

热控系统中的温度传感器选择及性能评估

戚梦强，王硕

江苏阚山发电有限公司，江苏 徐州 221134

摘要：温度传感器是一种重要的电子仪器，在工业过程控制和设备制造领域得到广泛的应用，温度传感器通过测量温度信号来转换成电信号，该电信号经处理后可以驱动执行机构来实现对生产过程中工艺参数的控制。温度传感器可用于各种应用场合，包括工业过程控制、过程仪表、各种环境测试和测量系统等，工业过程控制领域中使用的温度传感器主要有热电偶、热电阻和热电容三种类型。随着电子技术和半导体技术的发展，应用于温度传感器的半导体材料和器件也不断更新换代，相应的测量精度也不断提高。本文主要介绍在热控系统中的温度传感器选择及性能评估。

关键词：热控系统；温度传感器；选择；性能评估

Temperature Sensor Selection And Performance Evaluation In The Thermal Control System

Qi Mengqiang, Wang Shuo

Jiangsu Kanshan Power Generation Co., LTD. Xuzhou, Jiangsu 221134

Abstract : Temperature sensor is an important electronic instrument, which is widely used in the field of industrial process control and equipment manufacturing. The temperature signal, which can drive the actuator to realize the control of process parameters in the production process. Temperature sensors can be used in a variety of applications, including industrial process control, process instruments, various environmental testing and measurement systems, etc. The temperature sensors used in the field of industrial process control mainly include thermocouple, thermal resistance and thermal resistance three types. With the development of electronic technology and semiconductor technology, the semiconductor materials and devices applied to temperature sensors are also constantly updated, and the corresponding measurement accuracy is also constantly improved. This paper mainly introduces the temperature sensor selection and performance evaluation in the thermal control system.

Keywords : thermal control system; temperature sensor; selection; performance evaluation

引言

在工业生产中，温度是一个非常重要的参数，尤其是对于某些设备的正常运行，温度的控制尤为重要，在现代工业生产中，温度控制设备通常是指自动控制系统、热电偶传感器、热敏电阻、热电偶温度变送器等。为了实现对这些设备的自动控制，温度传感器的选择和性能评估就显得尤为重要，对温度传感器要求越来越高，这就要求选择和使用好温度传感器。在实际生产中，我们必须根据生产设备的工艺要求和实际使用情况，正确选择合适的温度传感器。

一、热控系统

(一) 热控系统的组成与工作原理

热控系统的组成：（1）温度检测与传感器：这是热控系统的基础部分，负责实时监测和采集温度数据。例如，锅炉温度监控系统中的DS18B20温度传感器，以及数字温度传感器在室内温度控制系统中的应用。（2）控制逻辑模块：这部分负责根据温度数据和其他参数（如时间、房间状态等）计算出相应的控制

指令。例如，加热炉温度控制系统中的控制逻辑模块。（3）执行机构：包括各种能够响应控制指令以调节温度的设备或元件，如电磁阀、固态继电器等。例如，通过驱动双稳态电磁阀的开闭实现温度控制，以及通过输出口控制固态继电器来调节炉的温度。（4）数据通信模块：用于系统内部各部分之间的信息交换，以及与外部系统的连接。例如，基于OPC通信协议的数据通信模块。（5）人机界面：提供一个直观的界面，使操作者能够方便地设置温度、查看温度数据和接收报警信息。例如，采用液晶显示模块

及键盘模块进行温度、时间的设定。(6) 辅助热沉：在某些热控系统中，为了更有效地管理热量，可能会引入辅助热沉，如液体 PAO 与 R134a。(7) 安全与故障诊断电路：确保系统安全可靠运行的基础，如高精度的温湿度信号采集电路、低噪音的继电器控制电路等。(8) 热管理子系统：在一些复杂的热控系统中，可能需要将系统划分为多个热管理子系统，每个子系统负责特定区域或设备的温度控制^[1]。

热控系统的工作原理：(1) 温度检测与反馈：热控系统首先需要一个或多个温度传感器来监测当前的环境或过程温度，这些传感器可以是基于不同技术的，如热电偶、热电阻或数字温度传感器等。(2) 数据处理与控制算法：收集到的温度数据被传输到控制器中，控制器根据预设的温度目标和当前的温度读数计算出必要的控制动作。(3) 执行器的激活：根据控制器的指令，执行器（如加热器、风扇或其他类型的加热或冷却设备）将被激活以调整环境温度。(4) 人机界面与用户交互：许多热控系统还包括人机界面（HMI），允许操作者设置目标温度、监控系统状态并进行故障诊断。这些界面通常提供图形化显示和易于使用的输入设备，如触摸屏或键盘。(5) 系统优化与自适应控制：一些高级的热控系统还可能包括自适应控制功能，能够根据外部条件的变化自动调整控制参数，从而提高系统的效率和响应速度。

