

第 3 篇

火 力 发 电

第 3 篇

火 力 发 电

主编单位 电力工业部西北电力设计院

编写单位 电力工业部西北电力设计院

主 编 李学纪

副 主 编 张建中

编 写 人 李学纪 张建中 马文濂 吴振声
崔嘉鼎 王良中 徐 卫 谢 熹
富文举 阮少明

主 审 江哲生 蔡冠平

常用符号表

A ——燃料中的灰分(质量分数)(%)	M ——燃料中的水分(质量分数)(%)
B ——燃料消耗量(kg/h, t/h)	M_t ——燃料中的全水分(质量分数)(%)
磨煤机出力(t/h)	M_{ar} ——燃料接收基水分(质量分数)(%)
B, b ——大气压力(Pa)	M_A ——烟尘排放量(t/h)
b_b ——标准燃料消耗率[kJ/(kW·h), kg/GJ]	M_{SO_2} ——SO ₂ 排放量(t/h)
C ——燃料中碳的含量(质量分数)(%)	N ——燃料中氮的含量(质量分数)(%)
水中悬浮物含量(mg/L)	NPSH ——汽蚀余量(m)
烟尘排放浓度[mg/m ³ (标准)]	O ——燃料中氧的含量(质量分数)(%)
c_p ——比定压热容[kJ/(kg·K)]	p ——压力(Pa, MPa)
c_v ——比定容热容[kJ/(kg·K)]	P_c ——压气机压缩功率(kW)
D ——蒸汽量(kg/h, kg/s)	P_{el} ——发电机输出功率(kW)
D ——煤粉筛分中筛下量(%)	P_{fw} ——给水泵电动机功耗或小汽轮机输出功率(kW)
d ——汽轮机汽耗率[kg/(kW·h)]	P_b ——厂用电功率(kW)
相对密度	P_r ——励磁机功率(kW)
E ——焓(kJ)	P_T ——透平膨胀功率(kW)
e ——比焓(kJ/kg)	Q ——热量(kJ, MJ)
EFOR——机组等效强迫停运率	水量(t/h)
FC——燃料中固定碳的含量(质量分数)(%)	烟风量(m ³ /s)
G ——冷却水量(kg/h)	$Q_{net, v, ar}$ ——燃料接收基低位发热量(kJ/kg)
灰渣量(t/h)	$Q_{gt, v, ar}$ ——燃料接收基高位发热量(kJ/kg)
油量(kg/h)	q ——蒸汽流量(kg/h)
g ——重力加速度(m/s ²)	热耗率[kJ/(kW·h)]
H ——燃料中氢的含量(质量分数)(%)	R ——燃料结渣指数
H ——真空度	煤粉筛分中筛上残留物(%)
生水中硬度(mmol/L)	S ——燃料中硫的含量(质量分数)(%)
h ——工质比焓(kJ/kg)	S ——熵(kJ/K)
h_0 ——主蒸汽比焓(kJ/kg)	s ——比熵[kJ/(kg·K)]
h_r ——再热蒸汽比焓(kJ/kg)	T ——温度(K, °C)
h_{fw} ——锅炉给水比焓(kJ/kg)	u ——速度(m/s)
Δh ——通风力(Pa)、阻力(Pa)、压头(Pa)	比内能(kJ/kg)
HR——热耗率[kJ/(kW·h)]	V_{daf} ——燃料中干燥无灰基(可燃基)挥发分(质量分数)(%)
HR _g ——毛热耗率[kJ/(kW·h)]	V ——烟风量(m ³ /s)
HR _n ——净热耗率[kJ/(kW·h)]	单位燃料烟风量[m ³ (标准)/kg]
HGI——哈氏可磨度	v ——烟气或水的流速(m/s)
K_b ——燃料比	工质比体积(m ³ /kg)
K_c ——短路比	
K_e ——燃料磨损指数	
K_{VTI} ——VTI可磨指数	

W ——功(kJ)	η_{SO_2} ——脱硫效率(%)
X ——电抗(%)	κ ——等熵指数
Z ——几何高度差(m)	λ ——管道摩擦阻力系数
α ——过剩空气系数	ζ ——局部阻力系数
η ——效率	μ ——分子量
η_b ——锅炉效率(%)	混合比
$\eta_{b,gr}$ ——按高位发热量计算的锅炉效率(%)	ρ ——密度(kg/m ³)
η_c ——火电厂热效率(%)	π ——增压比
除尘器效率(%)	τ ——升温比
η_{el} ——汽轮发电机总效率(%)	ω ——流速(m/s)
η_i ——汽轮机循环热效率(%)	

注：本篇燃料中C、H、O、N等元素成分含量(质量分数)的表示方法按GB3100~3102—93应为 w_C 、 w_H 、 w_O 、 w_N ，但现行国标中煤质分析标准尚未改变，故对此未进行修改。

第 1 章 概 论

中国电力工业一直以高速度发展,1949 年全国电力装机容量为 1850MW,发电量为 43.1 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。1994 年全国电力装机容量约为 200GW,发电量为 9278 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,其中火电分别为 151GW 和 7610 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。我国电力装机容量和发电量仅次于美国、原苏联和日本,而跃居世界第四位。

每年新增加的装机容量,从 1988 年开始超过 10GW。50 年代我国平均每年新增装机容量为 0.77GW,60 年代为 1.17GW,70 年代为 3.65GW,80 年代为 6.36GW,1992 年为 13.50GW。

1994 年火力发电的原煤消耗量为 392.91Mt,燃油为 11.64Mt,燃气为 8532.13 Mm^3 。发电设备利用小时数为 5233h,其中火力发电为 5574h,火电机组的发电煤耗为 382g/($\text{kW} \cdot \text{h}$),供电煤耗为 414g/($\text{kW} \cdot \text{h}$),火电厂用电率为 7.99%。

全国 100MW 以上的高温高压参数火电机组共计 500 台,总容量为 93.128GW,占火电机组总容量的 62.6%,其中有 600MW 机组 7 台,350MW 14 台,320MW 4 台,300MW 68 台,250MW 2 台,200MW 155 台,125MW 92 台,100MW 129 台。

全国兆瓦级以上的火电厂 34 座,最大的火电厂为唐山发电总厂,装机容量为 1850MW。

到 2000 年,为了使中国电力增长基本满足国民经济发展的需要,发电量应达到 14000 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,装机容量要达到 290~300GW。从现在起到本世纪末,新增装机容量中,火力发电将担负 2/3 以上。今后,火电燃料仍将立足于煤,现有烧油机组尽可能改烧煤,一般不再新建烧油电厂。火电建设重点是发展矿区和坑口电厂,以减轻煤炭运输压力,并提高综合效益。在煤炭资源丰富,离负荷中心较近的山西、内蒙古、陕西、宁夏、河南、安徽、山东、贵州等地建设大型煤电基地。与此同时,在沿海地区以及铁路沿线建设大型港口或路口电厂。新建火电厂以 300、600MW 机组为主。此外,在热负荷集中的地方,鼓励发展热电联产。

