



DOI: 10.16085/j.issn.1000-6613.2022-0239

SNAR: 一种新型非氨基还原除酸脱硝工艺技术

宋玉昆¹, 王国刚², 张新功², 刘大阔², 张金庆², 林瀚²

(¹ 中国石油化工股份有限公司天津分公司, 天津 300271; ² 青岛惠城环保科技股份有限公司, 山东 青岛 266500)

摘要: 为了解决当前脱硝技术存在的氨逃逸及安全隐患等问题, 本文采用了一种新型选择性非氨基还原除酸脱硝工艺技术 (SNAR)。首先, 详细地阐述了 SNAR 工艺的技术原理和流程; 然后基于天津石化热电部 7[#] 煤粉炉工业试验, 验证了该工艺技术的脱硝效果和是否存在氨逃逸; 最后, 通过对标分析选择性催化还原 (SCR) 和选择性非催化还原 (SNCR) 工艺技术, 总结了 SNAR 工艺技术的优点及应用前景。研究结果表明: SNAR 工艺技术的 NO_x 脱除率为 50%~90%, 不会产生氨逃逸。该技术能够有效地避免氨逃逸带来的二次污染, 解决腐蚀、结垢及安全等问题, 给锅炉运行带来了极大的经济和环境效益。

关键词: 选择性非氨基还原; 选择性催化还原; 脱硝; 氨逃逸; 锅炉运行

中图分类号: X773

文献标志码: A

文章编号: 1000-6613 (2022) S1-0606-07

SNAR: a new non-amino reduction technology for acid and denitration

SONG Yukun¹, WANG Guogang², ZHANG Xingong², LIU Dakuo², ZHANG Jinqing², LIN Han²

(¹ SINOPEC Tianjin Company, Tianjin 300271, China; ² Qingdao Huicheng Environmental Protection Technology Co., Ltd., Qingdao 266500, Shandong, China)

Abstract: In order to solve the problems of ammonia escape and safety hazards in the current denitrification technology, a new selective non-amino reduction (SNAR) acid denitrification process technology was proposed. Firstly, the technical principle and process of the SNAR were explained in detail. Then, based on the industrial test of the 7[#] pulverized coal furnace of the Tianjin petrochemical thermal power department, the denitrification effect of the process technology and whether there was ammonia escape were verified. Finally, through the benchmark analysis of SCR and SCNR process technology, the advantages and application prospects of SNAR process technology were summarized. The research results showed that the NO_x removal rate of SNAR process technology was 50%—60%, and no ammonia escape will occur. When combined with SCR technology, the denitrification efficiency can reach 80%—90%, and it can effectively reduce ammonia escapes of SCR technology. SNAR technology can effectively avoid the secondary pollution caused by ammonia escape, solve the problems of corrosion, fouling and safety, and bring great economic and environmental benefits.

Keywords: selective non-amino reduction (SNAR); selective catalytic reduction (SCR); denitrification; ammonia escape; boiler operation

火力发电在我国发电厂中占据主导地位^[1-2]。然而煤炭燃烧不仅产生大量的烟尘, 还会释放

收稿日期: 2022-02-15; 修改稿日期: 2022-04-29。

第一作者: 宋玉昆 (1971—), 男, 高级工程师, 研究方向为石油化工、电力行业技术。E-mail: songyukun.tjsh@sinopec.com。

通信作者: 王国刚, 工程师, 研究方向为烟气脱硝。E-mail: wanggg@hcept.com。

引用本文: 宋玉昆, 王国刚, 张新功, 等. SNAR: 一种新型非氨基还原除酸脱硝工艺技术[J]. 化工进展, 2022, 41(S1): 606-612.

