

抽汽背压式汽动引风机改造技术及调试优化

马新立

(江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘 要: 汽动引风机改造是在役大型机组技改的热点, 详述抽汽背压式汽动引风机改造设备、系统的特点与功能。针对商业运行机组大修工期短和要求高的实际情况, 采用辅汽对汽动引风机冲管和首次启动工作, 优化了小机暖管过程和运行方式, 以满足锅炉冷态动力场试验要求。为避免引风机失速和小机超速, 提出了机组带较高负荷时汽动引风机并入技术, 为其它电厂汽动引风机改造提供借鉴。

关键词: 汽动引风机; 抽汽背压机; 改造; 调试

0 引言

在役火电机组锅炉引风机和脱硫增压风机普遍采用电动机驱动, 随着国家出台强制取消脱硫旁路的政策, 两者合二为一成为必然趋势, 电动机功率进一步增大, 为降低厂用电率, 避免电动机启动电流对厂用电系统的冲击, 汽动引风机技术改造应运而生。

目前引风机由电动改为汽动有两种方式: 一种为凝汽式小汽机驱动, 另一种为背压式小汽机驱动。背压式小汽机驱动节能效果较好, 而抽汽背压式小汽机驱动国内没有先例, 供热方式灵活。

1 设备及系统配置

1.1 锅炉概况

某电厂一期工程 $2 \times 1000\text{MW}$ 机组锅炉系哈尔滨锅炉厂有限责任公司设计制造的超超临界变压运行直流锅炉, 并由三菱重工业株式会社 (Mitsubishi Heavy Industries Co. Ltd) 提供技术支持, 锅炉采用 Π 型布置、单炉膛、一次中间再热、低 NO_x PM 主燃烧器和 MACT 燃烧技术、反向双切园燃烧方式, 炉膛为内螺纹管垂直上升膜式水冷壁, 循环泵启动系统; 调温方式除煤/水比外, 还采用烟气分配挡板、燃烧器摆动、喷水等方式。每台锅炉原配 2 台 50% 容量引风机, 采用成都电力机械厂生产的 AN 系列轴流通风机, 型号为 AN42e6(V13+40), 型式为静叶可调轴流式。采用定速电动机驱动, #1 机组引风机电动机额定功率 7000kW。

脱硫系统原配置两台成都电力机械厂生产的

静叶可调轴流式脱硫增压风机, 型号为 ANT45e6(V13+40), 采用定速电动机驱动, 脱硫增压风机电动机额定功率 3000kW。

1.2 汽动引风机烟气系统

为降低机组厂用电率, 在大修期间对 #1 机组进行汽动引风机改造工作, 新增三台引风机和脱硫增压风机合一的引风机, 型号为 HA47436-8Z, 其中两台安装在原电动引风机 1A、1B 基础上, 分别采用电动机和小汽机驱动, 改名为 1C 电动引风机和 1B 汽动引风机。为节省投资, 将原 1A 引风机电动机经扩容增速改造后, 作为 1C 电动引风机驱动电动机。在原 1A 引风机的西侧新建 1 台汽动引风机组, 命名为 1A 汽动引风机。

1A、1B 增压风机及其电动机和进、出口挡板拆除。脱硫原、净烟气挡板、脱硫旁路烟道及其挡板拆除。锅炉排烟经三台引风机升压后, 直接经脱硫系统, 进烟囱。

1.3 汽动引风机汽水系统

两台汽动引风机采用抽汽背压式调速汽轮机驱动, 小机设置一个中间抽汽口。每台汽动引风机配置一台抽汽背压式汽轮机, 汽动引风机驱动小汽轮机汽源采用锅炉一级再热器出口蒸汽和冷再蒸汽的混合蒸汽。

1.3.1 小机进汽系统

分别从锅炉两侧的一级再热器出口联箱上对称接出, 联箱接出位置为喷水减温器前弯头取消, 改为三通后通过大小头变径接出。两路再热蒸汽管道在炉后合成一根母管, 温度调节蒸汽管道从锅炉单侧冷段支管上接出后连接至该供汽母管, 供汽母

管穿过电除尘器区域后再分成两路进汽管道送入引风机小汽轮机进汽口，每路进汽管道上设流量测量装置。两台机组的供汽母管通过联络管相互联通，相互作为邻机启动汽源。

1.3.2 小机排汽系统

2 台引风机小机排汽合成一路排汽母管后进入汽机房接入四抽管道排入除氧器，同时在汽机房内对排汽母管设有至辅助蒸汽联络管的旁路，满足今后利用辅汽系统向外供热的需要。考虑今后小机排汽全部供热的可能，在炉后排汽母管上预留三通接口。

