

特种工程结构 施工手册

主编 江正荣 副主编 杨宗放

中国建筑工业出版社

特种工程结构施工手册

主 编 江正荣

副主编 杨宗放

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目(CIP)数据

特种工程结构施工手册/江正荣主编. —北京:中国建筑工业出版社,1999
ISBN 7-112-03622-4

I. 特… II. 江… III. 建筑工程,特种—工程施工—手册 IV. TU761-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 24171 号

本手册共介绍了 17 种常用特种工程结构的施工,其中包括:烟囱、倒锥壳水塔、双曲线型冷却塔、电视塔、筒仓、贮槽、排气筒(井)、安全壳、水池、曝气池、油罐、沉井、沉箱、泵站(房)、地下连续墙、壳体基础、隔震基础等。其内容包括:形式与构造、施工准备、施工方案的选择、施工程序、施工工艺、各种施工方法、快速施工措施、冬期施工、施工需用机具设备、施工组织、进度安排、施工平面布置、质量控制和质量要求、常遇质量问题、防治措施及安全技术等。每种特种结构均附有典型工程实例。

该书特点是:技术新颖、内容丰富、简明、实用性强、适用面广。

该手册可供建筑工程科研、设计、施工工程技术人员使用,也可供土建专业师生参考。

责任编辑 余永祯
责任设计 杨凤荣
责任校对 孙 梅

特种工程结构施工手册

主 编 江正荣
副主编 杨宗放

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市彩桥印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:39 字数:949 千字

1998 年 12 月第一版 1998 年 12 月第一次印刷

印数:1—3,000 册 定价:55.00 元

ISBN 7-112-03622-4

TU·2799(8881)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

在工业与民用建筑中,特种工程结构物占有重要位置。它是各个工程项目中,施工期长,投资比重大,结构和建造技术最为复杂,施工难度最大的工程项目之一。它的施工技术,也是建筑施工领域中发展最快和最受关注的课题。

近几十年来,我国各施工企业,在冶金、电力、石油、化工、煤炭、粮食以及核工业各个领域里施工了大量的高耸、深埋、巨形、形状特殊的高难度特种工程结构物,如烟囱、倒锥壳水塔、双曲线型冷却塔、电视塔、筒仓、贮槽、安全壳、贮液池、油罐、沉井、泵站以及地下连续墙等等,为现代化建设作出了巨大贡献。

在特种工程结构物的施工技术方面,我国各施工企业累积了极为丰富的经验,已经熟练地掌握了各种高难度特种工程结构物的施工工艺,特别是改革开放十多年来,我国特种工程结构物的施工技术有了重大发展,在各地相继建成了一大批高耸、巨型的特种结构工程,其中包括 240~270m 高烟囱、1000~1200t 倒锥壳水塔、淋水面积 7000m² 的双曲线冷却塔、405~468m 高电视塔、直径 30~48m 容积 8 万 t 贮仓、11 万 t 水池、80m 高安全壳、容积 30000m³ 油罐、150m 高排气筒、785.6m 深排气井、面积 1600m² 沉井、50m 深大型地下连续墙等,标志着我国建筑技术水平的飞跃进步。

特别是近年来,把预应力技术大力应用于各种特种工程结构物中,使施工技术更具生命力。随着施工机具的日益完善,施工技术日新月异,许多新的施工工艺、机具设备不断涌现,使特种工程结构物施工工艺得到迅猛发展,创造了多项大型、高难度、高速、优质、低耗特种工程的施工实例,使我国建筑施工技术步入国际先进行列。

特种工程结构物的特点是:结构造型复杂,高大、壁薄,质量要求严格;高空作业,操作空间狭小,安全性要求高;施工需多工种配合作业;需用专门机具设备和熟练的专业技术人员;为保证整体性,避免施工缝,需连续作战,施工周期短,工期紧,施工技术复杂,施工难度大。由于具有这些特点,使得特种工程结构物的施工具有高难度,需要具备一定的技术和管理素质的企业才能胜任。目前除了少数专业单位外,特种工程结构物的施工技术尚未被广大施工企业技术人员和工人所掌握,并应用自如,他们缺乏涉足这一施工技术领域所必备的较全面系统的知识和实用技术资料,作为施工的参考和指导。

为了总结我国特种工程结构物的施工经验,推动特种工程结构物施工技术水平的提高和发展,我们组织编写了这本专题手册,旨在为广大建筑职工,也包括设计人员,提供一本简明、实用、技术新颖,内容系统、丰富全面的施工技术参考工具书,以期帮助现场从事施工的工程师和高级技术工人,解决一些有关特种结构物施工各个方面的实际技术问题,以利工作开展和技术水平的提高,并推动技术进步和适应改革开放、建筑业迅猛发展的迫切需要。

本手册共介绍 17 种常用特种工程构筑物,即烟囱、倒锥壳水塔、双曲线型冷却塔、电视塔、筒仓、贮槽、排气筒(井)、安全壳、水池、曝气池、油罐、沉井、沉箱、泵站(房)、地下连续墙、壳体基础、隔震基础等。其内容包括:型式与构造、施工准备、施工方案的选择、施工程序、施

工工艺、各种土洋施工方法、快速施工措施、冬期施工、施工需用机具设备、施工组织、进度安排、施工平面布置、质量控制和质量要求、常遇质量问题及防治措施以及安全技术等,基本覆盖了施工技术的各个应用领域,另外在每章后还附有工程典型施工实例,供读者参考应用。

