

ICS 27.100

P 60

备案号: J1960—2015

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

**P**

**DL 5068 — 2014**

代替 DL / T 5068 — 2006

---

## 发电厂化学设计规范

**Code for design of chemistry of power plant**

2014-10-15 发布

2015-03-01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

# 发电厂化学设计规范

Code for design of chemistry of power plant

**DL 5068—2014**

代替 DL/T 5068—2006

主编部门:电力规划设计总院

批准部门:国家能源局

施行日期:2015年3月1日

中国计划出版社

2014 北 京

# 国家能源局 公告

2014 年 第 11 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法(试行)〉及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52 号)有关规定,经审查,国家能源局批准《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢 第 17 部分:主蒸汽系统用推制弯头》等 330 项行业标准,其中能源标准(NB)71 项、电力标准(DL)122 项和石油天然气标准(SY)137 项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局

2014 年 10 月 15 日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
.....						
169	DL 5068—2014	发电厂化学设计 规范	DL/T 5068—2006		2014-10-15	2015-03-01
.....						

## 前 言

根据《国家能源局关于核电标准制修订计划的通知》(国能科技[2010]48号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结了火力发电厂和核电厂常规岛工程设计方面的工作经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,对原《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068—2006 进行修订。

本规范共分 18 章和 16 个附录,主要内容包括总则、术语、水的预处理、水的预脱盐、水的除盐、汽轮机组的凝结水精处理、热力系统的化学加药、热力系统的水汽取样及监测、冷却水处理、热网补给水及生产回水处理、制氢和供氢、烟气脱硝还原剂储存和制备、变压器油净化、药品贮存和计量、管道及阀门、防腐设计、仪表和控制、化验室及仪器等。

本次修订的主要内容是:

1. 本规范适用范围改为:燃煤、燃气、生物质电厂(含垃圾电站)等发电厂和压水堆核电厂常规岛化学设计;
2. 增加了核电厂常规岛化学设计的相关要求;
3. 增加了海水循环冷却水处理的相关设计要求;
4. 增加了中压、高压机组和燃气—蒸汽联合循环机组的热力系统化学加药、水汽取样及监测等的相关设计要求;
5. 增加了烟气脱硝还原剂储存和制备的相关设计要求;
6. 新增附录 4 个,包括“不同压力等级汽包锅炉盐类蒸汽携带系数”、“凝结水精处理工艺选择”、“水处理系统在线仪表配置”、“核电厂化验室面积、仪器及辐射分区”,将过滤器(池)设计参数放在附录中列出,并对部分附录内容进行了补充或修订。

本规范中第 7.1.3、14.4.7、14.6.4(5、8)、18.0.6(4)条(款)

为强制性条文,以黑体字标志,必须严格执行。

本规范自实施之日起,替代《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068—2006。

本规范由国家能源局负责管理和对强制性条文的解释,由电力规划设计总院提出,由能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮政编码:100120)。

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西北电力设计院有限公司

**参 编 单 位:**中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司  
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有限公司  
电力规划设计总院

**主要起草人:**袁萍帆 蔡冠萍 何汉华 李承蓉 林建中  
王 健 关秀彦

**主要审查人:**周 军 余 乐 李淑芳 姚兴华 曹洪宇  
常爱国 周红梅 陶逢春 董建国 李玉磊  
姜宝财 游晓宏 张 岚 王爱玲 李国秋  
杨光文 王 璟

## 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	水的预处理 .....	( 4 )
3.1	一般规定 .....	( 4 )
3.2	系统设计 .....	( 4 )
3.3	设备选择 .....	( 6 )
3.4	布置要求 .....	( 8 )
4	水的预脱盐 .....	( 9 )
4.1	一般规定 .....	( 9 )
4.2	系统设计 .....	( 10 )
4.3	设备选择 .....	( 11 )
4.4	布置要求 .....	( 12 )
5	水的除盐 .....	( 14 )
5.1	一般规定 .....	( 14 )
5.2	系统设计 .....	( 17 )
5.3	设备选择 .....	( 19 )
5.4	布置要求 .....	( 21 )
6	汽轮机组的凝结水精处理 .....	( 23 )
6.1	一般规定 .....	( 23 )
6.2	系统设计 .....	( 23 )
6.3	设备选择 .....	( 25 )
6.4	布置要求 .....	( 26 )
7	热力系统的化学加药 .....	( 28 )
7.1	一般规定 .....	( 28 )

7.2	系统设计 .....	( 29 )
7.3	设备选择 .....	( 31 )
7.4	布置要求 .....	( 31 )
8	热力系统的水汽取样及监测 .....	( 32 )
9	冷却水处理 .....	( 34 )
10	热网补给水及生产回水处理 .....	( 37 )
11	制氢和供氢 .....	( 38 )
11.1	一般规定 .....	( 38 )
11.2	系统设计 .....	( 38 )
11.3	设备选择 .....	( 40 )
11.4	布置要求 .....	( 41 )
12	烟气脱硝还原剂储存和制备 .....	( 42 )
13	变压器油净化 .....	( 43 )
14	药品贮存和计量 .....	( 44 )
14.1	一般规定 .....	( 44 )
14.2	石灰系统 .....	( 45 )
14.3	混凝剂及助凝剂系统 .....	( 45 )
14.4	酸、碱系统 .....	( 46 )
14.5	氯化钠系统 .....	( 46 )
14.6	杀菌剂系统 .....	( 47 )
14.7	超/微滤、反渗透加药及清洗系统 .....	( 48 )
14.8	稳定剂系统 .....	( 49 )
14.9	凝汽器铜管成膜系统 .....	( 49 )
15	管道及阀门 .....	( 51 )
15.1	一般规定 .....	( 51 )
15.2	管道及阀门设计 .....	( 51 )
15.3	布置要求 .....	( 52 )
16	防腐设计 .....	( 54 )
17	仪表和控制 .....	( 55 )

18 化验室及仪器 .....	( 56 )
附录 A 水质全分析报告格式 .....	( 57 )
附录 B 澄清池设计参考数据 .....	( 59 )
附录 C 过滤器(池)的设计参数 .....	( 64 )
附录 D 水处理除盐工艺的选择 .....	( 70 )
附录 E 不同压力等级汽包锅炉盐类蒸汽携带系数 .....	( 73 )
附录 F 离子交换器设计参数 .....	( 75 )
附录 G 凝结水精处理工艺选择 .....	( 82 )
附录 H 凝结水精处理过滤器设计参数 .....	( 84 )
附录 J 凝结水精处理离子交换设备设计参数 .....	( 86 )
附录 K 热力系统水汽取样点及在线仪表配置 .....	( 90 )
附录 L 敞开式循环冷却系统水质的控制指标 .....	( 95 )
附录 M 旁流过滤及软化除盐处理水量计算 .....	( 96 )
附录 N 氢冷发电机氢气系统参数 .....	( 98 )
附录 P 设备、构筑物及管道材质与内防腐 .....	( 99 )
附录 Q 水处理系统在线仪表配置 .....	(103)
附录 R 核电厂化验室面积、仪器及辐射分区 .....	(111)
本规范用词说明 .....	(117)
引用标准名录 .....	(118)
附:条文说明 .....	(119)



## Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Water pretreatment .....	( 4 )
3.1	General requirements .....	( 4 )
3.2	System design .....	( 4 )
3.3	Selection of equipment .....	( 6 )
3.4	Layout requirements .....	( 8 )
4	Water pre-desalination .....	( 9 )
4.1	General requirements .....	( 9 )
4.2	System design .....	( 10 )
4.3	Selection of equipment .....	( 11 )
4.4	Layout requirements .....	( 12 )
5	Water demineralization .....	( 14 )
5.1	General requirements .....	( 14 )
5.2	System design .....	( 17 )
5.3	Selection of equipment .....	( 19 )
5.4	Layout requirements .....	( 21 )
6	Condensate polishing of steam turbine .....	( 23 )
6.1	General requirements .....	( 23 )
6.2	System design .....	( 23 )
6.3	Selection of equipment .....	( 25 )
6.4	Layout requirements .....	( 26 )
7	Chemical dosing for thermal cycle system .....	( 28 )
7.1	General requirements .....	( 28 )

7.2	System design .....	( 29 )
7.3	Selection of equipment .....	( 31 )
7.4	Layout requirements .....	( 31 )
8	Water-steam sampling and monitoring for thermal cycle system .....	( 32 )
9	Cooling water treatment .....	( 34 )
10	Treatment of heating network makeup water and industrial return water .....	( 37 )
11	Hydrogen generation and hydrogen supply .....	( 38 )
11.1	General requirements .....	( 38 )
11.2	System design .....	( 38 )
11.3	Selection of equipment .....	( 40 )
11.4	Layout requirements .....	( 41 )
12	Reductant storage and generation for flue gas denitration .....	( 42 )
13	Purification of transformer oil .....	( 43 )
14	Chemicals storage and metering .....	( 44 )
14.1	General requirements .....	( 44 )
14.2	Lime system .....	( 45 )
14.3	Coagulant and coagulant aid system .....	( 45 )
14.4	Acid and alkali system .....	( 46 )
14.5	Sodium chloride system .....	( 46 )
14.6	Disinfectant system .....	( 47 )
14.7	Dosing and cleaning system for UF/MF and RO .....	( 48 )
14.8	Stabilizer system .....	( 49 )
14.9	Film formation system of condenser brass tube .....	( 49 )
15	Pipes and valves .....	( 51 )
15.1	General requirements .....	( 51 )
15.2	Pipes and valves design .....	( 51 )

15.3	Layout requirements .....	( 52 )
16	Anticorrosion design .....	( 54 )
17	Instrument and control .....	( 55 )
18	Laboratory and instrument .....	( 56 )
Appendix A	Table of water analysis report .....	( 57 )
Appendix B	Reference parameter of clarifier design .....	( 59 )
Appendix C	Design parameter of filter .....	( 64 )
Appendix D	Selection of demineralization process .....	( 70 )
Appendix E	Carryover coefficient of salt in steam for various pressure drum boilers .....	( 73 )
Appendix F	Design parameter of ion exchanger .....	( 75 )
Appendix G	Selection of condensate polishing system .....	( 82 )
Appendix H	Design parameter of condensate filtration .....	( 84 )
Appendix J	Design parameter of condensate polisher .....	( 86 )
Appendix K	Water-steam sampling point and on-line instrument for thermal cycle system .....	( 90 )
Appendix L	Water quality control standard for opened recirculation cooling water system .....	( 95 )
Appendix M	Water quantity calculation of side-stream filtration, softening and demineralization treatment .....	( 96 )
Appendix N	Reference parameter of generator hydrogen system .....	( 98 )
Appendix P	Material and inner anticorrosion of equipment, structure and pipeline .....	( 99 )
Appendix Q	On-line instrument of water treatment	

system .....	(103)
Appendix R Laboratory area, instrument and radiation zoning of nuclear power plant .....	(111)
Explanation of wording in this code .....	(117)
List of quoted standards .....	(118)
Addition; Explanation of provisions .....	(119)



## 1 总 则

**1.0.1** 为了使火力发电厂、核电厂常规岛的化学设计安全可靠、技术先进、经济合理,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于燃煤、燃气、生物质电厂(包括垃圾电站)等发电厂和压水堆核电厂常规岛化学设计。

**1.0.3** 化学各系统的工艺选择及设备布置应按发电厂规划容量全面考虑,其设施应根据机组分期建设情况及技术经济比较,确定是分期建设还是一次建成。化学水处理工艺的设计应做到合理选用水源、节约用水、降低能耗、保护环境,并便于安装、运行和维护。

**1.0.4** 化学水处理设计前应取得全部可利用水源的水质全分析资料,所需份数应符合下列规定:

1 地表水、再生水为近年的逐月资料,共 12 份;

2 地下水、矿井排水、海水为近年的逐季资料,共 4 份;

3 设计时应对所取得的水质全分析资料进行分析、验证,并提出设计水质和校核水质;

4 水质全分析报告格式宜符合本规范附录 A 的规定。

**1.0.5** 发电厂化学系统设计时,应了解机组型式、装机容量、热力系统、有关辅机的情况和结构特点,以及发电机冷却方式和参数等情况,还应掌握发电厂供热负荷、回水量、回水水质、回水水温、外供化学处理水量和水质要求等资料,并应了解环境影响评价和水资源论证中关于用水和排水的要求。

**1.0.6** 对扩建和改建工程,还应了解原有各化学系统配置、设备布置和运行等情况。

**1.0.7** 发电厂化学系统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 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水处理除盐技术,简称 EDI。

### 2.0.2 还原性全挥发处理 [AVT(R)] all-volatile treatment (reduction)

锅炉给水加氨和还原剂的处理。

### 2.0.3 氧化性全挥发处理 [AVT(O)] all-volatile treatment (oxidation)

锅炉给水只加氨而不加还原剂的处理。

### 2.0.4 加氧处理 (OT) oxygenated treatment

锅炉给水加氧的处理。

### 2.0.5 再生水 reclaimed water, recycled water

指经污水处理厂适当处理后,达到一定的水质指标,满足某种使用要求的水。

### 2.0.6 超滤 ultrafiltration

膜的筛分过滤技术,过滤精度一般在  $0.01\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$  之间。

### 2.0.7 微滤 microfiltration

膜的筛分过滤技术,过滤精度一般在  $0.1\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$  之间。

### 2.0.8 氢气钢瓶集装格 bundle of hydrogen gas cylinders

由专用框架固定,采用集气管将多只气体钢瓶接口并联组合的气体钢瓶组单元。

### 2.0.9 氢气汇流排 hydrogen gas manifolds

将多个氢气盛装容器,如高压钢瓶、贮氢罐等的气源汇集起来并减压到一定的使用压力,实现集中供氢气的装置。

**2.0.10 长管拖车** tube trailer

在半挂车或集装框架内装有若干大型钢制无缝气瓶的高压气体运输设备,通常用配管和阀门将气瓶连接在一起,并配有安全附件。

**2.0.11 控制区** controlled area

需要或可能需要采取专门防护手段和安全措施的区域,以控制正常工作条件下的放射性照射及防止放射性污染扩散。

**2.0.12 监督区** supervised area

不需要专门的防护手段和安全措施,但需要定期对职业放射性照射进行监督和评价的区域。



### 3 水的预处理

#### 3.1 一般规定

##### 3.1.1 水源的选择应遵循下列原则：

1 电厂应有可靠的水源，地表水、地下水、再生水、海水及矿井排水等均可作为电厂的水源。当有几个水源可供选择时，应经技术经济比较确定。

2 采用单一水源可靠性不能保证时，应另设备用水源。水源水质出现季节性恶化时，应经技术经济比较确定是否另设备用水源或设置处理设施。

3 缺水地区或有环保要求时，循环水的排污水可作为锅炉补给水及热网补给水处理系统水源。

3.1.2 对地表水，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，应掌握由此而引起的水质变化情况；对石灰岩地区的地下水，应了解其水质的稳定性；对于再生水、矿井排水等回用水，应掌握其来源组成，了解其处理设施的情况；对于海水，应按照现行国家标准《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619 的要求掌握相关资料。

3.1.3 预处理工艺应根据水源水质、后续处理工艺对水质的要求、处理水量和试验资料，并参考类似工程的运行经验，结合当地条件通过技术经济比较确定。

3.1.4 当来水水温影响预处理效果时，应采取加热或降温措施。

#### 3.2 系统设计

##### 3.2.1 预处理方式应按下列原则确定：

1 地表水、海水预处理宜采用混凝、澄清、过滤。悬浮物含量小于 20mg/L 时,可采用接触混凝、过滤处理。经技术经济比较,过滤处理可采用膜过滤工艺。

2 当地表水、海水悬浮性固体和泥沙含量超过所选用澄清池的进水要求时,应设置降低泥沙含量的预沉淀设施。

澄清池的进水浊度或含沙量宜满足本规范附录 B 的要求。

3 对于再生水及矿井排水等回收水源,应根据水质特点选择生物反应处理、混凝澄清处理、过滤、杀菌处理等工艺,对于水处理容量较大、碳酸盐硬度高的再生水宜采用石灰混凝澄清处理。石灰处理系统出水应加酸调整 pH 值。

4 当原水非活性硅含量高,影响机组蒸汽品质时,可采用接触混凝、过滤处理或混凝澄清、过滤处理,经技术经济比较,过滤处理可采用膜过滤工艺。

5 地下水宜经过滤后使用,当地下水含砂时,应有除砂措施。

6 原水有机物含量超过后续系统进水要求时,可采用氯化、混凝澄清、活性炭吸附、吸附树脂等处理工艺。

3.2.2 水中碳酸盐硬度高时,经技术经济比较,可采用石灰、弱酸离子交换等处理;水中的硅酸盐含量高时,经技术经济比较,可采用石灰-镁剂沉淀处理。

3.2.3 地下水铁、锰含量不满足后续水处理工艺进水要求时,应设置除铁、除锰设施。除锰宜采用接触氧化法,除铁可采用接触氧化法或曝气氧化法。曝气装置应根据原水水质及曝气程度的要求选定。

3.2.4 预处理后水中游离余氯含量超过后续处理系统进水要求时,宜采用活性炭吸附或加亚硫酸钠等处理方法除氯。

3.2.5 反渗透预脱盐工艺进水经混凝澄清等预处理后,可采用细砂过滤或超/微滤膜过滤等工艺。

3.2.6 各类过滤器进水水质应符合表 3.2.6-1 的规定,超/微滤装置进水应符合表 3.2.6-2 的规定。

表 3.2.6-1 过滤器进水水质要求

项 目	细砂 过滤器	双介质 过滤器	石英砂 过滤器	纤维 过滤器	活性炭 过滤器
悬浮物(mg/L)	3~5	≤20	≤20	—	—
浊度(NTU)	—	—	—	≤20	≤3

注:活性炭过滤器进水余氯不宜大于 1mg/L。

表 3.2.6-2 超/微滤系统的进水要求

项 目	进 水 水 质	
水温(℃)	10~40	
pH 值(25℃)	2~11	
浊度(NTU)	压力式	<5
	浸没式	以膜制造商的设计导则为准

3.2.7 超/微滤装置后续宜设产品水箱,装置的反洗水应采用其产品水。

3.2.8 原水加热器应设置在流量稳定的管路上。

3.2.9 海水淡化工艺水的预处理设计应符合现行国家标准《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619 的有关规定。

### 3.3 设备选择

3.3.1 澄清池的形式应根据原水水质、处理水量、处理工艺和水质要求等结合当地条件选用。澄清池的出力应经必要的核算。澄清池的设计参数宜按照本规范附录 B 选择。澄清池的设计应符合下列规定:

1 澄清池不宜少于 2 台,当有 1 台澄清池检修时,其余设备的最大出力应保证正常供水量要求。

2 用于短期、季节性处理时,可只设 1 台。

3 澄清池的上升流速应根据澄清池的形式、原水水质、水温、处理药剂和加药量,以及类似工程的运行经验或通过试验确定。

4 选用澄清池时,应注意进水温度波动对处理效果的影响。当设有原水加热器时,宜设温度自动调节装置和澄清池的水温监测仪。

5 装有原水加热器的澄清池前应设置空气分离装置。每台澄清池进水应单独设置流量测量装置。澄清池应设取样装置。

3.3.2 过滤器(池)的形式应根据进水水质、处理水量、处理工艺和水质要求等确定。过滤器(池)的设计参数可按照本规范附录 C 选择。过滤器(池)的设计应符合下列规定:

1 过滤器(池)不应少于 2 台(格),当有 1 台(格)检修时,其余过滤器(池)应保证正常供水。

2 过滤器(池)的反洗次数宜根据进出口水质、滤料的截污能力等因素确定,每天反洗次数不宜超过 2 次。

3 过滤器(池)采用外源反洗时,应设置反洗水泵。当压力式过滤器的后续系统对过滤器(池)出水稳定性有要求时,应采用外源反洗方式及设置正洗水泵。

4 活性炭过滤器应定期进行水反洗。

5 各类过滤器(池)的反洗、正洗进水或排水宜有限流措施。

6 过滤器(池)填料应满足设备运行要求,宜采用石英砂、无烟煤、活性炭等填料,不宜使用瓷砂。石英砂、无烟煤应满足现行行业标准《水处理用滤料》CJ/T 43 的要求,活性炭填料应满足现行行业标准《火力发电厂水处理用活性炭使用导则》DL/T 582 的要求,纤维过滤器用纤维应机械强度高、化学稳定性好并易清洗。

3.3.3 超/微滤装置的设计应根据进水水质特点、处理水量和水质要求等选择膜材质、膜组件形式和装置的运行方式。超/微滤装置的设计应符合下列规定:

1 超/微滤装置的套数不应少于 2 套。

2 超/微滤装置的设计膜通量应根据水源水质及前处理情况合理确定,压力式超/微滤膜通量宜按照  $40\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 65\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  设计,浸没式超/微滤膜通量宜按照  $30\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 40\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  设计。

3 超/微滤装置的自用水率应根据来水水质及膜厂商推荐数据设计,也可按照下列数值计算:

1)压力式超/微滤:10%;

2)浸没式超/微滤:5%。

4 超/微滤装置运行方式、反洗方式和反洗强度的选择应根据膜的性能、进水水质特性及类似的工程经验确定。

5 超/微滤装置应按照全自动运行方式设计。

3.3.4 预处理系统的各种水箱(池)的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,宜为1h~2h用水量。

### 3.4 布置要求

3.4.1 澄清池、过滤池、清水箱(池)宜布置在室外,过滤器宜布置在室内。寒冷或风沙大的地区,过滤池宜布置在室内,澄清池上部应加顶盖封闭或布置在室内。

3.4.2 相邻澄清池的顶部应有连接通道及防护栏杆。

3.4.3 过滤池应设检修爬梯及顶部防护栏杆。

3.4.4 超/微滤装置应布置在室内,并应为超/微滤膜更换留出足够的空间。

3.4.5 水泵宜布置在室内,风沙大的地区风机宜布置在室内;风机布置应远离运行值班室,并应采取消音措施。

## 4 水的预脱盐

### 4.1 一般规定

4.1.1 水的预脱盐工艺的选择应根据水源类型、水质特点、机组参数及厂址条件等因素确定。工艺选择应符合下列原则：

- 1 原水含盐量高于 400mg/L 时,宜采用反渗透预脱盐工艺。
- 2 对于有机物及活性硅含量高的水源或对给水品质有特殊要求时,或根据补水率经核算机组水汽品质无法满足要求时,宜采用反渗透预脱盐工艺。

3 采用反渗透预脱盐时,应根据水源含盐量和后续除盐工艺要求选择一级反渗透或两级反渗透处理。

4 海水淡化工艺的选择应符合现行国家标准《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619 的有关规定。

5 当海水淡化水作为工业水系统的水源时,是否采用二级反渗透预脱盐工艺应经技术经济比较后确定。

4.1.2 当水源的温度低于 10℃,反渗透装置给水应采取加热措施。

4.1.3 反渗透装置要求的进水应根据所选膜的种类,结合膜厂商的设计导则要求以及类似工程的经验确定。反渗透装置宜选用卷式复合膜,卷式复合膜的进水要求应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 反渗透膜的进水要求

项 目	指 标
pH 值(25℃)	4~11(运行) 2~11(清洗)
浊度(NTU)	<1.0
淤泥密度指数 $SDI_{15}$	<5

续表 4.1.3

项 目	指 标
游离余氯(mg/L)	$<0.1^{\text{①}}$ , 控制为 0.0
铁(mg/L)	$<0.05$ (溶氧 $>5\text{mg/L}$ ) <sup>②</sup>
锰(mg/L)	$<0.3$
铝(mg/L)	$<0.1$
水温 <sup>③</sup> (℃)	5~45

注:①同时满足在膜寿命期内总剂量小于  $1000\text{h} \cdot \text{mg/L}$ 。

②铁的氧化速度取决于铁的含量、水中溶氧浓度和水的 pH 值,当  $\text{pH}<6$ ,溶氧  $<0.5\text{mg/L}$ ,允许最大  $\text{Fe}^{2+}<4\text{mg/L}$ 。

③反渗透装置的最佳设计水温宜为  $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

**4.1.4 淡水反渗透装置的脱盐率和回收率的取值宜符合表 4.1.4 的规定。**

表 4.1.4 反渗透装置性能要求

项 目	脱 盐 率	回 收 率
第一级反渗透装置	96%~97%(25℃,运行 3 年内)	60%~80%
第二级反渗透装置	90%~95%(25℃)	85%~90%

**4.1.5** 当反渗透装置的进水为海水反渗透产品水时,水回收率不宜低于 85%。

**4.1.6** 反渗透装置的出力及套数应根据后续水处理设备的配置、系统对外供水的特点以及工程投资等因素经技术经济比较后确定。反渗透装置不宜少于 2 套,当有 1 套设备化学清洗或检修时,其余设备应能满足全厂正常用水量的需求。

## 4.2 系 统 设 计

**4.2.1** 反渗透预脱盐系统应根据进水水质、预处理工艺及所选膜的特性等合理选择系统配置。

**4.2.2** 两级反渗透系统宜分别设置高压泵,二级反渗透高压泵前宜设置缓冲水箱。反渗透系统的保安过滤器、高压泵、反渗透装置

等宜按单元制连接。

**4.2.3** 反渗透的高压泵应设置进水低压保护和出水高压保护开关,高压泵出口管应设逆止阀。

**4.2.4** 反渗透产水背压应稳定,且不应超过规定值。反渗透产水管上应设逆止阀,并设爆破膜或压力释放阀。

**4.2.5** 浓水管上应设置控制水回收率的浓水流量控制阀,但不应选用背压阀控制浓水流量。

**4.2.6** 二级反渗透装置的浓水应回用至一级反渗透装置的进水。

**4.2.7** 反渗透装置中的每一段应能独立清洗,并宜设置化学清洗固定管道。

**4.2.8** 反渗透装置应设置自动冲洗设施。

**4.2.9** 反渗透系统进水、浓水、产水管路上及每个压力容器产水出口应设置取样阀。

**4.2.10** 第二级反渗透装置进水宜设自动加碱装置。小水量加药时,碱液浓度宜小于10%。

**4.2.11** 预脱盐产水用作工业、消防用水时,宜设置水质调整处理设施。

### 4.3 设备选择

**4.3.1** 反渗透装置设有前置水箱时,高压泵进口应设置给水泵及保安过滤器,保安过滤器应为非反洗型过滤器,滤芯过滤孔径不宜大于 $5\mu\text{m}$ 。

**4.3.2** 高压泵出口应设置电动慢开阀门,高压泵宜采用变频控制。

**4.3.3** 反渗透膜组件的设计应符合下列规定:

1 反渗透膜的产水通量应根据进水水质、预处理方式及膜元件特性确定,复合膜反渗透装置的设计膜通量宜按表4.3.3的规定选取。



表 4.3.3 复合膜反渗透装置的设计膜通量

给水类型	地下水	地表水		废水(排污水或再生水)		反渗透产水
		经超/ 微滤	经介质 过滤	经超/ 微滤	经介质 过滤	
设计膜通量 [L/(m <sup>2</sup> ·h)]	23~27	21~24	17~21	16~20	14~17	29~34

2 对于受到污染的水源,宜选用抗污染的复合膜。

3 单级反渗透装置段数配置应根据进水水质、水回收率等因素计算确定,可按一级一段、一级两段或一级三段配置。苦咸水反渗透装置宜按一级两段设计;当水质含盐量低,且回收率要求高时,通过计算可按一级三段设计。

4.3.4 反渗透产水宜设置产水箱,产水箱的容积设计应符合下列规定:

1 产水箱的总有效容积应满足前后系统出力配置及系统运行要求,当反渗透装置的出力与后续处理水量相匹配时,宜按 15min~30min 的总产水量设计;后续处理若为电除盐工艺,则宜为 5min~15min 的总产水量;若反渗透产水用于热网补充水时,则应增加 1h~2h 的热网补充水贮量。

2 当采用碳钢或混凝土内防腐水箱时,产水箱宜设置 2 台,不锈钢产水箱可设置 1 台。当后续处理为膜装置时,宜采用钢制内防腐或不锈钢水箱。

4.3.5 冲洗水泵流量不宜小于单套反渗透装置的产水流量,冲洗水压力不宜小于 0.3MPa。

#### 4.4 布置要求

4.4.1 反渗透装置应布置在室内,当受场地限制,需要两层布置时,其高压泵宜布置在底层。

4.4.2 保安过滤器布置应有滤芯更换空间,反渗透膜壳两端应留

有不小于单支膜元件长度 1.5 倍的换膜空间。

**4.4.3** 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,如果浓水排放口低于压力容器,应在高于压力容器的浓水管道上,设置虹吸破坏管。

**4.4.4** 电除盐装置给水箱宜布置于室内。

## 5 水的除盐

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 除盐系统的设计应根据进水水质、除盐水质要求、水量及对外供水工况等因素,经技术经济比较确定。常见水处理除盐工艺可按照本规范附录 D 选择。

