

基于遥感数据反演技术的东海海洋环境谱编制

张泰峰¹, 杨晓华¹, 柴志起², 郑有区², 张勇¹

(1. 海军航空工程学院 青岛校区, 山东 青岛 266041;

2. 中国人民解放军92492部队, 海南 乐东 572528)

摘要: 通过卫星遥感数据的大规模反演技术, 获取了研究区域海洋环境要素的时空分布。研制了多通道温湿度综合测量仪, 通过实测结果与反演结果的对比, 验证了该方法的可信性和可行性。以我国东海海域5 a的卫星遥感数据为基础, 通过反演计算出该海域的温度、湿度和盐雾分布, 编制出适用的海洋环境谱。

关键词: 遥感; 温度; 湿度; 盐雾; 环境谱

中图分类号: TG171; X823 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)01-0029-04

Compiling of East China Sea Environmental Spectrum Based on Remote Sensing Data Inversion

ZHANG Tai-feng¹, YANG Xiao-hua¹, CHAI Zhi-qi², ZHENG You-qu², ZHANG Yong¹

(1. Qingdao Branch of Navy Aeronautic Engineering Academy, Qingdao 266041, China;

2. Unit 92492 of PLA, Ledong 572528, China)

Abstract: Through inversion of satellite remote sensing data, the values of the environmental factors in corresponding research area were obtained, and the inversion result was verified by the measured data of Multi channel temperature and humidity meter. Based on five-year satellite remote sensing data, the distribution of temperature, humidity and salt air in the East China Sea were obtained to establish marine environmental spectrum of that sea area.

Key words: remote sensing; temperature; humidity; salt fog; environmental spectrum

腐蚀是以海洋为基地的设备亟待解决的关键技术问题之一。与陆基设备相比, 舰船、钻井平台等常年在海上活动, 高温、潮湿、酸性盐雾等已经成为其主要的、外界影响因素。编制出恰当的海洋环境谱是装备、设备结构疲劳、损伤容限和耐久性设计的首要工作。随着人类对海洋探测范围的不断

扩大, 各种设备的活动半径也随之扩展, 这就使得以传统船测和站点测量为基础编制出的海洋环境谱适用范围越来越有限。由于目前国内外的许多光学遥感器和卫星都具有大范围探测环境数据的能力, 故以此为基础对东海进行了大范围海洋区域环境谱的编制工作。

收稿日期: 2012-09-01

作者简介: 张泰峰(1976—), 男, 满族, 辽宁大连人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为材料的腐蚀与疲劳。

1 反演参数的确定

已有的研究表明^[1-3],气温的高低和湿度的大小都会明显影响到腐蚀的反应速率,也会影响到水膜的停留时间。一般情况下,在高温、高湿的环境中金属腐蚀的速率都会明显加快,同时对于非金属材料也有着直接的影响。考虑到海洋环境的特殊性,盐雾对腐蚀的影响也非常突出。根据文献[4]的研究结果,盐雾的形成与环境中的湿度有直接关系,可以通过湿度分析出盐雾的浓度。文中的反演参数主要集中在温度的反演和湿度的反演,在此基础上编制出以温度谱、湿度谱和盐雾谱为主的海洋环境谱,其主要技术流程如图1所示。

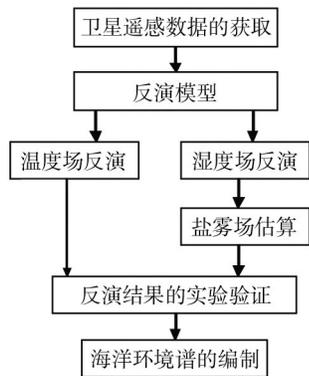


图1 东海海洋环境谱的编制技术流程

Fig. 1 Flowchart of marine environmental spectrum compiling of the East China Sea

2 温、湿度的反演

利用美国 NASA 发射的 Terra 和 Aqua 极轨环境卫星所生成的 MODIS 产品,通过对卫星一级数据进行解包、误差校正、时空配准等数据预处理,生成了包括大气温、湿度廓线的标准化遥感数据。大气的温、湿度廓线能够从总体上反映出大气温度和水气含量的铅直分布状况。在 MODIS 大气温、湿度廓线数据中,温度廓线以热力学温度-气压曲线表示,湿度廓线则以温度露点差-气压曲线表示。在观测到的辐射数据和反演的大气廓线之间建立起统计关系,通过统计回归的方法可以对大气温度、湿度进行

