

西昌发射场区旱季高空最大风的分析预报

杨本湘^①

(北京大学物理学院大气科学系,100871)

提 要

根据天气学原理,对西昌发射场区旱季高空最大风环流背景和天气系统间的关系进行了分析。在此基础上,对西昌发射场区旱季高空最大风的预报进行了探讨,提出了利用常规天气图制作场区旱季高空风预报的思路和方法,找到了预报场区旱季高空最大风的部分指标。

关键词: 高空最大风 天气系统 预报指标

引 言

西昌发射场区(以下简称场区)的旱季,是一个风沙特别大的季节,所以也有人称旱季为“风季”。“风季”里出现的大风天气,不仅给工农业生产和人们的日常生活带来许多不便,而且对航空飞行、航天试验等高科技活动具有重大影响^[1]。尤其是高空大风,它直接影响着火箭、卫星等航天器的发射和飞行,是在旱季能否按期进行发射试验任务的重要因素之一。1995年1月26日,在场区发射“亚太二号”时发生了星箭俱毁的爆炸事故。1995年7月26日全国各大报纸刊载的长城公司与休斯公司的故障调查联合公报中说:“有两个可能的故障原因:一是在冬季高空切变风条件下,卫星和上面级与运载火箭的特殊联结方式出现谐振,造成卫星局部结构破坏;二是在冬季高空切变风条件下,运载火箭整流罩的局部结构破坏”。由上可见,高空风成了在旱季影响发射成败的重要因素。此外,在航空飞行中,由于高空风引起的切变扰动、湍流颠簸而使飞机失事的事件也并非少见。因此,我们对高空风应该有较深的认识,尤其是在预报方面,应该具有较高的准确率和

可信度,以尽量避免事故的发生。

高空大风的预报早已引起各国航空航天的重视。如美国的肯尼迪航天中心,就已建立起了一套较为完整的探测、预报高空风的保障系统^[2]。在西昌卫星发射场区,在“长征三号”发射任务开始,就把高空最大风速不大于 $79\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 作为能否安全发射的决定因素之一。自“1.26”事故后,对高空风的要求也越来越高,高空最大风的预报成了旱季任务保障的重点。但由于种种原因,我们在高空风方面所做的工作还比较少,可供参考的仅有吴传竹所著《西昌航天发射中心的大风及其预报》^[1]和宗学平所著《风对发射航天器的影响》^[3],但由于受当时任务保障和客观条件的限制,两文对高空大风的预报还没有进行深入细致的讨论。为此,我们有必要对高空风的预报问题作一些工作,以适应发射场进行各种试验任务的需要,完成我们所担负的气象保障任务。

1 高空最大风的变化与环流背景和天气系统的关系

场区位于青藏高原东侧的横断山脉地区,属于滇北湿润气候区,常年受到来自孟加

^① 现在西昌发射中心气象室工作。

拉湾的西南气流影响。在旱季,西南气流很强,并且常常是干燥温暖的,它给场区带来的往往是晴好天气和干热最大风。而西南气流较大则是副热带急流作用的结果,副热带急流的变化将引起场区高空风的变化。

在旱季,副热带急流影响我国的中低纬度地区^[4],在亚欧地区,它南起 20°N,北至 30°N,强盛时北界可达 32°N,轴线基本维持在 25°N 附近,轴线附近 5500m 高空的风速一般在 50~70m·s⁻¹之间。场区就位于急流轴北侧的下方,高空风速很大,最大风速一般在 60m·s⁻¹以上,最强时可达 108m·s⁻¹。副热带急流在场区附近活动是场区旱季高空风较大的主要原因之一。

高空风与温压场的结构紧密相关,由地转风矢量的表达式

$$\mathbf{V}_g = \frac{g}{f} \nabla_p H \times \mathbf{k}$$

及两等压面间热成风计算式

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_T &= \mathbf{V}_{g2} - \mathbf{V}_{g1} = -\frac{R_d}{f} \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \nabla_p \bar{T} \times \mathbf{k} \\ &= -\frac{g}{f} \nabla_p (H_2 - H_1) \times \mathbf{k} \end{aligned}$$

式中, H 表示位势高度, p_2 代表高层等压面的气压, p_1 代表低层等压面的气压, H_2 代表高层等压面的位势高度, H_1 代表低层等压面的位势高度,由上式可看出,风速风向的大小与位势梯度、温度梯度成正比。而位势梯度、温度梯度的大小是天气系统强弱的表现,尤其是冷空气影响强弱的反映。对于场区而言,当有高原槽(波动)东移时,对场区的高空风都有或大或小的影响。影响的程度视高原槽(波动)的强弱而定。高原槽(波动)移经场区,必然引起气流的转换,导致高空风的变化。

