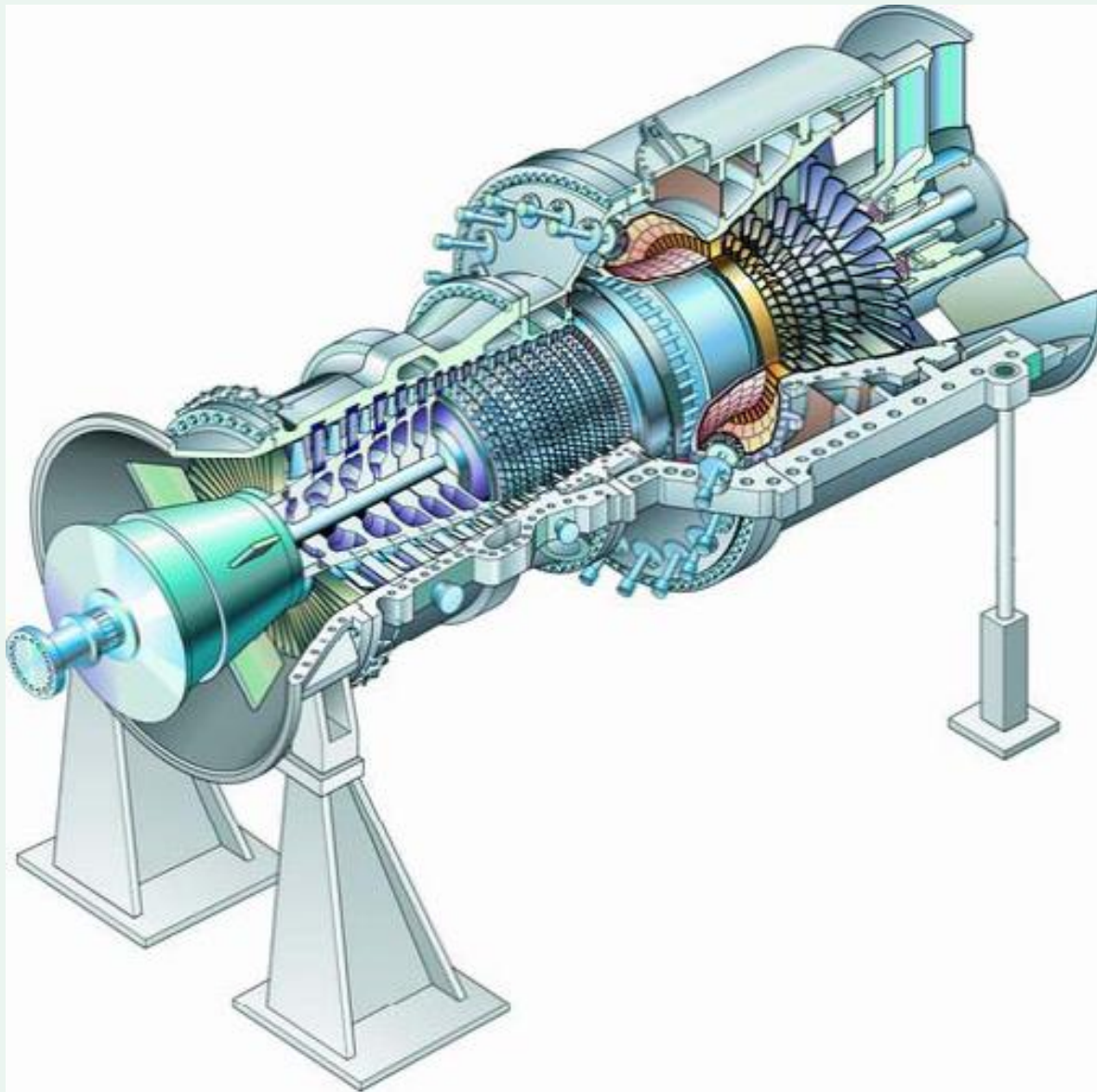


燃气-蒸汽轮机发电站介绍

目 录

- 1、燃机电站发电系统简介
- 2、燃机电站的布置
- 3、燃机电站各项指标
- 4、燃机电站设计
- 5、燃机的发展展望

1、燃机电站发电系统简介



1.1 燃机发展状况

- 近十多年来，燃气轮机在电站中得到了迅速的发展，由于燃气轮机启动迅速，且能在无外界电源的情况下启动，机动性好，用它带尖峰负荷和作为紧急备用机组，可保证电网的安全运行，因而被广泛地应用。进入八十年代以后，燃气轮机技术获得了迅速的发展，技术性能大幅度提高。单机功率已达334MW，简单循环燃气轮机的效率达43.86%，已超过了大功率、高参数的汽轮机电站的效率，而燃气-蒸汽联合循环电站的效率更高达57%，并正在向60%迈进。
- 先进的燃气轮机已普遍应用模块化结构。运输、安装、维修和更换都比较方便，而且广泛地应用了孔探仪，振动和温度监控、焰火保护等措施，其可靠性和可用率大为提高，指标已超过了蒸汽轮机电站的相应指标。

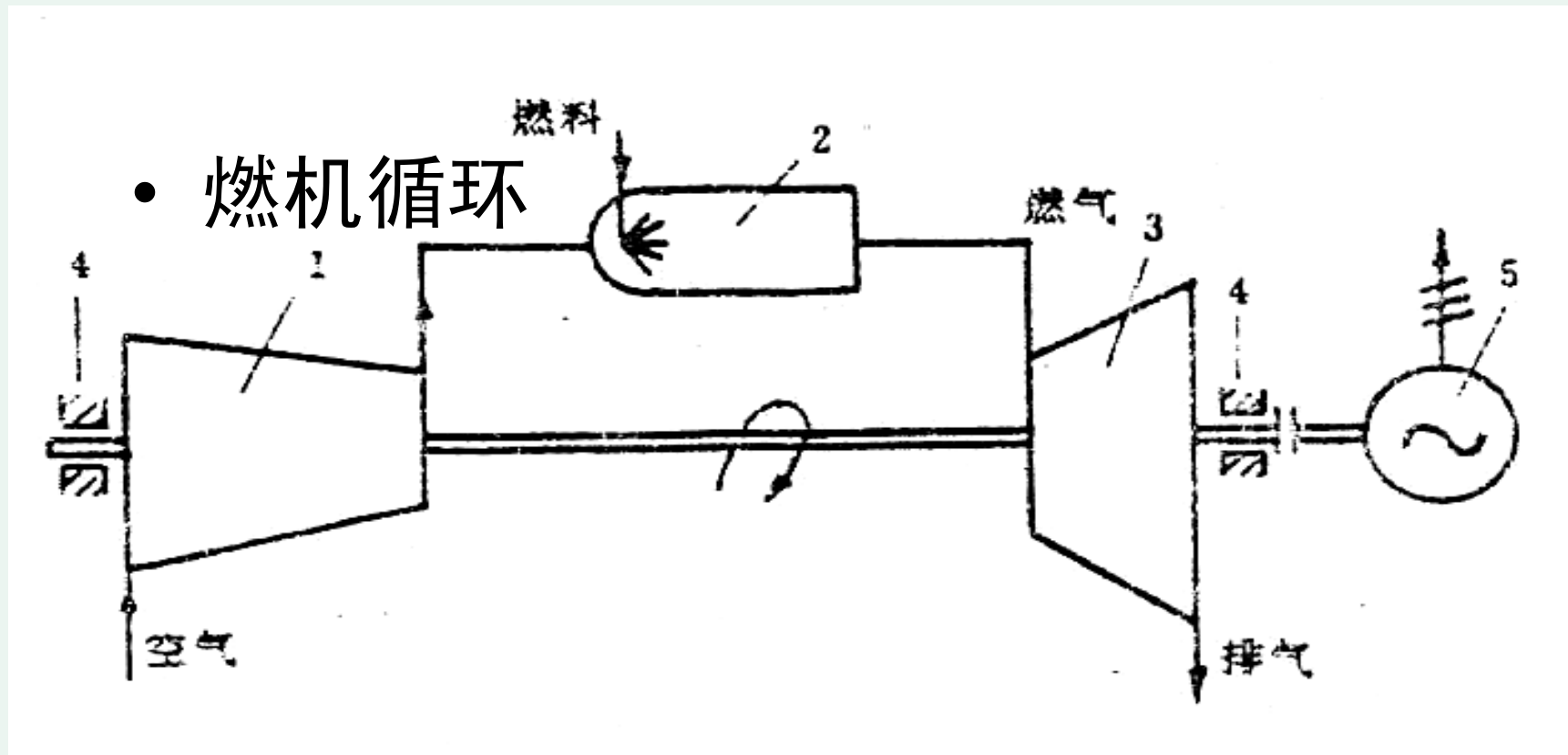
1.1 燃机发展状况

- 在环保方面，由于燃气轮机的燃烧效率很高，排气干净，未燃烧的碳氢化合物，CO、SOX，等排放物一般的都能够达到严格的环保标准，再结合应用注水或注蒸汽抑制燃烧、干式低NOX燃烧室，或者在排气管路中安装选择性催化还原装置(SCR)等技术措施，可使NOX的排放低至9ppm，满足最严格的环保要求。因此，燃气轮机发电机组，特别是燃气-蒸汽联合循环机组已作基本负荷机组或备用机组得到了迅速的应用。

