

塔里木盆地地面风场与 FNL 资料的误差分析

宋 甫 韩永翔 赵天良 宋昊冬

(南京信息工程大学大气物理学院, 南京 210044)

摘 要 塔里木盆地是全球沙尘暴的高发中心,其沙尘气溶胶对全球气候有重要的影响,是研究全球变化的热点区域之一。因地形和沙漠腹地观测资料的缺乏,常用 FNL(最终分析资料)分析资料来代替地面的实际风场去驱动数值模式。利用 2001—2010 年十年的 FNL 的地面风要素资料,将其插值到盆地中相应台站,并通过二者风速相关、风速的绝对误差以及风向的对比分析,结果表明:仅塔里木盆地东北部的三个站点观测的风要素与 FNL 的插值结果基本相一致,仅占总站数的 13.6%。显然用 FNL 最终分析资料的插值结果来代替地面观测的风要素具有非常大的误差,不能用 FNL 最终分析资料来代替塔里木盆地地面的实际风场;否则将导致以 FNL 最终分析资料驱动的,所有同风场有关的数值模式在该地区失效。

关键词 最终分析资料 MICAPS 距离成反比 误差分析 地面风场

中图分类号 P463.212.45; **文献标志码** B

塔里木盆地是海拔 1 000—5 000 m 下陷盆地,它的南、西、北三面分别被海拔约 3 000—5 000 m 的昆仑山、帕米尔高原、天山所包围。盆地中心是塔克拉玛干沙漠,它不但是亚洲的第一大沙漠,也是世界第二大的流动沙漠,是全球沙尘暴的高发中心。然而由于巨大面积沙漠的存在,气象观测站也仅限于沙漠边缘的绿洲,除在沙漠腹地所设的两三个气象站(不对外发布)外,整个沙漠中的气象观测资料近乎空白。加上其特殊盆地地形使当地的天气、气候明显不同于平原以及山区。这种独特性使气象学中常用的气象内插方法失效。由于塔克拉玛干沙漠是全球沙尘暴的高发中心,它可通过沙尘的阳伞效应、冰核效应和铁肥料效应^[1-3]影响全球气候,所以是研究全球变化的热点区域之一。热点的研究区域加上地面观测资料特别是风要素资料的缺失,对该区沙尘暴的起沙等关键的物理参数不能简单地外推到整个沙漠,根据这些有限的风要素观测资料,虽然如高婧等^[4]对新疆大风时空分布以

及环流背景做出一些研究,得到大风的发生的频率、地域以及发生时段特征;钟海玲等^[5]利用 EOF 和典型相关统计方法分析了我国北方近 30 年地面风速变化的时空特徵及其对沙尘暴的影响,其结果表明地面风速与沙尘暴存在着较好的正相关关系,而南疆盆地是相关性显著的地区之一。但这些研究工作集中在解释某种现象或阐明它们的统计相关性,仍很难简单地外推到整个沙漠。韩永翔等人^[6]通过分析塔克拉玛干沙漠的风积地貌,结合沙漠边缘气象站 40 年的风况观测资料以及沙漠腹地短期气象观测资料,重建了塔里木盆地的风场,但因风积地貌仅反映风向、大风的长期变化,对天气研究仅具有参考性。

由于该区对全球的沙尘有非常重要的贡献,是全球变化的热点区域之一,在地面风要素资料缺失的情况下,常用 NCEP 的再分析资料或者 FNL 分析资料来代替地面的实际风场。FNL 全球分析资料(Final Operational Global Analysis)是继美国国家环境预报中心(NCEP)/美国国家大气研究中心(NCAR)提供的全球再分析资料之后又为广大科研工作者提供了一种更先进的分析资料。它认为由于充分同化了尽可能全面的观测资料,与其他资料(包括 NCEP 原先的再分析资料)相比,FNL 资料作为长期业务模式是个比较好的选择^[7]。

2013 年 3 月 13 日收到

国家自然科学基金资助项目

(41075113, 41175093)、南京信息工程大学引进人才

启动资助项目(20110304)资助

第一作者简介:宋 甫(1986—),男,汉族,江苏省宿迁人,硕士研究生,研究方向:沙尘气溶胶。

目前国内对 NCEP 发布的再分析资料有较多的研究,一般认为 NCEP 再分析资料在我国东部的平原地区有较高的精度,而在西部、青藏高原以及一些山地地区则具有较大的误差^[8,9]。然而,也有一些学者认为 NCEP 再分析资料也适用于青藏高原地区,如苏志侠等^[10]对 NCEP 再分析资料在青藏高原地区的验证后指出温、压、风、湿和降水等再分析资料与气候分析基本相似,认为再分析资料基本合理;孙玉婷等^[11]对于西藏地区夏季观测气温与再分析资料比较,发现再分析资料比实测温度偏低一些,也基本可用。另外,研究认为利用 NCEP 月平均再分析资料研究中国区域气候的长期变化是基本可信的^[12],但徐影等^[13]对近 50 年再分析资料在中国气候变化研究中可信度进行初步分析和检验后指出,NCEP 再分析资料在气候长期趋势变化研究中存在着较大的不确定性,温度的可靠性比气压好。同时,对 NCEP 再分析资料的风要素验证工作则极为少见。由于 FNL 资料这种高分辨率资料是从 1999 年才开始分析的,所以关于 FNL 资料的分析研究较少。

邓永光等^[14]用 NCEP 发布的 FNL(最终分析资料)资料分析了华北暖流对流性天气的气候背景,发现 FNL 资料产生的月平均环流可以为华北地区暖季发生对流提供很好的气候背景。

现以塔里木盆地沙漠边缘的气象台站观测资料的风要素为基础,利用 FNL 中的风要素资料并将其插值到盆地的站点,进而在该区域内对二者的风要素进行比较分析,进而确定能否用 FNL 分析资料来代替地面的实际风场,以对该资料在研究区域内是否适用有一个客观的、合理的认识和评价。并根据它们之间的关系,探讨如何在沙尘模式订正该区的 NCEP FNL 资料,进而提高沙尘模式在该地区中的模拟精度和预测水平。

