

■ 21 世纪启明星
科普丛书

Shandian Zhaoliang Renlei

闪电照亮人类

周林峰

河海大学出版社

·21 世纪启明星科普丛书

闪电照亮人类

周林峰

河海大学出版社

21 世纪启明星科普丛书

编委会名单

杨 飞 华耀国 袁卫国 马文蔚 周林峰
楼书聪 黄建民 徐安全 柳建国 张明昌
陈绍祖 解启庚 王其超 王长远 查一民
朱宪卿 朱 辉 谢业保 陈玉国 魏 连
吴一安 施 萍
丛书策划: 朱 辉 朱宪卿

责任编辑 施 萍

闪电照亮人类

周林峰

出版发行: 河海大学出版社
(南京西康路 1 号 邮政编码: 210098)

经 销: 江苏省新华书店

印 刷: 扬中市印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 7.5 字数 161 千

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—10000 册

ISBN 7-5630-1081-5

TM · 14

定价: 8.00 元

序

20 世纪即将结束，新世纪的曙光已在向我们召唤，在世纪之交的今天，中华民族的发展也到了一个关键的时刻，我们的民族既面临着良好的机遇，也面临着严峻的挑战。国家要富强，民族要昌盛，作为第一生产力的科学技术，已成为决定性因素。而科学技术要成为现实的生产力，其关键又在于用现代的科学技术武装人，在于推动教育事业的发展，尤其是要重视科学教育事业。

科学教育和普及工作要从娃娃抓起。当前，我国普通教育中的科学教育从总体上看还是好的，但是比较地重视观念形态的科学，并且用应试的方式将其强化到一种极端的状态，而对技术教育、对科学实践环节的教育和训练则比较忽视，对科学方法和科学精神的培养、教育也显薄弱。针对这种情况，在教科书之外为青少年编写一些科学教育读物，提供一些让他们进行科学实践的材料，对科学技术的普及、对提高青少年的科学素养都是十分有益的。

河海大学出版社依托高校科研优势，组织江苏省科普作家协会的专家、教授们编写了“21 世纪启明星科普丛书”，经过两年的努力，出版面世了。这套丛书，涵括了主要科技领域内的科普新知识，编写严谨、新颖、生动，视野开阔。我相信，这套科普丛书将成广大青少年学科学、用科学的有益读物。

周德藩

1997.3.13

目 录

前面的话	(1)
开场白	(1)
1. 闪电照亮人类	(3)
1.1 电磁孕育了地球	(3)
1.2 从莱顿瓶到发电机	(7)
1.3 物质世界的层次	(12)
1.4 重要的能源——电	(15)
2. 声音与回响	(26)
2.1 从留声机到语音合成	(26)
2.2 奇妙的声波	(31)
2.3 水中侦察能手——声纳	(37)
3. 电子时代的探索	(40)
3.1 第一只电灯泡和现代电光源	(40)
3.2 安全而方便的电源——电池	(43)
3.3 电子线路的心脏	(48)
3.4 把电子技术从困境中解脱出来的人	(51)
4. 天赐的资源	(55)
4.1 电磁波	(55)
4.2 地球外的电离层	(57)
4.3 人体电波	(61)
5. 绝妙的思路	(64)
5.1 载波和无线电调制	(64)

5.2	收音机和“超外差”	(67)
5.3	伸向空中的“触须”	(71)
5.4	红外线、紫外线和伦琴射线	(74)
5.5	微波和电子辐射	(79)
6.	发展的电视技术	(83)
6.1	电视“PAL”系统发明人华尔特·布勒施	(83)
6.2	数字化彩色电视机	(87)
6.3	立体彩色电视	(89)
6.4	摄象管和形形色色的电视	(94)
7.	迈向新世纪的通信技术	(100)
7.1	通信史话	(100)
7.2	脉码调制发明人里夫斯	(105)
7.3	罗德维克的梦想	(107)
7.4	传真机	(110)
8.	卫星与电子技术	(113)
8.1	通信卫星	(113)
8.2	卫星广播	(117)
8.3	卫星遥测和气象卫星	(120)
8.4	卫星导航系统	(123)
8.5	人类的太空之旅	(125)
9.	覆盖空域的雷达	(132)
9.1	雷达种种	(132)
9.2	无线电波引导飞机着陆	(138)
9.3	飞机上的雷达能显示些什么	(142)
9.4	“提康德罗加”巡洋舰上的武器	(143)
10.	神秘的光线	(146)
10.1	光的二重性	(146)

