

地球电磁现象物理学

Physics of Electromagnetic Phenomena of the Earth



徐文耀 著

中国科学技术大学出版社

当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书

中国科学技术大学
校友文库

地球电磁现象物理学

Physics of Electromagnetic Phenomena of the Earth

徐文耀 著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

地磁场是地球固有的基本特性,它与地球的形成演化过程紧紧伴随,成为地球生物圈(包括人类)生存的重要环境条件。本书从形态学和物理起源两个方面介绍了组成地磁场的四个主要部分——主磁场、地壳磁场、变化磁场和感应磁场。主磁场约占地球总磁场的95%,现在人们普遍认为,它起源于地球外核的磁流体发电机过程,构成了地磁场的绝对优势部分,控制着地磁场的全球分布特征,并经历着缓慢的长期变化和极性倒转;地壳磁场(也称岩石圈磁场)起源于岩石剩余磁化强度和感应磁化强度,它与地壳岩石组成和热状态有关,也与岩石形成时期的地磁场和现今地磁场有关;变化磁场起源于电离层和磁层的电流体系,虽然只占总磁场的1%,但是它包含着有关地球空间电磁环境和空间天气的丰富信息,并为地下介质电性的探测提供了场源;感应磁场是由外部变化磁场在地球内部产生的感应电流引起的,反映了地球内部的电磁性质。

本书的读者对象是地球物理和空间物理的科学研究人员以及大专院校有关专业的师生,也可供业余爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球电磁现象物理学/徐文耀著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2009.1
(当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书;中国科学技术大学校友文库)
“十一五”国家重点图书

ISBN 978-7-312-02256-2

I.地… II.徐… III.地磁学 IV.P318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 141981 号

出版发行 中国科学技术大学出版社

地址 安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址 <http://press.ustc.edu.cn>

印 刷 合肥晓星印刷有限责任公司

经 销 全国新华书店

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 35.75 插页 6

字 数 638 千

版 次 2009 年 1 月第 1 版

印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数 1—3000 册

定 价 96.00 元

总 序

侯建国

(中国科学技术大学校长、中国科学院院士、第三世界科学院院士)

大学最重要的功能是向社会输送人才。大学对于一个国家、民族乃至世界的重要性和贡献度,很大程度上是通过毕业生在社会各领域所取得的成就来体现的。

中国科学技术大学建校只有短短的五十年,之所以迅速成为享有较高国际声誉的著名大学之一,主要就是因为她培养出了一大批德才兼备的优秀毕业生。他们志向高远、基础扎实、综合素质高、创新能力强,在国内外科技、经济、教育等领域做出了杰出的贡献,为中国科大赢得了“科技英才的摇篮”的美誉。

2008年9月,胡锦涛总书记为中国科大建校五十周年发来贺信,信中称赞说:半个世纪以来,中国科学技术大学依托中国科学院,按照全院办校、所系结合的方针,弘扬红专并进、理实交融的校风,努力推进教学和科研工作的改革创新,为党和国家培养了一大批科技人才,取得了一系列具有世界先进水平的原创性科技成果,为推动我国科教事业发展和社会主义现代化建设做出了重要贡献。

据统计,中国科大迄今已毕业的5万人中,已有42人当选中国科学院和中国工程院院士,是同期(自1963年以来)毕业生中当选院士数最多的高校之一。其中,本科毕业生中平均每1000人就产生1名院士和七百多名硕士、博士,比例位居全国高校之首。还有众多的中青年才俊成为我国科技、企业、教育等领域的领军人物和骨干。在历年评选的“中国青年五四奖章”获得者中,作为科技界、科技创新型企业界青年才俊代表,科大毕业生已连续多年榜上有名,获奖总人数位居全国高校前列。

