

交通运输

串联集装箱动态单箱称重系统研究

刘忠杰¹ 何 锋¹ 宋小波² 周培莹¹ 朱擎飞¹ 蒋欣晟¹

(常州先进制造技术研究所机器人系统实验室¹,常州 213164;

中国科学院合肥物质科学研究院先进制造技术研究所机器人系统实验室²,常州 213164)

摘要 提出了一种基于串联式集装箱的动态单箱称重系统的设计方法。首先,介绍了该系统的硬件组成结构,构建了动态称重系统的模型;其次,采用 RBF 神经网络对系统模型进行了仿真,并建立了重心偏移自适应修正算法;最后,以 Visual Studio 2010 为开发环境研发了一套动态单箱称重软件,该软件操作简单、实用性强,提高了集装箱动态称重效率。整个系统实现了模型构建、数据采集、算法仿真、数据存储、查询和打印等功能,并且称重误差率控制在 3% 以内,有较好的商业应用前景。

关键词 称重平台 模型构建 动态称重系统 RBF 神经网络 软件系统

中图分类号 TP391.9; **文献标志码** A

随着国际贸易的蓬勃发展,集装箱运输以其高效、安全、便捷等特点在国际航运中发挥着越来越重要的作用。采用集装箱运送大宗货物受到人们青睐的同时,运输的安全问题也由此提上日程。为保证运输安全,要求每个集装箱的货物重量不得超过规定重量。目前,各港口一般采用以下三种方法对串联集装箱车辆进行计重^[1]:一是采用专用吊装秤分次对其称重,成本高且效率很低;二是使用汽车衡称出总重后平均分配重量的静态计重方法,由于集装箱装载时货物不均导致重心发生偏移,因此不仅单箱称量不准确,而且不能限制超重箱;三是采用动态轴重称测量车辆车轴的计重方法,因传感器伴随各种轴重干扰信号的产生及适应车速范围较小,所以测量精度不高,推广普及比较困难。针对港口串联式集装箱的车辆单箱计重问题,本文提出了一种基于串联式集装箱的车辆动态单箱称重系统。在构建动态称重模型的基础上,将 RBF 神经网络应用于称重系统,建立了货物重心偏移自适应修正算法,并开发了一套动态称重系统软件,对港口集装箱称重效率的提高,物流装卸设备的安全管理,都具有极其重要的实用价值。

1 硬件平台的搭建

近年来国内外对动态称重系统进行了大量的研究,国外比较成熟的有美国高速动态称重仪、PEEK 英国公司的静动态车辆称重系统、新加坡海德国际集团公路计重收费系统等;国内主要有北京中山研究所衡器厂研制的计重收费系统、中山市公路自动化设备有限公司研制的 SM2000s 动态称重系统、交通部重庆公路科学研究所固定式动态车辆称重系统等^[2]。本文的称重平台主要由动态轴重汽车衡、静态汽车衡、动态检测仪表、静态检测仪表、数据采集装置、LCD 显示器、打印机、工作站和信号指示灯等组成的,如图 1 所示。当待测车辆以 (5-15) km/h 的速度匀速依次通过称重平台时,动态称检测仪表测量出车辆前轴、中轴和后轴的重量值,静态称检测仪表测量出车辆的总重量,由于动态轴重汽车衡和静态总重衡的测量精度的不同,利用最小二乘误差法计算出权重比例系数,对测得的静态总重量与动态总重量进行权重分配并减去空载车辆总重量,得到货物总重量,再通过径向基函数神经网络计算得到沿长度方向的重心偏移量、前集装箱的重量和后集装箱的重量。

称重平台中数据采集装置的硬件结构主要包括压力传感器、加速度传感器、信号放大与偏置电路、A/D 转换器构成的前向通道和无线数据接口等,存储部分包括程序存储器、数据存储器、追加程

