

ICS 29.240

P 62

备案号: J2410—2017

**DL**

**中华人民共和国电力行业标准**

**P DL/T 5536 — 2017**

---

**直流架空输电线路对无线电台影响  
防护设计规范**

**Code for protective design of radio stations against effect  
from DC overhead power transmission line**

2017-11-15 发布

2018-03-01 实施

---

**国家能源局 发布**

中华人民共和国电力行业标准

直流架空输电线路对无线电台影响  
防护设计规范

Code for protective design of radio stations against effect  
from DC overhead power transmission line

**DL/T 5536—2017**

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2018年3月1日

中国计划出版社

2017 北 京

国家能源局  
公告

2017 年 第 10 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法(试行)〉及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52 号)有关规定,经审查,国家能源局批准《煤层气生产站场安全管理规范》等 204 项行业标准,其中能源标准(NB)62 项、电力标准(DL)86 项、石油标准(SY)56 项,现予以发布。

上述标准中电力管理、电工装备标准、煤层气及生物液体燃料标准由中国电力出版社出版发行,电力(火电)规划设计标准由中国计划出版社出版发行,《定制电力技术导则》由中国标准出版社出版发行,石油天然气标准由石油工业出版社出版发行,煤炭标准由煤炭工业出版社出版发行,锅炉压力容器标准由新华出版社出版发行。

附件:行业标准目录

国家能源局  
2017 年 11 月 15 日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
.....						
118	DL/T 5536—2017	直流架空输电线路 对无线电台影响防 护设计规范			2017-11-15	2018-03-01
.....						



## 前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技[2014]298 号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国际标准及最新科研成果,按照相关国家标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范主要技术内容有:总则、术语和符号、防护间距、防护间距计算、防护措施等。

本规范由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业电网设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮政编码:100120)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:**中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

**参 编 单 位:**中国电力科学研究院

山东电力工程咨询院有限公司

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

**主要起草人:**魏德军 许 泳 王 强 李 力 万保权  
梁 明 王 劲 胡 全 刘兴发 迟兴和  
干喆渊 张鹏姣 刘仲全 李育兵 唐 巍  
李会超 周 唯

**主要审查人:**李永双 苗桂良 尹 鹏 岳功昌 蔡晓梅  
王绍青 王华建 张国良 孟宪彬 黎 智  
张广洲 熊万洲 周 术 郑逸群 赵世雄  
李其生 劳建明



# 目次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术语和符号 .....	( 2 )
2.1	术语 .....	( 2 )
2.2	符号 .....	( 2 )
3	防护间距 .....	( 4 )
4	防护间距计算 .....	( 6 )
4.1	直流线路与短波无线电收信台、测向台防护间距计算 .....	( 6 )
4.2	直流线路与调幅广播收音台防护间距计算 .....	( 8 )
4.3	直流线路与电视差转台、转播台防护间距计算 .....	( 8 )
4.4	直流线路与对海远程无线电导航台、监测站 防护间距计算 .....	( 9 )
5	防护措施 .....	( 10 )
5.1	直流线路防护措施 .....	( 10 )
5.2	无线电台防护措施 .....	( 10 )
附录 A	大气噪声预估值 .....	( 11 )
附录 B	直流线路对短波无线电测向台产生的 测向误差计算 .....	( 12 )
	本规范用词说明 .....	( 13 )
	附:条文说明 .....	( 15 )

## Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms and symbols .....	( 2 )
2.1	Terms .....	( 2 )
2.2	Symbols .....	( 2 )
3	Protecting distance .....	( 4 )
4	Calculation of protecting distance .....	( 6 )
4.1	Calculation of protecting distance of DC overhead power transmission line with shortwave radio receiving stations and direction finding stations .....	( 6 )
4.2	Calculation of protecting distance of DC overhead power transmission line with AM radio receiving stations .....	( 8 )
4.3	Calculation of protecting distance of DC overhead power transmission line with television transposer stations and retransmitting stations .....	( 8 )
4.4	Calculation of protecting distance of DC overhead power transmission line with sea long range radio navigation stations and monitors .....	( 9 )
5	Protecting methods .....	( 10 )
5.1	Protecting methods of DC overhead power transmission lines .....	( 10 )
5.2	Protecting methods of radio stations .....	( 10 )
Appendix A	Estimate of atmospheric radio noise .....	( 11 )
Appendix B	Calculation method of error in direction measurement produced by DC overhead power transmission line on shortwave	



radio direction finding stations .....	( 12 )
Explanation of wording in this code .....	( 13 )
Addition; Explanation of provisions .....	( 15 )

# 1 总 则

**1.0.1** 为了贯彻执行国家的基本建设方针和技术经济政策,使直流架空输电线路对无线电台影响防护设计做到安全可靠、经济合理、技术先进适用,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于 $\pm 400\text{kV} \sim \pm 800\text{kV}$  直流架空输电线路对符合相关标准要求的无线电台有源干扰影响、无源干扰影响的防护设计。

**1.0.3** 直流架空输电线路对无线电台影响防护设计除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。



## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 直流线路 DC overhead power transmission line

本规范中的直流线路指 $\pm 400\text{kV} \sim \pm 800\text{kV}$  直流架空输电线路。

#### 2.1.2 有源干扰 active interference

由直流线路导线表面电晕放电等现象引起的无线电干扰。

#### 2.1.3 无源干扰 passive interference

由位于无线电台附近的直流线路金属体再次辐射电磁波引起的无线电干扰。

#### 2.1.4 防护间距 protecting distance

为保障无线电台正常工作而规定的直流线路至无线电台天线边缘的最小距离。

#### 2.1.5 无线电背景噪声 radio background noise

无线电接收信号中除有用信号外的其他信号。

### 2.2 符 号

$A$  —— 干扰分配系数；

$B_s$  —— 每倍程距离干扰场强的衰减量；

$d_{mi}$  —— 第  $m$  条输电线路的第  $i$  基杆塔与短波无线电测向台天线间的间距；

$D_p$  —— 防护间距；

$E_{01}$  —— 直流线路正极导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处、频率为 0.5MHz 的无线电干扰基准值(即好天气、平均值)；