(二) 热控系统对温度测量的要求

1. 高精度和稳定性

热控系统在温度测量中的高精度和稳定性要求涉及到高精度温度传感器的选择、先进的信号处理技术的应用、稳定的温度控制算法设计以及系统整体设计的综合考虑。这些因素共同作用，以确保温度测量和控制的高精度和稳定性，满足精密工业产品生产的需求。

2. 多种传感器选择

不同的应用环境对温度传感器的要求也不同。常用的有热电偶，热电阻（例如铂电阻），NTC 热敏电阻等等。每一种传感器都有各自的适用场合，各自的优势和不足。比如，温差电偶适合在较高的温度下使用，而 NTC 型热敏电阻适合在中低温环境下使用。

3. 环境适应性

测温装置要能适应多种恶劣的环境，如高温，低温，腐蚀性气体等。比如，在对加热炉进行高温测试时，必须保证测试系统的精度与均匀性。

4. 实时反馈与控制

要达到准确的温控要求，测温系统必须能提供即时的回馈。PID 调节器是一种常见的温控算法，它是通过对温度传感器的反馈，对其进行温度调节，达到了精密控制的目的。

5. 集成化与自动化

为了降低人为的干扰，提高工作效率，现代测温系统正朝着集成化、自动化方向发展。以 SPMK3000 智能温控仪表校验系统为例，采用微机、打印机、高精度的数字测量仪等一系列装置，对仪表进行自动检测与控制。

6. 故障检测与处理

热控系统对温度测量的要求包括高精度的温度测量、准确的

故障检测与及时有效的故障处理。通过采用先进的温度测量技术和控制方法，结合有效的故障诊断和处理策略，可以显著提高热控系统的性能和可靠性^[2]。

二、温度传感器选择

(一) 常见温度传感器类型

热电偶，热电偶测温是一种基于两种金属材料之间的温度差，具有成本低、量程大、线性度好等特点，在工业自动控制、环境监控等领域得到了广泛的应用。电阻温度检测器，RTD 工作原理是根据铂或其他金属的电阻随温度而改变。该方法具有较高的准确度，适合于对测量精度有较高要求的场合。热敏电阻，热敏电阻是一种利用材料的电阻随温度变化的特性来测量温度的传感器，它可以分为负温度系数（NTC）和正温度系数（PTC）两种类型，广泛应用于家电控制、医疗设备等领域。基于半导体的集成电路，IC 温度传感器一般是将温度转换成电压或数字信号的集成电路，其测温精度高，在各类电子器件及工业生产中得到了广泛的应用。

(二) 不同类型温度传感器的特点与适用范围

1. 热电偶 (Thermocouple)

特点：测量范围宽，性能稳定，结构简单，动态响应好，能够远传电信号，便于自动控制和集中控制。铠装热电偶具有抗震、可弯曲、超长、动态响应快的特点；薄膜热电偶热容量小、反应速度快；防爆热电偶机构强度高、可防爆或隔爆。

适用范围：广泛应用于工业自动化、航空航天、气象监测等领域。

2. 热电阻 (RTD)

特点：电阻值随温度升高而线性增加，特别是铂测温电阻体具有出色的线性和长期稳定性，适用温度范围广，阻值精度高。

适用范围：适用于工业领域中的温度监测和控制。

3. 热敏电阻 (Thermistor)

特点：灵敏度高，响应速度快，阻值和 B 值精度高，一致性互换性好。具有较高的准确性和线性度，适用于较宽的温度范围。

适用范围：广泛应用于电子设备、汽车等领域。

4. 红外测温传感器 (Infrared Temperature Sensor)

特点：非接触式测量，快速响应，适用于远距离和高温环境的温度测量。

适用范围：适用于医疗设备、家电控制、汽车电子等领域的温度测量^[3]。

5. 光纤温度传感器 (Optical Fiber Temperature Sensor)

特点：利用光纤的光谱特性进行温度测量，具有高精度、抗干扰能力强、安全性能高等优点。

适用范围：适用于需要高精度和安全性的场合，如核电站、化工厂等。

6. 数字温度传感器 (Digital Temperature Sensor)

特点：精度高、数字输出、快速响应、简单易用和低功耗等

特点，例如 LM35 温度传感器，具有低功耗、低成本、高精度的特点，输出电压与摄氏温度成正比。

适用范围：广泛应用于工业自动化、智能家居、医疗设备、汽车电子等领域。

三、热控系统中的温度传感器选择及性能评估

（一）精度与分辨率评估

温度传感器的准确度是指实测值和真实值的最大差值，一般用标准偏差的三倍来表达，比如，一些国内的温度传感器被划分为 A 和 B 两个等级，其精确程度由国家标准来确定，而分辨力是导致示值偏差的最小量值。在选择温度传感器时，需要根据应用需求确定所需的精度和分辨率，评估热控系统中温度传感器的精度与分辨率需要结合多种方法和标准，包括校准、误差分析、非线性校正以及多方面的性能测试，以确保传感器在实际应用中的可靠性和准确性。

