

在各类天气系统影响下石臼港 沿岸波浪场的分布

黄爱军 李凤金

(国家海洋环境预报中心, 北京)

摘 要

本文查阅了从1973~1985, 13年的历史资料, 对石臼港沿岸波浪场进行了详细的分类、统计分析和计算, 提出了各类较强天气系统影响石港(即指石臼港)的极端区域, 同时获得了石港沿岸各类天气系统影响下的波浪分布特点以及波高计算式, 为保障石港的生产及港口建设为石港的波浪预报提供了有益的分析数据和预报手段。

关键词: 石臼港, 波浪场, 波浪分布, 统计分析。

前 言

石臼港(简称石港)地处我国黄海中部西海岸。它无论对于我国北部海区及内陆的经济开发和建设或是在对外贸易等方面都起着重要的作用。然而由于石港所处的地理位置, 使得它北受渤海及东北低压、冷空气的影响, 中受黄海气旋的影响, 南受江淮气旋及侵入我国北、东部海区台风的影响。因此石港沿岸波浪场*受各类天气系统影响频繁。

本文在查阅了1973~1985共13年的历史天气图、海浪实况分析图及沿岸台站关于海洋水文气象要素的旬报资料之后, 对石港沿岸波浪场的分布进行了分类、统计和分析, 提出了各类较强天气系统影响石港的极端区(指石港沿岸海区波高达到过程最大值时, 对应的系统中心所到达的区域)及指标(对于某些没有较为一致的极端区域的系统。我们给出相应的系统指标), 同时获得了各类天气系统影响下, 石港沿岸波浪分布特点及波高计算式。

一、资料来源及过程入选标准

本文所使用的资料为1973~1985年定时观测(北京时: 02、08、14、20)的东亚地面天气图、海浪实况分析图以及石港海洋站海浪要素的旬报资料, 同时也使用了有关的台风

* 指以石港为中心, 半径约为60 km以内的沿岸海域波浪场。

本文于1994年3月收到。

年鉴资料。

本文共选入153个过程（其中包括受各类天气系统影响而形成的波高增值过程）。过程入选以石港观测到1.5m以上波高为标准（即过程中出现 $H_{1/10} \geq 1.5m$ ），以该港沿岸波高出现 $H_{1/10} \geq 1m$ 的时刻为过程开始，以波高衰减到1m以下为过程结束，文中所用波高均为 $H_{1/10}$ 。所用风速为船舶、海洋站观测的平均风速。

二、受气旋、低压影响的波浪分布

相对于其它天气系统而言，石港每年受气旋和低压影响最为频繁，频率为36.6%（表1）。

表1 各类天气系统出现频率

类别	天 气 系 统 名 称	过程出现 个数	过程出现 频率（%）	各类过程 总个数	各类过程 出现频率（%）
低 压 气 旋	渤海低压、气旋	5	8.9	56	36.6
	黄 海 气 旋	31	55.4		
	江淮气旋、东海气旋	20	35.7		
台 风	北 上 台 风	7	28	25	16.3
	转 向 台 风	8	32		
	登 陆 台 风	3	12		
	台 风 外 围	7	28		
冷 空 气	纯 冷 空 气	10	18.5	54	35.3
	冷空气与渤海低压	5	9.3		
	冷空气与黄海气旋	8	14.8		
	冷空气与江淮气旋	31	57.4		
高 压 后 部		18	—	18	11.8

1. 渤海低压(含气旋)影响下的波浪分布

从蒙古或河套一带移来的渤海低压,一般均向东或东北方向移动,同时在对马海峡附近常伴有弱高压的存在(图1a)。当低压沿其路径接近 115°E 时,石港沿岸多为偏南风,海上多为SSW—SSE向的涌浪,当系统接近天津附近时,石港转吹E—NE风,风速不超过 11m/s ,但与此同时,波高开始增大,浪向多为偏东向。一般在低压(或气旋)移至天津附近时,石港沿岸波高达过程最大值。波高计算式为:

$$H_{1/10} = aU^b + C$$

$a=0.346$, $b=0.425$, U 为实测平均风速, C 为波高值订正系数。这里当风时 $t^*>7$ 小时, C 为 0.55 。若位于对马海峡附近的弱高压闭合中心很快消失,波高一般滞后 $8\sim 10$ 小时达过程最大值(指系统中心到达极端区域后 $8\sim 10$ 小时)。受此类系统影响,石港沿岸 1m 以上波高(下面称为大波高)可以维持 $24\sim 30$ 小时(均相对一般情况而言,下同)。