1.3.3 小机抽汽系统

每台小汽机设有一个抽汽口，2 台小机的抽汽管道经流量测量装置、合成一路抽汽母管后接入现有厂区供热管道。

1.3.4 其它蒸汽管系

蒸汽系统另设以下管系：
预暖及疏水管路；
PCV 排汽管道（配消音器）；
安全阀排汽管路；
疏水扩容系统；
临冲管；

1.3.5 小机轴封及本体疏水系统

引风机汽轮机不需要外部轴封供汽。

每台小机设一台轴封加热器，通过闭式水冷却轴封漏汽。每台轴封加热器设 2×100%轴封风机。轴封冷却器的疏水排入附近地沟。

引风机汽轮机本体疏水接到疏水扩容立管后，扩容蒸汽排入大气，疏水排入机组排水槽。

1.3.6 润滑油及控制油系统

每台小汽轮机配备一套润滑系统。润滑油系统设有可靠的供油设备及辅助供油设备，在启动、停机、正常运行和事故工况下，满足引风机汽轮机的所有轴承的用电量及汽动引风机组设备所有轴承的用油。

引风机汽轮机控制油采用低压透平油，油源与小汽机润滑油系统共用。

汽轮机的调节系统采用电液调节系统，其功能是控制机组转速在给定范围内稳定运行。

每台汽轮机配置 1 台汽轮机润滑油处理装置，润滑油处理系统集装在润滑油装置中，处理装置均可连续运行，油质合格后处于备用状态。

1.4 汽动引风机设备规范

型式：静叶可调轴流式

生产厂商：成都电力机械厂

布置方式：水平对称布置，垂直进风，水平出

风

汽动引风机设备规范见表 1。

表 1 汽动引风机设备规范

项目	TB 工况	BMCR 工况
风机入口流量/(m ³ ·s)	777.5	740.4
风机入口温度/℃	135	135
风机入口压力/Pa	-5680	-5060
风机全压升/Pa	8600	8210
风机轴功率/kW	7708	6937
风机转速/(r·min)	800	800

1.5 引风机汽轮机设备规范

型号：HNG40/32/20

型式：单缸、单流、反动式、带中间抽汽、背压式

运行方式：变参数、变功率、变转速

额定工况功率（THA）：6.2 MW（引风机转速为 780 r/min）

THA 工况内效率：76.9 %

最大连续功率：8.19 MW

额定进汽压力：4.0 MPa(a)，温度：475 ℃，流量：79.3 t/h

额定排汽压力：1.08 MPa(a)，温度：321.5 ℃

额定转速：5990 r/min

调速范围：2800 ～ 6300 r/min

1.6 齿轮箱设备规范

齿轮箱采用德国 BHS/Voith 原装全进口产品，为行星齿轮（epicyclic gear units）结构，一级减速，渐开线、硬齿面。

齿轮箱润滑油由小机供给，不单独设置齿轮箱供油驱动系统。齿轮箱采用全密封轴承，同时采用滑动轴承。

额定输入功率：7800 kW

额定输入转速：6144 rpm

额定输出转速：800 rpm

传动比：7.7

齿轮类型：双斜齿

轴承形式、数量：1 个径向轴承+一个径向推力联合轴承

2 系统功能

本技改工程利用锅炉一级再热蒸汽联箱出口与冷段抽取的混合蒸汽，驱动抽背式引风机小汽轮机设备，引风机小机的排汽近期供给除氧器运行在回热模式，小机抽汽供至厂区辅汽管道供现有热用户；当远期有供热大用户时引风机小机运行在供热模式，小机排汽供至热网，小机抽汽具有更高供热参数能力（机组 750MW 负荷以上大于 1.5MPa(a)）。

通过汽动引风机技改达到以下收益：

采用调速小汽轮机替代引风机的定速电动机，提高引风机在部分负荷工况的运行效率；降低厂用电率 1.26%，每台机组每年可多发电约 7,200 万千瓦时，扣除多消耗的煤，年经济收益约为 2,000 万元，项目总投资 4,800 万元，约 2.5 年可收回初投资。