1 数据来源和处理方法

1.1 数据来源

NCEP-NCAR 的 FNL 地表的风场资料来自 <http://rda.ucar.edu>,其分辨率为 $1.0^\circ \times 1.0^\circ$ 、时间间隔为 6 h,每次 4 个时次(世界时 0、6、12、18 时)做

一个全球性的数据分析。这里用的是 2001—2010 年的 UGRDsig995 和 VGRDsig995 两个地面风要素,其中 sig 表示是地面要素,U 和 V 分别是纬向风和经向风。

用来插值对比的观测资料是塔克拉玛干沙漠附近的 22 个气象观测站的台站资料,观测站点位置如图 1 所示。地面风要素(风速和风向)来自 MICAPS 系统。

1.2 数据处理方法

数据处理时用反距离加权插值方法(IDW)将 FNL 分析资料插值到塔克拉玛干沙漠附近的 22 个地面常规气象站点上。反距离加权法是最常用的空间插值方法之一,在气象分析得到了广泛的应用,被认为优于其他的插值方法^[15,16]。它的幂次参数控制着如何随着离开一个网络点距离的增加而下降。对于较大的方次,较近的数据点被给定一个较高的权重份额,对于较小的方次,权重比较均匀地分配给各数据点,可以用下式来表示:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(d_i)^p} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(d_i)^p}}$$

上式中,Z 是估计值, Z_i 是第 i 个样本, d_i 是距离, p 是幂次且对插值的结果有很重要的影响,其选择标准是使平均绝对误差最小。

用的方法是取 $p=2$,站点是带经纬度的空间坐标点,而 FNL 资料是格点资料,是带有空间坐标关系的格子,因此就有三种位置关系:站点在格点数据的节点上、站点在格点数据的边界上、站点在格点数据的格子内。具体算法见文献[17]。

2 结果分析

2.1 风速的相关分析

图 1 是塔克拉玛干沙漠的 22 个台站实测风速和 FNL 插值到相应台站风速四季的相关系数时空分布图。从图 1 中可以清楚地看到:①盆地中的相关系数均大于 0,说明台站实测风速与 FNL 插值的风速是正相关。②四季相关显著的区域大小不同,其中夏季最大,春秋次之,冬季区域最小。夏季只

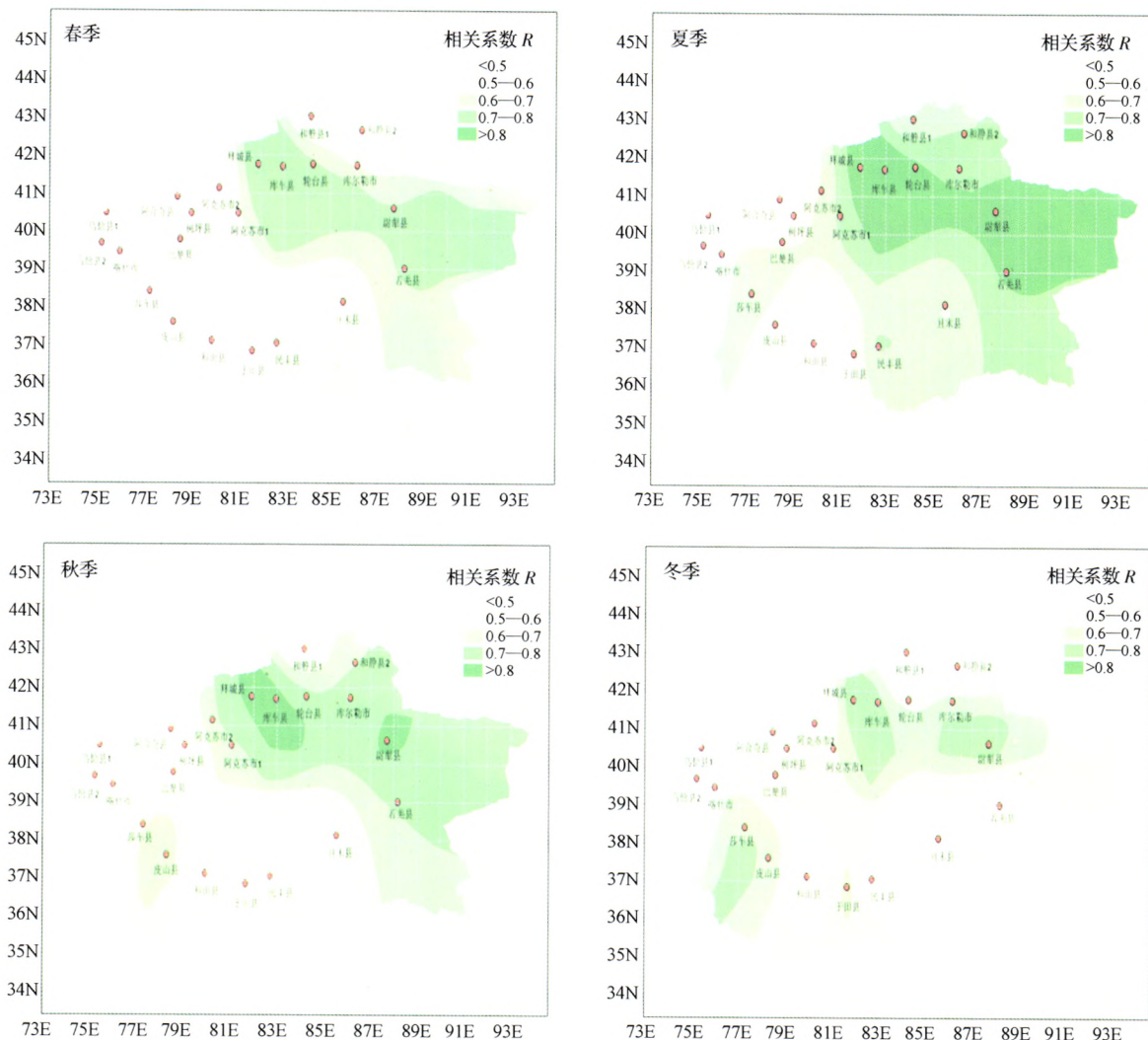


图1 2001—2010年FNL与站点实测四季风速相关空间分布图

($R > 0.5, 0.7, 0.8$, 分别通过 $\alpha = 0.1, 0.05, 0.01$ 显著性检验的区域)

