

关于 E_s 遮蔽强度计算方法的讨论

李 玉 辉

(中国电波传播研究所)

摘 要

本文对 E_s 遮蔽强度的定义和计算方法进行了改进和讨论。对利用 E_s 进行传输的电路,提出了简便的计算方法。

一、引 言

过去人们在计算 E_s 的遮蔽强度时,是以 $f_b E_s$ 和 $f_o E_s$ 的月中值来进行的。我们在对兰州、重庆垂直观测站大量记录资料的处理中,发现计算结果与有些实验事实不符,也无法解释。但经过许多资料的计算和验证,从中寻得一种比较好的处理方法,并进行了讨论和提出了应用的建议。

二、遮蔽强度 S 的含义

为了描述电离层 E_s 的特性之一,定义 E_s 的遮蔽强度为

$$S = \frac{f_b E_s}{f_o E_s}$$

其中, $f_b E_s$ 为 E_s 的遮蔽频率。其物理意义是在 E_s 层开始变为透明时的最低寻常波频率。它通常由较高层观测到的 F 层寻常波一次反射的最低频率来决定。 $f_o E_s$ 是 E_s 层寻常波分量的临界频率。它是一个最基本的参量,表征无线电波还能从 E_s 层反射的频率。 $f_o E_s$ 又被称为 E_s 层寻常波分量的顶频(垂直观测),相当于观测到基本连续的 E_s 描述的最高频率。 $f_o E_s$ 的数值不仅与 E_s 的性质有关,还与实验观测设备的性能(辐射功率、接收机灵敏度、天线特性)有关。在适当的垂直反射条件下, $f_o E_s$ 可达较大的数值为 10—12 MHz。

三、对遮蔽强度 S 的计算处理方法

在通常情况下 $f_b E_s \leq f_o E_s$, 即 $f_b E_s / f_o E_s \leq 1$ 或 $S \leq 1$, 我们在对兰州和重庆观测

资料的处理中,已得到充分的证实.从大量资料数据中,有百分之九十几以上为 $f_b E_s \leq f_o E_s$,只有极个别情况出现 $f_b E_s > f_o E_s$ (本文将要讨论出现该情况的原因).

计算遮蔽强度 S 时,已有的方法是采用 $f_o E_s$ 和 $f_b E_s$ 的月中值来进行计算的,并认为所算得的 S ,就可以表征电离层 E_s 遮蔽的强弱.我们经过反复计算和验证发现,原来的计算方法有问题,它不能完全正确描述 E_s 的遮蔽能力和大小.因为采用原方法,计算的结果出现 $S_{\text{月中值}} > 1$ 的情况.这就是说在一个月时间内,有 50% 的时间 $S > 1$. 其实,在月报表上看 $S > 1$ 的次数是很少的.这与当时的实际相差太远,又难以解释.所以,我们认为采用每日各个时刻观测的 $f_b E_s$ 和 $f_o E_s$ 值来进行计算,可以得到每日各时刻的 $S_{\text{日,时}}$ 值,再以全月的 $S_{\text{日,时}}$ 值求出中值(或平均值).这就是我们最后所求该月的遮蔽强度 S ,而这时的 S 才能比较接近实际和描述 E_s 的遮蔽情况.

现以兰州观测站 1980 年 2 月 15:00 和 1980 年 9 月 12:00 的观测资料为例来说明,如表 1 和表 2.

从表 1 看出,采用新方法,求得的 $S'_{\text{月中值}} = 1$ 然而,按照原方法得到的遮蔽强度 $S_{\text{月中值}} = (f_b E_s)_{\text{月中值}} / (f_o E_s)_{\text{月中值}} = 34\text{EG}/28\text{V} = 1.21$ (注意: 必须按照求中值的规程进行. 式中 28V 是第一试算中值和第二试算中值的平均值, V 为限量符号).

又从表 2 看到,1980.9.29.12:00 时的遮蔽强度 $S = 44\text{EY}/34 = 1.29$. 而且,在观测资料的原始记录中注有 EY 的说明字符. 这可以得到解释: 因为电离层倾斜的缘故,造成空白,不能作精确测量,只能估值.

