

脱硝系统喷氨优化调整在火电机组中的应用

针对脱硝系统投运后出现的喷氨量不均、氨逃逸增加，容易造成空预器堵塞的问题，通过喷氨均匀性调整试验，结合试验数据进行分析，优化脱硝系统喷氨量，使系统用氨量有所下降，空预器差压也得到有效控制，从而确保机组长周期安全运行。

0 引言

脱硝系统运行中，由于喷氨量不均，会引起脱硝系统局部氨逃逸增加，氨气与烟气中SO₂反应产生硫酸氢铵容易附着在空预器受热面，造成空预器堵塞，从而使系统阻力增加，引风机出力受限，影响机组带负荷，严重时还会引起引风机抢风，造成设备损坏事故。因此，解决好脱硝系统氨逃逸问题，是解决空预器堵塞的重点。

1 设备情况

山西临汾热电有限公司2×300 MW机组锅炉为东方锅炉股份有限公司制造，型号为DG1060/17.4-4型。锅炉为亚临界参数、四角切圆燃烧方式、自然循环汽包锅炉，单炉膛型布置，燃用烟煤，一次中间再热，平衡通风、固态排渣，全钢架悬吊结构，炉顶带金属防雨罩。选择性催化还原技术SCR (ive catalytic reduction) 脱硝装置是由山东三融科技有限公司生产，催化剂采用两用一备模式。除尘器采用一电两袋，由福建龙净电力环保设备厂提供；正压气力干式除灰系统由镇江纽普兰气力输送有限公司提供。锅炉以最大连续负荷BMCR (boiler maximum continuous rate) 为设计参数，锅炉的最大连续蒸发量为1060t/h；机组电负荷为300 MW (即额定工况) 时，锅炉的额定蒸发量为1009 t/h。

1.1 脱硝系统运行中存在的主要问题

目前2台锅炉喷氨量差别较大，2号机组存在空预器B侧运行易堵塞、喷氨管道及喷口设计不合理、氨与烟气混合不均匀等问题。

通过试验前数据分析，锅炉负荷稳定，在SCR反应器的入口烟道截面，利用网格法进行测试各点的流速，SCR入口烟道流场分布见表1。

由表1可以看出，SCR入口烟道A侧靠近锅炉中心线区域，烟气平均流速为13.3 m/s，大于烟道外侧区域烟气平均流速11.7 m/s；SCR入口烟道B侧靠近锅炉中心线区域烟气平均流速为13.8 m/s，大于烟道外侧区域烟气平均流速11.2 m/s。因此，SCR入口流场分布为：靠近锅炉中心线区域烟气流速大，烟道外侧区域烟气流速小。

由表1可以看出，SCR入口烟道A侧靠近锅炉中心线区域烟气平均流速为13.3 m/s，大于烟道外侧区域烟气平均流速11.7 m/s；SCR入口烟道B侧靠近锅炉中心线区域烟气平均流速为13.8 m/s，大于烟道外侧区域烟气平均流速11.2 m/s。因此，SCR入口流场分布为：靠近锅炉中心线区域烟气流速大，烟道外侧区域烟气流速小。

表1 SCR入口烟道流场及脱硝装置出口NO_x及NH₃逃逸浓度分布

项目	/	H1	H2	H3	H4	H5	H6	/
各测孔平均风速 (m·s ⁻¹)		12.6	13.9	13.5	11.8	10.8	12.6	
区域平均值 (m·s ⁻¹)			13.3			11.7		
NO _x 浓度 (mg·m ⁻³)		39.9	39.9	/	58.5	40.4	6.0	
A 区域平均值 (mg·m ⁻³)			39.9			35		
平均值 (mg·m ⁻³)				36.9				
标准偏差 (mg·m ⁻³)				19				
相对标准偏差 /%				51.6				
NH ₃ 浓度 (μ L·L ⁻¹)	锅炉	1.78	/	/	1.64	/	4.50	烟道
各测孔平均风速 (m·s ⁻¹)	中心	15.7	11.5	14.3	11.5	11.2	11.0	外侧
区域平均值 (m·s ⁻¹)	线		13.8			11.2		
NO _x 浓度 (mg·m ⁻³)		13.3	29.4	29.1	12.3	8.9	37.7	
B 区域平均值 (mg·m ⁻³)			23.9			19.6		
平均值 (mg·m ⁻³)				21.7				
标准偏差 (mg·m ⁻³)				11.8				
相对标准偏差 /%				54.13				
NH ₃ 浓度 (μ L·L ⁻¹)		/	2.35	/	/	5.01	1.93	

