

TURING 图灵新知

Daisuke Okano

解密
自然与生命的
原始能量

冈野大祐

著

刘红曼
译



雷电之书

中国工信出版集团

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

雷电之书

解密

自然与生命的

原始能量

Daisuke Okano



(日)

冈野大祐
著

刘红曼
译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

雷电之书:解密自然与生命的原始能量/(日)冈野大祐著;刘红曼译.--北京:人民邮电出版社,2016.4

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-41859-3

I. ①雷… II. ①冈… ②刘… 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(2016)第041301号

内 容 提 要

本书是一本关于雷电科学的入门书,包括对雷电现象的科学解读,以及雷害防范对策等内容。本书在阐释雷电现象的发生、变化原理以及防雷方法的同时,也尽可能地加入了关联知识作为补充,可以让读者从更多的角度认识雷电这一即神秘又与我们生活息息相关的现象。

◆ 著 (日)冈野大祐

译 刘红曼

策划编辑 武晓宇

责任编辑 乐 馨

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本:880×1230 1/32

印张:5.5

字数:138千字

2016年4月第1版

印数:1-4000册

2016年4月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字:01-2014-6525号

定价:32.00元

读者服务热线:(010)51095186转600 印装质量热线:(010)81055316

反盗版热线:(010)81055315

广告经营许可证:京东工商广字第8052号

(1) 基本单位

长度	质量	时间	电流	温度
米 (m)	千克 (kg)	秒 (s)	安培 (A)	开 (K)

(2) 本书使用的国际标准单位 (SI) 一览表

名称	换算关系
力	1 牛顿 (N) = $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
压力	1 气压 = 1.013 巴 (bar) = 1 013 百帕 (hPa)
温度	绝对温度 (K) = $t(^{\circ}\text{C}) + 273.13$
功 (能量)	1 焦耳 (J) = 1 瓦特 · 秒 (W · s) 1 cal = 4.185 J
功率 (动力)	1 瓦特 (W) = 1 焦耳 / 秒 (J · s)
电荷	1 库仑 (C) = 1 安培 · 秒 (A · s)
电压	1 伏特 (V) = 1 瓦特 / 安培 (W/A)
电功率	1 瓦特 (W) = 1 伏特 · 安培 (V · A)
电阻	1 欧姆 (Ω) = 1 伏特 / 安培 (V/A)
电感	1 亨利 (H) = 1 韦伯 / 安培 (Wb/A)
电容	1 法拉 (F) = 1 库仑 / 伏特 (C/V)
磁感应强度	1 特斯拉 (T) = 1 韦伯 / 平方米 (Wb/m ²)
频率	1 赫兹 (Hz) = 1 (1/s)

序 言

自然界的能量和循环系统在远古时代就已存在，其规模是人类难以想象、也无法创造出来的。如果我们能有幸亲眼目睹到落雷，就会切身感受到自然界的威力与神秘。特别是同时释放电、热、声、电磁波、光等多种能量的雷电现象，更是让我们惊诧和感动。

本书是一本关于雷电科学的入门书，涵盖了对雷电现象的解读、思考以及雷害防范对策等内容。本书在阐释雷电现象的发生、变化原理以及防雷方法的同时，也尽可能地加入了关联知识作为补充。为了让读者在阅读过程中容易理解电、磁、放电、气象现象和防雷方法，本书也加入了较多的图表，并使用浅显易懂的语言进行讲述。

如果能够通过本书，让读者掌握正确的雷电现象的知识，对雷电更加理解和更有兴趣的话，我将感到非常高兴。

冈野大佑

章节提要

第1章 雷电的形成。此章将讲解雷电形成的主要因素和季节、环境的影响，以及通过人工气象条件制造的落雷。还会介绍“龙卷雷”“火山雷”“指向宇宙的雷”以及太阳系行星上的特殊雷电现象及其产生原因。

第2章 雷电的真身。此章将讲解雷电的放电现象，以及雷雨云释放出的巨大电力的去向。实际上，雷电的电力相当于地球整体电路系统的电源。

第3章 雷电的变化。此章将讲解闪电的多种能量状态和性质；此外，还将阐述雷电变化的3种类型以及对我们的生活产生的威胁；同时还会用简单易懂的方式讲述科学防雷、避雷的思维方法。