2. 黄海气旋影响下的波浪分布

石港沿岸受黄海气旋影响最多,其影响程度依气旋路径不同而不同,下面分类描述。

A: 北上黄海气旋影响下的波浪分布

这类系统主要指由江淮流域生成的气旋从 33°N 附近入海北上或在江淮一带生成后沿我国华东沿海内陆北上的气旋。当气旋从 33°N 附近入海时,石港多吹偏E风,波高开始增大到 1m 左右,浪向为E—NE向,以E向涌浪为主。当气旋北移至 $33.5^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 时。一般石港波高达过程最大值、风浪、涌浪并存,仍以E向涌浪为主。此后随着气旋的北移,波高逐渐减小。当气旋移至 $37^{\circ}\sim 39^{\circ}\text{N}$ 时,石港转吹偏南风,浪向随之转为南向。这时若气旋加强,石港波高可再次出现过程最大值。这一过程中石港沿岸多吹偏东风,但最大风速不超过 12m/s ,涌向则多为E—SE向。 1m 以上波高可维持 $44\sim 72$ 小时,但其中有间歇(图1b)。波高计算式中 $a=0.4774$, $b=0.4254$, 当风时大于 24 小时, $C=0.25$ 。

B: 偏东方向移动的黄海气旋影响下的波浪分布

这类系统主要指在江淮流域生成、从 $33^{\circ}\sim 33.5^{\circ}\text{N}$ 附近入海、而后东移的气旋。此类系统对石港沿岸影响程度仅次于台风。通常气旋入海前,我国北方地区或日本海一带有高压中心存在(图1c)。这时石港位于低压前沿和高压南侧,受其共同影响,盛行偏东风与偏东向涌浪,但波高不大、随气旋东移,风速渐增,但一般不超过 12m/s ,同时波高也逐渐增大。气旋临近入海时,波高增值迅速。当气旋入海后到达 $33^{\circ}\sim 35.5^{\circ}\text{N}$ 、 124°E 以西区域时,石港沿岸波高达过程最大值。波高计算式为:

$$H_{1/10} = 0.2951U^{0.6026} + C$$

风时大于 8 小时, $C=0.35$ 。这时海上盛行偏东向风浪, 1m 以上波高维持 $24\sim 72$ 小时,但若系统东移缓慢,整个过程可维持近 96 小时。

C: 向东北方向移动的黄海气旋影响下的波浪分布

此类系统主要指自我国淮河流域一带生成、从 35°N 附近入海而后向东北方向移动的气旋。这种天气形势通常在日本海附近伴有一高压中心。由于气旋中心往往从距石港较近

* 风时即指风向较为一致时的风连续吹刮的时间。本文中,当风向变化 $\leq 22.5^{\circ}$ 时,均可计算连续风时。 C 值由文中给出,除此以外, C 值自然为 0 ,即可以直接由计算式得出波高值、不需订正。