2011年11月9日收到 安徽省自然科学基金项目(11040606Q59)、
常州市科技攻关项目(CE20100004)资助
第一作者简介:刘忠杰(1983—),男,河南开封人,助理工程师 硕士,研究方向:图像识别、数据库设计。E-mail:liu_zhongjie@163.com。

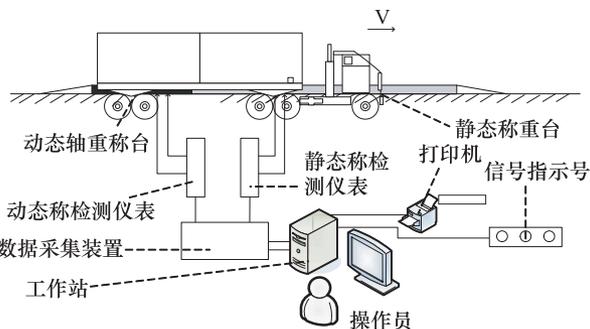


图1 称重平台的设备构成图

序存储器。当待测车辆通过称重平台时,称重传感器和加速度传感器分别把重量值和振动量转换成模拟电信号,再通过放大器送到 A/D 转换器的模拟输入端,将转换后的数字量进行处理,把处理结果作为动态测量重量送到 LCD 显示出来,同时将数据送入打印机上打印出来,也可将数据通过模拟开关和 RS-232 电平转换器送入计算机中存储起来或进一步进行处理,如图 2 所示。

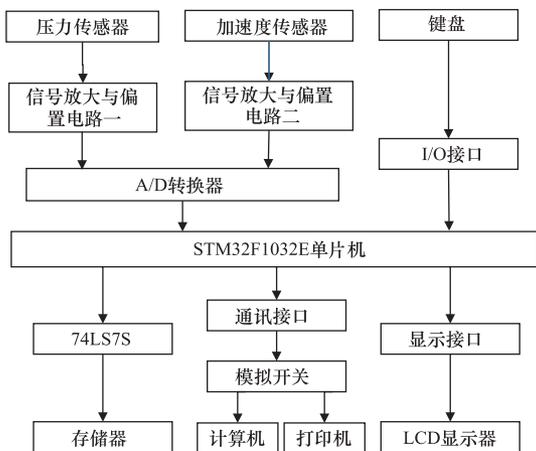


图2 数据采集装置的硬件框图

2 称重系统模型的建立

2.1 系统模型抽象

由于各种车型的不同,为使计算方法便于广泛利用,特将每节车简化为只有一个支撑轴,串联集装箱车辆的实际受力状态简化图如图 3 所示。

基于力和力矩平衡原理,若每节车下有 n 个支撑轴,则:

$$F = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n \quad (1)$$

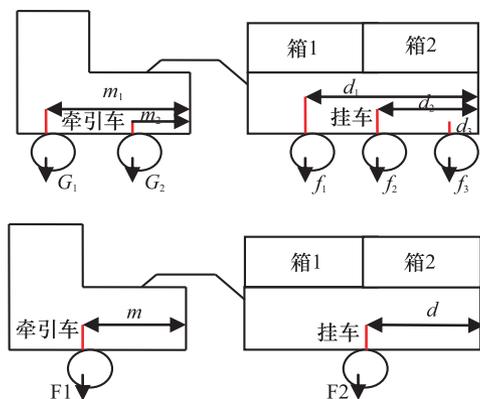


图3 串联集装箱车辆的实际受力状态简化图

$$l = \frac{f_1 d_1 + f_2 d_2 + f_3 d_3 + \dots + f_n d_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n} \quad (2)$$

作这种假设的时候,若装载车在称重时以速度 v 运行,而装载车的某一节车下有多个支撑轴,令任意两个相邻的轴的轴距最短距离为 S ,为了保证动态轴重汽车衡准确测量出每一个轴承受的压力,则要求其每一次称重时间 $t \leq \frac{S}{v}$ 。

