

滨海核电站温排水的混合区设置

於 凡¹,张永兴¹,杨 东²

(1.中国原子能科学研究院,北京 102413;2.深圳中广核工程设计院核岛所,广东 深圳 518057)

摘要 重点分析了我国核电站温排水问题审管中存在的键问题——温排水混合区的范围的界定。从两个不同角度,即水力学角度和监督管理的角度定义混合区。借鉴美国各州关于混合区的定义,指出我国也应从监督管理角度,遵循保护水生生态系统的原则定义混合区的范围。针对温排水对水生态环境产生较大影响以及我国温排水对水生态环境影响的研究未能进行定量分析的现状,指出混合区设置应以温排水对水生态环境的影响为出发点。参考国外的温排水混合区的监管指标,指出我国应以某一拟建或在建核电站为例,由点及面,展开温排水混合区设置的研究,制定出适合我国海域生态特征的核电站温排水的混合区监管标准。

关键词 核电站;混合区;温排水;温升;大气环流模型;耿贝尔统计分析

中图分类号 X131.2 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2010)01-0053-04

An exploratory study on setting up mixing zone of thermal discharge water from Nuclear Power Plant

YU Fan¹, ZHANG Yong-xing¹, YANG Dong²

(1. China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China; 2. Shenzhen Guangdong Nuclear Power Group Engineering Ltd., Shenzhen 518057, China)

Abstract : In order to regulate thermal discharge water from the nuclear power plant to the natural waterways in China, the key problem of defining the scope of the thermal discharge mixing zone was analyzed. The mixing zone can be defined from two points of view : the hydraulic viewpoint and the management by supervision viewpoint. Based on the United States definition of a mixing zone, it was pointed out that the mixing zone should be defined from the viewpoint of management by supervision and following the principle of aquatic ecosystem protection. In light of the presently large influence of thermal discharge water on the aquatic ecosystem and the fact that quantitative results from the research were not sufficient for this issue, the setting up of the mixing zone should be based on the impact of the thermal discharge water on aquatic ecosystems. According to the indexes of management of supervision abroad, the indexes included the mixing zone area and three temperature limits. A proposal was to use a nuclear power plant under construction or in planning as an example. Through on-the-spot investigation, the management standards of the mixing zone of thermal discharge water from the nuclear power plant should be established so that they are adequate and suited to the ecological characteristics in coastal areas of China.

Key words : Nuclear Power Plant (NPP); mixing zone; thermal discharge water; temperature rising; Atmospheric General Circulation Model

中国核电发展的最新目标是:到 2010 年在运行核电装机容量 1 200 万 kW,2020 年前要新建核电站 31 座,在运行核电装机容量 4 000 万 kW;在建核电装机容量 1 800 万 kW。这意味着,国家今后每年需要新开工建设 2 个百万千瓦级核电机组^[1-2]。核电站由于其自身的生产特点,会对其所在的环境及生态系统产生多方面的影响,其中,温度上升了的循环

冷却水(即温排水)直接排放到环境水圈中,对水域造成的环境影响日益突出。

1 温排水混合区问题解析

1.1 冷却水问题起源

核电站冷却水一般有两种处理方式:一是直接

排放至自然水域,即直接将吸收发电乏气余热的冷却水排至自然水域,通过与自然水体的掺混从而将大量余热带入水域,称为“一次循环冷却”;二是排至冷却塔,采用冷却塔来冷却循环水,冷却水携带的余热经冷却塔释放到环境中,称为“二次循环冷却”。

对于内陆核电站,依据中华人民共和国水利部《入河排污口监督管理办法》以及《入河排污口设置论证基本要求(试行)》,前者指出“入河排污口设置可能使水域水质达不到水功能区要求的,不予同意设置入河排污口”;后者规定“根据水域生态保护的要求,采用直流冷却方式的火力发电厂,生产温排水不得排入水库等封闭水体”。因此,对于内陆核电站,采用“二次循环冷却”方式是必须的。

目前,我国在建或拟建核电站基本上都是滨海核电站,在役滨海核电站均采用一次循环冷却直排方式,冷却水排放量很大。核电站温排水排出后,在排放口附近总会存在一个超标区,为了保护水生生物免受温排水的有害影响,许多国家都制定了相应的水温限值或混合区域的范围,但目前我国仍缺乏相应标准。我国温排水环境影响管控措施中的一个关键问题,是规范温排水的混合区设置,主要体现在规范排水口绝对温度及温升、混合区的范围和混合区边缘最大温升。

