

[15] K. O. Greulich et al. , *J. Microsc.* , **167**(1992) ,127.

[16] H.Liang et al. , *Exp. Cell Res.* , **204**(1993) ,110.

[17] T. Perkins et al. , *Science* , **264**(1994) ,819.

[18] T. Perkins et al. , *Science* , **264**(1994) ,822.

[19] K. Svoboda et al. , *Optics letters* , **19**(1994) ,930.

## 我国的地磁生物学研究<sup>\*</sup>

曾治权 汤克云 仇艾夫 李宝代

(中国科学院地球物理研究所,北京 100101)

**摘要** 概述了我国地磁生物学部分研究工作的现状,主要包括以下两个方面:(1)地球基本磁场生物效应的研究;(2)地球变化磁场生物效应的研究。

**关键词** 地磁生物学,地球基本磁场,地球变化磁场,磁场生物效应。

**Abstract** Some current research on geomagnetobiology in China is reviewed, focusing on two parts:(1) Biological effects of the main geomagnetic field;(2) Biological effects of the geomagnetic variation field.

**Key words** geomagnetobiology, main geomagnetic field, geomagnetic variation field, biological effects of magnetic field.

### 1 引言

地球仿若一个巨大的磁体,它的磁场虽然强度不大,在地面上大约只有 $(0.3-0.7) \times 10^{-4} \text{T}$ ,而且随着远离地面,其强度迅速衰减。但是,它和重力场一样,充满着地球本体及其周围空间,甚至在远离地心约10个地球半径处尚能从行星际磁场的背景中把它识别出来。地磁场除了因地区不同(在地球极区附近最强,由极区向赤道逐渐减弱)外,还随时间发生变化。根据地磁场随时间变化的特征和来源的不同,可将其分为基本磁场和变化磁场。基本磁场约占地磁场总强度的95%以上,是地磁场中的稳定部分,只随时间作缓慢的变化,它的绝大部分起源于地球内部。地球变化磁场数值虽小,但表现很复杂,主要由太阳微粒辐射和电磁辐射引起,它的空间分布和时间变化反映地球外空的电磁

过程,对研究外空的物理现象,空间介质的性质和运动都很重要。当太阳上发生强烈爆发,如产生大的耀斑时,所发射出的大量高能粒子使地磁场发生强烈的干扰——磁暴,会对人类的社会生活产生重大影响,如造成短波无线电通信中断,使高压供电系统发生严重故障,甚至诱发某些疾病,干扰人的高级神经活动等等。因此,地球变化磁场是日地关系的一个重要研究内容<sup>[1]</sup>。地磁场与太阳风相互作用形成地球磁层,挡住大部分宇宙射线和高能电磁辐射对地上生物的伤害,造成地球上生命发生、发展和生存的特定生态环境。此外,古地磁学的研究还表明,在漫长的历史长河中,地磁场曾多次地改变自己的极性,不过它并不是瞬间地从一种极性状态变到另一种极性状态,而是经历了通常约几千年的一个过渡期。因此,地磁场是一种始终存在的物理环境因素,地球上的一切生物乃至

<sup>\*</sup> 1996年1月24日收到初稿,1996年3月26日收到修改稿。

生物体中的每一个器官、组织、细胞以及生物分子无一不处于地磁场之中并受其影响,由此产生了一门新兴的学科——地磁生物学。

地磁生物学是地球物理生物学的一门分支学科,是地磁学和生物学之间的一门交叉学科,它和磁生物学、生物磁学有着不可分割的联系。地磁生物学主要研究地磁场及其时空变化以及在比地磁场的强度小若干个数量级的极弱磁场环境下(如在磁屏蔽室里,在宇宙空间,或在地磁场发生极性反向时的过渡期)对生物作用的规律和机理,并将其对不同生物系统的不同效应应用于农业、医学、生态环境乃至交通管理等领域<sup>[2-5]</sup>。不过,必须注意,地磁场总是和诸如阳光、空气、水、重力场等环境因素共同作用于生命体,各种因素有独立的作用,同时它们又彼此产生影响。

