



文献 DOI:

10.11922/csdata.2018.0064.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.660

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2018-10-09

开放同评: 2018-11-01

录用日期: 2019-02-13

发表日期: 2019-03-29

高亚洲地区被动微波遥感雪水当量数据集

邱玉宝^{1*}, 卢洁羽^{1,2}, 石利娟¹, 解鹏飞¹, 梁雯珊¹, 王星星¹

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 数字地球重点实验室, 北京 100094

2. 湖南科技大学, 湖南湘潭 411201

摘要: 高亚洲是以青藏高原为主的亚洲高海拔地区, 是中低纬度积雪的重要分布区, 其积雪的动态变化对该区域水和能量循环、气候及环境变化具有重要的影响。全球广泛使用的积雪雪水当量 (SWE) 产品 (如 ESA GlobSnow) 在高亚洲地区出现数据空缺情况, 部分全球算法 (如 NASA SWE 产品) 则在高亚洲地区具有普遍高估的现象。本数据以 AMSR-E 亮温数据为输入基础, 利用 NASA 积雪算法及针对不同下垫面的青藏高原改进算法分别生产了 1 套高亚洲地区和 1 套青藏高原地区 2002–2011 年 AMSR-E 雪水当量数据集, 其中青藏高原改进算法采用地面气象台站实测雪深进行了验证和评估, 结果表明青藏高原改进算法产品精度具有提升。此外, 本研究还结合 MODIS 逐日无云积雪面积产品和 NASA 积雪算法的 SWE 产品, 获得高亚洲地区 2003–2011 年微波和光学雪水当量综合数据集 1 套。此 3 套雪水当量产品数据集可为高亚洲区域气候变化、水、能量平衡、环境变化和水资源利用等科学研究提供基础数据支持。

关键词: 雪水当量; 高亚洲; 被动微波; 综合产品

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	高亚洲地区被动微波遥感雪水当量数据集
数据作者	邱玉宝、卢洁羽、石利娟、解鹏飞、梁雯珊、王星星
数据通信作者	邱玉宝 (qiuyb@radi.ac.cn)
数据时间范围	本SWE数据集包括以下3种产品: (1) 基于NASA算法的SWE产品, 文中简称为NASA-HMA-SWE产品, 时间范围为2002年6月至2011年9月; (2) 基于RADI算法的SWE产品, 文中简称为RADI-QTP-SWE产品, 时间范围为2003年1月至2011年10月; (3) 基于MODIS和AMSR-E综合雪水当量产品, 文中简称为Blended-HMA-SWE产品, 时间范围为2003年1月至2011年10月。
地理区域	高亚洲是亚洲中部以青藏高原为中心的高海拔区域, 地理范围为北纬25°–45°, 东经67°–107°, 发布的SWE数据产品包括3种, 其范围如下: (1) NASA-HMA-SWE产品: 北纬25°–45°, 东经67°–107°; (2) RADI-QTP-SWE产品: 北纬26°–40°, 东经73.45°–104.6°; (3) Blended-HMA-SWE产品: 北纬25°–45°, 东经67°–107°。

* 论文通信作者

邱玉宝: qiuyb@radi.ac.cn

空间分辨率	(1) NASA-HMA-SWE产品：0.25°等经纬度格点； (2) RADl-QTP-SWE产品：0.25°等经纬度格点； (3) Blended-HMA-SWE产品：500 m。
时间分辨率	(1) NASA-HMA-SWE产品：每日、每五日、每月 (2) RADl-QTP-SWE产品：每日、每五日、每月 (3) Blended-HMA-SWE产品：每日
数据量	20.29 GB
数据格式	(1) NASA-HMA-SWE产品数据格式：*.bin, *.png (2) RADl-QTP-SWE产品数据格式：*.bin, *.tif, *.hdf, *.png, *.qa, *.met (3) Blended-HMA-SWE产品数据格式：*.bld, *.jpg
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/660
基金项目	公益性行业（气象）科研专项（GYHY201206040），国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”重点专项（2017YFE0111700），中国科学院国际合作局对外合作重点项目（131211KYSB20170041），国家自然科学基金（41371351）。
数据库（集）组成	数据集由3个压缩包组成，文件以产品名及其覆盖时间范围命名： (1) NASA-HMA-SWE_2002-2011.zip是NASA-HMA-SWE产品数据，数据量约189 MB； (2) RADl-QTP-SWE_2003-2011.zip是RADl-QTP-SWE产品数据，数据量约116 MB； (3) Blended-HMA-SWE_2003-2011.zip是Blended-HMA-SWE产品数据，数据量约19.99 GB。

引言

雪水当量是全球气候变化的敏感要素之一，是陆表水文、能量模型及气候模式中的重要参数^[1]。在常规地面气象台站观测中通常是直接测量雪深，要获得雪水当量值，则需要通过实测的积雪深度和积雪密度求得。遥感弥补了高亚洲地区传统积雪实测方法中站点少的不足，可以提供持续长时间、大范围积雪监测数据。光学传感器可进行积雪面积、积雪反射率等的监测，但是不能有效地估算积雪深度、雪水当量等参数^[2]，而被动微波遥感在积雪雪水当量的估算中可以实现大范围高时间分辨率的监测和估算，是对可见光遥感监测的重要补充。

高亚洲地区北半球中纬度海拔最高、积雪覆盖最大的地区，素有雪域高原之称，特别是青藏高原是我国的大江大河的发源地，冰雪融水是这些河流的主要补给源。由于其地处中纬度、平均海拔高、面积大（占我国总面积的四分之一）、地形地貌复杂，使得该地区具有非常独特的气候单元，影响着其周边区域的气候。高精度的高亚洲陆地季节性积雪信息的获取对于气候变化的评价和预测具有重要的意义。

