

文章编号:1674-2869(2011)11-0090-05

# 110 kV 送电线路电磁环境影响评价

周德红

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

**摘 要:**架空送电线路运行期电磁对环境有一定的影响,如何预测其对环境的影响一直是送电线路环境影响评价的关键问题.110 kV 送电线路工程运行期间对环境的主要影响因子为工频磁场、工频电场以及无线电干扰.本文分析了 110 kV 送电线路运行期工频电场、工频磁场和无线电干扰对环境影响的预测计算模式,并以实际线路工程为例,评价单回线路 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔电磁对环境的影响,分析了其对环境影响的范围和程度.

**关键词:**环境影响评价;电磁;送电线路

**中图分类号:**X828

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.11.023

## 0 引 言

随着社会经济的高速发展,电网建设也不断地向大容量、超高压、远距离的输电技术发展.与此同时,送电线路施工期和运行期对环境的影响也越来越大,国家对送电线路运行期间的工频电场、工频磁场以及无线电干扰也提出了严格的控制要求<sup>[1-2]</sup>.本文以 110 kV 送电线路运行期间对环境造成的工频电场、工频磁场以及无线电干扰进行预测分析,确定其对环境的影响程度和范围,为 110 kV 送电线路环境影响评价技术提供技术支持.

## 1 110 kV 送电线路电磁环境影响模式预测

在对 110 kV 送电线路电磁环境影响的预测过程中,可以参考《500 kV 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)中的计算方法,具体见该规范附录 A、B、C 推荐的计算模式进行<sup>[3]</sup>.

### 1.1 电场强度

1.1.1 单位长度导线下的等效电荷 多导线线路工程中导线上的等效电荷可以由下列矩阵方程计算:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \dots & \lambda_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ Q_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中: $U_i$  为各导线对地电压的单列矩阵; $\lambda_{ij}$  为各导线电位系数组成的  $n$  阶方阵( $n$  为导线数目); $Q_i$  为各导线上等效电荷的单列矩阵;

1.1.2 等效电荷产生的电场 根据叠加原理,空间 $(x,y)$ 点的电场强度分量  $E_x$  和  $E_y$  可表示为:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left( \frac{x-x_i}{L_i^2} - \frac{x-x_i}{(L'_i)^2} \right) \quad (2)$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^m Q_i \left( \frac{y-y_i}{L_i^2} - \frac{y+y_i}{(L'_i)^2} \right) \quad (3)$$

式(2)(3)中: $m$  为导线数目;

$x_i, y_i$  为导线  $i$  的坐标( $=1, 2, \dots, m$ );

$L_i, L'_i$  为分别为导线  $i$  及其镜像到计算点的距离.

对于三相交流线路而言,空间中任一点电场强度水平和垂直分量为:

$$\bar{E}_x = \sum_{i=1}^m E_{ixR} + j \sum_{i=1}^m E_{ixI} = E_{xR} + jE_{xI} \quad (4)$$

$$\bar{E}_y = \sum_{i=1}^m E_{iyR} + j \sum_{i=1}^m E_{iyI} = E_{yR} + jE_{yI}$$

式(4)中: $E_{xR}$  为各导线实部电荷在该点处产生的场强水平分量;

$E_{xI}$  为各导线虚部电荷在该点处产生场强的水平分量;

$E_{yR}$  为各导线实部电荷在该点处产生场强的垂直分量;

$E_{yI}$  为各导线虚部电荷在该点处产生场强的垂直分量.

收稿日期:2010-09-18

作者简介:周德红(1978-),男,安徽宿松人,博士,讲师,注册安全工程师,注册安全评价师,注册环境影响评价师.研究方向:安全系统理论与应用,化工安全.

该点处的合成场强计算公式为:

$$\overline{E}=(E_{xR}+jE_{xI})\overline{x}+(E_{yR}+jE_{yI})\overline{y}=\overline{E}_x+\overline{E}_y$$
式中:

$$E_x=\sqrt{E_{xR}^2+E_{xI}^2}$$
 (5)

$$E_y=\sqrt{E_{yR}^2+E_{yI}^2}$$
 (6)

1.2 磁场强度

线路导线下方 A 点处的磁场强度值的计算公式为:

$$H=\frac{I}{2\pi\sqrt{h^2+L^2}}$$
 (7)

式(7)中: $h$  为 A 点距离导线的垂直高度;  
 $L$  为 A 点距离导线的水平距离;  
 $I$  为导线  $I$  中的电流值.

