

节水减排、清洁生产

——泄漏循环水系统的零排放

严维山 凌宁 王馨 宋爽英 金陵石化股份公司

摘要：运用一种新型的水处理清洁生产技术——生物活性水处理技术，探讨在泄漏油品的循环水系统中不排污、不置换，装置检修后亦无需化学清洗、大量排水置换，使循环水基本达到零排污的可行性，寻求切实可行的节水减排清洁生产新技术。该技术以生物酶净化理论为核心，强调在污染的循环水自身体系中降解油品、最大限度的减少排污；通过生物净化技术使受油品污染的水变成正常水系，实现污染水源的再利用。应用该技术，在有效保证水处理效果的同时，基本上不产生废弃物，解决了节水减排、保护环境与水处理效果之间的矛盾，有利于促进经济、社会和环境效益的协调发展。

关键词：清洁生产、节水、减排、零排污、生物酶、泄漏、循环水

1 概述

面对环境污染日趋严重、资源日趋短缺的局面，工业发达国家在对其经济发展过程进行反思的基础上，认识到不改变长期沿用的大量消耗资源和能源来推动经济增长的传统模式，单靠一些补救的环境保护措施，是不能从根本上解决环境问题的。美国国会 1990 年通过了《污染预防法》，把污染预防作为美国的国家政策，取代了长期采用的末端处理的污染控制政策。

联合国环境规划署极为重视发达国家这一工业污染防治战略的转移，决定在世界范围内推行清洁生产。1989 年联合国环境署制定了《清洁生产计划》。1992 年召开的联合国环发大会上，通过了《21 世纪议程》，号召提高能效，开展清洁技术，推动实现工业可持续发展。1998 年联合国环境规划署召开了第 5 届国际清洁生产高级会议，并通过了《国际清洁生产宣言》。

联合国环境规划署和工业发展组织的一系列活动，有力地在全世界范围内推行清洁生产，对我国推行清洁生产也起到极大的促进作用。1993 年召开的第二次全国工业污染防治会议，提出了清洁生产的重要意义和作用，明确了清洁生产在我国工业污染防治中的地位。1997 年国家环保总局制定并发布了《关于推行清洁生产的若干意见》。2002 年通过《中华人民共和国清洁生产促进法》，全面推行清洁生产，实现经济发展与环境保护“双赢”目标。

清洁生产是一种全新的发展战略，它是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。它借助于各种相关理论和技术，在产品的整个生命周期的各个环节采取“预防”措施，从而实现最小的环境影响、最少的资源、能源使用，最佳的管理模式以及最优化的经济增长水平。更重要的是，环境作为经济的载体，良好的环境可更好地支撑经济的发展，并为社会经济活动提供所必须的资源 and 能源，从而实现经济的可持续发展。

清洁生产一经提出后，在世界范围内得到许多国家和组织的积极推进和实践，其最大的生命力在于可取得环境效益和经济效益的“双赢”，是实现经济与环境协调发展的唯一途径。

2 石化企业水处理清洁生产新技术

随着世界人口的迅猛增加和工业的高速发展，水资源短缺日益加剧，虽然全球水总储量为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，但实际可供人类生活和生产取用的淡水储量仅占水总储量的 0.014%，水已成为全世界最紧迫的自然资源问题。而另一方面，水污染日趋严重，全世界每年排放的工业废水约使可供人类使用总量 1/3 的淡水资源受到污染。

作为我国支柱产业的石化企业，节水减排、推进清洁生产的潜力尚大有可挖，国内吨油加工平均消耗水量是国外先进水平的 5 倍，吨油加工平均污水排放量是国外先进水平的 12 倍。造成这一差距的原因，除了管理水平、工艺路线、设备等诸多因素之外，作为石化企业用水大户的循环水场，水处理技术水平普遍不高也是一大因素。尤其当循环水遇到换热器泄漏，水场需大量排放污水，并补充等量新鲜水，这样不仅浪费水资源、污染环境，而且影响了企业经济效益的提高。

