



中国科学院对地观测
与数字地球科学中心

用户简讯

RADARSAT-2卫星资料专辑

2008/2 总第73期

RADARSAT-2 卫星介绍*

编译 戴自炘 苏杭

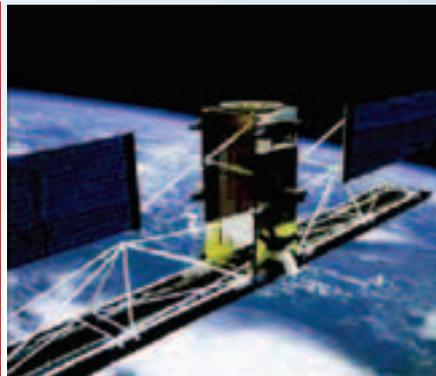
一 概述

RADARSAT-2是加拿大空间署(CSA)与MDA公司之间的独特的合作项目。卫星已投入运行,设计寿命7年而预计可达12年。

RADARSAT-2是世界上最先进的SAR商业卫星。除了重访间隔缩短、保证接收到图像、快速图像处理之外,RADARSAT-2提供11种波束模式,包括:2种高分辨率模式、3种极化模式,扫描幅增宽、大容量固态记录仪,使运行更为灵活。

RADARSAT-2保留了RADARSAT-1的运行模式,新增了几种波束模式:小面积、超精细、多视精细、四极化。对所有继承的波束,天线的极化可选。RADARSAT-2更加灵活,可根据指令在右视和左视之间切换,这种能力缩短了重访时间、增加了获取立体图像的能力,实施这种切换是通过简单的滚动操作,约需10分钟可以完成。对所有波束都可以右视或左视。

RADARSAT-2和RADARSAT-1一样,运行于C波段。至今,较多的商业空间SAR数据都是运行于C波段的,比其他任何波段用得更多,所以有大量存档的历史数据。对C波段数据的性能的了解比较深,大多数应用开发也都是用C波段。RADARSAT-2对此前的任务是具有延续性并保证过去10-15年间开发的技术和工具在未来的许多年中仍然可以获得。CSA及MDA已开始了下一代任务的开发工作,因此,加拿大空间SAR计划的延续可得到保证,从而可以和RADARSAT-2的寿命有重叠而且扩展到RADARSAT-2以后。



二 RADARSAT-2 卫星重要的特点和优点

RADARSAT-2 总线模块由提供一般支持功能的部件组成,功能有:

- 姿态测量及控制
- 遥测及命令
- 数据存储及提取
- 温度控制
- 基本的结构支持

星载模块的组成: SAR 天线、传感器电子部分;

包括专门的支持设备,用于完成以下功能,如:

- 星载仪器的定时、控制
- 信号分配
- 信号侦测
- 温度控制



表 1 RADARSAT-2 卫星重要的特点和优点

特点	优点
与现有的 RADARSAT-1 系统是兼容的	数据有延伸性, 有利于培训和运行, 加强了现有 RADARSAT-1 的能力
加拿大政府承诺将来 SAR 卫星任务的延续性	为用户提供可靠的、延续的 SAR 图像
卫星设计寿命 7 年, 预期寿命 12 年	投资于直接接收能力, 从长期来说, 其投资是可以回收的
每次过境时, 传感器在一条轨道上工作时间标称 28 分钟, 有些复杂的卫星波束模式会少于 28 分钟; 但在所有的情况中, 传感器工作的时间超过 12 分钟	RADARSAT-2 是最稳健的商业 SAR 卫星, 摄像能力也最强, 这意味着: 可以及时获取到数据; 有能力满足需要大量图像的用户; 有能力满足多个用户的需要
RADARSAT-2 一次过境所覆盖的面积、摄取图像的能力都是商业 SAR 卫星中最大的	可以获取大面积图像, 确定是否有潜在的目标, 然后再用“小面积”模式获取图像
“小面积”模式时, 幅宽为 20 公里, 一景的面积为 160 平方公里	在这种高分辨率模式下, RADARSAT-2 覆盖的面积在商业 SAR 卫星中最大
卫星可以在某地面天线覆盖圈以外获取图像, 然后在下一次经过该地面站时下送到该地面站	可以在全世界任何地方迅速而可靠的获取图像; 较强的战略运行能力
建立了很好的数据标定, 提供的图像产品具有: 已建立相对辐射准确度优于 1db; 几何位置误差为 40-80 米 (不用地面控制点并不考虑地形影响, 下传后数据就如此)	向用户提供质量有保证的数据用于应用, 图像数据产品的价值最大化 (RADARSAT-1 设计的几何位置误差是 1400 米, 而实际运行标称值是 150 米。所以 MDA 预期 RADARSAT-2 会优于设计要求)
可编程相控天线	天线的设计提供了当前可以做到的最大的拍摄灵活性; 在整个卫星工作期间, 由于这种设计, 可以试验各种运行的新模式, 有能力把天线一分为二以便接收沿规道方向的干涉测量数据; 这就是为什么可以进行地面移动目标的侦测
图像产品的格式是 Geotiff, 并有 XML 格式的产品信息文件	产品格式是得到广泛支持的, 并且是根据了当前工业上被接受的标准技术, 所以图像产品的利用可以达到最大化
MDA 过去的记录表明, MDA 交付最高辐射及几何准确度的地面系统是按计划、按预算完成的	保证可及时得到数据; 可靠性已得到证明
系统提供了范围宽广的摄像模式选择、波束的选择, 是所有商业 SAR 中最好的	针对专门的应用, 有使图像最优化的能力, 提供图像利用的最大化
建立在 RADARSAT-1 地面系统的基础设施之上	超过 10 年的运行已经证明了支持人员及系统的良好性能, 使风险最小化并保证可靠性