供热方式灵活，同时减少供热节流损失，提高供热效率；加权平均供电煤耗率减少约 1.83g/(kW·h)；每台机组每年就可节约标煤 10,000 吨。

机组启动时，即可选择先启动电动引风机，也可通过临机汽源选择直接启动汽动引风机；

引风机小机可选择来自本机汽源，也可选择来自临机汽源；采用临机汽源启动、运行过程，当本机汽源参数满足小机进汽要求，且两路汽源温差不超过 50℃，由运行人员择机切换到本机汽源；停机过程，当临机汽源参数满足小机进汽要求时，可切换到临机汽源，如果临机汽源参数不满足小机进汽要求，可启动并切换到电动引风机。

当本机 MFT，如此时引风机小机由本机供汽，联锁延时跳引风机小机；如果此时引风机小机由临机供汽，维持引风机小机运行。

2.1 回热模式

当排汽母管至热网供热电动隔离阀关闭时，对应机组引风机小机的背压控制执行回热模式，为滑压运行方式。

2.2 供热模式

由于远期供热量还未最终确定，因此现阶段通过辅助蒸汽管道或小机抽汽向外供热。根据辅助蒸汽管道的通流能力，暂定辅助蒸汽供热的最大量为 90t/h。

当远期供热量需求超过 90t/h 时，通过远期炉后专设供热管道直接供热。

当热网有 1.5MPa 以上热负荷需求时，可从小

机抽汽口另接出高压供热管道。

2.3 引风机小机排汽温度控制

当排汽温度超过 375℃，开启低温再热供汽温度调节阀，降低引风机小机进汽温度，维持引风机小机排汽温度不大于 360℃。

背压汽轮机进汽温度控制的目的是调节排汽温度，调节手段是冷再混汽。但由于温度传递延迟和背压汽轮机的作用，背压汽轮机排汽温度信号不宜直接用于反馈闭环调节，宜以前馈调节的方式参与进汽温度控制。

引风机小机最高排汽温度 420℃。

当冷再温度调节阀全开，排汽温度仍超过 375℃且时间超过 2min 以上时，应进行报警。

2.4 引风机小机倒转保护

每台引风机小机在靠近排汽口的排汽管道均装设逆止阀，防止汽轮机跳闸后蒸汽倒流引起汽轮机倒转。

排汽供辅汽、排汽供除氧器管系，在靠近用户处均装设逆止阀，防止蒸汽倒流引起汽轮机倒转。

2.5 引风机小机防进水保护

每台引风机小机进汽接口前应设暖管管系，供汽管道低点应设疏水点，各疏水点应均为控制过热度的疏水型式。

每台引风机小机在排汽逆止阀后设电动隔离阀，汽轮机跳闸后关闭电动隔离阀，防止汽轮机防进水。逆止阀前和电动隔离阀后管道低点以及管道其它低点设置合适的疏水管路，及时排出管道中的凝结水。

3 调试特点

3.1 热控逻辑组态

将锅炉所有涉及引风机的逻辑进行修改，增加小汽轮机和电动引风机 C 的逻辑。

鉴于部分工作为对商业运行机组逻辑进行修改，技术要求高，必须先进行逻辑设计，然后对 SAMA 图进行修改，再进行会审和报批。在工程师站上实施逻辑组态后，进行逻辑预操作试验。

汽动引风机逻辑设计原则：1) 引风机一汽一电运行，送风机发生 RB 时，跳闸电动引风机，保留汽动引风机；除此外，送引风机联跳遵循跳闸对侧风机的联锁，如果是引风机一汽一电运行，则电动引风机是补缺的，替代停运的一台汽动引风机。2)

引风机运行台数不低于送风机。

3.2 汽动引风机蒸汽管道吹扫

鉴于汽动引风机技改工程在机组大修期间进行,大修工期仅为 70 天,为保证机组顺利启动、带满负荷及长期安全稳定运行,蒸汽冲管不安排在机组启动后,而是在机组启动前利用辅汽进行冲管。

蒸汽冲管范围包括进汽管道、抽汽管道、排汽至除氧器管道、排汽至辅汽管道。

冲管方式为稳压冲管,分 6 个回路,每回路每次吹扫 5~10min,至少吹扫 3 次。吹扫参数:压力 0.6~0.8MPa,温度 250~300℃,流量 30~50t/h。

