

東亞沙塵暴季節氣流軌跡與天氣條件分析

王怡文 余嘉裕
中國文化大學地學研究所大氣科學組

摘要

本研究使用 HYSPLIT 模式資料分析軌跡線傳輸路徑，SYNOB 地面觀測資料統計沙塵暴活躍程度，及 NCEP/NCAR 再分析之相對溼度場、重力位高度場與風場月平均資料分析氣候背景場特徵。

春季是沙塵暴活躍期，從模式資料分析發現 3-5 月往東軌跡線佔 50%，高空更達 70% 以上。由沙塵暴累積時數來看近年沙塵暴活躍度增加，沙塵暴強度有增強趨勢。氣候特徵顯示沙塵暴活躍的年份源區較乾燥，冷氣團活動頻繁，風向有利於往東與往南傳輸。

前言

中國北方是東亞沙塵暴好發期在春季(3-5 月)，不只降低能見度，造成交通上的妨礙，對空氣品質有很大影響。另外沙塵粒子也會影響太陽短波能量的收支，進而影響到氣候。本研究藉由資料分析，探討沙塵暴傳輸路徑特徵、影響範圍、年際變化等，以及沙塵暴活躍程度和氣候條件之關係。

資料來源與研究方法

(一) 資料來源

本研究使用資料包含：(1)美國國家大氣海洋署(NOAA) ARL 研究室 HYSPLIT(Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)模式的前推四天氣流軌跡線資料，資料時間為 1995 至 2004 年 3-5 月。(2)SYNOB 地面觀測電碼資料，時間為 1995 至 2004 年。(3)NCEP/NCAR 再分析之月平均 1000hPa-850hPa 及 700hPa 資料，水平解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 經緯網格，選用資料時間 1995 至 2004 年之 3-5 月。

(二) 研究方法

在 HYSPLIT 資料方面，從沙塵暴發生頻率較高區域選出三個源區，分別是河套區域 ($108^{\circ} E, 38^{\circ} N$)、蒙古戈壁沙漠區 ($105^{\circ} E, 45^{\circ} N$)，與新疆盆地 ($82^{\circ} E, 39^{\circ} N$)，各源區分別模擬地面 (0m)，地面上 500m、1500m、3000m，共四個高度。由各條軌跡線中心點將其區分為往東、往西、往南與往北四個方向，可知氣流走向趨勢。另外，統計 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 經緯網格內軌跡點數目，以了解沙塵隨氣流擴散範圍與沙塵密度。

另統計 SYNOB 地面觀測電碼，從沙塵暴累積時數方來分析沙塵暴活躍程度，定 $95^{\circ} E$ 為往東、往西沙塵暴傳輸分界。為保留地形特徵， $45^{\circ} N$ 以北定 $90^{\circ} E$ 為區分往東或往西沙塵暴之界線，以了解沙塵暴活躍程度。

沙塵暴活躍程度分析與沙塵軌跡線傳輸分析

分析從 1995~2004 年的 HYSPLIT 模式軌跡線資料，三個源區的軌跡線愈接近地面（地面或地面上 500m），傳輸路徑較短，範圍較等方向性。距地面 1500m 與 3000m 以上前推四天的軌跡線，傳輸距離較長，傳輸方向往東佔軌跡線總數 80% 以上。從各源區特性來看，河套區域雖不是沙漠，但是黃土高原粒徑小，容易被揚至高空帶往氣流下游，從十年地面上 500m 軌跡中心線群集分析發現，往東與往南氣流軌跡佔總量 70~90%（如圖一所示）。戈壁沙漠區粒徑雖然較大，卻是北方冷氣團經過路徑之一，此區軌跡線傳輸路徑往東偏北居多，少數往東偏南走向可能影響位置較南邊的台灣或東南亞等地（圖未附）。新疆源區氣流軌跡線受地形影響很大，地面上 500m 以下的氣流軌跡線往南或往東亦受周圍較高地形阻擋，故此區近地面往西的軌跡線有較高比例，愈高層氣流軌跡才有機會往東傳輸（圖未附）。

圖二是 SYNOB 地面觀測電碼統計 1995~2004 年沙塵暴總累積時數。從這十年資料發現，沙塵暴在 1997 年較不活躍，而在 2001 年起活躍度有明顯增加。另外統計強、中、弱三種強度沙塵暴累積時數，2001 年沙塵暴總累積時數增加是由於弱沙塵暴累積時數較多所致（圖三下）。

沙塵暴活躍程度與氣候背景場關係分析

為了解沙塵暴發生的氣候狀態與環流變化，選取 1000hPa、850hPa 與 700hPa 的重力為高度場、風場及相對溼度場進行分析（圖四）。從這十年春季平均狀態來看，東亞 $130^{\circ} E$ 以西、 $35^{\circ} N$ 以北相對溼度較低，自低層至高空的氣流皆有利往東傳輸。比較沙塵暴較為活躍的 2001、2002 或 2004 年，發現中國北方重要

