

挖泥船泥沙含量问题的探讨

徐立群 蔡慧官 倪福生

摘要 泥沙含量是表征挖泥船生产能力的一个重要参数。本文对机械疏浚工程中常用的几种泥沙含量的表示方法及其特点、应用场合、相互关系,进行了阐述和分析。

关键词 挖泥船 泥沙含量 相互关系

分散的固体颗粒分布于连续的液体中,形成液固两相混合物。由于长期以来形成的习惯不同、关注的重点不同,在不同工程领域,人们引入不同的概念来描述液固两相混合物中固相所占的体积或重量份额^[1,2]。在机械疏浚工程中,被挖掘的泥沙与水混合后在挖掘机具、泥泵、输泥管道、泥舱内形成固液两相流动,泥沙含量是描述这类两相流动的基本特性参数之一。但在疏浚实践中,出现了多种泥沙含量的表示方法,给挖泥船设计制造、施工、疏浚技术交流等,带来不便。本文阐述疏浚工程中常用的几种泥沙含量的定义及各自特点,建立并分析它们之间的相互关系。

文中所指的“土”是淤泥、黏土、泥沙、砾石、软硬岩石、珊瑚礁等各种疏浚土质的总称。

1 泥沙含量的几种表示方法

1.1 泥浆密度

泥浆密度 ρ_m 定义为单位体积固液两相混合物的总质量,单位是 kg/m^3 。泥浆密度是一个重要参数,对于确定挖泥船产量、动力装置载荷、泥沙输送阻力、泥泵性能、泥泵及管道磨损等方面,都有重要影响。

1.2 原状土体积浓度

所谓原状土是指水下没有被挖掘的、含有水的天然土质。原状土体积浓度定义为单位体积混合物中,含有原状土的体积份额 C_{yt} 。设原状土密度 ρ_{yt} ,水密度 ρ_w ,则有关系式:

$$\begin{aligned} C_{yt} \cdot \rho_{yt} + \rho_w \cdot (1 - C_{yt}) &= \rho_m \\ C_{yt} &= \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_{yt} - \rho_w} = \frac{\gamma_m - 1}{\gamma_{yt} - 1} \end{aligned} \quad (1)$$

式中 γ 为物质比重。原状土体积浓度简明直观,常用来描述挖泥船的生产能力、计算疏浚工程的

土方量等。然而,由于土壤种类及其密实性存在较大差异,原状土天然密度有时相差很大,相同体积浓度,并不意味着相同的泥浆密度。

1.3 干土体积浓度

除去原状土中的水,剩余干土体积占混合物总体积的份额,称为干土体积浓度 C_{gt} 。设干土密度 ρ_{gt} ,则有关系式:

$$\begin{aligned} C_{gt} \cdot \rho_{gt} + \rho_w \cdot (1 - C_{gt}) &= \rho_m \\ C_{gt} &= \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_{gt} - \rho_w} = \frac{\gamma_m - 1}{\gamma_{gt} - 1} \end{aligned} \quad (2)$$

干土体积浓度真实地反映了固液两相混合物中固体物料的体积份额,能够表征固液两相的相互作用。虽然干土体积浓度在疏浚施工中很少采用,但在疏浚泥泵及泥沙输送技术研究中得到广泛应用^[3,4]。

1.4 干土重量浓度

体积含量相同、重度不相同的固相颗粒群,在通过泥泵、管道时,将展示不同的运动规律。为了反映固相颗粒重度的影响,引入干土的重量浓度 C_w ,即混合物中干土的重量与混合物总重量的比值:

$$C_w = \frac{\rho_{gt} \cdot C_{gt}}{\rho_m} = \frac{\gamma_{gt}}{\gamma_m} \cdot C_{gt} = \frac{\gamma_{gt} \cdot (\gamma_m - 1)}{\gamma_m (\gamma_{gt} - 1)} \quad (3)$$

挖泥船挖掘并通过管道输送的泥浆密度一般为 $\rho_m = 1\ 200\text{kg}/\text{m}^3$,干土密度通常为 $\rho_{gt} = 2\ 650\text{kg}/\text{m}^3$,所以,对于同样的混合物组成,干土重量浓度 C_w 在数值上是干土体积浓度 C_{gt} 的 2 倍以上。

