

利用 QuikSCAT/ NCEP 混合风场及 WAVEWATCH 模拟东中国海风浪场

李明悝^{1,2}, 侯一筠¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 将国际上比较成熟的海浪模式 WAVEWATCH-III 移植到东中国海, 采用 QuikSCAT 卫星遥感资料与 NCEP 数据混合风场作为强迫项, 对该海区 2000 年 1 月 23 日至 31 日的一个大风天气过程下的风浪场进行了模拟计算。计算结果与浮标观测资料的对比结果说明, 所获得的风浪场数值结果不但具有较高的时空分辨率, 其精度也是比较高的。

关键词: WAVEWATCH; 数值模拟; 风浪

中图分类号: P722; P731.22

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2005)06-0009-04

海浪在研究海洋动力环境和海气相互作用等领域有着重要的地位, 对海浪的数值模拟不仅是海浪研究的一个重要手段, 也是海浪预报和分析的重要工具^[1]。海浪模式 WAVEWATCH-III(以下简称为 WWATCH)是 Tolman 在第三代海浪模式 WAM 的基础上发展起来的^[2,3], 是当前国际上最成熟的几个海浪数值模式之一, 具有稳定性好、计算精度高等特点, 目前已成为美国海洋环境预报中心的业务化海浪预报模式, 但将其运用于中国近海进行相关研究的工作还不多见。风作为驱动力, 在海浪的数值模拟中起着相当关键的作用, 波浪预报的精度在很大程度上依赖于海面风场的计算精度^[4]。作者针对东中国海 2000 年 1 月 23 日至 31 日的一个大风天气过程, 首先分析了 QuikSCAT 卫星遥感资料与 NCEP 数据混合风场, 继而利用该风场资料驱动 WAVEWATCH-III 对该海区进行了风浪场模拟, 并将计算结果与日本气象厅发布的 22001 号浮标观测资料进行了比较(计算区域与浮标位置如图 1 所示)。

1 QuikSCAT/NCEP 混合风场

所谓混合风场是对高分辨率的 QuikSCAT 卫星散射计观测数据(QSCAT)和全球天气中心(NCEP)分析数据的时-空混合分析的结果, 大致的方法就是保留了 QuikSCAT 的沿轨风场数据而在其空白区域加入低波 NCEP 分析数据场。该混合风场给出的是距海面 10 m 处风场沿经向和纬向的速度分量, 具有很高的时-空分辨率: 时间间隔为 6 h, 空间分辨率为 0.5°

