

SCSGJ-2.6 型水草收割机的研制

张丽珍^a,陈金稳^a,李俊^a,张饮江^b
(上海水产大学 a. 工程学院, b. 生命科学与技术学院, 上海 200090)

【摘要】 **【目的】**针对当前景观水域日益增多而其面积小、分散度大、大型水草收割机难以实现水草收割的现状,研制适用于小型水域的水草收割机械。**【方法】**在对割幅、割深、整机尺寸、生产率、静水航速、最小转弯半径等参数进行预期设定的基础上,完成了 SCSGJ-2.6 型水草收割机的设计,简要介绍了该型水草收割机的主要机构、整体布局以及工作原理;并结合流体力学、结构力学以及船舶原理学等知识,对其动力装置、船体、往复式切割器、传送带、明轮推进器、动力传输路线和辅助机构等工作部件进行了选择与设计。**【结果】**性能测试显示,SCSGJ-2.6 型水草收割机的转弯半径为 1.5 m,割深在 0~0.475 m 内可调,生产率为 1.5 t/h,在宽为 5 m 的河道内的转弯时间为 1.5 min,平均漏收率为 3%,平均漏割率为 5%,正常工作时耗油量为 1.46 L/h,各项参数均能达到预期目标。**【结论】**该水草收割机具有良好的割收连续作业能力。鉴于景观水域小型化、数目多的发展特点,该小型水草收割机具有广阔的推广应用前景。

【关键词】 水草收割机;机械设计;性能测试;景观水域
【中图分类号】 S225.7⁺9 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2008)11-0229-06

Development of SCSGJ-2.6 type harvester of aquatic weed

ZHANG Li-zhen^a, CHEN Jin-wen^a, LI Jun^a, ZHANG Yin-jiang^b
(a. College of Engineering Science & Technology, b. College of Aqua-life Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: **【Objective】** In view of the characteristics that landscape waterfronts are increasing, small in size, dispersed, and difficult to harvest weed for large harvester, SCSGJ-2.6 type harvester of aquatic weed was developed for small waterfront. **【Method】** Based on the predetermination of the swath, the cut depth, the machine's outline size, productivity, hydrostatic speed, the minimum turning radius, and other technical parameters, the design of this harvester was accomplished. The main components, layouts and working principles of the harvester were introduced. Then the power device, hull, propeller, reciprocating cutters, conveyor belt, drive mechanism and auxiliary structures were selected or designed based on the knowledge of hydrodynamics, structural mechanics and theoretical naval architecture and so on. **【Result】** Tests showed that SCSGJ-2.6 type harvester's turning radius was 1.5 m, the cutting depth adjustable between 0—0.475 m, the productivity 1.5 t/h, time consumption of turning 1.5 minutes in a 5 m-wide river, average omission 3%, average cutting leakage rate 5%, oil consumption 1.46 L/h, thus all the parameters met the goals. **【Conclusion】** The tests proved that the harvester has a good ability for continuous cutting and harvesting, and in view of the developing characteristics of landscape waterfronts; small in size and huge in number, a broad application prospect of this harvester of aquatic weed is expected.

* **【收稿日期】** 2007-12-05
【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基金项目(05DZ05823);上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金项目
【作者简介】 张丽珍(1967—),女,江苏无锡人,教授,博士,主要从事渔业机械设计与制造及 CAD/CAM 技术研究。
E-mail: lzhang@shfu.edu.cn

Key words: harvester of aquatic weed; machine design; performance test; landscape waterfront

