



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”



刘启军

东北电力设计院教授级高级工程师，主要从事火力发电厂设计；节能减排改造；火力发电厂灵活性改造；生物质、污泥及垃圾发电；园区及楼宇式分布式能源等方面技术工作。多次承担国内350MW等级、660MW等级、1000MW等级燃煤机组及燃气轮机联合循环发电设计工作，参与多个国标、行标编写工作，发表论文15篇。同时多次参与能源局有关热电联产相关课题研究，其中《热电联产技术产业政策》获国家能源软科学研究优秀成果三等奖。

供热蒸汽能量梯级利用案例分析

2018年10月10-12日

中国·常熟



供热蒸汽能量梯级利用 案例分析



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

- 1** **某热电厂供热现状**
- 2** **运行中存在的问题**
- 3** **供热蒸汽能量梯级利用改造方案**
- 4** **全厂汽平衡与热平衡分析**
- 5** **改造后运行经济性分析**
- 6** **结论与建议**

某热电厂地处北方寒冷地带，属于采暖供热热电厂并有少量的工业供汽；

热电厂共有5台燃煤锅炉，配置3台汽轮机发电机组；

全厂机组采用母管制运行方式；

锅炉给水泵为电动给水泵；

热网循环水泵为电动热网循环水泵；

热电厂5台燃煤锅炉技术参数

#1、#2锅炉主要技术参数：

锅炉蒸发量：220t/h

过热器出口蒸汽压力：9.81Mpa

过热器出口蒸汽温度：540℃

给水温度：215℃

排烟温度：~163℃

锅炉效率：89.76%



热电厂5台燃煤锅炉技术参数

#3、#4、#5锅炉主要技术参数：

锅炉蒸发量：410t/h

过热器出口蒸汽压力：9.81Mpa

过热器出口蒸汽温度：540℃

给水温度：221℃

排烟温度：~149℃

锅炉效率：90.84%



热电厂3台汽轮机技术参数

#1号汽轮机技术规范:

型号: B60-8.83/1.28

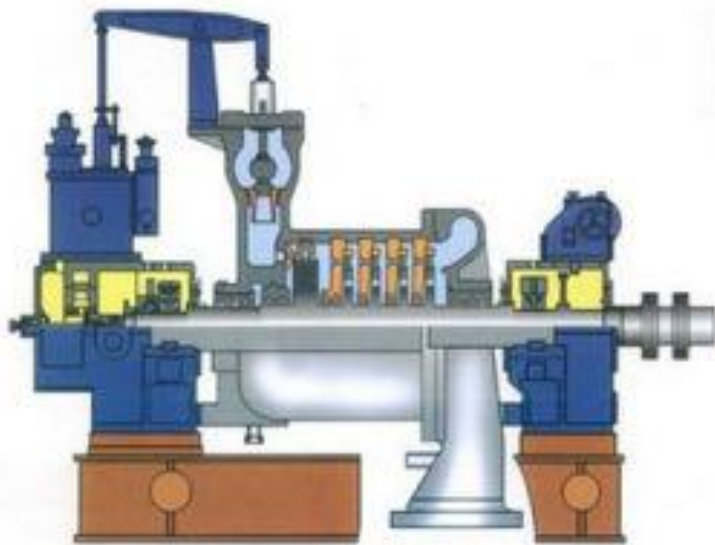
型式: 高压、单缸、单轴冲动式背压机组

额定功率: 60MW

额定转速: 3000r/min

额定工况进汽量: 505t/h

最大工况进汽量: 530t/h



热电厂3台汽轮机技术参数

#2号汽轮机技术规范:

型号: B50-8.83/1.275

型式: 高温、高压、单缸、背压式汽轮机

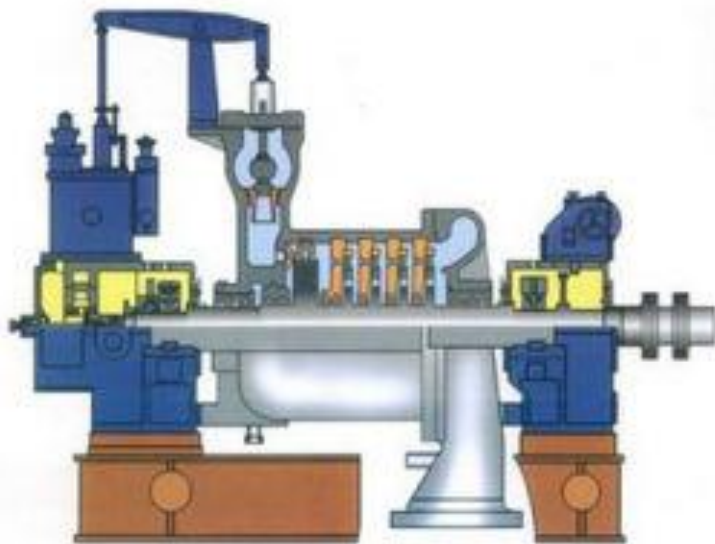
额定功率: 50MW

最大功率: 60MW

额定转速: 3000r/min

额定工况进汽量: 424 t/h

最大工况进汽量: 501 t/h



热电厂3台汽轮机技术参数

#3号汽轮机技术规范:

型号: CC100-8.83/0.981/0.245型

型式: 高压、双缸、双排汽、双抽、冲动凝汽式汽轮机

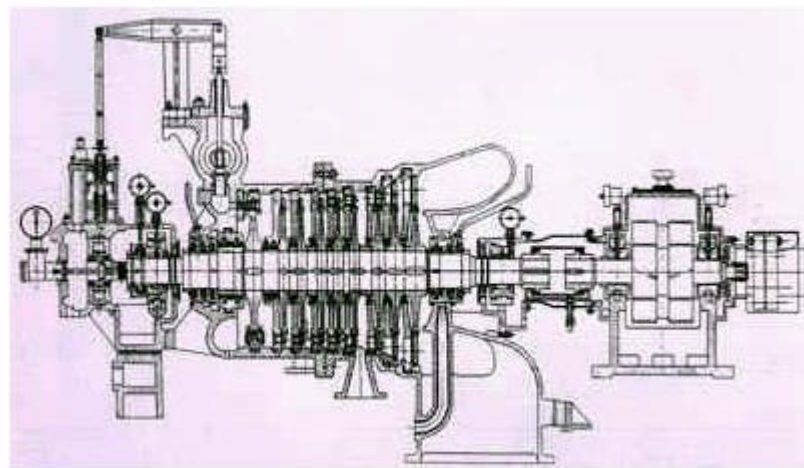
额定功率: 100MW

最大功率: 125MW

额定转速: 3000r/min

额定工况进汽量: 585 t/h

最大工况进汽量: 776 t/h



锅炉给水泵的配置

- 5台锅炉共配制11台电动给水泵；
- 流量范围：200t/h~258t/h；
- 扬程范围：1400m~1520m；
- 所配电动机功率：1600kw

所有机组正常运行时，有8台电动给水泵运行、3台备用；根据电厂统计数据，锅炉电动给水泵消耗的厂用电量约占综合厂用电量的26%。

热网循环水泵的配置

- 全厂设置两个热网首站；
- 热网首站1的水泵配置： $Q=1200\text{t/h}$ 、 $H=125\text{m}$ 、电机功率为 750kw ，共11台，其中6运5备；
- 热网首站2的水泵配置： $Q=3500\text{t/h}$ 、 $H=150\text{m}$ 、电机功率为 2000kw ，共5台，其中2运3备；
- 每年电动热网循环水泵消耗的厂用电量约占全部厂用电量的15%左右。

