

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

第十六章：电厂化学专业设计基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 8 月 北京

编写：周 军

校审：张富礼

目 录

1 精练的专业概述.....	1
1.1 概述.....	1
1.2 常用专业术语.....	2
2 设计范围和主要内容.....	6
2.1 预处理系统.....	6
2.2 预脱盐处理系统.....	6
2.3 锅炉补给水除盐处理系统.....	6
2.4 凝结水处理系统.....	7
2.5 热力系统的化学加药处理系统.....	7
2.6 热力系统水汽取样分析系统.....	7
2.7 冷却水处理系统.....	8
2.8 热网补充水及生产回水处理系统.....	8
2.9 工业废水处理系统.....	8
2.10 氢气站.....	9
2.11 烟气脱硝还原剂储存及输送系统.....	9
2.12 油处理.....	10
2.13 化学试验室.....	10
3 化学专业需设总协调的设计接口（院内外）.....	11
3.1 水源及水质资料.....	11
3.2 厂区化学设施的布置问题.....	11
3.3 与水工专业的设计分工及接口问题.....	12
3.4 关于主厂房区域化学设施布置问题.....	13
3.5 关于热力系统水汽取样点设置问题.....	13
4 设计依据的相关规程规定（突出强制性条文）.....	15
4.1 设计依据的相关规程规定.....	15
4.2 主要强制性条文.....	16
5 系统拟定原则和典型系统.....	19
5.1 水源及其分类.....	19
5.2 预处理系统.....	20

5.3 预脱盐系统	21
5.4 锅炉补给水除盐处理系统	22
5.5 凝结水处理系统	23
5.6 冷却水处理系统	25
5.7 热力系统的化学加药和水汽取样系统	27
5.8 热网补充水及生产回水处理系统	27
5.9 工业废水处理系统	27
5.10 烟气脱硝还原剂储存和输送系统	29
5.11 氢气系统	30
5.12 化学实验室	30
5.13 水处理系统控制	30
6 主要设备选型原则	31
6.1 预处理系统	31
6.2 预脱盐系统	31
6.3 锅炉补给水除盐处理系统	31
6.4 凝结水处理系统	31
6.5 烟气脱硝还原剂储存和输送系统	32
7 安装布置原则及优化布置	33
7.1 安装布置原则	33
7.2 优化布置	33
8 设计和审查中常遇到的问题	35
8.1 水源问题	35
8.2 锅炉补给水处理系统选择问题	35
8.3 凝结水精处理系统选择问题	35
8.4 再生水深度处理系统选择问题	36
8.5 海水淡化工艺选择问题	37
8.6 废水排放问题	39
9 控制工程造价措施	40
参考文献	42

1 精练的专业概述

1.1 概述

火力发电厂热力系统的很多问题直接与水、汽系统的沉积物或/和腐蚀产物有关。水、汽系统中的沉积物或垢会引起燃料费用的增加和能量损失，并会导致锅炉受热面的结垢或腐蚀，引起炉管爆破，影响电厂的安全运行。据资料介绍，如果炉管内沉积物厚 1mm，燃料消耗约增加 10%；凝汽器水侧的沉积物厚 1mm，会使热导率降低 50%；沉积物对汽轮机的影响最大，汽轮机高压段只要有 7.6 μ m 厚的沉积物，就将使其效率降低 3%~4%，并使通流能力降低 1%。因此，确保热力系统有良好的水质，对机组运行安全、提高机组效率及寿命有重要的作用。为此，必须对火力发电厂用水进行合理的净化处理，并严格监督水汽质量。同时，随着环保要求的日益严格，电厂各种废水不能不经合适处理而直接排放。

由上可知，电厂化学专业性很强，其主要任务可归结为：①防结垢、防腐蚀和防积盐，即制备水质合格的电厂工业用水，防止在热力设备中结垢和沉渣，保护电厂主要系统和设备免于腐蚀，并进行有效的化学加药处理和监督，以保证机组安全运行。②废水治理，即对电厂内各种废水进行处理，以达到相应的回用或排放标准。

为此，电厂化学专业的设计内容主要有：预处理（包括常规水源的预处理和再生水深度处理）、预脱盐处理（包括苦咸水预脱盐和海水淡化）、锅炉补给水除盐处理、凝结水处理、热力系统化学加药和水汽取样、冷却水处理、热网补给水及生产回水处理、工业废水处理、氢气站、烟气脱硝还原剂储存和输送系统、油处理和化学试验室等。下面分别对各系统的主要功能进行概要描述。

1) 预处理：采用混凝、澄清、过滤或其中部分工艺去除水中的悬浮物、胶体物质、碱度、有机物等，以满足后续系统或用户的用水要求。

2) 预脱盐：采用反渗透、多级闪蒸、多效蒸馏等工艺去除水中大部分盐分，以满足后续系统或用户的用水要求。

3) 锅炉补给水除盐：采用离子交换、电除盐等工艺去除水中几乎全部盐分，以满足后续系统或用户的用水要求。

4) 凝结水处理：采用过滤、离子交换除盐或其中部分工艺去除凝结水中的金属腐蚀产物、溶解性盐类等，以满足机组的给水和凝结水水质要求。

5) 热力系统化学加药处理：向给水、凝结水、闭式除盐冷却水、汽包炉炉水中添加化学药剂，以满足机组的给水和凝结水水质要求，防止或减轻热力系统的腐蚀和结垢，提高设备使用寿命和换热效率。

6) 热力系统水汽取样：对热力系统水汽样品进行处理、分析监督，比较是否符合标准，以便必要时采取措施。

7) 冷却水处理：采用混凝、澄清、过滤或其中部分工艺（同前述预处理系统），以及添加杀菌灭藻剂、缓蚀阻垢剂等，防止或减轻冷却水系统及凝汽器管的结垢、污堵和腐蚀。

8) 热网补充水及生产回水处理：热网补充水处理是采用预脱盐或离子交换处理工艺去除水中的碱度和硬度，防止或减轻热网系统的换热设备及管道的腐蚀和结垢，保证换热效率。生产回水处理是采用过滤、除盐或其中部分工艺去除水中的腐蚀产物及其它污染物，以便于再利用。

9) 工业废水处理系统：采用混凝、澄清、过滤、pH 值调整等或其中部分工艺处理电厂内工业废水（不含含煤废水），以达到回用或排放要求。

10) 氢气站：采用水电解制氢或外购氢气厂内储存方式，为氢冷发电机提供合格氢气。

11) 烟气脱硝还原剂储存和输送系统：根据烟气脱硝系统的要求，采用相应的还原剂卸料、储存、制备及输送设施，为烟气脱硝提供还原剂。

12) 油处理：采用移动式油净化装置对变压器油进行净化处理。

13) 化学实验室：根据电厂规模、机组参数，及电厂管理模式等设置必要的设施和仪器，以满足电厂对水、煤（含入厂煤和入炉煤）、油进行化学分析的要求。

1.2 常用专业术语

1.2.1 再生水 reclaimed water, recycled water

再生水系指污水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求的水。

1.2.2 预处理 water pretreatment

对水进行进一步处理前而进行的粗处理。

1.2.3 深度处理 advanced treatment

进一步去除城市二级污水处理系统未能完全去除的污水中杂质、满足某种使用要求的净化过程。

1.2.4 混凝 coagulation

向水中加入电解质，使水中胶体物质脱稳并与其发生凝聚和絮凝的作用过程。能与水中胶体颗粒发生凝聚和絮凝作用的药剂，称为混凝剂。

1.2.5 过滤 filtration

水通过多孔性物质层或合适孔径的滤网以除去悬浮微粒的过程。

1.2.6 超滤 ultrafiltration, UF

膜的筛分过滤技术，介于微滤与纳滤之间的过滤，过滤精度一般在 $0.01\mu\text{m}$ ~ $0.1\mu\text{m}$ 之间。

1.2.7 微滤 microfiltration, MF

膜的筛分过滤技术，介于一般过滤与超滤之间的过滤，过滤精度一般在 $0.1\mu\text{m}$ ~ $1.0\mu\text{m}$ 之间。

1.2.8 纳滤 nanofiltration, NF

在压力驱动下，溶液侧的溶剂透过高分子薄膜达到溶剂与溶液分离目的的分
离过程，用于脱除多价离子、部分一价离子，以及最小分子量约 200~1000 的有
机物的膜分离过程。

1.2.9 反渗透 reverse osmosis, RO

在压力驱动下，溶液侧的溶剂透过高分子薄膜达到溶剂与溶液分离目的的分
离过程。

1.2.10 脱盐率 salt rejection ratio

表示脱除进水盐量的能力，为反渗透单元设备进水和产水含盐量的差值与进
水含盐量之百分比。

1.2.11 能量回收 energy recovery

把浓水的压力能转化为进水的压力能，以降低反渗透能耗的过程。

1.2.12 水回收率 recovery ratio

产水量与给水总量之百分比。

1.2.13 产水率 producing water ratio

扣除自用水量后的净产水量与给水量之百分比。

1.2.14 闪蒸 flashing

预热过的水进入减压室，导致水的沸点迅速下降而产生蒸汽的物理过程。

1.2.15 级 stage

多级闪蒸海水淡化装置中，不同温度下将给水分离成淡水和浓盐水的蒸发凝结单元；在反渗透法海水淡化装置中，给水每流经增压泵和膜组件组成的一个单元为一级。

1.2.16 多级闪蒸 multistage flash distillation, MSF

原料海水被加热到一定温度后，采用分级分步降压的方法使海水中的水分逐级蒸发，并将其产生的蒸汽冷凝下来生成淡水的方法。根据装置的结构型式，可分为横管（短管）、长管和竖管等型式。根据给水方式不同可分为盐水再循环式（MSF-BR）和贯流式（MSF-OT）。

