

(比利时) 克里斯汀·布克纽 王雪颖 著

雷电 科学史话

——你真的知道它有多危险吗

清华大学出版社

雷电 科学史话

——你真的知道它有多危险吗

(比利时) 克里斯汀·布克纽 王雪颖 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是一本雷电发展史的精缩本,涵盖远古时代的雷电神秘史、雷电科学、雷电防护技术、最新的雷电研究动态等,将人类对雷电认识和利用的发展历史全面地呈现给读者。作为一本科普读物,本书深入浅出,既提示了有关雷电的各种神秘自然现象,又介绍了与雷电相关的物理学、气象学、建筑技术、防雷技术等学科,浅显易懂,回避了高等数学的知识。特别是在当前微电子设备的应用日益广泛、国内防雷行业发展迅猛的形势下,本书中的一些图表、数据、插图对各类专业人员认识雷电的成因、机理和防雷也有很高的参考价值。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

雷电科学史话:你真的知道它有多危险吗/(比)布克纽,王雪颖著.--北京:清华大学出版社,2010.4

ISBN 978-7-302-22287-3

I. ①雷… II. ①布… ②王… III. ①雷—普及读物 ②闪电—普及读物 IV. ①P427.32-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 052947 号

责任编辑:宋成斌 李 嫚

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:140×210 印 张:4.75 字 数:95 千字

版 次:2010 年 4 月第 1 版 印 次:2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:15.00 元

产品编号:036404-01

序

公元前 1500 年殷商甲骨文中就有“雷”字，西周青铜器上有代指闪电的“电”字。中国最早关于雷电的文字记载是东汉哲学家王充(27—约 97 年)在《论衡》中的描述：“雷者火也。以人中雷而死，即询其身，中火则须发烧焦。”早在《易经》中就有“雷在地中”的记载，这是世界上最早对上行雷的描述。在《周书》中有世界上最早的球雷的记载。在中国，长期以来将雷电看作神灵，多惩罚暴君及百姓中的恶人，更是道教的神，供诸江西上饶三清山。元代末无神论的代表刘基(1311—1375 年)在《刘文正公文集》中对雷电有了清晰的唯物论观点：“雷何物也？曰雷者，大气之郁而激发也，阴气团于阳，必迫，迫极而迸，迸而声为雷，光为电。”可惜中国古代对雷电的认识只停留在观察自然、理性思辨的阶段。

西方的雷电研究也经历了神鬼论阶段，但从 17 世纪开始就开展了大量的科学试验研究。国际上关于雷电的科学研究始于 1926 年弗龙·博伊斯(Vernon Boys)发明高速扫描照相机^①。随

① 专门记录闪电的照相系统。

着现代观测技术的发展,高速照相机、高速摄影机、雷电定位系统、雷电监测卫星以及大量的雷电物理的研究,人类对雷电已经有了深入的认识,正逐步揭开雷电的神秘面纱,已总结出合理的防护措施,并制定标准来防范雷电的危害。但人类还远未达到揭示雷电的神秘性、还原雷电的本质、自如驾驭雷电的阶段。

比利时蒙斯工业大学物理系教授克里斯汀·布克纽博士(1986—1994年担任该校校长)毕生致力于雷电物理及其防护技术的研究,其关于不同接闪器的引雷效果的研究揭示了雷电防护的本源。布克纽博士同时长期致力于雷电历史、雷电神话学的研究。另外,布克纽博士还参与多个学术组织,长期致力于雷电防护标准化的研究,包括欧盟电工标准委员会 TC81X 主席,比利时皇家气象学会理事会主席,国际雷电防护会议科学委员会委员,特别是其在 1988—2007 年担任国际电工委员会雷电防护技术委员会的主席期间,对推动制定全新的雷电防护系列标准 IEC 62305 做出了杰出贡献。另外,布克纽博士还是著名的演讲家,在全世界 115 个国家作过雷电科学的技术报告和科普讲座。

