

尿素合成塔检测技术

黄 源

李光海

(中国石油化工股份有限公司 广州分公司, 广州 510726) (中国特种设备检测研究中心, 北京 100013)

摘 要:综述了尿素合成塔在使用过程中可能出现的腐蚀和缺陷形态,并根据失效的可能性给出了有效的检测方法,包括宏观检查、厚度检测、磁粉检测、渗透检测、硬度检测、声发射检测、金相检查和金属磁记忆检测等技术。分别介绍了这些无损检测方法的特点,以及如何在尿素合成塔检验中进行实施。

关键词:尿素合成塔;腐蚀;无损检测;综述

中图分类号: TG115. 28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2007)11-0674-05

Inspection and Nondestructive Testing Technique on Urea Synthesizer

HUANG Yuan

(SINOPEC Guangzhou Petrochemical Complex, Guangzhou 510726, China)

LI Guang-hai

(China Special Equipment Inspection & Research Center, Beijing 100013, China)

Abstract: Various corrosions and defects possibly emerged in urea synthesizer were presented. The effective nondestructive testing (NDT) method according to damage mechanisms and mode of failure were also put forward. The applied NDT methods included visual testing, thickness measuring, magnetic particle testing, penetration testing, hardness testing, acoustic emission testing, metallographic analysis and metal magnetic memory testing. The application situation and characteristic of each NDT method applied in urea synthesizer tower were introduced.

Keywords: Urea synthesizer; Corrosion; Nondestructive testing; Survey

1 问题的提出

尿素合成塔(以下简称合成塔)除早期少数采用单层卷焊结构外,其余绝大部分为多层包扎结构。就制造和使用而言,合成塔有如下特点:①制造过程中采用层板包扎工艺,筒节对接以及与封头的组对采用深环焊缝结构,焊后一般不进行热处理,有较大的残余应力。②操作工况苛刻:高温高压且反应中间产物有很强的腐蚀性,反应气体中,还含有 H_2 等,有潜在的爆炸危险。③长期处于有应力和腐蚀倾向的介质环境中。所以合成塔在制造和使用过程中,常常会产生各种缺陷,并在使用过程中不断扩

展。因此,采用合理的检测技术对在役的合成塔进行全面检验,有着十分重要的意义^[1-3]。

2 尿素合成塔腐蚀和缺陷

合成塔内壁衬里主要出现的是各种腐蚀缺陷和衬里焊缝的焊接缺陷。由于衬里的主要作用是隔离介质与碳钢强度层的接触,所以对内衬的检验主要以发现局部异常腐蚀为主,对于碳钢层板的强度层,是用来承受内压等载荷的,检验的重点是为了发现制造或使用过程中产生的,可能引起筒体整体强度削弱的危险性缺陷,如裂纹等。

2.1 内衬的腐蚀和缺陷形态

2.1.1 全面腐蚀

合成氨的过程中,塔内所有物料的混合物在高温条件下成了尿素熔融物。不锈钢内衬在受到尿素熔融物的腐蚀后,表面粗糙,经扫描电镜观察,可看

收稿日期: 2006-08-10

作者简介: 黄 源(1964—), 工程师, 从事石油及石化产品的贮运管理工作。

到不锈钢晶界受到明显侵蚀,其宽度远大于晶界的宽度,深度近似一个晶粒深度。同时晶粒也受到明显腐蚀,尺寸变小,且易于脱落,使衬里表面均匀减薄。在加入足够氧的条件下,尿素级不锈钢维持钝化状态,其全面腐蚀速度 $\leq 0.1\sim 0.2$ mm/a,考虑到使用年限,全面腐蚀不会对衬里的致密性造成影响。

2.1.2 局部腐蚀^[4]