鲜为人知的是,有数千名优秀毕业生踏上国防战线,为科技强军做出了重要贡献,涌现出二十多名科技将军和一大批国防科技中坚。

为反映中国科大五十年来人才培养成果,展示毕业生在科学研究中的最新进展,学校决定在建校五十周年之际,编辑出版《中国科学技术大学校友文库》,于2008年9月起陆续出书,校庆年内集中出版50种。该《文库》选题经过多轮严格的评审和论证,入选书稿学术水平高,已列为“十一五”国家重点图书出版规划。

入选作者中,有北京初创时期的毕业生,也有意气风发的少年班毕业生;有“两院”院士,也有IEEE Fellow;有海内外科研院所、大专院校的教授,也有金融、IT行业的英才;有默默奉献、矢志报国的科技将军,也有在国际前沿奋力拼搏的科研将才;有“文革”后留美学者中第一位担任美国大学系主任的青年教授,也有首批获得新中国博士学位的中年学者……在母校五十周年华诞之际,他们通过著书立说的独特方式,向母校献礼,其深情厚意,令人感佩!

近年来,学校组织了一系列关于中国科大办学成就、经验、理念和优良传统的总结与讨论。通过总结与讨论,我们更清醒地认识到,中国科大这所新中国亲手创办的新型理工科大学所肩负的历史使命和责任。我想,中国科大的创办与发展,首要的目标就是围绕国家战略需求,培养造就世界一流科学家和科技领军人才。五十年来,我们一直遵循这一目标定位,有效地探索了科教紧密结合、培养创新人才的成功之路,取得了令人瞩目的成就,也受到社会各界的广泛赞誉。

成绩属于过去,辉煌须待开创。在未来的发展中,我们依然要牢牢把握“育人是大学第一要务”的宗旨,在坚守优良传统的基础上,不断改革创新,提高教育教学质量,早日实现胡锦涛总书记对中国科大的期待:瞄准世界科技前沿,服务国家发展战略,创造性地做好教学和科研工作,努力办成世界一流的研究型大学,培养造就更多更好的创新人才,为夺取全面建设小康社会新胜利、开创中国特色社会主义事业新局面贡献更大力量。

是为序。

2008年9月

前 言

中国科学技术大学 50 周年校庆,《校友文库》编辑部热情来函约稿,我才知道 1978 级研究生也忝为校友。使命难违,理当效力。但交稿时限太紧,唯恐滥竽之作,有辱校友文库之清誉,遂遵编辑部建议,在拙作《地磁学》的基础上,补充修订,以专著形式出版。

《地磁学》一书于 2000 年完稿,2003 年 4 月出版,原是《中国现代科学全书》的一册,因受出版篇幅和读者对象的限制,有些章节只能通俗简写,许多内容被迫割爱。庆幸有这次补充和完善的机会,遂将近年来国内外地磁学研究新进展和本人的研究心得择重要者补入,虽然仍用原来的基本构架和轮廓,但内容增加了近一半,章节由原来的八章增加到十章和两个附录。

自从吉尔伯特的《论磁体》这本“伟大到令人妒忌的程度”(伽利略语)的地磁学元典之作于 1600 年问世至今,地磁学已经走过了 400 多年的历程,它的基本理论渐趋成熟,方法技术日臻完善,它的应用几乎无所不至:从空间环境到资源勘探,从导航通信到动力系统,从地质变迁到生物进化,从疾病诊断到医疗保健……然而,自然无限,真理亦无限,未知无止境,探索亦无止境:关于地磁起源研究的新成果举世瞩目,但是还远未完善,地磁预报历史久远,但是其精准度难如人意。地磁学应用领域在不断扩展,要求地磁学不断创新。地磁学与其他学科的交叉综合不断催生新学科的产生。

综观国内外地磁学界,外文地磁学专著汗牛充栋,早期有查普曼和巴特尔斯的两卷本《地磁学》(1940),后来有杨诺夫斯基的《地磁学》(1950),力武常次的《电磁学与地球内部》(1966),松下贞见和坎贝尔的《地磁现象物理学》(1967),帕金森《地磁学引论》(1983),雅各布斯的四

