

· 综 合 ·



淤泥质-粉沙质海岸分类标准深入研究*

刘 红¹, 马兴华¹, 袁文昊¹, 刘春嵘², 方利鹤³

(1. 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120;

2. 厦门理工学院 土木工程与建筑学院, 福建 厦门 361024;

3. 连云港港 30 万吨级航道建设指挥部, 江苏 连云港 222042)

摘要: 为进一步优化淤泥质-粉沙质海岸分类标准, 依托连云港港 30 万吨级航道, 开展黏粒含量 10%~30% 的泥沙沉降固结试验。结合历史数据与现场观测资料, 系统论证海岸性质分类标准的中值粒径、黏粒含量、塑性指数等 3 大关键参数的分界阈值取值原则和方法, 优化完善淤泥质-粉沙质海岸分类标准。结果表明, 中值粒径 ≤ 0.03 mm、黏粒含量 $\geq 25\%$ 、塑性指数 >17 的海岸为淤泥质海岸; 中值粒径 $>0.03\sim 0.06$ mm、黏粒含量 $15\%\sim <25\%$ 、塑性指数 $>10\sim 17$ 的海岸为淤泥质与粉沙质过渡区海岸; 中值粒径 $>0.06\sim 0.10$ mm、黏粒含量 $<15\%$ 、塑性指数 ≤ 10 的海岸为粉沙质海岸; 中值粒径 >0.10 mm、黏粒含量几乎为 0% 的海岸为沙质海岸。

关键词: 淤泥质海岸; 粉沙质海岸; 淤泥质与粉沙质过渡区海岸; 海岸性质; 分类标准; 黏粒含量; 水力特性

中图分类号: U612.23; U652.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)12-0001-09

In-depth research on classification criteria for muddy and silty coasts

LIU Hong¹, MA Xinghua¹, YUAN Wenhao¹, LIU Chunrong², FANG Lihe³

1. CCCC Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China

2. Faculty of Civil Engineering & Architecture Xiamen University of Technology Xiamen 361024 China

3. 300,000-ton Waterway Construction Headquarters of Lianyungang Port, Lianyungang 222042, China

Abstract To further refine the classification criteria for muddy-silty coasts we conduct the sedimentation-consolidation experiments on sediments with clay contents ranging from 10% to 30% on the basis of the projects of the 300 000-ton channel of Lianyungang Port. By integrating historical data with field observations we systematically refine the methodological principle and methodologies for determining critical thresholds of three critical parameters in coastal classification criteria including specifically median grain size clay content and plasticity index and optimize and improve the classification criteria for silt-sandy coasts. The results show that the coasts with median diameter less than or equal to 0.03 mm clay content greater than or equal to 25% and plasticity index greater than 17 are defined as the muddy coasts. The coasts with median diameter between 0.03 mm not included and 0.06 mm clay content between 15% and 25% not included and plasticity index between 10 not included and 17 are defined as transitional between muddy and silty coasts. The coasts with median diameter between 0.06 mm not included and 0.10 mm clay content less than 15% and plasticity index less than or equal to 10 are defined as the silty coasts. The coasts with median diameter greater than 0.10 mm and clay content nearly 0% are defined as the sandy coast.

Keywords: muddy coast; silty coast; transitional between muddy and silty coast; coastal property; classification criteria; clay content; hydraulic characteristics

收稿日期: 2025-03-20 录用日期: 2025-04-30

*基金项目: 交通强国建设试点项目(ZJJTQG-RW1-3)

作者简介: 刘红(1978—), 男, 博士, 正高级工程师, 从事河口海岸水动力和工程泥沙研究工作。

海岸性质分类标准是海岸地貌学的重要研究内容,对海岸带管理与保护的理论研究和实践应用具有重要价值。JTJ 213—1987《港口工程技术规范》^[1]将中值粒径 $D_{50} < 0.05 \text{ mm}$ 的海岸定义为淤泥质海岸, $D_{50} > 0.05 \text{ mm}$ 的海岸定义为沙质海岸;陈吉余等^[2]从海岸发育过程和海岸地貌学角度将我国的海岸类型概括为平原海岸、山地丘陵海岸和生物海岸 3 大类 7 个亚类;严恺等^[3]从海岸形态和成因角度将海岸分为基岩海岸、砂(砾)质海岸、淤泥质海岸、生物海岸;JTJ 213—1998《海港水文规范》^[4]将 $D_{50} < 0.03 \text{ mm}$ 的海岸定义为淤泥质海岸,将 $D_{50} > 0.10 \text{ mm}$ 的海岸定义为沙质海岸,中间存在一个空白区。

20 世纪 90 年代黄骅港航道开挖后出现了骤淤现象,一种不同于淤泥质和沙质海岸的海岸类型引起了港口、航道工程界的关注,传统的以中值粒径作为单一指标的海岸性质分类标准有待改进和完善。曹祖德^[5]在粉沙运动特性研究基础上提出将 $0.031 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0.125 \text{ mm}$ 的泥沙定义为粉沙质海岸;季则舟^[6]从海岸工程泥沙运动角度,提出将粉沙质海岸泥沙的中值粒径界定为 $0.03 \sim 0.10 \text{ mm}$;杨华^[7]指出采用泥沙中值粒径划分海岸性质存在一定不足,应将含泥量作为划分淤泥质与粉沙质海岸的重要指标。

