

# 一种寒冷环境下分析幼林对地表微波辐射信号影响的方法

张钟军<sup>1,2</sup>, 张立新<sup>2</sup>, 杨立娟<sup>1</sup>, 刘嘉敏<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学信息科学与技术学院, 北京 100875; 2. 遥感科学国家重点实验室, 北京 100875)

**摘要:**通过拓展冻土介电常数模型、寒冷环境植被介电常数模型, 将 Matrix-Doubling 算法发展为适用于寒冷环境的幼林微波辐射模型。然后利用该模型模拟寒冷环境下幼林在 Ku(18.7 GHz)、Ka(36.5 GHz)波段上的亮度温度并与车载微波辐射计获得的实测亮度温度对比, 进行模型验证。最后, 用发展后的 Matrix-Doubling 模型模拟的结果和相同环境下  $\omega-\tau$  模型的结果进行匹配, 反演出幼林在 Ku、Ka 波段上的等效单散射反照率和光学厚度, 为用微波遥感监测地表冻融过程中去除植被对地表微波辐射的影响提供了一种有效方法。

**关 键 词:**微波辐射信号; 双矩阵; 寒冷环境; 幼林

**中图分类号:** TP 722.6; TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2011)03-0263-07

## 1 引 言

在采用被动微波遥感技术研究地表微波辐射信号时, 植被是影响准确性的重要因素之一。这是由于植被层不仅具有自身向上的辐射, 还要对地表辐射起衰减作用<sup>[1]</sup>。一定厚度的植被可以完全屏蔽地表的辐射<sup>[2]</sup>。在进行地表微波辐射信号研究时, 地面场景被分为有植被区和无植被区。有植被区的亮度温度可以表示为:

$$T = [1 - (1/L_{\text{can}}^2)(1 - e_s)]T_c \quad (1)$$

其中:  $L_{\text{can}}$  为植被衰减因子,  $e_s$  为下垫面的发射率,  $T_c$  是植被的物理温度。式(1)将覆盖地表的植被层当作同种植被, 不考虑幼林、草类、灌木等不同植被的差别。实际上式(1)是在植被单散射反照率  $\omega$  假设为零时, 对植被的零阶微波辐射模型  $\omega-\tau$  模型的简化。在  $\omega-\tau$  模型中总的亮度温度为:

$$T = T_c(1 - \omega)(1 - e^{-\tau}) +$$

$$T_c(1 - \omega)(1 - e^{-\tau})\gamma_s e^{-\tau} + (1 - \gamma_s)T_s e^{-\tau} \quad (2)$$

其中:  $\omega$  表示植被的单散射反照率,  $\tau$  表示植被的光学厚度,  $\gamma_s$  表示地表的反射率。 $\omega-\tau$  模型将植被看作是一个均匀层, 忽略多次散射效应。在低于

5 GHz 的条件下广泛应用于草地、农作物和疏密度较轻到适中的植被区域<sup>[2]</sup>。

国内外研究者在利用被动微波遥感数据进行地表冻融状态监测时发现, 18 GHz 和 37 GHz 的负亮度温度谱梯度对土壤冻结有良好的指示作用, 并可以将对土壤水分不敏感的 37 GHz 的亮度温度作为附加指标对地表冻融进行判别<sup>[3]</sup>。在利用这些高频频段的卫星数据研究植被覆盖区域地表微波辐射信号时, 如果  $\omega$  和  $\tau$  值依然采用 5 GHz 以下推导出来的结果将有可能影响地表冻融状态判断的准确性。另一方面, 目前使用的  $\omega$  和  $\tau$  的值是在常温状态下得到的, 这些结果在寒冷环境下是否适用仍有待进一步研究。

本文针对寒冷环境下幼林的特点对 Matrix-Doubling 算法(以下简称 M-D 算法)进行发展, 将原模型中植被和土壤介电常数模型拓展到负温下, 使之可在寒冷环境下模拟幼林的微波辐射和传输特性。然后利用发展的模型模拟寒冷环境下幼林在 18.7、36.5 GHz 的亮温, 并利用车载被动微波辐射计 Ku、Ka 波段在野外实测幼林的亮度温度数据, 对模型进行验证。最后, 将 M-D 模型模拟的结果和相