三 波束模式特点

RADARSAT-2 有许多波束模式及位置，可使不同的应用最优化。

1 波束模式

RADARSAT-2 采用了“艺术境界”的相控阵雷达，可以在整个扫幅范围内用电子设置转动，并可在各运行模式之间实际上可认为瞬时地切换。可支持许多不同类型的模式。有能力选择波束及位置是重要的，理由有：

- 提供更多的摄像机会，为摄取某特定地区的图像所延后的时间为最小。
- 重访之间的时间最短。
- 为指定的应用而采用最优的视角。
- 能变更扫幅宽度，以便得到扫幅与分辨率的最佳组合。
- 创建了先进的摄像模式，如“小面积”、超细、多视细。
- 各种不同的波束模式示于图 1，波束模式的特点列于表 2。

2 扫幅

RADARSAT-2 的摄像扫幅宽度随波束模式类型而变，Spotlight（小面积）及超细模式时最小，是 18 至 22 公里，而 ScanSAR 宽模式时是 500 公里，最大。

3 波束角

入射角及仰角的信息见表 2。入射角的测量是相对于与图像面积垂直的平面。测仰角是相对于与卫星垂直的平面。

每一种波束模式包括一系列不同角度的波束位置。表中给出了一组波束的波束数，最大及最小的角度。在同一组中用一种波束摄取的扫幅与下一个波束摄取的扫幅是前后重迭的。对于 SAR 摄像，选择入射角的能力很重要，因它可使图像应用最优化，例如，侦测船舶要用大入射角，水灾制图要用小入射角。

表 2 RADARSAT-2 波束模式特征

波束模式	运行模式	极化	入射角	标称分辨率	分辨率范围 (标称)	方位方向分辨 率(标称)	视数 (距离*方位)	标称景大小 (距离*方位)	景面积 (标称)
Spotlight	Spotlight	SS	20° -49°	1 米	2.1-3.3 米	0.8 米	1 × 1	20km × 8km	144-160km ²
超精细	Stripmap	SS	30° -40°	3 米	2.5-3.4 米	3.0 米	1 × 1	20km × 20km	400 km ²
多视精细	Stripmap	SS	30° -50°	8 米	7.4-9.1 米	7.9 米	2 × 2	50km × 50km	2500 km ²
精细	Stripmap	SS & Dual	30° -50°	8 米	7.4-9.1 米	7.9 米	1 × 1	50km × 50km	2,500 km ²
标准	Stripmap	SS & Dual	20° -49°	25 米	19.2-29.2 米	25.6 米	1 × 4	100km × 100km	10,000 km ²
宽	Stripmap	SS & Dual	20° -45°	30 米	20.6-42.8 米	25.6 米	1 × 4	150km × 150km	22,500 km ²
四极化精细	Stripmap	Quad	20° -41°	8 米	8.4-16.0 米	7.9 米	1 × 1	25km × 25km	625 km ²
四极化标准	Stripmap	Quad	20° -41°	25 米	22.3-28.6 米	7.9 米	1 × 4	25km × 25km	625 km ²
高入射角	Stripmap	Single	49° -60°	25 米	16.9-19.4 米	25.6 米	1 × 4	75km × 75km	5625 km ²
窄幅扫描	ScanSAR	SS & Dual	20° -47°	50 米	43-91 米	46-77 米	2 × 2	300km × 300km	90,000 km ²
宽幅扫描	ScanSAR	SS & Dual	20° -49°	100 米	82-183 米	90-113 米	4 × 2	500km × 500km	250,000 km ²

注：1、极化模式如下（用发射接收，H 水平，V 垂直表示）

S=single, 单极化

HH

SS=Select Single 可选单极化

HH, VV, HV 或者 VH; Spotlight 模式只有 HH 或者 VV 极化方式

Dual(双极化)

HH&HV 或者 VV&VH

Quad(四极化)

