

EPTCHINA.CN
中国电力科技网

SXEC 苏夏

第十届“大机组供热改造与优化运行技术2018年会”



殷志龙

扬州第二发电有限责任公司发电部副主任，高级工程师，江苏国信集团投资评审专家、江苏国信集团能源技术专家、江苏省国际招标公司评标专家。长期从事火力发电厂的优化运行、技术监督及节能技术管理工作，具有多年发电生产运行管理经验，在机组灵活性与供热改造改造、机组超低排放运行故障诊断、运行标准化管理体系建设、火电发电生产技术攻关、科技创新方面有着丰富的实践经验。先后获扬州市五一劳动奖章、扬州市劳动模范、江苏省QC一等奖、江苏省电力科技进步二等奖、公司科技创新成果奖等荣誉。

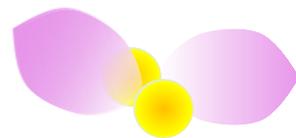
汽机中调门节流运行提高机组供热量的实现

2018年10月10-12日

中国·常熟



国信扬电



630MW机组低负荷时中调门节流 提高供热量的实现

江苏国信扬州发电有限责任公司

殷志龙

2018.09.





● 引言

近年来，我国风电和光伏装机规模迅猛增长，在役及在建装机容量均已位居世界第一。从目前的情况来看，我国电力系统调节能力难以完全适应新能源大规模发展和消纳的要求，部分地区出现了较为严重的弃风、弃光和弃水问题。提升火电机组深度、快速调峰能力，进一步满足电网运行的优化调度与安全运行的需求。提高电网平抑新能源电力随机波动性的能力，为新能源规模化接入电网奠定基础。具有良好的综合社会效益，深度调峰将成为火电机组的常态。



● 引言

中压供热作为大机组供热的一个重要手段目前被广泛使用，通常中压供热是通过机组冷再、热再蒸汽混合再经减压后对外供热。

- ◆ **现状：** 煤电机组经常深度调峰
- ◆ **问题：** **供热受限**（供热能力随着机组负荷的变化而变化，在低负荷下出现供热受限或无法供热的问题）
- ◆ **解决办法：** 低负荷时中调门节流提高供热量



