



EPTCHINA.CN
中国电力科技网

SXEC 苏夏

大机组供热改造与优化运行技术2019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。

第十一届 低压缸“零出力”相关辅助系统改造

主办单位：中国电力科技网 协办单位：江苏苏夏能源集团 2019年9月25-27日 中国·石家庄

2009 Qingdao / 2010 Nanjing / 2011 Yangzhou / 2012 Wuxi / 2013 Suzhou / 2014 Xian / 2015 Guangzhou / 2016 Shenyang / 2017 Xuzhou / 2018 Changshu / 2019 Shijiazhuang



低压缸“零出力” 相关辅助系统改造

汇报人：刘启军



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

目 录



东北电力设计院

Northeast Electric Power Design Institute

- 低压缸“零出力”技术简介
- 凝汽器循环水系统相关改造
- 抽真空系统相关改造
- 凝结水系统相关改造
- 低加疏水系统相关改造
- 热网系统及设备相关改造
- 结论

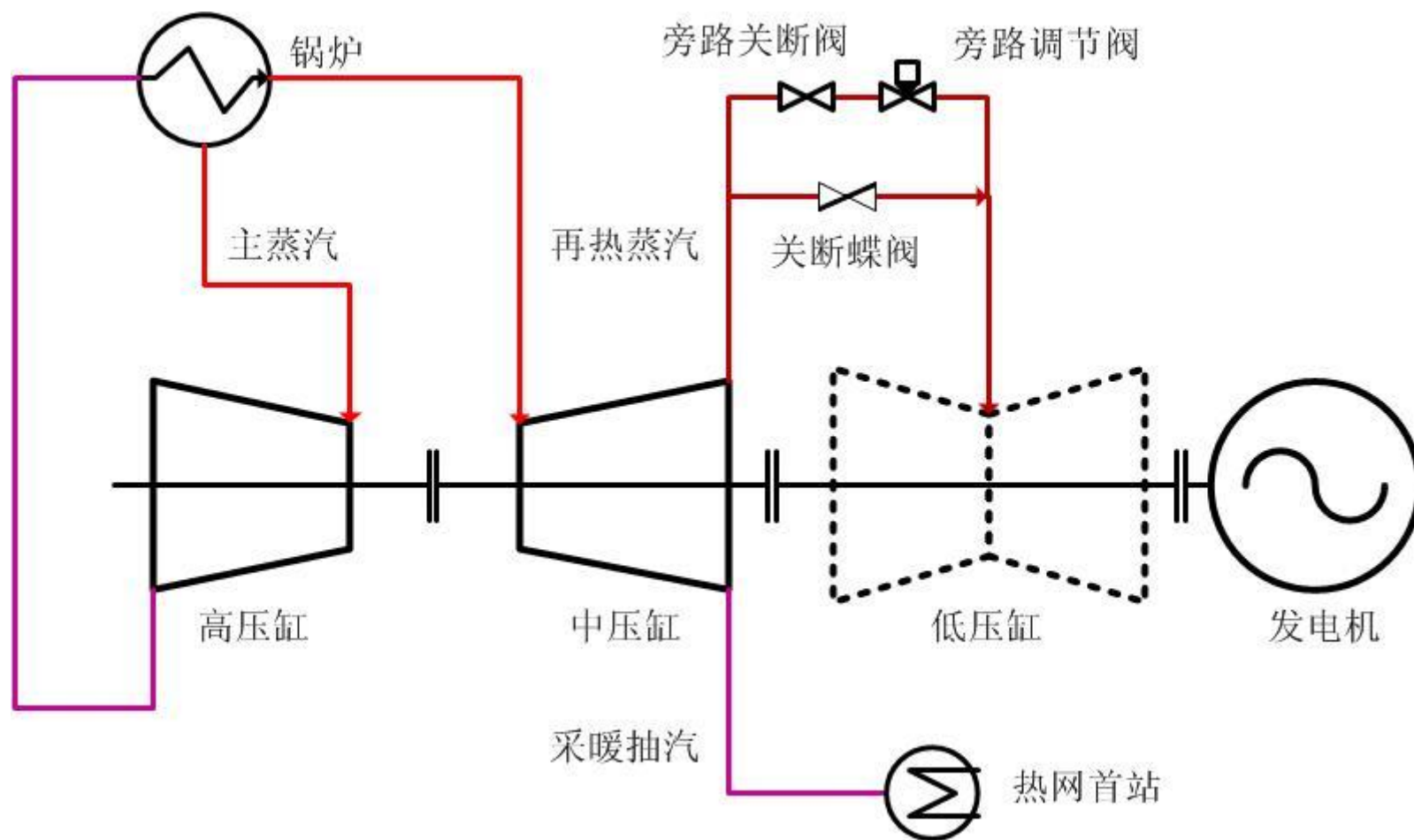
低压缸“零出力”技术介绍

- 低压缸零出力改造又称切缸改造，是一种将绝大部分中压缸排汽用于供热，极少量排汽通入低压缸，带走低压叶片鼓风热量的供热技术。
- 源自于欧洲，如丹麦，在机组初始设计时就考虑了切缸运行。
- 国内在**2016**年开始陆续在各种容量抽凝供热机组上尝试应用。

低压缸“零出力”技术介绍

- 低压缸零出力改造的目的：
 - 1) 提高抽凝供热机组的运行经济性：
切缸运行时，汽轮机处于背压运行状态，基本无冷源损失，提高机组运行经济性。
 - 2) 提高抽凝供热机组的最大供热能力：
原本低压缸所需的最小冷却蒸汽流量，切缸后基本全部对外供热，提高了机组对外供热能力。
 - 3) 提高了机组电负荷深度调峰能力。