卷本《地磁学》(1987~1991),坎贝尔的《地磁场概论》(1997)等等。这些总结性论著充实了人类知识宝库,也不断更新着人们关于地磁场的概念。与此相比,中文地磁学专著和教材却寥若晨星,常有不敷使用之憾。陈志强先生翻译的杨诺夫斯基《地磁学》(上册 1959,下册 1963)已历半个世纪,刘洪学、周珏秀先生翻译同一作者的新版《地磁学》(1982),已过去了四分之一世纪,大学地磁学教材也屈指可数。拙作《地磁学》虽然简陋,但敝帚自珍,成书后数年来,不遗余力,积累资料,力图深入,力图更新。

希望这本书能为读者提供一点学习地磁学基本知识的有用材料。

在此,我要衷心感谢朱岗昆教授在本书写作和修改过程中给予的指导和帮助,他仔细审阅了全部文稿和图件,并提出了许多宝贵意见。我也要感谢使用《地磁学》一书的学生和读者们,是他们不断提出新的问题和质疑,使我不敢懈怠,勉力向前;也是他们不断给以鼓励和鞭策,推动着我完成这一修订本。

徐文耀

2008 年 10 月

附：《地磁学》初版序言

就像大气和水一样,地磁场也是人类生存不可缺少的环境条件之一。地磁场包围在地球周围,像一道天然的屏障,保护着地球上的生命,使其免受高温、高速太阳风的威胁和宇宙高能粒子的轰击。地磁场伴随着地球的形成和演变过程。地球上的生命,包括人类在内,是在有地磁场的环境中产生和进化的,在这漫长的历史进程中,到处留下地磁场影响的痕迹和地磁场注入的“基因”。

地磁场的主要部分起源于地核,它穿过近3 000公里厚的地幔、地壳到达地表,并远远地扩展到太空,从而把地球内部的信息携带出来,为人类认识无法到达的地球深部提供了有效的途径。地磁场的另一部分是由地壳岩石磁性产生的,它使人类有了一种强有力的探矿手段。地磁场中还有一小部分起源于地球周围空间的电流体系,所以地磁场也是地球空间环境探测和空间天气预报的重要内容。

中国人发明了最早的地磁场观测仪器——指南针,在此基础上发展出越来越精密的地磁仪。航海家用它们来测定航向,地质工作者用它们来发现地下矿藏,医生用它们诊断人体疾病,卫星带着它们探测宇宙磁场结构,古地磁学者用它们寻找岩石中残留下来的古代地磁场痕迹,天文学家用它们监视着太阳的活动……

地磁学是一门古老的基础学科,同时也是一门充满活力的应用学科。随着科学技术的发展,特别是计算机和航天技术的发展,地磁学的新发现不断给人们带来新的希望和激动。地磁学的研究领域不断在扩展,概念不断在更新,地磁学与其他学科交叉结合诞生出极富生命力的边缘学科。

本书试图用比较通俗的语言,阐明地磁场的一些基本概念:地磁场是什么?它的空间分布和时间变化有什么特征?地磁场是怎样产生的?研究地磁场有什么用?未来时代地磁场会怎样发展?对于一门历史悠久、积累丰富而又发展迅速、日新月异的学科来说,在如此有限的篇幅内要把上述问题交代清楚,对我来说并非易事。有些内容只好简写(如古地磁),有些内容完全略去(如地磁仪器),材料的取舍很难完全得当。

在此,我要衷心感谢朱岗昆教授在本书写作过程中给以的指导和教诲,感谢马石庄、安振昌、杨少峰等同志给以的帮助和指正。

徐文耀

2000年1月

目 次

总 序	i
前 言	iii
第一章 绪 论	1
第一节 电磁场的普遍规律	1
第二节 地磁场的基本特性	18
第三节 地磁场的起源	30
第四节 地磁异常的意义	32
第五节 地球空间电磁环境	37
第六节 地球变化磁场与太阳活动	49
第七节 产生地磁场的电流载体	51
第八节 地磁测量	58
第九节 地磁学发展简史	66
参考文献	83
第二章 地球主磁场形态学	87
第一节 主磁场的拓扑结构	87
第二节 主磁场的球谐分析	93
第三节 磁场的多极子分解	101
第四节 主磁场模型和地磁坐标系	110
第五节 国际参考地磁场	123
第六节 主磁场的长期变化	133

