

文章编号: 1004-7271(2008)04-0486-07

· 综述 ·

水草收割机的研究现状

张丽珍, 陈金稳, 李俊

(上海海洋大学工程学院, 上海 200090)

摘要: 比较了治理水草的三种方法, 指出机械式治理是最理想的方法。简要介绍了水草收割机的起源和国内外生产水草收割机的厂家、研究机构。针对国内外对水草收割机的研究没有系统的、科学的分类的现状, 从切割器的工作方式和安装位置、水草收割机的作业形式、作业对象、推进器类型、船体情况、控制方式等角度对水草收割机进行了分类, 分析了它们的优、缺点。在列表介绍数种国内外典型产品的基础上, 总结了当前水草收割机的特点。最后指出小型化和智能化是水草收割机的重要发展方向。

关键词: 水草收割机; 现状; 分类; 特点; 发展方向

中图分类号: S 225 文献标识码: A

A review of aquatic weed harvesters

ZHANG Li-zhen, CHEN Jin-wen, LI Jun

(College of Engineering Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The mechanical management is the best way to manage aquatic weed through comparisons of three managing methods. The origin, manufacturers and research institutions of aquatic weed harvesters at home and abroad are briefly introduced. In view of the situation that the aquatic weed harvesters are not classified scientifically and systematically, the classification of aquatic weed harvesters is carried out according to the working ways and locations of the cutters, operation principles and targets of the harvesters, propeller types, hull conditions, methods of control and so on, and their advantages and disadvantages are analyzed. Then several typical aquatic weed harvesters at home and abroad are introduced in table. The properties of current aquatic weed harvesters are summarized. Finally it is pointed out that small-size and automation are important development trends of aquatic weed harvesters.

Key words: aquatic weed harvester; situation; classification; property; development trend

水草在养殖、生态和景观三方面有重要的价值体现:(1) 养殖价值, 某些水草可以给一些草食性鱼类提供饲料, 同时水草可作为鱼类产卵的附着物——鱼巢;(2) 生态价值, 水草可净化水质, 供应氧气;(3) 景观价值, 水草能给人一种清新、舒畅的感觉, 可以让人们观叶、品姿、赏花。

正是因为水草有如此多的作用, 吸引了人们去种植。由于种植量大, 同时缺乏相应的管理措施, 导致人工种植的水草一度发展到疯狂的状态。为了恢复水体的良性循环, 维护人类的健康, 还人类一个美

收稿日期: 2007-11-09

基金项目: 上海市重点学科建设项目(T1101); 上海市科学技术委员会项目(05dz05823); 上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金

作者简介: 张丽珍(1967-), 女, 江苏无锡人, 教授, 博士, 主要从事渔业机械、CAD/CAM 技术方面的研究。E-mail: lzzhang@shou.edu.cn

好的生活环境,必须采取一定措施来治理水草。通常情况下,有以下三种治理方式^[1-5]:(1)生态治理,该方法效果良好,环境影响小,但周期长、见效慢;(2)化学治理,这种方法会恶化水质,影响其它生物;(3)物理治理,该方法包括人工打捞和机械打捞,对环境的影响最小。人工打捞效率低,而且费时费力。为了解决水草的污染问题,同时兼顾景观、环境保护需要以及工作效率等方面的实际情况,水草治理必须依赖于机械打捞^[6]。因此,积极研制水草收割机成为管理水草的一个重要方向,国内外出现了各种水草收割机械。

1 水草收割机的发展

国外关于水草收割机的研究比较早,荷兰等国^[7]早在上世纪50年代就开始使用专门的水利机械进行河道除草作业,起初他们是把切割器安装在液压挖掘机或农用拖拉机上,把沟渠、河道内的蒲草、杂草切割后捞起放于岸边,其整机需停靠在岸边或者沿岸边行驶进行作业,这就是陆用割草机,由于陆用割草机的使用范围有较大限制,河道、沟渠旁常植有树木,无法停机,远离岸边的水草又无法切割到,因此,水中作业的割草机应运而生。

