

The Effect of Low-Frequent Electrical Radiation on Human Health

Shengqing Cai, Yaya Hu

College of Electric Power, Yinchuan Energy Institute, Yinchuan Ningxia
Email: xiaoxijuhao@126.com

Received: Jan. 8th, 2015; accepted: Jan. 23rd, 2015; published: Jan. 29th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

22 kinds of symptoms indicators data, which are related to human health, are studied by experimental and contrasting methods. The author draws the conclusion that low-frequent electrical radiation is harmful to human health. Some practical measures to the protection from the low-frequent electrical radiation are offered in the article.

Keywords

Low-Frequent Radiation, Radiation Harm, Protective Measures

低频电磁辐射对人体影响的研究

蔡圣清, 胡娅娅

银川能源学院, 电力系, 宁夏 银川
Email: xiaoxijuhao@126.com

收稿日期: 2015年1月8日; 录用日期: 2015年1月23日; 发布日期: 2015年1月29日

摘要

本文通过对与人体健康有关的22项症状指标进行调查, 再用实验组与对照组比较的方法, 得出低频辐射

对人体有害的结果，同时提出了低频辐射具体防护措施。

关键词

低频辐射，辐射危害，防护措施

1. 引言

随着电力事业的迅猛发展，它给工业生产带来了极大的经济效益，也给人们日常生活带来方便和舒适的同时，各种电力和电子设备产生的电磁波辐射对环境也造成了污染，并且直接影响着人们的健康。对这个问题很多国家很早就投入了大量的人力物力进行研究，并且以法规的形式确定了极值。为了预防电磁波辐射对人体的危害，2003 年国家正式出台了 GB8702-88 文件[1]，严格规定了作业场所的各种频率范围的辐射限制，就低频辐射对人体危害，本人选宁夏三个电厂(大坝电厂、青铜峡水电厂、石嘴山电厂)和大型变电站(银川 220 KV 变电站和固原 330 KV 变电站)进行调查研究，取得了初步成果。

2. 对人体影响的机理

2.1. 麦克斯韦方程是电磁辐射建立的基础

由电磁感应定律：

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} \quad (1)$$

进一步推论电场与磁场的关系，有：

$$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} \quad (2)$$

由此把电磁学最基本定律概括为：

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad [2] \quad (4)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (5)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = 0 \quad (6)$$

它反映了一般情况下电荷电流激发电磁场以及电磁场内部运动的规律，揭示了变化的电场和磁场相互激发，形成电磁波，麦克斯韦指出光波就是电磁波，既然电磁波就是光，光也就是电磁波，那么它们都是物质性粒子，和其他物质一样，有共同的运动量—能量，并且遵循能量守恒及转化定律。根据爱因斯坦辐射的量子化，可得到光子能量和动量为：

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad [3] \quad (7)$$

$$P = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (8)$$

其中, h 为普朗克常数, $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; μ_0 为真空磁导率; $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$; ε_0 为真空电容率, $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$; c 是光速, $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

2.2. 辐射对人体内细胞分子的压力

根据狭义相对论, 能量和动量是密切联系着的, 能量和动量的定义式为:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad [4] \quad (9)$$

$$P = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (10)$$

式中, E 、 P 和 v 分别为粒子的能量、动量和速度, 因此很容易得到相对论的能量—动量关系:

$$E^2 = P^2 c^2 + m_0^2 c^4 \quad (11)$$

$$v = \frac{c^2 P}{E} \quad (12)$$

由上可知, 能量和动量都是物质运动的量度, 运动是物质存在的形式, 运动和物质是不可分的。电磁波有动量, 当被人体表面物质吸收时, 必定产生一定的压强, 称为辐射压强——也称光压。这种辐射压强, 造成人体分子运动的不平衡, 又打破原有的系统平衡, 循环受到牵引, 引起身体不适。

2.3. 对人体的极化效应

从生物学角度上讲, 人体 70% 以上物质是水及其它成分, 这些水分子、蛋白质等不同微粒, 在外界电磁场的辐射下, 改变了原来微粒的排列、组合、转向旋转和运动轨迹, 出现了微粒介质的极化现象(主要是位移极化, 取向极化)。极化使体内分子自转轴发生偏移, 分子间摩擦必然加快, 促使体内阵容改变, 使人体的正常免疫系统、给养系统和神经系统遭到破坏[5]。

2.4. 对人体的热效应

电磁同光一样, 其辐射能量为 $E = hv = \frac{hc}{\lambda}$, 根据能量守恒定律, 当辐射到人的机体时, $hv \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow W_j$ (焦耳热), 使人体内的温度上升, 很多有益的菌种和细胞会被大面积杀伤和杀死, 出现病态表现。其中 ν 为辐射频率; λ 为波长。

3. 数据来源与结果

3.1. 一般低频辐射源及强度

极低频电磁场是指频率在 0~300 HZ 之间的电磁场。我们日常生活中接触到的此类电磁场主要来源于工频(50~60 HZ)的电力设备、输送线路、家用电器等。表 1 列举了日常生活中接触的极低频磁场及其强度。

