

火电厂的分类

□ 按燃料分类：

- 燃煤发电厂（煤）
- 燃油发电厂（石油提取了汽油、煤油、柴油后的渣油）
- 燃气发电厂（天然气、煤气等）
- 余热发电厂（工业余热、垃圾或工业废料）
- 生物发电厂（桔杆、生物肥料）

□ 按原动机分类：

- 凝汽式汽轮机发电厂
- 燃汽轮机发电厂
- 内燃机发电厂
- 蒸汽-燃汽轮机发电厂

□ 按供出能源分类：

- 凝汽式汽轮机发电厂（只供电）
- 热电厂（同时供电和供热）

火电厂的分类

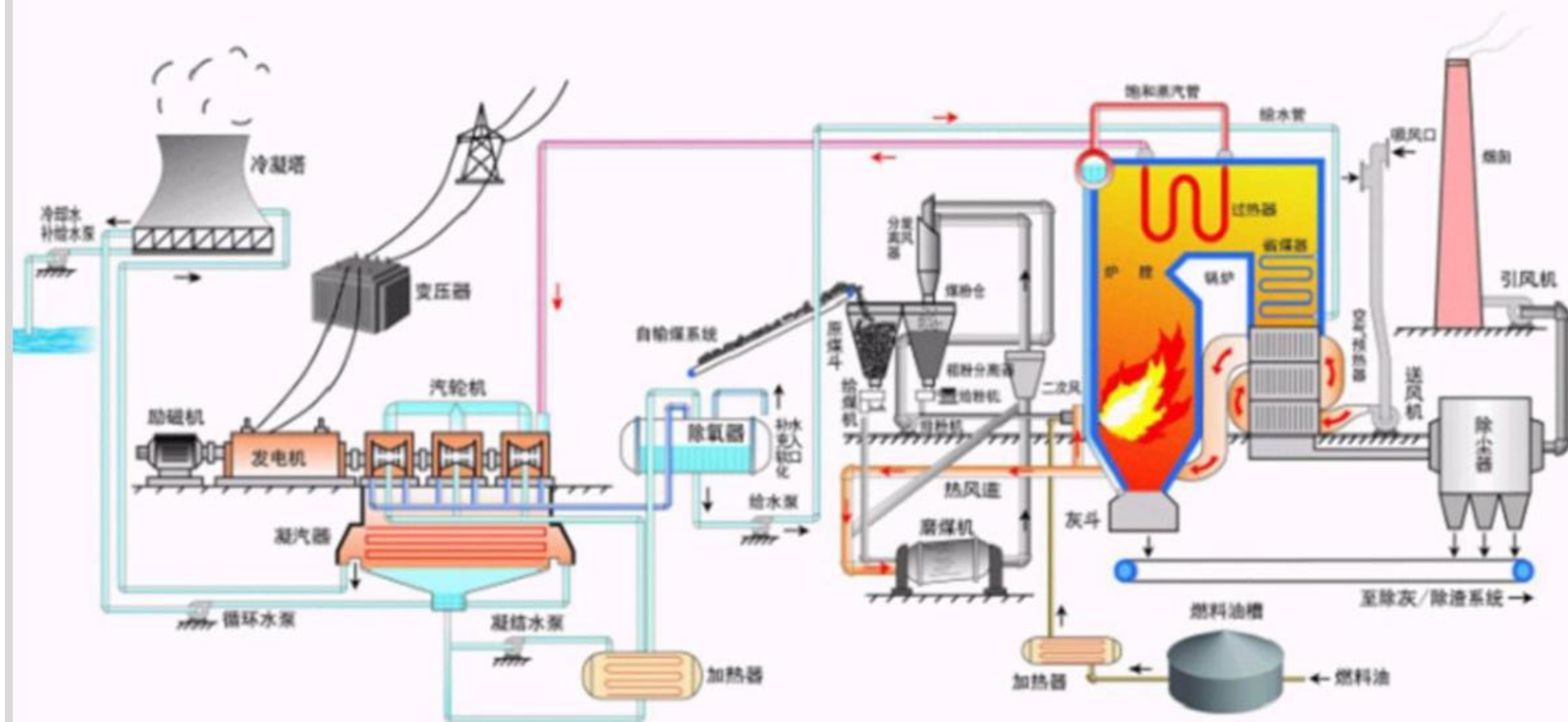
按总装机容量分类：

- 小容量发电厂（总装机容量 < 100 MW）
- 中容量发电厂（总装机容量 $100 - 250$ MW）
- 大中容量发电厂（总装机容量 $250 - 600$ MW）
- 大容量发电厂（总装机容量 $600 - 1000$ MW）
- 特大容量发电厂（总装机容量 > 1000 MW）

按蒸汽压力和温度分类：

- 中低压发电厂（蒸汽压力 3.92MPa ，温度 450 度，单机功率 < 25 MW）
- 高压发电厂（蒸汽压力 9.9MPa ，温度 540 度，单机功率 < 100 MW）
- 超高压发电厂（蒸汽压力 13.83MPa ，温度 540 度，单机功率 < 20 MW）
- 亚临界压力发电厂（蒸汽压力 16.77MPa ，温度 540 度，单机功率 $300 - 1000$ MW）
- 超临界压力发电厂（蒸汽压力 $> 22.11\text{MPa}$ ，温度 550 度，单机功率 > 600 MW）
- 超超临界压力发电厂（蒸汽压力 $> 33.5\text{MPa}$ 、 $610^{\circ}\text{C} / 630^{\circ}\text{C}$ ，单机功率 > 600 MW）

