

遥感卫星图像特征分析

周海波 吴健平

一、引言

遥感是一门新兴技术,它随着空间技术、传感器、计算机与图像处理技术发展而迅速发展起来。在遥感卫星中,按照传感器的成像原理和工作方式,可以分为主动式和被动式两类。被动式传感器接收目标自身的热辐射或反射太阳辐射,如各种相机、扫描仪、辐射计等,这一类传感器又称之为光学传感器。从传感器的发展过程来看,光学传感器成像技术已比较成熟,其中以美国陆地卫星(Landsat)和法国SPOT卫星为典型代表;主动式传感器能向目标发射电磁波,然后接收目标反射的回波,主要指各种形式的雷达,特别是星载合成孔径雷达,其中以欧空局ERS卫星和加拿大RADSAT卫星为典型代表。

由于两类传感器成像机理不同,卫星遥感

华东师范大学城市与环境考古遥感开放研究实验室 上海 200062

从以上的讨论可以看到,对称性破缺的本质可能来自于真空的不对称性产生真空对称性自发破缺机制;夸克囚禁可能是量子色动力学物理真空造成的。两者都很可能从真空中得到破解,因此关键在于揭示真空的物质本质。真空不是虚无,但绝不是充满19世纪的“以太”,而是由自然界物质间相互作用决定了的物理真空。

为了揭示真空对称性自发破缺机制和夸克



图像的特征有很大的差异。在遥感应用的过程中,对这些遥感影像特征必须要有充分的认识了解,才能在具体应用过程中提出相应的方法。本文对以上传感器遥感图像的特征进行了分析研究。

二、光学传感器影像特征(以Landsat与SPOT卫星为例)

1. TM与SPOT影像的几何特征

征

陆地卫星(Landsat)是美国发射用以探测地球资源的卫星,到目前为止,已发射了七颗,其中Landsat-6发射失败,陆地卫星4、5号装载有专题制图仪(Thematic Mapper简称TM)。SPOT卫星是法国发射的高性能地球观测卫星,它搭载两台高分辨遥感器HRV(High Resolution Visible imaging system),具有通过斜视进行立体观测等优点,目前已成功发射了4颗SPOT卫星。SPOT卫星与Landsat卫星的空间分辨率及辐射量化等级如表示1所示。

从表中可以看出,TM影像除第6波段的

囚禁的本质,科学家们正在建造一系列的高能加速器实验去探索。然而由于能量提高极限和经费投资的限制,目前加速器原理已很难达到更高能量,科学家们正在计划通过直线对撞机和 $\mu^+ \mu^-$ 对撞机来实现超高能量的物理实验。此外,科学家们也在发展非加速器物理以弥补加速器物理之不足。我们相信,在21世纪,与破解物理学难题相伴随,探索物质结构的手段也会有革命性的突破。

空间分辨率为 120 米以外,其余各波段都为 30 米,而 SPOT 卫星全色谱段的空间分辨率为 10 米,多光谱的分辨率为 20 米.从这一点上看,SPOT 图像地面分辨率较高,定位精度高、图像的可理解能力优于 TM 图像,但由于 TM 图像为 8bit 量化(256 等级),而 SPOT 图像为 7bit 量化(128 等级),所以 TM 图像的动态范围大于 SPOT 图像,其图像层次也比 SPOT 图像多.

表1 TM与SPOT几何特征比较

卫星名称	波段	空间分辨率	量化等级	成像方式
Landsat	1, 2, 3, 4, 5, 7	30米	256	星下点成像
	6	120米	256	星下点成像
SPOT	XS1, XS2, XS3	20米	128	可受控侧视成像
	PAN	10米	128	可受控侧视成像

Landsat 卫星上 TM 传感器是采用扫描镜双向机械扫描的方式,为星下点成像,对于地面物体的几何变形较小. SPOT 卫星上的 HRV 传感器观测方法不像 Landsat 那样采用扫描镜,而是采用与卫星运行轨道相垂直的 CCD(Change Coupled device)电子式扫描,由于瞄准镜的角度可在左右 27 度范围内以 0.6 度的步进加以改变,可以对同一地区从两个方向进行侧视观测,可以得到立体视觉效果,但正因为它具有侧视观测效果,基全色谱段的空间分辨率并不固定为 10 米,极端情况,在倾视角为 27° 时,全色谱段的平均分辨率为 17 米,在这种情况下,SPOT 图像中地面物体的几何变形较大,尤其是在山地,则在图像中使得山体的象元点位移.

2. TM 影像与 SPOT 影像的光谱特征

除了卫星图像的几何特征以外,光谱特征也同样是卫星图像的重要特征,由于大气层的反射、吸收和散射作用,削弱了大气层对电磁波辐射的透明度,电磁辐射与大气相互作用产生的效应,使得能穿透大气的辐射,局限在某些波长范围内.如果卫星图像的光谱范围在这些大气窗口中划分的越细,

对于遥感应用也越有利.例如光谱分辨率的提高使得图像的分类精度提高.遥感图像的光谱特征对于遥感应用是非常重要的.以下是比较 TM 与 SPOT 图像光谱范围及主要用途.

