

超超临界(百万)机组 施工案例

——华电国际邹县发电厂四期工程

张 磊 侯作新 编著
付深清 刘树昌 审阅



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

超超临界(百万)机组 施工案例

——华电国际邹县发电厂四期工程

张 磊 侯作新 编著
付深清 刘树昌 审阅



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了邹县发电厂四期工程超超临界（百万）机组建设先进的施工技术，主要内容包括华电国际邹县发电厂四期工程施工概况、主要工作量、施工管理、建筑专业施工、锅炉施工、汽轮机专业施工、电气专业施工、其他专业施工以及展示施工进度在现场图片。资料来源于建设工地，全面详细地介绍了百万机组的整个施工过程。

本书可作为电力建设单位技术人员工作必备资料，也可作为电力建设培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

超超临界(百万)机组施工案例：华电国际邹县发电厂四期工程/张磊，侯作新编著. —北京：中国电力出版社，2009
ISBN 978-7-5083-7855-8

I. 超… II. ①张… ②侯… III. 火力发电-发电机-机组-工程施工-案例-邹县 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 142155 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>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 2 月第一版 2009 年 2 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 476 千字
印数 0001—3000 册 定价 45.00 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

前 言

本书为 21 世纪高等学校规划教材,是根据教育部审定的近机类和非机类主干课程的教学大纲编写而成的,供普通高等教育近机类和非机类专业教学使用。

本书体现了普通高等教育的性质、任务和培养目标;符合课程教学的基本要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合高等教育的特点和规律,具有明显的特色;符合国家有关部门颁布的技术质量标准。本书的体系充分体现理论联系实际的原则,做到理论为机构和零部件的选用和维护服务,机构和通用零部件的介绍有利于对基本原理的理解。内容通俗易懂,难度适中,反映学科最新成果,具有适应性、先进性。本书既可以作为学历教育教学用书,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

《机械设计基础》课程在教学环节中占据着较为重要的地位。从满足教学基本要求出发,本书在精选内容、适当拓宽知识面、反映学科新成就和培养学生工程设计能力等方面具有特色,同时难度适中,篇幅不大,适宜近机类和非机类专业学生使用。

参与本书编写工作的有天津工程师范学院刘瑛(第 1、12 章)、侯杰茹(第 3、4、6 章)、孙京平(第 7 章)、吴远志(第 11 章)、吕洪琳(第 17 章)、阎文兵(第 9、10 章)、罗陆锋(第 3 章),渤海职业技术学院卢学芳(第 15、16 章),长安大学刘洁(第 13 章),天津城建学院杨晓东(第 5、8 章),唐山机车车辆厂附属高级技校刘霞(第 14 章),天津工业大学孟建军(第 2 章)。本书由刘瑛、侯杰茹担任主编,卢学芳、孙京平担任副主编。本书承蒙天津工程师范学院李充宁教授和阎兵教授细心审阅,提出许多宝贵意见,在此深表感谢!

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

前言

邹县发电厂四期扩建工程为 $2\times 1000\text{MW}$ 机组,是山东省和国家重点项目,是目前国内单机容量最大、运行参数最高的燃煤发电机组。本工程设计单位为西北电力设计院,监理单位为山东诚信工程建设监理有限公司。锅炉为东方锅炉厂生产的超超临界变压直流炉、单炉膛、一次中间再热、前后墙对冲燃烧方式、平衡通风、运转层以下封闭以上露天布置、固态排渣、全钢构架锅炉,汽轮机为超超临界、冲动式、一次中间再热、四缸四排汽、单轴、双背压、凝汽式、八级回热抽汽。汽轮机的系统、性能设计由东方汽轮机厂与其技术支持方(日立公司)联合进行。

烟囱为双管式钢内筒,外筒为钢筋混凝土结构,外筒壁高 233m 。山东省电力建设一公司中标A标段工程(7号机组)及F标段(240m 双钢内筒烟囱),具体范围是:7号机土建、安装; 500kV 升压站及 500kV 出线、集控楼、启动备用变压器及电源;A排外至循环水泵房和冷却塔(循环水泵房和塔外 1m 处)的循环水管道;从碎煤机室至8号机的输煤栈桥、皮带及烟囱。山东省电力建设三公司中标B标段工程(8号机组)。

