

# 中短波广播发射台电磁辐射环境影响预测模型

周杨<sup>1</sup>, 赵福祥<sup>1</sup>, 林炬<sup>2</sup>, 潘巍<sup>2</sup>

(1 江苏省辐射环境监测管理站, 江苏 南京 210019)

2 江苏省辐射环境保护咨询中心, 江苏 南京 210019)

**摘要:** 为预测中短波广播发射台的电磁辐射环境影响, 根据国家相关电磁辐射标准, 研究和分析了中短波广播发射台电磁辐射环境影响理论预测模型, 编辑了中短波发射台电磁辐射环境影响计算分析程序, 验证发现实际监测符合理论预测。实例计算了中短波发射台周围的电磁辐射影响, 表明程序的计算结果可用于指导中短波发射台周围的建设。

**关键词:** 中短波电磁辐射; 广播发射台; 预测模型; 环境影响预测

**中图分类号:** X 837 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2011)01-0031-03

## Prediction Models for Environmental Electromagnetic Radiation of Medium and Short Wave Radio Transmitting Stations

ZHOU Yang<sup>1</sup>, ZHAO Fu-xiang<sup>1</sup>, LIN Ju<sup>2</sup>, PAN Wei<sup>2</sup>

(1 Jiangsu Province Radiation Environmental Monitoring Management Station, Nanjing, Jiangsu 210019 China;

2 Jiangsu Province Radiation Environmental Protection Consultation Center, Nanjing, Jiangsu 210019 China)

**Abstract** According to state standards, prediction models were analyzed for the electromagnetic radiation to predict environment influence by medium and short wave radio transmitting. A calculating program was compiled to evaluate environmental impact by the electromagnetic radiation. Results indicated that monitoring data accorded with the theoretical prediction. The predictive calculation should be helpful to urban construction around the medium and short wave radio transmitters.

**Key words** Medium and short wave electromagnetic radiation; Radio transmitter; Predictive model; Environmental impact prediction

由于城市发展, 原位于城市市郊的某些中短波发射台被高大建筑物包围, 使广播发射质量受到影响, 也影响其周围居民的电磁环境。为规范中短波发射台周围的开发建设, 保证公众的电磁环境安全, 现根据中短波广播发射台电磁辐射环境预测模型, 分析其对预测电磁辐射环境产生影响的作用。

### 1 电磁辐射评价标准

中波广播的频率范围为 531 kHz~1 602 kHz, 短波广播的频率范围为 3 MHz~30 MHz, 采用国家《电磁辐射防护规定》(GB 8702-1988), 公众照射导出限值见表 1。

根据《辐射环境保护管理导则——电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3-1996)中

表 1 公众照射导出限值

Table 1 Limits of public exposure

频率范围 $f$ / MHz	电场强度 $E$ / (V·m <sup>-1</sup> )
0.1~3	40
3~30	$67\sqrt{f}$ ①

①  $f$  为频率, MHz

规定, 对于非国家环境保护部负责审批的大型项目可取《电磁辐射防护规定》(GB 8702-1988)中场强限值的  $1/\sqrt{3}$  作为评价标准, 即单个项目的公众照射导出限值为 17.9 V/m。

收稿日期: 2010-09-03 修订日期: 2010-12-03

作者简介: 周杨 (1979-), 女, 江苏江阴人, 工程师, 硕士, 从事辐射环境监测与评价工作。

## 2 预测模式

### 2.1 单个中波发射频率的计算公式

根据《辐射环境保护管理导则——电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T 10 2-1996), 中波(垂直极化波)场强可按舒来依金—范德波尔公式计算。

$$E = \frac{300}{d} \sqrt{p \times G} \times A$$

$$A = 1.41 \frac{2 + 0.3X}{2 + X + 0.6X^2}$$

$$X = \frac{\pi \times d}{\lambda} \times \frac{\sqrt{(\varepsilon - 1)^2 + (60\lambda \times \sigma)^2}}{\varepsilon^2 + (60\lambda \times \sigma)^2}$$

式中:  $E$  为场强,  $\text{mV/m}$ ;  $d$  为被测位置与发射天线水平距离,  $\text{km}$ ;  $p$  为发射机标称功率,  $\text{kW}$ ;  $G$  相对于接地基本振子(点源天线  $G = 1$ )的天线增益(倍数);  $A$  为地面衰减因子;  $X$  为数量距离;  $\lambda$  为波长,  $\text{m}$ ;  $\varepsilon$  为大地的介电常数(无量纲);  $\sigma$  为大地的导电系数,  $1/(\Omega \cdot \text{m})$ 。

