

中华人民共和国国家标准

反铲挖泥船控制系统

(征求意见稿)

编制说明

二〇一七年九月

目录

一、工作简况.....	1
二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容.....	8
三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果	18
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的 对比情况.....	23
五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系.....	24
六、重大分歧意见的处理经过和依据.....	24
七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议.....	24
八、贯彻国家标准的要求和措施建议.....	24
九、废止现行有关标准的建议.....	24
十、其他应予说明的事项.....	24

一、工作简况

1 项目来源

国家标准委关于下达 2016 年第四批国家标准制修订计划的通知，国标委综合〔2016〕89 号文和交通运输部关于下达 2017 年交通运输标准化计划的通知，交科技函〔2017〕412 号。2016 年第四批国家标准计划项目汇总表，计划编号：20162616—T—348；标准名称：《反铲挖泥船控制系统》。

2 主要工作过程

1) 2017 年 1 月 6 日，在天津召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制小组筹备会议，中国交通建设股份有限公司，中交疏浚(集团)股份有限公司、中交天津航道局有限公司、中交天津港航勘察设计研究院有限公司相关人员参加会议。会议由中交天津航道局有限公司主持，会议就有关《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制小组前期筹备工作听取了汇报，对接下来的工作进行了指导，并且为了工作的顺利进行，决定邀请中交上海航道局有限公司、中交广州道局有限公司的相关人员加入编制小组一同完成此项任务。

1) 2017 年 2 月 17 日，在天津召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制小组筹备会暨第一次全体会，中交天津航道局主持会议，会议确认编制小组成立，明确了《反铲挖泥船控制系统》国家标准由中国交通建设股份有限公司、中交天津航道局有限公司、中交天津港航勘察设计研究院有限公司负责起草，中交疏浚(集团)股份有限公司、中交上海航道局有限公司、中交广州道局有限公司、中交天航滨海环保浚航工程有限公司、中交天航港湾建设工程有限公司、中交烟台环保疏浚有限公司、天津市疏浚工程技术

企业重点实验室参加起草，初步拟定了起草成员和编写计划，初步确定了分工。主要修改意见为：

1、 要求编制小组要对《反铲挖泥船控制系统》进行调研及专题研究；

2、 要求编制小组注意编制进度要满足要求。

2) 2017年3月10日，在天津召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制组小组会，中交疏浚（集团）股份有限公司、中交天津航道局有限公司、中交天津港航勘察设计研究院有限公司相关编制小组人员参与会议，会议对下一步编制工作提出了具体要求，对工作大纲的编写进行了讨论，确定了编制经费来源。主要修改意见为：

1、 尽快修改并完成《反铲挖泥船控制系统》编制工作大纲（草稿）；

2、 将调研结果反映到大纲内容中，充实大纲。

3) 2017年3~5月，编制小组在天津开展《反铲挖泥船控制系统》编制工作大纲（草稿）和《反铲挖泥船控制系统》国家标准（草案）的编制工作，对遇到的问题进行了内部讨论，在调研的基础上形成相关文件（草稿或草案）

4) 2017年5月19日，在天津召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制小组第二次全体会，中交天津航道局主持会议，中国交通建设股份有限公司，中交疏浚（集团）股份有限公司、中交天津航道局有限公司、中交天津港航勘察设计研究院有限公司、中交上海航道局有限公司、中交广州道局有限公司相关人员参加会议，会议讨论了《反铲挖泥船控制系统》编制工作大纲（草稿）和《反

铲挖泥船控制系统》国家标准(草案),对其中的问题进行了明确,明确了任务并再次确定了分工,会议要求对《反铲挖泥船控制系统》编制工作大纲(草稿)和《反铲挖泥船控制系统》国家标准(草案)进行修改。主要修改意见为:

- 1、 要求对工作大纲的进度进行修改,符合时间要求;
- 2、 《反铲挖泥船控制系统》国家标准(草案)中的部分章节可以进行必要删减或直接引用以前标准的内容。

5) 2017年6月16日,在天津召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制组小组会,中交疏浚(集团)股份有限公司、中交天津航道局有限公司、中交天津港航勘察设计研究院有限公司相关编制小组人员参与会议,会议对《反铲挖泥船控制系统》编制工作大纲(草稿)进行了讨论并提出意见。主要修改意见为:

- 1、 要求对项目来源和经费来源部分重新编写;
- 2、 提出《反铲挖泥船控制系统》国家标准(草案)的编制进度要符合大纲要求。

6) 2017年7月24日,在上海召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准工作大纲审查会。会议由中交广州航道局有限公司刘念君主持,与会专家听取了标准编制单位对《反铲挖泥船控制系统》工作大纲编制情况的介绍,对标准工作大纲进行了讨论和审查,提出了审查意见。主要修改意见为:

- 1、 建议将标准名称由《反铲挖泥船控制系统》改为《反铲挖泥船疏浚监控系统》;
- 2、 建议完善标准工作进度计划。

7) 2017年8月15日,在天津召开国家标准《反铲挖泥船控制系统》

编制小组第一次工作会暨内部审查会，中交疏浚集团及天航局内各单位专家参加了本次会议，天津航道局总工艺师高伟主持了会议，会议介绍了《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制项目当前进展情况及草案内容。与会专家结合项目情况，进行了深入讨论，提出了指导意见。此次工作会议是完成该项国家标准初步拟定后的首次工作会，对于此项国家标准的后续完善有指导意义。项目组认真听取记录了会议意见，并结合会议提出要求，在现场对草案的部分内容进行了修订。主要修改意见为：

- 1、对草案的“1 范围”进行修改，修改为“本标准规定了反铲挖泥船控制系统的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。本标准适用于反铲挖泥船控制系统的设计、制造、改造和验收，维修可参照使用”；
 - 2、要求增加“反铲挖泥船疏浚监控系统控制对象示意图”并对控制对象进行标注；
 - 3、对“5.1.2 组成”进行了重新归纳，组成为7个子系统，并确定了各系统的名称；
 - 4、对“5.2”操纵方式进行了修改，修改为“BDSCS 应具有手动控制、自动控制、应急控制三种控制操纵方式，应急控制优先”；
 - 5、梳理“5.4 功能”，根据子系统进行功能的描述；
 - 6、要求针对功能部分增加“附录 B 功能试验方法”，对功能试验进行一一描述。
 - 7、对“性能试验方法”进行修改，增加能够体现反铲船特色的试验。
- 8) 2017年8~9月，综合《反铲挖泥船控制系统》编制小组第一次工

作会会议意见，编制小组对草案的内容进行了修改和补充完善，并编写《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制说明（初稿）。

9) 2017年9月8日，在北京交通运输部水运科学研究院召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制项目阶段审查会，会议由全国港口标准化技术委员会主持，与会专家对《反铲挖泥船控制统》编制工作大纲及草案初稿进行了讨论并提出意见及建议，认为时间紧张，需加快项目进度，在年内完成报批。

10) 2017年9月19日，在天津召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制初稿审查会，会议由天航局丁树友主持，对草案和编制说明进行审查，会议对《反铲挖泥船控制系统》国家标准（草案）进行，并提出具体意见及建议并要求在9月底完成征求意见稿的编写。主要修改意见为：

- 1、对前言进行部分更改，归口部分替换为“本标准由全国港口标准化技术委员会疏浚装备分技术委员会（筹）归口”；
- 2、在“3 术语和定义”中删除“反铲挖泥船”的定义，增加“反铲挖掘机”的定义；
- 3、反铲挖泥船疏浚监控系统控制对象示意图应删除不必要的细节，增加反铲机的标识。

11) 2017年9月26日，在天津召开国家标准《反铲挖泥船控制系统》编制小组第二次工作会，中交疏浚集团及天航局内各单位专家参加了本次会议，会议由天航局丁树友主持，会议上编制小组向与会专家汇报了《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制初稿和编制说明初稿的进展。与会专家对初稿进行了讨论，提出若干修改意见。此次工作会议是完成该项国家标准征求意见稿之前的最

后一次工作会，对于推进此项国家标准的工作进度有重要意义。编写小组认真听取记录了会议意见，并结合会议提出要求，在现场对草案的部分内容进行了修订。主要修改意见为：

- 1、 将功能检验的项目和顺序融入到表 1 中；
- 2、 对“附录 B”中的试验器具进行规范，试验内容应和“5.4 功能”对应起来。

《反铲挖泥船控制系统》国家标准编制工作计划如下：

序号	工作内容	计划完成时间
1	启动编制工作，成立编写组、编写编制工作大纲，落实任务、明确分工，在集团各企业内部进行调研	2017 年 1~6 月
2	提交工作大纲	2017 年 7 月
3	起草标准项目组讨论稿	2017 年 8~9 月
4	提交征求意见稿，并征求意见	2017 年 9 月
5	集团内部专家对标准进行讨论	2017 年 10 月
6	反馈意见整理、修改完成送审稿	2017 年 10~11 月
7	召开《反铲挖泥船控制系统》国家标准送审稿会议	2017 年 11 月
8	完成修改、报批稿。并上报交通运输部报批	2017 年 12 月
9	开《反铲挖泥船控制系统》国家标准总结会	2017 年 12 月

