



# 给水排水设计手册

第4册

## 工业给水处理



中国建筑工业出版社

# 给水排水设计手册

第 4 册

## 工业给水处理

华东建筑设计院 主编

中国建筑工业出版社

---

本册汇编了工业给水处理和冷却构筑物的设计计算资料。主要内容包括预处理、药剂软化、离子交换、膜分离、工业给水处理系统选择与站房设计、冷却水水质处理和冷却构筑物等。可供从事给水排水、环境保护和有关专业设计、施工、安装人员使用以及科研和大专院校有关专业师生参考。

\* \* \*

《给水排水设计手册》编写领导小组

组 长 戴传芳  
副 组 长 孟世熙  
成 员 魏秉华 钱宝政 陈培康

《工业给水处理》编写组

主 编 梁文耀 贾克欣  
成 员 贾克欣 胡 正 丁兴群 邱慈洁  
安鼎年 张俊贞 廖淑英 陈松梅  
张怀明 周来发 梁文耀  
主 审 陈永健 贾克欣

**给水排水设计手册**

第 4 册

工业 给 水 处 理

华东建筑设计院 主编

\*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

\*

开本：787×1092毫米1/16印张：31<sup>3</sup>/<sub>4</sub>字数：768千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数：1—52,300册 定价：7.35元

统一书号：15040·4844

# 前 言

《给水排水设计手册》自1973年出版发行以来深受广大读者欢迎，在给水排水工程勘察、设计、施工、管理以及科研教学等各个方面起了一定的作用，为发展我国给水排水事业作出了贡献。由于近十年来，国内外给水排水技术发展较快，在工程实践中积累了不少新的经验。本手册内容亟需更新、充实和修订，以适应国家经济建设发展的需要。为此，城乡建设环境保护部设计局和中国建筑工业出版社，组织了各有关单位对《给水排水设计手册》进行增编修订，将原来的9册增至11册，分别为第1册《常用资料》、第2册《室内给水排水》、第3册《城市给水》、第4册《工业给水处理》、第5册《城市排水》、第6册《工业排水》、第7册《城市防洪》、第8册《电气与自控》、第9册《专用机械》、第10册《器材与装置》、第11册《常用设备》。从而，使这套手册内容更为丰富和完整。

目前国家和部颁的标准、规范及规程，正在不断制订和修订，故在使用本手册时，应注意查阅，并以新的标准、规范和规程为准。

修订工作由编写领导小组组织进行，各册由编写组负责具体编写和审核，全套手册得到了北京市市政设计院、上海市政工程设计院、华东建筑设计院、核工业部第二研究设计院、中国市政工程西南设计院、中国市政工程西北设计院、中国市政工程华北设计院、中国市政工程中南设计院、中国市政工程东北设计院的大力支持，完成了各册修订编写任务。在编写过程中，还得到许多科研、设计、大专院校等单位的大力协助。在此一并致谢。

《给水排水设计手册》编写领导小组

1985年1月

## 编 者 的 话

工业给水处理涉及的面较广，新技术发展也较快，本册着重收编了比较成熟的技术资料，对于专业性较强、使用面较窄的内容，只作简要介绍；处理设备的详细构造和强度计算以及自动控制技术等方面，基本不予列入。

本册分为水质处理与循环水冷却两大部分。水质处理是指将处理达到生活饮用水水质标准的水，再进一步深化处理，以满足工业生产水质的要求，其内容包括水质校核、预处理、药剂软化、离子交换、膜分离、水处理系统和站房设计。循环水冷却包括循环冷却水处理和冷却构筑物的设计。为了便于查阅，将部分常用设计数据和图表列于附录，供作参考。