我国的地磁生物学研究较国外一些国家虽然起步较晚,但仍取得一定的成绩。本文仅就国内有关地球基本磁场和变化磁场生物效应的部分研究工作的状况给予简略的介绍。虽然这些工作有的论据似乎还不够充分,研究的事例较少,还不足以得出肯定的结论,缺乏有充分说服力的理论依据,甚至有的结果还表现出互相矛盾的现象等等,但笔者认为,对它们作一综合介绍,对推动我国今后地磁生物学的研究仍是有着借鉴意义的。

## 2 地球基本磁场生物效应的研究

### 2.1 地球基本磁场与人体健康和某些疾病关系的研究

医学研究表明,心血管疾病的发病除了同包括诸如年龄、性别、民族、职业、饮食习惯、体力活动、精神状况、血压高低、血脂水平等大量内在因素有关外,还可能与决定环境状况的一些地区性特征,如当地的气温、光照、水质和微量元素的含量等有关<sup>[6]</sup>。此外,还可能与地球基本磁场的分布状况有关<sup>[2]</sup>。在对比了我国南方和北方冠心病、高血压发病率和东亚大陆磁异常的地理分布的关系后,郭增建<sup>[7]</sup>发现,在

东亚大陆磁异常区及其附近,冠心病、高血压的发病率较高,而远离该磁异常区,冠心病、高血压的发病率相对较低,从而提出了东亚大陆磁异常可能与我国冠心病和高血压北方多于南方有一定相关性的看法。

顽固性头痛是一种久治难愈的自觉症状,在我国常采用活血化瘀、解热镇痛、镇静及肌肉松弛剂等中西医结合的方法治疗,在国外则采用抗内源性诱痛物质来治疗。龙飞等<sup>[8]</sup>提出了一种不服用任何药物而只改变睡床方位的办法,对那些不能接受药物治疗的患者取得了较为满意的疗效。在对年龄从25岁至76岁头痛持续5年到50年的30个病例(其中男性10例,女性20例)治疗中,将其睡床纵轴改为东西向,取得了90%治愈和10%好转的治疗效果。

张兆庆等<sup>[9]</sup>根据医学、生物电磁学、解剖学、力学等理论认为,从健康的角度考虑,睡觉取南北方向至少有两个好处。第一,对睡眠有好处。因为如果沿南北方向睡觉,人体内部沿头到脚方向分布较多的血管中,离子运动的方向和地磁场磁力线方向平行,从而对睡眠产生的干扰信号小。第二,容易清除血管壁上的沉积物,防止血栓形成。因为如果沿南北方向睡觉,在睡觉时通过不自觉的仰卧、左侧卧或右侧卧,科里奥利力会把血管壁上刚刚沉积的有害物质冲走。

### 2.2 地磁场和生物的性别控制

在自然界中,高等动物的生长发育一般都是从雌雄配子结合成的受精卵开始的,通过分化和发育才形成雌雄各别的个体。在绝大多数雌雄异体的动物中,雌雄两性个体的数量基本上是相同的。但是,人们在长期的生产实践中认识到,某些产品只有特定性别的动物才能产生,例如母牛产奶,母鸡产蛋,公鹿产茸,军马只能用公马……,存在着对不同性别的特殊要求。因此,对于性别的决定和控制这类课题的研究,长期以来引起许多科技工作者的注意。目前,多数人认为,性别的决定和细胞核中的性染色体密切相关,动物的性别是在发育过程中形成和表现的,它既与雌雄配子本身有关,又受发育条件和环境的影响。

作为地球上始终存在的物理环境因素的地磁场,在动物性别决定上的作用也引起了人们的广泛兴趣.在文献[2]中,详细地介绍了国外关于地磁场对植物、昆虫、禽、畜乃至人类性别比例影响的研究.在我国,这方面的研究也获得了一定的结果.张雪梅等<sup>[10]</sup>报道了对内蒙古包头市两所大医院共 673 例孕妇所做调查的结果

