

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50619 – 2010

# 火力发电厂海水淡化工程设计规范

Code for designing of thermal power plants  
seawater desalination system

2010 – 08 – 18 发布

2011 – 06 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布



中华人民共和国国家标准

# 火力发电厂海水淡化工程设计规范

Code for designing of thermal power plants  
seawater desalination system

**GB/T 50619 - 2010**

主编部门：中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 1 年 6 月 1 日

中国计划出版社

2011 北 京

中华人民共和国国家标准  
火力发电厂海水淡化工程设计规范

GB/T 50619-2010

☆

中国电力企业联合会 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

---

850×1168 毫米 1/32 2.375 印张 56 千字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—6000 册

☆

统一书号:1580177·571

定价:15.00 元

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 731 号

## 关于发布国家标准 《火力发电厂海水淡化工程设计规范》的公告

现批准《火力发电厂海水淡化工程设计规范》为国家标准,编号为 GB/T 50619—2010,自 2011 年 6 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年八月十八日

# 前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2008〕105 号)的要求,由中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司会同有关单位编制而成的。

本规范共分 11 章和 2 个附录,主要技术内容包括:总则,术语,水源及取排水,预处理系统,反渗透法海水淡化系统,蒸馏法海水淡化系统,产品水储存、处理及水质调整,废水处理,加药系统,防腐蚀及材料选择,电气、仪表与控制。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,中国电力企业联合会负责日常管理,中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄交中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司(地址:北京市西城区黄寺大街甲 24 号,邮政编码:100120),以供修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:** 中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司

**参 编 单 位:** 中国电力工程顾问集团华东电力设计院  
广东省电力设计研究院  
中国电力工程顾问集团西南电力设计院  
中国电力工程顾问集团公司

**主要起草人:** 周 军 王洁如 林建中 陶祯燕 李 丁  
孙育文 杜红纲 任晓东 王惠芸 姚兴华

余 乐	孔祥正	潘书京		
主要审查人：王 健	谭永文	张昌斌	马文静	谭兆霞
陈 戎	董烈钧	袁萍帆	周红梅	陶逢春
张 岚	吴学民	庞胜林	朱新强	张建丽
叶春松	杨宝红	曹军瑞	陆 翔	

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 3 )
3	水源及取排水 .....	( 6 )
4	预处理系统 .....	( 8 )
4.1	一般规定 .....	( 8 )
4.2	系统设计 .....	( 9 )
4.3	设备选择 .....	( 10 )
4.4	设备布置 .....	( 13 )
5	反渗透法海水淡化系统 .....	( 14 )
5.1	一般规定 .....	( 14 )
5.2	系统设计 .....	( 15 )
5.3	设备选择 .....	( 16 )
5.4	设备布置 .....	( 17 )
6	蒸馏法海水淡化系统 .....	( 18 )
6.1	一般规定 .....	( 18 )
6.2	系统设计 .....	( 19 )
6.3	设备选择 .....	( 21 )
6.4	设备布置 .....	( 21 )
7	产品水储存、处理及水质调整 .....	( 22 )
7.1	产品水储存 .....	( 22 )
7.2	产品水处理及水质调整 .....	( 22 )
8	废水处理 .....	( 24 )
9	加药系统 .....	( 25 )
9.1	一般规定 .....	( 25 )



9.2	杀菌剂 .....	(26)
9.3	混凝剂、助凝剂 .....	(27)
9.4	酸 .....	(27)
9.5	阻垢剂 .....	(27)
9.6	还原剂 .....	(28)
9.7	消泡剂 .....	(28)
9.8	碱、矿化剂 .....	(28)
10	防腐蚀及材料选择 .....	(29)
11	电气、仪表与控制 .....	(30)
11.1	电气 .....	(30)
11.2	仪表与控制 .....	(30)
附录 A	海水水质全分析报告(格式) .....	(33)
附录 B	海水淡化系统防腐蚀技术要求 .....	(34)
	本规范用词说明 .....	(39)
	引用标准名录 .....	(40)
附:	条文说明 .....	(41)

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 3 )
3	Seawater source and intake & discharge .....	( 6 )
4	Pretreatment system .....	( 8 )
4.1	General requirement .....	( 8 )
4.2	System design .....	( 9 )
4.3	Selection of equipment .....	(10)
4.4	Equipment layout .....	(13)
5	Seawater reverse osmosis desalination system .....	(14)
5.1	General requirement .....	(14)
5.2	System design .....	(15)
5.3	Selection of equipment .....	(16)
5.4	Equipment layout .....	(17)
6	Distillation desalination system .....	(18)
6.1	General requirement .....	(18)
6.2	System design .....	(19)
6.3	Selection of equipment .....	(21)
6.4	Equipment layout .....	(21)
7	Storage, treatment and conditioning for product water .....	(22)
7.1	Product water storage .....	(22)
7.2	Product water treatment and conditioning .....	(22)
8	Waste water treatment .....	(24)
9	Chemical dosing system .....	(25)

9.1	General requirement .....	(25)
9.2	Disinfectant .....	(26)
9.3	Coagulant and coagulant aid .....	(27)
9.4	Acid .....	(27)
9.5	Antiscalant .....	(27)
9.6	Reductant .....	(28)
9.7	Defoaming agents .....	(28)
9.8	Alkali and mineralizer .....	(28)
10	Anticorrosion and selection of material .....	(29)
11	Electric, instrument and control .....	(30)
11.1	Electric .....	(30)
11.2	Instrument and control .....	(30)
Appendix A	Seawater analysis report(form) .....	(33)
Appendix B	Anticorrosion technical requirements of seawater desalination system .....	(34)
	Explanation of wording in this code .....	(39)
	List of quoted standards .....	(40)
	Addition: Explanation of provisions .....	(41)

# 1 总 则

**1.0.1** 为使发电厂海水淡化工程设计满足安全可靠、技术先进、经济合理、保护环境的要求,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于火力发电厂及核能发电厂的反渗透法和蒸馏法海水淡化系统设计。

**1.0.3** 发电厂海水淡化系统的设计应执行国家的基本建设方针,体现国家的经济政策和技术政策,结合工程特点合理选用主体工艺,节约资源,保护环境,改善劳动条件,提高经济效益,并便于安装、操作和维修,做到技术先进,工艺合理,安全可靠。

**1.0.4** 海水淡化工艺的选择应根据电厂建厂条件,供水可靠性及稳定性要求,项目投资及制水成本和环保要求等因素,经技术经济比较确定,并遵循以下原则:

1 应根据电厂主工艺系统、外部条件、用水水量及水质要求等因素确定海水淡化工艺及参数;

2 海水淡化可以采用不同淡化工艺的组合,以降低能耗和制水成本,方便运行管理和检修维护,减少排放。

**1.0.5** 海水淡化系统的蒸汽参数、造水比、水回收率、装置单机容量等主要设计参数应根据工程具体情况,经技术经济比较确定。

**1.0.6** 海水淡化系统的排水水质应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.7** 海水淡化站的布置应根据水(汽)源及产品水用水点、排水点的方位等因素确定,并满足电厂总体规划要求。当海水淡化站分期建设时,设计中应预留扩建条件。

**1.0.8** 海水淡化站的扩建或改建设计,应合理利用原有的建筑物

和水处理设施。

**1.0.9** 发电厂海水淡化工程设计除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 超滤 ultrafiltration

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  $0.01\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$  之间。

### 2.0.2 微滤 microfiltration

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  $0.1\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$  之间。

### 2.0.3 纳滤 nanofiltration

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  $200\sim 1000$  的有机物的膜分离过程。

### 2.0.4 反渗透 reverse osmosis

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。用于海水脱盐的反渗透称为海水反渗透(SWRO)。

### 2.0.5 通量 flux

单位时间单位膜面积透过组分的量。

### 2.0.6 脱盐率 salt rejection ratio

表示脱除进水含盐量的能力,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的百分比。

### 2.0.7 污泥密度指数 silt density index

由堵塞  $0.45\mu\text{m}$  微孔滤膜的速率计算得出表征水中细微悬浮固体物含量的指数,简称 SDI。

### 2.0.8 污堵因子 fouling factor

表征反渗透膜受污染后性能衰减趋势的系数。

### 2.0.9 能量回收 energy recovery

把反渗透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。

**2.0.10 混水率** device mixing ratio

反渗透进水经过正位移式能量回收装置时,与浓盐水发生掺混,掺混的浓盐水量与掺混后的进水量的百分比。

**2.0.11 水回收率** recovery ratio

产水量与进水总量的百分比。

**2.0.12 产水率** producing water ratio

扣除自用水量后的净产水量与进水量的百分比。

**2.0.13 造水比** gained output ratio(GOR)

产水质量和加热蒸汽质量的比值(kg/kg)。

**2.0.14 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。

**2.0.15 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。

**2.0.16 多级闪蒸** multistage flash distillation

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,简称 MSF。根据装置的结构形式,可分为横管(短管)、长管和竖管等形式。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)。

**2.0.17 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。

**2.0.18 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。

**2.0.19 盐水最高温度** top brine temperature

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。

**2.0.20 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蒸馏海水淡化设备的效数。

**2.0.21 多效蒸馏 multiple effect distillation**

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。

**2.0.22 低温多效蒸馏 low temperature multiple effect distillation**

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。

**2.0.23 蒸汽热压缩 thermal vapor compression**

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。

**2.0.24 蒸汽机械压缩 mechanical vapor compression**

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。

**2.0.25 不凝结性气体(不凝气) noncondensable gases**

与水蒸气混合在一起,水蒸气冷凝过程中不能凝结的气体。

**2.0.26 凝汽器 condenser**

多效蒸馏装置末端用于冷凝二次蒸汽的设备。

**2.0.27 产品水 product**

海水淡化装置出口淡水。



### 3 水源及取排水

**3.0.1** 海水淡化系统设计时应了解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。

**3.0.2** 设计前应取得以下资料:

1 潮汐资料包括当地海域近 5 年的最高潮位、最低潮位和出现的时间数据,以及最近 1 年各月和最高、最低及潮间潮位时的海水盐度、悬浮物、化学需氧量(COD)、油含量等数据;

2 水温资料包括取水口最近 1 年各月海水的温度监测数据;

3 海水水质全分析资料至少应含最近 1 年各季水质全分析数据,包括含沙量和颗粒粒径分布。海水水质分析报告格式应符合本规范表 A 的规定。

**3.0.3** 海水淡化水源的设计水质应根据取水海域水质资料和预期水质变化趋势综合确定。

**3.0.4** 海水淡化水源的设计水温应根据淡化系统的来水温度和淡化工艺要求确定,并按最低和最高水温进行校核。

**3.0.5** 海水淡化系统的水源,应根据淡化工艺的要求、机组冷却水系统的供水方式以及冷热季的水温状况,并综合考虑近、远期工程的取水方案等因素,按下列原则确定:

1 对于蒸馏法海水淡化工艺,当电厂冷却水系统为海水直流供水时,其原料水及冷却用水均可采用原海水。当预处理系统要求提高水温时可采用电厂冷却水系统排水。当电厂冷却水系统为海水循环供水时,其原料水宜采用原海水;