由于水草的疯狂蔓延造成水域生态环境的恶化,自水中作业的水草收割机产生以来,引起了越来越多的生产厂家和研究机构的重视。根据现有资料可知^[7],国外研究水草收割机的比较有影响的厂家有美国 advanced acuatics 公司,目前该公司已经开发出来的产品有 H 系列, H4、H7、H8、H10 四种型号数十种产品;美国 aquamarine 公司,该公司研制有 EH、H、HM 三大系列产品;荷兰 IHC CO KONIJN 机械厂和 HEEDER 公司,英国的 ROLBE 公司和 JOHNWILDER(工程)公司,澳大利亚、日本、俄罗斯、德国也有相类似的产品。

国内也有一些相关的企业及研究机构进入该领域,并且取得了一定的研究成果,如宁波农业机械研究所、象山农机厂、绍兴县农林管理总部联合研制的 WH1800 型河道清草机^[8-9],北京市水利局联合数家单位共同开发的 SGY-2.5 型水草收割机^[7],上海电器集团现代化农业装备有限公司新液压厂开发的 GC2230 型河道割草保洁船以及 GC2000 型小型河道割草作业机械^[10],内蒙古农业大学机电工程学院设计的 9GSCC-1.4 型水生植物收割机船队^[11],北京劳模亚洲环保设备有限公司设计生产的 LW5000 多功能劳模水草收割船。

经历半个世纪的发展历程,水草收割机的设计,由开始的岸边切割水草作业,水中切割水草作业,水中收割水草作业,到现在的水中切割、收获、后续处理一体化作业模式,功能日益完善,而且经过长时间的摸索和经验积累,其工作模式也发生了很大的改变。

2 水草收割机的分类及特点

水草收割机一般由动力装置、切割器、动力推进器、送草装置、集草舱、船体等组成。在对现有的水草收割机进行归纳和分析比较的基础上,根据水草收割机的作业方式、工作情况、结构特点等,总结出了水草收割机的七种分类方式。

2.1 根据切割器的工作方式划分

(1) 往复式。切割器的主要构造为两把刀片,并且至少有一把刀片做往复运动,与另一刀片形成相对的切割^[12]。该种结构的优点是可以依靠选择合适的刀具参数来适应不同的工作环境(如水草的杆径、韧性等)。前刀和侧刀在选择设计时,有两种不同的方式,一是前刀和侧刀为一体式,安装时构成一带弧度的 U 型(图 1-g)。该类型的优点是整个切割器是一个整体,只需要一个动力输入端即可,侧刀和前刀容易实现同步工作;缺点是对刀具材料、刀具的安装精度要求高,维修不方便。二是前刀和侧刀为分离式(图 1-b),安装时,前刀和侧刀需要分别安装在刀架上,该结构的优点是前刀长度即为该水草收割机的割幅,因此方便设计收割机的割幅,对刀具材料要求比较低;缺点是前刀与侧刀必须配合才能正常工作,至少应有两个动力输入端,给功率的合理分配带来很大不便,并且两侧刀在加工及安装时要求

非常高,通常的加工条件难以满足要求。

(2) 旋转式。这种切割器的主要结构为在旋转轴的中心固定 3~4 片刀片,工作的时候,刀片绕定轴旋转,不断地割断水草。这种形式的刀具有两种安装形式:①切割器传动轴竖直安装(图 1-f),并且固定在从船体伸出的梁上,该机构的优点是在船体行走的过程中,船体伸出的梁绕船上的固定端不断地往复摆动,可以调整摆角来调整割幅的大小,因此调整十分方便。同时在船体的前端安装 V 形的挡板,该机构大大降低了水草的漏收率。缺点是在正常工作的过程中,由于前端的梁不断改变工作的角度,做水平面上的往复运动,所以船体在工作的时候,重心不断地改变,从而使得船体不断晃动,同时由于有 V 形挡板,造成船体在行走过程中的阻力增大,需要的功率消耗比较大。②切割器轴向水平安装(图 1-d),这种安装的方式类似于水稻收割机的滚刀,船体前行的时候,旋转刀具绕定轴转动,滚刀在水平面上的长度就是收割机的割幅,这种刀具的优点是多把刀具组装而成,因此便于安装维修;缺点是由于滚刀传动轴必须安装成偏心的形式,并且在水中工作,因此,对滚刀的动力传输,以及密封的要求比较高。