(表 1):孕妇在怀孕头两个月睡觉时头向东(胚胎头向西)者,出生的男孩为多,且经统计学处理差异有显著性(显著性概率  $P < 0.05$ );睡觉时头向南者,出生的虽女孩为多,但差异无显著性( $P > 0.05$ );睡觉时头向西和向北者,出生的男女间其数量差异均无显著性( $P > 0.05$ ).这与文献[2]中报道的结果(即胚胎头向北出生

表 1 胚胎头部定向对出生婴儿性别的影响

	向 西		向 北		向 东		向 南	
	男	女	男	女	男	女	男	女
例数	121	88	85	112	68	62	71	66
性别比 (%)	57.89	42.11	43.15	56.85	52.31	47.69	51.82	48.18
	$\chi^2 = 5.21$		$\chi^2 = 3.70$		$\chi^2 = 0.28$		$\chi^2 = 0.18$	
	$P < 0.05$		$P > 0.05$		$P > 0.05$		$P > 0.05$	

\*表中 为卡方检验,  $P$  为显著性概率.

的男婴占 81.5%),胚胎头向南出生的男婴占 13.7%,.....)显然是不一致的.此外,韩文骥<sup>[11]</sup>在进行研究鸡胚胎发育过程中地磁场对其性别影响的实验时发现,在天然的地磁场中,孵出的小鸡中的公母鸡的数量相同.但是,在由一组线圈补偿地磁场,另一组线圈产生人工磁场的特定环境下,对 1424 个蛋所做的试验表明:当胚胎头部向人工磁场南定向时,孵出的母鸡数量远大于公鸡的数量;反之,当胚胎头部向人工磁场北定向时,孵出的公鸡数量远大于母鸡的数量(表 2).

表 2 胚胎头部相对人工磁场的定向对孵出小鸡性别比例的影响

相对人工磁场的定向	性别比 (%)	
	公 鸡	母 鸡
向 北	63	37
向 南	37	63
向其他方向	49	51

由此看来,地磁场对生物性别比例的影响是否确实存在,在影响生物性别比例的各种因素中,地磁场的重要性如何,.....,这些仍是有待研究的重要问题.

6500 万年前的白垩纪与第三纪之交,是地

球史上重大的生物灭绝期之一,凶猛的庞然大物——恐龙也是在这个时期灭绝.恐龙灭绝是古生物学中人们热烈讨论的课题.人们对恐龙灭绝的原因有过种种猜测,如竞争失败说、全球气候变化说、宇宙射线激增说,以及迄今流行的超新星爆发说和小流星或彗星撞击地球说等等.这些假说虽然也能解释某些个别现象,但仔细考察又各自存在很多的疑点.韩文骥<sup>[12]</sup>从古地磁学出发,提出恐龙灭绝的新解释——性别失调说.性别失调说的古地磁依据是,恐龙灭绝的年代在磁性地层年表中正处于地磁极性转向的年代.地磁极性转向需要几十万年或更长时间,这与恐龙灭绝过程绵延时间长达百万年量级是一致的.性别失调说的考古依据是,在灭绝过程中恐龙蛋化石越来越多,这是性别失调、雄性恐龙锐减、不能孵化的无精蛋大量增加的缘故.谁是谁非,有待进一步的研究.

### 3 地球变化磁场生物效应的研究

#### 3.1 地球磁场变化与某些疾病和死亡的关系

我们知道,地磁活动与太阳活动是密切相关的,而且太阳活动常常以地磁干扰为媒介对地球产生影响.王家华<sup>[13]</sup>从对我国某省克山病

资料的分析指出,克山病的发病率与太阳黑子活动的周期有一定的相关性;他还指出,我国某城市麻疹的发病率在1952—1971年间以1959年特别高,也很可能与1958—1959年太阳活动特别强烈有关,从而在我国较早地提出地球电磁扰动对人体影响的问题。