3 主要起草人

主要起草人员			
姓名	工作单位	主要工作	负责章节
罗 刚	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	主编	标准及编制说明全文

田俊峰	中国交通建设股份有限公司	总技术指导	标准及编制说明 全文
顾明	中交天津航道局有限公司	技术指导	标准及编制说明 全文
李智	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	副主编	标准第5~6章及 编制说明
赵春峰	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	副主编	标准第2~4章及 编制说明
丁树友	中交天津航道局有限公司	技术指导	标准及编制说明 全文
李金贵	中交天津航道局有限公司	技术指导	标准及编制说明 全文
钟志生	中交天津航道局有限公司	总协调	标准及编制说明 全文
于涛	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	编制	标准第1章
冯志勇	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	编制	标准第7章
李鹏超	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	编制	编制说明
陈定	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	编制	编制说明
张江超	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	编制	标准附录C及编 制说明
王野	中交天津港航勘察设计研究院有限公司	编制	标准附录B
方磊	中交天津港航勘察设计研究院	编制	标准附录A、D

	院有限公司		
--	-------	--	--

二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

1 编制原则

1) 标准编制体现对反铲挖泥船疏浚监控系统的设计、安装、维修等技术进行规范，本着提高产品质量，确保产品的适用性等方面进行研究和编制标准编制。

主要技术内容：(1) 明确反铲挖泥船控制系统的设计与结构、功能、性能、外观质量、环境适应性、防护等方面的要求；(2) 明确功能、性能、外观质量等方面的试验方法；(3) 明确型式检验和出厂检验的检验规则；(4) 明确标志、包装、运输和贮存等方面的要求。

2) 标准的编写按照 GB/T 1.1-2000《标准化工作导则》及国家有关的法律法规和相关标准进行编制。

2 确定本标准主要内容的论据

2.1 性能

本标准提出的主要性能指标如下：

- a) 网络链路传输速率：不小于 10Mbps；
- b) 监测容量：监测点满足使用并留有不小于 20%余量；
- c) 数据显示更新时间间隔：不大于 1s；
- d) 数据存储时间间隔：不大于 2s；
- e) 数据存储介质容量：应能连续记录 365d 的 BDSCS 数据；

- f) 报警响应时间(多点报警):
- 1) 涉及船舶安全的报警响应时间: 应满足中国船级社《钢质海船入级规范》、《国内航行海船建造规范》和《钢质内河船舶建造规范》相关要求;
 - 2) 其它报警响应时间: 不大于 6 s。
- g) 报警系统 I/O 点: I/O 点满足使用并留有不小于 20%余量;
- h) 控制响应时间: 不大于 0.5 s;
- i) 控制系统 I/O 点: I/O 点满足使用并留有不小于 20%余量;
- j) 船舶平面位置定位中误差: $\pm 2.0\text{m}$;
- k) 船舶艏向中误差: $\pm 0.3^\circ$;
- l) 船舶调平姿态最大允许误差: $\pm 0.1^\circ$;
- m) 船舶吃水最大允许误差: $\pm 0.05\text{m}$;
- n) 大臂/小臂/铲斗姿态角度最大允许误差: $\pm 0.5^\circ$;
- o) 铲斗下放深度 (D) 最大允许误差: $\pm 0.20\text{m}$;
- p) 反铲机旋转角度最大允许误差: $\pm 0.5^\circ$;
- q) 台车行程最大允许误差: $\pm 0.10\text{m}$;
- r) 备用电源支持时间: 主电源失电, 备用电源应满足 BDSCS 正常运行 30 min。

以上性能指标提出的主要论据如下:

2.1.1 与国际、国内标准、规范的一致

与 IEEE 802.3 标准定义的局域网协议集及中国船级社《钢质海船入级规范》等标准、规范保持一致:

- 1) 标准中，性能指标 a) 网络链路传输速率：控制网不小于 10Mbps；
- 2) 标准中，性能指标 f) 报警响应时间（多点报警）：涉及船舶安全的报警响应时间：应满足中国船级社《钢质海船入级规范》、《国内航行海船建造规范》和《钢质内河船舶建造规范》相关要求。
- 3) 标准中，性能指标 r) 备用电源支持时间：为保证疏浚施工中的安全，参照 AMS 系统要求，即涉及船舶安全的备用电源支持时间：应满足中国船级社《钢质海船入级规范》、《国内航行海船建造规范》和《钢质内河船舶建造规范》相关要求，满足 BDSCS 正常运行 30 min。

