

背压汽轮机组增设后置机的研究

杜东明, 司广全, 王默, 蒋立军

引用本文:

杜东明, 司广全, 王默, 等. 背压汽轮机组增设后置机的研究[J]. 南方能源建设, 2021, 8(2): 63-70.

DU Dongming, SI Guangquan, WANG Mo, et al. Research on Adding Post-unit for Back Pressure Steam Turbine[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(2): 63-70.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[给水泵汽轮机排汽采暖供热节能可行性研究](#)

Feasibility Study on FW-Pump Steam Drive Turbine Exhaust Heating Technology

南方能源建设. 2017, 4(z1): 28-30 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.S1.006>

[高效新型220MW亚临界汽轮机优化选型分析](#)

Analysis and Optimization on Configuration Scheme of New High Efficient 220 MW Subcritical Turbine

南方能源建设. 2015(3): 108-111,117 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.03.021>

[岭澳核电站半速汽轮发电机基础结构型式分析](#)

Analysis of Foundation Type for Half Speed Turbine Generator of LNPS

南方能源建设. 2015, 2(2): 102-106 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.02.019>

[核电厂汽轮机主汽阀检修用锁定装置设计研究](#)

Research on Maintenance Locking Device of Main Steam Valve of NPP

南方能源建设. 2016, 3(3): 54-56 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.03.011>

[寒冷地区闭合空气幕防寒保温特大门设计研究——以辽宁红沿河核电厂常规岛汽轮机发电厂房为例](#)

Study on Cold Insulation Design of Closed Air Curtain Door in Cold Region:A Case of Nuclear Power Turbine Generator House of Conventional Island in Liaoning Hongyanhe NPP

南方能源建设. 2016, 3(3): 70-72 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.03.015>

背压汽轮机组增设后置机的研究

杜东明^{1,✉}, 司广全², 王默², 蒋立军¹

(1. 华能(大连)热电有限责任公司, 大连 116000; 2. 华能国际电力股份有限公司, 北京 100031)

摘要: [目的] 为了解决机组对外供热由工业供热改为采暖供热的问题, 以某热电厂为对象开展技术可行性研究。[方法] 对调节阀组、双缸汽轮机、全厂共用的后置背压汽轮机、单元制带发电机的汽动给水泵组等四种方案进行了比对分析。[结果] 考虑方案的特点和工程实际, 最终选择了全厂共用的后置背压汽轮机方案。[结论] 该方案基于能级梯级利用原则, 运行可靠, 经济性好, 对后续机组进行供热综合改造也提供了有益的参考。

关键词: 背压汽轮机; 采暖; 供热; 后置汽轮机; 技术经济比较

中图分类号: TM611; TK26

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)02-0063-08

开放科学(资源服务)二维码:



Research on Adding Post-unit for Back Pressure Steam Turbine

DU Dongming^{1,✉}, SI Guangquan², WANG Mo², JIANG Lijun¹

(1. Huaneng Dalian Co-Generation Co., Ltd., Dalian 116000; 2. Huaneng Power International, Inc., Beijing 100031, China)

Abstract: [Introduction] In order to solve the problem of changing the external steam supply of the unit from industrial steam to heating steam, a thermal power plant is taken as an object to carry out technical feasibility study. [Method] Four kinds of schemes including the control valve group, the two-cylinder steam turbine, the post-unit back pressure steam turbine shared by the whole plant, and the steam-driven feed water pump unit with generator were compared and analyzed. [Result] Considering the characteristics of the schemes and project practice, the scheme of post-unit back pressure steam turbine shared by the whole plant is selected. [Conclusion] The scheme is based on the principle of energy level cascade utilization, which is reliable in operation and economical. It also provides a useful reference for the comprehensive steam supply transformation of subsequent units.

Key words: back pressure turbine; heating; heat supply; post-unit steam turbine; technology and economic comparison

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

某热电厂新建2×50 MW级抽汽背压汽轮发电机组。汽轮机为高温高压、单缸、单轴、调整抽汽背压式, 机组对外工业供热, 分为4.1 MPa.a中压和1.4 MPa.a低压两个等级, 分别来自汽机抽汽及排汽。锅炉为高温高压自然循环、单汽包、II型布置、全钢构架悬吊结构锅炉。主蒸汽系统采用切换母管制; 锅炉给水系统为扩大单元制, 每台机组设置一台汽动给水泵, 两台高压加热器, 全厂共用一台备用电动给水泵; 给水泵汽轮机为背压式, 背压排汽进入热网加热器蒸汽系统; 汽轮机回热系统设置两台高压加热器、一台除氧器。

项目执行期间, 由于外部条件变化, 机组由工业供热改为采暖供热。而此时汽机厂已经完成了汽轮机本体设计, 汽缸、阀门等大型铸锻件毛坯已经转入精加工流程, 汽轮机本体结构已经不具备修改的条件。为最大程度降低对工程的影响, 在满足采暖供热参数要求的前提下, 维持现有背压汽轮机的参数不变, 考虑通过增加额外系统实现对外供热的蒸汽参数需求。