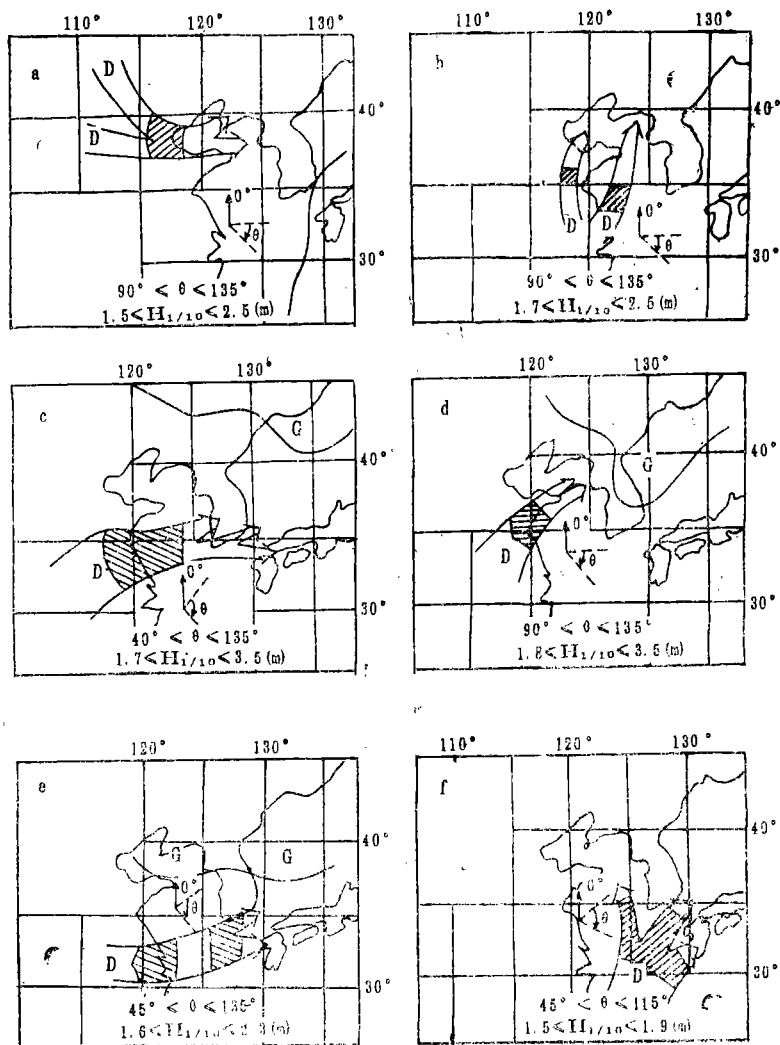


图1 各类型气旋(低压)移动路径及其极端区域示意图

- a. 渤海低压型; b. 向偏北方向移动的黄海气旋型; c. 向偏东方向移动的黄海气旋型;
d. 向东北方向移动的黄海气旋型; e. 江淮气旋型; f. 东海气旋型。

0. 为波浪传播方向(以正北0°, 顺时针旋转) G. 为高压, D为气旋或低压。

影线区域为极端区域, 箭头表示气旋(或低压)移动方向。

的海域通过, 甚至直接通过该港, 再加上日本海一带的高压区相配合, 故此类系统对石港影响较大。它使石港较长时间地受偏东风的控制, 从而产生较大的波高, 一般在气旋进入极端区域前, 沿岸偏东风风速为6~8m/s, 盛行E—SE向涌浪, 波高不超过1.5m。当气旋进入极端区域(图1d阴影区)后, 海上偏东风增强为10~13m/s, 波高达过程极大值。

波高计算式中的 a 为0.1481, b 为0.8861, 当风时 ≥ 9 小时, $C=0.28$ 。这时波型视气旋中心距该港位置而定。若气旋中心从半径小于0.5个纬距的周围区域通过时, 海上多为风浪, 当其从外围经过时, 海上多为涌浪。过程中1m以上波高可维持24~48小时。

3. 江淮气旋影响下的波浪分布

这类系统主要指在江淮一带形成后、自长江口附近入海、向东略偏北方向移动的气旋(图1e)。在气旋东移过程中, 往往在我国渤海、黄海北部及日本海西部伴有高压中心。前期石港的波浪分布同黄海气旋相似, 但极端区域不同。高压中心在黄海北部或日本海西部, 当气旋进入区域I时, 波高达过程最大值, 以偏东向涌浪为主; 若高压位置在渤海或其以西区域时, 气旋进入区域II, 沿岸波高达过程最大值。波高计算式中 $a=0.3032$, $b=0.6233$, 当风时大于10小时, $C=0.45$ 。过程中海上盛行E—NE风, 风速一般为10~14 m/s。波浪多为E—SE向涌浪。1m以上波高可维持24~50小时, 若高压东移缓慢并阻挡气旋东移时, 大波高(指1m以上波高, 下同)维持时间可长达72小时。