3.2. 条件

为了取得低频辐射对人体影响的资料, 经一年多的时间, 分别对宁夏三个大型电厂和二一个变电站作为研究对象取证调查, 初步结果是较明显的。调查分实验组和对照组进行, 实验组指长期从事低频

Table 1. Common low frequency magnetic field source and intensity
表 1. 常见的低频磁场源及强度

发生源	磁感应强度(μT)	到人体的距离
一般家庭住房(平均)	0.29 以下	——
微波炉	10-30	15 cm
洗衣机	0.4-10	15 cm
荧光灯	2-10	15 cm
彩色电视	0.33 左右	56 cm
微机	0.1-0.3	56 cm
输电线下	3.0(115 KV)	——
	5.8(230 KV)	——
	8.7(500 KV)	——
输电线周围(599 KV)	2.9	15.24 m
	1.3	30.48 m
	0.32	60.96 m

注：本数据引自 1996 年美国科学院报告[6] [低频 50 或 60 HZ]。

电力工作受辐射较强的人员，例如：电力变压、发电机组、集控场所等。对照组是指与实验组人员平均年龄、平均工龄、工作环境基本相同，年龄在 20~50 岁之间，主要从事离辐射较远、接收量相对少的人员，例如机械检修、燃运、粉碎、供水和后勤等场所。

3.3. 数据采集

表 2 是对宁夏某大型电厂调查数据，调查方式分单独询问和答卷二种，根据书面答卷情况再分头找本人落实。实验组平均年龄为 30.30，平均工龄是 8.50，对照组平均年龄 31.10，平均工龄 8.40。

表 3 是对宁夏某供电局大型变电站调查数据。实验组是长期工作在变电站内，受高压电线、电缆、变压器、互感器、电脑等设备直接辐射较强的人员，对照组是长期工作在变站外的机修厂、安全员、抄表员、架线等人员。其中实验组平均年龄 36.50，平均工龄 16.00，而对照组平均年龄 37.00，平均工龄 17.00。

表 2、表 3 中的 $Fi = \frac{\sum a_i n_{ij}}{a_H N}$ 式中 a_H 为最高等级分值， a_i 为各等级分值， n_{ij} 为对第 i 个问题达到 j 等级的人数， N 为总响应人数[7]。

3.4. 结果分析

从表 2、表 3 的调查数据看，实验组与对照组比较出现较明显的三高三低现象，既前者的症状总人数高，严重和较严重的人数高，平均影响程度高。说明低频(指 50 HZ 或 60 HZ)电磁辐射对人体健康有明显的影 响。因此，对人的工作环境和生活环境造成污染，对人体是有一定危害的。

4. 低频电磁辐射的防护措施

1) 为了减轻低频电磁辐射对环境的污染和人体的害处，应着手普及防护知识的宣传，提高自我防范的意识，像对待其它污染一样来对待电磁污染。目前国外一些机构相继出台了对电磁感应强度最大允许量的限制(指低频)，例如表 4 所示。我国也逐渐完善和增补这方面法规。

Table 2. Low frequency electromagnetic radiation to human body impact
表 2. 低频电磁辐射对人体影响对照

症状	实验组 N ₁ = 29				对照组 N ₂ = 30			
	严重+3 人数	较严重+2 人数	轻度+1 人数	影响深度 Fi	严重+3 人数	较严重+2 人数	轻度+1 人数	影响深度 Fi
头晕	1	8	13	0.37	0	0	14	0.16
头痛	1	8	10	0.33	0	0	10	0.11
乏力	5	7	16	0.52	0	5	17	0.30
失眠	5	4	12	0.40	0	1	11	0.14
嗜睡	5	3	10	0.36	0	1	11	0.14
恶梦	1	7	10	0.31	0	0	4	0.04
多梦	6	4	10	0.41	1	3	13	0.24
急躁	5	7	10	0.45	0	2	14	0.20
四肢麻木	0	5	10	0.23	0	0	5	0.06
关节酸痛	2	5	8	0.28	1	2	13	0.22
视力模糊	4	11	12	0.53	2	1	6	0.16
心悸	0	4	10	0.21	0	1	9	0.12
胸闷	0	3	12	0.21	0	1	10	0.13
胸痛	1	1	6	0.13	0	1	8	0.11
食欲不振	3	8	10	0.40	0	4	8	0.18
恶心	2	4	8	0.25	0	0	4	0.04
呕吐	0	1	5	0.08	0	0	1	0.01
腹痛	0	1	6	0.09	0	0	7	0.08
消瘦	2	3	7	0.22	0	3	10	0.18
脱发	4	9	6	0.41	1	0	14	0.19
多汗	1	12	9	0.41	0	1	19	0.23
记忆力差	9	6	9	0.55	2	3	16	0.31
合计	57	121	209	0.32(平均)	7	29	224	0.15(平均)

