

海洋对热带气旋响应的研究*

II. 不同海洋热力结构下的情形

朱建荣

秦曾灏

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海 200062) (上海台风研究所, 上海 200030)

提要 利用中二层非线性原始方程海洋模式, 研究海洋在自身不同热力结构下对热带气旋的响应。计算结果表明, 初始混合层 (ML) 深度和层结强度对海表温 (SST) 和 ML 深度变化起着十分重要的作用。初始 ML 深度对海流量值影响较大, 层结强度则较小。东海陆架区特殊的海洋热力结构, 极易造成 SST 下降。海洋对 7002 号台风响应的模拟结果与观测资料较一致。

关键词 海洋模式 热带气旋 数值计算

海洋对热带气旋的响应, 不仅与热带气旋强度、最大风速半径和移速有关, 还与海洋自身热力结构密切相关。对前者研究, 国内外较多 (O'Brien, 1969; Geisler, 1970; Chang et al., 1979, 1980; Price, 1981; 朱建荣等, 1994), 而对后者, 则相对较少, 尤其对东海陆架区特殊热力结构下情形, 至今还未作过深入研究。本文利用朱建荣等 (1995) 的模式, 揭示混合层深度和温跃层层结强度对海洋对热带气旋响应的影响。假设模型热带气旋以 4.8m/s 的移速从点 (148°E, 27.84°N) 向西移至点 (121.1°E, 27.84°N), 终点离岸约 17km, 历时 162h。表征热带气旋特征三个参量 Δp , r_0 和 θ 分别取为 45hPa、50km 和 30°。针对 7002 号台风个例, 作了比较真实的数值模拟。

1 海洋在自身不同热力结构情况下对热带气旋的响应

初始混合层深度或取水平均一 (50m), 或取多年月平均值。初始层结强度 $\sigma = \alpha(T - T_{bi})$ 由初始海表温 (T) 和下层顶温 (T_{bi}) 决定。初始海表温取为水平均一 (28°C), 而下层顶温 $T_{bi} = T_{bi0} - \left(\frac{dh}{dt}\right)_m \Delta t \nu_T$ 随混合层夹卷加深而变化。考虑两种情形: 初始下层顶温取为 21°C, 不计下层温度垂直递减率 ν_T , 为初始层结强情形; 初始下层顶温取为 27°C, 考虑下层 ν_T , 为初始层结弱情形。这样针对初始混合层深、浅和层结强、弱 4 种情形, 设计 4 个数值试验 F, G, H, I。限于篇幅, 下面仅给出海表温变化的图例并作较详细分析, 而把海流和混合层深度变化放在后面一起综述。

1.1 数值试验 F 初始 h 水平均一、层结强情形。本试验作为控制试验, 把其计算结果和其它试验结果比较。海表温对西移热带气旋的响应, 具有右偏性 (图 1a)。这个特征可

* 国家“八五”科技攻关 906 项目 07 专题资助。朱建荣, 男, 出生于 1964 年 1 月, 博士。

收稿日期: 1993 年 12 月 11 日, 接受日期: 1994 年 5 月 15 日。

本文 I. 刊载于本刊 25 卷 2 期, 146—153 页。

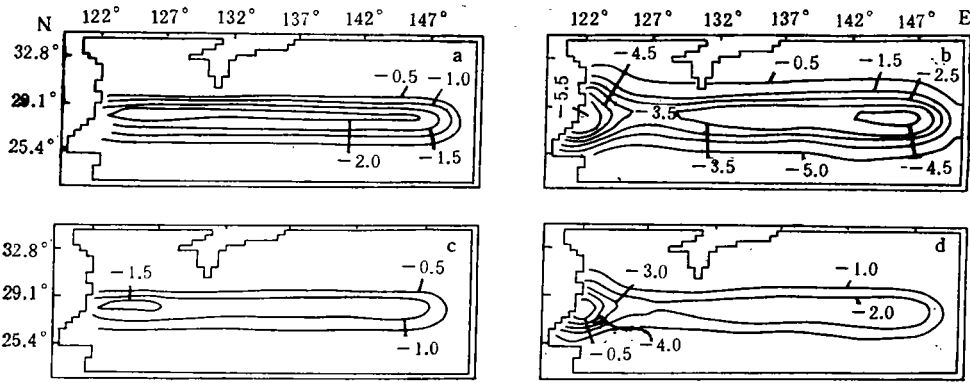


图 1 数值试验 F(a),G(b),H(c),I(d) 中 162h 时刻 SST 距平
Fig. 1 The SST anomaly at 162 h in experiments F(a), G(b), H(c), I(d)

以解释为什么西移的热带气旋从统计上看,大都向南偏,而向东移动的热带气旋,则向北偏。热带气旋具有趋暖性 (Chang, 1980)。-2℃ 封闭等值线的范围在热带气旋路径东边明显比西边小,这是由于东边受水平混合作用使海温趋于均一的时间比西边长的缘故。

