

研究简报

自行往返远控潜吸式清淤机的发明与研究

INVENTION AND STUDIES ON AUTOMATIC DISTANT-CONTROL UNDERWATER-COLLECTING MACHINE FOR MUD CLEARAGE

朱永兴

(上海水产大学, 200090)

Zhu Yongxing

(Shanghai Fisheries University, 200090)

关键词 清淤机械, 分类, 行走, 潜吸, 远控

KEYWORDS Machines for mud clearance, Classification, Movement, Underwater collection, Distant control

由于雨水冲刷后径流挟带的泥沙、过剩的饵料、鱼类的排泄物及人为的废弃物,使鱼虾塘每年沉积大量的淤泥等物质。池塘底沉积物的堆积直接缩小了养殖的有效水体,而且淤泥层中的有机物、腐蚀质在分解转化过程中大量耗氧并释放有害物质,污染和恶化水质,严重影响了鱼类的生长,诱发鱼病,甚至发生死亡,使鱼塘单产降低。不断清除过多的淤泥,防止水质恶化是增加鱼塘产量的重要措施。

作者于1985年在分析了其他清淤机械设备的性能、优缺点、适应性之后,发明出了能在水下行走的清淤机,并于1985年4月及1989年3月两次申请并批准为中国专利。现将原理介绍如下。

1 清淤机械的分类

按作业条件和排泥状态分:

抽干水作业法: 挖干泥式——推土机、铲运机。

排泥浆式——水力挖泥机组。

水下作业法: 挖干泥式——斗式船(抓斗、铲斗、转斗)。

排泥浆式——带泵船(绞吸、耙吸)、缆拖、潜水泥泵[朱永兴,1981]、带泵水下行走清淤机。

2 鱼塘清淤与河道清淤工况的条件

鱼塘是间隔的独立块状水体,清淤机械需较频繁转移;河道呈连续带状形,清淤机械可不转移。鱼塘中的淤泥离岸较远,运泥距离长;小型河道中的淤泥离岸较近,运泥距离可短。鱼塘的淤泥中杂质较少;河道的淤泥中杂质较多。

收稿日期:1995-11-06。

3 鱼塘用清淤方法和清淤机械性能比较

3.1 清淤方法比较

抽干水作业法:清淤只能在冬季干塘条件下进行,设备利用率低,抽干水体又消耗电能。

水下作业法:清淤可全年进行,设备利用率高,不必抽干水体,可节省电能。

挖干泥式:堆泥场地小,但设备体积大、造价高、运营成本高,须晒干淤泥后方可使用。

排泥浆式:设备体积小、造价低、运营成本低,但堆泥场地大。

3.2 鱼塘用清淤机械及性能

为了便于阐述,现将有关清淤机械及性能列表比较(表1)。

表1 清淤机械性能比较

Table 1 Comparison of the characteristics of machines for mud clearance

名称	推土机	带泵船式	水力挖泥机组	缆拖潜水泥泵	带泵水行走清淤机	
					自行往返远控潜吸式清淤机	螺旋滚筒推进潜吸式清淤机
操作方式	直接驾驶	需人登船操作	需人下塘冲泥	不断移桩打桩	岸边远距电控(陆上水下均可)	岸边远距电控(硬地需人辅助)
劳动强度	一般	一般	繁重	较繁重	轻松省力	较省力
转移方式	自动行走	肩扛手拉	肩扛手拉	肩扛手拉	全部自动行走	水下自动行走,但陆上要人力搬动方向
爬坡性能	可爬坡	不能爬坡	不能爬坡	不能爬坡	可爬坡	爬坡时方向失控
行走及转向性能	陆上自由行走及自由转向	不能行走	不能行走	不能行走	水下、陆上自由行走,原地作360度顺转或逆转	水下行走,有转弯半径,陆上只能直线横滚
堆泥场地	小	大	大	大	大	大
适用季节	夏季干水	全年	冬季干水	全年	全年	全年
清淤土方量(m ³ /kW)	1	2.5	1.5	2.5	3	3

注:每千瓦清淤土方量(m³)是笔者根据机械配备总功率(kW)去除清淤土方量(即泥浆经过24小时沉淀后的淤泥土方量)(m³)估算得到。

4 自行往返远控潜吸式清淤机的研究

4.1 推力克服阻力

4.1.1 水行走式清淤机的推力和阻力

物体得到的推力大于或等于受到的阻力时,物体就会保持运动。“车入泥潭”后由于推力小于阻力不能前进。所以在水下淤泥上行走的机械应符合公式:

$$F = K \cdot \varphi \cdot n \cdot H \cdot B \geq KA + F_w$$

式中:F—推力;K—作用力(或阻力)系数; φ —不均匀系数;n—行走轮数;H—轮片插入淤泥的深度;B—轮片宽度;A—机械在淤泥中受阻面积; F_w —其他阻力(水的阻力和管道运动阻力等)。

从上式看出,要使清淤机顺利地在水下淤泥上行走,应该必须增加行走轮数n,增加轮片插入淤泥的深度H,增加轮片宽度B,同时减小清淤机在淤泥中的受阻面积A和减小其他阻力 F_w 。但过大的H会使吸口远离泥面而降低泥浆浓度,过大的B会使转向阻力增大,过多的n会增加机器的制造复杂程度。

