

涡轮机及喷气发动机

禁止
烟火

2-2 凝结器

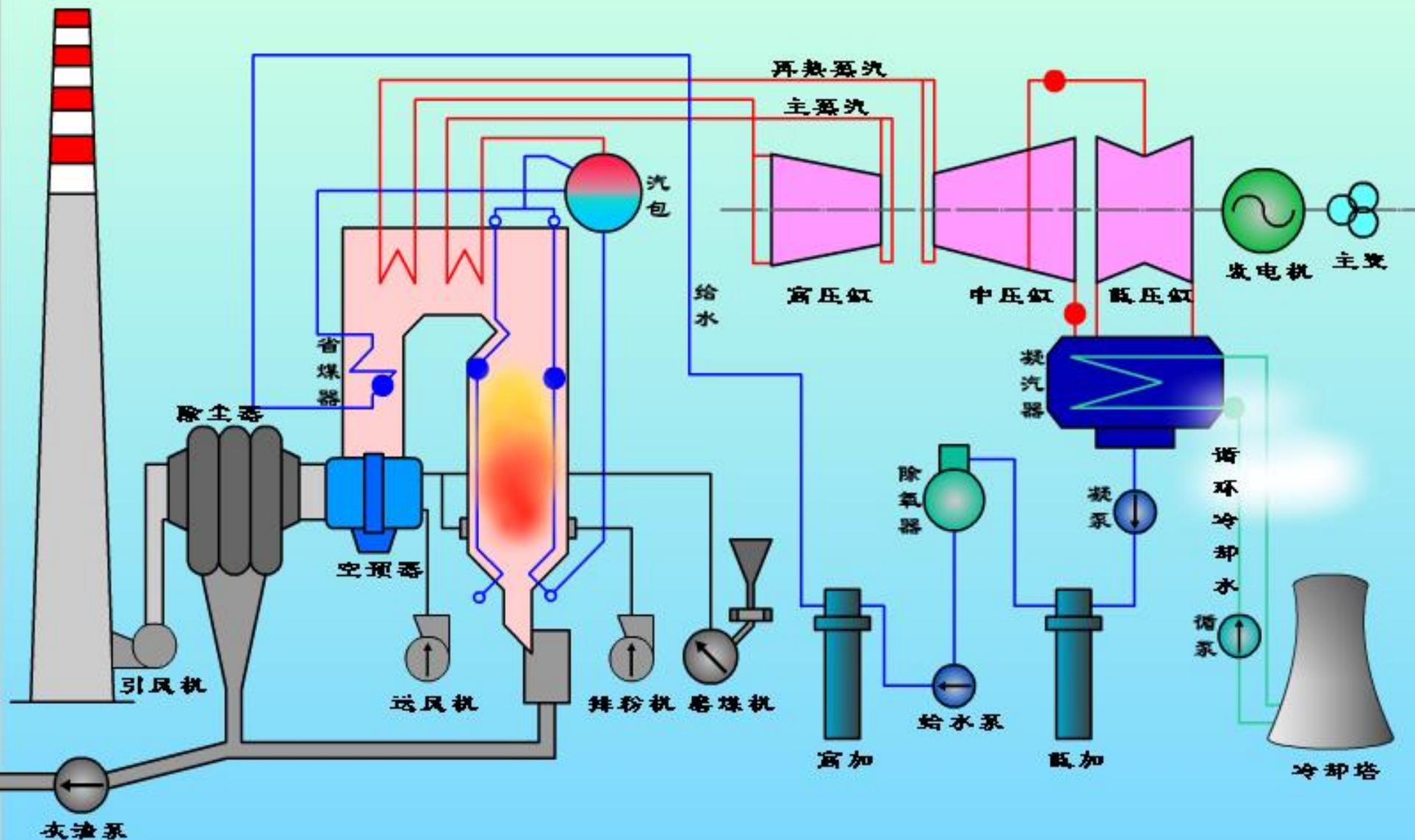
2-1 凝结器

2003 9 25

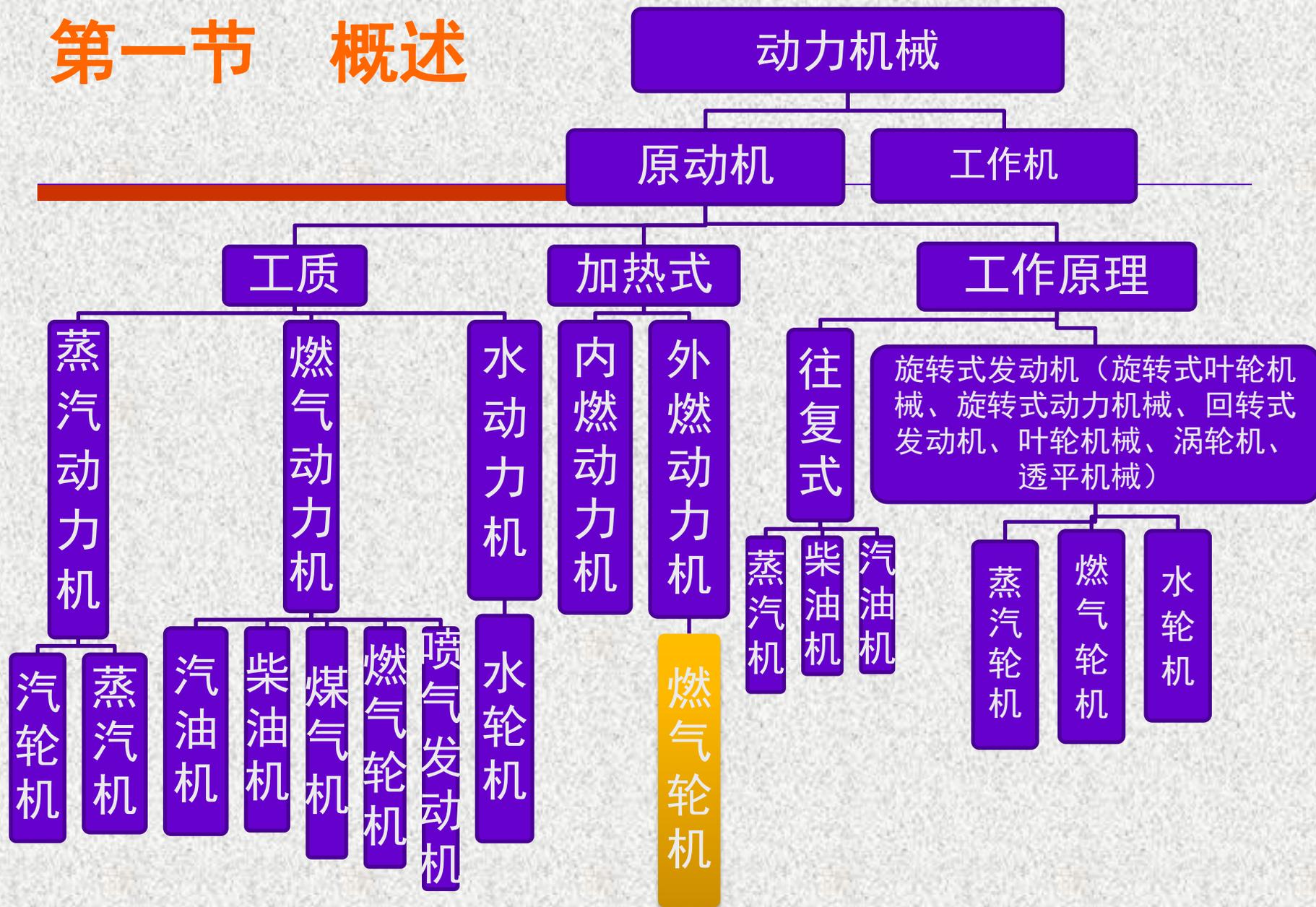
本章主要内容

- 第一节 汽轮机概述
- 第二节 汽轮机的基本做功原理
- 第三节 多级汽轮机
- 第四节 燃气轮机
- 第五节 水轮机

火力发电厂生产流程



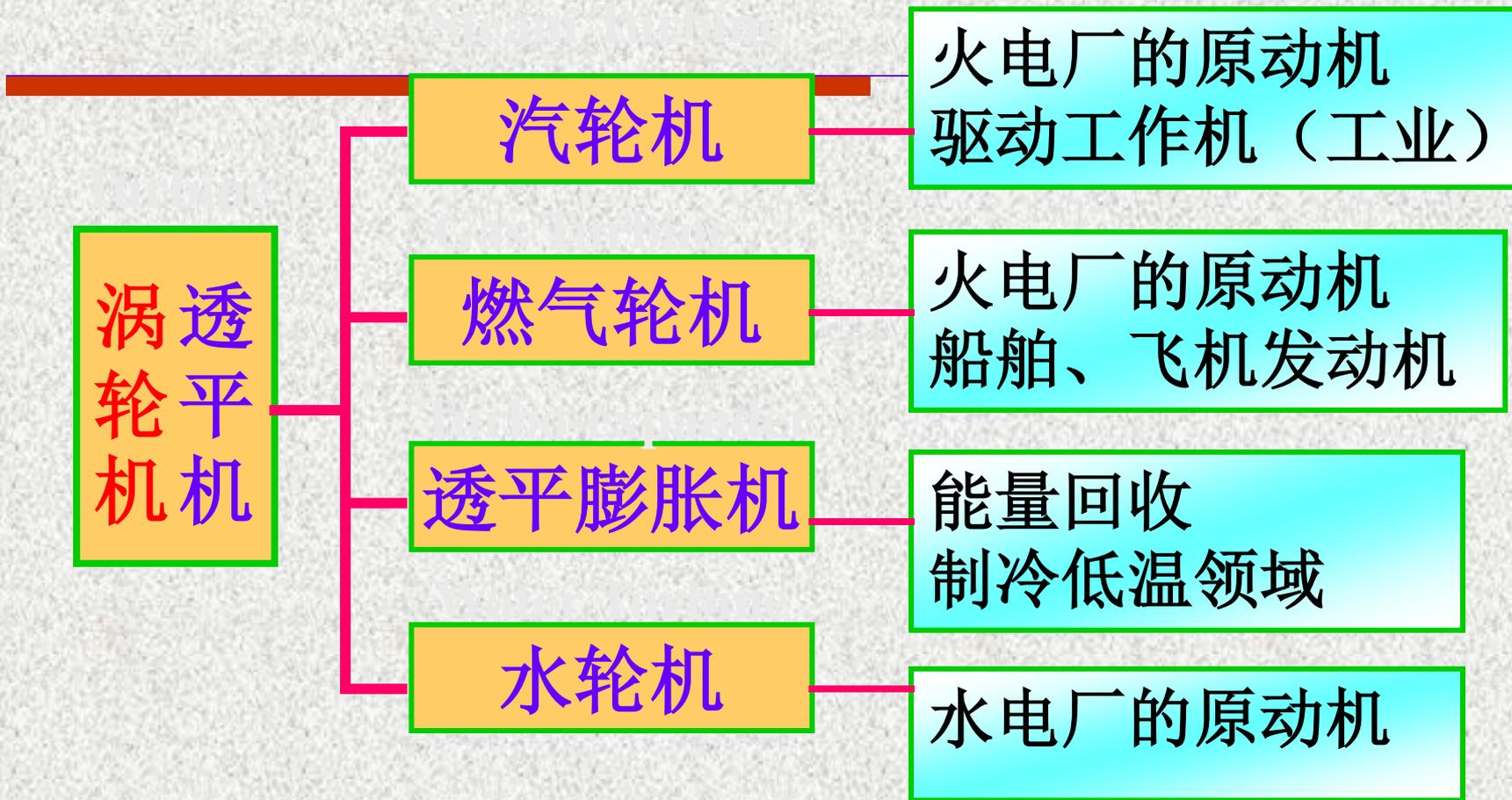
第一节 概述



将流体工质中蕴有的能量转换成机械功的机器，又称涡轮或涡轮机。透平是英文turbine的音译，源于拉丁文turbo一词，意为旋转物体。透平的工作条件和所用工质不同，所以它的结构型式多种多样，但基本工作原理相似。透平的最主要的部件是一个旋转元件，即转子，或称叶轮，它安装在透平轴上，具有沿圆周均匀排列的叶片。流体所具有的能量在流动中，经过喷管时转换成动能，流过叶轮时流体冲击叶片，推动叶轮转动，从而驱动透平轴旋转。透平轴直接或经传动机构带动其他机械，输出机械功。透平所用的流体工质有水、蒸汽和燃气等3种。以水为工质的透平称为水轮机；以蒸汽为工质的透平称为汽轮机；以燃气为工质的透平称为燃气透平。

还有一种燃气透平用于火箭发动机，它作为压送火箭推进剂（燃料和氧化剂）的输送泵的动力，由一个气体发生器利用化学作用产生所需要的高温气体，吹动透平旋转，带动输送泵运转。