连云港港徐圩港区航道邻近灌河口沙嘴,处于淤泥质海岸和粉沙质海岸的过渡地段,泥沙颗粒较粗、活动性较强,业界对灌河口沙嘴的稳定性及对徐圩航道回淤的影响存在一定的争议和疑虑。连云港港 30 万吨级航道研究和设计阶段,针对海岸性质分类标准开展了两个阶段的研究工作:第 1 阶段开展徐圩海域海岸性质分类标准的研究^[8],根据徐圩海域泥沙级配特征和水力特性,提出黏性是影响泥沙水力特性的重要因素,泥沙水力特性是决定海岸性质的主要因素,提出海岸性质的直接和间接、定性和定量判别指标,形成了淤泥质和粉沙质海岸分类标准。JTS 145-2—2013《海港水文规范》^[9]明确 $0.03 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0.10 \text{ mm}$ 、黏粒含量 $< 25\%$ 为粉沙质海岸, $D_{50} < 0.03 \text{ mm}$ 、

黏粒含量 $\geq 25\%$ 为淤泥质海岸。第 2 阶段基于国家高技术研究发展计划(863 计划)项目^[10]开展黏粒含量 $15\% \sim 25\%$ 的泥沙水力特性试验,引入黏粒含量作为间接、量化指标开展淤泥质和粉沙质海岸分类标准深化研究,形成了较为完善的淤泥质海岸、淤泥质和粉沙质过渡区海岸、粉沙质海岸、沙质海岸等海岸性质分类标准^[11]。实践表明,徐圩港区航道沿线属于淤泥质海岸、灌河口沙嘴为粉沙质海岸、徐圩航道与灌河口沙嘴之间为淤泥质和粉沙质过渡区海岸,灌河口沙嘴对徐圩航道回淤的影响有限,为连云港港 30 万吨级航道工程解决了海岸性质和航道稳定性的关键技术问题。

海岸性质与泥沙中值粒径和级配均有关,粒径小于 0.063 mm 的泥沙表现出一定的黏性,国外工程界一般将 0.063 mm 作为沙和泥的分界。从工程应用角度分析,粒径小于 0.063 mm 的泥沙黏性差异巨大,泥沙水力特性不同,粒径 $0.03 \sim 0.06 \text{ mm}$ 的泥沙黏粒含量低,泥沙中粗颗粒尚未表现出明显的絮凝特征,呈现散体泥沙沉降特征,沉降速度远大于黏性细颗粒泥沙,粒径小于 0.03 mm 的泥沙则表现出显著的黏性并以絮团形式沉降。

受研究条件的限制,第 2 阶段研究成果缺少黏粒含量 10% 和 30% 的泥沙水力特性试验成果,黏粒含量 15% 、 20% 、 25% 的泥沙样采用筛分后的淤泥样和粉沙样混合配制而成,仅关注了黏粒含量对泥沙水力特性的影响,未考虑自然界泥沙样品中黏粒和粉粒的配比关系,也未考虑泥沙级配特征对泥沙水力特性的影响,因而第 2 阶段的海岸性质分类标准尚不够系统。为进一步完善淤泥质-粉沙质海岸分类标准,在国家 863 计划项目的基础上,组织开展淤泥质-粉沙质海岸分类标准第 3 阶段研究^[12]。本文研究成果不仅对完善海岸性质分类标准理论和规范具有重要的理论意义,而且对于指导淤泥质、粉沙质、过渡区海岸港口航道工程开发建设具有重要的实践意义,为港口与航道工程决策提供科学指导和技术支撑。

1 泥沙水力特性试验研究

根据连云港港徐圩港区海域和南通吕四港海域已有大范围底质成果, 选取海床底质中黏粒含量在 10%~30% 的站点进行取样, 每个样品质量不少于 60 kg, 随机采集 3 个颗粒分析样品, 对样品进行有机质、分散等预处理后, 采用激光粒度仪开展泥沙颗粒分析, 并开展土工试验。根据粒度分析成果在采集的样品中挑选黏粒含量接近 15%、20%、25%、30% 的 6 个样品, 由于现场未采集到黏粒含量 10% 的泥沙样品, 采用吕四港海域 N1 和 N4 两个自然样品直接混合成 N1 混合样, 颗分曲线见图 1。上述 7 个样品采用浓度 25‰ 的盐水配制成密度 $1\,050\text{ kg/m}^3$ 的泥浆, 利用直径 0.15~0.20 m、高度 5 m 的沉降筒开展静水条件下泥沙水力特性试验研究, 分析泥沙的沉降和固结特性, 试验结束后, 对沉降筒内的泥沙按照 5 cm 间距采

