

主管 中国轻工业联合会
主办 中国轻工业信息中心

国内统一刊号 CN10-1870/TB
国际统一刊号 ISSN1003-5729

衡器

2024年12月

WEIGHING INSTRUMENT

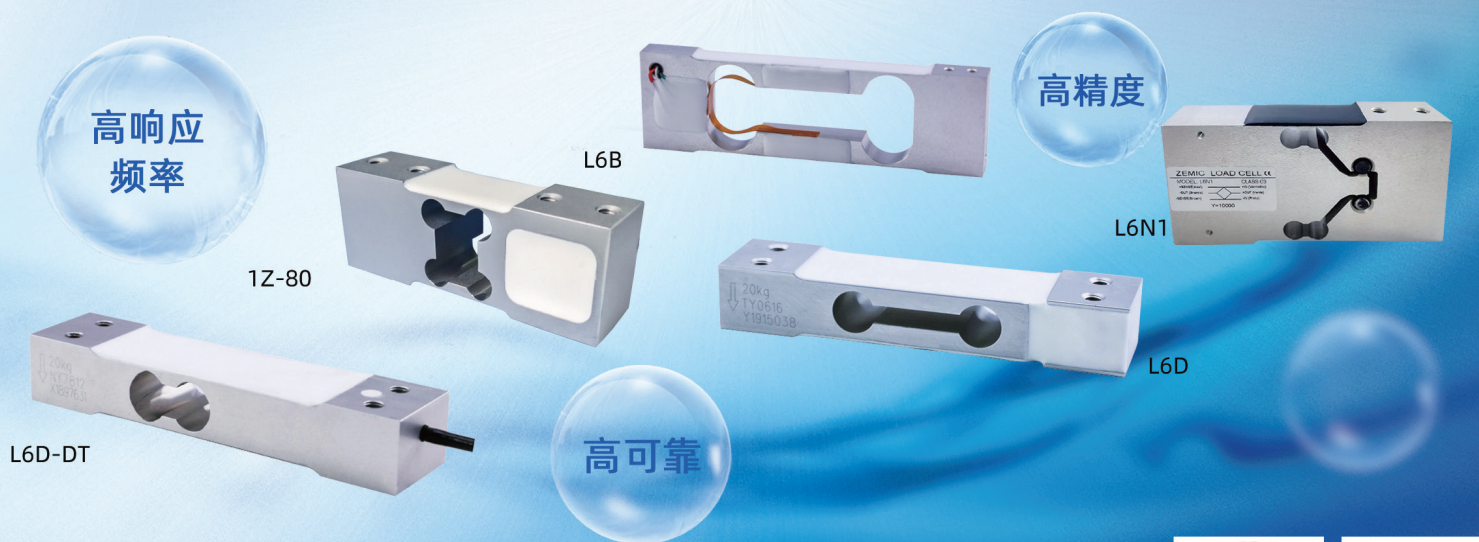
1972年创刊 第53卷 月刊



ZEMIC 高精度铝合金称重传感器

精准称量 信赖之选

中航电测ZEMIC牌高精度铝合金称重传感器具有高精度、高可靠性、高防护性等特点，并且完全认证齐全，适用于各类中高端贸易结算用台秤、案秤、计数秤、天平高精度衡器的生产制造，同时广泛应用于消费、医疗等终端领域。



服务热线：4007 300114

网站：www.zemic.com.cn

地址：陕西省西安市高新区西部大道166号



ISSN 1003-5729



国家新闻出版广电总局认定学术期刊

平板式整车称重解决方案

我公司的“ZDG-100-DQ 动态公路车辆自动衡器”，是一套采用多台面串列式组合构建的整车式称重解决方案。该套系统可以在静态称重条件下符合贸易结算对称重准确度的要求，同时在动态使用时可以完美兼容“一车一称”方式和“连续跟车过秤”的动态称重方式，即使是在极限跟车过秤的情况下，整车总重量的称重准确度也均可以达到动态1级($\leq 0.5\%$)要求。

技术优势

独有的平板式动态称重专利技术，模块化秤台组合串列安装方式完全自主知识产权。经大量使用验证的数据采集与称重处理算法，完美解决各种车辆非规范过秤行为对称重和分车处理带来的不良影响。



产品优势

高抗过载能力承载器结构，易调整、易维护、长寿命。测控称重仪表采用触屏液晶、中文菜单界面和高性能处理芯片构成高可靠硬件体系，配合基于实时嵌入式操作系统的多任务嵌入式仪表软件，可完美进行车辆称重和跟车、分车处理，绝不出现系统死机或车辆数据丢失问题。



盘天公众号二维码

联系电话：010-82252525

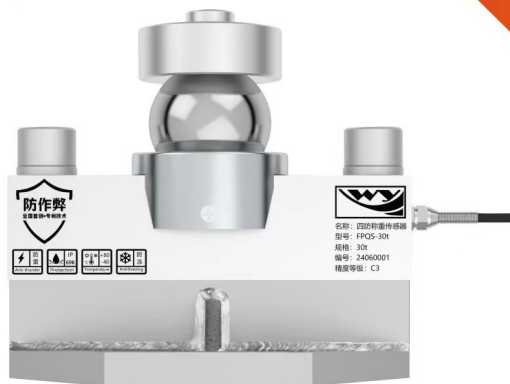
联系地址：北京市昌平区回龙观西大街115号龙冠大厦830室

官网地址：www.ptxinke.com www.ptxinke.cn

真正防作弊



唯英科技
— WEIGHING TECH —



- 1 仪表和传感器配合，从称重信号源头监控
- 2 数字总线动态256位加密
- 3 防作弊检测不受：无线遥控频率、消耗电流、传感器内码变化等因素
- 4 测试速度快，误告警低 >500 车/次（实地运行1000台+）
- 5 本地仪表防作弊指示灯：检查灯、作弊灯直观显示
- 6 消息推送：微信公众号、短消息可选

公司简介

Company Introduction

重庆唯英科技有限公司成立于2014年，是一家专业从事称重相关的高新技术企业。集产品研发、设计、生产、销售于一体。通过技术持续创新，在智能称重、称重防作弊、物联网功能方面均取得一定成绩。产品覆盖汽车衡仪表、无人值守系统、台秤仪表、定量灌装等。

重庆唯英科技有限公司

Chongqing Weighing Technology Co.,LTD.





四方称重 动态称重方案解决专家



专注动态称重研究 二十余年实践应用！



平板式



石英式



轴组式



控制柜

- 国家重点支持领域高新技术企业
- 浙江省专精特新中小企业
- 全国衡器标准化技术委员会委员
- 全国衡器技术专家委员会委员单位
- 自主研发，能提供各类型超限检测系统

杭州四方称重系统有限公司
电话：0571-88753175 88754033 88753176
传真：0571-88747695 88747699
网址：www.china-scales.com
地址：杭州市余杭区钱江经济开发区双漾路10号



永康市华鹰衡器有限公司

YONGKANG HUAYING WEIGHING APPARATUS CO.,LTD

精于计算，
更在乎信任！

永康市华鹰衡器有限公司成立于2001年，专业生产各类电子计价秤、电子台秤、计重计数秤、地磅等衡器产品。拥有四大生产基地总占地面积100000平方米，在职员工1400多人，是国内较早从事商业衡器制造的高新技术企业。现已发展成为集研发、生产、销售及服务于一体的全国最大的商业衡器生产基地。

华鹰衡器拥有现代化的生产设备、检测设备和一批素质过硬的专业技术人员与管理人员，拥有完备的品质保障体系，已通过CE、OIML、ISO9001:2015等多项认证。

旗下拥有“大红鹰”、“金钱豹”、“永杰”、“佰莉斯”等二十几个品牌，产品深受消费者欢迎。

我们始终奉行“质量第一，诚信为本”的经营理念，热忱欢迎世界各地朋友前来考察、合作。



地址：浙江省永康市芝英镇柿后工业区功能区天河南路9号

邮编：321306

网址：www.cnhyhq.com

电话：0579-87442888 87432777



专做仪表 做好仪表

XK3190-**A35E**

带标签打印台秤仪表

- ◆ 配套手机Android APP，编辑打印简单方便
- ◆ U盘存储功能，实时导出称重数据
- ◆ 数字键盘，操作便捷
- ◆ 内置锂电池供电，节能环保
- ◆ 功能丰富（动物秤、计数、累加等）
- ◆ 仪表标配RS232接口，可选配蓝牙





SPECIALIZING IN INDICATOR BEING PERFECT IN INDICATOR

XK3190-DS16

触摸屏物联网智能仪表

- ◆ 15英寸触摸显示屏
- ◆ 全功能USB接口，可连接鼠标、键盘、摄像机、U盘等外设
- ◆ 打印记录存储数量>1000000条
- ◆ 称重记录查询、统计、导入导出
- ◆ 自定义报表、多种模板选择



信赖

公司存续之基础

技术

公司价值之源泉

创新

公司成长之动力

上海大和衡器有限公司总投资 2000 万美元，于 1990 年 8 月 8 日成立于上海浦东开发区，是日本大和控股的中日合资公司。公司依托于百年 **Yamato** 品牌，经过 30 多年不断发展，产品由普通小型衡器发展到大型衡器、自动衡器，作为上海市高新技术企业，奠定了在电力、钢铁、化工、水泥、液晶玻璃、食品、种子等行业的主要供货商地位，在国内外享有很高知名度。

上海大和生产的智能组合秤，100% 获得日本大和技术转让与授权，在中国国内销售数量达万台以上，占据了国内高端市场较大份额。作为上海市名牌产品，已连续多年获批上海市高新技术成果转化项目。

近年来，基于日本大和核心技术进一步开发的照相数粒称重一体化设备，获得国家专利，解决了国内食品行业龙头企业小规格坚果混料自动化数粒计量难题。面向冷冻食品行业开发的防水组合秤，深受业界好评，已成为冷冻食品行业组合秤进口品牌的首选。

传感器

- 采用高频称重传感器，可缩短计量的稳定时间。
- 传感器内置限位构造，可有效保护传感器，减少故障发生（耐 150kg 重压）。



数字式滤波

拥有 4 个数字滤波选项，可以自由选择想要屏蔽的频率，因此可以很容易地减少由架台、地面产生的低频率振动对组合秤产生的震动影响。

重量值再读

组合秤计量时，计量斗中的物料在排出前进行二次计量，重新组合后再排出。在落料慢（有粘性），以及易漏粉类产品的计量过程中，该技术在保证计量精度方面可发挥重要作用。



上海大和衡器有限公司 自机营业部

上海市浦东新区合庆工业区庆达路368号

邮政编码: 201201

电话: +86 (21) 58973377-335

传真: +86 (21) 58973737

网址: <http://www.yamatosh.com>

16头组合秤

ADW-A-316MN

- 带记忆斗。
- 双排料构造。
- 最高速度 2×100 包 / 分。
- 组合容量 3L。
- 可做为 2 台秤使用，接双联包装机。
- 可实现 2 种物料混料（单排料）。
- 中文显示。



- 组合容量 1L，标准机型 ADW-A-0124S。
- 最高速度 2×140 包 / 分。
- 记忆斗机型 ADW-A-0124M。
- 最高速度 2×150 包 / 分。
- 最大可实现 4 种物料的高速混合计量，
- 既确保每一种物料的重量精度，又能保证总重的精度。
- 每个区域可独立调整设定，从而达到高精度的计量。
- 可作为 2 台秤使用，接双列包装机（双排料）。
- 适合坚果混料小规格包装、火锅底料混合包装生产。
- 中文显示。



24头组合秤

ADW-A-0124S
ADW-A-0124M



山东鲁北电子衡器有限公司
shandonglubeidianzihengqiyouxiangongsi



企业介绍：山东鲁北电子衡器有限公司成立2001年，是集研发、设计、生产、销售与一体的专业性、综合性的国家高新技术企业。公司主要生产全电子汽车衡、无人值守智能称重系统，智能液压卸车设备。根据公司发展布局先后成立广西分公司、新疆分公司，拥有国家专利10余项。

企业方针 高标准 零缺陷 做精品 创名牌

企业宗旨 用心灵铸造人品 用人品铸造产品 做强企业 奉献社会

企业精神 以人为本 持续完善 追求卓越 勇创新高



公司全貌



生产车间



出厂检定



成品发货



自动焊



数控切割



预烘机

地址：宁津工业园宁德路66号

电话：0534-5232668 5887777

传真：0534-5891588

网址：<http://www.sdlbhq.com> E-mail: njhqc@163.com

全国免费服务热线：400-6185-000





浙江蓝箭称重技术有限公司
BLUE ARROW WEIGHING TECHNOLOGIES CO., LTD

全国销售咨询热线 0571-85023224

做精做优电子吊秤 为世界提供准确计量



浙江蓝箭是集研发、设计、生产、销售于一体的专业性、综合性的国家高新技术企业。专注于称重领域，以自有技术为核心，为客户提供称重解决方案。



FC2E

创新上开盖设计，表面喷塑环保美观，防水性能更优，更换电源更方便



MC

中国轻工业联合会获奖产品，蓝箭独创的结构，兼顾优越的性价比和超高的安全性，最大量程超过200t



AAE-Lux

经典设计，吊钩可360度旋转，可开合后背设计，更换电池更便捷



GSE

吊钩吊环可360度旋转，安全方便



AS

小巧轻便，称重和测力模式随心选择



KCE

坚固的钢制外壳，防撞防磁防水



地址：杭州市余杭区闲林街道闲兴路31号5号楼
电话：0571-85023224 0571-85022247
传真：0571-88695210
邮箱：lanjian@lan-jian.com
网址：www.lan-jian.com

《衡器》期刊理事会

理事长单位

中国轻工业信息中心

中国衡器协会

副理事长单位（以下单位按笔画排序）

山东金钟科技集团股份有限公司

大连工业大学机械工程与自动化学院

中航电测仪器股份有限公司

深圳市杰曼科技股份有限公司

盘天（厦门）智能交通有限公司

上海耀华称重系统有限公司

中储恒科物联网系统有限公司

全国衡器工业信息中心

蓝星工业服务（沈阳）有限公司

常务理事单位（以下单位按笔画排序）

山东省计量科学研究院

江苏省计量科学研究院

杭州四方称重系统有限公司

凯士电子（浙江）有限公司

常州市富月砝码有限公司

北京市计量检测科学研究院

永康市华鹰衡器有限公司

国家轨道衡计量站

浙江省计量科学研究院

福建省计量科学研究院

理事单位（以下单位按笔画排序）

上海大和衡器有限公司

山东鲁北电子衡器有限公司

山东水玲砝码有限公司

浙江蓝箭称重技术有限公司

目录 CONTENTS

技术交流

Technology Exchange

检定测试

Verification & Test

科技应用

Science Technology Application

标准规程

Standards & Regulations

新产品 新技术

New Products New Tech

专题征文

Special Essay Solicitation

电子汽车衡选择柱式称重传感器的原因分析

..... 沈立人 (5)

浅谈汽车衡 / 平台秤防作弊

..... 董光先 吴卫馨 熊利海 (12)

固液两相定量包装商品的探讨

..... 范振强 王鹏 王燕琴 等 (17)

基于小冲杆试验的 Inconel 718 合金测量不确定度分析

..... 张同林 赵阳 倪宏祥 等 (21)

重力加速度值对电子计价秤计量准确度的影响浅析

..... 任成 褚兆飞 宋志平 (26)

一种碳基应变计的研制及其在称重传感器中的应用

..... 汤睿 汤建华 李爱红 (33)

图像处理技术在传感器密封胶密封能力研究中的应用

..... 王小岗 刘超 黎文 (36)

600 ~ 800 吨无基坑动态轨道衡问题的思考

..... 吴志成 杨宝华 腾东海 等 (43)

基于 RBF 神经网络的电子天平温漂补偿研究

..... 李寒雷 李东岳 李迪 (45)

乡镇农贸市场电子计价秤计量管理探讨

..... 缪顺新 魏浩 胡婕 (48)

编辑委员会

主 任 刘晓华

副主任 刘兆彬 刘新民 戚汝东 富 岩 霍 静 陈日兴 范韶辰

委 员 (按姓氏笔画排列)

马丙辉	马 堃	马 健	孔 磊	方原柏	王 翔	王建军
王海涛	王小岗	王婧璇	王彦来	王开平	生晓辉	申东滨
冯骥良	安爱民	任志斌	刘九卿	刘 硕	刘 伟	刘 炜
汤建华	李冰莹	李 溯	沈立人	张英杰	张 辉	张莉莉
张保国	何福胜	杨青锋	杨 霞	宋奎运	宋秀卿	尚贤平
周祖濂	罗旗贤	罗检民	庞桂兵	俞河会	尧年华	赵易彬
赵冰旭	姚玉明	闻凤连	袁延强	顾增华	秦树伟	晏志鹏
徐厚胜	徐修祝	徐宏光	郭贵勇	郭 斌	贾 琨	盛伯湛
曹 逢	鲁新光	曾张元	魏 哲	瞿莉娜		

衡器

WEIGHING INSTRUMENT

主 管 中国轻工业联合会

主 办 中国轻工业信息中心

谈一谈度量衡的“升”
..... 郑颖 郑钦予（50）

广告索引

中航电测仪器股份有限公司	封一
盘天（厦门）智能交通有限公司	封二
常州市富月砝码有限公司	封三
2025 中国国际衡器展览会	封四
重庆唯英科技有限公司	彩插 1
杭州四方称重系统有限公司	彩插 2
永康市华鹰衡器有限公司	彩插 3
上海耀华称重系统有限公司	彩插 4、5
上海大和衡器有限公司	彩插 6
山东鲁北电子衡器有限公司	彩插 7
浙江蓝箭称重技术有限公司	彩插 8

历史追踪
History Tracking

编辑部

主 编 宋秀卿
主 任 富 岩
广 告 刘 硕
发 行 刘 硕
电 话 010-62116032
编辑单位 《衡器》编辑部
地 址 北京市西城区阜外大街乙 22 号
邮 编 100037
电 话 010-62115761 010-62116032

传 真 010-62115741
出版发行 中国轻工业信息中心
电子邮箱 info@weighment.com
发行范围 国内外发行
出版日期 每月 15 日
国内订价 20 元 / 册
海外订价 10 美元 / 册
印 刷 北京建筑工业印刷厂
国内统一刊号 CN10-1870/TB
国际统一刊号 ISSN1003-5729

《衡器》期刊征稿启事

《衡器》期刊是国家科技部和国家新闻出版总署批准的国内外公开发行的科技类期刊，也是国内称重领域内唯一的专业性国家级刊物，国内统一刊号：CN10-1870/TB，国际刊号：ISSN1003-5729。

《衡器》栏目设置有：科技应用、标准规程、综合评述、技术交流、外文翻译、知识之窗、新产品与新技术、计量论坛、检定测试、计量管理、历史追踪等栏目。

一、文章主要内容要求如下：

1. 称重和计量技术的最新进展及热点问题；
2. 传感器、仪表、天平、衡器及称重系统最新产品的论文；
3. 标准、规程及国际建议的研究探讨；
4. 新装备、新工艺制造技术在衡器行业的应用；
5. 各有关行业在衡器应用方面的技术论文；
6. 国外产品技术动态；
7. 企业计量管理创新成果。

二、稿件要求如下：

1. 文章按科技论文格式书写，内容应具有实用性和创新性，且未公开发表过，每篇文章原则上不超过6000字(包括图表)；
2. 文章要论点明确、论据可靠、数据准确、逻辑严谨、文字通顺；
3. 公式或文中出现的外文字母和符号，如英文、俄文、希腊文、大小写、正斜体、上下角码等要缮写清楚；
4. 插图必须清楚(图片为JPG或TIF格式，像素为300万/英寸)，图形符号及制图要求应符合国家标准；
5. 计量单位和符号采用法定计量单位和符号，量符号尽量用一个字母加下角表示；

6. 参考文献按引用的先后顺序列于文章之后，文献格式请参考GB7714—87《文后参考文献著录规则》；

7. 文章的标题字数应控制在20字以内，摘要应简明扼要给出文章的主要信息，包括研究目的、方法和结论，篇幅限制在200字以内。关键词言简意赅，列出出现频率较高的词汇或核心词汇即可；

8. 来稿请注明作者姓名、单位、地址、邮编、联系电话及电子信箱，并附带作者个人简介(30字左右)；

9. 稿件自接受之日起，一般一个月将初审意见反馈作者。

欢迎业界人士积极投稿。

联系人：宋秀卿

联系电话：010-62115761

邮箱地址：info@weighment.com

《衡器》编辑部

授权声明

凡经本刊录用的稿件，即视为作者授权《衡器》期刊。本刊有权或授权第三方以其他形式(包括但不限于纸媒、网络、存储介质等)进行复制、编辑、收录或检索、出版和使用该作品，来稿中特别注明授权范围的除外，且不再另行支付稿酬。

投稿联系人二维码
添加请备注“投稿”



2025年《衡器》期刊征订启事

《衡器》期刊是国家科技部和国家新闻出版总署批准的国内外公开发行的科技类期刊，也是国内称重领域内唯一的专业性国家级刊物，国内统一刊号为CN10-1870/TB；国际统一刊号为ISSN1003-5729。《衡器》期刊采用自办发行模式，单期定价20元/本，半年总价120元，全年总价240元。有意订阅者请与本刊发行部联系。

联系人：刘硕 咨询电话：010-62116032
汇款账户：北京万象时空文化传播有限公司

开户行：北京银行双榆树支行
行号：313100000423
汇款账号：01090321000120109650172

《衡器》编辑部

注：凡中国衡器协会会员单位、《衡器》期刊理事单位，本刊编辑部每期免费赠送《衡器》期刊1本。稿件录用作者将获赠当期《衡器》期刊1本。

电子汽车衡选择柱式称重传感器的原因分析

□山东金钟科技集团股份有限公司 沈立人

【摘 要】本文根据个人的经历, 全面分析电子汽车衡用称重传感器从剪切式逐渐过渡到正应力式的原因。随着电子汽车衡称量值的不断提高, 材料消耗的相对减少, 数字技术的全面提高, 柱式称重传感器逐渐被应用到电子汽车衡产品中。在大量使用过程中也出现了一些问题, 正在被各个应用单位不断得到解决。

【关键词】电子汽车衡; 正应力; 柱式称重传感器; 剪应力; 桥式称重传感器

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2024) 12-0005-07

引言

在上世纪八九十年代, 我国制造的最大秤量100t 之内的电子汽车衡, 普遍选择的都是梁式剪应力原理设计的称重传感器, 主要是单剪悬臂梁结构和双剪梁桥式结构。单剪梁称重传感器采用摇柱压头传递载荷, 双剪梁称重传感器采用钢球传递载荷。但是随着用户对电子汽车衡称量范围需求增大, 从100t 到200t 的扩大, 剪应力结构的称重传感器已经不能满足市场需求。而柱式结构的称重传感器由于其独有的特点, 被大多数电子汽车衡制造企业选中。

1 剪应力称重传感器特点

剪应力本身是不能测量的, 但它所产生的与剪切梁中性轴成 45° 方向的主应力是可以测量的。这对拉、压成双的主应力, 正是称重传感器组成惠斯通电桥所需要的。剪应力称重传感器应变梁的截面形状决定了应变区剪应力分布, 主要有单剪应力—即悬臂梁结构, 双剪应力—桥式结构。特别是双剪梁称重传感器由应变区为工字梁截面的应变梁、底座、双端固定螺钉、传递载荷的钢球压头等组成。为克服矩形截面剪切梁剪切应力分布梯度大的缺点, 在矩形应变梁的中心加载点和两个支承点之间, 沿梁的两个侧面分别对称的加工出四个盲孔, 使应变梁的截面由矩形变成了工字型, 在局部形成了工字梁, 这样工字型截面的剪应力发布比矩形截面均匀得多。

1.1 优点分析

1.1.1 线性好

· 在承受拉伸和压缩载荷时, 弹性元件的容积是相等的, 即应变区截面积不发生变化, 因此线性好。

· 受剪截面积不发生变化, 固有线性好。

1.1.2 加载点影响小

· 剪力沿梁的长度方向为一常量, 输出与弯矩无关, 因此对加载点变化不敏感。曾经观察使用一年多的此类称重传感器的加载点, 20t 称重传感器钢球压痕长度有20mm 左右, 在后续检定时仍能保持良好的计量性能。

· 加载点与支承点自成平衡力系, 由于桥式称重传感器自身和配置的底板重量, 放置在基础上, 不会受到汽车衡承载器晃动的影响而移动, 安装方便。

1.1.3 压头

1.1.3.1 摇柱式压头

当时悬臂梁称重传感器主要选择的是摇柱式压头, 这种压头是上下两端采用双球形结构, 通过调整承载器的横向和纵向限位间隙, 可以控制承载器的晃动幅度, 这样使悬臂梁称重传感器在安全受控的范围内朝任何方向自由晃动, 从而充分吸收由外力引起的纵向和横向侧力。由于是双球面结构, 当受到纵向和横向侧力的作用时, 通过双球面的滚动来追随作用点的变化, 这样既保证了量值传递的准确性, 又能充分缓冲和吸收承载器受冲击引起的横

