

# ERS-1 散射计数据用于全球陆地监测\*

郭华东 王 超

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

王湘云 施央申

(南京大学地球科学系 南京 210093)

**摘 要** 该文介绍了 ERS-1 (欧洲资源卫星 1 号)WSC (风散射计)数据结构。描述了全球雷达后向散射系数( $\sigma^0$ )图的成图方法。展示了中国第一幅全球雷达后向散射系数分布图。重点分析了 WSC 数据用于全球陆地监测的能力,并对全球典型地物的雷达后向散射系数进行了统计。研究结果表明:1. 全球雷达后向散射系数图侧重反映了全球植被图和地形图的叠合信息;2. WSC 数据能够以区域和全球尺度区分 6 类主要的地表覆盖类型。它们是:沙漠,草原,冻原、湖沼和湿地,高大山脉、无植被高原、岛屿和针叶林,热带雨林,雪原、冰盖。其中根据 $\sigma^0$ 值的分布对沙漠的分类具有独到见解,将全世界沙漠划分为 3 类,提出了划分依据。

**关键词** WSC (风散射计), 后向散射系数( $\sigma^0$ ), 陆地监测, 水份含量, 粗糙度

## 1 引 言

ERS-1 散射计的主要特点是能够定量提供全球雷达后向散射系数 $\sigma^0$ , 利用不同视向的数据可以提供有关洋面的风速和风向。

到目前为止, 已有 3 枚散射计在太空和正在太空运行, 如 Skylab 和 Seasat 上的 SASS, ERS-1 / 2 上的 WSC, ADEOS 上的 NSCAT。ERS-1 WSC 工作在 C-波段(频率为 5.3GHz), 采用 VV 极化, 一景图象面积为 500km $\times$ 500km。用 25km $\times$ 25km 的网格进行采样, 一景可获得 361 个数据(节点), 空间分辨率为 50km<sup>[1]</sup>。

C 波段、VV 极化的雷达后向散射系数主要取决于土壤和植被的水分含量、植被类型、覆盖程度以及地表粗糙度<sup>[2]</sup>。雷达后向散射系数随土壤和植被水分含量的增加而增大, 对于小入射角( $< 30^\circ$ ), 雷达后向散射系数对水分特别敏感, 且随地表粗糙度的增加而减少。对于大入射角(40—50 $^\circ$ )雷达后向散射系数随地表粗糙度的增加而增大, 在有植被存在时, 又随着生物量的增加而增大<sup>[2]</sup>。在干旱地区, 雷达后向散射系数取决于地表粗糙度、介电常数和穿透深度<sup>[3]</sup>。

该文的目的是评估 C-band ERS-1 WSC 数据在区域和全球尺度范围内陆地监测中的能力, 重点研究地表覆盖。

## 2 ERS-1 WSC 数据及成图方法

### 2.1 ERS-1 WSC 数据

该文使用的数据是由 1995 年 7 月份 WSC 数据, ERS-1 有 35 天的循环周期。ERS-1 WSC 有 3 部天线, 每部天线获取的数据由一系列 19 $\times$ 19(361) 个节点组成, 每个节点包括下列信息:

- 1) 类别海洋或陆地
- 2) 经、纬度
- 3) 雷达后向散射系数( $\sigma^0$ )
- 4) 入射角
- 5) 归一化标准偏差(kp%)

其中入射角的变化范围为: 中天线为 18 $^\circ$ —47 $^\circ$ ; 前、后天线为 25—59 $^\circ$ <sup>[4]</sup>。由于入射角不同所反映的地面目标物的信息有差异, 根据研究目的需要, 利用公式

$$\sigma_{ab}^0 = A + B (45^\circ - \theta)^{[5]}$$

把所有节点上的值归一成人射角为 45 $^\circ$ 时的 $\sigma^0$

文中第一作者为欧洲空间局 ERS-1/2 应用项目 PI, 散射计数据系根据合同由欧空局提供。

收稿日期: 1997 年 1 月 23 日; 收到修改稿日期: 1997 年 3 月 25 日

值。

## 2.2 成图方法

至目前为止,全球雷达后向散射系数的成图方法都是沿用与 Kennett 和 Li<sup>[5]</sup>类似的做法。首先,以世界地理坐标零点作为图象的中点,中点以北为 0—90°,以南为 0—-90°,以东为 0—+180°,以西为 0—-180°,按照 0.125°×0.125°的网格把全球分成 4147200 个象元,并与世界地理坐标进行配准。然后,把相应点的  $\sigma^\circ$  值标在图上。制作一幅全球陆地雷达后向散射系数图大约需要一个月的数据。这样,对于某一特定的人射角度 (incidence

angle), 每部天线, 一年的数据可以制成 12 幅图象。

## 3 全球陆地雷达后向散射系数的分布特征

### 3.1 散射计数据的覆盖情况

图 1 展示了 ERS-1 WSC 陆地覆盖情况。图象从左至右,从上至下分别为 1995 年 7 月 ERS-1 上行和下行 WSC 数据混合以后 1, 3, 5, 10, 20, 30 天的覆盖情况。从图上可以看出,在卫星上行和下行数据混合的情况下,1 个月的数据已经覆盖了 98% 左右