第4章 科学防雷。此章将讲解人体和建筑物的防雷法，以及具体的实用防雷对策。

目 录

第 1 章 雷电的形成

01	大气循环和雷的分布	2
02	雷电形成的三大要素	6
03	雷雨云的成长	10
04	极端天气	14
05	城市热岛效应	16
06	夏季雷和冬季雷	18
07	春雷	22
08	锋面雷	24
09	城市雷	26
10	龙卷雷、火山雷	30
11	指向宇宙的雷	32
12	太阳系行星上的雷	34
	落雷是生命的起源?	36
	摩擦发电机	37
	实验室内的雷	38

第 2 章 雷电的真身

13	电压和电流	40
14	雷雨云的电力	42
15	雷的电能	44
16	空气不导电	48
17	一切从放电开始	50
18	穿行大气的电流	54
19	击穿大气的落雷	58
20	循环在地球上的雷电电流	60
21	全球规模的雷观测	62

22	地表的雷	66
23	水导电	68
24	水面落雷	70
	琥珀和摩擦电	74
	水树现象	75
	美国佛罗里达州立大学的雷电研究	76

第3章 雷电的变化

25	闪电的中断	78
26	电磁波与光的形成	80
27	雷电产生的波动现象	84
28	雷的热能	88
29	冲击波的形成	92
30	雷的种类	94
31	直击雷(侧击雷)的威力	96
32	雷电中的浪涌	98
33	雷的感应现象	102
34	变身为感应雷	104
35	重要的电线	106
36	接地和接地面	108
37	屏蔽效应	110
38	变身为逆流雷	114
	冲击波的利用	116
	安培定律	117
	法拉第定律	118

第4章 科学防雷

39	人体和电	120
40	进入身体内的雷电电流是危险的	124
41	人体遭受雷击	126
42	电击伤和雷击伤的应急措施	128
43	科学防雷法——不同状况下的防雷方法	130

44	避雷针的效果	134
45	雷的通道	138
46	雷电的回避	142
47	雷能的消耗	144
48	防止雷害的接地	146
49	电力设备及工厂的防雷	150
50	办公楼（网络环境）的防雷	152
51	一般住宅（家电产品）的防雷	154
52	雷电环境中的安全放心的社会	156
	触摸过雷电的人	158
	交通工具与雷击	160
	日本的雷电研究	161
	参考文献	162

第 1 章

雷电的形成

雷电是以气象现象为载体的放电现象，其形成条件主要为温度差、雷雨云的生成和气流摩擦。

不同季节的落雷，特征也不相同。影响雷电的因素也有很多，如暖锋或冷锋会影响雷雨的强度；城市“热岛效应”引起的人为气象变化会导致城市落雷等。在地球的“温室效应”下，雷雨的发生比例在全球范围内也呈激增趋势。除此之外，还有“龙卷雷”“火山雷”“指向宇宙的雷”，以及太阳系各行星的雷等特殊条件下形成的特殊雷电。

01 大气循环和雷的分布

科里奥利力

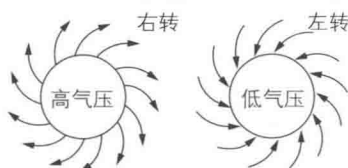
图 1.1 展示了在一定速度下的圆盘中，跑步者从圆心向外侧笔直跑步的情形。当跑步者移动时，其留在圆盘上的移动轨迹并不是直线，而是弧线。在这样的情形下，对于同样站在相同圆盘上的旁观者而言，她看见的跑步者就像是在某种力的影响下沿着弧线在跑步。

其实跑步者没有受到什么力，只是因为圆盘是旋转的，跑步者留下的轨迹才呈现为曲线。这种实际上不存在的力被称为科里奥利力（Coriolis force）。

当圆盘逆时针旋转时，从中心向边缘的运动，就会留下如图 1.1(a) 一样的顺时针旋转轨迹（右转）。俯视北极时，地球为逆时针旋转，所以北半球的风在科里奥利力的影响下都向右偏转。来自赤



(a) 圆盘上的跑步者和旁观者



(b) 气压产生的风向

图 1.1 科里奥利力和北半球的风向

道的上升气流的一部分正要向北前行时，由于科里奥利力的影响，这些气流变成了自西向东的西风。因此，气流无法继续北上。西风搬运来的空气一旦堆积起来，将会在北纬 30° 附近形成高压。由于高压容易制造下沉气流，所以这些空气的退路只有北面和南面两个方向。