本手册内容均依据国家新修订的设计规范、施工及验收规范以及新颁布的技术标准和规程、法定计量单位、符号等进行编写。

手册编写力求做到适用面广,实用性强,工艺先进,切实可行,措施可靠,内容全面、系统、完整、配套、新颖,理论与实践相结合,基本概念清楚。

特种工程结构物的施工,是一门技术性强、涉及专业面广的高难度施工技术,与其他专业有着密切而广泛的联系,且具有高、大、壁薄、埋深、形状复杂等特点,其技术之复杂,使用施工工艺和机具设备的特殊,施工难度之大,都远远超过其他建、构筑物的施工。编写这本技术特殊、专业性强、覆盖面广的技术手册,是一次新的尝试,参与本手册编写的作者均长期从事特种结构物的施工或教学,亲身参与过许多特种工程结构物施工,深切了解其施工的复杂性,并理解现场处理技术问题和对各种技术资料的迫切需要,为给从事这方面施工技术人员和工人提供方便,我们尽了最大努力编写这本手册,除参考大量有关文献资料外,也包括作者多年从事施工实践的成熟经验总结和科研成果。由于我们学识和水平有限,可能还存在不少问题、缺点和可商榷之处,热诚希望专家和广大读者,在阅读和使用本手册时,把存在问题和宝贵意见、建议告诉我们,以便不断改进、充实、提高和完善。

本书编写人员

1 烟囱	江正荣
2 倒锥壳水塔	王定一、王宇红
3 双曲线型冷却塔	王定一
4 电视塔	杨宗放
5 筒仓	杨宗放、江正荣、郭存鑫
6 贮槽	江正荣、于乃仁
7 排气筒(排气井)	江正荣、于乃仁
8 核电站安全壳	杨宗放
9 水池	江正荣、江微微
10 曝气池与消化池	杨宗放
11 油罐	江正荣、江 茜
12 沉井	江正荣、程道广
13 沉箱	江正荣
14 泵站(泵房)	江正荣、张光辉
15 地下连续墙	江正荣、樊兆阳、王凤和
16 壳体基础	江正荣
17 防震基础	江正荣

目 录

1 烟囱	1	1.7 施工组织	72
1.1 形式与构造	1	1.8 施工进度计划	74
1.2 施工准备	6	1.9 施工平面布置	78
1.3 施工方案的选择	7	1.10 质量控制和质量要求	79
1.4 施工程序	10	1.11 安全技术	83
1.5 施工工艺	11	1.11.1 一般规定	83
1.5.1 基础施工	11	1.11.2 技术安全措施	83
1.5.1.1 基坑开挖	11	1.11.3 技术安全规程	85
1.5.1.2 基础施工	12	1.12 工程施工实例	86
1.5.2 筒身施工	15	2 倒锥壳水塔	95
1.5.2.1 无井架液压滑模施工法	15	2.1 形式与构造	95
1.5.2.2 竖井架移置模板施工法	27	2.2 施工准备	96
1.5.2.3 外脚手架移置模板施工法	43	2.3 施工方案的选择	96
1.5.2.4 扣件式钢管内脚手架移置模板 施工法	44	2.4 施工工艺	98
1.5.2.5 附着三角架倒模施工法	45	2.4.1 基础施工	98
1.5.2.6 无竖井架倒模施工法	45	2.4.2 支筒施工	98
1.5.2.7 滑框倒模施工法	46	2.4.2.1 液压滑模施工	98
1.5.2.8 内井架提模施工法	48	2.4.2.2 内井架外挂吊盘倒模施工	102
1.5.2.9 电动提模法	49	2.4.2.3 内井架外挑架倒模施工	105
1.5.2.10 爬模施工法	51	2.4.2.4 内井架外挂吊篮倒模施工	106
1.5.2.11 小口径烟囱施工技术	54	2.4.2.5 外脚手架倒模施工	107
1.5.2.12 施工常遇问题及处理	59	2.4.2.6 提模施工	107
1.5.3 内衬及隔热层施工	63	2.4.3 水箱预制	108
1.5.3.1 砖的加工	63	2.4.4 水箱提升	110
1.5.3.2 内衬砌筑设备	63	2.4.4.1 液压千斤顶双钢环梁提升法	110
1.5.3.3 内衬的砌筑	64	2.4.4.2 穿心式千斤顶单钢环梁提升法	115
1.5.4 附属设施施工	64	2.4.4.3 利用预应力张拉原理提升水箱	119
1.5.4.1 外爬梯安装	64	2.4.4.4 用卷扬机提升水箱	120
1.5.4.2 信号灯平台安装	65	2.4.4.5 大型起重机吊装水箱	121
1.5.4.3 避雷设施安装	65	2.4.5 水箱整体式浇筑	122
1.5.5 冬期施工	65	2.4.6 防水施工	124
1.5.5.1 基础冬期施工	65	2.4.7 水塔装饰施工	125
1.5.5.2 筒身冬期施工	67	2.4.8 水塔附属设施施工	126
1.5.5.3 内衬冬期施工	69		
1.6 施工机具设备	70		