4. 东海气旋影响下的波浪分布

这类系统主要指由东海海面生成而后东移的气旋。这类过程中一般在承德至呼和浩特以西区域或在哈尔滨至黄海北部存在有闭合高压中心(图1f)。当气旋进入极端区域之前, 石港沿岸多吹E—NE风, 风速为7~13 m/s。偏东向风浪、涌浪并存。当气旋沿不同路径进入各自的极端区域之后, 石港沿岸波高可达过程最大值。波高计算式为:

$$H_{1/10} = 0.2991U^{0.5487} + C$$

当 $U \geq 14$ m/s, $C=-0.75$; 当风时大于12小时, 相对于 $U \leq 6$ m/s, $C=0.55$ 。海上以偏东向涌浪为主, 大波高可维持40~60小时。

三、受台风影响的波浪分布

从表1知, 台风对石港的影响频率居第三位, 但其影响程度却居首位。8114号台风影响石港时, 曾观测到4.8m的波高($H_{1/10}$)。

1. 北上台风影响下的波浪分布

凡进入黄海、对石港产生影响的台风均称为北上台风, 这类台风对该港影响最大, 但也依其路径而异, 以沿我国江浙沿岸一路北上的台风对石港影响最为显著(图2a)。一般当台风进入长江口以北海域时, 石港沿岸波高明显增大, 盛行E—SE向涌浪。台风北移至 32°N 以北、进入黄海后, 石港沿岸波高达过程最大值。波高计算式中 $a=0.2092$, $b=0.929$, 当台风进入极端区域, 且位于 123°E 以西时, $C=0.45$, 但相对于中心气压 ≥ 985 hPa以上的弱台风, $C=-0.21$ 。过程最大波高与台风强度成正比, 与距台风中心的距离成反比。大波高维持时间为24~96小时。

2. 转向台风影响下的波浪分布

这类台风进入东海后, 在 34°N 以南区域转向偏东方向移动, 穿过对马海峡进入日本海或登日本岛(图2b)。当台风沿其路径活动在 $30^\circ \sim 32^\circ\text{N}$ 附近海域时, 石港盛行NE风, 风速只为7~10 m/s(对于较强台风, 可出现14 m/s大风, 风向偏东), 但波高达过程最

