电厂水处理系统节能降耗技术研究

牟春鑫

内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 本论文围绕电厂水处理系统节能降耗目标,系统阐述了电厂水处理系统的构成与运行现状,深入分析各处理环节的能耗特点及存在问题。通过研究预处理、脱盐、化学加药等系统的先进节能技术,结合智能化控制、设备升级改造、余热利用等手段,提出了一系列具有针对性的节能降耗方案,为电厂降低水处理系统能耗、提高资源利用效率、实现绿色可持续发展提供理论与技术参考,助力电厂在能源转型背景下提升竞争力。

关键词: 电厂水处理系统;节能降耗;预处理;反渗透;离子交换;智能化控制;余热利用

1 引言

随着我国电力行业的快速发展,电厂对水资源的需求量持续增长。水处理系统作为电厂生产过程中的重要环节,其能耗在电厂总能耗中占据一定比例。同时,水资源短缺和环保要求不断提高的背景下,降低电厂水处理系统能耗,实现节能降耗,不仅有助于降低电厂运营成本,提高经济效益,还对缓解水资源压力、减少环境污染具有重要意义。然而,当前多数电厂水处理系统存在设备效率低、能源浪费严重、自动化程度不足等问题,不仅增加了企业的生产成本,也对环境造成了较大压力。因此,研究和应用电厂水处理系统节能降耗技术成为当前电厂关注的重点方向。

2 电厂水处理系统节能降耗的重要性

(1) 经济效益显著,降低运营成本。节能降耗技术通过优化工艺流程和设备升级,可直接降低电费、药剂消耗及水资源采购成本,例如变频调速技术可使水泵能耗减少12%以上。减少环保投入。实施废水回用和资源化技术后,火电厂化学水处理系统的环保处理费用可降低10%-15%,同时减少污染罚款风险。

(2) 水资源循环利用。提升利用效率。废水回用技术(如反渗透浓水二次处理)可实现95%以上的工业废水循环利用,单厂年节水可达数万吨,缓解水资源紧缺压力。减少新鲜水消耗。通过锅炉定排废水回收、超滤浓水再利用等技术,每年可减少数万吨新鲜水用量,降低对自然水源的依赖。

(3) 环境保护需求。减少污染物排放。每回用1吨废水可减少0.4千克标准煤消耗及0.997千克二氧化碳排放,推动电厂向“近零排放”目标迈进。避免环境破坏。未经处理的含化学药剂废水可能污染土壤和地下水,而绿色脱盐、生物处理等技术可实现废水无害化处理,保护周边生态。

(4) 技术创新驱动发展。促进技术升级。膜分离、电化学阻垢等新兴技术的应用,推动处理系统向智能化、低碳化转型,例如臭氧催化氧化技术可降低COD处理成本30%以上。实现能源梯级利用。余热回收技术可将锅炉废水热能用于供暖系统,再通过热网补水实现能源复用,综合节能率提升15%-20%。

3 电厂水处理系统现状分析

3.1 系统组成与工艺流程

电厂水处理系统主要由预处理系统、脱盐系统、化学加药系统、废水处理系统等部分组成。其典型工艺流程如下:原水首先进入预处理系统,经过混凝、沉淀、过滤等处理,去除悬浮物、胶体等杂质;预处理后的水进入脱盐系统,通过反渗透、离子交换等工艺去除水中的溶解性盐类,制备符合锅炉水质要求的补给水;在水处理过程中,化学加药系统向水中投加混凝剂、杀菌剂、阻垢剂等药剂,以保证处理效果;最后,系统产生的浓水和废水进入废水处理系统,进行中和、沉淀、过滤等处理后达标排放或回用。

