

# 北京沙尘天气与源地积雪变化的关系

刘瑞霞<sup>1</sup> 张甲坤<sup>1</sup> 郑照军<sup>1</sup> 张时煌<sup>2</sup>

1 中国气象局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, 北京 100081

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

**摘要** 主要分析了北京沙尘天气变化规律及沙尘源区积雪变化与北京沙尘日数的关系, 并探讨源区积雪变化影响北京沙尘天气的机制。研究表明 55 年来北京沙尘日数基本呈减少趋势, 但 1998~2000 年又有所增加, 沙尘暴日数也在减少, 近 10 年北京没有出现强沙尘暴天气。而沙尘源区积雪深度和积雪面积与北京沙尘存在明显的负相关关系。冬季源区积雪减少(增加), 很可能导致春季沙尘日数增加(减少), 作者认为冬季积雪变化引起的土壤含水量变化是影响春季北京沙尘天气的原因之一。

**关键词** 沙尘 北京 沙尘源区 积雪

**文章编号** 1006-9585 (2007) 03-0374-07 **中图分类号** P445+.4 **文献标识码** A

## The Relationship between Dust Weather in Beijing and Snow Cover in Dust Source Areas

LIU Rui-Xia<sup>1</sup>, ZHANG Jia-Shen<sup>1</sup>, ZHENG Zhao-Jun<sup>1</sup>, and ZHANG Shi-Huang<sup>2</sup>

1 *Key Laboratory of Radiometric Calibration and Validation for Environmental Satellite,  
China Meteorological Administration; National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081*

2 *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences,  
Beijing 100101*

**Abstract** Analysis of variation of the sand dust weather and discovery of relationship between sand dust weather in Beijing and the snow in the sand dust storm source areas and analysis of the possible reason about this relationship is presented. It is concluded that dust weather from 1951 to 1998 in Beijing decreased, whereas dust days there increased from 1998 to 2000. Dust storm days decreased too, and there are not dust storms during recent ten years in Beijing. The correlation coefficient between dust days in Beijing and the snow in source areas is negative. The increasing (decreasing) of snow leads to the low (high) frequency of dust storms occurrence during spring in Beijing. One of the possible reasons affecting the frequency of dust weather in Beijing is the variation of the soil moisture resulted from the snow melting during winter in source areas.

**Key words** dust weather, Beijing, snow cover, sand dust source areas

## 1 引言

近年来, 中国北方地区连续发生沙尘暴, 引

起了国内外的关注。国内关于沙尘暴的研究, 从个别分析到长时间序列沙尘分布特征, 沙尘暴源地分析以及沙尘天气发生与大气环流、气候背景

**收稿日期** 2007-00-00 收到, 2007-00-00 收到修定稿

**资助项目** 国家自然科学基金资助项目 40671131 和国家财政部“西北地区土壤水分、沙尘暴监测预测研究”项目 (Y0101)

**作者简介** 刘瑞霞, 女, 1975 年出生, 助理研究员, 主要从事卫星气候应用研究与卫星产品反演算法研究。

E-mail: ruixl@nsmc.cma.gov.cn

及地表物理特征的关系等, 获得了不少有意义的研究成果<sup>[1~12]</sup>。但针对北京沙尘天气变化趋势以及源区积雪与北京地区沙尘暴关系的研究并不多, 本文针对北京地区的沙尘天气, 利用遥感信息, 结合气象台站资料, 研究北京地区沙尘变化趋势以及沙尘源区积雪变化与北京沙尘天气发生频率的关系, 以初步揭示北京沙尘天气与源区积雪之间的某些联系。

## 2 影响北京沙尘天气的源区及站点选择

影响我国的沙尘源地划分为境外和境内源地<sup>[9,12]</sup>。沙尘多在境外产生, 进入境内后, 得到加强, 主要通过西北路和北路传输向北京移动(如图 1), 北路从二连浩特、浑善达克沙地西部、朱日和地区开始, 经四子王旗、化德、张北、张家口、宣化等地到达北京。西北路从内蒙古阿拉善的中蒙边境、乌特拉、河西走廊等地区开始, 经贺兰地区、毛乌素沙地或乌兰布和沙漠、呼和浩特、大同、张家口到达北京。沙尘源区的沙尘输送是导致北京沙尘天气发生, 影响北京空气质量的重要因素。本文主要研究源区积雪对北京沙尘的影响, 选取源区 30 个气象台站的积雪深