随着人民生活水平的提高,人们对景观水域的需求越来越多,特别是在一些高档住宅区和风景区,都设有面积不同、形状各异的景观水域。为了保持水域的生态平衡,维持水质的清澈,需要在景观水域中大量种植水草,但是在每年 5~9 月的高温时段,水草生长非常迅速,必须进行收割清理,否则会对水质造成二次污染。目前,水草治理方法主要有化学清除法和物理收割法两种^[1]。化学清除法会引起水质污染与恶化,破坏水域的生态环境,并对其他生物的生存造成很大影响。所以,人们大都采用更为环保的人工收割和机械收割的物理方法来治理水草^[2]。但由于人工收割效率低下,往往打捞的速度跟不上水草生长的速度,因而机械收割就成为理想的水草治理方式。目前,市场上的水草收割机产品有 WH1800 型河道清草机、SGY-2.5 型水草收割机、GC2230 型河道割草保洁船、GC2000 型小型河道割草作业机械、9GSCC-1.4 型水生植物收割机船队和 LW5000 多功能水草收割船等,但这些产品外型大,长度都大于 8 m,需要多人及辅助机械协同作业,适用于大型水域水草的收割。而景观水域的设计通常都采用自然造型,有各种不同的曲线,且水面

较为狭小,不利于大型机械作业。针对以上情况,本课题组研制了一台 SCSGJ-2.6 型水草收割机,现对其性能参数、工作原理和结构部件的细节设计进行详细介绍,以期小型景观水域水草的收割治理提供技术支持。

1 SCSGJ-2.6 型水草收割机的主要技术参数

已研制的 SCSGJ-2.6 型水草收割机的主要技术参数为:割幅 1 200 mm;整机空载重量约 200 kg;割深 0~500 mm(可调);外形尺寸 2 500 mm×1 500 mm×1 000 mm;生产率 0.133 hm²/h;静水航速 0.3 m/s;最小转弯半径 1.5 m;陆地行走速度 1.5 m/s。

2 结构及工作原理

2.1 基本结构

SCSGJ-2.6 型小型水草收割机主要包括动力装置、启动系统、船体、切割器、传送带、明轮推进器和传动系统,其基本结构见图 1。

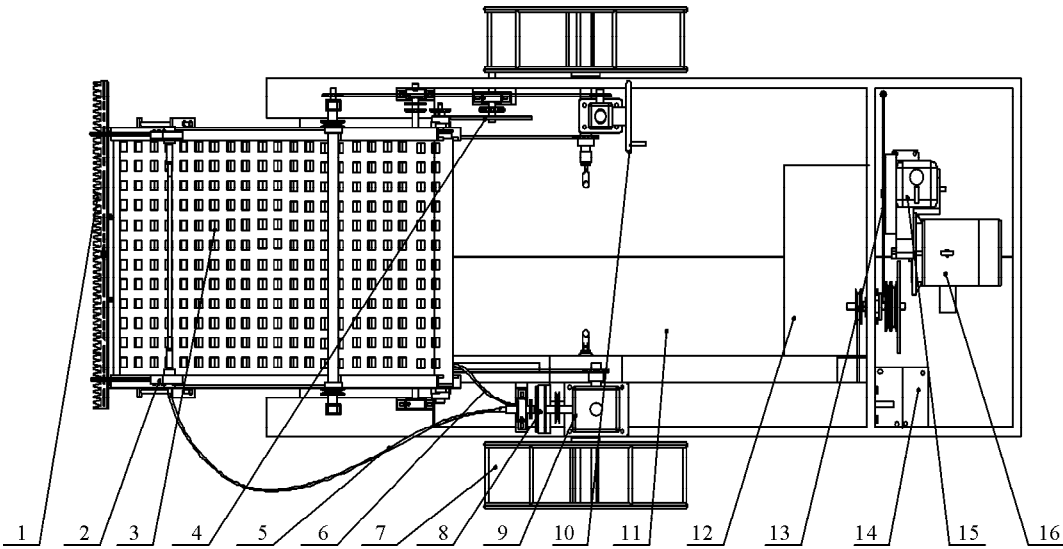


图 1 SCSGJ-2.6 型水草收割机的基本结构

1. 前切割器;2. 侧切割器;3. 传送带;4. 换向机构;5. 侧刀输入软轴;6. 前刀输入软轴;7. 明轮;8. 电磁离合器;9. 减速机;
10. 传送带升降机构;11. 船体;12. 座椅;13. 主轴离合器;14. 蓄电池;15. 柴油机;16. 启动马达

