

# 西北地区一次罕见的秋季连阴雨特征分析

狄潇泓<sup>1</sup>, 王小勇<sup>2</sup>, 张培燕<sup>1</sup>

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省气象科技服务中心, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**分析了西北地区2007年9月25日至10月14日一次历史罕见秋季连阴雨天气过程的天气气候背景、高低空形势、地面形势及中低层湿度场特征。结果表明:西风带低槽活动和副热带高压位置的异常变化,使得冷空气和南方暖湿气流持续交汇于西北地区是造成这次连阴雨天气过程的主要原因,100 hPa 南亚高压的位置及500 hPa U、V 风场急流、0 线位置对降水落区有很好的指示。

**关键词:**西北地区;连阴雨;合成方法;形势分析

**中图分类号:**P458.1<sup>+</sup>1

**文献标识码:**A

## 引言

西北地区位于东亚内陆,地域广阔,属干旱、半干旱气候,是我国主要的水资源短缺地区<sup>[1-2]</sup>。年降水量自东南向西北减少,秋季(9~10月)降水量一般为几 mm~180 mm,陕南可达200 mm 以上<sup>[3]</sup>,秋季降水一般占全年降水的20%~30%<sup>[4]</sup>。西北地区秋季降水的多寡,对当地冬小麦播种、出苗和秋粮生长有着直接影响,并且关系到土壤的蓄墒、保墒及来年春季旱象的轻重。许多气象工作者对连阴雨的天气、气候特征及成因做了大量的工作<sup>[3,5-7]</sup>,有研究指出西北地区秋季连阴雨出现在一定的大尺度环流背景下,与西风带、副热带的环流系统有关<sup>[8]</sup>等。这些研究结果对认识西北地区秋季连阴雨的成因及预报具有指导意义。

2007年秋季,西北地区频繁出现连阴雨天气,9月26日至10月14日青海、甘肃、宁夏、陕西4省大部分地方出现了持续的低温阴雨天气,这次过程持续时间长、降水量大、范围广,青海、宁夏2省区是有气象记录以来最强的一次,甘肃省是1951年以来同期罕见。长时间的低温阴雨造成了许多灾害,使一些地区出现滑坡、塌方等地质灾害,很多地方大秋作物收割延迟,收割的秋粮发生霉变。但是,秋季连阴雨对土壤的蓄墒、保墒较为有利,对水库蓄水也有有利的作用。利用2007年9月下旬至10月中旬常规

高空、地面气象资料及1971~2000年30 a 同期NCEP再分析资料,用合成方法,从天气实况、天气学成因、物理量诊断等方面对9月26日至10月14日西北区罕见的秋季连阴雨天气过程进行了分析、探讨,得出了一些有意义的结论。

## 1 连阴雨过程实况

### 1.1 降水情况

2007年9月24日,甘肃省河西西部开始出现降水,大部分地方为小雨,局地出现中雨;25日,雨带范围扩大,青海北部、甘肃河东、陕西大部、宁夏南部地区也开始出现降水;26日到10月5日,除了甘肃河西西部、青海西部、陕南东部,西北区降水不断;10月6~9日,雨带扩大,陕南也出现降水,10~11日,雨带南压,变窄,西北区北部降水减少,12日,降水进一步减弱,陕南西部、关中东部分出现中雨,青海东部、甘肃张掖以东,宁夏只是部分地方出现小雨,13~14日,只有青海海东、甘肃中部、南部、陕南有零散的降水,15日,西北区降水基本结束。其间,有4次较明显的降水,分别是9月26~28日,青海黄南、甘肃甘南、陕北、陕南西部地方出现大雨;30日,青海黄南、甘肃中部局部地方出现大雨;10月5~6日,西北区青海海东、甘肃河东以东大部分地方出现中雨,陕北、陕南局部地方出现大雨;10~11日,青海南部、甘肃河东,宁夏南部、关中出现中雨。过程

