

## 热扩散预测方法研究概况\*

### I. 影响海洋水温的因素

#### THE SURVEY OF PREDICTING METHOD OF COASTAL THERMAL DIFFUSION

#### I. THE FACTORS OF AFFECTING WATER TEMPERATURE IN THE SEA

王丽霞 孙英兰 田 晖

(青岛海洋大学 266003)

\* 随着沿海经济的发展,一批大型电力、冶金、化工等企业相继兴起,根据工艺流程的要求,工厂需向周围环境排放大量的废热。它们中的一部分以烟气扩散或水滴、水膜与空气进行热交换等方式排入大气中;另一部分则随废水排放到江、河、湖或海洋等天然水域或人造冷却池。建立在海滨的热电厂(核电站),一般利用海水作冷却水,海水通过汽轮机的冷却塔后携带大量热量排入海中使水温升高(一般情况下废水温度较海域海水环境温度高 $7\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),对海域的水质及生态产生影响。如水温的升高会使饱和溶解氧降低,加快了有机污染物的分解速度和水生物呼吸,引起耗氧量显著增加;一些有毒的浮游生物大量繁殖,容易引起赤潮;某些污染物的毒性增加,如氰化钾等,当水温升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,毒性就增加1倍多;还有许多对温升敏感的生物,当水温升高后,有的死亡,有的迁移,特别是一些特定生物在温度升高时不能繁殖等。当废热对水体的影响比较严重时(温升超过 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ )就构成热污染。就火、核电厂而言,冷却水温度高低直接关系到自身的效率,冷却水温度每升高 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,汽机效率要降低 $1\%$ ,当水温超过一定限度时,还会形成水循环短路,影响到发电机组的安全。因此,进行热扩散预测方法的研究,对防止热污染,保护海域水质和海洋生态环境,电厂取、排水口位置的优化选择与配置,合理规划功能区等具有重要的科学意义。

温排水以及由此引起的水质、生态环境影响的研究已成为世界各国海洋环境学家十分关注的重要课题。1984年联合国海洋污染专家组(GESAMP,1969年成立)编写的海洋环境中的温排水(Thermal discharges in the marine environment)<sup>[3]</sup>即是对世界各国

科学家前十几年在该领域研究成果的总结。为了确定温排水与环境水温的变化关系,以进行热扩散影响的预测研究和水环境的管理,需要了解影响海洋水温变化的因素,弄清温排水过程和热在海湾或沿海水域内的扩散规律,建立热扩散预测模型。

引起海洋水温变化的因素主要有以下4个方面:(1)同大气的热量交换,即海气间的热交换;(2)同海底的热量交换;(3)水流内部热交换;(4)人为的加热或减热。海底的热量交换和水流内部热交换相对较弱,在计算中可忽略不计。因此引起海洋水温变化的主要因素是海气热交换和人为的温排水。

### 1 温排水过程

进行热扩散研究的一个重要目的,就是预测温排水对环境水温的影响,这首先要了解温排水方式和温排水过程的主要动力因子。温排水一般采用岸边排放和深海排放两种方式。无论哪种方式,排放口附近水域与较远水域的流动状况和控制扩散与冷却的主要动力因子均有很大的差异,因而将其分为近区和远区,并根据其主要动力因子和流动状况的不同而选用不同的预测方法,然后采用各种方法将其耦合起来成为一个整体。近区是指排放口附近污水出口的动量和浮力起主导作用的区域;远区是指起始动量和浮力基本衰减掉,流动状况基本不受排污射流影响的区域。

温排水在海域中的运动特征有别于周围海水的运动。控制扩散与冷却过程的主要因子包括:a.在热扩散

\* “八五”国家科技攻关项目 85-903-08-05-04。  
收稿日期:1996年10月14日

的近区,由于周围较冷海水的卷入而引起的稀释及混合。此时垂向混合不均匀,温排水在出口动量、浮力及海流的共同作用下边上升边与周围较冷海水发生混合,形成浮射流。浮射流的轨迹、扩展宽度及稀释度均随着浮升高度的不同而不同<sup>[1,2,4]</sup>。b. 在热扩散的远区,海水运动的对流-扩散及湍流运动引起的湍流扩散。此时垂直混合已趋均匀,温排水只在海流的作用下得到进一步的稀释扩散。c. 海面与大气的热交换等。它们的过程见图1。

