

# 城市化环境下超高压输电线路的电磁辐射防护研究

张 静

(上海其实电气科技有限公司, 上海 200042)

**摘要:** 随着城市化进程的加速和电力需求的不断增长, 超高压输电线路的建设与运营成为一种必然趋势。然而, 超高压输电线路所产生的电磁辐射对人类健康造成了一定的潜在威胁。因此, 对超高压输电线路电磁辐射防护策略的研究具有重要的现实意义。本研究旨在基于城市化环境条件下, 探索超高压输电线路电磁辐射的防护策略, 从而为城市化发展提供科学、可行的技术支持。

**关键词:** 超高压输电线路; 电磁辐射; 城市化环境; 防护策略

**中图分类号:** TM75

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.30.042

城市化进程的加速带来了对电力的快速增长需求, 为了满足当下需求, 超高压输电线路广泛用于城市和近郊地区。然而, 超高压输电线路辐射的电磁场对人类健康可能产生潜在的危害。尽管已经有一些相关研究对超高压输电线路的电磁辐射进行了评估和调查, 但很少有针对城市化环境下超高压输电线路的电磁辐射防护研究。本研究的目的是基于城市化环境条件下, 探索超高压输电线路电磁辐射的防护策略, 并提供科学、可行的技术支持。具体目标包括: 分析超高压输电线路电磁辐射对人体健康的潜在影响; 评估城市化环境对超高压输电线路电磁辐射的增强效应; 研究超高压输电线路电磁辐射的传播特性和规律; 探索超高压输电线路电磁辐射的防护技术和管理策略; 提出针对城市化环境下超高压输电线路的优化设计建议。

## 1 超高压输电线路电磁辐射的特点与危害

### 1.1 电磁辐射的定义与特点

超高压输电线路电磁辐射是指在输电线路运行过程中所产生的电磁场对周围环境和人体产生的辐射效应, 具有强度高、频率宽、辐射距离远、空间分布不均匀、辐射峰值具有周期性等特点。

(1) 强度高。超高压输电线路是大功率电网的主要组成部分, 其工作电压通常在 220kV 及以上, 因此其电磁辐射强度较高<sup>[1]</sup>。

(2) 频率宽。超高压输电线路所产生的电磁波的频率范围较宽, 包括直流、交流以及高频分量。

(3) 辐射距离远。超高压输电线路辐射范围较广, 其电磁波可以传播到较远的距离, 影响范围可能涉及周围几百米乃至数千米。

(4) 空间分布不均匀。超高压输电线路产生的电磁辐射强度在空间上存在较大的不均匀性, 主要由于线路形状和结构对电磁场分布的影响<sup>[2]</sup>。

辐射峰值具有周期性: 超高压输电线路电磁辐射的峰值强度常常随电流的变化而变化, 周期性较强。

### 1.2 超高压输电线路电磁辐射的危害

超高压输电线路电磁辐射产生的危害是一个备受争议的话题。虽然在科学界还没有确凿的证据表明超高压输电线路电磁辐射对人体健康造成明显的危害, 但是一些研究也发现了一些可能的负面影响。

首先, 超高压输电线路电磁辐射可能对人体的生殖系统产生影响。一些研究发现, 长期接触超高压输电线路电磁辐射的人群, 其生殖系统功能可能受到一定的影响, 包括男性精子质量下降和女性生殖能力降低等。

其次, 超高压输电线路电磁辐射可能对人体的免疫系统产生负面影响。一些研究表明, 长期接触超高压输电线路电磁辐射的人群, 其免疫系统的功能可能受到一定的干扰, 导致身体抵抗力下降, 易受感染和疾病侵袭<sup>[3]</sup>。

再次, 超高压输电线路电磁辐射还可能对人体的神经系统产生不良影响。一些研究发现, 长期接触超高压输电线路电磁辐射的人群, 其神经系统功能可能受到一定的干扰, 表现为失眠、头痛、注意力不集中等症状。