ANG Guogang, ZHANG Xingong, et al. SNAR: a new non-amino reduction technology for acid and denitration[J]. Chem Ind Eng Prog, 2022, 41(S1): 606-612.

reduction technology for acid and denitration[J]. Chem



1. 用微信扫一扫扫描上方二维码或在微信中搜索公众号“舜业之声”关注神州热电、天下热力设计圈、神州热电业联盟公众号。
2. 进入舜业之声“舜业之声”找到在下方“会员中心”, 点击注册会员, 注册时请勾选同意《舜业之声用户协议》, 舜业之声将为您提供更好的服务。
3. 未加入神州热电、天下热力、设计圈、神州热电业联盟的朋友申请加入舜业之声请联系舜业之声负责人张金庆1825411666

NO_x、SO_x等有害气体，直接导致酸雨的形成，造成极大的环境破坏，严重影响人们的日常生活^[3-5]。为了控制烟气中有害气体的排放，许多燃煤电厂均采用了脱硫脱硝技术，在保护环境的同时也提高了能源效率。

目前，氮氧化物的控制技术主要分为两种：一种是燃烧过程中控制NO_x的产生，如低氮燃烧技术^[6]、循环流化床洁净燃烧技术（CFBC）^[7]、整体煤气化联合循环（IGCC）^[8]、洁净煤发电技术^[9]等；另一种是烟气脱硝技术，使NO_x在形成后被净化，如选择性催化还原脱硝技术（SCR）、选择性非催化还原脱硝技术（SNCR）以及SCR/SNCR联合技术^[10]等。通过文献阅读和实地调研，当前国内外电厂和催化装置普遍使用SCR技术和SNCR技术进行烟气脱硝处理，这两种技术均已较为成熟，但仍存在一些局限性^[11-13]，如：SNCR技术脱硝效率较低，仅在30%~50%；SCR技术虽然脱硝效率较高，达80%~90%，但由于该技术还原剂NH₃与NO_x的比值大于1.2，造成氨逃逸问题，不少装置烟气中NH₃浓度可达500~800μL/L，导致废水中的氨氮含量超标，造成二次污染，并且尿素、液氨的运输和储存存在一定的安全隐患。

为了更加环保、安全、高效、经济地处理烟气中的有害气体，解决氨逃逸问题，并保证脱硝效率，中国石化天津分公司（天津石化）采用了青岛惠城环保科技股份有限公司研发的一种新型固态非氨基除酸脱硝工艺技术，简称SNAR技术，该技术采用一种新型固态非氨基除酸脱硝还原剂进行烟气脱硝处理，并在天津石化热电部7#煤粉炉进行了该工艺技术的工业试验。

1 SNAR 工艺技术

1.1 SNAR 技术原理

青岛惠城环保股份有限公司研发的SNAR技术，其原理是在温度窗口400~1100℃，向烟气中

喷入核心组分为三聚氰胺的固态非氨基除酸脱硝还原剂，高温下分解成还原性更强的C=N双键结构与烟气充分混合并与SO₃、NO_x进行反应，生成N₂、CO₂、H₂O和SO₂，见式(1)。该固态高活性脱硝还原剂的作用一方面是很高的脱硝效能，NO_x脱除率可达到50%~90%，同时因为没有氨基的存在所以不产生氨逃逸现象，高效解决了烟气中的NO_x的绿色排放问题。另一方面，该工艺采用稀相输送气相除酸技术，在面对SO₃气体时仍表现为还原性，直接将烟气中的SO₃还原为SO₂，不产生其他任何有害物质，对解决结盐腐蚀、结垢问题意义重大。



1.2 SNAR 工艺流程描述

SNAR的工艺流程如图1所示，非氨基除酸脱硝还原剂储存在料仓中，通过气相输送将还原剂输送到炉前发送装置。利用压力为0.4MPa左右的压缩空气，将还原剂定量稳定地通过喷枪穿过炉膛各个加剂口喷入炉膛400~1100℃的温度区域后分解，通过气相与烟气在炉膛和换热段充分混合，还原剂与烟气中的NO_x、SO₃进行反应，达到脱硝除酸的目的。整个加剂系统采用PLC控制，能够保证稳定地运行和定量控制加剂量。