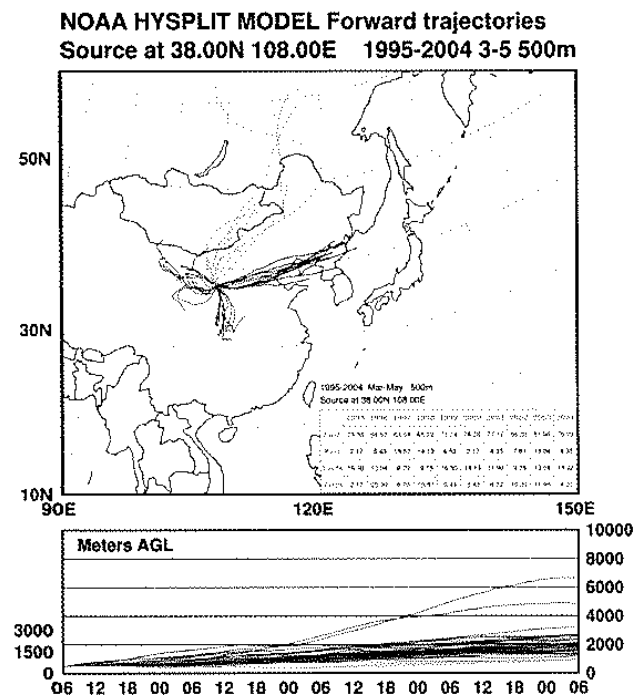
沙源區有相對溼度負距平，代表地表乾燥更容易起沙。高度場正負距平配置恰好落在中國北方乾燥區，加上北風、西北風距平，造成沙塵暴有利向南輸送的條件（圖未附）。

結論

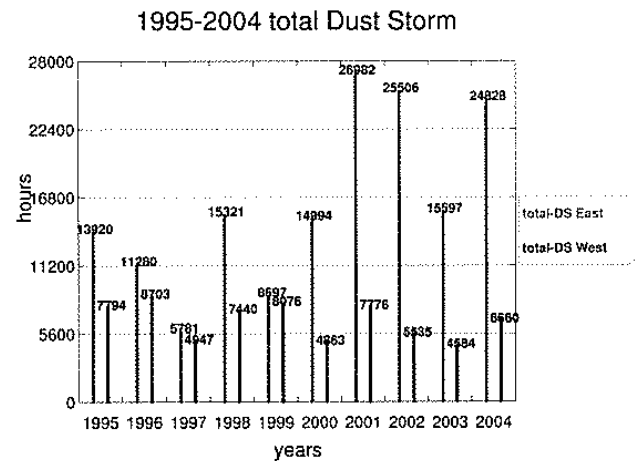
HYSPLIT 模式資料軌跡線分析中，河套源區軌跡線往東與往南佔大部分，戈壁沙漠軌跡線往東偏北居多。新疆地區的近地面軌跡線受地形影響，沙塵需揚至高空對往東傳輸較為有利。SYNOB 觀測資料分析發現，沙塵暴活躍程度增加，強度近幾年有增強趨勢。氣候平均場分析顯示沙塵源區範圍相對溼度較低，高低壓位置在乾燥區是利起沙條件，北風與西北風分量增加使台灣或菲律賓等較南方區域受沙塵傳輸影響。

參考資料

- 余嘉裕、卓盈旻、涂建翊，2002：“東亞沙塵暴的時空特徵分析”，*中國環境保護學會會刊*，25-2，178-198。
- TAO GAO, LIJUAN SU, QINGXIA MA, HAIYING LI, XICANG LI and XIAO YU. 2003: “Climatic Analyses on Increasing Dust Storm Frequency in the Spring of 2000 and 2001 in Inner Mongolia”. *Int. J. Climatol.* 23: 1743-1755