2.2 理想状态下称重模型建立

整车在匀速运行时对地产生总动摩擦力为 $f_{\text{总}}$,而摩擦系数为 μ ,可得出整个系统的总重量 $G_{\text{总}}$, $\frac{f_{\text{总}}}{\mu_{\text{总}}} = G_{\text{总}}$;而 $G_{\text{总}} = G_{\text{牵}} + G_{\text{挂}} + G_{\text{箱}}$,所以可得出: $G_{\text{箱}} =$

$$G_{\text{箱1}} + G_{\text{箱2}} = \frac{f_{\text{总}}}{\mu_{\text{总}}} - G_{\text{牵}} - G_{\text{挂}}。当车辆在匀速运行时,$$

理想状态下假设集装箱内货物均匀分布,即集装箱的重心处于其位置中心。简化后的车胎与挂车的接触点作为支撑点,该支撑点距车尾距离为 l ,而集装箱的长度为 L ,并假设集装箱重心均在集装箱各自中心。令挂车受牵引车的竖直向上方向的支持力的力臂方向距车尾 l_3 ,即中心销与挂车尾之间的距离为 l_3 ,挂车的实际重心位置距离该支撑点 $l_{\text{挂}}$ 。此时,牵引车受力情况和挂车力矩平衡分析如图 4 所示。

根据力矩平衡,可得:

$$G_{\text{箱1}} \left(\frac{3}{2}L - l \right) + G_{\text{箱2}} \left(\frac{1}{2}L - l \right) + G_{\text{挂}} l_{\text{挂}} = F(l_3 - l) \quad (3)$$

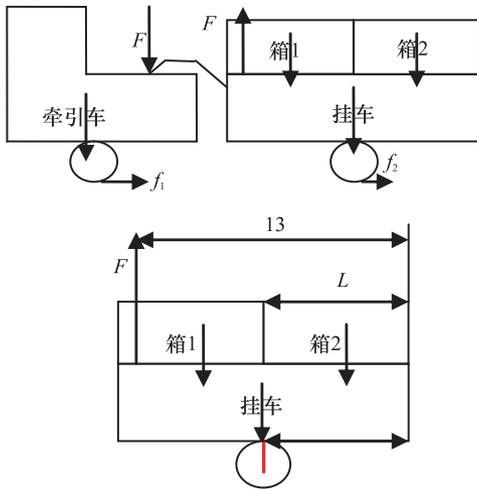


图4 牵引车受力情况和挂车力矩平衡分析图

代入上述已知量,整理可得:

$$G_{\text{箱}1} = \frac{G_{\text{挂}} \left(\frac{1}{2}L - l - l_{\text{挂}} \right) + G_{\text{牵}} \left(\frac{1}{2}L - l_3 \right) + \frac{f_1}{\mu_1} \left(l_3 - \frac{1}{2}L \right) + \frac{f_2}{\mu_2} \left(l - \frac{1}{2}L \right)}{L} \quad (4)$$

$$G_{\text{箱}2} = \frac{G_{\text{挂}} \left(l_{\text{挂}} + l - \frac{3}{2}L \right) + G_{\text{牵}} \left(l_3 - \frac{3}{2}L \right) + \frac{f_1}{\mu_1} \left(\frac{3}{2}L - l_3 \right) + \frac{f_2}{\mu_2} \left(\frac{3}{2}L - l \right)}{L} \quad (5)$$

其中,需已知的物理量有:挂车的重量 $G_{\text{挂}}$,牵引车的重量 $G_{\text{牵}}$,挂车所受动摩擦力 f_1 及摩擦系数 μ_1 ,牵引车所受动摩擦力 f_2 及摩擦系数 μ_2 ,集装箱长度 L ,牵引车支撑点距车尾距离 l ,中心销与挂车尾之间的距离为 l_3 ,以及挂车的实际重心位置距离支撑点的位移 $l_{\text{挂}}$ 。