$E_{02}$  —— 直流线路正极导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处、频



- 率为 1MHz 的无线电干扰基准值(即好天气、平均值);
- $E_{03}$  ——直流线路正极导线对地投影外侧 20m 处、在给定置信度水平和对应频率下的电视干扰(TVI)统计值;
- $E_{04}$  ——直流线路正极导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处、频率为 0.1MHz 的无线电干扰基准值(即好天气、平均值);
- $f$  ——短波无线电收信台工作频率或短波无线电测向台最低工作频率;
- $h$  ——直流线路杆塔高度;
- $h_d$  ——直流线路导线对地平均高度;
- $h_{mi}$  ——第  $m$  条输电线路的第  $i$  基杆塔高度;
- $k_1$  ——单基杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距系数;
- $k_2$  ——相对于单基杆塔,排列成行杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距增大系数;
- $N_{01}$  ——直流线路架设前,短波无线电收信台、测向台的无线电背景噪声;
- $N_{02}$  ——直流线路架设前,调幅广播收音台的无线电背景噪声;
- $R_d$  ——电视差转台、转播台正常工作时所需的防护率;
- $R_L$  ——对海远程无线电导航台站所需的防护率;
- $S_d$  ——电视差转台、转播台的最低接收信号场强;
- $S_L$  ——对海远程无线电导航台站的最低接收信号场强;
- $\theta_{\max}$  ——所有杆塔产生的总测向误差;
- $\theta_{mi}$  ——第  $m$  条输电线路的第  $i$  基杆塔产生的测向误差最大值;
- $\Delta E_f$  ——在 0.15MHz~4MHz 频段内,当短波无线电收信台工作频率、短波无线电测向台最低工作频率不为 0.5MHz 时,直流线路无线电干扰的频率修正值;
- $\Delta N_{01}$  ——短波无线电收信台、测向台允许背景噪声增量;
- $\Delta N_{02}$  ——调幅广播收音台允许背景噪声增量;
- $\delta_L$  ——考虑大气噪声后的信号场强修正值。



### 3 防护间距

3.0.1 直流线路与无线电台的距离应符合表 3.0.1 的规定。

表 3.0.1 直流线路与无线电台的防护间距(m)

序号	无线电台名称		电压等级	
			±400kV、 ±500kV	±660kV、 ±800kV
1	短波无线电收信台	一级	1600	2000
		二级	800	1100
		三级	600	700
2	短波无线电测向台		1600	2000
3	调幅广播收音台	一级	1000	1200
		二级	700	900
		三级	400	500
4	调幅广播监测台	一级	1600	2000
		二级	800	1000
		三级	400	500
5	电视差转台、转播台	VHF(Ⅰ)	400	500
		VHF(Ⅲ)	250	350
6	VHF/UHF 航空无线电通信台		250	300
7	对空情报雷达站	(80~300)MHz	1200	1600
		(300~3000)MHz	800	1000
8	无方向信标台		500	
9	超短波定向台		700	
10	常规、多普勒全向信标台		500	
11	常规测距仪台		500	
12	对海长波远程无线电导航台发射天线		500	

注：1 短波无线电测向台等还应验算无源干扰防护间距；

2 对雷达站、全向信标台应考虑遮蔽角要求；

3 调频广播差转台、转播台应按照 VHF(Ⅲ)频段电视差转台、转播台的防护间距加以保护。

- 3.0.2** 当直流线路与无线电台之间的距离不符合本规范表 3.0.1 规定的防护间距时,可根据直流线路和无线电台的具体情况,通过计算或测试评估直流线路对无线电台的干扰影响。
- 3.0.3** 当直流线路对无线电台存在干扰影响时,应采取必要的防护措施,并协商处理。



## 4 防护间距计算

### 4.1 直流线路与短波无线电收信台、测向台防护间距计算

4.1.1 直流线路对短波无线电收信台、测向台有源干扰影响的防护间距可按下列公式计算：

$$D_p = 10^{\left(\frac{E_{01} + \Delta E_f - N_{01} - 10 \lg(10^{0.1 \Delta N_{01}} - 1)}{20} + 0.85\right)} \quad (4.1.1-1)$$

$$\Delta E_f = 5 \{1 - 2[\lg(10f)]^2\} \quad (4.1.1-2)$$

式中： $D_p$ ——防护间距(m)；

$E_{01}$ ——直流线路正极导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处、频率为 0.5MHz 的无线电干扰基准值(即好天气、平均值)[dB( $\mu$ V/m)]，可通过计算或实测取值；

$\Delta E_f$ ——在 0.15MHz~4MHz 频段内，当短波无线电收信台工作频率、短波无线电测向台最低工作频率不为 0.5MHz 时，直流线路无线电干扰的频率修正值[dB( $\mu$ V/m)]；

$N_{01}$ ——直流线路架设前，短波无线电收信台、测向台的无线电背景噪声，即大气噪声[dB( $\mu$ V/m)]，频率为 1.5MHz、带宽为 1kHz 的 90% 时间大气噪声电平预估值可取为 12dB( $\mu$ V/m)，也可通过实测或按本规范附录 A 预估取值；