2 对于反渗透法海水淡化工艺,当电厂冷却水系统为海水直流供水时,其水源宜根据海水水温采用原海水或排水。当电厂冷却水系统为海水循环供水时,其水源宜采用原海水。当水温低于

淡化工艺要求时,应有提高水温的措施。

### 3.0.6 海水淡化系统的取水方式设计应符合下列规定:

1 当直接取用原海水时,应全面考虑泥沙、冰凌、风浪、海生物、赤潮及其他海洋水文条件的影响,宜采用地表取水方式,包括岸边取水、引潮沟和管涵取水等。当地质条件许可,经技术经济比较后可采用岸边打井的取水方式;

2 当取自电厂直流供水系统供水时,可在供水管道上直接引管;当取自其排水时,其取水点在不破坏虹吸的情况下宜设于虹吸井堰前,自流或升压供水;

3 当取自电厂循环供水系统时,可在循环水管道上直接引管。

### 3.0.7 海水淡化系统的取水设施应根据淡化工艺的要求、机组的供水方式,在充分利用电厂冷却水系统设计裕度的基础上确定,并应符合下列规定:

1 取水设施宜与电厂冷却水或补充水系统的取水设施统一设计、合并设置。当取水容量和供水方式与电厂冷却水系统设计不匹配时,取水设施可单独设置;

2 对于海水直流供水系统的电厂,单独设置的海水淡化取水泵宜设置在取水泵房内,并配置备用泵。海水淡化取水泵吸水装置设于取水泵流道内,或单独设置流道取水;

3 对于海水循环供水系统的电厂,淡化水泵宜与电厂补充水泵统一配置选型,并应配置备用泵,宜采用统一的流道净水设施。

### 3.0.8 海水淡化系统达到规划容量时,淡化用海水输送管道不应少于2条。当其中1条停用时,其余管道应能通过最大用水量的75%。

3.0.9 海水淡化系统的浓海水排放方式应根据工程的具体情况确定,有条件时宜综合利用。当直接排至海域时,应满足排放海域的环保要求。

3.0.10 海水淡化取排水系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂水工设计规范》DL/T 5339的有关规定和核电站的设计要求。

## 4 预处理系统

### 4.1 一般规定

4.1.1 海水淡化系统进水的预处理应根据海水水质和海水淡化工艺要求确定。

4.1.2 当原海水悬浮性固体和泥沙含量超过所选用澄清器(池)的进水要求时,宜设置预沉池。

4.1.3 反渗透法海水淡化系统的预处理应根据海水水质和系统规模等因素确定采用混凝、澄清、介质过滤或超(微)滤工艺。典型的工艺包括:

- 1 海水→混凝、澄清→多介质过滤→细砂过滤;
- 2 海水→混凝、澄清→介质过滤→超(微)滤;
- 3 海水→混凝、澄清→超(微)滤;
- 4 海水→多介质过滤→细砂过滤;
- 5 海水→超(微)滤。

4.1.4 蒸馏法海水淡化系统的预处理工艺应根据海水水质及淡化工艺确定,并应符合下列规定:

- 1 多级闪蒸淡化工艺可仅设置加酸脱气装置;
- 2 多效蒸馏淡化工艺的预处理装置应根据蒸馏装置对进海水质的要求设置,可采用混凝、澄清工艺。

4.1.5 超(微)滤装置进水宜按表 4.1.5 的规定确定。

表 4.1.5 超(微)滤装置的进水要求

项 目	单 位	指 标
水温	℃	10~35
pH(25℃)	—	3~11

续表 4.1.5

项 目	单位	指 标	
浊度	NTU	正压式	<5(内压式)
			<15(外压式)
		负压式(浸没式)	—

4.1.6 预处理系统的设计应符合现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 和现行行业标准《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068 的有关规定。

## 4.2 系统设计

4.2.1 澄清系统的设计应符合下列规定：

1 澄清系统宜选用具有混凝功能的澄清(沉淀)池,具体型式应根据海水水质、处理水量、后续装置的进水水质要求等,并结合当地条件选用;

2 澄清(沉淀)池不宜少于 2 台。当有 1 台设备检修时,其余设备应满足系统正常供水要求;

3 澄清(沉淀)系统应配备混凝剂、助凝剂、杀菌剂、酸、碱等化学药品的储存及计量装置。药品种类及加药量应根据海水水质、试验结果或参照相似条件的运行经验确定。

4.2.2 介质过滤系统的设计应符合下列规定：

1 介质过滤设备的型式应根据进水水质,并结合工程特点确定;

2 介质过滤设备的出水浊度应满足后续设备的进水水质要求;

3 介质过滤设备不应少于 2 台(格)。当有 1 台(格)检修时,其余设备应满足系统正常供水要求;

4 当介质过滤设备的后续系统对其进水流量稳定性有要求时,宜设置专用反洗设施;

5 介质过滤设备的反洗水源宜采用过滤设备的产水。

#### 4.2.3 超(微)滤系统的设计应符合下列规定:

1 超(微)滤装置的设计应根据进水水质、处理水量和后续淡化装置进水水质要求,选择膜组件型式、膜材质和装置的运行方式;

2 超(微)滤系统可由超(微)滤给水泵、保安过滤器、超(微)滤膜组件、监测仪表、反洗装置、化学清洗装置、加药装置等组成;

3 超(微)滤膜组件套数不宜少于 2 套;

4 压力式超(微)滤系统的保安过滤器应能实现自动清洗,过滤精度应满足超(微)滤膜组件的进水要求;

5 压力式超(微)滤给水泵、保安过滤器、超(微)滤膜组件等宜采用母管制连接。当套数少于 3 套时,其进水泵、保安过滤器、膜组件等也可按单元制设置;浸没式超(微)滤系统的产水泵与超(微)滤膜组件应按单元制连接;

6 超(微)滤系统的出水水质和产水率应根据进水水质、超(微)滤膜特性确定,主要设计参数宜符合表 4.2.3 的规定;

表 4.2.3 超(微)滤系统的出水水质和产水率

项 目	指 标
出水水质	污泥密度指数 SDI(15min)<3 浊度 $\leq 0.2$ NTU
产水率	$\geq 90\%$

7 超(微)滤系统的加药品种、加药量及加药点、化学清洗液的选择应根据进水水质、膜污染物成分、膜组件型式及膜材质等因素确定。

### 4.3 设备选择

#### 4.3.1 澄清(沉淀)设备的设计应符合下列规定:

1 澄清(沉淀)设备的出力应根据设备型式和设计水温进行核算,必要时可进行试验或参考类似厂的运行经验确定;

2 对于低浊或水质不稳定的海水,澄清设备应设置泥渣回流系统。

#### 4.3.2 介质过滤设备的设计应符合下列规定:

1 介质过滤设备的反洗次数,应根据进出口水质、滤料的截污能力等因素确定。每昼夜反洗次数不宜超过 2 次;

2 介质过滤设备的反洗方式应根据设备型式确定;

3 介质过滤设备应设置空气擦洗设施,所用气源宜由专用罗茨风机供给;

4 介质过滤设备设计滤速宜符合表 4.3.2-1 的规定;

表 4.3.2-1 介质过滤设备滤速

过滤设备型式		滤 速(m/h)	
		混凝澄清	接触混凝
细砂过滤		6~8	—
单层滤料	单流	8~10	6~10
	双流	15~18	
双层滤料		10~14	6~10
纤维过滤		20~40	—

5 介质过滤设备的滤料级配和反洗强度宜符合表 4.3.2-2 的规定;

表 4.3.2-2 介质过滤设备的滤料级配和反洗强度

型式		滤料		反洗强度[L/(m <sup>2</sup> ·s)]			备 注	
		种类	粒径φ (mm)	层高 (mm)	水反洗	风水合洗		
						空气		水
重力式过滤器 (池)	单层滤料	石英砂	0.5~1.0	700	12~15	20	—	历时 5min~10min, 滤料不均匀系数 K<2
	双层滤料	无烟煤	1.2~1.6	300	13~16	10~15	~10	历时 5min~10min
		石英砂	0.5~1.0	400				

续表 4.3.2-2

型式		滤料			反洗强度[L/(m <sup>2</sup> ·s)]			备 注
		种类	粒径φ (mm)	层高 (mm)	水反洗	风水合洗		
						空气	水	
压力式过滤器	单层滤料	精细石英砂	0.3~0.5	600~800	10~12	27~33	—	水洗历时： 10min~15min 空气擦洗历时： 3min~5min
		石英砂	0.5~1.2	1200	12~15	20	—	历时 5min~10min
	双层滤料	无烟煤	0.8~1.8	400	13~16	10~15	8~10	历时 5min~10min
		石英砂	0.5~1.2	800				

注：1 表中所列为反洗水温 20℃ 的数据，水温每增减 1℃，反洗强度相应增减 1%；

2 滤料反洗膨胀率：石英砂单层滤料为 45%；双层滤料为 50%；

3 当配有表面冲洗设施时，反洗强度可取低值；

4 反洗强度可根据全年水温、水质变化等因素适当调整。

6 各类过滤设备的反洗、正洗进水或排水应有限流措施。

#### 4.3.3 超(微)滤膜装置的设计应符合下列规定：

1 压力式超(微)滤装置的进水应能自动调节，宜采用变频控制的给水泵或调节阀。浸没式超(微)滤装置的产水泵应具备变频功能；

2 超(微)滤膜组件应配置化学清洗装置及专用反洗水泵。反洗水宜采用超(微)滤装置产水，化学清洗水宜采用淡水；

3 超(微)滤膜装置应具有膜元件完整性检测功能；

4 超(微)滤膜元件的型号和数量应根据膜通量的衰减率及水温确定。

#### 4.3.4 水箱(池)、水泵的设计应符合下列规定：

1 预处理系统的各类水箱(池)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确定，宜取后续系统

0.5h~1h 的用水量;

2 每一类水箱(池)不宜少于 2 台,当有 1 台水箱(池)检修时,其余设备应满足系统正常供水要求;

3 当水泵的布置位置高于水池最低水位时,每台泵应有单独的吸水管;

4 当多台水泵接自同一水箱时,不同用途的泵应分别设置吸水管;

5 母管制系统设置的水泵应配备用泵。

#### 4.4 设备布置

4.4.1 混凝、澄清(沉淀)设备、过滤设备宜布置在室外,寒冷地区宜布置在室内。

4.4.2 澄清池(器)布置在室外时,根据地域条件,顶部可设置顶棚或顶盖。

4.4.3 相邻澄清设备的顶部宜有连接通道,并应设置防护栏杆。滤池宜设检修爬梯,顶部应设防护栏杆。水箱(池)顶部应设防护栏。

4.4.4 超(微)滤装置应布置在室内,并留出更换膜的空间。

4.4.5 浸没式超(微)滤膜组件宜布置在单独的房间内,设置检修用起吊设施,并留出膜组件检修场地。室内应设置通风设施。

4.4.6 浸没式超(微)滤膜池顶部应设置检修通道和活动盖板。

4.4.7 用于多级闪蒸发装置的加酸脱气塔宜布置在室外,并应设置必要的通道及防护栏杆。



## 5 反渗透法海水淡化系统

### 5.1 一般规定

5.1.1 海水反渗透装置宜选择卷式复合膜。卷式聚酰胺复合膜的进水宜符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 聚酰胺复合膜海水反渗透装置的进水要求

