

微波遥感

为什么要微波

微波的分类

侧视成像雷达的原理和图像表现

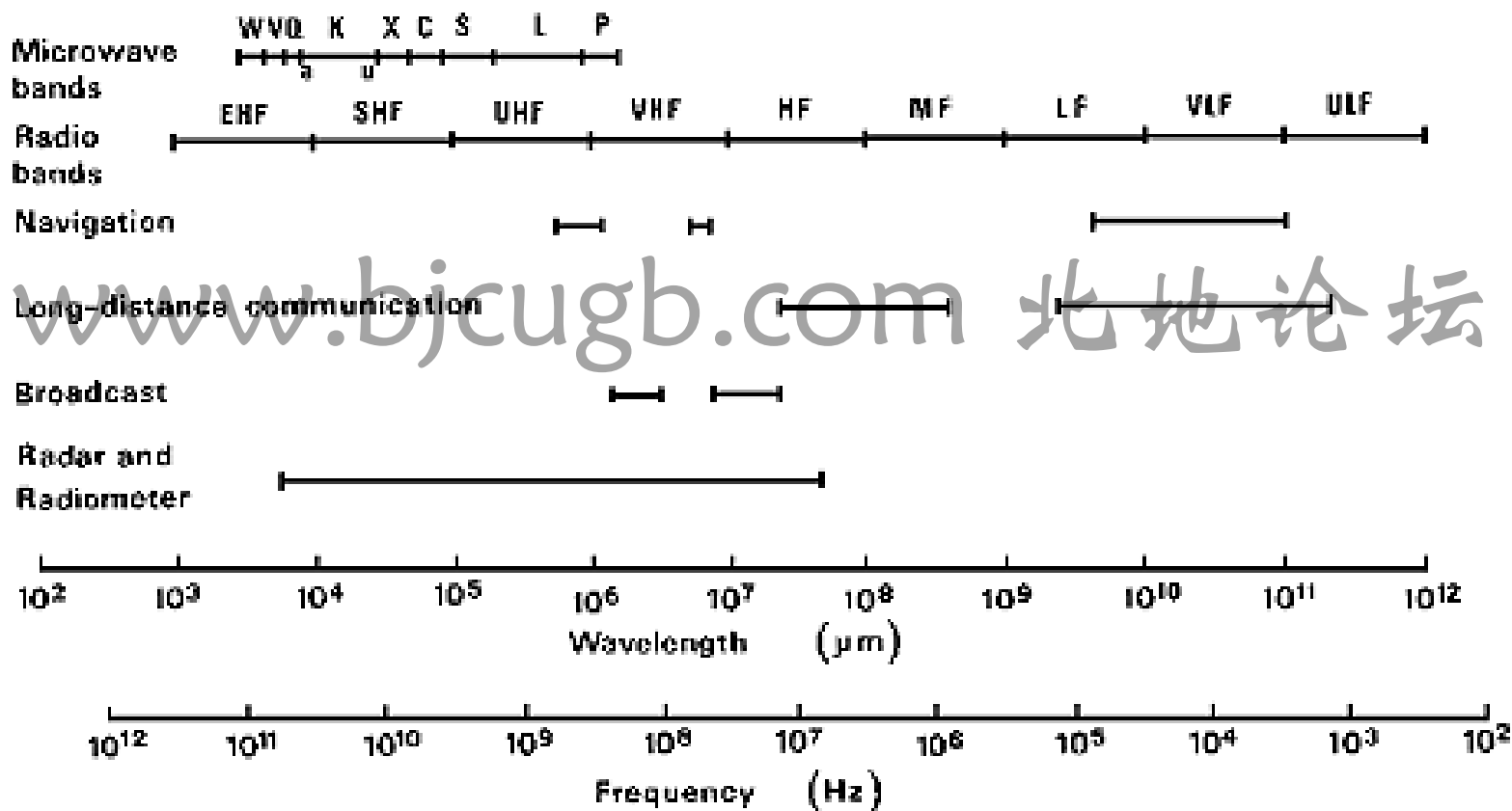
成像雷达数据的变形特点

www.bjcgub.com 北地论坛





微波遥感波段：300MHz到300GHz（波长从1mm到1m）
被无线电界划分为：甚高频(VHF)、特高频（UHF）、超
高频（SHF）和极高频（EHF）。



为什么要微波遥感-



可见光和热红外所遭遇的难题



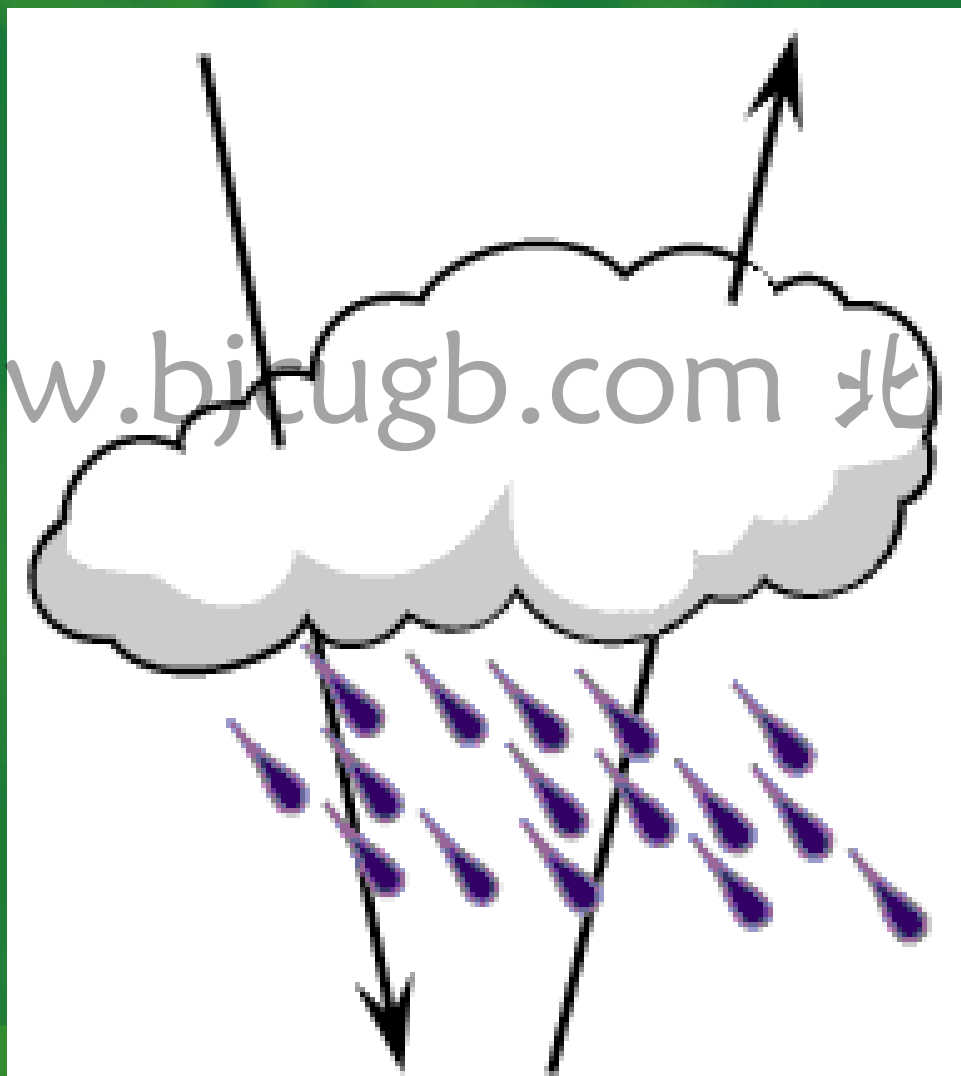
www.bjcugb.com 北地论坛

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-穿透性

- 微波穿透云层、雾和小雨的能力

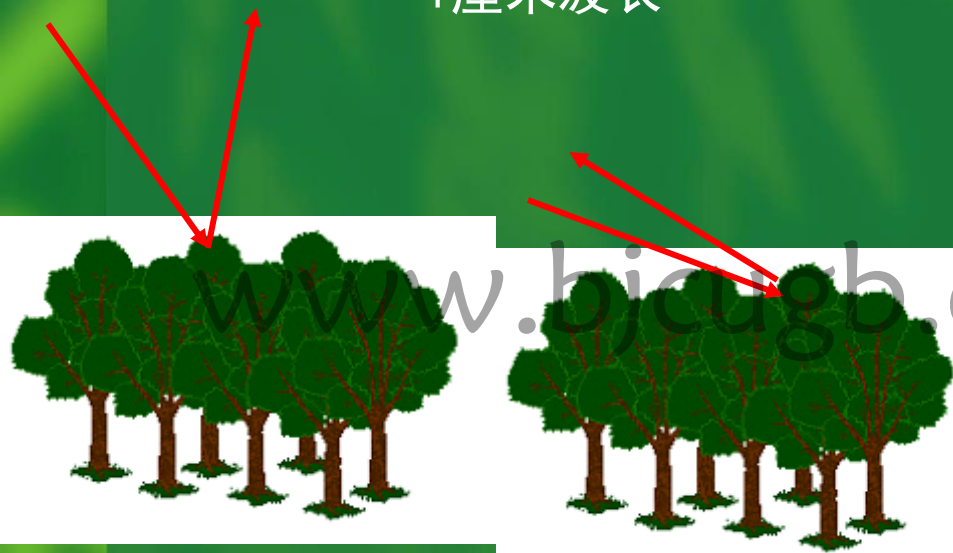


微波波段的特征-穿透性



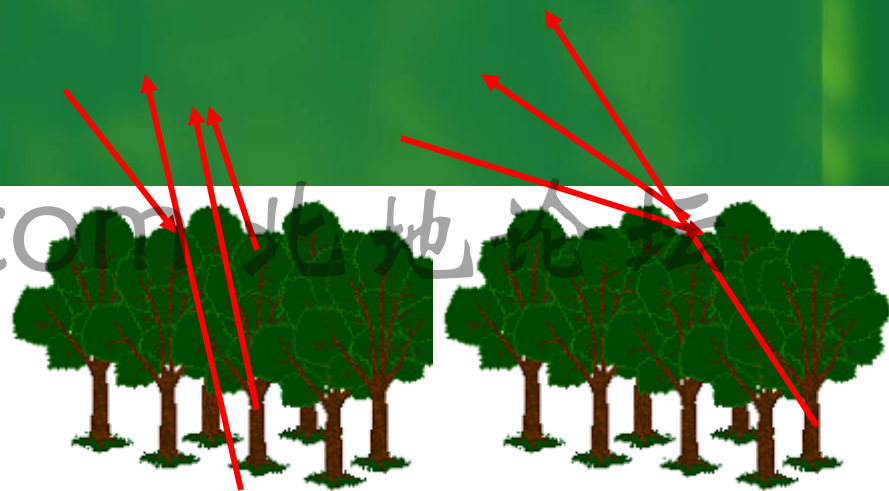
●微波具有穿透植被的能力

1厘米波长



由树顶反射的微波信号

1米波长



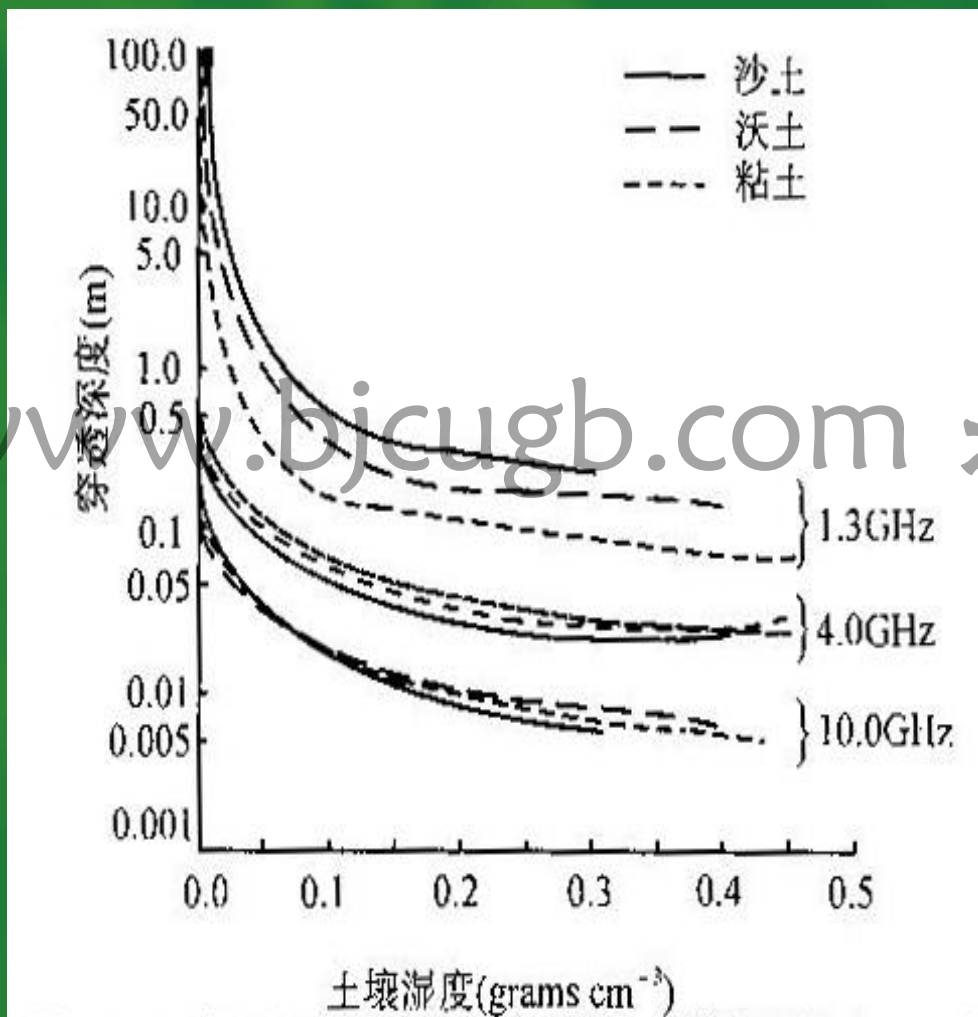
由树顶、树干、
地面反射的信号

由树顶、树干反
射的信号



微波可以穿透土壤

深度与土壤湿度、类型及工作频率有关。



不同类型土壤的穿透深度与土壤湿度的关系



www.bjcugb.com 北地论坛

USGS/FLAGSTAFF, AZ.
& JPL



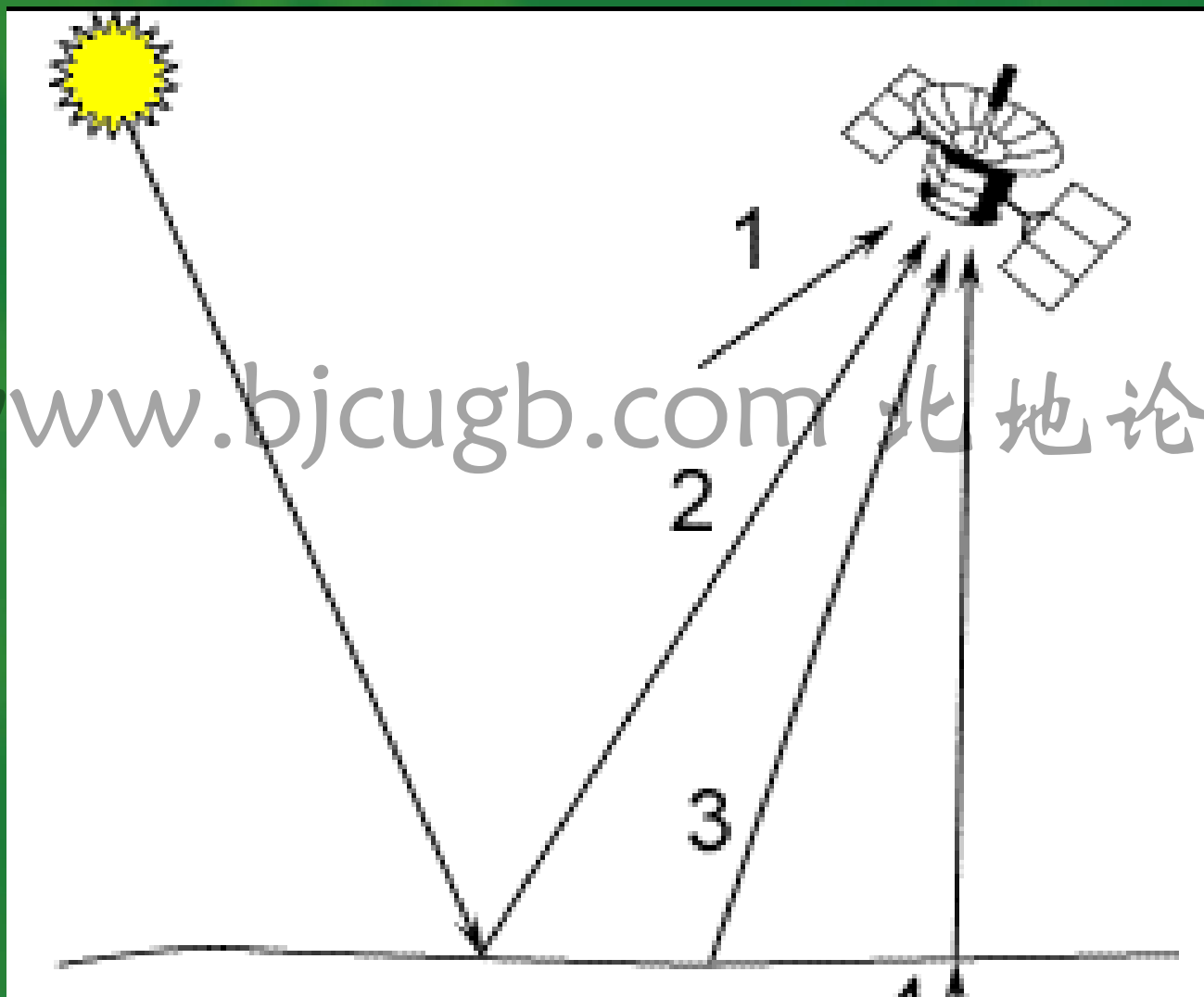
