

工业水处理技术

周本省 主编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业水处理技术/周本省主编.-北京:化学工业出版社,1996

ISBN 7-5025-1726-X

I. 工… II. 周… III. 工业用水-水处理-技术 IV. TU9
91.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 24079 号

工业水处理技术

周本省 主编

责任编辑: 郭乃铎

责任校对: 凌夏男

封面设计: 于兵

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京密云云浩印制厂印刷

三河市前程装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 31 3/4 字数 813 千字

1997 年 2 月第 1 版 1997 年 2 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—6000

ISBN 7-5025-1726-X/TQ·906·

定 价: 50.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

随着全球人口的不断增加和工农业的持续发展,全世界的淡水资源日益紧张。现在全世界约有 80 个国家存在着影响经济发展和人民生活的缺水问题。有人推测,如果下个世纪发生战争,其起因可能是水而不是石油。

为了用好我国有限的淡水资源和提高我国工业水处理的技术水平,化学工业部于 80 年代中期在我校创办了工业水处理技术培训中心。到这个培训中心来学习的学员除了来自化学工业部门外,还有的来自石油化工、电力、冶金、轻工、机械、纺织等部门。为了提高培训的质量与水平,培训中心于 1990 年组织有关专家编写了一套《工业水处理技术》的讲义。讲义由四部分组成:水处理基础知识、循环冷却水处理、低压锅炉水处理、工业水水质分析与监测,供各届学员使用,效果不错。

后经我校前校长魏宝明教授推荐,本书被列入了化学工业出版社的出版计划。出版社希望能在此讲义的基础上写成一本面向全国工业水处理工作者的工程技术性图书。

为此,我们增邀了几位专家参加本书的编写和审阅工作,并在原有讲义的基础上作了较多的补充、修改和较大的调整。例如,在第二篇循环冷却水处理的有关章节中,增加了冷却水处理咨询用的计算机专家系统(第八章中);补入了最新的国家标准《工业循环冷却水设计规范》(GB 50050—95)中要求的循环冷却水的水质标准(第八章中);重新改写了循环冷却水系统中微生物及其控制一章(第六章);增加了钢铁厂冷却水系统的不停产化学清洗的应用实例(第七章中),并大大充实了循环冷却水系统中现场监测方面的内容(第九章中)。在第三篇锅炉水处理的编写中,则实现了重点的转移,由原来以低压锅炉水处理为主改为以中高压锅炉水处理为主。在第四篇工业水处理中的分析与监测中,则除了保留原有的水质分析法(第十六章)和沉积物的分析(第十七章)两章外,还增加了常用水处理药剂的分析(第十八章)一章。在该篇中所用的分析方法都是以最新公布的中华人民共和国国家标准或行业标准等为依据。

本书采用了目前国家所规定的法定计量单位。关于过去在锅炉水处理中,人们习惯使用的表示物质浓度的单位 meq/L (或 eq/L、 $\mu\text{eq/L}$),本书均改为 mmol/L (或 mol/L、 $\mu\text{mol/L}$)。但为了能利用现有的公式、图、表、曲线和数据等,本书在第一篇(水及工业用水预处理)和第三篇(锅炉水处理)中,除了有特殊说明之外,均采用以一价离子作为基本单元;对于二价离子以其 1/2 作为基本单元;对于三价离子则以其 1/3 作为基本单元。在第二篇(循环冷却水处理)和第四篇(工业水处理中的分析与监测)中,则采用在表示浓度的符号 c 后面或在计量单位后面,用括号注明用什么作为其基本单元。

在整个编写过程中,南京化工大学及应用化学系的领导及有关同志给予了热情的支持。南京化工大学张有衡教授、中国科学院微生物研究所吕人豪研究员、电力工业部热工研究院秦金藻教授级高级工程师和何辉纯教授级高级工程师、西北电力设计院徐卫教授级高级工程师、南京大学田笠卿教授等,在百忙中为本书的有关章节进行了认真仔细的审阅;南京化工大学张有衡教授、魏宝明教授给予了有益的指教,刁月民副研究员为本书中的一个疑点特地进行了实验验证;电力工业部热工研究院的秦金藻和陈洁两位教授级高级工程师为本书第三篇的

