

# 基于方程对等法的地基抗压刚度研究

赵荣飞<sup>1a</sup>, 把多铎<sup>2</sup>, 高 微<sup>1b</sup>, 张玉清<sup>1a</sup>

(1 沈阳农业大学 a. 水利学院, b. 工程学院, 辽宁 沈阳 110161; 2 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

**【摘要】**【目的】研究影响动力基础竖向振动特性的关键参数——地基抗压刚度。【方法】采用方程对等法对弹性半空间理论进行简化,修正了地基抗压刚度的计算公式。【结果】得到了能较好地反映基础竖向振动、基底面积和基底压力等诸多因素影响的地基抗压刚度计算公式。【结论】归纳出有关地基抗压刚度的变化规律,为更准确地确定动力基础系统的动力参数提供了参考。

**【关键词】** 动力基础;地基抗压刚度;方程对等法;弹性半空间理论;竖向振动;基底压力

**【中图分类号】** TU470;TU476+.2

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2008)11-0224-05

## Ground pressure resistance on the basis of reciprocity law equation

ZHAO Rong-fei<sup>1a</sup>, BA Duo-duo<sup>2</sup>, GAO Wei<sup>1b</sup>, ZHANG Yu-qing<sup>1a</sup>

(1 a. College of Water Resource, b. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2 College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** 【Objective】 This paper studied the ground pressure resistance which is the key parameter of vibration characteristics in erect orientation of dynamic foundation. 【Method】 This project revised the formula of the ground pressure resistance by applying the reciprocity law equation to simplify the theory of elastic half-space. 【Result】 In this paper, the formula of the ground pressure resistance which can reflect the influence of many factors such as the vertical vibration, the base area of foundation, the pressure of foundation and so on, was obtained. 【Conclusion】 The changing law of the ground pressure resistance provides valuable reference for us to determine the parameters of vibration dynamics of foundation system accurately.

**Key words:** dynamic foundation; ground pressure resistance; reciprocity law equation; theory of elastic half-space; vertical vibration; pressure of foundation

目前,动力基础的设计理论主要有质-弹-阻模型理论和弹性半空间模型理论。两种理论设计结果的准确性在很大程度上与动力基础竖向振动特性的关键参数——地基土的抗压刚度有关。往往由于地基土的抗压刚度取值不准,致使设备运转时处于共振状态,产生过大的振动,甚至导致已建成的基础弃而不用,造成严重的浪费。影响地基抗压刚度的因

素很多<sup>[1]</sup>,如地基土的类别、基底形状及大小、埋置基础四周的土体和扰力频率的大小等等<sup>[2-11]</sup>。准确确定地基抗压刚度,是动力基础设计中的重要研究课题之一。近年来,国内对地基刚度系数进行了一些现场振动测试研究,结果表明,地基抗压刚度系数数值并不遵循文献<sup>[11]</sup>中式(4~15)的弹性半空间理论关系,而是成5~6次方根的反比关系;文

\* [收稿日期] 2007-11-14

[作者简介] 赵荣飞(1980—),男,江苏南通人,助教,硕士,主要从事建筑结构工程研究。E-mail: smallz1728@tom.com

[通讯作者] 把多铎(1956—),男,甘肃永登人,教授,硕士生导师,主要从事水利水电动力工程研究。E-mail: baduoduo59@tom.com

献[1]中也提出了根据基础四周土体影响、基础底面积修正后的地基抗压刚度表达式。目前,有关地基抗压刚度的计算公式仍未能真实、全面地反映各影响因素的综合作用。为此,本研究运用方程对等法,通过对基础竖向振动的研究,希望得到一个以上述各因素为变量的地基抗压刚度计算公式,归纳出地基抗压刚度的一些变化规律,以期对动力基础的设计提供参考。

## 1 方程对等法的实质及计算原理

湖南大学土木工程系振动小组于 1973 年提出了方程对等法,该法揉和了反力代入法的高精度和比拟法的定参数等诸多优点。对谐和强迫振动问题,方程对等法和比拟法都旨在“定参等效集总”,即将地基抗压刚度视作已知的等效集总体系,但方程对等法是借助于原始运动方程的相等,而比拟法则追求最终动力反应的近似相等,前者比后者的灵活性更大,通用性更强,推导集总体系参数的过程更为