(1) 晶间腐蚀 合成塔内衬通常采用316L尿素级或25-22-2型高纯不锈钢,其含碳量 $< 0.03\%$,固溶后晶界难以发现碳化铬和贫铬区。尿素合成塔的晶间腐蚀主要是由于磷、硫、硅、 σ 相、碳化物等在晶间偏析而造成的非敏化态晶间腐蚀。沸腾硝酸法(Huey 试验法)可以验证这种腐蚀形态的存在,并且是尿素熔融物最主要的腐蚀形式。

(2) 选择性腐蚀 选择性腐蚀是指相、组织、夹杂物等的优先溶解。对于铬镍钼奥氏体不锈钢,其焊缝常常存在 δ 铁素体、 σ 相和碳化铬,因而出现焊缝熔合线处的 δ 铁素体、奥氏体和 σ 相的选择性腐蚀。

(3) 应力腐蚀 由于水压试验、检漏蒸汽、雨水渗入和保温层材料等,使过量的氯离子与不锈钢内衬的内、外表面接触,从而使衬里出现应力腐蚀开裂。

(4) 冷凝腐蚀 由于保温不好,造成蒸汽的冷凝,形成甲铵冷凝液。因为冷凝液一般都缺氧,而且由于冷凝时生成有初生态的甲铵且浓度较高,加剧了不锈钢的腐蚀。

2.1.3 衬里鼓包

升、降温速度过快,不锈钢内衬和碳钢层板的热膨胀系数相差较大,局部热应力会使衬里压皱;或者升、降压速度过快,使局部背压高于塔内压力时,就会使衬里鼓包。由升降压(温)引起的局部衬里鼓包,很可能在下次正常升压(温)过程中消失。另外,内衬泄漏也可能使衬里背面产生较高压力,而产生鼓包。

2.1.4 焊接缺陷

通常包括裂纹、表面气孔、弧坑、电弧烧伤、飞溅、焊缝两侧熔合不好等,从而使衬里发生泄漏和严重的局部腐蚀。另外,焊接规范不当也会使焊缝热影响区产生刀口腐蚀。

2.2 层板的缺陷

2.2.1 外层板腐蚀

因管线泄漏或满塔等原因,尿液渗入保温层造成外层板腐蚀。也有可能是保温层包扎不严,造成检漏蒸汽冷凝液或雨水渗入,并且夹带环境中氨等

腐蚀性介质,在塔壁高温情况下,造成严重的保温层下腐蚀。

2.2.2 局部应力腐蚀开裂

由于氨、氯、碳酸离子以及甲铵结晶物等有应力腐蚀倾向的介质,进入合成塔层板间隙,在开孔、焊接等残余应力较大的部位,低合金高强度钢易产生应力腐蚀开裂。

2.2.3 焊缝缺陷

多层包扎容器的筒体对接以及与封头的对接采用深环焊缝结构,层板坡口以及层板间缝隙处,易出现裂纹和未熔合缺陷。塔体焊接后一般不进行热处理,残余应力较大,易出现延迟冷裂纹。再加上壁厚很大,采用 γ 射线检测时,灵敏度不高,常常会漏检裂纹等危险性缺陷。这些缺陷,在使用过程中内压和温度的作用下,极易扩展。另外,多层包扎结构,环焊缝接头部位,各层层板的变形不一致,加上接头处的未熔合和裂纹等缺陷,也易在温度和压力的波动下发生开裂。

2.3 材料和工艺因素的影响

不锈钢衬里材料的碳、铬、镍、钼以及其它元素和杂质的含量、不锈钢的组织、加工变形、表面状态等都影响着全面腐蚀和局部腐蚀的速率。包扎层板的机械性能、化学成份对其抗应力腐蚀的能力也有直接的影响。因此在制造过程中,合成塔的选材至关重要。

工艺因素,如氧含量、氨碳比、水碳比、温度和压力都影响着材料的腐蚀特性,因此在检验过程中,一定要结合工艺条件,有针对性地检验。同时合成塔应严格按工艺要求操作,禁止超温超压运行。

