



# 大型火电机组 经济运行及节能优化

大唐国际发电股份有限公司 编

# 大型火电机组 经济运行及节能优化

大唐国际发电股份有限公司 ■ 编

 中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

国务院印发的《“十二五”节能减排综合性工作方案》，对电力行业的节能减排工作提出了更高要求。对于火电机组而言，采用先进节能技术，加强管理，对提高机组经济运行水平和有效降低机组能耗的意义重大。

本书在若干大型火电机组的经济运行及节能优化工作的实践基础上，总结了机组的节能及运行优化措施，其内容包括机组热力系统、燃烧系统、烟风系统、辅助系统的选型优化，机组启停方式、辅机运行方式、热工控制系统、电气设备运行方式、负荷经济调度、汽轮机冷端优化等，以及具体机组的经济运行案例分析等内容。

本书供火电机组尤其是大型火电机组的选型设计人员、机组运行技术人员和管理人员、节能专工、检修人员使用，也可供高等院校相关专业的师生参考学习。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

大型火电机组经济运行及节能优化/大唐国际发电股份有限公司编. —北京：中国电力出版社，2011.11

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2397 - 1

I. ①大… II. ①大… III. ①火力发电—发电机—机组—运行②火力发电—发电机—机组—节能 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 244177 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

\*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 10.25 印张 187 千字

印数 0001—3000 册 定价 **46.00** 元

## 敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

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

# 《大型火电机组经济运行及节能优化》

## 编 委 会

主任 佟义英

副主任 方占岭

编写人员 王英华 祝 宪 金日峰 申建东

谢德勇 肖 锋 刘 勇 胡继斌

编审人员 张红初 项建伟 孟庆庆 赵 荧

王立光 付俊杰 黄俊峰 李小军

# 序

资源节约和环境保护是我国的基本国策，推进节能减排工作，加快建设资源节约型、环境友好型社会是我国经济社会发展的重大战略任务。2006年，国家“十一五”规划纲要第一次把节能减排列为约束性目标。“十一五”期间，全国各地区、各部门认真落实党中央、国务院的部署和要求，把节能减排作为调整经济结构、转变经济发展方式、推动科学发展的重要抓手和突破口，取得了显著成效。全国单位国内生产总值能耗降低19.1%，二氧化硫、化学需氧量排放总量分别下降14.29%和12.45%，基本实现了“十一五”规划纲要确定的约束性目标。特别是电力行业，作为国民经济的基础性产业，依靠科技创新，强化管理，优化结构，五年间累计降低供电煤耗37g/kWh，五大发电集团二氧化硫排放总量降幅超过了30%，为全国节能减排目标的实现作出了重要贡献，为保持经济平稳较快发展提供了有力支撑。

“十二五”时期，我国发展仍处于重要战略机遇期，随着工业化、城镇化进程的加快和消费结构持续升级，我国能源需求呈刚性增长，受国内资源保障能力和环境容量制约，以及全球性能源安全和应对气候变化的影响，资源环境约束日趋强化。2011年8月30日，国务院印发了《“十二五”节能减排综合性工作方案》（国发〔2011〕26号）（简称《方案》），确定了“十二五”全国万元国内生产总值能耗下降16%，化学需氧量和二氧化硫排放总量分别下降8%，氨氮和氮氧化物排放总量分别下降10%的总体目标。《方案》是推进“十二五”节能减排工作的纲领性文件。与“十一五”相比，“十二五”《方案》出台时间明显提前，体现了党中央国务院对节能减排工作的高度重视，体现了继续把节能减排这项基本国策深入持久地抓下去的决心和力度，节能减排已经成为落实科学发展观、加快转变经济发展方式的重要抓手，已经成为检验是否实

现经济又好又快发展的重要标准。

《方案》规定，“十二五”期间国家将依法加强年耗能万吨标准煤以上用能单位节能管理，开展万家企业节能低碳行动，实行能源审计制度，实现节能2.5亿t标准煤。火电企业作为能源转换单位，装机0.3MW以上的火电企业年耗标煤量均在1万t以上，几乎所有火电企业均将纳入到国家万家重点监管企业范围。“十二五”电力行业节能减排形势更加严峻，任务更加艰巨。