收稿日期: 2010-06-21; 修订日期: 2011-03-02

基金项目: 科技部公益性行业(气象)科研专项经费(GYHY(QX)2007-6-44), 国家自然科学基金项目(40730525), 遥感科学国家重点实验室开放基金项目(2009KFJJ008)资助。

作者简介: 张钟军(1968—), 男, 博士, 副教授, 主要从事微波遥感、信号处理研究。E-mail: zzhj@bnu.edu.cn。

同环境下  $\omega-\tau$  模型的结果进行匹配,反演出寒冷环境下幼林在 Ku、Ka 波段上的等效单散射反照率和光学厚度。为在寒冷环境下去除植被对地表微波辐射信号影响提供了一种有效方法。

## 2 模型描述

M-D 算法基于光线跟踪原理,考虑了植被层内部以及植被和地表之间的多次散射<sup>[4]</sup>。如图 1 所示,该模型把植被层分割成许多无限薄的子层,穿过薄子层的散射认为是单次的并且可以用离散的植被模型得到。同时为考虑各个方向上的散射,把入射角分割成多份角度间隔。对于任意入射角度,相邻的无限薄子层之间产生的多次散射,可以用光线跟踪法得到。让两个相邻薄子层合二为一使厚度加倍,并不断重复以上过程就可以得到植被层包含多次散射的体散射。相邻的薄层  $\Delta\tau_1$  和  $\Delta\tau_2$  的散射矩阵  $S$ 、传输矩阵  $T$  可以写为:

$$S = S_1 + T_1^* S_2 T_1 + T_1^* S_2 S_1^* S_2 T_1 + \dots$$

$$= S_1 + T_1^* S_2 (1 - S_1^* S_2)^{-1} T_1 \quad (3)$$

$$T = T_2 [1 + S_1^* S_2 + (S_1^* S_2)^2 + \dots] T_1$$

$$= T_2 (1 - S_1^* S_2)^{-1} T_1 \quad (4)$$

式(3)、(4)中的“\*”号表示微波信号从下向上入射。计算过程中将枝干假设为介电圆柱体来计算散射矩阵和传输矩阵<sup>[5]</sup>,将子层  $\Delta\tau_1$  和  $\Delta\tau_2$  合并为一个新的子层,重复上述计算、合并,就可以获得整个植被层的散射和衰减特性<sup>[2]</sup>。

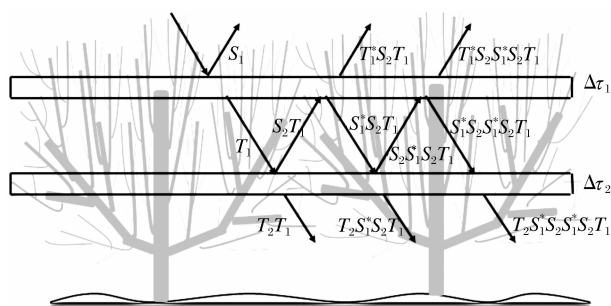


图 1 M-D 模型辐射模型示意图

Fig. 1 Chart of M-D model radiation model

常温下 M-D 算法中的土壤介电常数模型、植被介电常数模型温度下限基本上在  $0^\circ\text{C}$  附近。本文根据寒冷环境下的实验数据,发展了温度适用范围更宽的植被介电常数模型,并将常温土壤介电常数模型替换为冻土介电常数模型,将计算裸露地表辐射的 IEM 模型替换为适合高频率、大粗糙度的 AIEM 模型,发展后的 M-D 算法可在寒冷环境和较高的频率下模拟幼林的微波特性。

### 2.1 寒冷环境植被介电常数模型

常温下的植被介电常数模型,主要采用 Ulaby 和 El Rays 的双色散模型。1994 年 Matzler<sup>[9]</sup>在实验室内测量了  $1\sim 100\text{ GHz}$  下植被的介电常数,但负温仅限于  $-5^\circ\text{C}$  以内。其模型表达式为:

$$\epsilon = 0.522 \times (1 - 1.32 \times m_d) \times \epsilon_{sw} + 0.51 + 3.84 \times m_d \quad (5)$$

