

神舟七号转运日浅层风预报分析

陈晓静¹ 周 率² 周景荣¹ 梁玉秋² 李正刚¹ 李羿霏²

(1 中国酒泉卫星发射中心 2 北京航天飞行控制中心)

摘 要 利用常规气象资料、数值预报产品、以及发射场加密观探测资料,分析神舟七号任务转运日大风降水过程,重点分析导致浅层风超过气象条件的形势、要素及物理量场。本次过程是在副高异常强盛、水汽较为充沛、北部小波动不断东移的背景下发生的;直接影响系统是西北路冷空气;气压场和温度场的变化明显反映冷空气的强度及影响时间;过程生消对应了场区附近正涡度区、较强辐合区、以及气流上升区的发生、加强及减弱。

关键词 垂直转运 浅层风 天气形势 要素 物理量场

分类号 V555 文献标识码 A 文章编号 1674-5825 (2010) 02-0031-09

引 言

箭船组合体垂直转运(以下简称垂直转运)是载人航天发射任务的一个重要环节,垂直转运气象保障的重点是大风、降水、雷电等天气过程,80m 以下的浅层风是影响垂直转运安全的关键气象要素。耸立在发射平台上的箭船组合体高度近 70m,气象条件规定垂直转运时 80m 以下浅层风不能超过 10m/s,从测试厂房到发射点之间距离大约 1.5km,转场时间需要 1 至 2 小时。由于受地形、湍流等因素的影响,浅层风风场异常复杂,其预报保障一直是气象领域的一个难题。在神舟一号至神舟六号的 6 次任务中,就有 4 次因浅层风不满足气象条件而改变预定垂直转运窗口,因此大风过程是垂直转运气象保障的重中之重。统计表明^[1],酒泉发射场大风过程由冷空气导致。

2008 年 9 月 21 日 08 时是神舟七号任务预定的箭船组合体垂直转运窗口,当天遭遇了一次较强冷空气过程,出现了大风降水天气,导致预定转运窗口不满足气象条件。在总结场区要素规律及历次任务浅层风保障的基础上,认真分析各种资料,准确预报了本次过程。任务指挥部及时调整工作计划,将垂直转运提前到 20 日下午进行,成功保障了垂直转运。本文利用常规气象资料、欧洲、日本及 T213 数值预

报产品、酒泉发射场气象站加密观探测资料、以及任务期间的高精度气象资料,分析本次过程的环流背景、天气形势、影响系统、以及物理量场,探讨浅层风的预报保障,以期后续任务提供参考。

1 过程概况

9 月 20 日至 21 日是垂直转运的关键节点,其间出现了一次大风降水过程。从天气实况(图 1)可见,20 日 15 时前后场区开始出现较强东北风,浅层风平均风速 6m/s ~8m/s,最大瞬时风速 10m/s;23 时风力增大,平均风速达 10m/s;到 21 日 03 时-04 时风力最大,8m 高度浅层风达到 10m/s~12m/s,80m 高度最大风速达 18m/s;21 日 07 时风力转 6m/s~8m/s,大风过程结束;08 时风力又加大到 7m/s~9m/s;10 时以后风力转小到 4 m/s~6m/s。与大风过程相伴,场区从 20 日 20 时 23 分开始出现间歇性小雨,21 日 00 时 18 分转为持续性降水,至 21 日 08 时 15 分雨停,累计降水时间 8 小时 7 分钟,降水量 4.6mm。

本次过程前后气象要素变化剧烈(见表 1),21 日 00—08 时场区明显升压降温,8 个小时内温度下降 11.7℃、升压达 9.8hPa,持续性降水使得场区能见度一度下降到 10km,表明这是一次由较强冷空气带来的大风降水过程。