样, 开展泥沙颗粒分析。

泥沙水力特性试验初期, 沉降筒中上段泥沙快速沉降, 沉降筒底部发生缓慢固结, 清浑水界面下降过程中存在下降速率明显减小的“拐点”, “拐点”标志着泥沙由沉降阶段转为完全固结阶段, 固结阶段清浑水界面变化十分缓慢。试验结果见图 2。可以看出, 泥沙中值粒径越大、黏粒含量越低, 清浑水界面的高度在沉降阶段下降越快, “拐点”出现时间越早。N1 混合样(中值粒径 0.063 mm, 黏粒含量 10%)在试验开始后的 4.58 h 内清浑水界面高度由 5 m 下降至 0.43 m, 此后转为固结阶段, 清浑水界面高度变化较小, 直至趋于稳定。N8 样品(中值粒径 0.014 mm, 黏粒含量 28%)在试验开始后 35.65 h 清浑水界面高度由 5 m 下降至 1.037 m, 此后仍存在缓慢沉降的过程; 其余样品的清浑水界面下降幅度以及“拐点”出现时间介于这两个样品之间。

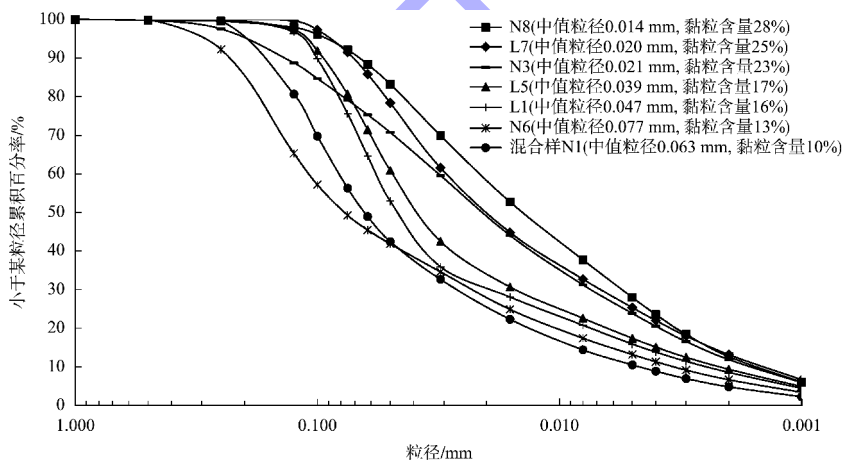


图 1 泥沙样品的颗分曲线

Fig. 1 Grain size distribution curve of sediment samples

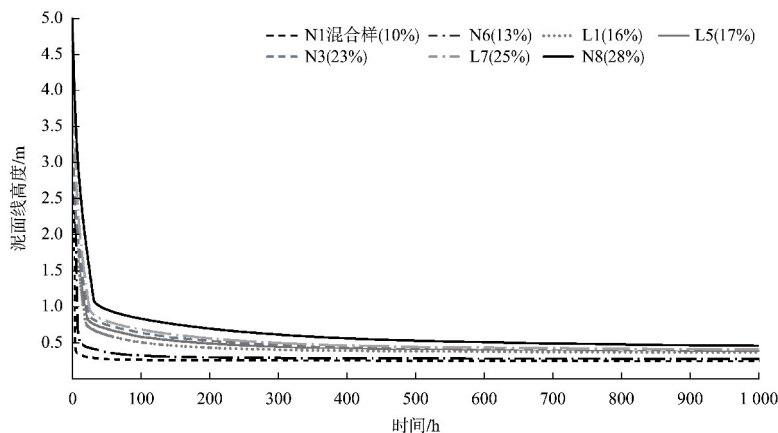


图 2 各组泥沙样品水沙交界面高度历时曲线

Fig. 2 Time series curve of water-sediment interface height of sediment samples

泥沙水力特性试验的泥浆初始密度 ρ_0 为 $1\,050\text{ kg/m}^3$, 快速沉降阶段泥浆平均密度增加速度较快, 随后泥浆平均密度的增加越来越缓慢并出现“拐点”。泥沙中值粒径越大、黏粒含量越

低, 泥沙密度“拐点”出现的时间越早, “拐点”处的密度也越大; 中值粒径越小、密度粒含量越高的样品, 密度“拐点”出现时间越长, 见图 3、表 1。

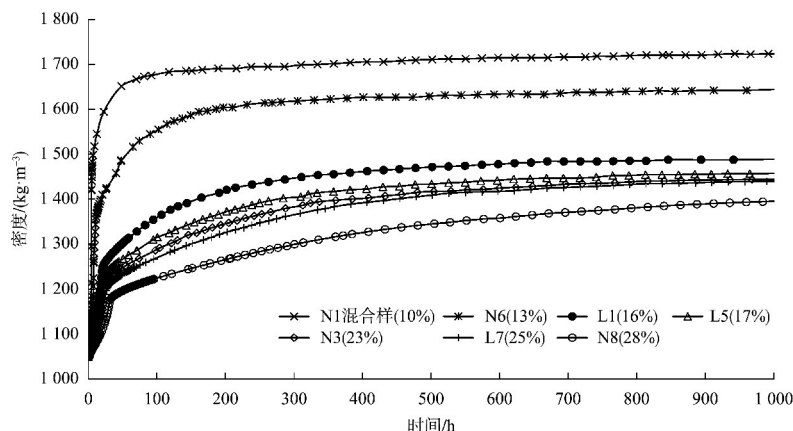


图 3 各组泥沙样品密度随时间变化过程曲线

Fig. 3 Temporal variation curve of density of sediment samples

表 1 各组泥沙样品物理特性和沉降固结特性

Tab. 1 Physical properties and settlement-consolidation characteristics of sediment samples

