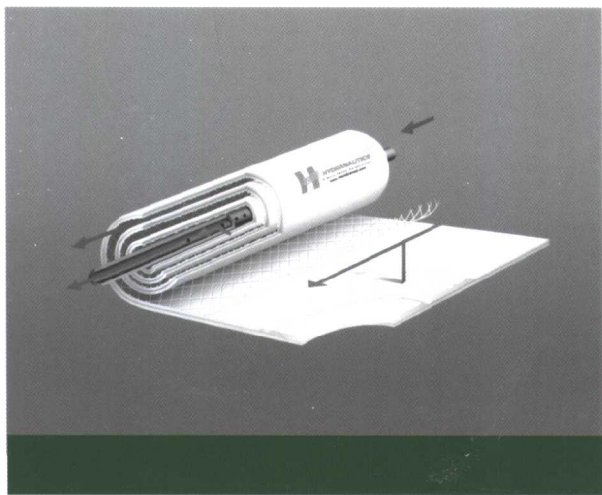


窦照英 张烽 徐平 编著

反渗透水处理技术 应用问答



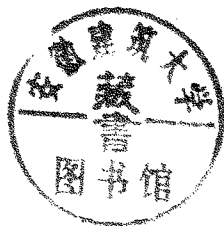
Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

反渗透水处理技术应用问答

窦照英 张 烽 徐 平 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

反渗透水处理技术应用问答/窦照英, 张烽, 徐平编著
北京: 化学工业出版社, 2004. 3
ISBN 7-5025-4660-X

I. 反… II. ①窦…②张…③徐… III. 水处理-技术-
问答 IV. TU991. 2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 059376 号

反渗透水处理技术应用问答

窦照英 张 烽 徐 平 编著
责任编辑: 陈志良
责任校对: 陈 静 于志岩
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 194 千字
2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4660-X/TQ·1772
定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

以高分子分离膜为代表的膜分离技术作为一种新型的流体分离单元操作技术，几十年来取得了令人瞩目的巨大发展。据估计，今天的分离膜世界市场规模已达到每年 20 亿美元以上。除了透析膜主要用于医疗用途以外，几乎所有的分离膜技术均可应用于电力、石油、石油化工、电子、环保、轻工、纺织、天然气等各行业中去。反渗透膜作为主要的水及其他液体分离膜之一，在分离膜领域内占重要地位。

1953 年美国佛罗里达大学的 Reid 等人最早提出反渗透海水淡化，1960 年美国加利福尼亚大学的 Loeb 和 Sourirajan 研制出第一张可实用的反渗透膜。从此以后，反渗透膜开发有了重大突破。膜材料从初期单一的醋酸纤维素非对称膜发展到用表面聚合技术制成的交联芳香族聚酰胺复合膜。操作压力也扩展到高压（海水淡化）膜，中压（醋酸纤维素）膜，低压（复合）膜和超低压（复合）膜。

膜组件的形式近年来也呈现出多样化的趋势。除了传统的中空纤维式、卷式、管式及板框式以外，又开发出回转平膜、浸渍平膜式等。工业水处理上应用最多的是卷式膜，它占据了绝大多数陆地水脱盐和越来越多的海水淡化市场。中空纤维膜在海水淡化应用中仍占有很高的份额。今天世界上反渗透膜水处理装置的能力已达到每天千万吨以上。

我国从 20 世纪 60 年代中期开始研制反渗透膜，与国外起步时间相距不远，但由于原材料及基础工业条件限制，生产的膜元件性能偏低，生产成本高，还没有形成规模化生产。

国内反渗透应用始于 20 世纪 70 年代后期，最早多限于电力、电子、半导体纯水，80 年代以后逐渐扩大到化工及其他工业，90 年代起在饮用水处理方面获得普及，现在反渗透已进入到家庭饮用

纯水。最近十年是反渗透应用大发展阶段。根据保守的估计,各种反渗透膜元件2003年国内销售额在5~6亿人民币左右。随着国内几条引进生产线的陆续开工生产,预计今后国产反渗透膜的市场份额会有所上升。

