

中国东北地区时间序列雪盖监测数据集

陈圣波¹, 杨倩^{1,2}, XIE Hongjie², 周超¹, 路鹏¹

(1. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026;

2. Laboratory for Remote Sensing and Geoinformatics, University of Texas at San Antonio, USA)

摘要: 东北地区是中国三大稳定积雪区, 区域尺度的雪盖时空变化监测对水资源的有效利用和雪灾监测和预警具有重要意义。本数据集在2004-2013年美国地球观测卫星TERRA/AQUA-MODIS数据基础上经算法改进, 自定义生产MODIS Terra/Aqua双星逐日融合数据(MODISDC)和滑动多日融合数据(MODISMC)两种基础数据, 并且反演积雪天数(Snow Cover Day, SCD)、积雪初日(Snow Onset Date, SCOD)和融雪终日(Snow Melting Date, SCMD)三类专题数据。利用气象站实测逐日积雪深度数据, 考虑云覆盖的影响, 对MODIS双星逐日合成产品和滑动多日合成进行检验, 总体精度分别为47.51%和76.52%, 明显高于MODIS原始数据MOD10A1(34.45%)和MYD10A1(30.57%)。

关键词: 中国东北; 雪盖数据; 积雪天数; 积雪初日; 积雪终日

DOI: 10.11821/dlxb2014S015

数据引用格式: 陈圣波, 杨倩, Xie Hongjie, 周超, 路鹏. 中国东北地区时间序列雪盖监测数据集. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.01.15.v1

<http://www.geodoi.ac.cn/doi.aspx?doi=10.3974/geodb.2014.01.15.v1>

1 前言

中国东北地区(38°43'12"N-53°33'28"N, 115°31'38"E-135°5'4"E)时间序列MODIS雪盖监测数据集(Time Series of MODIS Snow Cover Data of Northeast of China - SnowCoverData_NortheastChina_2003-2013)是中国东北地区2003年10月1日-2013年9月30日10年间冰雪遥感监测的重要产出结果, 是有效监测区域内冰雪资源覆盖范围和动态变化的数字化资源, 对减轻雪灾危害、保障东北地区农业可持续发展有重要意义。本文作者在该数据基础上, 发表了东北地区MODIS冰雪遥感监测研究论文。为了促进该数据的共享, 现将该数据集出版。该数据集是由MODIS Terra/Aqua双星逐日融合数据、滑动多日融合数据, 以及反演的积雪天数、积雪初日和融雪终日数据等五种类型数据组成的数据集。

2 数据集简介

中国东北地区时间序列雪盖监测数据集(SnowCoverData_NortheastChina_2004-2013)的数据集名称、短名名称、通讯作者、作者、地理区域、数据年代、数据空间分辨率、数据出版单位、数据共享网络服务平台、数据集组成、出版及责任编辑等信息一并列于表1。

收稿日期: 2014-03-17; 修订日期: 2014-06-20

基金项目: 新世纪优秀人才支持计划(2007)(NCET-07-0353) [Foundation: Program for New Century Excellent Talents in University, No.NCET-07-0353]

作者简介: 陈圣波(1967-), 男, 河南人, 研究员, 主要从事地质遥感、月球探测等研究。E-mail: chensb@jlu.edu.cn

表 1 中国东北地区时间序列雪盖监测数据集 (SnowCoverData_NortheastChina_2004-2013) 元数据简表

数据库(集)名称	中国东北地区时间序列雪盖日监测数据集		
数据库(集)短名	SnowCoverData_NortheastChina_2004-2013		
通讯作者	陈圣波 (chensb@jlu.edu.cn) 陈圣波, 吉林大学地球探测科学与技术学院, chensb@jlu.edu.cn 杨倩, 吉林大学地球探测科学与技术学院, yangqian10@mails.jlu.edu.cn		
数据作者	Xie Hongjie, Laboratory for Remote Sensing and Geoinformatics, University of Texas at San Antonio, USA, hongjie.xie@utsa.edu 周超, 吉林大学地球探测科学与技术学院, zhouc0129@163.com 路鹏, 吉林大学地球探测科学与技术学院, lupeng@jlu.edu.cn		
地理区域	地理范围包括北纬 38 度 43 分 12 秒-53 度 33 分 28 秒, 东经 115 度 31 分 38 秒-135 度 5 分 4 秒, 地理区域范围涉及到的省份包括: 辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古的部分地区		
数据年代	2003 年 10 月 1 日-2013 年 9 月 30 日		
数据空间分辨率	500 米	数据时间频率	每日、8 日、年 共 1.10GB, 其中包括: SCOD_DB
数据格式	ARCGIS .tif	数据量	13.5MB, SCMD_DB 11MB, SCD_DB 30MB, MODISMC_DB 131MB, MODISDC_DB 941MB
数据出版单位	中国科学院地理科学与资源研究所 DOI:10.3974/ 中国科学院地理科学与资源研究所全球变化科学研究数据出版系统, http://www.geodoi.ac.cn		
数据共享服务平台	国家地球系统科学数据共享平台, http://www.geodata.cn		
责任编辑	刘闯, 石瑞香, 江东, 徐新良, 何书金		
数据共享政策	本数据著作权所有者同意依据《全球变化科学研究数据出版系统》管理政策中“全社会公益性共享政策”实施共享。		

