

# 火电机组仿真培训指导教材



# 600MW

## 分册

大唐黑龙江发电有限公司◎组编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 火电机组仿真培训指导教材



# 600MW

## 分册

大唐黑龙江发电有限公司©组编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

为确保火电机组的安全、稳定、经济运行,提高生产运行人员的技术素质,适应员工岗位培训工作的需要,大唐黑龙江发电有限公司组织所属各单位结合在役机组运行实际,编写了《火电机组仿真培训指导教材》,共包含6个分册。

本书为《火电机组仿真培训指导教材 600MW 分册》,全书详细介绍了600MW火电机组的主要技术参数、系统启停、运行控制、事故处理等。共分为九章:第一章主要介绍600MW机组的锅炉、汽轮机、发电机概述及主要参数;第二章主要介绍锅炉系统,包括整体布置与工作原理,各辅助系统的启停及运行调整;第三章主要介绍汽轮机系统、汽轮机主要辅助系统的启停及运行调整;第四章主要介绍电气系统,包括电气主接线形式,发电机、变压器、厂用电系统等的投停和正常监控;第五章主要介绍机组保护及试验,包括锅炉、汽轮机、发电机—变压器组的保护配备和试验规定;第六章主要介绍机组冷态启动,包括设备送电、辅助系统投入、锅炉侧启动、汽轮机冲转、机组并网、升负荷;第七章主要介绍机组运行调整,包括机组控制方式,运行监视与调整;第八章主要介绍机组滑参数停机,包括滑参数停机的操作步骤,参数选择、注意事项;第九章主要介绍事故处理,包括事故的现象、原因及事故处理原则。

本书与现场实际运行联系紧密,适用于600MW火电机组运行岗位专业实训,也可作为电厂运行人员的培训教材和从事集控运行专业技术人员的参考资料,并可供高等院校相关专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

火电机组仿真培训指导教材. 600MW 分册/大唐黑龙江发电有限公司编. —北京:中国电力出版社,2015.12

ISBN 978-7-5123-8568-9

I. ①火… II. ①大… III. ①火力发电-发电机组-技术培训-教材 IV. ①TM621.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 277084 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2015年12月第一版 2015年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 25.25印张 621千字

印数0001—2000册 定价80.00元

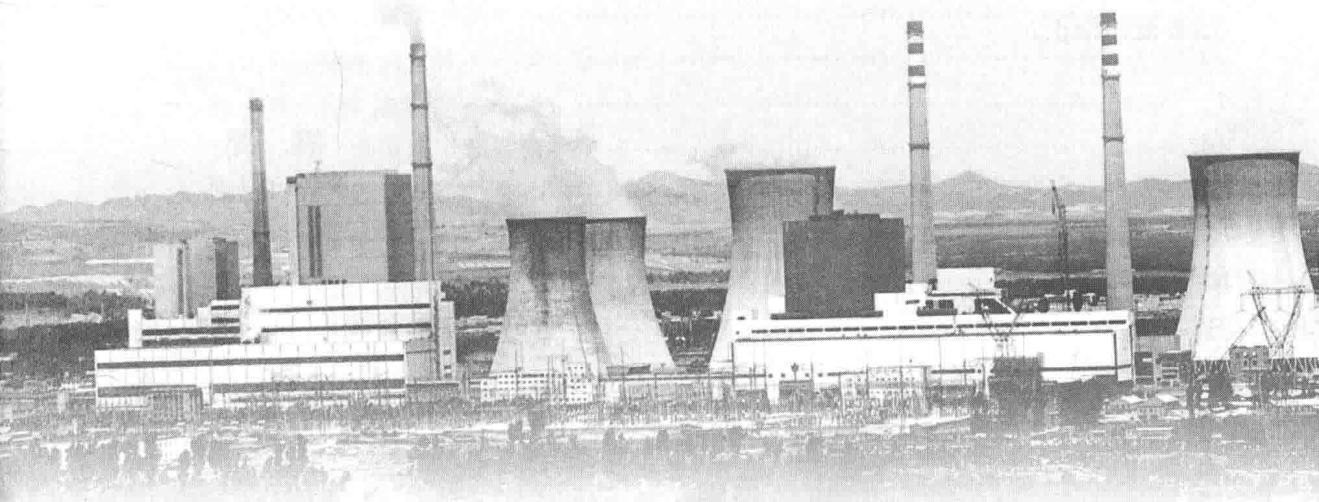
### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

## 编 审 委 员 会

- 主任委员 王振彪
- 副主任委员 李景峰 刘延滨 (常务) 孙大伟 李晶岩
- 委 员 张卫东 张艳春 汤传金 左晓群 毕宏远  
王秀江 张伟国 李志 张春宇 徐传彬  
王永金 刘士宏 沈 琪 屈广顺 单朋文
- 执行主编 张卫东
- 执行副主编 葛成林 常治国 单小东
- 编写人员 解 文 彭守刚 胡永盛 刘殿辉 张巍巍  
范丰慧 于洪贵 杨金平 聊俊生 王再强  
关剑飞 高华诚 孙 友 张 浩



