

城市污水回用规划的研究及其实践

李景会¹ 刘俊良²

1 武汉大学土木学院; 2 河北建筑工程学院城市建设系

摘 要 在分析、研究 CZ 市污水回用历史、现状及存在问题的基础上,从水量、水质、管道系统和处理工艺上分析和探讨了制定 CZ 市污水回用规划的方法。

关键词 水资源;再生水;污水回用规划

中图分类号 X703

我国是世界上 21 个最缺水的国家之一。淡水资源总量居世界第 6 位,但人均占有淡水量仅居第 108 位,水资源已成为我国最严重的资源问题之一。随着近年来城市经济的飞速发展,人们已越来越认识到环境问题的严重性,不节约用水和无节制的污水排放使得可用新鲜水源越来越少,地下水水位也不断降低,不但加剧了水资源的紧张,同时制约了城市经济的发展,危害人们身体健康,从而制约了城市的可持续发展。

城市污水是水量稳定可靠的一种潜在的淡水资源。城市污水如不加净化,随意排放,将造成严重污染,使大量优质水退化为劣质水。如能去除其污染物,改善水质后加以利用,则能除害兴利,取得多重效益。积极开展城市污水的净化再生与利用,将城市污水处理厂与再生水厂一元化,将污水的单纯净化转变为以污水为原料的再生水厂,这是一个重大的转变。污水资源化,是解决水资源短缺和水污染治理的一项良策,也是一种必然趋势。所以制定城市的污水回用规划对于城市的长远发展是至关重要的。下面以河北省 CZ 市为例,探讨一下城市污水回用规划的制定方法。

1 CZ 市污水回用的历史、现状和存在的主要问题

1.1 CZ 市污水回用的历史和现状

由于 CZ 市现状排水和污水处理设施的不完善,污水回用工程不能很好的实施。城区目前实施雨污合流制排水体制,排水管沟总长度 210.98 Km,主干路下大部分为双排方沟,次干路下大部分为混凝土管。管道服务面积 30 Km²,基本覆盖了整个城区,然而,却没有再生水的回用管道及设施。虽然 CZ 市于 1999 年建成一座日处理能力为 4 万 m³ 的污水氧化塘,但至今未正常运行。因此,目前除污水灌溉农田以外,无其他回用方式。

1.2 CZ 市污水回用中存在的问题

(1) 污水处理率和污水处理程度有待提高,排水管网和各河流的截流管有待完善。应进一步提高污水处理率,完善配套管网建设。

(2) 没有健全的关于城市污水处理、回用及管理方面的法律法规,缺乏必要的鼓励污水回用的政策。

(3) 缺乏城市污水深度处理及回用的总体规划,现有各项专业规划中没有考虑污水处理回用的因素。

(4) 目前的水价政策影响污水回用。由于水价水平偏低,污水回用并没有显示一定的经济性,不利于污水回用的实施与推广。

(5) 由于长期以来对水环境的流域性、全球性认识不足,没有意识到污水处理回用对水资源可持续利用及水环境健康循环的重要作用,同时对水资源短缺和水环境恶化的关系研究不足,对于城市缺水的客观事实基本上以境外引水的方式来考虑解决,对于污水回用产生消极影响。

收稿日期:2004-07-20

作者简介:男,1968 年生,在读硕士,武汉市,430000

1.3 CZ市 2010 年污水量预测

根据预测城市需水量,采用排污系数递减的经验数据,规划 2010 年污水排水量按 75%计,产生污水 6484 万 m^3/a ,约为 18 万 m^3/d .

2 该市污水回用对象和规模的分析

污水回用需求量不仅与当地城市的水环境、产业结构、居民生活水平等密切相关,而且主要受当地的政策和经济能力的制约,在不同的国家和地区,污水回用具有不同的用水对象和用户,用水量也就相差甚多.如日本,作为中水技术的发源地,再生水主要用于生活冲厕和小溪河流恢复生态环境用水,而很少用于农业,而在以色列污水回用率高达 70%以上,广泛用于农业.因此,根据城市目前的用水情况和相关规划,确定 CZ 市的污水回用对象为工业用水(主要为冷却用水)、市政杂用水、城市生态用水等几个方面.

