

1000MW超超临界火电机组施工技术丛书

# 土建工程 施工

《1000MW超超临界火电机组施工技术丛书》编委会

(上册)



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

1000MW超超临界火电机组施工技术丛书

# 土建工程施工

《1000MW超超临界火电机组施工技术丛书》编委会

(上册)



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书是《1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书》之一。

全书共分十九章，内容包括主厂房全部工程，锅炉、汽轮机及所有辅机基础，烟道、电除尘器基础，集控楼、网络继电器楼工程，主变压器及封闭母线基础、屋外配电装置及500kV出线架构，烟囱、冷却塔，脱硫建筑工程及输煤系统结构工程，海水取水及海水淡化工程等一整套1000MW超超临界火电机组建筑工程的施工技术方案。

本书内容经过实践检验，施工方法先进可行，对行业内施工同类型机组具有重要参考借鉴价值，可作为各施工方工程技术人员、技术工人的施工工具书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

土建工程施工：全2册 / 《1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书》编委会编. —北京：中国电力出版社，2014.2

(1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书)

ISBN 978-7-5123-5022-9

I. ①土… II. ①1… III. ①火电厂-建筑工程-工程施工 IV. ①TU745.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 237753 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

\*

2014年2月第一版 2014年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 49印张 1195千字

印数 0001—3000册 定价 150.00元(上、下册)

## 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

# 1000MW 超超临界火电机组施工技术丛书

## 土建工程施工 (上册)

### 编 委 会

主 任	肖 英	刘利贤	韩长利	张玉宝	司衍华		
副 主 任	肖玉桥	冯宜清	杨世泽	李 斌	刘景昌	王庆平	
	姚良炎	张龙涛	李凤友	孙留存	贾兴平	杨建军	
	刘恩江	刘顺刚	朱育才				
委 员	高 磊	董作龙	贾同友	王立萍	杨凤勇	王再进	
	黄延东	楚广志	卢相军	王海新	靳香芹	谭江平	
	刘志奎	潘 彬	马永光	侯国建	楚增宝	尤洪涛	
	王千华	张 辉	樊庆钟	史光辉	贾强强	柴建勋	
	史衍华	刘 猛	王忠凯	孔德明	刘 双		
主 编	韩长利	张玉宝	李 斌				
副 主 编	肖玉桥	刘顺刚	孙留存	张龙涛	李凤友	刘恩江	
	蒋 忠	黄延东	赵文义	李克远	王忠凯	史衍华	
	李玉泰						
参 编	高 磊	董作龙	贾同友	王立萍	杨凤勇	王再进	
	楚广志	卢相军	王海新	靳香芹	谭江平	楚增宝	
	尤洪涛	王千华	张 辉	樊庆钟	史光辉	贾强强	
	柴建勋	史衍华	刘 猛	王忠凯	孔德明	刘 双	
	刘志奎	潘 彬	马永光	侯国建			





# 前言

1000MW超超临界火电机组施工技术丛书 土建工程施工

近年来我国电力工业发展迅速，截至2010年底，全国电力装机容量已达到9.62亿kW，年均投产装机容量超过8970万kW，创造了我国乃至世界电力建设史上的新纪录。

随着电力工业的快速发展，我国火电建设中“上大压小”及煤电联营坑口电站的建设取得了重大成果。600~1000MW超超临界的清洁高效机组，已成为新建项目的主力机型。

超超临界发电技术，是在超临界发电技术基础上发展起来的一种成熟、先进、高效的发电技术，可以大幅度提高机组的热效率，在国际上已经是商业化的成熟发电技术，世界上许多国家都在积极开发和应用超超临界发电机组。

当前，我国正大力发展超超临界火电机组，并实现了超超临界机组国产化，已有30多台1000MW机组处于投产和在建中。我国第一台1000MW超超临界燃煤发电机组——华能玉环电厂1号机组于2006年11月28日正式投入商业运行，从此，我国电力工业跨入了1000MW超超临界发电的世界先进行列。

我国电力工业今后还要大量地建设1000MW超超临界火电机组。到2020年，我国燃煤火电机组将新增约3亿kW的装机容量。截至2010年底，国内制造厂家已拥有50台1000MW超超临界机组的订单。

为了推动电力施工企业的发展，在未来几年内使广大工程技术人员能更好、更快、更多地掌握百万千瓦超超临界火电机组的施工技术，本书收集、整理了天津北疆、浙江玉环等电厂百万千瓦超超临界机组的施工经验，编写了《1000MW超超临界火电机组施工技术丛书》，为今后施工同类火电机组提供技术依托和借鉴平台。

本丛书重点总结了天津北疆电厂等工程施工技术方案的精华，用于指导今后编写工程施工技术方案、技术措施和作业指导书。

本丛书共分8个分册，分别为《施工技术与管理》、《土建工程施工》、《锅炉设备安装》、《汽轮机设备安装》、《电气设备安装》、《热控工程施工》、《焊接工程施工》、《起重运输机械》，内容涵盖了一个现代化1000MW超超临界机组火电厂的方方面面（含海水淡化、脱硫脱硝等的施工）。