编写和审阅进行了大量的协调和组织工作；我的两位研究生——杨文忠和郑戎戎在本书的统稿过程中进行了大量繁琐而费时的具体工作；河海大学赵崇善师傅为本书绘制了全部插图。对此，一并表示衷心的感谢！

我还要感谢参加本书编写工作的电力工业部热工研究院陈洁教授级高级工程师和朱小莎高级工程师、西安灞桥热电厂叶涛高级工程师以及南京化工大学的龙荷云教授、朱一帆教授、张丽君副教授和俞斌教授。对于他们的认真编写和密切合作表示衷心的感谢！

参加编写的各位作者当时都有工作在身，以致整个编写过程拉得较长而统稿和定稿工作有些仓促。再加以本书涉及的知识面广而本人的知识有限，书中不妥或错误之处一定会有，请各位读者多多批评并来信指正。来信请寄：南京市，新模范马路，青石村，137—1号，202室，周本省收（邮政编码：210037，电话号码：(025) 3421328）。谢谢！

周本省

1996. 10. 18 于南京化工大学

目 录

第一篇 水及工业用水预处理

第一章 水及工业用水	1
第一节 水资源.....	1
一、水资源分布概况.....	1
二、工业用水的各种水源及其特点.....	2
第二节 天然水的化学特征及工业用水水质要求.....	4
一、天然水的化学特征.....	4
二、工业用水的水质要求.....	8
第三节 节约水资源和防止水污染的重要性.....	9
一、水在自然界的循环.....	9
二、节水和防止污染的重要性.....	9
参考文献	11
第二章 工业用水预处理	12
第一节 天然水中的杂质	12
一、悬浮物	12
二、胶体物	12
三、溶解物质	12
第二节 工业用水预处理	14
一、混凝	14
二、沉淀与澄清	20
三、过滤	23
四、除铁	24
五、软化	26
六、除氯	29
参考文献	30

第二篇 循环冷却水处理

第三章 循环冷却水系统及其水处理概况	31
第一节 循环冷却水系统	31
一、冷却水系统	31
二、冷却塔	32
三、敞开式循环冷却水系统	33
第二节 敞开式循环冷却水处理的重要性	37
一、敞开式循环冷却水系统产生的问题	37
二、敞开式循环冷却水处理的重要性	38
参考文献	39

第四章 循环冷却水系统中的沉积物及其控制	40
第一节 循环冷却水系统中的沉积物	40
一、沉积物的分类	40
二、水垢析出的判断	41
三、污垢热阻	49
第二节 循环冷却水系统中沉积物的控制	52
一、水垢的控制	52
二、污垢的控制	54
第三节 阻垢剂及分散剂	56
一、聚磷酸盐	56
二、有机膦酸	58
三、膦羧酸	60
四、有机磷酸酯	61
五、聚羧酸	62
六、天然分散剂	64
七、有机膦酸和聚羧酸的阻垢和分散机理	65
八、阻垢剂的应用实例	67
参考文献	67
第五章 循环冷却水系统中金属的腐蚀及其控制	69
第一节 冷却水中金属腐蚀速度的表示方法	69
第二节 冷却水中金属腐蚀的机理	69
一、液滴试验	69
二、冷却水中金属腐蚀的机理	70
三、伊文思极化图	71
第三节 冷却水中金属腐蚀的形态	72
一、均匀腐蚀	72
二、电偶腐蚀	72
三、缝隙腐蚀	73
四、孔蚀	73
五、选择性腐蚀	74
六、磨损腐蚀	74
七、应力腐蚀破裂	75
第四节 冷却水中金属腐蚀的影响因素	75
一、pH 值	76
二、阴离子	76
三、络合剂	77
四、硬度	77
五、金属离子	77
六、溶解的气体	77
七、浓度	78