火电厂工艺流程示意图



火电厂的三大系统

燃烧系统

包括输煤、磨煤、锅炉与燃烧、风烟系统、灰渣系统等环节。

汽水系统

由锅炉，汽轮机，凝汽器，除氧器，加热器等构成。
主要包括：给水系统、冷却水系统、补水系统。

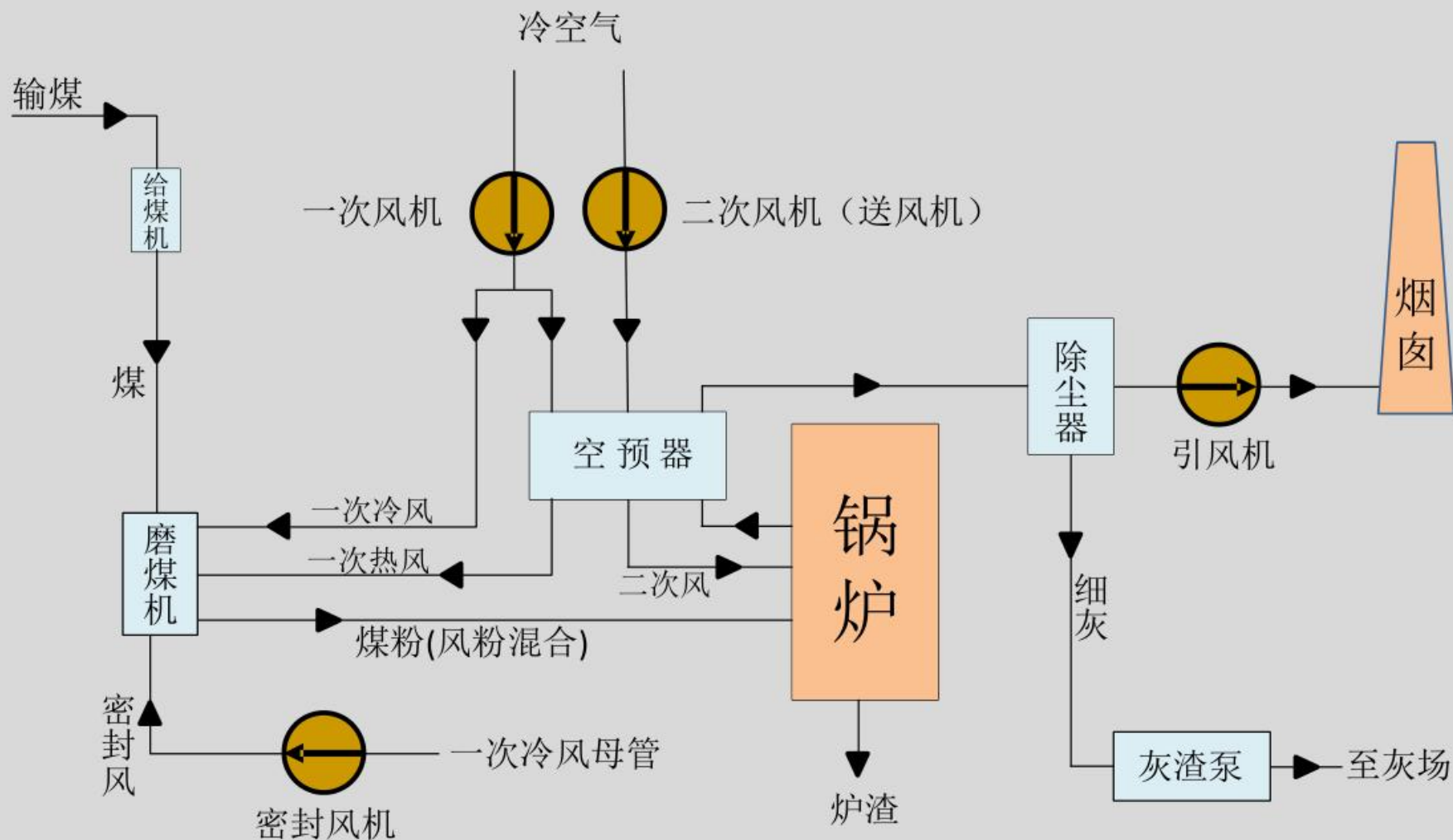
电气系统

包括汽轮发电机控制系统、厂用电控制系统、
