

城市污水 高级处理手册

中国建筑工业出版社

86.644073

8602480

城市污水高级处理手册

R.L.卡尔普
〔美〕G.M.魏斯纳 合著
G.L.卡尔普

张中和译

中国建筑工业出版社

本书是美国在污水高级处理方面的专著新版，内容比较全面详尽，而侧重实践。它论述了污水高级处理的目的和用途，并论证了单元过程的选择和组合。内容包括化学混凝及化学污泥的处理（包括除磷）、再碳酸化、过滤、活性炭处理、各种消毒、除氮（包括生物法、吹脱法、选择性离子交换法等）、脱盐，以及污水的土地处理等。可供我国排水工程和环境工程的技术人员和有关的大专院校师生参考。

**HANDBOOK OF
ADVANCED
WASTEWATER
TREATMENT
SECOND EDITION**

Russell L. Culp
George Mack Wesner
Gordon L. Culp

Litton Educational Publishing, Inc.

1978

• * *

城市污水高级处理手册

张中和译

•

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（北京阜外南礼士路）

开本：787×1092毫米1/16，印张：26¹/₄，字数：636千字

1986年3月第一版，1986年3月第一次印刷

印数：1—9,800册 定价：4.85元

统一书号：15040·4803

译 者 的 话

美国七十年代中，在城市污水高级处理领域内，先后出版过下列三本书：

1. “*Advanced Wastewater Treatment*”，1971。作者为 *R·L·Culp* 及 *G·L·Culp*。中译本为“城市污水高级处理”，中国建筑工业出版社，1975。

2. “*1974 Lake Tahoe Advanced Wastewater Treatment Seminar Manual*”，1974。作者为 *R·L·Culp*、*G·L·Culp* 及 *G·M·Wesner*。中译本“1974年太和湖城市污水高级处理研习班教材”，由北京市市政设计院于1983年内部发行。

3. “*Handbook of Advanced Wastewater Treatment (2nd Edition)*”，1978。作者为 *R·L·Culp*、*G·L·Culp* 及 *G·M·Wesner*。中译本即本书，译名定为“城市污水高级处理手册”。

以上三本书实际是同一书在不同时期的三个版本。它反映了七十年代美国城市污水高级处理技术的发展过程。三本书的出版时距很近，说明其发展速度很快。从书的主要增补内容，如土地处理及生物除氮等来看，可以略窥其技术发展倾向。

目前在我国的某些城市和地区，污水的处理和回收利用已经提上议事日程。加强学习和研究城市污水的高级处理技术，已迫在眉睫。对于美国经验的评价虽有争议，但不能不承认他们的工作处于世界的前列。翻译本书的目的，就是希望有助于及时了解国外的情况，从而对如何结合我国的实际，走自己的路，有所借鉴。

译 者

一九八三年十月

作者序 (摘译)

城市污水高级处理是较新的工程领域，1971年出版的“城市污水高级处理”第一版，是这方面最早的专著。它作为参考书，已经为设计工程师和水污染控制当局所广泛接受。全世界的大学和研究生环境工程课程，都用它作为参考书或教科书。

该书的编写，原是鉴于在美国和很多其他国家，水污染控制所需用的处理技术，需要具有远远超过过去传统工艺的有效性和可靠性。当时，实际采用的水污染控制技术，与经过考验而可资应用的技术之间，存在巨大差距。该书的目的之一，就是提出有关处理技术的基本原理和工程设计资料，以及实际运行的经验。这些技术，在污水处理领域之内还是比较新的。作者希望的是该书能弥合当时在实际应用这些新技术时所存在的差距。

自1971年以来，城市污水高级处理工艺的应用，已经大大超过了当时最乐观的预计。它在提高出水水质、改善水体条件、促成污水回用和改进污水处理厂的可靠性等许多方面，都有应用。美国公共法规92-500规定，在1983年实现零排放为全国性的目标（译注：目前美国已由这一目标后退），这给城市污水高级处理技术的发展增加了动力。虽然这一目标还有待在数量上明确，但无疑该项法规反映了一项全国性的原则，它将促进城市污水高级处理技术的应用。

