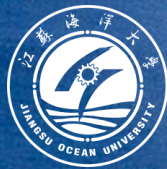


海洋环境立体监测：

微波海洋遥感基础



江苏海洋大学
JIANGSU OCEAN UNIVERSITY

授课教师：赵屹立

所在单位：江苏海洋大学



目录

CONTENTS

- 1** **什么是微波?**

- 2** **为什么要用微波?**

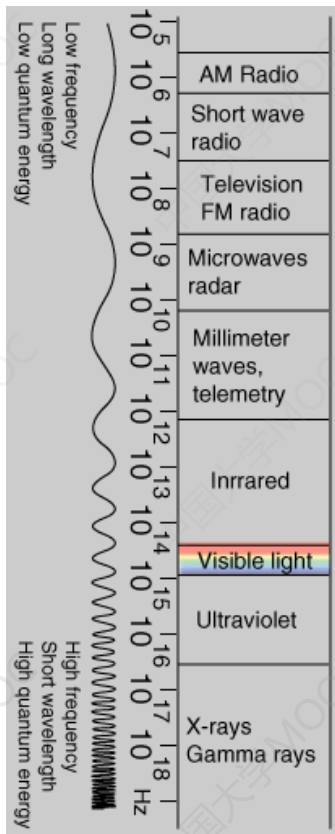
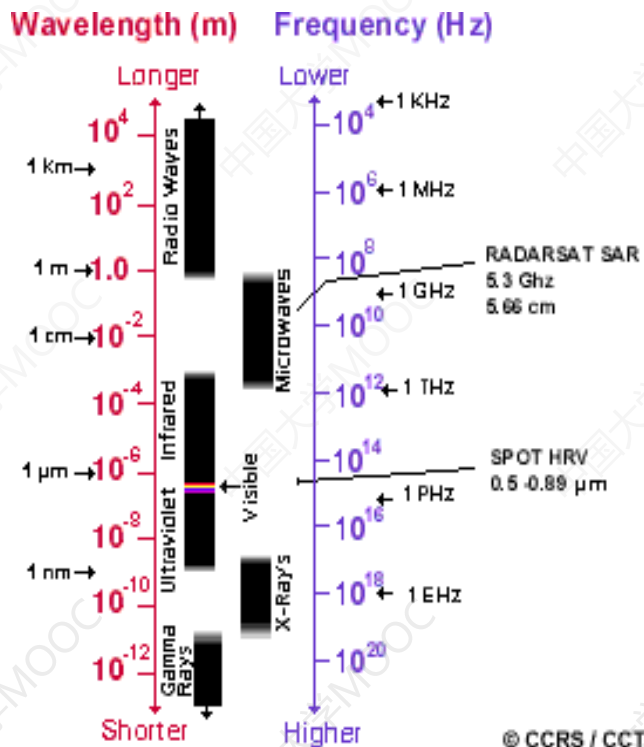
- 3** **微波遥感的分类**

- 4** **微波遥感的物理基础**



一、什么是微波？

• 电磁波频率与微波



Microwave region:

300 MHz – 30 GHz.

Millimeter wave:

30 GHz – 300 GHz.

Generalized Microwave:

0.3~300GHz (1m~1mm)



一、什么是微波？

- 电磁波波段定义(IEEE)

Designation	Frequency	Wavelength
<i>HF</i>	<i>3 - 30 MHz</i>	<i>100 m - 10 m</i>
<i>VHF</i>	<i>30 - 300 MHz</i>	<i>10 m - 1 m</i>
UHF	300 - 1000 MHz	100 cm - 30 cm
L Band	1 - 2 GHz	30 cm - 15 cm
S Band	2 - 4 GHz	15 cm - 7.5 cm
C Band	4 - 8 GHz	7.5 cm - 3.75 cm
X Band	8 - 12 GHz	3.75 cm - 2.50 cm
Ku Band	12 - 18 GHz	2.50 cm - 1.67 cm
K Band	18 - 27 GHz	1.67 cm - 1.11 cm
Ka Band	27 - 40 GHz	1.11 cm - .75 cm
V Band	40 - 75 GHz	7.5 mm - 4.0 mm
W Band	75 - 110 GHz	4.0 mm - 2.7 mm
mm Band	110 - 300 GHz	2.7 mm - 1.0 mm

IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers

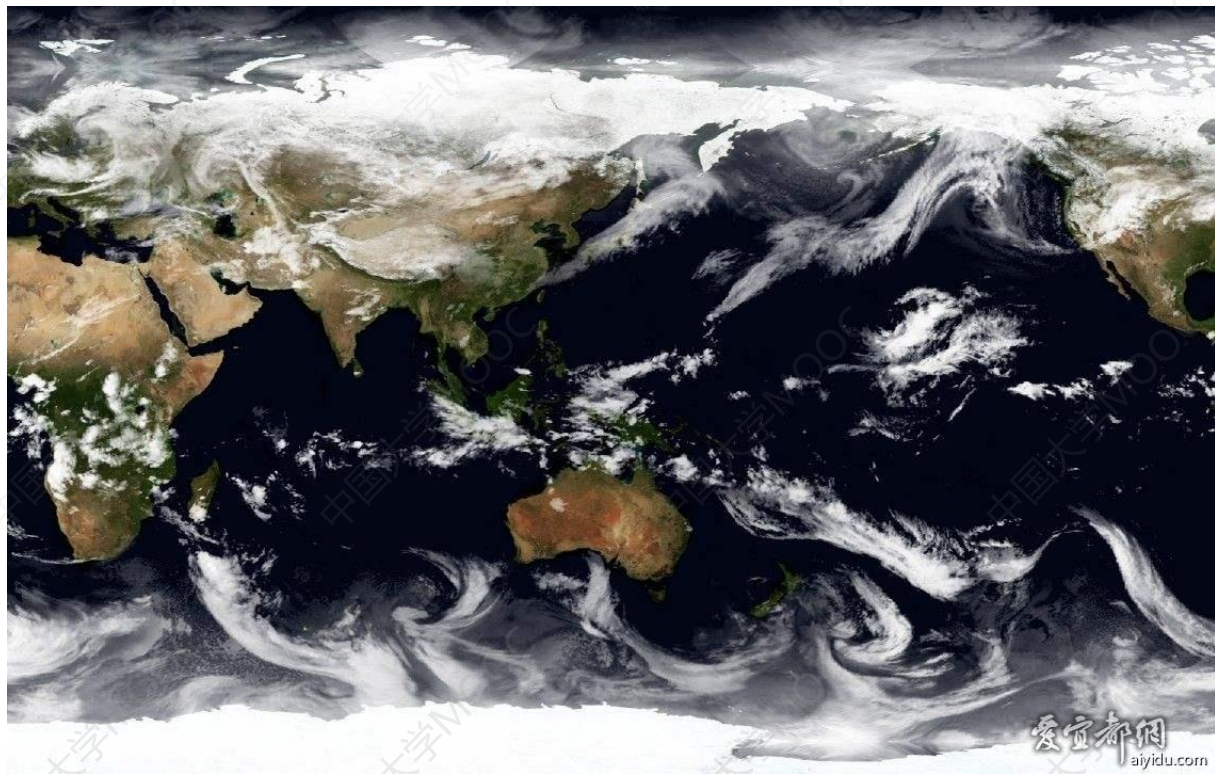
(*IEEE Std. 521-2002, IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands)