直接送出线路或升压变电站控制系统。

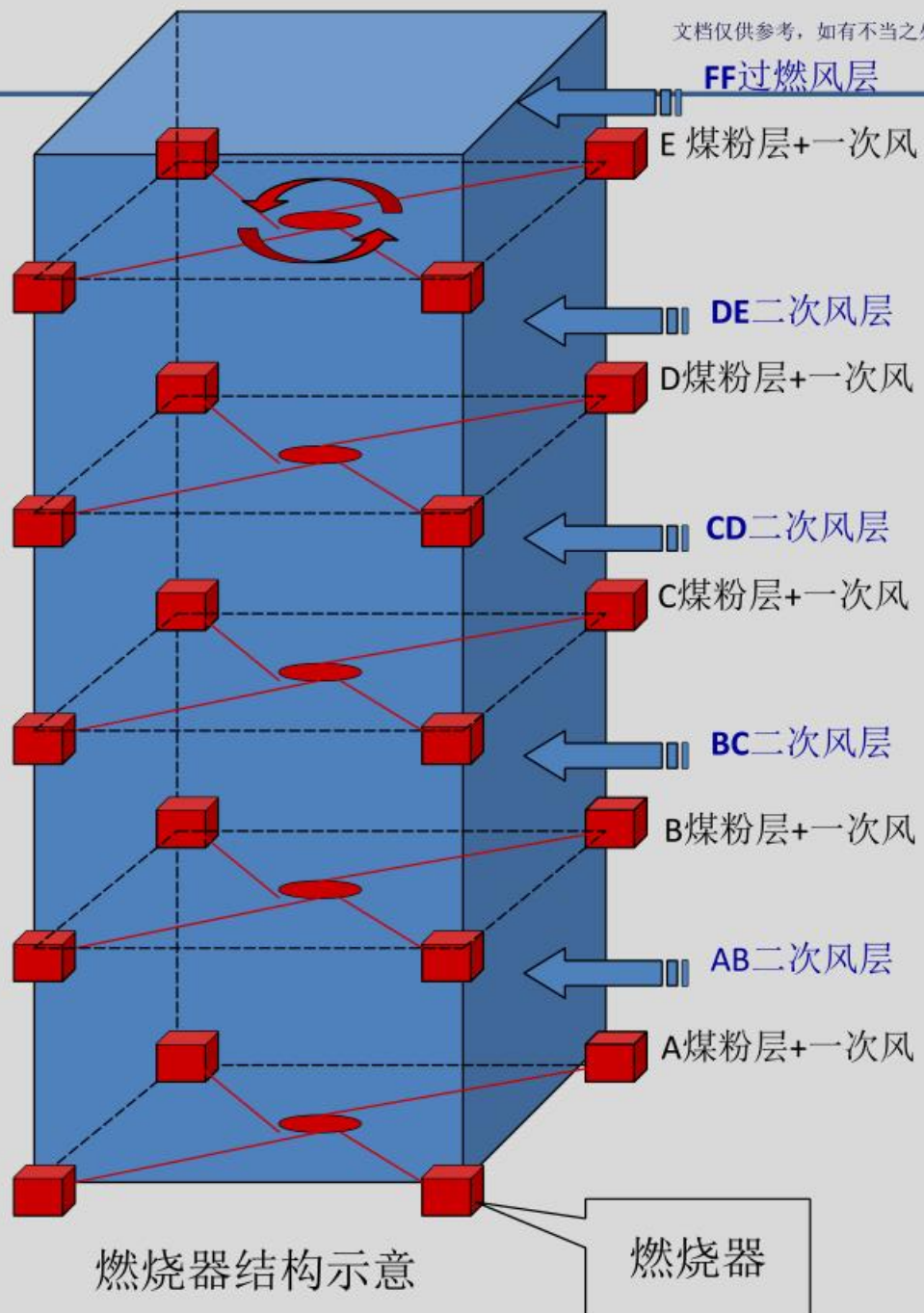
文档仅供参考，如有不当之处，请联系改正。

燃烧系统

(烟风系统)



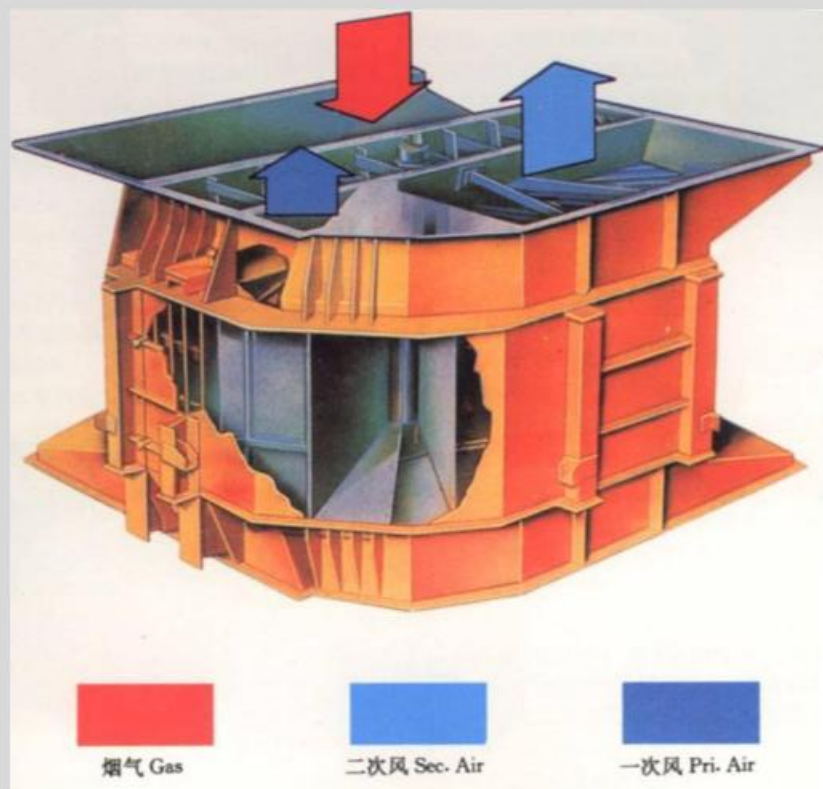
文档仅供参考，如有不当之处，请联系改正。



燃烧系统 (燃烧结构)

