

华能南京电厂 320MW 机组脱硫氧化风系统运行方式优化研究

胡建荣，袁正荣

(华能南京电厂，江苏 南京 210035)

摘 要：华能南京电厂容量为两台 320MW 超临界发电机组，#1、2 机组脱硫氧化风系统采用一、二级氧化风机串联运行，自 2008 年脱硫系统投运行以来一级氧化风机故障率一直较高，严重影响脱硫系统的安全运行。本文作者分析了故障原因，对其它电厂脱硫氧化风系统进行了调研，并研究和计算了华能南京电厂脱硫系统氧化风的实际需求，在此基础上实验了采用二级风机单独运行并向吸收塔送风的运行方式，不仅解决了由于一、二选型不匹配引发的设备故障问题，而且达到了节能的效果。

关键词：火电厂；脱硫系统；氧化风机；故障；氧化风量；亚硫酸钙；节能

0 引言

华能南京电厂#1、2 机组脱硫系统 2008 年 8 月投入运行，氧化风系统采用一、二级串联运行方式，设计风量 $12180 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，风压为 115 kPa，其中一级风机（ARF350）出口设计风量为 $12180 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，允许出口风压为 68.6 kPa，二级风机（ARF290）允许出口压力为 98 kPa，出口流量为 $7500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。脱硫系统运行以来，一级风机共发生 18 次严重故障，而二级风机从没发生过任何故障，绝大部分为一级风机本体振动大、轴承套损坏、转子损坏等，其中有三为机头爆裂故障，第一次发生在 2008 年 8 月 5 日，1A 氧化风机运行中过电流跳闸，解体后发现转子出现裂纹；第二次发生在 2010 年 4 月 22 日，就地检查发现 1B 氧化风机一级风机外壳及叶轮开裂，最近一次是 2014 年 3 月 6 日 1A 氧化风机损坏。见图 1、2、3。



图 1 2008 年 8 月 5 日 1A 氧化风机转子叶轮裂纹



图 2 2010 年 4 月 22 日 1B 氧化风机损坏



图 3 2014 年 3 月 6 日 1A 氧化风机一级风机损坏

1 氧化风机故障原因分析

针对氧化风机振动，该厂与其他电厂进行了广泛的交流，氧化风机振动是共性问题，各厂也都存在振动现象，只是程度不同。该厂咨询了氧化风机厂家，了解振动原因，制造厂技术人员多次到现场，经共同分析，厂方人员认为，该厂脱硫系统氧化风

压力设计值为 115kPa，所以选用了两级风机，但由于设计单位一、二级风机选型不当，二级风机与一级风机不匹配，一级风机的出风不能被二级风机全部传送，这样二级风机叶轮阻碍一级风机的风量及时排出，形成“憋气”现象，所以一级机头因气流扰动容易产生额外的振动，从而造成故障率较高，严重时“憋气”造成转子叶轮间配合间隙发生改变，从而使得主、从动叶轮发生碰撞、损坏。

2 脱硫系统所需氧化风量的研究与计算

表 1 周边电厂脱硫系统氧化风机使用情况

项目名称	华能南京电厂	句容电厂	南京热电厂	华能金陵电厂	淮阴电厂	太仓电厂	板桥电厂
机组容量/MW	320	600	600	1030	300	300	600
风机制造厂商	长沙鼓风机厂	日本进口	长沙鼓风机厂	长沙鼓风机厂	长沙鼓风机厂	章丘鼓风机厂	长沙鼓风机厂
运行方式	双级串联布置、 2 台、1 用 1 备	设 3 台、双级 串联	单级三叶、2 台、1 用 1 备	单级三叶 2 台、2 用 1 备	单级三叶 2 台、1 用 1 备	2 台、1 用 1 备	2 台、1 用 1 备
单台氧化风机出口风量/(Nm ³ /h)	12180	11340	9060	6720	4980	5064	10800
氧化风压力/kPa	设计 115，	设计 150，	设计 101	设计 90	设计 70	设计 61	设计 98

