锥形阻隔物在管道固化过程中的混合效果研究*

雒阳志[1,2]，陈　龙[1,2]，张元刚[3]，陈永辉[1,2]，谢晨雷[4]

（1. 河海大学，江苏岩土工程技术工程中心，江苏 南京 210098；
2. 河海大学 土木与交通学院，江苏 南京 210024；
3. 盐城市水利工程建设管理中心，江苏 盐城 224002；4. 无锡华润燃气有限公司，江苏 无锡 214000）

摘要：管道固化能够减少疏浚淤泥的外部拌和，具有经济节约、施工快速等优点，但在传统应用过程中存在障碍物分布不合理、管道固化效果差等缺点。基于 SolidWorks flow simulation 模块，研究管道单元内底部和侧面不同距离锥形阻隔物的分布模式对管道固化均匀性指数和流速的影响，提出合理的阻隔物布置形式。结果表明：底-侧锥形阻隔物的布置方式下，距离较近的锥形阻隔物距离输料管口越近，混合效果较好，均匀性指数最佳为 0.776，随着阻隔物位置后移，流体混合效果呈下降趋势，均匀性指数与最差布置组差值达 0.072；在底-侧-底-侧阻隔物的最佳布置方式下，流速降低，混合效果显著增强，均匀性指数最高可达 0.987，与仅有两个阻隔物相比，均匀性指数提高 27%。试验验证结果与数值模拟结果一致，表明经锥形阻隔物扰动后，混合物均匀性指数接近于 1，此布置方式具有可行性。

关键词：SolidWorks flow simulation；管道固化；锥形阻隔物数量；均匀性指数

中图分类号：U616+.26　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2026)08-0241-08

Mixing effect of conical obstacles during in-pipe solidification

LUO Yangzhi[1,2], CHEN Long[1,2], ZHANG Yuangang[3], CHEN Yonghui[1,2], XIE Chenlei[4]

(1. Jiangsu Geotechnical Engineering Technology Research Center, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210024, China;
3. Yancheng Water Conservancy Engineering Construction Management Center, Yancheng 224002, China;
4. Wuxi China Resources Gas Co., Ltd., Wuxi 214000, China)

Abstract: Pipeline solidification can reduce external mixing of dredged sludge, and has advantages of lower cost and rapid construction. However, traditional applications suffer from poorly arranged obstacles and weak solidification effects. In this paper, SolidWorks flow simulation mode is used to study the effects of conical obstacle layout modes with different distances of the bottom and side walls of a pipe unit on the uniformity index and flow velocity. A reasonable layout is proposed. The results show that, in the bottom-side layout, the mixing effect improves when the conical obstacles are placed closer. The mixing effect is also improved when the obstacles are closer to the feed pipe outlet. The best uniformity index is 0.776. When the obstacles are moved downstream, mixing decreases. The difference of uniformity index from the worst layout is 0.072. Under the optimal bottom-side-bottom-side baffle layout, the flow velocity decreases and the mixing affect is markedly

收稿日期：2025-12-12　　**录用日期：**2026-01-09

***基金项目：**国家自然科学基金项目(52478335)；国家重点研发计划项目(2024YFC3211000)；淮河入海水道二期工程(盐城段)低碳智能建设与质量提升关键技术研究项目(RHSD2/YCFW-2024-03)

作者简介：雒阳志(2002—)，女，硕士研究生，研究方向为软土地基处理。

通信作者：陈龙(1987—)，男，博士，教授，研究方向为软土地基处理。E-mail:longchenhhu@163.com

水运工程

enhanced. The uniformity index reaches a maximum of 0. 987. Compared with the case with only two obstacles, the uniformity index increases by 27%. The experimental results are in agreement with the simulation results. After disturbance by conical obstacles, the uniformity index of the mixture approaches 1. This layout is shown to be feasible.