项 目	单位	数 据
pH(25℃)	—	4~11(运行) 2~11(清洗)
浊度	NTU	<1.0
污泥密度指数 SDI(15min)	—	<5
游离余氯(Cl <sub>2</sub> )	mg/L	<0.1, 控制为 0.0, 同时满足在膜寿命期内总剂量小于 1000h·mg/L
锰	mg/L	<0.5
铁(Fe)	mg/L	<0.05(给水溶氧>5mg/L 时)

注:进水要求是指保安过滤器的入口要求。

5.1.2 海水反渗透装置的设计进水水温不宜低于 10℃, 不应超过 40℃。

5.1.3 海水反渗透装置的脱盐率宜符合下列规定:

- 1 运行 1 年内不低于 99.5%(20℃);
- 2 运行 3 年内不低于 99.0%(20℃)。

5.1.4 海水反渗透装置的脱盐率应按式(5.1.4)进行计算:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_i}\right) \times 100 \quad (5.1.4)$$

式中:  $R$ ——脱盐率(%);

$C_p$ ——产水含盐量(mg/L);

$C_i$ ——海水含盐量(mg/L)。

5.1.5 海水反渗透装置的水回收率应根据进水水质、预处理工艺、膜元件特性、工程投资等因素确定,宜控制在 35%~55% 以内。水回收率应按下式进行计算:

$$Y = \frac{Q_p}{Q_f} \times 100 \quad (5.1.5)$$

式中:  $Y$ ——水回收率(%);

$Q_p$ ——产水流量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_f$ ——进水流量( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

5.1.6 在出水水质满足要求的情况下,应选择低能耗反渗透膜。

5.1.7 反渗透法海水淡化系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068 的有关规定。

## 5.2 系统设计

5.2.1 海水反渗透系统可由保安过滤器、高压泵、能量回收装置、反渗透膜组件、冲洗系统、化学清洗系统、加药系统、监测仪表和电气控制系统等组成。

5.2.2 反渗透系统的保安过滤器、高压泵、能量回收装置、反渗透膜组件等宜按单元制连接。

5.2.3 反渗透装置宜按连续运行设计。

5.2.4 反渗透装置不宜少于 2 套。当有 1 套设备清洗或检修时,其余设备的出力应能满足正常供水的要求。

5.2.5 反渗透装置应采取不合格进水、不合格产水排放措施。

5.2.6 反渗透装置进水和浓水管路应设置化学清洗和冲洗接口,且应设置停运时自动冲洗的进水阀、排放阀,并与高压泵连锁。冲洗水应采用反渗透装置产水。

5.2.7 反渗透的高压泵应采取进水低压保护和出水高压保护措施。

5.2.8 反渗透装置产水管应设置压力释放安全装置。

5.2.9 当海水淡化系统设置产水回吸水箱时,水箱容积应满足回

吸所需的水量要求。

**5.2.10** 高压泵、能量回收装置的噪声指标应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87 的有关规定。

### 5.3 设备选择

**5.3.1** 高压泵入口应设置保安过滤器,过滤精度宜为  $5\mu\text{m}$ 。滤芯应便于快速更换。

**5.3.2** 海水淡化系统的高压泵宜选择离心泵,并宜采用变频控制。未采用变频控制时,泵出口管应装设电动慢开阀门。

**5.3.3** 能量回收装置的设计应符合下列规定:

1 能量回收装置可采用透平式或正位移式等形式,选择时应综合考虑能量成本、装置规模、投资和运行费用以及能量回收效率等因素,经比较确定;

2 采用正位移式能量回收装置的海水反渗透系统应设置变频控制的增压泵;

3 正位移式能量回收装置混水率不应大于 6%。

**5.3.4** 反渗透膜组件的设计应符合下列规定:

1 膜元件应根据进水水质、水温、产水量、水回收率等通过计算优化确定。当对产品水的硼含量有要求时,应采取脱硼措施;

2 反渗透膜的主要设计参数应根据海水水质、预处理方式确定。对于复合膜其产水通量宜为  $12\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 17\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,污堵因子宜为 0.70~0.85;

3 反渗透膜元件的承压壳体应选用玻璃钢或其他耐海水腐蚀的压力容器,其最高允许压力应与所选膜元件最高允许压力一致;

4 每个压力容器宜按内装 6 支~8 支膜元件设计选型;

5 反渗透装置宜按一级一段式设计;

6 反渗透装置产水静背压不得超过规定值,浓水排放管的布置应保证系统停用时最高一层膜组件不会被排空。

**5.3.5** 冲洗系统包括冲洗水泵及相应的管路。冲洗水泵流量不宜小于单套反渗透装置的产水流量,冲洗水压力宜为 0.2MPa~0.4MPa。

**5.3.6** 化学洗清系统的设计应符合下列规定:

- 1 反渗透系统应配套设置固定的清洗装置;
- 2 清洗系统可由清洗水箱、加热(或冷却)装置、清洗水泵、5 $\mu$ m 保安过滤器以及阀门、管道、仪表等附件组成;
- 3 清洗水箱应防腐,其容积根据单套装置的压力容器规格、数量、清洗回路的管道和保安过滤器等的容积确定;
- 4 清洗水泵的流量应保证压力容器的清洗水量要求,清洗水压力宜为 0.3MPa~0.5MPa;
- 5 清洗液温度宜为 25℃~35℃,最高不应超过 40℃。

## **5.4 设备布置**

- 5.4.1** 反渗透装置应布置在室内,并应预留膜元件更换空间。
- 5.4.2** 压力容器端头正对主要通道时,宜设置安全防护网。
- 5.4.3** 高压泵、能量回收装置宜尽量靠近膜组件布置。
- 5.4.4** 海水淡化车间宜设置高压泵检修起吊设施。

## 6 蒸馏法海水淡化系统

### 6.1 一般规定

6.1.1 蒸馏法海水淡化可采用多效蒸馏、多级闪蒸工艺。淡化工艺应根据汽源参数、海水水质、系统出力、设备单机容量、设备价格及场地条件等因素,经比较后确定。

6.1.2 多级闪蒸宜采用盐水再循环式多级闪蒸工艺。多效蒸馏宜选择带热压缩的低温多效蒸馏工艺。

6.1.3 多级闪蒸装置的级数、低温多效装置的效数、造水比应根据淡化装置容量、蒸汽参数、供汽量、设备及蒸汽价格等因素确定。蒸馏法海水淡化装置的造水比宜符合下列规定:

- 1 贯流式多级闪蒸装置的造水比宜为 2~8;
- 2 盐水再循环式多级闪蒸装置的造水比宜为 4~12;
- 3 低温多效蒸馏装置的造水比宜为 3~7;
- 4 带热压缩的低温多效蒸馏装置的造水比宜为 6~15。

6.1.4 低温多效蒸馏海水淡化装置的进水水质应满足设备进水要求,或按表 6.1.4 的规定确定。

表 6.1.4 低温多效蒸馏海水淡化装置的进水水质要求

项 目	单 位	数 据
悬浮物	mg/L	≤50
油	mg/L	≤1
游离余氯(Cl <sub>2</sub> )	mg/L	≤1
悬浮物粒径	μm	≤100

6.1.5 蒸馏法海水淡化装置的盐水最高温度应根据 CaSO<sub>4</sub> 的溶解度特性确定。

6.1.6 蒸馏法海水淡化装置产水的含盐量不宜超过 10mg/L。

**6.1.7** 多级闪蒸海水淡化装置的负荷变化范围宜为 80%~110%;低温多效蒸馏海水淡化装置的负荷变化范围宜为 50%~110%。负荷调节范围设计值应根据海水淡化制水要求、设备及外部条件确定。

**6.1.8** 蒸馏法海水淡化装置的产水量计算时应扣除加热蒸汽的凝结水量。

**6.1.9** 蒸馏法海水淡化装置的产水水温应满足后续用户的要求。

**6.1.10** 核电站二回路的蒸汽不应直接作为蒸馏法海水淡化装置的热源。

## **6.2 系统设计**

**6.2.1** 加热蒸汽宜采用低参数的蒸汽,设计时应根据热力系统可以提供的蒸汽流量、参数和淡化装置对蒸汽的温度、压力要求,并结合厂区蒸汽输送管道设计等因素,综合比较后确定。

**6.2.2** 蒸馏法海水淡化装置应根据盐水最高温度确定最低加热蒸汽参数,并宜符合下列规定:

1 多级闪蒸装置最低蒸汽压力宜为 0.15MPa(a)~0.30MPa(a);

2 低温多效蒸馏装置最低蒸汽压力宜为 0.025MPa(a)~0.032MPa(a);

3 带热压缩的低温多效蒸馏装置的压缩汽源压力宜为 0.20MPa(a)~0.50MPa(a)。

**6.2.3** 对于射汽真空系统,当加热蒸汽压力较低,不能满足真空设备对蒸汽压力的要求时,可另设置供汽系统。

**6.2.4** 蒸馏法海水淡化系统汽源的供应方式宜按以下原则设计:

1 无备用淡水水源时,海水淡化系统可设置并列双母管、环形双母管或其他类似功能的供汽系统,系统的最低供汽量应满足海水淡化站最低制水量时的蒸汽需求量要求,同时供汽汽源宜采用多台机组并列供汽方式。当电厂设置启动锅炉时,可将启动锅

炉产生的蒸汽作为调试及应急供汽汽源；

2 有备用淡水水源的海水淡化系统可设置单母管供汽系统；

3 根据工程具体情况也可采用其他适用的供汽系统方案。

#### 6.2.5 多级闪蒸系统的设计应符合下列规定：

1 多级闪蒸海水淡化装置可包括闪蒸蒸发器本体、海水过滤器、盐水加热器、除气设备、去除不凝气体的抽真空设备、胶球清洗设备、加药设备、酸洗设备等；

2 多级闪蒸系统应进行原料海水加酸、除气、防垢、消泡处理，并加还原剂除去氧和余氯；

3 多级闪蒸蒸发器的真空系统宜采用多级蒸汽喷射式抽气器；

4 多级闪蒸系统应设置停运时的淡水冲洗系统；

5 多级闪蒸海水淡化装置的加热蒸汽凝结水宜单独回收。

#### 6.2.6 多效蒸馏海水淡化系统的设计应符合下列规定：

1 多效蒸馏海水淡化装置可包括海水过滤器、蒸发器、凝汽器、蒸汽压缩喷射器、抽真空设备、海水预热器、冷凝水和产水冷却器、加药设备等；

2 对于采用有铝制部件的蒸馏装置，应在物料水管路上设置去除铜、镍、汞等金属离子的装置；

3 真空系统宜采用多级蒸汽喷射式抽真空设备，启动抽汽系统容量宜在 40min~60min 内达到蒸发器启动条件，正常运行射汽抽气器宜按 2 级~3 级喷射器设置；