向和纵向侧力，避免称重传感器的损坏（如图1）。

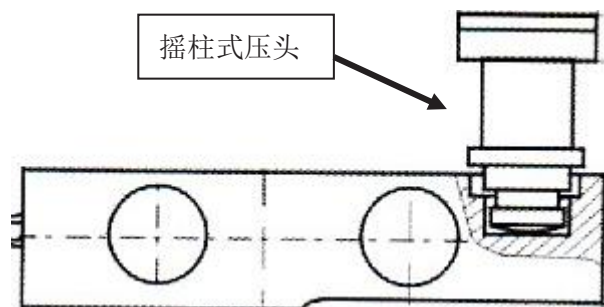


图1 悬臂梁称重传感器结构

1.1.3.2 钢球压头

钢球与球座为点接触，对中良好，钢球只感受轴向载荷，不传递侧向载荷，保证测量准确度。而且，桥式称重传感器的底部比较大，被安装在基础板上靠自身重量所产生的摩擦力是不会发生左右前后移动的，其主要是依靠钢球随着承载器的移动而滚动（如图2）。

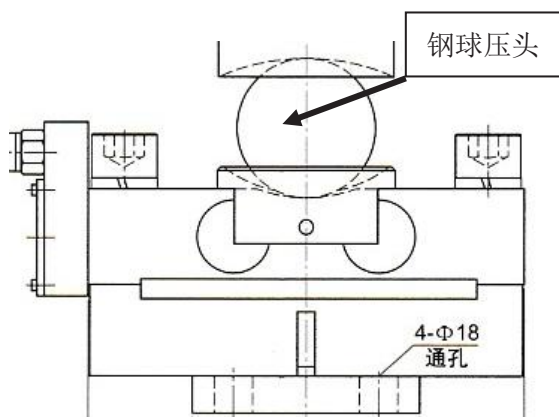


图2 桥式称重传感器结构

1.1.4 限位间隙

对于一台最大称量60t的电子汽车衡，承载器长度为18m，分为三段搭接而成，选择了8只最大称量为25t的称重传感器，在温度变化范围50℃的环境中使

$$\begin{aligned} \text{承载器长度变化} &= 18000\text{mm} \times 11.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \times 50^{\circ}\text{C} \\ &= 10.08\text{mm} \end{aligned}$$

从这个公式的结果可以清楚地看出，当忽略承载器之间连接变化，为了保证使用中不发生限位卡阻现象，起码需要为两侧留出5mm左右的间隙，也就是说，承载器在使用过程中会在长度方向摆动。

桥式称重传感器的钢球压头可以在此范围内自由滚动，而剪应力沿应变梁长度方向为一个常量，应变计粘贴在最小寄生应力区，称重传感器输出与梁弯矩无关，只是与剪应力成比例，抗侧向和偏心载荷能力强，因而输出对加载点变化不敏感。

1.2 缺点分析

1.2.1 双剪梁称重传感器滞后误差分析

产生滞后误差的原因主要是双剪梁弹性元件与支承底座、托架、垫块的结构及所用材料的硬度、表面粗糙度等的影响，接触面的滑动是产生滞后误差的重要原因。在加、卸载过程中，双剪梁弹性元件与底座滑动方向相反，因此作用在弹性元件上的摩擦力方向也相反，正是此摩擦力造成应变区剪应力变化。接触面摩擦系数大，随着载荷的增加滞后的绝对值由小变大。

减少滞后误差的方法：

- (a) 尽量减小弹性元件与底座的摩擦系数；
- (b) 优化结构参数，使底摩擦力对应变区影响最小；
- (c) 预紧力应足够大，尽量约束弹性元件滑移。

1.2.2 称重传感器安装问题

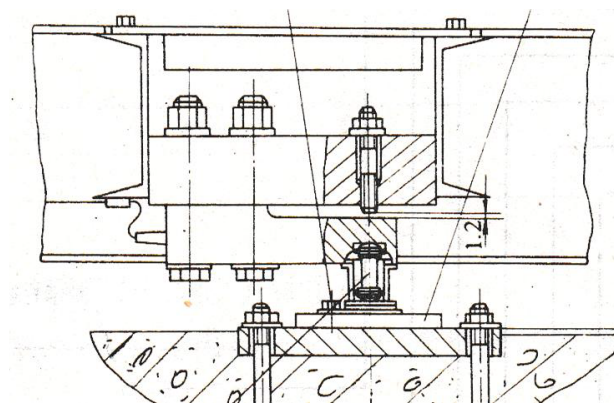


图3 悬臂梁式称重传感器安装示意图

1.2.2.1 如图3所示，悬臂梁式称重传感器必须通过两只高强度螺栓，采用一定的扭力矩固定在承载器上，才能保证衡器的正常使用。例如，最大称量为50t或60t的电子汽车衡，选择最大称量为20t的悬臂梁称重传感器，采用直径Φ33mm的高强度螺栓，需要1000多N·m扭紧力矩。

1.2.2.2 如图2所示，桥式称重传感器两侧采用两只M24的高强度螺栓，在企业内使用专用机械装

置用几百N·m 扭紧力矩作用下将弹性体固定在底座上。在现场只需要将其整体安装在承载器相应位置, 无需再次连接紧固就可以使用。

1.2.2.3 可能出现的问题

(a) 由于没有使用高强度螺栓, 或者由于安装拧紧力矩不足, 在衡器使用过程中称重传感器出现松动, 使得衡器的零点发生变化, 从而影响到衡器的计量性能。

(b) 安装称重传感器的接触工作平面存在不平整问题, 使得称重传感器无法与安装面紧密接触, 同样影响到衡器的计量性能。

1.2.2.4 结构改变

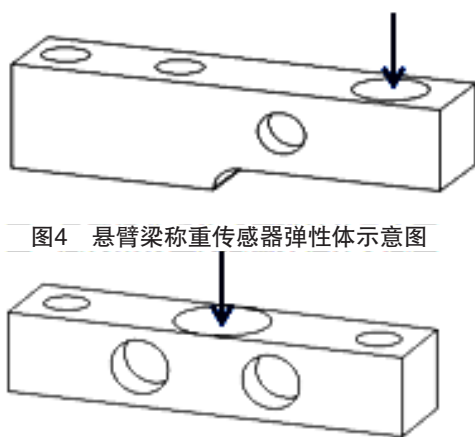


图4 悬臂梁称重传感器弹性体示意图

图5 桥式称重传感器弹性体示意图

按图4 示意图计算悬臂梁的挠度公式:

$$f_A = \frac{P \cdot l^3}{3E \cdot J}$$

按图5 示意图计算两端固定梁的挠度公式:

$$f_{\max} = \frac{P \cdot l^3}{192E \cdot J}$$

按图6 示意图计算柱式纵向变形公式:

$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{E \cdot A}$$

从以上三个示意图和公式可以清楚地看出, 悬臂梁结构的弹性体与桥式结构弹性体变形量与截面的轴惯性矩有关, 而截面的轴惯性矩 $J_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$ 。而柱式弹性体结构的变形量是最小的, 与柱体的截面积有关, 正所谓“立木顶千斤”。

尽量选用整体式结构, 使弹性体与支承平面无接触问题, 如整体剪切梁型等。而如图2 所示桥式称重传感器结构, 也是从整体式结构演变来的, 是为了节约优质合金工具钢, 底部托架采用了普通碳钢。

1.2.3 注意问题

对于各种剪应力梁式称重传感器来讲, 决定加载边界条件的因素, 主要是支承底座、托架、垫块结构及所用材料的硬度、表面粗糙度等。支承方式即根部固定的合理性至关重要, 应尽量使其形成固支, 具有足够大的平衡力矩。

1.2.4 变形量问题



图6 柱式称重传感器弹性体示意图

2 正应力称重传感器特点

2.1 优点分析

2.1.1 结构特点

正应力柱式称重传感器结构紧凑, 几何形状简单, 设计与计算容易、安装轻便。抗过载能力强, 能满足大吨位汽车衡使用。

2.1.2 加工工艺特点

机械加工、热处理、电阻应变片粘贴等工艺较容易, 易于焊接密封和抽真空充氮工艺。

2.1.3 性能特点

(a) 刚性较大, 固有频率高, 动态响应频率快, 回零快。采用圆柱形弹性元件的压式或拉式称重传感器, 其应变区的有效长度L 和直径D 之比 L/D 是决定加载边界条件的主要参数。

对于50t 的柱式称重传感器, 当L/D = 3.7 (远远

低于设计的纵向弯曲率)时,在试验中灵敏度变化小于0.005%,而当 $L/D=1$ 时,在试验中灵敏度变化大于1%。

(b) 桥式称重传感器体积大,耗费材料多。如果所用材料不符合设计要求,或组装时螺栓紧固力不足,会影响其回零慢,存在滞后现象。由于结构影响,无法制造适用于大吨位汽车衡使用的大容量产品。

(c) 柱式称重传感器采用焊接密封方式,相对密封性比胶密封效果好。

(d) 内部可装配电子陀螺仪检测倾斜状态;可装配温度传感器进行温度性能补偿;可装配压力传感器检测破坏密封的作弊。

(e) 为了提高称重传感器的整体性能,柱式称重传感器将过去的单层膜片密封,普遍改为双层膜片

焊接密封,提高了抗侧向载荷和偏心载荷能力。

2.2 缺点及解决方案

2.2.1 称重传感器高度影响

柱式称重传感器易受到承载器热胀冷缩的影响产生倾斜,从而影响汽车衡的计量性能。所以,柱式称重传感器的高度尺寸一定要设计的比较大,如某公司的高度为200多毫米,而另一家公司的数字式柱式称重传感器只有100多毫米。从以下数据可以清楚看出,对于高度为150mm的柱式称重传感器偏移13mm,倾斜角是 5° 。而对于高度260mm的柱式称重传感器偏移18mm,倾斜角只有 4° 。

在相同水平位移情况下,高度大的称重传感器偏移角度就小,高度小的称重传感器偏移角度就大,从而影响电子衡器的计量性能也会大。

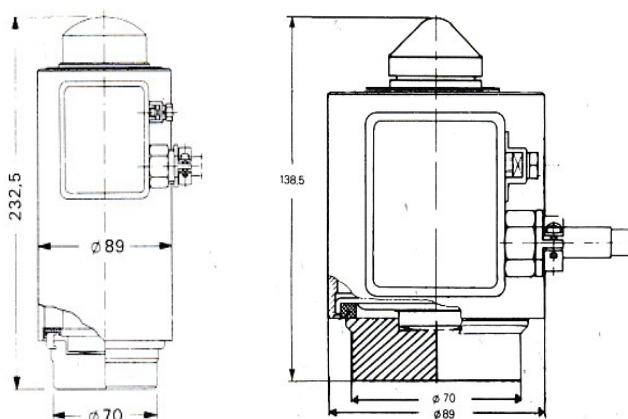


图7 两种不同高度柱式称重传感器示意图

2.2.2 单柱式结构的固有缺陷和解决方法

单柱式称重传感器使用中会受到偏心载荷、侧向载荷、沿圆柱中心轴方向的力矩作用,而使圆柱形弹性元件产生不规则变形,不仅降低准确度、缩短使用寿命,严重时还会造成称重传感器损坏。

单柱式称重传感器在衡器上的应用准确度较在力标准机上的检定准确度要低,这是因为承载器受载后的变形使称重传感器发生偏斜,不可避免地受到偏心和侧向载荷作用。

解决的方法是,弹性元件采用双球头式(也称摇柱式)结构,相当于拉长的钢球,其目的是使外载荷比较准确地作用于称重传感器的中心,并保证其

沿圆柱中心轴方向传递。

2.2.3 防旋转

2.2.3.1 短承载器结构

上世纪八十年代从国外引进的自动轨道衡使用的是柱式称重传感器,由于承载器长度在4m之内,并且是采用拉杆限位机构,可以防止承载器水平位移,所以很少发生称重传感器旋转的问题。

2.2.3.2 长承载器结构

进入2010年由于大量程电子汽车衡的使用,承压能力较大的柱式称重传感器得到广泛应用。由于汽车衡的承载器长度在6m以上,再因为是采用撞顶式限位,使用过程中承载器会前后左右水平移动,

迫使称重传感器产生旋转，时间较长后电缆线就会缠绕到称重传感器上，直至被拉断。所以，称重传感器防旋转问题成为此类产品的一项重要课题。

2.2.3.3 防旋转方法

传统的防旋转方法是在柱式称重传感器的弹性体下部焊接一个有缺口的圆盘，在底座上安装一根柱销，通过这根柱销卡阻称重传感器的转动（见图8）。

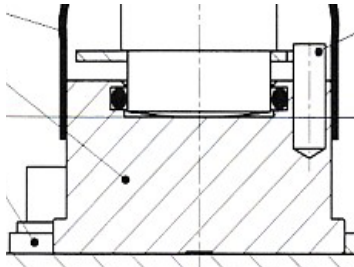


图8 柱销防旋转示意图

如前所述，柱式称重传感器使用在长承载器结构汽车衡产品后，由于承载器前后左右晃动比较大，柱式称重传感器旋转比较严重，防旋转的柱销经常被扭断，甚至两根柱销都不能阻挡得住。

这样，柱式称重传感器制造企业就发明了多种新型防旋转装置，将称重传感器底部加工成四边形或六边形，与之配套的底座也加工成四边形或六边形（见图9）。

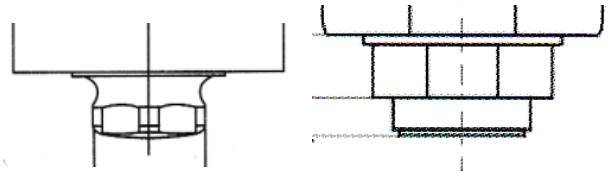


图9 多边形防旋转方法示意图

3 剪应力梁结构与正应力结构比较

3.1 材料消耗方面

3.1.1 悬臂梁结构

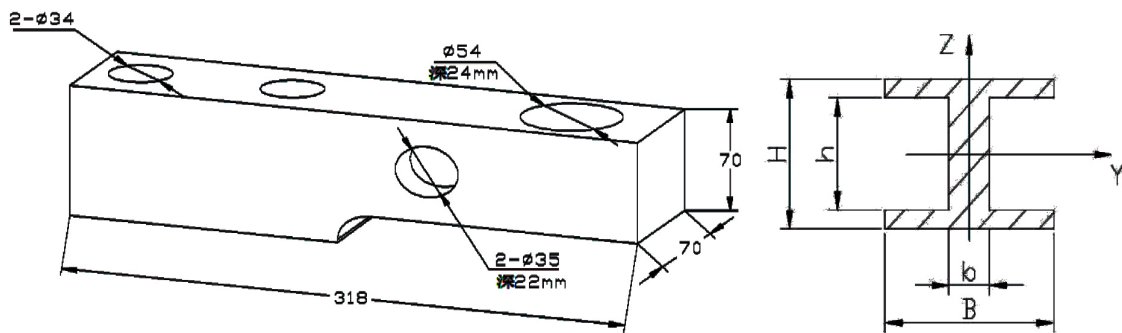


图10 悬臂梁结构示意图

根据图10 悬臂梁示意图中的尺寸计算，大约需要合金结构钢：

合金结构钢重量= 密度 × 长度 × 宽度 × 高度 = $7.85\text{g/cm}^3 \times 32\text{cm} \times 7\text{cm} \times 8\text{cm} = 14067\text{g} \approx 14\text{kg}$

3.1.2 双剪切梁结构

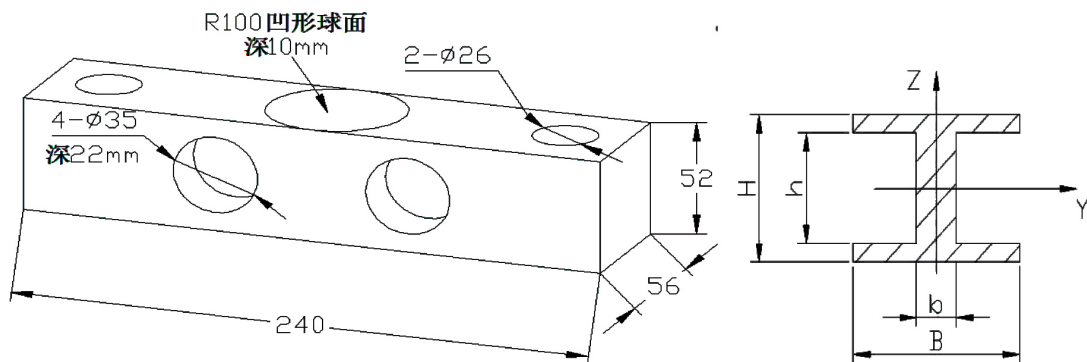


图11 双剪切梁结构示意图

额定载荷为 $P=20t$ 的双剪切梁型称重传感器,根据图11示意图中的尺寸计算,大约需要合金结构钢:

合金结构钢重量=密度 $\times$ 长度 $\times$ 宽度 $\times$ 高度
 $=7.85g/cm^3 \times 24cm \times 5.6cm \times 5.2cm = 5486g \approx 5.5kg$

3.1.3 柱式结构

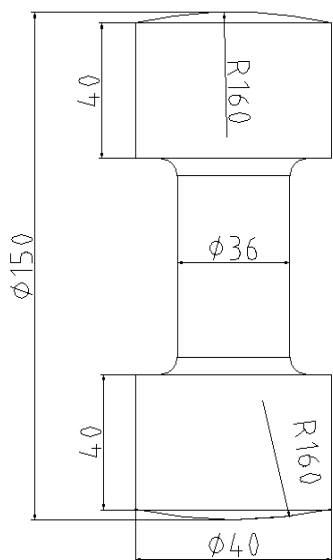


图12 柱式正应力结构示意图

额定量程为 $20t$ 的钢制柱式称重传感器,根据图12示意图中的尺寸计算,大约需要合金结构钢:

合金结构钢重量=密度 $\times$ (直径 $\div 2$) $^2 \pi \times$ 长度
 $=7.85g/cm^3 \times (4cm \div 2)^2 \pi \times 15cm = 1479g \approx 1.5kg$

3.1.4 材料重量比较

悬臂梁结构(约 $14kg$) $>$ 双剪切梁结构(约 $5.5kg$) $>$ 柱式结构(约 $1.5kg$)。

说明:

(a) 以上材料消耗的量值都是按照产品实际尺寸计算,没有考虑产品的机械加工损耗。如果考虑机械加工损耗,柱式结构的实际材料使用量将是最小的。

(b) 这里只是计算了合金结构钢的消耗量,没有计算辅助的普通碳素钢的重量。

3.2 加工工艺方面

3.2.1 剪应力梁式称重传感器

正如图11所看到的桥式称重传感器的弹性体外形结构,其加工工序是:首先用铣床铣削六个平面,再加工两个螺孔、加工四个 $\Phi 35$ 的盲孔、加工凹形

球面和几个导线的通孔,然后进行热处理,使弹性体达到所需要的硬度,最后对上下两个平面进行磨削。而如图10所示的悬臂梁称重传感器弹性体外形结构,其加工工序与桥式称重传感器的弹性体基本大同小异,仅比桥式结构少了两个盲孔。

3.2.2 正应力柱式称重传感器

从柱式称重传感器的弹性体外形结构可以清楚地看出,加工此类圆柱形工件只需要一台通用车床就可以完成。首先进行粗加工形成基本外形结构,然后进行热处理,使弹性体达到所需要的硬度,最后进行精车加工。

3.2.3 加工工艺比较

从以上三种弹性体的加工工艺比较,我们可以清楚地看到柱式称重传感器弹性体加工工作量,比剪应力梁式称重传感器弹性体简单了许多,也就是经济效益好。

4 新技术的推动

4.1 数字技术的应用

根据不同结构弹性元件的特性,建立数学模型,利用数字处理技术对其线性、蠕变、温度特性等进行软件补偿,提高综合性能指标。

软件校正技术:采用模拟式称重传感器电路与数字处理电路一体化设计,零点和输出特性可以通过软件自动校正,确保输出特性的一致性。

数字化的信息传输技术:采用标准的数字信号传输技术,抗干扰能力强,传输距离远。理论上采用RS485通信,通信速率在100Kbps及以下时,RS485的最长传输距离可达1200m。

记忆功能:利用数字数据存储和记忆功能,使其既具有唯一的身份标记与特征参数以便单独寻址,又具有自适应、自校准、自诊断功能。

现场特性:当采用双向、多接口的全双工方式串行通信,在发送设备的发送方和接收设备的接收方之间采取点到点的连接,这意味着在全双工的传送方式下可以得到更高的数据传输速度,使数据采集与控制在现场得以实现。采用软件运算方法调整四角误差,并可进行无砝码校准。

4.2 补偿技术的应用

4.2.1 线性补偿技术

柱式结构的压式称重传感器由于受载后应变区

横截面发生变化,造成应力和应变小于比例增加,使输出小于线性值。传统的非线性补偿需要在弹性体上进行,实际上是在电桥电路中依靠改变电桥电路的供桥电压来实现。

数字式称重传感器将数字处理电路安装到壳体内,包括有放大、滤波、A/D转换、微处理器等,利用微处理器芯片中存入的软件,实施各项数字补偿(线性、零点输出、滞后、蠕变、零点温度、灵敏度温度等)。

4.2.2 内装温度传感器

根据内装温度传感器检测的温度变化,内部可精确补偿温度特性,补偿精度高,效果好。零点和灵敏度均由CPU数据处理完成,灵敏度一致性可达0.01%,一致性好,便于互换,有利维修。

4.2.3 内装电子陀螺仪

为了解决柱式称重传感器倾斜所影响的计量性能,在数字式称重传感器内部安装了电子陀螺仪,随时将称重传感器倾斜产生的误差反馈到内置芯片中,由预定的程序给予补偿修正。

4.2.4 内装压力传感器

为了预防称重传感器密封失效,外界潮湿气体侵入壳体内,影响到电子电路的正常工作。在数字式称重传感器内部安装了压力传感器,只要发现称重传感器内部干燥氮气压力改变,就在称重仪表上给予提示操作人员。当然,也可以防止作弊人员打开称重传感器壳体,嫁接作弊电路进行非法活动。

5 结语

5.1 划分出各种称重传感器的使用范围

从以上文章中对两种称重传感器的情况进行了分析,虽然柱式称重传感器从制造工艺上、材料消耗方面比剪切梁称重传感器有许多优势。但是,剪切梁称重传感器的结构,对汽车衡的安装、使用方面有特殊的优点,是柱式称重传感器不可替代的。所以,额定载荷小于30t的电子汽车衡用称重传感器,最好不采用柱式弹性元件,而采用剪切梁桥式称重传感器。因为,这些结构的称重传感器不但有成熟的制造工艺,销售价格低廉,并且对端部加载条件变化不敏感。

5.2 对于称重传感器之外的影响不能忽视

为了防止焊接应力使汽车衡承载器变形,影响

柱式称重传感器安装质量,所以,在承载器焊接工艺结束之后及时进行时效处理,以减小承载器的焊接应力。

5.3 其他结构形式的称重传感器也应该重视

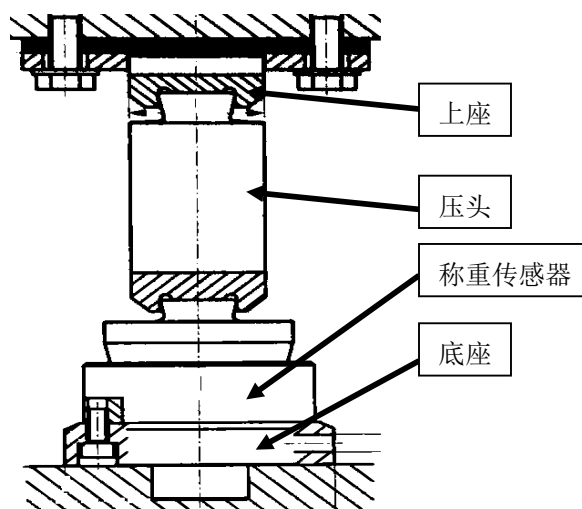


图13 轴对称扭环称重传感器结构示意图

5.3.1 轴对称扭环称重传感器具有柱式称重传感器的特点:结构紧凑,体积小,高度低,重量轻、固有线性好。而且受载后底环无变形或变形很小,几乎没有滞后(如图13)。

5.3.2 轴对称扭环称重传感器同样具有剪切梁称重传感器的特点:对于偏心载荷和侧向载荷不敏感。

参考文献

刘九卿编著.电阻应变式称重传感器.中国衡器协会专业技术培训教材(2006)。

作者简介

沈立人,1947年出生,高级工程师。现为中国衡器协会发展战略咨询委员会委员。

浅谈汽车衡 / 平台秤防作弊

□董光先¹ 吴卫馨¹ 熊利海²

(1. 重庆市计量质量检测研究院 2. 重庆唯英科技有限公司)

【摘 要】汽车衡广泛用于商贸流通领域，发现使用无线遥控作弊较为突出，本文旨在从称重传感器模拟信号输出端进行防作弊处理。

【关键词】电子汽车衡；防作弊；无线屏蔽仪；测试电流

文献标识码：A

文章编号：1003-1870 (2024) 12-0012-05

引言

电子称重仪表作为衡器模块的重要组成部分，在称重过程中起到重要的指示和调节作用。电子称重仪表指示数据作为贸易结算的基本依据，可确保市场公平、公正交易。为贯彻落实国家市场监管总局“电子秤专项整治”，共同打击电子秤“缺斤短两”、利用汽车衡作弊等行为，维护消费者合法权益，保障市场秩序，优化营商环境，生产厂家也应从产品技术升级换代解决以上问题。

