

万里海滩话泥沙

——谈港口泥沙淤积研究

李 凡

一、活跃的泥沙 海港的大敌

当我们漫步在海滩上的时候，往往看到岸边的泥沙，在喧闹不休的海浪推动下，不停地蹦跳翻腾。如果你能够游进海中，潜入海底，就会发现，那里的泥沙也在静悄悄的活动。然而，你可曾想到，它们有时候也能够成群结队，朝着一定的方向做长途旅行呢？这就是所谓的“泥沙流”。一个地区的泥沙大量迁徙，而无新的泥沙补充，海浪就会乘虚而入，侵蚀海岸、破坏堤防，造成灾难。这些泥沙如果在某地堆积，又能形成珍贵的沙矿，为人类提供有用的资源，但是，它们若是悄悄地钻进海港、聚集航道，日积月累，就会使航道淤浅；港池堵塞，生机勃勃的海港就会被窒息，陷于一片沉寂。例如，在日本，繁荣一时的矶浜港已经沦为一片海滩，和田港区，因泥沙淤积而成为海水浴场了。新建的港口，如果不事前查清泥沙的踪迹和动向，有时会使大量的人力物力付之东流。由此看来，活泼易动的泥沙确实是海港的大敌。

海岸带的泥沙运动与人类的经济活动有着如此密切的关系，因而，很早就引起了人们的重视。

二、复杂的运动 多途径的研究

海岸带泥沙运动是非常复杂的，有的泥沙长期悬浮于水中，称为“悬移质”，有的则沿着海底滚动或跳动，称为推移质或跃移质。如果就泥沙的运动方向与岸线交角的关系划分，又可分为“横向运动”（垂直于岸线）和纵向运动（平行于岸线，或者与岸线斜交）。在纵向运动中，如果泥沙只在某一海岸地段内左右摆动，称为“沿岸漂沙”；沿一定的方向长距离的搬运者称“泥沙流”。泥沙运动的状况取

决于水动力特征。由于海岸带的水动力条件和地形条件复杂多变，故泥沙运动也变化万千，加上水层覆盖，难于直接观察，所以，因泥沙运动而引起的港口淤积问题，一时便成为难以捉摸的问题了。

人们为了解决淤积问题，经过了长期的摸索、采取过多种方法。早在十九世纪中叶，法国物理学家埃米从水力学观点证明了：当海水水深小于海浪传播的深度时，海浪便能够推动底土移动。十九世纪末至二十世纪初，意大利学者基阿尔基和苏联学者H. 吉霍诺维奇等人，分别用波浪对于底土和海岸作用的原理，解释了港口的淤积问题。第二次世界大战前后，美国、苏联等国家曾组织了全国性海岸调查，结合港口的淤积和防治等问题，对于海岸带泥沙运动进行了大规模的研究工作。二十世纪五十年代以来，越来越多的海洋地质、地貌、海港工程、以及海洋水文等方面的科学工作者，纷纷走入研究泥沙运动和港口淤积问题的行列。许多国际性的学术组织，例如国际海岸工程会议，国际航运会议、国际地理学会等，都扩大或增添了此类讲坛，新技术、新方法如雨后春笋，层出不穷，港口淤积研究揭开了新的一页。

近代港口淤积研究主要包括以下三方面内容：（1）对于泥沙来源、淤积量的估算和预报以及防治淤积的工程措施等问题的研究；（2）泥沙运动的机制等理论问题的研究；（3）海岸带和河口区水动力要素结构的研究。第一个问题直接围绕工程要求，故其研究历史之长、方法之多、比重之大皆居首位。然而，后两个问题乃是深入解决淤积问题的基本途径，因而，也日益获得了广泛的重视。

