

文章编号:1000-694X(2003)06-0642-04

# 环流及冷空气类型与宁夏沙尘暴落区的对应关系

赵光平<sup>1,2</sup>, 陈楠<sup>2</sup>, 杨建玲<sup>2</sup>, 李艳春<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃兰州 730030; 2. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏银川 750002)

**摘要:** 利用台站 1970—1997 年常规地面观测资料及 NCEP/NCAR(1970—1997 年)逐日全球再分析资料,按不同分类标准,对同期发生的沙尘暴天气过程的环流背景、冷空气路径及影响系统等进行合成对比诊断分析。结果表明:在相同的大尺度环流背景和冷空气路径下,由于影响系统的类型、强度、位置等不同,其影响区域会有所差异,且高低层大气的温度距平场及纬向风距平场的不同分布,与沙尘暴的落区也有密切关系。同时,依据诊断分析的结果,简要给出了宁夏沙尘暴天气的预报着眼点。

**关键词:** 沙尘暴; 落区; 环流; 冷空气路径; 宁夏

**中图分类号:** P425.55

**文献标识码:** A

我国西北地区的河西走廊、宁夏以及塔里木盆地的南缘是全国沙尘暴多发区,尤其是春季,由于地表土质疏松、干燥,在冷空气活动频繁,多大风天气的背景下,沙尘暴发生频数最高,对人民生产、生活等有很大的影响<sup>[1]</sup>。20 世纪 90 年代以来,宁夏气象工作者开始对宁夏强沙尘暴天气的形成机制和预报方法、区域性强沙尘暴短期预报业务系统、贺兰山地区沙尘暴若干问题的观测和沙尘天气的变化趋势及沙尘暴多、少年的异常环流特征进行了分析研究<sup>[2-6]</sup>。这些研究成果基本揭示了宁夏沙尘暴天气的发生、发展规律及形成条件,对沙尘暴的预报能力有很大的作用。但在环流背景、冷空气路径及影响系统与沙尘暴落区间对应关系的研究上,所做工作相对较少。本文利用常规地面观测及 NCEP 资料,在环流和冷空气分类基础上,对相同环流背景及冷空气路径下,不同区域所发生的沙尘暴过程进行合成对比诊断,通过对差异特征的分析,建立了在相同环流背景和冷空气路径下,针对不同落区沙尘暴天气过程的预报概念模式,并给出了预报着眼点。

## 1 资料及方法

利用 1970—1997 年宁夏(银川、惠农、陶乐、中卫、中宁、盐池、同心)7 站全年常规地面观测资料,选取 3 站及以上出现沙尘暴作为一次过程(其中 5 站及以上出现作为一次全区性过程),共选取 138 次过程个例。首先根据宁夏长期使用欧洲中心数值预报产品制作天气过程预报的经验,对个例进行了

环流和冷空气路径的分类;其次,利用 NCEP/NCAR(1970—1997 年)逐日全球再分析资料,对相同环流背景和冷空气路径下,不同落区个例的 500 hPa、700 hPa、1 000 hPa 平均位势高度场和距平场,850 hPa 平均温度场和距平场及沿 105°~110°E 平均的温度距平场和纬向风距平场进行合成对比诊断分析,由此建立宁夏沙尘暴天气 5 种主要预报概念模型。

## 2 影响区域、环流及冷空气路径的分类特征

将 138 次过程按发生区域分为:全区性、中部以北、中部以南和北部及南部 4 种类型。其中,北部为银川、惠农、陶乐 3 站;中部为中卫、中宁和盐池;同心为南部,并以 5 站或以上出现沙尘暴作为全区性过程的标准。

按中高纬度环流特征(所取范围为 40°~120°E,35°~70°N)分为:一脊一槽型、两槽一脊型、两脊一槽型和两槽两脊型 4 种类型。

按冷空气路径分为:①起源于西西伯利亚的冷空气经过我国新疆、甘肃河西及内蒙古西部地区后影响宁夏的为西北路径;②起源于蒙古高原中西部的冷空气,在东移南下过程中经过蒙古西部和河西东部后影响宁夏的为西北偏北路径;③起源于蒙古国乌兰巴托以南的冷空气,在南下过程中经过蒙古及河套一带后影响宁夏为北方路径;④起源于巴尔喀什湖附近的冷空气,在东移过程中经过南疆盆地、甘肃后影响宁夏的为西方路径。

