

海洋环境水下电磁场激励源综述

崔培

(大连测控技术研究所, 辽宁 大连 116013)

摘要: 通过总结海洋环境水下电磁场源的产生机理、基本特性、频带幅值以及观测方法, 确定了不同海域普遍存在、影响程度较大并且规律性较强的场源。最终给出具有重要研究价值的典型场源, 即海洋大地电磁场、海浪感应电磁场、海流感应电磁场和工频电磁场。

关键词: 天然电磁场; 人为因素电磁场; 产生机理; 基本特性

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.02.013

中图分类号: U674.7 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)02-0069-04

Overview of Driving Source of Underwater Electromagnetic Field in Ocean Environment

CUI Pei

(Dalian Scientific Test and Control Technology Institute, Dalian 116013, China)

ABSTRACT: In this paper, field sources with universal existence, large influence and strong regularity at different sea areas were determined through summarizing the mechanism of production, essential characteristics, frequency band, amplitude and observation method of underwater electromagnetic field in ocean environment. Finally, typical filed sources with the most important research value were revealed, including marine magnetotelluric field, wave induction electromagnetic field, current induction electromagnetic field and power frequency electromagnetic field.

KEY WORDS: natural electromagnetic field; human element electromagnetic field; mechanism of production; essential characteristics

海洋环境水下电磁场是舰船水下电磁场测试的主要背景场和干扰源, 通过研究环境电磁场激励源的特性, 可以提取出不同场源的产生机理、分布规律、频率范围以及幅值大小等, 从而确定在舰船目标测试时需要充分考虑的海洋环境电磁场源, 提高舰船水下电磁场探测的精度。

收稿日期: 2013-11-31; 修订日期: 2014-01-11

Received: 2013-11-31; **Revised:** 2014-01-11

基金项目: 国防科技重点实验室基金资助项目(9140C260404120C2601)

Fund: Supported by the National Defense Science and Technology Key Laboratory Fund Project(9140C260404120C2601)

作者简介: 崔培(1984-), 男, 辽宁大连人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为舰船和海洋环境水下电磁场特性。

Biography: CUI Pei(1984-), Male, from Dalian, Liaoning Master, Engineer, Research focus: characteristics of underwater electromagnetic fields in ship and marine environment.

海洋环境水下电磁场的场源众多,形成机理复杂,根据场源形式可分为天然电磁场和人为因素形成的电磁场。影响场源能量分布的主要环境参数包括电导率、电容率、水深、波高、波速、海流流速、流向、地磁场、盐度、温度、风速、风向、潮汐、密度、季节、地理位置等。文中通过总结海洋环境水下电磁场主要激励源的特性,分析最具代表性的主要场源,为下一步研究不同环境因素对海洋环境水下电磁场的影响程度打下基础。

1 天然电磁场

天然电磁场主要包括海洋大地电磁场、海水在地磁场中运动产生的感应电磁场、电离层电流感应的电磁场以及地震活动产生的电磁场等^[1]。其中海水运动感应产生的电磁场又包括海洋表面波浪和涌浪的运动感应电磁场、海流(包含潮汐)的运动感应电磁场、海洋内波感应的电磁场等。

1.1 海洋大地电磁场

大地电场与地球变化磁场密切相关,两者场源都是来自于地球外部的各种电流体系,具有相同的变化类型,因此一般将两者统称为大地电磁场。海洋大地电磁场是由大地电磁场在海洋中激发而成。

海洋大地电磁场具有明显的空间和时间分布规律性,高纬度和中纬度强而低纬度弱,夏季强,冬季弱,白天强,夜间弱。大地电磁场频谱成分非常丰富,频率范围为0.001~10 kHz,由于海水媒质具有高电导性,对高频电磁波具有强烈的吸收作用,因此海洋大地电磁场能量主要集中在0.001~10 Hz频段。海洋大地电场的幅值一般不超过100 μ V/m,磁场的幅值最高可达到1000 nT左右。

海洋大地电磁场主要为平静变化,可以通过开展海上和陆地同时观测以分辨海洋环境电磁场来自大地电磁场的变化。大地电磁场的干扰变化比较剧烈,属于随机性变化,可以与平时观测值和理论计算值比较以用于分辨大地电磁场的干扰变化。

1.2 海洋表面波浪和涌浪运动感应电磁场

海水是一种弱导电介质,当海水在地磁场中运动时,在其内部和周围空间激发感生电磁场。

由于实际海面是不断起伏的,海浪运动的周期为0.1~30 s,会影响电磁波场强的强度^[2]。海面波浪感应产生电磁场的周期与波浪的周期一致,其频率范围主要集中在0.08~0.5 Hz。涌浪产生的电磁场幅度较大,频率约为0.1 Hz。国内外研究结果表明,海浪运动感应的电磁场对海洋电磁探测具有重要影响^[3]。