4 多效蒸馏系统应设置停运时的淡水冲洗装置；

5 加热蒸汽凝结水可能含有对用户有害的化学成分时，应单独回收。

6.2.7 蒸馏法海水淡化装置进口宜设置过滤器，其过滤精度根据蒸发器要求确定。

6.2.8 蒸馏法海水淡化装置应设置酸洗系统。酸洗系统可采用固定式或移动式设备。

- 6.2.9 蒸馏法海水淡化装置应有蒸汽中断时的真空保护系统。
- 6.2.10 蒸馏法海水淡化装置应设有加热蒸汽超压保护和超压排放装置。保护动作时间应保证加热设备不超过设备的设计压力。排放装置应保证蒸汽最大进汽量下加热设备不超过设计压力。
- 6.2.11 高温管道设计应计算管道热膨胀造成的应力及对外推力。
- 6.2.12 产水和加热蒸汽凝结水管路应设置不合格水排放管,排水宜回收利用。
- 6.2.13 蒸发器本体及管道的保温油漆设计应符合现行行业标准《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 的有关规定。

### 6.3 设备选择

- 6.3.1 蒸馏法海水淡化装置可不设备用,但不宜少于 2 套。
- 6.3.2 蒸馏法海水淡化装置进口过滤器应按处理 100% 海水量设计,可不设备用。原料水和冷却水分开的供水系统宜按供水要求分别设置过滤器。
- 6.3.3 蒸馏法海水淡化系统的辅助设备可不设备用。

### 6.4 设备布置

- 6.4.1 蒸馏法海水淡化站的布置应根据蒸汽供应、取排水、淡水用户等因素确定。
- 6.4.2 蒸馏法海水淡化装置本体设备宜室外布置,并应留有检修蒸发器和更换换热管的场地。寒冷地区应采取防冻措施。
- 6.4.3 蒸馏法海水淡化装置露天布置时,取样装置、分析仪表等应根据需要采取防雨、防晒、防冻等措施。
- 6.4.4 蒸馏法海水淡化装置的总体布置及结构设计应方便设备的安装及检修,主要操作检修设备点应设有通道,高位布置的设备应设有平台楼梯及防护栏杆。



## 7 产品水储存、处理及水质调整

### 7.1 产品水储存

7.1.1 不同用途的产品水宜分别设置储存箱(池)。

7.1.2 产品水储存箱(池)的总有效容积应满足用户对产品水的需求量、供应方式和用途的要求,其总有效容积应符合下列规定:

1 当产品水储存箱(池)作为全厂性供水时,其总有效容积应满足在一套淡化装置停运检修期间的正常淡水需求;

2 当产品水储存箱(池)仅向电厂内单一工艺系统供水时,其总有效容积应根据淡化装置和后续工艺系统出力、运行要求确定,宜按正常供水量的 1h~2h 设计;

3 当产品水储存箱(池)除供本厂用水外,还向外供水时,其总有效容积应满足在一套淡化装置停运检修期间电厂内的正常淡水需求和厂外用户的供水要求。

7.1.3 每类产品水箱(池)不宜少于 2 台(格)。

7.1.4 产品水箱(池)宜靠近淡化装置室外布置,寒冷地区应采取防冻措施。

### 7.2 产品水处理及水质调整

7.2.1 产品水应根据其处理工艺、用途进行进一步的处理和水质调整。

7.2.2 产品水作为生活饮用水时,应进行消毒杀菌,并宜进行水质矿化处理。水质矿化处理可采用掺混天然淡水、加碳酸盐硬度、碳酸钠或碳酸钙矿石过滤等方式。处理后的水质应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的有关规定。

7.2.3 产品水作为工业用水时,应进行水质调整处理,可采用掺

混天然淡水、加碳酸盐硬度、碱、碳酸钙矿石过滤等方式,并应满足下列要求:

1 在可取得碳酸盐硬度较高的天然淡水时,可采取反渗透法淡化产品水掺混天然淡水的方式进行水质调整处理;

2 当无法取得合适的天然淡水时,反渗透法淡化产品水水质调整处理宜采用加碳酸盐硬度、pH 调节和加缓蚀剂联合处理或碳酸钙矿石过滤处理等方式。水质调整后的产品水硬度、碱度和 pH 应符合下列规定:

1)总硬度不宜小于 40mg/L(以  $\text{CaCO}_3$  计);

2)碱度不宜小于 40mg/L(以  $\text{CaCO}_3$  计);

3)pH(25℃)宜为 8.0~9.0。

3 蒸馏法的产品水水质调整宜加氢氧化钠(NaOH)溶液处理,pH(25℃)宜按 8.0~9.0 控制。

7.2.4 产品水处理及水质调整的化学加药宜采用自动控制。

## 8 废 水 处 理

**8.0.1** 海水淡化系统产生的废水包括预处理澄清(沉淀)、过滤设备排水,超(微)滤和反渗透清洗排水,热交换器换热面清洗排水等。

**8.0.2** 废水处理系统应根据海水淡化系统产生的废水种类、性质、水量及回用条件等因素合理设置。废水经处理后复用或达标排放。不应通过渗井、渗坑、稀释等手段排放不合格废水。

**8.0.3** 废水处理系统的设计应符合下列规定:

1 悬浮物含量超过排放标准的废水宜采用沉淀或混凝、澄清处理;

2 含泥废水宜采用污泥浓缩和脱水处理,脱水后污泥可送往灰场或专门设置的堆放场处置;

3 超(微)滤和反渗透装置清洗废水、热交换器换热面清洗废水中 COD 值超标时,可采用氧化分解法进行处理;

4 废水的 pH 超过排放标准时应进行 pH 调整处理。

**8.0.4** 废水处理系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂废水治理设计技术规程》DL/T 5046 的有关规定。

## 9 加药系统

### 9.1 一般规定

9.1.1 海水淡化加药系统的设计应符合下列规定：

1 预处理的加药系统可包括加杀菌剂、加混凝剂和加助凝剂等装置，必要时还应设置调节海水 pH 的加酸、碱装置；

2 反渗透的加药系统可包括加酸、加阻垢剂和加还原剂等装置；

3 多级闪蒸的加药系统可包括加杀菌剂、加酸、加消泡剂、加阻垢剂等装置，必要时还应设置加碱装置；

4 多效蒸馏的加药系统可包括加杀菌剂、加消泡剂、加还原剂和加阻垢剂等装置；

5 产品水水质调整的加药系统可包括加杀菌剂、加碱（或矿化剂）和加缓蚀剂等装置。

9.1.2 药品仓库的大小应根据药品消耗量、药品的特性、运输距离、包装、供应和运输条件等因素确定，宜按储存 15d~30d 的消耗量设计。当药品由本地供应时，可适当减少储存天数。

9.1.3 药品储存设施宜靠近厂区道路，干储存堆积高度宜为 1.5m~2m，并有必要的装卸设施。药品储存间内应有相应的防水、防腐蚀、通风、除尘、采暖和冲洗措施。

9.1.4 加药系统的药液配制可采用水力循环或机械搅拌方式。溶解固体药品的溶液箱内应设耐腐蚀的溶解用网筐，并设置搅拌溶解装置。接触液体部分设备、管道等材料应有防腐蚀措施。

9.1.5 需现场配制的溶液宜设置 2 台溶液箱，单台溶液箱的容积应至少满足正常运行 8h 的加药量。

9.1.6 每台溶液箱应配置液位计，溶液箱应采取底部排空措施。

9.1.7 加药宜采用计量泵,并单元制连接。泵的进口应设过滤装置,出口应装设稳压器及安全阀。

9.1.8 储存和输送药剂的设备、管道及附件,应根据药液的化学性质选择合适的防腐蚀材料。

9.1.9 化学药品储存设备宜相对集中布置,布置在室外时应设置顶棚。

9.1.10 加药装置宜集中布置在室内独立的加药间内,并设置通风设施。布置在室外时应设置顶棚。

9.1.11 酸、碱储存区域内应设置安全淋浴器。

9.1.12 有粉尘的房间应有通风除尘设施,并与其他房间分开。

9.1.13 用于生活饮用水处理的药品应符合现行国家标准《饮用水化学处理剂卫生安全性评价》GB/T 17218 的有关规定。

## 9.2 杀 菌 剂

9.2.1 海水淡化系统进水的杀菌剂宜采用电解海水制备的次氯酸钠溶液。有条件时,可采用反渗透法海水淡化系统的浓盐水作为电解制氯原料水。

9.2.2 产品水宜采用次氯酸钠、二氧化氯、臭氧、非氧化性杀菌剂等杀菌消毒。

9.2.3 杀菌剂的加药量应根据试验数据或相似条件下运行经验确定。预处理系统的连续加氯量宜控制为 $0.5\text{mg/L}\sim 1\text{mg/L}$ 。产品水余氯宜控制为不小于 $0.05\text{mg/L}$ 。

9.2.4 当电解海水制备次氯酸钠时,其系统设计应符合下列规定:

1 进入电解槽的海水应经过滤处理,当采用海水反渗透装置的浓水作为原料水时,可不经过滤处理;

2 次氯酸钠贮槽应有可靠的排氢气措施;

3 应根据电解槽的结构形式配备辅助除垢的酸洗设施;

4 电解装置中的连接管道应保持流体通畅,不应有气体积聚

和死角；

5 电气控制设备应布置在单独的房间内。

### 9.3 混凝剂、助凝剂

9.3.1 混凝剂及助凝剂的品种、加药量应根据药品来源、海水水质(pH、碱度、浊度、有机物含量等)、处理后水质及运行要求(水温、澄清池等),经试验确定。当没有试验数据时,可按下列参数设计:

1 铁盐混凝剂加药量(以有效成分  $\text{Fe}^{3+}$  计)宜为  $5.0\text{mg/L} \sim 10.0\text{mg/L}$ ;

2 聚合铝混凝剂加药量(以纯  $\text{Al}_2\text{O}_3$  计)宜为  $5.0\text{mg/L} \sim 8.0\text{mg/L}$ ;

3 聚丙烯酰胺助凝剂加药量宜为  $0.5\text{mg/L} \sim 1.5\text{mg/L}$ 。

9.3.2 混凝剂及助凝剂的药液应分别配制、分别投加。

### 9.4 酸

9.4.1 海水淡化系统用酸宜采用盐酸或硫酸。

9.4.2 装卸浓酸宜采用泵输送或自流方式输送。

9.4.3 储存设备不宜少于2台,并应设置安全、检修及清洗设施。储存设备地上布置时,其周围应设耐酸防护围堰,围堰内容积应大于最大一台储存设备的容积。当围堰内有排放措施时,可适当减小其容积。围堰内应设集水坑。

