

信息技术应用

合成氨生产中氧含量控制系统的改进

韩学政¹, 王承信², 杨中国¹, 李 帅¹

(1. 枣庄学院物理与电子工程系, 山东 枣庄 277160; 2. 枣庄市普利化工有限公司, 山东 枣庄 277160)

摘要:介绍了合成氨生产中氧含量控制的一种控制方案。氧含量控制系统是一个大时滞系统, 大时滞系统的控制问题是过程控制中的难题, 本方案采取转移取样点位置的方法来解决这一难题, 把合成氨生产中氧含量的取样点移至洗气塔气体出口。改进后时滞 ≤ 5 s 以内, 有效地解决了氧含量监测控制的时滞过长的问题。

关键词:合成氨; 氧含量; 大时滞系统; 安全; 自动控制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2011)05-0086-02

Advanced oxygen control system for production of synthetic ammonia

HAN Xue-zheng¹, WANG Cheng-xin², YANG Zhong-guo¹, LI Shuai¹

(1. Physics and Electronic Engineering Department, Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, China;

2. Puli Chemical Industry Limited Company of Zaozhuang, Zaozhuang 277160, China)

Abstract: A control system for the oxygen control in the production of synthetic ammonia is introduced. Oxygen control system is a large-scale-time-delay system which is quite difficult to be controlled. Transferring the position of sampling points to the outlet of the scrubber tower is used to control the oxygen content in the production of synthetic ammonia in this paper. The time delay of the advanced oxygen control system is less than 5 seconds, which can effectively control the oxygen content and solve the problems related to the large time delay.

Key words: synthetic ammonia; oxygen content; large-time-delay system; safety; automatic control

在固定床气化生产原料气的合成氨生产工艺中^[1-5], 合成氨生产原料气中的氧含量是合成氨生产中的一个重要参数, 是影响系统安全的首控指标。化工部颁发的工艺指标是: O_2 体积分数 $\leq 0.5\%$, 氧含量一旦超标, 容易引起爆炸事故的发生^[6]。为了保证安全生产, 国内外行业内的做法是在储存原料气的气柜出口管线或脱硫塔出口管线上设置氧含量的监测点^[7], 利用氧气分析仪监测原料气中的氧含量^[8-10]。但这一做法监测结果误差大, 其原因如下:

(1) 煤气发生炉到气柜或脱硫塔的这一管段中的氧含量没有被检测到, 因为通道长, 纯滞后时间大, 从煤气发生炉到气柜的时间间隔为 5~10 min;

(2) 扰动因素多, 归纳起来主要有现场粉尘大、水分高等因素, 氧含量的分析稳定性受到影响。

多年来, 这个生产装置的氧含量控制方法都为: 利用氧含量的变化来实现自动报警及切断所有煤气发生炉, 将大量煤气放空, 然后查找原因。而数台炉子原因查找起来相当困难, 易造成判断失误。找出原因, 排除故障点, 还要再开炉制惰性气置换系统^[11-13], 才能逐步转入正常生产。氧含量之所以成为一个难控制的环节原因有 2 个: 一是原有取点位

置使系统成为复杂的时滞环节; 二是控制切断方式不合理, 一旦氧含量超标, 不管煤气发生炉是否正常, 都要切断所有煤气发生炉。

解决方案: 改变取样点的位置, 减小时滞; 将氧含量超标的煤气发生炉切断, 但让氧含量不超标的煤气发生炉正常工作, 使其尽量减少对生产的影响。

1 控制系统的优化设计

1.1 原有控制方案

目前枣庄市台儿庄区山东联合丰元化工有限公司合成氨生产装置中所采用的氧含量检测控制方法如图 1。煤气发生炉产生的煤气, 经除尘器回收余热, 再经洗涤降温后送入气柜, 然后经较长的气柜出口管线送经煤气风机加压后送往脱硫工序的冷却塔、脱硫塔、静电除尘焦油器, 再送往压缩工序。原料气中氧含量的取样点选取脱硫塔出口管线上, 信号经氧含量分析仪^[14]后送往 DCS 系统, 在 DCS 系统实现了自动报警和联锁^[15], 具体控制模式为:

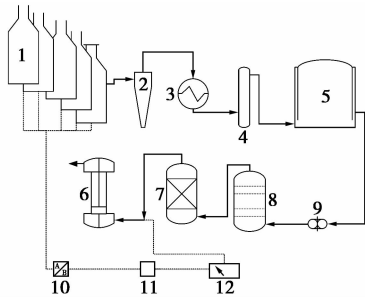
(1) 氧体积分数 $< 0.5\%$, 正常操作, 无报警输出;

(2) 氧体积分数 $\geq 0.5\%$, 进行声、光报警, 提醒

收稿日期: 2011-01-19

基金项目: 枣庄市安全检查监管专项 (F122009-001-0067)

作者简介: 韩学政 (1961-), 男, 大学, 教授, 主要研究方向为化工项目改造, hxz6131@sina.com; 杨中国 (1980-), 男, 硕士, 主要研究方向为化工项目改造, 通讯联系人, yangzhong_guo@163.com。



1—煤气发生炉;2—除尘器;3—热交换器;4—气体洗涤塔;
5—气柜;6—静电除尘焦油器;7—脱硫塔;8—冷却塔;
9—风机;10—控制单元;11—DCS系统;12—氧含量分析仪

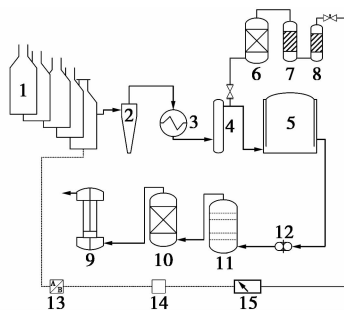
图1 原有控制方案流程图

造气、脱硫工段操作人员注意监视氧含量的变化情况,并采取措施,检查氧含量升高原因并进行处理;

(3)氧体积分数 $\geq 0.6\%$,除连续报警外,还将自动切除所有煤气发生炉的电源。

1.2 改进后的控制方案

原方案经改进后,原料气中氧含量的取样点选取在洗气塔出口管线上,原料气经样气缓冲水分离器气水分离后,再经干燥器干燥,脱硫器脱硫后,样气通过氧含量分析仪,然后将氧含量分析仪产生的信号送入DCS系统,在DCS系统上实现了自动报警和安全连锁,具体的连锁报警模式(图2)和图1所示控制方案唯一的区别是氧体积分数 $\geq 0.6\%$ 时,不是切除所有煤气发生炉,而是只自动切除当前氧含量超标的煤气发生炉。



1—煤气发生器;2—除尘器;3—热交换器;4—气体洗涤塔;
5—气柜;6—缓冲水分离器;7—干燥器;8—脱硫器;
9—静电除尘焦油器;10—脱硫塔;11—冷却塔;12—风机;
13—控制单元;14—DCS系统;15—氧含量分析仪

图2 改进后控制方案流程图

2 氧含量检测的时滞分析

原来传统做法是在气柜后风机前或脱硫塔出口监控氧含量,由图3可以看出从开始生产出原料气到检测到稳定的原料气中的氧含量大约需要20 min

的时间;一是因为单台煤气炉氧含量超标,要在气柜中混合,再经管道的监测点反映在仪表上。大大延长了反应时间,虽然单台煤气炉氧含量超标,但是经过混合后的氧含量不一定超标;二是若氧分析仪显示指标超标,可能是多台炉子氧含量超标所致,或者是单台炉子工艺状况恶化、阀门故障等,使其氧含量的浓度已长时间高出化工部严控指标的数倍。这时氧分析仪即使检测到超标信号,如若不能及时控制,几千立方米的煤气柜已是一个极大的爆炸危险源,煤气风机再把氧含量高的煤气送往后工序,从而所有工序都有发生爆炸的隐患。

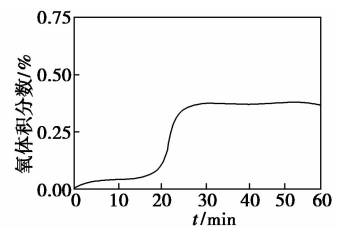


图3 改进前方案氧含量检测结果

由图4可以看出,改进后,从开始生产出原料气到稳定地检测到原料气中氧含量的时间约在10 s之内,由此可以看出改进后的检测控制方法比原有检测控制方法的运行结果显著改善,克服了大时滞^[16-18]的问题,当单炉氧化量刚开始超高时,便可进入系统进行连锁停止单台炉子,变事后被动控制为事先主动控制,达到安全生产的目的。