泥沙样品	中值粒径/ mm	黏粒 含量/%	液限 w_L	塑限 w_p	塑性 指数 I_p	液性 指数 I_L	“拐点”出现 时间/h	“拐点”出现时 密度/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	样品来源
N8	0.014	28	41.2	25.1	16.1	2.02	31.7	1 176	南通吕四港海域
L7	0.021	25	40.7	23.8	16.9	1.33	26.6	1 201	连云港港徐圩港区海域
N3	0.021	23	39.7	24.2	15.5	1.38	25.0	1 216	南通吕四港海域
L5	0.039	17	33.2	19.6	13.6	1.01	22.7	1 227	连云港港徐圩港区海域
L1	0.047	16	33.1	19.7	13.4	1.01	20.8	1 249	连云港港徐圩港区海域
N6	0.077	13	28.6	19.1	9.5	1.28	11.0	1 355	南通吕四港海域
N1 混合样	0.063	10	28.7	20.0	8.7	—	4.6	1 422	南通吕四港海域

当泥沙的黏粒含量低于 15% 时, 泥沙样品分选沉降最显著, 密实时间短, 表现为粉沙质或沙质泥沙沉降特性; 黏粒含量大于或等于 25%, 密实时间长, 表现为淤泥质泥沙沉降特性; 黏粒含量介于 15%~25% 时, 泥沙沉降和固结特性处于粉沙质向淤泥质的过渡阶段。

沉降试验后分层泥沙中值粒径和密度变化分析表明, 中值粒径大、黏粒含量低的泥沙主要以单颗粒形式首先沉入沉降筒底部, 随后颗粒相对较小的泥沙依次沉降, 因此, 沉降筒内的泥沙表现出明显的分选沉降特征。沉降筒内固结后的泥

沙中值粒径和密度均由表层向底层逐渐增加, 黏粒含量则由表层向底层逐渐减小; 初始样品的中值粒径越大, 固结后的泥沙高度越小, 密度随深度变化的梯度越大, 见表 2、图 4。黏粒含量为 28% 的 N8 样品平均密度达到 $1\,250\text{ kg/m}^3$ 所需的时间为 159 h (约 7 d), 平均密度达到 $1\,400\text{ kg/m}^3$ 所需的时间为 1 260 h (约 52 d); 颗粒粗且黏粒含量较低的 N1 混合样和 N6 样品平均密度达到 $1\,250\text{ kg/m}^3$ 所需的时间仅 4.3 和 7.6 h, 平均密度达到 $1\,400\text{ kg/m}^3$ 所需的时间仅 4.4 和 18.4 h。

表 2 泥样达到某一平均密度所需的时间
Tab. 2 Time required for specified average density of sediment samples

泥沙 样品	泥样达到某一平均密度所需要的时间/h						
	1 100 kg/m ³	1 150 kg/m ³	1 200 kg/m ³	1 250 kg/m ³	1 300 kg/m ³	1 350 kg/m ³	1 400 kg/m ³
N8	17. 6	28. 2	54. 5	159. 1	300. 6	534. 0	1 260. 2
L7	10. 8	20. 2	26. 3	70. 6	148. 5	257. 3	447. 1
N3	7. 5	17. 2	22. 8	51. 9	117. 1	210. 3	380. 6
L5	7. 9	15. 1	20. 3	34. 6	84. 1	156. 6	276. 4
L1	8. 6	12. 2	17. 0	21. 1	48. 5	90. 0	158. 5
N6	5. 2	6. 6	7. 2	7. 6	9. 1	10. 7	18. 4
N1 混合样	3. 1	3. 8	4. 2	4. 3	4. 4	4. 4	4. 4

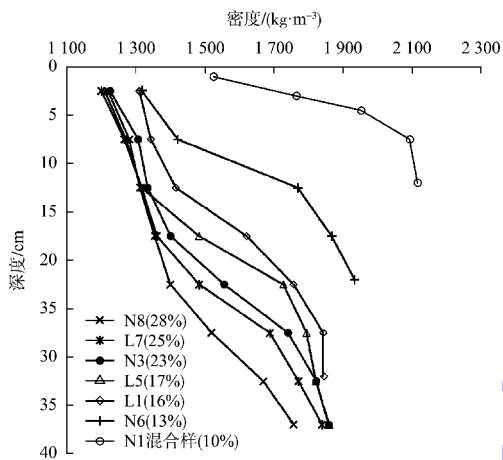


图 4 各组泥沙样品分层密度变化
Fig. 4 Variation of layered density of sediment samples

2 淤泥质-粉沙质海岸分类标准

海岸性质分类第 2 阶段的研究过程中, 提出中值粒径大于 0.10 mm、黏粒含量几乎等于 0% 的海岸属于沙质海岸; 中值粒径介于 0.03~0.10 mm、黏粒含量小于 10% 的海岸属于粉沙质海岸; 中值粒径小于 0.03 mm、黏粒含量大于或等于 25% 的海岸属于淤泥质海岸, 黏粒含量介于 10%~25% 的海岸定名为淤泥质与粉沙质过渡区海岸。中值粒径小于 0.03 mm、黏粒含量小于 10% 的海岸, 由于缺乏试验研究数据, 根据黏粒含量推断应为粉沙质海岸。上述研究对淤泥质-粉沙质海岸的中值粒径、黏粒含量、间接及定性指标尚未有详细的界定和说明。