10.2	激光之谜	(148)
10.3	激光电视唱片——光碟	(154)
10.4	“CD”机是怎样跟踪信号的	(157)
10.5	可以擦去信号的光碟	(160)
11.	人类智慧的结晶	(162)
11.1	电子计算机和机器人	(162)
11.2	机器人的感觉从何而来	(172)
11.3	机器是怎样识别硬币的	(175)
11.4	在未来的汽车里	(177)
12.	崭露头角的超导体	(179)
12.1	超导现象	(179)
12.2	磁浮列车	(182)
13.	假如你亲自动手	(184)
13.1	使用电阻、电容应注意什么	(184)
13.2	测试元器件的简易方法	(185)
13.3	用示波器测量电压、电流	(187)
13.4	电子元件的选用	(188)
13.5	集成电路和半导体器件	(189)
14.	小制作	(191)
14.1	动手做一只光度计	(191)
14.2	自制电子温度计	(193)
14.3	音乐震音器	(197)
14.4	自制袖珍金属探测器	(202)
14.5	简易电子定时器	(205)
14.6	电子指北针	(208)
14.7	自制语言合成器	(213)
15.	小词典	(221)

开 场 白

闪电蕴含着无限的能量，划破夜空震撼大地。如果说晴朗夜空闪烁的星辰引起人类飞出地球、探索宇宙的美妙遐想，那么黑夜苍穹中的闪电则唤醒了人类，在艰难的生存中赶紧去寻求能量，去摆脱恐惧。自然界的闪电，慷慨地给人类送来了火种。在寒冷无望的时刻，火给人类以温暖。熟食使人类获得了更加丰富的营养，变得聪明。古人后来又用火冶炼出了铜铁制品，从此人类生活发生了决定性的变化。

可是，闪电还在震怒，它急切地企盼人类去主宰自然。闪电用变幻和神奇的力量去启示芸芸众生。愚昧的人类在地球上生活了数万年之后终于认识了闪电，并且最终步入了电子时代。人类变得如此伟大、如此自豪，是因为人类取得了一把打开宇宙奥秘之门的万能金钥匙——电子技术。

电的研究起初是在物理学和真空技术的边缘上成长的，它扎根于物理和数学，现在它又把根须伸到生物学中去汲取营养。

智慧的人类如今正处于辉煌的电子时代，已经创造的高质量电子元器件和设备、信息控制系统、存贮系统取得了超远程、高精度、大容量等卓越成就。这些成就推动了原子科学和空间科学的飞速发展。电子科学为人类获取了巨大的能量来源，为人类了解地球的过去和未来，驰骋宇宙空间提供了先决条件。

现代人类的生活可以说直接、间接的无时无处都离不开电。电是无焰的火，却比火更烈。它可以熔炼出无比坚硬的材料——合金。电磁炉、微波炉带来了家庭厨房的革命性改变。电冰箱、空调给人以舒适的四季享受。电话、电视、电脑能使信息交流广泛而迅速。利用电脑记忆知识和经验并进行推理，这就意味着“聪明”已不再是少数人所自命不凡的天赋了。

电子时代的人类富有激情，敏锐而成熟。他们热爱生活、珍惜自然、崇尚教育、推崇科学。在本书中笔者尽量避免老生常谈，力求从较高的立足点出发，向大家展示我们这个电子时代的朵朵奇葩。希望本书能激发大家对电以及电子学的兴趣，并能激发出“未来发明家”们的灵感。

编 者

1996.7

1 闪电照亮人类

1. 1 电磁孕育了地球

茫茫宇宙，日月如梭，星移斗转，河汉纵横。穹苍之上一个个发光的神秘星体，自古以来就引起了人们无限的遐想。那里是一个什么样的世界？地球和地球上的生命又是怎样产生的？这一切又与电磁有什么关系？