1.1 燃机发展状况

- 燃气轮机的应用发展现已提高到降低总能耗的高度，它是当前世界节能技术的主要发展方向之一。能量的分级利用与综合利用的全能量系统工程的概念被普遍重视，以热电联产及热动联供为核心的总能系统同样有广阔的前景，今后在能量转换过程的系统中，燃气轮机将占更重要的位置，并将大量采用燃气轮机总能系统。
- 现在世界上已有廿多个国家，一百多个企业生产近千种型号的燃气轮机，国内主要引进通用、西门子、三菱技术。

1.2 简单循环燃气轮机原理



1—压气机 2—燃烧室 3—透平 4—轴承 5—发电机

1.3 燃机命名规则

- GE公司可提供重型和航机改型燃气轮机以作发电和工业应用。重型燃气轮机有简单循环和回热循环，由五个系列组成:MS3002, MS5000, MS6001, MS7001和MS9000。有单轴和双轴结构，用于带动发电机发电或机械驱动。
- 机组中各代号的含义如下：
 - M 5 32 2
 - - - -- -
 - (1) (2) (3) (4)
 - (1)用途:M-机械驱动;GD-发电设备;PG-箱装式发电设备
 - (2)系列号:3,5,6,7,9等相应表MS3002,MS5000,MS6001等的系列号
 - (3)输出功率:大致为几百、几千、或几万马力
 - (4)轴数:是单轴还是双轴(即1或2)

1.3 燃机命名规则

- 西门子燃气轮机主要有3种系列:V64 、 V84 、 V94。
- 1) V 表示燃气轮机;
- 2) V 后的第一个数字表示转速,其中:6 表示后带齿轮箱,可以拖动3 000 r/ min 或3 600 r/ min 的发电机;8 表示直接拖动3 600 r/ min 的发电机;9 表示直接拖动3 000 r/ min 的发电机。
- 3) V 后的第二个数字代表压气机型号;
- 4) 小数点之后数为产品改进的代数,其中:1 表示第一代改进产品;2 表示第二代改进产品;3 表示第三代改进产品。
- 5) A 表示环形燃烧室。

1.3 燃机命名规则

- 三菱生产M501D, M701F系
- M501 60HZ;M701,50HZ
- D, F为E型,F型代号

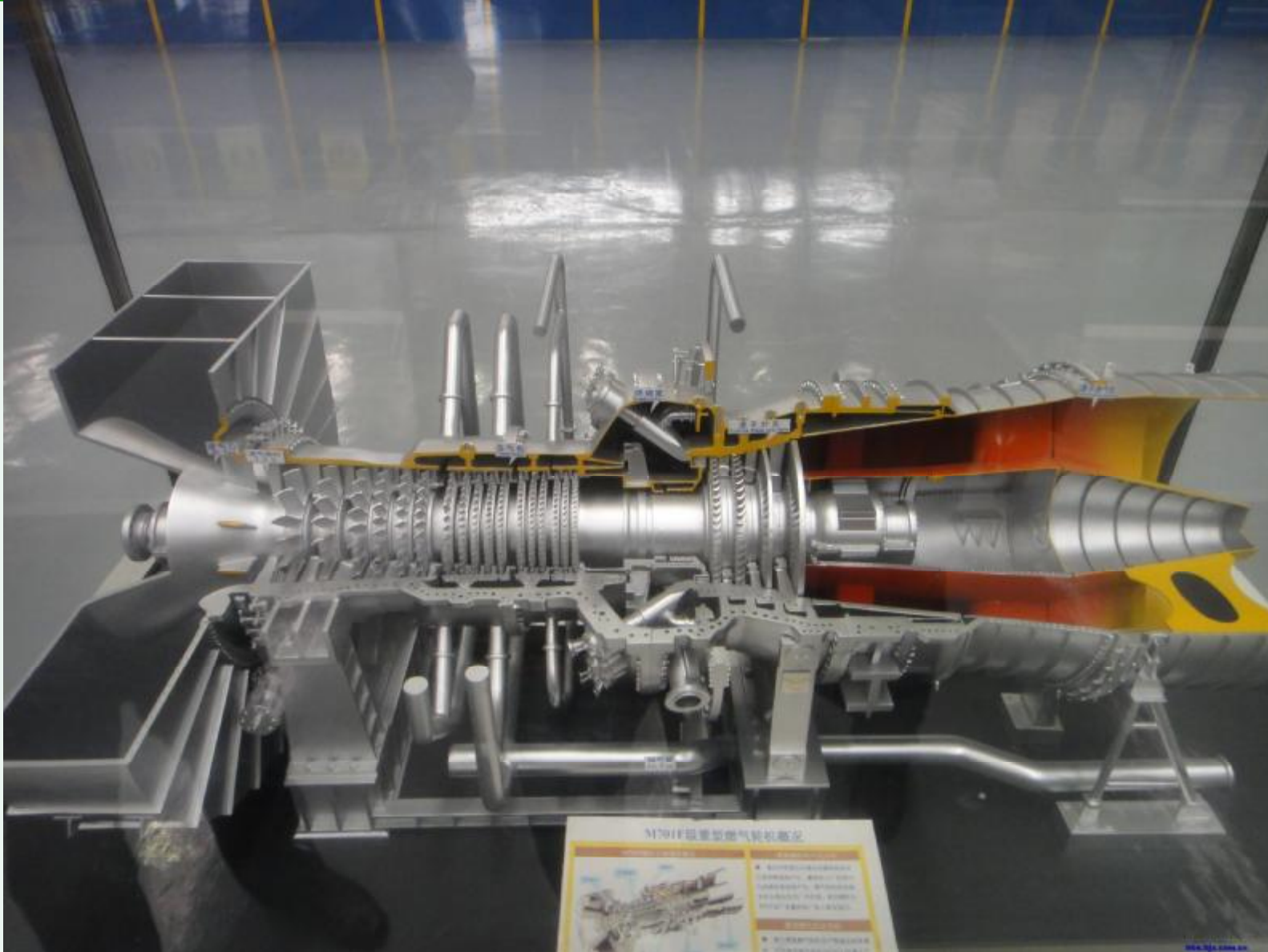
1.3 燃机命名规则

- 燃气-蒸汽联合循环产品系列的设备配置中，各种代号的含义规定如下。
- 以S2O9E为例:
- S: 联合循环,蒸汽与燃气的缩写
- 2: 燃气轮机的台数
- 0: 没有意义
- 9: 燃气轮机系列号
- E: 燃气轮机型号
- 因此，S2O9E就表示配备2台9000系列E型燃气轮机的燃气-蒸汽联合循环电站；S1O9E就表示配备1台9000系列E型燃气轮机的燃气-蒸汽联合循环电站

1.4 燃机组成

- 燃气轮机由压气机、燃烧室和燃气透平组成。压气机有轴流式和离心式两种，轴流式压气机效率较高，适用于大流量的场合。在小流量时，轴流式压气机因后面几级叶片很短，效率低于离心式。功率为数兆瓦的燃气轮机中，有些压气机采用轴流式加一个离心式作末级，在达到较高效率的同时又缩短了轴向长度。
- 附属系统和设备，包括：启动装置、燃料系统、油系统、进气系统、排气系统等。
- 燃气轮机的主要优点是小而轻。单位功率的质量，重型燃气轮机一般为2~5千克/千瓦，而航机一般低于0.2千克/千瓦。

