

HUOLI FDIANCHANG
SHUICHULI YU
JIESHUI JISHU JI
GONGCHENG SHILI

火力发电厂水处理与 节水技术及工程实例

韩买良 沈明忠◆主编



化学工业出版社

HUOLI FADIANCHANG
SHUICHULI YU
JIESHUI JISHU JI
GONGCHENG SHILI

火力发电厂水处理与 节水技术及工程实例

韩买良 沈明忠 ◆ 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书密切结合国内电力工程实际情况和各地的水资源现状,系统地介绍了各种有效的节水和水处理方法及工程应用情况。全书分电站化学水处理及给水处理、中水处理、工业废水及节水处理、火力发电厂水处理岛优化设计、海水淡化及海洋化工一体化循环经济五章进行描述。附录提供了设计常用资料、计算方法及相关参考标准。

本书适用于电力、化工、石油、冶金等行业从事水处理研究、设计和应用的工程技术人员使用,也可供大专院校环境工程及水处理专业学生学习及作为毕业设计参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电厂水处理与节水技术及工程实例/韩买良,
沈明忠主编. —北京:化学工业出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-122-09001-0

I. 火… II. ①韩…②沈… III. ①火电厂-水处理
②火电厂-节约用水 IV. TM621. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 124493 号

责任编辑:徐娟
责任校对:郑捷

文字编辑:糜家铃
装帧设计:周遥



出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张17 1/4 字数500千字 2010年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电力行业是关系国计民生和社会发展的重要基础产业，既是能源生产供应大户，也是资源消耗和污染物排放大户。2004 年，国家发改委发布了《关于燃煤电站项目规划和建设有关要求的通知》，要求高度重视节约用水，鼓励新建、扩建燃煤电站项目采用新技术、新工艺，降低用水量。对扩建电厂项目，进行节水改造，尽量做到发电增容不增水。在北方缺水地区，新建、扩建电厂禁止取用地下水，严格控制使用地表水，鼓励利用城市污水处理厂的中水或其他废水，鼓励沿海缺水地区利用火电厂余热进行海水淡化等。几年来，国内各电厂陆续采取了一些措施降低水耗，并取得了一定的效果，但与国外的先进水平相比仍有一定的差距。中国华电工程集团有限公司长期致力于环保和水处理技术的研究和应用，关注国家节水、环保技术的发展，在电站水处理、市政污水、海水淡化、废水回用等领域积累了丰富的经验。为全面总结国内典型电力工程水处理设计、施工、运行经验，便于工程技术人员参考和交流，为新建及改扩建工程提供借鉴，本书收集了公司近年来部分典型的水处理工程案例，对建设和承建工作具有一定的指导参考作用。例如，华电国际邹县电厂四期工程将邹城市污水处理厂的二级排污水和本厂内的生活污水、工业废水集中起来，经按质分项深度处理后用于循环水系统，系统设计水间距拉大量为 10 万立方米/天，在电力系统取得了良好的示范作用。由于书中工程案例的技术数据及结论是在当时工程条件和技术水平基础上提出的，随着近年来技术的快速发展，一些工艺可以采取更先进的设备和技术方法，例如迅猛发展的 MBR、电化学除盐等技术。本书侧重于工程设计，同时收录了常用的一些设计参考资料和计算公式，可供环境工程、电厂化学、给排水及其他相关专业的管理和技术人员参考。

本书由韩买良、沈明忠主编并统稿，参加编写的人员及分工为：第一章由韩买良、成红燕、谭兆霞、周小琴编写；第二章由韩买良、周金全、秦树篷编写；第三章由韩买良、周金全编写；第四章由韩买良、沈明忠编写；第五章由李宏秀、韩买良编写。

