

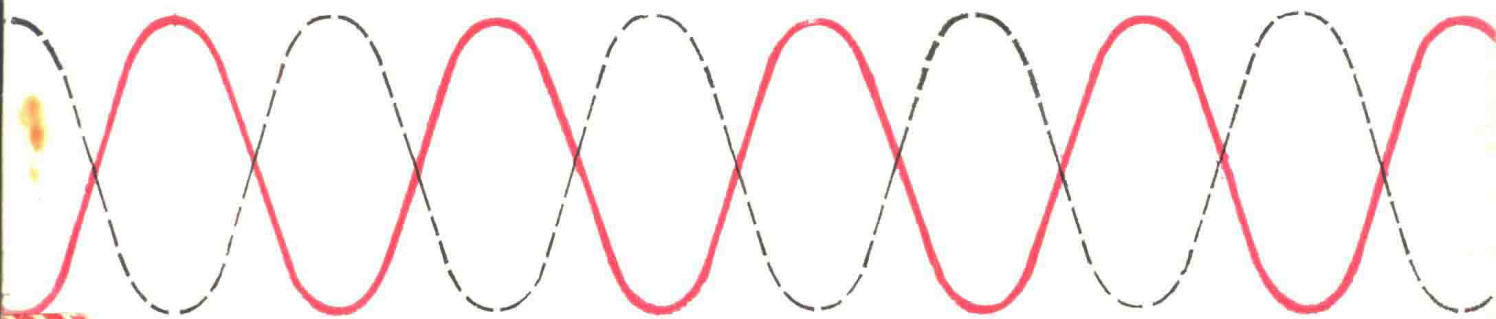
568683

# 地磁场和生命

THE GEOMAGNETIC FIELD AND LIFE

[美] F.L. 辛克勒

地质出版社



# 地 磁 场 和 生 命

[美] F. L. 辛 克 勒

曾治权 苏先樱 刘桂英 韩小和 等译

曾志权 朱家祺 校

地 质 出 版 社

The Geomagnetic Field and Life

F. L. Sinclair

Plenum Press, New York 1978

地 磁 场 和 生 命

〔美〕 F. L. 辛克勒

曾治权 苏先樱 刘桂英 韩小和 等译

曾志权 朱家祺 校

责任编辑：荣灵璧 张毓崧

地 质 学 社 出 版

（北京西四）

地 质 学 社 印 刷 厂 印 刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张：14<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数：333,000  
1985年11月北京第一版·1985年11月北京第一次印刷

印数：1—1,645册 定价：3.50元

统一书号：13038·新193

## 中译本前言

本书是根据美国普莱纽姆出版社 (Plenum Press) 1978年出版的苏联生物学家A. П. 杜布罗夫所著《Геомагнитное Поле и Жизнь》一书的英译本《The Geomagnetic Field and Life》译出的。原著于1974年由苏联水文气象出版社出版。

英译本保持了俄文本的基本精神,同时又补充了大量新的材料,特别是欧、美各国的研究成果,还列出了较原来多一倍以上的参考文献。在书中,作者从不同的角度详细地阐述了地磁场对地球上生物的重要性,指出了象节律性、极性、不对称性、在空间的定向、乃至遗传和变异这样一些生物的基本属性都和地磁场的活动密切相关。全书突出了证实地磁场对生物体体内平衡有重要意义的各种实验,比较多地注意了地磁场对人体的影响。无疑,本书对医学、农牧业等等的发展有很大的实际意义。书中最后一章对地磁场生物效应的机理提出了初步的看法。直到今天为止,A. П. 杜布罗夫的著作仍是有关这个论题的唯一专著。虽然书中有许多材料尚要进一步检验,但是不管怎么样,它还是一本很有意义的著作,会引起许多学科专家们的注意。

本书翻译分工如下:前言部分由刘祖滨译出;第一、二章由曾治权、韩小和合译;第三章由苏先樱译出;第四章由刘桂英译出;第五章由曾治权译出。全稿由曾治权根据英、俄两种文本进行统一校核、编目,对附录进行了部分补充,更换其各项资料,资料大多补充到1983年。朱家祺对全稿进行了仔细的审校。由于本书是一门新兴的边缘学科,内容涉及许多学科领域,有的译名还没有统一标准,甚至有的暂时还难以在各种专业词汇中查到,只好暂时拟译,或写下原文,因此难免有不妥之处,希望读者随时批评指正。另外,鉴于篇幅有限,原书的参考文献在中译本一并略去,但文中仍保留了参考文献的目录编号,以便读者需要时参阅Frank L. Sinclair, 1978,原译著《The Geomagnetic Field and Life,》望原谅。

## 美国版前言

A. П. 杜布罗夫的这一专著是以英文出版的第一本有关地磁场生物效应的综合评论，是一部很有价值的著作。他在了解和总结许多非俄文文献和更多的俄文文献以及有趣的自然现象方面干得十分出色，这里有很多东西都是我不曾知道的。我认为，这一成果对于那些不熟悉俄语的西方生物学家们来说，颇具价值。

