

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

## 第十二章：水工结构专业基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 8 月 北京

编写：刘志刚 聂恒宽 刘 楠

吴彩虹

校审：王宝福

# 目 录

<b>1 水工结构专业概述</b> .....	<b>1</b>
1.1 水工结构专业概述.....	1
1.2 水工结构常用术语.....	1
<b>2 专业设计范围及各阶段设计任务</b> .....	<b>4</b>
2.1 设计范围.....	4
2.2 各阶段主要设计任务.....	5
<b>3 各阶段水工结构设计所需的基础资料</b> .....	<b>6</b>
3.1 初步可行性研究阶段.....	7
3.2 可行性研究阶段.....	7
3.3 初步设计阶段.....	9
3.4 施工图设计阶段.....	10
<b>4 水工结构专业需要设总协调的设计接口</b> .....	<b>11</b>
4.1 贮灰场.....	11
4.2 烟塔合一项目.....	12
4.3 海边电厂项目.....	12
4.4 防噪设计.....	13
<b>5 水工结构设计依据的规程规范</b> .....	<b>13</b>
5.1 设计依据的规范.....	13
5.2 应执行的强制性条文.....	15
<b>6 水工结构专业主要设计内容</b> .....	<b>25</b>
6.1 厂外取水建筑物设计.....	25
6.2 输水建筑物设计.....	31
6.3 净化站建筑物设计.....	33
6.4 厂外排水建筑物设计.....	34
6.5 贮灰场设计.....	36
6.6 灰渣输送系统设计.....	40
6.7 厂区内建筑物设计.....	42

6.8 厂区防洪防护建筑物设计 .....	45
6.9 水工建筑物地基处理设计 .....	54
7 设计和审查中常遇到的问题.....	59
8 控制工程造价的措施.....	59
9 选厂阶段水工结构的重点工作.....	62
9.1 本阶段需要的原始资料.....	62
9.2 贮灰场选择.....	63
10 国内外设计发展趋势.....	63

## 1 水工结构专业概述

### 1.1 水工结构专业概述

在火力发电厂设计中，水工结构专业的主要作用是为电厂水工工艺系统中需要的建（构）筑物进行结构设计以及进行电厂贮灰场的结构设计。但在电厂设计中水工结构专业有着重要的作用，这主要是因为：

第一，水工结构专业设计内容广泛，专业性强，涉及多个行业和领域，其中主要包括：工业及民用建筑、水利工程、港口工程、道路、桥梁、市政工程及特种结构和工程地质、水文气象等多专业。

第二，水工结构专业在电厂前期工作中担负着重要的工作，如电厂贮灰场的落实、取排水工程的可行性方案等，都是电厂前期工作中的重点，对项目的核准起着关键的作用。

第三：水工结构专业设计工作的外部条件复杂，工程量大、投资高

第四，随着近些年来电厂设计技术的不断创新（如：排烟冷却塔技术、特大型间接空冷塔设计技术、特大型核电冷却塔设计技术、由煤化工引起的危险废弃物填埋场及蒸发塘设计技术、冷却塔防噪设计等），将水工结构专业推到了科技进步的前沿，使得水工结构专业的设计范围进一步扩大，其作用也越显重要。

### 1.2 水工结构常用术语

基本雪压

雪荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上积雪自重的观测数据，经概率统计得出 50 年一遇最大值确定。

基本风压

风荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上 10m 高度处 10min 平均的风速观测数据，经概率统计得出 50 年一遇最大值确定的风速，再考虑相应的空气密度，按规范公式确定的风压。

重要构件

其自身失效将影响或危及承重结构体系整体工作的承重构件。

一般构件

其自身失效为孤立事件，不影响承重结构体系整体工作的承重构件。

海堤

为防御风暴潮水和波浪对防护区的危害而修筑的堤防工程。

#### 设计波浪

规划设计所采用的符合设计重现期要求的波浪，以各波浪要素值反映。

#### 波浪要素

波高、波长、周期及波向统称为波浪要素。

#### 取水头部

一般指地面取水工程的进水构筑物，包括进流装置、进水管、支承结构及必要的护围、导流等附属设施。不包括进水井和进水泵房。

#### 排水口

电厂直流式循环冷却水的排出口。

#### 地下连续墙

通过特殊手段在地下构筑连续墙体，常用于基坑支护、挡土、截水、防渗和提高地基承载力等。

#### 板桩墙

用板桩组成的挡土结构称为板桩墙。板桩可以是木材的、钢的或钢筋混凝土的，常用于基坑支护。

#### 土钉

土钉是一种原位加筋技术，是在土中敷设拉筋而使整体土工系统的力学性能得以改善的土工加固方法。

#### 盾构

盾构是近代开挖隧道最常用的方法之一。“盾构”系指具有保护条件及隧道施工功能的构造体。

#### 顶管

顶管是一种地下管道顶进施工方法，主要是采用液压千斤顶或具有顶进、牵引功能的设备，将管子按设计高程、方位、坡度逐根顶入土层直至接受目的点。

#### 沉井

对横断面为圆形、方形或矩形，顶底都敞开的井筒，在井筒内挖土，并靠井筒自重下沉后接长井筒，继续挖土和浇筑混凝土建成的基础工程。

#### 沉箱

用于水下的有底的箱状构筑物,使用时沉入水底,排尽箱中的水,人在里面工作或者用作建筑物的基础。

#### 土石坝

土石坝是将当地所能采掘到的粘土、砂、砾、石渣和石块,按最经济的原则分区填筑,使其形成稳定而能挡水的整体构筑物。

#### 水闸

水闸是一种控制水位和调节流量的低水头水工建筑物。具有挡水和泄水双重作用。在电厂取、排水工程中有应用。

#### 码头

码头是供船舶系靠停泊的建筑物。在此进行货物装卸、旅客上下或其它专业作业。

#### 防波堤

用来防御波浪的侵袭,维护港内水域平稳,同时还能拦阻泥沙减轻港内淤积的构筑物。从形状可分为斜坡式、直立式和混合式。

#### 堆石坝

主要由堆石组成的坝体称为堆石坝。通常认为石料占坝体 50%以上时,就称为堆石坝。

#### 冷却塔

冷却塔是一个散热装置,是一种利用水的蒸发吸热原理或空气流动中的热交换原理来散去工业产生的废热以保证系统的运行的装置,他能将冷却水的温度降下来。从冷却原理上分可分为湿冷却塔和空冷却塔,从通风动力上分可分为自然通风塔和机械通风塔,从通风方式上分可分为逆流塔和横流塔(关于冷却塔更详细的分类和基本概念请参阅《排烟冷却塔技术专题》)。

#### 贮灰场

燃煤电厂中用于存放电厂灰渣和脱硫石膏的场地。从灰渣形式上分可分为湿灰场和干灰场。

#### 排水竖井

贮灰场中用于排出灰水和洪水的垂直井式排水构筑物。

#### 排水斜槽

贮灰场中用于排出灰水和洪水的倾斜式槽形排水构筑物。

消力池

用于消减水流冲击能量的水池，常用于电厂排水口。

灰场管理站

用于存放灰场运行机械和保障灰场运行管理人员办公或临时居住的场所。

地基处理

当天然地基土的性质不能满足工程要求时，为提高地基土的强度、改善土的变形或渗透性质而对地基土加固改良的方法。

复合地基

天然地基土体经地基处理后得到增强、置换或在土体中设置加筋材料，由地基土体和加固体相互作用或共同承担荷载的人工地基。

桩基础

由设置于岩土体中的基桩和连接桩顶承台共同组成的基础。

湿陷性黄土

在一定压力下受水浸湿，土结构迅速破坏，并产生显著附加下沉的黄土。

自重湿陷性黄土

在上覆土的自重压力下受水浸湿，发生显著附加下沉的湿陷性黄土。

非自重湿陷性黄土

在上覆土的自重压力下受水浸湿，不发生显著附加下沉的湿陷性黄土。

永久性边坡

使用年限超过 2 年的边坡。

临时性边坡

使用年限不超过 2 年的边坡。

土工合成材料

土木工程中应用的土工织物、土工膜、土工复合材料和特种土工合成材料等高分子聚合物材料的总称。

## **2 专业设计范围及各阶段设计任务**

### **2.1 设计范围**

水工结构专业的设计范围包括：厂区内水工建筑物和厂区外水工建筑物。厂



区内水工建筑物按系统又分为：（1）循环水系统建筑物：含循环水（辅机循环水）泵房、冷却塔（冷却池）；（2）给排水系统建筑物：含综合给水泵房、综合排水泵房、雨水泵房等；（3）生活污水处理站内建筑物；（4）消防系统建筑物；（5）煤水处理系统建筑物；（6）厂区防排洪建筑物等。

厂区外水工建筑物可分为：取水建（构）筑物、排水建（构）筑物、输水建（构）筑物、净化站建（构）筑物、贮灰场、灰渣输送系统建（构）筑物等。

## 2.2 各阶段主要设计任务

（1）初步可行性研究阶段：初步落实建厂的外部条件，即水源及灰场的建设条件。

水源设计方案因工程所在位置的区域自然条件和取水量的不同而迥异，各方案的投资费用差异较大，有些工程还可考虑与码头、港池结合设计，或建设电厂专用水库，因而在选厂初期就要进行总体方案的规划和优化，提出推荐的水源设计方案，说明存在的主要问题及对下阶段工作的建议。

对应电厂厂址初步选择可供利用的贮灰场，初步明确灰场与各厂址间相对位置关系、用地规模，调查、了解灰场交通情况、土地类型、压覆矿产资源情况，提出优选的灰场场址。

（2）可行性研究阶段：落实建厂的外部条件，即水源及灰场的建设条件。

针对初步可行性研究阶段确定的水源设计方案，进一步落实取（排）水口建（构）筑物布置位置、结构型式，论证取（排）水设施的可行性，必要时应进行水工模型试验。当发电厂自建专用水库时，需编制水库或闸坝的可行性研究报告。初步选定输水管线走向，对管线跨越构筑物进行设计方案优化。初步拟定主要水工建筑物地基处理方案。

明确各厂址方案对应贮灰场的基本情况、贮灰方式，落实灰场用地类别、库容、拆迁、需要赔偿的情况、筑坝材料来源、运输状况等建设条件。了解当地灰渣及脱硫石膏综合利用情况，提出灰场用地面积、堆灰高度、库容及满足环保要求的工程措施等。

（3）初步设计阶段：对于厂区内水工建筑物，根据厂址自然条件及工艺要求，确定建筑物设计标准、设计荷载、结构型式、结构布置、主要结构特征尺寸及地基处理方案。

对于厂外取排水建（构）筑物，依据建筑物所处场地的自然条件及已有水利设施的情况，确定取排水建筑物设计标准、结构型式，相应于不同施工方式的结构设计方案、地基处理方案、防冲刷措施，防冰、防撞、拦沙结构设施及河道局部整治、堤防加固设计方案。

确定灰场的堆灰方式、级别、设计标准、分期建设方案、挡灰坝的坝型、灰场污染防治措施，优化排洪构筑物方案设计及运灰道路的布置，确定建筑物地基处理方案、库区内不良地质条件的处理措施，灰场辅助建筑物面积、运行机具等。

（4）施工图设计阶段：厂区内水工建筑物的主要设计任务为建筑物的建筑设计、结构设计、地基处理设计等。

厂区外水工建筑物依据工程所在位置的区域自然条件和取水量的不同，内容繁多，差异较大，主要设计任务可分为四类，即：强度设计、稳定性设计、地基处理设计和施工设计。

（a）强度设计是指建筑物自身结构的极限承载能力设计、抗裂设计和疲劳验算。

（b）稳定性设计是指建筑物的抗倾覆稳定、抗滑移稳定、抗漂浮稳定、抗冲刷稳定、渗流稳定、抗冰冻和耐久性设计。

（c）地基处理设计除包括为满足建筑物承载能力和变形要求而采取的地基处理方法设计外，还包括高边坡稳定、滑坡治理、防渗设计等内容。

（d）施工设计：水工建筑物多为临水建筑，其结构形式的选择与施工方法密切相关，当采用干地施工时，需要进行施工围堰、施工导流、筑岛等设计。采用带水施工时，需要进行水下浇筑混凝土、水下抛填、水面浮运、水下开挖等设计。此外对某些特殊结构尚需进行如沉井下沉、顶管顶推能力等项目的施工设计。

### **3 各阶段水工结构设计所需的基础资料**

水工设计应有完整、正确的基础资料，并与水文、气象、岩土、测量等专业密切配合，结合工程具体情况，按照不同设计阶段搜集资料。除上述技术资料外，各阶段水工设计尚应下列基础资料：

- （1）设计任务依据、阶段、范围及工程背景情况；
- （2）建厂地区的技术条件、生态平衡、经济环境等基本特性与要求；
- （3）电厂可能的供水系统与冷却方式，电厂的性质、类型与规模，机组型

式、单机容量与台数，电厂建设的综合计划进度等。

### 3.1 初步可行性研究阶段

初步可行性研究阶段主要通过收资与调研搜集影响建厂条件的基础资料，根据需要进行定性或定量分析，提出区域建厂的可能性。所需基础资料见表 3-1：

表 3-1 初步可行性研究阶段水工结构设计所需基础资料表

序号	项目	资料内容
1	水文资料	(1) 取水河段航运现状及规划、现有和规划的水利工程设施，河道的综合利用，河道整治及河流其它建筑物等情况； (2) 收集并初步调查分析取水河段的稳定性及取水条件，河势变化情况； (3) 频率为 1%的最高水位、潮位或内涝水位； (4) 冰情的年特征值； (5) 作为水源的水库设计标准及现实状况； (6) 滨海电厂沿岸海洋水文概况，最高潮位、海啸与风暴潮概况； (7) 潮位基面和各基面换算关系； (8) 厂区防洪排水流量或设计暴雨量计算公式； (9) 灰场汇水面积、洪峰流量、洪水总量或设计暴雨量。
2	气象资料	(1) 气象站（台）的概况与地区气候概况； (2) 极端最高、最低气温； (3) 多年最大、平均风速及其风向； (4) 多年平均、最大、最小降水量； (5) 历年最大及一般的土壤冻结深度，历年最大积雪及一般积雪深度。
3	地形测量	(1) 收集包括水源、取排水口、灰场位置的厂址地理位置图（1：10000 或 1：50000）； (2) 收集海图（1：25000 或 1：50000）； (3) 收集河床地形图或航道地形图（1：5000 或 1：10000）；
4	工程地质	(1) 有关区域地质、构造地质及工程地质条件的概略评述，拟建水工建筑物场地的稳定性和地基条件的评价； (2) 地区的地震基本烈度及近期地震活动资料； (3) 灰场工程地质特性、成库条件、场地断裂构造、压矿与压文物古迹的可能性，初步了解筑坝地段岩土性质及附近筑坝材料等情况； (4) 地区的一般建筑及水工建筑经验。
5	其它资料	(1) 电厂贮灰场的覆土造田，粉煤灰改造土壤以及采矿塌陷区、露天煤矿废矿坑充填的可能性与要求； (2) 地区环境对电厂水工专业的影响；

### 3.2 可行性研究阶段

可行性研究阶段应在初步可行性研究阶段的基础上进一步收集基础资料，对

其中关键性资料进行查勘、分析与计算，提出定量成果。可研阶段所需基础资料见表 3-2：

表 3-2 可行性研究阶段水工结构设计所需基础资料表

序号	项目	资料内容
1	水文资料	(1) 河流频率 1%与 0.1%的最高水位或防洪控制水位，多年逐月最高与平均水位，设计内涝水位； (2) 收集或实测有关河道地形图与河段纵横断面图； (3) 取水河段高、中、低水期平均的水面比降和最大相应平均流速； (4) 取水河段结冰厚度、流冰、冰絮、漂浮物等项调查； (5) 河流的现状与整治规划，防洪堤现状和标准； (6) 滨海与潮汐河口设计站历年波浪要素资料，取排水口及各工程点处强波向不同周期波高，波浪玫瑰图，波浪破碎带范围，累积频率 1%，重现期 50 年一遇的最大波高； (7) 航运部门对取排水口的要求及岸线规划文件； (8) 位于山区的厂区与灰场排洪不同频率的洪峰流量、洪水过程线和一次性洪水总量； (9) 岸滩灰场对河道泄洪的影响分析及设计洪水、水面线、流速； (10) 跨河建筑物河段的设计洪峰流量，相应的水位、水深、流速、自然冲刷深度； (11) 邻近灰场的铁路、公路和堤防等设施的现状及规划情况； (12) 水库或湖泊的水位、面积、容积的关系曲线。
2	气象资料	(1) 设计最大风速； (2) 逐年逐月最大、平均、最小蒸发量及年最大、最小蒸发量； (3) 年结冰日数及其始终期。
3	地形测量	(1) 范围包括厂区、水源地、取排水口和灰场的厂址地形图（1：10000 或 1：25000）； (2) 取排水口地段河道地形图（1：1000 或 1：2000）； (3) 取排水口地段海底及岸线地形图（1：2000）； (4) 地下水取水建筑物的地形图（1：10000 或 1：25000）； (5) 贮灰场地形图（1：2000 或 1：5000）。
4	工程地质	(1) 拟建取水建筑物地段的地质构造、河床及河岸稳定性和地层均匀性，有无较大的障碍物和不利的工程地质问题； (2) 建筑物地区岩土的主要物理力学性质指标，水下基岩和软土的等深线图； (3) 不良地质现象及其成因、危害程度和发展趋势及初步的防治措施； (4) 明确地震基本烈度，划分场地岩土类型和建筑场地类别，判定地基液化可能性； (5) 灰场范围内的工程地质特性，成库条件及坝址的稳定性与适宜性的工程地质基本评价； (6) 灰场水文地质条件及库区渗漏的可能性；

