

[文章编号] 1003-5729(2010)11-0003-08

应变式称重传感器及其相关技术的新发展

中国运载火箭技术研究院第七零二研究所 刘九卿

[摘要] 本文介绍了近些年来国内外称重传感器设计与制造技术及其相关的电阻应变计、防护与密封等技术发展概况。重点介绍了技术研究的方向与课题以及纳入的新技术、新工艺,研发的新产品。在分析这些新技术、新工艺、新产品的基础上,结合我国称重传感器设计与制造技术的差距,提出我国称重传感器技术攻关方向与内容。

[关键词] 称重传感器;电阻应变计;新技术;新工艺;技术攻关方向;技术攻关内容

[中图分类号] TH715.1

[文献标识码] C



作者简介:刘九卿(1937-),男,1960年毕业于吉林工业大学。中国航天科技集团公司下属中国运载火箭技术研究院第七〇二研究所研究员,享受国家特殊津贴专家。现为中国衡器协会技术专家委员会、职业教育工作委员会顾问,《衡器》杂志编委。编著《电阻应变式称重传感器》、《国家职业资格培训教程—称重传感器》,且在有关杂志上共发表学术论文80多篇。

一、概述

称重传感器是知识密集、技术密集和技巧密集型的高技术产品。研制和生产所涉及的内容多、离散大,技术密集程度高,边缘学科色彩浓,是多种学科相互交叉、相互渗透的结晶。批量生产称重传感器对工艺装备和检测手段要求较高,制造工艺比较复杂,是支持工艺、基础工艺、核心工艺、特殊工艺的科学运用和集成。

电子称重技术的快速发展,电子衡器产品的新需求,对称重传感器的研制和生产提出了新的更加严格的要求,主要是与称重系统的匹配性,即除与后接仪器或计算机组成的称重系统的输入、输出匹配外,还要求品种多、规格全,适用于各种电子衡器产品;防止震动、冲击影响的机械特性;静态、动态和环境特性都十分优良的工作特性;特别是要有较长的无故障工作时间的可靠寿

命。这都要求称重传感器的研制与生产企业,必须应用新技术、新工艺努力提高称重传感器的可匹配性、机械特性、工作特性、长期稳定性和工作可靠性,迎接电子称重技术和电子衡器产品的新挑战。只有在称重传感器的研制和批量生产中纳入新技术、新工艺,研发新产品和自主知识产权产品,才能提高企业的核心竞争力,在以创新竞争战略为主导的国内外市场竞争中立于不败之地。

二、电阻应变计的新技术与新工艺

电阻应变计是应变式称重传感器的核心器件,其敏感栅结构与应变电阻合金材料,基底、覆盖层材料与厚度,制造工艺的科学性与合理性,热输出、机械滞后、蠕变、漂移、灵敏系数稳定性等工作特性,直接影响应变式称重传感器的准确度、稳定性和可靠性。国内外许多企业都把电阻

应变计的生产列入应变式称重传感器的基础工艺, 稳定批量生产质量都是从电阻应变计这一源头抓起, 或建立与称重传感器产品配套的电阻应变计生产部门, 或经过严格考察确定长期供货的电阻应变计生产企业。20世纪90年代以来, 以美国HPM公司、V-MM公司为代表的应变电阻合金箔材轧制企业, 以美国V-MM、BLH公司, 德国HBM公司为代表的电阻应变计设计与制造企业和我国北京紫微浩阳科技有限公司等电阻应变计生产设备制造企业, 在应变电阻合金研究、箔材轧制与热处理、电阻应变计设计技术与制造工艺、关键工艺装备的研制与应用上都取得一些突破性进展, 其新技术与新工艺成果如下:

1. 采用三维有限单元方法设计电阻应变计

处于国际市场引导地位的企业普遍采用二维和三维有限单元法, 建立相应的力学模型, 分析电阻应变计的应变传递系数, 提出敏感栅结构设计原则。美国V-MM公司建立三维有限单元六面体力学模型, 取一万多个节点, 在大容量电子计算机上进行计算, 其目的是研究电阻应变计结构, 解决敏感栅结构的力学效应, 覆盖层的力学效果, 基底、敏感栅、覆盖层厚度对机械滞后的影响, 敏感栅结构与蠕变自补偿问题。保证电阻应变计敏感栅的结构形状、几何尺寸、基底与覆盖层厚度最合理。

