



燃煤机组 超低排放技术

浙江浙能嘉华发电有限公司 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

燃煤机组 超低排放技术

浙江浙能嘉华发电有限公司 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共九章,主要介绍了燃煤机组超低排放技术的概述,超低排放系统的设计、设备选型,超低排放系统的安装,超低排放系统的调试,超低排放系统的运行管理,超低排放系统运行异常分析及处理,超低排放系统日常维护和检修,超低排放系统的应急处置及事件的预防等方面做了全面系统的介绍,条理清晰、重点突出,有利于学习和借鉴。

本书可作为燃煤机组超低排放系统设计、安装、调试、运行及检修维护相关人员的学习参考书,并可供大专院校相关专业师生及超低排放系统制造单位参考。

图书在版编目(CIP)数据

燃煤机组超低排放技术/浙江浙能嘉华发电有限公司编著. —
北京:中国电力出版社,2016.9

ISBN 978-7-5123-9469-8

I. ①燃… II. ①浙… III. ①燃煤机组-烟气排放 IV.
①TM621.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第140770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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016年9月第一版 2016年9月北京第一次印刷

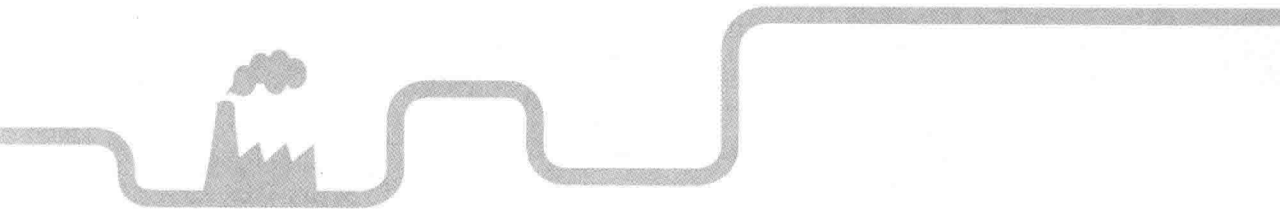
787毫米×1092毫米 16开本 14.25印张 325千字

印数0001—2000册 定价52.00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 委 会

主 任 戚国水

副 主 任 倪 震 刘为民 张建龙 王建强

委 员 吴孚辉 刘宏芳 戴中林 钱晓峰

许宏伟 翁建明

主 编 刘为民

副 主 编 白露镇 钱晓峰 吴孚辉

主要编写人员 曹勤峰 赵朝阳 雷石宜

徐 伟 庞金华 程民生

主要审核人员 张建龙 王建强 刘宏芳

戴中林

中国是煤炭资源大国，我国一次能源资源构成决定了煤炭是最主要能源，一次能源以煤为主、电力生产以煤机为主的格局仍将不会有太大的变化。近年来，空气雾霾、PM2.5、酸雨等大气环境问题已经成为困扰社会各界的“心头之痛”，而各行各业的燃煤锅炉、燃煤机组一度也成为“众矢之的”，燃煤火力发电厂被推到“风口浪尖”。

在中国能源结构中，实现“立足国内多元供应保安全，大力推进煤炭清洁高效利用”将在很长一个时期成为能源革命的重要政策。面对节能减排压力与雾霾威胁的背景下，充分利用科技进步，加快实现煤炭的安全、高效、清洁利用，超低排放技术的广泛运用将进一步提高我国以煤炭为主的能源结构的清洁化水平，而且也为煤电的生存与发展提供了一种新思路。

人民群众对良好生态环境的迫切期待，推动了绿色低碳循环发展新方式，加快了生态文明建设的新步伐，浙江省委提出“建设美丽浙江、创造美好生活”的“两美”战略，创建国家清洁能源示范省，真正实现天蓝、水清、山绿、地净的自然环境。浙江省能源集团有限公司作为省属大型能源企业，紧跟发展的步伐，加快建设资源节约型和环境友好型企业，在满足现行国家标准的基础上，不断自我加压，紧紧依靠科技创新解决好燃煤发电的清洁化问题，始终坚持“最先进的技术、最可靠的设备、最合理的投入”做好环保工作，率先在全国发电企业中实施燃煤机组烟气超低排放改造。2014年5月30日，国内首套燃煤机组烟气超低排放装置在浙能嘉兴发电厂8号机组投运，该百万千瓦燃煤机组烟气超低排放改造工程也是全国发电行业最早实施的超低排放示范改造项目。

