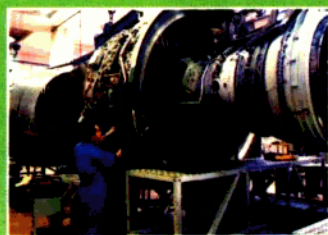


GONG YE XUN HUAN LENG QUE SHUI CHU LI
JI SHU YU JIAN CE KONG ZHI FANG FA
JI BIAO ZHUN GUI FAN SHI WU QUAN SHU

工业循环冷却水 处理技术与监测控制方法 及 标准规范实务全书

主 编 吴智淼



吉林科技出版社

工业循环冷却水处理技术与监测控制 方法及标准规范实务全书

主编 吴智森

(四)

吉林科技出版社

目 录

第一篇 工业循环冷却水系统及循环水的冷却

第一章 冷却水系统及其构筑物	(3)
第一节 冷却水系统	(3)
第二节 冷却构筑物	(5)
第三节 冷却塔的工艺构造	(8)
第二章 循环水的冷却机理	(18)
第一节 湿空气的性质	(18)
第二节 水的冷却机理	(20)
第三章 冷却塔的设计计算	(24)
第一节 冷却塔热力计算	(24)
第二节 冷却塔空气动力计算	(29)
第三节 冷却塔的设计和选型	(31)
第四章 敞开式循环冷却水系统的水质处理	(36)
第一节 敞开式循环冷却水系统	(36)
第二节 循环过程中水质变化特点	(40)
第三节 敞开式循环冷却水系统对水质的要求	(44)
第四节 循环冷却水水质处理	(45)
第五节 敞开式循环冷却水处理的重要性	(46)

第二篇 工业循环冷却水系统水处理常用方法

第一章 水处理方法总述	(53)
第一节 按处理前后待处理物的化学形态有无变化分类	(53)
第二节 按处理方法依据的学科分类	(53)
第三节 按处理过程有无相变分类	(54)
第四节 按处理程度分类	(55)
第二章 膜分离法	(56)
第一节 膜分离发展概述	(56)

第二节 膜的定义、分类及使用方式	(57)
第三节 膜的制备	(58)
第四节 膜分离原理	(61)
第五节 膜材料	(66)
第六节 多孔膜的分形结构	(93)
第三章 离子交换法	(95)
第一节 离子交换的特点	(95)
第二节 离子交换平衡	(96)
第三节 离子交换动力学	(100)
第四节 离子交换剂	(106)
第四章 电场、磁场处理法	(127)
第一节 电场处理法	(127)
第二节 磁场处理法	(129)
第五章 新型氧化方法	(132)
第一节 概述	(132)
第二节 湿式催化氧化	(141)
第三节 超临界水氧化法	(142)
第四节 半导体光催化氧化	(145)
第五节 声空氧化	(154)
第六节 固体催化剂的分形结构	(157)
第六章 吸附分离法	(159)
第一节 固体表面结构及特性	(159)
第二节 吸附及其类型	(163)
第三节 吸附容量与吸附动力学	(166)
第四节 配位吸附	(172)
第五节 影响吸附的因素	(173)
第六节 强吸附与强解吸	(175)
第七节 吸附材料	(176)
第七章 相转移分离法	(190)
第一节 吹脱法	(190)
第二节 汽提法	(194)
第三节 萃取法	(198)
第四节 结晶	(202)
第五节 蒸发	(204)
第八章 污泥脱水法	(208)
第一节 污泥调节	(208)
第二节 污泥机械脱水	(210)
第三节 污泥干化场	(220)

第四节 污泥烘干	(223)
第九章 中和处理法	(225)
第一节 废水的中和处理及常用的中和剂	(225)
第二节 酸碱废水中和法	(227)
第三节 药剂中和法	(228)
第四节 过滤中和法	(232)
第十章 化学沉淀法	(238)
第一节 氢氧化物沉淀法	(238)
第二节 硫化物沉淀法	(240)
第三节 碳酸盐沉淀法	(241)
第四节 其他沉淀法	(243)
第十一章 生物法新技术	(245)
第一节 传统生物法	(245)
第二节 间歇式活性污泥法(SBR法)	(248)
第三节 厌氧法	(251)
第四节 高效工程菌	(256)
第五节 生物法组合工艺	(257)
第六节 生物法脱氮除磷	(260)
第七节 固定化微生物技术	(261)