研究港口淤积的方法是多种多样的，其

中,特别应当提到的是波能法、模型实验和示踪技术的应用等。

波能法主要用于计算淤积量,其前提是认为沿岸输沙率与波能量成正比。根据能量守恒原理,在现场观测和模型实验的基础上,建立起输沙率与波能量之间的经验关系,再用统计波能量的方法进一步估算输沙量。1950年,萨维尔首先通过模型实验,研究了海岸带的输沙方向和输沙率问题。五十年代中叶至六十年代以来,各种波能输沙率公式相继提出,至今已达数十个。近十几年来,有些学者认为,海浪是通过波浪流搬运泥沙的,因而,他们又不断提出了用波流计算输沙率的公式。1971年在巴黎召开的第22届国际航运会议上,法国工程师拉瑞斯指出:“波能法能够很好的估算沿岸输沙量,因而,目前仍是工程实用中最好的方法。”实际上,波能法只是在海岸线较为平直、水下地形比较简单,而且是海浪起主导作用的海岸地段内使用效果较好,而在水下地形复杂、海岸线曲折,特别是有潮流和径流参与的情况下,单纯使用波能法计算会产生很大误差。上述情况说明了波能法的局限性。既然泥沙运动是多种水动力要素共同作用的结果,对于细颗粒的悬移质,尚需考虑化学因素的作用,因此,全面研究水文要素对于泥沙的综合作用逐渐成为当前解决港口淤积问题的重要发展方向。

模型实验是水工研究的基本手段之一,其中,动床模型实验被移植到港口淤积的研究中来已经初露锋芒。1954年,法国多芬水工实验所曾经在模型中复演了塞纳河1863—1953年共90年的演变过程。近十几年来,日本学者通过模型实验并结合现场观测,研究了海浪对泥沙起动的临界深度以及防淤的工程措施;美国学者研究了振动波流条件下泥沙的起动规律、泥沙搬运模式等等。目前,模型实验不但应用于研究淤积和防淤措施的一般过程,而且,广泛用于研究海岸带泥沙运动和水动力结构的理论问题。现在,由于难以预报自然条件改变以后,例如兴建水工建筑物、浚深航道以后的冲淤状况,因此,正如法国工程师M.勃瑞生所

说:模型实验法经过改进之后,将成为预报港口长期变动的唯一方法。

由于海岸带水动力条件和泥沙运动情况极其复杂,模型设计中仍存在不少问题,相似性并不理想。所以,除了不断改进实验技术外,尚需与现场观测密切配合,才能取得较好的效果。

应用示踪法研究泥沙运动已有较长的历史,荧光示踪剂和同位素示踪技术的应用使示踪法面貌一新,它在研究泥沙运动中的地位也日益显著。1950年,苏联有机化学研究所制成一种黄色荧光染料——“流明弗”。染上“流明弗”的砂粒,即所谓的“流明沙”,在紫外光照射下能够发出晶莹明亮的黄光,即使混于百万颗普通的砂粒之中也极易发现。将“流明沙”投放到海底,作为自然砂的代表,然后,通过采集沙样鉴定,借以判断泥沙运动的方向和数量。这种方法于1953年在苏联黑海海岸试验成功之后,至今已被广泛使用,荧光染料的颜色已经从一种发展到多种,并且采用了光电计数装置,减轻了鉴定工作。

几乎是在“流明沙”问世的同时,欧美和日本的学者发明了同位素示踪技术,1954年在日本的苫小牧港首次试验成功。现在广泛使用的是人工同位素示踪法,即是将某一种砂,经过一定的方法处理后使之具有放射性,然后将它投入海底作为自然砂的“代表”,再用专门的测量仪器追踪其扩散的方向和数量,研究其运动规律。同位素示踪法不用从海底采集沙样,因而大大提高了工作效率。目前使用的同位素已有十几种,半衰期从 Za^{140} 的40.2小时,到 Ag^{110} 的253天,可以广泛的做长短各种周期的实验。

上述两种方法各有利弊,大致上得到平行的发展。1971年6月,国际原子能协会会议上广泛讨论了示踪技术在泥沙运动中的应用问题,认为:流明砂和同位素示踪砂,作为一种新技术虽然尚待进一步完善,但是,它们的应用,毕竟使泥沙运动和淤积问题的研究向前推进了一步。目前,应用示踪法研究泥沙运动的方向,以确定港口淤积的沙源,特别是对于粗砂

