

Research on the Trial Operation Method of Backpressure Turbine without Heat Supply Network

Xiaolong Ma¹, Yucai Xie², Hui Liu¹, Zhong Zeng², Hongliang Chen², Chengfang Zhou², Wenjun Li¹, Ling Li², Junlin Liao¹

¹Xi'an Thermal Power Research Institute Co. Ltd., Xi'an Shaanxi

²Ying Cheng Power Plant of Hua Neng, Yingcheng Hubei

Email: maxiaolong@tpri.com.cn

Received: May 21st, 2015; accepted: Jun. 3rd, 2015; published: Jun. 11th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The back pressure turbine has high thermal efficiency, and it has been popular in recent years in small and medium-sized city cogeneration. But the heat supply network construction always lags behind the unit construction. To the back pressure turbine, it has some troubles on trial operation of the unit. In this paper, the study began with the effects of no heat supply network to the back pressure turbine, and analyzed a series of problems produced. Finally some reasonable trial operation schemes have been proposed to solve these problems. The research result has reference significance to the trial operation of the same type of unit.

Keywords

Backpressure Turbine Starting Heating

无热网背压机组试运方法的研究

马晓琰¹, 解育才², 刘 辉¹, 曾 忠², 陈洪良², 周程放², 李文军¹, 李 凌², 廖军林¹

¹西安热工研究院有限公司, 陕西 西安

²华能应城热电有限责任公司, 湖北 应城

Email: maxiaolong@tpri.com.cn

收稿日期：2015年5月21日；录用日期：2015年6月3日；发布日期：2015年6月11日

摘要

背压发电供热机组热效率高，近年来逐步为中小城市热电联产所青睐。而供热机组在建设过程中普遍存在热网建设滞后于机组建设的问题。对于背压机组来说，无热网对机组试运带来了更多的难题。本文从无热网对于机组试运带来的影响入手，分析了机组无热网所产生的一系列问题，提出了合理的试运方案。该课题的研究成果对于同类型机组的试运具有借鉴意义。

关键词

背压机组启动供热

1. 引言

背压发电机组，由于其没有冷端热量损失，机组热效率可以达到 90% 以上，发电标准煤耗仅有 130 g/kW·h，而同容量的抽凝式发电机组，其热效率不到 50%，发电标准煤耗高于 270 g/kW·h [1]。背压发电机组供热、发电的高效性近年来逐步为中小城市热电联产所青睐。但供热机组在建设过程中普遍存在热网建设滞后于机组建设的问题。对于背压机组来说，无热网对机组试运带来了更多的难题。

某电厂 1 号机组为 670 t/h 锅炉、50 MW 背压供热发电机，2 号机组为 350 MW 超临界燃煤抽凝式发电机组。2 号机组正常投运后，由于热网不能和机组同步运行，1 号背压机组的试运无法按照正常设计方式进行。本文以该厂为依托，对无热网背压发电机组试运进行了研究，提出了合理的试运方案。其研究成果对于同类型机组的试运具有借鉴意义。

2. 工程设计概况

热电厂 1 号机组(50 MW 背压供热)锅炉为高压参数、单炉膛、无再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构、Π 型布置燃煤自然循环汽包锅炉。锅炉主要参数如表 1 所示。

锅炉采用 4 台 MPS150HP-II 型中速磨煤机正压直吹式制粉系统，三运一备。A 层燃烧器采用等离子点火装置。设置 BC、CC 两层油枪，点火启动及助燃燃油品种采用 0 号轻柴油。设置 1 台 100% 汽动给水泵和 1 台 100% 电动给水泵，电动给水泵同时作为#2 机组启动用给水泵。

汽轮机采用高温高压单缸单排汽、1 级调整抽汽、背压式汽轮机。进入汽轮机的蒸汽通过一个冲动式调节级和 13 个反动式高压级后，通过两根排汽管排入低压供热管道。

Table 1. Main data of 50 MW boiler

表 1. 50 MW 锅炉主要参数

负荷项目	单位	BMCR	75% BMCR	50% BMCR	30% BMCR
过热器出口流量	t/h	670.00	465.00	340.00	201.00
过热器出口压力	MPa (a)	9.90	9.90	9.32	6.80
过热器出口温度	°C	540.00	540.00	540.00	515.00
燃煤量	t/h	85.80	59.20	43.50	25.50

