

基于 ITS的短波链路频率指配与电磁计算

王林志, 谢绍斌

(空军工程大学电讯工程学院, 陕西西安 710077)

摘要: 探讨了进行短波链路电磁计算的公式和主要参数, 从理论上预测了 A、B 两城市间 7 月份短波链路的可用频段, 给出了利用短波频率规划软件 ITS 进行短波链路电磁预测和链路性能估算的计算结果。

关键词: 短波链路; 频率指配; 电磁计算

中图分类号: TN917 文献标识码: A 文章编号: 1009-3516(2006)03-0077-05

短波信道是一个变参信道, 特别是可供使用的频带窄、频率占用拥挤、电磁信号间相互干扰大等不足, 一直是电磁频谱管理中的难点问题。使用 ITS 软件, 可将原本复杂繁琐的理论计算简单化、程序化, 大大减少计算短波链路参数的时间。ITS 软件系列是美国 Institute for Telecommunication Sciences 开发的、用于预测 2-30 MHz 短波频段通信性能的免费软件, 它的可靠性已经得到了实际计算、运用的证明。本文探讨了进行短波链路电磁计算的公式和主要参数, 并给出了利用 ITS 软件系列进行短波链路频率指配的电磁计算结果。

1 短波链路电磁计算

短波链路主要利用电离层反射电磁波进行信息传输, 电离层在不同高度处的电子密度是不一样的, 因此, 可以将电离层视为球面分层结构, 近似用光学理论来分析。电离层分层折射率为

$$n = \sqrt{\epsilon'} \quad (1) \quad \epsilon' = 1 - Ne^2 / \epsilon_0 m (\omega^2 + \nu^2) \quad (2)$$

式中, ϵ' 为电离层的等效相对介电常数; N 为电子密度; m 为电子质量; ω 为角频率; ν 为碰撞频率, 它与太阳黑子数、太阳天顶角有密切关系。将式(2)中各参数值代入式(1), 并考虑到短波信道中 $\omega^2 \gg \nu^2$, 可得电离层分层的折射率为 $n = \sqrt{1 - 80.8N/f^2}$ (3)

式中, f 为通信频率。设电离层共有 n 层, 且在第 n 层处的电子密度最大, 据 Snell 定律

$$n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1 = \dots = n_n \sin \theta_n \quad (4)$$

当频率一定时, 电波能返回地面的条件为 $\sin \theta_0 \geq n_n = \sqrt{1 - 80.8N_n/f^2}$ (5)

式中 N_n 为第 n 层的电子密度。当电波垂直投射时, 即 $\theta_0 = 0$, 可得临界频率为 $f_c = \sqrt{80.8N_n}$ (6)

当电波以一定角度 θ 投射时, 可得斜投射时的最高反射频率, 即最高可用频率 (MUF)

$$F = \sqrt{\frac{80.8N_n(1 + 2h/a)}{\sin^2 \beta + 2h/a}} \quad (7)$$

式中 α 为地球半径, h 为电离层反射点至地面高度。由于 MUF 为可返回地面和穿透电离层的临界频率, 而电离层参数是时间变化的, 故 MUF 传播条件难以长时间保持。实际运用时, 通常取比 MUF 低 15% 的频率, 即最佳工作频率 (FOT 或称 OWF)。

在进行短波链路计算时, 还有另外几个重要参数必须注意。

1) 大圆距离 (D): 已知收发两端的地理参数时, 则两端点之间的大圆距离为 $D = 111.17d$ (8)

收稿日期: 2005-10-20

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 王林志 (1978-), 男, 湖南湘潭人, 硕士生, 主要从事卫星和移动通信技术研究。

$$\cos d = \sin x_1 \sin x_2 + \cos x_1 \cos x_2 \cos(y_1 + y_2) \quad (9)$$

式中 x_1, x_2, y_1, y_2 分别为发收两端的经、纬度, d 为两点间的地心夹角。

2) 太阳黑子数(R): 它的参数周期性变化与电离层参数的长期变化关系密切, 广泛使用太阳黑子数 R 来表征。在频率预测工作中, 常常使用 12 个月的移动平均值 R_{12} 来表示。

$$R_{12} = \frac{1}{2} \left[\sum_{k=n-5}^{n+5} R_k + \frac{1}{2} (R_{n+6} + R_{n-6}) \right] \quad (10)$$