整个邹县发电厂四期工程施工区域按工程标段划分为四大块。其中,7号机组施工生产区占地主要有三部分:一部分是主厂房固定端,一部分是扩建端施工场地的北半部分,第三部分是厂外租地区内。在主厂房固定端设两条龙门吊作业线,作业线长 310m ,作为锅炉、汽轮机设备组合、检修及堆放区;扩建端施工场地长 170m ,作为铆焊作业场及循环水管制作;土建施工场地主要在厂外租地范围内布置,包括搅拌站、钢筋场、木工场等;设备堆放场位于扩建端,设有两条龙门吊作业线。主厂房周围道路采取永临结合的方式布置。

在首批百万千瓦机组建设中,为了保质保量地完成任务,建设单位集中优势资源,加大人力、机械、装备的投入,特别是机械投入。共调入机械 303 台,购置新机械 80 余台,是机械装备最大的工地。为满足工程施工和生产需要,建设单位确定了“服务、协调、指导、监督”的工作思路。在施工过程中,加强机械的安全管理,确保机械安全运行,合理利用机械设备,挖掘机械潜力,有效地提高机械利用率,发挥机械效益。

在安全施工方面,推行联合纠察、严格奖惩、安全联责考核等制度,建立了事故状态下快速、有效的抢险、救援和应急措施。自开工建设以来,工地牢固树立“安全第一,预防为主,综合治理”的处理机制,形成了强有力的安全保证体系和安全监督体系。长鸣“违章就是违法、违章就是犯罪、违章就是杀人”的安全警钟,严厉打击违章,充分发挥工程安全委员会的龙头作用,坚持日检查、日通报、日整改,组织实施了

每季、每月、每周及各项专题的监督检查，并对各标段违章情况进行统计分析，及时完善薄弱环节，有效地控制了各类违章。整个建设过程中，未发生轻伤及以上不安全情况，未发生机械、火灾等事故，实现了“零事故工程”目标，实现连续安全生产 687 天。另外，现场设备整洁、保温齐全，设备、介质流向标志规范，消防、照明、通信等系统完善，试运全过程保持了较高的安全文明生产水平。

在施工质量工艺方面，在没有同类型机组建设经验的情况下，制定了一系列工程质量管理及奖惩办法，明确了质量管理职责和管理方法，严格执行合同规定的规程、规范和标准。在抓好日常监督的同时，对重点项目进行全程跟踪监督。定期开展质检活动，对查出的问题及时发出整改通知单，督促各单位落实整改，确保各单位质保体系的正常运转。在安装施工过程中，工地先后发现高温再热器 39 根管材与设计材质不符、汽轮机前轴承箱相对台板的膨胀量比设计值小等重大设备缺陷，有效避免了设备隐患。针对现场检查发现的质量问题，召开专题会、现场技术分析会，认真查找原因，制定切实可行的解决措施，切实保证了工程质量处于受控状态，实现了锅炉水压试验、汽轮机扣缸、倒送厂用电、锅炉点火、汽轮机冲转、发电机并网、168 试运等“七个一次成功”。168 试运期间，各项性能指标均达到优良标准。主体工程共验收 1795 项，优良率达 100%。

本书主要介绍了邹县发电厂四期工程先进的施工技术。本书由山东省电力建设一公司总经理侯作新和山东省电力建设一公司工程部经理柴景起提供编写资料，由山东省电力学校张磊整理编写完成。本书由山东省电力建设一公司邹县发电厂四期项目经理付深清和华能曲阜电厂厂长刘树昌高级工程师（原山东电力建设一公司汽轮机安装公司经理）审阅。希望该书的出版发行对我国特大型发电厂的建设起到有益的借鉴作用。

本书共九章，主要内容有华电国际邹县发电厂四期工程概况、主要工作量、施工管理、建筑施工、锅炉施工、汽轮机施工、电气施工、其他专业施工以及邹县电厂 7 号机组施工进度部分图片。

由于水平所限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2008 年 8 月

目 录

前言

第一章 华电国际邹县发电厂四期工程概况	1
第一节 厂址位置与厂区自然条件.....	1
第二节 主要设备及系统.....	4
第三节 主要经济技术指标	10
第四节 施工总平面布置	11
第五节 水、电源供应	13
第六节 大型机具布置	16
第七节 计算机网络的应用	19
第二章 主要工作量	22
第一节 建筑专业工程量	22
第二节 安装专业工程量	60
第三章 施工管理	86
第一节 施工质量管理	86
第二节 安全文明施工和职业健康管理.....	106
第三节 工程物资管理.....	125
第四章 建筑施工	133
第一节 厂区测量.....	133
第二节 主厂房施工.....	134
第五章 锅炉施工	168
第一节 锅炉施工机具.....	168
第二节 钢结构安装.....	169
第三节 承压部件安装.....	171
第四节 锅炉水压试验.....	176
第五节 磨煤机安装.....	178
第六节 轴流式风机安装.....	180
第七节 锅炉其他部件施工.....	181
第八节 锅炉化学清洗.....	185