HH&HV&VV&VH

2、上表中所列分辨率及扫幅宽都是标称值（实际上它们是随着入射角的变化而变化的）

在下图中，列明了各种波束模式的成像示意图。RADARSAT-2 在 20- 49° 之间的侧视范围内，可以沿卫星飞行方向通过左视或者右视来获取图像，如图所示：

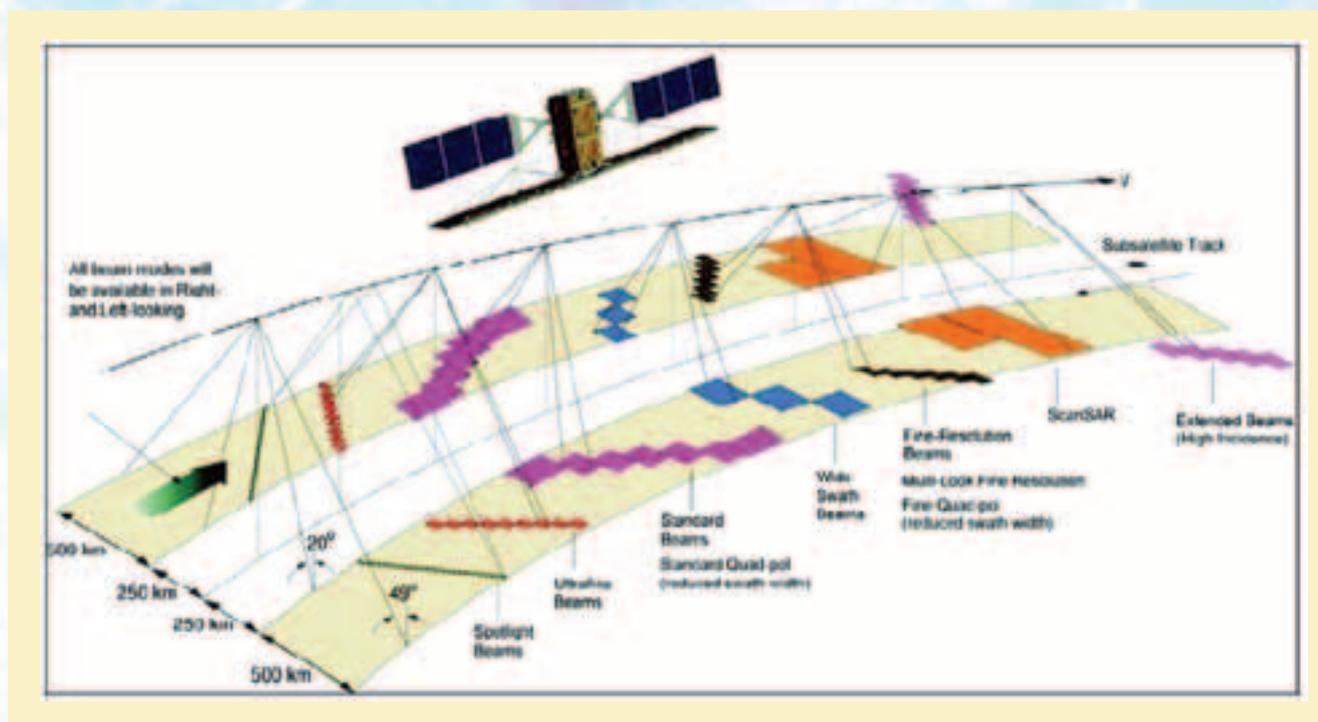


图 1.RADARSAT-2 波束模式

4 高分辨率波束模式

RADARSAT-2 有能力分辨空间距离小到 1 米的目标，此时使用“小面积，Spotlight”模式，超细及多视细模式也用于侦测小目标。

RADARSAT-2 的高分辨率特征令目标侦测及分类得到明显改进。下面说明最高分辨率的三种波束模式(图2)。Spotlight (小面积)

Spotlight 产品的产生是通过用电子的办法把天线向前、向后转动，使得在卫星经过某确定的地面上点目标时增加卫星对该点的摄像时间，与较高的频宽脉冲相结合，处理得到的在距离及方位两个方面的分辨率都明显改善。在两个方向上的单视处理可产生 RADARSAT-2 的最高分辨率为 0.8 米及 2.1-3.3 米（方位、距离）。Spotlight 的幅宽达 18-20 公里，每一景 Spotlight 可覆盖 160 平方公里，比其他 SAR 商业卫星要大得多。

超细

超细产品是在两个方向上都用单视处理产生的。在距离方向使用比其他波束较高的频宽脉冲（除去 Spotlight），在方位上则加宽波束的宽度从而增加从地面上每一点回来信号的时间段。超细的分辨率约为 3 米。扫幅是 20 公里，每一景覆盖 400 平方公里。

精细分辨率及多视精细

在每个方向上用单视处理而得到精细分辨率产品，而多视精细产品的产生则是通过把脉冲及多普勒频宽各分裂为两个重迭的“视”。这两种模式的处理都给出每个方向上的空间分辨率约为 8 米。精细及多视精细的扫幅宽度都是 50 公里，每一景覆盖 2500 平方公里。