$\Delta N_{01}$ ——短波无线电收信台、测向台允许背景噪声增量[dB( $\mu$ V/m)]，可按表 4.1.1 取值；

$f$ ——短波无线电收信台工作频率或短波无线电测向台最低工作频率(MHz)。

表 4.1.1 短波无线电收信台、测向台允许背景噪声增量[dB(μV/m)]

序号	短波无线电收信台、测向台等级	允许背景噪声增量
1	一级收信台及测向台	0.5
2	二级收信台	1.0
3	三级收信台	1.5

4.1.2 当直流线路杆塔按相同塔高和档距直线排列时,单条直流线路对短波无线电测向台无源干扰影响的防护间距可按下式计算:

$$D_p = k_1 k_2 h \tag{4.1.2}$$

式中:  $k_1$  ——单基杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距系数(无量纲),当杆塔高度  $h \leq 50\text{m}$  时可取为 60,当杆塔高度  $50\text{m} < h \leq 150\text{m}$  时可取为 20;

$k_2$  ——相对于单基杆塔,排列成行杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距增大系数(无量纲),可按表 4.1.2 取值。

$h$  ——直流线路杆塔高度(m)。

表 4.1.2 排列成行杆塔防护间距增大系数

序号	平均档距/杆塔高度	防护间距增大系数
1	5~10	2.3~1.8
2	10~15	1.8~1.4
3	15~20	1.4~1.1
4	>20	1

4.1.3 当直流线路路径为任意走向、杆塔高度和档距为任意值或有多条输电线路同走廊走线时,所有杆塔对短波无线电测向台产生的总测向误差不应大于 1°。总测向误差可根据各基杆塔高度、杆塔与短波无线电测向台天线间的间距等参数按本规范附录 B 进行计算。

4.1.4 直流线路对短波无线电测向台的防护间距应取有源干扰影响防护间距和无源干扰影响防护间距两者中的较大者。



## 4.2 直流线路与调幅广播收音台防护间距计算

4.2.1 直流线路与调幅广播收音台的防护间距,可按下式计算:

$$D_p = 10^{\left( \frac{E_{02} + 16.5 \lg \left[ 1 + \left( \frac{h_d - 2}{20} \right)^2 \right] - N_{02} - 10 \lg (10^{0.1 \Delta N_{02}} - 1)}{20} + 0.6 \right)} \quad (4.2.1)$$

式中:  $E_{02}$  ——直流线路正极导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处、频率为 1MHz 的无线电干扰基准值(即好天气、平均值) [dB( $\mu$ V/m)], 可通过计算或实测取值;

$h_d$  ——直流线路导线对地平均高度(m),  $6 < h_d < 27$ ;

$N_{02}$  ——直流线路架设前, 调幅广播收音台的无线电背景噪声 [dB( $\mu$ V/m)], 可取为 20 [dB( $\mu$ V/m)], 也可通过实测或根据本规范附录 A 给出的值经频率、带宽修正后取值;

$\Delta N_{02}$  ——调幅广播收音台允许背景噪声增量 [dB( $\mu$ V/m)], 可按表 4.2.1 取值。

表 4.2.1 调幅广播收音台允许背景噪声增量 [dB( $\mu$ V/m)]

序号	调幅广播收音台等级	允许背景噪声增量
1	一级	0.4
2	二级	1.0
3	三级	1.5

## 4.3 直流线路与电视差转台、转播台防护间距计算

4.3.1 直流线路与电视差转台、转播台的防护间距可按下式计算:

$$D_p = 20 \times 2^{\left( \frac{E_{03} - S_d + R_d + A}{B_s} \right)} \quad (4.3.1)$$

式中:  $E_{03}$  ——直流线路正极导线对地投影外侧 20m 处、在给定置信度水平和对应频率下的电视干扰(TVI)统计值 [dB( $\mu$ V/m)], 可按表 4.3.1 或通过实测取值;



- $S_d$  ——电视差转台、转播台的最低接收信号场强[dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )], VHF(Ⅰ)频段可取为 46dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ ), VHF(Ⅲ)频段可取为 49dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ );
- $R_d$  ——电视差转台、转播台正常工作时所需的防护率(dB),可取为 40dB;
- $A$  ——干扰分配系数(dB),如在电视差转台、转播台附近存在有两个或两个以上干扰源时,可取为 3dB,只有直流线路一个干扰源时,可取为 0dB;
- $B_s$  ——每倍程距离干扰场强的衰减量(dB),可取为 6dB。

表 4.3.1 直流线路的电视干扰(TVI)参考值[dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )]

频段	$\pm 400\text{kV}$ 、 $\pm 500\text{kV}$	$\pm 660\text{kV}$ 、 $\pm 800\text{kV}$
VHF(Ⅰ)	30	31.8
VHF(Ⅲ)	21	23

#### 4.4 直流线路与对海远程无线电导航台、监测站防护间距计算

4.4.1 直流线路与对海远程无线电导航台、监测站接收天线的防护间距可按式计算:

$$D_p = 10^{\left(\frac{E_{04} - S_L + R_L + \delta_L}{20} + 0.85\right)} \quad (4.4.1)$$

- 式中:  $E_{04}$  ——直流线路正极导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处、频率为 0.1MHz 的无线电干扰基准值(即好天气、平均值)[dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )],可通过计算或实测取值;
- $S_L$  ——对海远程无线电导航台站的最低接收信号场强[dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )],北纬  $25^\circ$  以北可取为 54dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ ),北纬  $25^\circ$  以南可取为 60dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ );
- $R_L$  ——对海远程无线电导航台站正常工作时所需的防护率(dB),可取为 15dB;
- $\delta_L$  ——考虑大气噪声后的信号场强修正值(dB),可取为 6dB。

