

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

## 第二章： 电站汽轮机及辅助系统设计 基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 9 月 北京

编写：高学义

校审：彭 方

## 目 录

前 言 .....	1
第一节 水和水蒸汽的热力性质 .....	1
1.温度 .....	1
2.压力 .....	2
3.热, 热量 (功率) .....	2
4.焓 .....	3
5.质量体积 .....	3
6.饱和温度、饱和压力和汽化潜热 .....	4
7.临界状态参数: .....	4
8.状态方程 .....	4
第二节 蒸汽轮机 .....	6
1.术语及说明 .....	6
2.蒸汽轮机原理及分类 .....	8
3.多级汽轮机 .....	15
4.汽轮机热力系统 .....	17
5.汽轮机辅助系统 .....	20
第三节 汽机房工艺设计 .....	21
1.发电厂热力系统 .....	21
2.热力系统主要设备 .....	21
3.发电厂汽水管道设计 .....	23
4.发电厂主厂房布置 .....	23
第四节 热力发电厂热效率 .....	24
1.热力发电厂的热效率 $\eta$ 分析 .....	24
2.凝汽式发电厂的总效率 .....	25
3.发电热效率 $\eta$ 计算 .....	27
第五节 热电联产电厂热力产品 .....	28

1.术语和定义 .....	28
2.热力产品的品质划分 .....	29
3.热力产品生产应遵循的主要原则 .....	29
4.主要热电联产汽轮机组类别， .....	30
5.工程设计各阶段需落实的供热条件和相关文件 .....	30
第六节工程设计各阶段设总需协调事项和汽机及热力系统设计输入和输出 .....	31
1.工程初可阶段 .....	31
2.工程可研阶段 .....	31
3.工程初步设计阶段 .....	32
参考文献 .....	33

## 前 言

本稿件是按我院部署的发电工程设计项目经理（设总）培训课题“专业设计基础知识”编写大纲内容要求编写的。电力设计热机专业汽机部分的设计范围包括：机组选型（容量、参数、凝汽、供热、湿冷、空冷）、热力系统拟定和辅助设备选型、汽机房和除氧间结构选型及各专业设备布置协调汇总，锅炉、汽机及其它系统间连接管道材质选择和安装设计。各工程的建厂条件不同，需对上述内容进行详细描述，必要时提出专题选型报告。

本课题包括：水和水蒸汽的热力性质、蒸汽轮机及辅助系统的技术特点、发电厂汽机房工艺设计、发电厂热效率分析及需设总协调指导的技术问题。

文中涉及国家和行业有关标准、规程、规范，以及院设计质量管理规定的內容，应按相关条款执行。

由于编写者知识有限，错误和含糊之处，再请有关专家解释。

### 第一节 水和水蒸汽的热力性质

水是世界上最丰富且易获得的物质。水具有不可压缩性，借助水泵就可将水提升到需要的压力。把高压水送入锅炉，用煤或其它可燃物质燃烧产生的热能加热水使水转变成水蒸汽。锅炉送出的水蒸汽具有高温高压高载热能的性质，引入汽轮机将热能转变为机械功，带动发电机发电。水和水蒸汽有集态的变化，在汽轮机中作过功的蒸汽，可通过冷却将蒸汽冷凝成水，再送入系统中重复利用。水和水蒸汽的热力性质是热能动力设备的基础知识。

处于平衡状态的热力学系统，其内部特性由温度、压力、质量、质量体积、质量热力学能、质量焓等热力学状态参数来描述，它们分别从不同角度说明热力学系统某一方面的宏观特性。为使用方便，各种物质的热力学性质的数据常以图、表、解析式和计算机程序的方式给出。

#### 1. 温度

温度在宏观上是决定一系统是否可与其他系统处于热平衡的物理量，微观上则是系统内分子平均移动动能的度量。

热学的量和单位

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
热力学温度：	T、 $\theta$	开[尔文](Kelvin)	K

摄氏温度  $t, \theta$  摄氏度 (degree Celsius)  $^{\circ}\text{C}$

热力学温度和摄氏温度的间隔或温差的单位是相同的。

摄氏温度  $t$  与热力学温度  $T$  的关系为:  $t (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273.15$

## 2. 压力

在一个真实的或假想的单位面积上的垂直作用力称为压力或压强  $p$ 。

绝对压力标尺的零点是完全的真空。物理学中把纬度  $45^{\circ}$  的海平面上的常年平均气压规定为标准大气压。标准大气压在气压计上的水银柱高度为 760mm, 它相当于 101325Pa。物理学中还规定: 压力为 1 标准大气压、温度为 273.15K 的状态为物理标准状态。

力学的量和单位

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
压力, 压强	$p$	帕[斯卡] (pascal)	Pa

千克力每平方米  $1\text{kgf}/\text{m}^2 = 9.80665 \text{ Pa}$

标准大气压  $1\text{atm} = 101325 \text{ Pa}$

工程大气压。相当于海拔 200m 处正常大气压。

$1\text{at} = 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 98066.5 \text{ Pa} = 735\text{mm 水银柱} = 10\text{m 水柱}。$

$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$  (N - 牛[顿] newton)

$1\text{bar} = 100\text{kPa}$  (bar - 巴)

## 3. 热, 热量 (功率)

热量指的是由于温差的存在而导致的能量转化过程中所转移的能量。该转化过程称为热交换或热传递。

热的量和单位

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
热, 热量	$Q$	(国际制) 焦[耳] (joule)	J
		(工程制) 卡[洛里] (calorie)	cal
(功率)	$W$	瓦[特] (watt)	W

对于水和水蒸汽的单位换算, 按国际蒸汽表卡  $1\text{cal} = 4.1868 \text{ J}$

对于煤的单位换算, 用  $20^{\circ}\text{C}$  卡  $1\text{cal} = 4.1816 \text{ J}$

对于功率的换算,  $1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$  s 为秒

#### 4. 焓

工质的热力状态参数之一，表示工质所含的全部热能。用符号  $H$  表示，单位为焦耳。焓除以质量称为质量焓，用符号  $h$  表示，单位为焦耳/公斤。公式为：

$$H=U+PV \quad \text{或} \quad h=u+pv$$

式中： $U$  为内能，是指以一定方式储存于热力学系统内部的能量； $P$  为系统压力； $V$  为系统体积。

$H$  等于系统热力学能与系统体积与系统绝对压力的乘积之和。

焓的物理意义是，物质（工质）进、出开口系统时带入或带出的热力学能与推挤功之和，即是随物质一起转移的能量。

注： $PV$  乘积的单位是  $N \cdot m$      $1N \cdot m=1J$      $1J$  是  $1N$  的力在沿着力的方向上移过  $1m$  距离所做的功。

如工程中常用的主蒸汽热焓值： $h$  (kJ/kg)

机组类型	主蒸汽压力 $p$ (MPa)	主蒸汽温度 $t$ (°C)	主蒸汽热焓值 $h$ (kJ/kg)
高压机组	8.82	530	34xx
超高压机组	12.75	535	34xx
亚临界机组	16.67	538	34 xx
超临界机组	24.2	566	
超超临界机组	25.0	600	

再热蒸汽的压力随制造厂家不同各有差异，初步选定的压力和对应的焓值如下：

机组类型 再热蒸汽压力  $p$  (MPa) 再热蒸汽温度  $t$  (°C) 再热蒸汽焓值  $h$  (kJ/kg)

超高压机组	2.5	535	35xx
亚临界机组	3.2	538	35xx
超临界机组	4.0	566	36xx
超超临界机组	4.25	600	36xx

说明低压、高温的再热蒸汽焓值高于主蒸汽，在汽轮机中具有更大的焓降和做功能力。

#### 5. 质量体积

物质所占有的体积  $V$  除以其质量  $m$  称为质量体积，又称为质量容积  $v$

( $\text{m}^3/\text{kg}$ )。质量体积的倒数是体积质量，又称密度  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

## 6. 饱和温度、饱和压力和汽化潜热

水转变为蒸汽的过程称为汽化，其取决于所处的温度和压力。水和水蒸汽处于动平衡的状态称为饱和状态。液面上的蒸汽称为饱和蒸汽，液体（水）称为饱和液体（水）。此时汽液的温度相同，称为饱和温度  $t_s$ ，蒸汽的压力称为饱和压力  $p_s$ 。

把一定压力下的饱和水加热为干饱和蒸汽所需的热量称为汽化潜热。

如：水在饱和压力  $p_s=0.1\text{MPa}$  时的饱和温度  $t_s=99.63^\circ\text{C}$ ，继续加热为干饱和蒸汽所需的热量（汽化潜热）按每  $1\text{kg}$  水计为  $2258.19\text{kJ/kg}$  ( $539.36\text{kcal/kg}$ )。同样， $1\text{kg}$  蒸汽冷凝所放出的热量与同温下汽化潜热相等。