二、为什么要用微波？

1) 全天候观测

全球日平均云层覆盖率为40%-60%，尤其是占地球面积五分之二海洋上，气候条件变化更大，云覆盖率更高。

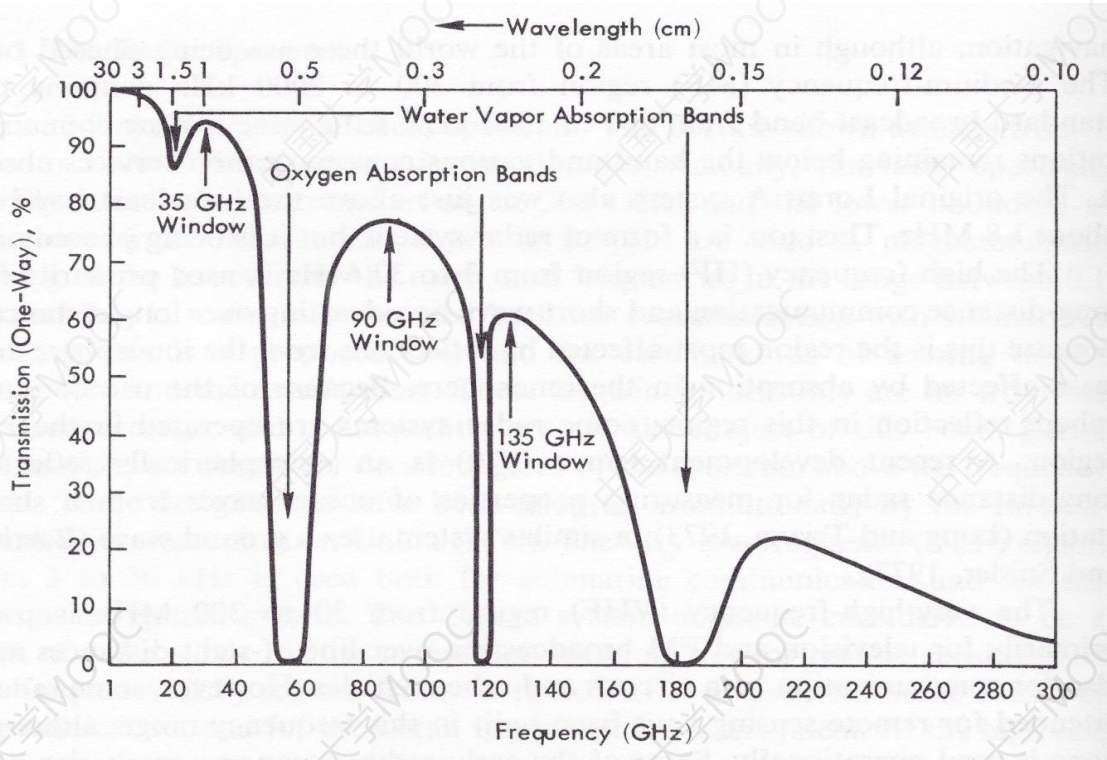




二、为什么要用微波？

1) 全天候观测

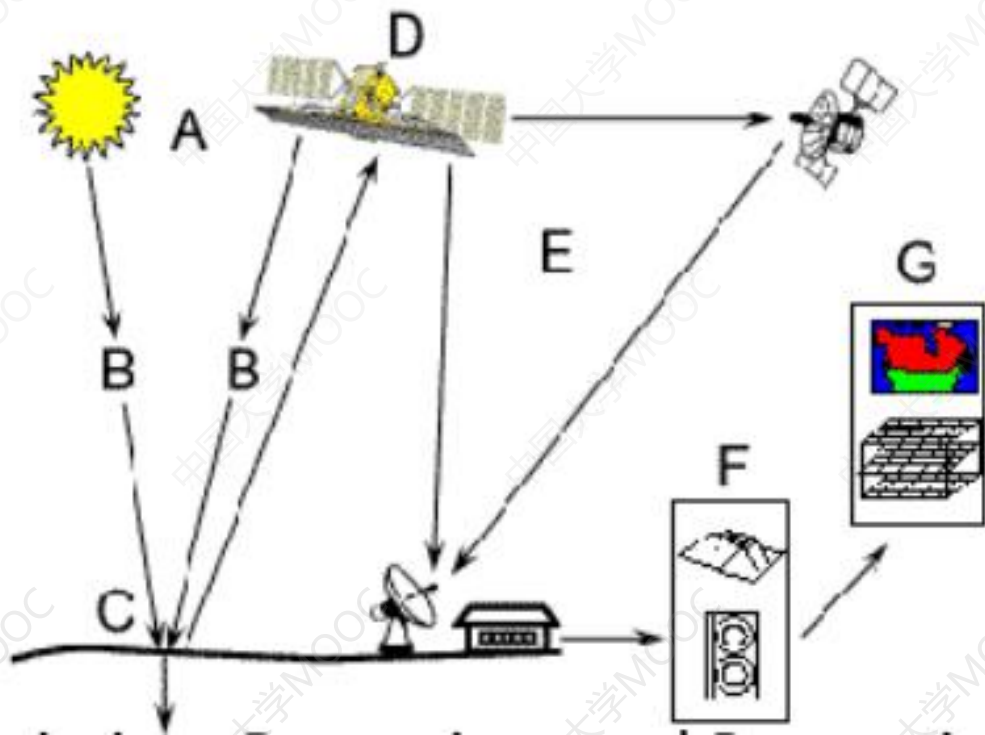
微波具有穿透云层和
一定量降雨的能力





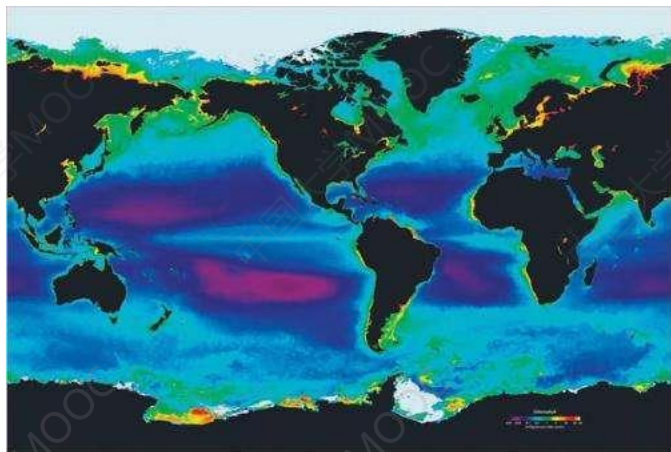
二、为什么要用微波？

- 全天时观测

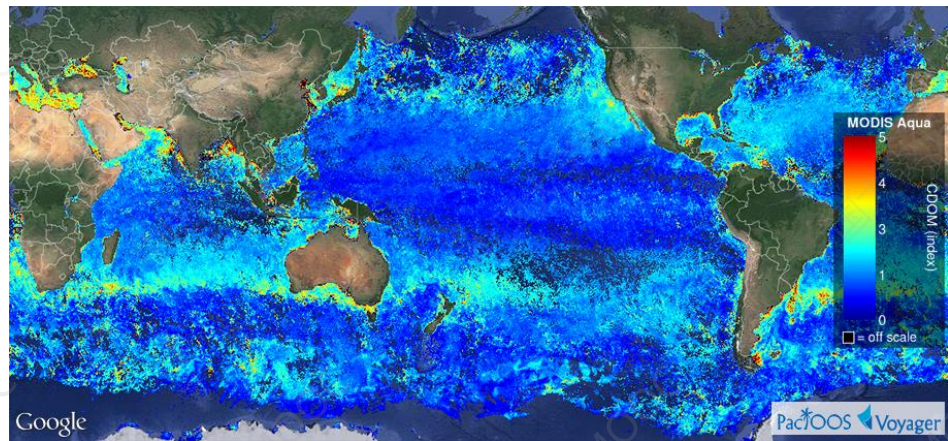


二、为什么要用微波？

- 微波遥感与光学遥感形成海洋观测的互补
- 光学遥感-叶绿素、黄色物质、悬浮泥沙等海洋生态环境相关参数



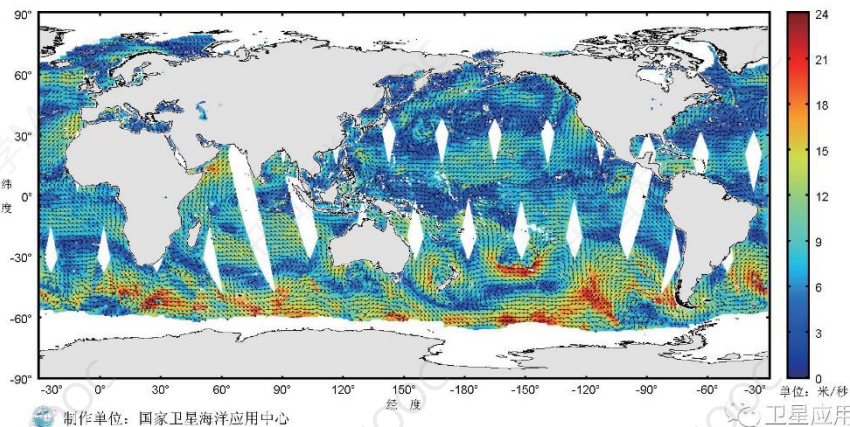
叶绿素浓度



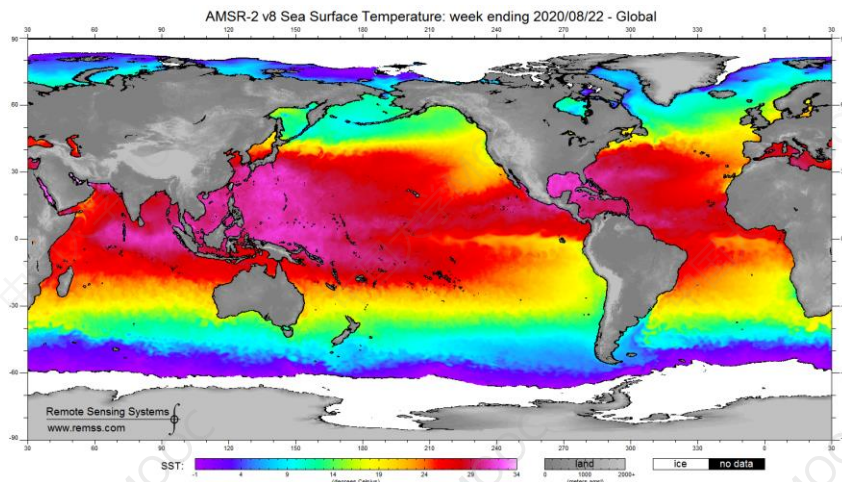