在本丛书编写过程中，山东电力建设第二工程公司北疆工程项目部、天津电力建设公司北疆工程项目部、天津国投津能发电有限公司北疆电厂、华能玉环电厂、山东电力建设第一工程公司、华电国际邹县电厂等单位的领导、专家给予了大力支持。山东电力建设第二工程公司北疆工程项目部的施工技术人员、档案中心以及钢结构公司的有关人员提供了宝贵资料并参加了编写工作，在此一并表示诚挚的谢意！

限于编者水平，加之时间仓促，书中疏漏或不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2013年9月



# 目 录

1000MW超超临界火电机组施工技术丛书 土建工程施工

前言

## 上 册

▶▶ 第一章 1000MW超超临界火电机组建筑工程施工技术综述 .....	1
第一节 厂区测量 .....	1
第二节 主厂房施工 .....	2
第三节 汽轮机基础和锅炉基础施工 .....	7
第四节 烟囱施工 .....	14
第五节 冷却塔施工 .....	22
▶▶ 第二章 1000MW超超临界火电机组建筑工程专业施工组织设计案例 .....	29
第一节 专业施工方案 .....	29
第二节 施工质量、环境保护和安全文明施工 .....	61
▶▶ 第三章 建筑工程前瞻性施工措施 .....	75
第一节 工程测量 .....	75
第二节 钢筋加工 .....	81
第三节 厂区道路及排水沟施工 .....	83
第四节 冬雨季施工与防台风措施 .....	84
▶▶ 第四章 主厂房土方开挖及基础施工措施 .....	99
第一节 土方开挖施工 .....	99
第二节 基础工程施工 .....	104
第三节 大体积混凝土工程 .....	115
第四节 主厂房基础回填 .....	121
▶▶ 第五章 主厂房钢结构施工措施 .....	125
第一节 主厂房钢结构吊装 .....	125
第二节 汽机房钢屋架吊装 .....	138
第三节 钢结构防腐及油漆 .....	140
第四节 钢煤斗制作及吊装 .....	145
第五节 锅炉电梯井安装及锅炉封闭施工 .....	153

▶▶ 第六章 主厂房各层楼板及封闭施工措施 .....	161
第一节 主厂房各层楼板施工 .....	161
第二节 主厂房封闭施工 .....	163
▶▶ 第七章 主厂房装饰装修、暖通、空调、上下水及照明等施工措施 .....	175
第一节 主厂房装饰装修施工 .....	175
第二节 主厂房通风、空调、给排水、采暖等施工 .....	189
第三节 主厂房照明及避雷针施工 .....	206
▶▶ 第八章 集控楼、网络继电器楼施工措施 .....	210
第一节 集控楼施工 .....	210
第二节 GIS室、网络继电器楼施工 .....	232
▶▶ 第九章 汽轮发电机基础及给水泵等辅机基础施工措施 .....	259
第一节 汽轮发电机基础底板施工 .....	259
第二节 汽轮发电机基础上部结构施工 .....	270
第三节 汽轮机基座地脚螺栓安装 .....	286
第四节 汽动给水泵基础施工 .....	288
第五节 辅机设备基础、泵坑及基础二次灌浆施工 .....	296
▶▶ 第十章 锅炉基础及地下设施施工措施 .....	302
第一节 锅炉基础土方开挖 .....	302
第二节 锅炉基础施工 .....	305
第三节 锅炉零米沟道及附属设备基础等施工 .....	321
▶▶ 第十一章 烟道支架基础及电除尘器基础施工措施 .....	334
第一节 烟道支架基础施工 .....	334
第二节 电除尘器支架基础施工 .....	345
▶▶ 第十二章 磨煤机基础及风机基础施工措施 .....	361
第一节 磨煤机基础施工 .....	361
第二节 引风机基础及检修支架基础施工 .....	372
第三节 一次风机、送风机基础及检修支架施工 .....	391

下 册

▶▶ 第十三章 主变压器及封闭母线基础、屋外配电装置及500kV出线架构等 施工措施 .....	407
第一节 主变压器基础及架构施工 .....	407
第二节 封闭母线支架基础及支架、防火墙、事故油坑施工 .....	423