目前世界上已有很多科研和气象业务部门，均开展积雪反演算法研究，具有业务化数据产品提供能力，如在美国 NOAA IMS 雪冰服务、雪冰数据中心（NSIDC）^[3-4]，欧空局 ESA GlobSnow-2^[5]、GMES（全球安全和环境观测计划）雪冰服务、EUMESAT（欧洲气象中心）的 H-SAF 等，国内科学家也发布了几套专门针对我国的积雪雪水当量产品^[6-9]，如西部数据中心发布的一套中国范围的 SSM/I 中国雪深长时间序列数据集^[10]等。目前版本相对比较老，最近几年的数据产品未有更新。国际积雪产品在我国的山区和西部地区因缺少地面数据而疏于算法的校正开发，如 NASA 的积雪雪水当量产品在高亚洲地区高估严重，而 GlobSnow 产品在高亚洲地区不做估算等问题。

由于高亚洲地区的地形复杂，积雪覆盖分布不均且日变化快^[11]，雪水当量算法的研发存在着缺少地面观测和专有模型，数据产品的大部分为全球产品的子集的缺陷。本数据集采用青藏高原地区不同下垫面算法重新计算了青藏高原地区的雪水当量产品（为 RADI 算法）。此外，还综合考虑了光学和微波遥感的各自优势，利用 MODIS 数据判别积雪，综合 AMSR-E 的 SWE 数据产品，形成了一套高时空分辨率的积雪综合产品数据集。

本数据集一共包括 3 种雪水当量产品：一是 NASA AMSR-E 的雪水当量（SWE）在高亚洲地区的重新计算产品，即 NASA-HMA-SWE 产品；二是青藏高原地区 RADI 算法的雪水当量（SWE）产品，即 RADI-QTP-SWE 产品；三是高亚洲地区光学和被动微波综合雪水当量产品，即 Blended-HMA-SWE 产品。

1 数据采集和处理方法

1.1 输入数据

NASA-HMA-SWE 产品和 Blended-HMA-SWE 产品的范围为高亚洲地区，高亚洲是亚洲中部以青藏高原为中心的高海拔区域，地理范围为 25°N–45°N，67°E–107°E（图 1）。RADI-QTP-SWE 产品范围为青藏高原，地理范围为 26°N–40°N，73.45°E–104.6°E。

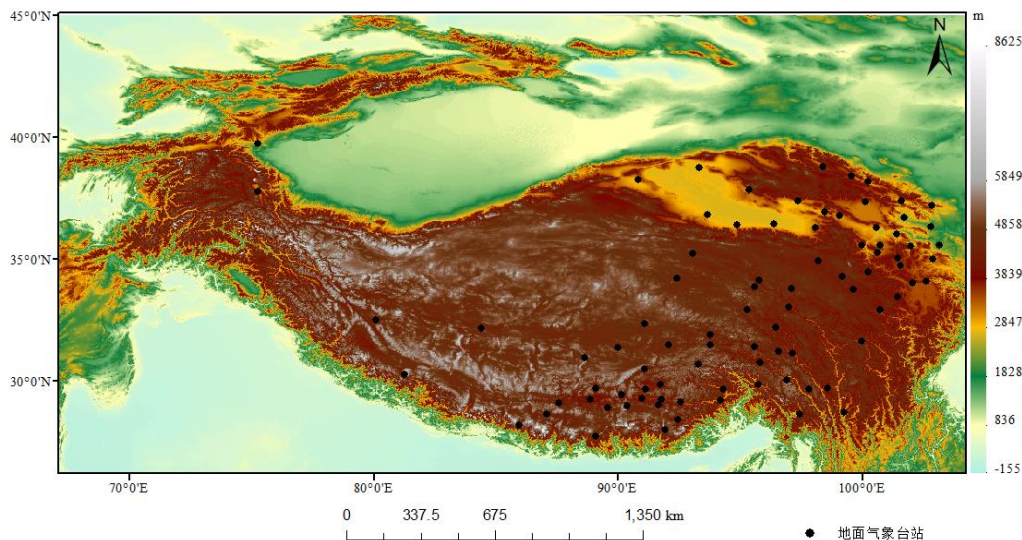


图 1 高亚洲研究区域范围

1.1.1 NASA-HMA-SWE 和 RADI-QTP-SWE 产品输入数据

NASA 算法和 RADI 算法都用了 AMSR-E L2A 亮温数据，AMSR-E L2A 亮温数据来自美国雪冰数据中心 NSIDC (<http://nsidc.org/>)，使用的亮温数据包含 10.65 GHz、18.7 GHz、36.5 GHz 和 89.0 GHz 4 个频率的水平和垂直极化共 8 个通道的轨道数据。

NASA 算法使用的辅助数据包括：森林覆盖度数据（The 1/120th degree (1 km) MODIS/Terra

Land Cover Type 96-Day L3 Global (MOD12Q1)、森林密度数据(The 1/120th degree 500 m MODIS Vegetation Continuous Fields)、积雪判识数据(基于 MOD12Q1 的 The possibility of snow mask and the land/ocean/ice mask 数据文件)、地面高程数据(GTOPO30)和积雪密度分布数据。

RADI 算法使用的辅助数据包括:地面实测数据、四种地物覆盖度权重系数辅助数据、水体覆盖度,地物标记和提取地物覆盖度数据、积雪判识数据(基于 MOD12Q1 的 The possibility of snow mask and the land/ocean/ice mask 数据文件)和积雪密度分布数据。

其中 RADI 算法考虑到青藏高原具体地表特征及国内外主流的土地覆盖划分类别,使用每年的 MODIS 土地覆盖类型数据(IGBP, 其空间分辨率为 500 m),将青藏高原下垫面类型进行重新分类,分为水体、森林、灌木、草原、裸地和其他共 6 类。重分类后的青藏高原下垫面分类具有明显的过渡性(图 2)。高原的东南边缘部分为森林覆盖区,其西北方向为大片草原区;高原的西北部为大片裸地;在裸地与草原交界的南部为灌木区;高原上零星分布有水体。

