

极端气候条件下污水处理厂运行稳定性保障措施

史剑韬

内蒙古南大环保科技有限公司，内蒙古 包头 014000

摘要：随着全球气候变化的加剧，极端气候事件愈发频繁，给污水处理厂的稳定运行带来了严峻挑战。本文深入分析了多种极端气候条件（如暴雨、高温、低温、干旱等）对污水处理厂运行的影响，包括对水质、水量、处理工艺及设备等方面的影响。并针对性地提出了一系列保障污水处理厂运行稳定性的措施，涵盖工艺优化、设备维护、应急管理等多个层面，旨在为污水处理厂在极端气候条件下的持续稳定运行提供理论支持和实践指导。

关键词：极端气候；污水处理厂；运行稳定性；保障措施

引言

污水处理厂作为城市基础设施的重要组成部分，对于保障城市水环境质量、保护水资源和维护生态平衡具有关键作用。然而，近年来极端气候事件（如暴雨引发的洪涝、异常高温或低温、长时间干旱等）的频繁发生，严重威胁着污水处理厂的正常运行。极端气候条件下，污水处理厂的进水水质和水量会出现大幅波动，处理工艺的效能可能降低，设备也可能遭受损坏，从而影响出水水质的达标排放，甚至对周边环境造成二次污染。因此，研究极端气候条件下污水处理厂运行稳定性的保障措施具有重要的现实意义。

1 极端气候条件对污水处理厂运行的影响

1.1 暴雨洪涝的影响

水量冲击：暴雨会使大量雨水进入污水管网，导致污水处理厂进水水量急剧增加，超过设计处理能力。这可能引发处理设备的过载运行，如提升泵长时间高负荷工作，易造成设备损坏。而且，短时间内大量污水涌入，会打乱污水处理厂原本的运行节奏，使得处理流程无法按照正常的时间和参数进行。

水质变化：雨水会携带大量泥沙、垃圾以及地表污染物进入污水系统，使进水的悬浮物、有机物浓度等水质指标发生显著变化，增加了污水处理的难度。这些污染物可能会对后续处理工艺中的微生物群落产生冲击，影响其活性和处理效果。

工艺影响：水量和水质的突变可能破坏污水处理工艺的稳定性，例如活性污泥法中，过高的水量冲击可能导致污泥流失，影响污泥的沉降性能和处理效果。同时，生物膜法处理工艺也可能受到影响，生物膜的生长和代谢会因水质水量的不稳定而受到抑制。

1.2 高温的影响

微生物活性：在高温环境下，污水处理系统中的微生物酶活性会受到影响，过高的温度可能导致微生物蛋白质变性，从而降低微生物的代谢活性和处理能力。微生物的生长繁殖速度也会发

生变化，原本的生态平衡被打破，可能导致某些有益微生物的数量减少，影响污水处理效果。

溶解氧：水温升高会使水中溶解氧的溶解度降低，导致曝气池中溶解氧不足，影响好氧微生物的生长和代谢，进而影响污水处理效果。这可能需要增加曝气设备的运行功率和时间来补充溶解氧，但同时也会增加能耗和设备的磨损。

设备运行：高温会加速设备的老化和损坏，如电机、泵等设备在高温环境下散热困难，容易出现过热故障。设备的密封件、润滑部件等也会因高温而加速老化，增加设备维修和更换的频率。

1.3 低温的影响

微生物活性抑制：低温会显著降低微生物的生长速率和代谢活性，使污水处理反应速率减慢，处理效果变差。例如，硝化细菌在低温下的硝化作用明显减弱，导致氨氮去除效率降低。微生物的细胞膜流动性也会降低，影响营养物质的吸收和代谢产物的排出。

污泥性能改变：低温会使污泥的流动性变差，污泥沉降性能下降，容易出现污泥膨胀等问题，影响污水处理厂的正常运行。污泥的脱水性能也会受到影响，增加了污泥处理的难度和成本。

管道和设备冻结：在极寒天气下，污水管道和设备中的水可能会冻结，导致管道破裂、设备损坏，影响污水的输送和处理。解冻过程中还可能引发管道的腐蚀和泄漏等问题。

1.4 干旱的影响

水量减少：干旱时期，城市污水量会相应减少，污水在管道中的流速减慢，导致污水中污染物的沉积和积累，容易造成管道堵塞。污水量的减少还会使污水处理厂的设备运行效率降低，单位处理成本增加。

水质恶化：由于污水量减少，污水中污染物的浓度相对升高，一些难降解物质的比例增加，加大了污水处理的难度。高浓度的污染物可能会对微生物产生毒性作用，抑制微生物的生长和代谢。