第三节	屋外配电装置及 500kV 出线架构、照明、空调等施工 .....	433
▶▶	<b>第十四章 烟囱施工措施 .....</b>	<b>449</b>
第一节	烟囱土方开挖及基础施工 .....	449
第二节	烟囱钢筋混凝土筒壁、钢平台、钢内筒及内衬施工 .....	458
第三节	烟囱电动提升系统及凝土地泵管固定脚手架搭设施工 .....	481
第四节	烟囱防腐施工及外筒油漆施工 .....	487
第五节	烟囱安全施工、冬季施工及工程创优措施 .....	491
▶▶	<b>第十五章 冷水塔与循环水管道施工措施 .....</b>	<b>494</b>
第一节	环基、人字柱、环梁、塔筒施工及淋水预制构件吊装 .....	494
第二节	循环水泵房下部结构及循环水沟道施工 .....	509
第三节	循环水压力管道施工 .....	517
▶▶	<b>第十六章 脱硫建筑工程施工措施 .....</b>	<b>538</b>
第一节	脱硫建（构）筑物测量、土方及混凝土施工 .....	538
第二节	FGD 电控综合楼施工 .....	547
第三节	石膏脱水楼施工 .....	559
第四节	废水处理间施工 .....	572
第五节	石灰石浆液制备车间、脱硫吸收塔基础施工 .....	583
第六节	烟道支架施工 .....	592
第七节	石灰石卸料间施工 .....	599
▶▶	<b>第十七章 输煤系统结构工程施工措施 .....</b>	<b>608</b>
第一节	土方工程 .....	608
第二节	煤场地基处理、CFG 桩施工 .....	614
第三节	地下连续墙施工 .....	619
第四节	基础和地下结构施工 .....	630
第五节	上部结构施工 .....	653
第六节	钢结构桁架施工 .....	673
▶▶	<b>第十八章 输煤系统建筑工程施工措施 .....</b>	<b>679</b>
第一节	砌筑抹灰工程施工 .....	679
第二节	装饰装修工程施工 .....	685
第三节	给排水、采暖工程施工 .....	697
第四节	煤水调节池施工 .....	701
▶▶	<b>第十九章 海水取水及海水淡化工程施工组织设计及措施 .....</b>	<b>706</b>
第一节	取水工程施工组织设计 .....	706
第二节	海水淡化土建工程施工措施 .....	733
	<b>参考文献 .....</b>	<b>764</b>

## 1000MW 超超临界火电机组 建筑工程施工技术综述

当前我国 1000MW 超超临界、高效低耗、绿色环保型火电机组的建设已取得举世瞩目的成就，进入了世界电力发展的先进行列。

我国火电厂建筑工程的技术和发展水平是与火电机组本身的发展与时俱进的，也取得了具有战略意义的辉煌成就。

火电厂建筑工程是火电机组赖以显示当今世界一流发电实力的巨大支撑。我国已建成投产或在建的百万千瓦超超临界机组电厂，其巨大的主厂房、烟囱、冷却塔、脱硫岛等建筑设计、施工水平也进入了世界级的先进领域。

### 第一节 厂 区 测 量

#### 一、测量控制

##### 1. 控制网的布设

厂区测量方案主要根据厂区总平面布置图、厂区地下设施布置图及控制桩确定厂区方格网，并将平面及高程桩标注在厂区方格网布置图上。布设遵循“从高级到低级、从整体到局部”的原则，而选点工作本着“全面规划，远近结合”的指导思想进行。

轴线控制网的布置原则按照已完成的方格网进行布置和测量，而且测量精度应保持一致，所建立的轴线控制网的控制桩点位精度为 1mm。方格网布设时要求相邻点通视良好，便于复测及校核，且导线边长大致相等，最短边不应小于 50m，便于扩展和加密。为确保工程施工的一致可靠性，先测量主厂房轴线控制网，然后再从该控制网上引出全厂控制网。首先沿厂区方格网点布设二等水准网，作为施工现场的高程控制网，然后根据厂区高程网布设各高程控制点。厂区高程控制网一般采用水准仪测量法，然后再用图根点加密。

##### 2. 控制桩的埋设

控制桩采用夯入式钢管混凝土桩，并在桩顶面加不锈钢板。桩芯采用  $\phi 48$  钢管，并在加设的套管与钢管混凝土桩之间填充粗黄砂，以减小施工对桩位的影响。轴线控制网是整个施工区域内各种建（构）筑物轴线定位的依据。桩位埋设完毕后，在其四周用安全围栏加以隔离防护，并在钢管围栏上涂醒目的红白相间油漆。同时，悬挂明显警告标志，以避免桩位受到破坏，并对某些重要点位埋设永久标志。

在进行轴线控制网的布置时，为确保工程的施工质量，必须对主厂房、锅炉、烟囱等重要轴线进行有效的控制。因此，控制网的轴线应与汽轮机、锅炉和烟囱中心线保持一致。

### 3. 控制网的管理

轴线控制网应严格按照要求使用合格的测量仪器来施测,并清楚、详细、正确地做好原始记录,加强自检和互检工作;对方格网的测量资料进行认真校对和现场抽测,确认满足精度要求后,将数据记录及测设成果交监理进行验收,符合要求后,方可使用。

派专人负责轴线控制网桩的日常维护和巡查工作,并做好记录,发现问题及时汇报,同时做好维护和整修工作;轴线控制网桩的四周应保持良好的通视条件,严禁堆土、堆物,任意搭建和覆盖;若轴线控制网桩发生损坏,应及时采取补桩措施。补桩测量的成果应通过监理验收符合要求后,方可使用。

## 二、沉降观测

### 1. 沉降观测的原则

工程所有的建(构)筑物必须按设计要求埋设沉降观测点,否则按有关规范要求进行设置。沉降观测必须坚持“四定”原则:①固定人员观测校核整理成果;②固定使用水准仪及水准尺;③使用固定水准点;④按规定的日期、方法及路线进行观测。观测点较多时,应到现场进行整体规划,确定仪器的安放位置,便于今后每次都按固定路线进行沉降观测。每次进行沉降观测时,应及时做好观测的各项记录,并计算沉降量,填写有关表格和绘制沉降曲线图。

