



石化企业节水减污的途径探讨

杨政宏

(江苏苏宁新技术应用研究所)

水资源是人类社会存在与持续发展的一种无以替代的自然资源。但是,全球可被人们直接利用的淡水水量是很有限的,据估计只占全球总水资源量的 0.007%。20 世纪以来,人类对水的需求量的增长是人中增长的 2 倍多,目前全世界已有 1 / 3 以上的人口生活在缺水(包括严重缺水)的国家中。我们中国的 640 座城市中已有 300 座缺水,其中严重缺水的有 108 个。特别是随着人民生活水平的提高,工业“三废”的加大,排污量迅速增加。据统计全国有 80%左右的污水未经处理直接排入水域,造成 1 / 3 以上的河段受到严重污染,有 90%以上城市的水资源量减少,供需矛盾更加尖锐,缺水现象日益扩大和加重。换句话说,水资源危机已不同程度的发生了,我们应当加强危机意识,克服即将来临的水资源危机,保证人类社会持续发展对水资源的需求。

当然,水资源紧缺的解决并不是一件容易的事,而且解决的途径也不是一条或者说当今用一条途径解决这一问题也是不现实的。正因为如此,笔者注意到污水及其资源化问题。污水是一害,但害变为利是世间常见之事,问题是如何采取当今科学上有依据、技术上易解决、经济上又可行的办法。

1 污水与污水资源



污水资源是由污水构成，但污水并不等于污水资源。人所周知，资源是指有利用价值的物质，而水资源是指自然界中有利用价值又有长期补给保证的重要水体。这两种资源的概念是不同的，因为水资源对于人类来说是一种无以替代的自然资源，而污水能否成为资源，要看其有否利用价值或经过人类或自然界的作用，又能被人类承受的方法可用，同时又有长期补给保证的前提，否则污水不应被称谓资源。

1.1 污水

受到人类的、环境的或两者的污染作用后被废弃的水称为污水。但是，污水的概念至今尚无统一的认识。净水变成污水，常常需经过生物的、化学的、物理的复杂过程，这一过程的时间在诸多的因素的影响下，并不一致，因此结果也不尽相同。

在污水命名中，当今常用的某些污染物的名字，例如：铅污水、铬污水、酸污水等，也有用人类对水施加的物理性作用来命名的，如热污水、放射性污水等等。应当指出，水的污染的确是人为的，当然人在确定这一指标时，也是有依据的，因此可能不同。如水中含铅量不超过 0.05mg/L 时，我国认为是合格的，但美国却认为铅含量在 0.025mg/L 以上是受铅污染的，这就是说，不能用相同的数量标准来衡量不同国别的水污染问题。本文仅讨论工业污水中循环冷却水的补充与排放问题。工业循环冷却水用量约占工业用水总量的 80%，如果工业循环冷却水遭到污染，而不得不用新鲜水替代置换，这不仅增加了工业用水量，而且污水量剧增，约数倍乃至数百倍。由此更加大了对环境特别是对水域的污染，因此对冷却循环水污染问题应予足够的



重视。

1.2 污水资源

污水能否成为资源，应视其可否被利用，是否有长期补给保证。无论在生产中、生活中，不同部门和不同的需要，对水质的要求也是不一样的。而污水被利用，又有两种情况，一是直接被利用，二是经人类处理后再利用。

在研究污水资源问题时，量是最关键的。首先应当研究污水的量及其历年的变化，进而确定污水的多年平均量，然后将直接应用的污水量及人类改造的污水量相加，即得污水资源量，可用下式表示：

$$R_T Y = R_U T Y + R_I T Y \quad (1)$$

式中： $R_T Y$ --污水资源量(m^3)； $R_U T Y$ --直接应用的多年平均污水量(m^3)； $R_I T Y$ --经处理后应用的多年平均污水量(m^3)。

由式可见， $R_U T Y$ 是可以通过统计而获得，但是 $R_I T Y$ 的获得需要提出可行的处理方案，也就是说，要使污水变为资源，则有一个资源化的问题。毫无疑问，不同的工业用水部门，污水资源是不同的。研究区的水资源研究中，将计算的 $R_T Y$ 直接纳入水资源系统，也就是说研究区的水资源 $R_T E$ 可用于研究区的水资源总量 R_T 与计算的污水资源 $R_T Y$ 叠加，用下式表示：

$$R_T E = R_T + R_T Y \quad (2)$$

利用式-2 确定的研究区的水资源 $R_T E$ ，可进行合理的规划和利用。但是应当注意， $R_T E$ 是变化的，也就是说随着人类社会的进展，污水的处理量可能增大，因此有可能使 $R_T E$ 增大，当然也可能因污