微波遥感分类

- ❖ 被动微波遥感
- ❖ 主动微波遥感

www.bjcugb.com 北地论坛



被动微波遥感



www.bjcugb.com 北地论坛



- **被动微波遥感**

- ✓ 信号来源:

- 系统自身不发射微波波束，只是接收目标物发射或散射的微波辐射。

- ✓ 典型传感器:

- 传感器一般为微波辐射计，辐射精度目前约1K，空间分辨率一般都在公里级(卫星遥感)或米级(航空遥感)。

www.bjcgugb.com 北地论坛



• 主动微波遥感

✓ 信号来源:

系统自身发射微波辐射，并接收从目标反射或散射回来的电磁波。

✓ 构成:

一部发射机，一部接收机，通常共用一幅天线。

✓ 典型传感器:

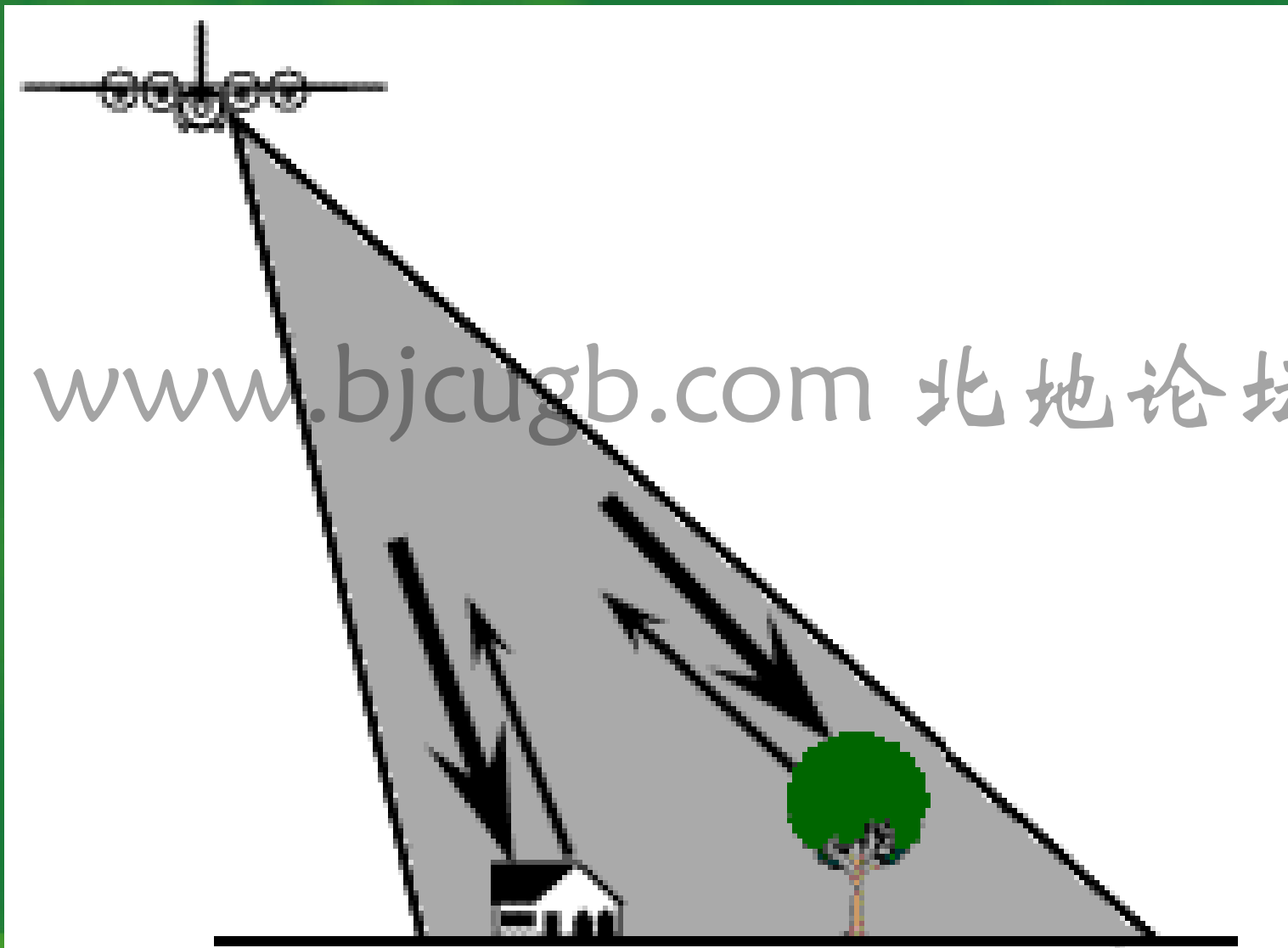
高度计、散射计和成像雷达。

高度计和散射计的空间分辨率较粗。

www.bjcgub.com 大地论坛



主动微波遥感





什么是雷达

❖ 雷达:

Ka 波段: 频率40,000-26,000 MHz; 波长 (0.8-1.1 cm)

K波段: 频率26,500-18,500 MHz; 波长(1.1-1.7 cm)

Ku: 频率18000-12,500 MHz; 波长(1.7-2.4 cm)

X波段: 频率12,500-8,000 MHz; 波长(2.4-3.8 cm)

C波段: 频率8,000-4,000 MHz; 波长(3.8-7.5 cm)

S: 频率4000-2000 MHz; 波长(7.5-15 cm)

L波段: 频率2,000-1,000 MHz; 波长(15.0-30.0 cm)