近年来，国家相继出台《大气污染防治行动计划》《火电厂大气污染物排放标准》《煤电节能减排升级与改造计划》等规定，要求“东部地区新建燃煤发电机组大气污染物排放浓度基本达到燃气轮机组排放限值，中部地区新建机组原则上接近或达到燃气轮机组排放限值，鼓励西部地区新建机组接近或达到燃气轮机组排放限值。到2020年，东部地区现役30万kW及以上公用燃煤发电机组、10万kW及以上自备燃煤发电机组以及其他有条件的燃煤发电机组，改造后大气污染物排放浓度基本达到燃气轮机组排放限值”。2015年，我国实施了历史上最严的环保法，在大力实施节能减排、推进绿色发展的新形势下，各省市配套出台了具体的《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》，严厉的节能减排政策使得各地、各电力集团的火电企业超低排放改造大规模全面实施。

在这样的背景下，以国家能源局煤电机组环保改造示范项目——浙江省能源集团有限公司嘉兴发电厂百万千瓦机组超低排放改造为基础编写本书的想法应运而生。热衷于环保

事业、勇于探索实践、勤于钻研积累的生产一线专业人员，用自己心血和汗水从学习、工作、实践中积累的宝贵经验，完成了本书的编写。本书从燃煤机组超低排放技术的背景、系统的设计、设备的选型等方面完整地介绍了超低排放系统的技术、设计、安装、调试、运行、维护及应急处置，为同类电厂的超低排放系统改造提供示范和借鉴。希望通过本书的出版，能促进全国燃煤机组超低排放改造实施，提高运行、检修人员的管理水平和故障处理能力，为从事或有志于该项工作的广大读者带来经验、启迪、思考和收益。

刘为民

2016年5月



前言

我国的能源结构决定了以煤为主的电力工业结构格局难以在短期内改变,燃煤机组是目前最安全可靠的发电途径,且我国经济发展迅速,电力需求强劲,要同时解决这些问题只能使电力燃煤被清洁高效地集中消费和处理——即煤电清洁化生产。经调研、论证,浙江省能源集团有限公司在全国率先提出“燃煤机组烟气超低排放”的概念,并在嘉兴发电厂三期百万千瓦机组组织实施改造。创造性开发、设计了多种污染物高效协同脱除集成系统技术,将多种污染物脱除技术进行集成和提效。有效降低烟尘(含 PM_{2.5})、SO₂、NO_x、Hg 和 SO₃ 等主要烟气污染物排放值,使其达到燃气机组的排放标准,同时也将有效消除白烟和石膏雨等现象。

本书以国家能源局煤电机组环保改造示范项目嘉华电厂 7 号机组超低排放改造工程建设为基础,从燃煤机组超低排放技术的背景、设计、设备选型、安装、调试、运行管理、运行异常分析及处理、日常维护和检修、应急处置及事件的预防等方面,进行了完整的介绍。本书对同类电厂的超低排放系统改造提供了示范和借鉴,可供燃煤机组超低排放系统设计、安装、调试、运行及检修维护相关人员参考使用,并可供大专院校相关专业师生及超低排放系统制造单位参考。

