

# 一种新型传感器支架的设计与应用

李飞鸿, 李南希, 代元平

红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2025年9月4日; 录用日期: 2025年10月11日; 发布日期: 2025年12月8日

## 摘要

目前卷烟包装设备安装的传感器较为密集, 由于高速包装机运行时会导致设备机身振动, 以及传感器针脚细小、材质脆弱, 所以容易造成传感器损坏。根据车间修理人员统计, 每台包装机外漏大约30个传感器, 传感器的损坏往往会造成线路短路故障, 而短路故障的故障点错综复杂, 最终导致包装机故障排除时间较长, 严重影响了设备运行效率。为减少包装机因传感器损坏而产生的停机, 提高设备运行效率, 减少车间不必要的器件损坏。设计的新型传感器支架, 包括安装座, 所述安装座的内部开设有四个呈均匀分布的安装孔, 所述安装座的前端接触有支架座, 所述支架座的下端固定连接有支架杆, 所述安装座的上下两端内部均滑动连接有两个呈对称分布的滑杆, 所述滑杆与支架座滑动连接, 所述滑杆的前端固定连接有滑块。本实用新型通过设计支架杆的作用, 支架杆可通过扎带与传感器线缆进行连接固定, 可对传感器线缆进行辅助固定, 避免拉拽造成传感器的损坏, 且支架杆可随意进行弯折, 方便对线缆走向进行调节, 安装座安装于传感器上进行使用, 同时支架座可方便的从安装座上进行拆卸, 即使支架杆变形断裂也可方便地进行更换使用。此新型传感器支架已应用于玉溪(软)卷烟的生产, 结构简单且使用效果良好, 相比于无固定传感器, 使用传感器支架的损坏频次大幅度降低。该装置可为同类型卷烟包装设备提供支持。

## 关键词

传感器, 支架, 固定调节

# Design and Application of a Novel Sensor Bracket

Feihong Li, Nanxi Li, Yuanping Dai

Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: September 4, 2025; accepted: October 11, 2025; published: December 8, 2025

## Abstract

Currently, cigarette packaging equipment is equipped with a high density of sensors. Due to the

vibration of the machine body during high-speed operation, along with the fine pin needles and fragile material of the sensors, sensor damage is prone to occur. According to statistics from workshop maintenance personnel, approximately 30 sensors are exposed on each packaging machine. Sensor damage often leads to short-circuit faults, which are characterized by complex fault points, ultimately resulting in prolonged troubleshooting time and significantly impacting operational efficiency. To further reduce machine downtime caused by sensor damage, improve equipment efficiency, and minimize unnecessary component failures in the workshop. The newly designed sensor bracket includes a mounting base, with four evenly distributed mounting holes internally. The front end of the mounting base contacts a bracket seat, and the lower end of the bracket seat is fixedly connected to a bracket rod. The upper and lower ends of the mounting base each have two sliding rods symmetrically arranged, which are connected to the bracket seat in a sliding manner. The front end of each sliding rod is fixedly connected to a sliding block. This utility model achieves its purpose by designing the bracket rod, which can be connected and secured to the sensor cable via cable ties, providing auxiliary fixation to prevent damage from pulling. The bracket rod can also be bent freely, facilitating adjustment of the cable routing. The mounting base is installed on the sensor for use, while the bracket seat can be easily detached from the mounting base. Even if the bracket rod becomes deformed or broken, it can be conveniently replaced. This new sensor bracket has been applied in the production of Yuxi (Soft) cigarettes, featuring a simple structure and excellent performance. Compared to unfixed sensors, the frequency of damage is significantly reduced when using the sensor bracket. This device can provide support for similar cigarette packaging equipment.

