

# 太古长输水网集中供热项目现场交流研讨会



余宏才

东方电气集团东方汽轮机有限公司电站服务事业部副总经理，高级工程师。长期从事大型电站汽轮机的产品设计、技术服务工作。先后参与135MW、200MW、300MW、600MW等级亚临界/超临界/超超临界汽轮机以及1000MW超超临界汽轮机的设计开发和技术服务工作，取得多项科技成果，为公司发展做出了贡献。

## 东方汽轮机有限公司高背压供热改造技术—— 空冷机组单转子供热改造

主办单位：中国电力科技网 协办单位：山西兴能发电有限责任公司 中能建山西省电力勘测设计院有限公司  
2017年3月30-31日 中国·太原 太原市热力公司 山西工业设备安装集团公司 国电科学技术研究院

绿色动力 造福人类

# 空冷机组单转子供热改造技术



东方汽轮机有限公司 2017.3.30 太原

# 目 录

1 技术背景

2 设计原理

3 难点、特点

4 实施效果

5 东汽高背压供热业绩

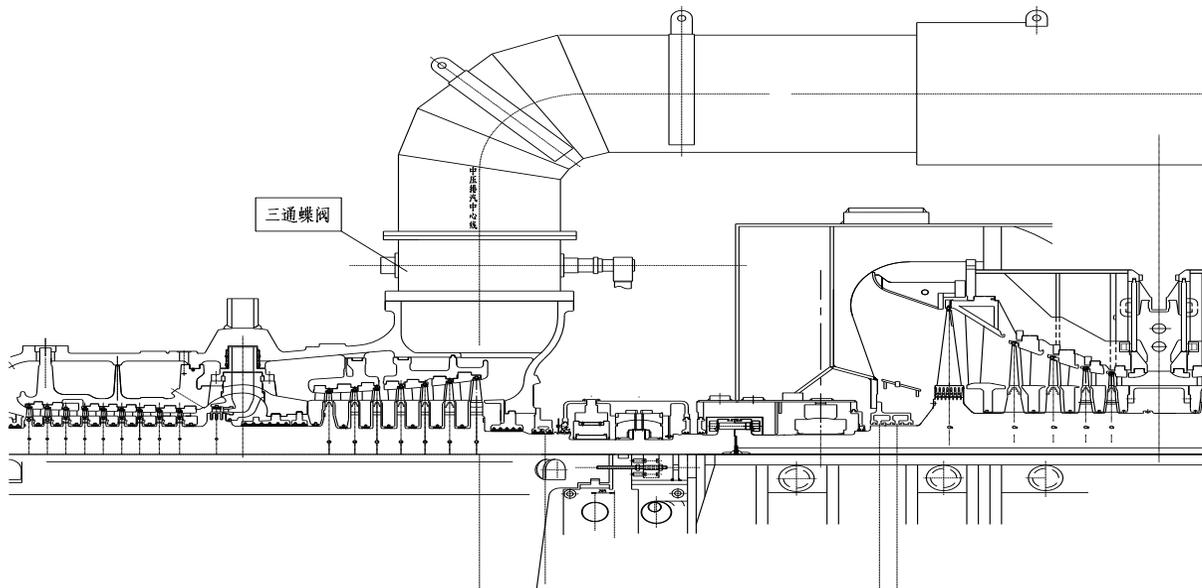
# 1

## 技术背景

# 1. 技术背景

热电联产是减少机组排放，提高电厂经济效益的有效手段。我国北方的汽轮机组大多在冬季承担着集中供热的任务。汽轮机采暖供热采用的方式是多种多样。

# 1. 技术背景



三通蝶阀抽汽图示



供热参数  
200°C以上，  
0.5—0.8MPa



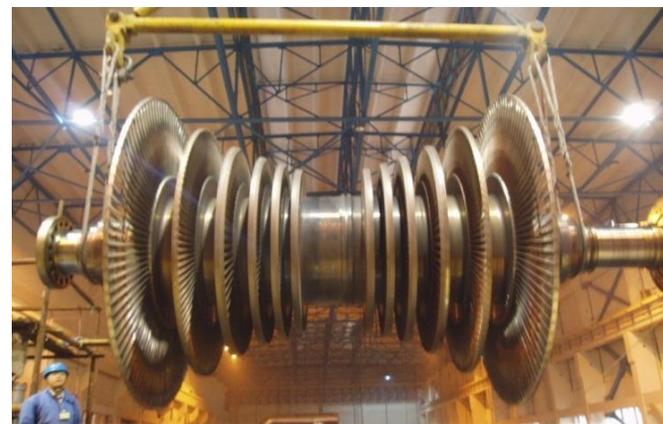
高于供热需  
求70~130°C

——造成低压缸发电量减少，能源浪费

# 1. 技术背景



采暖期



