

一种称重传感器固化夹具的设计优化与验证

□汤建华^{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开发中心, 江苏常州 213164)

【摘要】本文旨在分析固化夹紧工艺在称重传感器生产中的关键控制点, 并设计优化固化夹具夹紧方案, 以提高称重传感器的性能一致性。通过分析夹具的组成与材料选择, 结合具体的工艺要求, 设计了一种理想的夹紧结构和操作规范。最后, 通过实验验证了该方案夹紧压力的稳定性, 表明该方案能够满足高精度称重传感器的固化工艺要求。相关研究作为高精度称重传感器的制造工艺提供了有益的参考。

【关键词】称重传感器; 应变片; 固化夹具; 贴片工艺; 性能测试

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2025) 08-0042-05

Design Optimization and Verification of a Curing Fixture for Load Cell

【Abstract】 This paper aims to analyze the key control points of the curing and clamping processes in the production of load cells, and design an optimized clamping scheme for the curing fixture to improve the performance consistency of load cells. Through an analysis of the composition and material selection of the fixture, combined with the specific process requirements, an ideal clamping structure and operation specification are designed. Finally, the stability of the clamping pressure is verified by experiments, which shows that this scheme can meet the curing requirements of high-precision load cells. Related research work provides a useful reference for the manufacturing process of high-precision load cells.

【Keywords】 load cell; strain gauge; curing fixture; bonding process; performance test

引言

应变片是电阻应变式称重传感器的核心基础部件, 通常用应变粘接剂贴在弹性体表面。应变粘接剂简称应变胶或贴片胶, 在性能要求方面与一般工业用结构胶和日用粘接剂有所不同^[1]。目前, 电阻应变式称重传感器所用的应变胶多数是热塑性或热固性, 应变片与弹性体粘贴后需要一段时间的高温

固化与后固化才能完成聚合过程^[2]。在高温固化过程中, 应变胶层会发生软化、流变等现象, 使得应变片和弹性体的相对位置发生变化, 产生热松弛^[2]。因此, 称重传感器在高温固化过程中必须保持一定外加夹紧力且受力应当均匀, 以确保胶层足够薄且厚度均匀, 从而避免因蠕变等原因导致的称重传感器测量误差^{[3][4]}。然而, 在应变胶固化过程中, 如何

有效施加并均匀分布夹紧压力，始终是一个技术难题。早期传统的方法是使用螺钉(螺栓)拧紧或重物施压的方法，目前也有采用弹簧式固化夹具施压的方法。以上这些方法有的存在所施加压力不准确的缺点，有的则存在生产效率低、校准繁琐等缺点。因此，本文在对目前较为先进的弹簧式固化夹具进行总结分析后，提出一种改进的弹簧式固化夹具及其施压方法，然后验证了该夹具在常温和高温下的压力保持能力。

1 典型夹具组成与工艺分析

1.1 夹具组成

典型的夹具组件一般由以下部件组成：

夹紧块：对粘合的应变计和弹性体组件施加压力，一般应具有足够的刚性，以均匀地施加压力而不会产生明显的变形，故采用金属材料。

橡胶垫：适用于平面加压，需使用耐高温橡胶^[4]，常采用肖氏硬度40~60之间的硅橡胶，厚度在1.5~2.5mm。

橡胶管：适用于内孔弧面加压，常用肖氏硬度在55~70之间的硅橡胶，管径根据实际产品内圆孔定制。橡胶垫和橡胶管主要用于均匀分配压力，同时适应小缺陷或错位，一般粘附在夹紧块上。

离型膜：为避免橡胶垫/管与应变片表面直接接触造成损伤，一般采用耐高温PET或PTFE材料的胶带进行间隔。

弹簧：使用压缩弹簧，一般采用耐高温的模具弹簧。根据应变胶的技术工艺参数，夹紧压力一般在0.3~0.5MPa ($3\text{kgf/cm}^2 \sim 5\text{kgf/cm}^2$)，因此模具弹簧的载荷等级选择中、高负载（即红色或绿色弹簧），以允许微小的尺寸变化，同时保持所需的力。

1.2 夹紧工艺分析

图1展示了几种常见结构称重传感器的典型弹簧加压方案示意图：为了在应变片和弹性体之间施加均匀的夹紧力，弹簧式固化夹具一般采用了包括夹紧块、橡胶垫(管)、离型膜、弹簧等在内的多层结构夹

紧方案。通过在夹紧装置中采用适当厚度的橡胶垫(管)和离型膜，能够根据不同厚度的应变计和弹性体组件施加均匀压力，确保固化过程中的胶层厚度一致性。在上述工艺过程中，需要注意固化夹具设计应考虑以下几点因素：