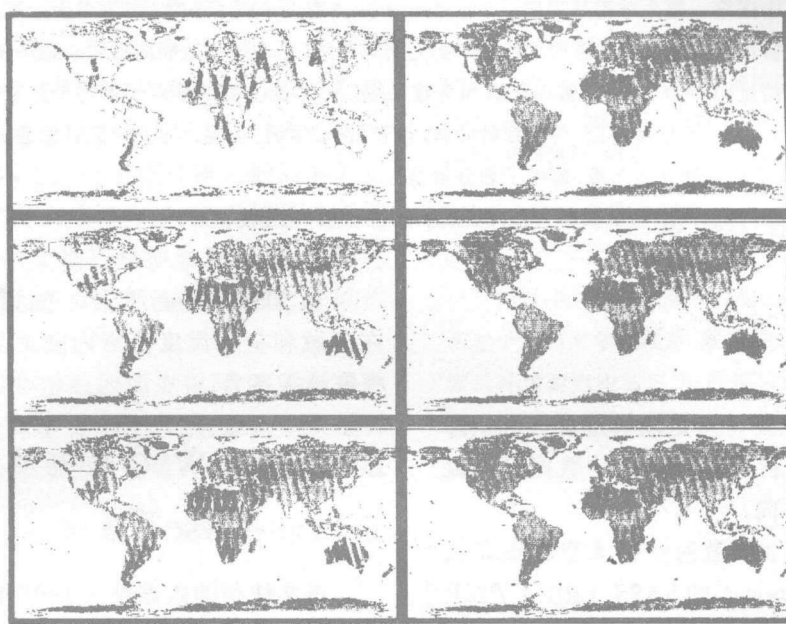


图 1. ERS-1 WSC 陆地覆盖情况

从左到右,从上到下分别为 1, 3, 5, 10, 20, 30 天的覆盖情况

Fig.1 The Coverage Map of ERS-1 WSC Data Over the Global Land

的地表。

### 3.2 全球陆地 $\sigma^\circ$ 分布特征和典型地物统计

图版 I 图 2、表 1 展示了全球陆地雷达后向散射系数的分布,全球雷达后向散射系数  $\sigma^\circ$  值的分布范围为 -32dB—-1dB,最低值位于 Sahara 沙漠,最高值位于格陵兰和南极冰盖。

全图展现出来的特征是全球植被图和世界地形图<sup>[6]</sup>的叠合特征,这里所指的植被图包括所有的绿叶植物,所指的世界地形图主要包括地形的起伏,高大山脉,盆地,河流,湖泊和极地冰盖。从图上能明显分辨出的地表覆盖包括沙漠,草原,冻原,湖沼和湿地,高大山脉,无植被高原,岛屿和针叶林,热带雨

林,雪原、冰盖。

1) 沙漠,其雷达后向散射系数  $\sigma^\circ$  的分布范围为 -32—-16dB。

a. -32—-21dB,主要分布在 Sahara 沙漠,阿拉伯半岛的鲁卜哈利沙漠。

b. -21—-17dB,主要分布在中国的塔里木,巴丹吉林,腾格里沙漠,蒙古东部沙漠(戈壁),哈萨克斯坦,乌兹别克斯坦,土库曼斯坦,南非的卡拉哈迪沙漠,澳大利亚的大沙沙漠,辛普森沙漠。

c. -17—-16dB,主要分布在印度的塔尔沙漠,中国的准噶尔盆地,内蒙高原,北美沙漠。

出现这种现象可能有 3 种原因,一种是各沙漠所处的纬度不同,沙漠本身水分含量有差异<sup>[7-9]</sup>。另

表1 ERS-1 WSC在45° 入射角时全球雷达后向散射系数统计

Table 1 Global Statistics of the ERS-1 WSC Backscattering Coefficient  $\sigma^\circ$  at 45° Incidence Angle