本文针对50 MW级汽轮机维持背压工况运行的条件, 在最大程度保留既有工程方案的同时, 基于能量梯级利用原则^[1], 对背压汽轮机组增设后置汽轮机发电系统进行研究, 结合方案的适应性、经济性以及工程实际, 最终推荐全厂共用的后置背压

汽轮机方案。本文研究成果可为后续机组进行供热综合改造提供有益的参考。

1 采暖蒸汽方案

现有 50 MW 级背压汽轮发电机组的额定参数见表 1。

表 1 50 MW 级背压汽轮发电机组参数

Tab. 1 Parameters of 50 MW back-pressure turbo-generator set

项 目	参 数
主汽阀前压力/MPa. a	10
主汽阀前温度/℃	565
进汽流量/(t·h ⁻¹)	490
工业抽汽压力/MPa. a	4. 1
工业抽汽流量/(t·h ⁻¹)	100
排汽压力/MPa. a	1. 4
排汽供热流量/(t·h ⁻¹)	244. 313
机组功率/MW	53. 872

原工业供汽条件下的系统配置为：50 MW 级抽汽背压汽轮机的排汽作为给水泵汽轮机的驱动汽源、二号高压加热器的加热汽源、定压内置式除氧器的加热汽源；50 MW 级抽汽背压汽轮机的非调整抽汽为一号高压加热器的加热汽源；给水泵汽轮机的排汽接入热网加热器蒸汽管道。采暖供热系统设置两台热网加热器，两台变频电动热网循环泵，一台 30 m³ 热网疏水箱，两台疏水泵，一台热网循环水滤水器，一台疏水扩容器。

经核实主机、辅机生产情况，仅有 50 MW 级抽汽背压汽轮机进入制造流程，包括汽缸、阀门等大型铸锻件毛坯已转入精加工流程，汽轮机本体结构已经不具备修改的条件。汽轮机的辅机、发电机及其辅机均未投入制造，具备修改条件。

原 4.1 MPa.a 工业抽汽系统，在汽轮机抽汽管道上安装安全阀、快关阀、止回阀、闸阀后封堵，中压抽汽改为预留管道接口。汽轮机原有的额定排汽压力 1.4 MPa.a 相对采暖蒸汽压力 0.3 MPa.a 过高，须通过必要的对外做功或者减压调节^[2]，使得蒸汽参数满足采暖系统的要求。基于 50 MW 级抽汽背压汽轮机本体保留，按照纯背压方式运行，维持 1.4 MPa.a 的排汽，提出四种可行方案，满足 0.3 MPa.a 的采暖蒸汽参数要求，包括调节阀组方案、双缸汽轮机方案、全厂共用的后置背压汽轮机

方案、单元制带发电机的汽动给水泵组方案等。通过对四种方案的综合技术经济比较，选择现阶段最合适的方案。

1.1 调节阀组方案(方案 1)

本方案主要通过设置调节阀组，将 1.4 MPa.a 的蒸汽减压至 0.3 MPa.a，系统图如图 1 所示。新增部分包含全厂共用的一套供热蒸汽联箱，和三套调节阀组。两台 50 MW 级背压汽轮机的排汽在供热蒸汽联箱汇合，降压后的蒸汽接入热网加热器蒸汽管路。因为调节阀门组将长期运行，调节阀门组共设置 3×50% 容量，两套运行，一套备用^[3]。布置上需要考虑调节阀组、供热蒸汽联箱及相应的连接管道的空间。

由于取消了 50 MW 级抽汽背压汽轮机的工业抽汽，现有 50 MW 级背压汽轮机的排汽供流量变为 345 t/h，背压汽轮发电机组的出力变为 60.284 MW。机组匹配的发电机型号需从 50 MW 等级增大为 60 MW 等级，发电机的辅机相应调整。

1.2 双缸汽轮机方案(方案 2)

本方案主要通过增加背压式汽轮机对外做功，将 1.4 MPa.a 的蒸汽减压至 0.3 MPa.a，系统图如图 2 所示。新增部分包含两套背压汽轮机系统。考虑到 50 MW 级汽轮机的辅机，配套的发电机及其辅机尚未制造，可将 50 MW 级背压汽轮机作为双缸汽轮机的“高压缸”，每台 50 MW 级汽轮机后设置 1 台同轴的背压式汽轮机作为“低压缸”。“高压缸”的排汽直接与“低压缸”的进汽相连，联通管道上设置必要的隔离阀等，类似常规中低压缸联通管的连接方式。该方案称为“双缸汽轮机”方案，汽轮发电机组的连接方式为“高压缸-低压缸-发电机”，新增的背压式汽轮机的额定参数见表 2。

由于双缸背压汽轮发电机组的出力增大到 86.184 MW，机组匹配的发电机型号需从 50 MW 等级增大为 85 MW 等级，发电机的辅机相应调整。新增背压式汽轮机的双缸汽轮机方案，全厂总计 2 台 85 MW 级汽轮发电机组。