有效的反演,进而得到不同高度下的环境温、湿度数据^[5-6]。

3 技术验证

3.1 仪器选用

验证数据采用了 WS-1 型综合检测仪(如图2所示)。该设备集信号处理、控制、显示、记录于一体,相应的传感器与检测仪通过数据接口连接,从而将传感器的测量数值实时转换为检测仪内部数据并加以记录,通过计算机读取后,即可进行相应的后期分析处理。

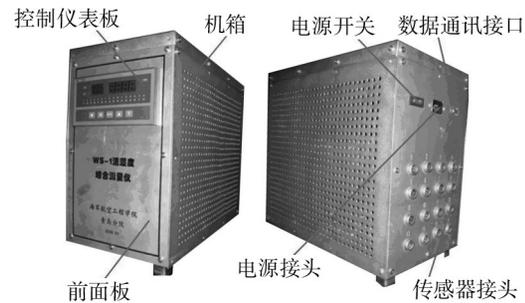


图2 WS-1 型温、湿度综合测量仪

Fig. 2 WS-1 temperature and humidity meter

3.2 数据验证

为了验证通过遥感数据反演技术得到的环境数据可信性,于2008年9月至11月,在北纬31° 41'、东经121° 52' 附近海域使用检测仪进行了环境因素数据的连续测量,并与同一时间段、同一经纬度卫星遥感数据的反演结果进行了对比,结果见表1;利用 SPSS 软件对两组数据进行检验,结果见表2。两组数据显著性检验值为 1.596,差异性检验值为 0.124,这说明两组数据来源于同一母体,反演的结果是可信的。

4 东海环境谱的编制

根据东海海域的一般界定,确定主要区域为纬度 23° 00' N—33° 10' N,经度117° 11' E—31° 00' E的一片海域,如图3所示,这也是周边的船舶、飞机

表1 实测数据与反演数据的相对误差分析

Table 1 Analysis of relative errors between measured data and the inversion data

时间	温度实测数据/℃	温度反演数据/℃	相对误差	湿度实测数据/%	湿度反演数据/%	相对误差
9—11月	20.2	24.16	0.196 04	80.22	82	0.022 189
	23.4	24.3	0.038 462	82.7	81.8	-0.010 88
	22.85	24.24	0.060 832	79.6	83	0.042 714
	23.6	23.67	0.002 966	79.6	83.7	0.051 508
	19.86	23.12	0.164 149	78.65	82.2	0.045 137
	21.2	22.75	0.073 113	80.2	80.7	0.006 234
	19.6	22.4	0.142 857	80.5	80	-0.006 21
	21.6	22.11	0.023 611	80.2	79.5	-0.008 73
	21.03	21.78	0.035 663	80	78.7	-0.016 25
	22.22	20.9	-0.059 41	78.9	75.6	-0.041 83
	20.3	20.11	-0.009 36	72.5	70.7	-0.024 83
	21.3	19.94	-0.063 85	72	70.4	-0.022 22
	19.9	19.87	-0.001 51	72	70.4	-0.222 22

表2 数据检验结果

Table 2 Verification result of the data

显著性检验	自由度	差异性检验	平均差
-1.596	24	0.124	-0.9454
-1.596	23.188	0.124	-0.9454

等装备、设备的主要活动区域。该片区域总面积近 $27 \times 10^4 \text{ km}^2$, 遥感数据给出的数据精度大约是每 40 km^2 一个点, 因此在该片海域 1 d 大约采集到 6700 个数据点。统计时间跨度为 2005—2009 共 5 年, 共反演出大约 12 223 333 个数据点, 其具体分布