自该书的第一版发行以来，在城市污水高级处理工艺的改进和新方法的研制方面，都有很大进步；在城市污水高级处理厂的设计和运行方面，都取得了更多的经验。因此，该书中的某些材料已经显得过时。鉴于这一情况，于是编写了第二版，篇幅增加了近一倍，作者也增加了魏斯纳（*G.M. Wesner*）博士。书中讨论的处理方法，仍限于去除常规二级处理出水中剩余的污染质。

第二版的主要变化是增加了设计实例和发展案例。新的章节有生物除氮、选择性离子交换、折点加氯、消毒、化学污泥处理、土地处理、除盐以及费用估算。此外还载有粉状活性炭应用和再生的情报资料等。

作 者

1976年8月11日

目 录

译者的话	
作者序(摘译)	
第一章 城市污水高级处理的目的和用处	1
一、目的	1
二、公众态度及全国性意义	1
三、二级出水的水质	1
1. 有机化合物	2
2. 无机化合物	2
3. 固体颗粒	2
4. 病原菌	3
5. 污水水质	4
四、水回用	7
1. 必然回用	7
2. 有意回用	7
3. 工业利用	8
4. 农业利用	9
5. 生活利用	9
6. 游乐利用	10
五、城市污水高级处理的单元过程	11
第二章 化学澄清	14
一、总论	14
二、混凝	15
1. 石灰混凝	16
2. 石灰的消解及馈给	17
3. 明矾混凝	18
4. 明矾的贮存和馈给	19
5. 三氯化铁混凝	20
6. 三氯化铁的贮存和馈给	20
7. 其它混凝用化学药品	20
三、絮凝	21
四、沉淀	23
1. 浅层沉淀	25
2. 斜管的清通	29
五、实例	30
1. 南太和湖公用事业区	30
2. 加利福尼亚州橘县给水区	33
3. 科罗拉多州科罗拉多泉市	36
第三章 再碳酸化	40

一、目的	40
二、单阶段和二阶段再碳酸化的对比	41
三、二氧化碳的来源	41
四、二氧化碳需要量	41
五、所需 CO ₂ 数量计算示例	42
六、无压式二氧化碳发生器	43
七、压缩机的选择	44
八、有压式发生器及水下燃烧器	46
九、液态二氧化碳	47
十、二氧化碳管道及扩散系统	48
十一、CO ₂ 反应池或中间沉淀池	49
十二、再碳酸化的操作和控制	50
十三、安全	50
十四、橘县21号水厂的再碳酸化实例	51
1. 设计准则	51
2. 一阶段再碳酸化	53
3. 中间沉淀	53
4. 二阶段再碳酸化	53
5. 过程控制和运行评价	53
6. 中间沉淀池负荷	54
7. 再碳酸化费用	54
第四章 过滤	58
一、在污水高级处理中过滤的作用及重要性	58
1. 定义	58
2. 滤池类型	59
二、水处理滤池的作用	59
1. 机理	59
2. 过滤效率	60
3. 滤池的脱硝作用	61
三、生物预处理与化学预处理	61
四、深层过滤——一般理论	62
五、深层滤池的运行	64
1. 简单过滤	64
2. 化学混凝出水的过滤	66
3. 采用聚合物作为助滤剂	67
4. 用界面检测控制助滤剂	69
六、滤池系统的设计	69
1. 单元的池型、尺寸和座数	69
2. 滤池的布置	72
3. 滤池结构	72
4. 滤池底部排水	73
5. 滤池卵石层	74
6. 混合滤料	76
7. 双层滤料	77