简单明了。现以基础的竖向振动为例,介绍方程对等法的实质和推导过程。

### 1.1 半空间体系的运动方程

图 1(a)所示的刚性圆形基础在竖向谐和扰力  $P_z = P_0 e^{i\omega t}$  作用下,基底反力为  $R_z = \bar{K}_z w(t)$ ,其基础竖向振动半空间体系的运动方程为:

$$m \frac{d^2 w(t)}{dt^2} + \bar{K}_z w(t) = P_0 e^{i\omega t} \quad (1)$$

式中: $m$  为半空间体系中基础的质量, $w(t)$  为  $t$  时刻基底的竖向位移, $t$  为基础振动的时间, $\bar{K}_z$  为半空间体系中地基的抗压复刚度, $P_0$  为  $t=0$  时刻作用在基础上的竖向扰力, $\omega$  为基础的扰力频率。

博罗达契夫对(1)式求解得:

$$\bar{K}_z = \frac{4Gr_0}{1-\nu} \gamma_0 (\cos \delta + i \sin \delta) \quad (2)$$

式中: $G$  为地基土体的剪切模量, $r_0$  为基底当量半径, $\nu$  为地基土体的泊松比, $\gamma_0$  及  $\delta$  均为无量纲频率  $\alpha_0$  及地基泊松比  $\nu$  的函数。

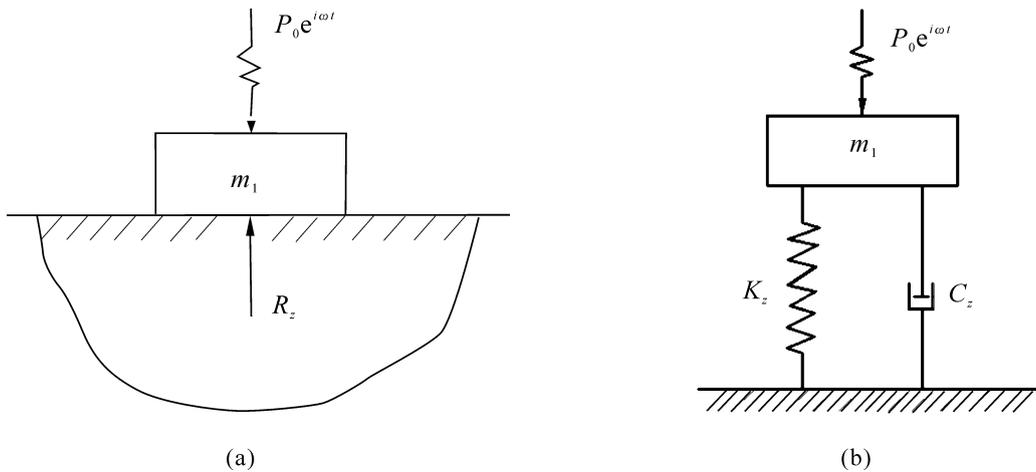


图 1 半空间体系和等效集总体系竖向振动计算简图

a. 半空间体系;b. 等效集总体系

Fig. 1 Calculation sketch of erect vibration of half space system and equivalent fair overall system

a. Half space system;b. Equivalent fair overall system

### 1.2 集总体系的运动方程

图 1(b)所示的集总体系由质量  $m_1$  (与  $m$  不一定相等)的基础、阻尼器  $c_z$  及弹簧  $K_z$  组成,其运动方程为:

$$m_1 \frac{d^2 w(t)}{dt^2} + 2nm_1 \frac{dw(t)}{dt} + K_z w(t) = P_0 e^{i\omega t} \quad (3)$$

式中: $m_1$  为集总体系中基础的质量, $K_z$  为集总体系中地基的抗压刚度, $n$  为阻尼系数。

令  $2nm_1 = c$ ,  $\frac{dw(t)}{dt} = i\omega w(t)$ , 则上式可改写为:

$$m_1 \frac{d^2 w(t)}{dt^2} + \bar{K}_z' w(t) = P_0 e^{i\omega t} \quad (4)$$

式中: $\bar{K}_z'$  为集总体系地基抗压复刚度。

$$\bar{K}_z' = c_z i\omega + K_z \quad (5)$$

式中: $c_z$  为集总体系地基土体的阻尼系数。

通过谐和强迫振动条件  $\frac{dw(t)}{dt} = i\omega w(t)$ , 可将式(3)转化成与式(1)外形极为相似的式(4),从而为方程对等创造了前提条件。