Fig. 1 Structure of the SCSGJ-2.6 type harvester of aquatic weed

1. Front cutter;2. Side cutter;3. Conveyor;4. Turning structure;5. Input flexible shaft of side cutter;6. Input flexible shaft of front cutter;7. Paddle wheel;8. Magnetic clutch;9. Speed reducer;10. Structure of conveyor belt's lifting device;
11. Hull;12. Seat;13. Principal axis clutch;14. Accumulator;15. Diesel;16. Starter motor

2.2 工作原理

在启动马达的带动下,柴油机启动,动力经主轴传动后分成两部分:一部分经过减速机和换向机构直接传送到两边的明轮和传送带;另一部分经过软轴传送到切割器(前切割器和两把侧切割器)。2 个明轮同时工作,推动船体前进。安装在传送带前端底部和侧端的切割器,从 3 个方向将水草割断,断草经网状传送带滤水、传输,进入船舱,实现水草的切割、滤水与收集,最后将收集的水草集中处理。明轮离合器分别控制两侧明轮,使其协调工作,实现整机的前进与转弯。

3 结构方案的确定

3.1 动力装置

根据水草特性和船体在水中行走的动力学特点,小型水草收割机在水中正常工作时,所需功率包括往复式切割器功率、传送带功率和行走系统(明轮)功率 3 部分,计算得往复式切割器、明轮、传送带需要的功率分别为 1.2、0.5 和 0.3 kW,该机构动力传动路线短,整机效率约为 80%,因此 2.5 kW 的动力装置即可满足需求^[3-9]。在陆地上行走时,切割器和传送带停止工作,明轮低速转动,经计算整机功率可以满足陆地行走的要求。为此,本设计选择的动力装置是 JD165F 型柴油机。

3.2 船 体

船体作为整机的载体,为整机提供浮力,是整机的装配基础。在设计船体过程中,必须考虑载重能力、形状和尺寸 3 方面的因素^[2]。

3.2.1 载重能力 船体既要装载各工作机构,又要用作集草舱,尽管船体较小,但也必须要有一定的承载能力和机械强度,故选择船体材料为厚 2 mm 的 Q235 钢板^[10]。初步计算船体、主要工作部件以及操作人员的总重量约有 250 kg,设计净载草重为 200 kg(湿重),船体要求提供 450 kg 的浮力。因此,在最小外型的前提下,为了能获取最大的载重量,本设计中采用单体船。

3.2.2 形 状 考虑浅水域水深的限制和焊接工艺的要求,并且具有比较好的稳定性,特将船体设计为大张角的 V 型船底^[11]。从船舶设计理论来看,用于浅水、静水中的船舶,船首主要有撬形和楔形两种,船尾为平面。在本设计中,采用楔形船首,平面船尾。这是因为在航行时,水绕流绝大部分通过船舷边界层向后流动,船底水的压力降低不大,航速可以提高;平面船尾的设计主要是考虑到制造加工

的方便。

3.2.3 尺 寸 要求船体转弯半径在 1.5 m 以内,同时考虑到船体长、宽、高的比例以及船体的平衡性,同时兼顾载重能力和形状两方面,所以设计的船体长 2.2 m,宽 1.1 m,高 0.5 m,船底张角 150°。

3.3 切割器

切割器有往复式和旋转式两种形式。由于小型水草收割机的切割器在水下作业,水草柔软且比较长,如果采用旋转式切割器,则容易被水草缠住。选择往复式切割器则能避免切割器被缠绕和堵转的问题,即使遇到强度、韧性比较大的水草,切割器的刀片也能依靠高速运动将水草割断。在参考大量切割器资料后,选用浙江省湖州市万杰刀具有限公司生产的切割器,其前切割器刀具长度为 1 200 mm,侧切割器刀具长度为 700 mm。由于切割器的安装位置远离动力装置,并且转动方向与主轴夹角很大,所以动力输入端采用软轴传动,以曲柄滑块机构作为驱动机构,曲柄转速选择为 500 r/min。