来稿日期:2010-02-22;修回日期:2010-03-20。

作者简介:陈晓静(1967.02-),女,本科,高级工程师,主要从事航天气象保障研究。

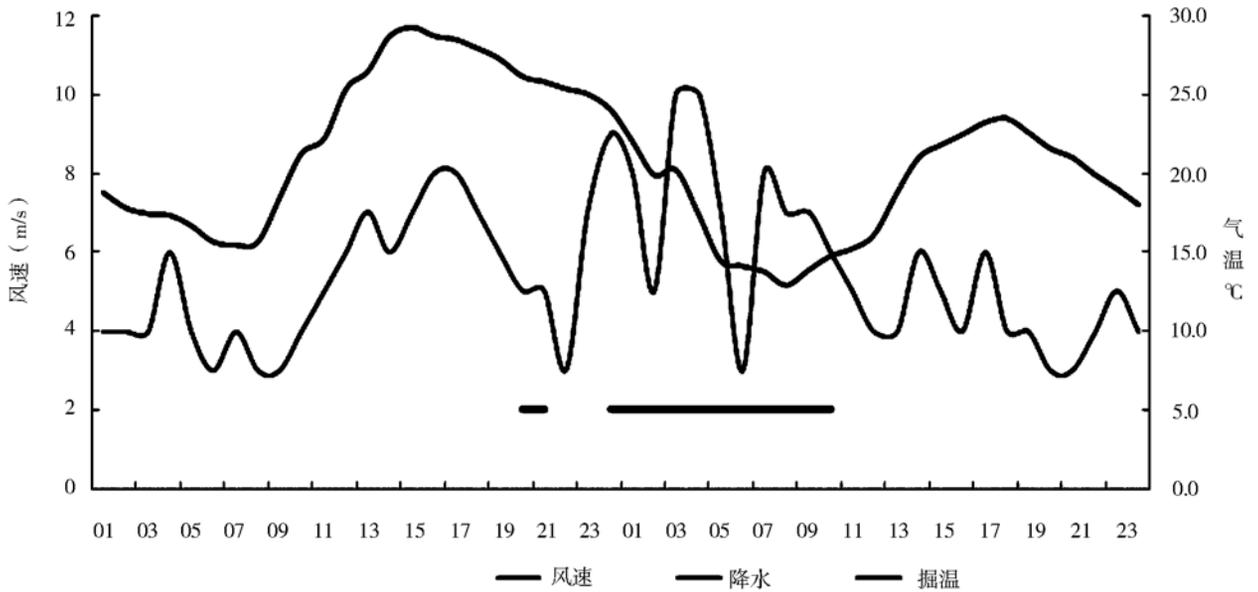


图 1 2008 年 9 月 20—21 日酒泉发射场天气实况

进一步分析过程前后浅层风的逐时变化。20 日

表 1 2008 年 9 月 21 日 00—08 时酒泉发射场气象要素变化统计表

	温度(°C)	气压(hPa)	能见度(km)
过程前	24.0	998.5	25
过程后(中)	12.3	1008.3	(10)
差值	-11.7	+9.8	-15

(图 2)10 时前 8 m 高度浅层风风速小于 4m/s, 且浅层风廓线符合风速随高度增大的规律; 11 时开始, 浅层风风速增大, 且 8m~80m 各高度层风速差值减小; 14 时、17~19 时、23~24 时 8 m 高度浅层风风速大于 6m/s, 23、24 时 80m 高度风速超过 10m/s。21 日(图 3)01~06 时 8 m 高度浅层风风速均在 6m/s 以上, 47m、80 m 高度风速则大多超过 10m/s 以上; 02、06 时分别达到两个峰值, 其中 06 时 8 m 高度风速为 11m/s、80 m 高度风速则达到 18m/s; 07 时以后浅层风风速快速减小, 至 18 时前 8 m 高度浅层风风速维持在 2m/s~4m/s。

