

海洋微波遥感中的介电常数^{*}

张德海 张俊荣 王丽巍

(中国科学院长春地理所微波遥感室 长春 130021)

摘要 论述了海洋微波遥感中目标和背景的介电常数的重要作用,总结了前人在海水、海冰介电常数方面的测量结果。给出了海水、海冰介电常数随温度、盐度、频率等变化的可用公式、数据及图表,提出了必须寻找新理论及能进行实地、在位检测的新方法的必要性。

关键词 海洋微波遥感 微波辐射 微波散射 介电常数

1 引言

微波遥感是海洋遥感的主要手段。微波遥感能穿透云雾,进行实时、全海域动态监测,能获得海洋的具体物理参数,实现定量测量。因此,近年来,海洋微波遥感受到了世界遥感界的普遍重视,得到了很大发展。

海洋微波遥感器主要包括:微波辐射计、微波散射计、微波高度计及合成孔径侧视雷达。其中微波辐射计可用于测海洋温度、海面风速、海水盐度、海面油污染及海冰厚度、面积、冰山、冰龄等;微波散射计可测海面风速、海面风向等;微波高度计可测海面风速、海面高度、海面浪高、海流方向、海流速度、海波方向等;合成孔径侧视雷达可用于测海流、海波,绘制海高图、海冰方向图及海上油污染图等。

海洋微波遥感器按工作原理可分为主动式(微波高度计、微波散射计、合成孔径侧视雷达)和被动式(微波辐射计)。海洋微波遥感的主要目标是海洋中的海水和海冰。在主动式遥感中,所接收到的信号是海洋目标的散射波。由于海洋中海水或海冰的均匀程度不同,因此其散射过程往往同时存在有面散射和体散射。对面散射而言,散射强度正比于表面的复介电常数^[1];对体散射而言,散射强度正比于介电常数的不连续性,散射的角方向性图与介质的平均介电常数有关^[1]。在被动式遥感中,所接收到的信号是海洋目标的微波辐射强度。海洋目标微波辐射能量的强弱首先与本身性质有关,还与目标的温度和表面状态、频率、极化、传播方向等因素有关。目标本身的性质具体由其介电常数体现出来。

可见,海洋微波遥感所接收到的微波信号都是海洋目标的介电常数的函数。因此,对海洋中海水和海冰介电常数的深入研究是海洋微波遥感技术发展应用的基础工作,是能从海洋微波遥感的图像、数据中获得多少信息的关键所在。

* 国家自然科学基金资助项目;

收稿日期:1994-01-03

2 海水的介电常数

海水是非均匀有耗介质,海水的含盐量随着离岸的远近发生变化,海水中的浮游生物及泡沫也会使海水的介电特性发生变化,因此,对实际海水的介电常数进行实地研究非常困难。

实验表明,海水的介电常数与外电场频率、海水温度及含盐量有关,目前普遍使用的海水介电常数与频率的 Debye 型公式为^{[2][3]}:

$$\bar{\epsilon} = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_s - \epsilon_{\infty}}{1 + (j2\pi f\tau)^{1-\alpha}} - j \frac{\sigma}{2\pi f\epsilon_0} \quad (1)$$

式中: $\bar{\epsilon}$ 为海水的复介电常数, ϵ_s 为海水的静态介电常数, ϵ_{∞} 为海水在无限大频率时的介电常数, τ 为弛豫时间,它表示海水从开始极化到达到极化的最终状态所用的时间, f 为电磁波频率, ϵ_0 为自由空间介电常数,其值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$, σ 为海水中溶解盐的离子电导率,单位是 mho/m , α 是描绘弛豫时间分布的经验数,其值很小,Grant^[4]测得 $\alpha = 0.02 \pm 0.007$,一般情况下认为 $\alpha = 0$ 。

海水的介电常数与温度及含盐量的关系主要体现在它们对 ϵ_s 、 τ 及 σ 的影响上,虽然 Hasted 等认为 ϵ_{∞} 随温度的升高而增大^[5],但 Grant 等认为 ϵ_{∞} 随温度的升高而减小^[6],无论怎样, ϵ_{∞} 随温度的变化是很小的,因此,普遍认为 ϵ_{∞} 与温度及含盐量均无关,可取常值 4.9。早期研究者(Lane、Hasted、Haggis 等)都是把海水简化成 NaCl 溶液,通过对 NaCl 溶液的测量得出其介电常数与温度及含盐量的关系^{[5][7][8][9][10]}。从而 Stogryn 总结出了海水 ϵ_s 和 τ 与温度及含盐量的关系式为:

$$\epsilon_s(T, N) = \epsilon_s(T, O)a(N) \quad (2)$$

$$\tau(T, N) = \tau(T, O)b(N, T) \quad (3)$$

式中 T 为海水的摄氏温度, N 为当量浓度。Lane 等对 $0 \leq T \leq 40^\circ\text{C}$ 且 $0 \leq N \leq 3$ 范围内的盐溶液进行了测量,得到^[7]:

$$a(N) = 1.000 - 0.2551N + 5.151 \times 10^{-2}N^2 - 6.889 \times 10^{-3}N^3 \quad (4)$$

$$b(N, T) = 0.1463 \times 10^{-2}NT + 1.000 - 0.04896N - 0.02967N^2 + 5.644 \times 10^{-3}N^3 \quad (5)$$