黄色物质（CDOM）浓度

二、为什么要用微波？

- 微波遥感与光学遥感形成海洋观测的互补
- 微波遥感-海面风场、海表温度、海面高度、有效波高等海洋动力环境参数。



海面风场

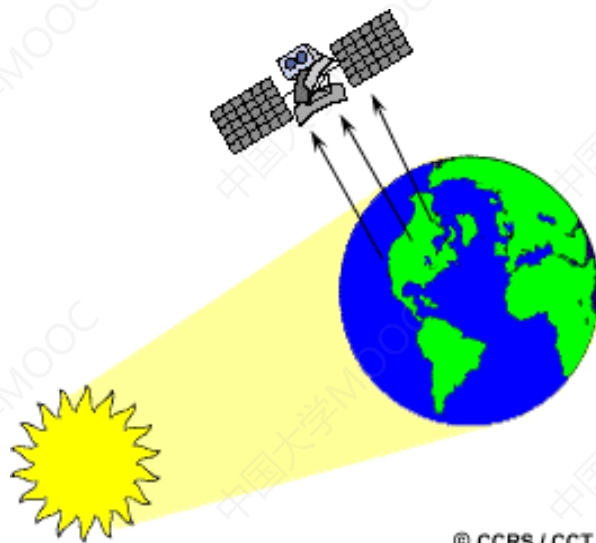


海表温度

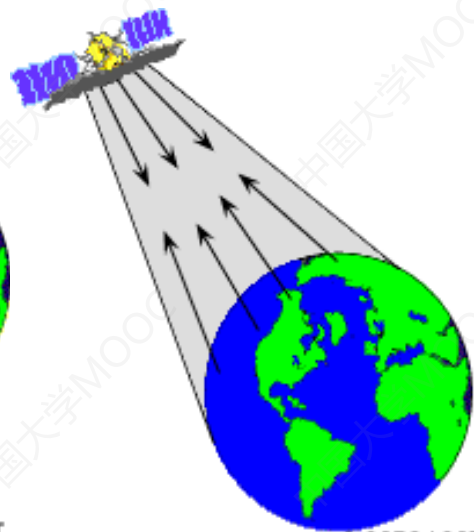
三、微波遥感的分类

被动微波遥感-被动接收地球微波辐射进行观测。

主动微波遥感-主动发射微波信号，通过接收目标反射/散射的微波进行观测。



被动遥感



主动遥感



四、微波遥感的物理基础

- 被动微波遥感测量的物理量为辐射亮温

辐射亮温(Brightness Temperature),

也称亮度温度, 在特定频率下,

当黑体与灰体具有同样的辐射强

度时, 黑体的物理温度等同于灰

体的辐射亮温。

$$T_B = eT$$

亮温

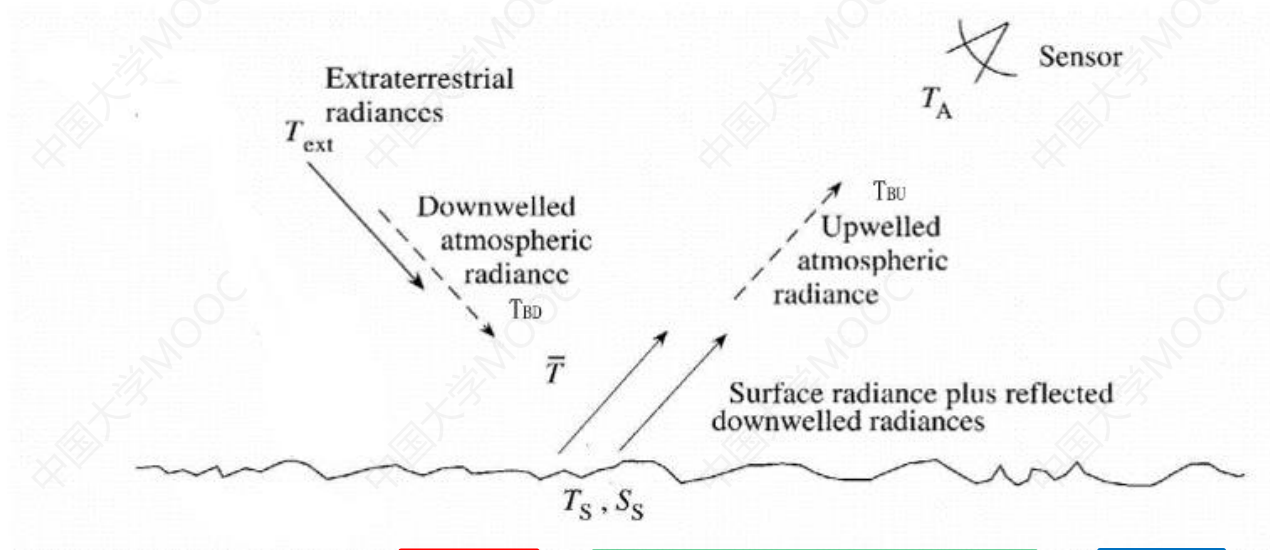
辐射率

物理温度