量的减少，而使 R_{TE} 减少。

由上可见，污水资源化实际上是水的再利用或称重复利用的一种形式，工业用水中的循环冷却水也是水的重复利用；如果它一旦遭受污染，则失去在循环水中的再利用的价值，所以一旦污水消失，而失去污水资源并不是一种坏事。

2 污水资源化

把污水转变成水资源的过程，称为污水资源化。显然，污水变成净水在当今的科学水平下是完全可能的，但是从经济上讲是否可行则是另一回事。这就是说，在研究污水资源化时，有技术问题，但关键是经济上的可承受性。

随着社会的发展，水作为商品，其价格受市场经济的制约。随着用水量的剧增和水资源紧缺的加剧，水的价格也将不断的提高，而工业用水的水价可能会更高。另外，工业污水的排放尚需交纳排污费及其它费用，如果用水量超计划还将交纳超定额用水费等一系列费用，使企业负担加重。特别值得注意的是，由于工业集中，使用水集中，还将引起：城与乡、工业与农业、生活与生产、邻近区域间的水事纠纷，污水的排放不仅污染水域而且破坏生态环境，甚至直接或间接的危害人畜健康。因此，在经济许可条件下，对污水进行处理，使污水资源化是一个极为重要的课题，而直接应用污水意义更为重大。

当今在污水处理中，常采用建立专业污水处理厂，处理污水使其达到排放标准，如果企图直接应用这种处理后的污水作为工业水，尤其作为循环时的补充水是不现实的，因为由污水处理厂给出的经处理



后的污水常无法达到工业循环用水的水质的要求，还必须进行深度的净化处理，提高诸如 COD、油、SS 等水质指标。这种做法投资大，运行费高，企业负担重，只有在无其它水源时，或其它水源更昂贵时，才可能用。因此这种污水资源化的过程无法广泛应用。鉴于上述原因，建议使用笔者提出的，在循环水系统中采用活性水稳剂的水质处理。它能使循环水体有净化能力，使循环水系统具有较强的纳污功能。应当指出，使用梧处理系统，只需在总量上加以控制，因此可以放宽对回用污水的水质要求，例如：BOD、COD、油、氨、氨氮、氰、酚等有机、无机的污染物、毒物，而且这些物质能在循环水使用过程中得到进一步的净化处理。这在过去的浊循环中已常见，不同的只是在净循环中无净化能力强的配套装置。这在水体自净力加强后仍可实现，减少甚至不需污水的深度净化，使污水回用完全经济可行，这样设定成本可降到最低限度，经济而方便。此种情况下，污水将成为工业企业的一种可再生的、供给有保证的取用经济方便的水源，即污水此时通过最经济的方案成为水资源了。

3 在工业循环冷却水系统中的污水资源化

在工业循环冷却水系统中，污水资源化包括两方面，即被污染的冷却水体的再利用和以污水替代新鲜水作为工业循环冷却水系统的补充水。

3.1 石化类企业循环冷却水中受污水体直接再利用的几个资源化系统

石化类企业中循环冷却水系统的用水，除需要经常补充正常的耗水外，最为严重的是循环冷却水的污染问题，其中尤其以油料泄漏、



化工物料泄漏造成的污染影响最大，由于泄漏污染水体引起诸多危害，它不仅需要采用大量化学性药剂经常更换循环水，而且还直接影响生产的正常进行，因此这种背景下的循环冷却水的处理，历来是人们最为关注的课题。

循环水水质处理本身是一个庞大的系统工程，而且各种类型的循环水水质处理方案（即子系统）也是一个系统工程。因此企图在这短短的论述中全面解决是不现实的，笔者仅就个人实际应用中提出的以下几个子系统略加论述，在今后还将陆续的结合作者的实际工作，逐一介绍。