2 保障污水处理厂运行稳定性的措施

2.1 工艺优化

应对水量冲击的工艺调整：安装调蓄设施，如调节池、溢流井等，在暴雨期间对进水进行调蓄，均衡水量，避免对后续处理工艺造成过大冲击。采用动态调节的运行策略，根据进水水量和水质的变化，灵活调整处理工艺的运行参数，如曝气时间、污泥回流比等。例如，可以通过智能控制系统，实时监测进水流量和水质，自动调整污泥回流泵的频率，以保证活性污泥的浓度和处理效果。

适应水质变化的工艺改进：增加预处理工艺，如在进水口设置格栅、沉砂池等，加强对悬浮物和泥沙的去除，减轻后续处理工艺的负担。针对难降解有机物，可采用高级氧化技术、生物强化技术等，提高污水的可生化性和处理效果。高级氧化技术可以通过产生强氧化性的自由基，将难降解有机物分解为小分子物质，提高其可生化性。生物强化技术则可以通过向处理系统中添加特定的微生物菌种，增强对特定污染物的降解能力。

适应温度变化的工艺措施：在高温季节，通过增加曝气强度、优化曝气方式等方法，提高水中溶解氧含量；同时，可采用冷却设备对进水或处理构筑物进行降温，维持微生物的适宜生长环境。例如，可以采用冷却塔对进水进行降温，或者在曝气池中设置冷却盘管，降低水温。在低温季节，对处理构筑物进行保温处理，如增加保温材料、设置加热装置等；筛选和培养低温适应性强的微生物菌群，提高污水处理系统在低温下的处理能力。可以通过基因工程技术，培育具有低温适应性的高效微生物菌株，应用于污水处理过程中。

2.2 设备维护与管理

设备选型与配置：在污水处理厂建设和设备选型时，充分考虑极端气候条件的影响，选择具有较高耐温、耐湿、耐腐蚀性能的设备，并配备足够的备用设备，以应对突发情况。例如，选择耐高温、耐腐蚀的泵和管道材料，确保在恶劣环境下设备的正常运行。同时，配备备用的曝气设备、污泥处理设备，以便在设备出现故障时能够及时替换，保证污水处理的连续性。

日常维护与保养：建立完善的设备维护管理制度，定期对设备进行检查、保养和维修，确保设备处于良好的运行状态。加强对设备的巡检，及时发现并处理设备运行中的异常情况。例如，定期对电机进行绝缘检测，对泵进行密封性检查，对曝气设备进行曝气效果检测等。同时，做好设备的清洁、润滑和紧固等保养工作，延长设备的使用寿命。

应对极端气候的设备防护：在暴雨来临前，对设备进行防水、防潮处理，检查设备的接地和防雷装置，确保设备安全运行。在高温季节，加强设备的散热和通风，定期清理设备表面的灰尘和杂物。在低温季节，对设备和管道进行保温和防冻处理，如包裹

保温材料、设置伴热装置等。可以采用电伴热、蒸汽伴热等方式，防止管道和设备冻结。

2.3 应急管理

应急预案制定：制定完善的极端气候应急预案，明确在不同极端气候条件下的应急响应流程、责任分工和应对措施。定期对应急预案进行演练和修订，确保其科学性、实用性和可操作性。应急预案应包括应急组织机构的职责、应急物资的调配、应急处理措施等内容。例如，在暴雨应急预案中，应明确排水泵的启动程序、溢流井的操作方法以及人员的疏散路线等。

应急物资储备：储备充足的应急物资，如沙袋、排水泵、备用电机、化学药剂等，以应对突发的水量冲击、设备故障等情况。建立应急物资管理制度，定期对应急物资进行检查和更新，确保物资的完好和可用。应急物资应存放在便于取用的位置，并建立详细的台账，记录物资的出入库情况。

与相关部门的协同合作：加强与气象、水利、环保等部门的沟通与协作，及时获取极端气候的预警信息，提前做好应对准备。在发生极端气候事件时，与相关部门密切配合，共同应对可能出现的问题，保障污水处理厂的正常运行。例如，与气象部门建立信息共享机制，及时获取暴雨、高温、低温等极端气候的预警信息；与水利部门合作，协调排水系统的调度，减轻污水处理厂的进水压力。

2.4 监测与预警

水质水量监测：建立完善的水质水量监测系统，实时监测污水处理厂的进水和出水水质、水量等指标，及时掌握水质水量的变化情况。采用先进的监测技术和设备，提高监测数据的准确性和可靠性。例如，采用在线水质分析仪、超声波流量计等设备，对水质和水量进行实时监测，并将数据传输到监控中心，以便及时进行分析和处理。