2 场区高空最大风的预报思路

高空最大风的增强、减弱与天气系统的变化紧密相连。据统计,当天气系统在 24 小

时后影响场区时,高空风必然出现一系列的变化。这可以从天气学上得到解释,因为高空风的变化,表示急流区的北抬或南压,本区附近急流的增强或减弱,也就预示着天气系统移动或停滞、增强或减弱的变化规律。对于本场而言,大体情况是当高空风减小时,反映着北部冷空气的影响占主导地位;反之,当高空风增大时,则意味着场区主要受南支急流的控制。此外,气流的转向,高原波动的东移,温度场的变化都将引起高空风的变化。

在实际预报中,根据高空风的变化规律,可将高空风的预报分为两个过程,即平稳过程和突变过程。所谓平稳过程,是指大的环流背景较为稳定,无明显系统影响场区,场区高空风 24 小时的变化为 0~5m·s⁻¹。这样的过程一般维持 2~3 天。突变过程是指由于天气系统的变化和环流形势的调整,使得场区高空风在 24 小时后出现了较大幅度的变化(一般在 5m·s⁻¹以上)。现分别将场区出现平稳过程和突变过程的高空风环流形势说明如下。

2.1 场区高空风平稳过程的主要形势

场区出现平稳过程的高空风主要环流形势有贝加尔湖暖脊型、蒙古横槽型及贝加尔湖低涡型。

2.1.1 贝加尔湖暖脊型

该型主要特点是:在 500hPa 天气图上,贝加尔湖地区为暖脊控制,在 90~105°E 为暖平流区,南支槽远在 85°E 以西,高原上盛行偏西气流,场区多为西北风。此种形势下,场区各层的高空风较为稳定,风速相对较小,风向偏西,最大高空风如表 1 所示。此种类型的高空风一般维持 2~3 天。

2.1.2 蒙古横槽型

该型的主要特点是:乌拉尔山阻高维持,蒙古横槽出现在 45°N 附近,温带急流偏南,35°N 以南地区为西南气流控制,副热带急流轴线位于 30°N 附近。场区处于副热带急流

区中,高空风较大,风向略偏西南,最大高空风如表1所示。此种类型的高空风一般维持3~5天。

2.1.3 贝加尔湖低涡型

该型的平稳过程的高空风是由于贝加尔湖低涡(或东北低涡)维持,在地面图上,冷锋出现在西南地区,高空NW气流引导冷空气不断南下,形成西南准静止锋。同时,由于高空锋区基本无变化,高空风较为稳定,风向偏北,风速偏大,各月最大高空风如表1所示。此种类型的高空风,一般维持3~5天。

表1 贝加尔湖暖脊型、蒙古横槽型及贝加尔湖低涡型各月最大高空风

	贝加尔湖暖脊型			蒙古横槽型			贝加尔湖低涡型		
	风向	风速 /m·s ⁻¹	高度 /m	风向	风速 /m·s ⁻¹	高度 /m	风向	风速 /m·s ⁻¹	高度 /m
12月	270°	55	11000	265°	65	10000	265°	65	10000
1月	285°	65	11000	250°	70	9000	250°	70	9000
2月	260°	60	10000	255°	75	9000	255°	75	9000
3月	270°	50	10000	260°	55	9000	260°	55	9000

2.2 场区高空风突变过程的主要形势

场区出现高空风的突变,是由于平稳过程的形势受到破坏,本区附近环流形势发生明显调整,引起温压场的剧烈变化。主要的形势变化有:

2.2.1 高空风增大过程

①如果南支槽东移至80~85°E时,由于温压场的调整,将使高空风速增加9m·s⁻¹以上。

若500hPa副高588线西伸至100°E,曼谷为东南风且位势高度在5880gpm以上,本区24小时变高不小于40gpm时,最大风速将增加12m·s⁻¹左右。

若南支槽移至90°E以东,高原上24小时变温为-4℃左右时,最大风速将增大10m·s⁻¹左右。

②当90~100°E附近、40°N以南有高原槽东移,如果槽底有-24℃等温线配合,场区高空最大风速将增大7m·s⁻¹左右,如果槽底有-28℃等温线配合,则场区高空最大风速

将增大14m·s⁻¹左右。

③从极地向东南方向移动的冷空气,使得东北低涡发展加强,向西推进。如果冷涡中心在125°E以西,由于西南气流的作用,使得本区锋区加强,24小时后,场区高空最大风速将增大12m·s⁻¹左右。

