



海岸泥沙运动 研究及应用

刘家驹 著

 海洋出版社

交通部西部项目《风暴潮对港口水陆域
及航道安全影响研究(20060328000 03 - 3)》 资助出版

海岸泥沙运动研究及应用

刘家驹 著

海洋出版社

2009年·北京

内 容 简 介

本书共分9章,涉及海岸泥沙运动基础理论、工程应用及海岸泥沙模型试验等多方面内容。可供有关科研、设计单位及高等院校的科研设计人员、教师和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

海岸泥沙运动研究及应用/刘家驹著. —北京:海洋出版社,2009.4

ISBN 978-7-5027-7338-0

I. 海… II. 刘… III. 海岸—泥沙运动—研究 IV. TV148

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 046979 号

责任编辑:白 燕

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

开本:787 mm × 1092 mm 1/16 印张:13

字数:224千字 定价:55.00元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

序

海岸泥沙运动作为一门学科,还是比较年轻的。国际上初见于20世纪40年代,我国稍迟,始于20世纪50年代。初期的研究,多在波浪水槽内进行岸滩平衡剖面试验和泥沙起动试验。随着时代的进步,海运及海港建设事业的发展,海岸、河口整治及综合利用的需要,提出了一系列海岸工程泥沙问题,如浅水海域建深水大港问题;多岛海域建港问题;海峡水域建港问题;河口拦门沙通航整治问题;海岸防护及促淤造陆问题;大型电站的取、排水问题等。这些海岸工程涉及的泥沙问题范围很广,有淤泥质(黏性)泥沙、粉黏质泥沙和沙质泥沙。这些泥沙在波浪和潮流作用下的主要运动型态是悬移质和推移质。其运动结果反映在三个方面:冲刷、淤积和冲淤平衡。不同的海岸工程,要解决的泥沙问题可能不同,但泥沙运动的某些基本规律则需要掌握和共同遵循的。例如,在海岸动力作用下,泥沙起动规律、掀沙输沙规律、沉降落淤和冲刷规律以及在风暴潮条件下泥沙的特殊运动规律等。

为了有效研究和掌握海岸泥沙运动某些规律,需对波浪、潮流这类不稳定流进行时间、空间概化处理,以便与海岸、海滩的冲、淤演变在时、空尺度上匹配。实践表明,这样的概化处理是必要的和恰当的。

在科研为生产服务的原则指导下,利用上述基础研究成果,结合我国海岸工程提出的泥沙问题,建立了淤泥质海岸航道、港池回淤计算方法,已载入我国《海港水文规范》,并派生出顺流航道平衡水深的评估及航道选线等多条原则。近10年来通过研究和实践,已将淤泥

质海岸的航道、港池回淤计算方法拓展到对粉黏质泥沙及沙质泥沙海岸由风暴潮引起的航道骤淤计算。此外,在海岸防护和促淤造陆方面,对丁坝、离岸堤等工程的促淤防冲效果也提出了评估方法,力图推动经验的总结提高。

为了深化研究波浪动力特征,我们选择了波浪紊动专题,对其波浪雷诺数及波浪的紊动耗能问题进行了研究和试验,并提出有别于前人的波浪雷诺数结构式及波浪水体紊动判别标准和波浪紊动耗能计算式,并用于波浪掀沙的垂线分布规律探讨和波浪浅水变形计算中紊动耗能的影响,获得初步成功。

本书最后是海岸工程泥沙模型试验。试验中所涉及的波浪泥沙起动相似问题、波浪和潮流综合作用下的挟沙力相似问题以及风暴潮的挟沙力相似问题等都采用本书提出的相应成果。从引用的三个泥沙模型实例来看,这些规律在模型中的应用是成功的。