汽轮机具有三级抽汽，一级抽汽分别向给水泵汽轮机、工业抽汽供汽，二级抽汽向 1 号高压加热器供汽，三级抽汽向 2 号高压加热器和除氧器加热供汽。机组两级工业抽汽 4.05 MPa 和 1.3 MPa 分别自一级抽汽和汽轮机背压排汽。4.05 MPa(a)工业抽汽管道上装设逆止阀、快速关断阀、调节阀、安全阀，1.3 MPa(a)汽轮机背压排汽管道上装设逆止阀、快速关断阀、排汽阀、安全阀。机组的热力系统如图 1 所示。

辅助蒸汽系统为全厂提供公用汽源。本工程每台机设一根压力为 0.65~1.3 MPa(a)，温度为 260℃~350℃ 的辅助蒸汽联箱。1、2 机组的辅助蒸汽联箱用一根辅助蒸汽母管连接。正常运行时由本机排汽向辅助蒸汽系统供汽，机组启动或低负荷时辅助蒸汽由启动锅炉或 #2 机组提供辅助汽源。

机组热平衡参数如表 2 所示。

本工程水源采用城市再生水、湖水为备用水源。锅炉补给水处理系统流程如下：再生水(原水)预处理→清水箱→清水泵→自动反冲洗过滤器→超滤(UF)装置(4 × 214 m³/h)→超滤水箱→超滤水泵→一级保安过滤器→一级高压泵→一级反渗透(RO)装置(4 × 161 m³/h)→一级淡水箱→淡水泵→阳床(5 × 190 m³/h)→阴床(5 × 190 m³/h)→混合离子交换器(5 × 190 m³/h)→除盐水箱→除盐水泵→主厂房。

2 号机组为 350 MW 超临界抽凝式供热机组，热力循环采用八级回热抽汽系统，设有 3 台高压加热器、1 台除氧器和 4 台低压加热器。2 号机组再热器向热网供 4.0 MPa 的蒸汽，4 段抽汽向热网供 1.3 MPa 的蒸汽。