当海面波浪运动剧烈时,海洋表面波浪和涌浪运动感应电场的幅值能够超过100 μ V/m,磁场幅值较小,一般低于60 nT。

海浪感应电磁场的频带较窄,一般具有明显的线谱特性,可以通过波潮仪等环境观测设备记录海浪的周期和振幅,与海洋环境水下电磁场的频谱分析结果进行比较以分辨场源。

1.3 海流(包含潮汐)运动感应电磁场

海水在地磁场中流动会感应出电磁场,既有水平分量也有垂直分量。感应电场的垂直分量与海水流速和地磁场的水平分量成正比,感应电场的水平分量与海水流速和地磁场的垂直分量成正比^[4]。

海流是海洋中发生的一种有相对稳定速度的非周期性流动,宽度为10~1000 km,深度为0.1~10 km,在一定的区域内一致性较强。潮汐是天体引潮力引起的海水运动,波面起伏缓慢,固定点会出现每天1次或2次周期性升降。

均匀海流感应电磁场信号的频率一般很低,当潮汐流速度较快,潮汐流会在大陆架区域产生幅度较大的水平电场。该水平电场幅度与地磁场垂直分量和海流的水平速度呈正相关,周期约为12 h,幅度最大可达100 μ V/m。

海流(潮汐)运动感应电磁场的周期稳定,约为12 h或24 h。当海水流速较快时,海洋大地电场的幅值可达到100 μ V/m,磁场的幅值一般不超过100 nT。

海流、潮汐感应电磁场波及的范围较广,运动速度较稳定,在一定区域内一致性较强。结合海流计记录的海水流速、流向等参数,可以从观测的海洋环境水下电磁场数据中分辨出海流(潮汐)感应的电磁场。

1.4 海洋内波运动感应电磁场

海洋内波的形成类似海洋的表面波浪,海洋内

波的周期从1 min到100 h,波速慢但振幅很大,可以超过100 m。因为内波比表面波有更大的振幅,它也可能产生可观测的电磁场。理论结果显示,尽管这些电磁场的大小非常小,但在一些特定条件下,这种电磁场的大小能与海浪产生的电磁场相比较^[5]。

内波隐匿水中,随时间和空间随机性变化。在稳定层化海洋中都可能存在内波,内波产生的电场幅度可达 $100 \mu\text{V/m}$ 。另外,波长可达20 km,周期约为100 s的长周期重力波也可产生频率低于10 mHz的电磁场。内波感应电磁场频率介于惯性频率和浮力频率之间(周期从1 min至24 h),电磁幅值可达 $10 \mu\text{V/m}$;磁场幅值一般不超过10 nT。

海洋内波的运动和能量传播过程非常复杂^[6],偶发性比较强,振幅较大但衰减较快,不容易被捕捉到,可以利用电导率计等环境观测设备测量不同深度的海水温度和盐度,记录下海水的温度、盐度、流速和流向等参数的资料。另外,还可以利用卫星上搭载的合成孔径雷达(SAR)观测海面是否有辐射和辐射条纹来判断内波的存在,这样能够大大提高捕捉到内波的几率。

1.5 电离层电流感应的电磁场

在地球和电离层之间形成的空间中,有许多共振频率,这些共振频率加强了来自闪电相应频率成分的能量^[1]。这些能量足以透射进海水中,构成海洋环境水下电磁场的一部分。

闪电在对流层中的放电现象是电场在5 Hz~1 kHz频段噪声的主要来源,其为一脉冲信号,持续时间较短^[7],存在许多共振频率,并具有一个较宽的谱峰,其中心频率随时间、昼夜不停的变化,幅值的大小与闪电活动的剧烈程度有关。

对闪电某些特定频点的电磁波能量放大的现象称为Schumann现象。Schumann谐振基频以7.8 Hz为中心,其他频率分别为14.3, 21, 26和33 Hz。这种成因的海洋大地电磁场强度与闪电能量有关,电场量级可达 10nV/m ,磁场量级可达 10pT 。

由于在地球与电离层之间的空间中存在许多共振频率,从而加强了闪电的相应频率成分,中心频率变化,可以通过观测雷电天气时的海洋环境水下电磁场,以记录此类感应电磁场。

2 人为因素形成的电磁场

人为因素形成的电磁场主要包括沿海工业设施产生的工频干扰、海上石油平台或海底管道等安装的用于防腐目的的阴极保护系统、测试场附近沉船(或较大金属)引起的电磁场异常以及海洋石油地球物理电磁法勘探中采用的人工场源等。

2.1 工频干扰

测量海域周围的用电设施由于使用50 Hz的交流电,会产生较强能量的50 Hz工频及其倍频电磁场。

测试海域附近陆上的大功率发电、送变电设施及电器设备,如发电厂、高压线、变电所等都是海洋环境水下电磁场的主要工频干扰源。干扰源较多,但频率固定并存在较多的谐波,随与海岸线的距离变化急剧衰减。

经测量可知,大连南部某海域50 Hz工频电场南北分量峰峰值约为 $66 \mu\text{V/m}$,东西分量峰峰值约为 $300 \mu\text{V/m}$,垂直分量峰峰值约为 $8 \mu\text{V/m}$ 。

在靠近海岸线和大功率用电设施的海域,海洋工频电场的幅值可达 $1000 \mu\text{V/m}$,磁场幅值可达10 nT。

海岸线附近的大功率发电设备息息相关,干扰源众多,较难分辨场源的具体位置,但频率稳定,能量较强。可以在离海岸线不同距离的位置布放电磁场传感器,以此研究工频电磁场的分布规律。