由于海岸泥沙运动的复杂性和海岸工程的多样性,本书所涉及的海岸泥沙问题,无论在深度上和广度上都很有限;同时限于作者水平,错误和疏漏之处在所难免,请读者不吝赐教。

本书受交通部西部项目《风暴潮对港口水陆域及航道安全影响研究(2006032800003-3)》资助,并由南京水利科学研究院出版基金资助出版,谨此表示感谢。

2009年3月19日
作者于南京清凉山麓

目 录

第 1 章 海岸泥沙问题导论	(1)
第 1 节 海岸泥沙来源	(1)
第 2 节 海岸泥沙的矿物成分和几何性质	(4)
第 3 节 淤泥质泥沙的沉降特性	(7)
第 4 节 从海岸泥沙运动特性进行泥沙分类	(10)
第 5 节 复杂的海岸泥沙运动和概化处理	(12)
第 6 节 海岸泥沙运动的某些基本问题	(12)
第 2 章 波动水体运动特性	(14)
第 1 节 波动水质点运动速度	(14)
第 2 节 波动水质点运动速度的多种平均值表现形式	(15)
第 3 节 波浪运动的质量输送速度——传质速度	(16)
第 4 节 破波的平均水流速度	(18)
第 5 节 破波沿岸流和裂流	(20)
第 3 章 波浪紊动及紊动能耗和底摩阻能耗	(34)
第 1 节 波浪紊动判别方法回顾	(34)
第 2 节 关于波动水体紊动黏滞系数 A 的研究情况	(36)
第 3 节 波浪紊动的脉动速度和紊动黏滞系数	(38)
第 4 节 波动水体雷诺数	(41)
第 5 节 波浪紊动试验	(41)
第 6 节 波浪的紊动能量损耗	(44)
第 7 节 波浪的底摩阻能量损耗	(45)
第 8 节 底摩阻能耗和紊动耗能对波高衰减的影响	(48)
第 4 章 波浪作用下的泥沙运动	(57)
第 1 节 黏性泥沙在波浪作用下的运动特性	(57)
第 2 节 波浪作用下的泥沙起动	(59)
第 3 节 波浪作用下含沙量垂线分布	(64)
第 4 节 波浪作用下悬移质输沙率	(69)
第 5 节 波浪作用下推移质输沙率	(69)

第6节	关于临底含沙量 S_{00} 的确定	(72)
第7节	沿岸输沙率	(73)
第5章	波浪和潮流的挟沙力含沙量	(79)
第1节	淤泥质泥沙的挟沙力含沙量公式	(79)
第2节	淤泥质泥沙和黏粉质及沙质泥沙挟沙力含沙量统一公式	(82)
第3节	风暴潮的挟沙力含沙量问题	(86)
第4节	挟沙力含沙量场的绘制	(87)
第5节	挟沙力含沙量计算举例	(88)
第6章	海航道的泥沙问题	(91)
第1节	海航道淤积计算	(91)
第2节	海航道选线	(96)
第3节	顺流航道的平衡水深	(97)
第4节	顺流航道的冲、淤历时过程	(98)
第5节	河口航道整治	(100)
第6节	风暴潮情况下外航道骤淤问题	(101)
第7节	不同粒径泥沙对航道淤积的影响	(110)
第7章	海港淤积问题	(111)
第1节	一般海区的港口布置	(111)
第2节	水文、泥沙复杂海域的建港问题	(113)
第3节	开敞式港口港池淤积	(120)
第4节	环抱式港口港池(含多港池)淤积	(122)
第8章	海岸防护与促淤造陆	(126)
第1节	海岸演变实例	(126)
第2节	淤泥质海岸促淤保滩泥沙问题	(128)
第3节	沙质海岸防护工程中的泥沙问题	(135)
第4节	侵蚀性沙质海岸的防护	(140)
第9章	海岸工程泥沙模型试验	(148)
第1节	有关泥沙模型试验中常见的几个问题	(149)
第2节	潮流泥沙模型试验	(152)
第3节	波浪泥沙模型试验	(171)
第4节	波浪和潮流共存的泥沙模型试验	(186)
参考文献		(195)
致谢		(199)

第 1 章 海岸泥沙问题导论

海岸泥沙运动涉及众多海岸工程,如海港、航道淤积,海岸防护,围海造陆,人工岛建设,海岸线规划整治,电站取、排水,水质污染,海底管线铺设以及海滨旅游开发等。这些众多的海岸工程都与泥沙问题有关,而泥沙运动本身也有其基本规律,因此,解决海岸工程泥沙问题,必然涉及海岸泥沙运动的某些基本规律。

海岸泥沙运动,受制于三大要素,即海岸泥沙因素(包括泥沙来源和泥沙组成等),海岸水动力特性(如波浪、潮流等)和海域环境条件(主要指修建海岸工程前、后,海域泥沙运动环境的变化)。由于这三大要素的相互独立性,故海岸泥沙运动是一种复杂的自然现象。本章将分别就有关问题作一般性介绍和讨论。