(a) 所有夹具部件必须适合多次暴露在应变计最高固化温度下。

(b) 在长时间高温下使用时，弹簧应具有长寿命、低蠕变。

(c) 夹紧力一般应施加在垂直于应变计表面的夹紧板上，且力的作用点位于单个被粘合应变片的中心。

(d) 在应用固化夹具到弹性体上时，应尽量避免应变片的移动。必要时，夹紧块可以通过导销或滑块引导到位〔如图1(b)〕。此外，一般需在应变片和高温橡胶板之间间隔垫一层聚四氟乙烯薄膜（厚度约为0.07mm）。由于聚四氟乙烯薄膜的摩擦系数低，所以作为一个滑动膜位于电阻应变计和高温橡胶板之间，允许高温橡胶板和其上的压块或压板有自行活动的余地，而又不影响电阻应变计粘贴位置的准确性。

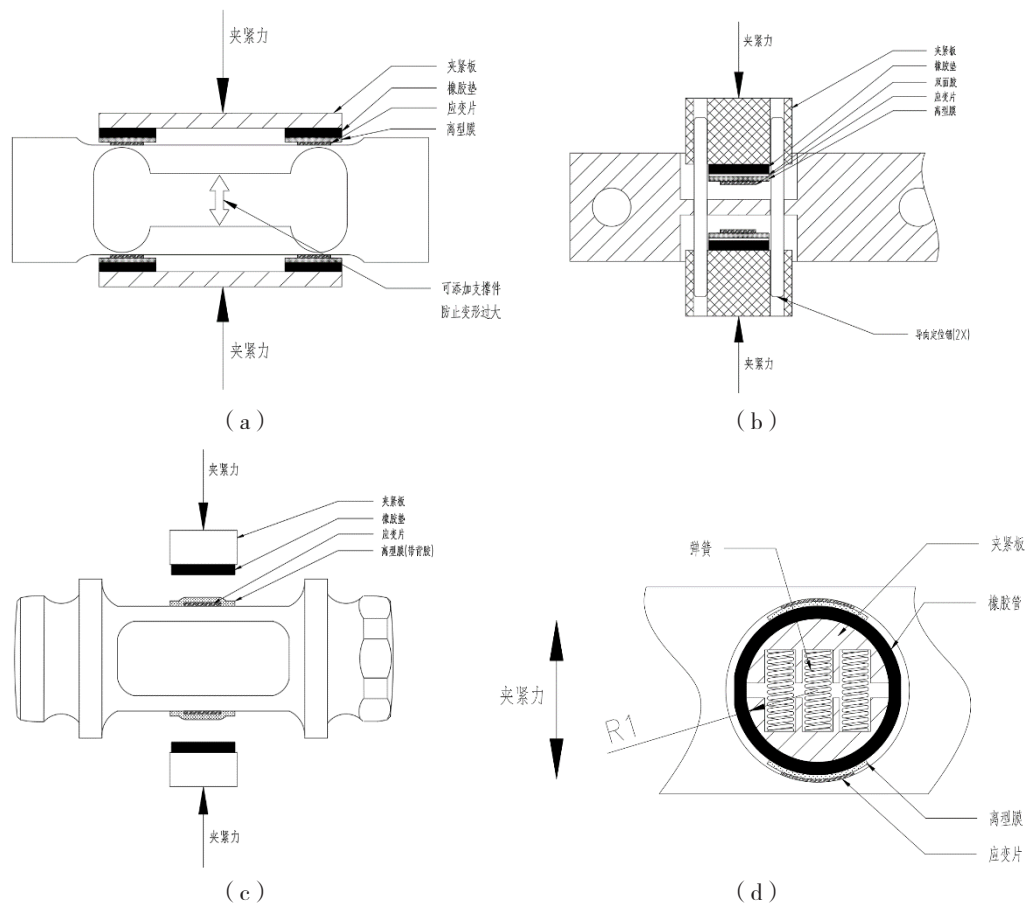
(e) 考虑到误差的累积和变形等因素，一般应避免设计将多个弹性体串联或并联布置后进行固化加压的夹具。

(f) 在固化夹具夹紧弹性体组件后，应小心处理，避免再次移动弹性体和夹具的相对位置。

(g) 对于特殊的应变计，如半导体应变计等，安装夹具时，应注意静电防护。

(h) 根据均匀粘合的要求，考虑不同厚度的组件（如应变计与接线端子）。这可以通过在适当的位置施加额外厚度的离型膜来实现。

(i) 对于容量非常小的传感器或是弹性体敏感梁孔间距较大的产品，可能需要为应变梁的内部提供额外的支撑，以防止敏感梁在夹紧时变形〔如图1(a)〕。



(a.单点式称重传感器；b.剪切梁式称重传感器；c.柱式称重传感器；d.内圆孔贴片结构的称重传感器)