对于发电企业而言，加强节能减排工作既是贯彻落实党中央、国务院的方针政策，也是企业自身生存、发展的内在需求，更是企业义不容辞的责任和应尽的义务。面对国家对节能减排工作更高的要求和更严厉的考核，发电企业要进一步降低能源消耗和污染物排放。装备是基础，管理是关键，技术进步是保障；及时有效推广应用先进节能技术，切实提高装置水平，是确保各项节能目标实现和保持指标先进性的根本途径。

为了在公司系统更好开展节能减排工作，大唐国际发电股份有限公司组织系统内专家，从机组设计、设备选型、建设安装、调试运行各阶段对大型火力发电机组采用的节能技术进行梳理和提炼，并参考了大量国内外文献编写《大型火电机组经济运行及节能优化》，力求详尽介绍当前国内外大机组节能技术的应用成果，推动节能降耗技术的应用和发展，推进“资源节约型、环境友好型”企业建设。

**安洪光**

2011年8月

## 前 言

火电机组的能源转换效率主要取决于设备的设计水平和制造、安装工艺水平。发电企业的节能管理、设备改造和优化运行对机组转换效率的提高也起着至关重要的作用。如何保证机组在其现有的技术装备水平下接近或达到设计值是摆在我们电力工作者面前的一项重要任务，如何依靠技术进步进一步提升机组的能源转换效率，实现科学发展上水平是我们面临的重大课题和挑战。2011年9月27日，国务院召开全国节能减排工作电视电话会议，国务院总理温家宝作重要讲话，从调整优化产业结构、坚持科技创新和技术进步、完善节能减排长效机制、加强节能减排能力建设、推进重点领域节能减排五个方面提出了重点要求。

“十一五”期间，一些投入少、见效快的节能措施已经得到广泛实施，进一步挖掘节能潜力的难度在不断加大。为进一步探索确保完成国家“十二五”节能减排更高目标要求的节能措施和手段，我们在总结了大唐国际发电股份有限公司及行业内多年节能减排工作实践和经验的基础上，组织大唐国际发电股份有限公司有关专家编写了本书。本书系统地对火电机组的设计、设备选型、建设安装、调试运行、生产管理等各阶段节能技术的应用和优化提出了指导意见，并结合实际应用案例加以说明，共同行们参考借鉴。希望以此进一步加快火电机组先进节能技术的应用，促进我国电力行业节能技术的共同进步，为创建资源节约型和环境友好型发电企业，实现企业的跨越式发展作出应有的贡献。

本书在编写过程中，得到了大唐国际发电股份有限公司所属广东大唐国际潮州发电有限责任公司、天津大唐国际盘山发电有限责任公司等单位及领导的大力支持，大唐国际发电股份有限公司安洪光副总经理为

本书作序，在此一并致谢。

由于影响火电机组经济运行涉及的因素很多，以及火电机组技术的不断进步，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

**本书编委会**

2011年8月

序

前言

<b>1 机组设计选型优化</b> .....	1
1.1 热力系统设计优化 .....	1
1.2 燃烧系统设计优化 .....	10
1.3 烟风系统设计优化 .....	18
1.4 汽轮机冷端设计优化 .....	25
1.5 辅助系统设计优化 .....	31
<b>2 机组经济运行优化</b> .....	42
2.1 启停机方式优化 .....	42
2.2 辅机运行方式优化 .....	48
2.3 汽轮机冷端优化 .....	56
2.4 热力系统优化 .....	65
2.5 燃烧、烟风系统优化 .....	69
2.6 辅助系统方式优化 .....	74
2.7 机组滑压运行及配汽方式优化 .....	85
2.8 负荷经济调度 .....	87
2.9 热工控制系统优化 .....	91
2.10 电气设备运行优化 .....	95
<b>3 机组经济运行案例分析</b> .....	101
3.1 亚临界 600MW 机组的低压缸改造 .....	101
3.2 高、中压缸隔板和轴封汽封改进 .....	102
3.3 高、中压缸进汽插管改造 .....	102
3.4 汽封间隙调整优化 .....	103
3.5 抽真空管道加冷却装置 .....	104
3.6 中速磨煤机喷嘴环、密封装置改造 .....	104