最后,利用车辆在空载时的数据估算得出 $l_{\text{挂}}$,如图5所示。当装载车空载时,令牵引车对地压力为 F_{10} ,挂车对地压力为 F_{20} ,牵引车对挂车竖直向上的支撑力为 F_0 ,因此可得: $F_{10} = F_0 + G_{\text{牵}}$,再以简化后的车胎与挂车的接触点作为支撑点取力矩,可得: $G_{\text{挂}} l_{\text{挂}} = F_0(l_3 - l)$,因此可得: $l_{\text{挂}} = \frac{(F_{10} - G_{\text{牵}})(l_3 - l)}{G_{\text{挂}}}$ 。将此

算式代入式(4)和式(5)中,并且由于其中 $\frac{f_1}{\mu_1}$ 的实际测量值等于牵引车轮胎所承受的压力 F_1 , $\frac{f_2}{\mu_2}$ 的实际

测量值等于挂车轮胎所承受的压力 F_2 ,而轮胎所承受的压力可以动态衡测量出来。该式即可表示为:

$$G_{\text{箱}1} = \frac{G_{\text{挂}} \left(\frac{1}{2}L - l \right) + G_{\text{牵}} \left(\frac{1}{2}L - l \right) + F_1 \left(l_3 - \frac{1}{2}L \right) + F_2 \left(l - \frac{1}{2}L \right) - F_{10}(l_3 - l)}{L} \quad (6)$$

$$G_{\text{箱}2} = \frac{G_{\text{挂}} \left(l - \frac{3}{2}L \right) + G_{\text{牵}} \left(l - \frac{3}{2}L \right) + F_1 \left(\frac{3}{2}L - l_3 \right) + F_2 \left(\frac{3}{2}L - l \right) + F_{10}(l_3 - l)}{L} \quad (7)$$

其中,需已知的物理量有:挂车的重量 $G_{\text{挂}}$,牵引车的重量 $G_{\text{牵}}$,牵引车对地总压力 F_1 ,挂车对地总压力 F_2 ,牵引车空载时对地总压力 F_{10} ,集装箱长度 L ,中心销与挂车尾之间的距离为 l_3 ,牵引车支撑点距车尾距离 l ,而 $l = \frac{f_1 d_1 + f_2 d_2 + f_3 d_3 + \dots + f_n d_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n}$ 与实际应用中装载车的挂车下面的支撑轴的位置分布及个数 n 有关。

2.3 实际状态下称重模型建立

在实际运输中,由于运输的货物不同,集装箱的物理重心并不处于其位置重心。设以车胎与挂车接触点作为支撑点,该支撑点距车尾距离为 l ,挂车的实际重心位置距离该支撑点 $l_{\text{挂}}$,中心销与挂车尾之间的距离为 l_3 。令集装箱1的实际物理重心离车尾距离 x_1 ,集装箱2的实际物理重心离车尾距离 x_2 。如图6所示,需要在该种情况下对挂车进行力矩分析。跟据力矩平衡,可得:

$$G_{\text{箱}1}(x_1 - l) + G_{\text{箱}2}(x_2 - l) + G_{\text{挂}} l_{\text{挂}} = F(l_3 - l) \quad (8)$$

综合式(8)可得:

$$G_{\text{箱}1} = \frac{G_{\text{牵}}(x_2 - l) - G_{\text{挂}}(l - x_2) + F_1(l_3 - x_2) - F_2(x_2 - l) - F_{10}(l_3 - l)}{x_1 - x_2} \quad (9)$$

$$G_{\text{箱}2} = \frac{G_{\text{牵}}(l - x_1) + G_{\text{挂}}(l - x_1) + F_1(x_1 - l_3) + F_2(x_1 - l) + F_{10}(l_3 - l)}{x_1 - x_2} \quad (10)$$

其中,需已知的物理量有:牵引车的重量 $G_{\text{牵}}$,挂车的重量 $G_{\text{挂}}$,牵引车对地总压力 F_1 ,挂车对地总压力 F_2 ,牵引车空载时对地总压力 F_{10} ;集装箱1的实际物理重心

