

反应釜过度冷却会导致反应失控吗？

2018年7月

1996年，英国一家染料厂的600美制加仑（约2.3立方米）批量反应釜发生爆炸。该工序需要在30~40℃的温度下向装有胺和硫酸的反应釜中加入亚硝基硫酸（NSA）。此反应是放热反应——它会产生热量。反应釜进料通常需要约5小时，进料过程为手动控制。这套工艺装置已经运行多年，并且在数百个批次的加工中都没有出现过问题。

在NSA的进料初期，物料温度过热，达到约50℃，于是便停止了进料。然后NSA被冷却至25℃（温度过低）后，又重新开始加料。至NSA进料结束时，物料温度已经失控，已有的冷却方法无法控制住温度，实际温度已经超出了温度仪表可以记录的最高温度值。最终失控的反应引起反应釜超压并发生爆炸，反应釜的下半部分从支架上被掀起，落到了厂房的地板上，反应釜的搅拌器被抛到了房顶上，反应釜的上半部分被发现落在大约150米开外的地方。幸运的是，没有人员受伤，但直接损失超过200万英镑。

参考文献：Partington和Waldram，英国化学工程师协会（IChemE）专题论文集，No.148，pp.81-93,2001。

其它失控反应事故所造成的损害情况

2007年佛罗里达州杰克逊维尔市



2006年北卡罗来纳州摩根顿市



你知道吗？

- 大多数化学放热反应的速率会随着温度升高而增加，随着温度降低而减小。如果反应温度降低，反应就会变慢，那些未发生反应的材料就可能积聚在反应釜中。如果接下来反应温度又升高了，未发生反应的材料就可能开始反应。如果存在足够多的这样的未反应的材料，其反应释放出的热量就可能超过反应釜的冷却能力。
- 其它一些在设计温度下并不重要的化学反应（包括分解反应）在高温条件下，可能就会变成重要反应。它们将释放出更多的能量，并且其反应生成物中可能存在使反应釜产生高压的气体。
- 据信在这起事故中，约有30%的未反应NSA在温度过低时积聚在反应釜中。实验室研究和计算机模拟表明，这种积累还不足以造成反应失控，可能还出现了其它的热源，如蒸汽泄漏到反应釜夹套中。不管怎样，如果还存在其它热源，未反应的NSA发生反应时，其所产生的能量更容易使反应釜失控。
- 因为设备泄漏和其它故障可能导致化学反应事故，所以确保反应系统处于良好工作状态是非常重要的。

你能做什么？

- 要知道你工厂里的哪些反应是放热反应，哪些反应物累积会造成无法控制的反应。比如：聚合反应、硝化反应、磺化反应、酸碱反应和氧化反应等。
- 要认识到对于众多的反应，不仅是上限温度对安全至关重要，下限温度也是如此。过度冷却的反应釜会使得未反应的材料积聚，而其在后续的过程中可能引起不可控制的高温。
- 要清楚关键安全参数偏离的后果——如温度、压力、流量、搅拌混合以及任何对工艺至关重要的因素。要知道参数偏离过高和过低两方面的后果，并知道偏离发生时采取的行动。
- 即便你工厂里不存在化学反应过程也请注意，低温仍然可能会导致问题。如液体可能会冻结或变得很粘稠，固体可能会从溶液中析出等。

工艺过程的温度过低未必就安全！