对于书中不妥之处及使用中发现的问题和意见，敬请读者批评指正以便于今后改进。

编 者

2010 年 9 月

目 录

第一章 电站化学水处理及给水处理	1
第一节 锅炉补给水处理	1
一、锅炉补给水系统出力	1
二、系统选择及处理水质	3
三、离子交换树脂技术指标	4
四、全膜法水处理技术	11
五、锅炉补给水处理常用主要设备	16
六、典型工程	31
第二节 化学加药及水汽取样	50
一、化学加药系统	50
二、水汽取样	54
第三节 凝结水精处理	55
一、主要技术介绍	55
二、典型工程	75
第二章 中水处理	111
第一节 中水处理主要技术	111
一、常用名词及标准	111
二、悬挂链式波浪曝气技术	111
三、曝气生物滤池技术	116
四、膜生物反应器	122
五、石灰处理系统	124
第二节 中水处理主要设备	126
一、泥渣分离接触型澄清池	126
二、高效澄清池	128
三、变孔隙滤池	130
四、多室过滤器	132
五、石灰储存、计量单元	135
第三节 典型工程	138
第三章 工业废水及节水处理	196
第一节 火电厂工业废水处理	196
一、概述	196
二、工业废水处理系统运行说明	197
三、工程实例	197
第二节 火电厂含煤废水处理	198
一、含煤废水处理流程和原理	198
二、含煤废水处理流程说明	199
三、工程实例	199
第三节 脱硫废水处理	199
一、概述	199

二、设计条件·····	199
三、系统概述·····	200
第四节 核电厂放射性废水处理和排放·····	202
一、概述·····	202
二、典型核电站废水处理系统介绍·····	204
第五节 高回收率的高效反渗透处理工艺·····	213
一、工艺描述·····	213
二、高效反渗透工艺的优点·····	213
三、经济性比较·····	214
第六节 煤化工给水及废水处理·····	215
一、煤化工企业水处理主要内容及范围·····	215
二、水处理工艺及水量·····	215
第七节 工程应用实例·····	217
一、邯钢结构优化产业升级总体规划项目辅助工程脱盐水处理站成套设备·····	217
二、包头河西电厂 2×600MW 节水改造工程循环水排污处理系统·····	224
三、蒲城废水深度处理工程·····	230
第四章 火力发电厂水处理岛优化设计·····	238
一、基本概况·····	238
二、预处理系统·····	239
三、锅炉及热网补给水处理系统·····	241
四、工业废水集中处理系统·····	242
五、生活污水处理系统·····	242
六、水处理岛系统优化设计·····	242
七、水处理岛优化设计技术经济效益·····	244
八、附图·····	244
第五章 海水淡化及海洋化工一体化循环经济·····	246
一、海水资源化概况·····	246
二、海水资源化的发展方向·····	246
三、海水资源化的项目模型·····	247
四、电厂与海水淡化项目一体化循环经济建设模式研究·····	255
附录·····	260
附录一 火力发电厂常用设备管道的防腐方法和技术要求·····	260
附录二 常用介质与选材·····	262
附录三 常用材料标准·····	264
附录四 中外常用钢号对照表·····	265
附录五 国产不同材质凝汽器管所适应的水质及允许流速·····	266
附录六 国外常用不锈钢凝汽器管适用水质的参考标准·····	266
附录七 国产不锈钢与国外不锈钢牌号对照表·····	266
附录八 水处理系统（在线）监督仪表选用参考表·····	267
附录九 设计参考计算公式及常用资料·····	268
主要参考文献·····	277

第一章 电站化学水处理及给水处理

第一节 锅炉补给水处理

一、锅炉补给水系统出力

1. 符号说明

n	锅炉台数	台
D	单台锅炉额定蒸发量	t/h
D_m	全厂最大一台锅炉额定蒸发量	t/h
D_r	闭式热水网水量	t/h
q_1	燃油用水汽	t/h
q_2	采暖用水汽	t/h
q_3	闭式冷却水补充水量	t/h
q_4	凝结水精处理自用水	t/h
q_5	厂内其他水汽损失	t/h
q_6	对外供汽损失	t/h
q_7	对外供水损失	t/h
D_n	锅炉补给水系统正常补给水量	t/h
D_m	锅炉补给水系统最大补给水量	t/h
Q_n	离子交换锅炉补给水系统正常出力	t/h
Q_m	离子交换锅炉补给水系统最大出力	t/h
a_1	厂内水汽循环正常损失率	%
a_2	锅炉启动或事故增加的损失率	%
a_3	锅炉排污损失率	%
a_4	闭式热水网损失率	%
a_5	离子交换设备再生自用除盐水率	%
D_1	厂内水汽循环损失	t/h
D_2	锅炉启动或事故增加的损失	t/h
D_3	锅炉排污损失	t/h
D_4	闭式热水网损失	t/h
D_5	厂内用水汽损失	t/h
D_6	厂外用水汽损失	t/h
T	离子交换设备运行周期	t