3.2 能耗分布与问题分析

电厂水处理系统的能耗主要包括电能消耗、水资源消耗、化学药剂消耗。其中,水泵、风机、反渗透装置、加热器等设备运行消耗大量电能,其中反渗透高压泵能耗占比可达水处理系统总电耗的40%;水资源消耗主要体现在过滤设备反洗、反渗透浓水排放、离子交换树脂再生和系统运行过程中的跑、冒、滴、漏以及不合理的排污等情况;药剂消耗主要是混凝剂、助凝剂、离子交换树脂再生剂等化学药剂的使用。

3.3 当前电厂水处理系统存在的主要问题包括:

(1) 设备效率低下:部分电厂仍使用传统的低效处理设备,如砂滤器、普通反渗透膜元件等,导致能耗偏高。

(2) 运行参数不合理:系统运行参数(如压力、流

量、回收率等)未根据实际水质和水量进行优化调整,造成能源浪费。

(3) 自动化程度低:人工操作和简单的自动控制系统无法实现对水质和设备运行状态的实时监测与精准控制。

(4) 资源回收利用率低:反渗透浓水、离子交换再生废水等未得到有效回收利用,造成水资源浪费。

4 电厂水处理系统节能降耗关键技术

4.1 预处理系统节能技术

4.1.1 高效混凝沉淀技术

(1) 新型混凝剂应用:采用聚合硫酸铁(PFS)、聚合氯化铝铁(PAFC)等新型高效混凝剂,其具有分子量大、吸附架桥能力强等特点,相比传统混凝剂可减少20%-30%的投加量。

(2) 动态混凝控制技术:通过在线监测原水浊度、pH值、温度等参数,结合模糊控制算法建立混凝剂投加模型,实现混凝剂的动态精准投加。某电厂应用该技术后,混凝剂消耗降低了25%,污泥产生量减少了20%。

4.1.2 新型过滤技术

(1) 超滤膜过滤技术:超滤膜能够有效截留水中的胶体、微生物和大分子有机物,替代传统砂滤器可显著提高过滤效率,降低反洗频率和用水量。超滤膜的反洗水量仅为砂滤器的1/3-1/2。

(2) 陶瓷膜过滤技术:陶瓷膜具有耐高温、耐化学腐蚀、机械强度高优点,适用于处理高浊度、高硬度的原水,可延长设备使用寿命,减少维护成本。

4.2 脱盐系统节能技术

4.2.1 反渗透系统节能

(1) 低压膜与抗污染膜应用:采用超低压反渗透膜(如海德能ESPA系列),运行压力可降低至0.8-1.0MPa,相比常规膜元件能耗降低25%-30%。抗污染反渗透膜(如陶氏FilmTec抗污染膜)可减少膜表面的污染物附着,延长清洗周期,降低运行成本。

(2) 膜组件排列优化:根据原水水质和处理规模,合理设计膜组件的排列方式。采用多级串联、分段式排列等方式,可提高水的回收率,减少浓水排放,降低水资源浪费和后续浓水处理的能耗。

(3) 膜清洗与维护技术改进:开发高效的膜清洗药剂和清洗工艺,定期对膜组件进行科学清洗和维护,延长膜的使用寿命,保持膜的性能稳定,减少因膜性能下降导致的能耗增加。

(4) 在线化学清洗技术:通过监测跨膜压差、产水量等参数,智能判断膜污染程度,采用低浓度、高频次的在线清洗方案,延长膜使用寿命,降低清洗能耗。

4.2.2 离子交换系统节能

(1) 新型树脂应用:大孔型离子交换树脂具有交换容量高、抗污染能力强的特点,可减少再生次数;均粒树脂由于颗粒均匀,水流阻力小,能提高交换效率,降低再生剂用量。在电厂高温、氧化性较强的水质环境下,使用耐高温、抗氧化性能好的离子交换树脂,可提高树脂的稳定性和使用寿命,减少因树脂失效频繁更换带来的成本和能耗。

(2) 优化再生工艺:采用逆流再生、体外再生等先进工艺,相比顺流再生可减少30%-40%的再生剂用量。同时,通过精确控制再生剂浓度、流速和再生时间,进一步提高再生效率。优化离子交换树脂柱的运行参数,实现树脂的动态循环再生,减少再生剂用量30%-40%。采用新型分层技术,使阴、阳树脂分层更彻底,提高树脂利用率,延长运行周期。