另外，还有以压缩空气为工质推动透平旋转的，只能作为微小动力用，这种透平称为空气透平。



透平机

透平机械的发展领域

国内大学：

清华大学、西安交大、哈工大、大连理工、航空院校、上海交大、上海理工

国外大学：

MIT、剑桥、加州工学院等

国外企业：

GE、ABB、R-R、三菱、日立、Siemens

国内企业：

大型国有或合资的汽轮机公司、压缩机、石油化工、电力系统、航空、造船等领域研发机构

第二节 汽轮机概述

汽轮机是利用蒸汽热能来做功的旋转式原动机

1、工作原理：蒸汽进入汽轮机喷嘴膨胀降压增加流速按一定的方向喷射出来（将蒸汽的热能转变成动能），进入叶片推动叶轮旋转（蒸汽的动能转变成转子的旋转机械能）并拖动风机或发电机旋转。

2、特点：功率大、转速高、效率高、运行平稳、使用寿命长



一、汽轮机的分类

1、按工作原理分

- a、冲动式：蒸汽的热能转变成动能的过程，仅在喷嘴中发生，而工作叶片只是把蒸汽的动能转变成机械能的汽轮机，叫冲动式汽轮机。
- b、反动式：蒸汽的热能变为动能的过程不仅在喷嘴中发生，而且在叶片中同样发生的汽轮机，叫反动式汽轮机

一、汽轮机的分类

2、按汽轮机所具有的级数分单级汽轮机、复速级汽轮机和多级汽轮机。

所谓汽轮机的级：是由一段喷嘴与其后边的一级动叶片组成，用来完成蒸汽转变成机械功全过程的基本单元。

单级汽轮机用来拖动油泵或给水泵

复速级汽轮机即双列汽轮机

随着汽轮机越来越趋向高温、高压、大功率，单机汽轮机等已不能满足工业的需求，所以多级汽轮机就应运而生，下边所讲的汽轮机都是多级汽轮机。

一、汽轮机的分类

3、按蒸汽在汽轮机内部流动的方向分：

轴流式汽轮机、辐流式汽轮机、周流式汽轮机

轴流式汽轮机：蒸汽在汽轮机内流动的方向和轴平行，现各电厂运行着的汽轮机多是这种气轮机。

4、按汽缸的数目分

单缸汽轮机、双缸汽轮机、多缸汽轮机

一、汽轮机的分类

5、按汽轮机的热力特性分

凝汽式汽轮机、调整抽气式汽轮机、背压式汽轮机、抽背式汽轮机、补汽式汽轮机及中间再热式汽轮机

6、按汽轮机的用途分

电站汽轮机：用来发电或热电联产的汽轮机

工业汽轮机：用来带动水泵、油泵、鼓风机等的汽轮机

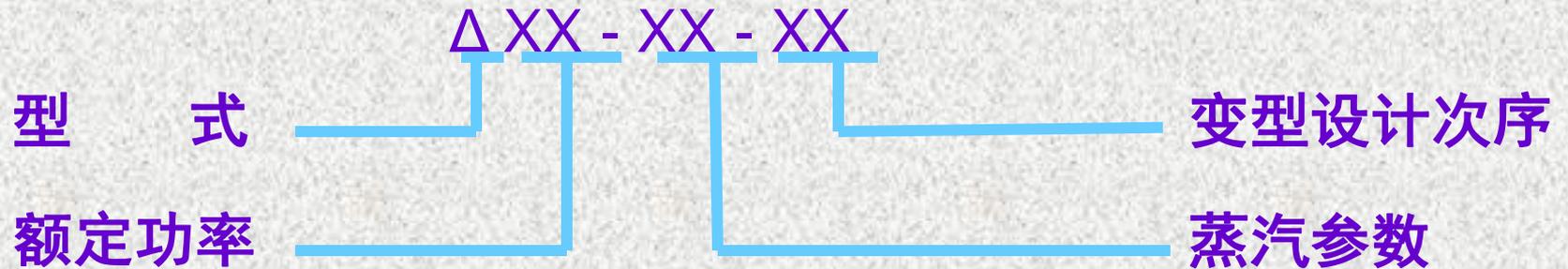
船用汽轮机：作为船舶的动力装置，用以推动螺旋桨

一、汽轮机的分类

7. 按主蒸汽压力分

汽轮机类别	主蒸汽压力 (MPa)
低压汽轮机	0.12~1.5
中压汽轮机	2~4
高压汽轮机	6~10
超高压汽轮机	12~14
亚临界压力汽轮机	16~18
超临界压力汽轮机	>22.1
超超临界压力汽轮机	>32

二. 汽轮机的型号



例：N300-16.7/537/537-2型汽轮机

300MW凝汽式汽轮机, 主蒸汽压力为16.7MPa, 温度为537°C, 再热蒸汽温度537°C, 中间再热凝汽式汽轮机, 属第二次变型设计

汽轮机型式代号见下表

代号	型式	代号	型式
N	凝汽式	CB	抽汽背压式
B	背压式	CY	船用
C	一次调整抽汽式	Y	移动式
CC	两次调整抽汽式	HN	核电汽轮机

汽轮机型号中蒸汽参数表示法

型 式	参数表示方法	示例
凝汽式	主蒸汽压力/主蒸汽温度	N100-8.83/535
中间再热式	主蒸汽压力/主蒸汽温度/中间再热温度	N300-16.7/538/538
抽汽式	主蒸汽压力/高压抽汽压力/低压抽汽压力	C50-8.83/0.98/0.118
背压式	主蒸汽压力/背压	B50-8.83/0.98
抽汽背压式	主蒸汽压力/抽汽压力/背压	CB25-8.83/0.98/0.118