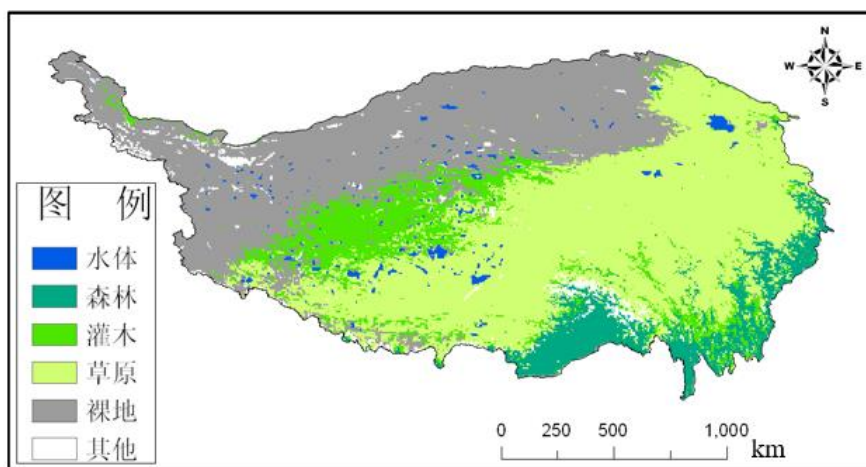


图 2 青藏高原下垫面重分类图^[12]

1.1.2 Blended-HMA-SWE 输入数据

采用已发布的 2002–2018 年青藏高原 MODIS 逐日无云积雪面积数据集^[13]和 NASA-HMA-SWE 产品作为输入。

其中 MODIS 逐日无云积雪面积产品是通过多个云判别步骤得到的。对 NASA 的 AMSR-E SWE 产品进行重采样,使其空间分辨率和 MODIS 逐日无云积雪面积产品一致。综合这两种数据,以此获得既能反映雪水当量数值,又能表现较高空间分辨率的积雪面积的图像。

1.2 数据处理算法和计算系统

下面分别介绍 3 种数据产品的处理流程及批量生产 3 种数据产品的系统。

1.2.1 NASA-HMA-SWE 和 RADI-QTP-SWE 产品

(1) NASA-HMA-SWE 数据处理

NASA 算法的具体处理步骤分为以下几步:

第一步,利用 AMSR-E/Aqua L2A 全球轨道重采样亮温数据,以及辅助数据集,逐点对每一个采样点进行判识,对判识为可能是积雪的采样点进行计算,得到每一个采样点的雪深(SD)值。若采样点被判识为浅雪,则 SD 的值为 5.0 cm;若为中到厚雪,则利用如下计算公式:

$$SD = (ff \times (SD_f)) + ((1 - ff) \times SD_o) \quad (1)$$

其中, SD_f 为森林覆盖的采样点的雪深值, 单位为 cm; SD_o 为无森林覆盖的采样点的雪深值, 单位为 cm; ff 为森林覆盖度。

第二步, 将各采样点的 SD 值投影到 25 km EASE-Grid 网格单元中。投影时, 对多个采样点落入统一网格单元的 SD 值进行累加, 记录累加次数, 对网格单元中的 SD 值求平均值。

第三步, 利用求得的 SD 均值及雪密度文件, 计算每一个 25 km EASE-Grid 网格单元中的 SWE 值, 计算公式如下所示:

$$SWE(mm) = SD(cm) \times density(g/cm^3) \times 10.0 \quad (2)$$

最后得到空间分辨率为 25 km 的 NASA 算法的积雪雪水当量产品。同时对得到的 SWE 产品重采样, 使其空间分辨率与 MODIS 一致, 统一为 500 m, 便于后续进行 Blended 积雪产品的生产。

(2) RADI-QTP-SWE 数据处理

RADI 算法是以 AMSR-E L2A 亮温数据为基础, 结合相关辅助数据, 基于不同下垫面, 利用青藏高原改进的雪深、雪水当量反演算法得到青藏高原的日雪水当量产品, 五日雪水当量产品和月雪水当量产品。

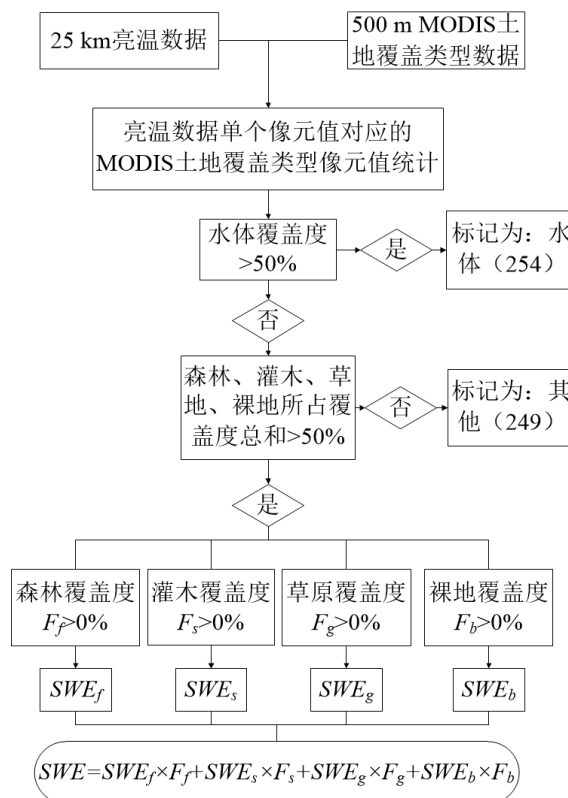


图 3 RADI 雪水当量算法流程图

算法将利用辅助数据中的积雪判识数据先对像元进行积雪初步判别, 剔除含干扰因子的部分, 即水体、不可能为积雪和冰川的像元。仅对判识为可能有积雪覆盖的像元进行下一步计算。计算流程如图 3 所示, 计算算法见表 1。

表 1 青藏高原各下垫面改进雪水当量算法说明^[12]

下垫面类型	雪水当量公式	雪深公式
森林	$SWE_f = SD_f \times \rho_s \times 10$	$SD_f = 0.023 \times t1036v \times (pol36)^2 + 1.5$
灌木	$SWE_s = SD_s \times \rho_s \times 10$	$SD_s = -0.32519 \times t1036v \times p1 + 9.16511$
草原	$SWE_g = SD_g \times \rho_s \times 10$	$SD_g = 0.161 \times t1937v + 0.0516 \times pol89 + 0.478$
裸地	$SWE_b = SD_b \times \rho_s \times 10$	$SD_b = 0.22 \times t1963v \times (p1)^2 + 0.425$
像元内总雪水当量	$SWE = F_f \times SWE_f + F_s \times SWE_s + F_g \times SWE_g + F_b \times SWE_b$	