布克纽博士将其毕生的研究成果汇集成了《雷电史话——雷电的危险性有多高?》^①,化庞博为浅显,平凡中见厚重。首先,这本书可以说是一本雷电发展史的精缩本,涵盖远古时代的雷电神秘史、雷电科学、雷电防护技术、最新的雷电研究动态等,将雷电的发展历史全面地呈现给大家。其次,它是一本雷电的科普专著,用平实的语言,将一门汇古博今、通天达地的学问娓娓道来,充满了趣味性,引人入胜。最后,它还是一本内容翔实的介绍雷电科学的学术专著,对于有意从事雷电研究的技术人员,站在巨人的肩膀上

^① 出版时,书名改为《雷电科学史话——你真的知道它有多危险吗》。

II | 雷电科学史话

概览雷电科学这样一门涵盖神话学、物理学、气象学、生物学、电学、建筑学、化学等的庞博学科,确有一种一览众山小的感慨。书末还提出了诸多雷电科学有待解决的问题,引领科学工作者直奔雷电研究的核心。

本书的法文版(第一版)已于2006年出版,并产生了巨大的影响。为了让中国的读者尽早分享布克纽博士的研究成果,充分认识雷电的危害,全面而概要地了解雷电防护学科,王雪颖女士通过合作改编,引进了本书中文版并对出版工作做了大量深入细致的工作。作为一名年轻而勤奋的防雷工作者,王雪颖女士近年活跃于国内外防雷领域,积极参与亚洲防雷论坛(ALPF)、国际防雷大会(ICLP)和IEC TC81等国际防雷学术活动,为推动国内防雷产品走向国际市场开展了卓有成效的工作。

本人与布克纽博士在国际电工委员会雷电防护技术委员会共事多年,一直视其为良师益友,景仰其特有的大家风范。同时也欣慰地看到越来越多像王雪颖女士这样的年轻人正在努力推进我国防雷事业的发展。适逢本书中文版出版之际,应邀审读文稿并作序。序的第一段关于中国雷电历史的简短述及,权且作为本书关于中国雷电历史的补充。

何金良^①

2010年1月

^① 清华大学电机工程与应用电子技术系教授,美国电气与电子工程师协会会员(IEEE Fellow)。

引 言

毫无疑问,远古时期的人类感到雷电使人惊恐,同时又令人着迷。所有古代文明的神话中都有闪电和雷声的身影(见第一章)。神话以及对雷击危害的观察构成了雷电历史,直到启蒙时期,本杰明·富兰克林和托马斯·弗朗索瓦·达利巴尔以及他们的同事们才开始用科学方法研究这一自然现象(见第二章)。然而,一直到19世纪末20世纪初,随着现代测量仪器开始得到应用,科学家才得以开展详细的雷电研究。

关于雷电,现代科学的解释是什么?这个问题的答案可以在第三~五章中找到。这几章分别介绍了雷暴云及其形成、雷电现象及其参数、雷电活动空间分布以及全球电路的最新研究成果。尽管与地球上的雷电有所不同,太阳系的一些其他行星同样也存在雷电现象。到目前为止,在雷雨云和大地之间,拖带细线的小型火箭从自然雷雨云中人工触发雷电的实验已进行过一千多次。这种人工

触发闪电为我们深入了解大气放电提供了极大帮助。

第六章论述雷电的物理效应。它们早已不再神秘。我们将考虑电效应、电动力效应、热效应、电磁效应、电化学效应、声(雷声)效应,以及最重要的方面:雷电对人和动物的影响。第七章介绍雷电二次效应和基本安全规则,并论述雷电造成的各种危害。

雷电防护是一个有重大实用价值的课题。雷电防护研究中,雷电接闪过程是一个关键问题,但仍然最不为人所了解(见第八章)。目前,防雷设计采用简化电气几何模型。人类居住的房屋是否需要防雷?这个经常问到的问题在第八章和第九章中论述。此外还讨论了电力线的防雷,介绍了以 2006 年新版雷电防护国际标准(IEC 62305)为基础的风险概念和风险评估方法。

最后,第十章介绍雷电的最新前沿研究。我们将讨论云顶和电离层之间发生的各种瞬态发光现象,这些现象多数与普通雷电有关。我们还将回顾近年观察到的与雷电有关的能量辐射(X 射线和伽马射线)现象。如果像许多科学家推测的那样,地球气候确实正在变暖,我们就可以预期未来的雷电活动会显著增加。