2 各种表达式之间的相互关系

2.1 各种浓度与泥浆比重的关系

在疏浚施工中,泥浆比重易于求得。挖泥船放射线产量计可直接显示泥浆比重,也可在排泥口取样称重,得到泥浆混合物的比重。公式(1)~(3)实际上建立了原状土体积浓度、干土体积浓度、干土重量浓度分别与泥浆比重的关系,如图1所示,其中干土比重通常取为 2.65,比较密实的原状土比重一般为 1.9。

作者介绍 徐立群 1983年毕业于河海大学,现工作于河海大学;蔡慧官、倪福生现工作于河海大学。

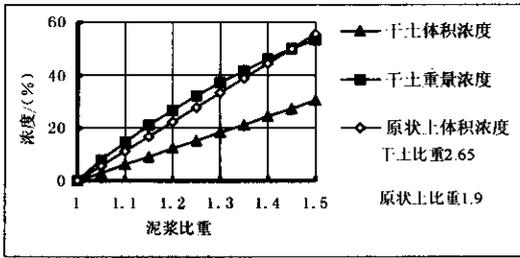


图 1 各种浓度与泥浆比重的关系

图 1 表明,同一泥浆密度对应的各种浓度在数值上是不同的,原状土体积浓度与干土重量浓度较为接近,且在数值上远大于干土体积浓度。

2.2 各种浓度之间的关系

由式(1)~式(3)式可得到如下 3 种浓度之间的关系式,各浓度之间的关系曲线,如图 2~图 4 所示。

$$\frac{\text{干土体积浓度}}{\text{原状土体积浓度}} = \frac{C_{gt}}{C_{yt}} = \frac{\gamma_{yt} - 1}{\gamma_{gt} - 1}$$

或 $C_{gt} = \frac{\gamma_{yt} - 1}{\gamma_{gt} - 1} \cdot C_{yt}$ (4)

$$\frac{\text{干土重量浓度}}{\text{原状土体积浓度}} = \frac{C_w}{C_{yt}} = \frac{\gamma_{gt} \cdot (\gamma_{yt} - 1)}{\gamma_m \cdot (\gamma_{gt} - 1)}$$

或 $C_w = \frac{\gamma_{gt} \cdot (\gamma_{yt} - 1)}{[1 + (\gamma_{yt} - 1) \cdot C_{yt}] \cdot (\gamma_{gt} - 1)} \cdot C_{yt}$ (5)

$$\frac{\text{干土重量浓度}}{\text{干土体积浓度}} = \frac{C_w}{C_{gt}} = \frac{\gamma_{gt}}{\gamma_m}$$

或 $C_w = \frac{\gamma_{gt}}{\gamma_m} \cdot C_{gt} = \frac{\gamma_{gt} \cdot C_{gt}}{1 + (\gamma_{gt} - 1) \cdot C_{gt}}$ (6)

图 2 表明,干土体积浓度与原状土体积浓度之间成线性关系。在数值上,原状土体积浓度远大于干土体积浓度。图 3 显示,干土重量浓度与原状土

体积浓度成近似的线性关系,两者的相对大小取决于原状土比重。当土壤较为密实,原状土比重达到 1.9~2.0 时,干土重量浓度与原状土体积浓度在数值上大体相当。图 4 说明,干土重量浓度在数值上远大于干土体积浓度。