心血管疾病除了有可能和地球基本磁场的分布状况有关外,还可能与太阳活动及其引起的地磁场干扰有关<sup>[2]</sup>。

众所周知,高血压是常见的心血管疾病发生和发展的重要危险因素之一,血压的变化与部分心血管急症的发病有一定的关系。王家华<sup>[13]</sup>还根据上海统计的高血压发病率在1959年特别高,随后逐年下降,至1962年大大减少的事实,认为高血压发病率与太阳黑子活动的变化趋势一致。沈心一等<sup>[14]</sup>对1979年1—12月内上海佘山地磁台观测到的38次磁暴(其中磁情指数 $K_{\max}^1 = 5$ 的小磁暴20次, $K_{\max} = 6$ 或7的中常磁暴17次, $K_{\max} = 8$ 或9的强烈磁暴1次)时230例原发性高血压(其中确定性高血压223例,临界性高血压7例)住院患者血压的变化进行初步的观察和分析。其结果是:(1)中常和强烈磁暴发生前2天至磁暴发生日,停药组和治疗组的收缩压、舒张压和平均压均逐日下降,磁暴发生日的收缩压和平均压都显著低于磁暴发生前2日的( $P < 0.05$ ),但舒张压未见明显变化,而临界性高血压组在中常和强烈磁暴前后血压无显著变化;(2)小磁暴发生期间,无论停药组还是治疗组,收缩压、舒张压或平均压都无显著变化;(3)无磁暴日停药对照组血压日变化无明显差异;(4)各次中常和强烈磁暴日和相应前2日的气温、气压和相对湿度的测定值均无显著差异。以上说明,磁暴引起的大幅度的干扰性地磁变化对持续性高血压患者的收缩压和平均压也可能有降压效应。因此,在观察高血压患者的血压变化并运用血压指标进行诊断或估计疗效时,除了考虑其他已知因素外,也不能忽视磁暴的作用。

在对天津医学院附属医院1951—1973年间急性心肌梗塞发病例数的资料与太阳黑子相

对数随时间变化作了对比后,郭增建<sup>[7]</sup>发现,所列举的急性心肌梗塞病例数随时间的分布大致是由两种后果合成的:一是随太阳活动的程度在变化,即太阳活动高的年份急性心肌梗塞病人多,反之则少;另一是约从1962年开始,病人数目大致每年增加7例,这个近似按直线增长的部分越来越起着重要的作用,但原因不明。

最近,曾治权等<sup>[15]</sup>对1984—1991年8年间北京地区70万自然人群中冠心病和脑卒中急性发作的发病率与地磁活动因子的关系进行了统计分析,表明冠心病的急性发作与地磁活动存在一定的相关性。具体表现如下:在地磁干扰很强烈的日子的当天和其后的第1—4天,冠心病的日发病率明显地高于8年间的平均日发病率;在地磁场处于很平静的日子的当天和其后的第1—4天,冠心病的日发病率低于8年间的日平均发病率。以上两种情况日平均发病率的比率为1.23:1.00,即地磁场干扰很强烈的情况比很平静的情况冠心病日平均发病率高出23%。这说明,地磁场干扰具有诱发冠心病急性发作的效果。但是,对此期间脑卒中资料采用同样的分析方法进行分析,未发现地磁干扰的明显短期效应。

肺结核病是一种发病率较高的传染病,对我国城乡人民的健康危害很大。研究与肺结核病有关的各种因素,有助于控制和减少这一疾病的流行。张英荃等<sup>[16]</sup>对江西于都县结核病防治所登记的1985—1988年4年内发病并确诊为肺结核的998人按其出生年进行统计,结果发现:出生于1927—1950年间的肺结核患者中,在太阳黑子活动周期的高峰段(即1927—1929年,1936—1938年,1947—1949年)出生人数呈现分布高峰,与太阳活动适中年份(如1931年,1935年,1941年,1946年等)出生的患者人数比较,其差异具有统计学的显著意义( $P < 0.05$ )。众所

1) 磁情指数 $K$ 是反映太阳微粒辐射引起的某地磁台每3h时段(1天分为8个3h时段)地磁活动程度的指数,用0到9这10个整数表示,数字越大,活动程度也越大。这里的 $K_{\max}$ 代表磁暴期间最大的一个 $K$ 指数。 $K_p$ 则代表全球性的 $K$ 指数。

周知,肺结核病既与接触结核杆菌有关,也与个体的免疫功能有关.近年来的实验研究证实,机体的免疫系统对辐射是很敏感的,在生殖细胞发育期和胚胎发育期均具有对辐射特殊敏感的阶段.在太阳黑子活动周期的峰段,太阳发出的各种辐射急剧增加,此时生殖细胞和胚胎会吸收过多的辐射,因而对免疫系统产生抑制效应,使发病率增加.

