

用时-频联合分析法处理余流数据

钱世镨

(宁波海洋学校, 宁波)

摘 要

近年来才兴起的时-频联合分析法是分析处理频率随时间而改变的非稳态信号的强有力工具。本文采用这种方法处理了海流观测资料中的余流, 取得了用传统方法得不到的有用结果。

关键词: 余流; 时-频联合分析; 功率谱

通常认为实测海流数据中含有三种成分: 一是由引潮力引起的确定性的潮流; 二是由海面风及海水密度场的变化等非引潮力引起的海水运动(即余流); 三是与湍流随机扰动有关的随机波动。大多数情况下, 前两部分占主导地位, 第三部分视为噪声项。在处理这类资料时, 一般先设法把噪声项滤掉, 然后再分离潮流和余流^[1]。在海洋科研和规划海洋工程时, 余流常是一个要认真考虑的因素。因此, 将余流从实测资料中分离出来已是常规性的工作。

海洋学家们对潮流的分析研究相对而言比较成熟, 而余流则由于形成它的不确定因素、局地因素较多很难对它作确切的描述, 只能结合观测海区的实际情况作具体分析。正因为余流有这样的特点, 时-频联合分析法在分析余流时就有了用武之地。

时-频联合分析法是 90 年代以后才逐步得到广泛应用的一种全新的信号处理方法。它与传统方法的主要区别在于: 它不是把同一个信号分别表述在时域或频域中, 而是将信号表述在由时间、频率和幅度所组成的三维空间中, 因此它特别适合于描述频率随时间而变的非稳态信号^[2]。而余流正是这样一种频率成分不稳定的信号。

笔者不久前在处理一批海流观测资料时, 试着采用这种方法, 取得了用传统方法得不到的结果。

这批资料是用一台进口海流计对所测海区进行长时间连续观测的结果。该仪器能自动记录测点处海流的一系列数值, 包括观测序列号、观测时间、测点海流的东分量、北分量(包括流向、流速)等; 仪器自带的程序还可对观测结果作一些分析处理, 如: 滤去噪声

*本文于 1999 年 10 月收到。

作者简介: 钱世镨 (1944-), 男, 江苏无锡人, 学士学位, 高级讲师。

项, 作潮谱分析等。全部资料包括若干个时间段, 从 1997 年 6 月一直延续到 12 月。下面以一个时间段数据的处理过程为例来说明笔者所做的工作。这一时间段从 7 月 18 日到 9 月 2 日, 每半小时测一次, 共 2200 多组数据。

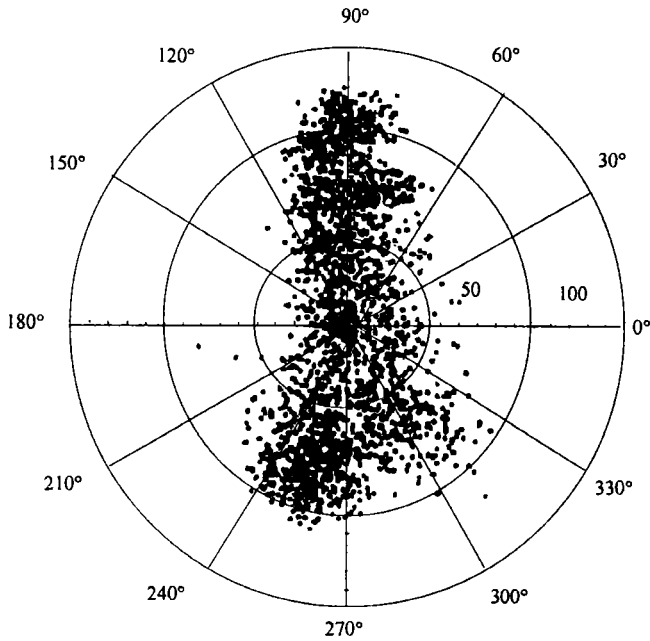


图 1 实测海流散点图

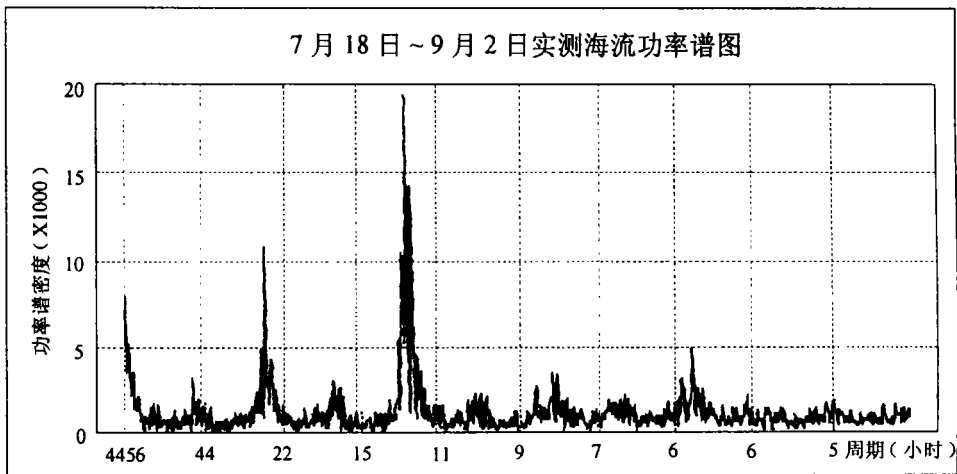


图 2 海流功率谱图

为了对该测点的海流情况有一个直观而形象的总体概念, 首先作出测点海流的散点图, (见图 1)。图中每一点代表一个海流测值。从图中可以看出测点处的海流主要是南北方向的往返流。