## 前 言

本书以哈尔滨汽轮机有限责任公司、哈尔滨锅炉有限责任公司、哈尔滨电机有限责任公司和东北电力设计院提供的技术资料为基础，以现场操作规程为依据，总结现场实际运行经验，是为适合于600MW火力发电机组电厂热动力设备专业人员及同型号机组使用和学习的实训教材。书中详细讲解了机组各主要系统的工作原理，全面详尽阐述了机组的启动、停止、运行维护和事故处理的过程和操作方法，其目的是让学员在有限的实训期间内，最大程度地掌握机组各系统的构成和理论，学会基本的运行操作及主要事故分析和处理，以提高其专业技能水平和素质修养。

本书依据中国电力企业联合会标准化管理中心编《火力发电厂技术标准汇编第三卷 运行标准》、电力工业部(80)电技字第26号《电力工业技术管理法规》、国家标准《电力(业)安全工作规程》、DL 612—1996《电力工业锅炉压力容器监察规程》及国能安全〔2014〕161号《防止电力生产事故的二十五项重点要求》等相关标准，结合600MW机组运行生产实际，在总结其他同型机组的先进经验的基础上加以整编。

本书打破机组容量的局限性，吸收不同容量机组的相同经验，以力求全面、简明、实用，突出整体性、协调性、针对性，便于现场实际操作。

由于编者水平所限，疏漏在所难免，对书中可能存在的错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

2015年7月

# 目 录

## 前言

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第一章 机组概述        | 1   |
| 第一节 锅炉概述及主要参数   | 1   |
| 第二节 汽轮机概述及主要参数  | 14  |
| 第三节 发电机概述及主要参数  | 18  |
| 第二章 锅炉系统        | 24  |
| 第一节 整体布置与工作原理   | 24  |
| 第二节 汽水系统        | 27  |
| 第三节 风烟系统        | 37  |
| 第四节 制粉系统        | 62  |
| 第五节 燃烧系统        | 77  |
| 第三章 汽轮机系统       | 95  |
| 第一节 主、再热蒸汽及旁路系统 | 95  |
| 第二节 回热抽汽系统      | 101 |
| 第三节 凝结水系统       | 104 |
| 第四节 给水除氧系统      | 115 |
| 第五节 真空抽气系统      | 134 |
| 第六节 循环冷却水系统     | 141 |
| 第七节 辅助蒸汽系统      | 161 |
| 第八节 轴封系统        | 164 |
| 第九节 润滑油系统       | 168 |
| 第十节 EH 油系统      | 177 |
| 第十一节 发电机冷却系统    | 185 |
| 第十二节 供热系统       | 199 |
| 第四章 电气系统        | 204 |
| 第一节 电气主接线       | 204 |
| 第二节 发电机         | 216 |
| 第三节 励磁系统        | 227 |

|             |                     |            |
|-------------|---------------------|------------|
| 第四节         | 厂用电系统               | 233        |
| 第五节         | 直流系统                | 247        |
| <b>第五章</b>  | <b>机组保护及试验</b>      | <b>258</b> |
| 第一节         | 锅炉保护及试验             | 258        |
| 第二节         | 汽轮机保护及试验            | 267        |
| 第三节         | 电气保护及试验             | 276        |
| <b>第六章</b>  | <b>机组冷态启动</b>       | <b>282</b> |
| 第一节         | 冷态启动概述              | 282        |
| 第二节         | 设备送电                | 284        |
| 第三节         | 辅助系统的投入             | 285        |
| 第四节         | 点火前的准备              | 290        |
| 第五节         | 点火、升温、升压            | 292        |
| 第六节         | 汽轮机冲转               | 293        |
| 第七节         | 机组并网                | 296        |
| 第八节         | 机组升负荷               | 299        |
| <b>第七章</b>  | <b>机组运行调整</b>       | <b>303</b> |
| 第一节         | 机组控制方式              | 303        |
| 第二节         | 运行监视与调整             | 306        |
| <b>第八章</b>  | <b>机组滑参数停机</b>      | <b>318</b> |
| 第一节         | 机组停运前的准备及操作         | 318        |
| 第二节         | 滑参数停机注意事项           | 321        |
| 第三节         | 滑参数停机后的注意事项         | 322        |
| <b>第九章</b>  | <b>事故处理</b>         | <b>329</b> |
| 第一节         | 锅炉事故处理              | 329        |
| 第二节         | 汽轮机事故处理             | 351        |
| 第三节         | 电气事故处理              | 369        |
| <b>附录 A</b> | <b>相应压力下对应的饱和温度</b> | <b>387</b> |
| <b>附录 B</b> | <b>相关曲线</b>         | <b>388</b> |
| <b>参考文献</b> |                     | <b>397</b> |

# 第一章 机组概述

本仿真机组的仿真对象为国产 600MW 亚临界火电机组，仿真程度为火电机组运行的全过程。仿真对象的锅炉由哈尔滨锅炉有限责任公司生产，汽轮机、发电机分别由哈尔滨汽轮机有限责任公司和哈尔滨电机有限责任公司制造，控制系统由艾默生公司配套。

