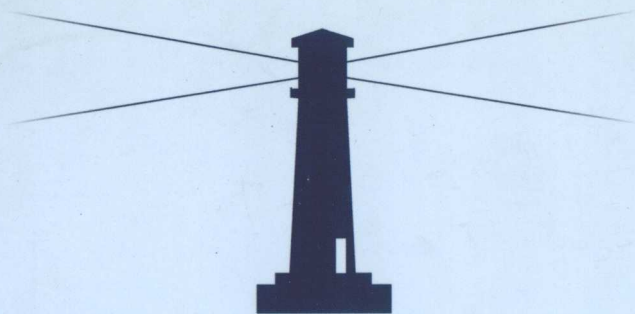
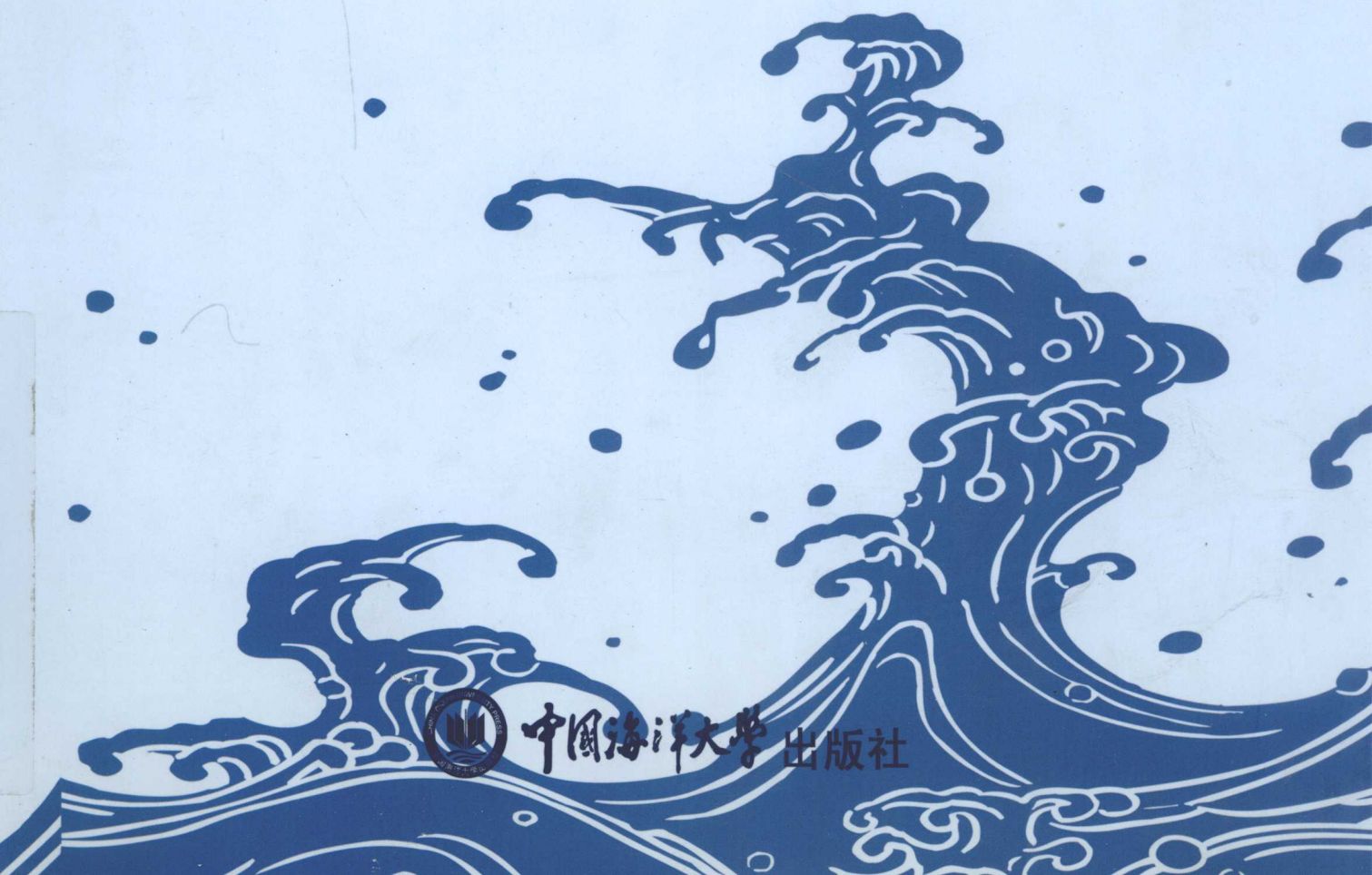