第七节 主磁场的西向漂移	141
第八节 主磁场的极性倒转和古地磁	150
参考文献	153
第三章 地球主磁场的地核起源	158
第一节 地球主磁场起源研究的历史回顾	158
第二节 地球发电机过程的深部环境	163
第三节 地核中的力学过程和电磁过程	167
第四节 圆盘发电机	177
第五节 运动学发电机	183
第六节 湍流发电机	191
第七节 磁流体发电机	193
第八节 地球发电机过程的实验室模拟	201
第九节 地球发电机的能源问题	210
参考文献	213
第四章 地壳磁场形态学	216
第一节 地壳磁场的时空特点	216
第二节 地磁异常的描述方法	218
第三节 地壳磁场的测量	229
第四节 全球地壳磁场模型	236
第五节 区域地磁异常模型	243
参考文献	249
第五章 地壳磁场的磁性岩石起源	253
第一节 岩石磁性	254
第二节 地磁异常的正演	258
第三节 地磁异常的反演	262
第四节 地壳磁异常与地壳磁化强度	271
第五节 海底磁异常与海底扩张	272
第六节 卫星磁测及其地球物理意义	275

参考文献	282
第六章 地球变化磁场形态学	284
第一节 变化磁场的时空特点	284
第二节 变化磁场的分析技术	288
第三节 变化磁场的等效电流	300
第四节 平静太阳日变化 S_q	307
第五节 平静太阳日变化 L	319
第六节 地磁暴与太阳扰日变化 S_D	322
第七节 地磁亚暴与湾扰	328
第八节 地磁钩扰	332
第九节 地磁脉动	334
第十节 地磁活动性和地磁指数	338
参考文献	347
第七章 地球变化磁场的空间电流起源	352
第一节 地球大气的基本性质	352
第二节 磁场中带电粒子的运动	362
第三节 磁流体中的电流	372
第四节 电离层与磁层电流体系	383
第五节 磁层顶电流	385
第六节 辐射带与赤道环电流	387
第七节 磁尾电流	397
第八节 场向电流	399
第九节 电离层电流	404
参考文献	420
第八章 地球感应磁场形态学	425
第一节 感应磁场的一般概念	425
第二节 全球性感应磁场的空间分布	427
第三节 区域感应磁场的形态学特点	433

X	目次
第四节	局地感应磁场与变化磁场异常..... 440
参考文献	 447
第九章	地球感应磁场的岩石电性起源..... 449
第一节	地球电磁感应的一般概念..... 449
第二节	电磁感应的基本原理..... 452
第三节	地球电导率模型..... 454
第四节	由全球感应磁场推测地球电导率..... 459
第五节	由区域感应磁场推测区域电导率分布..... 462
第六节	由局部地磁变化异常推测电导率异常..... 464
参考文献	 471
第十章	近地空间电磁环境和空间天气..... 473
第一节	近地空间电磁环境的一般概念..... 473
第二节	太阳活动..... 480
第三节	行星际空间的结构和变化..... 490
第四节	磁层与太阳风的相互作用..... 495
第五节	电离层与磁层的耦合..... 523
第六节	地磁活动与太阳的关系..... 529
第七节	空间天气与地球电磁环境..... 537
参考文献	 546
附录 A	地磁数据库和资料中心..... 550
附录 B	地磁仪器原理简介..... 553
彩 页	