Keywords: SolidWorks flow simulation; in-pipe solidification; number of conical obstacles; uniformity index

近年来，我国河湖治理面临水环境改善成效有限及大量疏浚淤泥带来的双重挑战。疏浚淤泥具有含水率高、承载力低和直接处置困难等缺点[1-2]。疏浚泥资源化技术可将其转化为填方材料和建筑材料[3]，实现环境治理与资源循环利用。作为固化土的重要原料，疏浚泥常采用管道气动搅拌传输固化技术[4-5]处理，可将含水率控制在100%左右的淤泥通过气压输送，并在管道内注入固化剂完成混合与输运。依托该技术制备的固化土已应用于场地填筑、抗震加固和堤防加固等工程[6]，实现大体量淤泥的高效利用。

当前疏浚淤泥固化研究主要聚焦于固化土制备[7]、性能提升[8]及管道输送特性[9]等方面，对于管道输送固化土的混合增强方法，相关技术大体可分为被动混合法与主动混合法两类。被动混合法通过改变管道形状、直径或设置静态混合器等方式，在无需外部动力的情况下提高混合效果。例如，W 形管与斜管可利用管内压差诱导紊流[10]，从而增强疏浚泥混合。Fang 等[11]指出，流向涡是混合增强的主要驱动机制，其贡献率可达约 80%；Tan 等[12]认为弯头较少的管道可提高颗粒输送的均匀性，气流速度也会影响颗粒的均匀性；Meijer 等[13]通过可视化和定量分析比较不同静态混合器的界面拉伸特征，并提出基于交叉杆结构的 SMX 型混合器，其混合性能更为优越；Liu 等[14]构建适用于气-气混合的管道静态混合器结构，指出改变腔数、扭转角、旋转方向和腔体位置等参数均可改变混合强度。主动混合法依赖于外部动力扰动流体流向，包括机械搅拌、脉冲波及气力推动[15]等方式，圆筒、管道气动、柱塞式等为常见施工工艺。Kitazume 等[16]提出的气动流管混合法利用管内湍流实现疏浚黏土与固化剂的混合，现场验证表明该方法可显著提升土体强度，适用于大规模基础处理。白兴兰等[17]基于管中气动式原理，在柱塞式管道中开展试验并结合计算流体动力学(computational fluid dynamics，CFD)仿真，确定混合区段最佳长径比为 5. 8∶1；郭上榜等[18]在 CFD 框架下研究机械-气动协同搅拌对混合性能的影响，结果显示该方法可显著提高固体-非牛顿流体体系的混合效率。

上述研究主要是提高管道的混合效果，而针对提高管道内固化土混合均匀度的研究相对较少。管道内均匀度提升主要依赖紊流作用，其均匀性指标用于量化流场在时空尺度上的分布特征，核心在于评估实际混合状态相对于理想均匀状态的偏离程度[19]。常用评价指标包括变异系数、均匀性指数及速度偏差率等，可有效减少主观判断带来的误差。

本文基于流体仿真软件在管道结构设计上进行一些改变，沿管壁放置不同数量、位置及组合方式的锥形阻隔物，使紊流的形成依靠管道内壁的摩擦和自主设计的管道上，以均匀性指数量化流体混合程度；根据模型试验的结果，判断仿真模拟的可行性，最终实现管道固化土混合程度提高的目标，得到一种能够满足施工使用的管道设计模型。

1 管道内阻隔物组的设置

1.1 模型的建立

SolidWorks flow simulation 仿真可准确地模拟管道中掺料和固化剂的混合程度，获得的数据相对准确。管道的正剖面见图 1，包含输入端、1 个混合区段、输出端，各部位通过公母法兰连接。其中，锥形阻隔物由半径 20 mm、高 20 mm 的锥体和半径 4 mm、高 30 mm 的圆柱体组成，材料采用普通碳钢。管道里，锥形阻隔物会在内部诱导

涡流的形成，产生局部高速区与低速区。该速度梯度能够有效促进流体的剪切混合，从而提升混合效率与流场均匀性。由于输出端并不考虑外接泵进行抽取，因此选择边界条件为静压。

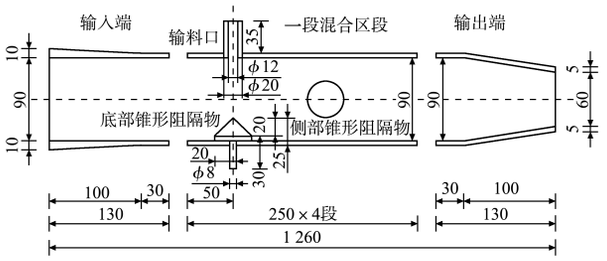


图 1　管道正剖面(单位：mm)