1 称重原理

将被称物置于承载器上，称重传感器产生的电信号（通常为mV信号）通过数据处理转换装置及计算（通常为模拟转数字“A/D”芯片和处理器“MCU”），由指示装置显示出称量结果，防作弊传称重感器外观，如图1所示。

2 作弊方式简述

主要作弊方式为通过非法安装于电子汽车衡各模块的无线接收装置接收指令来篡改称重显示数据。

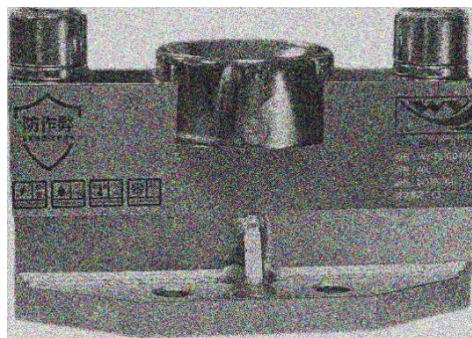


图1 新型防作弊传感器示意图

随着电子汽车衡的普遍使用，其称重指示器（电子称重仪表）生产厂家在称重传感器电信号传输中采用动态加密算法，在数据传输总线上篡改数据作弊的难度越来越大，现阶段大多是在称重传感器的数据处理转换装置“A/D”前端的模拟信号（通常为mV信号）部分非法加装无线接收装置，如图2所示。

3 常规防作弊手段和缺陷

3.1 无线屏蔽仪

无线频率频谱范围广，无线屏蔽仪很难做到每个频率都可检测到并阻止该频率通信。另外公共场合使用无线频率众多，很容易产生误告警。

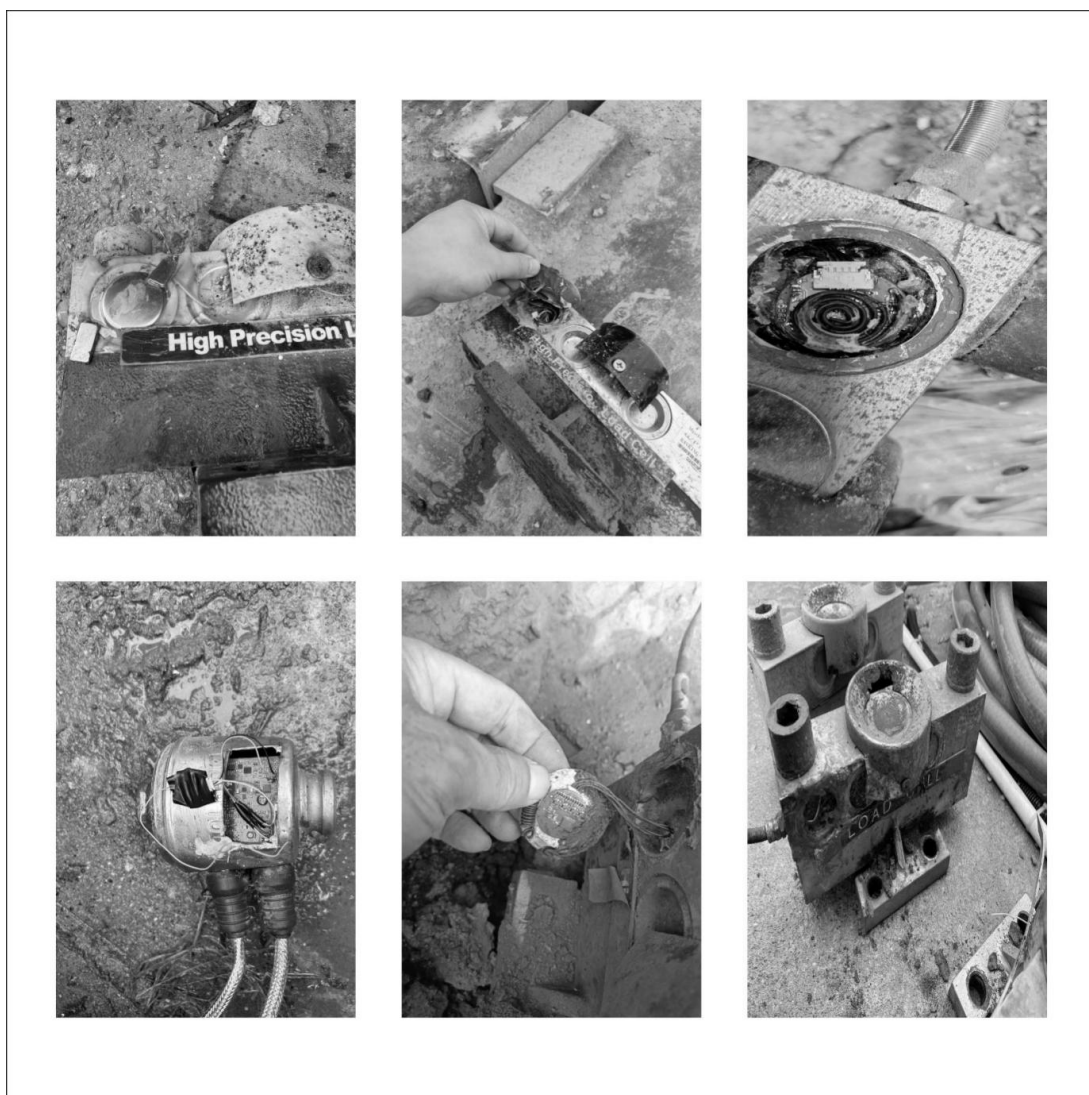


图2 常见作弊方式图

无线电广播频段:

535.5kHz~1606.5kHz;

国内美容美发、养生保健、婚姻服务等商业广告宣传广播:

1.77MHz~1.78MHz,

24.85MHz~24.94MHz,

26.96MHz~27.24MHz;

应总通信频段:

164.6kHz~285kHz,

5.09MHz~5.5MHz,

7.1MHz~7.3MHz,

14.0MHz~14.35MHz,

18.068MHz~18.168MHz,

21.0MHz~21.45MHz,

24.89MHz~24.99MHz,

29.1MHz~29.3MHz,

50.2MHz~50.4MHz,

145MHz~146MHz,

430MHz~440MHz;

话音通信频段:30kHz~470GHz。

WLAN/WF/ 蓝牙:2.4GHz~2.4835GHz, 5.725GHz~5.825GHz

3.2 测试电流方案

a. 模块测试电流，输出内码变化

数字传感器里面的数字模块增加电流测试功能，结构示意图如图3所示。无线装置信号线连接到称重传感器的模拟部分端，电源取数字总线端电源，整个无线接收装置消耗电流不通过数字模块，增加或减少无线装置模块测试电流没有变化。从实际测试结果看，增加和减少无线装置，称重传感器内码变动非常小，可忽略不计，判断内码检测不出。

b. 仪表测试电流

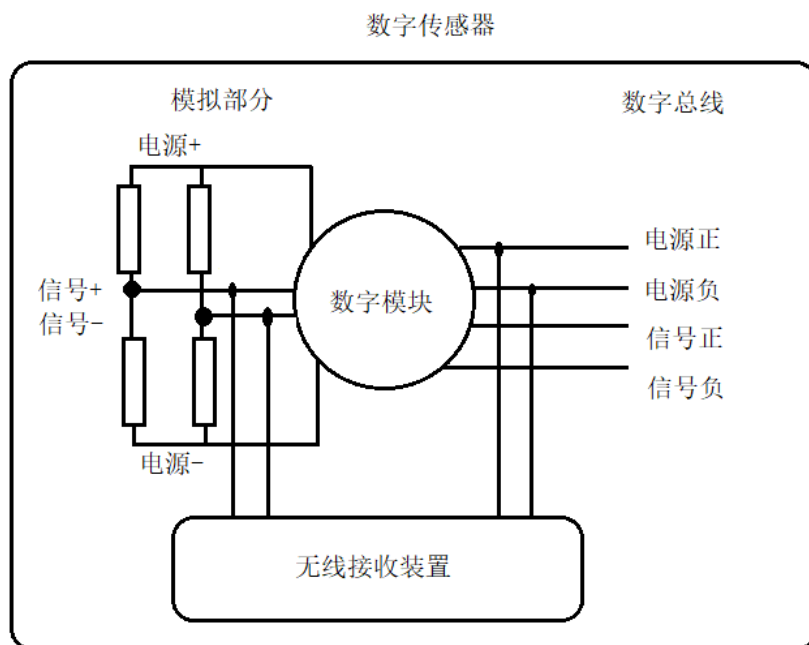


图3 传感器安装无线装置示意图

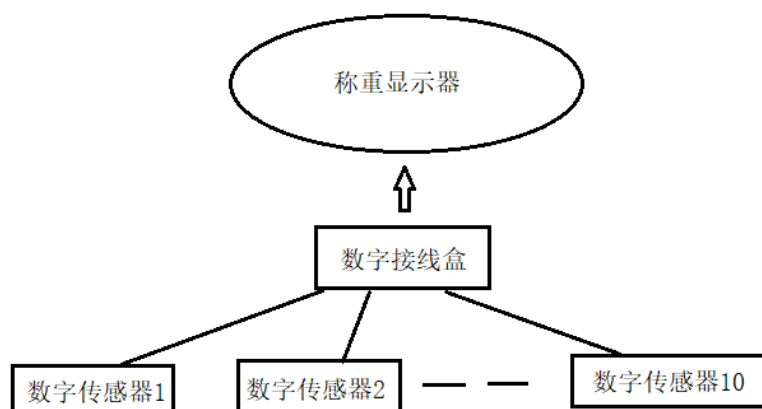


图4 仪表测试传感器电流图

称重显示器可以把当前正常工作模式的电流作为基准保存，再给定范围内的偏差来判断是否有外接设备接入。例如，单只称重传感器消耗电流20mA，10只传感器总消耗电流200mA。为了保证系统正常稳定运行，设置电流波动范围5mA偏差（设置过大检测不到无线装置，设置过小系统本身有测试误差），市场上低功耗无线装置可以在仪表设置波动范围内正常工作。另外电流偏差受接线盒、称

重传感器总线绝缘等因素影响检测电流，从而容易产生误告警。如果无线装置采用外供电，不用称重仪表电源，仪表检测电流就会失效。称重显示器电气连接如图4所示。

3.3 增加防护罩

在称重传感器外部加装金属防护罩对称重传感器进行保护，一是增加称重传感器成本，二是屏蔽装置易被切割机机械设备破坏掉。

3.4 光电/开盖检测

称重传感器内部增加检测量,如光敏电阻,称重传感器开盖等开关量的信号,类似信号属于在线监测,需要仪表正常开机状态。当仪表在断电情况下,没有办法检测到。

4 防作弊防控原理

本方案从信号原理角度来进行防作弊处理,非物理上保护,与无线频率无关,不检查电流,不测试内码,遥控器使用外接电池就能彻底解决。使用全新方案,专门解决遥控器安装到称重传感器的模拟部分,其他部分如总线,接线盒采用动态256位动态数字加密传输,加上前后帧数据效验。另外,仪表内部主板和显示板在一块也无法改变显示。

称重数字模块AD采样频率通常在10~20HZ的低频模式下工作,当重量加载称重台面后,每个称重传感器受力大小由加载重量停放位置不同受力不同,加载重量稳定后,单个称重传感器受力不变,称重传感器输出稳定不变的直流信号。直流信号经过AD转换后,变成数字信号加密动态传输到称重显示器进行换算。

当加载重量稳定后,数字称重模块的AD采样速度提高2048Hz以上,采集回的AD信号经傅里叶变换后,可以检测到重量信号里面有周期性波形,就可以判断里面加载的遥控信号。遥控信号的产生通过PWM,叠加的遥控信号是周期性信号,通过提高采样频率可以完整地记录下波形,通过傅里叶变换技术来判断是否有遥控信号,没有遥控信号的波形几乎只有直流分量,而有遥控信号的波形含有一定的频率分量。

系统对单个称重传感器进行防作弊测试,遥控改变的重量对单个称重传感器重量整体受力占比大,方便设置告警阈值,误告警更低。当仪表检测到遥控器信号后,可以准确提示遥控器安装到具体地址对应的称重传感器,同时给出遥控参考重量,仪表可以通过状态指示灯闪烁、蜂鸣器、锁屏、外接喇叭等提醒用户注意。另外,通过物联网称重显示器,将消息推送到手机或者发送短消息告警提示等多种提示方式。

注:快速傅里叶变换是一种高效的算法,它利用DFT的数学特性和分治策略,将大DFT问题分解为

多个小DFT问题,并通过巧妙的合并策略得到最终结果。快速傅里叶变换的目的是将一个在时域(或空间域)上定义的离散信号转换到频域上进行分析或处理。频域分析能够揭示信号的频谱成分,这在信号处理、图像处理、音频分析等领域非常重要。

5 应用实例

5.1 专用接线盒(4线/10线)+专用称重仪表,产品组成,如图5所示。

如果客户现场使用模拟称重传感器,可以保留原来的模拟称重传感器继续使用(如现场本身是数字传感器需要整体更换),只需要更换防作弊专用接线盒(支持4线/10线)和防作弊称重显示器即可完成防作弊改造。



图5 模拟称重传感器防作弊系统组成

5.2 专用数字传感器+专用称重仪表,产品组成(如图6所示)。



图6 数字传感器防作弊系统组成

全套数字防作弊方案是由专门的防作弊数字传感器和防作弊称重显示器组成, 适合于新秤安装使用。

6 消息提示

仪表检测到防作弊产生告警后, 通过物联网仪表推送消息到手机, 消息提示内容如图7所示。



图7 手机端收到作弊信息

7 结语

本方案产品投放到市场后, 经过实践证明, 该方案防作弊方案防得住, 误告警非常低, 在实际运行过程中, 在安装无线装置在设置参数过程中, 本称重系统具有自动锁定功能, 防止损失扩大, 对维护公平、公正计量方面得到根本性改善。

参考文献

- [1] 黄惠鹏. 数字式称重传感器电子汽车衡的角差

调整[J]. 计量技术. 2008 (06):70-72.

- [2] 王小斌. 浅谈电子汽车衡的角差调整[J]. 计量与测试技术. 2012 ,39 (12): 22-24.

作者简介

董光先 (1976—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事各类衡器的检测、型式评价及司法鉴定等20余年。

固液两相定量包装商品的探讨

□范振强¹ 王鹏² 王燕琴³ 赵易彬²

(1. 青岛市平度市检验检测中心 2. 青岛市计量技术研究院 3. 青岛市李沧区市场监督管理局执法大队)

【摘 要】通过分析固液两相商品目前存在的问题，给出了下一步开展工作的建议，提出了日后监管的方法。

【关键词】固液两相；定量包装；净含量

文献标识码：A

文章编号：1003-1870 (2024) 12-0017-04

引言

固液两相定量包装商品是指，定量包装商品中其内容物为固体物质和液体物质两种形态的包装商品。这种定量包装商品通常以我们日常生活的食品为主，其固相物质为主要的食用物，液相物质一方面起到容纳、保护、保存固相物质的作用，另一方面也是可食用的物质，不是单纯的介质作用。

目前，市场上的固液两相商品多为罐头食品，固液两相定量包装商品不仅在净含量方面需要满足定量包装商品的要求，在净含量标注上更有其特殊性，除了需要按要求标注正确的净含量标识，还需要标注固形物的含量。固液两相定量包装商品是人民生活不可缺失的商品，对固液两相定量包装商品净含量的计量监管是法制计量的重点工作之一。随着近几年我国人民生活水平的不断提升，固液两相定量包装商品的品种更加琳琅满目，包装类别也丰富多彩，对固液两相商品的监督手段和检验方法出现了一些不同的见解和异议，导致近几年对固液两

相定量包装商品的监督检查有所减少。

1 固液两相定量包装商品计量管理存在问题

1.1 部分固液两相商品的标注不统一

在《食品安全国家标准 预包装食品标签通则》(GB7718-2011) C.2.2 中，要求“容器中含有固、液两相物质的食品，且固形物质为主要食品配料时，除标示净含量外，还应以质量或质量分数的形式标示沥干物(固形物)的含量”，给出了净含量和沥干物(固形物)的标示例子。但是，市场上的固液两相商品其固形物含量的标示位置不一、字符高度不一，具体表现为：一是固形物含量标示在标签的不同位置，有的在净含量标示后面标示固形物含量，有的在净含量标示的下面标示固形物含量，还有的在配料表下面标示固形物含量。二是固形物含量标示的字符高度不一，固形物含量标示的字符有的商品和“净含量”标示字符高度一致，有的比“净含量”标示字符高度小。对固液两相商品的固形物含量没有统一要求，消费者在选择固液两相商

品时可能会忽略影响商品质量的固形物含量这一关键因素，自身权益有受到损害风险。

1.2 相关计量法律法规需进一步完善

目前，我国现行计量法律层面中，有《定量包装商品计量监督管理办法》《定量包装商品净含量计量检验规则》《定量包装商品生产企业计量保证能力评价规定》和《定量包装商品生产企业计量保证能力评价规范》等部门规章和计量技术规范，构成了定量包装商品计量监管的法律体系。固液两相商品属于定量包装商品中特殊的一类，除了需要标注净含量，还需要标注固形物的含量，这就要求固液两相定量包装商品既要正确标注净含量，也要正确标注固形物含量。但上述法律法规中，没有专门作出对固液两相商品的计量要求，产生了计量监管空白。

1.3 固液两相商品的定义不明确

在技术规范《定量包装商品净含量计量检验规则》（JJF1070-2023）中，没有提到固液两相商品。在《食品安全国家标准 预包装食品标签通则》（GB7718-2011）中，提到了对固液两相商品与包装商品的标示要求，但没有给予固液两相预包装食品明确的定义，检验人员无法判定某一食品是否属于固液两相食品，是否需要检验标示沥干物（固形物）的标示。检验人员无法对固液两相商品进行统一要求，相关检验结果不能明确地反馈到市场以及生产企业，导致固液两相商品未能得到有效的管理。

1.4 检验方法空白

技术规范《定量包装商品净含量计量检验规则》（JJF1070-2023）中，不包括固液两相的内容。在《食品安全国家标准 预包装食品标签通则》（GB7718-2011）中，给出了固液两相与包装商品的标示形式，对净含量字符的最小高度进行要求，但是并未明确固形物标示的具体位置和最小高度。因此，需要对固液两相定量包装商品的标注及检验

方法给予全面、统一的要求，有利于维护生产和消费者的利益，维护公平公正的计量环境。

1.5 对固液两相商品的监管未获得足够的重视

定量包装计量监督抽查一般是按照食品类别进行，固液两相商品不是专门的某一食品类别，固液两相商品中有水果罐头、肉类罐头、蔬菜罐头、辣椒酱、豆腐乳、八宝粥等，分别属于罐头类食品、调味品、豆制品、方便食品等，在国家和地方定量包装计量监督抽查中，很少有把固液两相商品作为专门类别进行抽检。由于对固液两相定量包装商品的监管不足，市场上一些固液两相定量包装标注不统一，有的将固形物的含量标示在净含量后面，有的将固形物含量标示在配料表下面，还有一些固液两相商品并未标注固形物含量，消费者在选购这些产品时，只看到了产品“净含量”，没有关注固形物的含量，消费者权益可能受到侵害。

2 对固液两相商品下一步工作的建议

近几年尤其是在疫情的特殊时期，由于固液两相商品中的罐头食品种类丰富、保质期长、味道鲜美、贮存方便等特点，成为人们囤货的主要商品。随着预制菜的兴起，也带火了一部分固液两相商品，使固液两相商品进一步繁荣。固液两相食品原料主要有肉类、水产类、蔬菜类、干果和坚果类、谷物和豆类等，满足了人们便捷、多样化的需求，成为百姓餐桌上的宠儿。

现行有效的《定量包装商品计量监督管理办法》（70号令，以下简称《办法》）和《定量包装商品净含量计量检验规则》（JJF1070-2023）都未对固液两相定量包装商品做计量要求。在《食品安全国家标准 预包装食品标签通则》（GB7718-2011）中，提及了“含有固、液两相物质的食品”的净含量标注要求，也指出一些不属于“固、液两相食品”的情况，并没有对固液两相食品进行明确的定义。在固液两相定量包装计量工作实践中，容易出现以下两点问题：第一是净含量标注，由于对固液两相

商品的定义不明晰,无法判断哪些产品属于固液两相商品。净含量的标注是只标注固形物的含量,还是标注固液两相食品总的净含量,或者是两项均标注。第二净含量的检验,如何判定是否合格,如何出具固液两相商品检验报告。

2.1 固液两相商品的范围建议

对固液两相商品的范围提出以下建议:固液两相商品指,与用来容纳、保护、保存商品内容物的液体一起放入包装内,这些液体在商品内容物使用后将会被留下的商品。如水果罐头中的液体属于贮存媒介,一般水果罐头中的固形物被使用后,其中的液体会被留下,液体仅仅是商品的基本组成部分,但不是人们购买商品的决定因素。

2.1.1 液体介质的范围建议

WELMEC 6.8《沥干物》1.4 液体介质的定义指出:液体介质主要包括水、盐的水溶液、卤水、食品酸的水溶液、醋、糖的水溶液、其他甜味物质的水溶液,就水果或者蔬菜而言,是水果汁或蔬菜汁。为了使生产商主动标示沥干物含量,下列介质可以单独使用或者与上述介质混合使用:淀粉悬浊液、牛奶或者牛奶的衍生品、水果或蔬菜浓汤,以及其他固体和半固体介质,比如鸭油或者食用油。

因此,我们提出,液体介质主要包括水、盐的水溶液、卤水、食品酸的水溶液、醋、糖的水溶液、其他甜味物质的水溶液、水果汁或蔬菜汁、淀粉混悬液、牛奶或者牛奶的衍生品、水果或蔬菜浓汤,以及其他常温下是固体和半固体介质,比如鸭油或者食用油等等。

2.1.2 固液两相商品的范围建议

2.1.2.1 按液体介质是否可食用分类

按照液体介质是否可食用分类,固液两相商品一般分为两类,一类是固体和液体可以同时食用的商品,如水果罐头、豆腐乳等。另一类是只有固体可以食用,而液体只起防腐、保鲜作用而不能食用的商品,如蔬菜罐头、果仁类罐头等。

2.1.2.2 按照商品类型分类

固液两相商品一般为食品,可按照食品类型对其分类,固液两相商品可分为以下几类:

(1) 调味料中的油辣椒、辣椒酱等复合调味料

辣椒酱中的液体介质主要为食用油,常温下可直接分离固液两相商品。

(2) 预制调理肉制品

部分速冻调制食品中,以畜禽肉及其制品、水产品及其制品为主要原料,其配制的辅料中,有淀粉混悬液等液体介质。

(3) 罐头类食品

①畜禽水产罐头。如肉类罐头、牛肉罐头、鱼类罐头等,以肉类、鱼类为主要原料,配以油或调味汁制成的罐藏食品。其中,水是调味汁或者油是液体介质,但是由于部分油是从畜禽肉类分离出来的,因此,计算固形物含量时,还需加上畜禽肉类分离出来的油的重量。

②水果罐头。如桃罐头、菠萝罐头、橘子罐头等,其中糖的水溶液、其他甜味物质的水溶液、水果汁等是液体介质。

③蔬菜罐头。如食用菌罐头、竹笋罐头、莲藕罐头、豆类罐头等,大部分蔬菜罐头中的液体介质不能食用。

④其他罐头。如果仁类罐头、八宝粥罐头等,谷类、豆类、干果等材料是主要原料,糖的水溶液、其他添加剂的水溶液是液体介质。

(4) 酱腌菜等蔬菜制品

酱腌菜,如调味榨菜、腌萝卜等,其中盐和其他添加剂的水溶液是液体介质。

(5) 蛋制品

如带卤水的腌制的鹌鹑蛋、大雁蛋等。

(6) 豆制品

腐乳(红腐乳、酱腐乳、白腐乳、青腐乳),其中腐乳汁是液体介质。

2.1.2.3 按照固形物分离方法分类

(1) 常温可以分离的固液两相商品

此类商品包括蔬菜、水果罐头等,只需要将商品内容物放入网筛,将网筛倾斜放置,沥干一定时间后,就可以分离固液两相商品。

(2) 加热可分离的固液两相商品

畜肉禽罐头、水产类罐头和黏稠的粥类罐头,需要在 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的水浴中加热10~20min,使凝冻的汤汁融化,然后再用网筛分离出沥干物,分离出的液体中的油重和沥干物一起组成固形物的重量。

2.2 固液两相定量包装商品的标示建议

食品安全国家标准《预包装食品标签通则》(GB 7718-2011) 4.1.5.6中,要求固液两相商品的标签中,要有固形物含量的标示。在附录C.2.2中,给出了固形物标示的建议格式。在《预包装食品标签通则》(GB7718-2011)问答(修订版)中,“问答四十八”中给出固形物标示的建议位置。