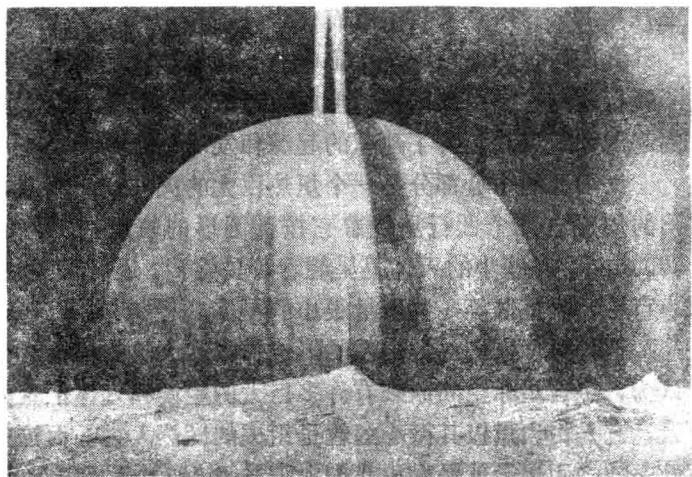
我们居住的地球，是宇宙中的一颗星体，是太阳系里的一颗行星。它是由太阳系的形成而形成。换言之，太阳系的起源和发展，包含了地球的起源和发展。

太阳系的中心部分是一个炽热巨大的火球——太阳。太阳的周围有九个大行星绕着它按椭圆形的轨道在不停的运转。此外，一些小的天体卫星绕着行星旋转，还有很多慧星、小行星、流星群等一些质量很小的星体。

现代科学家们对太阳系的形成作出了大致的描绘。他们认为，宇宙星际空间原来有许多巨大的尘埃和气体汇聚的星云，它是由大量极其微小的粒子组成的庞然大物。而这些星云中的一团星云就是生成我们太阳系的“原始太阳云”，原始太阳云一开始就不稳定的自转着，并且在自身的引力作用下

不断地进行收缩，体积收缩导致了自转加速。速度增大，离心力也随之增大。这样本来大致是球形的原始太阳云逐渐地变扁起来，形成了一个圆盘的形状。在收缩的过程中原始太阳云的密度越来越大，内部温度急剧上升，当达到数百万度的时候，原始太阳云内部产生了核反应。反应以光和热的形式释放出巨大能量，产生强烈的幅射，它还以“风”的形态向宇宙空间抛出大量电子和质子流。这就是太阳的形成。

太阳经过一个不稳定的阶段，它不断向外抛洒物质，这种尘埃物质作为气体凝聚的核心又集聚成为一个个小团块，继而形成“尘环”，团块增大的尘环在天体学上称为“行星胎”。这是太阳行星的起源，地球也是这样形成。太阳系中各大行星生成的时间不同，最内层水星的形成经过了几十万年，我们居住的地球大约也经过几十万年的形成阶段，而外层的海王星据研究它的形成阶段则需要几千万年之久。



土星奇观——土卫五的地平线看土星的情况

地质学家通过对地球岩石的分析，判定地壳中最老的岩石年龄为 35~46 亿年，粗略估计太阳的年龄约为 50 亿年。地球内部的构造是分层次的，最表面的一层是地壳，地壳以下是地幔，最内层是地核。地壳最厚的地方有 70 公里厚，最薄的海洋地壳的厚度仅有 5 公里。地幔厚约为 2851 公里。地幔上部是低速流动层，温度接近岩石熔点，它在地质力的作用下能缓缓流动。地核分为外核和内核，内核半径约为 1215 公里。外核是液体，内核是固体，主要成分是铁、镍、硫、硅。地心内最高温度为 6880 摄氏度，高于太阳表层温度（5760 摄氏度）。地核的一部分是导电流体，形成地球磁场和地下电流。当地球磁场受天体影响感应了地下电流时，地下电流又会形成新的地面磁场。地球上许多现象，如高空辐射带、高空环形电流、极光都与地磁有关。



电闪雷鸣的世界——地球的早期时代

最新科学研究指出，在太阳系最初形成时，月球受到地

球的引力而成为它的卫星，而月球在被扯到靠近地球的过程中，曾经对地球产生了极大的影响。当月球接近时，地球表面的海洋出现强烈的潮汐起伏，这种起伏所引起的巨大摩擦力，使地球温度剧增，导致地心熔化，地心的岩浆在高温及高牵引力作用下，出现旋转式的滚动，其结果产生了磁场。这个“超巨”磁场，对地球形成了一个“保护盾”，减少了来自太空的宇宙射线的侵袭。地球上的生物之所以能够生存滋长，全依赖于磁场保护盾的庇佑。如果没有了这个保护盾，外来的幅射线，会将最初出现在地球上的生命幼苗全部扼杀，他们根本无法在地球上滋生。