度资料, 台站分布见图 1。

## 3 资料来源

本文对沙尘天气的研究以其出现日数作为定量表征指标, 其中扬沙日数和沙尘暴日数来源于北京气象台站观测数据, 由于有沙尘暴发生将不计扬沙, 所以本文定义的沙尘日数为扬沙和沙尘暴日数之和。积雪深度来源于北部和西北沙尘源区 30 个气象台站观测数据, 积雪面积来自于美国 NESDIS 制作的卫星反演北半球周积雪数据, 由 NOAA 极轨业务环境卫星 POES AVHRR 以及静止气象卫星(GOES; 美国, METEOSAT; 欧洲, GMS; 日本)数据反演得到, 土壤湿度采用中国农业气象站农业气象旬月报资料。

## 4 北京地区春季沙尘变化特征

图 2 是 1951~2005 年春季北京沙尘日数多年变化趋势。55 年间, 春季, 北京沙尘日数呈周期变化, 但总体趋势为减少。20 世纪 50 年代, 北京春季沙尘天气频繁, 1954 年沙尘日数为 55 年中最多的, 达到 65 天。之后, 不断减少, 50 年代末 60 年代初,

进入一个沙尘发生较少时期。1964 年之后,

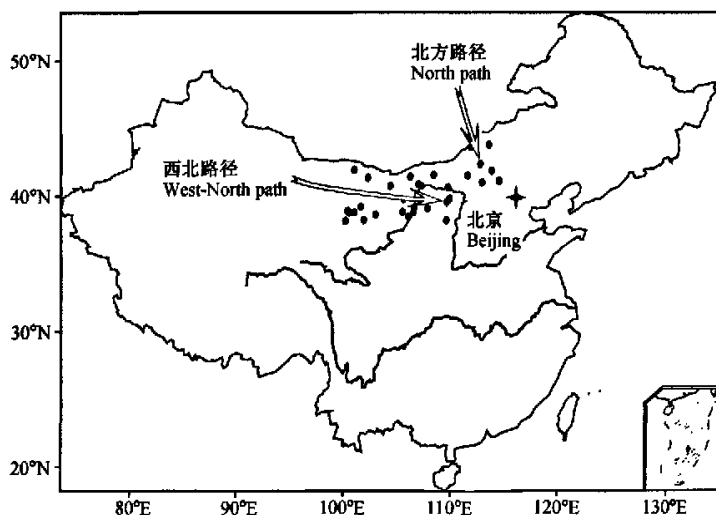


图 1 北京沙尘源区及气象站点分布

Fig. 1 Source areas for dust in Beijing and the meteorological stations distribution

