

高等学校試用教科书

給 水 工 程

下 册

“給水工程”教材选編小組編



中国工业出版社

本书主要地叙述居住区和工业企业给水系统的设计、建造和经营管理的基本知识。按五年制给水排水专业的教学大纲要求编写。全书共分上下二册。

本书为下册。内容包括给水处理，工业企业及其他给水工程的特点，给水工程的勘测、设计与经营管理。为便利学生学习，有些章节列入必要的算例。

本书可作为高等工业院校给水排水专业的试用教科书。

给 水 工 程

下 册

“给水工程”教材选编小组编

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）
（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷
新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印张17·字数394,000
1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷
印数0001—1,537·定价（10-6）2.00元
统一书号：15165·1012（建工-112）

前 言

本书供高等工业学校五年制给水排水专业学生学习给水工程之用。

现代化给水系统是由很复杂的一整套构筑物组成，用以完成取水、净水、输水和配水的工作，保证用户所必需的水质和水量。因此，学生在学习给水工程之前，必须具备多方面的科学技术知识。例如在学习给水管网以前，必须具备水力学和水泵的知识；在学习取水工程之前，必须熟悉水文学、水文地质学、水工结构以及钻井技术；而在学习净水工程时，首先必须学习水化学和水微生物学。

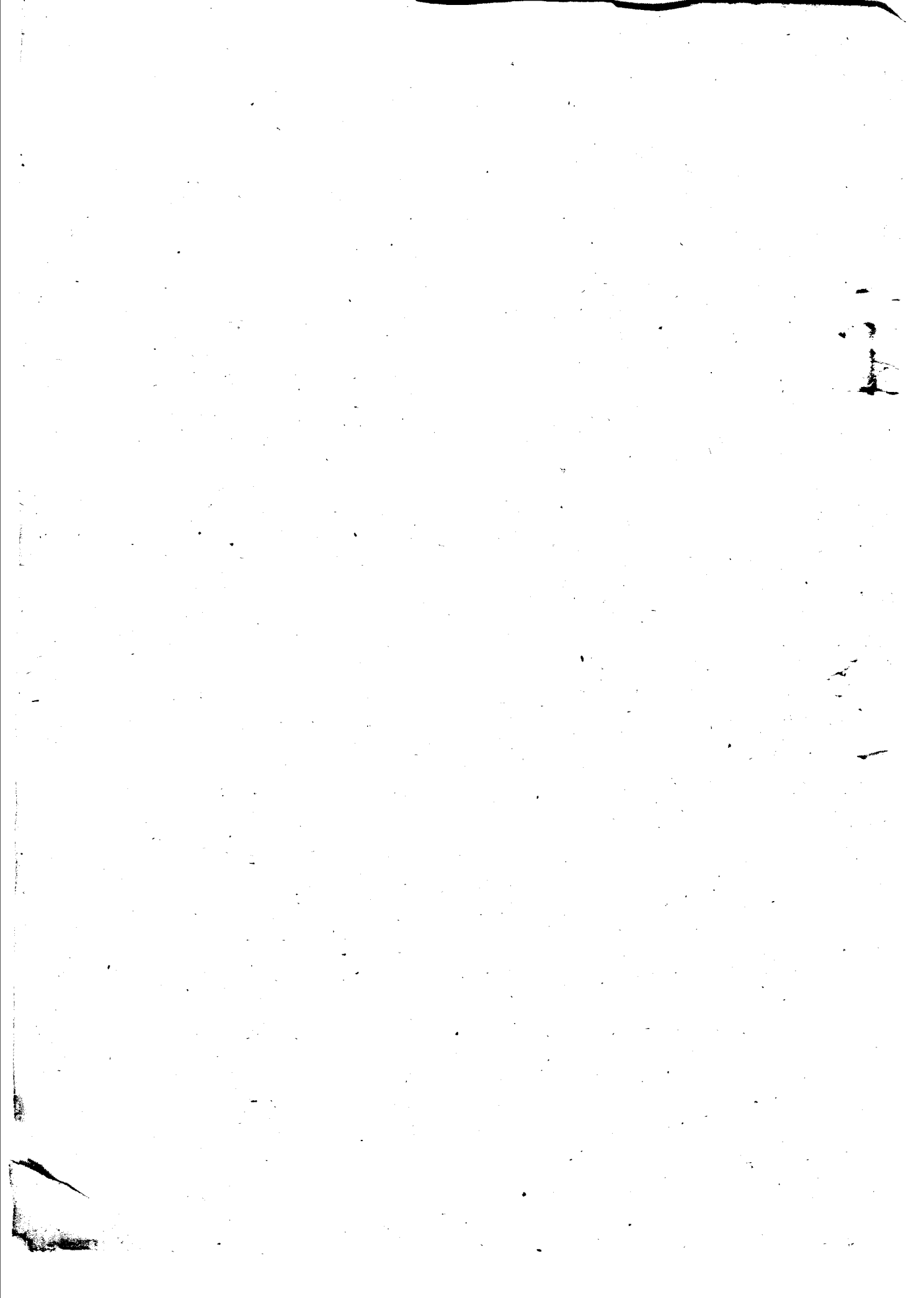
本书内容只叙述给水工程中的一些主要的和基本的问题。某些专门问题的深入探讨，可在学习本书的基础上参阅有关资料。

本书是根据同济大学和哈尔滨建筑工程学院给水排水专业所用的讲义和讲稿以及许多国内外的有关资料整理编写而成。同济大学给水排水教研组杨钦、严煦世、孙立成负责编写绪论，第一篇，第二篇，第四篇中的第二十章、二十一章、二十三章、二十四章、二十五章，第六篇和结语。哈尔滨建筑工程学院给水排水教研室樊冠球、董辅祥、李圭白、朱启光负责编写第三篇，第四篇中的第十六章、十七章、十八章、十九章、二十二章和第五篇。特别应该提出的是在编写第二十四章、二十七章和二十八章时，曾蒙上海市政工程设计院同志们热情支持，使本书在联系我国当前生产实际方面有所增进。在编写过程中，清华大学和湖南大学给水排水教研室特派人员参加了教材内容的讨论，重庆建筑工程学院给水排水教研室就教材内容来信提供了宝贵意见。

由于编写时间匆促，参加选编的人不多以及限于水平，内容质量不能满足要求，自在意中。请广大读者在使用过程中，随时提出批评和指正的意见，以便再版时修订补充。

同济大学给水排水教研组
哈尔滨建筑工程学院给水排水教研室

1961.5.