汽轮发电机组由“单缸汽轮机”变为“双缸汽轮机”后，制造厂相当于开发新机型，机组的设计、制造、试验等周期比可避免要加长。“双缸汽轮机”未改变现有 50 MW 级背压汽轮机的结构、进汽及排汽参数，因此 50 MW 级背压汽轮机的叶

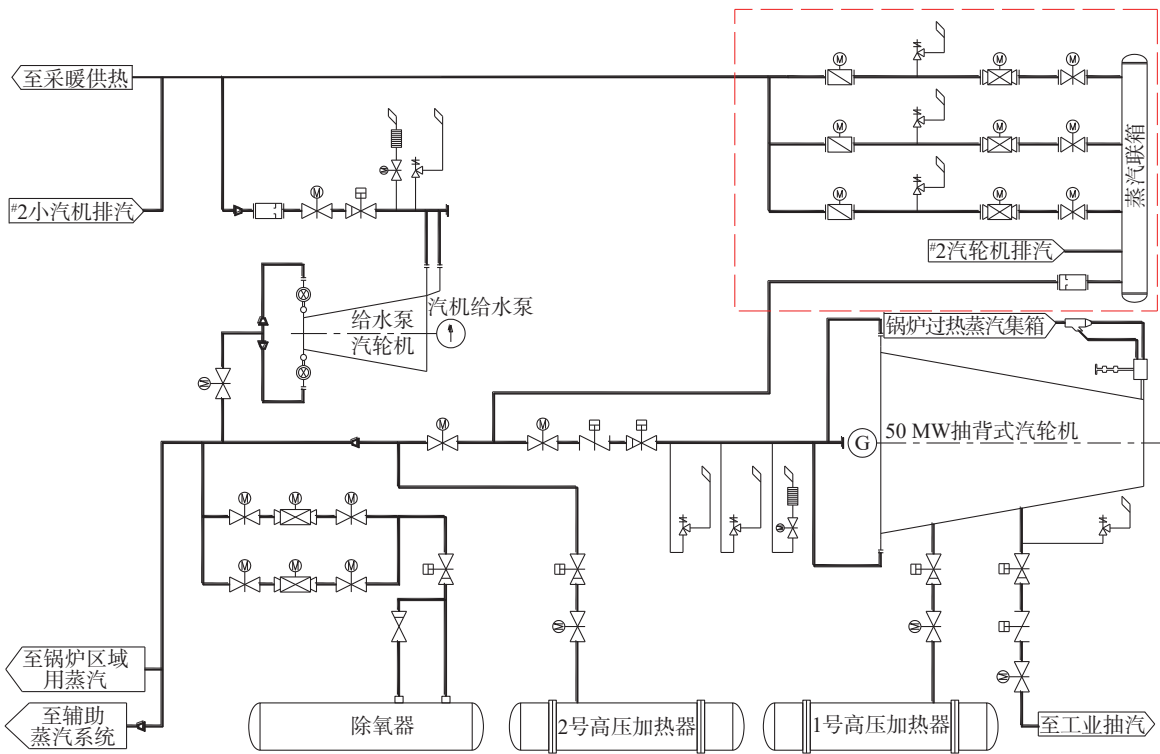


图 1 调节阀组方案系统图

Fig. 1 System diagram of control valves group proposal

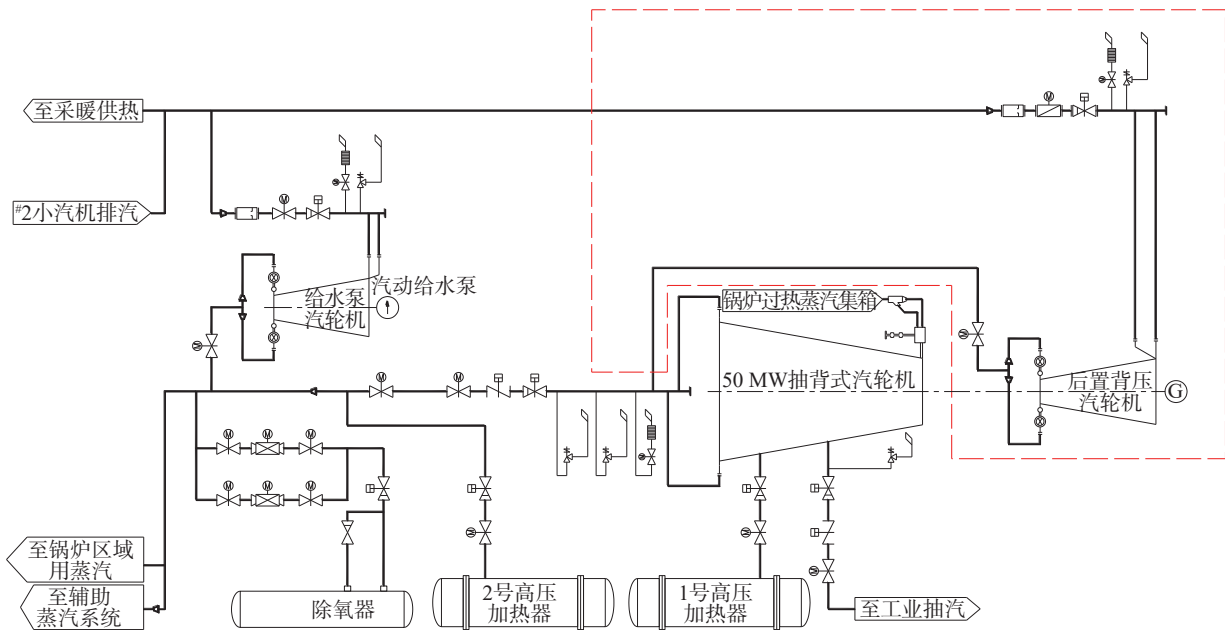


图 2 双缸汽轮机方案系统图

Fig. 2 System diagram of two-cylinder steam turbine proposal

片强度, 缸体强度影响有限。但是机组的轴系加长后, 需要制造厂解决轴系推力平衡、转子双振幅相对振动值、转子轴承振动值在各种工况下均满足要

求的问题。其他需要修改的系统包括:

- 1) 汽轮机、发电机辅机: 轴封蒸汽冷却器、润滑油集装油箱、疏水扩容器、疏水箱、疏水泵等

表2 新增背压汽轮机参数

Tab.2 Parameters of added back pressure turbine

项目	参数
进汽压力/MPa. a	1.4
进汽温度/℃	310
进汽流量/(t·h ⁻¹)	345
排汽压力/MPa. a	0.3
排汽温度/℃	153.6
排汽流量/(t·h ⁻¹)	345
功率/MW	25.9

