

水资源管理新战略——人工回灌地下水

王建龙⁽¹⁾ 赵璇⁽¹⁾ 成徐州⁽¹⁾ 云桂春⁽¹⁾

甘一萍⁽²⁾ 胡俊⁽²⁾

Martin Jeckel⁽³⁾ Jorn Schumach⁽³⁾

(1) 清华大学核研院环境技术研究室, 北京 100084

(2) 北京城市排水集团

(3) 柏林工业大学环境技术学院水资源研究所

1 引言

人工回灌地下水 (Artificial Groundwater Recharge) 是解决我国水资源短缺问题、实现水资源可持续利用的新型污水回用方式。人工回灌地下水是对地下含水层直接进行开采的发展, 回灌的目的主要包括: (1) 补充超量开采的地下水; (2) 吸收多余洪水; (3) 建立地下水屏障, 以阻止含盐水体侵入含水层。多年来的实践, 使人工回灌在世界不同地区取得了不同程度的发展。随着农业、工业及生活用水量的增加, 人工回灌的重要性也与日俱增。

人工回灌地下水是一门新的水资源管理技术, 也是一项地表水与地下水联合应用、防止地下水过度开采的实用技术。人工回灌作为调节与控制地下水储量的一项重要措施, 正日益引起人们的重视。人工回灌能够部分解决水资源短缺, 缓解供需矛盾, 消除因地下水过度开采出现的漏斗现象, 是改善生态环境、提高供水效率的有效途径之一。

2 地下回灌是污水回用最有益的一种方式

水资源的短缺使污水回用成为必然。事实上, 在生活和生产中使用的水, 都或早或迟地再进入水圈的循环系统中, 经过自然或人工的净化后被再次利用。然而只有有意识地开展污水回用, 才能有效地管理水资源, 推进循环经济, 从根本上解决水资源短缺问题。污水回用既可以补充水源, 又可以减轻污染, 是水资源可持续利用的必由之路。

根据污水回用的方式及水循环过程, 污水回用可分为“管对管(pipe-to-pipe)”式短循环和地下回灌长循环两种。短循环以工农业回用和中水回用为主, 污水处理后在本系统内部闭路循环, 或在局部范围内回用, 比如用作冷却水等。这种方式对水质要求相对较低, 周期短, 收效明显。长循环是将污水经深度处理后, 再回灌到地下水含水层中, 然后同地下水一起作为新的水源被开发利用。这种战略可以提供高质量的回用水乃至饮用水, 同时也体现了可持续发展的思想, 是城市污水回用的重要发展方向。

从可持续发展的角度来看, 地下回灌是污水回用最有益的一种方式。污水经深度处理后再通过土壤含水层处理(SAT, Soil Aquifer Treatment), 借助于物理、化学和生物过程又起到额外的净化作用, 进一步改善了再生水的水质。地下回灌可以水力阻拦海水入渗, 减少或防止地下水位下降, 控制或防止地面沉降, 加快被污染地下水的稀释和净化过程, 而且还可调节水温, 保持取水构筑物的出水能力。

3 地下回灌对水质的要求

地下水作为人类极其宝贵的资源, 是人们生活用水和工农业用水的最后保证。为防止地下水污染, 地下回灌水质必须满足一定的要求, 主要控制参数为微生物含量、总无机物量、重金属、难降解有机物等。地下回灌水质要求随目地、用途及所处的水文地质条件等不同而

有所不同,作为农业用水及工业用水来说,补给水的标准可以比饮用水低些。

再生废水用于地下回灌需考虑四个主要因素,即致病菌、矿物质总量、重金属和有机化合物,对回灌水水质的要求取决于当地地下水的水质。1992年美国国家环保局提出城市废水非饮用回用的建议性指南,其中包括了对地下回灌的水质和处理工艺要求。

由于我国尚未正式颁布再生污水地下回灌的水质标准,为了推动此项研究,我们遵循回灌水水质必须与当地地下水水质相符的原则,根据美国和德国的有关法规和建议指南,对回灌水水质提出建议,并在试验研究中参照执行。

4 地下回灌试验研究

我们课题组在中—德合作项目的支持下,从1994年开始进行人工回灌地下水的研究,经过多年的努力,对混凝沉淀、臭氧氧化、活性炭吸附等传统工艺去除有机物的效果和机理进行了探讨,并对土壤含水层处理能力和机理进行了深入研究。通过比较不同的预处理工艺与土壤含水层的联合处理,确定了适合地下回灌的深度处理工艺。现已在北京高碑店污水处理厂建立了回灌量为 $200\text{m}^3/\text{d}$ 的示范工程,利用二级处理的出水,经过活性炭吸附——絮凝沉淀——砂滤深度处理后,进行人工回灌。结合高碑店城市污水地下回灌示范工程,进行了地下回灌的场地勘探和回灌系统的设计,建立了具体的评价指标。为地下回灌技术的广泛应用提供了经验。

5 再生水地下回灌的效益

污水经过深度处理后进行人工地下水回灌在国外已经获得广泛开展。国外一系列工程实践表明,地下回灌在技术上逐步成熟,在经济上也是切实可行的。

回灌工程的经济效益主要反映在:

- (1) 利用多余的地表水或经济价值较低的水进行回灌,可以提高供水效益;
- (2) 水量的增加,使地下水位上升,降低抽水扬程,减小了取水费用;
- (3) 回灌水能改善原有地下水水质,水质改善后其价格会提高。

污水经过深度处理后地下回灌是少投入,高产出的水资源循环利用方式,它符合循环经济的原则,做到了社会效益、经济效益和环境效益的统一。将地下回灌技术引入水资源综合管理体系,既降低了污水的处理处置费用,又开发了新的水源,必将有助于实现水资源利用的良性循环。

6 存在的问题及发展前景

在大规模推广使用地下水回灌之前,必须从技术工程、环境、社会、法律、经济等多方面出发,进行全面的经济和技术可行性分析,尤其是注重限制因素的综合评价。这些因素主要有系统的运行与维护问题、公众健康与地下水污染问题、法律与经济问题等。

再生水地下回灌这种回用方式的循环周期较长,但可以提供高质量的回用水乃至饮用水,缓解了污水回用的心理障碍,同时也体现了废物减量化、无害化和资源化的“三化”治废原则和水资源可持续利用的思想,是城市污水回用的一个重要发展方向。从水大循环的角度出发,它是集污水处理、污水再生回用及水资源开发于一体的集成化水处理技术。

我国已有300多个大中型城市面临供水不足的问题,水资源的危机将成为制约我国经济发展和人民生活水平提高的重要因素。地下水回灌作为一种有效的补充地下水的手段,无疑是一种具有广阔前景的回用技术,值得充分利用和推广。