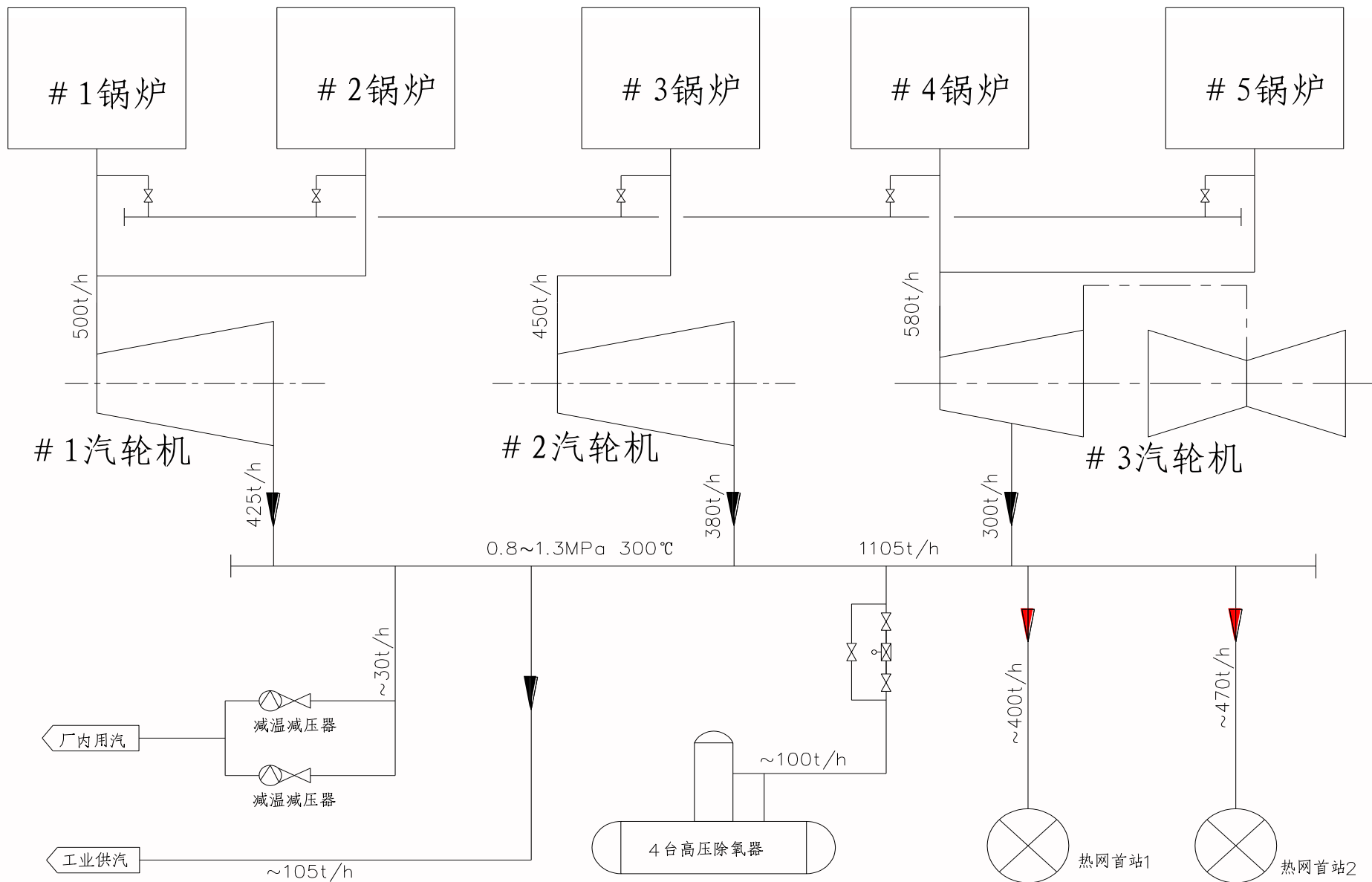
1

某热电厂供热现状



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute





运行方式

- 热电厂机组以母管制方式运行
- 机组承担少量工业供汽和冬季采暖供热的任务



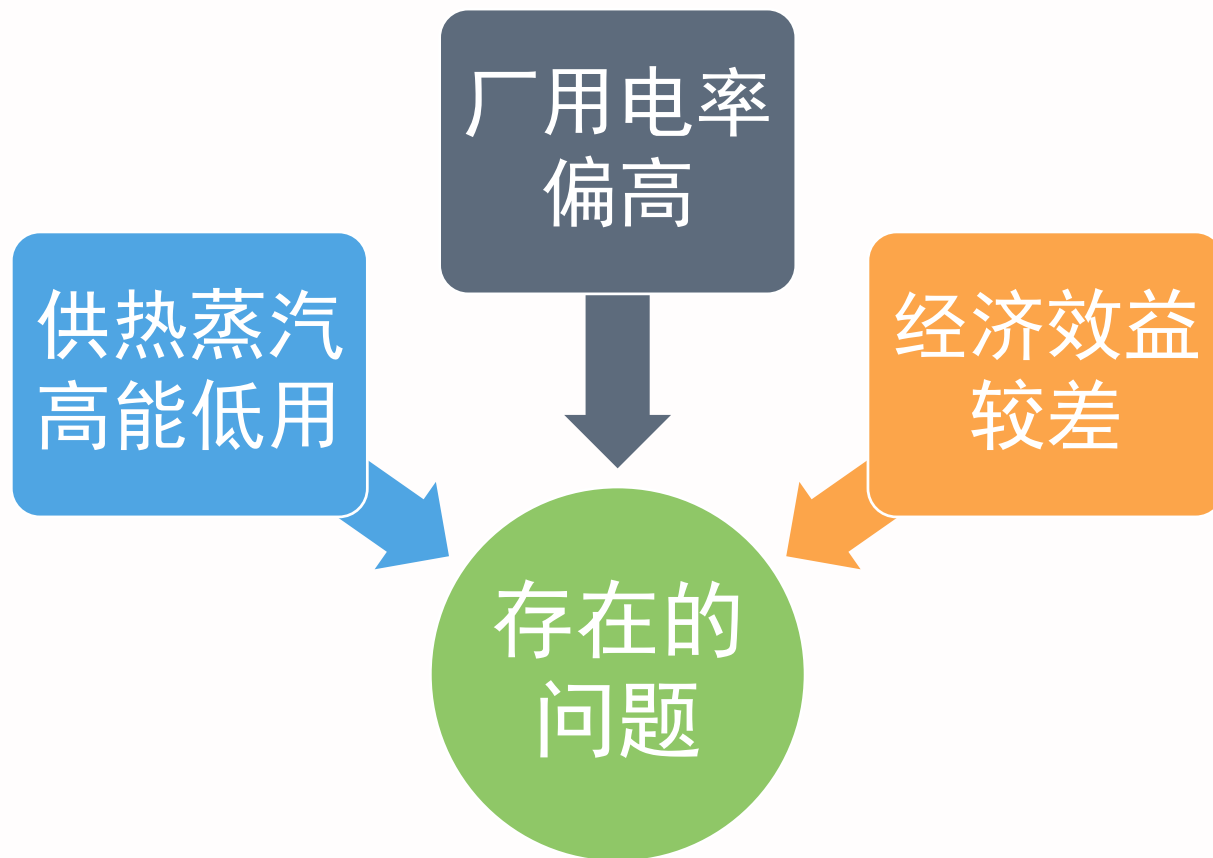
锅炉产汽量

- 5台锅炉在满负荷时可产生蒸汽1670t/h
- 近几年锅炉产汽量约为1530t/h，3台汽轮机的进汽量分别为500t/h、450t/h、580t/h左右



汽轮机供热量

- 3台汽轮机的实际供热蒸汽量分别为：425t/h、380t/h、300t/h
- 供热蒸汽参数：0.8~1.3MPa、300℃
- 热用户：厂内自用汽、高压除氧器用汽、外供工业蒸汽、2个热网首站用热网加热蒸汽。



- ◆ 所有供热蒸汽均采用同一参数，母管压力为1.05MPa、温度为300℃；
- ◆ 供热蒸汽用户包括工业蒸汽、自用蒸汽、采暖蒸汽等；
- ◆ 工业蒸汽用量为105t/h左右，高压除氧器用量约100t/h；两者占整个供汽量的18.6%左右，此部分蒸汽不用减压；
- ◆ 自用蒸汽约30t/h，采暖热网首站用汽量约870t/h。仅采暖用汽量占整个供汽量的78.6%。
- ◆ 对于采暖用汽直接采用1.05MPa的蒸汽，压力过高，高能低用，造成高品质蒸汽能量损失；

- 锅炉给水泵、热网循环水泵均为电动泵；
