

电气工程输电线路规划设计

刘 鹏

宁夏水利水电工程局有限公司 宁夏 银川 750003

摘 要：本文聚焦电气工程输电线路规划设计，分析规划设计需遵循的原则，包括安全性、可靠性、经济性与环保性。详细探讨关键环节，如路径选择、杆塔选型、导线选型及防雷接地设计等。结合实际案例，分析规划设计中的常见问题及解决策略。旨在为电气工程输电线路规划设计提供理论支持与实践指导，提升输电线路运行质量与效益。

关键词：电气工程；输电线路；规划设计；关键环节；案例分析

1 引言

电气工程作为现代科技领域的核心学科之一，在能源传输与分配中发挥着关键作用。输电线路作为电气工程的重要组成部分，承担着将电能从发电厂安全、高效、稳定地输送到负荷中心的重任。其规划设计质量直接影响电力系统的运行可靠性、经济性和环境友好性。随着社会经济的快速发展和能源需求的持续增长，输电线路面临着更高的电压等级、更大的输送容量和更复杂的运行环境等挑战。例如，我国晋东南—南阳—荆门1000kV特高压交流输电工程，输送容量达500万千瓦，相当于5条500kV线路的总和，这对输电线路的规划设计提出了更为严苛的要求。因此，深入研究电气工程输电线路规划设计具有重要的现实意义。

2 电气工程输电线路规划设计需遵循的原则

2.1 安全性原则

安全性是输电线路规划设计的首要原则。在设计过程中，必须充分考虑线路在各种运行工况下的安全性能，确保线路能够承受预期的电流负载、电压降、短路电流等电气应力，以及风、冰、雪、地震等自然力的作用^[1]。例如，在设计导线截面时，要根据输电容量、线路电压等级和电流密度等因素，选择合适的导线截面，确保导线在正常运行和短路情况下都不会因过热而损坏。同时，要采取有效的防雷措施，如安装避雷线、避雷器等，减少雷击对线路的危害。

2.2 可靠性原则

可靠性原则要求输电线路在规定的时间内和规定的条件下，完成规定功能的能力。在规划设计时，要充分考虑线路的冗余设计和故障恢复能力，提高线路的抗干扰能力和稳定性。例如，采用耐张塔和直线塔相结合的杆塔结构形式，合理设置耐张段长度，限制线路故障范围，便于施工与检修。同时，要建立完善的线路监测和维护体系，及时发现和处理线路缺陷，确保线路的可靠

运行。

2.3 经济性原则

经济性原则要求在满足安全性和可靠性的前提下，尽可能降低输电线路的建设成本和运行成本。在设计过程中，要优化线路路径，减少线路长度和转角，降低线路走廊占地面积和拆迁费用。合理选择杆塔类型和材料，根据线路电压等级、地形地貌和气象条件等因素，选择经济实用的杆塔形式，如直线塔推荐猫头型、酒杯型结构，耐张塔优先干字型，钢材强度不低于Q420B级。同时，要考虑线路的运行维护成本，选择易于维护和检修的设备和材料，降低线路的全生命周期成本。

2.4 环保性原则

随着人们对环境保护意识的不断提高，输电线路规划设计必须充分考虑对环境的影响，遵循环保性原则。在设计过程中，要尽量避开生态敏感区和自然保护区，减少对生态环境的破坏和影响。合理规划输电线路走廊，尽量减少对土地的占用和破坏，并采取复垦和绿化等措施，恢复和改善土地利用条件。同时，要采取降噪措施，如使用低噪声导线、安装消声器等，降低输电线路运行时产生的噪声对周围环境和居民的影响。

3 电气工程输电线路规划设计的关键环节

3.1 路径选择

路径选择是输电线路规划设计的首要环节，其合理性直接影响线路的建设成本、运行可靠性和环境影响。在选择路径时，应遵循以下原则：

路径尽可能短：减少线路长度和转角，可以降低线路的建设成本和维护费用。同时，较短的路径也有助于减少线路的电阻和电抗，提高电力传输效率。

避开特殊区域：避免线路穿越森林、沼泽、矿区、居民区等难以施工和维护的区域。这些区域不仅会增加施工难度和成本，还可能对线路的安全运行造成威胁。例如，穿越森林区域可能会因树木生长触及导线而引发

短路故障；穿越矿区可能会因地下采矿活动导致地面塌陷，影响杆塔的稳定性的。

考虑线路安全性：线路应远离易燃易爆物品、高大建筑物、机场、电台等可能影响安全的因素。同时，要考虑线路与周边设施的安全距离，确保线路在正常运行和故障情况下不会对周边设施造成危害。