四、微波遥感的物理基础

● 微波海洋遥感-地球辐射亮温



$$T_{B,toa} = \tau e T_S + \tau r (T_{BD} + \tau T_{ext}) + T_{BU}$$

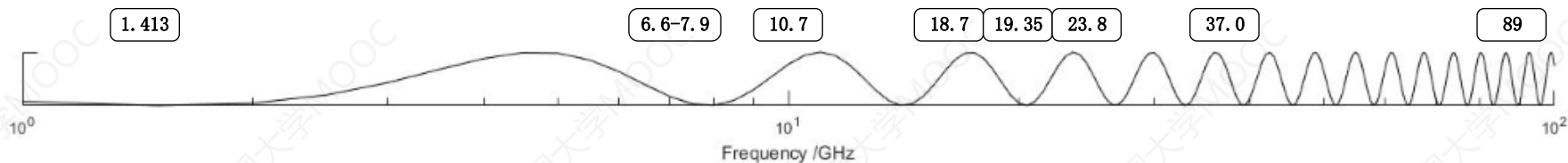
$$T_{B,toa} = RTM(f, p, Inc, SST, SSW, SSWD, SSS, WV, Cl)$$



四、微波海洋遥感的物理基础

● 被动微波遥感中对电磁波频率（波长）的应用

由于不同频率、极化的微波辐射对海洋大气环境参数，如海表盐度、海表温度、海面风速、风向、大气水汽、液态水、降雨的响应不同，使得星载扫描辐射计可以通过设置多个特定工作频段对特定的环境参数进行观测。



海表盐度
1.413 GHz

海表温度
6.6-7.9 GHz
10.7 GHz

海面风速风向
10.7 GHz
18.7 GHz
19.35 GHz
37.0 GHz

大气水汽总量
18.7 GHz
19.35 GHz
23.8 GHz
37.0 GHz