第 1 节 海岸泥沙来源

海岸泥沙来源主要有:河流入海泥沙、海岸海滩及岛屿侵蚀泥沙以及海洋生物残骸形成的泥沙;在沙漠沿海,风沙也是海岸泥沙的一个重要来源。

1. 河流入海泥沙

众所周知,河流泥沙主要来自陆地土壤侵蚀。全世界土壤侵蚀面积约 2 500 万 km^2 ,其中 $1/4 \sim 1/3$ 的表土层侵蚀严重,每年约有 600 亿 t 表土被冲刷,入海泥沙约 170 亿 t。我国水力侵蚀显著的面积约 150 万 km^2 ,主要集中在长江、黄河、淮河、珠江、海河、松花江和辽河流域,入海泥沙年平均为 19.4 亿 $\text{t}^{[1]}$ 。按大陆海岸线长 18 000 km 计算,每千米岸线平均每年来自河流的入海泥沙约 11 万 t。很明显,距输沙河口近的海岸,入海泥沙要大于距输沙河口远的海岸,这是不言而喻的。因此,河口输沙作为泥沙的来源,按其岸段距河口的远近,可以划分为直接泥沙来源、间接泥沙来源和不受河口输沙影响的海岸段。所谓直接泥沙来源,系指河流入海泥沙在径流、潮流和波浪综合作用下,直接可

以抵达的岸段;也就是说,这里的岸滩演变,直接受河流输沙的影响;在地貌上,河口三角洲范围内的岸段都直接受河流输沙的影响。间接泥沙来源,系指入海泥沙经过沉降和再搬运过程,才能抵达的岸段,这里的岸滩演变,间接受河流入海泥沙的影响,在地貌上系指河口三角洲边缘之外一定距离的岸段。离输沙河口更远的岸段,或因海岸动力系统变化,或受海岸基岩山体阻隔,入海泥沙不可能抵达,这里的岸滩演变不受河流入海泥沙影响。

2. 岸滩及岛屿侵蚀泥沙

在天然情况下,海岸、海滩和岛屿都是在历史的长河中形成的,多数都是处在冲、淤相对平衡稳定状态。也有由于自然条件发生变化或人类干扰,海岸处于侵蚀状态。例如,我国苏北废黄河口海域的岸滩,1855年黄河改道由山东入海后,这里的岸滩即由淤涨转向侵蚀,其侵蚀泥沙就构成其他岸段的泥沙来源。这样的侵蚀泥沙来源,随着时间的推移,将会逐渐减少。这是因为海岸动力与岸滩地貌的相互作用逐渐趋于平衡之故。我国连云港回淤减轻的趋势,除与一些工程措施有关之外,也同废黄河口岸滩侵蚀对这里提供的泥沙来源逐渐减少有关。

3. 海洋生物残骸形成的泥沙

海洋生物残骸形成的泥沙,很少引起人们关注。新中国成立以来,我国的海岸地貌工作者,在渤海湾沿岸和苏北沿岸进行了多次海岸地貌调查,在陆地沿岸发现一条条堆积相当高且与海岸走向基本平行的贝壳堤。这样的贝壳堤除了帮助人们研究历史上海岸水边线位置及其岸线的演变趋势外,同时也告诉人们海洋生物残骸形成的海岸泥沙数量也是很大的。当今我国苏北小丁港海区海岸潮间带的泥沙中,贝壳沙的成分占有相当比例,当地不少农民挖取这里的海沙作为鸡饲料的掺合料。

4. 风沙

我国西北和华北的沙漠黄土高原,风沙天气严重时不见天日,给人民的生产和生产造成重大影响。如果在沙丘密布的沿海地带,当风向指向大海时,风沙就是海岸泥沙的来源之一。关于风沙的吹移距离,可按下列式估算^[2]:

$$L = \frac{40\varepsilon\mu^2w}{\rho_s^2g^2D^4} \quad (1-1)$$

式中: μ ——空气的粘滞系数;

w ——平均风速;

ε ——紊动交换系数,当风力较强时,可取 $10^4 \sim 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$;