八、悬浮固体	79
九、流速	79
十、电偶	79
十一、温度	80
第五节 冷却水中金属腐蚀的控制指标	80
第六节 冷却水中金属腐蚀的控制方法	80
一、添加缓蚀剂	81
二、提高冷却水的 pH 值	89
三、使用耐蚀材料换热器	94
四、用防腐涂料涂覆	97
参考文献	100
第六章 循环冷却水系统中的微生物及其控制	102
第一节 冷却水系统中引起故障的微生物	102
一、细菌	102
二、真菌	104
三、藻类	105
第二节 冷却水系统中金属的微生物腐蚀	106
一、铁和低碳钢	106
二、不锈钢	107
三、铜和铜合金	107
四、镍和镍合金	107
五、钛和钛合金	107
六、非金属材料	108
第三节 冷却水系统中的微生物粘泥	109
一、微生物粘泥的组成	109
二、粘泥微生物的种类和特点	109
三、粘泥的污垢热阻	110
四、微生物粘泥引起的故障	110
五、影响微生物和粘泥的环境因素	111
第四节 冷却水系统中微生物的控制指标	113
第五节 冷却水系统中微生物的控制方法	113
一、选用耐蚀材料	113
二、控制水质	113
三、采用杀生涂料	114
四、阴极保护	114
五、清洗	114
六、防止阳光照射	114
七、旁流过滤	114
八、混凝沉淀	114
九、噬菌体法	114

十、添加杀生剂	115
第六节 冷却水杀生剂	115
一、优良的冷却水杀生剂应具备的条件	115
二、冷却水杀生剂的选择依据	116
三、氧化性杀生剂	116
四、非氧化性杀生剂	120
五、一些杀生剂杀生性能的比较	125
六、使用中的注意事项	125
第七节 冷却水系统中微生物控制的实例	126
一、冷态运行杀菌灭藻处理方案	126
二、异噻唑啉酮的应用实例	127
三、冷却塔防菌藻涂料的应用	128
参考文献	130
第七章 冷却水系统的清洗和预膜	132
第一节 冷却水系统中的沉积物及其来源	132
第二节 物理清洗	133
一、物理清洗的方法	133
二、优缺点	135
第三节 化学清洗	135
一、分类	135
二、化学清洗的方法	136
三、优缺点	139
第四节 不同情况下的清洗	139
一、新设备的清洗	139
二、老设备的清洗	139
第五节 钝化	140
一、钝化	140
二、钝化的目的	140
三、钝化处理	140
第六节 预膜	140
一、预膜的目的	140
二、预膜方案的分类	141
三、预膜的时机	141
四、预膜方案一例	141
第七节 应用实例	142
一、炼油厂冷却水系统的不停车化学清洗	142
二、钢铁厂冷却水系统的不停产化学清洗	143
参考文献	145
第八章 循环冷却水系统的日常运行	146
第一节 运行过程中水质的变化	146

一、二氧化碳含量的降低	146
二、碱度的增加	146
三、pH值的升高	146
四、浊度的增加	146
五、溶解氧浓度的增加	146
六、含盐量的升高	147
七、有害气体的进入	147
八、工艺泄漏物的进入	147
九、微生物的滋长	147
第二节 浓缩倍数	147
一、节水量与浓缩倍数的关系	147
二、浓缩倍数的选择	148
第三节 日常运行用的复合水处理剂	149
一、复合水处理剂的优点	149
二、典型的复合水处理剂	149
三、复合水处理剂的选择	154
第四节 日常运行中的水质监测与控制	155
一、监测与控制的项目	155
二、《设计规范》要求的循环冷却水的水质标准	160
第五节 循环冷却水系统中的事故及其处理	160
一、低pH漂移腐蚀事故及其处理	161
二、漏油事故及其处理	162
第六节 冷却水处理咨询用的计算机专家系统	164
一、专家系统的结构	165
二、应用实例	166
三、展望	167
参考文献	168
第九章 冷却水系统中腐蚀、沉积物和微生物的现场监测	169
第一节 设计规范的要求	169
第二节 腐蚀的现场监测	169
一、试片法	169
二、试验管法	172
三、线性极化法	172
四、监测换热器法	174
第三节 沉积物的现场监测	175
一、监测换热器法	175
二、电热式污垢监测仪法	177
三、压力降法	180
四、钙离子浓度法	181
第四节 微生物的现场监测	181