2 SNAR 工业试验

2.1 试验背景

中国石化天津分公司热电部（简称热电部）7#煤粉炉的风量约为400000m³/h（标准状况下），烟气中NO_x浓度为270~400mg/m³。目前热电部7#煤粉炉脱硝工艺采用的是SNCR+SCR联合技术，该技术能够满足天津地区NO_x浓度的环保排放要求，但是废水中氨氮的含量严重超标。并且热电部7#煤粉炉SNCR段的温度为900~1000℃，氧体积分数4.0%~5.0%，炉膛压力为-50~-100Pa（负压），烟气高温段停留时间小于1s，该煤粉炉的工况满足新型固态非氨基除酸脱硝工艺技术的应用条件。因

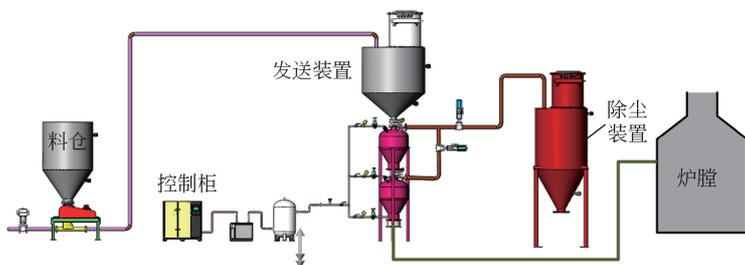


图1 SNAR 工艺流程图

此在天津石化热电部7#煤粉炉SNCR段应用SNAR脱硝工艺技术，开展工业试验，验证该工艺的脱硝效果。

2.2 试验方案

为了验证SNAR脱硝工艺技术的试验效果，选择天津石化热电部7#煤粉炉进行工业试验，在煤粉炉内、煤粉炉出口（SCR前检测口）、SCR后检测口设置检测点，使用崂应3012H烟气综合分析仪，通过炉内设置的32根采样管，实时检测煤粉炉内、煤粉炉出口烟气中O₂、NO、NO_x（6%O₂）的浓度，制定了以下几组试验方案。

(1) 开展加注还原剂试验研究，验证SNAR技术的脱硝效果；并选取不同负荷、不同加剂频率、不同输送介质，分别验证负荷、加剂频率以及输送介质对SNAR技术脱硝效果的影响。

(2) 开展SNAR+SCR技术试验研究，验证SNAR和SCR联合技术的脱硝效果。

(3) 开展SCR段物理切除氨气后是否继续反应探究试验，通过炉内自有的西门子U23在线氨气含量监测装置及现场DCS系统收集实时数据，验证在氨气物理切除后SCR段NO_x与还原剂是否发生了进一步反应以及是否存在氨逃逸。

2.3 结果与讨论

2.3.1 SNAR技术脱硝效果试验

(1) SNAR技术NO_x脱除率试验 为了验证SNAR技术的脱硝效果，在7#煤粉炉380t/h负荷工况下，将炉膛横截面上整体分为4片区域，每片区域设置8个小区域，每个小区域设置一根采样管，在炉膛内总共设置32根采样管，分别对应煤粉炉的不同区域，在试验过程中，对每一根检测管的数据进行统计，如表1所示。

根据表1加剂前和加剂后NO_x浓度的变化，计算出SNAR工艺技术的NO_x脱除率，如图2所示。SNAR技术的NO_x脱除率为50%~60%，脱硝效果优于SNCR技术。

由图2可知，有两个采样点脱除率低于50%，有一个采样点脱除率高于60%，这是因为在将近100m²的炉膛截面上选择三个加剂口进行加剂，试验过程中还原剂的有效喷入距离为30cm，会导致还原剂分布不均的情况，因此会存在个别的区域反应效果很好，个别区域反应效果较差；并且可能会导致有的区域还原剂局部过量，导致还原剂被氧化而没有起到脱硝的作用，造成还原剂的浪费。因此，为了达到更好的脱硝效果以及减少还原剂的局

表1 SNAR技术脱硝效果试验数据

采样点	加剂前 /mg·m ⁻³	加剂后 /mg·m ⁻³	采样点	加剂前 /mg·m ⁻³	加剂后 /mg·m ⁻³
1	368	153	17	339	152
2	373	162	18	303	151
3	347	161	19	308	130
4	356	165	20	326	160
5	364	154	21	345	211
6	370	152	22	339	138
7	348	170	23	312	155
8	365	149	24	286	132
9	278	138	25	184	87
10	398	160	26	287	134
11	331	151	27	262	126
12	342	169	28	281	123
13	374	168	29	323	138
14	285	139	30	282	75
15	342	212	31	306	150
16	341	137	32	256	122