其中:  $m_d = 1 - m_g$ ,  $m_g$  为植被含水量,  $\epsilon_{sw}$  为盐水介电常数。该模型在  $-5\sim 30^\circ\text{C}$ 、 $1\sim 100\text{ GHz}$  范围内计算植被介电常数。

分析式(5)可以发现,植被介电常数模型可写为实部和虚部两个部分:

$$\begin{cases} \epsilon^{re} = A \times (1 - B \times m_d) \times \epsilon_{sw}^{re} + C + D \times m_d \\ \epsilon^{im} = A \times (1 - B \times m_d) \times \epsilon_{sw}^{im} \end{cases} \quad (6)$$

其中:  $\epsilon_{sw}^{re}$  和  $\epsilon_{sw}^{im}$  分别表示含盐度为  $1\%$  时盐水的介电常数,系数  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  为依据实测资料拟合得到的半经验参数。

为获取式(6)中的系数,我们在实验室中利用美国安捷伦公司生产的 E8362B 微波网络分析仪,采用同轴探针法,对寒冷环境下植被介电常数进行测量,并利用实测的植被介电常数拟合得到相应的半经验参数。整个实验过程主要分为 3 步:

(1) 按照同轴探针法的要求制作可供测量的样本<sup>[15-16]</sup>,如图 2。同轴探针法对柱状被测量样品有一定的规格要求:

半径大于  $20\text{ mm}$ ,长度大于  $\left| \frac{20}{\sqrt{\epsilon_r^*}} \right| \text{ mm}$ ,切面粗糙度小于  $0.3\text{ mm}$ ,  $\epsilon_r^*$  为空气的介电常数。



图 2 试验样本

Fig. 2 Test sample

(2) 对微波网络分析仪和探头进行校准。首先利用电子校准件进行微波网络分析仪的校准,然后在 85070E 软件里进行探头的校准。对探头的校准主要有 3 个方面:① 将探头暴露于空气中进行校

准;②用短路器对探头进行短路校准;③用 25℃ 的去离子水对探头进行校准。在仪器校准和所有的测量过程中,应始终保持同轴线的稳定。如果调整同轴线后应重新进行仪器校准工作。

(3) 测量样本的介电常数。校准完毕后将制作好的树枝样品放置在探头下(如图 3),测量时先降

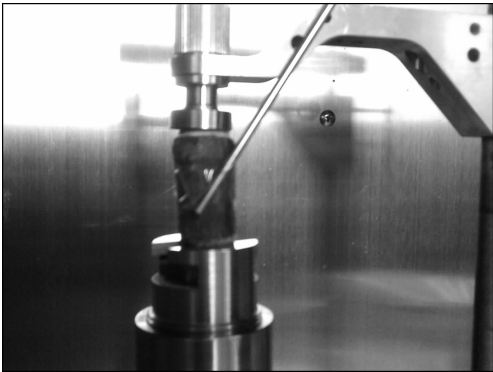
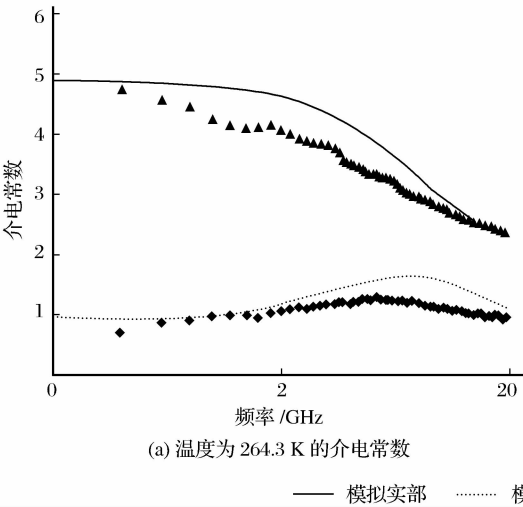