地壳是由各类岩石构成的。在地质学上把地壳变动剧烈的时期称为“造山时期”，称地壳比较平静的时期为“造陆或造海期”。地球早期的地壳较薄，岩浆喷发与侵入活动比较频繁，地表风化，存在着火山喷气、热液的作用。大量的陨石坠落撞击刚刚凝固的地面，空中不断电闪雷鸣。

30 亿年前地球大气还不含有自由氧，大陆上完全没有生物，仅在海洋中有一点间歇繁殖的原始生物。“太古代”的海水是酸的。直至距今 20 亿年前，海水和大气的成分才基本和现在差不多，海水由酸性改变为弱碱性，才开始适应生物的繁衍。在距今 3 亿年前，地球进入古生代中期，地球的陆地上开始出现原始植物。众所周知，地球上的绝大多数生物离不开氧气，而地球初期又没有自由氧，氧气是怎样产生的？海水是怎样由酸性变成弱碱性的呢……虽然生命产生的具体细节我们还未完全知晓，但雷电无疑在其中起到了极其重要的作用。

雷电是一种放电现象，它体现出一种巨大不可抗拒的能量。每当云层之间，云地之间，云与空气之间的电位差增大

到一定程度时，这种放电现象就以闪电的现象表现出来。闪电的形状千奇百怪，有的象金蛇狂舞；有的分叉犹如树木根须；有的就是一团火球；有的则是一片红云。闪电过处由于电弧的高温，使空气中的水滴产生气化，气化使空气迅速膨胀而产生爆炸，雷声就是这样来的。

据科学家统计，现代地球由于各种原因产生的电要形成每天不少于四至五万次的雷爆，而一次雷击可使地球土壤增加5吨以上的氮肥。在地球形成的初期，由于地壳温度高，雷电冲击地球远远超过如今的数量。事实上，任何高温气体都会产生电离，电离的气体包含着丰富的自由电子，当低电离物质，如钾、钠、铯等，混入摄氏三千度高温气体时就会直接变成导电的流体。强大的地球磁场、威力无比的闪电经过二十多亿年把地球上的物质进行了充分地揉合，能量的作用使简单的单分子成为比较复杂的分子。在所有的最小的原子中，碳原子紧密地挤在一起，以至于最后成为有机分子时变得足够庞大，足够复杂，足够微妙，足够易变，从而具有那些与生命相连系的主要性质；使低级生命单元，完成高级生命的进化。人类学家认为最早的灵长目动物出现于7000万年以前，人猿分家大约开始于1400万年以前，现代人类到目前的样子大约是三万五千年以前的事情。

不可否认，电磁以能量的形式孕育了地球，也包括孕育了地球上的一切生命。

1. 2 从莱顿瓶到发电机

一个多世纪以来，人们对电的认识应该从“莱顿瓶”说起。在“莱顿瓶”未产生之前，人们曾经发现许多种物质相

互摩擦都会产生吸引轻小物体的现象(如用丝绸摩擦玻璃棒、毛皮擦橡胶棒)。古代希腊人用毛皮摩擦琥珀发现摩擦过的琥珀能使毛发竖立，当时认为这是一种神秘的力量。这种神秘的力量来自于琥珀，“电”这个词的来源就是英语单词“琥珀”的译音。

1745年荷兰莱顿地方的马森布罗克，将电从摩擦起电机中用金属线引出，送至贴有金属箔的玻璃，并将电荷储存在瓶里，这就是起初的储存电荷的装置，后称莱顿瓶。当带有正负电荷的莱顿瓶放电时，会使人感到强烈的电震，开始这只被达官贵人当做一种游戏。典型的莱顿瓶的构造是在一个玻璃瓶的内外各贴有一层金属箔作为极板，金属棒从橡胶瓶塞当中插入。金属棒上端有一个圆形金属球，下端附金属链，可以与内层金属箔接触。用一定的操作方法，莱顿瓶可以带电或放电。