2) 加大辐射源与工作监控室的垂直和平行距离是相当重要的。实地考察中有的控制室距高压线仅 10 m 左右，而距 220 KV 变压器也不过 15 m 左右。有的工作人员说，出去巡线经常感到头皮发麻，头发竖起，手脚不灵的现象。

3) 对变压器，发电机组引出线要加以屏蔽(考查中很多厂站都是裸露金属板)。屏蔽结构要合理，尽量减少不必要的开孔与缝隙，减少尖端突出物。屏蔽措施应良好接地，使辐射源引起的屏蔽感应电流通过导线流入大地。

4) 既使在中央控制室中也存在电缆、仪器仪表、电脑的辐射，要加大个人防护能力，如要穿防护服、防护眼镜和防护头盔(特制)。

5) 超高压输电线(220 KV 以上)要远离商业、住宅、文教等人群密集的地方，市内变压器与环境应保持一定距离，应符合电磁卫生标准。

6) 为了减轻家庭居室的电磁污染，使用家电过程中人体应与辐射源保持一定距离，应尽量避免卧室

Table 3. Low frequency electromagnetic radiation to human body impact
表 3. 低频电磁辐射对人体影响对照

症状	实验组 N ₁ = 20				对照组 N ₂ = 20			
	严重+3 人数	较严重+2 人数	轻度+1 人数	影响深度 Fi	严重+3 人数	较严重+2 人数	轻度+1 人数	影响深度 Fi
头晕	0	4	10	0.30	1	2	4	0.18
头痛	0	2	8	0.20	0	1	2	0.07
乏力	4	6	6	0.50	1	2	4	0.18
失眠	2	4	6	0.33	1	4	5	0.27
嗜睡	2	0	6	0.20	1	1	3	0.13
恶梦	0	0	6	0.10	0	1	1	0.05
多梦	2	2	4	0.23	0	1	3	0.08
急躁	8	4	8	0.67	2	7	5	0.42
四肢麻木	0	2	4	0.13	0	0	2	0.03
关节酸痛	2	0	6	0.20	1	0	7	0.17
视力模糊	0	2	10	0.23	0	1	6	0.13
心悸	6	8	6	0.67	1	4	6	0.28
胸闷	2	6	0	0.30	1	5	1	0.23
消瘦	0	0	4	0.07	0	0	1	0.02
脱发	4	8	0	0.47	2	4	3	0.28
多汗	2	2	2	0.20	1	0	3	0.10
记忆力差	0	10	6	0.43	0	0	8	0.13
合计	40	62	106	0.27(平均)	13	41	72	0.15(平均)

Table 4. Magnetic induction intensity maximum allowable limit
表 4. 磁感应强度最大允许限制

国家组织名称	NCRM (美)	MPRII (瑞)	EPRI (美)
背景磁场最大允许值	10 mG		
50 cm 处允许的最大 CRT 值		2.5 mG	
不存在暴露危害限制			<2 mG
危害限值			10 mG

注：本数据引自美国辐射与测试咨询中心(NCRM)、瑞典的 MPRII 及美国电力研究院 EPRI [8]。

放长期开启的有辐射源的电器[9]-[12]。

参考文献 (References)

- [1] 国家标准化委员会 (2003) 中国强制性国家标准汇编. 第三版, 北京, 中国标准出版社, 7-12.
- [2] 郭顾鸿 (1997) 电动力学. 第三版, 高等教育出版社, 北京, 16.
- [3] 钱伯初 (2004) 量子力学. 高等教育出版社, 北京, 7-20.
- [4] 张玉民 (2013) 电磁学. 科学出版社, 北京, 357.
- [5] 梁灿彬 (2005) 电磁学. 人民教育出版社, 北京, 133-134.

- [6] 丁桂荣 (2001) 极低频电磁场暴露健康危害的流行病学研究现状. In: 陈景藻, Ed., *电磁辐射生物效应及其医学应用*, 第四军医大学出版社, 西安, 34-36.
- [7] 王林 (2004) 现代教学媒体的教学效果研究. *宁夏大学学报(自然科学版)*, **4**, 342-345.
- [8] 高攸纲 (2001) 再谈工频磁场对人体健康危害影响. In: 陈景藻, Ed., *电磁辐射生物效应及其医学应用*, 第四军医大学出版社, 西安, 4-6.
- [9] 刘江 (2002) 射频电磁场危害及其预防控制. *卫生研究*, **5**, 5.
- [10] 王亚民, 张金明 (2002) 手机使用状态的电磁辐射研究. *环境保护*, **7**, 35.
- [11] 杨瑞, 彭瑞云, 王德文 (2002) 电磁辐射对学习和记忆功能的影响. *中华物理医学与康复*, **12**, 762-764.
- [12] 李振杰 (2001) 某民航台电磁场对人体影响的卫生学调查. In: 陈景藻, Ed., *电磁辐射生物效应及医学应用*, 第四军医大学出版社, 西安, 58-60.