另外, 需要指出的是, 目前还没有充分的科学证据证明超高压输电线路的电磁辐射对人体健康造成明显的危害。国际上多个权威机构和科学家都对相关研究结果进行评估, 并未发现直接的证据支持超高压输电线路电磁辐射对人体健康的严重威胁。

最后, 鉴于上述研究结果和一些健康问题的可能性, 一些国家和地区采取了严格的防护标准和限制措施, 以减少超高压输电线路电磁辐射对居民的潜在影响。这包括限制居住区和学校等敏感场所的建设, 以及在超高压输电线路周围设置保护区等。

### 1.3 超高压输电线路电磁辐射的监测与标准

工频电场强度暴露限值为 5kV/m, 工频磁场强度暴露限值为 0.1 毫特斯拉。这个标准是国际非电离辐射防护委员会的标准, 目前是国际上最著名的标准, 也是世界卫生组织认可的。

目前我国磁场强度的标准如表 1 所示。

表 1 电磁辐射执行标准一览表

执行标准名称	监测项目	标准值	备注
《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HJ/T24-1998)	工频电场强度	4000V/m	50Hz
	工频磁场强度	0.1mT	

## 2 超高压输电线路电磁辐射防护技术综述

### 2.1 电磁辐射防护技术概述

(1) 辐射源的优化：减少辐射源的强度或频率，采用低功率、低频率的辐射源，减少辐射对人体的影响。此外，设计辐射源时还应考虑辐射的方向性和波束宽度等特性。

(2) 屏蔽技术：使用屏蔽材料或屏蔽结构来降低辐射的传播和辐射强度。例如，在建筑物内部使用金属屏蔽材料来阻挡外部无线电波的进入，或者使用金属屏蔽箱将电子设备包裹起来，防止辐射泄漏<sup>[4]</sup>。电场很容易被树木、栅栏和墙壁等常见物体屏蔽。

(3) 辐射监测与测量：通过使用辐射计和电磁辐射监测仪器，对工作场所、公共场所和居住区进行辐射监测与测量，确保辐射水平在安全范围内。

(4) 远离辐射源：尽量减少人体接触辐射的时间和距离，远离高辐射源或者减少使用电子设备的时间。

(5) 个人防护装备：使用个人防护装备，如防辐射眼镜、防辐射帽等，减少辐射对特定部位的影响。

### 2.2 国内外超高压输电线路电磁辐射防护技术现状

国内在超高压输电线路电磁辐射防护技术方面的研究相对滞后。一般通过增加地线的数量和深度，增强接地的效果，减少电磁辐射的影响。但是这些方法只能部分减弱辐射的强度。

与国内相比，国外在超高压输电线路电磁辐射防护技术方面的研究要更加深入和广泛。国外主要采用的措施是使用低辐射材料，例如在输电线路周围设置隔离带，减少电磁辐射对周围环境和人体的影响。同时，还可以通过改进输电线路的设计，减小电磁场的分布范围，保护人体健康。

## 3 超高压输电线路电磁辐射防护措施研究与分析

### 3.1 电磁辐射削减措施

#### (1) 线路结构与布置优化

通过优化线路结构和布置方式来减少电磁辐射，降低电源线的电磁场水平。例如，采用反平行架设方式可以降低线路的电场强度，同时增加线路之间的距离，减少互相之间的干扰。此外，选择合适的电缆绝缘材料和地线布置方式也可以降低电磁辐射。

低电磁场极设计：减少电磁场的常用方法是将线路(导体)

靠得更近。这减少了三个导体中每一个所产生的磁场，因为这些磁场相互干扰。总体效果是减少来自线路的总电磁场。

双回路磁极也可以减少磁场。双回路杆在一个结构上有两个电路。当建立双电路时，每一相导体的磁场将相互影响。这通常会导致磁场比仅使用一根传输线时所经历的磁场减少，如图 1 所示。