尽管在 A. П. 杜布罗夫完成了他的手稿之后，有大量的优秀著作发表在西方杂志上，而且大概还有一些其它文章发表在苏联杂志上，但是，据我所知，还没有任何东西能否定在本书中提出的任何事实、解释或假说。本书所列参考文献，一直包括到1976年初，堪称完备。以后的报导，实际上是对 A. П. 杜布罗夫提出并保卫的论点简单地强化。

本书就地磁场的生物效应论题的目前状况做了很好的探讨。这个论题在过去一、二十年间一直在讨论中，当我们从还原论者的集群生物学的顶峰做进一步的讨论时，它无疑会越来越为人们所赞赏，并且开始就调节与相互关系提出广泛的问题。因此，现在出版的这本书对转变会产生巨大的影响。生物学家们目前逐渐认识到，不久前还被认为是荒谬的或甚致于在“理论上是不可能”的事情，现在却已成为事实。不过，即使全部现象是十分真实的，这种突变的性质仍然使得我们对它难于评价。有见识的人将要求科学和科学家们做出决定，他们收到越来越多的关于微波、无线电波、动力线频率、电场和磁场、空浮离子等等的生物效应的一般性论文。当由于对离子辐射的潜在效应的无知，而使有害的离子辐射曝露时，人们将回亿起发生的令人悲痛的事件。

就 A. П. 杜布罗夫的书而论，我唯一的矛盾心理是他关于地磁场的可能作用（除了那些已经证实了的之外）及其作用机理的推测。然而，对许多人来说，在理论上和推测上比我更赞成此书的观点，这些可能是本书中最令人兴奋的章节。无论如何，每个作者都有表达他自己观点的权利，而 A. П. 杜布罗夫就是以他富有的经历这么作的。

简而言之，我认为这部著作是极好的，也是科学文献中很需要的。

西北大学莫里森生物科学教授 小弗兰克·A·布朗

## 为美国版作的序

我很高兴，我的书《地磁场和生命》在美国正准备以英文出版。由于世界闻名的普莱纽姆出版社的主动性，使我有一个新的机会与全世界的朋友作直接的联系。

可以把我的关于地磁场的书看做是一种抽象观念，它的目的是展示一幅清晰的图画，使人们更好地理解我们周围的世界、它的主要驱动力、以及诸因素，从而帮助我们去认识我们自己，并使这种认识继续深入进行下去。抽象观念的本质是：在探讨问题时，我审慎地忽略了那些作用于生物体的各种外部因素的不同效应，而仅限于分析地磁场的效应。这种方法使我能更进一步地去获得各种结论并提出可以引导我们接近于正确理解各种现象的真正本质的理论。长期以来，哲学家们认识到，采用这样的抽象观念，我们便能够更可靠地、更完整地、更综合地了解现象的本质，深入到所观察的效应的核心，并看出它们相互关系的深度。

尽管我只涉及地磁场，并且全书专致力于它在生物圈内的所有过程中的决定性作用上，但是，应当记住，地磁场决不单独在任何地方起作用，它总是与影响生物生命活动的其它重要物理环境因素的作用一起结合成复杂的综合体，这些环境因素如：温度和光线、大气电和地电、电离作用和压力、万有引力和宇宙线、以及许多到目前为止还不知道的其它因素、各种场和辐射。

许多科学家对这个问题的研究都作出过贡献，但首先应该提到名字的就是俄国科学家 A. Л. 奇热夫斯基 (Чижевский) 和意大利科学家 G. 皮卡迪 (Piccardi)，多年来，他们由于在太阳生物学和太阳物理化学方面进行了卓越的研究而在全世界获得了声望。

弗兰克·布朗 (Frank Brown) 和 Y. 帕克 (Park) (伊利诺斯州伊万斯顿) 在 1965—1967 年间的十分重要的发现对这个复杂问题的澄清作出了巨大的贡献。他们证明了地磁场水平分量在生物节律性和空间定向方面的重要作用，而且也揭示了生物体形成地磁场和光线的周围空间分布之间关系的能力。

在我们于 1969 年发现生物膜的渗透率取决于地磁场的日变化，并且由地磁场的日变化来调节以后，生物钟学里所研究的繁多种类的节律现象便得到了解释。1973 年我们提出了功能不对称性的理论，它加深了我们对生物体与地磁场之间的这种关系的理解。

在生物地球物理学向前发展进程中的一个重要里程碑，是生物体的慢速旋转的效应和缓慢旋转 (1—2 转/秒) 的磁场对生物功能影响的建立 (T. 霍希托基 (Hoshizoki) 和 K. 哈姆纳 (Hamner), 1962—1968; F. 布朗和 C. 乔 (Chow, 1973—1976)。这就开辟了发现具有重大生态学意义的新的地球物理因素和研究生物之间的相互关系的道路。