P波段: 频率1,000- 300 MHz; 波长(30.0-100.0 cm)





www.bjcugb.com 北地论坛

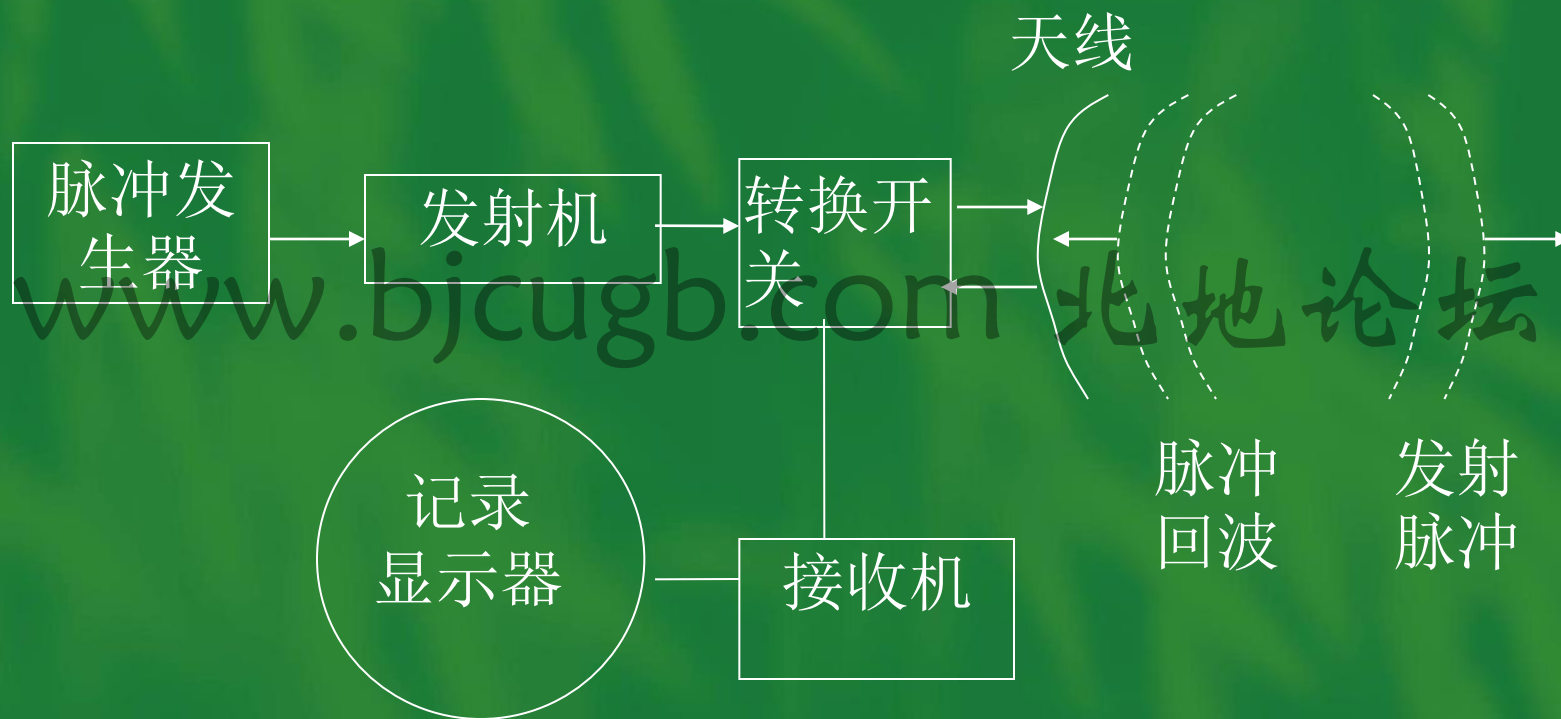


微波遥感-侧视成像雷达



成像雷达

- 一般结构



侧视雷达工作原理

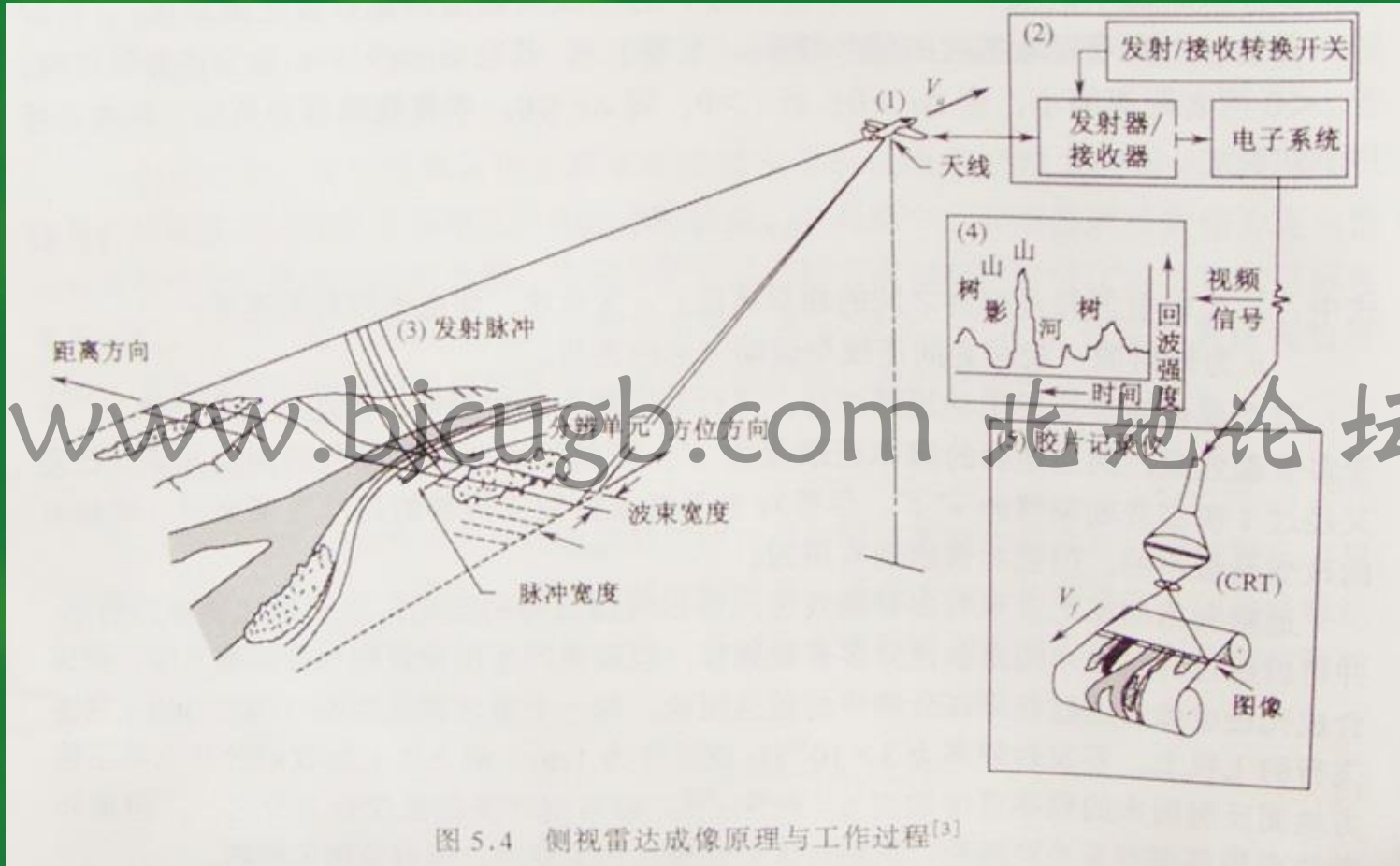


图 5.4 侧视雷达成像原理与工作过程^[3]