3. 无热网所产生的问题

设计工况下，背压机组排汽进入热网，经热网吸热以后回收回水。热网不具备条件主要要解决的问题是背压机组排汽的消纳问题。

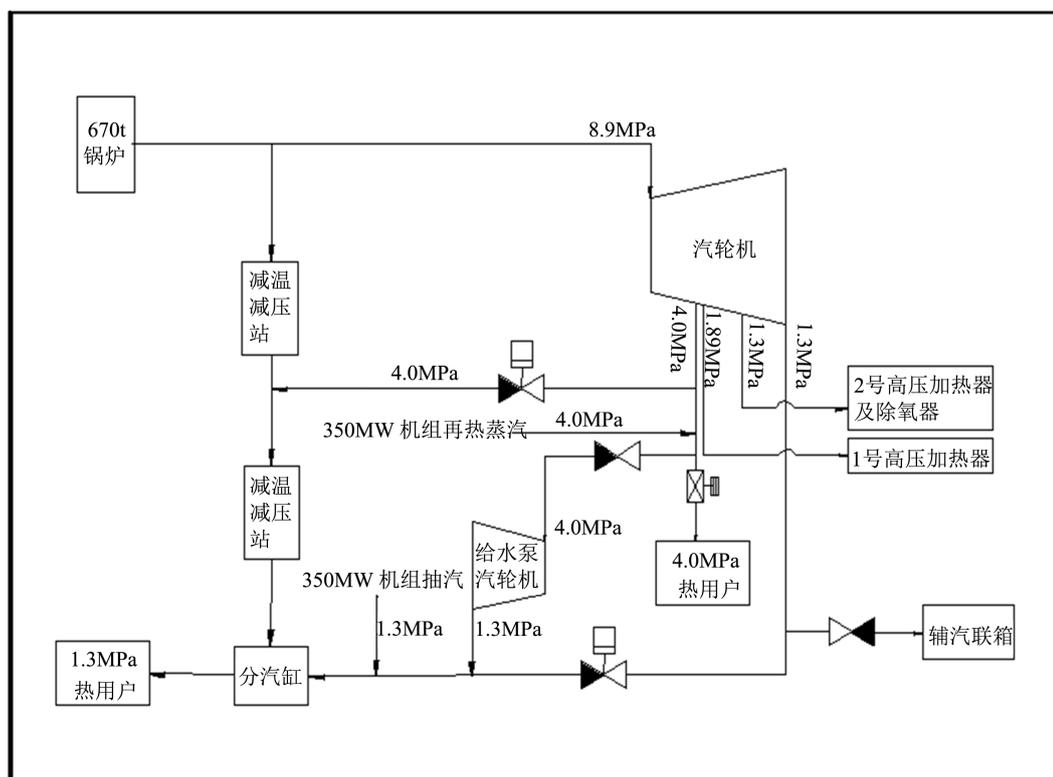


Figure 1. 50 MW unite thermal system diagram

图 1. 50 MW 机组热力系统图

Table 2. Unit heat balance parameters of pure back-pressure condition table
表 2. 50 MW 机组纯背压工况热平衡参数表

工况	单位	100% 负荷	75% 负荷	50% 负荷	
锅炉来汽参数	压力	MPa	8.83	8.83	8.83
	温度	°C	535	535	535
	焓	kJ/kg	3475	3475	3475
	流量	kg/h	440,651	346,835	254,798
一级抽汽参数	压力	MPa	3.49	3.36	2.63
	温度	°C	420	425	432.7
	焓	kJ/kg	3272	3284.7	3311.2
	流量	kg/h	0	0	0
二级抽汽参数	压力	MPa	2.93	2.99	2.39
	温度	°C	397	410	420
	焓	kJ/kg	3227.1	3255.4	3286.5
	流量	kg/h	35,343	28,501	14,281
三级抽汽参数	压力	MPa	1.30	1.30	1.30
	温度	°C	296	302	336.5
	焓	kJ/kg	3037.1	3048.5	3123.7
	流量	kg/h	61,985	39,151	28,992
排汽参数	压力	MPa	1.30	1.30	1.30
	温度	°C	/	/	/
	焓	kJ/kg	3037.1	3048.5	3123.7
	流量	kg/h	338,413	273,493	206,671

背压机排汽消纳有以下几个途径，1) 本机吸收利用；2) 被 2 号机组吸收利用；3) 通过外接消音器排出；4) 排汽进入 2 号机组启动扩容器。

3.1. 本机吸收利用背压机排汽的可行性分析

1 号机组本机使用排汽的主要设备有：除氧器、2 号高加。这两个设备在满负荷工况下可以使用 62 t/h 蒸汽，在 50% 负荷下可以使用 29 t/h 蒸汽。而在满负荷和 50% 负荷汽轮机进汽量分别为 441 t/h 和 348 t/h，仍有大量的排汽需要消纳。1 号机组的汽泵使用的汽源是本机高压抽汽(4.0 MPa)。其它如吹灰、轴封、暖风器等需要的蒸汽量很小。因此本机只能吸收利用少量的背压机排汽。

3.2. 2 号机组吸收利用 1 号机排汽的可行性分析

在 1 号机组试运期间，2 号机组已经转入了商业运行。2 号机组使用外部蒸汽的设备主要有汽泵、除氧器、轴封、吹灰、暖风器等。

1 号机组在试运期间，蒸汽品质及稳定性都不能保证，而 2 号机组为 1 台 100% 容量的汽泵，如果全部使用 1 号机组的蒸汽，1 号机组跳机或者负荷波动都将引起二号机组的跳闸。

2 号机组的除氧器也需要比较稳定的汽源，除氧器的汽源波动，会引起给水温度及除氧器水位的大幅波动，同样也会危及 2 号机组的稳定运行。

2号机组轴封汽源的波动会引起真空的变化，同时也可能引起汽轮机的振动。

锅炉吹灰是间断进行的，这种间断性使得1号机组的排汽不能稳定，1号机组无法稳定运行。

暖风器只是在点火初期使用，2号机组带大负荷稳定运行后，暖风器已经切除。

由此可见，在1号机组运行稳定且蒸汽品质合格的情况下，2号机组只能使用少量1号机组的排汽，且1号机组运行不稳定，会给2号机组带来安全风险，另外尚有大量排汽无法消纳。