2. 设计计算参数的选取

- (1) 发电厂各项正常水汽损失 见表 1-1。
- (2) 锅炉启动或事故增加的损失率 (a_2) 见表 1-2。
- (3) 锅炉排污损失率 (a_3) 见表 1-3。

表 1-1 发电厂各项正常水汽损失

损 失 类 别		正 常 损 失
厂内水汽循环损失 a_1	900MW 及以上机组	为锅炉最大连续蒸发量的 1.0%
	300~600MW 机组	为锅炉最大连续蒸发量的 1.5%
	125~200MW 机组	为锅炉最大连续蒸发量的 2.0%
对外供汽损失		根据资料
发电厂其他用水、用汽损失		根据资料
汽包锅炉排污损失		根据计算或锅炉厂资料,但不少于 0.3%
闭式辅机冷却水系统		冷却水量的 0.3%~0.5%
闭式热水网损失		热水网水量的 0.5%~1%或根据资料
厂外其他用水量		根据资料

表 1-2 锅炉启动或事故增加的损失率

机组容量/MW	≥ 100	< 100
a_2	6%	10%

表 1-3 锅炉排污损失率

电 厂	锅炉排污损失率	电 厂	锅炉排污损失率
除盐水补水的凝汽式电厂	1%	供热式电厂	2%

(4) 闭式热水网损失率 (a_4) $a_4=1\% \sim 2\%$ 或根据热机提供资料。

(5) 离子交换设备再生自用除盐率 (a_5) 见表 1-4。

表 1-4 离子交换设备再生自用除盐率

再 生 方 式	a_5		
	$\Sigma \text{阳} < 2\text{mmol/L}$	$2\text{mmol/L} \leq \Sigma \text{阳} \leq 4\text{mmol/L}$	$\Sigma \text{阳} > 4\text{mmol/L}$
顺流再生	2	4~5	7~8
逆流再生	2	4~5	7~8
浮床	1~2	3~4	4~5

注： $\Sigma \text{阳}$ 为生水中阳离子总和。

3. 各项水汽损失

(1) 厂内水汽循环损失 (D_1)

$$D_1 = nDa_1$$

(2) 锅炉启动或事故增加的损失 (D_2)

$$D_2 = D_ma_1$$

(3) 锅炉排污损失 (D_3)

$$D_3 = nDa_3$$

(4) 闭式热水网损失 (D_4)

$$D_4 = D_ra_4$$

(5) 厂内杂用水汽损失 (D_5)

$$D_5 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

(6) 厂外用水汽损失 (D_6)

$$D_6 = q_6 + q_7$$

4. 锅炉补给水系统出力计算

(1) 锅炉补给水系统正常补给水量 (D_n):

$$D_n = D_1 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6$$

(2) 锅炉补给水系统最大补给水量 (D_m):