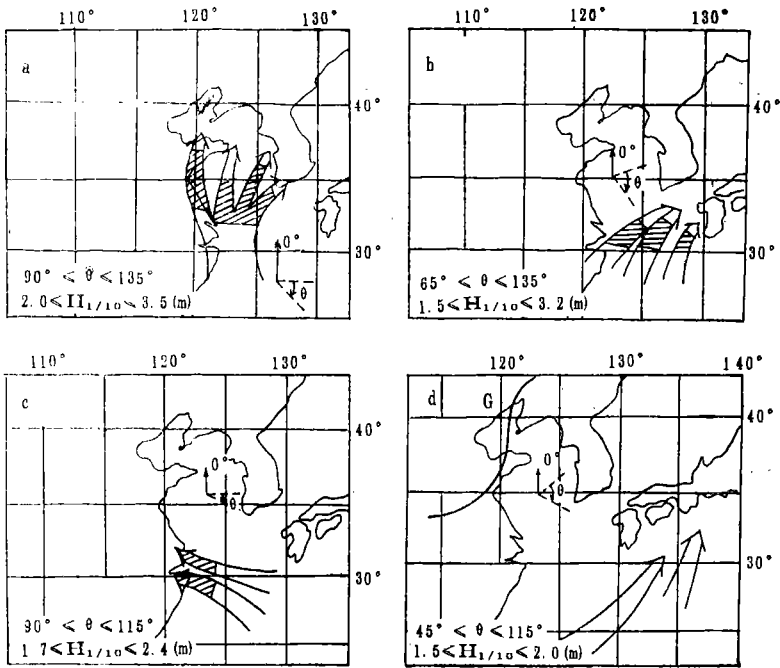


图2 各类台风移动路径极端区域示意图

- a. 北上台风型
- b. 转向台风型
- c. 登陆台风型
- d. 台风外围影响型

箭头表示台风移动方向，影线区域表示极端区域。

大值。波高计算式中 $a=0.3238$ 、 $b=0.6548$ ，当台风进入极端区后且风时大于7小时，相对于 $U \geq 14$ 、或 $\leq 5\text{m/s}$ ， $C=0.42$ 。海上多为ENE—SSE向涌浪，大波高可维持36~96小时。

3. 长江口以南登陆台风影响下的波浪分布

这类台风一般从长江口一带或浙江北部沿岸登陆，而后减弱消失（图2c）。这类系统中，尽管台风中心偏南，但台风北侧NNE—ENE风产生的涌浪仍然会影响石港。这期间沿岸盛行NNE风，一般为7~12m/s，相对于强台风，风速可达18m/s，且大风维持时数近60小时。但由于石港南临黄海，偏北向风区小，即使台风进入极端区域，且风力较强时，石港沿岸过程最大波高也超不过2.5m。波高计算式为：

$$H_{1/10} = 0.2514U^{0.7141} + C$$

相对于 $U \geq 17$ 、或 $\leq 6\text{m/s}$ ， $C=0.25$ 。海上风浪与偏东向涌浪并存，大波高一般可维持27~66小时。但若在台风北侧维持一冷锋面，使石港较长时间地受偏N风影响，大波高维持时间可近96小时。

4. 台风外围影响下的波浪分布

这类系统主要指在琉球群岛以南、以东活动的台风与我国东北、华北及渤海一带的高

压相配合(图2d)，这类系统中，台风没有明显的极端区域，石港主要受影响于高、低压之间较强的气压梯度场，盛行N-NE向风，风速一般在8~12m/s。一般当高压中心距石港小于15个纬距时，该港沿岸波高达过程最大值，波高计算式中 $a=0.2492$ ， $b=0.6784$ ，当台风在极端区域内时， $C=0.15$ ，若这时风向为偏W-NW风，相对于 $U\geq 3$ ， $C=-0.4$ 。过程中E-NE向的风浪、涌浪并存。1 m以上波高可维持24~96小时。

四、受冷空气影响的波浪分布

从表1知，冷空气影响石港的频率仅次于气旋和低压类型，为35.3%。应给予充分重视。

1. 纯冷空气影响下的波浪分布

这类天气系统中，一般在高压前部没有较强的低压或气旋配合(图3a)。当冷空气影响石港时，沿岸盛行偏北风，风速一般在8~15m/s之间，但7级以上大风可持续十多个小时。浪场结构以风浪为主。以高压位置为指标；一般当冷高压主体活动在乌兰巴托一带时，9小时后石港沿岸波高达过程最大值；当高压主体向东南移动到呼和浩特至承德一带时，沿岸波高在2~3小时内即可达过程最大值；若以冷锋云系为指标；当冷锋越过黄海移至东海南部时，沿岸波高达过程最大值，波高计算式为：