### 2.2 单个短波发射频率的计算公式

场强计算公式与中波场强计算公式相同,  $X$  的计算公式为:

$$X = \frac{\pi \times d}{\lambda} \times \frac{1}{\sqrt{(\varepsilon - 1)^2 + (60\lambda \times \sigma)^2}}$$

### 2.3 多个中波发射频率的预测模型

中波段单个项目的评价标准为  $17.9 \text{ V/m}$ ,  $n$  个中波发射频率的计算公式采用场强叠加公式。

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}$$

将计算出的叠加场强结果与评价标准比较, 以判断其是否符合环保要求。

### 2.4 多个中、短波发射频率的计算公式

中波和短波采用的评价标准不同, 因此不能用场强叠加公式计算出的叠加场强进行评价。根据《电磁辐射防护规定》(GB 8702-1988)中 2.2.3 的规定, 对于一个辐射体发射几种频率或存在多个辐射体时, 其电磁辐射场的场量参数在任意连续  $6 \text{ min}$  内的平均值之和, 应满足下式:

$$\sum_i \sum_j \frac{A_{ij}}{B_{ij}} \leq 1$$

式中:  $A_{ij}$  为第  $i$  个辐射体  $j$  频段辐射的辐射水平;  $B_{ij}$  为对应于  $i$  个辐射体  $j$  频段的电磁辐射所规定的照射限值。

多个中、短波发射频率的辐射环境影响可采用指数法评价。

$$\text{辐射指数 } P = \frac{E_{\text{中}}}{E_{\text{中}L}} + \sum_i \frac{E_{\text{短}i}}{E_{\text{短}iL}}$$

式中:  $E_{\text{中}}$  为中波段内几个辐射体的场强叠加值;  $E_{\text{短}i}$  为  $i$  短波段内几个辐射体的场强叠加值;  $E_{\text{中}L}$  为对应于中波段的电磁辐射所规定的照射限值;  $E_{\text{短}iL}$  为对应于  $i$  短波段的电磁辐射所规定的照射限值。

将辐射指数  $p$  与 1 比较, 当  $p > 1$  时, 则该处的电磁辐射水平满足环保要求。

### 2.5 不同高度辐射水平预测

中波天线大多采用垂直极化波, 天线在垂直面内的大部分能量沿地面传播, 小部分能量以不同仰角向天空辐射。对地形平坦无高大障碍物的开阔地区可视作自由空间, 场强分布符合舒来依金—范德波尔公式, 天线塔附近的高场强区, 天波场强远小于地波场强, 从辐射防护角度, 只考虑地波场强即可。高大建筑物的近侧, 受电场畸变的影响, 其场强分布已不能用舒来依金—范德波尔公式描述<sup>[1]</sup>。电场畸变的影响情况比较复杂, 不符合《广播电视设施保护条例》中相关规定, 中波台周围的规划能避免出现这种情况, 对此不详加讨论。

短波广播属于远距离无线电通信, 天线在垂直面内的最大发射方向有一定的仰角, 利用空中电离层对无线电波的反射, 使覆盖区数百至数千  $\text{km}$ , 即通常所称的天波服务。短波发射其主要电磁波向空中辐射, 沿地面传播的电磁波是少量的, 且损耗很快, 传播距离极短<sup>[2]</sup>。因此短波应分别计算不同仰角时距短波塔不同距离处的影响。

中波计算只考虑地波, 该文 2.4 中的辐射指数公式计算地面影响指数, 短波地面损耗很快, 考虑到人员活动范围因素, 短波采用近地面(仰角为  $1^\circ$ )的场强值代入。

## 3 计算分析程序及验证

一个发射台通常要建设几座发射塔, 发射多个频率。几个塔发射的多个频率对发射台周围环境的叠加影响比较复杂, 单靠人工计算很难得出全面准确的结论。根据预测模型, 开发一套计算分析程序, 预测中短波发射台周围的电磁辐射环境影响。在该程序中只需输入各塔发射的波长  $\lambda$ 、发射功率  $P$ 、天线增益  $G$ 、天线位置、大地的介电常数、导电系数和计算点, 即能得出该点的叠加场强和指数。为论证预测模型的正确性, 选取常州中波台 2 号塔进

行监测和从事预测。常州中波台监测时周围为大片农田及零星低矮房屋,无人工电磁干扰源<sup>[3]</sup>。实际监测和理论计算的结果见图 1。

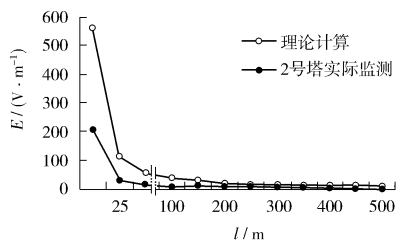


图 1 中波台 2 号塔理论计算和实际监测结果对比

Fig 1 Relation of monitoring data with theoretical prediction data from number 2 medium wave radio transmitter

