

- Beclin-1 和 LC3 的表达变化以及雷帕霉素对其表达的影响 [J]. 中国当代儿科杂志, 2015, 17 (4): 400-404.
- [11] 高荣敏, 马慧萍, 范小飞, 等. 缺血缺氧状态下细胞自噬相关分子机制的研究进展 [J]. 医学综述, 2013, 19 (7): 1153-1156.
- [12] 孙雅婧, 郭青龙. 细胞自噬的研究进展 [J]. 药学与临床研究, 2012, 20 (3): 236-239.
- [13] 张甘霖, 杨国旺, 于明薇, 等. 自噬——中医药抗肿瘤研究的新方向 [J]. 中华中医药杂志, 2014, 29 (2): 507-510.
- [14] 王智华, 田首元, 王建刚, 等. 自噬在缺血/再灌注损伤中的作用研究现状 [J]. 中国当代医药, 2016, 23 (11): 12-15.
- [15] 马泰, 孙国平, 李家斌. 细胞自噬的研究方法 [J]. 生物化学与生物物理进展, 2012, 39 (3): 204-209.
- [16] Matsuura A, Wada Y, Ohsumi Y, *et al.* Atg1P, a novel protein kinase required for the autophagic process in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Gene*, 1997, 192 (2): 245-250.
- [17] Liang X H, Kleeman L K, Jiang H H, *et al.* Protection against Fatal Sindbis Virus Encephalitis by Beclin, a Novel Bcl-2-Interacting Protein [J]. *Journal of Virology*, 1998, 72 (11): 85-86.
- [18] Mochida K, Oikawa Y, Kimura Y, *et al.* Receptor-mediated selective autophagy degrades the endoplasmic reticulum and the nucleus [J]. *Nature*, 2015, 522 (7556): 359-362.
- [19] 汪昌丽, 满娜, 温龙平. 纳米材料诱导细胞自噬的效应及生物学功能 [J]. 东南大学学报 (医学版), 2011, 52 (1): 200-208.
- [20] 孙轲婧, 郑芳, 温龙平. 三种纳米材料 C70, C60Cl6 和 C60Ph6 引起细胞自噬的现象 [J]. 中国科学技术大学学报, 2010, 40 (4): 339-345.
- [21] 孙轲婧. 几种材料引起细胞自噬的相关生物学功能研究 [D]. 中国科学技术大学, 2009.
- [22] Seleverstov O, Zabirnyk O, Zscharnack M, *et al.* Quantum dots for human mesenchymal stem cells. A size-dependant autophagy activation [J]. *Nano Letters*, 2006, 6 (12): 2826-2832.
- [23] 李晓明. 镉系量子点引发的细胞学毒性及其机制研究 [D]. 中国科学院大学, 2013.
- [24] Luo Y H, Wu S B, Wei Y H, *et al.* Cadmium-based quantum dot induced autophagy formation for cell survival via oxidative stress [J]. *Chem Res Toxicol*, 2013, 26 (5): 662-673.
- [25] 崔之芬, 诸颖, 李晓明, 等. 纳米颗粒诱导的自噬效应及在生物医药领域的应用 [J]. 科学通报, 2013, 54 (34): 3521-3529.
- [26] Hurt R H, Monthieux M, Kane A. Toxicology of carbon nanomaterials: Status, trends, and perspectives on the special issue [J]. *Carbon*, 2006, 44 (6): 1028-1033.
- [27] Chen G Y, Yang H J, Lu C H, *et al.* Simultaneous induction of autophagy and toll-like receptor signaling pathways by graphene oxide [J]. *Biomaterials*, 2012, 33 (27): 6559.
- [28] Yu L, Lu Y, Man N, *et al.* Rare earth oxide nanocrystals induce autophagy in HeLa cells [J]. *Small*, 2009, 5 (24): 2784-2787.
- [29] 陈勇. 两种化学物质诱导的 autophagy 的研究 [D]. 中国科学技术大学, 2007.
- [30] 周伟. 纳米材料引发的保护性自噬及 miRNA 在纳米材料诱发自噬中的作用研究 [D]. 中国科学技术大学, 2013.