2. 在学术领域形成了应变电阻合金学术分科

进行应变电阻合金材料、力学与电学性能测试、箔材轧制与热处理工艺研究。主要任务是研制满足各种类型电阻应变计工作特性要求的应变电阻合金材料, 并从合金熔炼、锻造, 箔材轧制、碾压、热处理开始控制电阻应变计的质量。箔材粗轧工艺中的合金熔炼、电渣重熔应保证合金成份不变, 严格锻造、冷轧、碾压等工艺要求为精轧工艺作准备。箔材精轧工艺是在洁净度较高的环境条件下, 利用高速轧机进行冷轧, 采用轧机自动厚度控制系统控制带材厚度, 保证均匀一致。碾压精度要求: 厚度为0.0001~0.0002英寸(2.5~5 μ m)的带材, 厚度变化小于0.00001英寸(0.25 μ m)。

3. 应变电阻合金箔材智能真空热处理设备

箔材在多次轧制、碾压过程中, 晶格产生位错、滑移、空位、破裂等缺陷, 其附近的原子处

于热力学上的不稳定状态, 是电学性能不稳定的重要原因。因此必须进行稳定性处理, 即退火处理, 在达到退火温度时这些原子吸收热能产生扩散, 使晶格缺陷迁移和消失, 电阻率和电阻温度系数趋于稳定。

智能真空热处理炉, 能在极高的真空条件下, 精确的按照设定的热处理工艺曲线, 对应变电阻合金箔材进行热处理, 并采用正压氢气体保护技术, 保证金属箔材不被氧化和化学成分不变, 在此前提下调整其热输出性能。

4. 超薄应变电阻合金箔材

为研制大阻值、低功耗电阻应变计, 美国V-MM公司研究轧制出0.00006~0.00008英寸(1.5~2 μ m)厚的应变电阻合金箔材。

5. 漫射光光刻技术与光刻装备

紫外爆光灯, 其光谱能量集中分布在365~435nm, 曝光更加快速、准确, 真空吸附式曝光, 箔材与光刻板接触紧密。

6. 离子束投影光刻技术(IPL)与光刻装备

被称为新一代光刻技术, 其光刻工艺为: 离子源→离子束→掩膜片→静电透镜系统→参考平面→步进扫描承片台。

特点: 分辨率高, 能达到50nm的特征尺寸; 光线均匀, 曝光快速、准确。

7. 精密刮胶工艺与装备

刮胶棒间隙可调, 传送台采用高精度伺服电机, 控制性能极佳, 胶膜均匀, 厚度偏差小。

8. 电子计算机控制的智能化匀胶工艺装备

匀胶机采用计算机控制的永磁直流稀土电机, 控制性能好, 实时监控加速度、匀胶速度、减速度, 可获得较高的胶膜均匀性。

9. 电子计算机控制的智能化蚀刻工艺装备

智能蚀刻机为全密封结构, 保证蚀刻液成分不变, 采用扇形摆动喷淋面与垂直方式承片台动态配合, 有效的控制每版应变计电阻值的误差。

10. 采用带基底的箔材制造电阻应变计

在专用的加压加温设备上, 将热处理后清洗干净的箔材, 与已制成20~25 μ m胶膜的基底材料, 通过胶粘剂粘贴、固化使两者成为一个整体, 供制造电阻应变计使用。其特点是: 将箔材处理、清洗、涂基底胶、固化成膜等工序合并为一体, 即简化了工艺流程, 又提高了电阻应变计的均一

性和稳定性。

11. 图形识别蚀刻质量检查系统

电子计算机控制图形识别蚀刻质量检查系统, 检查严格、科学、合理, 应变计合格率只有 60% 左右, 电阻应变计质量控制严格, 工作特性均一性好特别适合用于称重传感器。