Malmberg 等对水的介电常数随温度的变化进行了研究,得出^[11]:

$$\epsilon_s(T, O) = 87.74 - 4.0008T + 9.398 \times 10^{-4}T^2 + 1.410 \times 10^{-5}T^3 \quad (6)$$

[11]中列出的纯水的弛豫时间 τ_w 与 [5][6][12]中的结果不一致,Grant 等在 [12]中所得的结果可写成:

$$\tau(T, O) = \frac{1}{2\pi} (1.1109 \times 10^{-10} - 3.824 \times 10^{-12}T + 6.938 \times 10^{-14}T^2 - 5.096 \times 10^{-16}T^3) \quad (7)$$

图 1^[7]图 2^{[7][12]}给出了 (2)–(7)式与 Lane 及 Grant 测量结果的比较。

由于常用的是海水的含量 S ,用千分数表示,Stogryn 得到的 S 与当量浓度 N 的关系为^[2]:

$$N = S[1.707 \times 10^{-12} + 1.205 \times 10^{-5}S + 4.058 \times 10^{-9}S^2] \quad (8)$$

Wegl 对海水的电导率随温度和盐度的变化进行了研究^[13],得出海水的电导率为:

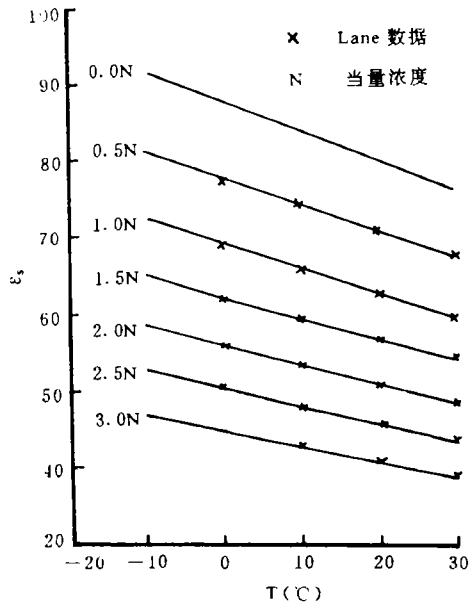


图1 不同当量浓度 NaCl 溶液的静态介电常数与温度的关系

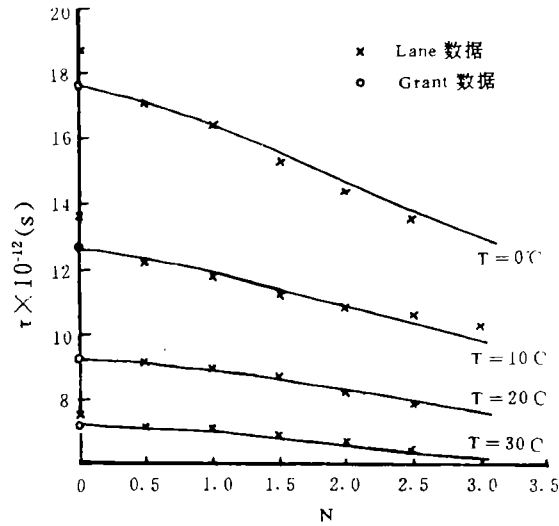


图2 不同温度 NaCl 溶液的弛豫时间与当量浓度的关系

$$\sigma(T, S) = \sigma(25, S) \exp(-\Delta\alpha) \quad (9)$$

式中: $\Delta = 25 - T$

$$\begin{aligned} \alpha &= 2.033 \times 10^{-2} + 1.266 \times 10^{-4} \Delta + 2.464 \times 10^{-6} \Delta^2 \\ &- S[1.849 \times 10^{-5} - 2.551 \times 10^{-7} \Delta + 2.551 \times 10^{-8} \Delta^2] \end{aligned}$$

Cox 对海水的物理参量进行了测量,在 $0 \leq S \leq 40[\text{‰}]$ 范围内,用表格形式列出了 25°C 海水的离子电导率为^[14]:

$$\alpha(25, S) = S[0.182521 - 1.46192 \times 10^{-3} S + 2.09324 \times 10^{-5} S^2 - 1.28205 \times 10^{-7} S^3] \quad (10)$$

