

城市污水资源化(续)

北京市环境保护科学研究所技术顾问 潘南鹏

4. 再用于城市建设

(1) 回灌地下 再生后的城市污水,回灌地下的目的有二:一是补给水源,二是防止海水侵入。

荷兰多德雷赫特试验厂研究了两种污水深度处理路线。一种以物理化学法为主,包括石灰处理、CO₂再碳酸化、石英砂和无烟煤双层过滤池过滤、臭氧氧化、生物滤池处理和离子交换法脱氨。另一种以反渗透法为主,包括投加次氯酸钠、氯化铁和高分子絮凝剂的化学预处理、上流式接触滤池和下流式快滤池、添加HCl酸化后进入反渗透器、活性炭吸附、白云石过滤和次氯酸钠消毒。两种方法均能获得高质量的饮用水。

美国污水回收厂基本上也采取了与上述路线相类似的方法。纽约州纳珊县西达港水回收厂的规模2万立方米/日,水回收过程包括化学混凝沉淀(加石灰至pH达9.5,以增加磷、BOD、悬浮物和重金属的去除)、两级生物处理(除氮与氧化含碳物资)、过滤、活性炭吸附、氯化消毒和贮存。出水中含BOD1.9毫克/升(去除99%)。悬浮物1.8毫克/升(去除98%),磷0.4毫克/升(去除95%),硝酸盐氮2.1毫克/升(去除93%),COD7毫克/升(去除97%)。出水经10公里的输水管道补给5口深30米的注水井和11个渗滤池。

加利福尼亚奥林奇县的二十一世纪水厂是世界上最大的水再生系统,每天回收废水5.68万立方米,已用作地下水的补充水源和用来防止海水侵入。处理过程包括石灰处理、氨解吸、再碳酸化、转效点氯化、三层滤料滤池过滤、活性炭吸附、氯化消毒和反渗透去矿质。回收水的水质符合饮用水标准,再生工艺能有效地去除美国规定的优先监测污染物,但某些

非挥发性和亲水性化合物,它们虽非优先监测污染物,但其残余量较高,其潜在意义尚需予以关注,该厂回收水通过多点注入井注入地下水层。

地下水回灌的费用根据预处理程度和回灌方法而异。用快速渗滤法回灌,预处理一般为一级或二级处理。深井注水法要求预处理程度高,以防注水井被堵塞和保护含水层水质。

美国环境保护局认为回用水中主要阴阳离子、颗粒物及氮、磷营养物能达到标准,对金属、有机物及微生物污染的去除效果尚不能予以肯定。

(2) 住宅小区或高层建筑物污水再用 美国有许多乡间别墅和远离城市的住宅群,据统计,这些建筑物排出的生活污水,75%以上来自厕所、洗澡和洗衣服,而来自冲洗厕所的污水又占整个污水的三分之一以上。就地重复利用这些生活污水作为适当用途,以降低生活用水量 and 废水负荷,是一项对策。美国环境保护局和一些水资源研究中心与大学为此进行了十余年试验研究并建立了一些示范工程。

他们综合研究了四种不同方式的生活污水回用可行性:1)全部污水再用(饮用除外);2)非粪便污水再用于冲洗厕所与洗衣服;3)全部污水生物处理后灌溉草坪;4)灰水(洗澡水和洗衣服水)再用于冲洗厕所。从技术上而言,上述四种方案均有可能性,从经济合理方面来看,一致认为回收灰水或洗澡水用作不与身体接触的厕所冲洗水和灌溉草坪是现实的。这一方案的处理工艺较简单,水量容易取得平衡。美国已有若干商品出售,例如巴尔的摩市省水器公司生产的家庭用洗涤水回收系统,采用沉淀、压力过滤和氯化消毒工艺。由于压力过滤在系统中所起作用较小,而所占费用的份

