

中华人民共和国广播电影电视行业标准

广播电视天线电磁辐射防护规范

GY 5054-1995

关于批准发布《广播电视天线
电磁辐射防护规范》的通知

广发计字[1995]214号

由广播电影电视部设计院承担编制的《广播电视天线电磁辐射防护规范》，业经我部审查，现批准为广播电影电视行业标准，予以发布，编号为GY 5054-1995。自一九九五年十月一日起施行。

本规范的管理和解释工作由我部计划财务司负责。

广播电影电视部
一九九五年四月十七日

目 次

1. 总则	4
2. 术语定义	4
3. 电磁辐射导出限值	4
4. 天线电磁辐射场强	5
4.1 中波单塔天线电磁辐射近区场强的计算	5
4.2 短波幕形天线电磁辐射近区场强的计算	6
4.3 电视、调频广播天线电磁辐射场强的计算	8
5. 观测点的标准高度	9
附加说明	9
附 条文说明	10

1 总 则

1.0.1 对新建的广播电视天线系统，为了评价广播、电视发射天线工作时电磁辐射对外部环境所产生的影响，有个统一的标准和计算方法，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于中波单塔天线，短波幕形天线和电视、调频广播天线工作时的电磁辐射，对外部环境所产生影响的评价。

1.0.3 评价广播、电视发射天线工作时的电磁辐射对外部环境所产生的影响，除执行本规范外，尚应符合国家现行的有关标准的规定。

2 术语定义

2.0.1 电抗近场区

是天线三个衍射场中紧邻天线口径的一个场区域。在此区域中，非辐射的电抗性储能场占支配地位，此区域的界限在距天线面 $\lambda/2\pi$ 处 (λ —工作波长)。

2.0.2 辐射近区

位于天线的非辐射的电抗近场区和辐射远区之间。此区域和辐射远区的分界点在 $2D^2/\lambda$ 处 (D —天线口径的最大尺寸)。在此区域中，场矢量的角度分布与观察点到天线口径面的距离有关。此区域又称菲涅耳区。

2.0.3 辐射远区

位于天线的辐射近区以外，一直沿伸到电波所能达到的地区。在此区域中，场矢量的角度分布与观察点到天线口径面的距离无关。此区域又称弗朗荷费区。

3 电磁辐射导出限值

3.0.1 电磁辐射职业照射导出限值

在每天 8 小时工作时间内，电磁辐射场的场量参数在任意连续 6 分钟内的平均值，应符合表 3.0.1 的规定。

电磁辐射职业照射导出限值

表 3.0.1

频率范围 $f(\text{MHz})$	电场强度 (V/m)	磁场强度 (A/m)	功率密度 (W/m^2)
0.1~3	87	0.25	$20^{①}$
3~30	$150/\sqrt{f}$	$0.40/\sqrt{f}$	$60/f^{①}$
30~3000	$28^{②}$	$0.075^{②}$	2
3000~15000	$0.5\sqrt{f}^{②}$	$0.0015\sqrt{f}^{②}$	$f/1500$
15000~300000	$61^{②}$	$0.16^{②}$	10

注：①系平面波等效值，供对照参考；

②不作为限值，供对照参考。

3.0.2 电磁辐射公众照射导出限值

在每天 24 小时内，环境电磁辐射场的场量参数，在任意连续 6 分钟内的平均值，应符合表 3.0.2 的规定。

电磁辐射公众照射导出限值

表 3.0.2

频率范围 f(MHz)	电场强度 (V/m)	磁场强度 (A/m)	功率密度 (W/m ²)
0.1~3	40	0.10	4 ^①
3~30	67/√f	0.17/√f	12/f ^①
30~3000	12 ^②	0.032 ^②	0.4
3000~15000	0.22√f ^②	0.001√f ^②	f/7500
15000~300000	27 ^②	0.073 ^②	2

注：①系平面波等效值，供对照参考；

②不作为限值，供对照参考。

3.0.3 在观测点存在一个或多个辐射体，并且每个辐射体辐射一种或几种频率的电磁辐射场时，其电磁辐射场在任意连续 6 分钟内的相对辐射值之和，应符合公式 (3.0.3) 的规定。

$$\sum_i \sum_j \frac{A_{i,j}}{B_{i,j}} \leq 1 \quad (3.0.3)$$

式中：A_{i,j}——第 i 个辐射体 j 频段辐射的电磁辐射场的场量参数在任意连续 6 分钟内的平均值；

B_{i,j}——对应于第 i 个辐射体 j 频段辐射的电磁辐射场的导出限值；

$\frac{A_{i,j}}{B_{i,j}}$ ——第 i 个辐射体 j 频段辐射的电磁辐射场的相对辐射值。

3.0.4 对电磁辐射源的管理，电磁辐射的监测，监测的质量保证等，均应符合国家现行的《电磁辐射防护规定》的规定。

4 天线电磁辐射场强

4.1 中波单塔天线电磁辐射近区场强的计算

4.1.1 中波单塔天线辐射的电磁波的辐射近区电场强度，应按公式 (4.1.1-1) 计算。

$$E_z = -j30I_0 \left[\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} - 2\cos(\beta h) \frac{e^{-j\beta R_0}}{R_0} \right] \quad (4.1.1-1)$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad (4.1.1-2)$$

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= \sqrt{d^2 + Z^2} \\ R_1 &= \sqrt{d^2 + (Z-h)^2} \\ R_2 &= \sqrt{d^2 + (Z+h)^2} \end{aligned} \right\} \quad (4.1.1-3)$$

式中: E_z ——辐射近区电场强度, V/m;

β —— $2\pi/\lambda$;

h ——从地面算起的天线塔高度, m;

P ——发射机标称功率, W;

R ——对电流波腹而言的辐射电阻, Ω ;

d ——从天线塔底部中心算起与观测点之间的水平距离, m;

Z ——被测试天线离地高度, m; 可按 0.005λ 计算。

4.1.2 中波单塔天线辐射的电磁波的辐射近区磁场强度, 应按公式 (4.1.2) 计算。

$$H_\phi = \frac{jI_0}{4\pi d} \left[e^{-j\beta R_1} + e^{-j\beta R_2} - 2\cos(\beta h) e^{-j\beta R_0} \right] \quad (4.1.2)$$

式中: H_ϕ ——辐射近区磁场强度, A/m。

4.2 短波幕形天线电磁辐射近区场强的计算

4.2.1 短波幕形天线 HR M/N/h 的坐标示意图见图 4.2.1, 天线辐射的电磁波的辐射近区电场强度, 应按公式 (4.2.1-1)、(4.2.1-2) 计算。

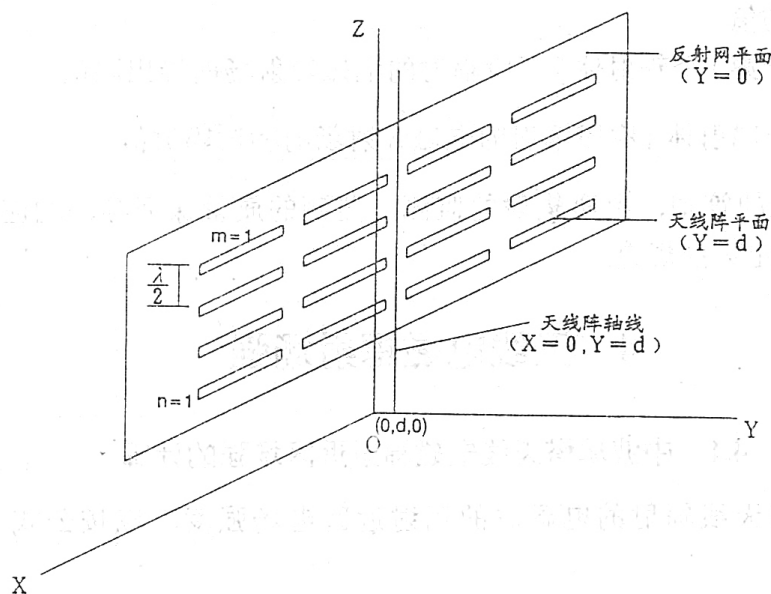


图 4.2.1 短波幕形天线 HR M/N/h 坐标示意图

$$\left. \begin{aligned} E_x &= j30I_0 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \left[\frac{e^{-j\beta R_{1mn}}}{R_{1mn}} + \frac{e^{-j\beta R_{2mn}}}{R_{2mn}} \right] \\ E_y &= -j30I_0 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{y^2}{y^2 + z^2} \left[\left(x - \frac{\lambda}{4}\right) \frac{e^{-j\beta R_{1mn}}}{R_{1mn}} + \left(x + \frac{\lambda}{4}\right) \frac{e^{-j\beta R_{2mn}}}{R_{2mn}} \right] \\ E_z &= -j30I_0 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{z^2}{y^2 + z^2} \left[\left(x - \frac{\lambda}{4}\right) \frac{e^{-j\beta R_{1mn}}}{R_{1mn}} + \left(x + \frac{\lambda}{4}\right) \frac{e^{-j\beta R_{2mn}}}{R_{2mn}} \right] \end{aligned} \right\} \quad (4.2.1-1)$$