表 1 中, SWE 为像元内总的雪水当量, 单位为 mm; F_f 、 F_s 、 F_g 、 F_b 分别代表森林、灌木、草原、裸地覆盖类型在像元内所占的百分比; SD_f 、 SD_s 、 SD_g 、 SD_b 分别表示森林、灌木、草原、裸地覆盖类型的雪深, 单位为 cm; ρ_s 为积雪密度, 单位为 g/cm^3 ; $t1036v=TB10V-TB36V$, 即垂直极化的 10 GHz 与 36 GHz 的差值, 也称为亮温梯度; $t1937v=TB19V-TB37V$, 即垂直极化的 19 GHz 与 37 GHz 的差值; $t1963v=TB19V-TB63V$, 即垂直极化的 19 GHz 与 63 GHz 的差值; $pol36$ 、 $pol89$ 为动态因子, 公式分别为 $pol36=t36v-t36h$; $pol89=t89v-t89h$, 分别表示 36 GHz 和 89 GHz 的极化差; $p1$ 为动态系数, 如式 (3)。

$$p1 = \frac{1}{\log_{10}(tb36v - tb36h)} \quad (3)$$

其中 $tb36v$ 为 36 GHz 垂直极化的亮度温度, $tb36h$ 为 36 GHz 水平极化的亮度温度。

(3) 青藏高原雪水当量被动微波遥感估算系统

NASA-HMA-SWE 产品和 RADI-QTP-SWE 产品均采用“青藏高原雪水当量被动微波遥感估算系统”开展计算^[14-15], 该系统是基于 Linux 平台的被动微波积雪雪水当量生产系统, 实现了利用 AMSR-E L2A 亮温数据批量高效生产每日、五日、月雪水当量产品。该系统不仅可实现积雪制图的批量生产, 而且可实现新算法产品的快速更新, 结合计算服务器可具备近实时业务化处理能力, 完成长时间序列的雪水当量制图工作, 便于用户预览和产品的快速发布以及后续的模式和各种应用, 该系统生产的产品可较好地满足高亚洲积雪监测的应用需求。

1.2.2 Blended-HMA-SWE 产品生产

Blended-HMA-SWE 产品采用 NASA-HMA-SWE (雪水当量) 数据和 MODIS 逐日无云积雪面积数据进行融合处理, 以此获得既能反映雪水当量数值, 又能表现较为精确的积雪覆盖面的图像。计算流程如图 4 所示。

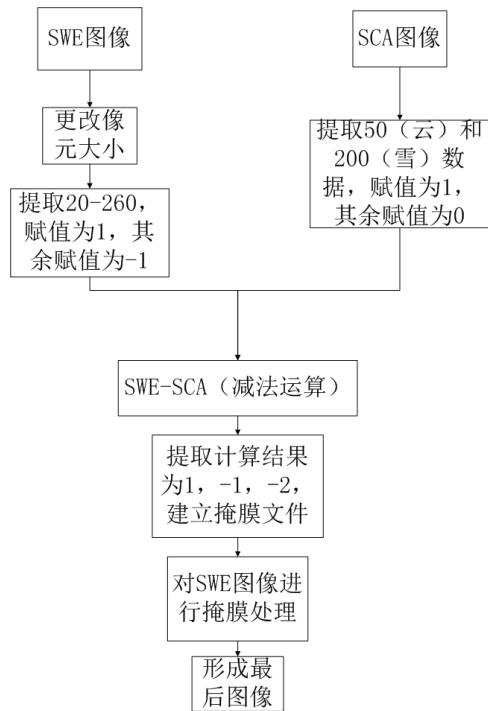


图 4 Blended-HMA-SWE 产品生产过程

具体步骤如下：第一步，统一两种数据的分辨率，对 AMSR-E SWE 数据重采样，使其空间分辨率与 MODIS 一致，都为 500 m。第二步，提取 AMSR-E SWE 数据数值为 0–240 的数据，赋值为 1，其余赋值为 0。第三步，提取 MODIS SCA 数据数值，若像素值为 200（雪），则重新赋值为 1，其余赋值为 0。第四步，用赋值之后的两个影像数据进行减法运算，SWE-SCA，各数字代表含义见表 2，运算结果：SWE(1)-SCA(1)=0；SWE(1)-SCA(0)=1；SWE(-1)-SCA(1)=-2；SWE(-1)-SCA(0)=-1。运算结果数字代表含义如表 2 所示。第五步，利用步骤 4 中得到的图像，在 SWE 数据（取 0–240 为有效值）上建立掩膜文件，最后得出的图像既有较精确的积雪覆盖区域面积，又有雪水当量数值数据。

表 2 运算结果数字代表含义

值	SWE	SCA
0	有 SWE 数据	有 SCA 数据
1	有 SWE 数据	没有 SCA 数据
-2	没有 SWE 数据	有 SCA 数据
-1	没有 SWE 数据	没有 SCA 数据

2 数据样本描述

2.1 产品命名规则

2.1.1 NASA-HMA-SWE 和 RADI-QTP-SWE 产品命名规则

NASA 生产的高亚洲地区雪水当量产品时间覆盖范围为 AMSR_E L2A 亮温数据全生命周期，时间从 2002 年到 2011 年，分为日产品、五日产品、月产品 3 种。RADI 生产的青藏高原地区雪水当量

产品，时间从 2003 年到 2011 年，分为日产品、五日产品、月产品 3 种。NASA-HMA-SWE 产品和 RADI-QTP-SWE 产品命名规范表如表 3 所示。

NASA-HMA-SWE 产品命名约定：

- (1) 日产品：HMA_RADI_AMSR_E_Aqu_01SWE01_yyyymmdd.bin；
- (2) 五日产品：HMA_RADI_AMSR_E_Aqu_05SWE01_yyyymmdd.bin；
- (3) 月产品：HMA_RADI_AMSR_E_Aqu_MOSWE01_yyyymm.bin。