4.1.2 提高推力的研究

水下不同底质条件的 K 值不同,其他阻力 F_w 及受阻面积 A 的精确测定受研究条件限制。笔者采用改变行走轮数 n,改变轮片插入淤泥深度 H(即改变行走轮直径)及改变轮片宽度 B,先后研究了四种不同 n, H, B 值对清淤机行走的效果如表 2。

表 2 四种结果比较
Table 2 Comparison of the four results

D d			D n			D d			D d						
n	350	150	B	n	400	150	B	n	450	190	B	n	480	200	B
H			H			H			H						
6	100	200		8	125	300		8	130	320		8	140	350	
在厚层 30cm 的淤泥中行走 10m 左右即停止不走,下陷在淤泥中			在厚层 30cm 的淤泥中行走能较长时间不停,遇到较厚淤泥有时会停止			在厚层 30cm 的淤泥中行走比较畅顺,但在 50cm 的淤泥中行走有时会停止			在 30~50cm 淤泥中行走都很畅顺,调整浮力可适合更厚淤泥层行走,有时遇障碍,用绳轻微拉动即可继续行走						

注:表中 $H = \frac{D-d}{2}$, D—行走轮叶片外径, d—行走轮空心浮筒直径。尺寸单位:mm。

4.2 减小受阻面积

若要减小受阻面积 A,必须减少清淤机机身陷入淤泥的深度。利用物体在水中受到浮力的原理来减轻清淤机机身对淤泥面的压力,并同时增大清淤机机身底盘面积,可减少清淤机陷入淤泥的深度。见公式:

$$\frac{P}{S} = \frac{G-Q}{S} \leq p$$

式中:P—清淤机对淤泥面的压力(清淤机在水下的秤重); G—清淤机在空气中的秤重; Q—清淤机在水中得到的浮力; S—清淤机机身底盘面积(与淤泥接触的垂直投影面); p—淤泥上能托住清淤机的比压(以陷入适量,满足足够吸泥量浓度 > 30%,行走畅顺为标准)。

淤泥为厚浆糊状物体,其水下状态难以真实模拟,直接测定 p 存在困难,因此设法在清淤机上调整 Q 的大小,找出满足吸泥浓度 $\geq 30\%$ (下陷适度),行走又畅顺,达到间接测定计算满足要求的 p 值。

根据清淤机上动力设备的体积和布置,确定机身的 S 值为 1.26m^2 (长 1.8m,宽 0.7m),清淤机在空气中进行秤重 G 值为 650kg。

从表 3 可知,苏北某鱼塘, $Q = 540\text{kg}$, $p = 8.7\text{g}/\text{cm}^2$ 较理想。而苏南某鱼塘,调整 $Q = 580\text{kg}$, $p = 5.6\text{g}/\text{cm}^2$,效果较理想。因此笔者设计在行走轮中间的浮力筒,可使 Q 值在 540~580kg 范围得到调节。

表 3 五次试验比较
Table 3 Comparison of the 5 experiments

Q(kg)	500	520	540	560	580
$p = \frac{G-Q}{S} (\text{g}/\text{cm}^2)$	11.9	10.3	8.7	7.1	5.6
效果	泥浆浓度 大于 50%,但管道时常堵塞	大于 40%, 管道偶有堵塞	30%~40%, 管道流畅	小于 30%, 浓度偏低	小于 30%, 浓度偏低
	行走状态 行走时有停止	行走偶有停止	行走畅顺	行走畅顺, 机身偶有摇晃	行走时 机身易摇晃

4.3 设计思路

4.3.1 机身

机身[朱永兴,1992]是整机的主要支承架,本机的主要部件,如潜水泥浆泵、浮箱、电机减速器、传动链轮、链条、行走轮轴等都安装在机身上。行走轮轴上又装有行走轮。机身除了具有支承作用外,在行走轮的浮力筒的联合作用下,还具有控制淤泥吸入量,调节泥浆泵吸入泥浆浓度的作用。在机身的底部中央开有一个长方形口,口上装有防杂物隔栅,吸泥口的宽度几乎与机身相同,使经过吸泥清淤后的土层变得平整,在机体的底部前后底侧各装有一个放水口螺塞,若机身内有水渗入,可以整机上岸检漏和定期排水。

4.3.2 行走轮

每个行走轮由六个叶片及一个空心浮筒组成。六个叶片均匀地焊在空心浮筒上,为了增加叶片的刚强度,使之在外力下不发生变形,在叶片的两端各焊一个钢环,这样不仅在水下行走时不受影响,而且在陆地及水下硬质地上行走时不会发生跳跃。因要在淤泥中行走,每个行走轮产生的推力有限,故设左、右两排行走轮,各排行走轮同步运转(每排4个)。考虑轮片插泥深度及整机尺寸,选取轮径 $\Phi 480\text{mm}$,宽度 350mm 。每一排的首尾两个轮子中心比其他两个轮子的中心高出 30mm ,这样在水下淤泥中行走没有影响,而在岸上行走时,因为中部的左右四个轮子着地,所以行走转弯更为灵活,转弯回转半径为零米。