对表 2 按新方法算得的遮蔽强度 $S'_{\text{月中值}} = 1$, 但按原方法算得的遮蔽强度 $S_{\text{月中值}} = (f_b E_s)_{\text{月中值}} / (f_o E_s)_{\text{月中值}} = 41/40 = 1.03$.

从上面两例看到用原方法处理都出现了 $S_{\text{月中值}} > 1$ 的情况,这与实际不符,也无法解释,所以,原来的处理方法是有点疑点的.新方法是每日各时刻的 S 值进行处理的,即使个别可能出现 $S > 1$ 的情况,也可以根据原始记录资料得到解释.所以,利用 $S_{\text{日,时}}$ 值来进行计算,比较符合实际,而且,最后对全月的 $S_{\text{日,时}}$ 值再取中值的结果,就不出现 $S_{\text{月中值}} > 1$ 的情况.我们认为这种处理方法比较好,既恰当的反映了电离层 E_s 的遮蔽特征,也避免了难以解释的 $S_{\text{月中值}} > 1$ 情况.

我们用新方法对兰州地区 E_s 遮蔽强度进行大量测试结果的计算,表明了它比原方法更为合理.

四、关于遮蔽强度 S 的讨论和建议

对 $S_{\text{日,时}} > 1$ 的解释

我们在大量计算 $S_{\text{日,时}}$ 值中,发现确有个别 $S_{\text{日,时}} > 1$ 的情况.从当时观测的记录资料中,确有 $f_b E_s > f_o E_s$ 的事实,但在其记录数值后一般都注有说明字符,可以根据字符的含义去判别其引起的原因.例如: $f_b E_s \text{Y}$ 和 $f_o E_s \text{Y}$ 表明因电离层倾斜,出现空白,影响测量的结果;又如, $f_b E_s \text{JA}$ 和 $f_o E_s \text{JA}$, 其中 J 表示由非常波推得的结果, A 表示小于的情况.对 $S_{\text{日,时}} > 1$ 一般有下列三种解释: (1)因测量仪器和观测者读数误差带来的. (2)电离层发生倾斜,出现空白的缘故. (3)外界骚扰(磁暴、极光、电离层暴等)对 E_s 层的

临界频率和遮蔽频率的测量和度量上带来了困难和误差。

$S \leq 1$ 的含义

电离层 E_s 的遮蔽强度 S , 表示在某个频率的无线电波穿透薄层 (约 0.5—20 公里) E_s 的程度和能力。它能描述 E_s 遮蔽的强弱: 当 $S < 1$ 时, 为部分遮蔽情况, 说明电离层 E_s 的遮蔽能力比较小; S 越小, 遮蔽越弱。当 $S = 1$ 时, 为全遮蔽情况, 表示 E_s 在该电子浓度下, 遮蔽能力最强。当 $S = 1$ 或接近 1, 射向 E_s 层电波的能量几乎全被反射, 可以不考虑穿透损耗; 当 $S < 1$ 时, 射向 E_s 层电波的部分能量被反射, 另一部分能量因穿透而损失。要计算这部分损失的能量, 原则上可根据 C. C. I. R 第 252 号报告提供的方法来计算, 但从理论和实验方法上都存在局限性。因为确定 E_s 层的部分穿透损耗是困难的; 在理论上又受到 E_s 的不均匀体结构假想模式范围的限制, 所以, 这个问题还待进一步研究。

在利用 E_s 传输中, 遮蔽强度 S 是要考虑的, 但还要同时考虑 E_s 层的临界频率 f_0E_s , 只有当 E_s 层的 f_0E_s 比较高时, 才能使利用 E_s 层比用 F 层传输更为有利。根据 E_s 层 f_0E_s 的出现率与时间和季节相关的统计研究*看到我国在太阳黑子低年和夏季 (5、6、7、8 月份) 每天 08—14 点, $f_0E_s > 5\text{MHz}$ 的概率是 0.5, 而且 S 很接近于 1。这些季节和时段, 正是我国强 E_s 出现频繁的时间, 也是我们可以利用 E_s 传输的最有利时间。研究指出, 一般在黑子低年的夏天, 对 1000km 以上的电路, 在 $f_0E_s > 4\text{MHz}$ 时, E_s 层传输模式通常是成立的。根据估算一定工作频率比 (f_l/f_0E_s) 的情况, E_s 能反射的最大仰角 ΔE_s 经验公式为

$$\Delta E_s = \left\{ 282 \times \left[\frac{5}{f_l/f_0E_s - 0.84} - 1 \right] \right\}^{\frac{1}{4}} - 2.2,$$