RADI-QTP-SWE 产品命名约定：

- (1) 日产品：QTP_RADI_AMSR_E_Aqu_01SWE02_yyyymmdd.bin；
- (2) 五日产品：QTP_RADI_AMSR_E_Aqu_05SWE02_yyyymmdd.bin；
- (3) 月产品：QTP_RADI_AMSR_E_Aqu_MOSWE02_yyyymm.bin。

表 3 NASA-HMA-SWE 产品和 RADI-QTP-SWE 产品命名规范说明

变量	描述
HMA	高亚洲地区简称 (High Mountain Area)
QTP	青藏高原地区简称 (Qinghai-Tibet Plateau)
RADI	中国科学院遥感与数字地球研究所简称
AMSR_E	传感器名称 AMSR_E
Aqu	卫星平台 Aqua
01	日产品
05	五日产品
MO	月产品
SWE01	AMSR-E NASA SWE 算法
SWE02	AMSR-E RADI SWE 算法
yyyy	年
mm	月
dd	天

说明：日产品命名时，由处理亮温数据的日期决定日产品名称中的日期信息；五日产品命名时，由所处理的日产品中日期最靠前的日产品的日期决定五日产品名称中的日期信息；月产品命名时，由所处理的日产品所在月份决定月产品名称中的日期信息。

2.1.2 Blended-HMA-SWE 产品命名规则

经处理得到每日微波和光学 Blended 积雪产品，产品命名为：Blend_HMA_yyyydoy_MOD-AMSR.bld，具体命名规则见表 4。

表 4 Blended 产品命名规范说明

变量	描述
Blend	Blend 产品
HMA	高亚洲地区简称 (High Mountain Area)

变量	描述
yyyy	年
doy	day of year 简称
MOD	MODIS 去云积雪面积产品
AMSR	AMSR_E 雪水当量产品

2.2 分类描述（数值描述）

计算出来的雪水当量数据集中像素点的可能取值有 6 种，其对应的描述见表 5。

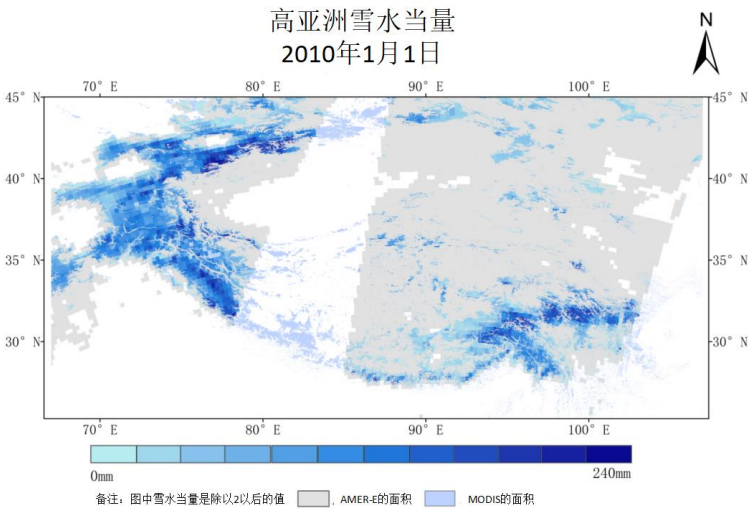
表 5 雪水当量数据集中数据取值分布

雪水当量数据集中像素点取值	描述
0–240	有效雪水当量缩小一倍的值，单位毫米
247	此点被扫描时卫星姿态错误时标记为此值
252	此点所处位置为不可能降雪区时标记为此值
253	此点所处位置为冰盖区时标记为此值
254	此点所处位置为水体区时标记为此值
255	此点处于卫星观测轨道间隙时，造成的数据缺失时，标记为此值

2.3 部分数据样本示例

使用上述青藏高原雪水当量被动微波遥感估算系统批量自动生产出 NASA-SWE 和 RADISWE 日产品、五日产品、月产品。

经过 Blend 算法得到 Blended-HMA-SWE 积雪产品，示例如图 5 所示。灰色区域表示 NASA-HMA-SWE 产品数据范围，蓝色区域表示 MODIS 逐日无云积雪面积数据范围，白色部分表示没有积雪覆盖的地区。