1.3 无线电干扰场强

在 0.5 MHz 时,高压交流输变电线路的无线电干扰场强计算<sup>[4]</sup>公式为:

$$E=3.5g_{\max}+12r-30+331g\frac{20}{D}$$
 (8)

式(8)中: $E$  为无线电干扰场强,dB( $\mu$ V/m);  
 $D$  为被干扰点与导线的距离,m;  
 $r$  为导线的半径,cm;  
 $g_{\max}$  为导线表面最大的电位梯度,kV/m.

$$g_{\max}=g[1+(n-1)\frac{d}{R}]$$
 (9)

式(9)中: $n$  为次导线的根数;

$d$  为次导线的直径,cm;  
 $R$  为通过次导线中心的圆周直径,cm;  
 $g$  为导线平均表面电位梯度,kV/m.

$$g=\frac{Q}{\pi\epsilon_0dn}$$
 (10)

式(10)中: $Q$  为每相导线的等效总电荷.

当线路中有一相导线的无线电干扰场强值至少大于其余每相导线 3 dB( $\mu$ V/m),那么高压交流输电线路无线电干扰场强值即为场强值. 否则,将按照式(11)进行计算:

$$E=\frac{E_1+E_2}{2}+1.5$$
 (11)

式(11)中: $E$  为高压交流输电线路无线电干扰场强,dB( $\mu$ V/m);  
 $E_1$ 、 $E_2$  为三相导线中最大的两个无线电干扰场强值,dB( $\mu$ V/m).

2 实例分析

安陆 110 kV 李畈输变电工程线路总长 19.5 km,其中双回线 2×15 km,单回线 4.5 km,对工程线路运行期工频电场、工频磁场及无线电干扰进行预测. 由于文章篇幅,此处只预测单回线路 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔对环境的影响,并选用 LGJ-240/30 型导线进行预测. 线路杆塔型式简图见图 1,参数的选取见表 1.