额则相当大。因此，有人建议发展沉淀——消毒技术路线产品，从经济上更有吸引力。据估计，回收灰水用作冲洗厕所可减少污水量39%。

七十年代日本因缺水，大城市中大楼和居民区发展污水就地回收和再用系统。其促进因素有二：一是原有的供水排水基础设施有限，影响地区进一步发展；二是可降低供水系统在地震等灾难性事故中的脆弱性，使市区在非常情况下仍能保持最低环境卫生条件。

回收污水主要来自洗涤和杂用废水（不包括厨房、食堂等废水），处理后的出水主要用于冲洗厕所。基本处理流程有两类：一是格栅、均衡池、生物氧化、过滤和消毒；另一是化学絮凝、膜法处理、活性炭吸附和消毒。处理后的水质， $BOD_{53} \sim 30$ 毫克/升， $COD_{5} \sim 40$ 毫克/升，悬浮物从微量至30毫克/升，正己烷提取物0~8毫克/升， $ABS \ 0 \sim 2$ 毫克/升。

日本也有成套商品出售，例如三井石油化学工业株式会社生产的UBIS装置，采用活性污泥法与超滤工艺路线，处理能力为10~2,000立方米/日。

加拿大安大略研究基金会为北极地区设计的水能循环器，污水经过硝化和脱硝化处理，加入明矾后澄清，再用臭氧消毒后可排放入冰河。如将活性炭吸附和反渗透装置纳入处理体系即可得再生水。一个可为500名公寓居民服务的示范工程正在研究中。

四、城市污水资源化规划

城市污水资源化涉及多方面的因素。它不仅取决于城市水资源的数量、城市对水的需求量以及污水资源化技术的经济性，而且和取水费用、用水结构、排水标准、污水处理费用等条件密切相关，是一项多层次、多目标、多因素的系统工程。只有在不同层次考虑到诸因素的相互影响，才能正确决策和规划城市污水资源化。

城市污水资源化规划建立在城市水资源利用系统的基础上，既促进水的有效利用，又适应社会经济形势的发展，适当地分配水资源，

并将使用过的污水进行处理后再用。谋求水的高度利用。另外，还应对该地区的原水取得费、排水处理费、地下水开采情况等地区状况以及合理化处理技术的难易、经费和对生产产生的影响等进行综合评价。

城市污水回收与再用规划的主要组成如下：

1. 地区评价与可行性报告
 - (1) 用户调查
 - (2) 水质要求与再用要求
 - (3) 未来水价估值
 - (4) 可行性报告
2. 工程经济分析
 - (1) 地区特征
 - (2) 供水特征和设施
 - (3) 污水特征和设施
 - (4) 污水排放与再用的处理要求
 - (5) 污水回收可能性
 - (6) 污水回收可行性
 - (7) 污水回收与再用的生存性
3. 地区分析与规划方案
 - (1) 地区评价步骤
 - (2) 用户或用户分类
 - (3) 合理服务范围
 - (4) 规划与设计假设
 - (5) 污水处理方案
 - (6) 用户适用的水质要求
 - (7) 管路定线方案
 - (8) 再用方案
 - (9) 蓄水地点与蓄水容量
 - (10) 建议方案
 - (11) 财务计划与收益说明书