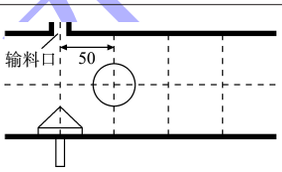
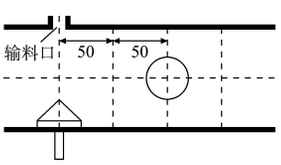
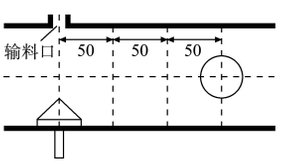
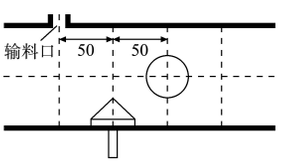
Fig. 1　Pipe front profile(unit:mm)

1.2　模拟方案

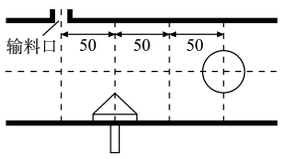
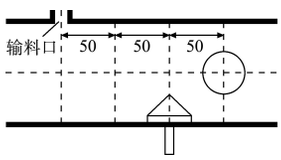
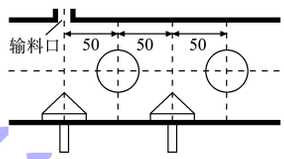
本文设置管道输入端的流量为 5×10^{-6} m^3/s，输料口的流量为 1.25×10^{-6} m^3/s。以一个管道混合区段为单元，两个锥形阻隔物的最小间距为 50 mm，最大为 150 mm，阻隔物放置位置及组合情况见表 1。后续图表均以输料口的位置为起始坐标。

表 1　锥形阻隔物的布置方式

Tab. 1　Layout modes of conical obstacles　mm

组别	组合	布置方式
a	底 0+侧 50	
b	底 0+侧 100	
c	底 0+侧 150	
d	底 50+侧 100	

续表1

组别	组合	布置方式
e	底 50+侧 150	
f	底 100+侧 150	
g	底 0+侧 50+底 100+侧 150	

采用均匀性指数 γ_c 验证分析管道设计的准确性，该指标是基于统计偏差对流体的混合程度进行评价，其定义为：

$$\gamma_c = 1 - \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(c_i - c_m)^2}\Big/ c_m \qquad (1)$$

式中：c_i 为 i 截面管道浓度；c_m 为管道平均浓度，变化范围为 0～1，越接近 1 说明流体混合程度越好。

2　合理布置结果分析

2.1　a～c 和 g 组结果对比

a～c 和 g 组的组合方式是位于输料口正下方的底部锥形阻隔物和不同位置的侧壁锥形阻隔物，其均匀性指数变化见图 2。a～c 组中，底部锥形阻隔物位置保持不变，而侧壁阻隔物与其的轴向间距逐渐增大。随着间距的增加，均匀性指数曲线形态由上凸型逐渐过渡为直线型及下凹型，表明流场分布由集中向分散转变。其中，g 组的混合效果最佳，均匀性指数最高可达 0.930，是同底下的两个锥形阻隔物最高指数值(a 组)的 1.21 倍。由 a、b 组的结果可推知，单个锥形阻隔物的扰动影响范围约为其自身尺寸向外扩展 25 mm，即在周向约 50 mm 的区域内具有显著作用。c 组中，两阻隔物间距最大，影响区间不重叠，但在 50 与 150 mm 处仍出现轻微波动，可能与局部二次流形成有关。

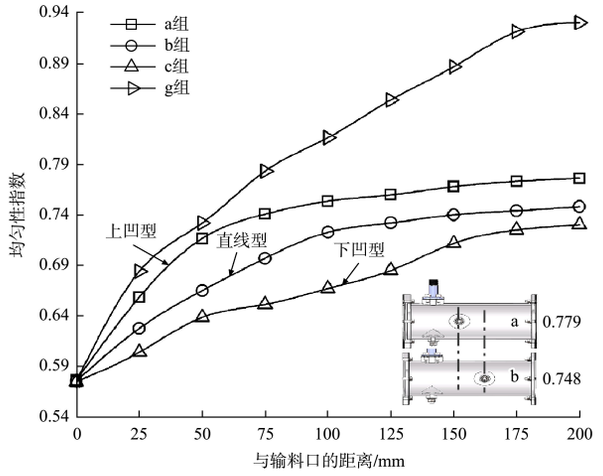


图 2　a~c 和 g 组试验均匀性指数曲线

Fig. 2　Uniformity index curves of a−c and g group tests

2.2　d~f 组结果对比

d、e 组的组合方式是距输料口 50 mm 的底部锥形阻隔物和不同位置的侧壁锥形阻隔物，f 组是距输料口 100 mm 的底部锥形阻隔物和 150 mm 的侧壁锥形阻隔物，其对应的均匀性指数曲线见图 3。d、e 组中，底部锥形阻隔物位置相同，随着其与侧壁阻隔物间距的增大，均匀性指数曲线逐渐趋于平缓，线型由上凸型转变为直线型，表明流场扰动减弱。