1.2.17 热回收段 heat recovery section

盐水再循环式多级闪蒸装置中，用循环盐水冷却的各级。

1.2.18 热排放段 heat reject section

盐水再循环式多级闪蒸装置中，用新鲜海水冷却的各级。

1.2.19 盐水最高温度 top brine temperature, TBT

蒸馏法海水淡化设备中盐水工作的最高温度。对于多级闪蒸工艺指的是盐水加热器中的最高盐水温度，对于低温多效工艺指的是第一效中的最高盐水温度。

1.2.20 效 effect

多效蒸发器中不同温度下单一的蒸发凝结淡化制水单元。组成多效制水设备效的数量称为多效海水淡化设备的效数。

1.2.21 多效蒸馏 multiple effect distillation, MED

由多个蒸发效串联组成，蒸汽在传热管一侧冷凝生成淡水，同时放出的热使传热管另一侧的海水蒸发生成蒸汽，并进入下一效作为加热蒸汽对海水进行加热蒸发产生淡水的方法。

1.2.22 低温多效蒸馏 low temperature multiple effect distillation, LT-MED

原料海水的最高蒸发温度一般低于 70℃的多效蒸馏海水淡化技术。其特征是将一系列的水平管降膜蒸发器或垂直管降膜蒸发器串联起来并被分成若干效

组，用一定量的蒸汽输入通过多次的蒸发和冷凝，从而得到多倍于加热蒸汽量的蒸馏水的海水淡化技术。

1.2.23 蒸汽热压缩 thermal vapor compression, TVC

以高压蒸汽为动力，经文丘里喷嘴喷射，与低压蒸汽混合，对低压蒸汽加温加压的工艺方法。通常和低温多效蒸馏设备联合使用，简称 LT-MED-TVC，或 MED-TVC。

1.2.24 蒸汽机械压缩 mechanical vapor compression, MVC

利用压缩机对低压蒸汽加压升温的工艺方法。通常和低温多效蒸馏设备联合使用，简称 LT-MED-MVC，或 MED-MVC。

1.2.25 造水比 Gain Operation Ratio, GOR

产水质量和加热蒸汽质量的比值 (kg/kg)。

1.2.26 电除盐 electrodeionization

利用电能，通过电渗析和离子交换相结合的综合方法除去水中离子的除盐技术。

1.2.27 还原性全挥发处理 all-volatile treatment (reduction), AVT (R)

锅炉给水加氨和还原剂（又称除氧剂，如联氨）的处理。

1.2.28 氧化性全挥发处理 all-volatile treatment (oxidation), AVT (O)

锅炉给水只加氨而不加除氧剂的处理。

1.2.29 加氧处理 oxygenated treatment, OT

锅炉给水加氧的处理。

2 设计范围和主要内容

2.1 预处理系统

预处理系统的设计范围：自系统来水/气管至系统产水送出管之间的全部系统及设备、管道安装设计，管道设计接口在系统/界区 1 米处。

预处理系统包括地下水、地表水、海水、再生水等水源的预处理。预处理系统的主要设计内容包括：

- 1) 主工艺系统，如混凝、澄清、过滤等；
- 2) 辅助工艺系统，如药品（混凝剂、助凝剂、杀菌剂、酸等）储存和计量，压缩空气，废水收集、回用或排放系统，污泥处置系统等。

2.2 预脱盐处理系统

预脱盐处理系统的设计范围：自预处理系统（如有）来水/气管至系统产水送出管之间的全部系统及设备、管道安装设计。如有与外专业的管道设计接口，则接口在系统/界区 1 米处，但蒸汽管道的设计接口在用汽设备本体接口处。

预脱盐处理包括苦咸水预脱盐和海水淡化。预脱盐技术主要有膜法（反渗透和电渗析）和蒸馏法。其中电渗析技术由于其脱盐效率没有反渗透技术高、设备价格高，近年来在已经很少采用。蒸馏法技术目前主要应用于海水淡化领域，包括多效蒸馏和多级闪蒸技术，近年来多采用低温多效蒸馏技术。主要设计内容包括：

- 1) 主工艺系统，如反渗透，多级闪蒸，多效蒸馏等；
- 2) 辅助工艺系统，如药品（还原剂、阻垢剂、消泡剂、杀菌剂、酸、碱、矿化剂等）储存和计量，压缩空气，废水收集、回用或排放系统等。

2.3 锅炉补给水除盐处理系统

锅炉补给水除盐处理系统的设计范围：自预处理或预脱盐处理系统（如有）来水/气管至系统产水送出管之间的全部系统及设备、管道安装设计。如有与外专业的管道设计接口，则接口在系统/界区 1 米处，但蒸汽管道的设计接口在用汽设备本体接口处。

锅炉补给水除盐处理包括离子交换除盐工艺、二级反渗透脱盐工艺、电除盐工艺。主要设计内容包括：

- 1) 主工艺系统，如离子交换、反渗透、电除盐等；

2) 辅助工艺系统, 如离子交换器的再生、药品(还原剂、阻垢剂、杀菌剂、酸、碱等)储存和计量, 压缩空气, 废水收集、处理、回用或排放系统等。

2.4 凝结水处理系统

汽轮机组凝结水处理系统的设计范围: 自凝结水泵出口管至凝结水处理系统出口母管之间的全部系统及设备、管道安装设计。管道设计接口一般在系统/化学负责区域界限 1 米处(可根据工程具体情况确定)。

凝结水处理包括过滤除铁工艺、离子交换除盐工艺、过滤加离子交换除盐工艺、粉末树脂覆盖过滤处理工艺。主要设计内容包括:

1) 主工艺系统, 如过滤、离子交换除盐等;

2) 辅助工艺系统, 如离子交换器的再生、药品(酸、碱等)储存和计量, 粉末树脂过滤器的铺膜、破膜、压缩空气, 废水收集、处理、回用或排放系统等。

2.5 热力系统的化学加药处理系统

热力系统的化学加药处理系统的设计范围: 自加药系统的来水管至加药点之间的全部系统及设备、管道安装设计。管道设计接口如下:

1) 除盐水管: 根据工程情况接自加药设备附近的除盐水母管或凝结水管;

2) 工业水管: 水工专业接至用水设备处;

3) 炉水加药管: 加药点附近的二次阀门处;

4) 其它加药管: 加药点处。

热力系统化学加药处理包括给水、炉水、凝结水和闭式除盐冷却水系统的加药, 主要设计内容包括:

1) 给水、凝结水、闭式除盐冷却水加氨处理系统;

2) 给水、凝结水加联氨处理系统;

3) 汽包炉炉水加碱处理系统;

4) 给水、凝结水加氧处理系统(适用于直流炉机组和给水加氧处理的汽包炉机组);

5) 硫酸亚铁镀膜系统(适用于凝汽器管采用铜管的机组)。

2.6 热力系统水汽取样分析系统

热力系统水汽取样的设计范围: 自取样点至水汽取样仪表架之间的全部系统及设备、管道安装设计, 管道设计接口在系统/界区 1 米处。设计接口如下:

- 1) 工业水管、除盐水管：水汽取样系统/取样间墙中心线外 1 米处；
- 2) 锅炉系统取样管：取样点附近取样二次阀门处；
- 3) 其它取样管：取样点处。

热力系统水汽取样系统包括水汽样品的采集、处理及在线分析监测，主要设计内容包括：

- 1) 高温架；
- 2) 低温仪表架（含仪表）；
- 3) 闭式除盐水冷却系统（也可利用主厂房内的闭式除盐水冷却系统）；
- 4) 凝汽器检漏装置（适用于海水冷却的 300MW 级及以上机组）。

2.7 冷却水处理系统

当主机冷却水采用间冷开式系统，冷却水为工业水，采用混凝、澄清、过滤或其中部分处理工艺时，混凝、澄清、过滤部分的设计范围及主要设计内容同 2.2 节。当主机冷却水采用间冷闭式系统，冷却水为除盐水，采用加氨和/或联氨处理时，其设计范围及主要设计内容同 2.5 节。

冷却水加药处理系统的设计范围：自系统来进口管至系统出口管之间的全部系统及设备、管道安装设计，管道设计接口在系统/界区 1 米处。

间冷开式冷却水加药处理包括加酸、加杀菌灭藻剂和稳定、缓蚀剂处理系统，主要设计内容包括：

- 1) 加酸系统，包括酸的装卸、储存和计量系统；
- 2) 杀菌灭藻剂的制备、储存及计量系统，如电解海水（食盐水）制次氯酸钠系统，二氧化氯发生器系统等；
- 3) 稳定、缓蚀剂储存及计量系统。

2.8 热网补充水及生产回水处理系统

热网补充水可采用锅炉排污扩容器后的排污水、软化水、除盐水或反渗透装置出水。热网补给水处理系统的设计范围和主要设计内容可参见 2.2 和 2.3 节。

生产回水处理设施可单独设置，也可与锅炉补给水或凝结水处理设施合并。本系统的设计范围和主要设计内容可参见 2.3 和 2.4 节。

2.9 工业废水处理系统

工业废水处理系统的设计范围：自系统来水/气管至系统产水送出管之间的

全部系统及设备、管道安装设计。管道设计接口如下：

- 1) 工业水管：系统/界区 1 米处；
- 2) 合格废水排放管：系统/界区 1 米处。

工业废水处理系统包括经常性废水（包括化学的再生废水、脱硫废水等）、非经常性废水（空气预热器清洗废水、除尘器冲洗水、锅炉水侧化学清洗废水、锅炉火侧清洗废水等）和含油废水（变压器坑隔油池排水、油库区隔油池排水）的处理系统。主要设计内容包括：