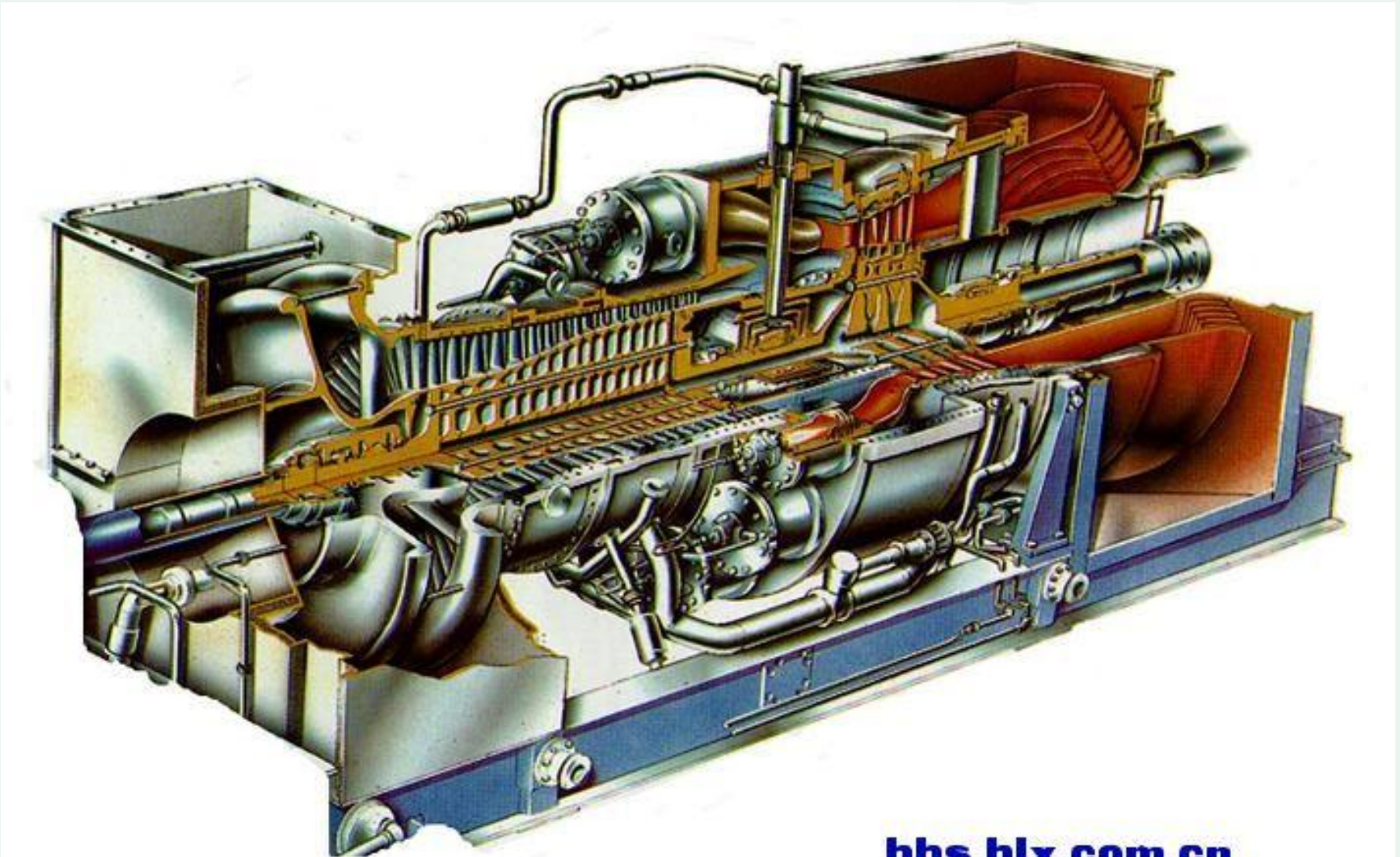
1.5 燃气轮机的结构



1.5 燃气轮机的结构

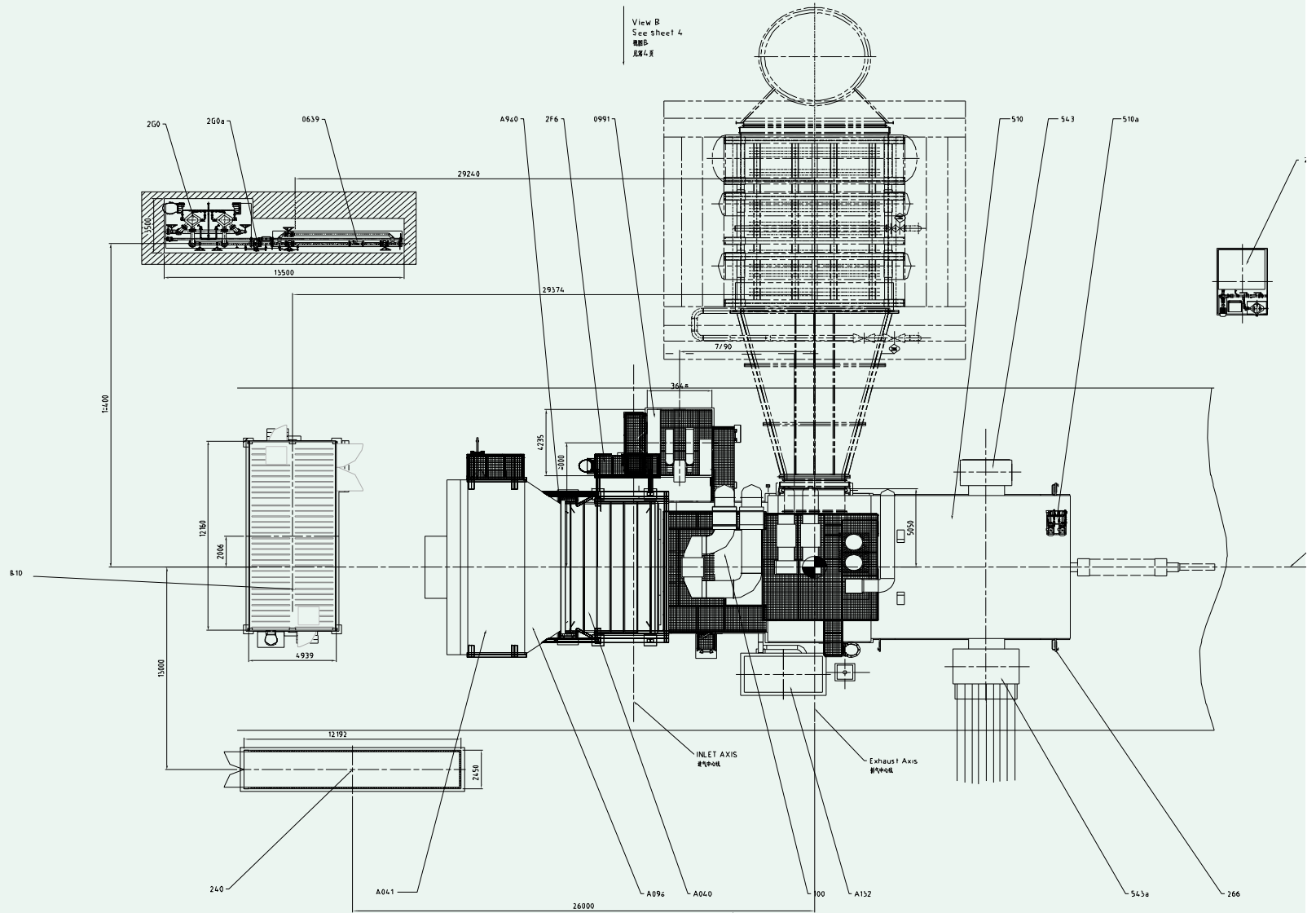


1.5 燃气轮机的结构



1.6 燃机机组的基本组成

- 燃机间
- 辅机间
- 控制室
- 排气装置
- 消防装置
- 抽气处理站
- 压气机水洗站
- 前置模块



1.6 燃机机组的基本组成



1.6 燃机机组的基本组成

- 1.压气机进气
- 2.压气机
- 3.燃烧室
- 4.燃机透平
- 5.排汽装置

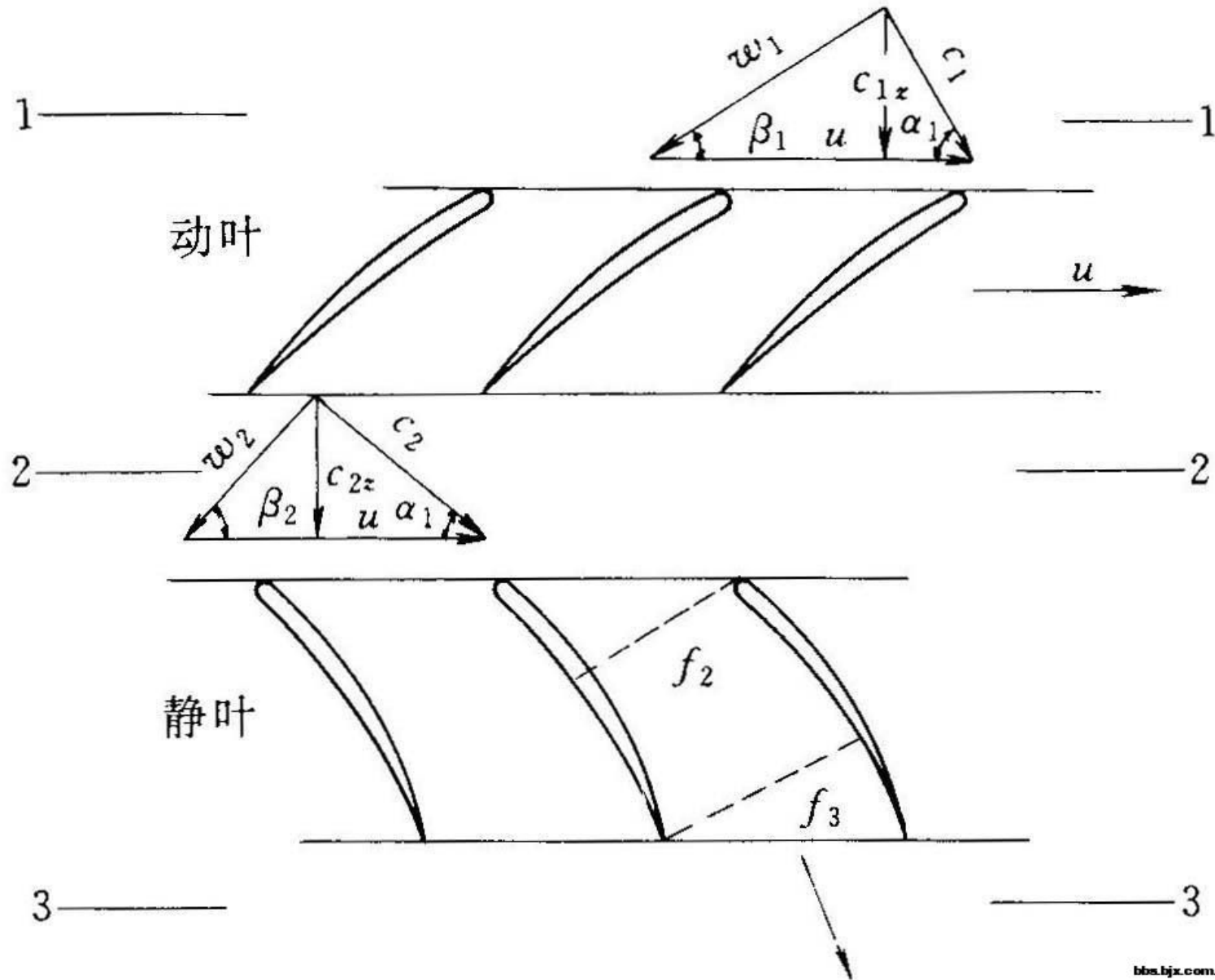
1.6.1 压气机进气组成

- 百叶窗除湿器
- 过滤器
- 空气反吹系统
- 除冰系统
- 消音器

1.6.2 燃机压气机

- 压气机叶片：轴流、离心
- 压气机防喘放气阀