### 2. 沉降观测时间和次数

对于重要的结构,如汽轮机基座、锅炉基础、主厂房基础等,在基础垫层混凝土浇筑完毕后,及时做好沉降观测点标记,并进行沉降观测初始值的测定;待基础拆模后立即将其引测到基础顶面,同样做好沉降观测点标记,最后引测到设计规定的沉降观测点上。

对于一般建(构)筑物,按照施工规范要求,基础施工完毕后开始进行沉降观测。装饰工程完工后,竣工验收前观测一次。施工过程中途停工,在停工之日、复工之时,均应进行一次观测。施工期间总观测次数不应少于6次。当建(构)筑物发生不均匀沉降或严重裂缝时,应进行逐日或几天一次的连续观测。

## 第二节 主厂房施工

### 1. 主厂房回填施工

(1) 材料要求。采用已开挖出的好土,土料应过筛,其颗粒不应大于15mm。在回填前进行含水率测定,采用摊晾、洒水等方法,使回填的土尽可能达到最佳含水率。

#### (2) 施工机械的选用。

1) 土料的运输:机械采用自卸汽车运输到工作面。若因场地限制,自卸汽车不能直接运到工作面时,可运到工作面较远处,用机运翻斗车或小平车作为辅助运输工具。

2) 土方的平整采用推土机,大面积回填采用压路机碾压为主,内燃式打夯机打夯为辅;小面积回填采用蛙式打夯机夯实。

#### (3) 回填土施工。

1) 回填施工前,现场应通过夯击试验确定回填土的最佳含水率,在最佳含水率状态下分层夯实,并把回填区域内的杂物、积水、淤泥、浮土等清除干净。回填所用土,应在回填前进行含水率测定,对含水率大的土,将其摊开,蒸发多余的水分;对含水率小的土,应喷

洒适量的水，使回填用土尽可能达到最佳含水率。

2) 土方回填应分层夯填，每层虚铺厚度不超过 250mm；用碾压路机压实回填，碾土方向应从填土两侧逐渐压向中心，其开行速度不宜过快，应低速前行，且多次碾压，应有 15~20cm 的重叠；用打夯机夯实回填，打夯机应依次夯打，不留间隙，应全面夯实，每层应按要求取样，试验符合设计要求后方可进行下一层的回填。

3) 为了保证每层回填土铺设厚度均匀，应在基础或柱上用小木桩或其他方法标出每层铺土与压实后的高度，作为铺填厚度的标志。

## 2. 主厂房钢结构吊装

### (1) 吊装前的准备工作。

1) 根据设计图纸编制详细的吊装方案，报甲方和监理工程师审批，以作为吊装工程施工的依据和技术性指导文件，并根据该施工方案对参加吊装的施工人员进行安全、质量、技术交底，做好夹具、吊索、缆风绳等工具的准备和检查。

2) 垫铁准备：根据基础顶面的实测标高准备垫铁，垫铁表面应平整，且有一定的粗糙度，各种规格应互相搭配。

3) 道路准备：根据吊装施工方案确定起重机的行车路线和停机点。铺垫厚度可根据现场实际情况和当时的气候状况进行增减。如起重机的行车路线和停机点有部分位于基础回填区时，应采用铺垫路基箱的方法予以解决。

4) 钢构件卸车后，根据施工图纸、厂方加工图纸、供货清单等，对柱、梁、斜撑、檩条、屋架等构件和螺栓、垫圈进行编号。对构件的规格、数量、几何尺寸、加工质量、外观质量检查无误后，按规划的区域分类堆放整齐。易于丢失和散失的配件，如螺栓、垫圈，要按规格、批号、清点入库，建立发放、管理办法，由专人负责。

(2) 吊装流程。吊装流程为基础复核、划线、找平及构件清点验收、编号、划线→放垫板→下段柱吊装、校正→柱间梁安装就位→下段柱整体校正→螺栓初、终拧→基础二次灌浆→中段柱安装→中段柱间的梁安装→整体校正、螺栓终拧→上段柱、梁安装→屋面梁、板安装→总体验收→平台现浇混凝土施工→转入下一轴间吊装。

1) 划线。由专业测量人员用经纬仪根据主厂房定位方格网准确在基础混凝土顶面放出纵横中心线，并用红油漆作三角标识，然后用测距仪复核大、小对角线，做出详细记录。下段柱上下端均要用红油漆标出四边中心线；中段、上段柱只标上端中心线。

### 2) 垫板。

a) 在混凝土顶面准确放出垫板位置，用砍锤仔细凿平，确保垫板与混凝土接触紧密、平整，接触面在 75% 以上；

b) 每个柱下放 4~8 组垫板，每组垫板不得多于 5 块，垫板应设置在靠近地脚螺栓的柱脚底板加劲板或柱肢下，二次灌浆前垫板间应焊接固定；

c) 垫板的顶标高由水准仪测控，高差控制在 0.5mm 以内，再用水平尺检查水平度。

3) 钢柱安装。钢柱运输前，清除构件上的油污、泥砂和灰尘，检查变形、缺陷情况，编号应正确，中心线应齐全。将吊攀与柱端用螺栓连接好，螺栓的抗剪合力不小于构件自重的 3 倍。