其中 R_k 为 k 月的 R 平均值。 R_{12} 可在国际电信联盟出版的“电信杂志”得到。

3) 传输损耗(L_b): 电波在空间传输的能量损耗分为自由空间损耗(L_{bf})、电离层吸收损耗(L_i)、地面反射损耗(L_g)与附加系统损耗(L_p)等 4 种损耗, 即有: $L_b = L_{bf} + L_i + L_g + L_p$

4) 短波链路传播模式: 短波链路的传输模式, 按电离层反射区不同, 可分为 E 模(或 E_s 模)、F 模、混合模等模式, 按是否经地面反射可分为单跳或多跳模式。

2 短波链路频率指配中的电磁计算

本文所进行的短波链路频率指配中的电磁计算, 主要是利用 ITS 短波频率规划软件进行。该软件可进行基于频率或设备数据库或手工输入的无线电台站数据为无线电频率管理和规划提供所必需的计算和分析支持, 计算结果可显示到地理图上, 协助拟定频率规划方案, 并可得出相应的电磁性能。

短波链路频率指配中的电磁计算, 主要是在 2 - 30 MHz 频率范围内利用台站相关数据, 进行点对点、点对区域以及天线配置等复杂的短波电磁计算, 并以可视化的方式来表征。

2.1 点对点可用频段预测

对处于 3 区的 A 和 B 两城间 7 月份短波链路可用频段进行理论计算和 ITS 预测。其主要参数为:

太阳黑子数 $R_{12} = 110$; A 城经纬度: $34.21^\circ\text{N}, 108.55^\circ\text{E}$; B 城经纬度: $39.90^\circ\text{N}, 116.47^\circ\text{E}$; 大圆距离 $D = 945$ km; 链路可能的传输模式为 E 模或 F 模。经理论计算, 结果如表 1 所示

表 1 A、B 两城链路频率预测

时间 (UT)	太阳 天顶角 ($^\circ$)	MUF (2 000 km)E (MHz)	MUF (D)E (MHz)①	MUF (0)F ₂ (MHz)	MUF (4 000 km) F ₂ (MHz)	MUF (D) F ₂ (MHz)②	FOT (D) F ₂ (MHz)③	取①② 中大者 (MHz)	取①③ 中大者 (MHz)
00	67	14.3	10.0	8.0	27.0	18.2	15.47	18.2	15.47
02	42	17.6	12.2	8.5	28.0	19.0	16.2	19.0	16.2
04	19	18.9	13.0	9.0	28.5	19.6	16.7	19.6	16.7
06	20	18.8	13.0	9.2	31.5	21.3	18.1	21.3	18.1
08	42	17.6	12.2	9.8	31.5	21.5	18.3	21.5	18.3
10	67	14.3	10.0	9.7	32.0	21.8	18.5	21.8	18.5
12	89	8.5	5.8	9.0	30.0	20.2	17.2	20.2	17.2
14	118			8.4	28.0	19.0	16.2	19.0	16.2
16	120			8.0	26.2	17.7	15.0	17.7	15.0
18	122			7.8	24.5	16.8	14.3	16.8	16.8
20	110			6.8	22.0	15.0	12.7	15.0	15.0
22	90	8.1	5.6	6.9	24.0	16.0	13.6	16.0	16.0

结合计算结果表, 并参照无线电频率划分规定中有关固定业务可用频段可以得出 A 城和 B 城间 7 月份短波链路可用频段为

00:00 - 16:00(UT) 15 600 - 16 360 kHz(日频); 16:00 - 24:00(UT) 11 400 - 11 600 kHz(夜频)。

这两组频率均高于相应时间 MUF(D)E 的频率, 不会产生 E_s 遮蔽, 短波通信链路不会受到 E 层覆盖。

再利用 ITS 短波频率规划软件包中的 ICEPAC 软件对 A 城和 B 城间 7 月份短波链路可用频段进行预测, 其预测参数设置为: 预测时间: 2005 年 7 月; 参数集: CCIR 太阳黑子数: $R_{12} = 110$; A 城经纬度: $34.21^\circ\text{N}, 108.55^\circ\text{E}$; B 城经纬度: $39.90^\circ\text{N}, 116.47^\circ\text{E}$; 发端功率: 1 kW; 3 MHz 噪声电平: -115 dBm; 信号正常传输所需信噪比 55 dB; 多径功率容限: 3 dB; 最大延迟容限: 0.1 ms; 参考频率设置(MHz): 5.6, 6.7, 7.2, 9.7, 11.