图 3 测量样本和探头

Fig. 3 Measuring sample and probe



温到最低温度 253 K,测量此时的树枝介电常数,然后以 5 K 为间隔逐渐升温,在每一个预设温度平衡以后依次测量该温度下的树枝介电常数(253~293 K)。

测量得到植被实测介电常数以后,采用 Levenberg-Marquardt 算法对树枝介电常数计算公式中 A、B、C、D 进行拟合。拟合后的表达式如下:

$$\begin{cases} \epsilon^{re} = 0.02494 \times (1 + 1.405 \times m_d) \times \epsilon_{sw}^{re} + 7.672 - 15.04 \times m_d \\ \epsilon^{im} = 0.02494 \times (1 + 1.405 \times m_d) \times \epsilon_{sw}^{im} \end{cases} \quad (7)$$

拟合后表达式的 R-square 为 0.9448。R-square 称为方程的确定系数,范围在 0~1 之间。图 4 是利用该公式模拟的植被介电常数和实验室中实测介电常数的实部和虚部的比较情况。从图中可以看出,校正后的树枝介电常数公式计算出的介电常数与实测值变化趋势基本一致。该公式可以用来模拟树枝在更宽的温度范围(253~293 K)、不同含水量情况下的介电常数。

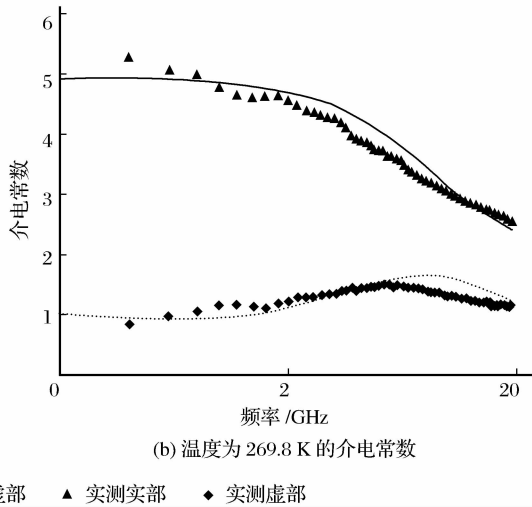


图 4 寒冷环境下植被介电常数模拟结果与实测结果对比情况

Fig. 4 The comparison of simulation and experimental results of vegetation dielectric constant at frozen environment

2.2 冻土介电常数模型

Dobson 等<sup>[6-7]</sup>在前人研究基础上发展的常温环境下土壤介电常数模型在微波遥感领域被广泛使用。该模型没有考虑水的相态变化,其模型表达式为:

$$\epsilon^a = 1 + \frac{\rho_b}{\rho_s} (\epsilon_{soil}^a - 1) + m_v^\beta \epsilon_{free}^a - m_v \quad (8)$$

其中: $m_v$  表示土壤中水的体积含量, $\alpha$ 、 $\beta$  为形状因子,取值依靠实测资料拟合得到。 $\rho_b$  和  $\rho_s$  分别是体积密度和重量密度, $\epsilon_{soil}$  是土壤的介电常数。

张立新等<sup>[8]</sup>在微波网络分析仪的实验结果基础上,对 Dobson 介电常数模型进行了扩展,增加了

冰的成分,其形式如下:

$$\epsilon^a = 1 + \frac{\rho_b}{\rho_s} (\epsilon_{soil}^a - 1) + m_{vu}^\beta \epsilon_{free}^a - m_{vu} + m_{vi} \epsilon_i^a \quad (9)$$

其中: $m_{vu}$  表示冻土中未冻水的体积含量, $m_{vi}$  为冰的体积含量, $\alpha$ 、 $\beta$  为形状因子, $\epsilon_i$  是冰的介电常数。发展后的冻土介电常数模型可以在寒冷环境下计算土壤的介电常数。

本文发展的 M-D 模型在计算寒冷环境下地表的微波辐射时,模型中土壤介电常数的计算取决于土壤是否冻结,因为并不是所有的水分在 0℃ 以下都会产生相变,未冻水的含量随温度、盐度和土壤质地变化。如果土壤已冻结,则采用张立新的冻土