一、异养菌数的测定	181
二、粘泥量的测定	182
第五节 监测数据的表达	183
第六节 现场监测的实例	183
一、线性极化法监测金属的腐蚀速度	183
二、污垢热阻在线测试系统用于现场监测	184
参考文献	186

第三篇 锅炉水处理

第十章 锅炉及其水汽质量标准	188
第一节 锅炉的基本组成及工作过程	188
一、锅炉的基本组成	188
二、锅炉的工作过程	191
三、锅炉的水循环	194
四、锅炉的基本参数	196
第二节 锅炉水、汽质量标准	197
一、锅炉用水名称	197
二、锅炉用水水质不良对锅炉的危害	198
三、低压锅炉水质标准	199
四、中、高压锅炉的水、汽质量标准	201
五、废热锅炉的水质标准	206
六、化工部、石化总公司（属大氮肥厂）蒸汽发生和水处理系统水汽质量指标控制规定	208
第三节 锅炉水处理的任务和本篇的主要内容	210
一、汽水监督	210
二、锅炉用水处理	210
三、锅炉防腐	211
四、化学清洗	211
参考文献	211
第十一章 离子交换树脂及离子交换基本原理	212
第一节 离子交换树脂及其性能	212
一、离子交换树脂概述	212
二、离子交换树脂的性能	217
第二节 离子交换基本原理	223
一、离子交换反应	223
二、离子交换平衡和选择性系数	224
三、离子交换速度	226
第三节 离子交换树脂层的工作过程	228
一、离子交换树脂层内的交换过程	228
二、离子交换树脂层内的再生过程	229

第四节	离子交换树脂的使用	230
一、	离子交换树脂的选用	230
二、	离子交换树脂的保管	231
三、	新树脂投运前的预处理	232
四、	离子交换树脂的装填	232
第五节	离子交换树脂的变质、污染与复苏	233
一、	离子交换树脂的变质	233
二、	离子交换树脂的污染与复苏	233
参考文献		238
第十二章	离子交换水处理	239
第一节	离子交换软化水处理	239
一、	钠型离子交换的过程	239
二、	钠型离子交换后的水质变化	240
三、	再生过程	240
四、	钠离子交换软化系统	241
第二节	离子交换软化及脱碱联合水处理	242
一、	氢型强酸性阳离子交换树脂的 H-Na 离子交换	242
二、	氢型弱酸性阳离子交换树脂的 H-Na 离子交换	250
第三节	离子交换除盐水处理	252
一、	离子交换除盐水处理原理	253
二、	氢氧型强碱性阴离子交换树脂的工艺性能	254
三、	氢氧型弱碱性阴离子交换树脂的工艺性能	258
四、	离子交换除盐水处理系统	260
第四节	离子交换水处理系统的设备及其运行	270
一、	顺流再生离子交换器	270
二、	对流(逆流)再生离子交换器	275
三、	分流再生固定床离子交换器	279
四、	浮动床离子交换器	280
五、	提升床式浮动床离子交换器	285
六、	移动床离子交换器	287
七、	混合床离子交换器	289
八、	双层床离子交换器	292
九、	其他离子交换器	292
第五节	离子交换系统的附属设备	295
一、	盐液再生系统及设备	295
二、	酸、碱液再生系统及设备	296
三、	除二氧化碳器	298
第六节	离子交换设备运行中的故障及其消除方法	299
一、	软化水处理系统的故障及其消除方法	299
二、	离子交换除盐水处理系统的故障及其消除方法	300