3.7 锅炉定排扩容器排汽（水）回收方案 .....	105
3.8 引风机液态电阻变速改造案例 .....	106
3.9 凝结水系统节能降耗综合改造 .....	107
3.10 汽动给水泵前置泵能耗大的治理.....	109
3.11 电动给水泵改汽动给水泵的技术经济比较.....	110
3.12 空冷凝汽器安全、经济运行方案.....	112
3.13 空冷机组基于背压修正的滑压曲线优化.....	113
3.14 输灰系统优化案例介绍.....	116
3.15 除渣系统优化案例.....	125
3.16 600MW 直接空冷机组凝结水溶氧超标治理 .....	127
3.17 锅炉减温水量大的研究解决及节能效果.....	131
3.18 直接空冷凝汽器高效水冲洗系统研究.....	134
3.19 电厂仪用空气压缩机改造.....	140
3.20 锅炉吹灰优化.....	141
3.21 掺烧劣质煤案例.....	142
3.22 锅炉燃烧调整优化试验案例.....	144
3.23 应用磁性槽泥和磁性槽楔改造电机的典型案例和节电效果.....	149
3.24 6kV 厂用电接线改造案例 .....	150

## 机组设计选型优化

机组设计是发电厂建设的关键点，也是机组安全、经济运行的基础。在项目前期进行优化电厂设计的工作，突出体现节能与环保设计的合理性、经济性、先进性，对于提高机组效率、降低投资、减少排放、节水节地等方面将起到重要作用。

我国火电厂设计，在经历了 20 世纪 80 年代引进 300~600MW 机组设计技术，2000 年燃煤示范电厂设计研究等之后，已有了较大的提高。但是与国际先进电厂的设计相比，仍有不少可以改进的地方。

消化吸收国内外现代化大机组先进可靠的成熟设计及优化技术和成功经验，采用节能新技术、新产品、新工艺，通过对机组的系统设计、参数匹配和设备选型进行优化，多方面提高机组效率，使机组投产后各运行经济指标处于领先地位。

设计优化途径大致可从多个方面着手，包括汽轮机冷端优化，合理降低汽轮机背压，降低汽轮机热耗；热力系统优化，减少热量损失，改善热力循环效率；锅炉燃烧系统和烟风系统优化，降低排烟温度；辅机选型优化，降低厂用电率；提高除尘器效率，脱硫、脱销系统优化配置，减少排放，进一步节约淡水消耗量；合理厂区布局等。

### 1.1

## 热力系统设计优化

### 1.1.1 给水泵的设计选型优化

给水泵作为火电厂中能耗最大的辅机之一，其设计选型对电厂的效率、厂用电影响很大。

DL5000—2000《火力发电厂设计技术规范》中指出，对于 600MW 及以上机组，宜配置两台容量 50% 的汽动给水泵，并设置一台容量为 25%~35% 的调速电动给水泵作为启动和备用给水泵。目前，大机组在汽动给水泵的配置上有两种方案：①采用  $2 \times 50\%$  容量汽动给水泵；②采用  $1 \times 100\%$  容量汽动给水泵。机组的启动、备用给水泵通常为电动泵，其配置有三种方案：①采用启动、备用电动给水

泵；②采用启动电动给水泵；③不配置电动给水泵。

近年来，随着汽动给水泵可靠性的不断提高及给水泵容量的不断增大，电动给水泵的备用功能越来越被弱化。一些大机组在电动给水泵的选型配置时已基本不考虑备用功能而仅考虑启动功能，甚至完全取消电动给水泵。目前国际上已运行的百万等级机组中，日本电厂多采用  $2 \times 50\%$  汽动给水泵方案，欧洲电厂都采用  $1 \times 100\%$  容量汽动给水泵，但电动给水泵的配置绝大多数为  $2 \times 40\%$  以上容量带液力耦合器的调速电动给水泵。

