

71-25

秦山核电站冷却水排放的红外遥感调查

陶然 戚建人
(国家海洋局东海分局,上海 200137)

TM623

A 摘要 通过对秦山核电站投产前、后附近局部海域红外遥感数据的处理分析,结合海面同步监测数据,反演了该海域电站投产前、后的海面温度,绘制了温场分布图,初步了解了核电站冷却水的扩散范围与运动特点。

关键词 冷却水, 图像处理, 温场

核电站, 红外遥感, 温度场

秦山核电站坐落于杭州湾北岸的秦山山麓,是我国第一座自行设计、建造的以核能为动力的电站。核电站冷却水通过排水口排入东海。

对电站冷却水排放海域的遥感调查分析国外已有报道^[1],方法也较成熟。国内也曾对排污口作过航空遥感调查^[2]。本文根据1991~1993年利用红外遥感监测技术对秦山核电站附近海域进行的温场调查资料,分析了核电站投产前后的水温变化,讨论了电站冷却水排放后的扩散范围和水温上升状况,这对了解冷却水排放后给附近海域带来的环境影响是有帮助的。

1 方案设计与实施概况

方案设计以国家海洋局所属的“运十二”飞机为空中平台,以中科院研制的机载IR/UV扫描仪为传感器(红外波段范围为:8~12.8 μm),考虑到航行保障、飞行条件、太阳辐射、大气干扰、天气状况、海洋潮汐等因素,在方案制订时,分别选择涨、落潮各一飞行架次,尽量选择早晨太阳高度角较小、海面受太阳辐射较少的时段。选择云底高大于1000m、云量不大于4个,水平能见度大于5000m的晴朗天气。设计航高800~1000m,航速200~220km/h。为了进行海温反演,选择“中国海监”船为海面平台,对8个测温点进行同步海温测量。

具体实施时,基本上按方案运作。飞机定位采用GPS100,飞行高度保持1000m,航速为200km/h。飞行时,天气晴朗,能见度大,时间大多在上午8时半左右。模拟信号采用TEAC磁带记录仪录制。在对扫描信号记录的同时,在监视器上对图像的质量进行监视,以保证获取几何畸变最小,特别是扭曲变形最小的扫描图像。飞行时,海监船同步测温。

收稿日期:1994-06-02;收修改稿日期:1994-06-29

1)上海师大、东海监测中心,上海市排污口航空遥感调查,1987

2 图像处理与海温反演

首先,通过 A/D 转换,将模拟信号转换成数字信号,在图像处理系统中对数字信号进行处理,包括几何校正、线性拉伸、直方图显示与密度分割;其次,结合海温实测资料,反演该海域的真实温度;最后,将密度分割图的温度等级转绘到地形图上,获得温场分布图。主要工作流程见图 1。