2.5 劳动组织与进度安排	127	4.1.3.2 肢腿形塔身	189
2.6 质量要求	128	4.1.3.3 组合圆筒形塔身	189
2.7 安全技术	129	4.1.3.4 梯井	190
2.8 工程施工实例	130	4.1.4 塔楼	190
3 双曲线型冷却塔	135	4.1.5 桅杆	190
3.1 形式与结构组成	135	4.2 钢结构塔形式与构造	191
3.2 施工技术准备	136	4.2.1 塔身构造	191
3.3 施工程序	138	4.2.2 塔楼构造	191
3.4 贮水池与塔筒基础施工	138	4.2.3 塔脚构造	192
3.5 人字柱施工	139	4.2.4 天线杆构造	193
3.5.1 整体现浇式人字柱	139	4.3 施工特点	193
3.5.2 预制装配式人字柱	140	4.4 混凝土结构施工	193
3.6 环梁施工	143	4.4.1 塔基施工	193
3.7 整体现浇式筒壁施工	144	4.4.1.1 施工要点	194
3.7.1 施工方法概述	144	4.4.1.2 大体积混凝土施工实例	194
3.7.2 附着式三角架倒模施工法	145	4.4.2 塔身施工	195
3.7.3 液压滑升模板施工法	156	4.4.2.1 施工方法	195
3.7.4 有脚手施工法	162	4.4.2.2 施工要点	197
3.7.5 爬升模架施工法	164	4.4.2.3 滑动模板工程施工实例	198
3.8 预制装配式筒壁施工	167	4.4.2.4 滑框倒模工程施工实例	199
3.8.1 概述	167	4.4.2.5 爬升模板工程施工实例	202
3.8.2 筒壁块体制作	168	4.4.3 塔楼施工	207
3.8.3 块体安装	170	4.4.3.1 混凝土倒锥壳施工要点	207
3.9 淋水装置施工	172	4.4.3.2 混凝土倒锥壳施工实例	207
3.10 筒壁防水、抗腐施工	175	4.4.4 桅杆施工	210
3.11 施工机具设备	176	4.4.4.1 混凝土桅杆施工要点	210
3.12 施工组织与进度安排	177	4.4.4.2 混凝土桅杆施工实例	210
3.13 施工平面布置	179	4.5 预应力施工	211
3.14 质量要求	179	4.5.1 预应力钢材	211
3.15 安全技术	181	4.5.1.1 钢绞线品种	211
3.16 工程施工实例	183	4.5.1.2 钢绞线力学性能	211
4 电视塔	185	4.5.1.3 质量检验	212
4.1 混凝土塔形式与构造	186	4.5.2 钢绞线束锚固体系	212
4.1.1 塔基构造	186	4.5.2.1 多孔夹片锚具	212
4.1.1.1 环板基础	187	4.5.2.2 固定端锚具	214
4.1.1.2 正锥壳基础	187	4.5.2.3 锚具锚固性能	215
4.1.1.3 板式承台	187	4.5.2.4 质量检验	216
4.1.2 塔座	188	4.5.3 预应力设备	216
4.1.3 塔身构造	188	4.5.3.1 张拉设备与标定	216
4.1.3.1 圆筒形塔身	188	4.5.3.2 灌浆设备	218
		4.5.4 竖向预应力筋施工	219
		4.5.4.1 锚固端构造	219

4.5.4.2 竖向孔道预埋设	220	4.9.3.2 钢桅杆安装的允许偏差	240
4.5.4.3 预应力筋穿入孔道	220	4.10 施工安全	241
4.5.4.4 竖向预应力筋张拉	220	4.10.1 基本要求	241
4.5.4.5 竖向孔道灌浆	221	4.10.2 地面安全措施	241
4.6 钢结构施工	222	4.10.3 操作安全要点	242
4.6.1 钢结构制作	223	4.10.4 消防安全设施	242
4.6.1.1 钢材选用	223	5 筒仓	243
4.6.1.2 钢构件连接	223	5.1 形式与构造	243
4.6.1.3 钢构件防锈	223	5.2 施工准备	245
4.6.2 塔身钢结构安装	224	5.3 施工程序	246
4.6.2.1 高空散装法	224	5.4 施工工艺	247
4.6.2.2 整体安装法	225	5.4.1 基础施工	247
4.6.3 塔楼钢结构安装	227	5.4.2 筒身施工	247
4.6.3.1 碗形钢结构安装	227	5.4.2.1 竖井架移置模板施工法	248
4.6.3.2 球形钢结构安装	227	5.4.2.2 无井架液压滑动模板施工法	250
4.6.4 钢桅杆安装	229	5.4.2.3 钢管脚手架、移置模板施工法	254
4.6.4.1 分段组装、整体提升法	229	5.4.2.4 附着三角架倒模施工法	255
4.6.4.2 分段组装、整体顶升法	232	5.4.3 顶板及上部建筑施工	256
4.7 垂直运输机械	234	5.4.4 底板及漏斗施工	257
4.7.1 垂直运输机械选择原则	234	5.4.5 附属设施施工	257
4.7.2 垂直运输机械设备	234	5.5 预应力施工	258
4.7.2.1 内爬塔式起重机	234	5.5.1 环向预应力筋布置与构造	259
4.7.2.2 塔桅起重机	235	5.5.1.1 布置原则与方式	259
4.7.2.3 施工井架	235	5.5.1.2 构造要求与措施	259
4.7.2.4 施工电梯	235	5.5.2 有粘结预应力施工	260
4.7.3 垂直运输机械的高空拆除	235	5.5.2.1 环向预应力筋孔道留设	260
4.8 施工测量	236	5.5.2.2 环向预应力筋穿入孔道	261
4.8.1 施工控制测量	236	5.5.2.3 环向钢绞线束张拉	262
4.8.2 塔身结构施工放样	236	5.5.2.4 环向孔道灌浆	262
4.8.3 塔身施工中的日照变形观测	237	5.5.3 无粘结预应力施工	262
4.8.4 沉降观测	237	5.5.3.1 无粘结预应力筋制作	262
4.8.5 工程实例	238	5.5.3.2 环向无粘结预应力筋铺设	263
4.9 施工质量要求	239	5.5.3.3 环向无粘结预应力筋张拉	263
4.9.1 电视塔混凝土结构施工允许偏差	239	5.5.3.4 锚固端封头	264
4.9.1.1 基础的允许偏差	239	5.6 施工机具设备	264
4.9.1.2 塔身与桅杆的允许偏差	239	5.7 施工组织	264
4.9.1.3 电梯井的允许偏差	240	5.8 施工进度计划	265
4.9.1.4 预埋件及预留孔洞位置允许偏差	240	5.9 施工平面布置	267
4.9.2 电视塔预应力施工的允许偏差	240	5.10 质量控制和质量要求	268
4.9.3 钢结构施工的允许偏差	240	5.11 安全技术	270
4.9.3.1 钢柱安装的允许偏差	240		

