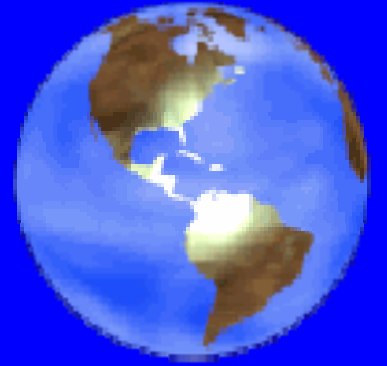


遥感系列讲座之三



# 微波遥感

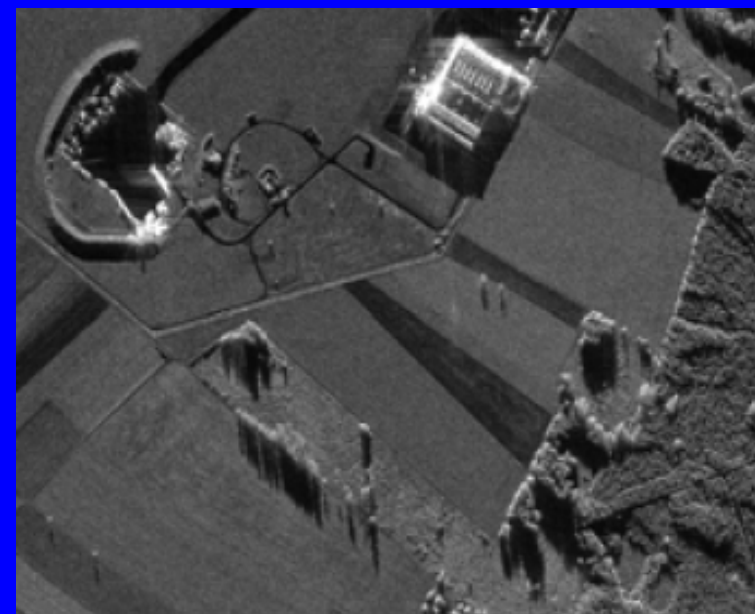
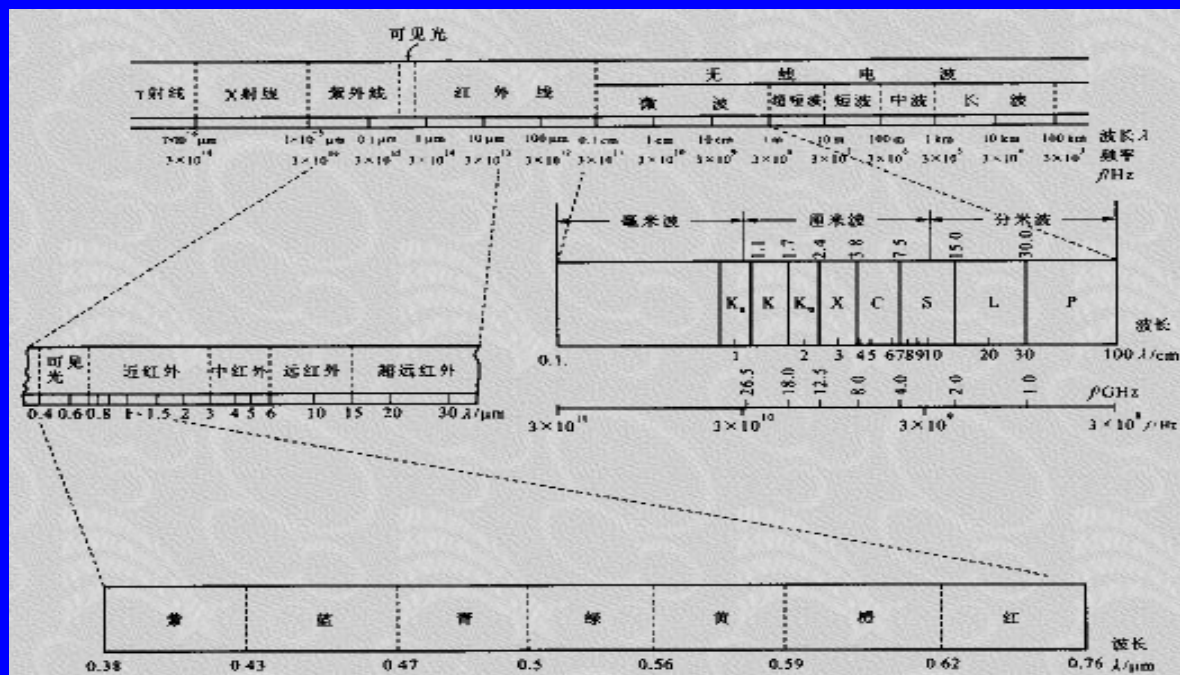
南京路川信息系統工程有限公司遥感部