三、汽轮机本体

◆汽轮机本体包括**静止**和**转动**两大部分。

● **静止部分**：汽缸、喷嘴、隔板、汽封、轴承和滑销系统等；

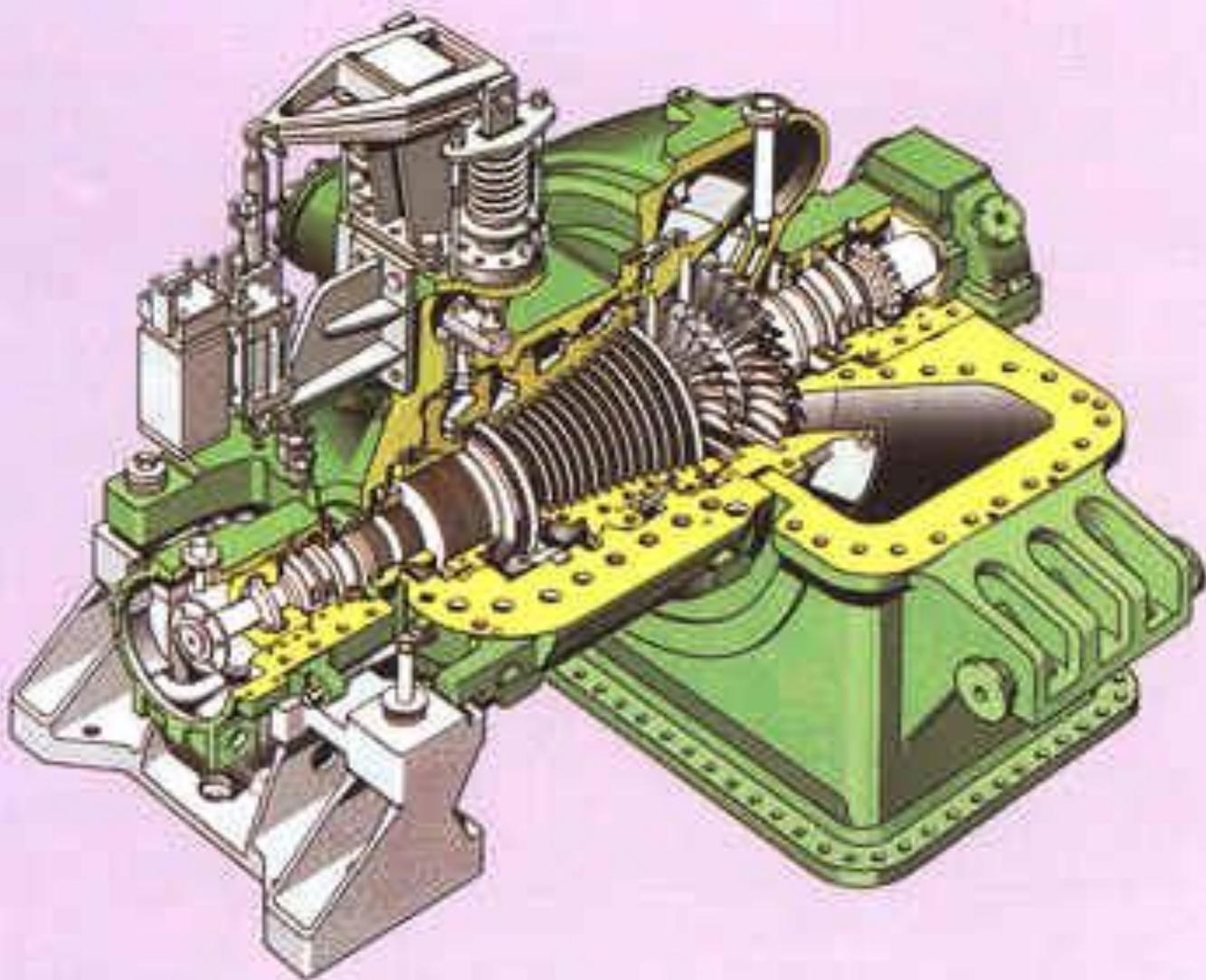
● **转动部分**：主轴、叶轮和叶片等组成的转子。

◆ **通流部分**：汽轮机本体中做功汽流的通道称为汽轮机的通流部分，包括主汽门、调节汽门、导管、进汽室、各级喷嘴和动叶及汽轮机的进汽管。



一. 汽轮机本体的基本特点

汽轮机本体是由汽轮机的转动部分（转子）和固定部分（静子）组成；调节保安及供油系统主要包括调速汽阀、调速器、调速传动机构、主油泵、油箱、安全保护装置等；辅助设备主要包括凝汽器、抽气器（或水环真空泵）、高低压加热器、除氧器、给水泵、凝结水泵、凝升泵、循环水泵等；热力系统主要指主蒸汽系统、再热蒸汽系统、凝汽系统、给水加热系统、给水除氧系统等。



二. 汽轮机的静止部分

(一) 汽缸

◆汽轮机的外壳，是汽轮机的重要静止部件之一。

根据汽缸进口处蒸汽参数的不同，可以将汽缸分成高压缸、中压缸和低压缸。

(二) 喷嘴和隔板



1、隔板

- ◆ 隔板用于固定喷嘴叶片，并将整个汽缸内部空间分隔成若干个汽室。
- ◆ 由隔板体，喷嘴叶栅和隔板外缘等部分组成
- ◆ 中小型汽轮机常将隔板直接安装在汽缸内壁的隔板槽中，大型汽轮机常将相邻几级隔板装在一个隔板套中，然后将隔板套固定在汽缸内壁上。
- ◆ 为了安装和拆卸方便，隔板沿水平中面对分为上、下两半块，称上、下隔板。

