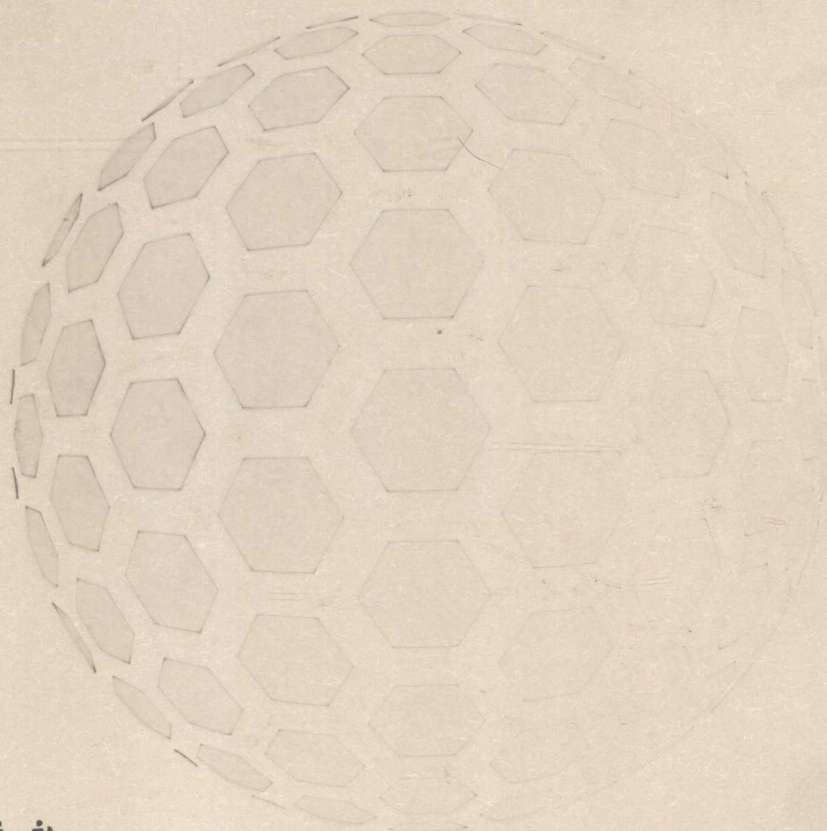


梁 泽 编著

化工生产难题 解决案例

HUAGONG SHENGCHAN NANTI
JIEJUE ANLI



化学工业出版社

梁 泽 编著

化工生产难题 解决案例

HUAGONG SHENGCHAN NANTI
JIEJUE ANLI

常州大学图书馆
藏书章



化学工业出版社

· 北京 ·

这是一本文集,收集了作者多年来在化工生产第一线所遇到的问题和所采取的解决办法、国内外一些技术发展趋势以及几篇作者翻译的外文资料。

本书可供化工生产第一线的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工生产难题解决案例/梁泽编著. —北京:化学工业出版社, 2011. 12

ISBN 978-7-122-12673-3

I. 化… II. 梁… III. 化工生产-文集 IV. TQ06-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 217303 号

责任编辑: 靳星瑞

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 洪雅姝

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 11¼ 字数 213 千字 2012 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

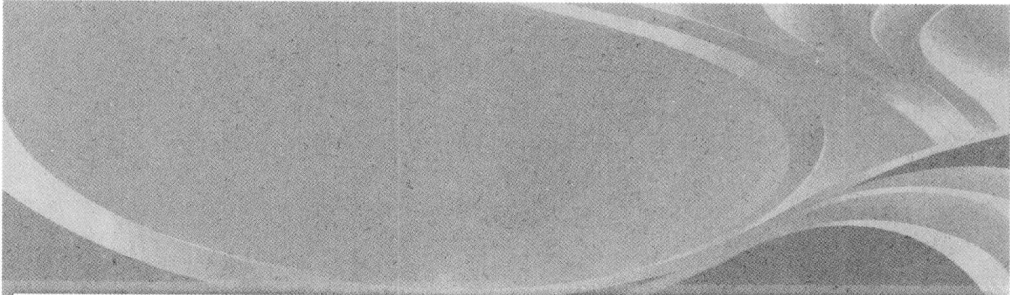
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究