- 锅炉给水泵、热网循环水泵台数多、容量小、效率低；
- 供热期，热网循环水泵占综合厂用耗电量的15%，锅炉给水泵耗电量约占综合厂用耗电量的26%；
- 锅炉给水泵、热网循环水泵耗电量大，厂用电率高，影响发电的经济性；

- 三台汽轮机所提供的中压蒸汽流量约为1105t/h，其中厂内用汽30t/h，工业供汽105t/h，高压除氧器用汽100t/h，热网首站加热热网循环水用汽量为870t/h。
- 870t/h压力为0.8~1.3MPa蒸汽直接加热热网水，造成高品质蒸汽的能量损失；此部分蒸汽还具备做功发电能力。
- 拟利用部分采暖蒸汽驱动小型背压机，替换2台锅炉给水泵和4台热网循环水泵。由电动机驱动改为背压机驱动。

3 供热蒸汽能量梯级利用改造方案



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

共6台余压利用背压机，2台驱动给水泵、4台驱动热网循环水泵，为双列复速级、单缸汽轮机。体积小、重量轻、效率较高，适合机械驱动。

汽轮机型号	B1.8-1.05/0.15
汽轮机额定功率 (KW)	1800
汽轮机转速 (r/min)	3000
被驱动设备转速 (r/min)	980
转速调节范围 (r/min)	1000~3120
跳闸转速 (r/min)	3300--3360
进汽压力 (MPa(a))	1.05
排汽压力 (MPa(a))	0.15
进汽温度 (°C)	300
排汽温度 (°C)	172
汽机额定进汽量 (t/h)	28.3
汽耗率 (kg/kw.h)	15.7