第九节	锅炉吹管	194
第六章	汽轮机施工	200
第一节	汽轮机本体安装	200
第二节	发电机安装	206
第三节	电动给水泵安装	210
第四节	汽轮机其他设备安装	213
第五节	管道安装	215
第六节	管道冲洗	221
第七章	电气施工	223
第一节	扩建过渡	223
第二节	主变压器卸车就位及安装	225
第三节	500kV (220kV)电气设备安装	232
第四节	封闭母线安装	233
第五节	发电机电气检查、安装、试验	235
第六节	10kV、400V 开关柜安装	236
第七节	蓄电池安装及充放电	237
第八节	电动机检查接线	238
第九节	电缆施工	239
第十节	接地施工	245
第十一节	照明装置安装	246
第十二节	汽机房行车电气装置安装	246
第十三节	电气设备试验	248
第八章	其他施工	253
第一节	热控施工	253
第二节	焊接及检测施工	259
第三节	防腐保温施工方案	276
第四节	输煤系统设备安装	279
第五节	季节性施工措施	289
第九章	邹县电厂 7 号机组部分施工图片	291

■ 第一章

华电国际邹县发电厂四期工程概况

第一节 厂址位置与厂区自然条件

一、厂址位置

邹县发电厂位于山东省邹城市西南 10km 的唐村镇，是山东电力网的主力电厂，也是一座大型坑口电厂。

电厂一期、二期工程共装有四台 30 万 kW 机组（经改造目前机组实际出力均为 335MW），已分别于 1985~1989 年建成投产。三期工程装设两台 60 万 kW 机组，分别于 1997 年 1 月和 11 月投产。本期工程扩建了 2×1000MW 的燃煤发电机组，于 2004 年 12 月 8 日开工，2007 年 8 月 31 日 7 号机组投产发电，2007 年 12 月 31 日 8 号机组投产发电。

邹城市是山东省省辖市，由济宁市代管。位于山东省西南部，距省会济南市 160km，介于东经 116°44′~117°28′、北纬 35°32′~39°9′之间。邹县电厂厂址位于邹城市西南约 10km 的唐村镇，电厂北邻唐村煤矿，南接潘官庄，西靠双村，东与侯庄为邻。

电厂地处兖州煤田南缘，地下不压煤，是一座大型坑口电厂。本期工程建设场地位于三期工程扩建端，场地自然标高在 46.36~52.01m（黄海高程，下同）之间，地势自东北向西南倾斜，自然坡降约 6‰，场地为三期工程施工安装场地。

二、厂区自然条件

（一）铁路

电厂现有铁路专用线自厂区西端进厂，接轨于兖州矿区铁路网南唐铁路孟家楼车站，长约 6.0km。

厂外铁路环线南端接轨于电厂站东咽喉，北端在唐村站西咽喉接轨，全线长 1.97km。铁路环线已建成通车，电厂煤炭采取西进重列，东出空列的循环运输。电厂厂前站（孟家楼车站），是一、二期机车运转中心，车站现有 4 股到发线，有效长不小于 810m。除此之外，车站尚有列检所、站修所、机车整备所等其他生产和生活设施。电厂装卸车站现有到发线（包括正线）3 股、卸煤线 2 股、牵出线 1 股、材料线 1 股、检衡线及绕行线各 1 股，到发线有效长按能容纳整列（44 辆 K18DG 底开门自卸车）车长设置。本期工程新建铁路专用线煤炭流向主要通过新兖铁路转至京沪铁路运输济宁北部矿区或远期运输巨野矿区煤炭，同时考虑粉煤灰在厂内装车后经邹县站外运。本期工程国铁来煤考虑采用翻车机卸煤方式，卸煤系统共设 5 股卸煤线，其中有 2 股重车线、2 股空车线和 1 股机车走行线。卸车线布置满足整列（63 辆）送重取空作业的要求。

新建粉煤灰外运装车系统共设 3 股装车线，其中有 2 股装车线、1 股到发线兼机车走行

线。到发站按照满足接发半列(26辆)GF1M型灰罐车,每股装车线按照满足1/4列GF1M型灰罐车装车设计,装车采用铁牛牵引。

(二) 公路

电厂已建有完善的厂外公路运输网,进厂道路宽20m,沥青路面长5km。运煤道路、灰管检修道路、水源地检修道路均利用三期已有道路。

(三) 工程地质

厂区离开三期扩建端174m向西扩建,原始地貌是峰山山前洪积平原与白马河冲积平原的过渡地带,总体呈现东高西低,三期施工时对四期场地进行了平整。扩建场地有大量机械设备及临时建筑,中北部堆放建筑垃圾,厚度约1m,范围变化较大;场地南边、西边各有电厂排污渠一条,其余为农田及原三期施工场地。