均需要按照“双缸汽轮机”增大选型。按照增大的辅机用水量修改冷却水的系统，满足辅机设备的冷却要求。

2) 排汽系统：“双缸汽轮机”的排汽接入热网加热器蒸汽管道，排汽管道上依次安装安全阀、逆止阀、隔离阀。

3) 控制系统：新增背压汽轮机纳入单元DCS进行监控。

4) 电气系统：相应电气设备等均按照85 MW级汽轮发电机组修改选型。

布置上需要考虑“单缸汽轮机”改为“双缸汽轮机”后，主机长度增加后，汽轮机发电机组的基

座长度随之增加；辅机系统设备及相连接的管道的空间需求均增加。

由于本工程原按照2×50 MW级机组进行电网接入及项目审批，本方案使得工程装机增大为2×85 MW级机组，本方案涉及到电网接入系统的重新批复和工程的重新审批。

1.3 全厂共用的后置背压汽轮机方案(方案3)

本方案主要通过增加单独的背压式汽轮机对外做功，将1.4 MPa.a的蒸汽减压至0.3 MPa.a，系统图如图3所示。新增部分包含一套全厂共用的后置背压汽轮机发电机组，一套全厂共用的供热蒸汽联箱，二套调节阀组。该共用的背压式汽轮机按照3 000转/分定速运行，同轴驱动单独的发电机发电。由于共用的背压式汽轮机是采暖供热的唯一汽源，设置一套全厂共用的供热蒸汽联箱及配套调节阀，作为采暖供热的备用系统；汽源接自两台50 MW级背压式汽轮机的排汽；联箱下游设置2×50%容量的减压调节阀组，接入热网加热器蒸汽管道。新增的全厂共用的后置背压汽轮机的排汽接入热网加热器蒸汽管道，排汽管道上依次安装安全阀、逆止阀、隔离阀。全厂共用的后置背压汽轮机参数见表3。