5.12 工程施工实例	271	8 核电站安全壳	309
6 贮槽	281	8.1 结构类型与构造	309
6.1 形式与构造	281	8.1.1 结构类型	309
6.2 施工准备	283	8.1.2 预应力混凝土安全壳构造	310
6.3 施工程序	284	8.1.2.1 底板	310
6.4 施工工艺	284	8.1.2.2 筒身	310
6.4.1 施工方案的选择	284	8.1.2.3 穹顶	311
6.4.2 基础及柱、墙施工	285	8.1.2.4 钢衬里	311
6.4.3 环梁、漏斗施工	285	8.1.3 工程实例	312
6.4.3.1 模板支设	285	8.1.3.1 秦山核电站一期安全壳	312
6.4.3.2 钢筋绑扎	292	8.1.3.2 多座安全壳的主要参数	312
6.4.3.3 混凝土浇筑	292	8.2 安全壳施工	314
6.4.4 平台施工	293	8.2.1 核岛底板施工	314
6.4.5 内衬施工	293	8.2.1.1 主要施工设备	314
6.4.5.1 耐磨冲砂浆(混凝土)内衬施工	293	8.2.1.2 防裂技术措施	314
6.4.5.2 块材内衬施工	293	8.2.1.3 温度控制	317
6.4.5.3 金属内衬施工	294	8.2.2 筒体结构施工	318
6.5 质量要求	294	8.2.2.1 模板施工	318
6.6 安全技术	295	8.2.2.2 钢筋施工	319
7 排气筒(排气井)	297	8.2.2.3 混凝土施工	319
7.1 形式与构造	297	8.2.2.4 钢衬里施工	321
7.2 施工准备	297	8.2.2.5 测量控制	321
7.3 施工程序	298	8.2.3 预应力施工	321
7.4 施工工艺	298	8.2.3.1 预应力筋孔道留设	322
7.4.1 基础施工	298	8.2.3.2 钢绞线束穿入孔道	322
7.4.2 筒身施工	298	8.2.3.3 钢绞线束张拉	323
7.4.2.1 竖井架拉模施工法	298	8.2.3.4 孔道灌浆	323
7.4.2.2 附着三角架倒模施工法	300	8.2.3.5 作业安排	324
7.4.2.3 外脚手架移置模板施工法	300	8.2.3.6 作业架子和设备	325
7.4.2.4 简易滑模施工法	301	9 水池	326
7.5 排气井施工工艺	301	9.1 类型与构造	326
7.5.1 井孔土方开挖	301	9.2 施工准备	329
7.5.2 井壁施工	303	9.3 施工程序	330
7.5.2.1 钢管脚手架滑模施工法	303	9.4 施工工艺	330
7.5.2.2 上部支架提升筒模法	303	9.4.1 现浇钢筋混凝土矩形水池施工	330
7.5.2.3 内井架移置模板施工法	303	9.4.2 装配式钢筋混凝土矩形水池施工	335
7.5.2.4 逆作施工法	304	9.4.3 现浇钢筋混凝土圆形水池施工	336
7.6 质量要求	305	9.4.4 板块式钢筋混凝土圆形水池施工	339
7.7 安全技术	305	9.4.5 装配式预应力钢筋混凝土圆形水池 施工	343
7.8 工程施工实例	306	9.4.6 无粘结预应力钢筋混凝土圆形水池 施工	351

9.4.7 施工要点及注意事项	352	11.4.1.7 试水	405
9.5 防水、抗冻混凝土的配制与浇筑 ...	353	11.4.1.8 罐壁喷浆	405
9.5.1 防水混凝土的配制与浇筑	353	11.4.1.9 顶板施工	406
9.5.2 抗冻混凝土的配制与浇筑	356	11.4.2 整体式油罐施工法	407
9.6 抹灰施工	357	11.4.2.1 土方开挖及地基处理	407
9.7 试水	358	11.4.2.2 浇筑方案的选择	407
9.8 施工常遇问题及处理	358	11.4.2.3 底板施工	408
9.9 质量要求	364	11.4.2.4 罐壁施工	408
9.10 安全技术	365	11.4.2.5 顶板施工	409
9.11 工程施工实例	366	11.4.3 施工注意事项	409
10 曝气池与消化池	375	11.5 抗油渗混凝土的配制与浇筑	409
10.1 矩形曝气池施工	375	11.6 抹灰施工	411
10.1.1 矩形曝气池构造	375	11.7 防渗措施	411
10.1.2 曝气池施工工艺	377	11.7.1 抹灰防渗	411
10.1.2.1 降水抗浮施工	377	11.7.2 涂料防渗	411
10.1.2.2 竖向预应力施工	378	11.7.3 贴面防渗	414
10.2 圆柱形消化池施工	380	11.8 施工设备及工具仪器	417
10.2.1 圆柱形消化池构造	380	11.9 质量要求	418
10.2.2 圆柱形消化池施工	382	11.10 安全技术	419
10.2.2.1 池体混凝土施工	382	11.11 工程施工实例	420
10.2.2.2 池体预应力施工	383	12 沉井	426
10.3 蛋形消化池施工	384	12.1 类型与构造	427
10.3.1 蛋形消化池构造	384	12.2 施工准备	428
10.3.2 蛋形消化池施工	386	12.3 施工方案的选择	429
10.3.2.1 深层土方开挖	386	12.4 施工程序	429
10.3.2.2 模板工程	386	12.5 施工工艺	430
10.3.2.3 钢筋工程	387	12.5.1 沉井制作	430
10.3.2.4 双向预应力施工	387	12.5.1.1 制作程序	430
11 油罐	390	12.5.1.2 地基处理	430
11.1 类型与构造	390	12.5.1.3 分节高度的确定	430
11.2 施工准备	392	12.5.1.4 基坑开挖	431
11.3 施工程序	392	12.5.1.5 刃脚支设	431
11.4 施工工艺	392	12.5.1.6 井壁制作	434
11.4.1 装配式油罐施工	392	12.5.2 沉井下沉	436
11.4.1.1 土方开挖及地基处理	392	12.5.2.1 下沉准备与验算	436
11.4.1.2 底板与环槽施工	393	12.5.2.2 垫架的拆除	438
11.4.1.3 壁板和柱的制作与吊装	395	12.5.2.3 井壁孔洞处理	439
11.4.1.4 壁板与环槽灌缝	395	12.5.2.4 下沉方案选择	439
11.4.1.5 环形预应力钢筋的制备	397	12.5.2.5 下沉挖土方法	439
11.4.1.6 环形预应力筋的电热法张拉	398	12.5.2.6 排降水方法	443
		12.5.2.7 土方运输	444