- 1) 主工艺系统，如混凝、澄清、过滤，污泥浓缩脱水等；
- 2) 辅助工艺系统，如药品（酸、碱、氧化剂、混凝剂、助凝剂等）储存和计量，压缩空气系统等。

2.10 氢气站

氢气系统的设计范围：自系统来水/气管至系统产品氢气送出管之间的全部系统及设备、管道安装设计。工业水管道设计接口在系统/界区 1 米处。

氢气系统分现场水电解制氢系统和外购氢气系统两种形式，即制氢站和供氢站。本系统一般由制造厂商成套供货。主要设计内容如下：

- 1) 水电解制氢系统：包括电解槽、框架一（包括分离器、冷却器、屏蔽泵、氢气干燥装置、阀门、管路、仪表等）、框架二（包括管道、阀门、压力表、减压器等）、框架三（包括除盐水箱、碱液泵、柱塞泵等）、除盐水冷却装置、贮氢罐，以及系统内的电气和控制设备等；
- 2) 外购氢气系统：包括氢瓶集装格、氢气汇流排、减压装置等。

2.11 烟气脱硝还原剂储存及输送系统

本系统作为烟气脱硝系统的辅助系统，包括还原剂的卸料、储存、制备及输送系统。设计范围为自系统来水、气、汽管至系统产品氨气（水）送出管之间的全部系统及设备、管道安装设计。管道设计接口在系统/界区 1 米处。

主要设计内容如下：

- 1) 液氨卸料、储存及氨气制备系统：包括液氨卸料压缩机、液氨储存罐、液氨蒸发器、氨气缓冲罐及氨输送管道，以及氨气吹扫系统等；
- 2) 尿素卸料、溶解、制备、储存及输送系统：包括尿素储仓（干尿素）、自动给料机、尿素溶解箱、尿素溶液输送泵、尿素溶液储存罐、高流量和循环装置、

尿素溶液输送或尿素分解装置等；

3) 氨水储存及氨气制备系统：包括氨水卸料泵、氨水储存罐、氨水计量及输送装置等。

2.12 油处理

一般采用移动式油净化装置对变压器油进行净化处理，无安装设计内容。

2.13 化学试验室

化学实验室的设计范围：自系统来水管至用水点之间的实验室设施及管道安装设计。工业水管道由水工工艺专业设计至用水设施接口处。

化学实验室的主要设计内容包括水、煤、油实验室的布置设计。

3 化学专业需设总协调的设计接口（院内外）

专业设计接口在公司的作业文件中有详细的规定，本章节仅就设计中易出现问题的一些设计接口进行说明。

3.1 水源及水质资料

《工程设计依据资料的收集、使用规定》规定：在工程的初步可行性研究或可行性研究阶段设计依据资料的收集应着重于电厂建设的外部条件，收集资料应满足该阶段设计深度规定的要求，如取得业主提供的有关建设条件的各种协议，如：煤、水、占地、运输、铁路接轨、统一上网协议、融资协议、主要环保对象及环保立项协议、及厂址有关军事设施、通讯光缆、重要文物、压况等协议。

水源及水质资料是化学专业开展工程设计的重要依据资料。但近年来的工程项目，其水源及水质资料很少能够满足设计要求，很多项目仅是知道水源类别，有的甚至连实际使用水源也不能最终确定，使得设计者无法做到精确设计。因此，项目经理应了解并重视化学专业的资料需求，在项目收资及现场踏勘阶段，督促水工艺专业收集水源及水质资料，并要求业主提供满足设计要求的水源及水质资料。

化学专业对水源及水质资料的基本要求如下：应取得全部可利用水源的水质全分析资料，所需份数应符合规定。对于地表水，应了解历年丰水期和枯水期的水质变化规律以及可能被污染的情况，取得相应的水质全分析资料；对受海水倒灌或农田排灌影响的水源，还应了解由此而引起的水质变化情况；对于地下水，还应了解有关的水文地质资料；对石灰岩地区的地下水，还应了解其水质的稳定性；对于再生水、矿井排水等回用水应掌握其原水的来源组成，了解其处理设施的情况；对于海水，应了解海水取水方式及取排水海域海水水质特点、变化规律，以及周边海洋环境要求。

3.2 厂区化学设施的布置问题

由于水源的多样性和复杂性，以及节水要求的不断提高等原因，电厂的化学水处理设施也越来越多，在总平面布置时有时过于分散，给电厂的日后运行带来不便。一些发电企业已经明确要求，将全厂与水相关的设施相对集中布置，这样可减少占地，降低工程量，并可方便电厂的日常运行管理。为满足这一要求，项目经理最好在项目的前期方案策划时就提出全厂“水中心”或“水岛”的概念。

3.3 与水工专业的设计分工及接口问题

化学专业与水工专业的设计分工及设计接口问题主要表现在预处理系统设计分工、工业废水输送管道及排放管、生水管道的接口等。各专业间的分工在公司的作业文件《电力勘测设计专业分工规定》已经有明确的规定，但执行起来常常出现偏差。

3.3.1 关于预处理系统的设计分工问题

《电力勘测设计专业分工规定》明确规定由水工工艺专业负责的有：当水源为地表水时，供全厂用的原水预沉淀处理设计（包括加药处理）；当水源为煤矿疏干水时的处理。由化学专业负责设计的有：当水源为城市二级污水时，供全厂用的城市二级污水深度处理设计；当水源为海水时，供全厂用的海水淡化预处理设计。

在实际的设计工作中掌握的原则是：只需进行简单的预沉淀处理（包括简单加药处理）的由水工工艺专业负责，需要进行比较复杂的处理时，则有化学专业负责，如对于疏干水及受污染的地表水，需要进行诸如加石灰等药剂进行混凝澄清过滤处理时，一般均由化学专业负责设计。

3.3.2 关于废水输送管道及排放管道的设计分工

关于废水输送管道及排放管道的设计分工，在《电力勘测设计专业分工规定》也已明确，如以下管道由水工工艺专业负责设计：

a) 当有集中工业废水处理站时，各专业工业废水集水井（池）至工业废水处理站外 1m 的管道；处理并升压后站外 1m 的管道和水回收管道；

b) 当无集中工业废水处理站时，化学水处理系统含酸、碱废水处理满足排放要求的排放和回收管道；

c) 锅炉酸洗废水和处理后的排水管道；

d) 当无集中工业废水处理站时，各专业的工业废水处理达到排放标准后的排水出路和管道。

但在一些项目设计过程中曾出现过扯皮现象，有些管道无人设计，需要项目经理进行协调。

3.3.3 关于废水收集输送问题

《大中型火力发电厂设计规范》规定：“发电厂各生产作业场所排出的各种

废水和污水，宜按分质分类回用的原则分类收集和贮存，并根据废水水质、水量及其变化幅度、复用和排放的水质要求等，确定最佳处理工艺。”化学专业负责设计的工业废水处理系统就是按照分类收集、分质处理、分质使用这一原则进行的。但有些项目在设计时没有遵循分类收集的原则，几种不同性质的废水混在一起送至废水处理站，甚至将不属于工业废水集中处理站处理范围的含煤废水、渣仓排水、灰库排水等也排至工业废水处理站，导致废水处理系统不能正常运行。因此，需要项目经理对此问题进行协调。

3.4 关于主厂房区域化学设施布置问题

主厂房区域的化学实施包括凝结水精处理及其辅助设施、热力系统化学加药、水汽取样装置、机组排水槽等。比较常见的布置方案是：凝结水精处理设备布置在汽机房零米，再生设备布置主厂房零米 B、C 列之间，再生辅助设备布置在电气/控制楼零米，加药及水汽取样设备布置在电气/控制楼内，或 B、C 列之间的零米层、中间层。在设计工作中经常出现以下问题：

1) 在一些投标项目设计时，由于压缩主厂房的体积，经常造成化学设施的布置位置没有着落。比如化学加药和水汽取样装置最初设计在电气/控制楼，后由于压缩或取消了电气/控制楼，但司令专业没有及时通知化学专业，导致化学设施无处布置，只能在施工图阶段再找位置；

2) 有的项目，热机专业取消凝结水箱，造成化学专业的凝结水精处理系统自用水没有来源，只能再设自用水箱，这种方案得不到业主的认可。已经出现这样的情况：有些项目热机专业按没有凝结水箱进行初步设计，在初设审查时，审查专家又要求增设凝结水箱；

3) 根据相关规程，化学加药系统应就近设置药品储存间/区域，但因压缩主厂房面积导致忽略了这一要求，业主方化学专业人员经常抱怨；

4) 水汽取样装置布置位置太高，导致部分样品应压力不够而不能达到取样架，只能改在就地取样。

上述问题需要项目经理关注并协调。

3.5 关于热力系统水汽取样点设置问题

热力系统的水汽取样点一般根据热力系统图，以及化学专业设计规程进行设计，化学专业在主机招标书及技术协议书中也都已明确了相关要求，但热机专业

很少给化学专业提供热力系统图资料，与主机厂配合时也不关心取样点的设置，致使主机厂提供的最终热力系统图有关取样点设置经常与技术协议不符，影响了施工，对公司的产品质量形象也造成了负面影响。因此，提请项目经理关注此问题并予以协调。