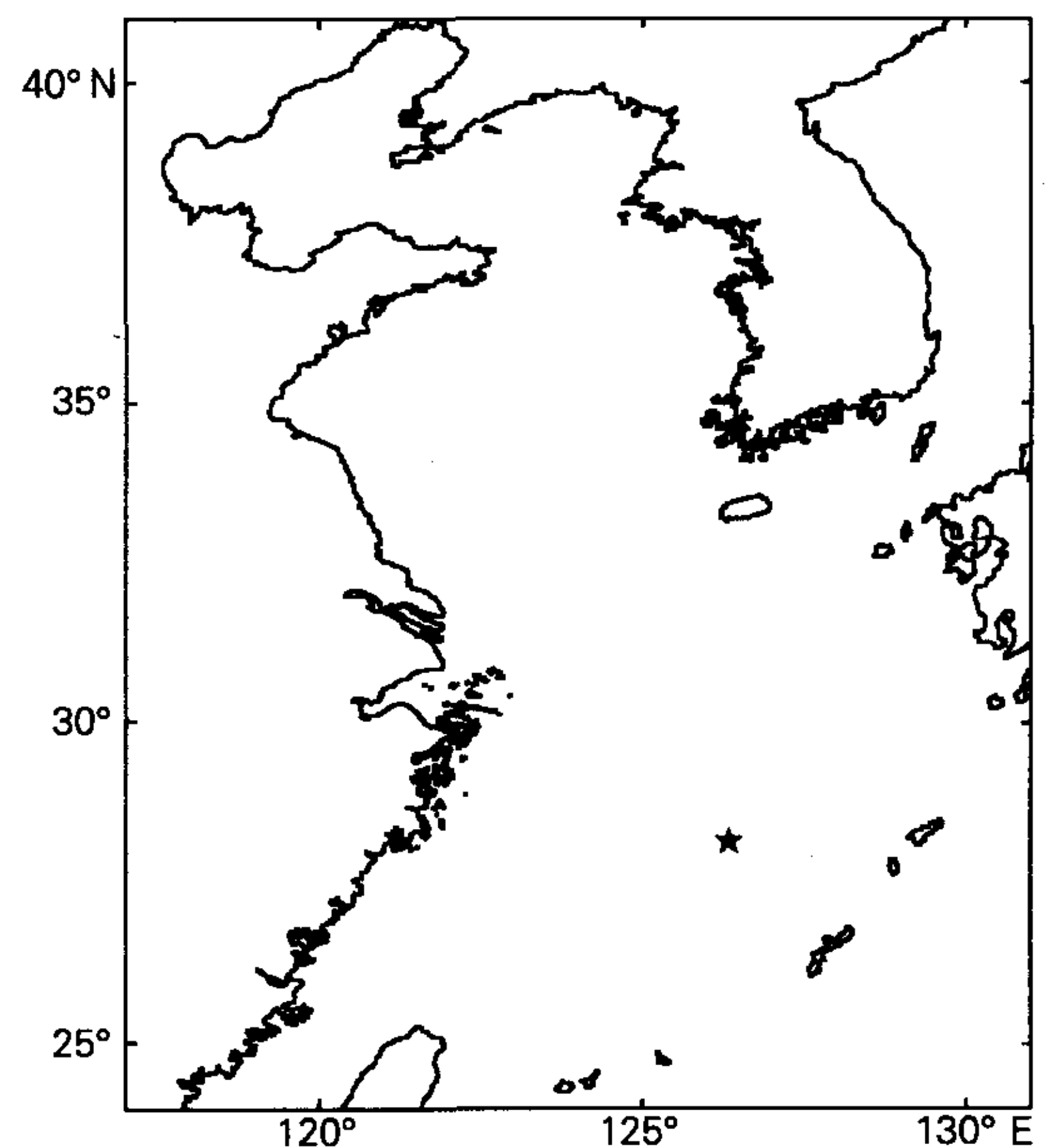


图 1 计算区域与浮标位置(★)

Fig. 1 Calculation area and the buoy position (★)

收稿日期: 2005-01-20; 修回日期: 2005-03-01

基金项目: 国家基金资助项目(40176010); 国家 863 资助项目(2001AA633070)

作者简介: 李明悝(1977-), 男, 河南夏邑人, 博士, 主要从事物理海洋数值模拟研究, 电话: 0532-2898516, E-mail: limingkuai@ms.qdio.ac.cn

×0.5°, 覆盖了全球从 88°S 到 88°N 的范围。卫星观测是从 1999 年 7 月 19 日开始的, 网站提供的数据会每 3 个月更新 1 次, 现在已发布了从 1999 年 7 月至 2004 年 9 月的风场数据。

作者下载了 2000 年 1 月份的混合风场数据, 从中提取浮标所在位置点 (126.33E, 28.17N) 的风速数

据与浮标观测相比较 (图 2), 并做了风速的散布图和相应的误差分析及相关分析 (图 3, 其中 E_A 为平均绝对误差, E_R 为平均相对误差, C_C 为相关系数)。从图中可以看出, 混合风场在这次大风天气过程中能够较好地描述整体变化趋势, 而且其精度和相关性也较高, 这就为风浪场的模拟准备了良好的基础。