一般  $600\text{MW}$  及  $1000\text{MW}$  湿冷机组，宜采用两台  $50\%$  容量的汽动给水泵，其优点是当一台汽动给水泵组故障时，备用电动给水泵自动启动投入后仍能带  $90\%$  以上负荷运行，对机组负荷影响较小。正是基于可靠性高的优点，日本百万等级电厂的汽动给水泵全部采用  $2 \times 50\%$  容量，而且该配置在国内百万等级电厂及一些  $300$ 、 $600\text{MW}$  亚（超）临界机组上广泛采用。在确保可靠性的前提下，也可考虑采用  $1 \times 100\%$  容量的汽动给水泵。 $600\text{MW}$  空冷机组根据技术经济比较后可不配置汽动给水泵，可采用三台  $35\%$  容量的电动调速给水泵，不再另设启动/备用泵。

新建工程可考虑设置启动电动给水泵；对于扩建工程，当有可靠汽源时，可考虑不设启动电动给水泵。若经论证需要设启动电动给水泵，其容量可按一台  $15\% \sim 30\%$  容量考虑，驱动方式宜为调速或定速。

外高桥电厂三期工程在  $1000\text{MW}$  机组中，首次采用了  $100\%$  容量汽动给水泵，自配独立的凝汽器，可单独启动，不设电动给水泵，其启动汽源来自相邻机组的冷段再热蒸汽。通过技术经济比较， $100\%$  容量给水泵较  $50\%$  容量给水泵效率高  $2\%$  左右。以汽动给水泵组（含给水泵汽轮机、前置泵）为例， $100\%$  容量给水泵较  $50\%$  容量给水泵效率将提高  $5\%$  以上。如此配置，大大降低了给水泵在机组启停阶段的能耗；与传统选型相比较，不仅设备投资省、系统简单，而且由于大容量给水泵汽轮机、汽动给水泵的效率高，节能效果也非常显著。与  $2 \times 50\%$  容量汽动给水泵方案相比，全容量给水泵比半容量给水泵效率提高  $1\%$ ，整个机组的热耗下降约  $18\text{kJ/kWh}$ 。但设计中应充分考虑设置  $100\%$  容量汽动给水泵的运行可靠性问题。

另外，为适应机组启停全程汽动给水泵上水的要求，在设计选型汽动给水泵及汽动给水泵汽轮机时，应考虑以下问题：

- (1) 扩大汽动给水泵汽轮机的调速范围，以充分利用转速调节，降低主给水调节阀的节流损失；
- (2) 选择合适的汽动给水泵最小流量再循环阀；
- (3) 汽动给水泵调节性能应能满足锅炉点火初期及汽轮机冲转和并网的要求；
- (4) 机组启动过程中，要求邻机在较高负荷下稳定运行，维持辅汽压力稳定；

- (5) 给水泵汽轮机泵组在低转速时，确保轴承振动合格及转速控制稳定；
- (6) 要考虑给水泵汽轮机排汽冷凝器的冷却面积、冷却水流量及喷水减温装置的合理调配。

### 1.1.2 汽（轴）封系统设计优化

近年来，在计算流体力学的推动下，汽轮机通流部分的设计有了很大进步，技术日臻完善，相比之下汽（轴）封漏汽损失逐渐成为制约汽轮机效率提高的主要因素。汽（轴）封性能的优劣，不仅影响机组的经济性，而且影响机组的可靠性。结合目前已投运的部分 600MW 及以上机组的实际运行情况，在设计选型时应注意以下几个方面：

(1) 目前陆续出现了采用先进技术设计的梳齿汽封（高低齿、斜平齿汽封）、自调整汽封（布莱登汽封）、刷式汽封、接触式汽封、蜂窝式汽封等多种新型汽封。采用新型汽封的目的是减小汽轮机汽封间隙，减少漏汽量，提高机组效率。应根据汽封形式特点的不同，在汽轮机通流部分不同部位采用不同形式的汽封，以达到最好的效果。

蜂窝式汽封的最大特点是它的除湿能力，密封机理是当汽流经过蜂窝汽封时，在前进方向上遇到阻力，从而改变汽流方向，进入蜂窝带，产生涡流，形成阻尼效果。蜂窝式汽封的优点是用在低压部分除湿效果好；缺点是易磨损，间隙无法恢复，若间隙过小或膨胀不均，会造成蜂窝带与转子（或围带）面接触，可能导致振动加剧甚至发生转子抱死的情况。根据蜂窝式汽封的特性，在低压部分进行蜂窝汽封改造，如采用中压缸叶顶汽封、低压缸叶顶汽封和隔板汽封等。