Ho 等对实际海水样品用圆柱谐振腔和 TM_{010} 模进行了测量,实验的精度有所提高,所用频率为 2.653GHz 和 1.43GHz ,其中在 2.653GHz 对 $15 \leq S \leq 36[\text{‰}]$, $5 \leq T \leq 25[^\circ\text{C}]$ 的海水样进行了测量,他们通过测量亮度温度反演介电常数,测量过程中亮度温度的绝对精度和相对精度分别达到 0.3K 和 0.1K ^{[15][16]}。Klein 总结了 Ho 的测量结果,得到的关于 $\epsilon_s(T, S)$ 的表示式为^[3]:

$$\epsilon_s(T, S) = \epsilon_s(T) a(S, T) \quad (11)$$

其中:

$$\begin{aligned} \epsilon_s(T) &= 87.134 - 1.949 \times 10^{-1} T - 1.276 \times 10^{-2} T^2 + 2.491 \times 10^{-4} T^3 \\ a(S, T) &= 1.000 + 1.613 \times 10^{-5} ST - 3.656 \times 10^{-3} S \\ &+ 3.210 \times 10^{-5} S^2 - 4.232 \times 10^{-7} S^3 \end{aligned}$$

Klein 推出的当量浓度 N 与含盐量 S 的关系为:

$$N = 0.9141S(1.707 \times 10^{-2} + 1.205 \times 10^{-5} S + 4.058 \times 10^{-9} S^2) \quad (12)$$

图 3^[3]给出了 Ho 在 1.43GHz 不同温度下测得的 ϵ_s 与含盐量的关系值以及分别与用 Stogryn 和 Klein 公式所绘曲线的吻合情况。

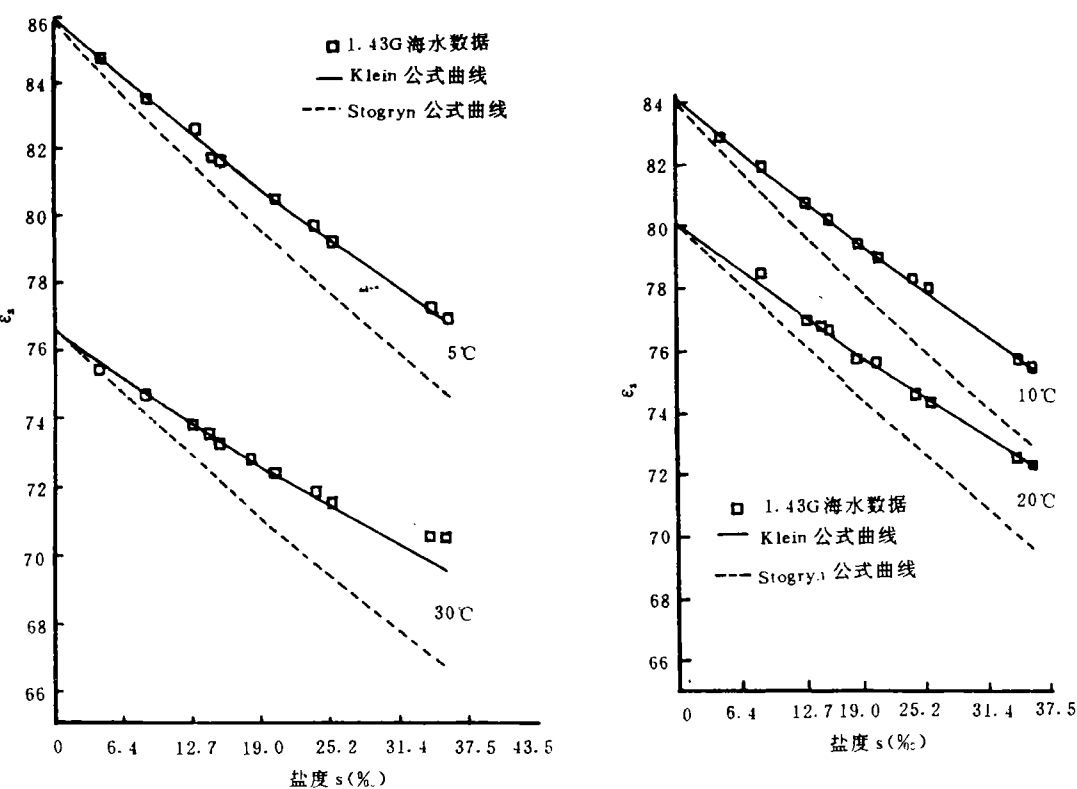


图 3 不同温度下 Stogryn 和 Klein 关于海水静态介电常数与盐度的关系式与 Ho 实验结果的比较。

3 海冰的介电常数

海冰也是非均匀有耗介质,按生成年限可分为:新冰,一般指厚度小于 30cm;当年冰,厚度在 30cm 到 2m 之间;多年冰,厚度在 2m 以上。其中最主要的两种类型是当年冰和多年冰。多年冰含盐量很低且基本上经历了再结晶,当年冰基本上是由紧随柱状的底冰的最上层构成的。

由于一般情况下都把海冰看成是由纯冰和盐水组成的混合物,因此它的介电常数常用纯冰和盐水的介电常数及它们的体积百分比表示。

盐水的介电常数有前述的 NaCl 溶液的结果。纯冰的介电常数则由于纯冰的驰豫频率在 KHz 量级,故纯冰的 $\omega\tau\gg1$,因此,纯冰介电常数的 Debye 型公式表示为^[17]:

$$\epsilon'_{\text{冰}} = \epsilon_{\infty} \tag{13a}$$

$$\epsilon''_{\text{冰}} = \frac{\epsilon_{\text{is}} - \epsilon_{\infty}}{2\pi f\tau_i} = (\epsilon_{\text{is}} - \epsilon_{\infty})f_{\text{io}}/f \tag{13b}$$