在国内目前大型反渗透装置主要用于锅炉补给水,据不完全统计,我国已建成和在建的100t/h以上的反渗透装置已达数百套,除少数电子等行业以外,大多数都用于锅炉补给水。最早是火力发电厂,后来扩展到钢铁、炼油、石化、化肥、化工等行业。其中最大规模的系统已经达到1800t/h。国内在此领域已积累了丰富的设计、施工和运行经验,现国内承建过100t/h以上规模反渗透装置的水处理工程公司已超过50家。虽然在国外,1000~10000t/h规模的超大型反渗透或纳滤装置多用于城市供水系统,而国内在饮用水用途的反渗透装置还都是数十吨/小时以下的中、小规模。随着经济发展和膜技术的普及,这一领域的应用前景很大。

鉴于人们迫切需要了解和掌握反渗透水处理的实用技术和相关知识,而现有的反渗透技术读物难以满足读者的实际需求,为此编著了本书。在本书中对于反渗透水处理技术和相关范围内的有关内容,采取问答方式进行介绍。其内容力求实用、准确和深入浅出,以满足不同层次读者群的要求,使具备九年义务教育文化水平的人群就能读懂和应用;使具有高等文化水平的人群也能从中受益。

在21世纪,我国将坚持走可持续发展道路,作为保护环境和保护(水)资源的基本国策,在今后的10~20年中,我们都要强化环境治理工作,加强对淡水资源的合理利用和保护,在这当中反渗透技术大有用武之地。希望这本书能为我国水处理技术、水环境保护等行业从事反渗透技术的工作人员提供帮助。

编者

2004年2月26日

内 容 提 要

反渗透水处理技术在环境保护、水资源利用及各行业水的净化处理中应用十分广泛。

本书以问答的形式介绍了反渗透水处理技术的相关知识，包括与水、水质及反渗透有关的基础知识，反渗透系统的设计、调试和运行以及预处理、膜污染、化学清洗及故障处理等。本书文字通俗易懂，内容实用具体，适用于各行业涉及反渗透装置的运行、操作人员阅读。

目 录

第 1 章 相关知识	1
1.1 一般知识	1
1. 水处理工程中常用的计量单位有哪些	1
2. 常用的十进倍数及分数单位为哪些	2
3. 进口反渗透装置与部件常用的长度、孔径、直径、面积、产水量等 单位是什么，如何换算为法定计量单位；英制压力如何换算为法 定计量单位	3
4. 温度如何换算，由温度如何得知相对湿度	4
5. 压力换算与不同压力下水和水蒸气的饱和温度是多少	6
6. 如何准确使用有效数字，如何进行修约	7
7. 如何准确表达物质的浓度	9
8. 废除当量浓度后如何进行容量分析计算	10
9. 物质的气态、液态和固态的工程作用如何	11
10. 液体有哪些特殊的性质	13
11. 溶液有哪些特殊的性质	14
12. 如何测定溶液的相对密度及由相对密度测知含量	15
13. 如何使水处理工艺按所需方向顺利进行	17
14. 如何利用电化学原理解决工程中的实际问题	18
15. 如何用电导式仪表监测反渗透脱盐工艺	20
16. 如何用电位式仪表检测水的 pH 值及含钠量	22
17. 常用的水泵有哪些，如何操作与维护	24
18. 对水处理工程中的管道有何要求	27
19. 对水处理工程中的阀门有何要求	29
20. 水处理工程中常用的仪表有哪些	30
1.2 水处理与反渗透的化学基础知识	31
21. 在水处理工艺中温度、压力、流速等有何影响	31
22. 怎样测准纯水的电导率，其电导率能有多低	32

