

# 110kV及以上高压电缆线路设计

孙志成

广西鑫源电力勘察设计有限公司 广西 钦州 535000

**摘要:** 110kV及以上高压电缆线路设计是电力系统建设中至关重要的环节。本设计综合考虑电缆的结构、电气性能、机械性能及可靠性, 特别强调外护套的选择、回流线的布置、接地与防雷措施以及电缆敷设方式等关键要素。通过精细规划和科学计算, 确保电缆线路安全、稳定、高效运行, 满足电力负荷增长需求, 同时注重环保与可持续发展。本设计旨在为电力行业提供一套全面、实用的电缆线路解决方案。

**关键词:** 110kV及以上; 高压电缆; 线路设计

**引言:** 随着城市化和工业化进程的加快, 电力需求日益增长, 110kV及以上高压电缆线路作为电力传输的重要组成部分, 其设计质量直接关系到电力系统的安全稳定运行。本文旨在探讨高压电缆线路设计的关键技术, 综合考量电气性能、机械性能、经济性以及环保性等因素, 确保设计结果既符合电力传输需求, 又能满足现代社会对可持续发展的要求。

## 1 高压电缆线路设计基础理论

### 1.1 高压电缆的结构与类型

高压电缆主要由导体、绝缘层、护套等多个部分组成, 每个部分都发挥着不可或缺的作用。(1) 导体: 电缆的导体部分, 通常是由高导电率的金属制成, 如铜或铝。导体的主要功能是传输电流, 其截面积的大小直接决定了电缆的传输容量。(2) 绝缘层: 绝缘层位于导体与护套之间, 其主要作用是将导体与外界环境隔离, 防止电流泄露, 确保电缆的安全运行。绝缘材料通常选择具有良好绝缘性能和耐高温性能的材料, 如交联聚乙烯(XLPE)等。(3) 护套: 护套是电缆的外层保护结构, 其主要功能是保护电缆内部组件免受外界环境的损害, 如腐蚀、机械损伤等。常见的护套材料有聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯(PE)等。不同类型的电缆适用于不同的应用场景。例如, 油浸纸绝缘电缆因其优异的电气性能和良好的耐高温性, 常用于大型电站的出线电缆; 而交联聚乙烯(XLPE)绝缘电缆因其重量轻、结构简单、敷设方便等优点, 广泛应用于城市电网和工矿企业的输电系统。

### 1.2 电缆电气性能分析

电缆的电气性能是其设计的重要指标之一。电场分布和计算方法是评估电缆电气性能的基础。电缆在运行时, 导体上的电流会在绝缘层中产生电场, 电场的大小和分布直接影响电缆的安全性和使用寿命。因此, 需要

利用计算方法和仿真技术, 对电缆的电场分布进行精确分析, 确保电缆的设计符合运行要求。此外, 电缆的热性能也是电气性能的重要组成部分。电缆在运行时会产生热量, 过高的温度会加速绝缘材料的老化, 降低电缆的使用寿命。因此, 需要对电缆的热性能进行分析和计算, 确定电缆的最大载流量和散热条件, 确保电缆在运行过程中不会过热。

### 1.3 电缆的机械性能与可靠性

电缆的机械性能是指电缆在承受外部机械力时保持正常功能的能力。电缆在运行过程中可能会受到拉力、弯曲、扭曲等多种力的作用, 因此电缆需要具备良好的机械性能。同时, 电缆的可靠性也是其设计的重要考量因素。电缆需要能够长时间稳定运行, 不因外部环境变化或内部结构老化而出现故障。为了提高电缆的机械性能和可靠性, 需要选择合适的材料、制定合理的设计参数, 并对电缆进行严格的检测和测试。此外, 还需要采取有效的维护措施, 及时发现和排除潜在的故障隐患, 确保电缆的安全运行。

## 2 110kV及以上高压电缆线路设计要点

### 2.1 外护套的选择与特性

外护套作为高压电缆的重要组成部分, 不仅保护电缆免受外界环境的损害, 还影响着电缆的电气性能和机械性能。在选择外护套材料时, 需要综合考虑材料的电气性能、机械性能、耐候性、耐腐蚀性以及经济性等因素。(1) 材料特性分析。聚氯乙烯(PVC)和聚乙烯(PE)是两种常用的外护套材料。PVC材料具有良好的电气性能和机械性能, 耐候性和耐腐蚀性也较好, 但其耐高温性能相对较差, 且环保性有待提高。PE材料则具有更高的耐高温性能和环保性, 但机械性能稍逊于PVC。(2) 适用场景。PVC材料适用于一般环境条件下的电缆线路, 如城市电网、工矿企业等。而PE材料则更