1 能源利用

1.1 能源开发

用于发电的能源主要包括化石燃料的化学能、水

流的势能和动能以及核能。火力发电就是开发利用燃料所蕴藏的化学能,通过高温燃烧转化为热能释放出来,将水加热成为高温、高压的蒸汽,然后利用蒸汽做功推动汽轮机和发电机,使一部分热能转化为电能。

火力发电所用燃料主要为煤炭、石油和天然气等,而以煤炭为最多,据 1993 年统计,我国煤炭探明储量共计 10179.07 亿 t。我国 1994 年原煤产量为 12.2953 亿 t,可见火力发电有很大的潜力,但受环境保护要求的限制。

1.2 电源构成

现今世界各国所采用的发电方式中,最主要的是火力发电、水力发电和核能发电。近年来,世界上火力发电的比例仍在增长,目前,已达总发电量的 75% 以上。

我国当前的电源构成情况大致是火力发电占 75% 左右,其余主要为水力发电,核能发电刚开始发展。火力发电中,大约 90% 以上烧煤,约 8.6% 烧油,其余用其他燃料。

本世纪 60 年代,主要工业国家发电设备的装机容量及发电量的年平均增长率均在 7% 以上。70 年代前五年,除个别国家仍保持此水平外,其余均已降至 4%~5%。70 年代后期装机容量的增长率有继续下降的趋势,如美国 1979 年以来平均增长率只在 1.7%~2.5% 之间。我国由于电力紧张,装机容量增长率逐年有所增加,高于世界各国的平均水平。

发电量的年平均增长率与国民经济生产总值的年平均增长率的比值(或称电力弹性系数),60 年代均在 1.3 以上,预计本世纪内将始终保持在 1.2 的水平。我国 70 年代电力弹性系数平均在 0.94~1.1,不能满足国民经济高速度发展的需要。因此,要积极发展火力发电,大力开发水力发电,有重点有步骤地建设核能发电。

1.3 电力系统对火电机组特性的要求

为了电力系统的安全、经济和灵活运行,保证向用户供电的质量,对安装在电力系统的大容量火电机组

的基本要求是,机组的可靠性及可用率高,经济性好,灵活性高,适应电力系统的冲击、扰动负荷。

1. 负荷跟随 火电机组的运行方式既可带基本负荷,也可调峰;既可以采用定压运行,也可采用“定-滑-定”运行。锅炉的负荷连续变化率在定压时,不低于5%/min;在滑压运行时不低于3%/min;机组的负荷变化率在20%最大连续功率(Maximum Continuous Rating——MCR)工况下,不小于2%/min;在20%~50%MCR工况下,不小于3%/min;在50%~100%MCR工况时,不小于5%/min;允许负荷在50%~100%MCR工况之间的变化幅度为20%/min。

2. 机组起停 根据电力系统要求,汽轮机应能允许在制造厂提供的最低功率至额定功率间带调峰负荷或两班制运行。调峰锅炉的设计应满足不投油、全投自动、稳燃最低允许负荷:(1)烟煤及褐煤锅炉最低允许30%负荷;(2)贫煤锅炉最低允许40%负荷;(3)无烟煤锅炉最低允许60%~70%负荷,W型锅炉最低允许40%负荷。锅筒锅炉的起动时间(从点火到满负荷)应满足以下要求:(1)冷态起动为6~8h;(2)温态起动为3~4h;(3)热态起动为1.5~2h。直流锅炉及低循环倍率锅炉的起动时间(从点火到满负荷)应满足以下要求:(1)冷态起动为5~6h;(2)温态起动为2~3h;(3)热态起动为1~1.5h。

3. 机组寿命 锅炉各主要承压部件使用寿命应大于30年,大修周期一般不少于四年,受烟气磨损的低温对流受热面使用寿命应达到100000h,回转式预热器的低温段传热元件的使用寿命不低于50000h,一般锅炉强迫停用率应不大于2%,连续可调时间应能达到半年。汽轮机零部件(不包括易损件)的设计使用寿命应不少于30年,在其寿命期内应能承受下列工况:(1)冷态起动(长期停机后)200次;(2)温态起动1000次;(3)热态起动2500次;(4)极热态起动150次;(5)正常停机4000次;(6)正常负荷变化12000次。汽轮机年平均运行小时应不小于7500h,连续运行天数不少于半年,大修周期不少于四年。汽轮机应能承受下列出现的运行工况:(1)汽轮机轴系能承受发电机出口母线突然三相短路,并切除或单相短路重合闸时所产生的扭矩;(2)允许机组甩负荷后空转运行不少于15min;(3)按电力系统要求,汽轮机应具备一定的带调峰负荷的能力。发电机应与汽轮机最大连续出力相匹配,发电机应具有调峰运行能力,允许起停次数不少于10000次,而不产生有害变形。励磁机系统故障造成的发电机强迫停运率应不大于0.1%。发电机和励磁

机的使用寿命一般应大于30年,大修周期一般不少于四年。要求安装投产后第一年运行小时不少于7500h,年利用小时不少于6500h,小修间隔不小于6000h。

4. 调速灵敏 汽轮机的调速器的反应时间不大于0.2s,调速器的不灵敏区越小越好,最大应小于额定频率的0.06%,这对于电力系统的动态特性是很重要的。机组能在频率为48.5~50.5Hz的范围内持续稳定运行,根据电力系统运行要求,机组的频率特性见表3·1-1。

表 3·1-1 机组频率特性

频率 (Hz)	允许运行时间	
	累计 (min)	每次 (s)
51.5	>30	>30
51.0	>180	>180
48.5~50.5	连续运行	
48	>300	>300
47.5	>16	>60
47	>10	>10

5. 调节系统 大容量汽轮机应采用电液或电调系统,因随着机组容量的增大,在突然增大负荷或甩负荷时,转动部分的加速度比中、小容量的机组大得多,电液调节系统有下列优点:

(1) 调节的灵敏度高,甩负荷后,超速可控制在允许范围内。

(2) 除测量和操作元件外,调节系统设备不必装在汽轮机上,可装在机组附近和控制室内。

(3) 可靠性高,有的信号检测和控制装置采用冗余配置,一回路故障时,另一回路仍可维持运行。机组协调控制系统(Coordination Control System——CCS)在电调节遥控投入时,电调节系统可适应机组的锅炉跟踪、汽轮机跟踪、机炉协调、定压变压运行、快速减燃料和手动等运行方式;当电力系统需要时,应允许汽轮机中压调节阀快速关闭,经过若干秒后,汽轮机再以每秒不低于10%额定功率升负荷率,带负荷到最低持续稳定负荷至100%额定负荷范围内的任何数值,汽轮机本体强度应满足上述快关的要求。

2 火电厂类型

2·1 主要类型 (表 3·1-2)

