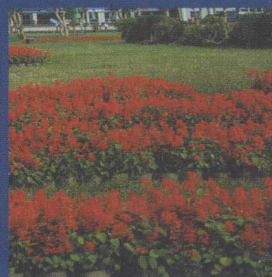
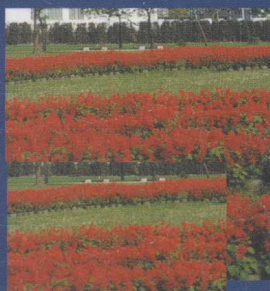




全国高等院校城市规划专业
应·用·型·系·列·规·划·教·材

城市给水排水工程概论

高光智 主 编
陈辅利 赵志伟 副主编
杜茂安 主 审



43



科学出版社
www.sciencep.com

全国高等院校城市规划专业应用型系列规划教材



城市给水排水工程概论

	高光智	主 编
陈辅利	赵志伟	副主编
	杜茂安	主 审

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本教材全面、系统地介绍了城市给水排水系统的结构、组成、过程和城市给水排水工程技术的原理、方法,主要内容包括城市给水排水系统、取水工程、输水与配水工程、给水处理工程、排水管网工程、污水处理工程和城市给水排水工程规划等。本教材着重阐述基本概念,强调实用,注重工程思维与创新思维。

本教材可作为高等院校城市规划专业和工程管理专业的本科教材,也可作为非给水排水工程专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

城市给水排水工程概论/高光智主编. —北京:科学出版社,2010

(全国高等院校城市规划专业应用型系列规划教材)

ISBN 978-7-03-028913-1

I. ①城… II. ①高… III. ①市政工程:给水工程—高等学校—教材②市政工程:排水工程—高等学校—教材 IV. ①TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 174102 号

责任编辑:陈迅 芦璐 / 责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京路局票据印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 9 月第一次印刷 印张:16 3/4

印数:1—3 000 字数:379 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路局票据〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

水孕育了人类,孕育了人类原始文明,也孕育了城市。水是现代城市的基本保证,没有水,城市活动就无法进行,没有充足的高品质水,城市活动就无法得到保证;污水和降水如果不及时排除,城市活动也无法进行;大量污水如果不经处理排放到水体,将会污染水体,破坏生态平衡,直接威胁人类生存。

我国严重缺水,常年水资源人均占有量只有世界平均水平的 $1/4$,是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。水资源利用和保护内容庞杂,关系复杂,牵涉面广泛。如何科学地利用和保护水资源不仅是给水排水工程专业所承担的任务和涉水专业所关心的工作,更是全社会所关注的大事,需要全社会共同努力才能做好。

给水排水工程规划是城市规划的重要组成部分,城市给水排水工程知识是城市规划专业技术人员必须掌握的知识之一。城市给水排水工程是主要的市政工程,是城市基础设施建设的重要内容,也是工程管理专业技术人员必须掌握的知识之一。

城市给水排水工程学内容丰富,需要较广泛的专业基础课程支撑。一些必要的专业基础课,诸如化学类、水力学等,城市规划和工程管理专业的学生基础相对薄弱。长期以来,缺乏适用于城市规划和工程管理专业的城市给水排水工程教材。这些专业在教授和学习给水排水工程时,通常借用给水排水工程专业适用的教材,给教学和学习都造成了很大的困难。针对这种情况,以大连海洋大学为首的数所高校联合编写了本书。

本教材根据城市规划和工程管理专业的培养目标、专业结构和实际情况,着重阐述基本概念,强调实用,注重工程思维与创新思维;全面、系统地介绍城市给水排水系统的结构、组成、过程和城市给水排水工程技术的原理、方法。本书主要内容包括城市给水排水系统、取水工程、输水与配水工程、给水处理工程、排水管网工程、污水处理工程和城市给水排水工程规划等,力求做到内容丰富,详略得当,表述透彻,通俗易懂。

本教材可作为城市规划专业和工程管理专业的本科教材,也可以作为非给水排水工程专业的参考教材。

本教材由大连海洋大学高光智任主编,大连海洋大学陈辅利和哈尔滨工业大学赵志伟任副主编,参加编写的还有南阳理工学院王新俐和辽宁工程技术大学李婷婷。本书编写的具体分工为:第一章由高光智编写,第二章由高光智和陈辅利编写,第三、五、七章由赵志伟编写,第四章由王新俐编写,第六章由陈辅利编写,第八章由李婷婷编写。本书由哈尔滨工业大学杜茂安教授主审。