介电常数模型计算,如果土壤未冻结,则采用 Dobson 的常温土壤介电常数模型。图 5 显示了模拟

的土壤介电常数随温度和土壤体积含水量的变化情况。

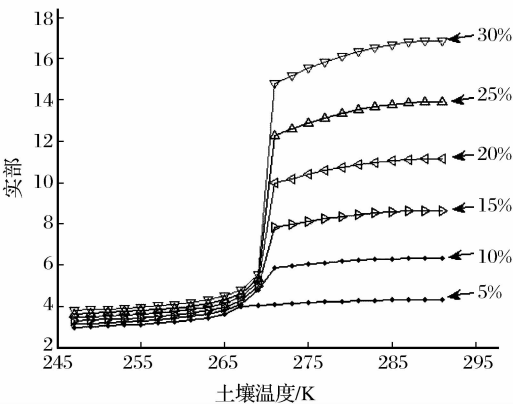
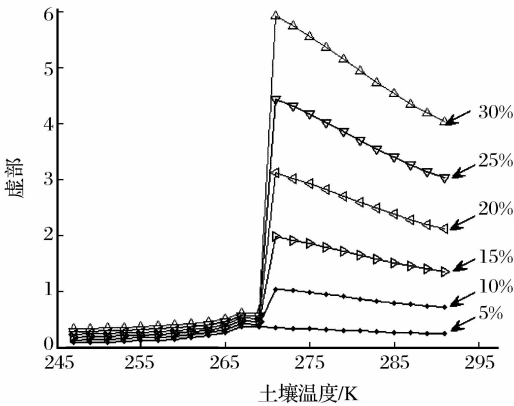


图 5 不同水体积分数时介电常数与温度的关系

Fig. 5 The relation of dielectric constant and temperature in different water volume



2.3 AIEM 模型

描述地表散射特性的传统理论模型有物理光学模型、几何光学模型和小波扰模型等,这些模型都有各自的适用范围。Fung 等<sup>[10]</sup>于 1992 年提出了积分方程模型 IEM,该模型是基于电磁波辐射传输方程的地表散射模型,已被广泛应用于微波地表散射、辐射的模拟和分析中。

Chen 等<sup>[11-12]</sup>对 IEM 模型进行了改进,发展了高级积分方程模型 AIEM,能描述从较光滑表面到粗糙表面的散射特征<sup>[8]</sup>。AIEM 模型的适用范围已经过蒙特卡罗模拟验证和地面实验数据验证,能计算和模拟包括更宽范围的介电常数、粗糙度和频率等参数的地表辐射信号。因此本文中 M-D 模型内的地表模型部分采用 AIEM 模型处理土壤表面的微波辐射。

3 野外试验描述

为了验证寒冷环境幼林微波辐射模型,作者于 2008 年 1 月在中国河北省清苑县(38°44′53″N, 115°28′10″E)进行了一次幼林实验。实验中利用遥感科学国家重点实验室所属的车载微波辐射计获得了幼林寒冷环境下实测亮度温度。该微波辐射计由德国 RPG 公司制造,共有 6.925、10.65、18.7、36.5 GHz 4 个频段,每个频段都有水平和垂直两种极化方式。亮度温度测量范围为 0~350 K。观察角度范围为-90~+90°。辐射仪的分辨率小于 0.15 K rms,精度为 1.0 K。辐射计探头固定在卡车车厢内的液压升降台上,如图 6 所示。

实验前对仪器进行了液氮校正和天空(Sky-tip-



图 6 车载微波辐射计

Fig. 6 Truck-mounted microwave radiometer

ping)校正。实验中获取了幼林 Ku(18.7 GHz)和 Ka(36.5 GHz)波段 H、V 极化方式的亮度温度,参见表 1。微波辐射计测量的天顶角范围为 20~60°,步长为 5°。

表 1 实测亮度温度/K

Table 1 Experimental bright temperature/K

观测角/°	18.7 GHz		36.5 GHz	
	H 极化	V 极化	H 极化	V 极化
20	265.89	266.63	267.18	266.97
25	265.78	266.73	267.80	267.43
30	265.50	266.69	267.99	267.85
35	265.11	266.46	268.24	268.05
40	264.52	266.05	268.17	268.14
45	264.12	264.89	267.95	267.71
50	263.34	265.23	267.99	268.09
55	263.55	264.16	268.32	267.74
60	261.82	261.80	267.65	266.44