9.4.4 盐酸储存设备宜采用液面密封设施,出口应采取防止液面覆盖材料被带出的措施。排气口应设酸雾吸收器。

9.4.5 硫酸储存设备呼吸口应设置防潮装置。

### 9.5 阻垢剂

9.5.1 蒸馏法海水淡化系统应根据进水水质和最高运行温度选择阻垢剂,药剂品种和加药量宜根据试验确定。当没有试验数据

时,加药量可按  $2\text{mg/L} \sim 4\text{mg/L}$  设计。

**9.5.2** 反渗透法海水淡化系统应根据进水水质和水回收率选择阻垢剂,药剂品种和加药量宜根据试验确定。当没有试验数据时,加药量可按  $1\text{mg/L} \sim 3\text{mg/L}$  设计。

## **9.6 还 原 剂**

**9.6.1** 当海水淡化装置材质对进水余氯含量有限制要求时,宜加还原剂去除余氯。

**9.6.2** 还原剂宜采用亚硫酸氢钠( $\text{NaHSO}_3$ ),加药量宜根据不同的工艺要求确定,宜为  $0.5\text{mg/L} \sim 5\text{mg/L}$ 。

## **9.7 消 泡 剂**

**9.7.1** 蒸馏法海水淡化系统应设置消泡剂投加装置。

**9.7.2** 根据运行情况间断投加消泡剂,加药量宜为  $0.1\text{mg/L}$ 。

## **9.8 碱、矿化剂**

**9.8.1** 海水淡化系统产品水应根据其用途设置合适的碱或矿化剂等调质处理装置。

**9.8.2** 碱、矿化剂的加药量应根据本规范第 7.2 节规定的水质要求进行设计。

**9.8.3** 当采用固体药品时,应有吊运设备和溶解装置。

## 10 防腐蚀及材料选择

**10.0.1** 凡接触腐蚀性介质或对出水质量有影响的设备、管道、阀门及构筑物的内表面均应衬涂合适的防腐层或采用耐腐蚀材料,必要时还应采取阴极保护措施。受腐蚀环境影响的设备、管道、阀门及构筑物的外表面应涂刷合适的防腐层。

**10.0.2** 防腐蚀材料的选择应考虑使用环境及管道介质的腐蚀条件,包括压力、温度、光照、大气盐雾、介质化学特性( $\text{pH}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 等)、介质流速等因素的影响,并满足产品水用户的要求。

**10.0.3** 不同金属材质间应采取绝缘措施。

**10.0.4** 药品储存箱、溶液箱宜采用碳钢衬胶、玻璃钢或聚乙烯材质。

**10.0.5** 海水淡化系统主要设备、管道及阀门的防腐蚀要求宜符合本规范附录 B 的规定。

**10.0.6** 海水、浓盐水构筑物或沟道宜采用耐海水混凝土结构。

**10.0.7** 水箱(池)可采用碳钢、混凝土或整体玻璃钢结构。碳钢水箱内壁应涂衬玻璃钢、高分子涂料或衬橡胶等防腐。混凝土水池内壁宜涂衬玻璃钢、高分子涂料等防腐。当产品水作为饮用水时,防腐蚀材料的选择应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的有关规定。

**10.0.8** 防腐蚀设计应符合现行行业标准《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068 的有关规定。蒸馏法海水淡化装置换热设备材质的选择应符合国家现行标准《火力发电厂凝汽器管选材导则》DL/T 712、《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》GB 13296、《换热器及冷凝器用钛及钛合金管》GB/T 3625、《海水淡化装置用铜合金无缝管》GB/T 23609 的有关规定。



## 11 电气、仪表与控制

### 11.1 电 气

**11.1.1** 电气系统应根据海水淡化规模和特点选择接线方式和供电方式,并应符合下列规定:

- 1 海水淡化配电系统的电压等级应与电厂厂用电电压一致;
- 2 经济比较合理时可设置专用的海水淡化高压母线段(10kV、6kV、3kV)。专用高压母线段宜采用单母线分段接线;
- 3 蒸馏法海水淡化系统宜按蒸发器单元设置低压动力中心和相应的电动机控制中心,反渗透法海水淡化系统可按系统设置动力中心和电动机控制中心。

**11.1.2** 电源引接宜符合下列规定:

- 1 海水淡化专用高压母线段的电源可从不同机组的厂用工作段引接,也可从高压厂用公用系统的不同段引接;
- 2 低压动力中心的电源可取自海水淡化专用高压母线不同段,或高压厂用配电装置的不同段。

**11.1.3** 室外布置的电气设备外壳的防护等级应满足防盐雾腐蚀、防晒、防雨、防尘等要求。

**11.1.4** 海水淡化电气系统的设计应符合现行行业标准《火力发电厂厂用电设计技术规定》DL/T 5153 的有关规定。

### 11.2 仪表与控制

**11.2.1** 海水淡化系统的自动化水平宜为在就地人员的巡回检查和少量操作配合下,在集中控制室内实现工艺系统的启停、运行工况监视和调整、事故处理等。

**11.2.2** 海水淡化系统控制方式应根据电厂的运行管理模式确

定,宜采用集中控制方式,就地应设置系统调试、故障和巡检的操作装置或终端。

### 11.2.3 海水淡化控制系统的设计应满足下列要求:

- 1 海水淡化控制系统宜采用可编程控制系统(PLC),也可采用分散控制系统(DCS);
- 2 控制系统中控制器、网络、电源宜冗余配置;
- 3 控制系统应留有与其他控制系统的通讯接口;
- 4 控制系统应由两路 220VAC 电源供电。

### 11.2.4 海水淡化系统的在线监测仪表应根据工艺需要设置,用于保护、调节参数的关键性仪表可冗余设置。主要在线分析仪表设置应符合下列规定:

- 1 澄清(沉淀)设备的进水母管、每台澄清(沉淀)设备的出水管宜设置浊度仪;
- 2 过滤设备出水管宜设置浊度仪;
- 3 蒸馏淡化装置海水进口管宜设置余氯仪;
- 4 加酸、碱后的管路上应设置 pH 仪;
- 5 多级闪蒸系统脱气后的管道宜设置溶氧分析仪;
- 6 反渗透进水侧管路宜设置电导率仪、pH 仪、ORP 或余氯仪;
- 7 每套海水淡化装置产品水管路宜设置电导率仪;
- 8 产品水箱(池)出口宜设置电导率仪、余氯仪、pH 仪等。

### 11.2.5 海水淡化控制系统应包括工艺系统运行参数、设备运行状态、阀门状态等监控内容。

### 11.2.6 仪表与控制设备的防护设计应符合下列规定:

- 1 室外布置的仪表及控制设备外壳的防护等级应满足防腐蚀、防晒、防雨、防尘等要求;
- 2 室外布置、最低环境温度低于 0℃ 地区的水、汽取样仪表管路应有防冻伴热措施;
- 3 仪表测量系统的材质应满足相应介质的防腐蚀要求,或采

取适当的隔离措施。

**11.2.7** 海水淡化系统的仪表与控制设计应符合现行行业标准《火力发电厂辅助系统(车间)热工自动化设计技术规定》DL/T 5227 及相应工艺系统标准的有关规定。

## 附录 A 海水水质全分析报告(格式)

**表 A 海水水质全分析报告(格式)**

工程名称:			化验编号:		
取水地点:			取水部位:		
取水时气温:    ℃			取水日期:    年    月    日		
取水时水温:    ℃			分析日期:    年    月    日		
透明度			嗅	味	
项目	mg/L	mmol/L	项目	mg/L	mmol/L
阳离子	K <sup>+</sup>		硬 度	总硬度	
	Na <sup>+</sup>			非碳酸盐硬度	
	Ca <sup>2+</sup>			碳酸盐硬度	
	Mg <sup>2+</sup>			负硬度	
	Fe <sup>2+</sup>		酸 碱 度	甲基橙碱度	
	Fe <sup>3+</sup>			酚酞碱度	
	Al <sup>3+</sup>			酸度	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			pH(25℃)	
	Ba <sup>2+</sup>			氨氮	
	Sr <sup>2+</sup>			游离 CO <sub>2</sub>	
	Mn			COD	
				BOD <sub>5</sub>	
				硼	
				总磷	
合计		其 他 指 标	油		
阴离子	Cl <sup>-</sup>			溶解氧	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>			硫化氢	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			溶解固形物	
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>			全固形物	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			悬浮物	
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>			含砂量	
	OH <sup>-</sup>			全硅(SiO <sub>2</sub> )	
	合计			非活性硅(SiO <sub>2</sub> )	
离子分析误差			TOC		
溶解固体误差			细菌含量		cfu/mL
pH 分析误差					

注:1 水质采样分析执行现行国家标准《海洋监测规范》GB 17378.3~4 的规定;

2 对于蒸馏法海水淡化工艺,有条件时应进行原水悬浮物粒径分布测试。

化验单位:

负责人:

校核者:

化验者:

## 附录 B 海水淡化系统防腐蚀技术要求

表 B-1 预处理设备防腐蚀技术要求

序号	设 备	部 件	防腐蚀方法及材料
1	澄清(沉淀)池	池体	耐海水混凝土、钢衬胶、钢衬玻璃钢、钢涂防腐涂料
		机械搅拌机、刮泥机	不锈钢 S25073 或 S31252、钢衬橡胶、钢涂 Halar 或尼龙
		出水槽	PVC 塑料、玻璃钢
		内部支撑件	不锈钢 S25073 或 S31252
		斜管(板)	乙丙共聚塑料、聚苯乙烯、聚丙烯
2	滤池	池体	耐海水混凝土、钢衬胶、钢衬玻璃钢、钢涂防腐涂料
		支撑板	耐海水混凝土、不锈钢 S25073 或 S31252
		内部钢构件	不锈钢 S25073 或 S31252
		配水、配气装置	PVC 塑料、ABS 塑料、玻璃钢
3	介质过滤器	壳体	钢衬胶
		配水、配气装置	PVC 塑料、ABS 塑料、玻璃钢
4	超(微)滤	壳体	玻璃钢
5	叠片式保安过滤器	壳体	复合塑料
		过滤叠片	聚丙烯、增强尼龙塑料
6	电动刷式和电动吸嘴式自清洗过滤器	壳体	钢衬胶
		滤网及过流部件	不锈钢 S25073 或 S31252
7	污泥离心式脱水机	转鼓	碳钢镀钛、不锈钢 S25073 或 S31252
8	压滤式脱水机	板框	碳钢镀钛、碳钢衬不锈钢 S25073 或 S31252、不锈钢 S22053 或 S31782
9	水泵	泵壳、叶轮等过流部件	不锈钢 S25073 或 S31252
10	污泥泵	泵壳	不锈钢 S25073 或 S31252、钢衬胶
		叶轮	不锈钢 S25073 或 S31252

表 B-2 海水反渗透系统设备防腐技术要求

序号	设 备	部 件	防腐方法及材料	备 注
1	高压泵、增压泵	泵壳、叶轮等过流部件	不 锈 钢 S25073 或 S31252	
2	保安过滤器	壳体	碳钢内衬橡胶	衬橡胶 2 层,总厚度 4mm~5mm
		内部隔板	碳钢衬橡胶、碳钢衬不 锈 钢 S25073 或 S31252、不 锈 钢 S25073 或 S31252	衬橡胶 1 层,总厚度 3mm
3	反渗透压力容器	壳体	玻璃钢	—
		端口密封装置	不 锈 钢 S25073 或 S31252	—
4	透平式能量回收装置	壳体、叶轮等过流部件	不 锈 钢 S25073 或 S31252	—
5	正位移式能量回收装置	壳体	不 锈 钢 S25073 或 S31252、玻璃钢	—
		过流部件	不 锈 钢 S25073 或 S31252、陶瓷	—
6	高压阀门	阀体	不 锈 钢 S25073 或 S31252	—
		阀座密封	聚四氟乙烯	—