收稿日期:2009-04-22;改回日期:2009-09-20

基金项目:国家自然科学基金项目“中国西部地区秋季降水机制研究”(40675066)资助

作者简介:狄潇泓(1975-),女,甘肃兰州人,工程师,现主要从事天气预报工作. E-mail: xhdi@sohu.com

降水量自西北向东南增加,陇东南、陕北、陕西南部过程雨量在 100 mm 以上(图 1)。

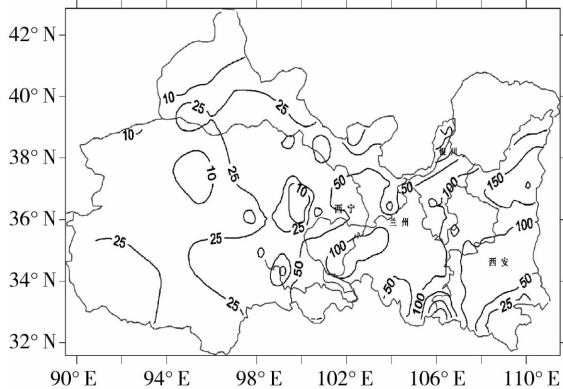


图 1 2007 年 9 月 25 日 ~ 10 月 14 日累积雨量  
Fig. 1 The accumulated precipitation from  
Sep 25 to Oct 14, 2007

从 2007 年 9 月 25 日至 10 月 14 日降水距平百分率图(略)可见,连阴雨期间,除青海玉树南部、陕南、关中东部偏少外,西北区其它地方均偏多,且大部分地方偏多 1 倍,青海海西、海北,甘肃河西、陇东北部,宁夏南部、陕北甚至偏多 2 倍\*。甘肃省除河西和甘南部分站外,其它站连续降雨日数均超过历史记录<sup>[4]</sup>。

## 1.2 温度和云量

从 2007 年 9 月 25 日至 10 月 14 日温度距平百分率图(略)可见,除高原地区外,西北区大部分地方气温正常或偏低,甘肃东部和宁夏偏低 2 °C;高原上的青海和甘南气温偏高,其南部的玉树、果洛、甘南南部偏高 3 °C。

9 月 26 日至 10 月 14 日,甘肃河东大部分地方云量大于 8 成,持续时间达 20 d,除甘南的其它地方连阴雨日数均远远超过了多年平均值<sup>[4]</sup>。

## 2 连阴雨气候背景及大气环流特征

大气环流制约着大范围天气的变化,并且影响气候形成。大气环流的平均状况及异常影响着天气气候及其变化。大气环流的异常对西北地区的降水有很大影响<sup>[8]</sup>。500 hPa 西太平洋副热带高压的位置和强度大致决定了我国汛期雨带的位置。近些年对西太平洋副热带高压的进一步研究<sup>[9]</sup>,揭示了高低纬环流的相互作用对副高异常的影响。就西北地

区而言,南亚高压、西太平洋副热带高压也是影响该地区秋季降水异常的主要天气系统<sup>[10]</sup>。西北地区秋季降水异常不仅与 500 hPa 大尺度环流形势的变化有关,而且与 100 hPa 南亚高压的位置有关。