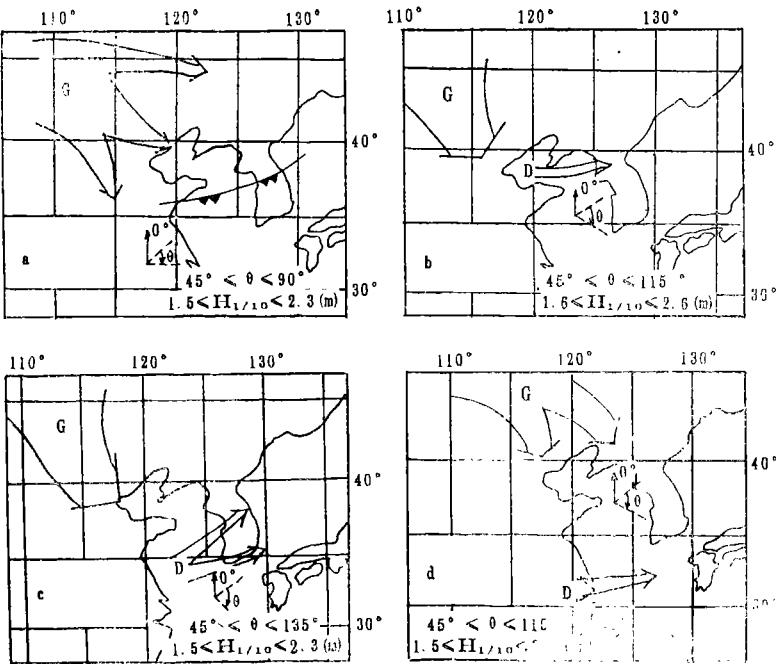


图3 各类型冷空气移动路径及低压移动路径

- a.单纯冷空气型； b.冷空气与渤海低压配合型；
c.冷空气与黄海气旋配合型； d.冷空气与江淮气旋配合型。
箭头表示高低压移动方向，

$$H_{1-10} = 0.4122U^{0.4476} + C$$

当风时大于3小时,且沿岸盛行偏东向涌浪, $C=0.38$,若为偏NNW、NW风, $C=-0.22$ 。1m以上波高可维持24~48小时。

2. 冷空气与渤海低压配合影响下的波浪分布

冷高压在经二连浩特附近向东南方向移动过程中,常与东移的渤海低压配合影响石港(图3b)。受低压影响,前期沿岸多吹偏南风。当低压穿过朝鲜半岛进入日本海,冷锋扫过石港时,沿岸吹偏北风。通常6~7级大风出现6~10小时后,石港沿岸波高可达过程最大值。若风速增为8级,过程最大波高在短时刻内即可出现。沿岸盛行风浪,涌浪向为E—NE向,以高压中心位置为指标;当高压中心行至沙青山德一带时,24小时后,该港波高达过程最大值;若高压中心在二连浩特一带时,港口波高可在12小时后达过程最大值。波高计算式中 $a=0.2853$, $b=0.6285$, 偏东风持续16小时以上, $C=0.45$, 6级大风持续24小时以上, $C=0.35$ (相对于 $U \geq 13\text{m/s}$), 大波高可维持24~48小时。

3. 冷空气和黄海气旋配合影响下的波浪分布

冷高压自蒙古向东南方向移动时,常与经黄海南部而后东移的气旋配合影响石港(图3c)。这类过程中,沿岸风向多为NW—NNE,风速一般为8~14m/s。一般当气旋沿其路径进入日本海、北部的冷高压主体南移到 $40^\circ \sim 45^\circ \text{N}$ 、 $110^\circ \sim 117^\circ \text{E}$ 区域时,石港沿岸波高达过程最大值。风浪、涌浪并存,但以E—NE向涌浪占优势。波高计算式中 $a=0.316$, $b=0.6109$, 当偏东风(ENE, NE, ESE)持续18小时以上, $C=0.40$ 。大波高可维持72小时左右。若北部有冷空气补充南下,大波高维持时间可近96小时。