图1 不同结构称重传感器典型加压示意图

2 夹具设计优化

通过分析工艺需求，对当前的弹簧式固化夹具进行改进优化，以单点式称重传感器为例，具体实施方案如图2(a)所示：

(1) 将已贴应变片需要高温固化的称重传感器1依次加上离型膜2、橡胶垫3、夹紧块4，然后放在夹具底座51上。

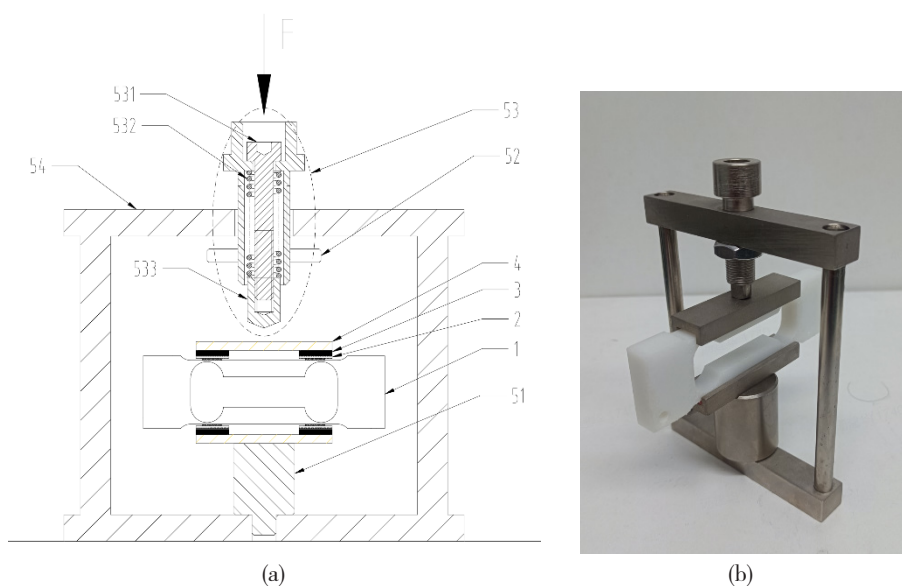
(2) 调节螺母52处于旋松状态，使得螺钉组件53端部与传感器1上方的夹紧块4自由接触。其中，螺钉组件53是中空结构，内部有支撑杆531，弹簧532套在支撑杆531上，并用限位块533将弹簧532略微压紧，消除弹簧532的自由间隙。

(3) 通过汽缸或推力计在螺钉组件53顶部施加一个已设定的固定大小的压力 F ，使得螺钉组件53下

移一段距离。相对的，此时弹簧532产生一个与所施加力 F 大小相等的反作用力。

(4) 将螺母52旋紧，使其与夹具的外框54紧密接触后，移除所施加的外部压力 F 。此时，弹簧仍将保持一个与先前所施加外力 F 大小相等的力继续作用于夹紧块4以及夹紧块4之间的各元件上。最终安装效果如图2(b)所示。

施加的外部压力 F 由应变胶生产商建议的压力 P 和同一侧橡胶垫的总接触面积 S 共同决定，即 $F=P \times S$ 。在本案例中，应变胶生产商建议的压力 P 范围是0.3~0.5MPa，每个应变片上的橡胶垫大小为1.0cm×1.5cm，得到橡胶垫总面积 $S=3.0\text{cm}^2$ 。因此，所要施加的外力大小范围是90N~150N。根据计算得到的施加力大小，本案例最终确定弹簧规格为绿色重载弹簧（TH/SWH-8×30）。



(a. 工作原理图; b. 实物安装效果图)

图2 固化夹具安装示意图

3 效果验证

如图3所示，在夹具中间安放一只采用玻璃微溶工艺制作的单点式高温称重传感器，然后施加10kgf外力，并旋紧螺母，使夹具内的弹簧产生10kgf的压紧力作用在该高温称重传感器上。在上述装夹过程中，采用六位半仪表记录传感器的输出电压值，

并在常温下持续记录传感器输出数据约1h。然后，将夹具和传感器放入烘箱，并开启烘箱，设定工作温度为120° C，保温时长为3h。到时间后，关闭烘箱，开始降温，继续采集传感器数据2h，相关测试数据如图4、图5所示。

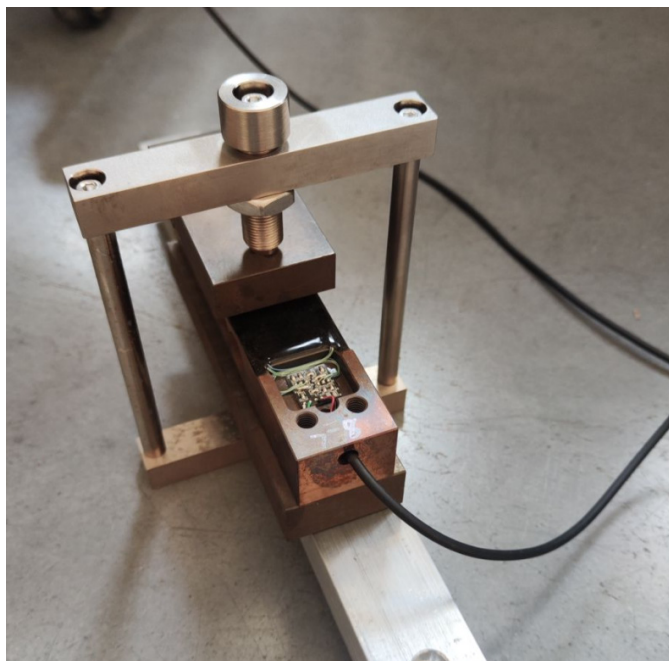


图3 夹具夹紧力实验待测试组件

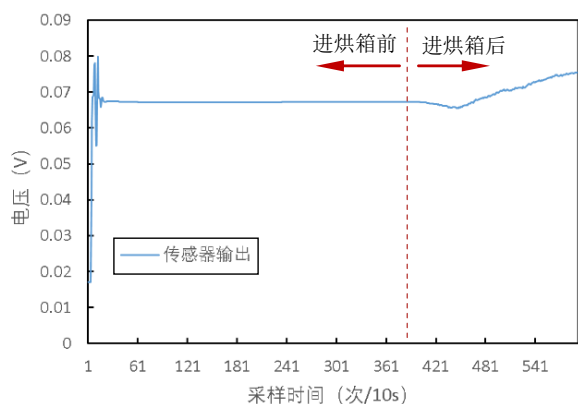


图4 夹具夹紧力监测数据1

从图4可以看出,该夹具方案在外加力移除后,弹簧的反作用力有一定减小(减小了约15%),这主要是由于螺纹加工精度不高,调节螺母与螺钉组件外螺纹存在间隙所致。在此之后,弹簧产生的压力较为稳定,直到夹具放入烘箱后,由于热胀效应,弹簧产生的压力随温度的升高而增加。而根据图5曲线可知,在热胀效应稳定后,弹簧压力在高温环境下保持较为平稳。进入降温阶段后,弹簧压力虽有一些波动,但在可接收范围内。根据实验结果:经过高温循环后,该改进后的固化夹具稳定后的压力值进烘箱前后的变化量小于10%,能够满足高精度称重传感器的固化工艺要求。

4 结语

本文通过对弹簧式固化夹具及夹紧工艺的分析,提出了一种改进的弹簧式固化夹具及其夹紧方法,相关方案已申请发明专利2项并获授权。相关方案通过选择合适的材料和精确设计夹具,能够在高温固化环境下实现高稳定性的压力分布,将应变计与弹性体之间的夹紧力保持在合理范围,从而确保胶层厚度合理且均匀。这对于提高称重传感器的精度和一致性具有重要的意义,尤其是在高精度称重应用中。实验结果验证了该固化夹具方案在保证性能一致性方面的有效性,表明其可在大规模生产中推广应用。

参考文献

[1] 尹福炎.电阻应变计技术六十年(3)应变胶粘

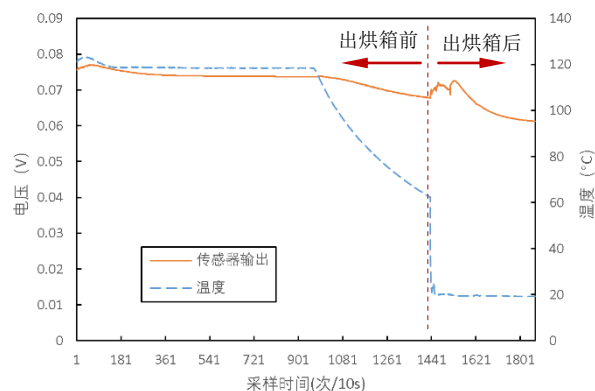


图5 夹具夹紧力监测数据2

剂的进展[J].传感器世界,1998,(12):10-16.

[2] 任兴利.圆柱应变传感器多点贴片夹具[J].称重技术,1998,(01):48-49.

[3] 刘九卿.制造技术在称重传感器研制、生产中的作用及其发展趋势[J].自动化仪表,1996,(11):36-40+48-49.

[4] 汤建华.浅析称重传感器贴片用耐高温橡胶的设计与选型[J].衡器,2023,52(05):16-20.

作者简介

汤建华,男,江苏昆山人,正高级工程师,博士,常州纺织服装职业技术学院智造学院。主要从事称重测力传感器方面的研究与应用工作。