大气液态水、降雨率
18.7 GHz
19.35 GHz
23.8 GHz
37.0 GHz
89 GHz

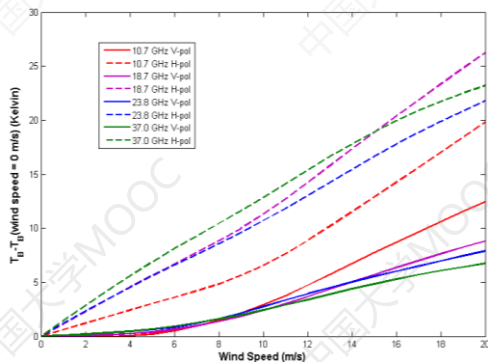


四、微波遥感的物理基础

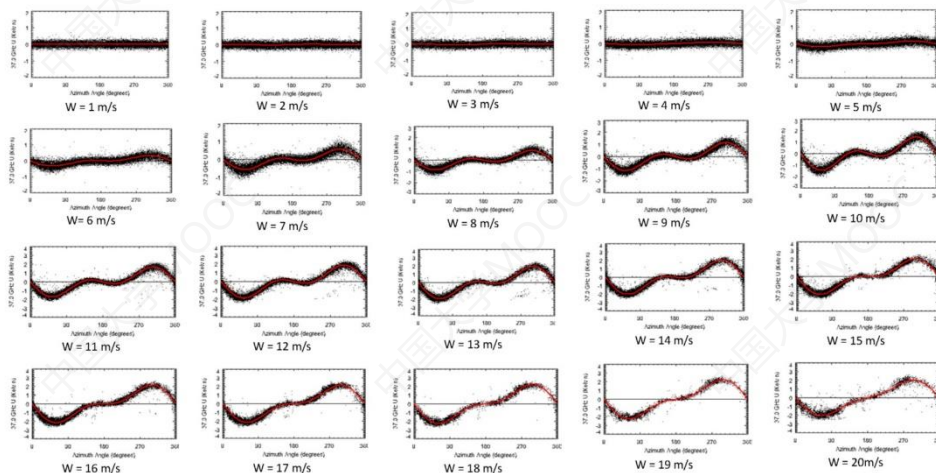
● 被动微波遥感中对电磁波极化的应用

被动微波遥感的极化测量-Stokes 参数

$$I_s = \begin{pmatrix} T_h \\ T_v \\ U \\ V \end{pmatrix} = \frac{\lambda^2}{k\eta} \begin{pmatrix} \langle E_h E_h^* \rangle \\ \langle E_v E_v^* \rangle \\ 2 \operatorname{Re} \langle E_v E_h^* \rangle \\ 2 \operatorname{Im} \langle E_v E_h^* \rangle \end{pmatrix}$$



