

华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集 (1961/62–2011/12) 研发及特征分析

何丽烨¹, 王冀², 黄鹤^{1*}, 郭军¹

1. 天津市气候中心, 天津 300074; 2. 北京市气候中心, 北京 100089

摘要: 华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集 (1961/62–2011/12) 是在位于中国华北农牧交错带的 284 个地面气象台站半个世纪以来的降水记录基础上, 根据气温阈值判别指标分析统计得到。地理区域覆盖了北京、天津、河北、山西和内蒙古五个省(市/自治区), 时间范围为 1961 年 11 月至 2012 年 2 月冬季 (冬季指当年 11 月至次年 2 月, 下同), 数据内容包括: 冬季多年月平均降雪量 (1 月、2 月、11 月、12 月) 数据, 冬季年降雪总量数据, 小雪、中雪、大雪及以上三个量级逐年降雪量数据。该数据集以.xlsx 格式存储, 数据量 394 KB。结果表明: 华北农牧交错带的年平均降雪日数高值区主要位于内蒙古东北部至中部一带, 两个冬季降雪量高值中心分别位于内蒙古东北部和山西南部至太行山南麓, 这 51 年来华北农牧交错带冬季降雪量的增加主要是由于大雪及以上量级降雪量增加造成的。

关键词: 降雪; 华北; 农牧交错带; 气温阈值; 时空变化

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.03.07>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2024.03.07>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2016.02.01.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2016.02.01.V1>.

1 前言

降雪是中国冬半年降水的主要形式。目前从气候学角度出发开展相关研究所使用的降雪日数资料大多是根据天气现象统计的^[1–4]。但随着自动观测站数据的广泛使用, 以及研究区域从全国到全球的不断扩展, 没有天气现象记录或者记录不完整的问题更加突出。此时要获取开展降雪研究的基础数据, 就有赖于其他观测变量对降雪日的客观判别。

气温是决定降水相态的重要因素, 尤其是低层气温^[5]。其中 850 hPa 高度层的气温阈值在天气预报过程中常被作为区分雨雪的判据^[6], 但应用该标准进行降雪数据的气候统计的

收稿日期: 2024-06-05; 修订日期: 2024-08-28; 出版日期: 2024-09-25

*通讯作者: 黄鹤, 天津市气候中心, huanghe04@aliyun.com

数据引用方式: [1] 何丽烨, 王冀, 黄鹤等. 华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集 (1961/62–2011/12) 研发及特征分析[J]. 全球变化数据学报, 2024, 8(3): 303–310. <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.03.07>.
<https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2024.03.07>.

[2] 何丽烨, 王冀, 李喜仓等. 华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集 (1961–2012) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2016. <https://doi.org/10.3974/geodb.2016.02.01.V1>.
<https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2016.02.01.V1>.

相关研究尚少。本文选取 850 hPa 平均气温作为判别指标，基于此统计了华北农牧交错带的降雪日数据，在评估该数据对华北农牧交错带降雪分布特征及变化趋势的刻画能力的同时，将其与天气现象统计的降雪日数据结果进行比较，从而探讨气温阈值判别方法在降雪统计中的适用性，为气候研究中降雪日的客观判别提供方法参考，也为华北地区降雪的相关研究奠定数据基础。

2 数据集元数据简介

《华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集（1961–2012）》^[7]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集（1961–2012）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集（1961–2012）
数据集短名	SnowfallData_NorthChina_1961–2012
作者信息	何丽烨，天津市气候中心，heliyehly@163.com 王冀，北京市气候中心，wangji_zl@163.com 李喜仓，内蒙古自治区气候中心，qkslxc@163.com 郭军，天津市气候中心，guojun@cma.gov.cn
地理区域	中国华北农牧交错带（包括北京、天津、河北、山西、内蒙古五个省（市/自治区））
数据年代	1961–2012
时间分辨率	年，月
数据格式	.xlsx
数据量	394 KB
数据集组成	降雪季多年月平均降雪量（1 月、2 月、11 月、12 月）数据，降雪季年降雪总量数据，小雪、中雪、大雪及以上三个量级逐年降雪量数据
数据计算环境	Fortran，Microsoft Excel
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[8]
数据和论文检索系统	DOI，CSTR，Crossref，DCI，CSCD，CNKI，SciEngine，WDS，GEOSS，PubScholar，CKRSC

