

AMSR-E 积雪产品在内蒙古地区的精度验证

杨晓峰^{①,②}, 郑照军^②, 杨忠东^②

(^① 中国气象科学研究院, 中国气象局, 北京 100081;

^② 中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室国家卫星气象中心, 中国气象局, 北京 100081)

摘要:使用地面积雪观测数据对 2005 年~2008 年 40°N~48°N、112°E~128°E 区域的 AMSR-E 积雪产品进行了误差分析和精度验证, 结果表明:2005 年~2008 年的 AMSR-E 积雪产品较好地反映了研究区域地面积雪信息的时间变化特征; AMSR-E 积雪产品普遍地低估了地面积雪深度, 相对而言, 当地面积雪较薄时, AMSR-E 可较好地反映积雪深度, 当积雪较厚时, AMSR-E 明显低估积雪深度; 2005 年~2006 年、2006 年~2007 年以及 2007 年~2008 年 3 个冬—春季时段 AMSR-E 和站点观测值的平均差值分别达 7.38cm, 6.87cm 和 22.07cm。

关键词: AMSR-E; 积雪深度产品; 误差分析; 精度验证

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.06.013

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1000-3177(2011)118-0061-08

Validation of AMSR-E Snow Depth Products in Inner Mongolia

YANG Xiao-feng^{①,②}, ZHENG Zhao-jun^②, YANG Zhong-dong^②

(^① Chinese Academy of Meteorological Sciences, China Meteorological Administration, Beijing 100081;

^② Key Laboratory of Radiometric Calibration and Validation for Environmental Satellites, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract: This paper uses the site snow depth data and select the AMSR-E snow products from the year 2005 to 2008 in areas of 40°N—48°N and 112°E—128°E for error analysis and accuracy verification. The results show that, AMSR-E snow products from the year 2005 to 2008 better reflects the time variation characteristics of snow information; AMSR-E snow products generally underestimated the ground snow depth; relatively, when the site snow depth is thin, AMSR-E snow products can better reflect snow depth, when the site snow depth is thick, AMSR-E significantly underestimated snow depth; average values of AMSR-E and site observations are 7.38cm, 6.87cm and 22.07cm in winter-spring from the year 2005 t—2008.

Key words: AMSR-E; snow depth products; error analysis; accuracy verification

1 引言

积雪作为冰冻圈中最为活跃的成员, 不仅是影响气候变化的重要因子, 也是影响干旱和半干旱地区农牧业发展的重要因素^[1~2]。高频率以及长时间序列的积雪观测、准确的积雪覆盖绘图以及积雪当量/雪深估计, 对于积雪融化和地表径流预测、防洪控制、水的供求管理、水资源管理都有着极其关键的作用。

传统获取积雪物理特性参数是通过实地钻孔取雪样得到的, 这种离散点的气象观测在空间分布上具有很大的不确定性, 而且观测费时费力^[3~4]。与传统观测手段不同, 遥感把传统的“点”测量方法获取的有限代表性的信息扩展为更加符合客观世界的“面”信息(区域信息), 而且由于积雪的分布和动态特性, 只有用遥感方法才能获取不同尺度上大范围、高精度的地表积雪参数, 从而为全球或区域尺度气

收稿日期: 2010-11-08 修订日期: 2011-04-27

基金项目: 国家科技支撑计划项目课题 2008BAC40B03。

作者简介: 杨晓峰(1983~), 男, 江苏大丰人, 硕士在读, 主要研究方向为陆面过程模型、陆面数据同化。

E-mail: applered369@163.com

候模式与水循环提供有效的积雪参数^[5~6]。

在积雪遥感观测领域,光学传感器有一个弱点,即在有云、降水天气状况、以及夜晚都无法监测积雪信息而且不能用于反演积雪深度和雪水当量。被动微波遥感可以很好地获取积雪信息且其时间分辨率较高,适合于长时间的积雪变化监测^[7],过去30年航天被动微波遥感被广泛用于估算积雪覆盖和雪水当量^[8~12]。以SMMR、SSM/I为代表的传统星载被动微波遥感可以穿透云层去探测积雪和冰发射的微波能量,通过分析微波能量和积雪深度、雪水当量之间的关系获得积雪信息^[13]。研究表明,被动微波遥感数据在积雪遥感中有着其他遥感数据所不能替代的作用,这些也是积雪被动微波遥感不断向前发展的基础。