工业企业采用清洁生产技术，走节水型发展道路是实现可持续发展的必然趋势，而清洁生产以及“污染预防”等预防性战略是比以末端治理为主的环境战略更佳的选择。因此，在石化企业现有水资源的基础上合理用水，加强管理，提高

水资源利用率，开发应用更清洁的水处理技术，在源头上削减污染物排放，是实现环境、资源的保护和有效管理的重要途径。

在多年的实践研究中，针对常规水处理技术面对泄漏循环水系统只能大排大补的弊端，我们认为在泄漏循环水系统中能做到不排污、不置换、在循环水自身体系中降解油品的运行技术，才是真正切实可行的水处理清洁生产新技术。近五年来，我们在金陵石化炼油厂 3[#]、4[#]两套循环水系统中成功地应用了江苏某研究所的生物活性净化水处理技术，应用结果证明了该技术是水处理方面一项崭新的清洁生产新技术，补水量大量减少与污水零排放的基本实现，达到了清洁生产所要求的“最小的环境影响、最少的资源利用”这一目的。

该项水处理清洁生产新技术无论在物料泄漏，还是在装置检修水质波动期间，都将循环水的处理看成一个完整、连续的工艺过程，它与常规水处理技术最大的不同是：该技术采用生物净化和生物控制理论，可使循环水场即使在遭受大量泄漏油品的冲击下也无需排污、置换，在装置检修后亦无需对循环水场进行清洗预膜、排污换水，而是依靠生物酶类净化剂高效的催化分解作用，在循环水自身体系中降解油品，从而达到清污除油、缓蚀阻垢、保护设备的功效。该技术的应用，在节约水资源的同时，又减少了高含油污水的排放量，减轻了污水处理场的污水净化负荷，保护了环境。在当前水资源日益短缺，环境恶化，尤其是炼化企业难保不泄漏的背景下，应用该项技术，可取得环境效益和经济效益的“双赢”，实现经济、社会和环境效益的协调发展，提高企业的市场竞争力。

3 循环水泄漏系统两种水处理技术的对比

3.1 常规水处理技术的应用缺点

国内炼油厂由于装置老化、检修质量、密封技术、操作波动等原因，物料泄漏在所难免。常规水处理技术一旦面临油品泄漏，除了大量排水置换外，并无切实有效的应对方法。

此时相关部门如果迅速组织查漏，查出漏点，关闭泄漏换热器，循环水场通过大量排污，及时置换新鲜水，可较迅速地恢复到正常运行状态。如果泄漏严重

或一时无法切断，尤其是大量泄漏重油，油品粘附在系统管壁上，无法通过置换带出系统，水场还需进行大剂量冲击性清洗、杀菌剥离操作，通过降低 pH 值化学酸洗、高磷水稳剂预膜以及大量排污置换这类常规处理工艺，才能使受污染的水体恢复正常。在这一过程中，药剂耗费大，补水量极大，而且大量污水的排放又增加了下游污水处理场的运行负荷。现在随着人们对环境保护意识的逐渐增强，排污控制日趋严格，排污量受到环保限制，不象以往可以随时大排大补，受泄漏物污染的循环水场已非想排多少就给排多少，因此水场只有通过长期运行（通常 1 个月，有时长达 2 个多月），才能将残存的泄漏物慢慢排掉，系统方步入常规运行，即“以时间换效果”。而在系统恢复期，水冷器的腐蚀与结垢则得不到应有的保护。

如果泄漏持续不断发生，系统只能靠不断地排放受污染的循环水，置换补充大量的新鲜水来勉强维持运行，如此操作，水耗、药耗、排污量都相当大，对水资源的节约与环境的保护相当不利，完全不符合清洁生产要求。但如果考虑到节水减排，水场则无法及时大量置换，泄漏物越积越多，此时常规水处理技术已一筹莫展，水质极度恶化，菌藻粘泥失控，系统腐蚀与结垢严重。炼厂 3#循环水场正是处于该背景下开始应用了生物活性水处理技术，试图通过该项清洁生产新技术的应用，解决节水减排、保护环境与水处理效果之间的矛盾，能让循环水系统在泄漏背景下，不排污、不换水、全封闭运行，同时保证良好的水质稳定效果。

