

“治污增效，节水减排”

——提高循环水浓缩倍数的经济价值

常继业（国能新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘要：循环水系统中浓缩倍数的提升对于节水减排与增效具有显著意义。研究指出，水质、系统设计及操作三大因素对此起着决定性作用。优化水质管理通过合理使用化学品防止结垢和腐蚀，维持系统效率。系统设计的自适应性和可调节性确保应对多变条件，而操作与维护的优化则保障系统稳定高效运行。案例分析表明，采取综合措施后，某石油化工企业显著提高了浓缩倍数，实现了资源和成本的节约，优化后企业经济效益得到显著提升。

关键词：循环水系统；浓缩倍数；节水减排；经济价值

Abstract: The increase of concentration ratio in circulating water system has significant significance for water saving, emission reduction and efficiency increase. The study points out that water quality, system design and operation play a decisive role in this. Optimize water quality management by using chemicals wisely to prevent scaling and corrosion and maintain system efficiency. The adaptability and adjustability of the system design ensure the response to changing conditions, while the optimization of operation and maintenance ensures the stable and efficient operation of the system. The case analysis shows that after taking comprehensive measures, a petrochemical enterprise has significantly increased the enrichment ratio, realized the saving of resources and costs, and significantly improved the economic benefits of the enterprise after optimization.

Key words: circulating water system; Concentration ratio; Water saving and emission reduction; Economic value

1 影响循环水浓缩倍数的因素

1.1 水质因素

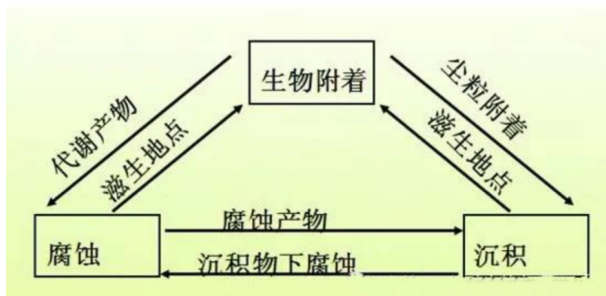


图1 形成原因

水质因素在提高循环水浓缩倍数方面扮演着关键角色。水中的矿物质含量对系统的效率和可持续运行具有深远影响。矿物质，如钙、镁、硅和其他溶解固体，可能导致管道和设备的结垢，从而影响热交换效率并增加能源消耗。结垢不仅降低系统性能，还可能缩短设备寿命，增加维护成本。因此，监控水中的矿物质含量，确保其在可控范围内，是至关重要的。与此同时，水中微生物活性的管理同样不可或缺。微生物，如细菌、藻类和真菌，能在循环水系统中繁衍，

形成生物膜，这会引起腐蚀、堵塞和效率下降（图1）。生物膜的存在不仅对水质造成负面影响，还能为病原体提供栖息地，增加健康风险。因此，通过适当的生物控制措施维持微生物活性在适宜水平，是确保循环水系统健康和高效运行的必要条件。

1.2 系统设计因素

循环水系统的设计容量直接关联到能否满足生产过程中对水质和水量的需求。设计容量的合理预估和计算对于系统能否有效运行至关重要。容量过小的系统无法处理高峰期的需求，而容量过大则会导致运营效率低下和增加不必要的经济投入。系统容量的优化需要精确考量使用水量的周期性变化和未来可能的扩展需要。流速与流量是决定循环水系统性能的关键参数。适宜的流速能够保证热交换效率，避免管道中发生沉积物堆积或是生物膜的过度生长^[1]。流速过快可能导致管道磨损和腐蚀，增加系统维护的难度和频率；而流速过慢则可能导致污染物沉积，降低系统的热交换效率。流量的控制同样重要，它直接影响到系统中水的更新率和能量消耗。过大的流量会增加泵送

成本,而流量过小则不能满足设备的冷却或加热需求。

1.3 操作因素

操作因素在循环水系统的管理中扮演核心角色,尤其是加药控制和清洗频率与方法的选择。加药控制涉及到化学物质的投加,以调整水质、防止结垢、控制腐蚀和生物生长。化学品的精确投加对于维持水系统的平衡至关重要。不足的化学品可能导致系统效率降低,而过量则可能造成环境问题和额外的经济负担。因此,需要精确的计量和监控系统来确保加药量能够达到预期的水处理效果。清洗频率与方法的确定也是循环水系统有效运行的关键。系统需要定期清洗,以移除沉积物、生物膜和其他可能妨碍系统性能的杂质。清洗频率的确定要基于系统运行的实际情况,包括水质、系统负荷和之前清洗的效果。选择合适的清洗方法同样重要,它必须能够有效去除污染物而不损害系统组件。例如,化学清洗可以解决结垢和微生物问题,但需要谨慎使用,以避免对系统材料造成腐蚀。