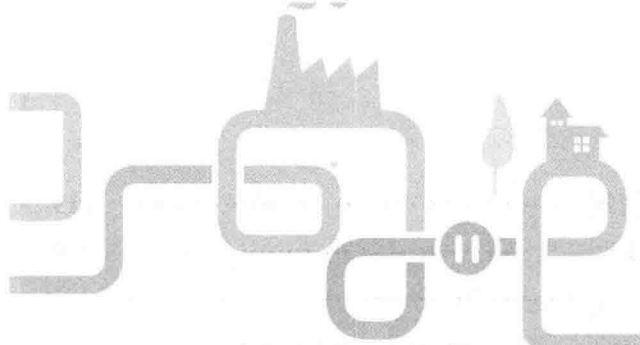
本书的编写者为生产一线的专业技术人员、管理人员和相关专家,他们参与了国内首套超低排放系统改造的全过程管理与活动,集示范工程改造过程的大量资料并结合超低排放系统的具体实践过程经验编写而成,使本书具有较强的实用性和参考性。

本书编写得到了浙江省能源集团有限公司、浙江电力股份有限公司、浙江天地环保工程有限公司的大力支持,得到了有关领导和专家的悉心指导,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2016 年 5 月



目 录

序

前言

第一章 概述	1
第一节 燃煤机组超低排放技术的背景	1
第二节 燃煤机组超低排放系统术语定义	3
第三节 燃煤机组超低排放技术简介	4
第二章 燃煤机组超低排放系统的设计	5
第一节 设计程序	5
第二节 原始资料	6
第三节 工艺设计	12
第四节 电气、仪控设计	20
第五节 土建设计	36
第六节 燃煤机组超低排放系统设计中重点关注问题	37
第三章 燃煤机组超低排放系统的设备选型	47
第一节 低低温静电除尘系统	47
第二节 湿式静电除尘器系统	49
第三节 脱硫系统	53
第四节 脱硝系统	54
第五节 仪控仪表	54
第四章 燃煤机组超低排放系统的安装	64
第一节 燃煤机组超低排放系统施工特点	64
第二节 燃煤机组超低排放系统施工方案(改造机组)简介	67
第三节 燃煤机组超低排放系统施工中安全、质量管理主要措施	79
第五章 燃煤机组超低排放系统的调试	87
第一节 概述	87
第二节 燃煤机组超低排放系统调试方案简介	91
第三节 燃煤机组超低排放系统调试中注意事项	97
第四节 燃煤机组超低排放系统调试报告的主要内容	100
第五节 燃煤机组超低排放系统测试	108

第六章 燃煤机组超低排放系统的运行管理	119
第一节 燃煤机组超低排放系统运行规程简介	119
第二节 燃煤机组超低排放系统整套运行	121
第三节 燃煤机组超低排放系统运行中的注意事项	127
第七章 燃煤机组超低排放系统运行异常分析及处理	143
第一节 燃煤机组超低排放系统常见运行异常分析及处理	143
第二节 燃煤机组超低排放系统主要运行异常事件案例分析	163
第八章 燃煤机组超低排放系统日常维护和检修	179
第一节 燃煤机组超低排放系统日常维护的主要内容	179
第二节 燃煤机组超低排放系统检修的主要内容及质量控制点	193
第九章 燃煤机组超低排放系统的应急处置及事件的预防	197
第一节 SO ₂ 、NO _x 、烟尘的控制要求及方法	197
第二节 超低排放典型设备异常及应急处置	203

概 述

第一节 燃煤机组超低排放技术的背景

一、国家（层面）要求

2011年7月29日，国家环境保护部与国家质量监督检验检疫总局联合发布新的 GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》，并于2012年1月1日起实施，新的标准对大气污染物排放提出了更严格的要求，燃煤锅炉主要控制污染物排放标准为二氧化硫不超过 $200\text{mg}/\text{m}^3$ （新建机组不超过 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ）、氮氧化物不超过 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、烟尘不超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。而重点地区的燃煤锅炉排放标准为二氧化硫不超过 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物不超过 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、烟尘不超过 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2013年9月10日，国务院发布了《大气污染防治行动计划》，提出具体指标：到2017年，全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比2012年下降10%以上，优良天数逐年提高；京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右，其中北京市细颗粒物年均浓度控制在 $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右。《大气污染防治行动计划》共提出三十五条具体措施，文中指出控制煤炭消费总量。制定国家煤炭消费总量中长期控制目标，实行目标责任管理。到2017年，煤炭占能源消费总量比重降低到65%以下。京津冀、长三角、珠三角等区域力争实现煤炭消费总量负增长，通过逐步提高接受外输电比例、增加天然气供应、加大非化石能源利用强度等措施替代燃煤。京津冀、长三角、珠三角等区域新建项目禁止配套建设自备燃煤电站。耗煤项目要实行煤炭减量替代。除热电联产外，禁止审批新建燃煤发电项目；现有多台燃煤机组装机容量合计达到30万kW以上的，可按照煤炭等量替代的原则建设为大容量燃煤机组。