实验表明,纯冰的 $\epsilon'_{\text{冰}}$ 随温度和频率的变化很小,Mätzler 等通过实验得到在 2.4~9.6

[GHz]间 ϵ'_i 随温度的变化为^[18]:

$$\epsilon'_i = 3.1884 + 0.00091T$$

(14)

因此,一般情况下,都把 ϵ'_i 作为常数,表 1 就是一些学者在不同条件下得到的 ϵ'_i 值。

表 1 早期研究者测得的 ϵ'_i 值

频率(GHz)	温度域(℃)	ϵ'_i	作者及年代
0.15~2.5	-1~-60	2.90~2.95	Westphal(in Evans,1965)
9.175	0~-18	3.15	Cumming(1952)
10	-12	3.17	von Hippel(1954)
10	0~-35	3.14	Vant et al (1974)
10	-1~-49	3.17	Lamb(1964)
24	0~-185	3.18	Lamb and Turney(1949)
26.4~40.0	0 to -35	2.92	Vant et al (1974)
94.3	-28	3.08	Perry and Straiton(1973)
100.0	-173	3.20	Bertie et al (1969)

纯冰的 ϵ'' , 随频率的变化如图 4 所示^[18],它并不如 Debye 公式所预言的那样一直呈下降趋势,这主要由于冰的远红外吸收光谱的贡献。

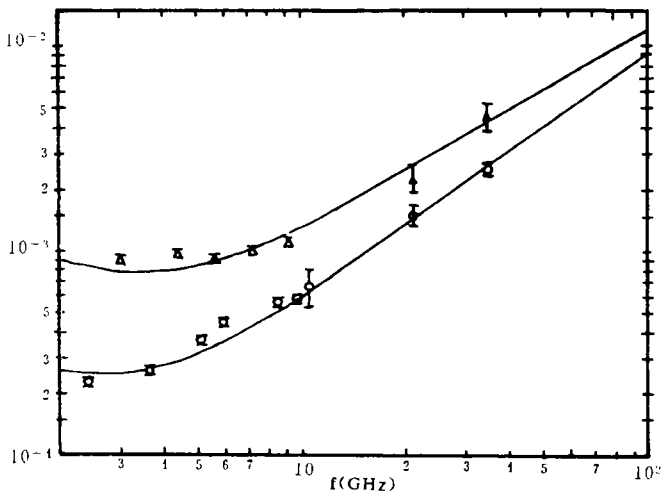


图 4 纯冰的 ϵ'' 与频率 f 的变化情况

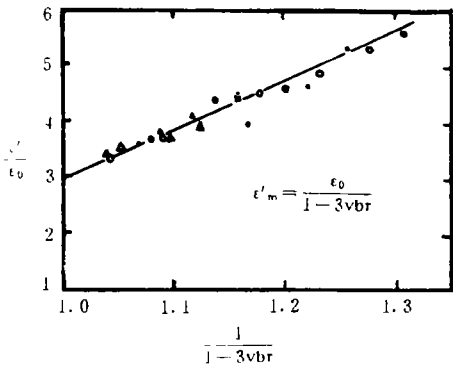


图 5 海冰介电常数与盐水体积百分比(V_{br})的关系

关于二元混合介质的公式主要有三种,它们分别是把杂质近似成圆盘状、球状和针状得到的。Hoekstra 和 Cappillino^[19]在他们的研究中就是把海冰中的盐水作为球形夹杂,利用二元混合介质公式:

$$\vec{\epsilon}_{ii} = \vec{\epsilon}_i + 3v_{br}\vec{\epsilon}_{ii} \frac{(\vec{\epsilon}_{br} - \vec{\epsilon}_i)}{(2\vec{\epsilon}_{ii} + \vec{\epsilon}_{br})}$$

(15)

式中 $\bar{\epsilon}_{si}$ 、 $\bar{\epsilon}_i$ 和 $\bar{\epsilon}_{br}$ 分别是海冰、纯冰、盐水的介电常数, v_{br} 是盐水的体积百分比。Hoekstra 和 Cappillino 把 $\epsilon'_i=3.15$ 代入(15)式并认为 $\epsilon'_{br} \gg \epsilon'_i$, 同时假定对于很小的 v_{br} 有 $\epsilon'_{br} \gg \epsilon'_{si}$, 将(15)式简化为:

$$\epsilon'_{si} \approx \frac{\epsilon'_i}{1-3v_{br}}$$

(16a)

$$\epsilon''_{si} \approx v_b \epsilon''_{br}$$

(16b)

Hoekstra 和 Cappillino 在 9.8GHz 对当年冰的 ϵ'_{si} 进行了测量, 图 5^[19] 即是测量结果与(16a)式的比较, 从图中可以看到, 曲线值要略高于测量值, 这与他们对海冰模型的选择有关。