## 5 防护措施

### 5.1 直流线路防护措施

#### 5.1.1 直流线路方面可采取下列防护措施：

- 1 选用防晕性能好的绝缘子和金具。
- 2 合理选择杆塔高度和档距,宜采用不同高度的杆塔。
- 3 地线宜采用分段绝缘、单点接地方式。
- 4 通过优化导线截面、子导线根数及导线布置方式,降低导线表面电场强度。

5 调整直流线路路径,与无线电台间保持合理距离,充分利用接近段地形地物的屏蔽作用,宜从无线电台天线的非主接收方向通过。

### 5.2 无线电台防护措施

#### 5.2.1 无线电台方面可采取下列防护措施：

- 1 改进天线性能,如采用方向性强、增益高的天线型式;或改造天线,如短波无线电测向台将小孔径天线改造为大孔径天线。
- 2 加大发射功率。
- 3 采用抗干扰能力强的信号波形和传送方式。
- 4 采用抗干扰能力强的新型设备或更新部分设备。
- 5 采用抗干扰能力强的设备软件。
- 6 迁移天线位置。
- 7 搬迁无线电台。



## 附录 A 大气噪声预估值

**A. 0.1** 不同经纬度、不同季节、不同时段、频率为 1.5MHz、带宽为 1kHz 的 90% 时间大气噪声电平预估值可按表 A. 0. 1-1、表 A. 0. 1-2 取值。

表 A. 0. 1-1 夏季大气噪声电平预估值[dB( $\mu$ V/m)]

经度(°) 时间(h) 纬度(°)	60~75		75~90		90~105		105~120		120~135	
	0~4	16~20	0~4	16~20	0~4	16~20	0~4	16~20	0~4	16~20
40~50	26	28	26	28	19	16	19	15	27	9
30~40	30	39	31	37	30	36	29	32	34	27
20~30	31	38	33	37	35	38	37	37	39	33
10~20	30	30	33	37	36	40	42	41	47	45

表 A. 0. 1-2 冬季大气噪声电平预估值[dB( $\mu$ V/m)]

经度(°) 时间(h) 纬度(°)	60~75		75~90		90~105		105~120		120~135	
	0~4	16~20	0~4	16~20	0~4	16~20	0~4	16~20	0~4	16~20
40~50	19	18	19	18	15	20	15	20	19	—
30~40	24	18	23	21	22	20	19	18	22	18
20~30	27	22	25	23	25	22	24	21	24	21
10~20	27	25	26	26	26	24	29	24	29	20

**A. 0.2** 频率不为 1.5MHz、带宽不为 1kHz 时, 90% 时间大气噪声电平预估值应作修正。



## 附录 B 直流线路对短波无线电测向台产生的测向误差计算

**B. 0.1** 当输电线路路径为任意走向、杆塔高度和档距为任意值或有多条输电线路同走廊走线时,所有杆塔对短波无线电测向台产生的总测向误差可按下式计算:

$$\theta_{\max} = \sqrt{\sum_{m=1}^n \sum_{i=1}^j \theta_{mi}^2} \quad (\text{B. 0.1})$$

式中:  $\theta_{\max}$  ——所有杆塔产生的总测向误差( $^{\circ}$ );

$\theta_{mi}$  ——第  $m$  条输电线路的第  $i$  基杆塔产生的测向误差最大值( $^{\circ}$ )。

**B. 0.2** 当杆塔高度  $h_{mi} \leq 50\text{m}$  时,考虑杆塔再次辐射波传播时的倍程衰减后,单基杆塔产生的最大测向误差可按下式计算:

$$\theta_{mi} = \frac{180}{\pi} \times \frac{h_{mi}}{2d_{mi}} \quad (\text{B. 0.2})$$

式中:  $h_{mi}$  ——第  $m$  条输电线路的第  $i$  基杆塔高度(m);

$d_{mi}$  ——第  $m$  条输电线路的第  $i$  基杆塔与短波无线电测向台天线间的间距(m)。

**B. 0.3** 当杆塔高度  $50\text{m} < h_{mi} \leq 150\text{m}$  时,考虑杆塔再次辐射波传播时的倍程衰减后,单基杆塔产生的最大测向误差可按下式计算:

$$\theta_{mi} = 0.241 \times \frac{180}{\pi} \times \frac{h_{mi}}{2d_{mi}} \quad (\text{B. 0.3})$$

**B. 0.4** 当杆塔产生的测向误差小于距短波无线电测向台最近一基杆塔产生的测向误差的  $1/5$  时,可不考虑该基杆塔的影响。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国电力行业标准

直流架空输电线路对无线电台影响  
防护设计规范

DL/T 5536—2017

条文说明



## 制 定 说 明

《直流架空输电线路对无线电台影响防护设计规范》DL/T 5536—2017,经国家能源局 2017 年 11 月 15 日以第 10 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组贯彻国家法律、法规和相关政策,进行了深入调查研究,认真总结了已建直流线路对无线电台影响防护设计方面的工程经验,并广泛征求了意见。

本规范编制过程中完成的专题报告是:

- (1)直流架空输电线路无线电干扰水平测试分析;
- (2)无线电背景噪声取值分析;
- (3)直流架空输电线路对无线电台有源干扰计算方法及防护措施;
- (4)直流架空输电线路对无线电台无源干扰计算方法及防护措施;
- (5)直流架空输电线路对无线电台干扰影响及防护调查分析;
- (6)直流架空输电线路对无线电台干扰影响防护间距取值分析。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

