

给水处理厂设计

顾康乐 编译



中国建筑工业出版社

给 水 处 理 厂 设 计

顾 康 乐 编 译

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书主要介绍美国给水处理厂设计的主要技术指标和给水处理厂的类型；给水处理设备的设计原理和实践，如曝气、混凝和絮凝、沉淀、过滤、氯化及消毒等；水的其它处理，如软化、水味和气味的去除、铁和锰的去除、氟化和脱氟化等。可供给水工程设计人员和水厂运行管理人员参考。

Water Treatment Plant Design 1969

Prepared by

American Society of Civil Engineers

American Water Works Association

Conference of State Sanitary Engineers

Water Quality and Treatment Third Edition 1971

Prepared by

The American Water Works

Association

给水处理厂设计

顾康乐编译

*

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

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：7 1/8 字数：160 千字

1977年12月第一版 1977年12月第一次印刷

印数：1—13,380 册 定价：0.53 元

统一书号：15040·3406

译 者 的 话

美国土木工程师学会、给水工程协会和州卫生工程师会议等联合编著，于1969年出版的《给水处理厂设计》和美国给水工程协会编著，于1971年出版的《水质和处理》两本书，介绍了美国给水处理厂设计的主要技术指标；给水处理厂的类型；给水处理设备的设计原理和实践；氯化消毒；水味和气味的去除、铁和锰的去除、氟化和脱氟化、水的软化；各种化学品及其装卸；仪表化和自动控制等。

本书从《给水处理厂设计》和《水质和处理》两本书中摘译了有关给水处理厂设计的部分，汇编而成，供给水工程设计人员和水厂运行管理人员参考。

本书附录二仪表化及控制是请国家建委建筑科学研究院魏文郎同志校阅的。

为适应我国度量衡制，书中数据单位全部换算成公制。

1976年冬

目 录

第一章	概论	(1)
第二章	给水处理厂类型	(11)
第三章	曝气	(23)
第四章	混凝和絮凝	(35)
第五章	沉淀	(49)
第六章	过滤	(70)
第七章	氯化和消毒	(91)
第八章	水味和气味的去除	(107)
第九章	软化	(116)
第十章	铁和锰的去除	(145)
第十一章	氟化和脱氟化	(152)
附录一	化学品及其装卸	(161)
附录二	仪表化及控制	(199)
附录三	其它设计考虑	(215)

第一章 概 论

给水处理厂设计的主要目标是制备安全卫生的水，低于饮用水标准的水是不合格的。可是，一个合理设计的给水处理厂，并不能保证给水的安全。运行技术和精细的管理以及水源和配水系统的环境卫生要求都是同等重要的条件。

给水处理厂应有能力在不利的条件下安全地生产合格的水。好的水是一种清亮无色、水味适口和凉的。它不起锈点，既无侵蚀性又不形成垢壳。为了满足水质好的要求，处理厂必须能够适应流量和原水水质的变动，而始终生产良好水质的水。

给水事业的业务，要保持从处理厂经过配水管网到消费者的水质不受损害。处理厂设计和运行应力求提供稳定的水和防止配水管网中的生长物。配水管网设计和运行应力求保持水厂交给的水质。在水厂和管网的设计和运行中，对水质测定的控制点，应当是消费者的水龙头而不是处理厂的出水口。

给水处理所用设施在投资和运行费用上要合理，这并不意味着单纯节约而不注意考虑水厂应付紧急供水或将来发展情况。这确实指水厂设计要仔细研究各种方案的性能和费用，力争在技术经济上的合理性。