渤海东海月平均风和 气温场图集

(1960~2007)

吴德星 高山红 王永明 陈学恩 编著



中国海洋大学出版社

渤海东海月平均风和气温场图集 (1960~2007)

吴德星 高山红 王永明 陈学恩 编著

中国海洋大学出版社
• 青岛 •

图书在版编目(CIP)数据

渤黄东海月平均风和气温场图集:1960~2007/吴
德星等编著. —青岛:中国海洋大学出版社,2011.2
ISBN 978-7-81125-594-2

I. ①渤… II. ①吴… III. ①渤海—海洋气象—图集
—1960~2007②黄海—海洋气象—图集—1960~2007③东
海—海洋气象—图集—1960~2007 IV. ①P714-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 019851 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

出版人 杨立敏

网 址 <http://www.ouc-press.com>

电子信箱 book@ouc.edu.cn

订购电话 0532-82032573(传真)

责任编辑 冯广明

电 话 0532-85902469

印 制 青岛海蓝印刷有限责任公司

版 次 2011 年 2 月第 1 版

印 次 2011 年 2 月第 1 次印刷

成品尺寸 210 mm×285 mm

印 张 10

字 数 320 千字

定 价 98.00 元

前 言

渤海东海是我国的战略资源海域,“十一五”期间,在科技部 973 计划“中国东部陆架边缘海海洋物理环境演变及其生物资源环境效应”项目和国家 863 计划“基于双站高频地波雷达实时海流观测的环洋山港海域海况业务化预报系统研制”项目的资助下,中国海洋大学较早地开展了东中国海区域风场的后报和预报研究,以服务于物理海洋、海洋生物、海洋化学、水产资源等领域课题的研究。项目组重构了“渤海东海高分辨率海面气象要素格点数据(1960~2007)”高时空分辨率的再分析数据库,其空间范围为($116^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$, $23^{\circ}\sim 41^{\circ}\text{N}$),空间分辨率 0.1° ,时间分辨率 3 h,包含海面风、海面水汽混合比、海面温度、海面 3 h 降水量、海面感热通量与海面潜热通量等气象要素。

“渤海东海高分辨率海面气象要素格点数据(1960~2007)”的数据分辨率很高且容量巨大(约 110 GB),为了服务更广大的用户,使更多人方便、直观地了解与使用它,作者们按照标准图集的制作要求选取代表性气象要素制作了本图集。图集直观地反映了渤海、黄海与东海近 50 年的月平均海面风与海面气温的基本空间分布特征,书中对再分析数据库的构建与图集的制作做了详细说明。本书主要面向广大海洋气象研究科学家、海洋科技工作者和研究生。

本图集的工作主要由科技部 973 计划项目(2005CB422300)和 863 计划项目(2007AA09Z117)资助,制作图集所依赖的气象要素格点再分析数据库得到了 973 项目多个子课题成员的建议与帮助。本图集的出版工作得到了中国海洋大学出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

编 者

2010 年 12 月

目 录

图集说明	(1)
1960 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(6)
1960 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(7)
1960 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(8)
1961 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(9)
1961 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(10)
1961 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(11)
1962 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(12)
1962 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(13)
1962 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(14)
1963 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(15)
1963 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(16)
1963 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(17)
1964 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(18)
1964 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(19)
1964 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(20)
1965 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(21)
1965 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(22)
1965 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(23)
1966 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(24)
1966 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(25)
1966 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(26)
1967 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(27)
1967 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(28)
1967 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(29)
1968 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(30)
1968 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(31)
1968 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(32)
1969 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(33)
1969 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(34)
1969 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(35)
1970 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(36)
1970 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(37)
1970 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(38)
1971 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(39)
1971 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(40)
1971 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(41)
1972 年 1~4 月渤海东海月平均风和气温场	(42)
1972 年 5~8 月渤海东海月平均风和气温场	(43)
1972 年 9~12 月渤海东海月平均风和气温场	(44)