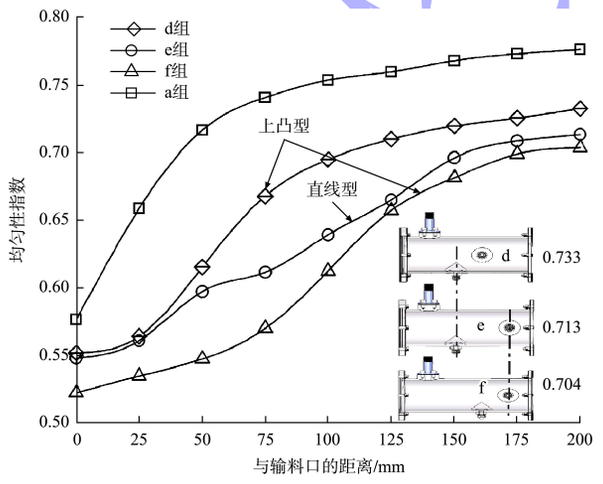


图 3　a 和 d~f 组试验均匀性指数曲线

Fig. 3　Uniformity index curves of a and d−f group tests

对于阻隔物间距同为 50 mm 的 a、d、f 组，其曲线均呈上凸型，进一步对比均匀性指数结果可知，a、d 组的均匀性指数差值为 0.043，而 d、f 组的差值减小至 0.029，表明后者的差值降低约 48%。这个结果说明，随着阻隔物布置位置后移，流体混合效果呈下降趋势。阻隔物间距同为 100 mm 的 b、e 组，曲线均呈直线型，整体曲线差异约为 0.03，表明阻隔物布置位置对混合性能具有显著影响。

2.3　最佳布置方式讨论

考虑两个锥形阻隔物的最佳布置位置时，除均匀性指数外，还需考虑管道截面速度的分布。管道中心处(即第 2 法兰平面)的速度值见图 4。右下角小图为 250 mm 处的均匀性指数，用于辅助确定阻隔物布置方案。综合对比速度曲线可知，剔除少量极小速度点会放大不同布置方式的速度差异。高含水率淤泥属于典型非牛顿流体其流速分布不均匀，c 和 d 组的流速较低，结合均匀性指数，a 组(底 0+侧 50)为在仅布置两个锥形阻隔物情况下的最佳方案。

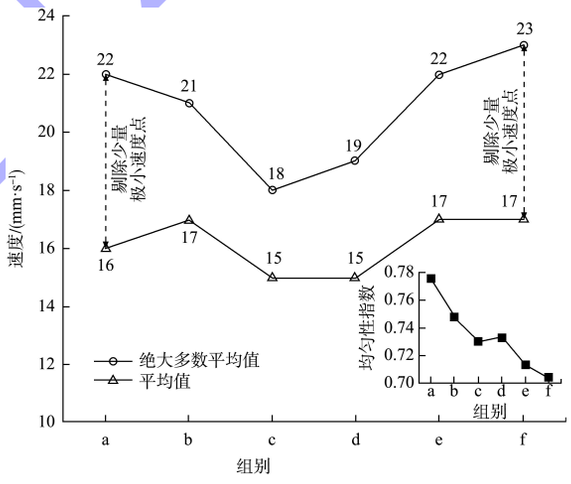


图 4　流经第 2 法兰平面的速度曲线

Fig. 4　Velocity curves passing through second flange plane

通过对管道混合区段布置不同数量锥形阻隔物情况进行分析，最佳管道模型布置方式为底-侧-底-侧。管道混合区段第 2 段的上视基准面涡量流线分布见图 5。淤泥从左侧输入端流入，经过管道第 1 混合段作用，基本呈现较为稳定、平滑的流动状态进入第 2 混合段。1 号障碍物位于外加剂输料口的正下方，其顶部出现明显湍动与涡旋结构，表明外加剂引入导致局部扰动增强；2 和 4 号障碍物分别位于管道的两侧，其周围未形成大尺度涡旋，仅表现为数量较少的小涡流；底部的 3 号障