1

系统概况

2

中调门节流的可行性

3

中调门节流改造方案

4

中调门节流供热运行分析

5

中调门节流运行注意事项

6

结论

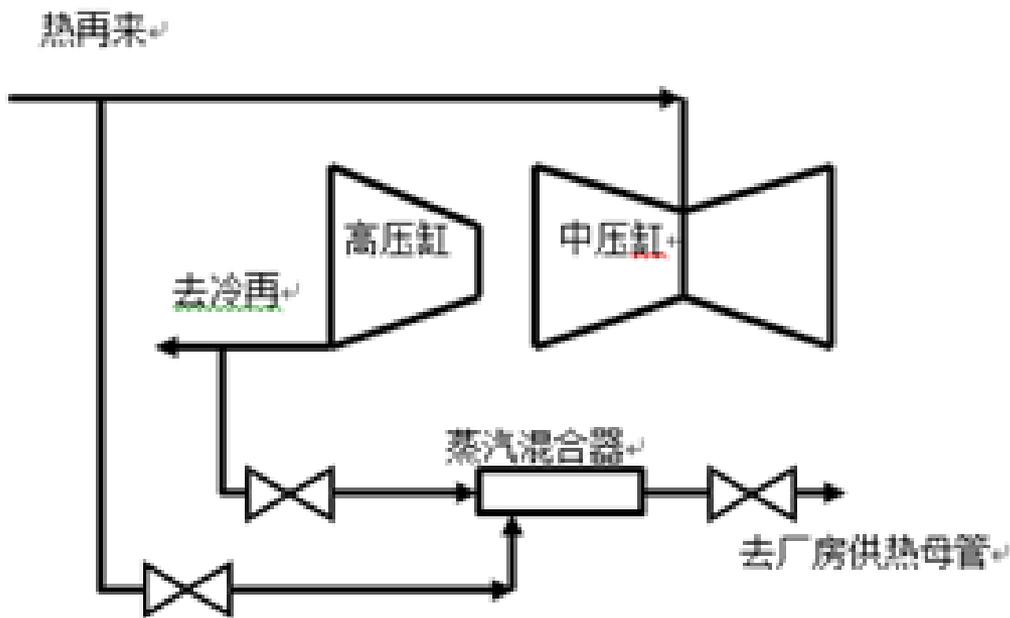


系统概况



● 1 系统概况

我公司2×630MW亚临界机组汽轮机为美国西屋电气公司的TC4F-980型亚临界、一次中间再热、单轴、反动式、四缸、四排汽、双背压、凝汽式汽轮机。



供热系统示意图



● 1 系统概况

机组最大供热能力为120t/h。供热热源分界点设计供热压力为1.5MPa，供热温度为330℃；实际运行中供热压力为1.1-1.5MPa，供热温度为330℃。

机组低负荷运行时，通过降低机组真空、降低供热压力等措施来满足机组对外供热流量需求，但有时仍不能满足供热用户需求。



中调门节流的可行性



● 2.1 安全性评估

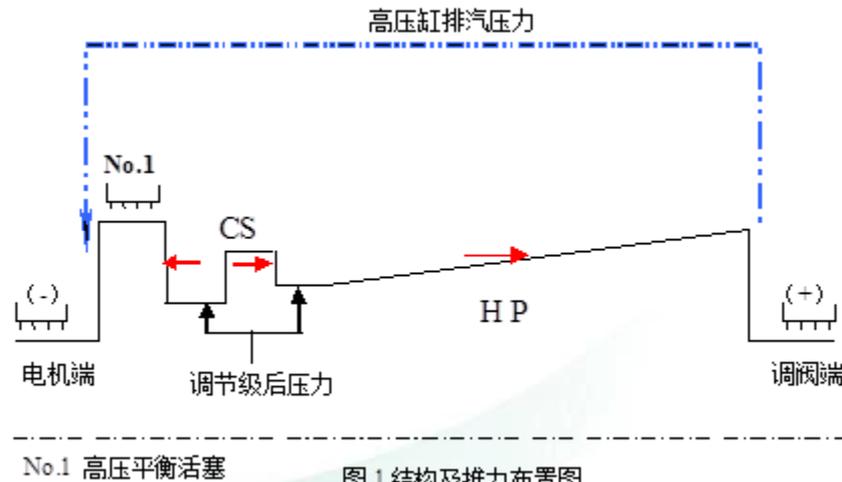
中调门原先设计为全开启方式运行，为评估机组中调门节流运行的风险，我公司联系上海电气对机组中调门节流运行的安全性进行了评估：

1. 在供热流量不超限的情况下高压缸末级叶片强度合格；提高高压缸排汽的压力，可使高压缸末级叶片前后压差维持在安全区间内



● 2.1 安全性评估

2. 机组由一个单流高压缸、一个双流中压缸以及两个双流低压缸组成。中、低压缸接近对称，推力非常小。



根据高压缸的推力平衡原理，高排抽汽后，高压缸仍然是自平衡的，因此高排抽汽对机组轴向推力的影响不大；但需关注推力瓦温度的变化



● 2.1 安全性评估

3. 建议通过中压调门试验，确定EH油泵及相关执行机构的稳定性，通常不需要做调整即可满足
4. 中压调门没有设置流量特性曲线，因此不适合设置自动控制逻辑。为了保证系统的稳定性，建议采用手动
5. 为防止中调门油动机无法克服的阀门前后压差导致中调门打不开，需控制中调门最小开度；同时为保证EH油压的稳定性，需控制中调门的开、关速率。



● 2.2 中调门节流试验

2017年9月16日利用#2机组停机前进行了中压调门节流运行试验，机组负荷300MW，CCS方式下，由热控人员在工程师站操作，将四只中压调门从100%开度逐渐关小，开度大于30%时每次输入步长5%，开度小于30%时每次输入步长1%，最终四只中压调门开度关至24%。

在整个试验过程中，中压调门关至50%以下有节流效果，关至30%以下节流明显，28%时就地节流声音较大、再继续关小后好转，机组各参数均在正常范围。



2.2 中调门节流试验

表1 中调门节流试验前后部分参数

项目	数值			
负荷 MW	300.53	300.24	300.29	299.68
中调门开度 %	100.09	50.05	27.99	24.14
再热蒸汽压力 kPa	1727.56	1760.31	2116.06	2487.71
调节级压力 MPa	6.37	6.45	6.69	6.97
调节级温度 °C	470.03	467.75	468.67	469.14
高排压力 kPa	1761.42	1792.48	2132.15	2491.93
高排温度 °C	297.79	298.86	312.28	326.06
高排压比	3.62	3.60	3.14	2.80
轴向位移 mm	0.09	0.10	0.10	0.10
一抽压力 kPa	3108.40	3139.55	3429.67	3747.42
一抽温度 °C	368.35	369.23	373.38	380.05
二抽压力 kPa	1749.89	1781.41	2121.54	2476.24
二抽温度 °C	297.42	298.50	311.19	326.26
给水温度 °C	240.02	240.07	244.44	248.31
小机A/B调门开度 %	54.96/50.78	53.42/47.02	52.57/44.91	53.21/50.70