4 设计依据的相关规程规定（突出强制性条文）

4.1 设计依据的相关规程规定

工程设计应遵循的标准包括国家标准、电力行业标准和地方标准。各级标准又分强制性、推荐性和指导性几类。电厂化学专业设计需遵循的主要规程规定清单见表 4-1。

表 4-1 电厂化学专业设计需遵循的主要标准/规定

序号	标准资料名称	现行标准号	备注
一	水质类		
1	海水水质标准	GB 3097-1997	
2	地表水环境质量标准	GB 3838-2002	
4	污水综合排放标准	GB 8978-1996	
5	火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量	GB/T 12145-2008	
6	工业锅炉水质	GB/T 1576-2008	
二	工程设计类		
7	室外给水设计规范	GB 50013-2006	
8	小型火力发电厂设计规范	GB 50049-2011	
9	压缩空气站设计规范	GB 50029-2003	
10	氧气站设计规范	GB 50030-1991	
11	工业循环冷却水处理设计规范	GB 50050-2007	
12	氢气站设计规范	GB 50177-2005	
13	工业设备及管道绝热工程设计规范	GB 50264-1997	
14	工业金属管道设计规范	GB 50316-2000	2008 年版
15	污水再生利用工程设计规范	GB 50335-2002	
16	大中型火力发电厂设计规范	GB 50660-2011	
17	海水循环冷却水处理设计规范	GB/T 23248-2009	
18	工业用水软化除盐设计规范	GB/T 50109-2006	
19	火力发电厂海水淡化工程设计规范	GB/T 50619-2010	
20	火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程	DL 5053-1996	正在修编
21	火力发电厂凝汽器及辅机冷却器管选材导则	DL/T 712-2010	
22	火力发电厂废水治理设计技术规程	DL/T 5046-2006	
23	火力发电厂汽水管道设计技术规定	DL/T 5054-1996	
24	火力发电厂化学设计技术规程	DL/T 5068-2006	
25	火力发电厂保温油漆设计规程	DL/T 5072-2007	
26	火力发电厂油气管道设计规程	DL/T 5204-2005	
27	电力工程竣工图文件编制规定	DL/T 5229-2005	
28	火力发电厂初步可行性研究报告内容深度规定	DL/T 5374-2008	
29	火力发电厂可行性研究报告内容深度规定	DL/T 5375-2008	
30	火力发电厂初步设计文件内容深度规定	DL/T 5427-2008	

31	火力发电厂施工图设计文件内容深度规定	DL/T xxxx-xxxx	尚未发布
三	设备设计类		
32	压力容器	GB 150.1~150.4-2011	
33	水处理设备技术条件	JB/T 2932-1999	
34	钢制焊制压力容器	NB/T 47003.1-2009	
35	固定式压力容器安全技术监察规程	TSG R0004-2009	
四	其它		
36	氢气使用安全技术规程	GB 4962-2008	
37	氯气安全规程	GB 11984-2008	
38	氧气及相关气体安全技术规程	GB 16912-1997	
39	危险化学品重大危险源辨识	GB18218-2009	
40	国家和地方性的其它法律法规		
41	集团公司的设计技术导则		

4.2 主要强制性条文

4.2.1 上述规程规范中，与本专业工程设计直接相关的主要强制性条文均体现在《火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程》DL 5053-1996 中，现将该标准中的化学相关的原文条文摘录如下。

3.2.2 制氢站、乙炔站应单独布置，并应远离散发火花的地点或位于明火、散发火花地点全年最小频率风向的下风侧，宜布置在厂区边缘。泄压面不应面对人员集中的地方和主要交通道路。

3.5.5.1 氢气管、乙炔管、氧气管应直接埋地敷设或架空敷设。

4.0.5 制氢站、贮氢罐间、乙炔站、液化气站及闪点低于 28℃的燃油泵房等甲、乙类建筑物，应采取防爆泄压措施。

4.0.11 发电机氢系统管道，应布置在通风良好的区域，排氢管应接至室外无火源处。

与发电机相连的氢气管，应采用法兰短管的连接方式，法兰垫料应选用防腐材料。

4.0.18.1 易燃油、可燃油和氢气等贮罐的罐体及罐顶、装卸油台、铁路轨道、管道、鹤管及套筒等应设有防静电和防感应雷接地。油槽车应设防静电的临时接地卡。

贮罐的四周应设闭合环形接地，罐体的接地点不应少于两处，接地点间距不

应大于 30m。易燃有贮罐的呼吸阀、热工测量装置应重复接地。

4.0.23 制氢站、乙炔站及制氧站宜采用自然通风。制氢站的电解间及贮气间，应设置事故排风装置。

4.0.24 易燃、易爆场所通风用的通风机和电动机应为防爆式，并应直接接地。

6.1.2 转动机械设备外露的转动部分，应设置防护罩。

6.1.3 转动机械设备应设置必要的闭锁装置。

6.2.2 发电厂的楼梯、平台、坑池和孔洞等周围，均应设置栏杆或盖板。楼梯、平台均应采取防滑措施。

6.2.3 需登高检查和维修设备处宜设钢平台、扶梯，其上下扶梯不宜采用直爬梯。

6.2.5 凡离地面或楼面高 1m 以上的高架平台，应设置栏杆。

7.1.19 石灰制备系统，应布置在单独的建筑物内，并应设有机机械通风及除尘装置。

石灰粉输送应采用密闭性好的设备。

石灰乳搅拌器间及凝聚剂搅拌间，宜采用自然通风。

石灰库、消石灰间宜设置除尘装置。

7.2.2.1 加氯间宜布置在独立的建筑物内，当与其他车间联合布置时，必须设隔墙，并应有通向室外的外开门。

室内采暖设施不宜靠近氯气瓶和加氯机，照明和通风设备的开关应设在室外。

7.2.2.2 加氯间应设有漏氯检测仪及报警装置，并宜设置氯气中和装置。

7.2.2.3 液氯瓶、联氨贮存罐应分别存放在单独的房间内。

7.2.2.4 联氨必须采用密闭容器贮存，当联氨由贮存罐移到溶液箱时，宜采用真空虹吸法。

7.2.2.5 联氨设备周围应有围堰和冲洗设施。

7.2.2.6 加联氨的蒸汽，不应作生活用汽。

7.2.2.7 加氯间及充氯瓶间、联氨仓库及加药间、电气检修间的浸漆室、生活污水处理站的操作间，均应设置机械排风装置。

7.3.3.1 酸、碱贮存设备地上布置时，周围应设有防护围沿，围沿内容积应达于最大一台酸、碱设备的容积。当围沿有排放措施时，可适当减小其容积。

7.3.3.2 酸、碱贮存间、计量间及卸酸、碱泵房必须设置安全通道、淋浴装置、冲洗及排水设施。

7.3.3.3 装卸浓酸及浓碱时，宜采用负压抽吸、泵输送或自流输送方式。

7.3.3.4 室内经常有人通行的场所，其酸、碱管道不宜架空，必须架空敷设时，应对法兰、接头处采取防护措施。

7.3.3.5 盐酸贮罐及计量箱的排气，应设置酸雾吸收装置；卸碱泵房、碱库及碱计量间宜采用自然通风。

7.3.4.1 液氨或氨水应用密闭容器贮存，并置阴凉处。

7.3.4.2 氨贮存箱、氨计量箱的排气，应设置氨气吸收装置。

7.3.4.3 氨库及加药间，应设置机械排风装置。

7.3.5 易产生有毒、有害气体的化验室，应设置通风柜及机械排风装置。

11.2.4 为防止烫伤，外表面温度高于 50℃，需要经常操作、维修的设备和管道一般均应有保温层。

4.2.2 根据中国电力工程顾问集团公司的企业标准《火力发电厂脱硝系统设计技术导则》Q/DG 1-J004—2010，涉及烟气脱硝还原剂储存及制备系统的主要强制性要求摘录如下：

1) 液氨贮存罐区应设置防火堤、遮阳棚、氨稀释槽、安全淋浴和洗眼器、逃生风向标、冷却喷淋装置、消火栓等相关安全措施；

2) 在氨站设置氨气检测报警仪和应急照明系统；

3) 液氨卸料压缩机、氨储罐、液氨蒸发器、氨气缓冲罐及氨输送管道等都应备有氮气吹扫装置；

4) 贮氨区域应防止静电、人为火源或其它事故火源可能引起的爆炸燃烧事故；

5) 卸氨压缩机应设置超负荷自动报警及停车系统，氨储罐液位应实施集中监控和自动报警；

6) 氨站必须设立重大危险源警示标志及液氨危险特性牌；

7) 在尿素溶液制备车间应防止尿素飞扬或散落，配备良好的机械通风设施。

5 系统拟定原则和典型系统

5.1 水源及其分类

5.1.1 水源分类

水源情况是水处理各系统的重要设计依据。

电厂用水水源分为天然水源和再生水源。天然水泛指江、河、湖、海及地下水（包括矿井排水），再生水系指污水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可以进行有益使用的水，俗称中水。当采用电厂废水，如循环水排污水作为电厂水源时，该水源也可称再生水。

天然水可以按总溶解固体物（TDS，也称为含盐量）和硬度等指标进行分类，如表 5-1 所示。

表 5-1 天然水的分类

按总溶解固体物分类		按硬度分类	
水的种类	溶解固体物 (mg/L)	水的种类	硬度 (mmol/L)
淡水	< 1000	软水	< 3.0
咸水	1000~4000	中等硬度水	3.0~6.0
苦咸水	4000~8000	硬水	6.0~9.0
海水	~35000 ^①	极硬水	> 9.0

注：我国沿海的河流入海口海域，海水含盐量一般在 20000 mg/L 左右。

5.1.2 水质资料

水处理系统设计需要的水质全分析资料应符合下列要求：

- 1) 地表水、再生水（包括老厂循环水排污水）等为最近 1 年逐月资料；
- 2) 地下水、矿井排水、海水等为最近 1 年各季资料；
- 3) 对于海水还应取得取水口最近 1 年逐月海水水温资料。

5.1.3 水中杂质及其处理方法

天然水和再生水中的主要杂质及处理方法见表 5-2。

表 5-2 天然水和再生水中的主要杂质及处理方法

水源	主要杂质		处理方法
天然水	悬浮物及胶体物质	细菌、藻类及原生动物	沉淀、混凝、澄清、过滤等
		泥土、沙	
		胶体及其他不溶物质	

水源	主 要 杂 质			处 理 方 法
	溶解物质	盐类	重碳酸盐和碳酸盐	软化、除盐、脱气
			硫酸盐、氯化物及氟化物	
		气体	氧、二氧化碳、氮及其他溶解性气体	
再生水	悬浮态的无机物和有机物、胶体、溶解性有机物、无机盐类（氨、磷和重金属等）及微生物难以降解的有机物（如氨氮）细菌和病毒等			生化、杀菌、过滤、石灰凝聚澄清、超（微）滤处理等

