

北京两机场四年降雪情况对比及一次典型降雪过程分析

陈昭仔¹, 兰 渝¹, 韩羽庭¹, 季成海¹, 吴峥嵘²

¹民航华北空管局大兴空管中心气象台, 北京

²民航华北空管局气象中心观测室, 北京

收稿日期: 2023年6月19日; 录用日期: 2023年7月20日; 发布日期: 2023年7月27日

摘 要

本文利用2019年11月~2023年3月大兴机场、首都机场两场的常规地面、高空气象观测资料以及地面自动观测资料, 通过数理统计的方法对大兴机场及首都机场四年的降雪情况进行分析并对比, 另利用欧洲中心ERA5再分析资料等, 对2022年1月20日的典型降雪过程进行天气分析。结果表明: 1) 大兴、首都两机场降雪具有明显月际分布特征, 主要集中在1月~2月, 且以1月份最为明显, 没有明显的年变化和日变化特征。2) 由于地理位置、气候特点的差异, 首都机场降雪次数明显多于大兴机场。3) 两机场同过程降雪时长没有明显差异, 降雪时长主要受系统影响。4) 由于2月降雪次数多且雨雪混合过程比例增多, 两机场均2月累积降水量最多, 首都机场过程平均降水量略高于大兴机场。5) 1月、2月积雪概率大, 积雪深度有明显的月际分布特征, 2月积雪深度最大, 12月积雪深度最小。6) 首都机场降雪时期较大兴机场更长。

关键词

大兴机场, 首都机场, 降雪

Comparison of Snowfall Situation between Two Airports in Beijing over the Past Four Years and Analysis of a Typical Snowfall Process

Zhaoyu Chen¹, Yu Lan¹, Yuting Han¹, Chenghai Ji¹, Zhengrong Wu²

¹Meteorological Observatory of Daxing Air Traffic Control Center of North China Air Traffic Control Bureau of CAAC, Beijing

²Observation Room of Meteorological Center of North China Air Traffic Control Bureau of Civil Aviation, Beijing

Received: Jun. 19th, 2023; accepted: Jul. 20th, 2023; published: Jul. 27th, 2023

文章引用: 陈昭仔, 兰渝, 韩羽庭, 季成海, 吴峥嵘. 北京两机场四年降雪情况对比及一次典型降雪过程分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(4): 765-773. DOI: 10.12677/ccrl.2023.124080

Abstract

This article uses conventional ground and high-altitude meteorological observation data, as well as automatic ground observation data, from November 2019 to March 2023 at Daxing Airport and Capital Airport to analyze and compare the snowfall situation at Daxing Airport and Capital Airport over the past four years through mathematical statistics, and the typical snowfall process on January 20, 2022 by using the ERA5 reanalysis data of the European Center. The results show that: 1) The snowfall at Daxing and Capital airports has obvious monthly distribution characteristics, mainly concentrated in January to February, and is most obvious in January, without obvious annual or daily changes. 2) Due to differences in geographical location and climate characteristics, the number of snowfalls at Capital Airport is significantly higher than that at Daxing Airport. 3) There is no significant difference in snowfall duration between the two airports during the same process, and the snowfall duration is mainly affected by the system. 4) Due to the frequent snowfall in February and the increasing proportion of mixed rain and snow processes, both airports have the highest cumulative precipitation in February, with the average precipitation during the process at Capital Airport slightly higher than that at Daxing Airport. 5) The probability of snow cover in January and February is high, and the depth of snow cover has obvious inter month distribution characteristics. The depth of snow cover in February is the highest, and the depth of snow cover in December is the smallest. 6) The snowfall period at Capital Airport is longer than that at Daxing Airport.