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正,以期本书不断改进和完善。

高光智

2010 年 1 月 10 日

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 城市给水排水系统	1
1.2 城市给水排水的发展	3
1.3 城市给水排水工程的任务和内容	4
思考题	4
第二章 系统概论	5
2.1 水资源	5
2.1.1 水的性质	5
2.1.2 水体与水资源	9
2.1.3 水源与水源保护	12
2.1.4 水体自净与环境容量	13
2.2 给水系统概述	14
2.2.1 给水系统分类与系统组成	14
2.2.2 用水量	17
2.2.3 给水系统的工作状况	22
2.3 排水系统概述	27
2.3.1 排水系统分类与系统组成	27
2.3.2 排水出路	29
2.3.3 排水控制与利用	30
2.4 给水排水工程建设程序	32
思考题	33
第三章 取水工程	35
3.1 取水工程概述	35
3.1.1 取水工程的任务	35
3.1.2 取水水源的选择	35
3.2 地表水取水工程	37
3.2.1 江河特征与取水构筑物位置选择	37
3.2.2 地表水取水构筑物分类	40
3.2.3 地表水取水构筑物	41
3.3 地下水取水工程	46

3.3.1 地下水及其取水构筑物分类	46
3.3.2 地下水取水构筑物	48
思考题	51
第四章 输水与配水工程	52
4.1 输水与配水工程概述	52
4.1.1 系统组成	52
4.1.2 配水管网与输水管渠布置	53
4.1.3 管段流量、管径与水头损失	57
4.1.4 管网计算的基本方程与方法	59
4.2 环状管网设计	61
4.3 树状管网设计	67
4.4 城市供水泵站	68
4.4.1 泵站的组成与分类	68
4.4.2 泵站设计	70
4.4.3 泵站的设计	72
思考题	75
习题	76
第五章 给水处理工程	77
5.1 给水处理概述	77
5.1.1 给水处理分类	77
5.1.2 给水处理方法简述	78
5.1.3 水处理的基本参数	79
5.2 地表水处理	81
5.2.1 地表水常规处理简述	81
5.2.2 混凝	81
5.2.3 沉淀与澄清	86
5.2.4 过滤	91
5.2.5 消毒	95
5.2.6 其他水处理	99
5.3 地下水处理	101
5.3.1 地下水处理简述	101
5.3.2 地下水除铁除锰	102
5.3.3 地下水除氟	104
5.4 水的软化、脱盐	106
5.4.1 水的硬度	106
5.4.2 水的盐度	106
5.4.3 水的软化、脱盐方法简述	107
5.4.4 水的药剂软化	108

5.4.5 水的离子交换软化和脱盐	109
5.4.6 反渗透与纳滤软化和脱盐	112
5.4.7 水的电渗析软化和脱盐	114
5.5 水的冷却与冷却循环水处理	116
5.5.1 简述	116
5.5.2 水的冷却原理	118
5.5.3 冷却塔	119
5.5.4 冷却循环水处理	120
思考题	123
第六章 排水管网工程	124
6.1 排水管网工程概述	124
6.1.1 排水管网的任务	124
6.1.2 排水体制及其选择	125
6.1.3 排水管网的设计与布置	126
6.2 污水排水管网工程	129
6.2.1 污水流量	129
6.2.2 污水管道有关规定	132
6.2.3 污水管道的水力计算	135
6.2.4 管道平面图和纵剖面图的绘制	136
6.3 雨水排水管网工程	138
6.3.1 雨量分析要素	138
6.3.2 雨水管渠设计流量	139
6.3.3 雨水管道有关规定和水力计算	141
6.4 合流制排水管网工程	141
6.4.1 合流制管渠系统的特点和使用条件	141
6.4.2 合流制管渠设计流量与水力计算	142
6.5 城市防洪	143
6.5.1 城市防洪简述	143
6.5.2 洪峰流量	144
6.5.3 防洪沟渠的水力计算与设计要点	145
思考题	146
习题	146
第七章 污水处理工程	148
7.1 污水处理工程概述	148
7.1.1 污水处理分类	148
7.1.2 污水处理方法简述	149
7.1.3 水处理的基本参数	152
7.2 污水的物理处理	155