● 2.2 中调门节流试验

由表1可知，中调门节流供热原则上是可行的。主机轴向位移、推力瓦、轴承温度、轴承回油温度、各瓦振动、差胀等均正常。但需要注意以下几个问题：

- 1、高排压比下降；
- 2、高排温度上升；
- 3、冷再及热再压力上升；
- 4、中调门开启时EH油压稍下降，应控制中调门开启速度；
- 5、给水温度上升，特别是#2高加热负荷增加较多；
- 6、再热器壁温上升（供热增加时）；
- 7、中调门节流磨损，需加强检修维护。



中调门节流改造方案



● 3.1 中调门节流供热控制策略

中调门节流供热工况下采用中调门单阀运行模式，当机组负荷在小于350MW时，允许中压调门节流供热模式投入，手动控制中调门开度至24%参与供热调节。

中调门开度35%以上时点操步长不超过5%，中调门开度小于35%时点操步长不超过1%。

当机组负荷大于370MW时，中压调门按15%/min速率自动全开，机组负荷由CCS自动调整。



● 3.2 操作界面

在**DEH UNIT OVERVIEW**画面中设置中压调门节流供热模块，操作框中设置“中压调门节流供热投入、切除”二个操作按钮和一个确认按钮，二个操作按钮上方显示状态框，显示“中调门节流供热投入”或“中调门节流供热切除”。

中调门节流供热投入时模块显示黄色，切除时模块显示灰色。

在操作框设置中调门增大、减小按钮，按钮上方显示四个中调门指令的数值，在中调门节流供热投入的情况下，允许点操开、关中压调门。

各按钮不可操时为灰色。



● 3.3 逻辑及保护设置

- 1) 中调门节流供热模式切除条件为（任一条件满足）：**(a)** 手动切除；**(b)** 汽机跳闸；**(c)** **OPC** 动作；**(d)** 负荷 $\geq 370\text{MW}$ ；**(e)** 任一中调门故障（指令反馈超过**10%**）。此时中压调门只接受**DEH**控制讯号，整个过程由调节系统自动控制；
- 2) 中调门节流供热模式允许投入条件为（与）：**CCS**方式、机组负荷 $\leq 350\text{MW}$ 且 $\geq 240\text{MW}$ 、汽机已挂闸、发电机已并网；
- 3) 中调门最小开度最低限制最低**24%**（节流供热投入时）；



● 3.3 逻辑及保护设置

- 4) 中调门节流供热模式下，在手动切除、负荷 $\geq 370\text{MW}$ 或任一中调门故障（指令反馈超过10%）自动切除后，中压调门按一定速率自动全开（ $15\%/min$ ）；不影响汽机跳闸和OPC动作对调门的控制；
- 5) 手动操作时，中调门开度35%以上时步长为5%，中调门开度小于35%时步长为1%。
- 同时设置高排压比低、中压主汽门前压力高、中调门开度低相应报警。



中调门节流供热运行分析



● 4.1 节流供热参数分析

2018年01月09日13:37, #2机组负荷335MW, AGC方式, 投入中压调门节流供热模块, 将四只中压调门从100%开度逐渐关小至25.4%, 机组各参数正常。



● 4.1 节流供热参数分析

表3 中调门节流供热前后参数

项目	数值			
负荷 MW	334.75	334.20	335.99	335.21
主汽压力 MPa	13.46	13.34	13.28	13.92
主汽流量 t/h	977.61	984.78	1032.31	1062.80
总煤量t/h	160.25	162.09	166.79	166.31
冷再供热流量t/h	59.28	60.77	78	84
热再供热流量t/h	24.16	25.80	33.77	35.52
中调门开度 %	100.03	49.99	29.98	25.32
再热蒸汽压力kPa	1675.88	1699.53	1906.94	2211.06
调节级压力 MPa	6.66	6.71	7.03	7.27
调节级温度 °C	460.77	460.52	460.63	460.77
高排压力 kPa	1712.50	1734.61	1931.49	2221.38
高排温度 °C	279.28	280.96	284.63	301.44
高排压比	3.89	3.87	3.64	3.27
轴向位移 mm	0.06	0.07	0.07	0.08
一抽压力 kPa	3185.52	3214.98	3412.33	3684.05
一抽温度 °C	355.07	356.47	358.38	365.78
二抽压力 kPa	1691.99	1713.51	1907.18	2195.54
二抽温度 °C	280.28	281.30	283.96	302.05
给水温度 °C	240.78	241.39	241.84	248.32
小机A/B调门开度%	53.80/59.33	53.91/58.59	53.38/57.43	56.98 /64.13



