

# 碳交易给污水处理再生水回用带来的 启示与机遇

周延波, 李 东

西安思源学院, 陕西 西安

收稿日期: 2021年9月13日; 录用日期: 2021年10月15日; 发布日期: 2021年10月22日

---

## 摘 要

碳排放交易利用市场机制来控制 and 减少碳排放、推进绿色低碳经济和社会发展的成功经验启迪污水处理再生水回用重新从商品定义、客户、计价、市场压力进行比较。西安思源学院以MBR膜生物反应器为核心的再生水厂已经安全有效运转10年, 处理了近七百万立方米的校园污水, 生产了符合国家“中水回用水质标准”四百五十万立方米再生水, 并全部回用的实例, 建议选择高校作为发展污水处理再生水回用的突破口, 逐步推进, 使市场建设更具计划性, 目标完成率更高。

## 关键词

碳交易, 污水处理, 再生水回用, 节水减碳

---

# The Enlightenment and Opportunities of Carbon Trading to the Reuse of Reclaimed Water

Yanbo Zhou, Dong Li

Xi'an Siyuan University, Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 13<sup>th</sup>, 2021; accepted: Oct. 15<sup>th</sup>, 2021; published: Oct. 22<sup>nd</sup>, 2021

---

## Abstract

The successful experience of carbon trading using carbon emission trading market mechanism to control and reduce carbon emissions and promote a low carbon and green development economic and social has enlightened the reuse of reclaimed water to compared its difference with the car-

bon trading from commodity definition, customer, pricing and market pressure. Xi'an Siyuan University's MBR membrane bioreactor has been safe and effective operation for 10 years, treated nearly 7 million cubic meters of campus sewage, produced 4.5 million cubic meters of recycled water, and all reused. This successful example has suggested to choose high educational institutes as the breakthrough of developing the waste water treatment and the reuse of reclaimed water, gradually advance, and make the market construction more planned, target rate higher.

## Keywords

Carbon Trading, Waste Water Treatment, Reclaimed Water Reuse, Water Saving and Carbon Reduction

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

习近平总书记在中国共产党十九大报告号召《决胜全面建成小康社会，夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利》[1]，在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中又承诺“力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”[2]，减少二氧化碳排放就正式提为“中国基于推动构建人类命运共同体的责任担当和实现可持续发展的内在要求”[3]和实现百年梦想的重大战略决策。由全国2162家发电行业重点排放单位(二氧化碳排放量45亿吨)组成的统一碳排放权交易所于2021年7月16日开始交易。交易首日就取得成交量410.4万吨；成交额超过2.1亿元；收盘价较开盘价上涨6.73%，盘中最高价为52.8元/吨[4]，取得了令业内人士倍感鼓舞的成绩。随后，上市公司、投资机构、银行、信托基金等金融机构不光有入局，还有布局，显示在资本市场中，碳交易概念股开始频频发力。石油化工、钢铁建材等高排放行业必将陆续纳入碳排放权交易，最终会形成一个超千亿吨的全国碳排放权交易市场。由此看来，利用碳排放权交易市场机制来控制 and 减少碳排放、推进经济社会低碳绿色发展，进而实现碳达峰、碳中和目标的政策导向、商业策划是成功的。面对绿色减碳环保红红火火的开局，多年来一直设想将节水环保推入市场经济的企事业单位感觉有点尴尬。既有“理想很丰满，现实却很骨感”之失落，又有“如何才能做到像碳交易那样尽快市场化”的探究，更有“为绿色减碳做出更大贡献”的渴望[5]。

从历史上说，节水在前，减碳在后。在1993年的第四十七届联合国大会确定每年的3月22日为“世界水日”。不久中华人民共和国也定下在世界水日的相应周为“中国水周”。因为人多水少、水资源时空分布不均是我国的基本水情。从2021年“世界水日”及“中国水周”的宣传口号“水是生存之本，文明之源，生态之基”不难看出当前我国水资源面临的形势十分严峻，水资源短缺、水污染严重、水生态环境恶化等问题日益突出，已成为制约经济社会可持续发展的主要瓶颈。习近平总书记在2014年3月14日的中央财经领导小组第五次会议上，明确提出“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的新时期水利工作思路。