2008年5月16日汶川地区



RADARSAT-2卫星影像图

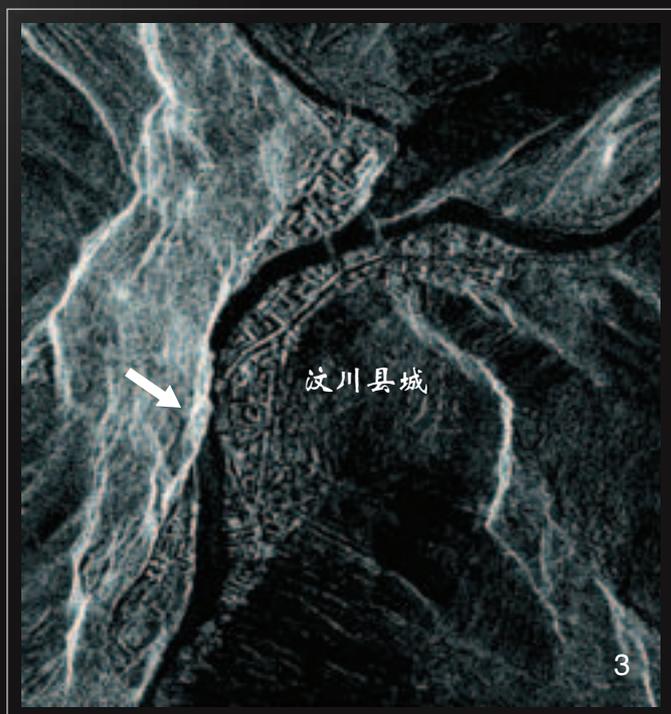
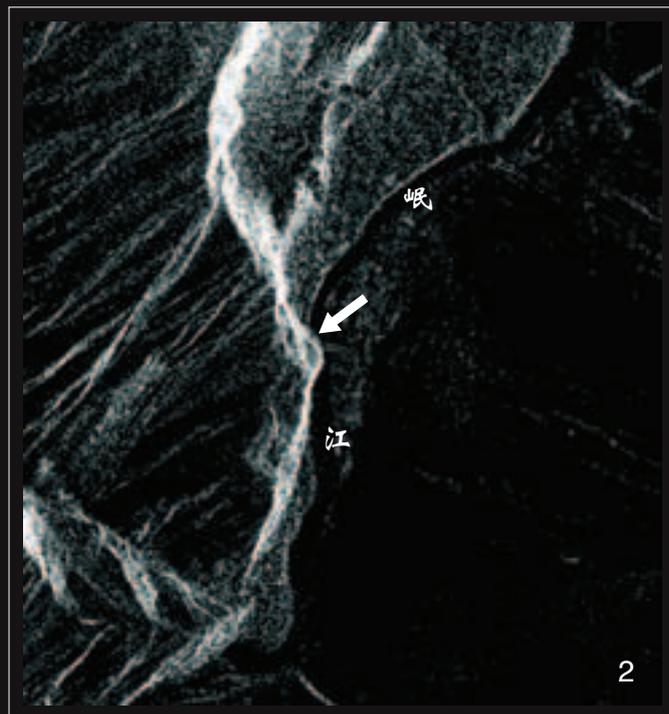