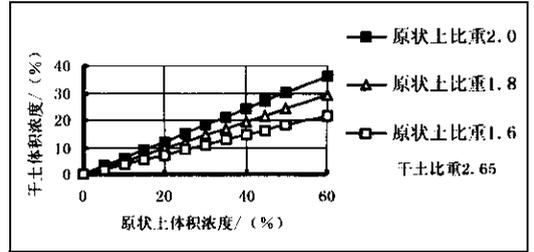


图 2 干土体积浓度与原状土体积浓度的关系

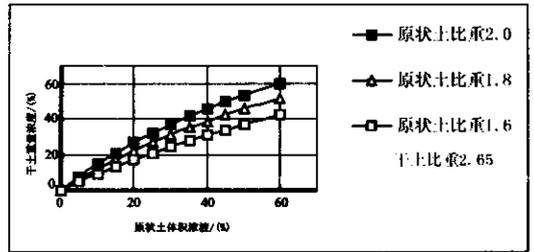


图 3 干土重量浓度与原状土体积浓度的关系

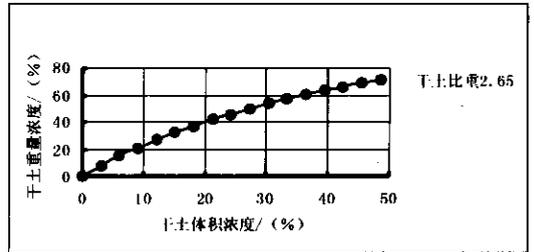


图 4 干土重量浓度与干土体积浓度的关系

为便于理解和比较,将各种泥沙含量表示方法的定义、特性及应用列于表 1 中。

表 1 各种泥沙含量表示的定义、特性及应用

泥沙含量	定义	特征	应用
泥浆密度 ρ_m (kg/m^3)	单位体积混合物的质量	直接决定泥泵出口压力、柴油机载荷,便于现场直接测量或取样称重。	在疏浚设计、施工、研究中均得到应用。实践中,船员根据泥泵出口放射线密度计测得的泥浆密度,操控挖掘机具、泥泵、柴油机的运行。
原状土体积浓度 C_{yt} (%)	单位体积混合物中原状土的体积分额 $C_{yt} = \frac{\gamma_m - 1}{\gamma_{yt} - 1}$	概念简明直观,便于计算疏浚土方量,但其数值随水土质密度变化较大,不能真实反映泥泵及排泥管中固相颗粒的体积含量。同一混合物组成,该浓度数值较大,且对于密实的土质,其数值与干土重量浓度接近。	在疏浚施工中得到广泛应用。通过测量水土土方,易于求得疏浚工程总土方量、平均生产率等。疏浚研究中很少采用。
干土重量浓度 C_w (%)	单位重量混合物中干土的重量份额 $C_w = \frac{\gamma_{gt} \cdot (\gamma_m - 1)}{\gamma_m \cdot (\gamma_{gt} - 1)}$	反映固相颗粒重度对两相流动结构影响的重要参数。同一混合物组成,该浓度数值较大,且与密实土质的原状土体积浓度接近。	用于疏浚设备与技术研究,也用于疏浚设计施工。
干土体积浓度 C_{gt} (%)	单位体积混合物中干土的体积分额 $C_{gt} = \frac{\gamma_m - 1}{\gamma_{gt} - 1}$	真实反映固相颗粒的体积分额,表征固液两相,以及颗粒之间相互作用大小的重要参数。同一混合物组成,该浓度数值最小。	主要用于疏浚设备与技术研究,特别是固液两相流动理论研究。干土体积浓度数值最小,疏浚工业界很少采用。

为的透明度,在合作调整阶段对积极合作、贡献大、承担风险多的企业进行激励。同时,各造船企业除了在高层主管之间建立互利互信关系外,还要培养中层和基层管理人员的合作意识。

(2)促进信息共享。造船供应链建立通畅的联络渠道进行有效的沟通,而且交流沟通贯穿合作全过程。在造船供应链组建之初进行沟通,与主要设备、材料供应商进行沟通,使相关合作企业做好准备。在合作建造中与船东、船级社进行频繁沟通,随时将船舶建造的进展情况、主要问题、采取的措施等进行通报,寻求合作伙伴的帮助、支持,提高合作的有效性。合作调整阶段为节点企业的协同工作提供技术或服务改进信息,简化其后续工作,为进一步合作打下良好的基础。

节点企业可以建立专门协调机构,进行伙伴间的协调,利用面对面交流、电子邮件、电视会议等定期或不定期沟通渠道,包括船级社等信息服务机构、船舶行业协会等进行交流。同时,信息技术、网络技术,在网络技术在造船供应链信息风险的控制中发挥着重要作用。我国大多数造船厂和研究设计单位已经不同程度地应用计算机辅助设计、辅助制造,取得了很好的效果,应该进一步促进计算机集成制造系统在船舶行业应用的深度和广度。

(3)设计完善的激励机制。为了使合作满意,核心企业造船厂必须在节点企业合作的各个阶段通过激励机制的运行,采用各种激励手段对节点企业实施激励。

组建之初,核心企业造船厂与备选合作伙伴就合作事宜进行一系列的沟通与协商,通过协商机制的运行达到构成合作关系的目。为了解决合作关系运行中的冲突和争议,保证整条造船供应链根据船东需求而步调一致地运行,需要建立一定的协同机制,以更好地控制合作进行。为了更有效地进行后续合作,造船供应链需要建立一定的信任激励机制和利益共享机制,根据合作效果的好坏,实施一定