如：汽轮机排汽常用参数  $p_s=5\text{kPa}$  的饱和蒸汽其饱和温度  $t_s=32.90^\circ\text{C}$ ，冷凝所放出的热量为  $2423.43\text{ kJ/kg}$  ( $578.83\text{ kcal/kg}$ )；

再如： $p_s=10\text{kPa}$  的饱和蒸汽其饱和温度  $t_s=45.83^\circ\text{C}$ ，冷凝所放出的热量为  $2392.56\text{ kJ/kg}$  ( $572.16\text{ kcal/kg}$ )。

实际工程设计中，汽轮机排汽（乏汽）的计算汽化潜热约为  $2140\sim 2220\text{ kJ/kg}$ （因为排汽有 10% 左右的湿度，要低于干饱和蒸汽的汽化潜热）

对饱和蒸汽继续定压加热，将使蒸汽温度升高，比容增大，这时的蒸汽称为过热蒸汽，其温度超过饱和温度之值，称为过热度。这一过程相当于蒸汽在锅炉的过热器中定压加热过程。。

## 7. 临界状态参数：

水和水蒸汽两相，随着其压力的升高（温度也升高）而逐渐接近。在某一温度和压力下两条饱和线相交于一点，这个点称为临界点，相应的状态称为临界状态。临界点上的温度、压力、质量体积等分别称为临界温度、临界压力、临界质量体积等，统称为临界参数。液态水达到临界状态时，液相和汽相的差别将不复存在。

液态水的临界温度为  $647.3\text{K}$  ( $374.15^\circ\text{C}$ )、临界压力为  $22.12\text{MPa}$ 、临界质量体积为  $3.170\times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{kg}$

## 8. 状态方程

状态参量之间的关系可用状态方程来描述，它反映了物质固有的热力学特性。热力学系统基本状态参量  $p$ 、 $v$ 、 $T$  之间的关系  $f(p, v, T)=0$ ，就是常见的



热力学状态方程.

液体水的密度通常认为仅与温度有关,压力的影响可以忽略不计。水蒸汽的温度和质量体积决定了蒸汽的压力,蒸汽的压力和质量体积是相互依赖的,其状态方程为: $p v = RT$  ( $R$  为常数)

参考文件

- 1、热学的量和单位      GB 3102.4—93
- 2、力学的量和单位      GB 3102.3—93
- 3、热量单位、符号与换算      GB 2586—81
- 4、热工手册
- 5、工程热力学教材

## 第二节 蒸汽轮机

### 1. 术语及说明

#### 1.1 主蒸汽

汽轮机主汽阀进口处的蒸汽

#### 1.2 再热蒸汽

从汽轮机中抽出引至锅炉再热器加热后的蒸汽

#### 1.3 抽汽

自汽轮机某级后抽出的蒸汽

#### 1.4 回热抽汽

用来加热锅炉给水或热网循环水的抽汽

#### 1.5 调节抽汽 调整抽汽

自汽轮机某级后抽出，并控制在一定压力范围内供给用户（或热网加热器）的蒸汽

#### 1.6 排汽

从汽轮机低压缸排出的蒸汽

#### 1.7 蒸汽参数

确定蒸汽热力状态的参数，通常是（静）压力和温度

#### 1.8 过热度

过热蒸汽的温度和与其压力所对应的饱和温度的差值

#### 1.9 额定蒸汽参数

合同中规定的汽轮机蒸汽参数，通常包括主蒸汽、再热蒸汽、排汽、抽汽参数等

#### 1.10 主蒸汽流量

进入汽轮机主汽阀的蒸汽流量

#### 1.11 额定功率 铭牌功率（TRL）

汽轮机在规定的热力系统和补水率、额定参数及规定的对应于夏季高循环水温度（或空气温度）的排汽压力等终端参数条件下，保证在寿命期内任何时间，在额定功率因数、额定氢压下，发电机出线端能安全、连续地输出的功率

#### 1.12 最大连续功率（TMCR）

汽轮机在年平均水温（气温）对应的排汽压力和补水率为零的条件下，维持

额定功率时的进汽量及额定参数，保证在寿命期内，在额定功率因数、额定氢压下，发电机出线端安全、连续地输出的功率。通常作为保证热耗率和汽耗率的功率。

#### 1.13 机组起动

汽轮机从开始盘车、冲转、暖机、升速、定速、并网带负荷至额定值的全部运行过程

#### 1.14 冷态起动

汽轮机停机超过 72h（某些部件如高压内缸的金属温度已下降至约为其满负荷值的 40%以下）的重新启动。

#### 1.15 温态起动

汽轮机停机在 10h~72h 之间（某些部件如高压内缸的金属温度已下降至约为其满负荷值的 40%~80%之间）的重新启动。

#### 1.16 热态起动

汽轮机停机不到 10h（某些部件如高压内缸的金属温度已下降至约为其满负荷值的 80%以上）的重新启动。

#### 1.17 极热态起动

汽轮机在脱扣后 1h 以内（某些部件如高压内缸的金属温度仍维持或接近满负荷时的温度值）的重新启动。

#### 1.18 高、中压缸联合起动

汽轮机起动时，高、中压缸同时进汽，冲转、升速、带负荷的过程。

#### 1.19 中压缸起动

汽轮机起动时，高压缸不进汽，新蒸汽经一级旁路和再热器进入中压缸，冲转、升速、带负荷，当达到某一转速或负荷后，高压缸再进汽的起动过程。

#### 1.20 定压运行

汽轮机运行时，主蒸汽压力保持基本恒定，用改变调节（汽）阀开度的方式来调节负荷。

#### 1.21 滑压运行

汽轮机运行时，各调节（汽）阀保持在全开位置，用改变主蒸汽压力来调整负荷。

#### 1.22 汽轮机旁路系统

与汽轮机并联的蒸汽减温减压系统。

#### 1.23 整体旁路系统 一级旁路系统

蒸汽旁路整台汽轮机，直接引至凝汽器的汽轮机旁路系统。

#### 1.24 高压旁路系统

蒸汽旁通汽轮机高压缸，直接引入高压缸排汽管道的汽轮机旁路系统。

#### 1.25 低压旁路系统

蒸汽旁通汽轮机中低压缸，直接引入凝汽器的汽轮机旁路系统。

#### 1.26 二级旁路系统

由高压和低压旁路组成的串联旁路系统

#### 1.27 高压旁路容量 整体旁路容量

蒸汽在额定参数下通过高压或整体旁路的最大流量与锅炉最大连续蒸发量或额定蒸发量的比值，以百分比表示。

#### 1.28 低压旁路系统容量

再热蒸汽在额定参数下通过低压旁路（旁路阀全开时）的最大流量与高压旁路容量为 100%时的蒸汽流量的比值，以百分比表示。

#### 1.29 凝汽器 冷凝器

使汽轮机排汽冷却凝结成水，并在其中形成真空的换热器

#### 1.30 湿冷凝汽器

使用冷却水（循环水）吸收凝汽器中蒸汽的热量，并使蒸汽凝结成水的凝汽器

#### 1.31 直接空冷凝汽器

以空气作为冷却介质，使汽轮机排汽直接冷却凝结成水的表面式换热器

#### 1.32 间接空冷系统

采用湿冷凝汽器，冷却水（循环水）采用空气冷却器的冷却系统。

### 2. 蒸汽轮机原理及分类

蒸汽轮机简称汽轮机，是一种将高压高温蒸汽的热能转变为机械功的原动机。

蒸汽轮机是连续回转的没有往复运动部件的动力机械。蒸汽在蒸汽轮机中连续流动。

与往复式原动机相比，蒸汽轮机具有尺寸小、功率大、重量轻、振动小、运

转安全、寿命长等优点,被广泛应用于火力发电厂、冶金、石油、化工企业和舰船中。...