## 微波辐射对海上作业人员的健康影响

刘虎, 宁宇, 侯旭剑

(海洋石油疾病预防控制中心职业卫生二科, 天津 300452)

**摘要:** 海洋因其蕴含丰富的资源将在人类的可持续发展进程中发挥着愈来愈重要的作用。随着我国科学技术的发展, 微波技术在海上石油开采作业过程中的应用也日趋广泛。船舶和平台上安装的雷达、各种通讯天线运行过程以及对讲机发射过程均可产生微波辐射, 作业人员不可避免地受到微波辐射的影响。本文就微波辐射对海上作业人员健康影响进行了分析, 为海上作业人员微波辐射防护提供参考。

**关键词:** 微波辐射; 海上作业人员; 健康

中图分类号: R13 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2017)05-0351-03 DOI:10.13631/j.cnki.zgggxyx.2017.05.011

### Health effect of microwave radiation on seafaring workers

Liu Hu, Ning Yu, Hou Xujian

(Department 2 of Diseases Control and Prevention Center, Offshore Oil Co, Tianjin 300452, China)

**Abstract:** Ocean played an important role in the sustainable development of human beings because of its rich resources. With the development of science and technology in our country, the application of microwave technology in offshore oil exploitation was becoming more and more extensive. The radars installed on the ships and platforms, the operation processes of communication antennas or interphones all could produce microwave radiation, therefore, the workers would be inevitably affected. This paper will analyzed and summarized the health effects of microwave radiation on seafaring workers, thereby provide some reference for the protection of microwave radiation for these workers.

**Key words:** microwave radiation; seafaring workers; health

微波是一种电磁波,由交变的电场和磁场组成,频率在300 MHz~300 GHz(波长:1 mm~1 m)。微波辐射到达生物体后,被生物体吸收的微波能量所引起的生物学改变称之为微波的生物学效应。微波的生物学效应可分为有益效应和损伤效应两个方面。近年来随着对海上资源的深入开发,雷达以及对讲机等电子设备的配备越来越广泛。这些设备产生的微波辐射对人体的损伤效应也引起人们的重视。相关研究表明<sup>[1]</sup>,长期接触微波辐射的环境对人的植物神经功能有影响。微波辐射能引起机体多系统的变化,中枢神经系统是微波辐射最为敏感的靶部位之一,暴露在微波环境下人员明显的症状为神经衰弱综合征,如睡眠障碍、记忆力减退等。另外,微波辐射可能引起机体生理指标、遗传效应和人体免疫功能的改变,对机体健康和免疫功能产生影响<sup>[2]</sup>。目前,海上作业人员对微波辐射的危害认识不足,微波设备的防护、个人防护用品配备及管理等问题也日益突出。现结合当前海上作业现状,对微波辐射对海上作业人员健康的危害进行分析与对策探讨。

## 1 海上作业人员作业现状

海洋油气开发主要包括前期勘探、平台设施建造、海上安装、海底管线铺设、钻井完井、采油、油气处理、储油外输及维修等多种作业。海上生产设施通常包括海上固定生产平台、单点系泊、浮式生产储油装置、人工岛和陆岸终端等。在海上作业过程中,船舶以及平台上的雷达可对周边海域进行目标定位、测速、搜索及远程监控,船舶以及平台上安装的雷达和各种通讯天线在运行过程中以及对讲机发射过程中可产生微波辐射。