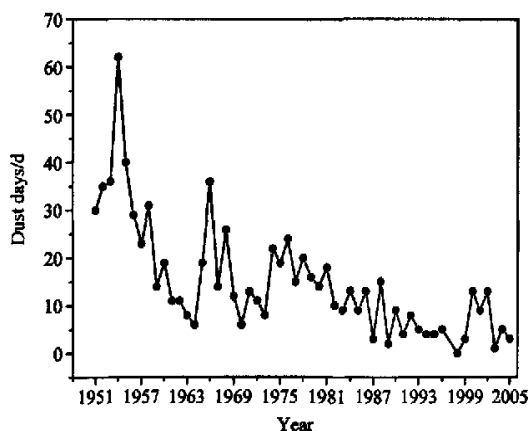


图2 北京春季沙尘日数年际变化趋势

Fig. 2 Yearly variation of dust days during spring in Beijing

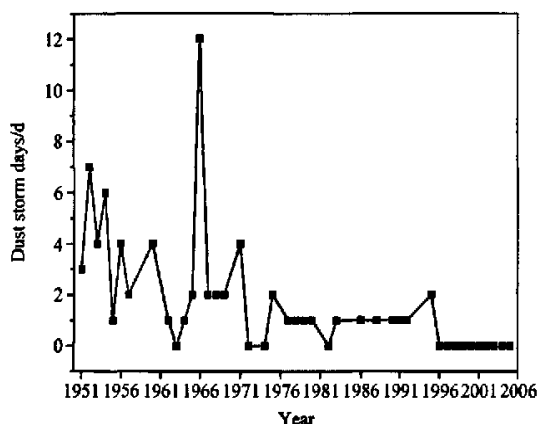


图3 北京春季沙尘暴日数年际变化趋势

Fig. 3 Yearly variation of dust storm days during spring in Beijing

又有所回升,之后不断有升降的起伏,但总体趋势为降低,1998年是55年中沙尘日数极小值,春季未出现沙尘天气。之后,沙尘天气又有所增加,2000~2002年是近年来沙尘较多的时期,春季出现沙尘的日数分别为13、11和13天,2003年之后又有所减少。

根据气象观测规范定义,沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气特别混浊,水平能见度低于1 km的一种天气现象。强烈的沙尘暴可使地面水平能见度低于50 m,其破坏力极大,俗称“黑风”。图3为北京春季沙尘暴日数年际变化。可以看到,20世纪50、60年代,北京的沙尘

暴天气比较多,尤其是1966年,北京春季有12天出现了沙尘暴,其次是50年代初,春季出现沙尘暴的天数达到6~7天。70年代后期到90年代初期,每年出现沙尘暴的日数为1天,比较稳定,1995年为2天,1996~2005年北京未出现强沙尘暴天气。

虽然近年来北京没有出现严格意义上的沙尘暴,但扬沙日数确实增多了。

## 5 北京沙尘与沙尘源区积雪变化的关系

沙尘暴的发生与沙尘源区地表的状况有密切关系,沙尘源区下垫面土壤含水量是发生沙尘暴的重要条件<sup>[13~15]</sup>,而土壤含水量的来源之一是冬季的积雪。因此,下面讨论沙尘源区积雪与北京沙尘的关系。

### 5.1 源区积雪深度与北京沙尘的关系

取北京沙尘源区30个标准站1980~2002年冬季的积雪深度数据,绘制积雪深度与沙尘日数关系得到图4。

图4a虚线表示多年北京沙尘源区积雪深度变化,可以看到,1980年以来,源区冬季雪深呈波动上升趋势,而春季沙尘日数与沙尘源区积雪存在一定的反位相关关系。绝大部分年份,源区积雪深度增加(减少)对应北京春季沙尘减少(增加),二者相关系数为-0.33,显著性水平达到90%,而如果用12~1月积雪深度来表示冬季积雪深度,发现这样的反位相关关系更为明显(图4b),相关系数达到-0.41,显著性水平达到95%。可见,北京春季的沙尘日数与沙尘源区冬季,特别是12和1月积雪深度有明显负相关关系,源区雪深的增加或减少在一定程度上影响北京春季沙尘天气发生次数的多少。

### 5.2 源区积雪面积与北京沙尘天气的关系

利用卫星资料反演的1973~2005年冬季北京沙尘源区积雪面积绘制的时间变化图(图5),与同时期北京沙尘日数比较,二者也存在一定的反位相关关系,相关系数为-0.22,显著性水平达到90%。