$$E = \frac{\sqrt{2(E_x^2 + E_y^2 + E_z^2)}}{2} \quad (4.2.1-2)$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad (4.2.1-3)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= X - \left\{ \left[\left(\frac{M}{2} + 1\right) - m \right] \cdot \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{4} \right\} \quad (m = 1, 2, \dots, M) \\ y &= Y \pm d \text{ (反射幕镜象及其地镜象取正号)} \\ z &= Z \pm h \pm (n-1) \frac{\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, \dots, N), \text{ (地镜象取正号)} \end{aligned} \right\} \quad (4.2.1-4)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{1mn} &= \sqrt{\left(x - \frac{\lambda}{4}\right)^2 + y^2 + z^2} \\ R_{2mn} &= \sqrt{\left(x + \frac{\lambda}{4}\right)^2 + y^2 + z^2} \end{aligned} \right\} \quad (4.2.1-5)$$

式中: E——辐射近区电场强度, V/m;
M——每层半波振子的数目;
N——半波振子的层数;
 β —— $2\pi/\lambda$;
 λ ——工作波长, m;
R——天线的总辐射电阻, Ω ;
d——天线阵和反射网之间的距离, m;
h——底层半波振子离地高度, m;
X——观测点的坐标值, m;
Y——观测点的坐标值, m;
Z——观测点的坐标值, m.

4.2.2 短波幕形天线 HRM/N/h 辐射电磁波的辐射防护区域由电场强度所决定, 磁场强度可不再计算。

4.3 电视、调频广播天线电磁辐射场强的计算

4.3.1 高架天线辐射远区范围的辐射电磁波的电场强度，应按公式(4.3.1)计算。

$$E = \frac{222\sqrt{P \cdot C_{\lambda/2} \cdot \eta}}{d} F(\Delta, \Phi) \cdot 2 \quad (4.3.1)$$

式中: E——辐射远区电场强度, mV/m;
 P——发射机标称功率, kW;
 $C_{\lambda/2}$ ——相对半波天线的增益倍数;
 η ——包括馈线和调配元件的效率, %;
 F—— (Δ, Φ) 归一化的方向性函数;
 d——观测点到天线塔底部中心部位的水平距离, km。

4.3.2 高架天线辐射远区范围的辐射电磁波的磁场强度，应按公式(4.3.2)计算。

$$H = \frac{E}{W_0} \quad (4.3.2)$$

式中: H——辐射远区磁场强度, mA/m;
 W_0 ——自由空间波阻抗, 377Ω。

4.3.3 楼顶发射天线，辐射近区范围的辐射电磁波的电场强度，应按公式(4.3.3-1)计算。

$$E = \hat{e}_\Phi \frac{Z_0}{2\pi} F_\Phi \sum_{i=1}^n \left[\frac{I_i}{r_i} e^{j(\beta r_i + \Psi_i)} - \frac{I_i}{r_i} e^{j(-\beta r_i + \Psi_i)} \right] \quad (4.3.3-1)$$

$$F_\Phi = \frac{\cos(\beta l \cos \Phi) - \cos(\beta l)}{\sin \Phi} \quad (4.3.3-2)$$

式中: \hat{e}_Φ —— Φ 方向的单位矢量;

Z_0 ——自由空间的波阻抗, 377Ω;

β ——相位常数, $\beta = 2\pi/\lambda$;

Ψ_i ——第 i 个振子电流的相位, 度;

I_i ——第 i 个振子电流的幅度, A;

r_i ——观察点到第 i 个振子的距离;

r_i' ——观察点到第 i 个振子镜象的距离;

l——偶极子的单臂长度;

n——被观测面天线阵的偶极子个数。

5 观测点的标准高度

5.0.1 观测中波天线辐射的电磁辐射场的场量参数时，观测点的离地标准高度，宜为 1.4~1.6m。该高度是中波近程场强接收天线的高度。

5.0.2 观测短波天线辐射的电磁辐射场的场量参数时，观测点的离地标准高度应为 4m。

5.0.3 观测电视、调频广播天线辐射的电磁辐射场的场量参数时，应从离地 2m 起开始观测，每隔 2~3m 观测一次，并应符合下列规定：

5.0.3.1 当观测区域内无高层建筑时，应一直观测到 20m 为止，取观测参数的最大值作为观测点的电磁辐射场的场量参数。

5.0.3.2 当观测区域内有高层建筑时，应一直观测到 50m 为止，取观测参数的最大值作为观测点的电磁辐射场的场量参数。

附加说明：

本规范主编单位和主要起草人名单

主编单位：广播电影电视部设计院

主要起草人：潘家任、王洁澄、周卫华

附 条文说明

广播电视天线电磁辐射防护规范

GY 5054-1995

条 文 说 明

目 次

1 总则	11
3 电磁辐射导出限值	11
4 天线电磁辐射场强	11
4.1 中波单塔天线电磁辐射近区场强的计算	11
4.2 短波幕形天线电磁辐射近区场强的计算	13
4.3 电视、调频广播天线电磁辐射场强的计算	13
5 观测点的标准高度	14
附图	15

1 总 则

1.0.1 《电磁辐射防护规定》GB 8702—88 已于 1988 年 3 月 31 日发布，并于同年 6 月 1 日起实施。

中波、短波广播和电视、调频广播发射台是强大的电磁辐射源，当然应该遵照防护规定，采取一切措施，使各发射台的电磁辐射符合规定要求。

《电磁辐射防护规定》是对全国产生电磁辐射污染的一切单位或个人、一切设施或设备而制定的（为病人安排的医疗或诊断照射除外），对在不同频段时职业照射和公众照射的防护限值，测量方法及其他主要管理项目做了具体规定。在执行该规定时，尚有许多具体问题，如天线辐射近区电场强度如何计算，居民保护范围的高度应该多高等，需要明确。本防护规范是为新建、改建或扩建广播电视发射台编制‘环境影响报告书’时，对电磁辐射场强如何计算、如何推断是否符合防护限值等提供计算公式或经验数据，并对如何划定现有发射台的电磁辐射防护区定出准则。

3 电磁辐射导出限值

电磁辐射导出限值分为职业照射导出限值（表 3.0.1）与公众照射导出限值（表 3.0.2），两表中的数据均引用《电磁辐射防护规定》GB 8702—88。

4 天线辐射场强

4.1 中波单塔天线辐射近区场强的计算

中波广播的发射天线绝大多数采用单塔天线，高度为 $0.15 \sim 0.5\lambda$ ，辐射垂直极化波。天线在垂直面内的大部分能量是沿地面传播的，小部分能量以不同仰角向天空辐射，在晚间经电离层反射后再回到地面，称为天波。在天线塔附近的高场强地区，天波场强远小于地波场强，从辐射防护角度看，只考虑地波场强即可。

电波辐射可能超过防护限值的距离不会超过 1λ 。在这个距离以内应该使用辐射近区场的计算公式。单塔天线及其坐标见附图 1。

如图所示，假定天线电流为正弦分布，它的辐射场是可以严格导出的。辐射场中仅有 H_ϕ 以及 E_z 和 E_d 分量，计算表明水平径向分量 E_d 和垂直分量 E_z 相比，相差几个数量级，可以忽略不计。 E_z 和 H_ϕ 的计算公式见规范中的式（4.1.1-1）、（4.1.1-2）、（4.1.1-3）和（4.1.2）。