### 1.1 作业环境状况分析

海上石油开采平台一般较分散,交通依靠船舶。海上作业具有点多、线长、面广、高度分散的特点。有些海上平台、船舶离陆地较远,遇到大风、大浪、雨、雪、冰雹等恶劣天气时,交通则极为不便,海上作业人员较易发生各种意外。海上平台、船舶人员相对较少,单班人数5~100人,多数为男性,业务性强、分工较细、岗位互相不能替代;机动时间少,为封闭式管理;医疗条件差,加上受交通条件制约,有时伤病送医延迟,延误治疗时机。海上气候变化无常,空气湿度大,工作和生活空间较小,易引发各种疾病,如皮肤病、心血管疾病、高血压、高尿酸血症等<sup>[3-6]</sup>。

### 1.2 职业健康状况

**1.2.1 微波辐射来源及对健康影响** 为了探测海上周边情况,海上平台及船舶上安装的雷达全天候、全天时开动,运行过程中可产生微波辐射。船用雷达频率约为3 GHz,平台上雷达频率约为9 GHz。另外,平台与船舶之间、船舶与船舶之间、平台与平台之间或内部人员之间沟通联系多数依靠对讲机,对讲机发射讯号过程中头部和胸部的微波辐射强度较大<sup>[7]</sup>,超过《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素》(GBZ2.2—2007)规定的工作场所微波职业接触限值(连续微波日剂量不应超过400  $\mu\text{W}\cdot\text{h}/\text{cm}^2$ )。

微波辐射能引起机体多系统的变化。相关动物实验研究

表明<sup>[8]</sup>,高功率脉冲微波可引起大鼠血清激素水平的紊乱,既有早期影响,也表现为一定的持续效应,说明微波辐射可能直接引起大鼠内分泌系统的损伤;高功率微波辐照后可影响大鼠生殖系统发育<sup>[9]</sup>。

现代医学研究证明<sup>[10]</sup>,微波辐射对人体血液循环系统、神经系统及生殖系统等均能造成危害。微波辐射对雄性生殖系统的影响表现形式多种多样,对精子的影响是其中之一<sup>[11,12]</sup>。徐少强等<sup>[10]</sup>研究发现雷达所产生的微波辐射可对作业人员的精子密度、a级精子、b级精子百分率产生显著的影响。丛建波等<sup>[13]</sup>研究表明,长期微波辐射可抑制机体的免疫功能。微波辐射可导致人体多脏器、多系统的氧化应激损伤。现代研究表明<sup>[14,15]</sup>,微波辐射能通过激活膜上还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸氧化酶介导活性氧生成增多,致使机体产生过量自由基;还会破坏细胞抗氧化酶或非酶类抗氧化剂,使机体自由基代谢异常,破坏机体的氧化/抗氧化平衡,产生过量的活性氧,进而破坏膜脂和核酸等细胞成分,导致机体氧化应激增加。微波辐射损伤人体细胞、组织还有很多影响因素,如强度、与场源的距离等,另外,在同样辐射条件下,不同个体的差异也很大,这可能与个人的体质、性别、年龄、健康状况、生理变化周期、内分泌功能、遗传因素有关<sup>[16]</sup>。船舶以及平台上的雷达、各种通讯天线运行以及对讲机发射过程中产生的微波辐射,不可避免地影响作业人员,影响程度与受微波照射的时间呈正相关<sup>[17]</sup>。微波辐射属于非电离辐射,大剂量或者长期照射后能够导致中枢神经、心血管、生殖、造血、免疫系统等的功能障碍,引起头痛、血压波动、心动过速、失眠、乏力、记忆力衰退等症状<sup>[18]</sup>。

**1.2.2 职业健康管理问题** 海上石油生产属高危生产作业,海上平台作业人员有较高的健康风险,需要依据《中华人民共和国职业病防治法》第三十五、三十六条的规定,加强作业人员的职业健康防护。由于作业人员流动性较大,给企业实施劳动卫生管理工作造成了一定的阻碍,导致作业人员在教育培训、职业病危害告知、职业健康体检等方面的权益得不到保障。另外,有些企业未针对接触不同危害因素的员工安排相应的职业健康检查及建立职业健康监护档案。