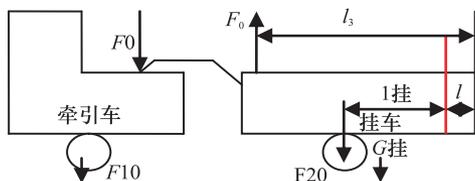


图5 挂车空载状态受力分析

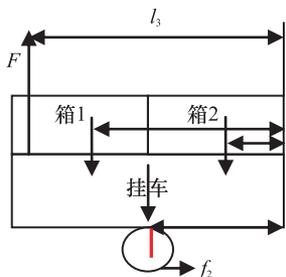


图6 挂车子矩平衡实际状态

离车尾距离 x_1 , 集装箱 2 的实际物理重心离车尾距离 x_2 ; 中心销与挂车尾之间的距离为 l_3 , 牵引车支撑点距车尾距离 l , 而 $l = \frac{f_1 d_1 + f_2 d_2 + f_3 d_3 + \dots + f_n d_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n}$ 。与实际应用中装载车的挂车下面的支撑轴的位置分布及个数 n 有关。

综上所述, 本系统拟利用运动状态下车辆的动力学平衡条件与压力、摩擦力的关系, 建立集装箱沿其长度方向的货物重心位置 L_1' 的数学模型 $L_1' = (\sum_{i=1}^n M''_i) / G$ (G 为货物总重, M''_i 为将两箱货物看作整体, 以挂车简化力系为中心的力矩) 及前集装箱的重量数学模型 $G_1 = (\sum_{i=1}^n M_i) / L$ 和后集装箱的重量数学模型 $G_2 = (\sum_{i=1}^n M'_i) / L$ (M_i, M'_i 分别为以挂车子系简化中心为力矩中心的力矩, L 为集装箱长度)。

3 自适应修正算法

3.1 算法模型

本文的算法主要选择 RBF 神经网络, RBF 神经网络是一类典型的三层前向神经网络, 最基本的 RBF 神经网络包括三层, 分别为输入层、隐层(中间层)和输出层^[3,4]。其中输入层由一些源点(感知单

元)组成, 它们将网络与外部环境连接起来, 仅起到数据信息的传递作用, 对输入信息不进行任何变换; 隐层神经元的核函数(或称作用函数)取为径向基函数, 对输入信息到隐层空间之间进行非线性变换, 通常具有较高的维数; 输出层是线性的, 为输入层的激活模式提供响应^[5], 其拓扑结构如图 7 所示。

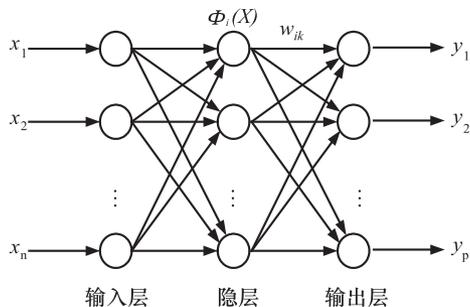


图7 RBF 神经网络结构

设隐层、输出层上的神经元数分别为 M, Q , 输入模式记为 $X, X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, 输出记为 $Y, Y = [y_1, y_2, \dots, y_p]^T$ 。本文以 Gauss 径向基函数为隐层节点, 隐单元输出则为

$$\Phi_j = \exp\left(-\left\|\frac{X - C_j}{\sigma_j}\right\|^2\right); j = 1, 2, \dots, M \quad (11)$$

式(11)中: Φ_j 为隐层第 j 个神经元的输出值; C_j 为隐层第 j 个神经元的中心, 由隐层第 j 个神经元对应于输入层所有神经元的中心分量构成, $C_j = [c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jn}]^T$; σ_j 为隐层第 j 个神经元的宽度, 与 C_j 相对应; $\|\cdot\|$ 为欧氏范数。