为使非技术专家的读者更容易阅读本书,书中插入了许多介绍电现象的插图和解释框。本书还为有兴趣补充有关物理知识的读者提供了附录,深入介绍大气放电的背景知识。

本书面向普通读者,因此每个人都可以阅读。对那些在工作中接触雷电及其危险性的工程师、气象工作者、护林员、生态学家、建筑师以及物理学家,本书可以成为一个很好的起点。

本书也是学生课外自修研究的理想读物。

致 谢

作者衷心感谢所有为本书的出版提供帮助的人,是他们的帮助和支持令本书得以问世。

本书是中外合作的产物,前期工作涉及大量的创作与修改,包括编、译、校等。张红文为书稿的翻译和校对付出了辛勤劳动,李自成和全薇参与了书稿的翻译,皮埃尔·朗贡特(Pierre Lecomte)和弗雷德里克·科奎雷特(Frederic Coquelet)为本书制作了大部分插图,马库斯·摩尔(Marcus Moore)和谢尔盖·拉科夫(Sergei Rakov)为本书打印提供了帮助,霍晋阳为本书的出版提供了建议和协助,作者谨此致谢。

特别感谢清华大学何金良教授审校全书并撰写序言,由衷感谢他为本书出版所给予的支持和鼓励。

在此,谨向以上为本书的顺利出版给予帮助、支持和鼓励的人致以我们最诚挚的谢意。

2009 年 12 月

目 录

序	I
引言	V
致谢	VII

第一部分 雷电仍然神秘莫测吗

第一章 雷电神话	3
有益还是惩罚,时时、处处	3
远古神话	4
古典神话	5
吠陀神话	7
从斯堪的纳维亚到高卢神话	8
保护圣徒	10

美洲神话	12
非洲神话	14
亚洲和大洋洲神话	18
世界各地	20
第二章 历史纵览	21
古代文明	21
从中世纪到启蒙运动	22
富兰克林还是达利巴尔	26
圣欧麦案	30
现代	31

第二部分 科学告诉我们什么

第三章 雷电源于何处	35
积雨云的特征	35
地球大气层	36
雷雨云的演变	37
电荷的分布	39
雷电放电的分类	40
地面上电场的变化	42
第四章 云地闪	44
概述	44
云地闪分类	45
云地闪现象：平坦地面	46
云地闪现象：高塔	50
雷电流参数	51

全球电路	58
第五章 哪些地方易受雷击	62
雷电发生率、监测及定位	62
能否人工触发雷电	64
其他行星上是否存在雷电	66

第三部分 雷电效应

第六章 物理效应	71
电效应	71
电动力效应	71
声学效应	73
热效应	73
电磁效应	74
电化学效应	75
雷电对人和动物的影响	75
第七章 二次效应和雷电损害	78
侧击	78
感应放电	78
跨步电压	79
接触电压	80
基本安全规则	81
雷电危害	83

第四部分 雷电防护

第八章 接闪和建筑物防护	89
接闪过程	89

电气几何模型	91
建筑物及其他构筑物的雷电防护	94
第九章 不仅是建筑物防护	100
内部防护	100
何时需要防雷	102
高压输电线的雷电防护	104
 第五部分 结束语	
第十章 新的前沿	110
淘气精灵、红色精灵、蓝色喷流	110
实验室放电与自然雷电的对比	111
尚在进行中的研究	112
雷电和气候变化	115
雷电的危险性有多高	116
 附录 实验室放电	119
电气击穿	119
流注理论	120
不均匀场中的放电	122
空间电荷效应	123
长火花	125
 术语索引	129

第一部分

雷电仍然神秘莫测吗

自人类起源以来，雷电就令人着迷，往往被当成强大的神的特征之一。这种令人惊异的自然现象有时令我们欣喜，但通常却让我们害怕！这不仅仅是因为它的破坏性，还因为一直伴随它的那种神秘莫测。今天，我们详细地对雷电加以研究，正是为了更好地理解它的行为方式。

你知道雷电对于大气中臭氧平衡有多么重要吗？你是否知道雷电有维持全球电路的作用？事实上，雷电不停地给地球补充负电荷；否则，由于大气具有弱传导性，地球负电荷将在 10 分钟内消失！