在接收微波辐射数据之前幼林几何参数,土壤和环境参数都已测出,参见表 2。实验当天土壤重量含水量为 10%,土壤表面较为平坦,均方根高度为 1.0 cm,相关长度为 10 cm。

表 2 幼林几何参数

Table 2 The geometric parameters of young stand				
	长度/cm	半径/cm	含水量/%	密度/个·m <sup>-3</sup>
主干	26.6	1.35	37.53	2.88
一级枝	74.7	0.65	47.17	8.64
二级枝	54.0	0.35	47.17	51.84

4 模拟结果及幼林辐射衰减特性估计

4.1 模拟结果

为了验证寒冷环境下幼林微波辐射模型,本文模拟了 Ku、Ka 波段幼林亮度温度并与实测亮度温度数据进行对比。模拟中幼林几何参数采用野外实验时获得的实测参数。模型模拟结果与微波辐射计实测结果对比情况如图 7 所示。因为无论模拟还是实测结果,V 和 H 极化的数据相差很小,因此图 7 只显示了 H 极化的结果。

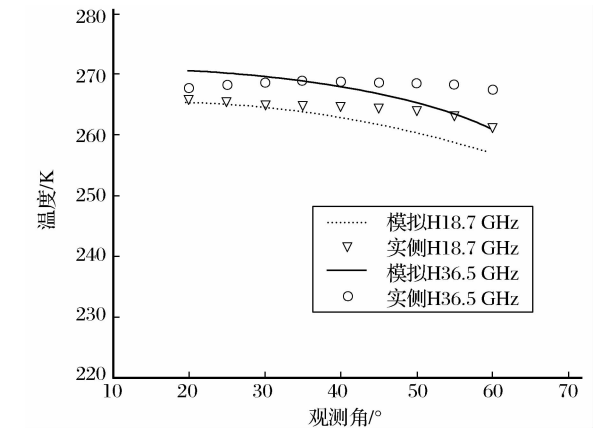


图 7 幼林的模拟结果与实测值的比较  
Fig. 7 The comparison of simulation results and experimental results of young stand

从图中可以看出,相同入射角度时模型模拟的结果与实测结果在 40°以下吻合的很好,大角度下误差大约为 5 K。用于计算植被覆盖区微波辐射的

M-D 模型,算法实现上非常复杂,受影响的参数众多。该模型内部包括地表辐射模型 AIEM、植被和地表的介电常数模型;计算植被杆的散射时,还要知道其长度、直径、朝向、密度等信息,况且这些参数的获取都是理想化的情况,因此模型模拟的结果跟实测有所差异。M-D 模型是用非相干的方法对辐射传输方程的精确解,常温下 L 波段应用于计算森林地区的微波辐射效果很好<sup>[4]</sup>。在研究高频下植被区的微波辐射,是在微波散射理论上依据可靠的模型。

4.2 幼林微波辐射衰减特性估计

零阶的  $\omega-\tau$  模型通常适用于 5 GHz 以下,植被层看成均匀介质,忽略多次散射效果。该模型的优势在于参数简单,可以与植被覆盖区域地表冻融状态判据关联<sup>[14]</sup>。当前使用  $\omega-\tau$  模型中的参数都是在低频情况下推导出来的结果,而在地表冻融状态判断时需要使用较高的频率,高频率下植被的散射和衰减特性是未知的。M-D 模型虽然适用于频率较高的情况,但该模型复杂且难以直接和地表冻融状态判据建立联系<sup>[14]</sup>。因此,我们将 M-D 模型得到的结果,跟相同土壤环境下的  $\omega-\tau$  模型得到的结果按照最小二乘法进行匹配,得到 Ku、Ka 波段下幼林的等效散射和衰减特性<sup>[13]</sup>:

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^N (e_{i1} - e_{i2})^2}$$
 (10)