输出层神经元的输入输出关系表达式是:

$$y_k = \sum_{j=1}^M w_{kj} \Phi_j; k = 1, 2, \dots, Q \quad (12)$$

式(12)中: y_k 为输出层第 j 个神经元的输出值; w_{kj} 为输出层第 k 个神经元与隐层第 j 个神经元间的权值。

3.2 算法设计

本系统由以 Gauss 径向基函数为隐层节点, 构建了多输入双输出径向基函数三层前向反馈网络模型, 即以非线性函数为 Gauss 径向基函数, 宽度 σ 和权值 W 调整算法。由经验公式 $h = \sqrt{m+n} + a$ (其中 m 为输入节点个数, n 为输出节点个数, 常数 a 取值为 0 - 10 之间) 选取隐层节点, 通过样本训练自适应调整, 对隐层径向基函数中心的确定采用 K -

均值聚类算法,计算得到宽度 $\sigma = \frac{d_{\max}}{\sqrt{2}h}$, 权值 W 更新采用递推误差最小二乘算法 (Recursive Least Square, RLS)。

在 $\sigma = \frac{d_{\max}}{\sqrt{2}h}$ 式中, d_{\max} 是 K -均值聚类

算法得到的各基函数中心间最大距离, h 是隐层节点个数, K -Mean 聚类算法主要进行输入层到隐层神经元映射计算, K -Mean 聚类算法属于聚类方法中一种基本的划分方法, 常采用误差平方和准则函数作为聚类准则函数。在权值 W 更新过程中, 最小二乘算法 RLS 相对于传统的梯度下降 (Gradient Descent) 算法的收敛速度要快, 能够解决隐性层与输出层间连接权值的线性优化问题^[6]。

RBF 神经网络的输入层、隐性层、输出层的神经元个数为 7-8-2, 最大循环次数为 5 000, 训练误差为 3%。RBF 神经网络模型中关键的神经元因子有: 车辆的前轴重 F_1 、中轴重 F_2 、后轴重 F_3 、后轴 F_3 重量、车速 V 、夹角 θ 、牵引车轴间的距离 m_1 、挂车各轴与挂车尾之间的距离 d_2 和 d_3 、中心销与挂车尾之间的距离 l_3 、空载牵引车重量 T_1 、空载挂车重量 T_2 、空载牵引车对地压力 F_{10} 、集装箱长度 L 、最大额定载荷 δ 、挂车的质量重心 G 、挂车重心与集装箱前部距离 L_1 。前箱实重和后箱实重主要用来控制迭代的收敛程度, 即满足了迭代结束条件后, 自动保存结果, 并终止计算。经过代入大量实验样本进行网络训练发现, 当训练样本增加到 20 个左右的时候, 训练误差满足小于等于 3% 的目标要求, 就可以停止训练, 仿真效果如图 8 所示。

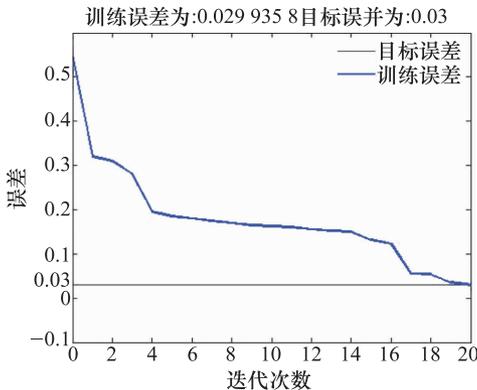


图 8 RBFNN 训练误差迭代次数与误差分析图

3.3 实例分析

本文以车型为解放 CA4222P21K2T3A1E 型、解放 CA4252P21K2T1A2E 型和奥威 CA4252P21K2T1E 型的三种不同车型做实际测试, 具体参数数据在常州市宏事达电气制造有限公司采集。当载有实物的双集装箱车辆, 以 (5-15) km/h 速度匀速行驶过动静联合称重平台上, 通过动态轴称重台时依次记录运动状态下载货车辆的前轴重 F_1 、中轴重 F_2 和后轴重 F_3 , 并通过管理识别软件, 调用该待测车辆的最佳输出修正值, 测得动态总重 $G_{dyn'}$, 如表 1 所示。