适用于高温、高湿、腐蚀性强的特殊环境，如石油、化工、海洋等领域。（3）选择依据与标准。在选择外护套材料时，应根据电缆线路的具体使用环境、运行条件以及经济性等因素进行综合考虑。同时，还需参考国家相关标准和规范，确保所选材料符合标准要求<sup>[1]</sup>。

## 2.2 回流线的选择与布置

回流线在高压电缆线路中起着至关重要的作用，它不仅能够平衡电缆的电磁场，减少电磁辐射，还能提高电缆的载流量和稳定性。（1）回流线的作用与必要性。在高压电缆线路中，由于电流的存在，电缆周围会产生电磁场。这些电磁场不仅会对周围的电气设备产生影响，还可能引发安全隐患。通过设置回流线，可以有效平衡电缆的电磁场，减小电磁辐射对周围设备的影响，确保电缆线路的稳定运行。（2）回流线的设计原则与布置方法。在设计回流线时，应遵循以下原则：首先，回流线的截面积应足够大，以确保其能够承载足够的电流；其次，回流线的布置应尽可能与电缆平行，以减小电磁场的畸变；最后，回流线的材料应与电缆的导体材料相同或相近，以确保电流传输的顺畅<sup>[2]</sup>。在布置回流线时，可以采用单根或多根回流线的方式。单根回流线适用于电流较小、电磁场较弱的电缆线路；而多根回流线则适用于电流较大、电磁场较强的电缆线路。此外，还需注意回流线与电缆之间的距离和相对位置关系，以确保其能够发挥最佳效果。

## 2.3 接地与防雷设计

接地与防雷设计是确保高压电缆线路安全运行的关键措施。通过合理的接地设计和防雷措施，可以有效降低雷电对电缆线路的危害程度，确保电缆线路的稳定运行。（1）接地系统的作用与类型。接地系统的主要作用是将电缆线路中的故障电流迅速导入大地，避免故障电流对电缆设备和周围环境的损害。同时，接地系统还能平衡电缆线路的电压分布，减小电缆的绝缘压力。常见的接地系统类型有水平接地体、垂直接地体和复合型接地体等。（2）防雷设计的原理与方法。防雷设计的基本原理是采取有效的措施来拦截或分散雷电的能量，减小其对电缆线路的破坏程度。常用的防雷方法包括安装避雷器、设置避雷针和接地网等。其中，避雷器能够迅速将雷电能量导入大地，避免其对电缆线路造成损害；避雷针则能够引导雷电的能量向指定方向释放；接地网则能够与土壤形成较大的接地电阻，降低雷电过电压的峰值<sup>[3]</sup>。（3）接地与防雷设计的综合应用。在实际设计中，应将接地设计与防雷设计相结合，形成一套完整的防护措施。通过合理布置接地网和设置避雷器等措施，

可以有效提高电缆线路的防雷能力，确保其在雷电天气下的安全运行。

## 2.4 电缆敷设方式与路径选择

电缆的敷设方式和路径选择直接影响着电缆线路的投资成本和运行安全性。因此，在选择电缆敷设方式和路径时，需要综合考虑多种因素。（1）常见的电缆敷设方式及其特点。常见的电缆敷设方式有直埋、电缆沟、电缆隧道和桥架等。直埋方式具有投资少、散热好的优点，但检修和维护较为困难；电缆沟方式则便于检修和维护，但成本较高；电缆隧道方式则具有较好的环境控制和防火性能，但投资成本较高；桥架方式适用于室外电缆线路的架设，成本适中，便于维护。（2）电缆路径选择的的原则与方法。在110kV及以上高压电缆线路的设计中，电缆路径的选择是一项重要而复杂的任务，它直接关系到电缆线路的安全性、经济性和可靠性。（1）电缆路径选择的的原则。1）安全性：路径应避开滑坡、泥石流、洪水等自然灾害易发区，以及具有腐蚀性气体、易燃易爆等危险区域，确保电缆线路的安全运行。2）经济性：路径的选择应尽可能短，以减少材料用量和投资成本。同时，也要考虑施工难度和后期维护成本，确保整个项目的经济效益。3）可靠性：路径应避开频繁开挖或易受外力破坏的区域，确保电缆线路的长期稳定运行。4）环保性：路径的选择应减少对环境的破坏，避免对生态环境和人文景观造成不良影响。（2）电缆路径选择的方法。1）现场勘查：通过现场勘查了解地形、地貌、土壤、水文等自然条件和周围环境，确定可选路径。2）规划分析：结合城市规划、交通规划等相关规划，分析电缆线路与城市规划的协调性，选择符合规划要求的路径。3）技术评估：利用先进的地理信息系统（GIS）、遥感技术等手段，对可选路径进行技术评估，包括地形坡度、土壤电阻率、水位变化等因素的分析。4）经济比较：对可选路径进行经济比较，包括材料用量、施工难度、后期维护成本等方面的考虑，选择经济效益最优的路径。5）综合决策：综合考虑安全性、经济性、可靠性和环保性等因素，通过专家评审、公众意见征集等方式，进行综合决策，确定最终的电缆路径。在电缆路径选择过程中，还需注意与其他基础设施的协调与配合，如与管道、铁路、公路等交叉穿越时，应确保安全距离和防护措施，避免相互干扰和破坏<sup>[4]</sup>。