前 言

化学工业是我国国民经济的支柱性产业之一，涉及国民经济各个领域。我国生产的化工产品达数万种，其中，黄磷、合成氨、尿素、硝酸铵等是化工生产的大宗基础产品。这些行业的生产设备特别是主要设备如：黄磷电炉、尿素合成塔等，价格昂贵、设计复杂，操作起来有一定的难度。而操作中稍有不慎，就可能导致异常甚至事故的发生，给生产带来不可估量的损失。

从实践中来，再到实践中去。本人在化工生产第一线工作多年，对国内外化工生产中发生的严重影响生产的重大生产事故有较深入的了解。为了总结经验，避免这类事故的发生，本人总结了一些典型案例，详细介绍了事故发生的现场情况，深入观察环境因素，科学严谨地分析事故原因，仔细探讨了有科学根据的解决措施。另外，也介绍了一些国内外的先进生产方法。本书中一些文章曾在国内相关专业杂志上发表过，现在把这些较零散的案例整理成册，方便同行的参考借鉴，以达到对生产中的隐患的预判，防止事故的发生；或在事故发生之后，有正确的应对措施。

由于本人水平有限，书中可能有些不足之处，望广大同行批评指正。在本书的出版过程中，得到柳州化肥厂、河池氮肥厂有关专家、化学工业出版社的支持和帮助，在此表示感谢！

梁泽

2011 年 10 月 20 日

目 录

1 硫化氢对尿素合成塔衬里的腐蚀及其预防措施探讨	1
2 尿素合成塔的腐蚀泄漏原因及其预防	9
3 提高 K-480 透平机组生产能力的若干改进措施	23
4 黄磷电炉爆炸的原因及其预防措施	29
5 尿素合成塔的应力腐蚀破裂及防止措施	38
6 合成氨弛放气回收制取硝酸铵	54
7 对黄磷电炉电极软断事故的分析	56
8 简易复合肥的生产	61
9 对解决结晶型硝酸铵自动包装和厂房腐蚀问题的探讨	67
10 变换炉筒体鼓胀和焊缝开裂事故的原因分析及预防措施	76
11 日本以尿素为基体的颗粒复合肥技术发展趋势	83
12 尿素合成塔中加氧方法的改进	89
13 日本东洋工程公司对河池氮肥厂技术改造的建议	100
14 尿素装置未达设计能力的原因分析及改造方向	106
15 用分流反应循环工艺改造现有尿素厂	109
16 低能耗尿素技术在能耗方面的比较	112
17 尿素生产技术的最新发展	123
18 日本尿基颗粒复合肥料生产技术	131
附录 尿素常用物化数据及图表	143
一、换算因子	143

二、若干物质的临界常数和偏心因子.....	145
三、饱和水和饱和水蒸气性质.....	147
四、二氧化碳的物化数据.....	152
五、氨的物化数据.....	157
六、 $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ 混合物的物化数据	166
七、尿素和氨基甲酸铵的物化数据.....	173
八、尿素-水溶液的物化数据	174
九、常见气体的比热容.....	179

1

硫化氢对尿素合成塔衬里的腐蚀 及其预防措施探讨

1.1 概 述

尿素合成塔的腐蚀是影响我国当前尿素生产的严重问题，在引起尿素合成塔（下简称尿塔）的腐蚀介质中，最明显、腐蚀性最大的是硫化氢。但在实际生产中，硫化氢对尿塔的腐蚀到目前为止仍未引起人们的足够重视，因而普遍放松对硫化氢含量的控制，使尿塔长期在高指标或超指标的硫化氢浓度中运行，导致尿塔腐蚀泄漏严重，被迫停车检修，甚至报废设备，造成较大的不必要的损失。本章着重探讨硫化氢对尿塔衬里的腐蚀危害、腐蚀机理及预防措施。