第三篇 工业循环冷却水系统的结垢及其控制

第一章 循环冷却水系统中的沉积物	(265)
第一节 水垢的种类、来源和危害	(265)
第二节 水垢的结垢趋势判断	(267)
第三节 污垢热阻	(281)
第二章 水垢的控制技术	(291)
第一节 水中溶解物质的结垢过程	(291)
第二节 影响水垢产生的因素	(293)
第三节 冷却水系统防垢原理和方法	(296)
第三章 阻垢分散剂及其在水处理中的应用	(309)
第一节 阻垢分散剂的种类和性质	(309)
第二节 阻垢分散机理	(328)
第三节 阻垢剂的选择、配方与性能评定	(331)
第四节 阻垢分散剂在水处理中的应用实例	(338)
第四章 无污染水垢控制技术	(340)
第一节 磁化处理	(340)

第二节 电场处理	(349)
第三节 超声波处理	(359)
第五章 工业锅炉阻垢技术	(369)
第一节 软化法锅炉阻垢技术	(369)
第二节 阻垢剂法锅炉阻垢技术	(404)

第四篇 工业循环冷却水系统的腐蚀及其控制

第一章 冷却水中金属腐蚀的机理	(443)
第一节 液滴试验	(443)
第二节 冷却水中金属腐蚀的机理	(444)
第三节 伊文思极化图	(445)
第二章 冷却水系统金属腐蚀的形态	(447)
第一节 金属腐蚀的分类	(447)
第二节 全面腐蚀与局部腐蚀	(447)
第三节 冷却水中常见的金属腐蚀类型	(449)
第三章 冷却水中金属腐蚀的影响因素	(458)
第一节 水质的影响	(458)
第二节 运行条件的影响	(465)
第四章 冷却水系统金属腐蚀的控制	(467)
第一节 金属材料的选用与结构设计	(467)
第二节 采用新型耐蚀换热器	(468)
第三节 添加缓蚀剂	(469)
第四节 提高冷却水运行的 pH 值	(470)
第五节 电化学保护	(475)
第六节 防腐涂料覆盖法	(480)
第五章 冷却水缓蚀剂及其研制	(485)
第一节 缓蚀剂的分类	(485)
第二节 缓蚀剂的作用机理	(489)
第三节 常用的冷却水缓蚀剂	(492)
第四节 冷却水复合缓蚀剂	(519)
第五节 冷却水缓蚀剂的选择依据	(524)
第六章 工业锅炉防腐技术	(528)
第一节 锅炉防腐技术基础	(528)
第二节 除氧器法锅炉防腐技术	(570)
第三节 除氧剂法锅炉防腐技术	(586)
第四节 BF-30a 法锅炉防腐阻垢技术	(619)

第五篇 工业循环冷却水系统中的微生物控制

第一章 冷却水系统中的微生物	(661)
第一节 细菌	(662)
第二节 真菌	(666)
第三节 藻类	(667)
第二章 冷却水系统金属的微生物腐蚀	(669)
第一节 概述	(669)
第二节 微生物腐蚀机理	(670)
第三节 几种材料的微生物腐蚀	(679)
第三章 冷却水系统中的微生物黏泥	(686)
第一节 微生物黏泥的组成	(686)
第二节 黏泥微生物的种类和特点	(687)
第三节 黏泥的污垢热阻	(688)
第四节 微生物黏泥引起的故障	(689)
第五节 影响微生物和黏泥的环境因素	(690)
第四章 冷却水系统微生物的控制	(693)
第一节 控制指标	(693)
第二节 控制方法	(694)
第五章 冷却水杀生剂及其应用	(705)
第一节 概述	(705)
第二节 氧化型杀生剂	(709)
第三节 非氧化型杀生剂	(718)
第六章 静电水处理与电子水处理	(731)
第一节 静电水处理	(731)
第二节 电子水处理	(735)
第七章 循环冷却水系统微生物的监控技术	(737)
第一节 控制微生物是搞好循环水化学处理的关键	(737)
第二节 氨污染对循环水的危害	(741)
第三节 科学应用杀生剂	(749)
第四节 从预处理抓起,综合治理控制微生物	(754)
第八章 冷却水系统中微生物控制的实例	(756)
第一节 冷态运行杀菌灭藻处理方案	(756)
第二节 异噻唑啉酮的应用试验	(758)
第三节 冷却塔防菌藻涂料的应用	(759)
第四节 季铵盐杀生剂的现场应用试验	(762)