序号	项目	资料内容
		(7) 筑坝材料的来源、储量及其土质情况; (8) 灰场区域的压矿、小煤窑采空区、塌陷区、古洞穴及泥石流等情况。
5	其它资料	(1) 电厂排出的灰水、灰场渗水对外界的影响; (2) 若灰堤发生事故,大量灰水外流或灰场滑坡对外界的影响及可能造成的危害; (3) 灰场飞灰对周围环境的影响 (4) 建厂地区农作物、树木类别,每亩平均产量与价格,人均耕地亩数,房屋拆迁费用标准; (5) 扩建工程原水工设计文件,水工建筑物布置图。

### 3.3 初步设计阶段

初步设计阶段应在厂址审定的基础上进一步调查、收资、分析与计算,取得可靠的基础资料,对前阶段的成果数据加以充实与论证,全面准确地提供设计数据。对复杂地区应进行专门勘测,以弥补现有资料的不足。初步设计阶段所需基础资料见表 3-3:

表 3-3 初步设计阶段水工结构设计所需基础资料表

序号	项目	资料内容
1	水文资料	(1) 取排水口处频率 1%、0.1% 的最高设计水位,施工期间频率 5%、10% 的洪水位,频率 2% 的浪高,洪水涨落的最大水位变速,典型年中水位变化而产生的冻融交替次数。 (2) 频率 1% 最大流量,施工期间频率 5%、10% 的最大流量,取水口附近指定位置的最大流速、平均流速及垂线流速分布; (3) 河床推移质运动特性和河道漂浮物情况,河床的最大冲刷深度和最大淤积高度; (4) 流冰的堆积、冰坝、冰塞等情况,流冰最大体积及相应水位和最大流速; (5) 指定范围的最高潮位时,累积频率 1% 与 5% 的、重现期为 50a 一遇的最大波高及相应波长、周期,波浪破碎带的宽度,施工期的潮位计算; (6) 厂址排洪流量; (7) 山谷灰场设计洪水频率下的最大下泄流量、洪水总量、洪水过程线,平原灰场设计暴雨量,滩涂灰场设计暴雨最高水位、设计波高、设计流速、水面曲线及自然冲刷深度,灰场溃坝对附近农作物等的影响; (8) 管沟跨越河槽频率为 5%、1%、0.7% 的设计最高水位及与管桥方案相适应的设计流速,漂浮物类别、大小,跨河处的河道变迁,河床、岸边稳定性分析,河道自然冲刷深度。
2	气象资料	(1) 离地面 10m 高处,重现期为 50a 的 10min 平均最大风速,30a 一遇最低气温;

序号	项目	资料内容
		(2) 离地面 10m 高处, 重现期为 50a 的 10min 平均最大风速时相应的最低气温, 30a 一遇最低气温相应的 10min 平均风速; (3) 最近 10a 最多冻融交替循环次数; (4) 地区暴雨强度计算公式, 最大日降雨量及多年最大暴雨量和历时。
3	地形测量	(1) 取排水口地段地形图 (1: 500 或 1: 1000), 取水口河段河床横断面图; (2) 冷却池坝址地形图和冷却池进排水沟 (渠) 道地形图 (1: 500 或 1: 1000); (3) 灰坝、灰水回收泵房、排水设施、灰场管理站地形图 (1: 500 或 1: 1000); (4) 厂外补给水管线、除灰管线、运灰道路平断面地形图, 带状地形图 (1: 1000 或 1: 2000); (5) 厂外管线中途的中继泵房或渠道建 (构) 筑物地形图 (1: 500 或 1: 200)。
4	工程地质	(1) 水工建筑物地段各层地基土的物理力学指标, 岩基的岩型、产状、风化程度、夹层情况、节理和裂隙的分布、填充物的性质及岩石的主要物理力学指标; (2) 地下水类型及埋藏条件, 地下水位及与河水的补给关系, 地基土的最大冻深及冻胀性能; (3) 建筑物地段工程地质条件, 不良地质现象及其范围、危害程度及处理建议; (4) 建筑物范围内的地质钻孔资料; (5) 筑坝材料产地、储量及其主要物理力学指标; (6) 在地震烈度等于或大于 7 度地区, 应对坝体进行液化可能性评价, 并进行静动力特性试验, 提供静动力分析所需的计算参数。
5	其它资料	(1) 水工新设备、新技术、新材料的有关资料; (2) 取水构筑物与水泵房特殊施工方法的资料。

### 3.4 施工图设计阶段

施工图设计阶段应按照施工设计要求进行工作, 其所需基础资料见表 3-4:

表 3-4 施工图设计阶段水工结构设计所需基础资料表

序号	项目	资料内容
1	水文资料	(1) 施工围堰设计洪水、设计流速以及选择施工时期所需的水文气象资料; (2) 灰场位置变动或新增灰场, 灰场排水路径的建议, 灰管跨越河槽的冲刷计算, 洪水数据和查勘工作; (3) 因水文条件发生特殊变化, 应进行修改或补充项目, 对影响安全的特别重大问题, 进行深入的补充工作。
2	工程地质	(1) 水工建筑物范围内沿主要建筑物轴线的地质纵、横剖面图;

序号	项目	资料内容
		(2) 各地层岩、土的物理力学指标, 软弱地基应有详细的关于计算地基变形所需的资料; (3) 建筑物基础底面与地基土或岩石的摩擦系数; (4) 建筑物地区的冻深资料, 地下水位、特征及对混凝土的侵蚀性, 是否属湿陷性黄土或胀缩性土地区及其处理措施建议; (5) 计算河床可能最大冲刷深度的资料, 塌岸区和渗漏区的范围预测资料; (6) 地震烈度大于或等于 7 度时判定地基液化和震陷可能性资料; (7) 采用明挖施工时判定基坑边坡的稳定性, 允许开挖边坡值, 地下水对施工可能产生的不利影响; (8) 采用沉井、沉箱、地下连续墙、顶管、盾构等方法施工时, 着重了解地层的均匀性, 查明地基内有无较大障碍物和有害气体; (9) 采用人工地基时, 着重了解地基土层特性和地基处理所需物理力学性质。
5	其它资料	(1) 联合供水时电厂供水管、沟、明渠的连接位置, 连接形式, 连接点的沟渠断面、坡降和标高关系; (2) 水工建筑物施工与安装单位及其技术水平装备情况; (3) 建筑材料和当地土、石料的性能、规格及其交通运输条件; (4) 水工建筑物施工对周围建筑物的影响; (5) 有关单位对电厂现有水工设计、施工、运行与维修的意见和建议。

## 4 水工结构专业需要设总协调的设计接口

### 4.1 贮灰场

贮灰场的设计贯穿整个设计阶段, 是电厂厂外的重要单项工程。从灰场的设计过程来看, 需要设总协调的接口有以下几方面:

- (1) 随着国内燃煤电厂的增多, 以及环保要求的日益提高, 灰场选择难度越来越大, 在初选灰场阶段, 需要设总召集水工、环保、勘测专业及建设单位共同策划研究, 寻找几个合乎各项法规要求的灰场场址, 供水结专业进行优化工作。避免方案颠覆。
- (2) 灰场的各设计阶段所需要的基础资料深度不同, 基础资料主要来源于勘测三个专业: 测量、水文和岩土。多数资料需要在野外(现场)取得, 需要消耗大量的人力和物力, 时间也相对较长, 需要设总与勘测部门及业主进行协商, 使基础资料满足设计的精度和总体进度。
- (3) 灰场设计需要得到当地政府有关部门的认可, 如规划部门、交通部门、国

土局等等，并取得一定的许可文件，如土地使用证、区域发展规划等。灰场广义范围内敏感点（村庄、名胜古迹、泉域保护区、林区、通讯设施、矿产资源、军事保护区等等）的确认及有关取文等都需要设总进行协调管理。

- (4) 当灰场的运灰道路较长，需要穿越公路、铁路、村庄等复杂地面设施时，设计配合工作量较大且涉及当地有关部门的管辖范围时，希望设总与业主沟通协商，将道路设计外委给当地有资质的设计单位。

#### 4.2 烟塔合一项目

烟塔合一属于科技创新项目，烟塔合一方案与常规烟囱方案在总平面布置上有较大差异。通常情况下，在工程前期及投标阶段，业主要求对两方案进行技术经济比较，这往往涉及的专业较多，主要有总图、环保、热机、土建、技经、水工工艺和水工结构等，由水工结构汇总。总图专业根据各专业的提资进行两个方案的总体布置；热机专业进行两种烟气脱硫系统的布置；土建专业确定烟囱的防腐形式及防腐方案；环保专业根据烟气排放方式的不同、周围环境以及允许排放指标，从本专业角度进行两方案比较；水工工艺专业确定两方案冷却塔的外形尺寸、烟气出口流速和温度、循环水系统的布置；技经专业提供单项的工程造价；水工结构专业确定冷却塔的投资、烟塔防腐方案、玻璃钢烟道设计，并根据各专业的方案及工程量，综合确定两方案的总投资，从多方面进行两方案的比较。方案比较工作量大，涉及专业多，应由设总进行统一协调布置。

#### 4.3 海边电厂项目

对海边电厂项目来说，围海造陆工程、取水工程、排水工程等都是电厂的重要单项工程，影响电厂的总布置和工程总投资。在该类项目中需要设总协调的工作有以下几方面：

(1) 协调与当地海洋部门的联系配合，收集基础资料，了解海洋功能区划和发展规划，使电厂项目符合当地的用海要求；

(2) 协调配合业主进行海洋征地、海域使用论证、海洋环评等相关工作，推动相应的数学、物理模型试验，为前期水工设计创造外部条件；

(3) 围海造陆工程往往涉及总图、水工工艺、输煤、勘测等多个专业。需要设总协调各专业，根据外部条件确定取排水型式、总平面布置、厂区回填方案等基



本原则，为前期水工设计创造内部条件。

#### 4.4 防噪设计

随着环保要求的不断提高，城市或居民区附近的电厂降噪要求越来越严格，近期我院设计的发电工程中，部分机力冷却塔采取了降噪措施，降噪设计主要由外委公司完成。为了提高我院的降噪水平，院里制定了降噪的分工。主要内容是：

(1) 环保专业向水工结构及水工工艺提出冷却塔降噪的要求及总体方案。

(2) 水工工艺专业根据环保专业资料向水工结构专业提出冷却塔对降噪方案的具体要求，如隔音墙距塔的最小距离，隔音墙的高度限制等，并分析、评价防噪装置对冷却塔冷却效果的影响。

(3) 水工结构专业根据前述资料向环保、总图提出降噪方案的平剖面布置。向技经专业提出降噪方案工程量资料，对防噪装置的防噪效果进行分析和预测。

(4) 总图专业根据前述资料向各相关专业提出包含冷却塔降噪方案的总平面布置图（当隔音设施与冷却塔分开布置时）

请设总对降噪工程进行有力的协调。

### 5 水工结构设计依据的规程规范

#### 5.1 设计依据的规范

水工结构设计依据的规程规范数量繁多，按其涉及的工程类别可分为以下几大类：

##### 5.1.1 建筑物的结构设计

该部分与土建结构设计所依据的规范相同，为工业及民用建筑工程类的设计规范。主要包括：

《建筑结构可靠度设计统一标准》	GB50068—2001
《建筑结构荷载规范》（2006 年版）	GB50009—2001
《砌体结构设计规范》	GB50003—2011
《混凝土结构设计规范》	GB50010—2010
《钢结构设计规范》	GB50017—2003
《建筑抗震设计规范》（2008 年版）	GB50011—2001
《构筑物抗震设计规范》	GB50191—93
《建筑工程抗震设防分类标准》	GB50223—2008

### 5.1.2 建筑物基础设计

基础设计过程中应依据建筑地基基础及地基处理类工程的设计规范，主要包括：

《建筑地基基础设计规范》	GB50007—2002
《建筑桩基技术规范》	JGJ 94—2008
《建筑地基处理技术规范》	JGJ 79—2002
《湿陷性黄土地区建筑规范》	GB50025—2004

### 5.1.3 内陆地区涉水建筑物及贮灰场设计

江、河、湖、水库岸边及河道附近建筑物，防排洪建筑物和贮灰场设计应依据水利工程类的设计规范，主要包括：

《水工建筑物荷载设计规范》	DL 5077—1997
《水工建筑物抗震设计规范》	DL 5073—2000
《水工混凝土结构设计规范》	DL/T 5057—1996
《堤防工程设计规范》	GB 50286—98
《防洪标准》	GB 50201—94
《水工隧洞设计规范》	SL 279—2002
《碾压式土石坝设计规范》	SL 274—2001
《火力发电厂灰渣筑坝设计技术规定》	DL/T 5045—95

### 5.1.4 海边建筑物设计

位于海边的建筑物设计，除应依据工民建类设计规范外还应满足港口工程类的设计规范要求，主要包括：

《海港水文规范》	JTJ 213—98
《海堤工程设计规范》	SL 435—2008
《港口工程荷载规范》	JTJ 215—98
《防波堤设计与施工规范》	JTJ 298—98
《水运工程抗震设计规范》	JTJ 225—98
《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》	JTJ 275—2000

### 5.1.5 道路桥梁的设计

运灰道路、厂外水管线检修道路等设计应依据公路工程类的设计规范，主要

包括:

《厂矿道路设计规范》	GBJ 22—87
《公路路线设计规范》	JTG D20—2006
《公路路基设计规范》	JTG D30—2004
《公路水泥混凝土路面设计规范》	JTG D40—2002
《公路桥涵设计通用规范》	JTG D60—2004
《公路桥涵地基与基础设计规范》	JTG D60—2007

#### 5.1.6 电力行业标准

火力发电厂水工建筑物设计还应满足电力行业有关设计标准, 主要包括:

《大中型火力发电厂设计规范》	GB 50660—2011
《火力发电厂初步可行性研究报告内容深度规定》	DL/T 5374—2008
《火力发电厂可行性研究报告内容深度规定》	DL/T 5375—2008
《火力发电厂初步设计文件内容深度规定》	DL/T 5427—2009
《火力发电厂水工设计规范》	DL/T 5339—2006
《工业循环水冷却设计规范》	GB/T 50102—2003

#### 5.2 应执行的强制性条文

各规范中的强制性条文均采用黑体字表示或在条文中用下划线表示, 现对相关规范中与水工结构设计有关的主要强制性条文归纳如下:

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
1	大中型火力发电厂设计规范	3.0.14 条	防治污染的工程设施必须和主体工程同时设计、同时施工、同时投产。 当地方能落实灰渣综合利用条件时, 在发电厂设计中应创造条件予以配合。	新规范中已没有强制性条文, 内容中的条文仍
		3.0.15 条	发电厂的抗震设计必须贯彻预防为主方针, 对于按规定需要设防的发电厂, 其工艺和土建设计必须按照有关抗震设计规范的要求, 采取有效的抗震和减少震害的措施	
		4.0.5 条	对位于滨海的发电厂, 其防洪堤(或防浪堤)的堤顶标高应按表 4.0.5 防洪标准的要求加重现期 50 年累积频率 1% 的浪爬高和 0.5m 的安全超高确定。对位于江、河、湖旁的发电厂, 其防浪堤的堤顶标高应高于频率为 1% 的高水位 0.5m; 当受风、浪、潮影响较大时, 尚应再加重现期为 50 年的浪爬高。防浪堤的设计尚应证得当地水利部	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注															
			门的同意。 位于山区的发电厂，应考虑防山洪和排山洪的措施，防排设施应按频率为 1%的山洪设计。 围堤或防排洪设施宜在初期工程中按规划的规模一次建成。	是老规程中的															
		4.0.9 条	选择发电厂厂址时，其供水水源必须落实可靠，并应考虑水利、水电规划对税源变化的影响。 当采用江、河水作为供水水源时，其取水口位置必须选择在河床全年均稳定的地段，且应避免泥沙、草木、冰凌、漂流杂物、排水回流等的影响，必要时应进行模型试验。																
		14.3.5 条	地表水岸边水泵房±0.00m 层标高应是频率为 1%洪水水位加频率为 2%的浪高再加超高 0.5m，并应有防止浪爬高的措施。 当山区河流频率为 1%与频率为 0.1%的洪水水位相差很大时，应参照厂址标高对水泵房±0.00m 层标高经分析论证后确定。																
		14.8.14 条	山谷型干灰场上游当采用拦洪坝时，应通过水文计算和优化确定调蓄库容、坝高和排水设施。拦洪坝的设计标准可参照表 14.8.11 执行，但以上游洪水库容来控制。 下游堆石棱体高度根据灰场的地形确定，并应不小于 3m。																
		14.8.16 条	在地震基本烈度为 7 度及以上的地区修筑灰坝时，应根据地基条件采取相应的防止坝体及地基液化的措施。																
		16.1.8 条	结构设计必须在承载力、稳定、变形和耐久性等 方面满足生产使用要求，同时尚应考虑施工条件。																
		18.4.1 条	灰渣严禁排入江、河、湖、海等水域。																
2	建筑结构可靠度设计统一标准	1.0.5 条	<div>结构的设计使用年限应按下表采用。</div> <table><tr><th>类别</th><th>设计使用年限（年）</th><th>示例</th></tr><tr><td>1</td><td>5</td><td>临时性结构</td></tr><tr><td>2</td><td>25</td><td>易于替换的结构构件</td></tr><tr><td>3</td><td>50</td><td>普通房屋和构筑物</td></tr><tr><td>4</td><td>100</td><td>纪念性建筑和特别重要</td></tr></table>	类别	设计使用年限（年）	示例	1	5	临时性结构	2	25	易于替换的结构构件	3	50	普通房屋和构筑物	4	100	纪念性建筑和特别重要	原文
类别	设计使用年限（年）	示例																	
1	5	临时性结构																	
2	25	易于替换的结构构件																	
3	50	普通房屋和构筑物																	
4	100	纪念性建筑和特别重要																	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容			备注
			的建筑物结构			
		1.0.8 条	建筑结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等）的严重性，采用不同的安全等级。建筑结构安全等级的划分应符合下表的要求			
			安全等级	破坏后果	建筑物类型	
			一级	很严重	重要的房屋	
			二级	严重	一般的房屋	
		三级	不严重	次要的房屋		
3	建筑结构荷载规范	1.0.5 条	本规范采用的设计基准期为 50 年。			原 条 文
		3.1.2 条	建筑结构设计时，对不同荷载应采用不同的代表值。			
		6.1.2 条	基本雪压应按 50 年一遇的雪压采用。对雪荷载敏感的结构，基本雪压应适当提高，并应由有关的结构设计规范具体规定。			
		7.1.2 条	基本风压应按 50 年一遇的风压采用，但不得小于 0.3kN/m <sup>2</sup> 。对于高层建筑、高耸结构以及对风荷载比较敏感的其他结构，基本风压应适当提高，并应由有关的结构设计规范具体规定。			
4	砌体结构设计规范	3.1.1	对块体和砂浆的强度等级采用的规定			条 文 涉 及 的 主 要 内 容
		3.2.1	对各类砌体抗压强度设计值取用的规定			
		3.2.2	对各类砌体的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值取用的规定			
		3.2.3	对各类砌体强度设计值调整系数的规定			
		5.1.1	对受压构件承载力计算公式的规定			
		5.2.4 、 5.2.5	对梁端支承处及梁端设有刚性垫块的砌体的局部受压承载力计算公式的规定			
		6.1.1	对墙、柱高厚比的规定			
		6.2.1 、 6.2.2	对特定部位墙、柱所用材料的最低强度等级的规定			
		6.2.10 、 6.2.11	对墙体砌筑的构造要求			
		7.1.2 、 7.1.3	对圈梁的设置要求			
		7.3.2 、 7.3.12	对墙梁的设计规定			

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
		7.4.1	对钢筋混凝土挑梁的规定	
		9.2.2	对轴心受压配筋砌体剪力墙、柱的正截面受压承载力计算公式的规定	
		10.4.11	对配筋砌体剪力墙分布钢筋设置的规定	
5	混凝土结构设计规范	3.1.7	设计应明确结构的用途。在设计使用年限内未经技术鉴定或设计许可，不得改变结构的用途和使用环境	原条文
		3.3.2	对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表达时，结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式……	条文规定的主要内容
		4.1.3 、 4.1.4	对混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度标准值和设计值采用的规定	
		4.2.2 、 4.2.3	对钢筋抗拉、抗压强度标准值和设计值采用的规定	
		8.5.1	对钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋最小配筋率的规定	
		10.1.1	预应力混凝土结构构件，除应根据设计状况进行承载力计算及正常使用极限状态验算外，尚应对施工阶段进行验算。	
		11.1.3	对房屋建筑混凝土结构构件的抗震设计规定	
		11.2.3	对需要进行抗震验算构件的规定	
		11.3.1	对框架梁正截面抗震受弯承载力计算的规定	
		11.3.6	对框架梁钢筋配置的规定	
		11.4.12	对框架柱、框支柱钢筋配置的规定	
		11.7.14	对剪力墙钢筋配置的规定	
6	建筑抗震设计规范	3.1.1	所有建筑应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》确定其抗震设防类别	原条文
		3.1.3	各类抗震设防类别建筑的抗震设防标准，均应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》的要求	
		3.3.1	选择建筑场地时，应根据工程需要，掌握地震活动情况、工程地质和地震地质的有关资料，对抗震有利、不利和危险地段作出综合评价。对不利地段应提出避开要求；当无法避开时应采取有效措施。对危险地段，严禁建造甲、乙类的建筑，不应建造丙类的建筑。	
		3.3.2	建筑场地为 I 类时，甲、乙类建筑应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施，丙类建筑应允许按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施，但抗震设防烈度为 6 度时仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
		3.4.1	建筑设计应符合抗震概念设计的要求，不规则的建筑方案应按规定采取加强措施；特别不规则的建筑方案应进行专门研究和论证，采取特别的加强措施；不应采用严重不规则的建筑方案。	
		3.4.1	对结构体系的要求	内容
		3.7.1	非结构构件，包括建筑非结构构件和建筑附属机电设备，自身及其与结构主体的连接，应进行抗震设计。	原条文
		3.7.4	框架结构的围护墙和隔墙，应考虑其设置对结构抗震的不利影响，避免不合理设置而导致主体结构的破坏。	
		3.9.1~2	对结构材料性能指标的规定	条文规定的
		3.9.4	对钢筋代换原则的规定	
		3.9.6	对砖抗震墙的施工要求	
		4.1.8	对建造在不利地段的建筑物，应乘以地震影响增大系数	主要内容
		4.1.9	场地岩土工程勘察，应根据实际需要划分对建筑有利、不利和危险地段，提供建筑的场地类别和岩土地震稳定性（如滑坡、崩塌、液化和震陷）评价，对需要采用时程分析法补充计算的建筑，尚应根据设计要求提供土层剖面、场地覆盖层厚度和有关的动力参数	原条文
		4.2.2	天然地基基础抗震验算时，应采用地震作用效应标准组合，且地基抗震承载力应取地基承载力特征值乘以地基抗震承载力调整系数计算。	原条文
		4.3.2	存在饱和砂土和饱和粉土（不含黄土）的地基，除6度设防外，应进行液化判别，存在液化土层的地基，应根据建筑的抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况采取相应的措施	原条文
		4.4.5	液化土中桩的配筋范围，应自桩顶至液化深度以下符合全部消除液化沉陷所要求的深度，其纵向钢筋应与桩顶相同，箍筋应加密。	原条文
		5.1.1	各类建筑结构地震作用应符合的规定	主要内容
		5.1.3	可变荷载组合值系数取值规定	
		5.1.4	建筑结构的地震影响系数的取值规定	
		5.1.6	抗震验算应符合的规定	
		5.2.6	水平地震剪力的计算规定	
		5.4.1	地震作用效应和其他荷载效应基本组合的规定	原条文
		5.4.3	当仅计算竖向地震作用时，各类结构构件的承载	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
			力抗震调整系数均采用 1.0 。	文
		6.1.2	钢筋混凝土房屋应根据烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求，丙类建筑的抗震等级应按表 6.1.2 确定。	
		6.3.3	梁的钢筋配置要求	条 文 规 定 的 主 要 内 容
		6.3.8	柱的钢筋配置要求	
		6.4.3	抗震墙分布钢筋的配置要求	
		7.1.2	对房屋层数和高度的规定	
		7.1.8	底部框架-抗震墙房屋的结构布置要求	
		7.2.4	底部框架-抗震墙房屋地震作用调整的规定	
		7.3.1	对粘土砖房构造柱设置的规定	
		7.3.3	对现浇钢筋混凝土圈梁设置的要求	
		7.3.5	对楼、屋盖的要求	
		7.3.6	对屋架与墙、柱连接的规定	
		7.3.8	对楼梯间的设计规定	
		7.4.4	对现浇钢筋混凝土圈梁构造的要求	
		7.5.3	底部框架-抗震墙房屋的楼盖要求	
		7.5.3	底部框架-抗震墙房屋的钢筋混凝土托墙梁截面和构造要求。	
		8.1.3	钢结构房屋应根据烈度、结构类型和房屋高度采用不同的地震作用调整系数，并采取不同的抗震构造措施。	原 条 文
		8.3.1	对钢框架柱长细比的规定。	内 容
		8.3.6	梁与柱刚性连接时，柱与梁翼缘上下各 500mm 的节点范围内，柱翼缘与柱腹板间或箱形柱壁板间的连接焊缝，应采用坡口全熔透焊缝。	原 条 文
		8.5.1	偏心支撑框架消能梁段钢材屈服强度不应大于 345MPa，消能梁段及与消能梁段同一跨内的非消能梁段，其板件的宽厚比不应大于表 8.5.1 规定的限值。	
		10.1.3	单层空旷房屋不应采用砖柱的规定。	内 容
		10.2.5	8 度和 9 度时，高大山墙的壁柱应进行平面外的截面抗震验算。	原 文
		10.3.3	对前厅与大厅、大厅与舞台间轴线上横墙的要求。	内 容
		12.1.2	建筑结构的隔震设计和消能减震设计，应根据建筑抗震设防类别、抗震设防烈度、场地条件、建筑结构方案和建筑使用要求，与采用抗震设计的设计方案进行技术、经济可行性的对比分析后，	原 条 文



序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
			确定其设计方案。	主要内容
		12.1.5	对隔震和减震部件的要求。	
		12.2.1	对隔震设计的要求	
		12.2.9	对隔震层以下结构抗震验算的规定。	
		3.0.2	建筑应根据其使用功能的重要性分为甲类、乙类、丙类、丁类四个抗震设防类别。 甲类建筑应属于重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑，乙类建筑应属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑，丙类建筑应属于除甲、乙、丁类以外的一般建筑，丁类建筑应属于抗震次要建筑。	规定的主要内容
7	建筑工程抗震设防分类标准	3.0.3	各类抗震设防类别建筑的抗震设防标准：1、甲类建筑，地震作用高于本地区的要求，抗震措施，6~8度地区提高1度，9度地区高于9度。 2、乙类建筑，地震作用同本地区的要求，抗震措施，6~8度地区提高1度，9度地区高于9度。 3、丙类建筑，地震作用和抗震措施均同本地区烈度。 4、丁类建筑，地震作用同本地区烈度，抗震措施可降低，6度区不降低。	原文
		3.0.2	对地基基础设计中应计算内容的规定	
8	建筑地基基础设计规范	3.0.4	对地基基础设计时所采用的荷载效应最不利组合与相应抗力限值的规定	条文的主要内容
		5.1.3	对高层建筑箱形和筏形基础埋置深度的规定	
		5.3.1	建筑物的地基变形计算值不应大于允许值	
		5.3.4	对建筑物地基变形允许值的规定	原文
		5.3.10	对同一基础上多栋建筑基础变形计算方法的要求	条文规定的主要内容
		6.1.1	对山区地基设计时应考虑因素的规定	
		6.3.1	对压实填土的要求	
		6.4.1	对滑坡地段的治理规定	
		7.2.7、7.2.8	对复合地基及特殊土地基的设计要求，对复合地基承载力特征值取值的规定	
		8.2.7	对扩展基础的计算规定	
		8.4.5、8.4.7、	对筏基厚度的规定	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
		8.4.9		
		8.4.13	对筏基基础梁的计算规定	
		8.5.9	对桩身混凝土强度的规定	
		8.5.10	对应进行沉降验算的桩基规定	
		8.5.18、 8.5.19	对承台的计算规定	
		9.1.3	对基坑开挖与支护设计内容的规定	
		9.1.6	对基坑开挖的要求	
		9.2.8	对支护结构的要求	
		10.1.1	对基坑开挖后验槽的规定	
		10.1.6	对人工挖孔桩的检验规定	
		10.1.8	对桩基的检验规定	
		10.2.9	对施工及使用期间变形观测的规定	
		3.1.3	对桩基承载力计算和稳定验算的规定	
9	建筑桩基技术规范	3.1.4	对桩基沉降计算的规定	条文规定的 主要内容
		5.2.1	桩基竖向承载力计算的规定	
		5.4.2	对应计算桩侧负摩阻力的桩基计算规定	
		5.5.1	建筑桩基沉降变形计算值不应大于桩基沉降变形允许值	
		5.5.4	对建筑桩基沉降变形允许值的规定	原条文
		5.9.6	对桩基承台厚度的规定	条文规定的 主要内容
		5.9.9	对柱下桩基承台计算的规定	
		5.9.15	对柱下桩基承台混凝土强度等级的规定	
		8.1.5	对基坑开挖的要求	
		8.1.9	对基坑回填的要求	原文
		9.4.2	工程桩应进行承载力和桩身质量检验	
10	建筑地基处理技术规范	3.0.5	按地基变形设计或应作变形验算且需进行地基处理的建筑物或构筑物，应对处理后的地基进行变形验算	原条文
		3.0.6	受较大水平荷载或位于斜坡上的建筑物及构筑物，当建造在处理后的地基上时，应进行地基稳定性验算	
		4.4.2	垫层的施工质量检验必须分层进行。应在每层的压实系数符合设计要求后铺填上层土	
		5.4.2	对预压法竣工验收检验的规定	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
		6.1.2	强夯置换法在设计前必须通过现场试验确定其适用性和处理效果	原文
		6.3.5	当强夯施工所产生的振动对邻近建筑物或设备会产生有害影响时，应设置监测点，并采取挖隔振沟等隔振或防振措施	原条文
		6.4.3	对强夯处理后的地基竣工验收方法的规定	
		7.4.4	对振冲处理后的地基竣工验收方法的规定	
		8.4.4	对砂石桩地基竣工验收方法的规定	条文规定的 主要内容
		9.4.2	对水泥粉煤灰碎石桩地基竣工验收方法的规定	
		10.4.2	对夯实水泥土桩地基竣工验收方法的规定	
		11.1.2	对水泥土搅拌法地基处理适用性的规定	
		11.3.15	对水泥土搅拌法施工机械的规定	
		11.4.3	对水泥土搅拌桩地基竣工验收方法的规定	
		12.4.5	对旋喷桩地基竣工验收方法的规定	
		13.3.9	石灰桩施工时应采取防止冲孔伤人的有效措施，确保施工人员的安全	
		13.4.3	对石灰桩地基竣工验收方法的规定	原条文
		14.4.3	对灰土剂密桩和土剂密桩地基竣工验收方法的规定	条文规定的 主要内容
		15.4.3	对柱锤冲扩桩地基竣工验收方法的规定	
		16.4.2	对单液硅化法处理后的地基竣工验收方法的规定	
		4.1.1	对湿陷性黄土场地岩土工程勘察工作内容的规定	
11	湿陷性黄土地区建筑规范	4.1.7	对土样取样的规定	条文规定的 主要内容
		5.7.2	对湿陷性黄土场地桩基的规定	
		6.1.1	对各类建筑物地基处理的要求	
		8.1.1	对湿陷性黄土场地施工排水的规定	
		8.1.5	对相邻建筑物施工的要求	
		8.2.1	建筑场地的防洪工程应提前施工，并应在汛期前完成	原条文
		8.3.1(1)	当基坑或基槽挖致设计深度或标高时，应进行验槽	
		8.3.2(1)	深基坑的开挖与支护，必须进行勘察与设计	
		8.4.5	当发现地基浸水湿陷和建筑物产生裂缝时，应暂时停止施工，切断有关水源，查明浸水的原因和范围，对建筑物的沉降和裂缝加强观测，并绘图记录，经处理后方可继续施工。	
		8.5.5	管道和水池等施工完毕，必须进行水压试验。	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
		9.1.1	在使用期间,对建筑物和管道应经常进行维护和检修,并应确保所有防水措施发挥有效作用,防止建筑物和管道的地基浸水湿陷。	
		2.0.5	水工隧洞的围岩分类,岩洞应按《水利水电工程地质勘察规范》的规定执行,土洞应按《土工试验规程》的规定执行	
12	水工隧洞设计规范	3.2.9(1)	消能防冲建筑物的洪水标准按 SL252-2000 执行	原 条 文
		3.3.3	对泄洪与发电共用一条主洞的布置规定	
		4.1.2	对有压隧洞流态的规定	条 文 规 定 的 主 要 内 容
		4.1.3	对高流速、低流速、无压泄水隧洞流态的规定	
		5.2.1	对高流速水工隧洞防空蚀的体形规定	
		6.5.1	对不衬砌长隧洞开挖的规定	
		6.6.2	对高压钢筋混凝土岔管围岩条件的规定	
		6.6.6	对高压钢筋混凝土岔管混凝土强度、固结灌浆、回填灌浆的规定	
		6.7.4	对衬砌的施工缝的规定	
		6.8.5	对封堵体灌浆的规定	
		8.2.3	对土洞衬砌纵向施工缝的规定	
		9.1.1	对混凝土衬砌灌浆的规定	
		9.1.9	对封堵体顶部及周边灌浆的规定	
		见 4 栏	4.1.5(1~3), 4.1.10, 4.1.15(1~4) 主要对防渗料、反滤料、过渡料、排水体材料性质、粒径的规定	
13	碾压式土石坝设计规范	见 4 栏	4.2.3(1), 4.2.5(1、2), 4.2.6(1、2) 对粘性土、砂砾石、堆石填筑标准的规定	共 3 条
		5.3.6	坝顶应预留竣工后沉降超高	共 3 条
		5.6.2	土质防渗体与坝体和坝基透水层之间以及下游渗流出逸处,如不满足反滤要求,均必须设置反滤层。	原 条 文
		5.7.2(1、2)	对坝体排水的要求	
		5.8.1	对坝面护坡材料的要求	条 文 规 定 的 主 要 内 容
		见 4 栏	5.9.1, 5.9.2 对坝面排水的要求	
		6.1.1	对坝基处理的规定	
		6.1.2(1~9)	对需要处理的坝基下不良地质条件的规定	
		7.1.2	坝体与土质坝基、岸坡连接的规定	