Keywords

Daxing Airport, Capital Airport, Snowfall

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

降雪是我国北方冬季常见天气之一，目前，对北京地区降雪的研究有很多，如赵莹等(2023)通过参数化降雪识别的方法得到降雪数据，对 1951~2020 年京张地区的降雪量、降雪天数的年际变化特点进行研究，得出初春降雪天数最多，导致降雪量在 11 月和 2~3 月较大的特征[1]，陈羿辰等利用毫米波云雷达联合称重式雨量计、气球探空和 S 波段天气雷达在北京对 2015 年 11 月三次降雪进行了观测，得知整层降雪回波 Z 最大值代表了降雪回波中心，对比地面降水量发现反射率强度最大值和地面降雪量也存在联系[2]；杨杰等利用 1986~2016 年常规观测资料和 NCEP ($1^\circ \times 1^\circ$)再分析资料，对承德市强降雪的环流背景和物理参数进行分析，总结出承德市强降雪特征及预报方法[3]；徐磊利用常规地面、高空气象观测资料以及昌北机场自动观测数据，对 2013~2019 年期间江西昌北机场发生的连续降雪时长 ≥ 2 小时的降雪过程进行统计分析，得知了昌北机场冬季降雪规律[4]；张丹梅为了了解阜新地区积雪深度和气象要素的关系，利用降水量、气温、风速、积雪深度等常规地面观测资料，统计日新增积雪深度，分析了阜新地区积雪深度的影响条件，过程降水量与积雪深度的概念模型，最后建立雪深客观预报方法，得到雪深系数和降水量呈反比关系、雪深系数和气温呈反比关系、雪深系数和风速呈正比关系等结论[5]。这些研究成果对于北京区域降雪的预报提供了重要的思路，但对于大兴机场这样的单点预报来说还是存在一定的难点。

降雪对飞行的影响有很多，降雪会使能见度降低，降雪过程中，雪在空中反射光线使能见度进一步

下降；降雪会影响跑道的性能，使跑道摩擦系数下降或出现障碍；降雪对飞机性能也有影响，飞机通过降水云且温度在 $0^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 时常常出现积冰，积冰会使飞机的空气动力性能变坏，使飞机的升力减小，阻力增大，影响飞机的安全定性和操纵性；一般较强降雪是由于河套倒槽发展或蒙古气旋加强东移，中低层配合，有来自渤海湾向本场的水汽输送(即当本场连续出现 4 小时以上的东南风时)而形成回流降雪。强降雪不仅会影响能见度，而且还会造成跑道积雪，对航班的正常起降及飞行安全都有影响。

为了进一步研究大兴国际机场单点的降雪预报，保障飞行安全，本文利用 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场、首都机场两场的常规地面、高空气象观测资料以及地面自动观测资料，通过数理统计的方法对大兴机场及首都机场四年的降雪情况进行分析并对比，另利用欧洲中心 ERA5 再分析资料，对 2022 年 1 月 20 日的典型降雪过程进行天气分析，为今后降雪预报提供参考。

2. 数据资料

本文基于 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场、首都机场的常规地面、高空气象观测资料以及地面自动观测资料，提取四年降雪过程相关的天数、日期、降雪时间、累积降水量、积雪深度等数据，另利用欧洲中心 ERA5 再分析资料，对 2022 年 1 月 20 日的典型降雪过程进行天气分析。

3. 数据分析

3.1. 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场及首都机场降雪时间分布

Table 1. Annual snowfall frequency at ZBAD and ZBAA

表 1. 大兴机场、首都机场年降雪次数

	2019~2020	2020~2021	2021~2022	2022~2023	总次数
ZBAD	1	3	4	7	8
ZBAA	2	4	3	5	9

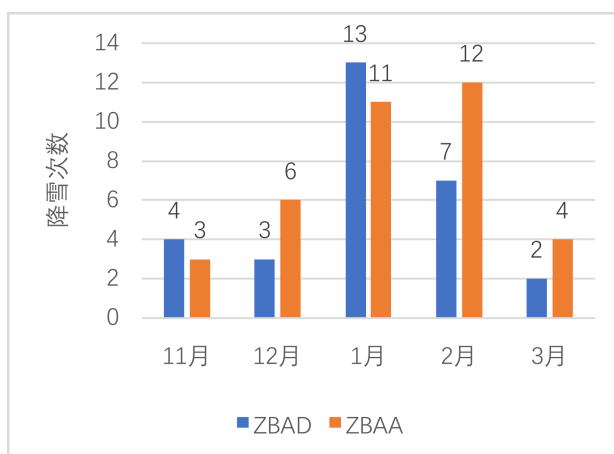


Figure 1. Monthly snowfall frequency at ZBAD and ZBAA from November 2020 to March 2023