作为改进型多频段、双极化的被动微波辐射计,AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System)比以往的SMMR、SSM/I等被动微波辐射计提供了更高空间分辨率和更多微波波段的信息^[14]。它能同时反演大气和地表参数,生成的标准产品主要用于气候变化研究^[15]。在现有的卫星遥感积雪产品中,AMSR-E积雪产品的使用非常广泛,特别是雪水当量(Snow Water Equivalent, SWE)和积雪深度(Snow Depth, SD)。但不管气候研究还是驱动模型,都要求所用的积雪产品经过合理准确的质量评价。由于AMSR-E雪水当量产品算法的建立主要由经验统计得到,如全球雪水当量反演:

$$SWE = \frac{4.8 \times (TB_{19H} - TB_{39H})}{1 - f} \quad (1)$$

式中, f 为森林覆盖影响因子, H 表示水平极化方式,19和39分别表示频率为19GHz和39GHz,SWE的单位为mm。公式中的SWE代表广义雪水当量产品,在AMSR-E的积雪产品中,原始雪水当量数据文件中的数据为实际雪水当量值的一半。

反演公式对全球不同区域、不同地形、不同季节的适用性势必存在差异,因此,开展相应的产品验证工作十分必要。

由于在已知积雪密度的条件下,SWE和SD可以相互转化,其转换公式为:

$$SD = \frac{SWE \times \rho_{water}}{10 \times \rho_{snow}} \quad (2)$$

式中 ρ 为密度,单位为 g/cm^3 ,SD的单位为cm。因此,SD产品验证和SWE产品验证可以等同,而前者更易实现。

AMSR-E积雪深度产品验证方法主要分为直

接验证和间接验证。直接验证是指运用地面站点的直接观测资料对AMSR-E的积雪产品进行多角度多方式的直接比对验证,而间接验证是指使用其他参数的站点观测资料或者卫星遥感产品,利用其两者之间的相互关系对AMSR-E积雪产品进行确认。

基于AMSR-E遥感监测干旱半干旱区的内蒙古积雪,对于草场生长和沙尘暴的研究有着至关重要的作用。我国北方沙尘暴天气一般发生在积雪融化期后的四五月份,北方冬季积雪对于来年草场的生长意义重大,而草场的生长状况与沙尘暴有着直接的联系。研究表明,内蒙地区的草场破坏,导致草场沙化严重,是导致北方沙尘暴多发的因素之一。因此,利用准确的积雪遥感信息分析起沙因素和模拟沙尘发生范围及频次,意义重大。本文主要致力于对该区域AMSR-E积雪深度产品的精度进行多角度多手段的探索性评价、验证和分析,以便为数据在该区域的应用提供参考。

2 研究区域选择

本文选择我国北部干旱半干旱区域,地理范围为 $40^{\circ}N \sim 48^{\circ}N$ 、 $112^{\circ}E \sim 128^{\circ}E$,主要包括内蒙古中部、黑龙江西南部、辽宁大部、吉林大部以及河北北部。

选择该研究区域是因为该区域下垫面地表类型分布较均匀,冬季积雪持续日数相对较长。图1为研究区域内的下垫面植被类型示意图,可以看出该区域植被比较均一,包括牧场、作物以及部分的混合森林。下垫面植被类型数据来源于如下网站:<http://duckwater.bu.edu/lc/mod12q1.html>

本文主要研究的重点为牧场和作物条件下AMSR-E的积雪深度产品验证。图2为我国冬季积雪持续日数示意图,该图显示了研究区域内积雪持续的天数,由图可见,在牧场区域内积雪天数在36d—144d,作物区域内的积雪天数相对较小,在18d—90d之间。与我国其他地区相比,研究区域内的积雪日数比较长而且每年积雪相对稳定,这样的区域积雪信息监测较有意义。对该区域的AMSR-E积雪产品进行验证对于我国北方草场变化、沙尘暴和气候变化研究有着极其重要的作用。积雪天数采用IMS(Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System)的2004年~2010年数据统计计算得到,数据来源于如下ftp地址:

<ftp://sidads.colorado.edu/pub/DATASETS/NOAA/G02156>。

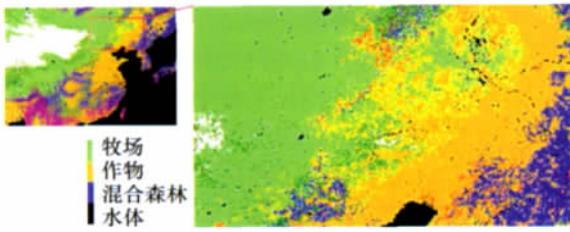


图1 研究区域对应下垫面的植被覆盖类型示意图

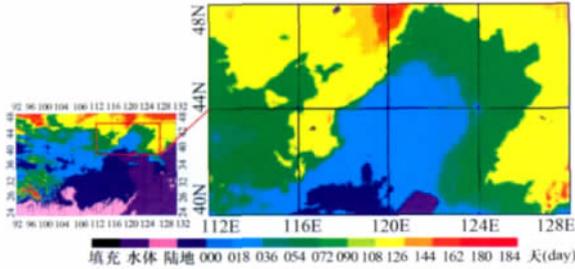


图2 多年冬季平均积雪日数示意图

3 数据来源与处理方法

3.1 数据来源

本研究主要使用了 AMSR-E 雪水当量产品、AMSR-E 全球积雪密度数据以及积雪深度和土壤湿度地面站点观测数据。

AMSR-E 雪水当量产品和全球积雪密度数据下载自 ftp 地址:

ftp://sidas.colorado.edu/pub/DATASETS/AMSR-E/ADAP/L3_Snow。雪水当量为逐日产品,采用 EASE-Grid 投影,空间分辨率为 25km,覆盖范围为全球,选取的产品时间跨度为 2005.01—2009.06。