在此,对固液两相定量包装商品的标示提出建议,第一,容器中含有固、液两相物质的食品,且固形物质为主要食品配料时,除标示净含量外,还应以质量或质量分数的形式标示沥干物(固形物)含量。第二,净含量和沥干物(固形物)可以有如下标示形式(以“糖水梨罐头”为例):净含量:425克 沥干物(或固形物或梨块):不低于255克(或不低于60%)。第三,固液两相且固相物质为主要食品配料的预包装食品,应在靠近‘净含量’的位置以质量或质量分数的形式标示沥干物(固形物)的含量。第四,沥干物(固形物)含量的标注应与净含量标示字体大小相同。

3 加强固液两相定量包装商品管理的意见建议

3.1 明确固液两相定量包装商品的范围

为方便对固液两相定量包装商品的计量监督管理,需要明确固液两相定量包装商品范围、明确监管职责,避免重复监管和监管空白。生产者有明确的依据,生产出合规产品,消费者有明确依据来维护自己的权益。建议进一步明确固液两相定量包装

商品的范围,有利于提升基层一线计量监管人员的操作能力和综合管理水平。

3.2 完善配套计量技术规范体系

针对商品量的计量监督管理,我国先后出台了《商品量计量违法行为处罚规定》《零售商品称重计量监督规定》《定量包装商品计量监督管理办法》及《定量包装商品净含量计量检验规则》等法规和技术规范,对规范定量包装商品秩序发挥了积极作用。但是,与国际上定量包装商品的计量管理相比,我们还存在一定的差距,我们应加快定量包装商品计量管理法规与国际接轨的步伐。

根据国际通行做法,结合我国的实际情况和近年的实践经验,建议进一步完善技术规范,按照最新国际建议OIML R87《预包装商品的量》(2016年版)、R79《预包装商品的标签要求》(2015年版),对固液两相定量包装商品的检验方法、风险平衡等方面予以进一步的明确和细化。为保护消费者的合法权益、维持良好的市场秩序,建议尽快制订出科学规范的检验方法来指导固液两相定量包装商品的检验工作,规定固液两相商品净含量的具体要求和检验方法,作为JJF1070的有益补充。从而使各地技术机构开展此检验工作有法可依。

作者简介

范振强(1970—),男,高级工程师,山东省平度市检验检测中心从事衡器检定工作。

基于小冲杆试验的 Inconel 718 合金测量不确定度分析

□张同林¹ 赵阳¹ 倪宏祥¹ 李海天² 时会强¹

(1. 沈阳国仪检测技术有限公司 2. 华中农业大学经济管理学院)

【摘 要】为了探究室温下小冲杆试验装置的不确定度。本文首先按照相关标准和测量不确定度评定程序,确定了Inconel 718 合金材料拉伸试验不确定度来源。再依据小冲杆试验的原理和方法以及计算公式,建立数学模型。采用A类和B类不确定度评定方法,评定小冲杆试验装置合成不确定度。以95%的置信度评定了Inconel 718 合金试样测量不确定度。结果表明,传统计算模型评定的屈服强度的相对扩展不确定为9.222%,抗拉强度的相对扩展不确定为7.152%,而新模型评定的屈服强度不确定度为7.410%。

【关键词】Inconel 718 合金;小冲杆;合成不确定度;测量不确定度;力学性能

文献标识码:A

文章编号:1003-1870 (2024) 12-0021-05

引言

Inconel 718 合金因其卓越的高温稳定性、耐腐蚀性和良好的可焊性,被认为是极端环境下管道和管件理想材料^[1,2]。然而,管道系统长期在恶劣环境下工作,管道材料受到腐蚀和其他环境因素影响,导致材料性能发生变化,发生脆性断裂^[3]。材料性能变化严重时会影响管道的安全性和使用寿命。因此,准确评估在恶劣环境中材料性能的变化显得尤为重要。

小冲杆试验是一种微小试样即可测试样品力学性能的方法^[4]。与传统的破坏性测试方法相比,小冲杆试验所需的样品体积较小,对材料的损伤程度也较低,从而减少了对在役设备正常运行的影响,因此被认为在评估在役管道材料力学性能方面有着广泛的应用前景。

同时,对于微损试样而言,在检测过程中的不确定性对于结果的影响也是十分明显的。这些不确定性可能来源于测量设备自身精度、样品的制备产生的误差、设备工作环境以及操作者的操作水平等多种因素的影响。为了减少试验装置及试验过程对

结果的影响,通过计算其的不确定度,可以帮助试验人员识别和控制这些影响因素,从而确保试验结果的准确性和可重复性。因此,本文利用Inconel 718 合金来评估小冲杆试验机的不确定度,以确定测量结果的置信区间和了解测量结果的可靠性。同时,为小冲杆试验装置的优化试验设计、改进测量方法和提高数据的精确性与重复性提供参考^[5]。

1 检测因素影响不确定度分析

1.1 试验样品对检测结果的影响

取样的部位和样品的切割方式都会直接影响样品的位移-载荷曲线。同时,依据作者前期研究发现,晶粒大小、样品厚度也会对位移-载荷曲线造成影响。为保证数据的稳定性,在取样时应选择在同一批次、不同的管道上截取材料,且尽量选取管道中间位置的材料。同时利用显微镜观察晶粒大小,确保材料尺寸效应不会对结果产生影响。

1.2 测量设备对检测结果的影响

本论文选择TSE202A 微机控制电子万能试验机为冲杆提供动力源,通过电磁阀控制载荷系统,能够更精准地进行应力控制。此外,测量力值在设备

量程的20%~80%之间,满足国家相关标准,保证了设备的精度。

1.3 操作方法对检测结果的影响

小冲杆试验过程中样品的摆放位置和加载速率都会影响检测结果。因此,样品圆心应与下夹具轴线保持一致。拉伸速率是压头下压过程中控制的重要参数,直接影响所得载荷值和位移值,因此本试验严格遵循《GB/T 29459.2 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法第2部分》推荐的拉伸速率,拉伸机拉伸速率设置为0.5mm/min。

1.4 操作人员对检测结果的影响

操作人员在制备样品、尺寸控制、试验和数据处理过程中都可能会引入误差,增大试验的不确定度。为了降低人为因素导致的不确定性,试验人员全程按照试验标准和操作规程工作,严格按照数值修约规则进行修约。日常工作中也对万能试验机进行维护保养和周期检定,使其保持良好的工作状态。

2 小冲杆抗拉强度测量不确定度数学模型的建立

在室温下进行小冲杆试验,根据小冲杆试验原理、方法及各指标的计算公式建立数学模型,分析测量不确定来源,确定各指标的不确定度分量,依据相关标准和测量不确定度评定程序的要求,评定屈服强度、抗拉强度的测量不确定度。

根据不确定度的传播定律,合成标准不确定度由更分量的方差和协方差算出^[6,7]。当各分量彼此独立不相关时,合成标准不确定度的方差可按公式(1)计算:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (1)$$

当各分量显著相关时,合成标准不确定度的方差按公式(2)(3)计算:

$$u_c^2(y) \left[\sum_{i=1}^n c_i u(x_i) \right]^2 = \left[\sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right]^2 \quad (2)$$

$$u_c(y) = \left| \sum_{i=1}^n c_i u(x_i) \right| = \left| \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right| \quad (3)$$

屈服强度按照公式(4)进行计算,单位为MPa。

$$R_{p0.2} = 0.5 \frac{P_y}{t^2} \quad (4)$$

屈服强度相对合成不确定度计算方法如公式(5)所示:

$$u_{\text{rel}}(R_{p0.2}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(rep) + u_{\text{rel}}^2(F_{p0.2}) + u_{\text{rel}}^2(t)} \quad (5)$$

抗拉强度依据公式(6)进行计算,单位为MPa。

$$R_m = 0.1 \frac{P_m}{t^2} - 7 \quad (6)$$

抗拉强度相对合成不确定度计算方法如公式(7)所示:

$$u_{\text{rel}}(R_{p0.2}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(rep) + u_{\text{rel}}^2(F_m) + u_{\text{rel}}^2(t)} \quad (7)$$

3 重复性试验

由于小冲杆试验和拉伸试验情况类似,均不能进行重复试验,因此,计算不确定度时应考虑试样均匀性对其的影响。本文采用同一批次,相同牌号和相同直径的10个试样进行试验,试验完成后利用公式(1)和(2)评定材料试样的屈服强度和抗拉强度平均结果的A类标准不确定度。用贝塞尔公式计算试验标准偏差,计算结果见表1。

表1 重复性试验测量结果

试样编号	试样直径t/mm	经典模型计算的屈服强度MPa	经典模型计算的抗拉强度MPa	新模型计算的屈服强度/MPa	新模型计算的抗拉强度/MPa
1	5.001	637.505	1240.891	635.0038	1312.480962
2	4.994	689.915	1165.815	674.8354	1230.46424
3	5.010	732.776	1150.580	707.40976	1214.107828
4	5.000	629.01	1271.200	628.5476	1345.528836
5	5.014	659.076	1213.055	651.39776	1282.327876
6	4.968	663.155	1175.174	654.4978	1240.240284

续表

试样编号	试样直径t/mm	经典模型计算的 屈服强度MPa	经典模型计算的 抗拉强度MPa	新模型计算的 屈服强度/MPa	新模型计算的 抗拉强度/MPa
7	5.030	716.266	1209.505	694.86216	1278.7156
8	4.983	666.491	1276.295	657.03316	1350.805185
9	5.044	677.998	1225.429	665.77848	1296.3131
10	4.977	708.237	1289.402	688.76012	1365.00357
极差	0.076	103.766	138.822	78.862	150.896
平均值	5.002	678.043	1221.735	665.813	1291.599
绝对标准差	0.02	33.78	48.27	25.68	52.59
相对标准差	0.47%	4.98%	3.95%	3.86%	4.07%

4 测量不确定度的评定

4.1 屈服强度测量不确定度评定

4.1.1 A类相对标准不确定度的评定

评定10个试样的测量不确定度,计算结果为:

$$U_{\text{rel}}(\text{rep}) = \frac{S}{\sqrt{3}} = \frac{1.71\%}{\sqrt{3}} = 0.987\%$$

4.1.2 规定塑性延伸力 $F_{0.2}$ 的B类相对标准不确定度的评定

(1) TSE202A 微机控制电子万能试验机示值误差带来的不确定度分量 $u_{\text{rel}}(F_1)$

1级拉伸试验机系统示值误差为 ± 0.1 ,按均匀分布考虑 $k=\sqrt{3}$,即 $U_{\text{rel}}(F_1) = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0.577\%$ 。

(2) 标准力传感器的相对不确定度 $u_{\text{rel}}(F_2)$

校准证书中认定的标准测力仪为0.1级,重复性 $r=0.1\%$,认为此时的测力计是重复性极限。因此标准测力仪校准试验机引入的相对不确定度为:

$$U_{\text{rel}}(F_2) = \frac{r}{2.83} = \frac{0.1\%}{2.83} = 0.035\%$$

(3) 规定塑性延伸力的标准不确定度(F_2)

$$U_{\text{rel}}(F_{0.2}) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(F) + u_{\text{rel}}^2(F_2)} = \sqrt{0.987\%^2 + 0.035\%^2} = 0.988\%$$

4.1.3 样品厚度的B类相对标准不确定度的评定

测试样品厚度时,每个试样的尺寸应测量均精确到 $\pm 0.5\%$,因此 $u_{\text{rel}}(d_0) = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$ 。

4.1.4 拉伸速率带来的不确定度

万能试验机拉伸速率在《GB/T 29459.2 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法第2部分》室温下拉伸性能的试验方法规定的范围内,屈服强度最大相差103MPa,因此速率对屈服强度的影响为 $\pm 51.5\text{MPa}$,

按均匀分布考虑, $u(R_{\text{mV}}) = \frac{51.5}{\sqrt{3}} = 29.734$;

$$u_{\text{rel}}(R_{\text{mV}}) = \frac{29.734}{678.043} = 4.385\%$$

4.1.5 屈服强度的相对合成不确定度

屈服强度的相对合成不确定度如表2所示。规定塑性延伸强度的相对合成不确定度为:

$$\begin{aligned} u_{\text{crel}}(R_{\text{p}0.2}) &= \sqrt{u_{\text{rel}}^2(\text{rep}) + u_{\text{rel}}^2(F_{\text{p}0.2}) + u_{\text{rel}}^2(S_0) + u_{\text{rel}}^2(R_{\text{p}0.2})} \\ &= \sqrt{0.987\%^2 + 0.988\%^2 + 0.289\%^2 + 4.385\%^2} = 4.611\% \end{aligned}$$

表2 屈服强度的相对合成不确定度分量汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	相对标准不确定度 $l(\%)$
$u_{\text{rel}}(\text{rep})$	测量重复性	0.987%
$u_{\text{rel}}(F_{\text{p}0.2})$	规定塑性延伸力	0.988%
$u_{\text{rel}}(d_0)$	样品厚度	0.289%
$u_{\text{rel}}(R_{\text{mV}})$	拉伸速率	4.385%

4.1.6 屈服强度的相对扩展不确定度

取包含概率 $p=95\%$,包含因子 $k=2$, $U_{\text{rel}}(R_{\text{p}0.2}) = k \times u_{\text{rel}}(R_{\text{p}0.2}) = 2 \times 4.611\% = 9.222\%$ 。

4.2 抗拉强度测量不确定度评定

4.2.1 A类相对标准不确定度的评定

评定10个试样的测量不确定度的计算结果为:

$$U_{\text{rel}}(\text{rep}) = \frac{S}{\sqrt{3}} = \frac{1.71\%}{\sqrt{3}} = 0.987\%$$

4.2.2 最大载荷 F_m 的B类相对标准不确定度的评定

(1) TSE-202A 微机控制电子万能试验机示值误差带来的不确定度分量 $u_{\text{rel}}(F_1)$ 1级拉伸试验机系统

示值误差为 ± 0.1 ，按均匀分布考虑 $k=\sqrt{3}$ ，即：

$$U_{\text{rel}}(F_1)=\frac{1\%}{\sqrt{3}}=0.577\%$$

(2) 标准力传感器的相对不确定度 $u_{\text{rel}}(F_2)$

校准证书中认定的标准测力仪为0.1级，重复性 $r=0.1\%$ ，认为此时的测力计是重复性极限。因此，标准测力仪校准试验机引入的相对不确定度为：

$$U_{\text{rel}}(F_2)=\frac{r}{2.83}=\frac{0.1\%}{2.83}=0.035\%$$

(3) 规定最大力的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(F_{\text{rel}})$

$$U_{\text{rel}}(F_{\text{P}0.2})=\sqrt{u_{\text{rel}}^2(F)+u_{\text{rel}}^2(F_2)}=\sqrt{0.987\%^2+0.035\%^2}=0.988\%$$

4.2.3 样品厚度的B类相对标准不确定度的评定

测试样品厚度时，每个试样的尺寸应测量均精

确到 $\pm 0.5\%$ ，因此 $u_{\text{rel}}(d_0)=\frac{0.5\%}{\sqrt{3}}=0.289\%$

4.2.4 拉伸速率带来的不确定度

万能试验机拉伸速率在《GB/T 29459.2 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法第2部分》：室温下拉伸性能的试验方法规定的范围内，屈服强度最大相差138.822MPa，因此，速率对屈服强度的影响为 $\pm 69.411\text{MPa}$ ，按均匀分布考虑：

$$u(R_{\text{mV}})=\frac{69.411}{\sqrt{3}}=40.074; \quad u_{\text{rel}}(R_{\text{mV}})=\frac{40.074}{1221.375}=3.280\%$$

4.2.5 抗拉强度的相对合成不确定度

抗拉强度的相对合成不确定度如表3所示。规定塑性延伸强度的相对合成不确定度为：

表3 抗拉强度的相对合成不确定度分量汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	相对标准不确定度 $l(\%)$
$u_{\text{rel}}(\text{rep})$	测量重复性	0.987%
$u_{\text{rel}}(F_{\text{P}0.2})$	规定最大延伸力	0.988%
$u_{\text{rel}}(d_0)$	样品厚度	0.289%
$u_{\text{rel}}(R_{\text{mV}})$	拉伸速率	3.280%

$$u_{\text{crel}}(R_{\text{P}0.2})=\sqrt{u_{\text{rel}}^2(\text{rep})+u_{\text{rel}}^2(F_{\text{P}0.2})+u_{\text{rel}}^2(S_0)+u_{\text{rel}}^2(R_{\text{P}0.2})}$$
$$=\sqrt{0.987\%^2+0.988\%^2+0.289\%^2+3.280\%^2}=3.576\%$$

4.2.6 抗拉强度的相对扩展不确定度

取包含概率 $p=95\%$ ，包含因子 $k=2$ ， $U_{\text{rel}}(R_{\text{P}0.2})=k \times u_{\text{rel}}(R_{\text{P}0.2})=2 \times 3.576\%=7.152\%$ 。

4.3 使用新数学模型评定不确定度

由4.1.6和的结果可知，采用传统模型评定的不确定度较大，有时无法满足实际生产需要。因此，本文作者对718镍基合金的屈服强度和抗拉强度的小冲杆模型进行了修正，修正后的新数学模型如公式(8)和公式(9)所示，表4为新模型重复性试验测量结果：

$$R_{\text{P}0.2}=0.38\frac{P}{t^2}+150.5 \tag{8}$$

表4 新模型重复性试验测量结果

试样编号	试样直径 t/mm	新模型计算的屈服强度/MPa
1	5.001	635.0038
2	4.994	674.8354
3	5.010	707.40976
4	5.000	628.5476
5	5.014	651.39776
6	4.968	654.4978
7	5.030	694.86216
8	4.983	657.03316
9	5.044	665.77848
10	4.977	688.76012
极差	0.076	78.862
平均值	5.002	665.813
绝对标准差	0.02	25.68
相对标准差	0.47%	3.86%

与4.1节计算方法类似,新模型评定的屈服强度的相对扩展不确定度为7.41%,与传统模型相比降低了不确定度,说明使用该模型评定镍基合金的屈服强度的相对扩展不确定度是有效的。

5 结语

本文通过Inonel 718 试样拉伸试验,评定了小冲杆试验装置的屈服强度和抗拉强度的不确定度,分析了影响不确定度的检测因素,并利用数学模型计算了2个力学性能的不确定度。结果表明,传统计算模型评定的屈服强度的相对扩展不确定为9.222%,抗拉强度的相对扩展不确定为7.152%,而新模型评定的屈服强度不确定度为7.410%。

从上述评定过程可以看出,建立正确的数学模型,对于测量不确定度的评定至关重要。通过分析数学模型中各个参数可能对结果产生的不确定度来源,并对这些不确定度分量进行评估,最后将所有参数的不确定度分量(包括A类不确定度分量)进行合成,就可以计算出在指定包含概率下金属材料微小试样拉伸试验结果的测量不确定度。

此外,在人员、设备、方法和环境等条件受控的情况下,小冲杆试验的测量不确定度评定结果,可以直接应用于日常检测工作,不需要每次测试都重新评定。如果条件发生变化,则应重新进行评定。采用与本文相同等级的试验机和标准测力仪进行小冲杆试样室温拉伸试验时,试验机的计算机数据采集系统所带来的不确定度分量已经包含在试验机的力值测量不确定度中,因此无需再单独考虑^[8-10]。

参考文献

- [1] 张旻,马川川,薛春.不同热处理下析出相和晶粒尺寸对Inconel 718 高温合金力学性能的影响(英文)[J].稀有金属材料与工程,2024,53(08):2131-6.
- [2] 徐振阳.激光熔覆制备Inconel 718 涂层及性能研究[D],2023.
- [3] 李佳骏,倪宏祥,张同林.疲劳试验对GIS波纹管补偿器材料显微组织的影响[J].管道技术与设备,2024,(03):54-7.
- [4] 陈国耀,徐彤,钟继如.小冲杆和压入测试技术获取材料真应力-应变曲线的对比研究[J].压力容器,2022,39(09):42-9+55.

[5] 李晓旭,王俊东,冯波.弹性元件集中力刚度试验的不确定度评定[J].管道技术与设备,2020,(05):23-4+62.

[6] 江苏省计量科学研究院,中国计量科学研究院,北京理工大学,国家质量监督检验检疫总局计量司.测量不确定度评定与表示[Z].国家质量监督检验检疫总局.2012:68

[7] 中国合格评定国家认可中心,中国计量科学研究院,天津出入境检验检疫局.测量不确定度评定和表示[Z].中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局;中国国家标准化管理委员会.2017:84

[8] 侯飞.探究金属材料力学性能测试中存在的确定度[J].世界有色金属,2023,(20):211-3.

[9] 王俊,王玉玲.金属材料力学性能测试不确定度评定的探讨[J].理化检验(物理分册),2014,50(11):818-21.

[10] 张仲武.金属材料力学性能测试中存在的确定度分析[J].工程技术研究,2023,8(22):122-4.

作者简介

张同林(1997—),女,硕士,助工,毕业于南京航空航天大学。现就职于沈阳国仪检测技术有限公司,从事材料检测技术研究工作。

重力加速度值对电子计价秤计量准确度的影响浅析

□山东金钟科技集团股份有限公司 任成 褚兆飞 宋志平

【摘 要】本文探讨了重力加速度值对电子计价秤计量准确度的影响。由于各地重力加速度值不同，会导致计价秤的称量结果出现些许误差。制造商通常利用软件进行调整并通过键盘操作更改最大量程来修正这一误差，但这就给不法分子提供了利用外部键盘作弊的机会。本文分析了不同省份或地区重力加速度值的差异，并对比了重力加速度值的大小与最大称量或常用称量值之间误差的关系。建议取消电子计价秤利用外部键盘重新标定的功能，以防止作弊行为，保护消费者权益。

【关键词】重力加速度；电子计价秤校准；外部键盘；作弊

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2024）12-0026-07

引言

电子计价秤是生活中常见的一种数字指示秤，从超市、便利店、各类零售商店到集贸市场、流动摊贩，电子计价秤都是贸易结算用的重要计量器具。目前，国内利用电子计价秤作弊现象时有发生，屡禁不止，作弊手法层出不穷，这些不法行为严重损害了消费者的权益，破坏市场的公平竞争。其中软件编程作弊是通过在外部键盘输入密码进入设置模式，可以修改计价秤的计量参数—最大称量值，来调整显示的重量值，这种作弊手法较为隐蔽，难以被消费者发现。

那么，为何电子计价秤制造厂商会在设计时留有可调整计量参数的缺口呢？一个重要的理由就是我国地大物博、全国各地的经纬度不同，导致了重力加速度值不同，而电子计价秤使用的重量转换器件是称重传感器，是对物体重量的测量，就会因重力加速度值的不同而导致称量货物的重量不同，从而出现误差。电子计价秤的制造厂商为减小这种异地售秤带来的称量误差，增加了一些补偿功能，有通过软件进行补偿，如直接输入使用地的重力加速度，由单片机自动处理后进行异地校准。或是在秤

本身设置一组二进制开关，通过改变开关状态来改变放大倍数，实现误差修正。再就是用自动标定的方法进行消除，电子秤到达使用地后在上面放置一定质量的标准砝码，通过键盘输入相应砝码重量进行标定，从而获得了砝码的标称值。

这种利用外部键盘对重力加速度的补偿或校准方法存在弊端，被不法分子利用，作为电子计价器的作弊手段进行非法盈利，侵犯消费者权益。

1 重力加速度对称量性能的影响

重力加速度是在地球表面附近下落物体受到的加速度，由地球引力产生，该值的大小会根据所在地区的经纬度及海拔不同而略有变化。由牛顿第二定律可知，物体的重量（ G ）= 物体的质量（ m ）× 重力加速度（ g ），其中质量是物体所含物质的多少，不受物体所处地理位置的不同而变，是一个恒量。重力加速度值不同则导致物体的重量会因所处地域海拔高度的不同而发生改变。

根据力学原理可把称重分为，利用力的动力效应称重和利用力的静力效应称重。

动力效应称重就是利用已知物体在地球重力场中的重力加速度和其质量的大小来计量被称物体的

质量。

静力效应称重是利用物体在重力作用下弹性体产生弹性变形或内应力的的大小来测定重力的量值。如电子计价秤、弹簧秤就是利用重力变形法进行称重计量。

电子计价秤是用砝码的质量来评定的，显示结果为重量，其计量结果与重力加速度有关，重力加速度值不同，同一台秤在两地之间的示值就不同，就会出现同一台电子计价秤在生产地检验是合格的，但运输到另一地后就会出现较大的误差。

2 浅析电子计价秤对重力加速度不同的误差修正方法

全国各地重力加速度值主要取决于该地区在地球上所处纬度的位置及海拔高度。根据1971年国际重力公式：

$$g_0=978.0318(1+0.0053024\sin^2\phi-0.0000059\sin^4\phi)\text{cm/s}^2 \quad (1)$$

式中 ϕ 为当地的纬度。以杭州地区为例，杭州的纬度约为 30.26° ，代入式(1)中可得杭州地区重力加速度 $g_0=979.3483\text{cm/s}^2 \approx 9.7935\text{m/s}^2$ 。此重力加速度值是海平面的重力加速度，实际重力加速度还需要考虑海拔高度的影响，通过以下公式来对杭州地区重力加速度进行修正：

$$g(h)=g_0(1-2h/R) \quad (2)$$

式中 g_0 是海平面的重力加速度， h 是海拔高度(杭州地区的平均海拔为23m)， R 是地球的平均半径(约为6371000m)，代入式(2)中得：

$$g(23)=9.7935(1-2\times 23/637100)\approx 9.7928\text{m/s}^2 \quad (3)$$

不过，这与地质调查局公布的杭州地区重力加速度 9.7936m/s^2 稍有差异，实际测量中还需考虑很多复杂因素，比如地球质量分布等。下面列出地质调查局公布的全国各地区重力加速度数值。