1.2 H_2S 对尿塔衬里的腐蚀危害

我国中型尿素厂目前所使用的尿塔结构见图 1.1。尿塔衬里多为 AISI 316L 不锈钢。从理论上来说，能引起这种材料腐蚀的介质，在衬里表面（与尿素接触的面）是硫化氢、氨基甲酸铵溶液、氢氰酸（中间产物）；衬里背面（与外壳接触的表面）是蒸气及其冷凝液中的 Cl^- 和溶解氧等。从生产实践中看到，腐蚀最明显、破坏性最大的是进入尿塔的 CO_2 气体中的硫化氢。如资江氮肥厂尿塔 1981 年 4 月在 CO_2

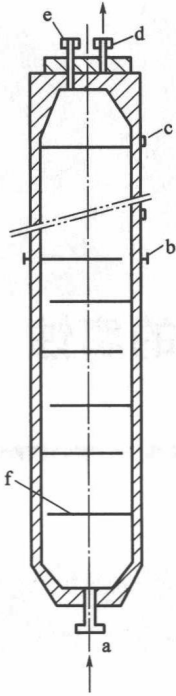


图 1.1 不锈钢衬里的合成塔结构
a—入口；b—检漏孔；c—塔壁温度计孔；
d—温度计孔；e—出口；f—塔板

气体中 H_2S 含量为 $30\sim 60\text{mg}/\text{m}^3$ （标准状态，下同）条件下操作，尿塔被腐蚀泄漏，出现黑尿素。停车检查，发现衬里大面积均匀腐蚀，在第十一环焊缝有一 $\phi 1.5\text{mm}$ 穿透孔。贵州氮肥厂尿塔 1978 年 1 月 H_2S 含量为 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ ，尿塔腐蚀泄漏，出现黑尿素。河池氮肥厂尿塔 1981 年平均 H_2S 含量为 $15.6\text{mg}/\text{m}^3$ ， H_2S 含量指标合格率只有 41%，全年尿塔腐蚀泄漏五次，每次都有腐蚀穿透孔，衬里表面出现大量均匀腐蚀，钝化膜全部受到破坏、表面很光亮。鲁南、广州等厂均发现当硫化物含量超指标时，就造成尿塔严重腐蚀现象。

硫化氢对尿塔衬里的腐蚀也从试验得到了证实。上海化工研究院用原子发射光谱法测得二氧化碳原料气中硫化氢

含量对尿液中钛、铬、镍含量的关系见表 1.1^[1]。

表 1.1 CO_2 气中 H_2S 含量与尿液中金属含量的关系

H_2S (标准状态)/ (mg/m^3)	$\text{O}_2/\%$	$\text{Ti}/10^{-6}$	$\text{Cr}/10^{-6}$	$\text{Ni}/10^{-6}$
0	0.30	0.06	0.3	0.06
2.5	0.43	0.04	1	0.6
5.7	0.29	0.01	1	0.4
1.2	0.30	0.06	0.6	0.6
28	0.48	0.2	4	2
54.7	0.36	0.1	3	1
89.7	0.57	0.2	2	0.9

从表 1.1 可以定性地看出，当硫化氢含量大于 $16\text{mg}/\text{m}^3$ 后，腐蚀率升高。由表可见，钛对硫化氢的防腐能力比不锈钢好，随硫化氢含量增高，尿液中钛含量增加不多。但硫化氢毕竟是一种促进腐蚀的介质，含量过高会破坏钛表面的氧化膜。美国 ESSO 公司在尿塔中测定，当氧和硫化氢含量分别为 0.236% 和 $12\text{mg}/\text{m}^3$ 时，纯钛的腐蚀率为