表 3-1-2 火电厂的分类

分 类	型 式	简 要 说 明
按电厂性质	区域电厂 自备电厂 热电厂	地区性的主要发电厂 企业单位的自备电厂 同时供热和供电的电厂
按使用要求	基本负荷电厂 尖峰负荷电厂 紧急备用电厂	承担电力网中基本电力负荷 承担电力网中尖峰电力负荷 经常处于停用状态, 当运行的电厂因事故停运时立即投入
按供电方式	孤立电厂 联网供电	不与电力网连接而独立供电 接入大电力网联合供电
按所用燃料	燃煤电厂 燃油电厂 燃气电厂 地热电厂 太阳能电厂 废热电厂	按煤的特性大致分为无烟煤、烟煤、褐煤和劣质煤四类 除国家批准的燃油电厂外, 应严格控制电厂燃油 在产气地区可充分使用天然气, 当企业有副产品煤气时应尽量采用 在有地热资源的地区, 可充分利用地热发电 在缺乏燃料的地区, 可利用太阳能发电, 尚在研究发展中 充分利用工业废料如甘蔗渣、锯屑、树皮、城市垃圾等发电, 有工业余热时可采用余热锅炉发电
按蒸汽压力	低压电厂 中压电厂 高压电厂 超高压电厂 亚临界电厂 超临界电厂	蒸汽初压为 2.4MPa 蒸汽初压为 3.4MPa 蒸汽初压为 8.8MPa 蒸汽初压为 13.2MPa 蒸汽初压为 16.2MPa 蒸汽初压为 24.1MPa
按热力循环	朗肯循环 回热循环 再热循环 联合循环 热电循环	采用蒸汽动力装置的基本热力循环 从汽轮机某些中间级后抽出部分做过功的蒸汽加热给水, 提高热效率 将做过功的蒸汽从汽轮机某一中间级全部引出, 送到锅炉再热器中加热, 又引入汽轮机以后级组中继续做功 采用两种工质做联合循环, 如燃气-蒸汽联合循环 汽轮机除发电外, 还利用其抽汽或排汽满足供热的需要
按原动机	汽轮机发电厂 内燃机发电厂 燃气轮机发电厂	有凝汽式、背压式和抽汽式 柴油机: 用于工矿企业自备电源和缺煤、缺水地区孤立电站 汽油机: 容量较小, 用于移动电源 煤气机: 利用煤气发电, 一般容量较小 燃气轮机: 一般作事故备用或临时电源, 适应于缺水地区
按厂房型式	固定式 快装式	室内: 主厂房全部为室内式 露天 (半露天): 锅炉房半露天或全露天 设备成组运往现场, 组装后很快发电

2.2 火电厂效率

燃料 (煤炭、石油、天然气) 中蕴藏的热能转换为

电能的百分比称为火电厂效率。目前, 世界上最好的常规机组火电厂效率为 40% 左右。最新发展的联合循环机组火电厂效率可达 50% 以上。

提高火电厂效率除了提高锅炉、汽轮机等设备的制造和运行水平以外,主要是提高蒸汽参数,采用再热循环和联合循环;另一途径是充分利用汽轮机的抽汽

或排汽的潜热供工业生产和生活取暖之用,从而减少或完全避免汽轮机排汽带走的热量损失。

各种蒸汽参数火电厂的能量损失和效率见表 3·1-3。

表 3·1-3 各类火电厂热平衡示例

项 目		中 压 电 厂	高 压 电 厂	超 高 压 电 厂	亚 临 界 电 厂	超 临 界① 电 厂
汽轮机新蒸汽参数		3.4MPa 435℃	8.8MPa 535℃	13.2MPa 535/535℃	16.2MPa 535/535℃	24.1MPa 538/538℃
锅炉热损失 q_b (%)		11	10	9	8	7.5
汽 轮 机	排汽热损失 q_c (%)	61	54	52.5	50.5	48
	机械损失 q_m (%)	1	0.5	0.5	0.5	0.5
发电机损失 q_g (%)		1	0.5	0.5	0.5	0.45
管道系统损失 q_p (%) ②		1	1	0.5	0.5	0.5
发电效率 η_c (%)		25	34	37	40	43.05
发电标准煤耗 [kg/(kW·h)]		492	362	332	308	286

① 一级中间再热。

② 表中管道系统相关系数粗略取值,实际计算值可能高于表中数值。

火电厂总效率(发电效率) η_c 可以表示为六个效率的乘积

$$\eta_c = \eta_b \eta_p \eta_r \eta_{re} \eta_m \eta_g \quad (3·1-1)$$

式中,六个 η 按下角标分别为锅炉效率、管道效率、汽轮机循环热效率、汽轮机相对内效率、机械效率和发电机效率。

另外,总效率 η_c 也可按下式计算:

$$\eta_c = \frac{3600P_{el}}{BQ_{net,v,ar}} = \frac{3600}{q_c} = \frac{3600}{q_0} \eta_b \eta_p \quad (3·1-2)$$

式中 P_{el} ——发电机输出功率 (kW);

B ——锅炉燃料消耗量 (kg/h);

q_c ——发电厂热耗率[kJ/(kW·h)];

q_0 ——汽轮机组热耗率[kJ/(kW·h)];

$Q_{net,v,ar}$ ——燃料的低位发热量 (kJ/kg)。

实践中往往以标准煤耗率反映火电厂效率或经济性,以 b_b 表示发电标准燃料煤耗率

$$b_b = \frac{0.123}{\eta_c} \quad [\text{kg(标准煤)/(kW·h)}] \quad (3·1-3)$$

以 $b_{b,gd}$ 表示供电煤耗率

$$b_{b,gd} = \frac{B}{P_{el} - P_h} = \frac{0.123}{\eta_c} \frac{P_{el}}{P_{el} - P_h} \quad [\text{kg(标准煤)/(kW·h)}] \quad (3·1-4)$$

式中 P_h ——厂用电功率 (kW)。

对于热电厂,应根据总热耗量在发电及供热两方

面的分配结果,分别计算发电及供热的效率和标准煤耗,参见本篇第 6 章。

2·3 基本计算

为了加强对火电厂的运行管理,有关火力发电的各种效率计算公式如下:

1. 锅炉效率 η_b

$$\eta_b = \frac{\text{送给汽轮机的热量}}{\text{供给锅炉的热量}} \times 100 \\ = \frac{D(h_0 - h_{fw}) + D_r(h_{r1} - h_{r2}) + D_{ps}(h_{rs} - h_{fw})}{BQ_{net,v,ar}} \times 100 (\%) \quad (3·1-5)$$

式中 D ——锅炉蒸发量 (kg/h);

h_0 ——主蒸汽比焓 (kJ/kg);

B ——燃料消耗量 (kg/h);

h_{fw} ——锅炉给水比焓 (kJ/kg);

D_r ——再热器入口蒸汽流量 (kg/h);

h_{r1} ——再热器出口蒸汽比焓 (kJ/kg);

h_{r2} ——再热器入口蒸汽比焓 (kJ/kg);