2 提高循环水浓缩倍数的策略

2.1 优化水质管理

优化水质管理是确保循环水系统长期稳定运行的核心。在这一过程中,合理的使用水处理化学品至关重要。这些化学品包括但不限于缓蚀剂、阻垢剂、杀菌剂和调 pH 剂。它们的作用是通过化学反应调节水质,防止管道和设备的腐蚀与结垢,从而提高系统的效率和可靠性。缓蚀剂可以形成保护膜,减少金属的腐蚀速度。阻垢剂能够防止硬度离子沉积形成垢层。杀菌剂用于控制水中微生物的数量,减少生物污染^[2]。调 pH 剂用以维持水的酸碱度在理想范围内,防止因 pH 波动引起的腐蚀和垢层形成。水处理化学品的使用要严格按照水质情况和系统需求来调配。定量投加,避免过量或不足,保证化学品能够发挥最大效能,同时减少对环境的影响。化学品的投加通常需要自动化的控制系统来实现精确配比和定时投放。微生物控制是水质管理中不可忽视的部分。微生物如细菌、藻类在循环水系统中生长繁殖,可能形成生物膜,导致热交换效率下降,甚至腐蚀和堵塞管道。因此,定期的微生物监测和控制是必要的。这包括定期添加生物杀灭剂,打断微生物的生长周期,阻止生物膜的形成。除化学方法外,物理方法如超声波清洗、高压水射流也可有效移除生物膜,恢复系统的运行效率。

2.2 系统设计优化

系统设计优化是确保循环水系统可持续运行的关

键措施。其中,提高系统的自适应能力和增加系统的可调节性是两个主要方面。自适应能力是指循环水系统能够根据外部条件和内部水质变化自动调整运行状态。这样的系统能够识别和响应输入变化,例如原水质变化、环境温度波动或生产流程的调整。通过集成智能传感器和控制单元,系统可以监控关键参数如 pH 值、溶解固体总量、流速、温度和压力。这些数据可以实时反馈给中央控制系统,通过算法进行分析,自动调整循环水系统的运行,如调整加药量、改变流量或启停某些设备,以适应当前的运行条件。可调节性指的是系统设计中应包含多种操作模式,以应对不同的运行需求和应急情况。例如,系统应能够在高负荷和低负荷下运行,以及在出现意外状况时快速切换到安全模式。这需要设计中有足够的冗余和多功能组件,比如可变频驱动的泵,可以在不同速度下运行,或者可根据需要打开或关闭的旁通管道。此外,阀门和控制器的选型也应允许细致的调节,以适应不同的压力和流量要求。通过提高系统的自适应能力和可调节性,可以确保循环水系统在各种条件下都能高效运行。这种灵活性使系统更加稳健,能够抵御外界变化的影响,同时提高运行效率和降低能耗^[3]。

2.3 操作与维护优化

操作与维护优化是循环水系统管理中的关键环节,确保系统高效稳定运行并延长设备使用寿命。实施严格的操作程序要求详细制定并遵循一系列操作规范,这些规范涉及从启动到关闭的每一个步骤。这些操作程序包括对设备启动顺序、运行参数的设置、化学品的投加、系统的监控以及应急响应的详细说明。目的在于保证操作人员能够按照既定的标准进行日常操作,减少人为错误,提高操作的准确性和安全性。定期系统维护与监测则是保障系统长期可靠运行的必要条件。维护计划应包含定期的检查和预防性维护任务,例如更换磨损的部件、清洁过滤器、检查和校准传感器等。这些任务的频率和内容应基于设备制造商的建议、历史维护数据以及系统运行的实际情况来确定。系统的监测应通过实时的数据采集和分析来执行,包括但不限于流量、压力、温度、化学成分等关键运行参数。这些参数的连续监控有助于及时发现问题,避免小问题演变成大故障。优化的操作和维护策略还要求对操作人员进行定期培训,提高他们对系统的理解 and 操作技能。只有当操作人员充分理解系统的工作原理和操作程序时,才能有效地执行维护任务并在必