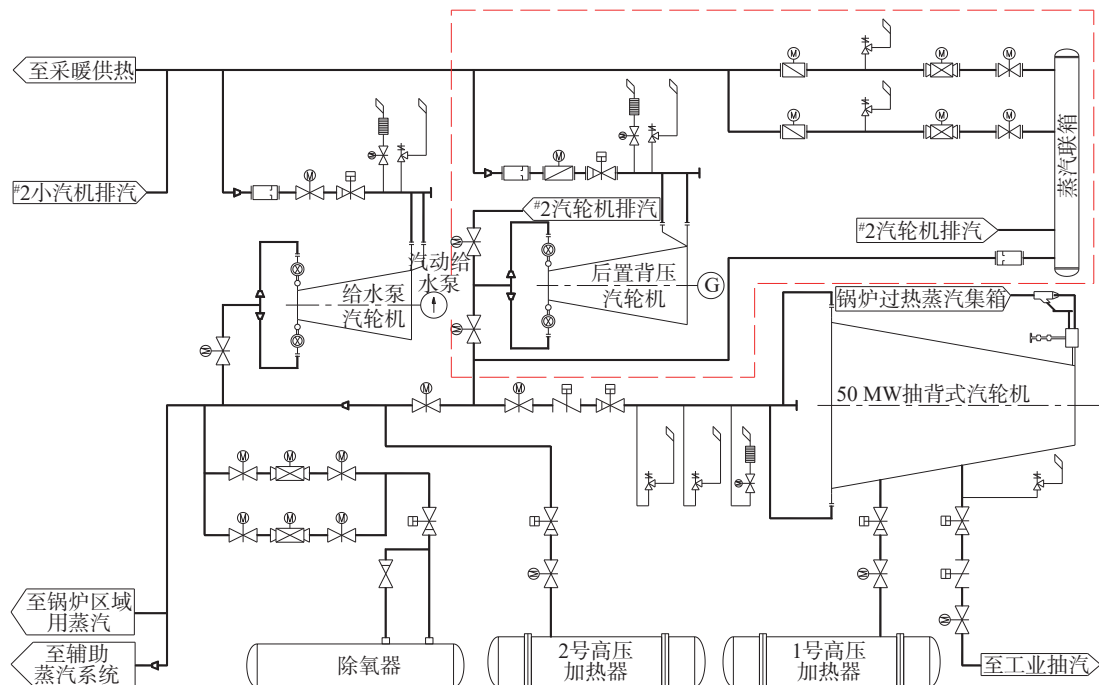


图3 全厂共用的后置背压汽轮机方案系统图

Fig.3 System diagram proposal of the Post-unit back pressure steam turbine shared by the whole plant

表3 全厂共用的后置背压汽轮机参数

Tab. 3 Parameters of post-unit back pressure turbine shared by the whole plant

项目	参数
进汽压力/MPa. a	1.4
进汽温度/℃	310.0
进汽流量/(t·h ⁻¹)	690.0
排汽压力/MPa. a	0.3
排汽温度/℃	153.6
排汽流量/(t·h ⁻¹)	690.0
功率/MW	52.4

新增共用的52.4 MW后置背压汽轮机新增的设备及系统有:

1) 背压汽轮机及其辅机: 包括轴封蒸汽冷却器、润滑油集装油箱、疏水扩容器、疏水箱、疏水泵。

2) 发电机及其辅机: 包括发电机空气冷却器。

3) 进汽系统: 两台50 MW背压式汽轮机的排汽至后置背压汽轮机进汽口之间的管道及阀门。

4) 排汽系统: 后置背压汽轮机的排汽接入热网加热器蒸汽管道, 排汽管道上依次安装安全阀、逆止阀、隔离阀。

5) 轴封漏汽系统: 轴封蒸汽冷却器为表面式热交换器, 凝结后置背压汽轮机的轴封漏汽和低压门杆漏汽。轴封蒸汽冷却器采用闭式循环冷却水, 疏水接入疏水箱。

6) 疏水系统: 后置背压汽轮机单独设置一套疏水系统, 配套一台大气式疏水扩容器, 一台大气式疏水箱, 两台疏水泵。后置背压汽轮机的疏水通过疏水扩容器、疏水箱、疏水泵送入50 MW背压式汽轮机组的除氧器。

7) 冷却水系统: 润滑油冷油器、发电机空冷器、轴封冷却器的冷却水采用闭式循环冷却水。考虑单元机组辅助系统运行便利, 后置背压汽轮机发电机组配套设置一套新的闭式冷却水系统。

8) 控制系统: 新增后置背压汽轮机发电机组纳入公用DCS进行监控。后置背压汽轮机的DEH, 与50 MW背压式汽轮机发电机组一致, 与DCS统一硬件。后置背压汽轮机发电机组的辅机纳入公用DCS机柜监控, 并增加相应配电柜。

9) 电气系统: 按照新增的52.4 MW背压汽轮机发电机组配套相应的电气设备。

布置上需要考虑新增一台单独的52.4 MW背压汽轮机发电机组的主机、辅机及相连接的管道、仪控、电气等设施的空间需求。

由于本工程原按照2×50 MW级机组进行电网接入及项目审批, 本方案使得工程装机新增1台52.4 MW机组, 本方案涉及到电网接入系统的重新批复和工程的重新审批。

1.4 单元制带发电机的汽动给水泵组方案(方案4)

本方案借鉴大型燃煤机组“双机回热”系统^[4]的思路, 提高机组额定工况及变工况下的技经指标^[5]。每台50 MW背压式汽轮机发电机组配置一台给水泵汽轮机发电系统, 通过给水泵汽轮机对外做功, 将1.4 MPa.a的蒸汽减压至0.3 MPa.a, 增大容量的给水泵汽轮机的排汽接入热网加热器蒸汽管道, 排汽管道上依次安装安全阀、逆止阀、隔离阀, 系统图如图4所示。新增部分包含调速装置, 给水泵汽轮机发电机, 一套全厂共用的供热蒸汽联箱, 二套调节阀组。汽动给水泵的驱动功率约3.5 MW, 将现有的给水泵汽轮机容量增加, 其驱动汽源依然来自50 MW背压式汽轮机的排汽, 在给水泵汽轮机的主驱动端连接发电机。为了确保给水系统高效调节, 采用变速给水泵, 给水泵组轴系有如下两种设备配置和电力输出方案:

1) 方案A: 给水泵(变速)一定速(驱动端)/变速(输出端)调速装置—背压式定速小汽轮机一定速小发电机—工频输出到厂网。

2) 方案B: 给水泵(变速)—背压式变速小汽轮机—变速(驱动端)/定速(输出端)调速装置一定速小发电机—工频输出到厂网。

对于方案A, 给水泵汽轮机采用常规的30 MW级背压式定速汽轮机, 以及常规的25 MW等级50 Hz定速小发电机。3.5 MW等级的定速(驱动端)/变速(输出端)调速装置采用常规的液力耦合调速。系统控制方案为给水泵汽轮机进汽随50 MW背压式汽轮机负荷+给水泵汽轮机进汽门节流调节方式。

对于方案B, 与方案A的区别在于, 给水泵汽轮机采用30 MW等级的背压式变速汽轮机^[6], 调速装置为反向的25 MW等级变速(驱动端)/定速(输出端)调速装置。系统控制方案与方案A相同。

上述两种方案, 对给水泵的选型基本无影响,

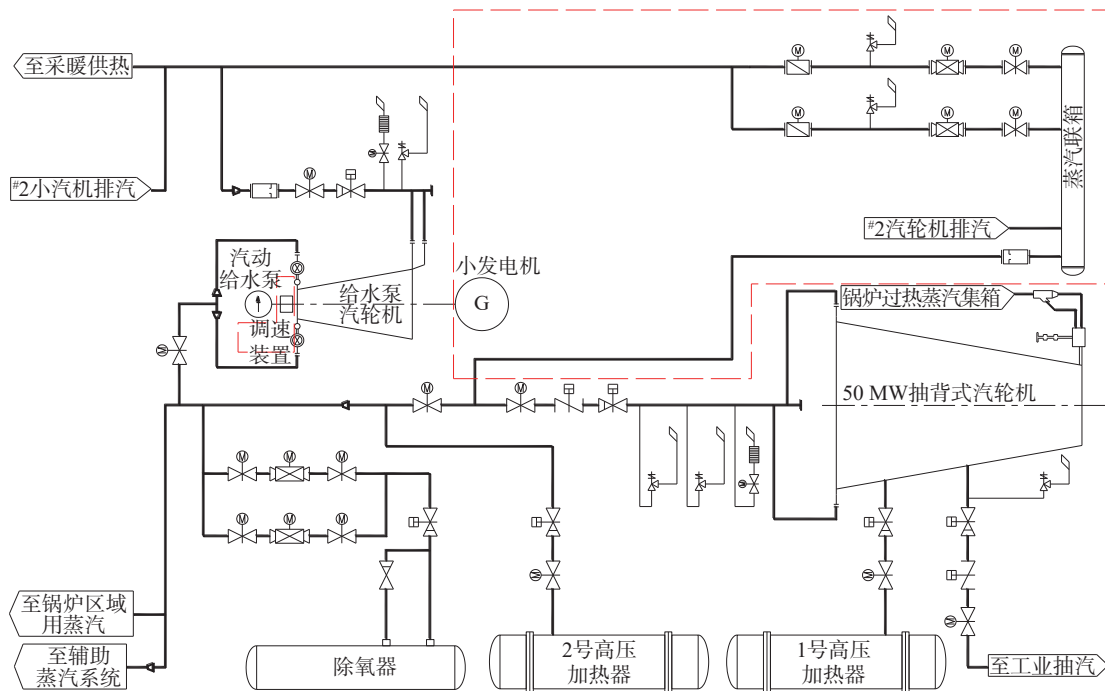


图4 单元制带发电机的汽动给水泵组方案系统图

Fig. 4 System diagram of proposal of Steam-driven feed water pump unit with generator

可以沿用常规的给水泵选型。对于30 MW级背压式定速/变速汽轮机，国内主要制造厂家均可以设计、制造^[7]。方案A中的3.5 MW等级的定速（驱动端）/变速（输出端）调速装置，在国内火电领域有较多的应用业绩，技术成熟^[8]。在方案B中，需要用到与常规变速装置不同的反向调速装置，目前成熟产品较少，国内制造厂正针对超超临界二次再热机组“双机回热”系统的需求进行开发。由于本工程变速驱动功率3.5 MW远小于定速驱动功率25 MW，结合调速装置的产品成熟度，现阶段考虑采用方案A的3.5 MW等级的定速（驱动端）/变速（输出端）调速装置。带发电机的背压汽轮机参数如表4所示。

方案A可使给水泵汽轮机主调阀开至最大，将多余出力全部传输给发电机。但是制造厂需要根据本项目需求开发单独的电气控制系统。在给水泵和发电机侧均加装离合装置^[9]：当汽动给水泵未投入或汽动给水泵故障时，给水泵汽轮机的发电机均可以投入，提高机组经济性；当给水泵汽轮机的发电机故障时，可保证汽动给水泵可以投入，以提高机组稳定性和经济性。鉴于单元制带发电机的汽动给水泵组控制的复杂性，设置一套全厂共用的供热蒸