## 第一节 锅炉概述及主要参数

### 一、锅炉设备概述

大唐七台河发电有限责任公司二期扩建工程 2×600MW 锅炉是哈尔滨锅炉有限责任公司根据美国 ABB-CE 燃烧工程公司技术设计、制造的，配 600MW 汽轮发电机组的亚临界压力、一次中间再热、控制循环、汽包锅炉。型号为 HG-2030/17.5-YM9，采用平衡通风、固态排渣方式；采用中速磨煤机正压直吹式制粉系统，煤粉细度为 200 目，通过率为 75%。锅炉以最大连续负荷（BMCR 工况）为设计参数，最大连续蒸发量为 2030t/h，过热器、再热器出口温度为 540℃，给水温度为 281℃。

锅炉采用全钢结构构架、高强螺栓连接，连接件接触面采用喷砂工艺处理，提高了连接结合面的摩擦系数。锅炉呈“Π”型单炉膛布置方式，设计固定的膨胀中心，受热面采用全悬吊结构。炉膛上部布置墙式再热器、分隔屏、后屏过热器、后屏再热器。水平烟道中布置末级再热器、末级过热器和立式低温过热器。后烟道竖井布置水平低温过热器和省煤器，水平低温过热器采用水冷吊挂结构。采用大节距的分隔屏，起到切割旋转烟气流以减少进入过热器炉宽方向的烟气温度偏差的作用。过热器和再热器采用较大直径的管子和较大的横向节距可防止结渣、结灰的速度。各级过热器、再热器之间采用单根或数量很少的大直径连接管相连接，使蒸汽能起到良好的混合作用，消除蒸汽温度偏差。

锅炉炉膛断面尺寸为 18 542mm×17 448mm，顶棚标高为 73 390mm。强制循环系统选用 3 台低压头式锅炉循环泵，以提高锅炉运行的可靠性。顶部受热面各部分间采用大口径连接管连接。

锅炉采用摆动式燃烧器，四角布置切圆燃烧；燃烧器采用大风箱结构，由隔板将大风箱分隔成若干风室，在各个风室的出口处布置数量不等的燃烧器喷嘴，一次风喷嘴可



作上、下各  $27^\circ$  摆动，二次风喷嘴可作上、下各  $30^\circ$  摆动，以调节炉膛内各辐射受热面的吸热量，从而调节再热蒸汽温度。燃尽风室可作左、右  $10^\circ$  的摆动，以此来改变反切动量矩，达到最佳平衡动量矩效果。每只燃烧器共有 7 种、18 个风室、17 个喷嘴，其中顶部燃尽风室两个、上端部空气风室 1 个、煤粉风室 6 个、油风室 4 个、中间空气风室两个、下端部空气风室两个、空风室 1 个。根据各风室的高度不同，布置数量不等的喷嘴，顶部燃尽风室，1 个风室布置 1 个喷嘴，上端部风室布置 1 个喷嘴，煤粉风室共布置 6 个一次风喷嘴，油风室中间布置有带稳燃罩的油喷嘴，中间空气风室布置 1 个喷嘴，下端部风室布置 1 个喷嘴，空风室不布置喷嘴。每只燃烧器的 17 个喷嘴，除顶部燃尽风室的 2 个喷嘴手动驱动外，其余喷嘴均由摆动气缸驱动，整体上、下摆动，并且炉膛四角的四只燃烧器按协调控制系统给定的控制信号做同步上、下  $30^\circ$  的摆动。点火油燃烧器与煤粉燃烧器、空气风室和油燃烧器为一体，每只燃烧器共设有四层油点火燃烧器，用于锅炉启动时暖炉、煤粉喷嘴点火和低负荷稳燃。油点火燃烧器的空气喷嘴同时也作为煤燃烧时的二次风喷嘴，为了油火焰的燃烧稳定，在油点火燃烧器主空气喷嘴中设置了专门的稳燃罩，油风室只有 1 个主喷嘴。在 B 层 4 只一次风主煤粉燃烧器安装气化小油枪，每一煤粉燃烧器上安装两只气化小油枪，分级点燃、分级燃烧。这种设计利用少量的燃油消耗就可达到锅炉冷、热态启动和低负荷稳燃的目的。

汽包内部布置有 112 只旋风分离器作为一次分离元件，二次分离元件为波形板分离器，三次分离是在汽包顶部百叶窗分离器，蒸汽进入饱和蒸汽引出管以前完成。汽包下部有 4 个集中下降管分别与水冷壁下联箱相连，其两端配有就地、远方、给水调节水位计。

主蒸汽流程为饱和蒸汽从汽包引出管经顶棚过热器、后烟道各包墙过热器、水平低温过热器、立式低温过热器、一级喷水减温器进入分隔屏过热器，然后经后屏过热器、二级喷水减温器、末级过热器进入主蒸汽管道。

再热蒸汽流程为从汽轮机高压排汽出来的冷端再热蒸汽经再热器减温器、墙式辐射再热器、后屏再热器、末级再热器进入热再热蒸汽管道。

省煤器为非沸腾膜式省煤器，由水平蛇形管组成，在省煤器入口联箱端部和后水冷壁下联箱之间连有省煤器再循环管。在锅炉启动时，该管可将锅水引到省煤器，防止省煤器中的水产生汽化。启动时，再循环管路中的阀门必须打开，直到连续供水时再关上。