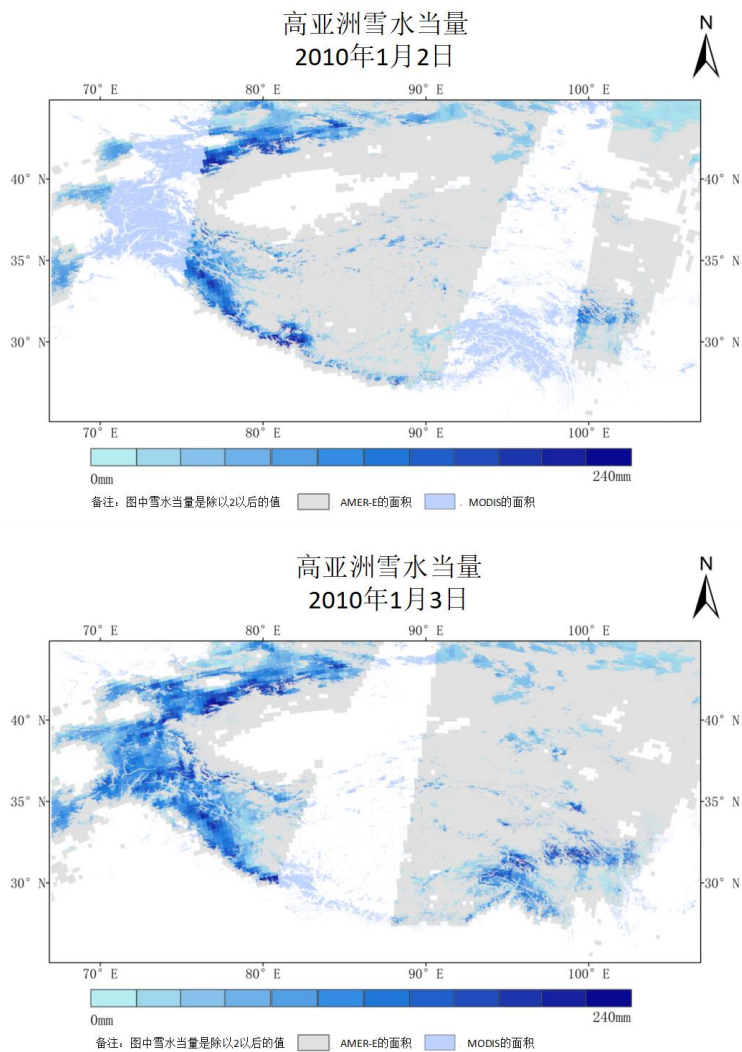


图5 2010年1月1日至1月3日 Blended 雪水当量每日产品示例图

3 数据质量控制和评估

3.1 RADI-QTP-SWE 产品与地面实测数据对比验证

所用的地面实测数据来源于气象站台实测记录，地面实测数据记录中的记录内容包括省名、观测站点号、经纬度及实测雪深（单位：cm）。87个地面气象站积雪观测数据将用来验证青藏高原积雪改进算法的精度。如图1所示，黑色圆点为RADI-QTP-SWE产品地面气象站验证点位置。

对2009年12月至2010年3月共计4个月的地面实测雪深数据进行统计，生成实测数据直方图（图6）。从图中可以明显看到，研究区的站台记录中，雪深基本小于10 cm。研究区为典型的浅雪覆盖区，近二分之一区域的雪深仅为1 cm。

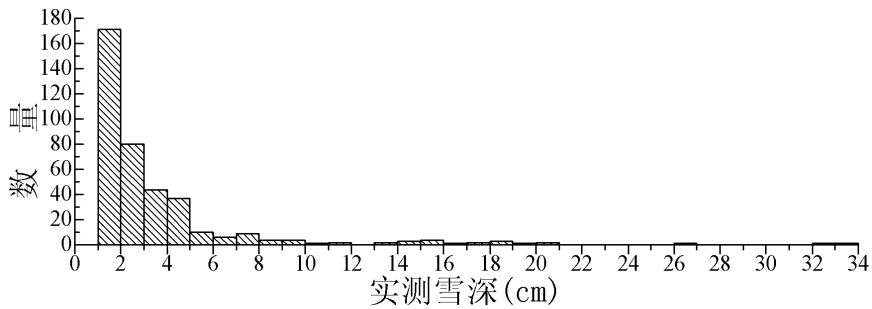


图 6 实测数据直方图^[12]

利用青藏高原地区 4 种下垫面（森林、灌木、草地、裸地），对应的 4 个地面实测站点（聂拉木、嘉梨、玛多、都兰）测得的雪深观测数据，验证各下垫面覆盖类型上改进的雪深算法的精度。验证结果见图 7 及表 6。

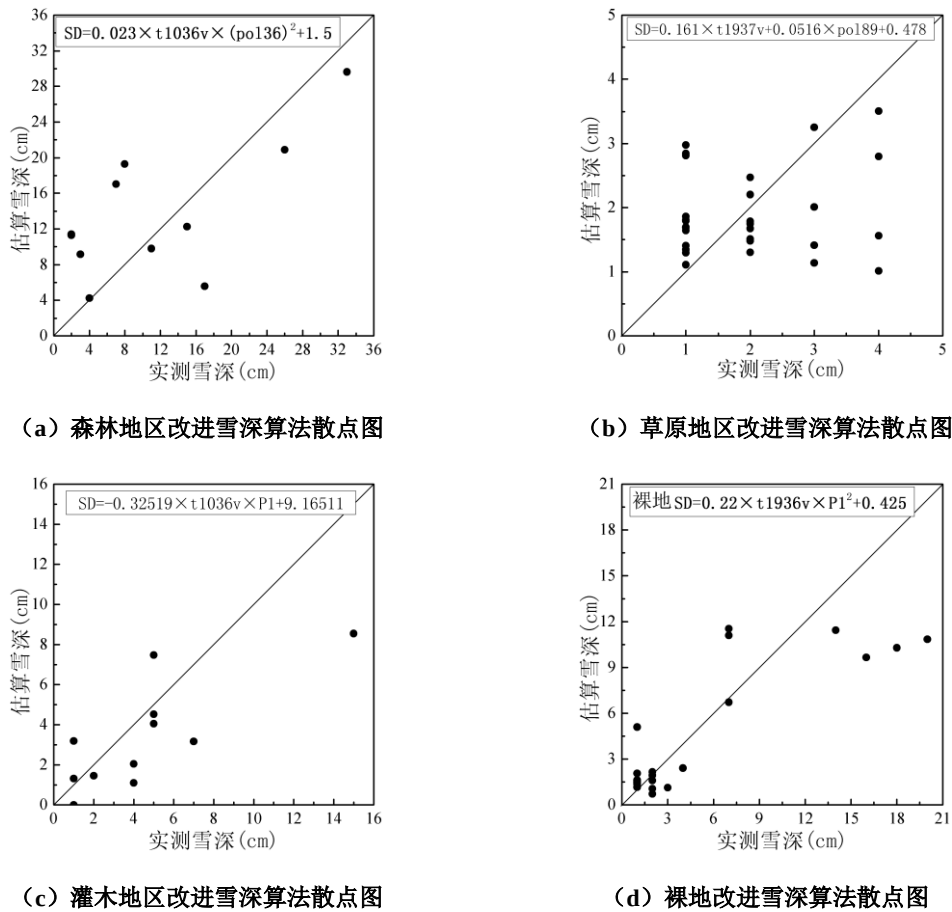


图 7 青藏高原改进雪深算法在不同下垫面验证散点图^[12]

由上表结合已发表的文献^[16]可看出改进的算法结果明显优于相同时间相同研究区域选取的其他 5 种算法，算法精度有一定的提高。

表 6 青藏高原改进的雪深算法验证结果^[12]

