

— 火力发电厂概述

1. 火力发电厂的生产过程

燃料进入炉膛后燃烧，产生的热量将锅炉里的水加热，锅炉内的水吸热而蒸发，经过热器进一步加热后变成过热蒸汽，再通过主蒸汽管道进入汽轮机。由于蒸汽不断膨胀，高速流动的蒸汽冲动汽轮机的叶片转动从而带动发电机发电。所以火力发电厂的生产过程主要就是一个能量转换过程，即燃料化学能—热—能—机械能—电能。最终将电发送出去。高温高压蒸汽在汽轮机内膨胀做功后，压力和温度降低，由排汽口排入凝汽器并被冷却水冷却，凝结成水，凝结水集中在凝汽器下部由凝结水泵打至低压加热器和除氧器，经除氧后由给水泵将其升压，再经高压加热器加热后送入锅炉，如此循环发电。

2 火力发电厂的主要生产系统

包括汽水系统、燃烧系统和电气系统，现分述如下：

2.1 汽水系统

火力发电厂的汽水系统由锅炉、汽轮机、凝汽器和给水泵等组成，它包括汽水循环、化学水处理和冷却水系汽水系统流程如图 1-1。

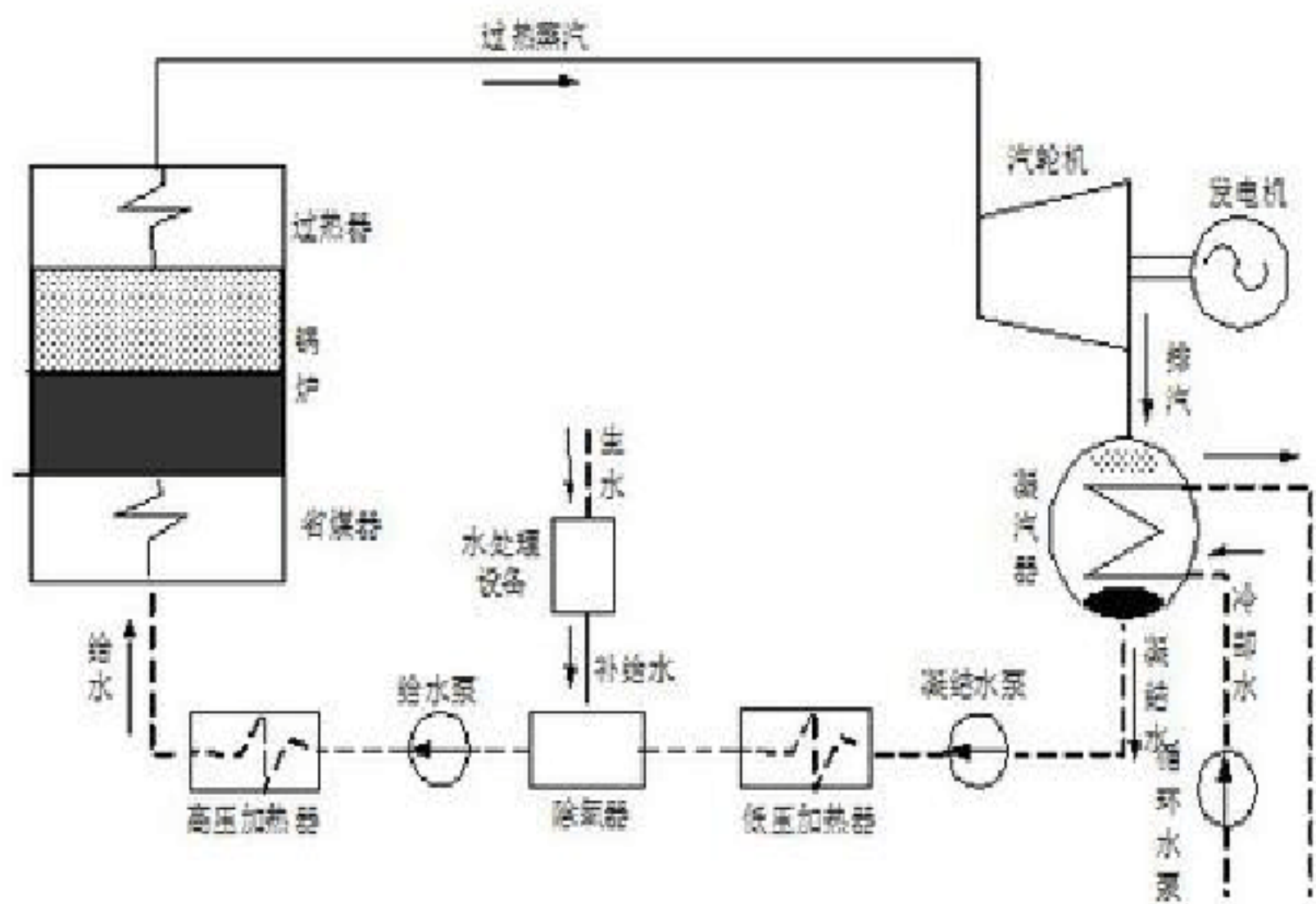


图1-1 汽水系统流程图

水在锅炉中被加热成蒸汽，经过热器进一步加热后变成过热蒸汽，再通过主蒸汽管道进入汽轮机。由于蒸汽不断膨胀，高速流动的蒸汽冲动汽轮机的叶片转动从而带动发电机发电。

为了进一步提高其热效率，一般都从汽轮机的某些中间级后抽出做过功的部分蒸汽，用以加热给水。在现代大型机组中都采用这种给水回热循环。此外在超高压机组中还采用再热循环，即把做过一段功的蒸汽从汽轮机的某一中间级全部抽出，送到锅炉的再热器中加热后再引入汽轮机的以后几级中继续膨胀做功。在膨胀过程中蒸汽压力和温度不断降低，最后排入凝汽器并被冷却水冷却，凝结成水。凝结水集中在凝汽器下部由凝结水泵打至低压加热器和除氧器，经加温和脱氧后由给水泵将其打入高压加热器加热，最后打入锅炉。

汽水系统中的蒸汽和凝结水，由于经过许多管道、阀门和设备，难免产生泄漏等各种汽水损失，因此必须不断向系统补充经过化学处理的补给水，这些补给水一般都补入除氧器或凝汽器中。

22 燃烧系统

燃烧系统由锅炉的输煤部分、燃烧部分和除灰部分组成。锅炉的燃烧系统如图1-2所示。

锅炉的燃料—煤，由皮带机输送到煤仓间的原煤仓内，经过给煤机进入磨煤机磨成煤粉，然后和经过空气预热器预热过的空气一起喷入炉内燃烧。烟气经除尘器除尘后由引风机抽出，最后经烟囱排入大气。

锅炉排出的炉渣经碎渣机破碎后连同除尘器下部的细灰一起由灰渣（浆）泵经灰管打至贮灰场。

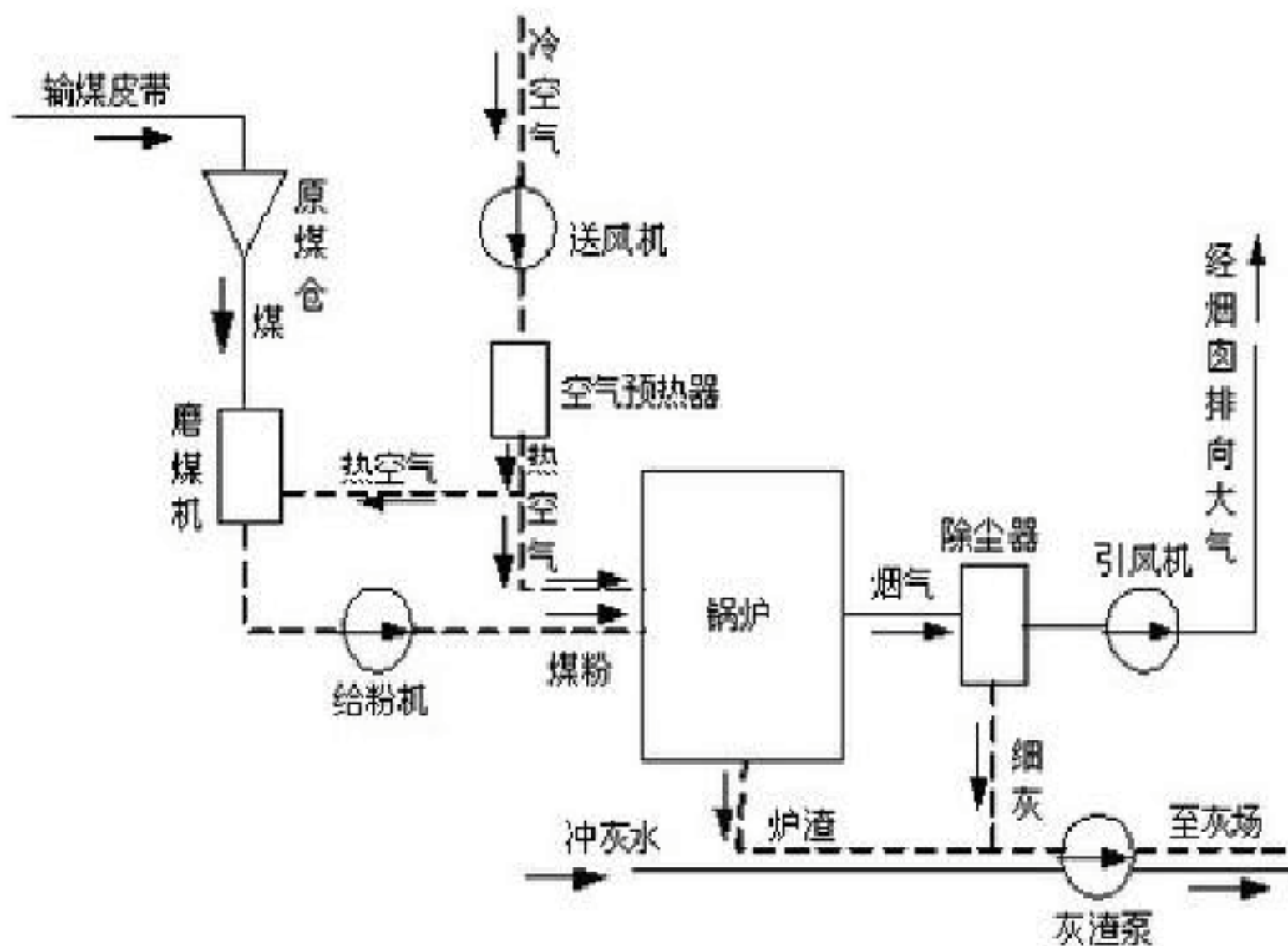


图1-2 燃烧系统流程（煤粉炉）

23 电气系统

发电厂发出的电，除电厂消耗外，一般均经变压器升高电压后通过高压配电装置和输电线路向外送出。电厂厂用电由厂用变压器降低电压后通过厂用配电装置和电缆供厂内各种辅机设备和照明用电。电气系统如图 1-3 所示。

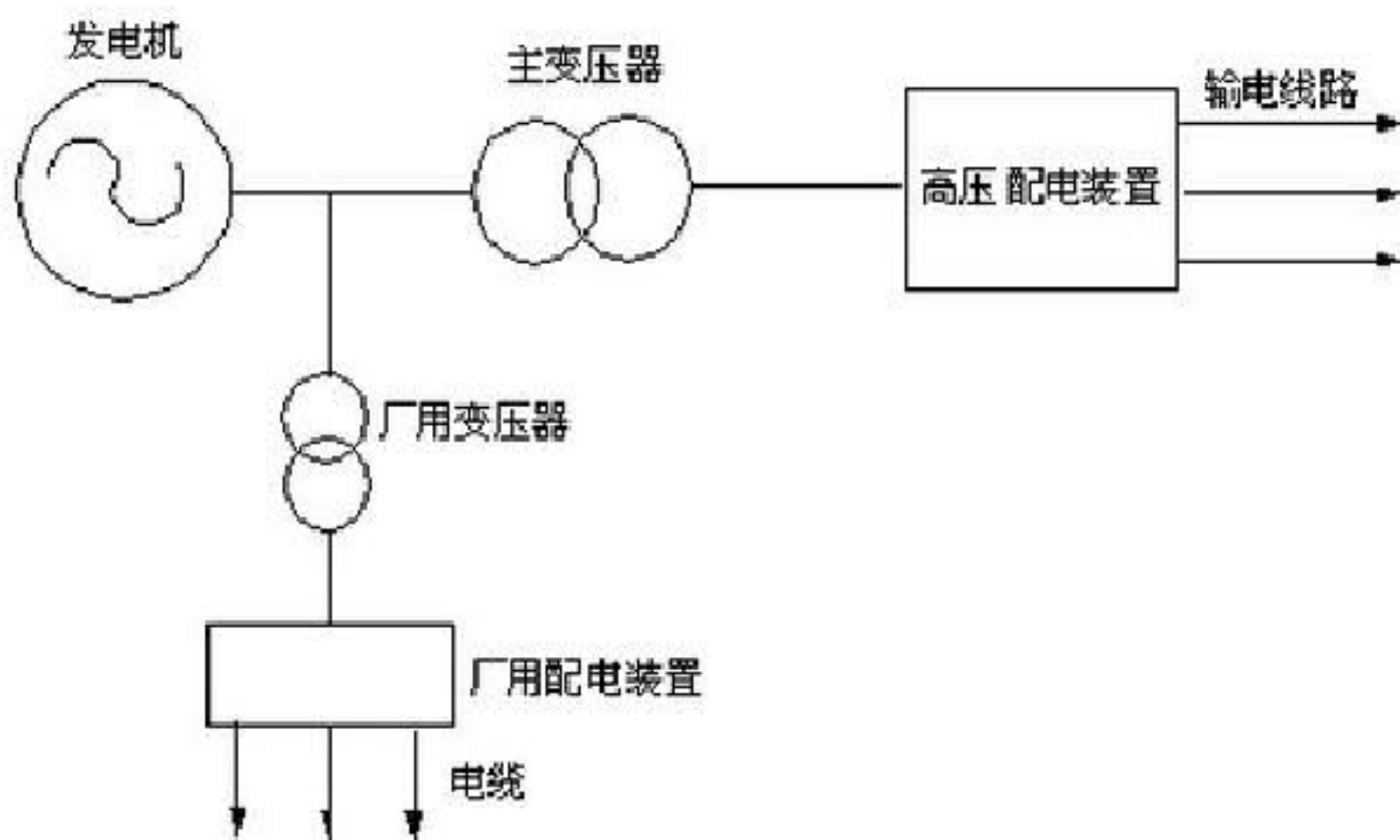
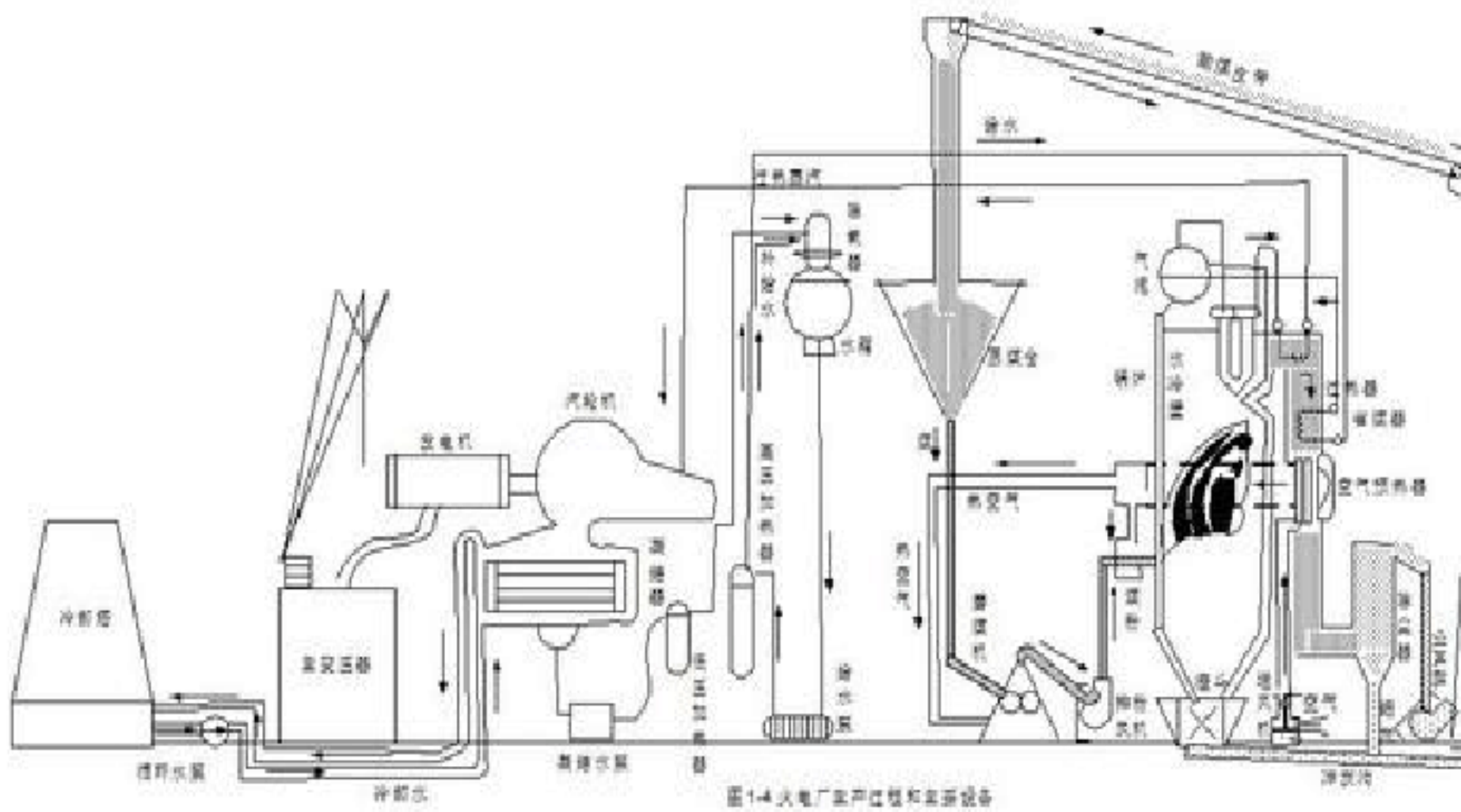


图1-3 电气系统图

发电厂的整个生产过程除上述基本过程以外，还有供水系统、化学水处理系统、输煤系统和热工自动化等各种辅助系统和设施。

火电厂整个生产过程和主要设备概况如图 1-4。



2 发电设备

发电机组

指将其它形式的能源转化为电能的电力设备，它由原动机和发电机组成。原动机有汽轮机、水轮机、燃气轮机、柴油机等。由汽轮机带动发电机的称为汽轮发电机组；由水轮机带动发电机的称为水轮发电机组。

3.1 锅炉

锅炉是指利用燃料燃烧释放的热能或其它热能加热给水或其它工质，生产规定参数和品质的蒸汽、热水或其它工质的机械设备。用于发电的锅炉称电站锅炉，简称锅炉。锅炉、汽轮机和发电机合称为火力发电厂的三大主机。

311 锅炉设备

锅炉设备由锅炉的汽水部分、燃料部分、锅炉附件和锅炉辅机等组成。

- 1、汽水部分（锅）：包括锅炉本体（水冷壁、汽包等）、过热器、再热器和省煤器、给水泵。
- 2、燃烧部分（炉）：包括炉本体（炉膛和燃烧设备）、空气预热器。
- 3、锅炉附件：包括水位计、安全门、吹灰器及防爆门等
- 4、锅炉辅机：包括磨煤机、送风机、引风机、排粉机和除尘器等

312 锅炉参数

1、锅炉的容量：也称蒸发量，是指其设计容量，即设计时规定的锅炉每小时最大连续生产的蒸汽量，又称额定容量，计量单位“吨/小时”。

2、锅炉的蒸汽参数：表示锅炉参数是反映锅炉设备的生产能力、锅炉性能的指标。主要有：

锅炉生产的蒸汽质量，是指过热器出口处过热蒸汽的压力（也称为汽压）和温度（也称为汽温）。对于中间再热锅炉，还要标出再热蒸汽的汽压和温度。

3、锅炉效率：表明锅炉运行热经济性的指标，它是指锅炉生产蒸汽时有效利用的热量与同时间进入炉内燃烧的燃料在完全燃烧的情况下所放出的热量之比值。

313 锅炉型式

锅炉的型式随燃烧设备、燃烧方式、水在水冷壁内的循环方式及蒸汽参数大小等不同进行分类，一般可按以下方式分类：

1、按燃烧方式分为：链条炉、煤粉炉、旋风炉、沸腾炉

2、按水循环方式分为：自然循环锅炉、控制循环锅炉、直流锅炉。

3、按蒸发量分为：小型锅炉（蒸发量 220 吨/时以下）、中型锅炉（蒸发量 220—410 吨/时）、大型锅炉（蒸发量 670 吨/时及以上）

4、按蒸汽压力分为：低压锅炉（蒸汽压力不足 2MPa，汽温 350℃）、中压锅炉（蒸汽压力 2—6MPa，汽温 400—450℃）、高压锅炉（蒸汽压力 6—10MPa，汽温 540℃）、超高压锅炉（蒸汽压力 10—14MPa，汽温 540℃）、亚临界压力锅炉（蒸汽压力 14—22.2MPa，汽温 540—550℃）、超临界压力锅炉（蒸汽压力大于 22.2MPa，汽温 550—650℃）。

5、按使用燃料分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃天然气锅炉、余热锅炉。

6、按排渣方式分为固态排渣炉和液态排渣炉。

7、按炉膛烟气压力分为负压锅炉、微正压锅炉和正压锅炉。

314 锅炉型号

锅炉型号由三部分组成。早期型号如 HGS-410/100-1，现型号如 HG1021/18.2-YM3

第一部分前两个字母是制造厂名称的拼音字母的缩写。如“HG”代表哈尔滨锅炉厂，“SG”代表上海锅炉厂，“DG”代表东方锅炉厂；第三个字母是指锅炉燃烧方式（早期型号），如“S”代表煤粉炉，“Z”代表链条炉。

第二部分写成分数形式，分子是锅炉容量（蒸发量），如“410”指锅炉蒸发量为 410 吨/时，分母是过热蒸汽压力，如早期型号的“100”指过热蒸汽压力为 100 公斤/平方厘米，现型号的“18.2”单位为兆帕（MPa）。

第三部分是厂家产品设计序号，无统一标准规定。

3.2 汽轮机

汽轮机是指将蒸汽所携带的热能转变为机械能驱动发电机的原动机。

321 汽轮机设备

汽轮机设备包括汽轮机本体、调速系统、油系统及附属设备。

1、汽轮机本体：由静体部分和转体部分组成。静体部分包括汽缸、隔板、喷嘴、汽封、轴承及支座等部件。转体部分包括转子、动叶片及联轴轮等部件。

2、调速系统：作用是保持汽轮机在额定转速（一般为3000 转/分）下稳定运行。并网运行时，调整机组负荷与外界负荷相适应。调速系统过去一般使用离心式调速系统，现在大型发电机组调速部分一般采用电调型式（即 DEH 控制系统）；危急保安器是汽轮机的重要保护装置。

3、油系统：作用是供给汽轮机和发电机各处轴承的润滑油和调速系统用油，油系统包括主油泵、高压油泵、交流油泵、直流事故油泵、冷油器和油箱以及具备 DEH 控制系统机组的高压抗燃油系统等。

4、附属设备：包括凝汽设备（凝汽器、抽气器、凝结水泵等）和回热系统设备。

322 汽轮机型式

1、按工作原理分：冲动式汽轮机、反动式汽轮机、冲动及反动联合式汽轮机。

2、按热力过程特性分：凝汽式汽轮机、供热式汽轮机、背压式汽轮机、抽汽及背压联合式汽轮机、凝汽抽汽式汽轮机等。

323 汽轮机（国产）型号

1、早期型号

通常用三组数字构成，如 51-100-1。

第一组前一个数字代表汽轮机蒸汽初参数，从 2-8 分别代表低压、中压、次高压、高压、超高压、亚临界和超临界。第一组后一个数字代表汽轮机的热力特性（型式），从 1-5 分别代表凝汽式、抽汽式（一次采暖抽汽）、抽汽式（一次工业抽汽）、抽汽式（二次工业抽汽）和背压式。第二组数字代表汽轮机以兆瓦为单位的功率数。第三组数字代表设计序号（一般不写）。

2、近期型号

由两部分内容组成，如 N100-90，N125-13.5/550/550，N300-16.7/537/537。

第一部分中的字母表示汽轮机三型式（取汉语拼音的第一个字母），N 表示凝汽式，C 表示一次抽汽供热式，CC 表示二次抽汽供热式，B 表示背压式，CB 表示抽汽背压式，NC 表示凝汽抽汽式。第一部分的数字表示汽轮机的功率（兆瓦）。第二部分中的数字表示新蒸汽的参数（MPa）：如果是凝汽式汽轮机则为新汽压力（兆帕）、如果是凝汽式中间再热汽轮机斜线的数字为新汽温和再热温度、如果是抽汽供热式和背压式汽轮机则斜线的数字分别表示新汽压力和抽汽供热压力。

3.3 发电机

发电机是将其它形式的能（如汽轮机、水轮机的机械能）转变为电能的设备。

331 发电机的类型

1、按电流类别分为交流发电机和直流发电机，按相数分为单相发电机和三相发电机。

2、按冷却方式分为空气冷却、氢冷却和水冷却发电机。

332 汽轮发电机的型号

汽轮发电机都是三相交流发电机，它的转速大多数为 3000 转/分，其型号分为三或四部分，如 QFSN-300-2-20。

第一部分的第一、二个拼音字母表示发电机类型，“QF”表示汽轮发电机，“TQ”表示同步汽轮发电机。第三、四个字母表示发电机的冷却方式，C 表示空气冷却，Q 表示氢气冷却，N 表示氢气内冷，S 表示定子水内冷，SS 表示定子、转子水内冷。无第三、四个字母或第三、四个字母为 T 的，也是空气冷却，但磁极不同。第二部分的数字表示额定容量（兆瓦）。第三部分的数字表示发电机磁极。第四部分的数字表示发电机额定电压（KV）。

333 发电机设备主要参数

1、额定容量：发电机长期正常工作或允许的最大容量，即发电机的生产能力，用单位“千瓦(KW)”或“兆瓦(MW)”表示。若以“千伏安(KV A)”表示，应乘上该机组的额定功率因数换算为“千瓦(KW)”。

2、额定电压：发电机长期正常运行允许承受的最高电压，即发电机静子线圈产生的额定电压，用单位“千伏(KV)”表示。

3、额定电流：发电机定子允许长期连续通过的最大电流，用单位“安培(A)”表示。

4、频率：交流发电机交流电每秒钟变化的次数，单位用“赫兹(Hz)”表示。我国频率标准为 50 赫兹。

5、功率因数：又称 $\cos \phi$ 值，表示发电机有功功率输出的比率，一般为 0.8-0.85。

6、定子接线方式：定子线圈弧接线方式，有星型接线和三角形接线两种。

7、转数：发电机转子每分钟的回转次数，用单位“转/分”表示。

8、发电机与原动机联结方式：有直接联结（用联轴节联结）、皮带联接和变速联接。

3.4 燃气轮机

利用气体或液体作燃料，在增压空气缸内燃料所产生的高温气体直接冲动涡轮机转动而产生机械能的一种原动机。

1、 燃气轮机发电装置

用燃气轮机为原动机驱动发电机发电的一种装置。

2、燃气轮机发电装置的形式

分固定式和移动式两类，固定式用于承担电网尖峰负荷或作备用电源，移动式主要用于列车。

3、燃气—蒸汽联合循环发电装置

利用燃气和排汽的热量以燃气轮机和汽轮机为原动力驱动发电机的装置。

4、燃气—蒸汽联合循环的形式

按燃料品种分为燃油、燃天然气、燃煤和核能的联合循环。按对水蒸气的供热方式分为余热锅炉型、常规锅炉型、正压锅炉型和余热锅炉蒸汽喷射型四种形式的联合循环。

3.5 内燃机

利用液体或气体作燃料，直接在气缸内燃烧而产生机械能的一种原动机，如汽油机、柴油机和煤气内燃机等。

1、 内燃机发电装置

用内燃机作为原动机驱动发电的一种装置，用于电网及企业较多是柴油机。

2、 内燃机发电装置的类型

分为固定式和移动式两类，固定式用于地方发电厂和工矿企业自备电厂或备用电源。移动式用于汽车或列车。

3 电能产品统计指标解释及计算公式

4.1 发电量

发电量是指电厂（发电机组）在报告期内生产的电能量，简称“电量”。它是发电机组经过对一次能源的加工转换而生产出的有功电能数量，即发电机实际发出的有功功率（千瓦）与发电机实际运行时间的乘积。电量的基本单位为“千瓦时”，简称“千瓦时”。

发电量是根据发电机端的电能表来计量的。计算公式如下：

某发电机组日发电量	=	(	该机组发电机端电能表当日24点读数	—	该电能表上日24点读数	)	×	该电能表倍率
-----------	---	---	-------------------	---	-------------	---	---	--------

全厂报告 期发电量	= Σ (	发电机组 报告期末 24 点电能 表读数	—	该电能表 上期末 24 点读数	) ×	该电能表 倍率
--------------	----------	-------------------------------	---	-----------------------	-----	------------

4.2 电厂上网电量

电厂上网电量是指该电厂在报告期内生产和购入的电能产品中用于输送（或销售）给电网的电量。即厂、网间协议确定的电厂并网点各计量关口表抄见电量之和。它是厂网间电费结算的依据。

电厂上网电量=Σ 电厂并网点各计量关口表抄见电量

4.3 购电量

电网经营企业从独立发电企业、其它电网经营企业、自备电厂购入的电量。

4.4 售电量

售电量是指电力企业出售给用户或其它电力企业的可供消费或生产投入的电量。

4.4.1 售电量按销售方式分为趸售电量与零售电量：

（1）趸售电量

指电网经营企业出售给其它电网经营企业用作生产投入以及电厂销售给电网的电量，也包括跨区域电网间的输送电量。

（2）零售电量

指电网经营企业出售给用户或因电网无法供电或授权电厂由电厂销售给厂区用户、以及电厂直接销售给大用户的用作最终消费的电量。

4.4.2 售电量按销售主体分为电网经营企业售电量与发电企业售电量：

（1） 电网经营企业售电量

指电网经营企业销售的电量，包括售给用户和售给其它电网经营企业的电量。

（2） 发电企业售电量

指发电企业销售的电量，包括售给电网经营企业的电量和售给厂区用户、以及电厂直接销售给大用户用作最终消费的电量。

4 发电生产能力

发电生产能力又称发电设备容量或发电装机容量。是指发电机组的综合平衡出力。它反映电厂的发电机在锅炉、汽轮机、升压变电设备及主要辅助生产设备配合下，在燃料供应充足（水电站有一定的水量和水位）、劳动力配合合理以及设备正常运转的条件下，可能达到的最大发电功率，如果是既发电又供热的电厂，应同时计算供热生产能力。

5.1 发电设备容量

发电设备容量是从设备的构造和经济运行条件考虑的最大长期生产能力，设备容量是由该设备的设计所决定的，并且标明在设备的铭牌上，亦称铭牌容量。计量单位“千瓦（KW）”。

基建或新增的生产能力，要严格按照验收规程规定办理，由启动验收委员会确认已具备“验收条件”和达到“验收标准”同意试生产（交付使用）或交付生产（交付使用）并以启动验收委员会名义报告上级基建和统计部门，据此计算新增生产能力。

5.2 发电设备最小出力

在锅炉设计燃料稳定燃烧时，发电机组安全运行的最小出力。

5.3 发电设备平均检修容量

报告期内停机检修的发电机组按日历时间平均计算的容量。反映电厂或电网发电设备检修的一般情况。检修的设备包括计划检修（包括 A、B、C、D 级检修）、临时检修和故障检修的设备。计算公式为：

报告期发电设备平均检修容量	=	Σ 报告期停机检修的发电设备容量	×	本期内停机检修的日历小时数	/	报告期的日历小时数
---------------	---	------------------	---	---------------	---	-----------

5.4 发电生产能力利用指标

发电生产能力利用指标，主要是指反映设备生产能力利用程度及其水平的指标。它包括发电设备平均利用小时、发电设备平均利用率、发电设备可调小时、发电设备可调利用率等指标。

5.4.1 发电设备平均利用小时

是反映发电设备按铭牌容量计算的设备利用程度的指标。计算公式为：

发电设备平均
利用小时
(小时)

=

发电量（千瓦时）

发电设备平均容量
(千瓦)

5.4.2 发电设备平均利用率

是反映发电设备利用程度的指标。计算公式为：

发电设备

=

发电设备平均利用小

×

$$\text{平均 利用} \quad \frac{\text{时数}}{\text{报告期日历小时数}} \quad 100\%$$
$$\text{率 (\%)} \quad$$

5.4.3 发电设备可调小时

是发电厂按照调度命令，其发电设备可以参加运转的时间，通常按发电厂计算综合的电厂可调小时。计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{发电可调小} \quad & \Sigma \text{单机可调小时 (小时)} \times \text{单机可调容} \\ \text{时} \quad & = \frac{\text{量 (千瓦)}}{\text{全厂发电设备容量 (千瓦)}} \\ \text{(小时)} \quad & \end{aligned}$$

式中：单机可调小时=单机运行小时+单机备用小时
单机可调容量=机组铭牌容量－限制出力容量

5.4.4 发电设备可调利用率

反映设备可调利用程度。计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{发电设备可} \quad & \text{发电设备平均利用小} \\ \text{调} \quad & \text{时数} \\ \text{利用率 (\%)} \quad & = \frac{\text{发电设备平均可调小}}{\text{时}} \times 100\% \end{aligned}$$

5.4.5 发电设备备用率

反映设备的备用程度。计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{发电设备备} \quad & \text{发电设备平均备用容} \\ \text{用率 (\%)} \quad & = \frac{\text{量}}{\text{发电设备平均容量}} \times 100\% \end{aligned}$$

5.4.6 发电设备检修率

反映电厂或电网检修机组占总容量的比重，检修率的大小，表明电厂或电网发电设备的健康状况。计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{发电设备检} \quad & \text{发电设备平均检修容} \\ \text{修率 (\%)} \quad & = \frac{\text{量}}{\text{发电设备平均容量}} \times 100\% \end{aligned}$$

5.5 能源消耗指标

电力工业的生产消耗指标反映电能和热能生产过程中对燃料和动力的消耗，主要指标有发电标准煤耗率、发电厂用电率及电网的线路损失率等。

5.5.1 发电标准煤耗

发电标准煤耗率是指火力发电厂每发一千瓦时电能平均耗用的标准煤量。计算公式为：

$$\begin{array}{c} \text{发电标准煤} \\ \text{耗} \\ \text{(克/千瓦} \\ \text{时)} \end{array} = \frac{\text{发电标准煤量 (克)}}{\text{发电量 (千瓦时)}}$$

5.5.2 发电原煤耗

发电原煤耗是指发电厂每生产一千瓦时电能所耗用的原煤量。计算公式为：

$$\begin{array}{c} \text{发电原煤耗} \\ \text{(克/千瓦时)} \end{array} = \frac{\text{发电消耗燃煤量} \\ \text{(克)}}{\text{煤发电量 (千瓦} \\ \text{时)}}$$

5.5.3 发电厂用电率

发电厂用电率是指发电厂生产电能过程中消耗的电量（称发电厂用电量）与发电量的比率。计算公式为：

$$\begin{array}{c} \text{发电厂用电率} \\ \text{(}\% \text{)} \end{array} = \frac{\text{发电厂用电量}}{\text{发电量}} \times 100\%$$

5.5.4 线路

损失电量

供电企业在整个供电生产过程中发生的送变电设备的生产消耗和不明损失统称为线路损失电量，简称“线损”。它是从发电厂送出电能计量点至用户电度表止所发生的全部电能消耗和损失。

线路损失电量不能直接计量，它是用供电量与售电量相减计算的。
线路损失电量 = 供电量 - 售电量

5.5.5 线路损失率

线路损失率是在供电生产过程中耗用和损失的电量占供电量的比率。是反映用电管理与计算管理工作水平的综合性技术经济指标。计算公式为：

$$\begin{array}{c} \text{线路损失率} \\ \text{(}\% \text{)} \end{array} = \frac{\text{线路损失电量}}{\text{供电量}} \times 100\%$$

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/406035014014010204>