

加氢装置的柔性多点温度计的设计与应用

Practical Application of Flexible Multipoint Thermometer in Hydrogenation Device

★恩德斯豪斯（中国）自动化有限公司 陈俊希

摘要：加氢装置中反应器各个床层的温度对于工艺流程监控至关重要。同时，加氢装置内具备高温、高压、高腐蚀性的特点，温度测量成为装置运行平稳的关键因素。本文从加氢装置温度测量的高要求出发，介绍了柔性多点温度计的三维布局特点，并提出了高温环境下防止氢气泄漏的安全腔室设计方案。最后，通过应用现场的实际案例证明了该方案的可实施性。

关键词：多点温度计；加氢装置；防泄漏；三维布局

Abstract: Temperature measurement on different beds of reactor in hydrogenation device is crucial for whole process monitoring. At the same time, application in filed means high temperature, high pressure and high corrosion for measurement devices, thermometer becomes the key factor to run the operation smoothly. Based on the tough requirement of temperature measurement in device, this paper introduces three-dimensional layout characteristics of flexible multipoint thermometer, and the special design of second chamber to prevent hydrogen leakage in high temperature environment. Finally, the practical case of the application site proves the feasibility of the scheme.

Key words: Flexible multipoint thermometer; Hydrogenation device; Second chamber to prevent hydrogen leakage; Three-dimensional layout design

1 引言

随着中国提炼高含硫原油比例的技术日益成熟，市场对于清洁油品需求量急速增加，石油加氢装置的部署和数量迅猛发展。加氢反应器作为加氢装置中最重要的设备，它的温度监测必不可少。反应器中的温度监控可以保证内部介质反应转化率，有效避免失温等异常情况。同时，反应器内不同床层的温度监控可以帮助工艺

人员监测催化剂是否有活性、进料质量是否符合要求等。由于反应器内含有氢气，作为密度最小的气体，极易通过不锈钢体或者过程连接焊接点处发生泄漏，一旦泄漏到外部环境后果不堪设想。因此，采用柔性多点温度计减少反应器开孔数量，并按照反应器内部结构设计三维布局是加氢装置温度测量的最佳方案。

2 设计背景

加氢反应器内不同床层温度监控至关重要。工艺人员需要确保床层同一平面的温度差距控制在一定范围内，同时还需要监控不同高度的床层升温变化情况。这两方面的温度监测是对反应器内部结构和催化剂检测最直接的反馈。根据这种特点，同时避免反应器多开孔增大催化剂泄漏的风险，可依据反应器内部结构弯曲的柔性多点温度计最适宜用在此场合。测温点分布得越均匀，越能体现反应器内床层的温度变化，为工艺人员监控加氢反应器提供了很好的数据支持。

3 参数标准

多点柔性温度计（以热电阻为例）具备铠装保护，可提供外径6mm的铠装设计，最高测温到达600摄氏度。这种可以测量多个温度点的热电阻铠皮由不锈钢316L材质构成，能耐一定压力的同时，还可以按照反应器内部结构弯曲成一定弧度。多点柔性温度计的安装

可以从反应器顶部从上往下安装，借助一个开孔就可以将整根温度计的多个温度测量点放入反应器内。它还可以从反应器边侧安装，将不同的环形的温度计铠装芯子借助安装支架固定在反应器的各个床层上。图1展示了一种可以弯曲成各种弧度的多点柔性温度计。

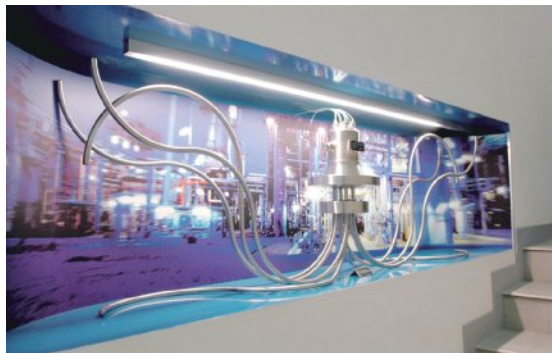


图1 可依据反应器内部结构弯曲的多点柔性温度计，类似八爪鱼

在加氢装置中，反应器内的催化剂会产生竖直方向的升温现象，如果温度上升过大会产生极大的生产后果，比如氢气在高温环境下会产生激烈反应，释放出很多热量。不断增加的温度会促进反应器内部催化剂的升温特性，形成恶性循环，引起爆炸等极端事故。因此，根据反应器内部结构做弯曲分层的三维设计多点温度计是必不可少的。