图1：此处岷江河道基本上被山体滑坡阻断。

图2：此处岷江河床部分被山体滑坡覆盖，只留下窄窄的河道。

图3：汶川县城
从该图可以看出岷江在穿过城区时部分河床被山体滑坡覆盖。

本图采用2008年5月16日拍摄的四川汶川地区Radarsat-2卫星数据制作。

成像模式：超精细，空间分辨率：3米

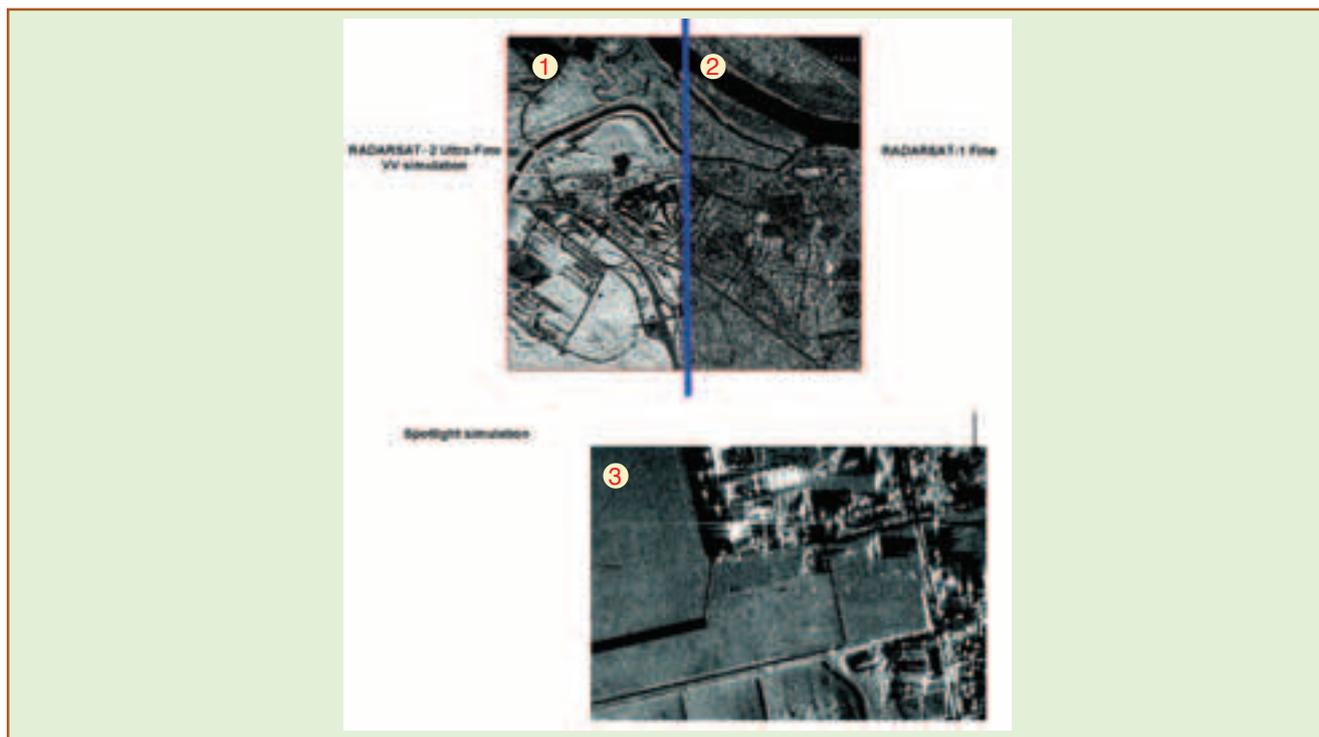
图像制作：数据深加工部 张晓美



中国科学院对地观测
与数字地球科学中心

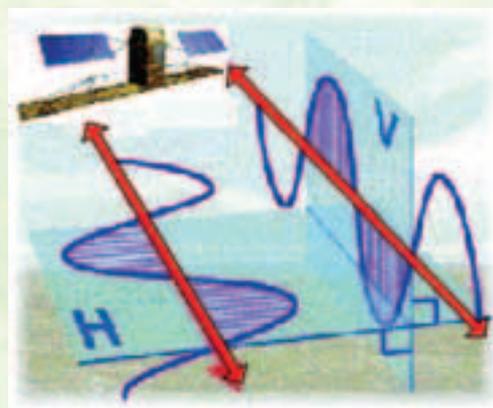
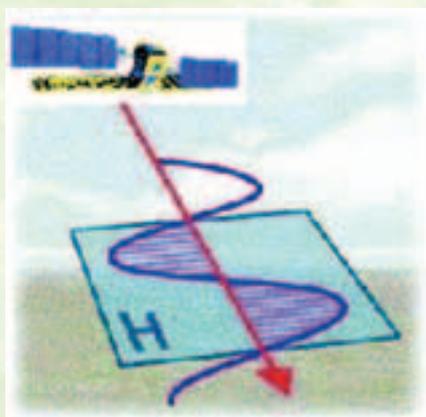
图 2 RADARSAT-2 高分辨率模式图

1 模拟的超细模式 2 模拟的精细模式 3 模拟的 Spotlight (小面积) 模式



四 极化

RADARSAT-2 的多极化模式接收数据可以收集、分析极化特征，用来区分人造目标和自然的特征。极化指的是相对于 SAR 天线的电场向量的方向（如下图）。



RADARSAT-2 的 SAR 传感器及天线能在选定的扫幅宽的情况下在发射、接收水平、垂直的线性极化之间交替变化，这样就可以获取基本上同时的双极化图像（扫幅可达 150 公里），并且也可接收全四极化图像，其幅宽为 25 公里。多极化可以更好地区别、识别地面目标的特征。

可选单极化模式 这种模式的幅宽减少但分辨率较高。有关的应用场合是要求选择极化方式和高分辨率，但幅宽减小，例如，警戒的应用。

- 单共同极化产品 雷达接收及发射都采用相同的极化。
- 单交叉极化产品 雷达发送采用一种（H 或 V）极化，接收则采用另一种（V 或 H）极化。

可选双极化模式 图像的质量参数（即扫幅）并不降低，并加上一种 RADARSAT-1 提供的摄像模式中的一个极化选项；这种模式将可加强要求区分类似种类的能力。

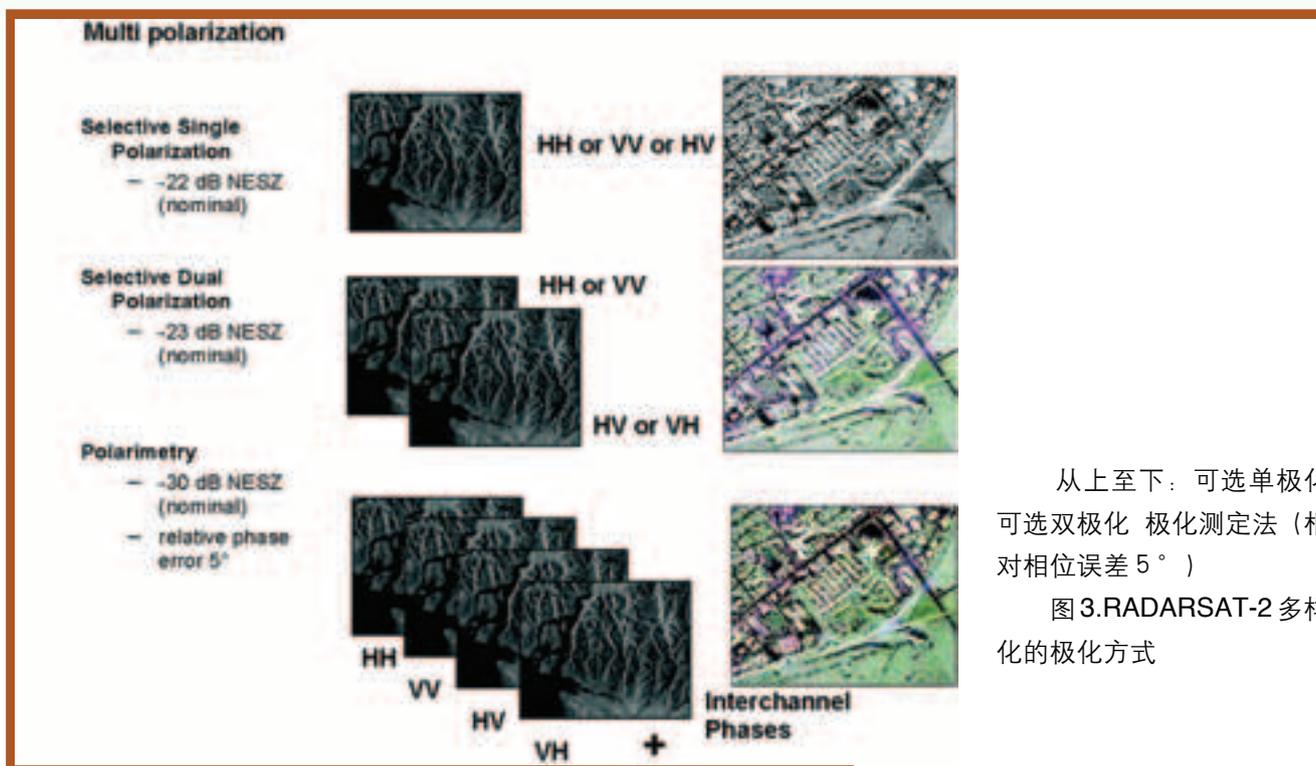
- **双极化产品的产生** 雷达以一种极化（H 或 V）发射，而接收则同时用两种。