碍物是表面光滑且为等边的圆锥体，其周边区域更易与侧向障碍物共同诱发涡旋结构。图 5 中 A 中包含 3 个小涡流，以 2 号障碍物中线作为界，其左侧两个涡旋由流体绕流 1 号障碍物后与 2 号障碍物左侧壁面碰撞形成；右侧较大涡旋的形成机理与 B 及 C 区涡旋一致，均源于流体连续绕过两个及以上障碍物后产生的旋回流动特征。需要强调的是，在第 2 混合段入口与出口处，流线几乎垂直于法兰面。该现象符合工程预期：尽管法兰连接处设有垫片、密封胶和螺栓等装置确保密封性，但该处通常承受较大冲击荷载。流线平滑且无明显湍动表明流体在接缝过渡区内稳定通过，有利于降低局部冲击与潜在泄漏风险。

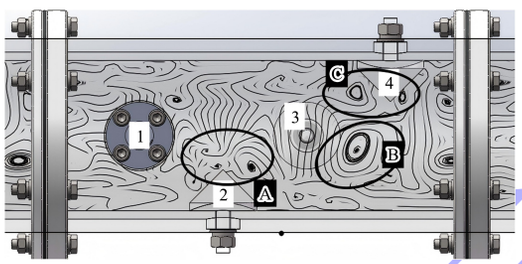


图 5　基准面涡量上视图

Fig. 5　Upview of reference plane vorticity

管道各混合区段的管道中部(高程 0 mm)和底部锥形阻隔物顶部(高程-20 mm)、中间(高程-30 mm)、底部(高程-40 mm)的速度分布见图 6。在管道中部的流体流速波动较小主要在 1.0~1.2 mm/s。而流速在底部锥形阻隔物前后出现波动，且越往锥形体下部其速度更小，变化范围更大。流体在到达锥形阻隔物之前速度有明显下降，经过第 1 个底部阻隔物后，流速减少 16%。当越过阻隔物之后，速度会有增加(变化在 5%以内)，当到达下一个阻隔物之前速度又会下降。由于锥形截面收缩与壁面约束共同作用，诱发局部不利压强梯度，并在其附近产生涡旋结构，从而在锥形中部及近底部区域形成低速区。与两个阻隔物相比，在相同长度的管道内流速变慢、混合搅拌时间变长，进而使混合更加均匀。

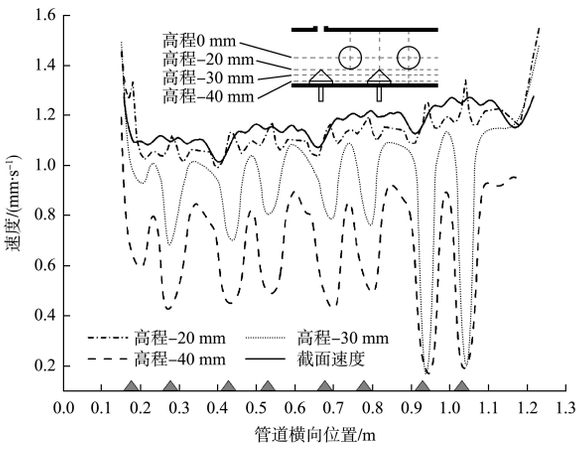


图 6　不同高度流速曲线

Fig. 6　Velocity curves at different heights

3　管道模型试验验证

3.1　试验方案

为验证数值模拟所得最佳阻隔物布置方式的可靠性，设计并开展管道缩尺模型试验，见图 7。聚羧酸减水剂作为改善管道流态固化土性能的一种外加剂，凭借其高减水率和保坍性能[20]，延缓 Ca^{2+} 过快聚集，避免结晶态产物局部扎堆形成粗大晶体，而是促进其均匀分布，形成致密稳定的固化体，在固化处理中应用范围广泛。结合文献[21]，试验选取 2.0 倍液限、18%水泥掺量及 8‰聚羧酸减水剂掺比的管道流态固化土，通过计算得出每个管道混合区段的均匀性指数，再与软件模拟得到的结果对比，判断模拟结果的可行性。