Vant 等在 10GHz 和 35GHz^[20] 对海冰的介电常数进行了测量, 经分析发现, 海冰的 ϵ'_{si} 与 $1/(1-3v_{br})$ 确实存在着线性关系, 不过应是:

$$\epsilon'_r = a_0 + a_1(1-3v_{br})^{-1}$$

(17)

(17)式与 Vant 等对成柱状细粒的当年冰、细粒状的当年底冰及多年冰测得的结果取得了很好的一致性, 只是(17)式不适于 $v_{br}=0$ 即纯冰的情况。这表明海水中的盐水并不像前面所假设的那样全成球形, 其中可能有些成椭圆形, 与入射电场成某种角度。

后来, Vant 等又在 0.1~40[GHz]之间, 对 11 种盐度在 4.1~10.5±0.2[‰], 密度为 0.91±0.02[g/cm³]的当年冰及两种盐度分别为 1.32±0.05[‰]、1.75±0.05[‰], 密度分别为 0.905±0.01[g/cm³]、0.903±0.01[g/cm³]的多年冰及 10 种盐度为 3.0±0.2~3.9±0.2[‰], 密度为 0.90±0.02[g/cm³]的人造海冰用同轴线法进行了测量^[21]。结果发现在高频区 ϵ'_{si} 和 ϵ''_{si} 与 v_{br} 的线性关系比低频区要好一些, 它们之间可写成形如: $y = a_0 + a_1v_{br}$ 的形式。表 2^[21] 给出了 Vant 的测量结果及误差情况。同时, Vant 对用其它函数关系表示的 ϵ'_{si} 和 ϵ''_{si} 与 v_{br} 的关系也进行了分析, 表 3^[21] 即是对其它关系式的分析结果。从相关程度看, 用线性公式比用其它公式对测量结果的吻合程度要好些。

表 2 海冰介电常数与盐水体积百分比成线性关系的吻合情况

介质特性	频率 (GHz)	计算 点数	a_0	a_1	相关 系数	Δy	Δa_0	Δa_1	各点 误差域
ϵ'_{si} (当年冰)	0.100	43	3.22	2.06	0.76	0.29	0.07	0.19	0.60
	0.200	43	3.23	1.45	0.74	0.21	0.05	0.12	0.50
	0.400	37	3.26	1.23	0.74	0.18	0.05	0.12	0.24
	0.800	44	3.12	0.99	0.74	0.15	0.03	0.08	0.17
	1.000	46	3.12	0.90	0.72	0.14	0.02	0.07	0.13
	2.000	47	3.07	0.76	0.72	0.12	0.02	0.06	0.07
	4.000	47	3.05	0.72	0.71	0.12	0.02	0.06	0.03
ϵ''_{si} (当年冰)	0.100	43	0.161	1.324	0.70	0.212	0.054	0.135	0.450
	0.200	43	0.043	0.895	0.74	0.123	0.040	0.091	0.230
	0.400	37	0.043	0.175	0.73	0.109	0.033	0.074	0.100
	0.800	44	0.048	0.534	0.80	0.067	0.017	0.041	0.600
	1.000	46	0.039	0.504	0.81	0.061	0.015	0.037	0.045
	2.000	47	0.034	0.356	0.86	0.036	0.008	0.021	0.022
	4.000	47	0.024	0.429	0.77	0.045	0.010	0.027	0.010
	7.50	21	0.032	0.353	0.70	0.051	0.020	0.054	0.022
吸收损耗 (当年冰)	0.100	43	0.97	5.11	0.63	0.97	0.25	0.62	
	0.200	43	0.92	7.00	0.69	1.15	0.37	0.81	
	0.400	37	1.24	11.96	0.69	1.99	0.60	1.35	
	0.800	44	2.35	19.00	0.77	2.61	0.65	1.61	
	1.000	46	2.38	22.69	0.79	2.92	0.70	1.77	
	2.000	47	3.97	32.92	0.84	3.55	0.83	2.12	
	4.000	47	6.49	60.46	0.75	8.70	2.06	5.21	
	7.50	21	13.37	136.98	0.68	20.02	7.82	21.35	