2. 喷嘴



隔板静叶实物

概念：

- ◆ 喷嘴又称静叶片，实际上它就是相邻两静叶片所形成的汽流通道，其作用是将蒸汽的热能变为动能。

(三) 汽封



轴端汽封（轴封）



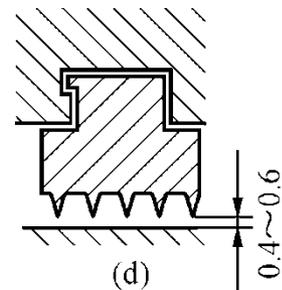
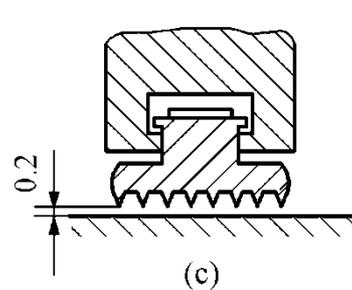
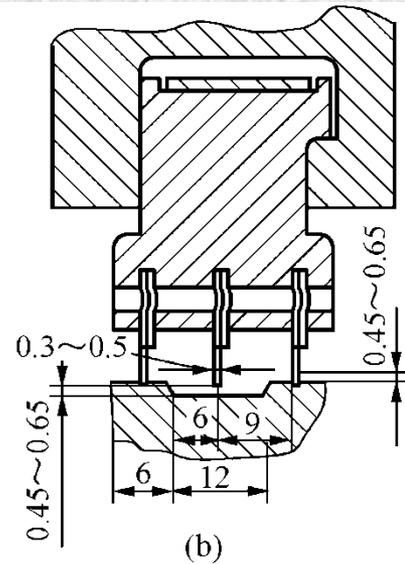
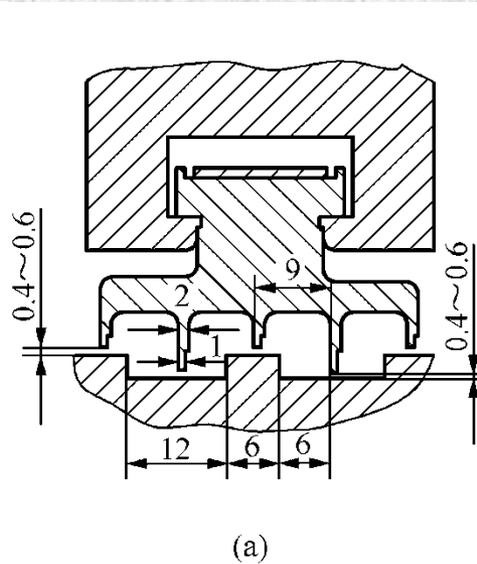
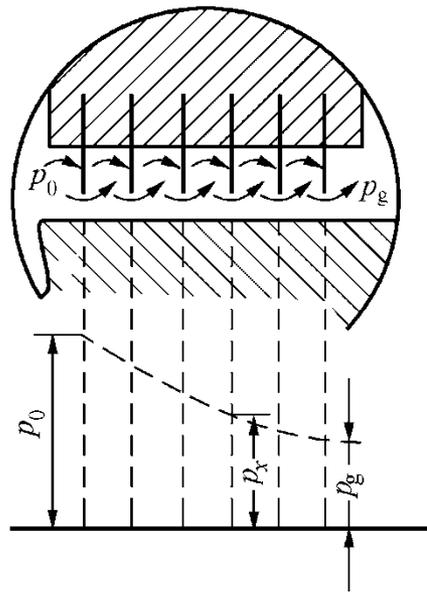
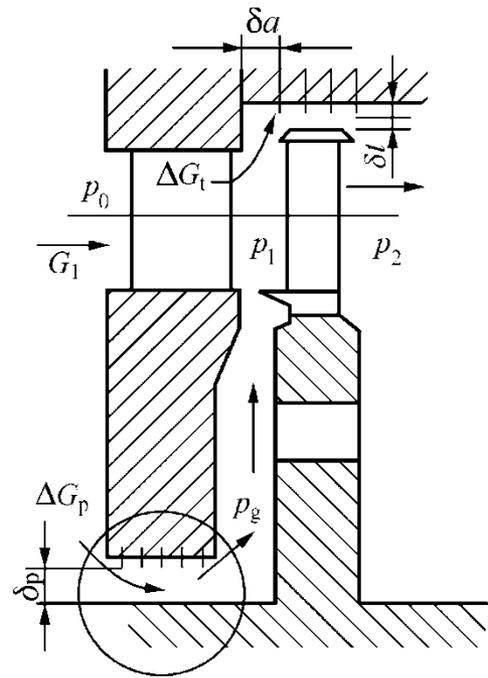
隔板汽封

设置原因

- ◆ 汽缸内的压力低于大气压力，在主轴穿出汽缸处，会有空气漏入汽缸，使机组真空恶化，并增大抽气器的负荷。
- ◆ 漏汽不仅会降低机组的效率，还会影响机组安全运行。
- ◆ 为减小蒸汽的泄漏和防止空气漏入，在这些间隙处设置有密封装置，通常称之为汽封。