目 录

(下 册)

第四篇 給水处理

第十六章 給水处理概論 5

- 第一节 給水水源的水質和用戶对水質的要求 5
- 第二节 給水处理的一般概念 10

第十七章 水的澄清与去色 14

- 第一节 水的澄清与去色的一般概念 14
- 第二节 水的凝聚处理 17
- 第三节 凝聚剂的制备和投加 22
- 第四节 葯剂与水的混合设备 27

第十八章 水的沉淀处理 31

- 第一节 沉淀构筑物分类 31
- 第二节 反应室 31
- 第三节 悬浮物在靜水中的沉淀 34
- 第四节 臥式沉淀池 40
- 第五节 径流式沉淀池 50
- 第六节 立式沉淀池 52
- 第七节 澄清池 55

第十九章 水的过滤处理 69

- 第一节 关于滤池的一般概念 69
- 第二节 快滤池的构造及其淨水过程 69
 - 一、快滤池构造及其工作概況 69
 - 二、快滤池的过滤原理 70
 - 三、滤料 75
 - 四、排水系统与垫料 79
 - 五、滤速調节器 84
- 第三节 快滤池的冲洗 85
 - 一、冲洗速度的确定 85
 - 二、快滤池冲洗的輔助措施 89
 - 三、冲洗水的排除 91
 - 四、冲洗水的供給 93
- 第四节 用于完全澄清处理的各种滤池 94
 - 一、快滤池設計的一般知識 94

- 二、普通快滤池和粗粒滤料滤池 97
- 三、双层滤池 98
- 四、双向滤池 99
- 五、接触滤池 100
- 六、重力式快滤池的附属设备 101
- 七、慢滤池 104

第五节 用于不完全澄清处理的各种滤池 105

第二十章 水的消毒 108

- 第一节 消毒概論 108
- 第二节 氯消毒 108
- 第三节 漂白粉消毒 114
- 第四节 氯氨消毒 115
- 第五节 其他化学葯剂消毒法 116
- 第六节 物理方法消毒 117

第二十一章 水的軟化及除盐 119

- 第一节 軟化的目的和方法 119
- 第二节 加热軟化法 120
- 第三节 葯剂軟化法 120
- 第四节 葯剂軟化法的设备 123
- 第五节 离子交換軟化法的原理 129
- 第六节 离子交換軟化法的设备 133
- 第七节 离子交換軟化设备的計算 138
- 第八节 水的淡化和除盐 143

第二十二章 水的除鉄和除錳 149

第二十三章 水的冷却 156

- 第一节 概論 156
- 第二节 冷却湖 157
- 第三节 噴水冷却池 159
- 第四节 冷却塔 166

第二十四章 水的其他处理方法 180

- 第一节 除硅 180

第二节 水质稳定	182	第一节 厂址选择	196
第三节 除气	187	第二节 净水构筑物的型式选择和布置	196
第四节 除嗅除味	192	第三节 水厂的总体规划	198
第五节 除氟	192	第四节 水厂布置实例	199
第六节 除放射性物质	194	第五节 软化站的水处理系统的选择	202
第二十五章 净水厂站设计	196	第六节 软化站中净水设备的组合	205
		第七节 软化站示例	206

第五篇 某些工业企业及其他给水工程的特点

第二十六章 某些工业企业给水工程的特点

第一节 热力发电厂的给水	209
第二节 黑色冶金厂的给水	219
第三节 石油工业的给水	231

第四节 机械制造厂的给水	236
--------------------	-----

第二十七章 其他给水工程的特点

第一节 铁路运输给水	240
第二节 建筑工地的临时给水	246
第三节 人民公社给水	251

第六篇 给水工程的勘测、设计与经营管理

第二十八章 给水工程的勘测和设计

第一节 建设程序和各阶段设计的内容	253
第二节 基础资料的蒐集和现场查勘	255
第三节 给水工程系统选择的一般原则	258
第四节 给水工程的方案比较	260

第二十九章 给水工程的经营管理

第一节 给水工程经营管理的基本任务和 给水企业的组织	265
第二节 给水工程技术管理的一般问题	265
第三节 给水工程的造价, 水的成本	266

结 语	269
-----------	-----

参 考 书	270
-------------	-----

第四篇 給水处理

第十六章 給水处理概論

第一节 給水水源的水質和用戶对水質的要求

在人们的日常生活和生产活动中，不仅需要大量的水，并且水质要合乎要求。尤其是生产用水，因为各生产单位和生产过程对水质的要求往往不同，问题就更加复杂。給水处理的目的与任务就是将从水源取得的水进行适当的处理，得到质量合乎用户要求的水。所以在城市中建有水厂，在有些工厂内建有淨水站。

所有天然水，包括地面水和地下水在内，都或多或少含有各种杂质，如泥沙、粘土、腐植质、各种固体和气体溶解物质、各种微生物(其中包括细菌和病原菌)等等。这些杂质中有些是固体，有些是液体，也有些是气体。所有这些杂质，可以区分为矿物质、有机物与微生物三大类。这些杂质或以浊液(悬浊液与乳浊液)形式存在，或以溶胶形式存在，或以真溶液形式存在。水中悬游物质的比重有的大于1，如泥沙、粘土等等；有的等于1或接近于1，如各种浮游生物等；有的小于1，如石油和石油制品等。