2014年5月18日，国家发展改革委发出《关于加强和改进发电运行调节管理的指导意见》（发改运行〔2014〕985号）。其中第十二条指出：在实行差别电量政策基础上，对严格执行环保排放的燃煤发电机组实行鼓励，燃煤机组排放达到燃气机组标准的，应适当奖励发电量。第十四条提到：各省（区、市）政府主管部门应积极推动清洁能源发电机组替代火电机组发电，高效、低排放燃煤机组替代低效、高排放燃煤机组发电。

2014年9月12日，国家发改委等3部委印发《煤电节能减排升级与改造行动计划



(2014~2020年)》，要求到2020年现役燃煤机组改造后，大气污染物排放浓度基本达到燃气轮机组排放限值，并对燃煤发电行业的节能减排提出更加严格的要求和升级改造“时间表”。

二、地方政府（层面）要求

2013年12月31日，浙江省人民政府印发《浙江省大气污染防治行动计划（2013~2017年）》（浙政发〔2013〕59号），文中指出：2017年底前，所有新建、在建火电机组必须采用烟气清洁排放技术，现有60万kW以上火电机组基本完成烟气清洁排放技术改造，达到燃气轮机组排放标准要求。

2014年7月31日，浙江省经济和信息化委员会与浙江省环境保护厅联合制定了《浙江省统调燃煤发电机组新一轮脱硫脱硝及除尘改造管理考核办法》（浙经信电力〔2014〕39号），明确省统调燃煤发电机组新一轮脱硫脱硝及除尘改造的建设运行管理要求，以及相关年度发电计划的考核办法，进一步推进浙江省统调燃煤发电机组实施新一轮脱硫脱硝及除尘改造，鼓励实现烟气清洁排放，大幅削减烟气污染物排放总量，改善全省大气环境质量。本办法自2014年9月1日起施行。

文中指出，烟气清洁排放指燃煤机组达到GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》中的燃气轮机组排放限值标准，即在基准氧含量6%条件下，烟尘排放浓度不大于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫排放浓度不大于 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物排放浓度不大于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

文件明确：2017年底前，所有新建、在建、在役的60万kW及以上省统调燃煤发电机组必须完成新一轮脱硫脱硝及除尘设施改造，实现烟气清洁排放。鼓励其他统调燃煤发电机组进一步加大环保设施改造力度，达到烟气清洁排放。鼓励同步开展烟气污染物联合协同脱除，减少三氧化硫、汞、砷等污染物排放。

省统调燃煤发电机组当年可达到烟气清洁排放标准的，年初按机组烟气清洁排放平均容量奖励年度发电计划200h，并根据新一轮脱硫脱硝及除尘改造的实际投产时间据实调整。

伴随着对生态文明建设的认识不断深化，浙江省委省政府从“绿色浙江”“生态浙江”到“美丽浙江”，生态文明建设理念一脉相承，生态省建设方略坚持不懈。为切实改善环境空气质量、保障人民群众身体健康、努力建设美丽浙江，浙江省委省政府率先创建国家清洁能源示范省，李强省长在省人大十二届三次会议中，更是将加大雾霾治理力度作为十大民生实事之首，并明确提出“力争到2017年，全省燃煤电厂和热电厂实现清洁排放”的具体目标。