1973 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(45)
1973 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(46)
1973 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(47)
1974 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(48)
1974 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(49)
1974 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(50)
1975 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(51)
1975 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(52)
1975 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(53)
1976 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(54)
1976 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(55)
1976 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(56)
1977 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(57)
1977 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(58)
1977 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(59)
1978 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(60)
1978 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(61)
1978 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(62)
1979 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(63)
1979 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(64)
1979 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(65)
1980 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(66)
1980 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(67)
1980 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(68)
1981 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(69)
1981 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(70)
1981 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(71)
1982 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(72)
1982 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(73)
1982 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(74)
1983 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(75)
1983 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(76)
1983 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(77)
1984 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(78)
1984 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(79)
1984 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(80)
1985 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(81)
1985 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(82)
1985 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(83)
1986 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(84)
1986 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(85)
1986 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(86)
1987 年 1~4 月渤海黄海月平均风和气温场	(87)
1987 年 5~8 月渤海黄海月平均风和气温场	(88)
1987 年 9~12 月渤海黄海月平均风和气温场	(89)

1988 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(90)
1988 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(91)
1988 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(92)
1989 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(93)
1989 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(94)
1989 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(95)
1990 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(96)
1990 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(97)
1990 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(98)
1991 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(99)
1991 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(100)
1991 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(101)
1992 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(102)
1992 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(103)
1992 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(104)
1993 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(105)
1993 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(106)
1993 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(107)
1994 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(108)
1994 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(109)
1994 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(110)
1995 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(111)
1995 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(112)
1995 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(113)
1996 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(114)
1996 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(115)
1996 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(116)
1997 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(117)
1997 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(118)
1997 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(119)
1998 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(120)
1998 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(121)
1998 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(122)
1999 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(123)
1999 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(124)
1999 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(125)
2000 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(126)
2000 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(127)
2000 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(128)
2001 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(129)
2001 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(130)
2001 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(131)
2002 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场	(132)
2002 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场	(133)
2002 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场	(134)

2003 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场 (135)

2003 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场 (136)

2003 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场 (137)

2004 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场 (138)

2004 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场 (139)

2004 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场 (140)

2005 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场 (141)

2005 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场 (142)

2005 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场 (143)

2006 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场 (144)

2006 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场 (145)

2006 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场 (146)

2007 年 1~4 月渤黄东海月平均风和气温场 (147)

2007 年 5~8 月渤黄东海月平均风和气温场 (148)

2007 年 9~12 月渤黄东海月平均风和气温场 (149)

图集说明

本书图集基于高时空分辨率的再分析数据库“渤黄东海高分辨率海面气象要素格点数据(1960~2007)”,下面针对“再分析数据库的构建”与“图集的制作”两个方面进行详细说明。

1 再分析数据库的构建

1.1 构建出发点

研究中国东部陆架边缘海海洋物理环境演变需要长时段高分辨率的大气外强迫场。但是,目前国际上几个气象权威研究机构(如 ECMWF, NCEP 与 JMA)提供的大气强迫场空间与时间分辨率都较粗,如:

- (1) ECMWF ERA-40 (1957~2002 年,分辨率 2.50° , 6 h/次)^①
- (2) NCEP/NCAR (1948~2002 年,分辨率 2.50° , 6 h/次)^②
- (3) JMA JRA (1979~2004 年,分辨率 1.25° , 6 h/次)^③
- (4) NCEP FNL (1999~2010 年,分辨率 1.00° , 6 h/次)^④
- (5) NCEP CFSR (1979~2010 年,分辨率 0.50° , 6 h/次)^⑤