$$D_m = D_n + D_2$$

二、系统选择及处理水质

1. 锅炉补给水处理系统选择

一级除盐：强酸阳床 (H) + 除碳器 (D) + 强碱阴床 (OH)。

强弱联合：弱酸阳床 (Hw) + 强酸阳床 + 除碳器 + 弱碱阴床 (OHw) + 强碱阴床或阳双层床 + 除碳器 + 阴双层床 + 混床 (H/OH)。

一级除盐加混床：强酸阳床 + 除碳器 + 强碱阴床 + 混床。

2. 离子交换器床型选择

阳阴离子交换器的床型可以分为顺流再生、对流再生两大类。对流再生设备分为单室、双室、双层逆流再生离子交换器及单室、双室浮动床离子交换器。

顺流再生——适用于进水水质好，出水要求不高的情况，当进水水质较差时，可采用串联的复床系统。

逆流再生——逆流再生设备适用于中等进水水质条件。

单室浮床——适用于中等进水水质条件及产水量大的情况。

双室或双层床——适用于进水水质较差的情况。

双室浮床——适用于中等进水水质条件及产水量大的情况。

3. 预处理及和离子交换设备运行参数及出水水质

(1) 过滤器 (池) 相关参数 见表 1-5。

表 1-5 过滤器 (池) 相关参数

过滤器 (池) 形式		滤速/(m/h)	
		混凝澄清滤速	接触混凝
细砂过滤		6~8	—
单层滤料	单流	8~10	6~10
	双流	15~18	
双层滤料		10~14	6~10
三层滤料		18~20	6~10
纤维过滤		20~40	—

(2) 活性炭过滤器相关参数 见表 1-6。

表 1-6 活性炭过滤器相关参数

功 能	滤速/(m/h)	装填高度/m	系统连接位置
吸附有机物	5~10	≥ 2	滤池与阳床或滤池与反渗透之间
	5~15		除碳器与阴床之间
吸附游离余氯	≤ 20	≥ 1.5	

(3) 超 (微) 滤系统相关参数 见表 1-7。

(4) 离子交换除盐和电除盐系统的进水水质要求 见表 1-8。

(5) 一级除盐及混床系统产水水质要求 见表 1-9。

表 1-7 超（微）滤系统相关参数

项 目	进 水 水 质	项 目	进 水 水 质	
水温/℃	1~40	浊度/(mg/L)	内压	<50
pH 值	2~11		外压	<200

注：外压式又分为管式、浸没式。管式的进水浊度可达 300NTU；浸没式对进水浊度无要求，仅要求水中无大颗粒杂质。

表 1-8 离子交换除盐和电除盐系统的进水水质要求

项 目	离子交换除盐	电 除 盐
水温/℃	5~45	5~40
pH 值	—	5~9
浊度/(mg/L)	<2	—
二氧化硅(SiO ₂)浓度/(mg/L)		≤0.5
游离余氯(Cl ₂)浓度/(mg/L)	<0.1	≤0.05
铁(Fe)浓度/(mg/L)	<0.3	≤0.01
锰(Mn)浓度/(mg/L)	—	≤0.01
化学耗氧量(KMnO ₄ 法)/(mg/L)	<2	
总有机碳(TOC)浓度/(mg/L)		≤0.5
硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg/L)		≤1
电导率/(μS/cm)		<40

表 1-9 一级除盐及混床系统产水水质要求

系 统 名 称	出 水 水 质		实 用 情 况
	电导率 (25℃)/(μS/cm)	二氧化硅浓度 (mg/L)	
一级除盐加混床 H-D-OH-H/OH	<0.2	<0.02	高压及以上汽包锅炉和直流炉
弱酸一级除盐加混床 Hw-H-D-OH-H/OH	<0.2	<0.02	高压及以上汽包锅炉和直流炉；碱度 大于 4mmol/L,过剩碱度较低
弱碱一级除盐加混床 H-D-OHw-OH-H/OH 或 H-OHw-D-OH-H/OH	<0.2	<0.02	高压及以上汽包锅炉和直流炉；进水 中有机物含量高,强酸阴离子含量 2mmol/L
强酸弱碱加混床 H-OHw-D-H/OH 或 H-D-OHw-H/OH	<0.5	<0.1	进水中强酸阴离子含量高且二氧化 硅含量低
强酸弱碱一级除盐加混床 Hw-H-OHw-D-OH-H/OH 或 Hw-H-D-OHw-OH-H/OH	<0.2	<0.02	进水碱度高,强酸阴离子含量高；高 压及以上汽包炉和直流炉
蒸馏加混床	0.1~1	<0.02	适用于高含盐量水
两级反渗透加电除盐 RO-RO-EDI	<0.2	<0.02	适用于较高含盐量水
反渗透加混床 RO-H/OH	<0.1	<0.02	适用于较高含盐量水
反渗透加一级除盐加混床 RO-H-D-OH-H/OH	<0.1	<0.02	适用于高含盐量水和苦咸水