有南部的和田和西北部的乌恰、阿合奇没有达到信度检验外,其余站点均通过了90%以上的显著性检验。春季,除了和静外,相关显著的区域主要集中在塔里木盆地的东北部,而西南部则未通过相关显著性检验。秋季的格局与冬季基本相似,但西南部的皮山、莎车通过相关显著性检验。③冬季其显著相关区域与其他三季有明显的区别。与春夏秋三季东北部显著而西南部不显著的特点不同,它呈现出盆地北部相关显著而盆地南部相关则不显著的特点。④从通过99%的显著性检验区域来看,夏季最大,春秋次之,冬季则无。

从风速相关关系来看,台站与FNL插值为正相

关,但其相关显著的区域主要集中在盆地的东北部。也即只有在盆地东北部的站点,用FNL插值似乎可以代替地面的风速,但还需要其他风要素的验证。

2.2 风速的绝对误差

塔克拉玛干沙漠附近22个地面常规站点的FNL资料中的风速减去对应站点地面观测的风速,就得到了该区域风速的绝对误差。为了了解其长期的变化,故仅讨论春、夏、秋、冬四季10年平均的绝对误差。从图2可以清楚地看出:①FNL资料中的风速均大于站点地面观测的风速,几乎四季的值都是正的;②四季中以春季变化幅度最大,夏季次

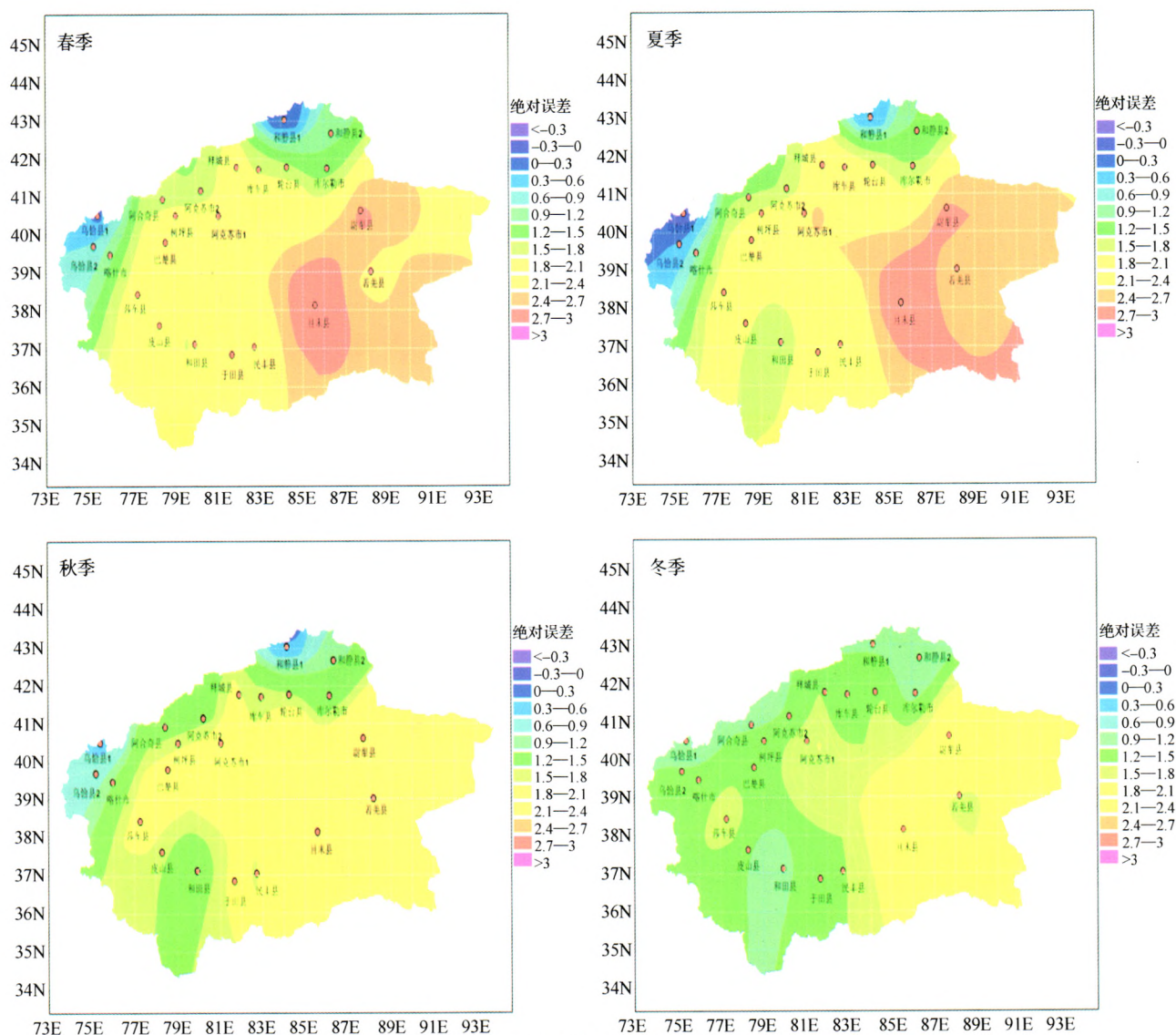


图2 2001—2010年FNL与站点实测四季风速季平均绝对误差分布图

之,秋季再次之,冬季最小,其最大的误差分别达到3 m/s以上、2.7—3.0 m/s、2.4—2.7 m/s和2.1—2.4 m/s之间;③塔里木盆地北部即沿天山南坡风速的绝对误差最小,在0—0.3 m/s之间,且误差从北向南逐渐加大;同时,误差在中部地区的且末和尉犁两站最大,并从中部向东西方向递减,尤以西部递减尤为厉害,达到了0—0.3 m/s。仅和田站体现了分异性。