布莱登汽封的工作原理是汽轮机运行时，依靠各级前后的压差变化来克服弹簧弹力，起到调节汽封间隙的作用。布莱登汽封的优点是解决了过临界振动大使汽封间隙造成永久增大的问题，能适应机组负荷的变化自动调整密封间隙；缺点是对水质要求较高，长期运行可能造成弹簧结垢、疲劳失效而无法长期保持灵敏的自调整效果，后期使用效果会降低。基于布莱登汽封对汽轮机级前后压差的要求，一般该汽封使用于高压部分隔板，因为在此处汽轮机级的前后压差可以满足需要，而中低压部分及轴封则不适用；而叶顶处直径过大，如果采用布莱登汽封，每相邻两块汽封处的接缝间隙预留将会很大，因此在此处形成的泄漏量未必能补偿汽封间隙调整后所获得的收益，因此叶顶处也不适合用此汽封。

接触式汽封是在汽封块中间嵌入一圈能跟轴直接接触的密封片，并且能在弹簧片的弹力作用下自动退让，以保证始终与轴接触。此种汽封的优点是可以与轴接触，属于柔性密封系列，能适应转子跳动，并能长期保持间隙不变。此种汽封的缺点是长期与轴面接触而摩擦生热，因此对材料的强度、物理特性等有较高要求，且

产生的热量如不能及时排走，可能导致过热变形等；因此，此种汽封一般用在轴封最外侧效果最佳，可以有效地提高机组真空，但在高温段须慎用。

(2) 轴封系统中高中压主汽门、调门门杆漏汽的回收利用。应根据各门杆漏汽的压力、温度等级设计合理的回收方案，在机组启停及正常运行时，门杆漏汽通路应可进行切换。设计时避免将门杆漏汽单独排入疏水扩容器或排地沟，尽可能避免将门杆漏汽接入轴封供汽母管；如设计接入轴封供汽母管时，应考虑对低压轴封供汽压力、温度控制的影响。

(3) 轴封系统溢流管路设计优化。目前，大机组普遍设计采用自密封轴封系统，当机组达到自密封负荷以上时，高、中压轴封漏汽除满足低压轴封汽外，还有部分多余蒸汽需要溢流排放。为了充分利用这部分溢流蒸汽的热量，减少冷源损失、提高回热循环热效率、减小凝汽器热负荷、提高凝汽器真空，在设计时不仅要安装至凝汽器疏扩的轴封溢流管路，还应设计安装一路至对应压力的抽汽管路并作为正常方式运行。

(4) 轴封备用汽源的设计优化。为减少热力系统损失，对于辅助蒸汽汽源可靠的机组，应研究取消冷段再热蒸汽供轴封汽源管路、主汽供轴封汽源管路的可行性；如保留主汽供轴封汽源管路，建议在来汽总管上加装一道隔绝总门，隔绝门前疏水管应加装疏水器并可靠投入，保证主汽汽源隔绝门严密。

(5) 轴封温度测点布置。轴封温度测点布置与轴封减温器尽量保证 2m 以上的距离，轴封温度测点尽量靠近轴封，以避免出现轴封温度测点不能真实反映轴封汽温度。

(6) 轴封系统的管路配置要进行准确计算，以确保各低压轴封供汽压力均衡。

(7) 轴封系统的疏水设计优化。轴封系统的各段汽源调整门、隔绝门前应设置质量可靠的疏水装置，既要可靠疏水，又要防止漏汽。轴封母管疏水应设置疏水罐、疏水器，疏水罐水位高低与疏水器旁路电动门组成连锁逻辑，不得采用孔板式疏水管直排凝汽器。轴封系统的疏水原则上应全部回收到凝汽器疏水扩容器或轴封加热器，取消对空排的疏水管。

(8) 给水泵汽轮机的轴封供汽宜取自汽轮机低压轴封母管，不得将高参数蒸汽降压降温后使用。

### 1.1.3 降低压损的设计优化

当蒸汽、水、风、粉等介质流经热力系统时，不可避免地将产生能量损失，管路的长度及直径、弯头数量及形状、阀门的布置等因素不仅直接影响到能耗大小，而且关系到设备与管路的冲刷磨损。设计时应充分考虑管路及阀门、弯头等阻力型部件产生的系统压降，提高系统的热经济性。