基于黏粒含量 10%~30% 的泥沙水力特性试验成果, 收集了连云港港及临近海域已有泥沙水力特性试验数据, 系统论证淤泥质海岸、淤泥质与粉沙质过渡区海岸、粉沙质海岸的定量指标, 优

化完善淤泥质-粉沙质海岸分类标准。

2.1 中值粒径分界值

根据已有泥沙水力特性数据和第 2 阶段海岸性质分类结果, 泥沙中值粒径和黏粒含量有一定的对应关系, 见图 5。可以看出, 淤泥质海岸泥沙中值粒径一般小于 0.03 mm, 黏粒含量一般大于 25%; 淤泥质与粉沙质过渡区海岸泥沙中值粒径在 0.03~0.06 mm, 黏粒含量一般在 15%~25%; 粉沙质海岸泥沙中值粒径大于 0.06 mm, 黏粒含量一般小于 15%。

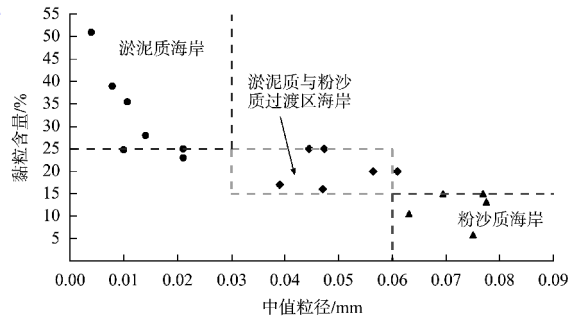


图 5 连云港港徐圩海域和南通吕四港海域
泥沙中值粒径与黏粒含量的关系
Fig. 5 Relationship between median grain size and
clay content at Xuwei sea area in Lianyungang Port and
Lüsi Port sea area in Nantong

收集的连云港港海域 630 个海床底质样品、吕四港海域 275 个海床底质样品的分析结果见图 6。可以看出, 自然底质样品的中值粒径与黏粒含量存在某种函数关系, 与前述水力特性试验样品中值粒径与黏粒含量之间的关系基本一致。因此, 可以通过中值粒径和黏粒含量的对应关系确定中值粒径的分界值, 进一步深化海岸性质分类标准。

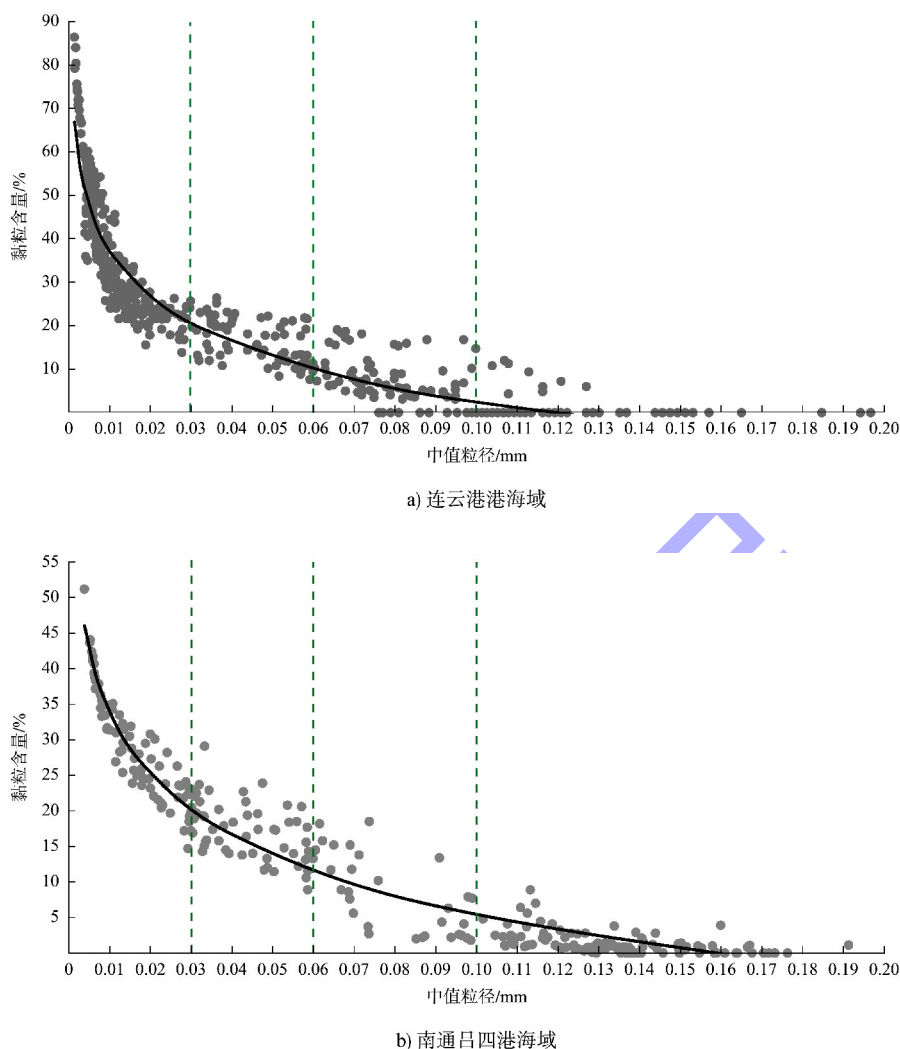


图6 海床底质中值粒径与黏粒含量的关系

Fig. 6 Relationship between median grain size and clay content of seabed substrate