从表 2 可以看出, TM 图像的光谱分辨率要高于 SPOT 图像, SPOT 卫星多光谱图像 XS1、XS2、XS3 的光谱范围与 TM 图像的第 2、3、4 波段接近,全色波段的光谱范围也仅是覆盖了 XS1、XS2 范围的总和, XS1、XS2 与全色波段的相关性很高,而且总的波段数较少.如果仅使用 SPOT 图像的彩色合成,由于其光谱信息量不足,在最终结果上的层次则较少,而 TM 图像的第 5、7 两个波的光谱信息则正好是 SPOT 图像所缺乏的.反之, TM 图像的空间分辨率与 SPOT 相比较低,也需要利用 SPOT 图像的空间信息, TM 与 SPOT 在空间信息与光谱信息两个方面,其作用是相互互补的.因此,从理论上可判定,在经过 TM 与 SPOT 的数据融合后,所包含的信息量要比其中任何一颗卫星图像的信息量丰富.

表2 TM与SPOT光谱特征

卫星名称	波段	光谱范围	主要用途
Landsat (TM)	1	0.45—0.52 μm	沿海水域制图,区别土壤、植被
	2	0.52—0.60 μm	健康植被的绿反射
	3	0.63—0.69 μm	不同种类植物对叶绿素吸收
	4	0.76—0.90 μm	生物量调查
	5	1.55—1.75 μm	植被水分测量、云雪区别
	6	10.4—12.5 μm	植物热强测量
	7	2.03—2.35 μm	热液制图
SPOT	XS1	0.50—0.59 μm	健康植物的绿反射
	XS2	0.61—0.68 μm	不同植被对叶绿素吸收区别
	XS3	0.79—0.89 μm	生物量和水体
	PAN	0.51—0.73 μm	地图制作

三、SAR 影像分析

什么是 SAR(合成孔径雷达)图像,用最简单的比喻来说,把成像雷达看成一个黑匣子,

现代物理知识

就像一架照相机,它产生的图像就是一幅照片,从某种意义上讲这种解释就足够了,解译者按照这一方法已释疑了很多问题。但是,这种方法有两个问题,首先,很多优秀的解译者对 SAR 合成孔径雷达图像很不习惯;其次,雷达图像与光学图像有很大的不同。不懂得雷达图像形成过程的解译者可能会在解译过程中犯严重的错误。因此,在应用 SAR 合成孔径雷达图像之前,对其的成像机理以及图像特征分析是非常有必要的。

1. 星载合成孔径雷达的成像机理

星载合成孔径雷达在成像时,侧视雷达向垂直于航线方向发射一个波束,这个波束在航迹向上很窄,在距离向上很宽,覆盖了地面上一个很窄的条带,卫星在向前飞行时不断向地面发射雷达波,而信号遇到地面的物体时,则会产生反射和散射。若是地物表面是光滑的,入射的微波将产生反射,而当地物表面是粗糙面时,入射微波就会产生散射,即向各个方向漫反射,顺着入射方向的散射分量称为前向散射,逆着入射方向的散射分量称为后向散射,而后向散射的微波反射回卫星上的雷达天线,由雷达天线和接收机按时间的先后次序接收下来,并根据后向散射的强度将其强度大小记录下来,紧接着合成孔径雷达发射下一个脉冲,卫星同时向前又飞行了一段距离,接受相应发射位置的回波信号存贮下来,合成孔径天线是在不同位置上接受同一地物的回波信号,因此它并不直接形成地面实际影像,而是一相干影像,它需要经过复杂的处理后才能恢复成地面的实际影像。

2. 合成孔径雷达图像的特点

合成孔径雷达图像不同于可见光和红外遥感图像,其成像方式在以上作了简介,由于其特殊的成像方式,形成 SAR 图像的特点,这些特点包括几何特征、信息特征等。

(1) SAR 图像的几何特征

SAR 图像中平行飞行航向称为方位向,垂直于航线的方向称为距离向。SAR 的几何分辨率在两个方向上采用的是两种不同机制:测距

机制和多普勒频率分辨机制。由于距离向的侧视测距机制,使得雷达图像具有一些与光学遥感图像显著不同的几何特征。

A. 地距与斜距

通常有两种方法表征 SAR 图像的距离:斜距和地距。斜距是数据处理的基础,距雷达同一距离上的所有点(相同的斜距)处于以传感器为圆弧上,在斜距上均匀采样。而地距的分辨是不均匀的。在 SAR 图像应用过程中,必须要经过斜距到地距的转换,对于平原地区,经过转换,可以作到距离无失真现象,如果遇到山地,经过转换后的图像也不能保证图像无几何变形。