续表 2

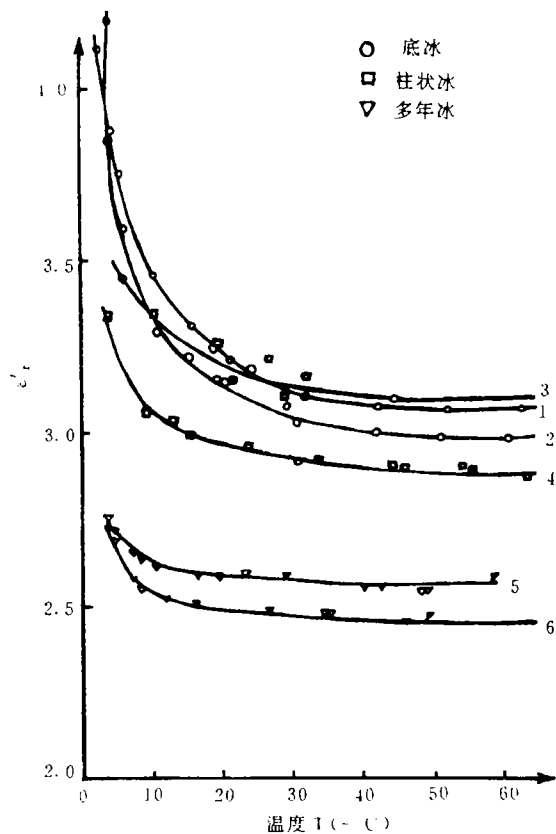
介质特性	频率 (GHz)	计算 点数	a_0	a_1	相关 系数	Δy	Δa_0	Δa_1	各点 误差域
ϵ'_r (多年冰)	0.100	5	0.022	0.666	0.83	0.033	0.022	0.173	0.450
	0.400	5	-0.058	1.201	0.90	0.034	0.033	0.253	0.100
	0.800	8	0.000	0.474	0.92	0.012	0.006	0.058	0.600
	1.000	10	-0.004	0.436	0.91	0.010	0.005	0.048	0.045
	2.000	13	0.013	0.435	0.73	0.016	0.007	0.080	0.022
	4.000	9	-0.007	0.299	0.91	0.006	0.004	0.036	0.010
吸收损耗 (多年冰)	0.100	5	0.12	3.32	0.83	0.15	0.10	0.74	
	0.400	5	-1.17	24.31	0.90	0.69	0.66	4.74	
	0.800	8	-0.02	19.68	0.92	0.49	0.26	2.42	
	1.000	10	-0.027	22.77	0.91	0.49	0.26	2.50	
	2.000	13	1.32	45.66	0.74	1.68	0.77	8.19	
	4.000	9	-1.65	63.68	0.91	1.33	0.86	7.70	

表 3 其它关于海冰介电常数与盐水体积比的关系模型与实验的吻合情况

模型	冰种类	频率(GHz)	a_0	a_1	相关系数
$\epsilon'_r = ax^b$	当年冰	0.100	6.74	0.15	0.75
		1.00	4.34	0.07	0.61
		4.00	3.98	0.05	0.55
	多年冰	0.100	3.73	0.04	0.82
		1.00	3.18	0.01	0.11
		4.00	2.98	0.00	0.01
$\epsilon''_r = ax^b$	当年冰	0.100	10.00	0.86	0.45
		1.00	4.04	0.89	0.65
		4.00	4.50	1.02	0.64
	多年冰	0.100	4.46	0.83	0.77
		1.00	1.06	0.75	0.73
		4.00	97.42	1.86	0.61
$\epsilon'_r = a + b \ln x$	多年冰	0.100	6.07	0.59	0.72
		1.00	4.26	0.23	0.60
		4.00	5.44	0.55	0.56
	多年冰	0.100	3.68	0.11	0.81
		1.00	3.18	0.02	0.11
		4.00	2.98	-0.01	0.01
$\epsilon''_r = a + b \ln x$	当年冰	0.100	1.24	0.19	0.25
		1.00	0.68	0.13	0.68
		4.00	0.44	0.08	0.68
	多年冰	0.100	0.24	0.03	0.85
		1.00	0.15	0.02	0.59
		4.00	0.19	0.04	0.94
$\epsilon'_r = a \exp(bx)$	当年冰	0.100	3.26	5.10	0.73
		1.00	3.13	2.57	0.73
		4.00	3.06	2.14	0.69
	多年冰	0.100	2.94	5.40	0.91
		1.00	3.09	0.10	0.01
		4.00	3.01	-0.06	0.00
$\epsilon''_r = a \exp(bx)$	当年冰	0.100	0.17	27.21	0.39
		1.00	0.06	28.89	0.53
		4.00	0.04	23.14	0.35
	多年冰	0.100	0.02	101.29	0.55
		1.00	0.01	119.87	0.82
		4.00	0.00	149.96	0.51

