

工业循环水浓缩倍数控制对企业节水降耗的经济价值

孟保军（国能新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 831400）

摘要：工业冷却水系统的循环水浓缩倍数对节水、降低能耗、水质控制、设备保护和环境保护具有重要意义。提升浓缩倍数可以减少新鲜水补充、废水排放并降低能源消耗。文章探讨了自动控制技术、化学处理、物理处理和操作控制四种方法在控制浓缩倍数中的应用。通过实际案例分析，证明了控制方法的有效性，并提出了进一步优化措施，包括脱盐技术的应用和定期系统维护，以提高水的再利用率，充分发挥出循环水浓缩倍数控制对企业节能降耗所衍生的重要经济价值。

关键词：循环水系统；浓缩倍数；水质控制；节水；降耗；经济效益

1 循环水浓缩倍数系统发挥的节水降耗作用

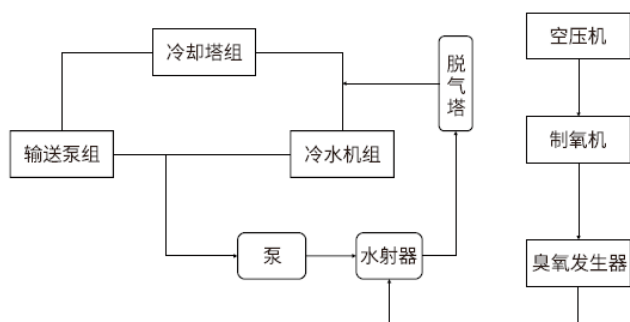


图1 一种臭氧处理工艺的工业冷却水系统

循环水浓缩倍数是工业冷却水系统中（图1）的一个重要参数，直接关联到节水效果、能耗影响、循环水质量控制、设备保护与寿命延长、以及环境保护等方面。在节水效果方面，提高循环水浓缩倍数有助于减少新鲜水的补充和废水的排放，有效降低水资源消耗。冷却塔系统中，通过增加循环水的使用次数，可以显著减少对水资源的需求，这在水资源匮乏的地区尤为重要。能耗影响方面，优化循环水浓缩倍数可以间接降低能源消耗。例如，在冷却系统中，提高浓缩倍数减少了水泵运行的水量，从而减少了泵的能源消耗。此外，更高的循环水质量可以提高热交换效率，进而降低能耗。在循环水质量控制方面，适当的浓缩倍数有利于维持水质平衡，防止污染物和矿物质过度累积，从而保证系统高效稳定运行。控制水中的矿物质和污染物含量，能避免水垢和腐蚀的发生。设备保护与寿命延长方面，通过维持适当的循环水浓缩倍数，可以减少水垢的形成，降低腐蚀风险，保护水处理设备和冷却系统，延长设备使用寿命。最后，在环境保护方面，控制循环水浓缩倍数有助于减少污水排放和污染物排放，减轻对环境的负担。合理的浓缩倍数不

仅减少了化学处理剂的使用，还减少了对水体和土壤的潜在污染。

2 循环水浓缩倍数的控制方法

2.1 自动控制技术

在循环水浓缩倍数的控制中，自动控制技术发挥着关键作用，主要包括在线监测设备的应用、自动排污系统和自动补水系统的运用。在线监测设备的应用是自动控制技术的核心。这些设备实时监测循环水系统中的关键参数，如pH值、电导率、浊度、温度和化学成分等。通过持续监控这些参数，可以及时了解水质变化，从而做出快速调整以维持水质稳定^[1]。例如，电导率的持续监测有助于掌握循环水的浓缩程度，这对于控制浓缩倍数至关重要。自动排污系统是循环水浓缩倍数控制的另一关键环节。该系统根据在线监测设备提供的数据自动调整排污量，确保循环水中的污染物和矿物盐浓度保持在安全范围内。这种自动化的排污方式提高了排污的准确性和效率，有助于防止因手动误差而导致的水垢和腐蚀问题。自动补水系统则是通过补充新鲜水来稀释循环水中的浓缩物质，保持系统中水质的稳定。这一系统通常与在线监测设备相连，根据水质监测结果自动调整补水量。自动补水的精确控制不仅有助于维持适宜的浓缩倍数，还能避免因人为操作不当造成的水资源浪费。

2.2 化学处理

在循环水系统的管理中，化学处理起着至关重要的作用，尤其是通过使用阻垢剂、杀菌剂和缓蚀剂来维持水质和保护系统。阻垢剂的使用是化学处理中的关键环节，旨在防止水垢的形成。水垢主要由水中的钙、镁离子和碳酸盐沉积形成，这不仅会降低热交换效率，还可能导致管道和设备的损坏。阻垢剂通过与这些潜在的垢形成离子反应，形成溶解度较高的复合