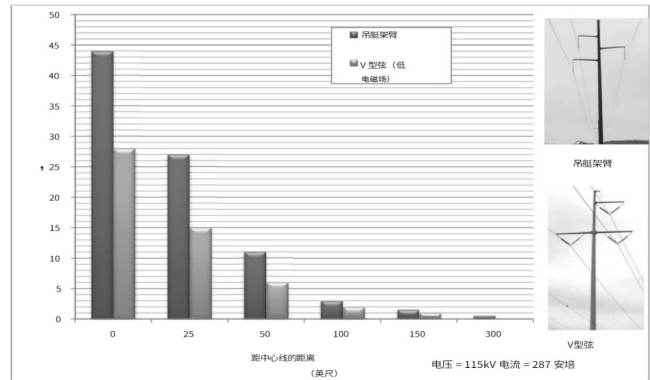


图 1 两种传输结构的电磁场

#### (2) 导线的圆形布置

导线的排列会影响输电线路产生的电场。第一种方法是小型化紧凑化杆塔。导体捆绑可将电场减弱 25% ~ 30%，将电线彼此靠近放置会减少电场，但系统的安全性会下降。第二种方法是改变导体的排列，将对称排列改为镜像排列会降低电磁场。圆形布置设计在这方面会更有效，但成本更高。第三种方法是沿着输电线路种植树木，以减少电场及对外的辐射。

相位转换：马来西亚的研究显示，采用适当的相位转换可以明显减少电磁场辐射。

#### (3) 材料选择与改进

选择低辐射材料以及对线路材料进行改进，可以减少电磁辐射。例如，选择低介电常数和低介质损耗的绝缘材料，可以降低电场强度和电磁波的辐射。同时，对导线的材料和工艺进行改进，减少电流的损耗和电磁辐射。

#### (4) 覆盖层设计

增加线路的覆盖层可以有效地减少电磁辐射。覆盖层可以通过缓解电场分布来减少电磁辐射。例如，采用带电导层的覆盖层可以将电场分布均匀化，减少电磁辐射。

#### (5) 线路间距调整

适度增加超高压输电线路之间的间距，可以有效地减少电磁辐射。通过增加线路之间的距离，可以减少线路互相之间的干扰，降低电磁辐射的程度<sup>[5]</sup>。而且，调整线路间距还可以减少线路爬雪或爬冰引起的电磁辐射。

### 3.2 辐射屏蔽措施

#### (1) 屏蔽材料选择与性能研究

选择合适的屏蔽材料对减少电磁辐射具有重要意义。屏蔽材料应具备较高的电磁屏蔽性能、导电性能和机械性能。

### (2) 屏蔽结构设计与优化

设计合理的屏蔽结构能够有效地减少电磁辐射。例如，在超高压输电线路的设计中，可以通过增加导电金属层的厚度或设置多层屏蔽结构来提高屏蔽效果。同时，考虑到电磁波的传播特性，合理布置屏蔽结构的形状和位置，能够有效地阻挡电磁辐射的传播路径，减少辐射波的扩散。

### (3) 地下布线技术研究

采用地下布线技术是一种有效的电磁辐射屏蔽措施。将电缆输电线路埋入地下，利用土壤和地下结构的屏蔽作用来减少电磁辐射的扩散。该技术有利于解决高压输电线路对周围环境和人体健康产生的电磁污染问题，同时还可以提高线路的安全性和稳定性。

## 3.3 辐射防护管理与监测

### (1) 法律法规制定与执行

相关部门可制定相应的法律法规，明确超高压输电线路的电磁辐射限值和管理标准。并对超高压输电线路的电磁辐射进行监督与管理，保障公众和环境的安全健康。

### (2) 辐射防护设备的研发与应用

在超高压输电线路的建设过程中，可以研发和应用辐射防护设备，减少电磁辐射对周围环境和人体的影响<sup>[6]</sup>。例如，可以采用分布式电源供电技术和无线传输技术等，减少超高压输电线路对电磁辐射的依赖，降低电磁辐射水平。