以上是一些电厂脱硫系统氧化风系统信息，电厂氧化风机大都采用罗茨风机。上述表格中虽然缺少含硫量等具体运行参数，但根据以上数据可以进行直观对比分析，和同容量机组（淮阴电厂、太仓电厂）相比该厂的氧化风机选型明显偏大，向吸收塔所提供氧化风流量已接近于 100 万机组（金陵电厂）所需氧化风量，由此电厂脱硫专业开始考虑由单级氧化风机向吸收塔供风的可能性。

由于南京脱硫系统按硫份为 2.0 煤种进行设计，吸收塔液位设计为 9.2m，设计氧化风流量为 12180Nm³/h，氧化风压力为 115 kPa，因此氧化风系统原设计单位在选型时选择了一、二级串联，其中一级风机出口风压为 68.6 kPa，二级风机出口压力为 98 kPa。在脱硫调试期间，为了保证吸收塔浆池中浆液氧化效果，以及避免浆液从溢流口漫溢，将运行吸收塔液位降至 7.5-7.8m，运行期间氧化风实际风压不超过 90 kPa，因此该厂脱硫系统实际运行工况与设计工况有较大的偏离。从安全性考虑，一级风机出口风压为 68.6 kPa，达不到要求，在该厂脱硫系统中不具备单独运行能力，而二级风机出口压力为 98 kPa，安全性满足要求，且二级风机单独运行时的风量为 7500 Nm³/h，在与其它电厂同容量机组氧化风量进行对比的基础上，推断二级风机出口风量也能满足该厂脱硫系统的实际需要。

氧化风机故障已成为该厂脱硫系统运行的重大安全隐患之一，平均每年不仅消耗检修费用 15 万元，而且增加了检修班组成员劳动强度。为了解决这一生产难题，该厂与制造厂技术人员一直保持联系、寻求技术支持，另一方面，电厂脱硫专业技术人员也在不停摸索、查找故障原因，现场实地测量运行数据并与设计参数进行比对，同时还与周边电厂脱硫氧化风系统进行对比、研究，具体情况见表 1。

为了证明推测的可行性，对脱硫系统实际所需氧化风量也进行了理论计算。氧化空气量取决于 SO₂ 摩尔数，与烟气流、烟气中 SO₂ 浓度、脱硫效率等因素有关，可表达如下：

$$M_{SO_2} = 10^{-6} \times Q_{gas} \times C_{SO_2} \times \eta / 64$$

$$= 10^{-6} \times 138700 \times C_{SO_2} \times 0.96 / 64$$

根据氧化反应原理，得到氧化空气量计算公式：

$$Q = 0.5 \times 22.4 \times M_{SO_2} \times (1-a) / 0.21/\beta$$

式中：Q—氧化空气量，Nm³/h；

Q_{gas}—处理的烟气流，Nm³/h，式中取满负荷状态下设计值为 1387000；

M_{SO₂}—SO₂ 摩尔数，kmol/h；

0.5—氧化反应化学当量摩尔比；

22.4—标态气体体积，m³/kmol；

C_{so₂}—烟气中 SO₂ 浓度，mg/N m³；

η—SO₂ 脱除效率，式中取设计值 96%；

a—SO₂ 自然氧化率，一般取 0.1~0.2；

β—强制氧化率，一般设计为 0.3~0.4；

64—SO₂ 摩尔质量；

0.21—空气中的氧气份额。

根据计算结果可知，满负荷状态、在其它设计参数不变的情况下，当煤的含硫量改变时所需理论

氧化风量见表 2。

表 2 满负荷状态不同煤种所需氧化风量范围

燃煤含硫量	氧化风量/（Nm ³ /h）
2.0	15968～10645
1.4	11180～7453
1.2	9584～6389
1.0	7987～5322

计算结果与 α 、 β 的取值范围有一定的关系，可以看出，在机组满负荷状态，燃用硫份为 1.4 的煤种时，所需理论氧化风量应为 11180～7453Nm³/h；燃用硫份为 1.2 的煤种时，所需理论氧化风量为 9584～6389Nm³/h；而当煤种含硫量为 1.0 时，计算所需理论氧化风量为 7987～5322 Nm³/h。而我厂二级风机设计风量为 7500 Nm³/h，因此理论上单独运行二级风机时可维持当煤的含硫量达 1.4 时的满负荷运行，而南京电厂目前燃用煤种基本为硫份 1.0 左右，当然，可行性还需由运行结果来证明。