4 工作原理

加氢反应器一般由三层催化器的床层组成，反应混合物产生的温度会顺着反应物料的流向而升温。因此设计会在催化器的填料处设置测温点，根据不同高度定为上中下三层温度测量。每一层都会放置至少4~8个测温点，用来确定这一床层的各个测温点情况。为了避免多次开口会造成泄漏的风险，采用同一个过程连接的柔性多点温度计可以从一个开口处安装进入，铠装芯子依据反应器内部结构和安装支架做三维弯曲设计。同时，为了进一步确定反应器内的温度数值，还会在反应器表面一层安装表面温度计，与反应器内部多点温度计相互测量，做到数据对比与补充。

法兰焊接处则会安装二次密封设计的安全腔室，用来防止反应器内部催化剂尤其是氢气的泄漏。一旦反

应器发生泄漏，氢气会被封装在安全腔室内部，腔室上的压力仪表会传递压力变化信号，告知用户此点发生泄漏，以便进一步修正，避免工艺爆炸的发生。

5 多点温度计设计与实现

5.1 设备选型

基于加氢装置对于温度测量的严苛要求，设计一款可以根据反应器结构做三维弯曲设计的多点温度计，同时这款多点温度计装备的安全腔室可以有效防止加氢装置中氢气的泄漏，减少工艺泄漏的风险，提高生产效率和安全性。本章从整体结构设计出发，介绍了多点温度计的结构和安装方式。然后在硬件配置中介绍了安全腔室的创新特点，最后针对用户监测介质泄漏做了相应的软件设计。

5.2 整体结构设计

加氢装置的柔性多点温度计整体结构包括接线盒、温度变送器、安全腔室、过程连接（通常是法兰）和可弯曲的铠装温度传感器，并附有根据反应器内部结构设计的安装支架，用于固定铠装芯子。如图2所示，多点温度计从反应器侧面开口处通过法兰安装固定，铠装芯子沿着法兰短管进入反应器内部。依据加氢装置的床层设计，铠装芯子沿着安装支架形成了三维设计结构，并可提供这一层级的多个温度点测量，来确保反应器内部催化剂反应的均匀分布。

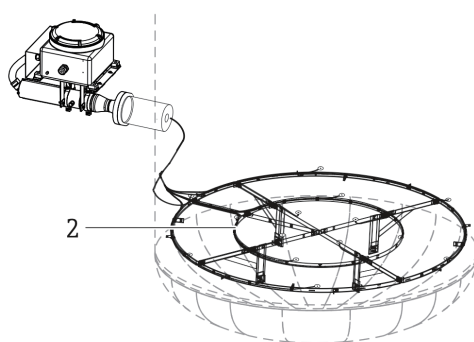


图2 根据反应器内部结构弯曲的多点温度计整体结构图

5.3 硬件配置

本部分主要介绍极具创新的安全腔室设计方案。配置在法兰外侧的安全腔室用于防止反应器内部催化剂的泄漏。如图3所示。

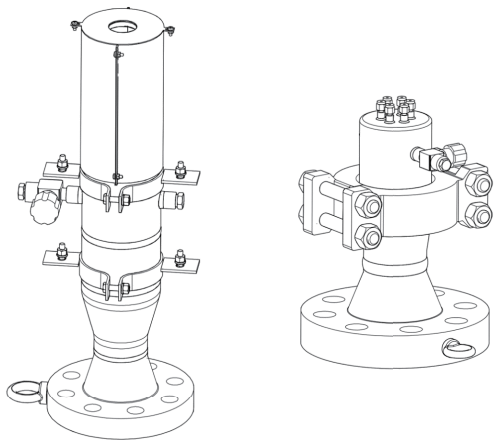


图3 多点温度计的安全腔室设计图

安全腔室具备仪表的诊断功能，它可以用于预防泄漏、过程连接的渗透或者发生工艺安全威胁时进行多点的响应和报警监测，并能保证多点温度计的密封安装性能。温度变送器可以根据诊断信息评估多点温度计的测量精度、剩余使用寿命并提供对应的维护计划。

加氢装置内部含有大量氢气，极易通过铠装芯子本身的不锈钢管、铠装芯子和法兰之间的焊接部分或者外部保护套管等部分泄漏。同时，基于反应器内部的介质压力、温度、腐蚀性和动态性能的影响，也会对反应器催化剂泄漏起到促进作用。此时，安全腔室上的压力表可以监控安全腔室内部的压力情况，一旦发生泄漏，氢气会被封装在安全腔室内部，内置的压力传感器会上报泄漏信号告知操作员站，同时提醒用户此处发生泄漏，建议下一步的修正措施。