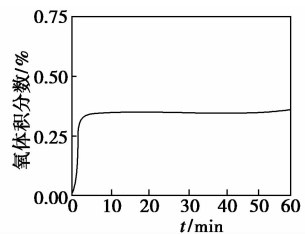


图4 改进方案氧含量检测结果

3 实际应用效果

由于没有稳定的数学模型,原控制系统的时滞问题很难通过软件解决,所以经常在手动方式下运行,一旦装置产生波动,长时间才能恢复正常,经济效益受到很大影响。控制系统经过优化设计以后,彻底解决了原来氧含量检测带来的生产和控制的突出矛盾,生产控制实现了安全、稳定、环保,收到了明显的经济和社会效益。

新的控制系统,能够及时准确地控制氧含量的

(下转第96页)

- [14] Sebastian Zuehlke, Uwe Duennbier, Thomas Heberer. Determination of polar drug residues in sewage and surface water applying liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Anal Chem*, 2004, 76: 6548 - 6554.
- [15] Mira Petrovic, Alfredo Diaz, Francesc Ventura, *et al.* Occurrence and removal of estrogenic short-chain ethoxy nonylphenolic compounds and their halogenated derivatives during drinking water production [J]. *Environ Sci Technol*, 2003, 37: 4442 - 4448.
- [16] Tomas P J Kull, Peter H. Backlund, Krister M. Karlsson, *et al.* Oxidation of the cyanobacterial hepatotoxin microcystin-LR by chlorine dioxide: reaction kinetics, characterization, and toxicity of reaction products [J]. *Environ Sci Technol*, 2004, 38: 6025 - 6031.
- [17] Darrena A. Lytle, Thomas J. Sorg, Christy Frietch. Accumulation of arsenic in drinking water distribution systems [J]. *Environ Sci Technol*, 2004, 38: 5365 - 5372.
- [18] 陈卫, 韩志刚, 刘成, 等. MIEX 技术控制饮用水消毒副产物的研究进展 [J]. *中国给水排水*, 2009, 25(6): 14 - 18.
- [19] Niina M Vieno, Heli Harkki, Tuula Tuhkanen, *et al.* Occurrence of pharmaceuticals in river water and their elimination in a pilot-scale drinking water treatment plant [J]. *Environ Sci Technol*, 2007, 41: 5077 - 5084.
- [20] 裴亮, 董波, 姚秉华, 等. 超滤与粉末活性炭组合工艺处理饮用水 [J]. *工业用水与废水*, 2007, 38: 24 - 27.
- [21] Thomas A Ternes, Martin Meisenheimer, Derek Mccowell, *et al.* Removal of pharmaceuticals during drinking water treatment [J]. *Environ Sci Technol*, 2002, 36: 3855 - 3863.
- [22] 陈言明, 沈倩青, 朱易春, 等. 催化臭氧氧化-生物活性炭饮用水深度处理技术介绍 [J]. *给水排水*, 2010, 36(S1): 57 - 62.
- [23] 付军凤. 纳滤膜法除硫酸根技术进展 [J]. *氯碱工业*, 2009, 45(1): 7 - 10.
- [24] Soo-Ah Lee, Kwang-Ho Choo, Chung-Hak Lee, *et al.* Use of Ultra-filtration Membranes for the Separation of TiO₂ Photocatalysts in Drinking Water Treatment [J]. *Ind Eng Chem Res*, 2001, 40: 1712 - 1719.
- [25] 田家宇, 张宇. 超滤膜/混凝生物反应器去除饮用水中有机物的效能 [J]. *中国给水排水*, 2009, 25(5): 20 - 23.
- [26] 王晓伟, 杨开. 反渗透技术脱除水中硼酸的研究与应用进展 [J]. *水处理技术*, 2010, 36(8): 6 - 9.
- [27] Hugues Humbert, Herve Gallard, Herve Suty, *et al.* Performance of selected anion exchange resins for the treatment of a high DOC content surface water [J]. *Water Research*, 2005, 39: 1699 - 1708.
- [28] Mehmet Kitis, Ilker B Harman, Nevzat O Yigit, *et al.* The removal of natural organic matter from selected turkish source waters using magnetic ion exchange resin (MIEX) [J]. *Reactive & Functional Polymers*, 2007, 67: 1495 - 1504.
- [29] 张宝亮, 张秋禹, 张和鹏, 等. 磁性复合微球处理水中氯仿的应用研究 [J]. *化学工程*, 2010, 38(10): 60 - 64.
- [30] 田丽娟, 刘捷涛, 陆柱. 金属粉体合金材料 SPM 在饮用水处理中的应用研究 [J]. *净水技术*, 2007, 26: 62 - 64.
- [31] 徐振华, 左莉娜, 汤甜玉, 等. 聚羟基铝铁改性累托石处理低氟饮用水的应用研究 [J]. *非金属矿*, 2009, 32(1): 77 - 83. ■