23. 水的解离程度有多大, 如何计算溶液的 pH 值	33
24. 弱电解质的电离在水处理工程中何意义	35
25. 如何组成缓冲溶液以保持 pH 值稳定, 并说明其用途	37
26. 何谓难溶物质及其溶度积, 如何用来判断沉淀的形成	38
27. 如何防止成垢物质在反渗透装置中析出	39
28. 如何利用络合原理对反渗透装置防垢、除垢	40
29. 如何按需要配制一定 pH 值的缓冲溶液及标准缓冲溶液	42
30. 如何认识胶体溶液及胶体溶液的性质	43
31. 如何按照分散相粒径选取合适的处理方法	44
1.3 水化学	46
32. 试说明表征水质和水质处理的常用术语	46
33. 试说明表征水的污染与废(污)水处理的术语	48
34. 试说明与水质检测或监测有关的术语	48
35. 试说明水中所含杂质的主要检测项目术语	50
36. 试说明水质的概要分类	52
37. 试述水中杂质及其来源	53
38. 试述水中污染物质及其来源	55
39. 何谓水环境容量及水体的自净作用	56
40. 浊度的单位有哪些, 其关系如何	57
41. 化学需氧量与生化需氧量等与水质污染的关系如何	58
42. 为何胶体硅含量难以测准, 应如何操作	61
43. 表述硬度的概念及各种硬度单位间的关系	62
44. 表述水中碱度的组成及如何求知各组分	64
45. 对膜法水处理有影响的水质指标还有哪些	66
46. 何谓水的饱和指数, 如何用以表征水的结垢性	68
47. 试述混凝处理过程及澄清过程	70
48. 试述各种过滤工艺的阻滤特点	72
49. 试述水质软化的进展及前景	73
50. 试述各种蒸发脱盐工艺及应用	75
51. 简述离子交换脱盐工艺及系统组合	76
52. 何谓电去离子工艺, 它与反渗透联合应用的前景如何	78
53. 全膜法水质处理的可行性如何	79
54. 绿色水质处理的途径与前景如何	81

55. 如何确定火力发电厂的取用水指标	83
56. 在使废水减量与利用中反渗透装置起何作用	85
57. 生活污水如何处理, 可否利用膜法精制处理	88
1.4 各类锅炉对水及水质的要求与对策	89
58. 水中碱度有何危害作用, 如何进行脱碱	89
59. 水中铁、铜、锰、碳酸根、硫酸根有何危害, 如何消除	90
60. 水中菌、藻及微生物有哪些危害, 如何控制	92
61. 如何防止膜处理装置积垢污塞及如何除去污垢	93
62. 水中氧、氯、氨(胺)和磷(磷)酸盐有何作用, 如何 消除	95
63. 水处理工艺中药剂为何要变添加为削减, 有哪些途径	96
64. 采暖锅炉水质有何要求, 有哪些主要的处理技术	97
65. 工业锅炉的用水特点如何, 怎样满足其水质要求	99
66. 电站锅炉的参数、形式和对应的水质要求如何	100
67. 试述电站锅炉补充水处理主要流程	102
68. 试述 15.7MPa 及以上锅炉的给水、锅炉水处理方法	103
69. 如何有效地进行循环冷却水处理	105
70. 如何有效地对排水进行处理和利用	107
71. 如何进行火电厂的水平衡, 试举例说明	108
72. 电子工业对水质有何要求, 如何满足	109
73. 试述作为原水的地表水、地下水情况及要求	111
74. 试述工业废水的各种污染因子及主要治理对策	112
75. 对饮用水指标应如何要求, 如何处理至达标	113
76. 如何实现中水处理的普及应用	115
77. 在水处理与清洗中如何应用物理方法	116
78. 海水、渔业、农田水质有何标准, 污染行业排水有何规定	119
1.5 作业环境的安全、健康与劳动保护	120
79. 反渗透工艺中风险如何辨识和预警	120
80. 如何在反渗透工艺中使用诊断技术及失效分析	122
81. 如何使反渗透制水室达到安全、健康的工作条件	124
82. 如何防止化学药剂伤害, 如何自救	125
第 2 章 反渗透技术	127
2.1 反渗透基本原理	127

83. 什么叫渗透、渗透压和反渗透	127
84. 什么是反渗透膜	128
85. 反渗透膜性能要求和指标	128
86. 在选择膜时或使用膜前应该了解哪些内容	129
87. 反渗透的机理是什么	130
88. 反渗透膜的材料是什么	131
89. 膜的理化指标有哪些	132
90. 膜的分离透过特性指标有哪些	132
91. 膜的运行条件的影响因素有哪些	133
92. 浓差极化有什么危害	139
93. 消除浓差极化的措施有哪些	140
94. 什么是卷式膜元件	140
95. 四种结构反渗透膜元件特点的比较	141
96. 卷式反渗透膜元件给水隔网厚度有哪些影响	143
97. 地表水采用什么样的给水浓水隔网	144
98. 膜元件的标准回收率、实际回收率与系统回收率	145
99. 如何确定系统回收率	147
100. 多级反渗透系统的回收率如何计算	148
101. 膜元件标准温度与实际使用温度	149
102. 膜元件标准压力与使用压力	149
103. 如何计算系统脱盐率	150
104. 系统安装前的膜元件如何保存	150
105. 膜元件的标准脱盐率、实际脱盐率与系统脱盐率	151
106. 什么是脱盐率衰减系数	152
107. 什么是 Langelier 和 S & DSI 指数	153
108. 膜元件标准产水量与设计产水量	154
109. 膜元件水通量衰减百分数	156
110. 膜元件的正常使用寿命有多长	157
111. 膜元件的保质期多长	158
2.2 反渗透系统的设计	158
112. 反渗透系统设计前应考虑哪些方面的情况	158
113. 水质全分析应该包括哪些内容	161
114. 反渗透系统的进水有哪些要求	163