其中 f_l 为工作频率, f_0E_s 为 E_s 层反射区的临界频率, 此公式适用于 E_s (或 E) 层。

如果选取 $f_l/f_0E_s = 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5$ 等分别代入上述公式可以计算不同频率比所对应的 E_s 层反射的最大仰角, 如图 1 所示。

经过上述讨论我们就可以建立一种比较简单的方法以估算一定距离的电路, 即在已知 (或预报) f_0E_s 和 S 下, 什么样的仰角和什么样的频率才能保持 E_s 模式的传输。这个方法是基于给定的 f_0E_s 、 S 接近 1 和电路参数利用图 1 确定 ΔE_s 和 f_l 。具体作法如下:

假如考虑到一条通信电路长为 1500km, 已知 (或预报) 反射区 $f_0E_s \approx 4\text{MHz}$, S 接近 1, 因为 E_s 的高度 $h = 110\text{km}$, 对应于 1500km 的仰角 $\alpha \approx 5^\circ$, 由图 1 知 $\Delta E_s = 5^\circ$, 对应的频率比

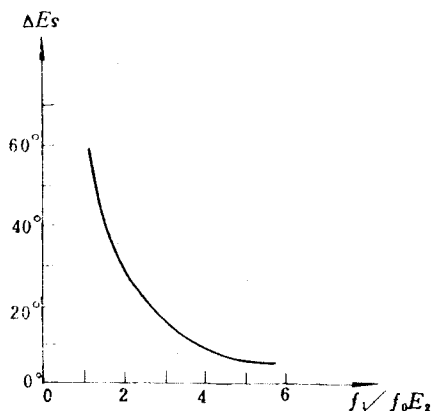


图 1 ΔE_s 与频率比的关系
Fig. 1 Relationship of ΔE_s with frequency ratio

* 李玉辉, 兰州上空 E_s 特性参数的统计分析, (内部资料), 1984.

为 5.07, 所以, $f_l = f_0 E_s \times 5.07 = 4 \times 5.07 = 20.288 \text{ MHz}$. 又考虑到保持足够可靠的 1500km 的 E_s 层模式传输, 应适当降低工作频率, 使 $f_l < 20.28 \text{ MHz}$, 其最低的下限频率应由当时的本地噪声和电离层的状态和情况来决定, 但工作频率 f_l 选在小于 20.2 MHz 的附近为好.

由此得知: 对一条 1500km 电路, 当 $f_0 E_s = 4 \text{ MHz}$, 电波辐射角为 5° 时, 选工作频率低于 20.28 MHz, (最低频率由当时本地噪声和电离层情况而定) 就能维持 E_s 模式传输.

五、结 论

通过本文的讨论, 我们认为: (1) 对 E_s 层遮蔽强度的定义 $S = f_b E_s / f_0 E_s$ 应采用每日各个时刻的 $f_b E_s$, $f_0 E_s$ 值来求每日各个时刻的 S , 然后求月中值, 作为这个月的 E_s 遮蔽强度的表征. 而不能用 $f_b E_s$, $f_0 E_s$ 的月中值之比直接求 S 作为这个月的 E_s 遮蔽强度的表征, 因为这样会出现不合乎实验事实的结论. (2) 考虑到利用 $f_0 E_s > 4 \text{ MHz}$ 和 S 接近 1 的情况, 可以建立较好的 E_s 模式传输. 本文给出了一个在黑子低年、夏季(5、6、7、8 月份)每天 08—14 点的 E_s 模式传输的天线仰角和工作频率的估算方法. 这在通信、广播、短波雷达和电视传输都是有实用意义的.

本文得到焦培南、刘瑞源等同志的支持和帮助, 特此致谢.

Discussion on the Calculation Method for E_s Screening Intensity

Li Yu-hui

(China Research Institute of Radiowave Propagation)

Abstract

In this paper the definition and calculation method for E_s screening intensity are discussed and improved. As simple calculation method is presented for those path propagating by E_s .