序号	规程规范名称	强制性条文编号	主要内容	备注
		7.1.3 (1、2)	坝体与岩石坝基和岸坡连接的规定	容
		7.1.4	对防渗体连接岸坡开挖的规定	
		7.2.1	坝体与溢洪道、涵管等建筑物连接的规定	
		见 4 栏	8.3.10, 8.3.11, 8.3.12 对不同计算方法时, 坝坡抗滑稳定安全系数的规定	
		6.6.1	公路建筑界限的定义	
14	公路路线设计规范	6.6.2	各级公路建筑界限的规定	条 文 规 定 的 主 要 内 容
		6.7.2	公路用地范围的规定	
		7.9.1	各级公路每条车道停车视距的规定	
		12.2.6	铁路上跨公路时的设计规定	
		3.0.6	对水泥混凝土弯拉强的的规定	
15	公路水泥混凝土路面设计规范			主 要 内 容

## 6 水工结构专业主要设计内容

### 6.1 厂外取水建筑物设计

#### 6.1.1 海边取水建筑物

海边取水建筑物的形式较多, 应根据海岸的类型、泥沙运动特点、海岸的地形地质情况, 选择合理的取水方式。当海岸坡度较陡, 满足取水深度要求时, 可将水泵房直接建在岸边, 泵房可采用地连墙、沉井等形式; 当海岸坡度较缓, 不能满足取水深度要求时, 可在泵房前采取引水措施, 如引潮沟、顶管、盾构等方式。

##### 6.1.1.1 地连墙

地下连续墙是利用各种挖槽机械, 借助于泥浆护壁的作用在设计地面挖出窄且深的沟槽, 在其内部浇注适当的材料而形成的一道具有防渗(水)、挡土和承重功能的连续的地下墙体。

地下连续墙被广泛的运用于各种基础工程中。由于地连墙墙体刚度大、承载力高、防渗性能好, 可用于逆做法施工, 并且适用于各种地基条件, 施工范围小、

投资效益高等优点，已经并且正在代替现在的许多传统的施工方法，运用于各种基础工程的很多方面。

在地连墙被引入我国的初级阶段，基本上都是用于作防渗墙或作临时挡土墙，通过这几年的发展，运用了好多新技术、新方法新设备、新材料，地下连续墙现在已经被越来越多的用于作为结构的一部分或用作主体结构

我院采用地连墙技术的工程很多，例如：秦皇岛电厂的取水泵房和护岸；岱海电厂的取水泵房和护岸；黄骅电厂的取水泵房；北疆电厂的循环水泵房和雨水泵房等等，这些工程大部分是将地下连续墙作为永久结构的一部分，而施工期地下连续墙作为基坑支护结构使用。

#### 6.1.1.2 沉井

沉井基础是以沉井法施工的地下结构物和深基础的一种型式。是先在地表制作成一个井筒状的结构物（沉井），然后在井壁的围护下通过从井内不断挖土，使沉井在自重作用下逐渐下沉，达到预定设计标高后，再进行封底，构筑内部结构。沉井主要应用在电厂的取水泵房、深井构筑物 and 盾构或顶管的工作井。

沉井按平面形状分为圆形沉井、矩形沉井、圆端形沉井；按沉井的建筑材料分为混凝土沉井、钢筋混凝土沉井和钢沉井。

沉井基础的特点

##### (1) 优点

①埋置深度可以很大，整体性强、稳定性好，有较大的承载面积，能承受较大的垂直荷载和水平荷载；②沉井既是基础，又是施工时的挡土和挡水结构物，下沉过程中无需设置坑壁支撑或板桩围壁，简化了施工 ③沉井施工时对邻近建筑物影响较小

##### (2) 缺点

①施工期较长 ②施工技术要求高 ③施工中易发生流砂造成沉井倾斜或下沉困难等

沉井基础的适用条件

1. 上部荷载较大，而表层地基土的容许承载力不足，扩大基础开挖工作量大，以及支撑困难，但在一定深度下有好的持力层，采用沉井基础与其它深基础相比较，经济上较为合理时； 2. 在山区河流中，土质虽好，但冲刷大或河中有较大卵石不便桩基础施工时； 3. 岩层表面较平坦且覆盖层薄，但河水较深；采用扩大基础施工围堰制作有困难时。

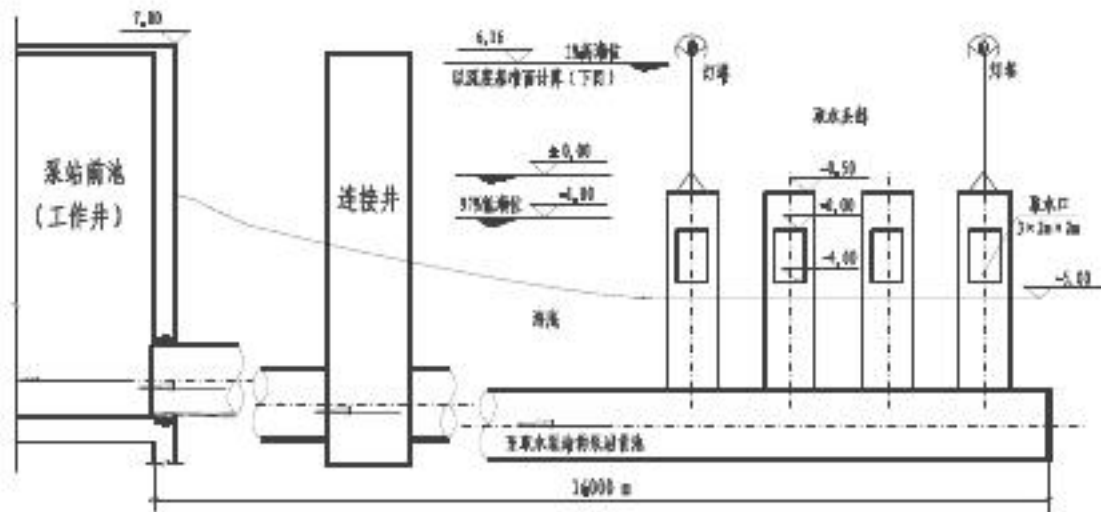
6.1.1.3 盾构

盾构管道取水方案是目前国内经常采用的电厂取水方案，一般应用在河道、海边取水工程中。取水距离在国内一般不超过 5km。在海边取水工程中，盾构取水方案比较适用于海边地形较陡的情况，这样的条件将会使工程投资相对较低

盾构施工法是在地面下暗挖隧洞的一种施工方法，它使用盾构机在地下掘进，在防止软基开挖面崩塌或保持开挖面稳定的同时，在机内安全地进行隧洞的开挖和衬砌作业。其施工过程需先在隧洞某段的一端开挖竖井或基坑，将盾构机吊入安装，盾构机从竖井或基坑的墙壁开孔处开始掘进并沿设计洞线推进直至到达洞线中的另一竖井或隧洞的端点。

适用范围

1) 能穿越不同的地质条件，对于个别不稳定地层、欠固结地层及液化土层等经研究后慎用。2 ) 隧道直径不宜小于Φ2600mm，目前国内已施工完成的<sup>2</sup>最大隧道直径为Φ15400mm；3 ) 适用于直线和曲线布置。



6.1.2 地表水取水建筑物

地表水是指存在于江、河、湖泊、水库、沼泽、冰川等中的水。由于水源的

不同，取水方式各异。地表水取水建筑物应根据不同水体的性质及自然条件，合理确定结构的形式。图 6.1.2-1、2、3、4 分别为水库取水的几种方式，图 6.1.2-5、6 为河道取水的 2 种方式。

图 6.1.2-1 为三门峡火电厂沟水坡水库库区内取水口，包括取水竖井、交通桥、挡砂堰等，取水口与水库大坝建设同期进行。



图 6.1.2-1 三门峡火电厂沟水坡水库库区内取水口（水库上游取水方式）

图 6.1.2-2 为三门峡火电厂窄口水库下游小水电站尾水取水口，取水点即为水电站的尾水渠。



图 6.1.2-2 三门峡火电厂窄口水库小水电站尾水取水（水库下游取水方式）

图 6.1.2-3 为魏家崾电厂取水设计方案之一，万家寨水库大坝取水方式。取水口利用水库大坝工业取水口坝段预留的取水口引接。



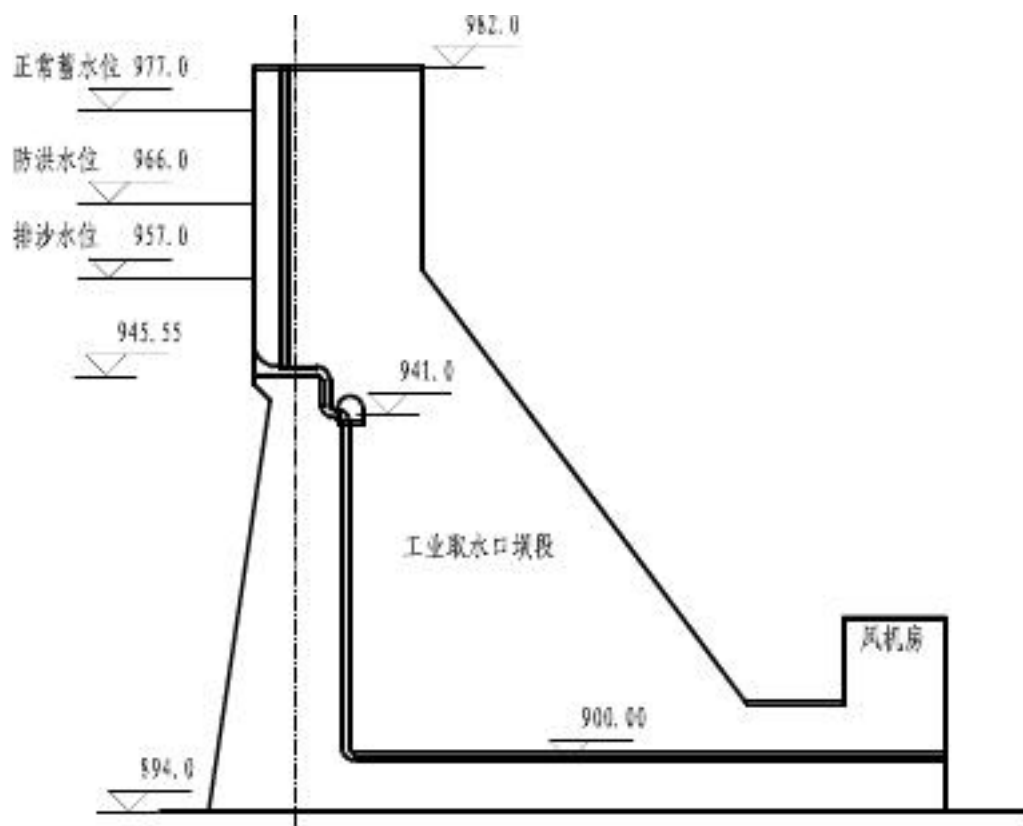


图 6.1.2-3 万家寨水库大坝工业取水口坝段剖面图（大坝取水方式）

图 6.1.2-4 为万家寨水库库区内的小沙湾取水泵站移动式取水泵房示意图，泵室由缆车牵引，随库水位变化可适时调整取水口位置。

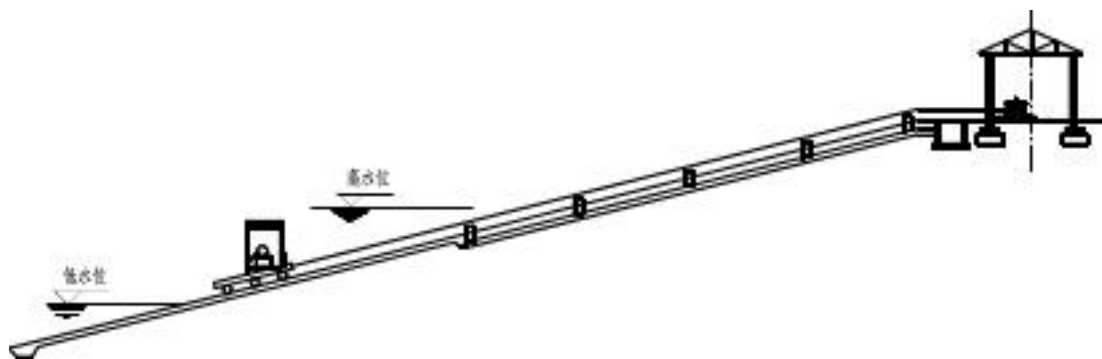


图 6.1.2-4 小沙湾取水泵站取水口（缆车式移动取水方式）

图 6.1.2-5 为开敞式取水建筑物剖面图，泵房位于江岸堤顶，取水建筑物主要有：引水明渠、取水泵房、工作引桥。泵房为破堤大开挖施工，需在江中设置施工挡水围堰。



式取水、凿井取水等。根据国家产业政策，一般情况不允许新开采使用地下水，但煤矿疏干水为煤矿开采过程中因生产需要而排出的地下水，属废水再利用。疏干水一般由煤矿生产企业集中收集到固定的排水点，电厂取水从排水点引接，由泵房升压后（或自流）送往电厂。