# 目 录

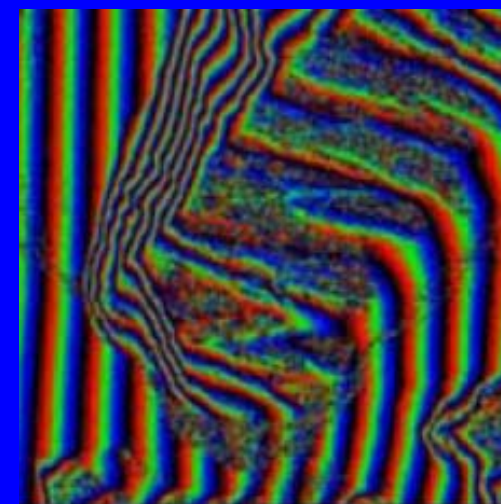
---

- 微波遥感理论及特征
- 微波遥感器
- 微波图像处理
- 微波遥感应用
- 发展与展望

# 一、微波遥感理论及特征



地球上经常有40%-60%的地区被云层覆盖着，尤其是占地球面积五分之三的海洋上，气候条件变化更大，经常被云层遮蔽。



## 微波波段的特征

### 微波穿透云层、雾和小雨的能力

微波具有穿透云层、雾和小雨的能力，而且太阳辐射对辐射测量没有太大的影响。因此微波辐射测量既可在恶劣的气候条件下，也可以在白天和黑夜发挥作用，具有较强的全天候、全天时的工作能力，这一特性优于可见光和红外波段的探测系统。



## 微波具有穿透被测物体的能力

微波穿透植物层的深度，取决于植物的含水量，密度，波长和入射角。如果波长足够长而入射角又接近天底角，则微波可穿透植被区而到达地面。因此，微波频率的高端（波长较短）只能获得植被层顶部的信息，而微波频率的低端（波长较长），则可以获得植被层底层甚至地表以下的信息。



### 微波信号穿过植被的穿透性








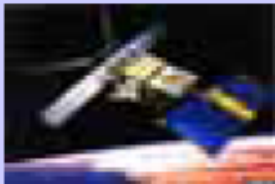


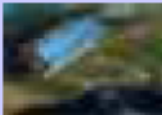



## 微波测得的信息与红外和可见光所测信息互为补充

利用微波得到的信息在与红外和可见光波段测得的信息是不同的。因此联合使用这三个波段的信息，其结果可以相互补充，更全面地了解被测物体的特性。

在可见光近红外波段所观测的信息基本上取决于植被和土壤表层分子的谐振特性，而微波波段范围内观察到的“颜色”则取决于研究对象面或体的几何特性以及目标介电特性，这样，将微波、可见光和红外辐射配合运用，就能够研究表面上几何的和目标介电的特性以及分子谐振的特性。

另外，微波还可以提供某些附加的特性，这使其在某些应用方面具有独到之处。例如，根据不同类型冰的介电常数不同可以探测海冰的结构和分类；根据含盐度对水的介电常数的影响可以探测海水的含盐度等等。

## 二、微波遥感器

1978	1981	1984	1991	1994	1996	2000	2002	2007
 Seasat (Lhh) <b>NASA, USA</b>	SIR-A (Lhh) 	SIR-B (Lhh) 		SIR-C/XSAR (L,C Full pol, Xvv) 		2000 SRTM, InSAR 		
<b>ESA, European</b>	ERS-1 Cvv 		ERS-2 Cvv 		2002 EnviSat C 交替极化 		2007 Terra SAR X 	
<b>NASDA, Japan</b>	1992 JERS-1 Lhh 				2006 ALOS- PALSAR 			
<b>CCRS, Canada</b>			RADARSAT-1 Chh 					