2.2 根据切割器在船体上的安装位置划分

(1) 前置式(图 1-a)。切割器安装在船体的前端,优点是切割器将水草割断后,船体在向前运动的过程中,能连续不断地收集割断的水草,水草的漏收率非常低,缺点是动力从船舱传送到切割器动力输入端的传动路线比较长,不适合刚性轴的工作。切割器在工作的时候,如果遇到韧性较大的水草,刀具容易堵转,造成船体沉头。

(2) 后置式(图 1-i)。切割器安装在船体的后端,优点是在船体的正常工作过程中,拖动切割器行走,遇到韧性较大的水草,可以依靠船体的惯性将水草拉起来,而不会沉头。缺点是在船体工作的时候,水草不能收集起来,从而给水体造成二次污染,另外,如果船体在密集的水草上行走,功率消耗比较大。

(3) 侧置式(图 1-b)。切割器安装在船体的一侧,在船体的正常行走过程中,切割器将水草切断。优点是只有一个动力输入端,动力集中,适用于水草比较密集的河道。缺点是工作时,待割水草的边缘必须有无水草的区域,便于船体的前行,否则船体前进的动力大大增加,割幅受船体的宽度、重量等参数的影响比较大,不便于割幅的自由选择,而且一旦切割器发生堵转,船体非常容易失去平衡,原地转动,不利于作业。

2.3 根据作业形式划分

(1) 割收连续式(图 1-h)。适用于切割器安装在船体前端的场合,切割器将水草割断后,船体前端(或腰部)的水草收集装置,将割断的水草收集起来,集中处理。优点是在割断水草的同时,将水草收集起来并且可以进行脱水打包等处理,大大提高工作效率,并且不会造成二次污染。缺点是主机同时兼顾割收两项工作,因此,动力要求高,机构复杂。

(2) 割收分开式(图 1-i)。适用于切割器安装在船体的侧面和后端两种情况。优点是主机只需要将水草割断,因此机构简单,功率需求比较小。缺点是由于割收分开作业,主机将水草割断后,不是连续地将水草收集起来,而是依靠辅助机械收集水草,大大降低了工作的效率,并且容易造成割断的水草沉入水底,造成二次污染。

2.4 根据推进器的形式划分

(1) 螺旋推进器式(图 1-d)。主要的形式是螺旋桨,通常情况下,螺旋推进器都安装在船体的尾部,适用于深水场合。优点是动力大,效率高。缺点是由于扬水不足,不适用于内陆河道的浅水区域,并且需要舵来辅助船体的转弯工作。

(2) 明轮推进器式(图 1-k)。依靠明轮上的蹼板入水时与水的作用力来推动船体的行进。优点是明轮的安装形式十分灵活,可以安装在船体的前端、中间或后端等部位,而且在工作的时候,其位置可以根据实际情况作适当的调整,例如北京水利局设计的 SGY-2.5 型水草收割机,其明轮就可以通过变换机构实现明轮在不同位置的安装,以适应不同的工作环境。在船体行走的过程中,只要使明轮协同工作,可以实现船体的正常前进,转弯,后退,从而减少其它的辅助机构。当安装在船体的中间部位,只要

在船体的前端或者后端安装上适当的辅助部件,就可以使船体在陆地上方便地行走,从而实现船体的快速搬运。缺点是传动效率十分低下。

(3) 空气螺旋推进器式。使用压缩空气作为动力推动船体的前行。优点是原料为空气,十分充足,不会产生污染。缺点是空气的压缩比很大,很难达到压力的正常要求。

2.5 根据船体划分

(1) 单体船式(图 1-g)。优点是船体的排水量大,吃水深度小,船舱可以作为集草舱,大大降低对辅助船只的要求,适合于割收连续作业。缺点是船体的稳定性较差,只适合大船体工作,不适合小船体工作。