不同高度的单塔天线的辐射电阻 R ，以及在 $P=1\text{kW}$ ， $d=1\text{km}$ 时电场强度，可查中波单塔天线辐射效率的标准曲线。为了检验式（4.1.1-1）计算结果的准确性，把计算值和从曲线查得的理论值列表如表 1。

P= 1kW d= 1km 时单塔天线的场强 E

表 1

h/λ	0.18	0.2	0.25	0.3	0.35	0.40	0.45	0.50
E_z (计算值 V/m)	0.301	0.308	0.315	0.319	0.327	0.339	0.356	0.378
E_z (理论值 V/m)	0.305	0.308	0.314	0.321	0.330	0.342	0.359	0.380

当 h 在 0.2λ — 0.45λ 之间，计算值和从曲线查得的值非常接近。在 $h < 0.18\lambda$ 和 $h > 0.5\lambda$ 时准确度较差，但这种高度的单塔天线实际上是很少使用的。

根据上述公式，计算了 $h = 0.18\lambda$, 0.3λ 和 0.5λ 时，波长 λ 分别为 200m, 300m, 400m, 500m 的情况下的 E_z 和 H_ϕ 值，计算结果见附图 2、3、4、5、6、7。

图中曲线的横坐标是 d/λ ，同一的 d/λ 值在不同波长时表示不同的距离。 E_z 和 H_ϕ 的值和波长有关，在同一钢塔高度 h/λ 时，波长越短，数值越大。在 $d/\lambda < 0.25$ 时，曲线上升很快，到 $d/\lambda > 0.5$ 时，曲线变动平缓，不同波长时的数值也逐渐接近。

考虑到实际情况，对县级和小城市广播电台常用的 $h = 0.18\lambda$, $P = 10\text{kW}$ 的天线和省级和大中城市广播电台常用的 $h = 0.3\lambda$ 和 0.5λ , $P = 150\text{kW}$ 的天线的防护距离进行了计算，结果见表 2。

常用单塔天线的防护距离

表 2

条 件 防护距离	$h = 0.18\lambda, P = 10\text{kW}$		$h = 0.3$ 和 $0.5\lambda, P = 150\text{kW}$	
	职业防护	公众防护	职业防护	公众防护
E_z	0.05λ	0.15λ	0.15λ	0.45λ
H_ϕ	0.07λ	0.18λ	0.2λ	约 0.5λ

从表 2 可以看出，防护距离为磁场强度所控制。对省级广播电台而言，职业防护距离为 0.2λ 。公众防护在 0.5λ 附近，但不同波长的差别较大，应用式 (4.1.2) 计算。

上述计算的场强均为测量天线离地高度 $z = 0.005\lambda$ 时的值，这是考虑到实际情况和计算方便而定出的。中波单塔天线的垂直面辐射的最大值是沿地平面的方向，离地越远，场强越小，所以不必计算不同高度的测量点的场强。

由于辐射近区内的电磁波不是平面波，波阻抗随距离而变化。在 0.25λ 范围内变化剧烈，它的值也因塔高的不同而不同，在 0.35λ 以后变化平缓，不同塔高时的值也渐趋一致。在 1.0λ 以后逐渐接近于自由空间波阻抗 377Ω 的值。波阻抗随距离变化的状况见附图 8。

规范中仅对单塔天线辐射环境场强给出计算公式的理由如下：

双塔天线为数不多，由于定向要求不同，塔高以及馈电电流的幅度和相位都不一样，场强和距离的关系只能个别计算。至于四塔和八塔定向天线，已建天线的辐射防护范围，可以实测决定。今后如有新建天线，可将实测数据作为防护范围的依据。

4.2 短波幕形天线辐射近区场强的计算

短波天线是利用电离层反射，以所谓“天波”方式作远距离传播的。以往仅研究服务区的场强，对辐射近区场强是不进行计算的。但随着电磁污染引起人们重视，加之短波天线日益向强定向强功率方向发展，天线发射主向的辐射近区场强应加以考虑以决定辐射防护区的界限。

目前强功率、强定向天线基本上都采用幕形天线 HRM / N / h 所以仅对幕形天线的辐射近区场进行计算。其他形式天线的辐射近区场强也可以此为参考。

幕形天线 HRM / N / h 及其坐标见附图 9。

天线辐射近区的电场按规范中的式 (4.2.1-1) ~ (4.2.1-5) 计算。

幕形天线以及其他形式的短波天线的垂直面最大发射仰角 Δ_{\max} 随服务区的距离而定，距离越远， Δ_{\max} 越小。对 2000km 以外的地区，大致在 4° 左右。辐射近区的场强也和仰角有关，在同一水平距离处的观察点离地越高，场强越大，一直到出现最大值为止。对电磁防护而言，并不要求测出最大值，仅要求测出在居民正常活动可能达到的高度处的场强。

计算的 HR4 / 4 / 1 天线辐射近区中波长和场强的关系以及接收天线高度和场强的关系，分别见附图 10 和附图 11。

为了验算计算公式的准确性，曾在实际使用的幕形天线进行现场测试。测试了 HR4 / 4 / 1 天线， $\lambda \approx 30$ 和 40m 时不同距离的场强，见附图 12 和 13；以及 HR2 / 2 / 0.5 天线， $\lambda \approx 40$ m 和 50m 时不同距离的场强，见附图 14。图中除实测值外，还有相应的计算值，以此比较。天线功率 $P = 100\text{kW}$ 。

从图中可以看出，实测值和计算值的曲线形状是相似的，实测值小于计算值。因此，根据计算值决定防护区范围有一定的裕度，可以满足使用要求。

计算表明，在距天线发射主向约 100m 范围内，场强波动剧烈，以后成为逐渐衰减的平滑曲线。在天线前方 100m 范围内，通常有钢塔的拉线，天线馈线的下引线以及偏、反向开关等设备，一般均属天线专用场地，是不允许外人进入的。应该注意的是 100m 以外地区的场强，以定出职业和公众防护的界限。在防护界限内虽然不宜居住，但在一定条件下可以种植庄稼。

规范中仅对幕形天线辐射环境场强给出计算公式的理由如下：

短波天线中其它型式的天线，如隙缝天线数量极少，其辐射性能可以用相近的幕形天线作为参考。菱形天线近年来已不再作为发射天线使用。角形天线是近距离天线，最大发射仰角不小于 15° ，近地面处的场强不会很大。大致可以用 HR2 / 1 / h 天线代替，再去掉增益的差值。因此，不再给出其他形式天线的辐射近区场强的计算公式。

4.3 电视、调频广播天线辐射场强的计算

电视、调频广播天线和中波、短波广播天线不同，它大部分安装在位于城市中心的电视塔顶部，附近高楼林立。观察点的电磁场除了直射波外，还有从地面及其他反射而来的反射波。电场强度和磁场强度的计算公式见规范中的式 (4.3.1) 和 (4.3.2)。

对于近年来出现较多的‘楼顶’电视发射天线，由于天线架设高度过低，居民活动区离天线较近，辐射防护区可能就在辐射近区场的范围内，规范中的式 (4.3.1)、(4.3.2) 就