12. 新型全密封覆盖层技术与工艺

敏感栅与端头焊点全覆盖, 通过电火花加工裸露出焊点, 为真正的全密封型电阻应变计, 排除了只密封电阻应变计敏感栅丝的半密封状态的固有缺陷。

13. 电阻应变计智能调阻新工艺

(1) 智能电化学调阻工艺

智能电化学调阻是利用金属在电解液中受到电化学阳极溶解使其尺寸改变的原理, 对细腐蚀后的电阻应变计, 通过耐腐蚀材料制成的阴极和它喷射出的电解液, 逐片对敏感栅进行电解加工调整电阻值。在调阻时工作阴极和敏感栅表面互不接触, 敏感栅表面无变形层不产生残余应力。整个调阻过程采用了 PC 操作系统控制, 自动进行, 调阻精度和效率高、阻值分散和温度系数小、稳定性好。我国已研制出智能电化学调阻装备。

(2) 智能光化学调阻工艺

智能光化学调阻是近年来工艺研究的新成果。对细蚀刻后的整版电阻应变计均匀涂上一层蚀刻液, 以一定波长的激光束扫过敏感栅上的蚀刻液, 蚀刻液只有在光束照射下才能发挥蚀刻作用, 进行光化学调阻, 直到自动测量系统发出电阻值达到标准时为止。不产生予应力和温度特性变差, 电阻标称值精度高, 阻值分散度小, 温度系数小, 稳定性好, 特别适合作高准确度的称重传感器。德国已研制出智能光化学调阻装备。

14. 激光自动剪片工艺

激光自动剪片效率高, 基底尺寸一致性好, 从敏感栅中心线到其边缘公差均为 ± 0.005 英寸 ($\pm 0.13\text{mm}$), 可利用基底外形作为贴片定位基准。我国已研制出智能激光自动剪片设备。

15. 应变计自动性能检测与灵敏系数测定装备

主要是标准梁自动加载和检测系统, 即通过多路自动扫描测量仪及电子计算机控制与数据处理系统。

16. 灵敏系数温度自补偿电阻应变计

美国 V-MM 公司利用卡玛合金, 开发出 EMC (有效模量补偿) 系列电阻应变计, 将它与弹性元件材料适当匹配, 就可以实现灵敏系数的温度自补偿。在很多情况下这种补偿效果可优于 $\pm 0.0014\%/^{\circ}\text{C}$ 。根据不同弹性元件材料 EMC 系列电阻应变计有 4 种类型:

M1 灵敏系数随温度变化 $-2.70\%/100^{\circ}\text{C}$ 用于不锈钢;

M2 灵敏系数随温度变化 $-4.23\%/100^{\circ}\text{C}$ 用于铝合金;

M3 灵敏系数随温度变化 $-2.25\%/100^{\circ}\text{C}$ 用于工具钢;

M4 灵敏系数随温度变化 $-2.43\%/100^{\circ}\text{C}$ 适用于和之间的“中间区域”(不锈钢与工具钢之间)的补偿。

尚未解决问题: 目前国内外对电阻应变计的力学、电学性能都有专业或国家标准, 但对于电阻应变计的几何形状、基底、覆盖层、引出线等质量评定, 尚没有明确的规定, 这是用户与生产企业出现分歧的主要原因。

三、称重传感器的新技术与新工艺

1. 技术研究方向和特点

近些年来, 应变式称重传感器技术研究的方向之一是把准确度、稳定性和可靠性作为极其重要的质量指标, 以制造技术和制造工艺为核心竞争力, 紧紧抓住称重传感器的特性问题、生产问题 and 应用问题进行基础研究、工艺研究和应用研究, 其研究方向和特点是:

(1) 在产品结构与制造中, 吸取了工程化产品设计中的计算机拟实技术和虚拟技术, 加快开发速度, 减少开发风险。

(2) 在弹性元件加工中, 从单元加工技术发展发展到集成化加工技术; 从刚性制造发展到柔性制造; 从简单化经验判断发展到智能化定量分析, 普遍采用柔性制造单元和柔性制造系统。

(3) 生产工艺已不是传统观念中的“作坊手艺”, 而是技术与管理相结合的一项系统工程。为适应多品种、大批量生产, 保证产品技术性能的均一性, 生产工艺必须向尽量减少手工操作、人为控制, 增加半自动化和自动化工序方向发展, 例如: 采用计算机控制, 人机一体化工艺系统和测试技术网络化信息系统等。