规划 2010 年 CZ 市的污水处理率为 85%,处理规模为 15 万 m^3/d ,建成两个污水处理回用厂,规模分别为 10 万 m^3/d 和 5 万 m^3/d ,以解决不同的用户需求.

3 CZ 市污水回用规划水量的确定

3.1 工业再生水量的确定

工业用水是 CZ 市用水的重要组成部分,根据用途的不同,工业用水对水质的要求差异很大,水质要求越高,水处理的费用也越高.所以规划的再生水应主要用于需水量较大而又水质要求不高的部门,并主要集中在冷却用水和水质要求不高的工艺用水上.

污水回用是节水措施之一,是规模大、效益高的节水措施,比一般的节水措施更有潜力.污水回用并不排斥工业内部的循环用水.对于 CZ 市工业用户应先搞厂内节水,提高循环用水率,但工业节水有限度,实际上还需要补充新鲜水,必要的新鲜水补给前优先使用城市回用水.CZ 市能使用并且有条件使用回用水的工业企业,除了饮用水外,全部停用了自来水和自备井用水.

在进行工业污水回用规划之前,必须了解清楚城市工业用水的结构和特点,从而有利于再生水用户的确定.下面两表说明了 CZ 市的工业用水结构,见表 1 和表 2.

表 1 CZ 市工业用水结构表

行业名称	取水量 (万 m^3)	产值 (亿元)	取水比重 (%)	万元产值 取水量
火力发电	190	4.438	4.18	42.815
石油	444	5.5	9.77	80.727
化学工业	787	8.2	17.32	95.97
造纸	502	0.82	11.05	612.195
冶金	—	—	—	—
纺织	58.7	0.68	1.292	86.323
医药	12	0.31	0.26	38.71
机械制造	68	2	1.497	34
食品制造及饮料配置	68	0.6	1.497	113.33
合计	4543	22.548	—	—

由上表 1 可以看出 CZ 市万元产值取水量最低的是机械制造行业为 34 $\text{m}^3/\text{万元}$,最高的是造纸行业其万元产值高达 612.19534 $\text{m}^3/\text{万元}$,两者相差 18 倍,从而确定的 CZ 市主要的用水大户分别为:纸业有限公司,化工股份有限公司、炼油厂、发电厂、化肥厂、棉纺厂等,其取水量约占市区取水量的 75%,占市区总取水量的 43%,因此,大用户是再生水用户的主要部分,据调研资料,工业取水量是考虑了冷却水重复利用等因素所取得新鲜水量,大用户取水量结构见表 2.

表2 大用户取水量结构表

用户名称	取水量(万 m ³)				重复利用率(%)
	冷却水		工艺用水		
	数量	比例	数量	比例	
CZ市大化	298.3	68.7	135.6	31.3	90
化工厂	350	87.5	50	12.5	90
发电厂	181	70.5	75.6	29.5	-
炼油厂	78	16.67	390	83.33	90

从而由表2确定CZ市的再生水规划情况见表3。

表3 CZ市工业用水大户潜在再生水分配表

用户名称	CZ市大化	化工厂	市棉纺厂	发电厂	炼油厂	造纸分厂	TDI	合计
再生水需水量(万 m ³ /a)	559.12	657.81	89.76	338.7	147.02	365	73	2230.41

注:按现状,大用户取水量约占工业取水量的75%,占总取水量的43%。

3.2 市政杂用水再生水量的确定

城市市政杂用水主要集中在道路、广场浇洒用水和公共厕所用水及洗车用水上,这几方面的用水量主要根据城市总体规划的绿地面积、道路数量、广场面积、公厕数量及汽车数量及各项用水的用水定额来共同确定,这部分的再生水量则根据以上各项的用水规模和城市总体规划的污水回用规模,综合的确定一个比例系数,用这个比例系数乘以各部分的用水量即可。

3.3 城市生态用水再生水量的确定

随着城市的迅速发展,环境恶化也日益严重,城市生态用水的提出对维护城市的生态平衡,实现生态环境建设规划具有十分重要的意义。城市生态用水包括城市绿化用水和城市河湖生态用水。