5.2 预处理系统

5.2.1 系统拟定原则

水的预处理系统应在综合考虑全厂水务管理设计的基础上，根据原水水质、后续处理工艺对水质的要求、处理水量和试验资料，并参考类似厂的运行经验，结合当地条件，通过技术经济比较确定。原水预处理系统设计应符合《室外给水设计规范》GB 50013 的规定，并符合下列要求：

1) 当原水有机物含量超过预脱盐及除盐等系统进水要求时，可采用氯化、混凝、澄清、过滤处理。上述处理仍不能满足要求时，可同时采用活性炭、吸附树脂或其它方法去除有机物；

2) 对于地表水、海水，应根据原水中不同的悬浮物、胶体等杂质的含量，分别采用沉淀（混凝）、澄清、过滤，接触混凝、过滤或超（微）滤的预处理方式；

3) 当原水含有非活性硅，锅炉蒸汽品质不能满足要求时，应采用接触混凝、过滤或沉淀（混凝）、澄清、过滤及超（微）滤等工艺去除；

4) 当原水碳酸盐硬度较高时，经技术经济比较，可采用石灰、弱酸离子交换等处理工艺；

5) 当采用铁锰含量超过预脱盐及除盐等系统进水要求时，还应设置除铁、除锰措施；

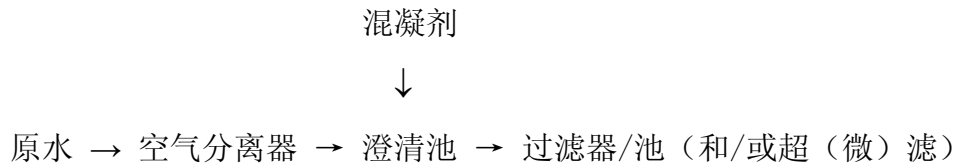
6) 对于再生水及矿井排水等水源，应根据水质特点、用水系统对水质的要求、处理规模及场地条件等因素，选择采用生化降解、杀菌、过滤、凝聚澄清、超（微）滤等处理工艺。

5.2.2 典型系统

预处理的基本工艺为混凝、澄清、过滤，或其中的部分工艺。

5.2.2.1 混凝、澄清、过滤处理系统

处理工艺流程：



该系统由于选择澄清池的形式不同，进水允许浊度 2000NTU~5000NTU 之间，系统出水指标受过滤器形式影响，一般可以达到 3 NTU ~10NTU。

5.2.2.2 直流（或接触）混凝过滤

将混凝剂投加到滤池进水管道中，通过混合器或利用一定距离的管道混合，完成水解过程，水进入滤池过滤设备，在滤层表面（或滤层内部）进行絮凝过滤。

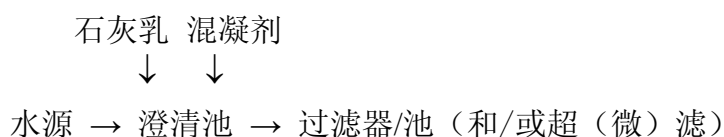
处理工艺流程：



直流凝聚过滤一般适用于悬浮物含量小于 100mg/L 的水源，过滤器通常采用截污能力强的多层滤料过滤器。

5.2.2.3 石灰混凝澄清过滤

处理工艺流程：



当原水碳酸盐硬度较高，后续处理工艺或产品水有硬度指标要求时，一般采用石灰混凝澄清过滤处理系统。

5.3 预脱盐系统

5.3.1 系统拟定原则

5.3.1.1 预脱盐处理应根据来水类型及水质特点选择合适的处理工艺。

5.3.1.2 对于非海水水源，应根据进水水质及出水水质要求，并综合考虑酸碱供应条件及废水排放和回用要求，经比较后确定是否设置反渗透预脱盐工艺。

5.3.1.3 海水淡化工艺可以采用反渗透法或蒸馏法等技术。海水淡化工艺的选择应根据电厂的厂址条件、水源及水质条件、供汽及供电条件、系统容量、出水水质要求等因素，经技术经济比较确定。

5.3.2 典型系统

5.3.2.1 预处理系统来水→反渗透给水泵→保安过滤器→高压泵→反渗透装置

5.3.2.2 预处理系统来水（或原海水）→多效蒸馏海水淡化装置

5.3.2.3 原海水→多级闪蒸海水淡化装置

5.4 锅炉补给水除盐处理系统

5.4.1 系统拟定原则

5.4.1.1 锅炉补给水处理系统应根据进水水质、给水及炉水的水质要求、补给水率、设备和药品的供应条件以及环境保护的要求等因素，经技术经济比较确定。

5.4.1.2 锅炉补给水处理系统可选用离子交换法、预脱盐加离子交换法或预脱盐加电除盐法等除盐系统，应结合工程的具体条件经技术经济比较确定。预脱盐后处理方案应根据进水水质及出水水质要求，按照以下原则经技术经济比较确定：

1) 当采用反渗透预脱盐时，一级反渗透后处理宜采用一级除盐加混床系统，也可采用二级反渗透加电除盐或加混床系统；

2) 当采用蒸馏法海水淡化预脱盐时，其后处理宜采用一级除盐加混床系统；经技术经济比较合理时，也可采用单级混床或一级反渗透加电除盐系统；

3) 当酸碱供应困难或受环保要求限制时，宜选用二级反渗透加电除盐的后处理方案。

5.4.2 典型系统

锅炉补给水离子交换除盐处理各种常见的工艺见表 5-3。

表 5-3 锅炉补给水离子交换除盐处理各种常见的工艺

序号	系统名称	出水质量		适用情况	备注
		电导率 (25℃μS/cm)	二氧化硅 (mg/L)		
1	一级除盐加混床	< 0.2	< 0.02	高压及以上汽包锅炉和直流炉	

序号	系 统 名 称	出 水 质 量		适 用 情 况	备 注
		电导率 (25℃μS/cm)	二氧化硅 (mg/L)		
2	弱酸树脂交换、一级除盐加混床	< 0.2	< 0.02	高压及以上汽包锅炉和直流炉；碱度>4mmol/L, 过剩碱度较低	当采用阳双室（双层）床，进口水硬度与碱度的比值等于 1~1.5 为宜，阳离子交换器串联再生
3	强酸、弱碱、强碱树脂交换加混床	< 0.2	< 0.02	高压及以上汽包锅炉和直流炉；进水中有机物含量高，强酸阴离子含量>2mmol/L	阴离子交换串联再生或采用双室（双层）床。
4	强酸、弱碱树脂交换加混床	< 0.5	< 0.02	进水中强酸阴离子含量高且二氧化硅含量低	
5	强酸、弱酸、弱碱、强碱树脂交换加混床	< 0.2	< 0.02	1) 进水碱度高，强酸阴离子含量高； 2) 高压及以上汽包锅炉和直流炉	可采用阳、阴双室（双层）床或串联再生。
6	两级反渗透加电除盐	< 0.1	< 0.02		
7	一级反渗透、一级除盐加混床	< 0.1	< 0.02		
8	一级反渗透加混床	< 0.1	< 0.02		
9	两级反渗透加混床				
10	两级反渗透、一级除盐加混床	< 0.1	< 0.02	适用于海水	
11	蒸馏、一级除盐加混床	< 0.1	< 0.02	适用于海水	
12	蒸馏加混床	< 0.1	< 0.02	适用于海水	

5.5 凝结水处理系统

5.5.1 系统拟定原则

汽轮机组的凝结水处理系统的配置应按锅炉型式及参数、冷却水水质和凝汽器管材质等因素确定，系统处理能力应与凝结水泵的最大流量相适应。主要设计原则如下：

- 1) 装设直流锅炉的湿冷机组，全部凝结水应进行除铁、除盐处理；
- 2) 装设亚临界汽包锅炉的湿冷机组，全部凝结水宜进行除盐处理；
- 3) 装设高压汽包锅炉和超高压汽包锅炉的机组，如果起停频繁，宜综合考虑机组启动排水量、停炉保护措施、凝汽器材质及运行管理水平等因素，进行技术经济比较，确定是否采用供机组启动用的凝结水除铁设施；
- 4) 空冷机组的凝结水精处理系统应根据空冷系统形式、机组参数等因素按照以下原则确定：
 - a) 装设亚临界汽包锅炉的直接空冷机组宜设置以除铁为主，同时也具有一定除盐能力的精处理系统。装设直流锅炉的直接空冷机组，全部凝结水应进行除铁、除盐处理；
 - b) 装设混合式凝汽器的间接空冷机组宜采用除铁加混合离子交换器系统，处理装置宜设置备用设备。
 - c) 装设汽包锅炉的表面式凝汽的间接空冷机组应设除铁设备，亚临界参数机组的凝结水处理设施宜选择具有一定除盐能力的设备。装设直流锅炉的间接空冷机组，全部凝结水应进行除铁、除盐处理。

5.5.2 典型系统

凝结水处理系统流程有：

低压系统：凝结水泵 → 凝结水处理装置 → 凝结水升压泵 → 低压加热器；

中压系统：凝结水泵 → 凝结水处理装置 → 低压加热器。

典型的凝结水处理工艺见表 5-4。

表 5-4 不同参数机组的凝结水处理典型工艺

机组参数等级	机组性质	处理工艺	备 注
高 压 机 组	湿冷及燃气、蒸汽联合循环机组	除铁过滤器	启停频繁
	直接空冷	除铁过滤器	
	表面式间接空冷	除铁过滤器	
	混合式间接空冷	除铁过滤器加混床	
超高压机 组	湿 冷	除铁过滤器	当冷却水为海水或苦咸水，且凝汽器采用铜管时
	直接空冷	除铁过滤器	