表 B-3 多级闪蒸系统主体设备防腐技术要求

序号	设 备	部 件	防腐方法及材料	备注
1	多级闪蒸蒸发器	壳体	不锈钢 S31603、碳钢衬 S31603 加阴极保护、碳钢涂环氧涂料加阴极保护	—
		热排放段的换热管	钛(TA1、TA2)、铜镍合金 BFe30-1-1	—
		热回收段的换热管	钛(TA1、TA2)、铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)、铝黄铜 HA177-2	前 3 级不宜用铝黄铜
		管板	不锈钢 S31603、铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)	—
		蒸汽隔板、除雾器、盐水挡板、内部支撑件	不锈钢 S31603	—
		海水室	不锈钢 S31603、碳钢衬 S31603 加阴极保护	—
		淡水室、淡水槽	不锈钢 S31603、碳钢衬 S31603、碳钢衬铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)	—
		壳体外加强板	不锈钢 S30403、碳钢	—

续表 B-3

序号	设备	部 件	防腐蚀方法及材料	备注
2	盐水加热器 器冷凝器	换热管	钛(TA1、TA2)、铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)	—
		管板	不锈钢 S31603、铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)	—
		壳体	不锈钢 S31603、碳钢衬 S31603 加阴极保护	—
		壳体外加强板	不锈钢 S30403、碳钢	—
		内部支撑件	不锈钢 S31603	—
		水箱	不锈钢 S31603、碳钢衬 S31603、碳钢衬铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)	—
3	蒸汽喷射器	—	不锈钢 S31603	—
4	真空除氧器	—	碳钢衬橡胶	—
5	除 CO <sub>2</sub> 器	—	碳钢衬橡胶	—

表 B-4 低温多效蒸馏系统主体设备防腐蚀技术要求

序号	设 备	部 件	防腐蚀方法及材料	备注
1	多效蒸馏 蒸发器	换热管	铝黄铜 HA177-2、铝合金 5052 (ASTM)	顶部的 3 排应采用钛管
		壳体	不锈钢 S31603、碳钢涂环氧涂料加阴极保护	—
		管板	不锈钢 S31603、铜 HA177-2、铝合金 5052 (ASTM)	—
		外加强圈	不锈钢 S30403、碳钢	—
		叶片式除雾器	聚丙烯塑料、玻璃钢、不锈钢 S25073 或 S31252	—
		网式除雾器	不锈钢 S31603	—
		内部支撑件	不锈钢 S31603	—

续表 B-4

序号	设 备	部 件	防腐蚀方法及材料	备注
2	凝汽器	换热管	钛(TA1、TA2)、铝黄铜 HA177-2、铝合金 5052(ASTM)	—
		壳体	不锈钢 S31603、碳钢内涂环氧 涂料加阴极保护	—
		壳体外加强板	不锈钢 S30403、碳钢	—
		管板	不锈钢 S31603、铝黄铜 HA177-2、铝合金 5052(ASTM)	—
		内部支撑件	不锈钢 S31603	—
		水箱	碳钢衬不锈钢 S31603、碳钢衬 铜镍合金(BFe30-1-1、BFe10-1-1)	—
3	蒸汽喷射器	—	不锈钢 S31603	—
4	热压缩机喷嘴	—	不锈钢 S31603	—
5	机械压缩机	—	不锈钢 S31603	—
6	脱气器	—	碳钢衬橡胶	—

表 B-5 蒸馏系统公共设备和管道的防腐蚀技术要求

序号	设 备	部 件	防腐蚀方法及材料	备注
1	海水泵、盐水泵	泵壳、叶轮等过流部件	不锈钢 S25073 或 S31252	—
2	淡水泵、凝结水泵	泵壳、叶轮等过流部件	不锈钢 S30408	—
3	加药泵	泵头及过流部件	不锈钢 S31603、塑料	—



表 B-6 海水淡化系统管道的防腐蚀技术要求

序号	工艺系统	管道类别	防腐蚀方法及材料	备注
1	反渗透法 海水淡化 系统	高压海水管	不锈钢 S25073 或 S31252	—
		浓海水管	不锈钢 S25073 或 S31252	—
		低压海水管	玻璃钢、钢塑复合管、塑料	—
		产品水管	不锈钢 S31608、钢塑复合管	—
		化学清洗水管	钢塑复合管、塑料	—
2	蒸馏法海水 淡化系统	海水管、低温盐水管	玻璃钢、钢塑复合管、塑料	—
		盐水管(80℃以上)	玻璃钢、不锈钢 S31603	—
		蒸汽管	碳钢(Q235、20)	—
		淡水管	不锈钢 S30408、钢塑复合管	—
3	辅助系统	压缩空气管	不锈钢 S30408	—

表 B-7 海水淡化系统阀门的防腐蚀技术要求

序号	阀门类别	部 件	防腐蚀方法及材料	备 注
1	蝶阀(海水)	阀板	不锈钢 S25073 或 S31252、 不锈钢 S31603 表面喷涂 三氟氯乙烯和乙烯共聚物 (Halar)等	—
		密封圈	橡胶	水中次氯酸钠超 过 5mg/L 时,宜 采用氯磺化聚乙 烯橡胶(Hypalon) 或聚四氟乙烯 (PTFE)
2	衬胶隔膜阀	—	衬橡胶	
3	其余形式阀门 (海水)	阀体及 过流部件	不锈钢 S25073 或 S31252、塑料	—
4	阀门(蒸馏水 和凝结水)	阀体及 过流部件	不锈钢 S30408	除衬里阀外
5	阀门 (反渗透产品水)	阀体及 过流部件	不锈钢 S31608	除衬里阀外

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《室外给水设计规范》GB 50013
- 《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87
- 《换热器及冷凝器用钛及钛合金管》GB/T 3625
- 《生活饮用水卫生标准》GB 5749
- 《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》GB 13296
- 《饮用水化学处理剂卫生安全性评价》GB/T 17218
- 《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219
- 《海洋监测规范 第3部分 样品采集、储存与运输》GB 17378.3
- 《海洋监测规范 第4部分 海水分析》GB 17378.4
- 《海水淡化装置用铜合金无缝管》GB/T 23609
- 《火力发电厂凝汽器管选材导则》DL/T 712
- 《火力发电厂废水治理设计技术规程》DL/T 5046
- 《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068
- 《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072
- 《火力发电厂厂用电设计技术规定》DL/T 5153
- 《火力发电厂辅助系统(车间)热工自动化设计技术规定》DL/T 5227
- 《火力发电厂水工设计规范》DL/T 5339

中华人民共和国国家标准

# 火力发电厂海水淡化工程设计规范

**GB/T 50619 - 2010**

条文说明

## 编制说明

《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619—2010,经住房和城乡建设部 2010 年 8 月 18 日以第 731 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组进行了深入、广泛的调查研究,总结了我国火力发电厂海水淡化工程设计的实践经验,同时参考了国外先进技术标准,规定了火力发电厂海水淡化工程设计的主要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位的有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《火力发电厂海水淡化工程设计规范》编制组按章、节、条顺序编写了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

## 目 次

1	总 则 .....	(47)
3	水源及取排水 .....	(48)
4	预处理系统 .....	(50)
4.1	一般规定 .....	(50)
4.2	系统设计 .....	(51)
4.3	设备选择 .....	(51)
5	反渗透法海水淡化系统 .....	(52)
5.1	一般规定 .....	(52)
5.2	系统设计 .....	(52)
5.3	设备选择 .....	(52)
5.4	设备布置 .....	(53)
6	蒸馏法海水淡化系统 .....	(54)
6.1	一般规定 .....	(54)
6.2	系统设计 .....	(56)
6.3	设备选择 .....	(56)
7	产品水储存、处理及水质调整 .....	(57)
7.1	产品水储存 .....	(57)
7.2	产品水处理及水质调整 .....	(57)
8	废水处理 .....	(59)
9	加药系统 .....	(60)
9.2	杀菌剂 .....	(60)
9.3	混凝剂、助凝剂 .....	(60)
10	防腐蚀及材料选择 .....	(61)

# 1 总 则

**1.0.2** 本规范规定的是目前大规模商业化应用的海水淡化技术。其中蒸馏法可分为多级闪蒸和多效蒸馏工艺。目前常用的多效蒸馏是低温多效蒸馏技术,根据蒸馏用汽的来源不同分纯低温多效蒸馏、带热压缩的低温多效蒸馏和带机械压缩的低温多效蒸馏 3 种形式。

**1.0.5** 海水淡化系统主要设计参数的确定对系统造价、制水成本影响很大。比如蒸馏装置的造水比直接影响加热蒸汽量,以及蒸馏装置的级/效数;水回收率直接决定取水系统规模和排水量。有条件时应进行技术经济比较,或者参考类似工程,比较后确定。

### 3 水源及取排水

**3.0.2** 海水淡化工程在可行性研究阶段必须掌握当地的水文、气象、地质资料。在进行可行性研究之前需要取得附近海域的监测资料,内容包括潮汐、水温、赤潮频率、海水水质全分析等资料。

1 潮汐数据对工程的取水设计有重要影响。

赤潮现象将对海水预处理系统的运行产生影响,进而影响海水淡化装置的进水水质。因此,应收集当地海域赤潮频率数据。

2 海水水温是海水淡化系统的重要设计参数,水温的不同将影响海水淡化工程的设计参数、能耗、产量和取排水量。因此需要取得当地海水近1年各月的水温监测数据。对于北方地区建设的海水淡化站,尤其要注意冬季海水温度。

3 海水水质是海水淡化工程设计的重要基础数据,因此应取得近1年海水水质全分析资料。海水取样分析可每月进行1次,至少1个季度进行1次,以掌握海水在一年中的波动情况。

**3.0.3** 海水水源的设计水质一般以平均水质进行设计,以最坏水质进行校核,但还应分析水质变化的趋势。

**3.0.4** 设计水温应根据多年的水文资料经分析确定,一般取该水源的年平均水温(各月水温的加权平均值),同时还应以最低水温和最高水温进行校核。对于反渗透工艺,以最低水温校核出力,以最高水温校核出水水质;对于蒸馏法工艺,其热平衡计算应考虑最低水温和最高水温的影响。

**3.0.5** 对于反渗透海水淡化工艺,提高海水温度将有利于降低运行电耗,提高产水率,但温度过高会影响出水水质,并降低膜的运行寿命。因此,对于采用直流供水系统的电厂,在海水平均温度较低的地区,一般倾向于冷季取冷却水系统排水,而热季取原海水。



对于我国南方地区的一些电厂,全年原海水温度都不低,一般均取原海水。对于采用循环供水系统的电厂,因循环水含盐量高,采用反渗透工艺时,能耗高,而且出水水质差,因此一般不推荐采用循环水作为淡化水源。

**3.0.6** 原海水取水一般采用地表取水和地下取水两种方式。从调研的情况看,海水淡化系统的取水方式两种都有,国内电厂内建造的大型海水淡化系统全部采取地表取水方式,一些小型的海水反渗透系统大多数也采用该方式。对于水电联产项目而言,由于发电机组冷却水用量大,一般采用地表取水,海水淡化系统的取水无一例外地采用与机组冷却水地表取水一致的方式。在地质条件许可的情况下,采用岸边打井的地下取水方式将会简化海水预处理工艺,从而降低工程造价。