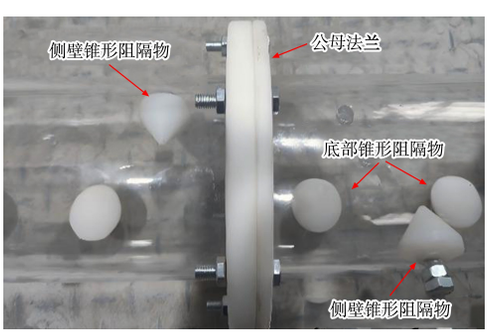


图 7　管道模型试验

Fig. 7　Pipeline model test

3.2　试验结果

试验结束后，将管道混合区段的混合物静置凝固，并切割为平整试样，利用手持式光谱仪测

定 Ca^{2+} 含量，测试过程中，在光谱仪的枪口包裹一层保鲜膜，用于保护仪器核心部件，隔绝悬浊液。测得 4 个混合区段末端的 Ca^{2+} 含量见图 8。虚箭线段表示 Ca^{2+} 含量的极差，极差越小表明混合物均匀度越高。

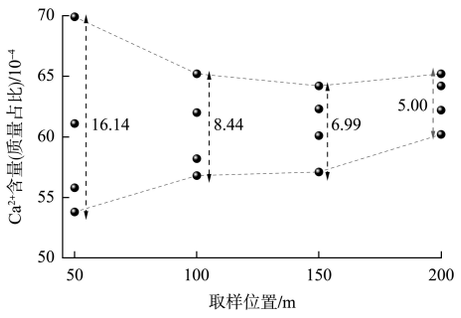


图 8　Ca^{2+} 含量曲线
Fig. 8　Curves of Ca^{2+} content

试验和模拟得到的均匀性指数和压力分布见图 9。在 0 m 位置处，管内仅含淤泥，均匀性指数为 0. 79。进入管道后，由于横截面空腔面积增加，均匀性指数有所下降。在每个混合区段中，选择两个观测点进行分析：深色点位于输料管正下方，正好为外加剂进入腔体的位置，此处管内同时存在淤泥、外加剂与固化淤泥，混合尚不均匀；浅色点位于混合区段末端，经过锥形阻隔物扰动后，外加剂与淤泥已充分混合，均匀性指数明显提高。最终曲线末端的均匀性指数达到 0. 987，表明两种物质已实现充分混合。试验结束后 4 个混合区段末端的均匀性指数与模拟结果相比，误差在 0. 03 以内。

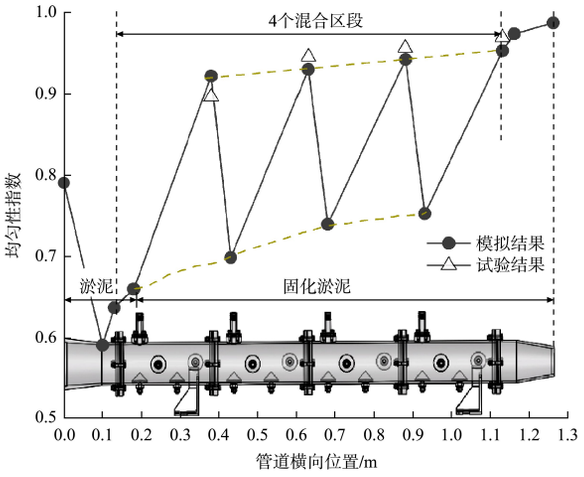


图 9　均匀性指数随管道位置的变化曲线
Fig. 9　Variation curves of uniformity index with pipeline position

4　结论

1）对于管道内仅布置两个锥形阻隔物的情况下，输料口正下部和侧面 50 mm 为合理且较优的布置选择，均匀性指数为 0. 776。随着两者间距的变化，曲线形态也发生变化，主要呈现上凸型、直线型和下凹型三种。不同组别间差异较为显著，均匀性指数最大差值可达 0. 072。结合第 2 法兰平面的速度曲线图，发现底 0 mm-侧 150 mm（c 组）和底 50 mm-侧 100 mm（d 组）的布置效果最差。

2）当管道内布置两个底部锥形阻隔物和两个侧壁锥形阻隔物时，每段混合区段末尾处的均匀性指数均 0. 9 以上，在输出端终点处，均匀性程度已达到 0. 987。与两个阻隔物相比，流速变慢，在相同长度的管道内停留的时间增加，混合更加均匀。

3）通过室内试验对含 4 个锥形阻隔物的混合区段进行工况模拟。结果表明，Ca^{2+} 含量极差沿流动方向逐渐减小，且均匀性指数与数值模拟结果几乎一致，混合程度较高，说明底-侧-底-侧的障碍物布置方式具有可行性。

参考文献：

[1]　汪顺才, 张春雷, 黄英豪, 等. 堆场疏浚淤泥含水率分布规律调查研究[J]. 岩土力学, 2010, 31(9): 2823-2828.
WANG S C, ZHANG C L, HUANG Y H, et al. Study of diversification of water contents in dredged sediment storage yard[J]. Rock and soil mechanics, 2010, 31(9): 2823-2828.