表 1 动态称重实验结果

测量参数	符号及单位/kg	解放	解放	奥威
		CA4222P 21K2T3A1E	CA4252P 21K2T1A2E	CA4252P 21K2T1E
测量车速 v_1	$v_1/(km \cdot t^{-1})$	4.890	4.890	4.890
测量车速 v_2	$v_2/(km \cdot t^{-1})$	5.120	5.120	5.120
测量车速 v_3	$v_3/(km \cdot t^{-1})$	9.870	9.870	9.870
测量车速 v_4	$v_4/(km \cdot t^{-1})$	10.14	10.14	10.14
测量车速 v_5	$v_5/(km \cdot t^{-1})$	14.56	14.56	14.56
动态前轴 F_1 (重车)	F_1/kg	4 775.56	5 765.23	3 664.21
动态中轴 F_2 (重车)	F_2/kg	12 625.14	20 425.23	27 312.35
动态后轴 F_3 (重车)	F_3/kg	37 520.98	29 254.35	38 736.21
动态总重 $G_{dyn'}$	$G_{dyn'}/kg$	43 561.45	55 444.81	69 712.17

通过静态称重台时记录静态总重 G_{sta} , 并通过管理识别软件, 调用该待测车辆的最佳输出修正值, 测得各轴重 P'_n 、静态总重 G_{sta} , 如表 2 所示。

最后, 由称重模型及 RBF 神经网络算法计算得到货物总重 G 、集装箱沿长度方向的货物重心位置 L'_1 、前集装箱重量 G_1 、后集装箱重量 G_2 和相对误差率, 如表 3 所示。

3.4 软件界面

为便于本文提出算法的推广及应用, 特将算法封装为动态链接库, 开发了一套串联集装箱动态单箱称重软件系统。该软件系统的开发环境为 Visual Studio 2010, 数据库采用的是 SQL Server 2008, 软件界面如图 9 所示。



图9 集装箱动态称重软件界面

表2 静态称重实验结果

测量参数	符号及单位/kg	解放	解放	奥威
		CA4222P 21K2T3A1E	CA4252P 21K2T1A2E	CA4252P 21K2T1E
空车总重 T	T/kg	16 080	14 780	17 080
前轴轴重 (空车)	P'_1/kg	4 360	4 240	3 680
中轴轴重 (空车)	P'_2/kg	5 900	6 480	6 500
后轴轴重 (空车)	P'_3/kg	5 500	6 020	6 100
集装箱 A (空箱)	L_A/mm	6 058	6 058	6 058
集装箱 A (空箱)	G'_A/kg	1 600	1 600	1 600
集装箱 B (空箱)	L_B/mm	6 058	6 058	6 058
集装箱 B (空箱)	G'_B/kg	1 700	1 700	1 700
中心销与挂车距 d	d/mm	7 645	6 425	5 876
货物重心偏移量 Δd	$\Delta d_A/\text{mm}$	300	200	300
货物重心偏移量 Δd	$\Delta d_B/\text{mm}$	200	200	100
修正因子 K	$K = G_{\text{sta}}/G_{\text{dyn}}$	1.261 1	0.999 1	1.028 2
静态总重 G_{sta}	G_{sta}/kg	54 938	55 400	71 680