2.1.2 根据工程需要

根据工程需要提出以下技术指标：

- j) 船舶平面位置定位中误差：±2.0m；
- k) 船舶艏向中误差：±0.3°；
- l) 船舶调平姿态最大允许误差：±0.1°；
- m) 船舶吃水最大允许误差：±0.05m；
- n) 大臂/小臂/铲斗姿态角度最大允许误差：±0.5°；
- o) 铲斗下放深度（ D ）最大允许误差：±0.20m；
- p) 反铲机旋转角度最大允许误差：±0.5°；
- q) 台车行程最大允许误差：±0.10 m；

2.1.3 对系统硬件提出要求

在满足系统整体性能的前提下，对系统硬件提出技术指标如下：

- 1) 标准中，指标 b) 监测容量：监测点满足使用并留有不少于 20% 余量；
- 2) 标准中，指标 e) 数据存储介质容量：应能连续记录 365 d 的 CDSCS 数据。

2.1.4 满足使用需要

根据使用需要提出如下技术指标：

- 1) 标准中，指标 c) 数据显示更新时间间隔：不大于 1 s；
- 2) 标准中，指标 d) 数据存储时间间隔：不大于 2 s；
- 3) 标准中，指标 g) 报警系统 I/O 点：I/O 点满足使用并留有不少于 20% 余量；
- 4) 标准中，指标 h) 控制响应时间：不大于 0.5 s；
- 5) 标准中，指标 i) 控制系统 I/O 点：I/O 点满足使用并留有不少于 20% 余量。

2.2 检验及检验规则

作为产品经过型式检验和出厂检验即完成了对产品的检验，挖泥船疏浚监控系统的产品通常完成了出厂检验后还需要经过实船试验才能完成产品的交付。其原因：监控系统由许多分系统组成，有些分系统只能通过实船调试后才能进行实船试验，实船试验是产品交付前的重要环节，实船试验包括在出厂检验中。另外，国家计量部门不能对系统的某些重要技术指标进行检验（如：铲斗深度、铲斗平面定位等技术指标）。本标准试验的方法是经过施工单位总结多年的使用经

验、验证后所制定的方法。

2.3 试验方法

2.3.1 功能试验方法

附录 B 功能试验方法是对反铲挖泥船疏浚监控系统的主要功能进行工厂试验所采用的方法，主要通过 BDSCS（整套）和输入/输出模拟装置来进行工厂试验，也可搭建模拟平台进行模拟试验。



图 1 输入/输出信号模拟设备

如图 1 所示输入/输出信号模拟设备，其可模拟设备或传感器的信号，如与计算机连接也可输出串口通讯信号，例如 B. 6.1 设备运转状态报警试验、B. 6.2 疏浚过程报警试验中可模拟报警信号。

BDSCS 平台（模拟）主要包括模拟操作台、服务器、客户端计算机、模拟软件、采集设备、网络交换机、网关等设备。该平台能够实现 5.4 节反铲挖泥船功能模拟试验，如下：动力装置监测与控制、反铲机监测与控制、船舶姿态监测与控制、钢桩/台车监测与控制、疏浚轨迹与剖面显示系统（DTPM）、监测报警系统（AMS）、疏浚数据记录系统（DDLS）。



图 2 模拟操作台

如图 2 所示模拟操作台，该操作台上设置有手柄、旋钮、按钮、蜂鸣器、指示灯等设备，用于触发控制命令和发出报警或提示信号。例如 B.9 船舶姿态自动调平、水平上升、水平下降控制及状态监测试验中，通过按下“自动调平”按钮触发自动调平的控制命令，通过“自动调平”指示灯提示是否触发该命令。

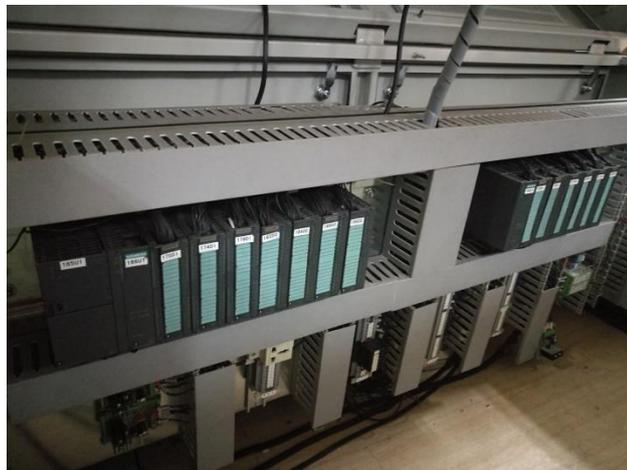


图 3 采集设备

如图 3 所示采集设备，其可实现系统中数据采集、逻辑运算等功能的模拟，以及实现对系统的控制逻辑与数据通讯的试验。本系统模拟平台具有多个采集站，可实现采集系统的分布式 I/O、主站和从站、