1.2 喷氨量不均对下游设备的影响

由于喷氨量不均，导致氨在脱硝反应器存在局部反应不良，氨逃逸量增加，使过量氨与烟气中的硫化物反应，生成硫酸氢铵，沉积在下游设备上，使烟道阻力增加，影响机组带负荷，对设备安全运行带来较大影响。

SCR反应器出口NO_x分布均匀性较差的主要原因是烟道流场分布不均匀，而喷氨格栅AIG (ammonia injection grid) 各阀门开度没有一定的指导原则，喷氨流量分布不能适应烟气流分布状况。为了减少NO_x浓度分布偏差，避免局部氨逃逸超标，须对AIG各阀门开度进行优化调整。

机组大修前，空预器差压严重偏离设计值，造成引风机电流偏高，影响机组带负荷需要，机组检修过程中，对空预器进行了高压水冲洗，并对部分损坏换热原件进行更换后，空预器差压有了明显下降，但在运行中氨逃逸造成空预器堵塞问题仍是影响机组长周期安全运行的主要问题。

2 主要原因分析

在机组230MW工况下，锅炉蒸发量为700t/h左右工况下进行优化前的摸底试验，试验过程中，在每台反应器进出口同时测试了NO_x浓度，并在反应器出口测试了NH₃逃逸浓度，初步评估脱硝装置的效率和按氨喷射流量分配状况。详细测试结果见表4。

两侧SCR反应器出口烟道截面上NO_x和NH₃逃逸浓度分布测试结果见表2。

项目	H1	H2	H3	H4	H5	H6		
A 侧	NO _x 浓度/(mg·m ⁻³)	39.9	39.9	/	58.5	40.4	6.0	
	区域平均值/(mg·m ⁻³)		39.9			35		
	平均值/(mg·m ⁻³)			36.9				
	标准偏差/(mg·m ⁻³)			19				
	相对标准偏差/%			51.6				
	NH ₃ 浓度/(μ L·L ⁻¹)	1.78	/	/	1.64	/	4.50	烟道
B 侧	NO _x 浓度/(mg·m ⁻³)	13.3	29.4	29.1	12.3	8.9	37.7	外侧
	区域平均值/(mg·m ⁻³)		23.9			19.6		
	平均值/(mg·m ⁻³)			21.7				
	标准偏差/(mg·m ⁻³)			11.8				
	相对标准偏差/%			54.13				
	NH ₃ 浓度/(μ L·L ⁻¹)	/	2.35	/	/	5.01	1.93	

表2 试验工况脱硝装置出口NO_x及NH₃逃逸浓度分布

两侧出口NO_x浓度分布均呈现出外侧偏低，内侧偏高的状况。A侧SCR出口NO_x最大值为58.5mg/m³，最小值为6.0mg/m³，相对标准偏差为51.6%；B侧SCR出口NO_x最大值为37.7mg/m³，最小值为8.9mg/m³，相对标准偏差为54.13%。SCR反应器出口NO_x分布均匀性较差。

同时，氨逃逸浓度试验结果发现A、B两侧均呈现出NO_x浓度低的测孔氨逃逸浓度明显较高，烟道外侧区域氨逃逸浓度较高而锅炉中心线位置则相对较小。A侧最大氨逃逸浓度达到4.50 μ L/L，最小为1.64 μ L/L，B侧最大氨逃逸浓度达到5.01 μ L/L，最小为1.93 μ L/L。

SCR反应器出口NO_x分布均匀性较差的主要原因是烟道流场分布不均匀，而AIG喷氨格栅各阀门开度没有一定的指导原则，喷氨流量分布不能适应烟气流分布状况。为了减少NO_x浓度分布偏差，避免局部氨逃逸超标，须对AIG喷氨格栅各阀门开度进行优化调整。

3 喷氨优化调整试验

根据两侧烟道烟气流场NO_x浓度及氨逃逸情况分布，由于喷氨隔栅流场分布不均问题是造成氨逃逸的大主要问题，因此必须进行喷氨均匀性调整试验。

在锅炉230MW，锅炉蒸发量为700t/h工况下，根据摸底测试测得SCR反应器出口截面NO_x浓度和NH₃逃逸浓度分布结果，对反应器入口烟道上AIG喷氨格栅不同支管的手动蝶阀开度进行了调节，经过反复调整，两侧反应器出口截面的NO_x分布均匀性有所改善。调整前后各支管手动蝶阀开度见表3，主要结果汇总如见表4。

