

# 共享铁塔场景输电线路对 5G通信基站电磁影响研究

## Research on Electromagnetic Impact of Transmission Line on Communication Base Station in Shared Tower Scenario

杭一帆, 陈强, 陈天威 (中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司, 河南 郑州 450007)

Hang Yifan, Chen Qiang, Chen Tianwei (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

### 摘要:

5G基站与输电线路杆塔的共享是实现资源整合、节约国家资源的有效途径,研究此类共建站对周围电磁环境的影响可为其安全应用提供参考依据。对此,首先基于模拟电荷法分析了输电线路电磁环境对通信基站的影响,并对共享铁塔周围环境及通信天线搭载位置的工频电磁场进行了分析计算。最后,为降低工频电磁场对通信基站的影响,给出了基于共享铁塔的基站防护措施,为后续共享铁塔的建设提供参考依据。

### 关键词:

共享铁塔;通信基站;电磁环境

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2026.01.010

文章编号: 1007-3043(2026)01-0044-04

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

The sharing of 5G base stations and transmission line towers is an effective way to realize resource integration and save national resources. Studying the impact of such co construction station on the surrounding electromagnetic environment can provide reference for its safe application. On this basis, the influence of transmission line electromagnetic environment on communication base station is analyzed based on the charge simulation method, and the power frequency electromagnetic field around the shared tower and the location of communication antenna is analyzed and calculated. Finally, in order to reduce the influence of power frequency electromagnetic field on communication base stations, the base stations protection measures based on shared towers are given, which provide a reference for the large-scale construction of the sharing tower.

### Keywords:

Sharing tower; Communication base station; Electromagnetic environment

引用格式: 杭一帆, 陈强, 陈天威. 共享铁塔场景输电线路对5G通信基站电磁影响研究[J]. 邮电设计技术, 2026(1): 44-47.

## 0 引言

随着5G通信技术的迅猛发展,现有基站数量已不能满足5G网络覆盖的要求,而重新建设通信杆塔来架设5G基站不仅会加大通信运营商的投资,还面临选址困难等一系列问题,最终影响5G建设的整体进程<sup>[1]</sup>。在已有输电线路杆塔上加装5G天线等设施可以有效

解决上述问题,这种“共享铁塔”的经济模式实现了通信和电力基础设施的共建共享,双方都能实现较好的经济效益<sup>[2-3]</sup>。

共享铁塔虽有诸多优势,但也存在不少有待解决的安全隐患,例如由于电力系统的电压等级较高,输电线路周围存在着强大的电磁场,可能会对5G基站的正常运行产生干扰,严重时甚至会导致整个通信系统的瘫痪<sup>[4-6]</sup>。并且由于电力铁塔为大尺寸金属散射体,输电线路产生的电磁干扰会通过金属传导到5G基站

收稿日期: 2025-12-16

内,产生二次辐射电磁场<sup>[7-9]</sup>。此外,还需考虑输电线路周围的无线电干扰是否影响信号频率。因此,研究输电线路对基站的电磁环境影响有着重要的意义。

## 1 输电线路电磁环境影响

### 1.1 工频电磁场计算

输电线路周围电磁环境主要以工频电磁场为主。在工频电磁场领域运用最广泛的计算方法是模拟电荷法<sup>[6]</sup>。该方法首先将导体表面连续分布的自由电荷进行离散化,然后结合叠加原理建立矩阵方程,最后解析得出导体周围任意一点的电磁场值,共享铁塔的输电线路计算模型如图1所示。

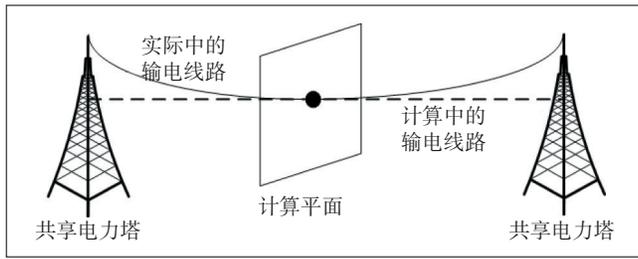


图1 共享铁塔输电线路的计算模型

将共享铁塔输电线路假设为无限长直导线 $i$ , $i'$ 为 $i$ 的镜像,导线距地高度为 $h_i$ ,电压为 $U$ ,单位长度电荷为 $q$ , $j$ 为另一平行导线,单位长度电荷为 $-q$ 。则导线 $i$ 的电位为:

$$U = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{R_i} \quad (1)$$

其中, $\epsilon_0$ 为真空介电常数, $R_i$ 为导线 $i$ 的半径。另设 $D_{ij}$ 为导线 $i$ 和导线 $j$ 间的距离, $D'_{ij}$ 为导线 $i$ 和导线 $j$ 镜像间的距离,则有:

$$q = \frac{2\pi\epsilon_0 U}{\ln \frac{2h}{R}} \quad (2)$$

令电位系数为:

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D'_{ij}}{D_{ij}} \quad (3)$$

$$\lambda_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_i}{R_i} \quad (4)$$

$$\lambda_{ij} = \lambda_{ji} \quad (5)$$

转换矩阵形式为:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ \lambda_{n1} & \cdots & \lambda_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

通过输电线路的电压等级可以得出对应的电荷 $Q$ ,令地面导线与其镜像导线的交点为参考原点,可以推导出输电线路周围点位 $P(x,y)$ 处的电场强度为:

$$E_x = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \left[ \frac{x}{x^2 + (y-h)^2} - \frac{x}{x^2 + (y+h)^2} \right] \quad (7)$$

$$E_y = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \left[ \frac{y-h}{x^2 + (y-h)^2} - \frac{y+h}{x^2 + (y+h)^2} \right] \quad (8)$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (9)$$

与工频电场类似,根据有限长载导线模型和毕奥—萨瓦定律可以计算线路周围任意处的磁场,设导线电流为 $i_{ab}$ ,则点 $F(x,y,z)$ 处的磁场强度为:

$$B = \frac{\mu_0 i_{ab}}{4\pi} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dl \times r_0}{r^2} \quad (10)$$

其中, $\mu_0$ 为真空磁导率; $r_0$ 为线单元 $dl$ 指向 $F(x,y,z)$ 的单位矢量。

### 1.2 无线电干扰计算

输电线路无线电干扰的计算方法主要依据的是CISPR经验公式,首先将输电线路中单位长度的线电荷来等效成整体线路的电荷,计算出导线表面的最大电位梯度<sup>[7]</sup>:

$$g_{\max} = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 n d} \left[ 1 + (n-1) \frac{d}{D} \right] \quad (11)$$

其中, $g_{\max}$ 为线路表面的最大电位梯度, $d$ 为导线直径, $Q$ 为导线等效电荷, $D$ 为分裂导线中心圆的直径, $n$ 为分裂导线的根数。

根据计算出的表面最大电位梯度结果,结合计算点距离和导线半径等参数,可以计算出输电线路无线电干扰,如式(12)所示。

$$E = 38 + 1.6(g_{\max} - 24) + 46 \lg r + 5 \lg n + 33 \lg \frac{20}{R} \quad (12)$$

其中, $E$ 为输电线路无线电干扰值, $r$ 为线路子导线半径, $R$ 为计算点到输电线路的距离, $n$ 为分裂导线数。

由于输电线路的无线电干扰属于有源干扰,由导线及附件的绝缘子放电及电晕放电产生,干扰信号频率较低,主要分布于1~30 MHz,而目前的4G/5G的信号频率高达千兆赫兹,远远高于无线电干扰的频率范围,因此可以忽略输电线路无线电干扰对通信基站造成的影响。

## 2 工频电磁场防护要求与分析

### 2.1 防护标准与要求

《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)颁布的公众暴露的控制限值为4 kV/m,此外《作业场所工频电场卫生标准》(GB 16203-1996)标准规定:职业人员在8 h内连续照射工频电场强度限值为5 kV/m,为保护基站设备及运维人员的安全,综上通信基站周围电场强度限值可设为4 kV/m。

《电磁兼容试验和测量技术工频磁场抗扰度试验》(GB/T 17626.8-2006)中规定了多种磁场试验等级,具体如表1所示,其中通信设备所处的电磁环境较为复杂,所处的等级为4级,其磁场强度的限值要求为30 A/m。

表1 建筑物与导线之间最小垂直距离

等级	1	2	3	4	5	X
磁场强度/(A/m)	1	3	10	30	100	待定

## 2.2 理论计算与分析

计算共享电力铁塔输电线路对通信基站的影响,首先要明确基站的安装位置。目前基站天线在共享铁塔的搭载位置主要包括塔顶、塔头身段和塔身3种,具体如图2所示。以常见的干字塔为例,3种搭载高度为11 m、28 m和36 m。本文以共享铁塔的输电线路为研究对象,对地面周围和天线搭载位置的电磁场进行模拟计算,其中输电线路的电压等级为500 kV。