3 尿素合成塔检测技术

3.1 宏观检查

宏观检查主要是检查外观、结构及几何尺寸等是否满足容器安全使用的要求。

检查合成塔的实际结构与设计资料是否一致(包括封头型式、开孔大小、焊缝布置、支座型式等);对衬里进行全面的检查,包括颜色、焊缝加强高、咬边、凹陷、焊瘤等,注意起、收弧部位。

(1) 外观检查 检查容器本体的裂纹、过热、变形、泄漏等。以肉眼或者5~10倍放大镜检查裂纹、内外表面的腐蚀和机械损伤、支承件。上述检查项目以发现容器在运行过程中产生的缺陷为重点,对于内部无法目视检查的接管部位应当采用内窥镜或

者其他方法进行检查。

(2) 结构检查 开孔、封头(端盖)、支承及铅垂度。

(3) 几何尺寸检查。

(4) 保温层、隔热层检查。

(5) 对主螺栓应当逐个清洗,检查其损伤和裂纹情况,必要时进行无损检测。重点检测螺纹及过渡部位有无环向裂纹。

(6) 检查上封头出料管(尿液出口管)、下封头物料管(氨进口管、CO₂进口管和甲铵液进口管)管口内侧是否有明显腐蚀和裂纹。

(7) 对外层板检查发现裂纹的,应当剥开已发现裂纹的层板,继续检查下一层板塔盘的腐蚀情况。

(8) 衬里的颜色应为灰白色(灰白色板材)或棕褐色(棕褐色板材)。尤其要注意有打磨部位(制造过程中可能发生的电弧擦伤或铁素体污染或其它原因造成的衬里损伤)的腐蚀情况;检查衬里是否有穿透性腐蚀、裂纹、凹陷,对检漏孔 pH 值出现过偏高的情况应当部分或全部拆除不锈钢衬里,查明盲板和层板的腐蚀状况。

(9) 衬里焊缝的颜色应为银灰色 尤其要注意顶部封头和人孔连接部位的堆焊层的颜色,如果焊缝呈黑色或褐色,说明焊材有问题,或者堆焊层厚度不够,而此部位铁素体含量可能超标;注意纵、环焊缝起、收弧部位是否有缺陷。

(10) 塔板托架角焊缝检查 由于焊接位置不好,焊后不易清理和打磨,收弧部位极易出现裂纹和缩孔。

(11) 带极堆焊和手工堆焊检查 重点检查带极堆焊的收弧部位和带极与手工堆焊连接部位。检查上下封头堆焊层的龟裂、剥离和脱落情况。

3.2 厚度测量

(1) 对异常测厚点作详细标记。厚度测定点的位置选择为:① 液位经常波动的部位。② 易受腐蚀、冲蚀的部位。③ 制造成型时壁厚减薄部位和使用中易产生变形及磨损的部位。④ 表面缺陷检查时发现的可疑部位。

(2) 壁厚测定时,如果遇母材存在夹层缺陷,应当增加测定点或者用超声检测,查明夹层分布情况以及与母材表面的倾斜度,同时作图记录。

(3) 顶部、底部封头衬里板测厚。

(4) 筒体衬里板(每个筒节均进行,重点在热影响区部位)测厚。

(5) 堆焊层(带极堆焊和手工堆焊)测厚,重点

检查顶部封头和人孔连接部位的堆焊层及顶部封头与筒体连接环缝(均为手工堆焊)。

(6) 内外筒体测厚每块板不少于 5 点,封头不少于 8 点,与筒体连接的接管不少于 4 点。

3.3 表面检测

3.3.1 磁粉检测

磁粉检测的目的是检查尿素合成塔外层板纵焊缝、深环焊缝和近表面及高压螺栓是否存在裂纹等危险性缺陷。拆除合成塔外壁全部保温层,进行磁粉检测,这些部位包括:外层板焊缝、高压主螺栓、接管焊缝、裙座安装焊缝、吊耳焊缝、合成塔检漏部位外层板处、外层板各种补强贴板角焊缝、原始缺陷及以前检修部位或其他检测方法发现的可疑部位。