主站和主站之间的通讯。如功能试验中模拟操作面板中手柄按钮、模拟报警等信号的采集均是通过该设备完成，通过逻辑运算可得到相应的控制信号并写入输入/输出信号模拟设备。例如 B.4 反铲机左转/右转控制及状态监测试验、B.5 大臂、小臂、铲斗抬起/下放控制及状态监测等试验中可模拟 BDSCS 向输入/输出信号模拟设备写入控制命令，从而实现了系统的控制逻辑的模拟试验。



图 4 网络交换机



图 5 串口网关

如图 4 所示的网络交换机和如图 5 所示的串口网关，其可将系统的各个设备进行组成网络，实现数据流在各个设备之间的传输。



图 6 服务器、客户端计算机

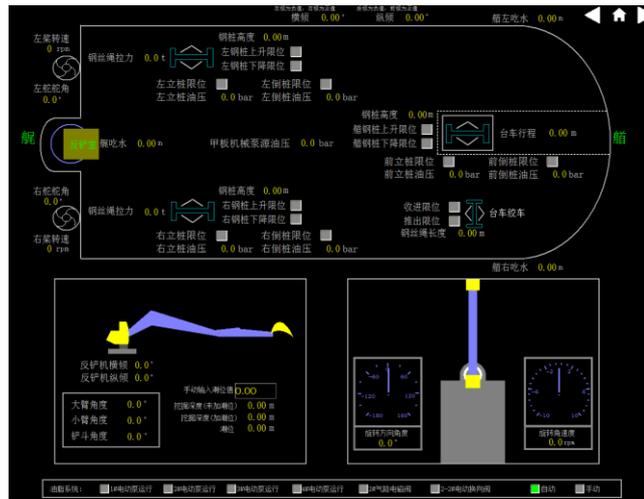


图 7 上位机模拟软件界面

如图 6 所示服务器、客户端计算机和如图 7 所示的上位机模拟软件。例如 B. 15 对 BDSCS 监测及计算生成的数据进行记录存储试验、B. 16 对所有疏浚过程进行回放、B. 17 对设备运转状态进行回放试验中的数据记录存储和回放功能试验均是通过服务器和客户端计算机上的上位机软件实现。

除输入/输出模拟装置以外，其他设备皆可认为是 BDSCS 系统的组成部分，因此以 B. 4 反铲机左转/右转控制及状态监测试验为例对系统平台各设备之间的协同工作及工厂试验过程做进一步描述，如下：

“B. 4. 1 试验条件

BDSCS 全部程序完成调试后，在工厂进行模拟试验。

B. 4. 2 试验器具

BDSCS 一套、输入/输出信号模拟装置一套。

B. 4. 3 试验内容

反铲机左转/右转控制及状态监测试验内容如下：

- a) 实现反铲机左转/右转控制；
- b) 监测反铲机旋转运行状态和运行参数。

B. 4. 4 试验步骤

反铲机左转/右转控制及状态监测试验步骤如下：

- a) BDSCS 与输入/输出信号模拟装置电气连接正确；
- b) 启动 BDSCS 及输入/输出信号模拟装置；
- c) 推动 BDSCS 手柄，“反铲机左转”和“旋转速度”信号输出，输入/输出信号模拟装置相应指示灯亮，相应仪表指示正确；
- d) 推动 BDSCS 手柄，“反铲机右转”和“旋转速度”信号输出，输入/输出信号模拟装置相应指示灯亮，相应仪表指示正确；
- e) BDSCS 监控界面正确显示反铲机旋转运行状态和运行参数。”

2. 3. 2 性能试验方法

附录 C 性能试验方法其内容多是中交股份各航道局对反铲挖泥船疏浚监控系统进行校验时普遍采用的方法，经过多年的使用，方法简单、有效、实用。经过总结、提炼上升到标准。通过验证是对反铲挖泥船监控系统技术指标有效的试验方法。

2. 4 其他内容依据

- [1] GB/T 191-2008 包装储运图示标志
- [2] GB/T 2423. 1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