从分析现有的研究中 (1969—1975)，我们发现了地磁场在遗传学体内平衡中的作用，这不仅为有机世界的进化和发展历史的理解提供了新的看法的基础，而且还 (这也是最重要的) 揭示了地磁场在现今生物圈进化过程中的作用。待科学家们在不久的将来发现不同生物层次上 (分子的和细胞的、有机组织的、以及群体的) 的生物场与地磁场相互作用的内部机理，以及通过地磁场作用到有机分子和水分子的基本情况，即我们在地球上的生存

基础，到那时，我们将更深入更广泛地了解地磁场与生物机体之间的密切关系。

我未来的某些读者，尤其是对地磁场的生物效应持怀疑态度的物理学家们，他们不具备所引证的地磁生物学研究的全部而详尽的知识，也就难于理解我关于地磁场在生物圈的全部发展过程方面所起作用的坚定信念。就这一点，我认为引用著名的进化论者厄恩斯特·迈尔 (Ernst Mayr) 的话是恰当的：“在每个时期内，一组特定的事实和某些盛行的理论一旦占据了头脑，任何一种其它的观点都难于引起客观的注意。所以，我们必须谨慎对待现今信念的评价” [982, P. 21]。世界上最伟大的进化论者之一的这个呼吁给了我们信心，那就是我们关于地磁场对生物圈的作用方面的愿望、方法和观点将正确地被世界上的科学家和广大读者充分理解。

我衷心地感谢克里斯托弗·伯德 (Christopher Bird) 光生(华盛顿)和苏联水文气象出版社的编辑利佳·日丹诺娃和塔米拉·涅多希维娜 (列宁格勒) 为本书的俄文版和英文版的准备所给与我的特殊帮助。正是由于他们的努力，这本书才能印刷出版，现在我把它献给全世界的许多朋友和读者，让他们加以评价。

最后，我希望提到第一个建议我写这本书的人，我的好朋友拉扎尔·维捷尔斯博士(列宁格勒)，他相信我能胜任和有能写出这样一本书，这使我受到鼓舞。

A. II. 杜布罗夫

## 俄文版前言

生物圈内的许多过程依赖于宇宙的条件，主要是磁层的状况，这在目前已被广泛地承认。在这方面，A. П. 杜布罗夫的《地磁场和生命》一书的问世是适时的，也是重要的。

然而，由于这本书所持的不同的观点，这就无疑会引起很多科学上的争论和讨论。例如，从地球物理学的角度考虑，一定会提出这样的问题：当强度大得多的人工电磁场充满生物圈时，以伽偶计量的地磁场的微弱变化能够对生物体有如此明显的影响吗？另一方面，懂得诸如光强、温度和空气湿度之类的气候因素对生物体的生命活动非常重要的那些生物学家，他们将会自然而然地提出下面的问题：地磁场及其变化的影响可能有那么重要吗？医学研究者、遗传学家和生态学家也一定会提出类似的问题，因为在这本书里作者给出了观测到的地磁场的变化和生物过程之间相互关系的报导。

不过，我想指出，不管读者看问题的角度如何，由于本书包含有大量的生物学的和地球物理学的资料，对这本书是不会没有趣味的。

通过大量相关的和不同形式的调查研究，作者首次指出，地磁场是一种非常重要的环境因素，它影响着地球上的人类和生物体。我把这看成是作者做出的重要贡献和本书的极大价值所在。

我祝愿作者以及所有那些正在研究天然磁场的生物学作用和重要性的其他人，在这复杂而困难的工作中取得成功。

国际地磁学和高层大气物理学协会

苏联科学院地磁科学理事会

主席：B. A. 特罗伊茨卡娅



## 俄文版编者按

十到二十年前，在世界科学文献中只能找到很少的专门论述磁场的生物学作用的文章。有些科学家根本否认任何磁场能够影响任何生物系统这一观点。而现在，我们却有一本论及地磁场影响生命过程的书。

当这本书正准备出版的时候，在苏联的科学生活中出现了两个事件，提出了甚至比作者提出的问题还要多的论题。

1973年9月，苏联科学院复杂问题“控制论”委员会、别尔戈罗德教育学院、库尔斯克磁异常问题研究所和别尔戈罗德区卫生局在别尔戈罗德共同举行了关于天然磁场和弱人工磁场对生物体影响的第二届联合讨论会。

对这种影响感到兴趣取决于生命本身。环境状况的改变和生命的现代进化速度使得人们对始终出现在地球生物圈内的各种刺激因素，以及对只出现在苏联的这些刺激因素越来越敏感。这种刺激因素，例如，在地球上的所有生物都会接受到的电磁场。

所提出的问题是—个性质复杂的问题，它包括对电磁场的物理参数的仔细测量、做精细生物反应的检测、以及对复杂的人体全部反应的评定。解决这些问题要求各方面的专家进行创造性的合作。因此，生物学家、医生、生物物理学家、物理学家、化学家、地质学家、以及其它专业的代表——来自苏联18个城镇的70名代表参加了这次讨论会。