3.1.1 活性水质稳定剂及配套系列药剂处理系统。

对于物料泄漏频繁的循环水系统，采用该水质处理系统对于物料污染循环水有极强的净化能力，能有效克服由于物料进入水体后造成的诸如浊度上升、生物粘泥和油泥增加、旁滤池效能下降、缓蚀阻垢药效下降、药耗增加、杀菌行为无效等危害。同时，该水质处理系统不仅不影响循环水的运行，而且能使循环水保持良好的运行状态。无需排水置换，使受污染的水体保留在系统中继续被使用，实现了受污染水体的直接再利用，从而达到污水资源化的目的。

例如：在某芳烃厂和某炼油厂使用该系统时，泄油都相当严重，当时芳烃厂油料泄漏在 200ppm 以上，炼油厂回水含量达 19.6%，而且持续时间已达 12 天。由于使用笔者建议的“活性水质稳定剂及配套的系列药剂”这一水质处理系统，经过 15 天左右，使这两个企业的循环冷却水系统无需置换新鲜水而平安运行，而且设备拆检无恶油



泥沉积，旁滤池运行也恢复正常，循环水的工作要求全面满足。这一水质处理系统的实现，在经济上远低于使用新鲜水的代价。

3.1.2 活性清洗生物粘泥处理系统

对于油类或其它化学品泄漏后造成菌藻类、微生物失控，当投放常规杀菌灭藻剂无效或效果甚微的循环水系统，建议使用本水质处理系统，然后再视具体情况选择活性水稳剂或常规水稳剂的运行方案，可以得到比较理想的效果。

活性清洗生物粘泥，主要是采用作者配制的生物制剂，在缓慢剥离、自然净化的状态下，以达除去生物粘泥的目的。同时本处理系统还可除去油泥和油泥或生物粘泥侵入的锈垢水垢。本系统具有效果持续时间长，无副作用的优点，缺点是作用时间长，见效慢。另外，常规的化学清洗，需几倍的水量进行漂洗，但本处理系统在整个操作过程中无需置换清水，含剥离下污物的污水可继续在系统内工作，连续完成各部工艺，而且污物在工作过程中得到降解净化。

3.1.3 对于运行周期延长至三年的循环水系统，在运行期间进行化学清洗时，建议采用本处理系统。系统的技术关键是热态预膜。使用本系统可避免预膜剂在高温下成膜失控，并能有效的去除锈垢、水垢和阻止垢物产生富集的功能。而且全清洗预膜过程不用漂洗置换，节水功能显著、无污染物排放，不污染环境（常规清洗毒性大。预膜剂磷含量高）。

3.1.4 应用实例

循环水系统中的水体由于受到系统中物料泄漏的污染，尤其是油



料泄漏造成的水污染现象，在我国已相当普遍，使循环水系统运转失常、效率下降，直接影响到产品的质量和数量。通常采用置换新鲜水、停车修复等办法。毫无疑问，这种方法不仅使企业增加了新鲜水的消耗量，同时增加了污水排放量。相应的运行成本提高，企业负担加重。尽管如此，以往也只能照此办理。

如果使用笔者提出的上述诸处理系统，可以完全改变以往的做法。因为这些系统，可以使受污染的循环系统中的冷却水，在使用笔者提出的循环水处理系统过程中，经过复杂的生物、化学和物理作用，致使污水得到净化，成为循环水系统完全可以利用的水。所以使用这些水处理系统，可以避免上述的额外的诸项投资，减少企业的负担，降低产品的成本。

燕山石化炼油厂第二循环冷却水系统，其保有水量为 7800m^3 ，循环水为 4000m^3 。如果置换排放，每小时增加水耗最大达 130m^3 以上，置换时间约两个多月，增加耗水量约 20 万 m^3 以上，同时污水排放也近 20 万 m^3 以上，预计花费 20 万元。该系统泄漏最大含油量达 $570\text{mg} / \text{L}$ ，已严重影响循环水系统的正常运行，水质呈乳白色浑浊状，系统中油污、粘泥多，大量附着在池壁和管壁上，水中悬浮物很多，不得不降低浓缩倍数运行。为此，燕山石化炼油厂使用了笔者提出的“苏宁”活性水质稳定剂及其配套产品水处理系统，因此自 1997 年 3 月开始使用“苏宁”活性水质稳定剂及其配套产品水处理系统，历经一个半月，完全改变了原循环水系统的不良状态，其效果正如北京燕化公司炼油提供的《“苏宁”活性水质稳定剂及其配套产品在燕