7.2.1	格栅	155
7.2.2	沉砂池	156
7.2.3	沉淀和浓缩	157
7.2.4	气浮	159
7.2.5	隔油	162
7.3	污水生物处理基础	163
7.3.1	污水处理微生物	163
7.3.2	污水生物降解过程	165
7.3.3	污水生物降解模式	167
7.3.4	污水生物处理主要参数	169
7.3.5	污水生物处理主要影响因素	173
7.4	污水活性污泥法处理	174
7.4.1	活性污泥法简述	174
7.4.2	活性污泥法基本形式	176
7.4.3	活性污泥法工艺	178
7.4.4	生物脱氮除磷	181
7.4.5	需氧量与曝气	182
7.4.6	污泥处理	184
7.4.7	厌氧活性污泥法工艺	186
7.5	污水生物膜法处理	187
7.5.1	生物膜法简述	187
7.5.2	生物滤池	189
7.5.3	生物接触氧化	193
7.5.4	生物转盘	195
7.5.5	其他生物膜法工艺	196
7.6	污水自然处理	198
7.6.1	自然处理简述	198
7.6.2	稳定塘	198
7.6.3	土地处理	201
7.6.4	湿地处理	202
7.7	污水化学与物理化学处理	203
7.7.1	中和	203
7.7.2	化学沉淀	205
7.7.3	氧化还原	206
7.7.4	萃取、吹脱、汽提	208
7.7.5	其他化学、物理化学方法	210
7.8	污水再生处理	212
7.8.1	污水再生处理简述	212

7.8.2 污水再生处理主要工艺	214
7.8.3 污水再生处理工艺选择	216
思考题	217
第八章 城市给水排水工程规划	218
8.1 城市给水排水工程规划概述	218
8.1.1 规划内容	218
8.1.2 规划目的和原则	220
8.1.3 规划步骤	223
8.1.4 城市给水排水工程规划与城市总体规划的关系	224
8.2 水源与管网系统规划	225
8.2.1 水量预测	225
8.2.2 水源选择和水源保护	230
8.2.3 规划方案确定	232
8.2.4 管网系统规划	234
8.3 水厂规划	236
8.3.1 水厂设计原则	236
8.3.2 基本参数确定	237
8.3.3 厂址选择	241
8.3.4 工艺流程选择	242
8.3.5 平面和高程布置	244
8.3.6 过程检测和自动控制	245
8.4 城市给水排水工程经济分析	248
8.4.1 城市给水排水工程经济	248
8.4.2 技术经济分析的特点	248
8.4.3 技术经济分析方法	249
8.4.4 技术经济指标计算	251
思考题	254
主要参考文献	255

第一章 绪 论

1.1 城市给水排水系统

一切生命活动都离不开水。古人类择水而居,在江河水系生殖繁衍,聚集成部落,创造了灿烂的古代文明,逐步发展成为城镇。水孕育了人类,孕育了人类原始文明,孕育了城市。水是现代城市的基本保证之一,没有水,城市活动就无法进行,没有充足的高品质水,城市活动就无法得到保证;使用后的污水和降水如果不及时排除,城市活动也无法进行,大量污水如果不经处理随意排放到水体,将会污染水体,破坏生态平衡,直接威胁人类生存。可见,水对城市具有极其重要的作用。

保证城市充足优质水的供应和城市污水、降水及时安全排除是通过自然要素和一系列人工设施实现的,这就是城市给水排水系统,如图 1.1 所示。城市给水排水系统由城市给水系统和城市排水系统组成。城市给水系统包括水源、取水、净水厂和输水配水设施。城市排水系统包括排水管网、污水处理厂和接纳水体。

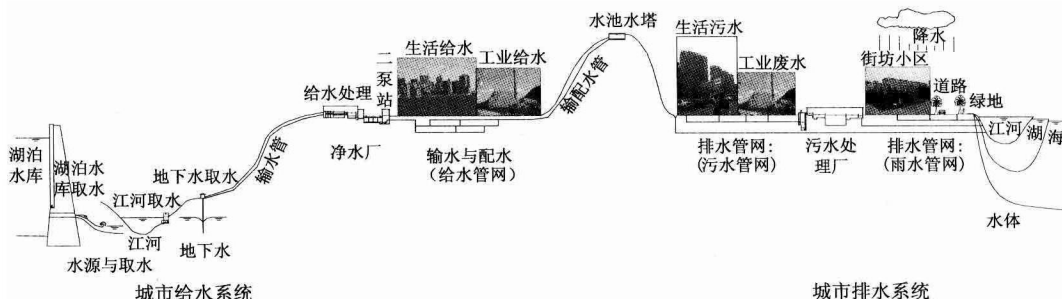


图 1.1 城市给水排水系统

城市水源是城市用水的来源,是具有充足水量和较好水质的天然或人工水体。城市水源一般距离用水城市较近;随着城市规模的不断扩大和水资源日益紧缺,大中城市远距离调水也较为普遍,有的调水距离达数百公里,甚至上千公里,例如南水北调工程。城市水源主要有地表水和地下水,有时也将海水作为城市用水的补充水源。地表水包括河流、湖泊和水库。地下水主要有潜水、承压地下水和泉水。