85, 15.53, 17.725, 18.5, 21.65, 26.2, 28.0。运行 ICEPAC, 结果如图 1 所示。

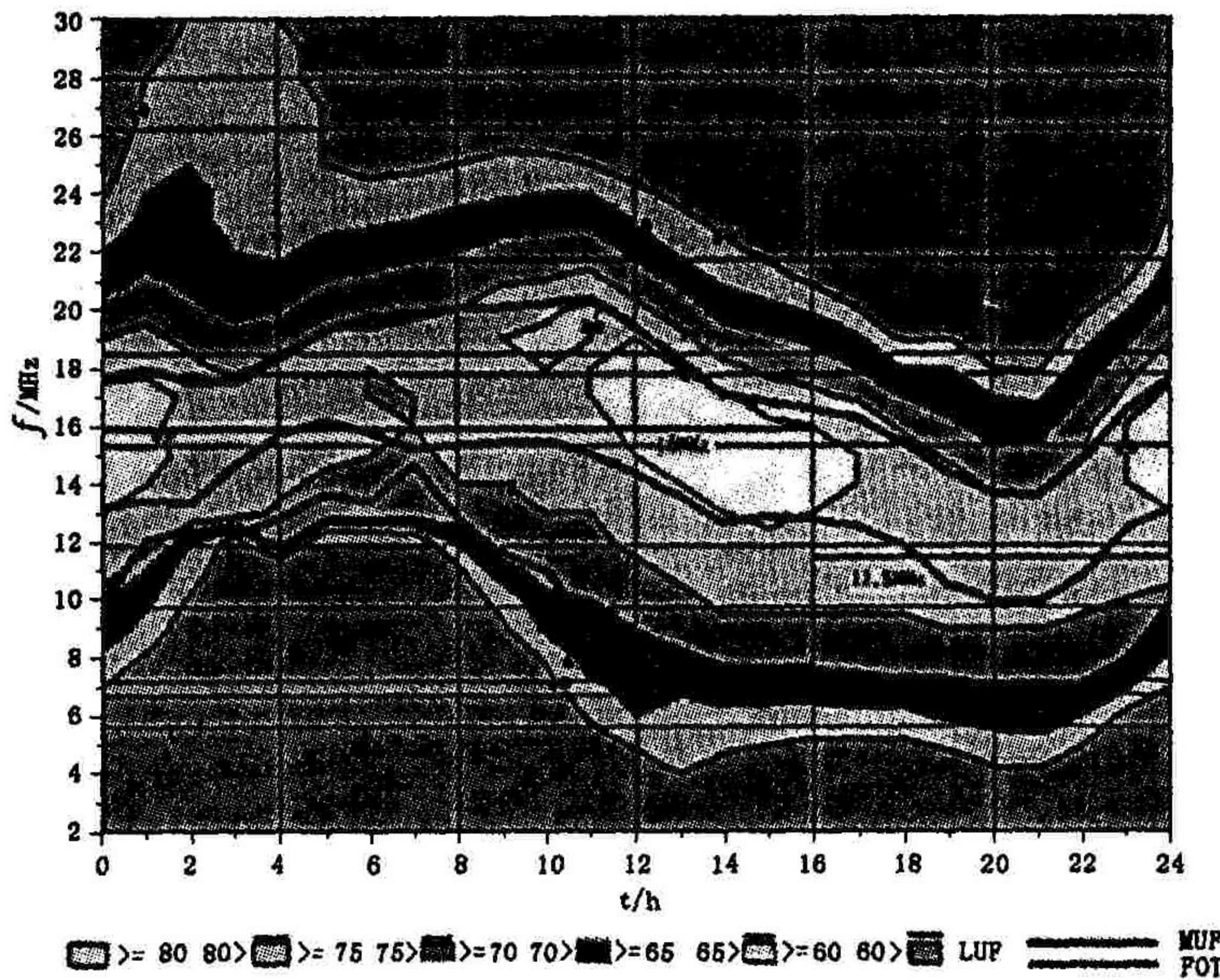
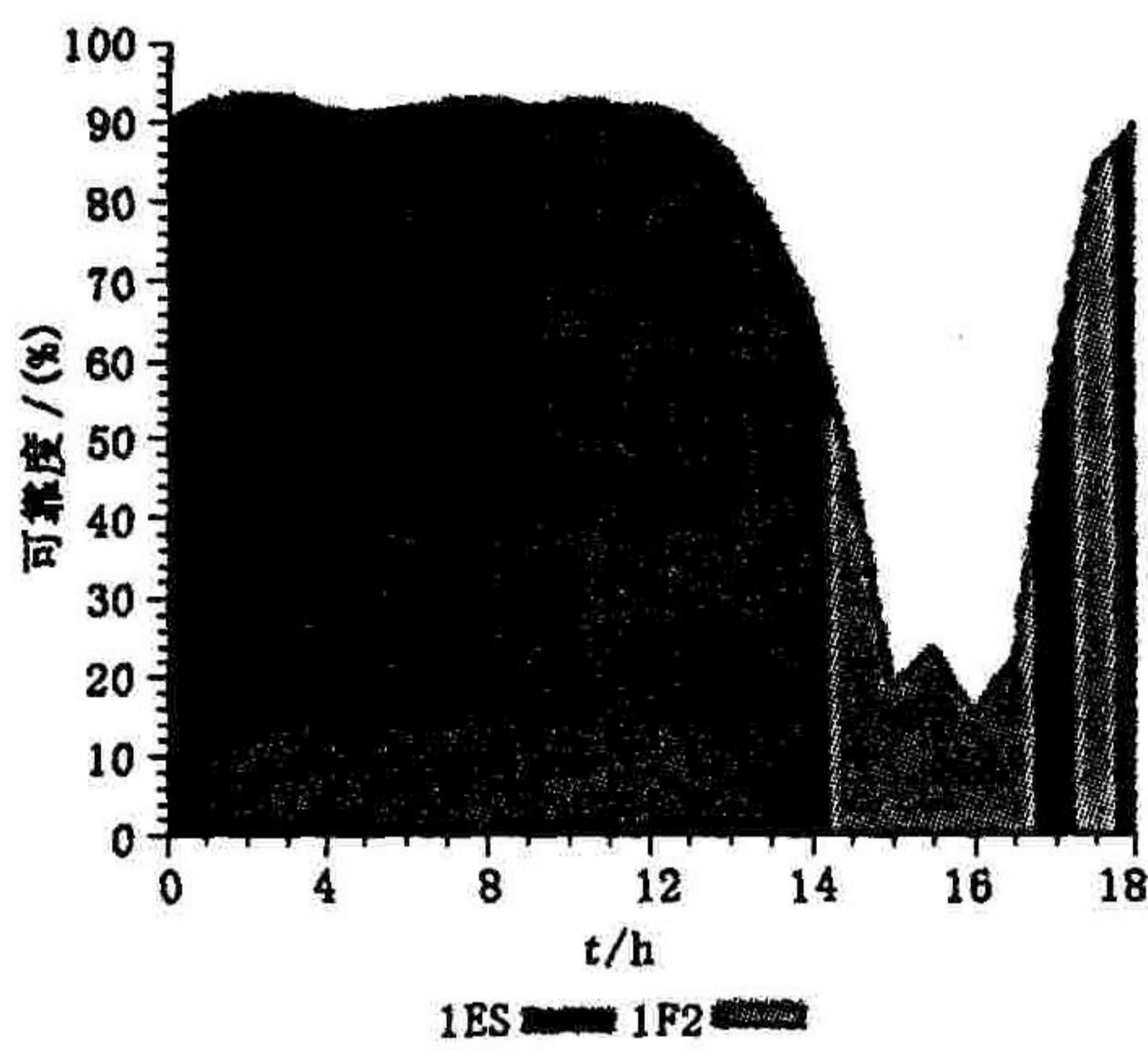