到细砂（颗粒直径1.0—0.1毫米）粒级的沉积物来说，效果较好。但是，进行淤积量的计算仍在摸索之中。

应用示踪法进行泥沙运动的定量研究，涉及的基本问题是泥沙活动层厚度。这个问题通常是用测量柱状样品中示踪沙的垂直分布解决的，但是，由于工作量太大，而且，其厚度多变，效果不够理想。J.C.英格莱等认为，在没确定海岸带内泥沙颗粒的运动速度、平均粒径和活动层的厚度之间内在的关系之前，不能够准确的确定沉积物的搬运速率。他建议采取另一种途径，即不管颗粒直径和活动层厚度之间的关系，而是先建立起破碎带内流速、波能的沿岸分量，剪应力及与海浪，海流和潮流有关的其他参数之间的经验关系来计算。

应当指出，上述几种方法虽有很大发展，但是，作为研究泥沙运动和港口淤积的基本方法之一——地貌学和岩石学的方法仍然占有相当重要的地位，因为这些方法不但能够简易的判断泥沙的来源、动向，而且它们所获得的资料也往往是进行其它方面研究的基础和补充。

除此之外，尚有航空摄影、潜水观测，兴建原体观测站等方法。近年来，特别是一些自动测量装置，及资源卫星和电子计算机等新技术的应用，为深入研究海岸带泥沙运动和港口淤积问题增添了“新武器”。

近20多年来，淤积研究工作虽然得到了迅速的发展，但是，由于它涉及多种学科，而且，有关学科往往又不能密切配合，甚至某些边缘的问题又被彼此忽略，因而，至今仍没建立起预报淤积量的卓有成效的方法和沿岸带泥沙运动的成熟的理论。

三、因势利导 克敌制胜

尽管海岸带泥沙运动的许多奥妙尚未被揭露，预报淤积量的方法也没成熟，但是，如果能够充分利用当前的技术手段，进行周密的、系统的调查研究，一般的说，还是能够查清泥沙的来龙去脉，估算出淤积量，并在此基础上进行某些减淤和防淤工程措施的。

目前的工程措施中，除了疏浚挖泥以外，尚有在迎“泥沙流”的一端兴建离岸堤、单突堤、双突堤、以及兴建导流堤等（见图1、2）。

对于已经淤积的泥沙，美国斯克雷普斯海洋研究所于1974年提出了一种“敞口式沉沙转移系统”的装置，是根据沙的流体化原理，由一组水力喷射泵将沙转运出去，达到清淤的目的，此种装置可以固定，也可移动。

对于新选港址或设计航道时，如果能够事前掌握那里泥沙运动的规律、水动力要素的特征，因势利导，也能取得事半功倍的效果。

四、奋发图强 迎头赶上

一座座海港象一颗颗明珠，镶嵌在我国绵延万里的海岸线上，闪闪发光。它们担负着发展贸易、传播各国人民友谊的重任。但是，这些港口的大多数都面临着泥沙淤积的威胁。特

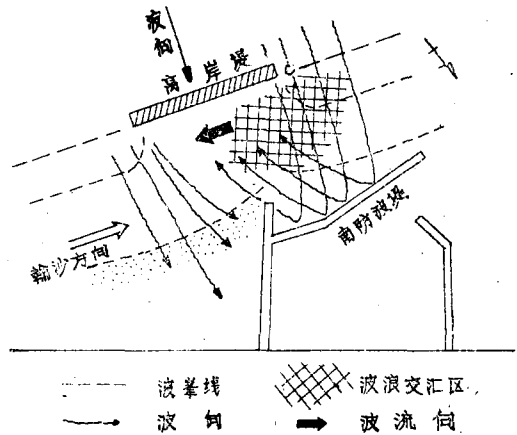


图1 日本节妇港兴建离岸堤拦沙示意图

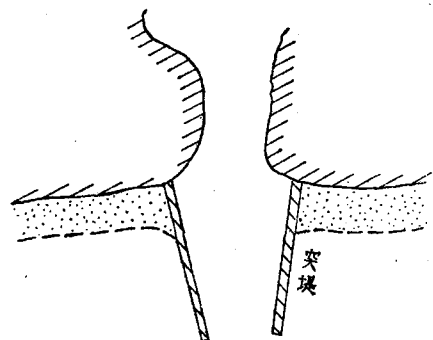


图2 双突堤示意图

别是许多大河口港、具有泥沙多、潮汐大、风浪影响严重和类型复杂等特征。随着我国水运事业的蓬勃发展,港口深水水域面积及船舶吃水深度的不断增加,单纯靠疏浚来解决港口淤积问题,远不能满足当前的需要,因此,淤积问题的研究,已经成为发展港口建设的当务之急。