表1 全国各地区重力加速度值表

序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$	序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$
1	拉萨	9.7799	18	贵阳	9.7968
2	昆明	9.783	19	太原	9.797
3	广州	9.7833	20	青岛	9.7985
4	海口	9.7863	21	包头	9.7986
5	南宁	9.7877	22	济南	9.7988

序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$	序号	地区	重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$
6	西宁	9.7911	23	石家庄	9.7997
7	成都	9.7913	24	张家口	9.8
8	重庆	9.7914	25	大连	9.8011
9	长沙	9.7915	26	天津	9.8011
10	南昌	9.792	27	北京	9.8015
11	杭州	9.7936	28	乌鲁木齐	9.8015
12	武汉	9.7936	29	沈阳	9.8035
13	西安	9.7944	30	长春	9.8048
14	合肥	9.7947	31	吉林	9.8048
15	南京	9.7949	32	哈尔滨	9.8066
16	上海	9.7964			
17	郑州	9.7966			

为了解决因各地重力加速度不同而引起的计量误差，各制造厂商会对此误差进行修正，电子计价秤在制造厂出厂检验合格运送到现场后，再用标准砝码进行标定，通过在计价秤面板的校正界面输入标准砝码重量，通过算法使电子计价秤记录此系数以达到排除电子计价秤制造厂商所在地与使用地之间重力加速度值不同而产生误差的目的。

那么，重力加速度的不同对称量值影响到底有多大，是否可以去掉电子计价秤现场重新标定的功能？

现拟定一给定质量的重物 m ，在电子计价秤生产地称量结果为 G_1 ，将秤运送到其他地区后的称量结果为 G_2 ，根据牛顿第二定律得：

$$G_1=m_1\times g_1$$

$$G_2=m_2\times g_2$$

即：

$$m_1=G_1/g_1$$

$$m_2=G_2/g_2$$

因货物的重量是恒定不变的，即 $m_1=m_2$ ，则：

$$G_1/g_1=G_2/g_2$$

$$G_2=G_1\times g_2/g_1$$

则两地称量误差 G_2-G_1 ：

$$G_2-G_1=G_1\times g_2/g_1-G_1$$
$$G_2-G_1=G_1(g_2/g_1-1) \quad (4)$$

现以生产电子计价秤较多的浙江地区—杭州为

基准,以3kg、30kg货物为例,分析各地因重力加速度值不同导致的称量误差,将表1中各地重力加速度值代入式(4)中得出各地称量误差,见表2。

表2 以杭州的重力加速度值为基准计算各地称量误差

地区	重力加速度 $g(m/s^2)$	重力加速度误差	3kg货物的最大称量误差(g)	30kg货物的最大称量误差(g)
杭州	9.7936	/	/	/
上海	9.7964	0.03%	0.857	8.57
济南	9.7988	0.05%	1.593	15.93
北京	9.8015	0.08%	2.420	24.2
吉林	9.8048	0.114%	3.43	34.3
广州	9.7833	-0.11%	-3.155	-31.55

电子计价秤的标准是GB/T 7722-2020《电子台案秤》,3.4案秤的定义:一种在桌子、柜台或工作台上使用的最大称量通常不超过30kg的秤。电子台案

秤包括:计价秤、计重秤、计数秤等^[1]。

第5.2条秤的准确度等级见表3。

表3 秤的准确度等级

准确度等级	检定分度值e g	检定分度数 $n = \text{Max}/e$		最小称量Min(下限)
		最小	最大	
中准确度等级 Ⅲ	$0.1g \leq e \leq 2g$ $e \geq 5$	100 500	10000 10000	20e 20e
普通准确度等级 Ⅳ	$e \geq 5$	100	1000	10e

第5.3条规定了秤首次检定的最大允许误差,见表4。

定最大允许误差的2倍^[2]。所以,表4中的最大允许误差值可以放大一倍,即在使用中检查的最大允许误差见表5。

表4 首次检定最大允许误差

最大允许误差	载荷m以检定分度值e表示	
	Ⅲ	Ⅳ
$\pm 0.5e$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1.0e$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1.5e$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$

JJG 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》第5.5.2规定,使用中检查的最大允许误差应是首次检

表5 使用中检查的最大允许误差

最大允许误差	载荷m以检定分度值e表示	
	Ⅲ	Ⅳ
$\pm 1.0e$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 2.0e$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 3.0e$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$

电子计价秤作为一种用于贸易结算的计量器具,其准确度受检定分度值e,检定分度数n和最大

秤量Max限制，检定分度数 $n = \text{最大秤量Max} / \text{检定分度值e}$ ，满足同一准确度等级的秤可根据检定分度数的不同而细化出不同准确度，结合现有技术水平及电子计价秤贸易场所的使用环境，3000分度的计价秤已可以满足多品类贸易使用环境条件了。

那么我们来看一下满足表3规定的最大秤量 $\text{Max} = 30\text{kg}$ 的电子计价秤在3000分度数下的最大允许误差是多少。

表6 Ⅲ秤最大秤量与检定分度值检定分度数之间的关系

最大秤量Max	检定分度值e	检定分度数n
30kg	10g	3000

为直观分析在首次检定和使用中检定时的最大允许误差，误差包络线见图1和图2：

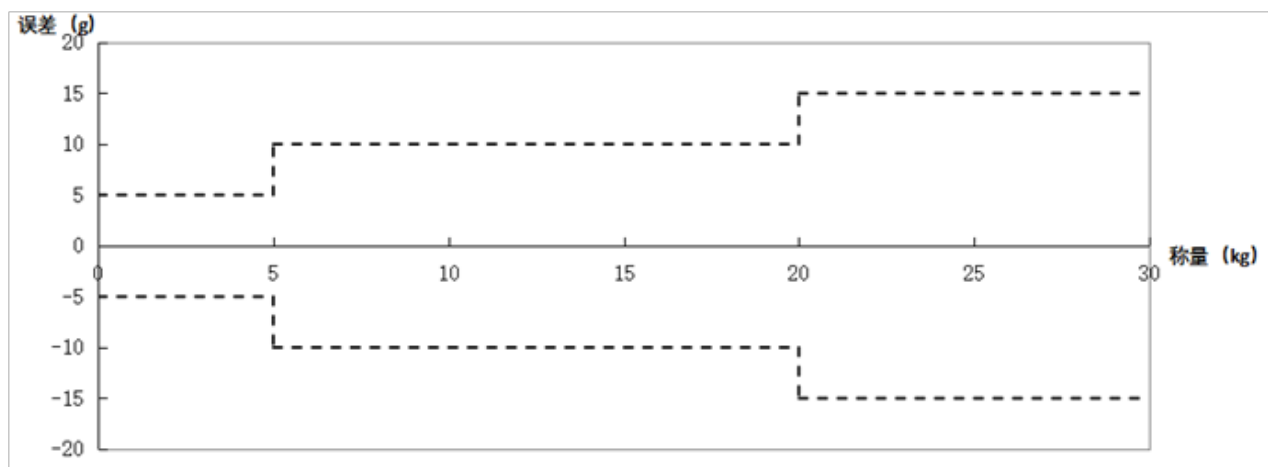


图1 首次检定中最大误差包络线 $e = 10\text{g}$, $n = 3000$

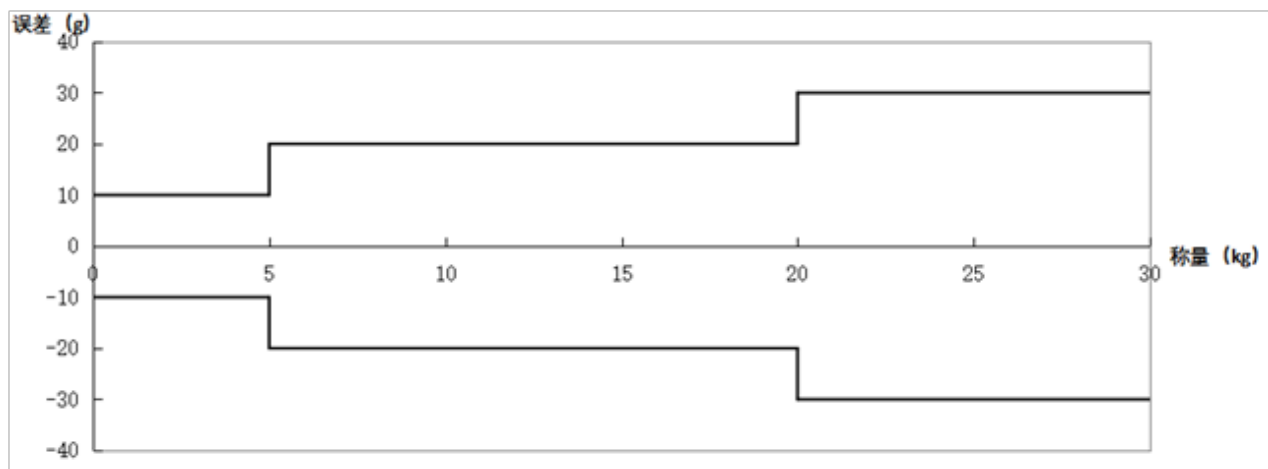


图2 使用中检查的最大误差包络线 $e = 10\text{g}$, $n = 3000$

将图1和图2合并，观察首次检定和使用中检查的误差关系：

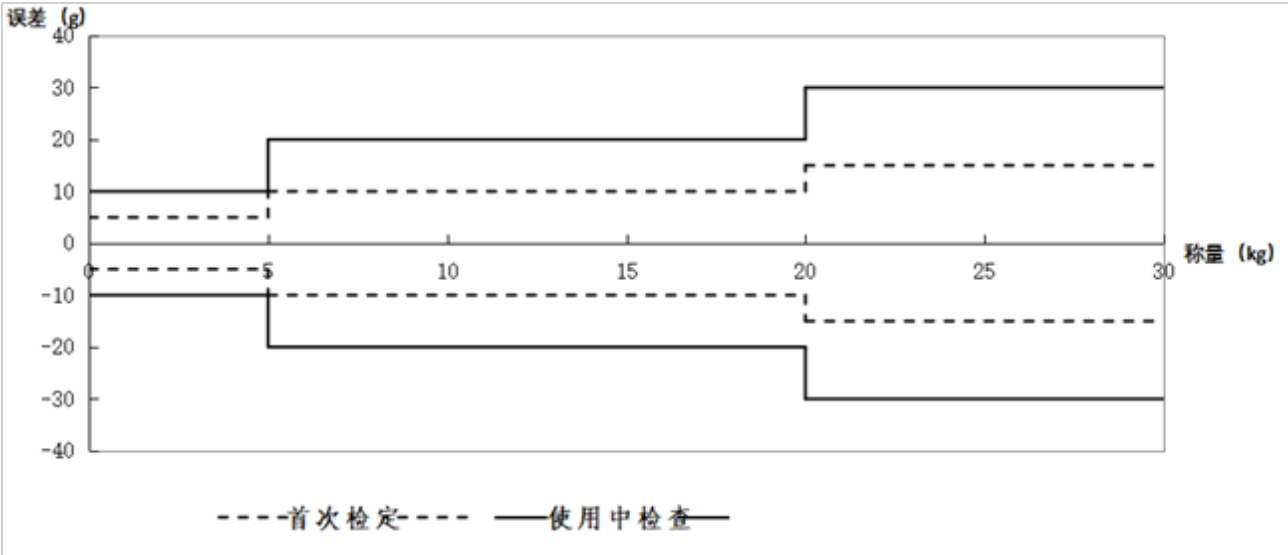


图3 首次检定和实用性检查的最大误差包络线比较

表7 列出了在称量范围内的最大允许误差。

表7 在最大秤量下的最大允许误差		
载荷m 以检定分度值e 表示	首次检定 最大允许误差	使用中检查 最大允许误差
$0 \leq m \leq 500$	5g	10g
$500 < m \leq 2000$	10g	20g
$2000 < m \leq 3000$	15g	30g

由表7 并结合表2，我们可以得出若要满足Ⅲ秤的使用中检测的最大允许误差，电子计价秤的生产地与使用地的重力加速度的差值不应超过0.1%。根据表2 以杭州为基准各城市的重力加速度可以看出，有吉林、广州的重力加速度差值是超出0.1% 的，其余地区未超出此范围，所以在地理位置相近的地区重力加速度变化很小，在这些地区的电子计价秤可以使用同一个重力加速度值。若我们以杭州为电子计价秤生产基地，在表2 的城市中，北京、济南、上海、杭州可以选择一个重力加速度值在工厂标定。下面我们来按地域划分表2 中的城市，分析各区域的重力加速度差值是否小于0.1%。

表8 华东地区重力加速度误差分析

华东地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
杭州	9.7936	0.053%
合肥	9.7947	
南京	9.7949	
上海	9.7964	
青岛	9.7985	
济南	9.7988	

表9 华南地区重力加速度误差分析

华南地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
广州	9.7833	0.045%
海口	9.7863	
南宁	9.7877	
成都	9.7913	
重庆	9.7914	
西安	9.7944	
贵阳	9.7968	

表10 西北地区重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
西宁	9.7911	0.11%
西安	9.7944	
乌鲁木齐	9.8015	

去除乌鲁木齐市，则上表可以简化成：

表10-1 西北地区（部分）重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
西宁	9.7911	0.034%
西安	9.7944	

表11 西南地区重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
拉萨	9.7799	0.17%
昆明	9.783	
成都	9.7913	
重庆	9.7914	
贵阳	9.7968	

去除拉萨、昆明，则上表可以简化成：

表11-1 西南地区重力加速度误差分析

华西地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
成都	9.7913	0.056%
重庆	9.7914	
贵阳	9.7968	

表12 华北地区重力加速度误差分析

华北地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
太原	9.797	0.046%
包头	9.7986	
石家庄	9.7997	
张家口	9.8	
天津	9.8011	
北京	9.8015	

表13 华中地区重力加速度误差分析

华中地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
长沙	9.7915	0.052%
南昌	9.792	
武汉	9.7936	
郑州	9.7966	

表14 东北地区重力加速度误差分析

东北地区城市	重力加速度	重力加速度最大误差
大连	9.8011	0.056%
沈阳	9.8035	
长春	9.8048	
吉林	9.8048	
哈尔滨	9.8066	

从表8、表9、表10、表11、表12、表13、表14中对各区域内的重力加速度误差分析表中可以看出，除了西北和西南地区外，重力加速度误差均小于0.1%，若如表10-1和表11-1中排除高原地区昆明、拉萨及偏远地区的新疆乌鲁木齐来看，西北和西南地区的重力加速度误差也是小于0.1%的。

所以重力加速度引起的误差和称量误差相比，去除一些相对偏远地区的重力加速度值，选择某一区域的重力加速度值处于中间位置的数值作为出厂设定值，基本上可以认为称量值在允许误差范围之内。

3 重力加速度对称量物品价值的影响分析^[3]

电子计价秤多用于超市或集贸市场上买卖商品，流动商贩卖水果等货物，大多数货物的价值不高（一般的小于30元/千克），相比商家作弊手段带来的缺斤少两而言，对计价秤本身的称量误差也是可以接受的。

虽然看起来因重力加速度不同会出现称量误差较大以至于不符合检定准确度要求的现象，但是黑心商家往往会对商品价值减少2%、5%甚至10%、15%。我们分析一下在集贸市场中交易商品用的电子计价秤如不对当地重力加速度进行修正，交易商品可能出现的价格变化。参考JJF1647-2017《零售商品称重计量检验规则》，我们设其称量的货物价值分

几个档次：小于6 元/ 千克，6~15 元/ 千克，15~30 元/ 千克。^[4]以称量1 千克的商品为例，分别分析表2 中杭州与广州两地重力加速度影响和作弊手段对商品价值偏差有多少？

表15 不修正重力加速度和作弊手段对零售商品货物价值偏差

零售商品 价格 (P)	最大称量	商品价值影响									
		杭州与广州两地重力加速度引起的误差		作弊影响的价值							
		偏差	价值	作弊值	价值	作弊值	价值	作弊值	价值	作弊值	价值
P ≤6 元/ 千克	1kg	0.11%	0.007 元	2%	0.12 元	5%	0.3 元	10%	0.6 元	15%	0.9 元
6 元/ 千克 <P ≤15 元/ 千克(以15 元/ 千克计算)	1kg	0.11%	0.016 元	2%	0.3 元	5%	0.75 元	10%	1.5 元	15%	2.25 元
15 元/ 千克 <P ≤30 元/ 千克(以30 元/ 千克计算)	1kg	0.11%	0.033 元	2%	0.6 元	5%	1.5 元	10%	3 元	15%	4.5 元

从表15 中可以看出，杭州与广州两地重力加速度引起的最大价值偏差为0.11%，与作弊手段对商品价值的影响相比较，其价值很小。

4 结语

重力加速度引起的误差和称量误差相比，去除一些相对偏远地区和高原地区，可以按照地域划分，同一地域使用相同的重力加速度，则可以保证电子计价秤由于重力加速度值不同造成的误差最小化。

不法分子利用外部键盘修改称量系数改变最大称量而达到其非法盈利的目的，通过键盘操作，简单的输入几个数字或几组数字，将最大称量改变为95%、90%、85% 最大称量等，当市场监管人员到来进行计量检查时，再输入一个简单的数码或者直接关机重启，则该电子计价秤回复至正常称量，所以，计量检查人员不易抓住其作弊的把柄，难以进行相应的处罚。建议去除利用外部键盘对电子计价秤的重力加速度调整功能，电子计价秤的重力影响出厂值设定为目标销售区域的重力加速度并在电子计价秤上做好城市或地区标记，并加强电子计价秤的销售管理，划片划区，避免串货，技术和管理相结合，共同防止电子计价秤作弊现象。

当然，如果以某一个目标城市的重力加速度值对出厂电子计价秤进行标定并在当地使用，则使电

子计价秤处于基准的准确度范围，则是最理想的。但经过对市场上使用电子计价秤的用户或经销商的了解，基本上没有人进行针对不同城市（地域）重力加速度不同而进行的调整，利用外部键盘对电子计价秤的重力加速度标定的功能，实际上是一个摆设，并被不法分子利用进行作弊。

近年来，国内社交媒体和网络新闻频繁报道电子计价秤作弊现象，此类事件屡见不鲜且有愈演愈烈之势，整治解决电子计价秤作弊问题维护消费者权益尤为关键。

参考文献

[1] GB/T 7722-2020《电子台案秤》。
[2] JJG 1834-2020《非自动衡器通用技术要求》。
[3] 范韶辰. 电子计价秤称量准确度浅析《称重科技》2017.4.6，上海。
[4] JJF1647-2017《零售商品称重计量检验规则》。

作者简介

任成（1996—），男，本科，工程师，毕业于哈尔滨理工大学。现就职于山东金钟科技集团股份有限公司，从事称重传感器、称重模块产品的设计研发工作。

一种碳基应变计的研制及其在称重传感器中的应用

□汤睿¹ 汤建华^{1,2} 李爱红^{1,2}

(1. 常州纺织服装职业技术学院智造学院, 江苏常州 213164

2. 江苏省碳纤维先进材料智能制造工程技术研究中心, 江苏常州 213164)

【摘 要】本文主要介绍了一种碳基应变计的工作原理、设计、制造工艺及使用方法。与常规的金属箔式电阻应变计相比, 这种碳基应变计的特点是成本低、尺寸小、灵敏度高、电阻值高, 十分适用于低成本、大规模制造的称重传感器。不过, 仍存在零点漂移大、精度低等缺点, 有待进一步优化。

【关键词】称重传感器; 应变计; 碳纤维; 丝网印刷; 性能测试

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2024) 12-0033-03

引言

随着工业互联网技术的应用场景不断拓展, 测力与称重传感器已经成为实现自动化生产过程中不可缺少的一部分, 但也正面临着一些新的应用技术挑战。目前的测力与称重传感器大部分都是采用金属箔式应变计制作而成。虽然金属箔式应变计具有电阻值的偏差和公差小、温度特性好等优点, 但是它也存在着尺寸较大、应变灵敏系数低, 电阻值不够高等缺点。正是因为这些缺点, 导致了基于金属箔式应变计的测力与称重传感器的体积难以进一步缩小且灵敏度不高(常见的在1~2mV/V左右), 输入输出阻抗较低(常见的应变计阻值一般有350Ω, 700Ω 或1000Ω), 因而测力与称重传感器的功耗也相对较高。目前在3C 自动化等领域对低功耗、高灵敏度的测力与称重传感器有着越来越大的需求, 而基于传统应变计的传感器已经很难再进一步提高灵敏度及优化其体积。

相比之下, 碳纳米管(CNT)和石墨烯等新型碳基材料的发现, 为传感器领域带来了新的发展机遇。这些新型碳材料不仅具有出色的力学性能和导

电性, 还拥有极高的比表面积和优异的化学稳定性, 使得它们在传感器应用中具有得天独厚的优势^[1-3]。在此背景下, 研制一种高性能的碳基应变计, 并将其应用于测力与称重传感器中, 对于提升其整体性能具有重要意义。高性能的碳基应变计不仅能够提高传感器的测量精度和响应速度, 还能够增强传感器的抗干扰能力和使用寿命。这对于满足日益增长的工业测量需求, 推动传感器技术的创新发展具有十分重要的作用。

1 碳基应变计的设计

1.1 碳基应变计材料的选择和特性

材料选择:在碳基应变计的研制过程中, 碳基材料的选择与制备是至关重要的环节。经过对比筛选, 我们选择了具有高导电性、高弹性模量和良好稳定性的碳纤维+ 炭黑作为应变计敏感材料的主要成分。

工作原理及特性:固体受到外力作用后电阻(率)发生变化, 这种现象称作压阻效应(或力阻效应)^[4,5]。本文研制的碳基应变计即利用压阻效应进行工作, 其灵敏度相对传统应变计高2~50 倍, 体积可以做到

传统应变计的1/221/5。

1.2 碳基应变计的结构设计

碳基应变计的基本结构与普通金属应变计基本一致，主要包括基底、敏感丝栅、导线、焊盘和绝缘覆盖层等5部分组成。本文采用的碳基应变计为半桥结构，其正视图如图1所示。图中：长方形黑色边框为基底，采用高分子材料PET，红色线框为敏感丝栅（碳基敏感材料），灰色线框为连接导线（纳米银），四角的蓝色块状区域为焊盘区，淡蓝色边框为绝缘覆盖层（不含焊盘区域）。

2 碳基应变计的制作

目前市面上的碳敏感材料一般以油墨形式出

现，因此采用丝网印刷工艺进行制作。其主要工艺步骤如图2所示。

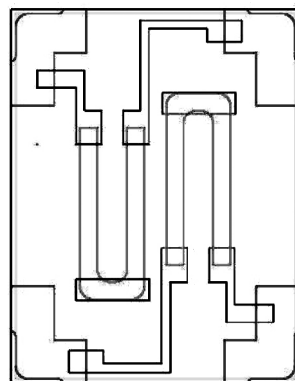


图1 半桥碳基应变计结构图



图2 碳基应变计制作工艺流程图

3 测试与验证

3.1 测试仪器的选择

由于碳基应变计的电阻值和应变灵敏系数K的

值比较大，其组成惠斯顿电桥后，输出信号较大，因此配套仪表比较简单，可以直接用万用表测量，所以这种传感器在实际使用中十分方便。在本实验

中,为保证测试精度,选用了六位半万用表进行应变计电阻值和桥路输出电压的测量。

3.2 测试过程与结果

先将半桥碳基应变计用瞬干胶贴于现有的称重传感器上(选用的称重传感器外形如图3所示,标称容量10kg),然后进行加载测试,并记录应变计电阻变化数据。完成上述测试后,将应变计组成惠斯顿电桥,再进行加载测试,并记录称重传感器输出信号的变化数据。



图3 测试用称重传感器外形示意图

施加载荷和应变计电阻值变化的测试结果如表1所示。

表1 载荷与应变计阻值变化表

载荷(kg)	普通应变计电阻(k Ω)	碳基应变计电阻(k Ω)
0kg	1.00092	11.3018
1kg	1.00057	11.2928
2kg	1.00023	11.2839
1kg	1.00058	11.2932
0kg	1.00092	11.3019

从表1可以看出,根据所选用的称重传感器容量和参考的普通应变计电阻变化数据,可以估算出2kg载荷约在应变区产生166。因此,可以得到碳基应变计的应变灵敏系数大约为5.4。

施加载荷和传感器输出信号变化的测试结果如表2所示。

表2 载荷与传感器输出信号数据

载荷(kg)	输出信号(mV)	供电电压(V)
0kg	15.6416	4.9961
1kg	18.1115	4.9951
2kg	20.6695	4.9943
1kg	18.1306	4.9940
0kg	15.6615	4.9961

根据称重传感器性能测试数据,该样机的非线性度-0.9%/FS,滞后0.4%/FS,灵敏度1.01mV/V@2kg。按照JJG669-2003《称重传感器国家计量检定规程》,该

样机性能预计在D级精度水平,可以在一些低精度称重场合得到应用。

4 结语

本文介绍了一种碳基应变计的结构,并研究了利用丝网印刷技术加工碳基应变计的工艺及其实现方法。选用碳纤维+炭黑为主要成分的复合材料作为应变计的敏感材料,不但可以提高测力与称重传感器的灵敏度,而且可以减小应变计的体积。测试结果表明,碳基应变计的性能基本可以达到D级称重传感器的准确度。因此,这种应变计已经具备了在某些场合替代金属箔式应变计的可行性。通过不断的材料和工艺优化,相信碳基应变计在未来可以在称重传感器设计与制造领域得到更多应用。

参考文献

- [1] 沈康馨,陈宝中,梁瑞斌等.可拉伸应变传感器材料与器件研究进展[J].材料研究与应用,2023,17(05):787-798.
- [2] 卫冰妍,李伟.碳纳米材料在SBS基柔性应变传感器中的应用进展[J/OL].化工新型材料,1-6[2024-08-28].
- [3] 汤建华,徐修祝.碳基传感材料及其在称重测力传感器上的应用展望[J].衡器,2023,52(11):30-33.
- [4] 李勇,王万录,廖克俊等.碳纳米管膜的压阻效应[J].科学通报,2003,(01):26-28.
- [5] 郑华升,朱四荣,李卓球.碳纤维增强塑料(CFRP)力阻效应的研究评述[J].材料科学与工程学报,2017,35(06):1009-1013+1021.