第五节 戊二醛的应用实例	(766)
第六节 静电水处理的应用实例	(767)

第六篇 工业循环冷却水系统的清洗和预膜

第一章 物理清洗	(771)
第一节 物理清洗的方法	(771)
第二节 物理清洗的优缺点	(780)
第二章 化学清洗	(782)
第一节 化学清洗的分类	(782)
第二节 化学清洗的方法	(783)
第三节 化学清洗的优缺点	(793)
第三章 化学清洗时金属的腐蚀	(794)
第一节 化学清洗时发生的两类反应	(794)
第二节 化学清洗时金属腐蚀速度的表示方法	(795)
第四章 化学清洗过程中盐酸洗液的测定与质量标准	(796)
第一节 化学清洗过程中盐酸清洗液的测定	(796)
第二节 化学清洗的质量标准	(798)
第五章 钝化和预膜	(802)
第一节 钝化	(802)
第二节 预膜	(803)
第六章 化学清洗和钝化的废液处理	(806)
第一节 酸性废液的处理	(806)
第二节 钝化废液中亚硝酸钠的处理	(809)
第七章 应用实例	(811)

第七篇 工业循环冷却水系统的运行与管理

第一章 水处理设备的启动和调整试验	(819)
第一节 预处理设备的冲洗及试运行	(820)
第二节 转动设备的试运行	(830)
第三节 离子交换设备的冲洗及试运行	(836)
第四节 水处理设备的整套试运行	(850)
第五节 交换床的调整试验	(856)
第二章 水质管理	(863)

第一节 浓缩倍数控制	(863)
第二节 pH 值的调控	(867)
第三章 加药管理	(871)
第一节 加药方式与加药位置	(871)
第二节 药剂的分析与检验	(873)
第三节 加药量的估算	(874)
第四章 循环冷却水水质监测	(876)
第五章 循环冷却水系统监测	(879)
第一节 概 述	(879)
第二节 试片(管)法	(881)
第三节 线性极化法	(885)
第四节 监测换热器法	(887)
第五节 污垢监测仪法	(890)
第六节 压力降法	(894)
第六章 定期检修时的调查方法	(896)
第一节 肉眼观察	(896)
第二节 无损检查	(897)
第三节 抽芯调查	(897)
第四节 其他的调查方法	(898)
第七章 换热器的清洗、损坏与更换	(899)
第一节 换热器的清洗	(899)
第二节 换热器的损坏	(900)
第三节 换热器的更换	(902)
第八章 冷却水系统的处理实例	(904)
第一节 循环冷却水处理方案的制订	(904)
第二节 适用于高硬度冷却水系统的实例	(904)
第三节 用于低硬度冷却水系统的实例	(907)
第四节 适用于高盐类冷却水系统的实例	(909)
第五节 采用非磷酸盐缓蚀剂的处理实例	(910)
第九章 冷却水系统运行成本节约	(912)
第一节 运行成本分析	(912)
第二节 节约动力费运行时存在的问题及控制	(915)
第三节 节约供水排水费用运行时存在的问题及控制	(917)
第四节 使用水稳剂节约运行成本	(917)
第十章 开式循环冷却水系统运行管理	(920)