1.2 数值试验 G 初始 h 水平变化、层结强情形。在西北太平洋,混合层深度水平变化是比较大的(图 2),为 8 月份多年月平均值分布。从 27.84°N 这条热带气旋经过的路径及其附近来看,东边层深为 20—30m;在 125°E—130°E 区域,为 30—40m,相对较深;在东海,为 6—20m,相对较浅。从图 1b 可明显看到在初始层深较浅地方,降温较大,而初始层深较深地方,降温相对较小。和数值试验 F(图 1a)比较,这里降温明显地大。混合层浅,夹卷率就大,并且上层水相对又少,和夹卷起的深层冷水混合后,海洋降温就大(朱

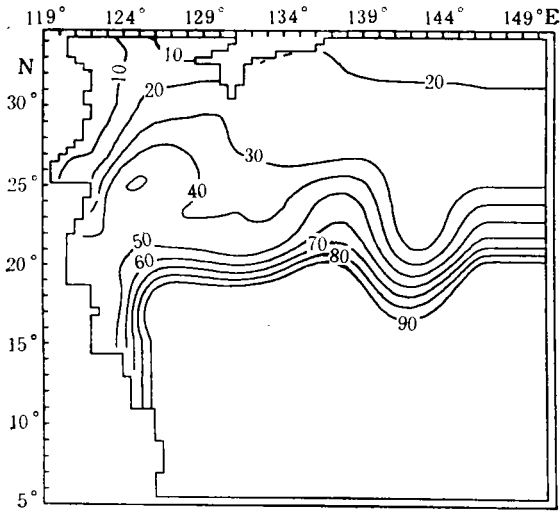


图 2 初始混合层深度场
Fig. 2 The initial mixed layer depth field

建荣,1993)。

1.3 数值试验 H 初始 h 水平均一,层结弱情形。在浅海陆架区,混合层下面的温度垂直递减率(ν_T)明显比深海的大(日中黑潮共同调查研究海洋环境图,1992)¹⁾。这里考虑平均状态,在浅海陆架区 ν_T 取为 $0.2^\circ\text{C}/\text{m}$,在深海取为 $0.1^\circ\text{C}/\text{m}$ 。层结弱,夹卷率就大,但这里初始时刻下层顶温度和上层海温只相差 1°C ,夹卷起的是相对较暖的水;并且夹卷率大,上混合层加深就快,反过来会抑制海表温的下降。从图 1c 中可见,海洋降温幅度和范围都明显地比数值试验 F(图 1a)中的小。在浅海陆架区 ν_T 取得较大的地方,随着混合层夹卷加深,夹卷起相对较冷的水,出现了 -1.5°C 的等值线,降温较大。

1.4 数值试验 I 初始 h 水平变化、层结弱情形。这是比较真实的海洋热力结构。和数值试验 F 比较,从初始层深看,有利于降温,从层结强度上看则不利,总的来看,降温幅度、范围略大一点(图 1d)。和数值试验 G 比较,由于这里夹卷的是相对较暖的下层水,降温明显减小。与数值试验 H 比较,由于初始层深相差较大,这里降温相对较明显。在东海陆架区,混合层很浅,并且下面的温度垂直递减率比外海大,两者均有利于海表温的下降,降温的幅度、范围均比外海大得多。

海流和混合层深度对西移热带气旋的响应,同样具有明显的右偏性。在数值试验 F, G, H, I 中,在 162h 时刻海流的最大量值分别为 115.8, 124.8, 116.3 和 123.5 cm/s,可见初始混合层深度对海流量值影响相对较大,而层结强度影响微小。在热带气旋登陆前,路径右侧为向岸流,左侧为离岸流,加上海岸的存在,路径右侧混合层加深比左侧大。初始混合层深度越大,层深加深越小。初始层结强度越小,层结加深越大。

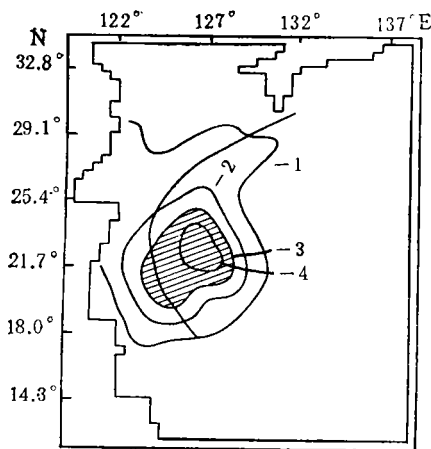


图3 海洋对 7002 号台风响应的 SST 距平
Fig. 3 The SST anomaly of the ocean response to Typhoon 7002