第七节 离子交换水处理系统的选择	302
一、锅炉水处理用的原水水质资料	302
二、锅炉补给水预处理方案的选择	302
三、锅炉补给水离子交换水处理系统的选择	303
参考文献	304
第十三章 锅内加药处理	306
第一节 锅内加药处理概述	306
一、概况	306
二、锅内理化过程	307
三、锅水中的沉淀物	308
第二节 锅内加药处理方法	310
一、纯碱处理法	310
二、磷酸盐处理法	312
三、聚合物处理法	315
四、螯合剂处理法	317
五、其他处理方法	318
六、锅内加药处理方法的评价	318
第三节 锅内水处理的加药方法及装置	319
一、锅内水处理的加药方法	319
二、加药装置及系统	319
三、锅内加药处理的注意事项	320
第四节 锅炉的排污处理	321
一、锅炉排污的方式	321
二、锅炉的排污率	321
三、锅炉的排污装置	322
第五节 应用实例	323
一、实例一	323
二、实例二	323
参考文献	324
第十四章 热力设备系统的腐蚀与控制	325
第一节 热力设备系统腐蚀的基本原理	325
一、热力设备系统腐蚀倾向的判断	325
二、热力设备系统腐蚀的速度	331
第二节 锅炉金属在水和蒸汽中的腐蚀	333
一、金属在水、汽中腐蚀的基本反应过程	333
二、影响纯水的 pH 值和电导率的因素及其对金属腐蚀的影响	335
三、金属在水汽中形成的腐蚀产物及其特性	338
第三节 锅炉补给水处理设备的腐蚀与防护	339
一、酸腐蚀	339
二、氧腐蚀	339

第四节 热力设备系统的腐蚀	339
一、锅炉系统设备在高温烟气或工艺气中的腐蚀	340
二、锅炉系统设备的水汽腐蚀	341
三、汽轮机的腐蚀	344
四、凝汽管的腐蚀	345
第五节 热力设备系统的腐蚀控制	346
一、给水除氧	346
二、给水 pH 值的调节及其他	354
三、热力设备停(备)用期间的防护	356
四、凝汽器的防护	359
参考文献	360
第十五章 锅炉的化学清洗	361
第一节 锅炉中的沉积物	361
一、锅炉中的沉积物	361
二、沉积物的鉴别方法	362
第二节 锅炉的化学清洗	363
一、锅炉化学清洗的基本原理	363
二、锅炉化学清洗剂的选择和应用	367
三、锅炉化学清洗中缓蚀剂的选用	371
四、锅炉化学清洗的目的和清洗范围的确定	374
五、锅炉化学清洗工艺	374
六、锅炉化学清洗中的监督控制和质量要求	377
第三节 锅炉的碱洗除垢	378
一、碱洗除垢的原理	378
二、碱洗工艺	378
第四节 应用实例	379
一、清洗方案	379
二、清洗实例	380
参考文献	380

第四篇 工业水处理中的分析与监测

第十六章 水质分析法	381
第一节 水质分析的一般知识	381
一、水质分析中溶液浓度的表示方法	381
二、水质分析中标准溶液的配制和标定	383
三、水样的采集	386
第二节 水的物理性质检验	388
一、浊度的测定	388
二、悬浮固形物的测定	389
三、溶解性固体的测定	390

四、电导率的测定	392
五、pH值的测定	393
第三节 水中阳离子的测定	396
一、硬度和钙离子、镁离子的测定	396
二、铁离子的测定	400
三、铝离子的测定	403
四、锌离子的测定	405
五、钾离子的测定	408
六、钠离子的测定	410
七、铵离子的测定	411
八、铜离子的测定	414
第四节 水中阴离子的测定	416
一、碱度和碳酸盐、重碳酸盐的测定	416
二、氯离子的测定	418
三、硫酸根的测定	421
四、各种磷酸盐和总磷酸盐的测定	423
五、硅酸根的测定	428
六、亚硝酸根和硝酸根的测定	429
七、氯离子、氟离子、硫酸根、硝酸根、亚硝酸根、磷酸根的同时测定	431
第五节 氧化性物质及化学耗氧量的测定	432
一、水中溶解氧的测定	432
二、余氯的测定	435
三、化学耗氧量(COD)的测定	437
第六节 水中油含量的测定	438
参考文献	439
第十七章 沉积物的分析	441
第一节 试样的采集、调查和制备	441
一、采样	441
二、对试样的现场调查	441
三、试样的制备	442
第二节 沉积物的定性分析和结构形态鉴定	443
一、原子发射光谱定性分析法	443
二、显微镜检验法	444
三、X-射线衍射分析法	445
四、沉积物系统分析流程	446
第三节 灼烧失重的测定	447
一、水分的测定	447
二、灼烧失重的测定	447
第四节 硫化亚铁含量的测定	448
第五节 二氧化碳含量的测定	450