本册主编单位为华东建筑设计院，上海净水技术研究会协助编写。由梁文耀、贾克欣主编，陈永健、贾克欣主审。第1章由邱慈洁编写；第2章由安鼎年编写；第3章由张俊贞编写；第4章由胡正、陈松梅编写；第5章由贾克欣、张怀明、胡正编写；第6章由胡正、张俊贞、周来发编写；第7章由丁兴群、廖淑英编写；第8、10章由梁文耀编写；第9章由梁文耀编写、李德兴协助热力计算资料整理；附录由梁文耀编写，史佑吉提供部分冷却塔淋水装置试验资料。在编写过程中，得到沈家铨、覃宗善、任世瑶、蒋如丰、蒋春金、王文锦、马玉英、王玉麟、叶婴齐、张澄信、黄美宽、陈志和、黄志辉等同志协助，谨表谢意。

由于编者水平有限，搜集的资料有一定局限性，错误和不妥之处敬希读者批评指正。

1986年5月

习用非法定计量单位与法定计量单位的换算关系表 (示例)

量的名称	非法定计量单位		法定计量单位		换算关系	备注
	名称	符号	名称	符号		
力 力矩 力偶矩、转矩 重力密度	千克力	kgf	牛	N	1kgf = 9.806 65N	力的单位一般采用kN, 如1000kgf = 10kN 其中力的单位一般采用kN 其中力的单位一般采用kN 其中力的单位一般采用kN
	千克力米	kgf·m	牛顿米	N·m	1kgf·m = 9.806 65N·m	
	千克力二次方米	kgf·m <sup>2</sup>	牛顿二次方米	N·m <sup>2</sup>	1kgf·m <sup>2</sup> = 9.806 65N·m <sup>2</sup>	
	千克力每立方米	kgf/m <sup>3</sup>	牛顿每立方米	N/m <sup>3</sup>	1kgf/m <sup>3</sup> = 9.806 65N/m <sup>3</sup>	
压 强	千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	帕斯卡	Pa	1kgf/cm <sup>2</sup> = 9.806 65Pa	压强的单位一般采用kPa, 如150 kgf/m <sup>2</sup> = 1.5kPa
	工程大气压	at	帕斯卡	Pa	1at = 9.806 65 × 10 <sup>4</sup> Pa	
	巴	bar	帕斯卡	Pa	1bar = 10 <sup>5</sup> Pa	
	毫米水柱 毫米汞柱	mmH <sub>2</sub> O mmHg	帕斯卡	Pa	1mmH <sub>2</sub> O = 9.806 65Pa 1mmHg = 133.322Pa	
应力、强度	千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	帕斯卡	Pa	1kgf/cm <sup>2</sup> = 9.806 65 × 10 <sup>4</sup> Pa	应力、强度的单位一般采用MPa, 如300kgf/cm <sup>2</sup> ≈ 30MPa 24kgf/mm <sup>2</sup> ≈ 240MPa
	千克力平方毫米	kgf/mm <sup>2</sup>	帕斯卡	Pa	1kgf/mm <sup>2</sup> = 9.806 65 × 10 <sup>6</sup> Pa	
弹性模量、剪切模量	千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	帕斯卡	Pa	1kgf/cm <sup>2</sup> = 9.806 65 × 10 <sup>4</sup> Pa	弹性模量的单位一般采用MPa, 如2.1 × 10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup> ≈ 2.1 × 10 <sup>5</sup> MPa
	泊	P	帕斯卡秒	Pa·s	1P = 0.1Pa·s	
	千克力米	kgf·m	焦耳	J	1kgf·m = 9.806 65J	
	千克力米每秒 〔米制〕马力	kgf·m/s	瓦特 瓦	W W	1kgf·m/s = 9.806 65W 1〔米制〕马力 = 735.499W	
热、热量 导热率 传热系数 比热容、比热 比内能	国际蒸汽表卡	cal	焦耳	J	1cal = 4.1868J	
	国际蒸汽表卡每秒厘米开尔文	cal/s·cm·K	瓦特每开尔文	W/m·K	1cal/s·cm·K = 4.1868 × 10 <sup>-3</sup> W/m·K	
	国际蒸汽表卡每秒平方厘米开尔文	cal/s·cm <sup>2</sup> ·K	瓦特每平方米开尔文	W/m <sup>2</sup> ·K	1cal/s·cm <sup>2</sup> ·K = 4.1868 × 10 <sup>-4</sup> W/m <sup>2</sup> ·K	
	国际蒸汽表卡每开尔文 国际蒸汽表卡每克	cal/g·K cal/g	焦耳每开尔文 焦耳每千克	J/kg·K J/kg	1cal/g·K = 4.1868 × 10 <sup>-3</sup> J/kg·K 1cal/g = 4.1868 × 10 <sup>-3</sup> J/kg	