三、离子交换树脂技术指标

(1) 001×7 强酸阳离子交换树脂（氢型）/(钠型)

出厂形式：钠型

全交换容量： $\geq 5.0\text{mmol/g}/\geq 4.5\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.75\text{mmol/mL}/\geq 1.9\text{mmol/mL}$

含水量：51%~56%/45%~50%

湿视密度：0.73~0.83g/mL/0.77~0.87g/mL

湿真密度：1.17~1.22g/mL/1.25~1.29g/mL

有效粒径：0.4~0.7mm

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.315~1.25mm $\geq 95.0\%$ ；($<0.315\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率： $\geq 90\%$

(2) 001×7FC 强酸阳离子交换树脂（氢型）/（钠型）

出厂形式：钠型

全交换容量： $\geq 5.0\text{mmol/g}/\geq 4.5\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.75\text{mmol/mL}/\geq 1.9\text{mmol/mL}$

含水量：51%~56%/45%~50%

湿视密度：0.73~0.83g/mL/0.77~0.87g/mL

湿真密度：1.17~1.22g/mL/1.25~1.29g/mL

有效粒径： $\geq 0.5\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.450~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；($<0.450\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率： $\geq 90\%$

(3) 001×7MB 强酸阳离子交换树脂（氢型）/（钠型）

出厂形式：钠型

全交换容量： $\geq 5.0\text{mmol/g}/\geq 4.5\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.7\text{mmol/mL}/\geq 1.8\text{mmol/mL}$

含水量：51%~56%/45%~50%

湿视密度：0.73~0.83g/mL/0.77~0.87g/mL

湿真密度：1.17~1.22g/mL/1.25~1.29g/mL

有效粒径：0.71~0.90mm

均一系数： ≤ 1.40

粒度：0.710~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；($<0.710\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率： $\geq 90\%$

(4) 201×7 强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 3.8\text{mmol/g}/-$

体积交换容量： $\geq 1.1\text{mmol/mL}/\geq 1.3\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.6\text{mmol/mL}/\geq 3.5\text{mmol/mL}$

含水量：53%~58%/42%~48%

湿视密度：0.66~0.71g/mL/0.67~0.73g/mL

湿真密度：1.06~1.19g/mL/1.07~1.10g/mL

有效粒径：0.4~0.7mm

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.315~1.25mm $\geq 95.0\%$ ；($<0.315\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率： $\geq 90\%$

(5) 201×7FC 强碱阴离子交换树脂 (氢氧型)/(氯型)

出厂形式: 氯型

全交换容量: $\geq 3.8\text{mmol/g}$ —

体积交换容量: $\geq 1.1\text{mmol/mL}$ / $\geq 1.3\text{mmol/mL}$

强碱基团容量: $\geq 3.6\text{mmol/mL}$ / $\geq 3.5\text{mmol/mL}$

含水量: 53%~58%/42%~48%

湿视密度: 0.66~0.71g/mL/0.67~0.73g/mL

湿真密度: 1.06~1.19g/mL/1.07~1.10g/mL

有效粒径: $\geq 0.5\text{mm}$

均一系数: ≤ 1.60

粒度: 0.450~1.250mm $\geq 95.0\%$; ($<0.450\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率: $\geq 90\%$

(6) 201×7SC 强碱阴离子交换树脂 (氢氧型)/(氯型)

出厂形式: 氯型

全交换容量: $\geq 3.8\text{mmol/g}$ —

体积交换容量: $\geq 1.05\text{mmol/mL}$ / $\geq 1.25\text{mmol/mL}$

强碱基团容量: $\geq 3.6\text{mmol/mL}$ / $\geq 3.5\text{mmol/mL}$

含水量: 53%~58%/42%~48%

湿视密度: 0.66~0.71g/mL/0.67~0.73g/mL

湿真密度: 1.06~1.19g/mL/1.07~1.10g/mL

有效粒径: $\geq 0.63\text{mm}$

均一系数: ≤ 1.40

粒度: 0.630~1.250mm $\geq 95.0\%$; ($<0.630\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率: $\geq 90\%$