12.5.2.8 辅助下沉方法	445	14.2 施工准备	480
12.5.2.9 测量控制与观测	446	14.3 施工程序	481
12.5.3 沉井封底	447	14.4 桩基施工工艺	482
12.5.3.1 封底稳定性验算	447	14.4.1 成孔方法	482
12.5.3.2 排水封底法	448	14.4.2 钢筋笼的加工、吊放	484
12.5.3.3 不排水封底法	448	14.4.3 混凝土的浇筑	485
12.5.4 常遇问题及处理	450	14.5 围堰与支护的设置	485
12.6 沉井内部和上部结构物施工	456	14.5.1 围堰与支护的选择原则	485
12.7 冬期施工	456	14.5.2 围堰的形式与施工	486
12.7.1 井身受冻对质量的影响	456	14.5.3 支护的形式与施工	489
12.7.2 预防冻害技术措施	456	14.6 施工工艺	491
12.7.3 冬期养护方法	457	14.6.1 基坑土方开挖	491
12.8 主要施工机具设备	458	14.6.1.1 机械开挖方法	491
12.9 施工组织	458	14.6.1.2 人工开挖方法	491
12.10 施工安排与进度计划	459	14.6.2 排降水方法	492
12.11 施工平面布置	459	14.6.3 模板构造与支设	495
12.12 质量控制与质量要求	461	14.6.4 钢筋加工与安装	496
12.13 安全技术	462	14.6.5 施工缝、后浇缝设置	497
12.14 工程施工实例	463	14.6.6 裂缝控制措施	500
13 沉箱	468	14.6.7 混凝土的浇筑	502
13.1 形式及构造	468	14.6.8 上部结构施工	503
13.2 施工准备	470	14.6.9 围堰的拆除	503
13.3 气压沉箱原理及施工机具设备	471	14.7 施工平面布置	504
13.4 施工程序	471	14.8 质量控制和质量要求	505
13.5 施工工艺	472	14.9 安全技术	506
13.5.1 沉箱制作	472	14.10 工程施工实例	507
13.5.2 水力机械挖土下沉法	472	15 地下连续墙	524
13.5.2.1 水力机械挖土基本原理	472	15.1 形式与构造	525
13.5.2.2 水力挖土机械设备	473	15.1.1 墙的形式与分类	525
13.5.2.3 水力挖土机械设备的布置	474	15.1.2 墙的构造	526
13.5.2.4 水力挖土施工方法	474	15.2 施工准备	528
13.5.2.5 泥浆排除	475	15.3 施工机具设备	528
13.5.3 人工挖土下沉方法	476	15.3.1 挖槽机具	529
13.5.4 下沉观测	477	15.3.1.1 多头钻挖槽孔	529
13.5.5 下沉倾斜、位移的预防及纠正	477	15.3.1.2 液压抓斗挖槽机	531
13.5.6 封底	477	15.3.1.3 绳索导板抓斗挖槽机	531
13.5.7 井孔的封闭及防水处理	478	15.3.1.4 钻抓斗式挖槽机	533
13.6 质量控制和质量要求	478	15.3.1.5 冲击式钻孔机	534
13.7 安全技术	478	15.3.2 配套机具设备	536
14 泵站(泵房)	480	15.4 施工工艺流程	537
14.1 形式与构造	480	15.5 导墙形式与施工	537

15.6 槽段的划分	539	16 壳体基础	584
15.7 槽段的开挖	541	16.1 形式与构造	584
15.7.1 多头钻施工法	541	16.2 施工准备	586
15.7.2 液压抓斗施工法	541	16.3 施工程序	587
15.7.3 绳索导板抓斗施工法	542	16.4 施工工艺	587
15.7.4 钻抓式施工法	542	16.4.1 放线、挖土胎	587
15.7.5 冲击钻施工法	543	16.4.2 模板支设	588
15.7.6 回转钻施工法	543	16.4.3 钢筋加工与安装	589
15.7.7 施工注意事项	543	16.4.4 混凝土浇筑与养护	589
15.8 泥浆循环工艺	545	16.5 质量控制和质量要求	589
15.8.1 泥浆的组成和作用	545	16.6 工程施工实例	590
15.8.2 泥浆配合比的选择	545	17 隔震基础	593
15.8.3 泥浆循环方式	547	17.1 形式与构造	593
15.8.4 泥浆配制与管理	549	17.2 施工程序	594
15.9 清槽、换浆	549	17.3 施工工艺	594
15.10 钢筋笼的加工与吊放	552	17.3.1 箱套施工	594
15.10.1 钢筋笼的加工	552	17.3.1.1 土方开挖	594
15.10.2 钢筋笼的吊放	553	17.3.1.2 基坑降水	595
15.11 混凝土的浇筑	554	17.3.1.3 模板支设	596
15.11.1 混凝土配合比的选择	554	17.3.1.4 钢筋加工和安装	596
15.11.2 混凝土的搅拌、运输	555	17.3.1.5 混凝土浇筑与养护	596
15.11.3 混凝土浇筑方法	555	17.3.2 基础梁施工	597
15.12 槽段接头施工	558	17.3.3 隔震器与上部垫板安装	599
15.13 质量控制和质量要求	560	17.3.4 基础块体施工	600
15.13.1 质量控制	560	17.3.4.1 施工程序	600
15.13.2 质量要求	561	17.3.4.2 砂垫层底模及侧模支设	600
15.14 施工质量通病和预防处理方法	562	17.3.4.3 模板支设及砖台表面抹平措施	600
15.15 逆作施工法	567	17.3.4.4 钢筋安装	601
15.15.1 结构型式及连接构造	569	17.3.4.5 地脚螺栓套管安装	602
15.15.2 施工程序	569	17.3.4.6 混凝土浇筑	603
15.15.3 施工工艺	570	17.4 施工平面布置	603
15.15.4 半逆作法施工	572	17.5 质量控制和质量要求	604
15.16 施工计划与劳动组织	572	17.6 工程施工实例	605
15.17 安全技术	573	主要参考文献	608
15.18 工程施工实例	573		