注：习用非法定计量单位与法定计量单位相同者，本表未列出。

# 目 录

习用非法定计量单位与法定计量单位的换算  
关系表 (示例)

## 1. 工业给水处理方法和水质分析

- 1.1 处理方法 ..... 1
- 1.2 原水水质分析 ..... 1
  - 1.2.1 水质分析项目 ..... 1
  - 1.2.2 分析项目含义 ..... 3
- 1.3 水质分析结果的校核 ..... 5
  - 1.3.1 校核主要内容 ..... 5
  - 1.3.2 计算示例 ..... 7
- 1.4 水质分析资料的选用 ..... 9

## 2. 水质预处理

- 2.1 水处理装置的进水水质指标 ..... 10
  - 2.1.1 膜分离、离子交换装置允许的  
进水水质指标 ..... 10
  - 2.1.2 水中有害成分对电渗析的影响 ..... 12
  - 2.1.3 水中有害成分对离子交换树脂  
的影响 ..... 12
  - 2.1.4 水中有害成分对反渗透的影响 ..... 13
- 2.2 预处理的常用系统及选择 ..... 14
- 2.3 机械杂质的去除 ..... 15
  - 2.3.1 电凝聚 ..... 16
  - 2.3.2 砂过滤 ..... 18
  - 2.3.3 微孔过滤 ..... 20
- 2.4 水中有机物的去除 ..... 25
  - 2.4.1 水中有机物的形态 ..... 25
  - 2.4.2 天然水源中有机物的表示方法 ..... 25
  - 2.4.3 去除有机物方法综述 ..... 26
  - 2.4.4 氧化、凝聚沉淀法去除有机物 ..... 27
  - 2.4.5 吸附法去除有机物 ..... 29
  - 2.4.6 有机物清除器 ..... 37
- 2.5 水中活性余氯的去除 ..... 38
  - 2.5.1 添加亚硫酸钠等还原剂以  
除去氧化剂 ..... 39

- 2.5.2 活性炭吸附 ..... 39
- 2.6 水中硅、铁、锰成分的去除 ..... 39
  - 2.6.1 天然水中硅、铁、锰成分的  
形态 ..... 39
  - 2.6.2 去除天然水中胶体硅的方法 ..... 40
  - 2.6.3 去除天然水中铁、锰的方法 ..... 43

## 3. 药剂软化

- 3.1 药剂软化方法及其反应过程 ..... 44
  - 3.1.1 石灰软化 ..... 44
  - 3.1.2 平衡图解法确定石灰用量 ..... 47
  - 3.1.3 石灰、凝聚、镁剂除硅系统 ..... 50
  - 3.1.4 其它处理方法 ..... 53
  - 3.1.5 锅炉内部药剂软化 ..... 53
- 3.2 石灰乳的制备与投加 ..... 59
  - 3.2.1 石灰的运输、贮存 ..... 59
  - 3.2.2 石灰乳的制备 ..... 60
  - 3.2.3 石灰乳的计量 ..... 61
- 3.3 其它药剂的制备与投加 ..... 63
  - 3.3.1 苏打、磷酸盐溶液 ..... 63
  - 3.3.2 苛性钠溶液 ..... 67
  - 3.3.3 镁剂 ..... 67
- 3.4 药剂软化设备 ..... 68
  - 3.4.1 混合、反应设备 ..... 68
  - 3.4.2 澄清设备 ..... 68
  - 3.4.3 过滤设备 ..... 71