(上接第10页)

3 结语

综上所述,不同物理意义上的泥沙含量,在数值上差异较大,正确理解和运用这些概念十分必要。在评价疏浚设备性能、估算生产率和能源消耗时,应该明确指明疏浚何种土质、采用什么浓度,避免含糊的表述。这对于规范疏浚设计施工、准确计算生产

的激励和合作利益再分配,实行适当的风险分担,均衡收益和损失,以使节点企业之间的合作更加有效,优化造船供应链。

(4)建立学习型组织。组建造船供应链,提高船舶产品的国际竞争力不仅是造船厂的事,还要注重提高原料厂、配套企业和协作厂等的合作能力。

随着合作双方技术、资源、能力的不断交换与更新,极易产生造船供应链节点企业一方的竞争地位上升,而另一方的竞争优势衰退。例如,目前我国船舶配套企业的竞争力较之国外的先进企业存在很大的差距,往往不能达到造船厂和船东的要求,原先平衡的格局被打破,国内配套企业成为制约我国造船供应链效率提高的瓶颈,极易造成造船厂和供应商沟通与合作的困难,使造船供应链面临分裂的危险。各节点企业只有鼓励和推动企业和个人学习,不断进行技术创新和改造,增强自身的核心竞争力,才能维持造船供应链中的竞争平衡。

4 结语

本文根据造船供应链合作风险的内容和特点,建立以合作风险控制链管理为主导的管理模式,能够有效地降低合作风险,为造船供应链的稳定运行提供更加有效和全面的决策支持。但是,造船供应链的合作风险控制是一个复杂的问题,本文的研究仅仅涉及其中的一部分,关于合作风险的传递、预防和控制等问题尚待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 李启明,申立银. 风险管理中的风险效应—行为决策模型及分析[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(10): 1-8.
- [2] 西宝,李一军. 工程项目风险链管理及鞭梢效应[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(4): 112-116.
- [3] 张继焦. 控制链管理:防范客户风险和应收账款风险[M]. 北京:中国物价出版社, 2003.
- [4] 张光明,孙彦,宁宣熙. 造船供应链合作伙伴的选择[J]. 船舶工程, 2003, 25(5): 60-64.
- [5] 孙洪杰. 供应链中机会主义方法策略研究[J]. 工业工程, 2004, 7(6): 41-44.

率、促进疏浚技术交流是十分有益的。

参考文献:

- [1] 李海青等. 两相流参数检测及应用[M]. 浙江:浙江大学出版社, 1991.
- [2] 钱宁,万兆惠著. 泥沙运动学[M]. 北京:科学出版社, 1983.
- [3] 张兴荣. 管道水力输送[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1998.
- [4] Ni Fusheng, Zhao Lijuan, Matousek V, Vlasblom W J, Zwartbol A. Two phase flow of highly concentrated slurry in a pipeline[J]. Journal of Hydraulics, 2004, 16(3): 325-331.

挖泥船泥沙含量问题的探讨

作者: [徐立群](#), [蔡慧官](#), [倪福生](#), [Xu Liqun](#), [Cai Huiguan](#), [Ni Fusheng](#)
作者单位: [河海大学](#)
刊名: [江苏船舶](#)
英文刊名: [JIANGSU SHIP](#)
年, 卷(期): 2006, 23(1)
被引用次数: 1次

参考文献(4条)

1. [李海青](#) [两相流参数检测及应用](#) 1991
2. [钱宁](#). [万兆惠](#) [泥沙运动学](#) 1983
3. [张兴荣](#) [管道水力输送](#) 1998
4. [Ni Fusheng](#). [Zhao Lijuan](#). [Matousek V](#). [Vlasblom W J](#) [Zwartbol A](#) [Two phase flow of highly concentrated slurry in a pipeline](#) 2004(03)

引证文献(1条)

1. [孙毛明](#). [吴修广](#). [倪勇强](#). [胡金春](#) [疏浚土倾倒后悬浮泥沙扩散输移的数值模拟](#)[期刊论文]-[海洋学研究](#) 2009(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jscb200601004.aspx

授权使用: 上海海事大学(wf1shyxy), 授权号: 01379e5d-aa96-4a4f-b9b4-9e8c00ab1417

下载时间: 2011年2月16日