钢柱起吊前，挂好缆风绳、溜绳，搭好脚手架，拴牢爬梯。以上设施经认真检查无误后，挂钩单点起吊，起吊点尽量靠近就位点，以减少构件空中行走路径。吊到就位点上约

1.0m 时,由 2~3 人扶住,待柱子稳定不摆动后,缓慢松钩下落,对准地脚螺栓,一点点逐步下落,防止碰坏地脚螺栓丝牙。中段、上段柱就位后,先用 2 个冲钉销住,然后用临时螺栓穿住(临时螺栓数量不少于总数量的 1/3)。

用撬棒调整柱脚中心线,松钩使柱与基础压实,开始拉设缆风绳,注意拉设方向不要影响梁就位。在柱、梁形成稳定结构后,用经纬仪迅速对柱的垂直度进行观测,通过缆风绳校正垂直度,缆风绳拉紧后,即可脱钩。每节柱高度范围内的主梁在安装时,先用临时螺栓连接(不少于总数的 1/3,且不少于 2 个)待整体校正后,换装高强螺栓,尽快完成初拧、终拧,再装次梁、格栅等。根据要求,在主要构件就位后,必须立即进行校正并进行永久固定,不得待几个构件形成后再校正固定。

在校正上段柱的垂直度时,定位对点应从地控制点直接引上,不得以下段柱上端中心点为校正点。同一流水作业段、同一安装高度的一节柱,当各柱的全部构件安装校正、连接完毕并验收后,方可以地面引放上一节柱的定位轴线。

4) 钢梁安装。钢梁安装先下后上、先里后外、先主梁后次梁。根据工程实际进行准备,可组合的提前组合校正好,节点连接板事先连上。采用两点捆绑法吊装,绑扎点应保证钢构件不变形,不损伤涂层下保持横平竖直,不得倾斜,以免给就位工作造成困难。就位时,先用两个冲钉销住,然后间隔上临时螺栓,边调整构件,边将螺栓拧紧。节点板的叠合接触面应平整,当接触有间隔,且小于 1mm 时可不处理;1~3mm 的间隙,应将高出的一侧磨成 1:10 的斜面;大于 3mm 的间隙应加垫板。

### 3. 压型钢板底模混凝土楼层施工

#### (1) 压型钢板安装。

1) 压型钢板安装前,应在钢梁上放出压型钢板的定位线,相邻钢板端部的波形槽口应对正。

2) 压型钢板吊装时,板下应放置不少于 4 组的垫木,且分布均匀,不得用绳索直接捆绑压型钢板,以免受勒变形。

3) 压型钢板之间的搭接长度不少于 50mm,两块板之间镶嵌密实后固定。

4) 焊接固定时,压型钢板底部有支撑构件时,用圆垫圈与构件焊接垫圈内侧固定,所用焊条的含碳量不得超过 3%。

5) 铆钉固定时,压型钢板底部无支撑构件时,先用手枪钻在钢板连接处钻小于  $\phi 6$  的圆孔,然后用自攻螺钉铆住。

6) 压型钢板固定时,如果图纸另有要求,则按图纸要求施工。

#### (2) 钢筋。

1) 钢筋施工按图纸和施工规范进行,使用前检查出厂合格证及进厂复检报告,准确进行钢筋翻样,挂好标识牌。

2) 压型钢板凹槽内配筋根据设计要求选择合适的钢筋作垫块,凸起处用合适的混凝土块作垫块。

3) 平台钢筋绑扎完毕后,应在上部铺设供人行走的脚手板,禁止直接踏在钢筋上行走。

#### (3) 混凝土。

1) 混凝土浇灌前,先清除压型钢板内的杂物及灰尘,并经四级验收合格后方可浇灌。

2) 混凝土浇灌时严禁在同一位置堆积,以防压型钢板变形。



3) 混凝土振捣严格按照要求进行, 振捣密实无蜂窝。

4) 在浇灌过程中, 应随时检测标高和维护压型钢板, 如发现压型钢板变形、位移应立即停止混凝土浇灌。

(4) 主厂房封闭。主厂房封闭施工顺序为先下后上。安装前, 应先在钢构件上放出压型保温钢板的定位线, 用经纬仪控制板的垂直度, 用水准仪控制板的标高。屋面板安装前应先做天沟, 并从檐口向上铺设, 铺钉前先在檐口挂线, 从左至右搭接宽度为一个波。屋面板的安装用起重机先吊到就近的屋面结构上, 然后用人工搬运就位。墙板的安装采用卷扬机吊至预定位置, 然后吊笼靠上, 校正好后固定。压型保温钢板的固定方法为: 用钻头在板与钢槽条之间钻孔, 然后用自攻螺钉连接在一起。钻孔时, 应对准槽中穿眼, 螺钉穿眼应按由上往下、从左至右的顺序进行, 螺钉必须垂直, 螺钉的数量为每米 3 个。压型保温钢板的咬口应严密, 不得漏水。平行咬口应互相平行, 间距正确, 高度一致, 上下板的波形槽口应对正。