取水设施是将水源的水取出的构筑物和设备。取水设施分为地表水取水、地下水取水和海水取水设施。地表水和海水采用水下构筑物取水,通常由水泵加压输送到净水厂,取水泵站有时也称为“一泵站”。大部分地下水采用管井取水,有些潜水采用渗渠、大口井等取水。

《城市用水分类标准》(CJ/T 3070)将城市用水分为居民家庭用水、公共服务用水、生产运营用水、消防及其他特殊用水等四类用水;居民家庭用水包括城市居民家庭用水、农民家庭用水、公共供水等 3 个二级类别;公共服务用水包括 12 个二级类别,国民经济行业

分类代码为 F~P;生产运营用水包括 12 个二级类别,国民经济行业分类代码为 A~G;消防及其他特殊用水包括消防用水、深井回灌用水、其他用水等 3 个二级类别。城市供水包括居民家庭用水、公共服务用水、除农林牧渔业和采掘业用水的生产运营用水、消防用水。城市供水水质应满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749),行业标准高于《生活饮用水卫生标准》时执行行业标准,进行二次处理。

水源水质不能完全满足使用要求时,需要处理。城市给水处理设施是将水源水(原水)处理成满足《生活饮用水卫生标准》要求的构筑物和设备。给水泵站是供水加压设施,相对于取水泵站(一泵站),给水泵站有时也称为“二泵站”。给水处理设施通常与二泵站建于同一厂区并统一管理,统称为净水厂。

输水设施指将水从一处输送到另一处的管渠和中途加压设施。配水设施是将满足要求的水配送到用户的设施,包括给水管网、水池水塔等调节设施和中途加压设施。输水与配水设施也叫做给水管网。

给水排水用户指独立建筑、有密切关联的建筑群、居民小区和工业企业。独立建筑、有密切关联的建筑群、居民小区的二次加压、配水和排水收集输送设施等称为建筑给水排水系统或室内给水排水系统,讲述这部分内容的课程为《建筑给水排水工程》或《室内给水排水工程》。工业企业的给水处理、加压、配水和排水收集输送、废水处理设施等称为工业给水排水系统,讲述工业给水排水系统的课程为《工业给水排水工程》。建筑给水排水系统和工业给水排水系统不属于城市给水排水系统的内容,其界限是给水水表井和用户界外的第一个排水检查井。

城市排水管网是收集和输送生活污水、工业废水、城市污水、降水的管渠设施,包括城市污水管网、城市雨水管网和城市防洪。水经过用户使用后变成污水和废水排出用户界区;城市污水管网负责接受这些污水和废水,并输送到城市污水处理厂。用户界区内降水经收集后排出用户界区;城市雨水管网负责接受用户排出的降水和城市道路、广场、绿地等公共场所降水,并就近输送到江河、湖、海等水体。城市防洪负责疏导和排除较大流域降雨形成的洪水。

城市污水包括生活污水和工业废水,含有各种污染物,直接排入水体将会对水体造成

污染。城市污水处理厂的作用是通过各种方法和设施,大大降低城市污水中的污染物含量,保证满足水体的功能要求。

接受城市排水的水体包括江河、湖泊和海域,城市污水一般不排入水库,不得排入水源保护地和其他保护区水域。

太阳辐射使水体表面的水蒸发进入大气,冷却后变成云,较大的水滴以雨雪的形式降落,部分直接降落到水体,部分降落到地面并通过地面径流、地下径流汇流到水体,形成水的自然循环,如图 1.2 所示。水经过取水、给水处理、输水配水供用户使用,用户使用后变成的污水经过污水管网和污水处理厂

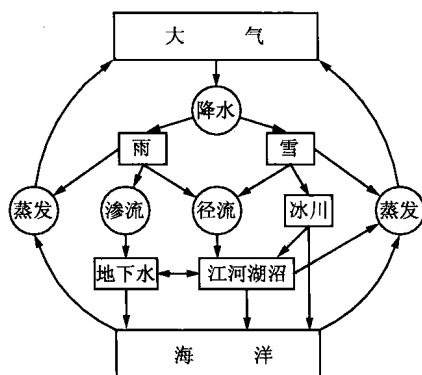


图 1.2 水的自然循环

处理后又排入水体,形成了水的城市人工循环。降落到城市的降水通过城市雨水管网和防洪系统回到水体。城市给水排水系统是水自然循环的局部人工强化循环,是水自然循环的一部分。完善的给水排水系统应不影响水的自然循环和生态平衡,并保证局部人工强化循环顺利进行,这是给水排水系统的基本要求。