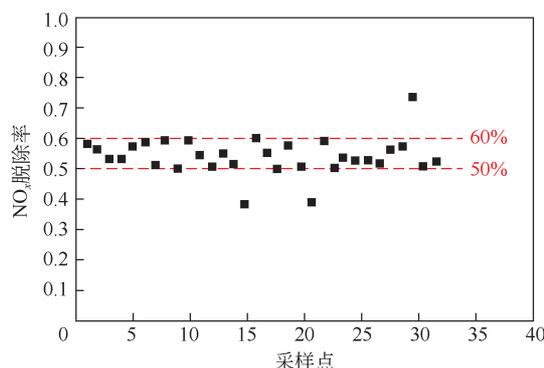


图2 SNAR技术NO_x脱除率

部过量，应保证还原剂的均匀分散。

(2) 不同负荷工况下SNAR技术NO_x脱除率试验 选择310t/h、360t/h、380t/h三种不同的负荷工况，加剂后检测不同时间状况下的炉膛内NO_x浓度，其平均数据结果如表2所示。

从表2数据可以看出，在高温段600~1000℃温度范围内，不同的负荷工况下，SNAR工艺技术的NO_x脱除率仍然保持在50%~60%的范围内，并且

表2 不同负荷工况下的SNAR技术脱硝效果试验数据

负荷 t·h ⁻¹	NO _x 浓度/mg·m ⁻³					NO _x 脱除 率/%
	加剂前	加剂 0.5h	加剂1h	加剂 1.5h	加剂2h	
310	335.60	163.20	157.40	142.66	140.01	58.28
360	343.25	170.25	163.50	158.75	150.10	56.10
380	359.50	188.60	176.00	170.40	161.92	54.96

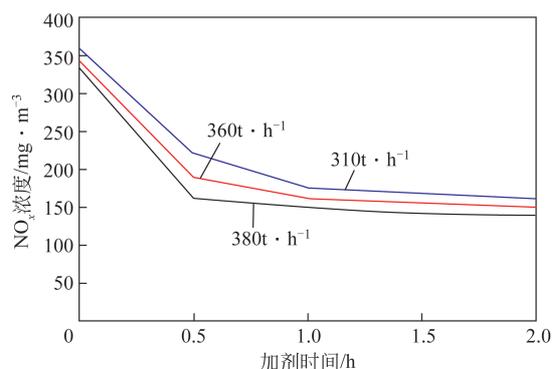


图3 不同负荷工况下NO_x随加剂时间变化关系

NO_x脱除率随着负荷的增加而逐渐减低。NO_x浓度随加剂时间变化如图3所示。

由图3可知，在加剂0.5h内，还原剂与烟气中的NO_x反应迅速，炉膛内NO_x的浓度明显下降，并且负荷越大，反应速率越低。随着时间的增加，反应逐渐趋于缓慢，主要原因可能是在还原剂稳定喷入的情况下，炉膛内NO_x的浓度逐渐降低，导致反应速率逐渐下降。

(3) 不同加剂频率下SNAR技术NO_x脱除率试验 分别选取30Hz、40Hz和50Hz的加剂频率，通过改变还原剂的加剂量，验证SNAR技术脱硝效果，试验结果如表3所示。

由表3可知，SNAR技术NO_x的脱除率仍然在50%~60%范围内，且随着还原剂加剂频率的增加，

NO_x脱除率逐渐升高，因此在还原剂富裕的情况下，能与炉膛内的NO_x更好的反应。但为了避免还原剂过量造成浪费，还原剂的加剂频率也不宜过高，应控制在一定范围内。

(4) 还原剂输送介质对SNAR技术脱硝效果的影响 分别选取氮气和空气两种介质输送还原剂，检测炉膛内NO_x的浓度，验证输送介质对脱硝效果的影响，其结果如表4所示。