8. 滤池反冲	78
9. 冲洗水槽	79
10. 滤池搅动机	79
11. 滤池的流量控制器	81
12. 以限定最大流量减速过滤	82
13. 水头损失	82
14. 滤池出水浊度的检测	82
15. 滤池操作的控制	83
16. 滤池的管、阀及廊道	83
17. 滤池的问题及其解法	84
七、其它类型的深层滤池	86
1. 深层粗料滤床	86
2. 升流滤池	87
3. 双向流滤池	87
八、表面滤池	88
1. 移动床滤池	88
2. 微滤	89
3. 慢砂滤池	93
4. 快砂滤池	93
5. 硅藻土过滤	94
6. 过滤费用	95
九、过滤实例	95
1. 南太和湖	95
2. 橘县水管理区21号水厂	96
十、其它成果的概要	103
第五章 活性炭吸附及再生	109
一、导言	109
二、活性炭吸附	109
三、活性炭的制造	113
四、炭用于污水处理中的特性	114
五、活性炭的评价	115
1. 等温吸附试验	115
2. 炭柱导试	118
六、两类吸附系统	119
1. 粒炭系统	119
2. 粉炭系统	126
七、粒炭再生	131
1. 粒炭经济再生的污水处理厂站规模	131
2. 炭再生系统	132
3. 再生设备	133
4. 南太和湖污水厂的再生过程	135
5. 再生结果	138
八、粉炭再生	140
九、粉炭系统与粒炭系统对比	143

第六章 消毒	161
一、重要的生物污染质	161
1. 细菌	161
2. 寄生虫	162
3. 病毒	162
4. 指示生物	164
5. 投量反应的考虑	164
二、消毒的各种方法	165
三、混凝、沉淀、过滤及吸附过程	166
四、氯化	167
1. 氯的常用形态	170
2. 次氯酸盐就地制备	172
3. 混合的重要性	176
4. 氯化对有机物的影响	177
五、其它消毒剂	178
1. 臭氧	178
2. 碘	182
3. 溴	183
4. 出水的贮存	184
六、消毒的系统要求	184
第七章 氮的去除	190
一、氨吹脱	190
1. 氨吹脱工艺	191
2. 环境考虑	192
3. 设计考虑	193
4. 吹脱塘	199
5. 氨吹脱生产试验实例	200
二、选择性离子交换	204
1. 过程原理	204
2. 斜发沸石的物理性质	207
3. 设计因素	208
4. 各种再生方法	211
5. 选择性离子交换法的生产经验	215
三、生物除氮	220
1. 过程原理	220
2. 硝化过程要点	221
3. 悬浮微生物硝化系统设计	223
4. 生物膜法硝化	226
5. 脱硝过程的考虑	231
6. 悬浮微生物脱硝系统的设计	233
7. 生物膜法脱硝系统设计	235
8. 生物除氮污水厂经验	237
四、折点加氯法	240
1. 过程说明	240

2.设计考虑	243
五、除氮过程的经济问题	245
1.折点加氯	245
2.选择性离子交换	246
3.氨吹脱	250
4.硝化,混合反应池	252
5.脱硝	255
6.比较费用	257
第八章 化学污泥处理	262
一、导言	262
1.污泥产量	262
2.估算污泥产量的方法	262
3.污泥浓缩	264
4.污泥脱水	268
5.污泥处置	270
二、化学污泥及其处理方法实例	274
1.对原污水加混凝剂进行化学处理除磷	274
2.原污水投混凝剂所产污泥需进行的处理	276
3.活性污泥法加混凝剂所产污泥的处理要求	277
4.三级处理投加石灰除磷	278
5.石灰再焙烧及重复利用	278
6.明矾污泥	281
7.费用	284
第九章 脱盐	292
一、导言	292
1.苦咸水脱盐	292
2.城市污水脱盐	293
二、反渗透	294
1.过程说明	294
2.早期的反渗透研究	298
3.加利福尼亚州波蒙纳	298
4.海湾环境系统公司(现UOP的流体系统分部)	299
5.空气喷射总公司	301
6.加州海麦特	302
7.俄亥俄州黎巴农	304
8.其它反渗透研究	305
三、电渗析	306
1.工艺说明	306
2.早期的电渗析研究	307
3.加州波蒙纳	308
4.加州橘县	309
5.加州桑提	310
6.俄亥俄州黎巴农	312
7.其它电渗析研究	313