ρ_s ——沙粒密度;

D ——粒径;

g ——重力加速度。

该公式表明,风沙的吹移距离与风速成正比,与粒径的4次方成反比。至于沿海沙漠提供给海岸水域多少沙源,则需根据风力、风向分析和沙漠泥沙组成作粗略估计。

以上是对海岸泥沙来源的一般性论述。对于某一段具体海岸,可以按照图1-1所示的泥沙输沙率变化,估算该段海岸的泥沙来源。图1-1中, R 为河流输沙率, B 为风沙供沙率, R_c 为岛屿、海滩产沙率, L 为沿岸输沙率, Q 为横向输沙率。对于某段海岸的海域而言,若总的进沙率与总的出沙率持平,则本段海岸属于平衡稳定(或准稳定)海岸;若总进沙率大于总出沙率,则该段海岸处于淤涨状态;反之,则该段海岸处于侵蚀状态。在实际工作中,上述各项输沙率并不一定同时存在或者都很重要,这时则要通过实际调查研究,探明其起主要作用的输沙因素开展工作,也就是所谓抓主要矛盾。这在海岸泥沙问题研究中是常采用的思维方法。

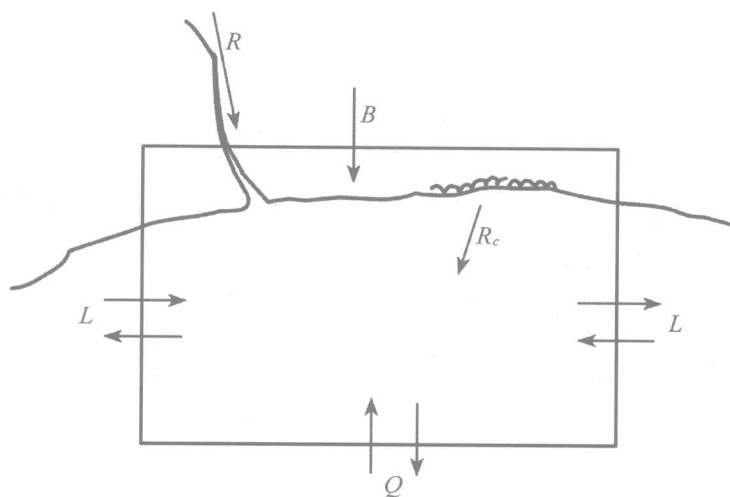


图1-1 海岸输沙率控制边界

第2节 海岸泥沙的矿物成分和几何性质

海岸及河流泥沙是土壤颗粒的群体总称。它们包括泥沙矿物成分、几何形状以及级配分布等。

1. 泥沙矿物成分

泥沙矿物成分,直接与泥沙颗粒密度有关。泥沙常见的矿物成分有9种:长石、石英、辉石、角闪石、云母石、橄榄石、方解石、高岭土及氧化铁。据调查^[2],泥沙的主要成分是石英和长石。例如长江河床泥沙中,石英砂占79%~80%,长石占5%~10%,其他含量较少的重矿物有角闪石、方解石、黑云母、氧化铁及辉石等。所以泥沙是一种大小、形状及矿质不同的颗粒混合体,其平均颗粒密度一般在 $2.60 \sim 2.70 \text{ g/cm}^3$ 之间。泥沙中的重矿物成分虽不多,但通过其在空间和时间上的分布可以判断泥沙流向,在研究泥沙来源时,是一种很好的天然指示剂。顺便提及,粒径大于2 mm的泥沙,矿物成分可能不止一种,而小于2 mm的泥沙颗粒,则多为单一矿体。

2. 泥沙颗粒大小的表示方法

众所周知,单颗粒泥沙的形状是不规则的,描述这种颗粒的大小,一般用泥沙粒径这一名词。泥沙粒径大小的表示方法有如下几种。

(1) 等容粒径:即与泥沙颗粒相同体积的球体直径

$$D_n = \left(\frac{6V}{\pi} \right)^{1/3} = \left(\frac{6W}{\pi\gamma_s} \right)^{1/3} \quad (1-2)$$

式中: V —泥沙颗粒的体积;

W —泥沙颗粒重量;

γ_s —泥沙颗粒容重;