FNL资料中的风速大于地面站点实测的风速。如果单从风速的绝对误差来看,22个站点中仅沿天山南坡风速的站点误差较小,不用订正,其余站点均需订正,尤其是沙漠腹地。

2.3 风向的误差对比

2.3.1 主导风向对比

从图3中可以看出:四季站点观测的主导风向与FNL插值的主导风向除极个别的站点外,主导风向都有相当大的偏差,偏差范围在正负15°—170°。春季仅阿克苏市、巴楚和民丰的主导风向是一致的,仅占22站的13.6%,而和静1、拜城、和田和于田4站偏差非常大,偏差范围在正负150°—170°,方向几乎完全相反,占总站数的18%。其余大部分站点分布于盆地西部和中部地区,偏差范围在正负15°—45°,占总站数的68%。夏季仅且末、乌恰2的主导风向一致,占总站数的9%,在正负15°—45°的有7站,在正负45°—90°的有7站,各占总站数的31.8%,而方向近乎完全相反的有6站,占总站数

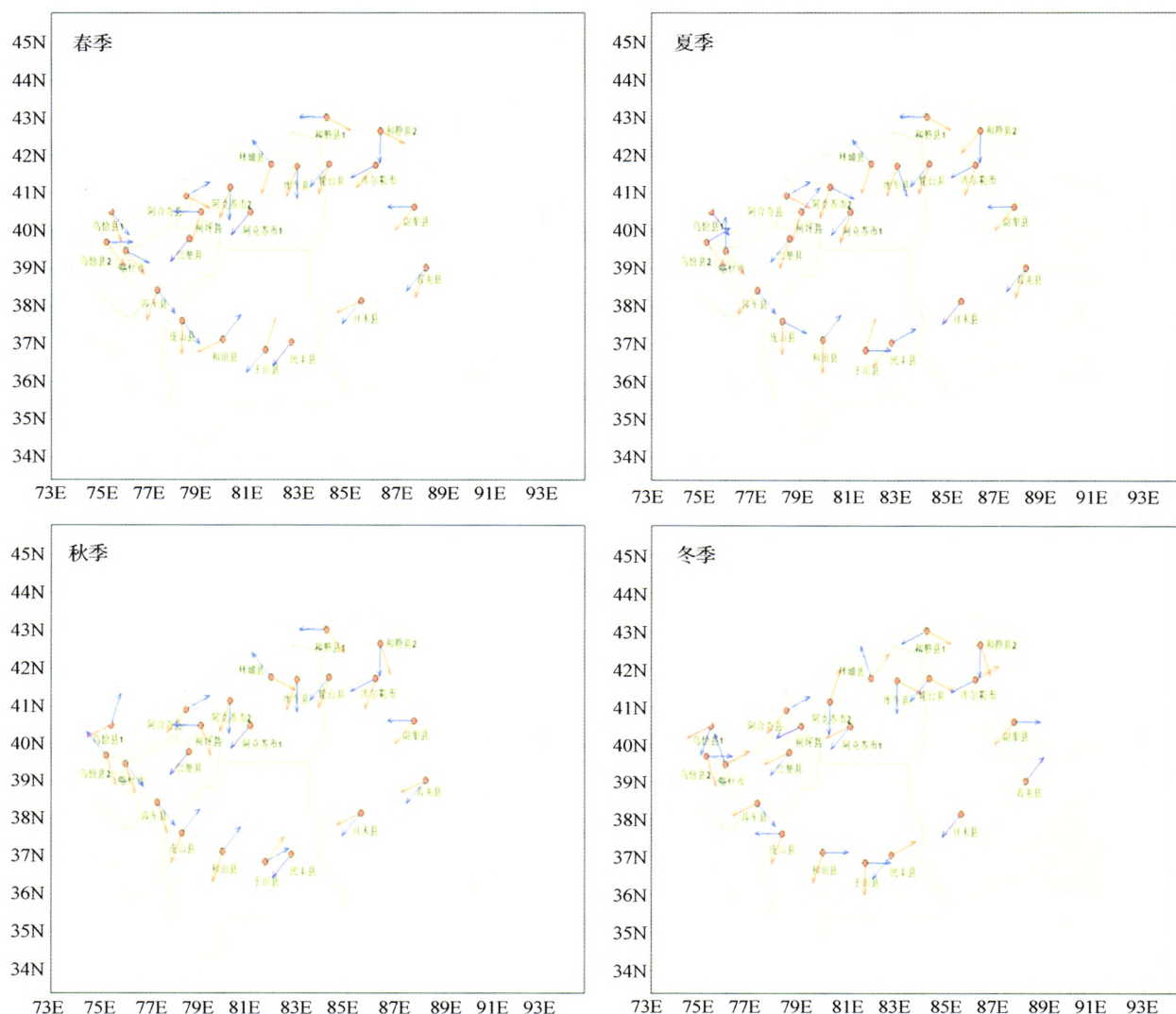


图3 2001—2010年FNL与站点四季的主导风向对比图
(蓝色箭头:站点观测的主导风向,红色箭头:FNL插值的主导风向)

的27.2%。秋季仅巴楚、阿克苏1和民丰3站的主导风向一致,占总站数的13.6%,在正负 15° — 45° 之间有9站,占总站数的40.9%,在正负 45° — 90° 之间的有2站,各占总站数的9%,在正负 90° — 150° 之间的有乌恰2、和静1和柯坪3个站点,占总站数的13.6%,剩下都是风向完全相反的5个站点,占总站数的22.7%。冬季仅若羌、且末和柯坪3站的主导风向是一致的,在正负 15° — 45° 之间有4站,占总站数的18.2%,在正负 45° — 90° 之间的有6站,各占总站数的27.2%,在正负 90° — 150° 之间的有5站,占总站数的22.7%,剩下的库尔勒、阿克苏2、阿合奇和民丰4站主导风向完全相反,占总站数

的18.2%。

显然,FNL插值的主导风向与观测的主导风向一致的仅占总站数的9%—13.6%,即使将偏差在正负 15° — 45° 的算上,也不过9%—31.8%,而风向偏差超过 45° 以上的则占68.2%—91%。