积雪深度地面站点观测资料主要来源于 www.orbit.nesdis.noaa.gov 网站。站点覆盖全球,观测资料包括站点经纬度、积雪深度以及站点海拔高度

等信息。

土壤湿度资料源于研究区域内农气站的地面观测,数据下载自中国气象科学数据共享服务网 <http://cdc.cma.gov.cn/>。

3.2 数据筛选

为了便于将站点观测数据与 AMSR-E 积雪反演产品建立一对一的对比,在数据处理前需先对 AMSR-E 数据进行筛选。

首先将 n (由于每天的站点资料数有所不同,因此此处用 n 来代表全体站点资料) 个站点观测数据和 AMSR-E 产品做初步匹配,得到 $n \times 4$ 的数组,其中第一列和第二列为经纬度信息,第三列为站点积雪深度观测值,第四列为 AMSR-E 积雪深度反演值 (此处 AMSR-E 积雪产品已经过 SWE 到 SD 的转化,具体处理过程参见下文中的数据方法介绍)。

为了实现两种数据的有效对应,给出以下几个定义:无法判别数、漏测点数、误判点数,并将三者的总和与总站点数的比值定义为积雪判识误差率。当第四列的 AMSR-E 积雪深度出现 254 (水体) 和 255 (丢失) 时,假定 AMSR-E 对积雪无法识别;当第三列的站点积雪观测非零值而 AMSR-E 为零值时,假定 AMSR-E 观测出现漏测;当站点积雪观测为零值而 AMSR-E 产品为非零值时,假定 AMSR-E 资料出现了误判。现按以上 3 个假定进行统计,得到如表 1 所示的统计信息。本文给定这 3 个假定只是在所选择的地面站点观测数据条件下为了实现两种数据的有效匹配和对应而进行的处理,并不代表 AMSR-E 积雪产品本身有这样的定义。对于三者所呈现的误差信息可以代表在本文所研究的区域和时间内,以地面站点观测资料为真值背景下的 AMSR-E 积雪产品误差情况。

表 1 基于地面站点的 AMSR-E 产品积雪误判统计

年份	总站点 N	无法识别点 n_1	漏测点 n_2	误判点 n_3	汇总数 $n_1 + n_2 + n_3$ (比例 $\frac{n_1 + n_2 + n_3}{N}$)
2005 年	44570	6792	841	9888	17521(0.39)
2006 年	45157	6973	1299	9251	17523(0.39)
2007 年	31417	5344	777	6761	12882(0.41)
2008 年	41019	6723	1832	5583	14138(0.34)

由表 1 可见,2005 年~2008 年的 AMSR-E 积雪判识误差率相差不是很大,其中,2007 年最大为 0.41,2008 年最小为 0.34。可见,AMSR-E 积雪产品对积雪覆盖范围信息的监测比较稳定。

将 $n \times 4$ 的数组进行分站点数据提取,得到 AMSR-E 反演和站点观测 SD 时间序列数据,经过统计,得出各站点的 AMSR-E 积雪反演误差信息。图 3 为研究区域 2005 年~2008 年 (这里已将经度

在 124°E~128°E 之间的区域剔除掉,主要原因是这个区域的站点数很少,不具代表性)的误差信息分布图,图中圆圈愈大的点代表其误差也越大。从 2005 年~2008 年的积雪误差率信息图上可以看出,2007 年大值区比较多,这与上文统计的误差信息是一致的。因为不同站点对应着不同下垫面类型,图 3 表

明 AMSR-E 积雪产品在不同的下垫面条件下误差率分布情况。由图可知,4 年的误差率大值区都分布在牧场和作物过度地带,这和 AMSR-E 雪水当量产品反演算法有关:AMSR-E 反演积雪信息时加入了植被影响因子,但是在不同植被类型的过度地带,该因子准确性可能不高。