### 2.1 100 hPa 南亚高压

南亚高压是夏秋季节西北天气的大尺度环流背景,它与西北地区降水有密切关系<sup>[11-13]</sup>。9 月 17 ~ 19 日,100 hPa 上南亚高压有东西 2 个中心,西中心位于青藏高原西部到阿富汗,强度 1 684 gpm,脊线在 31°N,东中心位于 135°E 以东的日本岛,脊线 34°N,中心强度 1 676 gpm,贝加尔湖经蒙古东部、河套到重庆一线为槽区。20 日开始,东西 2 个中心逐渐向一起靠拢,于 23 日在 100°E、32°N 合并为一个中心,此时槽线在巴尔喀什湖附近,这种形式一直维持到 25 日。26 ~ 28 日,原高压中心强度略减,并在 115°E 产生另一个中心,西脊线南退到 30°N;29 日,东中心消失;30 日,高压中心略西移,同时 120°E 处产生一个中心;9 月 31 日至 10 月 1 日,南亚高压恢复一个中心,在 100°E 附近左右摆动;2 ~ 3 日,高压中心强度减弱,脊线南压到 27°N;4 日,高压又略加强,并北抬一个纬度;5 ~ 6 日,高压强度减弱,又分裂为东西 2 个中心,脊线北抬至 30°N;7 ~ 8 日,东中心消失,西中心加强到 1 676 gpm,在 96°E、29°N;9 ~ 11 日(图 2)在 100°E 和 120°E 附近各有一个中心,脊线在 30°N。12 ~ 14 日,南亚高压迅速减弱南退,到 15 日,30°N 以南高度降至 1 656 gpm,已无闭合高压。由以上分析可以发现,南亚高压由西部型

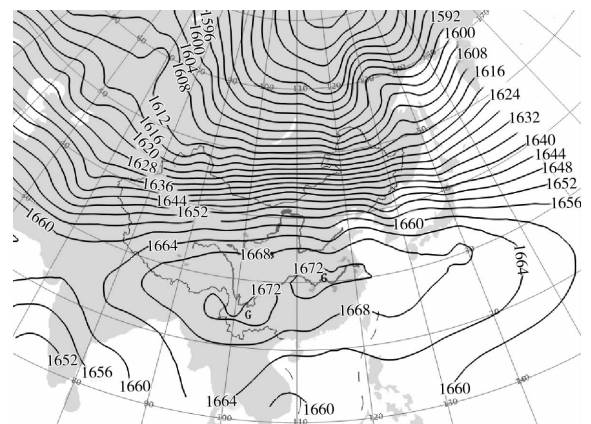


图 2 2007 年 10 月 9 日 08 时 100 hPa 高度场  
Fig. 2 The 100 hPa height field at 08:00 Oct 9, 2007

\* 西北区域气候中心,西北气候变化及影响评估报告. 2007 年 10 月

转为中部型预示着西北地区将进入多雨时段,中部型时南亚高压中心一般在  $100^{\circ}\text{E}$  附近,而当它在  $120^{\circ}\text{E}$  附近又产生一个强度相当的中心,即具有双中心时,如 9 月 26 ~ 28 日、9 月 30 日、10 月 5 ~ 6 日、10 ~ 11 日,往往是西北地区大降水的开始。雨带的位置与 100 hPa 高度及南亚高压脊的位置有密切关系,大雨带多位于  $1\ 664 \sim 1\ 668\ \text{gpm}$  附近,一般是南亚高压脊线至脊北 4 ~ 5 个纬度之内。

## 2.2 500 hPa 大气环流特征及与历史同期对比

从 2007 年 9 月 25 日至 10 月 14 日 500 hPa 平均环流形势(图 3a)与历史同期 500 hPa 平均环流形势(图 3b)比较发现,在这次连阴雨过程中极涡较历史同期偏强,中心较历史同期偏南在东半球,东亚大槽的位置较往年偏东  $25^{\circ}$  左右,南亚北部槽较往年明显偏深,位置更西一些。最主要的是西太平洋副热带高压较多年平均明显强盛,从海上伸到大陆内部,西脊点大约在  $110^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N}$ 。多年合成图上,历史同期 9

月 25 日至 10 月 14 日西北地区被西北气流控制,而 2007 年这一时期西北地区处在西南气流中。

一般情况下,连阴雨过程是在大范围稳定的环流形势下产生的<sup>[10]</sup>。2007 年 9 月 25 日至 10 月 14 日逐日 500 hPa 高空图(图略)上可以看到,在这次连阴雨过程中西太平洋副高稳定、强盛,北方西风带中不断有冷空气下滑、东移,副高没有丝毫的东退和减弱,西北地区处在其西北部外围的西南气流中,阴雨绵绵。10 月 5 ~ 7 日,有台风在台湾附近由南向北穿入副高,也没有影响到它的强度和位置变化,可见当时其势力强大。另外,南亚西北部的低压槽在过程期间也长时间的维持。