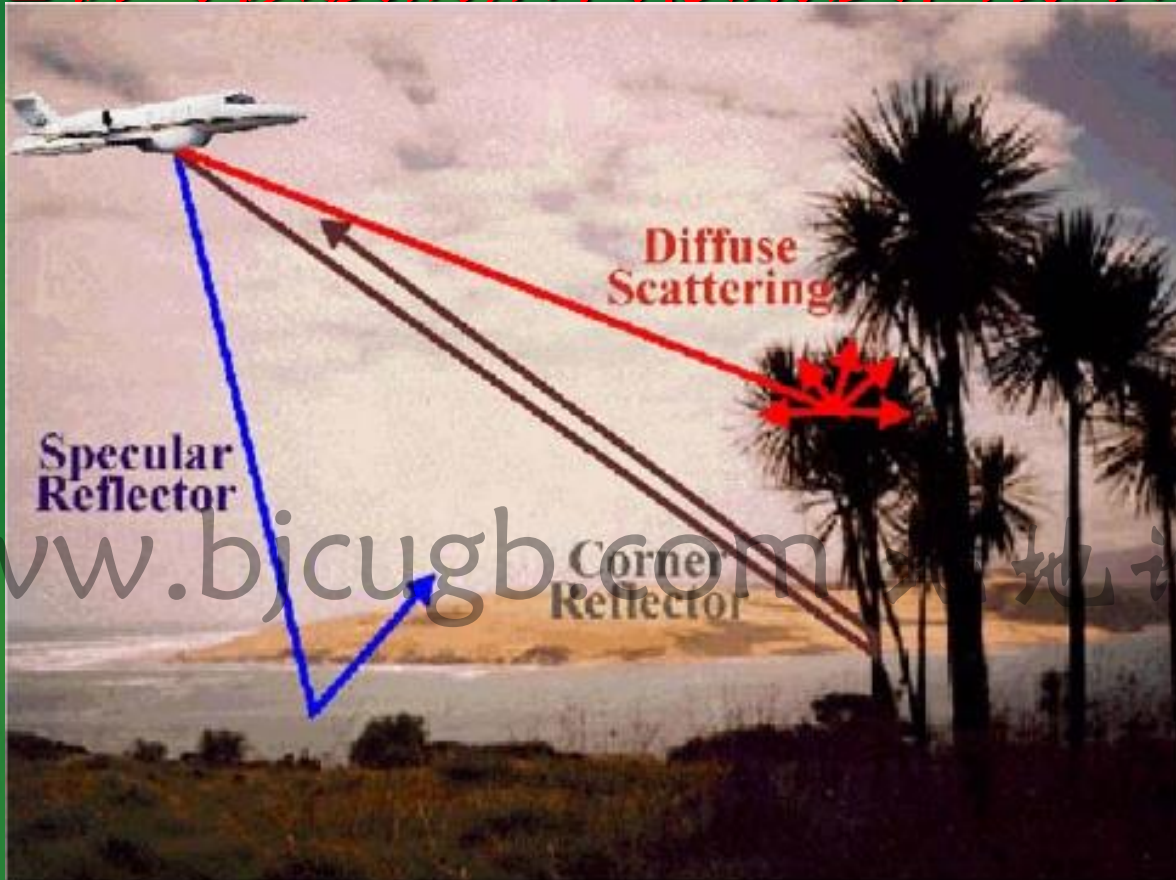


侧视雷达图像的影像特点

- ❖ 影响回波强度（后向散射）的因素：
 - 系统参数（波长、俯角等）
 - 地表特性（介电常数、表面粗糙度、坡度）

www.bjcugb.com 北地论坛

地物对微波的后向散射及图像表现



No Radar
Return



Medium Radar
Return



Bright Radar
Return

角散射



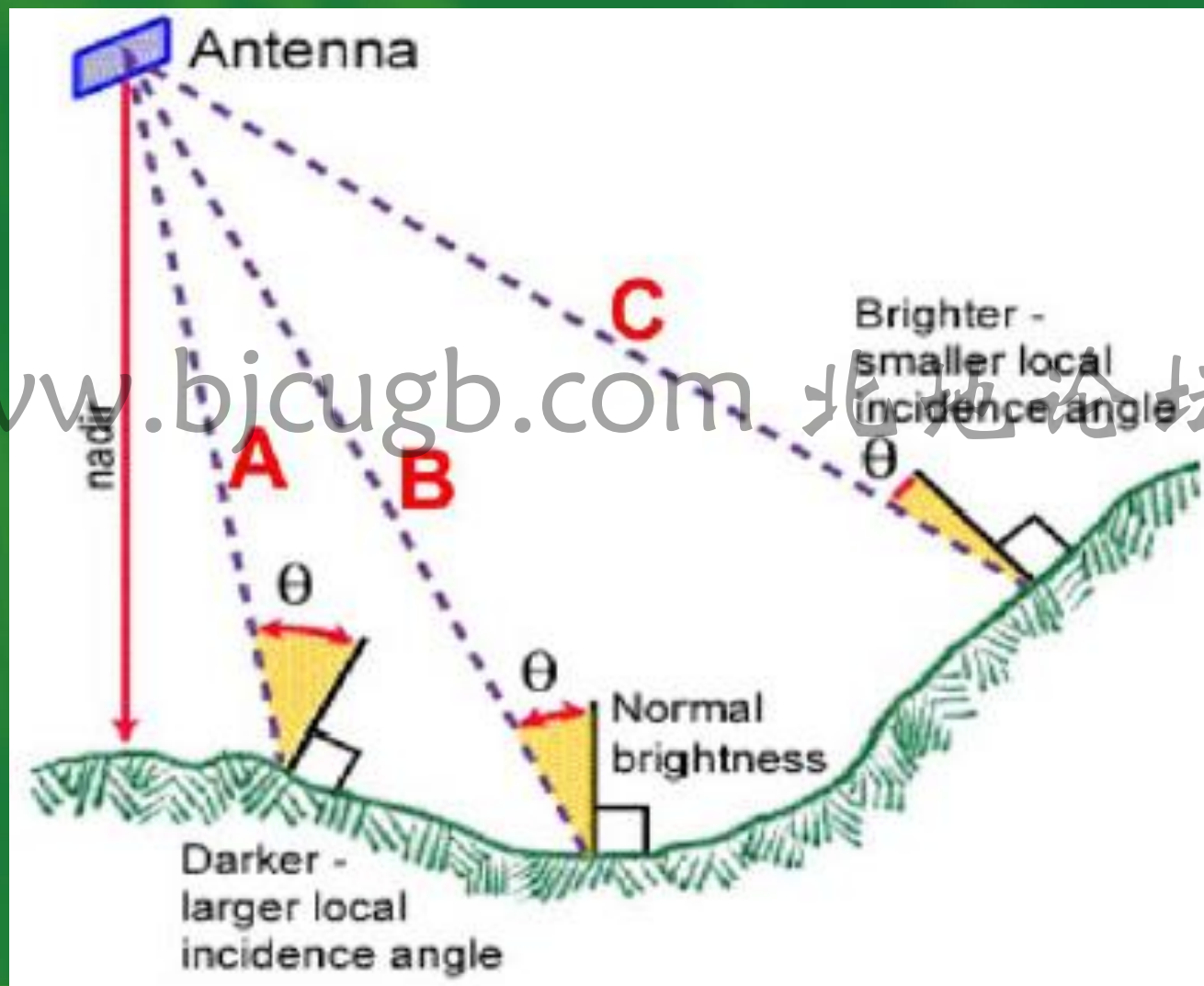


www.bjcbj.com 北地论坛



地物对微波的后向散射及图像表现

- 微波散射与入射角的关系



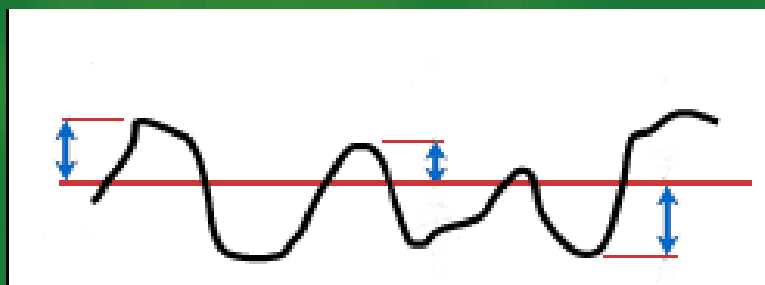


$$h \leq \frac{\lambda}{25 \cos \alpha}$$

光滑表面

$$h \geq \frac{\lambda}{4.4 \cos \alpha}$$

粗糙表面

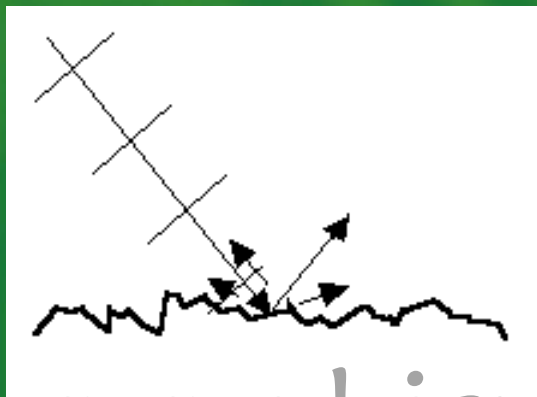


h 是高度标准差， λ 是波长， α 是入射角

地物对微波的后向散射及图像表现

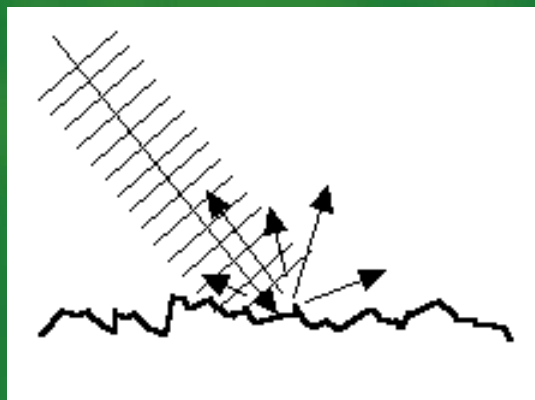


- 微波散射与表面粗糙程度的关系



对于长波雷达，地表较光滑，背向散射小。

www.bjcugb.com 北地论坛



同样的地表对于短波雷达就显粗糙，在雷达图像中由于背向散射强而显得亮。

地物对微波的后向散射及图像表现



居民点

裸地（裸岩山地、戈壁、
海边沙滩、干河床、矿山采掘场、收割后的耕地）

裸地（水泥路面、柏油广场）

植被
冰雪

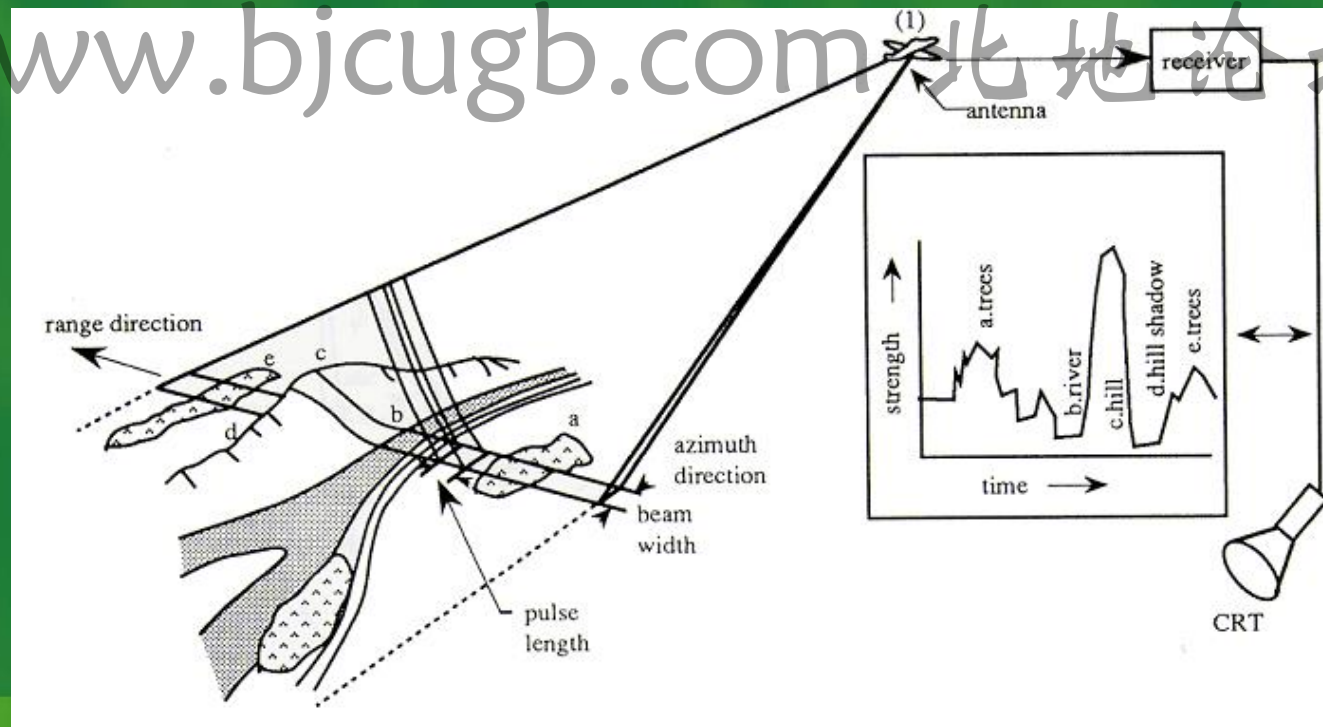
www.bjcugb.com 北地论坛

侧视成像雷达的分辨率

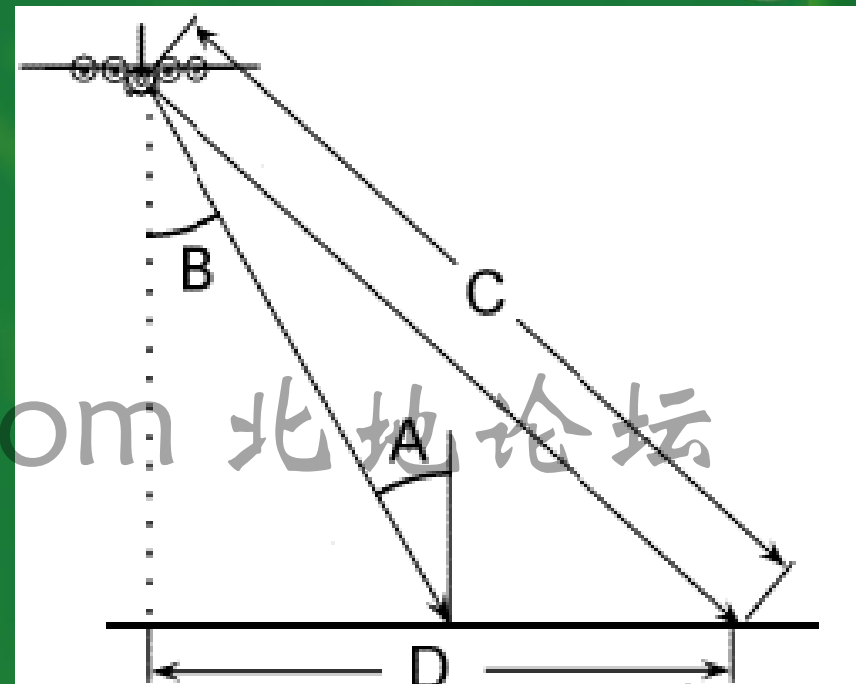
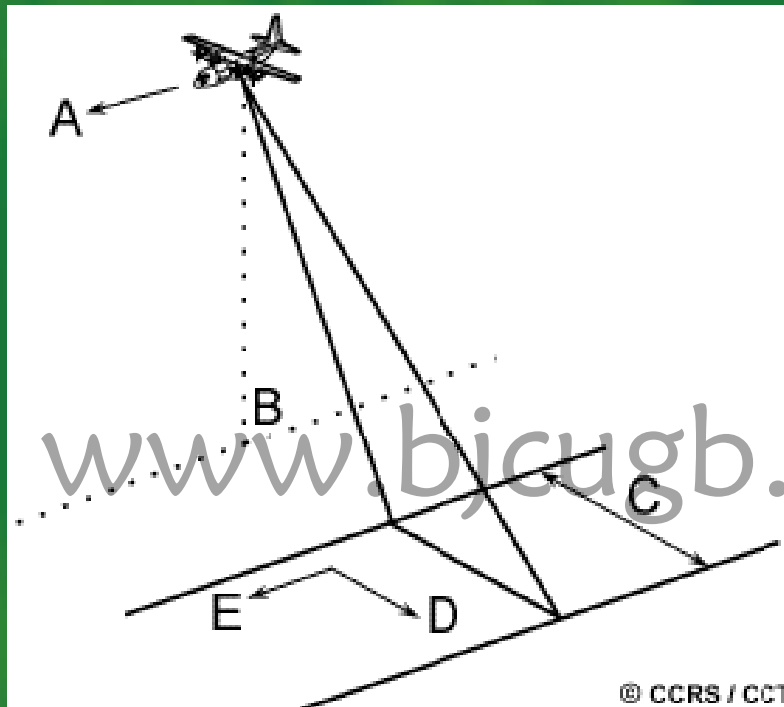