煤场位于唐村煤矿采空区内,但已紧靠南边界线。该采空区面积大约8.3km²,塌陷引起的地面下沉一般小于1m,最大下沉为1.5m左右,塌沉陷已造成地表不均匀下沉,但一般不积水,仍可耕种。煤场整体地势相对原地面下沉约1.0m左右,西南角地势相对更低,总体呈东高西低的趋势。该区内与采空沉陷相伴生的地裂缝,由于开采时间较长,经农田耕种已经填实,因此勘察区内目前地表没有发现地裂缝存在。

唐村煤矿煤层较薄,该矿自1991年已注销为无设计生产能力的矿井,只进行少量小规模开采,2003年7月正式封井。山东国际电源开发股份有限公司邹县发电厂委托山东省鲁南地质工程勘察院对拟建邹县电厂四期工程建筑用地进行了地质灾害危险性评估,于2003年11月出版了《山东省邹城市邹县电厂四期工程建筑用地地质灾害危险性评估报告》,该报告对采矿引起地面沉降可能带来的地质灾害的危险性进行了阐述和论证。

厂区内载荷试验坑由于地下水原因,压实回填困难较大,现场只进行堆填,未经压实,施工时需进行一定的处理。除此以外无其他不良地质作用。厂址所处地貌单元属峰山冲积—洪积平原,组成地层主要为第四系松散堆积物,一般层厚20m以上;下伏地层主要为石炭—二叠系基岩,厂区地形基本平坦,除有人工开挖的沟、渠、塘外,并无其他不良地质现象。

厂区地下水主要为潜水,一般埋深在0.56~2.36m,标高为46.13~50.23m,地下水对混凝土无侵蚀性。厂区地基土属中硬场地土,建筑场地类别属于Ⅱ类,抗震设防烈度为Ⅵ度。

1. 地形地貌

厂区微地貌属山前洪积平原、西南端原为一近南北向展布的冲沟,冷却塔位于该冲沟上(现为工业垃圾坑),沟底最低标高约1463m,地形变化较大。除此之外,整个厂区地势较平坦,呈北高南低势,地面标高在1474~1486m之间。

2. 地下水埋藏条件

厂区揭露的地下水为第四系孔隙潜水,地下水位埋深为0.56~2.36m,水位标高为46.13~50.23m,地下水的补给主要来源于山前洪积平原及白马河冲积平原上游地下水的侧向补给,其次为大气降水的渗入补给,电厂漏水、生活污水、农田灌溉渗入补给。地下水的总体径流方向由东向西。地下水的排泄途径主要通过第四系松散沉积物孔隙沿径流方向向下游排泄,其次为生活及农田灌溉开采地下水。水位年变幅一般为1m左右。

3. 场地抗震设防参数

根据《邹县发电厂四期工程场地地震安全性评价工作报告》(山东省地震工程研究院, 2003年7月)提供的4点波速测试表明, 剪切波速 $v_s > 500\text{m/s}$ 的土层厚度为30m, 4个钻孔20m深度的土层等效剪切波速分别为264.9、273.2、276.6和278.5m/s, 根据GB 50011—2001《建筑抗震设计规范》, 建筑场地类别为II类。

厂区地震基本烈度为VI度, 场地地震动峰值加速度为0.075g, 地震动反应谱特征周期值为0.38s。

拟建场地为峰山山前洪积平原与白马河冲积平原的过渡地带, 地形开阔、平坦, 场地土为较均匀、密实的中硬土, 根据GB 50011—2001第4.1.1条及表4.1.1规定, 拟建建筑场地为建筑抗震的有利地段。

4. 气象条件

邹城市具有暖温带湿润和半湿润季风气候的一般特点, 既夏热多雨、冬寒少雪、春旱多风、秋旱少雨、冷暖与旱涝转变突然。

基本气象要素如下:

资料年限	1959~2002年
平均气压	100.76kPa
平均气温	14.5℃
极端最高气温	40.3℃ (1960.6.21)
极端最低气温	-18.3℃ (1964.2.17)
平均最高气温	19.6℃
平均最低气温	10.1℃
平均相对湿度	63%
平均水气压	1.25kPa
最大水气压	3.97kPa
最小水气压	0.0kPa
平均降水量	701mm
一日最大降水量	321.9mm
平均降水日数	78天
全年主导风向	S
夏季主导风向	S
30年一遇最大风速 (10m高, 10min)	17.0m/s
50年一遇最大风速 (10m高, 10min)	22.1m/s
50年一遇风压	0.3kPa
100年一遇风压	0.4kPa
50年一遇基本雪压	0.3kPa
最大积雪深度	15cm
最大冻土深度	28cm