## Keywords

Sensor, Bracket, Fixed Adjustment

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 文献综述

工业设备传感器保护装置的研究现状与技术发展呈现多维度创新态势，国内外研究聚焦于微型化、智能化及环境适应性三大方向。国内研究以 MEMS 技术为核心突破点，2024 年 MEMS 工艺渗透率已达 58%，推动传感器体积缩小至纳米级(如 5 nm 激光光刻技术)，同时通过氮化铝等新材料降低成本 30% [1]。

专利技术方面，国内外在工业传感器保护装置领域的布局呈现差异化竞争格局。国内专利以结构防护和信号处理为主，如中科院团队开发的抗冲击封装技术，通过碳纳米管缓冲层将振动耐受性提升至 2000 g。

而国际巨头如博世、霍尼韦尔则聚焦智能诊断系统，其专利采用边缘计算芯片实时分析传感器异常数据，故障预测准确率达 92% [2]。

技术差异体现在：1) 核心材料上，国内石墨烯压力传感器灵敏度较国际先进水平低 15%。

2) 算法层面，欧美企业主导的六维力传感器解耦算法专利占比超 60%。

但国内在政策驱动下加速追赶，《智能传感器产业三年行动计划》推动企业研发投入年增 25%，2025 年国产 MEMS 激光雷达市场份额已超 97%，显示特定领域技术突破能力。

工业传感器作为现代制造业的感官器官，对生产过程监控、质量控制、设备安全等方面起着至关重要的作用。然而，在恶劣的工业环境中，传感器常常面临物理冲击、污染、腐蚀、电磁干扰等多重威胁，导致测量精度下降、寿命缩短甚至直接损坏。因此，传感器保护装置的技术发展直接关系到工业设备的

可靠性与智能化水平。近年来,国内外企业和研究机构在传感器保护领域取得了显著进展,各种创新性保护方案不断涌现,通过分析这些技术成果,能够为未来研究方向提供有价值的参考。

中国企业在传感器物理防护领域取得了显著成果,多家公司推出的创新方案解决了传感器在不同工业环境中的特定挑战。苏州隆恒知识产权代理事务所提出的板坯连铸机位移传感器保护结构采用滑套件与护罩件的独特设计,使滑套件能沿护罩件外壁进行往复滑动。该装置在滑套件端侧设置的密封垫和密封压板,既保证了动态密封效果,又防止了连铸现场高温粉尘侵入,极大延长了位移传感器在恶劣环境下的使用寿命。这种设计代表了在高污染环境下保持传感器精度的典型解决方案[3]。

在密封技术方面,鞍山嘉讯科技专利事务所开发的轧机压力传感器防护装置采用了多重密封策略。该装置通过底座、底板、定位板和盖板的组合结构,创造了一个高度密封的工作空间。特别值得关注的是,其在盖板与底座连接处不仅采用螺栓紧固,还涂抹专用密封胶,并在螺栓结构中创新性地加入碟簧组件,确保盖板与传感器之间保持恒定预紧力。这种设计不仅消除了油泥、水和铁皮对传感器的损害,还保证了压力检测的长期精度。该方案解决了冶金行业中液压系统压力监测的可靠性难题[1]。

北京市海格立斯智能装备技术有限公司则针对矿业环境开发了可压缩式位置传感器保护器,其独特之处在于采用弹簧机械结构与被测物体间接接触。当传导杆前端被物体按压时,复位弹簧被压缩,只有达到预定正压力时,传感器才会触发信号。这种设计有效防止了非正常物体或流体误触发传感器的问题,显著提高了矿业自动化设备的运行精准度。该保护器在矿业输送系统、工程机械定位等场景具有广泛应用价值[1]。

纵观国内传感器保护技术发展,呈现出以下明显特征:一是解决方案更加场景化,针对不同工业环境中的特定问题提出专门设计方案;二是密封技术日益成熟,从静态密封向动态密封发展;三是材料应用更加多元化,结合结构设计解决综合防护问题。然而,国内技术在智能化监测与自适应保护方面仍相对薄弱,多数专利仍集中在结构改良层面。

国际传感器保护技术正朝着智能化、自适应方向快速发展,涌现出一系列结合先进传感、驱动和控制技术的创新解决方案。在水质监测领域,一项具有前瞻性的自动传感器防护装置采用弹性部件与电磁驱动相结合的独特方案。该装置在传感器非工作时段通过保护头将测量单元与水体完全隔离,仅在测量时短暂开启。其采用的电磁驱动系统功率不足 1 W,却能够实现连续工作 3 年以上的超长寿命,代表了间歇工作防护的新范式。这种方案突破传统“一直监测,持续污染”的困境,通过减少传感器与环境接触时间来延长使用寿命。