西风带和信风带

在北半球，向北的下沉气流因科里奥利力的影响变为了从西向东吹的大规模西风，这称为西风带（图 1.2）。下沉气流通过西风带向东继续前进并指向北极方向。朝南的下降气流因科里奥利力的作用，变为了由东向西吹的大规模东风（信风带，北半球为东北信风带，南半球为东南信风带）。于是，高压的下沉气流随着信风带向西行进，回到赤道。像这样，在赤道地区上空生成的暖气团空气，会变为信风带并下沉流动，进而再次回到赤道地区，形成一种大气循环，这种循环被称为“哈德里环流圈”（Hadley Cell）。

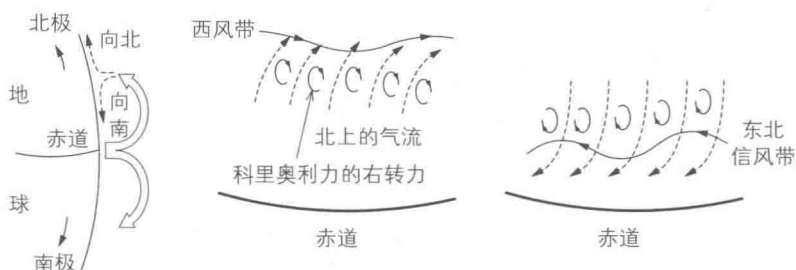


图 1.2 北半球附近的气流

低气压和高气压

天气预报中常常出现低气压和高气压的说法，可以认为它们都是西风带的“作品”。西风带在北半球较高的纬度上空生成，它是一股自西向东、呈蜿蜒状吹动的风。西风带经过的东西方向，由于地

表上有山脉等地势起伏，气流所经过的地方气压各不相同。这就是西风带之所以呈蜿蜒状的原因。这种南北向的蜿蜒形态，成了日本气象中出现低气压和高气压的原动力。

图 1.2 表示了西风带自西向东蜿蜒行进时低气压和高气压的形成方式。在这个图里，相对西风带的前进方向，右侧是中纬度的高气压，左侧则是北极上空方向的低气压。如果现在西风带的蜿蜒状部分偏北，那么在这个部分，风将右转吹拂，加上科里奥利力（右转的力）的作用，风力就会增强。此外，当蜿蜒状部分偏南时，这一部分的风由于左转吹拂，在科里奥利力的作用下，风力就会减弱。因此，西风带蜿蜒行进的部分中就形成了气压差。当风力因科里奥利力增强时，空气的迅速流失会让空气密度变小，地面上就会形成低气压。而另一方面，当风力因科里奥利力减弱时，空气的积聚会让空气密度变大，地面上就会形成高气压。



世界的雷雨

如果从地球外观测闪电，能够看到雷雨云某些部分（数千米左右）会因闪电而明暗起伏，与之相关的周边地区也会随之明暗交替。地球上每一秒钟会产生 4000 次雷电，进而还出现约 100 次左右的落雷现象。所以，我们就能理解为什么上空的雷雨云会不断地明暗起伏了。地球的气象现象源于科里奥利力影响下产生的大气循环和太阳照射，落雷现象就发生在这些气象现象中。

全球的雷雨统计数据显示，世界各地每天发生约 5 万次雷雨，每一秒钟至少会发生 100 次落雷。关于全球的雷雨天数，可以看一看世界各地气象台所记录的 3 个月内的气象数据。图 1.3 为数据的一部分。在这个图中，图 (a) 是夏天的雷雨天数，图 (b) 是冬天的雷雨天数，图中标明的是雷雨天数在 30 次以上的地区。由此可以预测每个季节雷电现象发生的大致地域。

夏季的雷电多发地域为东南亚、中非、亚马孙河流域和南美的中央地区。此外，在海洋上，除了近海陆地之外，似乎没有雷电现象发生。冬季的雷电多发地域则主要集中在赤道附近，如东南亚、非洲南部、南美洲北部等。



图 1.3 全球的雷雨天数 (竹内利雄: 雷放电现象, pp.36-37, 名古屋大学出版社, 1987)

02 雷电形成的三大要素

温差

夏季，人们为了避暑会去山地或高原。这些地方四周空气凉爽，非常舒适。当人们爬到山上等海拔较高的地方时，为何气温会降低呢？或许还有人会这样想：高的地方离太阳更近一些，应该会更热吧？