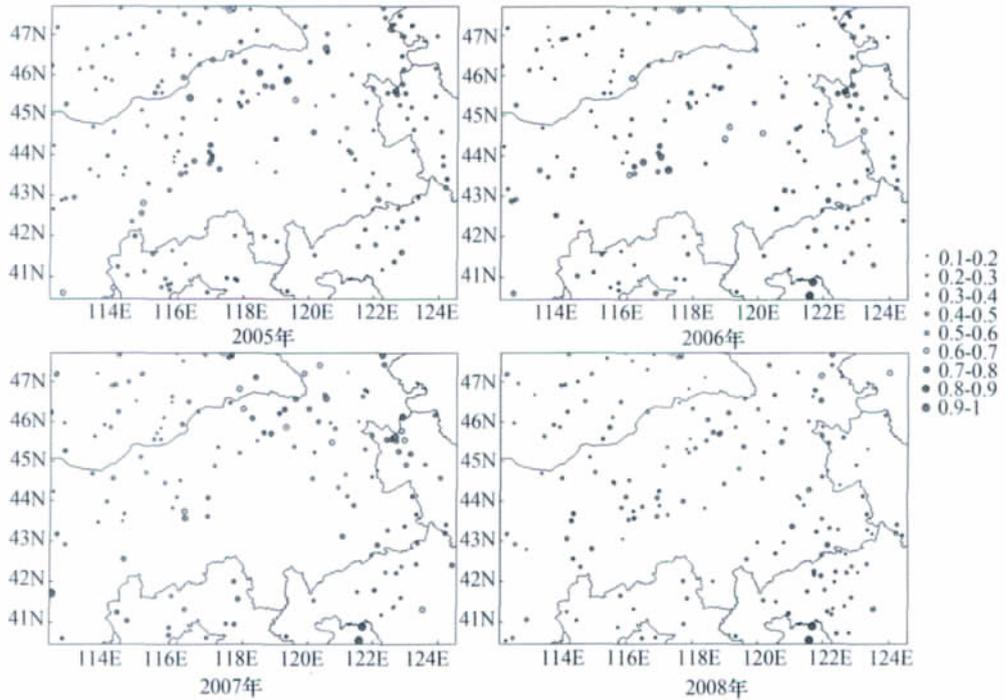


图 3 2005 年~2008 年 AMSR-E 积雪深度误差信息分布图

3.3 数据处理方法

为了使地面观测数据与 AMSR-E 积雪产品进行有效的比较对应,需先对获取的数据进行前期处理,具体的处理方式分为如下 5 步:

①参数转化。为了便于将 AMSR-E 积雪产品和站点观测数据进行比较,需将 AMSR-E 的 SWE 产品转化为 SD 产品,使用上文中的公式(2)进行处理。

②数据剔除。按照上文数据筛选的结论,将误差大值区的资料剔除掉。因为经度在 124°E~128°E 区域内的站点资料较少,不能很好地代表地面大片积雪真实情况;另外本文主要研究的是牧场和作物植被类型,而这些区域以森林植被为主,与本文的研究无关。

③时间统计。经过剔除处理得到 2005 年~2008 年 4 年每天多个站点的 AMSR-E 反演和站点观测积雪深度匹配数据;再分别对每天所有站点的积雪深度做平均处理,得到 AMSR-E 反演和站点观测日平均积雪深度时间序列数据。

④站点统计。将 2005 年~2008 年 4 年每天多个站点的 AMSR-E 反演和站点观测积雪深度匹配数据按站点进行提取,并将每个站点对应的所有天的积雪深度进行平均处理,得到每个站点的 AMSR-E 反演和站点观测积雪深度数据。

⑤抽点分析。选取研究区域内的 3 个站点: I (44.7°N, 116.10°E), II (42.30°N, 118.96°E), III (45.27°N, 120.26°E)。提取这 3 个站点的土壤湿度地面观测值,并与站点对应的 AMSR-E 反演和地面观测积雪深度进行匹配分析。

4 结果与分析

使用站点观测资料对 AMSR-E 积雪反演产品进行验证有直接和间接验证两种方式。

4.1 直接验证: AMSR-E 反演产品和站点观测数据比较

图 4 为 2005 年冬季到 2008 年春季的 AMSR-E 反演与地面站点观测 SD 值时间序列对比图。由图可见,3 个时间段内(每年冬季至次年春季)都表现

为站点测值大于卫星反演值。这可能主要由卫星反演产品的空间分辨率较粗和地面观测代表性不强等因素所致。每个 AMSR-E 反演值代表的是 25km×25km 像元内积雪深度平均值,而事实上积雪在像元内的分布并不均匀,有些区域会高于此值,有些区域会低于此值。研究区内的地势有一定起伏,风吹雪会导致地势高的积雪往地势低的区域堆积。同时,一般情况下观测站点主要选择在地势相对低平处,这里积雪堆积相对明显一些。因此,以地面点观测得到的积雪深度来衡量以面观测的 AMSR-E 积雪深度反演值,理论上就存在一定差距,即前者会高于后者。在实际对比中,除 2006 年~2007 年时段内卫星反演和站点观测吻合相对略好外,其他两个时段差异明显,特别是当地面积雪深度比较高时,AMSR-E 反演值低得更为显著。