机组参数等级	机组性质	处理工艺	备 注
	表面式间接空冷	除铁过滤器	
	混合式间接空冷	除铁过滤器加混床	
亚临界 机 组	湿冷	混床	300MW 级、冷却水水质较好、给水按还原性全挥发处理工况设计
	湿冷	混床	冷却水水质为海水、苦咸水、再生水或机组容量为 600MW 级及以上、或按给水采用加氧处理工况设计的汽轮机组
	直接空冷及表面式间接空冷	粉末树脂覆盖过滤器	
		阳阴分床	
	混合式间接空冷	除铁过滤器加混床	
超临界 机 组	湿冷	过滤器加混床	
	直接空冷	粉末树脂覆盖过滤器或除铁过滤器加混床、除铁过滤器加阳阴分床	
超超临界机组	湿冷	过滤器加混床或前置阳离子交换器加混床	

5.6 冷却水处理系统

5.6.1 系统拟定原则

5.6.1.1 冷却水处理系统的选择应根据冷却方式、全厂水量平衡、水源水量及水质等因素经技术经济比较确定，并应全面考虑防垢、防腐蚀和防菌藻及水生物的滋生因素，选用节约用水、保护环境的处理系统。

5.6.1.2 循环供水系统应根据环保要求、全厂水量、水质平衡和补给水源确定排污量及浓缩倍率。采用非海水水源时，浓缩倍率设计值宜为 3~5 倍，当水质较好时，浓缩倍率可进一步提高。采用海水水源时，浓缩倍率设计值应通过试验确定，宜不超过 2.5 倍。

5.6.1.3 对循环水系统补充水可按照以下原则进行处理：

- 1) 循环水系统补充水碳酸盐硬度不高时，可采用加稳定剂、加酸法；
- 2) 循环水补充水碳酸盐硬度较高时，可采用补充水石灰软化法、弱酸树脂

离子交换或钠离子交换法，也可采用循环水旁流石灰软化法、石灰—碳酸钠软化法、弱酸树脂离子交换或钠离子交换法，同时应配合采用加稳定剂法；

3) 在特殊水质条件、或机组对冷却水的中某些离子含量有特殊要求时，经技术经济比较，也可采用部分膜脱盐处理方法；

4) 当冷却设备的换热管采用铜管时，宜采用加缓蚀剂处理。

5.6.1.4 对于循环冷却水系统，应综合考虑环境空气含尘量、补给水悬浮物含量、 SO_4^{2-} 和 Cl^- 含量等因素对循环水系统的影响，必要时，可采用循环冷却水旁流处理注意。

5.6.1.5 当采用再生水或其它回收水作为循环水补充水水源时，如水质能满足运行要求，可直接补入循环水系统，否则应进行深度处理。

5.6.2 典型系统

冷却水处理的主要工艺见表 5-5。冷却水杀菌灭藻处理主要工艺见表 5-6。

表 5-5 冷却水处理及主要工艺

循环水处理方法	处理系统工艺及功能	适用场合
简单处理	加硫酸和阻垢、缓蚀剂，以中和降低原水碳酸盐碱度和硬度	补充水碳酸盐硬度较低或浓缩倍数不高的冷却系统
补充水处理	对补充水进行石灰软化或弱酸离子交换处理，以降低水中的碳酸盐硬度	补充水碳酸盐硬度较高或浓缩倍数较高的冷却系统
旁流过滤	对部分循环水进行过滤处理，以降低循环水的悬浮物	用于循环水悬浮物较高的系统
旁流除碱度和硬度	对部分循环水进行软化处理，以降低循环水的碳酸盐硬度	
循环水排污水处理	对部分或全部循环水排污水进行混凝澄清、石灰混凝澄清和反渗透除盐处理	缺水地区，要求对排污水进行回用

表 5-6 冷却水杀菌灭藻处理工艺

杀 生 处 理 系 统			适 用 场 合
氧化性杀菌剂	二氧化氯		淡水循环系统
	次氯酸钠制取方式	外购成品工业次氯酸钠	使用于处理量小的淡水和海水循环系统
		电解食盐	淡水循环系统
		电解海水	海水直流和循环系统
	液氯		杀生效果好，但由于在运输和投加过程中易泄漏，被限制使用

	漂白粉	药品供应方便，使用于处理水量较小的场合
	非氧化性杀菌剂（主要有季铵盐、氯酚等）	效果好，简便易行，使用于寒冷地区循环水中的有机物生长较少，仅在夏季定期投加杀菌剂的场合。但应注意对环境的影响。

5.7 热力系统的化学加药和水汽取样系统

5.7.1 热力系统的化学加药处理应根据机炉型式、参数及水化学工况设置相应的热力系统化学加药设施，并符合下列要求：

- 1) 超高压锅炉给水宜采用加氨及加联氨或其它化学除氧药剂处理；
- 2) 对亚临界汽包锅炉凝结水、给水宜采用加氨及加联氨处理，也可采用加氧处理；对于亚临界直流炉机组，凝结水、给水宜采用加氨、加氧处理；
- 3) 对于超临界及以上参数的机组，凝结水、给水应采用加氨、加氧处理。直接空冷超临界机组应留有还原性给水处理的可能性；
- 4) 汽包炉炉水宜采用碱性处理。

5.7.2 对于不同参数机组的热力系统，应设置相应的水汽集中取样装置及监测仪表，取样分析的信号应能作为相关系统控制的输入信号。

5.8 热网补充水及生产回水处理系统

5.8.1 热网补充水可采用锅炉排污扩容器后的排污水、软化水、除盐水或反渗透出。热网补充水处理系统应根据热网补给水水质和水量要求，并综合考虑全厂水处理系统情况确定。

热网补充水量较大时，一般采用软化水处理设备。当锅炉补充水采用反渗透超滤工艺时，也可采用反渗透装置的出水作为热网补给水水源。

当水量较小时，可以采用锅炉补给水处理系统的除盐水。

5.8.2 生产回水作为锅炉补给水时，应根据水质污染情况，考虑生产回水的处理措施。处理设施可单独设置或与锅炉补给水或凝结水处理设施合并。

生产回水含有油质时，应要求热用户进行初步除油，使水中含油量低于10mg/L。

不需处理的生产回水，应引入在热力系统中设置的返回水箱，并设置必要的监督仪表。

5.9 工业废水处理系统

5.9.1 系统拟定原则

5.9.1.1 发电厂各生产作业场所排出的各种废水和污水，宜按分质分类回用的原则分类收集和贮存，并根据废水水质、水量及其变化幅度、复用和排放的水质要求等，确定最佳处理工艺。不应采用渗井、渗坑、稀释等手段排放不合格的废水。单机容量为 300MW 级及以上的发电厂，宜设置化学废水集中处理设施。

5.9.1.2 化学废水处理设计原则如下：

- 1) 酸、碱废水应经中和处理后复用或排放；
- 2) 含铁、铜等金属离子的废水宜进入废水集中处理系统，进行氧化、调 pH 值、絮凝澄清处理，达到相应水质标准后复用或排放；
- 3) 锅炉化学清洗废水应根据锅炉清洗方案，确定处理水量及处理工艺。

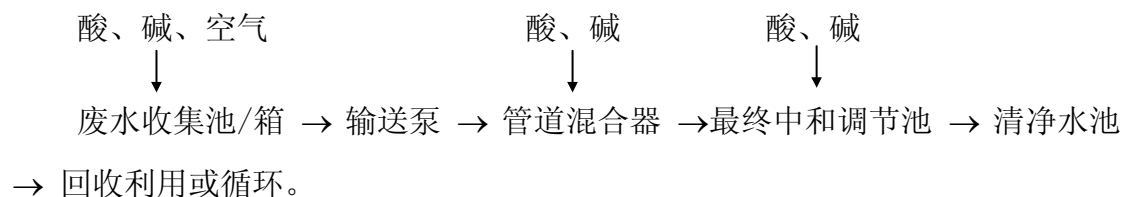
5.9.1.3 脱硫废水处理设计原则如下：

- 1) 石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统的废水应优先处理回用，如无回用条件时，应处理达标后排放；有水力除灰的电厂，脱硫废水可直接作为冲灰用水；
- 2) 脱硫系统的废水处理装置宜单独设置，以达标复用或排放，并按连续运行方式设计；
- 3) 脱硫废水处理中产生的污泥宜进行单独的脱水处理，若其它废水与脱硫废水处理产生的污泥进行合并脱水处理时，滤出液应返回至脱硫废水处理系统。

5.9.1.4 含油废水应进行油、水分离处理，处理后优先复用。

5.9.2 典型系统

5.9.2.1 pH 值不合格废水的处理流程为：



5.9.2.2 锅炉化学清洗废水、除尘器冲洗废水、空气预热器清洗废水等非经常性废水的处理流程为：

NaClO、空气、碱 酸、碱、混凝剂 助凝剂 酸、碱
↓ ↓ ↓ ↓
废水收集池/箱 → 输送泵 → 管道混合器 → 反应槽 → 澄清器 → 最终中和
调节池 → 清净水池 → 回收利用或循环。

柠檬酸清洗废液处理一般采用经 pH 值调整处理后煤场喷洒方式。

5.9.2.3 澄清器排泥处理处理流程为：

澄清器排出的泥浆 → 泥浆池 → 泥浆输送泵 → 浓缩机 → 脱水机 → 泥
斗 → 外运处置。

5.9.2.4 含油废水的处理流程如下：

地面冲洗水和隔油处理后的含油污水 → 含油废水收集池 → 含油废水提升
泵 → 油水分离或油过滤 → 非经常性废水收集池

5.9.2.5 脱硫废水处理的典型流程如下：

石灰乳 FeClSO₄ 助凝剂 酸
↓ ↓ ↓ ↓
脱硫废水 → pH 调整箱 → 反应沉降箱 → 絮凝箱 → 澄清/浓缩池（器） → 最终中
和/氧化箱 → 出水箱 → 综合利用。

