

基于微型化需求的无线温度传感器机械结构创新设计

陈国伟

浙江维思无线网络技术有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】当前无线温度传感器在诸多领域已得到广泛应用，然而，现有产品的尺寸与性能仍存在一定局限性。较大体积限制了其在狭小空间或需要植入式监测场景中的应用，还可能存在功耗较高、传输距离受限等问题，影响了其在远距离、高精度测量方面的表现。微型化传感器的发展则有望突破这些瓶颈，其不仅能够拓展无线温度传感的应用范围，使其适用于更为复杂和严苛的环境，还有助于实现更便捷、更智能的温度监测。基于此，本文主要论述了微型无线温度传感器的应用价值和显著特点，并给出了机械结构创新设计方案，为相关领域的研究和应用提供借鉴参考。

【关键词】微型化；无线温度传感器；机械结构创新设计

Innovative design of mechanical structure of wireless temperature sensor based on miniaturization requirements

Chen Guowei

Zhejiang Weisi Wireless Network Technology Co., LTD. Zhejiang Jiaxing 314000

【Abstract】 Wireless temperature sensors have been widely applied in various fields. However, existing products still have certain limitations in size and performance. The larger size restricts their use in confined spaces or implantable monitoring scenarios, and issues such as high power consumption and limited transmission distance affect their performance in long-distance and high-precision measurements. The development of miniaturized sensors holds promise for overcoming these bottlenecks. Not only can they expand the application scope of wireless temperature sensing, making it suitable for more complex and harsh environments, but they also facilitate more convenient and intelligent temperature monitoring. Based on this, this paper primarily discusses the application value and significant features of miniaturized wireless temperature sensors, and provides innovative mechanical design solutions to offer reference for research and application in related fields.

【Key words】 miniaturization; wireless temperature sensor; mechanical structure innovative design

随着物联网技术的蓬勃发展，无线温度传感器作为数据采集的关键节点，在工业监测、环境控制和医疗健康等领域发挥着日益重要的作用。为了满足日益增长的应用需求，特别是狭小空间或复杂环境中的部署，无线温度传感器的微型化已成为一种必然趋势。本研究旨在探讨基于微型化需求的无线温度传感器机械结构创新设计，重点关注集成工艺和能源供应等关键因素。

一、微型无线温度传感器的应用价值

微型无线温度传感器凭借其环境参数的即时感知特性，在多元应用场景中体现重要技术价值。工业制造领域内，该装置可以动态感知设备温度变化，辅助操作人员预判潜在故

障风险，显著降低因机械过热导致的非计划性停产概率，同步消除人工检测作业中的安全隐患。针对物资储运场景，构建的监测体系能精确维持货物存储参数稳定，对生物制剂、生鲜产品等受环境敏感型物资的保鲜管理形成技术支撑，尤其在恒温物流体系中，完整的环境参数记录既有效控制品质劣变过程，又能构建完整的质量监管链条。在现代设施农业中，种植者依托传感装置可以远程获取栽培环境的温度参数，智能化调控生长环境的参数，实现劳动力投入优化与农产品产出效益的双重提升。医疗卫生机构的关键药品存储及精密仪器运行环境中，自动化监测系统突破时空限制执行连续性环境监控，显著强化了医疗资产的全周期管理效能。相较有线监测模式，无线传感技术突破物理连接限制，在部署灵活性与运维便捷性方面形成显著优势，同时实现监测维度

与数据采集密度的同步拓展。

二、无线温度传感器的工作原理

无线温度传感器，通过改进传统传感装置的能量供给与数据传输方式，构建了新型工作体系。其核心技术基于无线射频识别系统的能量捕获机制，利用环境空间中广泛存在的电磁波作为动力来源，传感器内部配置的微型天线阵列依据电磁感应原理，将射频信号转化为直流电能，为整个系统的运行提供稳定能源支持，该能量转换机制彻底消除了对外接电源或内置化学电池的依赖。在完成能量自供给的基础上，设备集成了具有微米级精度的半导体感温元件，该元件采用热敏材料与微型电路结合的设计方案，通过电阻值变化精确捕捉环境温度波动。采集的模拟信号经模数转换模块处理后形成数字编码，利用反向散射调制技术将温度数据加载到反射电磁波中，接收设备通过解调反射信号即可获得实时监测数值。这种双向无线交互模式不仅实现了连续不间断的温度追踪，还通过优化信号编码协议确保了传输过程的抗干扰性。整套系统在降低维护成本的同时，有效解决了传统传感器因电源故障导致的数据缺失问题，为工业监测领域提供了可靠的技术解决方案。