3.3. 通过外接消音器排出的可行性分析

背压机组排汽通过外接消音器排出主要要考虑以下几个因素：1) 排汽量的大小；2) 排汽压力的大小；3) 周围人群对排汽所产生噪音的可接受度；4) 排汽凝水的去向；5) 化学制水在满足2号机组运行条件下可供1号机组的使用量；6) 排汽运行方式的经济性。

排汽量的大小和排汽压力的大小直接取决于所带负荷的大小。图2为机组负荷与背压的曲线。由曲线可以查出，在排汽压力为0.5 MPa时，所带负荷不应超过25 MW，此时排气量约为250 t/h。

噪音的大小直接取决于排汽压力的大小和排汽量的多少。排汽压力越小，排汽量越小，所产生的噪音越小。由于在试运阶段，需要持续性排汽，排气压力应尽可能低，排气量应尽可能少。

从消音器排出的蒸汽，一部分飘散于周围空气中，飘散于空中的蒸汽很快会凝结落下，对周围建筑物会有一定的污染。在消音器中直接凝结的水温度有90℃以上，这些热水的去向也需要考虑。热水可以进入循环水，但这样会使循环水温度升高，降低了2号机组的效率，影响2号机组安全经济运行；热水也可进入雨水井，但对环境有一定的热污染，引起周边百姓注意，易发生群体事件。从凝水的去向来看，机组的负荷不宜太大。

本工程设计化学制水量为4×160 t/h，2号机组商运初期预留200 t/h供水，化学4列制水考虑一列备用(或者故障处理)，1号机组实际供水量按照280 t/h考虑。280 t/h的供水所带负荷不应超过25 MW。

1号机组所配锅炉为200 MW，汽机为50 MW。在没有热负荷的情况下，1号机组发电是不经济的。在满足冲转和并网试验目的的情况下，1号机组所带负荷越低越经济。

1号机组配备了1台磨煤机的等离子点火，1台磨煤机等离子运行比较稳定，2台磨煤机不宜长时间运行(投入第二台磨煤机的过程中是否需要投油还需要实际验证。如果不投油，投入2台磨煤机，由于热负荷不高，第二台磨煤机没有引燃明火，煤粉的燃烬率不能保证，易发生尾部烟道再燃烧)。投入3台磨煤机，锅炉的热负荷将达到150 MW以上，50 MW的汽轮机不能消纳锅炉所产生的蒸汽。所以在无热网

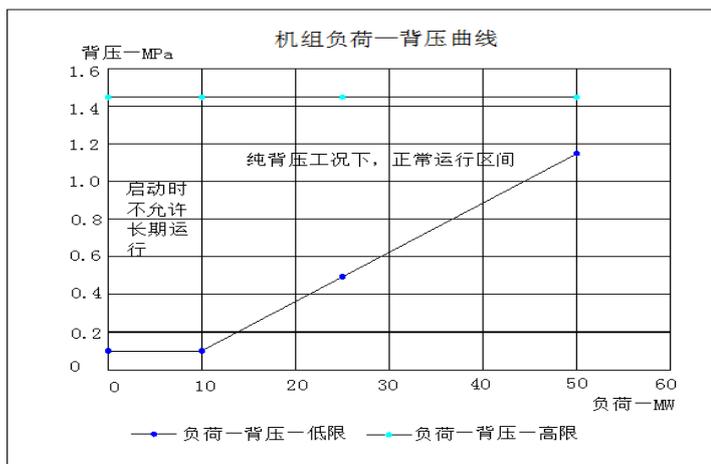


Figure 2. Curve of the load and back pressure

图 2. 机组负荷与背压的曲线

的情况下，建议1号锅炉投入等离子1台磨煤机运行。考虑到等离子模式下煤粉的燃烬率，一台磨煤机运行机组负荷控制在25 MW以下。

综合考虑以上因素，在1号机组在热网不具备的条件下，在不超过25 MW的负荷进行短时间试运的情况下，可以采用外接消音器的方式排出背压机组的排汽。

外接消音器系统需要作如下改变：

在冷却塔入口处设置消音器，热网供汽管和热网回水管均接至消音器，消音器按照能承受1.5 MPa压力、300℃、300 t/h蒸汽设计，消音器的排汽至大气，排水至冷却塔塔池，要注意排汽对周围建筑物的污染问题，要考虑消音器的支固及膨胀问题。