第一章 绪 论

第一节 电磁场的普遍规律

磁性是物质的基本属性,磁场是物质存在的一种重要形式。

在科学技术和日常生活中,磁场是我们最熟知的自然现象之一。从指南针、玩具磁铁、磁化水杯到电器电表,从地球、太阳、银河系到星系际空间,从分子、原子、原子核到基本粒子,从蜜蜂、信鸽、鱼类到人类肌体……磁场几乎无处不在,差别只是强弱与位形不同罢了。唯物主义认为,宇宙万物都是由物质组成的,而粒子和场是自然界物质存在的两种基本形态。在以场形态存在的物质中,磁场是宇宙中极其重要和普遍的一种场。

一、自然界的磁场

磁场的存在虽然不能被肉眼直接感知,但通过它与其他物质的相互作用,如磁极之间的相互吸引或排斥、磁场对通电导线的作用、磁场对带电粒子运动轨迹的改变、磁场对导电流体运动状态的影响等等,人们逐渐认识了磁场的物质性和能量特点。

1. 常见的磁场

在日常生活、教学和科研中,我们经常接触到各种各样的磁场。图 1.1 是几种常见磁场的示意图。上面两幅是条形磁铁和通电螺线管周围细铁屑排列的实验图,铁屑的分布清楚地指示出磁场的方向;中间两幅用磁力线形象地描绘出磁场分布图案,箭头表示磁场方向,磁力线的疏密表示磁场强度的大小;下面两幅显示出圆电流磁场和地球磁场的相似性,这种相似的磁场

结构在条形磁铁和通电螺线管的磁场中也可以看得很清楚。为了对各种磁场有一个数量级概念,图中还标出了典型磁场值(相当于地球表面地磁场的最大强度)。特斯拉 T 是国际单位制 SI 中磁感应强度的单位,在地磁学中,经常使用一个更小的单位——纳特(nT), $1\text{ nT} = 10^{-9}\text{ T}$ 。

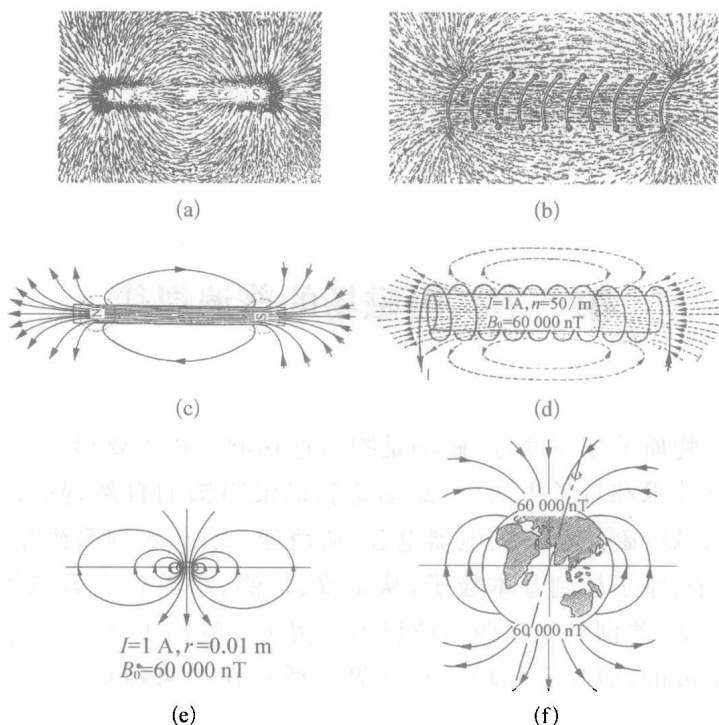


图 1.1 几种常见磁场的实验图和磁力线示意图

(a) 条形磁铁周围细铁屑排列的实验图;(b) 通电螺线管周围细铁屑排列的实验图;(c) 用磁力线描绘的条形磁铁周围的磁场分布,箭头表示磁场方向,磁力线的疏密表示磁场强度的大小;(d) 用磁力线描绘的通电螺线管周围的磁场分布,图中数字表示当 1 安培电流通过每米 50 匝的螺线管时,在螺线管中心可产生 60 000 nT 的磁场;(e) 圆电流线圈的磁场,图中数字表示当 1 A 电流流过 1 cm 半径的圆线圈时,在线圈中心可产生 60 000 nT 的磁场;(f) 地磁场,磁极附近的磁场约为 60 000 nT。