2.2 航行舰船

船体不同材料的电化学腐蚀、舰船运动感应、船体内部电力系统接地不良、船体内部用电设备、船体运动引起海水扰动及螺旋桨旋转等产生电磁场信号^[1]。

海上航行的舰船所含的频率成分丰富,包括直流信号、1~10 Hz的低频信号以及50 Hz的工频干扰。航行舰船产生电场的幅值一般不超过 $1000 \mu\text{V/m}$,磁场的幅值一般不超过1000 nT。

直流信号可以观测到其通过特性;低频信号可以在时频图中观测到线谱由强到弱的过程;50 Hz工频信号也会看到有增强的趋势,因此航行舰船的干扰较易分辨,海上观测环境电磁场时应详细记录舰船通过情况以剔除影响。

3 结语

为掌握海洋环境水下电磁场的基本特性,需要重点研究测试海域普遍存在、影响程度较大并且规律性较强的场源。

天然电磁场中海洋内波运动感应电磁场、电离层电流感应的电磁场和地震活动产生的电磁场由于偶发性较强,随时间和空间随机性变化,因此可以暂不作为重点研究对象。

人为因素形成的电磁场属于随机干扰,不同海域、不同时间点的激励源个数和强度均相差较大,除工频干扰普遍存在之外,应结合环境水下电磁场基本理论和实测数据得到的环境基本特性分辨这部分干扰并尽量避免。

综合所有的海洋环境水下电磁场场源,具有重要研究价值的激励源包括海洋大地电磁场、海浪感应电磁场、海流感应电磁场和工频电磁场。

参考文献:

[1] 林春生,龚沈光.舰船物理场[M].北京:兵器工业出版社,2007.
LIN Chun-sheng, GONG Shen-guang.Physical Field of Warship[M].Beijing:Weapon Industry Press,2007.

[2] 王永斌,陈卫东,杜义.海浪对水下电磁场幅度影响的分析[J].热带海洋学报,2005,24(1):37-40.
WANG Yong-bin, CHEN Wei-dong, DU Yi.The Effects of Electromagnetic Field Amplitude Underwater of Ocean

Wave[J].Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(1): 37-40.

[3] 张自力,魏文博,刘保华,等.海浪感应电磁场的理论计算[J].海洋学报,2008,30(1):42-46.
ZHANG Zi-li, WEI Wen-bo, LIU Bao-hua, et al.The Theoretical Calculation of Electromagnetic Field Generated by Ocean Waves[J].Journal of Oceanography, 2008, 30(1): 42-46.

[4] 林春生,任德奎.海流感应电磁场的分析与计算[J].海军工程大学学报,2003,15(4):19-22.
LIN Chun-sheng, REN De-kui.Analysis and Calculation of Electromagnetic Field Induced by Ocean Current[J].Journal of Naval University of Engineering,2003,15(4):19-22.

[5] 张自力.海洋电磁场的理论及应用研究[D].北京:中国地质大学,2009.
ZHANG Zi-li.Research on Theory and Application of Marine Electromagnetic Field[D].Beijing:China University of Geosciences,2009.

[6] 孙文心,李凤岐,李磊.军事海洋学引论[M].北京:海洋出版社,2011.
SUN Wen-xin, LI Feng-qi, LI lei. Introduction to Military Oceanography[M].Beijing:Ocean Press,2011.

[7] 崔培,李琳琳,李沛剑,等.雷电产生的海洋电磁场研究中 Levinson-Durbin 算法实现[J].装备环境工程,2011,8(3):38-41.
CUI Pei, LI Lin-lin, LI Pei-jian, et al.Levinson-Durbin Algorithm Implementation of Marine Electromagnetic Field Generated by Lightning[J].Equipment Environmental Engineering,2011,8(3):38-41.

信息与资讯

美国Q-Lab公司于3月12日举办的“实验室加速老化多少小时相当于户外曝晒几年”在线研讨会已顺利召开

讲座就行业内大家都十分关心的这个问题进行了深入浅出的讲解与分析。讲座首先介绍了户外曝晒和实验室加速测试机理,然后着重以汽车内饰塑料样品为例,找出汽车内饰塑料样品户外和实验室加速测试之间颜色变化的相关性,并得出实验室加速测试多少小时与18个月户外(敦煌和琼海)曝晒相当。

各位参会人在听课过程中,与主讲人和答疑嘉宾积极互动,就一些专业问题进行了分析与讨论。相信该讲座可以帮助诸位:

- 正确选用实验室加速老化测试设备和方法。

- 开展户外曝晒,建立完善的老化实验方案。
- 得出您的产品实验室加速老化测试多少小时相当于户外曝晒几年。

本次讲座精彩持续进行中,您在2015年3月12日之前均可通过下面的链接观看,

<http://show.quanshi.com/q-lab/playback/webinar11>

参与互动,提出您的问题,让我们来解答!

更多信息,请联系我们:

美国Q-Lab公司中国代表处 info.cn@q-lab.com + 86-21-5879-7970