第八篇 工业水处理中的分析与监测

第一章 水质化验分析与监测	(937)
第一节 天然水中的杂质	(937)
第二节 水质化验项目	(945)
第三节 水样的采集及处理	(972)
第二章 沉积物的分析与监测	(983)
第一节 试样的采集、调查和制备	(983)
第二节 沉积物的定性分析和结构形态鉴定	(985)
第三节 灼烧失重的测定	(990)
第四节 硫化亚铁含量的测定	(993)
第五节 二氧化碳含量的测定	(996)
第六节 硫酸盐的测定	(999)
第七节 酸不溶物和磷、硅、铁、铝、钙、镁、锌、铜含量的系统分析	(1000)
第八节 水的物理性质的测定	(1010)
第九节 水中阳离子的测定	(1022)
第十节 水中阴离子的测定	(1058)
第十一节 氧化性物质及化学需氧量的测定	(1083)
第十二节 水中油含量的测定	(1095)
第十三节 水中水处理剂的测定	(1097)
第三章 常用水处理剂的分析与监测	(1103)
第一节 水处理剂分析的基本内容	(1103)
第二节 无机水处理剂的分析	(1105)
第三节 有机磷酸类和有机磷酸酯类水处理剂的分析	(1129)
第四节 聚羧酸类水处理剂的分析	(1160)
第五节 杀生剂的分析	(1177)
第四章 冷却水系统中腐蚀和微生物的现场监测	(1193)
第一节 设计规范的要求	(1193)
第二节 腐蚀的现场监测	(1194)
第三节 微生物的现场监测	(1202)
第四节 监测数据的表达	(1205)
第五节 现场监测的实例	(1205)
第五章 锅炉炉内水质处理	(1210)
第一节 锅炉热力系统的腐蚀	(1210)
第二节 给水水质调节处理	(1224)
第三节 水垢与水渣	(1244)

第四节	炉内加药处理	(1248)
第五节	锅炉排污	(1260)
第六节	锅炉运行的化学监测	(1265)
第七节	凝结水处理	(1273)
第八节	热力设备大修的化学检查	(1301)
第九节	系统查定	(1306)
第六章	锅外离子交换水处理	(1309)
第一节	离子交换剂	(1309)
第二节	钠离子交换软化处理的基本原理	(1324)
第三节	水的离子交换软化降碱处理	(1330)
第四节	固定床离子交换设备与再生系统	(1344)
第五节	固定床离子交换器的再生操作及常见故障处理	(1353)
第六节	浮动床	(1359)
第七节	离子交换器运行管理及提高经济性措施	(1367)
第八节	全自动离子交换软水器	(1372)
第九节	水的离子交换除盐处理	(1384)
第十节	水处理系统的防腐	(1387)

第九篇 工业循环冷却水处理相关标准规范

第六章 锅外离子交换水处理

原水经混凝、沉淀和过滤处理后，虽然除去了水中的悬浮物和部分胶体物质，使水得到了澄清，但水中仍存在有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子态杂质，会对锅炉造成结垢等危害，影响锅炉的安全运行。锅外离子交换水处理，就是将水在进入锅炉之前，通过与交换剂的离子交换反应，除去水中的离子态杂质。对于低压锅炉，通常采用钠离子交换来除去水中的硬度物质，使水得到软化，以防止锅炉结垢。另外，如原水的碱度较高，也可通过氢离子交换等方法来降低碱度。

第一节 离子交换剂

一、交换剂的种类及其命名

（一）交换剂的种类

离子交换剂的种类很多，有天然和人造合成，有机和无机，阳离子型和阴离子型等之分，其中合成离子交换剂因其结构特征不同，又有凝胶型和大孔型之分。一般常规分类如表 8-6-1 所示。其中无机类交换剂由于交换能力很小，化学稳定性又差，已极少采用。在锅炉水处理中，使用磺化煤的也已很少，最常用的还是合成离子交换树脂。

磺化煤是用粉碎的烟煤经发烟硫酸磺化处理后制成，其活性基团以磺化时引入的磺酸基（ $-\text{SO}_3\text{H}$ ）为主外，还有一些煤质本身原有的基团以及因硫酸的氧化作用所生成的羧基（ $-\text{COOH}$ ）等，所以它实质上是一种混合型离子交换剂。磺化煤虽然价格较便宜，但由于它存在交换能力小、机械强度低、化学稳定性差等缺点，所以已逐渐被合成离子交换树脂所代替。