考虑到 0.03 mm 是黏性泥沙与非黏性泥沙的分界粒径,也是泥沙发生絮凝的临界粒径,因此,淤泥质海岸和淤泥质与粉沙质过渡区海岸的分界粒径取 0.03 mm。0.06 mm 是美国地球物理学会泥沙分类标准中细沙和粗粉沙的分界粒径,淤泥质与粉沙质过渡区海岸和粉沙质海岸的分界粒径宜取 0.06 mm。沿用 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》^[13] 已有成果,粉沙质海岸与沙质海岸的分界粒径取 0.1 mm。

2.2 黏粒含量分界值

根据泥沙颗粒间吸附性质的差异,理论上一般以中值粒径 0.063 mm 为界限,将粒径大于 0.063 mm 的界定为无黏性沙,而将粒径小于

0.063 mm 的界定为黏性沙,也称为泥。当泥沙中黏性细颗粒物含量较高时,泥沙整体体现淤泥质泥沙特性,泥沙运动形式以悬移质运动为主;当泥沙中黏性细颗粒物含量较低时,整体体现散体泥沙特性,泥沙运动形式既有悬移质运动又有推移质运动^[14]。粉沙质海岸泥沙活跃,易悬易沉,泥沙运动形式为悬移质和推移质共存,且易发生骤淤。

连云港和吕四港海域自然泥样水力特性试验结果见图 7。可以看出,黏粒含量小于 15% 的粉沙质海岸,泥沙沉降固结时间较短,固结至密度 $1\,200\text{ kg/m}^3$ 所需的时间基本在 10 h 以下,固结至密度 $1\,400\text{ kg/m}^3$ 所需的时间基本在 20 h 以下,泥

沙沉降呈现明显的单颗粒沉降的特征。黏粒含量大于 25% 的淤泥质海岸, 随着黏粒含量的增加, 固结至 $1\,200$ 和 $1\,400\text{ kg/m}^3$ 所需时间增加, 泥沙沉降出现明显的絮凝沉降特征。黏粒含量在 15%~25% 的淤泥质与粉沙质过渡区海岸, 泥沙沉降固结特性呈现淤泥质向粉沙质海岸过渡的特征。

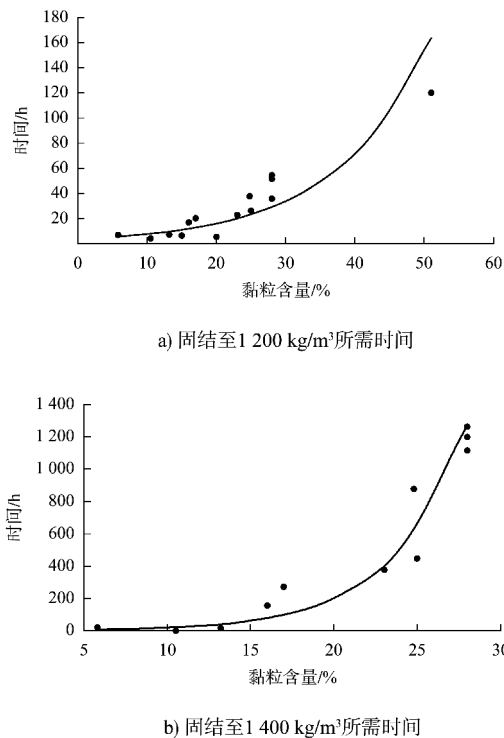


图 7 不同黏粒含量的泥沙固结至 $1\,200$ 和 $1\,400\text{ kg/m}^3$ 所需时间

Fig. 7 Time required for sediment consolidation to $1\,200$ and $1\,400\text{ kg/m}^3$ under different clay contents

综合上述分析, 淤泥质海岸和淤泥质与粉沙质过渡区海岸的黏粒含量分界值取 25% 较为合理, 淤泥质与粉沙质过渡区海岸和粉沙质海岸黏粒含量分界值宜取 15%。

2.3 塑性指数分界推荐值

塑性指数 I_p 是黏土的最基本、最重要的物理指标之一, 它综合反映了黏土的矿物成分和颗粒大小, 广泛应用于土的分类和评价。细粒土的许多力学特性和变形参数均与塑性指数有密切的关系。塑性指数愈大土的颗粒愈细, 比表面积愈大, 土的黏粒或亲水矿物(如蒙脱石)含量愈高, 土处在可塑状态的含水量变化范围就愈大。本文引入塑性指数 I_p 作为海岸性质分类标准的参考指标, JTS 133—2013《水运工程岩土勘察规范》^[15] 规定, $I_p > 17$ 为黏土, $I_p > 10$ 为粉质黏土, $I_p \leq 10$ 为粉土。