四、离子交换	313
1. 工艺说明	313
2. 加州波蒙纳	316
3. 伯克利加利福尼亚大学	317
4. 底萨 (Desal) 除盐法	318
5. 伊利诺斯州埃尔金 (Elgin)	320
6. <i>SUL-biSUL</i> 脱盐法	322
7. 其它离子交换方面的研究	323
五、浓盐水的处置	324
第十章 污水的土地处理	330
一、土地处理的目的	330
二、美环保署所要求的评价	331
三、土地处理系统的各种作法	332
1. 漫灌	333
2. 灌溉	333
3. 入渗法	336
四、现有主要土地处理工程综述	337
1. 美环保署和美国公共工程协会 (EPA-APWA) 研究	337
2. 密执安州墨斯克根县	338
3. 澳大利亚墨尔本	344
4. 亚利桑那州菲尼克斯的草地冲灌	345
5. 宾夕法尼亚州立大学	346
6. 佛罗里达州塔拉哈希	347
7. 其它	349
五、需要评价的主要因素	349
1. 对预处理的要求	349
2. 无机负荷的限制	350
3. 磷和氮的去除	351
4. 负荷率	355
5. 植被	362
6. 水权	364
7. 农业管理	365
8. 土地利用的可能性	365
9. 地下水条件	366
10. 重金属	367
11. 病原菌	369
12. 地表径流的控制	370
13. 对非灌溉面积的要求	371
14. 对出水的影响	371
六、费用的考虑	372
1. 地价	372
2. 向基地输水费用	372
3. 基地建设费用	372

第十一章 估算污水处理设施的费用	380
一、费用指数	380
二、曲线的依据	382
1. 活性污泥法	383
2. 生物除氮	384
3. 化学混凝	386
4. 氨吹脱	389
5. 出水过滤	389
6. 活性炭吸附及再生	390
7. 选择性离子交换除氮	392
8. 有机污泥的处理和处置	393
9. 化学污泥处理	393
10. 单元过程费用示例	396
第十二章 选择和组合单元过程	397
一、一般考虑	397
1. 原污水性质	397
2. 所需出水水质	397
3. 可靠性	398
4. 污泥处理	398
5. 过程的适应性 (<i>Compatibility</i>)	399
6. 空气污染	399
7. 资源的消耗	400
8. 占地的需要	400
9. 安全考虑	400
10. 费用	400
二、混凝沉淀	400
三、除磷	401
1. 所得出水水质	401
2. 运行的灵活性	401
3. 可靠性	401
4. 费用	402
四、除氮	402
五、组合处理过程的总处理能力和费用	403

第一章 城市污水高级处理的目的和用处

一、目的

研制城市污水高级处理技术，是为了去除常规二级处理工艺所不能完全去除的污染质，而过去，人们却认为二级处理是“完全”的。这些污染质可能包括溶解的无机化合物，如磷和氮，它们会助长受纳水体中藻类的繁殖；还包括产生生化需氧量、化学需氧量、颜色、异味、异臭的有机物质；细菌；病毒；产生浊度的胶体；或者还有以后会干扰污水回用的溶解性矿物质。城市污水高级处理的目的可能是减轻受纳水体的污染，或是使水质得以回用，或是二者都有。城市污水高级处理可以用在常规二级处理的后面，或是和它结合使用，或是完全取代二级处理。

由于人口和用水量日益增长，在很多地方已经造成了二级处理所不能很好解决的污染问题。将来这类事例不可避免地还会增长。同样不可避免的是，为了满足将来的用水需要，处理过的污水需要有意识地回用。水的间接回用已经是很普通的作法，有人估计，40%美国人口所用的水已经在工业和民用方面用过一次以上。这种间接回用将来也是要增长的。所有这些因素都说明，城市污水高级处理技术的应用，将会越来越普遍。