第二步对原始数据作频谱分析 (见图 2)。

从图 2 中可以看出测点处海流的两个主要周期分别为 12.5h 和 24.8h, 这正是半日潮和全日潮的周期。除去这两个起主要作用的频率外, 其余的一些频率成分是其它潮波分量或由当地的一些地理因素所产生。结合图 1, 可以确定测点处海流是以半日潮为主的潮流。

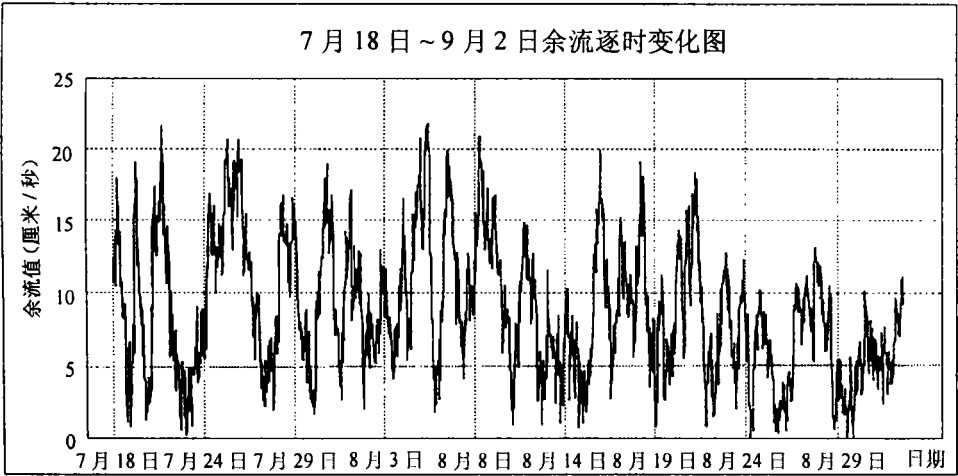


图 3 日平均余流逐时变化图

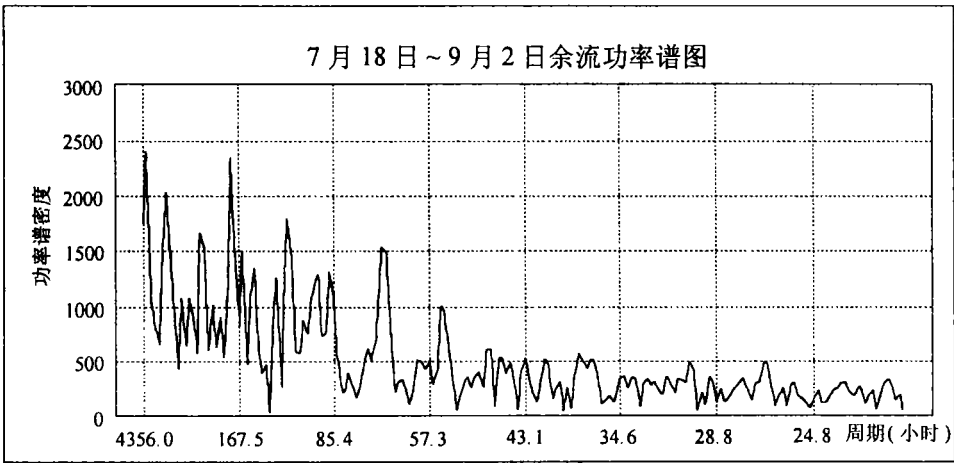


图 4 余流功率谱图

第三步求日平均余流的流向和流速。求余流的方法有很多种,本文采用的是求滑动平均值的方法^[3],这种方法在实际工作中用得较多。

求得的余流流速结果如图3所示。从图3中可以看出日平均余流的最大值达25cm/s,整个时段的平均值也达8.9cm/s,这是一个不小的量值。另外从图3中可以看出测点处的余流量值仍有某些波动性,为了更深入地了解它,再对余流也作频谱分析(见图4)。

图4是整个余流功率谱的一部分,因为随着周期的减小,功率谱密度明显减小,为了突出重点,该图只取了原图中周期大于24h的部分。从图中可以看出余流中的主要成分是周期较长的分量。例如:图中功率谱密度超过1500单位的六个峰值点,对应的周期分别为2178、623、272、181、112和67h(大约相当于90、26、11.3、7.5、4.6和2.8d)。这也说明前面求余流的算法比较合适,原海流中主要潮流成份都已被去掉。余流的流向也已用类似的方法求得,限于篇幅没有列出它的图形。