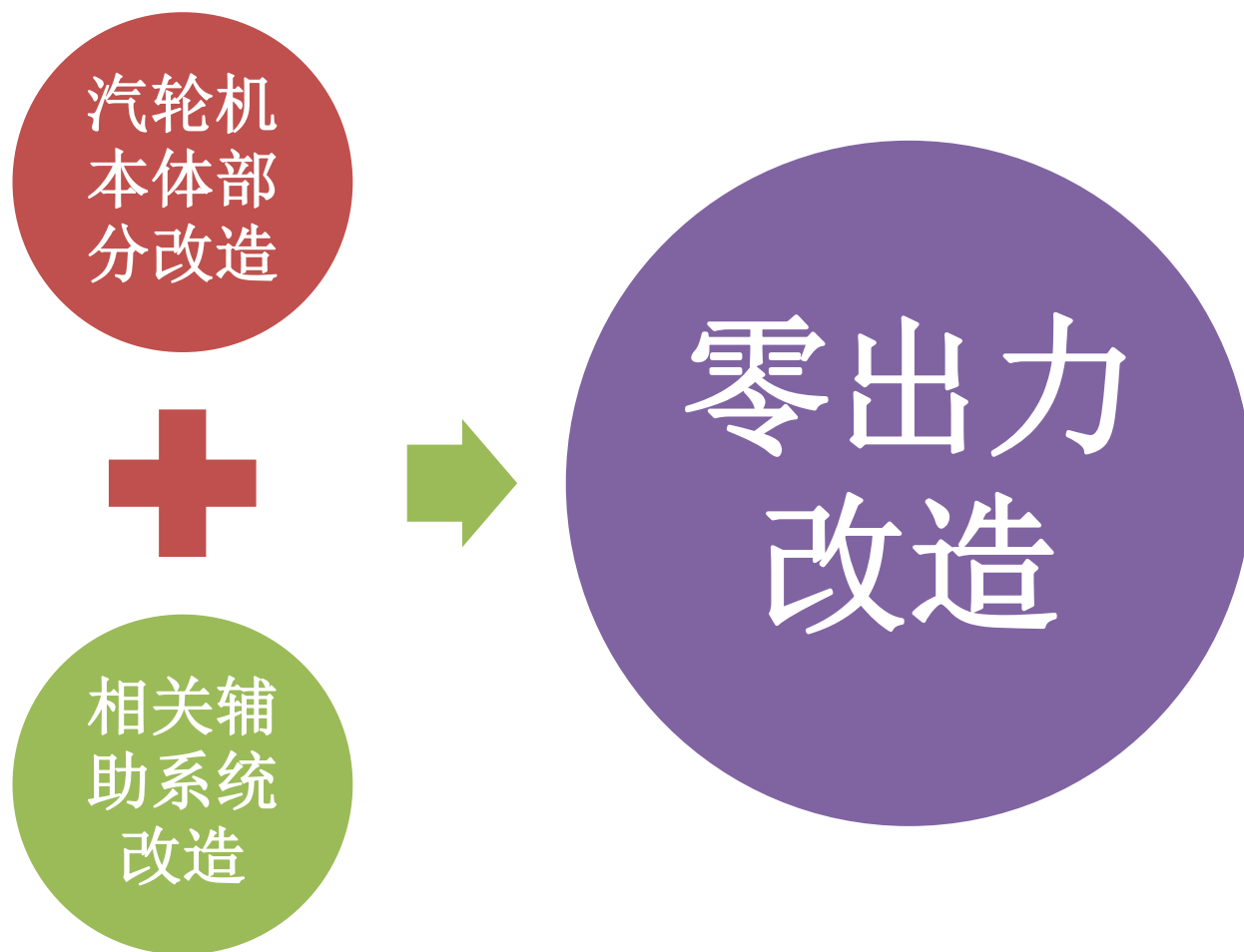
低压缸“零出力”技术介绍



低压缸“零出力”技术介绍

- 低压缸零出力技术的国内应用业绩
目前该技术已经在国内**135MW**超高压、**200MW**超高压、**300MW**亚临界、**350MW**超临界和**600MW**等级机组上成功应用。
- 华电新疆哈密热电有限公司**135MW**机组上应用；
- 国电延吉热电厂**200MW**机组上应用；
- 内蒙华能临河**300MW**机组上应用；
- 国电投东方**350MW**（亚临界）、华能山东黄台**350MW**（超临界）
- 国电投河南开封**630MW**超临界机组上应用。

低压缸“零出力”技术介绍



低压缸“零出力”技术介绍

- 汽轮机本体的相关改造
 - 1) 更换导汽管蝶阀，采用全密封液动关断蝶阀；
 - 2) 增加低压缸冷却蒸汽旁路系统，包括：关断阀、流量调节阀、流量测量装置、疏水系统等；
 - 3) 更换低压缸末级、次末级叶片，或对其进行耐磨喷涂处理；
 - 4) 低压缸喷水系统改造，满足切缸后对喷水量、喷水雾化效果、喷水角度、温度控制精度等相关要求；

低压缸“零出力”技术介绍

- 5) 汽轮机低压缸运行监测系统改造，主要包括：
- ✓ 增加低压缸末级、次末级动叶出口温度测点；
 - ✓ 增加中压缸排汽压力和温度测点；
 - ✓ 增加低压缸进汽压力测点和温度测点。
 - ✓ 更换低压缸几个抽汽口和低压缸排汽压力变送器为高精度绝压变送器。
 - ✓ 同时安装一套叶片振动监测系统，对低压缸末级叶片进行实时振动监测，及时发出报警，提醒运行人员采取相应安全措施。