各水源中杂质的成分与含量往往不同。就是同一水源，其杂质成分与含量也是随着空间和时间不断变化着。以河水为例，其水质沿河道的水流方向、河宽方向与水深方向都不一样，且夏季的水质与冬季不同，雨季的水质与旱季不同，等等。但地下水水质随时间的变化比较小，自流水水质尤其是这样。

我国河流水质的主要特点是浊度高，黄土地区河流的浊度更高，浊度的季节性变化大，色度低，含盐量及硬度一般都不大。河水温度变化的幅度大，含细菌较多，当河流有未经处理的污水排入时，河水水质从卫生方面看尤其差。必须指出，随着我国大规模水利建设与水土保持工作的进行，河流面貌会逐渐改变，浑水河有可能变成清水河。到那时候，給水处理技术也将随着改变。

蓄水库可以视为一种巨大的沉淀池，河水流入蓄水库后，大部分泥沙都沉淀下来，所以其中的水一般都很清。在蓄水库中水浅的地方和表层水中，有时繁殖有大量浮游生物，每毫升水中可含几千几万个，使水受到了严重的污染，有颜色，有异嗅，甚至有强烈的异臭。这种现象每次持续数天，有时可达数星期。这种现象对給水处理造成了很大困难。

湖水一般很清。大湖深处(约30—40米)的水质尤其好，不仅物理与化学方面的质量好，并且含细菌也少。但有狂风巨浪时，湖底淤泥被水流冲起，这时的水也可能很浑。湖水中的有机物含量少的只有2毫克/升 O_2 左右，如果有沼泽水流入，有机物含量可达数十毫克/升 O_2 。淡水湖的含盐量都不大，低的只有30毫克/升。和蓄水库一样，湖水中有时有大量浮游生物繁殖。

海水(特别是大洋的水)的特点是含盐量很高，蒸发残渣可达水重的3.3~3.9%。海水总硬度可达650°，其中碳酸盐硬度只有30°左右。

地下水一般无色而透明，硬度较大，含溶解盐较多。通常自流水含盐较多，有些自流

水含盐很多；在干燥地区，由于水的蒸发，潜水含盐甚多，其值可达100~200克/升。自流水一般不含细菌，如果它的其他水质指标也都合乎要求，不需要任何处理便可用作生活饮用水；潜水或多或少含有细菌，所以一般要经过消毒才能供饮用。地下水的温度略有季节变化，地下水越深，它的季节温度变化越小；尤其是自流水的温度，几乎终年不变，一般在7~10°C范围内。我国很多地区的地下水含有铁盐，有些地下水并含有锰盐。地下水中的铁质一般都是二价的，这种水刚从地下取出时，水很清，但经与空气接触一段时间后，由于二价铁被溶解在水中的氧氧化成为三价铁而变浑，最后产生沉淀物。地下水中通常多少含有氟化物，有些地下水含氟化物很多，其值可达27毫克/升F。饮用水含氟化物多寡对牙齿有很大影响。有些深层地下水中含有大量硫化氢，系由无机硫化物变化而来。溶解有硫化氢的水有恶臭，对金属有侵蚀性。

为了要知道各种水源中杂质的成分、含量及其变化规律，必须在较长时期内自水源采集水样进行分析。水质分析包括物理分析、化学分析、细菌分析和水生物分析四个方面。

水的物理分析包括：水温、浑浊度(或透明度)、悬游物含量、色度、嗅和味等。

水的化学分析包括：pH值，碱度，硬度，铁盐，锰盐，氟化物，硫酸盐，铵盐，亚硝酸盐，硝酸盐，耗氧量，蒸发残渣与烧灼减重，溶解性气体，硅酸，铅、铜、锌、砷等有毒物质，氟化物，酚类化合物等。若为地面水源，还须测定水的BPK₅。必要时测定水中的放射性物质。

水的细菌分析包括细菌总数与大肠菌指数(或大肠菌值)的测定。只有在特殊情形下才用直接检验法测定水中是否存在某种病菌。

水生物分析主要测定水中的藻类与原生动物。

水源水质的好坏就是根据这些分析结果判断的。选择水源时，不仅要考虑水源的水量，并且要充分考虑到水源的水质。水源的水质好，便可简化水的处理过程，降低水的处理费用，处理后水的质量也更有保证。

选择生活饮用水水源时，要特别注意水源的卫生条件。如果水源卫生条件差，在消毒过程中稍有疏忽，便会产生严重后果。此外，生活饮用水水源的水应该无嗅、无味、无有害人体健康的物质(如重金属盐类和放射性物质等)。党和政府为了保障人民的健康，为了保证水源水质的安全可靠，制订了“生活饮用水卫生规程”，在这里对生活饮用水水源的水质和水源卫生防护地带的建立作出了规定。

关于生产用水水源水质的选择，由于生产部门繁多，水质要求都不一样，所以现在没有统一的水源水质标准。但是，生产用水水源水质的准确选择，同样具有重要意义，特别是具有经济上的意义。

综上所述，生活饮用水水质的好坏能影响到成千上万人的健康和生命安全；生产用水水质的好坏能影响生产的顺利进行、机器设备寿命的长短、产品质量的好坏和产品成本的高低。保证供应各种用户满足一定质量要求的水，是给水处理工程的根本任务。

表16—1所载是我国建筑工程部和卫生部1959年颁布的生活饮用水水质标准。生活饮用水必须透明，无显著颜色，无异嗅及异味，否则用户使用时会产生厌恶。浑浊度超过5毫克/升时，人目已能觉察出来。此外，浑浊度大时，包含在浑浊物质内部的细菌在消毒时不能被杀死，因此消毒难于彻底。所以上述水质标准规定浑浊度不得超过5毫克/升。色度超过20°时，已为人所厌恶。因此上述水质标准规定色度不得超过20°。为了保障人