三、企业自身方面要求

在上述的宏观背景下，煤炭的清洁燃烧和清洁排放技术成了燃煤电厂未来发展的新空间、新蓝海，在这一技术上能突破必然能给整个燃煤火力发电行业带来发展新机遇。

作为省属大型能源企业，浙江省能源集团有限公司（以下简称浙能集团）始终坚持“以最先进的技术、最可靠的设备、最合理的投入”做好环保工作。早在2011年，浙能集团就在国内创造性提出了燃煤机组排放达到或优于燃气机组排放标准的方向性目标。浙能集团公司董事长吴国潮强调，实施能源清洁化战略，这既是国有企业义不容辞的义务，更是企业发展的新机遇，我们要在全省乃至全国能源企业中做好表率。在广泛收集、调研国



内外燃煤机组污染物治理的先进技术的基础上,经过充分消化吸收及自主创新,浙能集团于2013年确定了“多种污染物高效协同脱除集成”的技术路线,并在全国率先启动“燃煤机组烟气超低排放”项目建设,首先在已投产的嘉兴发电厂三期7、8号两台百万燃煤机组上实施改造,同时在新建的六横电厂、台二电厂等百万机组上也按照此技术方案进行同步设计并建设。

2014年5月30日,我国首套烟气超低排放装置在嘉兴发电厂8号机组投入运行,7号机组于2014年6月18日0:00通过72h试运移交生产。西安热工研究院有限公司、浙能技术研究院有限公司等单位对两台机组进行了烟气抽样测试。首次得到机组满负荷时烟囱总排口主要烟气污染物的排放数据:烟尘 $2.12\text{mg}/\text{m}^3$,二氧化硫 $17.47\text{mg}/\text{m}^3$,氮氧化物 $38.94\text{mg}/\text{m}^3$ 。7月21日,中国环境监测总站在杭州发布权威消息,嘉兴发电厂两台机组经过超低排放改造,主要大气污染物排放水平均低于天然气燃气轮机组排放标准,达到国际领先水平,意味着浙能集团全国首创的燃煤机组超低排放改造技术获得成功。

同年7月10日,六横电厂1号机组正式投入运营,成为国内首台超低排放与主体工程按“三同时”(同时设计、同时施工、同时投产)建设投运的百万机组。2014年,浙能集团共完成532万kW机组超低排放项目建设,其中嘉兴发电厂8号机组和乐清发电公司1号机组为国家能源局2014年煤电机组环保改造示范项目。

第二节 燃煤机组超低排放系统术语定义

在2015年3月5日召开的第十二届全国人民代表大会第三次会议上,在谈到“持续推进民生改善和社会建设”时,李克强总理强调,打好节能减排和环境治理攻坚战,要深入实施大气污染防治行动计划,实行区域联防联控,推动燃煤电厂超低排放改造,促进重点区域煤炭消费零增长。浙能集团公司在全国首创的“超低排放”一词被李克强总理收入到《政府工作报告》当中。

而此前,国内并没有公认的对燃煤电厂大气污染治理现状的定义,实际应用中多种表述共存,如“超低排放”“清洁排放”“近零排放”“趋零排放”“超洁净排放”“低于燃机排放标准排放”等。从各种表述和案例中分析得出的共同特点,它们的内涵都是把燃煤电厂排放的烟尘、二氧化硫和氮氧化物三项大气污染物与《火电厂大气污染物排放标准》(以下简称“排放标准”)中规定的燃机要执行大气污染物特别排放限值(以下简称“特别排放限值”)相比较,达到或者低于燃机排放限值(即在标态,干基,含氧量为6%条件下,烟尘 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物 $50\text{mg}/\text{m}^3$)。业内人士认为,燃煤机组排放水平达到近零、超洁净状态的难度非现有工程技术所能实现,而浙能集团提出的超低排放从排放标准角度界定概念,提法更加科学。

燃煤机组超低排放指通过多污染物高效协同控制技术,燃煤机组达到《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223—2011)中的燃气轮机组排放限值标准,即在基准氧含量6%条件下,烟尘排放浓度不大于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫排放浓度不大于 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物排放浓度不大于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