第六节 硫酸盐的测定	452
第七节 磷、硅、铁、铝、钙、镁、锌、铜的系统分析	452
一、试样溶液的制备和酸不溶物的测定	452
二、二氧化硅的测定	453
三、五氧化二磷的测定	454
四、三氧化二铁的测定	454
五、三氧化二铝的测定	455
六、氧化钙和氧化镁的测定	456
七、氧化锌的测定	457
八、氧化铜的测定	458
参考文献	459
第十八章 常用水处理药剂的分析	461
第一节 水处理药剂分析的基本内容	461
一、水处理药剂的鉴别	461
二、杂质的检查	461
三、有效成分含量的测定	461
第二节 无机水处理药剂的分析	462
一、硫酸亚铁的分析	462
二、硫酸铝的分析	463
三、六聚偏磷酸钠的分析	464
第三节 有机膦酸类水处理药剂的分析	468
一、羟基乙叉二膦酸及其钠盐 (HEDP) 的分析	468
二、氨基三甲叉膦酸 (ATMP) 的分析	473
三、乙二胺四甲叉膦酸钠 (EDTMP) 的分析	476
四、多元醇磷酸酯的分析	479
第四节 聚羧酸类水处理药剂的分析	481
一、聚丙烯酸及聚丙烯酸钠的分析	481
二、水解聚马来酸酐的分析	485
第五节 季铵盐的分析	488
一、活性物含量的测定	488
二、铵盐含量的测定	490
参考文献	490

第一篇 水及工业用水预处理

第一章 水及工业用水

第一节 水资源

一、水资源分布概况

水是自然界中分布最广的一种资源。它以气、液、固三种状态存在。自然界的水，主要指海洋、河流、湖泊、地下水、冰川、积雪、土壤水和大气水分等水体，其总量共约 $1.4 \times 10^{19} \text{m}^3$ ，如果将其平铺在地球表面上，水层厚度可达到约 3000m 深。但是绝大部分是咸的海水，加上内陆地表咸水湖、地下咸水，共约占总水量的 98%。而冰川、积雪约占总水量的 1.7%，目前尚难以利用和开发。实际上可供开发利用的淡水只占总水量的 0.3%，约为 $4 \times 10^{16} \text{m}^3$ 。因此，淡水是有限的宝贵资源。

我国淡水资源比较丰富，居世界第五位。但人均水资源量与世界许多国家相比，相差很大，只能排到第 88 位。表 1-1 为世界部分国家人均水资源量比较表。

表 1-1 世界部分国家人均水资源量

国 家	人均水资源量, m^3	国 家	人均水资源量, m^3
加拿大	145900	前苏联	17800
新西兰	107000	美国	14280
巴西	56000	巴基斯坦	10950
澳大利亚	27600	墨西哥	7270
日本	5020	印度	3050
法国	3960	英国	2900
意大利	3920	前联邦德国	2850
西班牙	3160	埃及	2530
智利	18100	中国	2380

我国河流、湖泊众多，水量丰沛，根据一些特征，基本上可分为四个区：潮湿区、湿润区、过渡区和干旱区，这是由气候、地形、土壤、地质等各种条件决定的，它们的降水和径流量、浑浊度、含盐量及化学组成等各有特点，见表 1-2。

表 1-2 我国各地区的水质特征

分 区	潮湿区	湿润区	过渡区	干旱区
水质特征				
年降水量, mm	>1600	1600~800	800~400	<400
年径流量, 10^9m^3	>1000	1000~100	100~25	<25
平均含沙量, kg/m^3	0.1~0.3	0.2~5	1~30	—
常见浑浊度, mg/L	10~300	100~2000	500~20000	—
含盐量, mg/L	<100	100~300	200~500	>500
总硬度, mmol/L	<0.5	0.5~1.5	1.5~3.0	>3.0
pH	6.0~7.0	6.5~7.5	7.0~8.0	7.5~8.0 以上
地区范围	东南沿海	长江流域, 西南地区, 黑龙江、松花江流域	黄河流域, 河北地区, 辽河流域	内蒙地区, 西北地区