表 16—1. 我国生活飲用水水质标准

次 序	水 质 指 标	测 定 条 件	最 大 許 可 值
1	渾 浊 度		5毫克/升
2	色 度		20°
3	嗅 和 味	原水或煮沸后	无異嗅和異味
4	細 菌 总 数	在 37°C 培养 24 小时	100个/毫升
5	大 腸 菌 指 数		3个/升
6	大 腸 菌 值		300毫升/个以上
7	总 硬 度		25°
8	鉛		0.1毫克/升
9	砷		0.05毫克/升
10	銅		3毫克/升
11	鋅		5毫克/升
12	氟		1.5毫克/升
13	含 鉄 总 量		0.3毫克/升
14	pH 值		6.5~9.5
15	剩 余 氯	水厂或加压站附近 管网末梢	不小于0.3毫克/升 不小于0.05毫克/升
16	酚	加氯消毒时	无氯酚嗅

- 注 1. 在特殊情况下,例如在暴雨后或洪水期,个别水样渾浊度允許达10毫克/升;
 2. 硬度在 25~40°范围内时,是否需要软化,应根据群众反映和地方卫生机关意見,报請地方人民委员会决定;
 3. 放射性物质和其他有害物质的最大允許濃度由中华人民共和国卫生部另定;
 4. 經過处理后的水质,如因当地实际情况或技术条件仍然达不到上述标准的要求时,能否飲用,須取得当地卫生机关的同意。水中重金属盐类、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、銨盐的含量和耗氧量等,由地方卫生机关根据当地水质变化情况制訂适用于本地区的标准,并报中华人民共和国卫生部备案。

民的健康,更重要的是水质在卫生上要非常可靠,故上述水质标准规定細菌总数不得超过 100 个/毫升,大腸菌指数不得超过 3 个/升(或大腸菌值应在 300 毫升/个以上),而资本主义国家的生活飲用水水质标准中在这方面的要求便低得多,大腸菌指数只要求不超过 10 个/升,然而大腸菌指数正是卫生上最重要的指标。生活飲用水含鉄对人的健康并无影响,但是含鉄量超过 0.3 毫克/升时,水便渾浊,含鉄更多时,水便有墨水气味。此外,以含鉄量高的水洗衣服,会产生锈斑。使用这种水会在卫生设备上产生褐色斑迹。水的硬度大小对人的健康一般并无害处,但使用硬水在日用上有缺点,例如在开水壺內产生水垢,煮肉和蔬菜不容易烂,洗衣服时不仅浪费肥皂,并且硬盐与肥皂中的油酸和硬脂酸作用后,生成的不溶而粘的污垢会沾污衣服。水的 pH 值应在 6.5~9.5 范围内。pH 值太小时水有侵蚀性,太大时水煮沸后易起泡沫。不过天然水的 pH 值一般都不会超出上述范围。飲用水中含氟化物多寡与人的牙齿有很大关系。人体中的氟主要来自水与茶。水中含氟化物少时牙齿容易蛀坏;含氟化物多时,牙齿的珐瑯质会受到损坏(特別在小孩牙齿的成长时期),因而产生斑牙。为了保证甲状腺机能正常,每人每天约需补充碘 300 微克。否则会引起甲状腺肿大和癡呆病。人体所需要的碘主要来源于水。如果水中碘的含量少于

10 微克/升，便很容易引起这种病。在有流行地方性甲状腺肿的地区（例如高山地区和高原地区），可在食盐中或在水处理过程中酌加碘化钠。

生产用水的水质要求不仅各种企业不同，就是同一企业，不同生产过程对水质要求也不同。例如在发电厂中，冷却用水与锅炉用水对水质的要求迥然不同，而水力除灰用水对水质无任何要求。同一生产设备，其各部分用水对水质的要求有时也有差异。以高炉的冷却用水为例，由于高炉各部分的冷却器形式不同（例如管式冷却器和箱式冷却器）与工作条件不同（例如风嘴区的条件最不利），所以它们对冷却用水的水质要求也不同。下面列举几种生产用水对水质的要求。

食品工业所要求的水质和生活饮用水完全相同。

不同型式的锅炉对水质有不同的要求。如果水质不好，便可能引起产生水垢、锅炉金属遭受腐蚀及蒸汽过热器与汽轮机中发生盐类沉积等问题。表 16—2 所载是不同型式的锅炉对水质的大致要求。锅炉给水的碱度、蒸发残渣和硅酸的许可含量，应使锅炉放水经济合理，保证获得良好的饱和蒸汽，而且不必在锅炉和汽轮机正常工作期间对蒸汽过热器与汽轮机叶片装置进行不定期洗涤。

表 16—2 各种型式的锅炉对给水水质的要求

（表中数值均为最高限量）

水质指标	火管锅炉 5~15大气压	水管锅炉 15~25大气压	大容量的锅炉 25~50大气压	高压锅炉 50~125大气压
硬度(°)	2*	0.5	0.15	0.1**
溶解氧(毫克/升)	1	0.5	0	0
游离二氧化碳(毫克/升)	0	0	0	0
含油量(毫克/升)	10	5	2	1
pH值	—	—	不低于7	不低于7

注 *最好不超过1°

**锅炉压力超过80大气压时，硬度应不超过0.05°

很多生产设备，例如化工设备，高炉、平炉和其他炉子，内燃机汽缸，蒸汽机和汽轮机的冷凝器，空气冷却器，油冷却器，锻锤和化铁炉等等，都需要用水冷却。为了防止在冷却器壁上产生水垢及在冷却器中发生沉淀，为了防止冷却器遭受侵蚀，冷却水水质必须满足一定的要求。表 16—3 所载是冷却水的许可碳酸盐硬度。表 16—4 所载是冷却水中悬

表 16—3 冷却水中碳酸盐硬度的许可值(以度计)