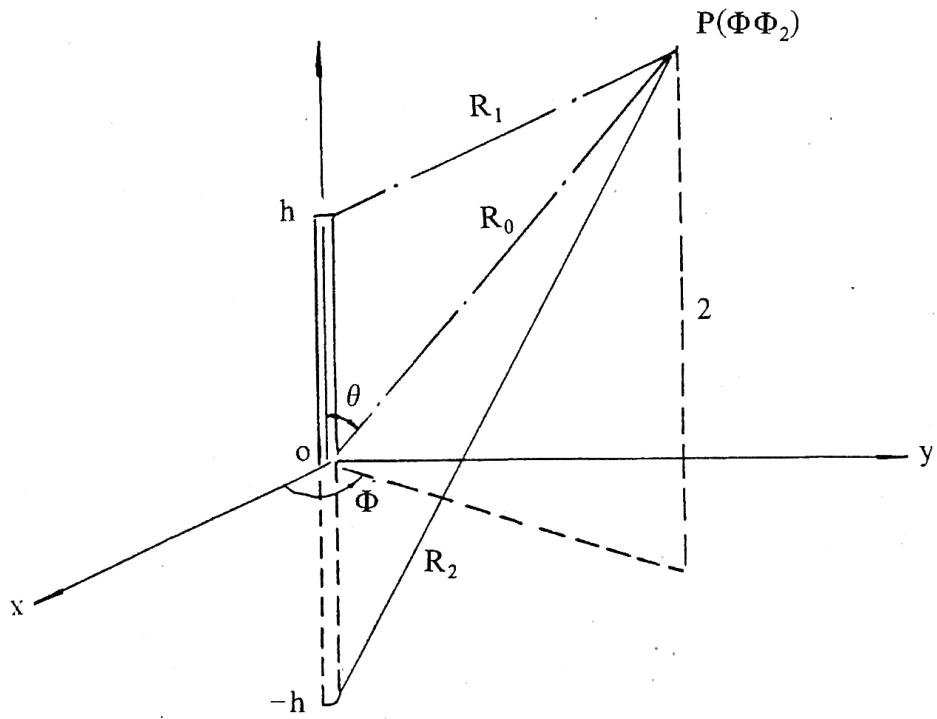
不再适用。对于带反射偶极天线的辐射近区场强计算，由规范中的式(4.3.2-1)给出。

5 观察点的标准高度

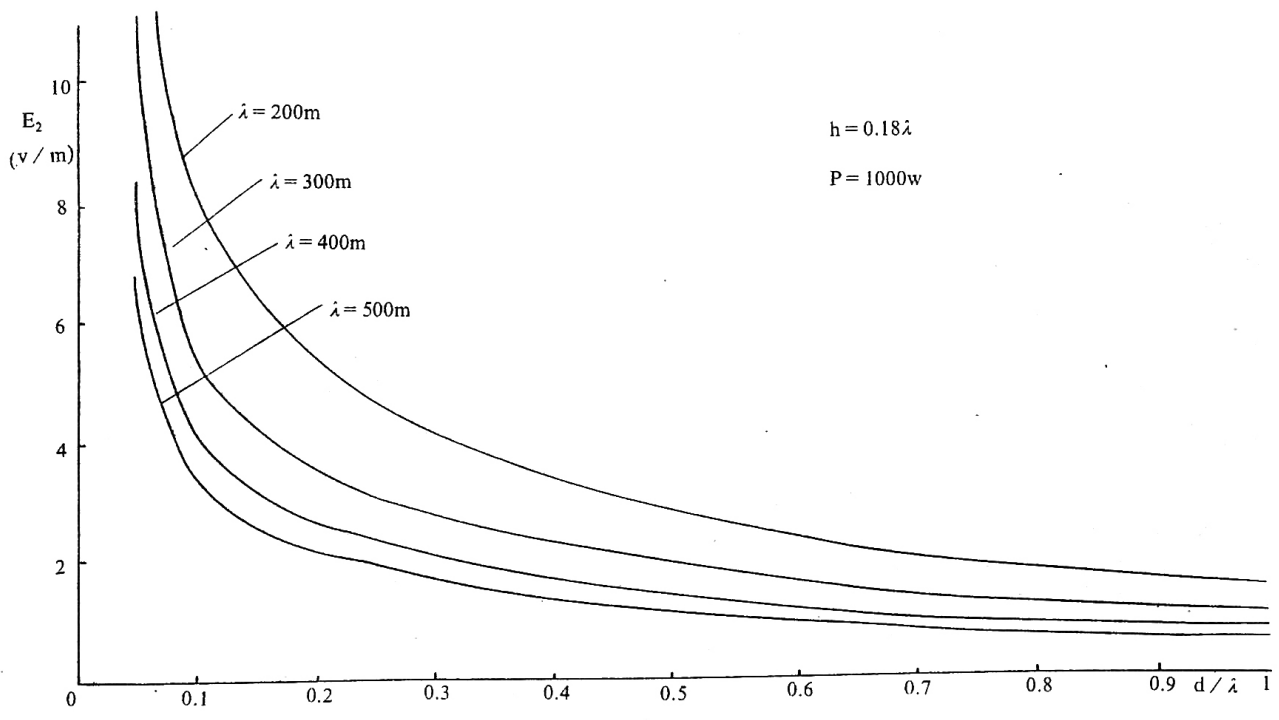
5.0.2 辐射防护区的范围由场强所决定，而场强随观察点高度增加而增加得又很快，因此定出观察点的标准高度要慎重。决定标准高度为4m的理由是：短波天线场地附近的居民房屋一般为1~2层；美国之音（VOA）对500kW幕形天线考虑辐射公害时，决定高度值为20英尺（6.1m），其后又降为10英尺（3.05m），可作参考^{〔2〕}。

参 考 文 献

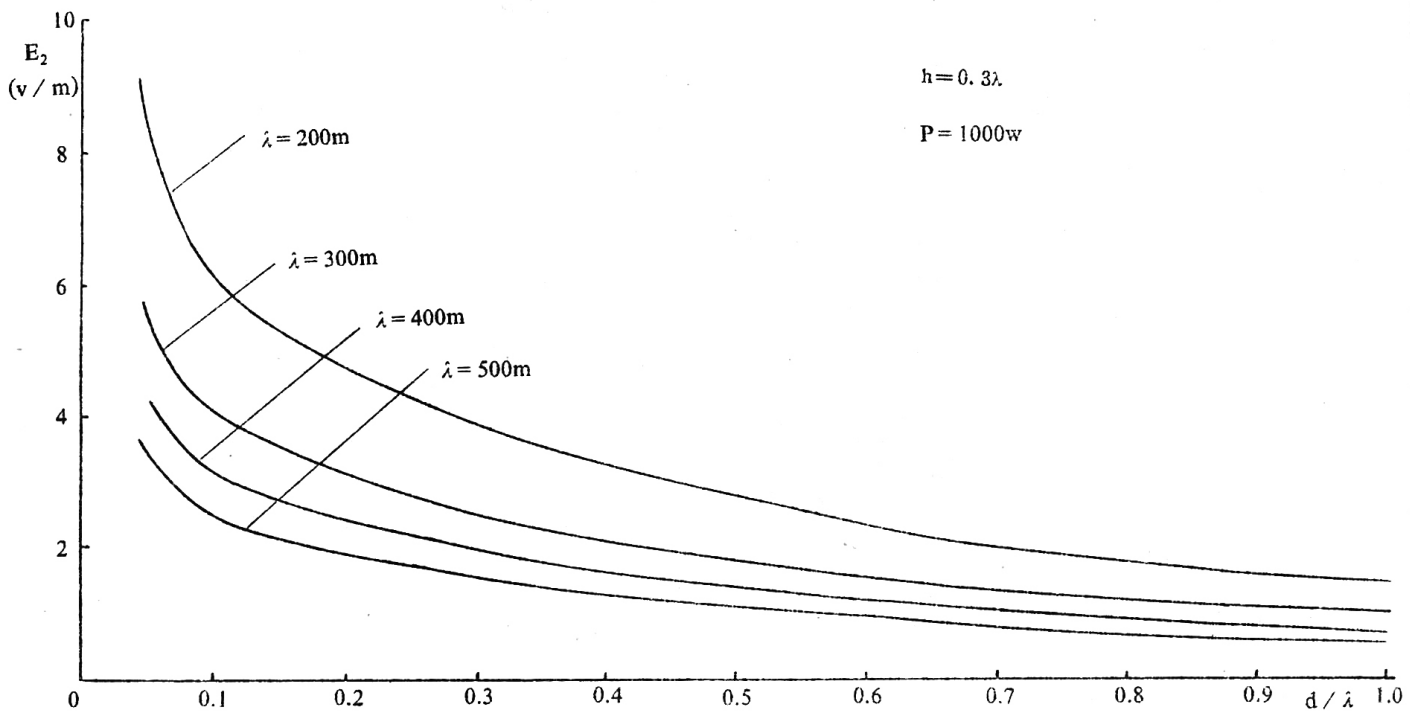
1. R.CJohnson, Henry Jasik: Antenna Engineering Handbook, 2nd edition, McGraw-Hill Book Company, 1984, P.25-6
2. Stephen W.Kershner: High performance antenna systems for new VOA stations, IEEE Transaction on Broadcasting, VO1, BC34, NO.2, june 1988, P. 167-179
3. 王洁澄: 楼顶电视发射天线述评, 广播与电视技术, 1991年第1期, P.19-24