1	总 则 .....	( 21 )
2	术语和符号 .....	( 22 )
2.1	术语 .....	( 22 )
3	防护间距 .....	( 24 )
4	防护间距计算 .....	( 29 )
4.1	直流线路与短波无线电收信台、测向台防护间距计算 .....	( 29 )
4.2	直流线路与调幅广播收音台防护间距计算 .....	( 32 )
4.3	直流线路与电视差转台、转播台防护间距计算 .....	( 33 )
4.4	直流线路与对海远程无线电导航台、监测站 防护间距计算 .....	( 33 )
5	防护措施 .....	( 34 )
5.1	直流线路防护措施 .....	( 34 )
5.2	无线电台防护措施 .....	( 34 )
附录 A	大气噪声预估值 .....	( 35 )
附录 B	直流线路对短波无线电测向台产生的 测向误差计算 .....	( 36 )

# 1 总 则

**1.0.1** 本条明确了直流线路对无线电台影响防护设计的基本原则和要求,如贯彻执行国家的基本建设方针和技术经济政策,做到安全可靠、经济合理、技术先进适用。

**1.0.2** 本条规定了本规范的适用范围。

**1.0.3** 本条说明了本规范与国家现行有关标准之间的关系。



## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

**2.1.1** 在本规范描述中,为将直流架空输电线路简称为直流线路而定义本条术语。

**2.1.2** 直流线路对无线电台的有源干扰影响由直流线路导线表面电晕放电、绝缘子和金具火花放电等现象产生,其中导线表面电晕放电是主要因素。

**2.1.3** 直流线路对无线电测向台的无源干扰影响由位于无线电测向天线附近的直流线路金属体通过再次辐射、反射电磁波产生,主要由杆塔金属体(本规范中简称杆塔)再次辐射电磁波引起。反射电磁波相对再次辐射电磁波、导地线相对杆塔的无源干扰影响较小,可不予考虑。

**2.1.4** 防护间距直流线路侧的边界为直流线路中心,最小距离是指最小净空距离。

**2.1.5** 在无线电接收信号中,除有用信号外还有其他信号即背景噪声。无线电背景噪声按噪声来源可分为自然噪声、人为噪声。

自然噪声主要来源于大气噪声、宇宙噪声。大气噪声主要来源于大气闪电和静电放电,大气噪声具有相当宽的频谱,长波段最强,中、短波段次之,超短波段极小。宇宙噪声主要来源于太阳黑子活动和银河系电磁辐射,宇宙噪声的频率主要分布在短波段高端及以上频段。

人为噪声主要来源于各种电气设备、汽车、内燃机点火系统和电气化机车、输电线路、变电站等。

在中、短波频段,城市工商业区以外地区,置信度高于50%以上的自然噪声主要由大气噪声控制,其他自然噪声和人为噪声可

不予考虑。例如：某点、某时、某频率置信度为 50% 的大气噪声为  $19.2\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ，人为噪声为  $5.1\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ，综合后噪声为  $19.3\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 。

直流线路一般位于城市工商业区以外地区，因此在考虑直流线路对无线电台有源干扰影响时，中、短波频段无线电背景噪声可按大气噪声考虑。



### 3 防护间距

**3.0.1** 本规范表 3.0.1 中的防护间距是根据直流线路的无线电干扰特性、无线电干扰水平、无线电干扰控制值,参照对应交流线路防护间距及最新科研成果、工程实践经验,通过分析、计算、协商提出的。相关标准主要有:

- (1)《航空无线电导航台(站)电磁环境要求》GB 6364—2013;
- (2)《架空电力线路与调幅广播收音台的防护间距》GB 7495—1987;
- (3)《对海远程无线电导航台和监测站电磁环境要求》GB 13613—2011;
- (4)《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012;
- (5)《对空情报雷达站电磁环境保护要求》GB 13618—1992;
- (6)《架空电力线路、变电所对电视差转台、转播台无线电干扰防护间距标准》GBJ 143—1990;
- (7)《VHF/UHF 航空无线电通信台站电磁环境要求》GJB<sub>z</sub> 20093—1992;
- (8)《民用航空通信导航监视台(站)设置场地规范 第 1 部分:导航》MH/T 4003.1—2014;
- (9)《民用航空通信导航监视台(站)设置场地规范 第 2 部分:监视》MH/T 4003.2—2014;
- (10)《输电线路对无线电台影响防护设计规程》DL/T 5040—2017。

各类无线电台的等级划定说明如下:

根据现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电



磁环境要求》GB 13614—2012 第 4 章规定,短波无线电收信台按其行政隶属、业务性质、通信距离和设备功能分为如下三级:

一级台:中央、国务院直属各部、委、局以及中国人民解放军军级以上(不含军)单位通信、监听和监测业务部门的收信台(站);对国防、公安和国家安全及海事安全关系重大,且具有大型建筑设施或地下工事与坑道,并具有大规模的天线场地、大型高增益天线的收信台(站);通信对象为亚洲以外国家、地区或远洋船队的收信台(站)。

虽符合以上条件,但台址设在城市收信区与发信区之间的收信台(站),按二级台保护。

二级台:各省、自治区、直辖市直属的收信台(站),中国人民解放军军级单位直属的收信台(站);对亚洲各国及其海域通信的收信台(站);航空通信和配属于雷达站、航海导航台的短波无线电收信台(站)。

符合以上条件,但收信工作方式仅为等幅报,按三级台保护。

三级台:中央、国务院各部委所属局,省属各市以及中国人民解放军师级单位设置的收信台(站),此类台(站)应有正规架设的天线、正规建设的机房并担负比较重要的通信任务。

根据现行国家标准《架空电力线路与调幅广播收音台的防护间距》GB 7495—1987 第 1.2 节规定,调幅广播收音台按行政隶属和业务性质分为如下三级:

一级台:为广播电影电视部设在北京以外的转播发射台收转中央人民广播电台或中国国际广播电台节目的调幅广播收音台以及为省、自治区、直辖市直属转播发射台收转中央人民广播电台节目的调幅广播收音台。