## 3 高压电缆线路设计的案例分析

### 3.1 实际工程概况与设计目标

本案例涉及的是某城市电力网络中的110kV高压电缆线路设计项目。随着城市的发展，电力需求日益增长，

现有的电网结构已不能满足日益增长的电力负荷需求。为了提高供电能力和电网可靠性,该城市决定新建一条110kV高压电缆线路。设计目标是在保证电缆线路安全稳定运行的同时,尽可能减少建设成本,并考虑到环保与可持续发展的要求。

### 3.2 设计过程与关键技术

#### 3.2.1 设计过程

在设计过程中,(1)进行了详细的现场勘查和数据收集,包括地形地貌、地质条件、交通状况、气象条件等。同时,对当地电力需求和电网结构进行了深入分析,明确了电缆线路的起点、终点和传输容量等基本参数。(2)根据现场勘查和数据收集结果,制定了初步的设计方案。设计方案中考虑了电缆型号、外护套材料、接地与防雷设计、电缆敷设方式和路径选择等因素。为了确保设计方案的合理性和可行性,采用了专业的电缆设计软件进行了仿真分析和计算。在仿真分析和计算的基础上,对初步设计方案进行了优化和调整,形成了最终的设计方案。最终设计方案中,选用了耐高压、耐高温、耐腐蚀的电缆型号,以及环保性能好的PE外护套材料。在接地与防雷设计方面,采用了复合接地网和避雷器的综合防护措施,以确保电缆线路的安全稳定运行。

#### 3.2.2 关键技术

在设计过程中,采用了多项关键技术,以确保电缆线路的安全稳定运行。(1)选用了先进的电缆设计软件,通过仿真分析和计算,对电缆的电气性能、机械性能和热性能进行了全面评估。(2)在接地与防雷设计方面,采用了复合接地网和避雷器的综合防护措施,以提高电缆线路的防雷击能力。(3)在电缆敷设方式和路径选择方面,充分考虑了地形地貌、地质条件、交通状况等因素,选用了合适的敷设方式和路径,以确保电缆线路的安全可靠性和经济性。

#### 3.3 设计方案的优化与比较

在设计过程中,对多个设计方案进行了优化和比较。通过对不同方案的电气性能、经济性、环保性和安全性等方面进行综合评估,最终选择了最优的设计方案。在电缆型号和外护套材料的选择上,比较了不同材料的性能特点和成本差异,最终选用了性能稳定、成本

低廉且环保性能好的PE外护套材料。在接地与防雷设计方面,比较了不同防护措施的防雷击能力和成本效益,最终选用了复合接地网和避雷器的综合防护措施。在电缆敷设方式和路径选择上,比较了不同方案的施工难度、成本和环境影响等因素,最终选用了合适的敷设方式和路径。

#### 3.4 设计方案的实施效果与评估

经过严格的施工管理和质量监控,该高压电缆线路设计项目顺利完工并投入使用。实施结果表明,该设计方案达到了预期的目标和要求。电缆线路运行稳定可靠,供电能力和电网可靠性得到了显著提高。同时,该设计方案充分考虑了环保和可持续发展的要求,得到了相关部门和用户的认可和好评。在评估过程中,对电缆线路的电气性能、安全性、经济性和环保性等方面进行了综合评价。结果表明,该设计方案在各项指标上均表现出色,具有较高的性价比和可实施性。同时,也针对实施过程中遇到的问题和不足进行了总结和分析,提出了改进和优化建议,为今后的设计工作提供了有益的参考和借鉴。

#### 结束语

110kV及以上高压电缆线路的设计,相较于普通中低压电缆线路,具有显著不同的特性。在设计过程中,深入理解这些特性至关重要。通过精心选择回流线及其布置方式、优化电缆接地方式以及合理确定电缆敷设方式,我们能够有效降低感应电压,最大化线路输送能力。这一系列的设计考虑将确保110kV及以上高压电缆线路的安全稳定运作,为电力传输提供可靠保障。

#### 参考文献

- [1]李兵.高压电缆线路设计工作中应注意的要点探析[J].通讯世界,2019,26(05):206-207.
- [2]皇甫天.探讨110kV及以上高压电缆线路的设计[J].通讯世界,2019,25(12):72-73.
- [3]朱晓斌.高压电缆线路电气设计研究[J].光源与照明,2021,(01):145-146.
- [4]张磊.高压电缆线路设计工作中的要点探讨[J].电工技术,2020,(24):111-112.