常用的有效的传感器包括下列五种：

(1) 散射计

(2) 高度计

(3) 无线电地下探测器

非成像系统

(4) 微波辐射计

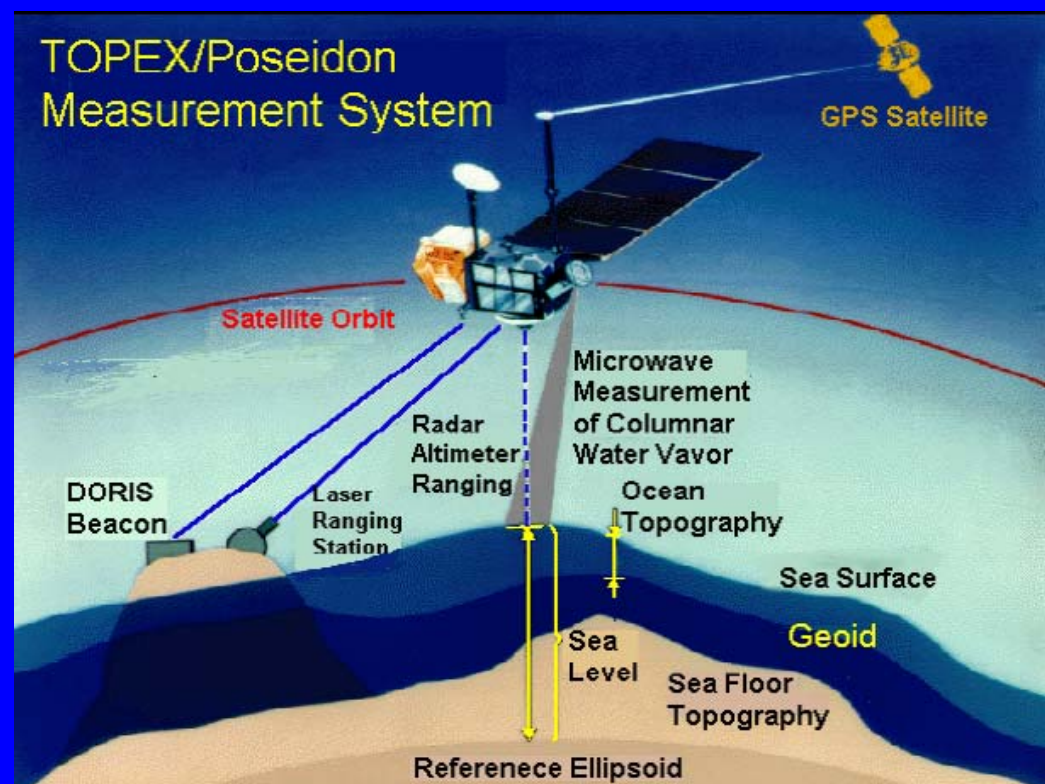
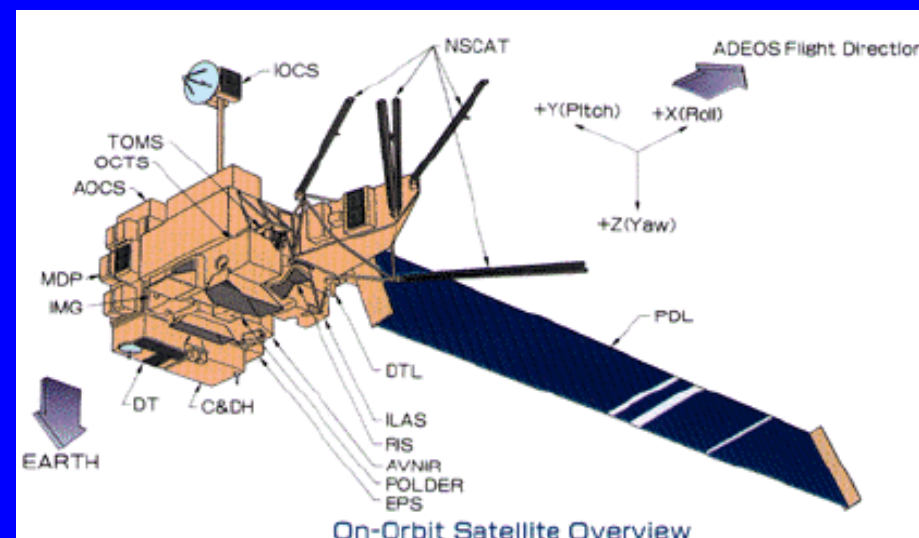
(5) 侧视雷达