根据上述中值粒径分界值、黏粒含量分界值、塑性指数推荐值、泥沙物理特性和水力特性等的分析, 淤泥质-粉沙质海岸性质分类标准优化见表 3, 主要优化内容为: 1) 中值粒径 $\leq 0.03\text{ mm}$ 、黏粒含量 $> 25\%$ 、塑性指数 > 17 的海岸为淤泥质海岸; 2) 中值粒径 $> 0.03 \sim 0.06\text{ mm}$ 、黏粒含量 $> 15\% \sim 25\%$ 、塑性指数 $> 10 \sim 17$ 的海岸为淤泥质与粉沙质过渡区海岸; 3) 中值粒径 $> 0.06 \sim 0.10\text{ mm}$ 、黏粒含量 $< 15\%$ 、塑性指数 ≤ 10 的海岸为粉沙质海岸; 4) 中值粒径 $> 0.10\text{ mm}$ 、黏粒含量几乎为 0% 的海岸为沙质海岸。

表 3 海岸性质分类标准

Tab. 3 Classification criteria for coastal properties

分类	直接定性指标		直接量化指标		
	沉降特性	固结特性	D_{50}/mm	小于 0.005 mm 的黏粒含量/%	I_p^*
淤泥质海岸	絮凝沉降, 静水沉速一般约为 0.05 cm/s	固结速度较缓, 密度增加到 $1\,300\text{ kg/m}^3$ 一般需要 6 d 以上	≤ 0.03	> 25	> 17
淤泥质与粉沙质过渡区海岸	细颗粒絮凝沉降, 粗颗粒分选沉降, 沉降速度介于 $0.05 \sim 0.15\text{ cm/s}$	固结速度较快, 密度增加到 $1\,300\text{ kg/m}^3$ 一般需要 $20 \sim 120\text{ h}$, 固结过程介于淤泥质与粉沙质海岸之间	$> 0.03 \sim 0.06$	$> 15 \sim 25$	$> 10 \sim 17$
粉沙质海岸	分选沉降, 沉降速度一般介于 $0.15 \sim 0.5\text{ cm/s}$	固结速度较快, 密度增加到 $1\,300\text{ kg/m}^3$ 一般需要 $4 \sim 20\text{ h}$, 甚至无固结过程	$> 0.06 \sim 0.10$	≤ 15	≤ 10
沙质海岸	沉降速度大于 0.5 cm/s	静水条件下固结速度非常快, 一般仅需要几分钟	> 0.10	0	—

续表3

分类	间接定性指标		
	含沙量垂向分布与沉积特征	海岸地貌特征	泥沙运动形式
淤泥质海岸	正常天气含沙量垂向梯度小。大风天近底层含沙量大幅增高,泥沙以絮团形式沉降、沉积密实慢,风后易形成浮泥层	海底坡度平缓,通常小于 1/1 000,水下地形无明显起伏现象	悬移质运动为主
淤泥质与粉沙质过渡区海岸	介于淤泥质海岸与粉沙质海岸之间,细颗粒部分以絮团形式沉降,粗颗粒部分以单颗粒形式沉降,表现为分选沉降特征	介于淤泥质海岸与粉沙质海岸之间	悬移质和底部高含沙水体运动为主,推移质运动不明显
粉沙质海岸	泥沙起动流速小、沉降速度大,正常天气含沙量垂向梯度小。大风天近底层含沙量大幅增高,垂向上出现悬移质、底部高含沙水体和推移质三种形态,易出现骤淤	海底坡度较平缓,通常小于 1/400,水下地形无明显起伏现象	悬移质、推移质和底部高含沙水体运动
沙质海岸	颗粒间无黏着力,呈分散状态,风浪作用下海床泥沙活跃	在高潮线附近,泥沙颗粒较粗,海底坡度陡,通常大于 1/100;在波浪破碎带附近常出现一条或几条平行于海岸的沙坝	推移质运动为主

注：* 作为海岸性质分类标准的参考指标。

3 结语

1) 根据黏粒含量 10%~30%的泥沙沉降固结试验结果可知,中值粒径大、黏粒含量低的泥沙主要以单颗粒形式首先沉入沉降筒底部,随后颗粒相对较小的泥沙依次沉降,沉降筒内的泥沙表现出明显的分选沉降特征。固结后的泥沙中值粒径和密度均由表层向底层逐渐增加,黏粒含量则由表层向底层逐渐减小;初始样品的中值粒径越大,固结后的泥沙高度越小,密度随深度变化的梯度越大。

2) 中值粒径 $\leq 0.03\text{ mm}$ 、黏粒含量 $\geq 25\%$ 、塑性指数 >17 的海岸为淤泥质海岸;中值粒径 $>0.03\sim 0.06\text{ mm}$ 、黏粒含量 $>15\%\sim 25\%$ 、塑性指数 $>10\sim 17$ 的海岸为淤泥质与粉沙质过渡区海岸;中值粒径 $>0.06\sim 0.10\text{ mm}$ 、黏粒含量 $<15\%$ 、塑性指数 ≤ 10 的海岸为粉沙质海岸;中值粒径 $>0.10\text{ mm}$ 、黏粒含几乎为 0%的海岸为沙质海岸。

参考文献:

[1] 港口工程技术规范: JTJ 213—1987[S]. 北京: 人民交通出版社, 1987.
Technical code for portengineering: JTJ 213-1987 [S]. Beijing: China Communications Press, 1987.