1.2 滨海核电站温排水审管中存在的问题

《中华人民共和国海洋环境保护法》第36条规定,向海域排放含热废水,必须采取有效措施,保证邻近渔业水域的水温符合国家海洋环境质量标准,避免热污染对水产资源的危害。

国家环保总局《近岸海域环境功能区管理办法》第九条规定,确定混合区的范围,应当根据该区域的水动力条件,近岸海域环境功能区的水质要求,接纳污染物的种类、数量等因素,进行科学论证。混合区不得影响邻近近岸海域环境功能区的水质和鱼类洄游通道。

GB3097—1997《海水水质标准》中关于混合区的规定,污水集中排放形成的混合区,不得影响邻近功能区的水质和鱼类洄游通道。

由此可见,我国现有的水资源保护法律法规仅提出了混合区的概念而没有明确规定允许混合区的范围,规定的混合区标准缺乏可操作性,使得上述法规标准的执行处于尴尬境地,因此,对目前滨海核电站址的温排水工程的环境影响评价,均采用“一事一议”的办法确定其可接受性。允许有温度混合区可能形成的一个误区是,片面强调混合区,而忽视必须采取有效措施,保证邻近渔业水域的水温符合国家海洋环境质量标准,避免热污染对水产资源的危害。

在审管过程当中,由于标准的缺失,由上述误区而引发的争议经常出现。

2 温排水混合区设置

混合区范围的确定,是我国核电温排水问题审管中的一个关键问题,涉及取排水地点的选择、循环冷却的方式、取排水方式等,与核电站温排水工程特点及水力学特性有密切关系,需要全面分析。

2.1 混合区含义

混合区含义可以从两个角度来理解:①从水力学角度,是指液体污染物在水体中的初始掺混区;②从监督管理角度,指水体中被允许超标的污染区。

从水力学角度考虑温排水混合区,当流出物数量少而接受水体相当大时,工程上会通过适当的排放装置,利用迅速的初始混合来降低水温,这是一种有效的方法。初始的(或称为近场的)混合过程由排放物的动量(射流作用)和排放物的浮力(羽状柱作用)产生的强湍流形成,其混合区域及区域温升影响因素主要有流出物的动量和浮力、排放口的结构和位置以及排放口附近接受水体的特性(深度和水流等)。温排水的物理混合过程可以概化为2个截然不同的区,即近区和远区^[3]。近区是由初始排出流特征和浮力控制的典型区域,而远区是由周围环境条件控制的区域。

从监督管理角度考虑温排水混合区,混合区指排出流经过初始稀释和混合,暂缓执行水质标准,但水体的完整性和可利用性仍得到保护^[4]。在该区域环境浓度可以超过短期或长期的水质标准,但要预防急性中毒情况的发生^[5-6]。

2.2 美国各州关于温排水混合区的定义

通过对有关资料调研,列出美国部分州关于温排水混合区的含义。

俄亥俄州:处理或未处理废水排放到邻近水体中的一个区域。排放的废水在输送过程中从原浓度到接受系统浓度是逐渐稀释的。

乔治亚州:排放到河流或水池中的物质需在一定范围内在排放点通过适当的方法与干流或水体完全、均一地扩散和混合,允许合理使用有限的混合区。

南卡罗来纳州:指排放的废水经初始稀释后释放于环境水体中二次混合的区域。在避免急性中毒,导致公众健康和社会安全受到威胁的前提下,该区域水质可超标。

阿肯色州:在混合区内允许有毒排放物初始稀释区,在该区域内,水质可能超标,但不足以发生中毒事件。

美国各州温排水混合区设置均是以生态环境为

核心 ,其混合区定义基本是从监督管理的角度出发的 ,以混合区的设置不削弱水体功能的完整性、不危及重要的生态敏感区、不降低临近功能区的水质、对公众健康不产生重大威胁为准则。

从水力学出发的温排水混合区概念 ,要求初始掺混区范围越大 ,混合越彻底 ,水温降低越快 ,但从监督管理角度上讲 ,则要求混合区范围尽可能地小。关于混合区域的界定 ,就是从水力学角度所要求的混合区范围与从监督管理角度所要求的水生态环境出发 ,对二者进行取舍的过程。我国应借鉴国外环保先进国家普遍采用的从水生生态系统的环境影响角度界定温排水混合区范围的方式 ,对我国核电站址海域水生态环境特点进行分析研究 ,确定核电站温排水混合区范围界定的原则。