图 1 A 城和 B 城间短波链路不同时段可通率图

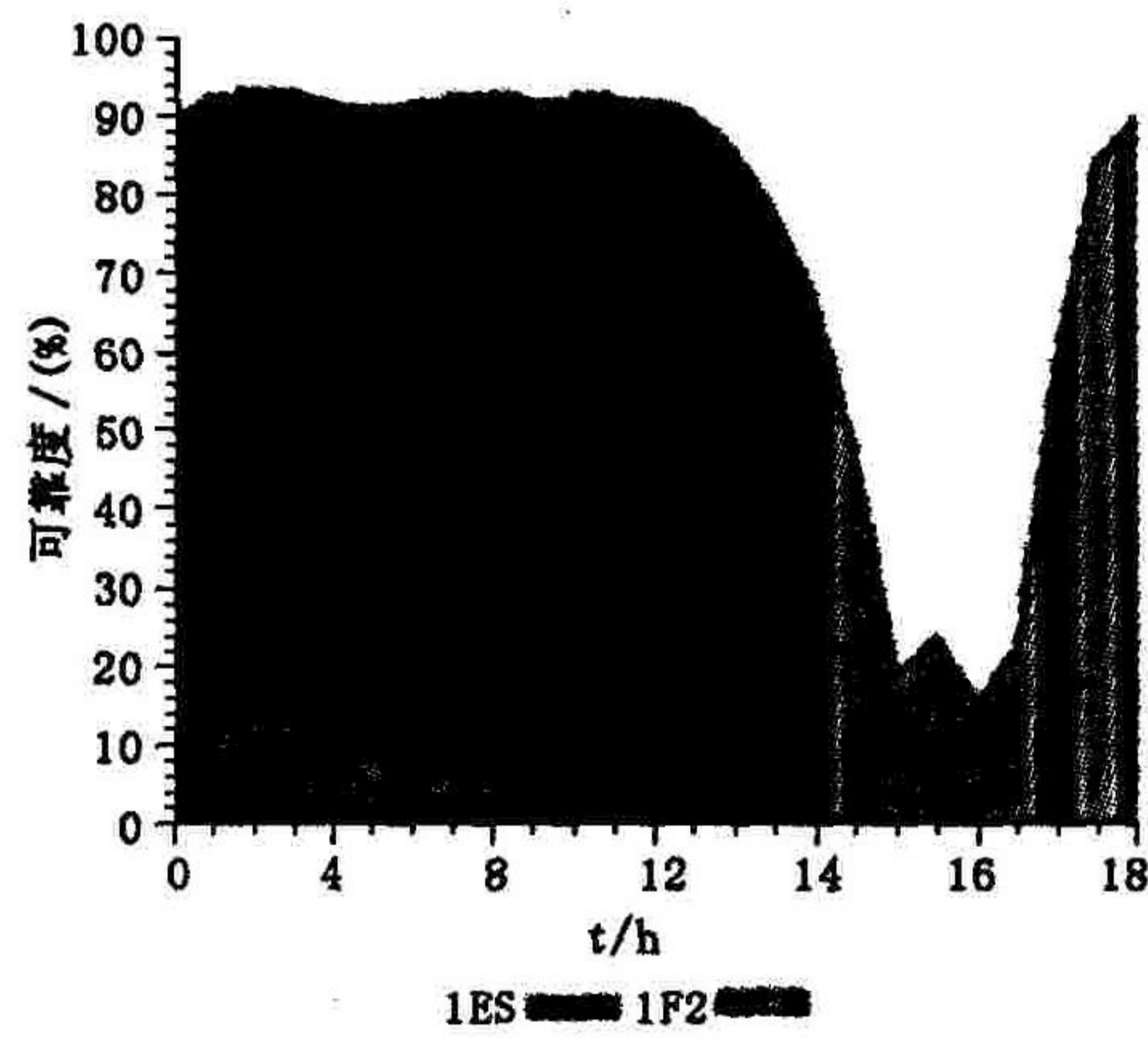
从图 1 可以看出,时间可靠度大于 80% 的频率都可选为可用频率。结合无线电频率划分规定中有关固定业务可用频段,可选取 A 城和 B 城间 7 月份短波链路频率为(如图中粗黑线所示): 00:00 - 16:00(UT) 16 000 kHz(日频); 16:00 - 24:00(UT) 13 500 kHz(夜频)。

比较理论计算得出的预测结果和 ICEPAC 的运行结果,可以得出这样的结论:ICEPAC 的运行结果与理论计算所的结果是一致的,利用 ICEPAC 进行短波链路的计算是科学可靠的。

再利用 ICEPAC 软件来验证我们选取的链路频率的可靠度。参数设置只需将频率设置改为 16 000 kHz 和 11 500 kHz,其余参数不变即可。结果如图 2 所示。



(a) 16 MHz 频率的时间可靠度



(b) 11.5 MHz 频率的时间可靠度

图 2 使用日频 16 MHz 和夜频 11.5 MHz 时对应的时间可靠度图

从图 2 可以看出,在 00:00 - 16:00(UT)的时间范围内,使用 16 MHz 的日频可达到最低为 85% 的时间可靠度,在 16:00 - 24:00(UT)的时间范围内,使用 11.5 MHz 的夜频可达到最低为 96% 左右的时间可靠度。因此,选取这两个频率作为 A 城和 B 城间 7 月份固定短波通信的频率是可靠的、有保障的。

2.2 定频时点对点信噪比计算

短波链路地理位置条件与前面一样,A 城为发端,B 城为收端,发射功率为 0.2 kW,3 MHz 噪声电平为 115 dBm,信号正常传输所需信噪比 60 dB。经电磁计算,得到频率为 16 MHz 和 11.5 MHz 时,接收信噪比与时段关系的结果如图 3 所示。