水中游离 CO ₂ 含量(毫克/升)	冷却水被加热后的温度					
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
10	9.1	8.3	7.6	6.9	6.4	5.8
20	11.5	10.4	9.5	8.7	8.0	7.3
30	13.2	12.0	10.9	10.0	9.2	8.3
40	14.5	13.2	12.0	11.0	10.1	9.1
50	15.6	14.2	12.9	11.8	10.9	9.8
60	16.6	15.1	13.7	12.6	11.6	10.5
80	18.3	16.6	15.1	13.8	12.8	11.5
100	19.7	17.9	16.3	14.9	13.8	12.4

表 16—4 冷却水中悬浮物的许可含量

冷却器型式	悬浮物许可含量(毫克/升)	
	年平均值	在洪水时期
箱式: (一) 凤口水套	15	30
(二) 其他冷却器	30	60
管式: (一) 凤口、出渣口和出铁口	50	100
(二) 其他冷却器	100	200

游物的许可含量。冷却水中硫酸钙的许可含量随冷却水中硫酸盐总含量而定, 其值可按图 16—1 中曲线查得。冷却水中硫化氢的含量应不超过 0.5 毫克/升, 铁的含量应不超过 0.1 毫克/升。

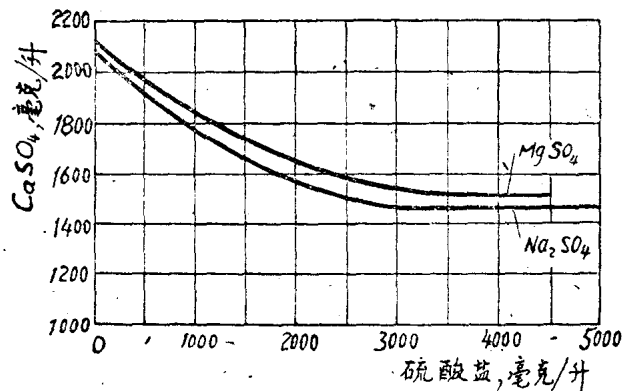


图 16—1 冷却水中硫酸钙许可含量与硫酸盐总含量的关系曲线

在具体情况下, 根据所冷却的生产设备的性质, 对冷却水的水质要求可能与上列数值有较大出入。

在纺织工业中, 生产用水与产品直接接触。如果水质不好, 便会影响产品的质量, 增加肥皂、染料与酸的消耗量。纺织工业用水的普遍要求是低浊度, 因为悬浮物沉淀在纤维上会产生斑点; 色度要低, 含有机物要少, 否则会影响织物漂白后的洁白程度; 水的硬度要低, 否则会浪费肥皂, 并且硬水与肥皂作用后会生成不溶而粘的污垢而污染织物, 产生次品; 含铁和锰要少, 否则织物上会产生褐色锈斑, 并引起织物的局部损坏。表 16—5 所載是各种纺织工业生产用水的水质要求。

在造纸工业中, 生产用水也直接与产品接触。生产用水对水质的要求根据所生产的纸张种类而定(表 16—6)。

表 16-5 紡織工業生產用水的水質要求

紡織工業名稱	透明度 (按鉛字法計,厘米)	色度(°)	耗錳量 (毫克/升 O ₂)	含鐵量 (毫克/升 Fe)	總硬度(°)	pH 值
棉織工業的漂白、染色和印花生產用水	30	10~15	8~10	0.1	0.5~1.0*	7~8.5
毛織工業	30	10~15	—	—	0.5~1.0**	—
蠶絲廠	30	10~15	—	微量	8~10	—
麻織工業	30	10~15	—	微量***	2~4***	—
人造纖維工業中的主要生產過程用水(製備工作液與纖維加工)****	40	—	—	0.1~0.2	0.2	—
毛皮工業	中等	—	—	—	以低於10~12°為宜	—

注 * 只有使用肥皂、染料、鹼、酸、碱的生產過程，水硬度宜符合此要求；原水硬度低於4°時，此水可以不加軟化。棉織工業中的其他生產用水，硬度以低於8~10°為宜，短時間內許可達15°；

** 只有使用肥皂、染料、鹼、酸、碱的生產過程，水硬度宜符合此要求；原水硬度低於4°時，此水可以不加軟化。在不用肥皂和染料的冷洗過程中，水的硬度許可達15°；

*** 加工帆布時的用水，含鐵量許可達0.2毫克/升，硬度許可達4~6°；

**** 20%的軟化水的硬度應不超過1°。

表 16-6 造紙工業生產用水的水質要求

類 別	第 一 類			第 二 類	第 三 類	第 四 類
	0	1	2	0級書寫紙 與印刷紙， 圖表紙，濾 紙，卷煙紙， 高級漂白紙 漿	一級印刷紙 及其他紙 張，漂白紙 漿，普通白 色木漿	低級紙和半 制品，報紙， 二級書寫 紙，非漂白 紙漿，褐色 木漿
	特 種 產 品					
纖維素與粘 液纖維的碱 處理		照相原紙	電纜紙，電 容器用紙， 高級亞硫酸 鹽紙漿			
色度(°)	15	15	30	30	100	無規定
懸游物含量(毫克/升)	0	0	0	2	5	20
耗錳量(毫克/升 O ₂)	6	6	8	10	12	25
pH 值	7.0~7.5	7.0~7.5	7.0~7.5	7.0~7.5	7.0~7.6	7.0~7.6
總硬度(°)	2	12	12	16	16	20
含鐵量(毫克/升 Fe)	0.2	0.1	0.2	1.0	1.5	2.0
硫酸鹽含量(毫克/升)	無規定	無規定	15	無規定	無規定	無規定
氯化物含量(毫克/升)	無規定	無規定	10	無規定	無規定	無規定

第二節 給水處理的一般概念

通常採用的給水處理方法如下：澄清（除去水中渾濁物質）、去色（除去產生水色的物質）、除有機物、除鐵、除錳、除氣（除溶解的氣體）、軟化、除鹽（除去水中所有的溶解鹽類）或淡化（使咸水變成淡水以滿足飲用上要求）、除硅酸、消毒、除臭味、水的穩定處理（防止管道與生產設備產生積垢或被水侵蝕）、防止水生物（例如藻類）和細菌（例如鐵菌）