水平极化亮温
相比垂直极化
亮温对海面风
速更为敏感



第三和第四 Stokes 参数 U、V 相比
 T_h 和 T_v 更适合观测海面风向

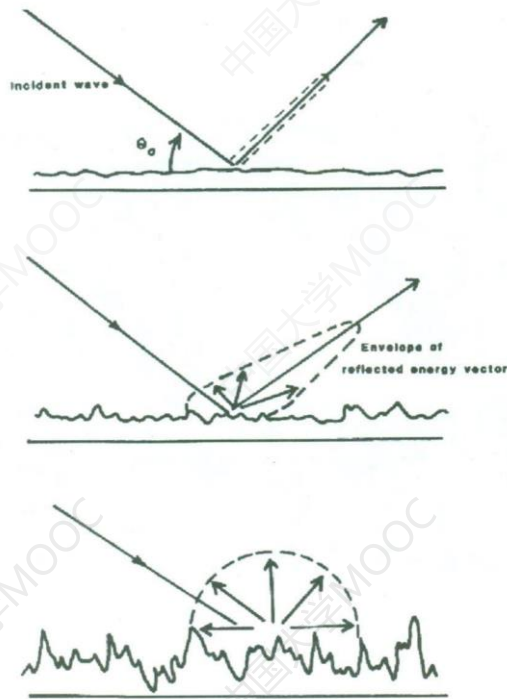


四、微波遥感的物理基础

- 主动微波遥感测量的物理量为归一化雷达散射截面 (NRCS, the normalized radar cross section)

归一化雷达散射截面，是描述在雷达探测方向，探测目标反射雷达信号的能力。

与频率、极化方式、入射角、海面粗糙度等相关。



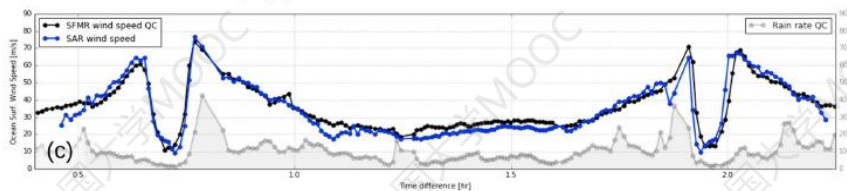
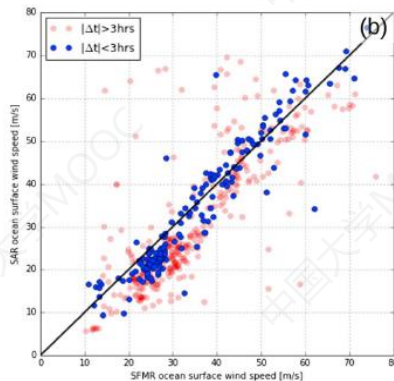
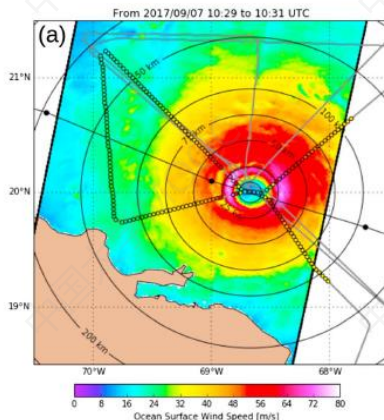
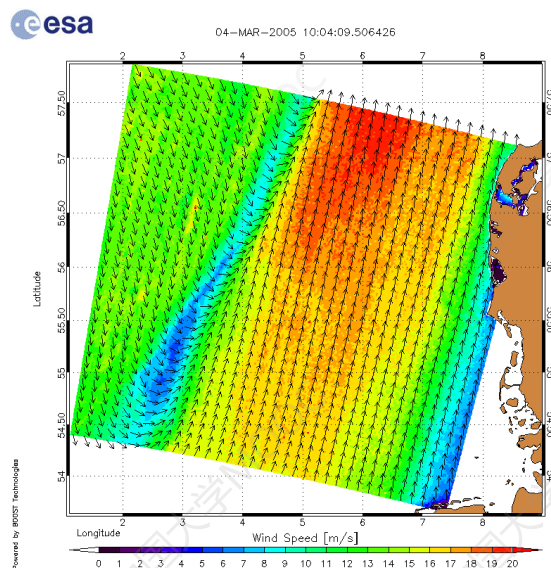