三、微型无线温度传感器的显著特点

（一）无线传输，灵活部署

微型无线温度传感器的显著特点，集中体现在其无线传输能力带来的部署灵活性突破。该设备采用无线通信协议构建数据传输体系，彻底摆脱传统有线连接对物理介质的依赖，在石油化工设备集群、电力输配网络及环境监测区域等场景中，无需实施电缆布线工程即可快速完成网络架构，大幅压缩安装周期并节约施工成本。其分布式网络拓扑结构支持节点位置弹性配置，为复杂工业环境提供三维空间的部署自由度。为确保工业电磁干扰环境下的传输稳定性，系统融合自组网技术与自适应频段切换功能，通过智能路由优化与链路自主修复机制持续维持通信通道性能，配合多重数据校验及冗余传输策略，成功克服多径效应与信号衰弱对数据完整性的威胁。相较于有线设备存在的线路老化、断裂等隐患，该无线方案通过精简物理连接显著降低维护需求，在保障温度监测时效性的同时实现设备运维周期的成倍延长。

（二）高精度测量，实时反馈

无线温度传感器基于其高精度测量性能与实时数据传

输效率，已成为多行业安全保障体系的关键技术组件。该设备在温度监控过程中，通过精密传感元件捕捉环境参数的细微变化，构建动态监测系统并持续记录温度变化轨迹。其技术先进性主要体现在两大特征：首先，采用抗干扰信号处理算法，确保在电磁辐射、温湿度波动等复杂工况下仍能输出精确测量数据，准确表征监测区域的物理状态；其次，集成低延迟通讯组件建立高效数据链路，将温度参数以毫秒级响应速度传输至中央处理平台，形成连续监测数据链。这种同步可视化监控模式使运维人员可动态观察温度场演变过程，在电力输配系统、工业生产线及智能仓储等场景中构建全天候预警体系。当监测数据超出预设阈值时，设备立即启动多级报警程序，为风险处置创造时间窗口。该技术方案有效克服了传统点检方式存在的时效性不足与人工巡检存在的监测盲区问题，推动温度管控模式向预测性维护转型。

（三）无源设计，维护便捷

无线温度传感器采用前沿能量捕获机制构建自持式供电系统，通过环境能量转化技术实现全自主供能，从源头上破解了传统供电模式对固定电源或化学电池的依赖难题。其核心在于热力学梯度利用、电磁场耦合及射频信号俘获等多元能量转换技术的有机整合，形成持续的环境能量收集-存储-释放循环体系，即便在完全脱离外部能源供给的工况下仍可确保监测系统的长效稳定运行。该设计方案使设备布设流程实现革命性简化，安装过程中省略了电源线路规划与储能元件配置环节，仅需完成本体定位即可快速形成监测能力，较常规方案缩短了施工周期并节省配套基建投入。在运维维度上，该技术方案彻底规避了周期性电源维护产生的多重问题：既杜绝了电池更换作业及其衍生的固废处置压力，又根除了供电系统劣化导致的漏电、过热等运行风险，特别适应于高危作业区及受限空间监测需求。系统全生命周期内实现零人工干预，显著降低涉及高空攀爬、受限空间进入等特殊作业频次，在提升人员安全保障系数的同时，可使运维成本进一步降低。

四、微型化需求的无线温度传感器机械结构创新设计

智能制造与工业互联网发展促使微型、无源及无线温度传感器需求攀升，传统结构于高温、振动或狭小空间稳定性欠佳，制约应用，创新设计契合微型化需求的机械结构，增强传感器在复杂环境的稳定、可靠与适应能力。

（一）创新设计基于以下机械结构原理

1. 刚柔耦合结构设计

刚性壳体搭配弹簧定位杆等内部弹性元件,实现传感器振动冲击下缓冲吸能与结构复位,弹性元件带来柔性响应,刚性部件提供外部防护支撑,让整体拥有出色的抗冲击性和结构稳定性,增强恶劣环境适应力。