3.2 水处理清洁生产新技术的净化机理与特点

生物活性水处理技术除油净化机理的核心，是在循环水处理的常规概念中引入生物净化概念，使受油品污染的水通过生物净化技术变成正常水系来进行处理。生物净化有细菌群净化和酶净化两种。细菌群净化一般有①优势菌种接种法获得生物菌群；②自驯化菌群法获得适应菌群；③使用孢子粉保持优势菌群，这些都是以生物群体工作为主体，受水体的污染物品种、浓度、温度、甚至水体中 C、N、P 等营养构成影响，运行的稳定性较差。而酶水解净化是使污染物在相应酶的催化分解下得到降解，这种净化方法只受酶的选择特性影响，当酶选择性正确后，整个降解过程十分完全、彻底、效果明显。因此生物活性水处理技术体系

中就是采用生物酶类净化剂在循环水水体封闭状态运行，降解泄漏物料，使循环水系统在物料泄漏背景下不清洗、不置换、不排水，平稳运行。

当选择了确切的酶类净化剂进入循环水体后，并不会因为未泄漏而失去活性，只是处于戒备状态，此时的水面水色均不会有异常。当有油品泄漏进入水体后，酶会与油份捕捉性结合，水体出现激活状，有泡沫产生。酶与油结合的同时，水解作用会同时发生于油团油滴的表面，症状显示为油团表面粘性下降，逐层剥离减小，最终被分解完毕。届时油沫中呈现无粘性的渣状物，水体中生物絮状体增多，旁滤池工作负荷增加。酶在完成了先期捕捉到的油脂分解任务后，自身仍然完好，可继续作用、连续工作，这也是高价值的酶制剂在循环水大水体中微量使用的一个先决条件，使得昂贵的酶制剂经济有效地被应用。

3.3 水处理清洁生产新技术与常规水处理技术的差异

采用生物活性水处理技术，处理工艺及运行管理与常规水处理技术相比，发生了多方面的变化。

3.3.1 长期不排污、不置换，补水量减少并趋于稳定，排污量几乎为零，水位波动小，操作控制工作量减少，系统运行平稳，运行费用减少，环保负担降低。

3.3.2 对旁滤池的运行与反冲洗要求稍高，但反冲时间延长，且不用蒸汽，水耗、能耗下降。

3.3.3 取消常规水处理技术中的清洗预膜工艺，即取消大剂量化学药剂清洗、高浓度药剂预膜、冲击性杀菌操作等工艺，大大降低药耗，运行成本大幅降低；同时减少了大量含腐蚀性化学药剂、毒性杀菌剂以及高磷酸盐污水的排放，保护了环境与水域。

3.3.4 系统在遭遇泄漏时耐冲击能力加强，泄漏后不用置换、排污和清洗，极大地削减了污染物的排放，提高了生产安全系数，大大地改善了泄漏后的操作难度与劳动强度，确保水处理效果，明显地节约运行费用。

4 泄漏系统水处理清洁生产新技术节水减排实例

4.1 泄漏系统不停车与不置换清洗处理

在该水处理技术进行不停车清洗运行前，3[#]循环水系统装置物料泄漏不断，浊度最高升至 60 mg/L，铁离子浓度则为 2.65mg/L，表明系统腐蚀严重。当时的3[#]循环水，集水池水面被一层厚厚的、棕黄色、粘稠状蜡黄油所覆盖，已看不清循环水的原来模样，集水池壁可明显看到大量长长的絮状漂浮物，粘泥含量大多数时间在 50~100 ml/M³之间，有时甚至高达 200 ml/M³左右，循环水系统基本处于非正常运行状态。水场也曾通过大量排水、溢流，力图将受污染的循环水置换掉，但由于长期泄漏，短时间置换无济于事，而长时间、频繁排水置换，水场水耗、药耗负担太重，且大量污水的排放对环保工作带来很大压力。