3.4 传送带

水草被切断后,必须经过传送带收集到船舱。传送带有两个用途:一是输送断草,集中处理;二是过滤水分,减少载重。设计传送带时,应考虑传送带倾斜角度、网孔尺寸、传送带带长以及传输速度。通常传送带倾角设计为 30°~45°^[2,9,12],如果倾角过大,超过 45°,水草不能传送进入船舱;若倾角过小,则在割深一定的情况下,传送带太长,容易沉头,而且增大了转弯半径。小型水草收割机设计的最大割深为 0.5 m。另外,由于水草细长柔软,呈倒伏状,通常情况下其不会从滤水网孔漏掉。为尽可能过滤水分,所以要求网眼比较大,但是为了保证断草能顺利输送进船舱,网眼也不宜过大。经过多次试验,综合多种水草柔性以及茎杆的特点,选择网状传送带的网眼直径为 20 mm,传送带长 1 500 mm,宽 800 mm,传输速度为 0.7 m/s。

3.5 明 轮

船上常用的推进器有螺旋桨和明轮等^[13-16],其中螺旋桨在浅水域中效率低,易使船体沉降,且在草型水域中运动时,缠绕问题很难解决。根据蹼板在明轮上的安装形式,明轮分为“动蹼明轮”和“定蹼明轮”。动蹼明轮效率高,但是结构复杂、重量大、造价高,而且由于活动部件在水中运转时磨损较快,需要经常修理。定蹼明轮因为蹼板按照不变的方向固定在轮辐上,结构简单,造价低,但效率也稍低。本研究研制的小型水草收割机中采用 6 片蹼板沿圆周均

匀分布的定蹼明轮,为了便于整机在陆地行走,明轮的蹼板外端焊接圆形轮辐,其结构如图 2 所示。

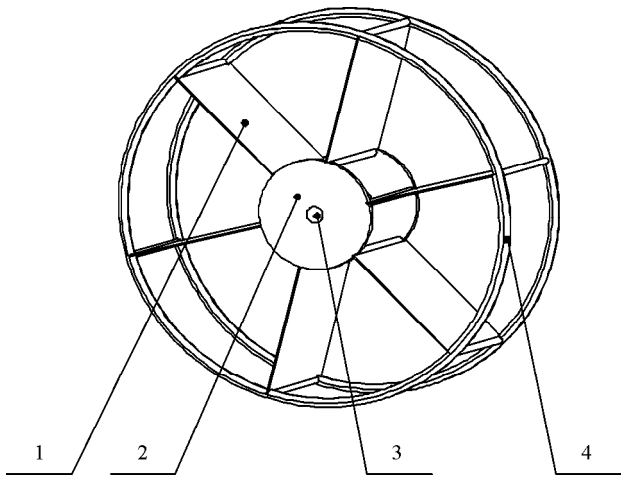


图 2 SCSGJ-2.6 型水草收割机定蹼明轮的结构示意图
1. 蹼板;2. 加强板;3. 轴心孔;4. 轮辐

Fig. 2 Structure of fixed paddle wheel of SCSGJ-2. 6 type harvester of aquatic weed
1. Paddle;2. Strengthen board;3. Hole through the axis of shaft;4. Spoke

整机在陆地上行走时,明轮载着船体前行。所以,明轮的安装高度不能超过其半径。在水中工作时,明轮作为动力驱动装置,其安装位置受到船体吃水深度的限制。综合考虑船体吃水深度、推力和陆地行走等限制条件,最终设计的明轮直径为 800 mm,宽度为 200 mm。

3.6 其他辅助机构

3.6.1 传送带升降机构 为调整合适割深,将 3 把

切割器分别固定安装在传送带的两侧和前端底部,并且为传送带设计了升降机构,其结构如图 3 所示。减速机的输入端与操纵手柄连接,输出端与链轮 I 连接,链轮 II 与滚轮同轴固定连接,吊绳的两端分别与滚轮和传送带支架连接。当操纵手柄往一个方向转动时,减速机输出端的链轮 I 带动链轮 II 转动,从而带动吊绳绕上滚轮,将传送带抬高;若反转操纵手柄,传送带降低,从而实现割深的调整。

