

DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2008.04.008

对大水域电厂群温排水环境热影响研究的认识

贺益英

(中国水利水电科学研究院水力学所,北京 100038)

摘要 对大水域电厂群温排水热影响课题研究的方向及路线提出了看法,即在热影响的预测和评估研究方面必须正视大水域电厂群温排水的特点,突破以往着眼于单一电厂的评估模式,提高数值模拟和物理模拟的精度,强化数值模拟和物理模拟之间的协同和互补作用;研发新的水质预报模型和大水域环境热容量的评估模式,建立大水域火、核电厂水环境管理信息系统。提出温排水余热的高效利用研究和水域水质温度标准的修订是水域环境热容量修复研究的主要内容。

关键词 电厂群;温排水;累积影响;环境热容量;评估与修复

中图分类号 :TM62 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2008)04-0027-03

A pondering over research on environment thermal impact of cooling water discharged from groups of power plants//HE Yi-ying (*Department of Hydraulics, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China*)

Abstract : This paper provides a pondering over the direction and route of research on the environmental thermal impact of the cooling water discharged from groups of power plants. The previous appraisal models that focused on single plants should be expanded to address the accumulative thermal effect of circulating cooling water discharged from groups of plants. It is recommended that the accuracy of the numerical simulation and physical modeling be improved, the cooperation and relation between physical modeling and numerical simulation be strengthened, a new water quality prediction model and an appraisal model of environmental thermal capacity be developed, and a water environment management information system, which will guide the cascading development of power plants in a large region, be established. It is pointed out that efficient utilization of the surplus heat of cooling water and revision of the temperature limits of the water quality standard are important goals of the study on rehabilitation of environmental thermal capacity.

Key words : groups of power plants; cooling water discharged; accumulative effect; environmental thermal capacity; assessment and rehabilitation

1 突破单一电厂思维模式,重视电厂群温排水的累积影响

本文所说的大水域是指电厂群集聚的江、河、湖、海中的大范围水域,火、核电厂汽轮机循环冷却水即以此水域为冷却水源并排放温排水于此。虽然循环冷却水携带的废热品位低下(45℃以下),但循环冷却水量巨大,其含热量十分可观。如1 000 MW火电汽轮机组,其温排水所赋存的热量约 $1.2 \times 10^6 \sim 1.9 \times 10^6$ kJ/s;按年运行5 000 h计,其热量约折合标准煤70万~114万t/d^[1]。如此大量余热(电厂冷却水携带的余热约占电厂燃煤热量的50%)弃置于自然水域,必然会使受纳水域遭受较大的热影响。因此,火、核电厂规划厂址时均需对厂址的冷却水排、取水域做可行性调查和研究,以确认该厂址能否满足机组对冷却水量和水质(温度)的要

求,并对水环境影响做出综合评价。这种有关火、核电厂循环冷却水的工程研究在我国已有近50余年的历史,其研究的基本内容、程式及常规手段业已定型。但随着国家经济建设的飞速发展,近年来火、核电厂建设规模、数量突飞猛进,在同一大水域上共建数座大型(数百万级)电厂的现象已不鲜见。以往,同一水域间距甚远的电厂建设局面,即水域热容量相对富裕的局面逐渐被打破,数千米范围内可能出现2个以上电厂,甚至规划建设电厂与已建电厂出现了扎堆的尴尬局面。这种局面的发展无疑是对以往单个电厂循环冷却水工程研究模式的挑战。

正视上述问题,必然要审视以往电厂冷却水工程研究的局限性,以往仅针对待建的单座电厂的取水能力及环境热影响做研究和评价,或至多附加上该电厂直接邻近的1~2座电厂做着眼于该电厂取水水温及其周围水域环境温升的预报,且仅针对该

电厂的需求提出优化对策,难以顾及其对周围已建电厂可能造成的不利影响。但是,大型火、核电厂温排水影响的空间效应并不会在几个毗邻电厂的区域内消散,大水域中的电厂建设也不会停滞于现今。电厂群在大水域中的良好‘生存’环境有赖于彼此间的‘互利互惠’。因此,从累积效应的观念出发,应将侧重于较为狭窄时空框架的单一电厂的传统冷却水工程研究扩展到整个大水域的规模上去。将被动的、单座电厂的取排水工程项目的研究与评价推向主动的、大水域电厂群、多排取水口的超前规划性研究与评价上去。从过去只重视该电厂温排水对水环境直接影响的预测与相应对策的研究,拓延到重视多个(已有的和规划中的)电厂温排水热量及其他污染物在大水域中的累积效应对水环境的叠加影响。树立大水域统筹规划理念,科学评估水域整体承载能力,梯级开发水域资源,保护水域环境。