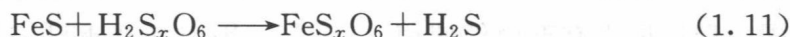
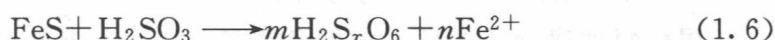
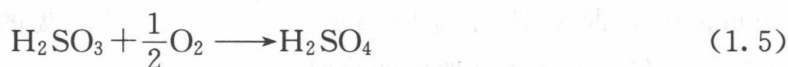
0.019mm/年,但当硫化氢含量提高到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、氧含量为 $0.3\% \sim 0.5\%$ 时,钛的腐蚀率就提高到 $1.0 \sim 1.5\text{mm}/\text{年}$ 。而如果硫化氢提高到 $500\text{mg}/\text{m}^3$,即使氧含量提高到 $1.0\% \sim 1.5\%$,钛的腐蚀率就高达 $2.23\text{mm}/\text{年}$,变成不耐腐蚀的材料了^[1]。

尿塔每次腐蚀泄漏所造成的危害是很大的。每次停车检漏,要排放整个尿素生产系统的尿液(近 100m^3),每次补修要 5 天以上时间,直接影响尿素产量 2000t 以上,使能源、原材料消耗大幅度上升。除经济损失外,尿塔寿命大大缩短。据报道^[2],同一种衬里的尿素合成塔,前联邦德国已使用十年,美国十年以上,日本尿塔已使用十五年,而我国中型厂尿塔有五台仅使用 $1 \sim 3$ 年,因泄漏严重已经报废。相当多厂的尿塔已作新塔备用。对我国进口的大型尿素厂来说,由于严格脱硫,原料气中硫化氢是以 10^{-6} 计,故一般不存在这一腐蚀问题。由此可见,控制硫化氢含量对尿塔的安全运行是极为重要的。

1.3 硫化氢的腐蚀机理

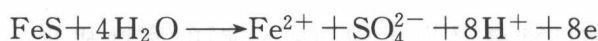
硫化氢在酸性溶液及海水中对不锈钢的腐蚀机理,国内外已进行过很多研究,有大量的报道。但在碱性溶液中特别是在氨-氨基甲酸铵-尿素溶液中对不锈钢的腐蚀,国内外未见有专门的报道。北京钢铁研究院最近对大庆化肥厂尿素汽提塔汽提管的腐蚀分析和对泸州天然气化工厂尿塔挂片试验^[3],均发现硫化氢对尿塔 316L 不锈钢衬里存在着严重的均匀腐蚀和晶间腐蚀,生产实践中还存在着孔腐蚀和应力腐蚀破裂(后一种腐蚀形式多发生在衬里背面)。尤以焊缝及其热影响区更为严重。腐蚀过程是这样的:腐蚀性阴离子 S^{2-} 首先吸附在衬里氧化膜表面上,把金属表面膜最薄弱的或有缺陷的氧化膜破坏,并和暴露出来的新金属,特别是 Fe 作用,生成硫化铁,硫化铁再溶解在溶液中与溶液中的 O_2 、 H_2O 作用,生成连多硫酸,其分子式为 $\text{H}_2\text{S}_x\text{O}_6$,式中 $x=2 \sim 5$ 。根据新川推定^[4], $\text{H}_2\text{S}_x\text{O}_6$ 的生成过程如下:



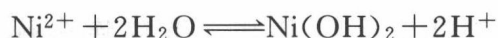
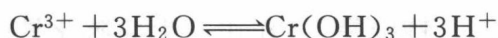
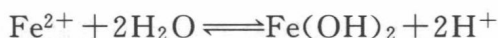


连多硫酸是一种侵蚀性很强的酸，能加速金属的溶解，从而引起衬里表面的均匀腐蚀。

当衬里表面存在凹坑、缺陷或结垢时，在凹坑、缺陷处或结垢物下面， S^{2-} 把金属表面氧化膜破坏，暴露的金属不再钝化，从而开始了电化学腐蚀反应。生成的硫化物为阳极，发生溶解，露出局部未钝化的新金属表面，而伴随硫化物的溶解，按下式生成 H^+ ：