在机床传感器保护领域,一种用于定位刀具补偿的传感器保护系统引入了主动回收与清洁机制。该系统通过延伸架内的存放腔,在非测量时段将传感器收回保护,避免与加工物料持续接触。其创新点在于,传感器收回后会自动进行高频往复抖动,有效清除附着在传感器表面的碎渣与污染物。这种结合机械保护与自动清洁的设计思路,为高污染环境下的传感器保护提供了全新解决方案。

国际领先企业正致力于开发多功能集成化的传感器保护系统,将多种防护机制融合于一体。日图科技有限公司获得的“具有防护结构的工业仪表”专利,设计了一种在压力传感器发生泄漏情况下仍能维持正常工作的保护系统。该系统的核心在于双防护壳设计与辅助连通机构,当内层传感器发生泄漏时,泄漏物会被单向阀和连通管系统导向特定收集区域,同时触发警报机制。这种“容忍故障”的设计理念,突破了传统防护装置仅能预防故障的局限,在安全性要求极高的流程工业中具有重要价值。

深圳市嘉颖辉科技有限公司的压力传感器防护装置则专注于抗冲击性能的提升。该设计在盒体两侧配置了由伸缩杆和防护盖组成的缓冲防护机构,伸缩杆内侧设置的缓冲弹簧能有效吸收和分散外部冲击能量。这种结构简单的设计,却能在石油开采、深海探测等高振动环境中保证传感器的测量精度和稳定

性。该方案反映了国际上一味追求“刚性防护”向“柔性缓冲”转变的技术趋势。

国际传感器保护技术的发展呈现出明显的智能化与系统化特征：一是保护机制从被动防护向主动防护转变；二是单一保护目标向综合性能保障发展；三是更加注重防护装置与主系统的集成设计；四是“容忍故障”理念逐步替代传统的“完全预防”思维。这些趋势代表了传感器保护技术的未来发展方向，也为我国相关技术研究提供了重要参考[4]。

随着工业环境日益复杂和对传感器精度要求不断提高，传感器保护技术已从单一的结构防护发展到多机制协同的智能防护。

通过对各类保护技术的对比分析，可以清晰地看到传感器保护技术的发展脉络：从传统的静态密封(如早期密封罩)发展到动态密封(如滑套件与护罩件的配合)，再进步到缓冲防护(如多弹簧缓冲系统)，最终向智能主动防护(如电磁驱动的间歇工作系统)方向发展。这一演进过程反映了防护理念从“被动承受”向“主动规避”的深刻转变。

结合国内外工业设备传感器保护装置的技术现状、专利成果与发展趋势。从简单的物理密封到智能化的主动防护，传感器保护技术已形成多维度、多层次的技术体系。国内技术在结构密封与机械缓冲方面积累了丰富的经验，解决了诸多工业现场的具体问题；而国际技术则更注重智能化与系统集成，代表了未来发展方向[5]。

## 2. 引言

卷烟包装设备的传感器支架是关键的部分，它的设计直接影响着整个包装设备的性能和稳定性。合理的传感器支架设计不仅能够提高检测精度，还能够确保设备的可靠运行。

首先，合理的传感器支架设计能够有效地保护传感器，避免其受到外部环境的干扰和损坏。传感器作为包装设备的核心部件，其测量数据的准确性直接决定了设备的性能。传感器支架可以为传感器提供稳定的安装环境，最大程度地减少振动、撞击等因素对传感器的影响，从而保证了数据采集的准确性[1]。

其次，合理的传感器支架设计能够提高设备的整体稳定性。传感器支架不仅要能够牢固地固定传感器，还要能够承受整个设备运行过程中的各种外力作用。优秀的支架设计不仅能够确保传感器位置的稳定性，还能降低设备整体的振动，提高设备的平稳性，从而延长设备的使用寿命。

最后，合理的传感器支架设计还能够提高设备的维护便利性。良好的支架设计不仅能够方便传感器的安装和拆卸，还能够确保维修人员能够快速高效地进行故障检修。这不仅能够缩短设备停机时间，提高生产效率，还能够降低维护成本，为卷烟工厂带来经济效益。