- [3] GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- [4] GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- [5] GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- [6] GB/T 2423.10-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- [7] GB/T 2423.16-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验J及导则：长霉
- [8] GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- [9] GB/T 2423.18-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）
- [10] GB/T 2423.101-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 实验：倾斜和摇摆
- [11] GB 4208 外壳防护等级（IP代码）
- [12] GB/T 6587-2012 电子测量仪器通用规范
- [13] GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- [14] GB/T 15479-1995 工业自动化仪表绝缘电阻、绝缘强度技术要求 and 试验方法
- [15] GB/T 15511-1995 海洋船电气自动化系统一般要求
- [16] GB/T 17626.2-2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电抗扰度试验

- [17] GB/T 17626.3-2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- [18] GB/T 17626.4-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- [19] GB/T 17626.5-2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- [20] GB/T 17626.11-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- [21] GB/T 21671-2008 基于以太网技术的局域网系统验收评测规范
- [22] GB/T 28965-2012 抓斗挖泥船疏浚监控系统
- [23] GB/T 28966-2012 绞吸/斗轮挖泥船疏浚监控系统
- [24] 中国船级社《钢质海船入级规范》
- [25] 中国船级社《国内航行海船建造规范》
- [26] 中国船级社《钢质内河船舶建造规范》

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

1 主要试验（或验证）的分析、综述报告

1.1 关键技术指标误差分析

1.1.1 系统原理

“反铲挖泥船疏浚监控系统”通过计算机采集船舶吃水和铲臂/铲斗角度传感器等信号、数学模型运算、监测和控制船舶疏浚设备，实现反铲挖泥船疏浚监控。

1.1.2 误差来源

测量误差按其性质不同可分为系统误差和偶然误差。系统误差通常有：仪器误差、方法误差、观测误差等。“反铲挖泥船疏浚监控系统”由硬件和软件组成，如果数学模型正确，计算机运算速度很高，计算误差可忽略不计，可认为系统的误差主要来自系统硬件。以下对铲斗下放深度误差进行分析：

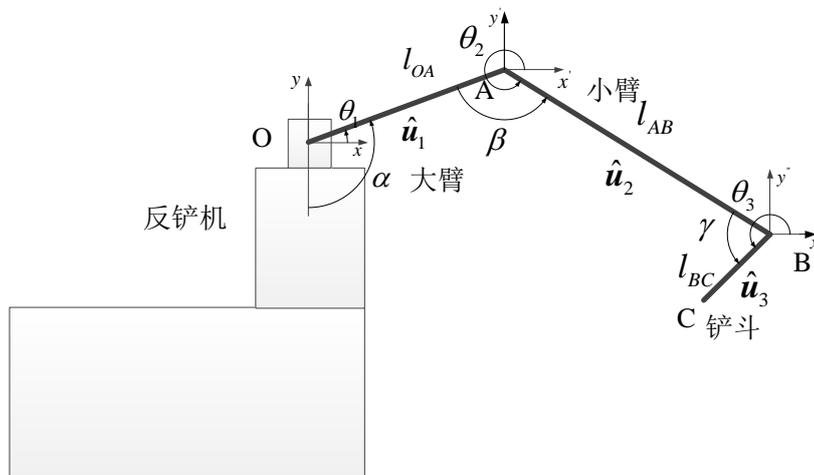
1.1.3 系统指标

铲斗下放深度最大允许误差： $\pm 0.2\text{m}$ 。

1.1.4 铲斗下放深度测量误差分析

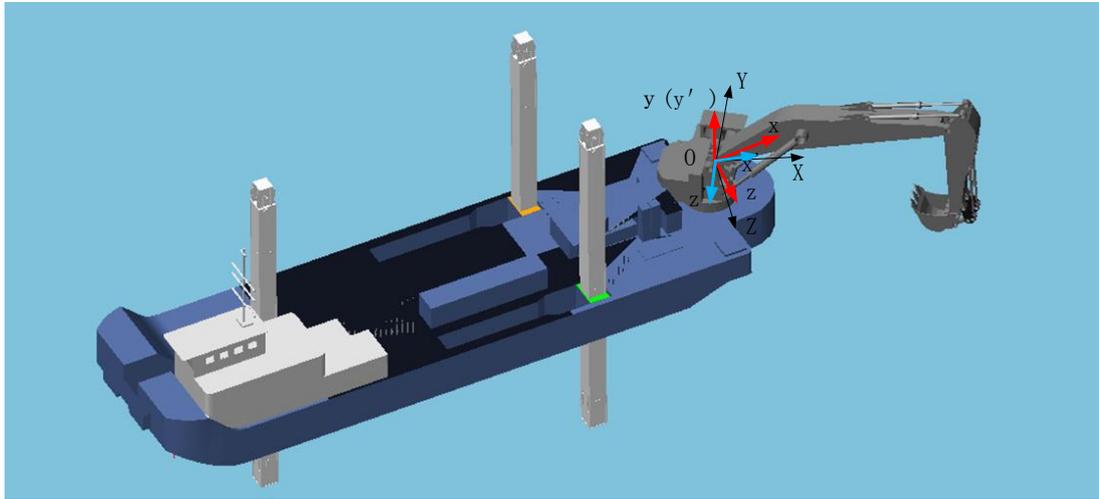
铲斗深度指标也是工程要求的指标，其数学模型包括船舶吃水，大臂、小臂、铲斗角度传感器及其尺寸。由于机船一体反铲挖泥船施工前先进行调平，因此可忽略船舶调平误差，其深度误差主要来自吃水传感器和角度传感器的误差。