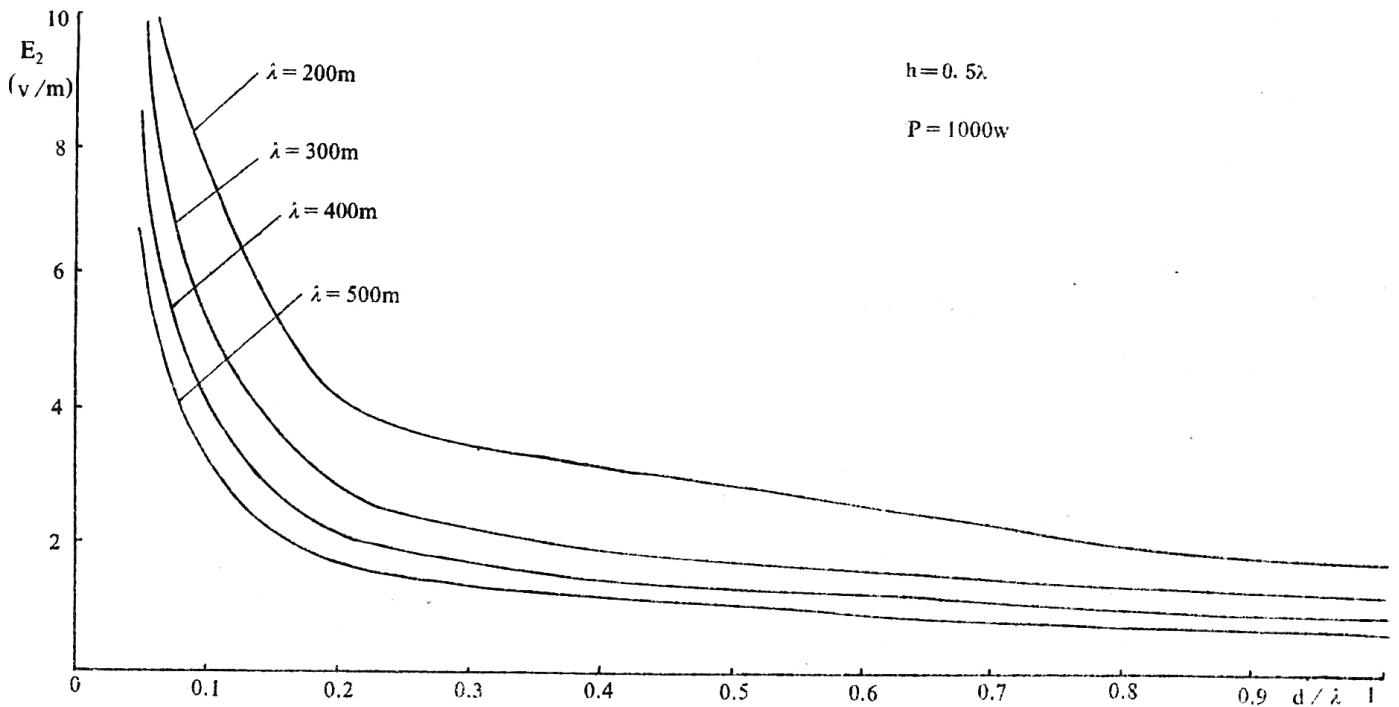
附图1 单塔天线示意图



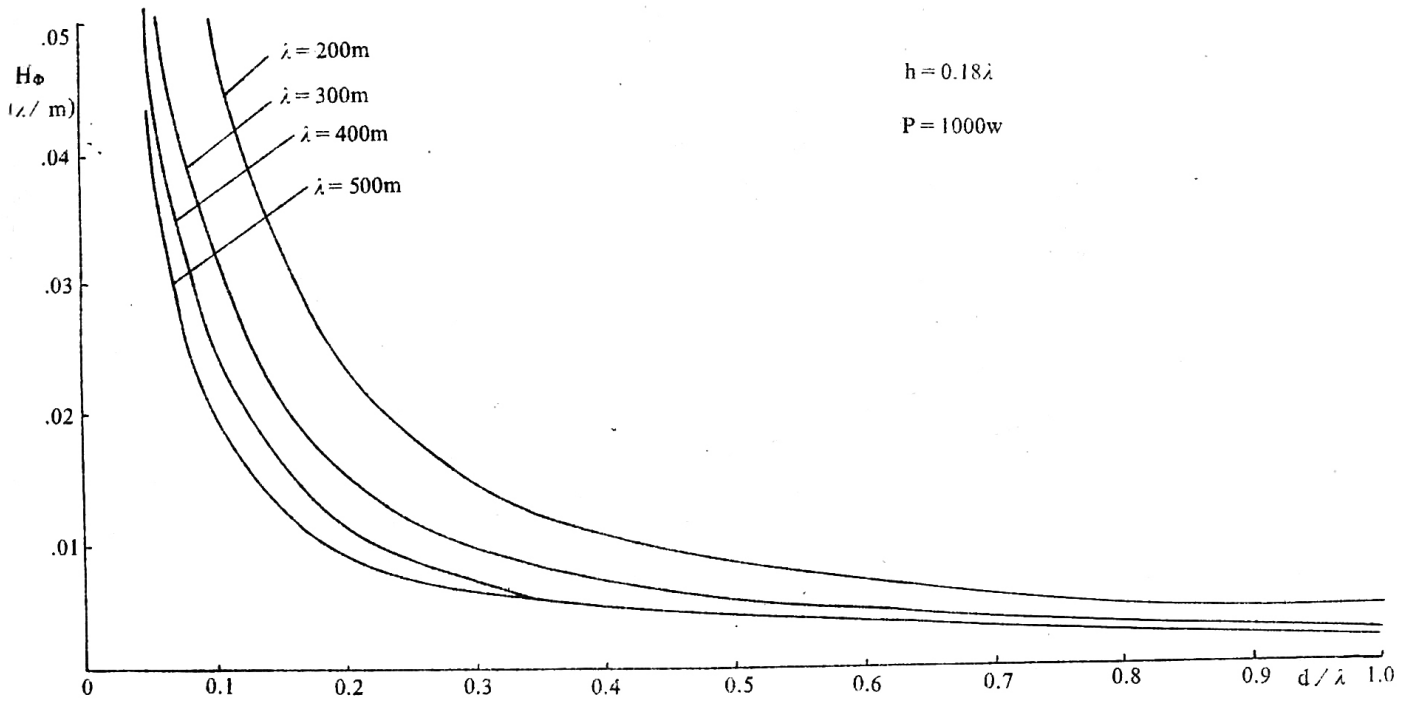
附图2 单塔天线辐射近区电场强度和距离的关系 $h = 0.18\lambda$