(4) 与稳定性和可靠性有关的稳定处理工艺在高温处理, 低温深冷, 脉动疲劳, 超载静压等方法的基础上, 又研究出振动时效、共振时效新工艺。

2. 重视弹性元件应变程度的影响

提高弹性元件应变的稳定性是提高称重传感器整体稳定性的基础和关键。因此, 弹性元件材料不仅是结构材料而且是功能材料。

在产生应变的弹性元件材料所要求的各种性能中, 最重要的性能是滞后和蠕变。实际上综合性能再好的弹性元件材料, 也存在弹性滞后和弹性后效(蠕变), 提高线性、减小滞后和蠕变最有效的方法, 就是把弹性元件应变区的应变程度限制在一个较低的范围, 一般高准确度的称重传感器的应变程度都较低, 其最大应力仅为材料弹性极限的 $1/4 \sim 1/3$ 范围内。实际上称重传感器的线性、滞后、蠕变和疲劳寿命都随弹性元件应变区应变程度减至最小而获得改进, 较低的应力、应变意味着对理想线性弹性性能的偏差最小, 也意味着弹性元件有较大的刚度和较高的固有频率。

弹性元件任何几何形状的改变, 必然伴随出现一定程度的非线性影响, 弹性元件应变区应变程度低, 不仅变形小、刚度大、固有频率高, 而且有助于把弹性元件几何形状变化引起的非线性误差减至最小。

3. 加强在制造过程中尽量减少弹性元件残余应力的研究

弹性元件中的残余应力, 主要来自原材料在轧制或拉制等工艺成形过程中产生的残余应力; 在热处理过程中, 由于冷却温度不均匀和相变而产生的残余应力; 在机械加工过程中, 因切削力作用而产生的残余应力。后者在弹性元件表面形成变质层, 使其组织处于不稳定状态, 随着时间的变化内应力松弛, 而导致尺寸变化。刨、铣、车、磨等机械加工, 使弹性元件表面变形不均匀, 而产生较大的残余应力, 切削用量越大, 表面的残余应力就越大。因此应把消除弹性元件残余应力研究的重点确定为, 在全部生产过程中如何减少残余应力, 其次才是如何消除残余应力。

4. 称重传感器制造工艺的新发展

(1) 新型电阻应变计粘贴技术与工艺

美国 MS 公司创造了在高温下, 将半导体电阻

应变计与无机玻璃熔于小型弹性元件上, 制成低成本新型称重传感器。这种无机玻璃粘贴电阻应变计的新技术与新工艺, 消除了传统的用环氧树脂或酚醛环氧树脂粘贴电阻应变计所带来的不稳定性, 极大的提高了称重传感器的长期稳定性和工作可靠性。其特点是结构紧凑、体积小重量轻; 固有频率高, 动态响应快; 低量程分辨率高; 已经过一千万周期以上的测试, 其寿命基本是无限的。目前量程较小只有 $680\text{g} \sim 1\text{t}$, 有无放大和放大输出两种产品。

(2) 防护与密封材料的改进与创新

① 聚氨酯类密封胶

具有优良的电气、力学、工艺性能, 良好的防潮、密封、耐老化、抗霉菌等性能。耐热可达 150°C 。

② 柔性聚酰亚胺密封胶

具有非常好的高低温性能, 可耐 260°C 高温, 低温 -46°C 也柔软, 对铝、钛合金有高粘结性。

③ 高度防潮耐水密封胶

将卤素引入高聚物中或用硅氧键嵌入高聚物中, 都可达到提高抗水耐湿的目的。国外已采用含氟聚酰亚胺、含氟环氧树脂、含氟丙烯酸酯, 硅氧/亚酰胺共聚物、苯基有机硅和硅化苯乙烯为基础材料制作密封胶。