铲臂的姿态通过大臂、小臂、铲斗特征平面与反铲机平面的夹角，定义如图一所示。



图一 姿态角度定义

如图二，在大臂与反铲机连接处建立定坐标 0-XYZ，OX 与水平面平行且与船舶艏向一致，OY 垂直水平面向上，OZ 根据右手定则判断。



图二 坐标系定义

建立船体坐标系 o-xyz，ox 与船舷平行，方向指向船艏；坐标变换 $0-XYZ \rightarrow o-xyz$

$$\begin{bmatrix} X & Y & Z \end{bmatrix}^T = R(\theta_{\text{ship}}, \varphi_{\text{ship}}) \begin{bmatrix} x & y & z \end{bmatrix}^T$$

式中： θ_{ship} 、 φ_{ship} 分别为船舶的纵倾角和横倾角。

建立反铲机体坐标系 $o-x_s y_s z_s$ ， $o-XYZ \rightarrow o-x_s y_s z_s$

$$\begin{bmatrix} x & y & z \end{bmatrix}^T = R(\omega) \begin{bmatrix} x_s & y_s & z_s \end{bmatrix}^T$$

式中： ω 为反铲机的旋转角。

铲斗位置可表示为

$$\overline{OC} = \overline{OA} + \overline{AB} + \overline{BC}$$

式中 $\overline{OA} = l_{OA} \hat{u}_1$ ； $\overline{AB} = l_{OB} \hat{u}_2$ ； $\overline{BC} = l_{OC} \hat{u}_3$

在坐标系 $o-x_s y_s z_s$ 中， $\hat{u}_i = (\cos \theta_i \quad \sin \theta_i \quad 0)$

由于测深点位置在船体中是固定的一点，所以坐标系 o-xyz 中已知 D 点的坐标，设为 $(x_D \quad y_D \quad z_D)$ 。

在固定坐标系下向量 \overline{DC} 可表示为

$$\overline{DC} = \overline{OC} - \overline{OD} = R(\theta_{\text{ship}}, \varphi_{\text{ship}}) R(\omega) (l_{OA} \hat{u}_1 + l_{AB} \hat{u}_2 + l_{BC} \hat{u}_3)^T - R(\theta_{\text{ship}}, \varphi_{\text{ship}}) [x_D \ y_D \ z_D]^T$$

因为 D 点的深度可通过该处的吃水传感器得到, 设为 h , 所以, 铲斗深度可表示为:

$$H = h + Y_{\overline{DC}}$$

式中 $Y_{\overline{DC}}$ 为向量 \overline{DC} 的 Y 轴坐标。

一般情况下, 机/船一体化反铲船在调平后进行施工, 可忽略船舶横纵倾对深度的影响。因此, 挖深表达式可表示为:

$$H = h + l_{OA} \sin \theta_1 + l_{AB} \sin \theta_2 + l_{BC} \sin \theta_3 - y_D$$

根据角度关系可知:

$$\theta_1 = \alpha - \frac{\pi}{2}$$

$$\theta_2 = \frac{\pi}{2} + \alpha + \beta$$

$$\theta_3 = \alpha + \beta + \gamma - \frac{\pi}{2}$$

综上可得到铲斗深度的数学模型如下

$$H = h + [l_{OA} \cos \alpha - l_{AB} \cos(\alpha + \beta) + l_{BC} \cos(\alpha + \beta + \gamma) + y_D]$$

以某反铲船为例, 已知相关角度传感器的精度和相关尺寸如下:

- a) 大臂长度: 18.06 m;
- b) 小臂长度: 10.5 m;
- c) 铲斗长度: 4.28m;
- d) 大臂角度传感器量程: $44.87^\circ - 134.8^\circ$;
- e) 小臂角度传感器量程: $53.55^\circ - 154.7^\circ$;
- f) 铲斗角度传感器量程: $57.83^\circ - 187.2^\circ$;
- g) 铲臂/铲斗角度传感器精度为: $\pm 0.1^\circ$;

h) 船舶吃水传感器精度为: $\Delta h = \pm 0.02m$;