表 8-6-1

离子交换剂的分类

性质	无机		有 机					
来源	天然	合成	人造	合 成				
名称	海绿砂	沸石	磺化煤	阳离子交换树脂		阴离子交换树脂		
				强酸性	弱酸性	强酸性		弱酸性
活性基团类型	钠离子交换	钠离子交换	阳离子交换	磺酸基 —SO ₃ H	羧酸基 —COOH	I 型 三甲基 胺基 —N (CH ₃) ₃	II 型 二甲基 乙醇胺基 (CH ₃) ₂ —N < C ₂ H ₅ OH	伯、仲、叔 胺基 —NH ₂ = NH = N

离子交换树脂（简称树脂）是用化学合成法制成的，它是由许多低分子化合物经聚合或缩合反应、头尾相交而形成长链的高分子化合物。其中低分子化合物称为单体；化合后形成的长链称为骨架；使单体相互交联成网状结构的化合物称架桥物质（也称交联剂）；聚合时，所用交联剂占单体和交联剂总量的质量分数称为交联度，交联度越大，骨架中的网状结构越紧密。因此，交联度的大小对树脂的性能影响较大，如树脂的机械强度和密度随交联度的增大而加大；而树脂的含水率、交换能力、溶胀性等，却随交联度的增大而减小。

合成后的高分子化合物称为白球，只是半成品，尚无交换离子的能力。将白球作进一步的化学处理，使骨架中引入可进行离子交换的活性基团（如表 8-6-1 所示），便可得各种离子交换树脂。交换树脂的化学性质取决于引入的基团性质。

低压锅炉水处理中最常用的钠离子交换树脂，就是由苯乙烯和二乙烯苯共聚后，形成聚苯乙烯白球，再经过浓硫酸磺化处理，引入活性基团 $-\text{SO}_3\text{H}$ 而制成。其中苯乙烯为单体；二乙烯苯为交联剂；聚苯乙烯为骨架；聚合时，所用二乙烯苯的质量占苯乙烯与二乙烯苯总质量的质量分数，即为交联度。因引入的活性基团为强酸性的磺酸基，易电离出 H^+ ，可与水中的阳离子进行交换。因此，它被称作为苯乙烯系强酸性阳离子交换树脂。

（二）离子交换树脂的结构类型

按离子交换树脂的结构类型，可分为凝胶型、大孔型和均孔型等。

1. 凝胶型树脂：用普通聚合法制成的离子交换树脂，具有不规则的网状多孔结构，

因与均相高分子凝胶的结构相似，故称为凝胶型树脂，在水的软化处理中使用较普遍。

凝胶型树脂的孔径很小，一般只有 $1 \sim 2\text{nm}$ ，因此它的抗污染能力和抗氧化性较差，易受有机物和胶体硅等的污染。另外，由于孔径过小，使得它的交联度不能过大，通常只有 $1\% \sim 7\%$ ，因此其机械强度也较低。为了克服这些缺点，已开发了不少改进型树脂。

2. 大孔型树脂：这种树脂由于在制造过程中加入了一定量的致孔剂，因此其孔径比凝胶型树脂大得多，一般在 $20 \sim 200\text{nm}$ 以上，故称为大孔树脂。

大孔型树脂实际上由许多小块凝胶型树脂所构成，孔眼存在于这些小块凝胶之间，所以它的交联度可比凝胶型树脂大得多，一般可达 $16\% \sim 20\%$ ，从而使其机械强度也大得多，且不易降解。由于孔径大，有机物、胶体硅等虽然易被树脂截留，但也易从孔中清洗出来，所以它的抗污染能力和抗氧化性均较强。

大孔树脂的缺点有交换容量较低，再生剂耗量较大，价格较贵等。近年来开发了第二代大孔树脂，主要是在制造过程中，对孔眼的大小和孔隙度进行了控制，使其更加符合实际应用的需要。这种新树脂的优点是：其交换容量与凝胶型树脂相近，离子交换的反应速度较快，且有比第一代大孔树脂更好的物理性能和抗污染性。