(2) 双体船式(图 1-j)。优点是船体的稳定性比较好,容易操作。缺点是船体的排水量比较小,吃水深度较大,不能实现割收的连续工作,需要其它的辅助设备协同工作。

2.6 根据作业对象划分

(1) 近海水草式。主要收集近海水域的藻类水草。要求功率大,船体大,排水量大,不需要将水草收集起来,可以将水草沉入水底,船体必须配备适当的救生设备,而且船体的防腐要求很高,适合于大型水生植物收割机的连续作业。

(2) 内河水草式。主要用来收割内陆江河、湖泊等浅水域的水草。水草的生长情况比较复杂,同时考虑到环境保护的问题,必须将水草及时收集打捞,因此,必须在船体上配备适当的收集装置,机构比较复杂。

2.7 根据各工作部件的控制方式划分

(1) 机械控制式。各机构的协同工作主要依靠人工手动调整来完成。优点是大大减少了辅助机构的数量与重量,从而降低整体重量与造价,拆卸维修方便;缺点是自动化程度低下,对操作人员的素质要求比较高,必须熟悉各机构的工作情况,才能够正常操作。

(2) 液压控制式(图 1-j)。各机构的正常运动主要依靠液压泵、液压马达以及其它控制部件来实现。优点是自动化程度比较高,所有机构的正常运转只需要通过按动按钮即可,对操作人员的要求比较低,只要熟悉按钮的相应功能即可。缺点是部分液压工作部件在水下工作,因此,材料的防腐性能以及密封性能要求高,大大增加了整机的造价。

3 国内外典型产品介绍与比较

3.1 典型产品概况

图 1 是国内外几种比较典型的水草收割机的工作图^[13-22],概况见表 1。

3.2 主要特点

对国内外典型水草收割机进行比较后,不难发现它们具有以下特点。

(1) 液压控制。大部分水草收割机明轮的动作、切割器的工作以及传送带的升降都是采用液压控制的方式来实现的,该种控制方式的优点是能够实现无级变速,方便灵活地控制切割器以及明轮的工作速度。

(2) 明轮驱动。在所有的水草收割机当中,最常用的驱动装置是明轮,而且一般情况下,都是安装在船体的尾部。只有 SGY-2.5 型水中割草机这种水草收割机的明轮安装是比较柔性化的,充分考虑到了水草收割机的各种工况,可以任意改变明轮的安装位置。

(3) 往复切割。大部分产品都采用往复式切割器,并且安装的位置都是在船体的前部,比较少的情況是采用旋转式的切割器,这样有利于避免缠绕等问题的产生。

(4) 辅助设备。所有典型水草收割机械都需要有辅助机械(输送带、拖船等)来协助工作,才能连续完成大量作业。

(5) 单体船。在考虑到了船体的排水量以及船体的装载量等问题的时候,所有船体都设计为单体船的形式,但是由于以上所有的产品都属于大型机械,所以船体的稳定性是可以克服的。