空气预热器为三分仓半模式回转式、内置式支轴承。空气预热器的传动采用中心传动。中心传动装置包括主电动机和辅助电动机各 1 台。

后烟道前、后墙过热器下联箱装有容量为 5% 的启动疏水旁路。

锅炉的汽包、过热器出口及再热器进、出口均装有弹簧式安全阀，在过热器出口处装有两个电磁泄放阀，以减少弹簧式安全阀的动作次数。

过热蒸汽主要靠一、二级喷水减温器调温，两级 4 点，第一级在分隔屏入口，设有两个喷水点，分别进行调节，作为粗调，控制分隔屏出口蒸汽温度。第二级喷水在后屏和末级过热器之间，作为细调，控制过热器出口蒸汽温度。第一级喷水量为总喷水量的  $2/3$ ，第二级喷水量为总喷水量的  $1/3$ 。再热蒸汽主要靠摆动燃烧器调温，辅以过量空

气系数进行调节。在再热器进口导管上装有两只喷水减温器，主要作事故喷水用。

每台锅炉配6台中速磨煤机，5台运行、1台备用。每台中速磨煤机引出的4根煤粉管道连接到锅炉同一层燃烧器。6台磨煤机带6层燃烧器，根据锅炉负荷的变化可以停用任何一台磨煤机和对应的一层燃烧器。

引风机采用静叶可调式轴流风机，送风机采用动叶可调式轴流风机，一次风机采用二级动叶可调式轴流风机，送风机、一次风机入口装有暖风器。

锅炉配有炉膛安全监控系统（FSSS）、炉膛火焰电视监视装置、汽包水位电视监视装置及吹灰程序控制装置等，自动化水平较高。

锅炉的除渣装置采用6台螺旋式捞渣机连续除渣方式。

## 二、锅炉主要参数

### （一）锅炉主要设计参数

（1）锅炉设备规范见表1-1。

表 1-1 锅 炉 设 备 规 范

| 序号 | 名 称              | 单 位 | 设计参数             |             |
|----|------------------|-----|------------------|-------------|
|    |                  |     | BMCR (660MW)     | ECR (600MW) |
| 1  | 锅炉型号             |     | HG-2030/17.5-YM9 |             |
| 2  | 生产厂家             |     | 哈尔滨锅炉有限责任公司      |             |
| 3  | 过热蒸汽流量           | t/h | 2030             | 1769.78     |
| 4  | 过热蒸汽压力           | MPa | 17.5             | 17.28       |
| 5  | 过热蒸汽温度           | ℃   | 540              | 540         |
| 6  | 再热蒸汽流量           | t/h | 1698.94          | 1493.36     |
| 7  | 再热蒸汽入口压力         | MPa | 3.953            | 3.465       |
| 8  | 再热蒸汽出口压力         | MPa | 3.763            | 3.298       |
| 9  | 再热蒸汽进口温度         | ℃   | 330.7            | 316.1       |
| 10 | 再热蒸汽出口温度         | ℃   | 540              | 540         |
| 11 | 汽包压力             | MPa | 19.95            | 18.59       |
| 12 | 给水温度             | ℃   | 281              | 272.1       |
| 13 | 给水压力             | MPa | 19.42            | 18.81       |
| 14 | 减温水温度            | ℃   | 178.5            | 172.8       |
| 15 | 减温水压力            | MPa | 20.33            | 19.49       |
| 16 | 一级减温水量           | t/h | —                | 27.2        |
| 17 | 二级减温水量           | t/h | —                | 14          |
| 18 | 锅炉效率（按低位发热值）     | %   | 93.18            | 92.92       |
| 19 | 燃煤量              | t/h | 334.2            | 298.8       |
| 20 | 炉膛出口温度           | ℃   | 1350             | 1346        |
| 21 | 排烟温度（修正前）        | ℃   | 123              | 120.4       |
| 22 | 排烟温度（修正后）        | ℃   | 117.8            | 114.7       |
| 23 | 炉膛过量空气系数         |     | 1.2              | 1.2         |
| 24 | 煤粉细度（ $R_{90}$ ） | %   | 18               | 18          |
| 25 | 空气预热器出口一次风温      | ℃   | 322.7            | 319.5       |
| 26 | 空气预热器出口二次风温      | ℃   | 342.3            | 335.8       |
| 27 | 炉膛漏风             | t/h | 114.6            | 102.5       |
| 28 | 烟气量              | t/h | 2490.3           | 2226.9      |
| 29 | 总风量              | t/h | 2292.9           | 2050.4      |

(2) 锅炉汽水品质要求见表 1-2。

表 1-2 锅炉汽水品质要求

| 序号 | 项 目 |             | 单 位    | 参 数   |
|----|-----|-------------|--------|-------|
| 1  | 给水  | pH 值 (25℃时) |        | 9~9.5 |
|    |     | 固形物总量       | μg/L   | ≤50   |
|    |     | 硬度          | μmol/L | 0     |
|    |     | 溶解氧         | μg/L   | ≤7    |
|    |     | 铁           | μg/L   | ≤20   |
|    |     | 铜           | μg/L   | ≤5    |
|    |     | 油           | mg/L   | ≤0.3  |
| 2  | 锅水  | pH 值        |        | 9~10  |
|    |     | 总含盐量        | mg/L   | ≤20   |
|    |     | 二氧化硅        | mg/L   | ≤0.25 |
|    |     | 氯离子         | mg/L   | ≤1    |
|    |     | 磷酸根         | mg/L   | 0.5~3 |
| 3  | 蒸汽  | 二氧化硅        | μg/kg  | ≤20   |
|    |     | 电导率 (25℃时)  | μS/cm  | 0.3   |
|    |     | 铁           | μg/kg  | ≤20   |
|    |     | 铜           | μg/kg  | ≤5    |
|    |     | 钠           | μg/kg  | ≤10   |