磁粉检测一般采用便携式磁轭探伤仪。磁轭法采用单关节和多关节磁轭纵向磁化工件,适用于罐体焊缝的局部检测,如对接焊缝、角焊缝的检测。其特点是设备简单、操作方便,但由于须在同一部位至少作两次相互垂直的独立检测,故效率低,且易造成漏检。交叉磁轭法采用旋转磁场磁化工件,适用于塔体对接焊缝的局部检测。由于采用交叉磁轭能获得旋转磁场,灵敏可靠且探伤效率高,故在塔体在役检测中得到了广泛应用。旋转磁场磁化工件常用完全连续磁化法。JB/T 4730 标准规定,磁轭法的磁化规范可根据灵敏度试片或提升力来确定。当电磁轭极间距为 200 mm 时,交流电磁轭至少应有 44N 的提升力,直流电磁轭至少应有 177N 的提升力,其磁极间距应控制在 50~200 mm,但其有效磁化区域规定为两极连线两侧±50 mm 区域,两次检测时应重叠 15 mm;对于交叉磁轭,其提升力要求≥88 N。

3.3.2 渗透检测

由于材料或结构原因无法进行磁粉检测时,采用渗透检测。合成塔不锈钢衬里所有对接焊缝和角焊缝进行 100% 渗透检测。检查前必须用不锈钢丝刷、尼龙砂轮将焊缝清理干净。在 15~50 °C 的温度条件下,渗透剂的渗透时间一般不得 < 10 min。溶剂去除时,常用擦除法。一般应先用干净不脱毛的布依次擦拭,直至大部分多余渗透剂被清除后,再用蘸有清洗剂的干净不脱毛的布或纸进行擦拭,直至将被检面上多余的渗透剂全部擦净。不得往复擦拭,不得用清洗剂直接在被检面冲洗。焊缝显像通常采用喷涂法,显像 3~5 min 后,可用肉眼或借助于 3~5 倍的放大镜观察所显示的图像。观察应在被检表面可见光照度 > 500 lx 的条件下进行。

着色检查主要检查衬里焊缝的裂纹、缝隙和气孔,托架角焊缝、物料管进出口裂纹等缺陷以及耐压试验后衬里表面是否有开口状缺陷等。检测部位通常有:内筒对接焊缝、托架与筒体连接角焊缝、进出口物料口接管角焊缝、法兰密封槽堆焊层、合成塔内表面上下封头堆焊层及以前检修或有可疑情况的部位、内表面各种补强贴板、检漏孔及温度计伸入口内壁角焊缝等。耐压试验后对内筒和衬里焊缝表面还需进行100%渗透检测。

3.3 磁记忆检测^[4]

尿素合成塔由于多种原因,不可避免地存在应力集中。这些应力集中部位在介质、温度、压力以及塔体运输过程中的颠簸等因素共同作用下容易产生应力腐蚀开裂、疲劳裂纹。常规无损检测方法只能检测出一定尺寸的宏观缺陷,而金属磁记忆检测技术能检出可能诱发损伤或破坏的应力集中部位,为合成塔的早期诊断提供了依据。

磁记忆检测主要用于合成塔的在线监测和定期检验。目的是对设备的整体应力集中状况进行快速扫查,对可能存在的损坏进行早期诊断,对诊断后可能存在问题的部位重点复查。由于磁记忆检测对焊缝表面的清洁程度要求不高,传感器和被测表面间无需耦合剂且可以离开金属表面,因而检测的准备工作相对简单。在线磁记忆检测可从总体上了解塔体的状态,预测应力集中部位的发展情况。

尿素合成塔层板材料为低合金高强度碳钢制造。在运行时受介质压力的作用,材料内部磁畴的取向会发生变化,并在地磁环境中表现为应力集中部位的局部磁场异常,形成“漏磁场”,并在工作载荷消除后仍然保留且与最大作用应力有关,这就是磁记忆检测技术的物理基础。利用磁记忆检测技术对筒体的环焊缝和所有角焊缝的外表面进行快速扫查,对诊断出的高应力部位,作为常规无损检测的重点,以确保重要部位不漏检。图1即为磁记忆检测所发现的应力集中部位。