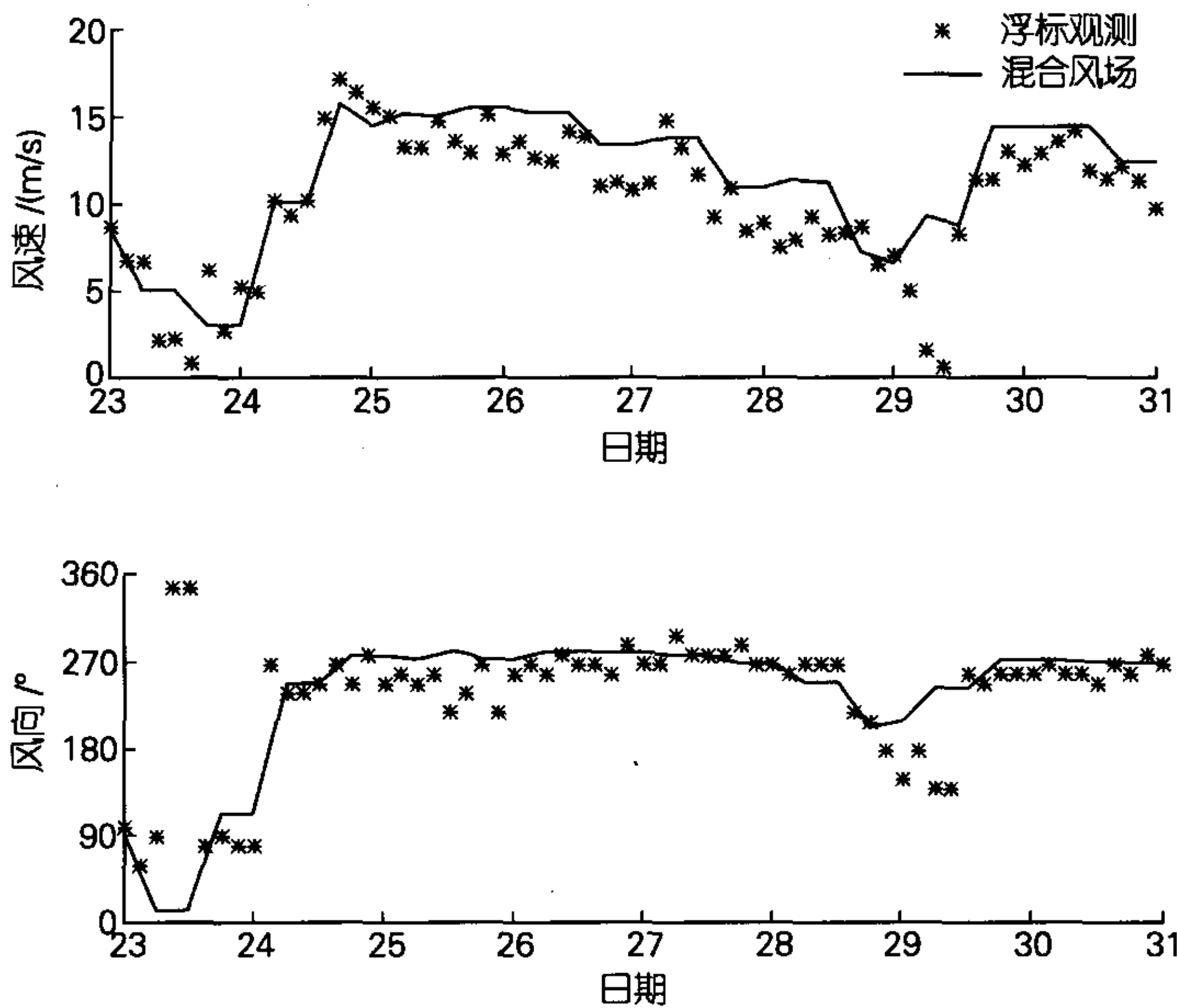


图 2 混合风场与浮标观测的比较

Fig. 2 Comparison between blended wind and observation

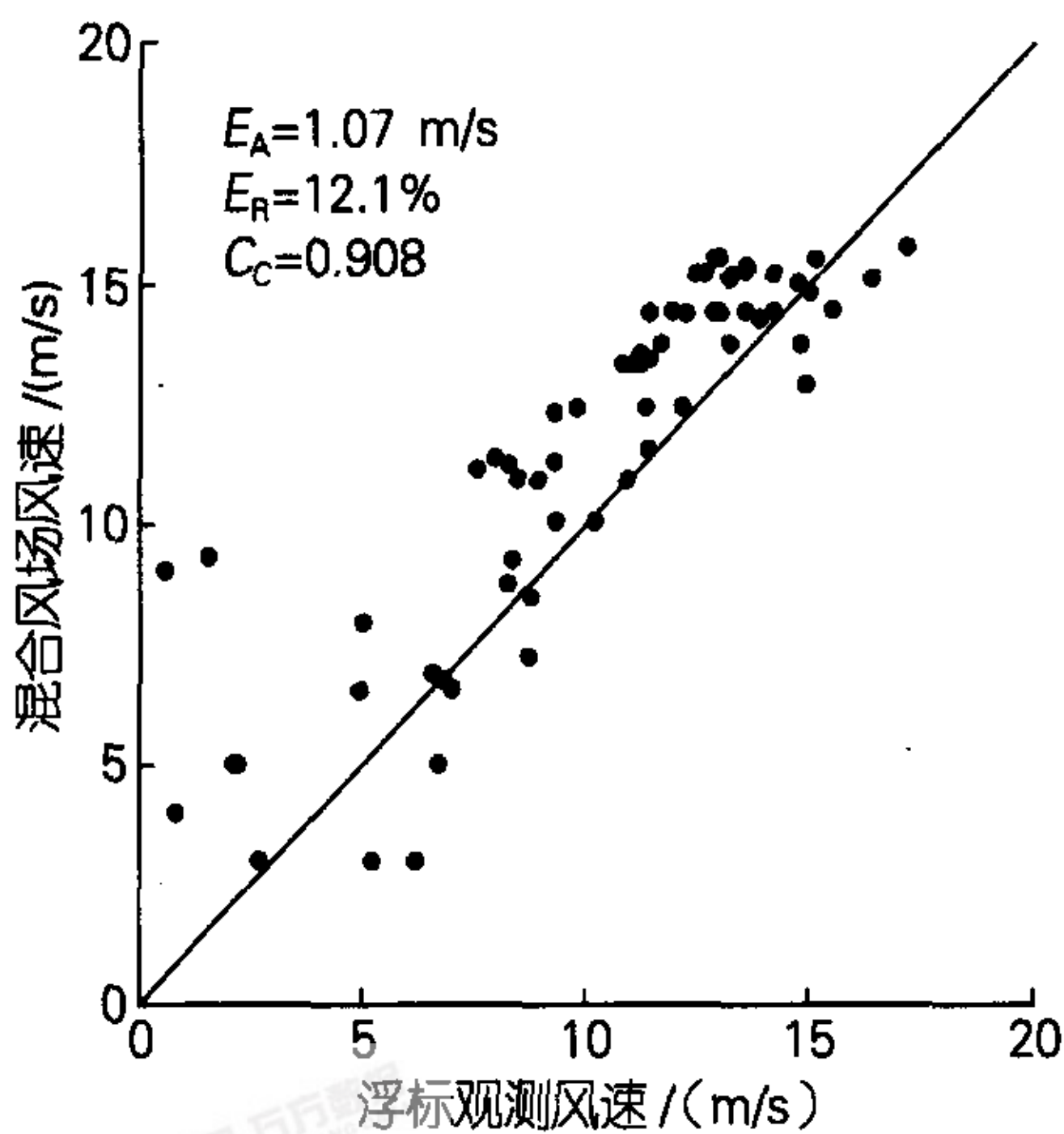


图 3 风速的散布

Fig. 3 Wind speed distribution

2 海浪模式简介与计算设置

以前的海浪模式基本都是以频率和方向为参数建立控制方程, 而 WWATCH 模式选择以波数 R 和方向 θ 为基本参数组成谱 $F(R, \theta)$, 而且相对于其它海浪模式, WWATCH 具有以下几个特点: (1) 模式在波作用量而不是普通方向谱的基础上建立, 更加完整地考虑了波流相互作用; (2) 模式中考虑了随时间变化的水深对海浪数值计算的影响; (3) 模式的各个参数也根据海上实验进行了改进。

计算区域为 117°E~131°E, 24°N~41°N, 如图 1 所示。模式空间网格分辨率为 1/6°, 海浪谱网格为 25×24, 其中频率分布从 0.041 18 Hz 至 0.405 6 Hz 共 25 个频段, 各频段关系为 $f^{n+1} = 1.1f^n$, 波向共 24 个, 分辨率为 15°。

模式由初始时刻的海面风场及 JONSWAP 谱初始化, 在进行运算时, 将海面风场在时间和空间两个

方向线性插值到模式的每个时间步长及网格点上,并以 1 h 的时间间隔输出风浪模拟结果。图 4 为 WWATCH 计算流程图,其中 ww3_grid, ww3_strt 和 ww3_prep 是预处理模块,分别为主程序 ww3_shel 准备计算网格、初始化风浪谱和准备风场。