成像系统

# 非成像微波传感器

**微波散射计**是一种有源微波遥感器，专门用来测量各种地物的散射特性。它是通过测量地物对微波的散射强度，达到测定地物的后向散射系数的相对值。

**高度计**是一种主动式微波测量仪，它具有独特的全天时、长时间历程、观测面积大、观测精度高、时间准同步、信息量大的能力和特点。卫星高度计以海面作为遥测靶，它的回波信号携带有十分丰富的海面特征信息，可以测量出瞬时海面至平台之间的距离、电磁波海面后向散射系数及回波波形。



## 无线电地下探测器

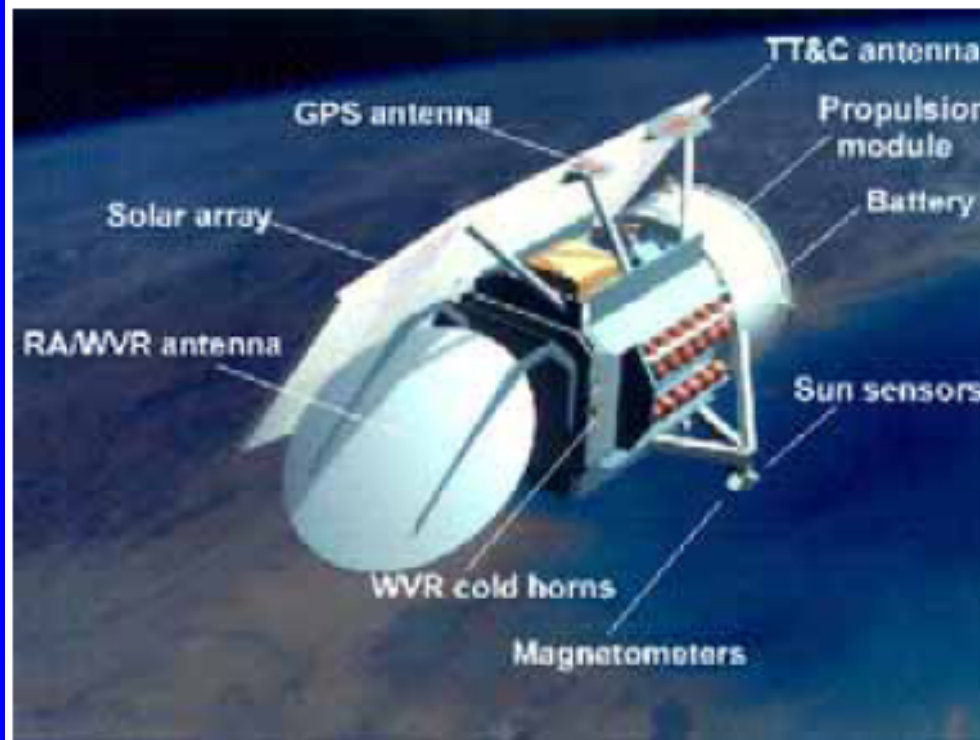
- 地下管线检测仪是采用电磁学原理，利用发射器给地下管线以一定频率的信号，使地下管线因此而形成相应的电磁场，再利用接收器来拾取并分析这种电磁场的变化，从而判断出地下目标的相应参数。
- 考古，发现埋藏在地下的文物和宝物。
- 检查底下管道、电线、电缆。是建筑施工、自来水装修、供变电、城市改建等作业中必不可少工具。
- 可探各种金属矿物，且对某些高品位的矿，尤其对自然金块更为有效。

## 成像微波传感器

### 微波辐射计

微波辐射计是一种用于测量物体微波热辐射的高灵敏度接收机。

### Geosat- 2/10/1998



- Ku-band Altimeter
- Dual- $f$  Radiometer
- 4 GPS Receivers
- Doppler Beacon
- Laser Retro-reflector
- Fixed Solar Array
- Solid State Memory