3 数据研发方法

使用国家气象信息中心提供的华北农牧交错带（包括北京、天津、河北、山西和内蒙古）284 个地面气象台站逐日降水资料，以及美国国家环境预报中心和国家大气研究中心

(NCEP/NCAR)联合制作的 Reanalysis 1 逐日再分析资料¹, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ[9]}$ 。研究时段为 1961 年 11 月至 2012 年 2 月冬季(冬季指当年 11 月至次年 2 月)。

3.1 算法原理

3.1.1 降雪日判别方法

在中国的不同地区和不同时节, 判别降雪的气温阈值是有所差别的, 但从具有统计意义的角度出发, 以 0°C 气温作为降雪阈值上限能够很好地区分雨雪范围^[6,10]。因此, 本文以 0°C 作为雨雪相态的临界值, 选取 850 hPa 平均气温作为判别指标, 统计华北农牧交错带的降雪日数据: 即台站出现降水(包括微量降水)当日的 850 hPa 平均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时, 将该日记作一个降雪日。其中, 记录为 31xxx 和 30xxx 格式的数据均视为降水参与判断。据此, 统计出 1961 年 11 月至 2012 年 2 月冬季华北农牧交错带地面气象台站的降雪日数。

3.1.2 台站 850 hPa 日平均气温

NCEP/NCAR 再分析资料的温度场在中国东部, 尤其是北方地区具有很好的适用性和较高的可信度^[11,12]。在 850 hPa 高度层, 与探空资料的温度相比, NCEP/NCAR 再分析资料的插值误差较小, 可以用来分析无实际探空资料地区上空的温度变化^[13]。

因此, 在计算地面气象台站 850 hPa 日平均气温时, 选取与台站相邻 4 个网格点的值, 利用双线性插值方法将再分析格点 850 hPa 日平均气温数据插值到台站^[14], 得到华北农牧交错带各台站的 850 hPa 逐日平均气温。算法如下:

设台站 P 的 850 hPa 日平均气温值为 $T(P)$, 台站坐标为 (x, y) , 与台站相邻的 4 个格点 $Q_{11}=(x_1, y_1)$ 、 $Q_{12}=(x_1, y_2)$ 、 $Q_{21}=(x_2, y_1)$ 、 $Q_{22}=(x_2, y_2)$ 的 850 hPa 日平均气温值分别为 $T(Q_{11})$ 、 $T(Q_{12})$ 、 $T(Q_{21})$ 及 $T(Q_{22})$ 。此 4 个格点位于 x 方向 2 个点, y 方向 2 个点。首先在 x 方向线性插值得到点 $R_1=(x, y_1)$ 和 $R_2=(x, y_2)$ 的 850hPa 日平均气温值:

$$T(R_1) = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} T(Q_{11}) + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} T(Q_{21}) \quad (1)$$

$$T(R_2) = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} T(Q_{12}) + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} T(Q_{22}) \quad (2)$$

然后在 y 方向线性插值得到站点 $P(x, y)$ 的 850 hPa 日平均气温:

$$T(P) = \frac{(y_2 - y)}{(y_2 - y_1)} T(R_1) + \frac{(y - y_1)}{(y_2 - y_1)} T(R_2) \quad (3)$$

3.2 技术路线

(1) 选用 1961–2012 年 NCEP/NCAR 再分析日值资料, 要素为 850 hPa 高度层的气温 t , 根据华北农牧交错带 284 个地面气象台站分布的地理位置的经纬度, 采用双线性插值方法, 计算出 284 个地面气象台站 1961–2012 年逐日 850 hPa 层平均气温。

(2) 基于 1961–2012 年华北农牧交错带 284 个地面气象台站的日降水资料, 以及步骤 (1) 计算的各台站 850 hPa 层日平均气温数据, 根据气温阈值指标判别降雪日, 并统计出 284 个地面气象台站 1961 年 11 月至 2012 年 2 月期间逐年冬季以及季内 11 月、12 月、1

¹ NCEP/NCAR Reanalysis 1. <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>.