实际上污水再用时需考虑的基本问题是：

- (1) 这种污水再用是否技术上可行且经济上合理？
- (2) 对回收水水质在各种条件下是否均属安全？

根据系统分析原理，提出图1所示算法，其中包括了水质和经济条件等主要要求。

五、城市污水资源化的展望

城市污水作为城市第二水源，独具特色，

水量有保证,水质相对稳定,就近可得,比远距离引水费用一般较低,可以减轻污水对环境的污染,促进良性循环。

1. 城市污水再用的前景

根据美国田纳西州孟菲斯市的研究分析与评价,认为即使在水源丰富地区,用城市污水处理厂二级出水代替净水也是合适的。因此,

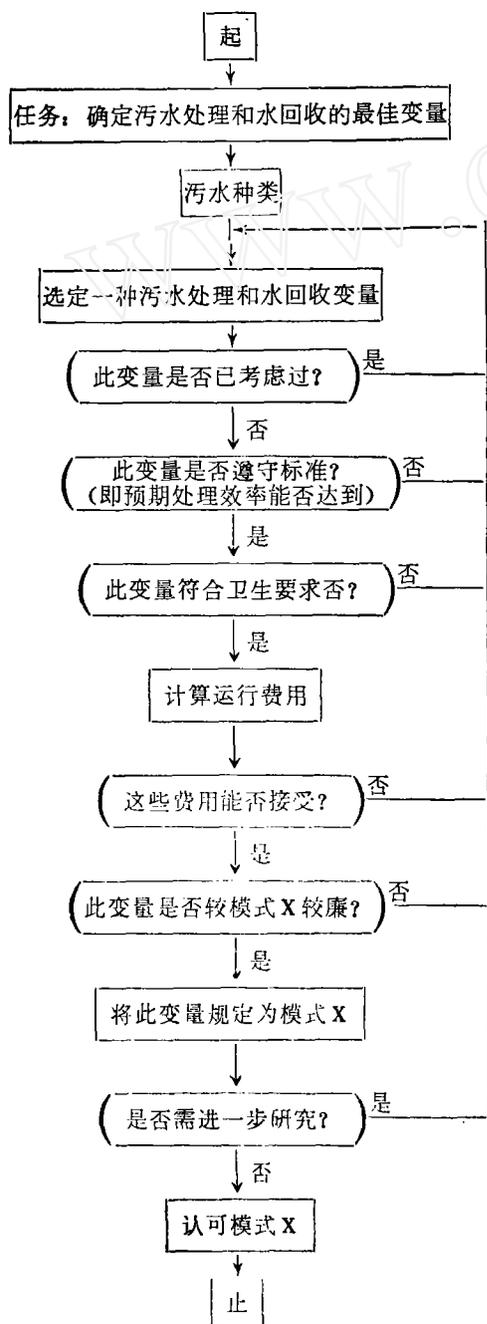


图1 确定污水处理与水回收的最佳变量的算法

无论是丰水地区还是贫水地区,回用二级出水已引起各国的普遍重视。一般认为再用于工业比用于农业灌溉更适合、更有吸引力,也比回灌地下更经济、更安全。二级处理出水用于直流冷却时,不需再进行补充处理,用于水质要求较高的循环冷却时,则需再进行补充处理。

2. 城市污水再用的制约因素

(1) 经济 根据国内外的费用分析,在大多数情况下,回收污水的总费用是小于开发新的淡水水源总费用的。扩大污水再用的主要经济制约是现行的自来水水价较低,而回收水的成本一般较自来水水价高1.5~2倍。

(2) 卫生与健康风险 现行污水处理技术可以满足物理、化学和微生物学方面的饮用水水质标准,但对于有关病毒去除、长期饮用含有痕量有机化学物质后的致癌与致变影响以及重金属的积累影响资料还了解不够,尚需进一步评估与改善现有处理工艺与设备生产出均一水质的可能性与可靠性。由于敷设双重管道系统,需有预防发生交叉连接的措施。用回收水补给地下水将是未来又一项主要且可能的利用途径,需要研究它的水质卫生准则。

(3) 体制与法律 实行双重供水系统后,两个制水机构分别隶属于两个不同系统,而地表水与地下水资源又分别隶属于其他部门,因此,在水量、水质与水价方面不易协调。对于同一条江河,上下游供水与排水之间的矛盾也难于协调。

我国在立法上仅强调了节约用水、工业循环用水和排污收费制度,如果将污水再用作为总的水资源之一,并在水法中有所反映,则当可推动我国城市污水资源化的工作进程。

北京市拟在部分大型公共建筑及集中开发小区扩大中水道设施的应用,并拟对使用中水的居民,水费可减半收取,以资鼓励。

(4) 群众态度 长期以来,“污水”一词心理上与“污秽”“肮脏”词语相联系,群众对污水再用有心理上的障碍,需要大力宣传,取得群众的理解和协作。美国七十年代许多学者调查表明,群众对 (下转20页)