4. 冷空气与江淮气旋或南支倒槽配合影响下的波浪分布

这类系统指冷高压自河套以东区域南移与江淮气旋或南支倒槽配合(图3d)。在该天气形势下,石港多吹偏北风,其中以NNE—ENE风占优势,风速为8~16m/s。一般当高压主体位于 43N° 以北区域,气旋东移至长江口附近时,3~6小时后,沿岸波高达过程最大值。海上以ENE—ESE向涌浪占优势,伴有偏东向风浪。同样形势下,若江淮流域有低压倒槽存在时,6~10小时后,沿岸波高达过程最大值,海上盛行NE向风浪。关于这两类系统的波高计算式为:

$$H_{1-10} = 0.1652U^{0.8075} + C$$

偏E风持续18小时以上,对于 $U < 6\text{m/s}$, $C=0.63$ 。若为NNE,或N风,风时大于28小时,对于 $U \geq 7\text{m/s}$, $C=0.35$,对于偏W风,风时小于24小时, $U \geq 11\text{m/s}$, $C=-0.32$ 。大波高维持时间为24~65小时,但也有近三分之一的过程,大波高维持时间为72~96小时。这是由于当高压中心南移进入渤海,气旋沿路径东移,石港有较长时间处于高、低压之间的强气压梯度场中,11m/s以上大风可维持近30小时,故大波高维持时间也相应延长。

五、受高压后部影响的波浪分布

这类系统主要指在朝鲜半岛、日本海、对马海峡及日本岛附近洋面维持有较强的高压

中心或高压区, 与我国华中、华东一带的低压区配合(图4)。这类系统影响石港的频率仅为11.8%。但若高压强度大, 其后部的偏南气流会使影响程度增加。本文所用资料中曾记录到这类天气形势下出现的21m/s大风及3.2m的波高。受此类系统影响, 沿岸多吹偏南风, 浪向多为SE向。但风向、浪向亦随高、低压位置不同而异。当高压中心位于对马海峡及日本岛一带, 而低压位于太原附近时, 沿岸风向、浪向一般为SSE—SSW向, 风速为8~12m/s。当低压东移至115°E以东区域与稳定的高压区相配合, 石港沿岸波高达过程最大值, 海上多有E—SSE向涌浪。当高压中心位于朝鲜半岛及日本海西南部与华东一带的低压区相配合, 沿岸多吹ESE—SE风, 风速为8~14m/s, 但若高、低压强度均较大时, 风速可达21m/s。在高压稳定, 而低压或低压区东移至118°E附近时, 沿岸波高达过程最大值。波高计算式中 $a=0.274$, $b=0.6777$ 。当偏E、ESE、SE或ENE风持续20小时以上, 相对于 $U \leq 8\text{m/s}$, $C=0.43$, 但当偏东风或偏SSE风持续36~48小时以上, 风向转为NE风时, 对于 $U \geq 10\text{m/s}$, $C=0.35$, $U < 10\text{m/s}$, $C=0.20$ 。过程中ESE向风浪、涌浪并存。大波高维持时间为24~52小时。

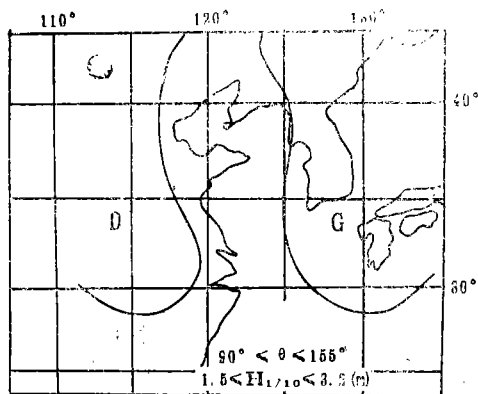


图4 石港受高压后部偏南气流影响时主要天气形势分布示意图

六、结 论

1. 由表1知, 石港受低压和气旋影响频繁, 其频率最大, 为36.6%, 且尤以黄海气旋为首, 占该分类频率的55.5%。其次为冷空气的影响, 频率为35.3%。台风对该港的影响频率为16.3%, 高压后部的影响频率仅占11.8%。

2. 当石港受各种天气系统影响时(仅指本文中提及的天气系统), 可根据本文中提的极端区域法及预报公式来预报该港于各种不同情况下波高最大值的出现时刻以及波高值。各公式的平均相关系数为0.86。