月、2 月的降雪量。

(3) 根据降雪量等级划分标准, 结合步骤 (2) 的降雪日判别结果, 进一步统计出华北农牧交错带 284 个地面气象台站冬季小雪、中雪、大雪及以上三个量级的逐年降雪量。

(4) 基于步骤 (2) 统计的 284 个地面气象台站逐年冬季各月的降雪量数据, 分别计算出 11 月、12 月、1 月和 2 月的多年平均月降雪量。

(5) 整理计算结果, 形成华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集。

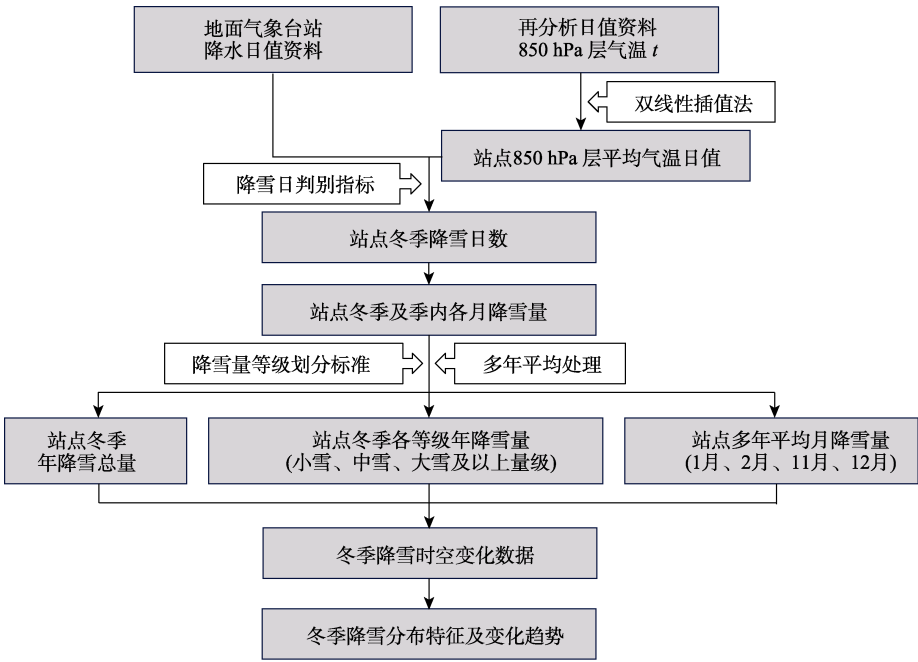


图 1 华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集研发技术路线图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

《华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集 (1961–2012)》^[7]由以下数据组成:

- (1) 华北农牧交错带冬季 284 个地面气象台站逐年降雪总量数据;
- (2) 华北农牧交错带冬季 284 个地面气象台站逐年各等级 (小雪、中雪、大雪及以上) 降雪量数据;
- (3) 华北农牧交错带 284 个地面气象台站冬季各月 (1 月、2 月、11 月、12 月) 多年平均降雪量数据。

数据集存储为 1 个 Excel 文件, .xlsx 格式, 数据量约 394 KB。

4.2 数据结果

4.2.1 华北农牧交错带降雪分布特征

从 850 hPa 气温阈值判别指标统计的华北农牧交错带年平均降雪日数分布来看 (图 2a), 内蒙古东北部至中部存在一个降雪日数高值区, 年平均降雪日数 40 d 以上, 向西、

向南降雪日数逐渐减少。在兴安岭附近，年平均降雪日数最多，可达 100 d 以上。这种分布特征与根据天气现象统计得到的华北农牧交错带降雪日数的分布是一致的^[1]。

冬季平均年降雪量分布与降雪日数大致相似，但其有两个高值中心（图 2b）：一是位于内蒙古东北部，年平均降雪量超过 20 mm；另一个位于山西南部，太行山南麓一带，这里年平均降雪量在 30 mm 以上，最大地区超过 40 mm。