1 烟 囱

在冶金、电力、化工、能源工业生产以及城市锅炉供热中,常产生大量的燃料废气和有害气体,均需通过高耸的烟囱产生的自然抽力,将烟气排放、扩散到一定高度的大气层中,使达到环境保护标准允许的程度,以减少有害气体和粉尘对人们的危害。因而,烟囱作为排泄燃料废气不可缺少的构筑物,在工业与民用工程建设中,占有很重要的位置,应用愈来愈加广泛。特别是改革开放以来,随着我国经济建设的高速发展,国家对环保的重视和加强,烟囱的兴建方兴未艾,建设的数量愈来愈多,高度愈来愈大,结构和施工技术也更加复杂,从而也使得我国的烟囱施工技术相应得到长足的进步和发展,并步入国际先进行列。

烟囱的结构和施工特点是:高度大、壁薄、结构复杂;高空作业、操作面狭小;施工工种和工序多,施工要求连续作业,周期短,循环快;质量要求严,安全要求高;施工技术和配合复杂,施工难度大。因此,在施工中,要进行严密的组织和安排,根据结构施工特点、现场机具设备条件、安全和进度要求、经济效益以及技术水平等情况,综合考虑,选用先进合理的施工工艺,制定有效的技术措施,按设计要求,精心施工,以确保高速、优质、安全、低耗地完成。

1.1 形式与构造

烟囱按制成材料分钢筋混凝土烟囱、砖烟囱、钢烟囱三种。由于钢筋混凝土烟囱具有坚固、耐久,整体性好,强度高,使用安全,维护简单,施工方便,造价相对较低等优点,应用最广。按平面形式有单筒、双筒和多筒,其中以单筒使用最多,双筒(又称筒中筒)系在钢筋混凝土外筒内再安装一钢管或砌筑一砖烟囱;多筒系在外筒内再安装(或砌筑)3~4座钢(或砖)烟囱,仅在特殊情况下应用。

钢筋混凝土烟囱一般由基础、筒身、内衬和附属设施等部分组成(图 1-1)。

基础形式有环形板式、圆形板式、壳体等几种。通常大多采用环形和圆形板式基础,由底板和环壁组成(图 1-2、图 1-3),在基础底板与通入烟道的连接处设沉降缝。在地基条件较好,且烟道不通过基础时,多采用环形板式基础,基础直径为 8~32m;深度根据土质情况、地下水位及烟道入口位置等而定。基础底板下设 C10、100mm 厚混凝土垫层。基础底板内配直径不小于 10mm,间距 250~300mm 的辐射形钢筋和环形钢筋,或直径不小于 9mm,间距为 250mm 的焊接钢筋网。环壁部分配直径不小于 12mm,间距 300mm 垂直钢筋和直

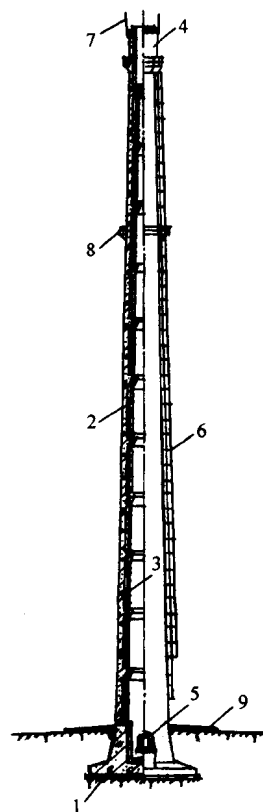


图 1-1 钢筋混凝土
烟囱形式与构造

1—基础;2—筒身;3—内
衬;4—筒首;5—烟道口;
6—外爬梯;7—避雷针;8—
信号灯平台;9—排水坡

径不小于 10mm、间距 200mm 的水平钢筋。垂直钢筋一般分为四组,每组高差 1.25m,并伸出环壁,以便与筒壁钢筋相接。基础混凝土一般采用 C15 或 C20。如基础周围具有侵蚀性较严重的地下水或工业废水时,应加设防腐层保护。