## 微波辐射计的应用范围

- 水文

- 土壤湿度分布用于预报河流水位和洪水
- 流域表面排水特性
- 水面的识别
- 雪盖范围、雪水当量和雪的湿度

- 农业

- 土壤湿度分布用于估产和灌溉调度
- 冻融边界测绘

- 极区

- 海冰形成与发展，类型划分
- 大陆冰块测绘

- 海洋

- 风速
- 海面温度
- 海面盐度
- 油溢污染

- 强风暴

- 热带气旋监测
- 局地强风暴

- 气象与气候

- 地面温度，大气温度剖面
- 水蒸气集结及剖面分布
- 大气液态水含量（可降水量）
- 海洋温度和表面风俗

# 雷达

## 1.真实孔径雷达

“真实孔径”雷达，顾名思义其雷达天线长度是实际长度，雷达波的发射和接收都是以其自身有效长度的效率直接反映到显示记录中。运动平台携带真实孔径天线从空中掠过，由天线向平台的一侧或两侧发射波束并扫描地面。这些波束在平台运动的方向上是很窄的，而在垂直于平台运动方向上是延展的。脉冲几何分辨率在很大程度上是由天线长度和脉冲宽度决定的。由于脉冲和地形相互作用，入射的雷达波信号经地物的散射，一部分能量经后向散射，作为随时间改变的放大信号接收下来。

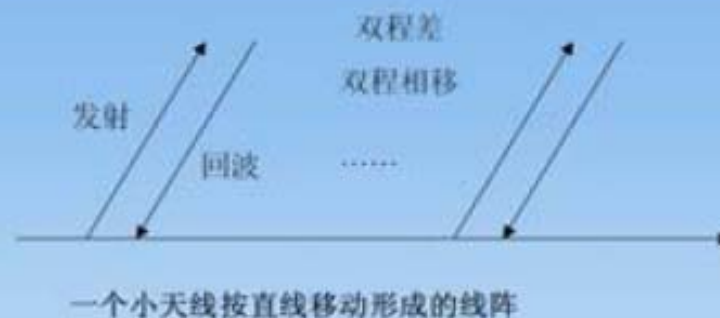
## 2、合成孔径雷达

合成孔径雷达是一种高分辨率相干成像雷达。高分辨率在这里包含两方面的含义：即高的方位向分辨率，足够高的距离向分辨率。它采用以多普勒频移理论和雷达相干为基础的合成孔径技术来提高雷达的方位向分辨率，而距离向分辨率的提高则通过脉冲压缩技术来实现。合成孔径雷达系统通过飞机或星载飞行器的向前运动构成合成孔径。当真实孔径太长，不可能实现的时候，合成孔径雷达就起到了不可估量的作用，它特别适用于星载的飞行器中。只要目标被发射能量波瓣照射到或位于波束宽度之内，此目标就会被采样并被成像。

# SAR基本原理

## 信号特征

**SAR**是通过天线相对地面目标的运动来获得高分辨率。显然通过这种方法只能在方位向获得高分辨率。在距离向必须用其他的方法来获得高分辨率。通常采用脉冲压缩技术来获取距离向高分辨率，因为这种技术还能以较低的峰值功率产生较高的平均发射电平，从而达到较大的作用距离。

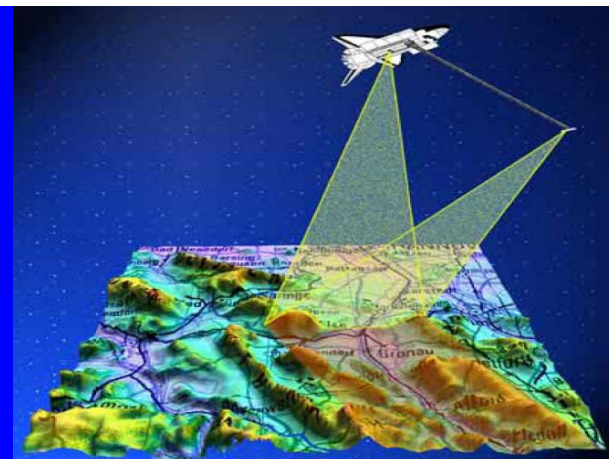


小天线发出第一个脉冲并接收从目标反射回来的第一个回波脉冲，把它存储起来后，沿直线移动一段距离到第二个位置。

小天线在第二个位置再发射一个脉冲(这个脉冲与第一个脉冲之间存在由延时引入的相位差)，并把第二个回波也存储起来。以此类推，小天线在这一直线上构成了一个天线阵。对存储起来的所有回波进行处理，便可得到一个大天线的方向图，进而提高雷达的方位分辨率。



