

啤酒废液成“碳源”

走进青岛水务团岛污水处理厂，一派绿意盎然，闻不到一丝臭气，颠覆了人们对污水处理厂的刻板印象。“其实，这里并不脏，废水也干净。”不仅省了人工费、电费，还节省了维护费，连污水处理厂运行成本都降低了。

青岛通过不断创新，逐渐摸索出了一套“青岛方案”。

技术创新化解难题

“老魏，今天的啤酒废液到了！”话音刚落，青岛水务首创瑞海水务有限公司运行车间值班长魏昆熟练地帮对方将管道接到满载啤酒生产废水的罐车上。

啤酒生产废水为啥不入管网，还得用车辆拉到废水厂？说起这事儿，魏昆就乐，“这可是好东西，是我们专门找来给微生物‘加餐’的”。

原来，污水处理厂的核心工艺，就是利用微生物“吃掉”污染物。在微生物去除污染物过程中，需要摄入的含碳有机物被统称为“碳源”。如果进水有机物浓度太低，微生物就会吃“饱”，连带影响氨、磷的去除效果。为了维持微生物的活性，污水处理厂需要外购工业乙酸钠等有机物作为碳源，保障脱氮除磷效果。

“过去我们都是外购碳源，费用比较高，而啤酒生产的废水富含有机物，对微生物来讲就是食品级的优质碳源。”青岛水务首创瑞海水务有限公司副总经理黄青打了个生动的比方：“微生物吃工业乙酸钠类传统碳源，就像生吃面粉，而啤酒热凝固物里含有丰富的易发酵无毒的食品级有机质，就像大蛋糕。这伙食一改善，微生物干起活来自然更卖力，脱氮速率相比传统碳源提高了30%以上。重要的是，这‘大蛋糕’还是免费的。”

虽然“蛋糕”免费，但怎么让微生物吃上，还颇费了一番功夫。“啤酒热凝固物温度高、杂质多、黏稠、易沉降，特别容易堵泵。”黄青说，为解决这个问题，他们专门研发了耐高温防沉淀啤酒热凝固物高效分离收集专利技术及装备、反硝化生物碳源投加量的计算模型和自动投加装备。“有了技术和装备，不仅解决了难题，还使污水处理脱氮成本下降了73.26%。”

按照《啤酒工业污染物排放标准》，啤酒生产废水必须通过预处理才能排入城市污水处理厂，而酒厂生

产废水每年进行预处理需要投入大量资金。在和污水处理厂签订协议后，他们只需将啤酒废液的热凝固物分离出来，便可将剩余污水直排污水厂。这不仅省了人工费、电费，还节省了维护费，连污水处理厂运行成本都降低了。

目前，青岛这套啤酒废液变“碳源”的做法已在全国27家啤酒厂和市政污水处理厂进行了推广。从2020年至2022年，共计节约成本6236.3万元，减排二氧化碳4.2万吨。

“与‘换粮’不同，我们是给微生物‘断粮’。”青岛水务双元水务有限公司安生部部长曲勇说，2019年他们在进行工艺调整时偶然发现在少碳源、微碳源投加状态下，也能保证出水氨、磷含量达标。这一发现让他们兴奋的同时也陷入了沉思，“如何才能让偶然性变成规律性呢？”

为了能够人为“断粮”，他们把污泥浓度、溶解氧、活性污泥浓度、外回流、剩余污泥回流集中起来测试。为了不影响污水处理，曲勇和同事们凌晨3点就在水样数据点进行化验。在实验中，他们发现在低溶氧高污泥浓度的情况下，存在微生物硝化反应与反硝化反应同步进行的状态，但条件是必须维持外部环境。

对此，双元水务联合青岛大学对工艺参数进行了百余次调整，对比了近4000个水样，分析近9000个工艺数据，最后将初沉系统设计成发酵系统，才使微生物有了相对稳定的局部微氧环境。

“这一改变直接提高了微生物菌群的丰度与活性，彻底实现了不外加碳源也能使出水水质达标。”曲勇自豪地说，自2022年起，他们将5个生物池全部使用无碳源投加水质达标技术后，每年可节约碳源费用1000余万元，减排二氧化碳5076吨，平均每吨水的处理成本达到了全国同类型污水厂领先水平。

