

试验研究

某电厂 SCR 脱硝稀释风量 偏离设计值的处理

卢正良

(中国轻工业长沙工程有限公司 项目管理部,湖南 长沙,410114)

摘要:某大型火力发电厂 #6 机组新增的 SCR 脱硝装置在调试过程中,出现稀释风量远小于设计风量的问题。为解决稀释风量过小的问题对氨喷射系统的设备、计量仪表、管道可能存在的问题逐项进行排除,查找出了稀释风量过小的原因,并经更换高压头的风机进行了验证,从而探索出一种处理此类问题的方法。

关键词:SCR 脱硝 水头损失 稀释风量

中图分类号:X701

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2017)03-0013-03

A POWER PLANT SCR DENITRATION DILUTION AIR FLOW DEVIATES FROM THE DESIGN VALUE PROCESSING

LU Zheng-liang

(CHINA CEC ENGINEERING CORPORATION Project Management,
Changsha, 410114, China)

Abstract: A large thermal power plant Unit 6 new SCR denitration device debugging process, there is far less than the amount of the dilution air flow design problems. In order to solve the dilution air flow rate is too small questions about the device ammonia injection systems, measurement instrumentation, piping possible problems one by one excluded, to find out the dilution air flow rate is too small reason, and by the replacement of high head fans verified, So as to explore a method of treating such problems.

Key words: SCR Denitration Head loss Dilution air volume

目前国内大型火力发电厂最新脱硝工艺采用“低氮燃烧+SCR 脱硝”,即能达到环保要求,又可节约还原剂用量。某电厂 #6 机组 SCR 脱硝装置调试时气氨稀释风双侧风量分别仅为 55 Nm³/h、63 Nm³/h,均未达到单侧设计风量 830.79 Nm³/h 的要求。气氨单侧流量为 46.24 Nm³/h,由于氨的爆炸极限是 15%~28%,因此稀释风机流量一般按照 100% 负荷氨量对空气混合比为 5% 设计^[1]。为解决此问题采取了检查风机转向、测量风机转

速与电流、估算风机理论风量、纠正流量计编程公式、疏通通流管路、减少流动阻力等技术措施,最终找出原因并实施了处理方案,达到了设计要求,解决本次问题的经验以供广大工程技术人员参考。

1 氨喷射系统工艺介绍

1.1 工艺流程简介

氨气从氨气母管引至 #6 机组脱硝氨气管,入口压力 0.2~0.3 MPa,再通过氨气电动调节阀根据脱硝率进行 PID 调节,控制进入氨气/空气混合器

收稿日期:2016-11-12

作者简介:卢正良(1982-10)男,湖南桃江人,热能工程师,本科,从事热力、环保设备系统安装、调试工作。

的氨气流量;稀释氨气的空气由稀释风机产生,稀释风进入氨气/空气混合器的稀释风接口;在氨气/空气混合器内氨气与稀释风均匀混合后,氨气含量体积比≤5%的稀释氨气进入稀释氨气母管,再通过支管的手动调节阀控制进入喷氨格栅的稀释氨气流量,喷氨格栅内有多喷嘴,将稀释氨气较均匀的分布在烟道内与烟道烟气中的 NO_x 充分混合。

1.2 氨喷射系统工艺流程如图 1 所示:

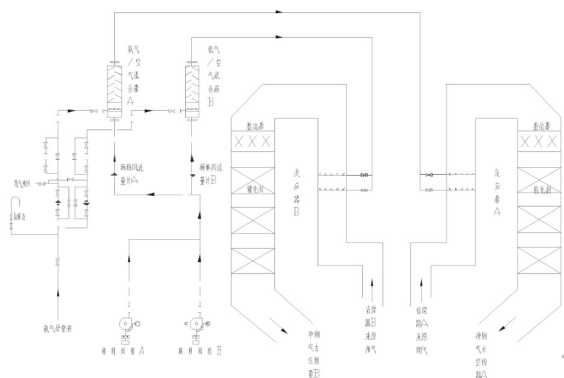


图 1 氨喷射系统工艺流程

1.3 主要设备参数如表一所示:

表 1 主要设备参数

名称	型号	技术参数	备注
稀释风机	9-19-5A	全压:6000Pa, 流量:2200Nm ³ /h	一运一备
氨气/ 空气混合器	LVM-NH3-875	稀释风接口: DN150,长度:1000, 气氨接口:DN20	一侧一台

2 SCR 脱硝装置存在的问题及排查

2.1 SCR 脱硝装置存在的问题

首次启动稀释风机 A,喷氨格栅 A、B 前稀释氨气手动调节阀均全开,氨气/空气混合器 A、B 空气入口手动阀及稀释风机 A 出口手动阀全开,稀释风机 B 出口手动阀全关,氨气/空气混合器 A、B 稀释风流量分别为 55 Nm³/h、63Nm³/h,稀释风机 A 就地出口压力 5 100 Pa,电机电流为 4.8 A,切换至稀释风机 B 运行后,以上参数变化较小,主要存在的问题是氨气稀释风压偏小,且两台稀释风机并列运行,以上参数变化同样较小。

2.2 稀释风机的问题排查

2.2.1 稀释风机检查

首先检查了稀释风机 A 风机的转向为顺时针方向,确认转向正确;使用手持式测速仪对风机的转速进行了测量,确认转速与额定转速一致;使用钳形电流表对电机电流进行了测量,所测电流基本一致。

2.2.2 稀释风机风压换算

由于风机是按标准条件下设计,未考虑当地大气压及气温的影响,现进行换算,因厂家在进行产品性能实验时与现风机为同一台设备,几何相似比为 1:1,转速比为 1:1,流动效率比为 1:1,以及根据理想气体状态方程式^[2] $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$,因此

全压相似定律^[3]:

$$\frac{P}{P_m} = \frac{\rho}{\rho_m} \left[\frac{D_2}{D_{2M}} \right]^2 \left[\frac{n}{n_m} \right]^2 \frac{\eta h}{\eta h_m}$$

可简化为^[4]:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{P_a}{1.013 \times 10^5} \times \frac{273+t_0}{273+t}$$

式中

P_a - 当地大气压, 0.86×10⁵Pa;

t - 输送流体的实际温度, -10 °C;

P₀ - 标准条件下全压, 6 000 Pa;

t₀ - 标准条件下输送流体的温度, 20 °C;

ρ-当地大气压下空气密度;

ρ₀-标准条件下空气密度。

计算得出 P=5 675 Pa, 风机就地压力为 5 100 Pa, 因而推断风机的风压出力基本能达到产品设计要求。

2.2.3 稀释风机风量估算

根据电机电流来估算稀释风机风量,所配电机的电源是三相交流电源,U=380V,I=4.8A,假设传动机械效率 η_m 为 0.98、此工况下(查 9-19-5A 离心风机性能曲线)风机效率 η 约为 50%、电动机功率因数 cosφ 为 0.8。

三相交流电机功率^[4]:

$$P_g = 1.732 * U * I * \cos\phi = 2.53 \text{ kw}$$

风机轴功率:

$$P_{sh} = P_g \times \eta_m = 2.48 \text{ kw}$$

风机有效功率^[5]:

$$P_e = P_{sh} \times \eta = 1.24 \text{ kw}$$

输送流体下的全压 P=5675Pa,风机风量:

$$q_v = \frac{1\,000 P_e}{P} = \frac{1\,000 \times 1.24}{5\,675} = 0.2185 \text{ m}^3/\text{s} = 786 \text{ m}^3/\text{h}$$

根据理想气体状态方程式 $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ 换算至标态下风量:

$$q = \frac{q_v 293}{263} = 875 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

故估算风机风量 q 约为 $875 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。但显示的稀释风流量分别仅为 $55 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $63 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 严重低于估算值风量。

2.3 稀释风流量计排查

据以上估算所测风量与实际风量相差较远,初步判断为稀释风流量计显示不准确。拆卸下流量孔板进行检查,未发现堵塞现象;检查导压管亦无堵塞现象。

依照差压式流量计体积流量公式^[1]:

$$q_v = \alpha \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{\frac{2}{\rho_1} \Delta p} = \alpha \varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \beta^2 \sqrt{\frac{2}{\rho_1} \Delta p}$$