除盐工艺的出水应保证机组的水汽品质要求,不同压力等级汽包锅炉盐类蒸气携带系数及携带量可按本规范附录 E 取值。

**5.1.2** 阳、阴离子交换器的进水指标应符合表 5.1.2-1 的规定,混合离子交换器进水水质应符合表 5.1.2-2 的规定。

表 5.1.2-1 阳、阴离子交换器进水要求

项目	进水指标	备 注
水温(℃)	5~45	Ⅱ型阴树脂、聚丙烯酸阴树脂的进水水温应小于 35℃
浊度(NTU)	对流: <2, 顺流: <5	—
游离余氯(mg/L)	<0.1	—
铁(mg/L)	<0.3	对于用酸再生的离子交换器,铁可小于 2mg/L
化学耗氧量 (KMnO <sub>4</sub> 法)(mg/L)	<2	对弱酸离子交换器可适当放宽

注: 当阳床采用硫酸作再生剂,进水钡离子含量应小于 0.2mg/L。

表 5.1.2-2 混合离子交换器进水水质要求

项 目	进 水 水 质
电导率(25℃)( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	<10
二氧化硅( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<100
碳酸化合物( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	<20
含盐量(mg/L)	<5

**5.1.3** 当酸碱供应困难或受环保要求限制时,预脱盐产水的后续处理可选用电除盐工艺,电除盐装置进水水质应符合表 5.1.3 的规定。

**表 5.1.3 电除盐装置进水水质要求**

项 目	期望值	控制值
水温(℃)	—	5~40
电导率(25℃)( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$<20$	$<40$
总可交换阴离子( $\text{mmol}/\text{L}$ )	—	0.5
硬度( $\text{mmol}/\text{L}$ )	$<0.01$	$<0.02$
二氧化碳( $\text{mg}/\text{L}$ )	$<2$	$<5$
二氧化硅( $\text{mg}/\text{L}$ )	$<0.25$	$\leq 0.5$
铁( $\text{mg}/\text{L}$ )	$<0.01$	—
锰( $\text{mg}/\text{L}$ )	$<0.01$	—
TOC( $\text{mg}/\text{L}$ )	$<0.5$	—
pH 值(25℃)	5~9	

**5.1.4** 火力发电厂除盐系统的出水水质应符合现行国家标准《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》GB/T 12145 的有关规定,核电厂的除盐水质应满足一回路、二回路对用水水质的要求。

**5.1.5** 除盐系统的正常出力应满足电厂全部机组正常运行所需补充的水量,各项正常水汽损失应符合表 5.1.5 的规定。

**表 5.1.5 电厂各项正常水汽损失**

序号	损 失 类 别		正 常 损 失
1	厂内水汽循环损失 <sup>①</sup>	1000MW 级机组	为锅炉最大连续蒸发量的 1.0%
		300MW 级、600MW 级机组	为锅炉最大连续蒸发量的 1.5%
		125MW 级、200MW 级机组	为锅炉最大连续蒸发量的 2.0%
		100MW 级机组及以下	为锅炉最大连续蒸发量的 3.0%
		压水堆核电机组	蒸汽发生器额定蒸汽流量的 1.0%

续表 5.1.5

序号	损 失 类 别	正 常 损 失
2	汽包锅炉排污损失 <sup>②</sup>	根据计算或锅炉厂资料,但不少于 0.3%
3	厂内其他用水、用汽损失	根据具体工程情况确定
4	间接空冷机组循环冷却水损失	根据具体工程情况确定
5	闭式热水网损失	热水网循环水量的 0.5%~1.0%或根据具体工程情况确定
6	厂外供汽损失	根据具体工程情况确定
7	厂外供除盐水量	根据具体工程情况确定

注:①厂内水汽循环损失包括锅炉吹灰用汽、凝结水精处理树脂再生及闭式循环冷却水系统等水汽损失。

②对于除盐水作锅炉补充水的凝汽式机组,设有凝结水精除盐装置时,排污率不宜大于 0.5%,无凝结水精除盐装置,不宜大于 1.0%;对于背压供热机组,除盐水作锅炉补充水时,排污率不宜大于 2%,若以软化水或预脱盐水作锅炉补充水时,不宜大于 3%。

**5.1.6** 除盐水箱应与除盐系统的出力、机组容量和机组的扩建条件相协调,其总有效容积应满足全厂最大一台锅炉或核电厂最大一台机组的启动或事故阶段的用水量要求,水箱数量不应少于 2 台,并应符合下列规定:

- 1 直流炉机组宜为最大一台锅炉 3h 的最大连续蒸发量;
- 2 汽包炉凝汽式机组宜为最大一台锅炉 2h~3h 的最大连续蒸发量;
- 3 间接空冷机组宜大于或等于最大一台锅炉的 3h 最大连续蒸发量,同时满足最大 1 台机组间冷循环水系统启动上水要求;
- 4 背压供热机组宜为 4h 的锅炉正常补水量;
- 5 有外供除盐水或外供蒸汽时,除盐水箱宜另计 2h 的外供除盐水或外供蒸汽量;
- 6 核电厂除盐水箱的总有效容积宜为最大一台机组蒸汽发

生器 1.0h~1.5h 的额定蒸汽流量,当机组数量多于 4 台时,则总有效容积宜为最大一台机组蒸汽发生器 1.5h~2h 的额定蒸汽流量。

**5.1.7** 离子交换系统的容量计算应包括系统的自用水量。系统中的设备应根据系统设计的正常出力合理配置,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。当离子交换器套数多于 6 套时,宜设置再生备用设备。对于不设再生备用设备的除盐系统,应由除盐水箱贮存再生所需的备用水量。

**5.1.8** 在设计水质下,阳、阴离子交换器的运行周期宜按不小于 24h 设计;阳、阴离子交换器在最差水质时的运行周期不应小于 16h;混合离子交换器运行周期宜按不小于 168h 设计。

**5.1.9** 至背压供热机组的除盐水输送系统应设置调节 pH 值的自动加氨装置。

## 5.2 系统设计

**5.2.1** 当进水中的强酸、弱酸阴离子比值较稳定时,一级离子交换除盐可采用阳、阴串联连接方式,阴床的运行周期宜为阳床的 1.10 倍~1.15 倍;当进水中的强酸、弱酸阴离子比值变化大时,或除盐系统设备台数较多时,一级除盐阳、阴离子交换器应分别采用母管制连接方式。

**5.2.2** 弱型树脂与强型树脂宜联合使用。强弱联合除盐装置的设计应符合现行国家标准《工业用水软化除盐设计规范》GB/T 50109 的有关规定。

**5.2.3** 串联连接的每系列阳离子交换器进口和阴离子交换器出口应设置手动隔离阀,母管制系统中的每台离子交换器进水管应设置手动隔离阀,同类离子交换器数量达到 6 台及以上时,应根据除盐设备的运行周期及设备的再生频次分组,并按组配置再生设备。

**5.2.4** 离子交换器的反洗可采用进水,离子交换器的再生、置换

应采用除盐水。离子交换除盐系统宜设再生水泵,当阳床、阴床、混床再生水泵分设时,可不设备用。

**5.2.5** 未经预脱盐的除盐系统,其阴床碱再生液宜加热,加热温度可根据阴树脂的耐温性能确定,宜为  $35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。对于 II 型或聚丙烯酸系强碱阴树脂的碱再生液,最高不应超过  $35^{\circ}\text{C}$ 。

**5.2.6** 对流再生离子交换器顶压用气和混合离子交换器树脂混合用气应选用无油压缩空气。

**5.2.7** 当阳或阴离子交换器设备数量多于 6 台时,宜设置树脂贮存罐。阳、阴树脂贮存罐应分别设置。

**5.2.8** 当有反渗透预脱盐装置时,离子交换器台数与出力宜与反渗透装置出力相匹配。

**5.2.9** 离子交换树脂的工作交换容量应根据选用的交换器形式、再生剂种类、再生水平、进水离子组成、处理后水质要求等因素,按树脂性能曲线确定或参照类似条件下的运行经验确定。离子交换树脂的选型应满足现行行业标准《发电厂水处理用离子交换树脂选用导则》DL/T 771 的要求,并符合下列规定:

1 当离子交换器进水的  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  大于  $2\text{mg/L}$  时,应选用抗有机物污染性能较好的阴离子交换树脂;

2 浮动床宜选用粒度均匀,且渗磨圆球率指标好的浮床专用树脂;

3 当强型和弱型离子树脂用于双层床,应选择易于分离的双层床专用树脂;

4 混合离子交换器应采用专用树脂,均一系数不应大于 1.40。

**5.2.10** 除二氧化碳器的设置应根据处理工艺和进水水质合理确定,并应符合下列规定:

1 一级离子交换除盐工艺宜设置除二氧化碳器,当进水碱度小于  $0.5\text{mmol/L}$  时,可不设除二氧化碳器。

2 当一级反渗透给水加酸调节,其后续工艺宜设除二氧化碳

器。除二氧化碳器在工艺中的设置位置宜根据反渗透产水水质及后续处理工艺确定。

3 经两级反渗透预脱盐的产水及多级闪蒸(MSF)或多效蒸馏(MED)的淡化水,其后续工艺可不设除二氧化碳器。

5.2.11 母管制除盐系统中的除二氧化碳器不宜少于2台。当1台检修时,其余设备应满足正常除盐水用量的要求。

5.2.12 火力发电厂除盐水系统至机组的补给水管道应同时能输送最大一台机组的启动补给水量或锅炉化学清洗用水量及其余机组的正常补给水量;补给水管道总数为2条及以上时,任何1条管道停运,其余管道应能满足输送全部机组正常补给水量的需要。当选用不锈钢管材时,可只设1条管道。

5.2.13 核电厂除盐水供水管道的设置宜根据机组数量、除盐水供水量、厂房布置等因素选择全厂集中供水或按机组分组供水,并应选用不锈钢管材。当分组供水时,每组除盐水供水管道可设1条,其设计容量应同时满足最大一台机组启动或事故、其余机组正常运行时的供水要求。

5.2.14 热力系统的疏排水不应回到除盐水箱。

### 5.3 设备选择

5.3.1 各类离子交换器或电除盐装置不应少于2台。离子交换器设计参数宜按照本规范附录F选取。

5.3.2 阳、阴离子交换器的设计应符合下列规定:

1 强型树脂离子交换器宜采用对流再生,弱型树脂离子交换器可采用顺流再生;

2 当连续制水量大时,宜选用浮动床离子交换器;

3 单室阳、阴离子交换器的树脂层高不宜小于1.0m。

5.3.3 单室固定床离子交换器的反洗膨胀高度宜为树脂层高的75%~100%。浮动床及双室固定床离子交换器应分别设置阳、阴树脂体外清洗罐,树脂清洗罐反洗膨胀高度宜为树脂层高的



75%~100%。

**5.3.4** 对流再生离子交换器应设置 200mm~300mm 的压脂层。双室床的下室或浮动床离子交换器内的膨胀态离子交换树脂和惰性树脂的填充率应达到 98%~100%。惰性树脂的高度应足以填充水帽高度层空间。

**5.3.5** 浮动床离子交换器再生废液排出应采用倒 U 形排水管,排水管应高于设备顶部并应设置虹吸破坏管。

**5.3.6** 混合离子交换器的设计应符合下列规定:

1 失效树脂宜体内再生;

2 一级离子交换除盐后续混合离子交换器的阳、阴树脂的体积比宜为 2:3 或 1:2,混合树脂层高宜为 1.2m~1.5m,阳树脂的层高不应低于 500mm。

**5.3.7** 多孔板加水帽的离子交换器的出水管道上应设置树脂捕捉器,树脂捕捉器的过滤精度宜小于水帽缝隙。当交换器的排水装置采用石英砂垫层时,其级配与砂层高度应满足本规范附录 F 表 F-6 的要求。

**5.3.8** 除二氧化碳器及附属设施的设计应符合下列规定:

1 除二氧化碳器宜采用鼓风式除二氧化碳器,淋水密度宜按  $48\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 60\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  设计。

2 除二氧化碳器出水口应设置水封管,排气口宜设水气分离装置,排气管应接至室外,并应有防止雨水回流的措施。

3 当除二氧化碳器风机由室外吸风时,宜有滤尘措施。

4 除碳水箱的有效容积,对串联系统宜为每系列除盐设备出力的 2min~5min 贮水量,且容积不应小于  $2\text{m}^3$ ;对并联系统宜为除盐设备出力的 15min~30min 贮水量。

5 当采用真空除气时,抽真空方式可用真空泵或多级蒸汽喷射泵。

**5.3.9** 电除盐装置的设计应符合下列规定:

1 给水泵、保安过滤器、电除盐装置的连接宜采用单元制连

接方式,当采用母管制连接时,电除盐装置进水管宜设流量控制阀。

2 给水泵宜采取变频控制。

3 保安过滤器的滤芯过滤孔径不应大于  $3\mu\text{m}$ 。

4 电除盐回收率应根据进水水质经计算确定,宜为  $90\%\sim 95\%$ 。

5 每个电除盐模块的给水管、浓水进水管、极水进水管与产水管、浓水出水管、极水出水管均宜设置隔离阀,每个模块的产水管上宜设置取样阀。

6 电除盐装置宜设计停用后的延时自动冲洗系统。清洗系统可通过固定管道与电除盐装置连接。

7 每套电除盐装置应设有不合格给水、产水排放或回收措施,浓水宜回收至前级处理的进水贮水箱,极水和浓水排放管上应有气体释放至室外的措施。

8 电除盐模块设计应确保给水不断流,并应设有断流时自动断电的保护措施;设备及给水、产水、浓水、极水等管道均应有可靠的接地设计。

9 电除盐装置设计宜采用每一模块单独直流供电方式,当模块数量多时,也可4块~6块模块配置1台整流装置;每一个电除盐模块应设置电流表。

**5.3.10** 除盐水泵的容量和台数的选择应满足机组正常和启动工况下的用水需求。除盐水泵应设备用。除盐水泵可采用变频控制。

## 5.4 布置要求

**5.4.1** 除盐设备宜布置在室内。当露天布置时,运行操作盘、取样装置、仪表阀门等宜集中设置,并根据需要采取防雨、防晒、防冻等措施。

**5.4.2** 经常检修的水处理设备、水泵和阀门等,可按其结构形式、

台数、起吊件重量设置检修平台、叉车或起吊装置。

**5.4.3 除盐设备的布置应按下列原则设计：**

1 面对面布置时，阀门全开后的操作通道净间距不宜小于2m，巡回检查通道净宽不宜小于0.8m；

2 两台设备间的净间距不宜小于0.4m；

3 当设备台数较多时，每4台～5台设备间应留有通道，通道的净间距不宜小于0.8m；

4 电除盐装置应根据其结构形式合理布置，且便于检修和模块更换。

**5.4.4 生水泵、清水泵、并联系统的除碳水泵、除盐水泵、再生水泵等宜集中布置在单独的泵房内。**

**5.4.5 除盐水箱宜布置在室外。寒冷地区的室外水箱及附件应有防冻和保温措施。**

**5.4.6 除盐水制备车间应设运行分析室。**

## 6 汽轮机组的凝结水精处理

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 汽轮机组的凝结水精处理系统应按锅炉和汽轮机组形式及其参数、冷却水水质等因素确定。

**6.1.2** 火力发电厂凝结水精处理系统出水水质应满足现行国家标准《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145 的要求。

**6.1.3** 压水堆核电厂凝结水精处理系统的出水水质应满足二回路的水质要求。

### 6.2 系统设计

**6.2.1** 对于超临界及以上参数汽轮机组或由直流锅炉供汽的亚临界及以下参数的汽轮机组,全部凝结水应进行精处理,精处理系统应设置除铁和除盐装置,其除铁、除盐装置设置应符合下列规定:

1 湿冷机组和表面式间接空冷机组的除铁装置可不设备用,但不应少于2台;

2 直接空冷机组和混合式间接空冷机组的除铁装置应设置备用设备;

3 除盐装置均应设置备用设备。

**6.2.2** 对由亚临界汽包锅炉供汽的汽轮机组,全部凝结水应进行精处理。其凝结水精处理系统设置应符合下列规定:

1 冷却水水源为淡水,且给水按还原性全挥发处理工况设计的湿冷机组的凝结水精处理装置可仅设置除盐装置时,除盐装置可不设备用设备,但不应少于2台;

2 冷却水水源为海水、苦咸水、再生水的湿冷机组或给水按加氧处理工况设计的汽轮机组的凝结水精处理系统应设置除盐装置,且应设置备用设备;

3 表面式间接空冷机组的凝结水精处理系统宜仅设置除盐装置,除盐装置可不设备用,但不宜少于2台;

4 混合式间接空冷机组的凝结水精处理系统应设置除铁装置和除盐装置,除铁装置和除盐装置均应设置备用设备;

5 直接空冷机组的凝结水精处理系统宜选择阳阴分床工艺,也可选择以除铁为主的粉末树脂过滤器;粉末树脂过滤器应设置备用设备,阳阴分床系统可不设备用设备;当给水按加氧处理工况设计时,宜采用阳阴分床系统,或采用除铁装置加除盐装置系统,阳阴分床、除盐装置应设置备用设备。

**6.2.3** 对于高压及超高压汽包锅炉供汽的汽轮机组,其凝结水精处理系统的设置应按照下列原则确定:

1 冷却水水源为淡水的湿冷机组或表面式间接空冷机组可不设置凝结水精处理系统;

2 冷却水水源为海水且凝汽器采用钛管时,或冷却水水源为苦咸水且凝汽器采用不锈钢管时,可不设置凝结水精处理系统;

3 冷却水水源为海水或苦咸水,且凝汽器采用铜管时,宜设凝结水除盐装置,除盐装置不设备用设备;

4 承担调峰负荷的湿冷机组可设置供机组启动用的除铁装置,除铁装置不设备用设备;

5 直接空冷机组可仅设置除铁装置,除铁装置可不设备用设备;

6 混合式间接空冷机组的凝结水精处理系统应设置除铁装置和除盐装置,除铁装置和除盐装置均应设置备用设备。

**6.2.4** 核电厂的凝结水精处理系统宜采用“前置阳床+混床”处理工艺,其系统设计容量应按照下列原则确定:

1 当采用海水冷却时,全部凝结水应进行精处理,前置阳床

和混床均应设置备用设备;

2 当采用淡水或苦咸水冷却时,凝结水精处理系统设计容量应根据蒸汽发生器排污量、排污水水质、冷却水水质、补给水水质和水量等因素,经技术经济比较后确定,但不应低于机组最低功率运行时的凝结水量。

6.2.5 凝结水精处理宜采用中压系统。凝结水精处理工艺可按照本规范附录 G 进行选择。

6.2.6 火力发电厂凝结水精处理系统除铁和除盐装置应分别设有 100% 容量的旁路装置,旁路阀门宜为有调节功能的自动阀门,同时还应设置旁路阀门的运行检修阀门。除铁和除盐装置不宜再设大旁路系统。

6.2.7 核电厂凝结水精处理装置与主凝结水管应采用旁路连接,凝结水精处理装置进出口母管之间的主凝结水管道上不应设隔离阀,精处理装置出口应设净凝结水升压泵。全流量凝结水精处理系统的出力宜另计 5% 的凝结水回流量。

6.2.8 对于核电厂、超临界机组及锅炉给水采用加氧处理机组,凝结水精处理系统的混合离子交换器应按氢型运行设计。

### 6.3 设备选择

6.3.1 凝结水精处理系统中的除铁装置、除盐装置宜按下列原则确定:

1 除铁装置可选用管式过滤器、电磁过滤器或粉末树脂过滤器等,阳离子交换器也可作为除铁装置使用。

2 除盐装置宜选用混合离子交换器,或者采用阳、阴离子交换器分床系统。

6.3.2 每台机组应设置 1 套凝结水精处理除铁或除盐装置。

6.3.3 凝结水精处理系统应选用高速离子交换器,树脂应采用体外再生方式。

6.3.4 火力发电厂凝结水精处理系统的体外再生装置,可 2 台机

组合用 1 套。但当 1 台汽轮机组所设的混合离子交换器台数超过 3 台时,可增设专门的树脂贮存罐和备用树脂量。

粉末树脂过滤器的铺膜设备宜每台机组设置 1 套。

**6.3.5** 核电厂精处理系统的体外再生装置应每台机组设置 1 套。

**6.3.6** 凝结水精处理过滤器设计参数宜按照本规范附录 H 选取,凝结水精处理除盐设备设计参数宜按照本规范附录 J 选取。

**6.3.7** 凝结水精处理系统中的设备或设施应符合下列规定:

1 每组离子交换器宜设 1 台再循环泵,其容量应为 1 台离子交换器正常出力的 50%~70%。每台粉末树脂过滤器应设置 1 台保持泵,其容量宜为 1 台过滤器正常出力的 10%~20%。

2 凝结水精处理装置进水母管上应设置排气放气阀门,过滤器或交换器停运泄压管道上宜带节流减压装置。

3 每台离子交换器出水管道上应安装树脂捕捉器。树脂捕捉器应有冲洗措施,并易于检修。

4 树脂再生装置中应设有补充离子交换树脂的接口。再生装置的排水管道上宜设有树脂捕捉器。

5 每台机应单独敷设树脂输送管道,中压系统树脂输送管道上应设置带滤网的安全泄放阀,接入离子交换器及过滤器系统的自用水、压缩空气管道上应设置安全阀,压缩空气管道上还应设置止回阀。

6 树脂擦洗用气源宜选用罗茨风机,并应设备用设备。

7 过滤器反洗水泵、树脂再生用冲洗水泵应设备用设备;当反洗水泵与冲洗水泵参数相同时,可共用 1 台备用设备。

8 树脂再生用酸、碱贮存槽、计量箱等可不设备用,采用计量泵再生时,应设备用泵。再生用碱液宜加热至 40℃。

## 6.4 布置要求

**6.4.1** 火力发电厂凝结水精处理设备宜布置于汽机房凝结水泵附近。公用的再生设备宜布置于主厂房两台机组之间的单独区域

或主厂房外单独房间,也可布置在锅炉补给水处理车间,但树脂输送管道不宜超过 200m。

**6.4.2** 核电厂凝结水精处理及再生装置宜布置在汽机厂房或紧靠汽机厂房的辅助厂房内,当布置场地受到限制时,也可分层布置。

**6.4.3** 再生装置和控制室宜相邻布置在同一层。

**6.4.4** 凝结水精处理系统用水泵均应布置在室内,罗茨风机应布置在室内,并应采取消音措施。

**6.4.5** 酸、碱贮存、计量设备及再生废水池不应布置在汽机房内。



## 7 热力系统的化学加药

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 火力发电厂热力系统的化学加药处理应根据机组汽水品质要求设计。

核电厂常规岛的化学加药应满足在冷停堆、热启动、正常运行及停机湿保养等工况下的水化学技术条件。

**7.1.2** 火力发电厂热力系统的化学加药处理设计应符合下列规定：

1 超临界及以上参数机组和亚临界直流炉机组，凝结水、给水宜采用加氨及加氧处理，直接空冷超临界及以上参数机组宜同时设加联氨设施。

2 亚临界汽包锅炉凝结水、给水可采用加氨及加联氨处理，无铜系统也可采用加氨处理或加氨、加氧处理。

3 高压、超高压锅炉给水宜采用加氨及加联氨或其他化学除氧药剂处理。对设有离子交换凝结水精处理设备的超高压机组的凝结水宜采用加氨处理。

4 汽包锅炉炉水宜采用磷酸盐处理，对于凝结水采用了离子交换处理的机组，炉水可采用氢氧化钠处理；对于空冷机组，炉水宜采用氢氧化钠处理。

5 燃气-蒸汽联合循环电厂的高压及超高压余热锅炉机组应在凝结水或给水中加氨及联氨或其他化学除氧剂，中压汽包和高压汽包均应加磷酸盐。

6 中压及以下参数的锅炉机组，给水宜采用加氨处理，炉水宜采用加磷酸盐处理。

7 设有闭式循环冷却系统的机组应设置闭式循环冷却水加

药设施,药品可选用联氨、磷酸盐、氨或其他缓蚀剂。

8 停炉保护加药宜利用给水、凝结水加药设施,也可单独设置加药装置。

7.1.3 当机组蒸汽用于食品加工或采用混合方式加热生活用水时,对于给水和凝结水,不得采用加联氨或投加其他对人体有害物质的处理方式。

7.1.4 核电厂常规岛的化学加药系统设计宜符合下列设计要求:

- 1 二回路的凝结水及给水宜采用还原性全挥发处理,碱化剂可采用氨或乙醇胺、吗啉等有机胺,除氧剂宜采用联氨;
- 2 常规岛的闭式循环冷却水宜采用磷酸盐或联氨处理;
- 3 蒸汽发生器的停机湿保养宜采用加氨和加联氨处理。

## 7.2 系统设计

7.2.1 火力发电厂的加药点位置应按下列规定设置:

- 1 凝结水加药点应设在凝结水精处理装置出口母管旁路管道三通之后;
- 2 给水加药点应设在除氧水箱下降管上;
- 3 炉水加药点应设在汽包本体;
- 4 闭式除盐水加药点宜设在闭式循环水泵出口;
- 5 停炉保护加药点宜设在除氧水箱下降管上;
- 6 余热锅炉给水加药点宜设在凝结水泵出口;
- 7 背压机组加氨点宜设置在锅炉补给水输送管道上;
- 8 机组上水泵出口宜设置加氨点。

7.2.2 核电厂化学加药点宜按下列规定设置:

- 1 二回路的凝结水加药点宜设在凝结水精处理装置后的主凝结水管上;
- 2 二回路的给水加药点宜设在除氧器的下降管和再循环管上;
- 3 辅助给水加药点宜设在辅助给水除氧器的下降管上;

4 蒸汽转换器系统的给水加药点宜设在蒸汽转换器除氧器的下降管上；

5 常规岛的闭式循环冷却水加药点宜设在冷却水泵出口管上；

6 蒸汽发生器的湿保养加药点宜设在蒸汽发生器的给水管上。

7.2.3 火力发电厂的加药系统运行控制方式应按下列原则设计：

1 凝结水、给水加药宜采用自动运行方式。

2 凝结水加氨量应根据凝结水流量或加药点后的电导率信号控制调节，给水加氨量应根据给水流量和给水电导率信号控制调节；联氨加药量应根据凝结水或给水流量信号控制调节。

3 凝结水加氧可采用手动方式；给水加氧宜采用自动方式，加氧量可根据给水流量和含氧量信号自动控制，并宜有水质恶化时的保护措施。

4 炉水加药宜采用手动调节方式。

5 闭式冷却水加药宜采用手动调节方式。

7.2.4 核电厂的加药系统运行控制方式应按下列原则设计：

1 二回路的凝结水、蒸汽转换器系统的给水碱化剂加药宜采用自动调节方式。二回路的凝结水碱化剂加药宜采用加药点后凝结水的电导率信号控制，蒸汽转换器系统的给水碱化剂加药宜采用蒸汽转换器连续排污水的电导率信号控制。

2 二回路的给水、辅助给水碱化剂加药可采用手动调节方式。

3 二回路的凝结水加联氨宜采用自动调节方式，采用给水的联氨或根据凝结水流量信号控制。二回路的给水、辅助给水和蒸汽转换器系统的给水加联氨宜采用手动调节方式。

4 常规岛的闭式循环冷却水加药宜采用手动调节方式。

7.2.5 加药泵自动调节方式宜采用变频调节。

7.2.6 药液配制可采用手动配制。药液配制用水宜采用除盐水，

不应采用闭式除盐冷却水系统来水。

### 7.3 设备选择

**7.3.1** 氨和联氨或其他药剂的加药设备宜分别设置。凝结水和给水加药泵、加氧管路、阀门等应分别设置。

**7.3.2** 火力发电厂加药系统可按每2台机组1套设置,每台机组应单独设置加药泵,每种加药泵可共用1台备用泵,闭式循环冷却水加药装置可单独设置。加氧装置宜按1机1套设置。停炉保护加药装置可多台机组共用。

**7.3.3** 核电厂加药系统应按机组单元设置,每种连续运行的加药泵应设有备用。

**7.3.4** 需连续加药的药液箱不应少于2台,单台容积不应小于8h的用量。每个加氧点的加氧流量调节阀、流量计、压力表应单独设置。

**7.3.5** 加药泵的入口侧宜装设过滤装置,加药泵出口管道上应装设稳压器、压力表。

**7.3.6** 药液箱应有搅拌设施,磷酸盐溶液箱进料口应配有过滤设施,联氨溶液箱应设有计量筒,氨系统应有防止氨气外泄的措施。

### 7.4 布置要求

**7.4.1** 化学加药设备应布置在单独房间内;火力发电厂加药设备宜布置在主厂房零米层,核电厂加药设备宜布置在常规岛厂房的基准层。

**7.4.2** 加药间应有适当面积的药品贮存区域或设置单独的药品贮存房间。

**7.4.3** 加药设备周围应有围堰,并应设冲洗设施。

**7.4.4** 化学加药装置与水汽取样监测装置宜相对集中布置。

## 8 热力系统的水汽取样及监测

**8.0.1** 热力系统的水汽监督项目、仪表设置应根据机组容量、形式、参数、热力系统和化学监督的要求确定。

**8.0.2** 水汽取样点的位置应根据机组水化学工况及加药点的位置确定。

**8.0.3** 火力发电厂汽包锅炉机组和直流锅炉机组水汽取样点及在线仪表配置宜符合本规范附录 K 表 K-1 和表 K-2 的要求;核电厂常规岛水汽取样点及在线仪表配置宜符合本规范附录 K 表 K-3 的要求;燃气-蒸汽联合循环余热锅炉机组水汽取样点及在线仪表配置宜符合本规范附录 K 表 K-4 的要求。

