 and the second second second second	CT () CT
1 Mar 10 10 10 10	CONTRACTOR AND A
AND 1 100	The second se
	New year and the stand of the stand way
	No. 1 (1) 10 10 10 10 10 10 107
	The structure of the structure of the structure st
	and the party and the treation of the

	we have a second and a second a
	n an
	a a construction of the second se
	All and the second s
	and the second se
Weiner Steiner auf der Berlichen Berlichen und der Berlichen Be	
	a ***
	17. Define the state of the second

*	
tee 2 toe 2 to 2 altain a to	
· · · ·	
rana in the second s	
	二氏の ちゃく のうちょうのう とうりちょう うちをみる
* * * * * * * * * * * * * * * * * *	
te Si e Si di de como de la como d	승규는 승규는 것 같아요. 그는 승규는 소리는 것이가 가 나갔다. 것이 같아.
**************************************	, extra set a s
je produkter se	요즘 집 도 있는 그 그 그 가지 않는 것 같은 것 같
	Hedderdon - Constant States (Constant)
· · · · ·	
	THE ALL STREAM STREAM STREAM
 A. A. A. S. P. Presentation (1997) 	
in the second	
Addition of the second se	
and a stand of stand and a summer	
	hid frankland Addahan -
essen sie een state	
*	

也就是说,这一问题可以转化为在(U,g')所描述的背景场中独立地研究短波的特性。 假设长波波列为一正弦波列 $Z = A\cos(\Lambda x - \Omega t)$,则长波在水平面上产生的背景诱导的速 度场为: $U_1 = A\Omega\cos(\Lambda x - \Omega t)$.其中,A为长波的振幅, Λ 为长波的波数, Ω 为长波的频率.

考虑内波时,水平面上总的背景诱导速度场为 $U=U_1+U_2$.此时短波的解是一个窄谱波列

$$\begin{cases} \zeta(x, t) = a(x, t) \cos[\theta(x, t)], \\ k(x, t) = \frac{\partial \theta}{\partial x}, \quad \overline{\omega}(x, t) = -\frac{\partial \theta}{\partial t}, \\ \overline{\omega}(k, x, t) = \overline{\omega}_0(k) + kU(x, t). \end{cases}$$

由波射线理论,短波的传播将由以下方程控制

$$\begin{cases} \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{\partial\omega}{\partial k}, \\ \frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}t} = -\frac{\partial\omega}{\partial x}, \end{cases}$$

这是一个 Hamiton 系统. 由上式可得:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{\partial \omega_0(k)}{\partial k} + \Omega A \cos(\Lambda x - \Omega t) + U_2(x, t), \\ \frac{dk}{dt} = k\Omega A \Lambda \sin(\Lambda x - \Omega t) + k U'_2(x, t). \end{cases}$$
(2)

当不存在内波时 $U_2 = 0$,将参照系定在长波之上,令 $x' = x - \frac{\Omega}{\Lambda}t$,则式 (2)变为 $\begin{cases} \frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t} = \frac{\partial \omega_0(k)}{\partial k} - \frac{\Omega}{\Lambda} + \Omega A \cos(\Lambda x'),\\ \frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}t} = k\Omega A \Lambda \sin(\Lambda x'). \end{cases}$ (3)

由于在这个 Hamiton 系统中, Hamiton 函数不显含时间t,这样

$$\frac{\partial H(x', k, t)}{\partial t} = 0,$$

因此,

$$H = \overline{\omega}_0(k) - \frac{\Omega}{\Lambda}k + k\Omega A\cos(\Lambda x') = \text{const.}$$

对于深水毛细重力波有:

$$\sqrt{g'k+\gamma k^3}-\frac{\Omega}{\Lambda}k+k\Omega A\cos(\Lambda x')=\mathrm{const.}$$

方程组(2)的平衡点为

$$x' = \frac{n\pi}{\Lambda}, \qquad n = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

$$\frac{g' + 3\gamma k^3}{2\sqrt{g'k + \gamma k^3}} = \begin{cases} (\frac{1}{\Lambda} - A)\Omega, & n = 0, \pm 2, \pm 4, \cdots \\ (\frac{1}{\Lambda} + A)\Omega, & n = \pm 1, \pm 3, \cdots \end{cases}$$
(4)

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

由该系统所描述的物理过程即如图2所示的 Blockage 现象. 有关该部分的分析另文¹⁾发表.