总之,上一年冬季沙尘源区积雪面积和积雪深度在一定程度上对次年春季北京的沙尘暴发生

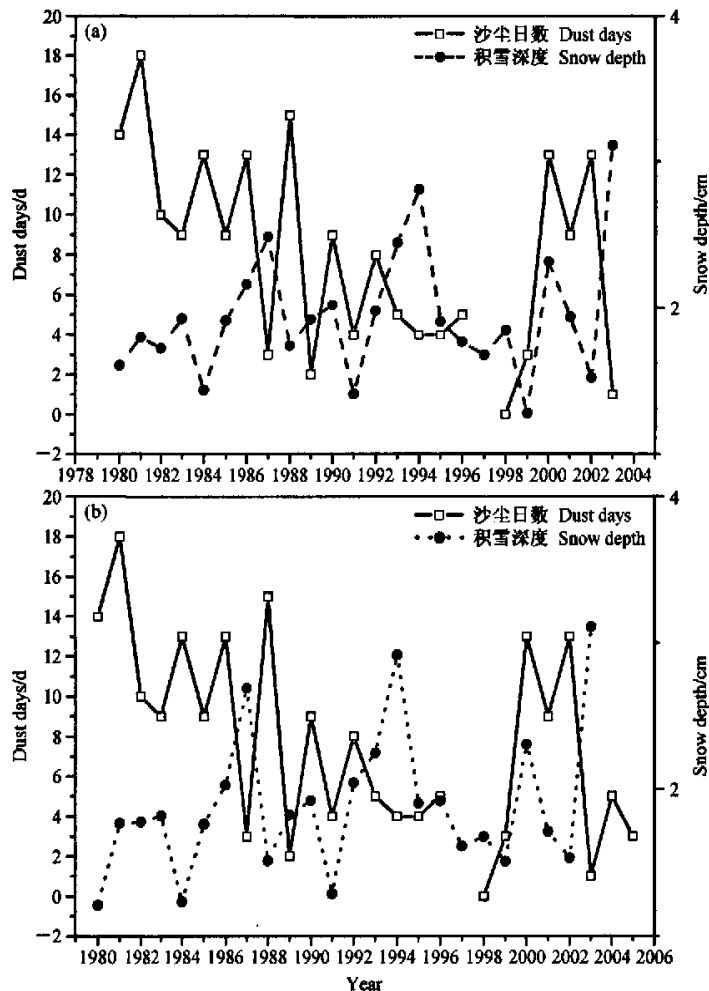


图4 北京春季沙尘日数与沙尘源区冬季积雪深度的关系：(a) 12~2月；(b) 12~1月

Fig. 4 Relationship between dust days during spring in Beijing and snow depth in last winter in dust source areas; (a) Dec to Feb; (b) Dec to Jan

频率有影响，而积雪深度影响程度较积雪面积更为明显。也就是说，源区冬季有降雪对来年沙尘天气的发生有一定的影响，但如果降雪量达到某种强度，其对来年春季沙尘天气发生频率的影响会更大。

## 6 源区积雪对北京沙尘影响的可能原因分析

许多学者的研究<sup>[16]</sup>指出，产生沙尘暴的条件有3个：大风、强劲对流的不稳定大气状态、裸

露于地表的沙尘物质。大风是形成沙尘暴的动力条件，对流不稳定是构成沙尘暴的局地热力条件，沙尘本身是产生沙尘暴的物质条件。其中，物质条件又取决于沙尘暴源区的下垫面状况，即源区下垫面状况是产生沙尘天气的条件之一。

也有研究表明，沙尘源区下垫面土壤含水量是发生沙尘暴的重要条件<sup>[14,16]</sup>。李宁等<sup>[16]</sup>对沙尘源区之一的内蒙古中西部地区2000~2003年的沙尘暴进行研究，认为地形和地表植被覆盖在一定程度上阻挡着沙尘暴的发生，但是地表的含水量是重要的起沙因素。于是，绘制北京沙尘源区积

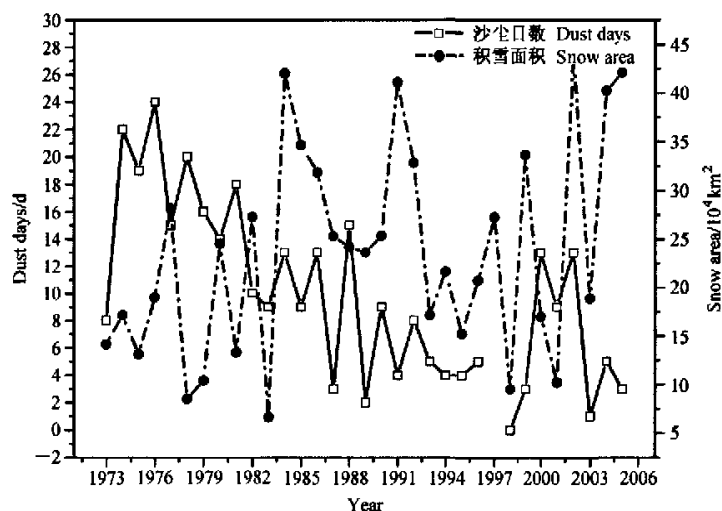


图5 源区冬季积雪面积和北京春季沙尘的关系

Fig. 5 Relationship between dust days during spring in Beijing and snow area in last winter in source areas