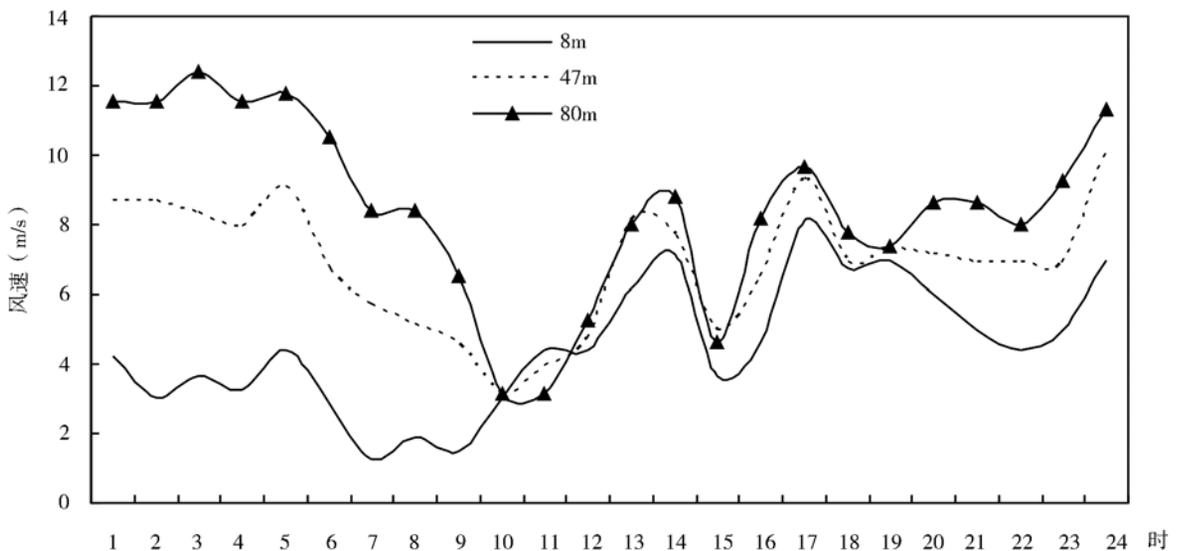


图 2 2008 年 9 月 20 日各高度浅层风日变化

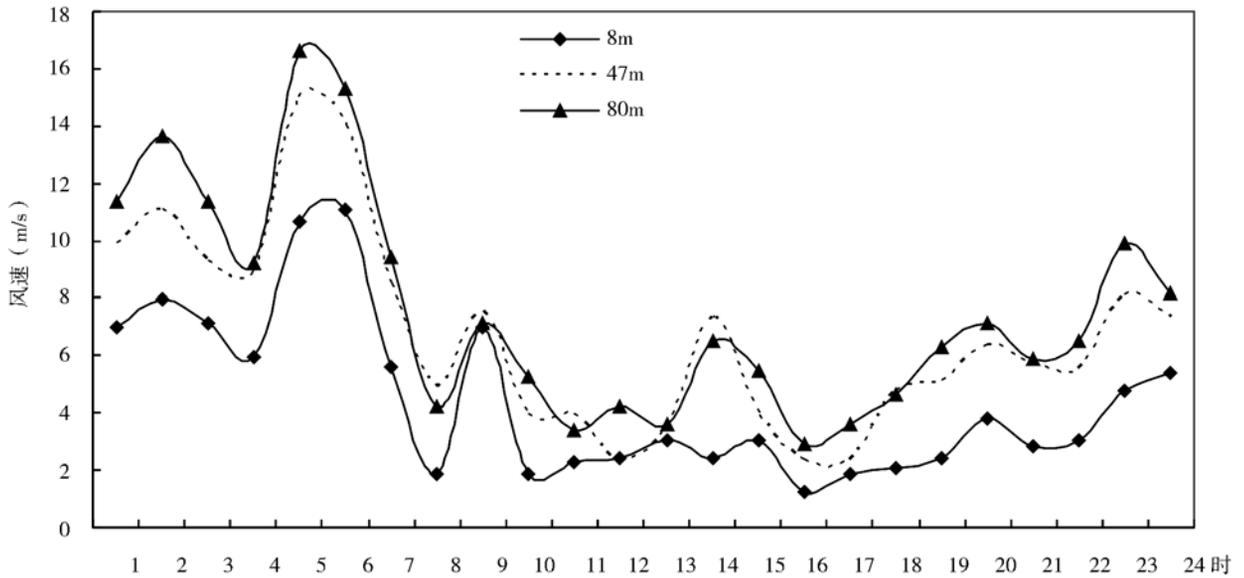


图 3 2008 年 9 月 21 日各高度浅层风日变化

2 环流背景

任务季节发射场气候背景异常,9月上、中旬气温持续偏高,诸多要素打破历史极值;9月下旬本应是秋高气爽,但 20—26 日自垂直转运到发射,场区以阴天为主,共发生 4 次大风、3 次降水过程,阴天、降水和大风频次均创历史记录,属极小概率事件。

9月中旬(图略),欧亚范围内中纬度维持较强平直西风气流,极地冷空气强度弱、主体在 55°N 以北,没有冷空气入侵中纬地区,发射场持续晴好天气,温度异常偏高,中旬平均气温及最高气温均比历史同期高出近 4℃。

20 日开始(见图 4),极地冷空气爆发南下,西北路冷空气侵入巴湖地区形成低涡,不断分裂小波动东移;副高西伸北抬、异常强盛;同时西太平洋地区

台风活跃,“黑格比”沿副高南部西移,使副高加强并北抬;副高西北侧的西南暖湿气流携带来自孟加拉湾的水汽向场区输送;暖湿气流与冷空气的辐合带维持在 95°E 附近,导致下旬场区维持连日多云并伴有降水的天气。

3 天气形势分析

3.1 500hPa 形势

500hPa 上,20 日 08 时(图 5a)副高异常强盛,西伸脊点达到 104°E,北界约 42°N,冷槽主体偏北,场区处于副高西北侧强盛的西南气流控制下。20 日 20 时(图 5b),冷槽移过 90°E,槽线南端到达 48°N,冷空气和西南气流在河套附近有风向辐合带;同时副高东退到 100°E 以东,但略有北抬,冷槽快速东移逼近场区,槽底偏西气流与强盛的西南气流辐合于场

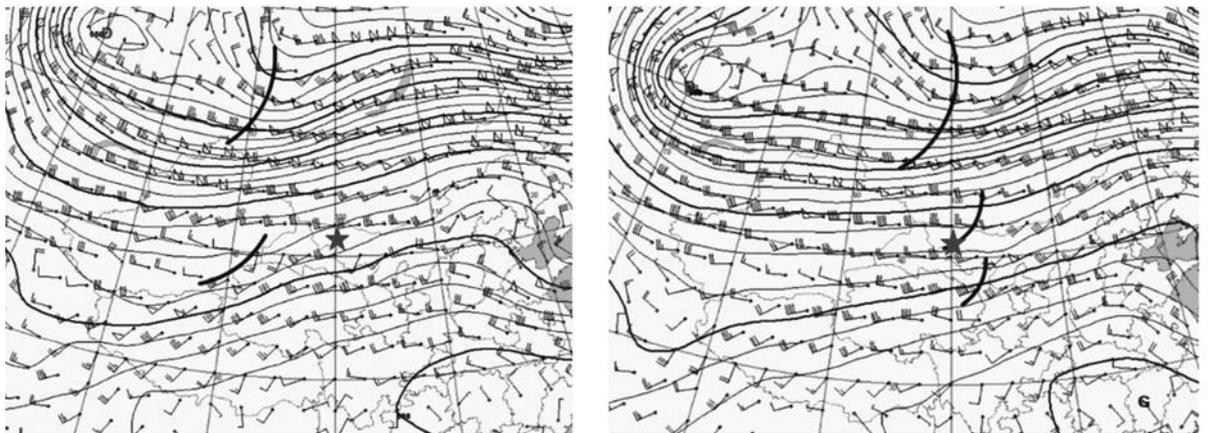


图 4 2008 年 9 月 20 日 20 时(左)、21 日 08 时(右)500hPa 环流形势(图中★为场区位置)