D_{ps} ——锅炉排污水量 (kg/h);

h_{rs} ——锅炉饱和水比焓 (kJ/kg)。

2. 汽轮机相对内效率 η_{ri}

$$\eta_{ri} = \frac{\text{有效焓降}}{\text{等熵焓降}} \times 100 = \frac{h_0 - h_c}{h_0 - h_{ct}} \times 100 (\%) \quad (3·1-6)$$

式中 h_c ——汽轮机排汽比焓 (kJ/kg);

h_{ct} ——等熵膨胀排汽比焓 (kJ/kg)。

3. 汽轮机循环热效率 η_t

$$\eta_t = \frac{\text{汽轮机出力}}{\text{送给汽轮机的热量}} \times 100 = \frac{3600P_t}{D_0(h_0 - h_{fw})} \times 100(\%) \quad (3.1-7)$$

式中 P_t ——汽轮机出力 (kW);

D_0 ——汽轮机进汽量 (kg/h)。

4. 汽轮机的汽耗率 d

$$d = \frac{\text{汽轮机进汽量}}{\text{发电机输出功率}} = \frac{D_0}{P_{el}} = \frac{3600}{(h_0 - h_c) \eta_t} \quad [\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})] \quad (3.1-8)$$

式中 η_t ——汽轮发电机总效率 (%)。

5. 汽轮机的热耗率 q ^①

$$q = \frac{\text{蒸汽在锅炉中的总吸热量}}{\text{发电机输出功率}} = \frac{D_0(h_0 - h_{fw}) + D_r(h_{r1} - h_{r2})}{P_{el}} \quad [\text{kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})] \quad (3.1-9)$$

6. 标准燃料消耗率 b

$$b = \frac{\text{标准燃料消耗量}}{\text{发电机输出功率}} = \frac{B}{P_{el}} \quad [\text{kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})] \quad (3.1-10)$$

7. 发电端效率 η_p

$$\eta_p = \frac{\text{发电机输出功率} \times 3600}{\text{供给锅炉的热量}} \times 100 = \frac{P_{el} \times 3600}{BQ_{\text{net}, v, ar}} = \eta_b \eta_{el} (\%) \quad (3.1-11)$$

8. 送电端效率 η_{ps}

$$\eta_{ps} = \frac{(\text{发电机输出功率} - \text{厂用电量}) \times 3600}{\text{供给锅炉的热量}} \times 100 = \frac{(P_{el} - P_h) \times 3600}{BQ_{\text{net}, v, ar}} \times 100 = \eta_p (1 - \text{厂用电率}) \times 100(\%) \quad (3.1-12)$$

9. 厂用电率 η_h

$$\eta_h = \frac{\text{厂用电量}}{\text{发电机输出功率}} = \frac{P_h}{P_{el}} \times 100 (\%) \quad (3.1-13)$$

3 火电厂建设^[1]

3.1 规划设计

火电厂的规划和设计,必须树立全局观点,依靠技术进步,认真勘测,精心设计,不断总结经验,积极慎重地推广国内外先进技术,因地制宜地采用成熟的新材料、新设备、新工艺、新布置和新结构,从实际出发,努力提高机械化、自动化水平,改善职工的工作条件和生活条件,做出最优方案,为提高发电厂的可靠性、经济性、劳动生产率和文明生产水平,为节约用地、节约

用水、节约材料、降低造价、缩短工期打下基础,并为文明施工创造条件。

火电厂的设计必须按国家规定的基本建设程序进行。设计的一般程序是:初步可行性研究、可行性研究、初步设计和施工图设计。

火电建设流程图见图 3.1-1 (适用于内资项目见书末插页)和图 3.1-2 (适用于外资项目见书末插页)。

火电厂规划设计的原则如下:

(1) 根据供电区域内电力负荷发展的需要,以及对电力系统中现有发电能力进行电力平衡,计算出每一规划年限内需要增加发电设备的总容量。

(2) 火电厂的机组容量应根据系统规划容量、负荷增长速度和电力系统结构等因素进行选择。最大机组不宜超过系统总容量的 10%。对于负荷增长较快的形成中的电力系统,可根据具体情况,并经技术经济论证后,选用较大容量的机组。对于已形成的较大容量的电力系统,应选用高效率的 300、600MW 机组。

(3) 火电厂机组的调峰性能,特别是不投油最低稳燃负荷等指标,应满足电力系统运行的需要。

(4) 火电厂的机组台数以不超过六台,机组容量等级以不超过两种为宜。同容量机、炉宜采用同一制造厂的同一型式,其配套设备的型式也应尽量一致。有关辅助设备的选择和系统设计也应满足相应的要求。

新建火电厂宜根据负荷需要和资金落实情况,按规划容量一次建成或分两期建成。大型发电厂多台大容量、高效率同型机组一次设计,连续建成。

(5) 当有供热需要,且供热距离与技术经济条件合理时,火电厂应优先考虑热电联产。

(6) 火电厂的建厂地点、规划容量、本期建设规模和建设期限、选用机组容量、联网方式、燃料来源和品种、投资控制指标等。

(7) 在火电厂设计中,必须遵守《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》等有关法令和规定。要采取切实措施,减轻火电厂排出的废气、废水、灰渣、噪声和排水对环境的影响。各项有害物的排放必须符合环境保护以及劳动安全与工业卫生方面的有关规定。

防治污染的工程设施必须和主体工程同时设计、

① 汽轮机组的热耗率有毛热耗率及净热耗率之分,参见本篇第 2 章 3.2.1 节。火电厂热效率计算中通常多采用毛热耗率。

同时施工、同时投产。

3.2 厂址选择

(1) 火电厂的厂址选择工作应按规划选厂和工程选厂两个阶段进行,并分别作为初步可行性研究和可行性研究的主要工作内容之一。规划选厂应以中长期电力规划为依据;工程选厂应以批准的项目建议书和审定的初步可行性研究报告为依据。

(2) 火电厂的厂址选择,应根据中长期电力规划、燃料供应、运输条件、地区自然条件和建设计划等因素全面考虑。在选厂工作中,应从全局出发,正确处理与农业、其他工业、国防设施和人民生活等方面的关系。有条件时,宜靠近城镇。

(3) 在选择火电厂的厂址时,应研究电力系统结构、电力和热力负荷、燃料供应、水源、交通、燃料及设备大件的运输、环境保护要求、灰渣处理、出线走廊、地质、地震、地形、水文、气象、占地拆迁和施工等条件,拟订初步方案,通过全面的技术经济比较和经济效益分析,提出论证和评价。