我国的淤积研究工作始于1958年,在党的总路线光辉照耀下,国内许多兄弟单位,联合开展了塘沽新港泥沙淤积的综合性调查,以后多年,又对新港的泥沙来源、活动规律和各种动力因素等问题进行了广泛深入的研究,为拟定减淤方案提供了丰富的资料,也为研究我国的粉砂淤泥质海岸的港口淤积和泥沙运动理论奠定了基础。自塘沽新港以后,相继对我国一系列大小港口开展了淤积调查,对于粉砂淤泥质海岸、沙质海岸等多种类型的海岸、河口的泥沙运动规律进行了大量的研究,为发展我国的港口事业提供了不少珍贵资料,其中,有些港口经过治理已初见成效。目前,我国从事于港口淤积研究的单位和高等院校已经遍及沿海各省,初步形成了一支具有一定水平的科研队

伍;新的测量仪器,如光电测沙仪、同位素含沙量计、电子测波竿等初步试制成功,电子计算机等新技术逐步引用,研究工作蓬勃发展。但是,从设备的现代化程度和资料分析水平来看,与国际先进水平相比,尚有不小的差距,关于近岸带泥沙运动机制等方面的理论研究开展不多,不少工作停留在调查的阶段上,尚难以满足迅速发展的工程要求。

如上所述,淤积问题是一种复杂的自然现象,目前,国际上尚无成熟的解决办法和理论。如果我们能够加强国内各单位的协作,系统的总结我国20年来的研究成果和经验教训,使地质地貌、水文、工程等方面进行的淤积研究逐步渗透,融成一体,野外观测和模型实验密切配合,同时,大力加强现代化遥测、自记测量系统的研制和泥沙运动基础理论方面的研究,相信,在华主席为首的党中央“抓纲治国”方针的指引下,在本世纪末,一定能够在海岸带泥沙运动和港口淤积研究的“跑道”上,跃入世界先进行列,为发展我国的社会主义建设做出较大的贡献。

~~~~~  
(上接第八页)

沉积物中的孢粉主要由陆上植被供给,风、水流和昆虫等是它们传播时和携带者,它们被携带的距离和它们的特性有很大关系。如比重小、体积小或具有适于介质搬运的器官(如气囊等)在同一条件下就能运得远一些,反之就近。孢粉的这些特点曾被利用来研究古沉积层环境条件的变化。所以孢粉资料在研究沉积环境方面具有一定的参考价值。本文所讨论的花粉组合及特点和环境变化的关系也是很明显的,如第(三)段柱样,草本植物花粉含量极高,种属也较多,在生态上不仅有陆上的,还有水生的,有水边上生长的,也有湿地上生活的(黑三稜科),而且有大量的草本植物残体堆积成层。表明了物质来源主要是附近,甚至是原地的植被,它们所受的搬运并不远。相反,第(二)段柱样的孢粉含量大减,特别是草本植物花粉明显的减少,而松属花粉相对地增多,这是和海侵后海域的扩大有直接关系。因为海域扩大了,草本花粉不易大量进入沉积区,松属花粉则凭借其强的飞翔能力还可不断进入,从而改变了花粉的比例。另一方面,虽然松属花粉飞翔能力很强,但毕竟是搬运距离远了,故花粉总数仍不及第(三)段。再一方面,花粉沉积情况的变化可能是伴随着海侵和海域的扩大,搬运的介质条件也发生了改变,以致落入海中的花粉不能大量进入该处沉积。第(一)段花粉数量复又增多,这和海侵达到高潮之后海域又有所缩小和介质又有利于孢粉沉积是有一定的关系。所以孢粉所反映的环境变化和介形虫等材料是一致的。

总之,由于泥炭层的发现,使我们认识到,渤海在泥炭层沉积之后,曾经发生了一次大规模的海侵(这可能是渤海近期的最后一次海侵),并使渤海海域达到了本次海侵的最大范围,之后,海域又逐渐缩小,形成今日的渤海现状。