开始时，凹坑、缺陷或结垢物下被暴露的新金属即活化点，内外电化学反应速度一样，随着过程的推移，阴极反应导致活化点内溶存氧的缺乏，使阴极过程受到阻碍，电子被迫移向孔外表面进行阴极反应，这就使孔内金属的阳离子 M^{n+} 和阴离子 OH^- 间失去平衡。为了保持电中性，迁移性大的阴离子 $\text{S}_x\text{O}_6^{2-}$ 等就向孔内移动，使孔内 $\text{S}_x\text{O}_6^{2-}$ 浓度增高，另一方面腐蚀产物的金属离子也因向外扩散受到阻碍在孔内富集，并产生水解：



水解结果得到金属的氢氧化物和产生大量 H^+ ，使孔内 H^+ 浓度和阴离子 $\text{S}_x\text{O}_6^{2-}$ 浓度增高，在孔内生成更浓的连多硫酸，这就加速金属的溶

解,引起自催化,随着自催化过程不断循环,孔内 pH 值继续降低,而使孔内发生剧烈的活化腐蚀,而孔外表面仍处于钝化状态。这样就形成一个孔内外电位差很高的活化钝化宏观电池,促使腐蚀大大加速,孔蚀就进入溶解阶段。由于孔底酸浓度最高,所以孔蚀向垂直方向发展,而不是纵向发展,使衬里最后穿孔泄漏。

1.4 预防措施

1.4.1 严格控制入尿塔 CO_2 气体中的 H_2S 含量

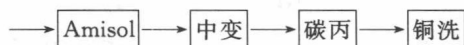
入尿塔 CO_2 气体中的 H_2S 含量高是造成尿塔腐蚀的根源。 CO_2 气体中 H_2S 含量高是由于合成氨生产中脱硫工序的缺陷或管理不善,放松控制入尿塔 CO_2 气体中的 H_2S 含量,首先要从合成氨脱硫工序着手。我国中型氨厂目前的脱硫流程各种各样,而所用的原料不同,同一种脱硫流程脱硫效果也不一样。针对不同的脱硫流程,应采用不同的改进措施。为了达到符合尿塔所要求的 H_2S 含量(低于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ CO_2 气体)的指标,现就我国不同的脱硫流程,建议采取如下不同的措施。

(1) 对重油为原料的三催化剂流程,以南化设计为例,水煤气中 H_2S 含量为 0.324% , COS 0.014% ,应采用常温甲醇洗。流程如下:



(2) 对煤、焦为原料的三催化剂流程,以鲁化设计为例,半水煤气中 H_2S 含量 $2\text{g}/\text{m}^3$, COS $100\text{mg}/\text{m}^3$,应采用耐硫低变催化剂,接 ADA、尚需 A-1-1(活性氧化铁)把关。EDTA 络合铁盐法用 ZnO 把关,接中变串低变较为适用。

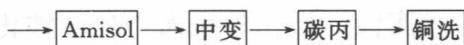
(3) 对兰化、吉化型氨厂,鉴于工厂同时生产甲醇,适用常温甲醇洗脱 S,流程为:



(4) 对 4.5 万吨型氨厂如柳化,低含硫时用:



高含硫时:



流程中碳丙是脱除 CO_2 的, 低硫时并脱除残余的 H_2S 和有机碳。

有些厂只有常压 ADA 一次脱硫, 由于不能脱除有机硫, 在变换炉的温度及催化剂的作用下, 有机硫转化为无机硫, 使入塔 H_2S 含量大大超过规定指标, 这种厂应该增加中变 ADA 二次脱硫。