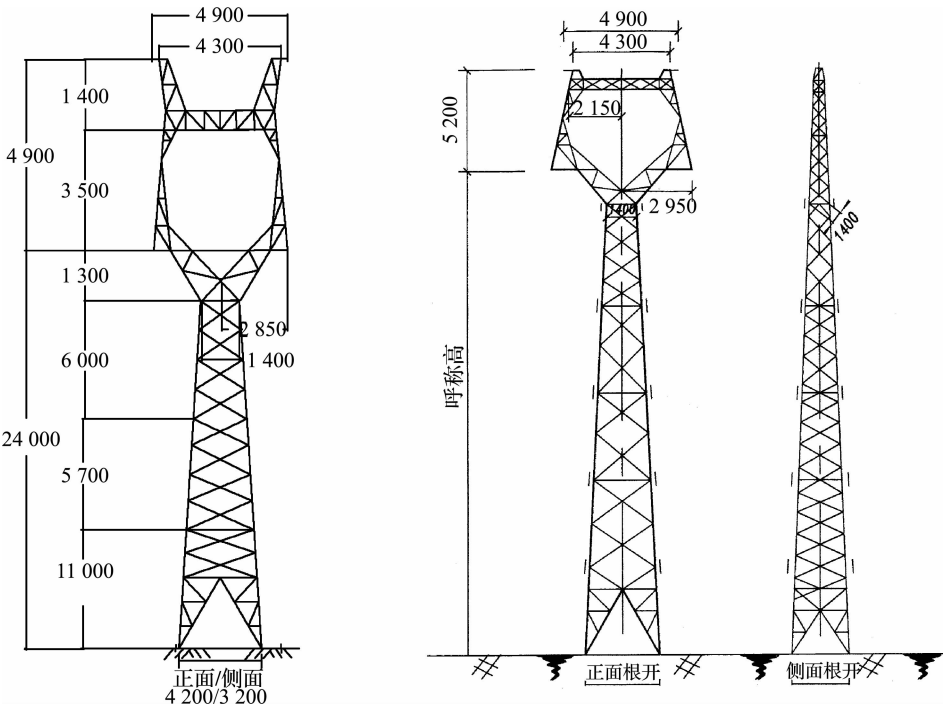


图 1 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔简图

Fig. 1 1B-ZM1 and 1B-ZM2 type tower

表 1 工程单回线路设计参数

Table 1 The engineering design parameters for single-circuit lines

塔型	单回路 1B-ZM1	单回路 1B-ZM2
	型杆塔	型杆塔
导线距中心	B(0,10)	B(0,11.7)
线距离及对	C(-2.85,7)	C(-2.95,7)
地距离/m	A(2.85,7)	A(2.95,7)
导线对地最	7	
小距离/m		
导线类型	LGJ-240/30	
导线外径/mm	21.6	
电流(A)	610	

2.1 预测计算结果

线路预测结果详见表 2~表 5 以及图 2~图 5.

2.2 送电线路电磁声影响评价

评价根据模式预测计算结果对 110 kV 输电

线路运行期间工频磁感应强度、工频电场强度及无线电干扰水平进行预测计算,说明其环境影响的范围和程度.

2.2.1 工频电场强度 从预测结果可以看出:距地面 1.5 m 高处,单回路 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔工频电场综合量最大值分别为 1.58 kV/m、1.68 kV/m,均出现在距导线中心 4 m 处,从图 2、图 4 中工频电场强度变化趋势来看,当预测高度为 1.5 m 时,线下各处预测值均小于 4 kV/m 的标准.

距地面 4.5 m 高处,单回路 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔工频电场综合量最大值分别为 3.30 kV/m和 3.83 kV/m,分别出现在距导线中心 0 m 和 3 m 处,从图 3 和图 5 中工频电场强度变化趋势来看,当预测高度为 4.5 m 时,线下各处预测值均小于 4 kV/m 的标准.

表 2 单回路 1B-ZM1 型杆塔工频电场强度、工频磁感应强度预测结果(地面 1.5 m 高处)

Table 2 The predictions for 1B-ZM1 type tower of the single-circuit transmission line (1.5 m)

距送电线路中心线 正投影的距离/m	工频电场强度 综合量/(kV/m)	工频磁感应强度/(10 <sup>-3</sup> mT)		
		水平分量	垂直分量	综合量
0	1.12	15.11	7.85	17.02
1	1.21	17.22	5.80	18.17
2	1.39	18.73	2.90	18.95
3	1.54	19.16	0.52	19.17
4	1.58	18.37	3.85	18.77
8	1.02	10.20	9.58	14.00
10	0.72	7.11	9.28	11.69
16	0.26	2.82	6.84	7.40
20	0.14	1.76	5.59	5.86
30	0.05	0.72	3.74	3.81
40	0.02	0.38	2.78	2.81
50	0.01	0.22	2.21	2.22
60	0.01	0.14	1.83	1.84

表 3 单回路 1B-ZM1 型杆塔工频电场强度、工频磁感应强度预测结果(地面 4.5 m 高处)

Table 3 The predictions for 1B-ZM1 type tower of the single-circuit transmission line (4.5 m)

距送电线路中心线 正投影的距离/m	工频电场强度 综合量/(kV/m)	工频磁感应强度/(10 <sup>-3</sup> mT)		
		水平分量	垂直分量	综合量
0	3.30	18.34	20.95	27.85
1	3.12	27.27	20.21	33.94
2	2.33	37.85	12.88	39.98
3	0.80	42.07	2.53	42.15
4	0.81	34.85	16.05	38.36
8	0.86	8.02	16.60	18.44
10	0.55	4.57	13.17	13.94
16	0.16	1.44	7.75	7.89
20	0.08	0.84	6.03	6.09
30	0.02	0.32	3.86	3.87
40	0.01	0.15	2.83	2.84
50	0.00	0.08	2.24	2.24
60	0.00	0.04	1.85	1.85