(1) 距离分辨率

在垂直于飞行方向上对目标物的分辨能力（所能分辨的目标间最小距离）。由脉冲宽度（脉冲持续时间）决定。



侧视雷达观测几何状态



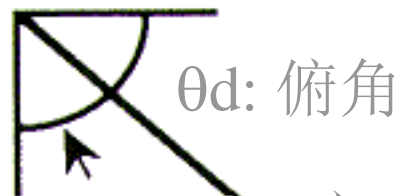
方位向
距离向
入射角
俯角

侧视成像雷达的分辨率



地距分辨率 R_g

斜距分辨率 R_s



R_g : 地距分辨率

$$R_g = \frac{\tau C}{2 \cos \theta_d}$$

R_s : 斜距分辨率

$$R_s = \frac{\tau C}{2}$$

C : 光速

τ : 脉冲宽度

脉冲宽度 τ ，则在一个脉冲宽度内，电磁波往返距离：

$$2R_s = C\tau$$

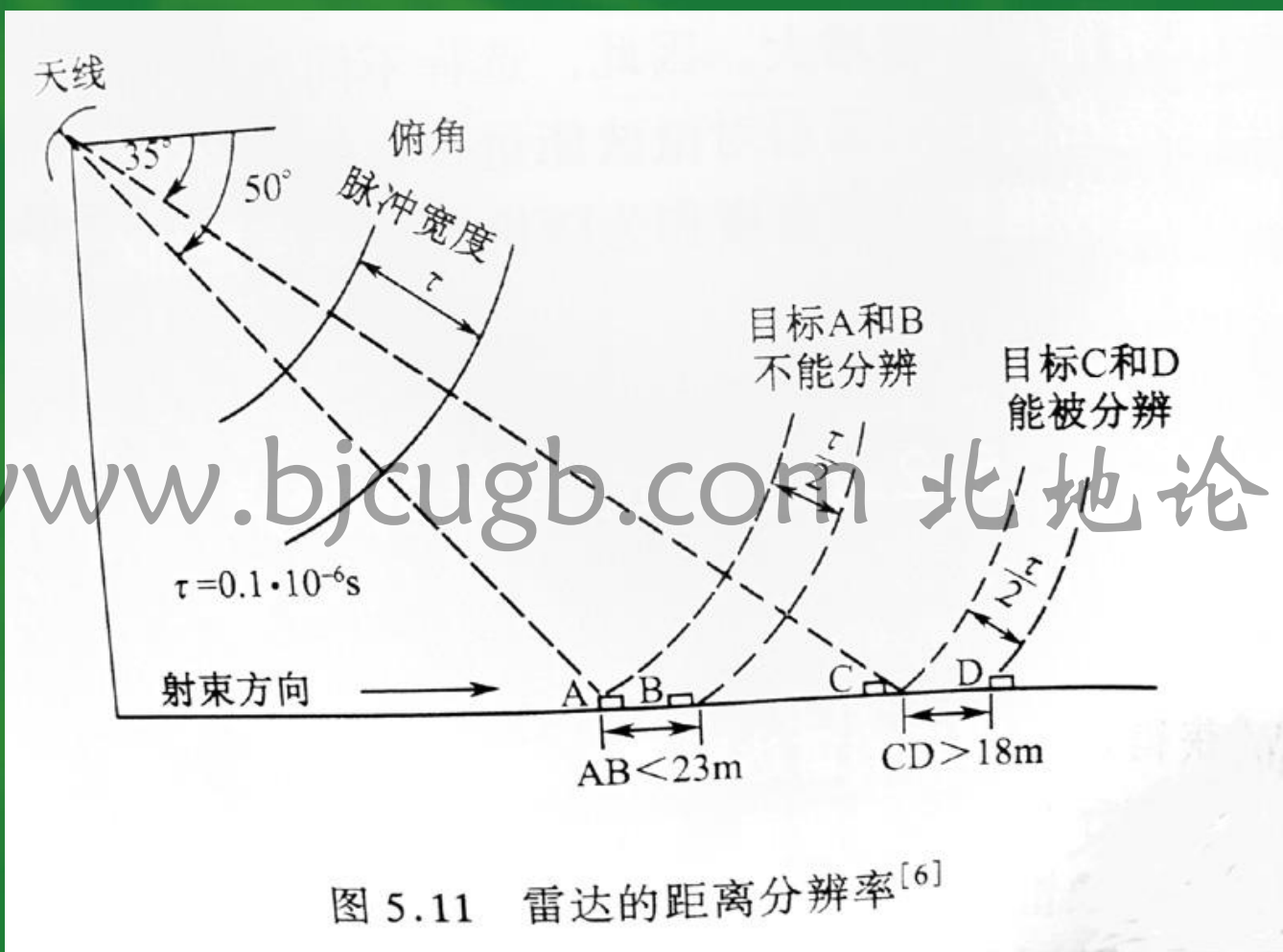


图 5.11 雷达的距离分辨率^[6]

侧视成像雷达的分辨率



距离分辨率的物理含义：脉冲时间为 t ，两个不同距离的目标产生两个回波，要使两个回波不完全重叠，才能分清是哪一个回来的信号，必须有 $\tau < 2\Delta r/C$

- 斜距分辨率与距离无关。
- 若要提高距离分辨率，需要减小脉冲宽度。
- 脉冲宽度小，则S/N降低，需加大发射功率，造成设备庞大，费用昂贵。
- 目前一般采用脉冲压缩技术来提高距离分辨率。

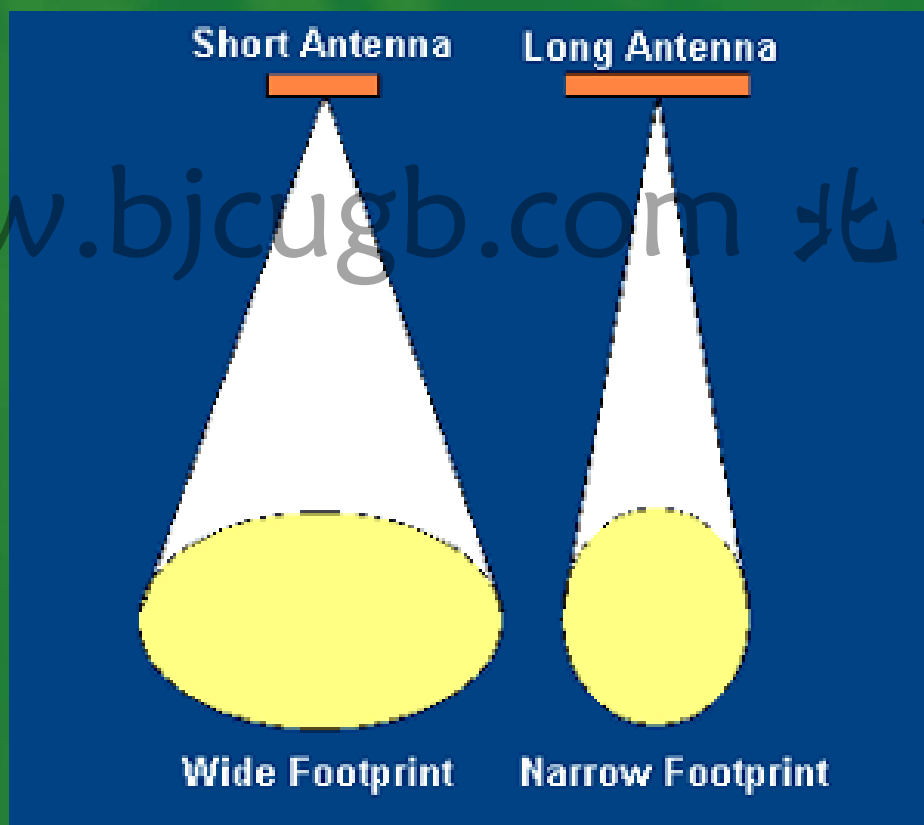
www.bicugb.com 北地论坛



(2) 方位分辨率（真实孔径雷达）

由波束宽度与目标的距离决定。

波束宽度由天线大小及波长决定。

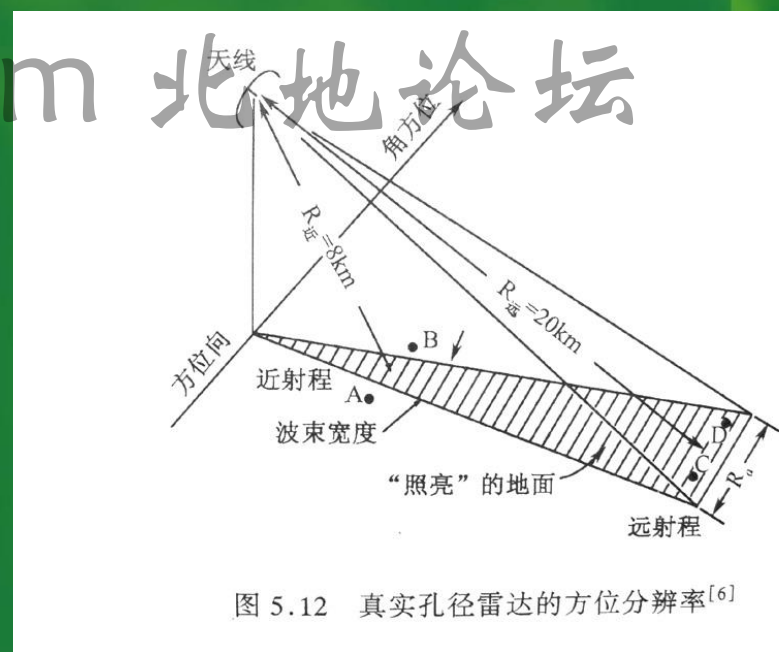
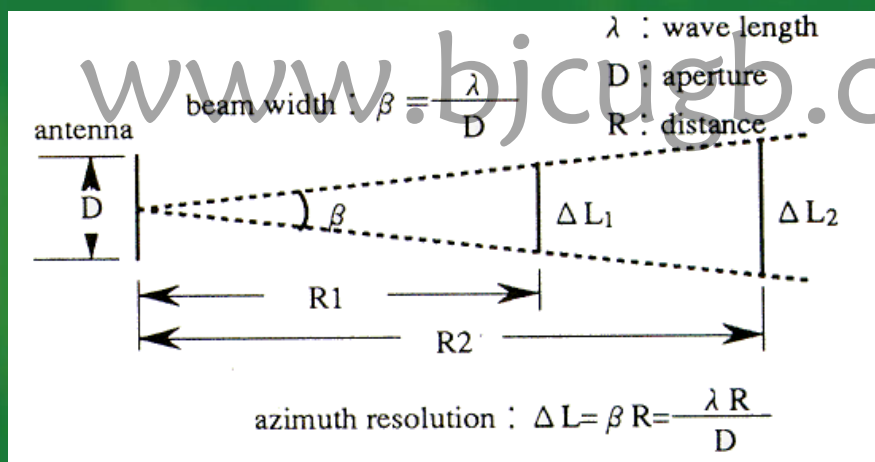


侧视成像雷达的分辨率



(2) 方位分辨率（真实孔径，合成孔径）

与天线大小、波长、距离有关，要提高方位分辨率，需采用波长较短的电磁波，加大天线孔径和缩短观测距离。这几项措施无论在飞机上或卫星上使用都受到限制。目前是利用合成孔径侧视雷达来提高侧视雷达的方位分辨率。