- 常见燃烧器：
油枪、
微量油枪、
等离子。
- 燃烧器分层设置
- 煤粉气流在炉内切圆燃烧

空预器结构示意图



- **空气预热器分为：**管式空气预热器、回转式空气预热器。

- **原理及作用：**

（安装在锅炉尾烟道中）利用省煤器后**烟气**的热量加热燃烧所需的空气，以利于燃料的着火和燃烧，并可降低排烟温度，提高锅炉热效率。

一般将空气加热到300 ~ 400度。

常将燃烧用的空气分成一次风、二次风。

一次风：携带煤粉或液体、气体燃料经燃烧器进入炉膛，为提供着火所需的那部分风量。（占总风量的20~30%）

二次风：燃烧所需的其余75~80%风量是作为助燃的二次风。

锅炉机组基本工作过程

- 燃料经制粉系统送入炉膛中燃烧，使燃料的化学能变为热能。
 - 高温烟气由炉膛经水平烟道进入尾部烟道，最后从锅炉中排出。锅炉排烟再经过烟气净化系统处理，由引风机送入烟囱排入大气。
 - 烟气在锅炉内流动的过程中，**热量传递方式为：**①在炉膛中以辐射方式将热量传给水冷壁；②在炉膛烟气出口处，以半辐射、半对流方式将热量传给屏式过热器；③在水平烟道和尾部烟道以对流方式传给过热器、再热器、省煤器和空气预热器。
 - 锅炉给水便经过省煤器、水冷壁、过热器变成过热蒸汽；并把汽轮机高压汽缸做功后抽回的蒸汽变成再热蒸汽。
-
- 水在锅炉中，经过预热、蒸发、过热三个阶段变成过热蒸汽。汽轮机高压缸中蒸汽送回锅炉加热，再送回汽轮机低压缸中继续做功，这是第四个阶段 - **再过热阶段**
-
- 锅炉中的受热面：省煤器、水冷壁、过热器、再热器、空气预热器。

锅炉本体

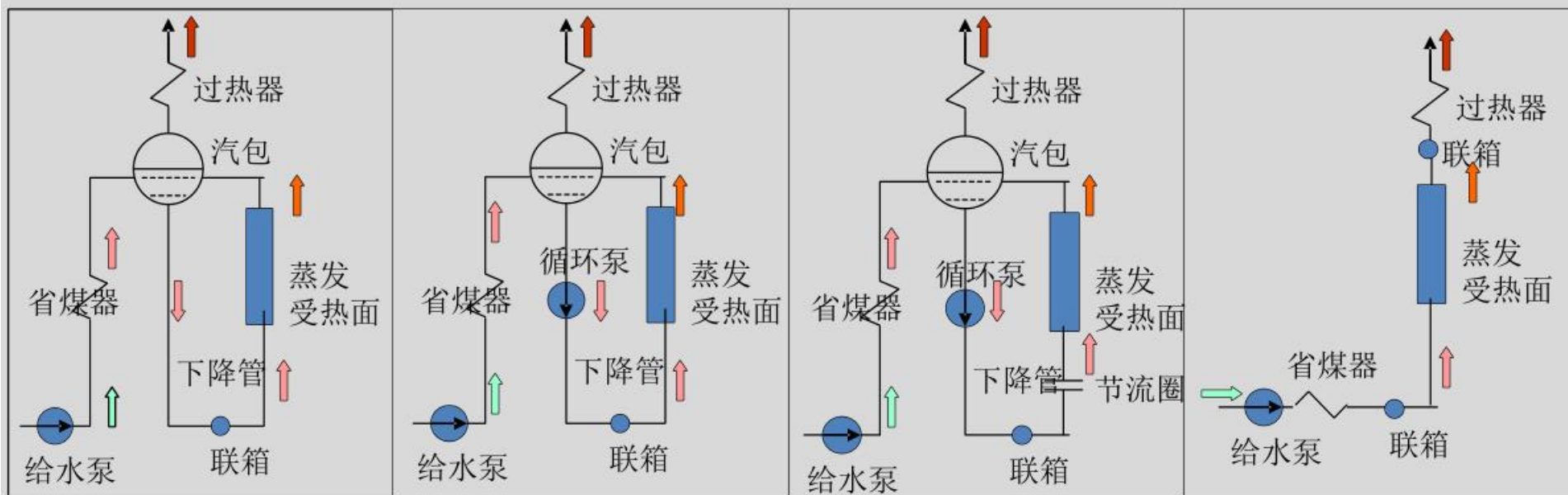
- **燃烧设备**（包括：炉膛、燃烧器、空气预热器、烟道等）
- **汽水系统**（包括：汽包、水冷壁、下降管、联箱、过热器、再热器、省煤器等）