1.2 城市给水排水的发展

考古发现,早在 3000 多年前,王宫诸侯建筑就出现了沟渠、瓦管、陶土管排水设施和水井,2000 多年前人类就学会了使用明矾净水,出现了茅厕粪坑。古代的给水排水设施十分简陋和原始,给水主要靠人担缸储,净水仅限于明矾混凝和自然沉淀,有组织排水还仅限于贵族建筑。直到工业革命之后,随着汲水设备的发明,才出现了真正意义上的城市给水排水系统。20 世纪,随着城市规模的不断扩大和工业制造技术的快速发展,城市给水排水系统得到了飞跃发展,形成了完善的现代城市给水排水系统。

现代城市给水排水系统的发展历史不过百年,尤其是近六七十年,发展非常迅速。现代城市给水排水系统的发展过程、存在问题和发展趋势主要表现在以下几个方面:

1) 管道材料。给水管材经历了铸铅管、铸铁管、球磨铸铁管和各种塑料管。排水管材经历了陶瓷管、水泥管、铸铁管、各种塑料管。管材的发展方向是开发、研制、生产轻质、耐腐、抗老化、耐用、易施工、无渗漏、经济、实用的管材和管道接口技术。

2) 防漏、检漏、堵漏技术。给水管网漏失率通常在 20% 以上,有些老化管网漏失率高达 45% 以上,管网漏失严重。解决管网防漏、检漏、堵漏问题始终是给水技术的重大课题,在水资源和能源日益紧张的情况下,更为重要。开发新型管道材料及其接口技术是防止系统性漏失的关键,开发便携准确的检漏仪器和简单快速的堵漏技术是解决局部漏失问题的主要途径。

3) 管网压力平衡技术。由于水的输送和使用特性,供水压力与用水压力不可能完全平衡。为了保证不利点的使用要求,供水压力必须大大高于用水压力,造成了能量的巨大损失。如何减少这部分能量损失,始终是给水技术的重大课题。

4) 水量计量技术。用水计量经历了无计量、机械水表计量和数字水表计量。我国存在用户偷水现象,计量漏失严重。我国排水基本无计量,污水在线监测正在起步。开发和推广高精度数字水表和计算机网络化智能管理技术是用水和排水管理、提高水效益、节水、保护水环境的重要发展方向。

5) 给水处理技术。20 世纪初应用的混凝过滤消毒技术一直是给水处理的主体技术,虽然开发应用了多种多样的新工艺和技术改进,但其主导地位始终没变。随着对水质要求的不断提高,各种深度处理、特定对象处理、无害消毒技术被大量开发和应用。给水处理技术的发展仍然在这些领域开展。

6) 分质供水。随着对水质要求的不断提高,分质供水受到越来越多的重视和应用。

7) 污水处理技术。20 世纪初建立了首座污水处理厂,20 世纪 50 年代以来得到了快速发展,现在各种生物、化学、物理化学、自然和生态处理技术得到了广泛的应用。污水处理得到的主要是环境效益,节能降耗降低成本永远是污水处理技术开发的主题。随着水

资源的日益紧缺,污水资源化技术受到越来越多的重视。

8) 雨水涵养利用技术。雨水也是宝贵的资源。雨水涵养利用既可节水,又可削减雨水峰值流量,将会受到更多的重视。

9) 设备节能降耗。设备节能降耗是永恒的课题。

10) 计算机网络技术。信息技术的高速发展为给水排水系统管理提供了前所未有的技术平台,加速在给水处理领域的应用必然是系统管理的发展方向。

1.3 城市给水排水工程的任务和内容

城市给水排水的任务是以最低的代价,可靠地保证城市用水优质足量地供应,城市污水和雨水及时顺畅地排除和水环境生态平衡,保证城市生活、活动和社会运行安全。本教材分八章介绍城市给水排水系统的主要内容。第一章简要介绍城市给水排水系统及其发展,第二章概要介绍水资源、给水系统和排水系统以及给水排水工程建设程序,第三章~第七章分别介绍取水工程、输水与配水工程、给水处理工程、排水管网工程、污水处理工程,第八章概要介绍城市给水排水工程规划的主要内容。

本教材可供高等院校本科城市规划专业和工程管理专业使用,也可以作为非给水排水工程专业的参考教材。

思 考 题

1. 城市给水排水系统由哪些系统组成? 城市给水系统包括哪些单元设施? 各给水单元设施的主要功能是什么? 城市排水系统包括哪些单元? 各排水单元设施的主要功能是什么?
2. 什么是水的自然循环? 什么是水的城市人工循环? 城市人工循环的基本要求是什么?
3. 现代城市给水排水系统的发展主要表现在哪些方面?
4. 城市给水排水的任务是什么? 本书包括哪些主要内容?