以上分析表明,极涡的偏南和西太平洋副高的偏强,导致天气系统的位置和强度较平均状况发生了变化,使西北地区处在有利于降水的形势下,而各个主要影响系统的长时间稳定导致了这次历史罕见的秋季连阴雨。

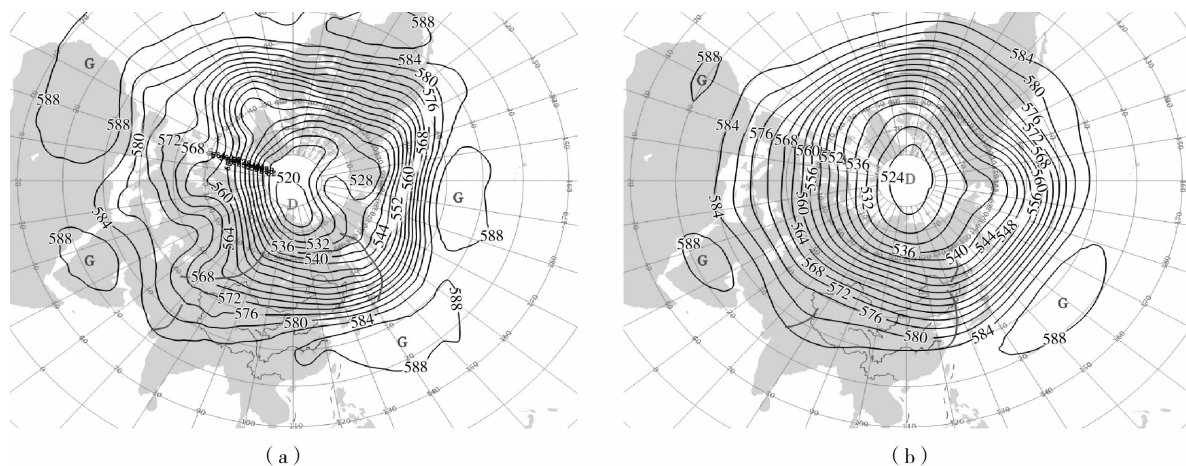


图 3 500 hPa 高度场合成

(a)2007 年 9 月 25 日 ~ 10 月 14 日; (b)1976 ~ 2005 年 9 月 25 日 ~ 10 月 14 日

Fig. 3 The composed 500 hPa height field from Sep 25 to Oct 14, 2007 (a) and 500 hPa composed height field at the same time averaged from 1976 to 2005 (b)

## 2.3 地面形势特征

从连阴雨期间的地面图上发现,共有 4 次冷空气活动过程,分别是 9 月 25 ~ 27 日、9 月 30 日至 10 月 1 日、10 月 5 ~ 7 日、10 ~ 12 日,正好对应 4 次较强的降水过程。这一时期热带天气系统比较活跃,且势力较强大,使得地面冷高压不能南压控制西北地区,如图 4 所示,其主体中心在蒙古西部,其东南方分裂出一小中心,西北地区大部分地方处在高压

底部的锋区中,产生了这次罕见的连阴雨过程。

## 3 物理量特征

在实际业务预报中,发现在有利于降水的大尺度环流背景下,由于高低层环流场的配置及物理量场的差异,降水的范围、强度明显不同<sup>[14]</sup>,因而分析导致连阴雨的环流特征及物理量场,对预报连阴雨的区域、持续时间是有意义的。