4

全厂汽平衡与热平衡分析



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

1号汽轮机

425t/h

2号汽轮机

380t/h

3号汽轮机

300t/h

改造前

$P=0.8\sim 1.3\text{MPa}$ 1105t/h

厂内用汽

30 t/h

工业用汽

105 t/h

高压除氧器

100 t/h

热网首站1

400 t/h

热网首站2

470 t/h

4

全厂汽平衡与热平衡分析



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

保持1、2号汽轮机抽汽不变，3号机多抽14.5t/h

改造后

$P=0.8\sim 1.3\text{MPa}$ 1119.5t/h

360.7t/h

153.8 t/h

工业用汽 高压除氧器 热网首站1

105 t/h

100 t/h

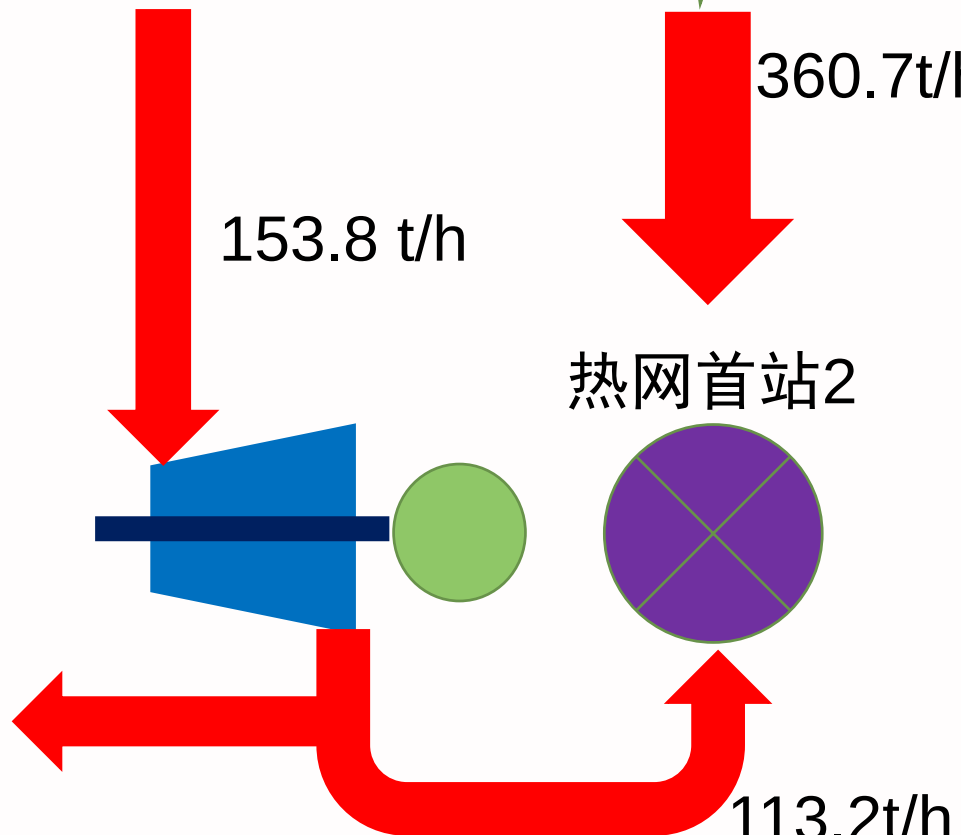
400 t/h

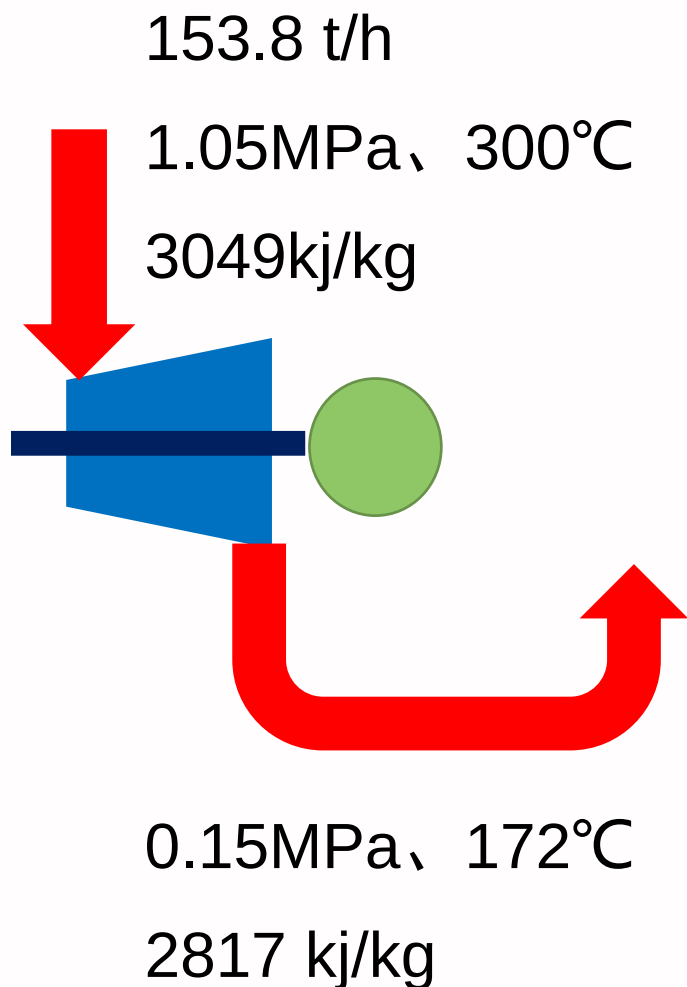
热网首站2

厂内用汽

40.6 t/h

113.2t/h





6台小背压机，进汽量共：153.8t/h

汽轮机：进汽焓值3049kJ/kg，排汽焓值2817kJ/kg

汽轮机利用的供热蒸汽高位热量为：
35.68GJ/h

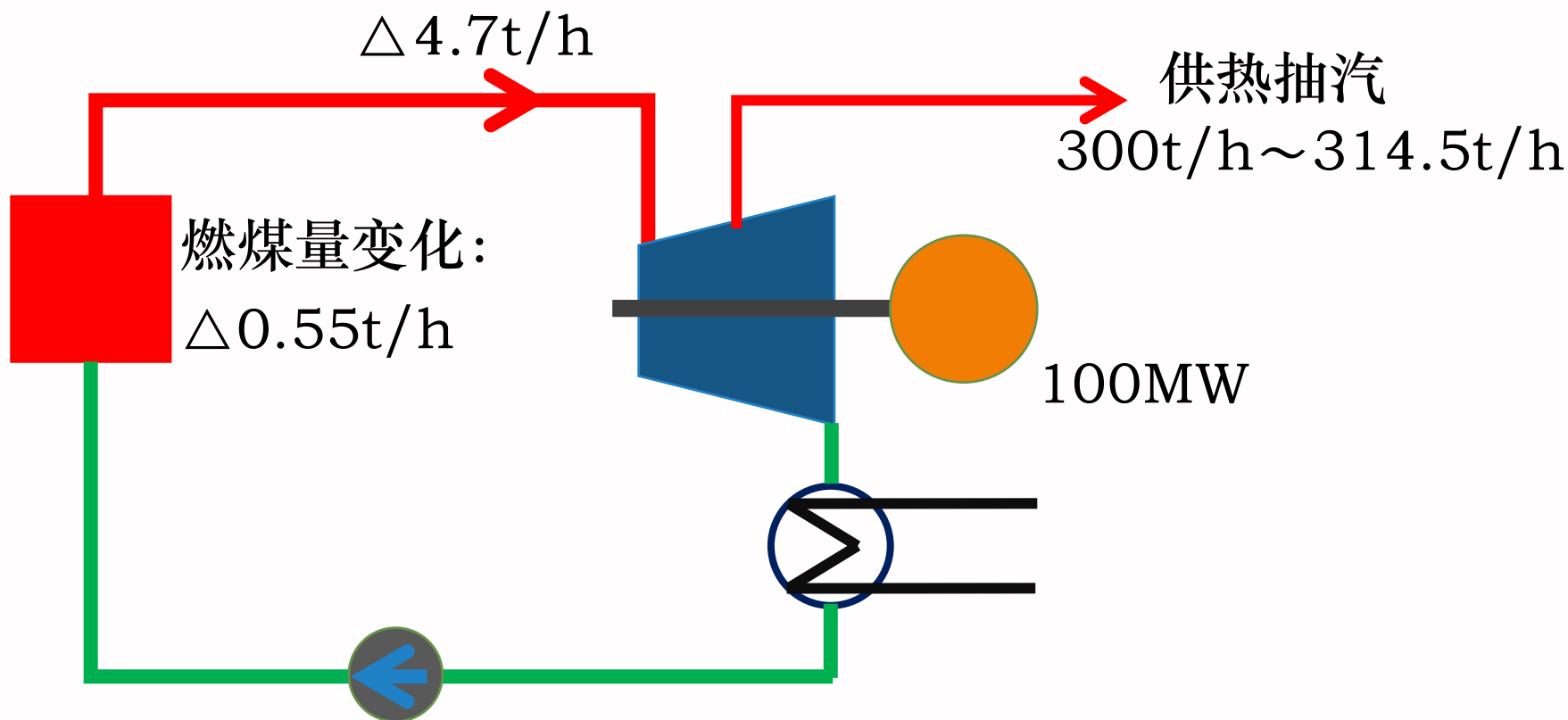