四、微波遥感的物理基础

● 主动微波遥感中对电磁波极化的应用

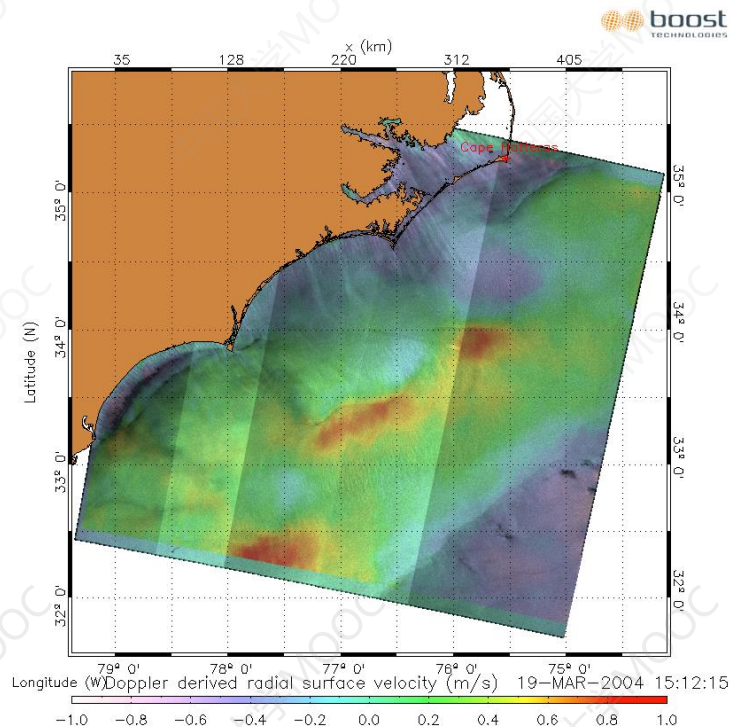
主动微波遥感极化测量方式:

$$VV、HH、VH、= HV$$

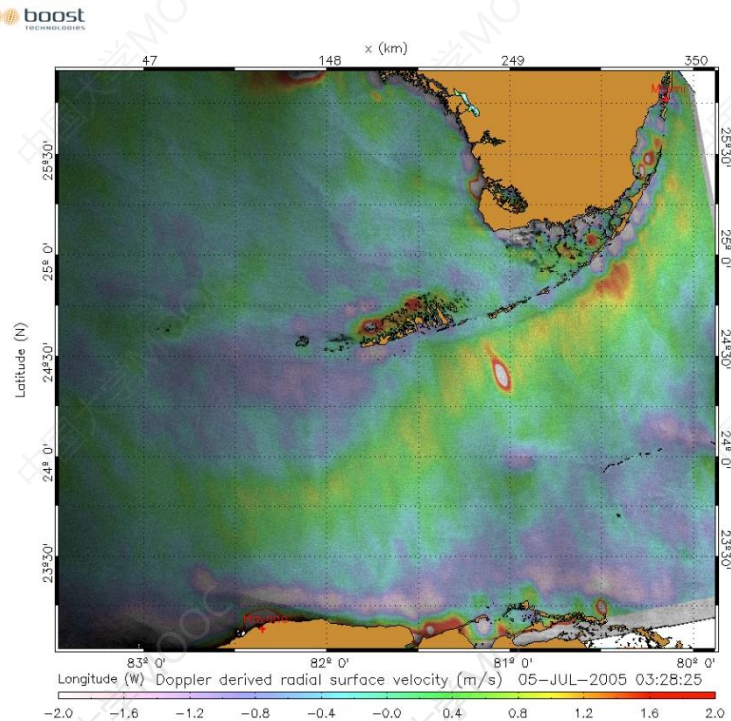


四、微波遥感的物理基础

- 主动微波遥感中对电磁波相位（干涉）的应用



Cape Hatteras : mar 19, 2003



Florida strait : Jul 5, 2005



四、微波海洋遥感的物理基础

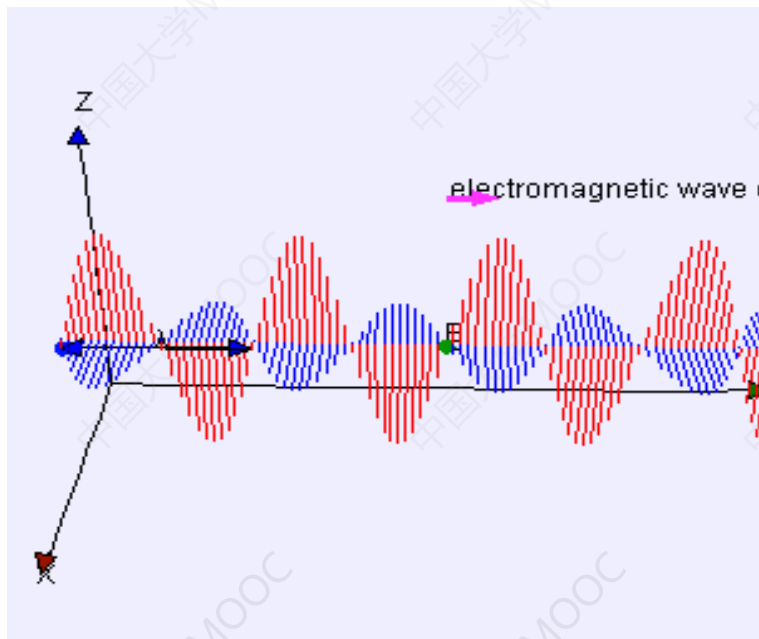
- 在微波遥感中充分利用了电磁波的特征参数。

频率

振幅

极化

相位



乘风破浪

谢 谢 聆 听