表3 软件计算称重实验结果

测量参数	符号及单位/kg	解放	解放	奥威
		CA4222P 21K2T3A1E	CA4252P 21K2T1A2E	CA4252P 21K2T1E
前集装箱 G_A (货重)	G_1/kg	8 237.68	15 673.18	38 354.06
后集装箱 G_B (货重)	G_2/kg	31 225.26	22 957.76	28 466.44
标准前集装箱重量	S_1/kg	8 240	16 080	27 760
标准后集装箱重量	S_2/kg	30 360	22 400	27 640
前集装箱相对误差率	$ G_1 - S_1 /S_1$	2.82%	2.53%	2.14%
后集装箱相对误差率	$ G_2 - S_2 /S_2$	2.85%	2.49%	2.99%

4 结论

本文提出的基于串联集装箱动态单箱称重系统,可有效的提高单箱动态计量的精度,并能够满足误差精度控制在3%之内,通过该系统能满足港口集装动态单箱超重检测要求。进一步的研究中,将使用多种传感器改造动静态称重平台,以增强系统在车辆高速行驶时的检测能力,进一步提高动态集装箱称重的效率和准确性,减少动态集装箱称重成本。

(下转第 606 页)

Modeling of Carrier-based Aircraft's Catapult Launch under Surf

ZHANG Lei, WANG Hai-feng, SONG Bi-feng

(College of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, P. R. China)

[Abstract] The carrier's swing can endanger the safety of carrier-based aircraft launching. The forces and motions during the carrier-based aircraft catapult launch under surf, adopted flexible gear model to achieve interaction between the carrier-based aircraft and the carrier are theoretically analyzed, founded a modularized simulation system and researched on the influence of carrier's rocking on aircraft's catapult launch. Simulation results show that under moderate sea conditions, the pitch is the main factor leading to the subsidence which can up to 15 meters while roll resulting about 0.2 m and heave resulting about 1 m in the maximum subsidence. Roll also leads to significant lateral movement. Pitch, roll and heave result are significantly increased in load of gear.

[Key words] catapult launch surf flexible gear subsidence load of gear

(上接第 595 页)

参 考 文 献

- 1 金 淳,赵 璐,高 鹏.集装箱港口多式运输系统资源配置协调优化研究.系统仿真学报,2009;21(3):900—904
- 2 贾海庆,辛 星,高雪池,等.动态称重系统数据采集及分析.公路交通科技,2010;27(6):138—142
- 3 Yang Z R. A novel radial basis function neural network for discriminant analysis. IEEE Transactions on Neural Networks,2006;17(3):604—612
- 4 Flood J. Towards the next generation of artificial neural networks for civil engineering. Advanced Engineering Informations,2008;22(1):4—14
- 5 Ahmatnor N L,Harun S,Mohd kassim A H. Radial basis function modeling of hourly stream flow hydrograph. Journal of Hydrologic Engineering,2007;12(1):113—123
- 6 苏良昱,岳从然.神经网络算法在公路动态称重中的应用.科技情报开发与经济,2008;18(27):133—134

Research of Tandem Container's Weigh-in-motion System for a Single Container

LIU Zhong-jie¹, HE Feng¹, SONG Xiao-bo², ZHOU Pei-ying¹, JIANG Xin-sheng¹, LIU Bai-chen¹

(Robot System Lab, Changzhou Institute of Advanced Manufacturing Technology¹, Changzhou 213164, P. R. China;

Robot System Lab, Institute of Advanced Manufacturing Technology, Hefei Institutes of Physical Science,

Chinese Academy of Sciences², Changzhou 213164, P. R. China)

[Abstract] A weigh-in-motion (WIM) for a single container system based on tandem container was proposed. First, the composition structure of hardware in this system was introduced, and WIM model was established. Next, RBF neural network was used to simulated WIM model, and then a self-adjusting algorithm of gravity migration was founded. Finally, a WIM software for a single container with Visual Studio 2010 was developed. This software was simply operated and pragmatic, and also the efficiency of WIM was improved. In the whole system, model-building, data collection, Algorithm simulation, data storage, selection and printing are realized, and error ration of this system was less than 3%, therefore it has better business prospect in practice.

[Key words] weighing platform model-building weigh-in-motion RBF neural network software system