

核电厂冷源取水口生物堵塞防控策略

高帆 王超 吴锐鸿

大亚湾核电运营管理有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9894

[摘要] 本文以核电厂冷源取水口生物堵塞防控策略为本,结合国内核电厂案例分析和实践经验,提出一系列科学合理的防控措施,通过详细分析冷源取水口生物堵塞的原因及其影响以及现有防控手段的不足,提出了多方面的综合措施,以保证核电厂安全稳定运行。以开放的心态和创新思维,加强跨领域和跨行业的合作与交流,在保护海洋生态环境的同时,确保核电站的安全稳定运行,为人类社会的清洁能源不断发展做出贡献,塑造人与自然和谐共处的美丽形象。

[关键词] 核电厂; 冷源取水口; 生物堵塞防控; 策略

中图分类号: TL48 文献标识码: A

Prevention and control strategy of cold source water intake of nuclear power plant

Fan Gao Chao Wang Ruihong Wu

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co.,LTD

[Abstract] in this paper to nuclear power plant cold source intake biological blockage prevention and control strategy, combined with the domestic nuclear power plant case analysis and practical experience, put forward a series of scientific and reasonable prevention and control measures, through the detailed analysis of the causes of cold source intake biological blockage and the shortage of existing prevention and control means, put forward various comprehensive measures to ensure the safe and stable operation of nuclear power plant. With an open mind and innovative thinking, we will strengthen cross-field and cross-industry cooperation and exchanges, while protecting the Marine ecological environment, ensure the safe and stable operation of nuclear power plants, contribute to the continuous flow of clean energy in human society, and create a beautiful image of harmonious coexistence between man and nature.

[Key words] nuclear power plant; cold source water intake; biological blockage prevention and control; strategy

引言

核电作为一种安全、经济、可靠、清洁的能源,在世界能源结构中发挥着重要作用,随着核电机组数量的不断增加,对核电站的可靠运行提出了更高的要求,但核电站的堵塞问题,特别是生物堵塞问题,已成为影响核电站安全稳定运行的重要因素,本文将探讨生物堵塞成因的有效预防控制策略。

1 生物堵塞的来源与影响

1.1 生物堵塞的来源

1.1.1 自然海生物入侵

海洋生物自然入侵是核电站取水口堵塞物的主要来源,这些生物通过海洋的自然流动机制向取水口聚集,不同类型的生物以不同的方式影响水道堵塞。贝类和其他软体动物等,经常附着在水口结构上,通过粘液和钙的分泌形成坚实的壳体,这些附着物不仅增加了水的抽取孔的粗糙度,而且还减少了有效的水空间,导致水流阻力增加,抽水效率降低。海藻和水母是造成取

水口堵塞的“重灾区”,海藻及水母因其柔软及体型多样极易造成核电站取水设备孔洞的堵塞。

1.1.2 生态环境变化的深远影响

全球气候变化和人类活动对海洋生态环境的长期影响间接增加了水生物聚集风险,二氧化碳排放量的增加导致海洋酸化,影响海洋生物的环境和繁殖能力,这种变化可能导致某些生物群体数量变化,从而导致它们在开放区域的分布和聚集模式变化;沿海地区的工业排放,城市污水等污染源导致海水富集,促进藻类和微生物的过度繁殖。

1.1.3 漂浮物与沉积物的复杂作用

漂浮物和沉积物,作为非生物因素,在形成生物阻滞中起着重要作用;它们与生物体相互作用,共同形成出水口的阻滞剂,漂浮物包括废塑料、油、树枝等,这些物质与海水进入取水区,可以被生物体缠绕或作为附着基,促进生物阻滞的形成。沉积物在取水口附近沉积,为生物体的生长和繁殖提供矩阵,同时,沉

积物的积累也减少了出水口的过剩水空间,增加了水流阻力;当生物体与沉积物混合时,形成了更难清洁的填充物。

1.2 生物堵塞的影响

1.2.1 降低取水效率

生物堵塞最直观的影响是孔隙的抽水效率降低,当孔隙被海洋生物、浮游生物和沉积物堵塞时,有效水面积减小,水流阻力增加,导致抽水量降低,这不仅会影响核电站的冷却效果,还可能由于冷却水不足而限制机组的发电能力。

1.2.2 增加设备损耗

生物堵塞还会导致取水设备的额外损耗,堵塞中的固体物质(如废塑料等)会导致设备在取水孔中的过滤器、泵组等的腐蚀和堵塞,缩短设备的使用寿命,此外,为了清理堵塞,核电站需要频繁地对设备进行维护和维修,增加运行成本。

1.2.3 对核电站安全的影响

生物堵塞对核电站的安全运行构成潜在威胁,水孔堵塞会导致冷却水流量不足,进而影响核反应堆的冷却效果,在极端情况下,如果冷却系统发生故障,可能导致核安全事故,此外,堵塞中的有害物质(如石油、重金属等)也可能与冷却水一起进入核电站的循环系统,造成设备腐蚀和污染。