**8.0.4** 每台机组应设置水汽集中取样分析装置,对于压力无法满足送至集中取样分析装置上的样品水应设置就地取样降压冷却及仪表等设施。

**8.0.5** 每一取样点均应设置人工取样设施。

**8.0.6** 水汽取样系统应有可靠、连续、稳定的冷却水源,冷却水宜来自辅机闭式循环冷却系统,如主厂房未设置辅机闭式循环冷却系统时,可单独设置独立的除盐水冷却装置。

**8.0.7** 恒温装置冷却后样水温度宜为 25℃。取样装置应设有样水超温超压保护和报警措施。

**8.0.8** 所有在线分析测量值及取样装置运行状况信号应根据机组控制要求送至相关控制系统。

**8.0.9** 采用海水冷却的亚临界及以上参数的机组宜设置凝汽器检漏取样装置。

核电厂每台机组的各台凝汽器均应设置检漏装置。

**8.0.10** 水汽集中取样分析装置的高温架与低温仪表盘架宜分室

毗邻布置。布置低温仪表盘架的房间内应设置空调,装设高温架的房间或位置应考虑通风、排水及散热条件。

凝汽器检漏装置取样泵位置应靠近取样点,且不应高于热井,检漏装置分析仪表等设施应就近布置。

**8.0.11** 水汽取样分析装置的布置位置应远离振动设备,布置在环境清洁和操作方便的场所。

**8.0.12** 水汽取样及监测系统的设计应符合下列规定:

1 取样分析装置附近应设有排水设施。

2 每个取样点的取样器形式或数量宜根据主管道介质流态和管径确定,取样器在主管道上的安装方位应与介质类型和主管道的布置方式相适应。取样器入口朝向应正对介质流动方向。蒸汽取样还应符合现行国家标准《锅炉蒸汽的采样方法》GB/T 14416的规定。

3 核电厂可根据水化学监督的需要设置移动式人工检测取样设施。

4 核电厂给水的样水一次冷却设施宜布置在取样点附近,样水二次冷却设施和仪表盘应集中布置。

5 当蒸汽样品在向集中取样分析装置输送中存在凝结情况时,样品一次冷却设施宜布置在取样点附近。

**8.0.13** 火力发电厂的水汽取样分析装置宜两台机组集中布置,核电厂的水汽取样分析装置应按机组单元分别布置。

## 9 冷却水处理

**9.0.1** 冷却水处理系统的选择应根据冷却方式、冷却系统参数、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。

**9.0.2** 循环冷却水系统应根据全厂水量、水质平衡确定排污量及浓缩倍数。浓缩倍数设计值宜为 3 倍~5 倍,节水或环保要求高时,可适当提高。循环冷却水系统水质控制指标应符合本规范附录 L 表 L-1 的规定。

**9.0.3** 海水循环冷却水系统宜进行动态模拟试验,确定最佳浓缩倍数、合适的药品及其剂量、加药方式等。海水循环冷却系统浓缩倍数的确定还应满足建厂地区海域排水含盐量的限制要求,宜为 1.5 倍~2.0 倍。海水循环冷却水系统的水质控制应根据试验结果确定,也可按照本规范附录 L 表 L-2 控制。

**9.0.4** 直流冷却水系统有结垢倾向时,可根据具体情况采取水质稳定措施。

**9.0.5** 对于采用冷却池或湖泊冷却的循环冷却水系统,当冷却水池容积与循环水量的比值大于 60h 时,可按直流冷却水系统设计。

**9.0.6** 循环冷却水稳定处理宜按下列原则确定:

1 循环水系统补充水碳酸盐硬度小于 3mmol/L 时,可采用加稳定剂法、加酸法。酸宜采用硫酸。

2 循环水补充水碳酸盐硬度超过 3mmol/L 时,结合浓缩倍数设计值要求,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、加酸加稳定剂法,同时应与加稳定剂法联合使用。

3 当循环水排污水必须回用于循环水,或补充水的含盐量不

能满足循环水的水质控制指标时,经技术经济比较,也可采用反渗透膜处理。

**4** 当循环水系统补充水采用再生水时,应按照本规范第 3 章的要求控制水质并进行预处理。

**5** 当循环冷却水系统浓缩倍数大于 5,或有严重季节性风沙气候情况,经技术经济比较,可设置循环水旁流过滤处理。

**6** 海水循环冷却水处理宜采用加稳定剂法。

**9.0.7** 循环水旁流处理水量应按照本规范附录 M 计算确定,并宜控制在循环水量的 1%~5% 范围内。

**9.0.8** 循环水加药种类和加药量应根据模拟试验确定,并应满足冷却水排放及后续水处理系统水质要求。

**9.0.9** 弱酸离子交换器进水水质可按照本规范表 5.1.2-1 的要求确定。弱酸树脂再生剂应根据药品供应情况、耗量等因素确定选用硫酸或盐酸。离子交换器设计参数宜按照本规范附录 F 选择。

**9.0.10** 循环水系统的材质应与循环水中硫酸盐、氯化物含量相适应。循环水处理药剂不应影响旁流处理工艺的正常运行。

**9.0.11** 当采用铜管凝汽器时,宜设置硫酸亚铁或其他药品成膜处理设施。加药点宜靠近凝汽器入水口。

**9.0.12** 冷却水系统应进行杀菌处理。杀菌剂的选择应根据冷却方式、冷却水量及水质条件等因素确定,药品可选择二氧化氯、次氯酸钠、氯锭、液氯、非氧化性杀菌剂等,杀菌剂与水质稳定剂不应相互干扰。核电站不宜选用液氯作杀菌剂。

**9.0.13** 杀菌剂加药系统设计宜按下列原则设计:

**1** 杀菌剂投加方式可采用间断加药法,对菌藻污染严重的水源宜进行连续加药处理。加药点位置为循环水泵吸水井或循环水泵房取水口。

**2** 直流冷却系统宜采用氧化性杀菌剂加药处理。

**3** 海水循环冷却系统宜采用加氧化性杀菌剂和非氧化性杀



菌剂联合处理。

**4** 季节性加药时间较短的电厂且循环水量较小时,可采用临时加药方式,不设加药设备。

**9.0.14** 凝汽器管材应根据冷却水质合理选用,应按照现行行业标准《发电厂凝汽器及辅机冷却器管选材导则》DL/T 712 的要求选择。

## 10 热网补给水及生产回水处理

**10.0.1** 热网补给水处理系统的选择应根据原水水质、热网补给水水质要求、水量,结合全厂水处理系统情况,经技术经济比较确定。

**10.0.2** 热网补给水可采用锅炉排污扩容器后的排污水,或采用软化水、反渗透装置出水或除盐水。

**10.0.3** 直流炉机组的生产回水不宜直接返回热力系统,应经除铁和除盐处理;汽包炉机组的生产回水水质满足给水水质要求时,可直接进入热力系统中,不满足给水水质要求时,应进行处理。

**10.0.4** 生产回水作为除盐水处理系统水源时,应根据回水水质,采取相应的处理措施。

**10.0.5** 生产回水温度超过处理设施的耐受温度时,应采取降温措施。

**10.0.6** 生产回水含有油质时,应要求回水进行初步除油至含油量低于 10mg/L,后续除油处理可采用过滤、活性炭吸附、树脂分离等工艺。

## 11 制氢和供氢

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 当发电厂使用氢气时,应设置制氢系统或外购成品氢气的供氢系统。制氢和供氢系统的设计除应符合本规范的规定外,尚应符合现行国家标准《氢气站设计规范》GB 50177 和《氢气使用安全技术规程》GB 4962 的规定。

**11.1.2** 制氢和供氢方案的选择应根据建厂地区周边氢源供应情况、机组规模及发电厂用氢气要求等经技术经济比较确定。

**11.1.3** 制氢系统宜采用水电解工艺;外购氢气可采用氢气钢瓶集装格或长管拖车输送,当供氢源邻近发电厂时,可采用管道供氢。

**11.1.4** 制氢和供氢系统应按照火灾危险性甲类可燃气体标准设计。

**11.1.5** 制氢站和供氢站宜根据电厂规划容量一次建成,或预留扩建条件。

### 11.2 系统设计

**11.2.1** 发电机用氢气纯度按容积计不应低于 99.7%,氢气常压露点不应高于 $-50^{\circ}\text{C}$ 。

核岛用氢气纯度按容积计不应低于 99.95%,氢气常压露点不应高于 $-50^{\circ}\text{C}$ ,按容积计氢中氧含量应小于 0.0005%,按容积计氢中氮含量应小于 0.004%。

**11.2.2** 制氢设备应选用电耗小、电解小室电压低、运行控制温度低、性能可靠的水电解制氢装置,水电解制氢系统的技术要求应符合现行国家标准《水电解制氢系统技术要求》GB/T 19774 的规定。

**11.2.3** 水电解制氢系统电解槽所需原料水和碱液配制用水应采用未加氨的除盐水。电解液宜采用氢氧化钾溶液,所使用的氢氧化钾应符合现行国家标准《化学试剂氢氧化钾》GB/T 2306 的规定。

**11.2.4** 中压水电解制氢装置内电解液宜采用强制循环,每小时循环次数不宜低于 6 次。

**11.2.5** 水电解制氢装置出口应设置干燥净化装置,氢气干燥净化装置宜采用原料气加热再生,再生过程中应无氢气排放。

**11.2.6** 制氢装置冷却用水宜采用除盐水,当冷却水温不满足要求时,可设置冷冻装置。

**11.2.7** 氢气排放管管口处应设阻火器。室内氢气排放管应引至室外,排放管出口应高出屋顶 2m 以上,室外设备的排放管出口应高于附近有人员作业的最高设备 2m 以上;氢气排放管应有防雨雪侵入和杂物堵塞的措施;当压力大于 0.1MPa 时,阻火器后的管材应采用不锈钢管。

**11.2.8** 当需要高压贮存氢气时,应设氢气压缩机。氢气压缩机的选型、台数应根据进气压力、排气压力、氢气纯度和制氢设备产氢量等确定。水电解制氢系统的产品氢气压缩机宜选择隔膜式压缩机,氢气压缩机前应设氢气缓冲罐,出口应设置贮氢罐。

**11.2.9** 氢瓶供氢系统的汇流排应至少设置两组,当一组氢气汇流排倒换钢瓶或检修时,不应影响另一组正常供气要求。

**11.2.10** 贮氢罐的最高点应设放空管,最低点应设排污管。

**11.2.11** 火力发电厂制氢和供氢站至主厂房的供氢管道宜设置两根,其输送总容量应为全部氢冷发电机的正常消耗量与最大一台氢冷发电机启动充氢量之和。

核电厂可每台机组设置 1 根供氢管道。

**11.2.12** 氢气管道应设置分析取样接口和吹扫接口。

**11.2.13** 制氢和供氢系统宜按自动运行方式设计。水电解制氢系统产品氢应设置在线露点分析仪及氢气纯度分析仪,供氢系统

可设置在线露点分析仪、氢气纯度分析仪。

**11.2.14** 氢瓶供氢站宜设置氢瓶集装格起吊设施,起吊装置应采取防爆措施。

### 11.3 设备选择

**11.3.1** 制氢设备的总容量宜按全部氢冷发电机的正常耗量以及能在 7 天时间积累起最大一台氢冷发电机的一次启动充氢量之和设计。火力发电厂水电解制氢设备可不设备用;核电厂制氢设备不应少于 2 台,当 1 台制氢设备检修时,其余设备出力应满足全厂正常用气量要求。

**11.3.2** 贮氢罐不应少于 2 台。火力发电厂制氢站的贮氢罐总有效容积宜按全部氢冷发电机在制氢设备检修期间所需储备的正常耗量与最大一台氢冷发电机的一次启动充氢量之和设计,核电厂制氢站的贮氢罐总有效容积应满足全厂最大一台机组的一次启动充氢量。

**11.3.3** 当采用外购氢气供氢时,氢气总有效储存容积应为全厂氢冷发电机 10 天的正常消耗量和最大一台机组一次启动充氢量之和。

**11.3.4** 当由制氢工厂通过管道向发电厂直接送氢时,发电厂内贮氢罐的总有效容积可根据制氢工厂的供氢能力和送氢管道的可靠程度确定,但不宜少于全部氢冷发电机 4 天的正常消耗量。

**11.3.5** 氢冷发电机组的漏氢量、充氢容积等参数应根据发电厂资料确定,无资料时可按照本规范附录 N 的数据选取。

**11.3.6** 原料水箱贮存容积不宜小于制氢系统 8h 除盐水耗量,碱液箱容积应大于单套水电解制氢装置及碱液管道的全部体积之和。

**11.3.7** 碱液循环泵应选用屏蔽式电机。

**11.3.8** 干燥净化装置应设备用,当一台干燥净化装置的干燥剂再生时,另一台应能正常处理氢气。

**11.3.9** 当采用氢气压缩机时,氢气压缩机不宜少于 2 台,连续运行的氢气压缩机应设备用。

#### **11.4 布置要求**

**11.4.1** 电解制氢装置应布置在室内。电解制氢间、氢气干燥净化间、氢气压缩机间、氢瓶间等有爆炸危险房间应按 1 区爆炸危险区域设计。

**11.4.2** 氢气瓶应布置在通风良好、远离火源和热源的场所,并避免暴露在阳光直射处,可布置在封闭或半敞开式建筑物内,汇流排及电控设施宜分别布置在室内。

**11.4.3** 采用长管拖车贮存氢气时,应规划长管拖车的停放场地,其安全防火间距应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《氢气站设计规范》GB 50177 的规定。

## 12 烟气脱硝还原剂储存和制备

**12.0.1** 烟气脱硝还原剂储存和制备系统的设计应满足现行行业标准《火力发电厂烟气脱硝设计技术规程》DL/T 5480 的规定,并应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的规定。

**12.0.2** 液氨的储存和输送应按照火灾危险性乙类标准设计。

## 13 变压器油净化

**13.0.1** 变压器油净化设施的选择应根据油量及净化后应达到的指标要求确定。

**13.0.2** 全厂宜设置 1 套移动式变压器油净化装置,可不配备变压器油贮油箱。

**13.0.3** 变压器油净化设施的出力宜满足 4h 内循环净化 1 次全厂最大 1 台变压器油量。

**13.0.4** 500kV 及以上的变压器油净化装置应选用双级真空净化装置。



## 14 药品贮存和计量

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 化学药品储存和计量设计除应满足本规范的规定外,尚应符合现行行业标准《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454 和《火力发电厂职业安全设计规程》DL 5053 的规定。

**14.1.2** 化学药品贮存量应根据药品性质、药品消耗量、供应、运输和贮存条件等因素确定,宜符合下列设计要求:

1 非易燃、易爆化学药品贮存量宜按 15d~30d 的耗量设计,当药品采用槽车运输时,还应满足贮存 1 槽车加 10d 的耗量;但次氯酸钠药品贮存量不宜超过 7d。

2 易燃、易爆化学危险品贮存量应按 5d~7d 的耗量设计。

**14.1.3** 固体药品贮存应设置装卸设施,药品堆放高度应符合下列规定:

1 袋装药品为 1.5m~2m;

2 散装药品为 1.0m~1.5m;

3 桶装药品为 0.8m~1.2m,且不宜超过 2 层。

**14.1.4** 化学危险品仓库的设计应符合现行国家标准《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 和《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的规定。

**14.1.5** 药品贮存设施宜靠近厂区道路。卸药地点及其内部通道应满足药品装卸及车辆通行的要求。

**14.1.6** 药品贮存和计量区域应根据药品性质、贮存及使用条件采取相应的防腐措施,并应设置通风、冲洗等设施。

**14.1.7** 单台溶液箱的有效容积应按不小于 8h 的正常消耗量设计。连续加药系统的计量箱或溶液箱应设备用设备。

**14.1.8** 连续加药的计量泵应设备用设备。计量泵入口宜设过滤装置,出口应设安全阀和脉冲阻尼器。靠近加药点的加药管应安装逆止阀和隔离阀。

**14.1.9** 药品贮存和加药设施宜相对集中并靠近加药点布置,室外布置时应设置顶棚。

## 14.2 石灰系统

**14.2.1** 石灰药剂宜采用消石灰粉,其品质应满足现行行业标准《工业氢氧化钙》HG/T 4120 规定的合格品要求。

**14.2.2** 采用高纯度消石灰粉时,应采用气力输送、干法贮存和计量;厂房内应设置除尘设施。

**14.2.3** 配制石灰乳宜采用机械搅拌,搅拌器的搅拌桨宜设置上、下两层,并采用耐磨材料;配制的石灰乳浓度宜为 2%~5%。

**14.2.4** 石灰乳宜采用泵输送,并设备用泵,设备、管道应设置冲洗设施。

**14.2.5** 石灰加药量可根据给水流量或澄清池出水 pH 值控制。

## 14.3 混凝剂及助凝剂系统

**14.3.1** 混凝剂及助凝剂的品种、加药量应根据原水水质、处理后水质及运行要求经试验确定,也可按照以下数据计算:

硫酸亚铁(以  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  计):42mg/L~97mg/L;

三氯化铁(以  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  计):27mg/L~63mg/L;

硫酸铝[以  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  计]:33mg/L~77mg/L;

聚合铝(以  $\text{Al}_2\text{O}_3$  计):5mg/L~8mg/L;

聚合铁(以  $\text{Fe}^{3+}$  计):5mg/L~10mg/L;

聚丙烯酰胺:0.5mg/L~1.5mg/L。

**14.3.2** 混凝剂及助凝剂的溶解可采用机械搅拌或水力循环搅拌方式。

**14.3.3** 混凝剂及助凝剂宜采用计量泵加药,加药泵应设备用。

**14.3.4** 混凝剂及助凝剂加药量应根据澄清设备进水流量自动控制。

#### **14.4 酸、碱系统**

**14.4.1** 装卸浓酸、碱液体宜采用泵输送或重力自流,不应采用压缩空气压送。采用铁路运输时,宜在厂区铁路附近设置贮存、转运设施。当采用固体碱时,还应有起吊设施和溶解装置,溶解装置宜采用不锈钢材质。

**14.4.2** 全厂树脂再生用酸、碱贮存设备应分别不少于2台。

**14.4.3** 酸、碱再生液宜采用喷射器输送,也可采用计量泵。硫酸计量宜采用计量泵输送。

**14.4.4** 酸、碱计量箱的设计应符合下列规定:

1 单台计量箱的有效容积应满足一台离子交换器一次最大再生剂用量。

2 同类再生设备的台(套)数应根据离子交换器的数量、再生频率等因素确定。

3 混合离子交换器宜专设再生设备。

**14.4.5** 浓硫酸、浓碱液贮存设备应有防止低温凝固的措施。

**14.4.6** 盐酸贮存罐及计量箱的排气应引至酸雾吸收装置,浓硫酸贮存罐排气口应设置除湿器,碱贮存罐和计量箱排气口宜设置二氧化碳吸收器。

**14.4.7** 酸、碱贮存和计量区域必须设置安全通道、淋浴装置、围堰等安全防护设施。

**14.4.8** 酸、碱贮存和计量区域的围堰内容积应大于最大一台贮存设备的容积,当围堰有排放措施时可适当减小其容积。

#### **14.5 氯化钠系统**

**14.5.1** 再生用氯化钠溶解槽不宜少于2台(格),电解用氯化钠溶解槽可只设1台(格)。

**14.5.2** 氯化钠计量箱的有效容积应满足一台钠离子交换器一次

最大再生用量。

**14.5.3** 氯化钠溶液应采用软化水配制,并应进行无烟煤或石英砂过滤。

## 14.6 杀菌剂系统

**14.6.1** 冷却水杀菌剂加药量应经试验确定,宜控制凝汽器冷却水出口中余氯量为  $0.1\text{mg/L} \sim 0.5\text{mg/L}$ ,或按下列数据设计:

1 对于海水直流冷却系统,宜连续投加氧化性杀菌剂,加药量宜按  $1\text{mg/L}$  设计,当配合冲击加药时,宜为每天 1 次 $\sim$ 3 次,冲击加药量宜按  $2\text{mg/L} \sim 4\text{mg/L}$  设计,每次持续时间宜为  $0.5\text{h} \sim 1\text{h}$ ;当采用间断加药时,宜为每天 1 次 $\sim$ 3 次,加药量宜按  $2\text{mg/L} \sim 4\text{mg/L}$  设计,每次持续时间宜为  $2\text{h} \sim 3\text{h}$ 。对于循环冷却系统,宜采用间断加药方式,宜为每天 1 次 $\sim$ 3 次,循环水加药量宜按  $1\text{mg/L} \sim 2\text{mg/L}$  设计,每次持续时间宜为  $0.5\text{h} \sim 1\text{h}$ ,采用二氧化氯杀菌时加药量可适当降低。

2 非氧化性杀菌剂与氧化性杀菌剂联合使用时,宜每月投加 1 次 $\sim$ 2 次。

3 海水循环冷却系统非氧化性杀菌剂应根据微生物生长情况定期投加,宜为  $3\text{d} \sim 5\text{d}$  投加一次,加药量可按在系统保有水量中为  $5\text{mg/L} \sim 6\text{mg/L}$  计算。

**14.6.2** 次氯酸钠可由电解氯化钠溶液或海水制取,也可直接外购。电解氯化钠溶液或海水制取次氯酸钠系统的设计应符合下列规定:

1 进入次氯酸钠发生器的氯化钠溶液或海水应经过滤处理,次氯酸钠发生器可不设备用;

2 配合冲击加药或采用间断加药时,次氯酸钠发生器出力及贮存罐容积应满足一次投加量的要求;

3 次氯酸钠贮存罐应有可靠的排氢措施,保证罐内氢气与空气体积比浓度低于  $1\%$ ;

- 4 次氯酸钠发生器应配置酸洗设施；
- 5 电气及控制设备应布置在单独的房间内。

#### 14.6.3 二氧化氯加药系统的设计应符合下列规定：

- 1 二氧化氯宜采用化学法制备，二氧化氯发生器可不设备用；
- 2 固体粉末亚氯酸钠、氯酸钠药品仓库应远离火源并单独贮存；
- 3 二氧化氯制备间、药品贮存间应设置机械排风装置；
- 4 二氧化氯发生器间应配置漏氯监测和报警装置。

#### 14.6.4 液氯加药系统的设计应符合下列规定：

- 1 液氯贮存及投加设施应分别布置在独立的房间内，氯瓶间不应有与其他房间相通的门，并有通向室外的外开门；
- 2 氯瓶和加氯机不应靠近采暖设备并应避免日照；
- 3 液氯宜采用真空投加，加氯机应有指示瞬时投加量并有防止氯、水混合物倒灌入液氯钢瓶的设施，加氯机水射器水源应保证不间断并保持水压稳定；
- 4 液氯蒸发量不满足加药量要求时，应设置液氯蒸发器或采取其他措施；
- 5 严禁使用蒸汽、明火直接加热液氯钢瓶；
- 6 氯瓶间和加氯间应按现行国家标准《氯气安全规程》GB 11984的规定配置安全防护设施；
- 7 氯瓶间内应设置液氯钢瓶的起吊、称重设施；
- 8 氯瓶间应设置氯气泄漏检测报警装置及氯气吸收装置；
- 9 加氯点应位于水面以下，宜设置在总水深自底部向上的三分之一处。

### 14.7 超/微滤、反渗透加药及清洗系统

14.7.1 超/微滤及反渗透系统的加药品种、加药量应根据进水水质、运行条件、药品来源等因素确定。

**14.7.2** 还原剂宜采用亚硫酸钠,加药量可按  $3\text{mg/L}$  设计,并采用计量泵加药,加药点应设在保安过滤器进水侧,加药点后的管道上应设置氧化还原表或余氯表。

**14.7.3** 阻垢剂加药量可按  $2\text{mg/L}\sim 5\text{mg/L}$  设计,并采用计量泵加药,加药点应设在保安过滤器进水侧。每套反渗透装置宜设置 1 台加药泵。

**14.7.4** 还原剂和阻垢剂加药量应根据反渗透进水流量自动控制。

**14.7.5** 反渗透与超滤装置的化学清洗泵宜分别设置,化学清洗系统的设计应符合下列规定:

1 清洗水箱容积应为单套装置最大清洗回路的压力容器数量或膜池、清洗回路的管道和保安过滤器等的容积总和,并宜有 20% 的裕量。

2 清洗泵的流量应保证压力容器的清洗液流量要求,清洗泵扬程宜为  $0.3\text{MPa}\sim 0.4\text{MPa}$ 。

3 清洗水箱应有加热设施,清洗液加热最高温度不应高于膜的允许温度。

## 14.8 稳定剂系统

**14.8.1** 稳定剂的品种、加药量应根据循环冷却水补充水水质、浓缩倍数、水温、凝汽器管材、换热器管材、药品来源及特性、当地污水排放标准等因素经试验或参考类似工程确定。

**14.8.2** 循环水稳定剂加药量宜根据排污和风吹损失水量计算,稳定剂加药量宜按  $5\text{mg/L}$  设计,海水循环冷却系统稳定剂宜按照  $6\text{mg/L}\sim 8\text{mg/L}$  设计。

**14.8.3** 稳定剂宜采用计量泵投加。

## 14.9 凝汽器铜管成膜系统

**14.9.1** 凝汽器铜管成膜药品宜选用硫酸亚铁。

**14.9.2** 全厂宜设置 1 套移动式硫酸亚铁成膜装置,其设计应符合现行行业标准《火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜导则》DL/T 957的规定。

## 15 管道及阀门

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 管道应根据输送流体的压力、温度和特性,结合环境、荷载和安装条件等因素设计,做到选材正确、布置合理、减少流体阻力、便于支吊、整齐美观、扩建方便,并应避免共振和降低噪声。

**15.1.2** 用于输送流体的阀门类型、结构及其部件材质应根据安装运行要求、流体特性、设计温度及压力等因素确定。

**15.1.3** 输送易燃、易爆介质的管道、阀门与设备之间宜采用法兰或螺纹连接,不应直接焊接。

**15.1.4** 对供水安全性要求高的母管制系统宜采用双母管或设置带隔离阀的环状管网。

**15.1.5** 当水泵的布置高于水池最低水位时,每台泵应有单独的吸水管。

### 15.2 管道及阀门设计

**15.2.1** 树脂输送管道的设计应符合下列规定:

1 管道长度不宜大于 200m,管道弯头弯曲半径应至少为 3 倍管径;

2 管道布置应避免死角,并设有水冲洗设施;

3 树脂管道用阀门应采用不锈钢球阀。

**15.2.2** 喷射器后酸、碱再生管道流速宜小于 1.5m/s,浓硫酸、浓碱液输送管道应有防止低温凝固的设施。酸、碱系统应采用隔膜阀。

**15.2.3** 热力系统水汽取样管道设计应符合下列规定:

1 所有取样管道应采用不锈钢材质;

2 高温样水管道应有防烫、防冻措施;



3 高温高压样水管道上的阀门宜采用焊接连接。

15.2.4 热力系统化学加药管道及配药用水管道应采用不锈钢材质。

15.2.5 氢气系统管道设计应符合下列规定：

1 氢气管道材质应选用无缝不锈钢管；

2 不锈钢管中氢气流速不宜大于 15m/s，当设计压力为 0.1MPa~3.0MPa 时，最大流速不应大于 25m/s；

3 氢气管道的阀门应采用球阀、截止阀；

4 氢气管道应采用焊接连接，氢气管道与设备、阀门的连接可采用法兰或锥管螺纹连接；螺纹连接处应采用聚四氟乙烯薄膜作为填料。

15.2.6 氧气管道设计应符合下列规定：

1 氧气管道应采用无缝钢管；设计压力小于或等于 9.8MPa 时应采用不锈钢管，设计压力大于 9.8MPa 时应采用铜基合金管。

2 氧气管道宜采用截止阀，不应采用闸阀和快开快关型阀门。

15.2.7 石灰系统的阀门宜采用球阀或管夹阀；石灰乳管内流速不宜小于 2.5m/s，自流管坡度不宜小于 5%。

15.2.8 加药管道上应设置隔离阀和止回阀。

### 15.3 布置要求

15.3.1 管道布置不应影响运行及检修通道，通道宽度不应小于 0.8m，跨越人行通道的管道净高不宜低于 2.5m。

15.3.2 管道埋地敷设时，埋地敷设深度应根据地面荷载、土壤冻结深度等条件确定，管顶距地面不宜小于 0.7m。强腐蚀介质管道不应埋地敷设。

15.3.3 管道多层敷设时，气体管道、热管道等宜布置在上层，腐蚀性介质管道宜布置在下层；架空敷设的易燃、易爆气体管道宜布置在外侧。

**15.3.4** 管道布置不应影响设备起吊,也不应挡门、窗。

**15.3.5** 管道不应穿越运行控制室、电子设备间、变配电室等房间。

**15.3.6** 输送浓酸、碱液及浓氨等腐蚀性介质的管道不宜布置在人行通道的上方,也不宜布置在转动设备的上方,必须架空敷设时,应设保护罩或挡板遮护。

**15.3.7** 输送液体介质的管道不应布置在动力盘、控制柜的上方。

**15.3.8** 安装流量测量装置的管道,其前后直管段应符合热工仪表安装要求。

**15.3.9** 手动操作阀门的布置高度不宜超过 1.6m,高于 2m 布置的阀门应有便于操作的措施。

## 16 防腐设计

**16.0.1** 设备、管道、阀门的防腐材料应根据输送介质的腐蚀性、工作环境和施工维修条件等因素合理选择,同一工程中不宜选用过多的防腐方法。

**16.0.2** 凡接触腐蚀性介质或对水质有影响的设备、管道、阀门、构筑物及沟道的内表面,以及受腐蚀环境影响的设备、管道、阀门和构筑物的外表面均应衬涂合适的防腐涂料或采用合适的耐腐蚀材料。

设备内部防腐材料的溶出物不应影响设备内介质品质。

**16.0.3** 防腐方法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 的规定。设备、管道、阀门的外表面宜采用涂料防腐,埋地管道外表面宜采用环氧煤沥青或环氧玻璃钢防腐。

**16.0.4** 各种设备、构筑物、管道材质及内防腐应符合本标准附录 P 的规定,海水淡化系统的设备、管道、阀门材质及防腐应符合现行国家标准《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619 的有关规定。