30年一遇最低气温及相应风速: 根据邹县气象站44年的极端最低气温观测资料, 采用P-III型分布曲线求得的统计参数为: 均值为 $X = -12.7^\circ\text{C}$, $CV = 0.24$, $CS = 3CV$, 30年一遇极端最低气温为 -19.1°C , 相应风速为10m/s。

第二节 主要设备及系统

一、工程的标段

邹县电厂工程为 $2\times 1000\text{MW}$ 超超临界燃煤发电机组,目前暂分为A、B、C、D四个标段,分别由山东电力建设第一工程公司、山东电力建设第三工程公司、西北电力建设第四工程公司、中铁十九局集团第一工程有限公司四个施工单位施工,四个标段的施工范围划分如下。

1. A 标段

7号机组建筑、安装、500kV 升压站及 500kV 出线、集控楼、启动备用变压器及电源、A 排外至循环水泵房和冷却塔(循环水泵房和塔外 1m 处)的循环水管道和从碎煤机室至 8 号机的输煤栈桥及皮带。

2. B 标段

8号机组建筑、安装及厂内 BOP。

3. C 标段

(1) C 标段 1: 烟囱、内衬、电梯、防雷、照明、信号、梯子、平台、栏杆等。

(2) C 标段 2: 冷却塔、道路南侧至冷却塔的构筑物;地上的墙、架构、支架、围栅等;地下的基础、池体、坑沟道、连接管道、电缆排管或隧道等;循环水泵房、综合水泵房;循环水污水处理站、污水处理间、污水泵房及其设备管道;地上建构筑物,地上地下池体、基础、沟道、连接管道等。

4. D 标段

煤场、卸煤沟及输煤栈桥基础建筑;煤场、输煤皮带设备、支架平台、电气及照明设施安装等。

二、机组布置

(1) 主厂房:主厂房与三期主厂房仍拓开 174m,主厂房 A 排较三期主厂房 A 排向北退后约 18m,以保证 A 排外管廊宽度。从汽机房向锅炉房看,主厂房扩建方向为左扩建,主厂房区域采用常规四列式布置方案,汽机房、除氧间、煤仓间和锅炉构架均采用钢结构。锅炉房运转层以下封闭,运转层以上露天布置,炉顶设轻型钢屋盖。基础形式分为钢筋混凝土独立基础、钢筋混凝土带形基础、钢筋混凝土筏板基础。主厂房上部结构均为钢结构,集控楼布置在两台炉之间。

主厂房横向采用框架结构,汽机房、除氧间、煤仓间横向水平力(包括水平风力、地震力)采用刚性节点连接传递,必要时,煤仓间设置垂直支撑(抗震多道设防)。主厂房纵向框架受力体系选用框架—支撑传力体系,连接节点选用铰接节点。

汽机房屋盖系统采用由实腹式钢梁或钢屋架及型钢檩条组成的有檩屋面系统。屋面板采用自保温自防水轻型屋面。除氧间、煤仓间的屋面及各层楼板均采用 H 型钢梁—现浇钢筋混凝土楼板组合结构,压型钢板底模,局部采用钢格栅或花纹钢板。汽机房大平台为 H 型钢梁—现浇钢筋混凝土楼板组合结构,压型钢板底模。锅炉运转层平台(包括炉前平台)为钢梁—现浇钢筋混凝土楼板。

(2) 汽轮发电机组:汽轮发电机组为纵向顺列布置,汽轮机机头朝向扩建端,汽机房运转层采用大平台布置,两台机组之间设大件重物起吊孔。汽机房分三层:底层(0.00m)、

中间层 (8.6m)、运转层 (17m)。汽轮机全长 37.838m, 发电机本体长 16.35m, 即机头罩壳前壁至发电机尾部总长 54.188m。

(3) 除氧框架分四层: 底层 (0.00m)、中间层 (8.6m)、运转层 (17m)、除氧器层 (29m)。

(4) 煤仓间分三层: 底层 (0.00m)、运转层 (17m)、运煤皮带层 (42m)。

(5) 锅炉房运转层以上露天布置, 在运转层 (17m) 设大平台, 炉顶为轻型屋面板。炉前处设轻型封闭, 送风机、一次风机布置在锅炉房零米处。

(6) 炉后布置电除尘器、引风机和烟囱。从烟囱入口的水平烟道上与脱硫设备相连, 并设旁路烟道。

(7) 两台锅炉之间布置有两机共用的集控综合楼, 宽为 27m, 长为 60.5m。集控综合楼共分六层布置。

(8) 本期考虑建设一座双管式钢内筒, 外筒为钢筋混凝土结构的烟囱, 烟囱高度为 240m, 冷却塔为钢筋混凝土结构 12000m² 的超高超大型冷却塔, 塔高度为 165.00m。

