管壳式换热器的维护

嘈杂、不舒适和危险：所有手动管道清洁过程都会给维护人员带来相当大的压力

本文将介绍管壳式换热器维护的工作原理和维护策略——为什么有些换热器会出现故障，而有些换热器却可以年复一年地可靠运行？管道的几何形状有什么影响以及维护选项有哪些？虽然几乎所有过程工厂都离不开换热器，工厂这些设备本身在运行中好似一个个黑匣子，但有一点可以有所改变：如果在了解哪些换热器会污染、污染原因以及应当如何应对之后，就可以节省能源和清洁费用从而节约成本。

文 /Dominik Stephan

无论是在炼油厂、烟气处理厂还是化工厂，换热器都是工厂建设中不可或缺的主力。然而，当沉积物、结壳堵塞管道时，一直在生产中连续使用的换热器反而会造成损失。如果是在最坏的情况下，即使是小于 0.5 mm 的薄层也会导致 40%~90% 的“热传递”损失。大量研究得出的结论是，由于换热器脏污引起的额外能源消耗可能导致全球多排放 1%~2.5% 的二氧化碳，发达国家的额外成本可能占 GDP 的 25%。

通过适当的维护程序，管壳式换热器可以长期保持可靠和高效。然而，这项不受欢迎的任务通常被委托给服务供应商，希望设备在这些专业人士的手中能得到妥善处理。但是通常情况下，甚至没有统一和有说服力的标准来评估清洁工作的成功与否。

高压下作业

事实上，清洁并不意味着立即清洁：目前已经有大量技术能够提供彻底的表面处理解决方案。无论是使用化学制剂、高压水射流、超声波还是钻进管道，每种方法都有其优点和缺点，必须根据系统操作员所处的实际情况进行适当选择。任何想要清洁换热器的人都面临着必须拆卸和打开设备的问题，即使管束已从外壳中拉出，污染也绝不是随意可以排出的。尤其是管道内部很容易

本文作者系德国 PROCESS 编辑。

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：

chem.vogel.com.cn

* **反馈编码：A220217**

积极的

- 这种方法通常能够在较短时间内直接在现场实现，而且服务提供商比较熟悉这种方法。

消极的：成本（资源消耗），工作危险性

- 清洁工作量大，所需时间长。
- 这种方法在特别是在硬结壳方面的清洁效果一般。
- 结果是需要再次清洗直至最终报废的时间间隔越来越短。
- 需要消耗大量的能源和饮用水。

发生堵塞，为此维护人员经常依靠高压水射流进行清洁，因为大多数服务提供商都熟悉这种方法。但通常情况下，这种看似简单的解决方案在实践中也存在缺陷：工作量较大，过程较长。清洁过程需要大量的能源和宝贵的水，并且由于产生的噪声，工作过程让人感到非常不舒服。使用 480 kW·h 的电机驱动 100 MPa 的泵时，高压每分钟消耗 256 L 的水，每小时消耗 24 L 燃料。此外，处理高压也存在一定的危险。但是，其中最重要的一个依据莫过于这种方法特别是在清洁硬结壳方面的能力只是中等程度。

很遗憾，管壳式换热器的传热能力是无法被直接测量出来的。

但还有另一种方法：即使用刷子或刮刀进行机械式管道清洁，这些方法越来越多地被自动控制所替代。例如来自科隆的 Jänsch 公司使用压缩空气“射击”水的冲洗圆形空心钻头在长达 8 m 的管道中，或者可以使用柔性轴将冲洗水或清洁工具带到难以进入的内管中的应用位置。在奥地利 AC Rädler 公司的 Rädler 管道清洁工艺（RTC）中，使用特殊的钻头轻轻去除沉积物，并使用黄铜导轨对管道进行抛光。由于配合的准确性，不会留下残余的覆盖物，因此光滑的表面几乎不会形成新覆盖物的加工面。制造商解释说，使用 Rädler 管道清洁工艺（RTC）可以在 3 min 内清洁和再生一条 3 m 长的完全堵塞的管道。所使用的电动机每小时只需要 5 kW，每分钟大约需要 10 L 水。然而，该种方法并非适用于所有情况，提前是合适的机器和专家必须来到工厂现场。此外，只有直的内管可以进行清洗，这使得化工行业常见的 U 形弯管换热器的清洗成为问题。