物,从而阻止垢的形成。此外,某些阻垢剂还能分散已形成的微小水垢颗粒,避免它们在设备表面沉积。杀菌剂的使用对于控制微生物生长至关重要。循环水系统中的微生物,如细菌和藻类,不仅会引起健康问题,还可能导致生物腐蚀和系统效率降低。杀菌剂能有效消除这些微生物,防止它们的生长和繁殖。常用的杀菌剂包括氯、臭氧、过氧化物等,它们可以迅速杀灭或抑制微生物的活性。缓蚀剂的使用则是为了防止循环水系统中的金属腐蚀。水中的氧气、酸性物质以及其他腐蚀性化合物可加速金属腐蚀,从而损害管道和设备。缓蚀剂通常通过在金属表面形成一层保护膜来减缓腐蚀过程。这些保护膜能有效隔离金属与腐蚀性物质的接触,延长设备的使用寿命。常见的缓蚀剂包括磷酸盐、硅酸盐、氮化合物等^[2]。

2.3 物理处理

循环水系统中的物理处理包括过滤与沉淀、离子交换和反渗透处理,这些方法直接作用于水质,去除杂质和有害物质,从而保持水质纯净和系统效率。过滤与沉淀是去除水中悬浮固体和大分子杂质的基本方法。在过滤过程中,水通过一个或多个过滤介质(如砂、砾石、活性炭或合成材料)流过,这些介质能有效截留水中的固体颗粒^[3]。沉淀则是利用重力作用,让水中较重的固体颗粒沉到底部,从而从水中分离出来。这两种方法结合使用,能有效去除水中的悬浮颗粒、沉积物和其他物理杂质,提高水质。离子交换是一种通过交换离子来去除水中的溶解物质的方法。这通常涉及将水通过含有特定离子交换树脂的列管,这些树脂能够吸附水中的特定离子(如钙、镁、铁等)。离子交换主要用于软化水,即去除水硬度造成的矿物质,从而防止水垢的形成,保护设备免受损害。反渗透处理是通过半透膜技术去除水中溶解固体和某些类型的有机物质的高效方法。在反渗透过程中,水在高压下通过一个微孔半透膜,只有水分子和部分低分子量的物质能通过,而大部分的溶解固体、盐类、微生物和有机物被阻隔。这种处理不仅能大幅度提升水质,还有助于去除潜在有害物质。

2.4 操作控制

在循环水系统的管理中,操作控制对于确保系统高效和稳定运行至关重要。操作控制主要涉及流量控制(图2)、温度控制和压力控制,这些控制不仅影响着系统的性能,还直接关系到能效和设备寿命。流量控制是确保水以适当速率通过系统的关键。适当的

流量能保证足够的热交换效率,同时避免因流速过快而导致的管道侵蚀或因流速过慢而造成的污垢积累。流量的调节通常通过泵速的控制或阀门的调整来实现。有效的流量控制不仅提升了热交换效率,也有助于减少能源消耗和延长设备使用寿命。温度控制在循环水系统中同样重要。温度的调节直接影响到热交换的效率和速度。过高或过低的水温都可能影响系统的运行效率,如过高的温度可能导致水垢的快速形成和增加蒸发损失,而过低的温度则可能降低热交换效率。温度控制通常通过调节冷却塔的运行或调整水流路径来实现^[4]。压力控制是保证系统稳定运行的另一重要方面。适当的水压能确保水在系统中流动顺畅,防止泄漏和管道破裂。压力过高可能导致设备损坏和能源浪费,而压力过低则可能导致流量不足,影响系统效率。压力控制通常通过调整泵的运行或安装压力稳定装置来实现。