3. 均孔树脂：这种树脂是为了防止有机物污染（中毒）而研制的一种强碱性阴树脂。研究认为，强碱性阴树脂之所以易被有机物污染，其主要原因是由于苯乙烯与二乙烯苯交联不均匀所造成。如果交联均匀，孔眼的大小相近，树脂内部不存在紧密区，那么孔眼中截留的有机物就易被洗脱出来，树脂就不易中毒。均孔树脂就是根据这一原理而制取的，它在制造过程中不用二乙烯苯作交联剂，而改用其它缩合反应，使制得的树脂网孔较均匀。这种均孔树脂对有机物的吸着是可逆的，所以不易被污染。

（三）离子交换树脂的命名

为了统一国产离子交换树脂的牌号，原化工部制定了《离子交换树脂产品分类、命名及型号》的部颁标准。主要规定如下：

1. 全称。有机合成离子交换树脂的全称由：分类名称、骨架名称和基本名称三部分按顺序依次排列组成。

分类名称：按有机合成离子交换树脂本体的微孔形态分类，分为凝胶型和大孔型等。

骨架名称：按有机合成离子交换树脂骨架材料命名，分为苯乙烯系、丙烯酸系、酚

醛系、环氧系等。

基本名称：基本名称为“离子交换树脂”。凡属酸性反应的，在基本名称前冠以“阳”字；凡属碱性反应的，在基本名称前冠以“阴”字。

此外，根据有机合成离子交换树脂中活性基团的性质，分为强酸性、弱酸性、强碱性、弱碱性、螯合性等，分别在基本名称前冠以“强酸”、“弱酸”、“强碱”、“弱碱”、“螯合”等字样。

2. 型号。有机合成离子交换树脂的产品型号，以三位阿拉伯数字表示。对于凝胶型树脂，在三位数字后再用“×”符号联接第四位阿拉伯数字，表示其交联度。

凡大孔型树脂，在型号前加“大”字的汉语拼音首位字母“D”。凝胶型树脂，在型号前不加任何字母。

各位数字所代表的意义如下：

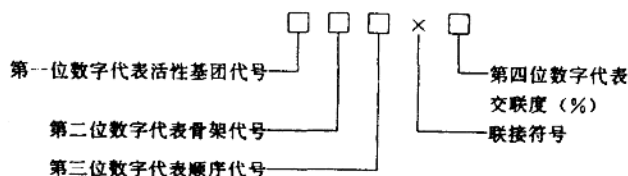


表 8-6-2 第一位数字代表的活性基团代号

代号	0	1	2	3	4	5	6
活性基团	强酸性	弱酸性	强碱性	弱碱性	螯合性	两性	氧化还原性

表 8-6-3 第二位数字代表的骨架代号

代号	0	1	2	3	4	5	6
骨架类别	苯乙烯系	丙烯酸系	酚醛系	环氧系	乙烯吡啶系	脲醛系	氯乙烯系

例如 001×7，代表凝胶型苯乙烯系强酸阳离子交换树脂，其交联度为 7%，它的旧牌号为“732”；D311，代表大孔型丙烯酸系弱碱阴离子交换树脂，它的旧牌号为“703”。

二、离子交换树脂的性能

离子交换树脂是高分子化合物，它们的物理性质和化学性质因其制造工艺（如原料的配方、聚合温度等）的不同而有很大差别，即使是同一工厂、同一类产品，各批次生产的树脂性能往往也有差异。因此，对于商品离子交换树脂的性能，必须用一系列的指

标加以说明。

(一) 离子交换树脂的物理性能

1. 外观

(1) 颜色 离子交换树脂因其组成的成份、基团、结构等不同,而呈现出不同的颜色。如苯乙烯树脂大都呈黄色,也有些树脂呈白色、黑色或棕褐色等。一般,交联剂加入量较多,或原料中杂质较多时,制出的树脂颜色稍深。通常凝胶型树脂呈半透明状,而大孔树脂则不透明。

树脂生产的本身颜色一般与其物理性能和化学性能并无大的关系。在使用中,因交换离子的转换,树脂颜色也会发生一些变化,这一般是正常现象。但如果树脂受铁离子或有机物等杂质的污染,颜色明显变深、变暗,就很可能影响树脂的性能,尤其是交换能力会大大降低,在这种情况下,应对树脂进行复苏处理。