(7) 201×7MB 强碱阴离子交换树脂 (氢氧型)/(氯型)

出厂形式: 氯型

全交换容量: $\geq 3.8\text{mmol/g}$ —

体积交换容量: $\geq 1.1\text{mmol/mL}$ / $\geq 1.3\text{mmol/mL}$

强碱基团容量: $\geq 3.6\text{mmol/mL}$ / $\geq 3.5\text{mmol/mL}$

含水量: 53%~58%/42%~48%

湿视密度: 0.66~0.71g/mL/0.67~0.73g/mL

湿真密度: 1.06~1.19g/mL/1.07~1.10g/mL

有效粒径: 0.50~0.65mm

均一系数: ≤ 1.40

粒度: 0.400~0.900mm $\geq 95.0\%$; ($>0.900\text{mm}$) $<1\%$

磨后圆球率: $\geq 90\%$

(8) D113 弱酸阳离子交换树脂

出厂形式: 氢型

氢型率: $\geq 98\%$

全交换容量: $\geq 10.8\text{mmol/g}$

体积交换容量: $\geq 4.2\text{mmol/mL}$

含水量: 45%~52%

湿视密度: 0.72~0.80g/mL

湿真密度: 1.14~1.20g/mL

有效粒径：0.4~0.70mm

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.315~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.315mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

转型膨胀率 (H $\rightarrow$ Na)： $\leq 70\%$

(9) D113FC 弱酸阳离子交换树脂

出厂形式：氢型

氢型率： $\geq 98\%$

全交换容量： $\geq 10.8\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 4.2\text{mmol/mL}$

含水量：45%~52%

湿视密度：0.72~0.80g/mL

湿真密度：1.14~1.20g/mL

有效粒径： $\geq 0.50\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.450~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.450mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

转型膨胀率 (H $\rightarrow$ Na)： $\leq 70\%$

(10) D113SC 弱酸阳离子交换树脂

出厂形式：氢型

氢型率： $\geq 98\%$

全交换容量： $\geq 10.8\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 4.2\text{mmol/mL}$

含水量：45%~52%

湿视密度：0.72~0.80g/mL

湿真密度：1.14~1.20g/mL

有效粒径：0.35~0.50mm

均一系数： ≤ 1.40

粒度：0.315~0.630mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.450mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

转型膨胀率 (H $\rightarrow$ Na)： $\leq 70\%$

(11) D301 弱碱阴离子交换树脂

出厂形式：游离胺型

全交换容量： $\geq 4.8\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.4\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 1.0\text{mmol/g}$

含水量：48%~58%

湿视密度：0.65~0.72g/mL

湿真密度：1.03~1.06g/mL

有效粒径：0.40~0.70mm

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.315~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.315mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

转型膨胀率 (OH $\rightarrow$ Cl)： $\leq 28\%$

(12) D301FC 弱碱阴离子交换树脂

出厂形式：游离胺型

全交换容量： $\geq 4.8\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.4\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 1.0\text{mmol/g}$

含水量：48%~58%

湿视密度：0.65~0.72g/mL

湿真密度：1.03~1.06g/mL

有效粒径： $\geq 0.5\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.450~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.450mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

转型膨胀率(OH $\rightarrow$ Cl)： $\leq 30\%$

(13) D301SC 弱碱阴离子交换树脂

出厂形式：游离胺型

全交换容量： $\geq 4.8\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.4\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 1.0\text{mmol/g}$

含水量：48%~58%

湿视密度：0.65~0.72g/mL

湿真密度：1.03~1.06g/mL

有效粒径：0.35~0.50mm

均一系数： ≤ 1.40

粒度：0.315~0.630mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.315mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

转型膨胀率(OH $\rightarrow$ Cl)： $\leq 28\%$

(14) D001 (或 FC) 大孔强酸阳离子交换树脂 (氢型)/(钠型)

出厂形式：钠型

全交换容量： $\geq 4.8\text{mmol/g}/\geq 4.35\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.65\text{mmol/mL}/\geq 1.75\text{mmol/mL}$

