

# The Characters and Influence on Marine Organism of Thermal Discharge from Coastal Power Plant

Binguang Han<sup>1</sup>, Defu Tang<sup>2,3\*</sup>, Qunhe Wu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Guangzhou Environmental Protection Engineering Design Institute Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou Guangdong

<sup>3</sup>Shantou Kang Yi Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shantou Guangdong

Email: [tangxianluan@qq.com](mailto:tangxianluan@qq.com)

Received: Apr. 1<sup>st</sup>, 2017; accepted: Apr. 18<sup>th</sup>, 2017; published: Apr. 24<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Thermal discharge with the characteristics of high temperature, large displacement and continuous discharge, is derived from the cooling water of steam turbine in power plant. It will diffuse along the flow when discharged into offshore area, and then form the certain distribution of velocity and temperature in both horizontal and vertical direction. The waste heat of thermal discharge increases the temperature of sea water, which affects marine organism. Researches show that thermal discharge affects marine organism such as fish, zooplankton and phytoplankton, zoo benthos, through changing their natural environment for survival, growth and reproduction; meanwhile, thermal discharge also damages the biological diversity of Marine organism.

## Keywords

Coastal Power Plant, Thermal Discharge, Marine Organism, Influence

---

# 滨海电厂温排水性质及其对海洋生物影响

韩彬光<sup>1</sup>, 汤德福<sup>2,3\*</sup>, 吴群河<sup>2</sup>

<sup>1</sup>广州市环境保护工程设计院有限公司, 广东 广州

<sup>2</sup>中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州

<sup>3</sup>汕头市康逸环保科技有限公司, 广东 汕头

Email: [tangxianluan@qq.com](mailto:tangxianluan@qq.com)

收稿日期: 2017年4月1日; 录用日期: 2017年4月18日; 发布日期: 2017年4月24日

---

\*通讯作者。

## 摘要

温排水来源于电厂汽轮机的冷却用水,具有温度高、排量大、持续排放等特点,排入近岸海域随水流扩散,会形成水平、垂直方向的流速和温度分布,其夹带的余热引起海水温升,对海洋生物造成影响。研究表明,温排水对海洋生物如鱼类、浮游动植物、底栖动物等造成影响,改变其生存、生长和繁殖的自然环境,同时它损害海洋生物的多样性。

## 关键词

滨海电厂, 温排水, 海洋生物, 影响

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

温排水(Thermal discharge)作为一种热污染,排入海域会造成局部海水升温,改变自然海水的水质,从而对海洋生态产生直接或间接的影响,引发一系列的环境问题。从上世纪五十年代开始,温排水热污染已得到海洋和环保部门的重视,国内外也有不少关于温排水对海洋生物影响的研究,但以往研究主要为温排水对某类特定生物如鱼类、桡足类、浮游类的影响分析[1] [2] [3],而针对海洋生物的整体性评述较为少见。温排水的性质和排放规律是分析其影响的前提,对电厂进行环境影响评价时,往往非仅关注某一类海洋生物,而是要通盘考虑常见生物甚至整个近岸海域的海洋生态系统。故此,本文阐述温排水的来源和性质,据此系统评述温排水对近岸海域主要海洋生物的影响。

## 2. 温排水来源

热能电厂将煤、核的热能通过燃烧转化为电能,其转化效率一般为40%,剩余60%的热量通过冷却逸散到环境当中[4],电厂汽轮机冷却的方式一般有水面冷却和冷却塔冷却两种,由于循环冷却需要体型庞大的冷却塔,提高电厂造价和发电成本[5],故水面冷却因经济、快捷而成为许多电厂的首选,世界上绝大多数电厂选址都靠近江河湖海等自然水体。相比而言,海水比淡水资源多而易得,为节约淡水资源,许多国家又都将核电厂或煤电厂建在沿海地区,如日本的福岛核电站、美国新泽西州牡蛎湾核电站,中国东南海岸线上的省份都建有电厂,广东有惠州大亚湾核电站,汕头华能电厂、汕尾红海湾电厂、深圳妈湾电厂、珠海电厂和湛江调顺电厂等。