(1) 电厂应准确提供新建机组的水文、气象、燃料等原始资料，对设计院提出设计优化要求，参与电厂平面布置、设备选型和主要参数的确定。在保证安全的前提下，合理匹配主机参数和选择辅机裕度，选用高效辅机，降低系统及管道损耗。

(2) 主蒸汽、再热蒸汽管系和给水管系的设计优化。根据材质和环境条件选择合理的参数，对整个主蒸汽、再热蒸汽管系和给水管系进行管径设计优化，取用较低的压降水平，用不增加或增加不多的投资换取长期的热经济性，同时在整个主蒸汽、再热冷段、再热热段系统的管系中尽可能采用弯管设计，减少弯头使用数量。根据计算，再热压损每下降 1%，汽轮机热耗约下降 0.072%。目前国内的设计规范一般规定：大容量机组锅炉过热器出口至汽轮机进口的压降，宜为汽轮机额定进汽压力的 5%；冷段再热蒸汽管道、再热器、热段再热蒸汽管道额定工况下的压力降，宜分别为汽轮机额定工况下高压缸排汽压力的 1.5%~2.0%、5%、3.5%~3.0%（即再热系统的压降按高压缸排汽压力的 10% 控制）。

随着燃料价格的不断上涨且因超超临界机组的再热蒸汽压力比亚临界机组有较大的提高，美、欧的设计规范已将此压降定在 8% 及以下。主蒸汽、再热蒸汽管道也可考虑采用大于等于  $3D$  ( $D$  为管道直径) 的弯管统一设计，进一步降低压损。该设计一般可以获得三重效益：

1)  $3D$  弯管的造价远低于弯头的造价，设备造价同比下降约 15%~20%（需根据当时管材的实际价格具体计算）。

2) 采用大于  $3D$  弯管设计的局部阻力系数大大低于  $1.5D$  弯头，能有效减少管系的压降。

3) 与  $1.5D$  的弯头相比，大于  $3D$  的弯管在运行时产生的振动明显减小。

经过优化设计，外高桥三厂 1000MW 机组再热压损在机组投产验收试验中达到了 6.7% 的国际先进水平。

(3) 阀门的设计优化。在设计中合理选择各种阀门的型式、数量；尽量减少管道的弯头和阀门数量，减少阻力型部件造成的流动损失，也可以有效地降低管系的压降。阀门应优选阻力小、内漏少、经久耐用且经过实践证明可靠的阀门，调节阀应选择流阻小、线型好、耐冲刷的阀门。对于低压水系统，应优先采用阻力小的蝶阀。

(4) 给水泵汽轮机的轴封用汽应取自汽轮机低压轴封系统，不得将高参数蒸汽降压降温后使用。

(5) 基建时制造厂家应明确主汽门临时滤网的拆除条件，便于投产后及时拆除。

(6) 应根据系统布置，计算确定开式循环冷却水系统是否需设升压水泵或需设

升压水泵供水的范围。

(7) 循环水泵房选址应取距主机房较近的位置, 增大转弯半径, 根据水质情况考虑设置二次滤网的必要性。

(8) 扩大给水泵汽轮机的调速范围, 充分利用转速调节, 降低主给水调节阀的节流损失。

(9) 若制粉系统采用中速磨煤机正压直吹冷一次风方式, 磨煤机选 HP 系列比 MPS 系列阻力小, 可在煤种适应范围内优先考虑。

(10) 选择风机时, 除考虑风机的效率特性、检修维护条件及抗炉膛内爆特性外, 还应考虑风机的耐磨性能、设备投资等因素。关于动叶可调轴流式风机的使用, 虽然其造价稍高, 但由于具有调节范围宽、变工况时效率高、检修方便等优点, 应优先选取动叶可调轴流式风机。

(11) 湿法脱硫装置与机组同步建设的, 应布置在除尘器与烟囱之间, 为节约投资, 减少系统阻力及方便运行调节, 可考虑将引风机和增压风机合二为一设计(需具体计算, 并考虑有利于运行的调整)。