3.3.2 风玫瑰图对比

仅用主导风向不能完全反映二者的差异,为此,根据选取了盆地中10个站点。这10个站点分别选自盆地的东南区域,西南区域,中部,还有北部区域,均匀的分布在盆地的四周,具有很好的代表性,可以更好对比盆地的风向。进一步讨论这10个站点四季风向与FNL插值的异同。

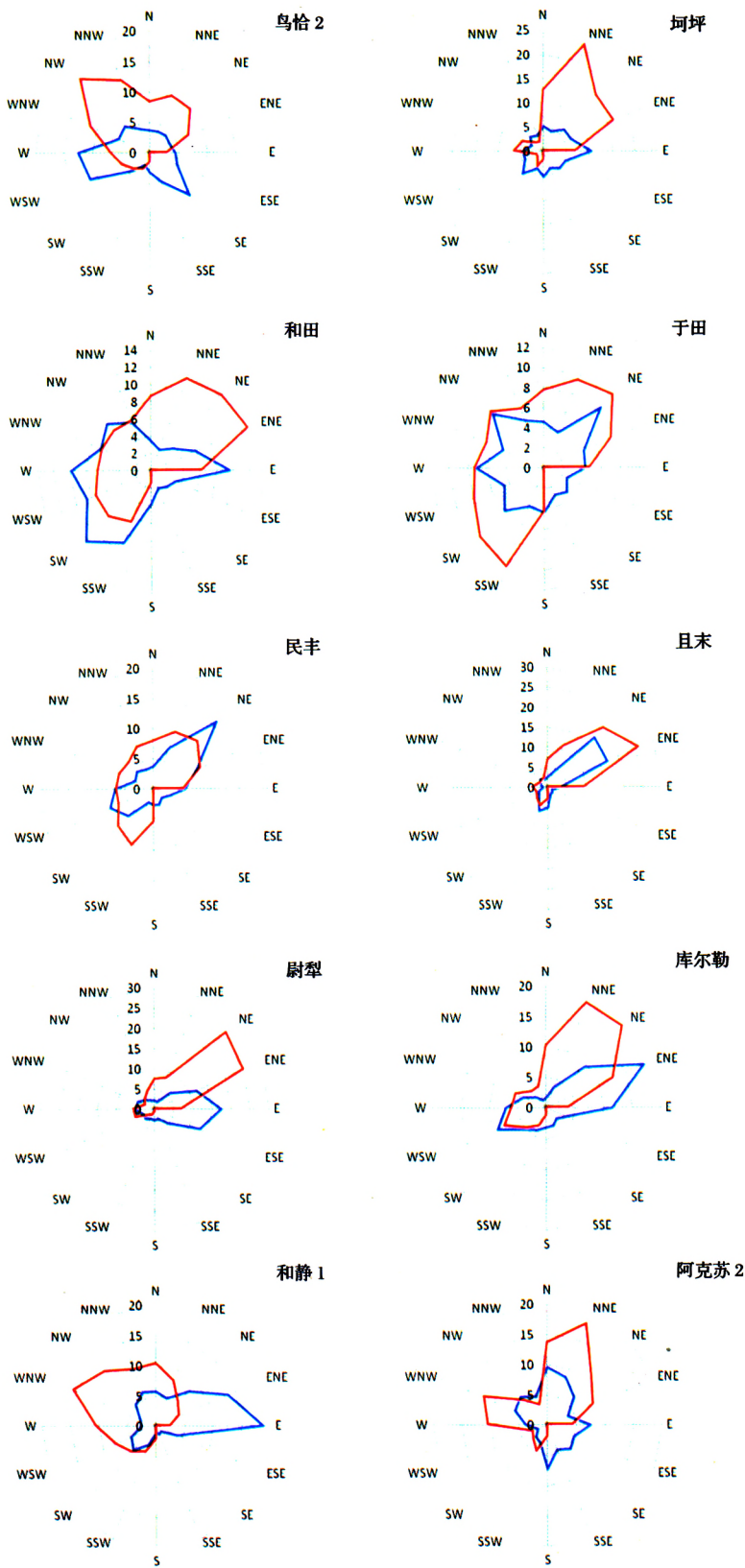


图 4 春季十个站点风向对比图(蓝色是站点资料,红色是 FNL 资料)