总之，卷烟包装设备传感器支架的合理设计对于整个设备的性能和稳定性至关重要。通过对传感器支架进行优化设计，不仅能够提高设备的检测精度和稳定性，还能够提升维护便利性，为卷烟工厂带来综合性的经济和社会价值。为此本文设计了一款适用于卷烟包装设备的新型传感器支架。

## 3. 问题分析

卷烟生产工序中，由于产量大、工艺精巧，工作人员无法直接参与卷制和包装工艺，只好借助于机器的批量生产，生产中机器会受到电流、电压不稳造成的电气故障，或机械磨损、机械错位等原因造成产品质量缺陷和机器损坏。为防止出现上述情况，这就需要采用安装传感器的方法来保证机器运行和产品质量。在卷烟卷包生产线中，传感器对于产品质量监控和机器正常运行发挥着至关重要的作用，主要表现在质量检测、机械定位与机械故障报警和温度控制三个方面。

目前，卷烟包装设备多数传感器都是无固定状态，存在如下问题导致传感器损坏：电缆线束捆扎不到位；操作人员清洁传感器方法不正确；设备运动部件对传感器接头牵拉；传感器接头细小、材质脆弱；



生产环境常漏胶，干胶依附加速电缆线束老化；环境温度、湿度影响传感器寿命；设备需要油料润滑，易漏油污染加速老化。

这种传感器线缆固定支架设计灵活，易于安装调节，可有效保护传感器免受损坏，是一种实用性较强的新型装置。传感器损坏频次过高的问题得到有效控制，降低了维修成本消耗，有效地保障了产品的质量，明显提升了设备运行效率，同时也减少了电气修理人员维修频次，降低了操作人员的劳动强度。

## 4. 方案设计

本文所设计的新型传感器支架，解决了不方便对传感器线缆进行固定保护的技术问题。

为解决上述技术问题，本实用新型提供的传感器支架，包括安装座，所述安装座的内部开设有四个呈均匀分布的安装孔，所述安装座的前端接触有支架座，所述支架座的下端固定连接有支架杆，所述安装座的上下两端内部均滑动连接有两个呈对称分布的滑杆，所述滑杆与支架座滑动连接，所述滑杆的前端固定连接有滑块，所述滑块与支架座滑动连接，相邻两个所述滑杆相互靠近的一端均固定连接有导杆，所述导杆与安装座滑动连接，所述导杆的外侧设置有弹簧，所述滑块上设置有限位机构。

### 4.1. 传感器支架组成及系统设计

具体实施方式

参阅图 1、图 2，传感器支架，包括安装座 1，安装座 1 的内部开设有四个呈均匀分布的安装孔 2，安装座 1 的前端接触有支架座 3，支架座 3 的下端固定连接有支架杆 4，安装座 1 的上下两端内部均滑动连接有两个呈对称分布的滑杆 5，滑杆 5 与支架座 3 滑动连接，滑杆 5 的前端固定连接有滑块 6，滑块 6 与支架座 3 滑动连接。

参阅图 1、图 2，相邻两个滑杆 5 相互靠近的一端均固定连接有导杆 7，导杆 7 与安装座 1 滑动连接，安装座 1 的内部开设有导槽 10，导槽 10 的内部滑动连接有导杆 7，通过设计导槽 10，使得导杆 7 可在安装座 1 的内部滑动，导杆 7 的外侧设置有弹簧 8，弹簧 8 的一端与滑杆 5 固定连接，弹簧 8 的另一端与安装座 1 固定连接，通过设计弹簧 8，使得弹簧 8 的作用力可作用于滑杆 5，滑块 6 上设置有限位机构 9。

参阅图 1、图 2、图 3，限位机构 9 包括挡块 91、扣槽 92、插块 93、插槽 94、卡块 95、卡槽 96，相邻两个滑块 6 之间均接触有挡块 91，挡块 91 与支架座 3 滑动连接，挡块 91 的前端开设有扣槽 92，挡块 91 的另一端固定连接有插块 93，插块 93 与安装座 1 滑动连接，安装座 1 的内部开设有插槽 94，插槽 94 的内部滑动连接有插块 93，通过设计插槽 94，使得插块 93 可在插槽 94 内滑动，插块 93 的圆周面固定连接有两个呈对称分布的卡块 95，卡块 95 与安装座 1 卡接，安装座 1 的内部开设有卡槽 96，卡槽 96 的内部卡接有卡块 95，通过设计卡块 95 与卡槽 96 的卡接，可将挡块 91 固定，卡块 95 与插块 93 为一体式结构，卡块 95 与插块 93 均为橡胶材质，通过设计限位机构 9，可对滑块 6 进行限位。