④新疆槽东移,与贝加尔湖槽形成蒙古横槽,此种形势下,场区最大风速将增大15m·s⁻¹左右。

⑤贝加尔湖北部冷空气南压,蒙古横槽新生,场区最大风速将增大12m·s⁻¹左右。

⑥高原上有较强冷平流,西南气流较强,场区最大风速将增大20m·s⁻¹左右。最常见的是在35°N以南、90°E附近有-32℃等温线闭合中心。

⑦冷槽从贝加尔湖西部移来,形成贝加尔湖低涡,场区高空最大风速将增大7m·s⁻¹左右。

2.2.2 高空风减小过程

①暖脊移向贝加尔湖,场区高空最大风速将减小15m·s⁻¹左右。如果暖脊较强,有-32℃等温线闭合中心,则风速将减小20m·s⁻¹左右。

②新疆脊东移,此种形势下,本区为暖平流控制区,高空最大风速将减小12m·s⁻¹左右。

③蒙古横槽转竖后,场区受西南气流控制,副热带急流南撤,场区高空最大风速将减小22m·s⁻¹左右。

3 场区高空最大风的预报方法

环流背景与指标相结合^[5],就可做出较为准确的高空风预报。具体方法如下:

3.1 定性判断

根据资料统计,当场区上游西北方向的巴塘500hPa风向、风速增大或减小时,24小时后场区的高空风向、风速也将增大或减小。

3.2 作出正确的形势预报

根据当日的天气形势,作出未来24小时

后本场区及整个东亚地区的形势预报,也可根据欧洲中心的数值预告结果,作出判断。

3.3 温度场和高度场相结合

根据温度场和高度场的配置和变化情况作出未来 24 小时后场区的高空风预报。这主要考虑在本区附近活动的天气系统,如南支槽、副高和高原槽等的情况,参考欧洲中心的数据预告结果,作出风向、风速的预报。

3.4 预报方法的准确率

根据场区 1980~1994 年以来旱季高空风资料作出以上探讨后,对场区 1995~1998 年旱季的高空风作出了试报,效果较好,准确率约 85% (见表 2),对在 $70\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的高空最大风,无一漏报。实践证明,用这样的方法来对场区的高空最大风作出预报,结果是可信的,效果是好的。

表 2 1995~1998 年旱季高空最大风实况及预报情况

年	$\leq 50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			$50\sim 60\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			$60\sim 70\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			$> 70\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$		
	出现次数	报对次数	准确率	出现次数	报对次数	准确率	出现次数	报对次数	准确率	出现次数	报对次数	准确率
1995	18	16	88%	72	62	86%	23	20	87%	8	8	100%
1996	12	10	83%	74	63	85%	26	22	85%	10	10	100%
1997	20	17	87%	73	63	88%	22	19	86%	6	6	100%
1998	14	12	86%	76	64	84%	25	22	88%	6	6	100%

4 结论

对场区高空风,尤其是最大风的预报,应注意以下几点:

① 在大的背景场上,场区高空风的变化,是由于副热带急流的增强与减弱、北抬与南撤所造成的。因此,我们在作高空风的预报时,一定要注意副热带急流的变化情况。

② 环流形势的调整,是造成场区高空风变化的主要因素;而本区温度场、高度场和 500hPa 风场的变化情况,是造成场区高空风具体变化的主要依据。

致谢: 本文在文稿修改过程中,得到了北京大学物

理学院国家暴雨预报与监测重点实验室主任陶祖钰教授的热忱指导,在此致以谢意。

参考文献

- 1 吴传竹. 西昌卫星发射中心的最大风及其预报. 军事气象, 1989(6): 45~48.
- 2 曲延祿. 外弹道气象学. 北京: 气象出版社. 1982: 132~165.
- 3 宗学平. 风对发射航天器的影响. 航天器发射场, 1996(1): 1~8.
- 4 中央气象局. 中国高空气候. 北京: 科学出版社, 1973: 10~16.
- 5 陈谋国. 统计预报, 南京. 空军气象学院出版社. 1982: 2~6.

Analysis and Forecasting of Upper Maximal Wind in Dry Season at Xichang Launch Site

Yang Benxiang

(Department of Atmospheric Science, School of Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

Base on the statistical analysis of upper maximal wind in dry season at Xichang Launch Site (XLS), its relationship of general circulation with the synoptic system is analyzed. According to the result, the forecasting method of upper maximal wind is discussed. Furthermore, the effective predictive indicators are developed.

Key Words: upper maximal wind synoptic system predictive indicator