

温排水对水体生态环境影响的分析及处理

孙艳涛¹, 王惠民¹, 吴修锋^{1,2}

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要 介绍了温排水对水体生态环境的影响, 结合一些工程实例, 重点叙述了一些水生生物因子在受热水体中的反应。针对这些提出了改进冷却水排放方式、设计合理的运行方案、加强温排放监督管理等措施, 为水体的水温控制标准和水环境评价提供科学依据。

关键词 温排水 水体生态环境 生物因子

中图分类号 X143 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2008)02-0070-03

Impacts of thermal discharge on aquatic ecological environment and the countermeasures

SUN Yan-tao¹, WANG Hui-min¹, WU Xiu-feng^{1, 2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract The impacts of thermal discharge on aquatic ecological environment were described. Based on the previous engineering works, the responses of biological factors in heated water bodies were discussed. Some management and treatment countermeasures were provided, such as improving the discharge mode of cooling water, designing rational operating scheme, strengthening the management and supervision of thermal discharge, and so on, which would provide reliable guarantee for the protection of aquatic ecological environment.

Key words thermal discharge; aquatic ecological environment; biological factor

随着电力工业的发展, 温排水对水环境造成的污染愈来愈受到人们的关注, 对于担负电厂冷却池之用的天然水体, 其生态环境系统的活力不仅和天然水体大量富集的营养物质、水体流动情况、光照、气温条件等密切相关, 而且往往和电厂的取排水有关。一些发达国家在 20 世纪 70 年代以前就已开始研究电厂温排水对水生生态系统的影响。从 20 世纪 80 年代初, 我国陆续发表与电厂温排水有关的研究成果^[1-3]。

目前, 国内外关于电厂温排水对水生生态环境的影响的研究可归纳为 3 种情况: ①根据电厂温排水的实际情况, 采用数值计算温排水引起的温升范围; ②根据实际调查资料, 分析电厂温排水引起的周围水域水产资源数量减少的程度; ③在电厂温排水

引起的温升范围内, 定性分析温排水对水生生态的影响。可见, 电厂温排水影响水生生态环境的研究尚未达到定量的程度, 尚有深入探讨的必要。因此掌握温排水对水域生态环境的影响和制定温排水水质标准具有重要意义。

1 温排水对水体生态环境的影响分析

1.1 对水体理化性质的影响

1.1.1 溶解氧

水环境中溶解氧的状况在很大程度上决定着水生生物的生命活动, 是新陈代谢过程所必需的物质条件之一。研究表明^[4-5]: 当水温 T 从 0°C 升高到 40°C 时, T 与溶解氧 DO 含量呈负相关。水温每升高 $6^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$, $\rho(\text{DO})$ 要减少 $0.5 \sim 3.0 \text{ mg/L}$ 。当水

温升至 35℃ 时, $\rho(\text{DO})$ 仍高于 5.0 mg/L。当 $T < 40^\circ\text{C}$ 时, $\rho(\text{DO}) > 4.0 \text{ mg/L}$, 就是说在一般情况下, 非污染水体中的增温所造成的溶解氧浓度改变不低于鱼类对溶解氧的最低要求, 但在由水温升高造成水体分层的水库中, 深层溶解氧浓度相当低, 应引起注意。

在淡水中, 溶解氧浓度同空气大气压、空气中氧的分压及水温均有密切关系, 它随氧的分压加大、温度升高而降低。有人对河北省陡河水库、辽宁省大伙房水库和吉林省库里泡水库 3 个不同水体中研究了电厂热排水对水生生态系统的影响, 根据几年来的实测结果, 获得两者之间的回归方程^[4], 3 个水库中水温与溶解氧的相关系数都相当高, 如表 1 所示。

表 1 不同水体中水温与溶解氧浓度之间的关系

水体	相关方程	相关系数 r
大伙房水库	$\rho(\text{DO}) = 1090 / (T + 56.6) - 6.64$	0.87
库里泡水库	$\rho(\text{DO}) = 276 / (T + 26.7) + 1.5$	0.95
陡河水库	$\rho(\text{DO}) = 520 / (T + 34.4) - 1.25$	0.98