在水管中和生产设备中繁殖的措施，以免发生堵塞等事故。

各种杂质在水中的存在形态往往是多种多样的，例如天然水中的铁有二价的，也有三价的，有以离子形式存在的，有以溶胶形式存在的，也有以悬浊液形式存在的；由于其在形态不同，处理方法也因之改变。有时水中杂质的存在形态相同，但在技术上可以采用不同的方法，并能达到相同的处理效果。例如水的澄清处理可以采用沉淀方法，可以采用过滤方法，也可以采用两者的结合的方法，但是在实际的水处理中究竟采用那一种，这须根据具体条件和经济上的考虑决定。

在上一节中曾讲到水质的一般分析。但是从这些分析中并不能知道水中各种杂质的存在形态，或者说，无法确定各种杂质的技术特性。为此，在设计水厂以前，为了正确选择水的处理方法，往往需要测定原水的某些技术特性^①，如：

1. 水的凝聚性与去色性——借以确定最适宜的凝聚剂种类与药剂用量和是否需要采取一些辅助措施，如氯化等；
2. 悬游物的沉淀性——借以确定悬游物的沉淀速度和沉淀效果；
3. 水的除铁性——借以选择确当的除铁方法和确定药剂用量；
4. 水的稳定性——借以确定水在给水管网中和生产设备中是否会发生侵蚀和沉淀；
5. 水的软化性——借以确定药剂软化法中的药剂用量和水在软化后的剩余硬度。

在水厂或净水站中，往往将几种处理方法结合使用，例如在城市水厂中将澄清和消毒结合起来。此外，也可将数种不同的处理方法在同一处理过程中完成，例如在水中加凝聚剂后，同时可以达到澄清与去色的目的；又如同时投以凝聚剂、软化剂与氧化镁，在水的澄清处理过程中可同时达到软化、除油、除有机物质和除硅酸等多种目的。

以地面水作生活饮用水水源时，所采用的水处理系统中通常包括澄清、去色和消毒处理。常采用的澄清与去色的方法是，首先在水中投以凝聚剂。令水中杂质与凝聚剂在混合设备中彻底混合后，再送入反应室中使之生成大颗粒的絮状沉淀物（简称绒粒）。此沉淀物可依次用沉淀池和过滤池完全除去，这样便达到了澄清与去色的目的，然后加氯消毒。图 16—2 所示就是这样的水处理系统。如果用澄清池代替沉淀池，便不必建反应室，水与凝聚剂混合后直接流入澄清池，而在其中同时完成绒粒的形成和沉淀过程。在图 16—2 所示水处理系统中，水在重力作用下依次流过各种净水构筑物，所以称它为重力式水处理系统。

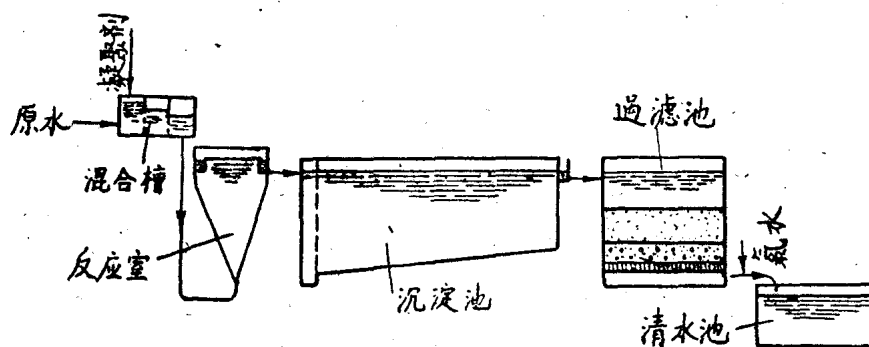


图 16—2 生活饮用水处理系统举例

^① 水的技术特性的测定方法见：B. A. 克略契科：“净化设备设计中水的技术分析及其应用” 1948 年版。中译本：石油设计局专家工作组翻译组译，建筑工程出版社出版。

以地下水作生活饮用水水源时，若为自流水，往往不必进行任何处理便可作生活饮用水使用。若为潜水，一般须消毒后才能使用。如果地下水中含铁多，硬度大，含硫化氢多或含盐多，根据水质要求，须相应地进行除铁、软化、除硫化氢和淡化等处理。图 16-3 所示为以锰砂为催化剂、用曝气法除地下水中二价无机铁盐的除铁装置。在这处理过程中同时可将水中锰盐除去。在这水处理系统中，水是在水泵压力作用下通过水处理构筑物的，所以称它为压力式水处理系统。也可采用重力式锰砂滤池，但须在锰砂滤池之后加设调节水池和泵站。

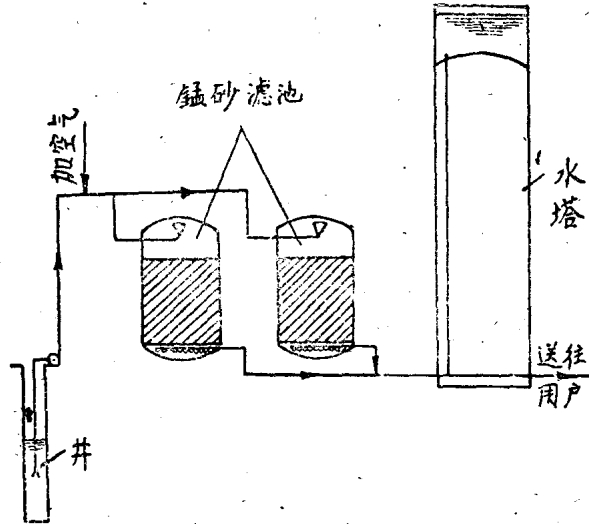


图 16-3 压力式锰砂滤池除铁装置

关于工业用水的处理，由于水源水质的多样性和各企业部门对水质要求不同，往往需要将前述水处理方法中的一种或数种组合成各式各样的水处理系统。

图 16-4 所示为以地面水为水源的锅炉给水处理的一个例子。在这处理系统中，先在混合槽中投以石灰乳与凝聚剂，其中石灰用以除水中的碳酸盐硬度，凝聚剂用以除原水中的浑浊物质和溶解的有机物质以及软化时生成的 $CaCO_3$ 与 $Mg(OH)_2$ 沉淀物。生成的绒粒在沉淀池和过滤池中除去，图中 1~4 为重力式水处理构筑物，钠离子交换滤池 7 为压力式水处理构筑物，两者之间设有中间水池 6 及水泵 7。钠离子交换滤池用以除水中的非碳