尽管图4可以显示出组成余流的各主要频率分量,但是各个分量是如何起作用的却无法从该图中看出。因而再对余流作时-频联合分析。图5就是运用时-频联合分析软件处理的结果。

图5中下面的那张小图与图3一样,是余流的波形图。右上方的小图与图4一样是余流的功率谱图(只是横坐标轴是功率谱密度的相对强度,而不是象图4中那样是功率谱密度本身)。图5中间这张,横坐标是时间,纵坐标是周期,它们分别与下面和右面的小图对应;图中的浓度表示功率谱密度的相对强度。因此这是一个由时间、频率(周期)和幅度组成的三维空间^[4]。从这张图中可以清楚地看出每一个周期分量分别是在什么时间发挥较大的作用。例如:周期为181h的那个分量,虽然其功率谱密度的值很大(参见图4),但是它只是在两个较短的时段内发挥作用。从图5中看,大约从观测起始后第64h到第200h和从第728h到792h(约7月21日到7月27日和8月18日到8月20日);而周期为67h的那个分量,发挥作用的时间很长,大约从观测开始后第50h一直持续到第808h(约7月20

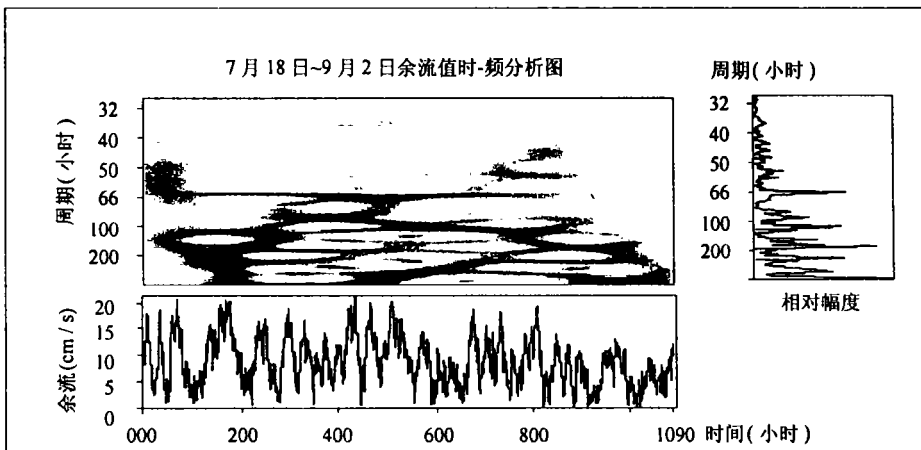


图5 余流的时-频联合分析图

日到 8 月 21 日), 几乎影响到整个观测时段。又如: 在图 4 中功率谱密度最强的周期为 2178h 这个分量, 它也只有两个时间段作用较强: 一个是从第 122h 到 512h (7 月 24 日到 8 月 9 日), 另一段为第 864h 到 1064h (8 月 23 日到 9 月 1 日); 而在其余时段则强度并不大。对其他几个周期成分也可看出类似的结果。

由此可见, 时-频联合分析确实较传统的方法来得先进。传统的分析方法只能得到如图 4 这样的结果, 即求出余流由哪些频率成分组成以及每个频率成分的总强度。而时-频联合分析法, 不仅能做到这一点, 还能在一个三维空间中清楚地显示出, 每一个频率成分每时每刻的强弱程度, 这对于我们深入理解余流的构成, 进而全面考虑它所带来的影响是很有益的。从上例来看, 有些频率分量虽然其强度较强, 但它延续作用的时间并不长。另一些频率成分它的强度不是最大, 但是它作用的时间很长。因此, 如在观测海区搞海洋工程或进行其它科学研究都应适当地同时考虑这两类频率成分的影响, 忽略其中任何一种都可能带来不良后果。

参 考 文 献

- [1] 陈上及, 马继瑞. 海洋数据处理分析方法及其应用. 海洋出版社, 1991, 605.
- [2] 钱世镭, 姜文达. 自然杂志. 1999 (3): 159.
- [3] 陈上及, 马继瑞. 海洋数据处理分析方法及其应用. 海洋出版社, 1991, 76.
- [4] Qian. S. and Chen. D. Joint Time-Frequency Analysis. IEEE Signal Processing., 1999, 16 (2): 52-67.

PROCESSING RESIDUAL FLOW DATA USING JTFA

Qian shirong

(Ningbo Ocean School, Ningbo)

Abstract

The newly emerged JTFA (Joint Time-Frequency Analysis) method is a powerful tool in analyzing time-varying non-stationary signals. In this paper, we applied JTFA techniques to the residual flow data collected from a current meter and obtained valuable results, which could not have been obtained using conventional signal processing methods.

Key words: residual flow; JTFA; power spectrum