下垫面类型	RMSE (cm)	精度达标率
森林*	-	-
灌木	4.73	42.86%
草原	2.00	77.46%
裸地	3.10	66.67%

注：*在森林覆盖地区缺乏具有统计意义的观测数据。

3.2 NASA-HMA-SWE 产品与 RADl-QTP-SWE 产品对比验证

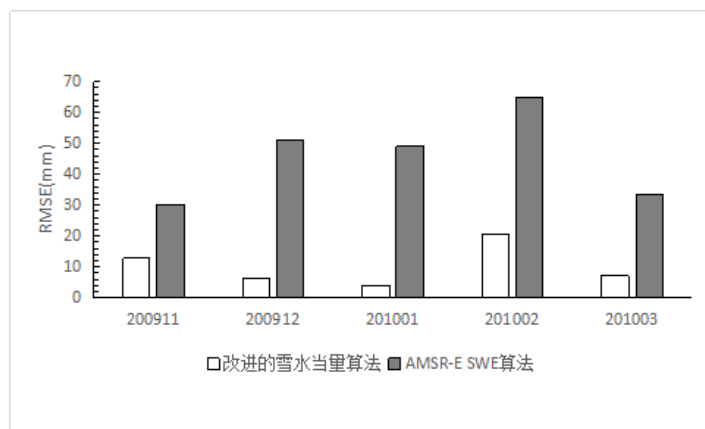
将使用由改进的青藏高原雪水当量算法生成的 RADl-QTP-SWE 产品与 NASA AMSR-E SWE 产品进行对比验证，利用地面数据验证两种产品对应网格点的精度误差，并进行统计。精度达标的衡量标准分为两种情况：1) 当雪水当量小于等于 10 mm 时，单点估算误差小于等于 4 mm 即为精度达标；2) 当雪水当量大于 10 mm 时，单点相对误差小于等于 20%即为精度达标^[12]。利用地面数据验证由改进的青藏高原雪水当量产品与 NASA AMSR-E SWE 产品对应网格，产品的单点精度达标率统计结果见表 7。

表 7 雪水当量数据精度达标率统计表^[12]

时间	N	RADI 改进雪水当量数据 (%)	NASA AMSR-E 雪水当量数据 (%)
200911	235	46.38	20.00
200912	97	65.98	8.25
201001	60	75.00	5.00
201002	75	61.33	17.33
201003	146	61.64	31.51

注：N 表示样本个数。

从表 7 可以明显看到，改进的算法得到的雪水当量产品的精度达标率优于 NASA 官方 AMSR-E 雪水当量产品。

图 8 RMSE 统计直方图^[12]

验证得到的 RMSE 统计直方图如图 8 所示,改进算法得到的雪水当量产品的 RMSE 低于 NASA 官方 AMSR-E 雪水当量产品 50%以上。

4 数据使用方法和建议

本数据集共包括 3 种产品: NASA 官方 AMSR-E 雪水当量产品(2002–2011 年);利用青藏高原改进算法得到的雪水当量产品(2003–2011 年);及由 AMSR-E 的雪水当量数据与 MODIS 的积雪覆盖数据融合的 Blended 积雪产品(2002–2011 年)。本数据集适用于高亚洲地区水和能量循环、水资源、生态和灾害等相关问题研究,特别是对于高亚洲地区冰雪模型、高亚洲地区气候变化研究、积雪长时间时空分布规律、河流流量变化分析、生态效益、雪灾预测以及未来变化趋势等方面等均具有重要价值,并可为进一步针对被动微波雪水当量的降尺度算法提供重要的参考。

致 谢

感谢美国国家冰雪数据中心(National Snow and Ice Data Center)提供 AMSR-E L2A Swath 亮温数据,及美国航空航天局(NASA, <http://nasa.gov/>)提供 MOD12Q1、MOD09A1 等辅助数据。

数据作者分工职责

邱玉宝(1978—),男,江西人,博士,副研究员,从事环境遥感应用研究。主要承担工作:算法和处理过程方法研究。

卢洁羽(1995—),湖南人,硕士生,从事遥感应用研究。主要承担工作:数据处理。

石利娟(1987—),河南人,博士后,从事雪冰遥感应用研究。主要承担工作:算法开发和数据处理。

解鹏飞(1994—),河北人,硕士生,从事遥感地学计算研究。主要承担工作:数据产品生产和算法调试。

梁雯珊(1995—),广州人,硕士生,从事遥感应用研究。主要承担工作:数据产品质量控制。

王星星(1992—),山西人,硕士生,从事遥感应用研究。主要承担工作:数据产品质量控制。

参考文献

- [1] GAO R, WEI Z G, DONG W J. Analysis of the Cause of the Differentia in Interannual Variation Between Snow Cover and Seasonal Frozen Soil in the Tibetan Plateau[J]. Journal of Glaciology & Geocryology, 2004, 26(2): 153-159.
- [2] 施建成,熊川,蒋玲梅. 雪水当量主被动微波遥感研究进展[J]. 中国科学:地球科学, 2016, 46: 529-543.
- [3] National Snow and Ice Data Center. AMSR-E/Aqua Daily L3 Global Snow Water Equivalent EASE-Grids, Version 2. [EB/OL]. [2018-09-28]. http://nsidc.org/data/ae_dysno.
- [4] Foster J, Chang A, Hall D. Comparison of snow mass estimates from a prototype passive microwave snow algorithm, a revised algorithm and a snow depth climatology[J]. Remote Sensing of Environment,

1997, 62(2): 132-142.

[5] European Space Agency. GlobSnow SWE & SE v2.0 data[EB/OL]. [2018-10-09]. <http://www.globsnow.info/>.

[6] 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): 204-210.

[7] 孙之文, 施建成, 蒋玲梅, 等. 被动微波遥感反演中国西部地区雪深、雪水当量算法初步研究[J]. 地球科学进展, 2006, 21(12): 1363-1369.

[8] CHE T, LI X, JIN R, et al. Snow depth derived from passive microwave remote-sensing data in China[J]. Annals of Glaciology, 2008, 49(1):145-154.

[9] 蒋玲梅, 王培, 张立新, 等. FY3B-MWRI 中国区域雪深反演算法改进[J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44: 531-547

[10] 车涛, 戴礼云. 中国雪深长时间序列数据集(1978-2012)[DB/OL]. 寒区旱区科学数据中心, 2011. DOI: 10.3972/westdc.001.2014.db.