收稿日期:2002-11-25; 改回日期:2003-01-13

基金项目:国家自然科学基金项目(40065002); 宁夏自然科学基金项目(A1017)共同资助

作者简介:赵光平(1962—),男(汉族),山东牟平市人,高级工程师,主要从事天气预报业务及灾害性天气防灾减灾对策研究。

E-mail: zgpn@sina.com

从 3 种分类方法的综合分析结果可以得到宁夏沙尘暴天气的 5 种主要预报概念模型。其中,一脊一槽型、西北路径冷空气下的个例次数最多,共计 56 次,是宁夏沙尘暴天气最主要的环流背景和冷空气类型;两槽一脊型、西北路径冷空气过程为 27 次,一脊一槽型、西北偏北路径过程为 20 次,这两种类型也是宁夏沙尘暴的主要环流和冷空气类型;两脊一槽型、西北路径冷空气及两槽一脊型、西北偏北路径冷空气下的过程分别为 12 次和 8 次;其他组合型下的个例数较少。

### 3 诊断分析及结果

由于宁夏沙尘暴天气主要发生在春季<sup>[5]</sup>,因此,选取 3~5 月间具有相同环流背景、冷空气路径及落区的个例,利用 NCEP/NCAR 逐日全球再分析资料分别计算其 500 hPa、700 hPa、1 000 hPa 的平均位势高度场和 850 hPa 平均温度场,并与历年 3~5 月的各平均场进行对比,得到各层次相应的距平场,同时,计算了沿 105°~110°E 平均的温度距平剖面场和纬向风距平剖面场,由此分析在相同环流背景和冷空气路径下,不同落区沙尘暴过程的差异特征。

#### 3.1 一脊一槽型、西北路径冷空气

全区性过程的环流背景与文献<sup>[7]</sup>中宁夏沙尘暴

偏多年 4 月的形势场类似,其 500 hPa 平均场上,从 40°~80°E 为高压脊控制,脊线呈东北西南向,贝湖到河西地区为低压槽区,宁夏处于槽底平直气流里(图 1 中 a)。对应距平场,乌山到我国新疆西部为正距平区,最大正中心在乌山附近,从极地到蒙古西部以及新疆东部到河西为大范围的负距平区;1 000 hPa 上冷高压呈西北东南走向,锋面移到河西地区,冷锋前后气压梯度较大,90°~100°E 范围内有 7 根等压线,内蒙到河套地区为一较强的气旋性环流控制,热低压中心在蒙古(图 1 中 b);对应温度距平场,蒙古西部到新疆为负距平区,河西到我国东部地区为温度正距平区,河套地区处于 6℃ 的正距平区内,宁夏与负中心的温度距平梯度达到 18℃;温度距平剖面场上有相似的分布,即中高纬大气为负距平控制,低纬大气基本为暖气团,37°N 的 700 hPa 有 5℃ 的正距平中心;纬向风距平剖面场上,38°~50°N 之间,整层大气为正距平控制,即宁夏及以北地区西风急流加强。分析表明,在乌山发展强盛的高压脊下,蒙古西部较强冷空气快速东移南下,地面冷锋自新疆、河西东移影响宁夏之前,内蒙到河套地区受较强热低压控制,地面增温明显,锋面前后压、温梯度密集,地转偏差风较大,由于中高纬度西风加强,造成高层动量下传及地面增温使不稳定能量累积,为沙尘暴的发生提供了有利的动力、热力条件,从而造成比较明显的全区性过程。

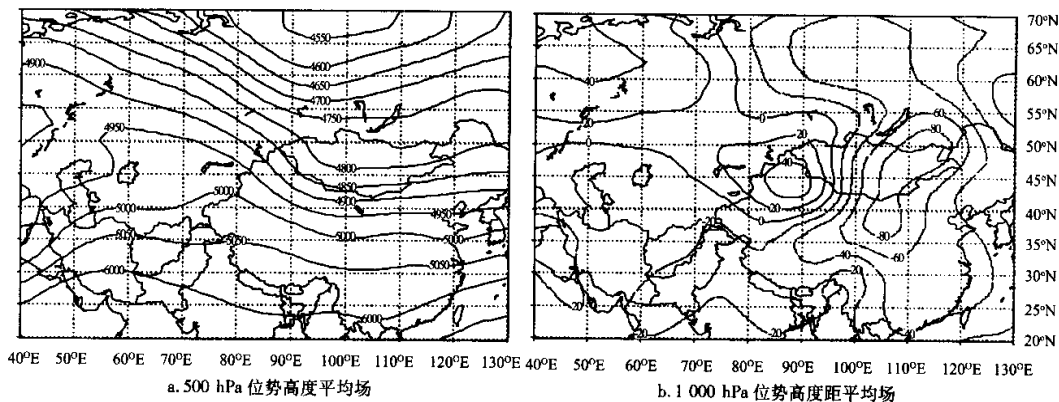


图 1 一脊一槽型、西北路径冷空气下全区性过程各场特征图

Fig. 1 Field character chart of whole region process on the condition of 'one-trough and one-ridge' current pattern and north-west cold air path

