

文章编号:1673-8411 (2014) 04-0109-04

# 防城港天气雷达塔楼雷击防护等级及防护设计

黄仁立<sup>1</sup>, 罗晓军<sup>2</sup>, 周开春<sup>2</sup>

(1.防城港市气象局, 广西 防城港 538001; 2.广西防雷工程有限责任公司, 广西 南宁 530022)

**摘要:**通过对防城港新一代天气雷达塔楼的年预计雷击次数和可接受的最大年平均雷击次数的分析,得出相应的防雷参数。在设计中加强了塔楼直击雷防护,防雷击电磁脉冲,屏蔽保护以及等电位连接等防雷防护措施,从而达到了强雷区的防雷防护效果。

**关键词:**天气雷达楼;雷击防护;等级

中图分类号:P427.32

文献标识码:A

## Lightning Protection level and design of weather radar tower in Fangchenggang

Huang Ren-li, Luo Xiao-jun, Zhou Kai-chun

(1.Fangchenggang Municipal Meteorological Service, Fangchenggang Guangxi 538001;

2. Guangxi Lightning Protection Engineering co., LTD, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** Based on analysis of annual predicting lightning frequency and the annual maximum number of lightning of weather radar tower in Fangchenggang, the corresponding parameters were gotten. The tower lightning protection for direct lighting, lightning electromagnetic pulse, shielding protection and equipotential connection are strengthened to achieve the effective protection for strong lightning.

**Key Words:** weather radar tower; lightning protection; level

多普勒天气雷达多年来为气象灾害的防灾减灾起到越来越重要的作用,随着地方社会经济的不断发展,预报精细化的要求越来越高,有条件的地方相继发展多普勒天气雷达,防城港市新建的雷达楼与其他地方的雷达楼又有一些不同的特点,除有新建高层建筑物和智能大厦的特点外,该雷达达楼又处于易雷击的水陆交界处的海边,又处于山丘的顶部,又处于低纬度的强雷暴区,对于新一代天气雷达楼的防雷设计也有了不同的探讨和要求<sup>[1-4]</sup>,对于智能大厦、强雷区高层建筑雷电风险评估以及雷击风险评估的风险分量及其影响因素<sup>[5-9]</sup>要全面分析,关于防雷接地和屏蔽重要性<sup>[10-13]</sup>、电涌保护器(SPD)在低压系统中的设计<sup>[14]</sup>、塔楼雷击分析<sup>[15]</sup>等给予较全面介绍,本文防雷防护设计从雷击风险评估防护等级

分析从而对塔楼作防雷防护综合设计。

## 1 雷达楼建设位置基本概况

防城港新一代天气雷达楼建于防城港市著名风景区白浪滩附近的江山半岛万欧灯架岭,拔海高度约24m,该岭地形起伏不大,为丘陵山地,山脚山顶相对高度差约22m,山上坡较平缓,山下为涂滩至大海,山上地层为土石混合结构,土质不均匀,地质为沙土结构,土壤电阻率平均约为760Ω.m。

雷达塔楼七层,高度42m,其中建筑物高30m,天线罩12m,一至七层设计是,一层为门厅、科普展,二层科普用房;三层为附属用房,四层为通信机房,五层为远程观察室,六层为发射和接收机房,七层为隔层。该建筑物为重要的建筑物电子信息系统。

收稿日期:2014-09-21

作者简介:黄仁立(1963-),男,壮族,广西平果人,高级工程师,理学学士,主要从事防雷管理工作。

## 2 建筑物及入户设施年预计雷击次数 N 的计算

### 2.1 建筑物年预计雷击次数 N1 的计算<sup>[16][17]</sup>

建筑物所处地区防城港市 1992 至 2012 年雷暴总日数为 1470d, 即年平均雷暴日数  $T_d=70d$ , 因此该建筑物雷击大地密度为

$$N_g \approx 0.1 * T_d = 7 (\text{次}/\text{km}^2/\text{a})$$

建筑物等效面积  $A_e$  计算

因为雷达塔楼设计为中部略小, 两头略宽的杯形园柱体, 以顶部直径为 19.5m, 取  $L=20, W=20, H=42$

$$\text{则 } A_e = [L * W + 2(L+W) * \sqrt{H(200-H)} + 3.14 * H(200-H)] * 10^{-6} = 0.027768 (\text{km}^2)$$

该建筑物年预计雷击次数 N1 的计算由下式确定

$$N_1 = K * N_g * A_e$$

K—校正系数, 处于旷野孤立人山顶好, 取  $K=2$

$$\text{因此 } N_1 = K * N_g * A_e = 2 * 7 * 0.027768 = 0.3788752 (\text{次}/\text{a})$$