图 1. 2020 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场、首都机场月降雪次数

根据大兴机场及首都机场自动观测系统地面气象观测数据统计得出，2019 年 11 月~2023 年 3 月，以某年的 11 月至翌年 3 月定义为这一一年间的降雪时期，四年间，大兴机场共发生降雪天气 29 次，其中，2019~2020 年 6 次，2020~2021 年 7 次，2021~2022 年 11 次，2022~2023 年 5 次，首都机场共发生降雪天

气 36 次，其中 2019~2020 年 9 次，2020~2021 年 9 次，2021~2022 年 11 次，2022~2023 年 7 次(表 1)，没有明显的年变化特征；首都机场降雪次数明显多于大兴机场降雪次数，除 2021~2022 年持平外，其余三年首都机场降雪次数均多于大兴机场，四年间大兴机场降雪次数是首都机场降雪次数的 80%；从四年的月降雪次数来看(图 1)，两场均 1 月和 2 月降雪次数较多，大兴机场 1 月降雪 13 次，占总次数的 45%，首都机场 1 月降雪 11 次，占总次数的 30%，两机场平均每年 1 月均出现降雪天气 3 次，2 月大兴机场降雪 7 次，占总降雪次数的 24%，首都机场 2 月降雪 12 次，占比 33%，11 月及 3 月降雪次数相对较少，大兴机场 11 月和 3 月分别降雪 4 次和 2 次，首都机场 11 月和 3 月分别降雪 3 次和 5 次；日变化没有明显特征，一天 24 小时内都可以出现。(计次标准：当降雪天气连续或间歇在相邻两天出现时，跨北京时日界记为一次降雪过程；未跨北京时日界则分别记为一次降雪过程。)

由此可以看出，2019 年 11 月~2023 年 3 月，大兴机场与首都机场虽距离相差不到 100 公里，但由于地理位置、气候特点的差异，其在降雪次数上有明显差异。

3.2. 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场及首都机场降雪时长对比

利用大兴机场、首都机场两场月总簿及自观资料，通过计算得出大兴机场、首都机场每次降雪过程时长，如图 2，大兴机场四年总降雪时长 276.0 小时，平均年降雪时长 69.0 小时，平均过程降雪时长 9.5 小时，首都机场四年总降雪时长 322.4 小时，平均年降雪时长 80.6 小时，平均过程降雪时长 9.0 小时，可以看到大兴机场较首都机场总降雪时长更短，平均每次过程的降雪时长相近，两机场在降雪时长上并没有明显的相关特征，降雪持续时间与系统影响时长有关；大兴机场降雪时长极大值出现在 2020 年 2 月 5 日~2 月 6 日，过程降雪时长为 30 小时，极小值出现在 2019 年 12 月 9 日，降雪时长 1 小时，首都机场降雪时长最长的一次降雪过程与大兴机场一致，也是 2020 年 2 月 5 日~2 月 6 日，降雪时长达到 32.7 小时，首都机场四年间持续时间最短的一次降雪为 2023 年 3 月 17 日，仅 0.5 小时，而这一天大兴机场并未降雪，仅为小雨天气。