低压缸零出力相关辅助系统改造



凝汽器循环水系统

凝汽器抽真空系统

凝结水系统

低加疏水系统

热网系统

凝汽器循环水系统相关改造

- **优化循环水泵配置及其运行方式**

如循环水泵高低速改造、变频调速改造、永磁调速改造等，并优化不同季节、不同运行工况下循环水泵的运行方式。

- **冷却塔系统的防冻改造**

冬季抽凝机组运行时凝汽器、冷却塔热负荷大大减小，冷却塔防冻、结冰问题突出。应采取的主要措施有：

- 1) 冬季并塔，即：两机一塔。
- 2) 分区配水，保证防冻所需的最小淋水密度；

凝汽器循环水系统相关改造

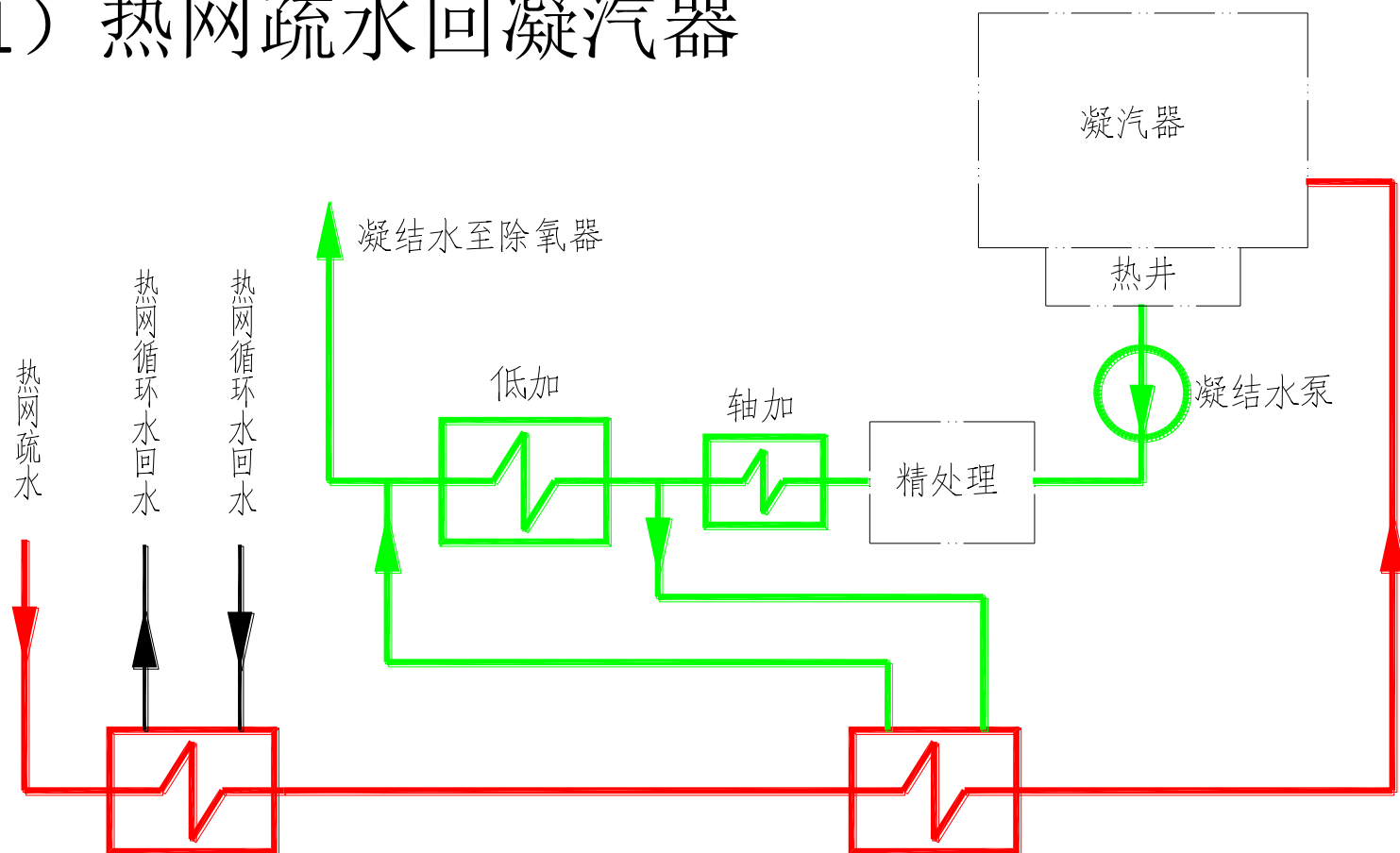
- 3) 设置旁路管：冬季气温较低、热负荷较小使部分或全部循环水通过旁路管直接流入集水池。
- 4) 设置挡风板：要求调节方便、防止结冰、作业安全性高等。

