

现代盐水楔河口湾底沙推移速度的估算方法*

A ROUGH CALCULATION METHOD FOR MODERN BOTTOM SEDIMENT MOTION IN THE ESEUARY OF SALT WATER WEDGE

程和琴¹ 王宝灿¹ 张先林²

(¹ 华东师范大学河口海岸研究所 上海 200062)

(² 上海地质矿产局 200002)

* 沙波是底床沉积物受到由水流和/或波浪产生的剪切作用起动、变形而成的具有不同形状和大小的底形,其代表了流体——沉积物体系的一个基本的动态特征。但 Kostaschuk, R. A. 等(1989)认为在河口区直接测量沉积物迁移速率、总量和方向极其困难,而底形迁移可被用于估算作滚动、滑动和跳动的底沙推移速率。另外,河口区的沙波规模较大,沙波的迅速迁移及其伴随的大量底沙推移所带来的危害程度更大。因此,开展对河口区沙波运动速率和底沙推移速率的定量研究,将对认识和提高河口区的工程建设的灾害防治和预测能力具有重要的理论指导意义,并将推进盐水楔河口区泥沙沉积地貌动力学的理论研究。

1 河口区推移质底沙搬运速率的估算研究现状

目前国内外对河口区推移质的估算采用的方法有:野外直接测定;利用推移质运移方程进行估算;利用地形地貌的变化进行推算。推移质运移方程是基于水槽实验,所获得的数据可靠性值得考虑。用地形地貌的变化估算底沙推移质搬运速率的方法误差较大。而直接测定一般是通过在底部放置一些标准砂质捕集器来完成。当细砂占优势时,这种测定方法不可靠,其原因是不知道有多少总量的悬浮颗粒被捕获。曾有一种替代方法,即从总的搬运速率中减去悬浮搬运速率。虽然常用于实验研究中,但在现场却存在严重的逻辑上和仪器上的问题,而又不可能满意地解决,且妨碍可靠数据的采集。另一种间接的测定方法是利用潜水测量或回声探测获得底层剖面记录,计算由底形迁移导致的沉积物搬运速率。其假设前提是:由沙纹或沙丘迁移导致的沉积物体积搬运速率 S_c 可以代表推移质搬运速率 S_b 。如果底质是中砂至粗砂,该假设条件与真实条件相符;如果底质是细砂,该假设值得

怀疑,原因是大部分悬浮颗粒可沉降在底形的波谷中,其贡献给了背浪面的堆积作用。另一个值得怀疑的理由是在沙丘的顶点,有一个分裂的紊流区域,使得部分底质由本来沿沙丘背浪面崩落分布的沉积颗粒变成悬浮颗粒。

基于上述, Berg (1987) 检验了前人的另一个假设:一个可靠的推移质搬运速率估算值 g_b 可以利用底形高度 H 和沙波运动速率 c 的资料获得。Kostaschuk (1989) 利用该成果计算了加拿大与美国接壤的 British Columbia Fraser 河盐水楔河口湾中的推移质搬运速率 g_b 。澳洲、美洲和欧洲等大河口区近年来也有研究资料,其底形高度和沙波运动速率均通过声学 and 实测的底形高度的精度相对稳定,而沙波运动速率的精度较差一些,原因是定位误差最小 2 m,相当于或超过观测间隔期间沙波的运动距离。为此,作者在研究中提出:在利用声学获得底形剖面形态及底形高度 H 的基础上,通过平衡域谱分析(Equilibrium Spectrum Analysis)技术获得沙波运动速率 c ,估算由底形运移导致的推移质搬运速率 g_b 。

平衡域谱分析技术在国外曾仅被成功地应用于河流底床沙波的运动速率 c 研究中,国内尚无研究资料。河流沙波的平衡域谱分析获得河流底床沙波的运动速率理论计算公式计算的沙波运动速率与实测的沙波运动速率比较吻合。这是基于对河流沙波形成和运移机制的详细、确切的理论了解,即对沙波形成于单向均匀定常水流和沙波床面高程服从均匀正态分布或边缘分布的假定,而河口区双向波浪作用和单向流作用下都很强,因而河口区底床沙波形成时的水动力条件与上述假定条件有较大差异。所以,本文提出的平衡域谱分析在河口区底沙推移速率研究中的应用,首先建立在对波、流联合作用下的河口沙波形成

* 国家自然科学基金(49571007 号)上海市教育委员会联合资助项目。
收稿日期:1996-07-12

和运移机制了解的基础上。

2 波、流联合作用下河口湾底床沙波形成和运移机制

2.1 波、流联合作用下的河口湾沙波形成和迁移机制

目前地学界对河口区底床沙波的形成和运移机制的理论研究比较弱,无一确定机理可循。目前国内的研究认为河口湾底床沙波由落潮潮流控制^[2]。国外的大部分研究者自 50 年代以来也一直认为由单向落潮潮流控制^[3]。自 60 年代以来,较多的研究者认为底床上的推移质泥沙运移受流体底部剪切应力 τ_0 与底床抗剪应力 τ_b 之间的物理平衡条件控制,且 τ_b 受 τ_0 控制。由于沙波是推移质集体运动的产物,本研究拟从底部剪切应力 τ_0 分析底床沙波的形成和运移机制。底部剪切速度 U 或底部剪切应力 τ_0 是底床沙波形成、运移机制和运动速率的控制因素。因此,对波、流联合作用下的沙波形成和运移时的底部剪切速度 U 或剪切应力 τ_0 的了解,是对河口湾底床沙波形成和运移机制进行理论研究的基础,更是平衡域分析技术应用于河口湾底床沙波运动速率研究的前提或关键。