2 生物堵塞的形成机制

2.1 环境因素的变化

环境因子的变化是推动生物阻滞形成的重要外力,这些变化不仅影响海洋生物的生长和分布,而且直接决定了它们与取水口的相互作用模式。例如,在某一沿海核电站,近年来,由于全球变暖,该地区的海水温度每年都在上升,这种温度的变化导致一些生活在较冷水域的海洋生物(如温带鱼类和一些藻类)迁移到更温暖的地区,包括核电站取水口附近,这些迁徙生物大量繁殖,并在取水口逐渐形成生物群落,此外,海水温度升高也增强了微生物的活性,加速了有机物质的分解和盐的释放。

2.2 近海捕捞严重

大型海洋捕捞是另一个导致海洋生物群落结构失衡和生物紧张加剧的因素;过度捕捞不仅会减少大型捕食者(如掠食性鱼类)的数量,还会破坏海洋生态系统中的食物链和能量流动。在某一沿海核电站附近的海域,由于长期过度捕捞,该地区的大型鱼类数量急剧下降,而小型鱼类,甲壳类动物和贝类则增加,这些小生物更容易被水流带到洞穴,在那里聚集和繁殖,同时,由于大型捕食者减少,海藻等植物失去了自然控制,并开始过度生长和覆盖洞穴,这种由人类活动引起的生态失衡加速了生物突破的形成。

2.3 监测技术和预警手段不足

监测技术和早期预警工具的不足是核电厂应对生物瓶颈的另一个挑战,缺乏有效的监测和早期预警系统使得核电厂难以及时发现和应对生物瓶颈,以某沿海核电站为例,电站在初期运行中对生物堵塞问题未给予足够重视,监控设备和预警系统相对较低,严重影响机组正常运行,后续分析发现,该电站未能及时发现海上船只数量异常增加,并因监控手段不足而采取有效

措施加以预防,事故不仅给电站造成了巨大的经济损失,而且还暴露了其坐标^[1]。

3 核电厂冷源取水口生物堵塞防控策略

3.1 加强环境监测和预警

加强环境监测和预警是预防核电站冷源取水口生物堵塞的基石,这就要求核电站不仅要在冷源取水口附近建立密集的监测站,而且要利用遥感卫星、无人机、水下机器人等技术手段形成一个综合的监测网络,通过这些手段,可以实时获得包括海水温度、盐分、溶解氧分、盐浓度、营养物质、生物学性质、数量、分布等一系列环境数据。在数据分析方面,核电站应引入先进的人工智能算法和机器学习,对海量观测数据进行深度探索和分析,识别生物种群变化规律和趋势,预测潜在的生物窒息风险,同时建立生物窒息风险预警模型,确定预警门槛,一旦超过监测门槛数据,即启动预警机制,为核电站应急响应腾出时间和空间。例如,某沿海核电站在其冷源取水口周围部署了多台高精度环境监测设备,并通过定期巡航及趋势检测来实时分析海生物数据,在预警模型预测中,通过先进设备确定了近海水域大规模迁移和近海水域即将迁移趋势,以便电站迅速启动应急计划,加强了水口监测和消毒,成功避免了海生物异常增多造成的取水口设备堵塞的故障,确保了机组的稳定运行。

3.2 设置物理屏障

设置物理屏障是防止海洋生物进入冷源取水口的直接有效方法,核电站应根据取水口状况和生物阻塞特性设计并安装适当的物理屏障系统,此类屏障系统可包括各种网、过滤器、保护网、材料孔径、布局方式等,在组合设备最终落地形成有效防御网前,必须仔细计算并验证设备的有效性,以确保有效阻挡生物进入,保持足够的取水效率。此外,物理屏障系统还应具有自动清洗和更换功能,以减少人为干预的频率和难度,通过定期检查和维修,确保屏障系统的完整性和有效性,防止因长期运行而导致的损坏或堵塞问题。现代化核电站在冷源取水口前均安装有专用物理屏障系统,该系统采用高强度不锈钢制成的大型过滤器,采用动态水流原理和自动清洗单元设计的过滤器,在实际运行中,成功地阻止了绝大多数海洋生物进入,同时保持了水的畅通,此外,核电站还制定定期清洗和维修更换设备的机制,保证了屏障系统的长期稳定运行^[2]。

3.3 加强设备维修和清洁

设备维修和清洁是抵御生物瓶颈的最后一道防线,核电站应制定详细的取水设备维护和清洁计划,确定每项工作的负责人,时间范围和具体步骤,应定期对相关设备的冷源取水口进行全面检查和清洁,包括清除与设备表面相关的生物体,沉积物和污垢。在清洗过程中,应注意使用适当的工具和方法,避免设备损坏或污染;同时,还应记录与清洗过程有关的数据和信息,以便于后续的维护和改进工作。现代化核电站对冷源取水口的维护均需采取严格的管理措施,制定详细的维护和清洁计划,并成立专门的维护团队来执行,在定期清洗过程中,维修团队发现水过滤器表面有大量的海洋生物和藻类后,必须迅速采取有效的