2 电厂温排水的热影响是大水域环境热容量评估的基础

电厂群循环冷却水排放对水域的影响是多方面、长时效的,最为重要的影响是温排水的热影响。温排水对局部受纳水域水质的影响主要表现为水温、溶解氧等指标的变化,对水生生物的影响主要表现在改变藻类、鱼类等的生活条件方面,对水域富营养化程度的影响主要表现为水温升高可能加剧水中富营养化藻种的生长(太湖、滇池的蓝藻危害正是因高温致使水温升高而爆发的)和溶解氧下降。冷却水废热对水环境影响较大时会发生严重的热污染,装机容量大的电站有时还会引起大范围水域内生物消失。如美国佛罗里达州的比斯坎湾一座核电站排放的循环冷却水使附近水域的水温升高了 8°C ,造成 1.5 km 海域内一切生物消失的热污染^[2]。

大量研究还表明,热污染不仅伤害水生生物,而且降低水的密度和黏度,并能加速水体中粒状物沉降速率,进而影响河流中悬浮物沉降速率及河流携带淤泥的能力。在一定程度上,河流水体的升温也会影响两岸的植被,故应引起高度关注。

温排水对水域生态环境热影响具有潜在性和累积性,从表面看起来似乎没有化学物质的污染危害大。但是,热污染的危害更多和更主要的是从根本上、整体上改变水体理化特性,进而严重影响水生态系统的结构和功能。一些水污染还可能因水温升高而更加恶化,如化学物质或重金属的毒副作用会因水温升高而加剧。

因此,电厂温排水余热对水域生态环境的热影响,特别是负面热影响无疑是大水域环境热容量评

估的着眼点和基础。

3 大水域环境热容量研究需要多学科、多部门的协同努力

如何有效地减轻电厂温排水的不利热影响,充分利用水域冷却资源提高水域对更高容量机组排放热量的受纳能力和恢复水域的自净能力,应该从2个方面来考虑:一是电厂内部对废热、废水的先期处理,应尽可能地减少废热、废物排放量;二是从整个大水域来考虑电厂建设的总体布局,建立梯级开发的原则、程序以及研究多电厂排、取水布置的最优导向。从大水域整体环境目标出发,强化电厂间以及电厂与其他开发项目间的协同作用和加和作用,重视这些项目对水域生态环境的累积效应和累积影响。

以上研究路线应依托相关的政策法规和技术标准平台,如环境热容量的大小直接受限于电厂汽轮机组循环冷却水取水温度的极值规定及水环境的温升标准,而水环境温升标准直接关系到水域生态环境的水质标准等。

因此,大水域环境容量研究具有政策性、整体性、综合性、区域性、动态性以及信息密集性强的特征,它是自然、工程、技术、经济、社会相结合的综合体,需要多学科协同努力,多部门齐抓共管。

4 大水域环境容量的评估与修复

大水域电厂群环境容量研究应包含两大方面:一是大水域环境热容量评估,它包括电厂群温排水环境影响的预报和水域环境热容量评价2个内容;二是大水域环境热容量的修复,它包括污染源减排和提升水域热排放管理水平2个部分。

4.1 确立与评估相关的标准和指标

环境热容量的综合评估与机组取水水温行业标准和大水域水生态环境容量指标体系紧密相关。

机组取水水温行业标准的制定,涉及汽轮机行业标准及电力生产运行规范,直接关系到电厂热机对水域热环境容量的要求。在目前大型机组和引进机组为主导机型建设形势下,有关部门应修订或完善这一行业标准。

大水域水生态环境容量指标体系中的水质温度标准与各地区水生物物种及习性、当地水文气象条件、水域功能区划以及人文经济发展水平有关。温度及水流条件变化对水生物生态环境的影响是生态水力学重点研究的课题之一。因此,所论及的有关标准的制定应是电厂冷却水科研工作者、生态水力学工作者以及水生动植物研究者积极参与和重点关注的课题。

目前的水质评价体系中对水温的规定却十分笼统,如《地表水环境质量标准》中关于水温的规定,对5类水域的规定均为“人为造成的环境水温变化应限制在:周平均最大温升小于或等于 1°C ;周平均最大温降小于或等于 2°C ”^[3]。这种规定根本没有涉及温升影响区的空间尺度问题,基本上没有可操作性。可操作的温水排放标准应对排放口混合区的大小做出具体的、与当地各种条件相容的尺度范围规定。

2006年召开的中华人民共和国环境保护部电厂温排水环境影响专题研讨会纪要强调“考虑到经济发展与环境保护双赢,并满足环境评价审批要求,建议应尽快对相关法规、标准的有关内容进行修订或给予解释”。随着法规、标准日趋完善,对电厂温排水排放的约束会日趋严格,水域环境热容量的合理评估和修复则越显重要。