第二章 系统概论

2.1 水资源

2.1.1 水的性质

1. 水的特殊性质

水无色无味,最简单的化学分子式为 H_2O 。氧与氢形成的 2 个电子对带有正电性质,另外 2 对带有负电性质。这种结构与一般的共价键不同,带有极性;与离子键也不同,极性没有离子键强。每个水分子可以与周围 4 个水分子形成 4 个氢键,构成了立体空间结构。在液态水中,若干水分子由氢键结合在一起,这种现象称为水分子的缔合。水分子的动态缔合决定了水的流动、表面张力和黏度特性。

水的特殊结构决定了水具有与其他物质不同的特性,主要有:

1) 常温附近呈三态。在 1 个大气压条件下,水的冰点(熔点)为 0°C ,沸点 100°C ,常温附近呈固、液、气三态变化。

2) 温度—体积效应异常。“热胀冷缩”是物质的一般规律,水则不同。水在 3.98°C 密度最大;在 $0\sim 3.98^\circ\text{C}$ 区间,水的密度随温度的增高而增加;温度超过 3.98°C ,水的密度随温度的增高而减小。与一般物质凝固时体积缩小不同,水结冰时体积膨胀, 0°C 冰的密度比 0°C 水小 8.32%。这就是水管和水容器冻胀破裂的原因和冰盖的成因。

3) 热容量最大。水的热容和蒸发热都最大,融解热也很大。因此,水体具有调节气候气温的作用,也是冷却和储存传输热量的优良介质和载体。

4) 溶解能力极强。多种物质在水中不但有很大的溶解度,也有最大的电离度。

5) 化学反应能力强大。所有生物化学反应都有水的参与,电解质反应需要在水中进行的,水参与大多数化学反应,没有一种物质具有像水这么广泛和强大的反应能力。

6) 表面特性突出。在所有常温液体中,水的表面张力仅次于汞。水的毛细、湿润、吸附等各种特性都很突出。

2. 水的物理化学参数和水量表示方法

水的物理化学参数示于表 2.1。水的数量通常用其重量、体积和流量表示。常用的重量单位有吨(t)、千克(kg)、克(g)和毫克(mg)。常用的体积单位有立方米(m^3)、升(L)和毫升(mL)。常用的流量单位有立方米/秒(m^3/s)、立方米/时(m^3/h)、立方米/日(m^3/d)和升/秒(L/s)。在给水管排水工程中常用压力和流速表示水的流动特征。压力指单位面积上承受的重量,与压强的概念相同。常用的压力单位有 MPa、 kg/cm^2 和 m(水柱), $1\text{ MPa}\approx 10\text{ kg}/\text{cm}^2\approx 100\text{ m(水柱)}$ 。流速是单位时间内水团移动的距离,未特别说明时,

通常指与流速垂直的过水断面上的平均流速。常用的流速单位为米/秒(m^3/s)。

表 2.1 水的物理化学参数

分子量(H_2O)	18.016	密度/ (kg/m^3)		黏度/ $(\text{Pa} \cdot \text{s})$		电导率/ (S/m)	
冰点	0.000 $^{\circ}\text{C}$	(冰) -10 $^{\circ}\text{C}$	918.6	0 $^{\circ}\text{C}$	1.794	0 $^{\circ}\text{C}$	1.5×10^{-6}
沸点	100.000 $^{\circ}\text{C}$	0 $^{\circ}\text{C}$	916.7	10 $^{\circ}\text{C}$	1.310	18 $^{\circ}\text{C}$	4.3×10^{-6}
三相点		(水) 0 $^{\circ}\text{C}$	999.9	20 $^{\circ}\text{C}$	1.009	25 $^{\circ}\text{C}$	6.2×10^{-6}
压力	610.6 Pa	3.98 $^{\circ}\text{C}$	1000.0	20.2 $^{\circ}\text{C}$	1.000	50 $^{\circ}\text{C}$	18.7×10^{-6}
温度	0.0098 $^{\circ}\text{C}$	20 $^{\circ}\text{C}$	998.2	50 $^{\circ}\text{C}$	0.549	介电常数	
临界常数		50 $^{\circ}\text{C}$	988.1	100 $^{\circ}\text{C}$	0.284	0 $^{\circ}\text{C}$	88.2
压力	22.119 MPa	70 $^{\circ}\text{C}$	977.2	比热/ $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$		10 $^{\circ}\text{C}$	84.3
温度	374.2 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	958.4	0 $^{\circ}\text{C}$	4217.36	25 $^{\circ}\text{C}$	78.5
密度	324 kg/m^3	(汽, 100 $^{\circ}\text{C}$, 1atm) 0.5974		10 $^{\circ}\text{C}$	4191.84	表面张力/ (N/m)	
融解热	333.562 kJ/kg	热导率(导热系数)/ $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$		20 $^{\circ}\text{C}$	4181.78	0 $^{\circ}\text{C}$	0.07583
蒸发热	2256.685 kJ/kg	0 $^{\circ}\text{C}$	0.5024	30 $^{\circ}\text{C}$	4178.43	10 $^{\circ}\text{C}$	0.07411
离子积常数	10^{-14}	20 $^{\circ}\text{C}$	0.5987	50 $^{\circ}\text{C}$	4180.52	30 $^{\circ}\text{C}$	0.07104