式中

- α —流量系数; ε —流束膨胀系数;
- d —节流件内径; D —管道内径;
- β —直径比; ρ_1 —节流件前流体的密度;
- Δp —测得的压差。

在 DCS 组态中重新修正计算风量的程序后,氨气/空气混合器 A、B 稀释风流量分别上升至 $290 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $380 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。

2.4 氨气/空气混合管道排查

2.4.1 疏通通流管路

通过打开喷氨格栅前测试阀门,检查风量强度,发现不同测试口风量有明显差异,初步估计存在堵塞现象,由于此时锅炉已投入运行,无法进入装置内部检测喷嘴堵塞情况,故引入 0.7 MPa 的压缩空气对喷氨格栅进行吹扫,氨气/空气混合器 A、B 稀释风流量分别上升至 $435 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $510 \text{ Nm}^3/\text{h}$,由于喷氨格栅上喷嘴焊接过程中全部采用的电焊,且喷嘴孔径为 10 mm ,因而有焊渣堵塞通道,小孔径管道焊接宜采用氩弧焊打底。

2.4.2 减少流动阻力

通过打开氨气/空气混合器 A 后稀释氨气母管上端盖,将 A 侧稀释风对空排放,氨气/空气混合器 A、B 稀释风流量分别上升至 $1\,280 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $505 \text{ Nm}^3/\text{h}$,同时电机电流上升至 7.9 A ,因而推断

风机的风量出力基本能达到产品设计要求。

3 分析原因及试验

3.1 分析原因

通过以上计算、检测手段结果表明在降低沿程阻力的情况下,稀释风机的风量陡然上升,故可断定是整条管路阻力过大,在风机出口压头一定的情况下,无法提升空气流速,故达不到设计风量 $830.79 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 。根据水头损失的叠加原则^[5],该管路主要为局部损失,选用将沿程损失折合成一个合适的局部损失考虑。

水头损失^[5]:

$$H_f = (\zeta_e + \sum \zeta) \frac{V^2}{2g} = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

式中

- ζ_e —沿程阻力的当量局部阻力系数;
- ζ —管路的总阻力系数;
- V —管内介质流速;
- g —重力加速度。

由以上公式可判断在定型的管路中, $2g$ 为一个常数,总阻力系数 ζ 无法减小,要提高流速则需要提高风机压头。

3.2 实施试验方案

利用现有的一台全压 $9\,500 \text{ Pa}$ 、额定风量 $2\,200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 的离心风机更换掉原稀释风机 A 进行试验,氨气/空气混合器 A、B 稀释风流量分别上升至 $535 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $620 \text{ Nm}^3/\text{h}$,稀释风机 A 就地出口压力 $8\,700 \text{ Pa}$ 。

3.3 氨喷射系统管路 $\frac{\zeta}{2g}$ 的测算(表 2)

表 2 氨喷射系统管路 $\frac{\zeta}{2g}$ 的测算

运行设备	A 侧水头 损失	B 侧水头 损失	A 侧流速	B 侧流速	$\frac{\zeta}{2g}$ -A 侧	$\frac{\zeta}{2g}$ -B 侧
原风机 运行时	5627 Pa	5802 Pa	X	1.156X	5627/X ²	4343/X ²
新风机 运行时	9227 Pa	9402 Pa	1.208X	1.385X	6319/X ²	4902/X ²

注:A 侧喷氨格栅出口负压-527 Pa、B 侧喷氨格栅出口负压-702 Pa,水头损失 = 风机出口压力 - 喷氨格栅出口负压;假设原风机 A 侧管内流速为 X,管内流量 = 空气流量 + 气氨流量。

4 稀释风量过小的治理

(下转第 54 页)