尿素合成塔的人孔主螺栓也常在高温高应力状态下运行,在螺栓断裂前,虽然磁粉、渗透等方法不

能检出缺陷,但已经存在了很大的应力集中或微裂纹。磁记忆方法可以检测出螺栓最大应力集中部位。对深环焊缝、所有物料进出口管及人孔主螺栓应进行100%金属磁记忆检测。

3.4 硬度测定

(1) 目的 应根据宏观检验及资料审查结果确定是否进行硬度测定。需要测定时,一般采用抽查方式。测量焊缝硬度时,应对母材、焊缝和热影响区分别测量。

(2) 硬度测定部位 根据尿素合成塔工作时的温度、压力和介质等实际情况,选择有代表性的部位进行硬度测定,包括但不仅仅包括:无损检测发现裂纹的部位,合成塔工况最为恶劣的部位和检验人员认为有必要测试的其它部位,重点是从外表面对环焊缝进行硬度测试。

(3) 测定方法 测量硬度时,应在同一位置测量三次,当三次测量值中的某一值与另两值相比存在较大偏差时,应在该位置附近再次测量进行确认,以判断是测量误差还是材料本身问题。应注意硬度测量不要在同一点上反复测量。

3.5 铁素体含量测定

主要是抽查衬里焊接材料有否用错。对颜色不正常、补焊、存在缺陷或严重腐蚀部件进行铁素体含量测定。对内筒环焊缝进行铁素体含量抽测,每条焊缝抽测三处。铁素体含量测定采用磁性法,一般用Fischer铁素体仪测定。316L尿素及或CrNi-Mo25-22-2钢母材和堆焊焊缝铁素体含量均要求 $\leq 0.6\%$ 。这是因为:铁素体含量再增加时,Huey试验后材料失重或选择性侵蚀结果增加。

3.6 金相检查

(1) 对堆焊层发现颜色异常或铁素体测定其含量异常的部位进行现场复膜金相检查,重点检查奥氏体、 δ 铁素体相和可能出现的 σ 相或连续网状碳化物。

(2) 焊条的起、收弧部位出现色泽异常时,应进行金相检查。

(3) 对检验过程中发现的气孔、裂纹、刀口腐蚀等缺陷部位,必须进行金相检查。

3.7 合成塔的水压试验和整体声发射检测

多层包扎容器同样可以采用声发射检测技术进行缺陷的严重性评定,对缺陷实现精确定位。声发射检测特点是必须在检测过程中对压力容器进行加载,常用的加载方法为压力容器停止运行后进行的

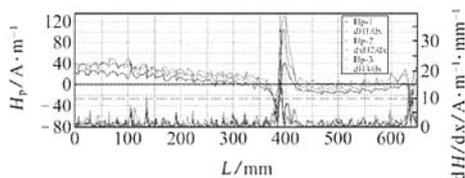


图1 金属磁记忆检测发现应力集中部位

水压或气压试验,也可直接用工作介质进行加载。对活动性缺陷,在加载过程中用多个声发射传感器对压力容器壳体进行整体监测,以发现活动性声发射源并进行定位,然后通过对其进行其它无损检测方法复验(如磁粉、超声等),排除干扰源,发现压力容器上存在的真正缺陷。另外声发射技术还可对已知缺陷进行活动性监测,判断其在给定的操作条件下是否有扩展的趋势,为合成塔的安全性评价提供依据^[5]。

尿素合成塔水压试验的目的是验证其强度是否满足设计的要求,以及在短时非正常操作条件下尿素合成塔是否安全。一般在水压试验的同时进行塔体的整体声发射监测,因而耐压试验包括两次升压过程。第一次升压首先将压力升至最高工作压力,确认无泄漏后继续升压至试验压力,保压 30 min,然后降至试验压力的 80%,保压足够时间进行检查;第二次升压的压力为试验压力的 97%,保压 30 min,在两次升压和保压过程中分别进行声发射监测,并依据检测结果进行声源的综合等级评定。