二、公众态度及全国性意义

公众对污染控制的态度，在二十世纪前半世纪中是近乎麻木的；在七十年代初期，发生了激烈的变化，形成公众对环境质量关心的潮流的一部分。人们对制定充分的污染控制计划的强烈要求，从大量超额认购污染控制公债，可以反映出来。例如，纽约州的选民以四对一超额认购了1968年污染控制公债10亿美元。圣路易城的人们以五对一超额认购了9500万美元的污染控制公债。这些结果反映了公众要求改善环境的强烈愿望。需要公众长期真心协力地来关心，对社会进行必要的改革，给我们的环境带来显著的改进。不仅仅需要精巧的技术进步，而是在控制污染的政治、社会、法律和经济途径方面，都要作出重大改革。

在美国，全部城市污水都可能作为污染源消灭掉，而转化为水质适于多种回用的宝贵水资源，其代价不过合全国每人每月一块美元。

三、二级出水的水质

在美国的很大一部分地区，以最高效能运行的常规二级处理过程，将会不能满足要求，这只是早晚要出现的事。在任何正常运行的二级处理厂出水中的物质，可分为以下几类：溶解性有机化合物、溶解性无机化合物、固体颗粒及病原菌。

1. 有机化合物

有效的二级处理过程，是应用生物处理方法，主要去除城市污水中所有可以生物降解的溶解性有机物质。所去除的溶解性有机物一部分转化为生物的有机细胞物质，它反过来又能造成出水的生化需氧量。一般说来，可生物降解有机物的总去除率在90%之谱。剩余的不可降解有机物将要消耗受纳水体中所含之氧，根据水体同化能力的大小，不良的影响可能产生，但也可能不出现。

当然，非生物降解的有机物是不能用生物降解技术的二级处理去除的。这些物质能在下游的给水中造成异臭、异味，也会使出水带有异色，使之不适于进行多种回用，并使受纳水体玷污，不宜供游乐之用。在某些情况下，它们会使受纳水体中的鱼类味道难吃。它们也会通过下游的给水厂，与投加的消毒剂起作用，对下游的用水居民造成迄今还未弄清楚的长期生理影响。虽然由于可生物降解的洗涤剂的出现，在受纳水体中产生泡沫的问题已经大为减少，但在某些情况下，这样的现象仍会发生。

2. 无机化合物

磷和氮是藻类生长需要的两种关键元素，而用常规的二级过程，这两种元素是去除不多的。磷酸盐也会干扰下游水厂的混凝过程。磷的主要来源是近代洗涤剂所用的磷酸盐增洁剂。藻类在受纳水体中的繁殖，会造成不适于游乐的污秽环境，会使下游的给水带有异臭、异味，会使下游水厂的滤池运行困难，在夜间或在藻类死亡后会造大量的生化需氧量。对于造成过量藻类繁殖的氮、磷最低浓度，还存在一些争论。但在美国南太和湖污水回收厂，出水含磷约0.1毫克/升，在其出水的专用水库中，藻类的繁殖已经降低到不明显的水平。

水在城市使用的过程中，矿物质的含量被改变。加进去的东西有无机盐类，包括钙、镁、钾、钠、氯化物、硫酸盐和磷酸盐等。下游的正常水处理作法去不了这些盐类。结果，一定的给水水源经过几次串联使用以后，溶解性固体的含量就增加了。一般认为，500毫克/升的溶解性固体，是水质适于饮用的上限。过量的溶解性固体会使饮者轻泻，但是还没有证实什么有害的永久性生理影响。溶解性固体浓度对灌溉用水、工业用水、牲畜和野生动物饮水也可能有不利的影响。钙和镁会增加下游水的硬度。

3. 固体颗粒

一座高效的二级处理厂虽然能将来水的悬浮固体去除90~95%，但当污水厂由于运行不良、水力负荷或有机负荷超载、机械故障而发生异常时，去除率经常会大大降低。对于许多回用的实例，90~95%的去除率是不够的。悬浮固体能干扰出水的消毒，造成病原菌的排放。在二级污水厂发生重大事故，而受纳水体又很小时，就会造成污泥沉积，不但观瞻不好，而且会长期耗氧。二级污水厂由来已久的运行不稳定是个重大弱点，正确地应用城市污水高级处理技术以去除全部悬浮固体，可以克服这一弱点。