## 17 仪表和控制

**17.0.1** 发电厂化学部分的仪表及控制的设计应根据各工艺流程及工艺控制要求,合理配置检测仪表和控制装置。仪表及控制的水平应与电厂的整体控制水平相当。

**17.0.2** 需经常启闭的阀门应选用气动或电动阀,且应程序控制。

**17.0.3** 罐、箱、池出口的水泵及加药泵应与罐、箱、池的液位相连锁。

**17.0.4** 对于不连续使用的易燃、易爆气体介质应人工控制气瓶阀门的启闭。

**17.0.5** 各加药系统应根据药品添加和控制方式配置相关的监测仪表,加药泵的启、停应与流量信号连锁。

**17.0.6** 化学系统控制用气应从全厂仪用压缩空气系统引接。

**17.0.7** 原水预处理、预脱盐系统和除盐水制备系统宜采用程序控制,自动控制范围及内容应根据工艺要求设计,主要包括:澄清器的排泥、过滤器(池)的反洗、药品的投加、膜装置的运行及保护、各类水箱(池)的液位控制、各类离子交换器的运行及再生等。

当水源采用再生水等回收用水时,其处理系统最终出水应根据水质情况选择设置余氯仪、COD测定仪、工业酸度计等。

**17.0.8** 凝结水精处理系统宜采用程序控制,主要包括精处理系统的运行、过滤器反洗及失效树脂再生。

**17.0.9** 循环冷却水补充水处理和循环水旁流处理宜采用程序控制,仪表控制要求宜按本规范第 17.0.7 条的相关要求设计。

**17.0.10** 各水处理系统在线仪表的配置宜符合本规范附录 Q 的规定。

## 18 化验室及仪器

**18.0.1** 化验室面积和主要仪器设备配置应根据机组类型、参数等因素确定,核电厂还应与机组数量相匹配。

**18.0.2** 化验室的位置应光线充足、通风良好,并远离煤场和有污染的药品库,避免受振动、噪声及电磁场的影响。

**18.0.3** 各化验室应根据职业安全卫生及仪器工作环境的要求等因素设置通风和空气调节装置。

**18.0.4** 化验室的废液应根据污染性质收集处理。

**18.0.5** 火力发电厂化验室面积及仪器配置应按照现行行业标准《火力发电厂试验、修配设备及建筑面积配置导则》DL/T 5004 的规定设计。核电厂化验室面积及仪器配置应符合本规范附录 R 的规定。

**18.0.6** 核电厂化验室的设计必须符合下列规定:

1 核电厂化验室应根据辐射剂量划分非限制区、监督区和控制区,属于同一分区的化验室应集中布置;

2 控制区和监督区设计应符合现行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871 和现行行业标准《压水堆核电厂厂内辐射分区设计准则》EJ/T 316 的规定;

3 当非限制区与控制区有管道连接时,介质必须由非限制区流向控制区;

4 控制区的排水必须回收送至放射性废水处理系统集中处理。

## 附录 A 水质全分析报告格式

表 A 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
水样种类					
透明度				嗅味	
项目	mg/L	mmol/L	项目	mg/L	mmol/L
阳 离 子	$K^+ + Na^+$		硬 度	总硬度	
	$Ca^{2+}$			非碳酸盐 硬度	
	$Mg^{2+}$			碳酸盐 硬度	
	$Fe^{2+}$			负硬度	
	$Fe^{3+}$			甲基橙 碱度	
	$Al^{3+}$		酸 碱 度	酚酞碱度	
	$NH_4^+$			pH 值 (25℃)	
	$Ba^{2+}$			氨氮	
	$Sr^{2+}$		其 他	游离 $CO_2$	
	合计			$COD_{Mn/Cr}$	
阴 离 子	$Cl^-$			$BOD_5$	
	$SO_4^{2-}$			溶解固形物	
	$HCO_3^-$			全固形物	
	$CO_3^{2-}$			悬浮物	

续表 A

项目		mg/L	mmol/L	项目		mg/L	mmol/L
阴 离 子	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			其 他	灼烧减量		
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>				总磷		
	OH <sup>-</sup>				全硅(SiO <sub>2</sub> )		
	合计				非活性硅 (SiO <sub>2</sub> )		
其 他	细菌含量 (个/mL)				TOC		
	浊度 (NTU)				游离氯		
离子分析误差							
溶解固体误差							
pH 值分析误差							

注:表中的部分水质分析项目,可根据水源情况及预计要采用的水处理工艺情况选择取舍,对于再生水或受到污染的水源,应检测氨氮、TOC、 $\text{BOD}_5$ 、细菌含量等项目,对于需要采用反渗透工艺的水源,应检测 Ba、Sr 含量。

## 附录 B 澄清池设计参考数据

表 B-1 澄清池设计数据

名称	主要设计数据		备 注
机械搅拌 澄清池	进水浊度(NTU)	<5000	1. 该池对水质、水量、水温的变化适应性强、运行稳定、投药量少、易于控制； 2. 澄清池清水区上升流速应根据相似条件下电厂或水厂的运行经验或试验资料确定，常温、高浊水不大于 0.8mm/s，低温、低浊水不大于 0.7mm/s； 3. 池内是否设机械刮泥装置应根据池径大小、底坡大小、进水悬浮物含量及其颗粒组成等因素确定。当池径小于 15m，底坡不小于 45°，含沙量不大时，可不设机械刮泥装置； 4. 出水浊度小于 10NTU，低温低浊水小于 15NTU
	清水区 上升流速(mm/s)	0.6~0.8， 低温低浊水 取下限	
	水在池内 停留时间(h)	1.2~1.5	
	搅拌叶轮提升流量	为进水量的 3倍~5倍	
	叶轮直径	为第二絮凝室 内径的 70%~ 80%，并应设调 整叶轮转速和 开启度的装置	
	升温速度(°C/h)	<2	
水力循环 澄清池	进水浊度(NTU)	<2000	构造简单，维修工作量小，但对水质、水量、水温变化的适应性较差
	单池生产能力 (m³/d)	不宜大于 7500	
	清水区 上升流速(mm/s)	0.7~1.0，低温 低浊水取下限	
	池导流筒(第二絮 凝室)有效高度(m)	3~4	
	回流量	为进水流量的 2倍~4倍	
	池斜壁与 水平面的夹角(°)	不宜小于 45	



续表 B-1

名称	主要设计数据		备 注
斜板 澄清池	进水悬浮物(mg/L)	$<500$	可应用于给水、工业污水、废水等,其特点是占地小、效率高
	悬浮物去除率(%)	$>95$	
	排泥浓度(%)	2~4	
接触絮凝 沉淀池	进水浊度(NTU)	$<2000$	反应时间短,产生矾花大而密实,易于沉降。适应性强,对微污染及低温、低浊度水处理效果好;上升流速高,表面负荷大
	絮凝时间(min)	5~10	
	上升流速(mm/s)	2.0~3.5	
	有效水深(m)	3.6~4.1	
混合反应 沉淀池	进水浊度(NTU)	$<2000$	单池出力不宜大于 $7500\text{m}^3/\text{d}$
	清水区 上升流速(mm/s)	0.7~1.0, 低温 低浊水取下限	
脉冲 澄清池	进水浊度(NTU)	$<3000$	1. 该池对水量、水质、水温变化的适应性较差,对排泥控制要求严格,要求连续运行; 2. 常用形式为真空式、S形虹吸式; 3. 应采用穿孔管配水,上设人字形稳流板; 4. 虹吸式脉冲池的配水总管应设排气装置。此型澄清池不如机械搅拌澄清池处理效果好
	清水区 上升流速(mm/s)	0.7~1.0	
	脉冲周期(s)	30~40	
	充放时间比	3:1~4:1	
	悬浮层高度(m)	1.5~2.0	
	清水区高度(m)	1.5~2.0	
悬浮 澄清池	进水浊度(NTU)	单层 $<3000$ 双层 $>3000$	1. 运行稳定性差,影响处理效果的因素较多、不易控制。但结构简单,造价低; 2. 池宜采用穿孔管配水,水进入池前应有气水分离设施; 3. 对低浊水及有机物含量高的水处理效果不好
	清水区 上升流速(mm/s)	单层 0.7~1.0 双层 0.6~0.9	
	污泥浓缩室 上升流速(mm/s)	单层 0.6~0.8	

续表 B-1

名称	主要设计数据		备 注
悬浮澄清池	强制出水量占总出水量的百分比(%)	单层 20~30 双层 25~45	1. 运行稳定性差,影响处理效果的因素较多、不易控制。但结构简单,造价低; 2. 池宜采用穿孔管配水,水进入池前应有气水分离设施; 3. 对低浊水及有机物含量高的水处理效果不好
	单池面积(m <sup>2</sup> )	<150	
	矩形每格池宽(m)	<3	
	清水区高度(m)	1.5~2.0	
	悬浮层高度(m)	2.0~2.5	
	池斜壁与水平面夹角(°)	50~60	
气浮池	进水浊度(NTU)	<100	1. 适于处理含藻类等密度小的悬浮物的原水; 2. 占地少、造价低、净水效率高、泥渣含水率低、运行稳定可靠
	接触室 上升流速(mm/s)	10~20	
	分离室 向下流速(mm/s)	1.5~2.5	
	单格宽度(m)	<10	
	池长(m)	<15	
	有效水深(m)	2.0~2.5	
	溶气压力(MPa)	0.2~0.4	
	溶气罐高(mm)	2.5~3.5	
	溶气罐 填料高度(m)	1.0m~1.5m	
	溶气罐截面水力负荷[m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)]	100~150	
	回流比(%)	5~10	
	刮渣机行车 速度(m/min)	<5	

表 B-2 适于高浊水的澄清池设计数据

名称	主要设计数据			备 注
机械 搅拌 澄清池	进水含沙量(kg/m <sup>3</sup> )	<40		1. 出水浊度 小于 20NTU,个别为 50NTU; 2. 应设机械刮泥,并设中心排泥坑,排除泥渣,可不另设排泥斗; 3. 应在第一絮凝室内设置第二投药点,其设置高度宜在第一絮凝室的1/2 高度处; 4. 宜适当加大第一絮凝室面积和泥渣浓缩室容积,并采用具有直壁和缓坡的平底池型
	清水区 上升流速(mm/s)	0.6~1.0		
	总停留时间(h)	1.2~2.0		
	回流倍数	2~3		
	排泥浓度(kg/m <sup>3</sup> )	100~300		
水旋 澄清池	进水含沙量(kg/m <sup>3</sup> )	<50	<80	1. 出水浊度 小于 20NTU,个别为 50NTU; 2. 凝聚室和分离室下部宜用机械刮泥,直径小于 10m 时可采用穿孔管排泥
	清水区 上升流速(mm/s)	0.9~1.1	0.7~0.9	
	总停留时间(h)	1.5~2.0	1.8~2.4	
	凝聚室容积	设计水量停留时间 15min~20min,并满足高浊度水时设计水量,停留 6min~7min,加 50%泥渣浓缩 1h 的容积		
	分离区下部泥渣浓缩体积	50%总泥渣量浓缩 1h 的容积		
	进水管出口 喷嘴流速(m/s)	2.5~4.0		
	排泥浓度(kg/m <sup>3</sup> )	100~250	250~350	

续表 B-2

名称		主要设计数据				备 注
双层 悬浮 澄清池	进水 含沙量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	5~10	10~15	15~20	20~25	本表是使用三氯化铁凝聚剂时的数据,若使用硫酸铝,上升流速降低一级,泥渣浓度降低 10%
	清水区 上升流速 ( $\text{mm}/\text{s}$ )	0.8~1.0	0.7~0.8	0.6~0.7	0.5~0.6	
	强制出水 计算 上升流速 ( $\text{mm}/\text{s}$ )	0.6~0.7	0.5~0.6	0.4~0.5	0.3~0.4	
	悬浮泥渣 浓度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	10~18	18~25	25~33	33~40	
	强制出水量 占总出水量的 百分数(%)	25~30	30~35	35~45	45	
	泥渣浓缩 1h 的 质量浓度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	70~90	90~95	95~105	105~125	
	泥渣浓缩 2h 的 质量浓度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	90~145	145~167	167~179	180~204	

注:高浊度水澄清池泥渣浓缩设计参数如下:

- 1 泥渣浓缩时间不宜小于 1h。
- 2 排泥的质量浓度的设计数据应根据相似条件下的运行经验或试验资料确定。
- 3 在无资料时,当泥渣浓缩时间为 1h 时,排泥的质量浓度对于自然沉淀为  $150\text{kg}/\text{m}^3 \sim 300\text{kg}/\text{m}^3$ ,对投加聚丙烯酰胺凝聚沉淀为  $200\text{kg}/\text{m}^3 \sim 350\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- 4 有条件时应采用自动排泥,在排泥闸门前需设调节、检修闸门和高压水反冲管。

## 附录 C 过滤器(池)的设计参数

表 C-1 过滤器(池)滤速

过滤器(池)形式		滤速(m/h)	
		混凝澄清滤速	接触混凝
精细石英砂或细砂		6~8	—
单层滤料	单流	8~10	6~8
	双流	15~18	
双层滤料		10~14	
三层滤料		18~20	
变孔隙过滤		18~21	—
纤维过滤		20~40	—
活性炭过滤器		吸附有机物时:5~10	
		吸附游离余氯时:≤20	

表 C-2 过滤器(池)滤料级配及反洗强度表

过滤器 (池)形式	滤料			反洗强度 [L/(m <sup>2</sup> ·s)]			备 注
				水反洗	气水合洗		
					空 气	水	
重力式 单层滤料 过滤池	石英砂	0.5~1.2	900~1500	12~15	20	—	1. 历时 5min~10min; 2. 滤料不均匀系数 $K_{80} < 2$ ; 3. 承托层 50mm~100mm, 粒径 2mm~4mm
	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
	大理石	0.5~1.2		15	—	—	宜用于石灰处理
	无烟煤	0.8~1.5	700	10	—	—	1. 历时 5min~10min; 2. 滤料不均匀系数 $K_{80} < 1.7$ ; 3. 承托层 50mm~100mm, 粒径 2mm~4mm
重力式 双层滤 料普通 快滤池	无烟煤	0.8~1.8	400~500	13~16	10~15	10	1. 反洗历时 5min~10min; 2. 滤料不均匀系数 $K_{80} < 2$ , 石英砂 $< 2$
	石英砂	0.5~1.2					

续表 C-2

过滤器 (池)形式	滤料			反洗强度 [L/(m <sup>2</sup> ·s)]			备 注
				水反洗	气水合洗		
					空气	水	
重力式 双层滤料 接触滤池	无烟煤	1.2~1.8	400~600	15~17	—	—	1. 历时 5min~10min; 2. 滤料不均匀系数 $K_{80}$ : 无烟煤<1.3, 石英砂<1.5
	石英砂	0.5~1.0					
	重力式 三层滤料 过滤池	无烟煤	0.8~1.6				
石英砂		0.5~0.8	250				
重质矿石		0.25~0.5	70				
重力式 变孔隙 过滤池	天然海砂	1.2~2.8	1525	15~16	14~15	11~12	历时 20min
		0.5~1.0	50, 混入 大粒径 海砂内, 不占高度				

压力式 细砂过滤器	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
	无烟煤	0.5~1.2	800	10~12	10	—	历时 5min~10min
压力式 单层滤料 过滤器	石英砂	0.5~1.2	1200	12~15	20	—	历时 5min~10min
	无烟煤	0.5~1.2	800	10~12	10	—	历时 5min~10min
压力式 双层滤料 过滤器	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				
压力式 三层滤料 过滤器	无烟煤	0.8~1.6	450~600	16~18	—	—	1. 历时 5min~10min; 2. 不宜采用空气擦洗
	石英砂	0.5~0.8	230				
	重质矿石	0.25~0.5	70				



续表 C-2

过滤器 (池)形式	滤料			反洗强度 [L/(m <sup>2</sup> ·s)]			备 注
	种类	粒径 (mm)	层高 (mm)	水反洗	气水合洗		
					空气	水	
压力式 纤维 过滤器	丙纶 纤维束	—	1200~1300	—	60	上向洗 3~5 下向洗 6~10	历时 20min~60min
活性炭 过滤器	活性炭	0.8~1.6	1500~2000	7~10	—	—	

- 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：石英砂单层滤料过滤为 45%、双层滤料过滤为 50%、三层滤料过滤为 55%。
- 3 重力式滤池设有滤层表面冲洗设施时，冲洗强度可取低值。
- 4 应考虑全年水温、水质变化因素，有适当调整反洗强度的可能。
- 5 选择反洗强度时，应考虑所用混凝剂的品种。
- 6 选择反洗强度时，三层滤料重力式过滤器底部配水装置宜采用母管支管式，以避免反洗乱层。
- 7 采用水反洗和压缩空气交替反洗时，水反洗强度应适当降低。
- 8 滤料的相对密度：无烟煤 1.4~1.6，石英砂 2.6~2.65，重质矿石 4.7~5.0。

表 C-3 大阻力配水系统承托层材料、粒径与厚度

层次(自上而下)	材料	粒径(mm)	高度(mm)
1	砾石	2~4	100
2	砾石	4~8	100
3	砾石	8~16	100
4	砾石	16~32	本层应高出配水 系统孔眼 100

表 C-4 三层滤料过滤池(器)的承托层材料、粒径与厚度

层次(自上而下)	材料	粒径(mm)	高度(mm)
1	重质矿石	0.5~1	50
2	重质矿石	1~2	50
3	重质矿石	2~4	50
4	重质矿石	4~8	50
5	砾石	8~16	100
6	砾石	16~32	本层应高出配 水系统孔眼 100

## 附录 D 水处理除盐工艺的选择

表 D 除盐工艺的选择

序号	工 艺 流 程	出 水 质 量		通 用 水 质	备 注
		电导率 (25℃, $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	二氧化硅 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )		
1	一级除盐 $\text{H} \rightarrow \text{D} \rightarrow \text{OH}$	10	$<100$	原水含盐量小于 400mg/L	当进水碱度小于 0.50mmol/L, 可不设除二氧化碳器
2	一级除盐 $\rightarrow$ 混床 $\text{H} \rightarrow \text{D} \rightarrow \text{OH} \rightarrow \text{H}/\text{OH}$	$<0.10$	$<10$	原水含盐量小于 400mg/L	当进水碱度小于 0.50mmol/L, 可不设除二氧化碳器
3	弱酸一级除盐 $\rightarrow$ 混床 $\text{H}_w \rightarrow \text{H} \rightarrow$ $\text{D} \rightarrow \text{OH} \rightarrow \text{H}/\text{OH}$	$<0.10$	$<10$	碱度大于 4mmol/L, 过剩碱度较低	当采用阳双室或双层床, 进口水硬度与碱度的比值宜为 1~1.5, 阳离子交换器串联再生
4	弱碱一级除盐 $\rightarrow$ 混床 $\text{H} \rightarrow \text{D} \rightarrow \text{OH}_w \rightarrow$ $\text{OH} \rightarrow \text{H}/\text{OH}$	$<0.10$	$<10$	进水有机物含量高、 强酸阴离子含量大于 2mmol/L	可采用阴离子交换串联再生或采用双室或双层床

5	弱酸、弱碱一级除盐 盐→混床 $H_w \rightarrow H \rightarrow D \rightarrow OH_w \rightarrow OH \rightarrow H/OH$	$<0.10$	$<10$	进水碱度高, 有机物含量高、强酸阴离子含量高	可采用阳、阴双室或双层床或串联再生
6	一级反渗透→一级除盐 盐→混床 $RO \rightarrow H \rightarrow (D) \rightarrow OH \rightarrow H/OH$ 或 $RO \rightarrow D \rightarrow H \rightarrow OH \rightarrow H/OH$	$<0.10$	$<10$	原水含盐量大于 400mg/L、TOC 含量高	对原水含盐量适用范围广
7	一级反渗透→混床 $RO \rightarrow (D) \rightarrow H/OH$	$<0.10$	$<10$	适用于原水含盐量小、TOC 含量高	—
8	两级反渗透→混床 $RO \rightarrow RO \rightarrow H/OH$	$<0.10$	$<10$	适用于原水含盐量及硅含量较高	—
9	两级反渗透→电除盐 $RO \rightarrow RO \rightarrow EDI$	$<0.10$	$<10$	1. 适用于原水含盐量高, 电导率、碱度、硬度、二氧化硅中的一项或几项指标高 2. 对原水适用范围广	1. 二级反渗透进口应加碱; 2. 当水质条件允许时, 二级反渗透也可由脱气膜替代

续表 D

序号	工 艺 流 程	出 水 质 量		适 用 水 质	备 注
		电导率 (25℃, $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	二氧化硅 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )		
10	两级反渗透→ 一级除盐→混床 RO(海水膜)→RO→ H→OH→H/OH	<0.10	<10	适用于海水	—
11	蒸馏→一级 除盐→混床 MSF或MED→ H→OH→H/OH	<0.10	<10	1. 适用于海水 2. 允许蒸馏设备产水 含盐量有较大范围的变 化	—
12	蒸馏→混床 MSF或MED→H/OH	<0.10	<10	1. 适用于海水 2. 蒸馏设备产水含盐 量~5mg/L	—
13	蒸馏→反渗透→电除盐 MSF或MED→RO→EDI	<0.10	<10	适用于海水	—

注: 1 表中符号: H 表示强酸阳离子交换器, H<sub>w</sub> 表示弱酸阳离子交换器, OH 表示强碱阴离子交换器, OH<sub>w</sub> 表示弱碱阴离子交换器, H/OH 表示阳阴混合离子交换器, D 表示除二氧化碳器, RO 表示反渗透装置, MSF 表示多级闪蒸装置, MED 表示低温多效蒸馏装置。

2 对于亚临界及以下参数的机组, 混床出水硅控制在 20  $\mu\text{g}/\text{L}$ , 可延长混床运行周期。

## 附录 E 不同压力等级汽包锅炉盐类蒸汽携带系数

**E.0.1 中压、高压、超高压和亚临界汽包锅炉盐类蒸汽携带系数**  
可按照表 E.0.1-1~表 E.0.1-3 的规定选择。

表 E.0.1-1 中压汽包锅炉盐类蒸汽携带系数

汽水分离系统形式		单段蒸发		分段蒸发	
		简单机械分离	一次分离为旋风分离器	锅内Ⅱ段蒸发,净段和盐段均以旋风分离器作为一次分离元件	外置式Ⅱ段蒸发,净段以旋风分离器作为一次分离元件
蒸汽携带系数	盐类的机械携带系数 $K(\times 10^{-4})$	1.0~2.0	0.5~0.8	0.5~0.65	0.35~0.55
	硅酸溶解携带系数 $K_{SiO_2}(\times 10^{-2})$	石灰两级钠系统: 0.05~0.08; H—Na 系统:0.1		0.08	0.075

表 E.0.1-2 高压汽包锅炉盐类蒸汽携带系数

汽水分离装置形式		有蒸汽清洗				无蒸汽清洗、	
		单段蒸发		分段蒸发		单段蒸发	
		简单机械分离	一次分离为旋风分离器	锅内Ⅱ段蒸发系统,净段和盐段均以旋风分离器作为一次分离元件	外置式Ⅱ段蒸发系统,净段以旋风分离器作为一次分离元件	简单机械分离元件	一次分离为旋风分离器
蒸汽携带系数	盐类的机械携带系数 $K(\times 10^{-4})$	0.6	0.4	0.35	0.3	1~2	0.8
	硅酸溶解携带系数 $K_{SiO_2}(\times 10^{-2})$	0.4	0.35	0.35	0.3	1.0	1.0

表 E.0.1-3 超高压和亚临界汽包锅炉盐类蒸汽携带系数

汽水分离装置形式		单段蒸发			
		有蒸汽清洗	无蒸汽清洗		
		15.20MPa	15.20MPa	18.14MPa	
		旋风分离器	简单机械分离元件	以旋风分离器作为一次分离元件	
蒸汽携带系数	盐类的机械携带系数 $K(\times 10^{-4})$	0.45	2~3	1.0	1~2
	硅酸溶解携带系数 $K_{SiO_2}(\times 10^{-2})$	1.0	3~5	3~5	7~9

E.0.2 饱和蒸汽携带的总杂质含量可按下式计算：

$$S_b = S_{jb} + S_{rb} \quad (E.0.2)$$

式中： $S_b$ ——饱和蒸汽携带的总杂质含量( $\mu\text{g/L}$ )；

$S_{jb}$ ——饱和蒸汽机械携带某杂质的含量( $\mu\text{g/L}$ )；

$S_{rb}$ ——饱和蒸汽溶解携带某杂质的含量( $\mu\text{g/L}$ )。

E.0.3 饱和蒸汽机械携带某杂质含量可按下式计算：

$$S_{jb} = K_j \times S_g \quad (E.0.3)$$

式中： $K_j$ ——某一杂质的机械携带系数(%)；

$S_g$ ——炉水中某杂质含量( $\mu\text{g/L}$ )。

E.0.4 饱和蒸汽溶解携带某杂质含量可按下式计算：

$$S_{rb} = K_r \times S_g \quad (E.0.4)$$

式中： $K_r$ ——某一杂质的溶解携带系数(%)；

$S_g$ ——炉水中某杂质含量( $\mu\text{g/L}$ )。

## 附录 F 离子交换器设计参数

表 F-1 对流再生固定床离子交换器设计参数

设备名称		强酸阳离子交换器		强碱阴离子交换器	钠离子交换器
运行滤速(m/h)		20~30			20~30
小反洗	水源	本级进水			
	树脂膨胀率(%)	50~75	80~100	50~75	
	流速(m/h)	5~10			5~10
	时间(min)	10~15			3~5
放水		至树脂层之上			
顶压	无顶压		—		
	气顶压	气压(MPa)	0.03~0.05		
		气量[m <sup>3</sup> (标准状态下)/(m <sup>2</sup> ·min)]	以树脂层上部空间计算,约为0.2~0.3 (压缩空气应有稳压措施)		
	水顶压	水压(MPa)	0.05		
		水量	流量为再生流量的1倍~1.5倍		
再生	药剂	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	NaCl
	时间(min)	≥30	≥30	≥30	≥30
	浓度(%)	1.5~3	注 3	1~3	5~8
	流速(m/h)	≤5		≤5	≤5
	耗量(g/mol)	50~55	60~70	60~65	80~100
	温度(℃)	—	—	根据所用的树脂类型	—



续表 F-1

设备名称		强酸阳离子交换器		强碱阴离子交换器	钠离子交换器
置 换	流速(m/h)	≤5		≤5	≤5
	时间(min)	30		30	—
小正洗 <sup>①</sup>	流速(m/h)	10~15		7~10	10~15
	时间(min)	5~10		5~10	5~10
正 洗	流速(m/h)	10~15		10~15	15~20
	水耗[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 树脂]	1~3		1~3	3~6
大反洗	大反洗的时间间隔与进水浊度、周期制水量等因素有关,约 10 个~20 个运行周期进行一次,位于反渗透之后的离子交换器可不进行大反洗。大反洗后可视具体情况增加再生剂量 50%~100%				
	流速(m/h)	10~15		8~15	10~15
	时间(min)	20~30		15~20	20~30
工作交换容量[mol/m <sup>3</sup> 树脂]		800~900	500~650	250~300	800~900

注:1 运行滤速上限为短时最大值。

2 为防止再生乱层,应避免再生液将空气带入离子交换器。

3 硫酸分步再生时的浓度、酸量的分配和再生流速,可视原水中钙离子含量占总阳离子含量比例的不同,经计算或试验确定:

当采用两步再生时:第一步浓度为0.8%~1%,再生剂用量不要超过总量的40%,流速为7m/h~10m/h;第二步浓度为2%~3%,再生剂用量为总量的60%左右,流速为5m/h~7m/h。

采用三步再生时:第一步浓度为0.8%~1%,流速为8m/h~10m/h;第二步浓度为2%~4%,流速为5m/h~7m/h;第三步浓度为4%~6%,流速为4m/h~6m/h,第一步用酸量为总用酸量的1/3。

①对流再生采用水顶压时,可取消小正洗步骤。

表 F-2 对流再生浮动床离子交换器设计参数

设备名称	强酸阳离子 交换器	强碱阴离子 交换器	钠离子 交换器	双室阳离子交换器	双室阴离子交换器			
运行滤速(m/h)	30~50	30~50	30~50	30~50	30~50			
放水								
至树脂层之上								
再生	药剂	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	NaCl	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH
	时间(min)	≥30	≥30	≥30	≥30	≥30	≥30	≥30
	浓度(%)	1.5~3	注 2	0.5~2	5~8	1.5~3	注 1	0.5~2
	流速(m/h)	5~7		4~6	2~5	5~7		4~6
	耗量(g/mol)	40~50	55~65	60	80~100	40~50	≤60	≤50
	温度(℃)	—	—	根据树脂 类型	—	—	—	根据树脂类型
置换	时间(min)	20		30	15~20		20	30
	流速(m/h)	同再生流速						
根据水耗计算确定								
正洗	时间(min)	15		15	15	15	15	15
	流速(m/h)	15						
	水耗 [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 树脂]	1~2			1~2	1~3	1~2	1~2

续表 F-2

设备名称		强酸阳离子 交换器	强碱阴离子 交换器	钠离子 交换器	双室阳离子交换器	双室阴离子交换器
成床	流速(m/h)	15~20	15~20	15~20	15~20	15~20
	顺洗时间(min)	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5
体外定期反洗						
反洗	周期					
	流速(m/h)	10~15	10~15	10~15	10~15	10~15
至出水澄清						
工作交换容量 [mol/m <sup>3</sup> 树脂]	时间(min)					
	800~900	500~650	250~300	800~900	弱型 2000~2500	弱型 600~900
					强型 1000~1400	强型 400~500

注:1 运行滤速上限为短时最大值。  
2 硫酸分步再生技术条件见表 F-1 注 3。  
3 阳离子交换器最低流速大于 10m/h,阴离子交换器最低流速大于 7m/h。

表 F-3 对流再生双室固定床离子交换器设计参数

设备名称		阳离子交换器		阴离子交换器
运行流速(m/h)		25~30		25~30
再生	药剂	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH
	时间(min)	≥30	≥30	≥30
	浓度(%)	1.5~3	注 2	1~3
	流速(m/h)	≤5		≤5
	耗量(g/mol)	40~50	≤60	≤50
置换 (逆洗)	流速(m/h)	≤5	8~10	≤5
	时间(min)	30		30
正洗	时间(min)	根据水耗计算确定		
	流速(m/h)	10~15		10~15
	水耗 [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 树脂]	1~3		1~3
反洗	周期	定期体外反洗		定期体外反洗
	流速(m/h)	10~15		10~15
	时间(min)	—		—
工作交换容量 [mol/m <sup>3</sup> 树脂]	弱型树脂	2000~2500		600~900
	强型树脂	1000~1400	600~750	400~500

注:1 运行滤速上限为短时最大值。

2 硫酸分步再生技术条件见表 F-1 注 3。

表 F-4 顺流再生固定床离子交换器设计参数

设备名称		钠离子交换器	弱酸阳离子交换器		弱碱阴离子交换器
运行滤速(m/h)		20~30	20~30		20~30
反洗	水源	本级进水			
	树脂膨胀率(%)	50~75	50~70		90~100
	流速(m/h)	15	15		5~8
	时间(m/h)	15	15		15~30
再生	药剂	NaCl	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH
	时间(min)	≥30	≥30	≥30	≥30
	浓度(%)	5~8	2~2.5	注 2	2
	流速(m/h)	4~6	4~5		4~5
	耗量(g/mol)	100~120	40	60	40~50
置换	时间(min)	—	20~40		40~60
	流速(m/h)	5	4~6		4~6
正洗	水耗[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 树脂]	3~6	2~2.5		2.5~5
	流速(m/h)	15~20	15~20		10~20
	时间(min)	30	10~20		25~30
工作交换容量 [mol/m <sup>3</sup> 树脂]		900~1000	1800~2300		800~1200

注:1 运行滤速上限为短时最大值。

2 硫酸分步再生技术条件见表 F-1 注 3。

表 F-5 混合离子交换器设计参数

项 目		数 值		
运行滤速(m/h)		40~60		
反洗	树脂膨胀率(%)	100		
	流速(m/h)	10		
	时间(min)	15		
再生	药剂	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH
	时间(min)	15~30	15~30	15~30
	浓度(%)	5	4	4
	流速(m/h)	5	5	5
置换	时间(min)	根据再生方式不同,控制排水的酸、碱度		
	流速(m/h)	4~6		
混脂	气压(MPa)	0.098~0.147		
	气量[m <sup>3</sup> (标准状态下)/(m <sup>2</sup> ·min)]	2~3		
	时间(min)	0.5~1.0		
正洗	水耗[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 树脂]	阳树脂 6/阴树脂 12		
	流速(m/h)	15~20		
	时间(min)	根据水耗计算确定		

注:运行滤速上限为短时最大值。

表 F-6 离子交换器石英砂垫层的级配与砂层高度

石英砂粒径 (mm)	砂层高度(mm)		
	交换器直径 (DN≤1600)	交换器直径 (1600<DN<3000)	交换器直径 (DN≥3000)
1~2	200	200	200
2~4	100	150	150
4~8	100	100	100
8~16	100	150	200
16~32	250	250	300
砂层总厚度	750	850	950

注:石英砂中二氧化硅含量应大于 99%,使用前应用 10%~20%的盐酸溶液浸泡 12h~24h。

## 附录 G 凝结水精处理工艺选择

表 G 凝结水精处理工艺选择

序号	系统名称	适用情况	备 注
1	管式过滤器+混床	1. 超临界及以上参数的湿冷机组 2. 超临界及以上参数表面式间接空冷机组 3. 亚临界直流炉湿冷机组 4. 混合式间接空冷机组	出水水质好
2	前置阳床+混床	1. 混合式间接空冷机组 2. 超临界及以上参数的湿冷机组 3. 亚临界直流炉湿冷机组 4. 超临界及以上参数直接空冷机组 5. 核电厂常规岛	出水水质好,混床运行周期长,系统除氨容量大,但占地面积大,系统阻力较大
3	前置阳床+阴床+阳床	1. 混合式间接空冷机组 2. 超临界及以上参数表面式间接空冷机组 3. 超临界及以上参数的湿冷机组 4. 亚临界直流炉湿冷机组 5. 超临界及以上参数直接空冷机组 6. 核电厂常规岛	出水水质好,交换器运行周期长,系统除氨容量大,但占地面积过大,系统阻力大

续表 G

序号	系统名称	适用情况	备 注
4	阳床+阴床	亚临界直接空冷机组	出水水质好,系统除氨容量较大,但占地面积大,系统阻力较大
5	粉末覆盖过滤器+混床	1. 混合式间接空冷机组 2. 超临界及以上参数直接空冷机组	出水水质好,占地面积较大
6	混床	1. 亚临界汽包炉湿冷机组 2. 亚临界表面式间接空冷机组	出水水质好,但树脂易受铁污染
7	粉末覆盖过滤器	亚临界直接空冷机组	占地面积较小,基本无除盐能力
8	管式过滤器	1. 频繁启停的高压或超高压机组 2. 超高压直接空冷机组	占地面积小,系统简单,但无除盐能力
9	电磁过滤器	1. 频繁启停的高压或超高压机组 2. 超高压直接空冷机组	占地面积小,系统简单,但无除盐能力



## 附录 H 凝结水精处理过滤器设计参数

表 H-1 管式过滤器设计参数

项 目		设计参数	备 注
滤元水通量 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$		0.7~1	折叠式
		8~10	纤维缠绕式
水反洗强度 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$		30	按筒体截面积计算
反洗用气强度 $[\text{m}^3$ (标准状态下)] $[(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$		170	按筒体截面积计算
运行压差(MPa)		$\leq 0.12$	—
滤元孔径尺寸( $\mu\text{m}$ )	正常运行时	5	纤维缠绕式滤元
		1~4	折叠式滤元
	启动时	10	纤维缠绕式
		$\leq 4$	折叠式

注：反洗用水源应为除盐水，反洗用气应为无油压缩空气或为罗茨鼓风机来气。

表 H-2 粉末树脂过滤器设计参数

项 目	设计参数	备 注
滤元水通量 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$	8~10	纤维缠绕式
铺膜树脂粉量耗量 $(\text{kg}/\text{m}^2)$	0.4~1.4	—
运行压差(MPa)	$\leq 0.17$	—
滤元孔径尺寸( $\mu\text{m}$ )	5	纤维缠绕式滤元
铺膜泵流量 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$	130~150	按筒体截面积计算

注：反洗用水源应为除盐水，反洗用气应为无油压缩空气。

表 H-3 电磁过滤器设计参数

项 目		设计参数	备 注
运行流速(m/h)		800~1000	用于疏水过滤时, 流速减半
运行压差(MPa)		$\leq 0.1$	—
空气擦洗	空气擦洗强度 [ $\text{m}^3(\text{标准状态下})/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ]	12	—
	时间(s)	4~6	至水排空
水反洗	反洗强度[ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ]	170~180	—
	时间(s)	40	—

注:1 反洗用水源应为除盐水,反洗用气应为无油压缩空气。

2 空气擦洗和水反洗交替 4 次~5 次。

## 附录 J 凝结水精处理离子交换设备设计参数

表 J-1 凝结水精处理离子交换器设计参数

项 目	设计参数	备 注
运行流速(m/h)	100~120	—
运行压差(MPa)	$\leq 0.175$	清洁床
	$\leq 0.35$	污脏床
离子交换器树脂层高(mm)	1000~1200	—
混合离子交换器阳、 阴树脂比例	3:2 或 1:1	无前置阳离子交换器且给水按加氧处理
	3:2 或 2:1	无前置阳离子交换器且给水按全挥发处理
	1:2 或 1:3	有前置阳离子交换器
正洗水耗( $\text{m}^3/\text{m}^3$ 树脂)	20	—
树脂混合空气强度[ $\text{m}^3$ (标准状态下)/( $\text{m}^2 \cdot \text{min}$ )]	2.3~2.4	—
树脂混合空气压力(MPa)	0.1~0.15	—

表 J-2 体外再生设备设计数据

项 目		设计参数	备 注
树脂再生度(%)	阳树脂	$\geq 99.6$	—
	阴树脂	$\geq 97$	—
混合树脂分离度(%)		$< 0.1$	阳树脂中阴树脂体积比
		$< 0.07$	阴树脂中阳树脂体积比

续表 J-2

项 目		设计参数	备 注
空气擦洗用气强度 $[\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})]$ (标准状态下)		3.4~4	擦洗方式采用脉冲进水气, 反洗进气 1min~2min, 正洗进水 2min~3min
空气压力(MPa)		$\geq 0.07$	—
擦洗次数	启动阶段	30~40	—
	正常运行	10~20	—
反洗分层流速(m/h)		10~15	反洗分层时间 15min, 或根据制造商要求
再生水平 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ 树脂)	盐酸	200	—
	硫酸	260	—
	氢氧化钠	200	—
再生液浓度(%)	盐酸	4~8	—
	硫酸	4~8	—
	氢氧化钠	4	碱再生液温度宜为 40℃
进再生液时间(min)	阳树脂	$\geq 30$	—
	阴树脂	$\geq 30$	—
再生流速(m/h)	阳树脂	4~8	—
	阴树脂	2~4	—

表 J-3 混合离子交换器树脂要求

树脂类型	凝 胶 型		大 孔 型	
形式	钠型(阳树脂)	氯型(阴树脂)	钠型(阳树脂)	氯型(阴树脂)
体积交换 容量( $\text{mmol}/\text{mL}$ )	$\geq 1.90$	$\geq 1.35$	$\geq 1.80$	$\geq 1.20$

续表 J-3

树脂类型	凝 胶 型		大 孔 型	
形式	钠型(阳树脂)	氯型(阴树脂)	钠型(阳树脂)	氯型(阴树脂)
湿视密度 (g/mL)	0.77~0.87	0.67~0.73	0.77~0.85	0.65~0.73
湿真密度 (g/mL)	1.250~1.290	1.070~1.100	1.250~1.280	1.060~1.100
有效粒径 (mm)	(0.650~0.800) <sup>①</sup>	(0.500~0.710) <sup>①</sup>	(0.550~0.800) <sup>①</sup>	(0.500~0.710) <sup>①</sup>
均一系数	≤1.30			
范围粒度(%)	(0.500mm~ 1.250mm) ≥95.0	(0.400mm~ 0.800mm) ≥95.0	(0.500mm~ 1.250mm) ≥95.0	(0.400mm~ 0.800mm) ≥95.0
上限粒度(%)	—	(>0.800mm) ≤1.0	—	(>0.800mm) ≤1.0
下限粒度(%)	(<0.500mm) ≤1.0	—	(<0.500mm) ≤1.0	—
耐温性能试 验——强碱基 团下降率(%)	—	—	≤13	
渗磨圆球率 <sup>②</sup> (%)	≥90.00			

注：①阳、阴树脂组成混床时，其阴阳树脂有效粒径之差的绝对值不大于 0.10mm。

②渗磨圆球率测定用原样树脂。若凝结水处理混床运行周期因凝结水 pH 值高等原因短于 5d 或在混床体外再生系统采用浮选分离法时，应采用强渗磨圆球率，其指标为：强渗磨圆球率 $\geq 90.00\%$ 。

表 J-4 单床用树脂要求

树脂类型	凝 胶 型		大 孔 型	
型式	钠型(阳树脂)	氯型(阴树脂)	钠型(阳树脂)	氯型(阴树脂)
体积交换容量 (mmol/mL)	$\geq 1.90$	$\geq 1.35$	$\geq 1.80$	$\geq 1.20$
湿视密度(g/mL)	0.77~0.87	0.67~0.73	0.77~0.85	0.65~0.73
湿真密度(g/mL)	1.250~1.290	1.070~1.100	1.250~1.280	1.060~1.100
有效粒径(mm)	0.450~0.70			
均一系数	$\leq 1.30$			
范围粒度(%)	(0.45mm~1.25mm) $\geq 95.0$			
下限粒度(%)	(<0.450mm) $\leq 1.0$			
耐温性能试验——强碱基团 下降率(%)	—	$\leq 13$	—	$\leq 13$
渗磨圆球率(%)	$\geq 90.00$			

注:渗磨圆球率测定用原样树脂。

表 J-5 树脂再生用酸碱要求

名称	盐酸	硫酸	氢氧化钠
浓度	$\geq 31.0\%$	92.5%或 98.0%	$\geq 32.0\%$
杂质含量	铁 $\leq 0.008\%$ 灼烧残渣 $\leq 0.10\%$ 氯 $\leq 0.008\%$ 砷 $\leq 0.0001\%$ 硫酸盐( $\text{SO}_4^{2-}$ ) $\leq 0.03\%$	灰分 $\leq 0.03\%$ 铁 $\leq 0.010\%$ 铅 $\leq 0.02\%$ 汞 $\leq 0.01\%$ 砷 $\leq 0.001\%$	氯化钠 $\leq 0.007\%$ 三氧化二铁 $\leq 0.0005\%$ 氯酸钠 $\leq 0.002\%$ 氧化钙 $\leq 0.0005\%$ 三氧化二铝 $\leq 0.0006\%$ 二氧化硅 $\leq 0.003\%$ 硫酸盐(以 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 计) $\leq 0.002\%$

## 附录 K 热力系统水汽取样点及在线仪表配置

表 K-1 汽包锅炉机组水汽取样点及在线仪表配置

项目	应设置的 取样点位置	高压、 超高压机组	亚临界机组	备 注
		配置仪表及手工取样		
凝结水	凝结水泵出口	CC、O <sub>2</sub> 、M	CC、O <sub>2</sub> 、M	
给水	除氧器入口	—	SC、O <sub>2</sub> 、M	机组加氧时设置 O <sub>2</sub> ， SC 用于控制凝结水 精处理出口加药
	除氧器出口	O <sub>2</sub> 、M	O <sub>2</sub> 、M	
	省煤器入口	CC、SC、pH、M	CC、SC、pH、 M、O <sub>2</sub>	锅炉厂应设置取样头 机组采用加氧时设置 O <sub>2</sub>
炉水	汽包炉水左侧	SC、pH、M	CC、SC、pH、	锅炉厂应设置取样头
	汽包炉水右侧		SiO <sub>2</sub> 、M	锅炉厂应设置取样头
	炉水下降管	—	O <sub>2</sub> 、M	机组采用加氧时设置
饱和蒸汽	饱和蒸汽左侧	CC、M	CC、Na、M	锅炉厂应设置取样头
	饱和蒸汽右侧			锅炉厂应设置取样头
过热蒸汽	过热蒸汽左侧	CC、M	CC、SiO <sub>2</sub> 、M	锅炉厂应设置取样头
	过热蒸汽右侧			锅炉厂应设置取样头
再热蒸汽	再热蒸汽左侧	M	CC、M	锅炉厂应设置取样头
	再热蒸汽右侧			锅炉厂应设置取样头
疏水	高压加热器	M	M	—
	低压加热器	M	M	—
	暖风器	M	M	—
	热网加热器	M	M	—

续表 K-1

项目	应设置的 取样点位置	高压、 超高压机组	亚临界机组	备 注
		配置仪表及手工取样		
冷却水	取样冷却装置冷却水/闭式循环冷却水	M	SC、pH、M	—
	发电机内冷却水	SC、M	SC、pH、M	可由发电机厂配套设置， 但应将仪表信号送至水汽 取样监控系统
	间接空冷机组 循环冷却水	M	SC、pH、M	—
生产回水	返回水管或 返回水箱出口	CC、M	CC、M	—
凝汽器 检漏装置	凝汽器	—	CC	仅湿冷机组根据情况设置， 凝汽器制造厂应设置取 样水槽及取样接口

注：1 CC表示带有H离子交换柱的电导率表，O<sub>2</sub>表示溶氧表，pH表示pH表，SiO<sub>2</sub>表示硅表，Na表示钠度计，SC表示电导率表，M表示人工取样。

2 硅表可选择多通道仪表，但炉水不得与给水或蒸汽共用一块硅表。

表 K-2 直流炉机组水汽取样点及在线仪表配置

项目	取样点名称	配置仪表及手工取样	备 注
凝结水	凝结水泵出口	CC、O <sub>2</sub> 、Na、M	空冷机组不设置Na表
给水	除氧器入口	SC、O <sub>2</sub> 、M	用于控制凝结水精处 理出口加药
	除氧器出口	O <sub>2</sub> 、M	—
	省煤器入口	CC、SC、pH、O <sub>2</sub> 、 SiO <sub>2</sub> 、M	锅炉厂应设置取样头



续表 K-2

项目	取样点名称	配置仪表及手工取样	备 注
蒸汽	主蒸汽左侧	CC、Na、SiO <sub>2</sub> 、M	锅炉厂应设置取样头
	主蒸汽右侧		
	再热蒸汽左侧	CC、M	锅炉厂应设置取样头
	再热蒸汽右侧		
	启动分离器 汽侧出口	CC、M	锅炉厂应设置取样头
疏水	高压加热器	CC、M	—
	低压加热器	M	—
	暖风器	CC、M	—
	热网加热器	CC、M	每台加热器疏水均需设置
	启动 分离器排水	M	锅炉厂应设置取样头
冷却水	发电机 内冷却水	SC、pH、M	可由发电机厂配套设置， 但应将仪表信号送至水汽 取样监控系统
	取样冷却装置 冷却水/闭式循 环冷却水	SC、pH、M	—
	间接空冷机 组循环冷却水	SC、pH、M	—
凝汽器 检漏装置	凝汽器	CC	仅湿冷机组设置，凝汽 器制造厂必须设置 取样水槽及取样接口

注：1 CC表示带有H离子交换柱的电导率表，O<sub>2</sub>表示溶氧表，pH表示pH表，  
SiO<sub>2</sub>表示硅表，Na表示钠度计，SC表示电导率表，M表示人工取样。

2 硅表可选择多通道仪表。

表 K-3 核电厂常规岛热力系统水汽取样点及在线仪表配置

项目	取样点名称	配置仪表 及手工取样	备 注
凝结水	凝结水泵出口	CC、Na、O <sub>2</sub> 、M	—
给水	除氧器入口	SC、pH、M	SC 用于控制凝结水 精处理出口加药
	除氧器下降管及再循环泵出口	O <sub>2</sub> 、pH、M	—
	主给水管	CC、O <sub>2</sub> 、pH、	—
	辅助给水泵出口	Na、N <sub>2</sub> H、CP、M	—
	辅助给水除氧器循环泵出口	M	—
	蒸汽转换器除氧器出口	M	—
蒸汽	主蒸汽管	CC、M	—
	蒸汽转换器蒸汽管	M	—
疏水	高压加热器	CC、M	—
	低压加热器	CC、M	—
	汽水分离再热器疏水泵出口	CC、M	—
	蒸汽转换器疏水管	CC、M	—
排污水	蒸汽发生器排污水	CC、pH、 Na、SiO <sub>2</sub> 、M	一回路检测数据 送二回路
	蒸汽转换器连续排污水	SC、M	—
冷却水	发电机内冷却水	SC、pH、M	可由发电机厂配套设 置,但应将仪表信号送 至水汽取样监控系统
	取样冷却装置冷却水 /闭式循环冷却水	SC、pH、M	—
热水	热水系统回水管	M	—
凝汽器 检漏装置	凝汽器	CC	每台机组的各台凝汽 器均应分别设置

注:CC表示带有H离子交换柱的电导率表,O<sub>2</sub>表示溶氧表,pH表示pH表,N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>表示联氨表,Na表示钠度计,SC表示电导率表,CP表示累积腐蚀产物取样装置,M表示人工取样。

表 K-4 燃气-蒸汽联合循环机组水汽取样点及在线仪表配置

项目	取样点名称	配置仪表及手工取样	备 注
凝结水	凝结水泵出口	CC、O <sub>2</sub> 、M	—
	凝结水加药点后	SC	用于控制凝结水泵出口加药
给水	省煤器入口	CC、pH、M	锅炉厂应设置取样头
炉水	低压汽包	CC、pH、M	锅炉厂应设置取样头， 当低压汽包兼除氧器时， 需设置 O <sub>2</sub> 表
	中压汽包	SC、pH、M	锅炉厂应设置取样头
	高压汽包	SC、pH、M	锅炉厂应设置取样头
饱和蒸汽	低压汽包 饱和蒸汽	CC、M	锅炉厂应设置取样头
	中压汽包 饱和蒸汽	CC、M	
	高压汽包 饱和蒸汽	CC、M	
	高压汽包 饱和蒸汽	CC、M	
过热蒸汽	低压汽包 过热蒸汽	CC、M	锅炉厂应设置取样头
	中压汽包 过热蒸汽	CC、M	
	高压汽包 过热蒸汽	CC、M	
	高压汽包 过热蒸汽	CC、M	
再热蒸汽	再热器 入口和出口	M	锅炉厂应设置取样头， 再热器出口和入口 样水合并检测
疏水	热网加热器	M	—
冷却水	发电机内冷却水	SC、pH、M	可由发电机厂配套设置， 但应将仪表信号送至 水汽取样监控系统
	取样冷却装置冷 却水/闭式循环冷 却水	SC、pH、M	—

注：1 CC表示带有H离子交换柱的电导率表，O<sub>2</sub>表示溶氧表，pH表示pH表，SC表示电导率表，M表示人工取样。

2 燃气-蒸汽联合循环机组的热力系统随机组参数和形式的不同略有不同，设计中应根据热力系统的设备设置确定取样点的设置。

## 附录 L 敞开式循环冷却系统水质的控制指标

表 L-1 淡水或苦咸水循环冷却水系统水质控制指标

项 目	指 标
pH 值(25℃)	7.5~8.8
悬浮物(mg/L)	100
$\rho(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$	400~500
$\rho(\text{SiO}_2)$	150~200
$\rho(\text{Mg}^{2+}) \cdot \rho(\text{SiO}_2)$	60000
$\rho(\text{Ca}^{2+}) \cdot \rho(\text{SO}_4^{2-})$	$2.5 \times 10^5$
$\rho(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \cdot \rho(\text{CO}_3^{2-})$	$2 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$
$\rho(\text{Cl}^-)$	根据管材决定
$\text{COD}_{\text{Cr}}$ (mg/L)	$\leq 100$
$\text{NH}_4 - \text{N}$ (mg/L)	10, 采用铜管凝汽器时为 5

注:质量浓度  $\rho$  的单位是 mg/L, 其中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  以  $\text{CaCO}_3$  计。

表 L-2 海水循环冷却水系统水质控制指标

项 目	许 用 值	备 注
悬浮物(mg/L)	30	补充水的悬浮物宜 小于 10mg/L
碱度(mmol/L)	$\leq 7$	根据动态试验确定
硬度(mmol/L)	$\leq 300$	根据动态试验确定
pH 值	7.5~9.0	—
总 Fe(mg/L)	$\leq 1.0$	—
硫酸盐(mg/L)	$\leq 6000$	—
石油类(mg/L)	$\leq 5$	—
$\text{COD}_{\text{Cr}}$ (mg/L)	$\leq 100$	—

## 附录 M 旁流过滤及软化除盐处理水量计算

**M. 0. 1** 旁流过滤处理水量可按照下式计算:

$$Q_c = \frac{Q_b p_b + D - (Q_f + Q_w) p_m - Q_g p'_b}{p_m - p'_b} \quad (\text{M. 0. 1})$$

式中:  $Q_c$ ——旁流过滤处理水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_b$ ——循环冷却水系统补充水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_f$ ——风吹损失水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_w$ ——排污损失水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$D$ ——空气带入尘土量( $\text{g}/\text{h}$ );

$p_b$ ——补充水中悬浮物含量( $\text{mg}/\text{L}$ );

$p_m$ ——循环水允许悬浮物含量( $\text{mg}/\text{L}$ );

$p'_b$ ——过滤处理后水中悬浮物含量( $\text{mg}/\text{L}$ );

$Q_g$ ——过滤器排水量( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

**M. 0. 2** 按照空气中含尘量 20% 被冷却塔洗涤, 循环冷却水中空气带入尘土量可按下式计算:

$$D = 20\% \cdot Q_a \cdot \rho_a \times 10^{-3} \quad (\text{M. 0. 2})$$

式中:  $Q_a$ ——冷却塔空气流通量 [ $\text{m}^3$  (标准状态下)/h];

$\rho_a$ ——空气含尘量 [ $\text{mg}/\text{m}^3$  (标准状态下)]。

**M. 0. 3** 旁流软化除盐处理水量可按下式计算:

$$Q_c = \frac{(Q_z + Q_f + Q_w) p_b - (Q_f + Q_w) p_m}{p_b + \omega \cdot p'_b - p'_b - \omega \cdot p_b} \quad (\text{M. 0. 3})$$

式中:  $Q_c$ ——旁流软化或除盐处理水量, ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_z$ ——蒸发损失水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_f$ ——风吹损失水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$Q_w$ ——排污损失水量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$p_b$ ——补充水中某物质含量(mg/L);

$p_m$ ——循环水中某物质允许含量(mg/L);

$p'_b$ ——旁流处理系统出水中某物质含量(mg/L);

$\omega$ ——旁流处理系统自耗水率(%)。

## 附录 N 氢冷发电机氢气系统参数

表 N-1 火力发电厂氢冷发电机氢气系统参数表

项 目	机组容量(MW)		
	300	600	1000
冷却方式	水-氢-氢	水-氢-氢	水-氢-氢
工作氢压(MPa)	0.3~0.45	0.4~0.5	0.5~0.55
发电机充氢容积(m <sup>3</sup> )	70~85	85~120	100~143
氢气温度(℃)	≤40	≤46	≤46
每日耗氢量 [m <sup>3</sup> (标准状态下)/d]	7~10	10~12	8~12
机组启动置换及增压用氢量 [m <sup>3</sup> (标准状态下)]	400~700	500~800	600~900

表 N-2 核电厂氢冷发电机氢气系统参数表

项 目	机组容量(MW)	
	1000	1250
冷却方式	水-氢-氢	水-氢-氢
工作氢压(MPa)	0.5	0.55
发电机充氢容积(m <sup>3</sup> )	180	220
氢气温度(℃)	≤43	≤43
每日耗氢量 [m <sup>3</sup> (标准状态下)/d]	≤18	≤18
机组启动置换及增压用氢量 [m <sup>3</sup> (标准状态下)]	1050	1650