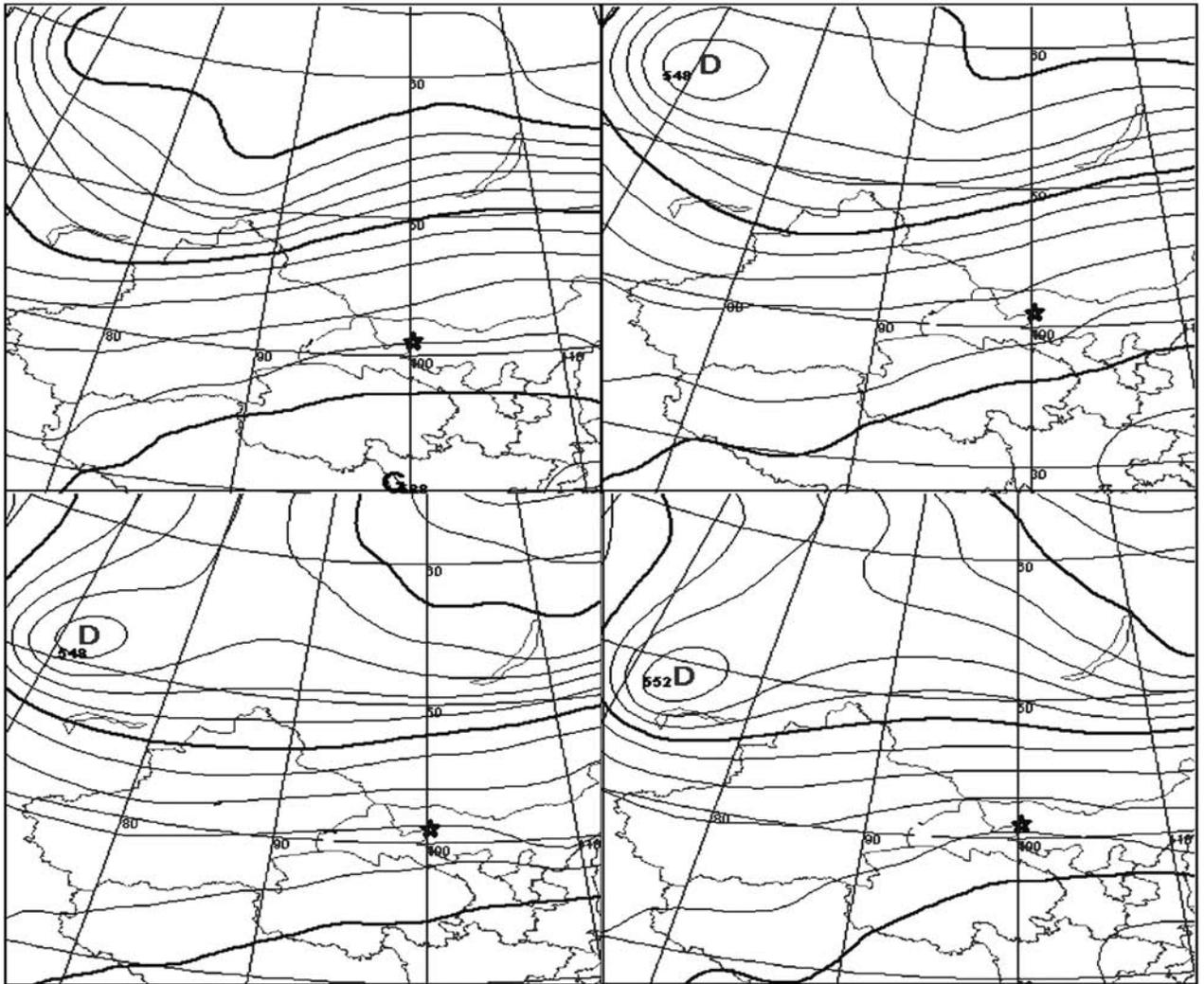


图 5 20 日 08 时-21 日 20 时 500hPa 高度场(图中★为场区位置)
(a:20 日 08 时,b:20 日 20 时,c:21 日 08 时,d:21 日 20 时)

区附近。21 日 08 时(图 5c)冷槽达 100°E,槽线南端在 48°N;偏西气流和西南气流的辐合带主体东北移,场区位于辐合带尾端,对应的降水和大风即将结束。21 日 20 时(图 5d)冷槽已达 110°E,槽线东移北收,辐合带位于场区东北部。

与冷空气影响相对应,浅层风经历了一次突增过程。20 日 23 时伴随冷空气前锋抵达场区,浅层风平均风速达 10m/s;02 时冷空气主体到达,浅层风平均风速约 12m/s;06 时冷空气前锋过境,80 m 高度浅层风风速达到 18m/s;07 时以后风速快速减小。

3.2 700hPa 形势

700hPa 图上(图略),强盛的副高西北侧仍为西南气流,且与偏南气流、西北气流一起,在 20 日 08 时构成场区附近的气旋性辐合场。该辐合场 20 日 20

时较强,21 日 08 时已经减弱东移,21 日 20 时位于场区东北部。

3.3 地面形势

从地面图上看,20 日 08 时(图 6a)场区附近有热低压发展,强度较弱;20 日 14 时(图略)冷高压推动系统前的蒙古低压强烈发展,使得场区受东北风控制,15 时前后浅层风平均风速 6m/s~8m/s,最大瞬时风速 10m/s;20 日 20 时(图 6b)热低压略有减弱,相应的浅层风也减小,同时在场区以北有一股冷空气南下,即将影响场区,冷空气的前界北端已到 100°E、45°N,南端在 97°E、42°N,与冷空气影响相对应,场区出现一次浅层风突增过程。21 日 08 时(图 6c)地面冷锋已过场区,对应的浅层风已快速减小,场区附近气压梯度较大;21 日 20 时(图 6d)场区已进入高压区。