图 6.1.3-1 为阳城电厂泉水取水建筑物布置图。

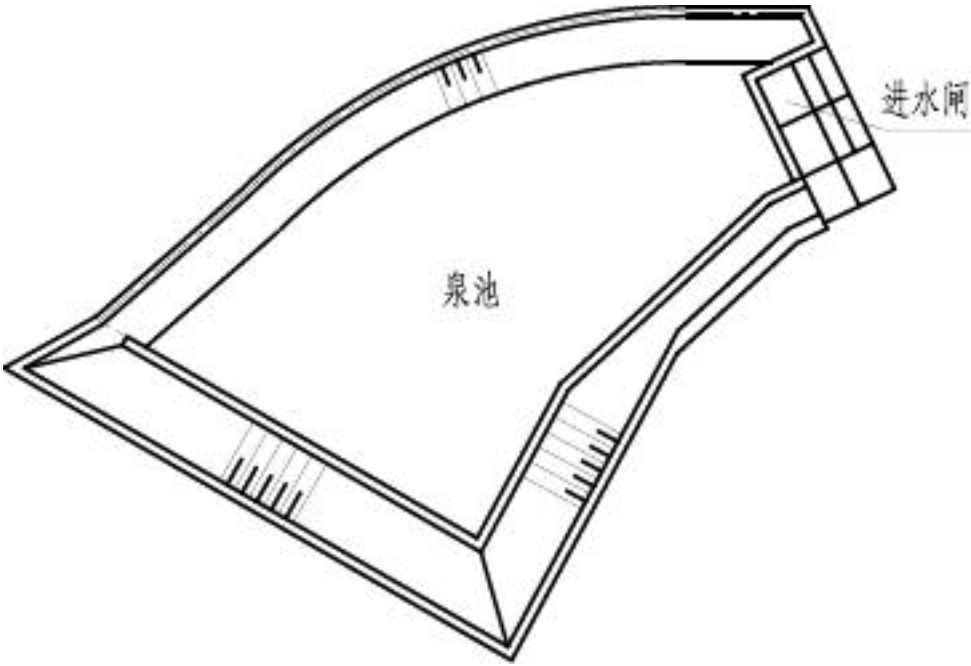


图 6.1.3-2 阳城电厂取水泉室平面布置图

6.1.4 再生水取水建筑物

再生水主要是指城市污水处理厂二级处理后的出水，电厂再生水取水建筑物一般是在污水处理厂附近设置给水泵房，升压后送往电厂。

6.2 输水建筑物设计

由水源点采集的电厂用水，根据输送水量、扬程、输送距离、沿途自然条件的变化等因素，可分别采用管道、沟道、隧洞、渠道、渡槽等不同方式向电厂供水。输水建筑物种类繁多，规模及投资差异较大，以三门峡火电厂厂外地表水供水系统为例，其输送方式为：窄口水库小水电站尾水渠→引水闸→输水隧洞→窄口水库灌区总干渠→一干渠→五支渠→消力池→管道→跨河倒虹吸管道→隧洞→沟水坡水库→沟水坡水库取水口→消力池→管道→厂区，输水距离约 50km。

图 6.2-1~4 为几种输水建（构）筑物的类型。



图 6.2-1 供水管线跨铁路管架桥



图 6.2-2 输水明渠





图 6.2-3 输水隧洞



图 6.2-4 分水闸

为满足运行及检修要求，输水管路沿线需设置检修道路，道路等级为四级。

### 6.3 净化站建筑物设计

净化站主要是对各种水源采集的原水进行预处理，当处理水量较小时，一般采用一体化净水设施，其规模较小，多布置在电厂厂区内。当处理水量大，水质

差，处理过程复杂，设施较多时，净水站就相当于小型水处理厂，占地面积较大，一般布置在电厂厂区以外，当电厂与水源间距离较远时，通常设置在取水水源点附近，以减小输水设施的规模。净化站主要建筑物有：混合池、絮凝池、沉淀池、澄清池、过滤池、排泥场等。



图 6.3-1 某净水厂内的辐流沉淀池

#### 6.4 厂外排水建筑物设计

由于电厂冷却水系统选择的差异，使得排水建筑物具有不同的规模和结构形式，对于采用循环供水冷却系统的电厂，排水量较小，且多为非经常性排水，排水构筑物相对比较简单，一般仅需设置小型排水口。对于采用直流供水冷却系统的电厂，排水量大，排水流速较高，结构形式较为复杂。排水建筑物主要类型为：排水明渠、暗沟、隧洞、消能防冲构筑物等，为避免热回流的影响，某些工程还需设置导流堤、潜水堰、挡热墙等，当排水能量有回收价值且条件合适时，尚可修建水能回收水电站。

图 6.4-1 为某工程江边排水口布置图，排水构筑物主要包括：钢筋混凝土排水沟、扩散段、消力池、防冲护坦。排水构筑物采用大开挖施工，需在江中设施工围堰。

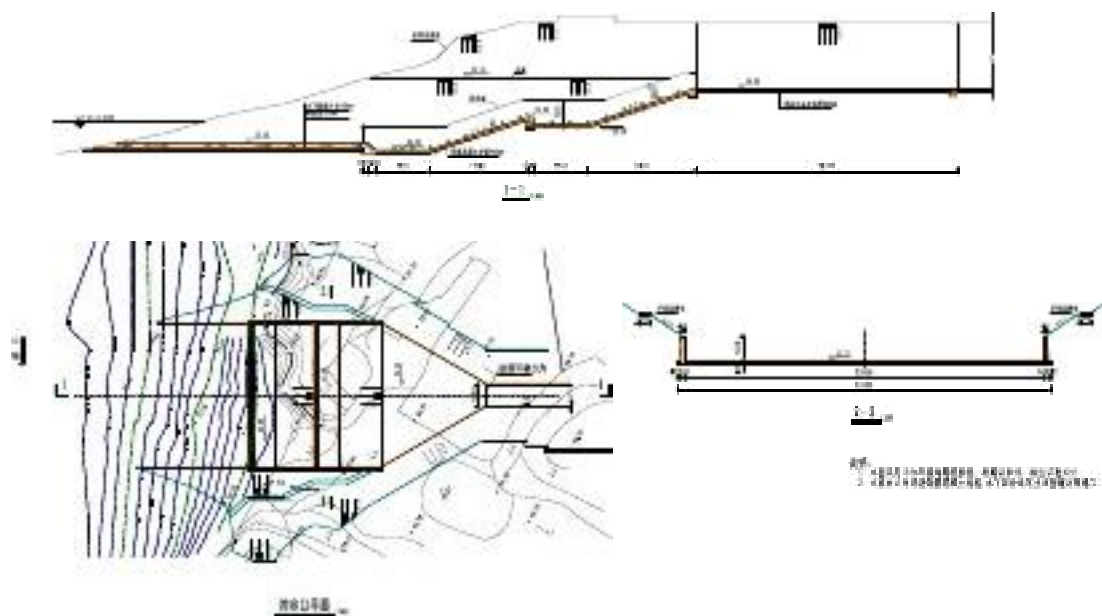


图 6.4-1 江边排水口布置图

图 6.4-2 为深圳东部电厂海边排水口布置图，排水构筑物主要包括：排水隧洞、排水暗沟、排水口翼墙、消能防冲槽等，隧洞为现浇钢筋混凝土护砌，暗沟为预制钢筋混凝土结构，翼墙为现浇钢筋混凝土挡墙，防冲槽为水下抛石结构。

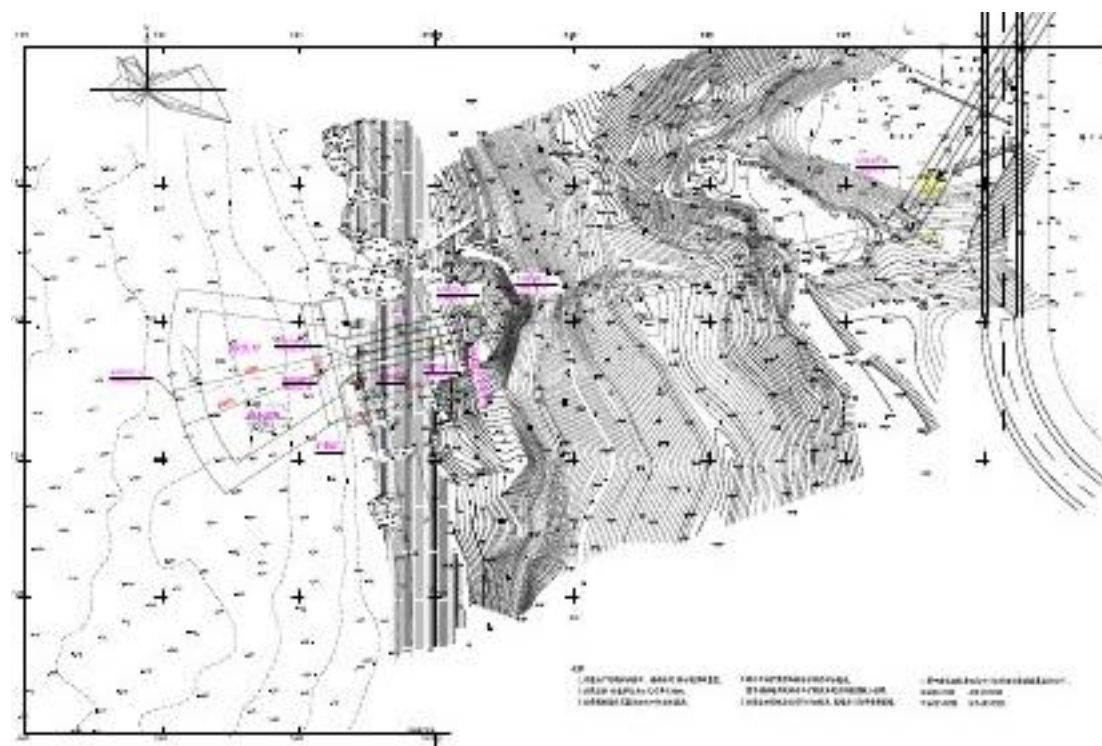


图 6.4-2 深圳东部电厂排水口布置图





图 6.4-3 运行中的黄骅电厂排水口

## 6.5 贮灰场设计

燃煤发电厂在生产过程中会产生大量的灰渣和脱硫石膏，当这些废弃物不能被全部综合利用时，就需要寻找一定的场地（贮灰场）来存放。贮灰场的型式基本可分为三大类：山谷型灰场、平原型灰场、滩涂灰场，这三类中按其运行方式又可分为水力除灰灰场和干除灰灰场。贮灰场的设计内容主要包括：灰场的选择、灰坝坝体设计、排水泄洪设计、防尘、防渗设计、工程管理设计等。

### 6.5.1 灰场的选择

贮灰场的选择应按下列原则经过技术经济比较确定。

- 1) 一般选用山谷、洼地、荒地、河（海）滩地、塌陷区和废矿井作贮灰场。不占、少占或缓占耕地、果园、林地，尽量避免迁移居民和设施。
- 2) 宜设在大型工矿企业和城镇的下游，并宜设在工业区和居民集中区常年主导风向的下方，场界应距居民集中区 500m 以外。
- 3) 应选择库容量大、滞洪量少、筑坝工程量小、便于布置排水建（构）筑物的地形。
- 4) 灰场内或附近应贮有足够的筑坝材料，并宜有充足的土源供灰场贮满灰后覆盖灰面。
- 5) 贮灰场的主要建（构）筑物地段宜有良好的地质条件，库区宜有良好的水文地质条件。
- 6) 贮灰场对周围环境影响必须符合现行国家环境保护法规的有关规



定。特别对大气环境、地表水、地下水的污染必须有防治措施，并应满足当地环保要求。

贮灰场容积的确定：

- 1) 规划阶段，贮灰场的总容积应达到能存放按电厂规划容量计算的 20 年左右的灰渣量要求。
- 2) 设计阶段，灰场初期征地宜能存放按电厂本期容量及按设计煤种计算的 10 年左右灰渣量。当灰渣综合利用条件较好时，灰场征地年限宜适当减少。
- 3) 采用分期筑坝或分块建设时，初期坝所形成的有效容积应能容纳电厂实际排入 3~5 年的灰渣量。
- 4) 对于热电联产的电厂应按综合利用可能中断的最常持续时间内所排出的灰渣量选定周转或事故备用灰场，其存量不宜超过 6 个月的热电厂最大排灰渣量。

#### 6.5.2 灰坝坝体设计

贮灰场应根据灰场的类型、库容大小、灰坝高度和灰坝失事后对附近和下游的危害程度等因素综合考虑，确定其设计标准，并根据其相应设计标准的要求进行坝体设计。山谷灰场灰坝分为一、二、三级，滩涂灰场围堤建设标准应与当地堤防工程一致，平原灰场围堤的设计标准参照滩涂灰场执行。

坝体设计过程中需进行渗流和抗滑稳定计算。渗流计算的目的有三个方面的：一是确定坝体浸润线的位置，据此作为坝体稳定计算的依据，并用以校核排水结构型式的合理性；二是计算通过坝体和坝基的渗流量，以确定坝体结构的布置；三是计算坝体和坝基渗流逸出区的渗透坡降，检验坝体是否可能发生渗透破坏（流土、管涌），以便采取控制措施。

由于坝型、筑坝材料、坝基地质条件的不同，坝体滑裂面的型式可能有三种：圆弧滑裂面、直线或折线滑裂面、复合滑裂面。进行坝体抗滑稳定计算时应针对坝体滑裂面的型式，采用不同的方法计算。

#### 6.5.3 排水泄洪设计

灰场的排水是指排除进入灰场的山洪水和灰场中的除灰水，贮灰场的排水和泄洪构筑物可分开设置，也可合并设置。排水系统的基本型式有：竖井（或斜

槽)一排水管、排水隧洞、溢洪道、截洪沟等,排水系统类型的选择应根据排水量大小、灰场地形地质条件、使用要求及施工条件等因素,经技术经济比较确定。

灰场设计时需对排水系统进行水力计算,并根据排水系统的泄流量,进行灰场的调洪计算。

#### 6.5.4 灰场防尘、防(排)渗设计

贮灰场对环境的影响主要是飞灰引起的大气污染和灰水下渗引起的对地下水污染。对于水灰场的飞灰污染一般是通过调节灰场内的运行水位、限制干滩长度来控制;对于干灰场的飞灰污染一般是通过灰面洒水(或粘结剂)、覆盖、设置绿化隔离带等措施来控制。

灰场的防渗一般是在灰场的底部设置防渗层,或在灰场周围设置截渗墙,以阻断灰水与地下水的联系。应根据灰场的地质、水文地质、地形、防渗材料来源等因素合理选用防渗措施。

对于水灰场为降低坝体浸润线高度,加速坝前沉积灰渣固结,还应进行排渗设计,排渗设施在功能上应同时具有有效排出渗水,防止堵塞的能力。

#### 6.5.5 工程管理设计

灰场工程管理设计内容包括:观测设施、交通和通信设施、生产管理和生活设施、封场规划等。

灰场运行前宜进行灰场环境的本底观测,内容包括大气环境、地下水、地表水的水质分析等。水灰场的观测项目主要有:坝体沉降、水平位移、坝体浸润线、坝体渗漏、排水系统排出的流量、水质、坝体的裂缝、滑坡、坍塌、表面侵蚀破坏等。干灰场的主要观测项目有:调湿灰含水量、压实灰干密度、大气环境的飘尘、降尘、总悬浮颗粒、地表水分析、坝体及永久性坡面的裂缝、滑坡、坍塌及表面侵蚀破坏等。

为满足灰场生产管理和生活需求,一般在灰场附近设置灰场管理站,灰场管理站应根据工程规模、贮灰方式和灰场与电厂间的距离等因素确定其建设规模。

灰场贮满灰后停用之前应进行封场设计,对周转灰场还应进行挖灰设计。



图 6.5-1 镇江电厂水灰场土石坝及灰场管理站



图 6.5-2 秦皇岛电厂海边水灰场圆筒堤





图 6.5-3 托克托电厂干灰场及灰场管理站

## 6.6 灰渣输送系统设计

灰渣输送方式应根据厂内除灰渣系统的选择、贮灰场的距离、高差、地形、地质、气象、冲灰水质、水量等条件，通过技术经济比较确定，并应充分考虑灰渣综合利用和环保要求。

当采用水力除灰时，灰渣采用除灰管道输送，其建筑物设计与 6.2 节输水建筑物类似。图 6.6-1 为某工程输灰管道。



图 6.6-1 镇江电厂水力除灰管道

当采用干除灰时，灰渣输送可采用汽车、皮带、索道、气力运输等方式。图 6.6-2、3、4 分别为几种不同的干灰运输方式。采用汽车运灰时，运灰道路按三级厂矿道路设计，桥梁一般按汽—20 级设计；采用皮带运输时，应设置封闭（或