1974年3月，在莫斯科举行了一次关于“宇宙因素和生物界的演化”论题的会议，该会由苏联科学院动物和植物进化道路和特点的科学委员会、苏联科学院古生物研究所、以及莫斯科自然科学家协会倡议召集的。在这次会上宣读的几篇文章表明，地磁场的反转可能影响生物界的演化。

可见，从根本否认地磁场对任何生物的影响，到承认它们是影响生物界进化的一个因素，这是近年来磁生物学所走过的曲折道路。要想在一本小册子里把这条险峻道路的状况展示出来是困难的。然而，在论述磁生物学的某些问题上，富有个人经验的A. П. 杜布罗夫已经设法完成了这个任务。

为什么生物学家们和医学研究者们至今几乎没有表现出对地磁场感到兴趣？为什么在他们关于全部生命过程的解释当中，就是不顾这种环境因素呢？

事实是，给许多纯粹是地球上的事态以冲击的空间时代的开始，对磁生物学的发展也有相当大的影响。根据作者的观察，磁生物学的发展与空间征服的进展密切相关。

第一艘宇宙飞船的飞行增加了讨论这个问题的兴趣。宇航员在离开地球的时候，不仅失去了对生命必不可少的地球吸引力、地球的大气、以及其它条件，同时也失去了地磁场。另一方面，宇宙飞船设计者为飞行器装上了保护装置，以避免强有力的人工磁场引起的有害电离辐射。这样，宇航员和宇宙飞船上带的其它生物将长时间地受到不同于地球上的更大的磁场影响。像这样的变化能够影响生命活动吗？

在这本书里，对这个问题给出了肯定的回答。作者指出，随着对生物圈的研究每深入一步，人们就越来越确信，地球上的生命极其严格地“适应”地球已有的生存条件。有时

彼此相隔非常遥远的、不同学科之间的联系,现在已达到了这样的阶段,即生物物理学和地球物理学结合的阶段。过去,在地球物理学家们的专门名词中只有磁暴和地震等,而现在他们却开始表现出这样的兴趣,例如在磁暴期间人们的心跳次数及地震前各种动物的行为。生物物理学家们虽然没有抛弃他们所宠爱的实验室因素——电流、电离辐射、光照、等等,但是,也对地磁场可能产生的生物学效应变得有了兴趣。

作者,一个富有经验的生物学家,非常如实地专致于本书的第一章,详细说明了与地磁场有关的地球物理资料。接着进行了天然磁场和弱的人工磁场对各种生物体影响的不同生物学数据的描述和批判的分析。

特别重要的是有证据表明,人工弱磁场可以对人类、动物、植物和微生物产生反应。到目前为止,在这个领域内所作的少数研究表明了地磁场在生命过程中可能产生的作用。

别尔戈罗德区正常部分和异常部分(就地磁场的恒定成分而言)的比较表明,它们因农作物的产量、古代残留下来的植物的分布量、以及居民发病率的特征而不同。此外,库尔斯克磁异常区昆虫和鸟的运动神经活动也有了异常的变化。这些初步的信息表明,在不同磁异常区内进行生物学条件的分析是有价值的。

最后,地磁场的矢量性质(磁力线的方向性)也影响生物学的过程。在这里,我们没有单纯地只涉及鸟类和鱼类迁徙时在诸多定向因素中对地磁场的利用。

必须注意,由于人工产生的“磁异常”也影响各种生物体,所以生态学的磁生物学成了一门被承认的分支学科。这门学问所涉及的范围不仅包括地磁场的空间变化,而且也包括这个地球物理因素的时间变化。随着地球物理学和生物物理学的结合,我们还必须加上天体物理学,因为地磁场的变化与太阳活动性密切相关。

生态学的磁生物学这个分支学科与论及太阳活动对生物圈影响的太阳生物学之间的界限是不清的。太阳生物学的创立者A. Л. 奇热夫斯基不相信太阳活动只是通过地磁场的改变来影响生物圈。生物学上的活动因素可能是无线电波、空气离子、电离辐射,或物理学家们仍然不了解的太阳Z发射。

这样,地磁场对生物体的定向(在时间和空间上)影响的假说就得到了阐明。人们高兴地发现,将野外实验的结果和实验室实验的结果加以比较的话,就可以解决磁生物学上的主要问题,即磁场对生物体作用的机理的解释。

也许存在着好几种机理,其中包括A. П. 杜布罗夫已经说明过的几种机理——天然磁场对生物体体内磁场的影响、天然磁场对生物膜渗透率的影响、以及天然磁场对生物体水系性质的影响。在后一种情况中,由于水溶液的磁处理正在被广泛利用来解决一些工程技术上的问题,磁生物学的问题又和物理学与工程学的问题牵连在一起了。