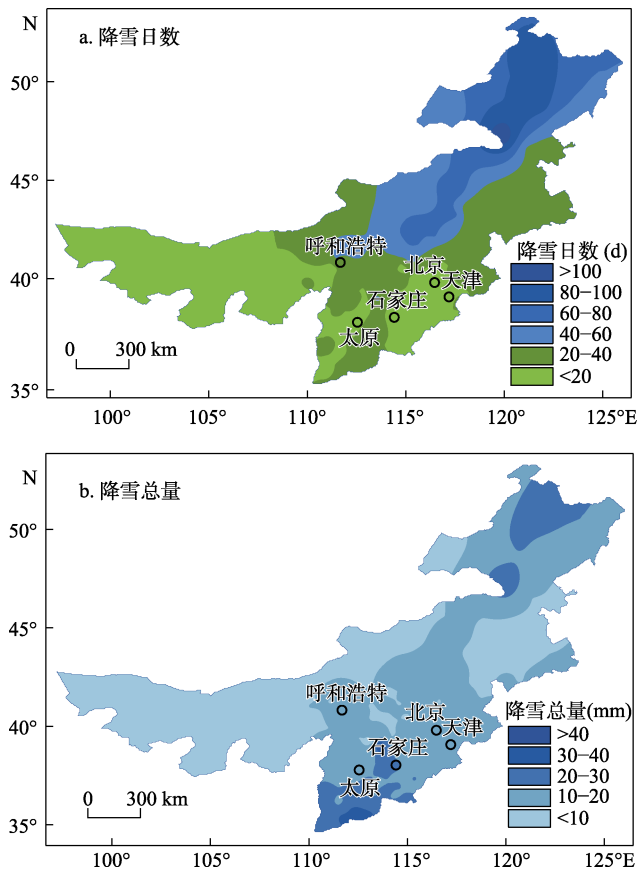


图 2 华北农牧交错带年平均降雪日数和冬季年平均降雪总量分布图

冬季各等级降雪量的分布情况如图 3 所示。可以看到，在内蒙古东北部地区小雪雪量相对较大，山西南部 and 太行山南麓是大雪及以上量级降雪量的高值区，内蒙古最西部多年无大雪，中雪雪量分布在华北农牧交错带没有明显的区域差异。

无论是降雪总量还是各等级降雪量，其分布情况均与以往研究结论相符^[1-2]，表明基于 850 hPa 气温阈值判别指标统计的华北农牧交错带降雪日数和降雪量能够很好地刻画该地区降雪特征，这种气温阈值方法在客观判别和统计降雪日数据方面是可行且适用的。

4.2.2 华北农牧交错带降雪时间变化

为进一步分析华北农牧交错带降雪的变化趋势，图 4 给出了该地区冬季降雪总量和各等级降雪量的时间序列。可以看出，在年代际尺度上，华北农牧交错带冬季降雪量呈增加趋势，但并不显著^[15]。其中，小雪和中雪的降雪量没有明显的变化趋势，大雪及以上量级