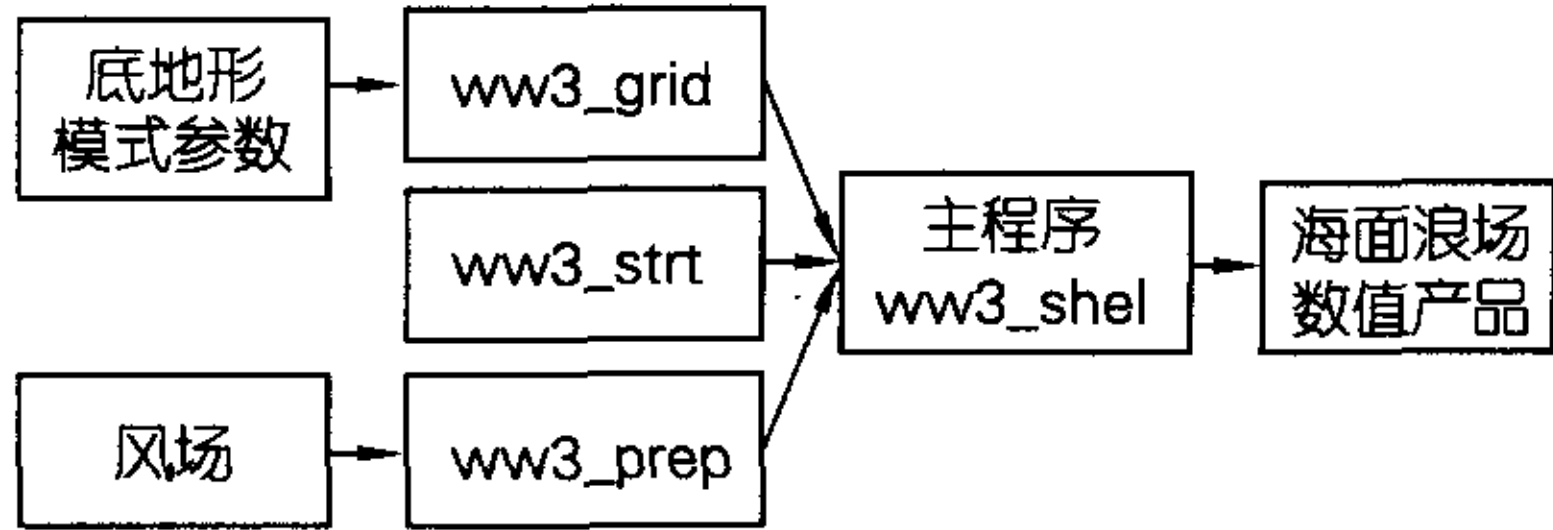


图 4 WWATCH III 计算流程
Fig. 4 Flow chart of WWATCH-III

3 计算结果

WWATCH 的后处理模块可以将所用的地形、风场资料以及计算得到的各类波参数等以多种格式输出,为了将计算结果与 22001 号浮标观测资料相比较,选择在浮标观测点输出了计算所得有效波高的时间序列。浮标观测数据的时间间隔是 3 h。

