



耙吸挖泥船格栅适用工况应用分析

刘东征¹, 李春潮², 郭飞燕¹, 李 军²

(1. 中交天津港航勘察设计院有限公司, 天津 300461; 2. 中交天津航道局有限公司, 天津 300461)

摘要: 耙吸挖泥船已成为当前疏浚项目的首选施工船舶。随着疏浚物的复杂程度不断加大, 防止杂物进入管道系统成为当今疏浚行业研究的重要课题。耙吸挖泥船防杂物的方式主要依靠格栅装置。研究各类格栅的适用工况, 以期推动疏浚业的发展。

关键词: 耙吸挖泥船; 格栅; 适用工况

中图分类号: U 616⁺. 21

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)09-0181-04

Application analysis of applicable conditions of trailing suction hopper dredger grating

LIU Dong-zheng¹, LI Chun-chao², GUO Fei-yan¹, LI Jun²

(1. CCCC Tianjin Port & Waterway Prospection & Design Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300461, China;

2. CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

Abstract: At present, trailing suction hopper dredger has become the first choice for the dredging engineering project. Accompanying the increasing complexity of dredged materials, it becomes an important research topic to prevent debris into the pipeline system in the dredging industry, which relies mainly on the grating of trailing suction hopper dredger. This paper studies the applicable conditions of various gratings to promote the development of the dredging industry.

Keywords: trailing suction hopper dredger; grating; applicable condition

随着超大型油轮的问世, 集装箱船也在不断升级换代。各国港口为了满足这类船舶自由进出口, 开始对航道的增宽加深进行了深入的研究^[1], 因耙吸挖泥船机动灵活、效率高、抗风浪能力强, 成为疏浚项目的首选施工船舶。

随着航道拓宽加深, 疏浚物的复杂程度也不断加大, 挖掘难度增加, 在保证产量最大化的同时防止杂物进入施工船舶的管道系统造成堵塞成为当今疏浚行业研究的重要课题。而相对绞吸船来讲, 耙吸挖泥船防杂物的方式比较简单, 主要依靠格栅。

1 耙吸挖泥船格栅分类

耙吸挖泥船在低速时将耙头下放至海底, 耙

头切削疏浚物使其与水混合, 通过舱内的泥泵吸取混合物, 并排入自带的泥舱中^[2]。因耙吸挖泥船防杂物方法单一, 所以格栅的种类和安装方式对生产率影响很大。耙吸挖泥船所用格栅可分为常规格栅和密集格栅 2 种。

1.1 常规格栅

耙吸挖泥船所用的常规隔栅多由窄钢板焊接而成, 格栅间隙应略小于泥泵流道的最大球面直径, 其变化范围较小, 通常隔栅的链条间距比设计通过泥泵杂物的尺寸小 10% ~ 15%。对于不同工况, 格栅在形式和布设位置上有所不同, 可以分为钢板格栅、套筒式振动格栅、链条格栅等几种形式。

收稿日期: 2014-01-07

作者简介: 刘东征 (1982—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口与航道工程设计工作。

1.1.1 钢板格栅

钢板格栅材质为网格式钢板，结构坚固、持久耐用，成为耙吸挖泥船施工时的首选类型。钢板格栅根据安装方向的不同，又分为垂直钢板格栅和水平钢板格栅两种。垂直钢板格栅间隙一般为泥泵最小通过杂物尺寸的 90%，格栅垂直安装在耙吸挖泥船吸口处（图 1）。



图 1 垂直钢板格栅

垂直钢板格栅的缺陷是不适合用在挖掘黏性土质和石块较多的底质。黏土容易堵在垂直钢板格栅孔处，水流的冲力难以使黏土块通过，黏土逐渐累积，造成堵耙，需起耙停工清理，且清理费时、费力，延误生产；石块容易卡在空隙处造成堵耙，需上架后人员从弯管处钻入用铁锤将石块砸出或用撬棍撬出，耗时较长。

为此，在垂直钢板格栅基础上衍生出了一种改进型格栅，即在每个空隙的钢板中线处加装一个犁刃，可有效防止石块卡死堵耙，且由于犁刃体积较小，对耙头真空影响微弱，对产量影响可忽略不计。但这种格栅的缺点是焊接固定的犁刃会因石块碰撞、挤压而损坏高，稳定性不好，维修量较大。