超低排放系统的核心是利用多种污染物高效协同脱除技术,打破了燃煤机组单独使用



脱硫、脱硝、除尘装置的传统烟气处理格局，实现脱硝 SCR 反应器、低低温静电除尘器、脱硫吸收塔及湿式静电除尘器等环保装置通过功能优化和系统优化有机整合。

第三节 燃煤机组超低排放技术简介

目前实现超低排放的技术很多，在脱硫、除尘方面，除单塔一体化脱硫除尘深度净化技术外，还有单塔双分区高效脱硫除尘技术、双托盘技术、双塔双循环技术；专门针对除尘技术的有低低温静电除尘、湿式静电除尘、电袋复合除尘、管束式除尘及湿式静电除尘高频电源改造技术。

浙能天地环保公司采用多污染物高效协同控制技术，对浙能集团现有的脱硝设备、脱硫设备和除尘设备进行提效，并引入新的环保设备和环保技术对汞和三氧化硫进行进一步脱除，使电厂排放的烟尘、二氧化硫、氮氧化物、汞和三氧化硫达到清洁排放的要求。

针对二氧化硫，主要是对 FGD 脱硫装置进行改进，采用增加均流提效板、提高液气比、脱硫增效环和脱硫添加剂等方式，实现脱硫提效。

针对氮氧化物，通过实施锅炉低氮燃烧改造、SCR 脱硝装置增设或更换新型催化剂等技术措施实现脱硝提效。

针对烟尘、三氧化硫和汞，采用 SCR 脱硝装置、低低温静电除尘、湿法烟气脱硫装置（FGD）、湿式静电除尘器等协同脱除实现高效脱除和超低排放。

技术路线图如图 1-1 所示。

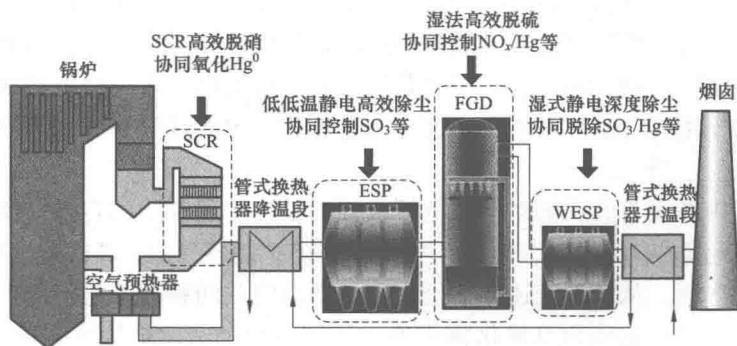


图 1-1 技术线路图

锅炉排出的烟气经过 SCR 高效脱硝后，经过空气预热器出口的烟气通过新增的管式换热器（降温段）后降温至 90℃ 左右，然后进入改造后的低低温静电除尘器，经过除尘后通过引风机、增压风机后进入吸收塔进行湿法高效脱硫，吸收塔出口的烟气进入新增的湿式静电除尘器做进一步除尘，再进入新增的管式换热器（升温段）升温至 80℃ 以上后通过烟囱排放。

燃煤机组超低排放系统的设计

第一节 设计程序

超低排放系统的设计，可以参考电力工程设计的主要步骤。可以分为可行性研究、初步设计、施工图设计三个阶段，各阶段的设计要求及设计程序如下：

1. 可行性研究

对于超低排放系统一般直接进行可行性研究即可，一般不用进行初步可行性研究。

可行性研究则要详细论证超低排放系统的必要性，选择的技术路线技术上的可行性和经济上的合理性，落实建设条件，全面阐明该工程项目能够成立的根据。

2. 初步设计

根据审批的可行性研究报告，由设计单位编制具体反映工程项目各项技术原则的初步设计文件。初步设计的内容包括设计说明书、厂区总布置、各工艺系统、厂房布置、建筑物的结构、建筑等设计方案及图纸、设备和主要材料清册、施工组织设计大纲、工程概算和有关的技术经济指标。