为了在节水减排的同时，根本性地解决循环水水质恶化问题，我们应用了生物活性水处理技术。循环水场在不排污、不置换的条件下，仅靠自身生物酶制剂的降解作用使系统平稳达到除油净化、清污除粘泥的目的，水场水色呈现很久未见的清亮颜色，水质恢复到清循环运行状态。运行结束后停下旁滤池检验，挖出的滤料很干净，显露出石英砂的本色，砂粒间不含污油污泥，无异味，这在以往从未有过；而同时清出的补充水的无阀滤池的滤料却很脏，虽然无阀滤池只过滤3[#]循环水补充用的江水，但滤料呈黄泥浆色，和淤泥夹在一起，有异味。同样用砂作为滤层却流泾状态不一样，因此可以判断，循环水的主管网中也应基本清洁。

生物活性水处理技术在 3[#]循环水系统的清洗运行，彻底扭转了水场长期因装置泄漏而遭成的水质恶化的被动局面，最重要的是，我们在稳定水质的同时，探索到一条节约水资源、降低排污的新思路，为环保工作寻找到一项水处理方面的清洁生产新技术。

4.2 渣油泄漏系统不排污处理

2000年6月12日，适逢总公司设备大检查前夕，突然发生严重的渣油泄漏事件，3[#]循环水场集水池表面漂浮一层5~20厘米厚黑色渣油，水体墨黑色，浊度达45mg/l，含油量38.6mg/l。

过去系统遭遇这样的泄漏，则需两三个月大量排水、大量补水的连续置换才能回复正常运行，而连续排放的渣油将加重污水处理场运行负荷。运用该水处理

技术紧急净化处理，只稍稍加大活性除油剂投加量 40 公斤，配合人工捞油，在全封闭、不排污、不置换的条件下，第二天含油量就降为 15.1mg/L，第四天即为 5.2mg/L。特别明显的是漂浮在三个集水池水面上的浮油，人工只清捞了 2[#]、3[#]两间，1[#]池面厚厚的油层在第四天人工尚未清捞前已自行降解消失，水质在第四天总公司检查团到达时已基本恢复，水色再现清澈，水面仅有极少量泡沫，为炼厂顺利迎接总公司检查争取了宝贵的时间。

由此可见，在该水处理背景下，对泄漏事故的处理迅速有效，循环水系统运行平稳，无需常规冲击性置换处理，泄漏油品即可在自身体系中降解，极大地削减了污染物的排放量，此次节水量相当大。

4.3 大剂量油品泄漏系统全封闭快速处理

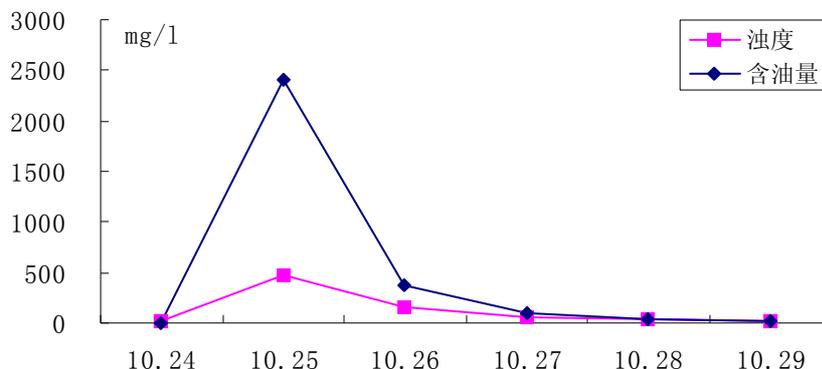
2002 年 10 月 24 日夜，炼厂 1[#]循环水系统发生一起柴油大剂量泄漏事件，此次泄漏严重污染 1[#]循环水场水质，25 日 8:00 循环水浊度骤升至 477 NTU，含油量高达 2407mg/l。

由于 1[#]循环水系统应用的是常规水处理技术，无法全封闭处理，在该泄漏背景下必须大量排污并补充新鲜水。考虑到如此高含量的含油污水的大量排放，将对下游污水处理场的正常运行造成严重冲击，安环处无法安排排污置换，于 25 日 20:00 起紧急采用“生物活性”水处理技术，在不排污、不置换的条件下对 1[#]循环水场进行生物酶作用为主的净化处理，同时兼顾考虑系统的缓蚀、阻垢等各项水质稳定要求，获得极大成功。全封闭处理过程中，水质改变 24 小时见效，48 小时有大的改观，5 天基本全面恢复。水质变化如图一所示，含油量及浊度降解曲线见图二。