1.4.2 选好尿塔衬里及焊条材料

我国中型尿素厂正在使用的尿塔多为 AISI316L 衬里, P_5 焊条焊接。316L 不锈钢由于加入 2%Mo, 使它在还原性尿素介质中的抗蚀性能优于 18-8 型奥氏体不锈钢, 在 H_2S 含量低于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 、通氧的情况下, 合金处于钝化状态, 可以维持尿素的正常生产。但当 H_2S 含量大于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 又缺氧时, 316L 不锈钢就处于活动状态, 不耐腐蚀了。现在世界各国已普遍采用改进级 316L 不锈钢, 我国用 A_4 钢, 日本多用钛, 美国开始用锆等耐硫化物腐蚀的材料, 这些材料的耐蚀性能均优于 316L 不锈钢。

焊条的选择也很重要, 据北京钢铁研究院在泸州天然气化工厂尿塔对 Themanite、 P_5 、2RM-69 和 NCF-10Mo 四种焊条的焊缝在尿塔中进行 8000h 挂片试验, 经检查分析, 可以明显看出, 焊缝在合成塔条件下的腐蚀程度与焊缝中 α -铁素体含量有密切关系。纯奥氏体焊缝比含有铁素体的焊缝更耐蚀。316L 和 P_5 焊条由于铁素体含量高, 因此腐蚀最严重。Themanite 和 NCF-10Mo 焊条由于只有微量铁素体, 所以在尿塔条件下有良好的耐蚀性。不存在铁素体优先腐蚀问题。2RM-69 焊条耐蚀性更优于 P_5 焊条, 并且焊接热影响区刀口型腐蚀比 Themanite 焊缝稍轻。Sadvik 公司研制的 2RM-69 是一种奥氏体焊条, 其成分如下 (%) :

C	Si	Mn	P
≤ 0.02	≤ 0.2	4.5	≤ 0.015
S	Cr	Ni Mo	N
≤ 0.015	25	22 2.1	0.13

这种焊条在尿素甲铵溶液中有良好的抗蚀性能，无选择性腐蚀的缺点。它与改进级 316L 不锈钢焊接，焊缝具有良好的抗腐蚀性能。大庆化肥厂汽提塔顶部汽提管分配头环焊缝就是采用这种焊接。经数年使用，性能良好。因此建议我国尿塔衬里焊接采用 2RM-69 焊条。

焊接方法宜采用熔化极氩弧焊效果较好。

1.4.3 思想上要重视脱硫

目前我国已有的常压及中变二次 ADA 脱硫流程的工厂脱硫后的变换气体经热钾碱液脱出 CO_2 、 CO_2 气体再经尿素车间的干法脱硫装置进一步脱除 H_2S 。这类流程的工厂有河池氮肥厂、贵州氮肥厂等。如思想重视，加强管理，严控工艺指标，可使 CO_2 气体含的 H_2S 达到要求。但有些厂对 H_2S 的危害认识不足，忽视合成氨脱硫工段的脱硫效果。片面依靠尿素车间的干法脱硫装置把关，因此造成送到尿素车间的 CO_2 气体中 H_2S 含量大大超过指标。同时也不及时更换干法脱硫的脱硫剂，使干法脱硫装置负荷过重，脱硫效率降低或失效，最后造成进入尿塔的 CO_2 气体中的 H_2S 常常超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 指标，造成尿塔的严重腐蚀。如河池氮肥厂 1981 年硫化氢含量常超指标，尿塔腐蚀泄漏停车五次，1982 年认识到 H_2S 对尿塔的危害后，加强对 H_2S 含量的控制，保持进塔 H_2S 含量只有几个 ppm ($1\text{ppm}=1\text{mg}/\text{L}$ ，下同)。全年没有发生尿塔泄漏停车事故。