在实际样品中,分别加入不同量的Fe和Al标准溶液,按实验部分所述,进行测定,结果见表4。

表4 回收实验

Fe			Al		
加入量 (μg)	测得量 (μg)	回收率 %	加入量 (μg)	测得量 (μg)	回收率 %
10	9.2	93	5	4.5	90
10	10.1	101	6	5.5	92
10	9.4	95	6	5.8	96

从表4数据可知,Fe和Al的回收率都为90%以上,满足任务要求。

(2) 方法的精密度

操作如上述,对HK-22和HK-54样品进行了测定结果如表5。精密度用相对标准偏差表示,Fe和Al的相对标准偏差都在 $\pm 5\%$ 以内。

表5 方法精密度

含量 (mg/l)	元素	Fe		Al	
		HK(S)-22	HK(S)-54	HK(S)-22	HK(S)-54
1		4.00	0.90	1.25	0.97
2		4.20	1.10	1.20	0.95
3		4.50	1.00	1.20	1.0
4		4.30	1.10	1.26	0.97
5		3.90	1.13	1.30	0.92
6		3.80	0.90	1.28	0.95
平均值		4.20	1.02	1.25	0.96
相对标准偏差		$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 4\%$	$\pm 2\%$

7. 共存离子的影响

邻菲罗啉与 Fe^{2+} 生成橙红色络合物,选择性好,一般重金属元素不干扰,但也有文献介绍钴、铜、镍、锌可能干扰,指出钴、铜5毫克/升以内,镍2毫克/升以内,锌高于铁的10倍以内,均对铁无干扰,本法所测样品钴、铜、镍、锌的含量,远小于上述值,所以测铁不受干扰。

食品罐头废水用 AlCl_3 絮凝剂治理后的污水,经农科院土肥研究所进行分析,其主要成

分见表6。

表6 治理后污水成分含量(ppm)

元素含量	钙	钴	铬	铜	镁
	128	0.08	0.01	0.06	30.5
元素含量	锰	锌	钠	钾	
	0.35	0.26	128.8	29.5	

用8-羟基喹啉测Al时,铜有严重干扰,产生正偏差,测定水样时,首先知铜含量,做校正曲线加以扣除。本法测定水样铜含量为0.06毫克/升,由校正曲线查出相当0.1毫克/升Al,从测得Al值中加以扣除,即得真正Al含量。Zn干扰很小,4.02毫克/升Zn使1.0毫克/升Al产生0.04毫克/升正偏差,所测之样品Zn量为0.26毫克/升,对Al的影响可忽略。镁、钙、与8-羟基喹啉作用生成黄绿色物质,其酸度 $\text{pH} = 9$,本实验采用 $\text{pH} = 5.3$,消除了镁、钙的干扰。

8. 样品分析

按所述操作抽测了某厂罐头食品废水(治后)样品,结果见表7。

表7 样品分析结果(mg/l)

样品名	Fe含量	Al含量	样品名	Fe含量	Al含量
HK-22	4.80	1.20	HK-36	2.20	0.41
HK-24	3.20	0.92	HK-44	1.20	0.55
HK-28	3.00	0.60	HK-50	—	0.61
HK-31	3.20	0.40	HK-52(s)	1.45	0.64
HK-35	3.20	0.27	HK-54	0.96	0.60

(参考文献从略)

(上接13页) 污水再用的反对意见与可能和人体接触的程度与范围成正比。一般来讲,群众反对率在20%以下,不会影响再用水的实施。

3. 城市污水再用需要进一步研究的问题

(1) 制订回用水水质标准 根据不同再用对象,研究其用水方式,研究污水回用于冷却系统时对周围环境和对人体健康的影响,制订符合卫生要求的回用水水质指标。

(下转23页)

4. 在罩壳的两端和中间装设几道挡帘,挡帘是两块按照罩子横截面裁成的薄胶皮(厚1毫米左右),上部彼此固定在一起,其垂直切口相互错开,下部悬空且与煤流表面相接触,阻挡含尘空气通过罩子的两端自由排出。