含水量：50%~60%/45%~55%

湿视密度：0.74~0.80g/mL/0.76~0.82g/mL

湿真密度：1.16~1.24g/mL/1.25~1.28g/mL

有效粒径： $\geq 0.50\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.450~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.450mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(15) D001SC 大孔强酸阳离子交换树脂 (氢型)/(钠型)

出厂形式：钠型

全交换容量： $\geq 4.8\text{mmol/g}/\geq 4.35\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.65\text{mmol/mL}/\geq 1.75\text{mmol/mL}$

含水量：50%~60%/45%~55%

湿视密度：0.74~0.80g/mL/0.76~0.82g/mL

湿真密度：1.16~1.24g/mL/1.25~1.28g/mL

有效粒径：0.65~0.90mm

均一系数： ≤ 1.40

粒度：0.630~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.630 mm) $<1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(16) D001MB 大孔强酸阳离子交换树脂（氢型）/（钠型）

出厂形式：钠型

全交换容量： $\geq 4.8\text{mmol/g}/\geq 4.35\text{mmol/g}$

体积交换容量： $\geq 1.65\text{mmol/mL}/\geq 1.75\text{mmol/mL}$

含水量：50%~60%/45%~55%

湿视密度：0.74~0.80g/mL/0.76~0.82g/mL

湿真密度：1.16~1.24g/mL/1.25~1.28g/mL

有效粒径：0.65~0.90mm

均一系数： ≤ 1.40

粒度：0.630~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.450 mm) $<1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(17) D201 大孔强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 4.0\text{mmol/g}/—$

体积交换容量： $\geq 0.95\text{mmol/mL}/\geq 1.15\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.8\text{mmol/g}/\geq 3.7\text{mmol/g}$

含水量：55%~65%/50%~60%

湿视密度：0.63~0.70g/mL/0.65~0.73g/mL

湿真密度：1.05~1.08g/mL/1.06~1.10g/mL

有效粒径：1.06~1.10mm

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.315~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(≤ 0.315 mm) $<1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(18) D201FC 大孔强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 4.0\text{mmol/g}/—$

体积交换容量： $\geq 0.95\text{mmol/mL}/\geq 1.15\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.8\text{mmol/g}/\geq 3.7\text{mmol/g}$

含水量：55%~65%/50%~60%

湿视密度：0.63~0.70g/mL/0.65~0.73g/mL

湿真密度：1.05~1.08g/mL/1.06~1.10g/mL

有效粒径： $\geq 0.50\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.60

粒度：0.450~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(≤ 0.450 mm) $<1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(19) D201SC 大孔强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 4.0\text{mmol/g}/—$

体积交换容量： $\geq 0.90\text{mmol/mL}/\geq 1.10\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.8\text{mmol/g}/\geq 3.7\text{mmol/g}$

含水量：55%~65%/50%~60%

湿视密度：0.63~0.70g/mL/0.65~0.73g/mL

湿真密度：1.05~1.08g/mL/1.06~1.10g/mL

有效粒径： $\geq 0.63\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.40

粒度： $0.630\sim 1.250\text{mm} \geq 95.0\%$ ； $(\leq 0.630\text{mm}) < 1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(20) D201MB 大孔强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 4.0\text{mmol/g/—}$

体积交换容量： $\geq 0.95\text{mmol/mL}/\geq 1.15\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.8\text{mmol/g}/\geq 3.7\text{mmol/g}$

含水量：55%~65%/50%~60%

湿视密度：0.63~0.70g/mL/0.65~0.73g/mL

湿真密度：1.05~1.09g/mL

有效粒径：0.50~0.70mm

均一系数： ≤ 1.40

粒度： $0.45\sim 0.90\text{mm} \geq 95.0\%$ ； $(> 0.90\text{mm}) < 1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(21) D202 大孔Ⅱ型强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 3.7\text{mmol/g/—}$

体积交换容量： $\geq 1.0\text{mmol/mL}/\geq 1.2\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.5\text{mmol/g}/\geq 3.4\text{mmol/g}$