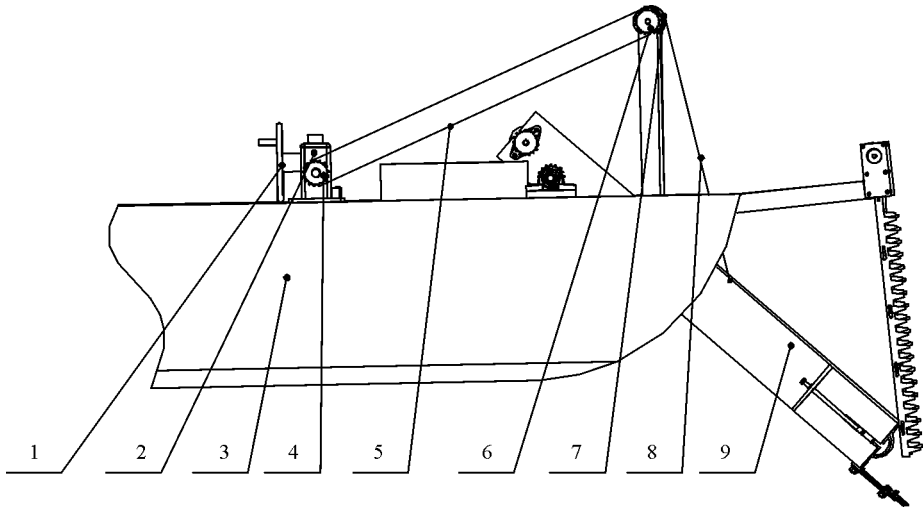


图 3 传送带升降机构示意图
1. 操纵手柄;2. 减速机;3. 船体;4. 链轮 I ;5. 链条;6. 链轮 II ;7. 滚轮;8. 吊绳;9. 传送带

Fig. 3 Structure of conveyor belt's lifting device

1. Manipulation handle;2. Speed reducer;3. Hull;4. Chain wheel I ;5. Chain;6. Chain wheel II ;7. Wheel;8. String;9. Conveyor

3.6.2 陆地行走机构 为便于 SCSGJ-2.6 型水草收割机在陆地上行走,特在船体的尾部安装了 1 个

万向轮。在陆地上行走时,只要通过离合器断开切割器和传送带的动力输入,使其停止工作,并将传送带上升,就能实现收割机在陆地上的安全行走。

3.6.3 柴油机启动系统 柴油机启动时,由于其在负载情况下无法正常启动,故在柴油机的输出端安装了离合器。需要启动柴油机时,将负载断开,柴油机空载启动后,接合离合器,水草收割机便可工作。参考农用机械设计手册^[17],选用型号为 HHT700 的机械式离合器。为启动方便,在柴油机的飞轮上加装了 Q1320412YG 型启动电机^[17]。

4 水草收割试验

该小型水草收割机经过设计、制造和安装调试后,于 2006~2007 年数次在上海水产大学水域环境治理基地进行了性能试验。

4.1 试验场地介绍

该水域面积约 14 hm² (人工湖泊),平均水深 1 m,水面形状多变,多为曲线,最窄处宽度为 5 m。水草(人工种植)顶部距离水面 0.1 m,水草密度为 5 kg/m² (湿重)。

4.2 试验方法与步骤

(1)静水航行,测量船体航速,转弯半径。(2)调整割深,观察切割器工作情况,测量漏割率。(3)调整传送带倾角,测量水草的漏收率。(4)在狭窄区域,测试转弯情况。(5)在较大面积水域,测试水草收割机的工作效率。(6)试验结束时,测量小型水草收割机的耗油量。