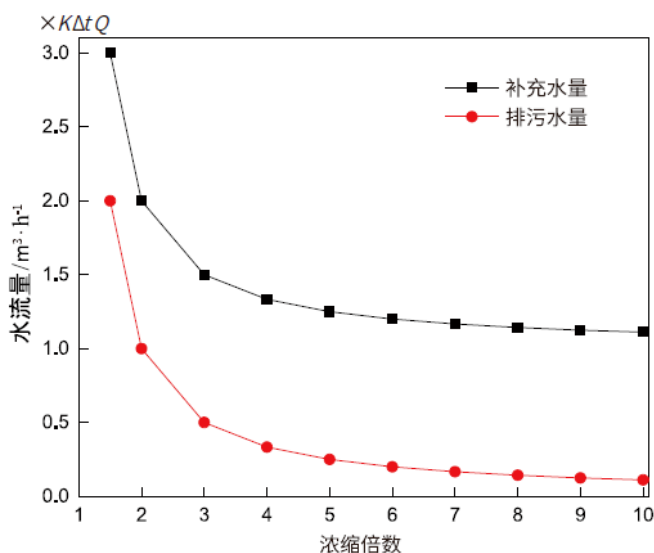


图2 补充水量、排污水量与浓缩倍数的关系

3 循环水浓缩倍数控制应用取得的良好经济效益

3.1 节本增效成功案例分析

为了说明循环水浓缩倍数的控制方法的实际效果,我们选取了一个成功的案例进行分析,并提出了一些优化措施和建议。某石化企业循环水浓缩倍数提高工程,该企业的循环水系统主要由冷却塔、冷却水泵、换热器等组成,循环水量约为2000m³/h,原来的浓缩倍数为3.5,排污量为571m³/h,补水量为600m³/h。为了节约水资源和降低运行成本,该企业采用了以下措施提高循环水浓缩倍数:在线监测设备的应用,安装了循环水的电导率、pH、浊度、余氯等参数的在线

监测仪表,实时监测循环水的水质状况,为控制浓缩倍数提供数据支持。自动排污系统,根据循环水的电导率和浓缩倍数的设定值,自动控制排污阀的开关,实现循环水的定量排污,避免人为误差和浪费。自动补水系统,根据循环水的水位和流量,自动控制补水阀的开关,实现循环水的定量补水,保持循环水系统的水量平衡。化学处理,根据循环水的水质特点,选用了合适的阻垢剂、杀菌剂和缓蚀剂,定期投加,防止循环水的结垢、腐蚀和微生物污染,保护设备和管道。物理处理,在循环水系统的回水管路上安装了过滤器,定期清洗,去除循环水中的悬浮物、胶体和泥沙等杂质,减少循环水的浊度,提高水质清洁度。

经过以上措施的实施,该企业的循环水浓缩倍数提高到了 5.5,排污量降低到了 364m³/h,补水量降低到了 400m³/h,节水效果显著,同时也降低了能耗和化学药剂的消耗,提高了循环水的质量和设备的运行效率。该企业的循环水浓缩倍数提高工程的相关数据如表 1 所示。

表 1 某石化企业循环水浓缩倍数提高工程的相关数据

项目	单位	改造前	改造后
循环水量	m ³ /h	2000	2000
浓缩倍数	—	3.5	5.5
排污量	m ³ /h	571	364
补水量	m ³ /h	600	400
节水量	m ³ /h	—	200
节水率	%	—	33.3
能耗	kWh	1200	1000
节能量	kWh	—	200

节能率	%	—	16.7
化学药剂	kg	100	80
节省药剂	kg	—	20
节省药剂率	%	—	20

3.2 衍生经济价值的优化措施与建议

进一步提高循环水浓缩倍数,减少排污量,实现零排放或回用。可以采用离子交换、反渗透等脱盐技术,对循环水排污水进行深度处理,降低其盐度和污染物含量,使其达到循环水的补水水质标准,或者达到其他用水的水质要求,实现循环水排污水的零排放或回用。定期对循环水系统进行检测和维护,保证在线监测设备、自动控制系统、过滤器等的正常运行,及时发现和解决问题,保证循环水浓缩倍数的稳定控制。根据循环水的水质变化,调整化学药剂的投加量和种类,避免过量或不足,保证循环水的阻垢、杀菌和缓蚀效果,延长设备和管道的使用寿命。

4 结论

通过提高冷却水系统中循环水的浓缩倍数,可以有效降低新鲜水的补充量和废水的排放量,进而减少水资源消耗和能源开销。控制浓缩倍数的策略包括自动控制技术的应用、化学药剂的适量使用、物理处理的优化和精确的操作控制。这些方法的综合运用已在实践中证明可以提高系统效率、保护设备并减少环境负担。未来,深入探索脱盐技术和循环水系统维护的优化,将进一步提升节水效果和水质的稳定性,为工业水系统的可持续发展做出贡献。

参考文献:

- [1] 陈宝红,马红刚.合理利用中水提高循环水系统浓缩倍数的工艺探讨[J].工业 A,2021(4):2.
- [2] 石叹叹.关于生活饮用水中金属元素检测方法分析及质量控制探讨[J].食品安全导刊,2021(3):63-64.
- [3] 胡亮,侯鹏波.循环水水质提升与优化管控[J].工程技术,2022(5):41-43.
- [4] 邱祖辉.关于环境监测技术的应用及质量控制方法探讨[J].低碳世界,2022(2):12.