

海雾对 3 毫米波传播特性的影响研究*

沈广德 赵振维 林乐科 金燕波

(中国电波传播研究所青岛分所, 山东, 青岛, 266071)

摘要 进行了海雾对 3mm 传播特性影响的测量实验. 浓度大的海雾对 3mm 信号衰减达 7.55dB/km, 推算了海雾的特性参数, 对不同能见度下的测量结果和用 ITU 模式计算的结果进行了比较, 并对信号闪烁特性进行了分析.
关键词 3mm 通信, 衰减, 能见度, 闪烁指数

SEA FOG EFFECTS ON RADIO WAVE PROPAGATION AT 3mm WAVELENGTH

SHEN Guang-De ZHAO Zhen-Wei LIN Le-Ke JIN Yan-Bo

(China Research Institute of Radiowave Propagation, Qingdao Branch, Qingdao, Shandong 266071, China)

Abstract The experiments on 3mm radiowave propagation attenuation induced by sea fog were carried out. The results show that dense fog induces 7.55dB/km attenuation at 3mm. The sea fog characteristic parameters were calculated. The measured attenuation was compared with that calculated by ITU model at different visibility. Signal scintillation characteristics were analyzed.

Key words 3mm communication, attenuation, visibility, scintillation index.

引言

大气环境对毫米波通信和毫米波雷达有很大的影响, 雾和雨、雪一样是影响毫米波信号传播的一个重要因数, 在山区和海面上更为明显. 在我们观测的青岛沿海, 海雾对 3mm 信号的衰减最大可达 7.55dB/km, 相当于一场中雨的衰减量, 因此研究海雾对 3mm 波的传播影响有很重要的意义.

海面上空气中水汽含量大, 所含离子浓度也大, 在陆海交界处, 气候变化复杂, 昼夜温差大, 当气流在海陆间相互流动时容易产生雾. 一般都发生在傍晚到第二天上午, 有的区域白天也会产生, 而且随风流动很快. 浓雾大时有滴水的感觉, 覆盖的区域主要在沿海较窄的范围内, 离地高度在 100~200m, 并且到中午时逐渐消散. 一年中在春夏季节和入冬季节, 海雾出现频繁, 这影响到毫米波地面通信以及地面和海面目标识别.

为了长期测量海雾对毫米波的影响, 我们在青岛地区海边和陆地之间建立了毫米波测量线路^[1], 在不同能见度的海雾时对 3mm 信号的衰减和闪烁

进行了测量和分析.

1 测量理论

海雾对 3mm 波信号的影响主要是吸收和散射. 由于雾滴粒径一般在 1-100 μ m 之间, 远比 3mm 为小, 可以用瑞利近似来计算, ITU-R 推荐的计算雾对毫米波衰减公式如下^[2]:

$$A = K_L M, \quad (1)$$

式(1)中, M 是空气中液态水的含量, K_L 是衰减系数, 由液态的水温和信号频率决定^[2], 图 1 是 f 为 93.5GHz 时, 在 -10~40 时的雾致衰减系数的计算值.

2 实验数据和衰减分析

在 3mm 传播的实验线路中, 接收机线性范围为 26dB, 接收机和发射机距离为 2200m, 可以满足各种情况下的信号测量. 在测量衰减的同时记录海雾能见度数据. 实验中我们发现, 衰减量和能见度没有明确的比例关系, 低能见度的海雾不一定对应大

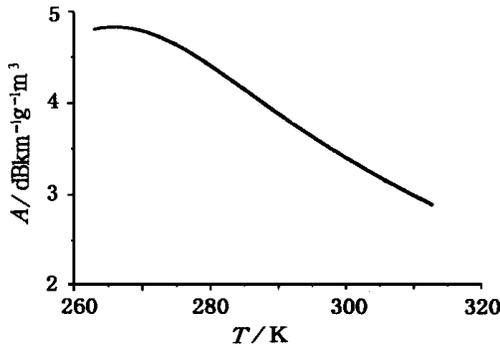


图 1 衰减系数的计算

Fig. 1 Attenuation coefficient calculated based on ITU

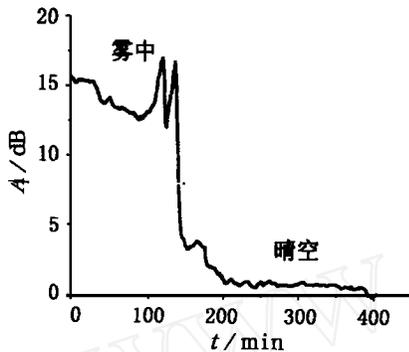


图 2 典型的海雾衰减数据

Fig. 2 Typical sea fog attenuation data

的衰减量 气象学上有经验公式描述雾的能见度^[3]:

$$L = C \frac{r}{M}, \quad (2)$$

式(2)中 r 是雾粒子平均半径, M 是雾水含量, $C = 2.5$ 是常数 能见度不仅与雾水含量有关, 还与雾滴粒径有关 表 1 是我们实验所测得的衰减数据和由式(2)所计算的雾滴平均半径