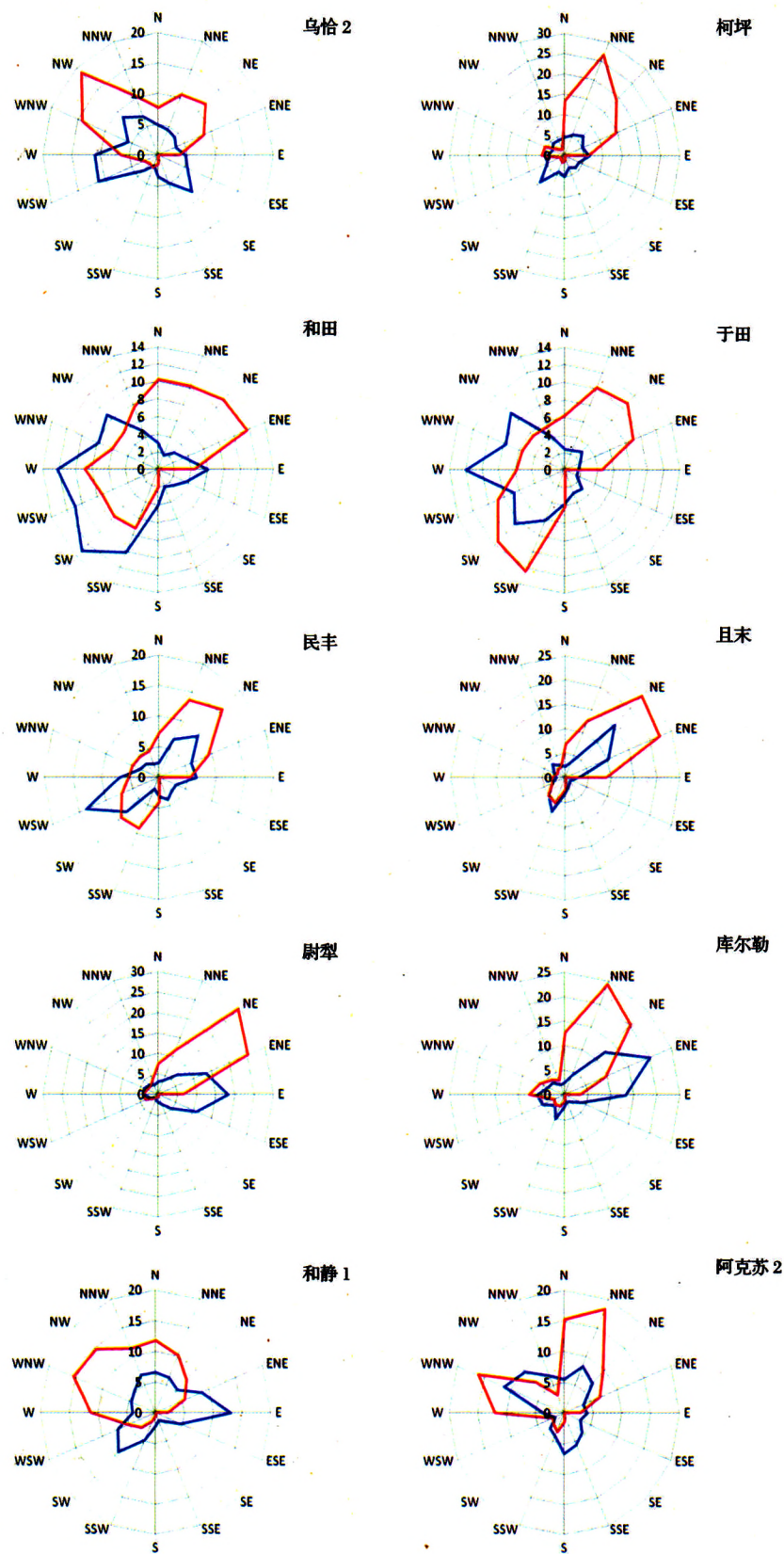


图 5 夏季十个站点风向对比图(蓝色是站点资料,红色是 FNL 资料)

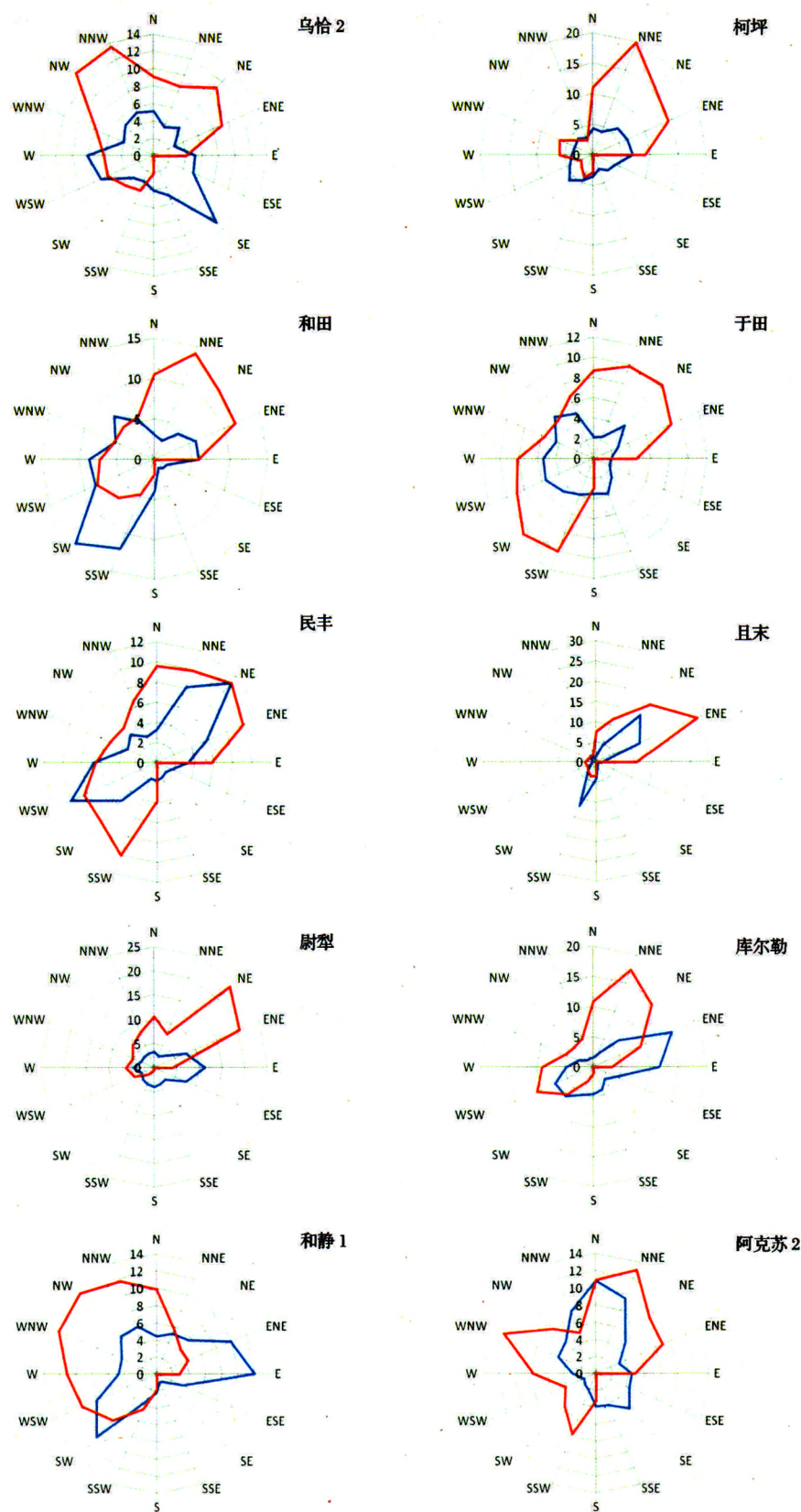


图6 秋季十个站点风向对比图(蓝色是站点资料,红色是 FNL 资料)