设备运行监测：对关键设备的运行状态进行实时监测，如电机的电流、温度，泵的压力、流量等，及时发现设备的故障隐患。利用智能监测系统 and 数据分析技术，对设备运行数据进行分析 and 预警，提前采取维护措施。例如，可以通过安装传感器，实时监测电机的温度和电流，当温度或电流超过设定值时，系统自动发出预警信号，提醒操作人员及时处理。

极端气候预警：加强与气象部门的合作，建立极端气候预警机制，及时获取暴雨、高温、低温等极端气候的预警信息。根据预警信息，提前调整污水处理厂的运行策略，做好应急准备工作。可以开发专门的预警软件，将气象部门的预警信息与污水处理厂的运行管理系统进行对接，实现预警信息的自动推送和处理。

3 案例分析

以位于南方某市的 A 污水处理厂为例，该地区气候多变，夏季高温且暴雨频繁，冬季偶有低温寒潮，干旱季节也时有发生，

这对污水处理厂的稳定运行构成了诸多挑战。然而，A 污水处理厂通过一系列科学有效的措施，在极端气候条件下仍能保持良好的运行状态。

在应对暴雨洪涝方面，A 污水处理厂提前规划并建设了足够容量的调节池，有效应对了暴雨期间进水水量的大幅增加。在一次特大暴雨中，城市污水管网短时间内涌入大量雨水，进水流量远超设计负荷。但调节池发挥了关键作用，对过量污水进行了缓冲和调节，避免了后续处理设备的直接冲击。同时，该厂根据实时水质监测数据，灵活调整了活性污泥法的运行参数，如加大污泥回流比，增强了对高浓度污染物的处理能力，确保了出水水质的稳定达标。

高温季节时，A 污水处理厂面临着微生物活性降低和溶解氧不足的问题。对此，该厂一方面增加了曝气设备的运行频率和强度，保证了曝气池中充足的溶解氧；另一方面，在进水口安装了冷却装置，对高温进水进行适度降温，为微生物创造了适宜的生存环境。通过这些措施，在连续高温天气下，污水处理系统的微生物依然保持较高活性，处理效果未受明显影响。

在低温时期，A 污水处理厂对所有处理构筑物 and 管道进行了全面的保温改造，采用了高质量的保温材料，减少了热量散失。同时，该厂与科研机构合作，筛选并培育了一批适应低温环境的微生物菌群，投加到处理系统中。这些耐寒微生物在低温下仍能保持一定的代谢活性，使得该厂在冬季低温时，氨氮等关键指标的去除率依然能维持在较高水平。

面对干旱季节污水量减少和水质恶化的情况，A 污水处理厂加强了对污水管网的巡检和维护，及时清理沉积的污染物，防止

管道堵塞。同时，优化了处理工艺，针对高浓度难降解有机物，采用了高级氧化与生物处理相结合的方法，提高了污水的处理效果。

通过以上一系列措施的综合实施，A 污水处理厂在各种极端气候条件下都能稳定运行，出水水质始终符合国家排放标准，为城市的水环境安全提供了有力保障，也为其他污水处理厂应对极端气候挑战提供了宝贵的经验借鉴。

4 结论

极端气候条件对污水处理厂的运行稳定性构成了严重威胁，但其影响是可以采取一系列有效的保障措施来降低的。通过工艺优化、设备维护与管理、应急管理以及监测与预警等多方面的综合措施，可以提高污水处理厂在极端气候条件下的适应能力和抗风险能力，确保污水处理厂的持续稳定运行，保障出水水质达标排放，保护城市水环境质量和生态安全。未来，随着气候变化的不确定性增加，还需要不断加强对极端气候条件下污水处理技术和管理策略的研究与创新，以更好地应对日益严峻的挑战。同时，政府和社会应加大对污水处理基础设施建设和运行维护的投入，提高污水处理行业的整体抗灾能力。

参考文献：

- [1] 刘良才, 毛文煜, 郑逸洁, 等. 优化算法在污水处理中的应用进展 [J/OL]. 工业水处理, 1-17
- [2] 石健. 面向水利工程污水处理工艺与给排水管网优化设计研究 [J]. 水利科学与寒区工程, 2024, 7(12): 9-12.
- [3] 尚越飞, 宗倪, 齐嵘, 等. 典型城市污水生物处理工艺的冬季运行稳定性分析 [J]. 中国给水排水, 2021, 37(19): 78-84.