(3) 电阻应变计辅助与自动粘贴系统

梅特勒—托利多中国公司已在称重传感器生产线上采用电阻应变计自动粘贴系统, 宁波柯力公司正在研制自动贴片系统。

目前国内应用较多的是北京紫微浩阳科技有限公司开发的电阻应变计辅助粘贴系统。该粘贴电阻应变计辅助系统, 是在分析粘贴电阻应变计传统工艺优缺点的基础上, 为保证电阻应变计定位准确度和各弹性元件粘贴位置的一致性, 提高粘贴效率进行的半自动化改造。系统采用了高清晰液视频图像技术, 可根据弹性元件结构、外形尺寸、电阻应变计定位尺寸, 自主放大粘贴区域, 提供了清晰适合贴片放大倍数的动态视频图像。只要将放大的电阻应变计定位标记, 对准视频显示的弹性元件上的定位叉丝, 就是正确的贴片位置。消除了用目测对位、定位造成的误差, 提高了电阻应变计定位准确度和粘贴位置的一致性。

粘贴电阻应变计的辅助系统, 采用了 PC 操作

系统控制，软件功能强大，操作方便，界面直观实用。主视频区主要提供实时弹性元件粘贴区域视频的预览，采用软件定位叉丝替代在弹性元件上划线，消除了对弹性元件表面因划线带来的物理伤害。粘贴电阻应变计的辅助系统操作简便可靠，手脑视野合一，极大程度的降低了电阻应变计粘贴难度，同时还可以根据相关产品生产日期，查询和回顾当时电阻应变计粘贴情况的历史记录图像，便于查找和分析问题。

5. 称重传感器的新结构与新功能

在新技术与新工艺支持下，称重传感器的品种和结构又有创新，技术功能和应用范围不断扩大，主要成果有：

(1) 美国 Revere 公司研制出 PUS 型的具有大气压力补偿功能的拉压两用称重传感器，用于高准确度检验平台、称重平台，准确度可达 5000d；

(2) 德国 HBM 公司研制成功 C2A、C16A 两种不同结构的 1~100t 具有“耐压外壳”保护的防爆称重传感器，其防爆性能符合欧洲 EN50014 和 EN50018 “d” 级标准；

(3) 美国斯凯梅公司研制出新一代高准确度不锈钢 F60X 系列 5~5000kg 称重传感器，准确度 6000d。用于湿度大，腐蚀性强的环境中，而且防水；

(4) 德国塞特内尔公司研制出以镀青铜为弹性体材料，快速称重用 200 型称重传感器。其特点是线性好，固有频率高，动态响应快。独创油阻尼装置与过载保护装置一体化，保证称量时速度快，工作寿命长。组装 3~30kg 电子平台秤，准确度可达 4000d；

(5) 美国 THI 公司研制的 1410 型 5~30kg 铝合金称重传感器，准确度等级优于 C3 级，可承受离心力和机械振动，内装特制的粘性阻尼器，保证称量时有较快的稳定时间，一般低于 50ms；

(6) 美国 V-BLH 公司开发出新式称重模块，具有合理的组件化功能和极高的称重效率，出厂后“即插即用”，可自动调节位置，不受搅拌、偏心和振动影响。

以上几例，足以体现了称重传感器制造企业用新技术迎接新挑战的发展理念和新产品的技术先导性、工艺先进性的开发方向。就技术含量而言，有高精度（4000d~6000d）称重传感器制

造技术；大气压力补偿技术；用于快速、动态测量称重传感器的粘性阻尼器的快速稳定技术；隔爆型耐压外壳的设计与制造技术；组件化新式称重模块的设计与应用技术等。

四、值得关注的几种新型称重传感器

1. 集成化称重传感器

是指将重量信息采集、放大、变换、传输、处理和显示都集于一体的称重传感器，例如：信号处理电路和称重显示控制都集于一体的轮辐式称重传感器。

2. 多分量称重传感器

目前多为测量垂直和水平载荷两个分量，例如汽车检测线用的称重板，其结构原理是在称重板上加工出同时感受垂直载荷和水平载荷的弹性元件，相当于互不影响的两个独立的称重传感器。

3. 碳纤维称重传感器

碳纤维称重传感器利用的是碳纤维复合材料，在外载荷作用下电阻值增大的特性。日本学者柳田博明研制的碳纤维复合功能材料，以乙烯树脂为基体，含 0.3%~0.6% 的碳纤维和 31.6% 的玻璃纤维。其特点是：在外载荷作用下，在一定的变形范围内，其电阻变化与应变呈线性关系。利用这一特性，日本研制出碳纤维称重传感器。