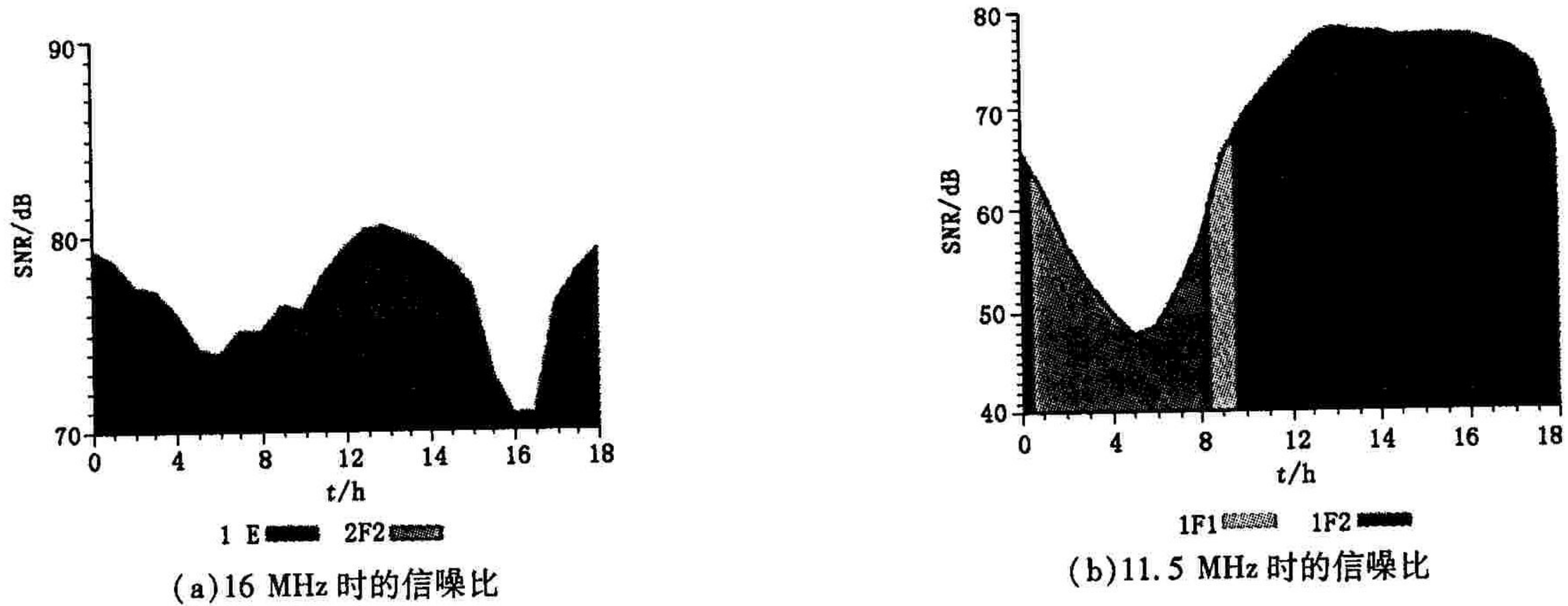


图3 频率为16 MHz和11.5 MHz时信噪比与时段关系图

从图中可以很直观地得到, 满足可通率要求时, 信噪比与时间关系。

2.3 点对区域链路计算

短波点对区域覆盖范围的计算中, 我们假设A城为发端, 其地理位置为34.210N、108.550E, 发射功率为0.398 kW, 发射频率为11.5 MHz, 发射天线为水平周期对数天线, 其方向如图4所示。