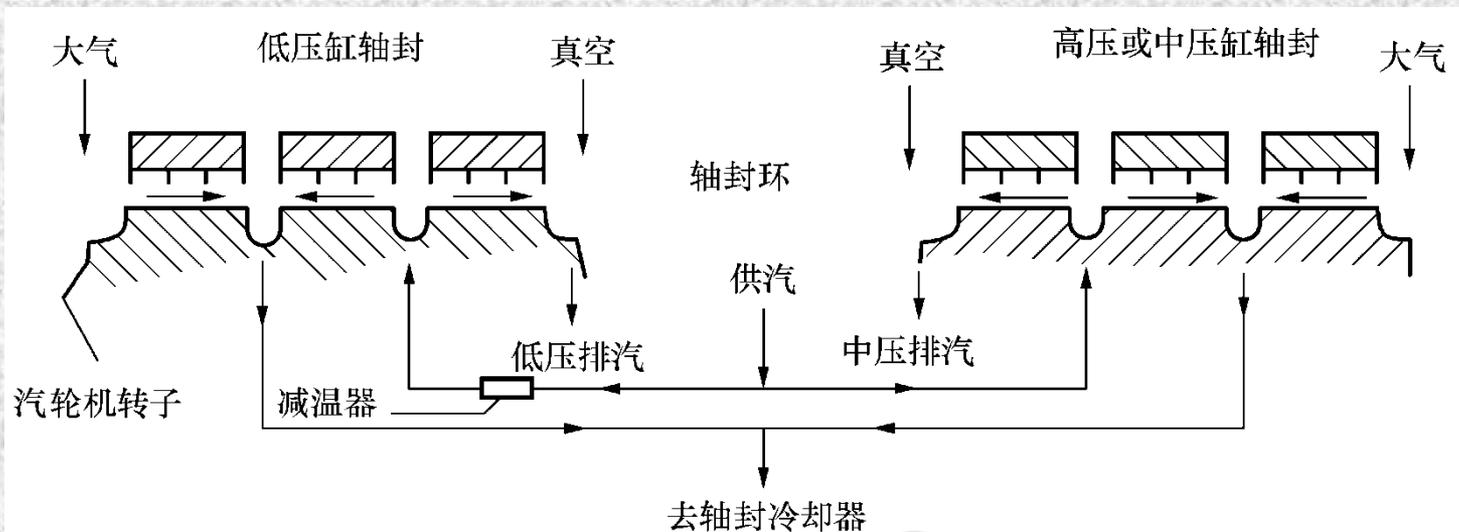
2. 通流部分汽封

3. 隔板（或静叶环）汽封

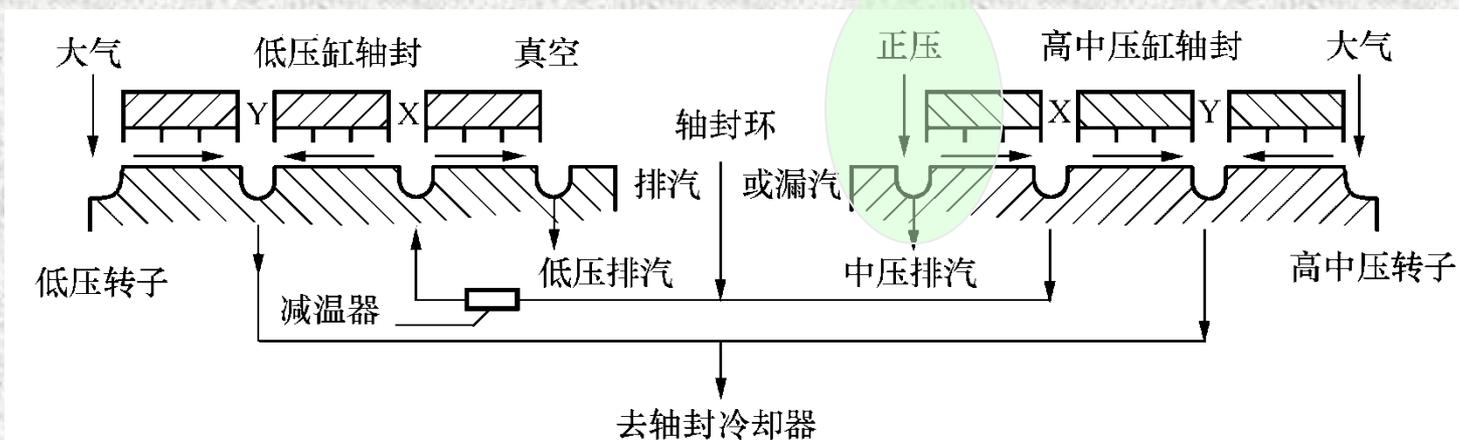


4. 轴端汽封

启动或低
负荷时

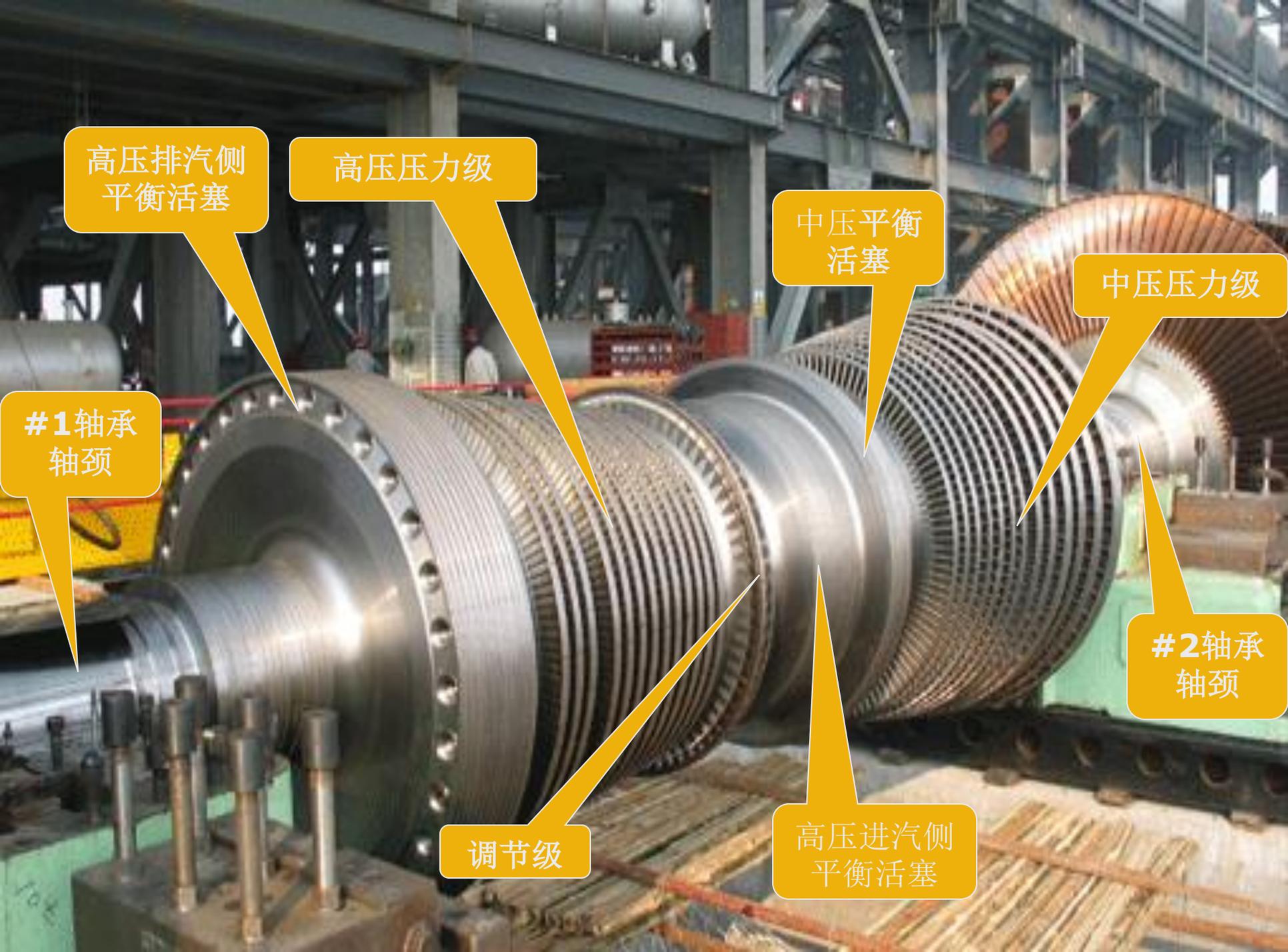


25%负荷
以上时



三. 汽轮机的转动部分

- ◆转动部分包括：动叶栅、叶轮（或转鼓）、主轴和联轴器以及紧固件等旋转部件。
- ◆蒸汽作用在叶片上的力矩，通过叶轮、主轴和联轴器传递给发电机。



高压排汽侧
平衡活塞

高压压力级

中压平衡
活塞

中压压力级

#1轴承
轴颈

#2轴承
轴颈

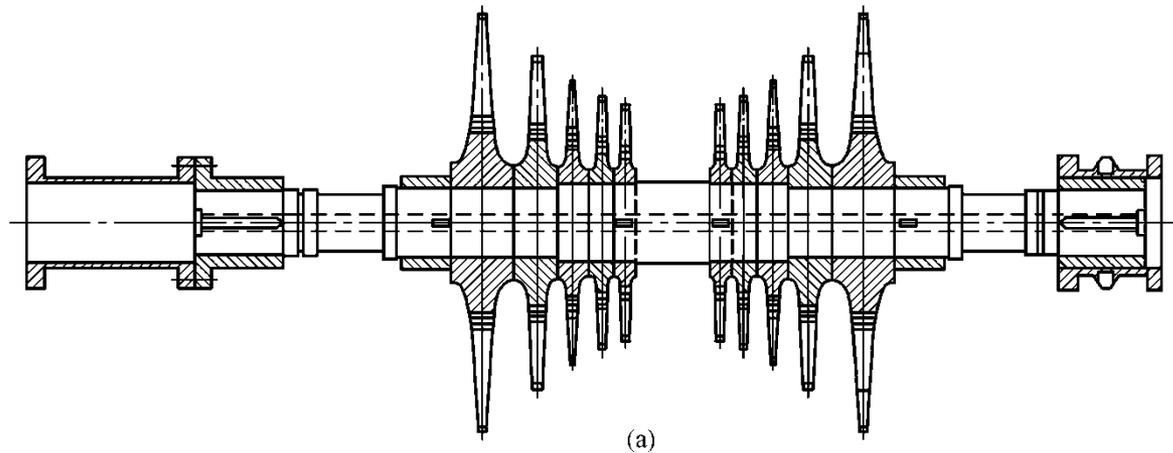
调节级

高压进汽侧
平衡活塞

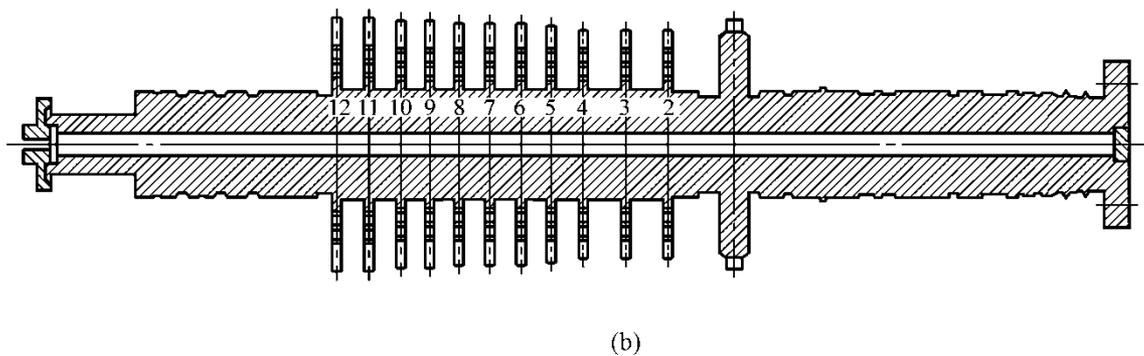
(一) 转子