3. 施工图设计

根据审批的初步设计报告，由设计单位编制施工设计文件，施工设计文件一般由说明书、图纸、设备清册、材料清册四部分组成。设计文件应紧密结合工程实际，充分考虑设计和施工的相互紧密关联，强调施工图设计内容深度和施工图设计质量能够充分满足施工和运行的需要。

4. 设计方案审核的基本要求

(1) 初步设计阶段审核基本要求。

1) 初步设计阶段设计深度的要求：进行设计方案的比较选择和确定；主要设备材料订货；土地征用；基建投资的控制；施工图设计的编制；施工组织设计的编制；施工准备和生产准备等。

2) 设计文件的基本要求：

a. 没有批准的计划任务书和批准的工程选场报告以及完整的设计基础资料，不能提供初步设计文件。



b. 设计文件表达设计意图充分, 采用的建设标准适当, 技术先进可靠, 指标先进合理, 专业间相互协调、分期建设与发展处理得当。重大设计原则应经多方案比较选择, 提出推荐方案供审批选择。

c. 积极稳妥地采用成熟的新技术, 力争比以往同类型工程在水平上有所提高。设计文件中应阐明其技术优越性、经济合理性和采用可能性。

d. 设计概算应准确地反映设计内容及深度, 满足控制投资、计划安排及拨款的要求。

e. 设计文件内容完整、正确, 文字简练, 图面清晰, 签署齐全。

(2) 施工图设计阶段的阶段审核基本要求。

1) 设计依据和原始资料:

a. 初步设计的审批文件。

b. 设计总工程师编制的技术组织措施、各专业间施工图综合进度表、主要设计人编制的电气专业技术组织措施。

c. 有关典型设计。

d. 新产品试制的协议书。

e. 在产品目录中查不到的必要设备技术资料。

f. 协作设计单位的设计分工协议和必要的设计资料。

2) 对设计文件的基本要求:

a. 符合初步设计审批文件, 符合有关标准规范, 符合工程技术组织措施及卷册任务书要求。

b. 采用的原始资料、数据及计算公式要正确、合理、落实, 计算项目完整, 演算步骤齐全, 结果正确。

c. 卷册的设计方案、工艺流程、设备选型、设施布置、结构形式、材料选用等, 要符合运行安全、经济, 操作、检修、维护、施工方便, 造价低, 原材料节约的要求, 新技术的采用要落实。

d. 在克服工程“常见病”“多发病”方面, 应比同类型工程有所改进。凡符合卷册具体条件的典型、通用设计应予以套(活)用。

e. 卷册的设计内容与深度要完整、无漏项, 并符合施工图成品内容深度的要求。各专业及专业内部的成品之间要配合协调一致, 满足施工要求。

f. 制、描图工艺水平符合标准。

第二节 原始资料

一、锅炉

锅炉为哈尔滨锅炉厂生产的超超临界参数变压运行直流锅炉、单炉膛、切向燃烧、一次再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构Ⅱ形布置。

锅炉容量和主要参数(BMCR工况)见表2-1。



表 2-1 锅炉容量和主要参数

编号	项 目	单位	设计煤种
1	过热蒸汽流量	t/h	3101
2	过热蒸汽压力	MPa(g)	27.56
3	过热蒸汽温度	℃	605
4	再热蒸汽流量	t/h	2587.8
5	再热器进口压力	MPa(g)	6.19
6	再热器出口压力	MPa(g)	5.94
7	再热器进口温度	℃	367
8	再热器出口温度	℃	603
9	省煤器入口温度	℃	300
10	空气预热器进口一次风温度	℃	26
11	空气预热器进口二次风温度	℃	23
12	空气预热器出口一次风温度	℃	307
13	空气预热器出口二次风温度	℃	329
14	锅炉排烟温度（未修正）	℃	128
15	锅炉排烟温度（修正后）	℃	122
16	锅炉保证效率（BRL 工况）	%	93.65
17	空气预热器漏风率（一年内）	%	6
18	空气预热器漏风率（一年后）	%	8