水平钢板格栅水平安装在耙头调节罩上，不仅可有效增加活动罩质量，利于耙齿入土，并且水平安装的格栅为犁齿的安装提供了良好空间，可有效改善耙头挖掘效果，所以此类格栅对于耙头挖掘硬土效果较好。由于水平钢板格栅需要直接与泥面接触，受力挤压严重，格栅易损坏。

1.1.2 套筒式震动格栅

套筒式震动隔栅多用于施工前期，可以有效

地防止石块等杂物的堵耙现象。套筒式震动隔栅由纵向铁板、套筒、芯轴组成，由于套筒外径 > 铁板开孔孔径 > 芯轴直径，使套筒和铁板可小范围上下窜动，在挖泥过程中产生震动，使杂物自动脱落，避免堵耙（图 2）。

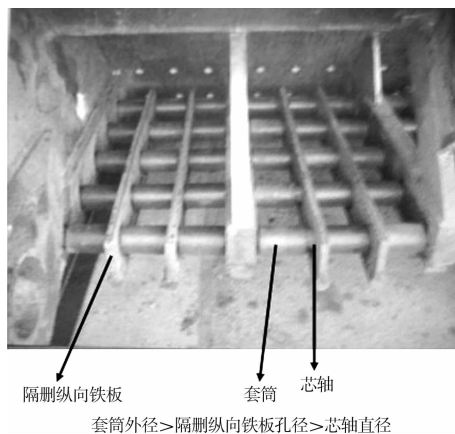


图 2 震动格栅

1.1.3 链条格栅

链条格栅又称“软格栅”，由链条、卸扣和眼板组成。横向链条通过眼板安装在耙头两侧侧板上，纵向链条通过眼板一端安装在耙头本体内部，另一端安装在耙头活动罩上。横、纵向的各链条采用网格式链接，全面包裹住耙头吸口，交点用卸扣连接，其相互间孔径宜取泥泵流道孔径的 85%。

链条格栅多用于疏挖塑性黏土时，不仅可以有效防止耙吸挖泥船吸入大块石头造成堵泵，减少堵耙现象，而且能降低清耙的劳动强度。链条隔栅的安装相对复杂，首先需在耙头内部四周焊上吊耳，用卸扣连接链条和吊耳，链条与链条交叉处用卸扣连接定位，纵、横链条以小于泥泵流道的规格组成软格栅（图 3）。



图 3 链条格栅

链条隔栅靠近引水窗,水流可对隔栅产生清洗作用。在石块或黏土堵塞耙头的情况下,可以通过拆卸卸扣的方法脱开部分隔栅使堵塞物脱落,从而有效降低了清理耙头粘附物的时间和劳动强度。

但链条格栅也存在一定缺陷,由于其主要采用链条、卸扣连接,又直接与泥面接触、挤压,所以损坏率较高,维护较多。

1.2 密集格栅

密集格栅是为防止海底危险物进入施工船舶,在原有格栅基础上进行加密,该格栅的间隙大小应小于海底危险物的最小直径。在有危险物存在区域施工时,密集格栅可有效防止危险物进入管路系统损坏船机设备,但加密的格栅对于耙头的真空、生产率影响极大,产量受限严重。

密集格栅的拆换需要气割处理,耗时较长,若密集格栅的频繁拆装,将严重浪费施工时间。所以密集型格栅多采用活动格栅,即整个密集格栅由4块独立单元组成,在每个单元四角钻孔,用于固定,然后再在耙头内侧对应的位置焊好带孔的基座,最后将4块格栅分别用螺栓与对应的基座固定(图4、5)。采用活动的密集格栅,拆装时间将大大缩短。



图4 分体格栅独立单元



图5 安装后的分体格栅

2 实例分析

2.1 案例1

“通旭轮”在缅甸皎漂30万t航道施工过程中发现部分施工区内残留着二战时期抛弃的炮弹,为防止其进入泥舱,把原来的常规格栅改为宽10cm的长条形密集格栅,有效防止了炮弹进入管系,但产量下降明显。加装密集格栅与加装常规格栅的施工参数对照情况见表1。

表1 加装密集格栅与加装常规格栅的施工参数对比

施工区	格栅形式	左产量率/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	右产量率/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	左密度/ ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	左流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	右密度/ ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	右流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	左吸入 压力/kPa	右吸入 压力/kPa
1区	常规	1 704	2 569	1.090	6.70	1.120	10.86	54	57
	密集	1 542	1 523	1.080	7.17	1.080	6.29	47	46
2区	常规	2 544	3 761	1.094	6.67	1.122	6.89	55	59
	密集	2 445	2 455	1.087	7.07	1.090	6.98	50	48

