

火力发电厂

单元机组集控运行

火力发电厂单元机组集控运行

高镗年 主编

北京科学技术出版社

内 容 提 要

本书比较全面地从机理过程上阐述了大型火力发电单元机组的运行。重点讲述了单元机组的启动和停运、机组正常运行和调整、机组变工况运行、机组事故分析和处理，书中还列举了大量机组事故的实例；其次该书还介绍了和同步发电机运行有关的基本知识、供热汽轮机和中间再热汽轮机的运行、凝汽器和加热器的运行；最后简单介绍了计算机在火力发电厂监控中应用的基本知识。本书选材具有先进性、系统性、实用性的特点。

本书除作为大、专院校集控运行专业的教材外，还可供从事大型火力发电单元机组运行、管理的工程技术人员参考。全书有关章节配有录像教材，可满足电化教学和自学的需要。

火力发电厂单元机组集控运行

高镛年 主编

*

北京科学技术出版社出版
(北京西直门南顺城街12号)

北京科学技术出版社发行
北京昌平百善印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.625印张 390千字

1991年9月第一版 1991年9月第一次印刷

印数1—5000册

ISBN 7-5304-0949-2/T·194 定价：7.80元

序

高速发展电力工业，以适应我国四化建设的需要，建设装备大容量机组的火力发电厂是必须采取的重要措施之一。目前我国在许多地区，高参数大容量单元机组业已相继投入运行，更多的单元机组正在筹备或建设之中。这就相应要求造就一大批火力发电厂单元机组集控运行和管理方面的高级工程技术应用人才，以满足大、中型火力发电厂对安全、经济操作运行和科学管理人才的需要。

1985年能源部，首先在高等学校华北电力学院开设了电厂集控运行专业。不久相继在全国各地能源部部属的其他各大专院校又开设了该专业。

本书是作为大专集控专业的教材而编写的，本教材也可用于现场培训大中型火力发电厂的锅炉、汽轮机和发电机的集控运行操作人员。全书有关章节配有北京广播电视大学电力分校录制的50学时录像教材，由本书主编华北电力学院高镗年副教授主讲。该录像教材可以满足电化教学和自学的需要。

鉴于大型单元机组的热力系统和电气主接线等向单元制发展，因此单元机组炉、机、电间的纵向关系密切，已形成一个独立的有机的运行整体。所以要求单元机组的运行操作人员须把炉、机、电作为一个有机的整体进行监视、运行、操作和管理。为达到这一目的，要求集控运行操作管理人员必须掌握较宽广的科学技术和专业知识。

本书共分九章，考虑到大型火力发电单元机组运行的特点，全书内容范围涉及较广，但各章内容基本各成体系，以便教学时根据具体情况进行取舍。

本书力求从机理过程上讲述大、中型火力发电机组运行操作的原理，以便使读者从根本上掌握大中型火力发电机组运行、操作中的一些本质问题，从而提高运行操作的水平和分析判断、处理事故的能力。本书重点讲述了大中型火力发电单元机组的启动和停运、机组正常运行和调整、机组变工况运行、机组事故分析和处理。列举了大量的机组事故实例，以增长分析、判断和处理事故的能力。其次，还介绍了和同步发电机、电力系统运行有关的基本知识、供热汽轮机和中间再热汽轮机的运行、凝汽器和加热器运行等。最后，简单介绍了计算机在火力发电厂监控中应用的基本知识，以便使集控运行人员对现代化大型火力发电厂的运行、操作、监控和管理有个全面的了解。

本书由高镗年、王宗琪、柳玉美合编，高镗年副教授主编。

沈自钧副教授对全部书稿进行了审阅，并提出了很多宝贵意见和建议，对初稿的修改和提高很有帮助，在此深表谢意。

在本书编写、出版过程中，得到了付涤先、郭秉昌、彭玉忠等同志的大力支持和具体帮助，作者表示诚挚感谢。该书部分内容参考了华北电力学院教学用同名讲义，原讲义第一章内容杨建荣同志参加了编写在此一并表示感谢。

限于作者水平和资料，可能难以满足各方面的需要，而且还会有差错之处，诚望读者不吝指正。

欲购买录像教材和本教材，请与北京广播电视大学电力分校教材制作发行部（地址北京市石山景山区模式口；邮政编码：100041）联系。

作者 1991年

目 录

结 论.....	(1)
第一章 锅炉、汽轮机本体及辅机	(3)
第一节 锅炉设备的一般知识	(3)
第二节 锅炉本体	(9)
第三节 锅炉辅助设备	(14)
第四节 汽轮机的一般知识	(17)
第五节 汽轮机本体	(22)
第六节 汽轮机辅助设备	(28)
第二章 单元机组启动和停运	(32)
第一节 锅炉、汽轮机启动中的物理现象及对启动的要求	(32)
第二节 单元机组启动方式的分类和特点	(42)
第三节 冷态滑参数启动	(46)
第四节 启动中的问题及分析	(63)
第五节 热态滑参数启动	(71)
第六节 单元机组的停运	(74)
第三章 单元机组运行与调节	(84)
第一节 概 述	(84)
第二节 锅炉汽包水位的控制与调节	(86)
第三节 蒸汽温度的控制与调节	(89)
第四节 蒸汽压力的控制与调节	(96)
第五节 燃烧的控制与调节	(99)
第六节 空气预热器冷端金属温度的控制	(105)
第七节 汽轮机主要参数的监视与调节	(106)
第八节 单元机组滑压运行	(111)
第九节 单元机组协调控制	(114)
第四章 单元机组的事故与处理	(118)
第一节 概 述	(118)
第二节 锅炉汽包水位事故	(120)
第三节 燃烧事故	(122)
第四节 锅炉内爆	(123)
第五节 汽水管损坏事故	(127)
第六节 锅炉负荷骤减、厂用电中断和送、引风机事故	(129)
第七节 制粉系统的故障	(131)
附录一 机组运行事故举例	(133)
第五章 工况变化对汽轮机安全经济运行的影响	(145)

第一节	蒸汽流量变化对汽轮机运行的影响	(145)
第二节	蒸汽参数变化对汽轮机运行的影响	(152)
第六章	供热汽轮机和中间再热汽轮机的运行和调节	(158)
第一节	供热式汽轮机的经济性	(158)
第二节	调整抽汽式汽轮机的运行	(160)
第三节	背压汽轮机的运行	(162)
第四节	热电厂的补充水问题	(165)
第五节	中间再热式汽轮机的调节	(166)
第七章	凝汽器和加热器的运行	(171)
第一节	凝汽器真空的监督	(171)
第二节	凝汽器的逆向冲洗和清扫	(175)
第三节	凝汽器铜管的清洗	(177)
第四节	凝汽器铜管泄漏的防止和检漏	(182)
第五节	加热器的运行	(185)
附录一	凝汽器真空恶化分析	(190)
附录二	表面式加热器常见故障及其消除方法	(191)
第八章	同步发电机的运行	(193)
第一节	概 述	(193)
第二节	发电机的运行	(195)
第三节	发电机起动、升压、并列、接带负荷与调整负荷	(210)
第四节	发电机运行中的监视和停机	(218)
第九章	火力发电厂的计算机控制	(223)
第一节	概 述	(223)
第二节	计算机在电厂中的控制方式	(224)
第三节	计算机在火电厂日常运行中的应用	(227)
第四节	应用计算机实现火电机组的自动起停	(234)
第五节	计算机在火电厂事故报警分析中的应用	(239)
第六节	应用计算机实现火电厂事故处理	(243)

绪 论

至今尽管国际、国内均建有核电站、水电站，但燃用矿物燃料的火力发电厂的发电量在今后相当长的时间内，仍将占总发电量的大部分。我国电力工业开发的方针是：尽可能多开发水电；大力发展火电；适当发展核电；大力发展电网；开发多种发电能源。在我国燃用煤、油、天然气的发电量，约占总发电量的70~80%，而其中主要燃用的是煤。

为了满足电力工业高速发展，以适应我国四化建设的需要，建设装备大容量机组的火力发电厂是必须采取的重要措施之一。目前我国在许多地区，高参数大容量单元机组业已相继投入运行，更多的单元机组正在筹备或建设之中。

大型单元火电机组的不断涌现与它自身所具有的特点分不开。因为这样的机组具有简化电厂设计、方便电厂扩建、降低电厂造价等优点，而且运行灵活，热效率高。

火力发电厂的生产过程实际上是一个能量转换过程：矿物燃料（煤、油或天然气）的化学能经过锅炉的燃烧和换热，转换成蒸汽的热能；汽轮机将蒸汽的热能转换成机械能；最后通过发电机将机械能转换成电能。

整个火力发电生产流程可划分成以下几个主要系统：

1. 燃料系统 原煤从煤场经输煤皮带送入制粉系统，原煤磨成煤粉之后，经喷燃器送入锅炉炉膛燃烧。

2. 烟风系统 空气被送风机鼓入锅炉的空气预热器，受热后变成热风，经风道一方面输入制粉系统，用来干燥和输送煤粉；另一方面直接将磨好的煤粉经喷燃器送入锅炉炉膛。燃料在炉膛内燃烧产生的热烟气，经锅炉的尾部烟道、除尘器、引风机，最后经烟囱排向大气。

3. 汽水系统 给水泵将除氧器水箱中的水泵入高压加热器，再经锅炉的省煤器、汽包、水冷壁将水加热成饱和蒸汽。过热器将饱和蒸汽再加热成过热蒸汽送入汽轮机做功，做功后的蒸汽在凝汽器中形成凝结水，最后通过凝结水泵将凝结水再泵入低压加热器、除氧器。

4. 循环水系统 循环水泵将冷却水（冷水塔、冷水池或江河的水）泵入凝汽器用来冷却在汽轮机中做过功的蒸汽。

5. 发配电系统 该系统主要包括发电机、励磁机、主变压器、配电设备直到电网。

6. 灰渣系统 锅炉和除尘器排出的煤渣和细灰，经冲灰沟被灰渣泵送往灰场。

由于单元机组的热力系统和电气主接线等向单元制发展，因此单元机组炉、机、电间的纵向关系密切，已成为一个独立的有机的运行整体。因此，在控制方式上须把炉、机、电作为一个有机的整体进行监视和控制，即炉、机、电集中控制；在对机组运行人员的要求上，则要求他们对电力生产的整个过程都应了解，应具备较宽广的科学技术知识。

根据《电力工业技术管理法规》和《火力发电厂热工自动化设计技术规定》的要求，单元机组集中控制的适用范围如下：

1. 容量为200MW及以上机组应采用炉、机、电集中控制。

2. 新建容量为100MW或125MW机组时，应尽量采用炉、机、电集中控制。

3. 扩建容量为100MW或125MW机组时，其控制方式一般与电厂原有控制方式一致。若扩建发电厂原有机组为就地控制，但扩建机组的生产系统相对老厂而言，具有独立的性

质，且扩建机组的台数在两台以上时，仍宜采用炉、机、电集中控制。

4. 单元机组不采用炉、机、电集中控制时，则采用炉、机集中控制。

单元机组炉、机、电集中控制方式的特点在于炉、机、电之间可以密切配合，协调操作，有利于机组的安全经济运行；便于运行管理和统一指挥。

如上所述，单元机组因炉、机、电之间纵向联系密切，它们已形成有机的运行整体，运行过程中必须要把炉、机、电作为一个整体进行监视、操作和控制。因此单元机组都设有单元主控制室。在主控制室最大限度地集中了单元机组中炉、机、电三大主机及其辅机的所有信息参数。主控制室是作为运行操作人员和机组对话的场所。

单元主控制室中机组的台数，目前多采用一个控制室控制两台机组的方案。因为：

(1) 两台机组的电气控制盘可集中监控，有利于减少电气值班员，并有利于处理电气故障。

(2) 公用系统（如：两台机组共用的高压厂用备用变压器及厂用电系统、扩大单元的除氧给水系统）的控制盘易于布置、便于监控。

(3) 两台机组的值班员可互相协作，减少副值班人员的配备。

(4) 全厂控制点减少，便于运行管理和统一指挥。

单元主控制室内的盘台布置示意图如图0-1所示。

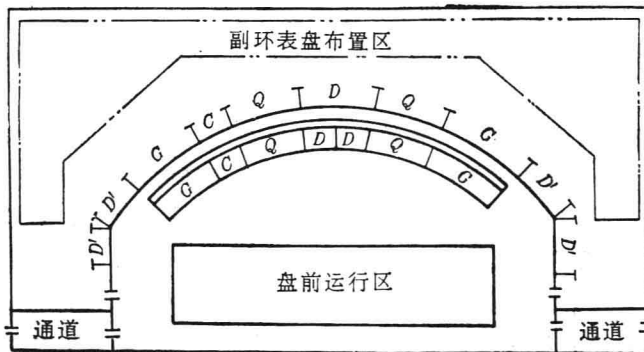


图0-1 控制室内盘台布置示意图

G——锅炉控制盘；Q——汽机控制盘；
C——除氧给水控制盘；D——发电机控制盘；
D'——厂用电盘、直流盘

根据机组各种参数监控作用的主次，在控制室内划分成主环表盘布置区和副环表盘布置区。通常在主环布置区内布置有锅炉控制盘、汽机控制盘、发电机控制盘和除氧给水控制盘。在副环布置区内布置有调节器盘、继电器盘、保护盘和电源盘等。如果主环布置区内有空余位置，也可将调节器盘和直流电源盘布置在主环布置区的两侧。

两台机组共用的扩大单元除氧给水控制盘，一般应布置在第一个单元机组的汽机控制盘和锅炉控制盘的中间，这样便于机炉值班人员了解除氧给水情况，互相协调操作，也为过渡到由汽机值班员兼管创造条件。

在主控制室内对发电厂主设备的集中控制应达到下列要求：

- (1) 在值班员就地配合下，实现机组的起、停；
- (2) 完成机组正常运行工况的监视和调整；
- (3) 实现机组的紧急事故处理。

原书缺页

原书缺页

的蒸汽参数，机组能够得到更高的热经济性。

二、电站锅炉的基本循环方式

大容量电站锅炉采用室燃炉，按工质在炉内流动方式可分为自然循环锅炉、直流锅炉、低倍率循环锅炉、复合循环锅炉和多次强制循环锅炉等几种基本类型。

表1-1 目前我国主要电站锅炉的容量和参数

类别	蒸汽压力 (MPa)	蒸汽温度 (°C)	给水温度 (°C)	容量 (t/h)	所配机组功率 (Mw)
中压	3.9	450	150 172	35, 65, 75, 120, 130	6, 12, 25
高压	10.0	510 540	215 220	220, 230, 410	50, 100
超高压	14.0	555/555 540/540	240	400, 670	125, 200
亚临界压力	17.0	570/570 555/555	260 265	935, 1000	300

1. 自然循环锅炉

自然循环锅炉如图1-2所示，其循环的动力是靠下降管与上升管中工质的重度差产生的。因为下降管通常不受热，是汽包压力下的饱和水，它的比重要大于上升管中汽水混合物的比重。这样，在流动过程中，下降管中的水就推动着上升管中的汽水混合物，形成自然循环。利用自然循环这一原理的锅炉就称为自然循环锅炉。

在自然循环锅炉的蒸发系统中，工质每循环一次，只有一小部分受热汽化成饱和蒸汽，必须在循环多次以后才会全部变成蒸汽。通常把这个循环次数称为循环倍率 K ， $K = \frac{G_1}{D_1}$ 。循环倍率的倒数称为含汽率 X ， $X = \frac{D_1}{G_1}$ 。式中， G_1 为进入上升管的水量， D_1 为上升管出口的蒸汽量。

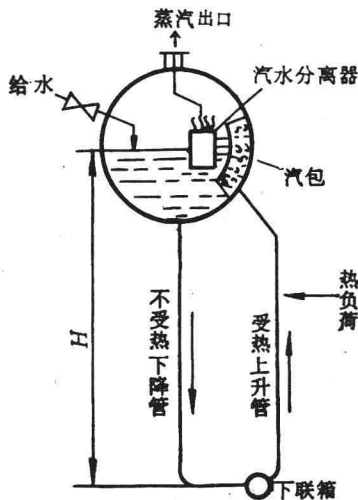


图1-2 自然循环示意图

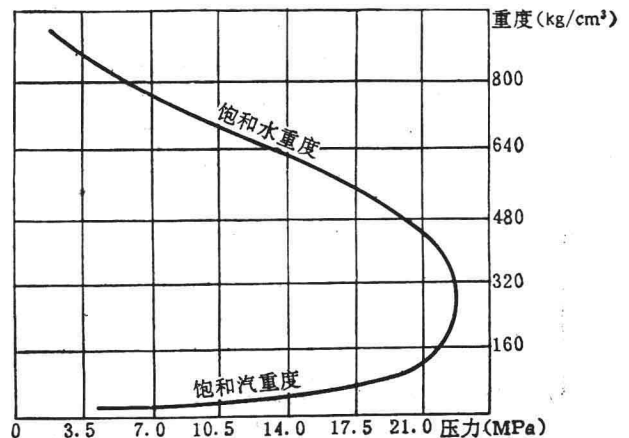


图1-3 不同压力下水和蒸汽的重度变化

循环倍率是标志着自然循环锅炉循环安全性的重要指标之一， K 越小，则上升管出口的含汽率 X 就越大。在一定压力下，增大 X 可以增大运动压头，促使循环流速加快，以加强水侧的传热能力。但是，过大地增大 X ，即循环倍率低于一定限度后，上升管中的流动阻力增大加快，将会使循环水流量失去自补偿能力，循环流速降低很快，出现循环不安全性。从蒸汽性质得知，压力愈高汽水比重差愈小，循环运动压头将降低，循环流动将减弱。故自然循环锅炉的循环倍率亦必然会随着锅炉压力的提高而相应地减小。如图1-3所示，当压力大于18MPa (180kg/cm²) 时，由于饱和水与饱和汽重度差的减小，通常难以再采用自然循环的蒸发受热面。

概括起来自然循环锅炉有以下几个特点：

- (1) 用汽包作为省煤器、过热器、蒸发受热面等部件的汇合与分离容器。给水的加热、蒸发、过热各个受热面之间具有分明的界限，相应的汽水流动特性较简单，容易掌握。
- (2) 汽包设有汽水分离器，水冷壁送入汽包的汽水混合物，可以在汽包的汽空间和汽水分离器装置中进行汽水分离，以保证运行中过热器进口为干饱和蒸汽。
- (3) 汽包尚可起着贮水容器的作用，即在短期内可起到贮存和补充水量的作用。
- (4) 水冷壁出口含汽率较低，可允许有较大的炉水含盐浓度，且炉水含盐浓度可由连续排污控制，与直流炉相比，对水质要求较低。
- (5) 汽包锅炉的水容量较大，汽包壁金属厚重，具有较大的蓄热能力，加热和冷却不易均匀，使锅炉启停速度受到限制，同时整个锅炉金属耗量较大，且汽包的制造加工也复杂。

2. 直流锅炉

由于自然循环锅炉具有许多优点，故在中、高压锅炉中得到了广泛的应用。但随着锅炉容量的增大，压力的提高，当超过18.0MPa时，不能建立可靠的自然循环流动，不得不放弃自然循环而采用强制流动锅炉。强制流动锅炉分为一次强制流动锅炉，复合循环锅炉和多次强制循环锅炉，其中一次强制流动锅炉又称为直流锅炉。

直流锅炉一个显著的特点是没有汽包，工质（水、汽水混合物、蒸汽）是借助于给水泵的压头在所有受热面中作强制流动。水在蒸发受热面中仅通过一次，并全部蒸发完毕而成为干饱和蒸汽，故一般直流炉的循环倍率 $k=1$ 。直流锅炉工作原理如图1-4所示。

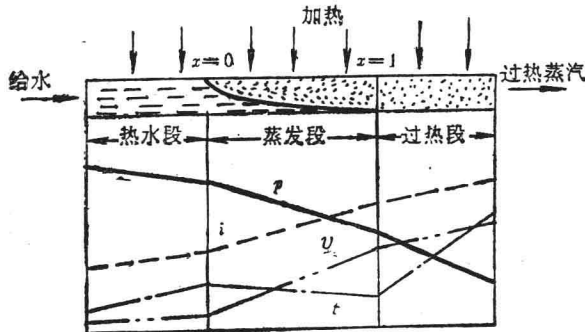


图1-4 直流锅炉工作原理示意图

与自然循环炉相比，其优点为：

- (1) 金属耗量小，不用汽包，不用或少用下降管，允许采用小管径蒸发管。
- (2) 蒸发受热面的布置比较自由，不象自然循环炉那样须有基本直立的上升管。

(3) 不受工作压力的限制，制造、安装、运输方便。

(4) 可以快速启停。

与自然循环锅炉相比，其缺点为：

(1) 对给水品质要求高。在蒸发区出口不装分离器进行排污的直流锅炉中，给水将全部在管内蒸发。除了能溶于水中被蒸汽带走的盐分外，水中所含其余杂质将全部沉积在管壁上。为了保证安全运行，要求给水品质比汽包炉要高。

(2) 工质流动阻力较大。在直流锅炉中工质被迫流动，且管径小，流速高，须额外消耗较多的水泵功率，而汽包锅炉中工质作自然循环，不消耗水泵功率。

(3) 启、停时操作复杂，热损失较大。启动初期，从水冷壁甚至从过热器出来的只是水或汽水混合物，不允许进入汽轮机，必须另设启动旁路系统。同理，在熄火后的一段时间内，炉膛温度还很高，水冷壁仍须通过一定流量的工质进行冷却，这时也要投入旁路系统，无形中增加了热损失。

(4) 控制及调节复杂。由于受热面金属少，工质贮存量亦少，金属和工质的蓄热能力只为汽包锅炉的 $1/2 \sim 1/4$ 。因此，外界负荷变化时，适应性较差，锅炉汽压波动幅度较大，使得控制系统复杂，控制技术要求高。

(5) 水冷壁的安全运行存在若干不利因素。直流锅炉蒸发管中，水冷壁管出口工质往往是接近饱和甚至是微过热的蒸汽。因此，对于它的设计和运行，必须对有可能发生膜态沸腾的问题给予充分的注意。

3. 低循环倍率锅炉和复合循环锅炉

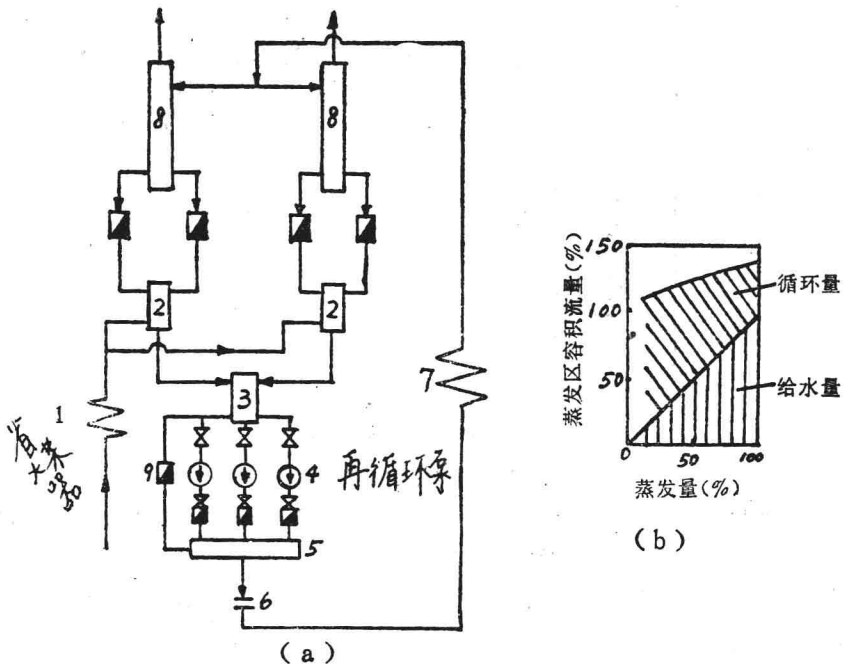


图1-5 低循环倍率锅炉的循环系统和循环流量曲线

(a) 系统示意图；(b) 循环流量曲线

1—省煤器；4—再循环泵；7—水冷壁；2—混合器；5—分配器；8—汽水分离器；
3—过滤器；6—节流圈；9—备用管路

这是一种带有再循环泵进行再循环的强制流动锅炉。工作时水冷壁中除了有一股由给水泵送来的“直流水”通过以外，还增加了一股由再循环泵送来的“循环水流”。因此，水冷壁中的流量是给水流量与再循环流量之和。这种锅炉可以使循环倍率大于1，水冷壁中可以有较高的质量流速，以保证水冷壁的安全运行。在低负荷时，优点尤为明显。

低循环倍率锅炉亦称全负荷再循环锅炉，即在整个负荷范围内实现工质的再循环。在额定负荷时，其循环倍率约为1.2~2。随着负荷的降低，循环倍率增大。我国元宝山电站配300MW发电机组的亚临界压力锅炉就属此类。

图1-5所示为常见的全负荷再循环锅炉的循环系统和循环流量曲线。流经省煤器1的给水送至混合器2，与汽水分离器8分离出来的炉水相混合，然后由再循环泵4输送，经分配器5再分配到水冷壁7的各个回路中。

复合循环锅炉又称为部分负荷再循环锅炉，其蒸发系统的工作特点是，在低负荷时按再循环原理工作，循环泵投入（此时 $K > 1$ ），在高负荷时按纯直流运行（ $K = 1$ ）。从纯直流切换到再循环的负荷值根据具体条件设计，一般在65~80%额定负荷之间。

图1-6是部分负荷再循环（复合循环）系统的示意图。它与全负荷再循环系统的主要区别是在汽水分离器与混合器之间装有循环限制阀，此阀不仅起调节作用，还作为严密解列管

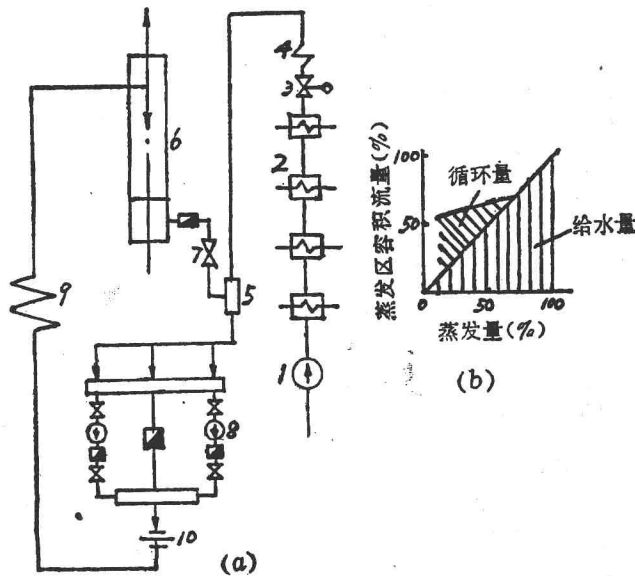


图1-6 部分负荷再循环系统

(a)系统示意图；(b)循环曲线

- 1—给水泵；2—高压加热器；3—给水调节阀；4—省煤器；5—混合器；6—汽水分离器；7—循环限制阀；
8—再循环泵；9—蒸发区；10—节流孔板

道之用，从图中曲线可以看出，当负荷高于一定值时，再循环解列，此时给水量、蒸发量都等于水冷壁的工质流量。

综上所述，带有再循环泵的强制流动锅炉与直流锅炉相比具有以下特点：

(1) 在大容量机组中，选用管径较大的一次上升管屏式水冷壁也能保证足够高的质量流速。

(2) 由于再循环的作用，通过水冷壁的工质流量可以大于蒸发量，按额定负荷选用的

质量流速可比直流锅炉的低，所以水阻和给水泵的动力消耗要比直流锅炉小得多。

(3) 由于水冷壁有较大的质量流速，可以不采用流动阻力大，加工困难的内螺纹管。

(4) 由于具有再循环泵，锅炉的最低负荷可降到额定负荷的5%左右。启动旁路系统可按额定负荷的5~10%的容量设计。这样既节省投资，又减少启动时的热损失及工质损失。

(5) 由于再循环水可使水冷壁进口工质的焓值提高，水冷壁的焓增可相应减小，有利于提高蒸发受热面的水动力稳定性和减少热偏差。

(6) 高温高压下工作的再循环泵制造工艺复杂，且要求其流量—压头特性与锅炉的蒸发受热面在不同负荷下的阻力特性相吻合，故性能良好的再循环泵是实现复合循环的关键设备。

(7) 立式汽水分离器的横断面小，水位波动大，水位调节比较困难。

4. 多次强制循环锅炉

由上所述，自然循环锅炉的特点是充分利用了工质本身的汽水比重差来达到自然循环的目的，故不仅给水泵压头小，电耗低，且运行操作也比较简单，但使用范围受到压力的限制。而直流锅炉的主要特点正好与自然循环锅炉相反，靠给水泵来克服受热面的阻力。尽管给水泵压头高、电耗大，运行操作也复杂，但它可适用于任何压力。多次强制循环锅炉是介于二者之间的一种锅炉。若说低循环倍率锅炉和复合循环锅炉是由直流锅炉和多次强制循环锅炉发展起来的两种无汽包强制流动锅炉，那么多次强制循环锅炉，则是由直流锅炉和自然循环锅炉派生出来的具有汽包的强制流动锅炉。这种锅炉的蒸发受热面，既包含了(汽包式)自然循环锅炉的特性，又兼有直流锅炉强迫流动的特点。

5. 电站锅炉的发展概况

为了适应现代电力工业的发展，锅炉技术总的发展趋势是增大单炉蒸发量，提高蒸汽压力和温度，扩大燃料适应性，简化结构，节省钢材，降低成本，缩短安装周期，提高锅炉的可靠性和经济性，提高燃料的有效利用率，改进燃烧方式，控制环境污染。

增大单机容量，一方面可加快电站容量的发展，以适应生产和人民生活不断增长的需要；另一方面可降低单位容量的造价，减少运行人员以及有利于调度管理。提高蒸汽参数(压力和温度)可以提高热效率，对机组运行的经济性有利。在燃烧方面，目前主要沿着两个方向进行一些研究工作，即

1) 探索燃料煤的各种新的利用途径，如沸腾燃烧、煤的气化、煤的液化以及磁流体发电等。

2) 改进燃烧方式，控制环境污染。

第二节 锅炉本体

一、炉 膛

炉膛是锅炉本体的主要组成部分，由于不同燃烧器的型式和布置方式，对炉内气体流动工况有很大影响，因此，炉膛的形状也就不同。炉膛内燃烧过程的正确组织，不仅决定于燃烧器的完善程度，而且在很大程度上决定于燃烧器和炉膛的配合，炉膛本身的结构形式以及

炉膛内气体流动情况等。

电站锅炉的炉膛既是燃烧空间，又是热交换设备。因此，它的作用就是在保证炉膛及其出口处的壁面不结渣和金属不过热的前提下，充分利用高温烟气对水冷壁的辐射热交换，使烟气在炉膛内尽可能放出热量，并在燃烧器的配合下，促使燃料完全燃烧，取得较高的燃烧效率。所以炉膛应当绝热、保温、无泄漏。

综上所述，对炉膛的具体要求如下：第一，应具有良好的空气动力工况，避免火焰直接冲刷炉墙是保证炉膛不结渣安全工作的重要条件，同时应使火焰对炉膛有很好的充满度。第二，要有足够的空间，使燃料在短暂的时间内得到完全燃烧，能够在炉内布置一定数量的受热面，充分合理地利用辐射换热的特性，降低排烟温度，保证炉膛出口及其后面的受热面运行安全、不结渣。第三，炉膛内要有合适的热强度，且热负荷应分布均匀，保证炉膛四周水冷壁管的水循环正常以利于安全运行。

炉膛的燃烧设备由燃烧器，燃烧室，点火装置三部分组成。燃煤锅炉一般都采用固态排渣方式，只有对那些燃用发热量较高，灰分较少，且固态排渣时容易严重结焦的煤种的锅炉，才考虑是否采用液态排渣和旋风燃烧方式。

1. 燃烧器

燃烧器的作用是将燃料和燃烧所需的空气（一次风）送入炉膛，使燃料能迅速而稳定地着火、燃烧，并合理供应二次风，组织良好的燃烧过程。

现代锅炉使用的燃烧器型式很多，但大体可归纳为旋流式和直流式两种。此外还有燃油炉使用的油燃烧器及天然气炉使用的天然气燃烧器。

2. 燃烧室

燃烧室是供燃料进行燃烧的一个用炉墙封闭起来的立体空间，内壁四周布满水冷壁，通常也称为炉膛。对于固态排渣煤粉炉，燃烧室的下部是由前、后墙水冷壁弯曲而成的冷灰斗，以便灰渣自行下落。液态排渣炉的灰渣熔化可流动，炉膛下部都用耐火材料敷盖起来，熔融流动的炉渣可以从炉底炉渣口排出。常见的液态排渣炉有开式炉膛，半开式炉膛，闭式炉膛等几种。燃烧室顶部的结构有斜炉顶和平炉顶等，但高压锅炉由于采用悬挂结构以及考虑到水循环安全问题和受热面的合理布置，均采用平炉顶，且在炉顶布置顶棚过热器。燃烧室上部布置屏式过热器，后墙上部形成折焰角，以改善气体的流动。

3. 点火装置

点火装置除了在锅炉启动时，用来点燃燃料之外，当锅炉在低负荷运行时，由于炉膛温度降低，会使煤粉着火不稳和火焰发生脉动，此时也要用点火装置助燃。

点火装置分为引燃、燃烧及火焰检测三部分。目前，我国大型电厂燃油炉、燃气炉和煤粉炉均采用电气引燃装置。

4. 水冷壁

电站锅炉中的水冷壁，一方面使炉墙内壁温度大大降低，保护炉墙不被烧坏，防止结渣对炉墙的腐蚀；另一方面可以有效地利用高温烟气的辐射热，提高传热效率。

按结构型式，水冷壁可分为光管、鳍片管和带抓钉管三种。随着锅炉向大容量发展，考虑到壁面面积不够敷设水冷壁，开始采用双面水冷壁，即将水冷壁放在炉膛中间，垂直于前墙两面受热。

5. 锅炉的总体布置

锅炉的总体布置指炉膛、对流烟道及各受热面之间的相对位置和相互关系。随着锅炉容量、参数的增大和提高，因使用燃料的不同，锅炉的布置有多种型式。通常单烟道布置的有：烟气下行流动的Ⅱ型、T型、N型；烟气上行流动的塔型、U型；烟气水平流动的Γ型、L型等。

二、汽 包

汽包是自然循环锅炉蒸发设备中的重要部件，它具有以下三方面作用：

(1) 汽包与下降管、联箱、水冷壁等组成水循环系统，同时接受从省煤器来的给水和供给过热器饱和蒸汽。所以汽包是加热区段、蒸发区段以及过热区段三者的连接枢纽。

(2) 汽包是一汇集炉水与饱和蒸汽的圆筒形容器，起储水蓄汽的作用，以适应负荷的骤然变化。汽包的正常水位在汽包中心线以下约150~200毫米处，最高和最低水位距正常水位±50~70毫米。

(3) 在汽包中装有各种设备，以净化和提高蒸汽品质。如汽包中的汽水分离装置能分离掉蒸汽中含盐的水滴；清洗装置能去掉蒸汽中的溶盐；汽包中的连续排污，可以降低炉水含盐量；进行锅内水处理的加药设备等。

近代锅炉的汽包都布置在炉墙外不受热，一般在锅炉的最高处。对于高压锅炉的汽包，工作压力为10.8MPa~11.3MPa，相应的饱和蒸汽温度为317~320℃，一般用优质碳素钢（22号锅炉钢）制造。有时为了减小汽包的壁厚，也用低合金钢制造。对于超高压锅炉的汽包，都用合金钢制造。

三、过 热 器

过热器的作用是将蒸汽从饱和温度加热到额定的过热温度。在锅炉负荷变化时，过热器应能保持过热汽温的稳定。

按传热方式的不同，过热器可分为对流式、辐射式和半辐射式三种。

(1) 对流式过热器布置在对流烟道内，主要吸收烟气对流放热。根据工质与烟气之间相对流动方向的不同，这种过热器又可分为顺流、逆流以及混合流传热的过热器。

(2) 辐射式过热器可作为水冷壁的一部分，吸收炉膛辐射热。

(3) 半辐射式过热器布置在炉膛上部出口处（如折焰角），吸收一部分炉膛辐射热。同时还吸收一部分烟气的对流传热。

在具体的锅炉中，过热器级与级之间的布置，往往采用交叉和混合的方式。在管壁温度可能最高的屏和末级之前，均布置了喷水减温装置。锅炉受热面中，过热器温度最高，钢材亦最贵，所以选择系统和布置过热器受热面时，应注意安全和经济问题。

四、再 热 器

随着蒸汽压力的提高，为了降低汽轮机最末几级的蒸汽湿度，以及提高蒸汽动力循环的热效率，大型锅炉机组普遍采用再热循环。即将汽轮机高压缸内膨胀作功后的蒸汽，引入布