时段的数据进行图形显示,分别见图 6~图 8,图中,横坐标的数字代表意义同图 4。将数据进行跨年分析(冬季至次年春季)的好处在于,积雪深度连续性较好,更易反映雪季内积雪深度的时间变化特征。比较图 6~图 8 的左半部分可以看出,随着积雪日数和地面积雪深度的不断增加,AMSR-E 积雪深度反演值和地面站点观测值的差距也不断加大。分析其原因,一方面因为积雪季初期的积雪多为新雪,而微波对于新雪的特性反映比较好,而随着积雪深度的不断增加,积雪的特性会产生变化,从而使得 AMSR-E 无法很好地反映积雪状况,使得两者的差距加大。造成积雪特性变化的主要原因是新旧雪混合、积雪融化再结冰、以及出现风吹雪现象使积雪和干旱半干旱区的沙土混合而造成积雪含水量、雪粒大小以及积雪层状结构的变化^[16]。其中,雪中含水量是影响被动微波遥感估计雪水当量精度的最大因素^[17],对于含水量超过 1% 的积雪,19GHz 的微波发射率透过深度减小 10cm,对于 37GHz 穿透能力则更小^[18]。大部分积雪深度微波反演业务产品使用“静态”方法(如 Chang 算法和 SPD 算法等),即算法中采用的积雪密度和雪粒径在时间和空间上都保持恒定,而现实中积雪密度和粒径的时空变化很大,

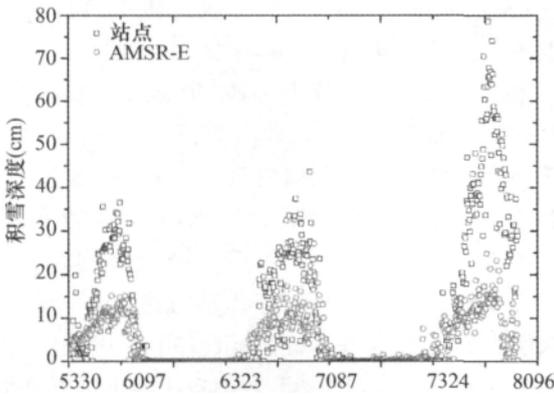


图 4 AMSR-E 反演与地面站点观测 SD 值时间序列对比图(图中横坐标的 5330 表示 2005 年的第 330 天,下图中时间的表述亦如此)

图 5 为数据处理第 4 步得到的多个站点 AMSR-E 反演和站点观测积雪深度年平均值(仅非零值参与平均)散点对比图。图中,横坐标为站点观测积雪深度,纵坐标为 AMSR-E 反演积雪深度。2005 年~2008 年每年的站点样本数分别为 77、46、76 和 89。由图 5 可见,2005 年~2008 年积雪深度 AMSR-E 反演值与站点观测值的相关性都不是很好,相关系数分别为 0.26、0.30、0.41、0.20。总体来看,站点观测值要远远大于 AMSR-E 反演值,原因如上文所述。与其他 3 年相比,2007 年 AMSR-E 反演值和站点观测值匹配最好,这与图 4 结果一致。

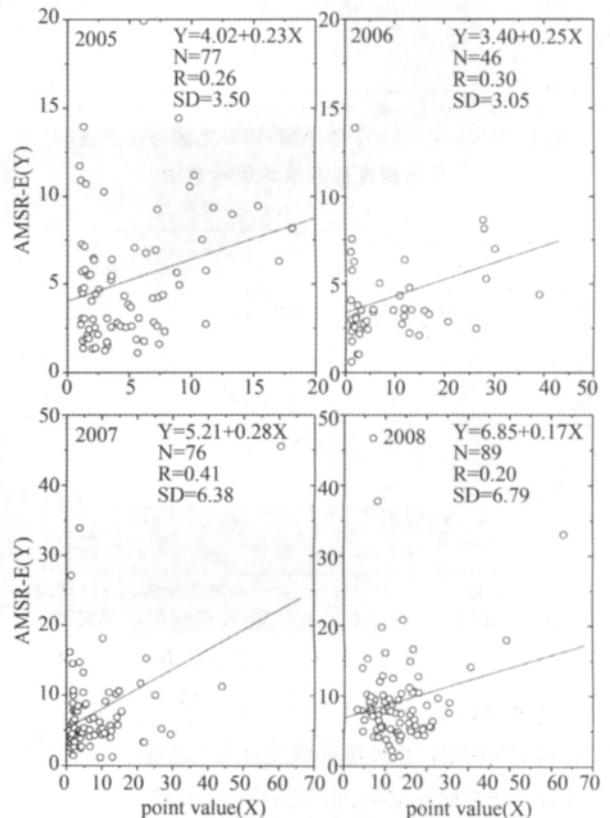


图 5 2005 年~2008 年积雪深度站点观测值和 AMSR-E 反演值散点图

将 2005 年~2008 年所有站点的 AMSR-E 反演和站点观测积雪深度值在时间上做平均处理,得到积雪深度时间序列样本。分别取 2005 年~2006 年、2006 年~2007 年、2007 年~2008 年冬季至春季