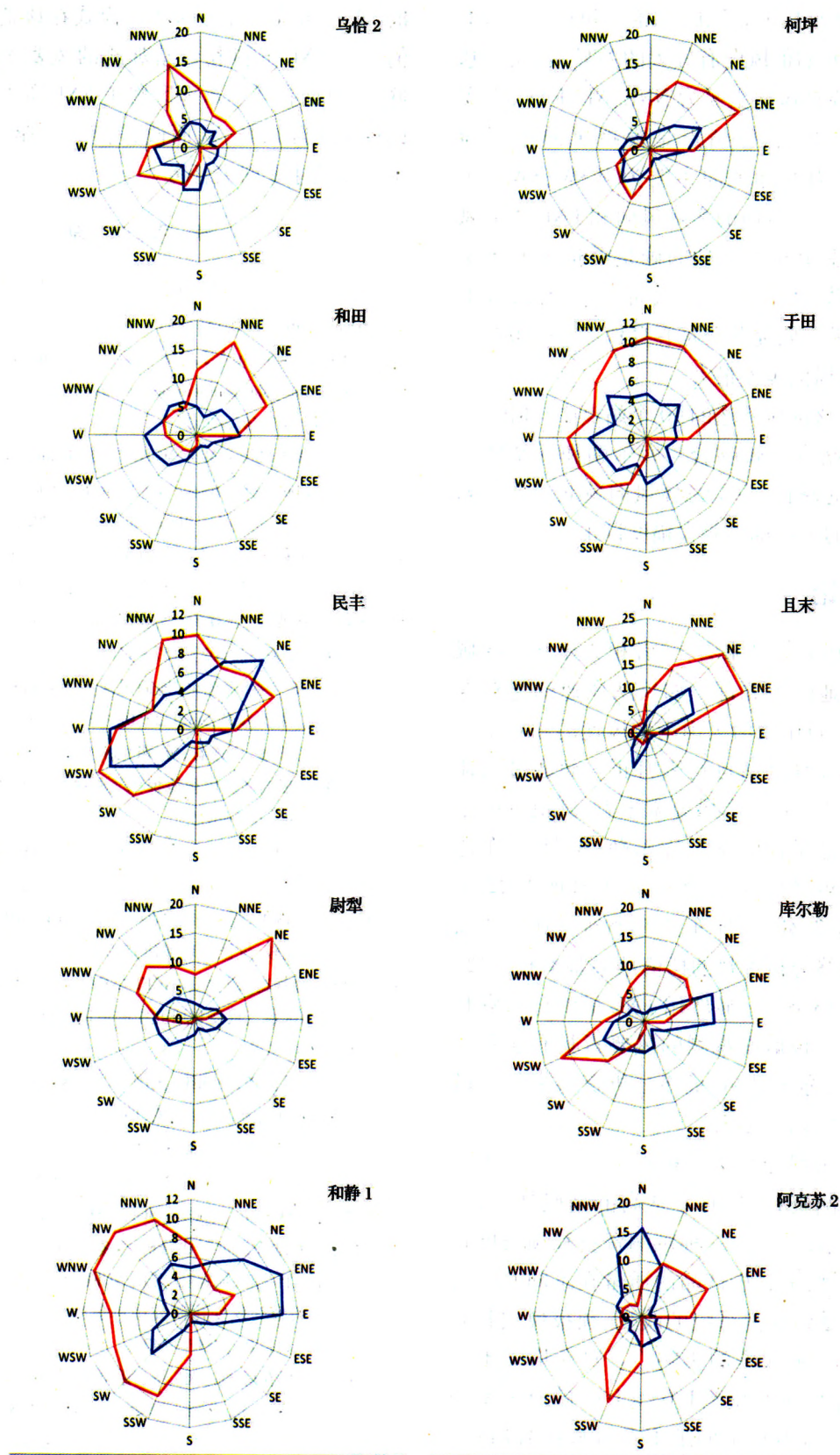


图7 冬季十个站点风向对比图(蓝色是站点资料,红色是 FNL 资料)

从图4—图7中可以看出:乌恰2和和静1四季实际风向和FNL插值风向有较大的差异,各风向基本相反。柯坪模拟风向主要为NNE、NE、ENE,而实际风向比较均匀。和田站点是模拟风向主要为NNE、NE、ENE,而实际风向主要为WSW、SW。于田、民丰和且末三个台站的实际风向和FNL插值风向基本吻合。尉犁和库尔勒的确是模拟风向比实际风向偏北一些,不过冬季的风向比较杂乱,看不出明显的偏差。阿克苏2是春夏秋三季模拟的一般,但是冬季的风向偏差最大。

可以得出,该区域所选的10个站点中,和田、且末和民丰三个站点比较吻合。库尔勒和尉犁两个站点需要细微的修正,只是总体风向偏北一些。剩余的五个站点的风向都需要大幅度订正。

3 结论与讨论

仅从风速相关关系来看,二者相关显著的区域主要集中在盆地的东北部。如仅从风速的绝对误差来看,22个站点中仅沿天山南坡风速的站点误差较小,不用订正,其余站点均需订正。而通过风速相关和风速绝对误差两个风要素来看,则范围缩小到了盆地的东北部的和静2、库尔勒、轮台、库车这一区域。如果再考虑风向,则塔里木盆地中22站中,仅剩余和静2、轮台、库车这三个站点观测的风要素与FNL最终分析资料的插值结果基本相一致,仅占总站数的13.6%。显然用FNL最终分析资料的插值结果来代替地面观测的风要素具有非常大的误差,所以,不能用FNL最终分析资料来代替塔里木盆地地面的实际风场。