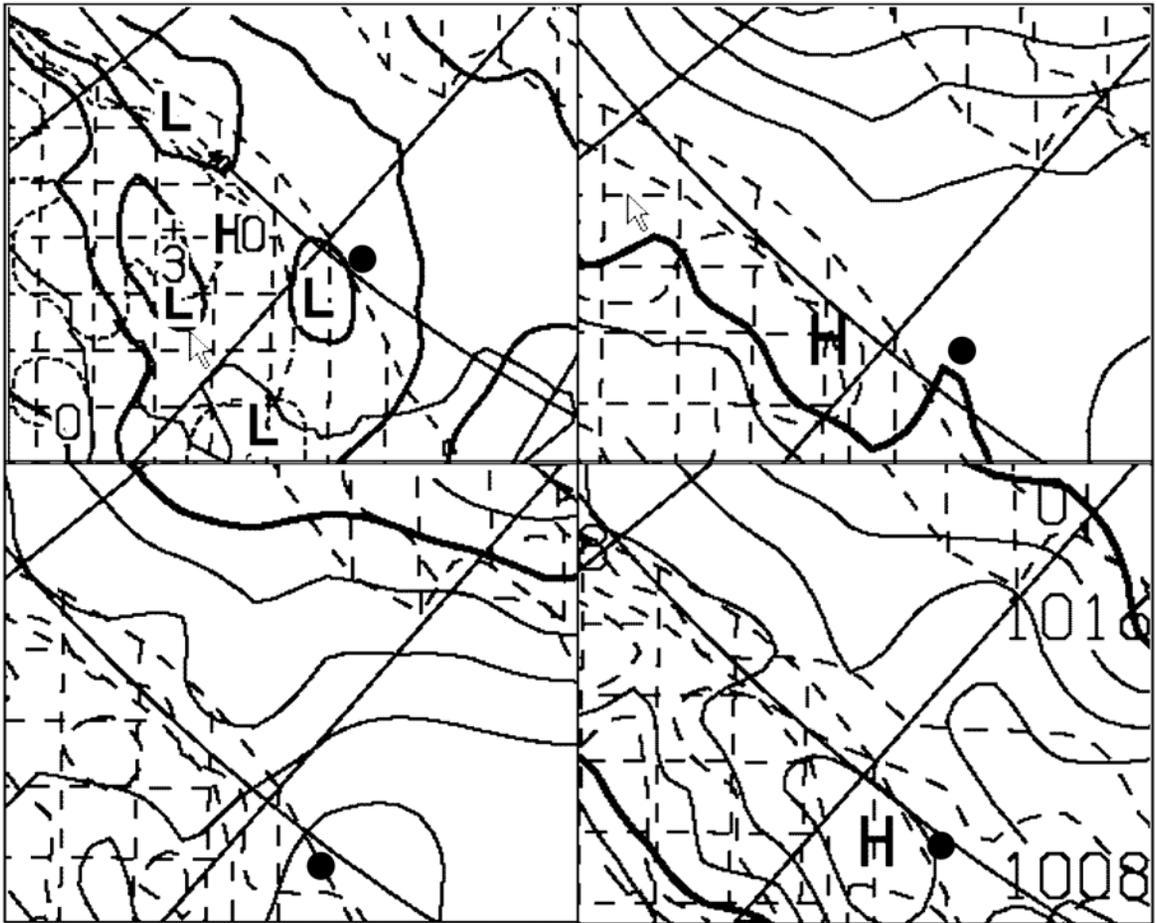


图 6 20 日 08 时-21 日 20 时地面图(图中●为场区位置)

(a:20 日 08 时,b:20 日 20 时,c:21 日 08 时,d:21 日 20 时)

4 要素分析

4.1 欧洲数值预报产品

从 120h 至 24h, 每天 08 时和 20 时分别跟踪欧洲数值预报产品中 20 日各气象要素场的变化(统计如表 2)。由表可知,08 时和 20 时的变高场和变温场预报都比较稳定;变压场 120h 和 96h 预报误差较大;从 120h~24h,场区减压越来越明显,表明 20 日有热低压发展,而热低压的强烈发展可能导致场区浅层出现东北大风。850hPa 风场预报显示,120h 风速和风向误差均较大;96h 仍存在一定的风向误差;72h 内风向及风速的预报与实况基本一致。整体来看欧洲数值预报 96h 开始预报比较稳定,变压、变温及 850hPa 风场均与实况基本一致。

统计 21 日各气象要素场的变化如表 3, 由表可见,气压场和温度场的变化显示场区将有一次冷空气过程,反映在 850hPa 风场上对应有大风过程。变高场的数值整体较小;而变压场的变化较大,08 时场

区加压逐渐增大,在 48h 出现最大达 7hPa 的增压,20 时场区增压非常明显,增压值稳定在 11hPa 以上,24 小时增压达 13hPa;对应的变温场反映场区降温也很明显,20 时降温达 10℃左右。850hPa 风场上反映出一次风力增大过程,08 时风速预报值到 72h 突然增大,72h 以内风向、风速的预报均与实况一致;而 20 时预报的风速与实况基本相符。要素场的变化显示,冷空气影响场区的时间集中在 20 日 20 时至 21 日 08 时,这个时段内要素变化最为明显。相应地浅层大风过程也应出现在这个时段内,从要素对比来看,冷空气导致的浅层风速度增量在 6m/s~8m/s,过程最大平均风速将超过 10m/s。

4.2 日本数值预报产品

从 850hPa 风场和温度场的演变看,20 日 08 时(图 7a)到 20 时(图 7b)场区变温不明显,温度场比较稀疏;但 21 日 08 时(图 7c)温度梯度明显加大,12h 降温 6℃左右,24h 降温约 8℃,表明有明显的冷空气

表 2 24-120 小时欧洲数值预报产品预报 20 日要素变化情况统计表

要素 日期	变高		变压		变温		850hPa 风场	
	08 时	20 时	08 时	20 时	08 时	20 时	08 时	20 时
120	0	-2	0	1	1	-1	0	S 2
96	-1	-1	1	1	-1	0	SW 2	NE 6
72	0	-2	-2	-1	-2	0	SE 6	NE 6
48	1	-3	-3	-1	-2	-2	E 4	E 4
24	2	-2	-5	-4	-1	-2	E 8	E 4

表 3 24-120 小时欧洲数值预报产品预报 21 日要素变化情况统计表

要素 日期	变高		变压		变温		850hPa 风场	
	08 时	20 时	08 时	20 时	08 时	20 时	08 时	20 时
120	-3	0	3	11	-7	-11	NE 2	SW 4
96	-1	-1	0	12	-2	-12	NE 2	W 8
72	-3	0	3	11	-4	-9	NW 10	SSW 6
48	-3	2	7	12	-2	-8	NW 8	W 8
24	-3	1	5	13	-4	-9	NW 10	SW 6

