

加氢高压空冷系统腐蚀原因分析与对策

董雪林 丘学东 (中国石油化工股份有限公司广州分公司, 广东 广州 510725)

摘要: 在石油化工行业里, 加氢高压空冷系统被广泛的使用, 在整个企业生产过程中, 起着尤为重要的地位。但由于该系统有着使用工况较为复杂, 工艺条件苛刻、设备管线材料繁多的特点, 所以一直给石油化工领域造成困扰的就是系统的腐蚀防护问题。随着近几十年来, 加工原油的硫含量持续升高, 加氢高压空冷系统的腐蚀问题在整个石油化工行业里普遍存在, 目前很难有办法彻底规避。如果不及时选择针对性较强的防腐处理方法进行合理解决, 除了会导致很大的经济损失之外, 更严重的可能会导致安全事故的发生。基于此, 加氢高压空冷系统腐蚀控制难度大、泄露危险性高的特点, 受到了业内很多人士的高度重视和普遍关注。该文对加氢高压空冷系统的腐蚀的定义、成因及特征进行了详细的解析, 并针对具体存在的问题进行了深入的探讨, 给出了腐蚀防护优化的策略。

关键词: 加氢高压空冷系统; 腐蚀原因; 对策

0 引言

加氢高压空冷系统有着压力高、泄漏危险性大及制造质量很难保证的特点, 在油田长期大量开采的形势下, 原油本质逐渐出现劣态化, 高浓度的硫和氮在原油中增强了酸性水的腐蚀性, 在加氢高压空冷系统内因物质转化过程中生成的 H_2S 、 NH_3 和 NH_4Cl 等腐蚀介质造成了极为严重的垢下腐蚀, 最终致使在炼油生产过程中设备无法安全运行、腐蚀严重、产品质量无法保证, 更甚者会导致安全环保等诸多方面的问题。

在炼油加氢工艺过程中, 高压空冷系统的腐蚀防护问题是否能够合理解决成为石油化工行业聚焦的热点问题, 并被一直认定此问题是确保工艺装置是否能正常运行的最基本条件。而随着实际原油中硫和氮含量的增加, 造成空冷系统腐蚀的原因很多, 如空冷系统的设计处理量不足; 原设计中没有增加循环脱硫设施; 设备注水量无法随原料增量成正比关系; 空冷系统物流分配不均衡、流速过快和操作不稳定等等。

资深专业人士, 基于此等问题, 提出了腐蚀控制的方法, 在反应流出物中控制过高氯离子含量; 在高压空冷系统的设计选材时尽量使用 Q345 碳钢或不锈钢 Ineoloy825, 若预算充足, 还可以选择双相钢的材质; 考虑控制介质流速极限值以及高分水的铵盐含量等。

1 加氢高压空冷系统腐蚀的概况

加氢高压空冷系统在生产运行过程中, 比较容易被腐蚀问题所影响。其中包括如下影响因素: 工艺条件、空冷器的使用材料、制造和安装水平、硫化氢在介质中的浓度及缓蚀剂等因素。通常情况下, 会在反应器的出口位置出现一些现象, 我们可以通过这个位置的流出物与系统分析相结合的方式对系统腐蚀情况进行核查、分析, 并依据调查得出的结果找到行之有效的腐蚀防护的技术手段, 为确保加氢高压空冷系统的安全运行奠定一个良好的基础。

2 加氢高压空冷系统腐蚀的特征

长久以来, 加氢高压空冷系统腐蚀问题一直困扰着

石油化工行业。涉及到腐蚀的因素诸多, 导致无法从根本上彻底解决。即便在科技创新发展的今天, 在石油化工行业里仍然没有找到彻底的解决方法, 而原因在于加氢高压空冷系统本身所具备的腐蚀特征所决定。

2.1 对腐蚀结果的控制上难度较大

从客观角度来讲, 一旦系统开始启动运行, 势必会在运行工况中引入硫酸氢氨溶液, 而在该溶液和氯离子的长期相互影响下, 便会出现我们看到的不同程度的腐蚀状态。与此同时, 在系统注水过程中, 通常还伴随出现氯化铵结晶的冲蚀现象。这就需要, 在设计时根据实际的腐蚀情况进行合理分析, 因为任何情况都会影响腐蚀的结果。例如, 空冷器、换热器使用的不同材料; 设备使用的不同工况条件等。可是即便知道原因, 从实际生产情况来看, 以上的问题控制起来难度非常大, 基本上, 可以说实现全面的系统控制是不可能的。