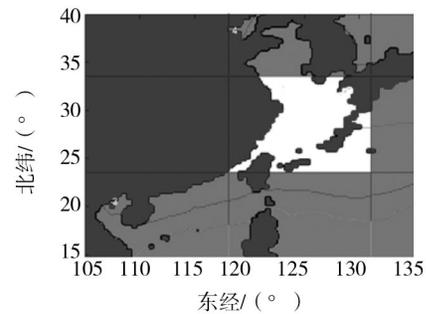


图3 我国东海海域数据分析区域

Fig. 3 Data analysis of the East China Sea area

见表3。

表3 东海海域5 a的反演数据点

Table 3 Inversion data of the East China Sea in five years

湿度	温度					
	<20 ℃	20 ~ 25 ℃	25 ~ 30 ℃	30 ~ 35 ℃	35 ~ 40 ℃	>40 ℃
<65%	1 495 488	190 654	12 220	164	0	0
65%~70%	1 030 668	278 557	28 556	229	0	0
70%~75%	980 143	397 147	116 032	3 045	0	0
75%~80%	827 500	462 680	648 981	2 307	0	0
80%~85%	640 677	562 096	1 650 748	9 951	0	0
85%~90%	463 568	657 906	858 986	561	0	0
>90%	349 115	452 978	102 466	0	0	0
总点数	5 787 159	3 002 018	3 417 899	16 257	0	0

4.1 东海海域的温、湿度谱

设某研究区域总环境数据点为 N , 其中满足一定温度和湿度条件限制的总点数为 N_i , 那么这片区域中满足该温度和湿度条件的作用频率(即环境谱值)为:

$$K_i = \frac{N_i}{N} \quad (1)$$

很明显,反演时间跨度越长, N 值也越大, 其所能体现出的环境特征也更加贴近真实值。同时由于 K_i 的值代表了该温度和湿度条件出现区域在总区域中所占的百分比, 因此这种方法所编制出的环境谱对于活动目标, 如船舶或以船舶为载体的飞机等更加具有针对性。

利用式(1)对表3的结果进行处理, 即可得到东海海域的温、湿度谱, 见表4。

表4 东海海域温、湿度谱

Table 4 The temperature and humidity spectrum in the East China Sea

湿度	温度						合计
	<20 °C	20~25 °C	25~30 °C	30~35 °C	35~40 °C	>40 °C	
<65%	0.1221	0.0157	9.9945×10^{-4}	1.3425×10^{-5}	0	0	0.1388
65%~70%	0.0845	0.0226	0.0023	1.863×10^{-5}	0	0	0.1094
70%~75%	0.0801	0.0326	0.0095	2.4904×10^{-4}	0	0	0.1224
75%~80%	0.0678	0.0378	0.0531	8.1384×10^{-4}	0	0	0.1595
80%~85%	0.0522	0.0459	0.1350	5.1123×10^{-4}	0	0	0.2336
85%~90%	0.0380	0.0538	0.0703	4.589×10^{-5}	0	0	0.1621
>90%	0.0287	0.0371	0.0084	0	0	0	0.0742
合计	0.4734	0.2454	0.2795	0.0017	0	0	

从表4中可以看出, 东海海域的温度基本上长期处于 30 °C 以下, 其中温度在 20 °C 以下的区域比例接近 50%, 而在 20 ~ 25 °C 和 25 ~ 30 °C 两个温度区间的区域则相对比较平均。值得关注的是, 东海海域的高湿度 ($RH > 80\%$) 区域所占比例较高, 占总时间区间的 49.995%, 定性说明从时间尺度上东海海域大约有一半的时间处于高湿度状态; 从空间尺度上看, 同一时间该区域约有一半的海域处于高湿状

态。从另一个角度证明了东海海域是我国著名的海上雾区环境。表4的温、湿度分布结果也与文献[7]的研究结果相一致。

4.2 东海海域盐雾谱

实验表明, 当湿度达到 90% 以上时, 可以认为形成了盐雾, 因此将表4中相对应的数据提取出来, 即可得到其盐雾谱, 见表5。

表5 东海海域盐雾谱

Table 5 The salt fog spectrum in the East China Sea

湿度	温度					
	<20 °C	20~25 °C	25~30 °C	30~35 °C	35~40 °C	>40 °C
>90%	0.0287	0.0371	0.0084	0	0	0

5 结论

1) 通过遥感数据的反演技术, 可以解决较大空间范围内环境数据的获取问题, 利用该方法编制出

的环境谱更加适用于舰船、飞机等在一定区域活动的目标。文中的研究结果证明了该方法的可行性和结果的可信性。

2) 东海海域整体温度在 30 °C 以下, 且以 20 °C

(下转第 56 页)