3 数据研发方法

中国东北地区时间序列雪盖监测数据集是在美国 EOS Terra/Aqua MODIS 逐日积雪产品基础上融合得出^[1-2]。该数据集包括 5 个数据子集。各数据子集的研发方法给予分别阐述。

3.1 MODIS 积雪产品融合算法

基于 MODIS Terra/Aqua 逐日积雪数据产品 MOD10A1 和 MYD10A1, MODIS 数据融合处理主要包括两步, 流程图如图 1 所示^[3-5]:

(1) MODIS 双星逐日融合方法 (MODISDC)

MODIS 积雪产品以不同的编码标识不同的地表类型^[6-7], 首先对 MODIS 逐日积雪产品 Terra MOD10A1 和 Aqua MYD10A1 进行重分类, 统一属性编码, 包括 snow、ice、water、land、cloud、polar/darkness、data missing/no meaning 七类。若 MOD10A1 与 MYD10A1 相应像元的属性编码一致, 则合成数据产品赋予这个数值; 如果不一致, 则合成数据产品赋予有较高优先权的属性, 其优先顺序为 “snow>ice>water>cloud>polar/darkness>data missing/no meaning”。

(2) MODIS 滑动多日融合方法 (MODISMC)

在单日合成的基础上, MODIS 滑动多日融合产品有两个阈值控制云覆盖率 $CCF \leq 10\%$ 和合成天数 $N \leq 8$ d。当满足其中一个条件时, MODIS 多日融合过程停止。

3.2 MODIS 积雪遥感指数提取方法

本文将研究区内的 MODISMC 雪像元 (编码为 200) 赋值为 1, 非雪像元赋值为 0。在每个水文年 (10 月 1 日到次年 9 月 30 日) 逐日分类图像进行叠加的基础上, 计算东北地区 2004-2013 年各水文年的积雪持续时间, 即积雪日数 (Snow Cover Duration/days, SCD), 进而计算积雪初日 (Snow Cover Onset Date, SCOD) 和融雪终日 (Snow Cover Melting

Date, SCMD)。积雪初日 SCOD 定义为每个像元在每个水文年内降雪的第一天, 根据 10 月 1 日到 12 月 1 日的积雪日数 SCD 计算而得; 融雪终日 SCMD 定义为每个像元在每个水文年内融雪结束的最后一天, 根据 3 月 1 日到 6 月 30 日的积雪日数 SCD 计算而得^[8-10]。

4 数据集组成

4.1 MODIS 双星逐日融合数据产品 (MODISDC_DByy/mm/dd.tif)

MODIS Terra/ Aqua 日融合数据产品, 起止日期为 2003.10.01-2013.09.30 期间初雪日至终雪日日监测融合数据, 空间分辨率 500 m, 时间分辨率日。yy/mm/dd/分别代表数据时间 (年/月/日)。数据量 941 MB, 共 3636 个数据; 其中每个数据包括四个同名文件 .tif, .tfw, .tif.aux.xml, .tif.vat.dbf。图 2 表示该数据集月平均积雪覆盖率随时间的变化。

4.2 MODIS 滑动多日合成产品 (MODISMC_S yy/mm/dd/.E yy/mm/dd/.Td.tif)

MODIS 滑动多日合成产品, 起止日期为 2003.10.01-2013.09.30, 空间分辨率 500 m, 时间分辨率 1-8d。S yy/mm/dd/代表融合起始日期的年月日, E yy/mm/dd/代表融合结束日期的年月日, Td 代表融合天数。数据量 131 MB, 共 528 个数据; 其中每个数据包括 4 个同名文件 .tif, .tfw, .tif.aux.xml, .tif.vat.dbf。图 3 表示该数据集月平均积雪覆盖率随时间的变化。图 4 对比 2013 年 1 月 2 日 4 种数据产品云覆盖率和积雪覆盖率变化 (引用自文献^[8])。

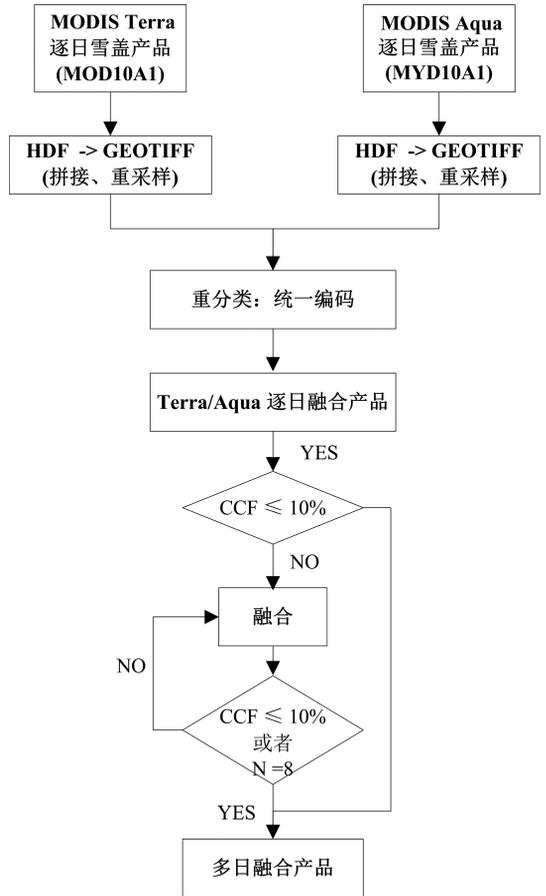


图 1 MODIS 积雪产品处理流程图 (引用自文献^[3-5])

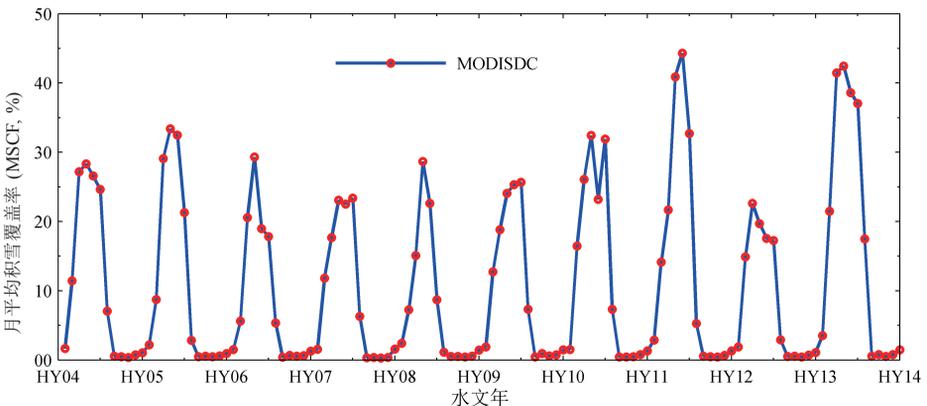


图 2 MODIS 双星逐日融合产品 MODISDC 月平均积雪覆盖率 (Monthly Mean Snow Cover Fraction, MSCF, %)

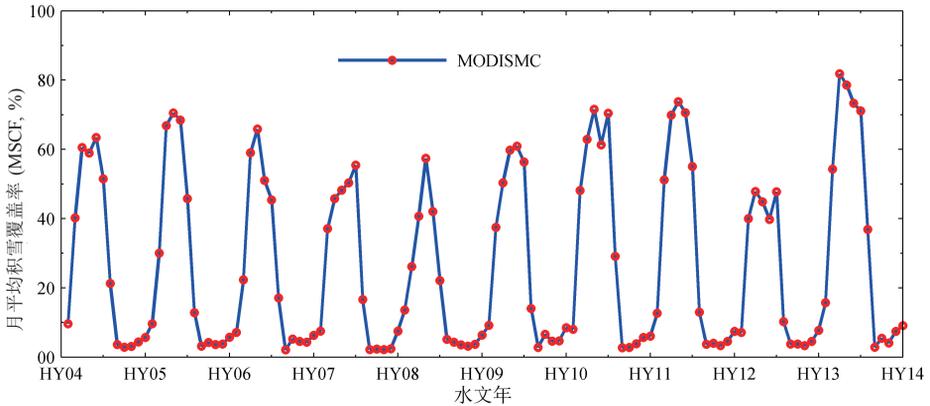


图3 MODIS滑动多日合成产品MODISMC月平均积雪覆盖率
(Monthly Mean Snow Cover Fraction, MSCF, %)

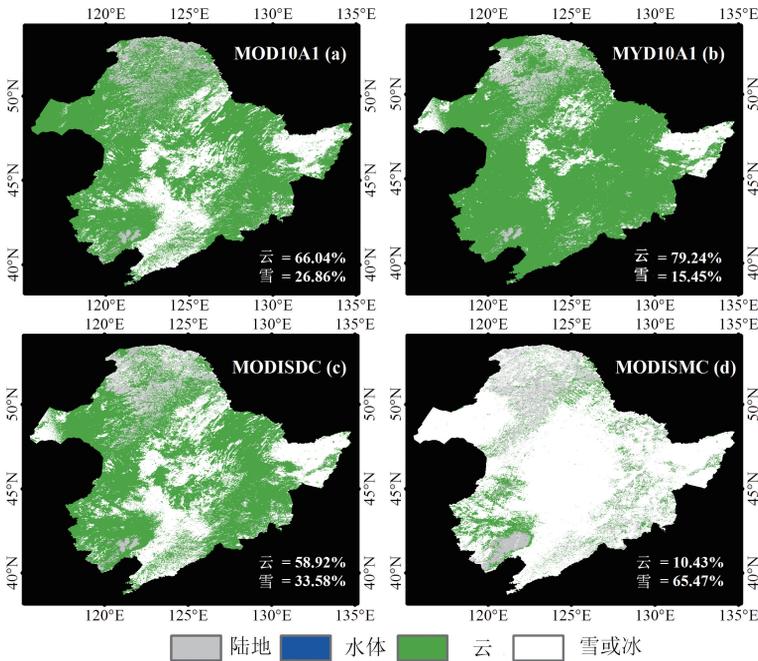


图4 2013年1月2日MODIS四种数据产品对比可视化图：(a) MODIS Terra 逐日积雪数据MOD10A1；(b) MODIS Aqua逐日积雪数据MYD10A1；(c) MODIS Terra/Aqua 逐日融合数据产品 MODISDC；(d) MODIS滑动多日合成产品MODISMC (时间范围为2013年1月2日到1月6日) (引用自文献^[8])

4.3 每个水文年积雪持续天数数据产品 (SCD_DByyyy.tif)

该数据是东北地区每个水文年积雪持续天数 (Snow Cover Day, SCD)，空间分辨率 500 m，时间分辨率 1 y。数据量 30 MB，共 10 个数据。yyyy 为水文年编号，每年 10 月 1 日到次年 9 月 30 日定义一个水文年。以 HY2004 为例，其时间范围为 2003 年 10 月 1 日到 2004 年 9 月 30 日。图 5 列出各水文年年平均积雪日数时间序列，而图 6 以 HY2004 年为例表示该水文年积雪日数空间分布图。

4.4 每个水文年积雪初日数据 (SCOD_DByyyy.tif)

该数据是东北地区每个水文年积雪初日 (Snow Cover Onset Data, SCOD)，空间分辨率 500 m，时间分辨率 1 y。数据量 13.5 MB，共 10 个数据。yyyy 为水文年编号，每年 10 月 1 日到次年 9 月 30 日定义一个水文年。图 7 列出各水文年年平均积雪初日时间序列，而

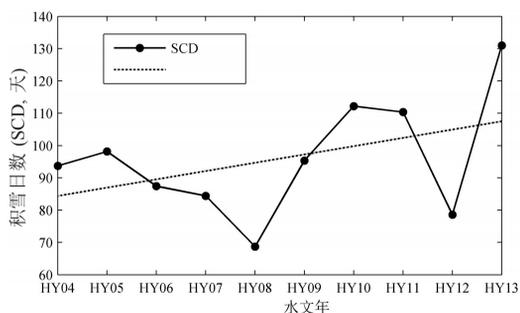


图5 各水文年平均积雪日数时间序列

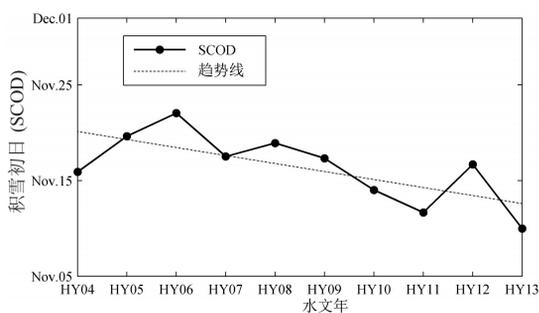


图7 各水文年平均积雪初日时间序列

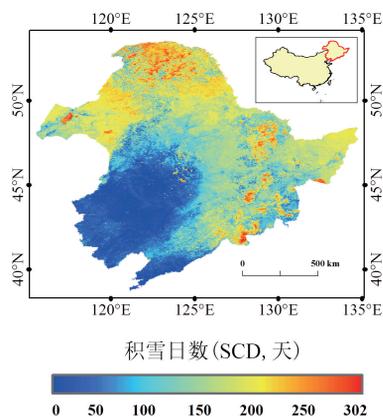


图6 中国东北地区HY2004年积雪天数空间分布图

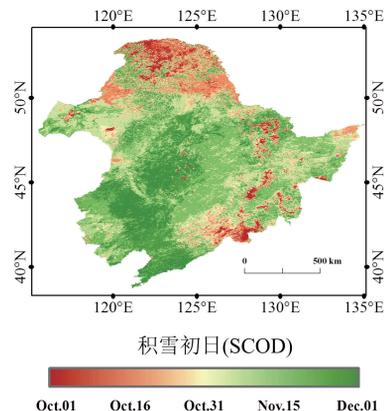


图8 中国东北地区HY2004年积雪初日空间分布图

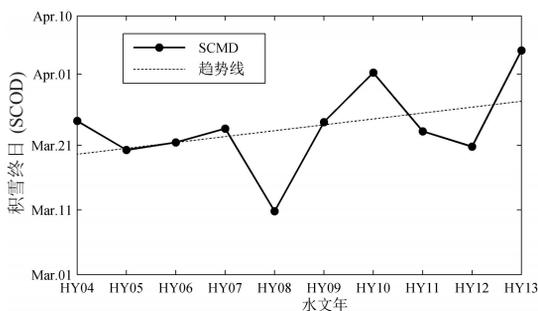


图9 各水文年平均积雪终日时间序列

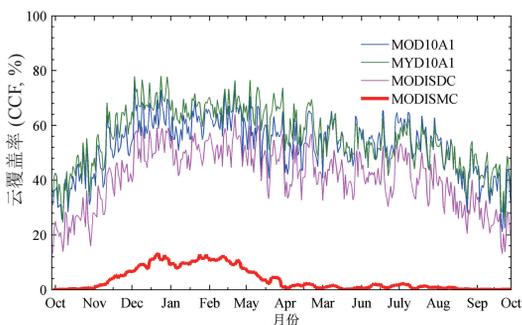


图11 4种积雪产品平均云覆盖率 (Cloud Cover Fraction, CCF) 年内变化对比图

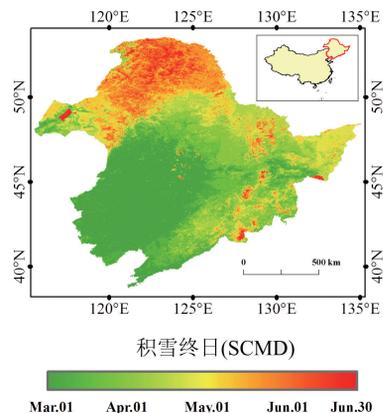


图10 中国东北地区HY2004年积雪终日空间分布图

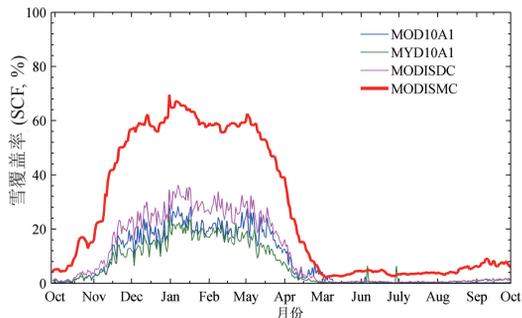


图12 4种积雪产品平均积雪覆盖率 (Snow Cover Fraction, SCF) 年内变化对比图

图8以HY2004年为例表示该水文年积雪初日空间分布图。

4.5 每个水文年融雪终日数据 (SCMD_DByyyy.tif)

该数据是东北地区每个水文年融雪终日 (Snow Cover Melting Data, SCOD), 空间分辨率 500 m, 时间分辨率 1 y。数据量 11 MB, 共 10 个数据。yyyy 为水文年编号, 每年 10 月 1 日到次年 9 月 30 日定义一个水文年。图 9 列出各水文年年平均融雪终日时间序列, 而图 10 以 HY2004 年为例表示该水文年融雪终日空间分布图。

5 数据可靠性检验

本文采取的两种融合方法可降低云覆盖对积雪产品的影响, 恢复云下地物类型。图 11 和图 12 分别对比 4 种 MODIS 积雪产品平均积雪覆盖率和平均云覆盖率的年内变化。从图 11 中可以看出, MODIS 原始数据 MOD10A1 和 MYD10A1 云覆盖率较高, 在积雪季尤其明显; 从图 12 中, 经过两步融合后, 从 MYD10A1 到 MODISMC 雪覆盖率依次增高, 雪盖信息得以恢复。另外, 利用 2008.10.01-2009.04.30 吉林省 6 个气象站台实测逐日积雪深度数据, 考虑云覆盖的影响, 对 MODIS 双星逐日合成产品和滑动多日合成进行检验, 总体精度分别为 47.51% 和 76.52%, 明显高于 MODIS 原始数据 MOD10A1 (34.45%) 和 MYD10A1 (30.57%)^[10]。

6 结论

该数据是在美国地球观测卫星 TERRA/AQUA-MODIS 数据基础上经算法改进、以 500 米空间分辨率为基础的数据集。经与气象实测数据检验, 其精度明显高于 MODIS 原始雪盖数据, 它们是东北地区冰雪监测与资源研究的基础性数据。

参考文献

- [1] Hall D K, Riggs G A, Slomonsen V V. Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data. *Remote Sensing of Environment*, 1995, 54: 127-140.
- [2] Hall D K, Riggs G A, Slomonsen V V et al. MODIS snow-cover products. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 83: 181-194.
- [3] Gao Y, Xie H, Lu N et al. Toward advanced daily cloud-free snow cover and snow water equivalent products from Terra-Aqua MODIS and Aqua AMSR-E measurements. *Journal of Hydrology*, 2010, 385(1-4): 23-35.
- [4] Gao Y, Xie H, Yao T et al. Integrated assessment on multi-temporal and multi-sensor combinations for reducing cloud obscuration of MODIS snow cover products of the Pacific Northwest US. *Remote Sensing Environment*, 2010, 114(8): 1662-1675.
- [5] Zhang G Q, Xie H J, Yao T D et al. Snow cover dynamics of four lake basins over Tibetan Plateau using time series MODIS data (2001-2010). *Water Resources Research*, 2012, 48(10): W10529.
- [6] MODIS/Terra Snow Cover Daily L3 Global 500m SIN Grid V005, National Snow and Ice Data Center, USA, NSIDC DAAC User Services <http://nsidc.org/data/MOD10A1/versions/5>.
- [7] MODIS/Aqua Snow Cover Daily L3 Global 500m SIN Grid V005, National Snow and Ice Data Center, USA, NSIDC DAAC User Services <http://nsidc.org/data/MYD10A1/versions/5>.
- [8] Wang X, Xie H. New methods for studying the spatiotemporal variation of snow cover based on combination products of MODIS Terra and Aqua. *Journal of Hydrology*, 2009, 371: 192-200.
- [9] 杨倩, 陈圣波, 路鹏 等. 2000-2010 年吉林省积雪时空变化特征及其与气候的关系. *遥感技术与应用*, 2012, 27(3): 413-419.
- [10] Chen S B, Yang Q, Xie H J et al. Spatio-temporal variations of snow cover in Northeast China on flexible multiday combinations of MODIS snow cover products. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2014, 8(1): 0844685.