将热网回水至冷却塔管道接至供热管道截止阀后，回水管在化学除铁器前断开并加封堵，封堵按照承受1.5 MPa、300℃设计。

电厂其余系统按照正式系统安装。

外接消音器后机组按照如下方案进行试运：

锅炉化学清洗及吹管按照常规锅炉化学清洗及吹管进行[2]。炉前化学清洗应包括热网回收水的管道及化学除铁器、热网回水换热器、热网回收水集水箱等。

机组冲转、并网、带负荷过程按照设计工况进行启动，只是将供热网的排汽通过消音器排出即可。

在启动过程中通过排汽吹扫排汽管道、辅汽管道、锅炉旁路、2号机组四段抽汽管道、供热管道和回水管道。

在整个系统吹扫完成、系统洁净后，根据带负荷情况可以回收部分蒸汽。蒸汽回收的途径有：辅汽、疏水膨胀箱。在保证2号机组运行安全的前提下，2号机组可以通过辅汽联箱使用部分1号机组的蒸汽。

3.4. 排汽进入2号机组启动扩容器的可行性分析

在2号机组启动初期，2号机组启动疏水扩容器有大量启动疏水进入，1号机组背压排汽无法进入2号机组启动疏水扩容器。在2号机组带大负荷后，启动疏水扩容器用户较少[3]，1号机组背压排汽可以进入2号机组启动疏水扩容器。背压机组排汽进入2号机组启动疏水扩容器与外接消音器效果比较类似。排汽进入2号机组启动疏水扩容器后，在水质不合格时，扩容器疏水进入循环水，在水质合格后可以根据需要进入2号机凝汽器。进入循环水同样会引起循环水温度升高，降低2号机组的效率。进入凝汽器要考虑2号机组的水平衡问题。

排汽进入启动疏水扩容器需要接一根比较长的管道，其路由的选取比较困难，另外需要在启动疏水扩容器开口，其增加投资将会较大。

排汽进入启动扩容器后，厂内的供热及回水管道需要另外采取措施进行清洁。

4. 结论

在热网不具备投用条件时，2号机组完全消纳1号背压机组排汽进行1号机组的试运是不可行的。1号机组自身只能消纳少量自身排汽。1号机组排汽进入2号机组启动疏水扩容器所需增加的投资较大，还受到2号机组负荷限制，在2号机组低负荷时不可行的，另外供热及回水管道清洁还需要采取额外措施。

在不超过25 MW的负荷进行短时间试运的情况下，采用外接消音器的方式进行试运最佳选择。

5. 后记

按照该文的研究成果，该厂在热网不具备的情况下，采用外接消音器排放背压机组排汽的方式，完成了机组的试运，按期完成了上级单位所下达的基建工作任务。试运过程中，投用了1台带等离子的磨

煤机，燃煤量为 18 t/h；汽轮机背压排汽压力为 3 bar；所带电负荷为 10 MW，厂内供水可以满足 2 台机组运行的需求；在周围村庄测量噪音，其噪音为 65 分贝，居民对噪音的污染可接受；机组排汽飘散于空中，没有什么污染；机组排水加水冷却排放于循环水，对 2 号机组运行也没有影响。

参考文献 (References)

- [1] 马晓珑, 等 (2010) 1000 MW 超超临界发电机组引风机采用汽轮机驱动的可行性研究. *热力发电*, **8**, 57-60.
- [2] 付龙龙, 等 (2012) 井冈山电厂超超临界 660 MW 机组吹管技术特点. *热力发电*, **6**, 41-43.
- [3] 马晓珑, 等 (2010) 超超临界火力发电机组取消炉水循环泵的可行性研究. *东方电气评论*, **2**, 17-21.