(1)绿化用水。按《CZ市城市总体规划》城市绿地可分为:公共绿地、生产防护绿地、城市道路绿地、运河两岸绿化绿地等。CZ市绿地建设以运河沿岸绿化走廊为主体,以选择适合树种、草种、花种为重点。公园建设与林带建设相结合形成点、线、面的系统。据规划,2010年绿化面积432公顷,人均用地7.2m²,根据园林、绿化部门提供的绿化用水量测算依据为0.002m³,即用水定额以2L/m²·d,浇灌面积按绿地面积的70%计,则2010年绿化需水量为127.01万m³/a(每年浇水按210d计)。

具体各项用水的水量则根据城市总体规划中各项目的数量和用水定额来确定。

(2)城市河湖生态用水。CZ市的湖泊较多,多为人工湖,一般采用补充新鲜水来满足其景观用水量,由于换水次数较少,湖泊的水质只能达到V类标准,要使河湖水质达到Ⅲ类标准就应加大湖水的流动性,在频繁的替换中保持水质新鲜,避免湖中厌氧以及富营养化的出现。但这样无疑大大增加了城市的取水量,进一步加剧了水资源的短缺。将中水管线铺到各公园湖边,这样就为连续补水提供了可能,使每年6~8次的补水量平均分配到每月或更小的时间段内,使湖体在不断流动中自我更新。

其需水量按照景观用水的年换水量和年蒸发量计算。

年换水量按换水次数乘以每次换水量计算(每次换水1m)。每年换水按6次计。水体的蒸发补给量按2.1mm/d计,每日需补水0.073万m³,CZ市湖泊生态用水量见表4。

4 回用水质的确定

污(废)水经处理后能否回用,主要取决于再生水水质是否达到相应的回用水水质标准,由于污(废)水水质和回用情况十分复杂,使用回用水的范围又非常广阔,我国尚未系统地制定回用水水质标准。但再生水供水水质既要满足大多数再生水用户所要求的水质标准,又要避免因为采用过高的标准而导致再生水处理成本的增高,不利于污水再生回用工程的推广。如前所述,CZ市城市污水再生回用的对象主要是工业冷却用水、市政杂用水以及城市生态用水等。其水质指标及标准的确定主要依据上述用水相关

的水质要求,同时参考国外发达国家和城市的水质标准进行.经比较综合考虑以上因素,推荐以表5的水质标准为基础,没有明确规定的项目参考国内外相关水质标准和生活杂用水水质标准确定.

表4 CZ市湖泊生态用水量

公园名称	生态用水量 2010(万吨/年)
人民公园	120.44
南湖公园	109.88
荷花池	15.16
总计	236.48

表5 CZ市城市污水再生水回用的推荐标准

项目	本规划推荐水质标准	项目	本规划推荐水质标准
外观	无不快感	TN(mg/L)	10
PH	6.5—8.5	TP(mg/L)	0.5
色度(度)	25	总硬度(CaCO ₃)(mg/L)	450
臭	无不快感	氯化物(mg/L)	250
浊度(NTU)	5	阴离子合成洗涤剂(mg/L)	0.3
溶解性固体(mg/L)	1000	铁(mg/L)	0.3
SS(mg/L)	5	锰(mg/L)	0.1
BOD(mg/L)	4—8	细菌总数(个/1)	100
COD _{Cr} (mg/L)	30	总大肠菌群(个/L)	50

5 再生水的管道系统

(1) 再生水处理设施及管道系统的规划原则

1) 再生水厂的布局应遵循集中与分散相结合的原则,既要体现规模效益又要尽量减少回用距离,降低工程的投资.

2) 再生水厂应尽量与现有的或规划的污水厂相结合,以节省投资,方便管理,但是再生水厂的数量和位置并不局限于污水厂的数量和位置,在适当的地方通过经济技术比较来决定再生水厂的数量和位置.

3) 依据再生水厂用户的分布和各自的再生水用量,各污水处理厂的规划处理规模、处理程度和所处的地理位置,初步确定再生水厂的数目以及各再生水厂的供水水质和供水规模.

4) 为减少再生水输送过程中的能量损失,降低日常供水能耗,再生水厂应尽量位于城市水系的上、中游.