生物科学博士 Ю. А. 霍洛多夫

# 导 言

最近几十年来，一个明显的特点是空间生物学的发展。空间研究对每门学科都有着深远的和带革命性的影响。它使科学家们面临着许多新的问题，并且迫使人们对生物学和医学上的许多观点进行严格的审查。尤其是关于天然电磁场的生物学意义的问题和地磁场对生物体机能的作用问题，它们再次被提了出来。

对于从事空间研究的科学家们来讲，懂得生物体与地球上生存条件的联系是多么密切，以及这些生物体一旦长时间离开它们多少世纪以来的进化所在的地球是否安全是极其重要的。所谓的地球条件，我们在这里不仅是指通常的气候因素（温度、空气湿度、雨量等）的结合，而且还有其它因素，这些因素在生物体生命活动中的重要作用仅仅在不久以前才弄清楚。这就是地球的重力场、磁场、电场和辐射场。

在这本书里，作者想说明象地磁场这样重要的环境因素的生物学作用方面的研究现状。

非常明显，今天当各门科学变得更专业化时，整理大量的、不同的地磁生物效应的资料是一个艰巨的任务。因为已经认识到这一点，所以作者承认，这本书是难免有缺点的。尽管如此，我还是决定把它拿出来，听诸公论。在这里，我们不妨回忆一下高斯在他发展地磁场的普遍理论时所说过的话：“仅仅是砖块被堆集起来了，一直要到各种杂乱的现象都能服从于一个简单的宇宙原理时，才能有建筑物”。这些话同样地适用于这本书所谈的问题。作者企图审理医学和生物学中各个领域里的研究，以便根据不同实验事实的分析指出我们关于地磁场生物学作用的知识的水平和状况。

物理学的进步使得磁生物学领域迅速发展，这与人工磁场的效应关系特别密切。物理学家和生物学家对磁生物学作出了巨大的贡献，他们开始了对地磁场和人工磁场生物效应的系统研究<sup>[241、676、678、751、752]</sup>。

太阳生物学家们已作了重要的工作，他们明确地指出了与地球电磁场的变化相关联的太阳活动的生物效应的存在<sup>[92、178、516、721、766、767]</sup>。

目前，在苏联，磁生物学领域里的研究，由苏联科学院地磁科学理事会和苏联科学院复杂问题“控制论”科学委员会领导。苏联已经有了一个健全的地球物理观测台网和科学研究所，还有一个地球物理数据的国际中心，该中心搜集着关于太阳活动、电离层和地磁的世界范围的情报。

作者对E. M. 克列普斯 (Крепс) 院士、B. H. 切尔尼戈夫斯基 (Черниговский) 院士、数学博士M. M. 伊万诺夫 (Иванов)、医学硕士B. A. 雷夫金 (Рывкин)、生物学博士Ю. А. 霍洛多夫 (Холодов)、数学硕士A. И. 奥利 (Оль) 和地理学硕士Л. А. 维捷利斯 (Вительс) 为写作本书时给予的有益建议、答疑和帮助表示深深的感激。作者诚恳地感谢B. И. 阿法纳西耶娃 (Афанасьева) 教授、数学硕士К. Г. 伊万诺夫 (Иванов)、A. Д. 舍夫宁 (Шевнин)、B. И. 博布罗夫 (Бобров)、T. П. 普奥洛凯年 (Пуолокайнен)，也同样感谢苏联科学院地球物理研究所地球电磁场研究室的全体科学工作者所给予的友好帮助。

# 目 录

中译本前言

美国版前言

为美国版作的序

俄文版前言

俄文版编者按

导言

<b>第一章 地磁场概论</b> .....	1
§ 1. 地磁场的要素 .....	1
§ 2. 基本磁场 .....	2
§ 3. 地球基本磁场的反转 .....	3
§ 4. 变化磁场及其变化 .....	4
§ 5. 磁场的平静变化和干扰变化 .....	4
§ 6. 地磁脉动 .....	6
§ 7. 地磁活动 .....	7
§ 8. 地磁干扰 .....	8
§ 9. 行星际磁场和地磁活动 .....	8
<b>第二章 地磁场对地球上生物体生命活动的影响</b> .....	11
§ 1. 一些生物过程同步进行的全球性和普遍性 .....	12
§ 2. 地磁场对生物体影响的直接证据和间接证据 .....	15
§ 3. 包含屏蔽地磁场影响的生物体实验 .....	16
玻璃器皿中的细胞 .....	17
分离细胞的培养 .....	18
植物 .....	18
微生物 .....	19
昆虫 .....	19
比较高等的动物 .....	20
人类 .....	20
§ 4. 对在 水下和空间内的观察 .....	21
水下条件 .....	21
空间条件 .....	21
§ 5. 有关地磁场的补偿的实验 .....	23
植物 .....	24
鸟 .....	24
鱼 .....	24
哺乳动物 .....	25
昆虫 .....	25
人 .....	25