另外,虽然有时同一型号的树脂,各批生产的颜色会略有不同,但同一批生产的树脂颜色应是均匀一致的。如果树脂中明显混杂有不同颜色的颗粒,则该树脂的质量就很难保证,购买时应注意鉴别。

(2) 形状 离子交换树脂一般均呈球形状。呈球状颗粒的树脂与树脂总量的质量分数称为圆球率。对于交换柱水处理工艺来说,圆球率越大越好,一般应达90%以上。

树脂圆球率的测定方法:先将树脂在60℃温度下烘干后称重(m_1),然后慢慢地倒在倾斜10°的玻璃板上端,让树脂分散地向下自由滚动,将滚动下来的树脂再称重(m_2),后者与前者的质量分数为圆球率,即:圆球率 = $(m_2/m_1) \times 100\%$ 。

(3) 粒度 离子交换树脂的粒度,是指树脂以出厂时的活性基团形式,在水中充分膨胀后的颗粒直径。树脂颗粒的大小,对离子交换水处理工艺有较大的影响。颗粒大,离子交换速度慢,树脂交换容量小;颗粒小,水流通过树脂层的压力损失大,当树脂颗粒过小时,还会严重影响交换器的出力,且树脂易跑失;如果颗粒大小相差很大,对交换器的运行和再生也很不利,首先会造成水流分布不匀,阻力增大;其次在反洗时,若流速过大易冲走小颗粒树脂,流速过小则不能松动大颗粒树脂。对一般交换器来说,树脂粒度以选用20~50目(0.84~0.3mm)为好。树脂粒度的表示法和过滤介质的粒度表示法一样,可以用有效粒径和不匀系数表示。

2. 密度

离子交换剂的密度是水处理工艺中的实用数据,由于离子交换剂在应用中呈湿态,

所以根据其含意不同,常用湿真密度和湿视密度来表示。

(1) 湿真密度指树脂在水中经过充分浸泡膨胀后,树脂颗粒的密度:

$$\text{湿真密度} = \frac{\text{湿树脂质量}}{\text{湿树脂的真体积}} \quad \text{g/mL}$$

这里的湿树脂真体积,是指颗粒在湿的状态下本身的体积,它包括颗粒中的孔眼及孔眼中所含的水分,但颗粒与颗粒之间的空隙不应算入。湿真密度与树脂在水中的沉降性能有关,它是影响其实际应用性能的一个指标,例如在采用双层床或混合床等工艺时,就需根据工艺要求选择湿真密度合适的树脂。一般该数值在 1.04 ~ 1.3g/mL 之间,阳树脂的湿真密度通常比阴树脂大。

(2) 湿视密度指树脂在水中经充分浸泡膨胀后的堆积密度:

$$\text{湿视密度} = \frac{\text{湿树脂质量}}{\text{湿树脂的堆体积}} \quad \text{g/mL}$$

此值一般在 0.60 ~ 0.85g/mL 之间,通常阴树脂较轻,偏于下限;阳树脂较重,偏于上限。湿视密度常用来估算交换剂的装载量。

例 8-6-1 一台直径为 1.0m,树脂装载高度需 1.5m 的交换器,如所用阳离子交换树脂的湿视密度为 0.82g/mL,需几千克该树脂?

$$\text{解: } m = \pi R^2 h \rho \times 1000$$

$$= 3.14 \times (1.0/2)^2 \times 1.5 \times 0.82 \times 1000 = 966\text{kg}$$

式中 R ——交换器半径, m;

h ——树脂层高度, m;

ρ ——树脂湿视密度, g/mL。

3. 含水率

离子交换树脂的含水率,是指在潮湿空气中,树脂本身所保持的水量,它包括树脂结构中亲水活性基团的水合水分和交联网孔中的游离水分。树脂的含水率与交联度有关,交联度越低,含水率越大。例如,交联度为 1% ~ 2% 时,含水率可达 80% 以上,交联度为 7% 时,含水率通常只有 45% ~ 55%。含水率越小,往往表明树脂中能够进行离子交换的活性基团越少,其交换能力也就越低。

4. 溶胀性

将干燥的离子交换树脂浸入水中时,其体积往往会变大。有时树脂在失效时和再生后,体积也会发生变化,这种现象称为树脂的溶胀性。