- ◆ 汽轮机的转动部分统称为转子，它是汽轮机的重要部件之一，起着工质能量转换及扭矩传递的作用，它汇集了各级动叶栅上得到的机械能并传给发电机（或其他机械）
- ◆ 转子的工作条件相当复杂，它处在高温工质中，以高速旋转承受着离心力所引起的巨大应力、蒸汽作用在其上的轴向推力以及由于温度分布不均匀引起的热应力，还要承受巨大的扭转力矩和轴系振动所产生的动应力。

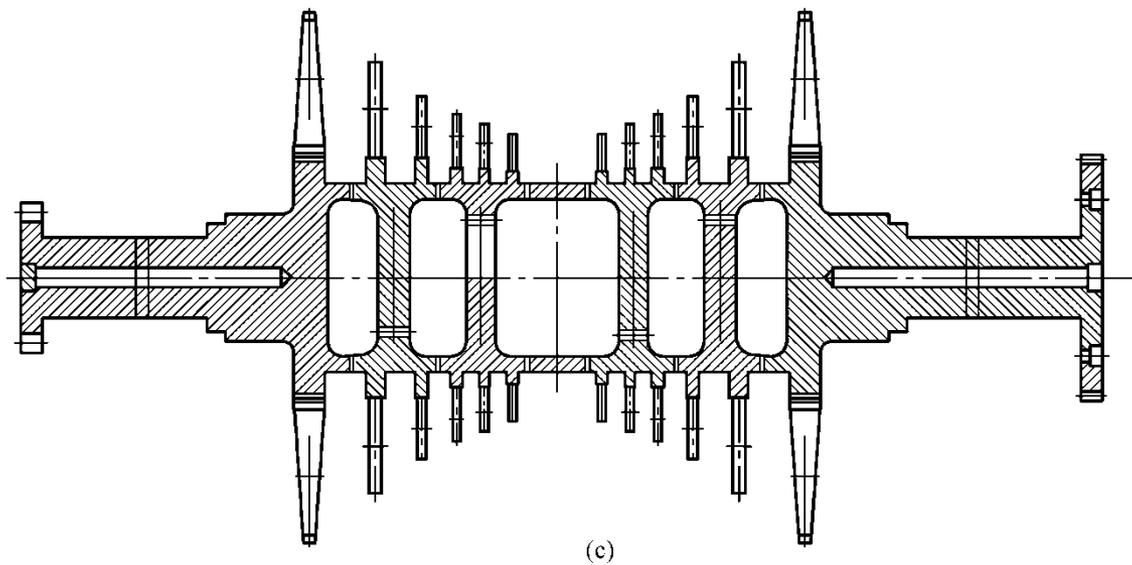
1. 套装转子



2. 整锻转子



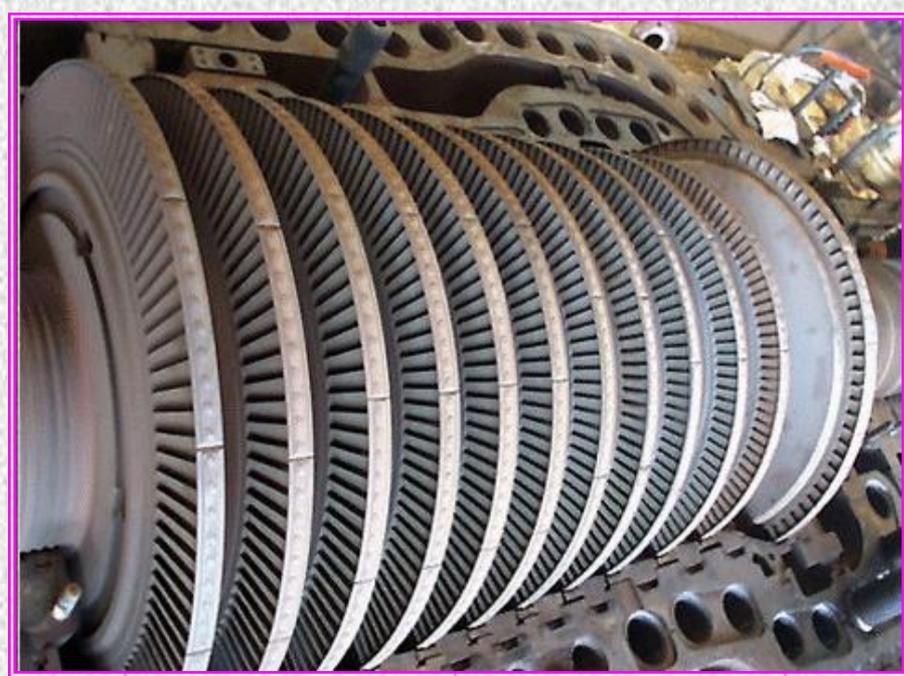
3. 焊接转子



(二) 叶轮

- ◆ **概念**: 用来装置叶片并将汽流对叶栅的作用力所产生的扭矩传递给转子。
- ◆ **位置**: 装于主轴或与主轴联成一体, 装上动叶片后置于汽缸内。
- ◆ **结构**: 套装转子上的叶轮有轮缘、轮体和轮毂三部分组成。整锻转子和焊接转子上的叶轮只有轮缘和轮体两部分。