图一、封闭处理过程中水质变化趋势

日期	含油量 mg/l	浊度 NTU	总铁 mg/l	有机磷 mg/l	浓缩倍数
10.24	1.1	10	0.52	5.75	4.71
10.25	2407	477	1.84	干扰	4.55
10.26	366	167		1.56	4.36
10.27	94.1	64		2.53	4.24
10.28	44.1	33	1.19	3.91	4.07
10.29	22.4	20	0.83	5.06	4.34

图二、含油量、浊度降解曲线



该生物活性水处理技术在大剂量油品泄漏的常规水处理系统中的成功应用，表明其不仅对泄漏油品的处理迅速有效，而且可以确保浓缩倍数稳定在高位运行，再次证明它是一项先进有效的清洁生产技术。该技术优于常规水处理技术的特点在于：无需通过常规的杀生剥离、清洗预膜、排污置换的工艺，即可达到迅速改善水质、保护设备之目的，降低了冷换设备的水相腐蚀，为装置实现安、稳、长、满、优运行奠定了基础；在确保循环水处理效果的基础上，在节约水资源的同时，避免了对环境、对水域的污染，切合了清洁生产的要求。

4.4 大量重油泄漏时的免清洗预膜处理

2004年8月22日，炼厂3[#]循环水系统泄漏大量蜡油，集水池面被一层厚厚的棕黄色蜡油覆盖，见不到水色。由于3[#]循环水场原本应用的就是生物活性水处理技术，因此只需追加少量活性生物酶制剂，即可在全封闭、不排污的背景下，对油品进行净化降解处理。23至26日，每天只比常规加药方案多投加一桶20Kg活性除油剂，27日系统全面恢复清洁状态，水色清亮，水质正常，水场补水量与泄漏前持平，排污量几乎为零。泄漏处理前后水质变化见图三、图四。

图三、蜡油泄漏处理前水质照片



图四、蜡油泄漏处理后水质照片



当循环水系统遭遇重油污染时，对于常规水处理技术是件很头疼的事，即使系统进行化学药剂的清洗预膜，并进行大量的排污置换处理，也达不到很好的效果。因为重油极易吸附在设备表面及管网内壁，如果清洗剂中没有有效的除油配方，附着的油品无法完全清除，不仅会直接影响到预膜效果，而且积存于管网设备中的油脂，在循环水的不断冲刷下将慢慢向水体释放，导致水质长期无法彻底改善。应用生物活性水处理技术，无需常规的清洗预膜处理工艺，更无需大量排水置换，即可将水体中以及设备表面、管网内壁附着的重油完全生物降解掉，不仅迅速而彻底地改善水质，而且经济、节约，大大降低药剂成本，节约水资源，保护环境。

5 水处理清洁生产新技术污泥减量实例

装置物料的泄漏、水中杂质以及设备管线中的杂质等各种污染物因素，在循环水运行过程中会产生粘泥、淤泥，尤其是物料泄漏，会极大地促进粘泥的滋生。随着长周期运行，大量的粘泥、淤泥不易随水置换出水场，积存在系统中，不断地慢慢向水体释放，影响循环水处理效果。常规水处理技术对粘泥、淤泥没有降解能力，只能任其沉积，最后通过停下凉水塔，将集水池中的水排尽后，人工将池底淤泥清捞出系统。大量循环水的排放是对水资源的极大浪费，而大量淤泥的排放又对环境造成了不良影响。

生物活性水处理技术中的生物酶净化剂，对油品等污染物有很好的生化降解作用，降解最终产物为无机物和非粘性的生物絮状体，可由旁滤系统带出水场，因此水体中的粘泥大大降低，积存于系统的淤泥也大为减少，水场无需停止运行、排水清池，节省了大量的人力，保证了生产的连续运行，在节约水资源的同时降低了废弃物的排放。