(5) 钢煤斗施工。钢煤斗由招标方提供本体, 钢煤斗安装根据本体到货的时间、结构图及组装图等资料, 采用边安装边组装的方式进行。

(6) 组装。弧形钢板吊装就位后, 用拉紧器调整各块钢板的间距, 达到要求后, 下部用钢楔夹具予以固定, 中部和上部采用刚性弧形模具予以临时固定, 使接头部位的弧形平滑过渡。并用手拉葫芦调节其垂直度, 然后即可点焊固定。

用弧形样板复核各部分的弧度是否符合要求, 超出要求时, 应采用正反丝扣推撑器和手拉葫芦进行调整直至达到要求, 并及时用钢管或角钢在仓壁内部临时固定。

(7) 焊接。

1) 焊接准备。焊条的型号按设计要求进行采购, 且有合格证或质保书。焊接前, 应将焊条及焊剂进行烘焙处理 (碱性焊条烘焙温度控制在  $300\sim 500^{\circ}\text{C}$ , 酸性焊条的烘焙温度控制在  $75\sim 150^{\circ}\text{C}$ ), 烘焙时间为  $1\sim 2\text{h}$ 。烘干的焊条在烘箱中恒温  $100^{\circ}\text{C}$  左右保存, 随用随取, 使用时应放在  $100\sim 150^{\circ}\text{C}$  的保温桶内。焊条的重复烘焙次数最多为两次。施焊前, 应对各零部件的主要结构尺寸、坡口尺寸、坡口表面按要求进行验收, 坡口表面不得有夹层、裂纹、加工损伤、毛刺及切割熔渣等缺陷。清除焊缝部位  $50\text{mm}$  以内的杂质、油污, 并保持干净。用粗砂布打除焊丝上的氧化物, 保证焊丝表面干燥、无水迹、油污等。

2) 定位焊。定位焊施工时, 为了减少间断焊接中夹渣的缺点, 施焊电流应提高  $10\%\sim 15\%$ , 定位焊的起点和终点应平缓。交叉焊缝应在距交叉  $50\sim 70\text{mm}$  处进行定位焊, 定位焊采用和正式焊同样的焊条。

当遇到强行组装的焊缝时, 焊缝长度应适当增加, 尽量避免低温下强行组装定位焊。

定位焊施工完毕, 应用角向磨光机对焊缝进行清理, 直至焊缝表面完全露出金属光泽时立刻进行正式焊接, 避免停顿和过夜。

施焊人员必须持证上岗, 并严格按照焊接工艺评定所规定的参数进行。焊接长焊缝时, 采用反向逆焊法施工或分层反向逆焊法施工。手工电弧焊时, 采取多焊工同时对称施焊, 尽可能消除焊接变形, 同时为防止空气侵入焊接区域而引起焊缝金属产生裂纹和气孔, 应采取短弧焊。多层焊接应连续施焊, 盖面层采用多道焊, 保证外观漂亮。减少母材在焊缝金属中的比例, 每层焊道焊完后应及时清理, 如发现有影响焊接质量的缺陷, 则必须清除再焊。要求焊成凹面的贴角焊缝, 采用船位焊接, 使焊缝金属与母材间平缓过渡。

对于等强度的对接和丁字接头焊缝, 除按设计要求开坡口外, 还应用气刨刨焊根, 并清



除根部氧化物后再进行焊接。焊后立即轻轻锤击焊缝金属表面，以消除焊接应力，减少变形。对于双面坡口焊缝，应用角向磨光机清根，待其全部露出金属光泽后，尽快施焊，如发现有缺陷，则必须清除后再焊。焊接过程中，焊缝出现裂纹时，焊工不得擅自处理，应申报焊接工程师清查原因，制定出修补措施后方可处理。

焊接结构变形时，如侧弯和旁弯较小采用热处理的方法进行火焰矫正。钢结构的加热温度控制在  $700\sim 850^{\circ}\text{C}$ ，严禁超过钢材的正火温度 ( $900^{\circ}\text{C}$ )，加热部位和点数应根据变形的实际情况和计算确定。加热部位呈三角形，若一次加热后仍有上拱，则再进行第二次加热，加热部位应在第一次加热部位的区域，加热方向由里向外，如果弯曲不均匀，可只在弯曲部位加热。

严格按照施工验收规范，结合图纸对构件的外形几何尺寸、安装尺寸、弯曲和变形等进行检查和验收，均应达到合格。焊缝表面不得有渣皮、飞溅物等，焊缝及热影响区表面不得有裂纹、气孔、凹陷和夹渣、咬边等缺陷。

对于 D 级焊缝，如设计有要求，则按设计要求进行超声波检验；如设计无要求时，则按焊缝长度的 50% 进行超声波检验，合格率应达到 98% 以上。

采用经过评定的工艺，同一部位的返修不超过两次。如超过两次，则编制返修方案并经焊工师批准后实施。

钢煤斗已焊接好的筒节应水平堆放在枕木上，防止环向坡口被损坏。钢煤斗运输采用专用的型钢运输托架，筒仓壁与托架接触的部位用橡胶或其他软性材料垫衬。

钢煤斗由于采用了边安装边拼装焊接的施工方案，增加了高空作业的施工难度，因此需在仓壁内外搭设双排脚手架作为操作平台。上节仓筒准确吊装就位后，采用不锈钢板夹具临时固定并点焊连接固定，然后按焊接要求进行焊接。