5) 再生水的输送方式应采取重力输水和压力管道送水相结合的方式,在有条件的地方,采用重力输送或者利用天然河道输送再生水,以降低再生水供水管网投资.

6) 再生水输水管道应充分考虑再生水用水大户的分布,采用环状和枝状网相结合的形式,既要较少的供水距离,又要考虑便于远景城市中水道系统联网供水.

7) 管道尽量布置在有条件的现状道路或沿河道布置,尽量避免穿越铁路、河流和高速公路,便于维护管理.

(2) CZ市再生水管道系统布置规划.(略)

6 污水回用工艺选择

一般而言,应根据污废水水质和回用水水质标准,可以对水处理操作进行多种组合,以选择经济可行的回用水处理流程.所以,选择污水的深度处理工艺流程,应抓住3个重要环节,一是选择先进的污水

处理工艺使其出水水质达到或低于国家及地方环保部门规定的水质标准,为水的回用打好基础;二是选择满足回用的目的及回用水水质要求,三是处理设备的造价及运行费用。

废水回用于工业和市政杂用,一般都必须以二级处理水为原水,经过不同程度的净化,达到不同的水质目标。

表 6 回用水处理单元技术和组合流程的处理效果

处理流程	SS	浊度	BOD ₅	COD	TN	TP	色度	嗅味	细菌	适用对象	注意事项
混凝澄清过滤法										工业冷却、市政杂用	
直接过滤法											同上
微絮凝过滤法									同上	适用于悬浮物小者	
接触氧化法										同上	
生物快滤池法										同上	
流动床生物氧化硝化法										水质要求较高者	注意避免载体流失
活性碳吸附法										同上	活性碳定期更换、再生
超滤膜法										同上	用化学方法清洗和再生
半透膜法										同上	事先必须除浊

7 污水回用的可行性分析

污水资源化不仅改善了环境,而且缓解了部分水短缺的现状,因此许多国家和地区都积极开展污水资源化技术的研究与推广,污水再生回用技术已经引起人们的高度重视。

首先,污水资源化的技术已经比较成熟了,新的处理技术也不断涌现。目前国内外的大量的工程实例表明,污水回用于农业、工业、市政杂用及生态用水是完全可行的。

其次,城市污水厂的建设为污水再生回用提供了充足的源水。到 2010 年,CZ 市污水处理能力将达到 15 万吨/天,完全可能成为再生水的水源,为污水再生回用创造良好的条件。

再次,国内外相关的标准,进一步保障了水质的安全卫生要求。例如,1989 年世界卫生组织颁布的《污水回用于农业的微生物含量标准》,1992 年美国环保局的《水回用手册》,我国于 1989 年颁布的《生活杂用水水质标准》,以及中国工程建设标准化协会于 1995 年颁布的《污水回用设计规范》,对于绿化、道路浇洒等市政用水和循环冷却水、景观河道补给水水质均作出了明确的要求。

最后,污水回用普遍得到公众的认可,公众心理接受程度日益提高。

据国内外抽样调查,随着人们对水资源短缺的认识日益深刻,对于冲厕、绿化等不与人体直接接触的杂用水,人们是普遍赞成使用的。尤其是一些公园的管理人员,电厂的技术人员等普遍希望能够尽快实施使用回用水。随着我国水工业的发展和社会舆论的正确宣传与引导,人们对污水资源化的接受率越来越高。

综上所述,污水回用不仅是经济的,而且是可靠的,更是可行的。这一工程一旦实施,将会大大改善 CZ 市市区的水环境,为 CZ 市水资源的可持续利用和社会的延续发展,具有重大的理论意义和现实价值。

Study on the Planning of Reusing Urban Sewage and Its Practice

Li Jinnghui¹ Liu Junliang²

1. Civil Engineering College, Wuhan University;

2. Urban Construction Department, Hebei Institute of Architecture and Civil Engineering

Abstract Based on the analysis and study on the history, present condition and existent problems of the reuse of sewage in CZ City, this paper discusses the methods of the planning of reusing sewage in the city in terms of water quantity, water quality, pipe system and treatment technology.

Key words water resources; regenerated water; planning of reusing sewage