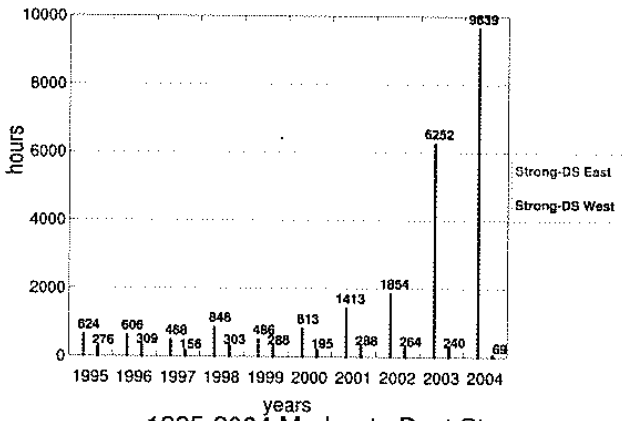


圖一：1995~2004年河套源區(108°E, 38°N)地面上500m前推四天軌跡線逐年之中心線，圖中附表為該年各方向軌跡線所佔百分比。

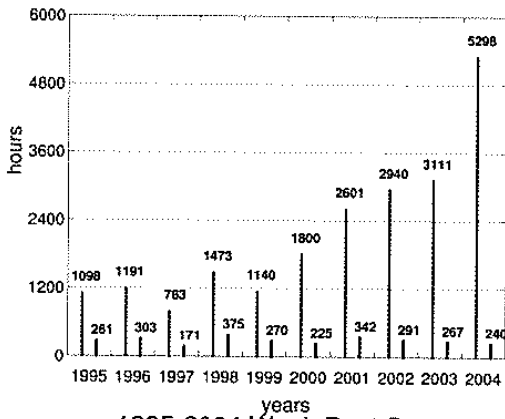


圖二：1995至2004年SYNOB地面觀測電碼沙塵暴總累積時數。藍色代表往西沙塵暴累積時數，紅色是往東沙塵暴累積時數。

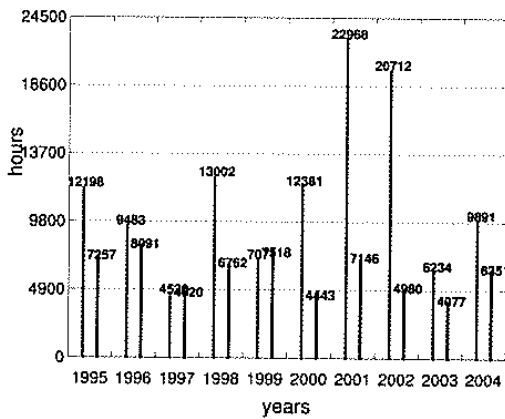
1995-2004 Strong Dust Storm



1995-2004 Moderate Dust Storm

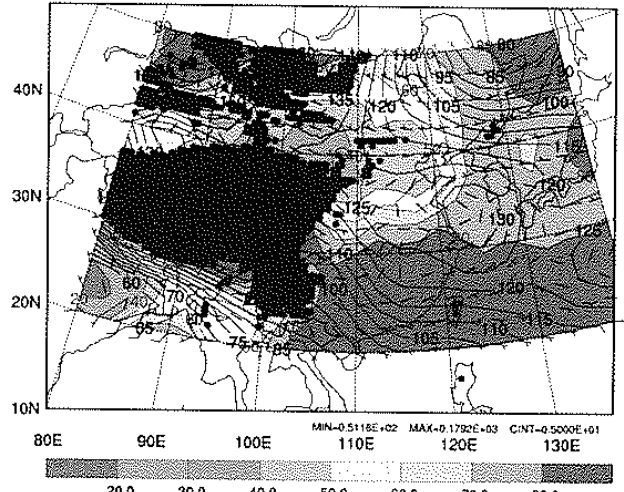


1995-2004 Weak Dust Storm

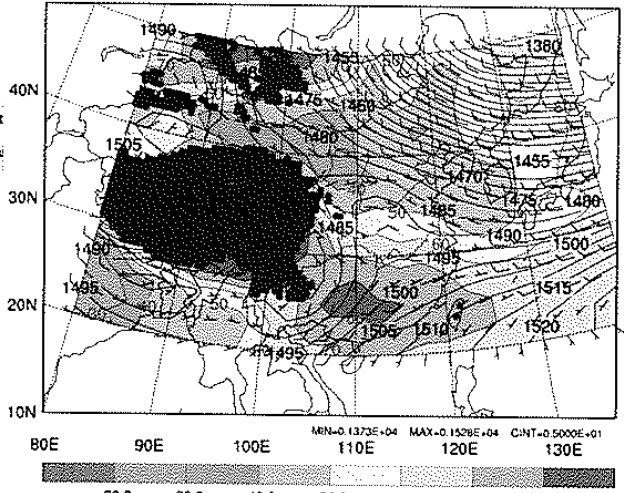


圖三：1995至2004年SYNOP地面觀測電碼三種強度沙塵暴累積時數。上為強度沙塵事件，中為中度沙塵事件，下面為弱沙塵事件。

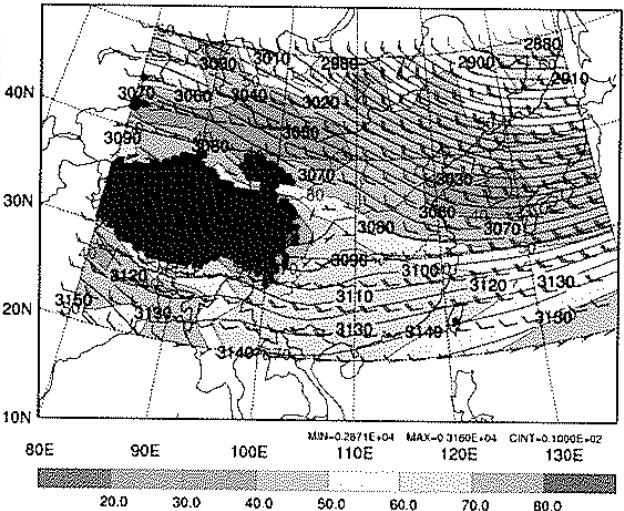
95~04 1000hPa climate



95~04 850hPa climate



95~04 700hPa climate



圖四：1995~2004年3-5月1000hPa-850hPa與700hPa相對溼度場、風場，及重力位高度場氣候平均圖