§ 6. 人工弱磁场的生物效应 .....	26
原生动、环节动物、微生物 .....	26
植物 .....	26
鸟 .....	27
鱼 .....	27
哺乳动物 .....	28
人 .....	29
§ 7. 生物体相对于地磁极的定向 .....	30
§ 8. 生物医学的统计分析 .....	33
§ 9. 胶体系统和物理化学反应 .....	37
<b>第三章 一般地磁生物学问题 .....</b>	<b>41</b>
§ 1. 古地磁生物学 .....	42
§ 2. 考古地磁生物学 .....	45
§ 3. 地磁场对遗传学体内平衡的影响 .....	47
§ 4. 地磁场和生物节律 .....	57
§ 5. 地磁场和形态的及功能的生物对称性 .....	65
1. 功能对称性和不对称性的分析基础 .....	67
2. 证实功能不对称性以及它在地磁场影响下所起作用的实验研究 .....	71
3. 作为功能不对称表示的生物体个体的单一反应 .....	73
4. 生物对称性和不对称性的可能原因 .....	75
§ 6. 地磁场和重力对生物体的联合作用 .....	79
§ 7. 地磁场生物效应的主要基础(假说) .....	84
1. 生物体对地磁场的敏感性和生物的超导电性 .....	84
2. 地磁场作用的普遍性和生物对称性 .....	89
<b>第四章 特殊地磁生物学问题 .....</b>	<b>92</b>
§ 1. 人类 .....	92
1. 地磁场对健康人机体的影响 .....	92
生物体的一般状态 .....	92
高级神经活动和植物神经系统的状态 .....	92
皮肤电位 .....	95
血液 .....	96
生长和性的发育 .....	97
地磁场对女性机体的影响 .....	101
2. 地磁场对病人机体的影响 .....	104
3. 各种疾病 .....	106
心血管性病理学 .....	107
精神失调 .....	108
眼病 .....	109
尿道结石病 .....	110
4. 地磁场与职业活动 .....	110
5. 异常地磁场的生物效应 .....	111

§ 2. 动物界 .....	112
1. 微生物和病毒 .....	112
2. 昆虫 .....	112
性别的比例与变异 .....	112
节律活性 .....	113
昆虫的定向 .....	113
甲虫、白蚁 .....	113
苍蝇 .....	114
蜜蜂 .....	115
果蝇 .....	116
3. 鸟 .....	116
定向的可能机理 .....	118
4. 鱼 .....	122
5. 动物界的各种典型 .....	125
§ 3. 植物界 .....	129
向磁性与定向 .....	129
性别的确定 .....	131
极性 .....	132
不对称性 .....	132
过程的节律 .....	132
昼夜节律 .....	133
季节性节律 .....	136
<b>第五章 地磁场生物效应的可能机理 .....</b>	<b>141</b>
§ 1. 水分子的作用 .....	141
§ 2. 生物膜的作用 .....	141
§ 3. 生物磁场的作用 .....	143
§ 4. 磁生态学 .....	144
<b>附录 表1. 太阳自转周的序数和第一天的日期 .....</b>	<b>147</b>
表2. 五天磁静日和五天磁扰日的日期 .....	150
表3. 主要磁暴目录 .....	156
表4. 国际磁干扰指数 $C_i$ .....	160
表5. 行星际磁场扇形结构的极性 .....	161
表6. 地磁场磁情指数 $\Sigma K_p$ .....	171
表7. 地磁场磁情指数 $A_p$ .....	191
<b>英汉词汇对照表 .....</b>	<b>211</b>

# 第一章 地磁场概论

地磁场的存在古时候人们就已经知道了。磁石的异乎寻常的性质引起许多关于超自然力的传说和信仰。地球的磁场也是这样。

在那时，进步的科学家们试图确定这种不平常的自然现象——磁性的真正物理原因。1600年，英国科学家W.吉尔伯特（Gilbert）在他的《磁铁、磁体和大磁体——地球》一书中提出假说，地球是具有两个磁极的均匀磁化球，而磁性的起因隐藏在地球的内部。

可是，一百多年以后在1769年M.B. 罗蒙诺索夫（Ломоносов）在他的《关于海上导航的更大精确度的讨论》一文的研究中就提出，地球是由不同磁化物体组成的，因此被不均匀地磁化。

关于地磁场的解析表达式，首先由科学家И.М.西蒙诺夫（Симонов）在1835年和高斯（Gauss）在1839年获得。

物理学家关于地磁场的作用和重要性的意见，受到生物学家、医生和自然科学工作者的注意，他们敏锐地对物理学的发现感到兴趣<sup>[148, 149]</sup>。在这里积累的极为大量的数据表明，地磁场对发生在高层大气和低层大气中的许多过程、对地球上的自然区、以及对气候和大气环流都具有非常重要的影响<sup>[151]</sup>。