满足电磁环境要求：线路走向应考虑电磁场影响，减少对周边居民和设备的干扰。根据相关标准，输电线路周围的电磁场强度应控制在一定范围内，以保障人体健康和设备的正常运行。

在实际路径选择过程中，通常采用初步勘测、现场踏勘、障碍物测量、地质勘测等步骤，对比多个路径方案的安全性、经济性、施工难度等，选出最优方案，并根据现场实际情况和设计要求，对选定路径进行局部调整，确保线路更加顺畅、安全。

3.2 杆塔选型与定位

杆塔是支撑导线、地线、绝缘子和其他设备的结构，其选型与定位直接影响线路的安全性和经济性。

杆塔选型：根据线路电压等级、地形地貌和气象条件等因素，合理选择杆塔类型。直线塔主要用于承受导线的垂直荷载和风荷载，推荐采用猫头型、酒杯型结构，这种结构具有较好的力学性能和稳定性。耐张塔除了承受导线的垂直荷载和风荷载外，还要承受导线的张力，优先采用干字型结构，这种结构能够更好地锚固导线，限制线路故障范围^[2]。同时，杆塔材料应选择具有良好的机械性能和电气性能的材料，如高强度、耐腐蚀、防雷的钢材，钢材强度不低于Q420B级。

杆塔定位：根据线路路径和杆塔类型，确定杆塔的具体位置和高度，确保线路的安全性和稳定性。杆塔定位应考虑导线弧垂、气象条件和电压等级等因素，合理确定杆塔间距。在山区、丘陵等地形复杂地区，杆塔定位要充分考虑地形起伏对线路的影响，避免杆塔悬空或受力不均。同时，要合理确定杆塔高度，确保导线对地安全距离满足要求，防止发生触电事故。

3.3 导线选型

导线是输电线路的主要部分，用来传输电能。导线选型需综合考虑导电性能、机械强度、耐腐蚀性等因素，并根据实际气象条件和使用寿命进行选择。

导线材料选择：目前，输电线路多采用中心为机械强度高的钢线，周围是电导率较高的硬铝绞线的钢芯铝绞线。钢芯铝绞线比铜线电导率略小，但是具有机械强度高、重量轻、价格便宜等特点，特别适用于高压输电线路。根据铝、钢截面比的不同，钢芯铝绞线分为正常型

（LGJ）、加强型（LGJJ）、轻型（LGJQ）三种。在高压输电线路中，采用正常型较多；在超高压线路中采用轻型较多；在机械强度高的地区，如大跨越、重冰区等，采用加强型的较多。此外，铝合金线比纯铝线有更高的机械强度，大致与钢芯铝绞线强度相当，但重量比钢芯铝绞线轻，因而弧垂减小，档距可放大，可使杆塔基数减少或降低高度，但导电性能比铝线稍差，目前在生产上尚有一定困难，我国只在个别线路上使用。

导线截面选择：根据输电容量、线路电压等级和电流密度等因素，合理确定导线截面。导线截面过小，会导致导线电阻增大，线路损耗增加，同时限制了线路的输送容量；导线截面过大，会增加建设成本和材料消耗。因此，要根据实际情况进行综合考虑，选择合适的导线截面。

特殊环境导线选择：在特殊环境下，如海边及污秽地区，为提高导线的抗腐蚀能力，延长使用寿命，可采用镀铝钢线、铝包钢线、钢芯涂防腐油等防腐导线。北欧一些国家生产钢芯铝线时钢芯就涂以凡士林进行防腐保护^[3]。在大跨越、重冰区等地区，导线需要具备更高的机械强度和抗冰能力，可选择JL/LB20A630/45型铝包钢芯高导铝绞线，其安全系数可提升1.5倍。

3.4 防雷接地设计

防雷接地设计是输电线路规划设计的重要组成部分，其目的是保护线路和设备免受雷击的危害。

避雷线设计：避雷线又称架空地线，主要用于防雷和保护导线免受雷击。避雷线悬挂于杆塔顶部，并在每基杆塔上均通过接地线与接地体相连接。35kV线路一般只在进、出发电厂或变电站两端架设避雷线，110kV及以上线路一般沿全线架设避雷线。避雷线常用镀锌钢绞线，其保护角设计执行山区 $\leq 15^\circ$ 、平原 $\leq 10^\circ$ 标准，多雷区（年雷暴日 ≥ 40 ）需全线架设双避雷线，以提高防雷效果。

