资源被无效占用。同时,高压输电线路的架空路径规划应倾向于选择障碍物稀少且施工便捷的地段,以便降低施工过程中的难度。

当前,国家电网正大力倡导高压输电线路建设采取机械化施工手段,但一旦施工区域的交通状况不理想,大型机械设备难以充分发挥其功能,这会对施工进度构成障碍并可能引发施工质量的延误问题。针对这一问题,必须将高压输电线路的路径规划作为重中之重,使其能够巧妙地绕开交通繁杂和地形险峻的地区,从而确保机械化施工的顺利进行。在规划高压输电线路路径时,需要深入运用实地考察获取的数据,同时综合考虑地形特点、地貌差异以及环境约束等因素精心规划线路,使其能够灵活避开山林密布、城市繁华地段以及雨林覆盖等复杂地形。此外,在遭遇极端恶劣的自然环境挑战时,必须实施严密的安全保障措施有效预防高空重物坠落等危险情况的发生,以保障高压输电线路路径施工在安全、稳固的环境下推进,进而实现高压输电线路施工质量的整体跃升^[4]。

2.4 选择合适的杆塔型号

设计团队在对高压输电线路进行设计时,为使杆塔型号能够与线路保持高度契合性,必须在准备阶段对施

工环境开展全面性的勘查作业,尽量详细收集与分析高压输电线路途经区域的风向、风速、气温、降雨量等气象条件。同时,对于山川河流、平原丘陵分布情况等地貌特征;地质结构是否存在断层、滑坡等潜在地质灾害风险;以及土壤承载力、地下水位、土壤类型等土层状态信息进行调查,这些综合性数据的准确性与否对于杆塔选型与设计十分关键,也直接关系到杆塔的耐久性与安全性。

在确定杆塔选型后要对沿线运输路径和输电环境进行合理规划,这涉及到杆塔运输路线的选择,旨在保证大型杆塔部件可以安全、高效地运抵施工现场。在此过程中不仅要考虑输电走廊宽度、障碍物情况以及自然保护区、风景名胜等环保限制因素,避免建设过程中出现的不必要冲突与障碍^[5]。

3 结语

综上所述,尽管高压输电线路电气设计技术在不断进步,但在实际工程中仍暴露出路径选择不合理导致施工难度加大、杆塔选型不匹配引发结构安全隐患、电磁环境问题突出影响居民生活等现状,直接影响高压输电线路的建设成本、运行效率和公众接受度。因此,本文结合具体的电气设计问题提出相应的解决措施,希望能够对相关人士及企业有所帮助。

参考文献

- [1] 夏旭东. 高压输电线路电气设计常见问题及完善对策探究[J]. 冶金管理, 2024, (12): 75-79.
- [2] 许文胜. 探究高压输电线路电气设计存在问题及解决措施[J]. 冶金管理, 2024, (11): 69-72.
- [3] 王志超. 高压输电线路电气设计中存在的问题及解决对策[J]. 自动化应用, 2023, 64(S2): 89-91.
- [4] 杨坤, 雷李波. 高压输电线路电气设计问题及完善对策[J]. 低碳世界, 2023, 13(07): 64-66.
- [5] 周阳帆. 高压输电线路电气设计问题及完善对策探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (11): 13-15.
- [6] 王琼. 高压输电线路电气设计问题及完善对策探究[J]. 电力设备管理, 2021, (09): 71-72+74.