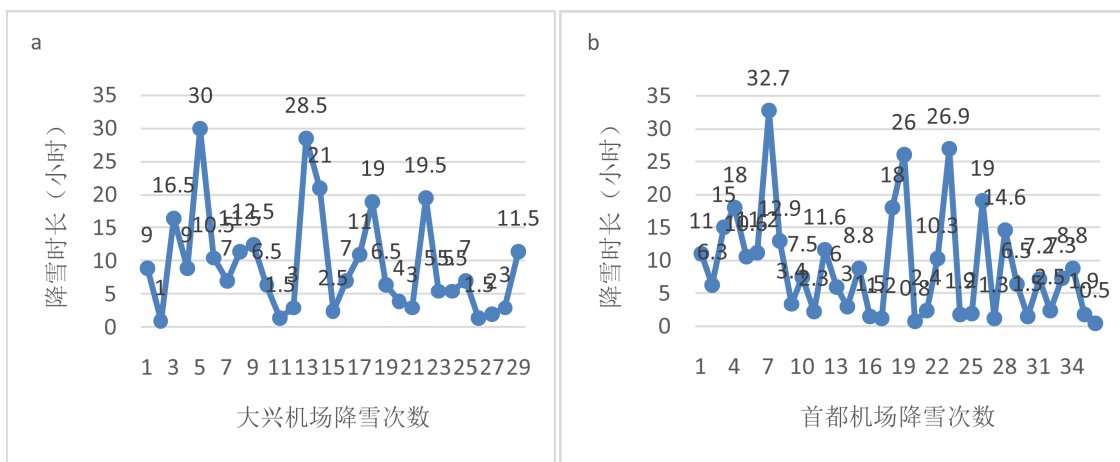


Figure 2. (a) ZBAD, (b) ZBAA snowfall duration
图 2. (a) 大兴机场、(b) 首都机场降雪时长

3.3. 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场及首都机场累积降水量分析

从图 3 可以看到，大兴机场降雪的月累积降水量趋势与首都机场一致，2 月降水量最多，其次是 11 月，12 月降水量最少，结合 3.1 中的降雪次数以及图 4 中的雨雪比例，我们可以推论，虽然两场 1 月降雪次数最多，但由于一月的降雪过程中纯雪比例高，大兴机场 1 月份纯雪次数是雨雪混合过程的 5.5 倍，

首都机场 1 月份纯雪次数是雨雪混合过程的 10 倍，故 1 月份虽然降雪次数多，但降水量并不大；2 月份两场降雪次数也较多，且 2 月份由于温度有所上升，水汽条件较 1 月更好，雨雪转换的过程明显增加，两场纯雪和雨雪混合过程场数比例接近 1:1，故 2 月降水量较多，同理，由于 11 月份温度还相对较高，虽然该月降雪次数不多，但因为雨雪混合过程比例较高，大兴机场雨雪混合过程次数是纯雪次数的 3 倍，首都机场雨雪混合过程次数是纯雪次数的 2 倍，所以降水量也相对较多，12 月整体水汽条件较差，温度较低，降雪性质以纯雪为主，导致累积降水量较少。

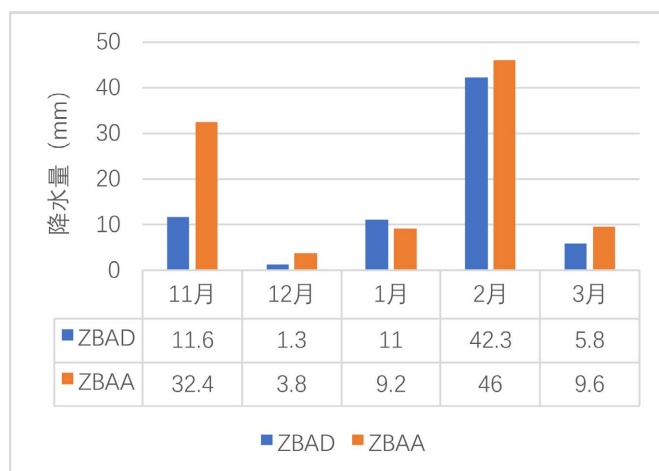


Figure 3. Accumulated monthly precipitation during four years of snowfall at ZBAD and ZBAA