对其中铲臂/铲斗角度和吃水深度求偏导:

对吃水深度 h 偏导: $\frac{\partial H}{\partial h} = 1$

对三个姿态角求偏导: $\frac{\partial H}{\partial \alpha} = -l_{OA} \sin \alpha + l_{AB} \sin(\alpha + \beta) - l_{BC} \sin(\alpha + \beta + \gamma)$

$$\frac{\partial H}{\partial \beta} = l_{AB} \sin(\alpha + \beta) - l_{BC} \sin(\alpha + \beta + \gamma)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \gamma} = -l_{BC} \sin(\alpha + \beta + \gamma)$$

因此, 进行全微分计算, 绞刀深度计算的精度为:

$$|\Delta H| \approx \left| \frac{\partial H}{\partial \alpha} \Delta \alpha \right| + \left| \frac{\partial H}{\partial \beta} \Delta \beta \right| + \left| \frac{\partial H}{\partial \gamma} \Delta \gamma \right| + \left| \frac{\partial H}{\partial h} \Delta h \right|$$

将各参数代入公式计算, 绞刀下放深度误差最大值为 0.059m, 满足系统要求的技术指标, 同时满足工程要求。

2 技术经济论证, 预期的经济效果

反铲挖泥船控制系统解决了反铲挖泥船及机具水下精确定位、自动控制、施工过程可视化等问题, 是反铲挖泥船的核心装备, 反铲挖泥船控制系统的质量、性能直接影响船舶的施工效率和市场竞争力。

目前, 除中交天津航道局外, 国内一些其他企业也已陆续开始建造大型反铲挖泥船, 反铲挖泥船控制系统作为大型反铲挖泥船的核心装备, 没有标准可依, 设计、制造质量各不相同, 因此, 严重影响船舶控制系统的整体性能。通过制定反铲挖泥船控制系统国家标准将进一步规范我国反铲挖泥船控制系统的设计、制造, 提高我国反铲挖泥船控制系统装备水平。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

国内外现状：

疏浚装备现仅有 2012 年发布的国家标准 3 项（GB/T 29135---2012 耙吸挖泥船疏浚监控系统、GB/T 28966---2012 绞吸/斗轮挖泥船疏浚监控系统；GB/T 28965---2012 抓斗挖泥船疏浚监控系统）。

疏浚装备技术标准主要分布在港口标准体系表的 400 产品标准中，港口标准体系中疏浚装备新增制定国家标准 21 项，目前，正在按计划进行申报，《反铲挖泥船控制系统》国家标准包含在这 21 项中。经过调研，目前国内外尚无反铲挖泥船控制系统标准。

国际上，大型反铲挖泥船主要由荷兰 De Donge 公司与日本的三菱公司进行设计。反铲机主要供货商为德国 LIEBHERR 公司及三菱重工。荷兰 De Donge 公司也进行设计制造反铲机及反铲船。欧洲四大疏浚公司都不同数量的拥有大型反铲挖泥船。但是，国外均没有见到有关反铲挖泥船疏浚监控系统技术标准相关的报道。

本标准在编制过程中参考了最新的国内外技术资料、最新的相关标准和规范，技术内容切合实际情况，基本满足反铲挖泥船建造、改造对疏浚监控系统的实际需求。

2016 年 4 月，“机/船一体化”大型反铲挖泥船关键技术研究项目进行了科学技术成果鉴定，科学技术成果鉴定时反铲挖泥船控制系统作为关键技术的一部分同时进行国内、外查新，经天津市科学技术研究所的科技查新报告结论：国内外未见与该查新项目综合技术特点相同的“机船一体化”大型反铲挖泥船关键技术研究文献报道。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与现行法律、法规和强制性标准没有冲突

本标准为国家推荐性标准。本标准主要规定了反铲挖泥船疏浚监控系统的技术特性，在实施本标准中如果涉及到安全、健康、环境保护等方面技术要求应遵守国家有关法律、法规相关规定。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无

七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

考虑到全国反铲挖泥船的结构形式、安装设备类型、使用需求不同，同时，该类船舶具有较强的专业特点和个性化技术要求，因此建议《反铲挖泥船监控系统国家标准》作为推荐性标准发布实施。

八、贯彻国家标准的要求和措施建议

无

九、废止现行有关标准的建议

无

十、其他应予说明的事项

无