(三) 叶片



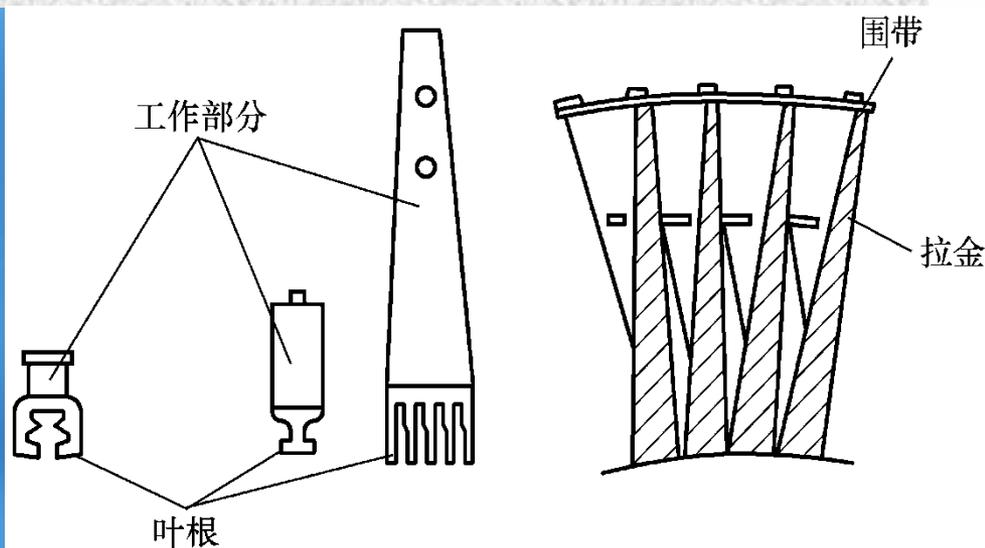
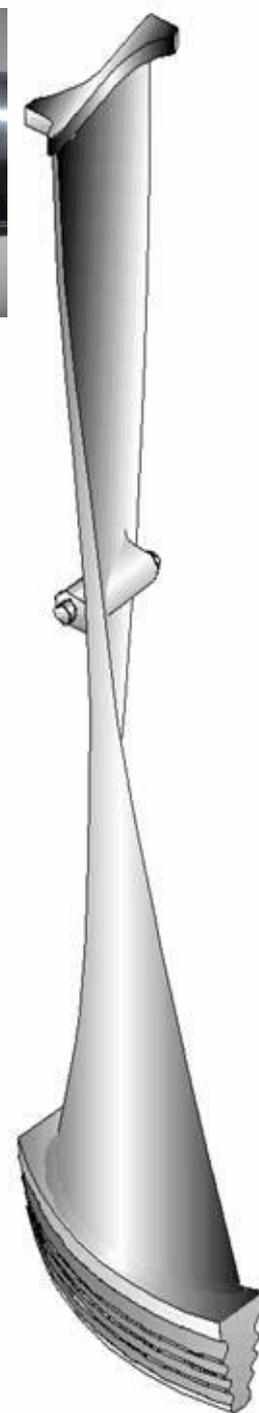
安装在高压转子上的叶片

- ◆ 动叶片：在汽轮机工作过程中随汽轮机转子一起转动的叶片称工作叶片，作用是把蒸汽的动能转变成机械能，使转子旋转。
- ◆ 静叶片安装在隔板或汽缸上；动叶片安装在叶轮或转鼓上。

动叶片的结构型式



- ◆ **叶根：**将动叶片固定在叶轮或转鼓上的连接部分，它的结构应保证在任何运行条件下都能牢固地固定。
- ◆ **叶型：**相邻叶片的叶型部分构成汽流通道。
- ◆ **叶顶：**汽轮机的短叶片和中长叶片通常在叶顶用围带连在一起，构成叶片组。长叶片在叶型部分用拉金连接成组，或者围带和拉金都不用，成为自由叶片。



1. 叶根

T型叶根

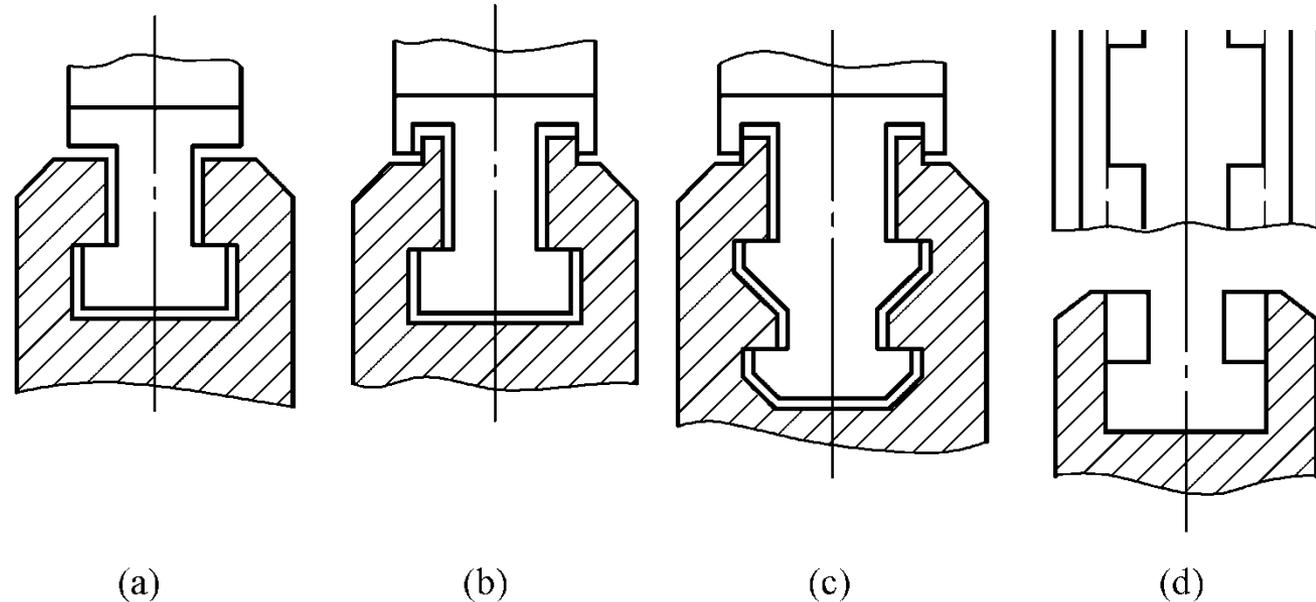


(a) T型叶根;

(b) 外包T型叶根;

(c) 双T型叶根;

(d) 装入T型叶根的切口



本节结束!