4.3.3 行走速度

移速快,一次吸泥层薄;移速慢,一次吸泥层厚。根据行走轮的直径、常用电机转速及减速比联合计算出行走速度陆上为 $24.5\text{m}/\text{min}$,水下淤泥中为 $14.7\sim 24.5\text{m}/\text{min}$ 。再根据泥浆流量、浓度可推算出:走过一次泥面,吸宽约 0.54m ,可吸深约 0.05m 。

4.3.4 行走功率

清淤机在水下淤泥中行走时由于本机的浮力使整机在水下的称重变轻,阻力不大,所需推进力也小,行走速度又缓慢,所以推进功率并不大;功率较大的工况是爬坡,陆上行走速度为 $24.5\text{m}/\text{min}$,在爬坡 45° 度时需功率 1.92kW ,因此行走系统配用2台Y90S-4型 1.1kW 电机,减速器则采用BWD180-59-1.1型。

4.3.5 潜水无阻塞泥浆泵

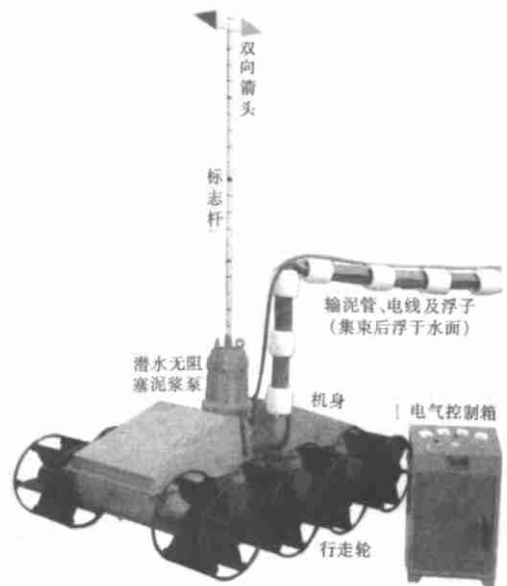
水下行走必须采用潜水型电机,考虑鱼塘中有少量杂质,故采用通污性能较好的无阻塞型泥浆泵,功率 7.5kW ,扬程 15m ,流量 $100\text{m}^3/\text{h}$,密封件用耐磨的碳化硅机械密封。

4.3.6 输泥管系及输电线系

采用柔性直径 100mm 的增强塑料输泥管,配置漂浮水面长度数 10m ,输泥管外套浮力为 2kg 的定制孔径发泡塑料浮子,每间隔 0.4m 设置一个,电线与浮子固定集束于输泥管。泥泵水平输距能力为 200m ,如接相同流量的加压泵,排距可任意远。

4.3.7 电气控制

设计小型移动式电气控制箱操纵,电气控制箱置于陆上视野较理想处,操纵人员针对该机露出水面的标志杆及双向箭头进行前进、后退及原地顺时针旋转、逆时针旋转的操纵,即拨动设置的十字开关的上、



图版 ZYQ-100型自行往返远控潜吸式清淤机

Plate Automatic Distant-control Underwater-collecting Machine for Mud Clearance Model ZYQ-100

下,可实现前进、后退,如拨动十字开关的左、右,可实现顺时针旋转、逆时针旋转。控制箱必须设置漏电保护、过载保护、电流指示。

5 近年来国内外出现的带泵水下行走式清淤机

日本有水下自动清淤机(获原达人,1989年中译本),其行走轮为合成橡胶履带式,比压是 $100 \sim 200\text{g}/\text{cm}^2$,靠摩擦力推进,文中报道行走在水下混凝土面上(获原达人和大内均,1992年中译本),清除其硬面上的淤泥。但该机不存在在淤泥面上行走的可能。

国内有 SQY7 型潜走式池塘清淤机(上海渔业机械仪器研究所,1990),属于螺旋滚筒推进潜吸式清淤机。

《自行往返遥控潜吸式清淤机》的发明项目获得第六届全国发明展览会金牌奖、92年度国家发明奖(三等)、ZYQ-100型自行往返遥控潜吸式清淤机获得94年度国家级新产品称号。

参 考 文 献

- [1] 朱永兴,1985. 往返自行无密封泥泵潜吸式清塘机。中国专利公报,专利号 85201611·5,专利文献出版社(京)。
- [2] 朱永兴,1989. 遥控行走潜吸清淤机。中国专利公报,专利号 89202327·9,专利文献出版社(京)。
- [3] 朱永兴,1981. 潜吸式挖泥装置。船舶修造,(3):35~36。
- [4] 朱永兴,1992. YQ-80D型遥控潜吸式水下清淤机。渔业机械仪器,19(2):2~5。
- [5] 获原达人(刘延恺译),1989. 水下自动清淤机。北京水利科技,(4):72~75。
- [6] 获原达人、大内均(刘延恺译),1992. 利用水下自动清淤机疏浚小樽运河。北京水利科技,(2):50~53。

(1) 上海渔业机械仪器研究所,1990. SQY7 型潜走式池塘清淤机研究报告:2~3。