### 1.3 方程对等原理及原质等效体系

观察式(1)及式(4)可知,若两种模式(图 1(a)及 1(b))的动力反应相等,即式(1)及式(4)的解相同,则两式的左端也必相等,即:

$$m \frac{d^2 w(t)}{dt^2} + \bar{K}_z w(t) = m_1 \frac{d^2 w(t)}{dt^2} + \bar{K}'_z w(t). \quad (6)$$

由上式可导出方程对等法的原质等效体系。

令  $m_1 = m$ , 即得到原质等效集总体系。由式(6)可知:

$$\bar{K}_z = \bar{K}'_z.$$

再代入(2)式的  $\bar{K}_z$  及(5)式的  $\bar{K}'_z$ , 就可得到下列关系式:

$$\frac{4Gr_0}{1-\nu} \gamma_0 (\cos \delta + i \sin \delta) = c_z i \omega + K_z.$$

对上式,按照实部与实部、虚部与虚部对应相等的原则,可得:

$$\left. \begin{aligned} c_z &= \frac{4Gr_0}{(1-\nu)\omega} \gamma_0 \sin \delta \\ K_z &= \frac{4Gr_0}{1-\nu} \gamma_0 \cos \delta \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

因  $c_z$  及  $K_z$  都是  $\gamma_0$  及  $\delta$  的函数,而  $\gamma_0$  及  $\beta$  又都是无量纲频率  $\alpha_0$  及地基泊松比  $\nu$  的函数,故  $c_z$  及  $K_z$  也是  $\alpha_0$  及  $\nu$  的函数,即  $c_z$  及  $K_z$  随  $\omega$  而变化。因此该等效集总体系就是“原质、变参(随频率  $\omega$  变化)”集总体系,其呼应于谢祖空的计算结果<sup>[11]</sup>。

### 1.4 组合计算参数 $\alpha$ 及 $\beta$

为了将上述“原质、变参”集总体系进行转变,以达到实用化的目的,可将该体系处理成“定参”体系,即有:

$$\alpha = \frac{1}{\alpha_0} (1 - \gamma_0 \cos \delta), \quad (8)$$

$$\beta = \left( \frac{2\alpha_0}{\gamma_0 \sin \delta} \right)^2. \quad (9)$$

通过大量的对比计算,可以证明  $\alpha$  及  $\beta$  与  $\alpha_0$  的关系远较  $\gamma_0$  及  $\delta$  与  $\alpha_0$  的关系弱。因此,可以认为  $\alpha$  及  $\beta$  只与泊松比  $\nu$  有关,而与  $\alpha_0$  无关,并以  $\alpha_0 = 0.75$  时对应的  $\alpha$  及  $\beta$  值作为全部  $\alpha_0$  值对应的  $\alpha$  及  $\beta$  值,此时  $\alpha = 0.188, \beta = 5.636$ 。

### 1.5 方程对等法的原质等效集总体系抗压刚度的表达式

(1)无量纲频率  $\alpha_0$ 。有:

$$\alpha_0 = r_0 \omega \sqrt{\frac{\rho}{G}} = \frac{\omega r_0}{v}. \quad (10)$$

式中:  $\rho$  为地基土体密度。

(2)地基抗压刚度  $K_z$ 。将式(8)及式(10)代入式(7)中的  $K_z$  表达式,可得:

$$K_z = \frac{4Gr_0}{1-\nu} - \frac{4\alpha\rho r_0^3 \omega^2}{1-\nu} = \frac{4r_0}{1-\nu} (G - \alpha\rho r_0^2 \omega^2). \quad (11)$$

## 2 地基抗压刚度的变化规律

地基抗压刚度不但取决于土的特性,而且受到基底面积、基础埋深、扰频等因素的影响。搞清地基抗压刚度的变化规律,对于动力基础的设计非常重要。

### 2.1 土的参数对地基抗压刚度的影响

2.1.1 土的压缩模量与弹性模量的关系 首先来分析土的剪切模量  $G$  对地基抗压刚度的影响,由于土的剪切模量  $G$  与土的弹性模量  $E$  之间存在一定的关系,即有:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}. \quad (12)$$

所以,(11)式可写成:

$$K_z = \frac{2Er_0}{1-\nu^2} - \frac{4\alpha\rho r_0^3 \omega^2}{1-\nu} = \frac{2r_0}{1-\nu^2} [E - 2(1+\nu)\alpha\rho r_0^2 \omega^2], \quad (13)$$