覆盖类型	国家 (地区)	地区	纬度(度)	经度(度)	$\sigma^\circ$ (dB)			1995年7—9月 平均值
					1995年7月	1995年8月	1995年9月	
沙漠	哈萨克斯坦 乌兹别克斯坦	克孜勒库姆沙漠	41N—43N	63E—8E	-17.4	-17.4	-17.5	-17.4
	土库曼斯坦	中央卡拉库姆沙漠	38N—40N	58E—63E	-18.1	-17.8	-17.9	-17.9
	蒙古	蒙古东部	45N—47N	110E—116E	-17.7	-17.6	-18.1	17-8
	中国	塔里木	38N—40N	80E—86E	-19.2	-19.0	17.6	-18.6
	阿富汗	沙漠	30N—31N	62E—65E	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5
	印度	塔尔沙漠	27N—28N	71E—74E	-14.6	-13.5	-14.3	-14.1
	阿拉伯半岛	鲁卜哈利	19N—21N	48E—54E	-17.7	-21.3	-22.1	-20.4
	非洲	(撒哈拉)	17N—22N	1E—10E	-22.4	-22.1	-22.4	-22.3
			14N—20N	10E—18E	-22.0	-21.9	-22.3	-22.1
			26N—29N	22E—26E	-23.4	-23.0	-22.5	-23.0
澳大利亚	卡拉哈迪	25S—28S	20E—23E	-16.3	-16.3	-16.3	-16.3	
澳大利亚	大沙沙漠	21S—24S	124E—132E	-16.9	-16.7	-16.7	-16.8	
高原	中国	西藏高原	28N—36N	84E—94E	-12.6	-12.4	-12.1	-12.4
	非洲	提贝斯提高原	19N—22N	17E—20E	-10.3	-10.2	-10.3	-10.3
	澳大利亚	巴拉那高原	23S—29S		-10.2	-10.2	-10.4	-10.3
		金伯利高原	16S—18S	126E—131E	-11.8	-11.7	-11.7	-11.7
草原	美国	大平原	34N—43N	98W—103W	-12.8	-13.1	-13.2	-13.0
	阿根廷	潘帕斯草原	38S—49S	67W—70W	-13.4	-13.2	-13.5	-13.4
	澳大利亚		29S—34S	117E—124E	-12.5	-13.7	-13.2	-13.1
植被	南美洲	亚马孙雨林	2S—9S	64W—73W	-7.8	-7.9	-7.9	-7.9
	非洲	刚果雨林	3S—3N	17E—26E	-7.9	-7.9	-8.2	-8.0
	印度	蒙松	19N—22N	81E—88E	-8.6	-8.2	-8.3	-8.4
	中国	大兴安岭	48N—52N	122E—126E	-9.5	-9.7	-10.0	-9.7
	前苏联	东欧平原	59N—64N	44E—60E	-9.2	-9.1	-9.5	-9.3
	美国	美国东部	35N—41N	77W—94W	-9.5	-9.4	-10.1	-9.7
	加拿大	中部	50N—55N	86W—94W	-9.7	-9.9	-10.4	-10.0
雪原 冰盖	格陵兰	格陵兰南部	62N—68N	42W—48W	-10.7	-5.7	-3.6	-6.7
		格陵兰东北部	76N—80N	24W—33W	-6.0	-4.6	-4.2	-4.7
	南极		66S—70S	61W—64W	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6
世界平均值			80N—80S	180W—180E	-11.8	-11.7	-11.9	-11.8

一种是沙漠上生长的植被不同<sup>[10]</sup>。最后一种是沙漠表面的粗糙度不同<sup>[11]</sup>。

2) 草原, 这里所指的草原是温带草原, 高寒草原和热带、亚热带的稀树灌木草原。其雷达后向散射系数 $\sigma^\circ$ 的分布范围为-15—-13dB。主要分布在美国大平原, 阿根廷的潘帕斯草原, 巴西高原, 南非热带典型稀树草原, 澳大利亚热带典型稀树草原, 中国青藏高原的高寒草原, 环哈萨克斯坦北缘的草原, 蒙古西部草原。

3) 冻原、湖沼和湿地, 其雷达后向散射系数的分

布范围为-12—-11dB主要分布在北极带的苔原区, 例如, 美国的阿拉斯加, 加拿大的西北地区 and 拉布拉多半岛, 冰岛, 环西伯利亚北缘, 高寒地区的湖沼和湿地, 例如, 蒙古西部, 中国的青藏高原、东部湿地, 澳大利亚的潮湿区。其主要特点是分布于山脉边缘, 草原边缘, 河流流域。

4) 高大山脉, 无植被高原, 岛屿和针叶林, 其雷达后向散射系数的分布范围为-10—-9dB。世界上所有的高大山脉和部分岛屿在图上都能清楚地显示。其主要特点是山脉呈条带状分布, 在岛屿上的

分布取决于岛屿的形状,特别值得指出的是散布在 Sahara 沙漠上的无植被高原(如达尔富尔、提贝斯提,阿伊尔,啊哈加尔)非常清楚。在美国的阿拉斯加州东部地区、加拿大、欧洲中部、东欧平原,西伯利亚,中国的大兴安岭等出现大面积-10—-9dB范围的雷达后向散射系数是与上述地区广泛发育的寒温带山地常绿针叶林和寒温带落叶针叶林有关。