图 3. 大兴机场与首都机场四年降雪期月累积降水量

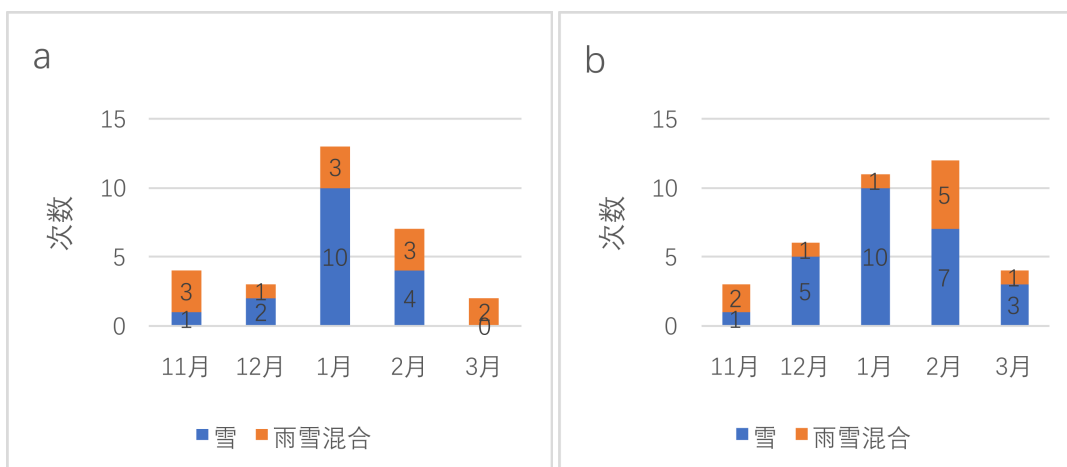


Figure 4. Monthly precipitation phase statistics for ZBAD (a) and ZBAA (b)

图 4. 大兴机场(a)、首都机场(b)逐月降水相态统计

Table 2. Precipitation at ZBAD and ZBAA

表 2. 大兴、首都两机场降水量情况

	总降水量(mm)	过程平均降水量(mm)
ZBAD	72.0	2.48
ZBAA	101.0	2.80

通过整合两机场自观数据, 经过计算得出表 2, 可以看到, 四年间, 大兴机场总降水量为 72.0 mm, 过程平均降水量 2.48 mm, 首都机场四年总降水量 101.0 mm, 过程平均降水量 2.80 mm, 对比两机场, 首都机场的过程平均降水量略高于大兴机场, 考虑是因为降雪系统多为由北向南移动, 从首都机场到大兴机场系统强度有所减弱, 导致降水量变小。

3.4. 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场及首都机场积雪深度分析

积雪日数定义为积雪深度大于等于 1 cm 的日数, 累积积雪深度定义为各积雪日积雪深度的累加。通过统计, 2019 年 11 月~2023 年 3 月, 大兴机场共有 15 个积雪日, 首都机场共有 14 个积雪日, 从图 5 可以看到, 大兴机场 1 月和 2 月均有 5 个积雪日, 占总数的 66%, 首都机场 1 月及 2 月均有 5 个积雪日, 占总数的 72%, 由此可以得知 1 月、2 月有积雪的概率较大; 从图 6 可以看到, 大兴机场及首都机场年积雪深度有明显的月际分布特征, 2 月积雪深度最大, 大兴机场 15 cm, 首都机场 30 cm, 12 月积雪深度最小, 大兴 2 厘米, 首都 1 cm。