炼厂 1[#] 循环水系统采用的是常规水处理技术，2004 年 2 月，三套装置同时停工检修，循环水场借此机会将 2 个集水池中的水逐个排尽，清捞池底淤泥。集水池底黑色、恶臭的油泥粘泥层厚度达 20~30 厘米，工人需穿高筒雨靴方可下池清挖，劳动强度大，废弃物多。

而采用生物活性水处理技术的 4[#] 循环水系统，2001 年底有两套装置停工检修，水场因此停止运行近一个月进行大检修。水场排尽水后，集水池底露出本来面目，水泥地面上几乎没有粘性、恶臭、黑色的粘泥及腐蚀产物，表明系统经过该水处理工艺的处理本身就比较干净。

2004 年 6 月，同样采用生物活性水处理技术的 3[#] 循环水系统，因一间集水池有漏水现象，需要维修，因此停下该间凉水塔，将集水池中的水全部排尽，显露出池底的淤泥只有薄薄的一层，且没有恶臭，工人只需穿低帮雨鞋即可下池操作，工作强度大大降低。3[#] 循环水系统串联 11 套生产装置，泄漏频繁，但泄漏油品经生物酶净化剂生化降解后，产生的粘泥、淤泥很少，因此较常规水处理技术处理

的系统干净、清洁许多。

图五、清洁生产技术处理下的循环水池底淤泥



6 装置停工检修后的两种水处理技术对比

金陵石化炼油厂 3[#]、4[#]循环水系统共提供 13 套生产装置的冷却用水，每年至少有 2~3 套装置进行检修。以往遇到几个主要装置检修，为了确保循环水系统的正常运行，水场首先想到进行一次清洗、置换、预膜处理，而化学清洗的机理主要是利用有机酸或无机酸对设备表面进行除锈、除垢处理，因此酸洗过后必须大量排水置换出酸洗液，以免残留的酸性清洗剂对设备产生二次腐蚀。这样的常规处理耗时、费力、浪费水资源、增加生产成本，同时在这一系列过程中，随循环水大量排放的腐蚀性化学清洗药剂以及高磷水稳剂、杀菌剂也给下游污水处理场带来严重负担，并对环境造成污染。

而采用水处理清洁生产新技术的背景下，装置在开车后无需常规的清洗、预膜处理，更无需排污置换，只需对运行工艺作部分调整，检修完毕即上水运行，运行费用、劳动强度大大降低。该技术可保证装置在正常开工运行的前提下，大大减少甚至消除污染物的产生和排放，做到既经济节水，又环保，清洁生产特性明显。

6.1 装置检修后的常规清洗预膜处理

金陵石化炼油厂 1[#] 循环水系统，使用的水处理药剂为常规磷系配方。2004

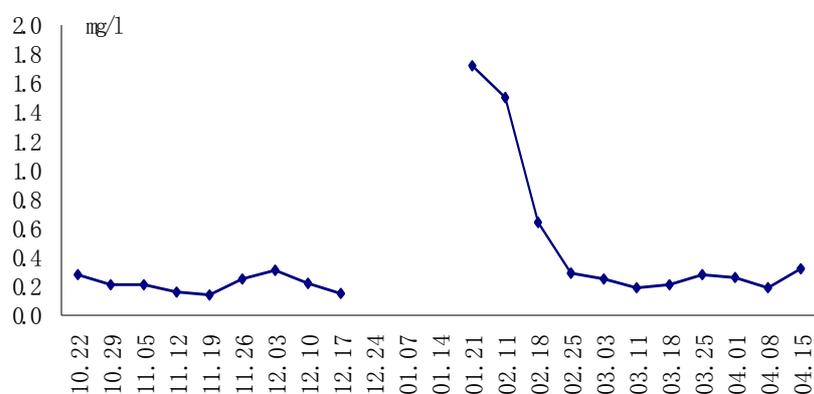
年 2 月催化、气分、MTBE 装置停工检修，检修前，循环水场 2 个集水池将水排尽清池，池底黑色、恶臭的油泥粘泥层厚度达 20~30 厘米。开工后，为改善系统水质及其腐蚀性，同时达到保护设备之目的，对该系统进行一次热态不停车杀菌剥离、清洗预膜、排水置换等常规处理。