二、燃料特性

嘉兴发电厂三期 7、8 号机组原设计煤种为神木 1 号煤。近两年来，机组燃用的煤种较多，有神混煤、优混煤、平混煤、伊泰煤、富动配煤等，项目原设计煤种和目前电厂燃用实际煤种的煤质分析表见表 2-2。考虑到环保装置的适度裕量，本改造项目的设计煤种结合这两种情况确定。

表 2-2 项目原设计煤种和目前电厂燃用实际煤种的煤质分析表

项目	符号	单位	本项目设计煤种	原设计煤种 神木 1 号	电厂实际燃用煤种	备注
全水分	M_t	%	13.0	14±4	13.5	
空干基水分	M_{ad}	%	4.27	7.30	4.5	
干燥无灰基挥发分	V_{daf}	%	37.89	36.50±5	35.93	
收到基灰分	A_{ar}	%	18.00	11.00±5	14.51	
收到基碳	C_{ar}	%	54.98	60.33	58.77	
收到基氢	H_{ar}	%	3.53	3.62	3.61	
收到基氧	O_{ar}	%	8.84	9.94	8.20	
收到基氮	N_{ar}	%	0.85	0.70	0.78	



续表

项目	符号	单位	本项目设计煤种	原设计煤种 神木 1 号	电厂实际燃用煤种	备注
全硫	$S_{t,ar}$	%	0.80	0.41 ± 0.3	0.63	
收到基低位发热量	$Q_{ar,net}$	MJ/kg	21.00	22.76 ± 2.3	22.24	

三、烟气参数

省煤器出口的烟气参数见表 2-3, 100%BMCR 工况下管式 GGH 入口烟气参数见表 2-4, 100%THA 工况下管式 GGH 入口烟气参数见表 2-5, 75%THA 和 50%THA 工况下管式 GGH 入口烟气参数见表 2-6, 100%BMCR 工况下 FGD 入口烟气参数(增压机前)见表 2-7, 100%BMCR 工况下 FGD 出口(湿式电除尘器 ESP 入口)的烟气参数见表 2-8。

表 2-3 省煤器出口的烟气参数

序号	项目	单位	设计煤种				
			BMCR ^①	100%THA ^②	75%THA	50%THA	35%BMCR
1	实际体积流量	m ³ /h	3062 214	2 924 161	2 196 977	1 692 613	1 567 719
2	质量流量	kg/h	4 098 643	3 912 527	2 939 555	2 264 717	2 097 608
3	温度	℃	365	360	335	322	308
4	炉膛设计压力	kPa	± 5.980				
5	炉膛可承受压力	kPa	± 9.980				
6	省煤器出口压力	kPa	-1.47				
7	含二氧化碳量	%	14.88	14.88	14.06	12.59	11.20
8	含氧量	%	2.52	2.52	3.50	5.27	6.97
9	含氮量	%	73.07	73.07	73.31	73.76	74.17
10	含二氧化硫量	%	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
11	含水量	%	9.49	9.49	9.09	8.35	7.63

注 根据西安热工院实测数据, 350MW 工况下 SCR 入口烟气温度为 286.5℃。

① BMCR 为锅炉最大连续蒸发量。

② THA 为汽轮机热耗保证工况。

表 2-4 100% BMCR 工况下管式 GGH 入口烟气参数

项 目	单位	100%BMCR	
		烟气冷却器入口	烟气加热器入口
实际烟气量	m ³ /h	4 830 847	3 926 433
总烟气量(湿基, 实际氧)	m ³ /h	3 205 695	3 367 903
总烟气量(干基, 实际氧)	m ³ /h	2 912 694	2 963 755
总烟气量(干基, 6% O ₂)	m ³ /h	3 429 212	3 279 889
总质量流量(湿基)	kg/h	4 016 670	4 093 735
实际氧量(湿基)	%	3.34	4.4
温度	℃	122	48

注 烟气冷却器入口的烟气量为该级六组换热器总的烟气量, 每组可按总量平均计算。