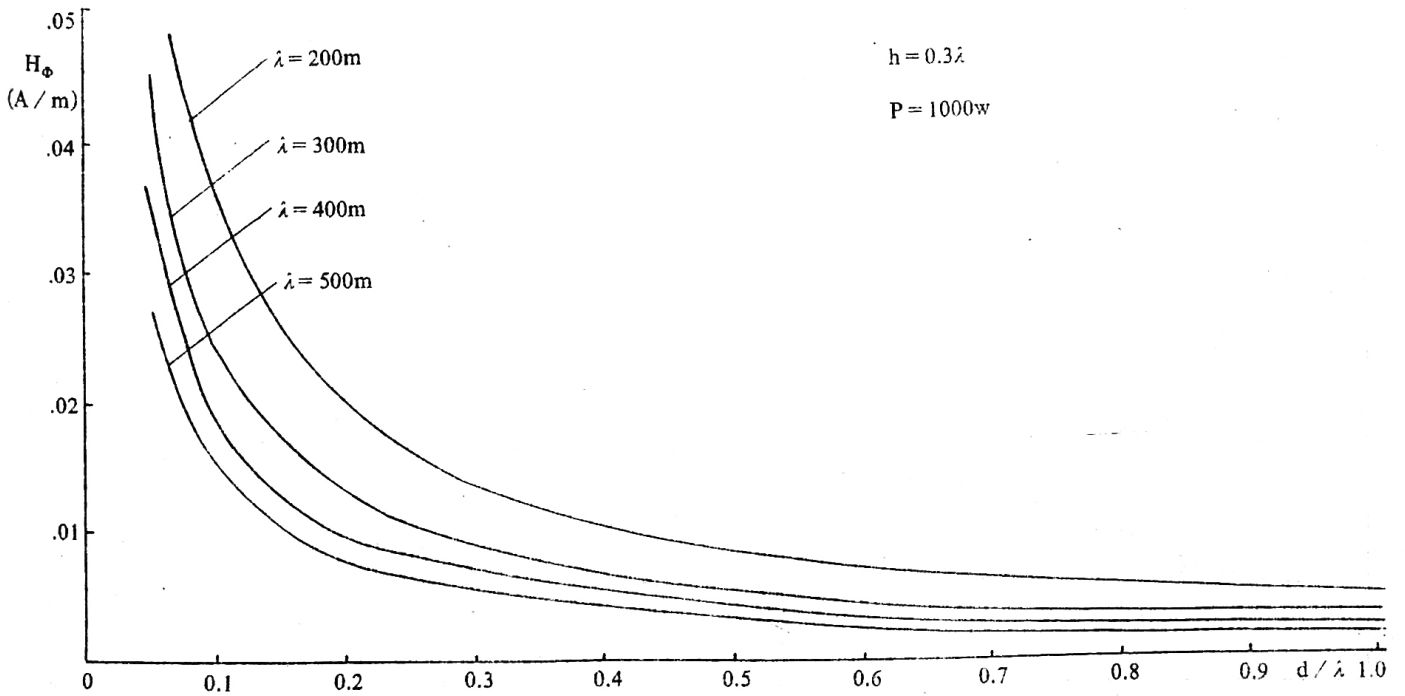
附图3 单塔天线辐射近区电场强度和距离的关系 $h = 0.3\lambda$



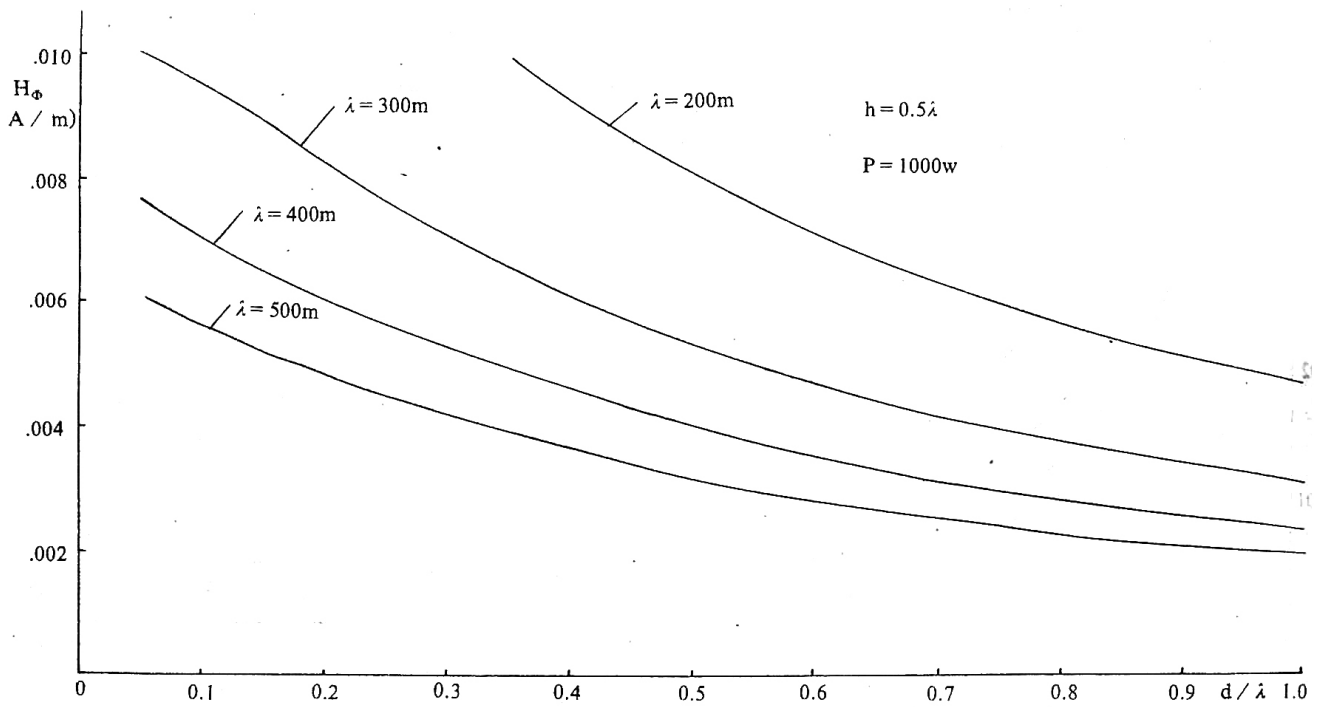
附图4 单塔天线辐射近区电场强度和距离的关系 $h = 0.5\lambda$



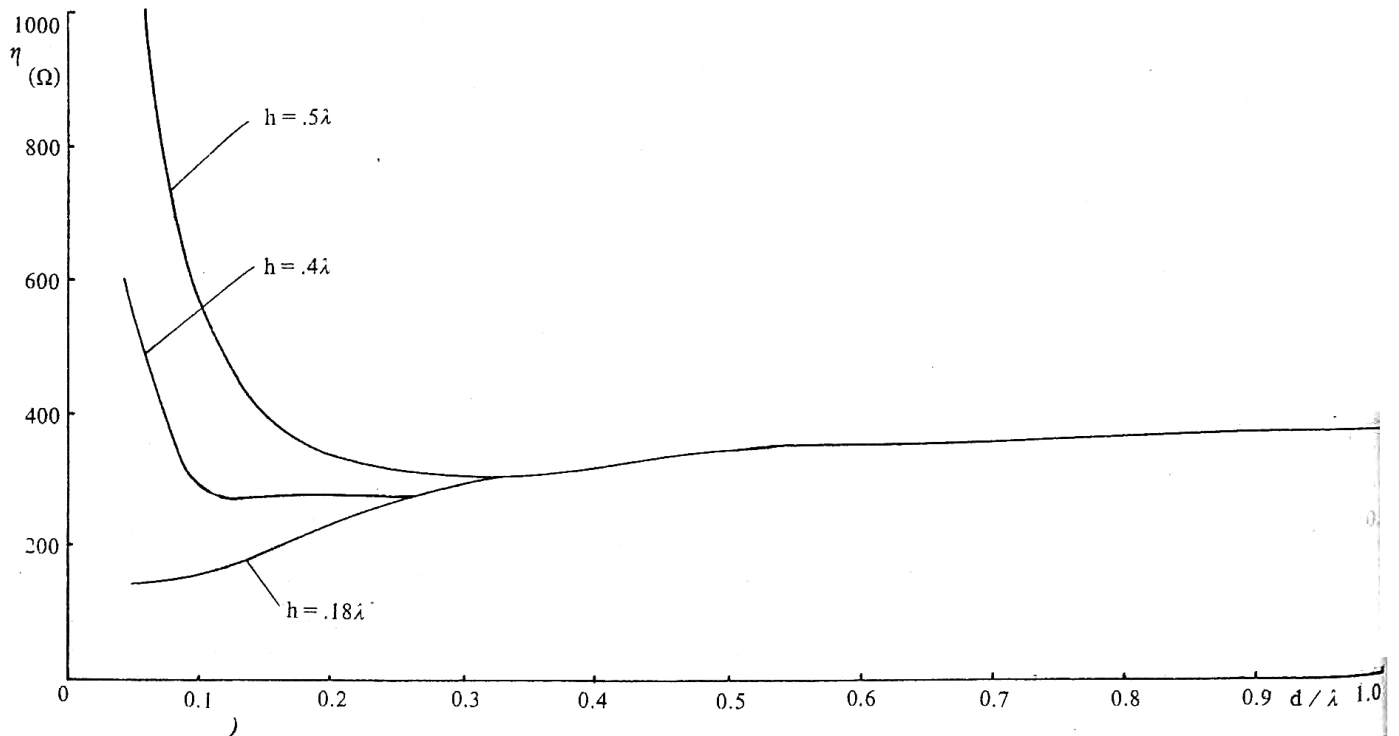
附图5 单塔天线辐射近区磁场强度和距离的关系 $h = 0.18\lambda$