安装采用 4 个吊点绑扎法进行吊装，4 个吊点沿圆周均匀布置。安装时筒壁内部的临时支撑不得拆除，待点焊固定后方可拆除。

安装煤斗时，由底部向上安装，将底部坐在钢梁上，矫正后进行点焊连接，点焊牢固后即可松钩起吊另一个煤斗的下一节。两个煤斗交叉进行安装。

#### 4. 主厂房地下设施施工

主厂房地下设施点多面广，分布于整个主厂房区域，且有诸多部位和地下结构紧邻甚至重叠，施工较为复杂；主厂房地下设施各基础、沟道埋深、大小参差不齐，形式多样，基层处理不一，有的有抗渗要求等，施工较为复杂；施工时，往往交叉作业多，相互制约，无法一次性连续施工，需穿插施工。凝结水泵坑结构较为复杂，应分多次施工，且凝结水泵预留孔精度要求高，施工难度较大。施工工艺为测量放线→土方开挖→垫层施工→基础（或结构）施工→土方回填。

(1) 施工测量。定位仪器为全站仪，高程用 NA2 型水准仪控制。用全站仪从附近柱轴线引测至基础、泵坑或沟道所需的轴线位置上或轴线左右，再根据图纸所标的纵横两方向的尺寸确定出基础、泵坑或沟道中心位置及边线位置。

(2) 钢筋、模板工程。模板采用标准钢模板为主，木模补缺的方案。附属设备基础、沟道及池坑外露部分考虑采用大模板，以使表面美观，达到工艺化精品效果。有抗渗要求的部位，对拉螺栓中间要加止水钢片。对预埋件、预埋管等可采用加筋固定的方法，必须保证埋件位置、标高准确，数量、型号正确。模板支设时注意牢固，避免跑模，保证正确的位置、

形状及横断面,从而使最终的混凝土构件能够在允许的尺寸偏差之内。模板安装前应涂刷隔离剂,且应涂刷均匀。涂刷后应由专人检查,避免局部漏刷,影响混凝土表面观感。

支撑系统用钢管搭设脚手架以及 PVC 管穿对拉螺栓拉接,模板支撑要具有足够的强度、刚度和稳定性,模板垂直偏差不大于 5mm,平直度不大于 10mm,中心线位置偏差不大于 5mm。

模板拆除后,对拉螺栓处采用以下措施修复:将 PVC 套管四周 5cm 范围内的混凝土打凿成圆台形,深度为 3cm,清除圆台壁松动混凝土渣,并保持圆台壁粗糙;剔除外露 PVC 套管,剔除后的套管端部应平整,不应有尖锐棱角存在;用 1:3 水泥砂浆填堵塑料套管,外表平套管外口,厚度为 10cm;24h 后,用水湿润圆台壁,然后抹 1.5cm 厚 1:3 防水砂浆;经过 24h 后,用水湿润圆台壁,然后用 1:3 防水砂浆将圆台压实、填平、抹光。

进厂钢筋经检测中心取样合格后,方可使用。根据图纸要求做出钢筋翻样单,经审批合格后方可进行钢筋配料,钢筋配料统一在钢筋场制作。钢筋成品、半成品运至现场后,分别按规格、型号堆放整齐,底部用方木等垫高,防止泥水污染。现场钢筋必须按规格挂好标志牌,注明钢筋规格、型号、使用部位及试验结果、状态、情况。钢筋应被捆扎放置,并且保证离地面至少 300mm。钢筋放置时不用覆盖,但是有凹痕的地方不能生锈,且关键部位的应力不能降低。钢筋应根据 GB 50204—2000《混凝土结构工程施工质量验收规范》进行切割、弯曲和焊接。所有钢筋的数量、尺寸、规格及位置都应严格按照图纸布置。

在基础外模板支设加固完毕后,进行钢筋绑扎。钢筋绑扎严格按图纸设计规格、间距施工。垫块采用混凝土垫块,混凝土标号与基础承台混凝土标号相同,间隔 1m 布置,底板及侧墙布置成梅花形,在阳角处绑扎两块混凝土垫块,以保证钢筋笼不偏移。竖向钢筋接头连接方式采用焊接。

(3) 混凝土工程。基础模板、钢筋施工完毕,经验收合格签证完毕后方可进行浇筑混凝土。混凝土由搅拌站集中送料,混凝土用输送泵浇筑。混凝土浇筑时,基础混凝土自由倾落高度不应超过 2m。混凝土浇筑过程中,应分层循环进行,随浇随捣。混凝土浇筑应连续进行,在一层混凝土初凝之前,将上一层混凝土浇下并捣实完毕,确保上、下层混凝土紧密结合,浇筑间歇时间不应超过 2h。