图 5 给出了计算所得有效波高与浮标观测相比较的结果。不难看出,计算得到的有效波高与浮标观测非常吻合。在图 6 中给出了有效波高的散布图及相应的误差分析和相关分析。散布图与分析结果表明,计算结果平均偏高 0.53 m, 相关系数达到了 0.934, 计算结果与浮标观测吻合得较好。

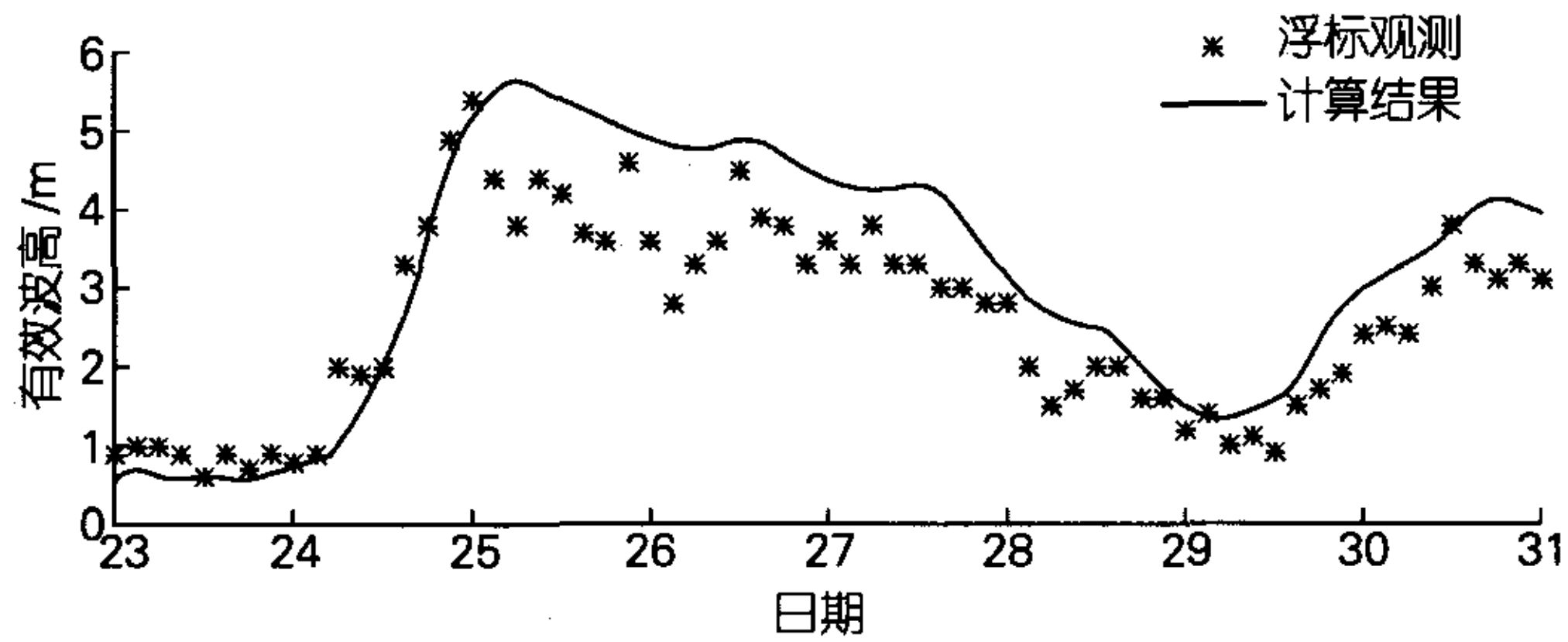


图 5 计算所得有效波高与浮标观测的比较
Fig. 5 Comparison between wave height results and observation