清洁措施,如使用高压水枪和特殊清洁剂彻底清洗屏幕,通过这种清洗,不仅恢复了设备的健康运行,而且提高了机组的运行效率。

3.4 推广生物防治技术

生物防治技术是对抗海生物威胁的有效方式,通过引入或培育特定的生物种类来减少对化学或物理手段的依赖,利用它们之间的环境关系来控制或消除目标生物种群,在核电站预防和控制取水设备生物阻塞方面,可以探索应用生物竞争、捕食、化学等生物防控技术。例如,对于藻类阻塞的问题,可以引入通过光照和养分竞争的天然藻类敌人,如某些食藻鱼或贝类,通过合理控制这些藻类敌人的数量和分布范围,有效抑制藻类的过度繁殖,降低阻塞的风险。同时,可以利用微生物产生的生物物质抑制藻类生长的技术,如某些能够分泌阻碍藻类生长的化合物细菌。某核电环保科技有限公司已在冷水源生物阻塞防控工程中成功应用生物防护技术,与科研机构合作,对当地海域抑制藻类生长的微生物菌株进行了筛选,通过培育这些菌株并将其放置在取水口附近水域,成功地降低了藻类的数量,大大减少了设备阻塞情况,此外,该公司引进了少量藻类进行生态防控,增强了生物防控效果^[3]。

3.5 应急预案

制定和完善应急预案是核电厂应对冷源取水口生物阻塞等紧急情况的重要保障,应急预案应明确生物阻塞的定义标准、预警机制、应急响应、处置措施和恢复方案,在制定预案时,应充分考虑核电厂的实际情况和生物阻塞的特点,以确保预案的适宜性和可操作性。应急预案还应包括与地方政府、海事部门、环保组织等有关部门的沟通协调机制,以便各方迅速行动,共同应对生物阻塞等突发事件。某电站在生物阻塞防控工作中建立了有效的应急预案体系,该体系确定了生物阻塞的预警门槛,应急响应水平和处置措施;如果海洋藻类突发性阻塞,该电站迅速启动应急预案,根据应急处置方案要求,通过协调海洋管理部门派遣打捞船舶,组织专业团队进行人工清理,可保证短时间内恢复取水畅通,同时,该电站建立及时向当地政府和环保组织通报事故进展和处置情况机制,通过及时的信息沟通确保了电站安全运行。

3.6 演习与培训

演习和培训是提高核电站工作人员应对冷源取水口生物阻塞等紧急情况能力的重要手段,通过定期组织应急演练和技能培训活动,可以使工作人员熟悉应急计划的内容和工作,掌握应急处理所需的技能和方法,同时,演习还可以检验应急计划的可行性和有效性,及时发现和纠正存在的问题和不足。在培训领域,应注重教学方法理论与实践相结合,通过案例分析、模拟操作等多种形式提高应急能力和人员综合素质。核电站安全培训机构在提高核电厂人员应对生物瓶颈的能力方面发挥了重要作用,定期组织生物阻塞应急训练活动,模拟真实的异常场景和紧急情况,通过人员在实战中训练以提升电站人员的响应能力,同时,核电站培训机构还应开设专门的培训课程,邀请行业专家和高级技术人员通过系统性培训,向员工展示生物阻塞控制知识和应急响应技巧。

4 结语

在核电站冷源取水口源生物堵塞防控之旅中,相关人员不仅是技术的探索者,也是自然与工业和谐共处的实践者,面对复杂多变的海洋环境和生物多样性的挑战,不仅需要依靠科技的力量,不断创新和突破,还需要坚持绿色可持续发展的理念。未来,随着科技的进步和环保意识的提高,核电站冷源取水口的生物堵塞问题不会是困扰我们的问题,而是推动前进,追求卓越的新动力,在这条充满挑战和机遇的道路上,所有核电人均应通过智慧和勇气披荆斩棘,共同走向更美好的明天。

[参考文献]

- [1]邢晓峰,张正楼,汤建明,等.核电厂冷源取水海洋生物堵塞问题探析[J].核安全,2021,20(06):103-109.
- [2]吴侨军.核电厂冷源安全的挑战及对策[J].电力安全技术,2019,21(11):4-9.
- [3]李建文,刘笑麟,张锦飞,等.提升核电厂冷源安全性的海生物探测技术研究[J].电力安全技术,2017,19(10):32-37.

作者简介:

高帆(1992—),男,汉族,陕西省汉中市人,大亚湾核电运营管理有限责任公司,工程师,本科,核电运行方向。