## 4. 离子交换

- 4.1 离子交换技术在水处理中  
的应用 ..... 72
  - 4.1.1 离子交换水质软化 ..... 72
  - 4.1.2 离子交换水质除盐 ..... 73
  - 4.1.3 离子交换水处理的适用范围 ..... 73
  - 4.1.4 离子交换单元装置分类及  
适用范围 ..... 74

4.2	离子交换剂	75
4.2.1	分类	75
4.2.2	有机合成离子交换树脂的命名	76
4.2.3	离子交换树脂产品技术参数	77
4.2.4	离子交换树脂的物理性能	80
4.2.5	离子交换树脂的化学性能	81
4.2.6	离子交换树脂的水力学特性	84
4.2.7	离子交换树脂的工艺性能	86
4.2.8	离子交换树脂的再生	100
4.2.9	新树脂的预处理	105
4.2.10	被污染树脂的复苏处理	105
4.2.11	离子交换树脂的鉴别与存贮	108
4.3	固定床离子交换单元装置	109
4.3.1	逆流再生固定床	109
4.3.2	顺流再生固定床	119
4.3.3	浮动床	123
4.3.4	双层床	133
4.4	连续式离子交换装置	140
4.4.1	分类与设计要点	140
4.4.2	三塔式多周期移动床	142
4.4.3	两塔式移动床	152
4.4.4	移动床的自动控制	154
4.5	混合离子交换装置	155
4.5.1	特性与分类	156
4.5.2	设计和运行要点	157
4.5.3	体内再生式混合床	158
4.5.4	阴树脂外移再生式混合床	163
4.5.5	体外再生式混合床	165
4.5.6	混合床的其他形式	166
4.6	脱气装置	168
4.6.1	作用与分类	168
4.6.2	鼓风填料式除二氧化碳器	169
4.6.3	真空除气器	175
4.6.4	脱气装置工艺计算实例	181
4.7	再生系统	184
4.7.1	单元设备	184
4.7.2	常用系统	188

## 5. 膜 分 离

5.1	电渗析	191
5.1.1	电渗析除盐过程和电渗析器	192
5.1.2	极化和极限电流密度	199

5.1.3	设计参数	202
5.1.4	电渗析器的运行	204
5.1.5	电渗析器的工艺计算	205
5.2	反渗透	210
5.2.1	反渗透膜	210
5.2.2	反渗透装置及其组合形式	214
5.2.3	反渗透装置的性能参数及 及工艺计算	218
5.3	超过滤	228
5.4	微孔滤膜过滤	230
5.4.1	微孔滤膜	230
5.4.2	微孔滤膜过滤器	233
5.4.3	使用注意事项	233

## 6. 系统选择与站房设计

6.1	软化水处理	236
6.1.1	软化水系统选择	236
6.1.2	常用钠离子交换系统	236
6.1.3	常用氢-钠离子交换系统	240
6.1.4	其它软化脱碱系统	247
6.1.5	软化水系统工艺计算	248
6.1.6	站房设计实例	250
6.2	除盐水处理	256
6.2.1	离子交换常用除盐系统	256
6.2.2	电渗析-离子交换除盐系统	261
6.2.3	反渗透-离子交换除盐系统	264
6.2.4	除盐水系统选择与工艺计算	265
6.2.5	除盐水系统的运行监督及控制	273
6.3	纯水制取	278
6.3.1	特点与水质指标	278
6.3.2	主要工艺手段	281
6.3.3	后处理系统	284
6.3.4	系统设计	287
6.3.5	后处理系统的清洗	290
6.4	水处理站房布置与防腐蚀	292
6.4.1	站房布置原则	292
6.4.2	防腐蚀	298