(一) 潮湿区

潮湿区为我国东南沿海地区，降水量丰富而蒸发量小，因而径流量大。土壤层薄，多坚硬花岗岩地层，故河水含沙量低，浑浊度也低，一般在 10mg/L 左右。土壤经多年淋浴，可溶性盐已流失，所以水的含盐量低（即矿化度低），硬度也低，属软水。水中主要化学组成为碳酸氢钙和碳酸氢钠等。

（二）湿润区

湿润区为长江流域及其以南地区，黑龙江和松花江流域之间的地区也属湿润区。该区降水充足，蒸发量不大，故径流量较大。长江上游如金沙江、嘉陵江、汉水等江段含沙量较大，浑浊度可达 1000mg/L 以上。由于区内降水充足，径流量大，所以含盐量一般不高，在 200mg/L 左右。但在贵州、广西地区有石灰岩溶洞，水的硬度增大。在长江流域，水中主要化学组成为碳酸氢钙类，在东北地区也有含碳酸氢钠类的。

（三）过渡区

过渡区为黄河流域及其以北地区，直到辽河流域。该区降水量较少，蒸发量较大，故径流量不大，水量贫乏。黄河虽为我国第二大河，但年径流量只有长江的约 $1/20$ 。黄河流经黄土高原，冲刷大量泥沙，浑浊度极高。由于径流量小，水的含盐量较高，因而矿化度和硬度都较高。水中主要组成为碳酸氢钙类，但也有相当多的地方为碳酸氢钠类，甚至出现硫酸盐或氯化物类。

（四）干旱区

干旱区为内蒙和西北大片地区。该区降水量少而蒸发强烈，因此形成径流量很低的干旱地带。由于径流量小，土壤中可溶性盐含量高，所以水的含盐量和硬度都很高。水中主要组成是硫酸盐或氯化物类。

二、工业用水的各种水源及其特点

水是工业生产中重要的原料之一，没有合格的水源，任何工业都不能维持下去。作为工业用水的淡水水源主要来自地表的江河水、湖泊和水库水以及地下水（井水）。

（一）江河水

河流是降水经地面径流汇集而成的，流域面积十分广阔，又是敞开流动的水体，其水质受地区、气候以及生物活动和人类活动的影响而有较大的变化。

河水广泛接触岩石土壤，不同地区的矿物组成决定着河水的基本化学成分。此外，河水总混有泥沙等悬浮物而呈现一定混浊度，可从几十 mg/L 到数百 mg/L 。夏季河水上漲混浊度还要高，冬季又可降到很低。水的温度则与季节、气候直接有关。

河流水中主要离子成分构成的含盐量，一般在 $100\sim 200\text{mg/L}$ ，不超过 500mg/L ，个别河流也可达 30000mg/L 以上。一般河水的阳离子中 $[\text{Ca}^{2+}]^{\text{①}} > [\text{Na}^+]$ ，阴离子中 $[\text{HCO}_3^-] > [\text{SO}_4^{2-}] > [\text{Cl}^-]$ ；也有一些河水中 $[\text{Na}^+] > [\text{Ca}^{2+}]$ ；个别河水中 $[\text{Cl}^-] > [\text{HCO}_3^-]$ 。我国主要河流的水质组成见表 1-3。

（二）湖泊和水库水

湖泊是由河流及地下水补给而成的，它的水质与补给水水质、气候、地质及生物等条件有密切关系，同时流入和排出的水量、日照和蒸发强度等也在很大程度上影响湖水的水质。如果流入和排出的河流水量都较大，而湖水蒸发量较小，则湖水含盐量较低，形成淡水湖，其含盐量一般在 300mg/L 以下。通常淡水湖泊在湿润地区形成。

① “ $[\]$ ”表示浓度。即 $[\text{Ca}^{2+}]$ 表示 Ca^{2+} 的浓度。