(3) 燃煤成分及特性见表 1-3。

表 1-3 燃煤成分及特性

| 序号 | 项目 | 单位              | 参 数    |           |           |        |  |
|----|----|-----------------|--------|-----------|-----------|--------|--|
|    |    |                 | 设计七台河煤 | 校核 1 七台河煤 | 校核 2 七台河煤 | 备注     |  |
| 1  | 成分 | Cy              | %      | 43.7      | 47.05     | 40.2   |  |
|    |    | Hy              | %      | 2.42      | 2.78      | 2.24   |  |
|    |    | Oy              | %      | 2.62      | 2.83      | 2.47   |  |
|    |    | Ny              | %      | 1.06      | 0.85      | 1.21   |  |
|    |    | Sy              | %      | 0.25      | 0.24      | 0.26   |  |
|    |    | Ay              | %      | 40.07     | 35.37     | 44.37  |  |
|    |    | My              | %      | 9.88      | 10.88     | 9.25   |  |
|    |    | V <sub>r</sub>  | %      | 21.64     | 22.51     | 20.12  |  |
| 2  | 特性 | HGI             |        | 78        | 77        | 79     |  |
|    |    | Q <sub>yd</sub> | MJ/kg  | 16.720    | 18.172    | 15.310 |  |

(4) 燃料灰渣特性见表 1-4。

表 1-4 燃料灰渣特性

| 项 目     | 单 位                      | 参 数                  |                      |                      | 备 注 |
|---------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|
|         |                          | 设计                   | 校核 1                 | 校核 2                 |     |
| 变形温度 DT | ℃                        | >1260                | >1270                | >1250                |     |
| 软化温度 ST | ℃                        | >1460                | >1540                | >1380                |     |
| 流动温度 FT | ℃                        | >1500                | >1540                | >1500                |     |
| 二氧化硅    | %                        | 65.31                | 65.73                | 65.26                |     |
| 三氧化二铁   | %                        | 4.44                 | 3.99                 | 4.2                  |     |
| 三氧化二铝   | %                        | 19.42                | 19.95                | 19.24                |     |
| 氧化钙     | %                        | 1.99                 | 0.72                 | 1.86                 |     |
| 氧化镁     | %                        | 0.85                 | 0.84                 | 0.86                 |     |
| 三氧化硫    | %                        | 0.69                 | 0.82                 | 0.59                 |     |
| 氧化钠     | %                        | 0.89                 | 1.06                 | 0.85                 |     |
| 氧化钾     | %                        | 4.17                 | 3.21                 | 4.35                 |     |
| 比电阻     | $\Omega \cdot \text{mm}$ | $2.8 \times 10^{12}$ | $2.7 \times 10^{12}$ | $2.9 \times 10^{12}$ |     |

(5) 燃油特性 (0 号轻柴油) 见表 1-5。

表 1-5 燃 油 特 性

| 项 目        | 单 位                   | 平均值                                      |
|------------|-----------------------|--|
| 恩氏黏度 (20℃) | °E                    | 1.2~1.67                                 |
| 含硫量        | %                     | <0.2                                     |
| 闭口闪点       | ℃                     | 65                                       |
| 凝固点        | ℃                     | ≤0                                       |
| 低位发热量      | kJ/kg                 | 41 870                                   |
| 灰分         | %                     | <0.025                                   |
| 运动黏度 (20℃) | $\text{m}^2/\text{s}$ | $3 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6}$ |

(6) 锅炉受热面有关技术规范见表 1-6、表 1-7。

表 1-6 锅炉受热面有关技术规范 (1)

| 名 称 | 项 目        | 单 位 | 设计数据                  |
|-----|------------|-----|-----------------------|
| 汽包  | 筒身长度       | mm  | 25 756                |
|     | 全长         | mm  | 27 940                |
|     | 内径         | mm  | $\phi 1778$           |
|     | 汽包外径       | mm  | $\phi 2084/\phi 2142$ |
|     | 材质         |     | SA-299                |
|     | 旋风分离器数量    | 只   | 112                   |
|     | 单只分离器出力    | t/h | 18.11 (设计) /18.6 (最高) |
|     | 正常水位线在中心线下 | mm  | 229                   |
|     | 中心线标高      | mm  | 74 304                |
|     | 允许工作压力     | MPa | 19.1                  |
|     | 工作温度       | ℃   | 362                   |