这些时空分辨率较粗的再分析数据库满足不了项目的需要。国内的气象业务预报部门与研究部门,以及其他的部门机构还无法提供渤黄东海域高时空分辨率的海面气象要素格点场数据。因此,构建近 50 年高时空分辨率的渤黄东海海面气象要素数据库(1960~2007)不仅是项目研究的迫切需求,还可以为从事中国东部近海大气与海洋动力、物理以及环境研究的科研人员提供重要的数据支撑。

1.2 构建方案

构建的基本思路是采用中尺度大气模式 MM5^⑥ 进行高时空分辨率的数值模拟后报,从后报结果中提取、诊断与插值得到所需要的海面气象要素场。MM5 模拟采用双重嵌套网格(具体区域见图 1),粗细网格分辨率分别为 30 km 与 10 km。此外,为了详细刻画海洋大气边界层过程,MM5 垂直分层为 44 层,其中海洋大气边界层中 600 m 以下分层达到 15 层。采用的数据同化方案为牛顿松弛逼近(nudging),数值模拟后报结果输出为 3 h/次。

MM5 数值模拟后报采用了大量的历史数据(约 400 GB),分别作为 MM5 背景场、海温、同化所需观测以及台风信息。具体如下:

- (1) ECMWF ERA-40 (1960~1999 年,125 GB)
- (2) NCEP FNL (2000~2007 年,252 GB)
- (3) NASA 日平均 SST (1981~2000 年,7 GB)^⑦
- (4) NEARGOOS 日平均 SST(2000~2007 年,4 GB)^⑧
- (5) GTS 观测数据(1960~2007 年,20.5 GB)^⑨
- (6) UNISys 飓风数据(1947~2007 年,10 MB)^⑩

① ECMWF 40 Year Re-analysis Data, <http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html>

② NCEP Re-analysis Data, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.pressure.html>

③ Japanese 25-year Re-analysis (JRA-25) and JMA Climate Data, http://jra.kishou.go.jp/JRA-25/index_en.html

④ NCEP Final Operational Global Analysis data, <http://dss.ucar.edu/datasets/ds083.2/>

⑤ NCEP Climate Forecast System Re-analysis Data, <http://cfs.ncep.noaa.gov/cfsr/>

⑥ MM5: the Fifth-generation Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research Mesoscale Model, <http://www.mmm.ucar.edu/mm5>

⑦ AMSR+AVHRR or AVHRR SST, <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/griddata.php>

⑧ NEAR-GOOS Regional Real Time Database, <http://goos.kishou.go.jp/rrtdb/usr/pub/JMA/mgdsst/>

⑨ GTS 观测数据来自中国气象局与 <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

⑩ UNISys Hurricane/Tropical Data, <http://weather.unisys.com/hurricane/index.php>