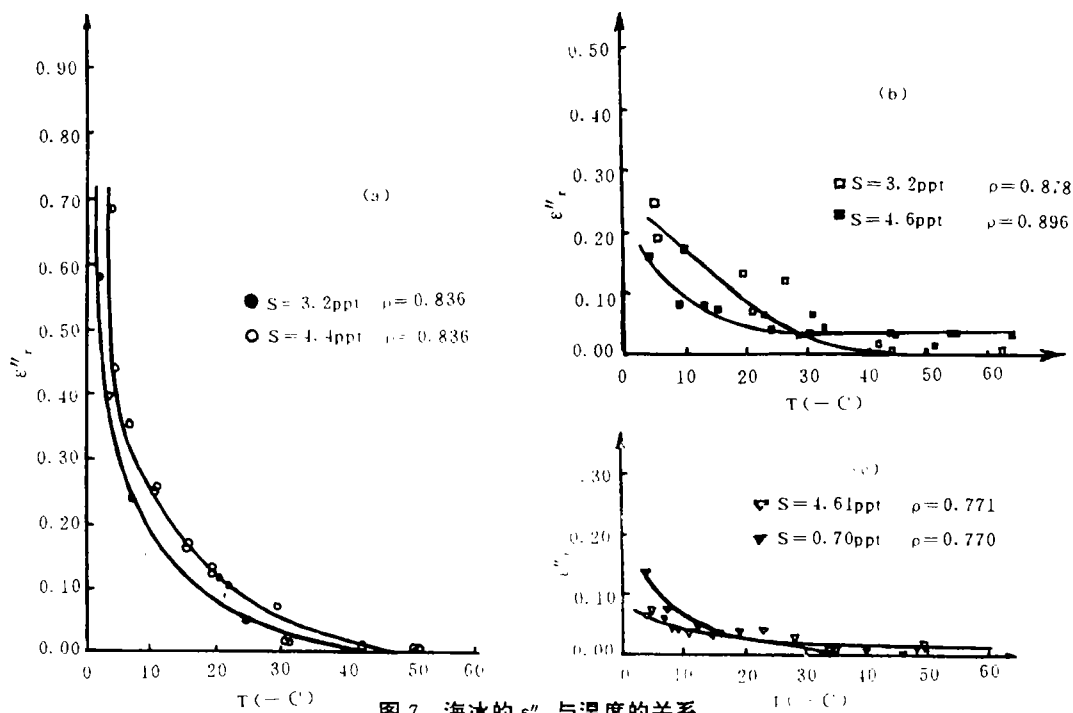
在对海冰介电常数随温度变化的研究上,Vant 等对几种不同盐度和密度的底冰、柱状冰和多年冰进行了测量,图 6^[20]和图 7a、b、c^[20]给出了测量结果。Hiekstra 和 Cappillino 对不同盐度的海冰在不同频率下进行了测量,同时得到了海冰 ϵ''_{si} 与频率的变化关系*,从中可以看到,尽管他们取得的具体数值不完全相同,但是他们得到了相同的变化趋势,即 ϵ'_s 和 ϵ''_{si} 随温度的升高而增大。

• 参见本刊 1994 年第 2 期 38 页图 4

图6 海冰的 ϵ' 与温度 T 的关系,

图中

- 1: $S=4.4\text{ppt}$ $\rho=0.836$;
 2: $S=3.2\text{ppt}$ $\rho=0.836$;
 3: $S=3.2\text{ppt}$ $\rho=0.878$;
 4: $S=4.6\text{ppt}$ $\rho=0.896$;
 5: $S=4.61\text{ppt}$ $\rho=0.771$;
 6: $S=0.70\text{ppt}$ $\rho=0.770$

图7 海冰的 ϵ'' 与温度的关系

图中说明(a):底冰 (b):柱状冰 (c):多年冰

4 结语

海洋微波遥感是通过对于处于自然状态下的海洋目标(主要是海水和海冰)的辐射和散射特性的遥感获得其物理参量。被测海洋目标的辐射和散射特性是其介电常数的函数,因此,了解和掌握海水和海冰的介电常数是海洋微波遥感解译、判读和反演的基础工作。然而,实际海洋中的海水和海冰的介电常数是复杂的,它除与自身性质有关外,还与外电场频率、温度、泡沫及浮游生物等有关,目前对海水中泡沫及浮游生物对介电常数的影响方面的研究还很薄弱。对海水和海冰介电常数的研究都是在实验室中进行的,这势必要破坏它们所处的原始状态,引起成份的损失,从而引起测量结果与实际目标的偏差。因此,为了获得较准确的介电常数,需要寻找新理论及研制能进行实地在位检测系统的方法,这对于海洋微波遥感乃至整个微波遥感界都是一项迫切有益的工作。