系统先进行杀菌及粘泥剥离处理，共投加 1.04 吨除油剂、1.2 吨杀生剂，0.9 吨粘泥剥离剂，浊度最高达 81 NTU。随后进入除锈除垢清洗阶段，投加 6 吨清洗剂、0.45 吨浓硫酸，控制 pH 在 4.0~5.0 之间，维持 14 小时，浊度最高升至 80 NTU、总铁 45.0mg/L 时清洗结束，开始大排大补换水，共补充新鲜水 16500 吨。当浊度降至 9 NTU，总铁 1.12mg/L 时停止换水，进入预膜阶段，投加 1.5 吨水质稳定剂，总磷达 17mg/L，为确保效果，又补加 20kg 氯化锌，使水中锌离子达 7.8mg/L，预膜结束后不排水，当总磷降至 6mg/L 即结束预膜，转入正常加药运行。

由上述工艺过程看出，常规清洗预膜处理，化学药剂的投加量极大，且几乎全部随循环水排出系统，进入厂外水体中，污染相当严重，且大量新鲜水用来置换污染物，对宝贵的水资源也是极大的浪费，不符合清洁生产的宗旨。

6.2 水处理清洁生产新技术在装置检修后的免清洗预膜、零排污处理

炼厂 4[#] 循环水系统应用的是生物活性水处理技术，系统负责两套主要生产装置——重油催化及宽馏份重整的换热器冷却任务。2001 年底，两套装置先后停工检修，水场也因此进行大修。停车前水场没有进行清洗，直接排水，集水池水泥地面上几乎无恶臭、黑色的粘泥及腐蚀产物。2002 年 1 月两套装置同时开工，系统没有进行常规清洗预膜、排污置换，只适量增加生物酶除油剂、活性剥离剂和缓蚀阻垢剂的投加量，加强对系统污物的净化、降解、剥离作用。装置开工后，直接上水运行，水色不混，浊度只有 11 mg/l，贯通循环后也只有 18 mg/l，运行一天即回落到 11 mg/l。铁离子则由停工前的 0.2 mg/l 上升到 1.72 mg/l，运行三周即小于 0.5 mg/l，一个月后稳定在 0.2 mg/l 波动，铁离子变化情况见图六所示。现场腐蚀及结垢监测结果稳定达标，合格率 100%。



6.3 装置检修后的两种处理技术经济效益对比

由上述两种水处理技术对装置检修开车后循环水系统的处理过程看出：常规水处理技术操作工艺繁琐，药剂品种多，投加大，须频繁大量置换新鲜水，运行成本高，水质波动大，劳动强度大，且大量清洗液的排放对环境造成了污染。采用水处理清洁生产新技术处理循环水，操作工艺极其简单，避免了一大笔清洗、预膜费用的发生，减少了常规开车必需的置换排污行为，药耗少、水耗更少，运行成本大大降低，能切实做到节水减排、保护环境、清洁生产。

现以上述两起发生在金陵石化炼油厂 1[#]、4[#]循环水系统的两种处理工艺为例，将常规技术与水处理清洁生产新技术在装置开工时的清洗预膜费用进行对比，如图七所示：

图七、装置开工清洗预膜费用对比

项 目	常规技术	清洁生产技术
循环量(t/h)	8000	8000
药剂费(万元)	14.27	0.5
用水费(万元)	1.65	0
排污费(万元)	1.65	极少
总费用(万元)	17.57	0.5

7 水处理清洁生产新技术节水减排效果

炼厂 3[#]循环水系统自 2000 年 3 月应用该技术至今，遭遇大大小小的泄漏共计 49 次，其间经历十余套装置停工检修，5 年来水场未进行过一次排污置换。泄漏至水场的污染物全靠生物酶净化剂将其催化降解，降解最终产物为无机物和非粘性的生物絮状体，可由旁滤系统带出水场，进入污水场后有利于污物的分离与净化，不产生二次污染。