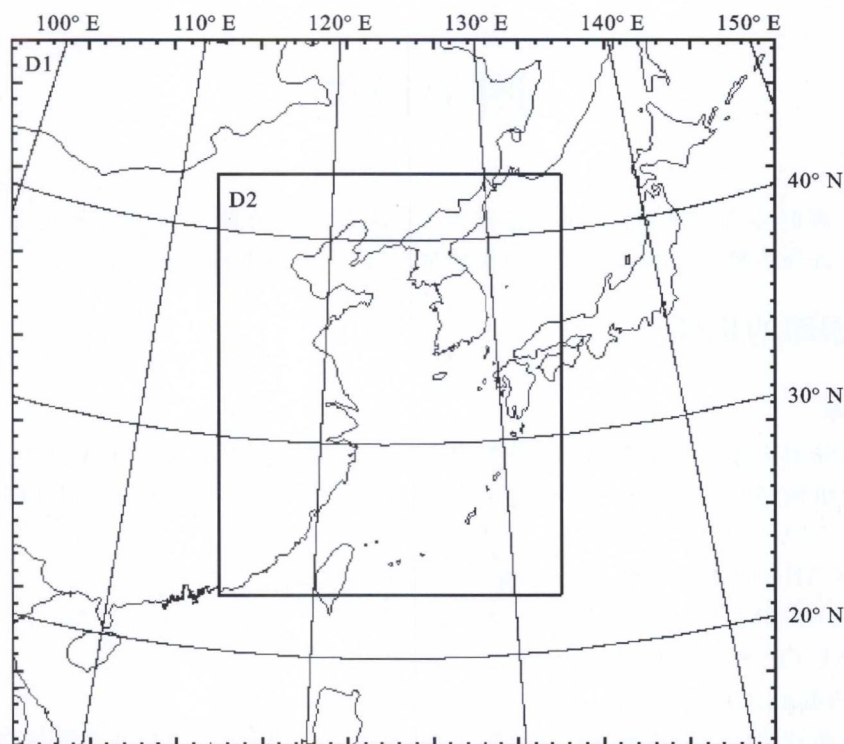


图1 MM5 模拟区域(D1:30 km 区域;D2:10 km 区域)

(7) Digital Typhoon 数据(1978~2007 年,8 MB)^①

渤黄海是受台风活动严重影响的海域,因此我们对台风天气过程予以特别关注。MM5 后报所采用的背景场数据分辨率较粗,无法在模拟初始时刻准确反映出台风的位置、强度与结构,因此我们改进了 MM5 模式中的美国大气研究中心与空军气象局共同研制的 NCAR-AFWA 人造气旋方案^②,使之能消化台风观测报中的 50 节与 30 节风速半径信息,与 MM5 模式中原有的 NCAR-AFWA 方案相比,能更准确地描述台风外围风场结构。

MM5 模式原有的 NCAR-AFWA 方案中风廓线采用的是较为简单的函数:

$$V(r) = \begin{cases} V_{\max} \frac{r}{R_{\max}} & r < R_{\max} \\ V_{\max} \left(\frac{r}{R_{\max}} \right)^{\alpha} & r \geq R_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

式中, $V(r)$ 是切向风速, r 是离台风中心的距离, $V_{\max}$ 与 $R_{\max}$ 分别是台风观测报中最大风速与最大风速半径。 α 一般为-0.5。实际观测表明,在台风中心附近此公式给出的结果较为理想,然而给出的台风外围结构不是很好。如果考虑到台风的外围风场结构,那么 Chan 和 Williams (1987)提出的下列风廓线形式可以考虑:

$$V(r) = V_{\max} \frac{r}{R_{\max}} \exp \left\{ \frac{1}{b} \left[1 - \left(\frac{r}{R_{\max}} \right)^b \right] \right\} \quad (2)$$

式中的参数 b 待定。如果台风观测报中有 50 节与 30 节风速半径信息,那么就可以确定参数 b 的值。因此,结合上面两个公式的优点,构建一个新的风廓线:

$$V(r) = \begin{cases} V_1(r) & r < R_c \\ \frac{1}{2} (V_1(r) + V_2(r)) & r \geq R_c \end{cases} \quad (3)$$

式中, $V_1(r)$, $V_2(r)$ 分别代表(1)式与(2)式中的切向风速, R_c 为 $V_1(r) - V_2(r) = 0$ 所处的距台风中心的距

^① Kitamoto Laboratory Digital Typhoon Data, <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/index.html.en>

^② Low-Nam, S. and C. Davis, 2001. Development of a Tropical Cyclone Bogussing Scheme for the MM5 System. Preprint, The Eleventh PSU/NCAR Mesoscale Model Users' Work-shop, June 25-27, Boulder, Colorado, 130-134.

离。新风廓线示意图见图 2。

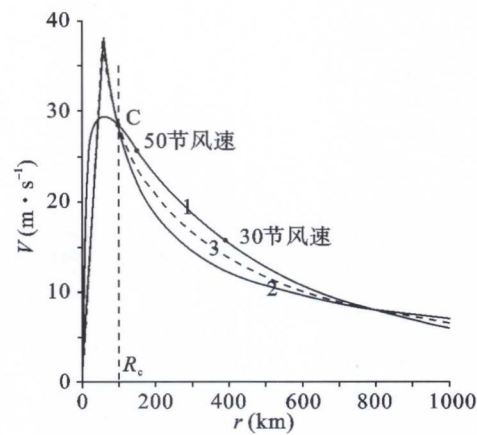


图 2 利用 50 节与 30 节风速半径信息改进 NCAR-AFWA 方案中的风廓线示意图
(曲线 1: $V_1(r)$; 曲线 2: $V_2(r)$; 曲线 3: 改进后的 $V(r)$)