抽真空系统相关改造

- 切缸时凝汽器热负荷较少、冷却水温低，凝汽器理论背压很低。降低背压可增大低压缸的容积流量，对减小低压缸末级和次末级摩擦鼓风损失、减小叶片动应力、提高低压缸运行安全性具有重要意义。
- 原有水环真空泵如果不满足较低水温所对应的低背压要求，可采取措施增加抽吸能力。
 - 1) 如在原真空泵前增设射汽式抽气器；
 - 2) 增加一套罗茨——水环真空泵组，有效降低极限抽吸压力，降低切缸时凝汽器背压。

凝结水系统相关改造

- 超临界机组：
 - 1) 热网疏水回凝汽器

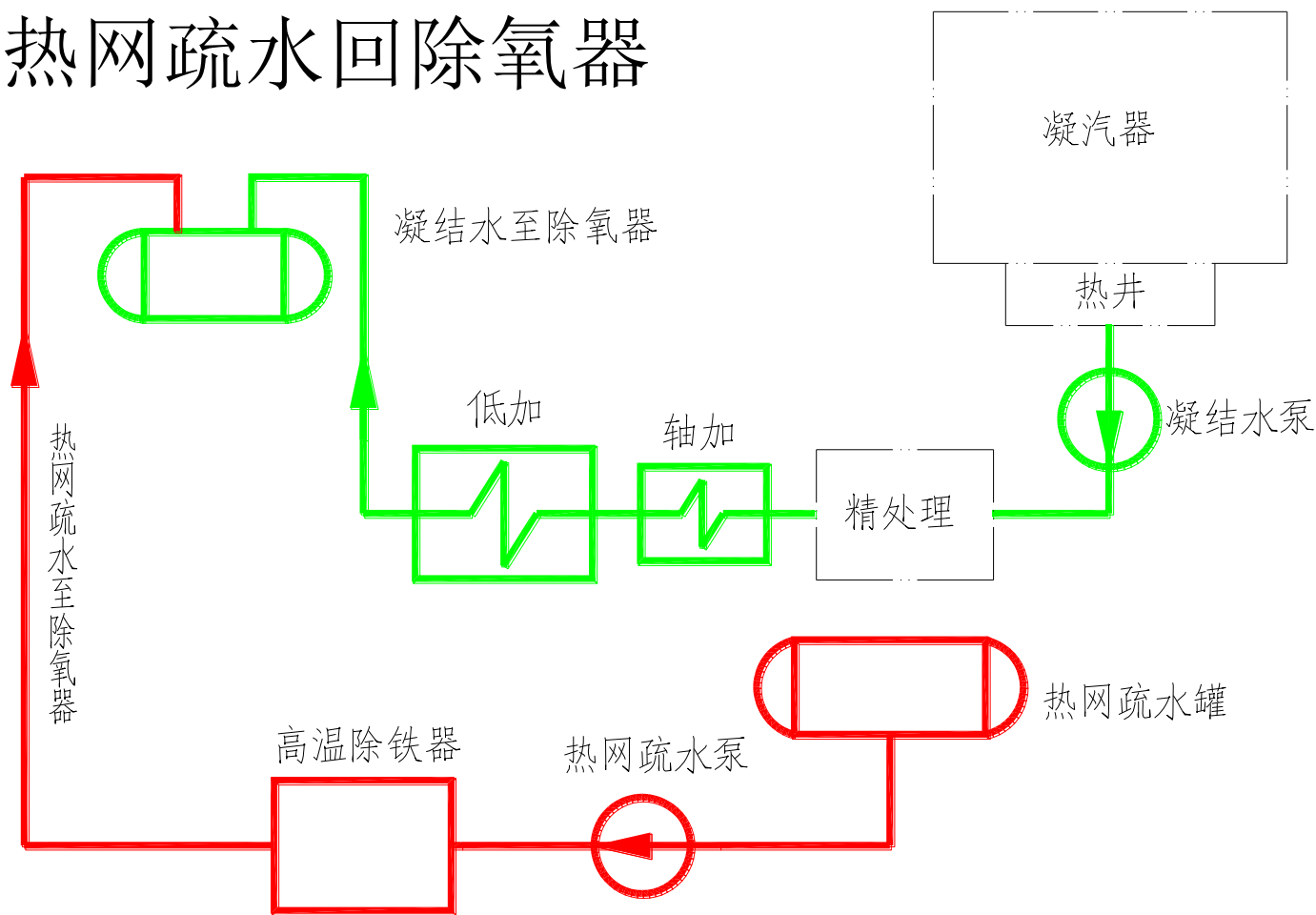


凝结水系统相关改造

- 切缸后热井凝结水量无变化，凝结水泵运行工况不变；
- 但是进入5号低加的凝结水温度降低，需校核5号低加的换热能力是否满足运行工况要求；
- 同时需要校核5段抽汽管道规格，是否满足抽汽量增加的需求；