耐压试验要控制水中氯离子含量不超过 25 mg/L,耐压试验的压力为 27 MPa。耐压试验时水的温度不得低于 15 ℃。

对声发射检测中要求复验的声发射源应采用射线探伤(γ 射线探伤)或超声探伤(超声相控阵)的方法进行复验,并按各自的标准进行等级划分和评价。

3.8 检漏系统的检查

检漏孔与盲层(板)或内筒的连接方式应当采用焊接结构,且焊接部分深度不得小于筒体承压壁厚部分的三分之一,以防止介质进入包扎层。结构详

(上接第 669 页)

为[9 mm, 20 mm],二次波可探工件深度范围为[0 mm, 11 mm]。这样,[9 mm, 10 mm]和[10 mm, 11 mm]两个区域是重复被检区,当其出现高于定量线的缺陷波时评判较难。笔者介绍以下方法:

(1) 深度[9 mm, 10 mm]内出现的缺陷波在 A 区的阴影部分内,从理论上考虑其缺陷波高于深度为 10 mm 的同性质缺陷的波高。CSK-Ⅲ A 试块深度最小值从 $d=10$ mm 的 $\phi 1$ mm \times 6 mm 开始为基准,所以若在 A 区阴影部分评判则存在一定误差,因此应在 D 区阴影部分评判,以利于缺陷的准确定量。

(2) 深度[10 mm, 11 mm]的缺陷波会出现在

见示意图 2。

对检漏孔结构有怀疑时,拆除检漏孔外防护板,利用视频内窥镜检查尿素合成塔蒸汽检漏孔结构与图纸是否一致,检查检漏孔是否存在裂纹及该孔在使用过程中是否通畅。

4 结论

尿素合成塔类多层包扎容器,除了认真进行内表面的宏观检查和渗透检测外,还应对其外表面进行磁粉检测和金属磁记忆检测,以发现外层板的表面裂纹和对接环焊缝的表面缺陷,尤其是针对检漏管等应力集中部位,应检验有无应力腐蚀开裂的可能性。多层包扎容器的埋藏缺陷,可采用声发射整体监测,发现有意义的声发射源后,要采用射线或者相控超声等方法进行复验,以准确发现危险的活动性缺陷。一些新的检测技术应用为尿素合成塔的安全运行提供了新的保障手段。

参考文献:

- [1] 压力容器安全技术监察规程[S].
- [2] TSG R7001—2004 压力容器定期检验规则[S].
- [3] JB 4730/T—2005 承压设备无损检测[S].
- [4] 李光海,刘时风,沈功田. 压力容器检测中磁记忆检测技术[J]. 无损检测, 2004, 26(11): 570—574.
- [5] 李光海,刘时风. 基于信号分析的声发射源定位技术[J]. 机械工程学报, 2004, 40(7): 136—140.

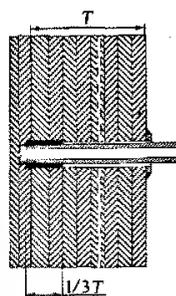


图 2 检漏孔连接示意图

B 区和 C 区阴影范围内,由于一次波比二次波能量损失少、易操作、测量方便,所以首选用一次波来判定,即选择用 B 区的阴影范围评判。

3 结论

(1) 对图 1 所示工件超声波探伤要注意观察的是 B 区和 D 区,而 A 区被始波干扰很难分辨,并且受试块限制,在评定时存在一定的误差。在 C 区大部分内都是由于几何形状等因素引起的假信号波,对检测焊缝内部缺陷用处不大。

(2) 建议改进 CSK-Ⅲ A 试块,从 $d=5$ mm 处制作一个 $\phi 1$ mm \times 6 mm 短横孔,这样能更好地通过一次波检验薄板焊缝质量。