与 ECMWF 或 NCAR 提供的粗分辨率海面风场相比,构建的再分析数据库能体现出明显的台风结构与强度。如图 3 给出了一个某一时刻的台风风场例子,基于数据库 3 h/次得到的月平均风场也十分清楚地反映出超强台风的影响,如图 4 所示。

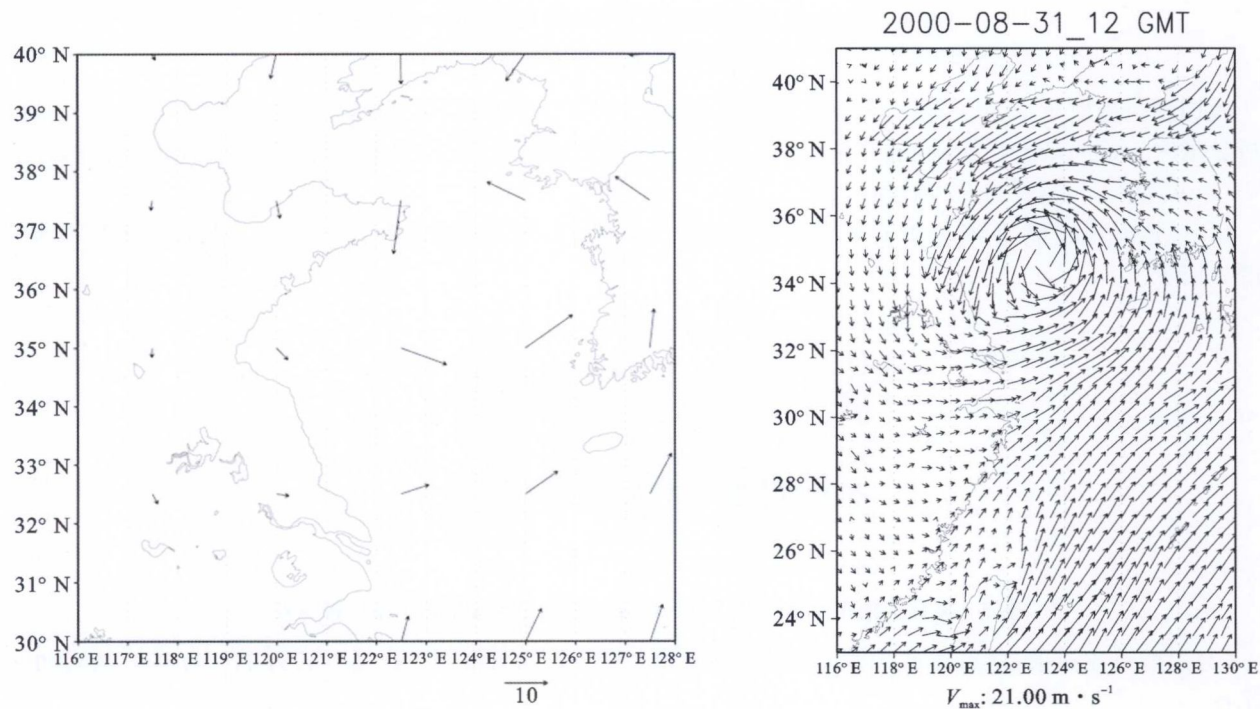


图 3 ECMWF 风场(左图)与再分析数据库风场(右图)的比较

1.3 结果与检验

再分析数据库“渤海东海高分辨率海面气象要素格点数据(1960~2007)”空间分辨率为 0.1° , 时间分辨率为 3 h, 水平区域为 $116^\circ\sim130^\circ\text{E}$, $23^\circ\sim41^\circ\text{N}$ 。

美国环境预报中心(NCEP)于 2010 年公开发布了较高分辨率的 CFSR 再分析数据库。利用 CFSR 的地面场数据(分辨率为 0.3°),对我们构建的再分析数据库的海面风场、温度与比湿场进行了对比分析。