工作原理：使用时，先将安装座 1 通过安装孔 2 安装于传感器上，然后通过扎带与传感器线缆进行连接固定，可对传感器线缆进行辅助固定，避免拉拽造成传感器的损坏，且支架杆 4 可随意进行弯折，方便对线缆走向进行调节。当需要对支架座 3 进行拆卸时，先扣住扣槽 92，然后拉动挡块 91，挡块 91 带动插块 93 移动，插块 93 带动卡块 95 移动，使得插块 93 及卡块 95 从安装座 1 内抽出，将挡块 91 取下后，推动滑块 6，滑块 6 带动滑杆 5 及导杆 7 移动，滑杆 5 挤压弹簧 8，使得滑块 6 与支架座 3 的前端外表面分离，即可将支架座 3 取下，支架座 3 可方便地从安装座 1 上进行拆卸，即使支架杆 4 变形断裂也可方便的进行更换使用。当更换完成后将挡块 91 复位，使得挡块 91 与滑块 6 接触，挡块 91 可对滑块 6 的行程进行限制，防止其在支架座 3 上的滑动，从而可提升支架座 3 与安装座 1 的连接稳定性，提高传感器支架的使用效果。

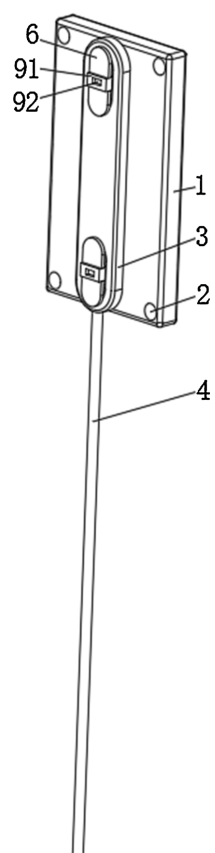


Figure 1. Structural diagram of sensor bracket  
图 1. 传感器支架结构图

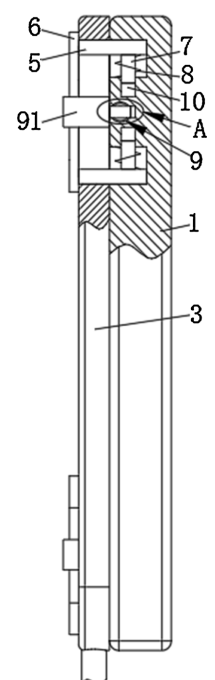
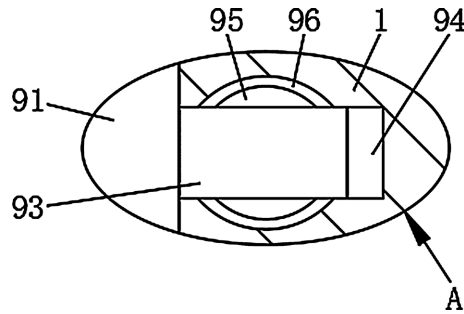


Figure 2. Cross sectional view of sensor bracket  
图 2. 传感器支架剖视图



**Figure 3.** Partial diagram of sensor bracket structure  
**图 3.** 传感器支架结构局部图

#### 4.2. 传感器支架关键设计

##### 1) 传感器支架的设计

为了解决传感器损坏频次过高的问题，小组成员计划制作一个传感器保护装置；制作的支架要适应多种型号的传感器，且方便制作，现场安装维护简单。参考了医院输液支架；GDX500 包装机传感器透明保护罩(GD 公司设计)；GDX500 包装机传感器金属保护罩(自主设计)；FOCKE 封箱机传感器保护罩；封箱机上原机电眼线箍固定；电缆线束末端套上柔性弹簧套等方案，小组成员根据以上参考方案，设计了通用传感器保护支架。