山石化炼油厂二循工业应用试验报告》中所述：在物料泄漏的循环水系统使用“苏宁”活性水质稳定剂及其配套产品是可行的，效果明显，运行经济。

试验结果表明：

3.1.4.1 能够达到迅速除油净化改善循环水水质之目的，可在高浓缩倍数下使循环水系统平稳运行，达到良性循环的境界；

3.1.4.2 能清除循环水系统内长期积累在池壁管壁上的油泥粘泥，不仅达到了除油清污的目的，同时能较好的完成常规水质稳定剂所要求的缓蚀，阻垢、杀菌灭藻、剥离粘泥等各项功能，悬殊性能优越，缓慢阻垢及菌藻控制均达到标准要求；

3.1.4.3 在循环水中使用“苏宁”活性质稳定剂及其配套产品，不仅达到了除油清污的目的，同时能较好的完成常规水质稳定剂所要求的缓蚀、阻垢、杀菌灭藻、剥离粘泥等各项功能，且性能优越，缓蚀阻垢及菌藻控制均达到标准要求；

3.1.4.4 使用操作与常规水质稳定剂的使用操作相同，方便易学、控制简单，只要测定“有机磷”这一参数，便可控制操作；

3.1.4.5 使用在炼油厂循环水系统中，并未增加其生产成本，不仅在药剂总费用上有所下降，而且节水、节电、减少排污效益更为显著。

燕山石化炼油厂二循通过使用“苏宁”活性水质稳定剂及其配套产品，各项费用均有所下降，相对于不泄漏的去年同期，药剂费减少 28.80%，节约新鲜水 26.65%，减少排污 25.65%，月综合运行费用节约 26.80%。而相对于油料泄漏时，减少药剂费 38.22%，节约新鲜水 69.22%



%，减少排污 69.22%，月运行费用节约 61.18%（详见附表）。

试验结果表明，“苏宁”活性水质稳定剂及其配套产品在循环水中使用，不仅达到了除油清浊的目的，同时能较好的完成常规水质稳定剂所要求的缓蚀、阻垢、杀菌灭菌、剥离粘泥等各项功能，且性能优越，缓蚀阻垢及菌藻控制均达标准要求。

3.2 石化类企业循环冷却水中以污水替代新鲜水作为工业循环冷却水系统的补充水源

循环冷却水系统在运行中，由于蒸发、排污等原因要消耗一定的水量，补充水总是必不可少的，为保证循环冷却水系统的正常运转，需经常不断的补充新鲜水。但是正如前述，由于水资源的紧缺，在一些地方，已很难找到水源地，即使当地有新的水源，建设新的水源地，其投资也可观，还需增加水费，甚至还有超定额费用，而影响生产、约束了企业的发展损失更大。

工业用水、生活用水最终将产生一定量的污水，这些污水按国家规定需经污水处理厂进行处理达标准后排放。毫无疑问，污水处理是需要费用的。这种情况对于企业来说是一种投入，同时污水还将污染环境，影响人类的生存。另一方面，从水的利用角度出发，污水的排放又是一种极大的浪费。综上所述，一方面工业需要补充新鲜水，但水资源紧缺常常无法满足要求。另一方面，污水漫溢而影响生态环境。如果能把污水直接用于循环冷却水系统，无疑是一种意义十分重大的事情。这一重大的课题已被许多研究者所重视，对此笔者进行了十分艰苦的研究，发现将污水直接用于循环水系统，换句话说用污水作为



循环水系统消耗水的补充水源是完全可能的，并提出了一系列的方法。这些方法我们已在许多地方应用，并获得了满意的效果。

4 污水资源化过程中循环水装置

4.1 循环水装置状况不同时，污水资源化可按以下分别进行设定与工作。

4.1.1 在循环水系统基本完善的情况下，在现代技术条件下，循环水系统本身也仍有改进和提高的地方。当旁滤池在采用活性水质稳定剂后，滤后物无粘性而不会堵塞沙层时，作者建议采用无阀滤池作为旁滤池。无阀滤池可全自动运行，因而影响因素少，使清浊比加大、运行平稳。最终使工作量极大的减少，运行效率将极大的提高。