侧视成像雷达的分辨率



实际波束宽度:

$$\beta = \lambda / D$$

实际分辨率:

$$\Delta L = \beta R = L_s \text{ (合成孔径长度)}$$

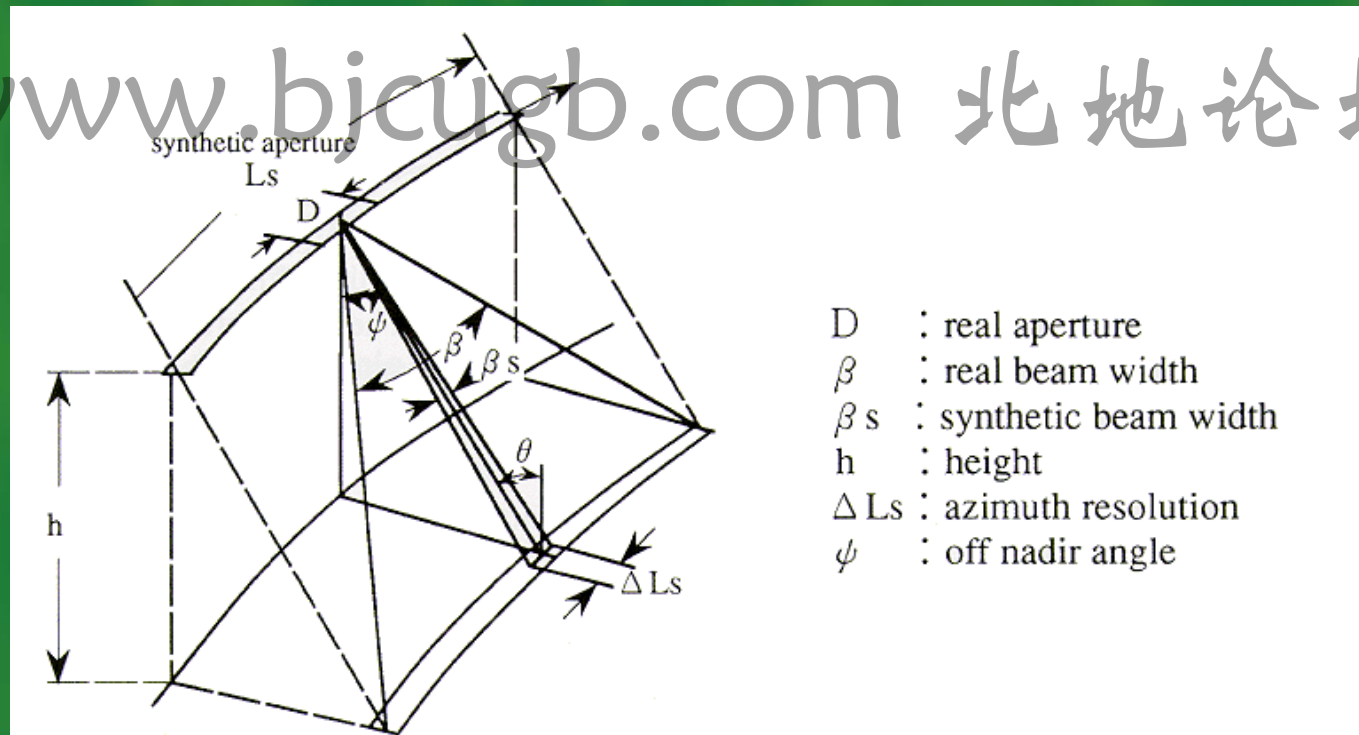
合成波束宽度:

$$\beta_s = \lambda / 2L_s = D/2R$$

合成分辨率:

$$\Delta L_s = \beta_s R = D/2 \text{ (合成孔径的)}$$

www.bjcugb.com 北地论坛



- D : real aperture
- β : real beam width
- β_s : synthetic beam width
- h : height
- ΔL_s : azimuth resolution
- ψ : off nadir angle

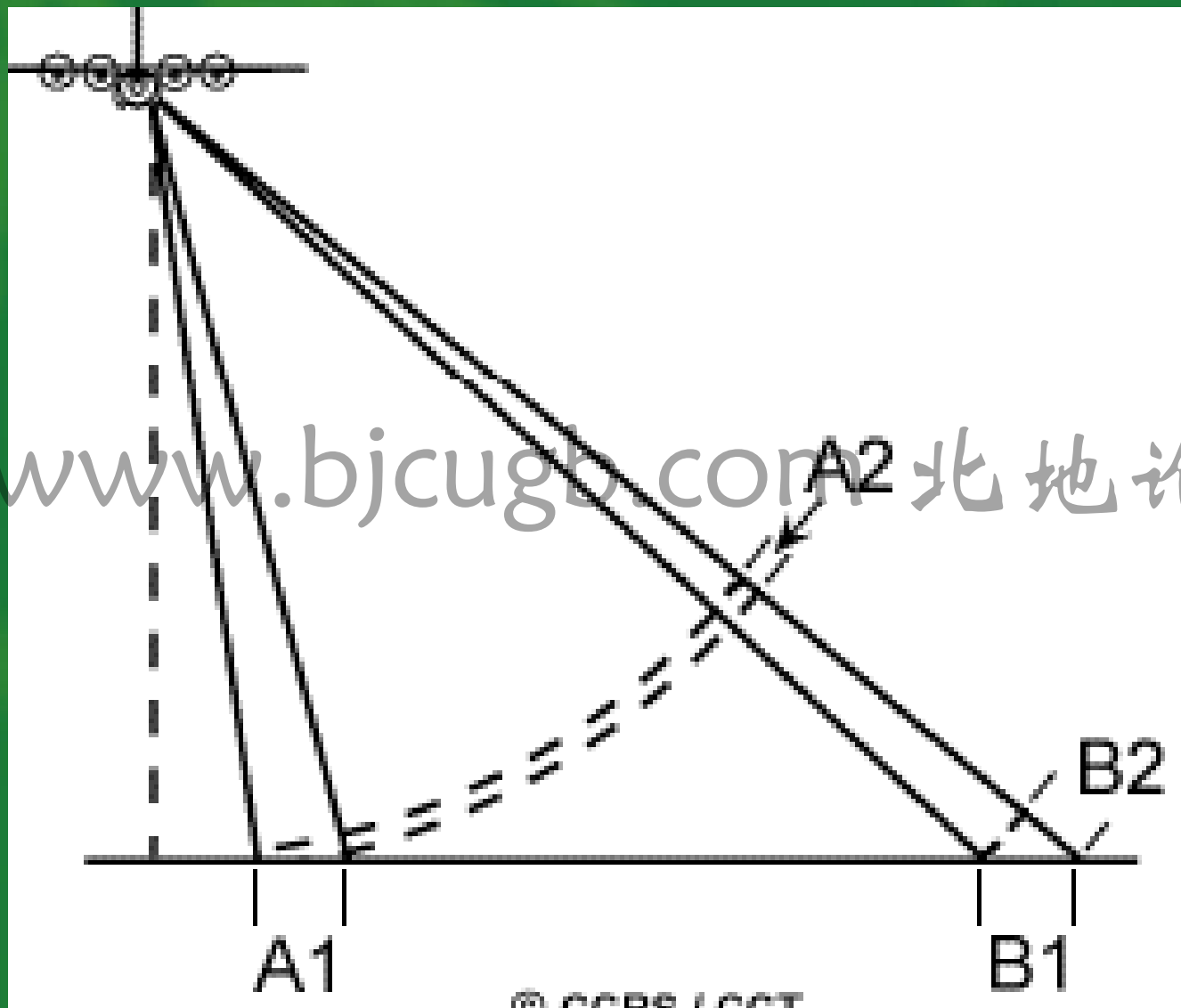
雷达图像的特点



❖ 雷达图像的变形:

- ✓ 斜距图像比例失真因为雷达图像是根据天线对目标物的射程远近记录在图像上的，故近射程的地面部分在图像上被压缩，而远射程的地面部分则伸长。像片上呈正方形的田块，在雷达图像上往往被压缩成菱形或长方形。

www.bjcugb.com 北地论坛



www.bjcugb.com 北地论坛

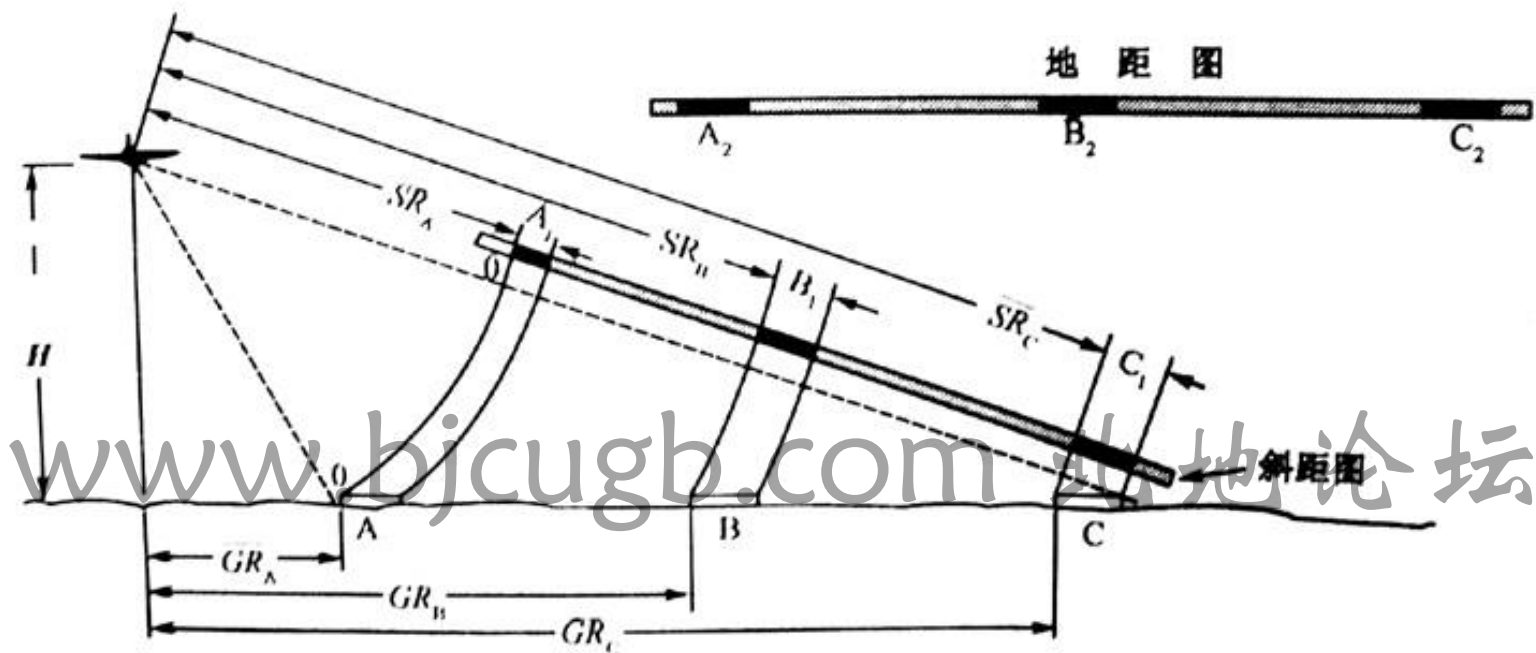


图 5.19 斜距图像的比例失真^[3]



www.bjcugb.com 北地论坛



雷达图像的特点



❖ 雷达图像的变形:

✓ 透视收缩(Foreshortening): 有地形起伏时, 面向雷达一侧的斜坡在图像上被压缩, 而另一侧则延长。由于透视收缩, 导致前坡的能量集中, 显得比后坡亮。

www.bjcugb.com 北地论坛

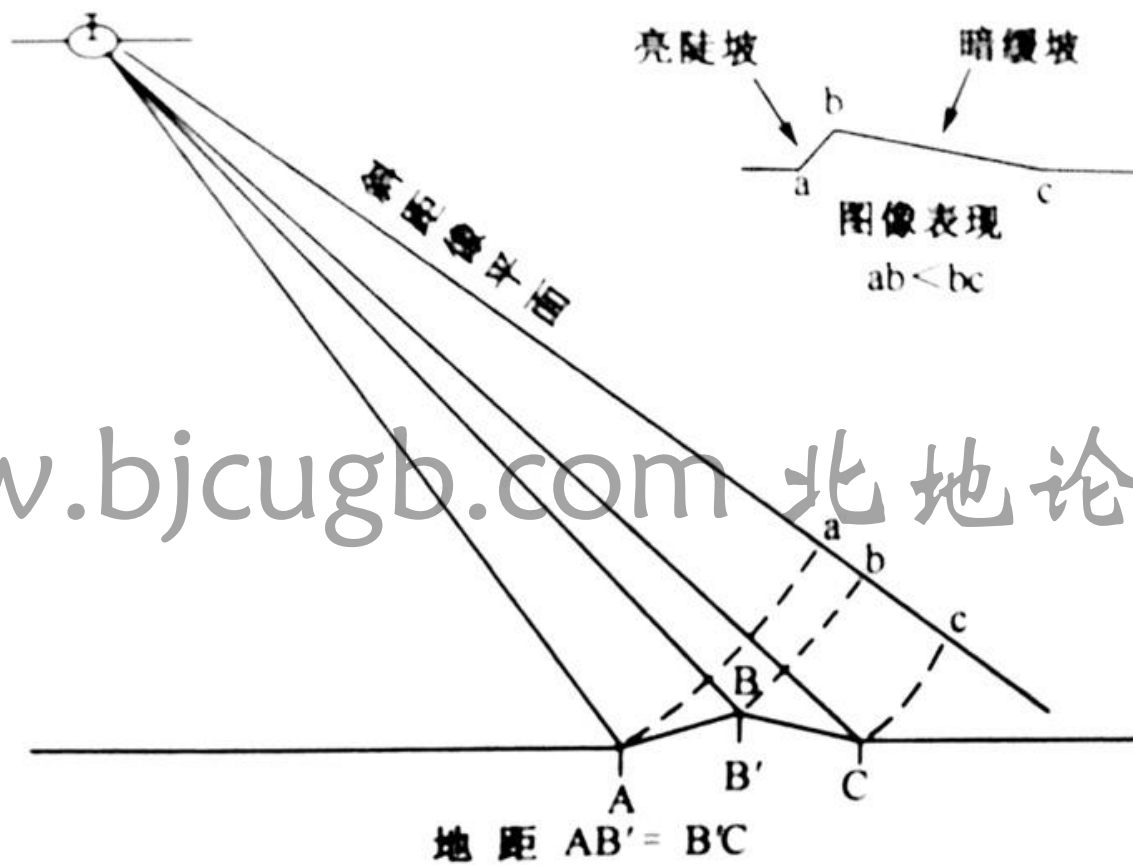
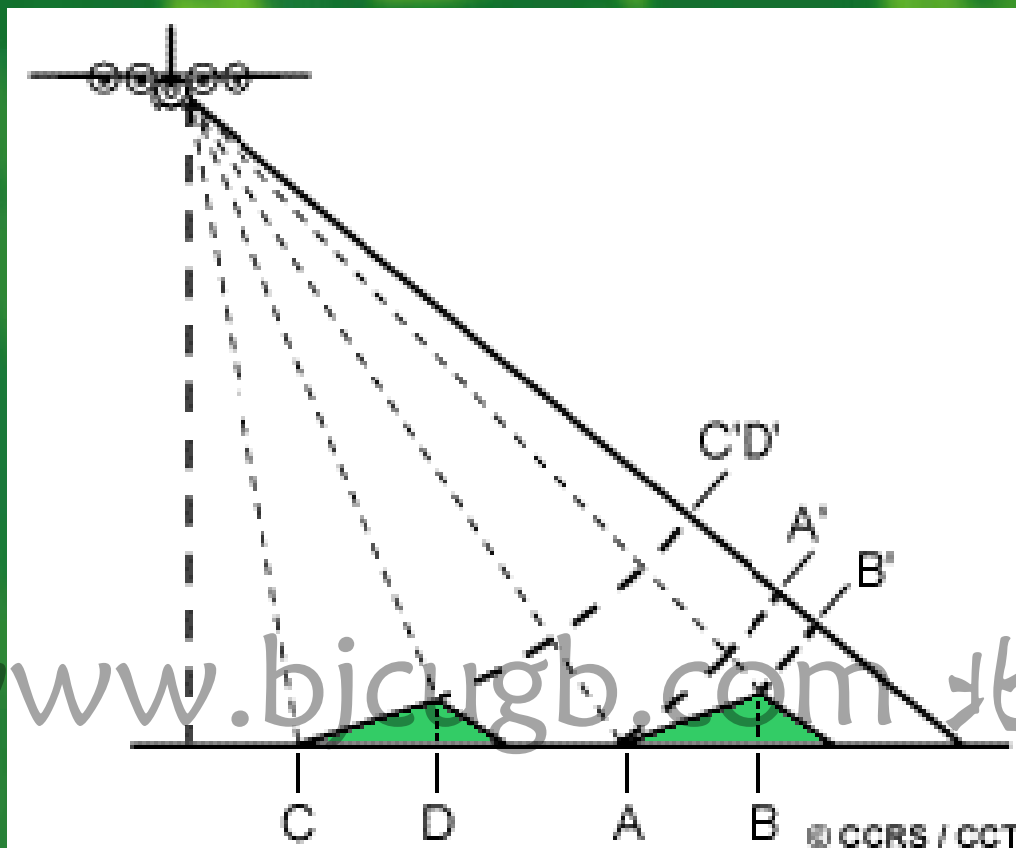
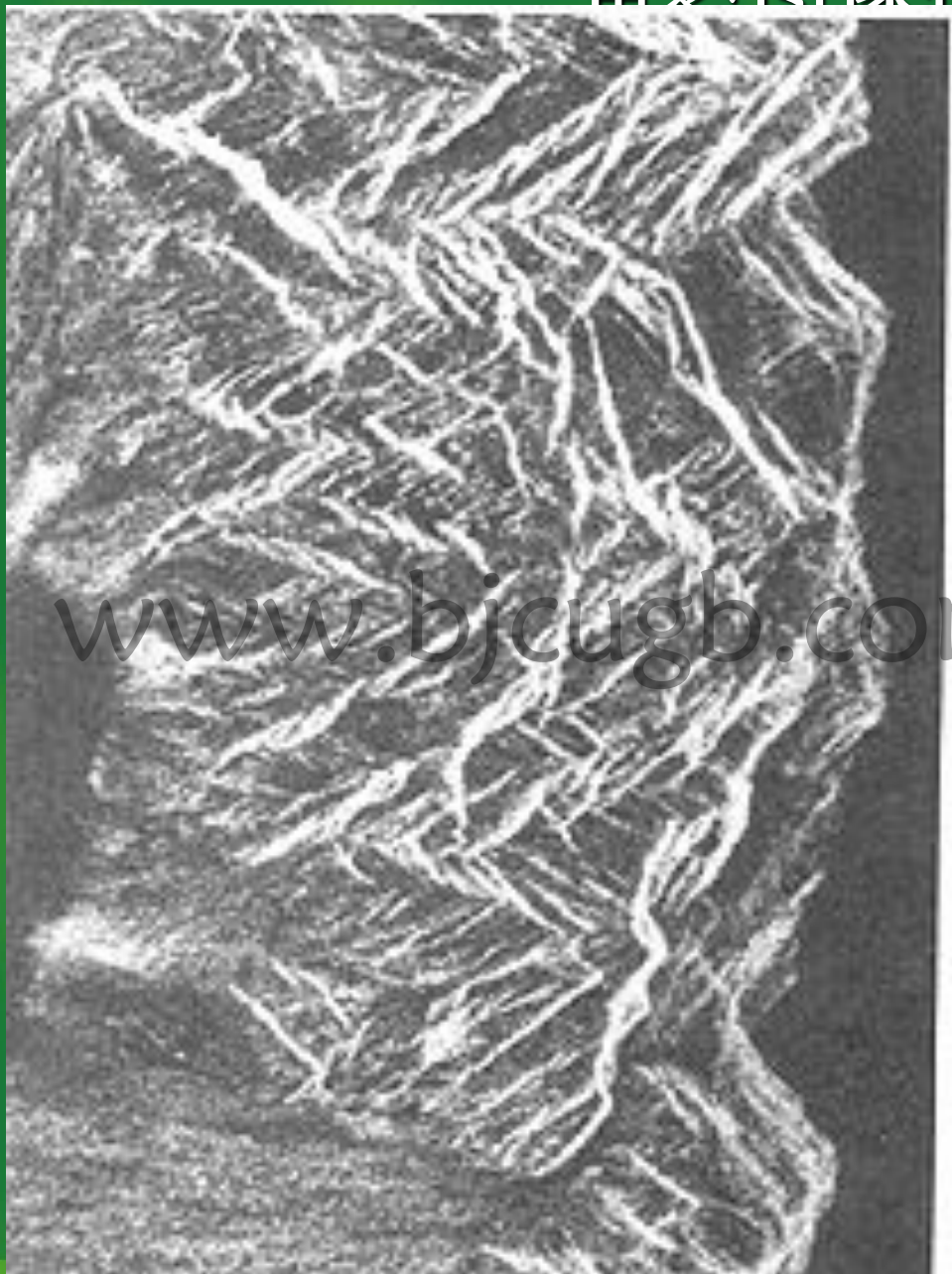


图 5.21 前视收缩^[10]



- (1) 透视收缩现象仅发生在距离向。
- (2) 透视收缩是入射角的函数，入射角越小，透视收缩现象越严重

雷达图像特点



雷达图像上显示的
透视收缩

www.bjcugb.com 北地论坛

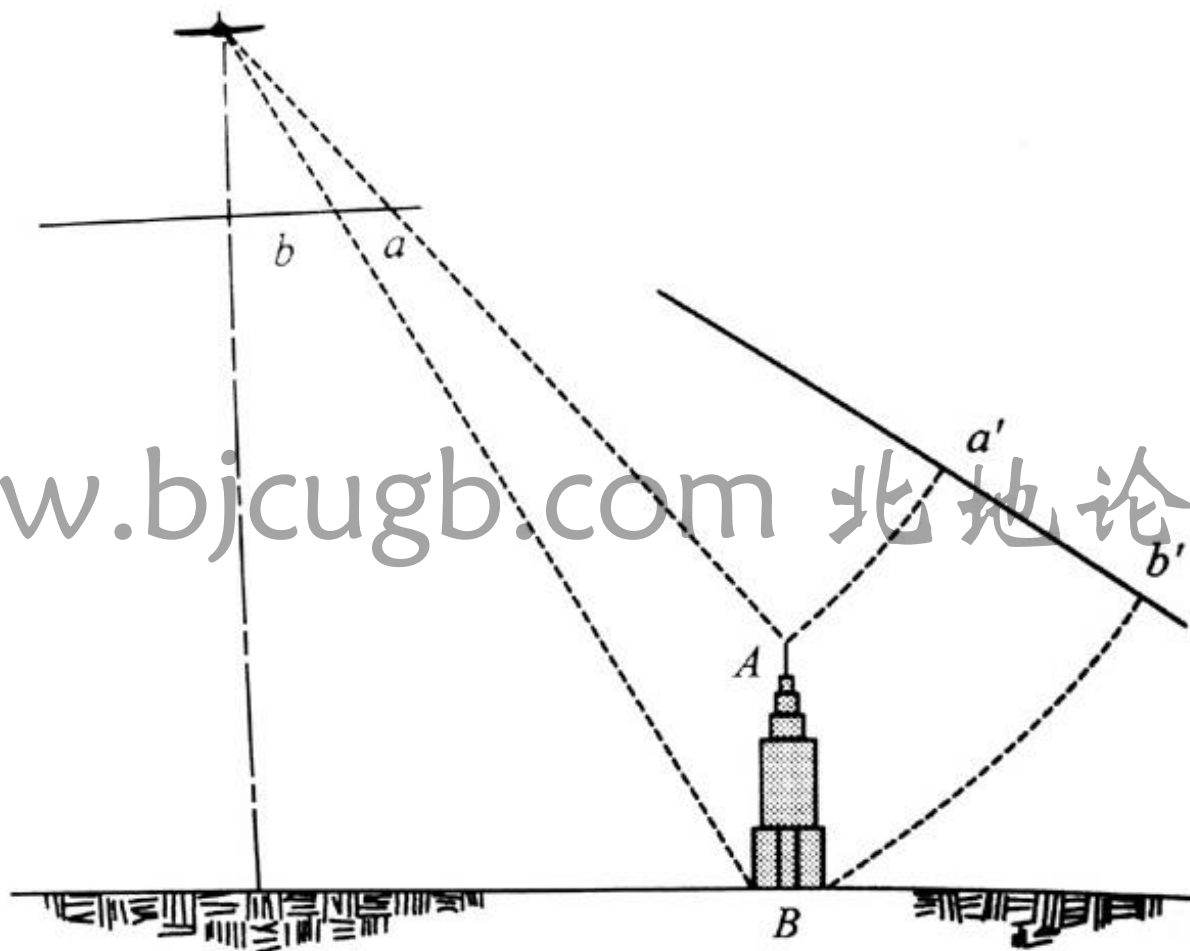
雷达图像的特点



❖ 雷达图像的变形:

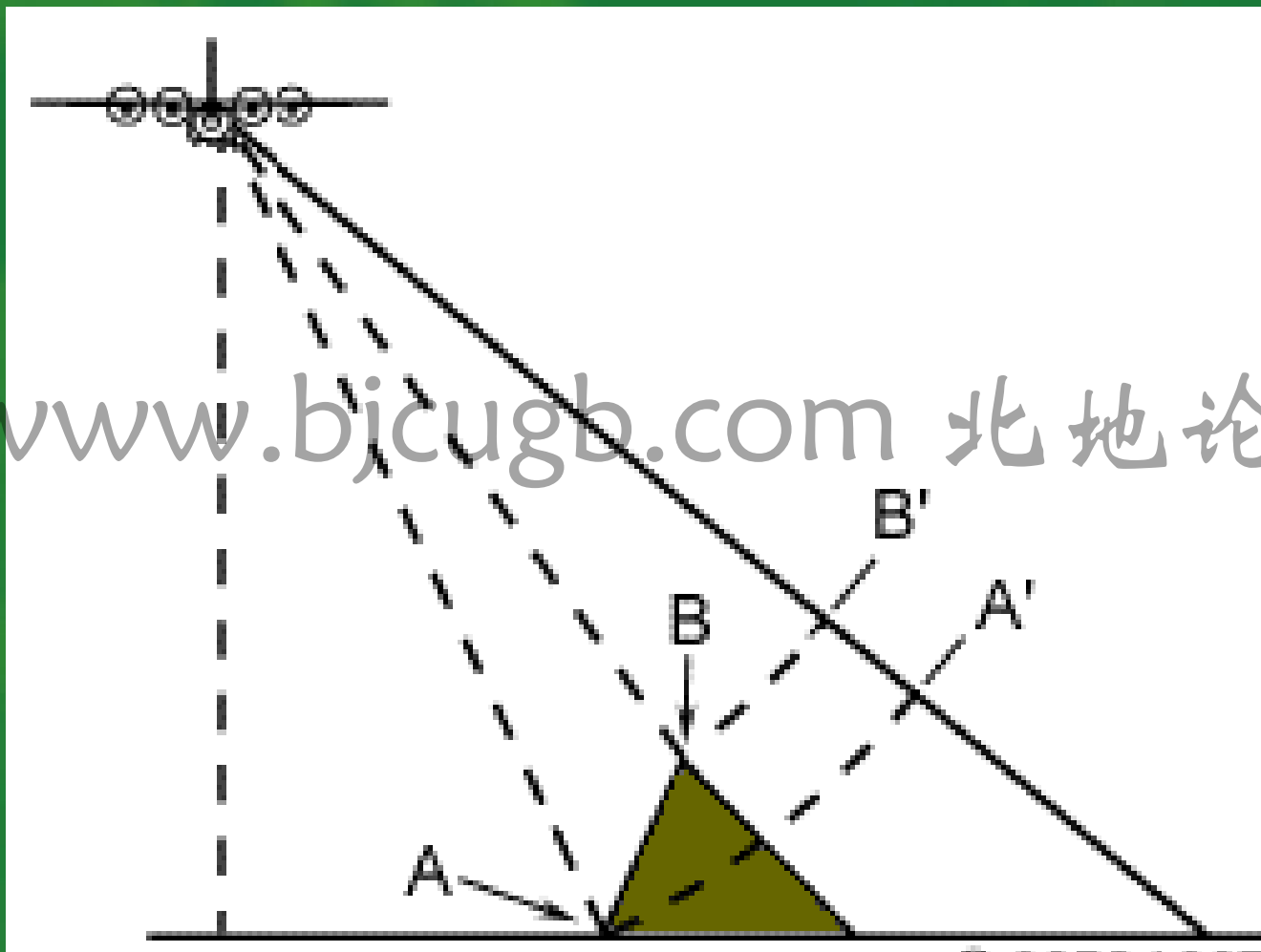
- ✓ 顶底位移(Layover): 透射收缩到一定程度, 斜坡顶部反射的信号比底部反射的信号提前到达雷达。在图像上显示顶部与底部颠倒。
- ✓ 只有当雷达波束俯角坡度角之和大于90度时才有此现象。

www.bjcugb.com 北地论坛



www.bjcugb.com 北地论坛

图 5.22 叠掩现象^[3]



www.bjcugb.com 北地论坛



www.bjcugb.com 北地论坛

0 ————— 2 km

Layover



雷达图像的特点



❖ 雷达图像的变形:

✓ 雷达阴影: 有地形起伏时, 背向雷达的斜坡往往照不到, 产生阴影。

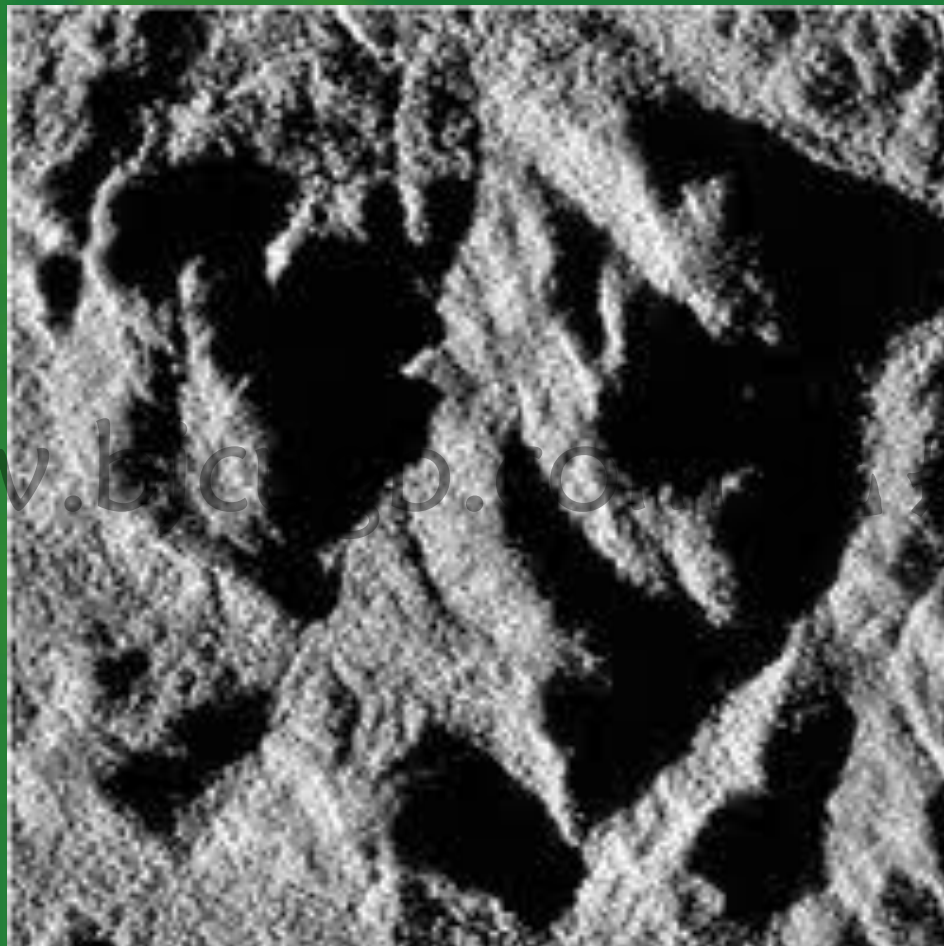
www.bjcugb.com 北地论坛



Base of Monument

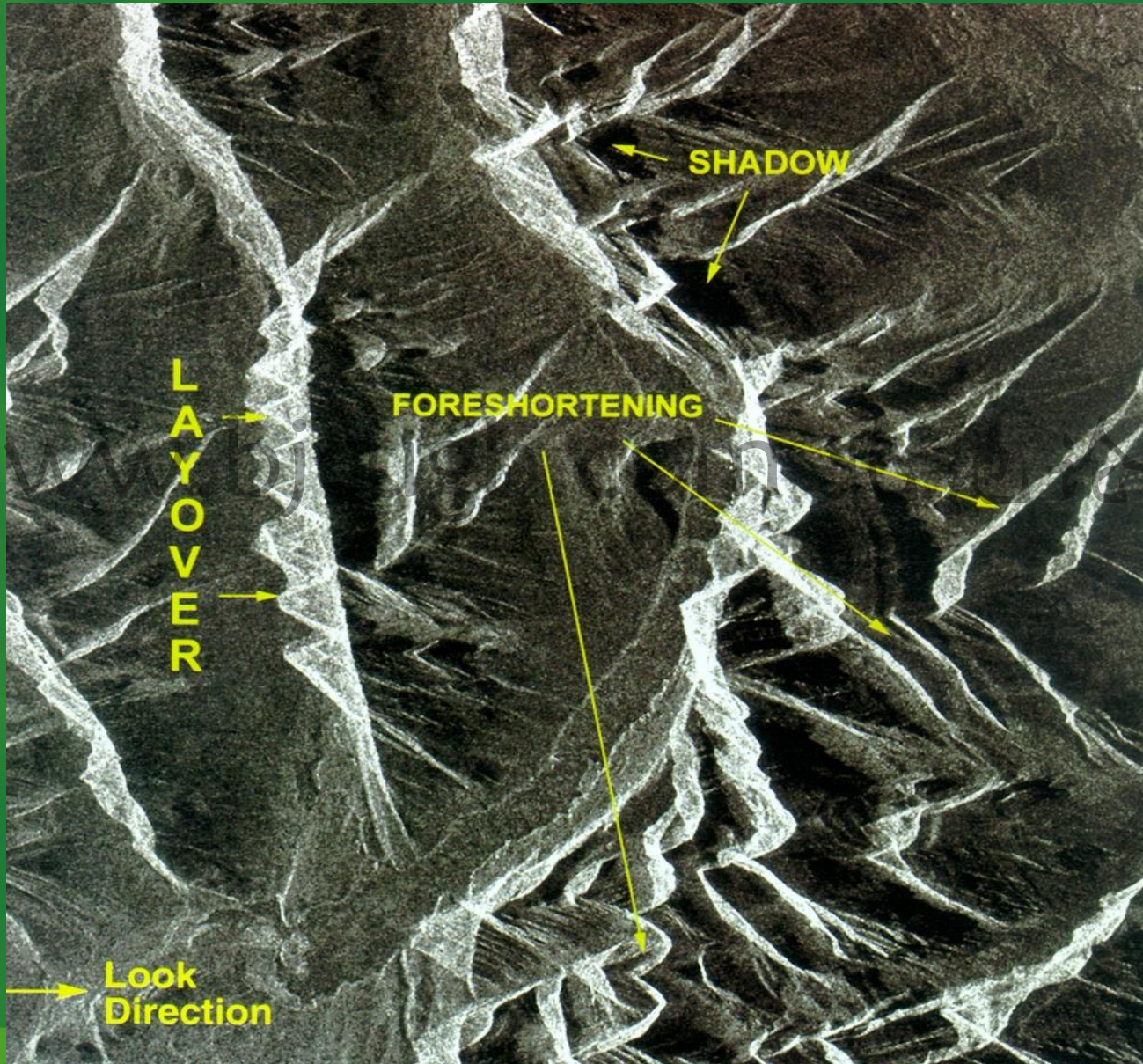
Shadow

www.bjcugb.com 北地论坛



www.baidi.org 地论坛

雷达图像特点



W

坛