## 附录 P 设备、构筑物及管道材质与内防腐

表 P-1 主要设备材质及内防腐要求

序号	设备名称	材质及内防腐方法	备 注
1	澄清池	钢结构件、搅拌机、刮泥机等涂防腐涂料	涂层厚度为 1mm~3mm
2	介质过滤器	碳钢衬胶或涂防腐涂料	衬胶一层,厚度为 3mm,涂层厚度为 1mm~3mm
3	活性炭过滤器	碳钢衬胶	衬胶两层,总厚度为 4.5mm
4	保安过滤器	不锈钢、钢碳衬胶	衬胶一层,厚度为 3mm
5	除铁过滤器	钢碳衬胶或涂防腐涂料	衬胶两层,总厚度为 4.5mm
6	离子交换器	碳钢衬胶	衬胶两层,总厚度为 4.5mm
7	再生装置	碳钢衬胶	衬胶两层,总厚度为 4.5mm
8	除二氧化碳器	碳钢衬胶	衬胶两层,总厚度为 4.5mm
9	清水箱	碳钢或混凝土涂防腐涂料	涂层厚度为 0.8mm~1.5mm
10	中间水箱 (除碳水箱)	碳钢衬胶或涂防腐涂料,混凝土衬环氧玻璃钢或涂防腐涂料	衬胶两层,总厚度为 4.5mm,涂层厚度为 0.8mm~1.5mm,环氧玻璃钢 4 层~6 层
11	除盐水箱, 预脱盐水箱	碳钢涂防腐涂料或衬环氧玻璃钢,不锈钢或碳钢内覆不锈钢	涂层厚度为 0.8mm~1.5mm,环氧玻璃钢 4 层~5 层 核电厂可采用不锈钢除盐水箱
12	热水箱	不锈钢	—
13	清水泵	过流部件材质为碳钢或不锈钢	根据介质特性和使用条件合理选择
14	除盐水泵、预脱盐水泵、中间水泵(除碳水泵)	过流部件材质为不锈钢	—



续表 P-1

序号	设备名称	材质及内防腐方法	备 注
15	压缩空气贮存罐	碳钢内涂防锈漆	—
16	盐酸、氢氧化钠贮存罐及计量箱	碳钢衬胶、玻璃钢	衬胶两层,总厚度为4.5mm
17	酸雾吸收器	碳钢衬胶、高密度聚乙烯	衬胶两层,总厚度为4.5mm
18	浓硫酸贮存罐及计量箱	碳钢,不应使用有机玻璃及塑料材料	—
19	次氯酸钠贮存罐及溶液箱	碳钢衬丁基橡胶	—
20	氯化钠溶液贮存罐及计量箱	碳钢衬胶或涂防腐涂料、玻璃钢	衬胶两层,总厚度为4.5mm,涂层厚度为0.8mm~1.5mm
21	凝聚剂、助凝剂、还原剂阻垢剂和稳定剂溶液箱	碳钢衬胶、高密度聚乙烯	衬胶两层,总厚度为4.5mm
22	氨水、联氨、磷酸盐溶液箱	碳钢衬胶、不锈钢	—
23	液氨储存罐	碳钢	—
24	尿素溶液罐	不锈钢	—
25	盐酸喷射器	碳钢衬胶或衬聚丙烯、玻璃钢	—
26	硫酸喷射器	碳钢衬聚四氟乙烯	—
27	碱喷射器	碳钢衬胶或衬聚丙烯、不锈钢	—

表 P-2 主要构筑物及沟道防腐要求

序号	设备名称	防腐方法	备 注
1	化学药品贮存及 计量间地面	涂防腐涂料、花岗石、衬 耐酸瓷砖或环氧玻璃钢	涂层厚度 2mm ~ 3mm, 环氧玻璃钢 4 层~6 层
2	酸、碱废水池及 排水沟	涂防腐涂料、花岗石或衬 环氧玻璃钢	涂层厚度 2mm ~ 3mm, 环氧玻璃钢 4 层~6 层
3	酸、碱性水 排水沟盖板	混凝土盖板涂防腐涂料 或衬环氧玻璃钢、玻璃钢格 栅	涂层厚度 2mm ~ 3mm, 环氧玻璃钢 4 层~6 层
4	除盐间、化验室地面	涂防腐涂料、花岗石或耐 酸防滑砖	涂层厚度 2mm ~ 3mm

表 P-3 管道材质及内防腐要求

序号	管道名称	材质及内防腐方法	备 注
1	过滤器前清水管	碳钢、碳钢衬胶或 衬塑	用于反渗透预处理系统 管道应采用碳钢衬胶或衬 塑
2	过滤器后清水管	碳钢衬胶或衬塑、 不锈钢	用于反渗透预处理系统 管道应采用碳钢衬胶或衬 塑
3	预脱盐水管	碳钢衬胶或衬塑、 不锈钢	—
4	除盐水管	碳钢衬胶或衬塑、 不锈钢	—
5	离子交换器前凝结水管	碳钢	—
6	离子交换器出水至 加氨点后 1m 凝结水管	不锈钢	—

续表 P-3

序号	管道名称	材质及内防腐方法	备 注
7	盐酸管	碳钢衬胶或衬塑、塑料	—
8	浓硫酸管	碳钢、碳钢衬聚四氟乙烯、聚四氟乙烯	—
9	稀硫酸管	碳钢衬胶或衬塑、塑料	—
10	氢氧化钠管	碳钢衬胶或衬塑、不锈钢	—
11	凝剂管	碳钢衬胶或衬塑、塑料	—
12	助凝剂、还原剂、阻垢剂管	碳钢衬胶或衬塑、塑料、不锈钢	—
13	氯化钠溶液管	钢衬胶或衬塑、塑料	—
14	氨、联氨、磷酸盐溶液管	不锈钢	—
15	氯气管	紫铜、碳钢	—
16	氯水及次氯酸钠溶液管	聚氯乙烯	—
17	稳定剂溶液管	碳钢衬胶或衬塑管、塑料管、不锈钢	不锈钢不适用含氯离子稳定剂

注:1 衬塑管用内衬材料可采用聚乙烯、聚丙烯和聚四氟乙烯,衬塑层厚度为3mm~5mm,应根据输送介质及温度条件确定。

2 衬胶管用内衬材料宜采用半硬橡胶,衬胶一层,厚度为3mm。

3 塑料管可采用聚乙烯、聚丙烯、硬聚乙烯和聚四氟乙烯,应根据输送介质及温度条件确定。

## 附录 Q 水处理系统在线仪表配置

表 Q-1 原水预处理系统在线仪表配置

位置	压力	温度	流量	浊度	pH 值	液位	备 注
原水池						○	
原水泵 出口母管			○				
澄清池进口		母管○	○				
澄清池出口				○			
滤池进水					石灰处理○		
滤池						○	
清水箱						○	
清水泵出口	●				石灰处理○		
压力式 过滤器进口	●		○				正洗水非进水时,流 量表也可设在出口
压力式 过滤器出口	●			母管○			
活性炭 过滤器进口	●		○				正洗水非进水时,流 量表也可设在出口
活性炭 过滤器出口	●						
加热器出水		○					
加热器进汽	○	○					
超/微滤 给水泵出口	●						

续表 Q-1

位置	压力	温度	流量	浊度	pH 值	液位	备 注
超/微滤保安过滤器进口	○						
超/微滤保安过滤器出口	○						
超/微滤给水	○		○			浸没式膜池○	
超/微滤产水	○		错流○ 母管○				
超/微滤水箱						○	
超/微滤反洗水泵出口	○						
过滤器、超/微滤反洗水泵出口母管			○				
超/微滤产水泵出口	○						浸没式超滤 需设高、低压保护
清洗箱		●				●	
清洗泵出口	●		●				
清洗保安过滤器进口	●						
清洗保安过滤器出口	●						
各类罐、箱、池						●○	
各类泵、风机出口	●						

注：1 ●为就地仪表，○为远传仪表。

2 pH 值测量装置仅用于加酸或加碱后的检测。

3 各类过滤器的进、出口压差可通过进、出口压力表获取。

表 Q-2 预脱盐和电除盐装置在线仪表配置

位置	压力	温度	流量	电导率	pH 值	硅表	ORP 或 余氯	液位	备注
RO 保安 过滤器进口	○	母管○		母管○	母管○		还原 剂加 药点后○		
RO 保安 过滤器出口	○								
RO 高压泵 进口	○								并设低压 报警
RO 高压泵 出口	○								并设高压 报警
RO 给水	每段○		○						
RO 产水	○		○	○					
RO 浓水	○		○						
RO 水箱								○	
EDI 给水泵出口	○								
EDI 保安 过滤器进口	○								
EDI 保安 过滤器出口	○								
EDI 给水	○		○						并设高压 报警
EDI 产水	○		○	○		○			
清洗箱		●						●	
清洗泵出口	●		●						
清洗保安 过滤器进口	●								

续表 Q-2

位置	压力	温度	流量	电导率	pH 值	硅表	ORP 或 余氯	液位	备注
清洗保安 过滤器出口	●								
各类罐、 箱、池								●○	
各类泵、 风机出口	●								

注：1 ●为就地仪表，○为远传仪表。

2 海水淡化系统仪表配置应符合现行国家标准《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619 的有关规定。

3 ORP 或余氯表应设在还原剂加药点后。

4 各类过滤器的进、出口压差可通过进、出口压力表获取。

5 硅表可使用多通道式仪表。

表 Q-3 离子交换除盐系统在线仪表配置

位置	压力	温度	流量	电导率	钠表	硅表	酸碱 浓度计	液位	备注
阳床进口	●		○						
阳床出口	●			○ <sup>①</sup>	○ <sup>①</sup>				
除碳水箱								●○	
除碳水泵	●								
阴床进口	●								
阴床出口	●		○	○		○			
混床进口	●		○						

续表 Q-3

位置	压力	温度	流量	电导率	钠表	硅表	酸碱 浓度计	液位	备注
混床出口	●			○		○			
除盐水箱								●○	
除盐水泵 出水母管	○			○	○ <sup>②</sup>	○			
再生水泵 出水母管			○						
喷射器 或混合三 通进水管			○						
喷射器 或混合三 通出液管							○		
热水箱	○	○						○液位 开关	
各类罐、 箱、池								●○	
各类 水泵出口	●								

注:1 ●为就地仪表,○为远传仪表。

2 硅表可合用多通道表计。

①阳床出口钠表仅在并联系统时需设,钠表也可用差式电导率表(即测电导率与氢电导率仪表的差值)替代。

②仅核电厂可在除盐水泵出口设钠表。



表 Q-4 凝结水精处理系统在线仪表配置

位置	压力	温度	流量	电导率	氢电导率	钠表	硅表	pH值	液位	备注
凝结水精处理进水管	○	○								
前置过滤器进口	○		○							
前置过滤器出口	○									
粉末树脂覆盖过滤器进口	○		○							
粉末树脂覆盖过滤器出口	○				○		○			后统无交换器时可设置分析仪表
阳床进口	○		○							
阳床出口	○			○	○ <sup>①</sup>					后统有阳床、混床
						○				后统无阳床、混床
空气擦洗高速混床进口	○		○						顶部排水母管液位开关	
空气擦洗高速混床出口	○			○	○		○			混床按 H/OH 运行
										混床按 NH <sub>4</sub> /OH 运行
阴床进口	○		○						顶部排水母管液位开关	
阴床出口	○			○ <sup>②</sup>			○			

后置阳床进口	○	○								顶部排水母管液位开关	
后置阳床出口	○		○					○			
凝结水精处理出水母管	○				○	○	○	○	○		粉末过滤器出口无需设钠表,仅当混床 $\text{NH}_4/\text{OH}$ 运行时需设 pH 表
树脂捕捉器进口、出口	○										
再循环泵出口	●		○								
旁路阀前	○										
旁路阀后	○										

注:1 ●为就地仪表,○为远传仪表。

2 各类过滤器、离子交换器以及树脂捕捉器的进、出口压差可通过设备本体进、出口压力获取。

3 凝结水精处理出水母管应与粉末树脂覆盖过滤器或混床、阴床,合用一块硅表。

4 凝结水精处理出水母管设置的化学分析仪表可设置在水汽集中取样装置上。

① 阳床出口可通过检测电导率与氢电导率的差值判断阳床是否失效。

② 当阴床前阳床以氨型运行时,可改设氢电导率表。

表 Q-5 凝结水再生系统在线仪表配置

位置	压力	温度	流量	电导率	树脂界面 测定装置	酸碱 浓度计	液位
树脂分离罐 冲洗水			○				
树脂分离罐(或 树脂输送管道上)	●				○		
阳、阴树脂再生罐 及贮存罐进口	●						
阳、阴树脂再生罐 及贮存罐出口	●			○ 排水管			
阳、阴树脂再生罐 及贮存罐冲洗水			○				
热水箱	○	○					○液位开关
酸碱喷射器或 混合三通进水			○				
酸碱喷射器或 混合三通出口						○	
稀碱液管		○					
反洗及冲洗 水泵出水母管			○				
罗茨风机出口	○						
压缩空气贮气罐	●○						
压缩空气减压阀后	●						
过滤器反洗用空气管	○						
至各设备用空气管 (可与过滤器反洗 用空气管共用)	○						
各类泵、风机出口	●						
计量泵出口缓冲器后	●						
各类罐、箱、池							○
排水管道 废树脂捕捉器							○液位开关

注：●为就地仪表，○为远传仪表。

## 附录 R 核电厂化验室面积、仪器及辐射分区

表 R-1 化验室面积及辐射分区

用途	名 称	面积(m <sup>2</sup> )		辐射分区
		2 台机组	4 台机组	
公用	办公室	100	140	非放射区
	男更衣室	20	20	非放射区
	女更衣室	20	20	非放射区
	送样室	10	10	非放射区
水分析	冷试验室	90	115	监督区
	原子吸收室	25	30	控制区
	离子色谱室	25	30	控制区
	配置室	25	30	监督区
	功能室	25	30	监督区
	气体贮存室	25	25	非放射区
	热制备室	70	90	控制区
油分析	分析室	100	120	非放射区
	洁净室	20	20	非放射区
	天平室	10	10	非放射区
	色谱仪器室	25	30	监督区
	气体贮存室	20	20	非放射区
流出物分析	热准备室	20	25	控制区
	冷准备室	20	25	监督区
	测量室	70	90	监督区
废液处理	低放废液储存输送间	50	65	控制区
	低放废液储存输送控制室	15	15	非放射区

表 R-2 水的化学及放射性分析主要仪器

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
1	双量程分析天平	称量:220g,感量:0.1mg 称量:80g,感量:0.01mg	1	2
2	分析天平	称量:220g,感量:0.1mg	1	2
3	分析天平	称量:3kg,感量:10mg	2	3
4	电子台秤	称量:150kg,感量:5g	1	2
5	电热干燥箱	温度范围:室温~250℃ 恒温波动度:±1℃	2	3
6	电热干燥箱	温度范围:室温~200℃ 恒温波动度:温度≤100℃时为 ±0.2℃,温度≤200℃时为±0.4℃	1	2
7	恒温恒湿箱	温控范围:0~60℃ 温控精度±0.3℃ 湿度调节范围:30%~98%	2	3
8	箱形高温炉	最高温度:1100℃	1	2
9	恒温水浴锅	工作温度:室温~100℃ 温控精度:±0.1℃	1	2
10	微波炉	输出功率约 700W	2	4
11	电热板	加热区域 φ200mm, 最高温 度约 600℃ 温控精度:±5℃	3	6
12	自动滴定仪	最大连续滴定容积:20mL 滴定速度:0.02mL/min~60mL/min 滴定管分辨率:1/20000	1	2
13	便携式氧表	测量范围:0~20mg/L 灵敏度:0.01μg/L	2	4
14	搅拌器	搅拌量:20L 转速:60rpm~2000rpm	3	6

续表 R-2

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
15	瓶式深水采样器	样深度:4m 采样瓶容量:500mL	4	8
16	余氯比色计	测量范围:0.2mg/L~4mg/L 比色盘解析度:0.1ppm	2	4
17	便携式 pH 计/ 电导率仪	电导测量范围:0~3000mS/cm 相对精度:0.01 $\mu$ S/cm; pH 测量范围:0~pH14,相对精度 $\pm 0.002$	3	6
18	台式 pH 计/ 电导率仪	电导测量范围:0~3000mS/cm, 相对精度 0.01 $\mu$ S/cm; pH 测量范围:0~pH14,相对精度 $\pm 0.001$	1	2
19	浊度仪	测量范围:0~4000NTU 准确度:浊度 $\leq 1000$ NTU 时为 $\pm 2\%$ ,浊度 $\leq 4000$ NTU 时为 $\pm 5\%$	1	2
20	紫外-可见光 分光光度计	波长范围:190nm~900nm 波长精度: $\pm 0.3$ nm 基线稳定性:0.004ABS/h,平坦 度:0.001ABS	1	2
21	石墨炉带 火焰原子吸收 分光光度计	石墨炉部分检出极限:Si:2 $\mu$ g/kg; Na: 0.1 $\mu$ g/kg; Cs: 0.1 $\mu$ g/kg; Ca: 0.1 $\mu$ g/kg; 火焰部分检出极限:Li:10 $\mu$ g/ kg;Fe:20 $\mu$ g/kg; Cu:20 $\mu$ g/kg; Na: 1 $\mu$ g/kg	1	2

续表 R-2

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
22	离子色谱仪	阴离子最低检测限: $F^-$ : $0.02\mu\text{g/L}$ ; $\text{CH}_3\text{COO}^-$ : $0.4\mu\text{g/L}$ ; $\text{HCOO}^-$ : $0.2\mu\text{g/L}$ ; $\text{Cl}^-$ : $0.05\mu\text{g/L}$ ; $\text{SO}_4^{2-}$ : $0.1\mu\text{g/L}$ 阳离子最低检测限: $\text{Na}^+$ : $0.05\mu\text{g/L}$	2	4
23	正压式过滤器	配有带 200mL 料筒的 47mm 直径 圆膜片过滤器和配有带 2L 料筒的 142mm 直径圆膜片过滤器	2	4
24	震荡筛分器	筛网直径:200mm 振幅范围: $0.2\text{mm}\sim 3\text{mm}$	2	4
25	高纯水仪	流量: $2\text{L/min}$ 出水水质要求:电导 $>18\text{M}\Omega$ ,总 硅 $<3\mu\text{g/L}$ , $\text{Na}<0.1\mu\text{g/L}$ , $\text{Cl}<$ $0.1\mu\text{g/L}$ , $\text{F}<0.1\mu\text{g/L}$ , $\text{SO}_4<$ $0.2\mu\text{g/L}$	2	3
26	电冰箱	300L	1	2

表 R-3 放射性流出物分析主要仪器

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
1	分析天平	称量 200g,感量: $0.1\text{mg}$	2	3
2	电热板	加热板区域: $430\text{mm}\times 580\text{mm}$ ,最 高温度约 $300^\circ\text{C}$ ,温控精度: $0.5^\circ\text{C}$	4	6
3	自动滴定仪	最大流续滴定容积: $20\text{mL}$ 滴定速度: $0.02\text{mL/min}\sim 60\text{mL/min}$ 滴定管分辨率: $1/20000$	2	4
4	瓶式深水采样器	采样深度:4m; 采样瓶容量: $500\text{mL}$	2	4

续表 R-3

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
5	台式 pH 计/ 电导率仪	电导测量范围:0~3000mS/cm, 相对精度:0.01 $\mu$ S/cm pH 测量范围:0~pH14,相对精度 $\pm 0.001$	1	2
6	高纯锗 $\gamma$ 谱仪	能谱范围:3keV~3000keV 分辨率:5.9keV 半峰宽小于 0.45keV, 122keV 半峰宽小于 0.75keV, 1332.5keV 半峰宽小于 1.8keV	1	2
7	NaI 总 $\gamma$ 谱仪	分辨率(Cs-137FWHM/661.7): $<7.0\%$	1	2
8	$\alpha/\beta$ 仪	本底:0.05cpm ( $\alpha$ : 3MeV ~ 9.6MeV), 0.60cpm ( $\beta$ : 125keV ~ 2.2MeV) 效率:39%(241Am), 29%(90Sr)	1	1
9	液体闪烁计数器	能谱范围:0~2000keV 分辨率:0.1keV	1	2

表 R-4 油分析主要仪器

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
1	电热干燥箱	温度范围:室温~250℃ 恒温波动度: $\pm 1^\circ\text{C}$	3	5
2	电热干燥箱	温度范围:室温~200℃ 恒温波动度: $\pm 0.2^\circ\text{C}$	1	2
3	分析天平	称量 220g,感量:0.1mg	2	3
4	自动滴定仪	最大流续滴定容积 20mL,滴定速 度:0.02mL/min~60mL/min; 滴定 管分辨率:1/20000	2	2



续表 R-4

序号	名称	规 范	数量	
			2 台机组	4 台机组
5	开口闪点测试仪	最高测试温度:400℃ 误差:±1%	1	1
6	闭口闪点测试仪	最高测试温度:370℃ 误差:±1%	1	1
7	运动粘度仪	0.8mm <sup>2</sup> /s~1.5mm <sup>2</sup> /s	1	2
8	界面张力仪	测量范围:1mN/m~999mN/m 灵敏度:0.1mN/m	1	2
9	介质损耗及 体积电阻率仪	温控范围:5℃~120℃,精确度: ±0.5℃ 测量范围:2.5MΩ·m~20TΩ·m	1	2
10	耐压仪	电压测试范围:0~99.9kV 电压上升速率:0.5/1/2/3/5	1	2
11	微量水分 测定仪	测量范围:10μg~100mgH <sub>2</sub> O 灵敏度:0.1μgH <sub>2</sub> O/s	2	3
12	气相色谱仪	检测限:H <sub>2</sub> :0.2ppm,C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> /CH <sub>4</sub> :0.1ppm,CO:0.5ppm, CO <sub>2</sub> :15ppm	2	3
13	颗粒度仪	粒度尺寸范围:2μm~400μm	1	1
14	超声波清洗器	容积:22.5L,超声频率:40kHz	1	1
15	震荡仪	振荡频率:(275±3)次/min 振荡幅度:35mm	1	1
16	液相锈蚀仪	控温范围:0℃~100℃ 控温精度:±1℃	1	1
17	破乳化度测定仪	控温范围:室温~100℃ 控温精度:±0.5℃	1	1
18	油料分析光谱仪	24 个标准通道	1	1
19	色度仪	测量范围:(0.5~8)色度单位	1	2

## 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

- 《化学试剂 氢氧化钾》GB/T 2306
- 《氢气使用安全技术规程》GB 4962
- 《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T 12145
- 《锅炉蒸汽的采样方法》GB/T 14416
- 《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871
- 《水电解制氢系统技术要求》GB/T 19774
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《工业用水软化除盐设计规范》GB/T 50109
- 《石油化工企业设计防火规范》GB 50160
- 《氢气站设计规范》GB 50177
- 《火力发电厂海水淡化工程设计规范》GB/T 50619
- 《水处理用滤料》CJ/T 43
- 《火力发电厂水处理用活性炭使用导则》DL/T 582
- 《发电厂凝汽器及辅机冷却器管选材导则》DL/T 712
- 《发电厂水处理用离子交换树脂选用导则》DL/T 771
- 《火力发电厂凝汽器化学清洗及成膜导则》DL/T 957
- 《火力发电厂试验、修配设备及建筑面积配置导则》DL/T 5004
- 《火力发电厂职业安全设计规程》DL 5053
- 《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072
- 《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454
- 《火力发电厂烟气脱硝设计技术规程》DL/T 5480
- 《压水堆核电厂厂内辐射分区设计准则》EJ/T 316
- 《工业氢氧化钙》HG/T 4120

中华人民共和国电力行业标准

发电厂化学设计规范

**DL 5068—2014**

代替 DL/T 5068—2006

条 文 说 明



## 修 订 说 明

《发电厂化学设计规范》DL 5068—2014,经国家能源局 2014 年 10 月 15 日以 2014 年第 11 号公告批准发布。

本规范是在《火力发电厂化学设计技术规程》DL/T 5068—2006 的基础上修订而成,上一版的主编单位是山东电力工程咨询院,参编单位是西北电力设计院、河南省电力勘测设计院、北京国电华北电力工程有限公司、西南电力设计院、中国电力工程顾问集团公司、广东省电力设计研究院,主要起草人是胡廷谦、袁萍帆、陶逢春、张富礼、李承蓉、余乐、汤东升。

本规范修订过程中,编制组对于火力发电厂和核电厂进行了广泛的调查研究,总结了发电厂化学系统的设计和运行经验。

为了便于设计等有关单位人员使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《发电厂化学设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范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 .....	(125)
3	水的预处理 .....	(126)
3.1	一般规定 .....	(126)
3.2	系统设计 .....	(126)
3.3	设备选择 .....	(127)
3.4	布置要求 .....	(128)
4	水的预脱盐 .....	(129)
4.1	一般规定 .....	(129)
4.2	系统设计 .....	(131)
4.3	设备选择 .....	(131)
5	水的除盐 .....	(133)
5.1	一般规定 .....	(133)
5.2	系统设计 .....	(136)
5.3	设备选择 .....	(137)
6	汽轮机组的凝结水精处理 .....	(139)
6.2	系统设计 .....	(139)
6.3	设备选择 .....	(141)
6.4	布置要求 .....	(142)
7	热力系统的化学加药 .....	(143)
7.1	一般规定 .....	(143)
7.2	系统设计 .....	(143)
7.3	设备选择 .....	(143)
7.4	布置要求 .....	(144)
8	热力系统的水汽取样及监测 .....	(145)



9	冷却水处理 .....	(147)
10	热网补给水及生产回水处理 .....	(150)
11	制氢和供氢 .....	(151)
11.1	一般规定 .....	(151)
11.2	系统设计 .....	(151)
11.3	设备选择 .....	(153)
11.4	布置要求 .....	(154)
13	变压器油净化 .....	(155)
14	药品贮存和计量 .....	(156)
14.1	一般规定 .....	(156)
14.2	石灰系统 .....	(156)
14.3	混凝剂及助凝剂系统 .....	(156)
14.4	酸、碱系统 .....	(156)
14.5	氯化钠系统 .....	(157)
14.6	杀菌剂系统 .....	(157)
14.7	超/微滤、反渗透加药及清洗系统 .....	(158)
14.8	稳定剂系统 .....	(158)
15	管道及阀门 .....	(159)
15.1	一般规定 .....	(159)
15.2	管道及阀门设计 .....	(159)
16	防腐设计 .....	(160)
17	仪表和控制 .....	(161)
18	化验室及仪器 .....	(162)

## 1 总 则

**1.0.4** 由于地表水、再生水这类水源水质会受到自然气候如暴雨、洪水、干旱或其他人为污染的影响,所以需要较多时间段的水质资料,掌握其变化情况和规律。

### 3 水的预处理

#### 3.1 一般规定

3.1.1 本条对水源的选择原则作出规定。

3 在节水要求高的项目中,如果通过提高循环水浓缩倍数,减少排污水量,也无法将排污水完全利用,可考虑将循环水的排污水作为锅炉补给水及热网补给水处理系统水源。

3.1.4 对于凝聚澄清或超滤处理工艺等都有较为适宜的进水水温要求,当水温过低时,会影响处理效果或降低设备出力,需要考虑加热措施;而有些回用水,如矿井的排水等由于水温过高,超过处理设备允许的进水温度要求,则需要采取降温措施。

#### 3.2 系统设计

3.2.1 本条对预处理方式的确定原则作出规定。

1 根据过滤器进水水质要求,给出直接进入过滤器的水中悬浮物值宜为 20mg/L 以下。接触混凝也称为直流凝聚,即不设澄清设备,直接在过滤设备进水侧投加混凝剂。接触混凝仅适用于水的浊度较低的情况,一般在 70NTU 以下,同时过滤设备宜采用截污能力大的双介质过滤器(池)。混凝剂多采用铁盐,因其形成的矾花密度大,同时过滤设备进水侧加药点之后水流应有 5min~10min 的混合时间再进入过滤器(池)。

4 对于不同处理方法,非活性硅的去除率参考数值如下:

接触混凝、过滤:约 60%;

混凝澄清、过滤:约 90%;

混凝澄清、过滤、一级除盐加混床:约 90%;

超/微滤膜处理:30%~90%;

反渗透:100%。

在使用超/微滤膜去除非活性硅时要特别注意,由于超/微滤膜膜孔径的不同,去除率也各不相同。据了解,某电厂超滤膜非活性硅去除率为70%,而另一电厂微滤装置进水硅含量为10.3mg/L,出水为10.25mg/L,基本没有去除能力。

**3.2.6** 表3.2.6-1 过滤器进水水质是根据相关水处理手册及工程经验总结出来的。

在表3.2.6-2中,对压力式超/微滤装置进水浊度要求为小于5NTU,主要是考虑尽量减少膜的污染,否则会造成超滤装置反洗频繁,自用水耗增高,并且加速膜的污染。

**3.2.7** 由于超/微滤装置产水浊度极低,如使用其他水源如进水进行反洗,会对超滤膜产水侧造成污染,且难以清洗,影响出水水质。

要求将超滤产品水管直接接入产品水箱,是为了保证超滤装置及后续系统运行平稳。曾有设计将超滤产水管道接在超滤产品水箱与后续处理工艺给水泵进水连接管道上,造成超滤装置及后续水处理系统运行压力和出力等波动,无法平稳运行。