(9) 炉后建(构)筑物。炉后送引风机支架、烟道支架等地上构筑物考虑使用钢结构。烟道支架采用钢筋混凝土结构或钢支架, 为钢筋混凝土独立基础; 电除尘器支架为钢结构, 支架基础采用钢筋混凝土独立基础; 电除尘配电间为钢筋混凝土结构, 基础采用独立基础。

(10) 其他建(构)筑物。除以上所述工程外, 还包括输煤系统、除灰系统等工程。9 号栈桥截面净尺寸为 7.4m×3.4m, 长为 105m, 基础采用钢筋混凝土独立基础, φ700×25 钢管内填混凝土柱, 现浇板, 双层防水保温压型钢板屋面, 带保温复合压型钢板外墙。碎煤机室为地上钢筋混凝土框架结构, 轴线尺寸为 20m×18m, 高 36m, 基础为钢筋混凝土独立基础、钢筋混凝土框架、钢屋架。

(11) 地基处理。按现有厂区地质资料, 主厂房、烟囱等荷载较大的建(构)筑物持力层或下卧层, 由于土层埋深较深(地表下 -10.0~-15m), 考虑到现场施工及降水困难, 因而改用埋深较浅的土层, 天然地基不足以满足规范对其承载力、变形尤其是相对变形的要求, 因此须对地基进行处理, 采用碎石分层碾压垫层方案。

三、主要设备

(一) 锅炉专业

1. 锅炉

超超临界变压直流炉为单炉膛、一次中间再热、前后墙对冲燃烧方式、平衡通风、运转层以下封闭、运转层以上露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构 II 型锅炉。

主要技术参数为: 锅炉出口蒸汽参数为 26.25MPa(a)/605℃/603℃, 对应汽轮机入口参数为 25.0MPa(a)/600℃/600℃。

过热蒸汽:

最大连续蒸发量 (BMCR)	3033t/h
额定蒸发量 (BRL)	2889t/h
额定蒸汽压力 (过热器出口)	26.25MPa(a)
额定蒸汽压力 (汽轮机入口)	25.00MPa(a)
额定蒸汽温度	605℃

再热蒸汽:

蒸汽流量 (BMCR/BRL)	2469.7/2347.1t/h
进口/出口蒸汽压力 (BMCR)	5.1/4.9MPa(a)
进口/出口蒸汽压力 (BRL)	4.841/4.641MPa(a)
进口/出口蒸汽温度 (BMCR)	354.2/603℃
进口/出口蒸汽温度 (BRL)	347.8/603℃
高压加热器出口给水温度 (BMCR)	302.4℃
高压加热器出口给水温度 (BRL)	298.5℃

2. 燃烧制粉系统

(1) 制粉系统。采用双进双出钢球磨冷一次风机正压直吹系统。每台炉配六座钢结构原煤仓，六台双进双出钢球磨，其中五台运行，一台备用。

(2) 烟风系统。一次风系统：每台炉设两台 50% 容量的动叶可调轴流式一次风机，为使两台一次风机出口风压得到平衡，可能会采用单台风机运行，在空气预热器的进口冷一次风道上设有联络风道。

二次风系统：该系统供给燃烧所需的空气。每台炉设有两台 50% 容量的动叶可调轴流风机，其进口装有消声器。为使两台风机出口风压平衡，在出口风门后设有联络风管和电动隔离风门。

为防止环境温度较低时空气预热器冷端腐蚀，进入空气预热器的二次风在风机的进口设有暖风器。

每台炉设两台 50% 容量的动叶（或静叶）可调的吸风机和两台三室四电场电除尘器。两台炉合用一座高度为 240m 的双管烟囱，单管出口直径为 8m。

3. 锅炉启动点火及助燃

锅炉启动点火及助燃油采用 0 号轻柴油。电厂一至三期已有 4 座 1000m³ 油罐，其容量满足本期工程锅炉点火和助燃的要求，本期工程的固定端增设一个 500m³ 的日用油罐和供油泵房。