表4 单元制带发电机的背压汽轮机参数

Tab. 4 Parameters of post-unit back pressure steam turbine with generator

项目	参数
进汽压力/MPa. a	1.4
进汽温度/℃	310
进汽流量/(t·h ⁻¹)	345
排汽压力/MPa. a	0.3
排汽温度/℃	153.6
排汽流量/(t·h ⁻¹)	345
汽轮机总功率/MW	29.5
发电机功率/MW	26
给水泵功率/MW	3.5

汽联箱及配套调节阀，作为采暖供热的备用系统。

本方案配套的辅机系统同方案3类似。布置上现有厂房需要增大，以满足单元制带发电机的汽动给水泵组长度增加，以及辅机系统设备及相连接的管道的空间需求增加所需的空间要求。

由于本工程原按照2×50 MW级机组进行电网接入及项目审批，本方案使得工程装机新增2台26 MW机组，本方案涉及到电网接入系统的重新批复和工程的重新审批。

2 技术经济比较

2.1 对机组技术参数影响

机组额定供热参数下四个方案的技术参数对比如表5所示。

表5 技术参数对比

Tab.5 Comparison of technical parameters

项 目	方案1	方案2	方案3	方案4
主汽轮机主蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	2×490	2×490	2×490	2×490
主汽轮机排汽压力/MPa. a	1.4	0.3	1.4	1.4
主汽轮机发电功率/MW	2×60.284	2×86.184	2×60.284	2×60.284
后置背压机发电功率/MW	—	—	1×52.4	—
汽动给水泵组发电功率/MW	—	—	—	2×26
采暖蒸汽压力/MPa. a	0.3	0.3	0.3	0.3
采暖蒸汽温度/℃	310	153.6	153.6	153.6
机组供热功率/MW	522	466	466	466
机组供热量/(GJ·h ⁻¹)	1 879.2	1 677.6	1 677.6	1 677.6
可供采暖面积/hm ²	1 044	932	932	932
全厂发电功率/MW	120.568	172.368	172.968	172.568

与方案1的调节阀组减压供热方式相比,方案2、3、4均按照能量梯级利用的原则,可以最大限度将热能转化为高品质电能,有利于提高电厂的经济效益;方案1比方案2、3、4增加了对外供热量;方案2、3、4由于不同的汽轮机效率等略有差异,新增的发电功率略有不同。

2.2 对布置的影响

以原有2×50 MW级机组为基准,对四个方案对于布置的影响对比如表6所示。

方案1仅增加调节阀组,对现有布置的影响最小。方案2和方案4均涉及到对既有主要设备的布

表6 技术参数对比

Tab.6 Comparison of layouts

项 目	方案1	方案2	方案3	方案4
全厂主汽轮机组数量/台	2	2	2	2
全厂给水泵汽轮机组数量/台	2	2	2	2
全厂后置背压汽轮机数量/台	—	—	1	—
全厂发电机总数量/台	2	2	3	4
需要增加的建筑物容积/m ³	0	8 096	5 060	6 072
对原有布置格局的影响	小	大	中	大

置改动,包括汽轮发电机基础、汽动给水泵组基础均需要调整;原有主厂房柱位调整;原有管道及辅机需要调整;新增的辅机、管道需要重新布置。对现有布置有较大影响。方案3新增的主机、辅机等均独立于现有设施之外,对原有布置的影响居中。

2.3 经济性比较

为了满足采暖供热需求,四个方案必选其一,因此以最简单的方案1为基准,四个方案经济性比较如表7所示。

表7 经济性对比

Tab.7 Economic comparison

项 目	方案1	方案2	方案3	方案4
设备等投资/万元	基准	2 250	3 450	4 200
土建费用/万元	基准	670	820	1 050
全厂供热量/(10 ⁴ GJ·h ⁻¹)	939.6	838.8	838.8	838.8
全厂供热收益/万元	54 694	48 826	48 826	48 826
年供热收益	基准	-5 868	-5 868	-5 868
差额/万元	基准	-5 868	-5 868	-5 868
全厂供电量/10 ⁸ kWh	5.696 8	8.273 6	8.259 2	8.222 8
全厂供电收益/万元	21 700.8	31 516.6	31 461.7	31 323.1
年售电收益	基准	9 815.8	9 760.9	9 622.3
差额/万元	基准	9 815.8	9 760.9	9 622.3
年维护费用/万元	基准	40	90	130
年收益差额/万元	基准	3 907.8	3 802.9	3 624.3
回收年限/年	基准	0.78	1.18	1.54
20年折现值/万元	基准	49 115.4	47 796.9	45 552.2