4. 病原菌

二级处理过程可大大降低来水中的病毒和细菌浓度，但是二级出水中经常是既有病毒，又有细菌。传染性肝炎据证实是一种水媒病毒的疾病，其病毒可在清水中生存十周之久。由于卫生上不安全，二级出水肯定对于很多种回用都是不合格的。

表1-1 不同处理阶段的水质

水质参数	原污水	出水	
		一级	二级
BOD (毫克/升)	300	100	30
COD (毫克/升)	480	220	40
SS (毫克/升)	230	100	26
浊度 (JU) ①	250	150	50
MBAS (毫克/升) ②	7	6	2
磷 (毫克/升)	12	9	6
大肠菌 (MPN/100毫升) ③	50 百万	15 百万	2.5 百万

- ① JU = 杰克逊单位。
- ② MBAS = 亚甲基蓝活性物质。
- ③ MPN = 最大可能数。

表1-2 各种单元过程组合的预计性能

AWT 前处理	AWT 过程②	估计 AWT 出水水质						
		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	浊度 (JU)	PO ₄ (mg/l)	SS (mg/l)	色度 (单位)	NH ₃ -N (mg/l)
预处理①	C, S	50-100	80-180	5-20	2-4	10-30	30-60	20-30
	C, S, F	30-70	50-150	1-2	0.5-2	2-4	30-60	20-30
	C, S, F, AC	5-10	25-45	1-2	0.5-2	2-4	5-20	20-30
	C, S, NS, F, AC	5-10	25-45	1-2	0.5-2	2-4	5-20	1-10
一级	C, S	50-100	80-180	5-15	2-4	10-25	30-60	20-30
	C, S, F	30-70	50-150	1-2	0.5-2	2-4	30-60	20-30
	C, S, F, AC	5-10	25-45	1-2	0.5-2	2-4	5-20	20-30
	C, S, NS, F, AC	5-10	25-45	1-2	0.5-2	2-4	5-20	1-10
高负荷生物滤池	F	10-20	35-60	6-15	20-30	10-20	30-45	20-30
	C, S	10-15	35-55	2-9	1-3	4-12	25-40	20-30
	C, S, F	7-12	30-50	0.1-1	0.1-1	0-1	25-40	20-30
	C, S, F, AC	1-2	10-25	0.1-1	0.1-1	0-1	0-15	20-30
常规活性污泥法	C, S, NS, F, AC	1-2	10-25	0.1-1	0.1-1	0-1	0-15	1-10
	F	3-7	30-50	2-8	20-30	3-12	25-50	20-30
	C, S	3-7	30-50	2-7	1-3	3-10	20-40	20-30
	C, S, F	1-2	25-45	0.1-1	0.1-1	0-1	20-40	20-30
	C, S, F, AC	0-1	5-15	0.1-1	0.1-1	0-1	0-15	20-30
	C, S, NS, F, AC	0-1	5-15	0.1-1	0.1-1	0-1	0-15	1-10

- ① 预处理——沉砂池、格栅井、巴氏槽、溢流口。
- ② C, S—混凝、沉淀；F—混合滤料过滤；AC—活性炭吸附；NS—氨吹脱。出水含 NH₃，低值在 18°C；高值在 13°C。

表1-3 用科罗拉多河水为水源的生活污水水质

水质组成	科罗拉多河水 (毫克/升)	平均污水量					
		70加仑/人·日 (265升/人·日)		100加仑/人·日 (378升/人·日)		120加仑/人·日 (455升/人·日)	
		增量	终值	增量	终值	增量	终值
BOD	0	310	310	216	216	180	180
COD	0	475	475	330	330	280	280
TSS(总悬浮固体)	0	360	360	250	250	210	210
TDS(总溶解固体)	750	450	1200	315	1065	260	1010
Set.Sd(可沉固体)	0	13	13	9	9	7.5	7.5
P—总磷	0	13	13	9	9	7.5	7.5
正磷酸盐	0	9	9	6	6	5	5
N—总有机氮	0	19	19	13	13	11	11
—NO ₃	1.3	0.3	1.6	0.2	1.5	0.15	1.45
—NO ₂	0	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
—NH ₃	0	32	32	22	22	19	19
B	0	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
Na	111	64	175	45	156	38	149
%Na	—	—	—	—	—	—	—
K	5	15	20	11	16	9	14
Ca	88	26	114	18	106	15	103
Mg	33	13	46	9	42	7.5	40
Cl	97	103	200	72	169	60	157
SO ₄	327	40	367	27	354	22	349
HCO ₃	148	130	278	90	238	75	223
CO ₂	1		1	0	1	0	1
E.C.(氯仿提取物)	1160	640	1800	450	1610	375	1535
油脂及浮渣	0	130	130	90	90	75	75
总重金属	0						
F	0.4		1.0		0.7		0.5
SiO ₂	8				8		8
pH	8.3						
水温°F(°C)	69(20.5)						

5. 污水水质

污水水质取决于给水原水水质的化学成份、每人每日用水量以及排入下水道物质的性质和数量。表1-1为南太和湖污水厂的原污水、一级出水、二级出水的水质资料，这项资料可能是给水为软水经过一次生活使用后的典型数值。表1-2为城市污水的各种高级处理单元过程组合的预计性能。表1-3为利用科罗拉多河水所产生污水的水质。由表可知，水质组成的增量浓度是随用水量的增加而减小。表1-4为22座美国城市的代表性使用增量。

林斯苔德(Linstedt)于1971年8月份的“水污染控制联合会”杂志上写过一篇文章，题为“连续重复用水时应考虑的水质问题”，他和他的合作者对丹维尔(Denver)的给水提出了详尽的资料。该市给水和污水水质的差异，就代表在丹维尔条件下的使用增量。

城市用水在几次连续循环使用后的结果，是达到一种平衡的出水水质，但需有新水补充。许多地方的研究表明，回用一份回收的污水必须加两份补充水，以防止某些化学组份在

处理时没有完全去除，因而浓度不断增加。但是，回收水占回用水33%的比例只是一个大致的经验数字，在考虑连续重复用水时，必须按具体情况作具体分析。

表1-4 22座美国城市的代表性使用增量

水质组成	使用增量 (毫克/升)		
	最小	最大	平均
钠	8	101	66
钙	1	50	18
镁	0	15	6
氨	0	36	15
氯化物	6	200	74
硫酸盐	12	57	28
重碳酸盐	-44	265	100
硝酸盐	-5	26	10
硅石 (SiO ₂)	9	22	15
磷酸盐 (PO ₄)	7	50	24
TDS (总溶解固体)	128	541	320
BOD	8	27	16
COD	22	159	87

表1-5 原水和污水出流资料

水质组成	给水原水	污水出流	使用增量
物理性质:			
SS (毫克/升)	0.0	98	98
浊度 (JTU)	0.7	45	13
色度 (色度单位)	5.2	75	69.8
气味 (TON)	0.0	27.2	27.2
细菌指标 (菌数/100毫升):			
大肠杆菌	0.1	160,000	160,000
粪便大肠杆菌	0.0	26,000	26,000
粪便链球菌	0.0	2,000	2,000
有机组分 (毫克/升):			
四氯化碳提取物 (CCE)	0.059	2.478	2.419
碳醇提取物 (CAE)	0.091	1.185	1.094
亚甲基蓝活性物质 (MBAS)	0.000	0.116	0.116
COD	0.0	62.0	62.0
BOD	0.0	24.0	24.0
酚类	0.0	0.01	0.01
营养盐 (毫克/升):			
磷酸盐	0.04	8.7	8.7
硝酸氮	0.03	痕量	0.0
氨氮	0.03	17.5	17.5
基耶达氮	0.1	28.2	28.1
毒物 (毫克/升):			
砷	<0.001	0.003	0.003
钡	0.085	0.192	0.107
镉	<0.001	<0.001	<0.001
铬 (总)	0.039	0.050	0.011
氯化物	<0.01	<0.01	—
氟化物	0.91	1.09	0.18