**1.2.3 职业健康监督问题** 目前针对海上作业人员的研究主要是在健康、疾病、职业危害因素和心理健康的调查等方面,而对深层次的作用机制和控制干预措施的研究不足,应鼓励更多的科研单位和人员推动海上作业相关职业健康的研究<sup>[19]</sup>。

海上作业情况特殊,造成了卫生、劳动部门对其监管存在不足的现象;另外,卫生事业的专项经费短缺或不能如期到位,也使得海上监督监测工作的质量和效率受到了影响。建议政府部门加强现有的劳动卫生监督队伍建设,适度提高相应专项经费,使其适应海上资源深度开发的需要,从而使海上作业人员的健康权益得到保障。

## 2 防护对策探讨

### 2.1 建立并完善职业健康管理体系

按照《中华人民共和国职业病防治法》等法律、法规的要求建立并完善职业健康管理体系,制定职业病防治的规章

制度、操作规程。加强海上作业人员职业健康体检,为接触微波辐射的员工安排相应的职业健康体检;组织上岗前、在岗期间定期的和离岗时的职业健康检查,及时调离职业禁忌人员;建立、健全职业卫生档案和劳动者健康监护档案;依据《工作场所职业卫生监督管理规定》的要求,加强职业健康监督与管理,落实微波辐射警示与告知制度、宣传教育培训制度。

## 2.2 设备防护措施

将平台与船舶相互之间或内部人员之间沟通联系的 MOTO 对讲机配备麦克风,以减少微波辐射对工人的危害<sup>[7]</sup>。

在雷达、天线等区域设置隔离区,禁止无关人员进入。将雷达、天线等设置在作业人员不经常通过的区域,或海上设施较高的区域。研究表明<sup>[17]</sup>,在距雷达 20 m 以外的区域受微波影响的程度较小,从而从源头上减少微波辐射到达人体的强度。

雷达站在发射或传输信号时,在雷达站轴线方向易产生较强的微波辐射。海上作业时,根据需要可调整雷达的放射方位,避开以天线为中心的轴线方向,或者采取雷达停机措施等。

## 2.3 个体防护用品

为长时间、近距离操作的作业人员配备微波辐射防护用品,如防护服、防护眼镜等。研究显示<sup>[20]</sup>,微波防护服可以对人体健康起到良好的保护作用。

## 2.4 加强健康教育

研究发现<sup>[6]</sup>,体育锻炼对海员的心理健康具有非常明显的积极意义,建议长期出海的人员每天进行体育锻炼和合理补充营养。企业应加强对职工的健康教育,包括合理饮食、戒烟限酒等,并适当调整职工的作息时间。

## 2.5 心理健康辅导

海上作业人员工作和生活空间较小,油气生产、处理设备较多,接触有害因素种类较多,且经常受海上恶劣天气的侵袭,加之特殊的倒班制度、单调刻板的工作和生活及工作风险,使得大多数海上作业人员不同程度出现抑郁和焦虑等心理问题,进而导致工作效率大大降低,甚至会造成海上安全事故的发生<sup>[21]</sup>。卢士军等<sup>[22]</sup>对 196 名近海采油平台人员进行问卷和医学检查发现,大多数人具有不同程度的心理健康问题,采油平台员工心理疾病主要来自于职业压力、海上环境适应、生活充实程度、体力活动状况、营养以及生物节律等因素,可通过心理、营养和运动综合干预加以改善。建议针对海上作业人员的心理健康及职业紧张进行有效的心理干预与健康促进。

## 3 结语

建国以来,我国海洋资源开发取得了很大的成就,目前,中国海洋石油总公司建成的海上石油开采平台 200 余座,从事海上作业人员 5 000 余人。由于海上作业条件艰苦,环境状况复杂多变,因此,保护作业人员的身心健康是我们需要深入研究的课题。

## 参考文献:

[1] 胡海翔,丁浩浩,徐少强,等.微波辐射对雷达作业人员植物神经功能的影响[J].解放军医药杂志,2013,25(12):36-38.  
[2] 陈晓宇,黄陈,裴正军.早期胃癌的治疗现状与进展[J].现代

生物医学进展,2015,15(12):2352-2354.