表3 优化调整试验前后AIG喷氨支管手动蝶阀开度对比

项目	喷氨管手动蝶阀开度																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
A	调前	1	2	2	2	1	1	3	3	4	3	4	4	2	2	3	4	4	4	4	3	烟道 外侧
	调后	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	
B	调前	2	1	5	5	6	3	6	5	7	6	6	6	3	6	6	6	7	7	6	7	烟道 外侧
	调后	4	4	6	6	4	4	4	4	7	7	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	

表4 喷氨优化调整后SCR反应器出口NO_x及NH₃逃逸浓度分布

项目		H1	H2	H3	H4	H5	H6	
A 侧	NO _x 浓度 (mg·m ⁻³)	33.8	33.2	/	35.0	25.0	13.3	
	区域平均值 (mg·m ⁻³)		33.5			24.4		
	平均值 (mg·m ⁻³)			28.1				
	标准偏差 (mg·m ⁻³)			9.2				
	相对标准偏差 /%			32.6				
	NH ₃ 浓度 (μ L·L ⁻¹)	1.70	/	/	1.55	/	3.89	烟道
	NO _x 浓度 (mg·m ⁻³)	18.1	24.1	21.6	27.9	17.3	18.6	外侧
	区域平均值 (mg·m ⁻³)		21.3		21.2			
	平均值 (mg·m ⁻³)			21.25				
	标准偏差 (mg·m ⁻³)			4.1				
B 侧	相对标准偏差 /%			19.3				
	NH ₃ 浓度 (μ L·L ⁻¹)	/	2.11	/	/	2.57	2.34	

A侧SCR出口NO_x最大值为35.0mg/m³，最小值为13.3mg/m³，相对标准偏差为32.6%；B侧SCR出口NO_x最大值为27.9mg/m³，最小值为17.3mg/m³，相对标准偏差为19.3%。SCR反应器两侧出口NO_x分布均匀性得到改善，其中B侧均匀性得到改善，A侧由于经各种调整方法最外侧测点处NO_x浓度并无明显变化，造成A侧出口NO_x相对标准偏差仍然较大。

同时，氨逃逸浓度试验结果表明，A侧最大氨逃逸浓度达到3.89 μ L/L，最小为1.55 μ L/L，平均为2.38 μ L/L；B侧最大氨逃逸浓度达到2.57 μ L/L，最小为2.11 μ L/L，平均为2.34 μ L/L。可以看出经过喷氨优化后，A、B反应器出口NO_x浓度分布偏差和局部氨逃逸较大的问题有所改善。

4 试验结论及建议

4.1 结论

- SCR入口速度场测量发现：SCR入口A、B两侧靠近锅炉中心线侧烟气流速大于烟道外侧，流场分布不均。
- 喷氨优化调整前，锅炉蒸发量为700t/h工况下，A、B反应器入口NO_x浓度分布均匀性较好；A、B反应器出口NO_x浓度分布相对标准偏差为51.6%、54.13%，NH₃逃逸浓度存在显著的局部超标现象，A、B两侧最大氨逃逸浓度达到4.5 μ L/L、5.01 μ L/L。
- 通过喷氨优化调整，SCR反应器出口NO_x浓度分布偏差较大和氨逃逸局部超标情况有所改善。锅炉蒸发量为700t/h工况下的验证工况表明，A、B反应器出口NO_x分布相对标准偏差分别为32.6%和19.3%，氨逃逸浓度最大值分别为3.89 μ L/L和2.57 μ L/L。

4.2 改造建议

4.2.1 SCR入口烟道流场优化

SCR入口速度场分布不均匀，建议对SCR入口烟道进行流场模拟，对烟道流场进行优化改造。

4.2.2 喷氨支管及喷氨格栅改造

由于A侧反应器出口烟道最外侧测孔处NO_x浓度偏小，经过一系列调整方法此处NO_x浓度并无明显变化，造成A侧反应器出口NO_x浓度相对标准偏差依然较大，但优化调整后A侧反应器出口NO_x浓度总体均匀性有所改善。针对此问题分析主要是入口喷氨不均匀，反应器出口NO_x浓度与该区域AIG喷氨支管手动蝶阀开度并无直接对应关系；且据了解目前电厂氨/烟气混合技术单一采用喷氨格栅，混合调节手段单一，喷氨均匀性不好，建议在喷氨格栅上方加装混流装置，使氨/烟气混合更加均匀，改善脱硝出口NO_x均匀性差及局部氨逃逸严重的问题。

5 结束语

通过脱硝系统喷氨流场优化试验，可有效控制系统加氨量，防止因加氨量过多，氨逃逸量大引起的空预器等下游设备堵塞，确保主机设备的安全运行；另外，通过喷氨量优化，用氨量减少，能有效降低火电企业生产经营成本，为同类型火电机组提供了良好的实践经验。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/125629.html>