或

$$K_z = \frac{2r_0}{1-\nu^2} [E - 2(1+\nu) \frac{\alpha m \omega^2}{b r_0}]. \quad (14)$$

式中:  $b$  为基础厚度。

而弹性模量  $E$  并不是固定不变的,其随土的种类和深度的变化而变化。通常情况下,在地质资料中给出的都是土的压缩模量  $E_s$ ,它是反映土的性质的一个重要指标,是进行地基和基础计算时需要确定的一个主要土性参数。土的压缩模量  $E_s$  也称为侧限压缩模量,是土在完全侧限条件下的竖向附加应力  $\sigma_z$  与相应的竖向应变  $\epsilon_z$  的比值,即:

$$E_s = \frac{\sigma_z}{\epsilon_z}. \quad (15)$$

土的弹性模量  $E$  是土体在无侧限条件下的应力与应变的比值。因此,其与土的压缩模量  $E_s$  是不同的,但二者在理论上是可以互相换算的。根据广义胡克定律,在三向受力情况下,土体的应变为:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \epsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)] \\ \epsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

式中:  $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$  分别为地基土体在  $x, y, z$  方向的线应变;  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  分别为地基土体在  $x, y, z$  方向的正

应力。

在侧限条件下,土样不容许有侧向膨胀,故  $\epsilon_x = \epsilon_y = 0$ ,则由式(16)可得:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_z \quad (17)$$

将式(17)代入式(16)中,可得:

$$\epsilon_z = \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}\right) \frac{\sigma_z}{E} \quad (18)$$

根据侧限条件  $\epsilon_z = \sigma_z/E_s$ ,并结合上式,可得:

$$E = \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}\right) E_s \quad (19)$$

若令:

$$\xi = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu} \quad (20)$$

则(19)式可简化为:

$$E = \xi E_s \quad (21)$$

(21)式就是土的弹性模量  $E$  与压缩模量  $E_s$  之间的理论关系。这样就可应用土的侧限压缩曲线分析土的压缩模量  $E_s$  随深度变化的规律,推导出压缩模量  $E_s$  和弹性模量  $E$  的解析表达式,进而得到地基抗压刚度随土性质和土层深度变化的规律。

2.1.2  $E_s$  和  $E$  表达式的推导 一般地,基土的侧限压缩试验曲线如图 2 所示。

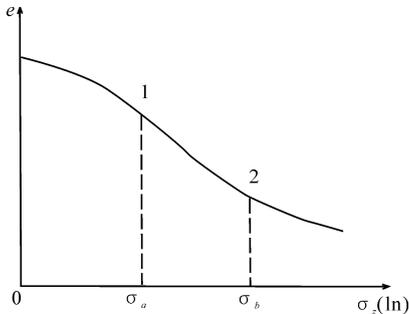


图 2 侧限压缩试验曲线

Fig. 2 Testing curve of Side limiting compression

在对不同土的试验中发现,该试验曲线上有一段范围较大的直线如  $(\sigma_a \sim \sigma_b)$ ,这样就可以利用这

$$K_z = \frac{2r_0}{(1-\nu)^2} \left\{ (1-2\nu) \left[ \frac{E_{1\sim 2}}{144.3} - \ln\left(\frac{\sigma_z}{144.3}\right) \right] \sigma_z - 2(1-\nu) \frac{\alpha m \omega^2}{br_0} \right\} \quad (30)$$

由于不同深度处的  $\sigma_z$  不同,可按深度对地基抗压刚度进行修正,同时各土层的  $E_{1\sim 2}$  和  $\nu$  也不相同,亦可反映在  $K_z$  的表达式中。式(30)表明,随着基底压应力  $\sigma_z$  和基底半径  $r_0$  的增大,地基刚度也随之提高;随着扰频  $\omega$  和基础质量  $m$  的增大,地基刚度随之降低。这与“大而轻”的基础可以提供大刚度的思想是一致的。