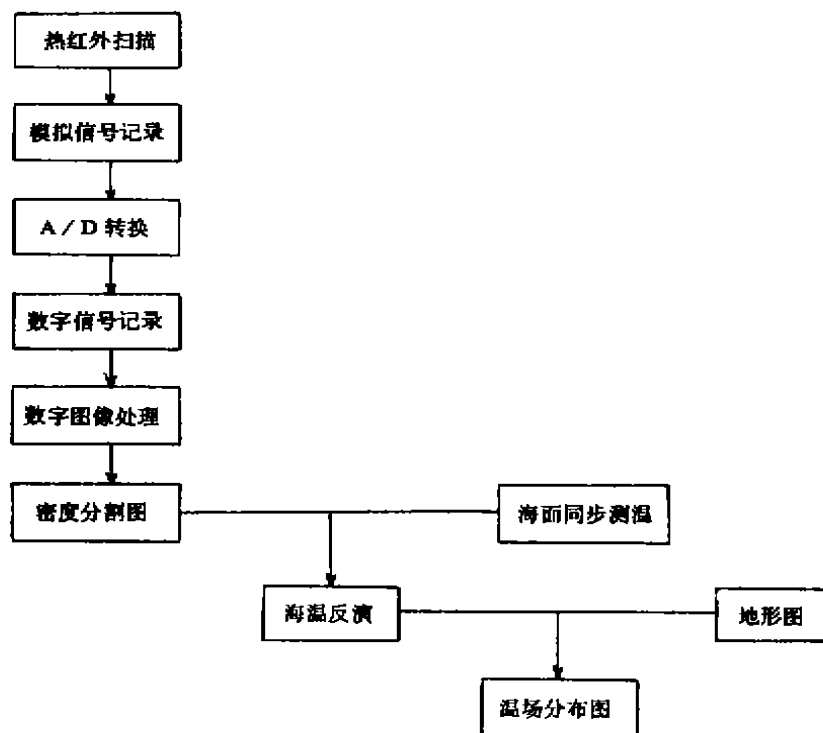


图 1 主要工作流程图

2.1 几何校正

由于速高比的影响,图像横向与纵向比例尺不一致,产生图像的压缩或拉伸。飞行时飞机的扭动还会产生图像的扭曲。我们选择扭变最小的图像,仅作了横向与纵向比例尺一致的校正,采用立方卷积方法重新采样。校正后的图像基本上满足了转绘的要求。

2.2 线性拉伸

对某些反差较小的图像进行线性拉伸可加大图像的反差,有利于目视识别与密度分割。线性拉伸函数可表示为:

$$y=kx \quad (k>1) \quad (1)$$

式中 x ——原始图像的象元值; y ——拉伸后图像的象元值; k ——拉伸系数

2.3 直方图显示

图 2 是一有代表性的直方图。从图 2 中可看出,图像象元值的频率呈“双峰”分布,“1 峰”

为海面的温度集中区,象元值较小,温度较低;
“Ⅱ峰”为陆地与冷却水的温度集中区,象元值
较大,温度较高。根据直方图,可设计密度分割
时象元值的区间。

2.4 密度分割

用不同的颜色来代表不同的象元值,这样
可比黑白影像更清楚地看出温度的高低。颜色
分配的原则是用暖色调表示高温,冷色调表示
低温。表 1 为 1992 年 5 月 18 日落潮时的象元值、颜色与亮度温度对应关系。其它时间的对应
关系从略。

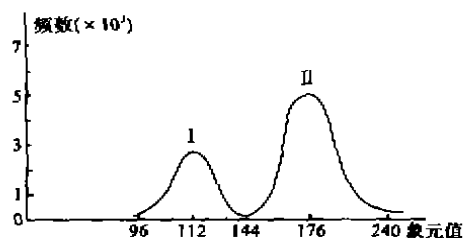


图 2 直方图

表 1 1992 年 5 月 18 日象元值、伪彩色、亮温关系

象 元 值	伪 彩 色	亮度温度(℃)
129~159	黄	18.89~19.98
160~189	品红	19.98~21.00
190~219	红	21.00~22.08

2.5 海温反演

由于受大气的影响,扫描记录的亮温须经大气校正转换成海面真实温度。卫星遥感计算海
温时用的较多的大气校正方法是采用二个红外波段的线性组合^[2]。在航空遥感只有一个红外
波段的情况下,我们采用直接对比法^[3]来进行校正,即将传感器在某一点所测的温度 T_r 与船
舶同步实测的水温相比较,求出修正值 ΔT ,然后求出真实水温 T_s 。

$$T_s = T_r + \Delta T \quad (2)$$

海温反演所计算出的 ΔT 值见表 2。

我们认为,在飞行高度不高,天气晴好,
太阳辐射较小,调查面积不大的条件下,运用
直接对比法来进行大气校正简单易行。

表 2 ΔT 值表

时 间	ΔT 值(℃)
1991 年 5 月 18 日	-0.9
1992 年 5 月 18 日	-0.01
1992 年 5 月 26 日	0.428
1993 年 5 月 24 日	2.48