2. 力学约束原理

在传感器本体两边布置斜块与插杆构造,全方位约束六自由度,使用球体和斜面紧密契合,有效限制垂直方向位移,特制螺杆可灵活调节球体位置,既能够进行细微调整,又能牢固锁紧,有力抵抗震动造成的松动状况,切实保障传感器安装位置稳定可靠、精准无误。

3. 热隔离理论

温度传感核心元件和热源间加装隔热板,切断热量传导路径。采用悬空安装制造空气间隙,减缓热传递,此隔热构造稳定内部温度,提高测量准确度,保护敏感元件不被高温损坏。

4. 模块化集成设计

传感器探头本体、防护外壳、隔热组件及固定机构均为模块化设计,方便拆分安装与快速更换,统一的结构标准搭配高兼容性接口,利于批量生产、维护及系统集成,可满足不同场景、尺寸的灵活部署要求。

(二) 创新结构要点

1. 壳体+支撑块+斜块的稳定框架

传感器本体两端配置斜块部件,以精密工艺确保其与支撑块斜面无缝贴合,凭借多面接触实现稳固安装,特制螺杆贯穿壳体,通过驱动球体对斜块施加压力,使斜块与支撑块间产生可靠压紧力,显著增强固定效果。基于斜面配合与机械预紧的创新设计,能够有效抵御外部剧烈振动与高强度冲击,防止传感器出现松动或位移情况,大幅提升在高动态复杂环境下的抗干扰性能,同时保障测量数据的稳定性与准确性。

2. 插杆定位与防震功能

支撑结构增设纵向约束,限制传感器垂直移动。插杆发

挥抗冲击分散功能,将局部冲击力传导至支撑结构,避免应力集中,借助滑动配合,结构具备缓冲特性,实现稳定夹紧同时不影响微型结构紧凑性,插杆构造简约,便于加工安装,为增强整体防振性能发挥关键作用,成为保障传感器可靠运行的重要支撑。

3. 隔热板与弹簧组合的防热冲击结构

定位杆穿透隔热板与挡块,借由杆身弹簧持续施力,令隔热板紧贴安装面,稳固密封效果良好,弹簧兼具缓冲支撑功能,能让隔热板于热胀冷缩时自行调整位置,避免结构松动变形,此结构既保障热防护效能,又维持机械稳定性,为传感器于高温环境精准测量、长久可靠运行提供双重保障。

4. 套管+卡块的探头保护与稳定接口

套管外壁沿轴向规则排布多个卡块,精准适配外部设备或容器的卡槽与孔洞,构建插接固定结构,实际安装时,将套管嵌入容器预设孔位,卡块迅速卡合锁紧,有效规避探头晃动、脱落风险。针对不同容器规格,可灵活调整卡块尺寸与形态,显著提升接口通用性与适配灵活性,该结构凭借独特设计,兼顾探头防护、便捷安装与系统稳定集成,在密封要求严苛、振动强烈的复杂工况下,依然能确保设备稳定运行。

总结

综上所述,无线温度传感器的机械结构创新探索之路,是一个不断发展和适应时代变化的过程。刚柔耦合、热隔离、模块化等结构创新,赋予无线温度传感器微型化下的高稳定性与环境适应力,这种结构增强抗冲击性,方便安装,还为智能监测设备微型化、标准化提供结构设计参考,在工程应用领域前景可观。未来可以进一步探索新型材料的应用,优化能源的采集方式,并结合先进的微加工技术,持续提升微型无线温度传感器的性能和可靠性,从而推动其在更加严苛和复杂的应用环境中的应用,实现更精准、更便捷的温度监测。

参考文献

- [1]宋小凡,刘清倦,姚澄,等.临近空间探空仪温度传感器设计[J].电子测量技术,2023(20).
- [2]崔柏乐,王文,单长锁,等.谐振型声表面波无源无线温度传感器优化[J].传感技术学报,2021(12).
- [3]张子瑞,高尚.无线无源多栅格结构式温压传感器设计与制备[J].微纳电子技术,2024(3).

作者简介:陈国伟(出生年份-1983.8),男,汉族,籍贯:浙江嘉兴,学历:本科,职称:工程师,研究方向:传感器机械结构设计。