5. 在下煤管的末端装有向内倾的导煤板,使从下煤管落下的煤,在输送带上形成规则煤航,不至于引起密封条与输送带之间卡煤,造成孔隙冒出粉尘;也避免增加运动阻力和损坏密封条及输送带。

6. 旁路循环管,虽使罩壳内的大部分被压缩的空气以1.5—2米/秒的速度从正压区沿其流入负压区,但仍有部分含尘空气依剩余压力沿罩壳向前冲去。为了防止这部分含尘空气冲出罩壳污染环境,在接近罩壳的前端,煤尘速度较小的地方,装有抽风机和风管的吸尘装置。

采取上述措施后,经测量3号4号输送带工作间的煤尘浓度为3.6毫克/米³,达到国家标准。

三、用机械代替人工劳动,改善劳动条件

以前,输煤是用推土机把煤从煤场推进下煤斗,由于落差和推土机的推进,煤尘浓度高达439毫克/米³。人站在下煤斗的筛子上,用十八磅的大锤,将挡在筛子上的大煤块打碎。人在这样高的煤尘浓度下工作,眼角、嘴角、鼻孔的煤尘集成小块。有时站不稳,腿掉进筛孔内,发生工伤事故,还时时受到推土机推来的煤埋没的威胁。为了改善上述劳动条件,在下煤斗的上方自制安装了电动打煤机,人在特制的控制室里操作设备打煤,不仅使人身安全得到了保证;经测量,煤尘浓度由439毫克/米³下降到8.5毫克/米³,也达到了国家标准。

为了监测进炉的煤质,以前是人工每隔一小时跑到高18米的输煤皮带上用手工取煤样。后来职工制作了自动取煤样机,该机每隔一分五十三秒取一次煤样,频数是原来的三十二倍。这样取煤样不仅代表性好,而且大大减少了化验工进入煤尘区的机会,有利于职工的身体健康。

四、加强管理,巩固提高治理成果

在输煤系统的煤尘治理中,除采用上述办法外,还在八个落煤点安装了八套吸尘装置,对抽风机和风筒定期检查,清扫内部的积尘,使风筒畅通,风机正常运转。对破碎机壳体、下煤管、提升机壳体、风筒等部位,进行定期检查堵漏。在保证炉用煤质量的前提下,对易起煤尘的干细煤用适量的水进行喷洒,降低飞尘。每班交接班前,将输煤栈桥、走廊、工作间及设备全部清扫一遍,保持清洁,并纳入经济责任制进行考核,等等。这些措施,对降低输煤系统的煤尘,都起到良好的作用。

通过以上的的工作,虽使输煤系统的煤尘得到较好的治理,但个别地方,仍没有达到标准。我们将采用下述方法治理。

1. 安装高压静电除尘装置。

2. 输送带由活动的撒煤车卸煤,改为固定的电动犁式刮煤器卸煤,由原来16米³的煤仓敞口减少为2米³敞口,降低煤尘飞扬;撒煤车是活动卸煤不易治理粉尘,改为犁式刮煤器固定卸煤,煤仓进煤口固定粉尘就易治理了。

3. 升高原来的5号6号输送带,去掉三号四号提升机,煤从五号六号输送带不经三号四号提升机直接输送到七号八号输送带,减少因提升机引起的尘源。

上述措施正在施工,争取早日实现输煤系统的煤尘浓度,全部治理达到国家标准。

<>

<>

(上接20页)

(2) 研究适合国情的处理技术 利用河道、湖塘进行自然深度净化,发展脱磷脱氮和高效低费用的人工深度处理技术,筛选有杀菌灭藻效果并有除嗅能力的消毒剂和阻垢缓蚀以及防止生物污垢的水质稳定剂。

(3) 进行综合评价 研究先进、经济的处理技术和系统,将此技术、系统与回用对象输水方式结合进行综合评价,并建立再用系统的优化模型方案。(参考文献略)