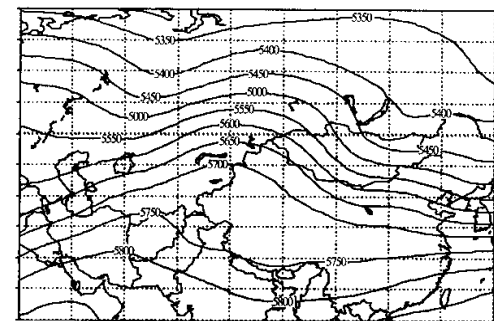
中部以北过程与全区性过程有较明显差异,500 hPa 平均场上,乌山虽为高压脊控制,但在里海附近有低压槽发展,使乌山高脊强度减弱,且脊线呈南北走向,贝湖到河套地区的低压槽位置也较偏北,宁夏处于高压脊前西北气流里;1 000 hPa 上冷高压分为

两股,主体在新疆附近,强度与全区性过程基本一致,地面冷锋在蒙古到河西地区,河套地区气旋性环流强度较弱;纬向风场上:中低纬度 20°~35°N 间的整层大气均为负距平,35°~50°N 区域受西风系统控制(图略)。这种形势下,由于乌山高压脊强度

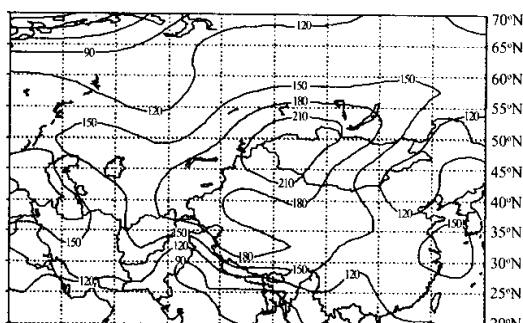
相对较弱,贝湖冷槽位置偏北,冷空气主要影响宁夏中部以北地区。

北部和南部过程 500 hPa 平均场上,乌山脊强度较强,呈东北西南走向,在里海西部有弱低压槽发展;1 000 hPa 上冷空气的强度较弱,锋面前后的气压梯度较小;温度距平场上河套到我国东部地区为正距平区,中心位置明显偏东;在温度距平剖面图上,20°~65°N,300 hPa 以下均为正距平,冷空气势力偏弱;纬向风场上,从 37°~47°N,整层大气均为正距平控制(图略)。这种形势下,虽乌山高压脊强度较强,但由于冷空气势力相对较弱,锋面前后气压梯度小,蒙古气旋位置偏东,因此,对宁夏的影响要弱于全区性过程。

中部以南过程中,由于乌山高压脊位置偏南,1 000 hPa 上冷高压主体在高原北侧,河套附近热低压强度较弱,因此,对宁夏的影响以南部地区为主。



a. 全区性过程 500 hPa 高度平均场



b. 中部以北过程 1 000 hPa 高度平均场

图 2 两槽一脊型、西北路径冷空气下各场特征图

Fig. 2 Field character chart of regional process on the condition of 'two-trough and one-ridge' current pattern and north-west cold air path

中部以北过程,其 500 hPa 上位于蒙古西部到新疆的高压脊脊线为南北走向,1 000 hPa 上冷空气主体位于天山,河套附近没有气旋性环流(图 2 中 b),因此,沿脊下滑的冷空气南压不明显,主要影响到宁夏中部以北地区。

北部和南部过程中,由于 850 hPa 上的气旋性环流位置偏东,温度正距平较小。地面增温不强,不稳定能量小,因此,当贝湖到河西及高原附近的两股冷空气影响宁夏时,只造成北部和南部的沙尘暴天气。

中部以南过程,由于其 1 000 hPa 上主体冷空气位于高原北部,位置偏南,且势力偏弱,对宁夏中部以南影响较大。

#### 4 预报着眼点

综上所述,不同的环流背景和冷空气路径影响

#### 3.2 两槽一脊型、西北路径冷空气

与一脊一槽型相比,此型的主要特征是:乌山到里海以及贝湖到河套地区为低压槽区,高压脊位于巴湖到蒙古西部;1 000 hPa 上冷高压分为两股,一股位于贝湖到蒙古,另一股在巴湖到新疆附近。全区性过程的 500 hPa 平均场上(图 2 中 a),脊线呈东北西南向,宁夏处于脊前西北气流里,温度距平场上,蒙古西部到新疆为较强负距平区,河套地区有 +5 的距平中心,温度距平梯度较大,中低纬度 20°~50°N 间的整层大气为纬向风正距平。由于蒙古西部到新疆的高压脊向东北方向发展,使贝湖到河套北部的冷空气东移南压,地面较强的压、温梯度及西风加强,使高层动量下传,低层不稳定能量聚积,从而造成比较明显的全区性过程。