[11] Qiu Y, Guo H, Shi J, et al. Satellite-Based Snow Cover Analysis and the Snow Water Equivalent Retrieval Perspective over China[M]//Remote Sensing of Planet Earth. InTech, 2012. : 47-74.

[12] 宾婵佳. 青藏高原地区被动微波积雪算法改进研究[D]. 石家庄: 石家庄经济学院, 2013.

[13] 邱玉宝, 郭华东, 徐多, 等. 青藏高原 MODIS 逐日无云积雪面积数据集[DB/OL]. Science Data Bank. DOI: 10.11922/sciencedb.55.

[14] 牛静静. 青藏高原业务化生产系统研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2013.

[15] 中国科学院遥感与数字地球研究所. 青藏高原雪水当量被动微波遥感估算系统[P]. 中国: 2015SR064529, 2014-12-31.

[16] 宾婵佳, 邱玉宝, 石利娟, 等. 我国主要积雪区 AMSR-E 被动微波雪深算法对比验证研究[J]. 冰川冻土, 2013, 35(4): 801-813.

论文引用格式

邱玉宝, 卢洁羽, 石利娟, 等. 高亚洲地区被动微波遥感雪水当量数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2019, 4(1). (2019-03-29). DOI: 10.11922/csdata.2018.0064.zh.

数据引用格式

邱玉宝, 卢洁羽, 石利娟, 等. 高亚洲地区被动微波遥感雪水当量数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2018-10-09). DOI: 10.11922/sciencedb.660.

Passive microwave remote sensing data of snow water equivalent in High Asia

Qiu Yubao^{1*}, Lu Jieyu^{1,2}, Shi Lijuan¹, Xie Pengfei¹, Liang Wenshan¹, Wang Xingxing¹

1. Key Laboratory of Digital Earth Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China;

2. Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Changsha 411201, China

*Email: qiuyb@radi.ac.cn

Abstract: High Asia, defined as the high altitude area of Asia (including mainly the Tibetan Plateau), is an important area of snow distribution in low- and mid-latitude regions. The dynamic changes of snow in this area have notable effects on water, energy balance and regional climate. Snow water equivalent (SWE) products (e. g. ESA GlobSnow product) are insufficient over High Asia region, and global SWE retrieval algorithms (e. g. NASA SWE algorithm) are always overestimated when applied in High Asia region. Based on the AMSR-E brightness temperature data, we used the NASA standard algorithm and an improved SWE algorithm to produce AMSR-E SWE dataset from 2002 to 2011 over the High Asia region and Qinghai-Tibet Plateau respectively. The improved SWE algorithm has been validated by ground measured snow depth during 2009-2010 winter. The results indicated that the improved SWE algorithm is superior to NASA AMSR-E SWE algorithm. In addition, we obtained a blended snow product from 2003 to 2011. The blended snow product is based on MODIS daily cloud-free snow cover product and NASA SWE product. The three SWE datasets can provide support for scientific research of climate change, water and energy balance, environmental change and water resources utilization in High Asia.

Keywords: Snow water equivalent; High Asia; Passive microwave; Blended product

Dataset Profile

Title	Passive microwave remote sensing data of snow water equivalent in High Asia
Data corresponding author	Qiu Yubao
Data authors	Qiu Yubao, Lu Jieyu, Shi Lijuan, Xie Pengfei, Liang Wenshan, Wang Xingxing
Time range	The SWE datasets include the following three products: (1) SWE product based on NASA algorithm, abbreviated as NASA-HMA-SWE products, with a time range from June 2002 to September 2011; (2) SWE product based on RADI algorithm, abbreviated as RADI-QTP-SWE products, with a time range from January 2003 to October 2011; (3) Blended SWE product based on MODIS and AMSR-E, abbreviated as Blended-HMA-SWE products, with a time range from January 2003 to October 2011.
Geographical scope	High Asia is a high-altitude area centered on the Qinghai-Tibet Plateau in central Asia. Its geographical range is 25°N–45°N and 67°E–107°E. Published SWE data products have three types, the scopes of which are as follows: (1) NASA-HMA-SWE product: 25°N–45°N and 67°E–107° E; (2) RADI-QTP-SWE product: 26°N–40°N, 73.45°E–104.6° E; (3) Blended-HMA-SWE product: 25°N–45° N and 67°E–107°E.
Spatial resolution	(1) NASA-HMA-SWE product: 0.25°; (2) RADI-QTP-SWE product: 0.25°;

	(3) Blended-HMA-SWE product: 500 m.
Temporal resolution	(1) NASA-HMA-SWE product: daily, pentad, monthly (2) RADl-QTP-SWE product: daily, pentad, monthly (3) Blended-HMA-SWE product: daily
Data volume	20.29 GB
Data format	(1) NASA-HMA-SWE product data format: *.bin, *.png (2) RADl-QTP-SWE product data format: *.bin, *.tif, *.hdf, *.png, *.qa, *.met (3) Blended-HMA-SWE product data format: *.bld, *.jpg
Data service system	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/660
Sources of funding	Supported by the Special Fund for Meteorological Scientific Research in the Public Interest “Constructing a Remote Sensing Product Dataset for Snow Pack Over Tibetan Plateau” (NO. GYHY201206040), the Key Special Fund for Intergovernmental S&T Cooperation Projects of China, State’s Key Project of Research and Development Plan” (NO. 2017YFE0111700), the International Cooperation Program of Chinese Academy of Sciences (NO. 131211KYSB20170041), National Natural Science Foundation of China (NO. 41371351).
Dataset composition	The dataset consists of 3 compressed packages, each of which is named after product name followed by the time range it spans: (1) NASA-HMA-SWE_2002-2011.zip is NASA-HMA-SWE product data, with a data volume of about 189 MB; (2) RADl-QTP-SWE_2003-2011.zip is RADl-QTP-SWE product data, with a data volume of about 116 MB; (3) Blended-HMA-SWE_2003-2011.zip is Blended-HMA-SWE product data, with a data volume of about 19.99 GB.