- 进口可转导叶（IGV）
- 在压气机中，空气被压缩、比容减小、压力增高，因此必须输入一定的压缩功。这些压缩功由透平提供，透平所做的功约有 $2/3$ 是压气机消耗的，只有 $1/3$ 用于驱动负载。因此减少压气机耗功、提高压气机效率是提高燃气轮机出力的有效途径。

1.6.3 压气机机翼



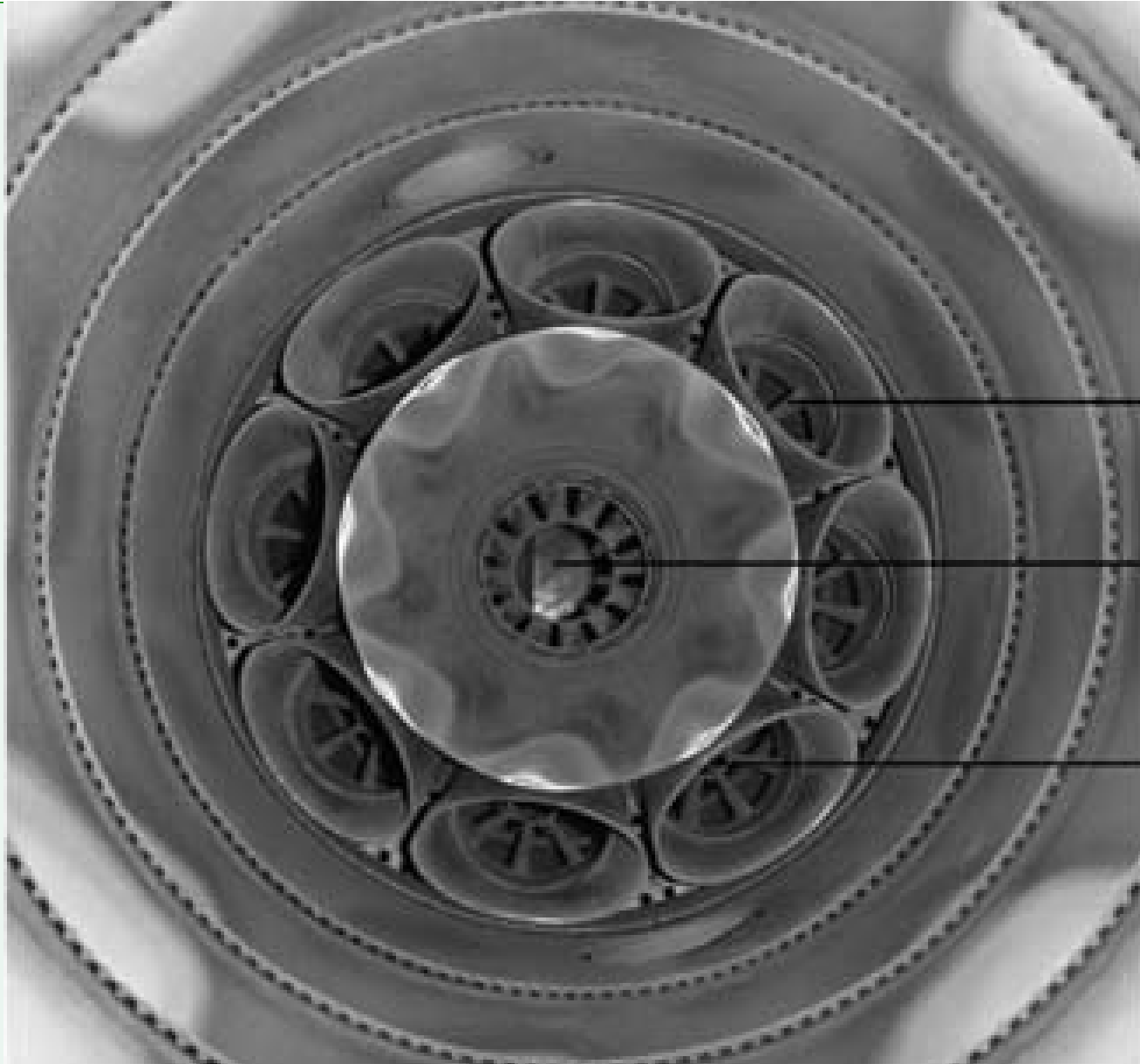
1.6.4 燃机压气机

- 压气机：绝热压缩
- 压气机进气温度
- 提高压比（B级12, E级15, F级17, H级23）：
 - 1.增加级数（H级18级）；
 - 2.提高轮毂直径（提高叶片顶部速度）；改良叶型，使其有更高的临界马赫数，并有较小的叶型损失。
- 进口可转导叶（IGV）：
 - 1.在起，停机过程中，低转速时，控制进气角度（降低进气攻角，防止叶片背面进气气流旋转脱离，压气机喘振），防止压气机喘振。
 - 2.保持透平排气温度不变。