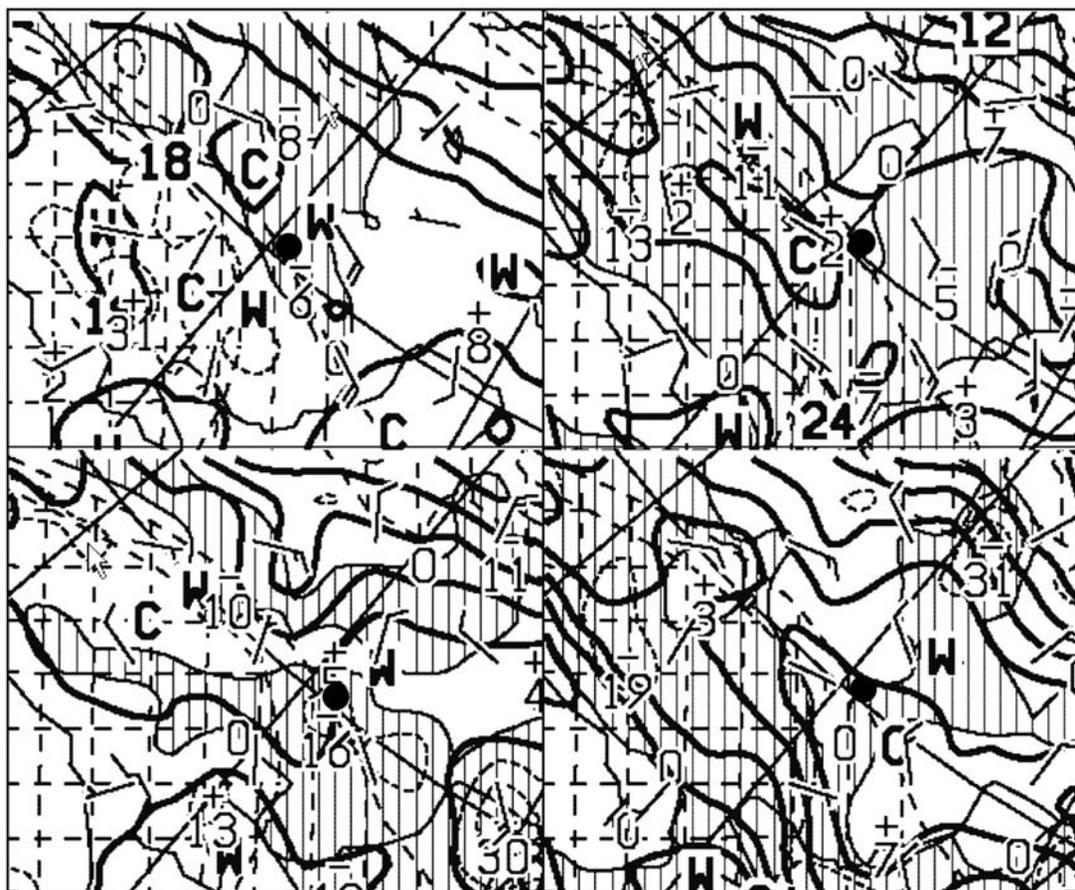


图 7 20 日 08 时-21 日 20 时 850hPa 风场和温度场(图中●为场区位置)

(a:20 日 08 时,b:20 日 20 时,c:21 日 08 时,d:21 日 20 时)

侵入场区。从 850hPa 风场的风速预报来看,20 日 20 时、21 日 08 时的风速都偏小,初步显示出这股冷空气影响场区的时间介于这两个时间段之间。

从日本数值预报形势场(图略)来看,高空 500hPa 高度场指示意义不明显,变高场及配合的涡度场都反映不出本次冷空气;但地面气压场的变压强度和 850hPa 温度场及变温梯度可以直接反映冷空气的影响时间及强度;850hPa 风场风向预报准确,风速偏小。

4.3 国家气象中心数值预报产品

分析国家气象中心 T213 数值预报产品的 700hPa 湿度场(图 8),并与环流场(图略)对比。场区 20 日 08 时湿度场较弱;20 时场区附近形成明显的西南—东北向湿舌,与西南气流带配合较好,格点值显示场区附近相对湿度达 80%以上;21 日 08 时,高

湿带明显南压,与西北路冷空气南下相配合,场区湿度减弱;21 日 20 时场区湿度明显减小,环流场配合的冷空气已过境。

进一步分析地面变压场,08 时和 20 时的变压统计如表 4(表略),20 日 20 时至 21 日 08 时场区增压 8-10hPa,此变压强度与欧洲数值预报的变压强度基本一致。

从国家气象中心 T213 数值预报产品来看,根据地面冷锋的移向和移速,结合变压最大值出现的时段,也可以判定这股冷空气影响场区的时间在 20 日 20 时至 21 日 08 时附近;与此配合,中低层西南气流强盛,湿度场较强,云图(图略)显示有大量云系从孟加拉湾北上伸展到达场区;预示着这股冷空气除了会造成大风外,还有可能带来降水。