该现象表明这样一个事实,风浪中的短波不是自由波,而是一种载波,或称为骑行波 (这一结论已经被国内外大量专家所证明).在小风速条件下,其分布被限制在长波波前的一 个小范围内.因此,风浪中短波的分布规律应遵从长波的分布规律.同时,实验室实验事实 以及卫星遥感资料都充分表明,虽然按照传统的观点,海面上的风浪是随机的,然而,在空 间一个相当大的范围内,其波面斜率分布是有规律的.因此,此时短波的波面斜率分布也是 有一定规律可循的.

当有内波存在时,一般情况下无法取得适当的 x' = x - f(x)t,可使式 (2) 变为如下形式:

$$\begin{cases} \frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t} = \frac{\partial \omega_0(k)}{\partial k} + F(x') \\ \frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}t} = G(x'). \end{cases}$$

因此,这时每一时刻的等 H 图都在发生改变.此时方程组所描述的动力特性与方程组(3)所描述的动力特性有了本质的差别.

3.2 结果分析

当内波不存在时,整个系统由方程组(3)控制.所呈现的是一组近似定常的图形.当内 波出现时,整个系统的动力特性发生了改变.这种改变造成了整个动力系统的重组.此时原 来局限在长波波前的短波摆脱了束缚,并迅速地分布于整个波面之上.其漫布的范围取决于 内波对表面波影响的范围.

同时,在本文的实验中,内波的出现是突然的(对应于水下运动物体通过实验段),且是 变化的.这就意味着动力系统重组过程也是变化的.并且,由于系统的重组需要有一个过程, 因此,此时动力系统的重组总是不彻底的.其结果是,短波在一个变化的范围内呈现出一种 无序的分布(见图3及图4.).

图1中所看到的两个非常清晰的内波,是由海洋中两个孤立内波引起的^[1].这相当于在原 有的风浪中突然加入了内波的作用.依照上述讨论,其结果是使海面上短波的波面斜率分布 发生了明显的改变.正是因为有了这种明显的改变,才能够利用合成孔径雷达(SAR)并配 合相应的分析软件,从貌似随机的风浪之中分辨出内波.这充分表明,利用本文所描述的方 法,在海上探寻水下运动物体的轨迹是可行的.

对于密度均一的清水,由于处于深水中的物体是缓慢通过实验段的,因此,其产生的扰流在水面上相对于长波的诱导速度是一小量,相当于 U₂(x,t)≈0. 这时整个系统仍然由方程 (3) 所控制.所以,此时观测到的短波波面斜率分布并不发生可被观测到的改变.我们也就 无法根据它来识别是否有物体通过实验段.这与我们的实验观测相符.

由控制方程(1)、(2)可看出,无内波存在时,短波的这种 Blockage 分布只取决于长波的波要素,以及由风所产生的短波.这是一种纯粹的表面波特征,与海水的垂直结构无关.这一点在本次实验中得到了很好的证明.

1) 王 伟, 沈 正. 短波特征的实验及理论解释. 中国科学 (待发表).

正是由于这种无关性,我们在以上所作的各项讨论才正确地反映了短波波面斜率分布及 改变的物理本质.

4 结论

由本文的实验及理论分析可看出,内波通过改变表面的流场,改变了波面上短波的波面 斜率分布.

由于短波波面斜率分布的改变是如此的强烈,因此可十分清楚地根据这种差别识别出水 下运动物体移动的轨迹.

短波分布的 Blockage 现象完全是表面波的一种特性,与海水的垂直结构无关.

参考文献

- 1 Hughes B A, Dawson T W. Joint Canada-U. S. ocean wave investigation project: an overview of the Georgia Strait experiment. J. G. R., 1988, 93(C10): 12 219~12 234
- 2 Phillips O M. The disipersion of short wavelets in the presence of a dominant long wave. J. Fluid. Mech., 1981, 107, 465~485
- 3 Shyu J H, Phillips O M. The blockage of gravity and capillary waves by longer waves and currents. J. Fluid. Mech., 1990, 217, 115~141
- 4 Hughes B A, Grant H L. The effect of internal waves on surface wind waves.
 1. Experimental measurements.
 J. G. R., 1978, 83(C1): 443~465
- 5 Garrett C, Munk W. Internal waves in the ocean. Ann. Rev. Fluid Mech., 1979, (11): 339~369

Distribution of short wind-waves affected by internal wave

Wang Wei¹

 Institute of Physical Oceanography, Laboratory of Physical Oceanography, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003

Abstract— An experimental study of the interaction between short wind-waves and internal wave is reported. It is shown that at low wind speed internal wave excited by moving object in stratified fluid changes the distribution of short wind-waves by changing surface current field. This phenomenon is well explained by a wave-current interaction mode. It implies that the wake of under-water moving object can be distinguished from the changes of the distribution of short wind-waves.

Key words Storm, short wind-wave, internal wave experiment