4.3 试验结果

(1)SCSGJ-2.6 型水草收割机的静水航速为 0.35 m/s,最小转弯半径为 1.5 m。

(2)切割器工作情况良好,不同割深下的平均漏割率为 3%。

(3)传送带都能正常工作,不同倾角下的平均漏收率为 5%。

(4)在水域宽为 5 m 的最窄河道,转弯时间为 1.5 min,转弯半径为 1.5 m,操作效果良好。

(5)水草收割机的工作效率为 1.5 t/h。

(6)正常工作时,该水草收割机的耗油量为 1.46 L/h。

5 推广应用前景

水域生态景观的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,到 2020 年上海市政府将投资 500 亿元,筹划建设 8 个大型水域

生态景观人工湖泊。到 2020 年,我国将产生 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,为了创造人与自然和谐的环境,每个球场需配套建设 27 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面积将达到 800 hm² 以上。所以小型水草收割机在这些面积小、分散度大的景观水域中具有广泛的应用前景。

[参考文献]

[1] 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.
Li X Y,Shang S Y,Du J M,et al. Design on 9GSCC-1. 4H type submerged plants harvesting boat [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2006,37(1):59-62. (in Chinese)

[2] 尚士友,杜建民,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,1995,16(9):79-82.
Shang S Y,Du J M,Ding H Q,et al. Design of aquatic plant combine harvester [J]. Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture Husbandry,1995,16(9):79-82. (in Chinese)

[3] 谢玉红,尚士友,杜建民,等. 沉水植物收获机械推进器的设计研究 [J]. 内蒙古农牧学院学报,1998,19(4):100-103.
Xie Y H,Shang S Y,Du J M,et al. Design and study of the propeller of aquatic plant combine harvester [J]. Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture Husbandry,1998,19(4):100-103. (in Chinese)

[4] 杨诗鸿. 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.
Yang S H. Development of SGY-2. 5 type weed cutter [J]. Water Power Construction Machinery,1997,19(4):12-15. (in Chinese)

[5] 孙明敏. 河道清草机的研制 [J]. 中国农机化,2005(6):91-94.
Sun M M. Design and research to manufacture of the aquatic plant harvester [J]. Chinese Agricultural Mechanization,2005(6):91-94. (in Chinese)

[6] 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.
Tan Z S,Li Q B,Zhang W,et al. GC2230 Alga-cutting and river-cleaning ship [J]. Shanghai Shipbuilding,2004(2):22-24. (in Chinese)

[7] 贾瑞昌,赵北海. 收获机械切割器的技术进展 [J]. 广东农机,1993(3):17-19.
Jia R C,Zhao H H. The technical progress of harvest machinery cutting [J]. Guangdong Agricultural Machinery,1993(3):17-19. (in Chinese)

[8] 马永康. 柠条切割机理及收割机切割器设计研究 [J]. 山西农业大学学报,2006,26(6):119-122.
Ma Y K. The cutting theory of Ningtiao and the design of the cutting machine of the harvester [J]. Journal of Shanxi Agricultural University,2006,26(6):119-122. (in Chinese)

[9] 张兰星,何月娥. 谷物收割机械理论与计算 [M]. 长春:吉林人

民出版社,1983;95-116.

Zhang L X,He Y E. The Theory and calculations of cereal harvest mechanical [M]. Changchun:Jilin People's Publishing House,1983;95-116. (in Chinese)

[10] 哈尔滨工程大学. 造船材料 [M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1993;51-63.

Harbin Engineering University. Shipbuilding materials [M]. Harbin:Harbin Engineering University Press, 1993; 51-63. (in Chinese)

[11] 鲁 谦,李连有,李来成,等. 船舶原理手册 [M]. 北京:国防工业出版社,1988.

Lu Q,Li L Y,Li L C,et al. Ship principle manual [M]. Beijing:National Defense Industry Press,1988. (in Chinese)

[12] 朱斌昕. 粮食装卸输送机械 [M]. 北京:中国财政经济出版社,1984;168-172.

Zhu B X. Food Handling transportation machinery [M]. Beijing:China Financial and Economic Publishing House,1984; 168-172. (in Chinese)

[13] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(下册)[M]. 北京:机械工业出版社,1972.