3 二级风机单独运行并向吸收塔送风试运行实验

在以上调研、计算的基础上，为了优化氧化系统运行方式、解决氧化风机的故障难题，进一步提高设备运行可靠性，脱硫专业决定向厂领导申请氧化风机二级风机单独试验运行。2014 年 3 月 14 日下午 4 点 30 分，办理相关许可手续后，在运行人员的配合下进行了单独运行 1A 氧化风系统二级风机试验，并长时间对脱硫系统各参数进行测量记录，具体情况见表 3、4、5、6。

表 3 试验前后风机本体各部振动值对比 mm/s

测量位置	电机侧（联轴器）			机尾机侧（自由端）			吸收塔液位
	水平	轴向	垂直	水平	轴向	垂直	
与一级风机串联运行时	4.0	3.4	4.0	1.8	3.3	3.4	7.2
3.14	2.5	3.8	2.4	2.5	4.0	1.3	7.2
3.17	3.3	4.2	5.0	4.0	4.4	3.5	7.48
3.18	3.2	4.0	5.1	3.3	4.4	3.1	6.93
3.19	3.5	4.5	5.2	3.7	4.9	3.4	7.45
3.20	3.5	4.5	5.2	3.6	4.7	3.2	7.11
3.21	3.1	4.2	5.2	3.7	4.6	3.2	7.1
单独运行	3.24	3.2	4.5	5.0	3.8	5.0	7.27
3.25	3.4	4.4	5.1	4.1	4.9	3.2	7.22
3.26	3.2	4.4	5.1	3.7	4.9	3.1	7.25
3.27	3.3	4.6	5.1	3.9	5.2	3.3	7.42
3.28	3.4	4.6	5.2	3.9	5.0	3.2	7.22
3.31	3.2	4.5	5.2	3.9	5.0	3.3	7.3
4.1	3.3	4.2	5.2	3.6	4.8	3.3	7.19
4.2	3.1	4.4	5.2	3.7	4.8	3.3	7.11
4.10	3.2	4.5	4.7	4.2	5.1	3.3	7.44

表 4 试验前后各轴承测点温度对比 ℃

位置	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	吸收塔液位
与一级风机串联运行时	58	64	60	62	7.2
3.14	64	72	66	68	7.2
3.17	66	76	69	71	7.3
3.18	66	74	67	71	6.93
3.19	65	71	67	68	7.45
3.20	65	72	66	69	7.11
3.21	65	75	67	70	7.1
3.24	65	74	67	70	7.27
3.25	68	76	69	73	7.22
3.26	67	75	69	71	7.25
3.27	67	76	68	73	7.42
3.28	68	76	70	73	7.22

表 5 二级风机单独运行情况下运行参数

参数	机组负荷 /万 kW	原烟气含硫量 /(mg/ Nm ³)	净烟气含硫量/(mg/ Nm ³)	脱硫效率/%	吸收塔液位	浆液密度/(kg/ m ³)	二级风机电机电流/A	二级风机电机出口风压 /kPa
设计值	32	4657	200	96	9.2	--	40	--
3.14	26	2574	130.4	95	7.2	1110	29.5	90
3.17	26.3	2740	145.8	95	7.48	1116	30	90
3.18	26.3	2680	111.5	96	6.93	1109	30.2	90
3.19	26	2660	115.5	95.5	7.45	1126	30.4	95
3.20	26.3	2574	165.5	94.5	7.11	1139	30	93
3.21	28	2923	130	95.2	7.1	1140	30.2	91
3.24	25	1676	46.9	97.3	7.27	1137	30	94
3.25	27	1487	47.8	96.6	7.22	1103	29.7	90
3.26	28	1553	73.78	95.1	7.25	1121	30	90
3.27	22.6	1256	41.47	97.5	7.42	1118	30.3	93
3.28	25	1307	53.48	95.9	7.22	1125	30.4	92
3.31	26	1564	98	93.2	7.3	1136	30.3	94
4.1	27	1910	105.5	94.4	7.19	1137	30	90
4.2	24.5	1693	125.8	92.4	7.11	1114	29.7	90
4.10	27	1810	118.4	92.9	7.44	1236	31.1	90