2.2 腐蚀的普遍性较强

经过长期的研究分析, 从系统腐蚀影响的大小与程度上来看, 加氢高压空冷系统的腐蚀性具有较为明显的普遍性。在系统运行工况中, 当反应流出物的温度下降时, 铵盐的结晶区域会不受控制的显现出来, 但由于参数的可调范围较低, 所以在这个区域内一般是相对固定的, 结晶会持续不断的增加。

当前, 在国内大量的加氢高压空冷系统设备在材质的选择上, 都首选碳钢材料, 因其相对经济, 且满足设计要求。而碳钢材质在结晶冲蚀的影响下, 不可避免的会出现腐蚀现象, 而这种腐蚀主要以冲蚀为主。该腐蚀通常是与系统的压力关系不大, 主要与温度关系较为紧密。

2.3 造成的泄漏危害性极大

所谓的加氢高压空冷系统, 它具有的特征便是高温度且高压, 所以在设备运行过程中, 如果一旦造成腐蚀点的出现, 倘若压力稍微过高就会出现气体泄漏, 而泄漏的气体中包含很多易燃易爆的物质, 像氢气、碳氢化合物等。这些气体一旦遇到明火就很容易爆炸, 引起

较为严重的安全事故，最终导致事故发生区域内不必要的经济损失与人员伤亡。

2.4 制造质量的差异

届时，因我国的加氢高压空冷系统的建设标准管理不善，致使大量丝堵结构的设备产生，在设备制造过程中，这无疑很大程度上给焊接后的检测制造了一个难点。如果必须要求选择无损检测的方式，我们还需额外考虑对材料的内部检测水平情况以及是否能达到其稳定性的问题。所以，通常在这种情况下，必须要求具有专业能力的制造厂家来进行检测方可。综上所述，耐腐蚀的终端是必须依靠企业较强的责任心与较高的制造水平均具备的前提下，进行双向保障。

3 加氢高压空冷系统腐蚀的原因

在石油化工领域里，加氢高压空冷系统可以说是所有设备中较为复杂的一个，其具有所处工作环境的特殊性以及生产工艺实施的困难性，这两个特性都是导致系统严重腐蚀的成因，主要体现以下几个方面。

3.1 设计问题

随着国家日新月异的发展建设，在制造业里，兴起了许多大大小小的设计院，而一些小的厂家因投入资金受限，只能选择经验欠缺的小设计院或厂家自行操刀参考以往陈旧的设计图纸进行新产品的设计。结果在设计过程中，会出现因设计标准未及时更新，信息传递不畅，且后期没有合理的采取补救措施，最终致使加氢高压空冷系统设备腐蚀严重的重要成因。

再者，许多厂家的设备原料在设计要求里被注明硫、氮的含量较低。但实际上，随着行业的不断发展以及原材料来源的渠道不同，很多情况下，原材料的质量并没有能够得到切实的保障。结果造成采购大量的高硫原材料作为主要制造材料。这样一来，问题就出现了，设备在设计时依据的是较低的标准进行设计，而实际采购的高硫原料在设备运行过程中，必然会带来超出预想的腐蚀结果，出现的大面积腐蚀，会严重导致设备的正常使用。

除此以外，在设计中通常会因为考虑实际的成本问题，没有额外增加循环氢脱硫的设施，这样便会导致设备在运行过程中产生的运行参数持续维持在较高水平，极其不利于提升设备的稳定性。另外，在材料加工发生转变时，通常会造成进料量的变换，如果这个情况在设计前期没有考虑到，结果就会成为在后期调整的主要障碍之一。然而，在水中的硫酸铵的浓度一旦增加，如果依然根据模拟设计的结果进行处理，就会产生腐蚀，导致在短时间内出现大量的腐蚀点。

3.2 改造问题

目前，国内大部分加氢高压空冷系统设备都是早期很多年前设计的产品，且很少设备得到更新升级，大多是在保留原有设备基础上进行略微的改造，使之能为后续生产或使用。如此一来，一些潜在的问题便出现了，如某些设备的功能得不到相互匹配。其中，可能会出现