二级台:为省、自治区、地区、省辖市直属转播发射台收转省、自治区人民广播电台节目的调幅广播收音台;为地区、省辖市直属转播发射台收转中央人民广播电台节目的调幅广播收音台。

三级台:为市、县级转播发射台收转中央人民广播电台和省、



自治区人民广播电台节目的调幅广播收音台,以及县级有线广播网的调幅广播收音台。

根据现行国家标准《架空电力线路与调幅广播收音台的防护间距》GB 7495—1987 第 1.3 节规定,调幅广播监测台按监测范围、监测项目、监测精度、工作时间以及技术设备的不同要求分为如下三级:

一级台:广播电影电视部所属监测、监听国内外广播质量、技术参数、广播频谱负荷和测定广播电台方位,并进行有关电波传播研究等工作的监测台。

二级台:广播电影电视部,省、自治区、直辖市所属监测、监听部分广播质量、技术参数和测定广播电台方位等工作的监测台。

三级台:为省、自治区、直辖市和地区、省辖市监测、监听区域性广播质量、技术参数等工作的监测台。

我国自 1989 年葛上 $\pm 500\text{kV}$  直流线路投运以来,目前已投运的直流线路工程包括 $\pm 400\text{kV}$ 、 $\pm 500\text{kV}$ 、 $\pm 660\text{kV}$  和 $\pm 800\text{kV}$  等不同电压等级,总长度约 3 万 km。随着我国直流线路工程的不断建设,国内科研院所及直流线路工程建设、设计等单位对直流线路的无线电干扰机理、特性、水平、预测方法开展了相应的研究、测试、总结等工作,在直流线路对无线电台干扰影响分析及防护设计方面取得了大量有用的研究成果。

根据国际无线电干扰特别委员会(CISPR)《架空电力线路和高压设备的无线电干扰特性——第 1 部分:现象描述》CISPR/TR 18—1:2010 出版物相关描述及国内相关研究成果、实测数据分析,直流线路的无线电干扰主要由导线电晕产生,导线表面电晕放电是随机的,与多种因素相关,直流线路的无线电干扰同样具有统计特性,具有与交流线路相似、与 CISPR 标准曲线基本符合的横向衰减特性、频谱特性。由于直流线路导线周围有稳定的电离层、导线和地面以及导线与导线之间建立有空间电荷,电离起到了部分屏蔽作用,其改善了靠近导线的电场,由于空间电荷的存在,实



际电场与理论静态场明显不同,直流线路内部过电压低于交流系统,绝缘子串长度由污秽情况确定,而不是由过电压确定,导致直流线路的无线电干扰水平正极性导线比负极性导线高,好天气比雨天高(这正好与交流线路相反),主观评价效果无交流线路严重。总的来说,直流线路的无线电干扰比交流线路低。

根据相关标准,±400kV~±800kV 直流线路的“无线电干扰限值”为 58dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )(在海拔 1000m 及以下地区,距直流线路正极性导线对地投影外侧 20m、离地 2m 高处,80%时间、80%置信度,频率为 0.5MHz),实测值按好天气平均值 55 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )进行评价。已建直流线路的无线电干扰实测值均低于 55 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )。由于直流线路在好天气的无线电干扰比雨天高,因此在考虑直流线路对无线电台干扰影响时,从严格方面着想,直流线路的无线电干扰值按好天气考虑是合适的。在计算直流线路对无线电台有源干扰影响的防护间距时,直流线路的无线电干扰基准值按好天气 55 dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )考虑。与交流线路相比,对短波无线电收信台、测向台,由于不需考虑雨天增量,该基准值低于 220kV 交流线路的无线电干扰水平;对其他无线电台,该基准值相当于 500kV 交流线路的无线电干扰水平。

中国电力科学研究院在对±400kV~±800kV 直流线路工程电磁环境前期研究(设计阶段)、环境评价监测(运行后一年)统计的基础上,对±400kV~±800kV 直流线路的无线干扰进行了实测分析。结果表明,所有直流线路的无线电干扰实测值均小于限值要求。其中,±400kV、±500kV、±660kV、±800kV 直流线路的无线电干扰好天气平均值分别为 39.5dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )、51.6dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )、49.6dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )、53.0dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ ),且雨天比好天气低,实测的频率特性、横向衰减特性与 CISPR 标准曲线基本符合。从实测结果看,实际无线电干扰水平与电压等级也有一定关联,电压等级低其无线电干扰电平亦较低。

根据直流线路无线电干扰特性、基准值取值、实测结果、理论



计算、科研成果、工程应用情况,参照交流线路对无线电台干扰影响相关标准和应用情况,±800kV 直流线路对无线电台的有源干扰影响相当于,甚至小于 500kV 交流线路,±800kV 直流线路对无线电台的防护间距取值与 500kV 交流线路基本一致,±660kV 直流线路从更严格方面考虑,归并到与±800kV 直流线路一致。±400kV、±500kV 直流线路对无线电台的防护间距取值与 220kV 交流线路基本一致。

本规范表 3.0.1 提出的防护间距主要由直流线路对无线电台有源干扰影响控制;短波无线电测向台等还应考虑无源干扰影响;对雷达站、全向信标台等还应考虑遮蔽角要求。

对无线电遥测地震台网中继站和接收中心的无线电天线的防护,可根据其使用频段,参照本规范表 3.0.1 中 VHF(I)频段的电视差转台、转播台的防护间距要求考虑相互间距。

由于移动电话工作频率主要在特高频段,而直流线路产生的无线电干扰频谱主要在中频至高频段,因此,在满足电气安全距离情况下,可不考虑直流线路对移动电话基站的无线电干扰影响。