尽管FNL最终分析资料被认为充分同化了尽可能全面的观测资料,具有非常高的精确性^[7],得到了广泛的应用,但作为一种观测资料和预报模式产品的融合产物,再分析产品的质量在不同时空尺度内必然都会受到观测系统的改变、预报模式和同化方法等系统所带误差的影响^[9]。对于塔里木盆地而言,FNL最终分析资料 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 的分辨率仍显得太粗,加上盆地复杂的地形及气候的独特性,使得FNL的风要素资料在塔里木盆地这一地域几乎完全失效,进而将导致以FNL最终分析资料驱动

的、所有同风场有关的数值模式在该地区失效。如何找出FNL资料和台站观测的风要素资料的内部联系,进而在塔里木地区修正FNL资料使之能较好的模拟实际风场,从而改进模式的驱动风场,将是下一步的主要研究任务。

参 考 文 献

- 1 Martin J H. Glacial-interglacial CO_2 change: The iron hypothesis. *Paleoceanography*, 1990; 5(1): 1—13
- 2 Boyd P W, Watson A J, Law C S, *et al.* A mesoscale phytoplankton bloom in the polar southern ocean stimulated by iron fertilization. *Nature*, 2000; 407: 695—702
- 3 Ridgwell A J, Maslin M A, Watson A J. Reduced effectiveness of terrestrial carbon sequestration due to an antagonistic response of ocean productivity. *Geophysical Research Letters*, 2002; 29(6): 1095
- 4 高 婧, 崔彩霞, 井立军, 等. 近49年新疆大风时空分布特征及环流背景分析. 2012第二十九届中国气象学会年会, 2012
- 4 沮瑞平, 张克存, 屈建军, 等. 塔克拉玛干沙漠风况特征研究. *干旱区地理*, 2005; 28(02): 167—170
- 5 钟海玲, 高 荣, 李栋梁. 地面风速的气候特征及其对沙尘暴的影响研究. *中国沙漠*, 2009; 29(02): 321—326
- 6 韩永翔, 方小敏, 宋连春, 等. 塔里木盆地中的大气环流及沙尘暴成因探讨—根据沙漠风积地貌和气象观测重建的风场. *大气科学*, 2005; 29(04): 627—635
- 7 邓 伟, 陈海波, 马振升, 等. NCEP FNL 全球分析资料的解码及其图形显示. *气象与环境科学*, 2009; 32(03): 78—82
- 8 赵天宝, 艾丽坤, 冯锦明. NCEP 再分析资料和中国站点观测资料的分析和比较. *气候与环境研究*, 2004; 9(02): 278—294
- 9 施晓晖, 徐祥德, 谢立安. NCEP/NCAR 再分析风速、表面气温距平在中国区域气候变化研究中的可信度分析. *气象学报*, 2006; 64(06): 710—722
- 10 苏志侠, 吕世华, 罗四维. 美国 NCEP/NCAR 40 年全球再分析资料及其初步分析. *高原气象*, 1999; 18(02): 209—218
- 11 孙玉婷, 高庆九. 西藏夏季观测气温与再分析资料的比较分析. 2012第二十九届中国气象学会年会, 2012
- 12 周 青, 赵凤生, 高文化. NCEP/NCAR 逐时分析与中国地表实测温度和地面温度对比分析. *气象*, 2008; (2): 83—91
- 13 徐 影, 丁一汇, 赵宗慈. 美国 NCEP/NCAR 近 50 年全球再分析资料在我国气候变化研究中可信度的初步分析. *应用气象学报*, 2001; 12(03): 337—347
- 14 郑永光, 张春喜, 陈 炯, 等. 用 NCEP 资料分析华北暖季对流性天气的气候背景. *北京大学学报*, 2007; 43(05): 600—608
- 15 庄立伟, 王石立. 东北地区逐日气象要素的空间插值方法应用研究. *应用气象学报*, 2003; 14(05): 605—615

(下转第 5469 页)

Simulation of Severe Slugging in the Riser

QIU Wei-wei¹, XU Xiao-xuan¹, CONG Jing²

(Petroleum Exploration and Production Research Institute¹, SINOPEC, Beijing 100191, P. R. China;

Beijing Key Laboratory of Urban Oil and Gas Distribution Technology, China University of Petroleum(Beijing), Beijing 102249, P. R. China)

[Abstract] Riser system is widely used in the oil and gas field development to the deep sea. Severe slugging which occurs in the riser system causes safety risk to the equipment and pipeline operation due to pressure and flow fluctuation. Compositional model of severe slugging was developed by combining hydraulics model and phase equilibrium model. The simulation results were reasonable. Compared with OLGA model, the deviation was acceptable, providing reference for the prediction and control of severe slugging.

[Key words] riser severe slugging condensed oil and gas hydraulic model compositional model

(上接第 5450 页)

16 刘劲松,陈 辉,杨彬云,等. 河北省年均降水量插值方法比较. 生态学报,2009;29(07):3492—3500

17 张金鑫,马国忠. 利用距离平方反比算法对格点数值预报产品进行插值. 黑龙江气象,2011;28(04):22,23

The Error Annlysis between Surface Wind Field and FNL Data from the Tarim Basin

SONG Fu, HAN Yong-xiang, ZHAO Tian-liang, SONG Hao-dong

(School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information

Science and Technology, Nanjing 210044, P. R. China)

[Abstract] Tarim Basin is a global dust storm in the center. The dust aerosol of the Tarim basin has an important influence on the global climate, so it is one of the hot areas in the study of global change. Because of the lack of the terrain and the desert hinterland of observational data, the commonly used FNL(the final analysis data) analysis data to replace the actual ground wind field to drive the numerical model. Using the FNL data of ground wind factor 2001—2010, the interpolation to the corresponding stations in the basin, through comparison and analysis on Correlation of wind speed, the absolute error of wind speed and wind direction contrast, the results show that: only three observation stations in the northeast of Tarim Basin wind elements compare with FNL interpolation results are basically consistent, only terminal number 13.6%. The wind factor obviously ultimate analysis data with FNL interpolation results instead of ground observation error is very large, the actual wind field can not be used with the FNL final analysis data instead of the Tarim Basin ground, otherwise it will lead to the FNL final analysis data driven, all related to wind field numerical failure mode in the area.

[Key words] FNI data MICAPS idw error analysis Surface wind field