1.6.5 环形燃烧器



1.6.6 逆流分管燃烧室

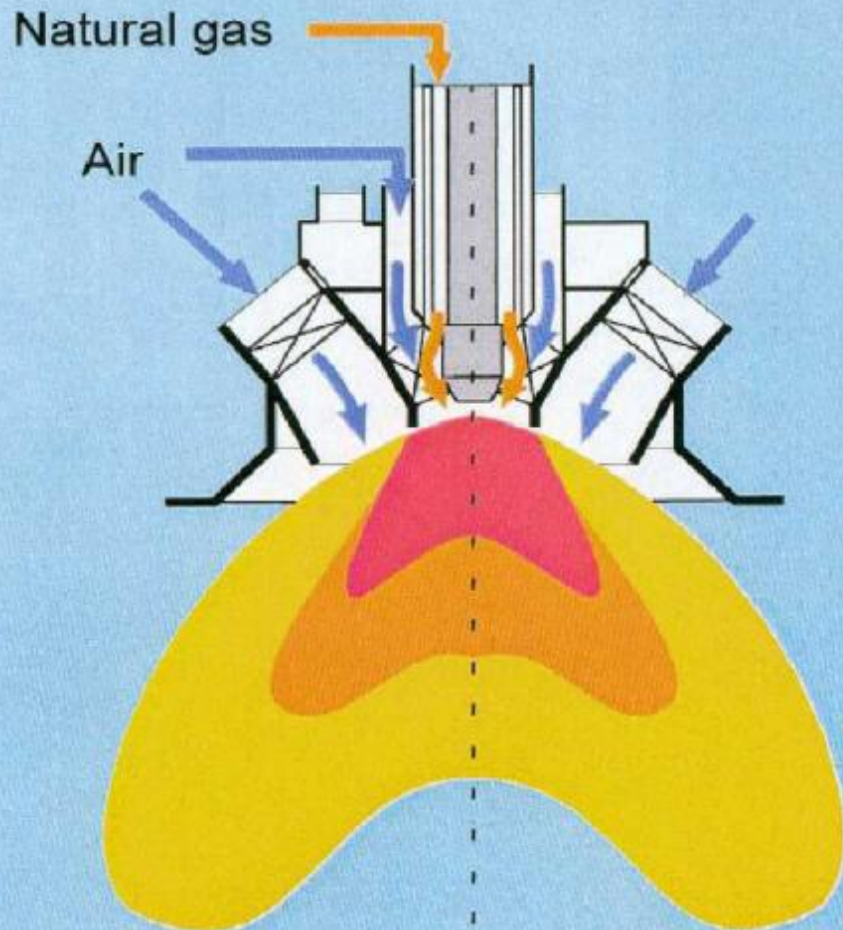


1.6.7 燃烧方式

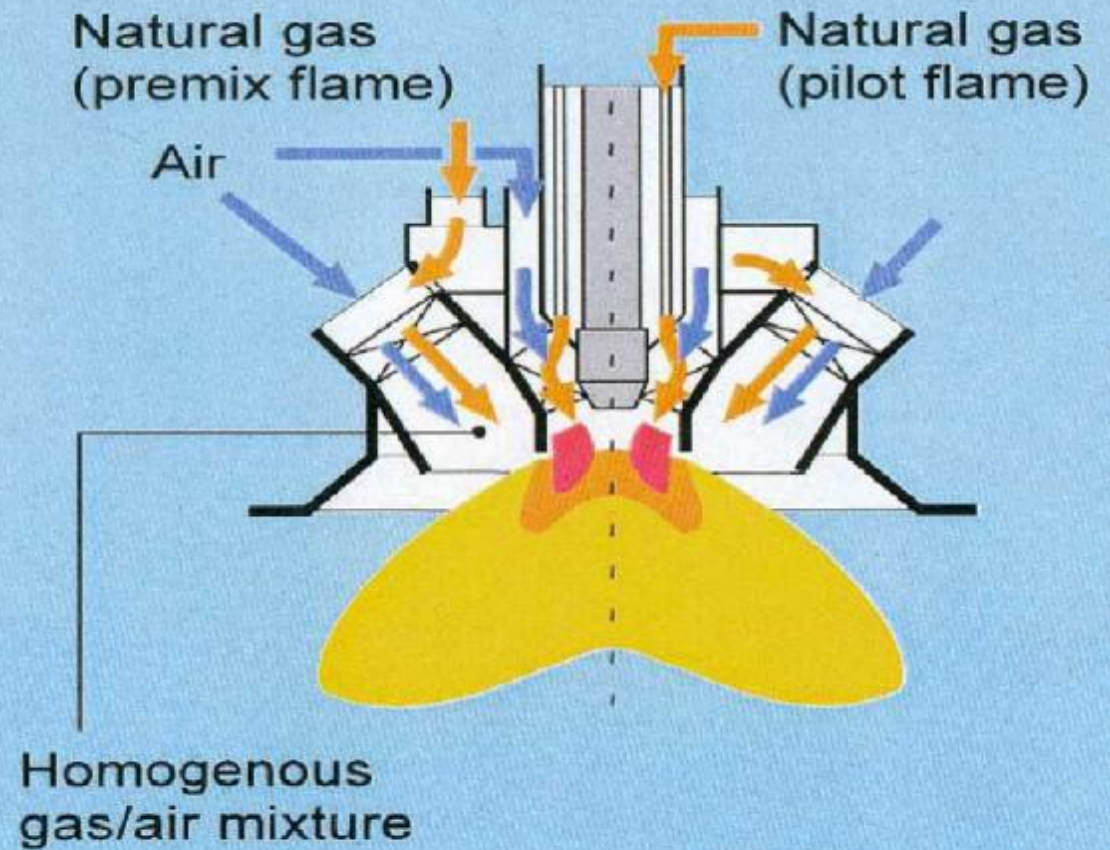
- 等压加热过程
- 单燃料、双燃料、三燃料
- 控制NOX：扩散燃烧、预混燃烧（干湿燃烧器）。
- 燃烧天然气：在约50%基本负荷时由扩散燃烧切换到预混燃烧；在基本负荷时NOx排放量约25 ppm
- 燃烧燃油：用扩散燃烧方式运行；为了减少NOx排放，需要喷水或喷蒸汽，当水与燃料混合比例为1：1时，NOx 的排放可以降低60 %

1.6.7 燃烧方式

Diffusion Flame



Premixed Flame



1.6.8 燃烧特性

- 从天然气到燃料油的相互切换可在60-80%负荷时进行, 仅需5分钟
- 部分负荷特性:在大于40%负荷运行时能保持低NO_x及低CO排放
- 频率稳定性:基本方式: 燃料阀和压气机进口可转导叶同时动作, 10秒钟内负荷可增,减15%。当可转导叶快速动作时, 10秒钟能使负荷增,减30%。