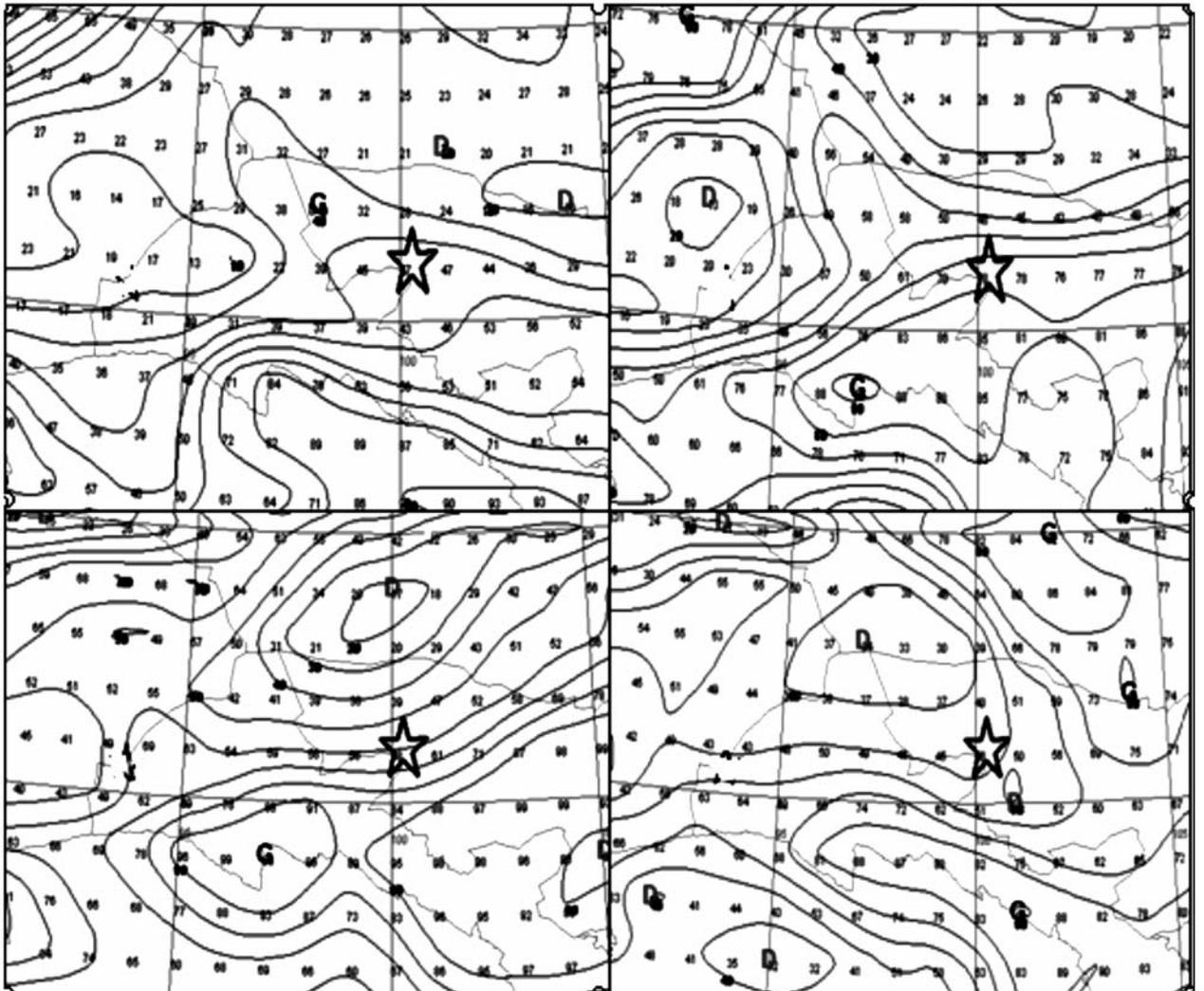


图 8 20 日 08 时-21 日 20 时 700hPa 湿度场(图中☆为场区位置)

(图中 a:20 日 08 时,b:20 日 20 时,c:21 日 08 时,d:21 日 20 时。)

5 物理量场分析

5.1 涡、散度场

500hPa 涡度场(如图 7 实线)显示,20 日 08 时场区附近出现弱的正涡度区;20 时正涡度区有所加强;21 日 08 时正涡度区明显加强,中心在场区附近略偏西北,与冷空气影响场区的方向一致;21 日 20 时正涡度区明显减弱。对应的散度场(图略)在 20 日 20 时场区附近出现较强辐合区;21 日 08 时辐合区减弱;21 日 20 时已是弱的辐散区。涡、散度场的表现与欧洲数值预报产品中高度场的跟踪预报比较一致。

5.2 垂直速度

从图 9 中垂直速度(虚线)看,20 日 20 时场区附近出现气流上升区,至 21 日 08 时上升速度明显加强,配合了场区夜间的大风降水过程;20 日 08 时至 21 日 20 时垂直速度急剧减弱,表明冷空气已过境,场区处于冷高压控制下的下沉气流区。

综合考虑 20 日至 21 日的天气形势、要素变化强度、配合的物理量场、以及浅层风的日变化和过程影响规律,19 日提供给任务指挥部的预报结论为:预报场区 20 日夜间至 21 日上午阴天、有小雨、平均风速 7m/s~9m/s,阵风大于 10m/s,将影响箭船组合体垂直转运;气象保障组建议指挥部将转场时间提前 12 小时,以保证任务流程的按期执行。指挥部采纳了该建议。

6 结论与探讨

(1) 本次大风降水过程是在副高异常强盛、西太平洋地区台风活跃、孟加拉湾水汽北上、巴湖低涡不断分裂小波动东移的环流背景下,由于西北路冷空气爆发南下、侵入场区、并与暖湿气流汇合而导致的。