尿素合成塔检测技术

作者: [黄源](#), [李光海](#), [HUANG Yuan](#), [LI Guang-hai](#)
 作者单位: [黄源, HUANG Yuan\(中国石油化工股份有限公司, 广州分公司, 广州, 510726\)](#), [李光海, LI Guang-hai\(中国特种设备检测研究中心, 北京, 100013\)](#)
 刊名: [无损检测](#) **ISTIC PKU**
 英文刊名: [NONDESTRUCTIVE TESTING](#)
 年, 卷(期): 2007, 29(11)
 引用次数: 0次

参考文献(5条)

1. [压力容器安全技术监察规程](#)
2. [TSG/R 7001-2004. 压力容器定期检验规则](#)
3. [JB 4730/T-2005. 承压设备无损检测](#)
4. [李光海, 刘时风, 沈功田. 压力容器检测中磁记忆检测技术\[期刊论文\]-无损检测](#) 2004(11)
5. [李光海, 刘时风. 基于信号分析的声发射源定位技术\[期刊论文\]-机械工程学报](#) 2004(07)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [王威强, 李梦丽, 徐书根, 宋明大, WANG Wei-qiang, LI Meng-li, XU Shu-gen, SONG Ming-da. 尿素合成塔爆炸及层板严重腐蚀开裂原因分析 -金属热处理](#)2007, 32(21)
 搜集整理了国内外尿素合成塔爆炸的事故案例和国内因层板严重开裂而报废的尿素合成塔案例, 对平阴爆炸尿素合成塔中间塔段热电偶下方断口做进一步分析, 结果表明热电偶下方各层板在尿素合成塔爆炸前均已存在应力腐蚀裂纹. 通过案例和平阴爆炸尿素合成塔断口进一步分析, 认为最可能的尿素合成塔爆炸诱因是内衬腐蚀泄漏、层板应力腐蚀开裂和原始制造缺陷等所致层板严重局部大开口开裂, 而导致的“爆沸”爆炸.
2. 期刊论文 [陈刚, 张辽新, 崔海生. 关于改进型CO2汽提法尿素装置尿素合成塔的腐蚀与控制 -化肥设计](#)2010, 48(1)
 尿素合成塔是改进型CO2汽提法尿素装置的4大重要高压设备之一. 介绍了34万t/a尿素合成塔的基本结构; 阐述了尿素合成塔的腐蚀机理; 从温度、氨碳比、水碳比、甲铵液浓度、氧含量等方面论述了尿素合成塔产生腐蚀的影响因素; 提出了正常运行、开车、停车、封塔停车以及低负荷运行期间减缓尿素合成塔腐蚀的控制方法.
3. 会议论文 [王威强, 李梦丽, 徐书根, 宋明大. 尿素合成塔爆炸及层板严重腐蚀开裂原因分析](#) 2007
 搜集整理了国内外尿素合成塔爆炸的事故案例和国内因层板严重开裂而报废的尿素合成塔案例. 对平阴爆炸尿素合成塔中间塔段热电偶下方断口做进一步分析, 结果表明热电偶下方各层板在尿素合成塔爆炸前均已存在应力腐蚀裂纹. 通过案例和平阴爆炸尿素合成塔断口进一步分析, 认为最可能的尿素合成塔爆炸诱因是内衬腐蚀泄漏、层板应力腐蚀开裂和原始制造缺陷等所致层板严重局部大开口开裂, 而导致的“爆沸”爆炸.
4. 期刊论文 [李英民, Li Yingmin. 尿素合成塔的腐蚀及局部修理 -大氮肥](#)2007, 30(4)
 针对尿素合成塔衬里腐蚀和泄漏的现象, 分析衬里焊缝腐蚀的原因, 提出装置定期检修或合成塔发生泄漏时应进行全面腐蚀检查, 介绍合成塔衬里及碳钢壳体腐蚀的局部修理方法及保证尿素合成塔正常运行的安全措施.