典型的 3mm 雾致衰减信号如图 2 所示: 这是一次典型的大雾, 有滴水感, 能见度为 100m, 环境气

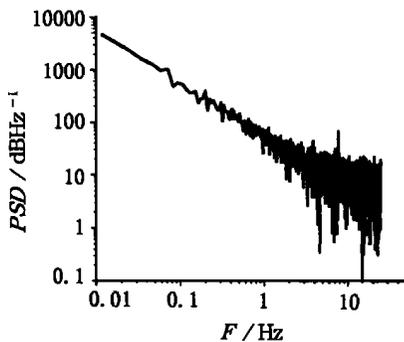


图 3 较宽的功率谱密度

Fig. 3 Wider power spectrum density

表 1 不同能见度下的雾致 3mm 衰减
Table 1 Attenuation at different visibility and 3mm induced by fog

测量时间	衰减/dB km ⁻¹	能见度/m	平均半径/μm
14/5/99	7.55	100	69
23/5/99	2.95	150	41.5
22/5/99	2.73	100	25.6
4/6/99	1.05	150	14.8

温为 8 . 图 2 中右边是雾散以后的信号, 左边是在雾中的信号, 信号最大的衰减达 16.6dB, 即 7.55 dB/km, 计算出此时衰减系数为 4.3dB/km⁻³, 由式(1)计算液态水的含量为 1.73gm⁻³, 由式(2)计算雾滴平均半径为 69μm. 用同样的方法, 我们计算了在表 1 测量中海雾雾滴的平均半径 由表 1 可见在青岛沿海地区海雾粒子半径相对较大 空气中的雾水含量不能由能见度来直接衡量 同时, 3mm 收发信号机也提供了一种较正确动态测量雾水浓度的方法

3 信号闪烁分析

信号闪烁是影响通信效果的一个重要因素, 在我们的通信线路中, 闪烁主要由于路径上海雾结构随时间快速变化引起的 信号闪烁的强度常用闪烁指数 S_4 来衡量; 若信号强度记为 I , S_4 定义为:

$$S_4^2 = \frac{I_2 - I^2}{I^2} \quad (3)$$

雾中、雾散时和无雾时测量的闪烁指数平均值分别为 0.0079、0.042 和 0.0036; 大雾时的闪烁指数明显大于无雾; 在大雾快速散去时, 闪烁指数会增加数倍 所以在雾形成和消失时, 大气结构更加不稳定, 闪烁幅度增加

另一个衡量闪烁程度的参数是用信号起伏的峰

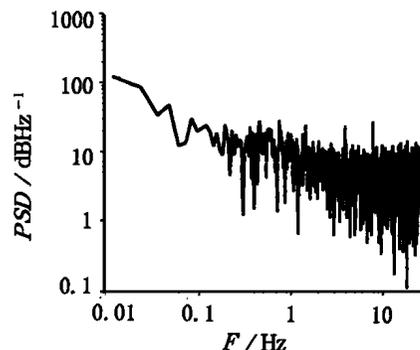


图 4 稳定的海雾的功率谱密度

Fig. 4 Power spectrum density of stable sea fog

峰值的分贝数 S_I 来表示, 定义为:

$$S_I = 10 \log \frac{I_{\max}}{I_{\min}}, \quad (4)$$

I_{\max} 和 I_{\min} 分别是信号最大和最小值 在图 2 所示的情况下测得为 0.2-1.0 dB/km. 即信号和峰峰值占最大衰减量的 13%.

信号的功率谱可反应海雾结构变化的快慢情况和所占功率份额 在文献[1]中我们已经做过一些工作, 在 3mm 的测量中, 我们同样可见功率谱密度随频率的指数衰减情况(见图 3 和图 4), 在海雾散去时信号表现有更宽的闪烁频谱(见图 3).

4 结语

青岛沿海地区海雾浓度高, 位置低, 液态水含量

高, 在 3mm 波段, 引起的信号衰减在浓雾时最大可达到 7.55 dB/km. 而信号闪烁幅度用峰峰值来计算可达 1 dB/km. 对 3mm 应用有较大影响 同时 3mm 收发信机了可用作测量海雾浓度的一个方法

REFERENCES

- [1] SHEN Guang-De, ZHAO Zhen-Wei, LI N Le-Ke, *et al*. Sea fog attenuation and scintillation at 33.5 GHz, *Chinese Journal of Radio Science* (沈广德, 赵振维, 林乐科, 等. 海雾对 8 毫米的衰减和闪烁研究, 电子科学学报), 1999, 14(1): 66-70
- [2] ITU. Attenuation due to clouds and fog, *ITU-Recommendation (ITU-R 840-1)* 1994: 245-247
- [3] WANG Bin-Hua. *General Meteorology*. Jinan: Shandong People's Publishing House (王彬华. 普通气象学, 济南: 山东人民出版社), 1961: 301-302

www.cnki.net