##### 2) 选择材料

小组成员选择了几种设备上常用的材料，分别是 45 钢、黄铜、青铜(QA19-4)、球墨铸铁(QT900-2)、不锈钢(4Cr13)。对这几种材料采用加权分析，选择最佳的支架材料。

##### 3) 确定权重系数

针对五种备选材料，如表 1，小组成员分别从强度、刚度、耐磨性、耐腐蚀性、加工难度、成本六个方面，利用“灰色关联分析法”确定其权重系数。

**Table 1.** Weight coefficient determination table  
**表 1.** 权重系数确定表

项目	强度	刚度	耐磨性	耐腐蚀性	加工难度	成本	总分	权重(%)
强度	1	2	3	4	5	6	21	34.3%
刚度	0.5	1	2	3	4	5	15.5	25.4%
耐磨性	0.33	0.5	1	2	3	4	10.83	17.7%
耐腐蚀性	0.25	0.33	0.5	1	2	3	7.08	11.6%
加工难度	0.20	0.25	0.33	0.5	1	2	4.28	7.0%
成本	0.167	0.20	0.25	0.33	0.5	1	2.447	4.0%
合计							61.137	100
评分方法	以“行”为基础，逐个与“列”对比，确定分数							
评分标准	按“行”比“列”重要程度确定：一个因素与另一个因素同等重要，给 1 分；一个因素比另一个因素明显重要，给 3 分；一个因素比另一个因素极端重要，给 5 分；两个因素相似取中值 2、4 分							
	整分标准							
	倒数分标准	“行”没有“列”重要，取整分的倒数即倒数分						

4) 确定选择的材料

根据表 1 中的计算结果，小组对备选的五种材料采用加权的方式进行分析比较，具体计算情况如表 2 所示。

Table 2. Optimization comparison analysis table  
表 2. 优化比较分析表

待选对策方案		45 钢	黄铜(T96)	青铜(QAl9-4)	球墨铸铁(QT900-2)	不锈钢(4Cr13)
强度	权重系数	600 MPa	215 MPa	612 MPa	600 MPa	600 MPa
	$\alpha 1 = 0.343$	4	1	5	4	4
刚度	权重系数	210 GPa	89 GPa	103 GPa	172 GPa	220 GPa
	$\alpha 2 = 0.254$	4	1	2	3	5
耐磨性	权重系数	中等	较好	较好	极好	极好
	$\alpha 3 = 0.177$	3	4	4	5	5
耐腐蚀性	权重系数	较差	优良	优良	较好	极好
	$\alpha 4 = 0.116$	1	3	3	4	5
加工难度	权重系数	较低	较低	较高	中等	中等
	$\alpha 5 = 0.07$	1	1	5	4	4
成本	权重系数	低	高	较高	中等	中等
	$\alpha 6 = 0.04$	1	4	5	3	3
		3.145	1.883	3.829	3.883	4.507
加权后综合得分		首选 5 分，次选 4 分，备选 3 分，条件选择 2 分，限制选择 1 分 注：条件选择：其余均为最好时，可以考虑选择。限制选择：不允许出现。				

通过上述的分析，小组选择加工通用传感器保护支架的最佳材料为不锈钢(4Cr13)。

5. 应用效果

为进一步确定实施后的效果，小组成员对 GDX6S 包装机传感器保护支架安装前后半年内的传感器损坏频次情况，结果如表 3 和表 4 所示。

Table 3. Statistics of frequency of sensor damage before installation  
表 3. 安装前传感器损坏频次统计表

月份	传感器损坏频次
2019 年 11 月	4
2019 年 12 月	5
2020 年 1 月	4
2020 年 2 月	6
2020 年 3 月	7
2020 年 4 月	6
合计	32



**Table 4.** Statistics of frequency of sensor damage after installation  
**表 4.** 安装后传感器损坏频次统计表

月份	传感器损坏频次
2020 年 6 月	3
2020 年 7 月	2
2020 年 8 月	2
2020 年 9 月	3
2020 年 10 月	1
2020 年 11 月	2
合计	13

安装前传感器半年累计损坏频次为 32，安装后传感器半年累计损坏频次 13。将传感器损坏频次的全年目标值取半，与安装后进行对比，可以看出，安装传感器保护支架后传感器损坏频次明显降低，改善效果良好。