为保证总供热量不变，需增加的供热抽汽量为：14.5t/h

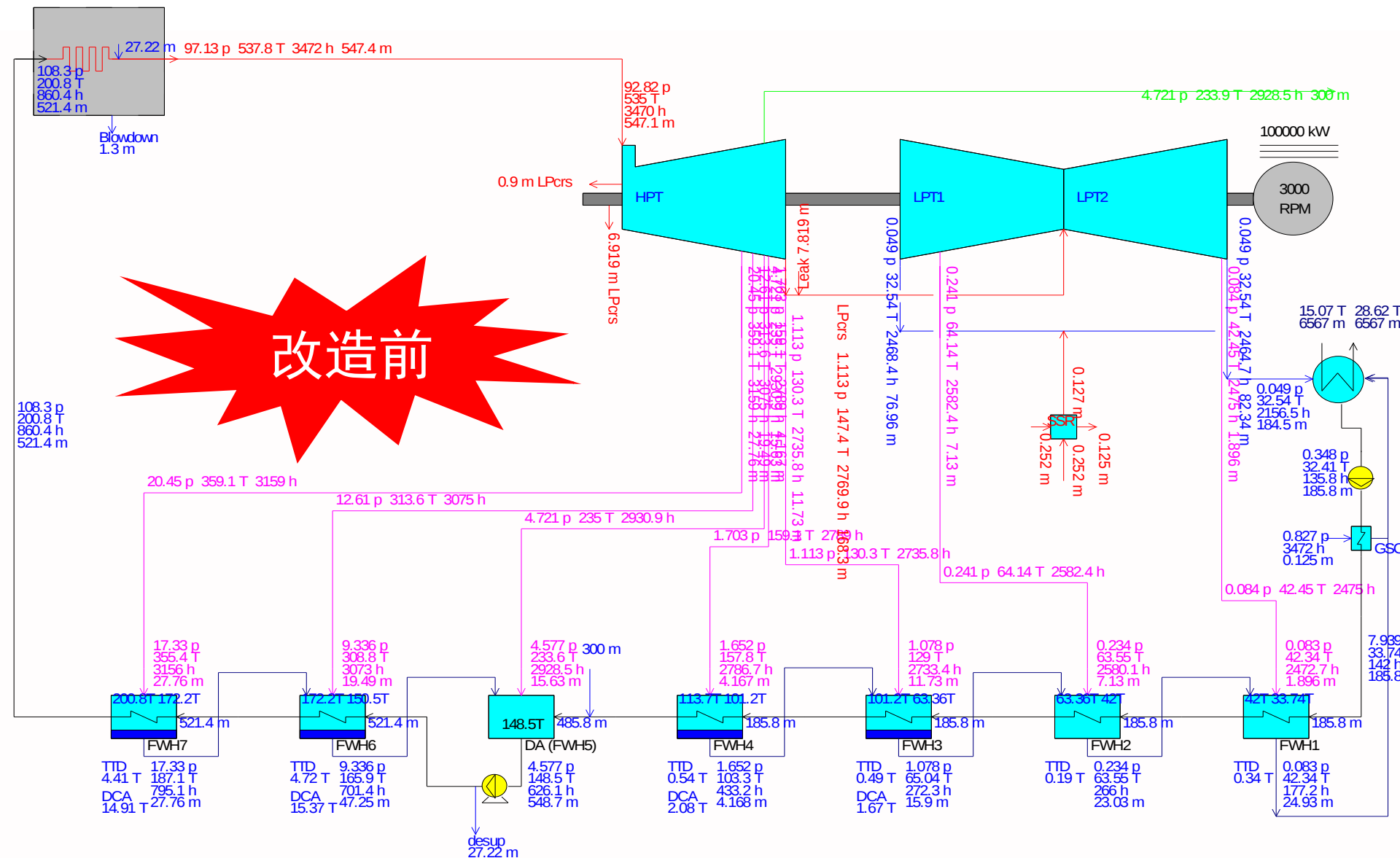
保持1、2号机抽汽不变，3号机多抽14.5t/h，抽汽量由原来的300t/h增加为314.5t/h。

经济性分析原则：

- 1) 保证各供汽量、供热量不变；
- 2) 保证3台机组的发电功率不变；
- 3) 标煤价格按：550元/吨；
- 4) 上网电价按：0.374元/kwh；

3号汽轮机抽汽量增加14.5t/h，在保证3号机组发电功率不变情况下，利用STEAM PRO软件进行汽轮机热平衡模拟计算。在抽汽量增加、发电功率不变时，汽轮机进汽量增加约4.7t/h，相应的锅炉燃煤量增加约0.55t/h标煤。