(2) 数值预报产品要素场的变化显示,气压场和温度场的变化明显地反映这次冷空气的强度及影响

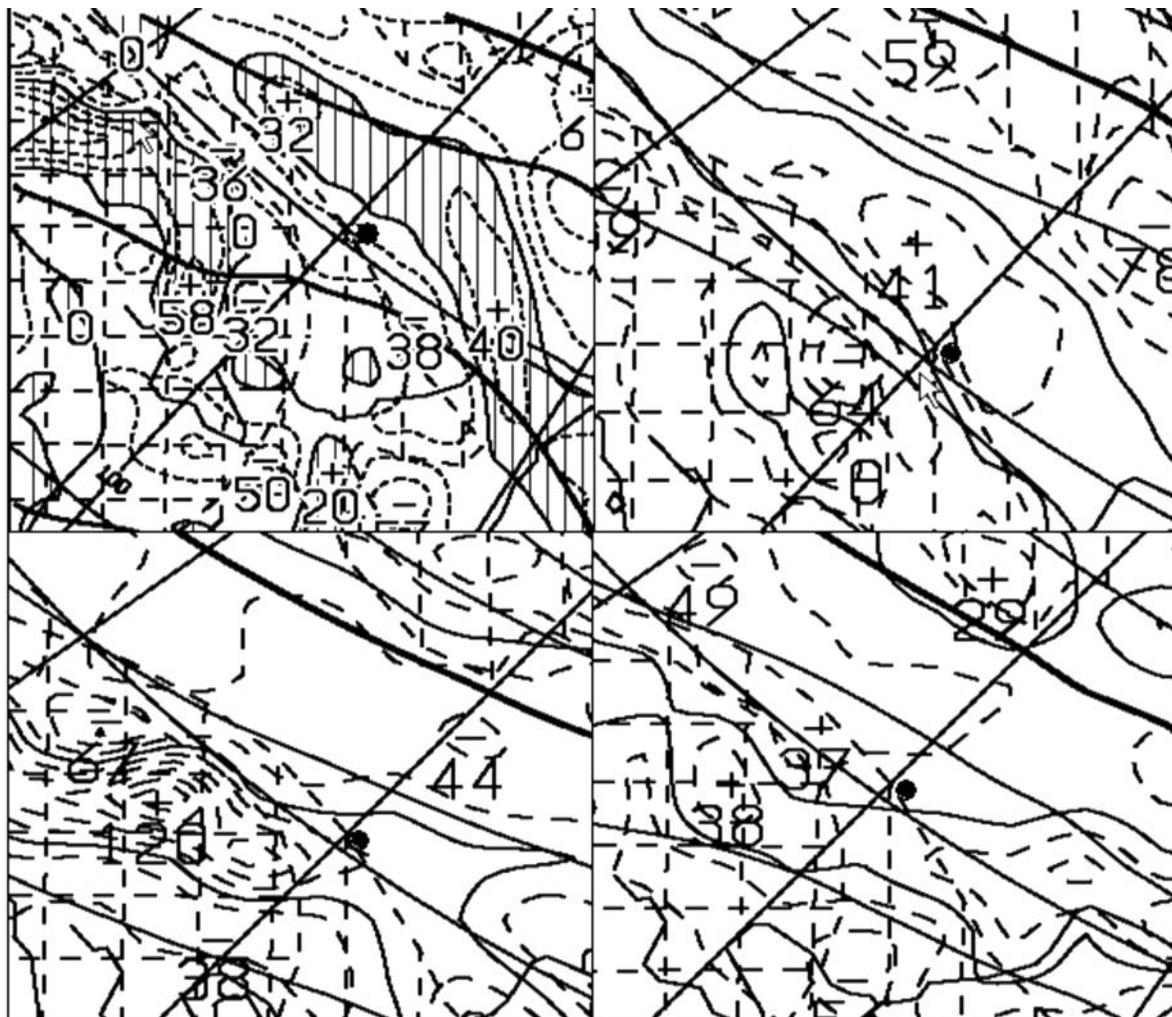


图9 20日08时-21日20时500hPa垂直速度和涡度(图中●为场区位置)

时间,过程主要出现在 20 日 20 时至 21 日 08 时;预报从 120h 至 24h 均具备参考意义,72h 以内风向、风速的预报均与实况基本一致。其中欧洲数值预报产品中 850hPa 风场的预报精度较高、且比较稳定;国家气象中心 T213 产品的湿度场有利于预报过程降水的出现。对本次过程各家产品在高度场上反映均不明显。

(3)物理量场的分析显示,过程生消对应了场区附近正涡度区、较强辐合区、以及气流上升区的发生、加强及减弱。

(4)从预报时效看,欧洲数值预报的要素场提前 120h 左右开始反映出这次冷空气过程,日本数值预报产品在 72h 以内比较准确地预报出本次冷空气的活动,而常规气象资料进入 24h 才体现出这次过程。

(5)对本次过程的预报保障,仍存在过于依赖数值预报产品的突出问题。在航天任务气象保障中,当欧洲、日本等的数值预报发生调整时,预报结论也会有所变动;尤其是不同产品差异较大时,会给预报带来很大的难度;因此相应的预报检验、数值产品释用技术的研究和开发,是一个重要的技术方向。同时,充分利用场区精细资料的本地化数值预报技术的研究,也将促进预报手段多样化和预报模式稳定化。◇

参 考 文 献

- [1] 孔玉寿 现代天气预报技术 气象出版社 2000 年
- [2] 杨献文 军用数值天气预报产品准确性的初步检验 军事气象 2001 年第 4 期 23-24 页
- [3] 夏爱和 上海地区应用日本数值预报产品的检验 军事气象 2004 年第 2 期 24-26 页

Analysis on Low Level Wind Forecast of Shenzhou VII Transfer Day

CHENG Xiaojing¹ ZHOU Lv² ZHOU Jingrong¹ LIANG Yuqiu² LI Zhenggang¹ LI Yifei²

(1. Jiuquan Satellite Launch Center 2.Beijing Aerospace Control Center)

Abstract: By means of regular meteorological data, numerical products, and fine observed data of Jiuquan satellite launch site, the rainy transfer day with big wind of Shenzhou VII is analyzed which put the emphases on circulation, factors and physical fields that result in the low level wind which cannot meet the requirements of vertical transfer. The case is developed under the background of abnormal strong subtropical high, abundant water vapor, and continually eastward north small trough. It's the cold air from northwest that directly affected the launch site, and the variation of pressure and temperature fields obviously expressed the intensity and affecting time of the cold air. The lifetime of the process was corresponded with the breeding, developing and dying away of positive vorticity, strong convergence area, and upwards flow near the launch site.

Key words: Vertical Transfer; Low Level Wind; Weather Circulation; Factors; Physical Fields