凝结水系统相关改造

- 超临界机组：
 - 热网疏水回除氧器



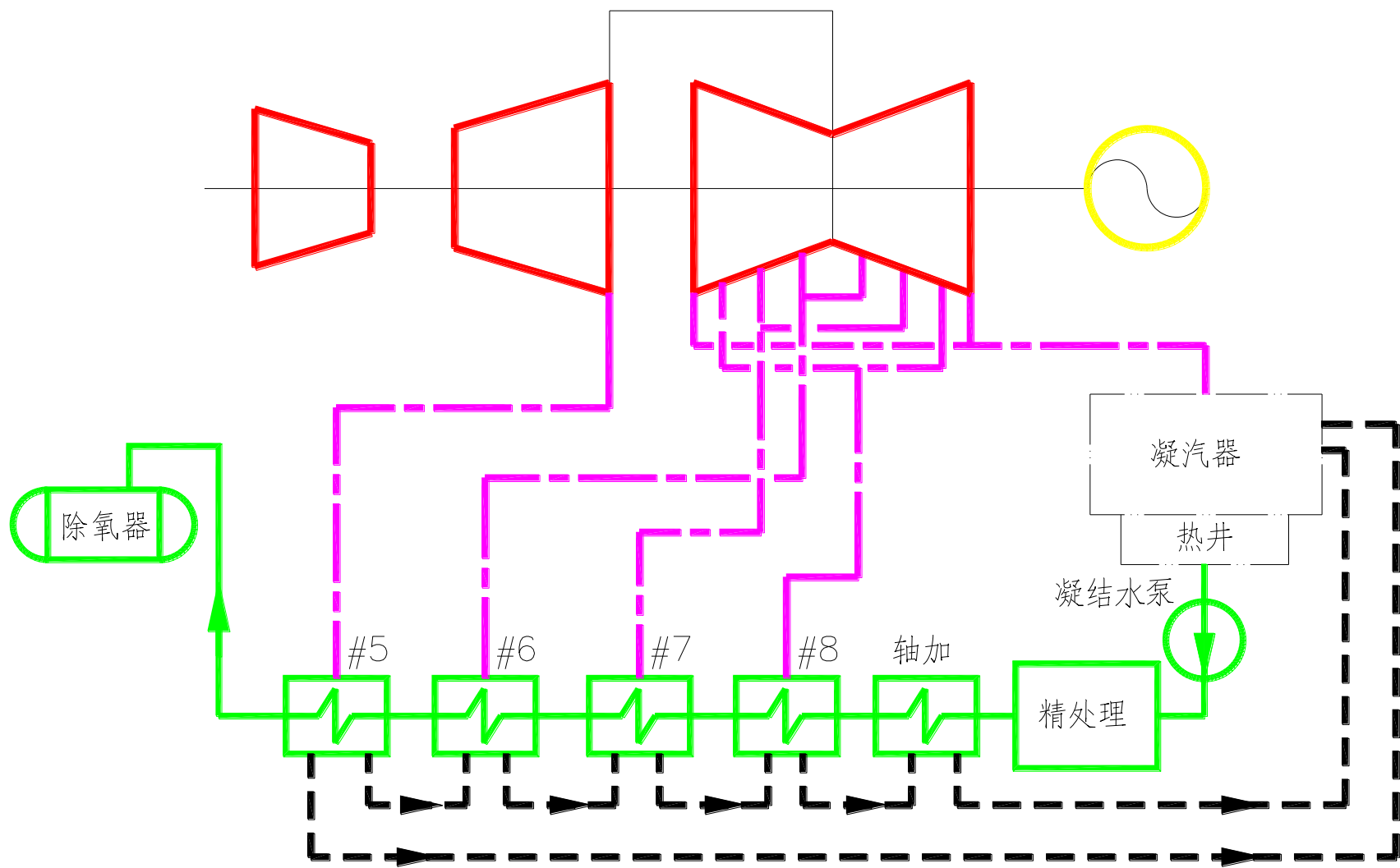
凝结水系统相关改造

- 热网疏水回到除氧器的系统，切缸时凝汽器凝结水量变化较大，需校核确定凝结水系统运行方式：
 - 1) 凝结水量是否满足凝结水泵最小流量要求？
 - 2) 凝结水量是否满足轴封冷却器所需冷却水量要求？
 - 3) 确定凝结水再循环系统的运行方式；
 - 4) 论证是否需要安装小流量的凝结水泵？
 - 5) 大量低温热网疏水经过除铁器后进入除氧器，需核对除铁器、除氧器的出力？对应4段抽汽的用量？