续表

| 名称     | 项目       | 单位 | 设计数据  |
|--------|----------|----|---|
| 下降管    | 管径       | mm | $\phi 356$ (内径) / $\phi 406$ (外径)   |
|        | 材质       |    | SA-106C   |
| 水冷壁    | 形式       |    | 膜式  |
|        | 数量       | 根  | 1094  |
|        | 外径×壁厚    | mm | $\phi 63.5 \times 12.7$ 、 $\phi 51 \times 6.5$ 、 $\phi 63.5 \times 7.112$ |
|        | 允许管子外壁温度 | °C | 454   |
|        | 材质       |    | SA-210A1, 20G   |
| 包墙管    | 管径       | mm | $\phi 54 \times 7$ 、 $\phi 63 \times 8$                                   |
|        | 材质       |    | 20G   |
| 后包墙顶棚管 | 管径       | mm | $\phi 54 \times 7$  |
|        | 材质       |    | 20G   |
| 顶棚管    | 管径       | mm | $\phi 63 \times 7$ 、 $\phi 57 \times 6.5$                                 |
|        | 材质       |    | 20G   |
| 省煤器    | 并联管数     | 片  | 120×4   |
|        | 管径       | mm | $\phi 51 \times 6.5$  |
|        | 材质       |    | SA-210C   |
|        | 工质出口温度   | °C | 300 (BMCR) / 297 (ECR)  |

表 1-7

锅炉受热面有关技术规范 (2)

| 管子号数 No.          | 管子规格 (mm)            | 管子材料         | 蒸汽温度 (°C) | 管壁温度 (°C) | 允许管壁温度 (°C) | 管子外表面温度 (°C) | 允许管子外表面温度 (°C) |
|-------------------|----------------------|--------------|-----------|-----------|-------------|--------------|----------------|
| 低温过热器 (报警 460°C)  |                      |              |           |           |             |              |                |
| 1~6               | $\phi 57 \times 7$   | SA-210C      | 365       | 368       | 424         | 369          | 454            |
|                   | $\phi 57 \times 6.5$ | SA-210C      | 388       | 396       | 413         | 397          | 454            |
|                   | $\phi 57 \times 7$   | 15CrMoG      | 407       | 422       | 488         | 425          | 550            |
|                   | $\phi 63 \times 7$   | 15CrMoG      | 426       | 438       | 461         | 441          | 550            |
| 过热器分隔屏 (报警 493°C) |                      |              |           |           |             |              |                |
| 1~2               | $\phi 51 \times 6$   | 15CrMoG      | 416       | 448       | 477         | 456          | 550            |
|                   | $\phi 51 \times 6$   | SA-213TP347H | 428       | 527       | 595         | 561          | 704            |
|                   | $\phi 51 \times 7$   | 12Cr1MoVG    | 466       | 491       | 524         | 497          | 580            |
| 3~9               | $\phi 51 \times 6$   | 15CrMoG      | 418       | 452       | 477         | 459          | 550            |
|                   | $\phi 51 \times 8$   | 12Cr1MoVG    | 428       | 509       | 541         | 530          | 580            |
|                   | $\phi 51 \times 7$   | 12Cr1MoVG    | 451       | 486       | 524         | 496          | 580            |
| 10                | $\phi 51 \times 6$   | 15CrMoG      | 415       | 447       | 477         | 455          | 550            |
|                   | $\phi 51 \times 6$   | SA-213TP347H | 424       | 525       | 595         | 560          | 704            |
|                   | $\phi 51 \times 7$   | 12Cr1MoVG    | 463       | 485       | 524         | 492          | 580            |