水 质 标 准

世界卫生组织于1971年3月在日内瓦制定了《饮用水国际标准》第三版。它所论述的生活给水标准，是在水的化学

和细菌质量方面最低限度的要求。这里推荐的标准不能作为定论。新的测试方法不断地在提出、在发展，期望这些已经提出的方法连同标准都将随时得到修订。

作为污染指标的有机体

涉及到饮用水的最大危险，就是近来由生活污水或人类排泄物形成的污染，即便动物的污染危险也一点不能忽视。作为污染指标最通用的有机体，是大肠裂殖菌（*E. Coli*）和整个大肠菌类（*Coliform*）。大肠裂殖菌确实是来源于粪便。它的存在应该认为是一种需要立刻处理的粪便污染的可靠指标。大肠菌类的一切种类也可能是来源于粪便，因而对它们在水中出现的一切解释中，应作最坏的估计。不存在大肠菌类的有机体，应该认为是未经污染的一个十分可靠的指标。大肠菌类在37°C和小于48小时之内能使乳糖发酵，并产生酸和气体。

水的细菌检验，在37°C和20°C时，在营养琼脂（细菌培养基）上的集落（白点）计数，俗称细菌总数。因为在这种温度时能发育的一切类型的细菌都会数得出来，在检测粪便污染的存在时，不能把细菌总数作为确切的指标。

饮用水的细菌质量标准

给水处理厂出水 不论原水受到什么样的污染，高效率的处理应该生产没有大肠菌类的水。就是说，在任何一个100毫升的水样里，应该证实没有大肠菌类的存在。假如大肠菌类数目增加到每100毫升中3个以上，则供水不加消毒，就不适于饮用。

配水系统里的水 对于在配水系统里取水，推荐下面的标准：

- 1.任何一年里，95%水样在100毫升里不应含有任何大

肠菌类。

2. 在100毫升水样中，不应含有大肠裂殖菌。
3. 在100毫升水样中含有大肠菌类不多于10个。
4. 任何连续两个水样，在100毫升中不应检出大肠菌类。

病毒

病毒性疾病，能在没有大肠菌类的水里传播，这在理论上是有可能的，但缺乏发生这种情况的结论性证据。病毒能从原水和从泉水里分离出来。在实践中，即使是当初就受到污染的水，用0.5毫克/升的游离氯接触一小时就足以抑制病毒；用0.4毫克/升的游离臭氧接触四分钟就发现能抑制病毒。

放射性

按照国际放射性防护委员会的推荐，饮用水中放射性的水平为：

总阿尔法（ α ）放射性 3 微微居里/升

总贝塔（ β ）放射性 30 微微居里/升

这些水平适用于三个月期间所得到的一切放射性测定的平均值。

饮用水的物理与化学质量标准

若干化学物质，如果在饮用水中达到一定浓度，可危害健康。这些物质的限值，应该和饮用水的日饮用量相关。列在表1-1里的数值是假定一个体重 70 公斤的人平均每日饮用 2.5升水为根据的。

饮用水内有毒物质试行限值国际标准(1971年) 表 1-1

浓 度 上 限 (毫克/升)					
砷(As)	0.05	氰(CN)	0.05	汞(总Hg)	0.001
镉(Cd)	0.01	铅(Pb)	0.1	硒(Se)	0.01

在水中出现的某些物质和水的某些特性，尽管不会构成对用户健康的危害，可是作为生活用水，会影响其合格度，现将这些物质和特性列于表1-2。

影响生活用水合格度的物质与特性

国际标准（1971年）

表 1-2

物质或特性	可产生的不合格影响	可取的上限	最大允许值
色	色	5单位	50单位
气味	气味	非讨厌的	非讨厌的
水味	水味	非讨厌的	非讨厌的
浊度	浊度，可能对肠胃刺激	5单位	25单位
总固体	水味，肠胃刺激	500毫克/升	1500毫克/升
pH范围	水味，腐蚀性	7.0~8.5	6.5~9.2
阴离子洗涤剂	水味及泡沫	0.2毫克/升	1.0毫克/升
矿物油	氯化后，水味气味	0.01毫克/升	0.30毫克/升
酚类(以酚表示)	水味，特别在氯化水中	0.001毫克/升	0.002毫克/升
总硬度	形成过度积垢	2毫克当量/升① (100毫克/升 CaCO ₃)	10毫克当量/升 (500毫克/升 CaCO ₃)
钙(Ca)	形成过度积垢	75毫克/升	200毫克/升
氯化物(Cl)	水味；在热水系统中 有腐蚀作用	200毫克/升	600毫克/升
铜(Cu)	涩味；管子、配件和 用具的变色和腐蚀	0.05毫克/升	1.5毫克/升
铁(全Fe)	水味；变色；沉积物和 铁细菌生长；浊度	0.1毫克/升	1.0毫克/升