5

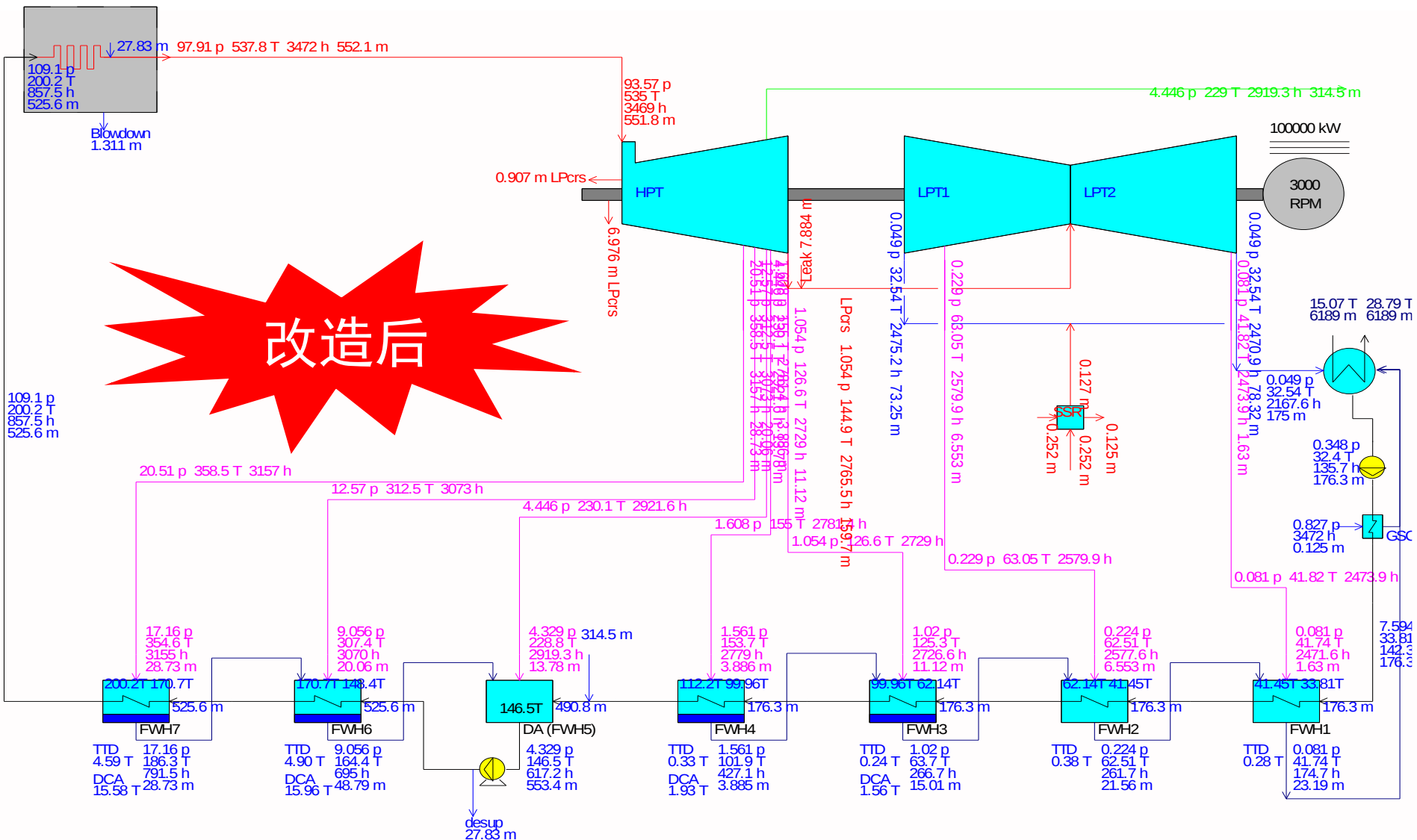
改造后运行经济性分析



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

改造后



仅算采暖期的经济收益:

- 采暖期180天, 4320h;
- 6台小汽机节省的厂用电量:
 $(4 \times 1800 + 2 \times 1250) \text{ kw} \times 4320 \text{ h} = 4.19 \times 10^7 \text{ kwh}$
- 增加上网电量的收益:
 $4.19 \times 10^7 \text{ kwh} \times 0.374 \text{ 元/kwh} = 1567 \text{ 万}$
- 采暖期多耗标煤量:
 $4320 \text{ h} \times 0.55 \text{ t/h} = 2376 \text{ t}$
- 采暖期多耗标煤的费用:
 $2376 \times 550 = 131 \text{ 万}$

采暖期的毛收益: $1567 - 131 = 1436 \text{ 万}$



效益相当
可观!!

- 汽轮机供热抽汽参数应与热用户所需参数深度匹配；
- 工业供汽应与采暖供汽分开；

工业抽汽一般 $\geq 1.0\text{MPa}$ ，而采暖期抽汽一般 $0.245\sim 0.4\text{MPa}$ 之间，采用同一汽源会造成能量浪费。
- 充分挖掘热电厂中蒸汽的能量，做到梯级利用、提高效率、增加收益；
- 小容量热电机组一般采用电动给水泵、电动热网泵，梯级利用改造时可以首先考虑电泵改汽泵；
- 大容量热电机组一般采用汽动给水泵、电动热网泵，梯级利用改造时可以首先考虑将电动热网泵改汽泵；或者利用小汽轮机驱动发电机。



THANK YOU!

感谢聆听



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute