

建筑中水工程

高明远 主编

刘文镔 审

中国建筑工业出版社



行应用。为推广这种节水技术，北京市人民政府制定和颁布了许多地方性政策和规定。中水技术的节水社会效果，逐渐引起了社会的关注。特别是在缺水城市如太原、大同、哈尔滨等城市都相继建成了一些中水工程。“八五”期间，将加强城市基础设施的建设，中水技术必将有一个蓬勃发展前景。只要大家善于吸收国外中水技术先进成果，结合我国实际情况，通过工程总结，必然会有所创新。

(京)新登字035号

本书主要介绍民用建筑、建筑小区排放的各种排水(如生活用后的各种污水、冷却水等),经集流适当处理后,回用于建筑或建筑小区作为杂用的供水技术,简称为建筑中水。具体内容有:中水原水(运作为中水水源而未经处理的水)的采集、生活排放的各种污水净化处理、室内外各种中水输配、国内外一些工程实例和建筑中水工程设计及管型等五部分。

本书可供大专院校给水排水、环境保护工程等专业作为选修课教材或教学参考用书。本书还可作为建筑、市政、城市规划、环保等部门中从事给水排水技术工作者,进行建筑中水工程规划、设计的主要参考用书。建筑中水工程作为节水技术之一,本书也适合于从事节水技术和管理工作者学习参考。

* * *

责任编辑:俞辉群

技术设计:马江燕

责任校对:臧红心

建筑中水工程

高明远 主编

刘文饩 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/32 印张9¹/₂, 字数:212千字

1992年10月第一版 1992年10月第一次印刷

印数:1—8,600册 定价:5.50元

ISBN7-112-01692-4/TU·1274

(6724)

前 言

本世纪60年代初，日本始建成单幢建筑和几座建筑组成的建筑小区生活污水再生回用工程，随后这种工程技术在日本被命名为“中水道”。

建筑物中，将其应用后排放的部分生活污水，经过集流、净化处理后，再作为该建筑或建筑小区的杂用中水技术，能够在日本得到发展，主要是因为其工业发展和城市人口增长，淡水紧缺所致。我国在70年代末和80年代初在北京等地，也相继有了建筑中水工程的探索和应用实践，陆续建成了一些建筑中水工程。随后国家颁布了杂用水水质标准，制定了《建筑中水设计规范》。有些城市还制定了兴建中水工程的地方性法规。

本书是根据笔者在学校从教和工程实践中的经验和资料以及为环境工程专业大学生及给水排水工程研究生开设选修课“中水道”的讲义加以综合编辑写成。编写过程中考虑到本书应能在工程设计中使用且便于节水工作者和关心水资源开发利用的同志们阅读参考，对有关水力计算的理论阐述和水处理机理的深入说明均作了简化，但适当增多了工程实例的介绍。

编写本书同时，国家《建筑中水设计规范》CECS30：91（以下简称《规范》）已获批准颁发执行。因此，本书用词、规定、设计参数等力求与《规范》一致，以便在教学中

使学生能全面理解《规范》内容；在设计、施工和管理工作中贯彻执行《规范》条文，促进建筑中水技术的发展。

诚然，任何一种技术推广和应用都必须有利于社会经济的发展。建筑中水工程这种技术也不例外。我国一些城市在推行这项技术的初步经验已经说明，中水技术对社会经济发展和水资源的开发利用有明显的社会效益，但也会遇到诸如认识、心理和具体投资等许多困难和问题。解决这些矛盾，首先应看到：污水的资源化和其综合利用已列为国家重要工作之一，而且国外已有许多技术成果可供我们学习吸收，如果结合我国国情，使建筑中水工程设计做到经济合理、安全适用、技术先进，当是至关重要的。如果本书能为读者在建筑中水工程设计中起到“技术入门”的效果，对执行《建筑中水设计规范》起示范的作用，也就达到了我们编写此书的愿望。

笔者在从事教学、科研和一些工程设计实践中深深感到：建筑中水技术虽派生于给排水技术，但由于建筑中水工程供水范围小，系统又介于给水和排水之间，具有较多的独特性，诸如中水设计用水量标准、水处理计算中数据的选用、室内、外中水输配水力计算方法等等，目前国内资料尚不够系统和完整，国外的一些资料又并不完全适用于我国的国情。因此，与市政给水排水工程技术相比较，“小而全”的建筑中水工程技术，应大力进行基础资料的汇集和分析、研究工作，多方面开展有关课题研究工作。笔者撰写本书时引用的资料，虽尽量求其准确，但有些数据尚缺乏工程实践的多次验证，再加以我国幅员广阔，因此，在采用本书所提供的数据时，希望能结合本地区、本部门工作实践加以分析研究后确定。

本书前言、绪论、第一章、第二章、第三章、第六章中§6-1、§6-15、§6-16，第七章由高明远编写。第四章、第五章、第六章中§6-2至§6-14由王增长编写。全书由高明远主编，北京市建筑设计研究院刘文镔审阅。

由于编审者水平所限，书中诸多不妥和错误之处恳请读者赐教，当不胜感激。

绪 论

人类赖以生活和进行生产活动的水资源，是重要自然资源的观点，日益为人们所接受。“水资源”从目前来看已有三种含义：一种是从地学、水文气象学的广域角度看，认为“水资源”是由地球上的江、河、湖、海、冰川等地面水，土壤、岩隙中的地下水和大气水三部分所组成。第二种含义是在上述广义水资源所包括的水体中，经过大气降水作用可以更新和恢复其水质的淡水部分，称为水资源。第三种含义则仅指人类生活和进行工农业生产活动需要，采用工程技术所能取用的淡水量。显然，从后两种狭义水资源的含义看，由于人类生产活动广泛的发展和生活水平不断提高，淡水被污染的程度日益加重，人们日益认识到水资源并不是取之不尽，用之不竭的自然资源。

我国几十年社会主义建设的经验，也说明了水资源的合理综合开发利用，是保证社会主义建设深入持续发展的重要物质条件之一。我国“水法”的颁布和贯彻执行，把开发和保护水资源，作为重要国策纳入法制管理中。

我国淡水资源总量与世界各地其他国家相比并不丰富，而且时间和空间分布也很不均匀，比如我国海河、淮河和黄河三大流域，其中耕地面积占全国总耕地面积的40%，而径流量仅占全国径流量的6.6%。又如我国年降雨量少于400mm地区占国土的45%。我国华北、西北、东北地区年降雨量的70~80%集中在汛期的几个月中。这些情况都说明

在我国一些地区，要使淡水资源既能满足社会主义建设发展的需要，又不破坏自然生态平衡，除了国策、法律、政策在宏观方面控制外，科学技术方面大力推进节水技术的发展是非常重要的。

作为节水技术之一，建筑中水工程已引起人们日益关注。建筑中水工程简单的说，是把民用或建筑小区内人们生活中用过的或生产活动中属生活排放的污水冷却水等，经集流、水处理、输配等技术措施，回用于建筑或建筑小区内，从而达到节约使用淡水量的目的。

建筑中水工程在日本称为“中水道”，也称杂用水道。日本发展中水道技术，也是由于工业高速发展后某些地区（如东京地区）淡水资源不足，为解决这个问题，在一些公共建筑中兴建了“中水道”。在日本，中水技术是把建筑物中不包括粪便污水的洗涤污水，经过集流和再生处理后回用于建筑中冲洗便器、地面清洗、浇花、洗车、空调冷却、消防等方面。中水技术比起工业、城市生活污水再生回用工程规模要小得多。因此，中水工程技术可以认为是一种介于建筑物生活给水系统与排水系统之间的杂用供水技术。中水的水质指标低于城市给水中，饮用水水质标准，但高于污水允许排入地面水体的排放标准。

作为污水再生回用，我国人民几个世纪以前，在华北、西北广大干旱地区所创造的旱井、地面雨水池，就是集地面径流的雨水贮存在地下或地面，供旱季缺水时期人畜饮用。但应用近代水处理再生技术，使水质符合生活杂用的标准，我国70年代才开始在建筑物内应用。1985年1月我国北京在环境保护研究所内，建成一座日处理水量为120m³的中水试点工程，截至今日仅在北京市已建成几十座建筑中水工程在运

目 录

前言

绪论

第一章	建筑生活污水回用的技术评价和经济分析.....	1
§1-1	建筑生活污水回用技术发展状况和展望.....	1
§1-2	建筑生活污水回用经济分析.....	9
第二章	建筑生活污水回用系统与组成.....	14
§2-1	系统与系统的类别.....	14
§2-2	系统的组成部分.....	17
第三章	水质、水量和标准.....	19
§3-1	生活污水水质.....	19
§3-2	建筑生活污水排放量.....	22
§3-3	中水水质及水量.....	24
第四章	水量平衡与集流.....	29
§4-1	水量平衡.....	29
§4-2	污水集流方式、集流管网布置及敷设.....	37
§4-3	集流污水管道的设计流量和配管水力计算.....	46
第五章	中水配水管网.....	70
§5-1	中水管网系统及其类型.....	70
§5-2	中水配水管网系统的组成和方式.....	70
§5-3	室内中水配水管网组成、布置与敷设.....	72
§5-4	室内中水管的配管水力计算.....	75
第六章	建筑生活污水处理技术.....	92
§6-1	概论.....	92

§6-2	单元水处理的截留	97
§6-3	水处理中的分离	105
§6-4	调节池	117
§6-5	水的混凝	120
§6-6	沉淀池	128
§6-7	过滤	138
§6-8	消毒	147
§6-9	污水的好氧生物处理法	149
§6-10	厌氧生物处理	176
§6-11	污泥处置	192
§6-12	气浮	199
§6-13	吹脱	201
§6-14	活性炭吸附	202
§6-15	建筑中水工程中水处理流程的选择和布置	208
§6-16	一体化污水处理设备的研制	218
第七章	建筑中水工程设计和 管理	221
§7-1	建筑中水工程的设计	221
§7-2	建筑中水工程实例	223
§7-3	建筑中水工程的管理	254

附录及主要参考文献

第一章 建筑生活污水回用的技术评价和经济分析

§1-1 建筑生活污水回用技术发展状况和展望

建筑生活污水回用作为水资源合理利用的一个组成部分。它的产生和发展与污水再生回用一样，是由于社会经济发展、城市人口增加和自然条件缺水干旱而促进的。在国外如日本，1970~1985这15年间，生活、工农业用水每年增长近18亿 m^3 ，在此期间日本政府为了满足日益增长的淡水用量，虽然采取了诸如筑坝、造堰、河川治理、开发湖泊、利用地下水等对策，但到1985年仍每年缺水9亿 m^3 。此短缺水量尽管不是平均分布在各地，在不缺水地区，由于污水对水体的污染加重，而千方百计地减少污水排放量，采取了诸如循环用水、循序用水、再生回用、杂用中水等名目繁多的节水技术。在欧美许多地区的国家，本世纪50年代以前，也是在工业发展、城市人口增加和生活水平提高后，淡水用水量增多导致污水排放量增高。这些增长的污水排放量，当超过了受纳水体的自净能力后，致使一些著名河流如莱茵河、泰晤士河等一度水质恶化，只是50年代后，由于采取了多种治理对策，发展水处理技术，设置众多的污水再生回用工程等，才使被污染的水体得到改善。

我国几十年社会主义建设事业的发展，也同样遇到了上述类似问题。据有些资料报导，我国有近80%的城市由于工业生产发展，人口增加，有不同程度的缺水问题，缺水总量每年达1200亿 m^3 。不仅如此，排放的污水量平均每年递增14亿 m^3 。这些数字说明：当前我国众多城市供水能力一方面显得不足，另一方面接纳污水的水体日益受到不同程度的污染。这些情况已引起国家的高度重视，为避免淡水资源遭到破坏，制定各种政策，颁发了诸如“水法”（1989年）、“环境保护法”（1979年）、“关于国民经济调整时期加强环境保护工作的决定”等一系列保护水资源的文件。同时，还在各地大力推广和开发节水技术，诸如城市污水回用技术、冷却水循环使用技术、海水代替淡水应用技术、建筑中水技术等。

就世界范围而言，当前污水经再生回用已经用于工业、农业灌溉和养殖业、市政绿化、生活洗涤、地下水回灌和补充地面水等方面。污水回用方式有开放式循环再生回用和封闭式再生回用两种。前一方式的特点是沿河上、下游城市均设置自己的给水系统和排水系统，其中排水系统，要求其水处理必须达到国家规定的排放标准后才能排入水体，下游城镇再经给水净化达到饮用水标准，供生产、生活使用。后一方式，即封闭式污水再生回用的特点是把污水的一部分经水处理，水质达到回用标准后就地供工业、农业或生活使用。建筑中水技术属于封闭式污水再生回用系统，其集流的污水水质有优质杂排水（不含粪便和厨房污水）杂排水（除粪便外的污水）和生活污水之分。其供应范围小的多，经再生处理后的中水也仅仅是供生活洗涤、冲洗便器、绿化和浇洒道路等方面使用。

美国的缺水地区如加利福尼亚州、德克萨斯州等，其污水回用技术发展也较早。到1975年美国一些城市污水回用于工业方面水量就已占总污水量的31%。仅在加利福尼亚州已建有污水回用工程达200套以上。

日本虽然是多雨国家，但降雨量在全国并不均匀，再加上工业发展，诸如其东京都、关东地区、北海道州等地区都为缺水地区。据一些资料介绍，近年来东京都每年淡水短缺量达3~4亿m³。缺水地区为了解决“水荒”，分别采用诸如海水淡化、工业废水回用、城市生活污水回用等工程技术。其中“中水道”就是城市生活污水回用的一个分枝。在日本，凡是采用中水道的建筑，中水分别应用于冲厕、绿化、洗车、补充冷却水和水景等杂用方面。表1-1、表1-2和表1-3为1985年的调查资料，以东京都为主遍及全国的已建60座中水工程的应用情况、处理水量和用途类别。

日本60座中水工程基本情况

表1-1

编号	建筑物性质	中水工程数量	中水系统类型		设置地点		设置场所	
			独立型	小区型	市中心	市郊区	地下室	楼外
I	办公楼	33	31	2	29	4	29	4
II	综合办公楼	8	7	1	6	2	7	1
III	大型商场	8	8	0	0	8	6	2
IV	旅馆	5	5	0	5	0	1	1
V	休养娱乐场	4	4	0	0	4	0	4
VI	住宅	1	1	0	0	1	0	1
VII	学校	1	1	0	0	1	0	1
VIII	合计	60	57	3	40	20	46	14

日本60座中水工程处理水量情况

表1-2

编号	计算处理水量(m ³ /d)						
	0~10	11~50	51~100	101~200	201~500	501~1000	>1000
I、II	5座	5	7	10	5	2	0
III	0	0	2	3	0	1	2
IV	0	0	0	6	2	0	0
V	0	1	0	2	2	0	0
VI	0	0	1	1	1	0	1
VII	0	0	0	1	0	0	0
合计	5	6	10	23	10	2	3

从表1-1中看到,在日本设置中水工程的建筑,以办公楼为最多,其次为商场、旅馆、休养娱乐场所,住宅、学校。中水工程多为独立型,小区型尚不多。工程设置地点多在市中心,这与市中心办公、商业密集、人口集中有关。从表1-2中看到再生处理水量每天10~1000m³不等,其中以101~200m³/d为最多,其次为51~100、201~500m³/d。表1-3说明日本60座中水工程中用于冲洗便器比重最大,其次为补充空调冷却水、绿化和水景用水。

在前联邦德国,1970年公共给水统计资料介绍:1968年取自泉水和地下水的取用水量每年约为21.8亿m³,占总取水量的65%,取地面水约11亿m³,占总取水量的35%,这部分地面水中包括河滩渗滤水、人工地下水。由于前联邦德国在当时地面水被污染较严重,所取河滩渗滤水和人工地下水都是地面水经过不同处理后,再经渗滤和回灌地下的。

这种情况说明污水回用，客观上已经达到相当大的比重。

日本60座中水工程的用途调查

表1-3

中 水 用 途	调 查 成 果		备 注
	数量(座)	百分比(%)	
冲洗便器用水	32	53	中水量3~1340m ³ /d
冲洗便器和补充冷却水	15	25	中水量17~410m ³ /d
冲洗便器、绿化和水景用水	8	5	
冲洗便器、补充冷却水、绿化和水景用水	5	8	
冲洗便器、补充冷却水和清扫用水	1	2	
绿化和水景用水	3	5	
不 确	1	2	
总 计	60	100	

印度随着城市人口增长，也有相当多的城市供水不足而采用污水再生回用技术。在建筑中水技术方面如孟买，已有7座商业大楼采用中水工程用于补充空调冷却用水，水量达150~250m³/d。根据印度1970年调查，回用水量为200m³/d，处理设施基建费用为50000美元，运转费（包括房租费、偿付贷款费等）每m³中水约为0.04美元（该年孟买自来水费为0.058美元/m³）。

英国水资源的利用，在城市中也由于人口日益增加集中，需用淡水量以每年2.5%的比例增长，因此，占给水总量的1/3不得不取自含有污水处理后排放河流中的河段。这种情况说明在英国污水回用客观上是存在的。

我国许多城市淡水缺乏情况已如前述，城市污水再生回

用技术，已受到各级政府重视。近十几年来对城市生活污水和建筑中水回用进行了众多研究和实践工作。例如青岛市1982年就开展了城市生活污水回用于养殖和市政用水的试点工作。天津市近年也在纪庄子污水厂开展再生回用探索性研究工作。太原市北郊污水厂已建成回用于补充工业冷却水为 $10000\text{m}^3/\text{d}$ 。1988年太原市已建一座办公楼中水工程。我国首都北京市开展中水技术的研究和推广工作较早，1985年至现在相继在北京市环境保护科学研究所、首都机场、清华浴池、北京市万泉公寓、众多的宾馆中建成了中水工程。

从上面介绍的国外、国内情况来看，中水工程不失为解决“水荒”的一种技术良策。但随着中水工程建成使用，人们对中水水质产生疑虑和担心，核心问题是使用中水对人体危害究竟如何？

回答这个问题，首先应从人类社会历史来看。在古代世界上各族人民并没有因为使用混有人畜粪便的水浇灌肥田产粮，而危害了人类繁衍增长。当然，近代污水量及其成分远比古代排泄量大而组分复杂，即不仅含有大量致病生物细菌，而且含有愈来愈多的对人体有害的超量化学物质。那么，对此就可断言会对人体产生危害吗？回答应该作具体和实事求是的分析和评价。

表1-4为美国学者 Feachen, R. G 从人类医学角度出发，归纳出水与人体有关的传染疾病。表中“水传播”是指人直接摄取水而被沾染。“水冲洗”是指人体浸没水中而被沾染。“有关昆虫”是指受昆虫传播的病菌在水中度过部分生活周期而传染给人体。

从表1-4中还可以看到：对人体有害的与水有关的传染病菌有细菌的、病毒的和寄生虫之分。疾病传染给人体部位

水与人体有关的传染疾病

表1-4

疾 病	病 原 菌	与水的关系
细 菌 的 志贺氏杆菌痢疾 沙门氏菌病 霍乱	志贺氏菌SPP 沙门氏菌SPP 霍乱弧菌	水传播、水冲洗 水传播、水冲洗 水传播、水冲洗
麻 疹 牛拉菌病(兔热病) 伤寒、副伤寒	麻分枝杆菌 布鲁士菌、土拉菌 沙门土拉菌SPP	水 冲 洗 水传播、有关昆虫 水传播、水冲洗
病毒性的 登革热 黄热病 脊髓灰质炎 树 毒 病 甲型肝炎	登革热病毒 黄热病病毒 脊髓灰质炎病毒 树木病毒 甲型肝炎病毒	有关昆虫 有关昆虫 水传播、水冲洗 有关昆虫 水传播、水冲洗
原生动物 阿米巴病 小袋虫病 梨形鞭毛虫病 疟 疾 锥 虫 病	痢疾内变形虫 蹄状小袋虫COLI 防梨形鞭毛虫 变形体虫SPP 锥 虫SPP	水冲洗、水传播 水冲洗、水传播 水冲洗、水传播 有关昆虫 有关昆虫
蠕 虫 蛔 虫 病 血吸虫病	蛔状蛔虫 血吸虫SPP	水冲洗、水传播 水 冲 洗
螺 旋 体 钩端螺旋体病 雅 司 病	钩端螺旋体SPP 密螺旋体	水冲洗、水传播 水 冲 洗
寄 生 虫 金钱癣 其 它 结膜炎 胃肠炎 皮肤细菌病	同心圆状发癣菌 各种有机质引起的眼睛感染 各种有机质引起的肠感染 皮肤的细菌传染	水冲洗 水冲洗、水传播 水冲洗