3 温排水对水生生态系统的影响

3.1 对环境本体的影响

a. 对水体理化性质的影响。水温升高会引起水的多种理化性质发生变化 ,其中溶解氧将会受到很大影响。此外 ,温排水还可能使水色变浊 ,透明度降低 ,氨氮浓度增高 ,矿化度、总磷、总氮浓度偏高 ,这些都会加速受纳水体的富营养化进程^[7]。

b. 对滨滩湿地的影响。温排水将改变原有江河湖库滨、滩地的理化性状周期性变化的特点 ,使原有生物周期性规律消失 ,改变湿地生物种类 ,生物多样性指数下降、生物净化功能受阻 ,生态系统变得脆弱^[8]。

3.2 对水生生物的影响

a. 对底栖生物的影响。底栖生物长期栖息在水底底质表面或底质的浅层中 ,它们相对固定 ,不太活动 ,迁移能力弱 ,在受到热排放冲击的情况下很难回避 ,易受到不利影响 ,主要体现在底栖动物在强增温区的消失^[9]。

b. 对浮游生物的影响。浮游生物是水体的主要生产者 ,也是水体中其他动物的食物来源。温升每升高 2℃ 就会造成受纳水体范围内的藻类生物资源种群和数量变动。高温将引起蓝、绿藻数量增多和硅藻明显减少 ,会抑制其他饵料生物生长 ,延长藻类生长期并使菌类活动增强 ,底泥中营养物分解加速 ,加重水体富营养化^[7]。

c. 对鱼类的影响。温度急变对某些鱼类的繁殖、胚胎发育、鱼苗的成活等均有不同程度的影响。热排放进入受纳水体后 ,会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布 ,引起群落结构的变化 ,甚至会引起鱼类异常发育 ,对某些有洄游习惯的鱼类造成严重影响^[9]。

3.3 研究必要性分析

目前 ,国内外关于温排水对水生生态系统的研究可归纳为 3 种 :①根据电厂温排水的实际情况 ,采用数值模拟计算温排水引起的温升范围^[10] ;②根据实际调查资料 ,分析电厂温排水引起的周围海域水产资源数量的减少程度^[11-12] ;③根据电厂温排水引起的温升范围定性地分析温排水对水生生态的影响^[13]。目前 ,核电站温排水对水生生态环境影响的研究还没有达到定量的程度 ,该问题应引起有关学者、科研院所的重视 ,并开展工作。

综上所述 ,混合区设置应以温排水对水生生态系统的环境影响为出发点和着眼点。当温排水排放系统末端的水温超过水质标准要求的水温时 ,如果没有显著改变水体的理化性质 ,保证不降低当地生物的多样性、不影响和破坏水生态系统的结构完整和功能 ,则可以考虑设置混合区。

4 关于温排水混合区设置的思考

4.1 国外温排水混合区的监管

关于混合区确定的具体范围 ,世界各国、地区、组织要求不一致。但总体上 ,都要求混合区不妨碍现有的受纳水体或下游水体的使用功能 ,不妨碍水生物种的迁移通道、自然洄游、繁殖、生长等^[8]。国外关于温排水和混合区的研究已经趋于成熟 ,世界各国、地区或组织关于混合区温度的规定见表 1。

表 1 部分国家、地区或组织关于混合区温度的规定

国家、地区 或组织	排放口附近 极端高温/℃	排放口 温升/℃	混合区边 缘温升/℃	备 注
世界银行			3	若未规定混合区 ,以距排放点 100 m 作为混合区
印度		7(新项目) 10(已有项目)		
中国 台湾省	42 (排放口)		4	距排放口 500 m 处的表面水温差不得超过 4℃
日本	45 (排放口)			
美国加利 福尼亚州	36			距排放系统约 300 m 以外的水体表面 ,温升不得超过自然水温的 7.2℃
美国伊利 诺斯州	(12 ~ 3 月) < 16 ; (4 ~ 11 月) < 32			
美国佛罗 里达州	(10 ~ 5 月) < 32.2 (6 ~ 9 月) < 33.3			从电厂排放管道末端半径 150 英尺(45.7 m)的圆

此外 ,加拿大安大略省规定混合区边缘温升不应超过周围天然水温 10℃ ,法国对温排水只作原则

上的规定 经充分混合后 排放口下游河段的水温低于 28℃ 且排放口上下游河段水的温差必须小于 3℃。

综上所述 温排水的温度限值主要有 3 种 即排放口的绝对温度、允许温升以及混合区边缘的允许最大温升。

4.2 我国温排水混合区设置的思考

国外的温排水混合区(当受纳水体为沿海水体时 监管指标包括 混合区范围与 3 种温度限值。目前 我国需要开展的工作是以某一拟建或在建核电站为例 由点及面 研究适合我国的混合区监管指标。