4.3 化学加药系统节能

(1) 精准加药技术:利用在线水质监测仪表实时监测水质参数,结合数学模型和自动控制系统实现化学药剂的精准投加。例如,通过余氯在线监测仪控制杀菌剂的投加量,避免药剂浪费。

(2) 新型环保药剂应用:采用可生物降解的阻垢剂、缓蚀剂等环保药剂,减少对环境的污染,同时提高药剂使用效率。

4.4 智能化控制技术

(1) 大数据分析预测:收集和分析水处理系统的历史运行数据,建立水质预测模型和设备故障诊断模型,提前预测水质变化和故障,优化系统运行参数。

(2) 人工智能控制:应用神经网络、遗传算法等人工智能技术,实现对水处理系统的自动控制和优化调度。例如,利用神经网络算法优化反渗透系统的运行压力和回收率,使系统能耗降低15%-20%。

(3) 物联网技术应用:通过物联网技术实现水处理设备的远程监控和管理,实时掌握设备运行状态,及时发现和解决问题,提高系统运行的可靠性和稳定性。

4.5 设备节能技术

4.5.1 高效节能设备应用

(1) 变频水泵:根据系统实际需水量调节水泵转速,避免“大马拉小车”现象,可节能20%-30%。

(2) 高效反渗透高压泵:采用能量回收装置,将反渗透浓水的压力能回收利用,降低高压泵能耗,典型能量回收装置可使系统能耗降低15%-25%。

4.5.2 设备维护与升级

定期对反渗透膜、离子交换树脂等设备进行清洗、

维护与更换,确保设备处于最佳运行状态;对老化、低效设备及时升级改造,提高系统整体效率。

4.6 余热回收与水资源再利用

4.6.1 余热回收技术

(1) 烟气余热利用:通过换热器将锅炉排烟余热(120-180℃)回收,加热离子交换树脂再生液或反渗透膜清洗水,替代电加热,降低热能消耗。

(2) 蒸汽冷凝水回收:将电厂蒸汽系统的冷凝水回用于水处理系统,减少新鲜水取用量与加热能耗。

4.6.2 水资源循环利用

(1) 反渗透浓水再利用:对反渗透浓水进行简单处理后,用于电厂冲灰、脱硫等对水质要求较低的环节,提高水资源利用率至90%以上。

(2) 循环冷却水排污水回用:通过超滤-纳滤处理,将循环冷却水排污水回用于锅炉补给水预处理环节,减少新鲜水消耗。

5 结论与展望

5.1 结论

(1) 电厂水处理系统节能降耗需要从预处理、脱盐、化学加药等多个环节入手,综合应用新型技术和设备。

(2) 智能化控制技术能够实现水处理系统的精准控制和优化运行,是节能降耗的重要手段。

(3) 余热利用技术可有效降低水处理系统的能耗,提高能源利用效率。

5.2 展望

(1) 技术创新:未来应加强新型水处理材料和设备的研发,如开发具有更高脱盐率、更低能耗的反渗透膜,以及新型高效离子交换树脂等。

(2) 智能化升级:进一步深化人工智能、大数据等技术在处理系统中的应用,实现系统的全自动化、智能化运行和管理。

(3) 综合优化:将水处理系统与电厂其他系统进行协同优化,探索更高效的能源综合利用模式,推动电厂向绿色低碳方向发展。

参考文献

[1] 国家发展改革委.“十四五”节能减排综合工作方案[Z]. 2021.

[2] 刘航.关于电厂水处理系统节能降耗技术与案例分析.2022.

[3] 王静.电厂水处理系统节能降耗技术与案例探讨.2023.

[4] 陈祥役.浅析火电厂化学水处理系统节能降耗优化措施[J].化工管理,2018,(05):100+102.