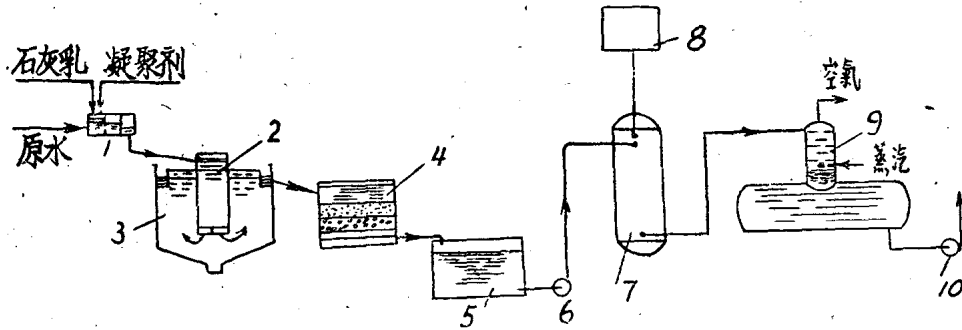


图 16-4 锅炉给水处理系统举例

- 1—混合槽； 2—反应室； 3—沉淀池； 4—过滤池； 5—水池； 6—水泵；
- 7—钠离子交换剂滤池； 8—食盐溶液箱； 9—除氧器； 10—锅炉补给水泵

酸盐硬度及残余的碳酸盐硬度。除氧器 8 用以除水中溶解氧及游离碳酸。需要除去水中硅酸时，可在混合槽 1 中同时投以氧化镁。为了提高除硅酸的效果和减少氧化镁用量，可在混合槽 1 前加设热水器，将水加热至 95°C 左右。在包含有除硅酸的水处理系统中，快滤池应该用碎无烟煤或白云石作为过滤材料，而不能用石英砂，否则砂中的 SiO_2 又会溶解于除硅酸后的水中。

倘若生产用水(例如很多纺织工业和造纸工业等的生产用水)对水的硬度要求不十分严格，例如剩余硬度许可达 3° 左右时，可在图 16—4 的混合槽 1 内同时投入凝聚剂、石灰乳与苏打溶液，其中石灰用于除碳酸盐硬度，苏打用于除非碳酸盐硬度，而凝聚剂可将水中浑浊物质、产生水色的物质和其他溶解性有机物以及水中的铁与锰除去。在这种情形下，图 16—4 中的构筑物 7~9 便不需要，只需使用构筑物 1~6 便可。

若原水很清(例如水源为地下水或来自城市水厂的水)，但硬度较大而不符合生产要求时，可只用图 16—4 中的阳离子交换滤池 7 除去水的硬度。水经阳离子交换剂软化后，剩余硬度可降低至 $0.03\sim 0.06^{\circ}$ 左右，同时可除去水中的铁离子与锰离子。

城市给水管网除供给居民用水外，并且供给工业企业和运输业等的生产用水。如果水由同一管网供给各种用户，城市水厂便只根据生活饮用水水质要求来处理水。若供水水质不能满足生产用水要求，企业部门应自行修建净水站，将从城市管网取得的水按照生产用水水质要求再加处理。此外，城市水厂除了处理生活饮用水外，也可根据生产用水水质要求进行生产用水的处理，而将处理后的水用专门的管道送往企业单位或工业区。

第十七章 水的澄清与去色

第一节 水的澄清与去色的一般概念

在上一章已经简单地讲到了水的澄清与去色处理的问题。在这一章将详细介绍水的各种澄清与去色处理的方法、所采用的处理构筑物以及其计算与维护。

地面水浑浊的原因，是因为水中含有悬浮物与胶体的缘故。我国各河流的浑浊度很不相同，例如黄河在洪水时期的最大含沙量高达 58 万毫克/升，而松花江洪水时期的最大含沙量只有 4000 毫克/升左右；就是同一河流，不同季节的浑浊度也有很大差异，例如松花江洪水时期的最大含沙量是 4000 毫克/升左右，而冬季封冻时期的含沙量只有几毫克/升。此外，在水处理过程中也往往产生不同性质、不同数量的沉淀物。澄清水的目的，就是将水中悬浮物质和胶体除去，以满足各种用户在这方面的要求。

洁净的浅水无颜色，深水在晴天呈浅蓝色。如果水有其他颜色，表示水中存在着有颜色的杂质。例如含腐植质的水呈黄褐色或褐色，含泥沙多的水呈黄色，含有铁化合物溶胶与悬浊液的水呈微红色，被生产废水污染的水可具有各种不同的颜色，此外蓄水库与湖泊中的水在藻类大量繁殖的时期也有深浅不同的颜色。这些杂质在水中有的以悬浊液形式存在，有的以溶胶形式存在，有的以真溶液形式存在。水中含有悬浮物时，这时水的颜色称为“假色”；水中悬浮物除去后所呈颜色称为“真色”。在给水处理中所指的是水的“真色”。绝大多数天然水的颜色由土壤、泥炭、沼泽中浸洗出来的腐植质引起，每以溶胶和真溶液形式存在。天然水的色度低的只有几度，高的可达几百度。我国地面水的色度都不大。除色的目的，就是将产生水色的物质除去，以满足用户在这方面的要求。