吕厚东等<sup>[17]</sup>探讨了甲型流感病毒各亚型的抗原变异和流行年代与太阳黑子活动周期的关系,认为:甲型流感病毒各亚型的抗原变异和流行年代与太阳黑子活动周期的极值年(极大年和极小年)密切相关,所有流感流行年代都出现在太阳黑子活动周期的极值年或后退一年,但不是所有的极值年都发生全球性流感流行,而往往是在太阳黑子活动较强烈且极大年与极小年相距时间较长的活动周期的极值年或后退一年有可能发生世界性流感流行.至于未发生全球性流感流行的太阳黑子活动周期的极值年是否有区域性的流感流行发生,尚待进一步的调查.

山西医学院李丽等<sup>[18]</sup>就1966—1986年21年间全部记录在案的急诊住院死亡的970例,根据其死亡时刻按季、月和时的分布特点与当地地磁台相应时段观测到的地磁场强度的季、月和时的节律进行分析.结果表明,二者具有显著的或极显著的负相关关系.具体表现为:(1)24小时的地磁场垂直分量变化节律与死亡频率分布经相关统计处理具有极显著意义( $r = 0.674, P < 0.01$ );(2)月的地磁场水平分量变化节律与死亡频率分布经相关统计处理具有显著意义( $r = 0.616, P < 0.05$ );(3)季的地磁场水平分量均值的变化节律与死亡频率均值分布经相关统计处理具有极显著意义( $r = 0.969, P < 0.01$ ).

### 3.2 地磁场干扰与交通、工伤事故的关系

随着人口的增长和城市的发展,交通事故越来越成为社会普遍关注的重要问题.一系列重大交通事故的调查结果表明,造成事故的原因除了人的主观因素外,还有相当部分是在司

驾人员并未违章操作、机械等都无明显失灵的情况下发生的.国外一些科学家发现,地球电磁场环境的急剧变化也有可能造成交通事故<sup>[2]</sup>.在我国,梅绍基等<sup>[19]</sup>也有类似的报道:1989年3月13—16日,昆明地区造成重大伤亡和损失的交通事故明显增加,与12日相比,13日突增300%,14日、15日增加100%,16日增加200%,而在3月13日01时25分开始,发生了1个 $K_{\max} = 9$ 的强烈磁暴,该磁暴在3月13日第4个3h时段(即09—12时)干扰最剧烈,15日22时终止,接着16日又发生了一个 $K_{\max} = 7$ 的中常磁暴.陈向阳等<sup>[20]</sup>以南京市公安局交通警察大队统计的1949—1990年南京市交通事故公报为参考,分别以修订后的交通事故起数和死亡人数为参数,与太阳活动参数进行比较.结果表明:(1)用1949—1990年太阳黑子相对数与同期南京市交通事故起数作比较,发现年交通事故的起数与太阳黑子相对数的关系不密切;(2)用1989年和1990年每月的太阳耀斑数与同年每月的交通事故起数和死亡人数作比较,二者关系仍不明显;(3)根据1990年每月产生的太阳大事件(伴有X射线爆发的2级以上耀斑)数与同期交通事故起数及死亡人数作比较,二者相关很明显,表明伴有高能辐射的大的太阳爆发对交通事故有一定的影响.作者认为,交通事故与太阳高能大爆发相关,可能是由于太阳高能粒子流和电磁辐射到达地球上,对人体(驾驶员)产生一定的影响,从而使交通事故发生率大幅度上升.另如,1991年太阳活动明显增强,而1991年上半年的交通事故尤其是恶性交通事故起数比1990年同期上升23%.交通事故通常在太阳大爆发后几天容易引起,而高能粒子流到达地球往往要2天左右,这正好是地球上发生磁暴的时候.例如,1991年3月下旬,太阳上爆发了一个3级耀斑,在其后的2—3天里发生了一个 $K_{\max} = 9$ 的强烈磁暴,此时南京市接连发生了两起恶性交通事故;1991年6月6日,紫金山天文台观测到一个第22周峰年以来最大的射电爆发,6月9—10日发生了一个 $K_{\max} = 7$ 的中常磁暴,同时南京市又接连发生

了三起重大交通事故.因此,可以认为,交通事故和太阳上高能大爆发及其所伴生的磁暴有一定的相关性.