**3.0.7** 海水淡化系统与发电机组的用水量相差很大,或建设周期和投运时间不能同步时,为保证海水淡化系统的可靠性、稳定性,取水设施可单独设置。

**3.0.9** 海水淡化系统的排水主要有浓海水及蒸馏法的冷却水排水。蒸馏法的冷却水排水可以结合电厂的冷却水排放统筹设计。浓海水处置方式则应根据工程的特点合理选择。浓海水有综合利用条件时,宜优先考虑综合利用;暂时不能综合利用时,宜在设计时预留条件。当直接排至海域时,可与机组的冷却水一起排放,但应满足排放海域的环保要求,不得对海水水质产生不良影响。

## 4 预处理系统

### 4.1 一般规定

**4.1.3** 从一些工程的经验看,活性炭过滤器作为反渗透预处理系统的末级处理装置易产生不良后果,如有机物在炭床内滋生、活性炭破碎后产生炭末等,将污堵反渗透膜。因此,本规范不推荐将活性炭过滤作为反渗透前的末级过滤。

**4.1.5** 超(微)滤装置型式多样,按进水压力方向分有:外压式、内压式;按过滤动力性质分有:正压式和负压式(浸没式);按膜元件布置方式分有:立式、卧式;按过滤模式分有:错流过滤、死端过滤。各种类型的膜组件进水要求略有不同。表1为几种典型超滤膜的进水要求。

表1 几种典型超滤膜的进水要求

制造商	膜组件型式	膜丝材质	进水指标			
			温度(℃)	pH	浊度(NTU)	总悬浮固体(mg/L)
A	内压式	聚醚砜 PES	15~35	2~11	5	10
B	内压式		<40	—	—	50
C	外压式	聚偏氟乙烯 PVDF	—	—	<15	—
D	负压式 (浸没式)		15~40	2~13 (pH13, <35℃)	15	—
E	外压式		—	—	<10	—

从表1可以看出,各种膜对进水浊度的要求不尽相同。为方便专业人员设计,本规范综合考虑诸因素提出了表4.1.5,但不表示浊度超过表4.1.5中规定数值的海水不能进入超(微)滤装置。浊度高的进水给运行带来的直接不利影响是超(微)滤装置的清洗

频率、反洗频率、自用水耗等增加。当浊度较高时,设计者可以综合现场条件、系统规模等因素确定是否设置超(微)滤膜组件的前级预处理装置。

## **4.2 系统设计**

**4.2.1** 常用的澄清设备有:平流沉淀池、斜管(板)沉淀池、机械搅拌澄清池、水力循环澄清池、脉冲澄清池以及气浮池等,其运行特点、出水水质及使用场合详见现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 的规定。

## **4.3 设备选择**

**4.3.1** 根据华能玉环电厂、广东惠来电厂等工程现场的运行情况反馈,斜板反应沉淀池的设计出力应考虑一定的裕度,并应考虑到运行水温对出水水质及水量的影响,必要时可进行试验或参考类似厂的运行经验确定。

## 5 反渗透法海水淡化系统

### 5.1 一般规定

5.1.1 铁的氧化速度取决于铁的含量、水中溶氧浓度和水的pH。在投加某些阻垢剂时可以允许有较高值,但需要核实阻垢剂性能。

5.1.2 海水反渗透装置经济运行的温度范围在 $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间。进水温度低于 $10^{\circ}\text{C}$ 时制水能耗很高,高于 $40^{\circ}\text{C}$ 时,出水水质变差,可能还会影响膜元件的使用寿命。

### 5.2 系统设计

5.2.4 反渗透装置是否设置清洗或检修期间的备用设备,应根据工程具体情况确定。当有1套反渗透装置清洗或检修时,其余的反渗透装置出力或水箱储存量能够满足正常供水要求即可。

5.2.9 产水管路上设置回吸水箱的目的是为了提供足够的回吸所需水量,避免因吸入空气而导致膜氧化、膜表面污染、膜片因失水而干燥等问题发生。

### 5.3 设备选择

5.3.3 对于正位移式能量回收装置,要避免因混水而导致反渗透装置进水含盐量显著升高,从而影响反渗透高压泵的设计压力。如果因此而影响了系统的经济性,则应另选择更合适的能量回收装置。混水率按下式计算:

$$M = \left( \frac{C_2 - C_1}{C_3 - C_1} \right) \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $M$ ——混水率(%);

$C_1$ ——原海水电导率( $\mu\text{S}/\text{cm}$ );

$C_2$ ——高压水(反渗透装置进水)电导率( $\mu\text{S}/\text{cm}$ );

$C_3$ ——浓盐水电导率( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )。

**5.3.4** 反渗透膜通量将决定膜原件数量及膜的污堵速率,通量值的选择应根据给水温度、预处理方式,并参考膜厂商的设计导则确定。

## **5.4 设备布置**

**5.4.3** 高压泵、能量回收装置尽量靠近膜组件布置以减少高压海水管道敷设量。

## 6 蒸馏法海水淡化系统

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 多级闪蒸工艺包括盐水再循环式和贯流式两种形式,贯流式多级闪蒸因能耗高而较少采用。

多效蒸馏工艺分高温多效蒸馏和低温多效蒸馏两种技术。最初出现的是高温多效蒸馏技术,由于该技术的盐水最高温度高,换热管表面易结垢,换热管易腐蚀,因而限制了该技术的推广。为解决这些问题而诞生了低温多效蒸馏工艺,并得到迅速推广。目前海水淡化采用的多效蒸馏技术都是低温多效蒸馏技术。纯低温多效蒸馏工艺的热效率较低,为提高热效率,一般都采用压汽蒸馏,包括机械压缩蒸馏和热压缩蒸馏。机械压缩蒸馏受压缩机的限制,单机容量较小,适用于海岛等缺少蒸汽汽源的场合。热压缩蒸馏可以大大提高系统热效率,为目前普遍采用的技术,有合适参数的汽源时宜选择该工艺。

**6.1.3** 造水比是成品淡水量和消耗蒸汽量的比值,表征蒸发装置的热效率。造水比与制水成本密切相关,该值决定了蒸发装置的级/效数、供应的蒸汽量和蒸汽压缩的效率。要得到高的造水比,意味着设置更多的级数或者效数,设备的加工费用和材料费用增加,因而投资成本高,但运行成本中的蒸汽费用降低。因此,工程设计时应根据蒸汽价格、材料价格等因素,通过比较或参考类似工程经验确定。

**6.1.4** 对于低温多效蒸馏海水淡化工艺,主要考虑的是进水中悬浮物的影响。不同厂商、不同换热管材质对悬浮物的要求不尽相同。一般而言,采用铝合金管材要比采用铜合金管对海水水质要求严格。如黄骅电厂海水淡化系统,换热管为铜合金管,按照某公

司基本设计的要求,进入蒸馏装置的海水含沙量和悬浮物含量要求不超过 300mg/L,建议小于 50mg/L。天津北疆电厂的海水淡化系统,换热管为铝合金管,某公司要求进入蒸馏装置的海水含沙量和悬浮物含量要求不超过 25mg/L。同样是采用铜合金换热管的国内某厂商,也曾提出了进入蒸馏装置的海水含沙量和悬浮物含量不超过 20mg/L 的要求。根据海洋行业标准《蒸馏法海水淡化工程设计规范》HY/T 115—2008 的规定,进入蒸馏法海水淡化装置的海水悬浮物含量要求小于 50mg/L。综合上述各种情况,本规范提出了进入蒸馏装置的悬浮物指标首先应满足设备厂商提出的要求,或者采用 HY/T 115—2008 的规定,其目的是为了保证淡化装置的正常运行和减少设备清扫工作量,并降低预处理系统的投资。

对于多级闪蒸工艺,由于海水受热时均在换热管内流动,换热管内表面容易清洗,因此,该工艺对进水水质没有特殊要求。

**6.1.5 蒸馏淡化设备换热面可能的结垢成分**主要是碳酸钙、氢氧化镁和硫酸钙。通过给水 pH 控制、脱碳等预处理可以防止碳酸钙和氢氧化镁垢的形成,即使形成也很容易通过酸洗去除。而预处理不能阻止硫酸钙( $\text{CaSO}_4$ )垢的形成,因此,必须通过限制盐水最高温度或限制浓盐水中钙离子浓度或硫酸根离子的浓度来控制。硫酸钙根据其水合程度有 3 种晶体形式, $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,每种形式有不同的溶解度。蒸馏淡化装置的盐水最高温度就是根据标准海水硫酸钙析出曲线确定的,如多级闪蒸蒸发器盐水最高温度多低于  $110^\circ\text{C}$ ,低温多效海水淡化装置最高温度多低于  $70^\circ\text{C}$ 。

目前,工业和学术界已开展提高蒸馏装置操作温度的相关研究工作。据报道,某公司通过采取适当的预处理工艺,已将多级闪蒸的盐水最高温度由  $110^\circ\text{C}$  提高到  $130^\circ\text{C}$ ,低温多效蒸馏的盐水最高温度由  $70^\circ\text{C}$  提高到  $85^\circ\text{C}$ 。这样,系统热效率可大幅度提高,投资和运行费用也随之降低。

**6.1.7** 某海水淡化项目对低温多效装置的调节范围要求 50%~100%，热平衡计算结果显示，额定负荷工况时效率最高，110%负荷时由于 TVC 偏离设计值，效率下降。50%负荷时夏季稍好，冬季由于水温低，造成海水预热器面积增加较大，效率也下降。如果为了降低设备投资费用而减小海水预热器换热面积，部分负荷效率下降更大。因此，设置合理的负荷调节范围，可降低设备费用并提高设备效率，不一定要要求较宽的调节范围。

## **6.2 系统设计**

**6.2.2** 多级闪蒸装置要求的最低蒸汽压力[0.15MPa(a)~0.30MPa(a)]取决于盐水最高温度。带热压缩的低温多效蒸馏装置要求的最低蒸汽压力[0.025MPa(a)~0.032MPa(a)]对应于第一效蒸汽最高温度 65℃~70℃，超低压低温多效不在此列。

具体工程的汽源压力应根据经济效益、淡化设备特性、可供汽源压力等综合比较确定。

**6.2.6** 为避免在铜、镍、汞等金属离子的作用下铝制部件的腐蚀，可在原海水进入蒸发器前设置离子陷阱装置，即装设与装置材料相同的铝质小“碎片”或短管的简单容器，以去除铜、镍、汞等金属离子。

## **6.3 设备选择**

**6.3.3** 蒸馏法淡化系统内的泵类设备可用率非常高，不设备用对系统的完好率影响很小。如设置备用泵，需要相应增加隔断用阀门及逆止阀等。由于低压真空系统对流动阻力要求严格，而管件及阀门的增加对泵汽蚀余量产生不利影响，并且真空泄漏点增加，对真空系统也不利。设置备用泵还有诸多缺点，如海水、盐水泵容量大，价格昂贵；运行维护工作量增加；设备长期不用维护更为困难等。



## 7 产品水储存、处理及水质调整

### 7.1 产品水储存

7.1.1 不同用途的产品水分别储存,便于水的水质控制和供水管理。

### 7.2 产品水处理及水质调整

7.2.1 海水淡化系统由于处理工艺不同,其产品水中的含盐量及离子构成也不同,对金属的腐蚀性有很大的差异。例如,反渗透法海水淡化产品水的含盐量较高,且主要离子是氯和钠,对金属具有侵蚀性,从而对供水系统的碳钢设备、管道造成一定的损害。当该产品水用作工业水、消防水时,基于对设备、管道投资及防腐蚀性能等因素的考虑,应进行水质调整;而用作除盐水处理系统水源时,因可采用合适的防腐蚀材料,可不进行水质处理和调整。