(6) 功耗大。在所有的水草收割机中,由于是多机械辅助工作,所以需要的功率消耗较大(都在 13 kW 以上),最大的功率接近 100 kW。

(7) 造价高。需要多种辅助设施,液压设备协助工作,大大提高了水草收割机的造价。

(8) 外型大。转弯半径在 6 米左右,需要 2 名甚至多人协同工作。

(9) 割深可调。水草收割机的割深都在 0~1.7 m 之间可调,割幅比较大(2 m 左右)。

(10) 维修不便。大型船体不利于整机搬运以及维修。

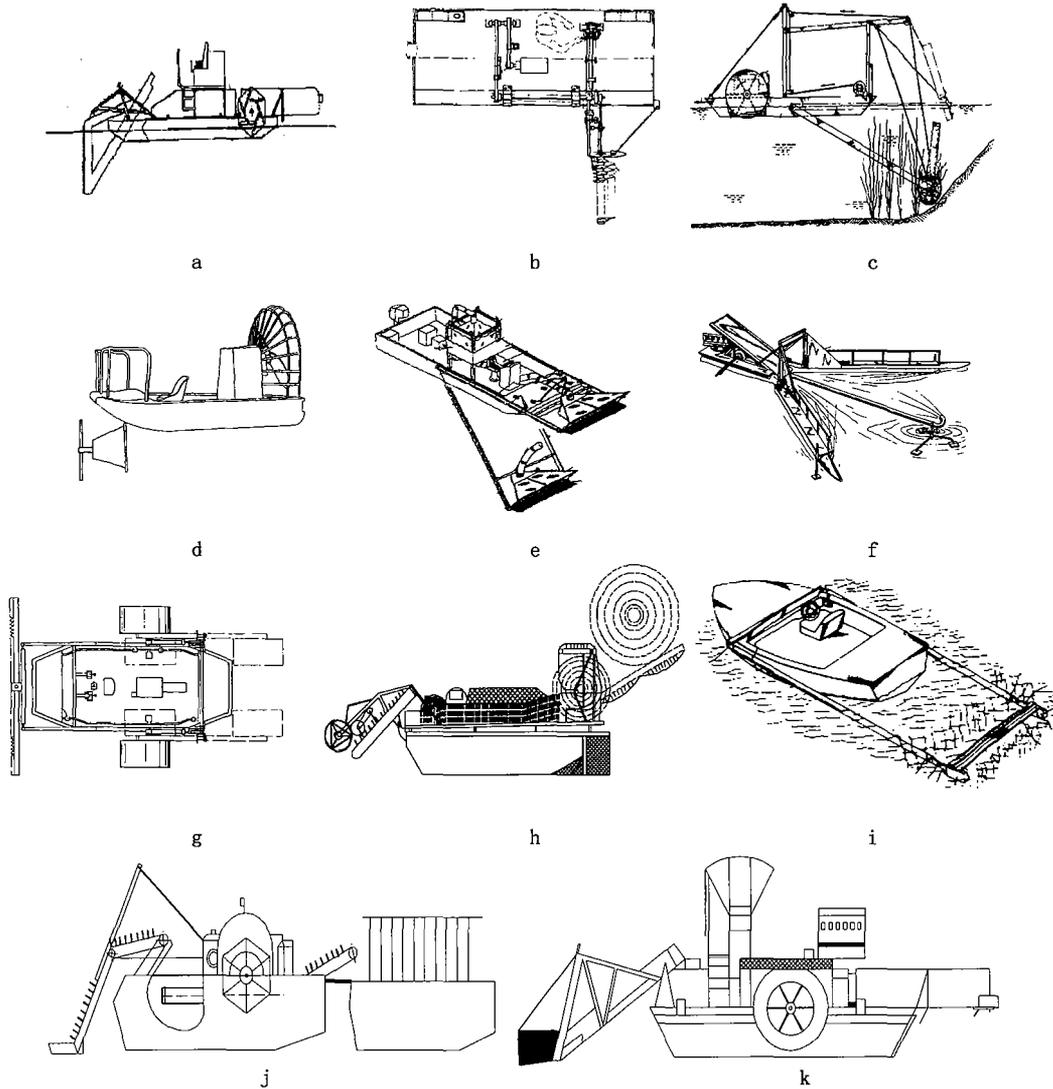


图 1 国内外典型水草收割机

Fig. 1 Typical aquatic weed harvesters at home and abroad

- a. 多功能小型水草收割船; b. 水草切割机; c. 水草切割装置; d. 水草收获系统;
 e. 水草收割机; f. 水草收割装置; g. SGY-2.5 型水中割草机; h. WH1800 河道清草机;
 i. 水生植物收割装置; j. 9GSCC-1.4H 水生植物收割机; k. GC2230 型河道割草保洁船

表 1 国内外典型水草收割机概况
 Tab. 1 Survey of typical aquatic weed harvesters at home and abroad