3 温场分析

3.1 秦山核电站投产前海面本底温场分析

1991 年 5 月 18 日和 25 日进行了 2 个
航次的遥感飞行,飞行 10 条航线,计 85km,获得了 30min 的模拟信号记录。经图像处理、转绘
后得到秦山核电站附近海域本底温场分布图(见图 3)。分布图显示:表面温场温度分布在
18.6℃~19.9℃之间,温差仅 1.3℃,海面温度场表现为均匀一致性。

3.2 秦山核电站投产后海面温场分析

1992 年 5 月 18 日、26 日,12 月 4 日、12 日分别进行了 4 个架次的飞行,测线计 15 条,飞
行 250km。

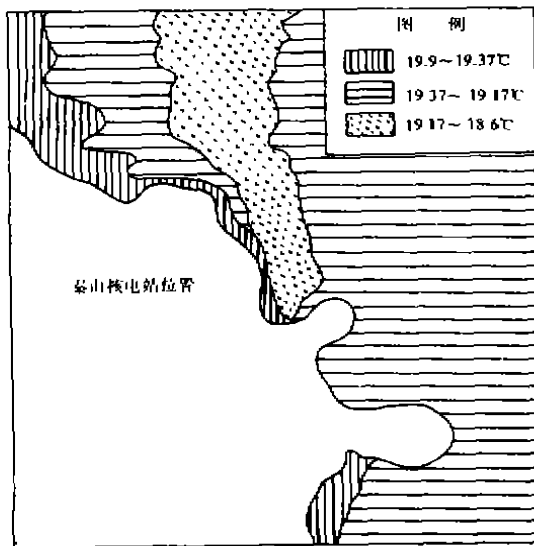


图 3 本底温场分布图

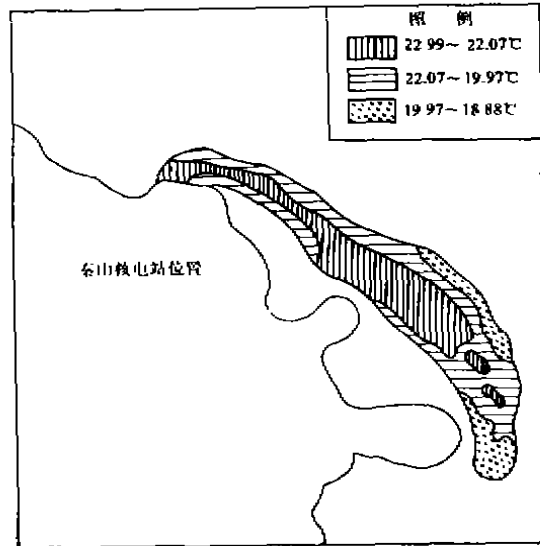


图 4 1992年5月18日落潮时温场分布图

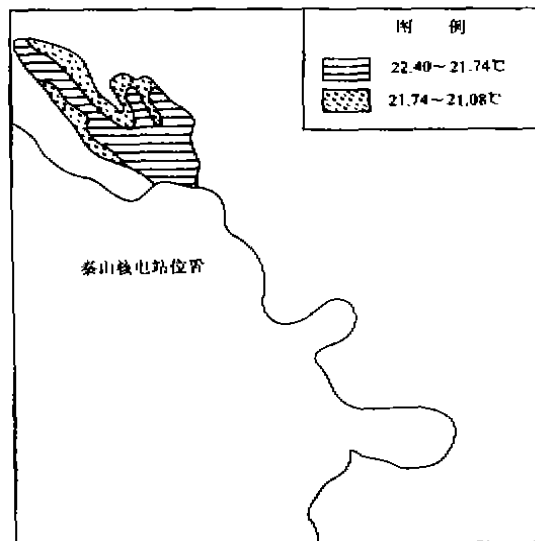


图 5 1992年5月26日涨潮时温场分布图

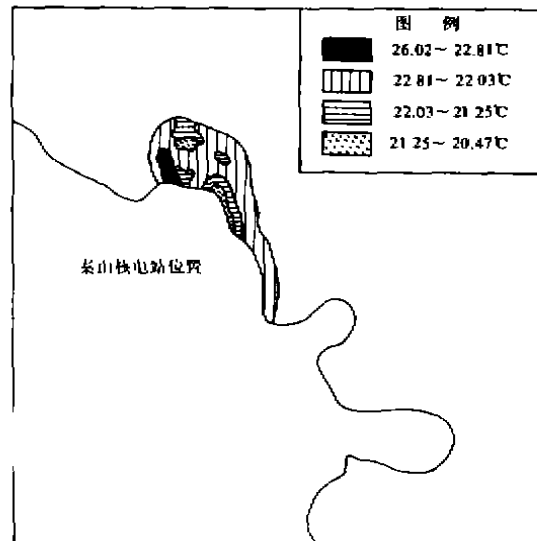


图 6 1993年5月24日落潮时温场分布图

根据5月份2个航次的调查,冷却水排放对水温的影响是明显的(见图4、图5)。5月18日落潮时,冷却水向东南方向扩散,最远点抵 $120^{\circ}58'E, 30^{\circ}25.75'N$ 。冷却水带长1800m,最宽处350m,扩散面积34.8万 m^2 。最高水温比正常海水温度高 $3.34^{\circ}C$ 。5月26日涨潮时,冷却水向西北偏北方向扩散,分成3条不甚明显的舌状扩散带,最远点抵 $120^{\circ}56.55'E, 30^{\circ}27.65'N$ 。冷却水带长1000m,最宽处400m,扩散面积为15万 m^2 。最高水温比正常海水高 $1.77^{\circ}C$ 。

12月份2航次所测海面温度在 $12.2^{\circ}C \sim 12.3^{\circ}C$ 之间,没有出现明显的温度梯度。后经了解证实,航测时电站因检修而停机,没有冷却水排放。

1993年5月24日和30日,飞行了2个航次。

5月24日落潮时的温场分布见图6。从图6中可看出,冷却水沿海岸向南扩散,扩散距离较短,为800m,扩散面积为13万 m^2 ,冷却水的平均水温为 22.16°C ,比海水高出 2.16°C ,最高水温区出现在排水口附近,最高水温比正常海域高 6.02°C 。5月30日涨潮时,图像中未见明显高温区,当时没有冷却水排放。

4 结 论

- a) 秦山核电站冷却水排放对杭州湾海域表层的影响是局部的,扩散范围较小。