4[#]循环水系统自 2001 年 6 月应用该技术至今，遭遇各种程度的泄漏未计其次，其间共有 3 套生产装置开停工，至今 4[#]循环水系统从未进行过一次排污、清洗置

换，运行异常稳定。

炼厂 3[#]、4[#]两套循环水系统在使用该水处理清洁生产新技术阶段，虽经历多次、多品种污物的冲击，但这些因素没有对处理效果产生很大干扰，系统在全封闭情况下清洗剥离，去污净化，彻底改变原有的被动状态，进入良性循环，水质稳定，铁离子长时间小于 0.5mg/l，现场腐蚀及结垢监测结果达到总公司要求。两套循环水系统所带生产装置停工检修后亦无需清洗预膜，更不需要排污置换，运行费用、装置检修费用逐年降低，节水、环保、降本、增效尤为显著。

8 结语

随着水资源的日益紧缺，环境保护的日益重视，以及企业降本增效的要求，在对生产工艺流程进行最大工艺限度的节水降耗调整后，循环水场自身的节水减排不失为一条行之有效的途径。炼厂应用水处理清洁生产新技术，不仅改善了循环水运行状态，而且提高了循环水运行效率。循环水系统即使遇到装置泄漏或在大检修期间，也无需清洗、置换、排污，大大减轻劳动强度，降低生产成本。基于循环水零排放的实现，水场可确保持续全年 365 天均稳定在最高浓缩倍数运行，也为石化企业实现污水零排放这一目标奠定了基础。

水处理清洁生产新技术的应用，彻底改变了过去被动、滞后的末端治理污染控制手段，强调在工艺处理过程最大限度的减少污染物的产生和对环境的不利影响，这一主动行为，具有效率高、可带来经济效益、容易为企业接受等特点，因而是控制环境污染的一项有效手段。

末端治理作为目前国内外控制污染最重要的手段，为保护环境起到了极为重要的作用。然而，随着工业化发展速度的加快，末端治理这一污染控制模式的种种弊端逐渐显露出来。首先，末端治理设施投资大、运行费用高，造成企业成本上升，经济效益下降；第二，末端治理存在污染物转移等问题，不能彻底解决环境污染；第三，末端治理未涉及资源的有效利用，不能制止自然资源的浪费。据美国环保局统计，1990 年美国用于三废处理的费用高达 1200 亿美元，占 GDP 的 2.8%，成为国家的一个严重负担。我国近几年用于三废处理的费用一直仅占 GDP

的 0.6%~0.7%左右，但已使大部分城市和企业不堪重负。

清洁生产从根本上扬弃了末端治理的弊端，它通过生产全过程控制，减少甚至消除污染物的产生和排放。由正文所述水处理清洁生产新技术的应用实例，我们可以看出，该技术强调在污染的循环水自身体系中降解油品、最大限度的减少排污，而非简单的将污染物转移至污水处理场，因此不产生二次污染行为；它着眼点在于使受油品污染的水通过生物净化技术变成正常水系，强调对污染水源的再利用；与此同时，新鲜水补充量的大大减少，也是对自然资源的有效利用。

生物活性水处理技术这一清洁生产的新技术，它所倡导的是一种不断循环利用物质的模式，使得整个生产过程基本上不产生或者只产生很少的废弃物，世界上只有放错了地方的资源，而没有真正的废弃物，该清洁生产技术的特征是自然资源的低投入、高利用和废弃物的低排放，利用清洁生产技术，可以从根本上消解长期以来环境与发展之间的尖锐冲突。

1 James G. Mann Y. A. Liu(刘裔安). 工业节水与废水减量. 中国石化出版社. 2002

2 <<中华人民共和国清洁生产促进法>>. 2002

3 周本省. 工业水处理技术. 化学工业出版社. 1997

4 李本高, 李永存, 齐鲁梁. 石化工业水处理技术进展. 中国石化出版社. 2002

5 石化工业水处理技术. 1997~2001.

6 尹芳, 都健, 樊希山. 新型水夹点技术在工程应用中的探讨. 工业用水与废水. 2001年 第1期