1.1.2 其他理化性质

非离子态氨对水生生物有害。非离子态氨的含量随着水温的升高而升高, 相关方程为^[6]

$$A = 0.042e^{0.417T} \quad r = 0.98$$

式中: A 为非离子态氨质量浓度, mg/L; T 为水温, $^\circ\text{C}$; r 为相关系数。

温排水还有可能使水色变浊, 透明度降低, 氨氮浓度增高, 水质矿化度加强, 总磷、总氮浓度偏高^[7-8], 会加重受纳水体的富营养进程。

1.2 对浮游生物的影响

一般说来, 当水体适度增温时 ($\Delta T \leq 3^\circ\text{C}$), 群落中的种类数增加, 其中浮游植物的种类数平均增加 50%, 浮游动物的种类数平均增加 76%。观测结果表明^[9], 春季温度场弱增温区 ($\Delta T < 3^\circ\text{C}$) 生物量最高, 是自然水温区生物量的 1.3 倍, 而冬季的浮游动物生物量是自然水温区生物量的 2.4 倍。但是在水体强增温时 ($\Delta T > 3^\circ\text{C}$), 水生生物群落中种类出现减少。特别是在夏季自然水温较高时, 在强增温 ($\Delta T > 4^\circ\text{C}$) 区内, 亦即水温超过 35℃ 时, 浮游动物的种类和数量都会减少, 降低了群落的物种多样性, 还会改变群落中的物种组成, 有些种类的个体数量明显减少, 而个别耐热种类数量开始增加, 成为明显的优势种。

1.3 对底栖动物的影响

温升对底栖动物的种类组成和生物量没有明显的规律性影响, 但是季节不同, 水温对底栖动物的影响有所差别。在春秋两季, 温升对节肢动物种类和数量的增加有利, 其次为环节动物, 但强增温除外。增温 6℃ 以上, 将对底栖动物造成危害, 即使是冬季也是如此, 而增温 4℃ 对底栖动物有利, 并且在一定的水温

范围内, 自然水温越低, 增温对底栖动物种类与数量的增加越有利^[10]。在夏季, 自然水温很高, 若再提高水温, 动物的生长可能受到抑制或导致死亡。因此, 在夏至至中秋季节, 温升对底栖动物造成不利影响最大, 动物极度减少的区域会向中增温区扩展。

底栖动物能忍受的最高温度约为 35 ~ 42℃。因此, 只要温升不是过高, 影响范围不是过大, 不会造成很大危害。在夏季的强增温区内, 底栖动物会减少, 如果增温区仅限于表层, 则对底栖动物无影响。另外, 法国的一项研究结果也表明, 只有靠近出水口 3 km² 海域内的底栖生物才受到显著影响^[11]。底栖动物在不同水区中的分布不同, 除非温排水与底层水充分混合, 并且温度升高到一定程度, 底栖动物的群落组成才会出现异样变化, 甚至造成直接的热杀死效应。

1.4 对鱼类的影响

在自然水体中, 近水域鱼类一般都有随季节水温变化而进行巡游的现象。国内对升温水体中鱼类生态学的研究做了一些工作。金岚^[3] 分析了电厂温排水对鲤鱼胚胎发育的影响。盛连喜等^[1] 报道了升温水体中的鱼类种群动态。结果表明, 温排水对鱼类的影响十分复杂。评价这种影响需要考虑到整个生态系统, 包括鱼类的营养学特征和空间生态位。现有的研究成果还不能从整体上评价温排水给鱼类带来的生态影响。

中国水产科学研究院通过对我国几大水系鱼类及水产动物共 65 种的抽样调查、急性热冲击试验、热回避试验、最大起始致死温度和持续热影响试验, 探讨了我国渔业水域的废热排水对鱼类影响的温度标准^[12]。认为我国夏季废热排水最高温度珠江水系和湛江沿岸水域不得超过 36℃; 长江和钱塘江水系、黄河水系不得超过 35℃; 黑龙江和松花江水系不得超过 26℃; 大连湾近岸水域不得超过 24℃; 西北地区冷水性鱼类水域不超过 21℃, 且各水系最大水温变化范围不能超过 $\pm 3^\circ\text{C}$ 。

1.5 对水生生物的卷吸和冲撞影响

电厂温排水取水卷吸影响和冲撞影响是一个取水过程引发的两个问题, 两者既有联系又有区别。取水口周围水流汇流流势明显, 对水生生物的卷吸影响和冲撞影响不可忽视, 应当在取水口周围设置合适的防护网, 尽量降低这种卷吸影响程度。根据国外的研究结果, 电厂卷吸影响对浮游生物数量损伤率范围在 10% ~ 30% 左右。根据我国科研工作者的研究, 电厂温排水系统对海水浮游藻类数量的损伤率变化范围为 11.98% ~ 27.08%, 均值为 19.82%。卷吸对浮游动物数量的损伤率较浮游藻类

高,根据青岛电厂的监测结果,原生动物的损伤率为 23% ~ 27%,挠足类损伤率为 29% ~ 34%,受损的种类多是偶见种,特别是个体较大的种类,如中华哲水蚤、太平洋哲水蚤等。

2 水体温度有关标准

根据对目前现有环境质量标准及污染物排放标准查询^[13],共收集到 4 种与温度有关标准,4 种标准均为水环境质量标准,其中部分标准是经过修改的,从标准修订过程可以看出相关部门对热污染已经开始重视,并力求标准的严密与严格。GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中温度标准与旧标准 GB 3838—1988《地面水环境质量标准》中的有所不同,旧标准仅针对夏季及冬季,而新标准泛指四季,由此可见新标准更加全面具体。