智慧减碳效果明显

要想使污水里微生物和有机物达到最高程度接触，就需要不断向污水中供氧，其中曝气供氧过程中，鼓风机的能耗占比很大，约占整个污水处理厂能耗的一半。“传统的曝气方式主要是工人凭经验手动控制，如果曝气量不足，就会导致工艺运行恶化，出水水质排放超标；若曝气量过多，则会导致高能耗，造成运行成本增加，进而增加碳排放量。”青岛水务集团环境能源有限公司运维管理中心刘珍明说。

如何在满足微生物增长及分解有机污染物所必需氧气的前提下，最大程度降低曝气量呢？

为解决这一问题，青岛水务决定为污水处理厂安上“智慧大脑”。2021年青岛水务集团张村河水质净化厂率先通过自主改造，建立起一套信号反馈控制模型，优化了鼓风机的控制，在满足硝化反应完成和剩余碳有机物去除的情况下，实现了按需供气。

“鼓风机是大型设备，风量忽高忽低会影响使用寿命。实现智能化后，它可以在安全区内智能调整风量，在使用电量达到最小的同时保障微生物的需氧量。”青岛水务集团环境能源有限公司安生部部长荆玉妹说，2021年仅在曝气鼓风机电量一项上，张村河厂的用电量就降低了49.1万千瓦时，碳排放减少了462吨。

除了“智慧”曝气，“智慧大脑”还让污水处理厂实现了“智慧”加药、“智慧”巡检、“智慧”消防。

李村河污水处理厂运行值班长韩永良主要负责污水处理运行调试工作。自从厂里安装上“智慧大脑”后，他的工作一下子变得轻松起来。“以前每巡检到一个工艺段，我都需要拿纸记录，现在只要将巡检手机在巡视牌那‘贴一贴’，就可以完成重要数据、设备故障的上传，巡检系统覆盖面和信息量比之前提高了30%。”

“现在，我们根据生物池里的总氮、总磷、水量、水质等数据，通过算法建立了一套自动决策系统，实现了‘智慧’加药，不仅降低了人工干预度，减轻了工作量，还提高了工艺调控保障率和准确性。”刘珍明说，自从李村河污水处理厂实现“智慧”加药后，节约药剂达3933吨，碳排放减少了3753吨。

再生水发挥新潜能

减少碳排放，除了从源头拧紧节能降耗阀门外，还要从回收再利用下手，通过产业结构调整和技术创新激活节能降碳内生动力。

“这4个是消化池，那个像啤酒桶一样的是沼气罐。”青岛水务团岛污水处理厂副厂长吴涛指着眼前几个敦实高耸的大罐子介绍道，团岛污水大部分是生活污水，里面有有机物含量在60%—65%左右，非常适合沼气发电，而这几个大罐子正是负责将初沉污泥和剩余污泥浓缩后进行中温厌氧消化获取沼气的有力工具。

“从1996年建厂起，我们就采用了污泥稳定减量的同时获取高热值沼气技术。”吴涛说，现在他们厂的沼气产量已经达到了173.37万立方米，减碳排量达到了19515吨/年。

另外，团岛污水处理厂在2012年还启动了沼气发电项目。通过技改，在获取沼气的同时，将发电余热通过余热锅炉引入污泥热交换系统，为消化污泥加热，减少了沼气锅炉运行时间。每年

5月至11月，沼气发电的余热基本可以满足污泥消化需要。截至2022年，该项目年均发电275.84万千瓦时，相当于节约标煤388吨，节约电费180余万元，减少碳排放170吨。

采访中，记者好奇于消化池一端连接着的粗管子，吴涛连忙解释，“这是个‘哈酒口’。啤酒热凝固物不仅能做碳源，还能增加沼气流，自从污泥‘哈’上了啤酒废液，沼气产量比年度预算提高了11.69%，碳排放量减少了11960吨”。

青岛还通过技术创新和推广应用，推动了污水再生利用。从2002年起，陆续将再生水应用于河道补水、工业冷却、道路冲洗等城市非饮用水领域，截至2022年年底，中水回用量累计超过5亿吨。

受益于再生水生态补水举措，昔日臭气熏天的李村河完成了华丽逆转，水质由原来的劣Ⅴ类水提高到了地表Ⅲ类水标准。

为拓展再生水的使用范围，进一步挖掘再生水潜能，青岛水务又将目光投向了水源热泵领域。青岛水务海湾中水有限公司副总经理刘莉告诉记者，目前中水公司管理使用85.5公里中水管道，为水源热泵用户累计供水1.05亿吨，供热面积达到了156万平方米，与燃煤供暖相比，利用中水回用的水源热泵供暖可节省标煤5.3万吨，节约电量约4.31亿千瓦时，减少碳排放14.1万吨。

炎炎夏日，走进金茂湾购物中心，一抹抹清凉让人倍感舒爽。“这里就是利用了从水源热泵提取的再生水中的潜在能量实现制冷的。”青岛蓝海恒元新能源有限公司项目经理闫瑞超介绍，在夏天时，他们采用风机盘管方式，将室内的热量“提取”出来，释放到污水当中，从而降低室温，达到制冷的效果；在冬天时，又把存于中水中的低位热能“榨取”出来，为用户供热。

“相比燃气、电，采用中水回用的水源热泵来制冷制热要便宜很多。”刘莉说，下一步，他们将不再单纯为水源热泵用户供水，而是以建立能源站的方式，直接为其供能，并逐渐实现产业化。

对于未来的规划，刘莉则表示，他们制定了3年达标行动，以3年后下降电耗8%—10%、下降药单耗10%—15%等低碳运行的方式，来提高污水处理厂的能源自给比例，逐步从资源消耗型向资源供给型转变。



上图 工人正在对现场出水仪表进行故障诊断。孙 璇摄(中经视觉)
下图 李村河上游河道景观。张 挺摄(中经视觉)



实现“双碳”目标是推动高质量发展的内在要求，特别是生产领域的减碳，要坚定不移地推进。但减碳是一个系统工程，不可能毕其功于一役，因此，必须摒弃急功近利的思想，在无数个细节上狠下功夫，以“积小流成江海”的理念，不断创新减碳方式，让减碳在循序渐进中走深走实。

减碳首先要要有目标和规划。青岛污水处理系统就是通过目标和规划逐渐减碳的，他们确立了3年后电耗下降8%—10%、药耗下降10%—15%，逐步从资源消耗型向资源供给型转变的目标。在此目标引领下，在多个领域、多个环节持续创新，不断降低碳排放，以积小胜为大胜的方式，锲而不舍地把污水处理的减碳“阀门”越拧越紧。

有了目标和规划，才会有动力。减碳是一件异常艰难的事，如果连目标和规划都没有，没人会绞尽脑汁、费尽心思去琢磨怎样减碳、从哪里减碳。有了动力，还得有机制，要把研发减碳技术、创新减碳方式，与绩效奖励挂钩，以此形成人人想减碳、处处琢磨减碳的氛围。只有形成目标导向下的驱动机制，减碳才能成为每个人心中的念想，才能从每个细节上去寻找突破。

减碳要把技术创新放在突出位置。生产领域是我国能源消耗和二氧化碳排放的最主要领域，当然也是技术创新实现减碳的用武之地。当前，尽管我国在绿色低碳技术方面取得了众多突破，但科技创新力仍然不强，关键领域的核心技术依然受制于人，技术的“空心化”问题尚未得到根本解决。因此，必须坚持创新驱动，攻克核心技术，破解低碳转型难题。通过自主研发和突破，减少对国外核心技术的依赖，从而实现自主可持续发展。设立低碳转型关键技术研究专项，实施绿色低碳科技重大专项，狠抓低碳关键核心技术攻关，重点攻克气候变化、新污染物治理等领域的关键技术。只有在发展中保护、在保护中发展，依法推动经济社会绿色、高质量发展。

制定黑土地保护法，保护好“耕地中的大熊猫”；制定深海海底区域资源勘探开发法等，补上资源保护利用领域的短板弱项；修改完善土地管理法、渔业法、煤炭法、节约能源法、野生动物保护法等，加强各类自然资源的保护和合理利用……“这为我国的资源保护和合理利用提供了坚实的法治保障。”岳仲明说。随着生态环境保护制度“四梁八柱”的建立健全，我国生态环境状况不断改善，森林、草原、湿地、河流、湖泊面积持续增加，土地荒漠化趋势得到有效扭转。数据显示，2022年，全国地级及以上城市细颗粒物浓度下降至29微克/立方米，地表水水质优良断面比例达87.9%，近岸海域水质优良比例达81.9%。

减碳谈

阀门

拧紧

应景

刘 成



左图 青岛水务团岛污水处理厂初沉池。(资料照片)

为资源合理利用提供法律保障

本报记者 曾诗阳

刚过去的8月15日是首个全国生态日，这是我国在生态文明领域的综合性活动日。

2个月前，十四届全国人大常委会第三次会议通过《全国人民代表大会常务委员会关于设立全国生态日的决定》。“由全国人大常委会以决定的形式设立，彰显其权威性、严肃性。”全国人大常委会法工委副主任许安标说。

党的十八大以来，我国加快生态文明制度建设，用最严格的制度、最严密的法治划定生态红线，守护绿水青山。据统计，全国人大常委会制定、修改生态环境保护领域法律19件，正在审议1件，还作出有关决议1件。

“目前我国已有生态环境保护法律30余部、行政法规100多件、地方性法规1000余件，还有其他大量涉及生态环境保护的法律法规规定，为形成并完善生态文明制度体系打下了坚实基础。”许安标说。

2018年3月，十三届全国人大一次会议通过宪法修正案，将新发展理念、生态文明和

建设美丽中国的要求载入宪法，确立了生态文明的宪法地位，为推进生态环境治理体系和治理能力现代化提供了宪法保障。

土壤污染防治法、生物安全法、湿地保护法等10部生态环境保护法律先后制定，填补了有关领域的立法空白，生态文明制度体系进一步完善。

环境保护法、大气污染防治法、固体废物污染环境防治法等法律作了较大幅度修改，对海洋环境保护法等进行了多次修改，法律规范更加明确具体，可执行性和可操作性更强。

尤其具有创新性的是，针对特殊区域和流域保护的法律规定，包括长江保护法、黄河保护法等，打造了大江大河治理的重要标杆。坚持生态保护第一，制定青藏高原生态保护法。“对青藏高原生态保护起着固根本、稳预期、利长远的作用。”法工委行政法室主任梁鹰说。

基层立法联系点在立法中充分发挥出

“民意直通车”作用。法工委办公室主任孙镇平介绍，在噪声污染防治法立法过程中，法工委首次委托8个基层立法联系点开展城乡居民噪声污染防治问卷调查，共收回调研问卷477份，对群众反映强烈的突出噪声问题积极回应、系统研究和解决。“通过这种创新方式，进一步拓展人民群众参与立法的方式途径，将人民群众所思所盼所愿具体体现到法律中。”孙镇平说。

为了切实解决生态环境领域“违法成本低、守法成本高”的突出问题，生态环境保护立法加大了对违法行为的处罚力度。“2014年修改的环境保护法被称为‘史上最严’。”许安标介绍，通过引入按日计罚、环保部门可以对造成严重污染的设备查封扣押、对通过逃避监管的方式排污的违法行为人采取拘留、双罚制等严厉手段，有力强化了法律责任。

特别是在严守资源安全底线方面，党的十八大以来，全国人大及其常委会制定修改18件资源保护方面的专门法律和相关规定。

法工委经济法室主任岳仲明表示，其中既涵盖了山、水、林、田、湖、草、沙等各类自然系统，又对特定区域、特定流域、特定类型的资源采取了特别保护措施，还注重了在发展中保护、在保护中发展，依法推动经济社会绿色、高质量发展。

制定黑土地保护法，保护好“耕地中的大熊猫”；制定深海海底区域资源勘探开发法等，补上资源保护利用领域的短板弱项；修改完善土地管理法、渔业法、煤炭法、节约能源法、野生动物保护法等，加强各类自然资源的保护和合理利用……“这为我国的资源保护和合理利用提供了坚实的法治保障。”岳仲明说。随着生态环境保护制度“四梁八柱”的建立健全，我国生态环境状况不断改善，森林、草原、湿地、河流、湖泊面积持续增加，土地荒漠化趋势得到有效扭转。数据显示，2022年，全国地级及以上城市细颗粒物浓度下降至29微克/立方米，地表水水质优良断面比例达87.9%，近岸海域水质优良比例达81.9%。