## 2.1 蒸汽轮机的工作原理

### 2.1.1 汽轮机设备的组成和作用

为保证汽轮机安全经济地进行能量转换，除汽轮机本体外，尚需配置若干附属设备。汽轮机及其附属设备通过管道和阀门等附件连成系统，再由各种功能的系统组成一体，称汽轮机设备或汽轮机装置。

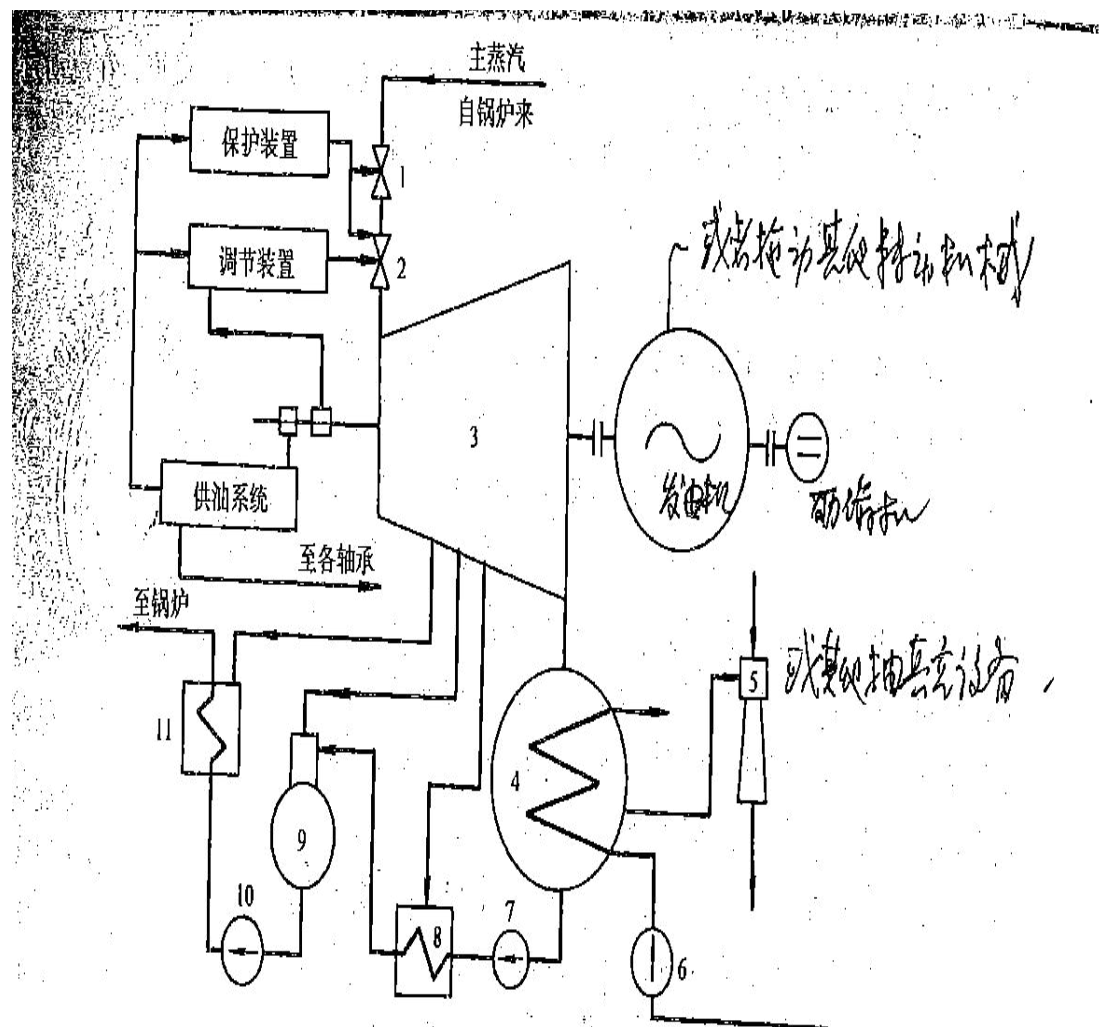


图 3-1 汽轮机设备组合示意图

- 1—主汽门 2—调节阀 3—汽轮机 4—凝汽器 5—抽气器 6—循环水泵  
7—凝结水泵 8—低压加热器 9—除氧器 10—给水泵 11—高压加热器

较高压力和温度的蒸汽经主汽门、调节阀进入汽轮机。由主汽门

图 1 汽轮机设备的组合示意图

具有较高压力和温度的蒸汽经主汽门、调节阀进入汽轮机。由于汽轮机排汽口处的压力低于进汽压力，在这个压力差的作用下蒸汽向排汽口流动，其压力和温度逐渐降低，将一部分热力势能转换为机械能，最后从排汽口排出。汽轮机的排汽仍具有一定的压力和温度，因此仍具有一定的热力势能，这一部分能量没有转换成机械能，称为冷源损失。

#### 2.1.2 汽轮机的基本工作原理

的基本工作单元称为级，由一排静叶片(或喷嘴)和一排动叶片组成。

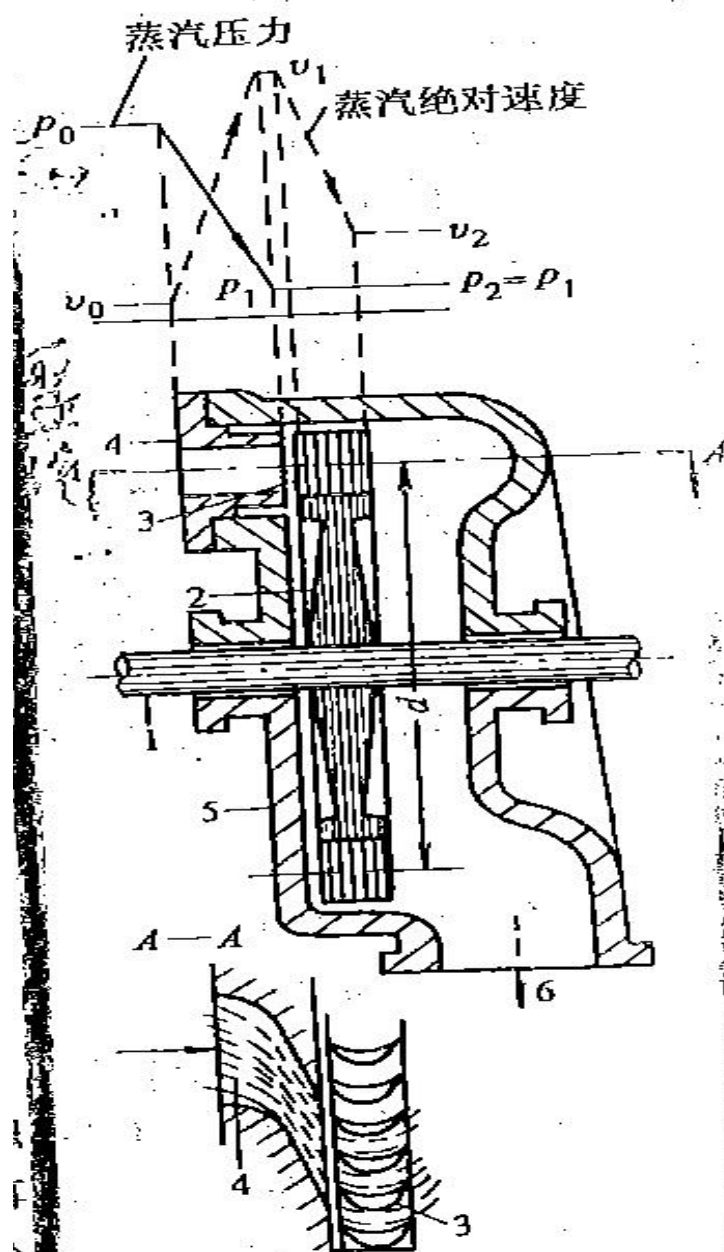


图 3-7 单级冲动式  
汽轮机的断面示意图

1—轴 2—叶轮 3—叶片  
4—喷嘴 5—汽缸 6—排汽管

附图 2

图 2 给出了汽轮机级的示意图（单级冲动式）

蒸汽通过喷嘴(或静叶)时,蒸汽的压力下降而流速加大,汽流在流过动叶片时,由于汽流的拐弯和膨胀,叶片上受到汽流的作用力而使叶轮旋转做功.

大型汽轮机由若干级串联组成,称为多级汽轮机。

## 2.2 蒸汽轮机的分类

### 2.2.1 按工作原理分类

#### 1) 冲动式汽轮机

一级中蒸汽的压降全部在喷嘴或静叶中降落,动叶的受力完全由从喷嘴出来的高温高压汽流在动叶中拐弯(或冲击)造成的,称为冲动式或冲击式汽轮机.(动叶中质量焓降小于 20%)

#### 2), 反动式汽轮机

一级中蒸汽的压降不完全在静叶中降落,在动叶中也有相当的压降,动叶除了受汽流的冲击外,还受到由于汽流加速而产生的反作用力,称为反动式或反击式汽轮机.典型的反动级,静叶中由压降引起的质量焓降和动叶中由压降引起的质量焓降基本相等.

#### 3), 冲动反动混合式汽轮机

在汽轮机中既有冲动级又有反动级组成.

### 2.2.2, 按热力过程分类

#### 1), 凝汽式汽轮机

最终排汽进入凝汽器的汽轮机称为凝汽式汽轮机.

#### 2), 背压式汽轮机

汽轮机最终排汽仍具有一定压力,供工业或供暖使用,称为背压式汽轮机.

#### 3), 调节抽汽式汽轮机

从凝汽式汽轮机中在一种或两种压力下抽出一部分蒸汽用于工业过程或供暖.为了保持抽汽压力稳定不变要在汽轮机上装上调节机构,所以这种汽轮机称为调节抽汽式汽轮机.

#### 4), 调节抽汽背压式汽轮机

从背压式汽轮机中抽出工业过程或供暖用汽的汽轮机

#### 5), 中间再热式汽轮机

把在汽轮机前面若干级已作过功的蒸汽,引至锅炉,在一定压力下再加热到一定温度,然后回到汽轮机中继续膨胀做功,称为中间再热式汽轮机



#### 6), 双压或多压汽轮机

有两股或多股不同压力的蒸汽, 其中压力最高的蒸汽从汽轮机第一级前进入汽轮机, 压力较低的蒸汽进入相应级的前面, 称为双压或多压汽轮机.