滨海电厂吸取海水对发电机组进行冷却,产生大量高于自然水体水温的冷却水,这些冷却水又被排入到自然水体,即为温排水。

## 3. 温排水性质

温排水具有热量大、水量大的特点,其排入海水或造成溶解氧减少,引发生物缺氧,也可使水色变浊、透明度降低,温排水对环境的影响已引起了世界各国的普遍关注。

温排水由排水口进入接纳水体后,在水域中随流速扩散,从而形成水平方向和垂直方向的流速和温度分布,影响分布的主要因素包括:1)、温排水的出水温度与排放量;2)、取排水的工程布置和结构;3)、

自然环境状况，如太阳辐射、气温、风速与潮汐等；4)、其它因素，如海底地形、岸线边界。

温排水的运动状态可根据不同流态形式分为分层型、平面型和过渡型。分层型的特点就是水温呈分层现象，且温度较高的表层水从排水口向宽阔的水域扩散，温度较的底层运动方向则与表层相反，在排取水口会出现排水汇及取水汇，但水面主流与回流界线并不明显。平面型的特点是水体温度在垂直方向无大的差异，排水不会因为温度差而分层流动。过渡型介于分层型与平面型之间，是一种中间状态。

根据温排水排放后的运动特性，可以排水口为起点，将受纳水域分为近区和远区。近区也称为混合区，温排水射出流会与受纳水体剧烈掺混，但由于同时受浮力作用，掺混会受到抑制，造成温排水上浮，初动量、温度差和密度差的综合作用，使温排水在近区局部水域形成复杂的分布特征；而在远区，温排水的动量及温度均下降，与水体掺混作用大大减弱，基本只受自然水体的浮力和风力作用。

## 4. 温排水生态影响

### 4.1. 对鱼类的影响

在海洋生态系统中，鱼类是最为主要的类群，也是人类在近岸海域捕获和养殖的主要海洋生物。鱼类是变温动物，对水温的反应敏感和迅速，其生长和代谢受温度影响较为明显。

美国佛罗里达曾发生过核电厂的废热水排放导致附近海域生物消失的事件，引起广泛关注。国外早在上世纪四五十年代就开展过热污染对鱼类影响的研究，水温升高对鱼类的影响主要表现在对鱼卵孵化、胚胎和仔鱼的生长发育方面，Williams 在研究印度洋某核电站温排水对鱼卵及仔鱼死亡率影响时发现，当温升大于  $6^{\circ}\text{C}$  对鱼卵及仔鱼死亡率有明显影响[6]。我国从上世纪九十年代开始也有类似的研究，水温升高对鱼类的影响不一定表现在消极方面，相关研究表明[7] [8]，温排水对附近水域中鱼类分布及产卵活动有影响，当海水增温超过  $3^{\circ}\text{C}$  时对某种鱼类的危害明显，增温小于  $3^{\circ}\text{C}$  时对鱼类的不利影响较小，甚至表现出有利影响。

除温升外，温排水的余氯和卷载效应对鱼类的影响也受到关注，余氯通过作用鱼类的呼吸系统影响和阻碍其与水体的气体交换，从而产生损伤及病变，且余氯会随水温高低变化而影响对鱼类的致死效应[9]。

### 4.2. 对浮游动植物影响

浮游动植物在海洋生态系统中扮演着十分重要的角色，浮游植物通过自身光合作用可提供海洋生物圈 50% 的初级生产力，它作为海洋生物的饵料，是整个海洋食物网的基础，浮游植物还可以指示海洋环境和全球气候的变化[10] [11]。浮游动物既是消费者又是生产者，推动着海洋生态系统的物质循环和能量流动。海水温度对浮游动植物的生长繁殖以及群落结构组成均会产生重大影响，无论是浮游动物还是浮游植物，都有特定的适温范围，在某一温度值或温度范围内，浮游动植物的增殖速率达到最大；当温度超出耐受范围时，其代谢活性就会受到抑制，甚至导致死亡。