B. 地形位移及图像折叠

光学传感器和成像雷达都有地形畸变问题:山脉和其它特殊地形偏离基本应该的正射投影位置,但是这些偏差在 SAR 图像上有很大不同,与光学图像相比 SAR 图像有时扭曲严重。光学图像中,位移总是在远离传感器的方向发生,光学传感器在天顶时,这种位移相对较小。在雷达图像上,位移是朝向传感器的,传感器在天顶时这种偏差会变得相当大,SAR 图像中,高于基准面的斜距比相应的基部斜距短,反映在图像上就是顶点影像比基部点前移,导致自基准面以上至顶点的这部分辐射散射信号与基点前方地物的辐射散射信号同时到达,信号混在一起无法分辨,这种现象称为图像折叠。图像折叠效应在城市及山区非常显著。

C. SAR 影像前向压缩和阴影

由于侧视成像,与雷达照射方向正交走向的坡地在影像上的表现总是变形的,朝向雷达方向的倾斜景物在图像中被压缩,或者不能被照射到,表现为阴影。前向压缩使得图像中受影像的倾斜面表现出较高的亮度,解译时必须加以考虑。对给定的斜面或山坡,向前压缩的影响随着入射角的增加而减少,当入射角以切线角照射时,入射角接近 90° ,此时前向压缩的影响可以忽略,但出现了严重的阴影。在 SAR 图像上的阴影表示地表上未被雷达波照射的区

域,或是极其平坦的地区(例如机场),雷达波照射以后,形成完全的镜面反射,没有回波信号,以上两种情况由于没有信号被接收,使该区域表现为黑色调,在SAR图像上,阴影出现在朝向远距方向上陡立或垂直目标的一侧.如果在图像上没有注记或注记不完全,阴影是确定雷达照射方向很好的指示标志,由于入射角从近距到远距逐渐增加,对地面的照射方向越来越斜,结果阴影形状就越来越尖锐,也可以从雷达阴影中获得与照射区景物有关的信息(如目标的高度等),SAR图像中的阴影对地形起伏的解译很重要.

(2) SAR 图像的信息特征

A. 地物目标对雷达波来的几种不同反应

侧视雷达影像上的信息是地物目标对于雷达波束的反应,而且主要是地物目标后向散射形成的图像信息,即朝向雷达天线的那部分被散射的电磁波所形成的图像信息,对于散射系数,可以用极化、入射和散射表示出来.

一般说来,地物目标在被雷达波束照射后,可能有以下几种情况:反射、散射、穿透和吸收.如果被地物目标吸收,则没有回波信号.当雷达波束穿透了地物时,则可能在穿透过程中,有一部分能量被反射和散射,造成雷达回波,一般这种情况称为体效应.地物目标的散射则因各向散射的能量分布不同,形成散射方向图.当朝向雷达那部分(后向散射)能量最大时,就形成了较强信号.当地物反射雷达波时,则要看反射的方向是否朝向雷达天线.当反射方向不朝向天线时,就可能收不到回波信号.通常地物目标对雷达波束的反应是以上几种情况并存,这时就要看哪种情况起主导作用,而这由目标的性质和电磁波长所决定.

B. 地物目标的几种类型

地物目标一般可分为分布型目标,点目标和硬目标,它们在雷达影像上有不同的特征.分布目标又称为面目标,比如大面积的农田、森林等,它由许多同一类型的物质或点组成,这些组成物质的位置分布是随机时,因而它接收到的电磁波的相位各有不同,回波初相也不一致,

其回波振幅也是随机的,但其中没有任何一个物点的回波散射可以在总回波功率中占主导地位.雷达波束在扫过这些点之后,雷达天线所接收的电磁波电场信号往往形成周期性的信号,造成影像上这类地物最强信号到最弱信号的周期变化,形成光斑效应.但有一些面目标,由于其表面非常光滑,例如水面、机场等,一般只会反射雷达波,且多为镜面反射.因而在影像上没有光斑效应.

点目标是指比分辨单元小的地物目标,它与周围其它的地物不是一个类型,因此它的散射回波与周围地物不一样,有时它的回波信号相当强,在整个地块的回波信号中占据了主导地位,在影像上反映出与周围环境特征区别较大的特征.

所谓硬目标是指单位面积要比分辨单元大,但又不是面状目标,硬目标主地是指人工目标.例如城市中的房屋、桥梁等.人工目标的结构常常形成角反射器,建筑物和桥梁与地面构成角反射器就是一个很好的例子.当物体的二面互相垂直并指向雷达时,便形成二面角反射器,当反射面垂直于雷达的照射方向时,二面角反射器产生很强的后向散射,最强的后向散射来自三面角反射器,它是由三个互相垂直的面构成,硬目标在SAR影像中常常表现为一系列亮点或一定形状的亮线.

从以上SAR图像分析可以看出,由于SAR成像机理与可见光图像不同,对于两种图像的几何特征和信息特征方面有很大的区别,而两者的特征在某些方面是相互补充的.