作者简介

汤睿(2004—),男,江苏淮安人,技术员,主要从事机械设计及制造工艺方面的工作。

图像处理技术在传感器密封胶密封能力研究中的应用

□中航电测仪器股份有限公司 王小岗 刘超 黎文

【摘 要】应变式传感器是目前应用比较广泛的一种传感器，盲孔灌封技术则是应变式传感器最常用的密封方法。在恶劣条件下，盲孔灌封结构达不到预期的密封效果，会导致传感器失效。本文介绍了一种借助图像处理技术研究传感器密封胶密封能力的方法。该方法设计试验，对钢板涂覆不同种类密封胶并将其放置在高温高湿环境中，通过定期显微镜拍摄，得到了钢板不同生锈状态的图像。进一步借助图像处理技术，对钢板生锈图像进行二值化，通过对比二值化图像中黑色像素点随时间变化的趋势，来判别钢板生锈情况的差异性，从而间接得出密封能力相对最优的一组密封胶，并通过实物验证支撑了该方法。

【关键词】应变式传感器；密封胶；密封能力；图像处理；二值化

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2024）12-0036-07

引言

电阻应变式传感器因其结构简单、寿命长、精度高、测量范围大、使用场合广等优点，被广泛应用于各个测控场景。正因为如此，电阻应变式传感器的应用环境也就比较复杂，有高湿度环境，有高温环境，有腐蚀环境，还有温度和湿度反复循环作用环境等。在这些使用条件下，如果传感器密封能力不好，其内部工作区域将会受到潮气、腐蚀气体、腐蚀液体、水、粉尘等介质的侵蚀，尤其是在多雨地区，长期的雨水浸泡冲刷，会使内部应变区域发生锈蚀，导致应变计不能正常工作，造成传感器的失效^[1]。

经过几十年的发展，目前电阻应变式传感器最常用的密封方法是盲孔灌封和焊接密封。虽然焊接密封相对可靠，但限于焊接工艺、焊接设备、成本等因素，盲孔灌封仍然是当前应用比较广泛的密封手段^[2-3]。

一种常见的盲孔灌封结构如图1所示。该结构密封分三个层次：

（1）应变计1表面涂覆保护面胶2（通常为单组

份）。

（2）应变盲孔内灌封双组份灌封胶3（单层或多层）。

（3）应变孔通过粘接胶4，粘贴金属盖板5进行防护。

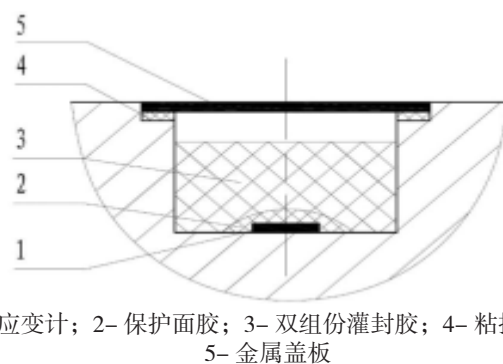


图1 常见应变孔盲孔灌封结构

传感器应变孔使用的防护胶均为硅橡胶，任何硅橡胶都具备一定的透水性，也就是存在水蒸气或者水分子透过防护胶与应变计接触的情况。这也进一步说明，对于图1所示的灌封结构，选择一组透水

性好、密封能力相对较优的密封胶，是该结构能否实现可靠密封的关键所在。

大部分研究人员目前采用以下两种方式验证密封胶密封能力：

(1) 实物验证法。将需要验证的密封胶涂覆在传感器实物内，将传感器放置在一定温度、湿度及大气压环境下进行试验，通过测量传感器的零点、绝缘阻抗等性能来判断密封能力或效果。该方法是最直接的方法。

(2) 送样检测法。即将需要验证的密封胶送到专业检测机构，参照《GB/T1037 塑料材料和片材透水蒸气性试验方法杯式法》或《ISO 1420-2001 Rubber- or plastics-coated fabrics - Determination of resistance to penetration》（橡胶或塑料涂覆织物的耐水渗透性测定方法）等方法，测定送检密封胶的透水率，反向推断其密封能力。该方法属于间接的方法。

上述两种方法均能实现密封胶密封能力的试验验证，但面对多种以及多轮次密封胶密封能力的验证时，则显现出试验周期长、验证成本高的现实问题。尤其对于工厂来说，可能会经常针对一些密封胶开展密封能力验证，上述两种方法则显得非常不经济。

基于以上问题，本文设计了简化试验以研究密封胶密封能力，并取得了明显效果，为高效开展传感器密封胶密封能力试验提供参考。

1 试验设计

1.1 试验原理

本试验基本原理见图2。圆形试验钢板（碳素钢板）放于透明玻璃杯底部，试验钢板上面涂一层面胶，面胶上面为灌封胶。玻璃杯底部厚度均匀易

于观测，试验钢板在机械加工后不做热处理，不涂油，使其具备金属光泽，同时保持加工表面干燥、干净。水分子透过灌封胶和面胶与钢板接触后，会导致钢板生锈。因此，该试验旨在通过玻璃杯底部试验钢板生锈情况来判断密封胶的密封能力，同时测量试验钢板生锈区域的绝缘电阻变化情况进行辅助判断，测量钢板生锈区域绝缘电阻需将钢板从玻璃杯底部取出，并将钢板表面面胶去除干净，测量方法如图3所示。钢板生锈情况与绝缘电阻大致对应关系如表1所示，生锈程度轻的绝缘电阻小，生锈程度重的绝缘电阻大。

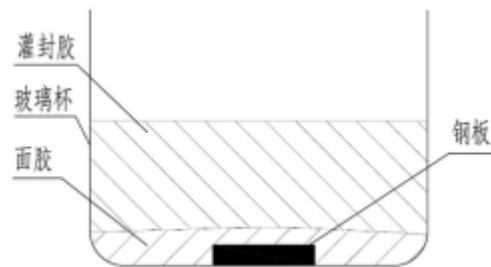


图2 密封试验

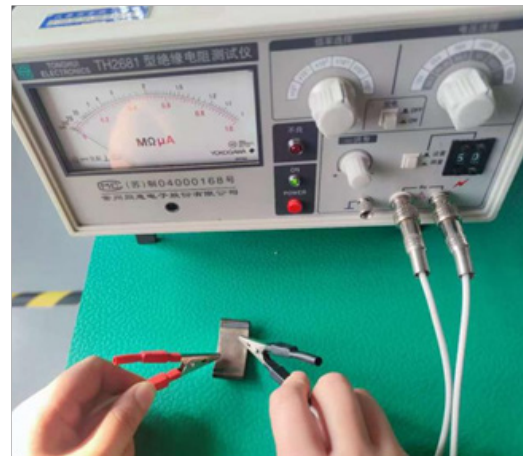


图3 测量钢板绝缘电阻

表1 绝缘电阻变化情况

单位：MΩ

生锈情况 (目视)	没有生锈	轻度生锈 (约1/4)	中度生锈 (约1/2)	重度生锈 (基本布满区域)
绝缘电阻 (电压50VDC)	0	1000 ~ 2000	2000 ~ 5000	≥5000

经过该试验初选后，可以将密封能力相对较优的密封胶在传感器实物上开展进一步验证。

在实际生产中，传感器往往采用化学镀镍的方

式进行表面处理，为了让试验最大限度接近实际，玻璃杯的侧壁也采用化学镀镍方式处理，以保证试验中胶水与粘接面的粘接状态与实物中一致。

1.2 试验分组

为了充分对比不同组合下的密封胶的密封能力,试验选择了两种单组分面胶A、B,两种双组份灌封胶C、D。其中双组份灌封胶C、D又有1:1和1:2两种配比。通过组合,共有8组试验密封胶进行试验,具体分组如表2所示。

表2 试验密封胶分组

组别	组合	备注
第一组	面胶A+ 灌封胶C	灌封胶C 配比1:1
第二组	面胶A+ 灌封胶C	灌封胶C 配比1:2
第三组	面胶A+ 灌封胶D	灌封胶D 配比1:1
第四组	面胶A+ 灌封胶D	灌封胶D 配比1:2
第五组	面胶B+ 灌封胶C	灌封胶C 配比1:1
第六组	面胶B+ 灌封胶C	灌封胶C 配比1:2
第七组	面胶B+ 灌封胶D	灌封胶D 配比1:1
第八组	面胶B+ 灌封胶D	灌封胶D 配比1:2

在正常状态下,试验钢板的生锈情况变化较慢。为了缩短试验周期,将试验件放置在100℃水蒸气中,通过人为创造高温、高湿环境来加速试验。

在试验过程中分别观察试验件在0、24h、48h、72h、96h、120h、144h、168h的状态,并通过显微镜拍摄,获取试验钢板的生锈图像。

2 图像处理

显微镜拍摄到的试验图像,通过人眼观察并不能准确地判断生锈情况。因此,需要借助图像处理技术来更精准地完成试验分析工作。

通过显微镜拍摄到的图像为数字图像,数字图像在计算机中采用二维数组 $f(x, y)$,或者是一个 $M \times N$ 的二维矩阵(M 为图像行数, N 为图像的列数)表示和存储:

$$F = \begin{bmatrix} f(1,1) & \cdots & f(1,N) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M,1) & \cdots & f(M,N) \end{bmatrix} \quad (1)$$

数字图像在计算机中表示时,被等间隔的网格划分成大小相同的小方格,每一个小方格即为像素点,对应到矩阵中,就是具体的像素值,该像素值代表了图像中某一个方块的平均亮度信息。因此,图像在经过数字化处理之后,得到的就是式(1)所示

的一个二维整数矩阵,矩阵的大小由图像像素的多少决定。

通过图像处理,对拍摄图像进行二值化,提取图像像素矩阵中黑色像素数据,得到黑色像素随时间变化的趋势。根据变化趋势,就可以判断出哪一组密封胶的密封能力相对最优。

2.1 图像灰度化

显微镜拍摄得到的图像为彩色图像。彩色图像中每个像素均由R、G、B三个分量来决定,而每个分量的取值范围都在0~255之间,这样,彩色图像的一个像素点就会有 $16777216 (256 \times 256 \times 256)$ 种颜色的变化,这样会导致彩色图像的信息量过大。

灰度化就是使彩色图像的R、G、B分量相等的过程,即 $R=G=B$ 。灰度图像中的一个像素点只有256(0~255)中颜色变化。图像灰度化的目的就是为了提高运算速度。

实施图像处理的第一步,就是要将彩色图像转为灰度图像。

2.2 图像去噪

图像在采集、生成、传输等过程中,由于采集设备缺陷、环境干扰、光照不均匀等原因,会不可避免地产生噪声,这对后续的处理尤其是图像分割、特征提取等操作产生直接影响。因此,为了获取高质量的数字图像,需要在图像处理前进行降噪处理。

图像降噪的方法有很多,通过滤波的形式可以实现降噪。比较常用的滤波方法有均值滤波、中值滤波、自适应滤波、高斯滤波、同态滤波等。

均值滤波也称为线性滤波,其基本原理是用每个像素和它周围像素计算出来的平均值替换图像中的每个像素。从频率域角度,均值滤波是一种低通滤波器,高频信号会被去掉。均值滤波可以帮助消除图像尖锐噪声,实现图像的平滑。

中值滤波是一种非线性滤波,是通过对临域内像素按灰度值排序的结果决定中心像素的灰度。中值滤波对于滤除脉冲干扰及图像扫描噪声最为有效,还可以克服线性滤波带来的图像模糊问题。

自适应滤波可以利用前一时刻已得的滤波器参

数的结果, 自动调节当前时刻的滤波器参数, 以适应信号和噪声未知的或随时间变化的统计特性, 从而实现最优滤波。

高斯滤波也是一种线性滤波, 其原理是取滤波窗口内像素的均值作为输出。高斯滤波能够有效抑制噪声, 平滑图像, 相比于均值滤波, 高斯滤波对图像模糊程度较小。

同态滤波是一种在频域中进行的图像对比度增强和压缩图像亮度范围的特殊方法。同态滤波能够减少低频并且增加高频, 从而减少光照变化并锐化边缘细节。

每一种滤波方法都有其自身的优势, 但也有不足之处, 在应用中, 要根据实际情况选取合适的滤波方法^[4-11]。

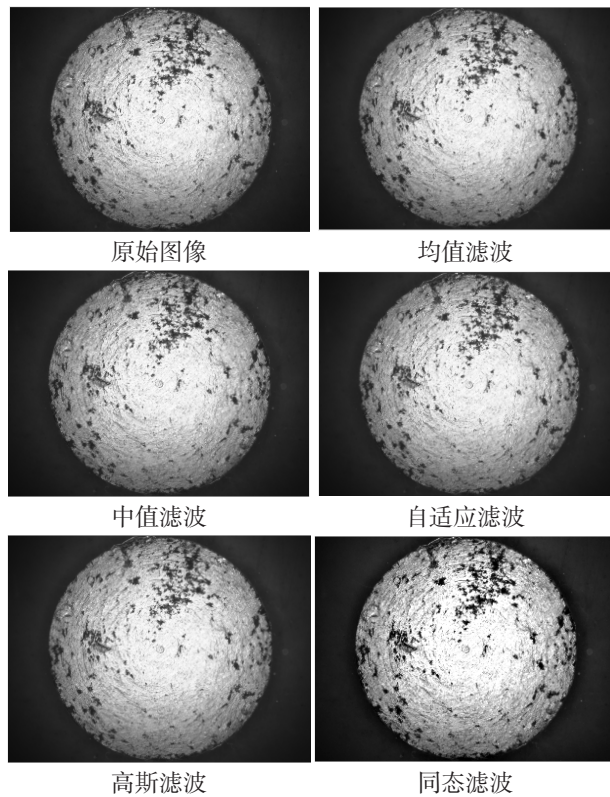


图4 不同滤波方法滤波结果

图4是采用不同的滤波方法对原始图像滤波后得到的图像。根据滤波结果, 通过肉眼主观评价并不能准确判断哪一种滤波方法适用于试验图像的去噪, 需要借助一些量化指标对去噪效果进行客观评价, 从而做出取舍。本试验中采用峰值信噪比PSNR

来衡量滤波降噪效果。

PSNR 表示信号最大可能功率与噪声功率的比值, 单位为分贝(dB)。PSNR 越大, 表明去噪效果越好, 图像质量越高。设原图像为I, 滤波后的图像为J, 二者大小一致, 均为 $M \times N$, 则图像J的PSNR计算公式为:

$$\text{PSNR} = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{MAX}_I}{\sqrt{\text{MSE}}} \right) \quad (2)$$

通过显微镜得到图像为jpg格式, 该格式RGB图像以8位色彩深度进行记录。

对于8位图像, $\text{MAX}_I=255$ 。MSE表示图像J与图像I的均方误差, 其计算公式为:

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [I(i, j) - J(i, j)]^2 \quad (3)$$

随机选取3张试验图像, 按照上述不同的方法进行滤波, 并计算PSNR, 结果如表3所示。从该表可以看出, 在本试验图像采用中值滤波的方法去噪效果最好。

表3 各滤波方法的PSNR比较 单位: dB

	均值滤波	中值滤波	自适应滤波	高斯滤波	同态滤波
试验图像1	35.4842	43.3347	39.6301	37.5277	24.8302
试验图像2	32.1075	40.6735	35.8684	34.2322	24.3906
试验图像3	32.1982	40.2974	35.9658	34.2803	25.8692

2.3 图像二值化

图像的二值化, 就是将图像上的像素点的灰度值设置为0或255, 也就是将整个图像设置成只有黑白的视觉效果。通过对二值化后的图像像素值进行提取分析, 便可统计黑色像素点或白色像素点个数, 借助该统计数据来辅助分析生锈区域的扩大趋势或者非生锈区域的减小趋势。

对图像二值化处理, 需要设置一个合适的全局阈值T, 用于图像数据的分类。根据该阈值T, 可以将原灰度图像像素值0~255分割成两部分, 即小于T的像素和大于T的像素。小于T的像素会被判定为0, 大于T的像素会被判定为255, 从而得到我们需要的二值图。

在固定时间间隔使用最大类间方差的方法, 可

以得到阈值。该方法能够按照图像的灰度特性，将图像分成目标和背景两部分，两部分的类间方差越大，构成图像的两部分差别就越大，也就意味着使用该方法能够得到一张更好的二值图。

假定滤波后的图像J，目标像素点占比为 ω_0 ，其平均灰度为 μ_0 ；背景像素点为 ω_1 ，其平均灰度为 μ_1 。图像J的总平均灰度记为 μ ，类间方差记为g，图像大小仍为 $M \times N$ 。图像中像素灰度值小于阈值T的像素个数为 N_0 ，像素灰度值大于阈值T的像素个数为 N_1 ，则有：

$$\omega_0 = N_0 / (M \times N) \quad (4)$$

$$\omega_1 = N_1 / (M \times N) \quad (5)$$

$$N_0 + N_1 = M \times N \quad (6)$$

$$\omega_0 + \omega_1 = 1 \quad (7)$$

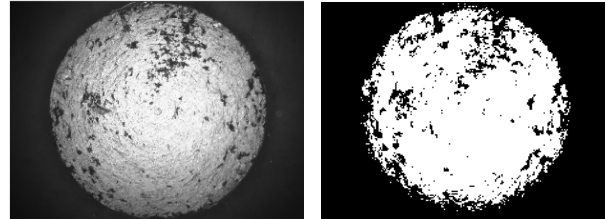
$$\mu = \omega_0 \times \mu_0 + \omega_1 \times \mu_1 \quad (8)$$

$$g = \omega_0 \times (\mu_0 - \mu)^2 + \omega_1 \times (\mu_1 - \mu)^2 \quad (9)$$

按照式(9)通过遍历的方法，得到使类间方差最大的阈值T，之后都采用此阈值T判断分割图像。

借助于MATLAB函数，可以直接进行阈值T的计算及二值图的生成，其调用代码为：

$T = \text{graythresh}(J)$ ；%J为滤波后的图像，graythresh为最大类间方差函数 $A = \text{im2bw}(J, T)$ ；%im2bw将灰度图像J转化为二值图A；imshow(A, []);按照上述方法得到的二值图如图5所示。



原始图像 二值化图像

图5 二值化结果

3 试验结果

3.1 数据分析

借助于图像二值化处理，可以比较直观地统计出不同密封胶组合条件下试验钢板的生锈情况。

第一组密封胶连续试验7天(168h)拍摄的图像经过二值化处理后如图6所示。

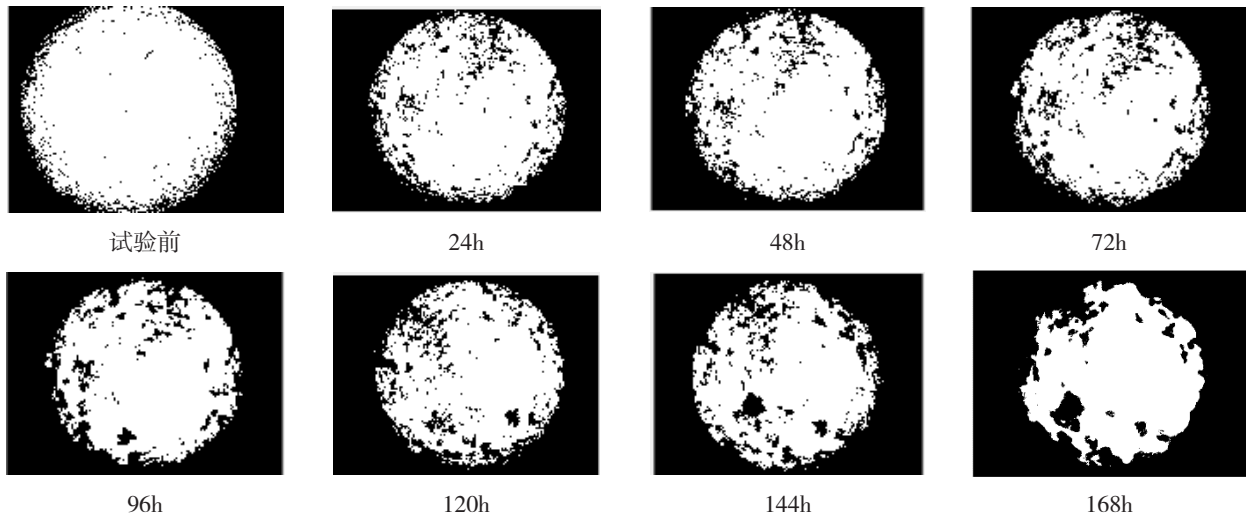


图6 第一组密封胶试验图像二值化照片

对8个试验组的图像全部进行二值化处理，其中黑色像素点个数随时间的变化趋势如图7所示。

并对8个试验组的钢板在试验前后进行绝缘阻抗

测试，如表4所示。

根据图7和表4数据，可以作出以下分析：

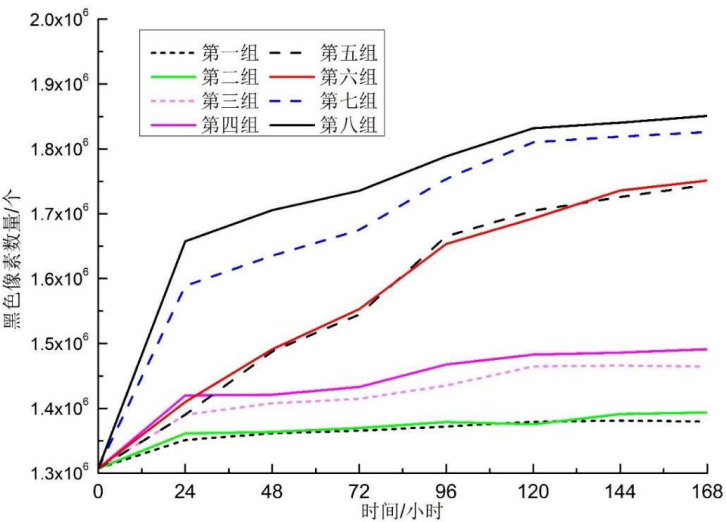


图7 黑色像素数量统计

表4 试验钢板绝缘电阻测试数据 单位: MΩ

序号	第一组	第二组	第三组	第四组	第五组	第六组	第七组	第八组
试验前绝缘阻抗 (电压50VDC)	0	0	0	0	0	0	0	0
试验后绝缘阻抗 (电压50VDC)	0	0	57	69	254	266	342	458

(1) 由第一组、第二组数据和第五组、第六组数据可以看出,面胶A防水性能优于面胶B,灌封胶C配比为1:1和1:2时防水性能基本没有差异。

(2) 由第三组、第四组数据和第七组、第八组数据可以看出,灌封胶D配比为1:1时防水性能优于配比为1:2时的防水性能。

(3) 由第一组、第三组数据和第五组、第七组数据可以看出,灌封胶C的防水性能优于灌封胶D的防水性能。

(4) 随着生锈程度越来越重,试验钢板绝缘电阻的变化趋势和黑色像素点的变化趋势基本一致,

进一步佐证了上述不同密封胶防水性能试验的准确性。

根据8个试验组分析数据,最终确定出第一组和第二组,即面胶A+灌封胶C(1:1或1:2)的防水性能相对最优。

3.2 实物验证

制作6件传感器,分成两组,分别使用第一组、第八组密封胶密封贴片孔,在确保其余位置可靠密封后,将贴片孔放在水中持续浸泡1个月,到期后检测零点、灵敏度与绝缘,结果见表5、表6。

表5 使用第一组密封胶试验件放置前后测试数据

编号	放置前			水中放置1个月以后		
	零点 (mV/V)	灵敏度 (mV/V)	绝缘 (MΩ)	零点 (mV/V)	灵敏度 (mV/V)	绝缘 (MΩ)
1	0.0189	2.0171	≥5000	0.0183	2.0173	≥5000
2	0.0057	2.0103	≥5000	0.0061	2.0105	≥5000
3	0.0125	2.0159	≥5000	0.0129	2.0160	≥5000

表6 使用第八组密封胶试验件放置前后测试数据

编号	放置前			水中放置1个月以后		
	零点 (mV/V)	灵敏度 (mV/V)	绝缘 (M Ω)	零点 (mV/V)	灵敏度 (mV/V)	绝缘 (M Ω)
1	0.0112	2.0113	≥ 5000	0.0120	2.0114	2300
2	0.0134	2.0134	≥ 5000	0.0139	2.0136	3800
3	0.0157	2.0078	≥ 5000	0.0151	2.0080	3500

根据表5,使用第一组密封胶的3件试验件在水中放置1个月以后,零点、灵敏度没有发生变化,绝缘阻抗仍然满足要求。根据表6,使用第八组密封胶的3件试验件在水中放置1个月以后,零点发生微小变化,灵敏度保持不变,但绝缘阻抗已经低于5000M Ω ,不满足使用要求。该试验数据也从侧面支撑了前述分析结果。

4 结语

本文通过设置高温、高湿条件加速试验,得出了试验钢板在不同配比成分的密封胶覆盖下生锈状态随时间变化的图像,并通过数字图像处理,统计出试验图像二值图中黑色像素点变化规律,分析出不同密封胶密封条件下试验钢板生锈状态随时间变化的趋势,从而得出防水性能相对最优的一组密封胶,为后续进一步实物验证提供依据。为提高该试验的准确性,在试验中需要注意以下几点:

(1) 显微镜型号: ISH300, 曝光时间: 5ms ~ 0.5s, 物镜变倍范围: 0.7—4.5X, 补偿光源: 白炽灯。拍摄过程中,显微镜的各项参数如曝光时间、物镜变倍范围(焦距)、补偿光源等要保持一致,同时周边环境如光照情况、振动情况等也需要保持一致,而且试验件拍摄位置也需要保持一致。

(2) 试验用的垫片在试验前要在显微镜下拍照,并通过图像处理进行筛选,筛选出黑色像素点数量相对比较接近的参与试验。

参考文献

- [1] 许华峰,董燕.电阻应变式称重传感器的密封[J].衡器,1997,89:27-29.
- [2] 李军,李赋梅.电阻应变式称重传感器新型密封方法[J].自动化仪表,1995,3:1-4.
- [3] 王云章.应变式传感器胶封技术的研究[J] 首

届全国称重技术研讨会论文集,1999, 222-235.