随着积雪参数的变化,积雪反演结果的误差也随之增加。另外由上文所述的站点位置因素所造成的积雪深度低估现象,随着陆地积雪的增加,低估程度会更加明显。

从 AMSR-E 反演值和站点观测值所有时间上的平均值线可以看出,在 3 个时间段内,两者差值在 2007 年~2008 年段最大,其余两个时间段的差值比较一致,3 个时间段的差值分别为 7.38cm、6.87cm、22.07cm。由 3 个时间段的观测站点平均值可见,2007 年~2008 年段的地面积雪深度是最大的,这也说明了当地面积雪深度较大时,以地面观测值来检验 AMSR-E 反演值会有更大的不确定性。

4.2 间接验证: AMSR-E 反演积雪深度与土壤湿度站点观测资料之间关系

雪季末(融化季)的地面积雪对短期内土壤湿度的影响是直接的,不同年份相同时期的积雪越深越多,土壤湿度值也就越大。同时积雪的消融是一个缓慢的过程,在积雪融化的整个过程中,融化期越长土壤湿度的高值维持时间也会越长。鉴于这样的原因,引入土壤湿度数据,反推积雪深度值,可间接验证卫星反演的准确性。

本文选取了 I(44.7°N, 116.10°E)、II(42.30°N, 118.96°E)、III(45.27°N, 120.26°E)3 个站点,所用土壤湿度资料来自于我国农气站,数据的类型为每月的第 8d、18d、28d 土壤湿度数据,其中 I 和 III 站点的下垫面为牧场,而 II 站点的下垫面是作物。

为了确定积雪深度对于土壤湿度的影响状况,提取所选站点积雪消失日前 5d、10d、15d 的积雪深度均值和积雪消失日后 8d、18d、28d 的土壤湿度值。表 2 为 2006 年~2008 年积雪消失日前 5d、10d、15d 积雪深度平均值与消失日后土壤湿度关系。在积雪融化期,当积雪深度出现零值时即定义为积雪消失日。从表中可以看出,站点前期的积雪深度越大,后期的土壤湿度值也越大;从 5d、10d、15d 的积雪深度平均值对土壤湿度的影响可以看出,5d 的积雪平均值即可反映出土壤湿度的变化;比较 I 和 III 站点也可看出,在不同地点,积雪深度值越大,土壤湿度也就越大,而 II 站点却不满足这样的变化,主要是因为 II 站点的下垫面植被状况与其余两个站点不同的缘故。这说明了下垫面不同的植被类型对于积雪和土壤湿度的影响也是直接和明显的。图 9 显示了这 3 个站点积雪深度与对应土壤湿度之间的相互关系,土壤湿度随着积雪深度的增加而增加,但 II 站点与 I、III 站点的变化很不一致,由图可以看出,当积雪深度比较小时 II 站点的土壤湿度值仍会比较大,这主要与植被类型有关,II 站点下垫面为作物,所以土壤湿度相对较大。

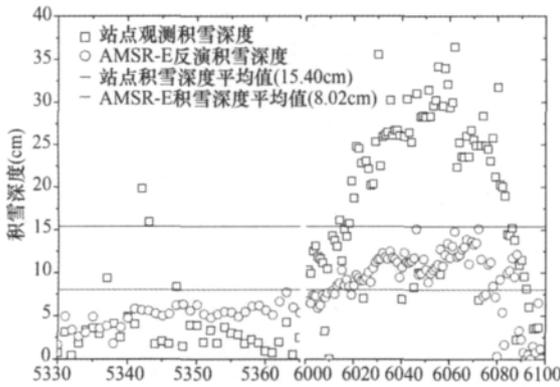


图 6 2005 年~2006 年 AMSR-E 反演与站点观测积雪深度值及平均值示意图

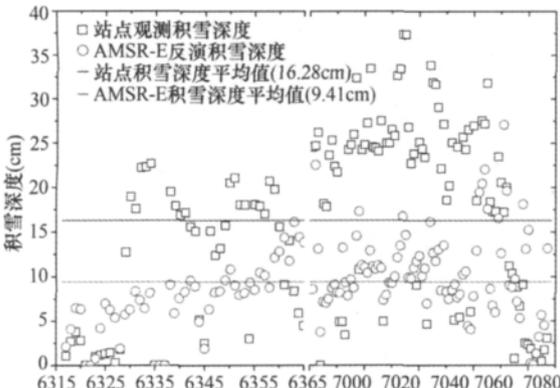


图 7 2006 年~2007 年 AMSR-E 反演与站点观测积雪深度值及平均值示意图

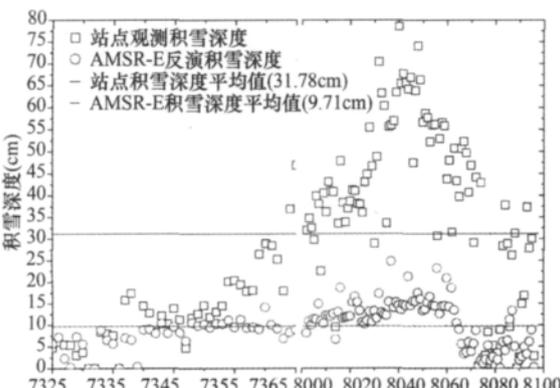


图 8 2007 年~2008 年 AMSR-E 反演与站点观测积雪深度值及平均值示意图

由图 6~图 8 可见,AMSR-E 反演的积雪深度比较稳定,在时间上的变化起伏不是很大,主要原因可能是所做的平均处理使得 AMSR-E 积雪深度整体区域平整,从而降低了 AMSR-E 积雪深度反演