《联合国气候变化框架公约》第三次缔约方大会在1997年12月日本京都召开。149个国家和地区的代表达成了限制温室气体排放量以抑制全球变暖、地面臭氧浓度升高的协议。限制二氧化碳排放可以有效避免多种严重自然灾害，如旱灾、暴雨、洪水、热浪和野火，海平面加速上升。从而避免使水资源，农业，野生动物和生态系统处于危机之中。

早在 2009 年 8 月 14 日, 财政部、环保部和江苏省政府在无锡举行启动仪式, 太湖流域在全国率先启动了排污权有偿使用和交易试点。但交易商品仅为化学需氧量(COD), 价格为每吨指标 4500 元。当日成交 817 吨, 共向当地财政部门支付了 295 万元的有偿使用金。2009 年在太湖流域适时推进氨氮、总磷排污权有偿使用试点。主要是想确立起“谁污染、谁埋单; 谁治污、谁受益”的市场体系。水排污权交易发展的最主要难题, 在于没有一个跨地域、跨行业的统一交易平台[6] [7]。结果就造成尽管节水和减碳都是具有公益性、专业性、国家干预性以及跨部门和跨行业性的商品, 但节水就没有减碳那么红火。还有文章探讨污水余温热能与碳交易的间接关系[8]。为此, 本文想探讨碳交易比污水处理再生水回用红火的原因, 以及碳交易给污水处理再生水回用带来的启示与机遇。

## 2. 碳交易与污水处理再生水回用的比较

虽然碳排放和再生水回用都是绿色环保所盯的商品, 但这两者间在定义、客户、计价、和市场压力上却有很大的不同。

### 商品定义不同。

碳交易涉及的商品仅一种: 二氧化碳。相反污水不是商品, 只是可资源化的原材料。只有经过处理得到中间物 - 再生水。再生水只有回用, 才完成了一个完整的商品交易流通, 才能体现价值。在这之前, 如果涉及到钱, 那也只是价格。所以说, 污水处理再生水回用是一个过程, 只有完成这个过程才是商品。再生水的利用途径有四类: 1) 地下水回补, 即补充地下水水源防止地面沉降、和/或防止海水倒灌; 2) 工业用水; 3) 农业用水; 4) 城市用水: 住宅小区绿化、景观环境用水、冲厕等。从再生水回用的价值角度看: 用于地下水回补的再生水是输送到地下, 价值最低, 或者说只有社会效益。在各地的水价中, 农业用水的价格虽然高于水资源费, 但却低于居民用水和工商业用水的价格。作者认为“节水优先”包含着“分质利用”的辩证唯物主义。符合国家饮用水标准的用于安全饮用。符合国家“中水回用水质标准”的用于厕所便器冲洗、城市绿化、洗车、扫除等生活杂用水。高质低用(城市自来水用于冲厕、绿化、洗车)与合格不用(全部再生水用于地下水回补)都是浪费。达不到质量指标就使用更是没有担当不负责任的表现。所以污水是原材料, 再生水是中间产品, 回用水是商品, 对其的质量要求是符合国家中水回用水质标准, 而其价值则体现在回用的市场。