一直线关系来推导压缩模量  $E_s$  随  $\sigma_z$  的变化规律。设此直线的斜率为  $C_c$  (土的压缩指数),其在  $e$  (孔隙比)轴上的截距为  $B_c$ ,则直线方程可以写成:

$$e = B_c - C_c \ln(\sigma_z/\sigma_0) \quad (22)$$

式中:  $B_c$ 、 $C_c$  可由试验曲线确定;  $\sigma_0$  可在绘制试验曲线时确定,其只对试验曲线中的  $B_c$  值有影响。

而由文献[13]可知:

$$E_s = \frac{1+e}{-de/d\sigma_z} \quad (23)$$

由(22)式,对  $\sigma_z$  求导得:

$$de/d\sigma_z = -C_c \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma_z} \cdot \frac{1}{\sigma_0} = -\frac{C_c}{\sigma_z} \quad (24)$$

将(24)式代入(23)式有:

$$E_s = \left[ \frac{1+B_c}{C_c} - \ln(\sigma_z/\sigma_0) \right] \sigma_z \quad (25)$$

通常在地质勘探报告中给出的对应于图 2 中直线范围内的压缩模量为  $E_{1\sim 2}$  (1,2 两点分别表示侧限压缩试验曲线中直线段的起点和终点),并且该过程对应的压应力一般为 100 kPa。这样,就可以用下式来代替(25)式:

$$E_s = \left[ \frac{E_{1\sim 2}}{\sigma_0} - \ln(\sigma_z/\tilde{\sigma}_0) \right] \sigma_z \quad (26)$$

式中:  $\tilde{\sigma}_0$  是对应  $E_{1\sim 2}$  时的  $\sigma_0$ 。其可以通过下式来计算:

$$\tilde{\sigma}_0 = 100/\ln 2 = 144.3 \text{ kPa} \quad (27)$$

所以,(26)式可以写成:

$$E_s = \left[ \frac{E_{1\sim 2}}{144.3} - \ln\left(\frac{\sigma_z}{144.3}\right) \right] \sigma_z \quad (28)$$

因此,有:

$$E = \xi \left[ \frac{E_{1\sim 2}}{144.3} - \ln\left(\frac{\sigma_z}{144.3}\right) \right] \sigma_z =$$

$$\left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}\right) \left[ \frac{E_{1\sim 2}}{144.3} - \ln\left(\frac{\sigma_z}{144.3}\right) \right] \sigma_z \quad (29)$$

上式即为  $E$  的表达式,将(29)式代入(14)式可得:

## 2.2 基底面积和形状对地基抗压刚度的影响

将基础放在均质地基上,来分析基底面积对地基抗压刚度的影响。由(11)式可知:

$$K_z = \frac{4r_0}{1-\nu} (G - \alpha \rho r_0^2 \omega^2)$$

所以,地基抗压刚度系数  $C_z$  (单位面积上土体的地基抗压刚度值)为:

$$C_z = \frac{K_z}{F} = \frac{4r_0(G - \alpha\rho r_0^2\omega^2)}{(1-\nu)F} \quad (31)$$

式中:  $F$  为基础底面面积;  $r_0$  为当量半径, 对于移动型振动,  $r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$ , 故上式可变为:

$$C_z = \frac{4\sqrt{\frac{F}{\pi}}(G - \alpha\rho\frac{F}{\pi}\omega^2)}{(1-\nu)F} = \frac{2.257}{(1-\nu)}\left(\frac{G}{\sqrt{F}} - \frac{\alpha\rho\omega^2\sqrt{F}}{3.142}\right) \quad (32)$$

由上式可以看出, 在均质地基条件下, 基础受固定扰频作用时, 地基抗压刚度系数  $C_z$  与基底面积存在一定的关系, 即该系数随着基底面积的增大而减小。

### 2.3 基础埋深对地基抗压刚度的影响

在许多理论研究和试验测试中, 天然地基抗压刚度系数一般是指将基础置于假定为弹性半无限体的地基表面时的地基抗压刚度系数<sup>[5,8-10]</sup>。但实际上, 基础总有一定的埋深, 基础的埋置大体起两种作用: 一是基础与坑壁脱离时的边载效应, 此种边载在

$$C_z = \frac{1.129}{(1-\nu)^2} \left\{ (1-2\nu) \left[ \frac{E_{1-2}}{144.3} - \ln\left(\frac{\sigma_z}{144.3}\right) \right] \frac{\sigma_z}{\sqrt{F}} - 0.637(1-\nu)\alpha\rho\omega^2\sqrt{F} \right\} \quad (33)$$

## 3 结 论

本研究结合土力学的相关知识, 深入分析了集总参数体系, 得到了有关地基抗压刚度的变化规律:

1) 地基土的性质对地基抗压刚度起着决定性作用, 土质的好坏直接影响着地基抗压刚度的大小, 地基土的弹性模量越大, 地基抗压刚度就越大。

2) 随着基础埋深的增加, 基底压应力逐渐增大, 地基抗压刚度也随之增大。

3) 随着基底半径  $r_0$  的增加, 地基抗压刚度随之增大。

4) 随着扰频  $\omega$  的增加, 地基抗压刚度降低。

5) 地基抗压刚度系数  $C_z$  与基底面积存在一定的关系, 即该系数随着基底面积的增加而减小。

### [参考文献]

- [1] 王杰贤. 动力机器与基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.  
Wang J X. Dynamic machine and foundation [M]. Beijing: Scientific Publishing House, 2001. (in Chinese)
- [2] 王锡康. 对地基动刚度及惯性作用的研究 [J]. 岩土工程学报, 1984, 6(4): 75-85.  
Wang X K. Research to ground dynamic stiffness and effect of inertia [J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1984, 6(4): 75-85. (in Chinese)

基底以下造成某种反力, 对基础振动起抑制作用; 二是紧贴基础的回填土所造成的摩擦力的环抱效应, 其也对振动起抑制作用。由于边载效应和环抱效应使振动体系的刚度增加, 从而使频率增大, 振幅减小<sup>[12-15]</sup>。因此, 如何考虑埋置基础的振动问题, 一直为国内外学者所关注。

目前在实际应用时, 主要是通过一些现场试验成果去修正天然地基的抗压刚度系数, 如《GB50040-96 动力机器基础设计规范》<sup>[16]</sup> 根据我国学者的试验研究成果, 提出了按埋深比  $\delta_b = h_1/\sqrt{F}$  ( $h_1$  为埋置深度,  $F$  为基础基底面积), 对天然地基抗压刚度系数进行修正的经验系数表达式。但这只是一种比较粗略的考虑方法, 在实际基础的振动中, 地基抗压刚度的变化是相当复杂的, 也很难从理论的角度对其作出正确的分析。

综上所述, 将式(12)、(29)和(32)结合起来, 就可以得到既考虑土的性质, 又考虑基底面积和基础埋深的地基抗压刚度系数计算公式, 即有:

- [3] 潘复兰. 土层深度对泊松系数、垂直压应力与侧向压应力之比的影响 [J]. 土木工程学报, 1985, 18(3): 53-60.  
Pan F L. Influence of soil layer depth ratio to the Poisson's modulus, vertical compressed stress and lateral compressed stress [J]. Journal of Rock Mechanics and Engineering, 1985, 18(3): 53-60. (in Chinese)
- [4] 王锡康. 基底面积和压力对地基动力特性的影响 [J]. 工业建筑, 1988(11): 26-32.  
Wang X K. Influence of basis area and pressure to ground dynamic performance [J]. Industrial Construction, 1988(11): 26-32. (in Chinese)
- [5] 郑建国. 动力基础四周土体对地基刚度的影响 [J]. 工程勘察, 1999(1): 4-6.  
Zheng J G. Influence of soil body around the dynamic foundation to the ground rigidity [J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 1999(1): 4-6. (in Chinese)
- [6] 杨先健. 天然地基各向动力刚度的相互关系 [J]. 建筑结构, 1996(12): 15-19.  
Yang X J. Reciprocity of respectively dynamic rigidity of natural foundation [J]. Construction Structure, 1996(12): 15-19. (in Chinese)
- [7] 王锡康, 谷耀武. 水平旋转耦合振动下地基惯性及刚度的研究 [J]. 建筑结构, 1996(12): 3-8.  
Wang X K, Gu Y W. Research to ground inertia and rigidity under the pale pinkish purple vibration about level revolving [J]. Construction Structure, 1996(12): 3-8. (in Chinese)

# SCSGJ-2.6型水草收割机的研制

张丽珍<sup>a</sup>, 陈金稳<sup>a</sup>, 李俊<sup>a</sup>, 张饮江<sup>b</sup>

(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<sup>+</sup>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<sup>a</sup>, CHEN Jin-wen<sup>a</sup>, LI Jun<sup>a</sup>, ZHANG Yin-jiang<sup>b</sup>

(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: lzzhang@shfu.edu.cn