[4] 陈银星.多图像去噪方法及应用[D].江门:五邑大学,2019.

[5] 陈彦.基于图像去噪方法的研究[J].数字技术与应用,2017,5:131-135.

[6] 高欣欣.几类数字图像降噪算法研究[D].长沙:长沙理工大学,2017.

[7] 王波.滤除椒盐噪声的改进中值滤波算法比较[J].贵阳学院学报,2019,3: 83-87.

[8] 张婷.视频通讯中的图像处理技术探讨[J].通讯技术,2020,5:76-77.

[9] 李晶晶,贾雪松,耿立明.数字图像去噪处理方法研究与实现[J].信息记录材料,2019,8:104- 105.

[10] 杨成佳.图像去噪及其效果评估若干问题研究[D].吉林:吉林大学,2016.

[11] 燕红文,邓雪峰.中值滤波在数字图像去噪中的应用[J].计算机时代,2020,2:47-49.

作者简介

王小岗,中航电测仪器股份有限公司主任设计师,传感器技术专家,中国衡器专家委员会技术专家。荣获:汉航集团科技技术进步奖4项;“85”国家重点攻关项目2项;国家专利20余项;吉林省科学发明奖1项。

600 ~ 800 吨无基坑动态轨道衡问题的思考

□吴志成¹ 杨宝华¹ 腾东海² 朱报平²

(1. 马鞍山市计量测试研究所 2. 宝武集团马钢公司检测中心)

【摘 要】本文主要是对近10年来在使用维修600 ~ 800吨动态轨道衡所发现和解决的实际问题的思考,说明需要制订其称量区域铁路工程技术标准的必要性和迫切性,并提出一些建议,供标准制订参考。

【关键词】称量区域; 整体道床; 铁路工程; 技术标准

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2024) 12-0043-02

引言

动态轨道衡是集铁路机械工程技术、电子技术和计算机等技术为一体,安装在铁路线上的专用计量设备。近年来电子技术和计算机技术及称重传感器技术成熟、性能优良,已能完全满足动态轨道衡的需要。于是其整体道床、过渡、防爬、引轨等涉及铁路机械工程技术的部分就显得尤为重要。又因为这部分的状况不佳,所产生的问题是隐性渐进性的,开始并不明显,随着动态轨道衡的长期运行,问题的严重性才渐渐地表现出来,所以往往容易被忽视。

特别是600 ~ 800吨动态轨道衡表现得尤为明显,投入使用3 ~ 5年之后,动态轨道衡的称量区域(过渡、防爬、引轨、整体道床)会出现问题,影响了称量作业的正常进行。通过对用户的访问,发现均有类似故障的发生,只是程度不同而已。这些问题似乎成了600 ~ 800吨动态轨道衡的“通病”。给我们留下了深刻的印象,认为对于此类故障一定要接受教训并应该进行必要的理性思考和反思。我们认为,应以问题为导向,认真分析问题,找出引起故障的原因,才能提升应用600 ~ 800吨动态轨道衡的水平。

1 问题的思考

1.1 须有适应称量车辆运行的环境

不要被600 ~ 800吨无基坑动态轨道衡的特点和优势所“迷惑”。不要认为此类动态轨道衡秤体结构简

单又无基坑,从而丧失了对基础土建施工高标准质量要求的意识。其实不然,无基坑的动态轨道衡对基础质量要求,较有基坑的可能还会更高一些。600 ~ 800吨无基坑动态轨道衡由于自身运行的特点,不能仅参照GB/T 11885-2015《自动轨道衡》^[1]铁路线路的技术要求进行设施。因为GB/T 11885-2015《自动轨道衡》规定的称量对象,主要是铁路运营车辆(全轴距几乎是 $\leq 12\text{m}$;最大轴载荷25t)。而600 ~ 800吨动态轨道衡称量对象,主要是铁水鱼雷罐车(铁水鱼雷罐车的全轴距约22m;最大轴载荷50t)。600 ~ 800吨动态轨道衡与100吨动态轨道衡虽然没有本质上的区别,但两者的称量对象差异还是很大的,显然具备适应称量对象的运行环境是必要的。

1.2 加长整体道床和引轨

GB/T 11885-2015《自动轨道衡》铁路线路的技术要求是动态轨道衡在称量轨左、右两端的整体道床上铺设不小于25m的引轨。是针对铁路上常用的铁路货车的,因为25m大于2倍常用铁路货车的全轴距,在规定的车速下,当车辆经过引轨线路后,能起到不会产生新的振动,原有的振动和摆动得到有效衰减的作用。应用动态轨道衡的实践,也证明了这一规定是科学合理、行之有效的。

众所周知,行驶在铁路上的非常规大吨位(600 ~ 800t)铁水鱼雷罐车,由于车况的原因,其运行中的车辆动态振动分析中,除了垂直振动外,还有前后振动与左右摇摆振动较为强烈。25m的整体道

床的平直引轨,对于全轴距约22m的铁水鱼雷罐车的动态称量来讲,难以抑制前后振动与左右摇摆振动。

1.3 计算机软件的解决方案

遗憾的是,我们先前处理此类问题还曾寄希望于计算机技术,企图通过计算机软件来改善解决。但是,由于鱼雷罐车行驶振动引入的动态称量误差,类似电子皮带秤的“皮带效应”所产生的误差,有很大的随机性。

1.4 新建初期就要做好称量区域铁路工程

有关涉及动态轨道衡在整个称量区域的过渡、防爬、引轨、整体道床等,表面上看似跟衡器产品关系不大,实则上也是影响称量误差的重要环节之一。根据车速、车辆轴载荷和车辆长度,设计足够长度的整体道床、引轨和精心安装调整过渡装置,能起到当车辆经过引轨线路后,使得不会产生新的振动,原有的振动得到足够衰减的作用,是减少动态称量误差的有效措施之一。缓和冲击和振动,同时也减轻了对硬性道床的伤害。实践说明,过渡器和引轨线路、引轨是用好动态轨道衡必备条件之一,在动态轨道衡新建初期就要有足够的认识,认真落实做好称量区域铁路工程。众所周知,任何动态轨道衡的前期基础质量的一些小毛病,都会加大动态轨道衡后期安装调试的难度,甚至造成难以解决的问题,我们是有过教训的。

2 几点建议

600 ~ 800t 动态轨道衡产生故障的根本原因,就是没有针对600 ~ 800t 动态轨道衡称重区域铁路工程的技术标准,致使运行环境和运行车辆不相适应。动态轨道衡称重区域铁路工程质量,直接关系到动态轨道衡的称量准确度和长期运行的稳定可靠性,对动态轨道衡起到基础性的作用。为此,提出几点不成熟建议。

2.1 正确选择安装地点

减少动态轨道衡的称量误差,动态轨道衡所在铁路线路的平顺和动态称量车辆平稳行驶是主要保证措施之一。

考虑到称量对象为非常规大吨位鱼雷罐车的车况,600 ~ 800t 动态轨道衡应安装在铁路线路不小于150m;线路坡度小于0.2%的平直线路段中;称量轨两端应有不小于50m的平直道;足够强度的钢筋混凝土整体道床上铺设50m无缝引轨。

2.2 改变原设计的引轨下垫板

为减少大吨位鱼雷罐车行驶时对于轨垫板的冲击力,只有增加引轨下垫板的宽度,才能有效分散冲击力,减少对整体道床的伤害。垫板上表面,按照钢轨底面尺寸,机加工开槽口,且钻固定钢轨螺栓孔。垫板采用大尺寸、大质量的优质碳素钢板制作。特别是垫板宽度,应改变由常规设计250 mm改成600 mm。

采用超常规的巨大垫板,看上去似乎有些浪费,但能起到冲击能量的吸收,扩大受力面积,减小压强,分散缓解冲击力的重要作用,使冲击力大大衰减,减少了对整体道床的伤害。

2.3 称量区域轨的无缝连接

称量区域钢轨应采用新的25m长整轨铺设。钢轨的连接不宜采用铁路工程常用的鱼尾夹板连接方式连接。因为用鱼尾夹板连接,在称量区域的轨道上,尤其是冬季,不可避免地存在数个轨缝(俗称断口)。最大轴载荷约50t铁水鱼雷罐车经过普通鱼尾夹板连接方式的引轨线路后,不仅原有的振动难以得到衰减,还会产生新的振动。由此可见,称量区域的轨道应采取鱼尾夹板加焊接的连接方式,使称量区域轨道实现真正的无缝连接。

3 结语

“称量区域铁路工程”要由生产制造厂家和使用单位在现场实施完成。本文主要是想引起有关部门的重视,期望有关部门应该尽快组织制定针对《超大质量无基坑不断轨动态轨道衡》标准与技术规范,特别需要对其称量区域铁路工程技术状况,制定统一的技术要求。这样有章可循,有法可依。使问题得到有效的解决,有利于600 ~ 800t 动态轨道衡应用水平的提高。

参考文献

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 11885—2015 自动轨道衡[S]. 北京: 中国标准出版社,2015.

作者简介

吴志成,男,本科学历。马鞍山市计量测试研究所工程师,一级注册计量师。主要从事计量科技创新、产业计量、检定、校准工作。

基于 RBF 神经网络的电子天平温漂补偿研究

□辽宁省计量科学研究院 李寒雷 李东岳 李迪

【摘 要】为了克服BP神经网络在电子天平温漂补偿中存在的容易陷入局部最小、收敛速度慢、对学习速率过度依赖等缺点,本文提出了一种新的基于RBF神经网络的温漂补偿方法。通过在Matlab中仿真的实验结果表明,基于RBF神经网络的温漂补偿在收敛性能和预测效果方面,均要优于BP神经网络。

【关键词】温漂; RBF神经网络; Matlab仿真

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2024) 12-0045-03

引言

大多数高精度电子天平的主要测量元件是电磁力平衡传感器,由于该传感器高准确度、高灵敏度的特点,电子天平的计量准确性受温度影响比较大,就会产生温漂。近些年,学者们对于如何解决温漂的问题进行了大量的研究。白国均等通过V/F变换,将与温度相关的电压信号转换为数字量,再通过单片机计算出温漂补偿量,最后将称量值与补偿量相减,从而实现软件补偿^[1]。孙鹏龙等建立了电子天平非线性补偿的牛顿插值算法,实现了具有温度补偿功能的电子天平^[2]。随着人工智能与深度学习算法的发展,周玮等研究了利用神经网络的非线性逼近能力,搭建BP神经网络,解决电子天平的温度补偿问题^[3,4]。然而,BP神经网络所采用的BP算法具有一些固有的缺点,如容易陷入局部最小、收敛速度慢、对学习速率过度依赖等缺点。而RBF神经网络在实际应用中有着比BP神经网络优良的特性。因此,本文对基于RBF神经网络的电子天平温漂补偿进行了研究。

1 电子天平温漂分析

电子天平基本工作原理是内部动圈产生的电磁力与被测物重力相等,即:

$$mg=BLI$$

其中 m 为被测物质量; g 为重力加速度; B 为磁感应强度; L 为动圈有效长度; I 为流经线圈的电流。通常磁感应强度 B 是恒定的,线圈制作好后,其长度

也是定值。因此 m 与 I 成正比。

由于温度的变化以及材料特性的不稳定,磁通 B 和线圈长度 L 均可能发生变化,进而产生测量误差。根据相关研究^[5]可知,对于最大称量为200g,分度值为0.1mg的电子天平而言,当温度变化1℃时, B 和 L 所产生的测量误差分别是40mg和3.4mg,因此进行温漂补偿是非常有必要的。

2 RBF神经网络结构及学习算法

RBF(Radical Basis Function)神经网络属于前向神经网络类型,于1988年,Broomhead和Lowe根据生物神经元具有局部响应这一特点提出来的。1989年,Jackson证明了RBF神经网络对非线性连续函数的逼近能力。

RBF神经网络模型的结构是一种三层的前馈神经网络。第一层是输入层,仅仅起到传递信号的作用。第二层为隐含层,隐含层节点个数和激活函数中心根据减聚类算法自行确定,隐含层节点的激活函数本文选择高斯函数 $R(x)$ 。网络的第三层是输出层,它对输入模式做出响应^[6]。

$$R(x) = \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2b_j^2}\right)$$

其中, x 为输入矢量, $x=(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$; $c_j=(c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jn})$ 是隐含层第 j 个节点高斯函数的中心, b_j 是隐含层第 j 个节点高斯函数的宽度,本文 b_j 选择缺省值, $b_j=1$ 。

图1描述了具有单隐含层的RBF神经网络结构。

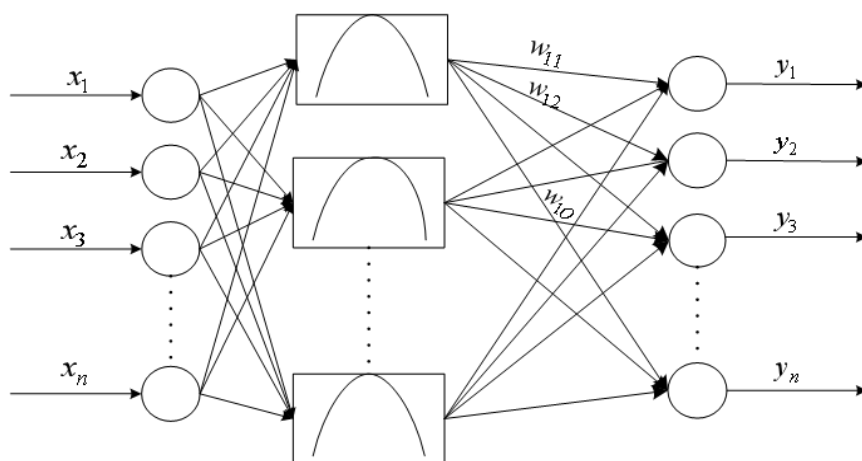


图1 径向基神经网络结构图

在RBF神经网络中，输入层的作用仅仅是传输输入信号，与BP神经网络相比，输入层和隐含层可以看作是连接权值为1的连接。隐含层是对激活函数的参数进行调整，采用的是非线性优化策略，因而学习速度较慢。输出层是线性权值进行调整，采用的是线性优化策略，因而学习速度较快^[6]。

RBF神经网络训练学习包括两个过程：一是利用改进的减聚类算法对学习样本进行聚类分析，得到合理的RBF神经网络隐含层径向基函数的中心参数，并终止聚类确定径向基函数数目，即网络隐含层节点的数目。二是利用梯度下降法对隐含层到输出层之间的权值进行调节。减聚类与梯度下降训练学习算法既能合理地训练样本进行聚类，又可以提高神经网络的映射能力^[6]。

3 实验结果及分析

根据上述分析，本文建立了以温度为输入，以温漂误差为输出的三层RBF神经网络，该网络的隐含层节点个数根据减聚类算法确定。RBF网络的训练数据采用文献^[1]中的采集数据，该数据是将原有硬件温度补偿去掉，再进行高低温实验采集到的，分别采样了15℃，20℃，25℃，30℃，35℃，每一个温度下均采样了7个质量值。本文同时构建了相同结构的BP神经网络，数据归一化处理后分别训练RBF神经网络和BP神经网络。设置目标精度为0.0004，两者收敛性能如图2和图3所示，从中可以看出，BP神经网络经过86个周期才达到所要求的目标精度。

而RBF神经网络29个周期后就达到了所需的目标精度，可见RBF神经网络算法收敛性能较好。

利用训练好的网络进行预测，预测效果图如图4和图5所示。显然，RBF神经网络的预测效果要好于BP神经网络，它几乎实现了完全逼近。为了进一步说明所提出的方法的有效性，计算性能评价指标均方根误差，定义如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (Y_k - D_k)^2}{N}}$$

其中， N 为样本数； Y_k 是RBF神经网络预测值； D_k 是期望输出值。根据实验结果可计算BP神经网络和RBF神经网络预测值的均方根误差分别是0.0275和0.0068。

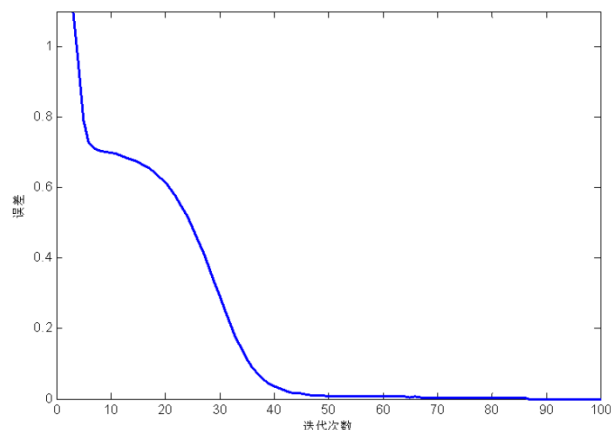


图2 BP神经网络收敛性能

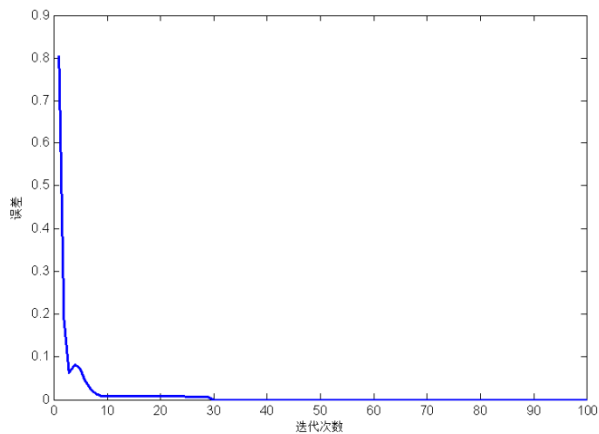


图3 RBF神经网络收敛性能

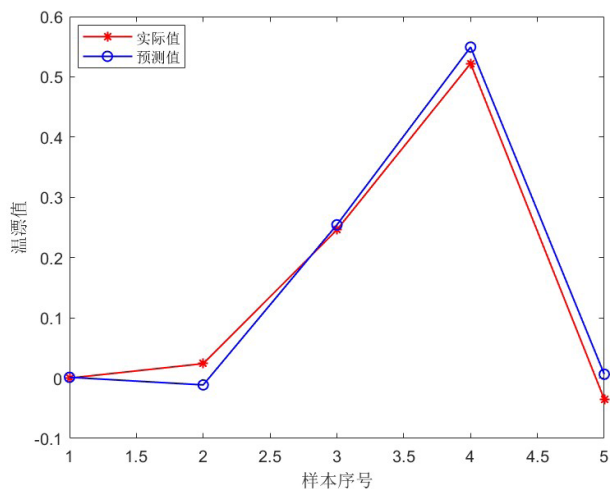


图4 BPNN预测效果

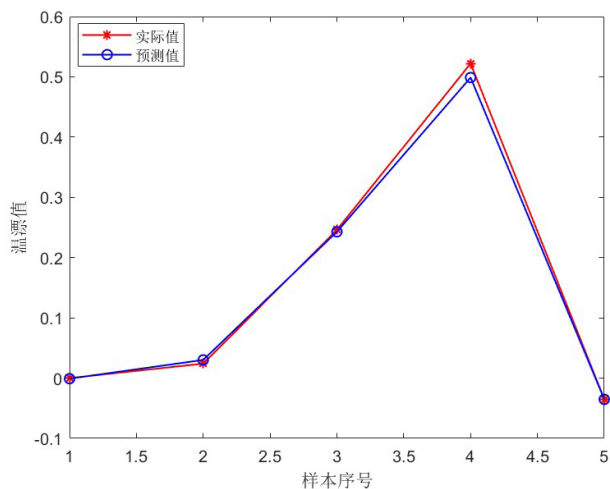


图5 RBFNN预测效果

4 结语

针对电子天平温漂问题,本文提出了一种新型的补偿方式,即通过RBF神经网络的非线性函数逼近能力,根据温度预测相应温漂误差。首先分析了电子天平进行温漂补偿的必要性;其次介绍了RBF神经网络的结构和学习算法;最后建立了以温度为输入,以温漂误差为输出的RBF神经网络。通过MATLAB中编程仿真研究,实验结构表明,在电子天平温漂误差补偿研究中,RBF神经网络的收敛性能和预测效果均好于BP神经网络。

参考文献

- [1] 白国君. 高精度电子天平的温度补偿与自动校准[D]. 东北大学,2009.
- [2] 孙鹏龙等. 环境温度对高精度电子天平称量准确度的影响[J]. 计量与测试技术.2016.43[10]:34-35.
- [3] 陈年, 季华. 基于BP神经网络的天平计量性能研究[J]. 衡器,2019(08).
- [4] 周玮等. 一种新的高精度电子天平温度补偿研究方法[J]. 东北大学学报, 2006.27[4]:371-374.
- [5] 邓志军. 电子天平温度漂移的产生及其补偿的方法[J]. 中国仪器仪表,1997(02).
- [6] 李寒雷. 两种区间神经网络的研究与应用[D]. 东北大学,2015.