澄清/浓缩池（器）排出的泥浆经脱水后外运处置。

5.10 烟气脱硝还原剂储存和输送系统

5.10.1 脱硝还原剂的选择应根据电厂周围环境条件、运输条件和电厂内部的场
地条件对于防火、防爆、防毒的要求以及脱硝工艺的要求，经环境影响评价、安
全影响评价和技术经济比较后确定，同时，宜遵循以下原则：

1) 对于 SCR 烟气脱硝工艺，若电厂地处城市远郊或远离城区，且液氨产地
距电厂较近，在能保证运输安全、正常供应的情况下，宜选择液氨作为还原剂；
位于大中城市及其近郊区的电厂，宜选择尿素作为还原剂；

2) 对于 SNCR 烟气脱硝工艺，宜选择尿素作为还原剂。

5.10.2 尿素宜采用尿素储仓配合尿素溶液储存罐储存，液氨采用液氨储存罐
储存。脱硝还原剂的储量应能满足全部脱硝系统至少 5 天的正常消耗量。

5.10.3 液氨储存设备的储存区外沿应设置围堰。

5.10.4 还原剂储存制备区域应设置事故紧急处理设施。

5.11 氢气系统

5.11.1 制氢设备的总容量宜按全部氢冷发电机的正常消耗量以及能在 7d 时间积累起相当于最大一台氢冷发电机的一次启动充氢量之和考虑；

5.11.2 储氢设备的氢气储存总有效容积应满足全部氢冷发电机 7d~10d 的正常消耗量和最大一台氢冷发电机一次启动充氢量之和。

5.12 化学实验室

5.12.1 化验室的位置应远离煤场和有污染的药品库等。

5.12.2 入厂煤化验室可与入炉煤化验室合并布置，当业主要求时，也可单独设置，布置在输煤综合楼内。

5.13 水处理系统控制

水处理各系统可以采用分散控制，也可以采用集中控制方式管理。当采用集中控制管理方式时，一般在锅炉补给水处理控制室对全厂主厂房外的水处理系统进行集中监控，主厂房内的化学系统则在主厂房机炉集中控制室内辅控网进行监控。运行人员能在水处理车间控制室的操作员站对锅炉补给水处理及工业废水处理、氢气、冷却水处理等系统进行监控和操作，实现就地无人值班；在主厂房机炉集中控制室内辅控网操作员站分别对凝结水精处理系统、热力系统化学加药系统、热力系统水汽质量监督系统等进行监控。

6 主要设备选型原则

6.1 预处理系统

6.1.1 澄清器（池）不宜少于 2 台。当短期悬浮物高，只用于季节性处理时，也可只设 1 台，但应设旁路及接触混凝设施。

6.1.2 过滤设施不应少于 2 台（套）。

6.1.3 预处理系统的各种水箱（池）其总有效容积应按系统自用水量、前后系统出力配置及系统运行要求设计。

6.2 预脱盐系统

6.2.1 蒸馏法淡化装置可不设备用，其台数不宜少于 2 台。

6.2.2 反渗透装置不宜少于 2 套，当有 1 套设备清洗或检修时，其余设备应能满足全厂正常补水的要求。

6.2.3 预脱盐系统产品水箱的容积可根据系统出力、预脱盐水用量、预脱盐装置检修周期和时间等因素确定，其台数不宜少于 2 台。

6.3 锅炉补给水除盐处理系统

6.3.1 每种型式的离子交换器不应少于 2 台。

6.3.2 离子交换器再生次数宜按每台每昼夜不超过 2 次考虑，对于凝汽式发电厂，可不设再生备用离子交换器。

6.3.3 当有 1 套（台）设备检修时，其余设备应能满足全厂正常补水的要求。

6.3.4 除盐水箱的总有效容积应满足最大 1 台锅炉化学清洗、机组启动和 1h~2h 外供水汽量三项中的最大一项用水量要求，汽包炉机组宜为最大 1 台锅炉 2h~3h 的最大连续蒸发量，直流炉机组宜按机组启动冲洗水流量及冲洗时间确定或为最大 1 台锅炉 3h 的最大连续蒸发量。

6.3.5 除盐水泵的容量及水处理室至主厂房的补给水管道，应按能同时输送最大 1 台机组的启动补给水量或锅炉化学清洗用水量和其他机组的正常补给水量之和选择。

6.4 凝结水处理系统

6.4.1 当过滤器作为机组启动或前置除铁时，可不设备用。装设直流锅炉机组的除铁设施不应少于 2 台。超临界直接空冷机组的除铁设施应设备用。

6.4.2 对于机组容量为 300MW 级、冷却水水质较好、且给水采用还原性全挥发

处理工况设计的机组的凝结水精处理装置可不设备用设备，但精处理设备不应少于 2 台。

6.4.3 对于冷却水水质为海水、苦咸水、再生水或机组容量为 600MW 级及以上、或给水采用加氧处理工况设计的机组的凝结水精处理装置应设有备用设备。

6.4.4 装设直流锅炉的机组、带混合式凝汽器间接空冷机组的精处理除盐装置应设置备用设备。

6.5 烟气脱硝还原剂储存和输送系统

6.5.1 储存罐的容量应以液氨日平均消耗量的储存天数计，其数量不宜少于 2 台。

6.5.2 尿素溶解罐容积应满足全厂 1 天的尿素溶液用量；液氨蒸发器的容量宜按照 SCR 装置全容量设计，并设置 1 台备用。

7 安装布置原则及优化布置

7.1 安装布置原则

7.1.1 化学水处理区布置应靠近主厂房固定端，并宜留有扩建余地；应避免卸存酸、碱、粉状药品对附近建（构）筑物的污染和腐蚀，当采用石灰处理时，宜设置堆渣场地。

7.1.2 制氢、贮氢设施区宜单独布置；应远离散发火花或位于明火、散发火花地点最小频率风向的下风侧；宜布置在厂区边缘且不窝风的地段，泄压面不应面对人员集中的地方和主要交通道路，宜留有扩建余地。

7.1.3 电厂的废水设施和污水处理设施在厂区总平面中的位置应有利于各类废水的收集、贮存和回收利用，宜联合布置于厂区边缘地带场地较低处。

7.2.2 凝结水精处理系统的酸碱储存、计量设备及再生废水池不宜布置在汽机房内。

7.2.6 化学药品贮存设施的布置位置应便于运输与装卸。

7.2.8 化学实验室的布置宜毗邻化学车间，宜布置在振动影响和粉尘污染较小的地段，并毗邻化学车间。

7.2 优化布置

7.2.1 化学、水工设施的布置宜相对集中。如锅炉补给水处理设施、海水淡化设施、水预处理设施、再生水深度处理设施、工业废水处理设施、工业用水设施等相对集中布置，可共用一些设施，如酸碱储存设施、水储存设施等，可以减少占地面积、减少管道工程量，也便于电厂的运行管理。近期的一些工程项目，业主提出了这样的设计要求。

7.2.2 位于主厂房内的热力系统化学加药和水汽取样分析装置宜与凝结水精处理系统相对集中布置。化学加药间的布置应便于药品的装卸、储存。水汽取样装置的布置应能保证样品的压力足够到达取样架。

7.2.3 与相关专业相关的一些设施设置宜统筹考虑，如热机专业的凝结水箱可与化学专业的除盐水箱统一考虑，在主厂房区域设置大容量的除盐水箱，取消凝结水箱，锅炉补给水处理车间仅设置系统自用除盐水箱，这样在机组正常运行期间补水量较小时，除盐水可以通过自水箱自流至凝结水系统，可以不投运凝补水泵，实现了节能的目标。

化学专业不建议简单地取消凝结水箱。因 300MW 级及以上等级的机组一般都设有凝结水精处理系统，该系统在设备反洗或再生期间需要使用除盐水，如果简单地取消凝结水箱，则为保证凝结水精处理系统运行的安全性，化学专业一般还需设置自用水箱。

7.2.4 入厂煤化验室宜与入炉煤化验室合并设置。当业主要求单独设置入厂煤化验室时，入厂煤化验室宜布置在输煤综合楼内。

8 设计和审查中常遇到的问题

8.1 水源问题

由于全球水资源危机日益严重，发电工程的用水水源已经越来越多样化。在缺水地区，使用常规的天然水源已很难获得批文。城市再生水、矿井疏干水、电厂内的废水（如工业废水，循环水排污水）等作为发电工程的工业用水水源已经越来越普遍。这些水源的使用时，常会出现的争议是锅炉补给水的水源问题。

理论上讲，各种水源都可作为锅炉补给水的水源，但鉴于城市再生水的水质及其稳定性普遍较差，一些项目业主不建议采用城市再生水作为锅炉补给水的水源，但为了项目的可批性，设计时应推荐将城市再生水作为锅炉补给水处理系统的水源。

一些项目由于用水指标或排水的限制问题，不得不将循环水的排污水进行再利用，如作为锅炉补给水处理系统的水源。这种设计方案已经在一些工程中实施。但如果循环水的补充水为城市再生水时，再将其排污水作为锅炉补给水处理系统的水源时应关注再生水深度处理工艺以及循环水系统的浓缩倍率。鉴于城市再生水质的不确定性，一些专家在工程审查时会提出不同意见，因此，对于这种情况，在初步设计时，要进行详细的论述，并建议建设单位进行相关的试验研究工作。

8.2 锅炉补给水处理系统选择问题

锅炉补给水处理系统最常用的工艺为离子交换除盐工艺（或预脱盐+离子交换除盐工艺）和全膜法（超/微滤+反渗透+电除盐）工艺。目前掌握的设计原则是城市及其附近建设的燃机电厂及垃圾电站，或原水水质较好的工程项目，所需除盐水量小时，可以推荐采用全膜法工艺。对于所需除盐水量大的工程，因离子交换系统投资省，运行费用低，宜优先采用，如果项目业主倾向于全膜法，则应进行技术经济比较后确定。