全极化测定模式 提供“标准四极，SQ: Standard Quad”及“精细四极，FQ: Fine Quad”。这两种模式的扫幅宽都是 25 公里。SQ 模式的标称分辨率为 25 米，FQ 模式的则是 8 米。扫幅的宽度受限可能影响把这种模式用在要求在相对小的空间区域内得到最大信息的场合。

- **四极化模式** 发射脉冲时交替改变极化方式，例如以偶数脉冲发射 H、以奇数脉冲发射 V，而同时接收每一个两种极化（H 及 V）脉冲。四极化模式（极化测定 SAR）产生的图像有全部的极化组合：HH、VV、HV、VH 以及它们之间的相位差。用户可以从这种信息推导出每一个像元的完整的散射矩阵。

表 3 RADARSAT 极化

卫星	极化		发送	接收	图像数目
RADARSAT-1	单极化		H	H	1 图像
RADARSAT-2	可选单极化	单共同极化	H	H	1 图像
			V	V	1 图像
		单交叉极化	H	V	1 图像
			V	H	1 图像
	可选极化	双极化	H	H&V	2 图像
			V	V&H	2 图像
极化测定	四计划	脉冲 1. H 脉冲 2. V (交叉脉冲)	H&V V&H	4 图像	



从上至下：可选单极化
可选双极化 极化测定法（相对相位误差 5°）

图 3. RADARSAT-2 多样化的极化方式

五 摄像能力

RADARSAT-2是按运行性卫星设计的，具有大容量、快速生产的能力，是用于侦测及警戒项目的理想的传感器。

摄像能力的限制主要来自SAR传感器的工作时间和星上记录仪的容量，RADARSAT-2在所有商业SAR卫星中，传感器的工作时间是最长的，RADARSAT-2还有两台大容量的固态存储器。

SAR传感器的工作时间

由于SAR传感器对电源有相当大的要求，任何一个SAR卫星都不可能连续不断地获取数据。所以，每一个SAR系统有一个专门的SAR星载仪器“在工作”的时间。RADARSAT-2的星载仪器“在工作”的时间很长，RADARSAT-2每一圈轨道的时间是100.7分钟，SAR在工作的时间达28分钟（每天14圈）。宽3模式一天可平均覆盖130万平方公里。RADARSAT-1的经验表明，为满足用户需求，这么个容量是必需的、合适的。

可以有选择地下送数据的记录仪的容量

RADARSAT-2星上有两台大容量电子数据记录仪（总计305G比特），比之于RADARSAT-1的机械模拟记录仪，可靠性更高、运行更灵活。运行灵活是可以任意使用该记录仪回放能力的结果，可以单个地选取图像段、下送不止一次，可以同时记录多种数据接收并直接下送。这样就可以把数据下传给不止一个的地面接收站，提供了多份数据的机会。

这种不受限制的全球覆盖对用户具有战略、运行价值的（如果用户要在某国地面站覆盖圈外的数据，要在他们那里直接接收和处理的话）。固态记录仪的回放能力约为每次下传50分钟，相当于大于160景宽模式图像。

六 重访能力

卫星的重访能力和传感器的灵活程度有关。RADARSAT-2是机灵的，能从默认的右视转到左视。

前面已经指出，RADARSAT-2采用了灵活的星载仪器及相控阵天线。天线能够以电子方式在整个扫幅内转动，而且在运行模式之间的转换基本上是瞬时完成的。这样，就可以把多种波束编程为不同的扫幅宽度、分辨率、地距偏置。能够选择波束及位置是很重要的，因为这种灵活性提供了较快的重访能力。可摆动的特点也加强了重访能力，如下所述。

摆动

通过摆动星体或使用左视、右视中的一种，卫星能在地面轨迹的两面摄像并下传。默认的方向是右视以保持与RADARSAT-1的兼容性。

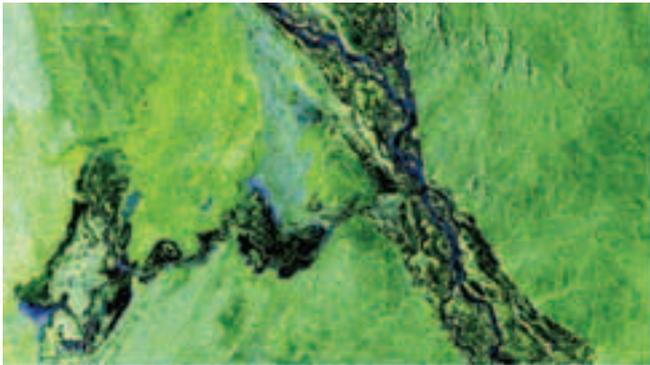
RADARSAT-2能在卫星的这一边或那一边摄像的能力基本上可以把重访时间减去一半，故可拍摄的扫幅就翻翻。在紧急情况下，可选择波束模式及位置以保证感兴趣区域能最快地重访。完成从左视到右视（或反之）的操作大约需要10分钟。