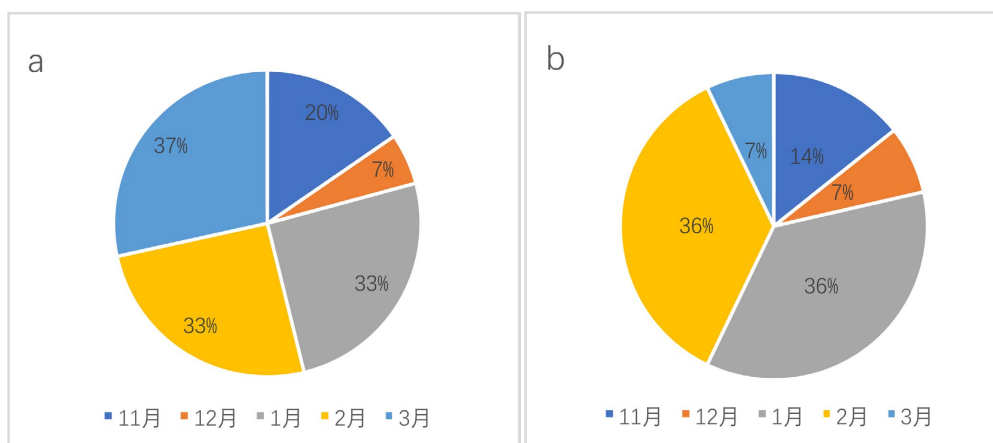


Figure 5. Proportion of snow covered days at ZBAD (a) and ZBAA (b)
图 5. 大兴机场(a)、首都机场(b)积雪日数占比

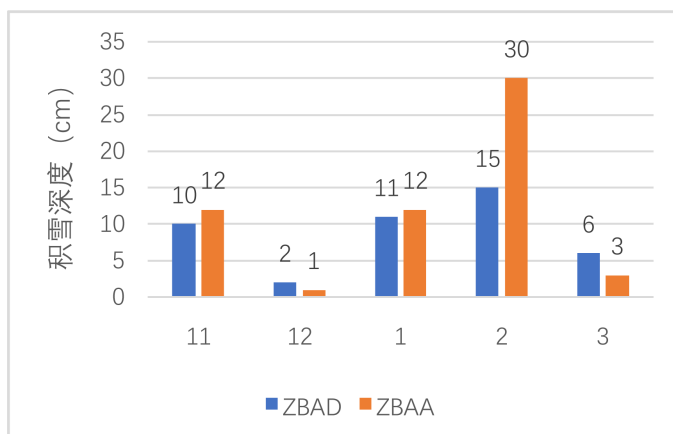


Figure 6. Comparison of annual snow depth between ZBAD and ZBAA
图 6. 大兴机场、首都机场年积雪深度对比

3.5. 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场及首都机场初雪分析

从表 3 可以看到, 北京两机场四年来初雪基本发生在 11 月, 2022~2023 年的初雪大兴机场发生在一

月中旬, 首都机场发生在 12 月下旬, 较往年偏晚, 大兴机场和首都机场对比来看, 首都机场初雪时间略早于大兴机场, 终雪时间晚于大兴机场, 可以看出, 首都机场由于地理位置较大兴机场偏北 100 公里左右, 且更靠近山区, 受冷空气影响更明显, 抬升条件也更好, 比大兴机场更容易出现降雪天气, 降雪时期会略长于大兴机场。

Table 3. Initial snow time at ZBAD and ZBAA

表 3. 大兴、首都两机场初雪时间

	大兴机场		首都机场	
	初雪日期	终雪日期	初雪日期	终雪日期
2019.11~2020.3	2019.11.30	2020.2.14	2019.11.29	2020.3. 2
2020.11~2021.3	2020.11.21	2021.2.28	2020.11.21	2021.2.28
2021.11~2022.3	2021.11.6	2022.3.18	2020.11.6	2022.3.18
2022.11~2023.3	2023.1.12	2023.2.12	2022.12.21	2023.3.17