(12) 合理选择烟风道的位置、距离、通径、转弯半径等, 锅炉烟风道布置在考虑锅炉后部设备布置情况下, 尽量减小锅炉中心线至烟囱中心线的距离, 布置烟风道时尽量减少不必要的弯头。

#### 1.1.4 疏、放水系统阀门的设计优化

由于安装和设计原因, 目前机组存在管道阀门冗余的情况, 增加了设备的泄漏点, 影响了机组经济性。因此在机组设计和安装时, 对疏放水阀门考虑以下优化原则。

(1) 疏放水阀门设计时尽量考虑重力自然疏水的方式, 减少疏放水阀门数量和泄漏损失。对冗余不用的阀门(机组投运后不会使用的阀门, 通过适当调整运行操作方式就可以不用的阀门, 设计时为了满足机组某种运行工况或方式、而运行实践又无法实现这些方式而设计安装的阀门)应考虑取消。

(2) 根据工质的能级品质不同, 采取分级合并疏水的原则对疏水系统进行优化。

(3) 在疏放水管道阀门后3~5倍的管径位置应安装温度监视测点, 上传至DCS监视, 以便及时发现阀门是否泄漏。

针对目前已投运机组在疏、放水系统阀门的设计中存在的问题, 按照DL/T 834《火力发电厂汽轮机防进水和冷蒸汽导则》和DL5000《火力发电厂设计技术规程》推荐, 采取如下设计优化方案:

##### (一) 辅助蒸汽系统

机组间辅助蒸汽联箱的联络管道在设计时宜高于辅助蒸汽联箱标高, 同时管道

倾斜布置（最小 2/100），以便重力疏水至辅助蒸汽联箱，减少辅助蒸汽联络管道系统的疏水点。

冷再供辅汽、四段抽汽供辅汽的管道阀门尽量考虑靠近辅助蒸汽联箱，同时供汽管朝汽源方向以一定的坡度倾斜布置（最小 2/100），减少疏放水阀门数量。

辅助蒸汽系统疏水应采取连续疏水器加旁路的形式直排扩容器，不得采用孔板式疏水管。

系统吹管和暖管时应使用旁路门暖管，以防连续疏水器堵塞；辅助蒸汽系统疏水管道应设置总门，以便于运行中进行连续疏水器的清理检修和旁路门不严的处理。

机组正常运行中，辅助蒸汽应由低压汽源提供蒸汽。该汽源应能保证在机组达最低技术出力的情况下各用户的可靠供汽，辅汽高压汽源作热备用。

## （二）凝结水、给水系统

凝结水启动放水阀门应保证关闭严密，建议采取电动门加手动门的形式。对于开式循环水系统，凝结水启动放水应考虑回收。为防止除盐水箱水质污染，建议取消凝结水精处理出口至除盐水箱的排水管路。

给水泵再循环建议采取电动门→调节门→手动门的形式，电动门和调节门联动开启，以减少泄漏。

在除盐水到除氧器的补水管道上，为方便机组启动时调节除氧器水位，建议加装管道调整门。

## （三）主、再热蒸汽及本体疏水系统

主再热蒸汽管道在管道走向布置设计时，应尽量考虑减少最低点以减少疏水点，主、再热主汽门前设计有疏水分管的或主汽管道为双路设计的，可以考虑两路管道疏水合并。

主汽门前及再热主汽门前的左、右疏水管的疏水，应经过两道疏水隔绝门到疏水扩容器，确保无泄漏。

抽汽管道和其他疏水管的疏水，应经过可靠的两道疏水隔绝门后到疏水扩容器，确保无泄漏，手动门仅在电动门（或气动门）不严的情况下才临时关闭。

在电厂设计时，应考虑汽轮机疏水系统的合理性。在高压外缸、中压外缸、高中压缸排汽区、低压缸应设疏水的部位，如已设有抽汽口，可由相应部位抽汽管道第一个阀门前疏水取代，则可以不再设置疏水点；高、中压缸平衡管疏水可通过重力进行疏水；左右侧主汽门阀体疏水、主汽导汽管疏水、调速汽门阀座前后疏水、中压联合汽门后导汽管疏水等，可以考虑按照在任何工况下，压力相同的可以采用并联形式的原则进行合并。