图号	生产厂家 或发明人	控制 方式	船体	切割器		推进器		参数与工作特点
				形式	安装部位	形式	安装部位	
1-a	USA Advanced Aquatics Company	液压	单体船	往复式	船体前部	明轮	船体尾部	长 7.77 m, 宽 3.05 m, 高 2.2 m, 重 2.1 t, 主机功率 14.92 kw, 装有避震式切割机头, 可变速控制明轮, 适于收割各类水草, 需要拖船、传送带等设备辅助作业。
1-b	USA James R. Meclure	液压	单体船	往复式	船体侧面	螺旋桨	船体尾部	船体稳性比较差, 不适合小船体作业, 适合大面积水草治理, 连续作业效率高。
1-c	USA James I. Hawk	液压	单体船	旋转式	船体前部	明轮	船体尾部	滚筒式拔草装置, 割收分开作业, 需辅助设备, 漏收率较高。
1-d	USA Joshua. Britton.	液压	单体船	旋转式	船体前部	螺旋桨	船体尾部	割收分开作业, 漏收率高。切割器安装密封要求高, 单人作业。
1-e	OTOOLE C B	液压	单体船	旋转式	船体前部	螺旋桨	船体尾部	在水泵的吸引力的作用下, 割断的水草和水一起吸收到船舱的水箱中, 过滤除水。主要清除蓝藻等浮水植物。
1-f	Charles B. Bryant	液压	单体船	旋转式	船体前部	螺旋桨	船体尾部	整机功率大, 船体振动大, 水草漏收率低, 无二次污染。
1-g	北京市水利局	液压	单体船	往复式	船体前部	明轮	可调	长 5 m, 宽 2 m, 高 2 m, 重 4.4 t, 主机功率 26.47 kW, 能清除水葫芦以及沉水植物等, 需拖船、传送带等设备辅助作业。
1-h	宁波农业机械研究 所等单位联合研制	液压	单体船	往复式	船体前部	螺旋桨	船体尾部	长 6.1 m, 宽 2.5 m, 高 0.75 m, 重 5.5 t, 主机功率 14.71 kW, 清除河道水生植物、杂草和漂浮物等, 需要设备辅助作业。
1-i	USA Carl V. olson	液压	单体船	往复式	船体尾部	螺旋桨	船体尾部	割收分开作业, 需要辅助设备协同工作, 切割器受冲击, 损伤比较大。
1-j	内蒙古农业大学 机电工程学院	液压	单体船	往复式	船体前部	明轮	船体尾部	转弯半径 6 m, 吃水深度 0.5 m, 割割 1.4 m, 主机功率 13.24 kW, 能清除马尾草以及沉水植物等, 需要传送带、拖船等设备辅助作业。
1-k	上海电气集团现代 农业装备成套 有限公司	液压	单体船	往复式	船体前部	明轮	船体腰部	长 14.3 m, 宽 4.25 m, 高 2.54 m, 重 9 t, 主机功率 36.8 kW, 除水葫芦等水草及收集水面漂浮物, 集打捞、收集、载运、滤水、自卸等功能为一体, 需拖船、传送带等设备辅助作业。

4 发展方向

4.1 小型化

当前市场上所有水草收割机都是大型机械, 满足大型湖泊水草的收割与修理, 但不适合小型河道和湖泊等小水面水域中水草的收割。

随着人民生活水平的提高, 水域生态景观旅游开发将成为今后城市环境建设的重中之重。拿上海来说, 根据规划, 上海市 2005 年的理想水面率不低于 8.4%, 到 2010 年增至 9% (需增加水面积 40 km²), 到 2020 年水面率将恢复到 10% (再增加水面积 60 km²), 上海市政府将投资 500 亿元, 筹划建设八个大型水域生态景观的人工湖泊。另外, 到 2020 年, 我国将建成 300 多家大型高尔夫球场, 每家高尔夫球场面积都在 100 hm² 以上, 为了创造人与自然的和谐环境, 每个球场配套建设 2.67 hm² 以上的人工湖泊, 在全国范围内, 高尔夫球场内的人工湖泊在 800 hm² 以上。这些水域生态景观和人工湖泊现在都用生态的方法进行治理, 其中种植水草是必不可少的, 为了有效维护水域的生态平衡, 收割机是不可缺少的, 所以水草收割机的需求量将会越来越大。但是这些水域生态景观和人工湖泊大部分面积小, 分散度较大, 造型不规则, 有的地方非常狭小, 不利于大型收割机械的行进和转弯。目前这些水域中的水草的收割都由人工完成, 劳动强度大, 效率低。而且往往在水草疯长时, 人工收割跟不上生长速度, 一部分水草因未及时收割而腐烂水中, 造成水质恶化。所以小型水上收割机的需求量会越来越大, 小型轻便、美观环保的水草收割机将是一个重要的发展方向。