## 6. 效益分析

### 经济效益分析

1. 成本：支架为小组成员自制，每个成本为 5 元。在最终确定设计方案并应用前，设计过程中报废 40 个，安装过程中意外损坏 55 个，安装使用 142 个，后续制作了 500 个，该部分经济投入为： $5 \times (40 + 55 + 500) = 4975$  (元)。

2. 收益：全年减少传感器更换 38 个，其成本统计如表 5 所示。

**Table 5.** Cost statistics of sensors  
**表 5.** 传感器成本统计表

类型	物料编码	件号	单价(元)	数量	总价(元)
光电传感器	2150223000291	2529401247	625.88	16	10,014.08
电感传感器	2150232002232	331609003063	733.60	2	1467.2
电感传感器	2150232001812	331611003080	874.75	4	3499
电感传感器	2150232000732	331611003088	5662.75	8	45302
电感传感器	2150232000362	331611003090	1470.51	6	8823.06
电感传感器	2150232001562	331611003089	1348.46	2	2696.92
总计	/	/	/	38	71,802.26

根据表 5 可知，该部分总计节约成本 71802.26 元。

3. 节约时间：将 GDX6S 包装机全年因传感器损坏对应的故障点维修时间统计如表 6 所示。

从表 6 可以看出，全年减少维修停机时间 582 分钟，GDX6S 包装机平均每分钟产量 600 包/分钟。则全年增加经济效益： $582 \times 600 = 349,200$  (包)。GDX6S 包装机传感器损坏频次过高的问题得到有效控制，降低了维修成本消耗，有效地保障了产品的质量，明显提升了设备运行效率，同时也减少了电气修理人员维修频次，降低了操作人员的劳动强度。

Table 6. Statistics of repair time corresponding to sensor damage causes  
表 6. 传感器损坏原因对应维修时间统计表

传感器损坏原因	传感器更换个数	每个传感器维修停机 时间/单位：分钟	总维修停机 时间/单位：分钟
设备部件拉断传感器	14	23	322
传感器接头针脚断裂	6	17	102
电缆线束根部断开	4	6	24
操作工保养设备扯断传感器	2	4	8
清洁工清洁扯断传感器	6	10	60
传感器达到寿命期限	2	7	14
其他	4	13	52

7. 结论

本文所设计的传感器支架设计,小组紧紧围绕 GDX6S 包装机传感器损坏频次过高的问题展开活动。从设备的结构、传感器工作原理和特点进行了简单分析,找出传感器损坏频次过高的原因,提出设计方案并实施。在项目实施过程中,小组成员齐心协力、积极探索,针对某个部位传感器损坏并考虑到其他设备同位置也会有损坏,因此为避免同类问题以后再出现,需批量安装传感器保护支架,进而减少了不必要的设备停机时间,本着“净”管理理念,切实提升设备综合“净”效率,极大降低了成本,达到了项目预期目标。在当前高质量发展的经济大背景下,严格控制成本,降低器件损坏频次显得尤为重要。小组必须以质量、成本控制和设备效率为中心将创新活动持之以恒的坚持下去,这样才能与企业的实际发展相结合,为企业高质量发展做出贡献。

目前该传感器支架有诸多局限性:如仅仅在单一机型上验证传感器支架的使用情况,未进行多种设备机型的验证;同时未考虑到传感器保护支架的长期疲劳等。

当前技术创新的焦点主要体现在三个方面:一是多机制协同,如结合密封、缓冲和电气防护的综合解决方案;二是状态监测集成,将传感器稳定性监测与保护装置结合;三是自适应能力,使保护装置能够根据环境变化调整防护策略。这些创新点正是未来研究的重要方向[6]。

尽管传感器保护技术取得了长足进步,但通过对现有专利技术的深入分析,仍可识别出以下几方面明显局限:

环境适应性不足:多数保护装置针对特定场景设计,缺乏对多变工业环境的适应性。如板坯连铸机的位移传感器保护结构虽能有效防尘,但对温度变化的适应性未充分考量。同样,矿场用可压缩式保护装置解决了防误触问题,但在潮湿腐蚀环境下的长期耐久性仍有疑问。