115. 什么是膜元件生产厂家的设计导则	167
116. 如何设计反渗透系统	169
117. 反渗透复合膜元件通常分为几个系列	170
118. 如何决定选用哪个系列的反渗透膜	170
119. 怎样初步确定系统所需膜元件使用数目	170
120. 如何决定系统采用 4"膜元件还是 8"膜元件	172
121. 1t/h 的反渗透系统该选用几支 4"膜	172
122. 什么叫“段”，为什么要分段	174
123. 如何确定系统段间排列方式	175
124. 什么叫“级”，为什么要分级	175
125. 什么叫背压，产生背压会有什么不良后果	175
126. 什么是反渗透系统设计软件	176
127. 如何使用反渗透系统设计软件	177
128. 为什么高压泵后面应设手动调节门	178
129. 为什么高压泵后面应设电动慢开门	179
130. 如何选择压力容器	179
131. 常用的压力容器一般有哪些	180
132. 清洗系统设计时一般应考虑哪几个方面的问题	181
133. 如何选择清洗泵	181
134. 如何选择清洗箱容积	182
135. 为什么要设置自动冲洗功能	182
136. 如何设计自动冲洗系统，自动冲洗应采用什么水源	182
137. 反渗透系统需要哪些常用仪表	183
138. 设计反渗透控制系统时应考虑哪些方面的问题	184
2.3 反渗透系统调试和运行	187
139. 具备什么条件才能安装膜元件	187
140. 装置初次启动前的检查	189
141. 安装膜元件时应注意什么	191
142. 为什么刚开机时系统要不带压冲洗	192
143. 为什么要记录初始时的运行数据	192
144. 什么是 SDI，怎样测试 SDI 值	193
145. 日常运行应记录哪些数据	195
146. 反渗透装置运行启动前的检查	196

147. 反渗透系统的停运应如何进行	197
148. 什么是运行数据的标准化	197
2.4 反渗透系统的预处理设计	198
149. 预处理的目的是什么	198
150. 预处理通常采用的工艺方法	198
151. 反渗透预处理合适与否的简单判断准则	199
152. 反渗透预处理设计考虑因素	200
153. 反渗透元件的进水条件	200
154. 预处理中考虑的反渗透结垢成分是什么	200
155. 针对特定污染物的反渗透预处理设计要点	201
156. 为什么要加酸或阻垢剂	202
157. 过滤器流速的设计标准	203
158. 活性炭过滤器为什么要注意灭菌	204
159. 过滤器应采取什么样的布水和集水方式	205
160. 多介质过滤器的滤料选择应注意什么	206
161. 选择活性炭应注意什么	207
162. 什么样的系统用软化器合适	207
163. 预处理中灭菌应怎样做	208
2.5 膜污染与化学清洗	209
164. 反渗透膜元件常见的污染物有哪些	209
165. 反渗透系统的故障确定及其诊断	210
166. 如何查找反渗透系统和膜元件的故障	211
167. 常见反渗透污染现象	212
168. 反渗透污染症状是什么	212
169. 反渗透故障诊断一览表	213
170. 如何减少故障和降低反渗透清洗频率	213
171. 什么时候需要化学清洗	213
172. 膜元件厂家建议使用的常用清洗液有哪些	214
173. 常见污染物及其去除方法有哪些	214
174. 反渗透膜污染特征及处理方法有哪些	216
175. 反渗透膜元件清洗的一般程序	217
176. 利用反渗透处理地表水或城市排水时主要污染方式	217
177. 反渗透膜元件允许使用的杀菌剂有哪些	218