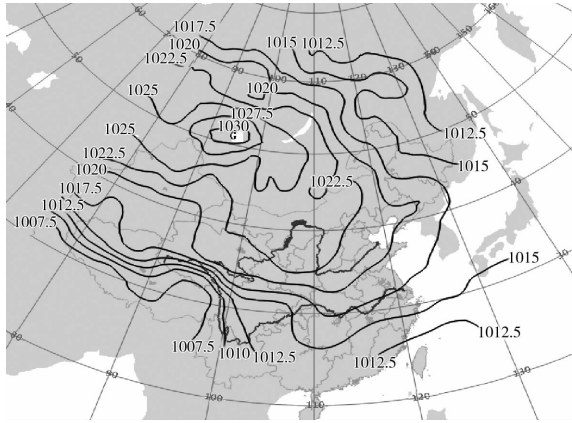


图4 2007年9月25日~10月14日地面气压场合成

Fig. 4 The composed surface pressure field from Sep 25 to Oct 14, 2007

### 3.1 低层比湿场

分析9月25日至10月15日主要降水时段的700 hPa比湿场(图略)发现,9月25日至10月4日,四川盆地有湿舌伸到西北地区东部,西北地区37°N以南比湿 $>7\text{ g/kg}$ ,东南部 $>8\text{ g/kg}$ ,10月5日以后,西北地区东南部比湿降低到 $5\sim6\text{ g/kg}$ ,低层高湿区的维持为持续降水提供了充足的水汽条件。

### 3.2 水汽通量和水汽通量散度

分析这次过程主要降水时段的水汽通量场(图略),500 hPa上水汽从孟加拉湾经西藏到达西北地区,水汽输送轴呈东西走向,中心在甘肃、陕西中南部,中心平均强度 $10\text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。700 hPa上,水汽通道主要是从南海,经西南地区到达西北地区东部,水汽输送轴呈东北—西南走向,中心在四川到甘肃、陕西南部,9月30日,10月4~5日最强,达 $16\text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。来自南海和孟加拉湾的水汽在西北地区东部上空重合。700、500 hPa水汽通量散度图上,过程期间,西北区维持水汽的辐合,辐合中心在青海到甘肃的南部。水汽长时间持续地向西北地区输送并在当地上空辐合,同时配合有利、稳定的天气系统,造成这一地区历史罕见的阴雨天气。

### 3.3 500 hPa地转风场分布特征

有研究表明华北连阴雨与地转风场有密切关系<sup>[6]</sup>,分析9月25日至10月14日500 hPa UV风场,这次连阴雨天气发生在西风急流轴南侧风速 $<4\text{ m/s}$ 的区域;V风场上,连阴雨处于0线附近,即南北风交汇处,这一地区易发生辐合上升运动。