### 市场压力不同。

空气和水都是流动的, 但流动的范围却不一样, 所以影响范围也不一样。空气流动的范围是全球性的。“一只蝴蝶在澳大利亚悉尼市煽动翅膀, 几周后就会影响到美国纽约市的天气”就是其中最为形象的说法。在乌克兰境内切尔诺贝利核电站的核子反应堆事故第二天, 辐射粉尘就飘到了 1100 公里外的瑞典。还有全球变暖造成的多种严重自然灾害, 如旱灾、暴雨、洪水、热浪、和野火, 也都发生在世界各地。虽然大家知道: 地球上的总水量为 14 亿立方千米, 淡水储量仅占全球总水量的 2.53%, 人类可能利用的只有地下水、湖泊淡水和河床水, 三者总和约占地球总水量的 0.77%。除去不能开采的深层地下水, 人类能够利用的淡水实际只为地球上总水量的 0.26%左右。到目前为止, 人类淡水消费量已占全世界可用淡水量的 54%。而且, 中国的人均水资源占有量仅相当于世界人均水资源占有量的 1/4, 位列世界第 121 位, 全国 600 多个城市中有一半以上城市不同程度缺水, 是联合国认定的“水资源紧缺”国家也是个不争的事实。但是水的问题对于北美、欧洲的发达国家还不显著, 对于中国来说, 特别是对于大西北, 就是社会安全和发展繁荣的大问题。比如西安就是一个水资源极其短缺的城市, 人均占有地表水资源 310 立方米, 仅为全国的 1/6。同样, 水资源时空分布不均的实际情况也会使得中国的华南、华东、华中、和西南区域对污水处理再生水回用的需求小于西北、华北地区。

### 商品客户不同。

碳交易所涉及都是有限的大型国企或私企, 如全国 2162 家发电行业重点排放企业。以后涉及的石油化工、钢铁建材等高排放行业企业也都是有限的大型国企或私企。某些企业可能因配额不足而需要到全国碳交易市场购买, 这就增加这些企业的成本。在日趋严峻的竞争格局下, 落后企业会因此被淘汰。碳交易利用市场规则, 优胜劣汰。节水所涉及的主体既有企业, 还有事业; 既有单位, 也有个人。对于大型用水企业而言, 污水处理再生水回用没有问题。但对于其它环保企业, 例如北京城市排水集团, 和事业单位和城市居民就有难度。据调查, 膜生物反应器在工业污水处理领域的应用很通畅。企业将基本达到指标的再生水稍加处理, 甚至无需处理, 就可以用在生产过程中, 节约自来水。而对于市政污水处理领域的应用则是见仁见智, 众说纷纭。全国已完工并运转的膜生物反应器在市政污水处理领域的项目很多很大, 已经达到几百万吨每天的规模。但却没有一个是市场化项目, 均为政府出资、政府运营。造成这种状况不光是膜生物反应器的投资成本和运营成本都高, 而且是再生水绝大多数都用于用于地下水回补不能产生很大的价值。直接造成的后果是无法收回投资。这样“只赔不赚”的计算结果是根本无法吸引中外民间资本。同时, 自改革开放以来, 中国政府对于一些民生必需品(水、电、煤气等)正逐步从福利型供应模式向社会主义市场经济型供应模式过渡。而福利型供应模式造成了消费者个人不需要, 也不可能意识到, 对自己造成的这些供应品消耗支付全部成本。在这种情况下, 消费者个人容易丧失实行低碳生活的自主性与积极性。

#### 商品计价不同。

简单地讲, 大家知道节约一度电相当于减排 0.997 千克二氧化碳, 碳交易所每时每刻都可以给出一吨二氧化碳的价格, 甚至期货价。换句话说, 节电有双重可计算效益, 即节电是第一次可计算效益, 碳减排则是第二次可计算效益。碳交易能够发挥市场的价格发现功能, 形成碳定价机制, 从而促进低碳绿色经济转型。但是, 有谁能回答: 节约一吨水等于减少多少二氧化碳排放? 既然没法算, 节水只有单重可计算效益, 即节水是第一次, 也是仅有的一次效益计算。同时, 节水只有单重可计算效益使得 BOT, 即政府通过出让建设项目一定期限的经营权和收益权 来换取项目的融资与建设。而项目的投资者在规定的期限结束后□将该项目的产权和经营权无偿的转交给当地政府, 也难以吸引中外民间资本。

### 3. 启示与机遇

除了上述碳交易与污水处理再生水回用的四点不同外, 一定还可以列出其他的不同。但是, 归根结底是该如何做才能响应国家战略, 推动污水处理再生水回用的发展。作者认为可以先借鉴“循序渐进地发展”污水处理再生水回用市场。通过逐步推进, 使市场建设更具计划性, 目标完成率更高, 在发展中发现问题并及时调整 and 解决其它问题, 例如完善的法律体系、合理的减碳节水配额分配方式、严格的检测、报告与核查体系等。作者同时认为进一步发展污水处理再生水回用的突破口应该选择在高校。理由有以下三点, 其中第三个理由是最主要的:

1) 高校人口密集, 用水集中, 在高校树立节水意识, 设置中水回用系统, 完成污水资源化是解决水资源紧缺问题的重要途径[9] [10] [11] [12]。

2) 高校一直就有促进科技进步、培养人才、和服务社会三个方面的责任和义务。单从促进科技进步来讲, 高校不光有责任推广新技术, 更具备几乎所有必要的专业人员, 机械、电力、基础数理化、计算机操作人员。

3) 西安思源学院不断践行低碳节能环保, 坚持创新, 并且在污水处理再生水回用取得很好的成效[13] [14] [15]。西安思源学院董事会在 2000 年学校从市区迁往白鹿塬时就站在保护环境、走可持续发展道路的高度, 利用有限的自有资金, 建设生活污水处理站。铺设专用 2 hm<sup>2</sup> 范围内的雨水, 以及一座 1800 立方米的游泳池、3 座 600 立方米的景观喷水池定期换掉的剩水收集管网 300 多米, 大小再生水水库(包括

3座景观喷水池)5座, 拥有各种型号水泵12台, 再生水专用管线25千米。投资一千三百万完成日处理量为(2000+2000)立方米的MBR膜生物反应器的土建基础设施, 安装了2000立方米/天的处理设备并于2011年9月顺利投入运行。学校于2019年11月再次投资580万元对污水处理厂原先预留的2000立方米膜处理设施进行设备安装并投入使用。9年半里MBR膜生物反应器已经处理670万立方米的污水, 产出440万立方米符合国家标准再生水并全部回用。西安思源学院现有2万名师生。用再生水冲厕, 浇灌48 hm<sup>2</sup>绿化地, 和浇洒18.3 hm<sup>2</sup>路面。除了西安思源学院在污水处理再生水回用取得超出国内外许多专家、学者、制造商的预料外, 还对所有资金使用、操作程序、运转数据都有案可查。

可以通过以下的计算, 对单位里的污水量、再生水量、再生水回用量做个概算。

计算年用水量:

$$20000\text{人} * 0.15 \frac{\text{立方米}}{\text{人} \cdot \text{天}} * 250 \frac{\text{天}}{\text{年}} = 750000 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (1)$$

计算年污水量: 水量损耗系数按0.2计算,

$$750000 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} * (1-0.2) = 600000 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (2)$$

计算回用水量与总排污水量的比例:

$$440\text{百万立方米} / 670\text{百万立方米} * 100\% = 65.7\% \quad (3)$$

国内一般使用30%~50%回用水量与总排污水量的比例。

计算再生水量:

$$600000 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} * 0.657 = 394000 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (4)$$

计算绿地浇洒水量:

$$480000\text{平方米} * 0.0015 \frac{\text{立方米}}{\text{平方米} \cdot \text{次}} * 2 \frac{\text{次}}{\text{天}} * 120 \frac{\text{天}}{\text{年}} = 172800 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (5)$$

计算路面浇洒水量:

$$183000\text{平方米} * 0.002 \frac{\text{立方米}}{\text{平方米} \cdot \text{天}} * 120 \frac{\text{天}}{\text{年}} = 43920 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (6)$$

计算冲厕水量:

$$20000\text{人} * 0.008 \frac{\text{立方米}}{\text{次}} * 4 \frac{\text{次}}{\text{人} \cdot \text{天}} * 250 \frac{\text{天}}{\text{年}} = 160000 \frac{\text{立方米}}{\text{年}} \quad (7)$$

通过西安思源学院10年MBR膜生物反应器安全有效运转, 近七百万立方米的校园污水处理, 四百五十万立方米再生水全部回用的实际, 不光证明MBR膜生物反应器可以做到安全有效运转, 还可以通过有案可查的所有资金使用和运转数据精确计算:

- 1) MBR膜生物反应器包括再生水回用的投资成本是多少?
- 2) MBR膜生物反应器包括再生水回用的运转成本(电、膜清洗、设备折旧、膜折旧、等)是多少?
- 3) 光靠节水效益需要多长时间可以收回MBR膜生物反应器包括再生水回用的投资成本?
- 4) 如果假设一个节水减碳效益, 即节约一吨水等于减少多少二氧化碳排放, 节水效益加上节水减碳效益需要多长时间可以收回MBR膜生物反应器包括再生水回用的投资成本?