4.2 自动化

目前水草收割机的操作都由人工来完成,在大型的水草收割船上一般有 2~3 人进行操作。但随着水草收割机的小型化,它的收割和集草都要在同一条船上进行,由于空间有限,最多只能由一人操控,若都是手动操作的话,会不太方便,所以应该提高水草收割机的自动化程度,特别是遥控式的水草收割机不仅能进一步减小船体的尺寸,增大储草空间,而且安全,将会是小型水草收割机的一个发展方向。

参考文献:

- [1] 吴文庆,洪渊杨,秦双亭,等.水葫芦治理技术的初步研究[J].上海环境科学,2003,增刊:146-149.
- [2] Thomson, Enala T, Mwase, *et al.* Control of aquatic weeds through pollutant reduction and weed utilization[J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2002, 27(10): 983-991.
- [3] 尚士友,申庆泰,杜健民,等.内蒙古乌梁素海沉水植物的收割工程技术[J].湖泊科学,2007,16(2):169-176.
- [4] 屠清瑛,章永泰,杨贤智,等.北京什刹海生态修复试验工程[J].湖泊科学,2004,16(1):61-67.
- [5] 尚士友,杜建民.草型湖泊沉水植物收割工程对生态改善的试验[J].农业工程学报,2003,19(6):95-100.
- [6] 尚士友,杜健民,丁海泉,等.沉水植物收获机械设计学的研究[J].内蒙古农牧学院学报,1995(9):79-82.
- [7] 扬诗鸿.SGY-2.5型水中割草机的设计和研制[J].水利电力施工机械,1997,19(4):12-15.
- [8] 孙明敏,河道清草机的研制[J].中国农机,2005(6):91-94.
- [9] 马群力.一种水面杂草清除机具-河道清草机[J].浙江农村机电,2003(1):17-18.
- [10] 谭政生,黎启柏,张未,等.GC2230型河道割草保洁船[J].上海造船,2004(2):22-24.
- [11] 李旭英,尚士友,杜建民,等.9GSCC-114H型沉水植物收割机船队的设计[J].农业机械学报,2006,37(1):59-62.
- [12] 电力工业部郑州机械设计研究所.SL/T 202-1997 中华人民共和国行业标准——往复式水下割草机[S].北京:中国水利水电出版社,1998.
- [13] John wilder limited lower wharf. Water weed cutting and/or clearing vessel; England, 80304487.4[P]. 2003-12-12.
- [14] Charles B, Bryant. Aquatic harvesting Apparatus; USA, 4258534[P]. 1981-3-31.
- [15] Victor V, Sygen, Eagan, *et al.* Minn. Aquatic plant harvester; USA, 5161354[P]. 1992-10-10.
- [16] Daniel Smith. Marine weedwaker; USA, 6922982 B1[P]. 2005-8-2.
- [17] Victor V, Sygen. Method of harvesting aquatic plants; USA, 5235797[P]. 1993-8-17.
- [18] Prochaska, J. Aquatic vegetation harvester; USA, 5069023[P]. 1991-11-3.
- [19] James L, Hawk. Apparatus for removal of aquatic plant growth; USA, 4416106[P]. 1983-10-22.
- [20] Troy M, Deal. Intake balancing and satellite collector system; USA, 4240243[P]. 1980-11-23.
- [21] Japan lake&canal CO LTD. Waterweed cutter; Japan, 2002084855A[P]. 2002-03-26.
- [22] Errol G, Stewart. Aquatic weed cutter, DE-rooter and harvester; USA, 4202155[P]. 1980-3-13.