冲管回路 1: 辅汽管道→排汽管道→临时管→排大气管道

冲管回路 2: 辅汽管道→排汽管道→临时管→冷再管道

冲管回路 3: 辅汽管道→排汽管道→临时管→A 侧一再出口管道

冲管回路 4: 辅汽管道→排汽管道→临时管→B 侧一再出口管道

冲管回路 5: 辅汽管道→排汽管道→临时管→抽汽管道

冲管回路 6: 辅汽管道→排汽管道→临时管→除氧器管道

将吹扫范围内的调节阀门、流量孔板、节流孔板及 PCV 阀用临时短管代替,逆止门抽芯。

3.3 汽动引风机首次启动

通常必须先启动电动引风机,再锅炉启动,机组带负荷后,先冲管,再恢复系统,最后才能依次进行小机试转和汽动引风机首次启动。时间比较长,且不确定因素较多,可能影响机组顺利启动。为节约时间,保证机组安全、经济、可靠、长期稳定运行,采用辅汽进行汽动引风机首次启动,可以及早发现问题、处理问题,提早实现机组满负荷运行。

为此,在冲管后,保留汽动引风机排汽管与进汽管之间的跨接管,并在排汽管上安装辅汽进汽和排汽去排大气管的隔离阀门,恢复其它冲管系统,利用辅汽冲转小机。

鉴于辅汽温度较低,利用进汽临冲管对小机进汽管进行暖管,提高小汽轮机进汽温度,满足冲转条件。

在汽动引风机带负荷阶段,保持排大气管上的 PCV 阀全开,提高小机做功能力,加强小机进汽低

参数、小流量情况下汽动、电动引风机并列运行调整,以满足锅炉冷态空气动力场试验要求。

3.4 机组带负荷阶段汽动引风机并列

鉴于汽动引风机进汽参数随着机组负荷的提高而提高,但汽动引风机带负荷能力不能满足机组升负荷要求,这就导致必须在机组较高负荷下,将两台汽动引风机依次并入电动引风机。

在机组 400MW 负荷下,全开引风机进、出口隔离挡板,保持汽动引风机静叶开度为 10%,启动第一台汽动引风机。小机经低、中速暖机后,升速到 5380rpm。然后维持汽动引风机转速,电动引风机投自动,不断提高汽动引风机静叶开度,电动引风机静叶开度自动减小。在汽动引风机静叶开度到 45%时,可成功并入第一台汽动引风机。

在机组 600MW 负荷下,全开引风机进、出口隔离挡板,保持第二台汽动引风机静叶开度为 10%,启动第二台汽动引风机。当第二台汽动引风机升速到 5380rpm 时维持转速,第一台汽动引风机静叶投自动,逐步开大第二台汽动引风机静叶,第一台汽动引风机静叶开度自动减小。当第二台汽动引风机静叶开度到 40%时,可成功并入第二台汽动引风机。然后调匀两台汽动引风机静叶开度,解除第一台汽动引风机静叶自动,投入电动引风机静叶自动,同步增大两台汽动引风机静叶开度,电动引风机静叶开度自动减小。

当两台汽动引风机静叶全开后,同步调节两台汽动引风机进汽调门开度,电动引风机静叶开度降低到 10%时停运,完全靠两台汽动引风机带负荷,两台汽动引风机转速投自动。

4 结论

电动引风机改造成抽汽背压式汽动引风机后,出现如下特点:

(1)通过机组调试优化,缩短了机组调试时间,提高了机组运行安全性、经济性及可靠性。

(2)提高了机组供电效率和上网售电量,降低了厂用电率,特别是在机组低负荷工况下,原来采用电动引风机时静叶挡板小开度的节流损耗被消除,引风机消耗的功率减少一半。

(3)提高了机组供热方式的灵活性和效率,消除了原先冷再汽源供热时的节流降压损失。

(4)增加了小汽轮机设备及系统,机组热力系

统复杂化,增加了设备维护工作量。

75-78.

参考文献:

- [1] 陈小强, 罗志浩, 尹峰, 等. 背压式汽动引风机调试[J]. 中国电力, 2012, 45(8): 59-63.
- [2] 马晓珑, 陈书平, 李学忠, 等. 汽动引风机在超超临界 1000MW 机组中的应用[J]. 热力发电, 2011, 40(6):

作者简介:

马新立(1969—), 男, 江苏常州人, 高级工程师, 从事大型锅炉调试、试验及改造工作, E-mail: 15905166910@139.com。