## 4. 结语

碳交易成功开局后显示的繁荣趋势启示污水处理再生水回用也要发挥市场机制的作用, 按照经济规律发展, 用新的思路去探索污水处理再生水回用产业建设和运营的有效形式。

“节水优先”包含着“分质利用”的辩证唯物主义。污水只是原材料, 再生水仅为中间产品, 回用水才真正是商品。符合国家中水回用水质标准的达到商品质量要求, 而回用的市场决定其价值。用城市自来水冲厕、绿化、洗车和将回用水用于回补地下都不符合节水优先的国家战略。

建议选择高校作为发展污水处理再生水回用的突破口。通过逐步推进, 使市场建设更具计划性, 目标完成率更高。该建议最重要的原因是位于陕西省西安市的西安思源学院以 MBR 膜生物反应器为核心的再生水厂已经安全有效运转 10 年, 处理了近七百万立方米的校园污水, 生产了符合国家“中水回用水质标准”的四百五十万立方米再生水, 并全部回用。榜样的力量是无穷的。

## 基金项目

基金项目: 陕西省水利厅科技计划项目。

合同名称: 高校中水回用系统技术标准体系研究。

合同编号: 2021slkj-14。

## 参考文献

- [1] 习近平: 决胜全面建成小康社会, 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利[N]. 人民日报, 2017-10-28(001).
- [2] 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N]. 人民日报, 2020-09-23(003).
- [3] 习近平: 共同构建人与自然生命共同体[N]. 人民日报, 2021-04-23(002).
- [4] 李斐. 碳市“起航”[J]. 国企管理, 2021(18): 98-103.
- [5] 柴麒麟, 蒋勇. 探索机遇——“减污降碳”协同发展新思路[J]. 中国环保产业, 2021(8): 14-18.
- [6] 王康鹏. 环保产业: 从危机到商机[N]. 第一财经日报, 2009-09-16(C01).
- [7] 王康鹏. 从危机到商机——中国环保产业链日渐壮大[J]. 中国科技投资, 2010(4): 25-27.
- [8] 郝晓地, 饶志峰, 李爽, 等. 污水余温热能蕴含着潜在碳交易额[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 7-13.
- [9] 杨童童. 高校中水回用技术应用及发展研究[J]. 绿色科技, 2020(24): 76-77.
- [10] 阮琼瑶, 门宝辉. 我国高校中水回用现状调查研究[J]. 水资源开发与管理, 2019(12): 39-43.
- [11] 沈世江. 高校中水处理回用系统的应用研究——以常州纺织服装职业技术学院中水处理回用系统为例[J]. 南京工业职业技术学院学报, 2012, 12(3): 58-61.
- [12] 付峥嵘, 陈志刚, 寇广孝, 等. 高校中水回用系统技术经济分析实例研究[J]. 水资源与水工程学报, 2009, 20(1): 65-67.
- [13] 李东, 张洪生, 付波, 等. 5 年 A<sup>2</sup>O/MBR 中水回用系统经济调查分析——以西安思源学院为例[J]. 给水排水, 2017, 43(S1): 159-161.
- [14] 李东, 郝静远, 马青华, 等. MBR 工艺的长期运行数据分析[J]. 净水技术, 2019, 38(6): 92-96, 130.
- [15] Zhang, X., Hao, J., Ma, Q., et al. (2020) Comprehensive Analysis of 9-Year Running Data of A<sup>2</sup>O/MBR in Xi'an Siyuan University. *Meteorological and Environmental Research*, **11**, 139-143.