#### 2. 2. 3, 按蒸汽参数分类

##### 1), 低压汽轮机

主蒸汽压力在 1. 5MPa 以下的汽轮机

##### 2), 中压汽轮机

主蒸汽压力在 3. 4MPa 左右的汽轮机

##### 3). 次高压汽轮机

主蒸汽压力为 4. 9~5. 9MPa 的汽轮机

##### 4). 高压汽轮机

主蒸汽压力为 8. 8~10. 2MPa 的汽轮机 (常用压力为 8. 89MPa)

##### 5). 超高压汽轮机

主蒸汽压力为 12. 0~14. 0MPa 的汽轮机 (常用压力为 12. 7MPa)

##### 6). 亚临界汽轮机

主蒸汽压力接近于临界压力的汽轮机, (常用压力为 16. 67MPa)

##### 7) 超临界汽轮机

主蒸汽压力高于临界压力的汽轮机 (常用压力为 24. 2MPa 和 25. 0MPa)

##### 8) 超超临界汽轮机

泛指新蒸汽压力高于 22. 16MPa 且主蒸汽和再热蒸汽温度超过 580°C 的汽轮机

#### 2. 2. 4 按蒸汽的流动方向分类

##### 1) 轴流式汽轮机

蒸汽宏观的流动方向是沿着轴向的汽轮机

##### 2) 径流式(或辐流式) 汽轮机

蒸汽宏观的流动方向是沿着径向的汽轮机

#### 2. 2. 5 按用途分类

##### 1) 电站汽轮机

用于在发电厂中驱动发电机发电.

##### 2) 工业汽轮机

用于工业企业自备电站或驱动水泵、风机和透平压缩机

### 3) 舰船汽轮机

用于船舶动力驱动螺旋桨。

## 2.2.6 按汽缸的数分类

### 1) 单缸汽轮机

汽轮机的全部级装在一个汽缸中

### 2) 双缸汽轮机

汽轮机的一部分级装在高压缸中,而其余部分装在低压缸中.

### 3) 多缸汽轮机

三缸或三缸以上的汽轮机.

## 2.2.7 按排汽口的数分类

### 1) 单排汽汽轮机

### 2) 双排汽汽轮机

### 3) 三排汽汽轮机等.

## 2.2.8 按汽轮机的轴数分类

### 1) 单轴汽轮机

汽轮机各汽缸的转子通过联轴器形成一体,称为单轴汽轮机

### 2) 双轴汽轮机

汽轮机各汽缸的转子,一部分通过联轴器联成一体,另一部分联成另一体称为双轴汽轮机. 双轴汽轮机的两根轴,允许采用不同的转速.

## 2.2.9 按汽轮机排汽冷却方式分类

### 1) 湿冷汽轮机

采用水带走排汽凝结时放出热量的汽轮机

### 2) 空冷汽轮机

采用空气带走排汽凝结时放出热量的汽轮机

## 2.3 蒸汽轮机的发展方向

### 1) 提高蒸汽初参数

为了提高热效率,蒸汽初参数已逐步提高到亚临界、超临界和超超临界参数。使整个动力装置(包括锅炉、汽轮机和发电机)的热效率超过了 40%。

### 2) 提高单机功率

为了降低单位功率的造价和提高热效率，单机功率越来越大，我国已建成1000MW 超超临界机组多台。

3) 蒸汽轮机通流部分优化

已发展到全三元流动设计和加工方法，叶片的气动性能优化。

4) 汽轮机的调节控制系统优化

已发展到数字电气液压式（DEH）调节控制系统。

### 3. 多级汽轮机

单级汽轮机更多的是作为理论分析的单元，实际应用的绝大多数是多级汽轮机。

#### 3.1 多级汽轮机的技术特点

3.1.1 提高单机功率，使蒸汽在汽轮机中具有较大的质量焓降和作功能力。

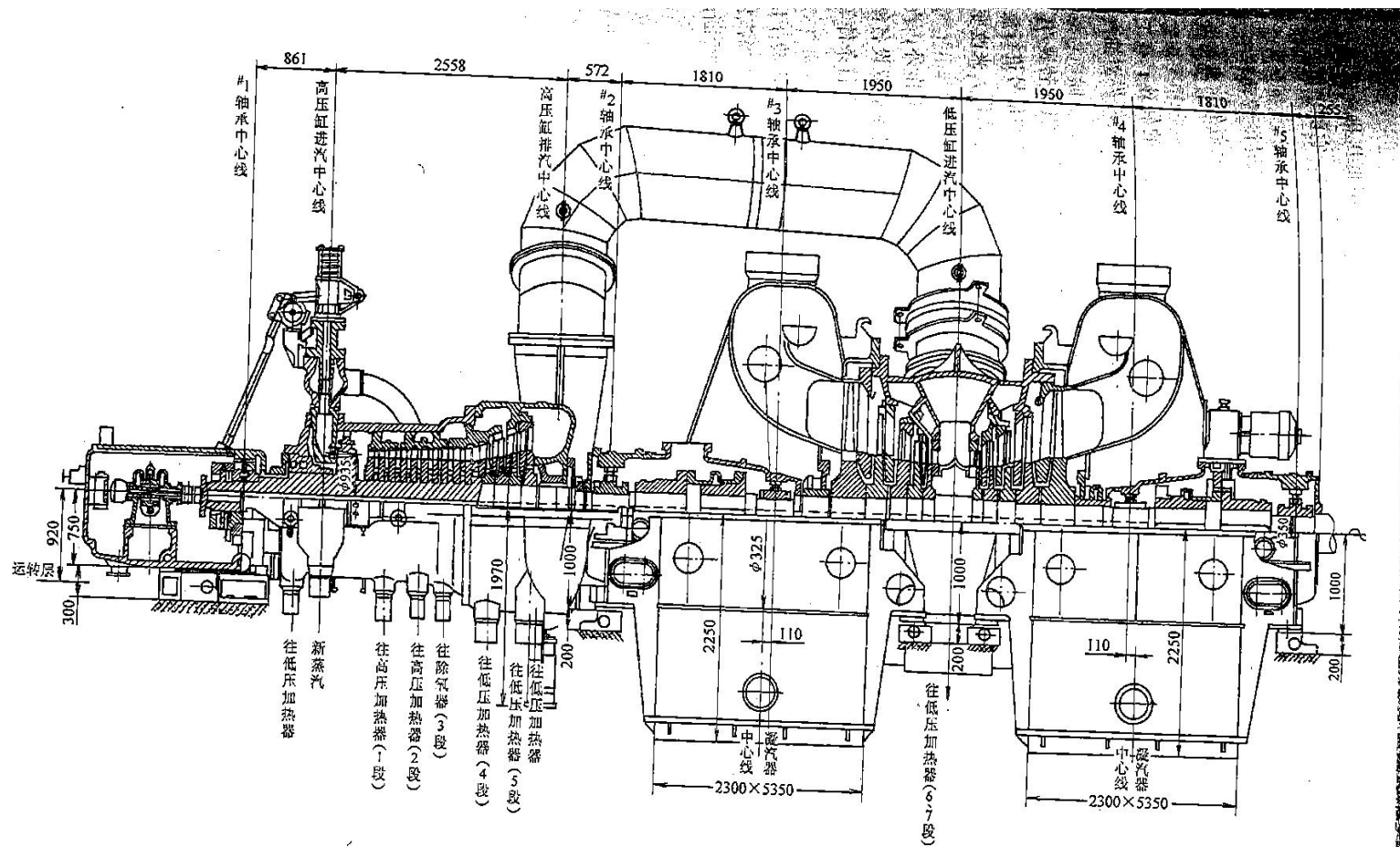
3.1.2 提高循环热效率，使蒸汽初参数可以大大提高，排汽压力可以降得很低，还可采用多级回热系统和中间再热，使机组循环热效率提高。

3.1.3 提高汽轮机的内效率，使每一级都在最佳速度比附近工作，质量焓降较小，余速动能被下一级利用。

#### 3.1.4 降低汽轮机单位功率的投资

所以多级汽轮机具有效率高、功率大、单位功率投资小等优点，在工业上得到广泛应用。

#### 3.2 多级汽轮机的结构



附图3 图3-8 汽轮机总体布置图 典型10万径凝汽机

图3 为汽轮机总体布置图

多级汽轮机的结构复杂，不同汽轮机制造厂也各有其结构特点

### 3.2.1 通流部分

多级汽轮机由若干级组成。从总体上可分为汽缸、转子、轴承座和盘车装置等几部分。

转子由叶轮和主轴组成，各级叶轮沿轴向依次装在轴上。

转子由支持轴承和推力轴承支撑定位，轴承置于轴承座内。

汽缸是汽机的外壳，各级隔板和叶轮都置于汽缸体内，汽缸底部开有若干个抽汽口，从级间抽出部分蒸汽，供内部热力系统和外部用户使用。为了将转子方便地放入汽缸和轴承中，汽缸、隔板套、隔板、轴承体、轴承和轴承座等均沿轴线水平剖分成上、下两部分。高参数大功率汽轮机内蒸汽的焓降很大，级数较多，需采用多缸结构，各转子分别由轴承支撑，用联轴器连成一个整体。