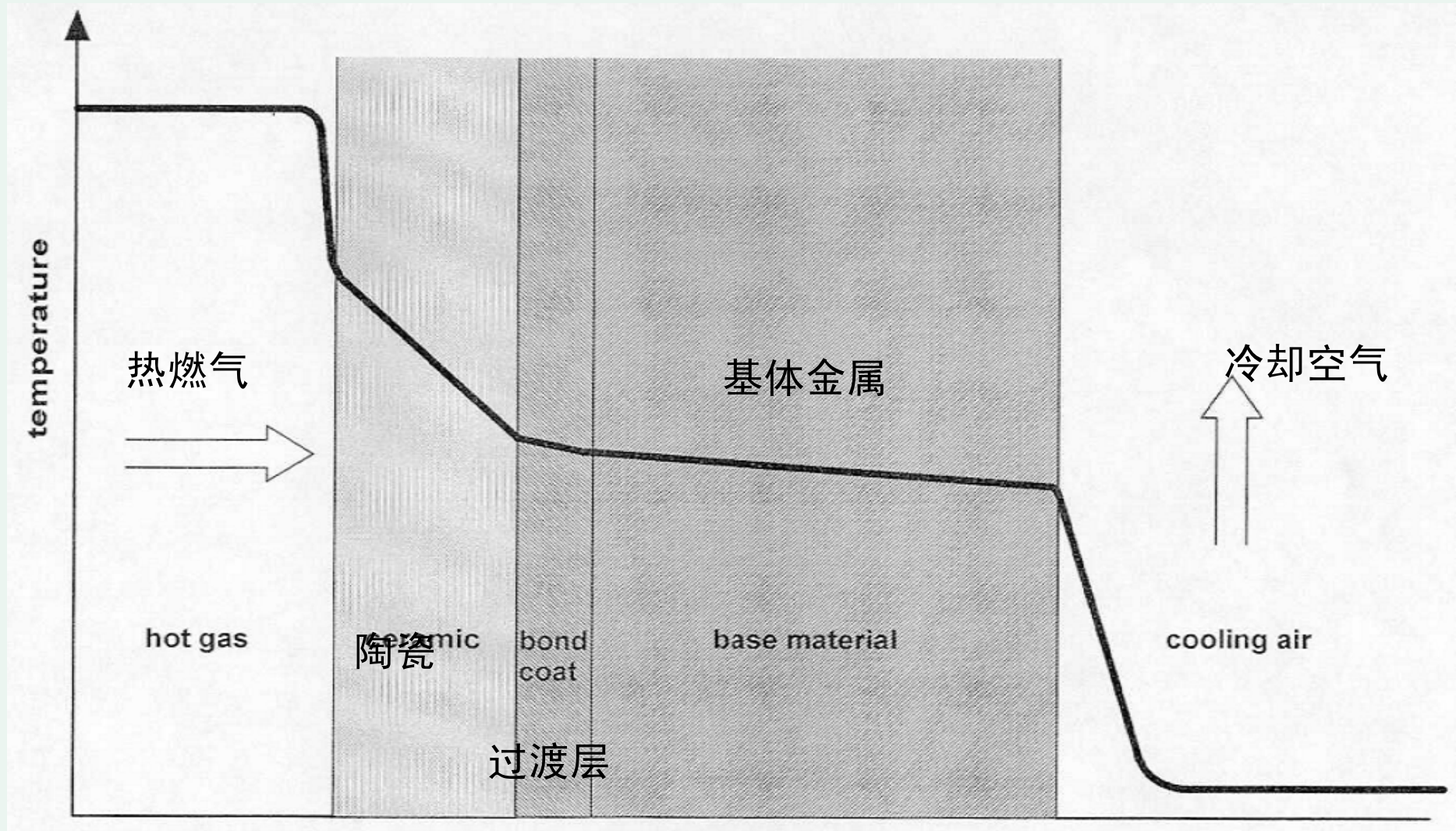
1.6.9 燃机透平

- 高温、高压燃气的膨胀过程 .B级1140 °C到F级的1400 °C ， H级的1430°C
- 叶片冷却技术：冲击冷却、气膜冷却、销片冷却、对流冷却；采用换热技术降低冷却风温；采用蒸汽冷却
- 叶片冷却气源：空气冷却、蒸汽冷却
- 叶片材质：多晶、定向凝固、单晶
- 陶磁、隔热涂层

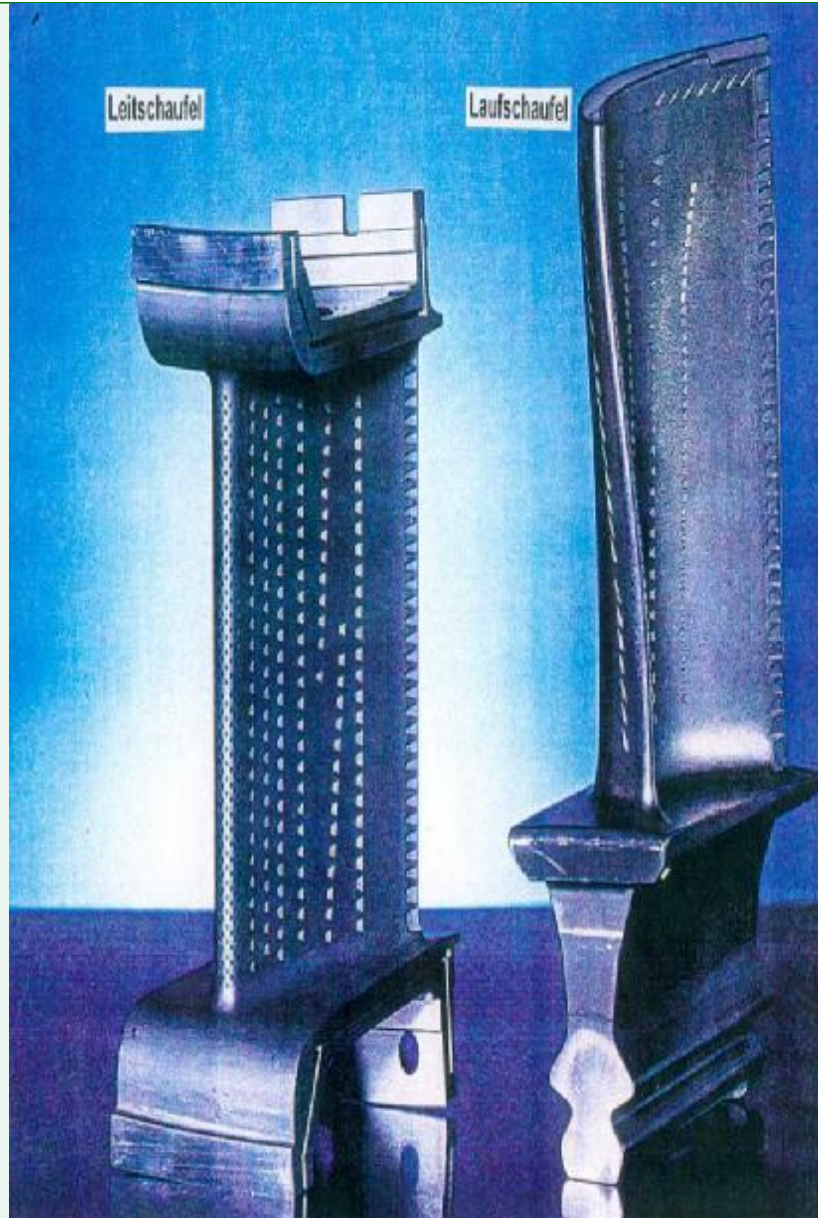
1.6.10 叶片冷却

- 现代燃气轮机的燃空比大约4%左右。过量空气系数在2.5以上。“纯燃气”的温度可以是： $t=3141^{\circ}\text{C}$
- 这远高于透平进口允许的温度。使用压气机排气对该高温燃气进行冷却，如果要求燃气初温为 1300°C ，则过量空气系数是：3.16。如果要求燃气初温 900°C ，则过量空气系数是：5.74；如果燃气初温是 1500°C ，则过量空气系数是：2.58。