大多数浮游植物对温度的变化敏感，温升对不同的浮游植物影响不同，在一定的温度变化范围内，某些浮游植物的生长繁殖受抑制，而另一些可能受促进，因此海水温度的变化可能引起浮游植物优势种的更迭，造成生境中种群结构组成和丰度的变化，余景等研究表明[12]，在我国南海北部大亚湾海区，当地浮游植物优势种的演替及藻华发生与热排放造成的海水表层温升存在密切关系。

温度是决定挠足类生存状态的重要环境因素，Hoffmeyer 等[13]研究了不同季节海水升温对挠足类生物的影响，结果表明夏季温排水造成汤氏纺锤水蚤的死亡率升高，冬节则降低。对于不同的浮游动物，其受温升影响的程度有差异，徐晓群等[14]调查了浙江嘉兴电厂附近东海海域浮游动物的现状，并进行了 24 小时半致死温度的耐热性实验，结果表明温排水对活动能力强、质量大的浮游动物种类的时空分布有

**Table 1.** Ecological impact analysis of thermal discharge [18]**表 1.** 温排水生态影响分析[18]

生态因子		生态影响
理化因子	溶解氧	水温与溶解氧含量成负相关, 引起水生生物发生缺氧状况
	其它水质	使水色变浊, 透明度降低, 矿化度增强, 总磷、总氮含量偏高
生物因子	鱼类	温升大于 6℃对鱼卵及仔鱼死亡率有明显影响, 小于 3℃鱼种群数量随水温升高而增加, 有正面影响
	浮游生物	有特定的适温范围, 在某一温度值或温度范围内, 浮游动植物的增殖速率达到最大; 当温度超出耐受范围时, 浮游生物代谢活性就会受到抑制, 甚至导致死亡。
	底栖生物	正常水温时阻碍作用大, 温升大于 6℃对底栖动物造成较大危害, 当自然水温低时, 温升有一定的促进作用

较大影响, 而对活动能力弱的中小型浮游动物种类的时空分布几乎没有影响, 浮游动物有较高的热耐受力, 7℃温升范围无实验物种个体死亡。温升的幅度直接决定对浮游动物的影响范围, 金腊华等[15]通过调查湛江电厂周围水生生物发现, 温排水对水域水生生态的影响范围局限于温升在 2℃的狭小区域。

### 4.3. 对底栖生物影响

栖息于底质中的底栖生物, 因其活动能力弱、对海洋环境反应敏感, 一直作为指示人为扰动造成海洋生态系统变化的研究对象, 与浮游动物相比, 温升对底栖生物的影响主要表现为阻碍作用, 赵升等[16]研究了黄岛电厂温排水对大型底栖生物的影响, 结果表明水温是影响底栖生物群落变化的最主要因子, 影响范围在温排水口附近温升 3℃以上区域, 靠近温排水区域站位的生物多样性有呈现下降的趋势。

王友绍等[17]根据中国科学院南海海洋研究所大亚湾海洋生物综合实验站 20 年的观测资料, 对大亚湾生态环境和变化趋势进行了分析。随着当地越来越多核电站的建成投产, 大亚湾特别是核电站附近的西部水域底栖生物种类从 1987 年的 237 种降至 1997 年的 194 种, 生物量下降受核电站温排水影响明显。

结果温排水的性质, 其生态影响简要归纳分析见表 1。

## 5. 结论与研究展望

温排水热量大、水量大、持续排放等特点, 其对海洋生物的影响具有长期性和累积性, 卷载效应和热污染对海洋生物的影响几乎是不可逆的[19], 除了持续研究温排水对各类海洋生物的实质影响, 描述海洋生物对热污染的响应。也要从加强温排水的管理、科学制定标准等方面考虑消减温排水的热污染影响。同时, 对热污染损害进行评估, 并提出生态补偿机制[20], 也是温排水相关的重要研究课题。

温排水对海洋生物的影响是综合的, 宏观尺度应从整个海洋生态系统来通盘考虑, 因温排的卷载效应和热污染, 滨海电厂周边的浮游生物会大量损失, 底栖生物也可能绝灭, 由此可使海洋生态系统的食物链结构发生改变。因此, 对温排水的持续研究, 还可以拓展到海洋生态系统各个营养级生物对海水升温的敏感性反应, 以及海洋群落结构演替、生物多样性的变化等方向。