续表

物质或特性	可产生的不合格影响	可取的上限	最大允许值
镁(Mg)	硬度;水味;硫酸镁对 肠胃刺激	如有硫酸盐250毫克/升,则不超过30毫克/升;如硫酸盐更少,可允许镁高到150毫克/升	150毫克/升
锰(Mn)	水味;变色;管内沉淀物;浊度	0.05毫克/升	0.5毫克/升
硫酸盐(SO ₄)	当镁或钠存在时对肠胃刺激	200毫克/升	400毫克/升
锌(Zn)	涩味;乳光色及类砂的沉积物	5.0毫克/升	15毫克/升

注: ①如硬度远小于2毫克当量/升时,可引起其它不可取的效应,例如,重金属可从管子中溶解出来。

1毫克当量/升产生硬度的离子=50毫克CaCO₃/升=5.0法国度 硬度=2.8(约)德国度硬度=3.5(约)英国度硬度。

总之,今天提出的水质标准有助于任何水厂建立运行指标。当取得水的性质方面的新资料时,水质标准预期有所变动。趋向是生产更好的水,比如浊度<0.1单位,色度<3单位等等。水源的水质不会有有多大改善,确实许多地方受到废水排放的污染。因此,给水处理厂有生产高质量水的重要任务。

一般设计考虑

本节讨论给水处理厂设计中考虑的一般因素。实际上,设计方案范围变化很广,关系到水源、输送、贮存和分配以及处理(净化)等整个系统设施。许多实例证明,给水处理

厂在改进水质方面起着主要作用。然而并不意味着供水水源和配水系统对水质是不相关的。在设计时，每一项都应和处理厂一起考虑，以达到经济的生产良好水质的水。通过对水源设施的谨慎选择、定位和设计，给水处理要求可以减少，而达成全面效能。设计配水系统若能做到保持水厂到用户间的水质，处理厂的麻烦问题和不必要费用可避免了。这跟普通想法不一样，保证水质不是处理厂独自的责任，而是取决于给水系统的每个组成部分。

实践证明，设计好和运行好的给水处理厂能制出预期的良好水质。运行适当，主要在于操作管理，但也跟处理厂设计好坏有关，处理设施的布置要适合运行的安全和方便，才能提高水厂功能。

水源的水质

给水处理的类型，取决于水源的水质和所要求的水质。那末充分的水源资料是设计的先决条件，这包括水质分析和各项特性变动范围。有的水质变化不大，只是可以预计到的季节性变化，有的由于排放工业废水引起水质恶化，其水质变化难于预先估计，因此要和地区规划部门研究发展前景作出决定。

水源的类型可分为两大类：1.地下水源，主要是井；2.地表水源，诸如江、河、湖泊和水库。对每种可作一般观察。例如，地下水源倾向于水质均匀，含有较多量的溶解物质，浊度和色度都低。地表水倾向于水质可变，含有较低浓度的矿物，色度较高，多浑浊和含有产生水味和气味的物质，而且容易受到废弃物污染。当特定水源的水质资料不够时，要进行调查和取样化验。为防止污染，对取水口设计要研究最有利的进水位置。地下水源的井群布局和井深对水质

水量都是重要的因素。

给水处理厂规模和备用容量

给水处理厂的额定容量，应超过供水系统的最大日需水量，通常以 $\text{米}^3/\text{日}$ 表示。滤站的额定容量是以设计所用的滤率（滤速）为根据的。包含着不止一个厂的一个系统，其联合容量应超过最大日需水量。