**3.0.2** 由于不同直流线路和无线电台的实际工作参数、状况、特性、环境等情况各不相同,本条提出当直流线路与无线电台之间的距离的确难以满足防护间距要求时,可根据直流线路和无线电台的具体情况,通过计算或实测来评估直流线路对无线电台的干扰影响情况。

**3.0.3** 根据计算或实测结果,评估认为直流线路对无线电台存在干扰影响时,应采取必要的防护措施,并协商处理。



## 4 防护间距计算

### 4.1 直流线路与短波无线电收信台、测向台防护间距计算

4.1.1 输电线路对短波无线电收信台、测向台有源干扰影响防护间距的计算方法有最低可用信号电平保护计算法(即用防护率计算法)和控制背景噪声计算法两种。

两种计算方法都是当离开无线电干扰源一定距离,无线电干扰场强衰减到某一允许电平时,计算该点离无线电干扰源的距离,即防护间距。两种计算方法的不同在于两者所要求的衰减值参考的对象不同,前者以要求接收的信号可用电平和防护率为依据,这种计算方法较简单,但没有考虑背景噪声的影响,因此适合信号最低可用电平较背景噪声高、接收信号类型较单一即要求的防护率比较确定的情况;后一种计算方法中,无线电干扰场强所要求的衰减程度以背景噪声为参考,由允许的背景噪声增量来确定,这种计算方法适合于接收弱小信号和接收信号对象多样的情况。根据上述比较,后一种计算方法较适合短波无线电收信台、测向台的情况,故本规范采用控制背景噪声计算法。

在计算直流线路对短波无线电收信台、测向台的有源干扰影响防护间距时,直流线路建设前的无线电背景噪声即大气噪声主要由大气放电所引起,全球的雷电活动强度极不均匀,具有很大的随机性,电离层也随时间而不断变化,导致大气噪声强度随地理位置、季节、时间和频率而变化,即大气噪声在地球表面的分布具有明显的地域特性、时域特性和频域特性。在我国区域内,大气噪声夏季主要来自于本地的大气放电,冬季则通过大气电离层的跨地区传播而来自于热带地区的大气放电,一般来说,大气噪声南方比北方高,夏季比冬季高,夜间比白天高。因此在计算直流线路对短



波无线电收信台、测向台的有源干扰影响防护间距时,无线电背景噪声可根据短波无线电收信台、测向台的具体位置、工作时间、频率、带宽等情况,通过实测取值。

由本规范附录 A 表 A.0.1-1、表 A.0.1-2 可见,频率为 1.5MHz、带宽为 1kHz 时,除北纬 40 度以北、东经 120 度以东等地区大气噪声低于 12dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )外,我国其余地区均大于 12dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ );另外,根据中国电力科学研究院近年来在全国各地进行输变电工程前期环评中的背景无线电干扰测试结果,我国绝大多数地区背景无线电干扰电平在 25dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )以上。可见,现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012 附录 A 规定的频率为 1.5MHz 时无线电背景噪声可取为 12dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )是偏保守的,故本规范规定,频率为 1.5MHz、带宽为 1kHz 的 90% 时间大气噪声电平预估值除可取为 12dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )外,也可通过实测或按本规范附录 A 预估取值。

由于直流线路的无线电干扰电平雨天比好天气低,故未考虑雨天修正。

**4.1.2** 直流线路对短波无线电测向台产生的无源干扰影响,主要由无线电来波在金属导体上感应电动势,形成的感应电流产生再次辐射波与无线电来波一起作用到短波无线电测向台接收天线阵列后,对测向设备测向精度产生的影响。

根据总参第 58 所《高压架空输电线路对短波无线电测向、收信台(站)的影响》和中国电力科学研究院《特高压直流输电线路对无线电台站电磁干扰影响的研究报告》,输电线路对短波无线电测向台的无源干扰影响可分解为垂直接地的杆塔(垂直接地金属体)和架空导线(水平导体)两部分来考虑,其中杆塔相对导线的影响要大得多,因此本规范只考虑杆塔的影响。杆塔高度指杆塔金属体在地面以上的高度。

通过对现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012 附录 A.1 中的无源干扰影响防



护间距计算公式分析验算,该计算模型为在杆塔高度和档距相同并直线排列的一条无限长输电线路,计算公式是按杆塔高度为 $1/4$ 波长( $1/4$ 波长等于 $50\text{m}$ )、短波无线电测向台工作频率为 $1.5\text{MHz}$ 、输电线路对短波无线电测向台产生的总测向误差不大于 $1^\circ$ 情况推导出来的,即单基杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距系数 $k_1$ 取为 $60$ (该值未考虑倍程衰减系数的影响,考虑倍程衰减系数的影响后,该值应为 $30$ );排列成行杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距增大系数 $k_2$ 可按现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012表A.1取值(该表中的值考虑了倍程衰减系数的影响。若单基杆塔的防护间距系数已考虑倍程衰减系数,则防护间距增大系数 $k_2$ 应取现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012表A.1的 $2$ 倍值)。该计算方法主要适用于杆塔不高、单回、杆塔排列成行的输电线路,对路径为任意走向的一条或多条输电线路及杆塔较高的输电线路,该计算方法在工程设计中存在一定的局限性。

为使直流线路对短波无线电测向台无源干扰影响的计算更符合实际情况,本条在现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012附录A.1给出的计算公式基础上,增加了杆塔高度大于 $1/4$ 波长且小于或等于 $3/4$ 波长( $50\text{m} < h \leq 150\text{m}$ )情况下的单基杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距系数。