通过对工频电磁场分布的模拟计算,得出输电线路周围电场和磁场强度结果如图3和图4所示。从图

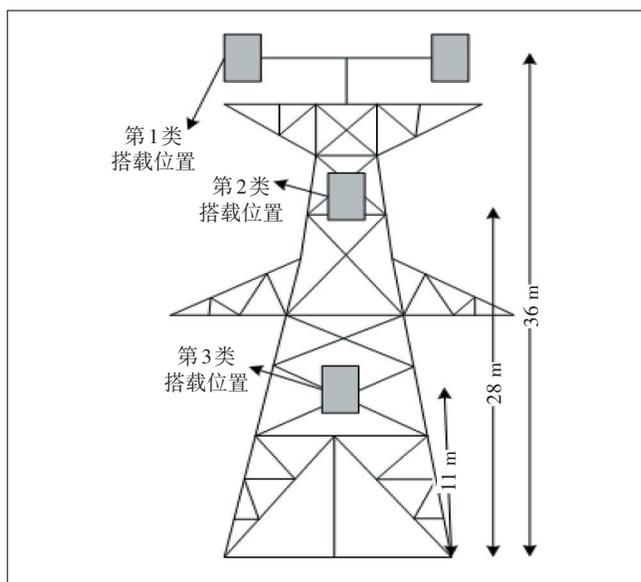


图2 输电铁塔天线搭载示意

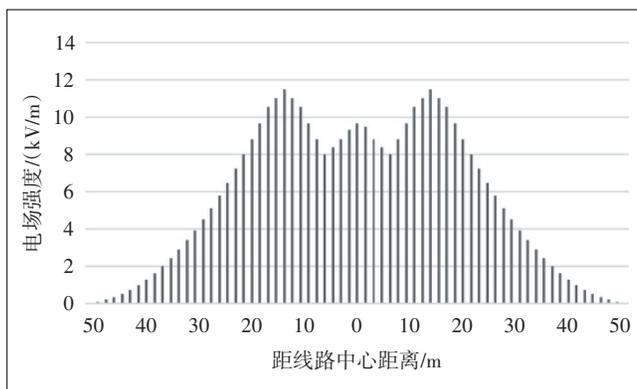


图3 输电线路周围电场强度分布

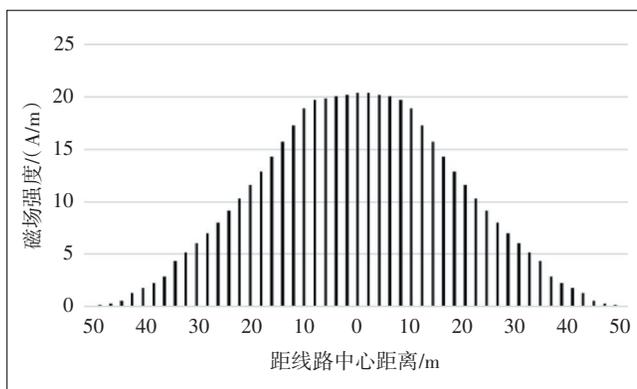


图4 输电线路周围电场磁度分布

3可以看出,电场强度最大值都出现在导线的正下方,随着距线路中心距离的增加,工频电场强度急速下降,当距离线路超过30 m时,电场强度能够满足第2.1节中的工频电场限值4 kV/m。磁场强度与电场强度分布规律类似,随着距线路中心距离的增加而迅速减小,在线路周围的工频磁场都能满足第2.1节中的工频磁场限值30 A/m。

对天线搭载位置的电磁场进行计算,得出的结果如表2所示。从表2可以看出,所有搭载位置的磁场强度都满足限制要求,而铁塔的第2和第3搭载位置会存在电场强度超标的风险,因此应尽量选择在塔顶搭载基站设备,当挂设位置必须在塔头身段或塔身时,应做好相关的防护措施,以保障基站设备的安全

表2 基站搭载位置处电磁场强度

搭载位置	架设高度/m	电场强度/(kV/m)	磁场强度/(A/m)
1	11	3.634	3.927
2	28	6.554	12.605
3	36	15.712	6.731

运行。

### 3 共享铁塔上基站防护措施

通过对共享铁塔的输电线路产生的电磁场分布进行分析计算,并对比工频电磁场防护限值要求,可以得出输电线路所产生工频磁场是否满足要求与天线搭载位置有关。由于工频磁场存在超标的可能,因此需要研究分析共享铁塔上基站相关防护措施。

输电线路周围电磁环境由导线内部电荷所产生,线路电压等级会严重影响导线内的电荷大小。输电线路的电压等级通常包括35 kV、110 kV和220 kV,不同电压等级周围电场强度的分布也会有很大差别,具体如图5所示。从图5可以看出,线路电压等级越高,周围电场强度的峰值越大,35 kV和110 kV线路周围的电场强度都能满足GB 8702-2014中电场强度限值要求,而220 kV线路在距线路中心距离15 m以内有超标的可能。