有一些厂由于对 H_2S 对尿塔的危害认识不足，为了节约电，把中变脱硫停下，只靠 ADA 一次脱硫，这种做法是极为错误的，如前面提到，因半水煤气中的硫化物为无机硫（即 H_2S ），有机硫 CS_2 、 COS 、硫茆等。一般的常压湿法脱硫只能脱除 H_2S ，不能脱除有机硫，这些有机硫进入变换炉后在 500°C 及氧化铁催化剂催化下转化为 H_2S ，反应式为：



河池氮肥厂测定，停止中变脱硫前后变换气 H_2S 含量变化如下：

	H ₂ S 含量	有机硫含量
变换器进口	20mg/m ³	1g/m ³
变换器出口	50~100mg/m ³	未检出

由此可见,经变换后,H₂S 含量增加 2.5~4 倍,如不用加压脱硫装置,送到尿素车间的 CO₂ 气体中的 H₂S 高达 169.7mg/m³,在干法脱硫塔脱硫效率不变的情况下,进尿塔的 H₂S 含量为 15.63mg/m³,超过了规定的指标,造成尿塔的腐蚀。在此顺便提一下,我国规定尿塔进口 H₂S 含量为 15mg/m³ 以下,偏高。建议改为 5mg/m³ 以下。

参 考 文 献

- [1] 上海化工研究院腐蚀组. 尿素生产中汽提塔的腐蚀、选材与使用. 1982.
- [2] 左景伊. 国际腐蚀科学动态一瞥——参加第八届国际金属腐蚀会议观感. 1982.
- [3] 北京钢铁研究院六室. 泸州天然气化肥厂尿素合成塔挂片试验分析报告. 1981.
- [4] 陆世英等编. 不锈钢应力腐蚀破裂. 1976.

2

尿素合成塔的腐蚀泄漏原因及其预防

摘要 文章概述了我国中型厂尿素合成塔（下称尿塔）的腐蚀泄漏、损失情况和腐蚀形式；分析了尿塔衬里腐蚀的原因是：①引起尿塔衬里腐蚀的介质为硫化氢、不锈钢本身的硫夹杂物、氰酸、含 Cl^- 的水蒸气及其冷凝液和氨基甲酸铵；②设备制造时不重视质量、紧贴度差、用错焊条、焊接质量差等；③停车次数频繁，保压时间长，尿液停滞不动导致氧的缺乏；④焊接热影响，碳化铬的析出，使材料击穿电位降低。

文章从理论上探讨了点腐蚀和应力腐蚀裂纹的腐蚀机理。指出点腐蚀产生的过程为：尿液中的腐蚀性阴离子 S^{2-} 、 CNO^- 等吸附在氧化膜表面上，破坏钝化膜并使不锈钢本身夹杂硫被极化，夹杂硫溶解暴露出新金属，形成活化点，在活化点（或材料表面缺陷、孔隙）表面上进行腐蚀反应而导致点蚀。应力腐蚀裂纹产生主要是在含 Cl^- 的蒸气及其冷凝液作用下，由于拉伸应力而变形，出现滑移阶梯，导致金属表面膜的破裂，裸露的新金属表面与未破裂的表面构成电位差，裂纹尖端阳极溶解而发生破裂。

文章提出 6 条预防措施：①加强企业管理，减少停车次数；②严格工艺指标，控制好氧、硫化氢、氯离子浓度，根据国外经验，讨论了加氧方式；③推荐了 7 种耐蚀性优于 316L 不锈钢的材料；④消除应力；⑤严格制造工艺；⑥加强设备管理和监测工作，防止腐蚀泄漏严重事故发生。

2.1 概 述

进入 20 世纪 80 年代以来,我国尿素生产发展很快,全国中型氮肥厂已拥有 $\phi 1400$ 尿素合成塔 34 台 [生产能力 11 万吨/(年·台)],分布在 26 个企业。投产使用以来,腐蚀泄漏极为普遍,严重影响尿素生产。合成塔的腐蚀泄漏已成为我国尿素生产中亟待解决的问题,需要认真分析研究,找出原因,提出解决方法,这对保证尿素的正常生产、挖潜节能具有重要的意义。