## 7. 循环冷却水处理

7.1	循环冷却水处理任务	300
7.2	基础资料的收集	300



7.2.1 设计基础资料····· 300

7.2.2 运行过程中水质变化····· 303

7.2.3 水质判断····· 306

7.3 循环冷却水处理····· 310

7.3.1 循环冷却水水质指标和  
处理方法····· 310

7.3.2 结垢的控制····· 313

7.3.3 腐蚀的控制····· 321

7.3.4 阻垢、缓蚀剂的复合配方和  
投药量计算····· 330

7.3.5 微生物的控制····· 332

7.3.6 冷却水系统的清洗、预膜和磷  
系水质稳定处理的运行操作····· 340

7.4 补充水、旁流水和排污水  
的处理····· 349

7.4.1 补充水处理····· 349

7.4.2 旁流水处理····· 350

7.4.3 排污水处理····· 351

7.5 运行监测····· 352

7.5.1 监测方法····· 352

7.5.2 化验室的设置原则····· 357

7.6 药剂的贮存和投加····· 357

**8. 冷却构筑物分类**

8.1 水面冷却构筑物····· 360

8.1.1 影响水面冷却的因素····· 360

8.1.2 冷却池····· 350

8.2 喷水冷却池····· 364

8.2.1 喷嘴····· 364

8.2.2 配水管道和水池····· 365

8.3 冷却塔····· 366

8.3.1 冷却塔的分类与组成····· 367

8.3.2 淋水装置····· 371

8.3.3 配水系统····· 378

8.3.4 通风设备····· 386

8.3.5 空气分配装置····· 389

8.3.6 通风筒····· 390

8.3.7 除水器····· 391

8.3.8 塔体····· 393

8.3.9 集水池····· 393

8.3.10 防冻措施····· 394

**9. 冷却构筑物计算**

9.1 冷却构筑物热力计算基础····· 396

9.1.1 循环水冷却散热过程····· 396

9.1.2 湿空气的性质····· 396

9.1.3 蒸发量与散热量····· 398

9.2 基础资料····· 400

9.2.1 计算基础资料····· 400

9.2.2 气象参数····· 400

9.2.3 淋水装置的试验资料····· 402

9.2.4 湿热空气回流对冷却效果  
的影响····· 404

9.3 冷却池····· 405

9.3.1 天然冷却池····· 405

9.3.2 喷水冷却池····· 406

9.4 冷却塔····· 408

9.4.1 通风阻力计算····· 409

9.4.2 配水系统水力计算····· 416

9.4.3 热力计算····· 422

9.5 冷却塔的水量损失····· 446

9.5.1 蒸发损失水量····· 446

9.5.2 风吹损失水量····· 446

9.5.3 排污损失水量····· 447

**10. 冷却构筑物的选择与布置**

10.1 冷却构筑物的选择····· 448

10.1.1 选择冷却构筑物时需考虑的  
主要因素····· 448

10.1.2 各种冷却构筑物的优缺点、  
适用条件及比较····· 448

10.1.3 风筒式冷却塔和机械通风  
冷却塔的比较····· 449

10.1.4 逆流式和横流式冷却塔的比较····· 449

10.1.5 一般技术指标····· 450

10.2 冷却构筑物的平面布置····· 451

10.3 冷却塔产品选用与性能测定····· 452

10.3.1 选用原则····· 452

10.3.2 测试项目····· 452

**附 录**

附录 1 水的电阻率计算····· 454

---

附录 2	离子交换法软化除盐 设计参数汇总 .....	458	附录 8	空气含热量计算图 .....	481
附录 3	淋水装置热力特性资料 .....	561	附录 9	空气含湿量曲线图 .....	482
附录 4	淋水装置阻力特性资料 .....	470	附录 10	大气压为 780~650 毫米汞 柱时不同温度区间的 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 系数 .....	482
附录 5	饱和水蒸汽压力 .....	476	附录 11	饱和空气的含热值 .....	491
附录 6	空气相对湿度计算图 .....	479	附录 12	各地温度统计 .....	494
附录 7	湿空气容重计算图 .....	480			