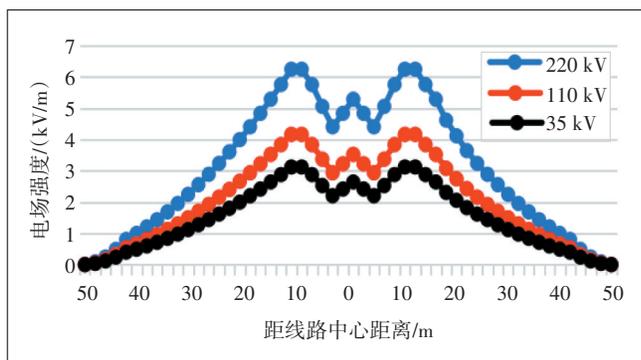


图5 不同电压等级输电线路电场强度分布

铁塔架设方式选择干字塔,基站挂设高度与表2保持一致,不同电压等级的基站搭载位置处的电场强度如表3所示。从表3可以看出,随着电压等级的降低,输电线路周围的电场强度也在下降,其中110 kV及其以下共享铁塔上基站搭载位置的电场强度都满足限值要求。因此为保障共享铁塔上基站的安全运行,可以选择在电压等级较低的共享铁塔上架设5G基站。

表3 不同电压等级的基站搭载位置处的电场强度

电压等级/kV	第1类位置 场强/(kV·m <sup>-1</sup> )	第2类位置 场强/(kV·m <sup>-1</sup> )	第3类位置 场强/(kV·m <sup>-1</sup> )
35	0.832	3.634	3.927
110	1.662	5.834	4.925
220	2.778	6.412	9.097

### 4 结论

通过运用模拟电荷法分析输电线路的电磁环境,结合共享铁塔周围环境及通信天线搭载位置的电磁场强度理论计算,可以得出500 kV电压等级干字型塔的天线搭载位置应尽量选择塔顶位置。此外,从减小工频电磁场对通信基站影响的角度出发,应尽量选择电压等级较低的35 kV和110 kV铁塔上架设基站。

本文只是针对输电线路的工频电磁场进行了分析,然而共享铁塔内还存在着其他隐患,比如当共享铁塔发生单相对地短路故障时,杆塔地网的地电位会升高,有可能造成5G通信设备的损坏。因此如何有效保障共享铁塔上基站的安全、可靠运行,是下一步需要重点研究的方向。

#### 参考文献:

- [1] 刘欣博,李宗阳,刘帆. 共享电力铁塔搭载通信基站经济效益分析模型[J]. 浙江电力,2021,40(2):73-77.
- [2] 鲁修学,胡淑兵,胡能萍. 电力铁塔与通信行业共享的技术研究[C]//2019年江西省电机工程学会年会论文集. 南昌:江西省电机工程学会,2019:308-311.
- [3] 宋广飞,常战庭,常兵. 铁塔共享模式下运营商基站资源整合研究[J]. 邮电设计技术,2017(12):51-54.
- [4] 张洲,曹枚根,龚坚刚,等. 共享铁塔电磁环境影响及防雷接地技术研究[J]. 浙江电力,2020,39(10):1-8.
- [5] 唐波,肖乔莎,齐道坤,等. 共享铁塔与航空无线电导航台防护间距的计算[J]. 中国科技论文,2020,15(7):835-841.
- [6] 杨彬,韩文,吴健,等. 交流输电线下建筑物邻近区域电场分布及其影响因素研究[J]. 智慧电力,2020,48(11):92-96,102.
- [7] 张建功,赵军,张业茂,等. 高压交流输电线路无线干扰数值方法研究[J]. 华北电力大学学报(自然科学版),2018,45(1):73-78.
- [8] 邵明驰,李秋生,黎丽华,等. 基站天线与输电线路共建时周围电磁环境分析[J]. 山东建筑大学学报,2020,35(6):83-90.
- [9] 楼佳悦,龚坚刚,曹枚根,等. 输电线路共享铁塔5G天线搭载高度及布置方式研究[J]. 浙江电力,2020,39(4):10-16.

#### 作者简介:

杭一帆,毕业于武汉理工大学,工程师,硕士,主要从事通信局站防雷与防护工作;陈强,毕业于西安交通大学,教授级高级工程师,学士,主要从事通信局站防雷与防护工作;陈天威,毕业于华北电力大学,工程师,硕士,主要从事通信局站防雷与防护工作。