4. 空气压缩机室

两台机组设置 7 台 40m³/min、0.8MPa(a) 的螺杆式空气压缩机。仪用压缩空气设两台 75m³ 储气罐，厂用压缩空气设两台 25m³ 储气罐，储气罐布置在空气压缩机室外。

5. 除灰

除灰渣系统拟采用灰渣分除系统，除灰系统采用正压浓相气力集中至灰库，并设置干灰负压分选系统，然后用汽车或火车外运，至综合利用用户或至灰场。

除渣系统每台炉设 1 套独立的系统。锅炉排渣装置采用水浸式刮板捞渣机，锅炉排出的渣经排渣竖井落入水浸式刮板捞渣机内经冷却水冷却、粒化后，由刮板捞渣机连续捞出，经刮板捞渣机斜升段脱水后，直接落入刮板输送机，在刮板输送机中将渣进一步脱水，并输送到炉后消防通道旁的渣仓。渣仓内的渣由运渣自卸汽车定期运至渣场或综合利用用户。

除灰系统为：省煤器和电除尘器各个灰斗的排灰采用正压气力输送系统输送收集到灰库。省煤器和一电场的干灰进入原灰库，二至四电场的干灰进入细灰库，同时省煤器和一电场的干灰也可进入粗灰库。

灰库中的干灰可通过干灰散装机装罐车（综合利用用户自备）运至综合利用用户，也可以通过湿式卸料机装专用自卸汽车运至灰场碾压堆放。

每炉为一个设计单元，设两套独立的正压气力输送系统，配三座灰库：一座原灰库、一座粗灰库、一座细灰库。两台炉共用一座灰库气化风机房。

(二) 运煤专业

输煤系统按满足 $2 \times 1000\text{MW}$ （四期）机组容量设计。输煤系统设计除考虑本期工程外，还需考虑向一至三期工程输煤系统上煤的可能。

燃煤全部采用铁路运输。兖州矿区来煤采用底开车运输，厂内设 2×11 车位双线缝隙式卸煤沟进行卸煤；济北矿区来煤采用普通敞车运输，采用两套 C 型单车翻车机系统。

(三) 汽轮机专业

汽轮机形式：超超临界、冲动式、一次中间再热、四缸四排汽、单轴、双背压、凝汽式、八级回热抽汽。汽轮机的系统、性能设计由东方汽轮机厂与其技术支持方（日立公司）联合进行。

型号	N1000-25.0/600/600
额定功率	1000MW(TRL 工况)
最大功率	1083.5MW(VWO 工况)

额定主蒸汽参数(高压主汽阀前):

压力	25.0MPa(a)
温度	600℃
流量	2733.43t/h

额定再热蒸汽参数(中压联合汽阀前):

压力	4.25MPa(a)
温度	600℃
流量	2245.53t/h
额定高压缸排汽压力	4.73MPa(a)
主蒸汽最大进汽量	3033t/h
低压缸排汽压力	4.5/5.7kPa(a)
配汽方式	喷嘴调节
设计冷却水温度	20℃
额定给水温度	298.5℃
额定转速	3000r/min
THA 工况热耗	7354kJ/(kW·h)
低压末级叶片长度	1092.2mm
回热系统	三高、四低、一除氧
启动及运行方式	高压缸启动方式

(四) 发电机

形式	三相同步汽轮发电机
型号	TFLQQ-KDD
额定容量	1120MVA
额定功率	1000MW
最大连续输出功率	1064MW

额定功率因素	0.9(滞后)
额定电压	27kV
额定频率	50Hz
额定转速	3000r/min
定子线圈接线方式	YY
冷却方式	定子绕组水冷, 转子绕组及铁芯氢冷(水氢氢)
励磁方式	自并励静态励磁
相数	3
极数	2
额定氢压	0.52MPa(g)

四、主要系统介绍

(一) 汽轮机主厂房布置

汽轮发电机组为纵向顺列布置, 汽轮机机头朝向扩建端, 汽机房运转层采用大平台布置, 两台机组之间设大件重物起吊孔。汽机房分三层: 底层(0.00m)、中间层(8.6m)、运转层(17m)。汽轮机全长37.838m, 发电机本体长16.35m, 机头罩壳前壁至发电机尾部总长54.188m。除氧框架分四层: 底层(0.00m)、中间层(8.6m)、运转层(17m)、除氧器层(29m)。