a. 针对某一核电站 确定排放口的绝对温度。可通过以下 3 种方法来实现 :①调研和类比世界上部分国家、地区和组织的有关水质标准中关于极端高温的规定 尤其关注与台山核电站有类似纬度值的国家。②通过数理预测方法 如大气环流模型(GCM)和耿贝尔统计分析方法(Gumbel) 来模拟、预测核电站全寿期极端高温值的变化情况 进而确定排放口的极端高温控制值^[14]。③调查核电站所在海域水生生物物种的温度依赖性情况 确定生物致死的温度阈值 从而确定排放口极端高温值^[15]。

b. 确定混合区边缘的温升限值。首先调研该核电站所在海域范围内的主要水生物种受温排水影响可接受的温升范围 同时采用统计分析方法分析该核电站所在海域表层海温的自然温升 继而推断混合区边缘的温升限值。

c. 确定混合区范围。首先 采用 Margalef 丰富度指数(D) shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')等方法进行多样性分析^[16] 建立温排水对水生生态系统多样性影响的评价指标体系。然后 通过对混合区边缘温升的生态影响评估 进一步确定该核电站合理的温排水混合区范围。

5 结 语

通过以上对核电站温排水混合区设置的调研与分析 可以得到以下几点主要结论：

a. 从 2 个角度定义温排水混合区 即水力学角度和监督管理角度 且应该以满足监督管理目的为主 以满足水力学要求为辅。温排水混合区设置的核心应该从生态环境的角度加以考虑。

b. 国外温排水混合区的监管指标包括混合区范围与 3 种温度 即排放口的绝对温度、排放口温升以及混合区边缘的允许最大温升。

c. 建议以某一拟建或在建核电站为例 由点及面开展温排水混合区设置问题的研究 制定出适合我国核电站温排水混合区的监管指标。

从温排水的生态影响角度入手 提出适合我国国情的具有可操作性的温排水混合区设置导则 将有利于促进我国核电事业与生态环境的和谐发展。

参考文献：

[1] 国家发展和改革委员会. 核电中长期发展规划(2005 ~ 2020 年) [R]. 北京 : 国家发展和改革委员会 , 2007 .
[2] 郑功. 积极迎接打造一流核电建造集团企业[J]. 中国核工业 , 2007 (2) : 4-8 .
[3] The Oregon Department of Environmental Quality. Regulatory mixing zone internal management directive : reviewing mixing zone studies [R]. Portland : the Oregon Department of Environmental Quality 2006 .
[4] MAFFEI L , KING B , SCHWABE , et al. Mixing zones in oregon : introduction and overview[J]. Oregon Insider 2006 (389) : 1-5 .
[5] US EPA. Water quality standards handbook[M]. 2nd ed. Washington D C : U S EPA , 1994 .
[6] 陈晓秋 商照荣. 核电站环境影响审查中的温排水问题 [J]. 核安全 , 2007 (2) : 46-50 .
[7] 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 .
[8] 国家环保总局核与辐射安全中心. 核动力厂温排水环境审评原则(征求意见稿) [R]. 北京 : 国家环保总局核与辐射安全中心 , 2007 .
[9] 於凡 张永兴. 滨海核电站温排水对海洋生态系统影响的研究 [J]. 辐射防护通讯 , 2008 , 28 (1) : 1-7 .
[10] 孙秀敏 张令戈. 热电厂温排水排海环境预测方法及应用 [J]. 辽宁城乡环境科技 , 2001 , 21 (1) : 30-31 .
[11] 林昭进 詹海刚. 大亚湾核电站温排水对临近水域鱼卵、仔鱼的影响 [J]. 热带海洋 , 2000 , 19 (2) : 44-51 .
[12] 潘明祥 王肇鼎 陈浩如. 核电站冷却水系统对渔业资源影响评估的建模 [J]. 海洋通报 , 2000 , 19 (5) : 42-46 .
[13] 王极刚. 华能丹东发电厂温排水和灰水对近海海域水环境的影响 [J]. 辽宁城乡环境科技 , 1998 , 18 (6) : 52-58 .
[14] 国家环保总局核与辐射安全中心. 核电站厂址选择的极端气象事件(HAD101/10) [R]. 北京 : 国家环保总局核与辐射安全中心 , 1991 .
[15] 於凡 刘永叶 陈超峰 等. 关于设置我国滨海核电站温排水混合区监督指标的方法探讨 [J]. 中国原子能科学院年报 , 2008 : 334 .
[16] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京 : 科学出版社 , 2004 : 98-100 .

(收稿日期 2008-09-08 编辑 高渭文)