[2]　CARRIER W D, BROMWELL L G, SOMOGYI F. Design capacity of slurried mineral waste ponds[J]. Journal of geotechnical engineering, 1983, 109(5): 699-716.

[3]　朱伟, 张春雷, 刘汉龙等. 疏浚泥处理再生资源技术的现状[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(4): 39-41, 50.
ZHU W, ZHANG C L, LIU H L, et al. The status quo of dredged spoils utilization[J]. Environmental science & technology, 2002, 25(4): 39-41, 50.

[4]　北詰昌樹, 和田耕造, 藤尾良也, 等. 管中混合固化処理工法による処理土の体積土量変化[C]//地盤工学研究発表会発表講演集. 東京: 地盤工学会: 2002: 891-892.

KITAZUME M, WADA K, FUJIO F, et al. Changes in the volume of treated soil by pipe-mixed solidification treatment method[C]//Proceedings of the Symposium on Geotechnical Engineering Research. Tokyo: Japanese Geotechnical Society, 2002: 891-892.

[5] 李鑫斐, 黄佳音. 疏浚清淤脱水工艺及工程应用进展[J]. 水运工程, 2020(S1): 16-20, 56.
LI X F, HUANG J Y. Dredging dehydration technology and engineering application process[J]. Port & waterway engineering, 2020(S1): 16-20, 56.

[6] 于浩, 程寅, 范一锴, 等. 管道气动搅拌传输固化土技术[J]. 水运工程, 2013(4): 57-61.
YU H, CHENG Y, FAN Y K, et al. Pneumatic flow mixing soil-stabilizing method [J]. Port & waterway engineering, 2013(4): 57-61.

[7] 苏晓腾, 杨俊杰, 董猛荣, 等. 水泥半固化处理土工程性质研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(6): 134-140.
SU X T, YANG J J, DONG M R, et al. Research on engineering properties of cement semi-solidified soil[J]. Periodical of Ocean University of China, 2020, 50(6): 134-140.

[8] 王锌鑫, 江朝华, 孙逸琳, 等. 低碳地聚合物固化处理疏浚淤泥力学性能试验研究[J]. 水运工程, 2022(8): 40-44, 57.
WANG X X, JIANG C H, SUN Y L, et al. Experimental study on mechanical property of dredged silt treated by low carbon geopolymer[J]. Port & waterway engineering, 2022(8): 40-44, 57.

[9] TAO Y X, LESAGE K, VAN TITTELBOOM K, et al. Twin-pipe pumping strategy for stiffening control of 3D printable concrete: from transportation to fabrication[J]. Cement and concrete research, 2023, 168: 107137.

[10] 周上博, 白兴兰, 谢强. 日本疏浚泥管中混合固化处理技术研究[J]. 中国水运, 2014, 14(18): 192-194, 196.
ZHOU S B, BAI X L, XIE Q. Research on mixed solidification treatment technology of dredged sludge in pipelines in Japan [J]. China water transport, 2014, 14(18): 192-194, 196.

[11] FANG X X, SHEN C B, SUN M B, et al. Flow structures of a lobed mixer and effects of streamwise vortices on mixing enhancement[J]. Physics of fluids, 2019, 31(6): 066102.

[12] TAN G X, HUANG D D, WANG G Y, et al. Numerical simulation study on the conveying characteristics of a multi-component flexible particle system in industrial pneumatic conveying pipeline[J]. Powder technology, 2025, 466: 121450.

[13] MEIJER H E H, SINGH M K, ANDERSON P D. On the performance of static mixers: a quantitative comparison [J]. Progress in polymer science, 2012, 37(10): 1333-1349.

[14] LIU M Y, YUE Z Y, WANG H, et al. Study on the mixing characteristics of coaxial swirl static mixer for hydrogen blending in natural gas pipeline [J]. International journal of hydrogen energy, 2025, 184: 151817.

[15] 胡君龙, 李金祥, 谢尧, 等. 气动混流固化疏浚泥混合均匀性影响因素数值模拟研究[J]. 水运工程, 2025(8): 57-66, 145.
HU J L, LI J X, XIE Y, et al. Numerical simulation of factors influencing mixing uniformity for dredged mud solidified by pneumatic flow mixing method[J]. Port & waterway engineering, 2025(8): 57-66, 145.