### 3.2.2 轴承

汽轮机的轴承通常采用落地式，放置在基础台板上。有些机组低压排汽端或低压转子的轴承座与排汽室焊成一体

### 3.2.3 盘车装置

每台汽轮机都设置有盘车装置，在启动前或停机后用于缓慢转动转子，防止转子因受热不均匀而产生热弯曲。盘车装置通常固定在低压转子轴承座的上盖处。

### 3.2.4 调节装置

调节装置的任务是：在发电系统中使汽轮发电机组保持稳定的转速；在工艺系统中满足压缩机、水泵等工作机械经常改变转速的需要。

### 3.2.5 保护装置

为确保汽轮机的安全运行，防止设备损坏，汽轮机还需配置各种保护装置，计有：超速保护装置、轴向位移保护装置、低压油保护装置

## 4. 汽轮机热力系统

大型发电用汽轮机多数采用回热系统，对于超高压以上初参数的机组多数采用中间再热系统。

### 4.1 回热系统

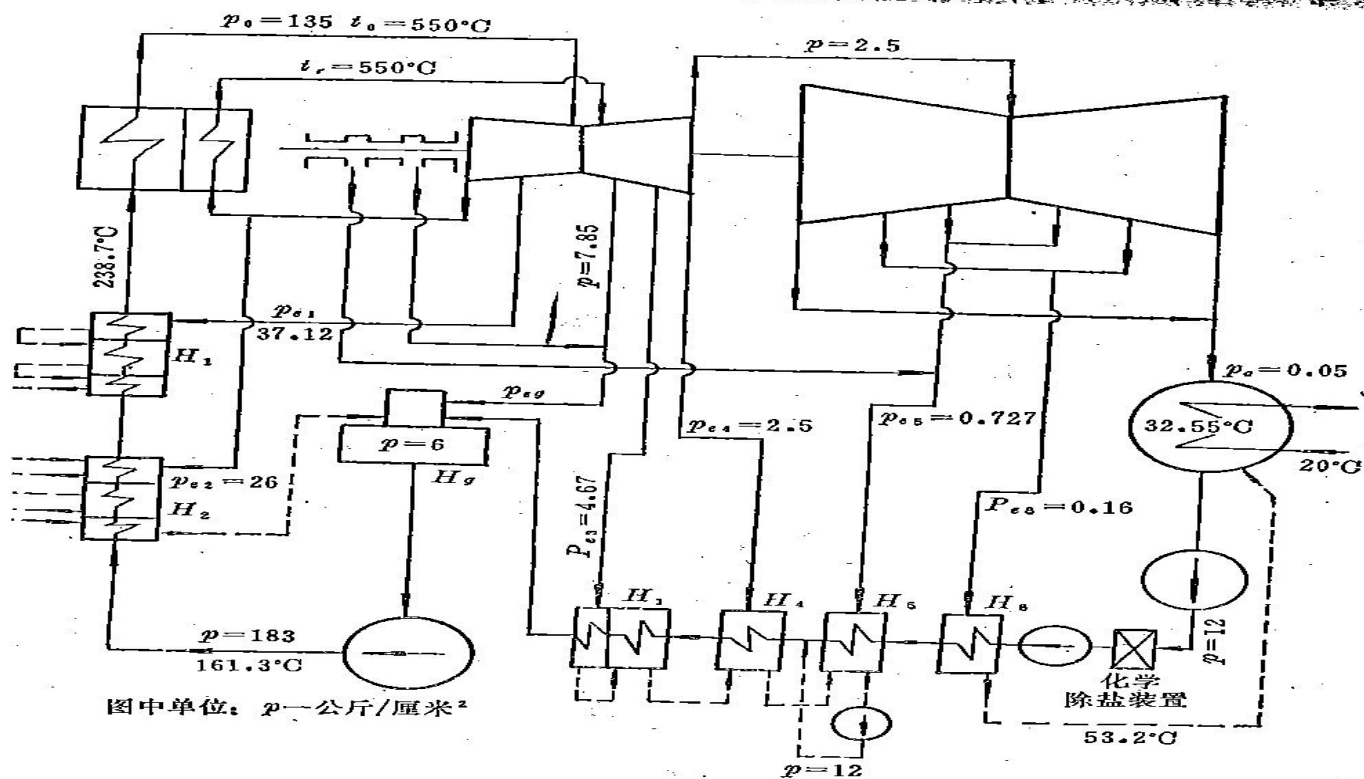


图 4 为 N125 - 135/550/550 型机组回热系统示意图

从汽轮机某两级之间抽出一部分蒸汽用来加热凝结水或给水。这部分蒸汽在汽轮机中已经作了一部分功，而其热量则全部用来加热凝结水或给水而被回收。所以排放到冷源的热量减少，提高了热效率。

#### 4. 2 中间再热

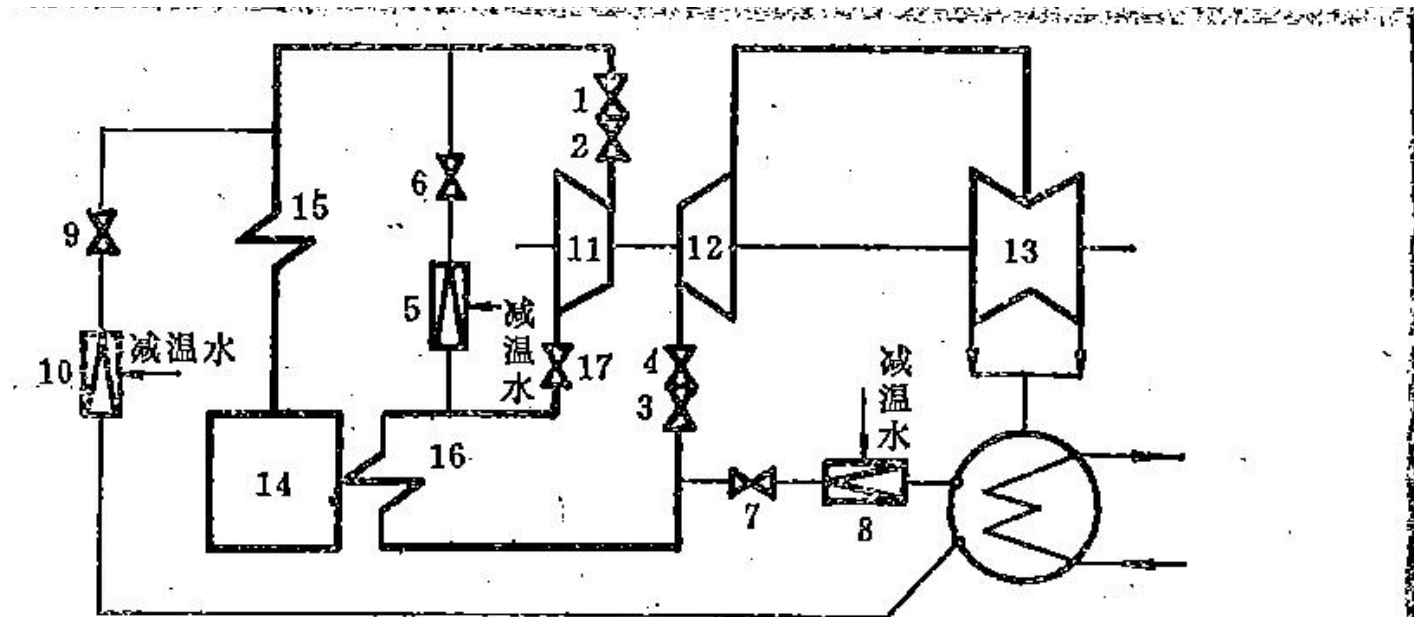


图 5

图 6-80 中间再热汽轮机原则性系统图

1、3—高压及中压主汽门，2、4—高压及中压调节阀，5、8、10—减温减压调节阀，6、7、9—截止阀，11—高压缸，12—中压缸，13—低压缸，14—锅炉，15—过热器，16—再热器，17—逆止阀

图 5 为中间再热汽轮机原则性系统图

把汽轮机高压缸排汽（一般压力在 2.2~4.5MPa，温度在 320~400°C 的蒸汽）再引入锅炉加热（至 540~603°C），使蒸汽温度再度提高、蒸汽热焓提高，机组效率有明显的提高。