4. 一次典型回流降雪天气过程分析

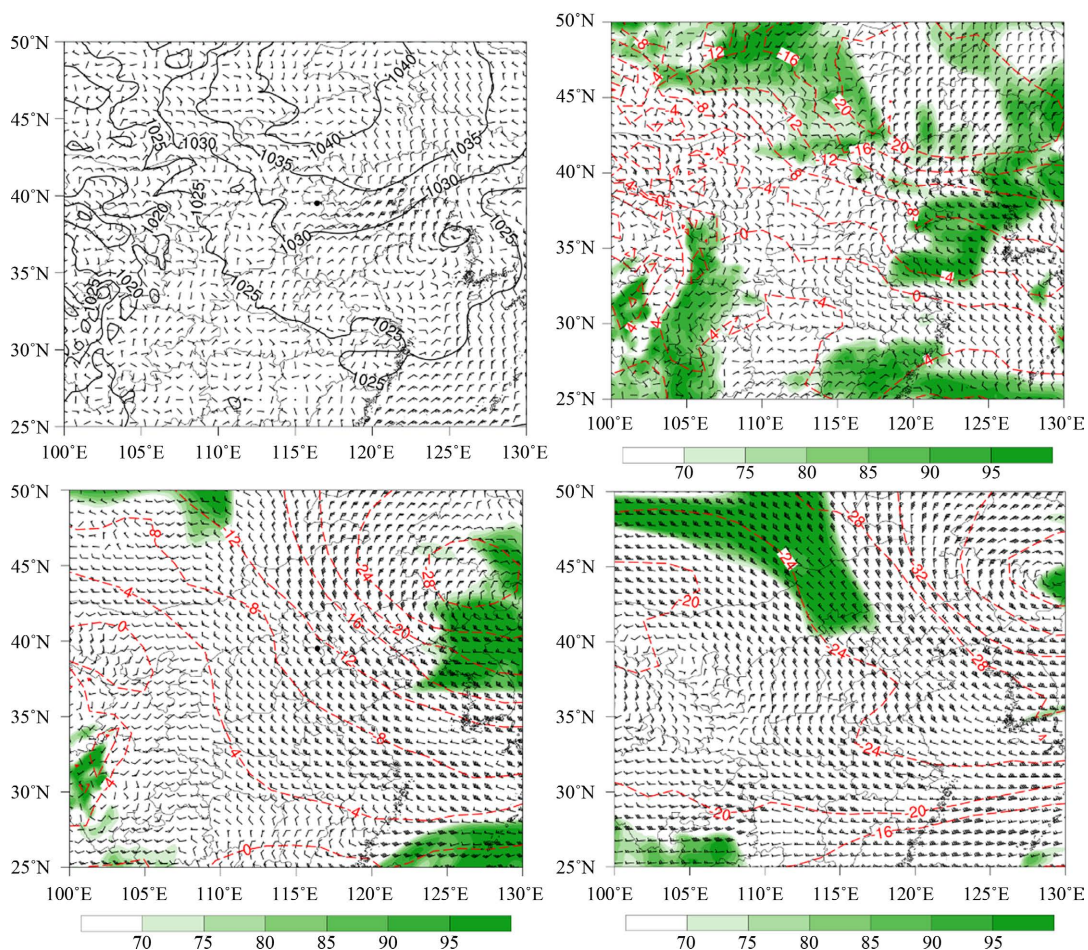


Figure 7. Weather situation at ZBAD on January 20, 2022

图 7. 2022 年 1 月 20 日大兴机场天气形势

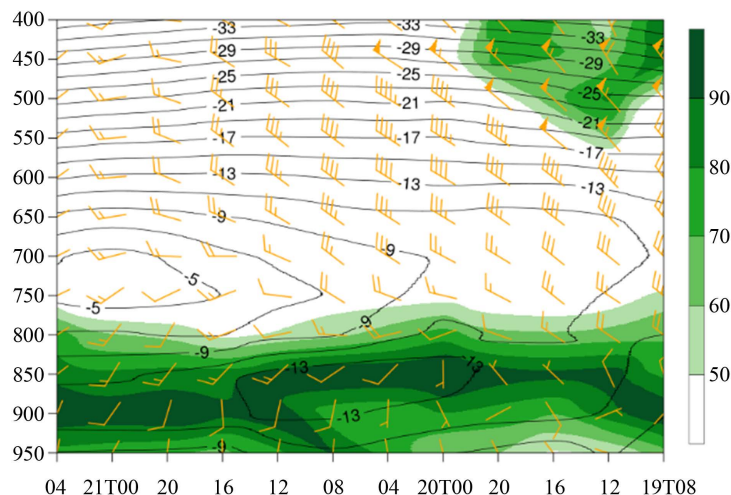


Figure 8. Profile of ZBAD on January 20, 2022

图 8. 2022 年 1 月 20 日大兴机场剖面图

2022 年 1 月 20 日大兴机场出现一次典型的回流降雪天气过程，降雪时段是北京时 03:58~11:38、12:06~13:56、15:28~16:55，过程持续 11 个小时，过程累积降水量 0.0 mm，积雪深度 0.0 cm，从图 7 可以看到，19 日白天起东北地区高压东移，大兴机场转为高压底部后部，回流形势建立完成，925 hPa 以下有回流，东南风持续时间较长，为近地面层提供充足水汽(有利条件)，850 hPa 白天偏北气流，夜间开始转槽前西南气流，有湿区，有利于水汽的累积，19 日 18z~20 日 03z 期间水汽充足(有利条件)，700 hPa 和 500 hPa 为高环流脊区，干且无冷空气(不利条件)，从图 8 可以看到，水汽集中在 850 hPa 以下，无明显抬升机制。从地面流场可以看到，有两次冷空气的突然增强，第一次是在 12 时(BJT)，第二次是在 20 日 00 时~04 时(BJT)，此时有明显的辐合线靠近本场，本场开始降雪。持续至 20 日早晨，高压后部回流形势逐渐转低压倒槽前部，白天仍有回流但比前一天弱，根据雷达回波位置形态判定降雪持续 2~3 小时，午后转槽前回流再次减弱，雪停。

5. 总结与讨论