[16] KITAZUME M, MAHER A, JANBAZ M, et al. Field strength properties of cement stabilized soil by pneumatic flow tube mixing method [C]//Proceedings of International Foundations Congress and Equipment Expo. Orlando: IFCEE, 2018: 165-174.

[17] 白兴兰, 杨尊儒, 魏东泽. 航道疏浚淤泥管中固化处理试验研究[J]. 水利水电技术, 2016, 47(5): 134-137.
BAI X L, YANG Z R, WEI D Z. Experimental study on in-pipe solidification of sediment dredged from waterway[J]. Water resources and hydropower engineering, 2016, 47(5): 134-137.

[18] 郭上榜, 李蕾, 叶文杰, 等. 面向高固厌氧消化的参数化 CFD 搅拌优化框架建立与应用[J]. 中国环境科学, 2025, 41(12): 6694-6705.

水运工程

GUO S B, LI L, YE W J, et al. Development and application of an integrated parametric CFD modeling framework for stirring optimization in high-solids anaerobic digestion systems [J]. China environmental science, 2025, 41(12): 6694-6705.

[19] 李坦, 靳世平, 黄素逸, 等. 流场速度分布均匀性评价指标比较与应用研究[J]. 热力发电, 2013, 42(11): 60-63, 92.
LI T, JIN S P, HUANG S Y, et al. Evaluation indices of flow velocity distribution uniformity: comparison and application[J]. Thermal power generation, 2013, 42(11): 60-63, 92.

[20] 魏金, 丁向群, 沈洁, 等. 聚羧酸系高效减水剂的制备及其性能研究[J]. 硅酸盐通报, 2012, 31(1): 42-45.
WEI J, DING X Q, SHEN J, et al. Research on synthesis and properties of polycarboxylic superplasticizer [J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2012, 31(1): 42-45.

[21] 王文翀, 黄英豪, 王硕, 等. 减水剂对流态固化淤泥流动性的影响试验研究[J]. 岩土工程学报, 2024, 46(8): 1605-1612.
WANG W C, HUANG Y H, WANG S, et al. Experimental study on influence of plasticizer on fluidity of convection-solidified silt[J]. Chinese journal of geotechnical engineering, 2024, 46(8): 1605-1612.

（本文编辑 王璁）

· 消 息 ·

昌江县海尾镇进董村岸滩修复项目和三亚崖州湾中心渔港休闲渔业公共码头项目通过竣工验收

近日，由中交水运规划设计院有限公司（以下简称水规院）设计的昌江县海尾镇进董村岸滩修复项目和三亚崖州湾中心渔港休闲渔业公共码头项目通过竣工验收，推动海南在“海洋生态治理+海洋经济转型”上提升发展实效。

昌江进董村岸滩修复项目位于岸线侵蚀严重区段，创新采用“人工补砂+生态砂管丁坝固沙+海防林修复”三位一体方案。累计修复岸线960 m，完成人工补砂16万 m^3，布设5条总长460 m生态砂管丁坝，补植抗风固沙植被14 156 m^2。项目根据区域输沙规律采用30~60 m渐变补砂宽度及多级放坡断面设计，同步制定丁坝养护、岸滩监测等全周期运维方案，实现岸滩结构稳定与生态景观协调统一，确保工程持续发挥生态修复、固滩护岸、防灾避险等综合效益。

三亚崖州湾休闲渔业公共码头项目是完善崖州中心渔港功能、推动渔业转型升级的重点民生工程。建成的休闲渔业公共码头泊位65个，平台面积约2.145万 m^2，配套672 m护岸结构。项目集休闲垂钓、海上观光、渔业体验于一体，可适配12~60 m全尺寸休闲船艇停靠需求，将进一步完善港区渔业作业与休闲服务一体化功能布局，助力三亚优化海洋三次产业结构，为地方海洋经济转型升级、高质量发展注入强劲动力。

两项工程顺利竣工验收，充分体现了水规院在滨海生态治理、渔港建设领域的专业技术水平和实力。从万宁乌场一级渔港的珊瑚保育，到海口蓝色整治的海岸带修复，水规院始终践行“工程项目与自然环境深度融合”的发展理念。未来，水规院将继续发挥技术优势，为海南自贸港建设及向海经济发展贡献坚实力量。

https://mp.weixin.qq.com/s/cE3W3miVLbJG7k3QspN3Pg（2026-07-16）

水运工程