3. 石港风速和波高的过程最大值的平均值均出现于北上台风类型中, 其中波高的平均值为2.6m, 风速的平均值为13.7m/s。原因在于台风影响其间, 偏E向风浪、涌浪在良好的东南向风区中易于成长, 再加之台风对海上影响的程度远远大于其它系统。因此在受台风影响时, 石港易于出现极值波高。在预报中应给予充分重视。

4. 从图5中可看出, 除受高压后部影响以外, 其它三种类型中, E向涌浪的分布频率均远远大于其它方位的涌浪分布频率。在高压后部类型中, ESE向涌浪频率最大, 这一特点正是由石港所处的地理位置造成的, 因此在对该港沿岸波浪进行分析预报时, 应充分考虑各类系统造成的偏E向风场的持续与偏E向涌浪的传播。

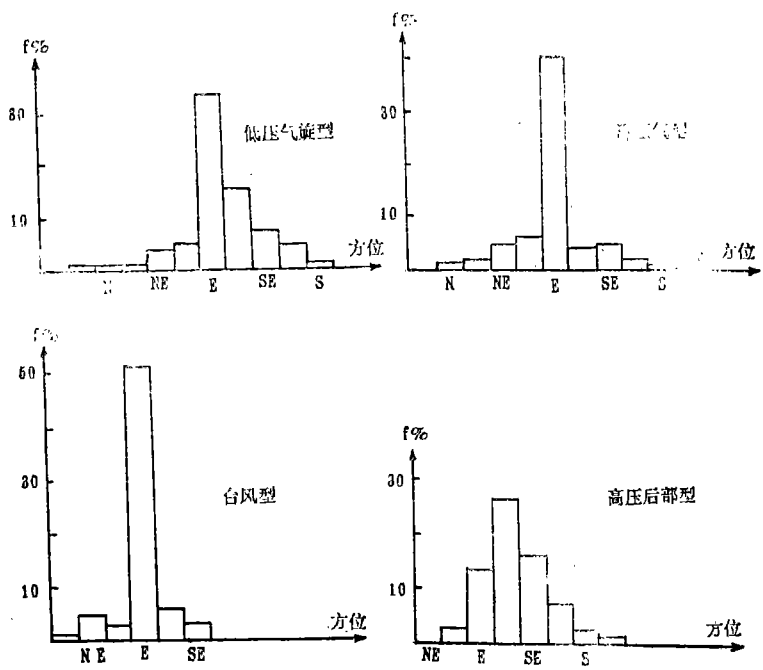


图5 各类型不同方位涌浪频率分布图

参 考 文 献

[1] 李凤金, 黄爱军, 刘占英, 我国黄、东海气旋浪的分布和计算, 海洋湖沼通报, 第三期 1985.
[2] 中国人民解放军司令部气象局, 中国科学院地理研究所, 中国海及邻海气候, 1975.
[3] 陈敦隆, 海洋科学研究中的概率统计方法, 1982.

THE DISTRIBUTION OF COASTAL SEA WAVE FIELD OF SHIJIU HARBOUR AFFECTED BY THE VARIOUS WEATHER SYSTEMS

Huang Aijun Li fengjin

(National Center for Marine Environmental Forecasting)

Abstract

In this paper, a series of historical data (from 1973~1985, thirteen years) have been used to classify and analyze statistically the distribution of sea wave field in coast of Shijiu Harbour of Huanghai Sea of China, effected by more strong weather systems, such as cyclones, low pressure, typhoon, cold air and pressure. According to the results of statistical analysis, many characteristics about the distribution of sea wave field in coast of Shijiu Harbour have been obtained, and some related formulas for calculating sea wave height under different situations have been proposed. Some special regions where various weather systems come up when sea height in coast of Shijiu Harbour reach its extreme value have also been proposed. All the statistical analysis and calculation provide a good way to forecast the time when sea wave height reaches its extreme value in certain weather process and the value of sea wave height.

Key Words: Shijiu Harbour, Sea wave field, Sea wave distribution, Statistical analysis.