## 5. 汽轮机辅助系统

### 5.1 汽轮机的凝汽设备

凝汽设备由凝汽器本体及辅助的抽气器、凝结水泵、循环水泵、及相关系统组成，称为冷端系统。

凝汽设备的任务之一是在汽轮机排汽侧建立并维持高度真空状态，从而增大蒸汽在汽轮机中的做功焓降，减少冷源损失。

凝汽设备的任务之二是回收凝结水。

凝汽器中的不凝结气体可通过抽气器排出，有真空除氧的作用

### 5.2 轴封系统

在转子端部和汽缸之间设有轴封（汽封），用以防止或减弱轴向蒸汽泄漏，兼有防止空气漏入真空部分的作用。汽源引自外部供汽，排汽（气）引入轴封加热器加热凝结水。

### 5.3 油系统

汽轮机的调节和保护都用油驱动，各轴承也需大量的润滑油来进行润滑和冷却。因此，每台机组均需设置供油系统。设有油箱、油泵和冷油器。

#### 参考文件

1. 电站汽轮机技术条件——DL/T 892—2004
2. 电站汽轮机名词术语——DL/T 893—2004
3. 汽轮机原理教材



## 第三节汽机房工艺设计

### 1. 发电厂热力系统

发电厂热力系统是按照蒸汽热力循环完成热功转换的所有设备和系统的组合。

发电厂原则性热力系统主要表明热力循环的特征，主要体现了机炉之间的关系及向外供热的情况。

#### 1.1 发电厂原则性热力系统的拟定

对于凝汽式发电厂的热力系统，由锅炉本体汽水系统、汽轮机本体热力系统机炉之间的连接管道系统和全厂公用汽水系统四部分组成。供热式电厂还包括对外供汽或热水的供热系统。

按有关规定，在工程的可行性研究阶段，需编制发电厂的原则性热力系统。以确定发电厂的形式及规划容量、汽轮机选型、锅炉选型、辅助系统和设备选型规划、计算热经济指标和技术经济指标。为工程的立项和报批、核准明确建厂性质和建厂条件

#### 1.2 发电厂全面性热力系统

在工程已立项、主机设备落实后，在初步设计阶段需编制发电厂的全面性热力系统，确定热力系统组成和辅助系统和设备选型原则，为下阶段的安装设计准备条件。

原则性热力系统只涉及电厂的能量转换及热量利用的过程，而全面性热力系统包括事故处理、备用、检修、运行方式变化等实际装设的全部内容。

一般电厂全面性热力系统主要包括：主蒸汽系统、再热蒸汽及汽机旁路系统、回热抽汽系统、除氧给水系统、主凝结水系统、补水系统、厂内循环冷却水系统、汽机抽真空系统、机组启动蒸汽系统、疏水系统、排汽系统、阀门配件、供热系统等。

### 2. 热力系统主要设备

#### 2.1 给水泵

给水泵的作用是将凝结水提升到汽机进汽所需要的压力。其总流量应满足锅炉 BMCR 工况流量要求，总扬程应在克服汽机高压加热器、锅炉省煤器和蒸汽过热器及相应连接管道的阻力后满足汽机进汽参数要求。大容量机组一般设有小汽机驱动的给水泵，称为汽动泵。

## 2.2 除氧器及储水箱

热力系统的负压运行部分会有空气漏入，氧气会造成锅炉管材的内部腐蚀，所以热力系统必须设有除氧器。除氧器的运行压力对于中小机组一般定压在  $0.6\text{MPa(a)}$ ；对于中间再热机组为随供汽压力变化滑压运行，运行压力在  $0.3\sim 0.8\text{MPa(a)}$ 。除氧器下部设有储水箱，储水量能满足锅炉 BMCR 工况  $7\sim 15$  分钟的用水量，大机组取小值。内置式除氧器其除氧和水箱合为一体。除氧器及储水箱需高位布置，以保证给水泵进水不发生汽化

## 2.3 凝结水泵

凝结水泵的作用是将凝汽器接收的凝结水提升到进入除氧器所需要的压力。其总流量应包括汽机排汽凝结水、加热器疏水等全部水量，总扬程应在克服汽机凝汽器真空，低压加热器、疏水器及相应连接管道的阻力和除氧器运行压力所需要的压力。

## 2.4 疏水泵

疏水泵的作用是将低压加热器疏水或热网加热器疏水回送至主凝结水系统中（超临界机组热网加热器疏水经冷却后排入凝汽器）

## 2.5 抽真空泵

为了维持凝汽器的真空状态，设有抽真空泵。目前常用的是水环真空泵，中小机组也用水抽气器或汽抽气器。

## 2.6 高压加热器

设在给水泵出口至锅炉省煤器之间的凝结水管路中，利用汽机抽汽加热凝结水。

## 2.7 低压加热器

设在凝结水泵出口至除氧器之间的凝结水管路中，利用汽机抽汽加热凝结水。

## 2.8 热网加热器

对于采暖供热电厂，设热网加热器，利用汽机抽汽加热热网循环水，高温热水送至用户或二级换热站

## 2.9 疏水扩容器及水箱

机组启动和运行过程中，管路的疏水收集至疏水扩容器及水箱中，用水泵回送至系统中。

### 3. 发电厂汽水管道设计

汽水管道设计应根据热力系统和布置条件进行，做到选材正确、布置合理、补偿良好、疏水畅通、流阻较小、造价低廉、支吊合理、安装维护方便、扩建灵活、整齐美观，并应避免水击、共振，降低噪声。

按有关规定管道应进行工质流动阻力计算，一定压力和温度的管道应进行热应力计算。

管道支吊架设置和选型应根据管道系统的总体布置综合分析确定。支吊系统应合理承受管道的动载荷、静载荷和偶然载荷；合理约束管道位移；保证在各种工况下，管道应力均在合理范围内；满足管道所连设备对接口推力（力矩）的限制要求；增加管道系统的稳定性，防止管道振动。

### 4. 发电厂主厂房布置

发电厂主厂房布置经规划院组织的优化，已有较为定型、成熟的模式。在建厂条件允许的情况下，宜优先选用，以减少设计工作量和保证设计质量。

主厂房包括汽机房、除氧间、煤仓间、厂用配电间、主控室、锅炉间。对厂区总体占地而言，还包括锅炉尾部除尘器及电气间、引风机间和脱硫设备等，均属于热机专业设计范围。

主厂房布置的原则是：运行安全可靠、工艺流程简捷顺畅、安装检修方便、各专业协调一致、预留扩建条件并符合当地建厂条件要求。

参考文献

电力行业有关设计标准、规程、规定。

公用设备专业注册工程师教材

## 第四节 火力发电厂热效率

### 1. 火力发电厂的热效率 $\eta$ 分析

#### 1.1 热能转换过程中的能量损失（效率）

火力发电厂的生产过程实际上是一系列能量转换过程，热能是不可能百分之百地转换成机械功的。通常用各种指标（效率）来评价整个能量转换过程中不同阶段的完成程度。

##### 1.1.1. 锅炉热效率 $\eta_b$

按燃煤低位发热量计，电站燃煤蒸汽锅炉一般只有 90%~94% 的热能可转换成输出蒸汽所携带的热能（称为锅炉热效率  $\eta_b$ ）。即锅炉的热损失为  $100\% - \eta_b = 6\% \sim 10\%$ 。其与燃用煤种和炉型及容量有关，一般大型燃煤锅炉热效率  $\eta_b$  可以达到 94%；大型燃无烟煤或贫煤锅炉热效率  $\eta_b$  可以在 90%~92.5% 之间；燃劣质煤的循环流化床锅炉热效率  $\eta_b$  在 90%~91.5% 之间；中、小锅炉热效率劣低。

##### 1.1.2 管道输送效率 $\eta_p$

指蒸汽管道输送过程中的热损失，管道输送效率  $\eta_p$  一般取 99%。

##### 1.1.3 汽轮机热效率 $\eta_t$

在汽轮发电机组中，效率通常分为相对效率和绝对效率两大类：以全机理想质量焓降  $H$  为基准来衡量设备完善程度的效率称为相对效率；以整个循环中加给 1kg 蒸汽的热量为基准来衡量热能有效利用程度的，称为绝对效率。

▲ 相对内效率  $\eta_n$  是指 1kg 蒸汽在该工作单元中所转换成的有效功  $W$  与所消耗的理想能量  $H$  之比：

$$\eta_n = W/H$$

式中  $\eta_n$ ——相对内效率

$W$  蒸汽所转换成的有效功 (kJ)

$H$  所消耗的理想焓降 (kJ)

相对内效率侧重评判的是设备的设计和制造水平，一般可达到  $\eta_n = 88\% \sim 93\%$

▲ 绝对内效率  $\eta_i$  是指在汽轮机装置的整个循环中，为了使 1kg 蒸汽具有做功所具有的焓降，需要加给 1kg 汽的热量远比起其做功的焓降大的多，这主要

是因为整个热力循环中存在着很大的冷源损失，即被燃料加热的蒸汽，它的很大一部分热量在凝汽器中被循环水带出热力循环之外而未被利用

如 1kg 蒸汽在该工作单元中所转换成的有效功为  $W$  而所消耗的热量为  $R$ ，则绝对内效率  $\eta_j$  可表示为：

$$\eta_j = W/R$$

式中  $\eta_j$  绝对内效率

$W$  蒸汽所转换成的有效功 (kJ)