表 2 2006 年~2008 年积雪消失日前积雪深度平均值与消失日后土壤湿度的关系

年份 \ 站点	Days(d)	I (44.7°N 116.10°E)		II (42.30°N 118.96°E)		III (45.27°N 120.26°E)	
		SD(cm)	SM(%)	SD(cm)	SM(%)	SD(cm)	SM(%)
2006	A	7.4	43	4.2	58	5.4	39
	B	8.7	43	3.9	48	6.1	4
	C	8.6	45	4.2	45	6.3	37
2007	A	7.6	39	4.6	54	5.2	25
	B	6.6	40	4.0	55	5.6	30
	C	6.4	****	4.6	53	5.6	29
2008	A	4.8	28	3.8	45	4.0	22
	B	5.5	29	4.5	60	4.4	28
	C	6.0	26	4.9	54	4.8	27

注:表中 A、B、C 分别代表了 SD 的 5d、10d、15d 的平均值,同时代表 SM 的第 8 天、18 天、28 天的观测数据,**** 表示该时次缺测。

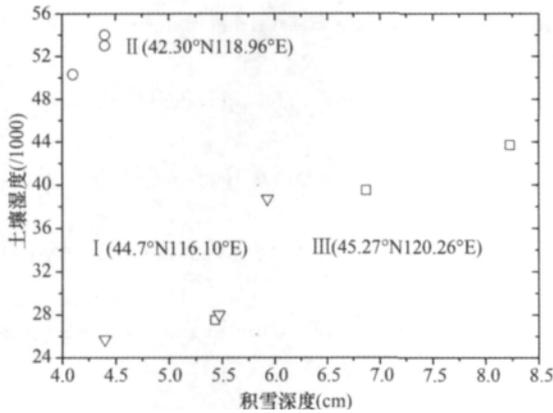


图 9 I、II、III 站点积雪深度与土壤湿度关系图

5 结束语

本文主要用积雪深度地面站点观测资料对 2005 年~2008 年的 AMSR-E 积雪产品进行了多角度验证,主要目的是对 AMSR-E 积雪深度产品的准确性进行评价分析,另外还用到了地面观测土壤湿度对 AMSR-E 积雪深度产品进行关系比较,以此间接验证积雪产品可靠性。主要的结论如下:

① AMSR-E 反演的积雪深度与站点观测值在时间上的变化趋势比较一致,能够反映长时间序列条件下的积雪信息变化,对于气候研究有益;

② AMSR-E 反演值和地面观测值的相关性并不是很好,2005 年~2008 年 4 年间,两者趋势线的相关值分别为 0.26、0.30、0.41、0.20,其中 2008 年地面积雪深度较大,两者的相关性最差;

③ AMSR-E 在单点积雪深度估算上还存在比较大的问题,反演值和地面站点观测相比有很大

的出入。AMSR-E 反演值会低估地面的积雪深度状况,2005 年~2006 年、2006 年~2007 年、2007 年~2008 年 3 个雪季,地面站点观测值和 AMSR-E 反演值的平均值差分别为 7.38m、6.87cm 和 22.07cm;

④ AMSR-E 反演产品在地面积雪相对较小的时候能够比较好地反映积雪深度,而当地面积雪深度相对较大时,对于积雪特性不能有很好的响应;

⑤ AMSR-E 反演的积雪深度和站点土壤湿度的相互关系在一定程度上反映了 AMSR-E 积雪产品的可靠性,当积雪消失日前期的积雪深度较大时,对应的后期土壤湿度也较大,反之亦然。

本文在做 AMSR-E 积雪产品精度评价及其问题初析过程中,可能存在如下缺陷,有待进一步研究解决:

① 所选取的地面观测资料来自于美国收集的全球部分站点积雪深度观测资料,这套数据本身没有给出准确性评价,站点资料的不确定性对于 AMSR-E 积雪产品验证必然有影响,所以后续验证工作可以选用多套站点实测积雪深度数据对 AMSR-E 积雪产品进行验证;

② 本文只从积雪深度时间和空间平均值角度对 AMSR-E 积雪深度产品进行验证,没有开展单时次、单站点资料和 AMSR-E 像元级反演值之间的比对分析,主要是因为还没有收集到精度高、质量好、时间连续和稳定的地面站点观测资料;