从表4中数据可以看出，氮气输送时NO_x脱除率为55.61%，空气输送时NO_x脱除率为46.86%，氮气输送脱硝效果要略优于空气输送，可能原因是空气中的氧气与还原剂发生了反应，降低了脱硝效果。但鉴于氮气输送的成本较高，还应进一步探究压缩空气输送的脱硝效果，考虑经济成本综合选取输送介质。

2.3.2 SNAR+SCR技术脱硝效果试验

(1) SNAR+SCR技术NO_x脱除率试验 在7#煤粉炉380t/h负荷工况下，采用SNAR+SCR混合工艺技术，从32个采样点中选取6个采样点，检测初始NO_x浓度、SCR入口NO_x浓度和SCR出口NO_x浓度，验证SNAR+SCR联合技术的脱硝效果，结果如表5所示。

由表5数据可知，SNAR技术的脱硝效果为50%~60%，与2.3.1节试验结果一致；但当SNAR+SCR技术联合应用时，脱硝效果达到了80%~90%。

表3 不同加剂频率下的SNAR技术脱硝效果试验数据

加剂频率	还原剂量/kg·h ⁻¹	初始NO _x 浓度/mg·m ⁻³	加剂后NO _x 浓度/mg·m ⁻³	NO _x 脱除率/%
30Hz	100	276.2	126.1	54.34
40Hz	140	276.2	120.3	56.44
50Hz	200	276.2	114.6	58.50

表4 不同输送介质SNAR技术脱硝效果试验数据

输送介质	空白NO _x 浓度(均值)/mg·m ⁻³	SCR入口NO _x 浓度(均值)/mg·m ⁻³	气体消耗量/m ³ ·h ⁻¹
氮气输送	335.6	149.0	500
空气输送	303.0	161.0	350

表5 SNAR+SCR联合技术脱硝效果试验数据

采样点	初始NO _x /mg·m ⁻³	加剂后NO _x (SCR入口)/mg·m ⁻³	SCR出口NO _x /mg·m ⁻³	SNAR脱硝率/%	SNAR+SCR脱硝率/%
3-1	305	125.59	47.87	58.55	84.2
3-2	322	145.19	33.97	52.86	88.97
3-3	314	140.41	47.73	56.93	85.36
4-1	341	154.11	39.16	55.33	88.65
4-2	336	166.69	46.21	50.83	86.37
4-3	327	141.99	49.54	54.49	84.85

所以从脱硝效果而言, SNAR+SCR联合技术能够达到国内外先进水平。

(2) SNAR+SCR技术氨含量试验 在SCR出口选取6个采样点, 采用氨气探测器, 检测SCR出口烟气中氨的含量, 分别验证SNAR技术、SCR技术以及SNAR+SCR技术的氨逃逸问题, 其结果如表6所示。

表6 SNAR+SCR技术氨含量试验数据

采样点	SCR技术 /mg·m ⁻³	SNAR+SCR 技术/mg·m ⁻³	氨含量降低 率/%	SNAR技术 /mg·m ⁻³
3-1	14.31	5.23	63.45	0.17
3-2	15.53	4.72	69.61	0.11
3-3	15.26	4.94	67.63	0.14
4-1	14.92	5.21	65.08	0.15
4-2	14.71	5.15	64.99	0.13
4-3	15.14	4.98	67.11	0.10

由表6的数据可知, SNAR技术氨的排放量在0.1mg/m³左右, 不存在氨逃逸的问题; 当SNAR技术与SCR技术联合应用时, 也会极大地降低氨逃逸, 相比于SCR技术, 氨含量的降低率达到了60%以上。因此SNAR技术不仅能保证脱硝效果, 也能有效解决氨逃逸的问题, 避免氨逃逸造成的二次污染。

2.3.3 SCR段停止喷NH₃脱硝效果试验

SCR段停止喷NH₃后, 检测SCR入口和SCR出口NO_x浓度, 验证在氨气物理切除后SCR段NO_x与还原剂是否进一步反应, 其结果如表7所示。

从表7中NO_x数据对比可以看出, 在物理切除

表7 氨气物理切除后脱硝效果试验数据

采样点	初始NO _x /mg·m ⁻³	SCR入口NO _x /mg·m ⁻³	SCR出口NO _x /mg·m ⁻³	NO _x 脱除 率/%
3-1	370.75	182	45	87.86
3-2	423.43	180	44	89.61
3-3	468.47	208	31	93.38
4-1	352.83	149	49	86.11
4-2	376.84	179	38	89.92
4-3	442.80	204	33	92.55