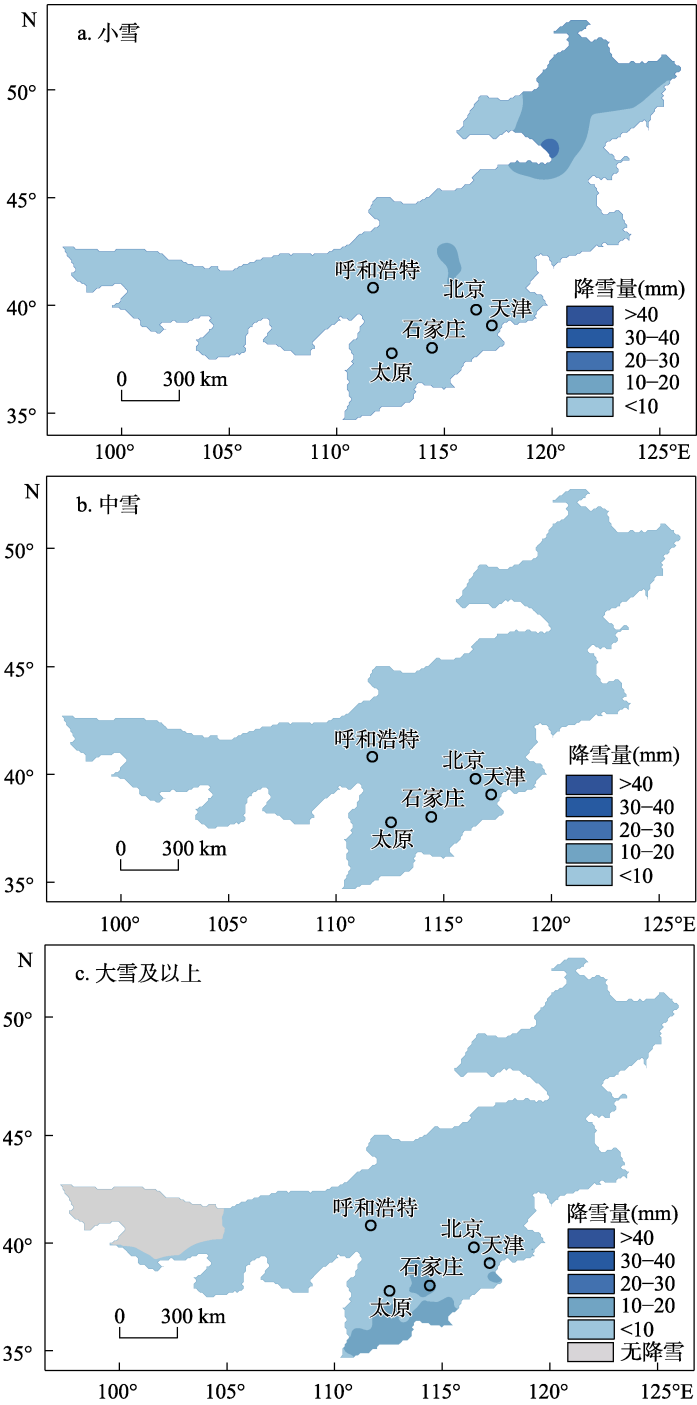


图 3 华北农牧交错带冬季各等级降雪量分布图

降雪量呈现增加趋势。由于大雪及以上量级降雪强度大且出现次数少，其变化对华北农牧交错带冬季降雪量影响很大。图 4a 和 4d 中大雪及以上降雪量变化与冬季降雪总量变化趋势一致，二者相关系数为 0.90，通过了 99% 的显著性检验。表明华北农牧交错带冬季降雪