[3] 高大勇,周茂森,张丽.海上某 FPSO 作业员工疾病情况分析[J].中国厂矿医学,2009,22(6):763-764.  
[4] 伍明初,林勉,凌志明,等.海上石油平台作业人员健康风险及疾病调查[R].第七届近海医学学术会议暨第三届环渤海会议论文集[C].2010:21-29.  
[5] 陈淑华,段晓辉,谢汝林,等.近海石油平台作业人员心电图十年追踪观察[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2008,15(2):111-112.  
[6] 李莉,程玉兰,胡明秋,等.某海洋石油企业员工健康调查[J].中国健康教育,2007,7(3):524-526.  
[7] 刘虎,翟国昌.某油田油气中心处理平台职业病危害因素控制效果评价[J].职业与健康,2016,32(8):1013-1019.  
[8] 曹晓哲,王德文,赵梅兰.高功率脉冲微波辐射对大鼠血清激素水平影响的研究[J].军事医学科学院院刊,2001,25(3):198-202.  
[9] 尉春华,郭纯,石海霞,等.高功率微波辐射后大鼠卵巢组织 Bcl-2 及 C. myc 蛋白的表达[J].武警医学,2004,15(10):726-729.  
[10] 徐少强,胡海翔,罗少波,等.雷达微波辐射对作业人员性激素和精液质量的影响[J].解放军医药杂志,2013,25(12):41-43.  
[11] 牟敬锋,严宙宁.微波辐射对生殖损伤研究现状[J].中国职业医学,2013,40(4):372-373.  
[12] 徐少强,胡海翔.微波辐射对人体的影响及量效关系研究进展[J].空军医学杂志,2012,28(4):216-219.  
[13] 丛建波,张清俊,王长振,等.高功率脉冲微波辐射对小鼠机体氧化应激及巨噬细胞氧耗的影响[J].军事医学科学院院刊,2009,33(3):213-215.  
[14] Qvigstad G, Waldum H L. Gastric cancer: Animal studies on the risk of hypoacidity and hyper gastrinemia [J]. World J Gastroenterol, 2008, 14(11): 1646-1651.  
[15] Kwiecien S, Ptak Belowska A, Krzysiek Maczka G, et al. Asymmetric dimethylarginine, an endogenous inhibitor of nitric oxide synthase, interacts with gastric oxidative metabolism and enhances stress-induced gastric lesions [J]. J Physiol Pharmacol, 2012, 63(5): 515-524.  
[16] 刘志昂,李全岳,曾步清,等.雷达官兵 425 例血液生化指标资料分析[J].伤残医学杂志,2005,13(3):28-30.  
[17] 蔡广,王德文,李全岳,等.雷达微波对人体机能的影响[J].华南国防医学杂志,2005,19(2):31-33.  
[18] 朱正纲.进一步重视胃癌转移复发的预防与治疗[J].外科理论与实践,2015,20(1):1.  
[19] 睢罡,戚联,郭娜,等.海上生产设施职业健康管理实践分析[R].广东省职业健康协会第二届学术交流会论文集[C].2014:428-431.  
[20] 闫素文,汤洁,张宁,等.微波辐射防护服对雷达作业人员精液质量影响[J].华南国防医学杂志,2006,24(1):19-21.  
[21] 徐瑞卿,孙晶,郭倩,等.海上作业人员易患疾病分析及对策[J].职业与健康,2013,29(11):1393-1395.  
[22] 卢士军,蒋与刚,庞伟,等.海上采油平台人员心理健康状况及影响因素[J].中国公共卫生,2011,27(1):61-63.