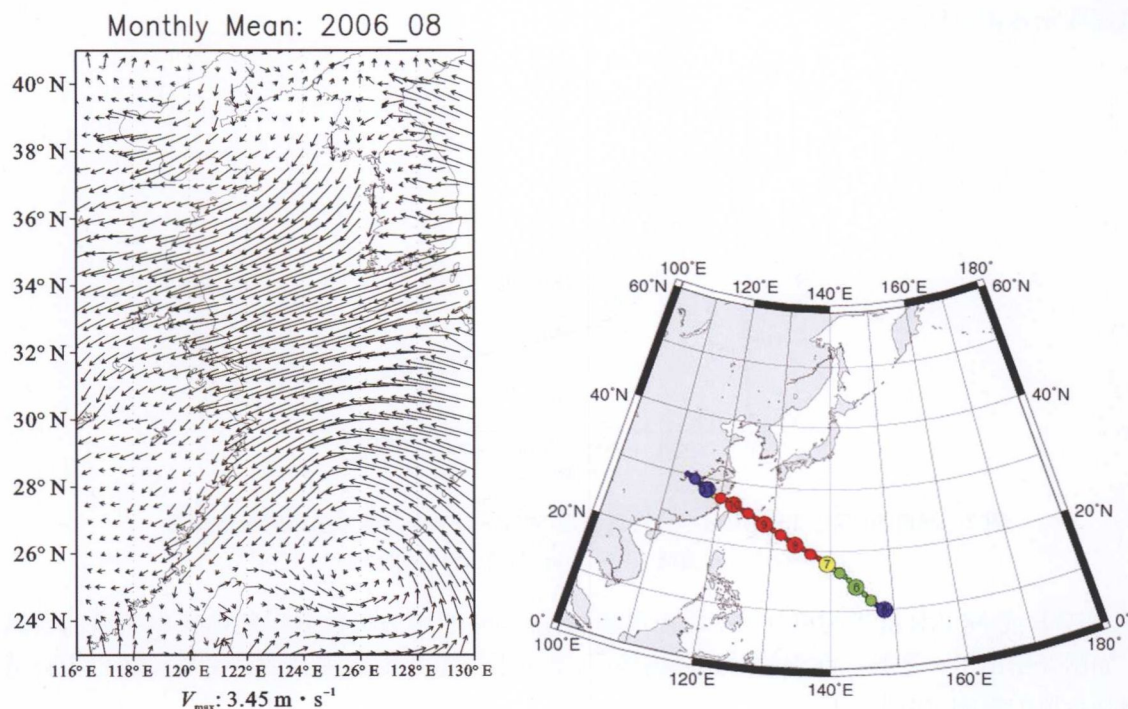


图 4 超强台风能显著地改变月平均海面风场的一个例子

 (左图:2006 年 8 月月平均海面风场;右图:2006 年台风 Saomai 移动路径^①)

我们随机选取了 1980~2007 年每年每月两个时次,共 672 个时次,以 CFSR 数据代表“真实数据”,对再分析数据库后报风场进行检验,统计分析了三个变量的相关系数(COEF)和均方根误差(RMSE),它们分别是 10 m 风速、2 m 温度与 2 m 比湿。

(1)风速对比结果:所有样本的平均相关系数为 74%左右,均方根误差为 $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。逐年的结果如图 5 所示。