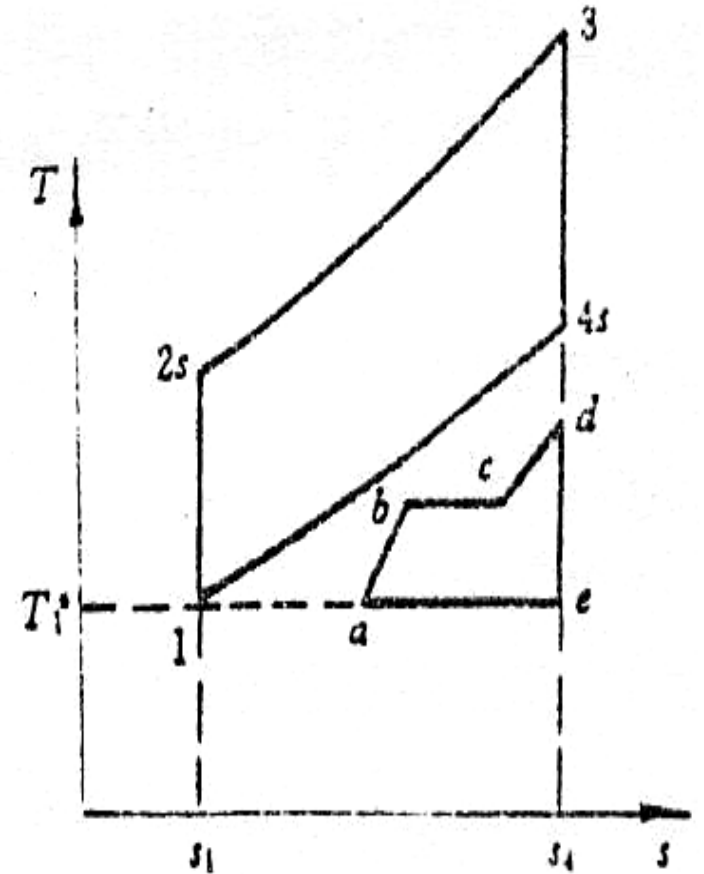
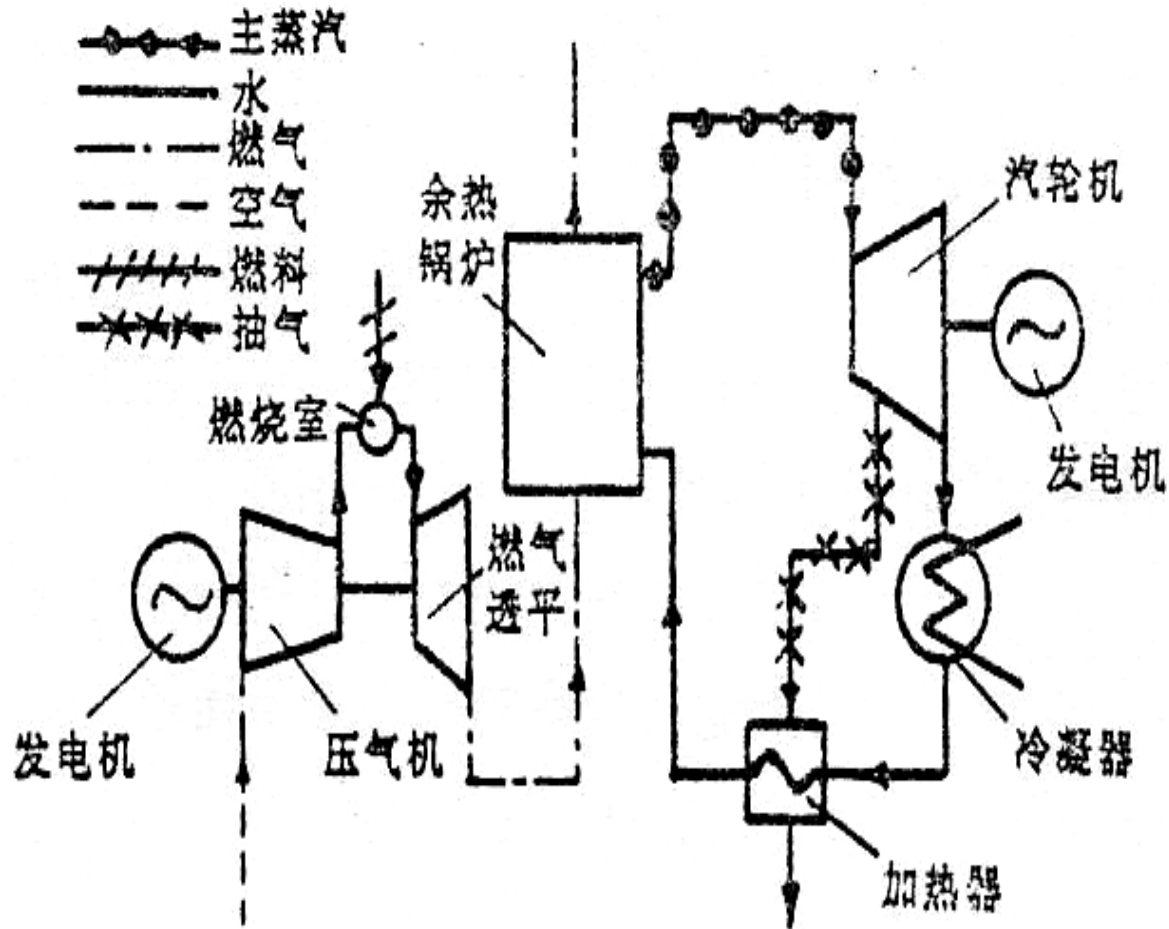
1.6.10 叶片冷却