4. Z- 元件称重传感器

Z- 元件是俄罗斯传感器专家 Zotove (佐托夫) 教授于 1983 年发现的。它是用 N 型硅单晶，采用平面扩散工艺进行 Al 扩散形成 PN 结，然后用特制溶液在高温下进行 Au 的扩散制成硅片，经单面打磨、镀 Ni 电极形成欧姆接触，然后划片、切割、焊接引线 and 封装制成。过去只有温敏、光敏和磁敏 Z- 元件，目前力敏 Z- 元件已有应用。其应用特点是：体积极小；反应灵敏；工作电压低，工作电流小，测量电路简单；输出频率信号，可直接与计算机连接。是研制新一代数字称重传感器的理想元件，有可能促成称重传感器、称重仪表结构和电子称重控制方式的重大变革。

5. 纳米称重传感器

纳米，即 10^{-9}m ，相当 10 个氢原子紧密排在一起。纳米技术是在纳米空间 (0.1~100nm) 内研究电子、原子、分子运动规律及特性，以制造具有特定功能的材料和器件。纳米材料是纳米级的超细微粒经压制烧结而成，其特点是材质完全

纯净，结构没有缺陷，具有抗紫外线、红外线、电磁干扰等特殊功能。

纳米固体材料是指具有一定纳米尺寸结构和特殊性能的块体材料，它也具有上述优异性能，如合成的 TiO_2 纳米晶体陶瓷在室温下可被弯曲，塑性变形可达 100%；氮化硅陶瓷在纳米状态时出现与极性相联系的压电效应。美国学者利用纳米固体材料在外载荷作用下，其体积变化与载荷成正比这一特性，研制出纳米微型称重传感器。

五、称重传感器技术攻关方向与内容

1. 称重传感器技术攻关方向

根据我国称重传感器技术发展的总体水平和与工业发达国家称重传感器产品的主要差距，应将技术攻关的方向确立为：

- (1) 共性关键技术与工艺研究；
- (2) 称重传感器产品工程化研究；
- (3) 稳定性与可靠性技术研究；
- (4) 新产品和自主知识产权产品的开发；
- (5) 称重传感器应用技术研究。

2. 称重传感器技术攻关内容

称重传感器的总特性一般可理解为：与称重系统的匹配性，即指和后接仪器（或计算机）组成的称重系统的输入、输出的匹配，例如数字称重系统的通信接口等；机械特性，其目的是便于运输和安装，防止震动、冲击影响称重传感器的结构和性能；工作特性，可分为静态特性、动态特性、环境特性；可靠性，是指称重传感器的无故障工作时间，即可靠寿命。保证上述特性，对称重传感器的设计技术、工艺技术、检测技术和原材料、元器件的环境应力筛选等都提出较高的要求。根据称重传感器攻关方向，结合上述要求和我国称重传感器技术发展现状，称重传感器技术攻关内容为：

(1) 共性关键技术与工艺研究

共性关键技术与工艺是称重传感器技术的重要组成部分，是称重传感器设计成果工程化和新产品、自主知识产权产品开发的基础，是企业强化竞争能力，提高经济效益的重要手段。共性关键技术与工艺研究应适合称重传感器行业需要和技术发展趋势，对影响称重传感器发展的设计技术、制造（冷、热加工）技术、关键工艺和可靠性技术进行研究，是提高我国称重传感器研究开

发水平，缩小与工业发达国家同类产品差距的有效途径。共性关键技术与工艺研究的课题主要是：

1) 结构与计算

开展多种称重传感器参数优化设计，较高精度的非线性应力状态分析，弹性元件的建模和动态仿真技术，并进行主要制造工艺的计算机模拟，确保工艺设计的科学性、合理性。采用有限单元等现代应力分析手段和建立数学模型的方法推算和定量分析称重传感器的误差。