5) 热带雨林。这一类包括了热带绿叶阔叶雨林,热带常绿阔叶、落叶阔叶混交季雨林,亚热带常绿阔叶、落叶阔叶混交林,温带寒季落叶阔叶林,高寒草甸和高山稀树植被,其雷达后向散射系数的分布范围为-8—-7dB,主要分布在亚马孙平原,刚果盆地,印度半岛,中国西南部,中南半岛,大巽他群岛,新几内亚岛,喜马拉雅山脉,上杨斯克山脉等。

6) 雪原与冰盖,其雷达后向散射系数 $\sigma^{\circ}$ 的分布范围为-7—-1dB;雪原主要分布在南极,喜马拉雅山脉,上杨斯克山脉,其雷达后向散射系数的分布范围为-7—-3dB;冰盖主要分布在南极和格陵兰,其雷达后向散射系数为-3—-1dB。

#### 4 结 语

上述分析结果表明,根据全球雷达后向散射系数的分布特征可以区分 6 类地表覆盖。充分显示了散射计数据监测全球地表覆盖的能力,同时,在某些地区,还存在一些混淆和难以区分的现象。因此,要进一步改正现有的分类方法。今后的工作主要集中在全球典型地物的统计和多时相数据分析。封面用图的数据系 ERS-1 前天线于 1996 年 3 月获取的中国陆地雷达后向散射系数,成图方法与文中图件相同,对封面用图的分析研究将在另文中详细

讨论。

#### 参 考 文 献

- [1] P. L. Frison, E. Mougin. Use of ERS-1 Wind Scatterometer Data Over Land Surfaces. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 1996, 34(2): 550—560.
- [2] ULaly F. T., Moore R. K., Fung A. K. *Microwave Remote Sensing, Active and passive*, 1986, III.
- [3] Volkmar R. Wisman, kai Boehnke, Christiane Schullius. Monitoring Ecological Dynamics in Africa with the ERS-1 Scatterometer, IGASS'95, 1995, 0-7803-2567-2 / 95.
- [4] A. Stoffelen, D. L. T. Anderson. Wind Retrieval and ERS-1 Scatterometer Radar Backscatter Measurements. *Adv. Space Res.* 1993, 13(5): 53—60.
- [5] Rosemary G. Kennett, Fuk K. Li. Seasat Over-Land Scatterometer Data, Part I: Global Overview of the Ku-Band Backscatter Coefficients. *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, 27(5):592—604.
- [6] 黄秀莲,沈文轩. 最新世界地图集. 中国地图出版社, 1992.
- [7] Compton J. Tucker, John R. G. Townshend, Thomas E. Goff. African Land-Cover Classification using Satellite Data. *Science*, 1985, 227(4685):369—375.
- [8] Compton J. Tucker, Bhaska B. J. Choudhury. Satellite Remote Sensing of Drought Conditions. *Remote Sensing of Environment*, 1987, (33):243—251.
- [9] B. J. Choudhury, C. J. Tucker. Monitoring global vegetation Using Nimbus-7 37 GHz Data Some empirical relations. *Int. J. Remote Sensing*, 1987, 8(7):1085—1090.
- [10] Heinrich Walter. *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere*. Second Edition, Springer-verlag New York inc. 1979.
- [11] B. J. Choudhury, C. J. Tucker. Satellite observed Seasonal and Inter-Annual variation of vegetation Over the kalahari, The Great Victoria Desert, and The Great Sandy Desert: 1979—1984. *Remote Sensing of Environment*, 1987, 23: 233—241.

## ERS-1 WSC Data for Global Land Surface Monitoring

Guo Huadong Wang Chao

*(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)*

Wang Xiangyun Shi Yangshen

*(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)*

**Abstract** This paper introduces the acquisition and the structure of ERS-1 WSC data. Map production method for the backscattering coefficient from global land surface is described. The global covering cases of the WSC data are analysed. The first global backscattering coefficient image in China is presented. The capability of ERS-1 WSC data for monitoring global land surface is investigated. Results indicate that the global backscattering coefficient image of the world is the synthesis of global vegetation image and terrain maps. Six types of main land surface coverages could be discriminated with WSC data, including: deserts; grassland; tundras, marshland and wet land; mountains, unvegetated highland, islands and needleleaf; tropic rain forest; snow field and ice cap. The global desert is classified into three types based on the distribution of the backscattering coefficients. The possible reasons are that the desert in different latitude have much difference in the moisture, the type of vegetation and roughness.

**Key words** WSC (Wind Scatterometer), Radar backscattering coefficient, Monitoring land surface, Moisture, Roughness.