简易封闭) 栈桥, 沿线设置检修道路。



图 6.6-2 托克托电厂汽车运灰方式



图 6.6-3 托克托电厂皮带运灰方式





图 6.6-4 珠海电厂管状皮带运灰撒播机布灰方式

## 6.7 厂区内建筑物设计

### 6.7.1 冷却塔

#### 6.7.1.1 冷却塔的分类（请参阅《排烟冷却塔技术专题》）：

#### 6.7.1.2 冷却塔的一般说明

湿式冷却塔结构一般包括：淋水装置支承架构、风筒、斜支柱、基础及下部水池等。

空冷塔结构一般包括：散热器支承架构、风筒、斜支柱及其基础。

冷却塔的结构计算主要包括：静力计算、动力计算、稳定计算和配筋计算。

冷却塔结构计算应考虑以下荷载：

- 1) 结构自重；
- 2) 风荷载；
- 3) 温度作用；
- 4) 地震作用；
- 5) 施工荷载；
- 6) 地基不均匀沉降影响。

其中，风荷载为结构设计的主要荷载。

#### 6.7.1.3 自然通风冷却塔结构设计基本要求及材料

##### 1) 自然通风冷却塔的塔筒

自然通风冷却塔的塔筒宜采用双曲线型钢筋混凝土薄壳结构，塔筒的几何尺

寸应满足循环水的冷却要求, 并结合结构、施工等因素通过技术经济比较确定。当采用双曲线型钢筋混凝土塔筒时, 塔筒壳体的几何尺寸宜采用表 6. 7-1 中的数值:

表 6. 7-1 双曲线型风筒壳体几何尺寸

塔高与壳体直径 ( $\pm 0.0$ 米) 的 比	喉部面积与 壳底面积的比	喉部高度与 塔高的比	塔顶扩 散角 $\alpha_t$ $\alpha_t$	壳体子午线 倾角 $\alpha_D$ $\alpha_D$
1. 2~1. 6	0. 30~0. 40	0. 75~0. 85	$6^\circ \sim 8^\circ$	$16^\circ \sim 20^\circ$

## 2) 双曲线型自然通风冷却塔基础

双曲线型自然通风冷却塔基础可参照下列条件, 通过技术经济比较确定:

- 大、中型塔, 宜采用环板基础;
- 中、小型塔在天然地基较差的条件下, 宜采用倒 T 型基础;
- 当地基为岩石时, 宜采用单独基础。

### 6. 7. 1. 4 机械通风冷却塔结构

机械通风冷却塔宜采用预制或现浇的钢筋混凝土框架结构, 围护结构可采用钢筋混凝土墙板或其它轻质墙板。

### 6. 7. 1. 5 冷却塔的其它结构要求

#### 1) 裂缝

冷却塔塔筒筒壁、框架、斜支柱和池壁等, 构件的允许最大裂缝宽度为 0. 2mm。

#### 2) 冷却塔一般采用水工混凝土, 并符合下列要求:

- 水泥品种宜采用普通硅酸盐水泥, 其铝酸三钙含量不宜超过 8%;
- 混凝土强度等级、抗冻等级和抗渗等级应满足相关规范的要求;
- 在混凝土中可掺塑化剂, 加气剂及碱水剂等塑性附加剂;
- 水工混凝土不得掺用氯盐。

### 6. 7. 1. 5 结构对冷却塔在厂区总平面规划中的要求

- 1) 应考虑冷却塔噪声对周围环境的影响。
- 2) 应选择地形、地质条件较好, 地基处理简单的场地。
- 3) 应避免似菱形平面布置, 以减小塔群效应。

### 6.7.2 其它厂区内建筑物

厂区内其他水工建筑物主要包括：循环水及给排水系统的各类泵房、污水处理系统的处理站（室）、煤水处理系统建筑物等。

各类泵房、处理站（室）为一般工业建筑，与厂内附属生产建筑物设计内容相同，如条件许可，宜尽可能布置成联合建筑，以利于建筑节能，节约占地。图 6.7.2-1、2 为山西兆光发电厂辅机循环水泵房、工业排水泵房与生活污水排水泵房的联合建筑体。



图 6.7.2-1 综合循环水泵房与二期汽机房间的连廊



图 6.7.2-2 兆光电厂循环水泵房综合建筑

根据兆光电厂厂区总平面布置，电厂一、二期工程主厂房之间脱开 110m，并将辅机循环水泵房，机械通风冷却塔等建筑物布置在一、二期工程之间。鉴于综合循环水泵房所处的特殊位置，设计时因地制宜在循环水泵房上部 13.3m 层设置了连接一、二期工程汽机房的观光通廊，在两期工程间架起了一座空中桥梁。



即美化了环境，又方便了一、二期工程间的沟通、运行。

6.8 厂区防洪防护建筑物设计

6.8.1 滨海电厂防护建（构）筑物

滨海电厂厂区及取、排水区域需根据总体布置设置各类海堤，用于区域围海造地、防浪、挡砂及隔热等。

海堤的设计应根据其具体功能、设计基本资料、筑坝材料来源及施工条件等进行。

6.8.1.1 基本资料

(1) 工程地形资料

设计区域海底地形图，比例要求：初可阶段 1:10000~1:50000；可行性研究及初步设计阶段 1:1000~1:10000；施工图阶段要求 1:500~1:1000。

(2) 海洋水文资料

海洋水文资料应包括工程区域的潮汐特征值、设计潮位和波浪资料等。

特征潮位	设计潮位	设计波浪
最高潮位；	重现期 200 年一遇高潮位；	重现期 50 年一遇、波高累积频率 F1%、F4%、F5%、F13%的波浪值及相应的波长、周期、浪向。
最低潮位；	重现期 100 年一遇高潮位；	
平均高潮位；	重现期 100 年一遇低潮位；	
平均低潮位；	重现期 50 年一遇高潮位；	
平均高高潮；	重现期 50 年一遇低潮位；	
平均低低潮；	重现期 33 年一遇低潮位；	
平均海平面；	累积频率 10%的设计高水位；	
平均潮差；	累积频率 90%的设计低水位；	
最大潮差；		
最小潮差等；		

在初步可行性研究及可行性研究阶段，海洋水文资料可通过当地的海洋水文观测站及已有的海洋工程设计资料进行收集；初步设计及施工图阶段应委托有资质的科研单位通过数学模型实验确定工程区域的设计潮位及波浪要素，对重要工程还要进行必要的物理模型实验。

(3) 工程地质资料

海堤工程的工程地质资料应符合相关规程规范的要求，同时应分析筑堤材料

的来源及贮量。

#### 6.8.1.2 海堤类型

海堤的类型根据使用功能可分为：

##### (1) 厂区（或取水区域）防护堤：

厂区或取水区域建在近岸或近岸海域时，需要进行围海造地，此时需要在厂区或取水区域边界设置防护堤，以阻挡回填区域内回填物流入海域。

工程实例：深圳市东部电厂厂外取水区域防护堤、福建石狮鸿山热电厂厂区防护堤。



深圳市东部电厂取水区域防护堤

##### (2) 防波堤

在取水明渠或取水港池两侧及进水前沿需设置防波堤，以消减进入取水明渠或取水港池内的波高。

工程实例：福建石狮鸿山热电厂取水明渠防波堤、北疆电厂取水沉淀池四周设置防波堤、绥中电厂取水港池两侧的防波堤及取水前沿的潜堤。



北疆电厂取水沉淀池防波堤

### (3) 挡砂堤

在泥沙运动比较频繁的海域，应在取水明渠或引潮沟两侧设置挡砂堤，以减小取水明渠及引潮沟内的海水含沙量，确保取水水质达到设计要求，同时也可以减少取水明渠及引潮沟内的泥沙淤积量。一般情况下挡砂堤可与防波堤结合设置。

工程实例：北疆电厂取水沉淀池四周设置的防波堤、绥中电厂取水港池两侧的防波堤均具有挡砂作用。

#### 6.8.1.3 海堤的设计标准

##### (1) 设计潮位标准

海港工程标准：

设计高潮位：累计频率 10% 的潮位；

设计低潮位：累计频率 90% 的潮位；

极端高潮位：重现期 50 年高潮位；    极端低潮位：重现期 50 年低潮位；

电力行业标准：

根据《火力发电厂设计技术规范》 DL 5000-2000 规定位于滨海的发电厂其防洪（浪）标准为：

发电厂等级	规划容量 MW	防洪（浪）标准（重现期）
I	>2400	$\geq 100$ 、200*年一遇的高潮位
II	400~2400	$\geq 100$ 年一遇的高潮位
III	<400	$\geq 50$ 年一遇的高潮位
* 对于风暴潮严重地区特大型滨海电厂取 200 年		

## (2) 设计波浪标准

设计波浪的标准包括设计波浪的重现期和设计波浪的波列累计频率。根据《海港水文规范》JTJ 213-98 规定，设计波浪的重现期应采用 50 年，设计波浪的波列累计频率标准应根据建筑物的结构形式及设计内容分别采用，具体为：

建筑物形式	部位	设计内容	波列累计频率
直墙式、墩柱式	上部结构、墙身、墩柱、桩基	强度和稳定性	1%
	基床、护堤块石	稳定性	5%
斜坡式	胸墙、堤顶方块	强度和稳定性	1%
	护面块石、护面块体	稳定性	13%（5%）
	护堤块石	稳定性	13%

## (3) 海堤的设计标准

滨海电厂海堤的设计标准应根据海堤的类型、作用及重要程度确定，具体为：

海堤的类型	设计潮位标准	设计波浪标准
厂区（取排水区域）防护堤	电力行业标准	港口工程标准
防波堤	港口工程标准*	港口工程标准
挡砂堤	港口工程标准	港口工程标准
* 对兼有厂区防护堤作用的防波堤应采用高标准		

### 6.8.1.4 海堤的布置

滨海电厂海堤的布置主要是根据厂区及取、排水建（构）筑物的总体布置进行的，但在条件允许的情况下，宜遵循以下原则。

- (1) 堤轴线应尽量避免与强浪向垂直，避开强风及强浪的正面袭击；
- (2) 堤轴线宜布置在工程地质条件较好、滩面冲淤稳定的地基上；
- (3) 避免向区域外拐折形成凹角，造成波能集中。如堤轴线必须向外拐折时，其形成的外夹角不宜小于  $150^\circ$ 。

(4) 海堤的布置宜在初期工程时按规划容量一次完成。

#### 6.8.1.5 海堤结构设计

海堤根据其结构形式可分为斜坡堤、重力式直立堤、桩式直立堤等。其中斜坡堤与重力式直立堤、桩式直立堤相比具有施工简便、工期短、工程造价低等优势，是滨海电厂区域围海造地、防浪、挡砂常用的海工构筑物。故本章着重介绍斜坡堤的结构设计。

##### (1) 堤顶标高的确定

###### ① 厂区防护堤

按《火力发电厂设计技术规范》DL5000-2000，滨海发电厂防护堤的堤顶标高应按：百年（或二百年）一遇的高潮位+重现期 50 年、累计频率 1% 的波浪爬高+0.5m 的安全超高确定。

按此标准计算出的厂区防护堤顶标高往往高出厂区地坪标高很多，影响厂区的整体美观性，为此厂区防护堤顶标高应在允许越浪的前提下，通过物理模型试验研究确定，同时还应考虑越浪的排水措施。

###### ② 防波堤

按《防波堤设计与施工规范》JTJ298-98 防波堤的堤顶标高应符合下列规定：

- 对允许少量越浪的防波堤，堤顶标高宜按设计高水位加 0.6~0.7 倍设计波高确定；
- 对基本不越浪的防波堤，堤顶标高宜按设计高水位加等于或大于 1.0 倍设计波高确定；
- 对设有胸墙的防波堤，堤顶标高宜按设计高水位加 1.0~1.25 倍设计波高确定。

###### ③ 挡砂堤

挡砂堤的堤顶标高应根据泥砂试验资料确定。

在实际工程中，许多海堤都是集防护堤、防波堤、挡砂堤于一身，此时堤顶标高应按其高标准确定。

##### (2) 堤顶宽度的确定

斜坡堤的堤顶宽度可取 1.10~1.25 倍设计波高，且在构造上至少应能安放两排或随即安放 3 块人工块体。采用陆上推进法施工的斜坡堤还应考虑施工潮位、

施工机具对顶宽的影响。

(3) 斜坡堤堤体设计

斜坡堤结构设计主要应包括以下内容：

① 堤心石

斜坡堤堤心石可采用 10~100kg 块石，对工程量较大、石料缺乏的地区，经论证可采用开山石、石渣（开山石、石渣的含泥量应小于 10%）或袋装砂土等代用材料，代用材料与垫层块石间宜设置足够厚度的 10~100 kg 块石。

② 斜坡堤边坡

斜坡堤的边坡坡度应根据堤的整体稳定性、护面块体的型式等条件确定。在缺乏地质资料时，可参照下表初定斜坡堤的边坡。

护面形式	坡度
抛填或安放块石	1:1.5~1:3
干砌或浆砌块石	1:1.5~1:2
干砌条石	1:0.8~1:2
安放人工块体	1:1.25~1:2
抛填块石	1:1~1:1.25

③ 护面块体的稳定重量和厚度

斜坡堤护面块体的作用主要是消减作用在堤体上的波浪，保护堤心石不被波浪冲刷而导致海堤破坏，是斜坡堤的重要组成部分。斜坡堤护面块体可采用天然块石、扭王字体、扭工字体、四脚锥体、四脚空心方块、栅栏板等。护面型式应按斜坡堤所在位置的波浪情况、当地材料供应情况、施工经验等条件确定，护面块体的稳定重量应根据重现期 50 年、波列累计频率 13%（当平均波高与堤前水深的比值小于 0.3 时宜取 5%）的设计波高值及护面块体的稳定系数确定。对于设计波高值较大或斜向波作用的海堤宜通过模型实验确定人工块体的稳定重量。

护面块体与堤心石之间应设有护面垫层，重量应为护面块体重量的 1/20~1/10，当有困难时，其重量不得小于 1/40。对于四脚空心方块和栅栏板护面，其垫层块石按不超过护面空隙尺度确定。

对于允许少量越浪的斜坡堤，堤内坡从堤顶到设计低潮位之间的护面块体重量应与外坡护面块体重量相同，设计低潮位以下宜采用与外坡护面垫层相同重量的块石，但不小于 150~200kg，且应按堤内侧波浪进行复核；对不允许越浪的

斜坡堤，一般情况下可采用与外坡护面垫层相同重量的块石，同时应按堤内侧波浪进行复核。

斜坡堤堤头部分护面块体重量可按块体稳定重量计算结果增加 20%~30%，也可将堤体坡度适当放缓。位于波浪破碎区的堤身和堤头均应相应再增加 10%~15%。

#### ④ 倒滤层

对于厂区或取水区域防护堤，为阻止回填区域的回填料流失，需在斜坡堤内坡设置倒滤层。倒滤层可分为分层碎石倒滤层、混合碎石倒滤层及土工织物倒滤层。分层碎石倒滤层可由碎石层和“瓜米石”或砾砂层组成，每层厚度不宜小于 0.15m，总厚度不宜小于 0.4m；混合碎石倒滤层应采用级配较好的天然石料，如石渣、砂卵石等，其厚度不得小于 0.6m，也可以采用粒径 5mm~80mm 碎石，其厚度不得小于 0.4m；铺设土工织物倒滤层时要求对土工织物底面的石料进行处理坡，不应有石尖外露，必要时可采用二片石修整，土工织物的搭接长度不小于 1.0m。

由于厂区及取水区域回填料一旦流失，将直接导致电厂建筑物及取水建筑物的地基破坏，后果很严重，故建议厂区防护堤的倒滤层采用碎石倒滤层加土工织物倒滤层的组合倒滤层。

#### ⑤ 堤前护底块石的稳定重量

为防止波浪及海流对斜坡堤堤脚造成冲刷破坏，斜坡堤堤脚处应设置护底块石。护堤块石的稳定重量应根据堤前最大波浪底流速确定，对于取、排水口还要考虑取水口的进水流速及排水口的排水流速。护底块石的宽度应视堤前水深和流速确定，通常堤身段采用 5~10m，堤头段可采用 10~15 m，护底块石应铺设 1~2 层，厚度不应小于 0.5 m。对砂质海底在护底块石层下宜设置不小于 0.3 m 的碎石层。