表 4 单回路 1B-ZM2 型杆塔工频电场强度、工频磁感应强度预测结果(地面 1.5 m 高处)

Table 4 The predictions for 1B-ZM2 type tower of the single-circuit transmission line (1.5 m)

距送电线路中心线 正投影的距离/m	工频电场强度 综合量/(kV/m)	工频磁感应强度/(10 <sup>-3</sup> mT)		
		水平分量	垂直分量	综合量
0	1.27	14.88	8.00	16.90
1	1.35	17.03	6.05	18.07
2	1.51	18.62	3.22	18.89
3	1.65	19.17	0.17	19.17
4	1.68	18.50	3.54	18.83
8	1.08	10.39	9.57	14.12
10	0.75	7.23	9.32	11.79
16	0.26	2.86	6.88	7.45
20	0.15	1.77	5.61	5.89
30	0.05	0.73	3.75	3.82
40	0.03	0.38	2.79	2.82
50	0.02	0.22	2.22	2.23
60	0.01	0.14	1.84	1.84

表 5 单回路 1B-ZM2 型杆塔工频电场强度、工频磁感应强度预测结果(地面 4.5 m 高处)

Table 5 The predictions for 1B-ZM2 type tower of the single-circuit transmission line (4.5 m)

距送电线路中心线 正投影的距离/m	工频电场强度 综合量/(kV/m)	工频磁感应强度/(10 <sup>-3</sup> mT)		
		水平分量	垂直分量	综合量
0	3.34	17.63	20.84	27.30
1	3.49	26.24	20.50	33.30
2	3.79	36.89	14.03	39.47
3	3.83	42.21	0.84	42.22
4	3.36	35.89	15.09	38.93
8	1.22	8.28	16.80	18.73
10	0.77	4.69	13.31	14.11
16	0.26	1.46	7.81	7.95
20	0.14	0.85	6.07	6.13
30	0.05	0.32	3.87	3.89
40	0.03	0.16	2.84	2.84
50	0.02	0.08	2.24	2.24
60	0.01	0.05	1.85	1.85

2.2.2 工频磁感应强度 工频磁感应强度预测结果均较小,单回路 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔距地面 1.5 m 高处的工频磁感应强度综合量最大值分别为  $19.17\times10^{-3}$  mT 和  $19.17\times10^{-3}$  mT;距地面 4.5 m 高处的最大值分别为  $42.15\times10^{-3}$  mT 和

$42.22\times10^{-3}$  mT. 预测值均小于 0.1 mT 的限值.

2.2.3 无线电干扰 110 kV 送电线路导线表面电位梯度为 11.034 kV/cm,小于 12 kV/cm,故不产生电晕,无线电干扰影响很小.

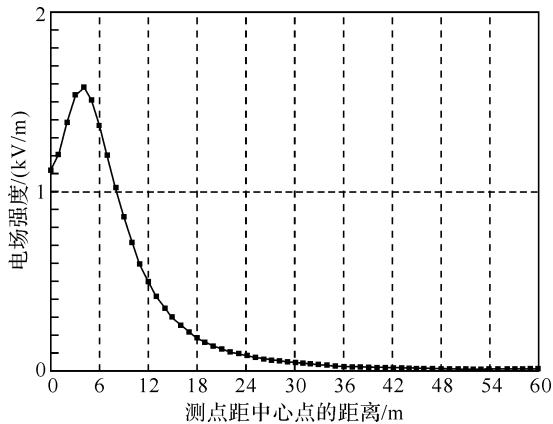


图 2 单回路 1B-ZM1 型杆塔工频电场强度综合量分布图(地面 1.5 m 处)

Fig. 2 The intensity distribution of frequency electric field for single-circuit 1B-ZM1 type tower (1.5 m)