处理设施的设计年限应考虑五个因素：1.设备的使用年限；2.扩建的难易；3.供水地区的增长率；4.经济条件；5.开始几年设施的运用情况。

普通的办法是在初期提供全规模的不便于分期建设的部分，而把其它设施随发展需要陆续修建。象泵房和投药间属于前一类，池子和滤池属于后一类。那么降低了初期投资，免除了非急用设施的资金。第二种办法是通过单独处理单元的建设以适应逐步发展。

对给水处理厂的容量作出决定时，要加上事故备用量或备用单元。例如，除非能把水厂暂时停用以便维修工作，通常对任何重要单元修建不少于两个，诸如絮凝池、沉淀池和滤池。重要的设备如水泵、混凝剂进料机和加氯机也常有备用。

给水处理厂场地

场地的比较研究，要考虑下列事项：

- 1.土地充分利用，并有一定剩余面积以备扩建。
- 2.要注意水源与场地位置的关系，以及现在和将来的供水范围。对送水进入厂内和输往用户都要经济。还要注意进出管线设施方面是否方便。
- 3.场地地形是重要的。能否适应现在建设和将来扩建，而不使水厂布置造价过高或操作不方便。应尽量少占农田。

山地建厂便于适应厂内水头损失而不用过量开挖，并可由地面入口到水厂房屋上层。

4. 场地特征会影响施工。洪水、工程地质、地下水位和场地准备，包括清除地面、平整土地和排水等因素都直接影响建设费用。

5. 电力来源必须确定。连接两个电源对运行连续性有利。这在经常具有闪电暴雨的地方和台风或龙卷风的地区，尤其重要。

6. 铁路、公路交通运输便利与否。这包括施工期间材料设备的交付和运行期间供应品和化学品的输送。如果能做到化学品大批装运，尤其对大厂，实质上降低了它的运行费用。

7. 给水厂废弃物（污泥）的排放问题。在产生大量废弃物的水厂，例如石灰软化水厂，必须注意废渣处置问题。

8. 卫生防护，防止噪声。

9. 保持场地适当地绿化。厂内通往各车间的车行道人行道要简短便利。

10. 要考虑防空和安全。

给水处理厂布置

1. 各单元要协调，以提供高质量出水的高效率生产。给水处理厂设计要考虑池子清洗频率、滤池运行时间长久和出水水质。为了生产高质量水，需要小心地选择滤料加上适当的预处理。例如，在处理比较清的地表水时，可采用高滤速和较短停留时间。另一方面，高浊度水需要较长停留时间，为了提供积存污泥的体积并使池子清洗频率最低。至于沉淀池内是否安装自动刮泥设备，要看原水浊度情况而定。在处理高浊度水中，用连续排泥是合适的。

2.经济而耐久的建筑。在温暖地方可使用室外滤池，在极冷的地方采取池上盖板覆土。

3.设备和操作的简单化。要选用可行的、数目最少的单元，但应有足够备用能力的数目。

4.运行和控制的集中化。絮凝池和化学品投加设备及滤池的运行，需要操作人员的高度注意。所以在布置水厂时，把这些设备靠拢而不要远离，以免操作上不方便。但沉淀池可以放远一些，因为沉淀效果就在滤池上面可以看到。

5.尽量合理地布置直通的、短的化学品投加线。水厂操作人员在化学品投加线上工作比在输水线上工作难搞得多。因此，当水厂布置上可行时，把水带到化学品房，可取得运行上简便和可靠性。为此缘故，在许多水厂，把快速混合放置在化学品房内，把沉淀过的水在送往滤池途中穿过化学品房或经过它，还有把滤过水穿过这房间，以便最终处理（后氯化）。