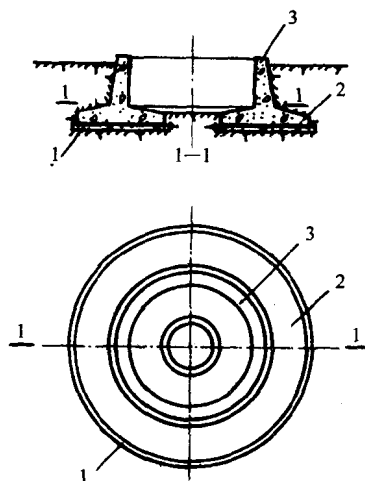


图 1-2 烟囱环形板式基础

1—垫层;2—底板;3—环壁

注:1-1 为施工缝位置。

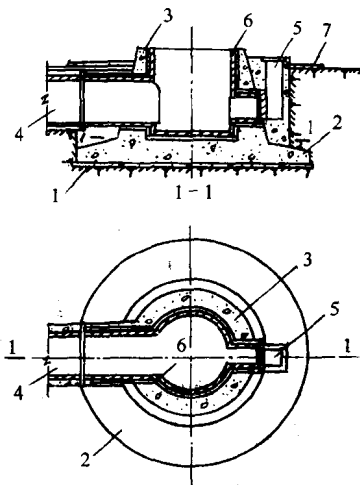


图 1-3 烟囱圆形板式基础

1—垫层;2—底板;3—环壁;4—烟道

口;5—孔;6—内衬;7—排水坡

注:1-1 为施工缝位置。

为了改善基础的受力情况,充分发挥结构的材料强度,节约原材料,高大烟囱基础有的采用各种薄壳基础,如 M 形组合壳基础、截锥组合壳基础、正倒锥组合壳基础等(图 1-4)。由于施工技术比较复杂,质量要求严,使用尚不普遍,其构造和配筋要求等参见 16.1 一节。

筒身多为薄壁空心截头圆锥体,筒壁的坡度由 1%~3%,多采用 2%;有些高大烟囱设计成具有变化的坡度,底节采用 3%,中节采用 2%,上节采用 1%。筒身高度多由生产工艺要求而定,一般为 30~120m,国内有的大型火力发电厂烟囱高度已达到 210~270m;底部筒身外直径为 7~17.6m,上部筒口内径为 1.45~8.0m;筒壁厚度是根据自重、风荷载和热力等条件分段计算确定,厚度随分节高度自下而上呈阶梯形减薄;但同一节内的厚度应相同,筒壁的最大厚度可达 600~1200mm,最小厚度应符合表 1-1 要求,最小不得小于 120mm。

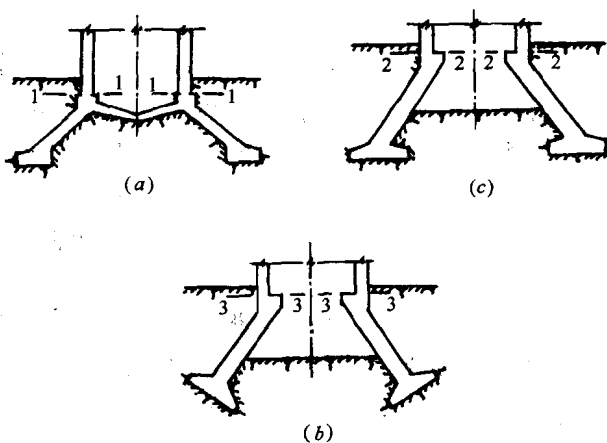


图 1-4 烟囱壳体基础形式与构造

(a) M 形组合壳基础;(b) 正倒锥组合壳基础;

(c) 截锥组合壳基础

注:1-1、2-2、3-3 为施工缝位置。

筒壁最小厚度要求 表 1-1

筒身顶口内径 $D(\text{m})$	$D \leq 4$	$4 < D \leq 6$	$6 < D \leq 8$	$D > 8$
最小厚度(mm)	140	160	180	$180 + (D - 8) \times 10$

注：采用滑动模板施工时，筒壁厚度不宜小于 160mm。

筒身配筋使用钢筋的最小直径和最大间距及最小配筋率应符合表 1-2 要求。内外侧钢筋应用拉筋拉结，拉结筋直径不应小于 6mm，纵横间距为 500mm。

筒壁钢筋最小直径和最大间距及最小配筋百分率 表 1-2

配 筋 种 类	钢筋最小直径 (mm)	钢筋最大间距 (mm)	最小配筋百分率(%)	
			C20	C25~C40
纵向钢筋	10	外侧 300 内侧 500	0.30	0.40
环向钢筋	8	250, 且不大于壁厚	0.15	0.20

为支承内衬，在筒壁内侧每 10~15m 挑出一道高 1.25m 的牛腿（又称环梁悬臂），挑出宽度为内衬和隔热层的总厚度；在沿圆周方向，每隔 500mm 左右设一道宽度为 25mm 的垂直温度缝（图 1-5）。

筒身的顶部，为抵抗排出气体的侵蚀，并使造形美观，一般每 5~10m 增加厚度和配筋并作装饰花格（图 1-6）；当排出的废气侵蚀性很强时，还加设由铸铁等制作的保护罩（图 1-7）或在表面涂刷耐酸涂料。

烟囱多数在高温下工作，为防止高温对混凝土的损害，降低筒身内外温差，防止裂缝，一般多在筒身内砌筑内衬；有些需排除有害烟气的烟囱，温度虽不高，但对筒身具有侵蚀作用，也需要设置内衬；只少数侵蚀性混合物含量甚微而废气是干燥的情况下，才不设内衬，仅在内表面涂刷耐酸涂料防护。

内衬所用材料根据排出的废气温度而定，当废气温度高于 +500℃ 时，多采用粘土耐火砖或耐热混凝土块，用耐火泥浆或耐火泥浆加 20% 水泥砌筑；当废气温度低于 +500℃，可采用 MU7.5 普通粘土砖，用 M2.5 混合砂浆砌筑；当废气中含有对混凝土具有侵蚀性的介质时，则采用耐酸砖，用耐酸胶泥砌