D_n —等容粒径。

(2) 筛分粒径:即泥沙颗粒正好通过正方形筛孔的边长。筛分粒径与等容粒径近似相等。

(3) 沉降粒径:在测量条件相同情况下,与泥沙颗粒沉速相同的球体直径。

(4) 当量粒径:在沉降过程中,黏性细颗粒泥沙出现絮凝时,其絮凝团粒的沉速远比黏性泥沙单颗粒的沉速大。当量粒径就是与絮凝团粒沉速相同的球体直径。

(5) 粒径的 Φ 表示法:这种表示法实际上是以粒径的对数值来分级。它可将粒径范围分散很广的情况(粒径大小相差数千乃至数万倍的情况)予以“浓缩”。这一方法在地质、地理学界应用较广。 Φ 的定义如下:

$$\Phi = -\log_2 D, \quad (D = \frac{1}{2^\Phi})$$

(1-3)

表 1-1 Φ 与 D 的对应关系

$D(\text{mm})$	32	16	8	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{512}$	$\frac{1}{1024}$
Φ	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. 粒径的级配特性

天然泥沙是粒径不同的混合群体。均匀沙群体和混合沙群体以及不同级配的混合沙群体,它们在运动中存在着差异,因此,混合沙群体的级配特征就很重要了。

通过对混合沙的沙样分析,可以获得 ΔP_i 和 D_i 的系列数据。这里的 ΔP_i 是粒径为 D_i 级的重量占沙样总重量的百分数,由此可以绘制出粒径的频率分布曲线(图 1-2)和粒径的累积频率曲线(图 1-3)。