2.2 波、流联合作用下河口湾底床沙波形成和迁移时的底部剪切速度 τ_0

关于波、流联合作用下河口湾底床沙波形成和运移时的底部剪切速度或剪切应力,目前国内没有研究资料,国外也无报道,本项目拟参照陆架海推移质运移时的底部剪切速度研究资料。这些资料的看法各不相同:Owen 和 Thorn 假定底部剪切速度受波生轨迹运动控制;Bagnold 及其后来人假定底部剪切速度为单向流克服了使砂质颗粒支撑在床面上的波生剪切应力而向前运动的速度;Bijker 建议用波流剪切速度 ($U^* W_c$) 代替单向水流剪切速度;Swart 在 Bijker 的基础上,引用 Jonsson 关于紊流中的波生摩擦系数 (f_w) 校正 $U^* W_c$ 计算公式中的系数 ξ ;Madsen 和 Grant 提议底部剪切应力 τ_0 的计算应通过一个包括了波和流影响的摩擦系数(f_{cw}),和一个由近底流速与波速合成的瞬时速度(U_t),且波和流之间的相互作用是非线性的,并考虑到了波向和流向之间的夹角 ϕ_c 。由于 Grant 和 Madsen 提出的包含了波-流摩擦系数、波向与流向夹角和最大波轨道速度等因子的底部剪切应力 τ_0 比较综合客观地反映了波、流联合作用下河口湾沙波形成和运移时的水动力条件,因而可作为

河口湾沙波形成和运移机制的主要控制因素,其中任一剪切因子的变化都可导致沙波类型和运动速率的变化。

2.3 波、流联合作用下的河口湾沙波运动速率 c

目前国内没有研究资料,国外只有野外直接测定资料,尚无理论研究。本文在上述关于河口湾底床沙波形成和运移时的底部剪切应力 τ 和剪切速度 U^* 的研究基础上,认为可以利用平衡域谱分析,建立沙波时域谱密度函数 $P\eta$ 与底部剪切速度 U^* 、沙波运动速率 c 等之间的函数,获得沙波运动速率理论计算公式,计算各种类型的沙波运动速率 c ,同时计算各自的底沙推移速率 g_b 。

3 利用底形沙波估算底沙推移速率 g_b 的精度

利用底形方法估算的底沙推移速率也有大量的误差来源,如底质组分、底形的形态可能与假定的三角形不同,孔隙率可能随着不同的水力学和沉积条件而改变,推移质流量系数以及沙波迁移可能受到沙波前峰推移质的悬浮作用过程、也可能受到沙波尾部悬浮物质的沉降作用的影响等。

在利用底形高度和运动速率计算推移质搬运速率的计算公式中,有两个重要的参数 β (底形系数) 和 ϵ (孔隙度),关于这两个参数的选择,不同的学者针对不同的研究区有不同的数值。Van den Berg(1987)曾回顾了前人的文献发现大部分研究中的 $\beta = 0.6$ 和 $\epsilon = 0.4$ 。

此外,还需考虑推移质流量系数 k , k 是一个背流面分离涡流效应设立的推移质流量系数,它的值取决于底形的形态,常用 Kostaschuk, R. A. 等(1989)报道的参数 H/L 来表示。显然,该参数与底形系数相似。同时,底形与水流条件的滞后效应在研究精度较高时也会影响 g_b 的估算值。

4 结语

我国河口底沙推移质的定量研究一直比较薄弱,仅到 80 年代末期和 90 年代初期才开始有长江口河床地形变化计算和示踪沙的研究资料。前者没有考虑到波浪作用的影响,后者则由于在底床沙波区域内不灵敏,原因很可能是当示踪沙处于活动的沙波波谷时,被移动的泥沙掩埋,要等到下一个具有足够深度

的波谷到达,掩埋的示踪沙才会重新移动,有时不再重新掀起移动。因此,通过实测沙波研究河口区推移质搬运速率和沙波运动速率,无论在理论上和实际上都具有重要的创新意义和工程实用价值。

主要参考文献

- 1 李樟苏、程和森、曹更新等。海洋工程,1994, **11**(2): 59~67
- 2 Li Jiufa, et al. . *Chiaa Ocean Engineering* 1993, **7**(4): 441 ~ 450
- 3 Berne, S. , et al. . *J. Sedi. Petrol.* ,1993, **63**(5): 780~ 793