腐蚀的一个重要问题就是因其不匹配，致使空冷器设备的流速设置过高。

举个例子，假设最初的设计流速为 4.5 m/s，在后期因设备局部的升级，使设计人员对其进行改造，将流速提升到 8.5 m/s，那么冲蚀能量会因流速度的升高，成倍增加，势必会造成更加严重的腐蚀结果。与此同时，在改造过程中，影响加氢高压空冷系统腐蚀的另一个重要因素便是物流的分配。虽然表面上看其进出口的管线是相互对称的，但实际上，因有部分弯头使其并不对称。所以说，当遇到测量检修时，就很可能导致空冷系统进出物料的分配发生状况。若将设备大规模的改造，则该问题会更为明显。

3.3 其他的问题

石油化工企业如果对系统防腐的问题认识不得当，关注度不高，则同样会导致腐蚀现象的发生。有的企业为了眼前短暂的提升经济运行效益，通常会关停风冷器，这样做虽然可以达到节约成本的效果，但是后续带来的危害却是巨大的。关停风冷器会使系统内部的温度不稳定，忽高忽低。若长时间处于此状态，会造成系统内部的温度场不均匀，进而引发腐蚀问题。另外，在空冷系统注水过程中，灌入的水自身没有经过化学处理，致使水质不达标同样也会出现腐蚀现象。更甚者，有的企业为节约资金，采用系统中的循环水，让其回收再利用，如，除盐水、脱氧水等，这些水基本上是达不到用水标准要求，这便又成为导致腐蚀的一个诱因。除此之外，在原材料中存在的氯离子含量当超过一定值时，造成换热器的堵塞腐蚀现象以及入口温度发生变化等现象，同样也会使设备发生腐蚀。

4 加氢高压空冷系统腐蚀防护对策

结合上面所分析的种种原因，从分析的结果来看，导致加氢高压空冷系统发生腐蚀的因素很多，且十分复杂。所以，在研究腐蚀防护对策时，一定要针对这些因素进行一一对应的讨论，要建立一个完善的腐蚀防护体系，全方面、周密的进行腐蚀防护工作，力求把腐蚀问题降到最少。

4.1 腐蚀防护的原理

针对加氢高压空冷系统出现的腐蚀现象，其影响因素较多。因此，需要通过对各种不同腐蚀因素的了解，利用其独有的特点，有针对性的采取不同的防护手段才能够保证防腐的及时性和有效性。首先系统管内的流速问题，它是影响腐蚀率的非常重要的原因之一。这是因为空冷系统内部的腐蚀问题错综复杂，但如果逐项一一进行排查，往往需要花费大量的精力。然而通过控制管内介质的流速，便可以不必受冲蚀问题的影响，进行调整系统内部的温度等环境问题，这样一来腐蚀防护的难度便可以得到有效的缓解。另外，控制流出物系统中的氯离子含量，也是一项主要任务。通常情况下，可以通过在流出物里面补充氢离子或者干脆从原料本身着手，控制其元素含量，按照这个分析思路进行腐蚀防护能够

快捷、有效。

4.2 腐蚀防护的目标

目前,通过总结大量的经验,从加氢高压空冷系统的腐蚀现状来看,大多数原因都与原材料不达标有着密不可分的关系,所以,原材料的质量问题是首先必须解决的问题。从业主到设计院在空冷系统的设备采购中,通过对原材料质量的严格把关,从实际计划出发,加上对设备的设计要求进行审核排查,以此来保证设备使用的稳定性;

第二,利用控制硫化铵含量的方式,再加上,调整介质流速的方式,可以在一定程度上将腐蚀短暂抑制住。但即便如此,最后腐蚀现象依就会发生,因被其他的因素所影响。例如,在设备的改造过程中,企业若使用了没有设计资质或经验不足的设计院,导致设计的规范化程度不高,以至于缩小了设备操作参数的范围,便会发生腐蚀现象。

第三,因上面提到的,原材料的不达标,劣质化是导致腐蚀的重要因素,只有通过选择合适且优质的防腐材料进行设计制造,才尽可能的对腐蚀问题进行避免。市面上,尽管某些合金材料对氯离子具有一定的防腐性能,但是对其他类型的离子的耐腐蚀效果却未必有效,如此一来即便更换材质也可能无法达到预期的效果。所以,面对腐蚀问题,需要综合考虑,对于不同类型的腐蚀因素,给出科学化的选择;