接地装置设计：接地装置是将杆塔、地线等设备与大地连接的部分，用于释放雷电流和故障电流。良好的接地装置可以保证设备和人员的安全。接地装置设计应根据土壤电阻率等因素，选择合适的接地体材料和布置方式。在高土壤电阻率（ $>2000\Omega\cdot m$ ）区域，可采用石墨基柔性接地体应对^[4]。同时，要确保接地体埋深符合要求，如一般地区接地体埋深应不低于0.6m，以降低接地电阻。某220kV线路因接地体埋深仅0.4m且未降阻，实测接地电阻达35 Ω （限值15 Ω ），导致雷击跳闸率激增3倍，充分说明了接地装置设计的重要性。

避雷器安装：在雷电活动频繁或杆塔接地电阻难以

降低的地区，可安装避雷器以进一步提高线路的防雷能力。避雷器能够在雷击时迅速将雷电流引入大地，保护线路和设备免受过电压的损害。

4 电气工程输电线路规划设计案例分析

4.1 案例背景

某地区计划建设一条220kV输电线路，以满足当地日益增长的电力需求。该线路途经山区、丘陵和平原等多种地形，沿线气象条件复杂，雷电活动频繁，且部分区域土壤电阻率较高。

4.2 规划设计过程

路径选择：经过初步勘测、现场踏勘和方案比选，最终确定了一条既满足安全性和可靠性要求，又兼顾经济性和环保性的路径。该路径尽量避开了森林、矿区等特殊区域，减少了线路长度和转角，同时考虑了电磁环境要求，确保线路对周边居民和设备的影响在允许范围内。

杆塔选型与定位：根据线路电压等级、地形地貌和气象条件，选择了猫头型直线塔和干字型耐张塔。在山区地段，采用了加强型杆塔以增强杆塔的稳定性；在平原地段，采用了常规型杆塔以降低成本。杆塔定位时，充分考虑了导线弧垂、气象条件和电压等级等因素，合理确定了杆塔间距和高度，确保了线路的安全性和稳定性。

导线选型：综合考虑导电性能、机械强度和耐腐蚀性等因素，选择了JL/G1A—300/25型钢芯铝绞线。该导线具有较高的导电率和机械强度，能够满足线路的输送容量和运行要求。同时，在海边及污秽地区，采用了铝包钢芯铝绞线以提高导线的抗腐蚀能力。

防雷接地设计：沿全线架设了双避雷线，保护角设计为山区 $\leq 15^\circ$ 、平原 $\leq 10^\circ$ 。接地装置采用了石墨基柔性接地体，以降低接地电阻。在雷电活动频繁的地区，安装了氧化锌避雷器，进一步提高了线路的防雷能力。

4.3 规划设计效果

该220kV输电线路建成投运后，运行状况良好，未发

生因规划设计不合理而导致的故障和事故。线路的输送容量满足了当地电力需求，电力传输效率得到了提高。同时，通过合理的路径选择和环保措施，减少了对环境的影响，实现了经济效益和环境效益的双赢。

结语

电气工程输电线路规划设计是一个复杂的系统工程，涉及多个学科和领域的知识。合理的规划设计能够保障电力系统的安全稳定运行，提高电力传输效率，促进经济社会可持续发展。在规划设计过程中，必须遵循安全性、可靠性、经济性和环保性原则，重点关注路径选择、杆塔选型与定位、导线选型和防雷接地设计等关键环节。未来，随着科技的不断进步和电力需求的持续增长，输电线路规划设计将面临更多的挑战和机遇。一方面，需要不断采用新技术、新材料，如紧凑型输电技术、超导材料、碳纤维复合材料等，以提高线路的输送能力、降低损耗、增强安全性能；另一方面，随着智能电网技术的不断发展，输电线路将实现智能化、自动化运行和管理，通过实时监测、预警、诊断、控制等手段，实现对输电线路的远程监控和故障快速处理，提高电网的安全性和可靠性。同时，还需要进一步加强输电线路规划设计的标准化和规范化建设，提高设计质量和效率，为电力工业的发展提供有力保障。

参考文献

- [1]杨丹,倪江,杨迎昕,等.输电线路规划方法和寿命周期成本综述[J].四川电力技术,2024,47(01):65-71.
- [2]程元智,于雯静.架空输电线路规划设计电气技术研究[J].电工技术,2024,(08):203-205+209.
- [3]寇磊.架空输电线路的规划设计和施工研究[J].光源与照明,2022,(06):196-198.
- [4]闫雪松,马红杰.高压架空输电线路路径规划技术研究[J].能源新观察,2025,(06):88-89.