

300MW火力发电机组运行与检修技术培训教材

# 锅炉

望亭发电厂 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

203907

TM621

W463

600MW火力发电机组运行与检修技术培训教材

# 锅 炉

望亭发电厂 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本套书包括锅炉、汽轮机、电气、仪控、化学五个分册。

本书是本套书的一个分册。本书主要从设备、运行、检修三个方面介绍了控制循环汽包炉、自然循环汽包炉和国产直流炉的结构原理、运行方式、检修工艺及机组启停、事故分析及故障处理等；对炉水循环泵、除灰除渣系统及锅炉辅机也作了较详细的介绍；还结合当前采用计算机控制的特点，介绍了机组性能优化管理、锅炉安全运行以及锅炉的有关自动、程序控制和维护内容；此外对燃烧管理系统的主要功能也作了介绍。

本书可作为 300MW 机组运行和检修人员的培训教材，也可供机组运行管理人员制订运行规程、运行操作卡，检修管理人员制订检修计划、检修工艺卡的参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

300MW 火力发电机组运行与检修培训教材. 锅炉/望亭发电厂编.

—北京：中国电力出版社，2002.7

ISBN 7-5083-1021-7

I. 3… II. 望… III. ①火力发电—发电机—机组—运行—技术培训—教材②火力发电—发电机—机组—检修—技术培训—教材③火电厂—锅炉—技术培训—教材 IV. TM31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 033013 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 http://www.cepp.com.cn)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 37.5 印张 922 千字

印数 0001—3000 册 定价 60.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

# 序

新中国成立以来,我国的电力工业得到飞速发展。目前,全国电力装机容量和年发电量均居世界第二位,火电单机容量从6MW已发展至600MW,300MW机组已成为全电网的主力机组。我国国产第一台300MW火力发电机组,即望亭发电厂12号机,于1974年正式发电,距今已有28年的历史。

为了确保机组的安全运行,原能源部、原电力工业部、国家电力公司、中国电力企业联合会、国家电力公司华东公司非常重视300MW机组运行与检修技术的总结与推广工作。

1990年,原能源部电力司组织原华东电管局、山东省电力工业局、原华中电管局及原电力工业部电教中心等单位,共同组织编写《300MW火力发电机组运行和检修技术培训教材》,并由望亭电厂担任主编,山东电力工业局参加了该书教材大纲的编写。

1990年2月,受原能源部电力司委托,由华东电管局在上海主持召开该教材大纲的审查会。在此基础上,同年7月,由原能源部电力司主持召开该教材大纲的审定会。根据编写大纲,望亭电厂组织有关技术人员参加了该教材的编写,山东电力局也组织人员编写了部分章节。

1992年10月,由原能源部电力司组织召开该套教材的审稿会。

1993年上半年,该教材内部出版,并由原能源部电力司发通知组织发行。

1998年8月,中国电力企业联合会、部电教中心及望亭电厂联合召开会议,专题研究该套教材的正式出版工作,会上明确300MW机组是目前全国电力系统的骨干机组,本套培训教材要以实际的运行和检修经验为主要内容,辅以相关的理论和计算,突出实用性,反映新技术,以满足各电力企业及有关院校的培训和教学需求。

1998年11月,望亭电厂成立编委会,并确定本套培训教材五个分册的主编。

编委会成员:

主 任 孙孜平

副 主 任 徐经华

委 员 杨大为 孙道逵 吕永鑫 张克纯

季本忠 凌荣宇 王智雷 王克平

主 编 王智雷 邹翠芳

分册主编 孙道逵(锅炉) 吕永鑫(汽轮机)

16275/6

王智雷 (电气)      凌荣宇 (仪控)

王克平 (化学)

国家电力公司华东公司及其科学技术委员会、人教处对该项工作给予了高度的重视,成立了以刘维烈为主审的审核专家组。

审稿专家组成员:

审核专家组主审      刘维烈

成                      员      乐长义 (锅炉)      邵关兴 (汽轮机)

郑邦樑 (电气)      冯亚民 (仪控)

程黎明 (化学)

国电公司、中电联、国电华东公司各级领导对本套培训教材给予了强有力的支持,特别是陈占梅、刘治国、徐玉华、刘维烈、冯良芳等同志对本书的定位、内容、大纲提出了中肯的指导意见。在此,我们诚挚地表示感谢。

本套《300MW 火力发电机组运行与检修技术培训教材》包括锅炉、汽轮机、电气、仪控、化学五个分册,每分册有设备篇、运行篇、检修篇。本套培训教材所提供的技术、经验、方法都经过了长期的实践考验,并被证明是正确的、有效的。可作为从事火电机组运行与检修的技术人员的培训教材,也可以作为其他相应工作参考书及相关专业的大中专院校教学参考书。

由于我们的能力、学识有限,书中不妥之处在所难免,望广大读者批评指正。

**望亭发电厂厂长**

**孙孜平**

2002 年 4 月 1 日

# 分册前言

本套书包括锅炉、汽轮机、电气、仪控、化学五个分册。

本书为本套书的一个分册。本书以现场实际经验为主，结合有关专业理论，较系统地介绍了目前国产 300MW 发电机组使用的引进技术制造的控制循环汽包炉、自然循环汽包炉和国产直流锅炉的设备结构原理、性能、运行方式、检修工艺、机组启停、运行调整、维护试验、事故分析与故障处理等，对炉水循环泵和各种形式的除灰除渣系统和锅炉辅机也作了较详细的介绍。

针对目前 300MW 机组采用计算机控制的特点，本书还介绍了机组性能优化管理、锅炉防腐防爆的安全运行以及锅炉的有关自动、程序控制和维护内容以及燃烧管理系统的主要功能。

本书主编为孙道逵。参加编写的有：汪鸣飞、陈海斌、苏保兴编写设备篇、检修篇，张克纯、沈桂男、胡裕金编写运行篇。此外，杨洪明、陈卫东、董勇、张宏、张景福、郁建国、王小龙、王恒连、周渭生等均参加了部分章节的编写，在编写中还选用了黄石电厂、邹县电厂提供的教材。书中插图部分由钱贇绘制整理。

本书由孙道逵审核设备篇、检修篇，由张克纯审核运行篇。本书由孙孜平、徐经华审阅后，交国家电力公司华东公司技术委员会组织审核，经刘维烈、乐长义审定。

本书从审定编写大纲、组织审核直至定稿，一直得到国家电力公司华东公司人教处冯良芳，中国电力企业联合会刘治国、徐玉华，以及国家电力公司陈占梅等同志的大力支持，在此我们诚挚的表示谢意。

本书为 300MW 机组运行与检修人员的岗位培训教材，也可作为 300MW 机组运行管理人员制订运行规程、运行操作卡及检修管理人员制订检修计划、检修工艺卡的参考书。

因水平和条件有限，书中欠妥之处在所难免，祈请不吝赐教。

锅炉分册主编 孙道逵

2002 年 4 月

# 目 录

序言  
分册前言

## 第一篇 设 备

### 第一章 锅炉设备整体介绍..... 3

|     |                           |    |
|-----|---------------------------|----|
| 第一节 | 国产 300MW 锅炉的类型和发展概况 ..... | 3  |
| 第二节 | 300MW 机组汽包炉 .....         | 3  |
| 第三节 | 300MW 机组直流炉 .....         | 19 |
| 第四节 | 常用金属材料许用壁温介绍 .....        | 34 |

### 第二章 燃烧设备..... 36

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 第一节 | 煤粉燃烧器的分类 .....       | 36 |
| 第二节 | 煤粉燃烧器布置结构及工作原理 ..... | 37 |
| 第三节 | 燃烧器的调节机构 .....       | 39 |
| 第四节 | 油枪和油喷嘴 .....         | 40 |

### 第三章 制粉设备..... 43

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 第一节 | 制粉系统 .....            | 43 |
| 第二节 | 给煤机基本构造及工作原理 .....    | 45 |
| 第三节 | MPS 磨煤机的构造及工作原理 ..... | 50 |
| 第四节 | HP 型磨煤机的构造及工作原理 ..... | 59 |
| 第五节 | RP 型磨煤机的构造及工作原理 ..... | 61 |
| 第六节 | 钢球磨煤机的构造及工作原理 .....   | 67 |

### 第四章 空气预热器..... 69

|     |                              |    |
|-----|------------------------------|----|
| 第一节 | 容克式空气预热器基本工作原理 .....         | 69 |
| 第二节 | 300MW 机组的回转式空气预热器的基本参数 ..... | 69 |
| 第三节 | 容克式空气预热器的基本构造 .....          | 71 |
| 第四节 | 其他空气预热器简介 .....              | 75 |

### 第五章 吹灰、除尘和除灰设备..... 78

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第一节 | 吹灰系统及设备 ..... | 78 |
|-----|---------------|----|

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 第二节        | 电气除尘器 .....              | 83         |
| 第三节        | 除灰系统和设备 .....            | 92         |
| <b>第六章</b> | <b>风机 .....</b>          | <b>110</b> |
| 第一节        | 一次风机的结构和工作原理 .....       | 110        |
| 第二节        | 一次风机的型号、参数和特性 .....      | 111        |
| 第三节        | 送、吸风机的结构和工作原理 .....      | 113        |
| 第四节        | ASN 型轴流风机的型号、参数和特性 ..... | 115        |
| 第五节        | TLT 型轴流风机的构造及工作原理 .....  | 117        |
| 第六节        | 送、吸风机的动叶调节系统 .....       | 121        |
| <b>第七章</b> | <b>高、低压旁路 .....</b>      | <b>124</b> |
| 第一节        | 旁路系统的型式、组成、作用及工作原理 ..... | 124        |
| 第二节        | 液压系统介绍 .....             | 127        |
| 第三节        | 高压旁路阀 .....              | 131        |
| 第四节        | 低压旁路阀 .....              | 132        |
| <b>第八章</b> | <b>阀门 .....</b>          | <b>134</b> |
| 第一节        | 阀门的规格和对阀门的要求 .....       | 134        |
| 第二节        | 闸阀的结构型式 .....            | 134        |
| 第三节        | 截止阀的结构型式 .....           | 136        |
| 第四节        | 调节阀的结构型式 .....           | 137        |
| 第五节        | 调节阀的工作特性曲线 .....         | 139        |
| 第六节        | 安全阀的结构型式 .....           | 141        |
| 第七节        | 电磁释放阀的结构型式 .....         | 143        |
| 第八节        | 逆止阀的结构型式 .....           | 144        |
| 第九节        | 吹灰减压阀的结构型式 .....         | 145        |

## 第二篇 运行

|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| <b>第九章</b> | <b>锅炉的启动 .....</b>   | <b>149</b> |
| 第一节        | 锅炉启动的必备条件 .....      | 149        |
| 第二节        | 锅炉的启动方式和特点 .....     | 156        |
| 第三节        | 锅炉的冷态启动 .....        | 157        |
| 第四节        | 锅炉的热态启动 .....        | 181        |
|            | 复习思考题 .....          | 185        |
| <b>第十章</b> | <b>锅炉的运行调整 .....</b> | <b>186</b> |
| 第一节        | 锅炉运行的特点 .....        | 186        |

|             |                  |            |
|-------------|------------------|------------|
| 第二节         | 锅炉汽温的控制与调整       | 189        |
| 第三节         | 锅炉负荷和汽压的控制与调整    | 209        |
| 第四节         | 锅炉汽包水位的控制与调整     | 216        |
| 第五节         | 锅炉燃烧调整           | 221        |
| 第六节         | 机组运行优化管理         | 233        |
| 第七节         | 锅炉的热平衡及各项热损失     | 235        |
| 第八节         | 锅炉的燃烧调整试验        | 239        |
| 第九节         | 直流锅炉的水动力工况调整和试验  | 242        |
| 第十节         | 锅炉旁路和汽轮机旁路的运行    | 245        |
|             | 复习思考题            | 252        |
| <b>第十一章</b> | <b>锅炉辅助设备的运行</b> | <b>254</b> |
| 第一节         | 控制循环锅炉炉水循环泵的运行   | 254        |
| 第二节         | 风机的运行            | 260        |
| 第三节         | 空气预热器的运行         | 265        |
| 第四节         | 制粉系统的运行          | 267        |
| 第五节         | 除灰除渣设备的运行        | 277        |
| 第六节         | 锅炉受热面的吹灰         | 294        |
| 第七节         | 锅炉辅机及辅助系统运行中的切换  | 296        |
| 第八节         | 锅炉设备的日常维护与校验     | 298        |
|             | 复习思考题            | 302        |
| <b>第十二章</b> | <b>锅炉的安全运行</b>   | <b>303</b> |
| 第一节         | 锅炉受热面的磨损与腐蚀      | 303        |
| 第二节         | 锅炉受热面的安全运行       | 310        |
| 第三节         | 锅炉承压部件的安全运行      | 329        |
| 第四节         | 锅炉的防爆            | 332        |
|             | 复习思考题            | 341        |
| <b>第十三章</b> | <b>锅炉的停止运行</b>   | <b>342</b> |
| 第一节         | 停炉的方式及停炉前的准备     | 342        |
| 第二节         | 外置式分离器直流锅炉的停运    | 343        |
| 第三节         | 内置式分离器直流锅炉的停运    | 346        |
| 第四节         | 自然循环汽包锅炉的停运      | 347        |
| 第五节         | 控制循环锅炉的停运        | 349        |
| 第六节         | 锅炉停炉后的保养         | 350        |
|             | 复习思考题            | 357        |

## **第十四章 锅炉运行的事故分析及故障处理** ..... 358

|      |              |     |
|------|--------------|-----|
| 第一节  | 锅炉事故的种类和处理原则 | 358 |
| 第二节  | 紧急停炉         | 359 |
| 第三节  | 故障停炉         | 363 |
| 第四节  | 直流锅炉给水温度的突降  | 364 |
| 第五节  | 锅炉受热面的损坏     | 365 |
| 第六节  | 锅炉汽温过高       | 366 |
| 第七节  | 锅炉汽温过低       | 370 |
| 第八节  | 锅炉汽压过高       | 373 |
| 第九节  | 锅炉汽包水位事故     | 374 |
| 第十节  | 锅炉熄火及防爆      | 376 |
| 第十一节 | 锅炉尾部烟道再燃烧及防止 | 377 |
| 第十二节 | 锅炉燃料品质的突变    | 379 |
| 第十三节 | 锅炉辅机故障       | 381 |
| 第十四节 | 制粉系统故障       | 388 |
| 第十五节 | 厂用电源故障       | 397 |
|      | 复习思考题        | 398 |

## **第三篇 检 修**

## **第十五章 锅炉检修与管理** ..... 403

|     |           |     |
|-----|-----------|-----|
| 第一节 | 概述        | 403 |
| 第二节 | 检修项目和检修准备 | 403 |
| 第三节 | 检修管理      | 404 |

## **第十六章 省煤器及水冷壁的检修** ..... 411

|     |            |     |
|-----|------------|-----|
| 第一节 | 省煤器及水冷壁的检查 | 411 |
| 第二节 | 省煤器及水冷壁的检修 | 413 |

## **第十七章 过热器和再热器的检修** ..... 418

|     |                  |     |
|-----|------------------|-----|
| 第一节 | 过热器和再热器的检查       | 418 |
| 第二节 | 过热器和再热器的检修       | 420 |
| 第三节 | 墙式再热器和屏式再热器的检修   | 422 |
| 第四节 | 金属材料管理和锅炉用钢及焊接要求 | 423 |

## **第十八章 汽包和水包的检修** ..... 426

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 第一节 | 汽包的检修项目 | 426 |
|-----|---------|-----|

|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| 第二节          | 汽包检修工艺及质量标准·····             | 426        |
| 第三节          | 汽包检修注意事项·····                | 428        |
| 第四节          | 下水包的检修·····                  | 429        |
| <b>第十九章</b>  | <b>炉水循环泵的检修</b> ·····        | <b>430</b> |
| 第一节          | 检修项目及检修周期·····               | 430        |
| 第二节          | 全面性大修·····                   | 430        |
| 第三节          | 高压冷却器及其管路的安装·····            | 444        |
| <b>第二十章</b>  | <b>燃烧设备的检修</b> ·····         | <b>445</b> |
| 第一节          | 煤粉喷嘴和热风喷嘴·····               | 445        |
| 第二节          | 喷嘴摆动机构·····                  | 446        |
| 第三节          | 风门挡板·····                    | 447        |
| 第四节          | 油枪·····                      | 448        |
| <b>第二十一章</b> | <b>回转式空气预热器的检修</b> ·····     | <b>450</b> |
| 第一节          | 检修项目·····                    | 450        |
| 第二节          | 回转式空气预热器的检修·····             | 451        |
| 第三节          | 预热器技术记录内容和要求·····            | 462        |
| 第四节          | 回转式空气预热器的清洗·····             | 465        |
| <b>第二十二章</b> | <b>风机的检修</b> ·····           | <b>467</b> |
| 第一节          | 离心风机的解体检修·····               | 467        |
| 第二节          | ASN 型送、吸风机的解体检修·····         | 470        |
| 第三节          | TLT 型轴流风机的检修·····            | 484        |
| 第四节          | 送、吸风机的动平衡·····               | 489        |
| 第五节          | 故障检修·····                    | 493        |
| <b>第二十三章</b> | <b>制粉设备的检修</b> ·····         | <b>495</b> |
| 第一节          | 8224 型和 9224 型皮带式给煤机的检修····· | 495        |
| 第二节          | 给煤机检修方法及质量要求·····            | 496        |
| 第三节          | 给煤机的调整·····                  | 498        |
| 第四节          | MPS190 型磨煤机的检修项目及检修准备·····   | 500        |
| 第五节          | MPS190 型磨煤机的检修方法和质量要求·····   | 502        |
| 第六节          | HP863 型磨煤机的检修·····           | 515        |
| 第七节          | 施工安全注意事项·····                | 529        |
| <b>第二十四章</b> | <b>启动旁路系统的检修</b> ·····       | <b>531</b> |
| 第一节          | 启动分离器的检修·····                | 531        |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 第二节    常见故障处理.....                  | 532        |
| <b>第二十五章    高低压旁路的检修 .....</b>      | <b>533</b> |
| 第一节    高压旁路阀的检修.....                | 533        |
| 第二节    低压旁路阀的检修.....                | 534        |
| 第三节    减温水调节阀的检修.....               | 535        |
| 第四节    液压控制系统的检修.....               | 536        |
| 第五节    高、低压旁路系统的常见故障处理.....         | 537        |
| <b>第二十六章    管道和阀门的检修 .....</b>      | <b>539</b> |
| 第一节    管道的检修.....                   | 539        |
| 第二节    阀门的检修.....                   | 543        |
| <b>第二十七章    吹灰、除尘、除渣设备的检修 .....</b> | <b>555</b> |
| 第一节    吹灰器的检修.....                  | 555        |
| 第二节    电除尘器的检修.....                 | 560        |
| 第三节    干灰输送设备的检修.....               | 570        |
| 第四节    捞渣机的检修.....                  | 577        |
| 第五节    CE830 型碎渣机检修 .....           | 582        |
| <b>第二十八章    锅炉水压试验 .....</b>        | <b>584</b> |
| 第一节    锅炉水压试验的目的.....               | 584        |
| 第二节    水压试验的范围及要求.....              | 584        |
| 第三节    水压试验前应具备的条件.....             | 585        |
| 第四节    水压试验的程序.....                 | 586        |
| 第五节    试验压力的规定及合格鉴定标准.....          | 587        |
| 第六节    锅炉水压试验及安全注意事项.....           | 587        |

# 第一篇

---

## 设 备



# 第一章

## 锅炉设备整体介绍

### 第一节

#### 国产 300MW 锅炉的类型和发展概况

国产 300MW 发电机组所配置的锅炉共有三种基本型式：UP 型直流炉、自然循环汽包炉和控制循环锅炉，主要制造厂有上海锅炉厂、东方锅炉厂、哈尔滨锅炉厂和北京锅炉厂等。

20 世纪 70 年代初，上海锅炉厂自行设计制造了国内第一台 1000t/h 双炉膛亚临界压力 UP 型直流炉。第一代 1000t/h 直流炉共生产 10 台，相继在河南平顶山姚孟电厂、华东望亭电厂、江苏谏壁电厂、安徽洛河电厂等安装投运。到 80 年代中期，上海锅炉厂针对 1000t/h 锅炉双炉膛容积热负荷高、膨胀不均匀、炉墙振动、受热面磨损、水平烟道结灰以及排烟温度过高等问题，在原设计、制造、运行等积累的经验基础上，借鉴了美国 CE 燃烧工程公司引进的锅炉专利技术，设计制造了第二代国产改进型 1025t/h 单炉膛亚临界压力 UP 型直流炉。

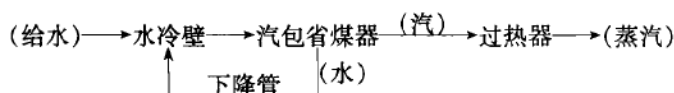
东方锅炉厂从 80 年代初率先开始设计亚临界压力自然循环汽包炉，1985 年首台在山东邹县电厂投入运行，目前已成为国产 300MW 机组配套的主要炉型之一。

按美国 CE 公司引进技术制造的国产控制循环锅炉，第一台由上海锅炉厂制造，于 1987 年在山东石横电厂投入生产。由于这种机组相当于国际 80 年代初的先进水平，因此在逐步提高其国产化率的基础上，已成为我国发展 300MW 发电机组的另一种主要炉型。目前，上海、东方、哈尔滨等制造厂均已具备了制造该型机组的能力，并进一步进行了优化设计，锅炉的热效率可达到 90% 以上，在国际上也有一定的竞争力。

### 第二节

#### 300MW 机组汽包炉

现代汽包炉有两种基本形式：自然循环汽包炉和控制循环汽包炉。汽包炉的基本工作原理是：在锅炉蒸发受热面与过热受热面之间设置有汽包，它使得各受热面的功能固定化，即蒸发点固定不变。汽包的主要作用是对水冷壁来的汽水混合物进行汽水分离，并将分离出的饱和蒸汽送至过热器继续加热，而将分离出的水与省煤器来的给水混合后送至水冷壁加热蒸发。其一次工质的基本流程如下：



自然循环汽包炉的水循环动力来自于下降管中的饱和水与水冷壁中的汽水混合物之间的

重度差；控制循环汽包炉的水循环动力不仅来自于下降管中的饱和水与水冷壁中的汽水混合物之重度差，还来自于炉水循环泵的扬程，是由二者的共同作用进行水循环的。一般压力越低，水的蒸发段越长，越适宜自然循环；反之压力越高，水的蒸发段越短，越不适应自然循环，就需要采用控制循环。当达到超临界压力时只能采用直流炉。

下面就两种汽包炉分别予以介绍。

### 一、控制循环锅炉

由上海锅炉厂引进美国杉烧工程公司（CE 公司）技术进行设计和制造的亚临界压力、再热式控制循环汽包型燃煤锅炉，整体呈典型的单汽包、单炉膛、Γ 型布置。与自然循环锅炉相比不同的是，它在锅炉的水循环回路下降管上安装了三台炉水循环泵，构成了炉水的控制循环。炉膛的断面尺寸为 11790mm×14059mm，炉膛采用四角喷燃，切圆燃烧。现将有关性能和主要设备概况介绍如下。

#### （一）控制循环锅炉的特点

##### 1. 循环可靠

由于在水循环回路中加装了炉水强制循环泵，使得控制循环锅炉在启动时，可先循环后点火，水冷壁膨胀均匀。在自然循环锅炉中，炉水循环是在点火后，水冷壁管内的炉水吸收了炉膛中的辐射热产生蒸汽后才开始逐步建立的。因而，炉水循环产生得较为缓慢。自然循环锅炉还由于炉内热负荷分布不均匀、水冷壁产汽先后不等，使炉水循环不同步，造成水冷壁管之间存在温度差。严重影响水冷壁的正常膨胀，限制了锅炉的启动速度，而且浪费了大量的燃油。与之相比控制循环锅炉在锅炉点火前就先启动了炉水循环泵，形成了先建立水循环，然后才点火的运行方式。这样就使水冷壁在启动过程中，不管各根管子之间吸热差别如何，均能保证每根管子都由相同温度的工质通过。因而能使水冷壁温度分布均匀，膨胀自由，有利于缩短启动时间，节约点火用油。

##### 2. 汽包（锅筒）上、下壁温度均匀

采用炉水循环泵后，循环系统内各部分允许有较高的阻力，因而控制循环锅炉的锅筒采用了内夹套锅筒。由水冷壁来的汽水混合物从锅筒的顶部处引入，通过锅筒内壁和夹套之间的夹层内向下流动而进入旋风分离器进行一次分离。如图 1-1 所示。

由于锅筒内壁全部与同一温度的相同介质接触，因而不论在任何工况下，锅筒上下壁的温度是一致的，不需监视上下壁温差。可见，在控制循环锅炉中，各点温度分布非常一致。因而大大减小了锅炉上最厚壁元件的温差应力，锅筒内工质的允许温差变化率为 220℃/h 以上，有利于加速启动、提高负荷变化速率和变压运行。

##### 3. 快速启动

控制循环锅炉运行中变化速率高，适宜于

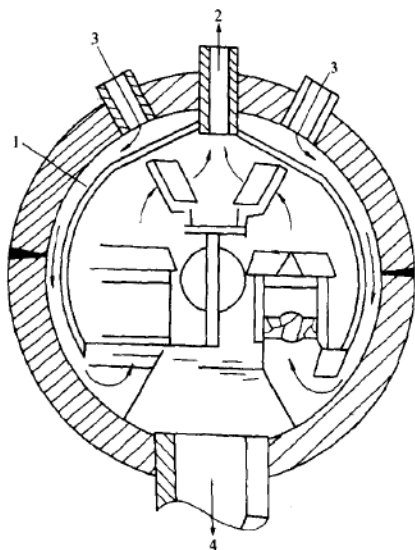


图 1-1 内夹套锅筒

1—内夹套；2—蒸汽；3—汽水混合物；4—水

调峰运行。其允许负荷变化速率为

定压运行 5%MCR/min (MCR 指机组最大连续出力)

滑压运行 3%MCR/min

#### 4. 停炉后冷却速度快

控制循环锅炉熄火后仍保持循环, 锅炉得以强制冷却, 有利于事故处理。锅炉熄火后保持一台炉水循环泵运行, 使炉水继续循环。同时, 吸、送风机亦继续运行, 这样, 使整台锅炉得到强制冷却, 加速了停炉过程, 这对事故处理相当重要。

#### 5. 有利于锅炉的酸洗

控制循环锅炉酸洗时利用循环泵使酸洗溶液在循环系统的每根管子, 包括省煤器管在内, 连续地进行循环, 以保证得到良好的酸洗效果。

#### 6. 预测水冷壁管内结垢程度

根据炉水循环泵的进出口压差与循环系统内阻力直接有关的特点, 可以预测水冷壁管内结垢程度。在新炉投产以前, 在水冷壁管清洁的状态下, 记录下在满负荷工况时的炉水循环泵进出口的压差, 以此为基础值, 以后定期校核满负荷下炉水循环泵的进出口压差, 并与基准值相比较, 在不需停炉割管检查的情况下, 就可以推断出水冷壁的结垢情况。

#### 7. 炉膛蒸发受热面布置自由, 可满足最合适的燃烧要求

#### 8. 水冷壁管径细, 锅筒长度短, 循环系统重量轻

控制循环锅炉循环系统中允许压降大, 故水冷壁管直径较小, 相应壁较薄。而且, 下降管和上升管数量均较自然循环为少。所以, 整个循环系统较为紧凑, 重量较自然循环锅炉大大减轻。

控制循环锅炉与自然循环锅炉相比优点很多, 但增加了强制循环泵, 也就增加了设备投资、厂用电。同时也增加了运行操作和检修维护工作量。

### (二) 主要设计参数及技术规范 (见表 1-1、表 1-2、表 1-3)

表 1-1 主要设计参数 (望亭电厂 11 号炉)

| 名 称     | 单 位 | 数 值    |       | 名 称                | 单 位               | 数 值                |                    |
|---------|-----|--------|-------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 锅炉负荷    |     | MCR 工况 | 额定工况  | 锅炉负荷               |                   | MCR 工况             | 额定工况               |
| 电负荷     | MW  | 326.5  | 300   | 再热器出口汽温            | ℃                 | 541                | 541                |
| 过热蒸汽流量  | t/h | 1025   | 931.8 | 给水温度               | ℃                 | 281                | 273                |
| 主汽压     | MPa | 18.3   | 17.3  | 排烟温度               | ℃                 | 130.6              | 126.7              |
| 主汽温     | ℃   | 541    | 541   | 炉膛容积热负荷            | kW/m <sup>3</sup> | 110                | 99.6               |
| 再热蒸汽流量  | t/h | 834.8  | 745.4 | 炉膛截面热负荷            | kW/m <sup>2</sup> | $4.83 \times 10^3$ | $4.36 \times 10^3$ |
| 再热器进口汽压 | MPa | 3.83   | 3.41  | 锅炉效率<br>(以低位发热量计算) | %                 | 91.5               | 91.6               |
| 再热器出口汽压 | MPa | 3.63   | 3.23  | 过剩空气系数             | %                 | 1.25               | 1.25               |
| 再热器进口汽温 | ℃   | 323    | 318   |                    |                   |                    |                    |