安全腔室在监测是否发生泄漏的同时，还可以配合数据采集仪表采样安全腔室内部的介质信息，并上报给用户分析结果，实现高级诊断分析。实时的分析数据会提醒用户安全腔室内部是否发生渗透现象，并判断此点的操作条件是否满足工艺要求。

比如，用户可以检测并记录安全腔室内部的压力变化趋势，通过对比安全腔室内部的压力和反应器内的压力来确定是否发生氢气渗透。当安全腔室内部的压力低于等于反应器内压力，表示存在物理渗透，用户无需安排维护。当安全腔室内部压力高于反应器内压力，则表示工艺段有向安全腔室内发生单向的氢气渗透，产生了泄漏。用户必须立刻采取维护措施。

5.4 软件设计

针对上述硬件结构原理，可以通过软件来实现安全腔室和反应器压力的比对。只需使用数据监控仪表就可以对安全腔室内部的介质现场取样，进行样品分析。压力对比是基于菲克定律计算，根据计算后的理论值和实际记录值，对渗透现象进行定量分析，并分析工艺流程中的多点温度计的实际状态。

也就是说多点温度计配套的上位机可以安装数据监控系统，通过对安全腔室内部压力的检测来判断温度传感器的使用寿命、安全腔室是否发生泄漏，并预测泄漏风险，告知用户下一步维护计划等内容。安全腔室基于实际过程应用条件设计，内部会存留有泄漏介质，数据监控对此介质进行分析，并分析压力增大并超限的原因，给出具体的补救方案。因此，安全腔室内部介质的化学成分检测和系统温度变化趋势的分析至关重要。图4是安全腔室内部压力的变化趋势图。

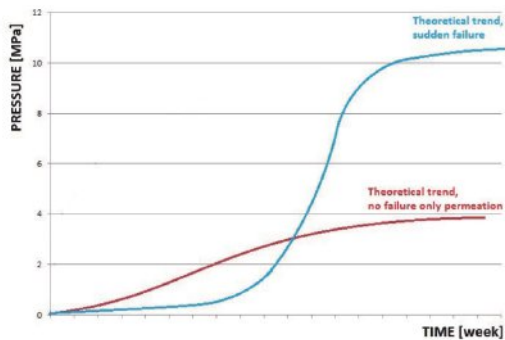


图4 安全腔室内部的压力数据分析图

6 应用效果分析

这款配有安全腔室诊断介质泄漏的多点温度计成功运用在实际项目中，某加氢装置反应器内采用的就是这种多点温度计。我方依据反应器内部结构设计了对应的多点温度计分布图，并配有环形安装支架。将三支多点温度计分层安装在高达20米的反应器中。上中下三层的反应器设计决定了多点温度计的安装方式，采取了侧面法兰安装。铠装芯子进入反应器内沿着安装支架分床层的安装设计，解决了加氢反应器对床层温度检测的严苛要求。同时，采用安全腔室的多点温度计也能时刻检测温度点是否发生泄漏，通过腔室内的压力实时监测告知

用户此点的运行状态，极大地方便了用户对工艺流程的监督使用，也提升了整体工艺的安全性。图5为某加氢装置使用的配有安全腔室的多点温度计。



图5 某加氢装置使用的配有安全腔室的多点温度计

7 结论

加氢装置具备有高压、高温的明显特性，温度测

量举足轻重。本文介绍的柔性多点温度计可以根据反应器内部结构，弯曲三维立体设计安装，满足反应器内床层的温度检测要求。多点温度计设计可以减少反应器开口，降低多开口的泄漏风险。同时，搭配有安全腔室的柔性多点温度计还能时刻检测安全腔室内的压力状态，智能判断安全腔室内部是否存在氢气泄漏，并提供具体的维护方案。这种设计便利了用户对于高温高压的加氢装置温度检测，也提升了整体装置的使用安全性，并增加了工厂工艺流程的安全系数。AP

作者简介：

陈俊希（1991-），男，山东青岛人，中级工程师，硕士，现就职于恩德斯豪斯（中国）自动化有限公司，研究方向为仪器仪表与人工智能控制技术、智能精密检测仪器。

参考文献：

- [1] 刘云兰. 浅谈加氢装置反应器床层用热电偶[J]. 中国仪器仪表, 2018, (01): 65 - 67.
- [2] 周晓龙, 林洪俊, 霍光学, 孙来宝. 渣油加氢装置关键设备控制方案应用浅析[J]. 石油化工自动化, 2021, 57, (03): 6 - 10.
- [3] 金哲. 炼油厂加氢反应器床层温度检测技术[J]. 石油化工自动化, 2019, 55 (03): 53 - 56.