(4) 选择厂址时,应注意节约用地,尽量利用非可耕地和劣地,还应注意少拆迁房屋,减少人口搬移,尽量减少土石方量。

(5) 厂址场地设计标高应高于频率为1%的高水位,如低于上述标高时,厂区应有防洪围堤或其他可靠的防洪设施。

(6) 火电厂厂址的地震基本烈度应按国家地震局颁布的《中国地震烈度区划图》确定,地震地质条件较复杂的,应进行烈度复核或地震危险性分析。

(7) 火电厂厂址不应设在滑坡、岩溶发育程度高的地区或发震断裂地带以及9度以上地震区,大型主力火电厂不宜建在9度地震区。

厂址应避让重点保护的自然人和人文遗址,也不宜设在有重要开采价值的矿藏上或矿藏采空区上。

山区火电厂的厂址,宜选在较平坦的坡地或丘陵地上,应注意不破坏自然地势,避开有危害、滚石和泥石流的地段。

(8) 供水水源必须落实可靠,并应考虑水利规划对水源变化的影响。

当采用江、河水作为供水水源时,其取水口位置必须选择在河床全年均稳定的地段,且应不受泥沙、草木、冰凌、漂流杂物和排水回流等影响,必要时应进行模型试验。

当考虑采用地下水为水源时,应进行水文地质勘

探,按照《供水水文地质勘察规范》的要求,提出水文地质勘探评价报告,并应得到有关水资源主管部门的批准。

(9) 直流供水的火电厂应靠近水源,并应考虑进排水对水域航运、环境、生态和城市生活用水等方面的影响。

(10) 在靠近煤源,且其他建厂条件良好而水资源匮乏的地区,经综合技术经济比较认为合理时,可考虑采用空冷汽轮机组建设火电厂。

(11) 选择厂址时,应落实燃料和大件设备的运输条件。对燃料采用铁路运输的火电厂,应考虑火电厂的铁路专用线便于同国家铁路线或其他工业企业的专用线相连接,其连接距离宜短捷,并应避免建造大型桥梁、隧道,或与国家铁路线交叉。对燃料采用水路运输的火电厂,应根据船舶的吨位和泊位,在厂址范围内或其附近选择河道稳定、水流平稳、水域开阔、水深适当和地质良好的地段作为码头的位置。对距燃料产地较近的火电厂,应考虑采用长传送带或汽车运煤的可能性。

当燃料、大件设备和建筑材料采用水路运输时,火电厂可不设铁路专用线。

(12) 选择燃煤火电厂的厂址时,必须选择合适的贮灰场。贮灰场应不占或少占农田,不任意占用江河、湖泊的蓄洪、行洪区,并满足环境保护的有关要求。

贮灰场的总库容量应能存放按规划容量计算20年左右的灰渣量。贮灰场一般应分期分块建设,初期库容、征地等以能存放按本期容量计算10年左右的灰渣量为宜。

(13) 选择厂址时,应充分考虑出线条件,按火电厂接入系统的规划要求,留有足够的出线走廊。

(14) 火电厂厂址应考虑选择在大气扩散稀释能力较强、大气污染物本底浓度较小的地区。

(15) 在选择厂址时,应注意火电厂与其他工业企业所排出的废气、废水、废渣的相互影响。

(16) 火电厂宜位于附近城镇或居住区按常年最小频率风向的上风侧。

选择火电厂居住区的位置时,应考虑职工生活的方便。对位于城市及其近郊的火电厂,居住区宜结合城市规划进行安排。

(17) 在确定厂址时,应取得有关部门表示同意或认可的文件,主要有土地使用、燃料和水源供应、铁路运输及接轨、公路和码头建设、输电线路及供热管网走廊、环境保护等。

若厂址附近有有机场或军事设施,在确定厂址时,除考虑其影响外,还必须取得有关主管部门表示同意或认可的文件。

3.3 总体规划

(1) 火电厂的总体规划,应根据火电厂的生产、施工和生活需要,结合厂址及其附近地区的自然条件和建设计划,按批准的火电厂规划容量,对厂区、施工区、生活区、水源地、供排水设施、污水处理设施、灰管线、贮灰场、灰渣综合利用、交通运输、出线走廊和供热管网等,从近期出发,考虑远景,统筹规划。

(2) 火电厂的总体规划,必须贯彻节约用地的原则。全厂生产用地、厂前区用地、生活区用地和施工用地的面积,应遵守现行的国家行业有关标准的规定。

火电厂用地范围应根据建设和施工的需要,按规划容量确定。火电厂用地宜分期分批征用。

(3) 火电厂的总体规划还应满足下列要求:

- 1) 工艺流程合理;
- 2) 交通运输方便;
- 3) 处理好厂内与厂外、生产与生活、生产与施工之间的关系;
- 4) 与城镇或工业区规划相协调;
- 5) 方便施工,有利扩建;
- 6) 在方便运行的条件下,减少场地的开拓工程量;
- 7) 工程造价低,运行费用小,经济效益高。

(4) 火电厂的总体规划还应符合下列要求:

1) 按功能要求分区。例如,燃煤设施区、主厂房区、配电装置区、辅助生产设施区、厂前区、居住区和施工区等。

2) 各区内建筑物的布置应考虑日照方位和风向,并力求合理紧凑。辅助和附属建筑宜采用联合布置和多层建筑,厂前区和居住区亦宜采用多层建筑。

3) 注意建筑物空间的组织及建筑群体的协调,从整体出发,美化环境。

4) 因地制宜地进行绿化规划,利用生产区、厂前区和生活区的空闲场地植树种草。绿化覆盖系数可按不低于厂区占地面积的10%考虑。

(5) 火电厂厂区和生活区的建筑物布置应符合防火要求。

各生产建筑物在生产过程中火灾危险性及其最低耐火等级,应符合现行的《火力发电厂设计技术规程》

和《建筑设计防火规范》。

发电厂鸟瞰图见图3-1-3及厂区总平面布置图见图3-1-4。

3.4 厂区及厂区外部规划

(1) 火电厂的厂区规划包括生产区和厂前区两部分。

1) 生产区规划,应以工艺流程合理为原则,以主厂房为中心,结合各生产设施及系统的功能,分区集中,紧密配合,因地制宜地进行布置。

2) 厂前区规划,应以方便管理为原则,合理布置行政管理 and 生活福利等建筑,做到与生产区联系方便、环境清静、生活便利、厂容美观。

4×100~4×600MW级机组火电厂厂区用地指标见表3-1-4。

(2) 火电厂厂区建筑物的布置,除应符合现行的国家有关防火标准和规范的规定和有关环境保护的原则要求,还应符合下列要求:

1) 主厂房应布置在厂区的适中地位,当采用直流供水时,宜靠近水源。主厂房和烟囱尽量布置在土质均匀、地基承载力较高的地段。有条件时,主厂房的固定端和厂前区宜朝向城镇方向。