## 4 小结

(1)这次异常连阴雨发生在连阴雨多发季节,并且拉尼娜气候背景对连阴雨天气产生了推波助澜的作用。

(2)南亚高压的位置和形态对西北地区秋季异常降水落区及强度有指示意义。

(3)行星尺度天气系统,如:副高、南亚低槽等的稳定维持,形成了北方冷空气和南方暖湿气流持续交汇于西北地区的格局,这是造成这次长时间连阴雨天气过程的主要原因。

(4)高低空水汽的持续输送为连阴雨提供了充足的水汽。

(5)地转U风场急流及V风场0线位置与连阴雨落区有密切关系。

### 参考文献:

- [1] 张强,赵映东,张存杰,等. 西北干旱区水循环与水资源问题[J]. 干旱气象,2008,26(2):1-8.
- [2] 宋连春,杨兴国,韩永翔,等. 甘肃气象灾害与气候变化问题的初步研究[J]. 干旱气象,2006,24(2):63-69.
- [3] 林纾,章克俭. 西北区中东部2000年与2001年秋季连阴雨分析[J]. 气象,2003,29(2):18-21.
- [4] 李栋梁,刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京:气象出版社,2000. 103, 122, 127, 75.
- [5] 魏锋,白虎志,孙秉强. 甘肃省近35年连阴雨天气气候特征分析[J]. 成都信息工程学院学报,2005,20(4):479-482.
- [6] 王秀文,李月安. 北方麦收期间连阴雨天气环流特征[J]. 气象,2005,31(9):52-56.
- [7] 程鹏,赵庆云,李江萍,等. 西北地区东部一次连阴雨过程等熵位涡分析[J]. 干旱气象,2007,25(1):58-62.
- [8] 白肇峰,徐国昌,孙学筠,等. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988. 117-128.
- [9] 吴国雄,丑纪范,刘屹岷. 副热带高压研究进展及展望[J]. 大气科学,2003,27(4):503-517.
- [10] 方建刚,白爱娟,陶建玲,等. 2003年陕西秋季连阴雨降水特点及环流条件分析[J]. 应用气象学报,2005,16(4):509-517.
- [11] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理与方法[M]. 北京:气象出版社,2007. 490-492.
- [12] 乔全明,张雅高. 青藏高原天气学[M]. 北京:气象出版社,1994. 96.
- [13] 张新容,张铁军,刘治国. 南亚高压季节性变化与甘肃省春季和初夏降水关系初探[J]. 干旱气象,2004,22(1):34-37.
- [14] 陈乾,陈添宇,肖宏斌. 祁连山区夏季各类降水过程的典型个案分析[J]. 干旱气象,2008,26(3):1-7.

(下转至409页)

## Vulnerability Analysis, Evaluation and Vulnerability Division of Lightning Disaster in Langfang of Hebei Province

WANG Qingchuan<sup>1,2</sup>, SHOU Shaowen<sup>1</sup>, TIAN Xiaofei<sup>2</sup>, XU Ming<sup>2</sup>

(1. *College of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;*  
2. *Langfang Meteorological Bureau of Hebei Province, Langfang 065000, China*)

**Abstract:** According to the date of thunderstorm – day from 1968 to 2007 and lightning disaster statistics data from 1998 to 2007 in Langfang, combined with its economic status and population density, vulnerability analysis, evaluation and vulnerability division of lightning disaster are made. Four indices are selected to evaluate the vulnerability of lightning disaster in Langfang, including annual mean thunderstorm days (M), lightning disaster frequency (R), economic vulnerability module (D), economic loss modulus (D), vital vulnerability module (L) and life and injury modulus (L'). Based on them, the vulnerability assessment structure of thunderstorm disasters in each counties of Langfang are given. Then, the vulnerability assessment indices of thunderstorm disasters are classified as five grades with given values. The comprehensive vulnerability assessment indices of these nine counties are also graded as corresponding five degrees. Finally, vulnerability division of the lightning disaster is obtained based on the vulnerability degree values of the nine counties in Langfang. The result shows that Kaifagu and Guangyang district belong to the maximal damageable area, Xianghe county, Bazhou city, Sanhe city, Anci district and Gu'an county belong to the high damageable area. The rest counties belong to the medium damageable area. Scientific basis might be provided for the planning of regional prevention and reduction of lightning disaster in Langfang.

**Key words:** lightning disaster; vulnerability; evaluation index; vulnerability division

=====

(上接 361 页)

## Analysis of an Infrequent Continuous Rain Weather Process in Autumn in Northwest China

DI Xiaohong<sup>1</sup>, WANG Xiaoyong<sup>2</sup>, ZHANG Peiyan<sup>1</sup>

(1. *Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China;*  
2. *Meteorological Science and Technology Service Center of Gansu Province, Lanzhou 730020, China*)

**Abstract:** An infrequent continuous rain weather process occurred from September 25 to October 14 in 2007 in northwest China was studied from the weather and climate background, upper and lower level circulation, surface situation and some physical factors. The results show that frequent activity of the westerly trough and anomaly of the subtropic high pressure location resulted in this infrequent continuous autumn rain. Moreover, the position of South Asia high at the level of 100 hPa, 500 hPa wind field and the position of zero line has some significance for rainfall prediction.

**Key words:** Northwest China; continuous rain; compositive method; situation analysis