China Acadmy of Agricultural Mechanization Science. Agricultural machinery design manual (Final volume) [M]. Beijing:Machinery Industry Press,1972. (in Chinese)

[14] 安菲莫夫,瓦干诺夫,巴甫连科. 船舶牵引计算 [M]. 荆国江,柏 楨,译. 北京:人民交通出版社,1985;164-168.

Anfeimofu,Waganover,Pavlenko. Traction ship calculation [M]. Xing G J,Bo Z,Translated. Beijing:People's Transportation Publishing House,1985;164-168. (in Chinese)

[15] 卢里耶 A B,罗姆勃切夫斯基 A A. 农业机械的设计和计算 [M]. 北京:中国农业出版社,1983;464-466.

Lourie A B,Lumuboqie A A. The design and calculation of agricultural machine [M]. Beijing:China Agricultural Publishing House,1983;464-466. (in Chinese)

[16] 赵 匀. 农业机械计算机辅助分析和设计 [M]. 北京:清华大学出版社,1999.

Zhao Y. The Analysis and design of agricultural machinery computer-aided [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999. (in Chinese)

[17] 北京农业工程大学. 农业机械学(下册) [M]. 北京:农业出版社,1980;183-196.

Beijing Agricultural Engineering University. Agricultural mechanics (Final volume) [M]. Beijing,Agricultural Publishing House,1980;183-196. (in Chinese)

(上接第 228 页)

[8] 潘复兰. 匀质土抗压刚度系数的确定 [J]. 建筑结构学报,1981(5);73-79.

Pan F L. Stiffness coefficient of resisting pressure about uniform nature soil [J]. Journal of Building Structures,1981(5); 73-79. (in Chinese)

[9] 潘复兰. 分层土地基综合抗压刚度系数的确定 [J]. 土木工程学报,1982,15(3):29-35.

Pan F L. Determination of ground synthesis stiffness coefficient of resisting pressure about Stratified soil [J]. Journal of Rock Mechanics and Engineering,1982,15(3):29-35. (in Chinese)

[10] 郑健恺,白 涛. 地基刚度系数的试验研究 [J]. 陕西建筑,1997(4);25-28.

Zheng J K,Bai T. Experimental study of ground stiffness coefficient [J]. Shaanxi Architecture,1997(4):25-28. (in Chinese)

[11] 严人觉,王貽荪,韩清宇. 动力基础半空间理论概论 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,1981.

Yang R J,Wang Y S,Han Q Y. Half space theory introduction of dynamics foundation [M]. Beijing:Chinese Building Industry Publishing House,1981. (in Chinese)

[12] 田治见宏. 建筑振动学 [M]. 东京:コロナ社,1965.

Tian Z J H. Theory of construction vibration [M]. Tokyo:Corona Corporation,1965. (in Japanese)

[13] Novak M,Beradugo Y Q. Vertical vibration of embedded footing [J]. Soil Mechanics and Found Engrg Div,1972,98(12): 41-48.

[14] 瓦尔夫 J P(瑞士). 土-结构动力相互作用 [M]. 吴世明,译. 北京:地震出版社,1989.

Walf J P(Switzerland). Dynamic interaction of soil and structure [M]. Hao S M, Translated. Beijing: Seismic Publishing House,1989. (in Chinese)

[15] 姜忻良,严宗达,李忠献. 考虑地面振动的相邻结构-地基-土相互作用 [J]. 地震工程与工程振动,1997,17(2):67-73.

Jiang X L,Yan Z D,Li Z X. Consideration of the interaction about the ground vibration the neighboring structure-ground-soil [J]. Seismic Engineering and Project Vibration,1997,17 (2):67-73. (in Chinese)

[16] 中华人民共和国机械工业部. GB50040—96 动力机器基础设计规范 [S]. 北京:中国计划出版社,1997.

Ministry of Mechanized Industry of People's Republic of China. GB50040—96 Design standard of dynamic machinery foundation [S]. Beijing: Chinese Plan Publishing House, 1997. (in Chinese)