续表

| 管子<br>号数 No.     | 管子规格<br>(mm) | 管子材料         | 蒸汽温度<br>(°C) | 管壁温度<br>(°C) | 允许管壁<br>温度<br>(°C) | 管子外表<br>面温度<br>(°C) | 允许管子<br>外表面温度<br>(°C) |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| 过热器后屏 (报警 575°C) |              |              |              |              |                    |                     |                       |
| 1                | φ57×8        | SA-213T91    | 488          | 544          | 591                | 563                 | 635                   |
|                  | φ57×10       | SA-213TP347H | 512          | 624          | 648                | 672                 | 704                   |
|                  | φ57×8        | SA-213T91    | 541          | 556          | 592                | 561                 | 635                   |
| 2                | φ51×9        | 12Cr1MoVG    | 478          | 511          | 558                | 522                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213TP347H | 512          | 584          | 627                | 608                 | 704                   |
|                  | φ51×10       | 12Cr1MoVG    | 537          | 551          | 572                | 556                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213T91    | 547          | 561          | 597                | 566                 | 635                   |
| 3                | φ51×9        | 12Cr1MoVG    | 491          | 532          | 558                | 546                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213TP347H | 512          | 580          | 627                | 603                 | 704                   |
|                  | φ51×10       | 12Cr1MoVG    | 536          | 551          | 572                | 556                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213T91    | 547          | 562          | 597                | 566                 | 635                   |
| 4~6              | φ51×9        | 12Cr1MoVG    | 494          | 533          | 558                | 545                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213TP347H | 507          | 571          | 627                | 592                 | 704                   |
|                  | φ51×10       | 12Cr1MoVG    | 532          | 546          | 572                | 551                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213T91    | 542          | 557          | 597                | 561                 | 635                   |
| 7~13             | φ51×9        | 12Cr1MoVG    | 493          | 527          | 558                | 538                 | 580                   |
|                  | φ51×7.5      | SA-213T91    | 502          | 552          | 597                | 566                 | 635                   |
|                  | φ51×10       | 12Cr1MoVG    | 537          | 552          | 572                | 556                 | 580                   |
| 14~15            | φ51×9        | 12Cr1MoVG    | 487          | 514          | 558                | 523                 | 580                   |
|                  | φ51×10       | 12Cr1MoVG    | 524          | 538          | 572                | 543                 | 580                   |
| 16               | φ51×9        | 12Cr1MoVG    | 479          | 504          | 558                | 513                 | 580                   |
|                  | φ51×9        | SA-213TP347H | 493          | 523          | 665                | 535                 | 704                   |
|                  | φ51×9        | SA-213T91    | 516          | 529          | 558                | 534                 | 580                   |
| 末级过热器 (报警 581°C) |              |              |              |              |                    |                     |                       |
| 1~6              | φ57×10       | 12Cr1MoVG    | 531          | 543          | 558                | 546                 | 580                   |
|                  | φ57×9        | SA-213T23    | 558          | 568          | 587                | 571                 | 590                   |
| 屏式再热器            |              |              |              |              |                    |                     |                       |
| 1                | φ63×4        | 12Cr1MoVG    | 438          | 532          | 580                | 537                 | 580                   |
|                  | φ63×4        | SA-213TP304H | 577          | 613          | 651                | 616                 | 704                   |
| 2                | φ63×4        | 12Cr1MoVG    | 424          | 494          | 580                | 498                 | 580                   |
|                  | φ63×4        | SA-213T91    | 543          | 577          | 631                | 578                 | 635                   |
| 3                | φ63×4        | 12Cr1MoVG    | 482          | 520          | 580                | 522                 | 580                   |
|                  | φ63×4        | SA-213T91    | 531          | 564          | 631                | 566                 | 635                   |
| 4~12             | φ63×4        | 12Cr1MoVG    | 520          | 553          | 580                | 555                 | 580                   |
| 13~17            | φ63×4        | 12Cr1MoVG    | 472          | 506          | 580                | 507                 | 580                   |
|                  | φ63×4        | SA-213T91    | 485          | 518          | 631                | 520                 | 635                   |
| 18               | φ63×4        | 12Cr1MoVG    | 487          | 523          | 580                | 524                 | 580                   |
|                  | φ63×7        | 12Cr1MoVG    | 438          | 475          | 580                | 478                 | 580                   |
|                  | φ63×4        | SA-213T91    | 501          | 536          | 631                | 538                 | 635                   |

续表

| 管子<br>号数 No.     | 管子规格<br>(mm) | 管子材料         | 蒸汽温度<br>(°C) | 管壁温度<br>(°C) | 允许管壁<br>温度<br>(°C) | 管子外表<br>面温度<br>(°C) | 允许管子<br>外表面温度<br>(°C) |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| 末级再热器 (报警 617°C) |              |              |              |              |                    |                     |                       |
| 1                | φ63×4        | SA-213T91    | 509          | 564          | 631                | 567                 | 635                   |
|                  | φ63×4        | SA-213TP304H | 586          | 617          | 651                | 622                 | 704                   |
| 2~3              | φ63×4        | SA-213T91    | 546          | 575          | 631                | 577                 | 635                   |
|                  | φ63×4        | SA-213TP304H | 567          | 594          | 651                | 596                 | 704                   |
| 4~8              | φ63×4        | SA-213T91    | 559          | 587          | 631                | 589                 | 635                   |
| 9~10             | φ63×4        | SA-213T91    | 558          | 589          | 631                | 591                 | 635                   |
|                  | φ63×4        | SA-213TP304H | 574          | 604          | 651                | 606                 | 704                   |
| 11~12            | φ63×4        | SA-213TP304H | 590          | 618          | 651                | 620                 | 704                   |

(7) 锅炉各部水容积见表 1-8。

表 1-8 锅炉各部水容积

| 名称                    | 省煤器 | 汽包 | 水冷壁及连接管 | 过热器 | 再热器 | 合计  |
|-----------------------|-----|----|---------|-----|-----|-----|
| 水容积 (m <sup>3</sup> ) | 80  | 66 | 176     | 240 | 238 | 800 |

## (二) 燃烧设备

燃烧设备规范见表 1-9。

表 1-9 燃烧设备规范

|      | 项 目           | 单 位            | 设 计 数 据                 |
|------|---------------|----------------|-------------------------|
| 炉膛   | 容积            | m <sup>3</sup> | 17 537                  |
|      | 宽度            | m              | 18.542                  |
|      | 深度            | m              | 17.448                  |
|      | 切圆直径          | mm             | φ5584/φ5998、φ1882/φ1458 |
|      | 上排煤粉喷嘴中心至屏底高度 | m              | 20                      |
| 油燃烧器 | 形式            |                | 伸缩式 (摆动)、机械雾化           |
|      | 数量            | 层/只            | 4×4                     |
|      | 布置方式          |                | 四角布置                    |
|      | 单只枪出力         | kg/h           | 4000                    |
|      | 燃油压力          | MPa            | 1.38                    |
|      | 燃油温度          | °C             | 10~50                   |
|      | 油品            |                | 0 号、-10 号轻柴油            |
| 煤燃烧器 | 油枪雾化方式        |                | 蒸汽雾化                    |
|      | 形式            |                | 摆动式直流燃烧器                |
|      | 数量            | 层/只            | 6×4                     |
|      | 布置方式          |                | 四角布置                    |
|      | 每只容量          | MW             | 77.49                   |
|      | 摆动角度          |                | ±30°                    |