第四,是系统注水控制问题,要给出一定高度的重视。要在保证足够水量的前提下,吸收足够的氯化氢,目的是避免出现过多的剩余水量,确保能够将铵盐完全稀释溶解。

综上所述,腐蚀防护问题归根结底,就是要求石油化工企业提升科学管理的水平,做到规范化管理,把控所有可能出现的腐蚀问题,使之得到充分的抑制和解决。

4.3 腐蚀防护的策略

腐蚀防护策略的选择对于提升耐腐蚀性,提升加氢高压空冷系统运行的稳定性都有着十分重要的意义。从实际情况出发,对于腐蚀防护问题,主要的腐蚀防护模式,有工艺防护和材料防护两种情况。

4.3.1 工艺防护

在制造工艺上,当进行设计时,一定要确保工艺与设备能够紧密连接。比方说,在最终确定工艺方案时,首先要考虑到设备的安全与防腐问题。一旦催化剂性能发生变化,引起负荷波动,空冷系统在如此操作条件下,便会发生腐蚀现象。在进行注水设计时,通过采用合理的计算方式,保证注水点剩余有足够水相的水量以及确保有适合的高分子铵盐的含量等。也可以采用其他的方法,但是必须要保证的是其方法必须科学有效。在这里要说明一点,可以适当提高注水量,保证每一点都有足够的剩余水量,最终达到系统水整体水质提高的目的。

4.3.2 材料防护

加氢高压空冷系统防腐的另外一个重点问题,则是原材料的选择与结构设计的合理融合。在设计时,空冷系统原材料选择方面,通常是要根据腐蚀环境来决定,是选择 Q345 碳钢或不锈钢 Ineoloy825 还是双相钢等。由于不同材质的特性不同,市场上的价格也存在较大差异。所以,通常在考虑资金成本时,大多情况下难免会使用价格较低的碳钢来代替不锈钢或双相钢,具体的情况还需要在实际情况中决定,这就需要在具体实施过程中对材料的选择细则中进行优化。举个例子,从实际的使用经验来讲,设计时不适合采用 U 形管结构时,就应该灵活的选择丝堵的模式来进行设计。与此同时,对于碳钢材质的空冷系统换热管应在其入口的部位增加套管,通过在换热管入口增加套管的方式来增强系统的耐腐蚀性能。而在生产制造工艺的环节中,可以利用管端自动焊的处理方式进行处理,尽可能采用柔性胀的胀接方式。在此之上,也可以添加适合的强度处理模型。最后,要加大对加氢高压空冷系统的监督检查力度,建议制定一套完善的从下料到制造的工艺流程,通过合理的管理手段,对系统的整个运行过程进行高密度控制与监管,行之有效的把加氢高压空冷系统的防腐问题落到实处,合理有效的发挥原材料在系统中起到作用,以此提升系统的腐蚀防护效果。

5 结论

对于加氢高压空冷系统的腐蚀问题,从上述分析上来看,可以得出以下结论,加氢高压空冷系统具有综合性强、工况复杂且腐蚀因素多的特点。因此,在系统防腐过程中,想要尽可能的解决这个复杂的多因素问题就必须要从系统设计、制造工艺、运行操作及质量检测等各个方面得到重视,进行从局部到整体的全方面技术审核与过程优化。《加氢高压空冷器系统设计、材料、制造、操作和检测指导》规范较为系统的给出了针对加氢高压空冷系统的腐蚀控制原则,加之,石油化工企业可以结合历年经验,通过在运行中实际的检测调查报告的结果,提炼出经常出现的问题,对于不同的原因,有针对性的综合考虑腐蚀防护的措施及对策。

参考文献:

- [1] 张国信.加氢高压空冷系统腐蚀原因分析与对策[J].炼油技术与工程,2007(5):18-22.
- [2] 许佳贵.渣油加氢装置高压空冷工艺防腐探析[J].茂名学院学报,2009,19(06):4-6.
- [3] 孙毅,张小莉,董建伟.加氢裂化高压空冷器的防腐分析与措施[J].石油炼制与化工,2009,40(06):65-70.
- [4] 余进,蒋金玉,等.加氢裂化高压空冷系统的腐蚀与完整性管理[J].石油化工腐蚀与防护,2016,33(2):36-39.
- [5] 马文志.加氢高压空冷器腐蚀原因与防护方法探讨[J].广州化工,2009(02):24-26.
- [6] 王静,李淑娟.加氢高压空冷器腐蚀原因分析及对策[J].石油化工腐蚀与防护,2016(5):13-16.