- b) 冷却水与正常海水的温差及冷却水的扩散面积在几次测试中都不同,这可能与冷却水排放量、潮流状况有关。
- c) 冷却水扩散与秦山核电站附近海域的潮流场相吻合。涨潮时向西北偏北方向扩散,落潮时向东南或南方向扩散。涨、落潮均呈沿岸扩散型。
- d) 冷却水排放明显地改变了该海域的温场。但温场的改变对海洋生态环境的影响有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Davies P A and Mofoz L A. Remote Sensing observations and analyses of cooling water discharge from a coastal power station. *Int. J. Remote Sensing*, 1993, 14(2): 253~273
- 2 Robert H Stewart. 卫星海洋学方法. 遥感与海洋, 1986, 8(3): 71~80
- 3 陈干诚. 杭州湾航空红外遥感海面温度试验. 遥感与海洋, 1991, 13(1, 2): 1~4

INFRARED REMOTE SENSING INVESTIGATION OF COOLING WATER DISCHARGED FROM QINSHAN NUCLEAR POWER STATION

Tao Ran and Qi Jianren

East China Sea Branch, SOA, Shanghai 200137

Abstract Based on the image processing of aerial infrared remote sensing data and comparing with concurrent *in situ* temperature of sea surface, the surface water temperature of the sea region near Qinshan Nuclear Power Station was inversed, diagrams of temperature fields were produced and the diffusion range and movement features of the cooling water were obtained.

Key Words cooling water; remote sensing image processing; temperature field; Qinshan nuclear power station