李庆宣等<sup>[21,22]</sup>在对我国东北某大型机械工业企业 1981—1983 年的工伤事故与地磁扰动的关系进行了统计和相关分析后给出:工伤事故的平均发生率与反映地磁活动程度的指数  $A_p$  呈正相关关系.当  $A_p > 30$  时,相关系数达 0.93;当  $A_p$  从 30 变到 200 时,事故平均发生率从 0.7 增大到 1.85;高磁扰日事故平均发生率比磁静日可高达 2.67 倍;在  $A_p < 50$  的磁扰日中,大约只有 50% 的日子有事故发生;随着  $A_p$  的增大,发生事故的天数占其总天数的比例逐渐增大,当  $A_p > 150$  时,发生事故的日子达 100%.强烈磁暴中的事故都发生在磁暴干扰最剧烈的活动期——主相期,中常磁暴中的事故多发生在磁暴的主相期和恢复期.例如,1982 年 7 月 14 日和 1983 年 2 月 5 日的两次强烈磁暴中,在主相期连续发生事故,事故发生率分别是磁静日的 5.3 倍和 4.0 倍.研究认为,作为重要环境因素的地磁场,当其变化超过人体的可调节范围时,人的机体和行为就要受到明显的干扰,从而导致工伤事故大量增加.

#### 4 小结

地磁生物学是一门年轻的学科,它的研究领域正在不断扩大,而且又具有重要的理论和实际意义,尽管目前还很不成熟,但只要充分利

用现代物理学、生物学、地磁学和技术科学的成就,深入地研究地磁生物效应的机理,并继续扩大其应用范围,必将把我国地磁生物学的研究工作推向新的更高的水平.

#### 参 考 文 献

- [1] 曾治权,日地关系,地震出版社,(1989).
- [2] F.L. 辛克勒著,曾治权等译,地磁场和生命,地质出版社,(1985).
- [3] 曾治权等,地球科学进展,8-3(1993),86.
- [4] 李国栋,生物磁学及其应用,科学出版社,(1983).
- [5] 李国栋等,生物磁学——应用、技术、原理,国防工业出版社,(1993).
- [6] 钱平宇(主编),流行病学(第二版),人民卫生出版社,(1988).
- [7] 郭增建,自然杂志,7(1984),616.
- [8] 龙飞等,广州医学院学报,16-3(1988),56.
- [9] 张兆庆等,中华生物磁学,7-3—4(1993),15.
- [10] 张雪梅等,中华生物磁学,3-1—2(1989),108.
- [11] 韩文骥,中华生物磁学,5-1—2(1991),5.
- [12] 韩文骥,中国地球物理学会年刊:1992,地震出版社,(1992),258.
- [13] 王家华,西北地震学报,3-4(1981),62.
- [14] 沈心一等,中华物理医学杂志,5-2(1983),94.
- [15] 曾治权等,地理研究,14-3(1995),88.
- [16] 张英荃等,江西中医药,21-5(1990),53.
- [17] 吕厚东等,微生物学通报,18(1991)23.
- [18] 李丽等,山西医学院学报,22(1991),182.
- [19] 梅绍基等,中国地球物理学会年刊:1990,地震出版社,(1990),333.
- [20] 陈向阳等,天文与自然灾害,地震出版社,(1991),122.
- [21] 李庆宣,长春地质学院学报,23(1993),455.
- [22] 李庆宣等,长春地质学院学报,24(1994),312.

#### 更 正

1996 年第 2 期《物理》第 65 页第 6—7 行应为 Recent experimental results obtained at Beijing Electron - Positron Collider confirm at a high sensitivity level the crisply defined nature of the hadronic decay puzzle in charmonium physics. 同页注 1) 倒数第 3 行中的 California 应为 California.