作者简介

李寒雷(1990—),男,辽宁兴城人,硕士研究生,助理工程师,就职于辽宁省计量科学研究院。主要研究方向为质量计量、衡器计量。

乡镇农贸市场电子计价秤计量管理探讨

□兰溪市产品质量检测研究院 缪顺新 魏浩 胡婕

【摘 要】乡镇农贸市场作为农村经济的重要组成部分，其计量工作的好坏直接关系到乡镇消费群体的切身利益，同时也是促进公平、公正交易环境，放心消费的市场需要。因此，本文基于乡镇农贸市场电子计价秤计量管理的现状，并结合自己日常检定工作的经验，就做好乡镇农贸市场电子计价秤计量管理提出部分建议，供计量行政管理部门决策采纳。

【关键词】乡镇农贸市场；电子计价秤；计量管理

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2024）12-0048-02

引言

农贸市场是指用于销售蔬菜瓜果、水产品、禽蛋、肉类及其制品等各类农产品和食品的以零售经营为主的固定场所。而乡镇农贸市场有其特殊性，大都以集体经济为主体的主办方式或群众自发组织建立临时性在城郊或农村开办的农贸市场，以满足本乡镇地区居民日常生产生活的需要。电子计价秤作为乡镇农贸市场贸易交易的必备工具，国家相关部门的文件规定，采用型式批准和强制检定的两种监管方式。近年来，各级政府计量行政部门，为构建诚信经营、公平竞争的和谐市场环境，维护人民群众消费权益，按照计量法律法规的要求，落实本地区农贸市场电子计价秤强制检定，并通过宣传计量法律法规知识，提高经营户和消费者的计量意识，起到了一定的效果。但从笔者的工作经验获知，乡镇农贸市场在电子计价秤计量管理方面还存在一些薄弱之处。

1 乡镇农贸市场电子计价秤计量管理的现状

乡镇农贸市场分布相对比较分散，对于电子计价秤的管理不容乐观，究其原因，有以下几个方面：

（1）农贸市场主办方主体意识不足。部分乡

镇农贸市场主办方缺乏主体意识，法制计量意识淡薄，没有按照《集贸市场计量监督管理办法》的要求设置计量管理员，也有部分农贸市场即使设置了计量管理员岗位，但也因管理人员文化水平不高，对需要周期检定的电子计价秤难以准确、全面地进行有效管理，导致出现超期未检或脱检的现象，用于贸易结算的电子计价秤其计量公正性和准确性难以得到保证。

（2）农贸市场经营者法制意识欠缺。乡镇农贸市场经营者的法制计量意识淡薄。在日常检定中发现，部分经营户会使用未经检定或检定不合格的计量器具，许多经营者不清楚计量相关的法律法规，不知道使用不合格计量器具或者故意破坏计量器具准确性是违法行为。且电子计价秤在日常经营的频繁使用中，缺乏定期的检定和维护，从而导致出现一些电子计价秤的铭牌信息不全或缺失、检定分度值与实际分度值不一致、无铅封等外观及说明标志问题，检定项目称量不合格等计量性能问题，作弊秤等欺骗性使用问题。这些乱象，都对创建诚信计量、放心消费市场提出了挑战，同时也侵害了消费者的权利，值得引起重视。

(3) 基层执法人员配备不足。乡镇基层市场监管的业务多,执法人员配备不足。处在偏远乡镇的农贸市场,执法人员难以频繁地进行检查,办案手续繁琐等问题,使农贸市场主体“等、靠、要”的现象尤为突出,最后便“全权委托”到了当地法定计量检定机构。导致基层计量检定机构需要在极其有限的时间内完成大量的检定工作,加重了业务的繁忙,甚至也会出现计量器具超期检定状况。

(4) 消费者维权意识淡薄。乡镇人民性格大多朴素,且作为消费者其计量维权意识也不强。大部分普通老百姓,在遇到缺斤短两现象后常选择忍气吞声,或以后不去该商贩处购买;也有部分老百姓并不知道如何维权的情况。这与市场经营者及市场管理部门缺少相应的反欺骗宣传有关。同时,也有部分市场公平秤设置不明显,公平秤未经强制检定现象,导致消费者即便在消费现场对称量结果有疑问也无法及时通过公平秤复秤发现。

2 做好乡镇农贸市场电子计价秤计量管理的建议

一是建议根据乡镇农贸市场的特点,一般该类市场普遍经营时间短,常为半天且流动性大,因此主办市场主体要建立长效的计量管理机制,与经营户签订诚信计量承诺书,设置合格的计量管理员岗位,负责市场内电子计价秤计量管理,并进行登记造册定点定期申报强检管理。对于使用不合格电子计价秤的经营户,实行退出制度,从而保证市场内使用的电子计价秤“量足秤准”。

二是建议市场主办方和经营者应当按照《数字指示秤检定规程》《零售商品称重计量监督管理办法》的要求,选择符合规程规定的检定项目(如通用技术要求)和合适的准确度等级、最大称量、检定分度值的电子计价秤,并经检定合格后使用,法定计量技术机构应当落实强制检定职责,计量技术人员主动做好技术服务,对规程的相关要求和电子计价秤配置要求进行有效指导,使之了解并得到执行。

三是建议市场监管部门要进一步加大宣传计量法律法规知识,切实使市场主体和经营户知法、懂法,从而提高守法意识,日常也要加大对市场主体

的计量违法行为处罚力度,对计量违法行为“零容忍”,杀一儆百,真正建立公平公正的计量环境,维护消费者的合法权益。市场监管部门要督促乡镇农贸市场主办方设置公平秤点,做到点位便利,电子计价秤配置合理。

3 结语

“勿以善小而不为”,乡镇农贸市场的电子计价秤管理不应成为计量监管的盲区。各方要树立“小计量大民生”的服务理念,切实把乡镇农贸市场电子计价秤计量管理工作做到规范有效,成为乡村振兴,构建和谐美好生活的重要保障。

参考文献

- [1]《中华人民共和国计量法实施细则》.
- [2]《集贸市场计量监督管理办法》.
- [3]《零售商品称重计量监督管理办法》.
- [4]JJG539-2016《数字指示秤检定规程》.

作者简介

缪顺新(1982.12—),男,工程师,国家一级注册计量师,浙江省二级计量标准考评员,浙江省计量与标准化学会会员。现从事衡器计量方面相关的工作,兰溪市产品商品质量检测研究院副院长。

谈一谈度量衡的“升”

□郑颖^[1] 郑钦予^[2]

文献标识码: B

文章编号: 1003-1870 (2024) 12-0050-03

据《说文解字·斗部》记载,“升,十[二十]^[3]龠也”。可见“升”在我国是历史悠久的度量衡的容量,也是度量衡容量单位的名称。本文围绕“升”的量值作简要概述。

一、确定“升”的量值

“升”的量值确定经历了以人体等自然物为量值标准的阶段,也总结出以“黄钟”“累黍”等方法确定“升”的量值的方法。《考工记》中记载的“栗氏量”,以及传世的商鞅变法改革的“商鞅方升”、《隋书·律历志》记载的“王莽时刘歆铜壶”等都是著名的容量的标准器,它们确定“升”的量值时与“黄钟”“累黍”不无关系。

(一)以自然物为标准确定“升”的量值。据《孔丛子》的记载,“一手之盛谓之溢,两手谓之掬”,我们可知人们规定的早期度量衡容量标准“人一手捧的量”被称为“溢”,“人两只手捧的量”被称为“掬”,2溢=1掬。《小尔雅》中具体明确了“溢”为“半升”、“掬”为“一升”——所谓“掬手成升”,即“量,一手之盛谓之溢,两手谓之掬,掬一升也,掬四谓之豆,豆四谓之区,区四谓之釜,釜二有半谓之簋,簋二有半谓之缶,二缶谓之钟,二钟谓之秉,秉十六斛也”。那么“一升”为“掬”、“四升”为“豆”、“十六升”为“区”、“六十四升”为“釜”、“一百六十升”为“簋”、

“四百升”为“缶”、“八百升”为“钟”、“一千六百升”为“秉”。另外,在《尔雅》中也有上述类似的记载,“掬二升,二掬为豆,豆四升,四豆曰区,四区曰釜,二釜有半谓之庾”,只不过这里将“掬[掬的异体字]”规定为“两升”,将“一百六十升”另命名为“庾”,与“簋”同,《辞海》中对“庾”的注释为“古容量单位,一庾等于十六斗[1斗通常为10升]”。“升”以自然物“粟”的数量为标准,如《孙子算经》记载,“量之所起,起于粟。六粟为一圭,十圭为一撮,十撮为一抄,十抄为一勺,十勺为一合,十合为一升”。类似的还有《夏侯阳算经·辨度量衡》的记载,即,“量之所起,起于粟,十粟为一圭,十圭为一撮,十撮为一抄,十抄为一勺,十勺为一合,十合为一升”等。

(二)以“黄钟累黍定尺、积黍定容、容黍定重”方法确定“升”的量值。《汉书·律历志》收录了西汉末年王莽时期刘歆考校度量衡的理论,阐述了“黄钟累黍定尺、积黍定容、容黍定重”与度量衡之间的密切关系。仅以“容量”为例,“量者,龠合升斗斛也,所以量多少也。本起于黄钟之龠,用度数审其容。以子谷秬黍中者,千有二百实其龠,以井水准其概。合龠为合,十合为升,十升为斗,十斗为斛,而五量嘉矣。……龠者黄钟律之实也。跃微动气而生物也。合者合龠之量也。升者登合之

[1] 作者单位:市场监管总局规划财务司

[2] 作者单位:北京市第171中学

[3] []中内容为作者注,下同

量也。斗者聚升之量也。斛者角斗平多少之量也。夫量者跃于龠，合于合，登于升，聚于斗，角于斛也”。用1200个大小均衡的黍子填满9寸长的黄钟律管，即“本起于黄钟之龠……千有二百实其龠”，这一律管的容量就是“一龠”。确定了“一龠”的容量，进而就确定了十进制的合、升、斗、斛[宋及宋以后“斛”的容量变为1斛=5斗=50升，在此之前1斛=10斗=100升]的容量。《汉书·律历志》记录的以上这套“黄钟累黍”的理论，是我国古代最完整、最系统、最权威的关于度量衡标准、量值的论著，它影响着中国度量衡近2000多年的发展，被历朝历代奉为圭臬和典范。不过“黄钟累黍”的不确定性也是显而易见的。从“黄钟”的角度说，“黄钟随时应声而有变迁，则历代之黄钟并不相等^[4]”。从“黍”的角度说，“黍”作为自然物，其也存在着不确定性，《宋史·律历志》中就有这样的记载，“岁有丰俭，地有饶肥。即令一岁之中，一境之内，取以校验，亦复不齐。是盖天物之生，理难均一……古之立法，存其大概尔”。《天工开物》中也有类似的记载，“凡黍粒大小，总视土地肥饶、时令害育。宋儒拘定以某方黍定律，未是也”。

（三）与公制接轨确定“升”的量值。清末“新政”时，对度量衡的改革已经考虑到“营造尺库平制”与公制的换算和衔接，但是当时“营造尺库平制”的“升”的量值“仍纵黍尺之旧，以为制度之本^[5]”，以“漕斛为量之标准^[6]”，即以“营造尺库平制”中的“漕斛”为容量标准，实物器具取仓场衙门所存乾隆十年[1745年]铸造的铁斛为准。真正从法律意义上改变“升”的量值确定方式，切实开始与公制接轨是在中华民国时期。一是民国肇始，《权度法》中对“升”的量值的规定。民国北京政府在颁布的《权度法》中规定了“甲”“乙”两制，“甲”制为“营造尺库平制”，“乙”制为公制。《权度法》法规定“甲”制长度以营造尺一尺为单位；营造尺一尺等于公尺[米]原器在百度寒暑表零摄氏度时，首尾两标点间百分之三十二；容量以三一点六

立方寸为一升；重量以库平两一两为单位，库平两一两等于公斤[千克]原器百万分之三七三〇一，在百度寒暑表四摄氏度时纯水一立方寸之重量为〇点八七八四七五两。此时已经完全摒弃了在中国沿袭两千多年的“黄钟累黍定尺、积黍定容、容黍定重”的确定度量衡量值、标准的方法。二是北伐胜利，《度量衡法》中对“升”的量值的确定。民国南京政府在颁布的《度量衡法》中规定了“标准制[公制]”和“市用制”，以及它们之间“123”折合办法，即1市升=1公升[升]、2市斤=1公斤[千克]、3市尺=1公尺[米]，此时1市升与公制的1升量值完全相同，合1000毫升。而公制的1升容量则等于1公斤[千克]纯水在其最高密度七百六十分厘气压时的容积。

二、历朝历代“升”的量值不尽一致

中国度量衡的量值在先秦时期处于分散、不系统、不统一的状态。在秦汉（包括西汉、新莽、东汉）时期，度量衡量值处于基本统一并成熟稳定的状态，每升约合200毫升。魏晋南北朝时期，度量衡量值则逐渐开始增大。隋唐时期度量衡出现“大小制”，如《隋书·律历志》记载，“开皇以古斗[指王莽时期的量值]三升为一升”；再如《唐律疏议》和《唐六典》中都明确记载有度量衡的“大小二制”，小制一尺二寸为大制一尺，三升为一大升，三斤为一大斤，并且官民一般通用大制，小制则限于测日影、调音律以及医药和制造冠冕之用。宋、元、明、清几代，度量衡“升”的量值继续增大，明、清两代基本将“升”的量值稳定在1035毫升左右。民国肇始，民国北京政府颁布的《权度法》中规定了“甲”“乙”二制，其中“甲”制沿用了清代的“营造尺库平制”，每升容量仍旧约合1035毫升，“乙”制则为公制，每升为1000毫升。北伐胜利后，民国南京政府颁布的《度量衡法》中确定了“市用制”与“公制”的“123”折合办法，其中1市升=1公升[升]，此时1市升与公制的1升量值完全相同，合1000毫升。下表是历朝历代“升”的量值的总体情况。

[4] 吴承洛《中国度量衡史》民国沪上初版图书复制版·上海:三联书店2014年第32页

[5] 关增建等《中国近现代计量史稿》·济南:山东教育出版社2005年第56页

[6] 《会议政务处奏议覆农工商部等奏会拟画一度量权衡图说总表及推行章程折》·《东方杂志》1908年第10期

表 历朝历代“升”的量值^[7]

时代（公元年代）		一升合毫升数
战国 （前475–前221 年）	（ 齐 ）	205
	（ 邹 ）	200
	（ 楚 ）	226
	（ 魏 ）	225
	（ 赵 ）	175
	（ 韩 ）	168
	（ 东周 ）	200
	（ 燕 ）	1766/ 穀
	（ 中山 ）	180
	（ 秦 ）	200
秦（前221–前206 年）		200
西汉（前206–8 年）		200
新莽（9–25 年）		200
东汉（25–220 年）		200
三国（220–280 年）		200
两晋（265–420 年）		200
南北朝 （420–589 年）	（ 南朝 ）	200
	（ 北朝 ）	300(前期) 600 (后期)
隋（581–618 年）		600
唐（618–907 年）		600
五代十国（907–960 年）		600
宋（960–1279 年）		702
元（1206–1368 年）		1003
明（1368–1644 年）		1035
清（1616–1911 年）		1035
中华民国 （1912–1949 年）	北京政府时期（甲制）	1035
	南京政府时期（市用制）	1000

新中国成立后，继续沿用了市制1 升= 公制1 升的制度。1959 年，国务院颁布的《关于统一计量制度的命令》中规定，“原来以国际公制为基础所制定的市制，在我国人民日常生活中已经习惯通用，可以保留……继续沿用市制的，计量单位名称不变”。1984 年，国务院颁布的《关于在我国统一实

行法定计量单位的命令》中规定，“我国目前在人民生活中采用的市制计量单位，可以延续使用到1990 年……1990 年底以前要完成向国家法定计量单位的过渡”。应该说，按照法律规定包括“市制升”在内的“市制”到1990 年基本完成了它的历史使命，逐渐退出了计量单位制领域的历史舞台。

[7] 中华民国之前的数据主要参考丘光明《中国物理学史大系·计量史》·长沙:湖南教育出版社2002年第635页

诚邀加盟《衡器》期刊理事会的启事

《衡器》期刊创刊于1972年，是国家新闻出版署和国家广电总局认定的学术期刊，也是衡器行业唯一一份国内外公开发行的刊物。国内统一发行刊号为CN10-1870/TB，国际标准刊号为ISSN1003-5729。该刊物由中国轻工业联合会主管，中国轻工业信息中心主办，编辑部设在中国衡器协会。

《衡器》期刊自创刊以来，始终发挥行业主流媒体作用，在业内享有较高的影响力。期刊依托衡器行业，行业资源积淀深厚，且集结了来自称重行业及各科研院所、各大高校、计量检测部门的各类高精尖技术人才，技术力量雄厚，为搭建称重行业技术交流平台提供了强有力的技术支撑。

《衡器》期刊理事会以《衡器》期刊为依托，宗旨是致力于打造核心期刊的品牌效应，为衡器行业搭建技术交流平台，共同推动中国衡器行业的高质量、可持续发展，引导正确的舆论导向，积极发挥期刊的宣传媒介作用，发挥理事会在业界的号召力和影响力，为加强称重行业各链条的技术交流与合作，促进我国称重技术高质、高速发展，加强称重行业间的学术交流与合作出谋划策。

《衡器》期刊理事会由来自全国各地的头部衡器企业、各大科研院所、大专院校及从事相关产业的单位负责人组成，参与制定期刊编辑出版的方针政策，决策期刊的发展方向和经营方针，指导和支持《衡器》期刊的出版发行。

期刊理事单位名录刊登在每期的《衡器》期刊显著位置，理事单位在相关技术交流、宣传报道、论文投稿等方面享有相应的权利与义务。真诚欢迎所有关心和支持称重行业发展、关注《衡器》期刊的单位加入《衡器》期刊理事会，共同为称重行业锦上添花。

联系人：刘硕 010-62116032

《衡器》编辑部

关于征集第二十三届（2025）全国称重与测力技术研讨会论文的通知

为促进行业技术进步，中国衡器协会技术专家委员会决定于2025年4月26-27日在上海新国际博览中心举行第二十三届全国称重与测力技术研讨会暨新技术、新产品发布会。届时，第二十三届《称重与测力技术》论文集将同期出版发布，欢迎广大衡器技术工作者及读者踊跃投稿。

一、征文范围

1. 有关称重计量技术的最新进展；
2. 测力技术与测力、试验设备的新进展；
3. 有关称重与测力传感器、仪表最新产品的论文；
4. 有关衡器、天平及称重系统新产品的论文；
5. 新零售设备的技术与应用
6. 人工智能技术在衡器工业中的应用成果；
7. 新装备、新工艺制造技术在衡器与测力行业的应用；
8. 各有关行业在衡器应用方面的技术论文；
9. 有关标准、技术规范及国际建议的研究探讨；

二、征文要求

1. 文章须按科技论文格式书写；
2. 文内容应具有实用性和创新性，且未公开发表过；
3. 以具体实例为对象，重点介绍工作原理、系统组成、技术特点和应用效果等。
4. 写作次序
 - 1) 文章题目（不超过20字）；
 - 2) 作者姓名；
 - 3) 工作单位（一级、二级单位）；

- 4) 摘要 (100 ~ 150 字, 应包括目的、方法、结果、结论);
- 5) 关键词 (3 ~ 5 个);
- 6) 正文 (请在引言部分明确文章介绍的内容是处于研究、仿真、试验, 还是正式投入使用, 并注明时间、应用厂家);
- 7) 参考文献。此项只列最新、最必要的公开出版物, 并在文中相应处以上角形式按顺序标出;
- 8) 文末可附第一作者简介, 包括姓名 (出生年), 性别 (民族), 籍贯 (× × 省 × × 市或县人), 职称, 学位 (指硕士或博士), 从事的主要工作。如是省部级以上获奖项目请提供复印件;
5. 论文字数一般不超过6000 字, 小四号字;
6. 公式或文中出现的外文字母和符号, 如英文、俄文、希腊文、大小写、正斜体、上下角码等要缮写清楚;
7. 插图必须清楚 (图片为JPG 或TIF 格式, 分辨率300 像素, 图形符号及制图要求应符合国家标准);
8. 计量单位和符号采用法定计量单位和符号, 量符号尽量用一个字母加下角表示;
9. 文中叙述时技术术语请尽量用中文, 凡出现不常见英文缩写专用术语时, 请用括号注出与之相对应的中文含义, 必要时可标注英文;
10. 作者应对文稿的真实性负责, 不抄袭或剽窃他人成果, 征文稿件没有侵犯他人著作权或其他权利内容 (图表、照片等)。

论文一经录用, 将付稿酬并赠送《称重与测力技术》论文集1 本, 并邀请参加称重与测力技术研讨会。

投稿邮箱: hqlw2010@163.com

投稿主题: 论文标题全称

截稿日期: 2025 年2 月1 日

联系电话: 010-62115990, 010-62119973, 13911752445

中国衡器协会技术专家委员会

2024 年10 月8 日

附:

授权声明

凡经本论文集录用的稿件, 即视为作者授权中国衡器协会, 协会有权或授权第三方以其他形式 (包括但不限于纸媒、网络、存储介质等) 进行复制、编辑、收录或检索、出版和使用该作品, 来稿中特别注明授权范围的除外, 且不再另行支付稿酬。

关于举办“公路车辆自动衡器动态称重的溯源性探讨暨提高动态计量准确度” 征文活动的启事

各会员单位、各专家委员会委员及业界同仁：

针对动态公路车辆自动衡器使用现状，中国衡器协会公路自动衡器专业委员会与《衡器》期刊编辑部拟联合举办“公路车辆自动衡器动态称重的溯源性探讨暨提高动态计量准确度”专题征文活动，旨在通过对公路动态称重溯源性的探讨，促进公路自动衡器技术的发展，使行业尽早摆脱技术瓶颈，具体征文要求如下：

一、征文范围

1. 动态公路车辆自动衡器的溯源性探讨；
2. 动态公路车辆自动衡器常见问题分析；
3. 轴计量动态公路车辆自动衡器计量准确度探讨；
4. 提高动态公路车辆自动衡器计量准确度研讨。

二、来稿要求

1. 来稿须为未公开发表过的原创作品；
2. 作者须对文稿中的试验数据的真实性负责；
3. 文稿中的图片、表格须清晰；
4. 文稿字数以3000~8000字为宜；
5. 摘要应简明扼要，字数不宜超过300字；
6. 参考文献按引用先后顺序列于文末，文献格式请参考GB7714-87《文后参考文献著录规则》；
7. 来稿请注明作者姓名、地址、邮编、联系电话及电子信箱，并附第一作者简介，字数以30字左右为宜，写明第一作者的文化程度、职称、工作单位、主要研究方向。

三、征文活动说明

1. 本次征文活动由中国衡器协会公路自动衡器专业委员会秘书处与《衡器》期刊编辑部组织实施；
2. 本次活动设立一等奖1名，二等奖2名，优秀奖若干名；
3. 征文中优秀论文可优先在《衡器》期刊上予以刊登，并在中国衡器协会有关学术会议上进行交流；
4. 投稿截止时间：2025年3月20日；

四、本次征文活动设立评选委员会，负责所有奖项评选；

五、来稿发送至邮箱hqlw2010@163.com，并注明“征文投稿”字样；

联系人：韩莉洁 联系电话13772698801

宋秀卿 联系电话 010-62115761

六、本次征文活动由陕西四维衡器科技有限公司提供赞助。

中国衡器协会公路自动衡器专业委员会

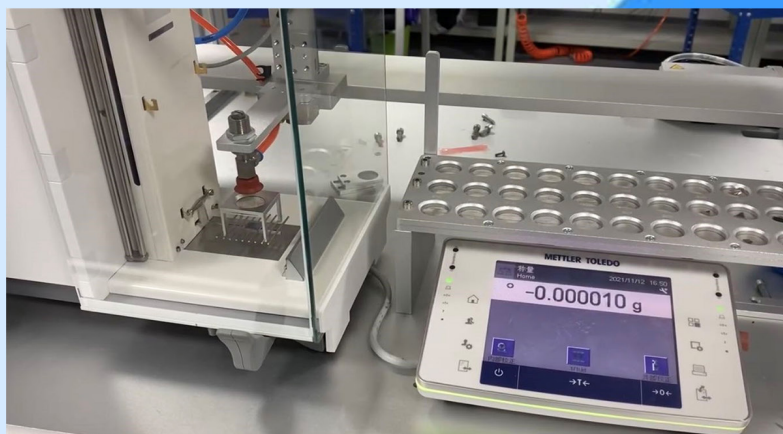
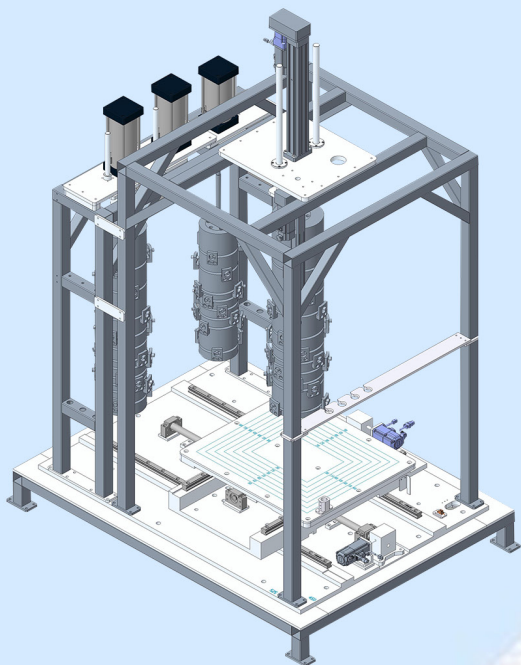
《衡器》期刊编辑部

2024年10月22日

SINCE 1979
FUYUE

常州市富月砵码有限公司
Changzhou Fuyue Weight Co.,Ltd

你身边的砵码制造专家
你身边的检测方案解决专家



专业生产高精度砵码
出口160多个国家
定制非标异形砵码
各项专利20+



地址：江苏省溧阳市绸缪镇建设北路95号
网址：www.fuyue.biz
电话/传真：051987820088、051987821362
邮箱：js02@fuyue.biz

2025 InterWEIGHING

中国国际衡器展览会

China International Weighing Instrument Exhibition

新零售设备展

New Retail Equipment Exhibition

上海新国际博览中心

Shanghai New International Expo

2025.04.26-28



展出内容：各种非自动衡器、自动衡器，天平，称重传感器，称重显示控制器，称重系统及相关检测仪器、仪表，砝码，元器件、材料等，公路治超智能化设备，衡器专用加工设备，实验室称量设备

新零售设备展：智能识别电子秤、自动售货柜、移动支付、贴标机、打印机、多头组合秤、收银秤、无人商店、智能店铺、售货亭、数字标牌及电子标签、货架及各种标签打印系统、POS 集成、标识、条形码扫描、各种定量包装秤、体积测量与称重系统、包装与分拣系统等

主办单位：中国衡器协会

Organizer: China Weighing Instrument Association

更详细信息，请查阅主办单位网站: www.weighment.com

For more details, please visit www.interweighing.com



官方微信

刊号: CN10-1870/TB

ISSN1003-5729

国内订价: 20 元 / 册

海外订价: 10 美元 / 册