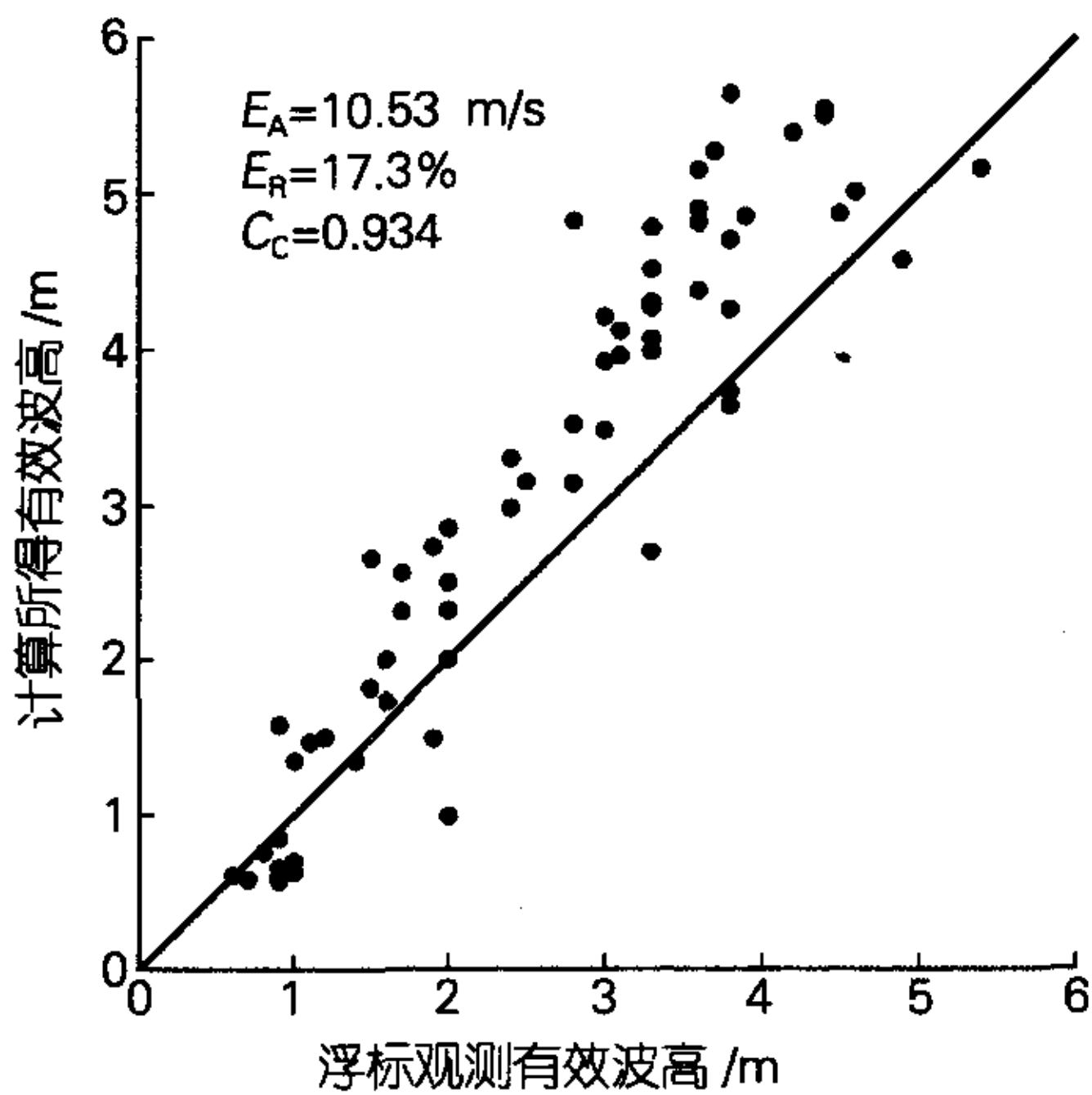


图 6 有效波高的散布
Fig. 6 Distribution of significant wave height

4 结语

作者利用 QuikSCAT 卫星遥感资料与 NCEP 数据混合风场,将海浪模式 WWATCH 应用于东中国海,对 2000 年 1 月 23 日至 31 日的一个大风天气过程下的

风浪场进行了数值模拟。由于东中国海浮标观测资料非常少,本文只能将计算结果与一个点的观测进行对比,这虽然不能说明整个计算区域的模拟精度都是如此,但仍然具有一定的代表性。

通过对模拟结果进行的分析表明, QuikSCAT/NCEP 混合风场的风速基本与浮标观测风速相一致,平均误差仅为 1.07 m/s, 相关系数为 0.908; 而 WWATCH 模式采用混合风场作为输入, 计算出的风浪结果与浮标观测结果也基本相符, 平均误差为 0.53 m, 相关系数达到 0.934, 这说明将 WWATCH 海浪模式应用于东中国海是非常可行的。

参考文献:

- [1] 齐义泉, 朱伯承, 施平, 等. WWATCH 模式模拟南海海浪场的结果分析[J]. 海洋学报, 2003, 25(4): 1-9.
- [2] Tolman H L. User manual and system documentation of WWATCH-III version 2.22. Technical Note [M]. Washington: Environmental Modeling Center Marine Modeling and Analysis Branch, 2002. 1-133.
- [3] Tolman H L, Chalikov D. Source terms in a third-generation...

ation wind wave model[J]. *Journal of Physical Oceanography*, 1996, 26:2 497-2 518.

[4] 钱志春. 海浪及其预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1991. 1-189.

Simulating wind - wave field of the East China Seas with QuikSCAT/NCEP blended wind and WAVEWATCH

Li Ming - kui^{1,2}, Hou Yi - jun¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. The Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Jan., 20, 2005

Key Words: WAVEWATCH; numerical simulation; wind - wave