③ 下垫面的植被类型对于 AMSR-E 积雪产品反演影响明显,本文主要选择下垫面比较均一的区

域作为研究背景,对于 AMSR-E 积雪产品的整体认知相对容易。后续的验证工作可以对不同下垫面的 AMSR-E 积雪产品进行单独验证,以对 AMSR-E 积雪产品进行更全面的评价;

④在间接验证方面,本文选择了地面站点的土

壤湿度资料进行了一些尝试性的分析,后续工作中可以选择其他卫星的积雪深度产品与 AMSR-E 积雪产品进行面对面的交叉验证,也可以选择其他卫星的土壤湿度产品对 AMSR-E 积雪产品进行间接分析验证。

参考文献

- [1] 梁天刚,吴彩霞,陈全功,等. 北疆牧区积雪图像分类与雪深反演模型的研究[J]. 冰川冻土,2004,26(2):160-165.
- [2] 许鹏,阿里木江,王博,等. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993.
- [3] 张洪恩,郭华东. 青藏高原中分辨率亚像元雪填图算法研究[D]. 中国科学院研究生院,2004.
- [4] 蒋玲梅,施建成,张立新. 积雪辐射模型验证[J]. 遥感学报,2006,10(4).
- [5] 蒋玲梅. 被动微波雪水当量研究[D]. 北京师范大学,2005.
- [6] 李新,车涛. 积雪被动微波遥感研究进展[J]. 冰川冻土,2007,29(3).
- [7] 梅安新,彭望球,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001:72-75.
- [8] Goodison B, Walker A. Canadian Development and use of snow cover information from passive microwave satellite data [A]//Choudhury B, Kerr Y, Njoku E, et al. Passive Microwave Remote Sensing of Land-Atmosphere Interactions[M]. 1995:245-262.
- [9] Chang A T C, Foster J L, Hall D K, et al. Snow parameters derived from microwave measurements during the BOREAS winter field campaign[J]. J. Geophys. Res., 1997,102(D24):29663-29671.
- [10] Go ta K, Walker A E, Goodison B E. Algorithm development for the estimation of snow water equivalent in the boreal forest using passivemicrowave data[J]. Int. J. Remote Sens., 2003(24):1097-1102.
- [11] Singh R, Gan T Y. Retrieval of snow water equivalent using passive microwave brightness temperature data[J]. Remote Sens. Environ., 2000(74):275-286.
- [12] Hallikainen M T, Jolma P A. Comparison of algorithms for retrieval of snow water equivalent from Nimbus-7 SSMR data in Finland[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 1992(30):124-131.
- [13] J. T. Pulliainen, J. Grandell, M. T. Hallikainen. HUT snow emission model and its applicability to snow water equivalent retrieval[J]. IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing, 1999, 37(3):1378-1390.
- [14] 延昊. 利用 MODIS 和 AMSR2E 进行积雪制图的比较分析[J]. 冰川冻土, 2005, 27(4).
- [15] 毛克彪, 覃志豪, 李满春, 徐斌. AMSR 被动微波数据介绍及主要运用领域分析[J], 遥感信息, 2005(3):63-65.
- [16] Matzler C. Passive microwave signatures of landscapes in winter[J]. Meteorology Atmosphere Physical, 1994(54):2412-60.
- [17] 车涛, 李新. 被动微波遥感估算雪水当量研究进展与展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(2).
- [18] Ulaby F T, Moore R K, Fung A K. Microwave Remote Sensing: Active and Passive (Vol. III) [M]. London: Artech House Publishers Inc, 1984:1612.

2011 成像光谱对地观测高级学术研讨会在京召开

2011年12月1-2日,2011成像光谱对地观测高级学术研讨会在北京召开。此次研讨会分三个议题进行,成像光谱对地观测发展回顾与最新进展,光谱成像技术与成像光谱仪,成像光谱数据处理与应用。中国科学院童庆禧院士作了《对高光谱遥感发展的一些认识》的报告。在高光谱领域具有重要影响的美国著名专家 Dr. Alexander F. H. Goetz 作了《成像光谱定量遥感技术进展》和《成像光谱技术的发展历程及技术特点》的专题报告,报告从地物光谱产生机理、研究进展和技术应用等方面对成像光谱技术进行了全面的总结。相里斌研究员、何志平研究员、颜昌翔研究员、张立福副研究员、魏志奇先生围绕光谱成像技术与成像光谱仪议题分别作了题为《光谱成像技术》、《成像光谱技术在深空探测中的应用》、《TG-1 成像光谱仪》、《地面成像光谱仪》和《Headwall 成像光谱仪介绍》的报告。张兵研究员、王润生教授、李云梅教授、陈良富研究员、刘良云研究员围绕成像光谱数据处理与应用分别作了题为《成像光谱图像分类与目标探测》、《成像光谱技术在矿产资源探测中的应用》、《成像光谱内陆地水体水色遥感进展》、《成像光谱在大气环境探测中的应用》和《成像光谱农业定量遥感》的报告。

转自 www.ceode.cas.cn