伟大的电学开创者富兰克林就是从莱顿瓶开始了他对电学的研究的。1747年一位英国朋友给富兰克林送来了一神奇的礼物——莱顿瓶，由此引起了他对电学的兴趣。当时电学还是一块处女地，西方普遍流行“雷电是上帝在发怒”的说法，可见研究雷电不是闹着玩的。美国科学家富兰克林，是一位企业家，1731年他首先在费城创建了美国第一个公共图书馆，还参与写作美国“独立宣立”。1752年他年过四十，为了探索电的秘密，冒着雷电致命的危险，在他儿子的协助下，用丝绸手帕做成一只大风筝，并且将它放飞上了阴霾将雨的天空。富兰克林用麻线系着风筝骨架，并连通到莱顿瓶中。当雷电交加，大雨倾盆的时候他终于感到了一股来自天上的强烈电震。他高声狂呼“我受电击了”、“闪电就是电”，“天上的电与地上的电是统一的”。科学的实验证明了雷电不是上帝

发怒，它向人们宣布了闪电也是一种放电现象，承认了电是自然的客观存在。在这基础上富兰克林发明了避雷针，这是他对大气电学做出的巨大贡献。富兰克林是一个幸运的成功者，这样的危险实验曾使得不少人丧失了宝贵的生命。

意大利人伽伐尼在用金属刀去解剖青蛙时，发现青蛙腿会因此而痉挛起来，伽伐尼反过来想，会不会蛙腿在痉挛的时候会产生所谓的“生物电”呢？伽伐尼把这个实验和他的想法告诉了他的同乡伏打。起初伏打同意伽伐尼的这种看法。但是细心的伏打重复做了这一实验之后有了新的发现。当他用两种不同金属接触死去的青蛙腿的时候，青蛙腿就会痉挛。当伏打用酸溶液替代青蛙腿，连接两块不同金属的时候奇迹发生了，竟然产生了电流。而且这种电流是一种持续不断的电流。就是这样，伏打发明了最原始的电池。在物理学上称之为“伏打”电池。

伏打的研究表明：电无所谓有“生物电”与“非生物电”之分，电的本质是一样的。电流是运动的电荷，流动的电荷。伏打电池的研究表明人们对电的研究已经从静电范畴改变为电流范畴。

在此前不久，法国人库仑曾经提出电荷间作用力的公式。这些就是19世纪人们对电的基本知识的获得，人们把此称为经典电学发展的第一阶段。

对电磁关系的了解，具有开创性意义的研究者是丹麦人奥斯特。1802年奥斯特受伏打电池影响很大，他对电流的效应做了广泛深入的研究。他发现导体经过电流就会产生热量，大电流甚至能使导线发热、变红、发光。起初奥斯特认为电流是一种化学力。电性有正、负之分，磁极有南北之分。他联想电流能否会使磁石、磁针偏转呢？奥斯特的实验成功地

证实了这些。1820年奥斯特写出了《关于电的排斥力对磁针的影响的各种实验》的论文，他首次把电和磁联系在一起了。

1822年法国人阿拉果和盖·吕萨克，将导线环绕在铁块上。通电的结果是铁块被磁化了，这就是电磁铁。安培的实验更为简单直接，他直接对线圈通电吸引铁物。并指出方向相同的两根平行电流相互吸引，相反方向的两根平行电流相互排斥。

电能够使物质产生磁性，电流可以产生磁场，从逆向考虑磁场是否能够产生电流呢？英国人法拉第经过10年的努力奋斗，取得了突破性的进展。1831年法拉第将软铁棒弯成环形，环上用绝缘铜线绕A、B二只线圈。A线圈连接电池、开关，B线圈接一电流计。当合上开关使A线圈通电时，B线圈中的电流计指针发生了转动；当打开开关A线圈断电时，B线圈中电流计指针反方向偏转，这说明B线圈中有电流暂时存在。此后法拉第在中空的纸筒上绕线圈并且连结一个电流计，当磁铁在纸筒中插进和拔出时电流计指针也转动了。实验说明只要磁铁运动，导线切割磁力线运动就会产生感应电流。据此法拉第做出了第一个发电机模型，“磁生电”是法拉第毕生最伟大的贡献。

法拉第没有受过正规学校教育，从13岁到21岁他当过报童、做过学徒，他卓越的建树与他的学历太不相称了。然而，法拉第以他的志向成功地弥补了不足的缺陷。法拉第为了科学事业，直到33岁才结婚。他谢绝了每年5000英磅的重金聘请，在追求科学真理的道路上前进，值得后人永远学习。由于法拉第数学水平的限制，他没有建立起电磁场理论，遗憾地说，他只是一位伟大的实验物理学家。这是古典电磁学的第二阶段。