- **汽包：** (锅筒)是工质加热、蒸发、过热三个过程的连接枢纽，接收省煤器来水，进行汽水分离，向循环水路供水，向过热器输送饱和蒸汽。
- **水冷壁：**（敷设在锅炉炉膛四周内壁）吸收热量，产生正气，保护炉墙。
- **过热器和再热器：**
 - **过热器：** 将从汽包出来的饱和蒸汽加热成具有额定温度的过热蒸汽。（它利用高温烟气的热量加热饱和蒸汽）
 - **再热器：** 将从汽轮机高压缸中膨胀做功后的蒸汽再次引入布置在锅炉中的再热器中受热升温，再送回汽轮机中压缸中去做功。若采用二次再热，则再将中压缸排汽再热后送回低压缸去做功。
- **省煤器：** (economizer) 利用锅炉排烟加热给水的受热部件。
 - **分为：** 铸铁式和钢管式；沸腾式和非沸腾式(大型锅炉常用)。

锅炉简介

- **锅炉容量：**锅炉每小时所产生的蒸汽量。
- **锅炉分类：**（几个术语）
 - **按蒸汽参数分类：**中压，高压，超高压，亚临界，超临界
 - **按容量分类：**（（<220 t/h 小型锅炉），（220-410t/h中型锅炉），（>670t/h大型锅炉）
 - **按燃烧方式分类：**
 - **悬浮燃烧锅炉：**燃料在炉膛内悬浮燃烧
 - **沸腾燃烧锅炉：**固体燃料颗粒在炉排上呈沸腾状态燃烧（流化床锅炉）
 - **按循环方式分类：**
 - **自然循环锅炉：**（靠炉外冷水下降，炉内冷水壁管中热水自然上升的锅炉）
 - **强制循环锅炉：**（当压力在16.66~17.64MPa时，水、汽重度差变小，需在循环回路中加装循环泵的锅炉）
 - **控制循环锅炉：**
 - **直流锅炉：**（当压力>18.62MPa时，应采用直流锅炉）
 - **复合循环锅炉：**
- **主要生产厂家：**
 - 哈尔滨锅炉厂、上海锅炉厂、东方锅炉厂、武汉锅炉厂、杭州锅炉厂