智能化程度有限:大部分保护装置仍停留在机械防护层面,缺乏状态监测与智能预警功能。例如,轧机压力传感器防护装置虽提供了优良的密封性能,却无法在性能退化前提供预警。露点传感器防护装置具有出色的缓冲效果,却无法感知自身防护状态。

综合防护能力薄弱:现有方案多专注于单一威胁防护,难以应对工业环境中的多重威胁。例如,某些防护装置可能善于防物理冲击却不具备电气过压保护能力;水体监测传感器防护能有效隔离污染物,却未考虑电气部分的保护。

维护成本与便利性被忽视:许多设计虽提高了防护性能,却增加了安装与维护的复杂性。如露点传

传感器的连接机构需要多个弹簧和压块配合, 拆装过程复杂, 现场维护难度大。专用性强、普及度低。

针对上述局限, 未来传感器保护装置的研究与开发可遵循以下创新路径:

**自适应智能保护系统:** 开发能够根据环境参数(温度、湿度、振动强度等)自动调整防护策略的智能保护装置。这类系统应集成多种传感器, 采用算法分析环境数据, 实时调整防护机制。例如, 结合超声波传感器加固防护装置中的稳定性监测模块与自动传感器防护装置的间歇工作理念, 创造出既能主动防护又能自我监测的系统[4]。

**多功能一体化设计:** 研究集机械缓冲、密封防护、电气绝缘、热管理于一体的综合防护解决方案。如将过电压保护装置的疏导原理与压力传感器防护装置的缓冲机构相结合, 提供全方位保护。材料科学的应用也将是关键, 如开发自愈合材料、相变温控材料等新型防护材料[6]。

**轻量化与模块化构架:** 针对不同工业场景的需求, 开发标准化、模块化的保护装置, 便于安装维护和批量生产。可以借鉴定位刀具补偿传感器保护系统的收回机构与露点传感器防护装置的连接机构, 设计出兼顾防护性能与维护便利的模块化系统[4]。

**预测性维护集成:** 将传感器保护装置与预测性维护系统深度融合, 通过持续监测保护装置自身状态及传感器性能变化, 提前预警并安排维护。例如, 在轧机压力传感器防护装置中集成磨损监测传感器, 或在水体监测传感器防护装置中添加防护效能评估模块[4]。

**能源自供给技术:** 探索从环境中采集能量(如振动能、温差能)为保护装置供电的技术, 解决额外布线或电池更换问题。特别是对于自动传感器防护装置这类需要动力的系统, 能源自供给技术将极大扩展其应用场景[6]。

当前研究的创新突破口预计将出现在以下几个领域: 一是智能材料在传感器保护中的应用, 如自愈合涂层、相变温控材料等[4]; 二是多物理场协同防护技术, 同时应对机械、热学、电气等多种威胁[4]; 三是边缘计算与 AI 算法在防护决策中的应用, 实现从“被动防护”到“主动适应”的转变; 四是数字孪生技术在传感器保护系统设计与运维中的应用, 通过虚拟仿真优化防护策略[5]。

未来的工业传感器保护装置将不再是简单的“附加部件”, 而是与传感器深度融合的智能保护系统, 具备环境感知、智能决策与自适应调节能力[1]。这一转变不仅需要机械、材料、电子等多学科的交叉创新, 更需要从根本上改变防护理念, 将“保护”视为一个全生命周期的动态过程。中国企业与研究机构应当在跟踪国际先进技术的同时, 加强基础理论与原始创新, 在传感器保护的智能化、系统化方面取得突破, 为我国工业智能化进程提供坚实保障[4]。

## 参考文献

- [1] 刘少强, 张靖. 传感器设计与应用实例[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [2] 陈黎敏, 李晴, 朱俊. 传感器技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2021.
- [3] 卢郝芸, 梅晓莉. 传感器原理与应用(第2版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [4] 顾廷炜, 汤明宏, 孙晓冬. 智能传感器技术应用现状与发展趋势综述[J]. 物联网技术, 2025(1): 59-63.
- [5] 刘会聪, 王凤霞, 李东升, 迟文政, 孙立宁. 基于 MEMS 传感器的机器人感知技术研究现状与发展趋势[J]. 智能感知工程, 2024(1): 20-30.
- [6] 柴君飞. 传感器技术在机电自动化控制中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(S2): 80-82.