178. 膜元件短期保存应如何保护	220
179. 膜元件长期停用保护措施如何	220
2.6 常见故障处理实例	221
180. 为什么系统脱盐率整体过低	221
181. 反渗透膜元件产水管为什么会断裂	222
182. 反渗透膜元件外壳为什么会破裂	223
183. 为什么只有第一段段间的压力差增加很高	224
184. 为什么只有第二段段间的压力差增加很高	224
185. 为什么系统脱盐率达不到膜产家说明书中的值	225
186. 为什么系统产水量达不到膜产家说明书中的标称值	226
187. 为什么二级反渗透系统产品水电导率没有改善	228
附录 常见非法定单位与 SI 单位的换算表	230

第1章 相关知识

膜法水处理，尤其是反渗透水质处理应用越来越广泛，书籍文章甚多，但是大多围绕膜技术和反渗透技术作介绍，而且往往要具备一定的学识和相当的工程经验才能接受。广大膜法水处理和反渗透装置用户更希望有普及性的读物，对膜技术，尤其是反渗透技术作深入浅出的介绍，更希望围绕膜处理和反渗透装置的相关知识作概要的了解。

本章就反渗透技术所能涉及到的一般知识、化学基础知识、水化学、锅炉水质及其他应用反渗透装置的水质以及安全、环境、健康等有关的问题作系统介绍，使不同层次的读者不必查阅更多的资料，即能解决工作中遇到的问题。

1.1 一般知识

1. 水处理工程中常用的计量单位有哪些

水处理工程和反渗透技术涉及多种学科和多种工艺，有些设备与技术引自国外，因此所使用的计量单位除了国家以法令形式规定的计量单位外，还有源自国外厂商使用的计量单位。

在长度中，除了使用法定计量单位 m（米）之外，常用 ft（英尺）、in（英寸），有的还用市制单位。

在面积中，除了使用法定计量单位 m^2 （平方米）之外，也用 ft^2 （平方英尺）、 in^2 （平方英寸）和市制单位。

在容积方面，除了使用法定计量单位 m^3 （立方米）之外，还用 gal（加仑），而且英加仑（UKgal）的容量不同于美加仑（USgal），是美加仑的 1.2 倍。

在质量方面，除了法定计量单位 kg（千克）外，应注意 t

(吨) 与 UKton (英吨) 和 USton (美吨) 都不同, $1t=1000kg$, $1UKton=1016.05$, $1USton=907.185kg$ 。

由于以上单位的不同, 导出的单位也不同。水处理工程中最常遇到的流量 (质量流量或体积流量) t/h 和 m^3/h 在 $4^\circ C$ 水温下相等, 在常温下差别不大, 但是使用英制或美制时必须注意换算。部分英制单位和 SI 制的单位换算见附录所示。

2. 常用的十进倍数及分数单位为哪些

《中华人民共和国法定计量单位》除了规定各种单位外, 还对十进制倍数和分数的词头做了规定。水处理工程中使用的长度、质量和物质的量变化幅度非常大, 因此应按照规定使用词头, 而避免叠用。

在工程中常以千倍或其分数倍反映各种量的变化幅度, 当变化幅度较小时, 十、百、分、厘仍常使用。各词头的称谓及符号如下表所示。

用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E
10^{15}	拍[它]	P
10^{12}	太[拉]	T
10^9	吉[咖]	G
10^6	兆	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳[诺]	n
10^{-12}	皮[可]	p
10^{-15}	飞[母托]	f
10^{-18}	阿[托]	a

如天然水中杂质含量多在 mg/L 范围内, 纯净水中则为 $\mu g/L$

范围。电子级的超纯水杂质用 ng/L 表示。在国外或国内的旧的图书中，也使用 ppm (10^{-6}) 表示 mg/L，或用 ppb (10^{-9}) 表示 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。此处 b 为 billion，美国与英国的含义不同，而 m 作为 million 的缩写则不会引起歧义。

水中颗粒物或对应滤膜的滤孔尺寸，常使用 μm 和 nm 。 nm 曾用毫微米称谓，对应写作 $\text{m}\mu\text{m}$ ，使用法定计量单位后，不得再叠用。