非采暖期



每年揭缸2次



工期~30天×2次/年

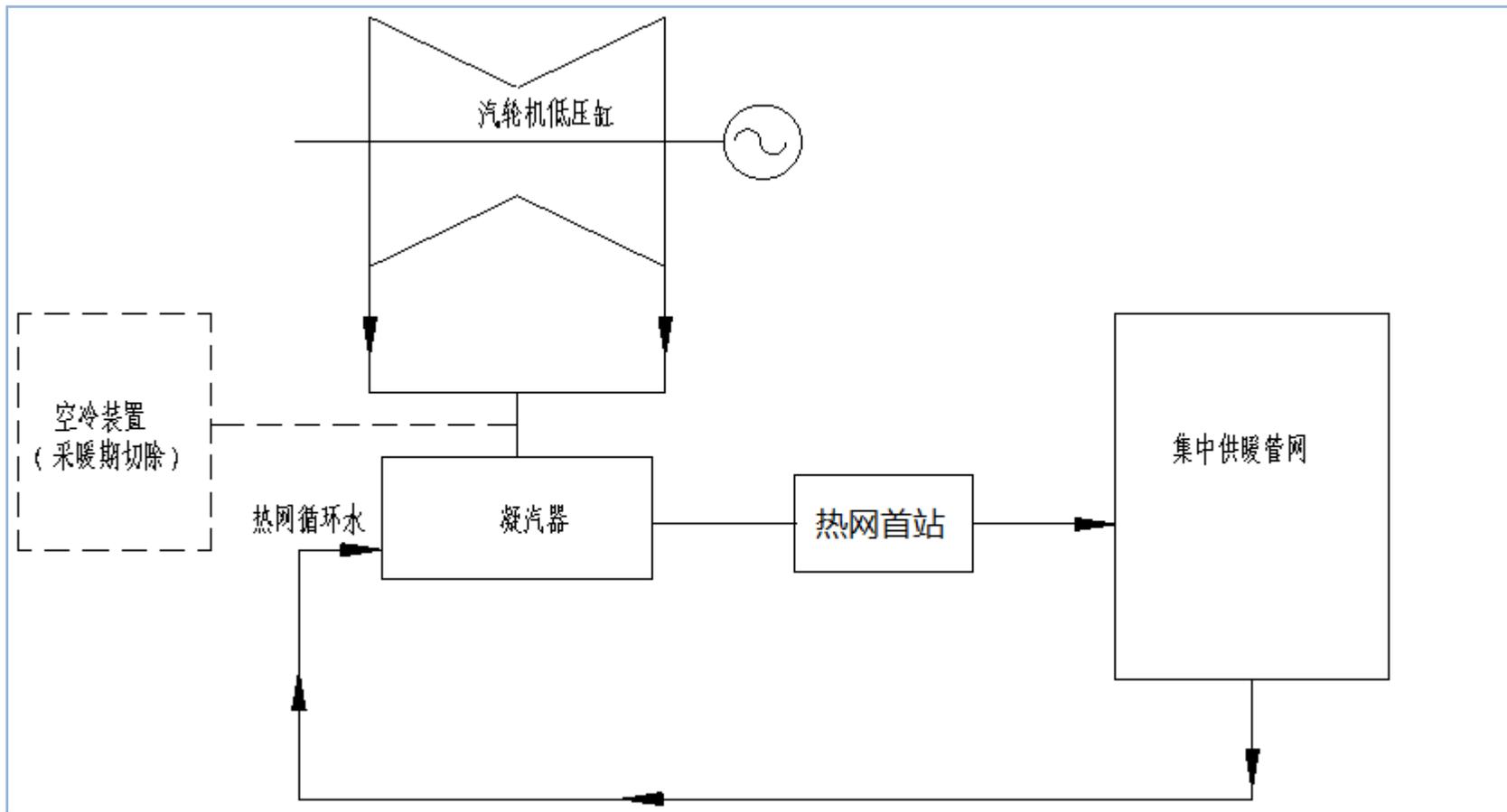


要求检修队伍技术水平高

# 2

## 设计原理

## 2. 设计原理

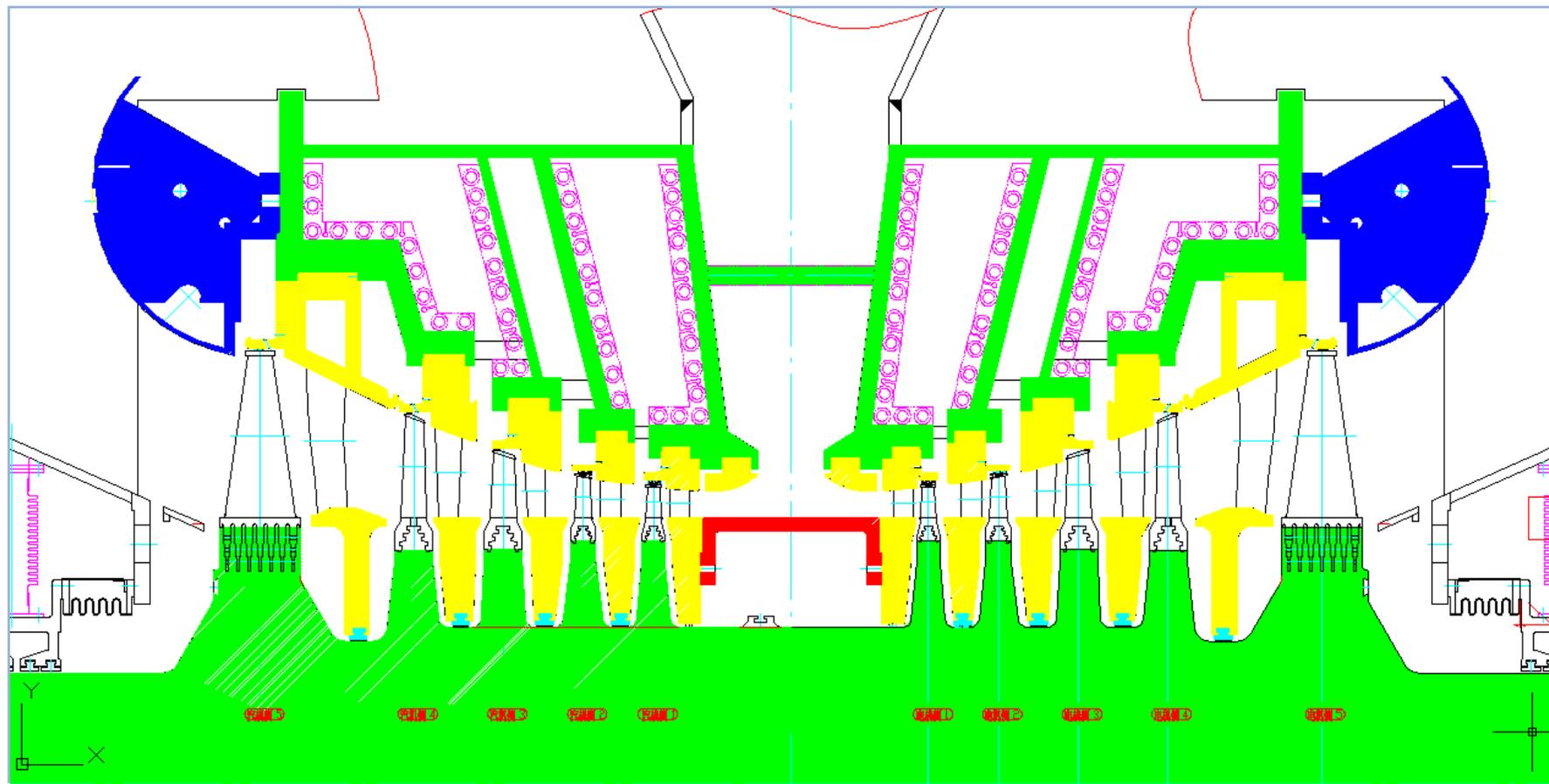


古交30万空冷机组供热系统示意图

## 2. 设计原理

- 汽轮机排汽压力 ~ 54kPa , 排汽温度 ~ 83°C
- 切除空冷装置 , 增加凝汽器作为换热装置。
- 凝汽器入口的循环水为热网回水 , 利用汽轮机排汽加热 , 将循环水加热至 70-90°C。
- 初末寒期 , 调节机组负荷来满足外网热负荷要求 ;
- 极寒期 , 利用本机或邻机采暖抽汽满足外网热负荷要求。