6.简化化学品装卸和投加。例如设置装货台，在化学品房上层进料，靠重力卸料；或把化学品溶液从计量地点泵送到施加点。如果厂内要靠手工重新装卸化学品，这样使操作不方便，增加劳动力，常是功能失调的间接原因。

7.只用必不可少的仪表化。机械化、仪表化和自动化的使用，在有些国家的给水处理厂正在增进中。机械化代替人工运转和发挥手工所不能充分做到的功能；最好例子之一是沉淀池的排泥。仪表化是为了监测和记录厂的水流和性能。过多的不必要的仪表化，增加操作上负担，有些可以后装设。

8.适当使用自动化。自动化是仪表化和机械化结合起来以实现特效的控制。普通的若干例子是由浮筒、电极、隔膜和起泡器对水位、水压或水流的信号引起反应，从而行使控

制作用；还有其它更为复杂的电子传感器，例如那些用于测定 pH 或剩余氯的。对城镇唯一供水水源作全面自动化会是个错误。自动设备失效，那末会造成供水完全失败，除非设有旁通管、第二水源、或充足贮水量。象除铁水厂作自动化设施，也许是有理由的，因为用一根临时旁通管就没有多大损失。在有几个可靠水源的地方，可采用个体单元的自动化。

第二章 给水处理厂类型

由于各个水源的原水水质大不相同，因此处理类型也随着改变。城市给水的有些水源不需要什么处理而能产生水质极好的水。对那样良好水源，可采取连续消毒作为防护，有的为控制腐蚀加以化学处理，并严密监护水源以维持极好的自然水质。但水源水质较差时，必须处理。

按原水水质作处理厂分类，可供设计参考，但不能替代科学研究，如有些场合则要采取中小型试验作为设计基础。表 2-1 所列是关于原水中大肠菌类的含量对给水处理要求。

给 水 处 理 要 求 表 2-1

类型	处 理 方 法	大 肠 菌 含 量
I	不加处理	限于 不受到 任何污染可能性的地下水
II	简单氯化，或其它等效处理	任何月中，平均不大于50个/100毫升
III	完全快速砂滤，加连续后氯化	任何一个月中，平均不大于5000个/100毫升，而超过这数字的也不大于任何一个月中查验水样的20%
IV	辅助处理（预沉淀或预氯化，或其它等效处理，分别使用或合用）加完全过滤及后氯化	关于月平均 大肠菌类数字与Ⅲ类相同，但显示着 大肠菌类数字超过5000个/100 毫升 的大于任何一个月中查验水样的 20% 而不过 20000个/100毫升 大于任何一个月中查验水样的 5 %

表 2-2 是国外水污染控制部门公布的对生活用水的水源水质标准范围。应该指出, 表内原水分类属于“优的供水水源只需消毒”的类型, 在许多地方为了满足饮用水高质量的要求, 仍会需要完全处理。

生活用水的水源水质标准

表 2-2

成 分	优的供水水源, 只需消毒	良的供水水源, 需过滤和消毒	劣的供水水源, 需特定或辅助处理及消毒
BOD(5日)(毫克/升)			
月平均	0.75~1.5	1.5~2.5	>2.5
最大日, 或水样	1.0~3.0	3.0~4.0	>4.0
大肠菌最概数 1/100 毫升月平均	50~100	50~5000	>5000
最大日, 或水样	小于5%超过100	小于20%超过5000	小于5%超过20000
溶解氧			
平均(毫克/升)	4.0~7.5	4.0~6.5	4.0
饱和度(%)	75或更好	60或更好	
pH平均	6.0~8.5	5.0~9.0	3.8~10.5
氯化物(最大)(毫克/升)	50以下	50~250	>250
氟化物(毫克/升)	<1.5	1.5~3.0	>3.0
酚类(最大)(毫克/升)	无	0.005	>0.005
色度(单位)	0~20	20~150	>150
浊度(单位)	0~10	10~250	>250

城市水厂可使用各式各样的单元过程作不同的组合, 随