此外，雷电或许对我们这个星球上的生命进化起着至关重要

的作用。早在1924年,俄罗斯生物化学家亚历山大·奥巴林(Alexander Oparin)出版了他关于生命起源的著作。根据他的假设,正是雷闪为几十亿年前在早期的地球上合成生命起源所需的气体创造了条件。1953年,芝加哥大学哈罗德·尤里实验室的美国青年化学家斯坦利·米勒(Stanley Miller)在由沼气、氨、氢和水组成的气体混合物中进行了大量的高压放电,产生了几种生物学上典型的氨基酸和有机化合物。这是生物学史上迈出的一大步!

尽管地球之外其他富含碳的星球上产生的星际尘埃和热泉(来自海底)也是生命起源的三种可能性之一,但奥巴林的假设和米勒的实验迄今仍然吸引着大多数科学家。

雷电在地球生命进化中或许起至关重要的作用。

雷电有助天然肥料的产生并作为全球电路的源头,同样为人类带来利益。

不幸的是,雷电同时也具有杀伤力和破坏性。因此,了解何时、为什么雷电会造成危害以及如何避免这些危害就显得尤为重要。如果说,在类似法拉第笼作用的坚固建筑物中通常不存在防护困难,那么在一个孤立的小房子里,特别是在山区,情况就完全不同了。

如何实现适当防护呢?有时很困难,但如果应用一些标准的防护规则,通常是可以实现的。

目前,尚没有一种能够抑制雷雨云雷电放电发生的方法。因而,及时警告和适当保护仍然是避免雷电有害影响的最好选择。

如果云地间雷电放电直接击中建筑物或附近大地,则可能损坏这些建筑物或其内部物体并致人死亡或受伤。

第一章

雷 电 神 话

有益还是惩罚，时时、处处……

在史前时代，雷电引燃干燥的树枝，在人类祖先学会生火前的漫长岁月里为他们提供光和热。在神话中，只有神才拥有火。

毫无疑问，人类最初创作的神话故事是受到自然现象的启示，他们不能理解这些自然现象，但为平息恐惧而试图进行解释。

如果不同文明创造的某些神话看起来类似，不是因为远古文明间的相互交流，而是因为古人的思想起源于相似的世界景象。

人们相信,雷电是一种他们在石头的稳定性或星球转动中所发现的超自然力量。世界各地的神话故事都有对这种神的力量的描述:惩罚性的雷电、可怕的隆隆雷声、带来丰饶雨水的雷电或作为一种能量来源的被驯服的雷电。

远古神话

在小亚细亚,安纳托利亚(小亚细亚旧称)万神之首是一个雌雄同体(paredry):来自山上、用一头公牛来象征的雷神,以及化身为泉水或河流的丰饶女神,相互受孕。人们可以在巴比伦最初时期(公元前 2200 年)的圆柱形阿卡得人图章(卢浮宫博物馆)上找到最古老的雷神画像:一个统治流星的神手握一根鞭子,一头神话动物拉着他的车,一位女神手握天火。

在希泰安纳托利亚,雷神是伟大的胜利者天上的塔罕达(Tarhunda-of-the-Sky),他穿着盛装骑在公牛上,手握权杖。这是雷神反对不理性的盲目力量的胜利景象。他相当于美索不达米亚闪族人的阿达德(Adad)、苏美尔的伊斯库尔神(Ishkur)、西部苏美尔游牧民族的玛图神(Martu)、闪米特人的阿姆茹神(Amurru)、西部闪米特人的哈达(Hadad)和瑞舍夫(Reshef)神、迦南(叙利亚)乌加里特神话中地位最高的巴力神(Baal)。巴力通常被描绘成一个年轻的射手,手握权杖,牵着一头套着牵索的年轻公牛。公牛是他的神物。所有的这些神都与哈里亚提修普神(Teshub)有着相同的起源和特征,如:公牛、雷电、权杖或槌棒。作为众神之王,提修普神没有留下什么宇宙之物。他是人类王国的象征,第一个父性和贵族之神,癫狂之首,被宫廷和仆从所环绕着。