## 2. 设计原理



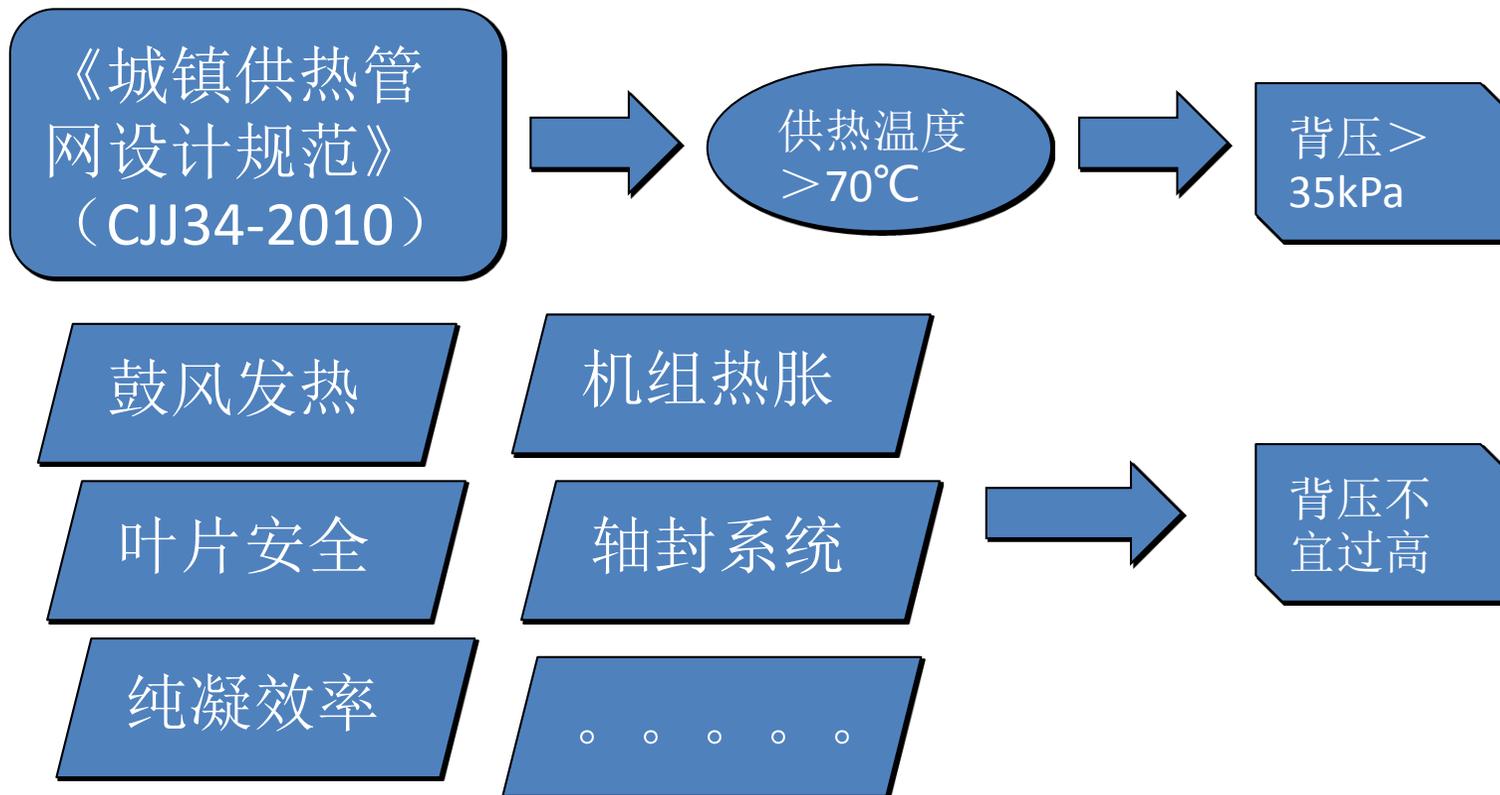
改造后低压通流

# 3

## 难点、特点

## 3. 难点、特点

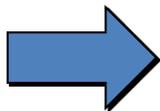
### 3.1 经济工况点



## 3. 难点、特点

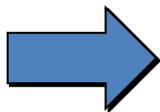
### 3.1 经济工况点

冬季高背压循  
环水供热



54kPa

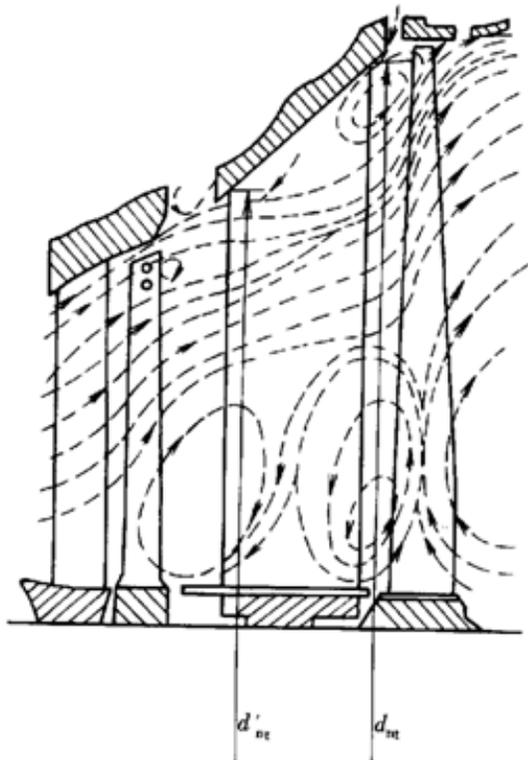
夏季纯凝发电



20kPa