4.2 电厂温排水环境影响预报

传统数值预报模型难以精确地考虑电厂群中各电厂温排放之间的热量叠加效应及加和作用,对大水体热量的累积效应缺乏预测能力,因而对电厂群所在大水域热容量的评估乏力,急需开发新的预报模型。

开发新的数值预报模型,即研究面向工程的电厂群多排、取水口的温排水及污物(随温排水一起排放)的输移扩散全场水质(以温度为主参数并含低放射性核素、余氯及其他主要生态参数)数值预报模型。对内陆水库、河道(环境容量小、生态因子多)以及河口、近岸海域(盐度、水质及水生态复杂)等不同环境特点的水域,针对性地建立近、远区结合的全场扩散模型。对被视为“浅水型”水域的模拟对象应建立近区三维、远区平面二维相耦合的模型;对非“浅水型”水域应建立真三维模型或准三维模型。但无论何种模型均应能精确地模拟近区射流卷吸掺混特性、盐度或温度异重分层流动特性以及多排放源、汇间的加和、协同作用造成的累积效应,能准确模拟远区散热及各环境、生态因子对流扩散的水动力稀释效应以及其自身的衰变过程。总之,模型应能较好地反映环境,预报各种因子随时间演化的过程及其定量的描述等。

完善数值模拟模式及确定其基础参数(系数)、检验或验证数值模型的精度等都有赖于物理模型试验及相关的实验。为此,数值模拟和物理模拟间应有以下方面的配合:

a. 近区的数值模拟应与冷却水机理性试验相结合来深入研究各种温排水排放方式(水面排放或水下排放、水平排放或垂直排放)中近区射流卷吸掺混及对流扩散规律,以修正对其进行数值描述的模型及其基本参数,并以试验结果检验数值模拟的精度。

b. 模型中所需的必要参数和边界条件的处理是研究水质模型的技术关键之一,必须通过物理模型试验以及现场观测和机理性研究来获取。如水面散热系数是热扩散模型中极其重要的计算参数,国内现行的水面综合散热系数公式适用于淡水、正气温和正水气温差场合,而海域、负气温和负水气温差条件下的综合散热系数则亟待试验研究来确定。再如对分区模型的近、远区扩散系数的精确选定等,要采用数值模拟和试验相结合的方法来选定,并用数值计算与原体观测相结合的途径来验证。应做好数值模型预报与物理模型预报的相关分析研究,以便更好地体现大水域环境容量评估中最具特色的累积效应。

4.3 电厂循环水余热的综合利用

在温排水排入受纳水域前尽可能取出部分或大部分余热,使温排水降低温度后再排入水域(减排),这将极大地降低电厂温排水对水域环境的热影响。而电厂循环水余热的有效利用一方面是对电厂温排水这一“未利用能”的再开发;另一方面对降低电厂冷却水工程研究和设计的难度、解决热污染防治难题极具意义。

我国电厂循环冷却水余热利用问题早有提出,但多属个例,其中主要是北方地区利用废温水进行水产养殖和农作物栽培,还有一些用于港口、工业取水口融冰、缓冰的个案^[4]。利用形式比较单一、利用率低下,属于低水平利用。为此,要求全面地考察电厂循环冷却水余热利用的国内外现状,系统地、多学科地探索余热利用的途径。较高级层次的余热利用以采用“热泵”、“热管”等高技术手段从循环水低位热源中提取热量的途径为最佳^[5]。火、核电厂温排水这一低温热源有着一般水热源少有的优势,如流量基本稳定、水温较高(对河水、地下水而言),水质相对清洁(对河水、污水而言)等,是极为理想的水热源,电厂又拥有驱动热泵机组的有用能(电能、热能等)。循环水余热部分回收后,不仅可用于轻工业生产、建筑供热,还可返回到电厂热力系统的回热环节,提高整个系统的热效率^[1]。

5 大水域环境热容量评估与电厂群梯级开发

5.1 火、核电厂水环境管理信息系统

大水域环境热容量评估是在完全掌握该水域各种有关水环境资源信息的基础上,将电厂群温排水环境影响预测获得的预报数据输入评估体系,依据水环境监测数据库、评价指标数据库、专家知识库等的数据库做出分析和判断。

(下转第94页)

methods for piled embankments[J]. Ground Engineering , 1997 30(11) 39-44.

[26] RUSSELL D , NAUGHTON P J , KEMPTON G . A new design procedure for piled embankments[C]//DON K . Proceedings of the 56th Canadian Geotechnical Conference and 2003 NAGS Conference . Winnipeg , Manitoba : Canadian Geotechnical Society , 2003 858-865 .