采用直接空冷系统的空冷机组,主厂房的朝向应考虑夏季主导风向对空冷凝汽器散热的影响。

2) 户内、外配电装置的布置,应考虑进出线的方便,尽量避免线路交叉。

3) 冷却塔的布置,应根据地形、地质、相邻设施的布置条件及常年的风向等综合考虑。工程初期冷却塔不宜布置在扩建端。

4) 贮煤场宜布置在厂区主要建筑物全年最小频率风向的上风侧。

5) 制氢站、乙炔站、供油和卸油泵房以及点火油罐应与其他辅助生产建筑分开,单独布置或形成独立的区域。

6) 废水及生活污水经处理后的排水口,应远离生活用水取水口,并在其下游,亦可将排水接入下水道总干管排出。

7) 火电厂厂区宜有两个出入口,其位置应使厂内外联系方便,并使人流、货流分开。在施工期间宜有施工专用的出入口。厂区的主要出入口宜设在厂区的固定端一侧。

(3) 火电厂各建筑物、构筑物的最小间距按表3-1-5的规定执行。

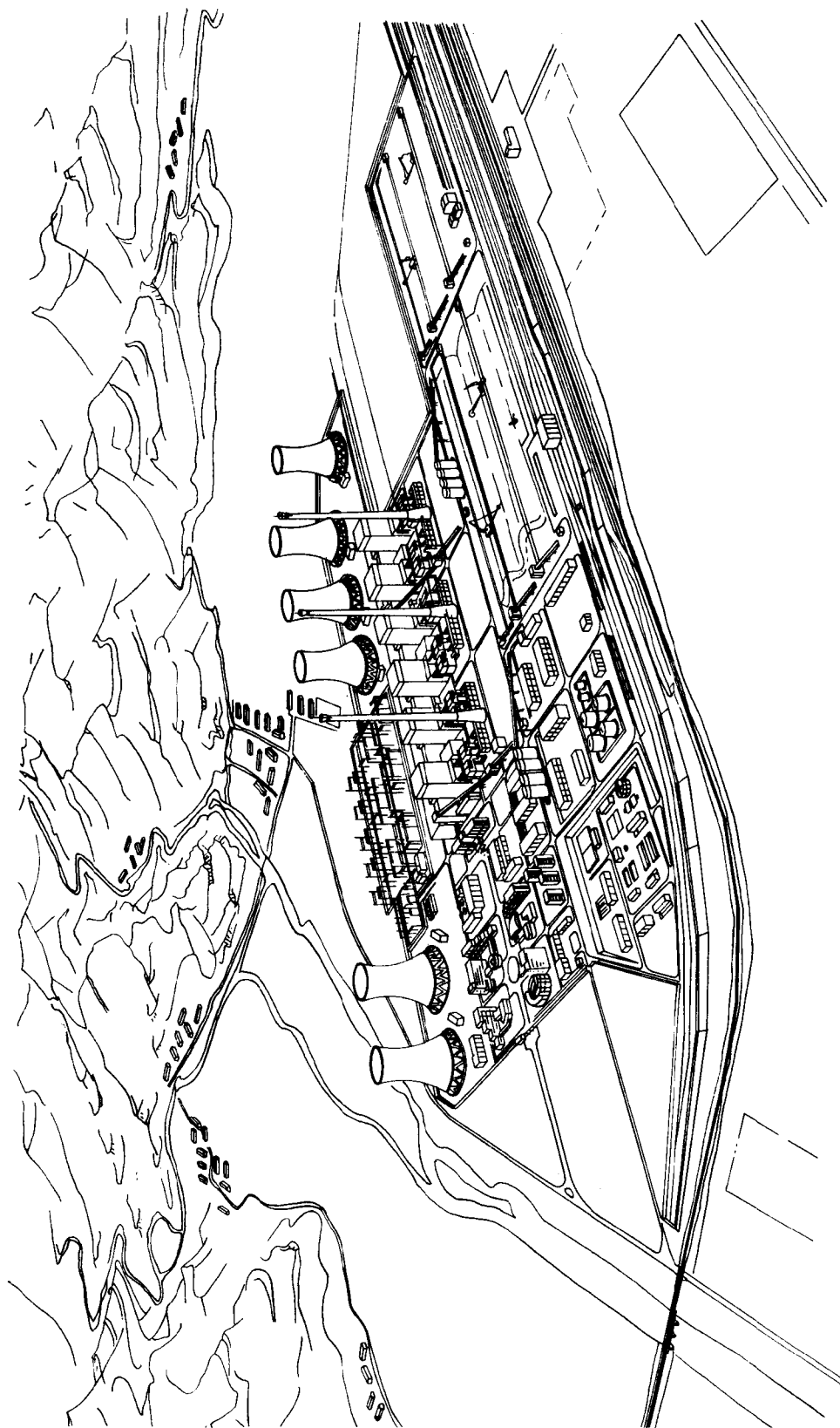


图 3-1-3 发电厂鸟瞰图

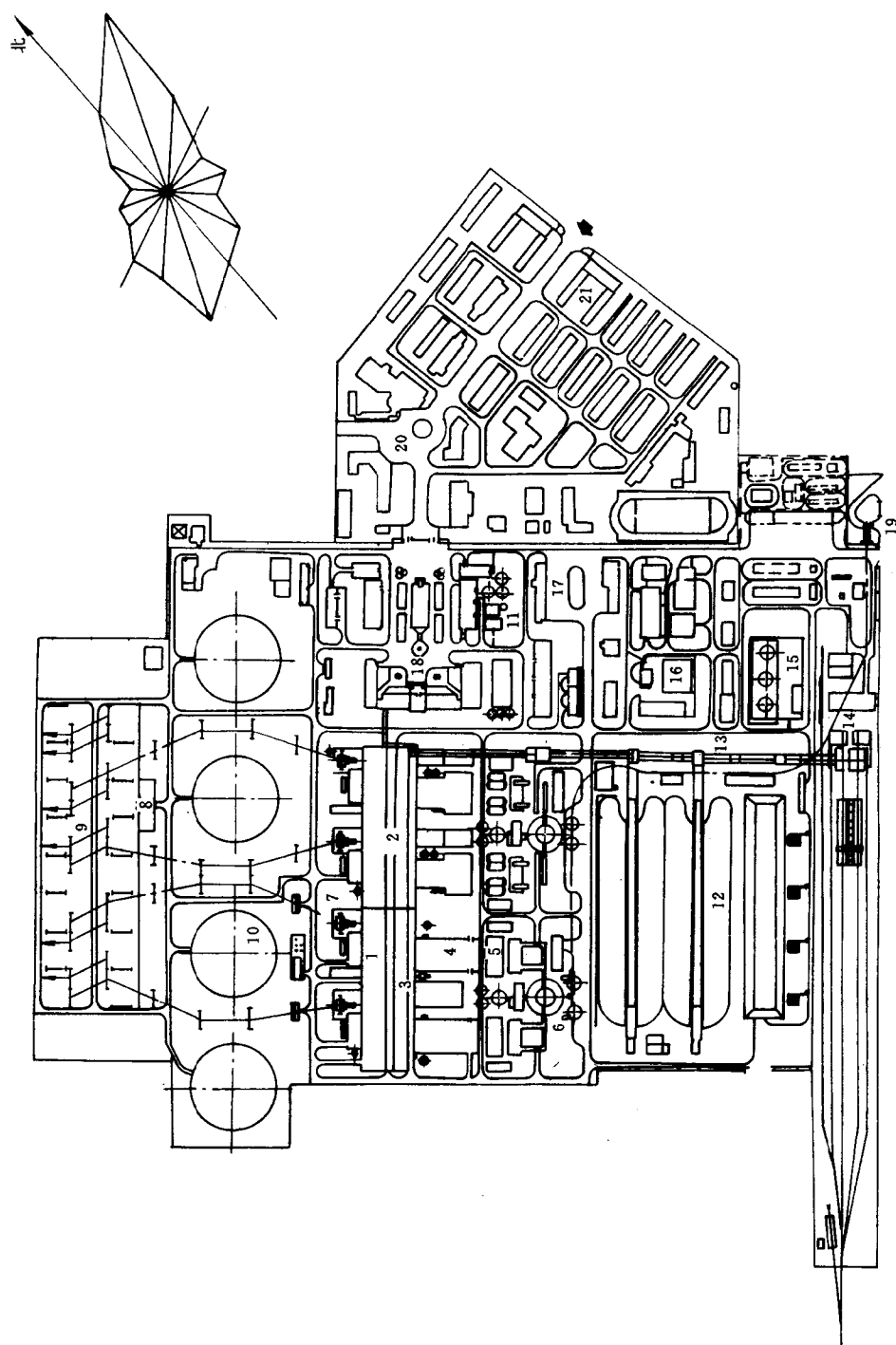


图 3-1-4 厂区总平面布置图

- 1—汽轮机房 2—除氧间 3—煤仓间 4—锅炉 5—除尘器 6—烟囱 7—主变压器 8—网络控制室
 9—330kV户外配电装置 10—冷却塔 11—化学水处理 12—煤场 13—输煤栈桥 14—翻车机
 15—油库 16—材料库 17—汽车库 18—生产试验楼 19—除灰转运站 20—厂前区 21—电厂生活区

表 3·1-4 4×100~4×600MW 级机组火电厂厂区用地指标

序号	机组台数 及容量 (MW)	厂区用地基本值(ha)				加冷却塔厂区用地面积(ha)			再加翻车机卸煤厂区用地面积(ha)		
		用地面积	其 中		单容指标 (ha/万kW)	冷却塔 用 地	厂区用地	单容指标 (ha/万kW)	翻车机 卸煤用地	厂区用地	单容指标 (ha/万kW)
			生产区	厂前区							
		1	2	3	4	5	6=1+5	7	8	9=6+8	10
1	4×100	23.30	20.70	2.60	0.582	4.60	27.90	0.698	2.20	30.10	0.753
2	4×200	31.90	28.30	3.80	0.40	5.95	37.85	0.473	4.13	41.98	0.524