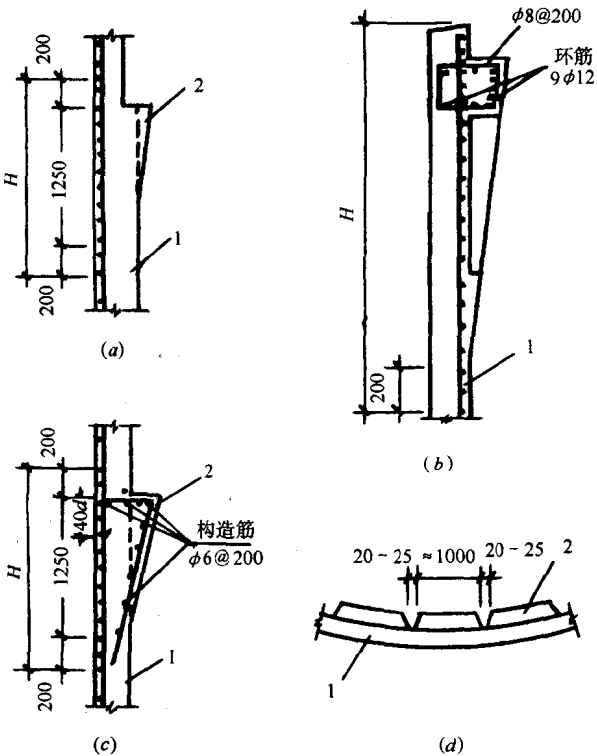


图 1-5 筒壁牛腿和顶部构造
(a)不配筋的牛腿；(b)筒壁顶部配筋；
(c)配置钢筋的牛腿；(d)牛腿楔形缝
1—筒壁；2—环形悬臂（牛腿）
H—环形钢筋加密区段；d—钢筋直径

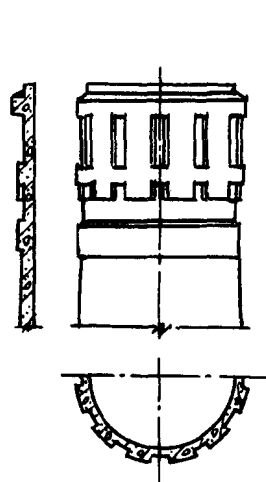


图 1-6 烟囱筒首

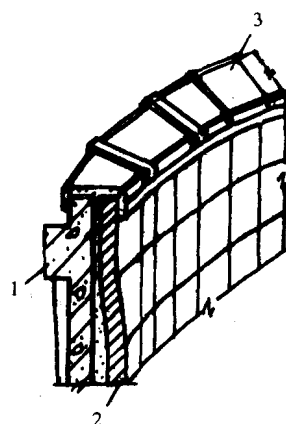
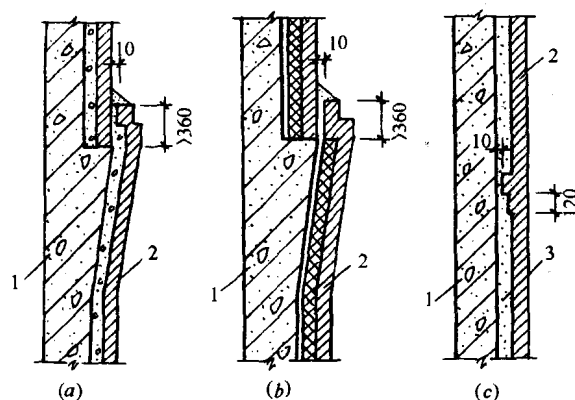


图 1-7 筒首顶部保护罩

1—筒首;2—内衬;3—保护罩

筑,或涂刷耐酸涂料;亦有的内衬用 C20 陶粒混凝土,隔热层用 60~80mm 厚珍珠岩板。内衬的砌筑高度随废气温度而定,由 1/5 筒身高至全高。内衬应分段砌筑在牛腿上,底层一般内衬可直接砌于基础底板上,厚度不小于一砖,高度不超过 20m,其他各段内衬的厚度不小于半砖,高度不超过 12.5m。两段内衬间的搭接长度,不宜小于 360mm(6 层砖)。为使内衬受热后能自由膨胀,在搭接处应留出 10mm 宽的温度缝(图 1-8a、b)。

内衬与筒身之间一般设空气隔热层,厚度一般为 50mm,以免受热膨胀互相牵连发生裂塌的危险。为了保持内衬的稳定,每 1m^2 内由内衬挑出两块顶砖,顶砖与筒壁间应留出 10mm 宽的温度缝。当用高炉水渣、蛭石、矿渣棉等松散材料做隔热层时,其厚度应为 80~200mm,应沿内衬高度每隔 1.5~2.5m 处,从内衬挑出一圈砌体做为防沉带。防沉带与筒壁间也应留出 10mm 宽的温度缝(图 1-8c)。

图 1-8 烟囱内衬和隔热层的构造
(a)、(b)内衬搭接;(c)内衬防沉带构造

1—筒身;2—内衬;3—隔热层

烟囱的附属设施包括爬梯、信号灯平台和避雷设施等。

爬梯系供观察修理烟囱,检修信号灯和避雷设施之用。通常在离地面 2.5m 处开始设置,直至高出烟囱顶端 800~1000mm。外爬梯由 6mm×60mm 的扁钢与 $\phi 19\sim 20\text{mm}$ 的圆钢制成。爬梯的宽度与梯级的间距均为 300mm 左右。每隔 2.5m 高用两个 $\phi 20\text{mm}$ 的螺栓固定在筒身的暗榫上(图 1-9)。爬梯的设置方向,一般设置在常年风向的上风方向。当烟囱高度小于 40m 时,爬梯可不设围栏;当烟囱高度为 40~60m 时,在爬梯上中段设置围栏;当烟囱高度大于 60m 时,在 30m 以上