SCR段氨气后, NO_x与还原剂在SCR段发生了进一步的反应, NO_x脱除率达到了85%~95%, 因此SCR段能够促进还原剂反应。

2.3.4 SNAR技术除酸效果试验

选择310t/h、360t/h、380t/h三种不同的负荷工况, 加剂后检测不同时间状况下的炉膛内SO₃及SO₂浓度, 其平均数据结果如表8所示。

从表8的数据可以看出, SNAR工艺技术将烟气中的SO₃转换为SO₂, SO₃脱除率在50%以上, 且随着烟气负荷增加而降低, 主要原因是随着烟气负荷增加, 还原剂占比降低, 脱除率减小。

3 SNAR工艺技术的优点及应用前景

3.1 SNAR工艺技术的优点

3.1.1 除酸脱硝效率高

由工业试验可知, 在400~1100℃的范围内, 新型非氨基除酸脱硝还原剂具有较高的活性, NO_x脱除率可达50%~60%, 明显高于SNCR工艺技术的NO_x脱除率(30%~50%), 并且当SNAR工艺技术与SCR技术组合使用时, 可以达到与SCR工艺技术一样高的NO_x脱除率(80%~90%)。其次, SNAR工艺技术将烟气中的SO₃直接转换为SO₂, 可高效地脱除硫酸雾, 具有良好的除酸效果。

3.1.2 不产生氨逃逸

SCR工艺技术采用NH₃为还原剂, SNCR工艺技术采用尿素为还原剂, 为了保证脱硝效果, 在反应过程中NH₃和尿素均得过量, 因此这两种工艺技术均会产生大量的氨逃逸, 造成环境的二次污染。相比于SCR和SNCR工艺技术, SNAR工艺技术采用的是一种新型固态非氨基除酸脱硝还原剂, 该还原剂在反应过程中不会产生氨, 所以不会产生氨逃逸, 不存在氨氮废水问题; 并且当SNAR与SCR工艺技术联合应用时, SCR段的氨逃逸也会明显的下降, 因此SNAR工艺技术具有更环保的优势。

3.1.3 减少腐蚀危害

SNCR工艺中, 尿素水解过程中产生氨基甲酸铵等酸性物质, 对系统的腐蚀相当严重, 同时

表8 不同负荷工况下的SNAR技术脱硝效果试验数据

负荷 t·h ⁻¹	加剂前SO ₃ 浓度 /mg·m ⁻³	加剂前SO ₂ 浓度 /mg·m ⁻³	加剂1h SO ₃ 浓度 /mg·m ⁻³	加剂1h SO ₂ 浓度 /mg·m ⁻³	加剂2h SO ₃ 浓度 /mg·m ⁻³	加剂2h SO ₂ 浓度 /mg·m ⁻³	SO ₃ 脱除 率/%
310	60.37	865.21	35.54	887.64	26.96	893.55	55.34
360	77.25	883.79	43.89	909.51	35.77	921.71	53.70
380	93.48	902.65	53.00	939.88	44.29	952.18	52.62

尿素水解易形成难溶于水的缩二脲及其他缩合物，容易堵塞水解系统。且在SCR技术中，烟气中的 SO_3 会与 NH_3 反应生成黏结性很强的 NH_4HSO_4 ，造成堵塞和腐蚀危害。而新型固态非氨基除酸脱硝还原剂能够有效地避免设备腐蚀结垢问题。

3.1.4 还原剂不存在安全隐患

SCR和SNCR工艺技术会涉及到尿素、液氨等化学品的运输和储存，具有一定的安全隐患，尤其是液氨作为危险化学品，一旦发生泄漏，会对人体造成严重的伤害。新型固态非氨基除酸脱硝还原剂作为一种固体粉末，在制备和储存过程中不会产生危害，因此相比于SCR和SNCR工艺技术，SNAR工艺技术具有较高的安全性。