# SRTM



载有C波段、X波段干涉雷达生成30米和90米分辨率  
全球三维地形图

航天飞机升空日期:2000年2月11日

航天飞机着陆日期:2000年2月22日

成像范围

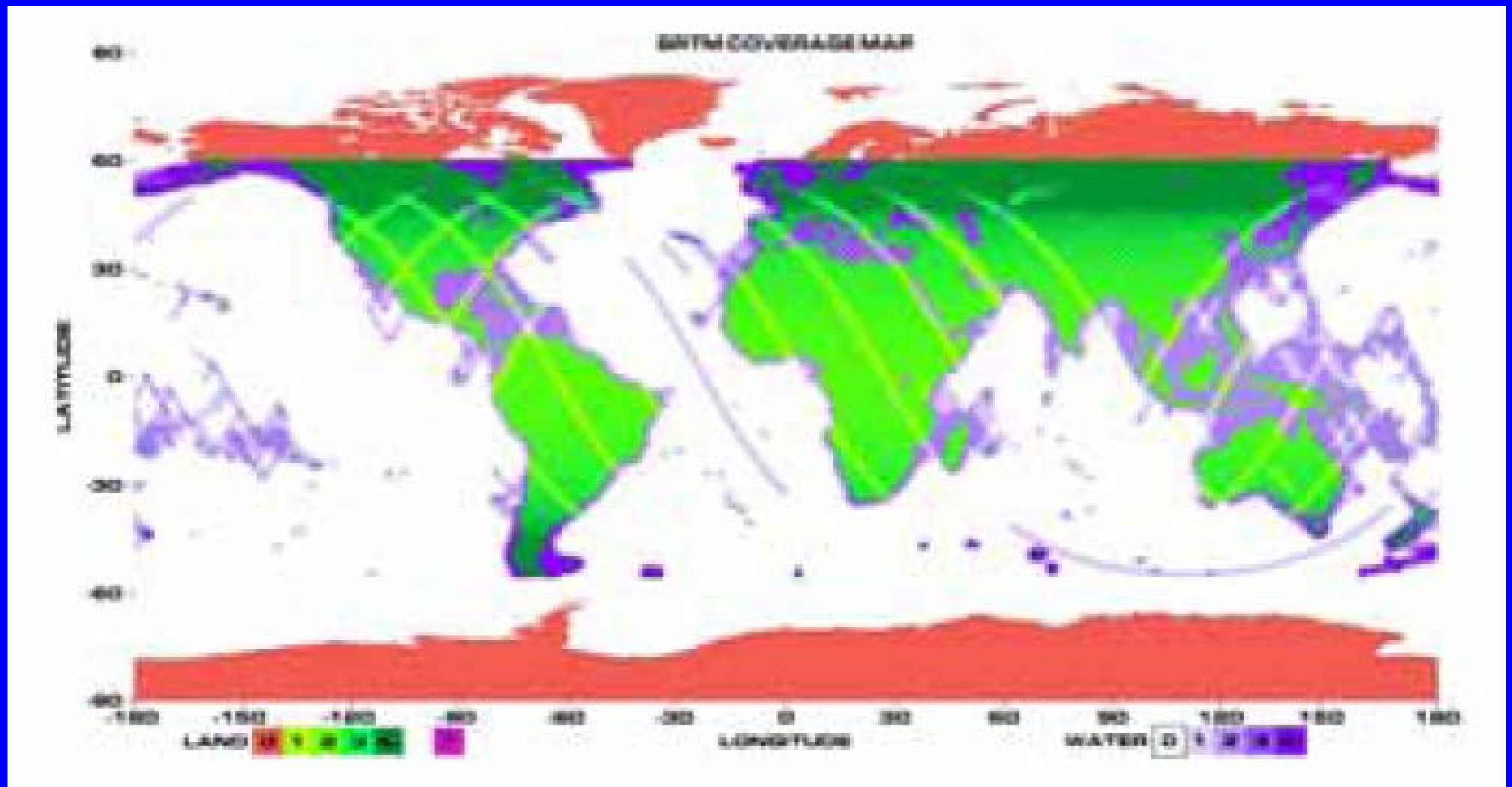
- 介于北纬 $60^{\circ}$  和南纬 $54^{\circ}$  之间
- 80%地球陆地表面