地磁场对居住在地球上的生物体也是有着特殊的意义的。在讨论这个非常重要的问题之前，我们将就地磁场本身、它的起源、结构、以及它的某些明显的特征给予一个简略的说明<sup>[56, 429, 651, 995]</sup>。这将导致对生物圈内的周期变化、它们的特征、季节的和纬度的变化、以及生物节律和地磁场变化之间相互关系的更深入的了解。

## §1. 地磁场的要素

很久以前就从实验上确定了地球具有磁场。在地球的表面，永久磁场的最大强度（总矢量的模数）为0.7奥斯特。地球的磁矩是一个巨大的量—— $8.1 \times 10^{25}$ 绝对电磁单位。如果我们假设，这个磁矩集中在位于离地心约400公里距离处的一磁石内，那么这个磁石的磁化轴的方向与地球的自转轴构成一个 $11.5^\circ$ 的角度。由它产生的场称之为偶极子场。

地球的磁场（跟矢量场一样）由强度矢量 $H_r$ 表示，它可以分解成在磁子午线方向内的两个分量：作用在水平面内的水平分量 $H$ 和垂直于 $H$ 的垂直分量 $Z$ 。水平分量又可以分解成沿地理子午线指向的北向分量 $X$ 和垂直于子午线的东向分量 $Y$ 。在地球上任何一点，罗盘指针都沿着磁子午线方向，即沿着与地磁场方向一致的地球表面的特定平面内。

地磁场的总矢量不仅经历着空间的变化，而且绝对数值也发生变化。矢量在空间的位置可以用两个角度量——磁偏角和磁倾角表示。磁偏角 $D$ 是水平面内的角度，即地理子午线（北—南线）和地球上特定点的磁子午线之间的夹角。磁倾角 $I$ 是水平面和地磁场总矢量强度方向之间的夹角（图1）。

地磁场总矢量以及它的要素通过以下关系式彼此联系：

$$T = (H^2 + Z^2)^{1/2}, \tan I = Z/H, \tan D = Y/X, T = H \sec I, H = (X^2 + Y^2)^{1/2},$$

$$X = H \cos D, Y = H \sin D$$

总矢量以及它的垂直分量和水平分量用奥斯特和伽伐 (1 奥斯特 =  $10^5$  伽伐) 作单位计量, 磁偏角和磁倾角用角度和分表示。在磁静日和磁扰日期间, 磁场的各个要素经受不同的变化。

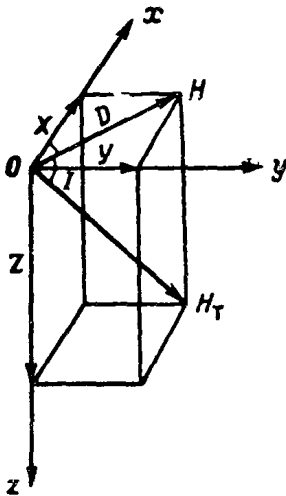


图 1 地磁要素<sup>[651]</sup>

## § 2. 基本 磁 场

地磁场在结构上和动力学性质上是各种各样的。另一方面, 根据其变化的程度和动力学性质, 可以把地磁场再细分为基本 (主要的) 磁场和变化磁场。所谓基本磁场, 是指一年以内不发生任何类型变化的磁场。可是, 即使在这种情况下, 它也不是严格恒定的, 因为它容易发生长期变化。在任何情况下, 地球基本磁场的变化周期都非常长, 是若干百年。地球的变化磁场由具有一年以内的各种周期 (从一秒种的若干分之一到数月) 的场的变化组成。

另一方面, 如果我们考虑地磁场的结构, 或者考虑产生地磁场的原因, 那么可以把地磁场再细分为均匀磁场、大陆磁场、异常磁场、外源磁场和变化磁场。

根据Б. М. 扬诺夫斯基 (Яновский) 的分类<sup>[651]</sup>, 地磁场是以下几种磁场的总和:  $H_0$ ——由地球的均匀磁化引起的场;  $H_m$ ——由地球深层的不均匀性引起的场, 即大陆磁场;  $H_a$ ——由地壳上部的不同磁化作用引起的场, 即异常磁场;  $H_e$ ——由位于地球以外的源引起的场, 即外源场; 和  $\delta H$ ——由地球大气层以外的源引起的变化磁场。这样, 总磁场即为:

$$H_T = H_0 + H_m + H_e + H_a + \delta H$$

异常磁场, 即畸变了的地磁场, 被认为是由三种场组成的。其中第一种是大陆异常, 它的范围与大陆相当。大陆异常的起因尚未最后确定。有人曾经提出, 强有力的涡旋电流在产生这些异常方面起着重要的作用。Б. М. 扬诺夫斯基指出, 存在着六个大陆异常, 其中最强大的是东亚大陆异常。