在日常生活和科学研究中遇到的磁场,其强弱差别非常悬殊:人脑的磁场不到 10^{-12} T ;心脏磁场不到 10^{-10} T ;常用仪表中的永久磁铁,其空隙中的磁场约为 $10^{-2} \sim 10^{-1}\text{ T}$;大型电磁铁可产生 1 T 的磁场;在极低的温度下,超导磁体的磁场高达 10 T ;在实验室条件下,如进行激光引爆,把化学能转变为瞬时磁场能,最大能达到 100 T ,相当于地球磁场的 200 万倍。

2. 宇宙天体的磁场

磁场是宇宙天体固有的基本属性。水星、地球、木星、土星、天王星和海

王星等行星,中子星、脉冲星和太阳等恒星,银河系和其他星系都有强度不同、结构各异的磁场。近年来的空间探测发现:行星的卫星也具有磁场,地球的卫星——月球的磁场十分微弱,但木星的卫星却有很强的磁场。

宇宙中磁场强弱差异极为悬殊:地球表面最大磁场约为 $6\times 10^{-5}\text{ T}$;离我们最近的天体月亮最大磁场不到 $3\times 10^{-7}\text{ T}$;在银河系的星际空间,磁场仅为 10^{-10} T ,与人类心脏的磁场相当;星系间空间的磁场强度估计只有 $10^{-13}\sim 10^{-12}\text{ T}$,接近人脑磁场的强度。

宇宙中比地球磁场强的天体很多。太阳的普遍磁场约 $1\times 10^{-4}\sim 2\times 10^{-4}\text{ T}$,比地磁场大一个量级,而太阳黑子的磁场可以大到 0.1 T ;许多磁星的磁场在 10^{-2} T 以上,最强的可达 1 T ;一种晚期恒星白矮星,它的体积虽小,磁场却高达 10^3 T ;中子星的磁场高达 $10^8\sim 10^{10}\text{ T}$ 。

2002年,美国航天局(NASA)戈达德太空中心科学家艾伯拉里姆利用X射线探测器,找到了迄今为止宇宙中磁性最强的星体——SGR1806-20。这是一颗直径约为16 km的密实中子星,其核心是坍塌的星体,质量比太阳大十倍,磁场约为 10^{11} T 。艾伯拉里姆说:“如果这颗磁星靠近月球,那么我们人体中的分子将会被重新排列。幸运的是,SGR1806-20离地球四万光年,所以地球是安全的。”

表1.1列出各种磁场的典型值以作比较,从最弱的人脑磁场到最强的磁星磁场,我们已知的磁场强度相差二十几个数量级。最令人惊异的是,这些强度悬殊的磁场居然遵循同样的物理定律,受控于同一组方程——麦克斯韦方程组。

表 1.1 自然界和实验室各种磁场的典型值

磁 场 名 称	强度(T)
人脑磁场	10^{-12}
心脏磁场	10^{-10}
常用仪表磁铁磁场	10^{-2}
玩具冰箱磁铁磁场	10^{-2}
大型电磁铁磁场	10^0
超导磁体磁场	10
激光引爆瞬时磁场	10^2
星系间空间磁场	$10^{-13}\sim 10^{-12}$
银河系星际空间磁场	10^{-10}

续表

磁 场 名 称	强度(T)
太阳风磁场	5×10^{-9}
星际分子云磁场	10^{-7}
月亮表面磁场	3×10^{-7}
地球表面磁场	6×10^{-5}
太阳的普遍磁场	$1\sim2\times10^{-4}$
巨星典型磁场	10^{-2}
太阳黑子磁场	10^{-1}
木星磁场	10^{-3}
磁星磁场(如 BD + 542846)	$10^{-2}\sim10^0$
白矮星磁场	10^3
中子星磁场	$10^8\sim10^{10}$
Magnetar SGR1806-20 磁场	10^{11}