其中: $e_{i1}$  和  $e_{i2}$  分别是 M-D 模型和  $\omega-\tau$  模型的发射率, $N$  是模拟次数。通过式(2)、(10)、(11),可以得到幼林的等效单散射反照率和一定观察角度下的传输率  $t$ 。  $t$  跟光学厚度  $\tau$  的关系为:

$$t = e^{-\tau}$$
 (11)

Ku、Ka 波段下幼林的等效单散射反照率和光学厚度结果见表 3、表 4。

5 结 语

本文研究了一种利用微波遥感监测地表冻融状态时,去除幼林对地表辐射信号影响的方法。在对 M-D 模型野外实验验证的基础上,用 M-D 模型模

表 3 幼林 18.7 GHz 波段等效传输率和光学厚度

Table 3 The equivalent transmission and optical depth of young stand at 18.7 GHz						
极化方式 角度/°	V			H		
	40	50	60	40	50	60
$\omega$	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06
$\tau$	0.51	0.49	0.45	0.48	0.45	0.44

表 4 幼林 36.5 GHz 波段等效传输率和光学厚度

Table 4 The equivalent transmission and optical depth of young stand at 36.5 GHz

极化方式 角度/°	V			H		
	40	50	60	40	50	60
$\omega$	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.06
$\tau$	0.49	0.46	0.44	0.48	0.45	0.43

拟了分幼林在 18.7、36.5 GHz 时的微波辐射,反演出幼林在零阶模型中等效单散射反照率和光学厚度。可以发现,寒冷环境下幼林的  $\omega$  和  $\tau$  在高频时没有明显的极化差别,这是由于频率增加后多次散射效果也增加,消除了极化影响。表 3、4 中的数据和植被信息如树种、树高等密切相关,实际应用时需要根据植被分类信息,有针对性地评估其微波散射和衰减特性。

下一步将在现有模型基础上,针对冬季小麦、冬季草类等典型植被特点进行模型扩展、数据模拟和野外实测数据验证工作。旨在得出典型植被在高频率时的等效单散射反照率和光学厚度。为在复杂植被覆盖条件下地表冻融状态判别中消除植被影响提供了依据。

参考文献 (References):

[1] Kerr Y H, Njoku E G. A Semiempirical Model for Interpretin Microwave Emission from Semiarid Land Surfaces as Seen from Space[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990, 28(3): 384-393.

[2] Ulaby F T, Moore R K, Fung A K. Microwave Remote Sensing: Active and Passive[M]. Dedham, Massachusetts: Artech House, 1986.

[3] Zuerndorfer B, England A W, Ulaby F T. An Optimized Approach to Mapping Freezing Terrain with SMMR Data [C]// Proceedings of IGARSS, 1989: 1153-1156.

[4] Ferrazzoli P, Guerriero L. Passive Microwave Remote Sensing of Forests: a Model Investigation[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1996, 34: 433-443.

[5] Karam M, Fung A K. Electromegnatic Wave Scattering from some Vegetation Samples[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1988, 26(6): 799-808.

[6] Dobson M C, Ulaby F T, Hallikainen M T, *et al.* Microwave Dielectric Behavior of Wet Soil Part II: Dielectric Mixing Models[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1985, GE-23: 35-46.

[7] Peplinski N R, Ulaby F T, Dobson M C. Dielectric Properties of Soils in the 0.3~1.3 GHz Range[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(3): 803.

[8] Zhang L X, Shi J C, Zhang Z J, *et al.* The Estimation of Dielectric Constant of Frozen Soil Watermixture at Microwave Bands[C]// Proceedings of IGRASS, Toulouse, France, 2003: 21-25.

[9] Matzler. Microwave(1~100 GHz) Dielectric Model of Leaves [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1994, 32(5): 947-949.

[10] Fung A K, Li Z Q, Chen K S. Backscattering from a Randomly Rough Dielectric Surface[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1992, 30(2): 195-200.

[11] Shi J C, Chen K S, Li Q, *et al.* A Parameterized Surface Reflectivity Model and Estimation of Bare Surface Soil Moisture with L-Band Radiometer[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(12): 2674-2686.