● 4.1 节流供热参数分析

由表3可知，中调门节流后调节级压力上升0.57MPa，调节级温度未变。高压缸排汽压力上升510kPa；高压缸排汽温度上升22℃，由279.6℃上升至301℃（保护及报警设置值：370℃报警，399℃高排温度高跳机）。再热蒸汽压力增加536kPa。高排压比由3.89下降至3.27，在中压调门开度在30%向27.4%关的过程中下降明显（现保护为高排压比 ≤ 1.7 高压缸流量低跳机，2.5报警）。



● 4.1 节流供热参数分析

一抽压力上升508kPa，温度上升11℃；二抽压力上升505kPa，温度上升20℃；三抽、四抽、五抽、六抽压力略有上升，七、八抽压力没有变化，三至八抽温度基本没有变化。

各低加、除氧器、#3高加出水温度基本没变，除氧器压力微升4kPa；#2高加出水温度上升12℃，#1高加出水温度上升8℃，给水温度上升8℃。

小机低压调门开度小幅变化，由于四抽压力略有上升，调门相同开度进汽流量增加，抵消了给水流量的增加所需进汽量对调门开度的影响。



● 4.1 节流供热参数分析

主机EH油压在中调门节流过程中上升约0.23MPa，这是因为中调门关小时油动机下腔排油，维持开度时MOOG阀进油口所需开度变小，容积泵对流量敏感，小流量能维持较高压力；中调门开启过程中主机EH油压下降至原运行值，EH油系统无异常，但需注意控制中调门开启速度，避免EH油压快速下降。

主机轴向位移、推力瓦温、轴承温度、轴承回油温度、#3-11瓦振动、高压缸差胀等没有变化。中低压缸差胀、缸胀基本没有变化，#1、#2瓦振动略有增加（2X振动增加6um）。



● 4.1 节流供热参数分析

再热器壁温最大点温度 508°C ，增加约 7°C 。
中压调门节流之前，#2机供热流量约 83t/h (冷再流量 59t/h ，热再 24t/h ，压力调门 75% ，温度调门设定值 355°C)，采取中调门节流至 25.4% 后，冷再压力上升至 2.2MPa 左右，同时供热压力上升 0.1MPa (由 1.14MPa 上升至 1.24MPa)，供热流量增加约 40t/h 左右。



● 4.2 经济性分析

由表3可知，中调门节流后主蒸汽流量由980t/h上升至1066t/h，增加约88t/h，给水流量亦同步上升，这是因为供热流量上升了20t/h，同时中调门节流导致节流损失增加，一二抽汽压力上升导致回热抽汽量增加，机组维持同样的负荷则需增加主蒸汽流量。



● 4.2 经济性分析

表4 中调门节流供热前后煤耗

项目	节流前	节流后
负荷 MW	334.75	335.21
给煤量 t/h	160.25	166.31
中调门开度 %	100.03	25.32
供热量t/h	83.44	103.52
机组煤耗 g/kW·h	326.75	339.88
煤耗增加 g/kW·h	13.13	

中调门节流后机组煤耗增加约 13g/kW·h



中调门节流运行注意事项



● 5 节流运行注意事项

- 1) CCS方式、机组负荷在240MW—350MW时才允许投入；
- 2) 中压调门关小过程中适当增加主汽压偏置，避免因高调门开度在拐点附近来回晃动；
- 3) 关小中压调门的过程中，加强TSI上各项参数、首级压力、主再热汽压力温度、高排温度、各级抽汽及加热器疏水情况的检查和监视；
- 4) 关中调门时应同步适当增加供热蒸汽混合器压力调门开度，加强机组各参数及高排压比、高排温度、高加水位、再热器壁温的监视；



● 5 节流运行注意事项

- 5) 冷再及热再压力上升时，及时调整供热调门开度，匹配供热公司要求的供热参数；
- 6) 中调门节流运行时，中调门在28%左右节流噪音较大，应避免在此开度长时间停留；
- 7) 高中压主汽门、调门活动性试验前应先退出中调门节流供热；
- 8) 解除中调门节流供热前应先将中调门全开；
- 9) 高排压比低报警时应及时增加供热量，必要时退出中调门节流供热；
- 10) 机组加负荷至350MW及以上或减负荷至240MW以下应及时解除中调门节流。



结论



● 6 结论

中调门节流供热原则上是可行的。机组在**300MW**负荷时供热量可增加约**50%**，增加供热量约**40t/h**左右。在保证机组安全稳定运行的同时满足了电网运行的优化调度与安全运行需求。在适应煤电机组深度调峰需求的同时满足了供热市场需求，增加了综合社会效益。

低负荷时中调门节流机组煤耗增加约**13 g/kW·h**、供热流量及给水温度上升，满足了低负荷脱硝系统安全运行需求。因此低负荷或深度调峰时中调门节流供热可以作为临时应急供热手段。



THANK YOU!

祝：身体健康，万事如意！