### 2.2 入户设施年预计雷击次数 N2 的计算

该雷达楼电源线缆入户方式是低压埋地电源线缆, 线长 L 取 500m

电源线缆入户设施截收面积为

$$A_{e1} = 2 * d_s * L * 10^{-6}$$

式中  $d_s$  表示埋地引入线缆计算截收面积的等效宽度, 单位为 m, 其数值等于土壤电阻率的值, 最大值取 500.

$$\text{因此 } A_{e1} = 2 * d_s * L * 10^{-6} = 2 * 500 * 500 * 10^{-6} = 0.5 (\text{km}^2)$$

又该塔楼无金属铠装和金属芯线的光纤电缆, 其信号线缆入户设施截收面积为 0, 即  $A_{e2}=0$

入户设施年预计雷击次数 N2 由下式确定

$$N_2 = N_g * A_e' = (0.1 * T_d) * (A_{e1} + A_{e2}) = 0.1 * 70 * (0.5 + 0) = 3.5$$

得出建筑物及入户设施年预计雷击次数

$$N = N_1 + N_2 = 0.379 + 3.5 = 3.879 (\text{次}/\text{a})$$

## 3 可接受的最大年平均雷击次数 $N_C$ 的计算

因直击雷和雷电电磁脉冲引起电子信息系统设备损坏的可接受的最大年平均雷击次数  $N_C$  由正式确定<sup>[17]</sup>

$$N_C = 5.8 * 10^{-1} / C (\text{次}/\text{a})$$

式中: C—各类因子  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$  之和;

$C_1$ —为信息系统所在建筑材料结构因子。当建筑物屋顶和主体结构均为钢筋混凝土材料时,  $C_1$  取 1.0

$C_2$ —为信息系统重要因子。雷达站属于 B 级建筑物电子信息系统,  $C_2$  取 2.5

$C_3$ —为电子信息系统设备耐冲击类型和抗冲击过电压能力因子。一般,  $C_3$  取 0.5

$C_4$ —为电子信息系统设备所在雷电防护区 (LPZ) 的因子, 主要设备在四楼和六楼, 即在 LPZ1 区内,  $C_4$  取 1.0

$C_5$ —为电子信息系统发生雷击事故的后果因子。因信息业务原则上不允许中断, 中断后会产生严重后果,  $C_5$  取 2.0

$C_6$ —为区域雷暴等级因子。因为属多雷区,  $C_6$  取 1.2 那么  $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = 8.2$

$$\text{故 } N_C = 5.8 * 10^{-1} / C = 5.8 * 10^{-1} / 8.2 = 0.0707 (\text{次}/\text{a})$$

## 4 防护等级及防护设计

### 4.1 计算防雷装置拦截效率

由以上计算得知,  $N$  大于  $N_C$  应安装雷电防护装置。安装雷电防护装置后, 按下式计算防雷装置拦截效率

$$E = 1 - N_C / N = 0.9817$$

由于  $E$  大于 0.98, 定为雷电防护等级为 A 级。

$E$  值数值较高, 雷电环境比较特殊和复杂, 应在低压系统安装三级至四级 SPD 进行防护。

### 4.2 防护设计

#### 4.2.1 直击雷防护设计及接地

在设计避雷针保护时需尽可能采用外引法, 即人为地使雷击发生在远离雷达天线的地方, 使雷电流流过接闪器时产生的强磁场最低限度的影响雷达设备, 从而保障雷达设备的安全运行。因此在塔楼平台预留的四根均匀分布的外挑梁 (30.0m 标高) 上面设置的 4 根 15m 长等高避雷针。避雷针与雷达天线罩的水平距离为 3.2m。接闪器选用 KP-V-15 型玻璃钢避雷针。为了减少避雷针杆对雷达工作的影响, 避雷针杆在雷达天线仰角零度下边缘以上使用一段高强度玻璃钢管替代金属杆, 其内使用 95mm<sup>2</sup> 多股铜芯线实现金属支撑杆的电气连接。为提供对雷达塔楼的雷电监测, 提供详细的雷电数据, 在每一根玻璃钢避雷针的引下线 (95mm<sup>2</sup> 铜芯线) 上安装型号为 FPC-10 室外液晶雷击计数器。