3.1.5 减少催化剂的使用

SCR工艺技术在反应过程中，需要采用以 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 为活性金属的蜂窝状催化剂，而 V_2O_5 具有剧毒，废弃的催化剂会造成环境的二次污染，需要进行无害化处理，并且催化剂的用量也会大大增加经济成本。SNAR工艺技术无需使用催化剂，因此不存在这些问题，即使与SCR工艺技术联合应用，也会极大地延长催化剂的使用寿命，减少经济成本。

3.2 SNAR工艺技术的应用前景

随着科学技术与绿色理念的发展，化工环保成为每个企业都需要面对的问题。以绿色、环保、安全、可持续发展为导向对烟气处置工艺进行设计与优化，不仅可以实现经济与环境的和谐发展，缓解发展矛盾；而且能够减少企业生产对资源的浪费，提高资源利用效率与经营绩效。

SNCR和SCR脱硝工艺中，虽然可以把 NO_x 脱除到该地区排放标准以下，但是由于氨逃逸导致的二次污染非常严重，且存在结垢、腐蚀以及安全等问题，因此需要寻求更高效、环保、安全、经济的烟气脱硝技术。然而青岛惠城环保科技股份有限公司研发的SNAR技术，不仅可以在高温段脱除烟气中的 NO_x 和 SO_3 ，能够保证较高的除酸脱硝效率；同时不产生氨逃逸、结垢腐蚀等二次污染，给锅炉运行带来很大的经济效益和环境效益，因此SNAR技术特别适合我国高灰煤、生态文明建设的国情，具有广阔的应用前景。

4 结论

(1) 天津石化联合青岛惠城环保科技股份有限公司采用了一种新型固态非氨基除酸脱硝工艺技

术，简称SNAR，并基于工业试验进行了验证。该技术具有良好的除酸脱硝效果，直接将 SO_3 转换为 SO_2 ， NO_x 脱除率为50%~60%，且不产生氨逃逸。

(2) 当SNAR与SCR技术联合应用时，脱硝效果达到80%~90%，达到了与SCR技术一致的脱硝效果，并能够明显降低氨逃逸，氨含量的降低率达到了60%以上，因此SNAR与SCR工艺技术联合应用也是未来探究的一个方向。

(3) 当SCR段停止喷 NH_3 时，新型固态非氨基除酸脱硝还原剂能够与 NO_x 在SCR段进一步反应， NO_x 脱除率达到了85%~95%，SCR段促进了还原剂与 NO_x 的反应，且未产生氨逃逸。

(4) 相比于SCR和SNCR工艺技术，SNAR技术在环保、安全和经济上具有明显的优势，在未来应用前景广阔。

参考文献

- [1] 安荣朝. 火电厂烟气脱硫脱硝一体化技术探究[J]. 当代化工研究, 2019(15): 31-32.
AN Rongchao. Exploration of integrated technology of flue gas desulfurization and denitrification in thermal power plants [J]. Modern Chemical Research, 2019(15): 31-32.
- [2] 朱琳麒. 燃煤电厂烟气脱硫脱硝一体化应用研究[J]. 工程技术研究, 2020, 5(9): 257-258.
ZHU Linqi. Integrated application of flue gas desulfurization and denitrification in coal-fired power plants[J]. Engineering and Technology Research, 2020, 5(9): 257-258.
- [3] 陈晓峰, 郭道清, 苏翔. 燃煤电厂烟气脱硝技术现状探讨分析[J]. 科协论坛(下半月), 2012(4): 31-33.
CHEN Xiaofeng, GUO Daocheng, SU Xiang. Analysis of the current situation of flue gas denitrification technology in coal-fired power plants[J]. Science & Technology Association Forum, 2012(4): 31-33.
- [4] 袁玮. SCR技术在烟气脱硝中的应用[J]. 科技风, 2012(6): 95-96.
YUAN Wei. The application of SCR technology in flue gas denitrification [J]. Technology Wind, 2012(6): 95-96.
- [5] 刘显丽. 燃煤电厂SCR烟气脱硝技术及应用研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(3): 27-28.
LIU Xianli. Coal-fired power plants SCR flue gas denitrification technology and application research [J]. The Journal of New Industrialization, 2021, 11(3): 27-28.
- [6] 王晶, 廖昌建, 王海波, 等. 锅炉低氮燃烧技术研究进展[J]. 洁净煤技术, 2021: 1-16.
WANG Jing, LIAO Changjian, WANG Haibo, et al. Research progress of boiler low- NO_x combustion technology[J]. Clean Coal Technology, 2021: 1-16.
- [7] 卓郑伟, 苏建民. 循环流化床燃烧技术在福建的发展历程及燃烧福建劣质无烟煤的应用成果[J]. 能源与环境, 2010(2): 35-37.
ZHUO Zhengwei, SU Jianmin. Development of circulating fluidized bed combustion technology in Fujian and the application results of burning poor quality anthracite coal in Fujian[J]. Energy and Environment, 2010(2): 35-37.
- [8] 于利红, 李滕, 李彩艳, 等. 整体煤气化联合循环发电系统发展现状[J]. 山东化工, 2020, 49(22): 109-111.