## 3. 难点、特点

### 3.2 末级叶片的选择



小容积流量

鼓风工况

诱发叶  
片颤振

消耗有  
用功

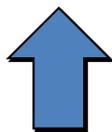
末叶水  
蚀

机组热  
膨胀

## 3. 难点、特点

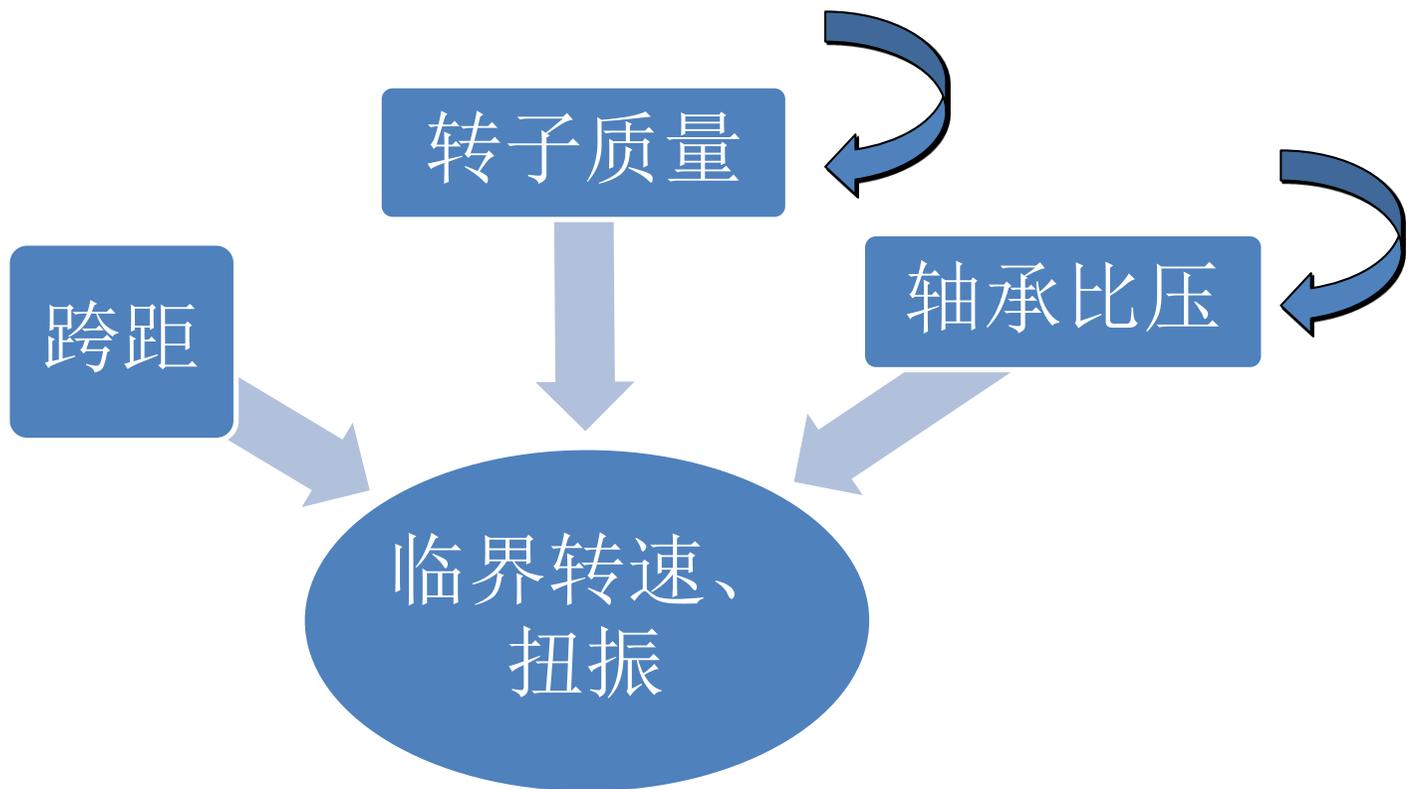
### 3.2 末级叶片的选择

	510	661	770
纯凝工况适用背压	9kPa ~ 13kPa	11.5kPa ~ 17kPa	16kPa ~ 24.5kPa
高背压限负荷运行时，最高背压	< 75kPa	< 55kPa	< 35kPa