Abstract: Applying the wave model WAVEWATCH - III to the East China Sea, this paper simulates the wind - wave field from Jan. 23, 2000 to Jan. 31, 2000 with the QuikSCAT and NCEP blended wind. The comparison between the model result and the observation from buoy indicates that this paper obtains a simulative wave result with high precision and resolution.

(本文编辑: 刘珊珊)

(上接第 3 页)

Whole - mounted fluorescent *in situ* hybridization of amphioxus embryos

YU Dan^{1,2}, ZHANG Pei - jun¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Dec, 20, 2004

Key Words: amphioxus (*Branchiostoma belcheri tsingtauense*); whole - mounted fluorescent *in situ* hybridization; *FGFR* and digoxigenin

Abstract: Cephalochordate amphioxus (*Branchiostoma belcheri tsingtauense*) has emerged as an important animal model in evolutionary developmental biology research in recent years. The whole - mounted fluorescent *in situ* hybridization (WFISH) of amphioxus embryos contributes to the identification of critical genes functioning in amphioxus embryogenesis. In present study, we report the development of WFISH to analyze rapidly and sensitively the spatial and temporal expression pattern of a specific gene during the development of amphioxus embryos. Digoxigenin - labelled antisense RNA probes against *FGFR* was synthesized through *in vitro* transcription in the presence of Digoxigenin (Dig) - UIP and it was detected that during amphioxus gastrulation, *FGFR* expression was restricted to the invaginating mesendoderm cells but no positive signals were detected in ectoderm cells.

(本文编辑: 刘珊珊)