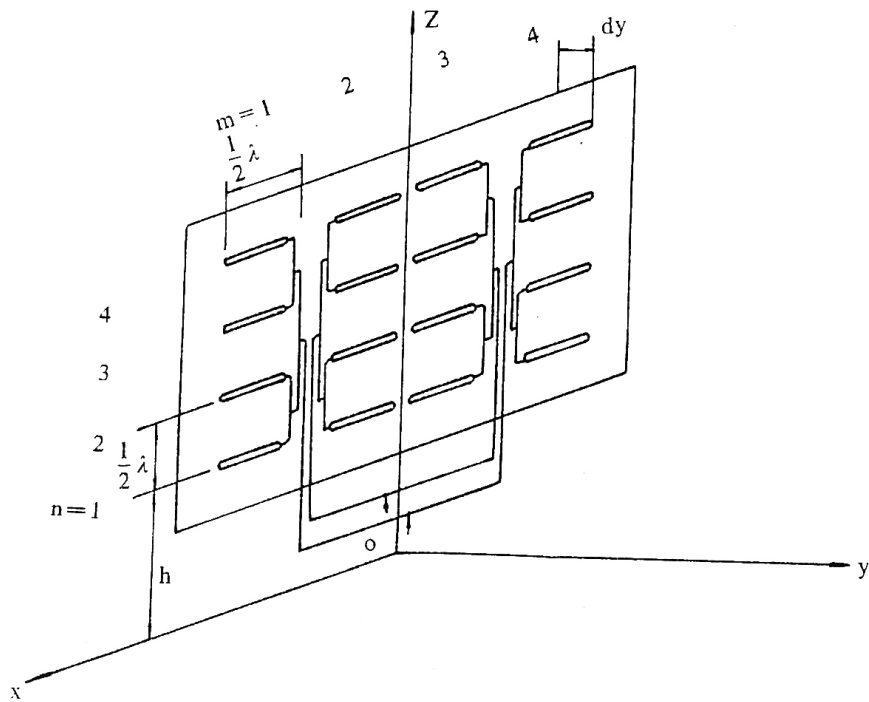
附图6 单塔天线辐射近区磁场强度和距离的关系 $h = 0.3\lambda$



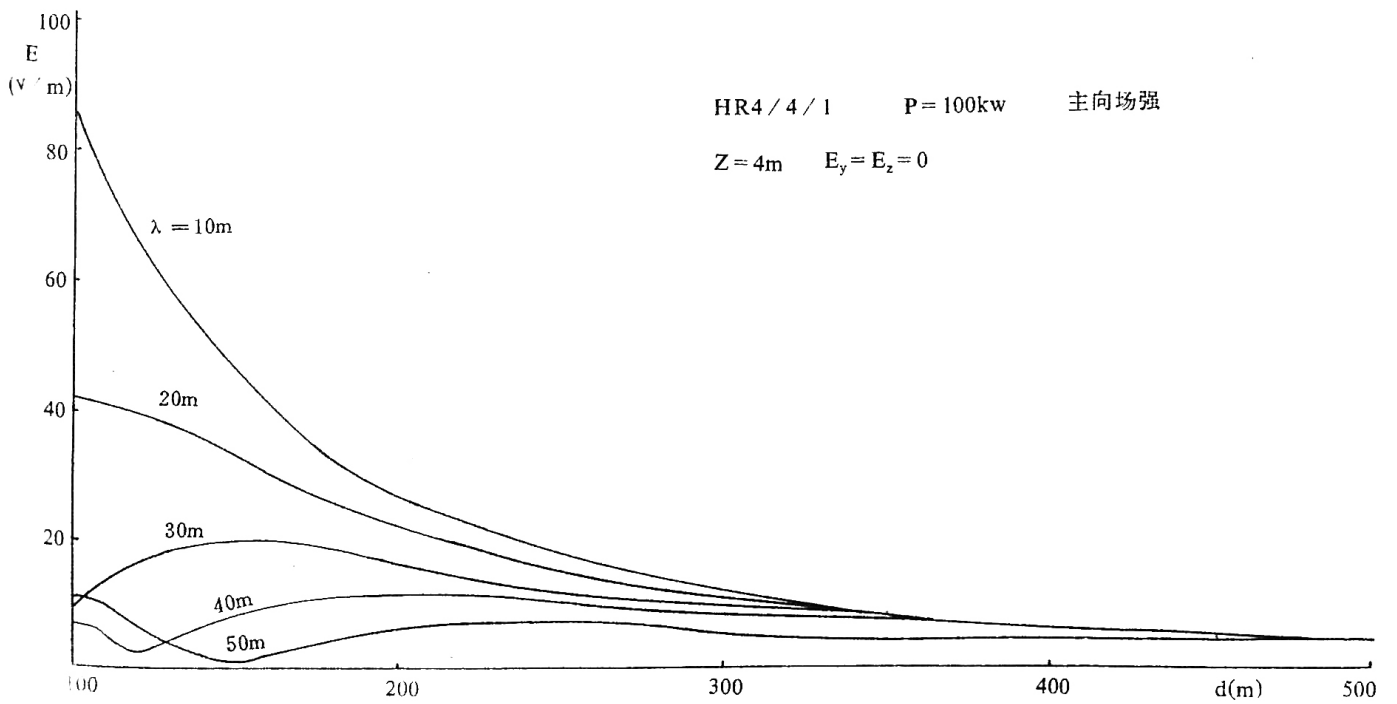
附图7 单塔天线辐射近区磁场强度和距离的关系 $h = 0.5\lambda$



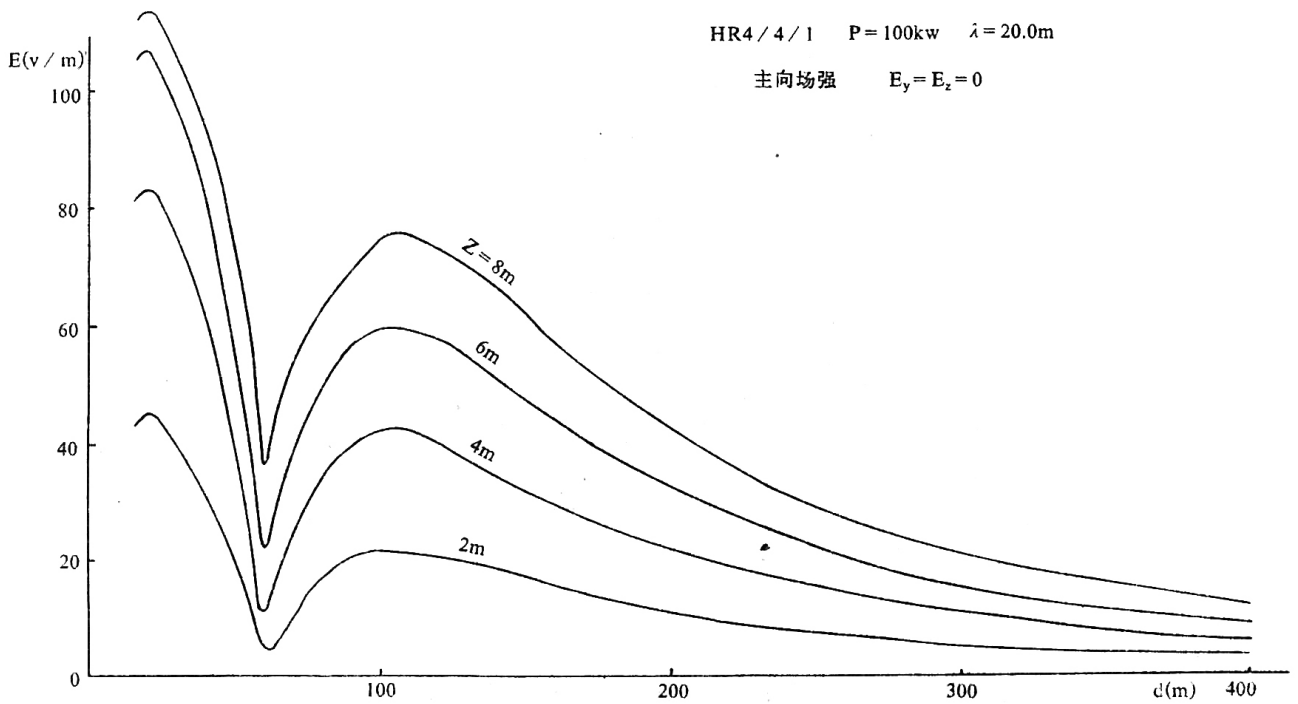
附图8 波阻抗 η 和距离的关系



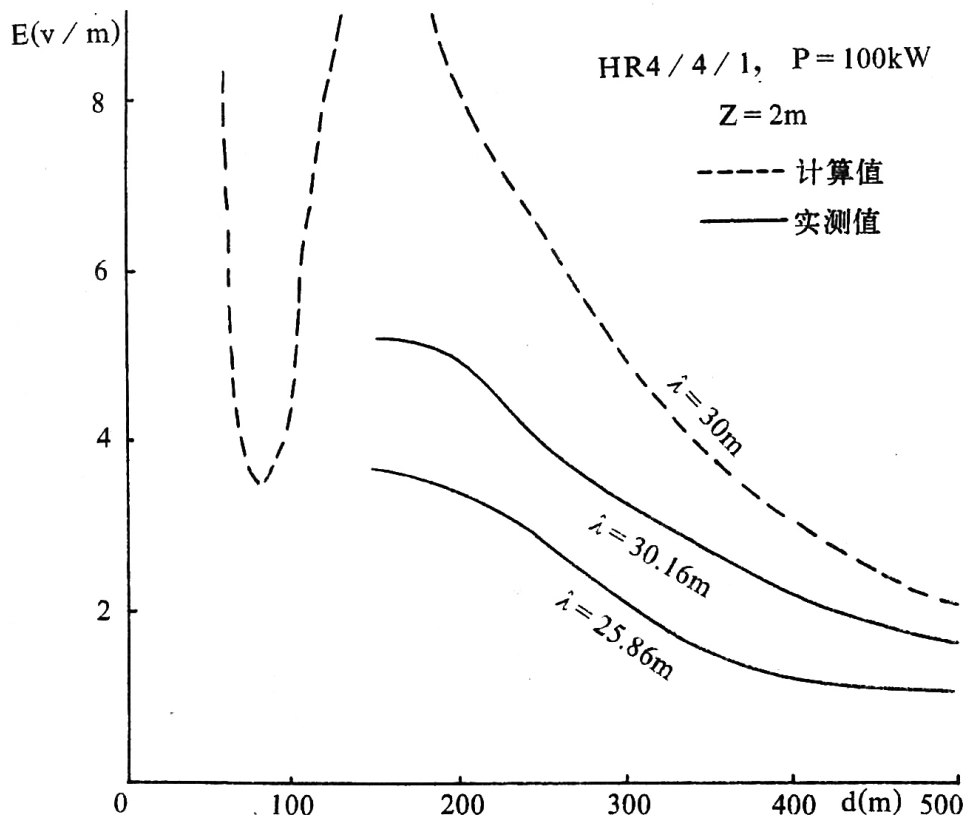
附图9 幕形天线 HR M/ N/ h 示意图(M= 4,N= 4)



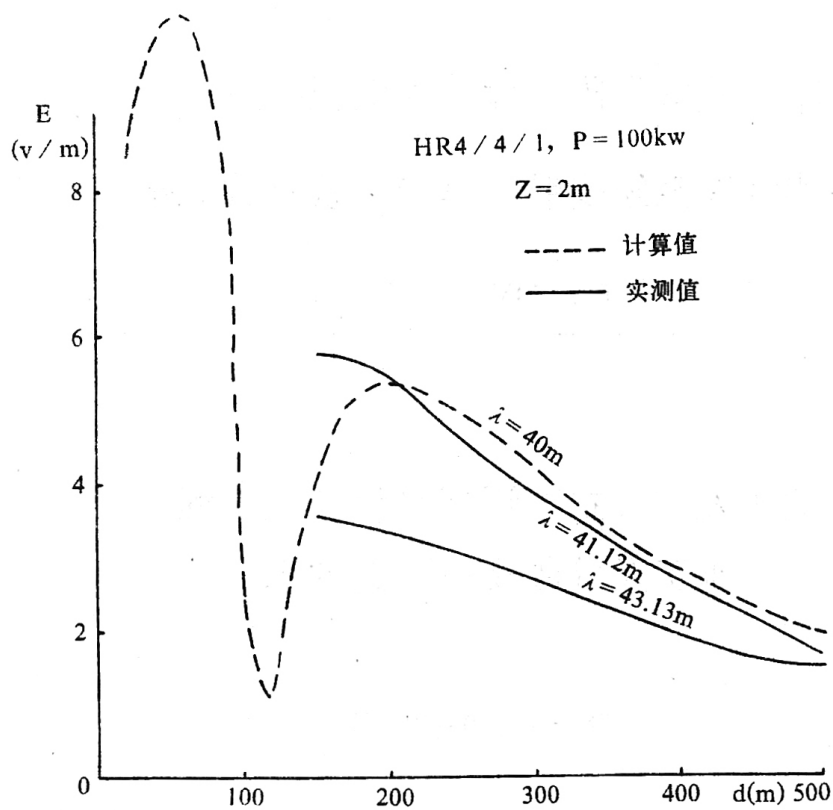