## 参考文献 (References)

- [1] Luksiene, D., Sandstrom, O., Lounasheimo, L., et al. (2000) The Effects of Thermal Effluent Exposure on the Gametogenesis of Female Fish. *Journal of Fish Biology*, **56**, 37-50.
- [2] 江志兵, 曾江宁, 陈全震, 等. 不同升温速率对绕足类高起始致死温度的影响[J]. *热带海洋学报*, 2010(3): 87-92.
- [3] 蒋朝鹏, 徐兆礼, 陈佳杰, 等. 秦山核电温排水对鱼类分布的影响[J]. *中国水产科学*, 2016(2): 478-488.
- [4] 李沛峰, 杨勇平, 陈玉勇, 等. 热电联产供热系统节能分析及改进[J]. *工程热物理学报*, 2013(8): 1411-1415.

- [5] 刘永叶, 刘森林, 陈晓秋. 核电站温排水的热污染控制对策[J]. 原子能科学技术, 2009(S1):191-196.
- [6] Williams, R., Hart, P.J.B. (1974) Vertical and Seasonal Variability of Fish Eggs and Larvae at Ocean Weather Station "India". In: Blaxter, J.H.S., Ed., *the Early Life History of Fish: The Proceedings of an International Symposium Held at the Dunstaffnage Marine Research Laboratory of the Scottish Marine Biological Association at Oban*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, 233-243.
- [7] 林昭进, 詹海刚. 大亚湾核电站温排水对邻近水域鱼卵、仔鱼的影响[J]. 热带海洋, 2000(1): 44-51.
- [8] 蔡泽平, 陈浩如, 金启增, 等. 热废水对大亚湾三种经济鱼类热效应的研究[J]. 热带海洋学报, 1999(2): 11-19.
- [9] 晁敏, 王云龙, 沈新强. 水温和余氯对黑棘鲷仔鱼存活的影响[J]. 海洋科学, 2011(12): 48-55.
- [10] Guseva, V.P. and Chebotina, M.Y. (2000) Changes in Plankton Abundance, Biomass, and Chemical Composition under the Influence of Cooling System of the Beloyarsk Nuclear Power Plant. *Ekologiya (Moscow)*, 28-35.
- [11] Hays, G.C., Richardson, A.J. and Robinson, C. (2005) Climate Change and Marine Plankton. *Trends in Ecology & Evolution*, **20**, 337-344.
- [12] 余景, 唐丹玲, 王素芬, 等. 南中国海北部大亚湾水温和赤潮的变化(英文)[J]. *Marine Science Bulletin*, 2007(2): 25-33.
- [13] Hoffmeyer, M.S., Biancalana, F. and Berasategui, A. (2005) Impact of a Power Plant Cooling System on Copepod and Meroplankton Survival (Bahía Blanca estuary, Argentina). *Iheringia. Série Zoologia*, **95**, 311-318.
- [14] 徐晓群, 曾江宁, 曾淦宁, 等. 滨海电厂温排水对浮游动物分布的影响[J]. 生态学杂志, 2008(6): 933-939.
- [15] 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(2): 165-167.
- [16] 赵升, 刘旭东, 张爱君, 等. 黄岛电厂温排水对大型底栖生物群落的影响[J]. 环境监测管理与技术, 2013(4): 18-23.
- [17] 王友绍, 王肇鼎, 黄良民. 近 20 年来大亚湾生态环境的变化及其发展趋势[J]. 热带海洋学报, 2004(5): 85-95.
- [18] 吴健, 黄沈发, 杨泽生. 热排放对水生生态系统的影响及其缓解对策[J]. 环境科学与技术, 2006(S1): 127-129.
- [19] 黄晓琛, 陈雪初, 彭欣, 等. 滨海电厂温排水对海洋环境的影响研究进展[J]. 海洋环境科学, 2014(6): 972-976.
- [20] 韩旭. 滨海电厂温排水污染损害评估及生态补偿初步研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2012.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aep@hanspub.org](mailto:aep@hanspub.org)