下,宁夏沙尘暴发生的强度和区域有较大差别。同样,在相同的环流背景和冷空气路径下,沙尘暴发生的强度、区域也不尽相同,因此,在沙尘暴预报中,可以从以下几方面考虑:

(1) 宁夏沙尘暴天气过程最主要的环流背景为一脊一槽型,其次为两槽一脊型;冷空气路径以西北路径最多,其次为西北偏北路径,西方路径次数最少。

(2) 所有个例中,一脊一槽型、西北路径冷空气下的过程次数最多,是宁夏沙尘暴天气最主要的环流背景和冷空气类型;其次为两槽一脊型、西北路径冷空气及一脊一槽型、西北偏北路径冷空气。

(3) 一脊一槽型、西北路径冷空气主要特征为:乌山到新疆为宽广高压脊,贝加尔湖至河西为低槽区。当高压脊呈东北西南向,使脊前较强冷空气在

东移过程中整体南压,地面有明显增温,且地面冷锋前后压温梯度较强时,对全区影响较大;在脊线为南北走向,冷空气势力偏弱及地面无明显热低压配合时,沙尘暴落区会有所差异。

(4) 两槽一脊型、西北路径冷空气主要特征是:乌山及贝湖到河套地区为低压槽区,高压脊位于巴湖到蒙古西部。此型下,乌山高压脊的强度及走向,地面冷高压的强度和走向,以及蒙古气旋的位置及强弱,对沙尘暴的落区有直接影响。

(5) 一脊一槽型、西北偏北路径冷空气的主要特征是:500 hPa 上乌山到河套北部的低压槽位置较偏北,1 000 hPa 上冷高压为东西走向,因此,冷高压及地面冷锋以东移为主,南压不明显,主要影响宁夏中部以北地区,但如果冷空气或蒙古气旋势力特强,压温梯度大,即动力和热力条件充足时,也会影响到全区或中部以南地区。

## 5 讨论

目前,宁夏沙尘暴预报业务中客观定量化的预报方法和工具较少,现运行的沙尘暴预报系统还需不断改进、完善。本文对宁夏不同区域沙尘暴天气与环流类型和冷空气路径的对应关系进行分析后,针对沙尘暴落区所建立的预报概念模型,可为沙尘

暴落区预报提供一定的参考依据。在实际业务中,采用 ECNW24-72 小时格点场资料对未来欧亚中高纬度环流进行客观分型,通过对比计算,分别得到各层次的平均场和距平场,并对不同预报模型下预报因子进行分析判断,来确定沙尘暴的发生区域。落区预报系统建设有待于在以后的工作中完成。

## 参考文献 (References):

- [1] 徐启远,胡敬松.我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析[A].中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.11-15.
- [2] 赵光平,王连喜,杨淑萍.宁夏区域性强沙尘暴短期预报系统[J].中国沙漠,2001,21(2):175-181.
- [3] 赵光平,王凡,杨淑萍,等.宁夏区域性强沙尘暴天气成因及其预报方法的研究[A].中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.52-58.
- [4] 牛生杰,章澄昌,孙继明.贺兰山地区沙尘暴若干问题的观测研究[J].气象学报,2001,(2):196-205.
- [5] 陈楠,陈豫英.宁夏近四十年大风、沙尘演变趋势分析[A].2001年天气预报技术文集[C].北京:气象出版社,2001.226-230.
- [6] 彭维耿,陈楠.宁夏多、少沙尘暴年4月平均环流特征的对比分析[J].高原气象,2002,21(6):599-603.
- [7] 王式功,董光荣,陈惠忠,等.沙尘暴研究的进展[J].中国沙漠,2000,20(4):349-356.

## Corresponding Relationship of Circulation and Cold Air Types with Predicted Area of Sandstorm

ZHAO Guang-ping<sup>1,2</sup>, CHEN Nan<sup>2</sup>, YANG Jian-ling<sup>2</sup>, LI Yan-chun<sup>2</sup>

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Bureau, Lanzhou 730000, China; 2. The Ningxia Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:** The circulation background, path of cold air and correlation system of sandstorm weather process were analyzed according to different classified methods and in term of composite diagnostic analysis by using the normal meteorological data which came from selected weather station and global reanalyzed daily data of NCEP/NCAR from 1970 to 1997. The results show that, on the condition of same large scale circulation background and path of cold air, the affected area of sandstorm will be different, and there have affinity between different distribution of anomaly fields of temperature and wind with area of sandstorm due to the difference of the type, the intensity and the position of correlation system. At the same time, we got the outline for forecasting the sandstorm in Ningxia based on the result of diagnostic analysis.

**Key words:** sandstorm; predicted area; circulation; path of cold air; Ningxia