重访能力

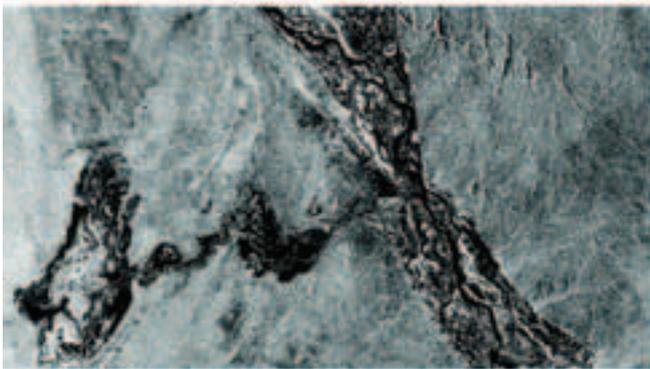
RADARSAT-2采用了极轨，所以越是向北或向南重访能力就越强。然而提高了灵活性的RADARSAT-2即便在赤道区域的重访能力也提高了，例如，精细波束的范围扩大了。摆动的能力能够对任何指定区域的重访频率使之加倍。RADARSAT-2重访能力的提高对于要求频繁摄像的应用，诸如监测应用（侦测船舶、相干的变量侦测），具有正面影响。

对主要客户可以制订一项默认的摆动计划从而提高对某个特别感兴趣地区重访频率。

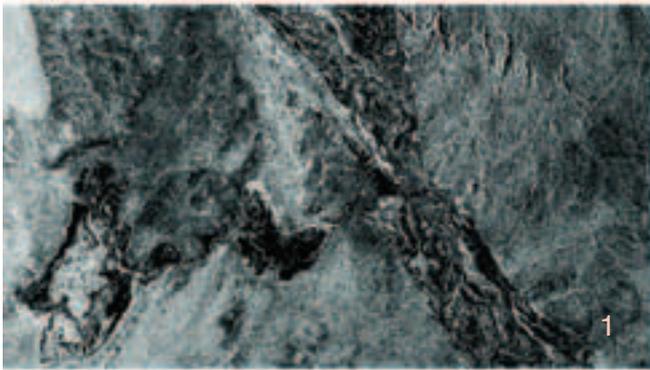
下表列出了在不同纬度的目标的相继观测之间的最小、最大时间。观测频率（每24日周期中的数据获取的次数）通常随纬度的增加而增加，但这些观测在升轨和降轨之间的分布则没有那么规则，特别是在10度至30度纬度之间。



Colour composite with VH being a component of the green channel, and VV a component of the blue channel



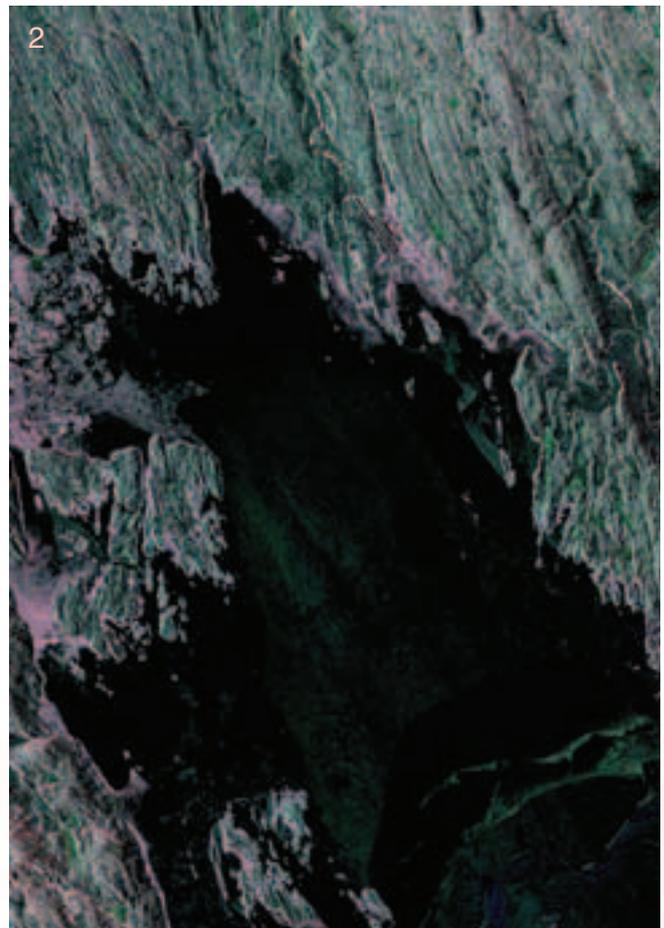
VH polarization



VV polarization

图片1为：莫桑比克 (Mozambique)
接收卫星：RADARSAT-2
拍摄方式：宽模式 分辨率：30米
极化方式：VH, VV
拍摄日期：2008年2月9日
颜色合成：VH (绿), VV (蓝)

图片2为：加拿大，伊魁特市
努勒维特地区
接收卫星：RADARSAT-2
拍摄方式：精细 分辨率：8米
彩色合成：HH (红) VV (绿) HV (蓝)
拍摄日期：2008年1月7日
极化方式：四极化



封面图片为 RADARSAT-2 卫星拍摄的加拿大，安大略省 (Ontario) 雷湾 (Thunder Bay)
拍摄方式：窄幅扫描 分辨率：50米
拍摄日期：2008年3月3日
极化方式：VV, VH