我国习惯用万表示 10^4 ，万万为亿，是 10^8 ，而 10^{12} 、T 可称为万亿，这不算是叠用。因为万与亿是习惯称谓，而非词头，所以不受限制。

在统计热电厂的供热量时，常用百万千焦，这种表示法不规范，应使用 GJ，大容量热电厂的供热量可用 TJ 为单位。

在水处理工程中，尽量使用 10^3 或 10^{-3} 的倍数或分数。这里有双重含义，首先是尽量不使用十、百或分、厘，例如 dm 和 cm 应尽量化为 mm；其次是：避免过多的零，例如 0.0001 (10^{-4}) g，应写作 0.1mg ； 10000g (10^4) g，应写作 10kg 。

3. 进口反渗透装置与部件常用的长度、孔径、直径、面积、产水量等单位是什么，如何换算为法定计量单位；英制压力如何换算为法定计量单位

某种反渗透膜元件外径 8in (英寸)，长 40in (英寸)，膜面积 400ft^2 (平方英尺)，透过水量 12000gpd (加仑/日)，操作压力 $150\text{lb}/\text{in}^2$ (磅力/英寸或 psi)，最高进水量 15gpm (加仑/分)，最大允许游离氯含量 $<0.1\text{ppm}$ 。

面对上述参数，用惯米制 (公制) 或国际单位制的工程技术人员，或已习惯使用法定计量单位的广大读者都会感到困惑，需要知道一些基本的换算关系。

在水处理工程中，常用的长度 (含宽、高、厚和直径等) 是 mm (毫米)， 1in (英寸) = 25.4mm ，而 1ft (英尺) = 304.8mm 。这里还要特别强调，英制中往往不是十进位制的，以长度为例，

12in=1ft。

微小的长度用于表示滤膜孔径，过去使用 \AA (10^{-10}m)，应使用 0.1nm 代替，这就是反渗透膜的孔径范围。 10^{-6}in (微英寸) = $2.54 \times 10^{-5}\text{mm}$ ， 10^{-3}in 称作密耳 mil (切勿与英里 mile 相混) = 1mil = $2.54 \times 10^{-2}\text{mm}$ 。在表示耐蚀材料的腐蚀速度时常用 mil/a (密耳/年)。

由长度导出的面积单位以 ft^2 (平方英尺) 和 in^2 (平方英寸) 最常用。 $1\text{ft}^2 = 144\text{in}^2 = 929\text{cm}^2 = 92903\text{mm}^2$ ， $1\text{in}^2 = 6.45\text{cm}^2 = 645.2\text{mm}^2$ 。

流量 gpd (加仑/日) 和 gpm (加仑/分) 在使用中应弄清是英加仑还是美加仑。英国 $\text{gpd} (\text{gal/d}) = 4.546\text{L/d} = 5.26 \times 10^{-5}\text{L/s}$ ；美国 $\text{gpd} (\text{gal/d}) = 3.785\text{L/d} = 4.381 \times 10^{-5}\text{L/s}$ 。

有的工程技术人员对英制的压力单位 1b/in^2 (psi、磅力/平方英寸) 并不陌生，也熟知和旧的压力单位 kgf/cm^2 (公斤力/厘米²) 的换算关系。亦即： $1\text{psi} = 0.0703\text{kgf/cm}^2$ ，或者 $1\text{kgf/cm}^2 = 14.22\text{psi}$ 。至今许多进口锅炉和压力容器仍使用 1b/in^2 (psi) 表示其压力。

法定计量单位压力的单位为 Pa (帕)， $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ ，此数值在水处理工艺和工程中应用时过小，常使用 MPa (兆帕， $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$) 或 kPa (千帕， $1\text{kPa} = 10^3\text{Pa}$) 表示。换算时 $1\text{psi} = 6.895\text{kPa} = 6.895 \times 10^{-3}\text{MPa}$ 。某反渗透膜元件最高允许压力为 600psi，亦即 4.16MPa。

游离氯含量 $< 0.1\text{ppm}$ ，即 $< 0.1\text{mg/L}$ 或 $< 100\mu\text{g/L}$ 。

4. 温度如何换算，由温度如何得知相对湿度

法定计量单位中，热力学温度 K (开) 是作为国际单位制的基本单位，摄氏温度 $^{\circ}\text{C}$ (摄氏度) 是具有专门名称的导出单位。在工程中更常使用摄氏度。国外引进的设备或元部件在提及工作条件时，常使用华氏温度 $^{\circ}\text{F}$ 。它们之间的关系应弄清。我国习惯用摄氏度 $^{\circ}\text{C}$ 。

热力学温度与摄氏温度的间隔相同，但是起点不同。热力学温