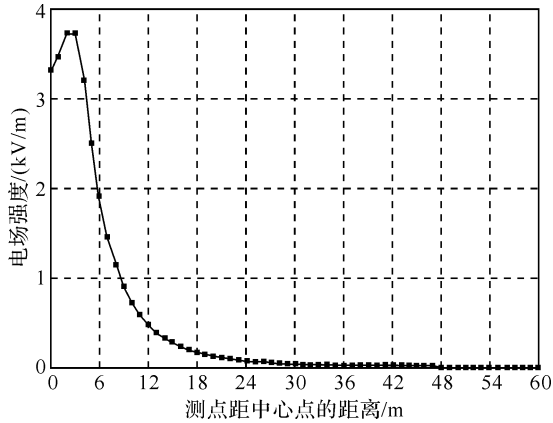


图 3 单回路 1B-ZM1 型杆塔工频电场强度综合量分布图(地面 4.5 m 处)

Fig. 3 The intensity distribution of frequency electric field for single-circuit 1B-ZM1 type tower (4.5 m)

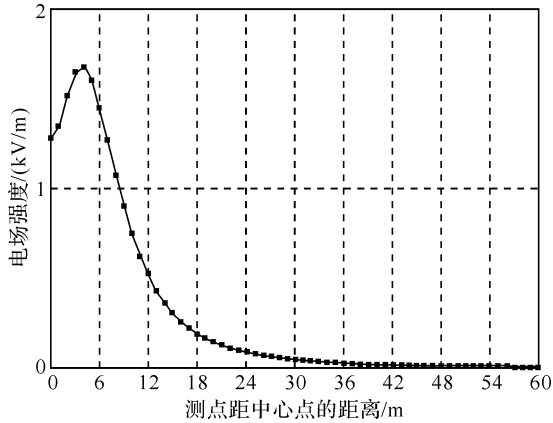


图 4 单回路 1B-ZM2 型杆塔工频电场强度综合量分布图(地面 1.5 m 处)

Fig. 4 The intensity distribution of frequency electric field for single-circuit 1B-ZM2 type tower (1.5 m)

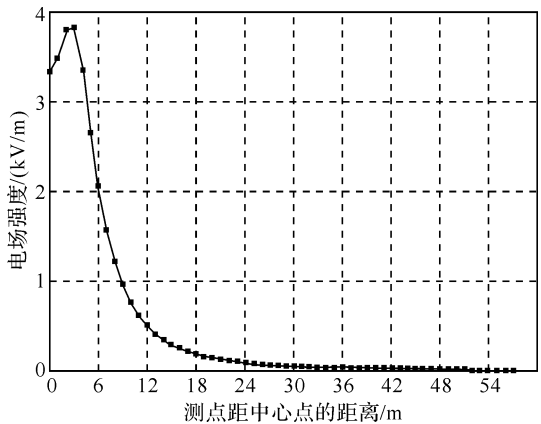


图 5 单回路 1B-ZM2 型杆塔工频电场强度综合量分布图(地面 4.5 m 处)

Fig. 5 The intensity distribution of frequency electric field for single-circuit 1B-ZM2 type tower (4.5 m)

3 结 语

输变电工程项目的环境影响评价因子包括声、水、生态、电磁环境等各个方面,具体工作中应根据不同线路的特点进行具体分析,并突出不同项目的主要环境影响. 本文以实际线路工程项目为例,针对 110 kV 送电线路运行期间单回线路的电磁对环境的影响进行了评价,并预测了其对环境的影响范围和程度,分析了环境达标情况,结论如下:

- a. 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔运行期,线下距地面 1.5 m 和 4.5 m 高处的工频电场强度预测值均小于 4 kV/m 的标准.
- b. 1B-ZM1 和 1B-ZM2 型杆塔运行期,线下距地面 1.5 m 和 4.5 m 高处的工频磁感应强度预测值均小于 0.1 mT 的限值.
- c. 110 kV 送电线路导线无线电干扰影响很小.

参考文献:

[1] 王忠亮,王燕杰. 输变电项目环境影响评价[J]. 能源及环境, 2009(7): 23-24.

[2] 曾挺健. 110 kV 户内变电所对环境电磁和无线电干扰影响的评析[J]. 华东电力, 2002(2): 9-10.

[3] HJ/T24-1998 500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.

[4] 国家环境保护总局环境工程评估中心. 环境影响评价技术方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.