$R$  所消耗的热量 (kJ)

绝对内效率侧重评判的是燃料热量的有效利用程度，其与冷源的热量利用有关，在实际工程中应用并不多，应用较多的是机组的热耗率。绝对内效率和热耗率的物理含义是一样的，只是前者用效率形式表示，后者是用热量形式表示

#### ▲热耗率 $q$

每生产  $1\text{kW} \cdot \text{h}$  电能所消耗的热量称为热耗率，以  $q$  来表示

$$q = d(h_0 - h_{c'})$$

式中：  $q$  热耗率 [ $\text{kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ];

$d$  汽轮机组的汽耗率 [ $\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ];

$h_0$  进入汽轮机的新蒸汽质量焓 ( $\text{kJ}/\text{kg}$ )

$h_{c'}$  离开汽轮机的主给水质量焓 ( $\text{kJ}/\text{kg}$ )

#### ▲汽耗率 $d$

每生产  $1\text{kW} \cdot \text{h}$  电能所消耗的蒸汽量称为汽耗率，以  $d$  来表示

$$d = D/W$$

式中：  $d$  汽轮机组的汽耗率 [ $\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ];

$D$  汽轮机进汽量 ( $\text{kg}/\text{h}$ );

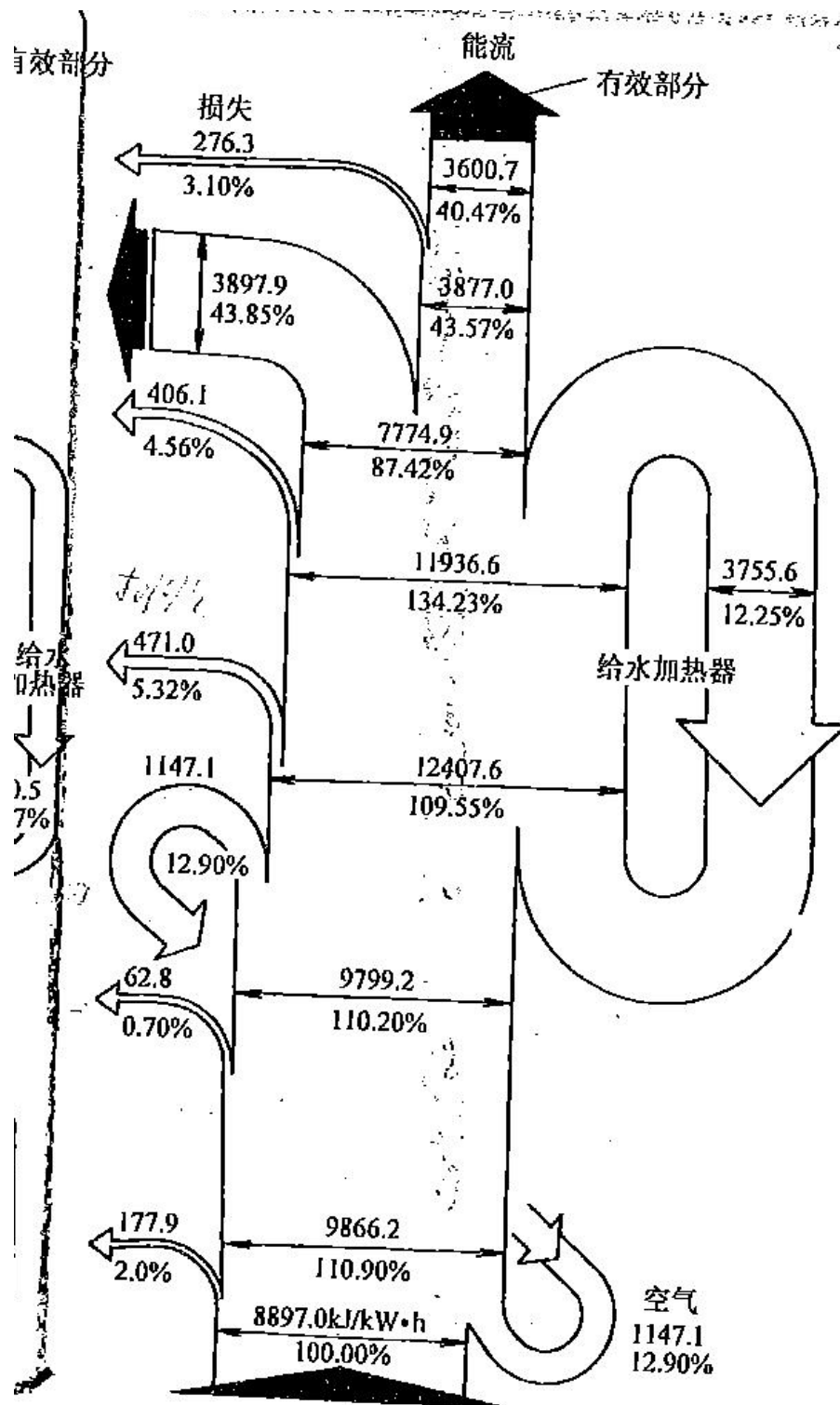
$W$  汽轮机发出的功率 ( $\text{kW}$ )。

#### 1.1.4 发电机效率 $\eta_g$

氢冷汽轮发电机效率  $\eta_g$  一般在 98.6%~98.8%之间

#### 2. 凝汽式发电厂的总效率

凝汽式发电厂的总效率可用发电厂的能流图来表示：



机装置的能流和能流图

附图6

图6为汽轮机装置的能流图（大型亚临界凝汽式机组）

对于超临界和超超临界机组发电热效率  $\eta$  可达到 42%~43.5%。

对于抽汽供热机组，因抽汽的汽化潜热已被利用，其冷端的热损失总量可大大减少。电厂供热期的热效率可达到 50%~58%。

### 3. 发电热效率 $\eta$ 计算

发电厂热效率  $\eta$  是：输出功率与单位时间内向热力循环输入的热量之比。

对于凝汽式发电厂

$$\eta = \frac{\text{发电量} \times 3600 \text{ kJ/kW} \cdot \text{h}}{\text{燃料总消耗量} \times \text{燃料单位低位发热量}} \times 100\%$$

对于热电联产发电厂：

$$\eta = \frac{\text{供热量} + \text{发电量} \times 3600 \text{ kJ/kW} \cdot \text{h}}{\text{燃料总消耗量} \times \text{燃料单位低位发热量}} \times 100\%$$

热电联产的热电比：

$$\text{热电比} = \frac{\text{供热量}}{\text{发电量} \times 3600 \text{ kJ/kW} \cdot \text{h}} \times 100\%$$

## 第五节 热电联产电厂热力产品

热电联产是指由供热式汽轮机既发电又供热的连续生产方式。热电联产具有热能利用率高、热产品质量高、供热可靠性高的特点。通过管网集中供热，可以为用户提供稳定、可靠的高品质热能，节约燃料的同时也减少了分散小锅炉所占用的土地、维护和更换设备的劳力和资金；热电联产还可以减轻城市污染，改善人民生活环境和提高生活质量。因此其经济效益和社会效益非常显著。

为了明确热电联产电厂外供热力产品的质量要求，使热力产品有一个行之有效的质量指标，根据原国家经贸委要求，制定了“热电联产电厂热力产品“

DL/T891—2004。

由于热电联产形式多样，热力网与热力用户情况更为复杂，一般以热电联产电厂出口计量点（被供需双方认可的热力产品交接点）的热力产品品质为对象进行工程设计。

### 1. 术语和定义

#### 1.1 热电联产电厂

生产电力和热力产品（蒸汽、热水）的电厂称为热电联产电厂，其具有以下三个特征：

▲热电联产电厂所生产的电力、热力产品在同一生产过程中同时完成；

▲热电联产电厂的产品除电力以外还应包括蒸汽、热水中至少一种热力产品；

▲热电联产电厂生产的热力产品主要用于外供出售。

#### 1.2 热力产品

指由热电联产电厂生产的并向用户出售的蒸汽、热水。

#### 1.3 供热量

指由热电联产电厂每小时对外供出的热量

#### 1.4 热力产品的主要品质

##### 1.4.1 蒸汽的品质（指标）

包括蒸汽压力和温度（焓值）、流量。

##### 1.4.2 热水的品质（指标）

包括热水供水压力、供水温度、供水流量。

##### 1.4.3 热力产品的化学指标



蒸汽的钠、二氧化硅、电导率，热水的溶氧、总硬度、悬浮物、PH 值。

## 2. 热力产品的品质划分

### 2.1 蒸汽品质

#### 2.1.1 按供蒸汽参数划分

▲高压蒸汽（高能蒸汽）：供汽压力 $>3.0\text{MPa}$ ，供汽温度 $>300^{\circ}\text{C}$ 。（蒸汽焓值 $\geq 2994.20\text{kJ/kg}$ ）