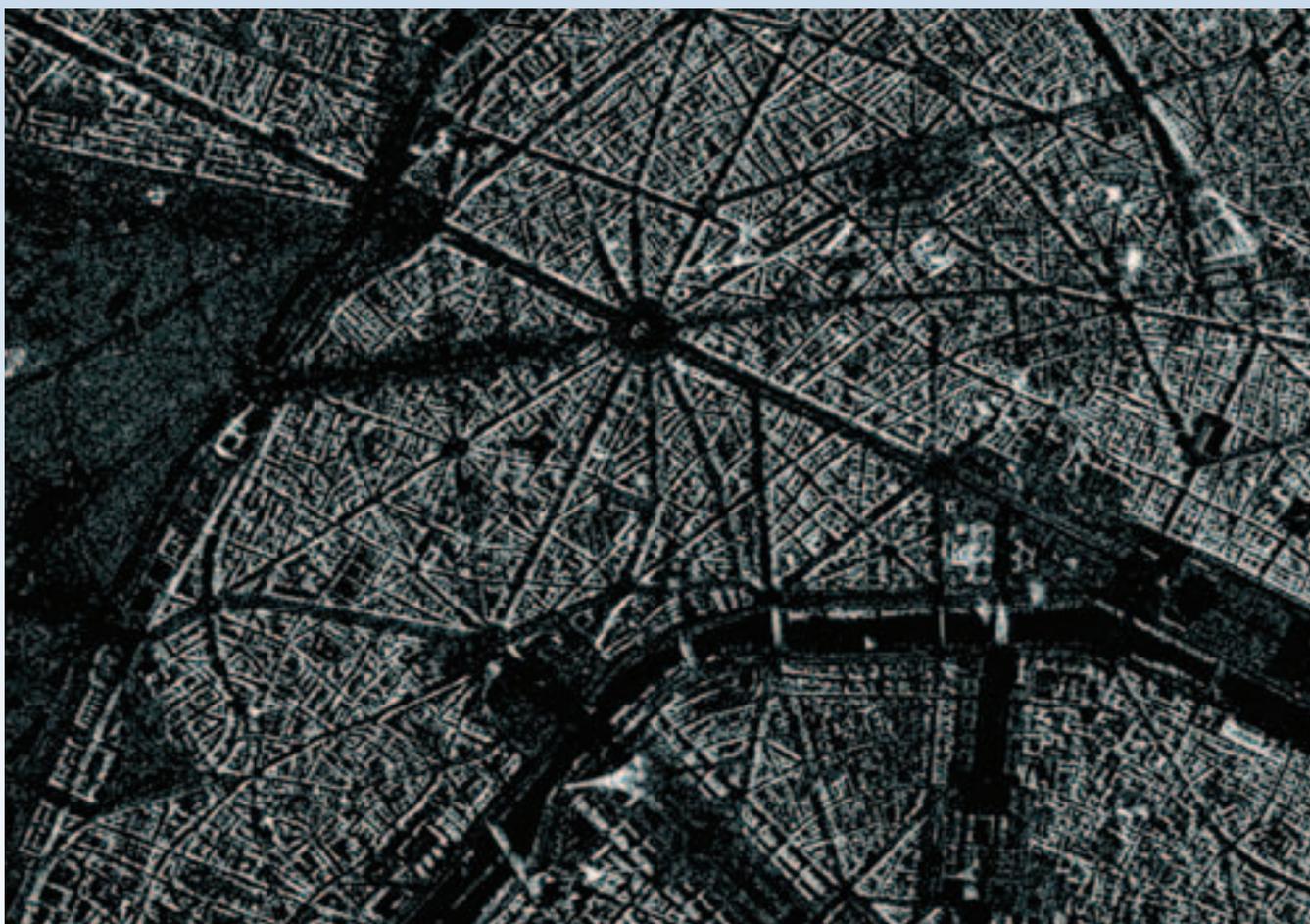
封底图片为 RADARSAT-2 卫星拍摄的法国巴黎 (Paris, France)
拍摄方式：超精细 分辨率：3米
拍摄日期：2008年1月9日
极化方式：超精细(HV)

* 本文由对地观测与数字地球科学中心根据加拿大 MDA 公司提供的英文资料编译

RADARSAT-2©MacDONALD, DETTWILER AND ASSOCIATES LTD. -2008 -All Rights Reserved

中国科学院对地观测与数字地球科学中心 独家分发 RADARSAT-2 卫星数据

从 2008 年 6 月 1 日起，我中心独家分发加拿大 RADARSAT-2 卫星数据。如需订购，请与我中心用户服务部联系。



重要变更通知

中国科学院中国遥感卫星地面站已启用新的单位名称：中国科学院对地观测与数字地球科学中心，银行信息已发生变化。从 2008 年 6 月 1 日起启用新的帐户信息：

户 名：中国科学院对地观测与数字地球科学中心
帐 号：137011518010027670
开户行：广东发展银行北京中关村支行

用户服务部

中国科学院对地观测与数字地球科学中心
通讯地址：北京北三环西路 45 号或北京 2434 信箱
邮政编码：100086
服务热线：(010) 62553662 82610571
传 真：(010) 62587827
用户服务电子信箱：imgserv@ceode.ac.cn
用户服务部主任：寇连群
主任电话：(010)82617565
E-mail: lqkou@ceode.ac.cn
出版日期：2008 年 6 月
数据查询网址：<http://cs.rsgs.ac.cn>

本期责任编辑

何晓云