(二) 热力系统

除辅助蒸汽系统采用母管制外, 热力系统其余系统均采用单元制。

1. 主蒸汽、再热蒸汽及旁路系统

主蒸汽系统和再热热段管道按双管连接方式布置。再热冷段管道按2-1-2连接方式。旁路蒸汽系统采用高压一级大旁路系统, 容量暂定为25%BMCR。

2. 给水系统

系统设置两台50%BMCR容量的汽动给水泵和一台25%BMCR容量的电动调速给水泵, 每台泵均配有同容量的前置泵, 省煤器入口设有25%BMCR容量的启动旁路。

3. 抽汽系统

汽轮机具有8级非调整回热抽汽系统, 一至三段抽汽供三级高压加热器, 四段抽汽供除氧器、给水泵汽轮机用汽及厂用辅助蒸汽, 五至八段抽汽供四台低压加热器。

4. 辅助蒸汽系统

启动蒸汽由三期辅助蒸汽母管供给, 辅助蒸汽联箱汽源来自辅助蒸汽母管、二段抽汽和四段抽汽。机组正常运行时, 辅助蒸汽联箱由四段抽汽供汽。

5. 凝结水系统

凝结水系统设三台50%容量的凝结水泵, 凝结水经凝结水泵、精除盐装置、轴封加热器和四台低压加热器送往除氧器。采用中压除盐系统, 低压加热器凝结水侧采用小旁路方式。

6. 加热器疏水系统

高压加热器疏水在正常运行时采用逐级串联自流方式, 最后一级(3号)疏水至除氧器。每台高压加热器均设有事故疏水管道, 分别接至凝汽器。

低压加热器疏水采用逐级串联疏水方式, 最后一级疏水疏至凝汽器。每台低压加热器均

设有单独的事故疏水接口，其疏水管道单独接至凝汽器。

7. 主厂房内循环水系统

采用二次循环供水系统，循环水系统补充水源为深度处理后的城市中水及老厂节余水。凝汽器管选用 TP317L。循环水系统同时向开式循环冷却水系统提供冷却水。

凝汽器面积现阶段确定为 60000m²，凝汽器采用双背压：4.5/5.7kPa(a)[折合平均背压为 5.1kPa(a)]。

8. 闭式循环冷却水系统

该系统采用除盐水向设备提供冷却水。系统内设两台 100%容量的闭式循环冷却水泵、一台膨胀水箱和 2×100%容量的板式冷却水热交换器。冷却水热交换器选用 TP317L 材料以防止城市中水腐蚀。

(三) 电气系统

1. 电气主接线

两台机组均以发电机—升压变压器组形式接入厂内 500kV 系统，两台发电机各经过三台 380MVA（容量暂定）强油风冷无载调压的单相变压器分别接入 500kV 系统，电气主接线采用发电机—变压器单元接线。本期 500kV 系统采用一个半断路器接线，500kV 进线二回，500kV 出线一回，预留一回出线位置。发电机出口不装设断路器，发电机引出线与主变压器的连结采用全连式离相封闭母线。

2. 厂用接线

(1) 高压厂用系统。每台机组均设置两台高压厂用工作变压器，高压厂用工作变压器采用 63/31.5—31.5MVA 的无载调压分裂变压器，电源由相应发电机组的出口引接。高压厂用电电压采用 10kV 一级电压，中性点采用中电阻接地方式，10kV 母线为单母线，每台机组设置四段工作母线。

(2) 低压厂用系统。低压厂用电系统电压采用 400/230V，低压厂用电系统采用中性点直接接地方式。

(3) 事故保安电源。每台机组设置一台快速启动的柴油发电机组，作为本机组的事故保安电源。

3. 控制与保护

采用炉、机、电集中控制方式，两台机组合设一个单元控制室。烟气脱硫系统设单独的就地集中控制室。辅助厂房设置水、煤、灰三个控制室。

厂级监控信息系统（SIS）、分散控制系统（DCS）、辅助车间控制系统、烟气脱硫控制系统共同组成全厂厂级自动化系统及其计算机网络，实现控制功能分散，信息集中管理。

4. 直流系统及 UPS

每台机组装设三组蓄电池，其中一组为 220V 蓄电池组，两组为 110V 蓄电池组。两台机组的 220V 蓄电池组经过电缆相互联络。蓄电池形式均采用阀控免维护铅酸蓄电池。每台机组设两套交流不停电电源装置（UPS）。UPS 布置在主厂房集控楼。

5. 电气设备布置

主变压器、高压厂用工作及启动/备用变压器及其变压器中性点设备等布置在主厂房 A 排墙外。500kV 屋外配电装置为一个半断路器接线、三列式布置。主变压器 500kV 引线采用架空线。启动/备用变压器 220kV 的电源电缆通过电缆沟道（隧道）至老厂 220kV 的配