**3.2.8** 原水加热器应设置在流量稳定的管路上,主要是为了防止加热器进汽调节阀频繁动作。如果将加热器设在超滤装置进水管道上,由于超滤装置需要频繁停运反洗,进水管道的流量值波动很大,致使加热器运行也不稳定,实际工程中,已发生多起超滤膜进水超温致使膜损坏,超滤出水污染指数(SDI)上升的事故,所以应将加热器设在水源来水管道上(原水箱进水侧)或后续反渗透进水管道上。

### 3.3 设备选择

**3.3.2** 本条对过滤器(池)的设计作出规定。

4 活性炭过滤器仅进行水反洗即可,不应采用空气擦洗,因为活性炭过滤器是用于去除有机物或余氯,截留悬浮物较少,采用

空气擦洗会使活性炭破碎,影响使用效果。

6 过滤器填料不宜使用瓷砂,因其易于粉碎,质量难以保证,使用效果不好。

**3.3.3** 随着运行时间延长,超滤膜的不可逆污染会造成膜通量下降,为保证超滤装置的出水量一直维持在设计值的要求,就需要在设计中确定一定的膜富余量,本次修订中根据工程经验和超滤膜制造商的数据规定了膜通量取值范围。

### **3.4 布置要求**

**3.4.5** 如果在风沙大的地区将风机布置在室外,会使风机出风含尘量增加,影响设备反洗效果。

## 4 水的预脱盐

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 水的预脱盐包括反渗透法、蒸馏法(多级闪蒸、低温多效蒸馏、压汽蒸馏等)等工艺。

1 美国电力研究协会(EPRI)的《补给水处理导则》TR-113692 规定原水含盐量高于 500mg/L 应设预脱盐装置。但经计算,当水中含盐量高至 400mg/L 及以上时,采用传统的离子交换除盐设备,运行周期较短,再生频繁,酸、碱废水排放量较大,对环境会产生一定的污染。此外,随着反渗透膜的广泛应用,预脱盐装置的价格已有较大幅度的下降,故对高于此含盐量的水源,推荐采用反渗透预脱盐。低于此含盐量的水采用传统的离子交换除盐工艺,需要时可选用弱型树脂,运行时间也可以满足要求的 20h。而水中含盐量低于 300mg/L 的淡水水源可以不经预脱盐,直接选用离子交换除盐工艺。

2 反渗透对水中有机物及二氧化硅均有较高的去除率,根据资料介绍,反渗透膜通常可以脱除分子量 100~200 的低分子有机物,第一级反渗透可去除其进水 TOC 的 90%(两级离子交换除盐对 TOC 的去除率约 90%),因此当水源中有机物含量较高、除盐系统不能满足有机物去除要求时,应在离子交换除盐前设置反渗透预脱盐装置,以降低进入后续除盐系统的有机物,确保除盐水的 TOC 满足相关要求,直流锅炉对补水 TOC 要求小于 200 $\mu$ g/L,宜设置反渗透预脱盐装置。同样,当水源二氧化硅含量高时,利用反渗透预脱盐可大大降低后续除盐系统出水的硅含量,供热机组补水率较高,传统的两级离子交换除盐系统的出水作为锅炉补充水,易导致蒸汽汽电导率不合格,故宜根据水质核算是否设置反渗透

预脱盐。

5 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  $40\text{mg/L}$  ( $\text{CaCO}_3$ ) 或更高,碱度  $40\text{mg/L}$  ( $\text{CaCO}_3$ ) 或更高,最终 pH 值为  $8\sim 9$ 。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  $40\text{mg/L}\sim 60\text{mg/L}$  (以  $\text{CaCO}_3$  计),碱度  $40\text{mg/L}\sim 60\text{mg/L}$  (以  $\text{CaCO}_3$  计),pH 值  $8.0\sim 9.0$ ,且同时加入缓蚀剂的条件下,静态年腐蚀速率约为  $0.030\text{mm/a}\sim 0.065\text{mm/a}$ ,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  $2\text{m/s}$ ),年腐蚀速率仅可控制到小于  $0.33\text{mm/a}$ ,超过《压力容器的构造》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  $0.035\text{mm/a}$ ,动态年腐蚀速率可达到小于  $0.055\text{mm/a}$ 。

4.1.2 反渗透的产水量与水温有关,在一定的膜通量下,低运行水温将导致较少的产水量,或需要更高的反渗透给水压力维持低温下的产水量,容易导致反渗透膜被压实。同样,在要求的产水量下,设计水温越低,需要的膜数量越多。所以规定水源最低温度高于  $10^\circ\text{C}$  时,可不设加热器,主要权衡了反渗透系统的基建投资、运行能耗等相关因素。

4.1.3 表 4.1.3 给出了锰、铝控制指标,由于锰、铝杂质会引起反渗透膜的污堵,因此本次修订中增加了对锰、铝含量的控制指标。指标数据取自美国 EPRI 的《补给水处理导则》TR-113692。反渗透装置的最佳设计水温取  $20^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ ,主要是考虑降低运行能耗。

4.1.4 反渗透脱盐率的取值范围取决于反渗透装置的给水含盐量,当进水含盐量低时,宜取下限值。反渗透装置的水回收率与装置中每个压力容器内膜元件的数量,压力容器的级、段配置有关,

其主要取决于浓水侧各类结垢离子浓缩后浓度的影响,常见的难溶盐有  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$  和  $\text{SiO}_2$ ,其他可能产生结垢的化合物有  $\text{CaF}_2$ 、 $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{SrSO}_4$  和  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 。反渗透浓水的浓缩倍数与装置的水回收率存在如下关系:  $1/(1-\text{水回收率})$ ,即水回收率越高,则浓缩倍数越高,浓水侧的结垢风险也越高。

**4.1.6** 反渗透预脱盐装置的出力及套数配置主要取决于进水含盐量以及后续除盐工艺。对于低含盐量淡水,鉴于机组启动各阶段用水水质(主要指 TOC 指标)要求相对较低,并考虑到反渗透装置长时间停运带来的水质污染及维护费用贵的问题,故在水质条件下,离子交换器前的反渗透装置出力可适当优化,即离子交换器总出力不一定与反渗透装置的总出力完全相匹配,可以大于反渗透装置的总出力。在正常运行时,当有 1 套反渗透清洗或检修时,其余反渗透装置能满足全厂正常用水量的供水要求即可。

## 4.2 系统设计

**4.2.8** 为了防止反渗透膜浓水侧的污染,在反渗透装置停运时,一般采用反渗透产水进行冲洗。

**4.2.10** 第二级反渗透装置进水加碱的目的是为了去除碳酸化合物,减少后续除盐的进水离子负荷,对于后续采用 EDI 装置除盐则尤为重要。二级反渗透装置进水加碱量应根据水质计算确定,单位体积水的加药量一般很少,在制水量较小时,若按工业碱浓度添加,很难精确调节水的 pH 值达到目标值,且会影响后续 EDI 系统的出水品质,处理水量越小,则碱液稀释浓度应越低。

## 4.3 设备选择

**4.3.1** 设置保安过滤器的目的主要是为了截留来自水箱的细小颗粒,保护高压泵和反渗透膜,故保安过滤器无需采用反洗型滤芯。曾有工程选用反洗型的保安过滤器,运行中发生因保安过滤器反洗不当,致使滤芯脱落,造成反渗透膜面的污堵。



**4.3.2** 高压泵出口设置电动慢开阀门是为了防止反渗透装置启动时,瞬间产生的给水流量对反渗透膜的水力冲击。高压泵采用变频控制,既有利于进水水温、进水含盐量偏离设计值时的进水压力的自动调整,还可避免反渗透装置启动时瞬间产生的给水流量对膜产生的水力冲击。

**4.3.3** 复合膜反渗透装置的设计膜通量是参考相关反渗透膜厂商的推荐值,并结合实际工程的应用经验,经汇总后提出的推荐值。

**4.3.4** 设置产水箱主要出于稳定产水背压,方便运行。有工程在后续系统为反渗透装置时,未设置产水箱,实际运行发现,调试阶段很难协调控制好前后系统的流量匹配,给调试带来麻烦,当程控投运后,正常运行则能保持稳定的流量匹配。

1 当除盐水制备系统处理水量大时,水箱的停留时间可取下限值,电除盐工艺前置水箱建议容积较小,目的是为了减少水的停留时间,防止空气中二氧化碳对电除盐进水水质的影响。

2 后续处理为膜装置时,采用钢制内防腐或不锈钢水箱可以避免颗粒杂质进入水中。

## 5 水的除盐

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 多级闪蒸(MSF)或多效蒸馏(MED)产品水的含盐量应达到  $3\text{mg/L} \sim 10\text{mg/L}$ ,但是曾有国产设备运行后产品水水质不理想,淡化水含盐量高达  $40\text{mg/L}$ ,导致混床运行周期短,酸、碱耗量高。所以若多级闪蒸(MSF)或多效蒸馏(MED)产品水后续除盐处理工艺选用混床,应确认蒸馏设备出水水质的可靠性。

蒸汽携带包括机械携带及溶解携带,其中机械携带也称水滴携带,是指从锅炉汽包出来的饱和蒸气夹带一部分炉水的小水滴,导致炉水中的钠盐、硅酸盐等杂质以溶液的形式进入蒸气。溶解携带是指饱和蒸气因溶解作用而携带炉水中的某一杂质,使蒸气纯度降低。

**5.1.2** 本次修订增加表 5.1.2-2,主要考虑到工程实践中,有一级反渗透产水直接进入混床,但实际运行中混合离子交换器的运行周期很短,由于混合离子交换器再生酸、碱比耗远高于单床,过短的运行周期给混合离子交换器的再生带来一定麻烦,且导致酸、碱用量的大幅度增加,故对于预脱盐后续混合离子交换器,提出了表 5.1.2-2 要求的进水水质。

**5.1.3** 电除盐工艺有其适用的场合,主要适用于制水量不大、对水的电导率要求较高的电子行业。对于供热电厂或制水量较大的除盐系统,由于电除盐装置前处理需要两级反渗透预脱盐,其系统造价以及布置场地相比两级离子交换除盐系统是无优势的,尤其应该注意到,为了去除一级预脱盐产水中剩余 3% 的盐量,需要付出的代价却是“一级反渗透+电除盐装置”,其代价远高于一级反

渗透预脱盐去除原水中 97% 的盐量所需,这是很不经济的,不仅造价高、运行能耗高,且用这些代价换取微量酸、碱的节省也是得不偿失的,故供水量越大,电除盐工艺的性能比越差,且占地面积也不省。而对于较小的制水量,由于系统简单,可相对成套集中布置,电除盐系统有很大的优势。电除盐装置水回收率较高,为了避免膜表面潜在的浓差极化,并确保装置的产水水质,应严格控制进水水质。

**5.1.4 核电厂的一回路、二回路水质**目前各工程各不相同,应按照所设计的核电机组一回路、二回路的水化学条件执行。表 1 为一些核电厂二回路对用水水质的具体要求,供参考。

表 1 部分核电厂二回路用水水质要求

序号	指标名称	H 厂数值	T 厂数值	D 厂数值	Q <sub>1</sub> 厂数值	Q <sub>2</sub> 厂数值
1	电导率(25℃, $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	0.08	<0.30	$\leq 0.20$	—	<1.0
2	二氧化硅( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<5	$\leq 20$	$\leq 20$	$\leq 20$	—
3	钠离子( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 5$	<2
4	钙离子( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	—	—	—	—
5	镁离子( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	—	—	—	—
6	氯离子( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	$\leq 50$	$\leq 10$	$\leq 5$	<2
7	氟离子( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	$\leq 50$		$\leq 50$	<2
8	硫酸根( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	—	$\leq 10$	$\leq 5$	—
9	总悬浮固体( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<5	—	$\leq 50$	—	—
10	铝( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	—	—	—	—
11	铜( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	—	—	—	—
12	铁( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<1	—	—	$\leq 5$	—
13	油及重油产物( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	—	$\leq 500$	—	—	—
14	TOC( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	<50	—	—	$\leq 50$	—

**5.1.5 除盐水制备系统的正常出力**是指系统连续运行的对外供水量,若为机组断续补水宜折算为连续供水量进行核算。对于表 5.1.5 有以下几点说明:

(1) 取样系统未被污染的样水可回收至凝结水精处理系统前, 加药系统配药用水属热力系统内消耗, 均不再另计。

(2) 厂内其他用水、用汽损失可以包括膜法加热用汽、暖通系统补充水、间接空冷机组循环冷却水损失, 应注意这些用水、用汽的时段(冬季或夏季), 必要时, 应将厂内夏季需水量与冬季需水量相平衡或通过水箱贮存平衡。

(3) 压水堆核电机组由于排污水均处理后回用于蒸汽发生器, 故该水量无需另计。

**5.1.6** 除盐水箱的容量应与除盐系统的出力相协调, 其原则是小出力的除盐系统配大容量除盐水箱, 或大出力除盐系统配小容量除盐水箱。火力发电厂锅炉的化学清洗及启动阶段用水量较大, 而核电厂则主要是启动阶段用水量较大。

**3** 间接空冷机组由于水化学工况要求控制的 pH 值较低, 机组启动阶段不宜长时间等水, 否则将导致热力系统的腐蚀, 故除盐水箱的容积宜适当放大。

**4** 供热量较大的背压机组一般为小机组, 按上一版标准的原条文 1h~2h 的供水量设计除盐水箱总容量时, 普遍反映除盐系统允许停运检修的时间太短, 且其除盐水的贮备量与凝汽式电厂相比安全性差距太大, 实际设计中, 往往业主均要求放大除盐水箱总容量, 故本次修订将其适当放大。

**6** 对于核电厂, 当机组台数多于 4 台时, 宜适当增加除盐水的贮量, 主要考虑核电站除盐水箱的容积除需要满足机组启动及事故用水外, 还应考虑一定的核安全应急用水的贮量。

另外, 除盐水箱容积选择还应考虑机组的扩建条件, 如一期建设参数较低的机组, 若二期可能扩建较高参数的机组, 则一期的水箱容积可适当加大, 以防止二期扩建后因水箱无法布置而需要另外择地而建, 给后续机组扩建带来麻烦。

核电厂除盐水箱的总有效容积设计除应考虑核岛和常规岛启动和正常补水需求外, 还应保证在核电厂事故时核岛和常规岛的

应急供水要求。除盐水箱贮存水量要同时满足全厂 1 台机组启动或事故及其余机组正常运行工况,或全厂所有机组事故工况时的应急补水所需的除盐水量要求。除盐水箱总容积设计可参照本条规定的原则确定。

**5.1.7** 当离子交换器配置数量较多时,且原水未经反渗透预脱盐,应根据离子交换器每天再生设备的数量,设置再生备用设备。而若原水经过反渗透预脱盐,由于离子交换器运行周期可以较长,一般可不设再生备用设备。另外,设置再生备用还与制水系统的出力取值有关,若出力裕度较大,则可不考虑,反之,则需设再生备用设备。

**5.1.8** 随着反渗透预脱盐装置的普及,离子交换器的运行周期没有必要定得太短,否则将导致过多的酸、碱废水排放,若前置设有反渗透预脱盐装置的离子交换器则不受此限制(运行周期会较长)。混合离子交换器规定不小于 7d 的运行周期也是对混床的进水水质提出了一定的要求,可参见本规范第 5.1.2 条的条文说明。

**5.1.9** 背压供热机组无凝结水,除盐补充水量大,为了防止热力系统的局部腐蚀,应碱化补入热力系统的除盐水。

## 5.2 系统设计

**5.2.3** 对于未经预脱盐的除盐系统给水,除盐设备分组配置再生设备是考虑设备运行周期较短,以方便可以同时再生离子交换器,一般每 4 台交换器设置 1 套再生装置。当除盐系统给水经预脱盐后,水中含盐量较低,离子交换器的分组应计算确定。

**5.2.7** 近几年设计的凝汽式电厂均设置了离子交换除盐系统的树脂贮存罐,大多数电厂反映从未用过,即使阳、阴离子交换器难得检修,也直接将树脂卸入多个塑料桶中,而后由桶直接倒入离子交换器中,故若阳、阴离子交换器数量少时,由于离子交换器检修频度很低,可不设置检修用的树脂贮存罐。但当离子交换器数量多于 6 台时,宜设置树脂贮存罐,且树脂输送管道应为固定连接。阳、阴树脂贮存罐分设主要是为了防止树脂的交叉污染。

**5.2.8** 离子交换器台数及出力要求与反渗透装置出力相匹配主要是为了方便运行管理,如1套反渗透装置对应1系列离子交换器,也可2套反渗透装置对应1系列离子交换器,但后者更方便运行及系统增容扩建,且投资增加不多。

**5.2.10** 本条对除二氧化碳器的设置作出规定。

1 石灰处理后,实际运行碱度一般大于或等于1mmol/L,故删除了上一版标准中石灰处理后可不设除二氧化碳器的内容。进水碱度小于0.5mmol/L主要针对传统离子交换系统阳床而言,当设置反渗透预脱盐装置后,应注意即使不加酸,反渗透产水pH值也较低,二氧化碳含量会高于反渗透进水,预脱盐产水作为后续工艺进水时,除二氧化碳器是否设置应经计算确定。

2 反渗透给水加酸调节,其后续工艺应设除二氧化碳器;主要由于反渗透给水加酸调节后,碱度转化为二氧化碳气体,而反渗透膜不能脱除二氧化碳,故后续工艺宜设置除二氧化碳器。除二氧化碳器设置在紧接反渗透装置后,还是在后续一级除盐阳床后,主要以延长阴床的运行周期为目的,并考虑如下因素:当允许原水有更宽的水质变化范围时或即使在膜的脱盐率下降,以期延长膜的使用寿命时或当原水含盐量不高,在反渗透装置故障时可以旁路一部分清水直接进入一级离子交换除盐系统时,建议除二氧化碳器设置在后续一级除盐阳床之后;当反渗透产水含盐量不高时,也有工程将除二氧化碳器设置在反渗透装置后的预脱盐水箱之上,以节省系统的初投资及占地面积。

**5.2.12、5.2.13** 除盐水的供水系统包括泵组和管道,其设置要考虑尽量减少设备和管道故障及维修对全厂供水的影响。

**5.2.14** 不允许热力系统的疏排水回到除盐水箱是为了确保除盐水的高品质,防止热力系统的疏排水受污染时影响除盐水的品质。

### 5.3 设备选择

**5.3.1** 本次修订删除了原规范附录D中混合离子交换器的酸、碱

再生耗量,主要因为按原来数据计算的阳树脂再生时间太短。而树脂工作交换容量与交换的水质(种类及浓度)、树脂层高、再生剂(种类、浓度和剂量)及再生流速等因素有关,故混床树脂的工作交换容量难以确定。根据国外相关树脂厂的经验,混床在规定的再生浓度下,树脂的再生剂接触时间可为 15min~60min,再结合国内的设计及运行经验,再生剂接触时间定为 15min~30min;设计中应根据设备进酸、碱时间和再生液浓度、再生液流速计算出再生剂耗量。

### 5.3.2 本条对阳、阴离子交换器的设计作出规定。

1 弱型树脂工作交换容量大、再生剂比耗低(基本按化学当量的再生),即使在顺流再生时也可得到高的再生效率,且顺流再生设备无需中排装置,结构简单,运行方便。

2 浮动床由于运行过程中树脂呈上浮压实状态,其树脂装载的高度可以较高。此外,浮动床在周期运行时间内不允许停运后再启运,否则树脂乱层后,出水水质会恶化导致运行周期缩短,故其适用于外供水量大而连续的场合。

5.3.3 浮动床及双室固定床离子交换器均因无树脂的反洗膨胀空间,故需设体外清洗罐。

5.3.4 对流再生离子交换器上部设置 200mm~300mm 的压脂层,更有利于树脂在再生中不乱层。

5.3.8 本条对除二氧化碳器及附属设施的设计作出规定。

1 参考美国 EPRI 协会的《补给水处理导则》TR-113692,除二氧化碳器的淋水密度下限由  $40\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  改为  $48\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  设计,且与实际设计相吻合。

5.3.9 本条对电除盐装置的设计作出规定。

8 每块模块配置 1 台电流与电压可调、电流与电压可显示的整流装置,以保证任何一块模块因过热而自动切断该模块电源时,其他模块仍能正常运行。

## 6 汽轮机组的凝结水精处理

### 6.2 系统设计

**6.2.1~6.2.3** 对火力发电厂不同参数下的各类型机组的凝结水处理系统选择原则作出了规定。

直流锅炉由于无法进行炉水排污,要求的水汽品质要高,全部凝结水应进行处理,不应有部分旁路凝结水不经处理进入给水系统,所以混床需有备用设备。直流炉给水铁的含量要求要比同参数的汽包炉小一半,所以直流炉还应设置除铁过滤器。除铁过滤器在运行一段时间后需要反洗或更换滤元,如仅设置 1 台,在反洗或更换滤元时,全部凝结水得不到处理,如设 2 台或 3 台以上的过滤器,则能保证 50%或更多量的凝结水得到处理,但台数过多时,占地面积大,处理系统总投资也大,因此需要合理选择。

当冷却水水质很差时,凝汽器少量的泄漏会对凝结水造成较大污染,而此时若有 1 台混床失效,则凝结水不能进行全流量的处理,会使水汽品质恶化,危害机组安全运行,所以这种情况下,凝结水除盐设备应设有备用。

给水采用加氧处理工况设计的汽轮机组要求的给水水质高,凝结水精处理除盐装置应设有备用设备才能保证凝结水全流量处理。

本次修订删除了上一版标准中亚临界 600MW 级湿冷机组凝结水精处理除盐设备设有备用的要求,因凝结水精处理工艺选择主要是根据锅炉压力和冷却系统情况决定的,亚临界 300MW 级与 600MW 级机组在凝结水精处理系统设计上应是相同的要求。

直接空冷的汽轮机组,由于空冷器面积非常大,凝结水系统含铁量也非常大,所以凝结水精处理系统的除铁设备应设置备用。



对于亚临界直接空冷机组,许多是采用树脂粉末过滤器的,但由于其仅能除铁,而基本无除盐能力,所以热力系统的水质偏差,在施工安装阶段进入管道的沙尘等杂质会导致机组投运初期的较长时间内,给水和炉水电导率高,硅含量超标,洗硅时间很长,因此本次修订时推荐使用阳阴分床方案,阳阴分床系统既可除铁,也可除去水中的盐分杂质,对于保证机组水汽品质更为有效。但由于阳阴分床系统设备台数较多,布置占地面积大,因此亚临界机组可不考虑设置备用。如采用粉末树脂过滤器,则应在机组安装时认真清洗机组排气管道,投运初期需要加强过滤器的不断重新铺膜。

对于超临界直接空冷机组选用粉末树脂过滤器加混床系统,已取得了很好的运行效果,但由于前置过滤器加阳阴分床系统由于占地面积较大,系统运行压差较大,目前仅在河北上安电厂使用,其他超临界直接空冷机组均选用了粉末树脂过滤器加混床系统。

对于表面式间接空冷机组,应按照同参数湿冷机组的要求设置凝结水精处理系统。原规范对亚临界表面式湿冷机组规定可采用具有一定除盐能力的系统,即指粉末树脂过滤器,但通过对山西阳城电厂和宁夏大武口电厂的运行情况调查,仅采用过滤器是无法保证机组水汽品质满足要求的,因此修改为要求设置除盐设备。

对于承担调峰负荷的超高压汽包锅炉供汽的汽轮机组,如经常启停,其给水系统容易产生铁腐蚀产物,所以设置除铁装置,保证水汽品质。

**6.2.4** 对于核电厂,为了减少核电厂二回路热力系统的腐蚀,给水要求控制尽可能高的 pH 值,当采用氨作碱化剂时,加氨量大,凝结水精处理系统选用“前置阳床+混床”处理工艺,设置前置阳床,从而可有效延长后续混床的运行周期。

**6.2.5** 中压系统,是指机组凝结水精处理系统均是串联在凝结水泵和低压加热器之间,凝结水精处理系统设计压力与凝结水泵压力相适应。

**6.2.6** 火力发电厂凝结水精处理系统除铁和除盐装置分别设置旁路阀,便于系统运行时可根据情况分别选择旁路过滤设备或除盐设备,当需要全部旁路时,则将两个旁路全部开启。不设置“除铁+除盐”系统大旁路是从节省投资、减少误操作和系统渗漏等角度考虑的。

**6.2.7** 出于主系统的安全给水考虑,并吸取了三哩岛核电厂2号机组事故的经验教训,保证凝结水精处理系统在任何故障的情况下均不会影响二回路的安全供水,凝结水精处理装置与凝结水主管路采用旁流连接方式,且主凝结水管上不允许设隔离阀。为达到凝结水全流量精处理的目的,约有5%的处理后凝结水量需要从精处理系统出口通过主凝结水管回流到精处理系统进口,阻止凝结水通过主管道流走。

**6.2.8** 当混合离子交换器阳树脂被凝结水中的氨置换为氨型时,混合离子交换器出水呈碱性,实际上就无法去除水中的阴离子,因此出水水质也无法满足超临界机组、加氧运行机组或核电厂凝结水水质要求。

### 6.3 设备选择

**6.3.3** 为考虑机组安全,凝结水处理设备树脂再生应采用体外再生方式,这样可以减少离子交换器内部的分配装置,减小设备的运行阻力,同时避免再生酸、碱进入热力系统。树脂在专门的容器中再生,可以选择最佳的设备直径和高度比例,获得较好的水力特性。

**6.3.4** 火力发电厂机组容量较大时,如1000MW级机组,混床台数一般为4台,根据调查,2台机组共用1套再生装置是可以满足运行要求的,但混床台数多,失效的台数也会多,需增加树脂贮存罐,增加备用树脂套数,使失效混床中的树脂及时卸出,送入再生好的树脂,保证备用混床可及时投运。

**6.3.5** 核电厂因给水pH值高、设备运行周期短、每台机组的精

处理设备台数较多,并且为便于机组单元运行管理,所以体外再生装置应按照每台机组 1 套设置。

**6.3.6** 本规范附录 J 中混床阳、阴树脂比例是在对设备运行进行调研的基础上进行了调整,位于阳床之后的混床阳、阴树脂比例 1:3 是根据美国 EPRI 导则确定的。

本次修订中将树脂再生度统一规定为:阳树脂 $\geq 99.6\%$ ,阴树脂 $\geq 97\%$ ,从而可以有效地保证交换器的出水水质和运行周期,而要保证高再生度,首先要求阴、阳树脂的分离度高,因此规定了再生系统树脂高分离度数据。

离子交换器阴树脂再生剂选用离子交换膜法生产的氢氧化钠,其杂质含量小,特别是氯离子含量低,可有效保证阴树脂的再生度,使混床出水的氯离子含量满足要求。特别是氨化运行的混床,要求阴树脂的再生度非常高,必须用高纯度的氢氧化钠进行再生。

本规范附录 J 中酸、碱要求是根据树脂再生度要求确定的,盐酸选用现行国家标准《工业用合成盐酸》GB 320—2006 要求的一等品或优等品质的工业盐酸,硫酸为《工业硫酸》GB 534—2014 要求的一等品或优等品质的工业硫酸,碱选用高纯度氢氧化钠,其品质为现行国家标准《高纯氢氧化钠》GB/T 11199—2006 规定的 HL-II 的一等品。

## 6.4 布置要求

**6.4.1** 当锅炉补给水处理室距离主厂房较近时,将再生设备布置在锅炉补给水处理室可以与其共用酸、碱贮存设备,也方便再生废水的排放。

**6.4.3** 再生装置和控制室宜相邻布置在同一层是为了方便运行人员的操作监控。

## 7 热力系统的化学加药

### 7.1 一般规定

7.1.2 本条对火力发电厂热力系统的化学加药处理设计作出规定。

7 对于机组的闭式除盐水冷却系统,应进行以防腐为目的的加药处理,应设置闭式水加药设施。加药设施单独设置可方便加药药品的选择。药品可选用联氨、氨或其他缓蚀剂如磷酸盐等,选择加氨时,要注意加氨量不会造成接触闭式水系统的设备铜部件腐蚀。

8 停炉保护加药设施也可利用给水加氨或加联氨设备,但需是在每台机设置1套加药设备的情况下,当某台机组要停机时,将联氨溶液浓度提高,利用给水加药泵投加。

7.1.3 因联氨的小鼠口服半数致死量( $LD_{50}$ )为59mg/kg,静脉注射 $LD_{50}$ 为57mg/kg,按照毒性危害程度分级,属于高度毒性化学品,因此不得采用含联氨的蒸汽加工食品或采用混合方式加热生活用水。本条作为强制性条文,必须严格执行。

### 7.2 系统设计

7.2.6 因闭式除盐冷却水水质较差,用其配制药液,会造成凝结水、给水或炉水的污染。

### 7.3 设备选择

7.3.6 根据现行行业标准《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454—2012的要求,氨储存箱、氨计量箱的排气应设置氨气吸收装置,因此本条规定氨液箱排气管道上应有防止氨气外泄的措施。