表 6 二级风机单独运行情况下石膏分析数据

取样日期	取样时间	水分 ≤10%	CaSO ₄ ·2H ₂ O ≥90%	CaSO ₃ ·(1/2H ₂ O) ≤0.2%	CaCO ₃ ≤1.5%	Cl ⁻ ≤0.01%
3-15	1:15	7.31	95.23	0.19	0.7	0.05
3-16	23:00	12.12	96.14	0.1	0.4	0
3-17	21:30	8.79	95.73	0.06	0.65	0
3-18	21:50	9.86	95.43	0	1.1	0
3-19	18:00	8.68	94.5	0	0.85	0
3-20	16:01	9.29	95.77	0	0.75	0
3-21	14:00	8.01	95.3	0	0.55	0
3-23	23:30	10.93	97.29	0	0.25	0
3-25	7:10	12.7	95.85	0	0.1	0

4 试验结果与效果分析

以上是二级风单独供风试运行初步情况，由上表看出，在二级风机单独试运行期间，风机本体振

动及轴承温度情况正常，脱水系统运行正常，石膏成份化验正常。该厂还将在不同机组负荷下继续跟踪风机本体运行状态、脱硫效率、烟囱入口含硫量及石膏脱水情况等。

在湿法脱硫过程中,强制氧化风量对 FGD 系统的经济、高效、稳定运行非常重要。强制氧化风量偏小，会在 FGD 系统内形成结垢，造成设备和管道的堵塞，也直接影响 FGD 系统的脱硫效率、脱硫剂的利用率、石膏的脱水性能和石膏的品质等。但强制氧化风量偏大，会使氧化装置选型过大，增大脱硫系统的投资成本和运行费用，造成脱硫电耗及水耗的增加，同时还会使吸收塔发生浆液溢流等问题。

实验结果证明二级单独运行是可行的，在消除设备隐患、保证脱硫系统安全运行的同时，不仅可以降低脱硫系统电耗、水耗，还可降低检修费用、劳动力成本及员工的劳动强度，通过计算，其中仅节电效果，两台机组一年就可能为电厂节约电能一百多万度。

5 二级风机单独运行引发的问题及处理

(1) 由于电机没有更换，运行状态为“大马拉小

车”，电机电流对氧化风机的故障反应灵敏度下降，存在一定安全风险，因此须设备电流保护，在电机电流上升 5%时（即电流达 31.5A）设跳机或报警保护。

(2) 采用二级风机单独运行后原一级风机进口消音器无法使用，不仅增加了风机噪声，而且容易造成异物被吸入风机，我们计划在二级风机进风口安装消音器及滤网，降低二级风机运行中的噪音并防止异物吸入。

(3) 在原来的一、二风机串联结运行时，在一、二级风机之间设有中间冷却器，二级风机出口温度为 50℃，而单独运行二级风机时，现场测得出口氧化风温度接近 100℃，为了防止吸收塔内氧化风管喷口处水分蒸发而形成固体沉积并造成喷口堵塞，我们将在氧化风机出口母管上适当位置增加喷淋减温水装置，降低氧化风温度。

作者简介：

胡建荣（1969-），男，江苏南京人，华能南京电厂检修部脱硫专工，工程师；

袁正荣（1974-），男，江苏南京人，华能南京电厂检修部脱硫班技术员，工程师。