本文统计了 2019 年 11 月~2023 年 3 月大兴机场与首都机场的降雪日数、降雪时长、累积降水量、积雪深度，对其进行统计分析，并对典型个例进行讨论，得出以下结论：

- 1) 大兴、首都两机场降雪具有明显月际分布特征，主要集中在 1 月~2 月，且以 1 月份最为明显，没有明显的年变化和日变化特征。
- 2) 由于地理位置、气候特点的差异，首都机场降雪次数明显多于大兴机场。
- 3) 两机场同过程降雪时长没有明显差异，降雪时长主要受系统影响。
- 4) 由于 2 月降雪次数多且雨雪混合过程比例增多，两机场均 2 月累积降水量最多，首都机场过程平均降水量略高于大兴机场。
- 5) 1 月、2 月积雪概率大，积雪深度有明显的月际分布特征，2 月积雪深度最大，12 月积雪深度最小。
- 6) 首都机场受冷空气影响更明显，抬升条件也更好，比大兴机场更容易出现降雪天气，降雪时期会略长于大兴机场。

参考文献

- [1] 赵莹, 刘家宏, 梅超, 王开博. 基于降雪识别的 1951-2020 年京张地区降雪演变趋势分析[J]. 水利水电技术(中英文), 2023, 54(2): 96-107.

-
- [2] 陈羿辰, 金永利, 丁德平, 毕凯, 马新成, 李岩松. 毫米波测云雷达在降雪观测中的应用初步分析[J]. 大气科学, 2018, 42(1): 134-149.
 - [3] 杨杰, 范俊红, 段宇辉, 等. 河北北部强降雪统计特征及预报[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(1): 48-55.
 - [4] 徐磊. 江西昌北机场近 7 年降雪天气统计分析[J]. 科技视界, 2020, 21(1): 186-187.
 - [5] 张丹梅. 近 31 年阜新地区积雪深度影响条件分析及预报[J]. 黑龙江环境通报, 2022, 35(4): 14-16.