

废水用作循环水零排放技术综述

本文通过对废水用作循环水零排放技术的环保性、安全性、经济性、科学性的阐述，意在消除人们对这一创新技术的疑虑和担心，同时告知企业要结合本单位的废水种类、废水水质、废水水量和循环水系统设备的运行状况，因势利导、辩证施治，把废水用作循环水零排放技术推广好、运用好，在创新驱动中发展，在节水治污中降耗增效。

废水用作循环水零排放技术是指工业废水、生活污水经过简单预处理后，直接代替新鲜水用作工业循环冷却水的补充水，通过循环水加药处理，达到循环水系统不结垢、不腐蚀、不结泥、不排放。这一技术的成功实践突显了废水低成本资源化利用的独特优势，或将成为我国节水治污领域的重要技术支撑。

任何一种新生事物的成长都要经过一个艰难曲折的过程，废水用作循环水零排放技术的推广和运用也不例外，在引起人们的极大关注的同时，有惊叹、有喝彩、有非议、更多的是疑虑和担心。为了将这一技术推而广之，笔者以亲身经历和体会，对诸多疑虑进行梳理，就其环保性、安全性、经济性、科学性进行如下阐述。

1环保性

废水用作循环水零排放技术的推广和运用，让人们最担心的是环保问题。比如：有机物哪去了？是否造成二次污染？形成的固废是不是危废？等等。回答这些疑虑需要从四个方面作出解释。

1.废水中的有机物可在循环水系统中得到彻底降解。

工业废水尤其是焦化废水、生物制药废水，有机物含量不仅高，而且成分复杂，有专家指出焦化废水中的有机物达358种。这么多的有机物怎么处理呢？目前大家普遍认知的处理方式是深度处理。仔细想来，深度处理废水的设备投资巨大，运行费用特别高，工艺流程又太长，究其处理机理，不外乎厌氧、好氧及固液分离。既然如此，把废水引入循环水系统当补充水，也同样得到厌氧、好氧和固液分离的处理效果。

请看：

在冷却塔处，废水与空气充分交换热量，空气中的氧进入废水中，COD得到有效降解；循环水池中有上千种微生物，可对废水中的BOD进行有效降解；废水在换热器中升温，废水中溶解氧含量降低，从水中逃逸出的氧与有机物和有毒有害物质反应，换热器起到了热解和催化作用；循环水的进水管是兼氧环境，回水管道又是缺氧环境。废水作为循环水补水后，在循环水系统无休止的循环往复中，所有的有机物均可得到彻底的降解。

2.废水用作循环水不会引起二次污染。

工业废水中有氨、硫化氢和酚、氰等化合物，处理得当就不会发生二次污染，更不会发生有机气体进入大气。这是因为：

向循环水系统补充废水的管道接至冷却水池出口，即循环水泵入口处水面以下，在废水进入循环水系统后，直接被循环水泵吸入换热器中，废水升温后，溶解氧含量降低，从水中逃逸出的氧与氨结合形成硝酸根和亚硝酸根，与硫化氢结合形成硫酸根和亚硫酸根；酚、氰化合物虽然毒性强，但极易氧化分解成二氧化碳和无机物。

我们大家知道：工业烟气中的挥发性有机气体的处理方法是先溶于水中，变成有机物，然后通过厌氧、好氧的方法去除掉。既然如此，废水中的有机物怎么可能变成有机气体从水中进入大气呢？

当循环水系统的循环水流量偏大，而保有水量偏小时，循环水的氧含量过剩，极易产生菌藻疯长和生物粘泥的附着，这时通过降低循环水流量或增大保有水量的办法可抑制菌藻疯长。而当循环水中系统的循环水量偏小和保有水量偏大时，循环水中的氧含量低，厌氧时间过长，易产生硫化氢臭味，这时通过加大循环水流量和降低保有水量的方法，可以抑制硫化氢气体产生，消除臭味。

3.循环水池中沉积的固体物不是危废。

工业废水中原有的无机物和有机物降解后生成的无机物共同提升了循环水浊度。在循环水的不断蒸发和无机物的不断浓缩过程中，无机物的结晶析出和沉淀是必然的。在这些沉淀物中，既不含有有机物，也不含有重金属，这是因为

有机物只有降解后才是无机物，否则就不会产生沉淀，这是其一；其二是废水中的微量重金属离子在药剂络合后沉积在循环水设备表面成了预膜剂。所以循环水池底部的沉积物是普普通通的氯化物、硫酸盐、碳酸盐及泥土，不是危废，可在设备大修时清出后铺路、垫地、制成砖，对环境没有任何危害。

4.循环水水质差，措施得当对周围环境无影响。

循环水色度高、含盐量高、浊度高，运行措施得当，对周围环境无影响。一是要在冷却塔填料上部装配收水器，也叫节水器，防止飞溅水被风吹出后，造成周边环境落盐；二是冷却塔下部要安装百叶窗，防止循环水被大风吹出系统后搞脏周围环境；三是循环水PH值低于7.0时，水中的盐类及浊度不易析出沉淀，需要投加液碱，把PH值调节到8.0—9.0，可降低循环水浊度和含盐量。

如上所述，在废水用作循环水零排放技术的运行过程中，要因势利导、辩证施治，采取相应的措施，就不会对环境造成不良影响。

2安全性

废水用作循环水零排放技术的推广和运用，让人们担心的另一个主要问题是循环水设备的安全问题。比如：高盐水会不会结垢？高氯离子、高硫酸根离子水会不会造成系统严重腐蚀？高浊度水是否会结泥而形成堵塞？等等。回答这些问题，需要从五个方面做出解释。

1.反渗透浓水、脱硫废液、其它循环水的排污水是一类高碱度、高硬度、高PH值型极易结垢的水质。当这类水作为循环水补充水时，一定要掺配一部分工业水进行稀释后再用，或者掺配高氯离子、高硫酸根离子水共用，通过以废治废的办法，让暂时硬度转变为永久硬度，降低结垢趋势。同时投加适量的防结垢型多功能阻垢缓蚀剂，改变结垢物质的晶体形态为水渣，在循环水池中发生沉淀，就不会发生高盐水结垢问题了。

2.酸碱再生废水、冶金行业的污酸水、脱硫废液、农药废水等低碱、低PH值水质，是一类腐蚀性很强的水。此类水不可单独用作循环水的补充水，最好的办法是与浓盐水等易结垢性废水混合使用，促使氯化钙和硫酸钙的析出沉淀，从而达到降低循环水氯离子和硫酸根离子的作用，降低腐蚀倾向。一般来讲，高氯离子、高硫酸根离子的水质，其阳离子含量也高，其中的微量重金属离子含量也高，适度投加加强型缓蚀预膜剂，可络合重金属离子在设备表面预膜，达到设备不腐蚀的效果。

3.脱硫废液、蒸氨废水、石化废水等高浊度水作为循环水的补充水时，处置得当也不会发生热交换器堵塞问题。循环水浊度高，是废水用作循环水零排放技术的主要特征，但是并不意味着浊度高，就一定会堵塞。这是因为，多功能阻垢缓蚀剂是阴离子型的，在水中带阴电荷，而浊度是无机物，通常带阳电荷。

阴阳电荷的互相吸引与中和，使浊度失去了电性，因而在循环水的流动过程中不会产生沉淀和附着。另一方面，多功能阻垢缓蚀剂具有除垢、除锈瘤锈斑的功能，设备表面预膜后处于光洁状态，因而即使浊度很高，甚至达到“标准”规定数百倍，也不产生浊度沉积而堵塞的问题。

浊度高，水的比重大，会影响循环水的流速，甚至影响换热效果。为防止此类问题发生，需要采取相应的措施进行防治：

一是加开备用循环水泵，加大循环水流量及流速；

二是适当排放一部分浊度高的循环水至事故水池或污水厂调节池，静止沉降后，上清水仍可返回循环水系统；

三是在循环水池中安装泥浆泵，把池底泥巴抽到一沉淀池，静止沉淀后，把上清水再返回循环水系统；

四是在循环水泵的吸入口加装钢板围栏，防止池底泥吸入泵内，影响换热效果；

五是适时投加杀菌灭藻粘泥剥离剂，防止生物粘泥在系统设备上的沉积。

4.精细化管理，做好问题预案，把问题解决在萌芽状态。由于循环水系统原来存在着严重的结垢和腐蚀问题，在运用废水用作循环水零排放技术后，会出现许许多多可以预见性问题。为了把损失降到最低限度，需要做好各种预案：

一是结垢严重的系统，开始用药的前几个月，冷却塔上层填料内的垢发生疏松后，跌落至下层填料上形成堵塞，不仅影响循环水冷却效果，严重时甚至把下层填料压塌。解决此类问题就是控制药剂用量，延长除垢时间，使老垢慢慢溶解而除去。

二是结垢严重的循环水系统，如果运行中更换冷却塔填料，必须在循环水池出口加装过滤网，防止填料碎片堵塞换热器。另外，用药量要成倍增加，防止垢渣消耗掉有限的加药量后，造成进入换热器的循环水缺药，而引起新的结垢。

三是腐蚀严重的循环水系统，用药初期，循环水上水管道内脱落的锈瘤碎片会堵塞换热器的入口，需要及时解列换热器进行人工疏通。运行一段时间后，循环水回水管道上脱落的锈瘤碎片会堵塞冷却塔喷头或填料，脱落严重时引起填料不堪重负造成坍塌。这需要及早发现，及时进行人工疏通或更新。

四是脱落的锈瘤下部可能有已经穿透的锈坑，会造成系统物料泄漏，要及时解列进行修复。如果因物料泄漏引起循环水系统菌藻疯长，则需要加大杀菌灭藻粘泥剥离剂的用量及次数。

五是进入循环水的各种废水，需要去除漂浮油、降温、消泡、除浊。预处理废水时，尽量降低碱用量，以控制泡沫产生。

六是当循环水的氯离子达到8000mg/L，蝶片式不锈钢换热器因制造过程中有压制裂纹，会形成氯离子聚集造成穿孔。当预料这种情况可能发生时，要及早更换成碳钢换热器，或者改为工业水冷却蝶片式换热器，回水补入循环水系统。

在废水用作循环水零排放时，循环水系统的任何水质数据都说明不了循环水设备运行中是否结垢和腐蚀。唯一可以证明系统运行状况的参照物就是循环水池中的钢结构物是否有结垢腐蚀现象。为了便于平时观察，可制作一块40cm×120cm的新钢板放置在循环水池中水泥横梁上淋水最充足的位置，作为日常观察的标记。

一般情况下，钢板表面发红就是腐蚀，严重腐蚀就会产生锈瘤锈斑；如果钢板表面发白，就是结垢；如果钢板表面发黑，则为正常，说明了重金属离子膜正在形成。当钢板发红或发白时，需及时调整药剂配方和药量，防止产生新的腐蚀和新的结垢。

如上所述，在循环水用废水零排放运行过程中，细心观察，好事多磨，辨证施治，对症下药，就可保证循环水系统安全运行。

3经济性

废水用作循环水零排放技术的推广和运用，人们最关注的第三个问题是经济性如何？比如：有没有设备投资？有没有在线检测设施？药剂费用如何？给企业带来的利益是什么？等等。就此类问题回答如下：

1.企业投入很小。

废水用作循环水零排放技术的运用，没有土建工程，没有设备投资，没有自动化在线检测仪器，循环水系统设施也无需改造。只是采用循环水加药，而且是滴加的方法，就可实现循环水系统长期不结垢、不腐蚀、不结泥的效果。该专利技术奥妙之处就在于，用最省钱最简单的方法解决最复杂的问题，达到最好的水处理效果。

循环水系统用药量的依据是：废水种类、废水水质、废水用量、废水配合比例、生产规模、循环水流量、保有水量、换热器型号、换热器材质、循环水设备结垢及腐蚀现状等。一般情况下，以系统的保有水量为单位，每日的多功能阻垢缓蚀剂用量为50-100ppm，特殊的水质或特殊的系统设计，会超过这个范围，如果系统的氯离子或硫酸根离子达到5000~70000mg/L。每周还需投加1~7次的加强型缓蚀预膜剂，每次用量为系统保有水量的50ppm。杀菌灭藻粘泥剥离剂的使用，要视循环水系统的菌藻长势和生物粘泥附着情况而投加，预计一年投加6次左右，每次的用量为200~300ppm。

按照上述用药方法及用药量，平均每消耗掉一吨废水，或每蒸发掉一吨废水的费用为4.0元左右，仅相当于买一吨新水的费用。

2.企业利益最大。

废水用作循环水零排放技术的运用，给企业带来了最大的利益，表现在多方面：

废水不生化处理，不深度处理，降低了废水处理成本。比如：蒸氨废水生化处理时配合上一半的工业水，每吨的处理成本达10元左右；生物制药废水处理不仅要生化，还要超级氧化，每吨废水的处理费用达65元左右；脱硫废液交由专门公司处理时，每吨的处理价格是2000元。不同的企业有不同的工艺废水，废水不生化、不深度处理可以节省大笔的水处理费用，甚至可以让企业扭亏为盈，起死回生。

废水不排放，节省了排污费。各地的排污费用不等，有的地区废水排放费是每吨12元，有的地区是年排污费总包，有的地区是按照排污水中的COD、氨氮总量计算排污费。总而言之，采用废水用作循环水零排放技术后，企业排污费支出为零。

节约新鲜水费用。采用废水用作循环水零排放技术后，废水的消耗量就是新鲜水的节约量，在内蒙古和河北省的沿海地区，一吨新鲜水的费用为5~7元，这对于一些耗水大户来讲，是一笔很大的费用支出。

节约能源。循环水系统在百分之百不结垢不腐蚀状态下，同样的发电量，能源消耗可节约10~30%；在焦化企业，化产产品的回收率比结垢腐蚀状态下多出10~30%。其它行业也如此，循环水用废水零排放，在不结垢不腐蚀状态下，劳动生产率的提高是一项巨大收益。

延长了设备的使用年限。在焦化企业，横管冷却器每年进行一次清洗打垢，每三年更换一遍换热管，不仅停产有损失，清洗换热管也是一笔不小的开支，而采用废水用作循环水零排放技术后的用户，这些费用不再发生。

3.社会效益显著。

采用废水用作循环水零排放技术后，废水全部利用，新鲜水大量节约，不仅不污染环境，而且水资源紧张的状况得到了缓解。平均每利用一吨废水3.5元计算，年利用废水831.4万吨，少排废水831.4万吨，节约新鲜水831.4万吨，是一项一举多得综合性社会收益。

我国的燃煤电厂是耗水大户，也是排水大户。以180万千瓦装机容量为例，日排废水3000吨，平均每万千瓦每日排废水16.7吨。我国燃煤电厂装机9.9亿千瓦，湿冷机组7.15亿千瓦，按每万千瓦每天排废水16.7吨计，湿冷机组年排水量约4.35亿吨。

如果全国湿冷机组都采用了废水用作循环水零排放技术，每年的4.35亿吨废水不排了，4.35亿吨新鲜水也就节约了。冶金行业、煤化工行业都是耗水大户、排水大户，如果都采用了废水用作循环水零排放技术，何来水环境污染？何来水资源紧张？何来企业亏损？

4科学性

废水用作循环水零排放技术的创新举措，让一些人感到“不可思议”，还有的人感到是“天方夜谭”，更有专家批评是“伪科学”。业内人士多有质疑：“纯水也会形成腐蚀和锈垢，废水怎么可能不结垢不腐蚀呢？”等等。废水用作循环水零排放技术有没有科学性呢？需从三个层面作出解释。

1.废水用作循环水零排放技术源自我国经济社会发展的需要。

我国是世界上严重缺水的13个国家之一，人均水资源占有量是世界平均水平的四分之一，而万元GDP的耗水量却是世界平均水平的四倍。水资源既紧张又浪费，废水又排放又污染，已经成为国民经济和社会发展的瓶颈。其表现有3点：

在废水处理及废水回用领域，节能减排是口号，耗能减排和节能偷排是实际。在已经投巨资准备废水深度处理的企业中，有的是设备闲置，有的是佯作运行，有的真实运行，企业出现了严重亏损。

在工业循环水处理领域中，阻垢率合格、腐蚀率合格成了循环水系统结垢和腐蚀的遮羞布与解说词。即使在用软水或纯水作循环水系统的补充水时，也存在着严重的腐蚀和结垢问题。

在水环境污染治理领域，国家相关部门出台了一系列政策法规，也采取了一些非常严厉的措施，可是由于废水处理技术成本高或应用技术不到位，水环境污染问题并未从根本上解决。

基于上述现实，2008年实现了循环水系统百分之百不结垢不腐蚀；2010年实现了循环水系统用工业水零排放；2013年实现了废水用作循环水零排放。在这一科研过程中，将废水处理、废水回用、循环水系统防垢防腐、循环水系统零排放、节约新鲜水、治理水污染等多项技术揉和在一起搞研发，创造出了废水用作循环水零排放技术，实属经济社会发展的急需，也是历史发展的必然。

2、废水用作循环水零排放技术经受了实践标准的检验。

在工业循环水处理方面，判断补充水是否结垢腐蚀，传统的参考依据是1936年朗格利尔创立的饱和指数，1946年雷兹纳创立的稳定指数和1979年帕科雷卡斯创立的结垢指数。在多年的实践中，通过反复的摸索，创造了简单易行的水质判断方法。

即：补充水的氯离子和硫酸根离子之和如果大于碱度数值，该水就是腐蚀性水质，否则就是结垢性水质。根据这一简单的水质测定方法和判断方法，确定阻垢缓蚀剂的品种和型号，以及日用量，确保了循环水系统多年来未发生结垢腐蚀问题，经受住了实践的检验。

在工业循环水处理方面，冶金、电力、化工、石化系统都制定了本行业的循环水水质控制标准，这些标准大同小异，基本要求是控制PH值，控制氯离子、硬度、浊度、碱度、硫酸根等指标。多年来的循环水系统又结垢、又腐蚀、又浪费水的现象与这些标准不无关系。

因为，控制循环水PH值的方法就是加酸，加酸引起系统腐蚀，腐蚀又引起系统结垢；循环水控制氯离子、碱度、浊度等项指标的方法就是排水，排水引起水资源的浪费，引起水环境污染。多年来，不控制循环水的任何指标，却达到了用废水零排放、百分之百不结垢、不腐蚀、不结泥的效果。

在工业循环水的补充水方面，多个行业制定了用水标准，废水回用也设定了回用标准，这些标准的制定限制了废水利用，也是废水排放无节制的主要原因。近年来，废水用作循环水零排放技术，对废水回用没有严格的水质要求，只是要求去除漂浮油，降低水温。所以，剩余氨水、蒸氨废水、生化废水、脱硫废液、酸碱再生废水、生活中水、石化废水、生物制药废水等都可以用作循环水的补充水，在实现废水低成本资源化利用的同时，实现了循环水系统百分之百不结垢不腐蚀。实践是检验真理的唯一标准，实践证明了废水是循环水的最佳水源。

3.废水用作循环水零排放技术的实践，创造了工业循环水处理的新理论、新理念。

废水用作循环水零排放技术实施三年来，发生了许多有趣的现象，使我们的水处理观念发生了变化。比如：循环水系统多次出现氯离子、碱度、PH值、电导、浊度、铁离子等数据低于补充水数据的现象。如果按照传统的水处理理论和判断方法，肯定是结垢引起。其实不然，当用户一次又一次的打开换热器检查时，效果是一次比一次好。

通过认真的思考和辩证分析，其反应机理总结如下：

废水中的结垢物质在超饱和状态下必然发生结晶析出，当氯化钙结晶析出时，与水中的浊度发生共沉淀，循环水水质得到改善，所以循环水的浊度、氯离子、电导低于补充水的数值也就不足为奇。其原因就在于氯化钙是一种净水剂，氯化钙的超饱和析出对降低循环水浊度非常有利。

循环水的PH值是循环水碱度的体现，当药剂把循环水的钙、镁离子螯合后，碱度不能与钙、镁离子结合成垢，于是表示为碱度的碳酸氢根离子就成了多余而不稳定的负离子，在换热器受热后，两个碳酸氢根离子转化成一个二氧化碳分子，一个水分子，一个碳酸根离子。二氧化碳在水中又形成碳酸，所以循环水的PH值在不加酸的情况下，也不会升高，也不会发生结垢。这里的关键因素是一定要有好的水处理剂，确实能螯合住钙、镁离子，否则就会结垢。

废水中的重金属离子附着能力特别强，附着后造成电位差，引起设备的电偶腐蚀。而当优良的水处理药剂把废水中的微量重金属离子络合后，在循环水设备上有序的发生沉淀，就成了设备的最好预膜剂。正是因为如此，所以循环水氯离子达到68000mg/L时，设备也没有腐蚀迹象就是这个道理。所以补水中的铁离子高，循环水铁离子低的现象，就不难理解了。

焦化废水等含氨，PH值达9.5~10.0，碱度为220~300mmol/L，当作为循环水的补充水时，在换热器中氨与氧结合形成硝酸根和亚硝酸根，水中的碳酸盐、碳酸氢盐转化为硝酸盐和亚硝酸盐，因此循环水的PH值不仅低于补充水，而且循环水的硬度达到了20000mg/L，也没有结垢迹象。

废水中有乳化油，在废水作为循环水补充水后，油与水中的氢氧根碱度、碳酸根碱度在换热器处共同受热，产生了皂化反应。皂化反应具有表面活性并产生气泡，可在循环水系统中起到杀菌、灭藻、清洗的作用。实践证明：循环水系统是废水深度处理的最佳设施。

目前，废水用作循环水零排放技术已在冶金、制药、煤焦化、石油炼化、热电等行业的30多家企业试用或应用成功，其循环水水质创造了国内外水处理史上的五项之最：一是剩余氨水、脱硫液、反渗透浓水作循环的补充水时，循环水的最高硬度达到25000mg/L；二是酸碱再生废水作循环水补充水时，循环水的最高氯离子达到了68640mg/L；三是蒸氨废水作循环水的补充水，循环水浊度最高达到9600NTU；四是生物制药废水作循环水补充水，循环水的电导率最高达到71200us/cm²；五是石化废水作循环水的补充水，循环水的最高COD达到44308mg/L。

尽管上述废水水质及循环水水质特差，可是循环水系统设备的处理效果史无前例，是异常的不结垢、不腐蚀、不结泥。实践出真知，一切真知灼见都来自于伟大的实践。废水用作循环水零排放技术的成功实践，将为废水处理和循环水处理理论的创新增加新的一页。

5结束语

- 1.废水用作循环水零排放技术具有环保性、安全性、经济性和科学性。推广和运用该项技术，中国的水污染状况或将成为历史，划上句号。
- 2.废水用作循环水零排放技术实现了废水利用资源化、处理方法简单化、企业利益最大化，是经济社会发展的需要，是水处理事业发展的必然。
- 3.废水用作循环水零排放技术的推广和运用要因势利导、辩证施治、加强管理，才能确保好的技术用出好的效果。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/121056.html>