凝结水系统相关改造

- 超临界以下的供热机组，热网疏水一般回除氧器或某级温度匹配的低加凝结水入口
- 超临界以下的供热机组切缸运行时，凝结水系统相关改造及需要校核的问题如前所述。

低加疏水系统相关改造



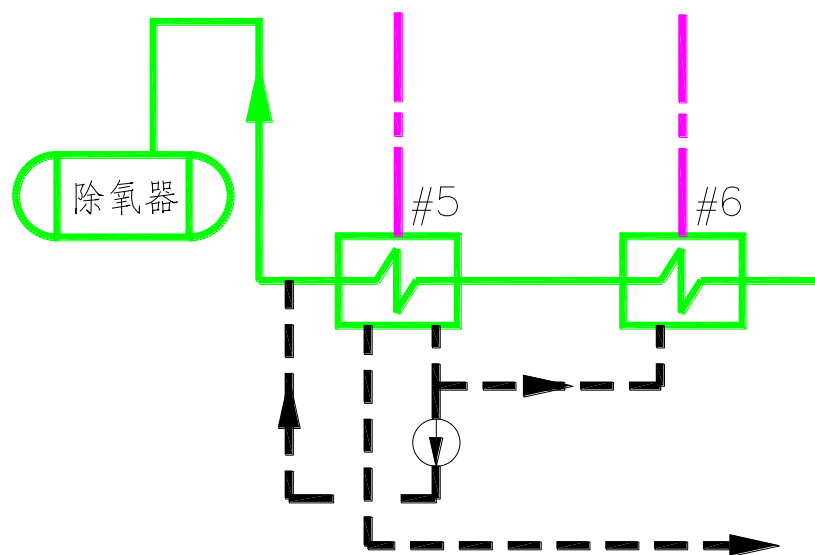
低加疏水系统相关改造

- 切缸后低压缸无抽汽，对应的低加汽侧切除运行；
- 5号低加的疏水无法实现逐级自流，需进行相应改造；
- 两个措施：
 - 1) 增加疏水泵方案：

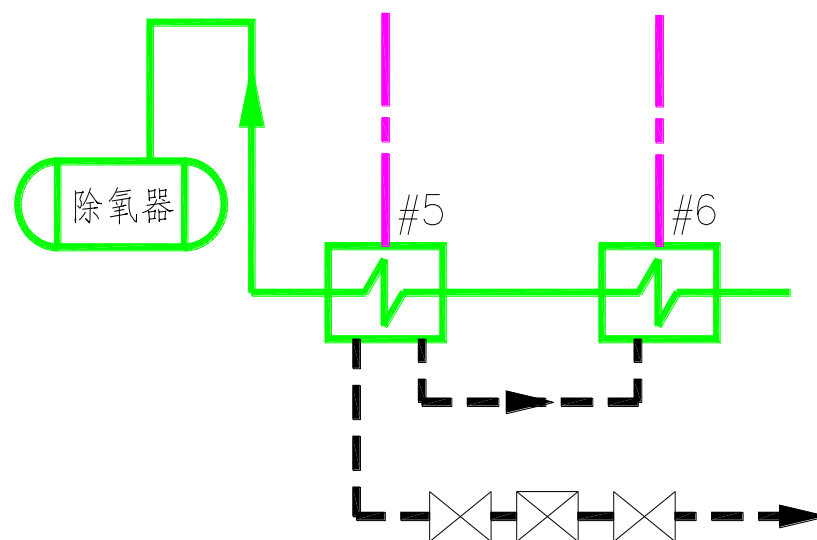
5号低加正常疏水出口设置疏水泵，将疏水送至5号低加凝结水出口管道，详见附图所示。特点：运行经济性略好；改造费用高、系统复杂。

低加疏水系统相关改造

2) 利用5号低加的事故疏水系统代替正常疏水，需修改事故疏水系统控制逻辑，满足正常疏水控制要求。特点：系统简单、改造方便、运行经济略差。



方案一



方案二

热网系统及设备相关改造

- 低压缸零出力改造可以实现以下两个主要目的：
 - 一是在保持供热量不变时，大幅减小汽轮发电机组的电功率，符合三北地区冬季供暖时期电网深度调峰需求，同时给风电、光伏等新能源更多的上网空间，减小弃风弃光电量。

热网系统及设备相关改造

- 二是在保持汽轮机进汽量不变时，可增加供热能力，电负荷比切缸前降低。
- 当热电联产企业的热负荷增加时，也可通过切缸运行方式增加供热量。
- 增加供热能力时需要对热网系统的管道、设备进行增容改造。主要包括：
 - 1) 采暖抽汽管道；
 - 2) 热网加热器增容；

热网系统及设备相关改造

- 3) 热网疏水泵;
- 4) 热网循环水泵;
- 5) 热网水补水系统

结 论

- 低压缸零出力改造可增加机组对外供热能力，汽轮机额定进汽量时，供热蒸汽增加约100~150t/h左右；
- 低压缸零出力改造在供热量保持不变时，电负荷降低；以300MW供热机组为例，切缸改造后在保证供热量不变条件下使发电功率下降约90MW左右，大大提高了机组的调峰能力；
- 低压缸零出力技术在国内是一项新的供热改造技术，改造成本低、运行经济性好；
- 由于在国内应用时间短，未经过长周期的时间检验，在进行改造时应做充分的可行性论证；以保证主机、辅机的安全及保证供热可靠性；