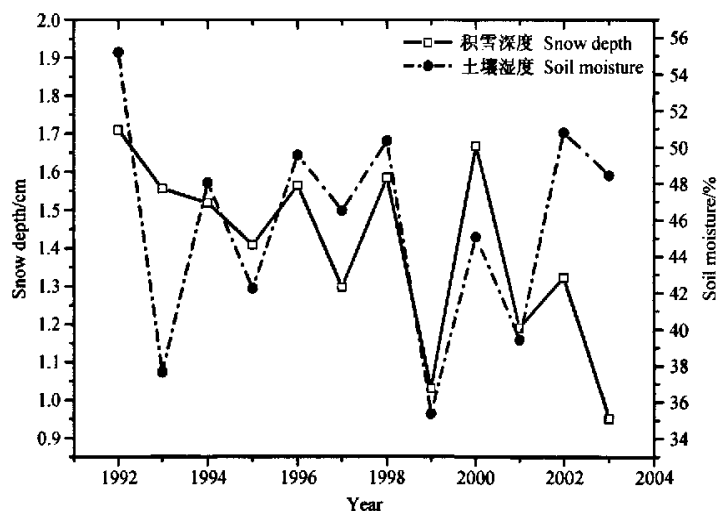


图6 源区冬季积雪深度与春季土壤湿度的关系

Fig. 6 Relationship between snow depth during winter and soil moisture during spring in source areas

雪深度与春季土壤湿度的关系如图6。由图可见，源区冬季积雪深度与春季的土壤湿度呈明显的正相关关系，二者相关系数为0.415，通过90%信度检验。因此，当冬季的积雪达到一定厚度，春季的积雪融水将为地表带来丰富的水分，从而增加了土壤含水量<sup>[17]</sup>，这会使沙尘天气发生的概率和强度明显减少。源区冬季积雪多寡可以是春季沙尘暴发生与否的一个表征因子。

## 7 结论

多年来，北京地区沙尘日数呈现逐渐减少的趋势，但近年又有所增加，而北京沙尘暴日数也在逐渐减少，并且近10年未出现沙尘暴，但扬沙日数有所增加。沙尘通过西北路径和北方路径影响北京。导致北京地区沙尘天气发生的因素很多，

沙尘源区地表状况为其影响因素之一,而源区降雪多少是地表含水量的决定性因素。因此,源区积雪面积和积雪深度在一定程度上影响了北京地区的沙尘天气的发生,要做好来年春季沙尘天气发生的趋势预报,这可能是应当考虑的一个重要因子。

致 谢 本文承蒙彭公炳先生审阅和指导,特致谢意!

### 参考文献 (References)

- [1] 曾庆存,董超华,彭公炳,等.千里黄云—东亚沙尘暴研究.北京:科学出版社,2006  
Zeng Qingcun, Dong Chaohua, Peng Gongbing, et al. *Gigantic Yellow Cloud—Dust Storms in East Asia* (in Chinese). Beijing: China Science Press, 2006
- [2] 刘树华,刘新民,李金贵.我国西北地区一次特大沙尘暴的初步分析.北京大学学报,1994,30(5):584~588  
Liu Shuhua, Liu Xinmin, Li Jingui. Preliminary analysis of an extraordinary heavy sand storm over northwest area. *Acta Scientiarum Naturalism Universitatis Pekinensis* (in Chinese), 1994, 30(5): 584~588
- [3] 刘树华,刘新民,高尚玉.沙尘暴天气成因的初步分析.北京大学学报,1994,30(5):589~596  
Liu Shuhua, Liu Xinmin, Gao Shangyu. A preliminary analysis of the dust storm weather process and its cause. *Acta Scientiarum Naturalism Universitatis Pekinensis* (in Chinese), 1994, 30(5): 589~596
- [4] 沈志宝,文军.沙漠地区春季的大气浑浊度及沙尘大气对地面辐射平衡的影响.高原气象,1994,13(3):330~338  
Shen Zhibao, Wen Jun. The atmospheric turbidity and the influence of the dust atmosphere on the surface radiation balance in desert region in spring. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1994, 13(3): 330~338
- [5] 陆政,刘凑华.中国北方沙尘暴与气象要素关系的初步研究.气象,2006,32(9):35~41  
Lu Zheng, Liu Couhua. On the relationship between sand-storm and meteorological elements in China. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2006, 32(9): 35~41
- [6] 白云岗,宋郁东,张建军,等.近40a来塔里木盆地沙尘暴气候时空变化分析.干旱区资源与环境,2005,19(5):42~45  
Bai Yungang, Song Yudong, Zhang Jianjun, et al. Spatial-temporal distribution of sand storm weather trend in Tarim Basin in recent 40 years. *Journal of Arid Land Resources and Environment* (in Chinese), 2005, 19(5): 42~45
- [7] 邱新法,曾燕,缪启龙.我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径.地理学报,2001,56(3):316~322  
Qiu Xinfu, Zeng Yan, Miao Qilong. Temporal-spatial distribution as well as track sand source areas of sand-dust storms in China. *Acta Geographica Sinica* (in Chinese), 2001, 56(3): 316~322
- [8] 周自江,王锡稳,牛若芸.近47年中国沙尘暴气候特征研究.应用气象学报,2002,13(2):193~200  
Zhou Zijiang, Wang Xiwen, Niu Ruoyun. Climate characteristics of sand storm in China in recent 47 years. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 2002, 13(2): 193~200
- [9] 张志刚,赵燕华,陈万隆,等.北京沙尘天气与源地气象条件的关系.安全与环境学报,2003,3(1):20~24  
Zhang Zhigang, Zhao Yanhua, Chen Wanlong, et al. The relation between sand-dust weather in Beijing and meteorological conditions of dust source areas. *Journal of Safety and Environment* (in Chinese), 2003, 3(1): 20~24
- [10] 方宗义,王伟.2002年我国沙尘暴的若干特征分析.应用气象学报,2003,14(5):513~521  
Fang Zongyi, Wang Wei. Characteristic analysis of China dust storm in 2002. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 2003, 14(5): 513~521
- [11] 赵景波,杜娟,黄春林.沙尘暴的发生条件和影响因素.干旱区研究,2002,19(1):58~62  
Zhao Jingbo, Du Juan, Huang Chunchang. Formation conditions and affecting factors of sand-dust storm. *Arid Zone Research* (in Chinese), 2002, 19(1): 58~62
- [12] 石广玉,赵思雄.沙尘暴研究中的若干科学问题.大气科学,2003,27(4):591~606  
Shi Guangyu, Zhao Sixiong. Several scientific issues of studies on the dust storms. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2003, 27(4): 591~606
- [13] 徐兴奎,陈洪.影响植被和积雪对沙尘暴事件的西部中国.中国科学 Bulletin, 2006, 51(3): 331~340  
Xu Xingui, Chen Hong. Influence of vegetations and snow cover on sand-dust events in the west of China. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(3): 331~340
- [14] 王涛,陈广庭,钱正安,等.中国北方沙尘暴现状及对策.中国科学院院刊,2001,16(5):343~348  
Wang Tao, Chen Guangting, Qian Zhengang, et al. The situation of dust storm and its strategy in north China. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences* (in Chinese), 2001, 16(5): 343~348
- [15] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等.关于我国华北地区沙尘天气的成因与治理对策.地理学报,2000,55(5):514~521  
Ye Duzheng, Chou Jifan, Liu Jiyuan, et al. Causes of sand-stormy weather in northern China and control measures. *Acta Geographica Sinica* (in Chinese), 2000, 55(5): 514~521
- [16] 李宁,顾卫,谢锋,等.土壤水分对沙尘暴的阈值反应-

- 以内蒙古中西部地区为例. 自然灾害学报, 2004, 13 (1): 44~49
- Li Ning, Gu Wei, Xie Feng, et al. Threshold value response of soil moisture to dust storm: a case study of mid-western Inner Mongolia Autonomous Region. *Journal of Natural Disasters* (in Chinese), 2004, 13 (1): 44~49
- [17] 李培基, 米德生. 中国积雪分布. 冰川冻土, 1983, 5 (4): 9~18
- Li Peiji, Mi Desheng. The distribution of snow cover in China. *Journal of Glaciology and Geocryology* (in Chinese), 1983, 5 (4): 9~18