要时进行故障排除。此外，记录和分析操作和维护的历史数据也是优化工作的一部分。这包括记录每次维护的时间、所执行的任务、更换的部件以及任何系统调整的结果。通过这些数据的长期跟踪，可以辨识出潜在的问题所在，优化维护计划，并改进操作程序^[4]。

3 案例研究

3.1 案例分析

为了说明提高循环水浓缩倍数的效果，本文选取了某石油化工企业的冷却水系统作为案例研究，这个系统都采用了优化的水质管理、系统设计和操作维护策略，提高了循环水浓缩倍数，从而实现了节水减排和增效的目的。下面是这个案例的具体情况和数据。

该企业的冷却水系统(图2)主要用于冷却裂解炉、压缩机、换热器等设备，系统设计容量为6000m³/h，原来的浓缩倍数为3.5，补充水量为1714m³/h，排污水量为114m³/h，水处理药剂为聚合氯化铝、聚丙烯酰胺和氯气。为了提高浓缩倍数，该企业采取了以下措施：使用水处理化学品，包括阻垢剂、分散剂、杀菌剂和缓蚀剂，控制水中的硬度、碱度、微生物和腐蚀。微生物控制，定期对冷却塔进行清洗和消毒，减少生物粘泥的生成。提高系统的自适应能力，根据水质和温度的变化，调节水处理药剂的投加量和排污水量。增加系统的可调节性，安装变频器，根据流量的需求，调节循环水泵的转速。实施严格的操作程序，定期检测循环水的水质参数，如pH、电导率、浊度、硬度、碱度、氯离子、钾离子等，及时发现和处理异常情况。定期系统维护与监测，定期对冷却塔、冷却水泵、换热器等设备进行检查、维修和更换，保证系统的正常运行。

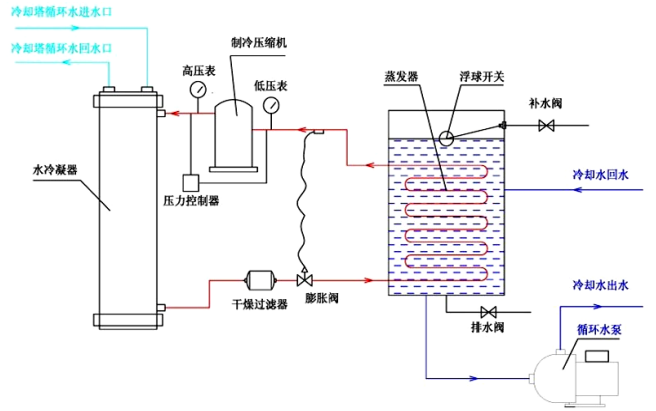


图2 该企业的冷却水系统

3.2 取得的经济效益

通过上述措施，该企业将冷却水系统的浓缩倍数提高到了5，补充水量降低到了1200m³/h，排污水量降低到了60m³/h，水处理药剂的用量也相应减少，节约了水资源和成本，提高了系统的效率和寿命，带来了良好的经济效益和环境效益。具体数据如表1所示。

表1 某石油化工企业冷却水系统的数据对比

参数	原来	现在	变化
浓缩倍数	3.5	5	42.90%
补充水量 (m ³ /h)	1714	1200	-30%
排污水量 (m ³ /h)	114	60	-47.40%
水处理药剂用量 (kg/h)	25.7	18.6	-27.60%
水处理成本 (元 /h)	128.5	93	-27.60%
节水量 (m ³ /h)	—	514	—
节水率 (%)	—	30	—

4 结论

提高循环水系统的浓缩倍数是实现节能降耗与环境保护的有效途径。通过对某石油化工企业案例的分析，实证了综合优化水质管理、系统设计与操作维护的有效性。实施的策略包括精准化学品投加、增强系统自适应性、可调节性以及执行严格操作程序和定期维护。结果显示，浓缩倍数提高，补充水和排污水量大幅下降，水处理成本减少。此成果凸显了系统管理优化在工业水处理中的重要价值，为类似系统提供了可借鉴的模式。

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(04):2.

[2] 欧科.节水减排增效增产绿色发展惠及长远[J].农村百事通,2023(05):58-59.

[3] 周瑞林.浅析循环水浓缩倍数与节能降耗的关系[J].化工管理,2019(08):2.

[4] 杜小丽,常凤敏.用软水替代清水,提高循环水系统浓缩倍数对水处理成本的影响[J].冶金动力,2020(04):3.