2) 机械加工与热处理

主要是确保弹性元件的综合性能和尽量少产生残余应力的研究。

3) 改善称重传感器性能

仔细研究称重传感器的零点温度漂移、灵敏度温度影响、蠕变等性能如何受外界多种环境条件作用，以及通过壳体、防护与密封涂层、自然温度梯度、电阻应变计类型所造成的影响。在测试与应用中，开展力标准机、称重传感器及有关压头、压垫间至今尚不完全清楚其机理的“寄生效应”的研究。在内在机理上发现较苛刻的指标是与工业发达国家同类产品差距最大的稳定性和可靠性，因此必须重视称重传感器的可靠性设计、控制和管理，加强对原材料、元器件的环境应力筛选和稳定性处理工艺的研究与应用。

4) 屏蔽、隔离与干扰抑制技术研究，从弹性元件的结构和电桥电路上保证称重传感器的性能波动最小，从而提高称重传感器的固有稳定性和可靠性。

5) 改进生产工艺

在工艺流程中，增加以计算机为核心的自动控制工序，并在网络软件管理下形成生产工艺流程网络化。

6) 采用溅射型电阻应变计的新工艺研究（属于超前研究）。近年来随着薄膜工艺水平的提高，促进了溅射型电阻应变计的迅速发展，即采用溅射技术直接在弹性元件表面形成电阻应变计，其厚度仅为箔式电阻应变计的 1/10，故又称薄膜电阻应变计。其特点是精度高，可靠性好，无滞后和蠕变现象，具有良好的耐热性和耐冲击性能，容易制成高阻值的小型电阻应变计。可在高温和特殊用途称重传感器上应用。

(2) 称重传感器产品工程化研究

产品工程化研究,主要是解决工程化产品的全型设计、生产工艺、质量保证、稳定性与可靠性考核等规模生产中的关键技术与工艺,形成完整的设计、制造和质量保证体系。作到称重传感器结构设计、工艺设计与产品工程化研究相结合,达到优选结构、稳定工艺、保证质量、降低成本、提高C3级成品率等目的。建成适度规模的生产线,使批量生产的称重传感器符合《称重传感器》国家标准要求。

(3) 称重传感器的稳定性与可靠性技术研究

1) 称重传感器的稳定性及稳定性处理工艺

准确度、稳定性和可靠性是称重传感器的重要质量指标,其中稳定性是基础,没有稳定性何谈称量准确度和工作可靠性。称重传感器的稳定性分为三个时期,即初始不稳定期、稳定期和疲劳不稳定期。

①初始不稳定期:性能波动较大,主要表现为零点和灵敏度不稳定,应尽量在生产过程中度过初始不稳定期。

②稳定期:当称重传感器经过各种稳定性处理后,不稳定因素很少,往往是一些随机的原因,即进入了稳定期,对应于这个时期的使用时间称为使用寿命。

③疲劳不稳定期:在经历了一个比较稳定的工作时期后,由于防护与密封性能下降,电阻应变计老化,补偿元器件变化等原因,不稳定因素开始增加,即进入了疲劳不稳定期。

称重传感器稳定性研究的重点是采用何种稳定性处理工艺,使其在生产过程中尽快渡过初始不稳定期,用户组装电子秤后即将进入稳定期。

2) 称重传感器的可靠性及试验方法

①称重传感器的可靠性

在规定的使用条件下和一定时间内,保持各项技术性能并稳定工作的能力,称为称重传感器的可靠性,多以无故障工作时间或可靠寿命来度量。根据上述定义,把不能完成规定功能的状态称为故障或失效。可靠性的核心是故障,即可靠性是由称重传感器的故障引发出来的。称重传感器从开始使用到失效前的时间是不确定的,可靠性就是研究在规定的条件和时间内,称重传感器的平均无故障工作时间或可靠寿命。各国专家一致认为称重传感器属于半永久性器件,其无故障

工作时间或可靠寿命,对于IP67、IP68防护密封等级的称重传感器应能稳定的工作10年以上。可靠性理论就是研究分析各种影响称重传感器可靠性的系统性和随机性因素,科学合理的提出可靠性的定性和定量要求,例如故障模式及影响分析,无故障工作时间等。

可靠性分析贯穿于称重传感器设计、制造、使用的全过程,它是可靠性研究的重要环节。主要是故障、失效机理分析,查找故障原因,摸清故障的内在规律,从而采取相应对策,提高可靠性。

②称重传感器可靠性的试验方法

跟踪测试是经济适用的研究称重传感器可靠性的简易方法,主要是在试验室跟踪测试贮存寿命;在使用环境跟踪测试无故障工作时间,即使用寿命。寿命试验是可靠性试验中的重要内容,除贮存寿命试验外还有损耗寿命试验,加速寿命试验等。

(4) 开发新产品和自主知识产权产品

开发新产品和自主知识产权产品是企业竞争的核心。其竞争的基础是制造技术、制造工艺;竞争的焦点是切合实际的市场开拓方式,国内、外市场的响应速度;创新的要求是适度跟踪世界称重传感器技术发展趋势,结合国情开发着力于国内外市场急需的产品;创新的标准是技术先导性、工艺先进性、产品适用性、市场扩散性;创新的形式是除原创型设计外,集成型设计、移植型设计、嫁接型设计也是创新。

(5) 应用技术研究

称重传感器是高渗透性产品,功能多样,性能极好,产品系列、种类繁多,向其他领域渗透能力极强。各国称重传感器制造企业都遵循“加强基础,扩大应用”的原则开发新产品和自主知识产权产品,将其渗透到各个行业。称重传感器作为电子衡器的基础部件进入工业、商业、家用领域十分广泛。称重传感器技术与电子称重技术渗透到新的学科领域和技术门类,逐年增加。例如生物力学、能源、环保、交通运输、公共安全等领域,大流量计量、质量法计数点钞等新技术项目。

五、结语

由于称重传感器是知识密集、技术密集和技巧密集型的产品,其技巧密集突出体现在手工操作多,制造工艺流程是支持工艺、基础工艺、核

心工艺和特殊工艺的科学运用和集成。因此,称重传感器不是一般的工业计量产品,而是一种需要“精雕细刻”的完美的工艺品。这就是称重传感器技术攻关以共性关键技术和工艺研究;产品的标准化、系列化与工程化研究和新产品、自主知识产权产品开发为内容的重要原因。

参考文献:

[1] New Technologies for a Changing Marketplace ISWM

conference and Expo[Z]. June 6- 9,2006.

[2] 日本计量机器工业联合会.2006/2007 东京计量计测机器工业展览会总览[Z].2006.

[3] 北京紫微浩阳科技有限公司.应变计、传感器专用生产设备选型样本资料[Z].2007.

(作者通讯地址:北京市丰台区桃源里小区 11 号楼 2 单元 6 号

邮 政 编 码:100076

收 稿 日 期:2010- 01- 26)

约 稿 函

★期刊简介

《衡器》期刊是经国家科技部和新闻出版总署批准公开发行的国家级科技期刊,是国内称重领域内唯一的专业性国家级科技期刊。办刊宗旨是:为衡器行业的科研和生产服务;为衡器事业服务。

★栏目设置

科技应用、标准规程、综述论坛、技术交流、外文翻译、动态信息、历史追踪、知识之窗、百家争鸣和人物专访等。

★稿件要求

1.稿件应具有科学性、先进性和实用性,并具有一定的学术水平,文章应论点明确、论据可靠、数据准确、逻辑严谨、文字通顺;

2.计量单位以国家法定计量单位为准,统计学符号按国家标准《统计学名词及符号》的规定书写;

3.所有文章的标题字数应控制在 20 字以内;

4.参考文献按引用的先后顺序列于文章之后;

5.正确使用标点符号,表格设计要合理,推荐使用三线表;

6.图片要清晰,注明图号;

7.来稿应尽量使用 word 排版,最好提供电子稿件;

8.来稿请注明作者姓名、单位、地址、邮编、电话及电子信箱,并附带作者本人工作照(或标准照)和个人简介(30 字左右);

9.为保障作者的合法权益,保证文章版权的独立性,严禁抄袭,文责自负,请勿一稿多投。

★本刊已被《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中文科技期刊数据库》和《万方数据数字化期刊群》收录。欢迎广大读者投稿。

联系人 魏娇玲

电 话 :024-24159903

《衡器》编辑部

2010 年 11 月 10 日