#### ⑥ 堤顶胸墙

对于防护堤或有使用要求的防波堤，应设置堤顶胸墙，堤顶胸墙一般采用 L 型或反 L 型，斜坡堤堤顶胸墙的稳定性验算应考虑波浪力及墙后土压力的作用，应符合下列规定：

- 当胸墙前有块体掩护且掩护宽度和高度满足并列两排和两层时，作用在

胸墙上的水平波浪力和波浪浮托力可以乘以折减系数 0.6;

- 当胸墙埋入堤顶的深度大于 1m 时, 应考虑填石的有利作用。

#### ⑦ 地基的整体稳定性

坐落在非岩石地基上的斜坡堤应进行堤体的整体稳定计算, 整体稳定计算时可不计波浪力作用。

#### ⑧ 斜坡堤软基加固

斜坡堤软基加固可采用下列方法:

- 当地基为淤泥且厚度较小时, 可采用抛石挤淤法;
- 当淤泥厚度小于 5m 时, 可采用排水砂垫层或铺设土工布法, 砂垫层厚度可取 1m~2m, 其宽度应大于堤底宽度;
- 当软土层较厚时, 宜采用排水砂井或排水板法
- 当淤泥较厚, 且采用陆上推进抛石的施工方法时, 可采用爆破排淤法。

#### ⑨ 地基沉降

对于坐落在软弱地基上的斜坡堤应进行堤体沉降计算。沉降计算应包括堤顶中心线处的堤身和地基的最终沉降量和工后沉降量, 对地质情况、荷载变化较大或不同地基处理型式的交界面等沉降敏感区尚应计算交界面的沉降差。

确定堤顶高程时, 应考虑预留最终沉降量及工后沉降量。

### 6.8.1.6 工程实例

#### (1) 福建石狮鸿山热电厂厂区及灰场防护堤

##### ① 概况

福建石狮鸿山热电厂工程装机容量为  $2 \times 600\text{MW}$  机组, 厂区为围海造地形成, 厂区填海回填料为砂土, 为防止回填料流失, 要在回填区域先形成围堤即厂区防护堤、取水明渠防护堤及隔堤、灰场灰堤, 然后再进行厂区的回填工程。

厂区伸入海域约 900m, 最深处水深约 16m (百年高潮下)。

##### ② 自然条件

设计潮位: 重现期 200 年一遇高潮位: 4.54m;

重现期 100 年一遇高潮位: 4.41m;

重现期 100 年一遇低潮位: -3.59m;

累积频率 10%高潮位: 3.07m;



累积频率 90%低潮位：-2.64m；

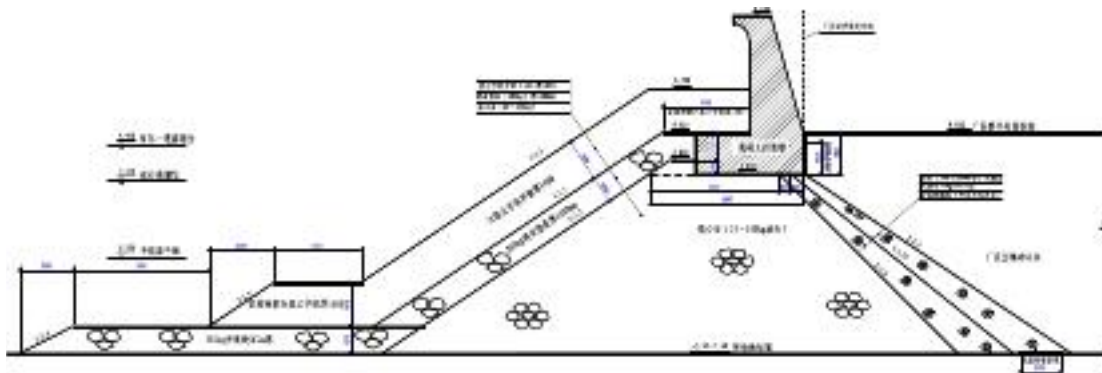
设计波浪：最深处在 100 年一遇高潮位下、重现期 50 的波浪设计波浪

要素为  $H_{1\%}=7.55\text{m}$ ； $H_{5\%}=6.43\text{m}$ ； $H_{13\%}=5.58\text{m}$ ；波长  $L=101.69\text{m}$ ，

周期  $T=9.5\text{s}$ 。

### ③ 防护堤结构形式

考虑到福建石狮区域石料来源丰富，且价格较低，防护堤采用堆石堤，堤心石部分采用 10~100kg 块石，堤体外边坡为 1:2.0，内边坡为 1:1.5。由于工程点处设计波浪值较大，防护堤外坡采用扭王子体护面，根据不同的设计波浪值外坡护面采用 8~12t 扭王子体。具体详见下图



## (2) 深圳东部电厂厂外取水区域防护堤

### ① 概况

深圳市东部电厂一期工程装机容量为  $3 \times 350\text{MW}$  级燃气蒸汽联合循环机组，最终规划容量为  $9 \times 350\text{M}$  级机组。取水建筑物按规划容量一次建成。

电厂岸边取水区域位于电厂西北方向约 1km 处的海域里，取水区域由电厂平整场地及道路开挖的开山石抛填筑陆形成。由于区域填海回填料为开山石，不存在海水冲刷流失问题，可先进行区域回填，然后在岸线处修建防护堤。

取水区域伸入海域约 300m，最深处水深约 13m（百年高潮下）。

### ② 自然条件

设计潮位：重现期 100 年一遇高潮位：3.42m；

重现期 100 年一遇低潮位：-1.32m；

累积频率 10%高潮位：1.32m；

累积频率 90%低潮位：-0.64m；

设计波浪：最深处在 100 年一遇高潮位下、重现期 50 的波浪设计值为，

$$H_{1\%}=5.68\text{m}; H_{5\%}=4.76\text{m}; H_{13\%}=4.06\text{m}; \text{波长 } L=83.8\text{m}, \text{周期 } T=8.1\text{s}。$$

### ③ 防护堤结构形式

由于电厂整平及进厂道路开挖产生了大量开山石，故防护堤采用堆石堤，堤心石部分采用 10~100kg 块石，堤体外边坡为 1:2.0，内边坡为 1:1.5。由于取水区域与电厂大件码头及 LNG 输气码头布置在同一海域，为了保证岸线的整体美观，且考虑到取水区域设计波浪值不是很大，防护堤外坡设计低潮位以下采用 3t 扭王子体护面，设计低潮位以上采用美观性较好的的栅栏板护面，栅栏板厚 700mm。具体详见下图



### 6.8.2 厂区防洪构筑物

如果厂址区域场地标高低于防洪标准或厂址区域汇水面积较大，导致汇入厂区的雨水无法通过自然地形或厂内雨水系统排出，则需要在厂墙外设置防洪堤或排洪沟等可靠的防洪构筑物来疏浚内涝水或拦截山洪。

水工结构专业应根据总图专业提供的防洪构筑物平面布置形式、水工工艺专业提供的防洪构筑物纵向排水坡降及断面尺寸进行防洪构筑物的结构设计。

### 6.9 水工建筑物地基处理设计

当天然地基不能满足水工建筑物对地基承载力或地基变形的要求时须对地基进行处理。常见的地基方式有：桩基法、换填垫层法、预压法、强夯法和强夯置换法、复合地基法等。

#### 6.9.1 桩基法

桩基是由设置于岩土体中的基桩和连接桩顶承台共同组成的基础。常见的桩基包括灌注桩和预制桩两种。灌注桩包括泥浆护壁成孔灌注桩、干作业成孔灌注桩、沉管灌注桩、后压浆灌注桩等。预制桩包括混凝土预制桩和钢桩，常用的混

凝土预制桩有预应力混凝土管桩和预应力混凝土方桩等。

自然通风冷却塔是水工建筑物中是最为高大的构筑物，其对地基承载力的要求相对较高，当采用桩基时，由于其对桩基水平承载力的要求较高，一般宜选用灌注桩作为桩基，当桩顶与环基拖开时，也可选择预应力混凝土管桩。

岸边取水泵房采用桩基时，对桩基水平承载力的要求也较高，一般宜选用灌注桩作为桩基，不宜选用预应力混凝土管桩。

对水平承载力要求不高的其它水工建构筑物，则可根据工程实际情况，通过优化比选，确定桩基类型。

需要指出的是，对于循环水管道、雨水管道等大直径管道，采用桩基是不经济的。如果需要地基处理时，应优先考虑换填、预压、强夯或复合地基。

### 6.9.2 换填垫层法

当建筑物基础下的持力层为软弱土层，且基础下软弱土层厚度在 4m 以下时，常采用换填垫层法进行地基处理，即先挖去基础下处理范围内的软弱土层，然后分层换填强度较高的砂或砂砾、碎石、灰土、素土、工业废渣以及其它压缩性较低、性能稳定、无侵蚀性等的材料，并压实至要求的密度。

换填垫层法在水工建筑物地基处理中比较常见，在技术经济合理的情况下，各种水工建筑物均可采用换填垫层法。

### 6.9.3 预压法

预压法包括堆载预压法和真空预压法。预压法适用于处理淤泥质土、淤泥和冲填土等饱和粘性土地基。

对于大面积的软弱土层，采用预压法进行地基处理是必要的。真空预压法可将地基土承载力处理到 80kPa 左右，采用堆载预压则可将地基承载力提高到更高；预压还可使软弱土层的沉降变形在施工期完成 85%左右，大大减小建（构）筑物后期沉降量；此外，经过预压的土，其边坡稳定性也明显改善，有利于建（构）筑物地下基坑的形成。

水工建（构）筑物特别是水工管道在全厂遍布，不适用于采用桩基处理，且由于开挖范围较大，开挖深度较深，如遇淤泥质土、淤泥和冲填土等饱和粘性土地基时，进行预压处理是较好的选择。

预压法的缺点是需要较长的工期，一般预压时间要求在半年以上，由于目

前国内业主对电厂的建设周期要求较高，往往不愿意对场地进行预压，而直接采用桩基或复合地基进行地基处理，这样的工程在施工期基坑开挖的难度较大，边坡支护费用较高，且在电厂运行期间沉降量较大，带来许多隐患。

#### 6.9.4 强夯法和强夯置换法

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。强夯置换法适用于高饱和度的粉土与软塑~流塑的粘土等地基上对变形控制要求不严的工程。

在需处理土层不是很厚时（注：对于强夯法不宜超过 10.0m、对于强夯置换法不宜超过 7m），采用强夯法或强夯置换法进行地基处理是可以考虑的，但在城市周边时，由于噪声控制的要求，一般不宜采用强夯法或强夯置换法。

#### 6.9.5 复合地基法

除超大型自然通风冷却塔和大型岸边取水泵房外，水工建筑物一般对地基承载力的要求不是很高，因此在条件允许时应优先考虑采用复合地基法进行地基处理。特别是对于水工管道，由于其布置上复杂，且线路很长，采用桩基处理是很不经济的，通常均采用复合地基进行地基处理。以下介绍一下常用的复合地基处理方法。

##### 6.9.5.1 振冲法

振冲法是利用振冲器强烈振动和压力水冲贯入到土层深处，使松砂地基加密，或在软弱土层中填入碎石等无凝聚性粗粒料形成强度大于周围土的桩诸病和原地基土组合成复合地基，提高地基强度的加固技术。

振冲法适用于处理砂土、粉土、粉质粘土、素填土和杂填土等地基。不佳填料振冲加密适用于处理含粒含量不大于 10%的中砂、粗砂地基。

利用振冲法加固地基施工机具简单，操作方便，加固质量容易控制，施工速度快。加固时不需钢材、水泥，仅用碎石、卵石等当地材料，造价低，具有明显经济效益。对砂基抗震防止液化处理更有独到的优越性。但施工中排放污水、污泥量较大，在人口稠密地区没有排污泥场地时使用受到一定限制。

##### 6.9.6.2 砂石桩法

砂石桩是指采用无水冲工艺（干振、振挤、锤击等），以砾砂、粗砂、中砂、圆砾、角砾、卵石、碎石等为填料制成的复合地基加固桩。

砂石桩法适用于挤密松散砂土、粉土、粘性土、素填土、杂填土等地基。对饱和粘土地基上对变形控制要求不严的工程也可采用砂石桩置换处理。砂石桩法也可用于处理可液化地基。

#### 6.9.5.3 水泥粉煤灰碎石桩法

水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）法适用于处理粘性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土等地基。对淤泥质土应按地区经验通过现场试验确定其适用性。

根据地基土的性质不同，水泥粉煤灰碎石桩可将复合地基承载力处理到 200~400kPa，在原地基土承载力较高的地区，甚至可以将地基承载力处理到 600kPa。因此 CFG 桩可适用于各种水工建（构）筑物的地基处理。

#### 6.9.5.4 夯实水泥土桩法

夯实水泥土桩法适用于处理地下水位以上的粉土、素填土、杂填土、粘性土等地基。处理深度不宜超过 10m

#### 6.9.5.5 水泥搅拌桩法

水泥搅拌法分为深层搅拌法（湿法）和粉体喷搅法（干法），它是利用深层搅拌机械在软弱地基内，边钻进边往软土中喷射浆液或雾状粉体，同时借助于搅拌轴旋转搅拌，使喷入软土中的浆液（水泥浆、水泥砂浆）或粉体（干石灰粉、水泥粉）与软体充分拌合在一起，形成抗压强度比天然土高的多并具整体性、水稳定性的桩柱体。

水泥搅拌桩法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、粘性土以及物流动地下水的饱和松散沙土等地基。

当地基土的天然含水量小于 30%（黄土含水量小于 25%）、大于 70%或地下水 PH 值小于 4 时不宜采用干法。

水泥搅拌桩复合地基承载力不是很高（注：一般在 120kPa 以下），因此只适用于对地基承载力要求较小的水工建（构）筑物，如水工管道、沟道、水池、阀门井、小规模泵房等。

在地下水对混凝土有强腐蚀性的地区，不宜采用水泥搅拌桩地基。

#### 6.9.5.6 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法是把注浆管钻入土层后，使喷嘴喷出 20~40MPa 的高压射流破坏土体，形成预定的空间，注入的浆液将冲下的土置换成部分混合凝成固结

体，以达到改造土体的目的。

高压喷射注浆法适用于处理淤泥、淤泥质土、流塑、软酥或可塑粘性土、粉条、砂土、黄土、素填土或碎石土等地基。可用于已有建筑和新建建筑地基加固，深基坑的土层加固或防水。

#### 6.9.5.7 石灰桩法

石灰桩是指用人工或机械在土体中成孔，然后灌入生石灰块或者生石灰块和其它活性与非活性材料的混合物，经夯压后形成的桩体。

石灰桩法适用于处理饱和粘性土、淤泥、淤泥质土、素填土和杂填土等地基；用于地下水位以上的土层时，宜增加掺合料的含水量并减少生石灰用量，或采用土层浸水等措施。

当软土地基中夹有透水砂层或粉土层时，由于石灰吸水膨胀比软土的固结速度快，桩体积的增加将使地基土隆起而不是软体含水量的减少，这时不宜使用石灰桩。

地下水的酸碱度对石灰桩的影响尚需研究，但水中含有过量强酸，尤其是盐酸会使石灰桩结构受到破坏，也不宜采用石灰桩。

#### 6.9.5.8 灰土挤密桩法和土挤密桩法

灰土、土挤密法是用沉管、冲击、爆扩等方法在地基中形成直径 28~60cm 的桩孔，然后向孔内填夯素土或灰土成桩。成孔过程中桩孔部位的土体产生径向挤压，使桩周一定范围内的桩间土层得到挤密，形成桩体与桩周挤密土共同组成的人工复合地基。

灰土、土挤满法适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。可处理地基的深度为 5~15m。

当以消除地基土的湿陷性为主要目的时，宜选用土挤密桩法。当以提高地基土的承载力或增强其水稳定性为主要目的时，宜选用灰土挤密桩法。当地基土的含水量大于 24%、饱和度大于 65%时，不宜选用灰土挤密桩法或土挤密桩法。

#### 6.9.5.9 柱锤冲扩桩法

柱锤冲扩桩法适用于处理杂填土、粉土、粘性土、素填土和黄土等地基。对地下水位以下饱和松软土层，应通过现场试验确定其适用性。地基处理深度不宜超过 6m，复合地基承载力特征值不宜超过 160kPa。