利用雷达塔楼基础钢筋网作为自然接地体,由于电阻仍偏大,达不到低于  $4\Omega$  的要求,为此在塔楼半径 30m 作四圈人工接地网,人工接地体除用  $-50\times 5$  扁钢和角钢作常规敷设外,在场地合适位置采取深井施工法钻  $\Phi 120\times 10\text{m}$  以上深井,放入  $\Phi 80$  开孔钢管,并结合物理降阻剂、换电阻率较低的土壤、离子接地极等措施以降低接地网电阻。通过增加接地面积和深埋接地极,接地电阻降到  $2.3\Omega$ ,达到设计要求。

#### 4.2.2 电源系统过电压防护

(1)第一级电源防护。在变电配电房低压配电柜中的总配电盘的工作电源及备用电源(柴油机发电输入)开关处分别并联接入一套法国欧申 CLSS 25-255TS 并联式电源防浪涌保护器,最大放电电流  $I_{imp}: 25\text{KA} (10/350\mu\text{s})$  保护电压  $UP: 1.5\text{KV}$ , 共计两套,作为第一级防护;该浪涌保护器采用  $10\text{mm}^2$  多股铜芯线连接电源的 L、N 相线,采用  $16\text{mm}^2$  多股铜芯线连接至配电房 MEN 端子板上。

(2)第二级电源防护。在雷达塔楼一层的雷达楼低压总配电柜的两路进线处的配电开关处分别并联接入一套法国欧申 PU65-400 电源防浪涌保护器,最大放电电流  $I_{max}: 65\text{KA} (8/20\mu\text{s})$ , 保护电压  $UP: 2.0\text{KV}$ , 共计两套,作为整个塔楼设备及照明用电的第二级防护;该浪涌保护器采用  $10\text{mm}^2$  多股铜芯线连接电源的 L、N 相线,采用  $16\text{mm}^2$  多股铜芯线连接至总配电柜 MEN 端子板上。

(3)第三级电源防护。在 20.5m 标高雷达机房的双电源配电箱内的工作电源和备用电源进线处并联接入法国欧申 PU40-400 电源防浪涌保护器,最大放电电流  $I_{max}: 40\text{KA} (8/20\mu\text{s})$ , 保护电压  $UP: 1.8\text{KV}$ , 共计两套,作为雷达机房的第三级防护;该浪涌保护器采用  $10\text{mm}^2$  多股铜芯线连接电源的 L、N 相线,采用  $16\text{mm}^2$  多股铜芯线连接至总配电柜 MEN 端子板上。

(4)第四级电源防护。发射机柜、接收机柜、伺服机柜内配备雷达厂家避雷器,但考虑到双切换箱电源与发射机柜、接收机柜、伺服机柜的电源线路较短,须在雷达机房双电源配电箱内 PU40-400 的后端三组相线处分别安装一组法国欧申 BD35 退耦电感,额定电流  $I_n(\text{A})=35$ 。

(5)电源精密保护:在雷达机房内的通信机柜、服务器、控制电脑的用电插座上分别安装一套法国欧申 MPS025-280 插座式电源防浪涌保护器,其标

称放电电流  $I_{max}=10\text{KA} (8/20\mu\text{s})$  作为雷达机房内设备的精密防护。

#### 4.2.3 屏蔽保护

对雷达机房进行电磁屏蔽保护不仅要考虑雷击电磁脉冲对雷达塔内设备的影响,亦要考虑雷达天线发射出的电磁波对塔内外人员的影响。设计屏蔽措施如下:

按国家二类防雷标准雷电流参数作为屏蔽格栅距的计算依据。

(1)塔楼屋面平台采用  $\Phi 10\text{mm}$  的镀锌圆钢暗铺  $1000\text{mm}\times 1000\text{mm}$  的避雷网。

(2)塔楼的发射机房在装修之前,采用  $10\text{mm}\times 10\text{mm}$  网格的  $\Phi 2\text{mm}$  镀锌钢丝网固定于墙壁四周、天花板,并与机房内的各预留接头可靠焊接连通。金属屏蔽网敷设在机房的内墙。屏蔽网固定在机房四周,每面每隔约 5 米连同焊接一次。机房设置的防静电地板,屏蔽网作充分连接,连接出处大于 4 处。

(3)发射机房及雷达设备用房的窗户用  $\Phi 12\text{mm}$  的不锈钢管做成  $200\text{mm}\times 200\text{mm}$  的网格作防雷电磁脉冲的屏蔽作用。