### (3) 辐射防护监测与评估

进行辐射防护监测与评估工作。相关部门可以建立监测网络，监测超高压输电线路的电磁辐射水平和分布情况。通过监测数据的分析和评估，可以及时发现超高压输电线路的辐射问题，采取相应的措施进行调整和改进。

## 4 总结与展望

### 4.1 研究工作总结及主要研究方向

**电磁辐射测量与评估：**通过实地的电场强度测量和频谱分析，对超高压输电线路的电磁辐射进行评估，确定其辐射范围和辐射水平。

**电磁辐射预测与建模：**通过数值仿真和建立电磁辐射专用模型，预测超高压输电线路的辐射场分布和辐射水平，为防护措施的设计提供依据。

**防护措施研究：**通过控制输电线路的电流、设计屏蔽装置等方式，减少超高压输电线路的电磁辐射水平。包括改进输电线路的结构和材料，以及优化输电线路的布局和设计，降低辐射的程度。

**健康影响评估：**对电磁辐射对人体健康的影响进行研究和评估，包括对辐射场对身体和生理功能的潜在危害，以及长期暴露下的慢性疾病的风险评估。

**政策法规和标准制定：**在研究的基础上，制定相应的政策法规和防护标准，规范超高压输电线路的电磁辐射防护工作。

### 4.2 研究的不足与改进方向

**缺乏系统性研究：**目前的研究多为单一因素对超高压输电线路电磁辐射的影响，缺乏综合考虑各种因素的系统研究。例如，建筑物和其他环境因素对电磁辐射的屏蔽效果、电磁辐射对人群健康的长期影响等。

**缺乏定量评估方法：**现有的研究大多是基于经验性的观测或模拟，缺乏定量的评估方法。这导致了在超高压输电线路的规划和建设中无法准确评估电磁辐射对周围环境和居民的影响。

**缺乏有效的防护措施：**目前对城市化环境下超高压输电线路的电磁辐射防护措施研究相对不足。研究需要进一步探索 and 提出有效的防护措施，以减少电磁辐射对周围环境和居民的影响。

## 5 结语

本研究围绕电磁辐射防护的策略、技术和方法展开，面对现实情况寻求解决方案和措施优化。在论文的研究过程中，我们不仅针对高压输电线路的辐射特性，也揭示了电磁辐射的传播和影响因素，并提出了有效的防护措施，为大家在电力工程规划中提供了指导和参考。

然而，我们也要认识到这一领域仍然存在一些挑战和未解决的问题。需要进一步研究的内容包括防护措施研究、电磁监测辐射方法的改进、基于新的规划措施的制定以及决策和公众参与。希望本研究能够为相关领域的学者和实践者提供思路和启示，并为未来的研究提供任务和方向。

### 参考文献：

- [1] 吴沛林, 黄贇. 探析高压输变电工程的电磁辐射及环境保护[J]. 绿色环保建材, 2021, (10): 181-182.
- [2] 郭小砾. 高压输变电工程与电磁辐射环境保护研究[J]. 黑龙江环境通报, 2021, 34(02): 22-23.
- [3] 叶先军. 高压输变电工程的电磁辐射及环境保护探析[J]. 机电信息, 2021, (02): 55-56.
- [4] 陈丽琴, 符兰. 新时代背景下基站电磁辐射防护重要性及对策研究[J]. 电子测试, 2019, (06) 35-36, 34.
- [5] 符义凡. 高压输变电工程的电磁辐射及环境保护[J]. 环境与发展, 2019, 31(02): 250, 252.
- [6] 杨淑艳. 电力通信基站电磁辐射环境保护及检测方法研究[J]. 能源与环保, 2022, (04): 72-76.

作者简介：张静（1969-），男，上海人，大学本科，工程师，主要从事超高压电力线路领域设计及相关研究。