含水量：50%~60%/47%~57%

湿视密度：0.67~0.72g/mL/0.68~0.73g/mL

湿真密度：1.06~1.10g/mL/1.07~1.12g/mL

有效粒径：0.40~0.70mm

均一系数： ≤ 1.60

粒度： $0.315\sim 1.250\text{mm} \geq 95.0\%$ ； $(< 0.315\text{mm}) < 1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(22) D202FC 大孔Ⅱ型强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 3.7\text{mmol/g/—}$

体积交换容量： $\geq 0.95\text{mmol/mL}/\geq 1.15\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.5\text{mmol/g}/\geq 3.4\text{mmol/g}$

含水量：50%~60%/47%~57%

湿视密度：0.67~0.72g/mL/0.68~0.73g/mL

湿真密度：1.06~1.10g/mL/1.07~1.12g/mL

有效粒径： $\geq 0.50\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.60

粒度： $0.450\sim 1.250\text{mm} \geq 95.0\%$ ； $(< 0.450\text{mm}) < 1\%$

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(23) D202SC 大孔Ⅱ型强碱阴离子交换树脂（氢氧型）/（氯型）

出厂形式：氯型

全交换容量： $\geq 3.7\text{mmol/g}$ —

体积交换容量： $\geq 1.0\text{mmol/mL}$ / $\geq 1.2\text{mmol/mL}$

强碱基团容量： $\geq 3.5\text{mmol/g}$ / $\geq 3.4\text{mmol/g}$

含水量：50%~60%/47%~57%

湿视密度：0.67~0.72g/mL/0.68~0.73g/mL

湿真密度：1.06~1.10g/mL/1.07~1.12g/mL

有效粒径： $\geq 0.63\text{mm}$

均一系数： ≤ 1.40

粒度：0.630~1.250mm $\geq 95.0\%$ ；(<0.630mm)<1%

渗磨圆球率： $\geq 90\%$

(24) 浮床用惰性树脂

粒度：1.50~3.00mm $\geq 95.0\%$ （干筛数据）

湿视密度：0.12~0.55g/mL

湿真密度：0.25~0.80g/mL

(25) 压脂层用惰性树脂

粒度：0.40~0.90mm $\geq 95.0\%$ （干筛数据）

湿视密度：0.66~0.70g/mL

湿真密度：1.04~1.05g/mL

四、全膜法水处理技术

1. 概述

“全膜法”水处理系统是将不同的膜（超滤膜、反渗透膜、EDI膜）有机地组合在一起，达到高效去除污染物和脱盐的目的，出水可满足锅炉补给水、各种工艺用水、循环水等的要求。现在的废水处理系统也在使用膜技术。

(1) 工艺的主要特点 整个流程采用以物理过程为主的膜法水处理技术，完全消除酸碱使用和酸碱废水的排放；预处理采用了超滤，能够很好地适应原水水质，给反渗透膜提供最大限度的保护；采用高效的抗污染反渗透膜进行预除盐，降低运行费用；采用EDI膜堆进行深度脱盐，使得产水水质更稳定可靠。全膜法水处理技术可以节约新水，减少排污，解决了废水回用方面的诸多技术难题。

(2) 膜处理功能 见图 1-1。

① 微滤 (MF)：能截留 0.1~1 μm 之间的颗粒（悬浮物、细菌、部分病毒及大尺寸的胶体）。

② 超滤 (UF)：能截留 0.002~0.1 μm 之间的颗粒和杂质（胶体、蛋白质、微生物和大分子有机物）。

③ 纳滤 (NF)：截留物质的大小约为 1nm，截留分子量大约为 200 以上。一般用于去除有机物、色度和高价阳离子盐分。

④ 反渗透 (RO)：能阻挡 98% 溶解性盐及相对分子质量大于 100 的有机物，允许水分子透过。

(3) 主要膜元件生产商 当前在工程应用中，主要使用的产品基本是以国外的品牌为主，如陶氏、GE、科氏、西门子、诺瑞特、东丽、海德能、旭化成、三菱等。

2. 超滤膜水处理技术

超滤膜水处理技术在世界膜滤水处理行业中占有重要的地位并已成熟，世界范围内拥有很多典型的超滤膜水处理厂。