注:发电利用小时数按照5 000考虑,热价按照58.21元/GJ,电价按照0.380 93元/kWh。

相比方案1,基于能量梯级利用原则的方案2、3、4,收益均非常可观,按照年利用小时数5 000计算,全厂年收益超过3 600万,1~2年内就可以收回投资,投资回收期短;方案2涉及到主机厂的修改工作量较大,且为全新机型,开发时间会略长,对项目工期有不利影响;方案3对现有主机无影响,后置背压机为成熟机型,运行简单;方案4对现有主机无影响,机型成熟,但运行控制复杂^[10]。

需要说明的是,上述分析是基于本工程特定电价和热价条件下得出的结果,未考虑以热定电或者上网电量总量不变等与本工程不符的约束条件。如

工程条件不同,则应基于本文提供的方案和分析方法,结合具体的工程情况进行重新分析,其结论以特定条件下的分析结果为准。

3 结 论

为了解决机组对外供热由工业供热改为采暖供热的问题,调节阀组、双缸汽轮机、全厂共用的后置背压汽轮机、单元制带发电机的汽动给水泵组等四种方案在技术上均是可行的。

技术方面,调节阀组、全厂共用的后置背压汽轮机方案最为成熟,运行简单可靠,对项目工期影响可控,且对布置的影响相对不大。全厂共用的后置背压汽轮机方案基于能级梯级利用原则,运行经济性好,相比调节阀组方案,年收益多3 802.9万元,1.18年可以收回投资。

结合工程实际,最终推荐使用方案3的全厂共用的后置背压汽轮机方案,同时完成电网接入系统的重新批复和工程的重新审批。如果工程重新审批和接入系统的重新批复存在现实困难,则只能选择方案1的调节阀组方案。

参考文献:

- [1] 黎林村. 热电厂采暖供热方案优化研究 [J]. 区域供热, 2016(5):71-74+95.
LI L C. Study on optimization of heating schemes in thermal power plants [J]. District Heating, 2016(5):71-74+95.
- [2] 李辉, 杨立辉. 工业及采暖热负荷同时需求的350 MW超临界供热机组装机方案研究 [J]. 能源工程, 2014(4):67-70.
LI H, YANG L H. Study on installing project of 350 MW supercritical unit based on industrial and heating load demand [J]. Energy Engineering, 2014(4):67-70.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 小型火力发电厂设计规范:GB 50049—2011 [S]. 北京:中国计划出版社, 2011.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of small fossil fired power plant: GB 50049—2011 [S]. Beijing: China Planning Press, 2011.
- [4] 王东雷, 张鹏, 霍沛强. 采用再热温度630℃的1 000 MW新一代超超临界二次再热机组可行性研究 [J]. 南方能源建设, 2018, 5(3):33-41.
WANG D L, ZHANG P, HUO P Q. Feasibility study on 1 000 MW new generation ultra-supercritical unit with double re-heat-
ing cycles at 630℃ [J]. Southern Energy Construction, 2018, 5(3):33-41.
- [5] 李冰天. 1 000 MW超超临界EC-BEST二次再热机组经济性分析 [J]. 热能动力工程, 2018, 33(11):36-41+63.
LI B T. Economic analysis of 1000 MW ultra supercritical EC-BEST secondary reheat unit [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2018, 33(11):36-41+63.
- [6] 杨洋. 直接空冷15 MW给水泵汽轮机热力设计 [J]. 电站系统学报, 2018, 34(4):36-38.
YANG Y. Design of 15 MW feedwater pump for direct air-cooling unit [J]. Power System Engineering, 2018, 34(4):36-38.
- [7] 高展羽, 黄峭, 王建伟, 等. 回热驱动式背压机设计难点探讨 [J]. 东方电气评论, 2020, 34(4):38-42.
GAO Z Y, HUANG X, WANG J W, et al. Discussion on the starting operation scheme of regenerative drive type steam turbine [J]. Dongfang Electric Review, 2020, 34(4):38-42.
- [8] 赵维印. 调速技术与设备节能改造 [J]. 设备管理与维修, 2016(1):106-109.
ZHAO W Y. Speed control technology and equipment energy saving transformation [J]. Plant Maintenance Engineering, 2016(1):106-109.
- [9] 于凤新. 一种新型双背压汽轮机供热系统设计 [J]. 电力勘测设计, 2020(9):19-23.
YU F X. Design of heating supply system in a new dual back-pressure steam turbine [J]. Electric Power Survey & Design, 2020(9):19-23.
- [10] 崔利, 段远光, 曹志刚, 等. 背压式汽动引风机控制的优化设计 [J]. 热力发电, 2014, 43(6):119-123.
CUI L, DUAN Y G, CAO Z G, et al. Design optimization for control strategy of a backpressure steam-driven induced draft fan [J]. Thermal Power Generation, 2014, 43(6):119-123.

作者简介:



杜东明

杜东明 (通信作者)

1973-, 男, 辽宁义县人, 高级工程师, 硕士, 主要从事发电厂管理及优化提升工作 (e-mail) maddoe@sina.com.

(责任编辑 李辉)