- YU Lihong, LI Teng, LI Caiyan, et al. Development status of integrated coal gasification combined cycle power generation system[J]. Shandong Chemical Industry, 2020, 49(22): 109-111.
- [9] 姬海刚, 刘欢, 张继发, 等. 浅谈洁净煤发电技术[J]. 机电信息, 2016(9): 77-79.
- JI HG, LIU H, ZHANG JF, et al. Introduction to clean coal power generation technology[J]. Mechanical and Electrical Information, 2016(9): 77-79.
- [10] 张概兴. SNCR-SCR 烟气脱硝技术及其应用分析[J]. 节能与环保, 2021(10): 56-57.
- ZHANG Guixing. SNCR-SCR flue gas denitrification technology and its application analysis[J]. Energy Conservation and Environmental Protection, 2021(10): 56-57.
- [11] 高瑞飞, 翟鹏霄, 田明. 燃煤电厂烟气脱硝氨逃逸的分析与研究[J]. 辽宁化工, 2020, 49(10): 1272-1273.
- GAO Ruifei, ZHAI Pengxiao, TIAN Ming. Analysis and research of ammonia escape from flue gas denitrification in coal-fired power plants [J]. Liaoning Chemical Industry, 2020, 49(10): 1272-1273.
- [12] 李超, 张杨, 朱跃. 燃煤电厂 SCR 烟气脱硝氨逃逸在线监测应用现状分析[J]. 发电与空调, 2017, 38(5): 41-44.
- LI Chao, ZHANG Yang, ZHU Yue. Analysis of the current situation of SCR flue gas denitrification ammonia escape monitoring application in coal-fired power plants[J]. Power Generation and Air Condition, 2017, 38(5): 41-44.
- [13] 姚勇琦, 贵沙, 杨佳贤, 等. 燃煤电厂烟气脱硝尿素热解系统堵塞原因分析及对策研究[J]. 锅炉技术, 2021.52(5): 72-78.
- YAO Yongqi, GUI sha, YANG Jiexian, et al. Analysis of causes and countermeasures for blockage of flue gas denitrification urea pyrolysis system in coal-fired power plants[J]. Boiler Technology, 2021, 52(5): 72-78.



1、用微信扫描识别上图中左上角群公众号二维码或者在微信中搜索公众号“舜业之声”关注神州热电、天下热力设计院、神州热电联盟群公众号。

2、进入群公众号“舜业之声”找到左下角“会员中心”，点击注册会员，注册注册会员时信息尽可能详尽，专业请填写电厂、热力公司、电科院、设计院好友填写自己目前从事的专业或者大学学习的专业；神州热电产业联盟好友请填写自己单位的主管业务或产品。群办事处后期会根据会员注册信息建立群成员通讯录、行业专家库及行业厂家推荐目录。

3、未加入神州热电、天下热力、设计院、神州热电产业联盟群的朋友申请加群请联系群创办人张峰18325411666