SRTM



## SRTM 数据覆盖范围

航天飞机干涉成像雷达覆盖范围



## 三、微波图像处理

### 角反射器定标



### SAR图像的几何校正

Raw数据：用于对SAR的研究

SLC图像：用于干涉、及后处理算法研究

- 由Raw data得到的单视复图像、斜距成像

PRI图像：面向应用用户

- 多视处理（消除斑点噪声）、地距投影、经过系统改正（天线姿态）。因地形引起的形变没有改正。

GEC图像：面向应用用户

- 在PRI的基础上将图像纠正到指定坐标框架下的参考椭球面上

TEC图像：面向应用用户

- 将图像纠正到指定坐标框架下，并利用DEM修正地形引起的形变

# 斑点噪声及滤波

## 斑点抑制的主要方法

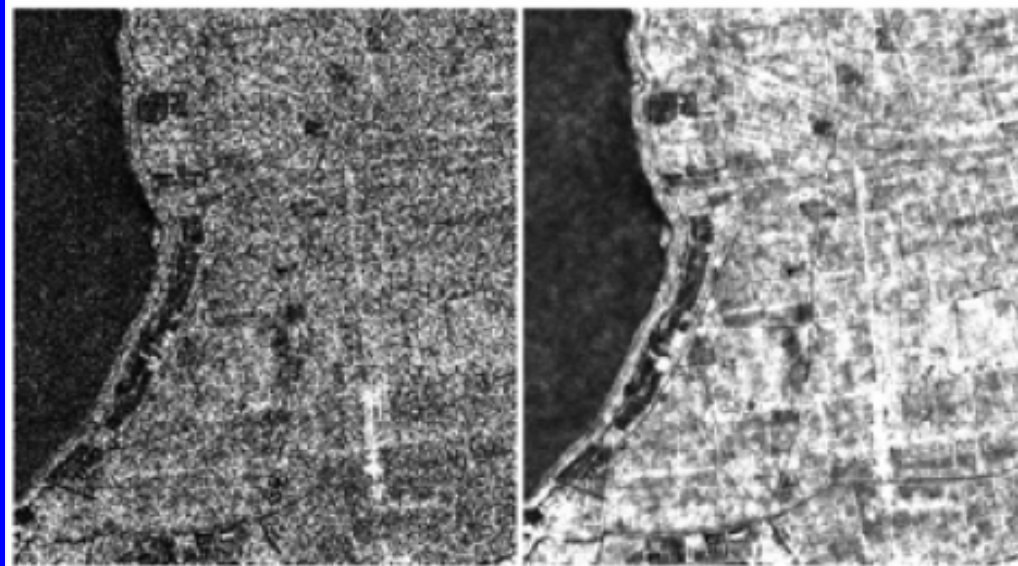
成像前的多视处理

成像后的滤波技术

空间域滤波

频率域滤波

均值滤波  
中值滤波  
Lee滤波  
Frost滤波  
Kuan滤波  
高通滤波  
低通滤波



## 四、微波遥感应用

- ✓农业应用
- ✓林业应用
- ✓地质应用
- ✓水文与水灾应用
- ✓土地利用土地覆盖
- ✓地形制图
- ✓海洋应用与海冰
- ✓干涉测量

## 五、微波遥感的发展与展望

### ● 多波段、多极化、多视角和多工作模式

多波段、多极化、不同视角对地观测，可以全面地定量分析地面目标的雷达散射特性。加拿大的Radarsat-3计划采用多极化、多波段的合成孔径雷达，欧空局的ASAR和未来的X-SAR系统都将采用多极化、多工作模式。

### 提高分辨率，增大幅宽

对军事目标准确侦察要求其分辨率小于1米，最近美国提出的Starlite侦察小卫星，合成孔径雷达分辨率可达到0.3米（观测范围4公里×4公里）。法国计划2005年发射的军用雷达卫星Horus，其X波段SAR分辨率可达3米~5米。雷达图像的幅宽越来越受到人们的重视，如Radarsat-1图像的最大幅宽可达500公里，欧洲环境卫星Envisat-1上的先进合成孔径雷达（ASAR）幅宽为400公里，下一代的X-SAR在低分辨率时幅宽将大于500公里。

### ● 星载双天线SAR系统

为了获取高质量、稳定的干涉数据源，只有采用双天线的SAR系统才能得到保障。2000年2月11日美国宇航局（NASA）和国家影像与测绘局（NIMA）联合进行了为期11天的航天飞机雷达地形测绘任务（SRTM）。SRTM同时拥有C波段和X波段干涉SAR系统，是唯一能够同时提供双频干涉数据的系统。

### ● 小型化、轻型化

星载合成孔径雷达素以体积、重量、功耗大而闻名，影响其推广应用。轻小型SAR是其未来一个重要的发展方向。俄罗斯S波段3米小卫星，HH极化；我国HJ-1C小卫星，S波段VV极化5米分辨率。



谢

谢