▲中压蒸汽（工业蒸汽）：供汽压力为  $0.78\text{MPa} \sim 3.0\text{MPa}$ ，供汽温度为  $240^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。（蒸汽焓值为  $2926.60\text{ kJ/kg} \sim 2994.20\text{kJ/kg}$ ）

▲低压蒸汽（一般蒸汽）：供汽压力 $<0.78\text{MPa}$ ，供汽温度 $<240^{\circ}\text{C}$ 。（蒸汽焓值 $<2926.20\text{kJ/kg}$ ）

#### 2.1.2 按供汽的波动率与间断划分

▲高质量蒸汽：其压力、温度、流量的日波动率 $\leq 25\%$ 的供汽日占全年总供汽日的 75%以上，全年供汽间断次数 $\leq 3$  次。

▲普通蒸汽：其压力、温度、流量的日波动率 $\leq 50\%$ 的供汽日占全年总供汽日的 50%以上，全年供汽间断次数 4~10 次。

### 2.2 热水品质

#### 2.2.1 按供水参数划分

▲高压热水：供水压力 $\geq 0.8\text{MPa}$ ；普通热水：供水压力 $<0.8\text{MPa}$ ；

▲高温热水：供水温度 $\geq 110^{\circ}\text{C}$ ；普通热水：供水温度 $<110^{\circ}\text{C}$

#### 2.2.2 按热水的波动率与间断划分

▲高质量热水：供热量日波动率 $\leq 25\%$ 的供热日占全年总供热日的 90%以上。

▲普通热水：供热量日波动率 $\leq 50\%$ 的供热日占全年总供热日的 70%以上。

## 3. 热力产品生产应遵循的主要原则

3.1 热电联产电厂在供热期内应首先保证供汽、供热水的连续性。

3.2 承担供热负荷的设备应连续运行，供热设备的运行切换应不影响供热的连续性，供热设备的检修应避开采暖供热期。

3.3 供热机组所带电负荷必须满足所带热负荷的需求，电负荷的调整不应影响热负荷，供热机组在采暖供热期内应不参与电网的深度调峰。

3.4 对热力产品品质等级要求高的特殊热用户，热电联产电厂应安排备用容量；对重点用户应有两路以上热源。

3.5 热力产品的生产和供应企业均有义务维护热力生产的安全稳定；在外供蒸汽压力、热网回水压力、流量等指标出现异常变动时，生产和供应企业应积极配合并及时采取有效措施，避免发生危及人身和设备安全的事故。

#### 4. 主要热电联产汽轮机组类别，

##### 4.1 背压式汽轮机

背压式供热机组是纯粹的热电联合生产机组，其热能的利用率最高。它结构简单，不需凝汽器，投资省。单机容量多为 3MW~5MW。

##### 4.2 抽汽凝汽式汽轮机

有采暖抽汽和工业抽汽以及两者兼有之分，机组容量和参数不受限制。

##### 4.3 燃气—蒸汽联合循环供热机组

燃气轮机的排烟加热余热锅炉，产生的蒸汽带动汽轮机发电，汽轮机抽汽实现供热。

##### 4.4 低真空循环水供热机组

人为降低凝汽式汽轮机的真空，提高循环水出口温度，实现对城市居民采暖供热的机组

#### 5. 工程设计各阶段需落实的供热条件和相关文件

##### 5.1 工程初可阶段

城市发展规划或企业建设规划

供热专项规划

热电联产规划

热负荷：包括现状热负荷、近远期供热规划，供热范围，供热参数，供热协议。

供热半径：热水管网一般为 20km 左右，蒸汽管网一般不超过 8km。

机组选型：根据供热条件推荐适宜的机组型式。

##### 5.2 工程可研阶段

经规定级别的人民政府审批的供热规划。

省发改委对热电联产专项规划的审批意见

由热力公司与建设单位签订的供热协议

对配套热网工程的可行性研究报告的审批意见

依据文件：热电联产电厂热力产品

DL/T891-2004。

## 第六节 工程设计各阶段设总需协调事项和汽机及热力系统设计输入和输出

### 1. 工程初可阶段

工程初可研究是新建、扩建或改建工程项目建设中的一个重要环节，经审查后的初可研报告是编制近期电力发展规划、热电联产规划、煤矸石发电利用规划以及确定投资方和编制项目可行性研究报告的基础。编制初可研报告时，设计单位必须全面、准确、充分地掌握设计的原始资料和基础数据。项目单位应与有关部门签订相应的协议或承诺文件。新建工程应对多个厂址方案进行技术和经济比较，择优推荐出两个或以上可能建厂的厂址方案作为开展可行性研究的厂址方案。

全面执行电力行业标准“火力发电厂初步可行性研究报告内容深度规定”DL/T5374—2008 的要求。

需落实建设单位的装机要求，装设容量、参数，水源条件（空冷、湿冷），供热负荷（工业、采暖），必要时进行可行的装机方案比选，提出推荐的建设模式。根据装机方案提出主厂房大体轮廓尺寸，可能的供热负荷。

按院质量管理体系文件要求进行必要的设计配合。

### 2. 工程可研阶段

可行性研究是基本建设程序中为项目决策提供科学依据的一个重要阶段。可研报告是编写项目申请报告的基础，是项目单位投资决策的参考依据。发电工程可行性研究报告，是工程立项、报批、核准的依据，必须对建厂条件进行详细的比选、论述，提出可行的建设方案，给出工程建设可行性的结论性意见。包括：厂地条件、煤源煤质、水源水质、交通运输、电力送出、储灰场及综合利用、脱硫和脱硝剂供应、污染物排放及环境保护、劳动安全及工业卫生、节省能源和原材料等项。必须全面、准确、充分地掌握设计的原始资料和基础数据。项目单位应按要求取得有关主管部门的承诺文件，并与有关部门签订相关协议，使建厂条件落到实处。贯彻建设资源节约型、环境友好型电站的国策。

根据国家发改委[2010]6 号令“固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法”的要求，建设项目需编制“节能评估报告”“单行本，与项目申请报告同时

报出、同时审批。

根据初可审查和建设单位意见提出机组选型，必要时进行可行的装机方案论证（容量、参数、空冷、湿冷）。对于供热机组，需根据经有关主管部门批准的地区发展规划、供热专项规划、热电联产专项规划进行供热能力的论证。在供热管网可研设计完成后需核实热网循环水泵扬程和蒸汽管网阻力。（按国家发改委 发改能源[2007]141 号文 “以热水为供热介质的热电联产项目覆盖的供热半径一般按 20 km 考虑。在 10 km 范围内不重复规划建设此类热电项目。以蒸汽为供热介质的一般按 8km 考虑，在 8km 范围内不重复规划建设此类热电项目”。

可研设计和审查意见已明了机组选型和主机技术条件，为三大主机招标创造了条件。

全面执行电力行业标准“火力发电厂可行性研究报告内容深度规定”DL/T5375—2008 的要求。

按院质量管理体系文件要求进行必要的设计配合。

### 3. 工程初步设计阶段

工程的初步设计，原则上应在项目已核准、三大主机已落实的前题下开展。政府主管部门对项目批准或核准的文件以及审定的可行性研究报告是初步设计文件编制的主要依据。电力设计院是电厂的总体设计院，对电厂工程建设项目的合理性和整体性以及各设计单位之间的配合协调负有全责。

初步设计文件应确定电厂主要工艺系统的功能、控制方式、布置方案以及主要经济和性能指标，并作为施工图设计的依据。满足主要辅助设备采购的要求和业主进行施工准备的要求。

对于重大设计原则应进行多方案的优化比选，提出专题报告和推荐方案供审批确定。工程中应积极采用成熟的新技术、新工艺和新方法，详细论述其优越性、经济性和可行性。

对于汽机及热力系统，需说明三大主机型号、主要技术规范及匹配条件，主要技术指标，热力系统设计和辅助设备选择（包括厂区热网系统），为下阶段辅机招标创造条件。在设总组织下完成主厂房布置和协调，作为厂区总平面布置的依据。

对于向外供热电厂，需核实供热管网压降，调整供热设备运行参数，核实

供热运行经济指标。

明确设计尚存在的问题并提出要求和建议。

总之：电力工程设计分阶段的内容深度规定，是同选厂及性质、建厂外部条件落实、电厂内部设计的渐近过程是一致的。不同设计阶段有不同的重点内容要求，不是越细越深越好，也不必超前提出尚未确定的内容，以精化设计要点、减少工作量。如在可研设计中使用初步设计甚至施工设计的说明及系统，显得过于繁赘，也不严谨，应予以必免。

## 参考文献

### 1. 电力行业标准

火力发电厂初步可行性研究报告内容深度规定 DL/T 5374  
—2008

火力发电厂可行性研究报告内容深度规定 DL/T 5375  
—2008

火力发电厂初步设计文件内容深度规定 DL/T 5427  
—2009

2. 院质量管理体系文件“电力勘测设计专业间联系配合规定” Q/HB 2—N8  
—2010