8.3 凝结水精处理系统选择问题

对于湿冷机组的凝结水精处理系统设计原则目前已基本没有争议，对于空冷机组的凝结水精处理系统选择还经常出现争议，其原因是直接空冷机组的凝结水温度较高，影响了其凝结水精处理系统的选择。西北电力设计院的试验研究结论认为，一些厂商的阴树脂可以在 75℃ 时运行，因此，该单位设计的项目多推荐阳、阴分床系统或混床系统。但由于目前还有一个按 75℃ 运行的工程实例，而

且国内外树脂制造商都不承诺其凝结水精处理用阴树脂可以在 75℃ 下安全运行，因此导致空冷机组凝结水精处理系统的设计尚存在争议，不同的审查专家会有不同的看法。

1) 亚临界参数的直接空冷机组

对于亚临界参数的直接空冷机组，目前国内常见的凝结水水精处理是粉末树脂覆盖过滤器系统和阳、阴分床离子交换除盐系统。粉末树脂覆盖过滤器系统的耐温性能好，占地面积小，投资低，已经在一大批亚临界直接空冷机组上采用，但由于该工艺除盐、除硅功能差，不易满足机组启动初期及试运行期间水汽品质快速合格的要求。阳、阴分床离子交换除盐工艺出水水质好，耗酸碱，有利于缩短机组启动时间，但投资高，占地面积大，当凝结水温度超过阴树脂的耐受温度时需旁路阴床。

两种方案各有优缺点，不同的审查专家或业主可能有不同的倾向性意见，因此，初步设计时应进行详细论述，必要时应提供专题报告。

2) 超（超）临界参数的直接空冷机组

对于超（超）临界参数的直接空冷机组，其凝结水精处理系统目前常见的有以下 3 种工艺：

- a) 粉末树脂覆盖过滤器加混床
- b) 前置过滤器加混床
- c) 前置过滤器加阳、阴分床

方案 c 系统复杂，投资高，使用业绩较少。方案 a 为我公司的专利技术，已经在一些工程上成功运用。方案 b 业绩最少。方案 c 投资高，系统复杂，占地面积大，较少采用。不同的审查专家或业主对上述方案可能有不同的意见，因此，初步设计时应进行详细论述，必要时应提供专题报告。

8.4 再生水深度处理系统选择问题

电厂以城市再生水作为工业水水源已经越来越普遍。电厂是否设置深度处理设施要依据再生水水质而定。一般污水处理厂提供的再生水为二级处理系统的出水，其水质指标及其稳定性等都不易满足直接作为电厂循环冷却水的水质要求，电厂使用时需进行深度处理。但由于而且多数电厂拟使用的污水处理厂并未建成，没有实测水质，因此，在工程设计时有以下几种可能的情况：

1) 实测的再生水水质满足电厂循环冷却水水质要求，可不再设置深度处理设施；

2) 再生水水质不能满足电厂循环冷却水水质要求，电厂需设置深度处理设施（可设置在电厂内或污水处理厂内）；

3) 污水处理厂承诺其出水水质满足电厂循环冷却水水质要求，但尚未投运或没有实测水质，可根据建设方意见，不设再生水深度处理设施，保险起见，也可预留再生水深度处理设施布置位置。

电厂设置深度处理设施时，其处理系统应根据来水水质情况确定，一般有以下几种常用工艺：

1) 石灰混凝澄清过滤处理工艺

2) 曝气生物滤池处理工艺

3) 曝气生物滤池加石灰混凝澄清过滤处理工艺

4) 膜过滤处理工艺

方案 1 为最常用处理工艺，方案 2 适用于来水氨氮、COD、BOD 等指标较高的情况，方案 3 是方案 1 和方案 2 的组合，方案 4 适用于来水水质较好、处理规模较少的情况（如空冷机组）。初步设计阶段可根据工程情况，经比较后确定推荐方案。

8.5 海水淡化工艺选择问题

众多的海水淡化技术中适于产业化的主要有海水反渗透法(SWRO, 俗称膜法)和蒸馏法(俗称热法)。蒸馏法主要有多级闪蒸(MSF)、多效蒸馏(MED)。多效蒸馏又有三种形式：MED、MED-TVC(热压缩)和 MED-MVC(机械压缩)。

火力发电厂的海水淡化到底选择什么工艺最经济？选择什么工艺技术最合理？近年来，随著我国海水淡化的研究和应用情况的进展，这些问题已经有了比较明确的答案。

热法（多级闪蒸、多效蒸馏）海水淡化技术因其单机容量大、出水水质好、对进水水质要求低、运行维护工作量小等优点，占据了很大的市场份额。但该工艺投资高，其经济性决定于蒸汽价格。一般而言，当采用低品位的廉价蒸汽或免

费蒸汽时，经济性好。但对于火力发电厂的海水淡化，一般采用的并非是低品位的蒸汽，抽汽制水而带来的经济效益不足以弥补发电经济性的损失。而且，抽汽量越大，这种损失就越大。

膜法（反渗透）海水淡化投资低、运行灵活、制水成本低，但该工艺对进水的要求严格，一般需要复杂的预处理，运行维护工作量大。一些企业的设计导则也已明确规定，对于电厂自用的海水淡化系统，宜优先选择反渗透法海水淡化工艺。

当然，对一个特定的海水淡化工程，技术路线的取舍是结合当地实际情况的市场经济行为。海水淡化工艺的选择应综合考虑海水水源及水质条件、建厂地区可供使用的热、电的价格水平、装置规模以及技术与安全性要求等因素，经综合技术经济比较后确定。火力发电厂海水淡化系统的选择可遵循如下原则：

1) 反渗透海水淡化工艺适用于各种规模的海水淡化系统，对于小型海水淡化系统，宜优先采用反渗透工艺；

2) 有废热可以利用时，宜优先采用蒸馏法工艺；

3) 对于海水水温较低的北方地区，当不易保证反渗透系统的进水水温的情况下，为简化系统，减少运行维护工作量，宜采用蒸馏法工艺。对于海水水温较高的南方地区，如水温超过 30℃时，取排水量将会很大，此时采用反渗透工艺经济性更好；

4) 鉴于低温多效工艺具有投资低、制水成本低、设备变负荷能力运行强等优势，宜优先采用低温多效工艺；

5) 对于制水量要求可变的情况下，蒸馏法工艺不易满足用户要求时，宜优先采用反渗透工艺；

6) 由于原海水污染对蒸馏法工艺不敏感，而对反渗透法将会大幅度增加海水预处理的难度和成本，因此，对于在海水污染严重的地区（如渤海湾地区）建设大型的海水淡化厂，采用蒸馏法工艺更加安全可靠；

7) 对于大型海水淡化厂，可采用蒸馏法和反渗透法的组合工艺，以取得最

佳的经济效益。

8.6 废水排放问题

废水排放执行建设项目所在地的标准，均为强制性标准。因此，在设计之初就应了解掌握当地的相关标准。国内有些项目为了其可批性，一味追求高指标，如提出废水“零排放”。所谓废水“零排放”，其英文字面意思是“零液体排放”，美国的 EPRI 定义为：“零排放即电厂不向地面水域排放任何形式的水，所有离开电厂的水都是以湿气的形式，如蒸发到大气中，或是包含在灰或渣中”。目前国内河源电厂的废水是按“零排放”进行设计的，但实际效果还有待观察。其它一些项目虽然也称废水“零排放”，但都不是真正意义上的“零排放”，因为真正的废水“零排放”需要付出很大代价，而且运行成本也很高。因此，现阶段的工程设计，除非迫不得已，应尽量避免废水“零排放”的提法，建议按“电厂正常运行情况下废水不外排”设计。

9 控制工程造价措施

据资料介绍，初设阶段，影响工程造价的可能性为 75%~95%，施工图设计结束，影响工程造价的可能性为 35%~75%，施工开始，通过技术措施节约工程造价的可能性只有 5%~10%。由此可见，施工以前控制工程造价的关键在投资决策和设计阶段，投资决策出台后，控制造价的关键则在设计阶段。因此，控制工程造价的思想要贯穿可研、初设和施工图设计的全过程。

1) 可行性研究阶段

首先，设计方案要满足用户的需求，还应符合国家的政策、法规和行业的规定，同时，还要考虑安全和环保的要求。大力推广采用新技术、新工艺、新材料，减少燃料、化学药品等物资的消耗。设计人员要深入现场，调查研究，搜集工程相关资料，对技术方案进行多方案分析比较，提出最优方案。最优方案不仅在技术上要先进、可行，而且在经济上要合理，才能满足投资方的需求。在设计中，不盲目追求一流，既要满足顾客和规范要求，又要把钱花在刀刃上，不因设计失误而造成浪费。

2) 初步设计阶段

一定要认真搜集、调查、分析、研究工程资料，初步设计深度应符合要求，不能因设计深度不够而导致在实际施工过程中出现重大设计变更。要严格掌握设计标准，凡设计标准和主要工程量超出参考设计的项目，应在初步设计中作出论证，经审查确定。

3) 施工图设计阶段

首先应积极推行限额设计，严格控制材料规格和材料用量。推行限额设计体现了设计标准、规模、原则的合理确定，通过层层限额设计实现投资限额的控制与管理，也实现了对设计规模及各指标方面的控制。

严格控制设计变更。施工图预算是确定工程造价、实行经济核算、签订工程承包合同、控制工程进度拨款的依据，同时也是工程决算的基础资料，因此，设计人员应主动深入现场了解情况，争取把设计变更控制在最小范围内。

参考文献

- 1、中国电气工程大典
- 2、火力发电厂设计规范
- 3、火力发电厂化学设计技术规程
- 4、电力工程造价的控制措施，黄雄标