4.1.2 当循环水补充水余氯常检不出时，特别是直接使用污水时，有必要采用专利《大型循环水系统用补充水进口管》技术，在补水管上安装离子棒。这种水在通过离子棒的高压电辐射区时，可达到杀菌的目的，同时还可生产少量臭氧及活性离子并进入大水系中继续发挥杀菌等作用。

4.1.3 当旁滤池采用沙层滤床时，如果投放絮凝剂，将产生比较好的作用。但絮凝剂的加入会增加水中的杂质含量，而且对分散性阻垢剂产生干扰，因此目前可投放的絮凝剂尚未发现。建议采用专利《大型循环水系统中旁滤池的改良结构》技术，这样在使一部分悬浮物凝絮聚集后，有利于沙滤床截获，提高滤床效能。

4.1.4 在循环水系统中，泵的提升输送是必不可少的。但是在设计中，一般都采用集水池一侧开孔并直接插入泵体进水管进行引水的方式。这种引水方式，在通常情况下，耗能偏大。也就是说，这种引水方式



效率极低,存在节能增水的可能性,实践证明节能增水潜力还很可观。对于已建泵吸工程的,可采用投资极少的泵吸入口工程改善技术,这种技术简单易行,可节能约 3 - 8%,可提高泵输水能力 10 - 30%,因此是一种投资小、效益大的实用技术。特别是对于那些泵输水尚不能完全满足要求的已建泵站,当需增加用水量并不十分大时,采用这种改善技术即能满足,这不仅节约了能源,还可避免再建和扩建泵站的投资。如果是新建泵站,笔者建议采用这种节能增水的新技术进行泵站设计和施工,将节约工程投资,并避免运行费用的过高。最关键的是通过改造,提高了泵的输送能力。提高了慢流速区管网流速,有利于污水资源化时的污物携带,并且在不扩建的背景下提高循环水的功效,不增加电耗、水耗。

4.1.5 冷却塔下部水池为平底时,如果一侧设置泄空管,只能局部排污,这必将会影响污水资源化的过程。为此,建议采用专利《循环水系统中冷却水池的改良结构》技术,将冷却塔底部改为漏斗状汇集排污装置,这是一种集中排污的方式,它有利于清除循环水中可沉降的污物,可极大的减少水体中污物的携带量,同时能减少循环水系统的保有水量,降低日常药剂耗量,降低运行成本。

4.1.6 塔底排污水与无滤池反冲水应汇集在一起,净化后的水回到循环水系统中,这样可减少排污水量,减轻水处理场负担,降低水稳剂耗量,减少补充水消耗。

4.2 以上各要点均对污水资源化的实现具有重要的作用,其任何一点的实施,都将对污水资源化的进行产生积极作用。



附表：燕山石化公司炼油厂第二循环冷却水系统试验期经济分析汇总表（元）

时 间		每月药剂消耗	每月水费	每月排污费	平均浓缩倍数	每月经济代价	备 注
一 九 九 六	1 月份	68560	45218	44660	2.30	158438	循环水 系统未泄漏
	2 月份	69870	32659	32256	2.42	134785	
	3 月份	64431	32834	32428	2.37	129694	
	4 月份	51147	47997	47405	2.22	146549	
	5 月份	59238	57452	56743	2.34	173433	
	平均值	62649	43232	42693	2.33		
一 九 九 七	1 月份	47750	98431	97216	1.79	243396	循环水 系统已泄漏
	2 月份	105294	152410	150528	1.62	408232	
	3 月份	64887	62373	61603	2.18	188863	
	平均值	72643	104405	103116	1.86	280163	
试 验 初 期	总计 17 天 3 月 25 日至 4 月 10 日	40047		停止排污 期			
	总计 30 天 4 月 11 日至 5 月 09 日	44882	32141	31744	2.82	108767	
试 验 中 期	与不泄漏相比	-28.36%	-25.65%	-25.65%	+21.03%	-26.80%	
	与泄漏相比	-38.22%	-69.22%	-66.22%	+51.61%	-61.18%	
尾 声	5 月 9 日 至 5 月 14 日	4930					

注：1、1997 年 1 月 13 日泄漏后投加破乳剂破乳除油，费用计算中缺少破乳剂。

2、试验中期排污按 2.4 倍浓缩倍数计算，数值偏高，车间实际排污极少。