2.2 腐蚀泄漏、损失情况

2.2.1 设备结构及特性

我国中型氮肥厂使用的尿素合成塔的设备特性为:操作压力 220kgf/cm^2 ($1\text{kgf}=9.80665\text{N}$,下同);操作温度 $(185\pm 2)^\circ\text{C}$;高度 28m;壁厚 102mm;筒体材质(内筒) 16Mn;每层厚度 6mm (12 层);层板材质 15MnV;衬里材质 AISI316L,衬里厚度 6mm。塔内溶液介质:尿素、氨基甲酸铵、氨、二氧化碳、氧、水。检漏夹层:蒸气及其冷凝液。

2.2.2 泄漏、损失情况

这种结构的尿素合成塔,按设计要求,应保用 10 年。同种类型的国外尿塔一般使用在 8 年以上才开始出现泄漏,但我国中型厂的尿塔使用时间不长,泄漏严重。据调查^[1],江西二化尿塔 1978 年 1 月投产到 1980 年 4 月,泄漏停车 15 次,累计运行时间一年零两个月,已经报废。资江氮肥厂尿塔 1976 年投产到 1979 年 6 月,泄漏停车 12 次,累计运行时间一年零五个月,亦已报废。盘锦化肥厂尿塔 1974 年投产到 1979 年 1 月,泄漏停车 23 次,累计运行时间三年多,也已报废。河池氮肥厂尿塔 1976 年 6 月投产,到 1980 年 6 月,累计运行一年零三个

月，因泄漏频繁，正计划作新塔备用。其他在用尿塔泄漏也甚为普遍。

由于尿塔泄漏严重影响生产，据估算，全国 26 个企业的尿塔因泄漏每年损失尿素约 29 万吨，损失金额（包括维修、开停车损失）约 9500 万元。1980 年全国中型厂尿素产量仅达设备能力的 49.2%。

2.3 腐蚀形式

从腐蚀的部位看，遍及整个塔的上下，其中以塔筒体衬里纵横焊缝两侧，衬里背面（与碳钢壳接触的面），筒体下部第 17、18、19 筒节尤为严重。

从现场观察及金相检查结果，尿塔衬里的腐蚀形式有如下几种。

（1）点腐蚀（包括焊缝针孔）这是目前尿塔泄漏的主要形式。资江氮肥厂尿塔运行 1567h，第二次检修发现穿透性点腐蚀孔 32 个。吉林长山化肥厂尿塔从 1975 年到 1980 年 7 月，7 次检修共发现点蚀孔 250 个以上，点蚀孔出现在母材及焊缝上。

（2）应力腐蚀裂纹 这种裂纹绝大部分出现在衬里背面，裂纹从外表面向内表面扩展。裂纹大多垂直于纵焊缝或横焊缝，裂纹深度有些已穿透衬里，大部分未穿透。裂纹大小不一，大的数毫米，小的用放大镜才能看到。不少裂纹往往和点蚀坑连接在一起，即点蚀坑的衬里背面周围有大量的裂纹，如江西二化尿塔在一点蚀孔周围，割下一块 200mm×200mm 的衬里，敲击时已无金属声。

（3）焊缝均匀腐蚀 从现场观察，母材本身的均匀腐蚀不显著，但焊缝腐蚀是极为明显的。如河池氮肥厂 1978 年 10 月停塔检查，不少衬里凸起的焊缝已呈凹形（即低于母材表面）。安阳化肥厂 1979 年 8 月第 4 次检修，发现大盖堆焊部分焊肉已腐蚀成凹凸不平，塔口腐蚀残留物成瘤状悬挂在塔顶收口壁上，质脆、疏松。

对几家尿素工厂腐蚀事例的分析统计，得出如下结果：

点腐蚀	50%
应力腐蚀裂纹	20%（指穿透性裂纹）
均匀腐蚀	10%