杆塔再次辐射电磁波传播时,应考虑倍程衰减系数( $6\text{dB}$ )因素的影响。现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012附录A.1中,单基杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距系数 $k_1$ 未考虑倍程衰减系数,取值为 $60$ ,而在排列成行杆塔对短波无线电测向台无源干扰影响防护间距增大系数 $k_2$ 中考虑了该因素的影响,即现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012表



A.1 中系数考虑了该因素的影响。

为与现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012 附录 A.1 中公式 A.1 和表 A.1 的表示形式一致,本规范防护间距系数  $k_1$  也不考虑倍程衰减系数的影响,即当杆塔高度  $h \leq 50\text{m}$  时约为 57.4,当杆塔高度  $50\text{m} < h \leq 150\text{m}$  时约为 13.8,为留有裕度,  $k_1$  分别按 60、20 取值;由于  $k_1$  未考虑倍程衰减系数的影响,则防护间距增大系数  $k_2$  应考虑该系数的影响,即  $k_2$  与现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012 附录 A.1 中表 A.1 的数值一致。

**4.1.3** 当直流线路路径为任意走向、杆塔高度和档距为任意值或有多条输电线路同走廊走线时,按所有杆塔对短波无线电测向台产生的总测向误差是否满足要求进行判定。

总测向误差不应大于  $1^\circ$  的要求是根据现行国家标准《短波无线电收信台(站)及测向台(站)电磁环境要求》GB 13614—2012 附录 A.1 中的防护间距计算公式反推出来的,该限值主要针对早期建设的短波无线电测向台小孔径天线。

对路径为任意走向、杆塔高度和档距为任意值或有多条输电线路同走廊走线情况,本规范在附录 B 中推荐了输电线路所有杆塔对短波无线电测向台产生的总测向误差计算方法。

**4.1.4** 直流线路对短波无线电测向台防护间距应综合考虑有源干扰影响和无源干扰影响,取两者中防护间距的最大值作为直流线路对短波无线电测向台的防护间距。

## **4.2 直流线路与调幅广播收音台防护间距计算**

本节参照交流线路对调幅广播收音台防护间距的计算方法编制。计算时需注意将直流线路的无线电干扰电平修正到调幅广播收音台的工作频率上,将无线电背景噪声修正到调幅广播收音台的工作频率、工作带宽上。



### 4.3 直流线路与电视差转台、转播台防护间距计算

本节参照交流线路对电视差转台、转播台防护间距的计算方法编制。

根据直流线路的无线电干扰特性和水平,表 4.3.1 所列  $\pm 400\text{kV}$ 、 $\pm 500\text{kV}$  直流线路和  $\pm 660\text{kV}$ 、 $\pm 800\text{kV}$  直流线路的电视干扰(TVI)参考值分别参照  $220\text{kV}$ 、 $500\text{kV}$  交流线路取值。

### 4.4 直流线路与对海远程无线电导航台、监测站防护间距计算

本节参照交流线路与对海远程无线电导航台、监测站接收天线的防护间距的计算方法编制。计算时需注意将直流线路的无线电干扰电平修正到对海远程无线电导航台、监测站的工作频率上; $E_{04}$ 应为直流线路正极导线对地投影外侧  $20\text{m}$ 、离地  $2\text{m}$  高处、频率为  $0.1\text{MHz}$  的无线电干扰基准值(即好天气、平均值)。



## **5 防护措施**

### **5.1 直流线路防护措施**

本节参照已建直流线路和其他交流线路的设计、运行经验,提出了直流线路方面可采取的防护措施。

### **5.2 无线电台防护措施**

本节参照已建直流线路和其他交流线路的设计、运行经验,提出了无线电台方面可采取的防护措施。

## 附录 A 大气噪声预估值

表 A. 0. 1-1、表 A. 0. 1-2 是根据 CCIR 322 报告计算得到的我国大部分地区不同经纬度、不同季节、不同时段、频率为 1. 5MHz、带宽为 1kHz 的 90% 时间大气噪声电平预估值。

当短波无线电收信台、测向台的工作频率不为 1. 5MHz、带宽不为 1kHz 时,无线电背景噪声应作相应修正。



## 附录 B 直流线路对短波无线电测向台产生的 测向误差计算

本附录考虑了单基杆塔再次辐射电磁波传播时的倍程衰减系数影响,分别按杆塔高度小于或等于 50m、大于 50m 并小于或等于 150m 时单基杆塔的测向误差计算公式。

关于直流线路杆塔再次辐射电磁波的波长缩短系数,总参第 58 所《高压架空输电线路对短波无线电测向、收信台(站)的影响》中的推荐值为 0.7~0.9,中国电力科学研究院《特高压直流输电线路对无线电台站电磁干扰影响的研究报告》中实测值为杆塔高度对应 1/4 波长时为 0.7~0.8、杆塔高度对应 3/4 波长时为 0.8~0.9。考虑到直流线路杆塔并非标准天线,各基杆塔周围的环境不同,杆塔再次辐射电磁波的波长缩短系数的影响因子较多,波长缩短系数较难准确计算或测试,本规范暂不考虑波长缩短系数的影响。

在工程设计中,当短波无线电测向台附近直流线路路径选择困难或相互间距处在临界值附近时,可根据实际情况适当考虑波长缩短系数的影响。

S/N:155182·0202



DL/T 5536—2017

中华人民共和国电力行业标准  
直流架空输电线路对无线电台影响  
防护设计规范  
DL/T 5536—2017



中国计划出版社出版发行

网址: [www.jhpress.com](http://www.jhpress.com)

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

北京市科星印刷有限责任公司印刷

---

850mm×1168mm 1/32 1.5 印张 31 千字

2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—4000 册



统一书号:155182·0202

定价:15.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换