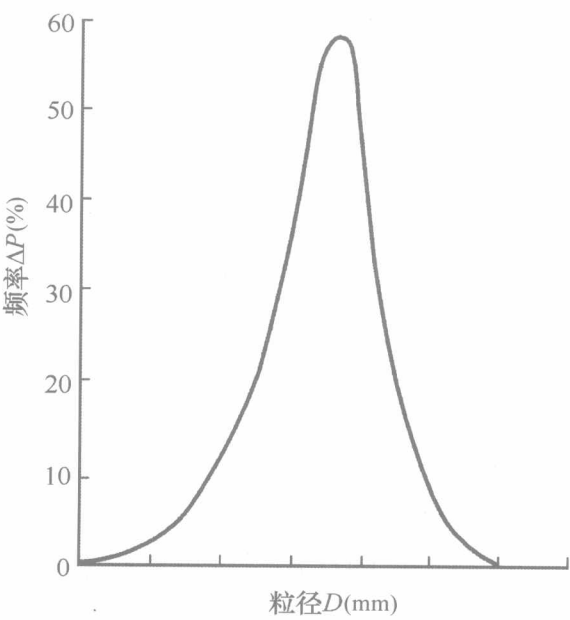


图 1-2 某沙样的粒径频率分布曲线

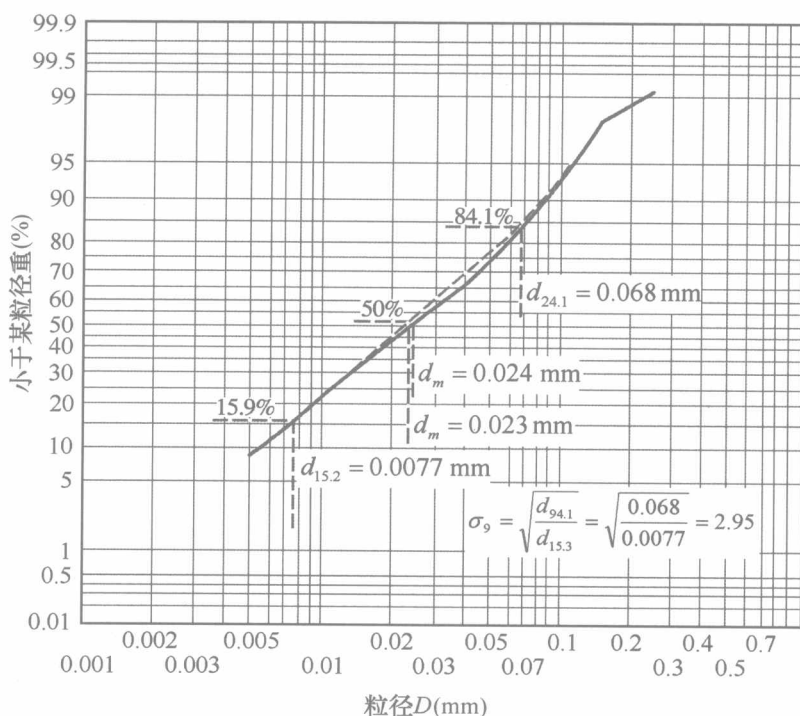


图 1-3 某沙样的对数—或然率累积频率曲线

根据沙样系列资料 ΔP_i 、 D_i 和累积频率曲线(图 1-3),可以求得如下多种特征粒径。

(1) 算术平均粒径:

$$D_m = \frac{\sum \Delta P_i \cdot D_i}{100} \quad (1-4)$$

(2) 几何平均粒径:

$$D_g = (D_1^{\Delta P_1} \cdot D_2^{\Delta P_2} \cdot D_3^{\Delta P_3} \cdots D_n^{\Delta P_n})^{1/100}$$

$$\lg D_g = \frac{\sum \Delta P_i \cdot \lg D_i}{100} \quad (1-5)$$

若沙样的粒径频率分布属于高斯正常分布如图 1-2,则在対数——或然率累积频率曲线图 1-3 上,纵坐标的 0.841(即累积频率 84.1%)和 0.159(累积频率 15.9%)之间可近似连成直线。此时,几何平均粒径 D_g (对应累积频率 50%)可以有:

$$\lg D_g = \frac{1}{2}(\lg D_{15.9} + \lg D_{84.1})$$

故此时几何平均粒径为:

$$D_g = (D_{15.9} \cdot D_{84.1})^{1/2} \quad (1-6)$$

同时, D_g 与 $D_{84.1}$ 或 $D_{15.9}$ 的间距为标准偏差(或标准方差) σ_g , 所以有:

$$2\lg\sigma_g = \lg D_{84.1} - \lg D_{15.9}$$

故此时, σ_g 可以写成:

$$\sigma_g = \left(\frac{D_{84.1}}{D_{15.9}} \right)^{1/2} \quad (1-7)$$

又因, $\lg\sigma_g = \lg D_{84.1} - \lg D_g = \lg D_g - \lg D_{15.9}$

故 σ_g 又可写成:

$$\sigma_g = \frac{D_{84.1}}{D_g} = \frac{D_g}{D_{15.9}} \quad (1-8)$$

(3) 中值粒径 D_{50} 。这是对应用于累积频率为 50% 的粒径。当粒径频率分布符合或接近高斯正态分布时, $D_{50} \approx D_g$ 。通常用 D_{50} 代替 D_g 具有足够精度。在工程中, 多用 D_{50} 或 D_g , 而少用 D_m , 因为 D_m 受极端粒径的影响较大。

第3节 淤泥质泥沙的沉降特性

在含有电解质的水中(自然水中或多或少含有一定的电解质), 常带有负电荷。在它的作用下, 使靠近颗粒表面的水分子牢牢地被吸引并挤压在颗粒的表面周围, 称为胶结水(图 1-4)。土粒与胶结水结合在一起, 不能分离, 具有固体性质。在胶结水的外层为一层胶滞水, 它仍受巨大吸引力作用, 但保持液体状态, 具有较高的黏滞性和抗剪强度, 不能传递静水压力。胶结水和胶滞水构成所谓分子水, 在泥沙界称为薄膜水。薄膜水的厚度与颗粒的矿物成分及水的化学成分有关, 一般最厚可达 0.000 5 ~ 0.002 5 mm。对于粗颗粒泥沙, 薄膜水所占容积远小于泥沙体积, 所以重力作用对泥沙运动起主导作用。而对粒径小于 0.1 mm 的泥沙, 特别是粒径在 0.03 mm 以下的泥沙, 薄膜水的黏滞力将起主导作用。因此, 这种极细泥沙也称黏性泥沙, 它的许多水力特性均不同于粗颗粒泥沙。