四种锅炉的示意图



自然循环锅炉

强制循环锅炉

控制循环锅炉

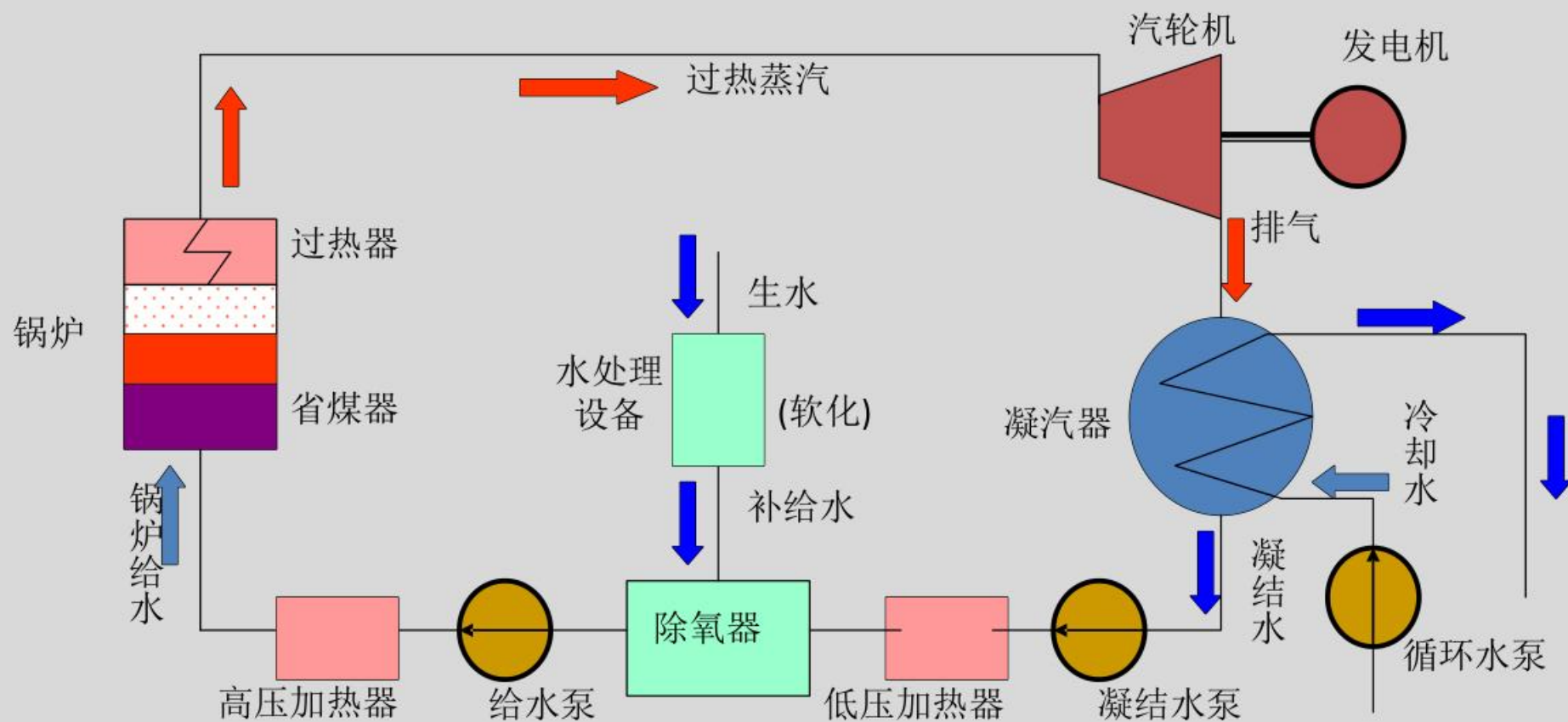
直流锅炉

文档仅供参考，如有不

锅炉现场照片



汽水系统



汽轮机的热力系统

- 定义：汽轮机和锅炉之间的汽水循环系统
- 组成：
 - 凝汽冷却系统：
 - 组成：凝汽器、抽气设备、冷却塔、循环水泵、凝结水泵等
 - 作用：使汽机排汽口形成最佳真空，提高热能转机械能的效率，同时将汽机抛出的乏汽冷却，凝结为水，重新送回锅炉。
 - 回热加热系统：
 - 组成：低压加热器，除氧器，高压加热器，给水泵
 - 作用：利用汽轮机的抽汽，在各级加热器中将水加热到一定温度，在除氧器中除去氧气。
 - 旁路系统：（用于中间再热式汽轮机）
 - 疏水系统：
 - 在各级加热器中凝结成的疏水可采用逐级自流系统或采用疏水泵的疏水系统。
 - 补充水系统：
 - 在锅炉和汽轮机之间的热力系统中，工质损失的补充

汽轮机的调速系统和保护装置

□ 作用：

发电厂发电的电压和频率均有要求，电压可通过变压解决，供电频率则由发电机转速调节。

□ 汽轮机调速系统

- 液压调速系统
- 功率 - 频率电液调速系统（模拟电调系统）
- 数字电液调速系统（DEH）

□ 汽轮机保护装置

- 通过控制高压油系统迅速关闭自动主汽门，切断汽轮机进汽使之停机。
- 超速保护装置（在汽机转速超过额定转速10-20%时，使自动主汽门和调速汽门迅速关闭，使发电机与电网解列）
- 盘车装置
- 低油压保护装置
- 低真空保护装置
- 振动保护装置
- 紧急脱扣装置

□ 汽轮机的油系统

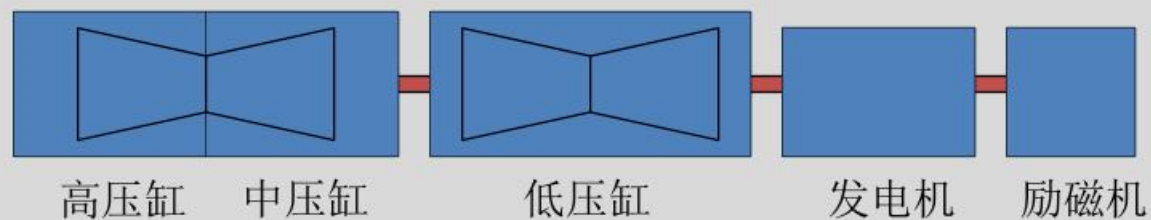
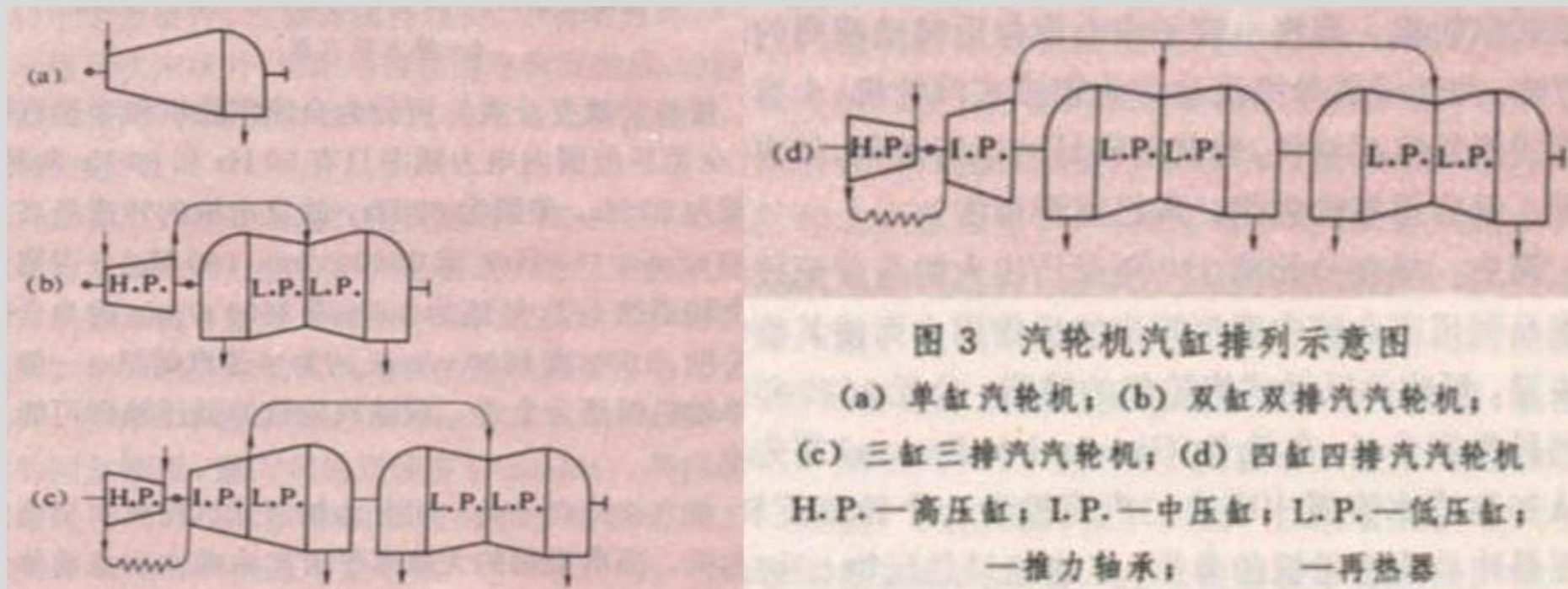
- 向汽轮发电机组提供轴承润滑用油；向调速保护装置提供压力油等。