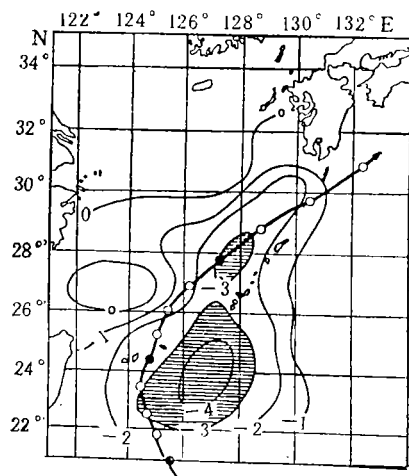


图4 7002 号台风经过前后 48h 内 SST 差
Fig. 4 Differenc of SST between before and after passage of the Typhoon 7002 within 48h
●台风经过期间上午 08 时台风位置; ○相隔 8h 台风位置;粗线为台风路径,箭头表示台风移动方向;细线为 SST 距平等值线。

1) 日中黑潮共同调查研究海洋环境图,1992,中华人民共和国海洋图集数据中心出版(东京),60—85。

2 海洋对 7002 号台风的响应

在此既考虑较为真实的海洋热力结构,又考虑 7002 号台风的强度、移速和最大风速半径,模拟海洋对它的响应。

在台风路径转向右侧,海洋出现强烈的降温(图 3)。这是由于海洋对台风响应具有右偏性所致,但更主要的是由于在路径转向的右侧,海洋受大风作用的时间比台风直行时要长得多。海洋受大风作用的时间越长,夹卷深层的冷水越多,降温就越明显。把这个模拟结果和台风经过前后 48h 内实测平均海温偏差(图 4, Mutuo, 1972) 比较,海洋降温的幅度、范围和形状均较为相似。

3 结语

数值计算结果表明:(1) 初始混合层深度对海表温、层深变化起着十分重要的作用,对海流量值影响较大。初始混合层越深,海表温、层深变化越小,海流量值趋小。(2) 层结强度对海表温、层深变化影响重大,而对海流量值影响小。初始层结强度大,海表温下降大,层深变化小。(3) 比较真实地再现了海洋对 7002 号台风的响应,说明海洋模式物理过程处理合理,能较好地模拟海洋对热带气旋的响应。

参 考 文 献

- 朱建荣、秦曾灏, 1994, 海洋对静止热带气旋响应的某些特征, 青岛海洋大学学报, **24**(4): 439—446。
朱建荣、秦曾灏, 1995, 海洋对热带气旋的响应 I. 海洋对静止、移速不同的热带气旋响应, 海洋与湖沼, **25**(2): 146—153。
Chang, S. W., Anthes, R. A., 1979, The mutual response of the tropical cyclone and the ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, **9**: 128—135。
Chang, S. W., 1980, Numerical simulation of the influence of sea surface temperature on translating tropical cyclones, *J. Atmos. Sci.*, **37**: 2617—2630。
Geisler, J. E., 1970, Linear theory of the response of a two layer ocean to a moving hurricane, *Geophys. Fluid Dyn.*, **1**: 249—272。
O'Brien, J. J., 1969, The response of the ocean to a slowly moving cyclone, *Ann. Meteor.*, **4**: 6065。
Price, J. F., 1981, Upper ocean response to a hurricane, *J. Phys. Oceanogr.*, **11**: 153—175。
Mutuo Fujino, 1972, On changes of sea water temperature in the east china sea before and after passage of Typhoon 7002 1970, *Sea-Air*, **48**: 15—21。

STUDY ON THE RESPONSE OF OCEAN TO TROPICAL CYCLONES

II. THE CASE IN THE DIFFERENT OCEAN THERMAL STRUCTURES

Zhu Jianrong

(Institute of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062)

Qin Zenghao

(Shanghai Typhoon Institute, Shanghai 200030)

ABSTRACT

In the case of considering the ocean's thermal structure, i. e., the ocean's mixed layer (ML) depth, stratification intensity and the vertical lapse rate of the lower layer temperature, the two-layer nonlinear primitive equation ocean model described in Part I is applied to study the response of the ocean to a tropical cyclone (TC). Numerical experiments indicate that the initial ML depth and stratification intensity have a substantial impact on the changes of sea surface temperature (SST) and ML depth. The initial ML depth has a relatively large effect on the value of the current, whereas the initial stratification intensity has little influence on it. The distribution of ML depth in the East China Sea, especially the special thermal structure on the continental shelf facilitates the drop of SST.

Numerical simulation of the response of the ocean to the Typhoon 7002 was carried out by considering not only the moving speed, direction, position and intensity of Typhoon 7002, but also the real thermal structure of the ocean itself. Numerical calculation indicating that the scope, extent and shape of SST drop are fairly consistent with the observation data, shows that the treatment of the physical processes of the ocean model are reasonable.

Key words Ocean model Tropical cyclone Numerical calculation