1.6.11 动叶和静叶

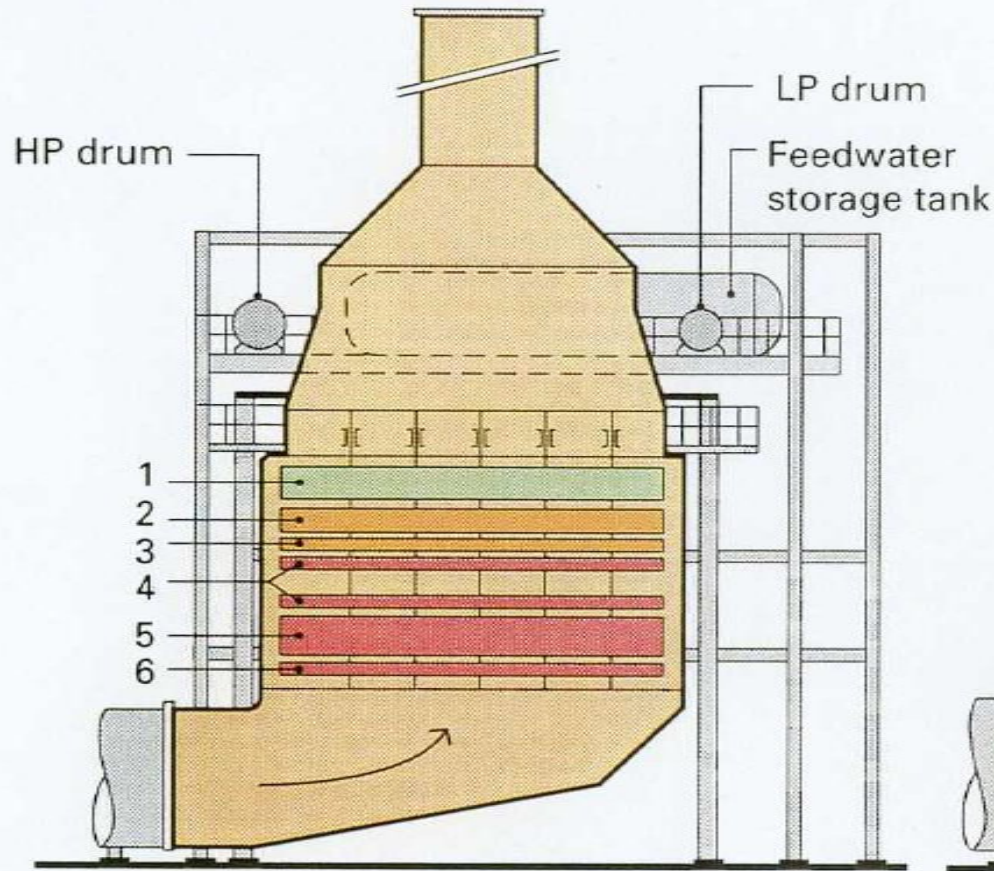


1.7 燃气-蒸汽联合循环原理



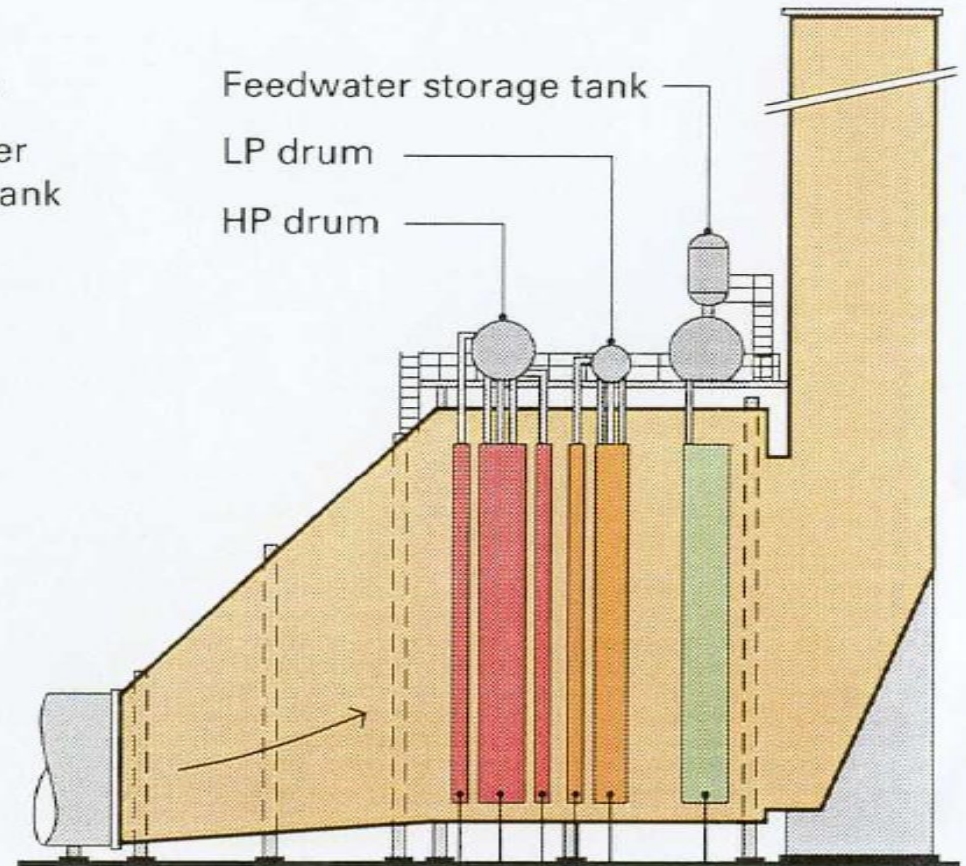
1.8 余热锅炉型式

Vertical Design



- | | |
|------------------|------------------|
| 1 Preheater | 4 HP economizer |
| 2 LP evaporator | 5 HP evaporator |
| 3 LP superheater | 6 HP superheater |

Horizontal Design



- 6 5 4 3 2 1

1.8.1 余热锅炉岛构成

- 余热锅炉由省煤器（凝结水加热器）、蒸发器、过热器以及联箱和汽包等换热管簇和容器等组成。在省煤器中锅炉的给水完成预热的任务，使给水温度升高到接近于饱和温度的水平；在蒸发器中给水相变成为饱和蒸汽；在过热器中饱和蒸汽被加热升温成为过热蒸汽；
- 卧式余热锅炉：燃气水平地流经过热器、蒸发器、省煤器等，燃气呈“横向流动”，而与其相配的传热管束为垂直布置，并通常采用自然循环。
- 立式余热锅炉：锅炉中燃气由下向上顺序流经过热器、蒸发器、省煤器等，燃气呈“纵向流动”，与其相配的传热管束为水平布置。在蒸发段，借助循环泵把水压入蒸发器管束，形成了强制循环。

1.8.1 余热锅炉岛构成

- 汽包
- 一体式除氧器
- 高、低压给水泵、凝结水再循环泵
- 烟囱，旁路烟囱
- 进出口消音器
- 烟囱出口挡板

1.8.2 余热锅炉岛参数

- 双压、三压的选择
- 余热锅炉补燃
- 热端温差
- 窄点温差
- 锅炉效率

1.8.2 余热锅炉岛参数

- 热端温差：热端温差是指过热器出口汽温与过热器入口烟温之间的温差。降低热端温差，可以得到较高的过热度，从而提高过热蒸汽品质。但降低热端温差，同时也会使过热器对数平均温差降低，也就是说增大了过热器的传热面积，加大了金属耗量。
- 窄点温差：窄点温差是烟气与饱和水蒸汽温度差的最小点。窄点温差的选择对蒸发量的影响较大，它反映了余热锅炉窄点热能利用程度。窄点温差从经济性角度有一个基本选取的原则，即存在一个受热面与窄点温差之间的平衡点。为了减少投资费用，窄点温差应取得大些；为了提高余热锅炉的热效率，窄点温差应取得小些。当窄点温差取得较小时，由于余热锅炉传热面积的增加幅度较大，锅炉的总投资费用就会增大很多。联合循环设备采购国际标准规定，单压（即只产生一种压力等级的蒸汽供汽轮机）余热锅炉的窄点温差为 15°C ；双压和三压（即产生2种或3种压力等级的蒸汽供汽轮机）余热锅炉为 10°C 。

1.8.2 余热锅炉岛参数

- 接近点温差：接近点温差是省煤器出口水压下饱和温度和出口水温度间的温差。在设计工况下，当窄点温度选定后，当接近点温差增大时，余热锅炉的总传热面积会增加。这是由于省煤器的对数平均温差虽然有所增大，致使其传热面积有所减小，但蒸发器的对数平均温差却会减小很多，致使蒸发器的传热面积增大的甚多的缘故。当然，此时过热器的传热面积是保持不变的，结果是余热锅炉的总传热的面积要增大。但是，对于结构已定的余热锅炉，当进入的燃气温度，随机组负荷的减小或降低时，接近点温差也会随之减小。

1.8.2 余热锅炉岛参数

- 如果设计时接近点温差取得过小，或者未予考虑，那么，在部分负荷工况下，省煤器内就会发生部分给水蒸发汽化的问题。这会导致部分省煤器管壁过热现象，甚至出现故障。因而在设计余热锅炉时，通常取接近点温差为 $5-20^{\circ}\text{C}$ 。联合循环设备采购国际标准规定，省煤器的接近点温差为 5°C 。就窄点温差和接近点温差(欠温)来说，温差小则蒸发量增加，余热锅炉的效率也随之上升，而所需受热面积也就更大；燃气轮机的负荷降低，节点温差和接近点温差也会变小，但易造成省煤器的汽化，因此要综合考虑选择它们合适的值

1.8.2 余热锅炉岛参数

- 余热锅炉排烟温度: 余热锅炉出口的排烟温度越低其效率就越高, 但因此要扩大受热面积和增设备费用。余热锅炉的排烟温度与所选用的蒸汽循环型式、窄点温差以及燃料的含硫量有密切关系。当窄点温差选得较小时, 余热锅炉的排烟温度就能降低。而当采用双压或三压循环系统时, 余热锅炉的排烟温度要比单压系统降低很多。但是, 为了防止余热锅炉尾部管束发生低温硫腐蚀, 一般认为余热锅炉的排烟温度应比硫酸露点温度高 10°C 左右。当燃烧无硫燃料时, 则以不在尾部管束上凝结水滴为原则, 即余热锅炉的排烟温度应比水的零点温度高 10°C 左右。

1.9 燃气轮机的启动

- 燃机启动方式：启动电机（液力变扭器）、SFC启动、柴油机（黑启动）。
- 燃气轮机的启动过程：冷拖（清吹）、点火、升速、（自持）、脱扣、额定转速、并网、带负荷。

1.9.1 SFC变频启动

- 燃机发电机组的整个启动过程和常规燃煤汽轮发电机组完全不同，燃机靠发电机启动，此时发电机作为同步电动机运行。同步电动机启动后将燃机机组拖至70%的额定转速，此时燃机被点火，70%的额定转速被燃机拖入至额定转速。
- 由于发电机容量大(达400 MW)，直接启动电流很大而运用变频启动装置(SFC)启动则电流要小得多，200 MW发电机启动电流只有750 A左右。启动过程基本步骤是：通过SFC向发电机定子绕组施加电压，同时利用静态励磁装置(SEE)向发电机转子绕组提供励磁，使此时作为同步电动机运转的发电机产生同步力矩，带动转轴使燃机升速至约70%额定转速，燃机在此时被点火运转，拖动电机到额定转速。

1.9.1 SFC变频启动

- 电厂SFC装置运行方式有以下四种：
- ①. 正常启动方式； ②. 燃机吹扫； ③. 高盘冷却；
④. 压气机水洗。

1.10 燃机清洗

- 1.在线清洗
- 2.离线清洗
- 3.压气机清洗、透平叶片清洗

1.11 燃料要求

- 1.天然气成份、温度、压力
- 2.燃油成份、温度、压力

1.12 燃气模块组成

- 调压站撬：紧急气动隔断阀、过滤、露点加热（电加热、蒸汽加热、水浴炉）、计量、调压支路；
- 前置模块：精滤、流量测量、性能加热器；
- DLN模块：速比阀、速关阀；
- 氮气置换系统；
- 疏水排污系统。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/755104122130011043>