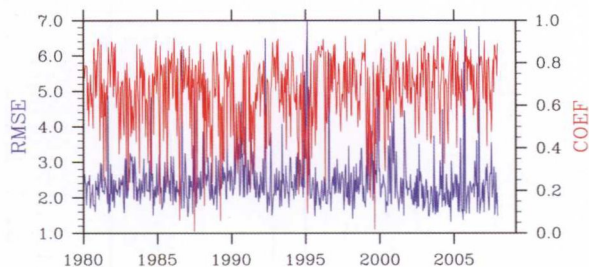


图 5 再分析数据 10 m 风场与 CFSR 风场相关性和差值均方差比较结果

(2)温度对比结果:所有样本的平均相关系数在 90%左右,均方根误差在 2.0 K 左右。逐年的结果如图 6 所示。

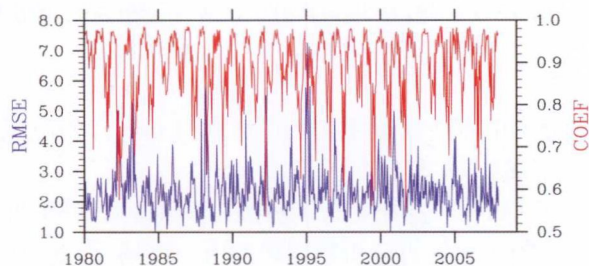


图 6 再分析数据 2 m 温度场与 CFSR 温度场相关性和差值均方差比较结果

^① 图片来自 <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/summary/wnp/s/200608.html.en>

(3)比湿对比结果:所有样本的平均相关系数在 80%左右,均方根误差在 $2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右。逐年的结果如图 7 所示。

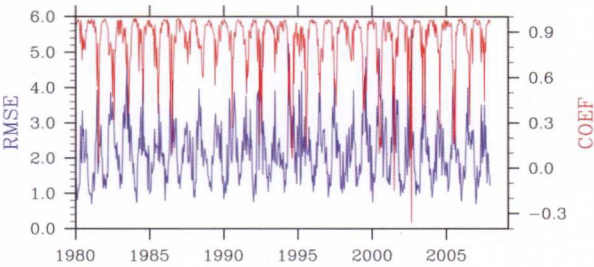


图 7 再分析数据 2 m 比湿场与 CFSR 比湿场相关性和差值均方差比较结果

用 1999~2007 年的 QuikSCAT 模式与卫星观测混合风场^①(分辨率为 $0.5^{\circ}\times0.5^{\circ}$)对再分析数据的海面风场进行对比分析,结果表明:风速均方根误差 $2.31\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,风向平均误差为 18.7° 。逐年的结果如图 8 所示。

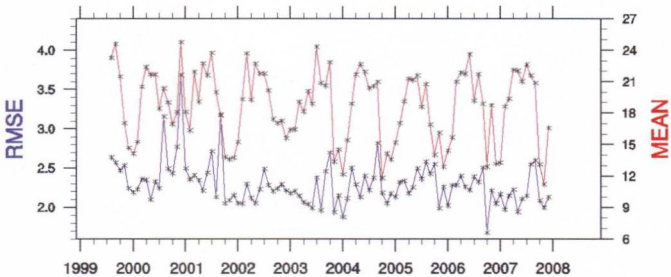


图 8 再分析数据风场与 QuikSCAT 风场相关性和差值均方差比较结果

2 图集的制作

2.1 制作方法

从再分析数据库“渤黄东海高分辨率海面气象要素格点数据(1960~2007)”中选取海面风与气温两个气象要素,将 3 h/次的格点场在时间上进行平均,得到月平均格点场,然后利用 GrDAS 绘图软件^②进行绘制。其中海面风以矢量形式给出,海面气温则以彩色等值线填充的形式展现。

2.2 图片解释

图片覆盖的空间范围与再分析数据库的水平范围保持一致,即($116^{\circ}\sim130^{\circ}\text{E}$, $23^{\circ}\sim41^{\circ}\text{N}$)。图片左上角标明了时间,其中的 JAN、FEB、MAR、APR、MAY、JUN、JUL、AUG、SEP、OCT、NOV 与 DEC 分别依次表示 1 月、2 月、3 月、4 月、5 月、6 月、7 月、8 月、9 月、10 月、11 月与 12 月。图片左边居中的部位是海面气温值与海面风速值的标尺,“temp”表示海面气温值,“speed”表示海面风速值,它们的单位分别为“摄氏度”(°C)、“米/秒”(图中的“ ms^{-1} ”)。

① QuikSCAT: QuikBird Satellite Microwave Scatterometer Sea Winds Data, <http://dss.ucar.edu/datasets/ds744.4>
② GrADS: Grid Analysis and Display System, <http://www.iges.org/grads>