从表1可以看出,1区施工时加装密集格栅后双耙疏挖的泥浆密度比原来分别降低了0.01和0.04 t/m^3 ,真空值降低了7和11 kPa,挖掘生产率降低了28%,折合减少了1 208 m^3/h ;2区施工时加装格栅后双耙的密度比原来分别降低了0.007和0.032 t/m^3 ,真空值降低了5和11 kPa,挖掘生产率降低了22%,折合减少

了1 405 m^3/h 。

由于爆炸危险物一般是人为抛弃所致,所以存在区域相对集中,不会在整个工程区域内广泛分布,加装密集格栅后产量下降较大,所以应先探明海底状况,标明危险物所在区域,当在非危险物所在区域施工时,为提高挖掘效率则需使用常规格栅,以确保船舶产能最大化。

2.2 案例2

“通旭轮”在营口鲅鱼圈港某段进行挖吹施工时,投入该航道疏浚工程后,发现该段土质为亚黏土,施工过程中耙头堵塞情况十分严重,下耙10 min 两耙即堵塞,需轮流上架清理,挖泥3 h 装舱量只有4 500 m³左右,每天只能挖吹3 舱,日生产量近1.5 万 m³,产量受限且船员的劳动强度极大。针对这种工况条件,把原来的钢板格栅改换为链条格栅。钢板格栅和链条格栅施工数据对比情况见表2。

表2 钢板格栅和链条格栅施工数据对比

格栅种类	连续施工/ min	清耙时间/ min	单舱装 载量/m ³	日装数量/ 舱	月产量/ 万 m ³
钢板格栅	10~20	120	4 500	3.0	40
链条格栅	120	20	7 000	5.4	110

从表2可知,使用链条格栅后船舶可连续施工2 h,清耙时间也从之前的2 h 减少到20 min,大大提高了船舶利用率,日产量增加非常明显。

“通旭轮”耙头为主动耙头,通过改变耙唇的角度,软格栅会出现张弛变化,从而使堵塞物脱落,减少清耙时间。在使用链条格栅后,因水流可对隔栅产生清洗的作用,起到了原有高压冲水防止堵耙的效果,且生产率没有明显变化,每天可节省耗油量,节能效果显著。

3 格栅优缺点对比

通过以上对各种格栅的形式及特点分析,结合工程实例,各类隔栅的优缺点及适用土质统计情况见表3。

表3 各种格栅适应情况

格栅形式	优点	缺点	适用土质
垂直钢板格栅	坚固、耐用,维护较少	挖掘黏性土或石块容易堵耙	一般土质(非黏性土、石块较少底质)
改进型垂直钢板格栅	可防止少量石块堵耙	挖掘黏性土容易堵耙;石块较多时利刃容易损坏,维护麻烦	一般土质或石块较少的底质
水平钢板格栅	增加耙头罩重量,利于耙齿入土;可在骑上加装犁齿,增加破土力	底质杂物较多时,容易损坏	密实性土质
套筒格栅	可防石	挖掘黏性土质容易堵耙	石块较多的非黏土土质
链条格栅	防石、防黏性土堵耙	易损坏	黏性土质或石块较多的底质
密集格栅	防止危险物进入	影响挖掘效率	含有危险物的底质

4 结论

1) 格栅作为耙吸挖泥船防杂物的主要方式,其安装需要与工况条件紧密结合。格栅形式和布设位置的选择,对生产率有很大影响。

2) 在一般土质及工况条件下,钢板格栅是耙吸挖泥船施工时的首选类型;若疏挖区底泥含少量石块,可选用改良版的钢板格栅。而在石块较多的区域,应优先选用套筒格栅。

3) 链条格栅不仅可以有效防止堵泵、堵耙现象的发生,还能降低清耙的时间和劳动强度。但损坏率较高,需要时常关注、维护。

4) 密集格栅可以有效地防止海底危险物进入

施工船舶,但因其对生产率影响极大,在非危险物所在区域不应采用密集格栅。

参考文献:

- [1] 于卫良.疏浚市场展望与现代自航耙吸挖泥船的发展趋势[J].水运管理,2002(7):24-26.
- [2] 刘春青,林少芬,陈景锋.耙吸挖泥船耙齿的模糊可靠性分析[C]//中国机械工程学会可靠性工程分会.2011年全国机械行业可靠性技术学术交流会暨第四届可靠性工程分会第三次全体委员大会论文集.北京:中国机械工程学会可靠性工程分会,2011:49-50.

(本文编辑 郭雪珍)