积极的

- 总体成本低。
- 完全能量再生。
- 无潜在危险。

消极的

- 在现场无法立即实施。
- 只有直的内管可以清洗。

在机械式清洁工艺种，可以省去化学准备，从而降低排放风险和能源成本

生产残渣、石灰、盐和悬浮物会迅速堵塞管道

超声波和热解

在这种情况下，超声波清洗可提供一种补救措施：将管束从换热器夹套中拉出，并浸入装有清洗液的盆中。超声波使材料振荡，从而形成空化气泡，释放的能量可以清除表面的污垢和残留物。该种方法是新方法且相对复杂，但在管道外部使用效果较好。

荷兰一家炼油厂的研究表明，对堵塞的管道进行超声波清洗通常需要使用高压喷枪“打开”，然而，与“纯”高压相比，操作员能够节省超过 75% 的工作和 86% 的水。根据荷兰的最终报告，尽管投资增加，但总成本可节省高达 50%。操作员可以用热解炉一次性清洗整个管束，其中有机污染物在 450 ℃ 左右的低氧气氛中分解，可以作为气体或粉尘分离。

衡量清洁成功与否

清洁工作做得越好越彻底，热传递效果就越好。如果该值呈现悬崖式持续下降，则必须以更短的时间间隔对设备进行清洁，如果仍然低于其可能性，结果将是过早地报废。这就是为什么需要标准来衡量换热器中的污染程度或清洁过程的成功与否。后者还是比较简单的：把清洗前后的热传递进行划分，得到一个清洗质量的特征值。

为了确定脏污程度，制造商 Talcyon 使用了 Apris 声学脉冲方法，可利用特征回声在几秒钟内对脏污、堵塞或侵蚀损坏进行定位。凭借软件的精确评估和较短的测量时间，该方法（在 2021 年获得了 Frost & Sullivan 的最佳实践奖）可以说领先于光谱学、涡流方法或“侵入式”超声波测量。

为了“从外部”探究管道中的流量，可以测量入口和出口的质量流量和温度，或者可以将超声波传感器作为精确定义的测量部分连接到管道上。例如，Systec Controls 以实际案例的形式提供相应完整的打包解决方案。然而，设备传递热量的能力是无法直接测量的。因此，人们需要通过测量压力、温度和质量流量等来确定维护措施的最佳时间。

德国工业清洁协会成员兼高级咨询工程师 Hans-Jürgen Kastner 先生解释道，无论是前瞻性的还是严格按照计划进行的，所有的维护策略都有一个共同点：目标应该始终是“裸露的管道”。

这位资深的行业顾问一直致力于换热器维护方面的研究，并主张改变对机组的认识：由于即使是看似轻微的污染也会产生巨大的后果，因此没有其他方法可以解决传输功率的损失。由于大约 0.5 mm 会降低 40%~99.7% 的热传递，因此表面清洁很难带来任何明显的改善。更糟糕的是，如果管中还残留有一层薄薄的污垢，很快就会导致传热几乎完全失效。

结语

这位工程师明白，在具有无数换热器的典型工业工厂中，只有少数的换热器容易结壳和堵塞。根据 Kastner 的说法，从经济角度来看，正是这些设备也证明了在定期维护之外进行监控的合理性。他接着说道，“如果操作员缺乏换热器维护经验，换热器的尺寸有时会过大两倍”。将维护措施纳入工程阶段会更有意义，例如不使用 U 形管，这样简单的措施会大大扩展清洁的可能性。