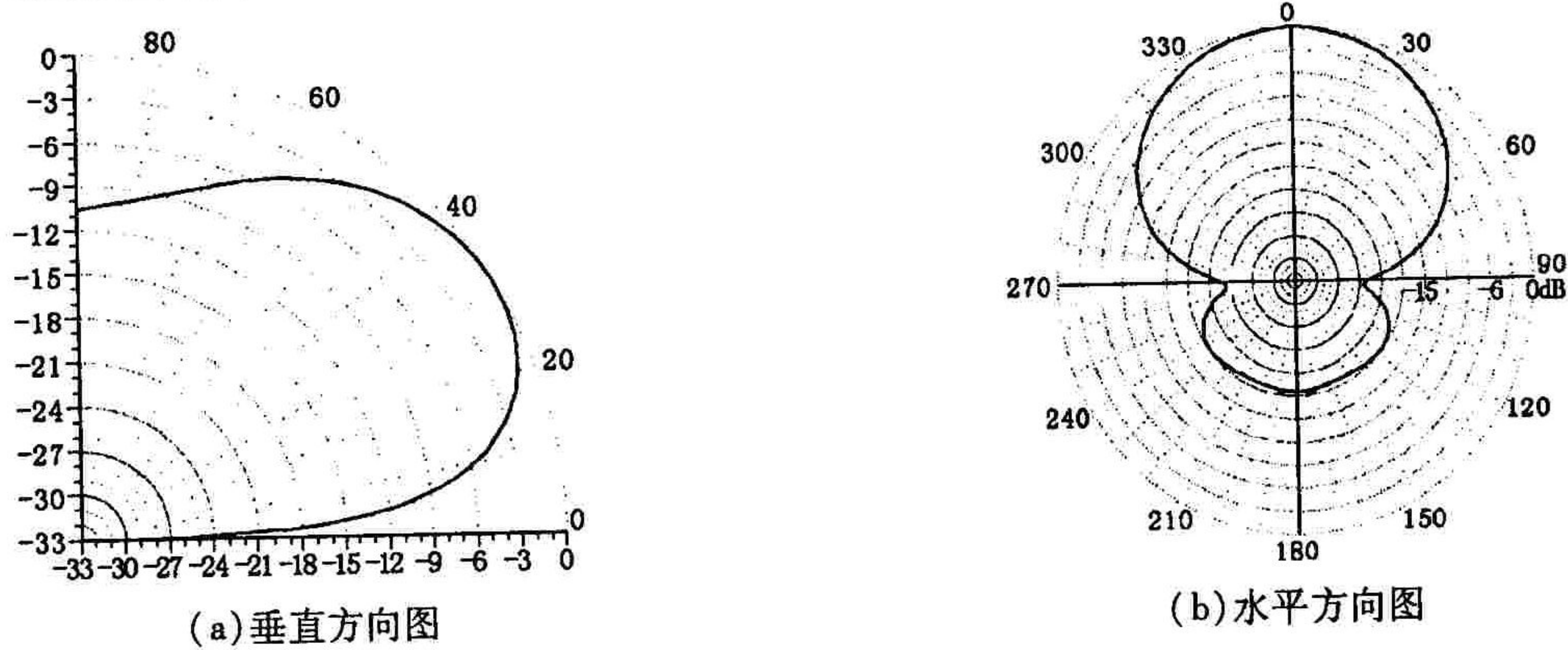


图4 发射天线的垂直方向图和水平方向图

天线的最大辐射方向为正北, 其余参数采用软件系统设置的缺省值。从图5中可以清楚地得到符合可通率要求的接收区域。

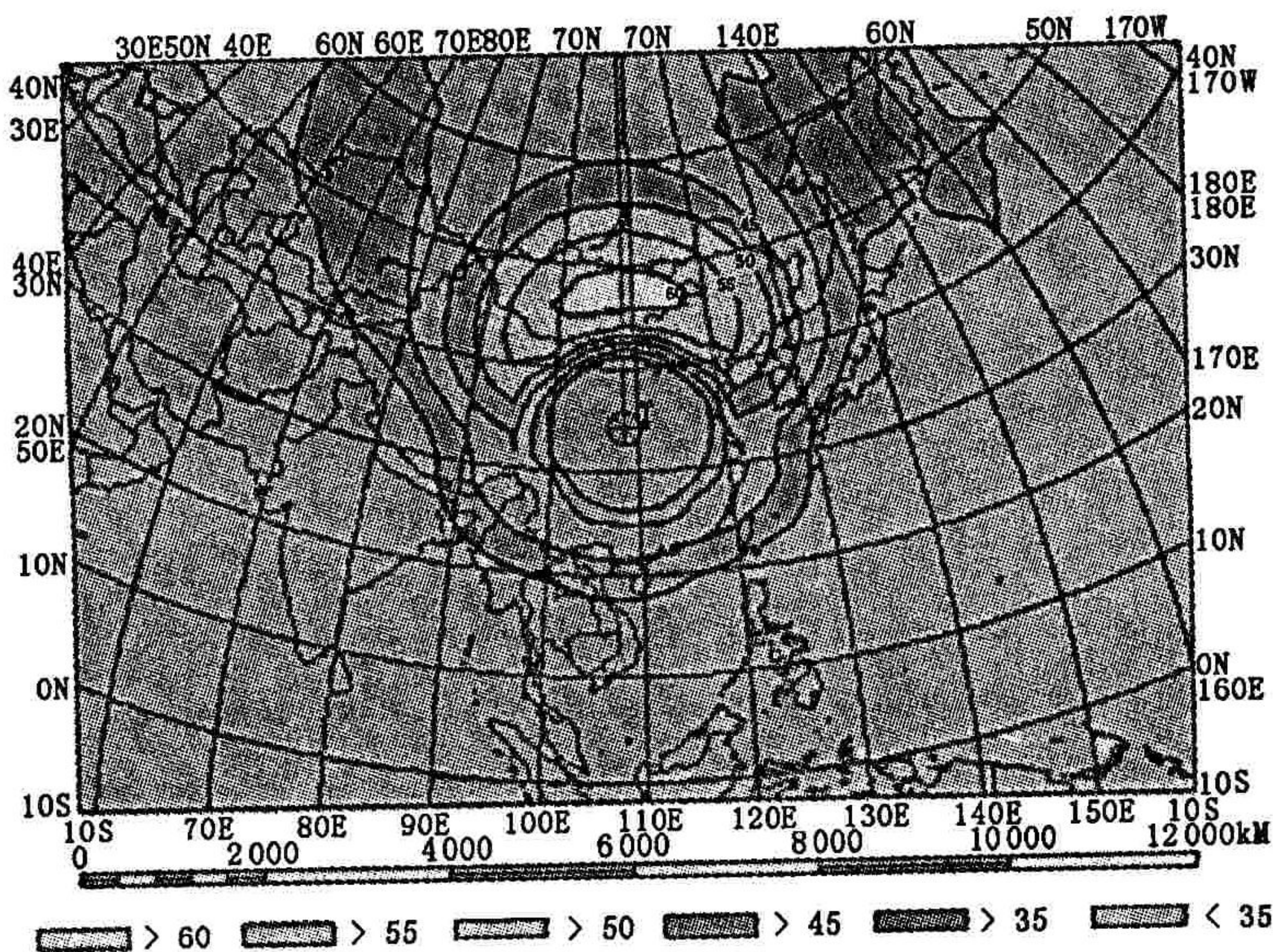


图5 11.5 MHz 点对区域时的短波链路区域可通率

4 结束语

短波链路主要利用电离层反射实现信息传输,由于电离层参数是时变的,频率选择性衰落非常严重,所以,短波链路的计算是相当复杂的。利用短波频率规划软件,将复杂的短波链路电磁计算问题简单化、科学化、程序化,节省大量的人力,并能得到较准确的结果,不失为一种好的途径与方法。

参考文献:

- [1] Shimazaki T. Worldwide Daily Variations in the Height of the Maximum Electron Density of the Ionospheric F2 layer, J. Radio [J]. REs Labs Japan, 1965, (7):86 - 97.
- [2] Budden K G. Radio Waves in the Ionosphere[M]. Cambridge: England. Cambridge University Press, 1966.
- [3] 邮电部北京设计院,上海邮电设计院. 电信工程设计手册(短波通信分册)[M]. 北京:人民邮电出版社,1991.
- [4] 邮电部设计院. 邮电通信工程设计手册(无线通信分册)[M]. 北京:人民邮电出版社,1990.
- [5] 胡中豫. 现代短波通信[M]. 北京:国防工业出版社,2005.

(编辑:门向生)

Frequency Assignment and Electromagnetism Calculation in Short- wave

Link Calculation Based on ITS

WANG Lin - zhi, XIE Shao - bin

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: This paper discusses the formula and parameter in short - wave link electromagnetism calculation. Then, the practicable frequency for A - B city link in July is forecasted. Lastly ITS short - wave plan software is applied to the forecast of the practicable frequency and to the evaluation of the link capability for A - B city in July.

Key words: short - wave link; frequency assignment; electromagnetism calculation

(上接第 76 页)

The Design of Virtual Instrument Based on USB2.0 Interface

XU Chong - de, ZHU Rong - xin

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: This paper introduces the design of a data acquisition device based on USB2.0 interface, and uses this device as a signal generating / acquisition equipment to develop the virtual instruments like oscillograph and frequency spectrum analyzer. The powerful compute and control ability of computer can help the testing system to face user interface, bus interface and data processing.

Key words :USB2.0 ; virtual instrument; FPGA ; FIFO ; firmware program ; lab. Windows / CVI