（二）响应时间与动态特性

该系统的动力学性能指标主要有：温度响应时间、时间常数等，它们反映了系统对温度变化的响应速率。例如，布拉格光栅（FBG）作为一种新型的测温器件，其响应速度快，能够在微秒级的时间内实现对温度的测量。另外，在实际校准中，阶跃温度响应也是普遍采用的一种测量方式，而温度传感器的响应时间与动力学特性是评价其工作性能的关键，直接关系到其能否准确、及时地对其进行检测与反馈，因此，理解和优化该特性对整个测温系统的综合性能具有重要意义^[4]。

（三）稳定性与可靠性

温度传感器的稳定可靠是保证长期精确测量的关键，在要求精确、快速的场合，可选用 Pt1000 型，在稳定度要求较高的场合，可选用磁开关型。其中，HMP155A 系列传感器，采用了国际领先的生产工艺，并拥有自主知识产权的技术，性能稳定，对环境的适应性强。另外，数字温度传感器具有很强的自适应能力，能够对各种不同的场合进行测量。

（四）环境适应性

一种新型的基于纳米银基农业温敏芯片，它采用 PDMS 保护层对其进行防水保护，提高其对环境的适应能力和使用寿命。此外，封装技术也极大地提升了其对环境的适应性，因此，在选用适当的温度传感器时，需要充分考虑其在不同的工作条件下的工

作性能，如：耐温范围、准确度、响应速度、对湿度、腐蚀性气体等的敏感性等。

（五）安装与维护便利性

传感器的简易安装与维修对整个系统的工作效率有很大的影响，例如，一些传感器具有结构简单、安装方便、可转动的安装界面，可灵活地适用于各种安装地点。同时，在选择安装位置时，还需要考虑维护和更换的方便性，以避免增加额外的成本和复杂性，评估和比较不同温度传感器在安装与维护便利性方面的表现，需要综合考虑传感器的安装方式、维护难度、耐用性以及对环境的适应性等多个方面。

（六）成本效益分析

在选用温度传感器的时候，要注意性价比，因为不同型号的温度传感器，其价格、性能等各方面都有很大的差别，所以要从性价比的角度来考虑。本项目将对 3D 热控系统中采用多种温度传感器进行经济性评价，并对其进行经济性评价，并将其直接、间接费用、直接或间接费用计算在内。例如，热电偶式温度传感器由于其价格低廉，在工业上得到了广泛的应用，但是它的动态响应性能却不一定能达到布拉格光栅的要求。

（七）综合性能比较与选型建议

综合考虑精度、分辨率、响应时间、稳定性、环境适应性、安装与维护便利性以及成本效益等因素，选择最适合的应用场景的温度传感器。例如，对于需要高精度和快速响应的应用场景，可以选择光纤布拉格光栅传感器，而对于成本敏感且对环境适应性要求较高的应用场景，则可以选择数字式温度传感器或热电偶温度传感器^[5]。

结语

在热控系统中，温度传感器的选择和性能评估是确保系统运行精确性和稳定性的关键，通过深入研究不同类型的温度传感器（如热电偶、RTD、热敏电阻等），我们可以更好地理解它们的特性和适用范围，从而做出更合适的选择。未来的研究应进一步探索新型温度传感器的开发和应用，特别是在极端温度条件下的表现，此外，研究还可以集中在优化传感器的布置和控制算法，以实现更高的测量精度和系统稳定性。这些努力将为相关领域的进展提供新思路和方法，推动学术界和实践界的共同发展。

参考文献

- [1] 单亚男, 李云鹏. 退化量分布法在牵引电机温度传感器性能可靠性评估中的应用 [J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(9):0131-0134.
- [2] 吴道兴, 聂志强, 黄保光. 氨水再循环系统中的材料选择与耐久性分析 [J]. 当代化工研究, 2024(2):125-127.
- [3] 闫智武, 顾乃庭, 饶长辉. 大口径地基太阳望远镜温度传感器标定方法 [J]. 量子电子学报, 2023, 40(4):588-596.
- [4] 高桃红. 发电厂中的 PLC 热控系统抗干扰策略分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(9):284-285.
- [5] 杨庆涛, 朱新新, 王辉, 白菡尘, 裴进浩. 快速响应热流 / 温度传感器制备与试验研究 [J]. 遥测遥控, 2020, 41(2):60-67.