GB 3838—2002 中规定,人为造成的环境水温变化应限制在:周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,周平均最大温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$;而旧标准 GB 3838—1988 中规定,人为造成的环境水温变化应限制在:夏季周平均最大温升 $\leq 1^{\circ}\text{C}$,冬季周平均最大温降 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。

GB 3097—1997《海水水质标准》温度标准比旧标准 GB 3097—1982 中更加严格,旧标准中海水水质仅分 3 类:一、二类水质用途基本与新标准一、二类相对应,但对温度的要求却与新标准中的三、四类相同,而三类水质对温度没有要求,GB 3097—1997 规定:一、二类水质的温度标准为人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1°C ,其他季节不超过 2°C ;而三、四类水质为人为造成的海水温升不超过当时当地 4°C 。旧标准 GB 3097—1982 规定:一、二类水质的温度标准为人为造成的海水温升不超过当时当地 4°C 。其余两个标准分别为 GB 12941—1991《景观娱乐用水水质标准》、GB 5084—1992《农田灌溉水质标准》。GB 12941—1991 规定:A、B 类水质温度标准不高于近 10 年当月平均水温 2°C ,而 C 类水质不高于近 10 年当月平均水温 4°C 。GB 5084—1992 规定:旱作农田灌溉水温不超过 35°C 。

3 几点建议

针对目前国家的电厂温排水状况和环境保护中的相关水质水温标准,笔者提出了几点建议:

a. 提高能源的转化利用。在电能的消耗上,使用良好设计的节能、散发额外热能少的电器设备。

b. 对废热进行综合利用。对产生的废热可以作为热源加以利用,如用于水产养殖、农业灌溉、冬

季供暖、预防水运航道和港口结冰等^[14]。

c. 改进冷却排放方式。在进行温排放时,宜采取离岸排放方式,将排放口设置至潮下带,以避免温升对生物多样性较丰富的潮间带生态群落的影响,也有利于温排水在河流下泄流量下稀释、扩散和温降,将不利影响降至最小。

d. 设计合理的运行方案。利用当地的水文条件和实测数据,对电厂投入建设和运行前可以采用数学模型和物理模型的方法对排放水域进行模拟计算,计算验证模型的可靠性,同时优化取排水口的方案,对电厂温排水水域进行环境影响评价。

e. 加强温排放监督管理。定期监控附近水域的温度状况以及水生生态群落结构的变化,一旦发现异常,需及时采取应急预案措施。

参考文献:

- [1] 盛连喜,侯文礼. 电厂冷却系统对梭幼鱼和对虾仔虾卷载效应的初步探讨[J]. 环境科学学报,1994,14(1): 47-55.
- [2] 盛连喜,刘伟. 热污染对陡河水库鱼类及其水环境的影响[J]. 环境科学学报,1990,10(4): 453-463.
- [3] 金岚. 水域热影响概论[M]. 北京:高等教育出版社,1993.
- [4] 徐镜波. 电厂热排水对水体溶解氧的影响[J]. 重庆环境科学,1990,12(6): 24-28.
- [5] 徐镜波. 我国北方几个蓄水水体溶解氧的初步分析[J]. 东北师大学报,1986(1): 15-18.
- [6] 盛连喜,孙刚. 电厂热排水对水生生态系统的影响[J]. 农业环境保护,2000,19(6): 330-331.
- [7] 胡国强. 水体热污染[J]. 环境导报,1989(3): 27-28.
- [8] CHEN C W, WEINTRAUB L H Z, HERR J, et al. Impacts of a thermal power plant on the phosphorus TMDL of a reservoir[J]. Environmental Science & Policy, 2000(3): 217-223.
- [9] 金腊华,黄报远,刘慧璇,等. 湛江电厂对周围水域生态的影响分析[J]. 生态科学,2003,22(2): 165-167.
- [10] 胡德良,杨华南. 热排放对湘江大型底栖无脊椎动物的影响[J]. 环境污染治理技术与设备,2001,2(1): 25-27.
- [11] 黄宗国,吴启泉. 核电站与生态系[J]. 海洋环境科学,1989,8(4): 36-40.
- [12] 姜礼燧. 热冲击对鱼类影响的研究[J]. 中国水产研究,2000,7(2): 77-81.
- [13] 王新兰. 热污染的危害及管理建议[J]. 环境保护科学,2006,32(6): 69-71.
- [14] KOKAJI I. The present status for thermal discharge of nuclear power plant[J]. Progress in Nuclear Energy, 1995, 29: 413-420.

(收稿日期:2007-06-20 编辑:高渭文)