首先叙述一下以不同形态存在于水中的浑浊物和产生水色的物质的性质。

悬浮物的颗粒直径大于 0.1 微米（1 微米 = 0.001 毫米）。在地面水中常遇见的悬浮物主要是矿物质，如粘土和砂等等。地面水中所含有机悬浮物（如死的水藻和植物残体等）一般都不多。有些地面水（例如蓄水库水与湖水）的悬浮物中含有藻类和原生动物。有些地面水中并含有少量石油及石油产品等。水中悬浮物颗粒可以在运动着的水分子碰撞下作不规则的布朗运动，可以因吸附水中离子而带电荷，从而在电场中产生电泳现象。悬浮物颗粒在水中的布朗运动与电泳现象随其颗粒的质量而异，质量越小，这些现象便越显著，质量越大，这些现象越不显著或根本不发生。直径小于 3 微米的粘土颗粒的性质同下面将讲到的胶体粒子的性质很接近。

胶体粒子是由很多分子组成的结晶集合体。它的直径在 0.001~0.1 微米范围内。天然水中的胶体粒子，例如粘土和土壤的胶体粒子，都带负电荷。天然水中的胶体粒子因带同性电荷，所以互相排斥；此外，布朗运动力求使水中胶体物质的浓度趋于均匀。所有这些都使胶体溶液具有很高的稳定性，即使将水贮存很久，胶体粒子也不会沉淀下来。

腐植质是一些无定形物质的混合物；一部分腐植质为带负电荷的胶体粒子，另一部分呈真溶液形态。根据下列特点，可以认为，这些混合物中并含有高分子化合物：（1）对水中电解质含量不敏感；（2）凝聚后的沉淀物中含水很多；（3）对溶胶（例如粘土和土壤的溶

胶以及由凝聚剂产生的氢氧化铝和氢氧化铁溶胶等)有保护作用。高分子物质的存在会引起分散系稳定性的增高。例如在浑水中倒入若干泥炭浸出液(泥炭浸出液是含腐植质很多的、色度很高的水),这样所需凝聚剂投量便比未倒入泥炭浸出液者大很多,就是说,倒入泥炭浸出液的浑水要比未倒入泥炭浸出液的稳定得多。高分子化合物对溶胶的保护作用,只有当高分子物质的浓度是以形成布满全部溶胶或其各部分的网状结构时,才会显示出来。倘若溶胶中高分子物质的浓度不大,从而不足以形成这样的结构时,虽然溶胶中存在有高分子化合物,但是溶胶的稳定性不是增加了而是降低了。对于这一现象,现在还不能清楚说明。

水的澄清与去色方法应根据天然水的浑浊度和色度以及用户的水质要求决定,同时考虑到浑浊物质和产生水色的物质的存在形态,要求达到的处理程度,并作技术经济上的分析。

除去水中浑浊物质最常采用的方法是沉淀法和过滤法。

天然水中悬游物的比重一般都大于1。在静水中或流速很小时,这些颗粒便在重力作用下在沉淀池中沉淀下来。大的颗粒沉淀很快,小的颗粒沉淀较慢,而颗粒大小接近于胶体粒子的微小悬游物沉淀得非常慢,很难用自然沉淀方法除去。胶体粒子不能用自然沉淀方法除去。

为了加快细小悬游物的沉淀速度,为了将水中胶体除去,可在水中投入凝聚剂,使它们结合成较大的絮状沉淀物——绒粒,这样沉淀速度加快了,沉淀效果也可提高。这种加凝聚剂的沉淀方法称为凝聚沉淀。

如果水中悬游物很多,为了节省凝聚剂起见,可以先用自然沉淀法将水中大部分悬游物除去,然后再用凝聚沉淀法沉淀。究竟天然水的浊度多大时可以只用凝聚沉淀,多大时宜依次采用自然沉淀和凝聚沉淀,这在具体情况下须通过试验并进行技术经济比较决定。

绒粒是一种疏松的聚集体,比重一般只有1.02左右。所以只有较大的绒粒能在沉淀池中迅速沉淀下来,较小的绒粒沉淀得很慢。如果较小的绒粒也须除去,那么沉淀时间将很长,沉淀池容积将很大,这在技术经济上是不恰当的。实用上在沉淀池中只除去大部分绒粒,其余的用过滤方法除去。但沉淀池出水中的悬游物含量不能太高,以免增加滤池的负荷,否则它须经常冲洗,而滤池每冲洗一次需要用很多经过处理的水,并且滤池冲洗的间隔时间太短时,在技术上也有困难。

近年来在给水处理中广泛用澄清池来代替沉淀池。澄清池是由沉淀池发展而来的新型沉淀构筑物,它的工作原理如图18—33所示。加过凝聚剂的水自下向上通过由沉淀物组成的悬游泥渣层,在悬游泥渣层中可同时完成绒粒的形成过程和沉淀过程,处理后的水从澄清池顶部聚集引走。多余的泥渣积聚在泥渣浓缩室中,定期排入下水道。澄清池的生产能力和处理效果都比沉淀池高,凝聚剂用量比沉淀池低,但在某些情形下造价可能比沉淀池高。

过滤就是使所处理的水通过多孔性过滤材料,而将水中悬游物拦阻下来。一般用砂、无烟煤屑等作为过滤材料(简称滤料)。如果滤料颗粒较细,过滤速度(简称滤速)很小(0.1~0.3米/小时),这样的滤池称为慢滤池。采用慢滤池时,不需在水中加凝聚剂,能除去水中的悬游物的一部分胶体,并可除去水中绝大部分细菌。因为慢滤池的滤速很小,生产能力很低,所以修建大型水厂时已不采用,但是修建小水厂时(例如在农村修建水厂时)尚可考虑采用。