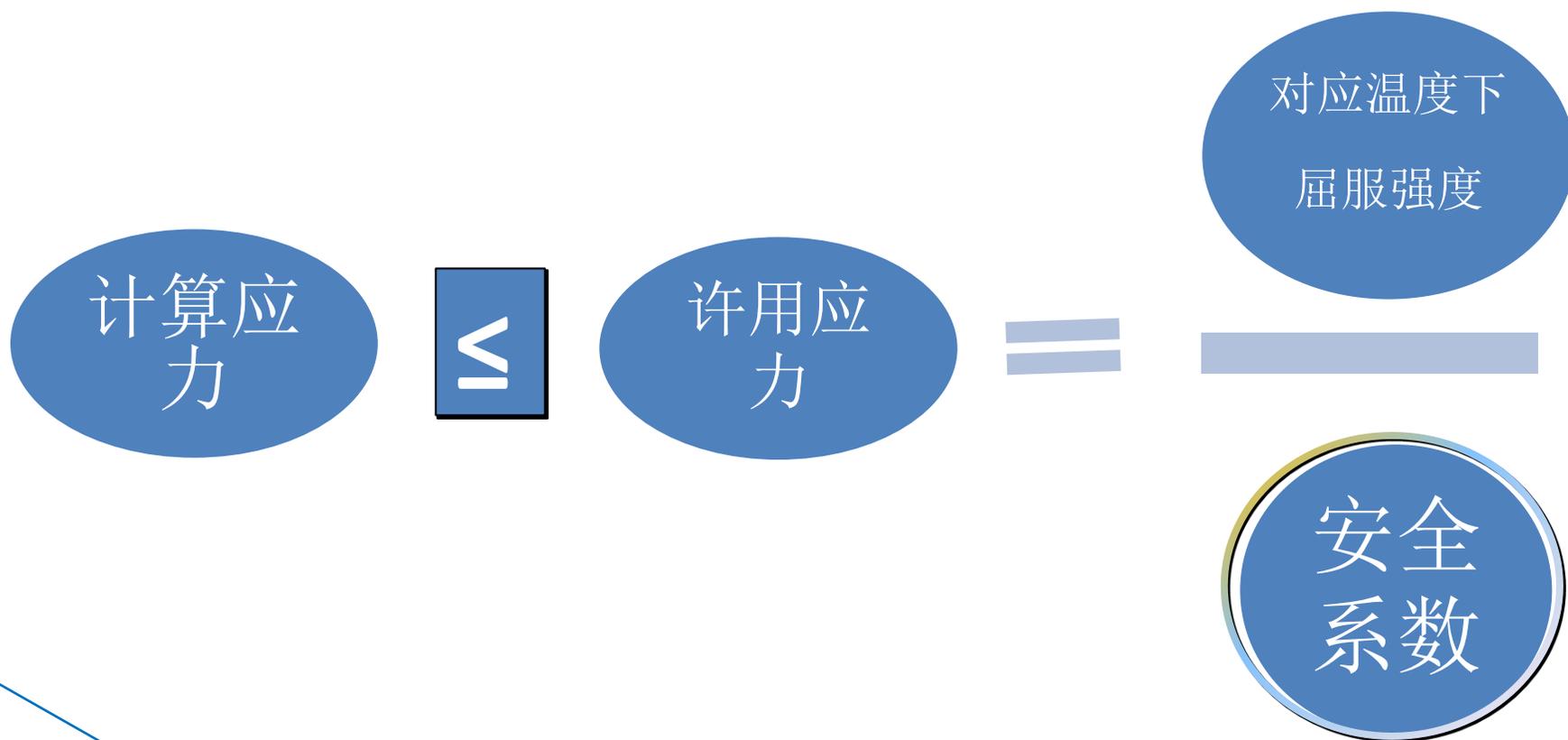
## 3. 难点、特点

### 3.3 转子静、动特性分析与强度计算



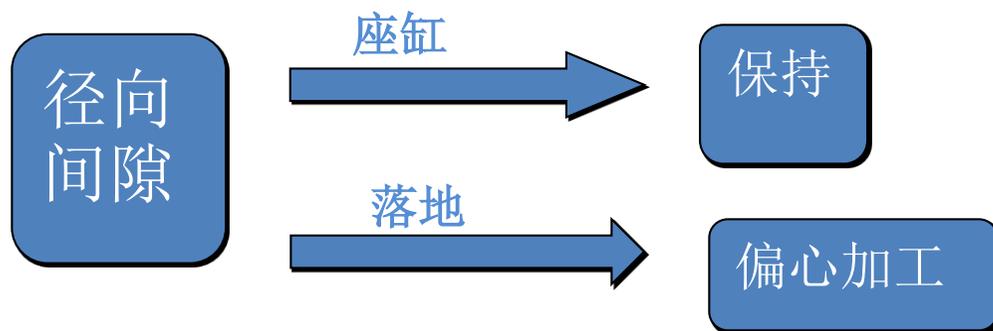
## 3. 难点、特点

### 3.3 转子静、动特性分析与强度计算



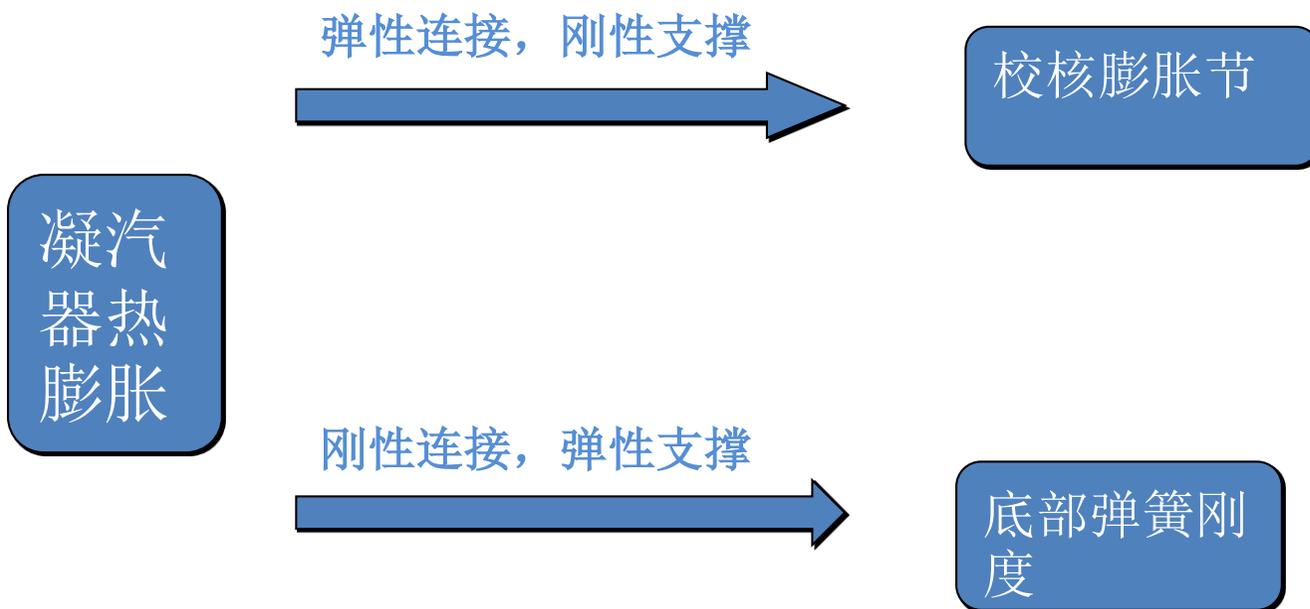
## 3. 难点、特点

### 3.4 热膨胀的影响



## 3. 难点、特点

### 3.4 热膨胀的影响



## 3. 难点、特点

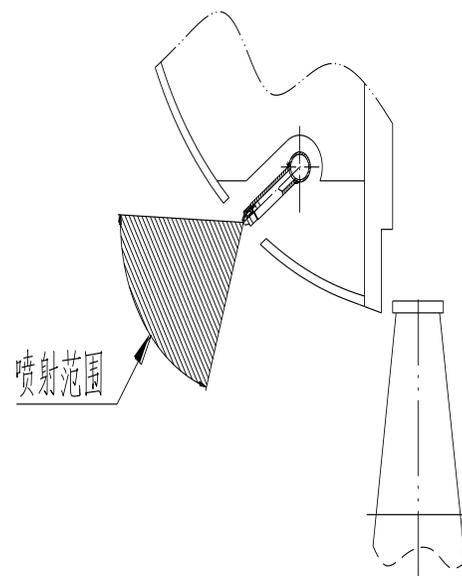
### 3.5 低压缸保护定值与喷水减温系统

供热设计背压	54kPa
设计排汽温度	83.3℃
起喷温度	98℃
停喷温度	88℃

## 3. 难点、特点

### 3.5 低压缸保护定值与喷水减温系统

	除盐水	凝结水
排汽焓值 $H_1$ (kj/kg)	2721.22	2721.22
排汽流量 $Q_1$ (kg/h)	345602	345602
目标焓值 $H_2$ (kj/kg)	2652.57	2652.57
冷却水焓值(kj/kg)	126.12	347.5
冷却水流量(t/h)	9.391	10.293



## 3. 难点、特点

### 3.6 凝汽器设计

冷却水采用供热水，设计压力 $1.0\sim 1.7\text{MPa}$ ，水压试验压力 $1.3\sim 2.1\text{MPa}$ ，远超常规凝汽器，对凝汽器的管板、水室等受压部件提出了新的设计要求。