混凝土浇筑成型后,应及时进行保温养护。混凝土养护严格按照要求及混凝土的施工规范、规定施工,面层混凝土用铁搓板压光后,洒上适量水分,先铺一层塑料薄膜用来保湿,再铺上一层干麻袋进行保温,确保成型混凝土的质量。养护期间派专人 24h 值班,保证混凝土表面长期湿润。较大坑池、附属设备基础的混凝土采用泵送入模浇捣;一般沟道及小型设备基础采用人工入模浇捣。深基础混凝土浇捣前,应对四周排水设施进行清理疏通,以保证混凝土浇捣质量。对有预埋件、埋管的部位,浇筑时对称浇捣并控制好混凝土上升速度,使其均匀上升,以保证埋件、埋管在浇混凝土过程中不出现位移或歪斜。在混凝土初凝后、终凝前进行两次抹面,以闭合收水裂缝。

### 第三节 汽轮机基础和锅炉基础施工

#### 一、汽轮机基础施工

汽轮机基础为现浇钢筋混凝土结构,与主厂房基础同期施工。汽轮机基础分两次施工,

第一次施工汽轮机底板，第二次施工上部结构；也可分三次施工，第一次施工汽轮机底板，汽轮机上部结构分两次施工。

汽轮机基础施工前，先进行图纸会审，并与安装专业复核预埋件、孔洞及地脚螺栓位置是否符合设计要求；对模板、钢筋进行放样，搭设支撑排架，框架柱钢筋施工完再进行模板封闭。汽轮机基础上部结构施工的排架采用钢管脚手架，脚手架经过计算后画出排架搭设施工图，经审核批准后方可进行施工。排架搭设前应在底板上弹出每排立杆的中心线，依据排架搭设施工图，第一次将排架搭至汽轮机基座大梁底，待混凝土浇筑完毕，再将排架搭至汽轮机运转层。

汽轮机基础采用大模板，施工前应做出大模板排版图，并经审核后方可实施。施工时严格按照排版图进行加工，统一用切割机进行下料，制作完毕后先进行预拼装，然后按照结构部位统一进行编号；模板用对拉螺栓固定。模板安装时用起重机配合，拼缝应横平竖直，上下左右一致。支撑系统用专门设计的钢管脚手架及对拉螺栓。钢筋在钢筋场统一制作，运至现场绑扎，钢筋接头按图纸设计要求采用相应的连接方式。预埋件用螺栓固定在模板上，地脚螺栓预埋采用样板架加套管固定的方法，在汽轮机基础的框架柱上预埋样板架，生根用铁件，样板架必须固定牢固，确保固定于样板架上的地脚螺栓在混凝土浇灌过程中不发生移位现象。采用两台泵车从汽轮机基座一侧开始浇灌，混凝土连续浇灌，不留设施工缝。

#### 1. 汽轮机基础底板施工

(1) 测量放线。施工前，将垫层顶部清理干净，由测量人员组织木工在垫层上放出各中轴线及基础各中心线，用红油漆涂三角符号标志，经复核无误后交验收。中轴线及基础中心线经复核验收后，木工人员根据各基础中心线分别将基础模板边线（模板内边线）、基础收阶模板边线及上部柱段模板边线用墨线弹出，必要时，四角用红油漆涂三角符号标志，经复核无误后方可进行模板施工。

(2) 模板工程。模板表面应干净，无污渍及缺棱掉角现象。模板相互拼装时，在拼缝内填海绵条予以封堵，防止拼缝处漏浆，影响混凝土质量。模板（包括支撑）应根据具体要求画出几何图形，以便支模时能保证正确的位置、形状及横断面，从而使得最终的混凝土构件能够在允许的尺寸偏差之内。施工时，在地面预先按设计尺寸进行组合，与设计尺寸不符时，按设计尺寸进行切割，要求断面整齐，校核无误后再进行组合安装。模板安装前应涂刷隔离剂，且涂刷均匀。涂刷后应由专人检查，避免局部漏刷，影响混凝土表面观感。

#### (3) 钢筋施工。

1) 进厂钢筋经检测中心取样合格后方可使用。根据图纸要求做出钢筋翻样单，经施工负责人、钢筋分队审批合格后方可进行钢筋配料，钢筋配料统一在钢筋场制作。钢筋应被捆扎放置，并且保证离地面至少 300mm。

2) 现场钢筋必须按规格挂好标志牌，注明钢筋规格、型号、使用部位及试验结果、状态、情况。放置时可以用不用覆盖，但是有凹痕的地方不能生锈，且关键部位的应力不能降低。钢筋应根据要求进行切割、弯曲。所有的钢筋都应避免被铁锈、氧化皮、油等物质污染，因为一旦被污染可能会减少钢筋强度，并且降低与混凝土的黏结力。

3) 钢筋成品、半成品运至现场后，分别按规格、型号堆放整齐，底部用方木等垫高，防止泥水污染。钢筋绑扎严格按图纸设计规格、间距施工，基础底板钢筋间隔绑扎，柱头箍筋接头处全部绑扎，其余间隔绑扎。固定钢筋应用 20 号铁丝绑扎，铁丝的末端应嵌入混凝土