3	4×300	44.35	40.35	4.00	0.371	7.45	51.80	0.432	4.64	56.44	0.490
4	4×300	61.10	58.70	4.1	0.255	9.75	70.85	0.295	6.72	77.57	0.323
5	4×300+ 2×600	67.10	62.30	4.80	0.282	12.33	79.43	0.331	6.72	86.15	0.359

注：1. 表中厂区用地基本值是指凝汽式机组；燃煤发热量为 18.8MJ/kW (4500kcal/kg)，储存 15 天耗煤量的煤场；采用卸煤沟卸煤；户外中型配电装置，通常的出线回路数；直流循环冷却水系统；中等气候条件的厂区用地指标。

2. 加冷却塔用地：100MW 级机组冷却面积按 3000m² 计；200MW 机组级按 4000m² 计；300MW 级机组按 5500m² 计；600MW 级机组按 7500m² 计。

3. 加翻车机卸煤用地指铁路运输整列进厂的条件。

4. 通常的出线回路数：4×100MW 级机组按 110kV 二进四出和 220kV 二进四出计算用地。

4×200MW 级机组按 110kV 二进六出和 220kV 二进六出计算用地。

4×300MW 级机组按 220kV 二进六出和 500kV 二进二出计算用地。

4×300MW 级机组按 220kV 二进二出和 500kV 四进四出计算用地。

5. 1ha=10⁴m²。

(4) 火电厂铁路专用线的设计，应符合现行的《工业企业标准轨距铁路设计规范》的要求。

铁路专用线的厂内配线，应按火电厂的规划容量一次规划，分期建设。配线应根据规划容量时的燃煤量、卸煤方式、锅炉点火及低负荷助燃的用油量和施工需要等确定。

(5) 火电厂的燃料及货物运输列车，宜优先采用货物交接方式。火电厂不宜设置自备机车。

在严寒地区，当来煤通过国家铁路干线，且煤车需要解冻时，可设交接站进行车辆交接，此时火电厂可设置自备机车。

(6) 以水运为主的火电厂，其码头的位置、建设规模及平面布置应按火电厂的规划容量、厂址和航道的自然条件和厂内运煤方式等统筹安排。

(7) 火电厂的厂外设施，包括交通运输、供水和排水、灰渣输送和处理、输电线和供热管线、居住区和施工区等，应在确定厂址和落实厂内各个主要系统的基础上，根据火电厂的规划容量和厂址的自然条件，全面考虑，综合规划。