凝汽器与乏汽排汽管道支路连接，凝汽器的结构设计应考虑承受上部管道附加较大的推力及推力矩，以保证凝汽器运行安全。

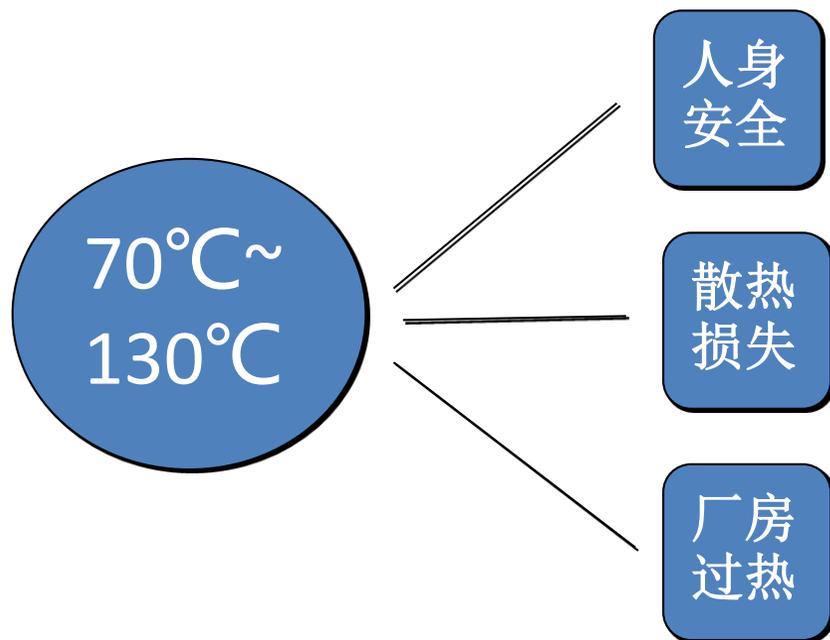
凝汽器背压高： $15\sim 65\text{kPa}$ ，进水温度高： $35\sim 73.1\text{℃}$ ，出水温度高： $53\sim 84.5\text{℃}$ ，凝汽器运行冷却水温升 $9.08\sim 28\text{℃}$ ，汽侧水侧温差大。

本次太古供热改造，东汽配合国电蓝天公司一共提供了7种型号14台凝汽器，现场安装条件空间限制较多，能在5个月时间内完成设计、采购、生产、现场安装，实属不易。

总体来说，太古供热用热网凝汽器循环倍率小，温升大，温差大，温度高，背压高，同时有来自上部排汽管道的推力和推力矩。东汽利用大型凝汽器的设计经验和先进技术手段进行设计，实践证明，凝汽器抗压能力强，稳定性好，热力性能好，安全性符合要求。

## 3. 难点、特点

### 3.7 低压缸与凝汽器保温



## 3. 难点、特点

### 3.7 低压缸与凝汽器保温

导热系数  
 $\geq 0.09 \text{kcal}/$   
 $(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$

容积重量  
 $\leq 350 \text{Kg}/\text{m}^3$

硅酸铝  
纤维毯

抹面涂  
层材料

~~其他含  
石棉材  
料~~

4

改造效果

- 改造后机组运行平稳，各项参数指标优良
- 改造后供热能力大幅提高，解决了居民采暖需求
- 改造后为电厂带来可观经济效益

5

东汽高背压循环水  
供热改造业绩

### 东方汽轮机有限公司高背压循环水供热改造业绩

序号	项目名称	改造项目	竣工时间	备注
1	濮阳8#机组	200MW背压机改造	2011. 10	座缸凝汽式，双转子
2	黄台7#机组	300MW高背压改造	2014. 11	落地凝汽式，双转子
3	金桥2#机组	300MW高背压改造	2014. 10	座缸凝汽式，双转子
4	包二2#机组	300MW高背压改造	2014. 11	落地空冷式
5	济宁5#机组	135MW高背压改造	2014.11	座缸凝汽式，双转子
6	榆次3#机组	300MW高背压改造	2012.11	落地空冷式
7	太钢1#、2#机组	300MW高背压改造	2013.11	落地空冷式
8	鹿华1#机组	300MW高背压改造	2013.11	落地空冷式
9	古交2#机组	300MW高背压改造	2015.11	落地空冷式， <b>首台单转子</b>

### 东方汽轮机有限公司高背压循环水供热改造业绩

序号	项目名称	改造项目	竣工时间	备注
10	德州1#机组	300MW高背压改造	2015.12	座缸凝汽式， 双转子
11	老包一8#机组	125MW背压机改造	2015.11	座缸凝汽式， 双转子
12	关铝1#机组（北重制）	200MW高背压改造	2016.11	座缸凝汽式， <b>单转子</b>
13	泰祥2#机组	135MW背压机改造	2016.11	座缸凝汽式， 双转子
14	黄台8#机组	300MW高背压改造	2016.11	座缸凝汽式， 双转子
15	阳光4#机组	300MW高背压改造	2016.12	座缸凝汽式， 双转子

谢谢