[12] Chen K S, Wu T D, Tsang L. Emission of Rough Surfaces Calculated by the Integral Equation Method with Comparison to Three-dimensional Moment Method Simulations [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2003, 41(1): 90-101.

[13] Ferrazzoli P, Guerriero L, Wigneron J P. Simulating L-Band Emission of Forests in View of Future Satellite Applications [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(12): 2700-2708.

[14] Zhang Zhongjun, Zhang Lixin, Xu Ying, *et al.* Scattering and Attenuation Characteristics of Corn at Multiple Frequencies and View Angles by Model Simulation and Truck-mounted Microwave Radiometer[J]. Journal of Remote Sensing, 2010, 14(2): 402-408. [张钟军, 张立新, 许瑛, 等. 用模型和车载微波辐射仪研究多频率多角度下玉米的散射和衰减特性[J]. 遥感学报, 2010, 14(2): 402-408.]

[15] Agilent Technical Overview: 598920222EN. Dielectric Probe Kit 200 MHz to 50 GHz[EB/OL]. 2007. <http://www.agilent.com/find/materials>, 2005.

[16] Agilent Application Note: 598922589EN. Basics of Measuring the Dielectric Properties of Materials[EB/OL]. 2007. <http://www.agilent.com/find/materials>, 2005.

## Understanding the Young Stand Effects on Soil Surface Microwave Radiation Signal at Frozen Environment

ZHANG Zhong-jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Li-xin<sup>2</sup>, YANG Li-juan<sup>1</sup>, LIU Jia-min<sup>1</sup>

(1. College of Information Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Beijing 100875, China)

**Abstract:** The presence of young stand cover alters the signatures that directly come from bare frozen soil surface. Matrix-Doubling model is a complex passive microwave model to simulate the radiative transfer and attenuation properties of vegetation covers. In this paper, the Matrix-Doubling model is revised so that it can be used at frozen environment. The simulation results are then compared with experimental results obtained at Ku and Ka band by a truck-mounted dual-polarization microwave radiometer. In the end, the complex model (M-D model) was matched with the simple model ( $\tau-\omega$  model) under the same environment. In this way, the young stand effects on soil surface microwave radiation signal are eliminated.

**Key words:** Microwave radiation signal; Matrix-Doubling; Frozen environment; Young stand

## 《遥感技术与应用》征稿启示

《遥感技术与应用》是综合性学术刊物,主要刊登国内外遥感理论、技术及应用研究领域的学术论文与综述,优先报道国内外遥感研究与应用的新技术、新理论、新方法和新成果,推动高新技术在地球科学研究及社会发展中的应用,重点介绍国家自然科学基金项目、国家攀登计划、攻关计划研究的科研成果。针对目前遥感领域的热点问题和发展动态,经第六届编委会讨论决定,将栏目细化调整为微波遥感、光学遥感、图像与数据处理、模型与反演、遥感应用、专家述评、GIS、深空探测、重大项目、综述等。欢迎国内外从事遥感技术研究及相关应用领域的科技人员、科研管理者、大专院校师生踊跃投稿(投稿网站 <http://www.rsta.ac.cn>)。

自 1997 年以来,《遥感技术与应用》先后成为中国科技论文统计源期刊(CSTPCD 核心库)以及中国科学引文数据库来源期刊(CSCD 核心库),清华大学中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,被中文科技期刊数据库全文收录,被万方数据数据化期刊群全文上网。欢迎广大读者订阅(邮发代号 54-21)。

1999 年以来,先后与北京欧普特科技有限公司、Esri 中国(北京)有限公司、北京曼哲科技咨询有限公司、徠卡测量系统贸易(北京)有限公司、宇图天下科技公司、阿尔法微波技术公司等近 10 家公司及科研机构、科研团队合作,共刊登广告 52 期,计 120 多个,取得了良好的社会及经济效益。广告主要涉及各种遥感传感器、遥感数据、遥感图像、图像数据处理及分析系统、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、从事遥感技术及其应用研究的科研机构、科研团队、学术带头人的相关介绍。欢迎业内同行在本刊刊登广告。