趋向中间螺纹开孔,四角较小,不应该在此处存在裂纹,与实际不符合,同时箱体曾做过振动冲击试验;第二种情况由于安装箱体底部不平整,在承受翻转力矩时仅仅局部几个甚至单个螺栓承受翻转力矩,若翻转力矩增大10倍则应力集中会增大到200多兆帕,并且箱体并没有做翻转试验。

2.2.3 储液箱工艺分析

储液箱在焊接变形和焊接后进行热处理,余热未施放干净时会使箱体残余很大内部应力^[4]。一是由于底板和侧壁的板厚不同,焊接时变形较大产生应力;二是这种封闭箱体焊接过程中产生大量的焊接应力无法释放,后续的热处理并没有完全消除这部分应力。

2.2.4 储液箱环境分析

储液箱属于舰载设备散热循环系统,处在高湿、高温和高盐碱度等恶劣环境,例如介质主要为海洋空气、氯化物等^[5];箱体材质为铝合金 LF6,有应力腐蚀开裂倾向。

3 储液箱应力腐蚀裂纹解决措施

针对4个方面的原因分析,焊接和安装应力残留箱体,加之高温、高湿和高盐碱环境和金属铝合金材料等综合因素是造成储液箱裂纹的主要原因,应该属于典型的应力腐蚀裂纹。

针对应力腐蚀裂纹产生的几种因素,由于储液

箱材质和所处环境因素不便进行更改或完善,因此只有从加工工艺和安装上消除应力,严格控制工艺过程。

1) 提高热处理温度值。在进行热处理时,考虑箱体强度和刚度承受值,适当提高热处理温度。

2) 减少安装的应力值。在安装时,可采取垫橡胶垫等消除底部安装间隙,防止产生安装应力。

3) 加大防腐处理和过程检查控制。一是在生产过程中要进行介质隔离、介质处理、电化防腐和定期检查等工作;二是在进行表面处理前,要用放大镜严格检查焊缝和螺纹孔周边基材,确认无裂纹后再进行表面处理,一旦有裂纹应做相应处理或评估是否报废。

经过外场使用,后续生产的产品未出现过应力腐蚀裂纹现象。

参考文献:

[1] 赵立华. 超高强度铝合金研究现状及发展趋势[J]. 四川兵工学报, 2011, 32(10): 147—150.

[2] 汪玉, 华宏星. 舰船现代冲击理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 12.

[3] 张亮. 管线钢应力腐蚀机理的研究现状[J]. 装备环境工程, 2007, 4(6): 1—6.

[4] 陈旭. 管线钢应力腐蚀开裂的影响因素[J]. 装备环境工程, 2007, 4(3): 21—26.

[5] 杨超. 海军电子装备设计建议[M]. 北京: 海潮出版社, 2008: 8.

(上接第32页)

以下为主,湿度方面则有近一半的时间和空间处于高湿状态,且容易形成盐雾,这说明在进行东海海域设备环境适应性设计和加工时应该有所侧重,更加关注潮湿所引起的设备锈蚀、霉菌和老化等问题。

参考文献:

[1] SCHMIDT C G, CROCKER J E, GIOVANOLA J H, et al. Characterization of Early Stages of Corrosion Fatigue in Aircraft Skin[R]. Washington: Federal Aviation Technical Center, 1996.

[2] SMITH S H, CHRISTMAN TK, BRUST FW, et al. Accelerated Corrosion Fatigue Test Methods for Aging Aircraft[C]//

1991 SEM Spring Conference on Experimental Mechanics. 1991.(余不详)

[3] 舒畅, 苏艳, 吴龙益, 等. 自然环境谱编制方法研究[J]. 装备环境工程, 2011, 8(2): 93—06.

[4] 张泰峰, 张川, 杨晓华, 等. 基于模糊聚类理论的海洋环境谱编制研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2012, 44(3): 373—378.

[5] 侯英南, 张佳华, 延昊, 等. 利用卫星遥感资料估算区域尺度空气温度[J]. 气象, 2010, 36(4): 75—79.

[6] 陈修治, 陈水森, 李丹, 等. 被动微波遥感反演地表温度研究进展[J]. 地球科学进展, 2010, 25(8): 827—835.

[7] 李克让. 中国近海及西北太平洋气候[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 509—600.