柱锤冲扩桩的桩体材料可采用碎砖三合土、级配砂石、矿渣、灰土、水泥混合土等。

#### 6.10 水工模型试验（刘楠负责）

取排水及防排洪工程涉及冲刷、波浪、泥沙等问题，常规设计无法论证时，为保证结构安全需要借助科研院所的实验手段进行研究。模型实验的主要目的是：研究取排水口、岸边泵房、防波堤附近的水流、波浪情况及其造成的危害，合理确定建筑物型式、防冲刷措施、建筑标高等。

随着电力工业的发展，机组容量越来越大，相应的冷却循环水所需要的冷却塔面积及高度也越来越大，已超出现行国家规范、标准的要求，对超大型冷却塔的研究已成为近年来电力设计行业研究的热点问题。

### 7 设计和审查中常遇到的问题

7.1 灰场辖区范围内是否有环境敏感点、是否占用耕地、是否属于泉域保护区或林区、是否位于大型居住区主导风向的下方向等，对选择灰场的原则进行审查。

7.2 灰渣的综合利用数量是否落实，是否签订协议或合同，是否符合当地的社会经济发展趋势；

7.3 审查灰场的库容。初期灰场的库容是否按本期容量 3~5 年设置，规划灰场是否按规划容量 20 年考虑，热电联产项目的灰场是否按本期容量 0.5~1 年设置，灰场征地是否按本期容量 10 年计列；

7.4 灰场的设计方案（坝轴线的选择、坝体的结构形式及整体稳定、排洪系统的设置、灰场的防渗措施、灰场内是否存在滑坡塌方等不良地质现象、灰场的运行方式、施工及运行对周围环境的影响等）是否满足水土保持及环评等环境评价；

7.5 烟塔合一项目与常规烟囱相比，在环境评价、、总平面布置、电厂景观、工程投资、电厂运行维护等方面的优缺点有哪些？

7.6 取排水的设计方案是如何确定的？主要考虑了哪些因素？是否进行了技术经济比较？施工是否可行？

### 8 控制工程造价的措施

水工建筑物设计条件复杂，设计范围广，结构类型多，工程投资高，应采取控制工程造价

8.1 对于厂外水工建筑物，可供选择的设计方案较多，不同方案的工程投资差

异较大，因此应给予高度重视。在工程前期，根据自然条件、同类工程经验、项目要求等因素进行多方案的技术经济比较，寻求最优方案。例如北疆的取水工程采取两级沉淀池方案。在施工图阶段优化结构体系设计，进一步降低降低工程投资。



8.2 对于厂内水工建筑物，结构形式变化不大，可主要在施工图阶段优化结构体系设计，做到经济合理，降低工程投资。

8.3 水工结构设计除满足工艺系统要求和结构设计规范以外，还要应充分考虑施工、运行、检修等各方面的要求，避免考虑不周，影响项目某阶段的进行，从而采取补救措施，引起工程投资的增加。例如取排水构筑物的设计要充分考虑施工的可行性。

8.4 收集同类工程信息，吸取教训，总结经验，完善工程设计。对于围海造陆工程，根据已建的经验，海堤护面在福建沿海地区可采用扭王字块，在渤海湾可采用栅栏板。





8.5 慎重使用新技术、新方法。摸清新旧技术的差异，新技术的工程实例特点，新技术的适用条件，通过论证确认是否适用于目标工程，避免返工，影响工期，增加投资。北疆取水工程防护堤采用了具有防渗功能的大型充填袋形式。



8.6 水工的堤坝构筑物设计，要因地制宜，充分利用当地材料，吸收当地成功经验，确定合理的结构形式。如灰场的初期坝体，石料充足时采用堆石坝，土料丰富时采用碾压土坝。

## 9 选厂阶段水工结构的重点工作

选厂阶段水工结构的主要工作内容包括贮灰场的选择、直流系统的厂外取排水建（构）筑物的布置。

### 9.1 本阶段需要的原始资料

- ① 能覆盖贮灰场、厂外取、排水区域的 1:50000 或 1:10000 的最新版地形图。
- ② 贮灰场、厂外取排水区域工程地质资料，包括区域稳定、地震、断裂带、地层岩性等。
- ③ 了解取、排水建筑物所在岸滩地层的冲刷及淤积状况。
- ④ 灰场区域的水文气象概况，包括最大降雨量、最大蒸发量等。
- ⑤ 取、排水区域的海洋水文概况，包括波浪、最高潮位、最低潮位及相应重现期，收集了解海啸与风暴潮情况。
- ⑥ 贮灰场、厂外取排水区域的军事通信设施情况，地下矿藏和文物情况。
- ⑦ 了解当地灰渣综合利用情况。

## 9.2 贮灰场选择

- ① 贮灰场选择应遵循不占、少占或缓占耕地、园林、树林及避免迁移居民的原则。宜选用山谷、洼地、荒地、滩地、塌陷区和废矿坑等。
- ② 贮灰场选择应执行 GB18599-2001《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》中的相关规定：
  - 应选在工业区和居民集中区主导风向下风侧，场界距居民集中区 500m 以外；
  - 禁止选在自然保护区、风景名胜区和需要特别保护的区域；
  - 应避开地下水主要补给区和饮用水源含水层。
- ③ 贮灰场选择应为降低建设投资和减少运行费用创造条件，宜选择库容大、山洪汇水量小、坝体工程量小的地形条件建设贮灰场，在条件允许的情况下贮灰场场址应尽量靠近厂区，干灰场距厂区距离不宜超过 20km。
- ④ 选厂阶段应落实灰场的形式（平原、山谷、滩涂、矿坑、干、湿等）、位置、容量、堤坝轴线、结构形式及筑坝材料来源等。
- ⑤ 贮灰场选择应符合城乡建设总体规划要求。

## 9.3 取排水口位置选择

- ① 取水口位置宜选在水域地形宽阔，水深条件好、深水线靠近岸边的地段。
- ② 取、排水口建筑物应布置在地质条件好、地质构造稳定，冲刷淤积小、便于施工的岸滩或近岸水域。
- ③ 取、排水口建筑物应布置在有天然掩护、波浪和海流作用小、泥沙来源少、水质优的水域，建筑物应避免与墙浪向正交。
- ④ 取水建筑物的位置及形式应结合排水口位置及排水方向统筹考虑避免或减少温排水对取水水温的影响。
- ⑤ 取、排水口建筑物的布置应考虑当地海域、岸线及航道的总体规划要求。

## 10 国内外设计发展趋势

水工结构虽然是一个比较传统的专业，但随着近年来电厂设计技术的不断创新，水工结构在技术上也在不断地进步。特别是在冷却塔和取、排水建筑物、固废填埋场、冷却塔防噪等两个方面，新的技术正在不断应用。

### 10.1 冷却塔方面的技术发展方向

配百万千瓦级火力发电厂的间接空冷塔及核电机组百万千瓦级湿冷塔其高度已超过 200m，淋水面积也超过了 20000 平米，目前我公司已开展了这方面的前期工作和专题研究。

#### 10.1.1 钢筋混凝土双曲线冷却塔

对于钢筋混凝土结构的双曲线冷却塔，其主要发展方向是向超大、特大型发展。

目前国内最大的双曲线湿冷塔为宁海电厂冷却塔，该塔淋水面积  $13000\text{m}^2$ ，塔高 177.2m。



国华宁海电厂二期海水冷却塔

目前国内建成的最大的双曲线空冷塔为阳城电厂二期空冷塔，该塔底部直径 134.5m，塔高 150m。





### 阳城电厂二期空冷塔

目前国内在建的最大的双曲线空冷塔为宝鸡第二发电厂空冷塔，该塔底部直径 145.3m，塔高 170m。



宝鸡第二发电厂扩建工程间接空冷塔正在施工的环基

目前国外最大的双曲线湿冷塔为是德国 RWE Energie AG 下属的 Niederaussem 电厂 K 号机组 (950 MW 超超临界燃煤机组) 冷却塔。该塔淋水面积  $14520\text{m}^2$ ，塔高 200m。



Niederaussem 电厂 K 号机组冷却塔

目前国外最大的双曲线空冷塔是南非供电委员会 (ESKOM) 下属的肯德尔 (Kendal) 燃煤电厂间接空冷冷却塔。该塔底部直径 163.1m，塔高 165m。



Kendal 电厂鸟瞰

随着国内 1000MW 级间接空冷机组和 1000MW 级核电湿冷机组的前期工作不断推进，更大的冷却塔设计正在提上日程，这些冷却塔的塔高将达到 200m 以上，底部直径也在 200m 以上，淋水面积约为  $25000\text{m}^2$ ，如此大的冷却塔设计，将给水工结构设计技术提出巨大的挑战。

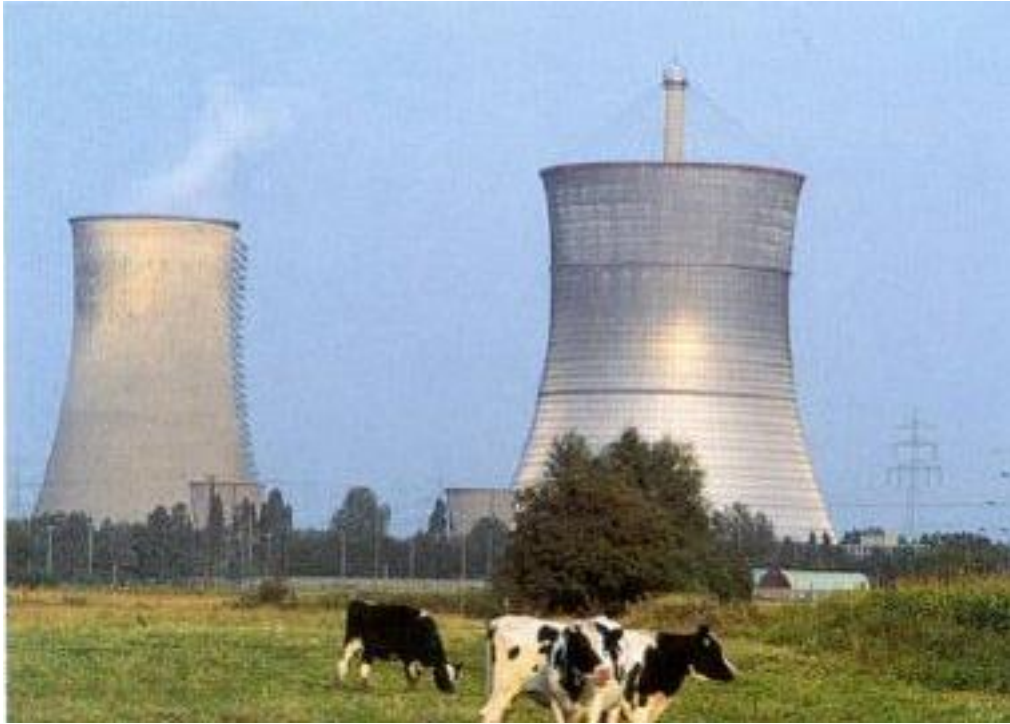
#### 10.1.2 钢结构冷却塔

钢结构塔一般用于空冷塔，这主要是因为空冷塔的腐蚀性问题较小。目前世界上已建成的钢结构塔主要有两种，一种是索网钢结构间接空冷塔，另一种是钢骨架型间接空冷塔。

1974 年，原西德的 Schmehausen 核电站，在其中的一台 300MW 机组上采用了水平布置表面式凝汽器的间接空冷系统，配备了一座非常罕见的索网钢结构铝蒙皮间接空冷塔，这是迄今为止采用空冷技术的容量最大核电机组。塔筒高 146.00m，钢筋混凝土中心筒筒高 180.00m 壳底直径 141.00m。该塔已于 1991 年被拆除。

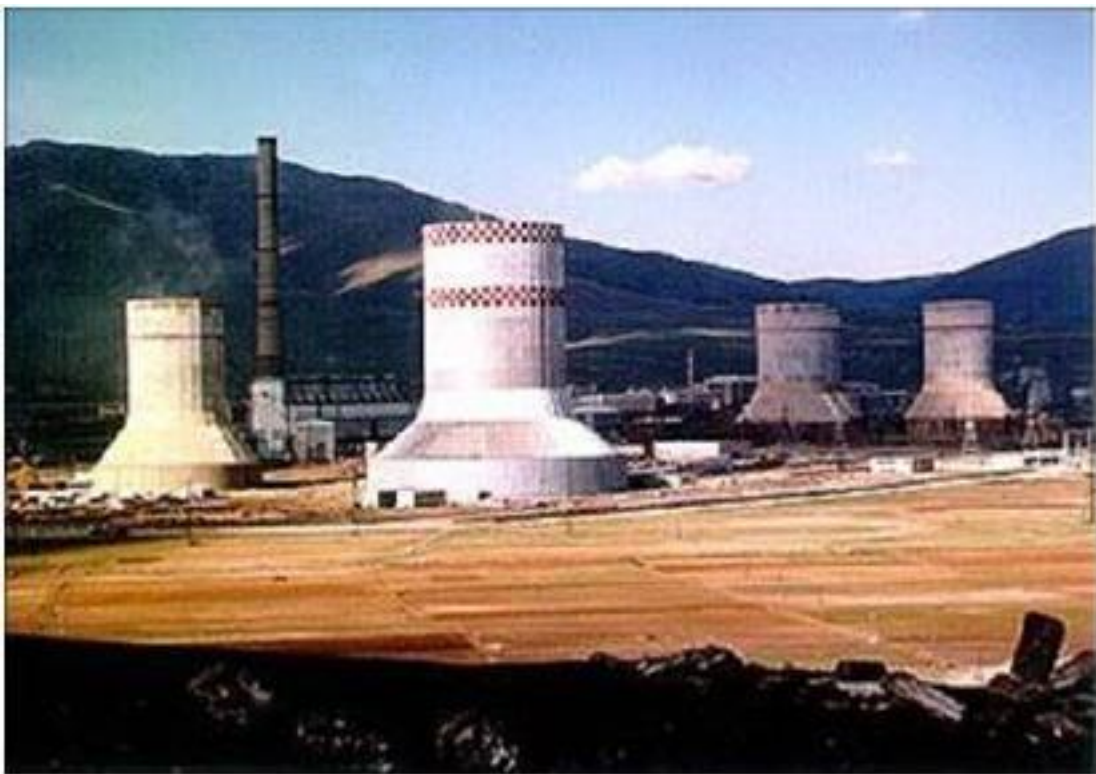






Schmehausen 核电站索网钢结构间接空冷塔

亚美尼亚 Razdan 电厂 (Razdan PS, Armenia) 2x310MW 机组合用一座钢结构自然通风冷却塔，是目前世界上现有规模最大的钢结构冷却塔（注：钢骨架型式）。该塔塔高约 160m，散热器底径约 160m



亚美尼亚 Razdan 电厂钢结构冷却塔



（图中左起第二座为世界上现有规模最大的钢结构冷却塔，为 2x310MW 机组配套共用，即两机一塔）

## 10.2 取、排水建（构）筑物方面的技术发展方向

在取、排水建（构）筑物方面，技术发展的主要方向是先进的施工工艺不断应用，如大型泵房的浮运施工法、大型管沟的沉埋管法、软基上管道采用盾构法、半自重式格型地下连续墙护岸结构等。这些先进的施工工艺带动取、排水建（构）筑物的设计技术不断向前进步。

大型泵房浮运施工法我公司在深圳妈湾电厂和深圳东部电厂均有采用。其具体做法是采用地面预制，半潜驳浮运就位安装。省去了建造泵房的施工围堰，即节约了工程造价，又加快了施工进度。下图显示了深圳东部电厂取水泵房出运的过程。



深圳东部电厂取水泵房出运施工过程

大型管沟的沉埋管法我公司在黄骅电厂排水沟施工中采用过，其具体做法是在厂区围堤内开挖基坑预制，预制完成后在基坑内注水使排水沟浮起，浮运就位后再向沟内注水下沉就位。省去了建造排水口的施工围堰的费用，即节约了工程造价，又加快了施工进度。下图显示了黄骅电厂排水沟施工的过程。



黄骅排水沟基坑形成



排水沟在基坑内浇注完毕



排水沟在浮运前



排水沟在浮运完成后

软基上管道采用盾构法在国内、外也比较多见，盾构法施工的优越性在于：

半自重式格型地下连续墙护岸结构适用于软土地基上的护岸设计，我公司在黄骅电厂取水泵房护岸设计上采用了该结构型式。其特点是用地下连续墙形成网格形结构，利用网格形地下连续墙包围住的地基土的重量和地下连续墙一起承担墙后土压力，保证护岸的稳定性，可以大大节约护岸的工程量。下图为黄骅取水口平面布置图。