## 7.4 布置要求

**7.4.1** 加药设备布置在主厂房零米层,便于药品安全方便运输,如条件不允许,只能布置在楼上时,应充分考虑药品的搬运或输送问题。

**7.4.2** 由于目前氨和联氨均使用单独密闭容器贮存,现行行业标准《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454—2012 中取消了在1999 版中设置单独的氨和联氨药品贮存间的要求,因此本次修订中取消了联氨贮存罐布置在单独的药品贮存房间的要求。

**7.4.4** 化学加药装置与水汽取样监测装置相对集中布置可方便运行管理,也方便一些控制信号的传输。

## 8 热力系统的水汽取样及监测

**8.0.2** 因有的加药量控制是根据取样点来信号控制的,如给水或凝结水加氨是需要通过加氨点后的电导率信号控制的,所以加氨点后合适的位置应有取样点,并应设置电导率表。

**8.0.3** 按照现行行业标准《火电厂汽水化学导则 第1部分:锅炉给水加氧处理导则》DL/T 805.1,增加了汽包炉加氧运行时需要连续监测溶解氧含量的测点。

本次修订按照现行行业标准《火电厂汽水化学导则 第1部分:锅炉给水加氧处理导则》DL/T 805.1,对直流炉机组水汽在线监测仪表进行了调整。

根据一些超超临界机组的运行经验总结,认为主蒸汽设置在线氢表意义不大,因此取消了超超临界机组可设置在线氢表的建议。另外,对于直流炉凝结水泵出口已安装有钠表,因此可不再设置电导率表。考虑到凝结水精处理系统出口要求设置有 pH 值表、阳离子电导率表,因此本次修订中取消了除氧器入口设置 pH 值表、阳离子电导率表的要求。

本次修订增加了核电厂常规岛水汽取样点及在线仪表配置要求以及燃气-蒸汽联合循环余热锅炉机组水汽取样点及在线仪表配置要求。

核电厂应定期监测给水等水汽样点中的腐蚀产物量(API1000要求给水每周取样监测一次),以评估运行过程中带入并沉积在蒸汽发生器内部管道表面上的金属腐蚀产物总量。美国材料实验协会(ASTM)标准的腐蚀产物检测方法为:采用0.45 $\mu\text{m}$ 的过滤膜及阳、阴离子交换膜的多重过滤,收集一定体积样水中的可过滤和不可过滤腐蚀产物,通过适当的化学分析方法分别检测出各种腐蚀产物的总量。为了方便样品的采集,故在表 K-3 中给水分析样点设置了

累积腐蚀产物取样装置,收集样水的各种腐蚀产物后送实验室检测。

**8.0.5** 人工取样设施主要指要设置人工取样阀,且应将样水温度、压力调整到合适运行人员手工取样的要求。

**8.0.7** 因机组水品质标准中(如电导率等)指标均是 25℃ 时的数据,冷却后样水温度在 25℃ 时测得的数据便于与标准对照。

**8.0.9** 因核电厂为了保护蒸发器不被腐蚀,对于凝结水水质的要求更高,所以不论冷却水是何水源,均需设置凝汽器检漏装置,且要求每台机组的各个凝汽器分别设置检漏装置。

**8.0.12** 本条对水汽取样及监测系统的设计作出规定。

2 根据 ASTM 标准 Designation: D1066—97(2001)《Standard Practice for Sampling Steam》要求,由于悬浮固体在蒸汽水平管道中的分层可能影响样品的真实性,取样点宜设在介质向下流动的垂直管上,并靠近管段上部。蒸汽管道断面介质流速相同时(即在湍流状态),可采取单孔(或单探头)取样方式;蒸汽管道断面介质流速变化时,宜采取多孔(或多探头)取样方式。

法国 Alstom 公司在核电工程设计中要求取样器按图 1 方式安装。

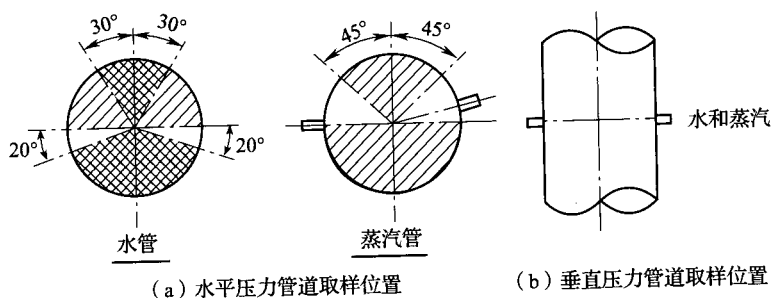


图 1 取样器安装方式

注: 为不推荐取样区域, 为禁止取样区域, 为推荐取样区域。

5 当蒸汽在取样后的输送过程中由于管道过长、温度降低而产生蒸汽凝结时,蒸汽中的部分溶解杂质也将随样品的减温沉积于管道内表面,影响样品的真实性。

## 9 冷却水处理

**9.0.2** 目前随着电厂建设对于节水要求的不断提高,循环冷却水系统的浓缩倍数应根据全厂的水量平衡确定,由可利用的排污水量来反算排污率从而确定浓缩倍数,根据确定的浓缩倍数选择合适的处理方案。

循环冷却水系统浓缩倍数设计值一般在 5 倍以下为宜,过高的浓缩倍数会造成电厂建设和运行费用的提高。但有的地区绝对不允许循环冷却水外排,需要将循环水排污水在电厂内自行循环使用,若排污水无法完全自用,就要提高浓缩倍数,需要采取一些降低循环水中碳酸盐硬度的处理措施,有时甚至需要采取降低含盐量的措施。

本次修订考虑到目前敞开式循环冷却水系统均使用较高的浓缩倍数运行,采用低 pH 值运行的工程极少,因此删除了 pH 值为 6.5~8 时的循环水水质控制指标。

本次修订,对于循环冷却水系统水质控制标准中的悬浮物指标进行了修改,原规范规定循环水悬浮物为:200mg/L~400mg/L(低 pH 值),300mg/L~400mg/L(高 pH 值),该值与化工等其他行业控制的循环水悬浮物含量值差别较大,高出许多,而且比电厂海水循环系统控制的悬浮物含量值也高出许多。根据调查,目前电厂循环水系统的悬浮物实际运行值也都在 100mg/L 以下,循环水系统的悬浮物含量过高,也会造成水质稳定剂和杀菌剂的耗量增加,因此本次修订规定循环水系统的悬浮物含量要控制在 100mg/L 以内。

考虑到目前阻垢药品性能较好,可有效提高循环水极限碳酸盐值,因此本次修订将循环水碱度( $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ )控制值修改为



400mg/L~500mg/L(以  $\text{CaCO}_3$  计)。

根据工程经验,原规范循环水中硫酸钙浓度积的控制指标偏高,实际运行难以达到,并且参考中国电力出版社出版的《火电厂循环冷却水处理》(高秀山主编)一书的数据,本次修订将硫酸钙浓度积的控制指标定为  $2.5 \times 10^6$ 。

**9.0.3** 本次修订增加了海水循环冷却水系统浓缩倍数、循环冷却水水质控制指标的具体数据。其浓缩倍数、循环水水质控制指标是根据西南电力设计院进行的海水循环冷却水处理试验研究及浙江宁海电厂海水循环系统运行经验总结得出的。目前,已运行的海水循环工程有宁海电厂二期  $2 \times 1000\text{MW}$  机组、北疆电厂  $2 \times 1000\text{MW}$  机组、深圳福华德电厂  $2 \times 50\text{MW}$  机组,均采用海水专用阻垢剂和杀菌灭藻剂处理循环海水,其中宁海电厂杀菌为液氯加非氧化性杀菌剂联合处理,海水循环系统运行浓缩倍数为 1.6 倍~1.8 倍,北疆电厂采用次氯酸钠杀菌处理,运行浓缩倍数为 1.8 倍~2.0 倍,福华德电厂为 2.0 倍左右。因此,推荐海水循环系统浓缩倍数为 1.5 倍~2.0 倍。

**9.0.7** 旁流处理水量宜控制在循环水量的 1%~5% 范围内,如处理水量过大时,则不如处理补充水更经济合理。

**9.0.9** 对于弱酸处理系统,一般处理水量大时,选用硫酸作为再生剂,因硫酸浓度高,存贮容积比盐酸小,综合价格比盐酸低,但硫酸再生浓度低,耗水量大,再生废液处理困难。所以当弱酸处理水量不大时,使用盐酸也是可行的。

**9.0.10** 循环水系统构筑物的混凝土对硫酸盐较为敏感,硫酸盐会对混凝土造成侵蚀,应根据硫酸盐含量情况选择合适等级的水泥或对混凝土构筑物表面进行防腐。氯离子对金属材质的腐蚀性较大,设计中应根据氯化物含量情况选择合适的金属材质。

一些工程中需要对循环水进行旁流凝聚澄清等处理,但循环水中添加的水质稳定剂等药品可能会对旁流处理凝聚澄清等工艺造成影响,在设计时要加以注意,必要时可通过实验确认是否存在

影响。

**9.0.12** 为提高杀菌剂的效果,可定期投加非氧化性杀菌剂,非氧化性杀菌剂主要有季铵盐、氯酚等,但由于非氧化性杀菌剂毒性较大,在使用中要慎重,不能因冷却水排水污染水源。

**9.0.13** 本条对杀菌剂加药系统设计作出规定。

**4** 一些北方寒冷地区,循环水中的有机物生长较少,一些电厂仅在夏季定期向循环水中加入杀菌剂,效果很好,而且简便易行,又省去了加药设备。在北方寒冷地区的空冷机组,辅机循环冷却水量小,采用此方案设计是完全可行的。

## 10 热网补给水及生产回水处理

**10.0.3** 因直流炉机组的给水品质要求高,如回水直接进入给水系统,会影响给水品质,所以应经过除铁和除盐处理。

## 11 制氢和供氢

### 11.1 一般规定

**11.1.3** 本条明确了发电厂制氢工艺和供氢工艺方案,发电厂用制氢工艺均为水电解制氢;随着大型专业外供氢气企业逐渐增多,采用外购氢气冷却发电机的电厂也越来越多,当电厂周围有可靠氢气来源时,其氢气压力、纯度、湿度能满足发电机要求,可采用管道向电厂供氢;购换氢瓶较方便时,可采用氢瓶供氢方式;条件允许时也可采用长管车输送、厂内贮存供氢方式。

**11.1.4** 由于氢气是可燃气体,且着火、爆炸范围宽、下限低。氢气与空气或氧混合时,形成一种混合比范围很宽的易燃、易爆混合物,因此制氢站和供氢站的安全生产十分重要,根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定,制氢站和供氢站的生产火灾危险性类别应为甲类。

**11.1.5** 由于制氢站和供氢站为易燃、易爆危险环境,为防止制氢站和供氢站建成后动火造成危害,宜统筹考虑近期扩建的机组用氢量,一次建成。

### 11.2 系统设计

**11.2.1** 本条增加了核电厂用氢气品质要求,在核电厂,氢气除用于发电机冷却外,还用于注入一回路化学及容积控制系统的容控箱,以抑制水被辐照分解生成氧;此外,对于 AP1000 核电机组,氢气还被用于注入除盐水分配水箱作为除盐水除氧。按照现行行业标准《氢冷发电机氢气湿度的技术要求》DL/T 651—1998,新建、扩建电厂供发电机充氢、补氢用的新鲜氢气露点温度小于或等于 $-50^{\circ}\text{C}$ ,核电厂暂无规程作为依据,其氢气纯度和露点参照已建和

在建机组的控制指标执行。AP1000 机组一回路氢气正常消耗量参考值为  $4\text{m}^3$  (标准状态下)/d, 除盐水分配水箱耗氢量参考值为  $41\text{m}^3$  (标准状态下)/d。

**11.2.3** 发电厂水电解制氢装置用原料水均采用水处理系统制取的除盐水, 其水质满足要求, 不需单独为制氢站设置原料水制备装置, 但应采用未加氨的除盐水。

**11.2.4** 电解槽碱液循环有强制循环和自然循环两种方式, 强制循环利用碱液循环泵实现电解槽碱液循环, 自然循环电解槽依靠自身系统压差形成碱液循环。碱液自然循环电解槽较省电, 但因流道设计要求高, 其电解槽体积大, 受流道设计限制, 自然循环电解槽宜用于小型低压及常压制氢装置, 因此推荐中压水电解制氢装置内碱液宜采用强制循环。水电解制氢系统内的碱液要按一定的速度和方向进行循环, 以便及时带走电解过程中产生的氢气、氧气和热量。

**11.2.5** 干燥净化装置对氢气进行干燥及过滤处理, 并利用干燥净化装置内催化剂使氢气中携带的微量氧气与氢气发生催化反应, 生成水后由分子筛吸附从而进一步净化氢气, 满足发电机冷却用氢要求。干燥剂一般采用分子筛, 分子筛需加热再生, 本条推荐电厂广泛采用的原料气加热脱吸再生方式, 因此再生过程不应排放氢气, 以保证安全生产。氢气干燥净化装置运行周期一般不小于 48h, 工作压降低至  $0.1\text{MPa}$ 。

**11.2.6** 发电厂制氢装置冷却用水一般采用除盐水闭式循环, 利用锅炉补给水处理系统出水进行补充。对于热带地区电厂, 由于工业冷却水温度高, 冷却后的除盐水水温不能满足制氢装置冷却要求时, 可采用冷冻降温方式。

**11.2.7** 氢气放空管设阻火器是为了在氢气放空时, 一旦雷击引起燃烧爆炸事故, 能起到阻止事故蔓延的作用。为防止压力大于  $0.1\text{MPa}$  氢气的放空管中铁锈在放空时引起燃烧、爆炸事故, 规定放空管在阻火器后的管材宜采用不锈钢管。本条增加了排放管出口高度要求, 由于现行国家标准《氢气站设计规范》GB 50177 和

《氢气使用安全技术规程》GB 4962 对于氢气放空管高度的规定不统一,本条按较严标准(现行国家标准《氢气使用安全技术规程》GB 4962—2008)的 2m 执行。

**11.2.8** 本条规定水电解制氢系统的产品氢气采用密封性好、不受润滑油污染、气缸散热性能良好、每级压缩比大的隔膜式压缩机,是考虑纯化后的氢气被压缩后气体不受油的污染和避免纯度降低等因素。

**11.2.10** 贮氢罐在贮存气体的过程中,氢气向上扩散,氧气沉在贮罐底部,“干氢”虽无水可排,仍应定时排污,将沉在罐底的氧气排出,否则时间一长会引起罐内局部气体纯度不合格。

**11.2.11** 核电厂供氢管道按机组单元设置是为了在供氢管道检修以及机组扩建时,进行安全隔离和管道施工安全管理,满足核电厂的运行管理要求。

**11.2.13** 本条对发电厂制氢和供氢系统自动化水平及分析仪表设置作出规定。供氢系统为监测来氢品质,可根据需要设置露点仪及纯度仪;制氢和供氢站宜同时配备便携式氢气检漏报警仪、便携式露点仪、便携式或实验室氢纯度仪等设备。

### 11.3 设备选择

**11.3.1** 本条对火力发电厂和核电厂制氢设备的台数选择作出规定。目前国产电解槽检修周期为 8 年~10 年,当采取贮气措施确保设备检修时可不中断供气时,火力发电厂水电解制氢装置可不设备用;由于核电厂制氢系统既供发电机冷却,又供一回路容控箱及除盐水箱除氧用,为保证核电厂运行安全,制氢系统应设置满足正常运行的备用制氢设备。

**11.3.2** 核电厂因设置了备用制氢设备,氢气贮存容积满足机组启动充氢量即可,不需考虑制氢设备检修期间用氢量的贮存容积。

**11.3.5** 本规范附录 N 表 N-1 数据是在调研大量国内 300MW、600MW、1000MW 国产氢冷发电机组设计及运行数据基础上提出

的日耗氢量、充氢容积、启动充氢量等参数范围,可供设计参考。附录 N 表 N-2 中 1000MW 机组为广东阳江核电厂数据,1250MW 机组为咸宁核电厂数据,而 1750MW 机组仅台山核电厂一例,由于采用了进口发电机,代表性不强,故未列其参数。

**11.3.6** 水电解制氢所需原料水理论消耗量为  $804\text{g}/\text{m}^3$  (标准状态下)  $\text{H}_2$ ,实际耗量约为  $845\text{g}/\text{m}^3$  (标准状态下)  $\text{H}_2 \sim 880\text{g}/\text{m}^3$  (标准状态下)  $\text{H}_2$ ,发电厂原料水一般来自除盐水处理车间,原料水箱按贮存 8h 以上原料水消耗量设计能满足运行要求。

**11.3.7** 选择屏蔽式电机以避免其运行对周边控制设备造成干扰。

**11.3.8** 氢气干燥净化装置主要包括吸附器、冷却器、气水分离器、电加热装置等,其处理容量、工作压力是与水电解制氢装置容量和压力相匹配的,由于干燥剂分子筛需加热脱吸再生,因此干燥装置应设备用设备。

## 11.4 布置要求

**11.4.1** 根据现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058—2014 中的有关条款规定,确定制氢站和供氢站有爆炸危险房间(电解间、氢气干燥间、氢气压缩机间、氢瓶间)为 1 区爆炸危险环境。

**11.4.2** 采用氢瓶供氢的电厂,氢气瓶均为钢质无缝气瓶集装格形式,氢瓶集装格一般设 20 个容积 40L、压力 15MPa 的氢气钢瓶,目前,氢气瓶的布置有两种:一种是钢瓶布置在室内的全封闭式布置,另一种是采用顶部设顶棚、上部敞开下部设墙体的半封闭式布置。

**11.4.3** 目前,福建地区外购氢基本上为长管钢瓶拖车运输,发电厂设中压贮氢罐及汇流排贮存供氢,如福建漳州后石电厂、江阴电厂、福州电厂等均采用此方案向发电机供氢。国外也有电厂不设贮氢罐而直接租借供氢厂商的长管拖车作为贮氢容器的实例,如波黑斯坦纳瑞(STANARI)  $1 \times 300\text{MW}$  燃煤电站就是直接采用长管拖车作为电厂贮氢容器,用完后接上车头拖走另换一车使用,随着社会的发展,这种模式可能会在国内采用,因此特制订本条。

## 13 变压器油净化

**13.0.2** 随着变压器技术和运行管理水平的提高,变压器检修及变压器油净化周期不断延长,发电厂不设集中的油处理室已成共识,但设置移动式变压器油净化设施对于变压器第一次充油和运行油劣化后的净化是必要的。

设置与不设置变压器油贮油箱各有优缺点;对全国 127 台机组的调研结果表明,不设置变压器油贮油箱的机组数量略多于设置变压器油箱的,近几年建设的机组也大多未设置变压器油贮油箱,所以不要求配备变压器油贮油箱。

**13.0.4** 油净化装置分为单级和双级,双级油净化装置与单级相比,具有脱水、脱气效果更好,过滤后击穿电压更高等优点。根据现行国家标准《运行中变压器油质量》GB/T 7595,不同电压等级的变压器对油中含水量、含气量、介质损耗因数、击穿电压等指标要求不同,变压器油净化装置应根据不同电压等级变压器合理选择。220kV 以上电压等级的变压器,新油投运前的净化要求油中含水量小于或等于 10mg/L、含气量小于或等于 1%、介质损耗因数小于或等于 0.005、击穿电压大于或等于 60kV,运行中油劣化后的净化要求油中含水量小于或等于 15mg/L、含气量小于或等于 3%、介质损耗因数小于或等于 0.020、击穿电压大于或等于 50kV,所以应选用双级真空油净化装置。



## 14 药品贮存和计量

### 14.1 一般规定

**14.1.2** 当非易燃、易爆化学药品供应地点较远或交通不便时,可适当增加其贮存量。次氯酸钠溶液很不稳定,在光照、加热、酸性环境等条件下自发发生分解反应,降低有效氯含量,贮存不宜超过7d;提高次氯酸钠溶液的碱度后,可增加其贮存天数,碱度介于2%~3%的次氯酸钠溶液可贮存10d~15d。

**14.1.7** 溶液箱的容积过小则配药次数过于频繁,每班配药不超过一次比较可行。

### 14.2 石灰系统

**14.2.1** 考虑到石灰消化操作的恶劣环境,结合国内实际使用情况,提出石灰药剂宜采用消石灰粉。

**14.2.4** 石灰乳液易堵塞设备及管道,应设置冲洗设施。

### 14.3 混凝剂及助凝剂系统

**14.3.3** 混凝剂及助凝剂采用计量泵加药的优点是:运行可靠,计量精确,并可方便通过改变计量泵行程或频率调节加药量,既可人工控制,也可自动控制。

### 14.4 酸、碱系统

**14.4.1** 长期使用的酸贮存罐,可能在某些部位产生腐蚀,使金属结构强度减弱,当采用压缩空气加压方式卸酸时,很可能使贮罐破裂,导致酸液带压外泄,造成人身伤害事故。

**14.4.2** 目前由于许多补给水除盐处理系统均设置反渗透预脱盐

装置,离子交换器的再生周期延长了许多,特别是制水量较小时,酸、碱用量很少,可以考虑酸碱贮存罐各设置1台,加上凝结水树脂再生用的酸碱贮存罐,全厂用于树脂再生的酸或碱贮存罐数量不少于2台。

**14.4.7 酸、碱易对人员造成伤害,应在贮存和使用区域设置安全通道、淋浴装置等安全防护设施。本条为强制性条文,必须严格执行。**

**14.4.8 酸、碱贮存和计量设施周围设置围堰,目的是为了当贮存和计量设备发生腐蚀穿孔或阀门、管道处有严重泄漏时,围堰用以贮存泄漏出来的药品,避免四处溢流伤害操作人员和腐蚀地面。**

## 14.5 氯化钠系统

**14.5.3 设置氯化钠溶液过滤器,主要是考虑到食盐溶解过程中极易混入杂质,影响软化器的再生。**

## 14.6 杀菌剂系统

**14.6.1 本条对杀菌剂加药设计作出规定。**

2 非氧化型杀菌剂的投加次数应根据季节和循环冷却水中异养菌数量、冷却水系统黏泥附着程度而定,一般气温高的季节每月投加2次,气温低的季节每月投加1次;当异养菌数量较高或黏泥附着程度严重时,不论季节温度高低,每月均需投加2次。

3 海水循环系统非氧化性杀菌剂宜配合氧化性杀菌剂投加,根据宁海二期工程运行经验,在连续加氯基础上每3天投加一次非氧化性杀菌剂,剂量为5mg/L。

**14.6.3 本条对二氧化氯加药系统的设计作出规定。**

2 制备二氧化氯的原料氯酸钠、亚氯酸钠为白色至淡黄色结晶或粉末,遇热分解放出氧气,性质活泼,遇下列物质具有爆炸的可能:有机物,如油脂、沥青、面粉、木屑、煤粉、碳粉、有机溶剂等;金属粉末,如镁粉、铝粉、铁粉、锌粉等;浓硫酸;还原性物质,如硫、

磷等。所以氯酸钠、亚氯酸钠应远离火源并单独贮存。

#### **14.6.4 本条对液氯加药系统的设计作出规定。**

2 氯瓶和加氯机不应靠近采暖设备并避免日照,是为了防止氯瓶受热,瓶内压力增高而发生爆炸。

5 非采暖地区,由于冬季室温较低,氯气蒸发量不足,应设置液氯蒸发器或采取其他措施,但不得使用蒸汽、明火直接加热钢瓶,否则会导致氯瓶爆炸。本款作为强制性条款,必须严格执行。

6 液氯系统配置一定数量的防毒面具等防护设施,以备在液氯或氯气泄漏时,运行人员现场处理事故时使用。

8 氯气是有毒气体,具有强烈的刺激性,为避免泄漏后对人体造成伤害,需在氯瓶间设置氯气泄漏报警装置,氯气泄漏时,泄漏检测装置连锁氯气装置吸收启动,对泄漏氯气进行吸收,以免造成更大范围的伤害事故,因涉及氯气泄漏时的处理措施,所以本款规定为强制性条款,必须严格执行。

### **14.7 超/微滤、反渗透加药及清洗系统**

**14.7.5** 超/微滤化学清洗液一般含氧化剂,若与反渗透合用清洗装置,易导致反渗透膜被氧化而使脱盐率下降。此外,两者清洗流量也会不同。

### **14.8 稳定剂系统**

**14.8.2** 海水循环系统采用海水专用阻垢剂处理,各生产厂商的商品有效成分不尽相同,本条海水阻垢剂加药量按照宁海二期工程运行数据确定,其加药量为 6mg/L 有效成分,商品浓度为 20mg/L,海水循环系统实际运行浓缩倍数为 1.6~1.8。

## 15 管道及阀门

### 15.1 一般规定

**15.1.4** 本条所指供水安全性要求高的系统是指不允许停运或随时处于备用状态的供水系统,如核电厂除盐水供应系统,或是停止供水会对下游运行造成巨大损失的情况。

### 15.2 管道及阀门设计

**15.2.1** 树脂管道设计时采取的这些措施,可有效防止管道及阀门内积树脂,保证树脂输送畅通。

**15.2.5** 本条对氢气系统管道设计作出规定。

1 由于发电厂制氢和供氢系统规模较小,为安全起见,所有氢气管道均采用不锈钢管。

2 气体的流速有经济流速和安全流速之分,对可燃性气体主要应着眼于安全流速。氢气在管道内流动,当流速大,与管壁摩擦增强,特别是管道内含有铁锈杂质时,会形成静电火花,引起着火事故,故规定氢气管道的流速不宜大于 15m/s。

3 氢气渗透能力极强,需对阀门作出明确规定。闸阀容易聚积铁锈、可燃粒子等脏物,在氢气系统中禁止使用。氢气中夹带有碱液,为防止腐蚀,不宜采用带铜和铜合金的阀门。

**15.2.6** 本条对氧气管道设计作出规定。

1 氧气管道应采用无缝钢管,防止电焊缝处高速气流的冲刷。铜基合金钢是指铜管和黄铜管。

2 快开快关型阀门指阀门的手柄旋转 90°开或关的阀门,或开关速度与其相当或更快的阀门。

## 16 防腐设计

**16.0.1** 据资料统计,造成防腐蚀涂层寿命缩短的主要原因有四个,见表 2。

**表 2 防腐蚀涂层寿命缩短的原因分析**

序号	主 要 原 因	比例
1	除锈质量不符合要求	40%
2	涂料配套选择不当	20%
3	涂层总厚度不够	20%
4	涂料施工时,对温度、湿度、干燥时间、涂层质量等控制不当	20%

所以在选用涂料时,要对涂料的适应性、配套性、安全性和施工性能等方面进行综合考虑,才能使防腐蚀涂层对被涂物面起到有效的防护作用,并达到一定的使用寿命。有的涂料虽然防腐性能很好,但施工性能较差,如漆膜附着力差、固体含量低等,也应尽量避免选用。

**16.0.3** 影响土壤腐蚀程度的因素较复杂,如土壤的性质、湿度、透气性、含盐量、pH 值等,按土壤腐蚀性质将土壤分为强、中、弱三个等级,埋地管道对应分别采用特强防腐、加强防腐和普通防腐。

## 17 仪表和控制

**17.0.4** 不连续使用的易燃、易爆气体介质主要包括发电机冷却用氢气、化学加药用氨气、循环水加药用氯气,由于间断使用,为了防止意外泄漏,一旦停用,应人工及时关闭气瓶阀。

## 18 化验室及仪器

**18.0.5** 核电厂各化验室主要承担的化验项目包括：

(1) 水化验室承担二回路及辅助系统中水的化学组成及放射性活度的检测；

(2) 油化验室承担核电厂润滑油、抗燃油、变压器油、燃油等油类的检测；

(3) 放射性流出物化验室承担核岛及常规岛废液、废气流出物的放射性检测。

**18.0.6** 依据现行行业标准《压水堆核电厂厂内辐射分区设计准则》EJ/T 316—2001 的规定，核电厂化验室根据辐射剂量分为非限制区、监督区和控制区，划分原则为：

非限制区：有效剂量率 $\leq 0.001\text{mSv/h}$ ；

监督区：有效剂量率 $\leq 0.0025\text{mSv/h}$ ；

控制区：有效剂量率 $> 0.0025\text{mSv/h}$ 。

**3** 为避免由于管道泄漏造成非限制区的放射性污染，规定管道内介质必须由非限制区流向控制区。

**4** 控制区辐射照射强、放射性污染严重，该区域的试验排水、场地排水和消防废水应回收，并送至放射性废液处理系统进行处理，不能直接排放。因涉及放射性污染物的处理措施，所以本款规定为强制性条款，必须严格执行。

S/N:1580242·569



9 158024 256901



DL 5068—2014  
代替 DL/T 5068 — 2006

中华人民共和国电力行业标准  
发电厂化学设计规范

DL 5068—2014

代替 DL/T 5068—2006



中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 5.5印张 142千字

2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—4000册



统一书号: 1580242·569

定价: 50.00元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换