7.2.2、7.2.3 产品水作为生活饮用水时的矿化处理主要是基于人体摄取矿物质的需要,同时对于钢制管网系统也可抑制材料腐蚀。国际上矿化处理还包括掺混海水等方法;由于掺混海水会导致管网腐蚀性增加和口感不好等问题,不作推荐。当需要抑制碳钢管网腐蚀时,很多地方还采用投加硅酸盐、磷酸盐或聚磷酸盐等腐蚀抑制剂的方法。根据世界卫生组织报告,一定剂量的硅酸盐、磷酸盐或聚磷酸盐在确保质量和保证药剂纯度的条件下,不会对人体健康造成直接危害。无论采用何种水质矿化方式,产品水水质均应达到国家生活饮用水水质标准。

添加碳酸盐硬度一般采用投加二氧化碳后加碳酸钙或氢氧化钙,再调整 pH 的方式;碳酸钙矿石过滤方法采用加二氧化碳后经碳酸钙矿石过滤,再调整 pH 的方式。目前,碳酸钙矿石过滤方法

在国外有较多的应用。据资料介绍,碳酸钙矿石可选用石灰石、大理石、方解石等材料,纯度一般要求达到 99%。

各种水质调整方法在投资、运行控制、检修维护、成本核算等方面有很大差别,需要在工程中根据具体情况进行方案比较,有条件的应进行小型试验,尽可能采用运行控制简单可靠、经济性好、安全环保的水质调整方法。

掺混天然淡水是非常经济和简单可靠的方法,大唐王滩电厂、华能营口电厂都有多年的成功运行经验。

关于海水淡化产品水水质,国外的技术资料提出了如下水质控制指标:总硬度 40mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) 或更高,碱度 40mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) 或更高,最终 pH 值 8.0~9.0。国内某些项目的试验数据也基本与此吻合。广东平海发电厂和大连红沿河核电站工程的反渗透法海水淡化系统产品水调质小型试验结果表明,反渗透法海水淡化产品水在总硬度 40mg/L~60mg/L (以  $\text{CaCO}_3$  计),碱度 40mg/L~60mg/L (以  $\text{CaCO}_3$  计),pH 值 8.0~9.0,且同时加入缓蚀剂的条件下,静态年腐蚀速率约为 0.030mm/a~0.065mm/a,达到日本工业标准《压力容器的构造》JIS B 8243 标准的一级至二级标准,为无腐蚀至轻微腐蚀水平。但在动态条件下(水流速 2m/s),年腐蚀速率仅可控制到小于 0.33mm/a,超过 JIS B 8243 标准的四级标准,为严重腐蚀。而对于海水淡化系统二级反渗透系统产品水,仅加氢氧化钠调节 pH 值达到 9.0,其静态年腐蚀速率可控制到小于 0.035mm/a,动态年腐蚀速率可达小于 0.055mm/a。因此,本规范根据上述试验情况,并借鉴了国外设计资料确定了水质指标数据。

## 8 废水处理

**8.0.2、8.0.3** 超(微)滤装置有几种反洗工况:正常运行时分组进行周期性在线反洗,反洗水源为超(微)滤装置的产水,反洗过程中未加入任何化学药剂,反洗排水的化学性质与进水相同,仅固体悬浮物含量提高,这部分水可回收至前级混凝、澄清系统或排放;部分膜厂商提供的超(微)滤膜需每天一次或多次进行化学加药维护性清洗,水源可采用自身产水,也可用淡水,但添加了化学药剂,其反洗排水不宜直接回收利用;当超(微)滤装置的跨膜压差大幅提高,或产水量明显下降时,应进行化学清洗以恢复膜通量,此时需有专设的化学清洗装置对单组膜进行循环清洗及冲洗,水源为淡水加化学药剂,这部分排水成分复杂,不仅含有化学药剂同时含有各种污染物,因此这部分排水宜单独收集,经处理后排放。

当超(微)滤膜反洗排水的悬浮物和 pH 均超标时,设计中在考虑去除悬浮物的同时,还应有 pH 调整措施。

超(微)滤膜和反渗透膜大都采用有机酸配合碱和杀菌剂进行定期清洗,有机酸一般采用柠檬酸、烷基苯磺酸或草酸等,因此,超(微)滤膜和反渗透膜清洗废水中 COD 一般都较高,超过排放标准。蒸馏法海水淡化系统中的热交换器换热面清洗液也往往采用有机酸,比如烷基苯磺酸,所以其清洗废水中 COD 也经常超过排放标准。

## 9 加药系统

### 9.2 杀 菌 剂

9.2.1 反渗透浓盐水用于电解制取次氯酸钠溶液已有成功经验,但在具体应用时应考虑浓排水中的微量元素对电极的影响。蒸馏法海水淡化装置的浓盐水用于电解尚没有经验,理论上可行,但应注意浓盐水温度,水温过低会影响电解效果及电极寿命,温度过高同样会影响电解效果,且产品易分解。据专业设备厂介绍,电解用原料水温度一般要求不能超过 50℃。

9.2.2 使用时应注意产品水用次氯酸钠溶液浓度,一般采用有效氯大于等于 10%的次氯酸钠溶液。

### 9.3 混凝剂、助凝剂

9.3.1 根据一些工程的试验结论,海水预处理选用聚铁或氯化铁作为混凝剂效果较好。助凝剂一般选用聚丙烯酰胺。对于水质污染严重的水源,也可采用消石灰作为助凝剂。

## 10 防腐蚀及材料选择

**10.0.5** 不锈钢根据其所含的合金元素的高低可分为:低、中、高和超级合金型。所含的合金元素如:铬、镍、钼、铜、钨及氮等越高,其耐腐蚀能力越强。通常用材料的抗点蚀当量(PREN)值来衡量,计算公式是: $PREN = (\%Cr) + 3.3 \times (\%Mo) + 16 \times (\%N)$ 。PREN值可用于不同材料间的粗略比较。而更可靠的评价方法是根据临界点蚀温度(CPT)和临界缝隙腐蚀温度(CCT)。这两个指标被用于衡量不锈钢耐局部腐蚀的能力。不锈钢的CPT和CCT有多种试验标准,如《用三氯化铁测定不锈钢和有关合金耐点蚀和缝隙腐蚀的标准试验方法》ASTM G48,以及《不锈钢电化学临界点蚀温度的标准试验方法》ASTM G150等。大量的研究和使用经验表明,PREN值与CPT值或CCT值均成正比例的关系。

对于不锈钢的等级划分没有明确的规定,一般认为,低合金型不锈钢不含钼, $PREN < 25$ ;中合金型  $PREN < 33$ ;高合金型除含25%的铬外,还含有钼和氮,甚至铜和钨, $PREN < 40$ ;超级合金型有高含量的钼和氮、钨和铜, $PREN > 40$ 。

双相不锈钢为奥氏体和铁素体两相组成的材料。与奥氏体不锈钢相比,双相不锈钢具有以下优点:高于奥氏体不锈钢1倍的屈服强度和较好的塑韧性;与奥氏体不锈钢相当的耐局部腐蚀能力,且有较高的耐应力腐蚀破裂能力;热膨胀系数较小,接近于碳钢的水平;但不适合低于 $-40^{\circ}\text{C}$ 和高于 $250^{\circ}\text{C}$ 的场合。基于上述优点,双相不锈钢在耐腐蚀、高强度和加工制造的综合性能上比奥氏体不锈钢更优越。

目前国内海水反渗透系统除浓水系统外,多采用高合金双相

不锈钢,如牌号 S22053 (ASTM S32205)。但根据不锈钢材料耐腐蚀性能资料和国外海水淡化系统的使用经验,对于标准海水介质,高合金双相不锈钢或者高合金奥氏体不锈钢仍然存在腐蚀,必须采用铬(Cr)含量为 12%~30% 的超级不锈钢才能满足要求。因此,本规范中对于接触海水、浓海水的设备部件及管道建议采用超级不锈钢。对于蒸馏法高温海水、浓海水管,因处于低氧的环境,海水及浓海水腐蚀能力较弱,可以采用不锈钢 S31603。

表 2 为摘自《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878 中的国内外常用不锈钢标准标号或近似牌号对照表,方便设计者使用。

表 2 国内外常用不锈钢牌号对照

序号	中国标准 GB/T 20878—2007		美国标准 ASTM A959—04	欧洲标准 EN 10088. 1— 1995 EN 10095— 1999 等	日本标准 JIS G4303— 1998 JIS G4311— 1991	注
	统一数字 代号	牌号				
1	S30408	06Cr19Ni10	S30400,304	1.4301	SUS304	1
2	S30403	022Cr19Ni10	S30403,304L	1.4306	SUS304L	
3	S31608	06Cr17Ni12Mo2	S31600,316	1.4401	SUS316	
4	S31603	022Cr17Ni12Mo2	S31603,316L	1.4404	SUS316L	
5	S31703	022Cr19Ni13Mo3	S31703,317L	1.4438	SUS317L	
6	S32168	06Cr18Ni11Ti	S32100,321	1.4541	SUS321	
7	S31723	022Cr19Ni16Mo5N	S31726, 317LMN	1.4439	—	2
8	S31782	015Cr21Ni26Mo5Cu2	N08904,904L	—	—	
9	S31252	015Cr20Ni18 Mo6CuN	S31251	1.4547	—	3
10	S32652	015Cr24Ni22Mo8 Mn3CuN	S32654	1.4652	—	
11	S23043	022Cr23Ni4MoCuN	S32304,2304	1.4362	—	4
12	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	S31803	1.4462	SUS329J3L	

续表 2

序号	中国标准 GB/T 20878—2007		美国标准 ASTM A959—04	欧洲标准 EN 10088. 1— 1995 EN 10095— 1999 等	日本标准 JIS G4303— 1998 JIS G4311— 1991	注
	统一数字 代号	牌号				
13	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	S32205, 2205	—	—	5
14	S25554	03Cr25Ni6Mo3Cu2N	S32550, 255	1. 4507	SUS329J4L	
15	S22583	022Cr25Ni7Mo3WCuN	S31260	—	SUS329J2L	
16	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	S32750, 2507	1. 4410	—	6

注:1 普通奥氏体不锈钢;

2 高合金奥氏体不锈钢;

3 超级奥氏体不锈钢;

4 中、低合金双相不锈钢;

5 高合金双相不锈钢;

6 超级双相不锈钢。

**10.0.8** 蒸馏法海水淡化装置换热管可采用钛管、铜合金管及铝合金管。钛管及铜合金管在海水中的使用已经很普遍,并已经实现国产化。海水淡化用的铝合金管为特种铝合金管,目前都是进口产品,该产品的美国 ASTM 牌号为 5052,相当于现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190—2008 中的 5A02。由于国产对应铝管还没有使用业绩,本规范以进口牌号 5052(ASTM)表示。

S/N:1580177•571



9 158017 757101 >



统一书号:1580177 • 571

---

定 价:15.00 元