1. 淤泥质泥沙的静水沉降特性

淤泥质泥沙静水沉降^{[3]~[7]}的影响因素有如下几种。

(1) 水质影响。这里主要讨论海水水质盐度的影响。水质的盐度主要反

映在对分散体淤泥质泥沙絮凝的影响。在纯净的蒸馏水中,分散体泥沙不出现絮凝现象,随着水质盐度的增大,絮凝逐渐变强,沉速逐渐变大,当水质的盐度增大到一定程度后,絮凝沉速达到最大值。盐度再提高,絮凝沉速趋于常值,见图 1-5。图中曲线表明,含沙量不同,达到这一常值的盐度也略有差异。但当盐度超过 10~15 以后,对絮凝不再有影响了。

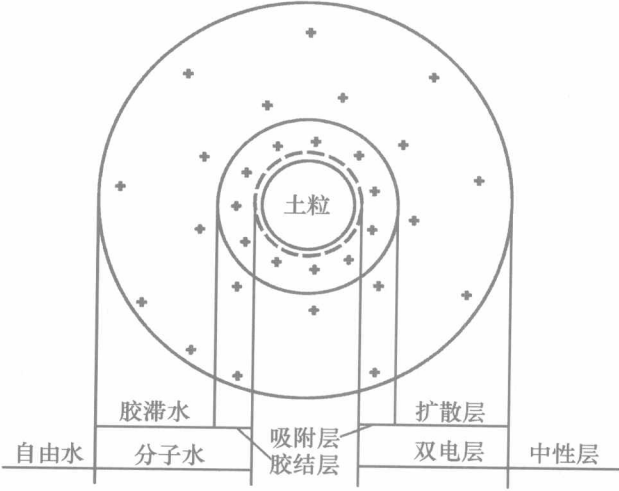


图 1-4 泥沙颗粒水膜结构示意图

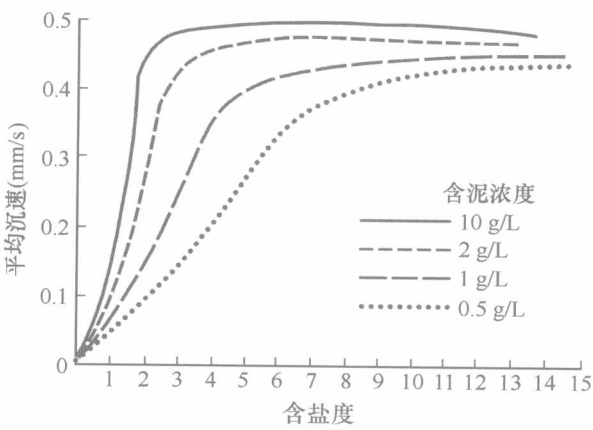


图 1-5 含盐度对沉速的影响

(2) 泥沙粒径的影响。前面已经提到,泥沙愈细,薄膜水的黏滞力愈强,因而絮凝能力也愈强。文献[8]提出絮凝因子概念,用 $F_* = \omega_{f_{50}} / \omega_{D_{50}}$ 表示。这里

称 F_* 为絮凝因子, $\omega_{D_{50}}$ 为分散体泥沙中值粒径沉速, $\omega_{f_{50}}$ 为絮凝团当量中值粒径的沉速。后来文献[7]沿着这一思路, 结合我国 5 个不同海区的试验结果, 绘制了图 1-6。絮凝因子可以写成下式:

$$F_* = \omega_{f_{50}} / \omega_{D_{50}} = 7.25 \times 10^{-4} D_{50}^{-2} \quad (1-9)$$

式中:

D_{50} ——分散体中值粒径, 以 mm 计。

式(1-9)表明, 当 $F_* = 1$ 时, 即 $D_{50} = 0.027$ mm 时, 絮凝团的当量沉速与分散体 $D_{50} = 0.027$ mm 沉速相同。也就是说分散体粒径不小于 0.027 mm 时, 絮凝就不再发生。这与文献[8]提出的分散体粒径不小于 0.03 mm 时絮凝不再显著的结论是一致的。因此, 可以认为在海水中不管分散体的粒径比 0.027 ~ 0.03 mm 小多少, 其絮凝当量粒径可以定为 0.027 ~ 0.03 mm。也就是说, 分散体粒径小于 0.027 ~ 0.03 mm 的泥沙, 在海水中的沉速, 均可以按絮凝当量粒径 0.027 ~ 0.03 mm 的沉速计。