5. 学位论文 [张红才. 含腐蚀凹坑尿素合成塔极限载荷与安全评定技术研究](#) 2002
 该文以有限元极限分析和实验为主要手段, 对尿素合成塔腐蚀凹坑的极限载荷进行了分析, 提出了针对尿素合成塔实际结构和尺寸的凹坑安全评定工程方法. 该文主要研究内容和结论如下: 1) 研究了尿素合成塔球形封头凹坑的弹性应力分布与应力集中系数, 并用分析设计方法对含凹坑结构进行了强度校核. 2) 球形封头与筒体结构不连续产生的边缘应力对处于边缘应力区凹坑的极限载荷的削弱程度小于3%, 计算极限载荷时可以忽略边缘应力的影响. 3) 通过实验验证了有限元极限分析中, 使用5倍弹性斜率法求取极限载荷是合乎实际的、偏于安全的. 4) 给出了湖北化肥厂含腐蚀凹坑尿素合成塔的三级安全评定方法, 并在采用极限分析法时极限载荷与最高工作压力的安全系数取1.90. 5) 讨论了SAPV-95及API579-1997规范在尿素合成塔安全评定中应用的适用性.
6. 会议论文 [孟新东, 孙斌, 石湘伟, 胡育华. 尿素合成塔衬里的腐蚀泄漏与防护浅谈](#) 2006
 本文简述了尿素合成塔衬里腐蚀泄漏的机理、引起腐蚀泄漏的直接原因以及防止尿素合成塔衬里腐蚀泄漏的措施.
7. 会议论文 [戴建农, 彭健. 尿素合成塔腐蚀缺陷的产生及对策](#) 2006
 尿素合成塔是尿素生产的反应器, 也是关键设备之一. 尿素合成塔使用何种耐蚀材料取决于尿素生产工艺特性, 耐蚀材料一般选用奥氏体不锈钢, 衬里主要用316L, 堆焊层和焊材主要用25Cr-22Ni2Mo材料, 尿素工业用316L不锈钢(00Cr-18Ni13Mo2(N))与普通的商用品种是有差别的, 特点是铬、镍、钼含量高, 并加入氮. 固溶态的铁素体含量以及耐氏氏试验的腐蚀性性能有明确规定. 这种类型的316L(尿素级)钢或316L(LG)钢或316L(MOD)钢. 筒体部分的耐蚀层都采用衬里形式; 封头耐蚀层结构一般都是瓜皮衬里或带极堆焊层, 封头耐蚀层选用什么结构主要取决于设备的制造工艺. 本文还介绍了腐蚀特点及原因分析等等情况.
8. 会议论文 [杨中鲁. 尿素合成塔的腐蚀特点与防腐蚀分析](#) 2004
 尿素甲铵溶液的强腐蚀性, 具有浓度愈高、温度愈高, 对设备腐蚀愈强的特点. 在尿素生产过程中, 尿素高压设备处于高温、高压、甲铵浓度相对较高的环境中, 所以, 尿素高压设备的腐蚀情况一般要比其它系统的设备腐蚀严重. 本文重点分析尿素合成塔腐蚀特点与防护情况.
9. 期刊论文 [杨中鲁, Yang Zhonglu. 尿素合成塔的腐蚀特点与防腐蚀分析 -大氮肥](#)2005, 28(1)
 介绍氨汽提尿素生产工艺中尿素合成塔的腐蚀特点、影响腐蚀的因素和不同状况下的腐蚀原因分析, 并提出相应的防护措施和注意事项.
10. 期刊论文 [张红才, Zhang Hongcai. 含腐蚀凹坑尿素合成塔的安全评定与分析 -大氮肥](#)2003, 26(2)
 对尿素合成塔上封头腐蚀凹坑采用中国SAPV-95和美国API579规范分别进行安全评定, 给出安全裕度, 简略分析安全评定的结果.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wsjc200711019.aspx

下载时间: 2010年5月27日