续表

| 项目   | 单位            | 设计数据                |           |
|------|---------------|---------------------|-----------|
| 煤燃烧器 | 一次风速          | m/s                 | 26        |
|      | 二次风速          | m/s                 | 47        |
|      | 一次风温          | ℃                   | 75        |
|      | 一次风率          | %                   | 23        |
|      | 二次风率          | %                   | 72        |
| 少油系统 | 油压            | MPa                 | 0.5~0.7   |
|      | 单只气化小油枪出力     | kg/h                | 50~80     |
|      | 压缩空气压力        | MPa                 | 0.5       |
|      | 压缩空气流量(标准状态下) | m <sup>3</sup> /min | 0.6       |
|      | 高压助燃风风压       | Pa                  | 1000      |
|      | 高压助燃风流量       | m <sup>3</sup> /h   | 900       |
|      | 火焰中心温度        | ℃                   | 1500~1800 |
|      | 高能点火器         |                     |           |
|      | 功率            | J                   | 10        |
|      | 输入电压          | V                   | AC 220    |
|      | 火花频率          | 次/s                 | 20        |

## (三) 安全门参数

(1) 汽包安全门参数见表 1-10。

表 1-10 汽包安全门参数

| 编号  | 型号     | 整定压力 (MPa) | 回座比 (%) | 排放量 (t/h) |
|-----|--------|------------|---------|-----------|
| 1   | HE-96W | 19.95      | 4       | 279.846   |
| 2   | HE-96W | 20.15      | 5       | 284.081   |
| 3   | HE-96W | 20.35      | 6       | 288.4     |
| 4~6 | HE-96W | 20.55      | 7       | 292.807   |

(2) 过热器安全门参数见表 1-11。

表 1-11 过热器安全门参数

| 编号 | 型号      | 整定压力 (MPa) | 回座比 (%) | 排放量 (t/h) |
|----|---------|------------|---------|-----------|
| 1  | HCI-88W | 18.31      | 4       | 178.887   |
| 2  | HCI-88W | 18.34      | 4       | 179.284   |

(3) PCV 门参数见表 1-12。

表 1-12 PCV 门参数

| 编号  | 型号              | 整定压力 (MPa) | 回座比 (%) | 排放量 (t/h) |
|-----|-----------------|------------|---------|-----------|
| 1~2 | EOL121N7BWRA5P1 | 18.13      | 2       | 163       |



(4) 再热器入口安全门参数见表 1-13。

表 1-13 再热器入口安全门参数

| 编 号 | 型 号     | 整定压力 (MPa) | 回座比 (%) | 排放量 (t/h) |
|-----|---------|------------|---------|-----------|
| 1   | HCI-36W | 4.40       | 4       | 200.901   |
| 2   | HCI-36W | 4.44       | 4       | 202.91    |
| 3   | HCI-36W | 4.49       | 4       | 205.145   |
| 4~7 | HCI-36W | 4.53       | 4       | 207.16    |

(5) 再热器出口安全门参数见表 1-14。

表 1-14 再热器出口安全门参数

| 编 号 | 型 号     | 整定压力 (MPa) | 回座比 (%) | 排放量 (t/h) |
|-----|---------|------------|---------|-----------|
| 1   | HCI-36W | 4.11       | 4       | 155.558   |
| 2   | HCI-36W | 4.31       | 4       | 163.167   |

(四) 汽水阻力计算数据

(1) 过热器系统 (MCR 工况) 阻力见表 1-15。

表 1-15 过热器系统 (MCR 工况) 阻力

| 名 称               | 阻力 (MPa) |
|-------------------|----------|
| 饱和蒸汽引出管及顶棚包墙系统    | 0.422    |
| 低温过热器             | 0.123    |
| 一级喷水减温器及连接管       | 0.066    |
| 过热器分隔屏            | 0.169    |
| 分隔屏至后屏间的连接管       | 0.049    |
| 过热器后屏             | 0.278    |
| 二级喷水减温及连接管        | 0.108    |
| 末级过热器             | 0.285    |
| 总计 (从汽包至末过热器出口联箱) | 1.5      |

(2) 再热器系统 (MCR 工况) 阻力见表 1-16。

表 1-16 再热器系统 (MCR 工况) 阻力

| 名 称                             | 阻力 (MPa) |
|---------------------------------|----------|
| 再热器入口三通                         | 0.010    |
| 墙式再热器                           | 0.084    |
| 墙式再热器至屏式再热器之间连接管                | 0.019    |
| 屏式再热器及末级再热器                     | 0.077    |
| 锅炉本体再热器系统总计 (从墙式再热器入口联箱至末再出口联箱) | 0.19     |