[27] HABIB H A A , BRUGMAN M H A , UIJTING B G J . Widening of Road N247 founded on a geogrid reinforced mattress on piles[C]//DELMAS P , GOURC J P , GIRARD H . Geosynthetics : State of the Art , Recent Developments : Proceedings of 7th International Conference on Geosynthetics . Lisse : Swets & Zeitlinger , 2002 369-372 .

[28] HORGAN G J , SARSBY R W . The arching effect of soils over voids and piles incorporating geosynthetic reinforcement [C]//DELMAS P , GOURC J P , GIRARD H . Geosynthetics : State of the Art , Recent Developments : Proceedings of 7th International Conference on Geosynthetics . Lisse : Swets & Zeitlinger , 2002 373-378 .

[29] 曹卫平 , 凌道盛 , 陈云敏 . 刚性桩加固高速公路软基土拱效应现场试验研究及其与解析解的比较 [J]. 岩土工程学报 2007 29(10) :1577-1581 .

[30] GIROUD J P , BONAPARTE R , BEECH J F et al . Design of soil layer-geosynthetic systems overlying voids[J]. Geotextiles and Geomembrane , 1990 8(1) :11-50 .

[31] JONES C J F P , LAWSON C R , AYRES D J . Geotextile reinforced piled embankments [C]//HOEDT G D . Proceedings of 4th International Conference on Geotextiles , Geomembranes , and Related Products . Netherlands : Taylor & Francis , 1990 :155-160 .

[32] COLLIN J G . Column supported embankment design considerations [C]//LABUZ J F , BENTLER J G . Proceedings of the 52nd Annual Geotechnical Engineering Conference . Minnesota : Canadian Geotechnical Society , 2004 51-78 .

[33] 周镜 , 叶阳升 , 蔡德钧 . 国外加筋垫层桩支承路基计算方法分析 [J]. 中国铁道科学 2007 28(2) :1-6 .

(收稿日期 2007-07-02 编辑 : 方宇彤)

(上接第 29 页)

火、核电厂水环境研究中数据种类繁多、数据量庞大 , 随时间引起变化的因素众多。为高效、准确地处理这些数据并从中提取可靠的信息 , 进而为管理决策层服务 , 必须建立起可将环境数据、环境信息、水质预报、环境容量评估以及专家决策一体化的火、核电厂水环境管理信息系统。

近年来随着管理科学、信息科学、计算机技术与通信技术高速发展及其相互交融 , 管理信息系统 (MIS) 的产生和发展有了坚实的基础。

建立信息化的模型 , 并在此基础上组建现代火、核电厂水环境管理信息系统是把电厂循环冷却水环境影响预测与环境容量评价提到先进水准的必由之路 , 也是大水域电厂群建设及运行高效管理的必由之路。

5.2 电厂群梯级开发

对火、核电厂建设而言 “ 梯级 ” 意为建设时域上的先后、地域上的优选、地方经济发展需求的轻重缓急以及燃料配给的便利程度等。梯级开发旨在有计划、有步骤地规划大水域中火、核电厂的建设 , 合理利用大水域资源。梯级开发着眼于大水域整体环境的电厂建设规划 , 可避免各个地方自行其是、急功近利、不顾大局的短期行为 , 便于联合调度、集中控制以提高自然资源的利用率。

梯级开发研究是一个典型的系统工程 , 涉及国家发展计划、地方经济规划、政策法规和自然资源等。火、核电厂水环境管理信息系统可以从自然资

源优化使用的高度上指导梯级开发 , 是水域开发决策层做出开发判断可以依赖的工具之一。

6 结 语

2006 年 11 月由国家电力监管委员会主办的和谐电力论坛倡议书第一条 : 共建规划科学、发展协调的电力。尊重和坚持电力发展的客观规律 , 科学确定电力发展目标和发展速度 , 实现电力与国民经济之间、电力生产各环节之间的协调发展。

大水域电厂群温排水环境热影响研究中的主要议题 , 即环境热容量评估与修复以及大水域火、核电厂梯级开发等 , 正是建立在上述倡导的 “ 共建规划科学、发展协调的电力 ” 的科学发展观上。

参考文献 :

[1] 贺益英 . 关于火、核电厂循环冷却水余热利用问题 [J]. 中国水利水电科学院学报 2004 24(4) 315-320 .

[2] 金岚 . 水域热影响概论 [M]. 北京 : 高等教育出版社 , 1993 :177-178 .

[3] GB 3838—2002 地表水环境质量标准 [S].

[4] 贺益英 . 寒区工业取水口防冰工程新方法的研究 [J]. 水利学报 2003(1) :7-11 .

[5] 刘兰芬 , 贺益英 , 潘荔 . 火电厂余热综合利用研究评价——全国火电厂余热利用情况调查报告 [R]. 北京 : 中国水利水电科学院 , 1999 .

(收稿日期 2007-07-16 编辑 : 方宇彤)