3. 水质参数

水的质量(水质)指水中所含的其他物质和能量的数量。水质参数指表征水质的参数、指标、项目,也称为水质指标、项目。水质指标分为物理感官指标、毒理指标、化学指标、微生物指标、其他指标。

(1) 物理感官指标

物理感官指标指水的物理参数和由人的感官感知的参数,感官参数一般不能用仪器测定。常用的物理感官指标有:水温、电导率、臭和味、色度、浊度、固体等。

鼻闻为臭,口尝为味。通常用感觉词汇描述,如无异味、油气味、腥臭等。

水的颜色通常用感觉词汇描述,如淡黄色、暗灰色等。供水常用色度表示水的颜色,规定 $1\text{mg}/\text{L}$ 的 K_2PtCl_6 和 $2\text{mg}/\text{L}$ 的 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 混合后产生的颜色为 1 度。排水常用稀释倍数表示水的颜色。

浊度是水的光学指标,规定 $1\text{mg}/\text{L}$ 的 SiO_2 所产生的混浊现象为 1 度(NTU)。

表示水中固体含量的指标有总固体(TS)、溶解性总固体(TDS)、悬浮固体(SS),单位 mg/L 。

(2) 毒理指标

毒理指标指对人和生物有明显毒害作用的物质的含量,过量可能使人和生物急性或慢性中毒。毒理指标用各种有毒物质的含量表示,包括重金属、有毒元素、有毒无机化合物和有毒有机化合物。毒理指标常用单位有 mg/L 、 $\mu\text{g}/\text{L}$ 、ppm、ppb。

有毒重金属是一类毒性非常强烈的重金属,主要有汞、铬、镉、铅、镍、银等。

有毒元素是一类毒性强的单质物质,主要有砷、硒、铊、铋、钡、铍、硼、钼等。

有毒无机化合物是一类毒性强的无机化合物,种类较多,成分复杂。有毒无机化合物主要有氰化物、氟化物、硝酸盐、溴酸盐、氯酸盐等。氰化物剧毒;硝酸盐是生物获取氮的重要来源,也被划为营养盐类化学指标。

有毒有机化合物是一类毒性很强的有机化合物,种类繁多,成分复杂,大多数是人工合成物质和生产过程中产生的废物,能够使人 and 生物致癌、致畸、致残。

(3) 化学指标

化学指标指反映水中化学要素的指标,主要有化学性质指标、硬度、营养盐、有机物指标和一般化学指标。理论上,毒理指标也是化学指标,由于危害大,通常单列。

化学性质指标指反映水基本化学性质的指标,主要有 pH、碱度、氯离子等。

硬度指水中钙镁离子含量。硬度过高能够引起各种结垢现象,影响水的正常使用。

营养盐指水中的氮磷含量,主要有总氮、氨氮、硝酸盐氮、总磷等。营养盐是生物生长的必需物质,但过量可造成水体富营养化,引发有害微生物疯长。

水中的有机物在被微生物分解的过程中要消耗大量的溶解氧,造成水体腐败。因此,通常用分解有机物所消耗的溶解氧量间接地表示有机物的数量。常用的有机物指标有化学需氧量 COD、生化需氧量 BOD、总有机碳需氧量(简称总有机碳)TOC、总需氧量 TOD。

一般化学指标指毒性不大但危害较大的一类化学物质和毒性危害都不大的一类化学物质,前者如铁、锰、铜等,后者如游离二氧化碳、溶解氧等。

pH 无量纲,其他化学指标常用单位是 mg/L。

(4) 微生物指标

微生物指标指水中各种微生物可能的数量或经过培养形成的菌落数,主要有细菌总数(单位 CFU/mL)、大肠菌群数(单位 CFU/100mL、个/L)等。CFU 表示菌落形成单位。