(8) 火电厂的厂外交通运输规划，应符合下列要

求：

1) 铁路专用线应与国家铁路站线或其他工业企业的专用线相连接，并与地区发展规划相协调。

2) 以水运为主的火电厂，当码头布置在厂区以外或与其他企业共同使用码头时，应与规划部门及有关企业协调。

3) 当火电厂附近有当地煤或其他燃料可供电厂使用时，若采用公路汽车运输方案，应尽量利用当地的专业汽车队进行运输。

4) 厂区与厂外供排水建筑、水源地、码头、贮灰场、生活区之间，应有道路连接，可利用现有道路或设专用道路。

(9) 火电厂的厂外供排水设施规划，应根据规划容量、水源、地形条件、环保要求和本期与扩建的关系等，通过方案比较，合理安排，并考虑水能的回收和水的重复利用。

(10) 厂外灰渣处理设施应符合下列要求：

1) 贮灰场宜靠近火电厂，利用附近的山谷、洼地、海涂、滩地和塌陷区等建造贮灰场，并宜避免多级输送。

表 3-1-5 火电厂各建筑物、构筑物的最小间距

序 号	建 筑 物 名 称	丙丁戊类建 筑耐火等级		户外 配电 装置	自然 通风 冷却塔	机 通 风 冷 却 塔	力 风 冷 却 塔	露天 卸煤 装置或 贮煤场	锻工 铆焊 车间	制氢 站、乙 炔站	贮 氢 罐	点 火 油 罐	露天 油 库	行政生活 福利建筑		铁路中心线		厂外 道路 (路边)	厂内道路 (路边)		围墙
		一、二级	三级											一、二级	三级	厂外	厂内		主要	次要	
1	丙、丁、戊类建筑	10	12	10	20	35		15	10	12	12	20	12	10	12	有出口时 5~6 无出口时 3~5	有出口时 5~6 无出口时 3~5	无出口时 1.5 有出口时 3	5		
2	耐火等级	12	14	12					12	14	15	25	15	12	14						
3	户外配电装置	10	12	—					10			25	10	12		—	—	1.5			
4	主变压器或 户外厂用变 (t/台)	≤10	12	15	40	60	50		12	25	25			15	20	—	—	—	—	—	
5		>10~50	15	20					15		40	30		20	25	—	—	—	—	—	
6		>50	20	25					20					25	30	—	—	—	—	—	
7	自然通风冷却塔	20		40	0.5D①	40~50	25~30			20				30		25	15	25	10	10	
8	机力通风冷却塔	35		60	40~50	②	40~45			25				35		35	20	35	15	15	
9	露天卸煤装置或贮煤场	15		50	25~30	40~45	—		15				15			—	—	10	5	1.5	5
10	制氢站、乙炔站	12	14	25										25				15	10	5	5
11	贮氢罐	12	15	25					25					25				15	10	5	5
12	点燃油罐	20	25	25	20	25								25				15	10	5	5
13	露天油库	12	15											25				15	10	5	5
14	行政生活	10	12	10	30	35			30					6	7	有出口时5~6 无出口时3~5	有出口时3 无出口时1.5				5
15	福利建筑	12	14	12					30	25				7	8						
16	围墙	5	5	—	10	15	5		5		5	5	5	5	5	5	5	2	1.0		—

注：1. 摘自参考文献 [1]

① D 为逆流式自然通风塔 0m 处的直径，取相邻较大塔的直径。

② 按 DL5000-94 火力发电厂设计技术规程执行。

2) 应选择筑坝工程量小, 布置防排洪构筑物有利的地形构筑贮灰场。

3) 当采用山谷贮灰场时, 应避免贮灰场的灰水对附近村庄的居民生活带来的危害, 并应考虑其泄洪构筑物对下游的影响, 设计中应结合当地规划的防洪能力综合研究确定。

4) 当采用火车、汽车或船舶输送灰渣时, 应充分研究铁路、公路或河道的通行能力和可能对环境产生的污染影响, 并采取相应的对策。

(11) 火电厂的出线走廊, 应根据系统规划、输电线出线方向、电压等级和回路数, 按火电厂规划容量, 全面规划, 力求避免交叉, 出线走廊宜规划到城镇或工业规划区以外。

(12) 厂外供热管线应合理规划, 并注意与厂区总平面布置相协调。厂外架空热网管道宜采用多管共架敷设。

(13) 火电厂的生活区应按有利生产、方便职工生活的原则进行规划。

(14) 火电厂的施工区应按规划容量统筹规划。

3.5 主厂房布置

(1) 火电厂主厂房的配置方式可以随机炉设备的型式而不同, 它对整个火电厂的总体布置起决定性的作用。

火电厂主厂房布置应适应电力生产工艺流程的要求, 并做到设备布局 and 空间利用合理; 管线连接短捷、整齐; 厂房内部设施布置紧凑、恰当, 便于运行和检修。

主厂房布置应为火电厂的安全运行、检修维护和文明生产创造良好的工作环境, 做到巡回检查的通道畅通。

设备的布置符合防火、防爆、防潮、防尘、防腐和防冻等有关要求, 厂房内的空气质量、通风、采光、照明和噪声等符合现行有关标准的规定。

主厂房布置应根据总体规划要求, 考虑扩建条件。

主厂房布置应注意到厂区地形、设备特点和施工条件等的影响, 合理安排。有多台机组连续施工时, 主厂房布置应具有平行连续施工的条件。

(2) 主厂房布置型式随着机组容量的逐步增大, 主厂房配置方式宜按锅炉房、煤仓间、除氧间(或合并的除氧、煤仓间)、汽轮机房的顺序排列。根据工程具体条件, 在技术经济上合理时, 也可采用其他的布置型式。

汽轮机房(或除氧间)与煤仓间(或锅炉房)之间

应设置隔墙。

(3) 锅炉在非严寒地区, 宜采用露天或半露天布置; 对严寒或风沙大的地区, 当采用塔式锅炉时, 宜采用紧身封闭; 当采用非塔式锅炉时, 采用紧身封闭或户内式布置, 应根据设备特点及工程具体情况确定。

在气候条件适宜地区, 对密封良好的锅炉也可采用炉顶不设小室和防雨罩的布置方式。

当锅炉为露天或半露天布置时, 应要求锅炉厂提供适合于露天或半露天布置的锅炉, 即锅炉本体及其附属系统和管道应有防雨、防冻、耐腐蚀和减少热损失的措施。

露天或半露天布置的大容量锅炉, 宜采用岛式布置, 即锅炉运转层不设大平台。

除尘设备应采用露天布置。对非严寒地区, 锅炉的吸风机宜采用露天布置。当锅炉为岛式露天布置时, 送风机、一次风机也宜采用露天布置。磨煤机在条件允许

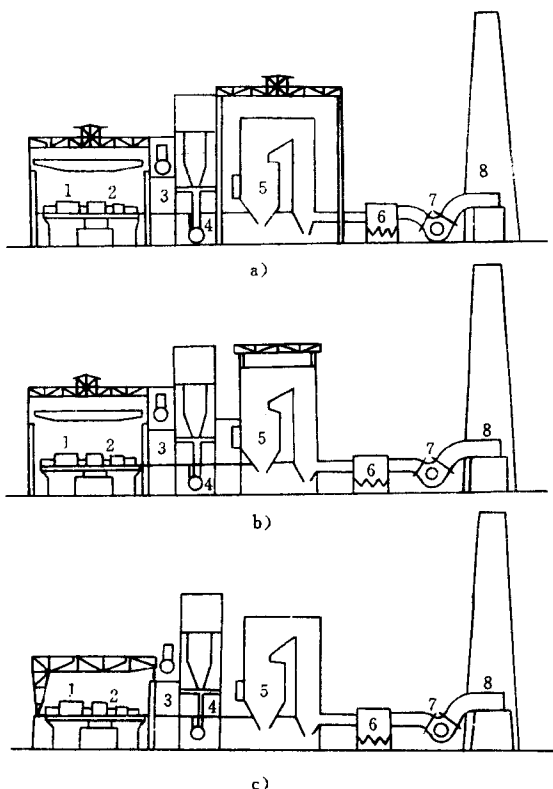


图 3-1-5 主厂房结构型式示意图

a) 户内式 b) 半露天式 c) 全露天式

1—发电机 2—汽轮机 3—除氧器 4—磨煤机
5—锅炉 6—电气除尘器 7—吸风机 8—烟囱