[2] 陈吉余, 王宝灿, 虞志英, 等. 中国海岸发育过程和演变规律[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989: 1-15.
CHEN J Y, WANG B C, YU Z Y, et al. Coastal evolution processes and dynamics in China [M]. Shanghai:

Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1989: 1-15.

[3] 严恺, 梁其荀. 海岸工程[M]. 北京: 海洋出版社, 2002: 4-8.
YAN K, LIANG Q X. Coastal engineering [M]. Beijing: China Ocean Press, 2002: 4-8.

[4] 海港水文规范: JTJ 213—1998[S]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
Code for hydrology for seaharbour: JTJ 213-1998 [S]. Beijing: China Communications Press, 1998.

[5] 曹祖德, 杨树森, 杨华. 粉沙质海岸的界定及其泥沙运动特点[J]. 水运工程, 2003(5): 1-5.
CAO Z D, YANG S S, YANG H. Definition of silt-sandy beach and its characteristics of sediment movement [J]. Port & waterway engineering, 2003(5): 1-5.

[6] 季则舟. 粉沙质海岸港口水域平面布局特点[J]. 海洋工程, 2006, 24(4): 81-85.
JI Z Z. The layout arrangement features for water areas of port on silty beach [J]. The ocean engineering, 2006, 24(4): 81-85.

[7] 杨华. 关于淤泥质海岸与粉沙质海岸界定的探讨[J]. 水道港口, 2008, 29(3): 153-157.
YANG H. Study on definition of muddy coast and silty coast [J]. Journal of waterway and harbor, 2008, 29(3): 153-157.

[8] 张华, 马兴华, 顾勇, 等. 连云港徐圩海域海岸性质研究[J]. 水运工程, 2011(4): 33-39.
ZHANG H, MA X H, GU Y, et al. On the beach type of Xuwei sea area in Lianyungang Port [J]. Port & waterway engineering, 2011(4): 33-39.

[9] 海港水文规范: JTS 145-2—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
Code for hydrology for sea harbour: JTS 145-2-2013[S]. Beijing: China Communications Press, 2013.

[10] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 开敞海域淤泥质浅滩深挖槽航道总体设计关键技术研究[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2015.
CCCC Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd. Research on key technologies for overall design of deep-dredged channels in muddy flats of open sea [R]. Shanghai: CCCC Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., 2015.

[11] 刘红, 马兴华, 张华, 等. 淤泥质和粉沙质海岸分类标准研究[J]. 水运工程, 2016(8): 1-6.
LIU H, MA X H, ZHANG H, et al. Classification criteria of muddy and silty coasts [J]. Port & waterway engineering, 2016(8): 1-6.

[12] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 开敞海域淤泥质浅滩深挖槽航道总体设计关键技术补充研究[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2024.
CCCC Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd. Supplementary research on key technologies for overall design of deep-dredged channels in muddy flats of open sea [R]. Shanghai: CCCC Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., 2024.

[13] 港口与航道水文规范: JTS 145—2015[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
Code of hydrology forharbour and waterway: JTS 145-2015 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2015.

[14] 张庆河, 秦崇仁, 胡颀, 等. 粉沙质海岸界定浅说和粉沙的基本特性研究[C]//中国海洋工程学会. 第九届全国海岸工程学术讨论会论文集. 北京: 海洋出版社, 1999: 252-258.
ZHANG Q H, QIN C R, HU M, et al. Preliminary study on the definition of silty coast and its sediment properties[C]// China Society of Oceanic Engineering. Proceedings of the 9th National Conference on Coastal Engineering. Beijing: China Ocean Press, 1999: 252-258.

[15] 水运工程岩土勘察规范: JTS 133—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
Code for geotechnical investigation on port and waterway engineering: JTS 133-2013[S]. Beijing: China Communications Press, 2013.

(本文编辑 王璁)

· 消 息 ·

中交集团召开 2025 年科技交流大会

近日, 以“智能·绿色·融合”为主题的中交集团 2025 年科技交流大会在广西南宁召开。大会目的是深入学习贯彻党的二十届四中全会精神, 落实公司上半年生产经营工作会部署, 加快培育形成新质生产力, 助推“五全四大五型”战略布局落地。中交集团党委书记、副总经理裴岷山出席会议并讲话。中国工程院院士郑皆连, 中国工程院院士、中交集团技术总监、首席专家汪双杰, 重庆交通大学原校长唐伯明作主旨报告。同济大学教授葛耀君, 北京绿色交易所副总经理王辉军参加会议。

会上发布了中交集团智慧绿色梁场建设技术, 授予官厅水库清淤试点工程等 15 个项目为“2025 年绿色低碳示范项目”; 为振华重工、三航局、一公局集团、中交路建、广航局 5 家单位颁发碳足迹证书; 一航局、二航局、三航局、四航局、天航局、上航局、广航局、中国城乡 8 家单位现场签约内部碳交易。

会议设置了智能交通基础设施、智慧城市建设与运维、绿色低碳、海洋工程与港航疏浚、共建“一带一路”重大工程技术、青年科技 6 个分论坛。与会代表还参观了平陆运河马道枢纽项目和企石枢纽项目。