宇宙天体的磁场产生于天体内部,并远远地扩展到天体周围的空间。磁场渗透在该天体周围的等离子体介质中,使之成为磁化等离子体。随时间和空间而变化的天体磁场与运动的等离子体共同构成了特定的天体环境。不同天体的磁场和等离子体之间发生着相互作用,产生了复杂的能量、动量和物质交换过程,并形成各自的分布区域和作用范围,进而形成了充满太空的宇宙磁场。例如,地球和其他太阳系行星磁场与太阳风(向外运动的太阳大气)相互作用,形成地球和行星磁层,构成了地球和行星的空间范围;太阳磁场与星际风作用形成日球层,构成了太阳系的空间范围;同样,银河系及其他星系的磁场与其外运动的星系际风等离子体和磁场相互作用也构成了它们各自的范围。在这一层一层嵌套式的空间结构中,磁场起着主导作用。

表 1.2 列出太阳系行星和其他天体磁场的基本参数。图 1.2(a)用比较的方法给出太阳系行星、脉冲星、星系等几种天体的磁场结构示意图,由此可以看出天体磁场的普遍性及其结构的相似性。图 1.2(b)是太阳系行星和彗星的三种磁层类型:地球木星型(包括外行星和水星,有强大的固有磁场和磁层)、金星火星型(磁场弱,大气薄而固体本体很大)和彗星型(固体本体小而大气层极厚)。图 1.3(a)是根据理论考虑想象的日球层示意图,显示出不同层次的空间磁场及其嵌套式结构。

表 1.2 太阳系行星、卫星和其他天体磁场的主要参数

	平均日 心距(AU)	平均 半径(km)	自转周期 (d)	磁矩 M_E ($A \cdot m^2$)	表面赤道 磁场 ($10^{-4} T$)	表面最大 磁场 ($10^{-4} T$)	表面最小 磁场 ($10^{-4} T$)	磁轴与 自转轴的 夹角(度)	磁层 顶距
水 星	0.39	2 439	58.646	4.5×10^{19}	0.004			166.0	$1.3R_{Me}$
金 星	0.72	6 055	243.010	$<5 \times 10^{19}$					$0.1R_V$
地 球	1.00	6 372	0.997	7.8×10^{22}	0.31	0.68	0.24	169.2	$11R_E$
火 星	1.52	3 398	1.026	2.0×10^{19}	0.000 6			15.0	$1.2R_{Ma}$
木 星	5.20	71 398	0.410	1.6×10^{27}	4.28	14.30	3.20	9.7	$45R_J$
土 星	9.55	60 330	0.426	4.3×10^{25}	0.22	0.84	0.18	0.0	$21R_S$
天王星	19.19	25 559	0.646	3.9×10^{24}	0.23	0.96	0.08	59.0	$27R_U$
海王星	30.07	24 764	0.658	2.0×10^{24}	0.14	0.90	0.10	47.0	$26R_N$
月 球	1.00	1 737	27.322	$<1.1 \times 10^{16}$		0.003			
木卫三	5.20	2 634	7.15		0.007			176.0	$1.6R_G$
中子星						10^{15}			
磁 星						10^{15}			
太 阳	0	696 000	25.38	2.0×10^{29}		普遍磁场 1~2, 活动 区约 10^3			

注: 1. AU 是天文单位(地球到太阳的距离), $1 AU = 1.5 \times 10^8 km$.
2. 1900 和 2005 年地球磁矩 M_E 分别为 $8.32 \times 10^{22} A \cdot m^2$ 和 $7.76 \times 10^{22} A \cdot m^2$.
3. 行星自转轴的正向由自转方向用右手法则确定, 磁轴的正向由 S 极指向 N 极。(注意: 地球的磁 N 极在南极附近, 而磁 S 极在北极附近).
4. R_{Me} 、 R_V 、 R_E 等分别是各星体的平均半径.