理论计算结果与实际测量结果相似,理论计算结果高于实际监测结果,其原因为实际衰减过程中,有距离衰减,还有地形、建筑、气候等的影响。

#### 4 实例计算

一拟建发射台有 3 个中波频率,1 个短波频率,具体参数见表 2。

表 2 拟建发射台的主要技术参数

Table 2 Technical parameters for planned radio transmitters

塔号	频率 $f/\text{kHz}$	波长 $\lambda/\text{m}$	发射功率 $p/\text{kW}$	天线增益 $G/\text{倍}$
1	702	427	10	1.15
2	1 098	273	10	1.62
3	1 359	221	10	1.74
4	约 6 000	约 50	100	47.9

表中计算大地的介电常数及导电系数采用湿地常数:  $\sigma = 3 \times 10^{-2} / (\Omega \cdot \text{m})$ ;  $\epsilon = 10$   $E_{\text{中}L} = 17.9 \text{ V/m}$ ;  $E_{\text{短}L} = 12 \text{ V/m}$

根据计算模式,应用自编的计算分析程序,计算发射塔周围地面处的辐射指数,以塔 1 为坐标原点,  $x$  轴为东西向,  $y$  轴为南北向,  $z$  轴为计算辐射指数  $p$  的结果,见图 2。

由图 2 可见,4 个峰的位置即是发射塔所在的位置。峰越高表示塔附近的辐射指数越大,即辐射影响很大,随着与塔距离增加,辐射指数降低。具体为:距中波塔 150 m 外和在短波方向距短波塔 50 m 外的指数  $p > 1$ ,能满足公众照射导出限值的要求。根据相关研究,采用理论计算和模拟类比方法趋势一致,理论计算分析结果相对保守<sup>[4]</sup>,因此

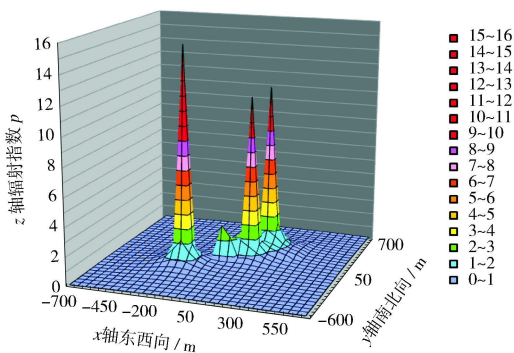


图 2 中短波发射塔周围辐射指数  $p$  的分布情况

Fig 2 Index  $p$  distribution around medium wave radio transmitter

采用理论计算预测中短波发射台辐射影响是可行的。而《广播电视设施保护条例》中中波和短波的保护距离分别为 250 m 和 500 m,因此在建筑规划中只要严格按照《广播电视设施保护条例》周围环境电磁辐射场强可以满足国家相关标准<sup>[5]</sup>,但功率特别大的中波塔除外。

#### 5 结语

随着我国城市化进程加速,大量的中短波发射台面临搬迁,而保证中短波发射台周围公众的辐射安全和发射的质量都至关重要<sup>[6-7]</sup>,文章提出的预测模型和自编的计算分析程序对预测中短波发射台对环境的电磁辐射影响,可为其周围地区的规划和建设提供参考。

#### [参考文献]

[1] 戈鹤山,徐宁,谢明.中波广播电磁辐射环境影响水平预测模型的研究[J].卫生研究,2005,34(5):631-632

[2] 国家环境保护总局核安全与辐射环境管理司.电磁环境监测与评价[M].北京:国家环境保护总局,2003

[3] 黄听培.常州市广播电台发射塔电磁辐射调查[J].环境监测管理与技术,2000,12(增刊):29-30.

[4] 王凤英,周杨,张蕊雪,等.中波发射台电磁辐射影响理论预测与模拟类比方法的比较分析[J].环境监测管理与技术,2008,20(4):31-33

[5] 钟松峰,张文平.电磁辐射场强估算与深圳中波电台实例分析[J].中国无线电,2005,12(12):38-41

[6] 王凤英,周杨,张蕊雪,等.中波发射台电磁辐射环境影响理论预测与模拟类比方法的比较分析[J].环境监测管理与技术,2008,20(4):20-24.

[7] 赵福祥,张起虹,蔡新华,等.测量工频电磁场应注意的问题[J].环境监测管理与技术,2007,19(5):34-36

本栏目责任编辑 薛光璞