参 考 文 献

- 1 Ulaby F T, Moore R K, Fung A K. Microwave Remote Sensing, Vol. 1 Chap. 12. Addison—Wesley Publishing Company, 1982.
- 2 Stogryn A. Equations for Calculating the Dielectric Constant of Saline Water. IEEE. Trans, MTT—19, 1971, 733—736.
- 3 Klein L A, Swift C T. An Improved Model for the Dielectric Constant of Sea Water at Microwave Frequencies. IEEE Trans, AP—25, 1977, 104—111.
- 4 Grant E, Buchanan T, Cook T. Dielectric Behavior of Water at Microwave Frequencies. J Chem Phys, 1975, 26, 156—161.
- 5 Hasted J, Sabeh S E. The Dielectric Properties of Water in Solutions. Trans Faraday Soc, 1953, 49, 1003—1011.
- 6 Grant E, Shack R. Complex Permittivity Measurements at 8.6mm Wavelength Over the Temperature Range 1—60°C. Brit J Appl Phys, 1967, 18, 1807—1814.
- 7 Lane J, Saxon J. Dielectric Dispersion in Pure Polar Liquids at Very High Frequencies, II: The Effect of Electrolytes in Solution. Proc Roy Soc, 1952, A213, 531—545.
- 8 Hasted J, Ritson D, Collie C. Dielectric Properties of Aqueous Ionic Solution, Parts I and II. J. Chem Phys, 1984, 16, 1—11.
- 9 Hasted J, Roderick G. Dielectric Properties of Aqueous Alcoholic Electrolytic Solutions. J Chem Phys, 1958, 29, 17—26.
- 10 Haggis G, Hasted J, Buchanan T. The Dielectric Properties of Water in Solutions. J Chem Phys, 1952, 20, 1452—1465.
- 11 Malmberg C, Maryott A. Dielectric Constant of Water from 0—100°C. J Res Nat Bur Stand, 1956, 56, 1—8.
- 12 Grant E, Buchanan T, Cook H. Dielectric Behavior of Water at Microwave Frequencies. J Chem Phys, 1957, 26, 156—161.
- 13 Weyl P. On the Change in Electrical Conductance of Sea Water With Temperature. Limnol Oceanogr, 1964, 9, 75—78.
- 14 Cox R. The Physical Properties of Sea Water. In: Riley J, Skirrow G. Chem Oceanogr. Vol. 3 New York: Academic Press, 1965.
- 15 Ho W W, Hall W F. Measurements of the Dielectric Properties of Seawater and NaCl Solutions at 2.65GHz. J Geophys Res, 1973, 78, 6301—6315.
- 16 Ho W W, Love A W, Melle M J V. Measurements of the Dielectric Properties of Sea Water at 1.43GHz. NASA Contractor Report CR—2458, Dec, 1974.

- 17 Ulaby F T, Moore R K, Fung A K. Microwave Remote Sensing, Vol Ⅱ, Appendix E, Book—Mart Press, Inc., North Bergen, NJ, 1986.
- 18 Matzler C, Wegmuller U. Dielectric Properties of Fresh—Water Ice at Microwave Frequencies. J Phys D: Appl phys 1987, 20, 1623—1630.
- 19 Hoekstra P, Cappillino P. Dielectric Properties of Sea and Sodium Chloride Ice at UHF and Microwave Frequencies. J Geophys Res, 1971, 76(20):4922—4931.
- 20 Vant M R, Gray R B, Ramseier R O, Madios V. Dielectric Properties of Fresh and Sea Ice at 10 and 35GHz. J Appl Phys, 1974, 45(11):4712—1280.
- 21 Vant M R, Ramseier R O, Makios V. The Complex—Dielectric Constant of Sea Ice at Frequencies in the Range 0.1—40GHz. J Appl Phys, 1978, 49(3):1264—1280.

亚太地区全球变化国际研讨会在京召开

亚太地区全球变化国际研讨会于1994年8月8~10日在北京国际会议中心举行。大会分五个专题讨论会:(1)过去全球变化;(2)全球变化的影响与陆地生态系统;(3)气候系统的变异性;(4)生物地球化学循环与温室气体;(5)全球变化对地观测。其中第五专题为遥感与地理信息系统应用问题。尽管国际科学界早已认识到RS和GIS技术在全球变化研究中的重要作用,但在我国主办的全球变化研究讨论会中分设RS和GIS应用专题讨论会尚属首次,这也是本次会议的一个特点。

一方面,季风亚洲区位于欧亚大陆和太平洋—印度洋的海陆相互作用区,属于全球变化最为敏感的区域,加之青藏高原是除南北极外对全球环境影响最显著的地区,以及亚太地区国家多数面临着重大的人口、资源与环境的持续发展问题,这种特殊的地理区位和社会经济特点使亚太地区成为全球变化的重要组成部分;另一方面,亚太地区拥有20多个国家级遥感中心,10,000多名遥感和地理信息系统专家。亚洲,特别是东南亚地区的卫星地面站覆盖密度远远高于其它地区。亚太地区已成为全世界遥感和地理信息系统研究、应用 and 开发最活跃的地区。因此,充分利用本地区的RS和GIS技术与智力资源开展全球变化研究大有潜力,前景光明。

本次会议上,与会者从生物量变化、土地利用、城市化与自然环境变迁、减灾等方面交流了应用RS和GIS技术开展全球变化研究的经验。陈述彭院士从新一代地球观测系统和全球变化研究的新认识出发,指出了RS和GIS技术应用于全球变化研究的重大机遇,以及中国RS和GIS界已经和可能为全球变化研究作出的贡献;村井俊治教授提出了地球系统持续利用全球规划的概念框架,强调了RS和GIS在全球变化研究中结合的必要性;Bruno Rocuf介绍了全球降水气候中心(Global Precipitation Climatology Centre, GPCC)的数据处理系统。全球变化对地观测专题组向大会提出三项建议:(1)创建全球尺度数据集,它涉及全球数据集的收集,数据质量控制和数据无偿使用与数据交换等问题;(2)开展全球生态研究和实施全球生态工作项目(Global Eco—engineering),这是一个区别于局地生态规划的新概念,遥感和地理信息系统技术将在其中发挥重要作用;(3)加强全球变化遥感与地理信息系统应用研究、教育和培训的区域和国际合作。

(本刊通讯员)