(上接第 87 页)

指标,并保证了安全、稳定生产。原来设想检测时滞 在 2 min 以内,而实际检测结果经常在 5 s 以内,即使存在较大干扰,控制误差也在 0.05 之内。图 3、图 4 的波形所显示的是开始生产 1 h 内的检测记录曲线,从该记录曲线图中可以看出,系统有效地解决了氧含量监测控制的时滞问题。

参考文献

- [1] 王庭富. 21 世纪合成氨的展望 [J]. *化工进展*, 2001, (8): 6 - 8.
- [2] 蒋德军. 合成氨工艺技术的现状及其发展趋势 [J]. *现代化工*, 2005, (8): 9 - 14.
- [4] 冯元琦. 实现“十一五”合成氨节能指标构建节能型企业 [J]. *大氮肥*, 2005, (5): 73.
- [5] 沈之宇, 张庆武, 阎镜予, 等. 合成氨生产系统的两步逐级正交优化 [J]. *中国科学技术大学学报*, 2005, (2): 277 - 283.
- [6] 张增亮, 蔡康旭. 可燃气体(液体蒸气)的爆炸极限与最大允许氧含量的对比研究 [J]. *中国安全科学学报*, 2005, (12): 64 - 68.
- [7] 裴志波. 合成氨生产过程中氧含量的自动控制 [J]. *石油化工自动化*, 1991, (6): 63 - 65.
- [8] 章仪. 新型氧浓度传感器及测定仪问世 [J]. *自动化仪表*, 1997, (11): 37.
- [9] 仪表工应知应会问答(磁导式氧分析仪应用技术部分) [J]. *化工自动化及仪表*, 1984, (6): 73 - 71.
- [10] 张建海, 唐廖强. 外置式氧化锆检测 FCCU 烟气氧含量方法的改进 [J]. *自动化与仪表*, 2003, (5): 22 - 23.
- [11] 翁学敏. 谈谈气柜的惰性气体置换 [J]. *化工设计通讯*, 1982, (1): 51 - 54.
- [12] 李长明. 气柜置换终止点探讨 [J]. *煤气与热力*, 1988, (6): 39 - 41.
- [13] 全尚仁, 王大光, 王玲伟, 等. 气柜采用综合防护措施调查报告 [J]. *石油化工腐蚀与防护*, 2005, (2): 60 - 62.
- [14] 陈沛智, 杨倬, 吴明慧. 国产 DZF-1 型碳、氢、氮及氧元素自动分析仪的使用 [J]. *湖北大学学报(自然科学版)*, 1983, (2): 121 - 126.
- [15] 沈之宇. 小氮肥氨合成装置先进控制与优化研究与应用 [D]. 中国优秀博士学位论文全文数据库(博士), 2006.
- [16] 尹忠海, 刘剑, 胡继华. 合成塔氢氮比调节 [J]. *化工自动化及仪表*, 1989, (5): 33 - 35.
- [17] 鲁照权. 大时滞不确定过程稳定性及自适应时滞补偿 H-∞ 鲁棒控制研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2002.
- [18] 鲁照权, 韩江洪. 一类大时滞过程的内模预测控制 [J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2001, (1): 1 - 5. ■