量的增加主要是由于大雪及以上量级降雪量增加造成的。

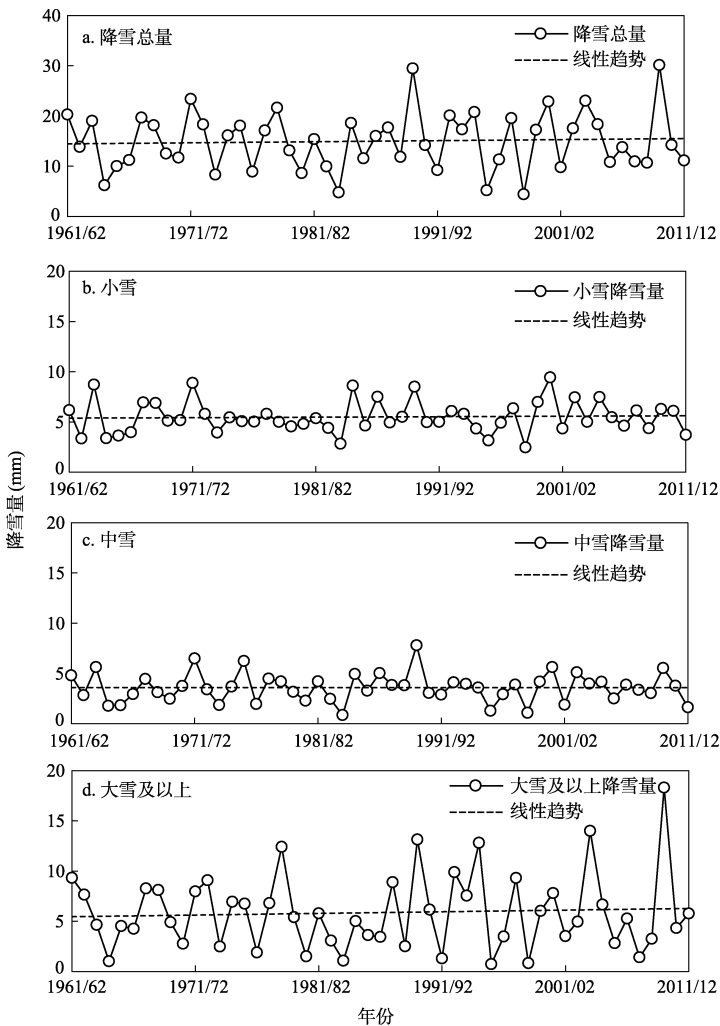


图 4 华北农牧交错带冬季降雪量时间序列图（1961/62–2011/12）

5 讨论和总结

冬季降雪极易给交通运输和农牧业等造成影响甚至危害，因此开展冬季降雪的研究具有重要的基础性作用。在以往研究中，降雪日数统计多依赖于天气现象记录，针对没有天气现象记录或者记录不完整情况下降雪难以判别、数据难以获取的问题，还缺少客观的降雪日判别方法。本文从气候统计的角度建立了华北农牧交错带冬季降雪气温阈值判别指标，根据 850 hPa 层日平均气温判别和统计了降雪数据。结果表明，利用 850 hPa 层日平均气温阈值方法统计的降雪日和降雪量数据能够较好地刻画出华北农牧交错带的降雪分布特征及年际变化趋势，其中年平均降雪日数的高值区主要位于内蒙古东北部至中部一带，两个冬季降雪量高值中心分别位于内蒙古东北部和山西南部至太行山南麓，华北农牧交错带冬季降雪量的增加主要是由于大雪及以上量级降雪量的增加造成。这些特征和变化趋势与以往

根据天气现象统计的降雪数据研究结果是一致的。研究中选取 850 hPa 层气温而非地面气温作为判别华北农牧交错带冬季降雪日的客观阈值指标,也考虑到 850 hPa 层气温数据不会受到迁站等因素造成的资料非均一性影响。同时,客观阈值指标统计的年平均降雪日数与根据天气现象的统计结果相比,月平均误差仅为 2.4%,并且两种方法统计结果的绝对差值与海拔高度具有明显的线性关系,相关系数达到 0.85,通过了 0.05 的置信度检验。因此可以根据台站所在位置的海拔高度相应地提高或降低判别降雪日的 850 hPa 层气温阈值,进一步减小客观指标与天气现象两种方法统计结果的差异。

综合上述分析,表明气温阈值方法在客观判别和统计降雪数据方面是可行且适用的。基于此方法构建的华北农牧交错带冬季降雪时空变化长时间序列数据集,能够为该地区降雪的相关研究提供支撑,对深入认识华北降雪气候特征,掌握降雪变化规律有重要意义。研究建立的气温阈值指标也为今后降雪的客观判别提供了思路。

作者分工: 黄鹤、王冀和何丽烨对数据集的开发做了总体设计;何丽烨和王冀采集和处理了气象台站观测数据和再分析数据;何丽烨和郭军设计了算法;何丽烨做了数据验证并撰写了数据论文。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 刘玉莲,任国玉,于宏敏. 中国降雪气候学特征[J]. 地理科学, 2012, 32(10): 1176–1185.
- [2] 刘玉莲,任国玉,于宏敏等. 我国强降雪气候特征及其变化[J]. 应用气象学报, 2013, 24(3): 304–313.
- [3] 孙秀忠,罗勇,张霞等. 近 46 年来我国降雪变化特征分析[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1594–1601.
- [4] 孙秀忠,孙照渤,罗勇. 1960–2005 年东北地区降雪变化特征研究[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(1): 1–5.
- [5] 曹钢锋,张善君,朱官忠等. 山东天气分析与预报[M]. 北京: 气象出版社, 1988.
- [6] 高松影,李慧琳,宋丽丽等. 丹东冬季降水相态判据研究[J]. 气象与环境学报, 2014, 30(2): 38–44.
- [7] 何丽烨,王冀,李喜仓等. 华北农牧交错带冬季降雪时空变化数据集(1961–2012)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志. <https://doi.org/10.3974/geodb.2016.02.01.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:2014.6.11.2016.02.01.V1>.
- [8] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).
- [9] Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., *et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. *American Meteorological Society*, 1996, 77: 437–471.
- [10] 梁红,马福全,李大为等. “2009.2” 沈阳暴雪天气诊断与预报误差分析[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(4): 22–27.
- [11] 赵天保,符淙斌. 应用探空观测资料评估几类再分析资料在中国区域的适用性[J]. 大气科学, 2009, 33(3): 634–648.
- [12] 支星,徐海明. 三种再分析资料的高空温度与中国探空温度资料的季节平均特征对比分析[J]. 高原气象, 2013, 32(1): 97–109.
- [13] 袁松,程华,王东勇等. 模式再分析与实际探空资料的对比分析[J]. 气象科学, 2012, 32(1): 62–67.
- [14] 黄嘉佑,李庆祥. 气象数据统计分析方法[M]. 北京: 气象出版社, 2014.
- [15] 王冀,何丽烨,张雪梅. 华北农牧交错带冬季降雪时空变化特征[J]. 地理学报, 2015, 70(9): 1363–1374.