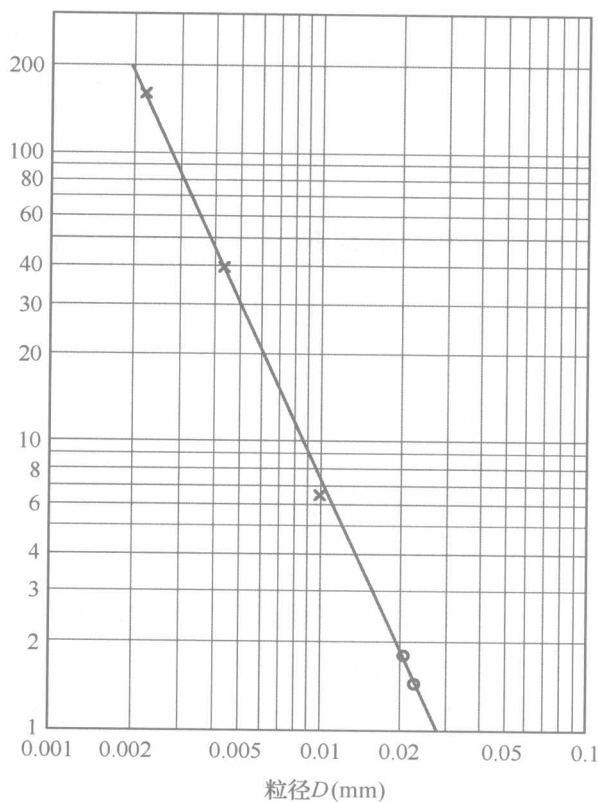


图 1-6 絮凝因子与粒径的关系

(3)含沙量的影响。图 1-5 的试验曲线簇也能部分说明含沙量对絮凝沉速的影响。在盐度不变情况下,含沙量小于 15 kg/m^3 时,絮凝沉速随含沙量的增加而增大。含沙量大于 15 kg/m^3 以后,试验筒内很快出现清水和浑水的交界面。这时泥沙的絮凝沉降由浑水交界面的均匀下降来体现,经过一段时间的均匀沉降后,量筒内的泥体即进入密实排水过程,并向一般海底表层淤泥的稳定容重过渡。对于高含沙量泥沙沉降出现的这些现象,文献[3]认为水温的影响并不明显。

2. 淤泥质泥沙在动水中的絮凝沉降问题

动水中的絮凝沉降比静水情况更为复杂。这时泥沙的絮凝沉降可从两方面去看:一是分散颗粒要有相互碰撞的机会;二是颗粒碰撞后能凝聚在一起。在动水中,水流的流速梯度可以制造颗粒的碰撞机会,从而加速颗粒的絮凝。也就是说,一定的流速梯度是有利于加速黏性细颗粒泥沙絮凝的。自来水厂在净水过程中,在加入絮凝剂之后,还要保持一定流速梯度的水流,使之加速絮凝就是工程界利用动水加速沉降的例子。但水流紊动增强,流速梯度引起的流体剪力,则又可能撕裂絮凝体,而减小泥沙的絮凝沉速。这一点也为文献[9]在现场通过大、小潮对絮凝沉速影响的试验所证实。当前,海岸工程中采用的絮凝沉速,为静水絮凝沉速,在动水中应用是近似的。

3. 海底表层淤泥质泥沙的稳定容重

沉降在海底表层的淤泥,在沉降初期,泥体的容重是很低的;经过较长时间的密实排水过程,其容重才能基本稳定下来。连云港的现场观测^[10]表明,其稳定容重基本在 $1.35 \sim 1.40 \text{ kg/m}^3$ 范围。除去样品中的含水量,称为干容重。

第 4 节 从海岸泥沙运动特性进行泥沙分类

上面专门讨论了淤泥质泥沙在海水条件下的絮凝沉降特性,其主要结论是,不管分散体的粒径如何小,它们均以絮凝团状沉降,其沉速与其当量粒径 0.03 mm 的沉速相当。粒径大于 0.03 mm 以后,絮凝作用不再明显^[2]。这是黏性细颗粒泥沙的重要运动特性之一。

所谓淤泥质泥沙,由于其颗粒极细,颗粒间的黏结力对运动起主导作用;颗粒越细,黏结力越大,相对而言其自身重力作用显得较弱。随着粒径的增大,颗