[M],北京:中国林业出版社,1994.
 [2]《中国荒漠化(土地退化)防治研究》课题组,中国荒漠化(土地退化)防治研究[M].北京:中国环境科学出版社,1998:11-20.
 [3]董光荣,吴波,慈龙骏等,我国荒漠化现状、成因与防治对策[J].中国沙漠,1999,19(4):318-332.
 [4]时永杰,杜天庆,我国土地荒漠化的成因、危害及发展趋势[J].中兽医医药杂志
 [5]王礼先,我国荒漠化土地成因及其防治对策[J].世界林业研究,2000,13(6):32-37.
 [6]吴波,我国荒漠化现状、动态与成因[J].林业科学研究,2001,14

(2):195-202.
 [7]国家林业局,中国荒漠化和沙化状况公报[R]. <http://www.forestry.gov.cn/zsxh/3443/content-833160.html>.
 [8]蔡玉梅,郑伟元,贾克敬等,土地利用规划环境影响评价探讨[A].21世纪中国土地科学与经济社会发展--中国土地学会2003年学术年会论文集[C],2003,549-554.
 [9]赖力,黄贤金,张晓玲,土地利用规划的战略环境影响评价[J].中国土地科学,2003,17(6):56-60.
 [10]贾克敬,谢俊奇,郑伟元等,土地利用规划环境影响评价若干问题探讨[J].中国土地科学,2003,17(3):15-20.

(上接第 15 页)

4.1 风机重新选型计算

通过 $\frac{\zeta}{2g}$ 的测算表可看出,随着流速的增加 $\frac{\zeta}{2g}$ 增加,A侧 $\frac{\zeta}{2g}$ 大于 B 侧 $\frac{\zeta}{2g}$,由于 A、B 两侧为对称布置,从以上总阻力系数的计算表明 A 侧仍存在堵塞现象,待锅炉停炉时清理 A 侧格栅喷嘴。利用 B 侧的测算数据重新选型计算,当 B 侧从 510 Nm³/h 增大至 620 Nm³/h 时,B 侧 $\frac{\zeta}{2g}$ 增大至 4902/4343 ≈ 1.13 倍,若 B 侧增大至 830.79 Nm³/h 时,按 $\frac{\zeta}{2g}$ 增大至 1.13 倍粗略估算在设计风量时的水头损失计算:

$$H1 = \zeta \frac{V^2}{2g} = 1.13 \times \zeta \times \frac{(1.82X)^2}{2g} \approx 1.13 \times \zeta \frac{3.31X^2}{2g} \approx 3.74 \times \zeta \frac{V^2}{2g}$$

将新风机运行时 B 侧 $\frac{\zeta}{2g} = 4902/X^2$ 代入 $3.74 \times \zeta \frac{V^2}{2g} = 18333 \text{ Pa}$

4.2 实施处理方案

稀释风机更换为 8-09-16No8.D 离心风机,全压 18 654Pa、额定风量 2 118 Nm³/h,氨气/空气混合器 A、B 侧稀释风流量分别上升至 762N m³/h、

847 Nm³/h,完全可满足使用要求。

结束语:本工程调试过程中运用一些风机故障排查手段与理论计算相结合的方法,查找出氨喷射系统的流体流动阻力远大于风机可以克服的阻力、管路系统堵塞、流量计计算公式不合理。通过对各问题的处理方案逐项实施后,稀释风量过小的问题得以解决,进一步掌握了管内流体运动的相关知识以及离心风机的特性,形成了一种解决流量偏差问题的可行方法,希望能给广大工程技术人员带来一些启示。

参考文献:

[1]刘红蕾,刘永阳,李广华.火电厂烟气脱硫脱硝设备控制与仪表[M].第1版.北京:化学工业出版社,2015年:43-44,122-123
 [2]沈维道,蒋智敏,童钧耕.工程热力学[M].第3版.北京:高等教育出版社,2001年:49
 [3]张鹏高,吴贵成,戴路玲.泵与风机[M].第1版.北京:化学工业出版社,2013年:144-145
 [4]方正.三相异步电动机运行功率估算方法[J].电机技术.2011年.第4期.43
 [5]安连锁.泵与风机[M].第1版.北京:中国电力出版社,2001年:61-63
 [6]张也影.流体力学[M].第2版北京高等教育出版社,1999年:292-293