(4)雷达机房内的屏蔽网之间需作可靠焊接、跨接,满足电气连接要求。

#### 4.2.4 等电位连接及接地的处理

(1)配电接地型式采用 TN-C-S 系统,设置专用保护线(PE 线),所有的正常不带电而因绝缘损坏时有可能带电的电气设备的金属外壳、金属线管、电缆的金属外皮、支架、以及建筑物中其他有可能因雷电感应而带电的金属构件均应与保护干线可靠连接。

(2)采用共地不共母线的方式,自基础接地单独引出各专业系统的接地干线,总等电位联结应把保护干线、各专业接地干线、各种金属管道如水管、空调系统的升压管以及建筑金属构件、钢筋混凝土基础等可靠连结。利用结构柱主筋预留设备接地端子。

(3)建筑物内各种竖向金属管道、金属槽道等上下两端与圈梁钢筋连接一次。

(4)雷达天线其金属部分与防雷装置作等电位连接。

(5)在雷达机房用  $40\text{mm}\times 4\text{mm}$  紫铜排制作接地汇流排,汇流排与机房内专用接地预留可靠连接,其连接采用铜铁过渡直接冷压连接,尽量减少多股铜芯线连接。将机房内的 PE 线、直流地、屏蔽地、金属支架、静电地板支架等作可靠电气接地。静电地板金属支架充分利用,支架间也要进行电气连接,然后与

汇流排多点相连,形成等电位体。接地线采用10mm<sup>2</sup>塑包多股铜芯线,汇接铜排需采用绝缘子与地板隔离,各接地线需远离墙角外柱,避雷器接地母线、信号避雷器接地母线以及保护接地母线原来之间不能跨接以及互相缠绕,以避免相互干扰。机房内所有的地线均应以最短距离连接。

(6)配电房等所有不带电金属物作等电位处理。

## 5 结束语

本雷达塔楼自2013年7月通过验收以来,强雷暴不断出现,塔顶的避雷针雷击计数记录有三十多次的雷击次数,但整座塔楼没有任何雷击造成损害,雷达设备工作正常,说明本设计及施工达到了防雷防护要求。

### 参考文献:

- [1] QX2-2000 新一代天气雷达防雷技术规范,中华人民共和国气象行业标准,2000.
- [2] 丁立兵.玉林新一代天气雷达综合防雷设计[J].气象研究与应用,2011,32(4):90-93.
- [3] 吴松.浅谈桂林市新一代天气雷达防雷措施[J].气象研究与应用,2010,31(4):96-99.
- [4] 吴少峰,肖伟军,张羽.新一代多普勒天气雷达三级终端的设计与应用[J].广东气象,2013,35(2):67-70.
- [5] 侯安校,强雷区高层建筑雷电风险评估技术探讨[J].气象研究与应用,2014,35(2):98-101.
- [6] 黎梓华,韩建海.智能大厦电子信息系统灾害风险评估及防雷技术的应用[J].气象研究与应用,2012,33

(2):114-117.

- [7] 吴亚玲,李辉.深圳市2000年以来气象灾害及其风险评估[J].广东气象,2013,31(3):43-45.
- [8] 覃宽泽,陈华宣.新建筑物防雷设计技术评价应注意的问题[J].气象研究与应用,2010,31(2):85-87.
- [9] 吴海,潘家利.建筑物雷击风险评估的风险分量及其影响因素[J].气象研究与应用,2010,31(2):88-90.
- [10] 林伟华,梁美婵.高层建筑物的防雷接地和屏蔽探讨[J].气象研究与应用,2011,32(4):80-82.
- [11] 许楷铖,曾汉溪,邓建辉.珠澳气象雷达机房雷击电磁屏蔽设计刍议[J].广东气象,2013,35(5):53-55.
- [12] 颜志颜旭.自然闪电条件下不同结构屏蔽体内磁场的观测与特征[J].广东气象,2013,35(3):45-49.
- [13] 张鹏,徐加民,林卓宏.闪电电涌对区域自动气象站的破坏机理及闪电电涌防御技术[J].广东气象,2013,35(3):58-60.
- [14] 谭惠冰,杜建德,梁伟权.电涌保护器(SPD)在低压系统中的设计[J].气象研究与应用,2013,34(4):92-97.
- [15] 姚志东,韦翔,王春丽.玉林电视台塔楼雷击分析与防护改造[J].气象研究与应用,2011,32(2):77-79.
- [16] 高焱,劳小青,李建生等.雷击风险评估中雷击大地年平均密度的计算[J].气象研究与应用,2009,30(3):68-70.
- [17] GB50343-2012 建筑物电子信息系统的防雷技术规范,中国建筑工业出版社,2012.