附图10 HR 4/ 4/ 1 天线辐射近区中, 波长和场强的关系(计算值)



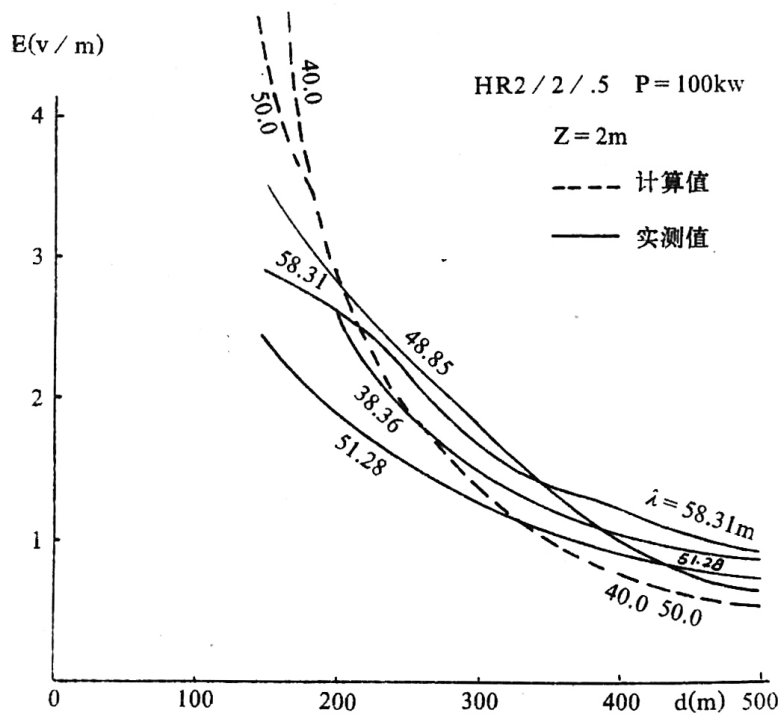
附图 11 HR 4/4/1 天线辐射近区中, 接收天线高度和场强的关系(计算值)



附图 12 HR 4/4/1 天线场强实测值和计算值的比较($\lambda \approx 30\text{m}$)



附图 13 HR 4/4/1 天线场强实测值和计算值的比较($\lambda \approx 40\text{m}$)



附图 14 HR 2/2/.5 天线场强实测值和计算值的比较($\lambda \approx 40, 50\text{m}$)