汽轮机简介

- 汽轮机设备包括：汽机本体，调速保护及油系统，辅助设备，热力系统等
- 汽轮机分类：（几个术语）
 - 按工作原理分类：冲动式，反动式
 - 按热力过程特性分类：
 - 凝汽式汽轮机
 - 背压式汽轮机
 - 中间再热式汽轮机
 - 调整抽汽式汽轮机
 - 按主蒸汽压力分类：
 - 低压汽轮机：主蒸汽压力 $< 1.47 \text{ Mpa}$
 - 中压汽轮机：主蒸汽压力 $1.96 \sim 3.92 \text{ Mpa}$
 - 高压汽轮机：主蒸汽压力 $5.88 \sim 9.8 \text{ Mpa}$
 - 超高压汽轮机：主蒸汽压力 $11.77 \sim 13.93 \text{ Mpa}$
 - 亚临界压力汽轮机：主蒸汽压力 $15.69 \sim 17.65 \text{ Mpa}$
 - 超临界压力汽轮机：主蒸汽压力 $> 22.15 \text{ Mpa}$
 - 按机组轴数可分单轴和双轴汽轮机；按汽缸数目分单缸、双缸和多缸汽轮机；等等

文档仅供参考，如有不当之处，请联系改正。

汽轮机本体



文档仅供参考，如有不当之处，请联系改正。

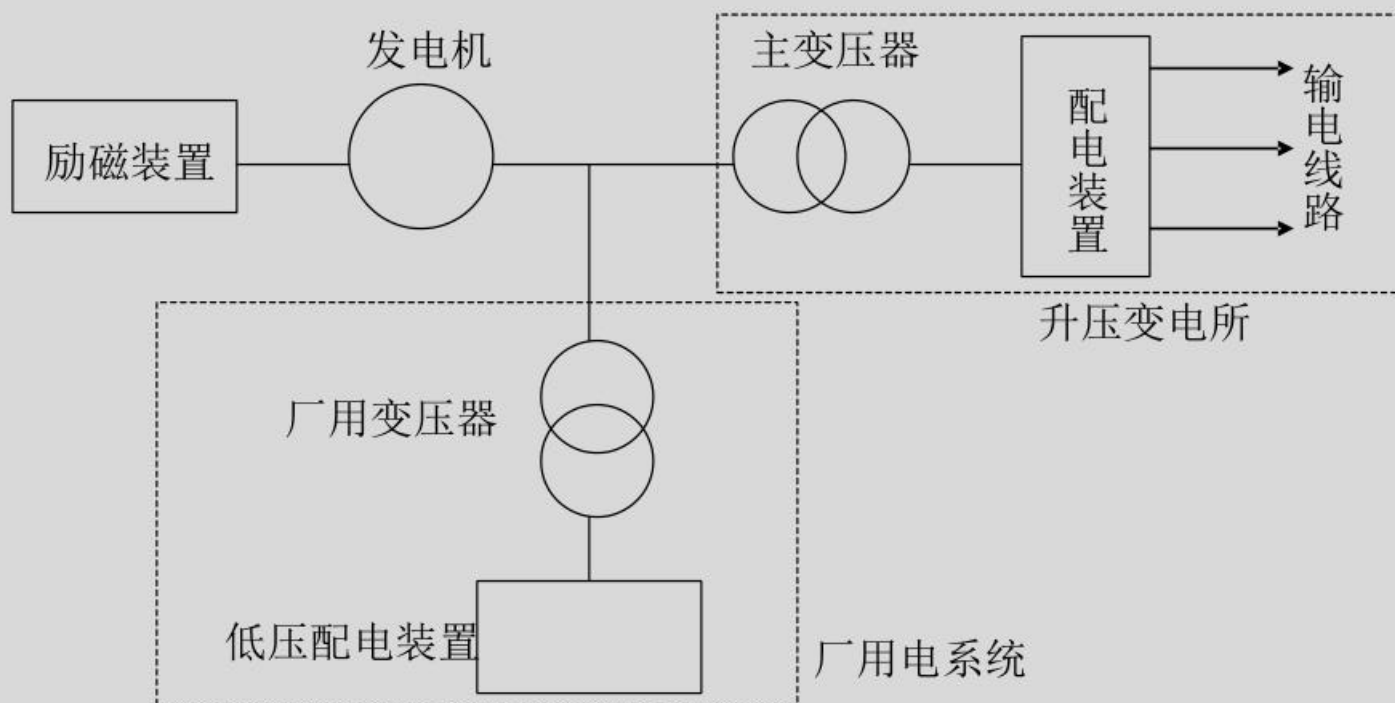
汽轮机现场照片



汽轮机主要生产厂家：哈尔滨汽轮机厂、四川东方汽轮机厂、上海汽轮机有限公司

文档仅供参考，如有不当之处，请联系改正。

电气系统



• 汽轮发电机控制系统:

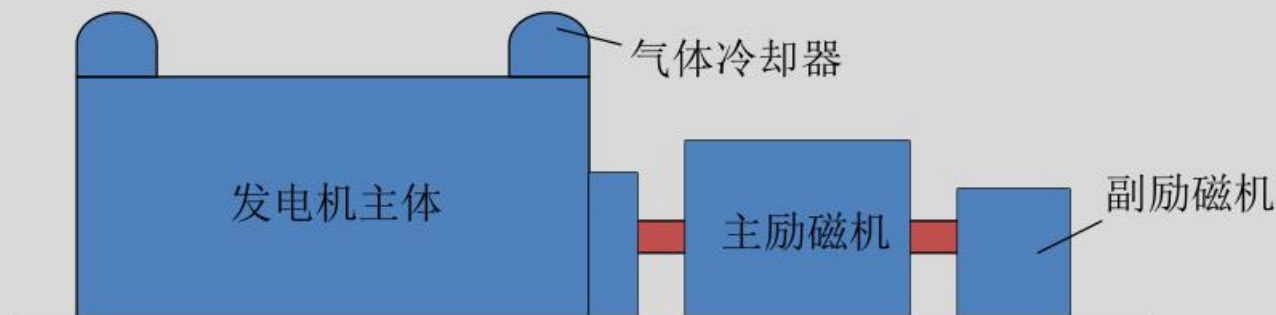
- 运行参数显示: 功率、频率、电压、电流、功率因数等
- 励磁调节: 用于控制发电机电压, 并保持电压基本稳定, 并调无功。
- 运行操作: 并网和解列, 并设有自动准同步装置。
- 安全保护: 接地保护、异常运行保护、后备保护、辅助保护等。

• 厂用电控制系统:

- 设有备用电源和紧急直流电源: 确保厂用电不中断。

发电机组

- **组成：**由发电机、励磁机、副励磁机、辅助设备组成
- **发电机：**
 - 基本组成：定子、转子、油冷却系统
 - 测温元件：监视发电机定子绕组、铁芯、轴承、冷却器等重要部件的温度。
 - 定子：定子绕组
 - 转子：转子绕组、阻尼绕组
 - 冷却方式：
 - 空气冷却：多采用轴向分段多流式通风系统
 - 氢气冷却（外冷）：冷却效果好，风阻和摩擦损耗小于空气。
 - 氢内冷：冷却介质氢直接接触绕组导体，大大提高冷却效果。
 - 水内冷：发电机的定子和转子均采用水内冷的发电机称为：“双水内冷”；或定子绕组水内冷，转子绕组氢内冷，通风系统采用氢气冷却的“水-氢-氢”冷却方式。容量可达1200MW。



励磁系统简介

- **组成：**由励磁功率单元、励磁调节器（AVR）组成。励磁功率单元包括交流电源和整流装置，它向励磁绕组提供直流励磁电流，励磁调节器（AVR）根据发电机发出的电压和电流，自动调节励磁电流，满足系统运行需要。
- **功能：**
 - 根据发电机所带负荷变化，自动调整励磁电流，**维持发电机端电压**在给定额定电压值。
 - 当发电机并列运行时，使各发电机组所带无功功率稳定合理分配。
 - 在电力系统发生短路故障，发电机端电压严重下降时，能对发电机强行励磁，提高电力系统暂态稳定性。
 - 当发电机突然甩负载时，通过强行减磁，防止发电机电压过分升高。
 - 当发电机内部短路跳闸时，能快速灭磁，减小故障损坏程度。
- **励磁方式：**
 - 直流励磁机励磁系统：（100MW以下机组）
 - 交流励磁机静止整流器励磁系统
 - 交流励磁机旋转硅整流器励磁系统
 - 自并励励磁（静止励磁）系统

火电厂公用辅助控制系统

■ 煤系统

- ☐ 输煤系统
- ☐ 含煤废水处理系统
- ☐ 含油污水处理系统
- ☐ 燃油泵房控制系统

■ 水系统

- ☐ 化学补给水系统
- ☐ 凝结水精处理系统
- ☐ 循环水处理系统
- ☐ 汽水取样及加药系统
- ☐ 化学废水与净水处理系统
- ☐ 生活污水和灰水回收处理系统
- ☐ 反渗透（预脱盐）

■ 灰系统

- ☐ 除灰/除渣系统
- ☐ 电除尘系统

■ 脱硫系统（石粉厂）、脱硝（脱氮）

■ 锅炉吹灰系统

■ 锅炉定排系统

■ 氢系统（氢冷机组）

■ ETS

■ FSSS

■ 暖通

■ 空预器

■ 胶球清洗

■ 旋转滤网

■ 斗轮机

■ 卸船机（船运煤）

■ 翻车机（火车运煤）

■ 升压站（电气）

■ 石灰水（处理中水）

■ 启动锅炉

■ 热网

The end.