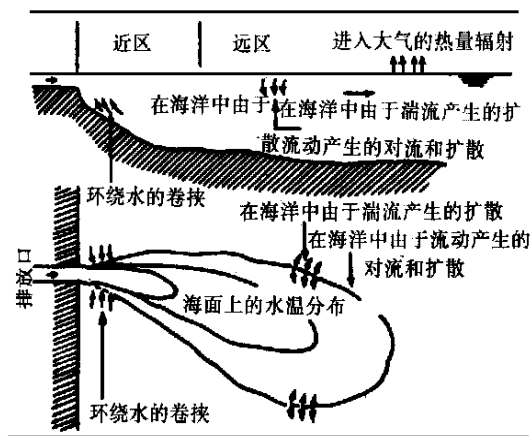


图1 温排水扩散及冷却过程

在不同排海工程中,温排水的排放方式、排放量及海水运动特征均不同,决定了研究以上各控制因子的复杂性。其中排放方式的影响最为明显。岸边排放时,排放出的温水通常是以相对低的速度进入周围海域,海水运动的对流-扩散和湍流运动引起的湍流扩散及海面与大气间的热交换是主要的控制因子。而深海排放时,排放出的温水则是以相对高的速度进入周围海域,此时,周围海水的卷吸和海水运动的对流-扩散及湍流运动引起的湍流扩散是主要的控制因子。

## 2 海面与大气间的热交换

进行热扩散预测研究时,海气间的热交换是不可忽略的。

### 2.1 海面热收支

海面与大气间不断地进行着热交换,这一过程对海域内部的温度分布有重要的影响。大量研究表明,海面热交换由4个要素组成,即太阳辐射、海面有效回辐射、蒸发耗散和海-气间的感热交换。平均而言,在总体上海洋热能是平衡的,但在局部情况下,仅此4项不一

定平衡。对同一地点,夏季通常是海洋通过海面吸收热量而使海水温度升高,冬季则损失热量而使水温降低。海面热收支决定了海域水环境的温度。

### 2.2 温排水效应

座落在海滨的火、核电厂向海洋排放废(温)水,使其温度升高,多数情况热水多浮于水体表层,表层温度升高,产生以下3种效应:a. 根据辐射定律,一个物体温度升高以后,将加强其向周围的辐射,因此,水面向大气的辐射加强。b. 温度升高标志着水分子热运动的平均动能增加,逃逸出水面的水分子数目增加,相应的水面蒸发量上升。蒸发所吸收的蒸发潜热及逃逸水分子带走的热量之和统称为蒸发散热量。c. 水、气温差上升使海-气间的感热交换加强,如果外界气象条件不变,过热水体散发至大气中的热通量将增加。

岸边排放中,上述3种效应比较明显,而深水排放是用排污管道伸入至水下某一深度(大于10 m)排放,在管道末端安设扩散器使污水从沿管布置的许多孔口喷出,当水深较深时,如果海水在垂直方向上存在层化效应,有可能使污水从管道排放后浮升至一定高度后随海流排走而不浮升到海面,在这种情况下,温排水在水下即可稀释,从而使水面所受影响减小。

## 3 风对热排放的影响

风是客观存在的物理现象,它对冷却水的运动也有着重要作用。风破坏了自由对流状态下的大气层结,强迫对流的结果使蒸发散热量以非线性速率增加;风生漂流改变无风条件的冷却水运动整体流态;风生波浪加大了水面面积,使表层与下层混合加剧,在垂直方向上温度分布均匀等。许多研究结果证明:热污染研究不能忽视风的作用。

### 参考文献

- [1] Fischer, H. B., 1975. *J. Environ. Eng. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Eng.* 101: 453-455.
- [2] Fischer, H. B., 1976. *Rev. Fluid Mech.* 8: 107-133.
- [3] GESAMP, 1984. *Thermal Discharges in the Marine Environment; UHEP Regional Seas Reports and Studies No. 45.*
- [4] Hirst, E., 1971. *J. Geophys. Res.* 76: 7375-7384.