(5) 其他指标

其他指标主要有放射性指标、消毒指标。放射性指标是反映水中放射性物质放射强度的指标。消毒指标指为保证消毒效果而规定的消毒剂残余量。

4. 水质标准

水质标准是通过法律程序制定的、规定满足各种要求的各种水质指标限值的法律文件。水质标准分为国家标准、行业标准和地方标准三个层次。国家标准是基础,行业和地方标准是国家标准的补充;国家标准规定的指标,地方标准必须执行或严于国家标准。水质标准具有强制性,必须严格执行。标准执行时遵守“唯一性”原则,即几个有关标准对同一指标均有规定时只执行其中的一个标准,但所执行标准未规定的项目,必要时可以由其他标准补充。水质标准包括用水标准、环境标准、排放标准和污水再生利用标准等。

(1) 用水标准

用水的基本标准是《生活饮用水卫生标准》(GB 5749),《标准》规定了生活饮用水水质卫生要求、生活饮用水水源水质卫生要求、集中式供水单位卫生要求、二次供水卫生要求、涉及生活饮用水卫生安全产品卫生要求、水质监测和水质检验方法,适用于城乡各类生活饮用水。《标准》将水质指标分为常规指标、消毒指标和非常规指标,并分别规定了限值 107 项。有特殊要求的行业执行行业标准。

(2) 水环境标准

水环境质量标准主要有《地表水环境质量标准》(GB 3838)、《地下水质量标准》(GB/T 14848)和《海水水质标准》(GB 3097)。特殊用途水域执行专项标准,如渔业水质标准。

《地表水环境质量标准》将地表水体划分为五类,分别规定了各类水体标准值共 24 项。Ⅰ类水体适用于源头水、国家自然保护区;Ⅱ类水体适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、珍稀幼鱼的索饵场等;Ⅲ类水体适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场和洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区;Ⅳ类水体适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;Ⅴ类水体适用于农业用水区及一般景观水域。

《地下水质量标准》将地下水质量划分为五类,分别规定了各类水质标准值共 39 项。Ⅰ类、Ⅱ类反映地下水化学组分的天然低背景含量和天然背景值,适用于各种用途;Ⅲ类以人体健康基准值为依据,适用于集中式生活饮用水水源及工、农业用水;Ⅳ类以农业和工业用水要求为依据,适用于农业和部分工业用水,适当处理后也可作生活饮用水;Ⅴ类不宜饮用,其他用水可根据使用目的选用。

《海水水质标准》将海域划分为四类,分别规定了各类水体标准值共 35 项。第一类适用于海洋渔业水域、海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区;第二类适用于水产养殖区、海水浴场、人体直接接触海水的海上运动和娱乐区、与人类食用直接有关的工业用水区;第三类适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区;第四类适用于海洋港口水域、海洋开发作业区。

(3) 排放标准

污水排放的基本标准有《污水综合排放标准》(GB 8978)和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918),有行业标准和地方标准者执行行业标准和地方标准。

《污水综合排放标准》适用于现有污水排放单位的管理、建设项目环境影响评价和建设项目环保设施设计、竣工验收及其建成后管理,规定了 69 项指标最高排放浓度和部分行业的最高允许排放水量。该标准将污染物分为第一类和第二类。第一类污染物共 13 项。第二类污染物共 56 项,分为一、二、三级标准,分别规定各级标准限值。一级标准适用于排入Ⅲ类地表水和二类海水的污水,二级标准适用于排入Ⅳ、Ⅴ类地表水和三、四类海水的污水,三级标准适用于排入设有二级污水厂的城镇排水系统的污水。Ⅰ、Ⅱ类地表水和保护区、一类海域和海水浴场等禁止新建排污口。

《城镇污水处理厂污染物排放标准》适用于城镇污水处理厂出水、废气排放和污泥处置的管理和居民小区和工业企业内部独立的生活污水处理设施污染物排放的管理。该标准将污染物分为基本控制项目和选择控制项目。基本控制项目包括常规项目 12 项,一类污染物 7 项,共 19 项。选择控制项目 43 项,由地方政府主管部门选择控制。常规项目分为一、二、三级标准,其中一级标准又分为一级 A 和一级 B 标准,分别规定了限值。一级 B、二级标准的适用范围和限值与《污水综合排放标准》一、二级标准类似,三级标准适用于非重点控制流域和非保护区的建制镇污水厂,与《污水综合排放标准》三级标准不同。一级 A 是污水回用的基本标准。