另外一种异常是区域异常, 它占据的面积为几十或几百平方公里, 这些异常是由于地壳构造的原因和结构的原因引起的。区域异常不一定有高磁化强度的特点 (例如, 像库尔斯克磁异常), 但是, 个别区域岩石的磁性质总是和其它区域不同。

最后, 第三种异常由局部异常组成。它们在位于地表的磁性岩石中出现。局部异常的面积是很小的, 通常不超过10或20平方公里。

我们也必须讨论地球的磁极。现已普遍承认, 地磁极位于磁轴与地球表面相交处。这些极和地理极不重合, 而是位于与相应地理极有一段距离的某处, 在北极为800公里, 在南极为1000公里。目前地磁北极的坐标是:  $\varphi = 78^\circ 30' N$ ,  $\lambda = 68^\circ 48' W$ ; 地磁南极的坐标是:  $\varphi = 78^\circ 30' S$ ,  $\lambda = 111^\circ 30' E$ 。

必须引起注意的是, 地磁南极位于北半球, 而地磁北极位于南半球。不过, 在日常的



谈话中，人们以地理极命名相应的地磁极，这是不正确的。

地磁场的磁力线近似于从地球的中心（因为磁偶极子处于偏心的位置）通过南半球流出，围绕地球，经过北半球再指向中心（图2）。在地磁北极处，磁场的强度为0.6奥斯特，在地磁南极处为0.7奥斯特，而在磁赤道上为0.35奥斯特。必须注意，上面引用的地磁极的坐标只是对理想形式的均匀磁化球说的。实际上，由于不同的因素，地磁场的结构是非常复杂的。因此，实际的磁极（在这里，磁针取垂直位置）具有以下的坐标（1970年代）： $\varphi = 75^\circ \text{N}$ ,  $\lambda = 101^\circ \text{W}$ （北磁极）；和 $\varphi = 70^\circ \text{S}$ ,  $\lambda = 140^\circ \text{E}$ （南磁极）。

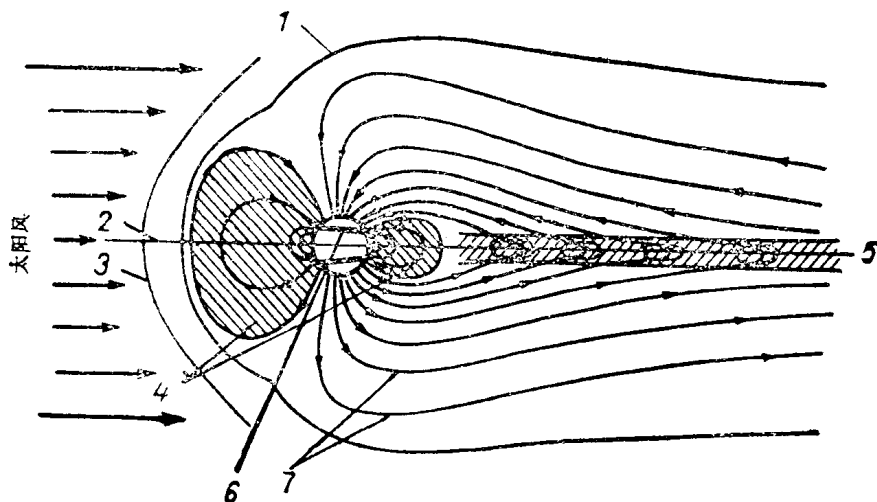


图 2 地球磁层子午截面的图解<sup>[402]</sup>

(1) 磁层顶，(2) 地磁赤道，(3) 冲击波，(4) 捕获辐射区，(5) 中性层，(6) 极光带，(7) 磁力线

正如前面已经说过的，在地球表面上所观察到的磁场由基本磁场和变化磁场组成。变化磁场的量值大约小于基本磁场的2%，但是它的生物学意义如后面将要指出的，却是非常重大。研究者已经确定，地磁场几乎完全是由于与地球深层（地核、地幔、地壳）相关联的内部原因和在它们中间复杂的感应电流引起。而地磁场的比较小的部分则是由于外部原因引起的，其中最重要的是电离层和磁层中的电流。现代的理论研究揭示，地磁场主要是由地球液态核心中的涡旋电流引起的。

### § 3. 地球基本磁场的反转

不同起源的岩石磁性的研究揭示了在不同地质时期内地磁场的大小和方向<sup>[246, 902, 1008]</sup>。已经确定，在古代，地球基本磁场的方向作 $180^\circ$ 的周期性改变，即它直接改变到前一周期的相反方向。地磁场方向的这些导致磁极符号改变的明显变化，称为极性反转，或简单地称为反转。

地磁场反转的确切起因，和地磁场本身的起因一样，尚不明确，但目前普遍承认的理论是由E.C.布拉德 (Bullard)、S.K.朗科恩 (Runcorn)、力武常次 (T.Rikitake) 和C.И.布拉金斯基 (Брагинский) 发展起来的地磁发电机理论，这是建立在来源于地核中的自