在地球的四周存在着对于我们呼吸而言不可或缺的空气。空气是由氮气和氧气等具有质量的分子构成的，不过单个分子的质量则是可以忽略的。地球的引力会作用于所有的空气分子。空气分子被地球向下吸引，就形成了包围地表的空气层（大气层）。这个空气层的 95% 都处在距离地表 20 km 之内的范围。

如果把空气层划分成几个厚度相同的区域，就会如图 1.4 所示。虽然单独来看它们的厚度相同、重量相等，但最靠近地表的一层，所承担的则是它自身和它上面所有层累计的空气重量。因此，最下层承受的空气的重量也会“积少成多”，在地表的任何一个地方施加 1 个标准大气压的压力，对于比邮票还小的 1 cm^2 的面积而言，其压下的重量竟然会达到 1013 g。但是，随着高度的上升（离地表越来越远），气压就会以指数函数的关系逐渐变小。在距离地表 5.3 km 的高度，气压将变为标准大气压的一半。假设地表的气温为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，那么离地表高度 5 km 的地方气温便是 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，高度为 12 km 时，则是 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，变得极其寒冷。

空气的压力和体积变化，也会引起温度变化。在密封的容器里充入空气并施加压力，空气体积缩小，温度就会上升。相反，加大空气体积，温度则会下降，这是与气体的性质（波义耳定律）相关的。上行的空气（例如上升气流等）也是如此。空气上升到高处，压力随高度抬升变小，空气体积扩张的同时，温度便会下降。根据这样的机制，地表与形成云的高空就形成了温差。

不过，在距地表 20 km 以上的高度（不存在云的高度），空气已经非常稀薄，冷却效应便会消失。相反，这里还会因太阳光的直射而温度上升。

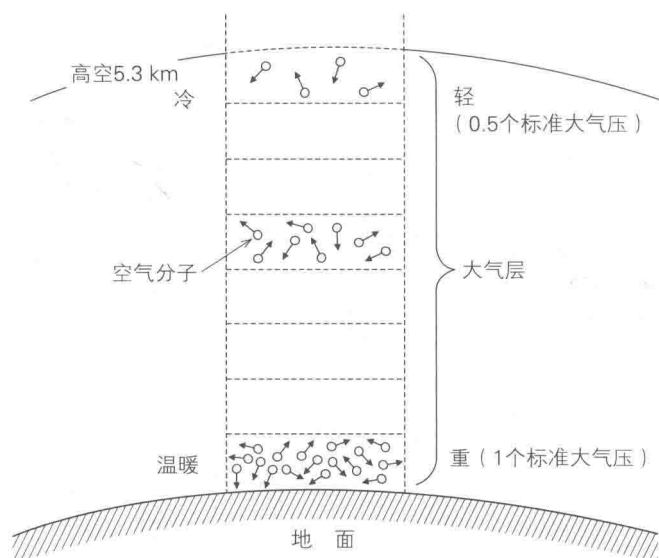


图 1.4 高空温度变低的原因

上升气流

上升气流会在高空形成各式各样的云，除此之外，还具有让云中产生摩擦，进而产生电的作用。上升气流的产生方式有多种，如图 1.5 所示。我们在天气预报中常听到低气压会产生上升气流。低气压意味着当地的空气压力比周围的空气压力更低。低气压的低，只是相对于周围而言。所以，就算是低气压，有时也会超过 1 个标准大气压。低气压周围的空气会因压力差流入，而流入的空气可通行的只有去往高空一条路，因此便产生了上升气流。通过上升气流，空气体积扩散，温度变低。当达到露点温度（溶在空气中的水蒸气成为水的温度）以下的高度时，便会形成云。也正是这个原因，当

低气压邻近时，天气通常会变坏。另外，当空气因温差形成对流时，也会形成上升气流。

当地面因强烈的日光而变得温暖时，地面与寒冷的高空之间就会形成温差，温差引起空气的对流，便会产生上升气流。比如在夏季，在阳光强烈的午后发生的雷雨，成因便多是温差产生的上升气流。另外，锋面交汇也会产生上升气流。所谓锋面，是指温度不同的空气团交汇的部分，这样会引起空气对流，因此非常容易产生上升气流。地形也会产生上升气流。当风遇到大山等阻隔地形时，会沿着山脊被抬升，变为上升气流。赤道附近的南国岛屿，由于岛屿比海面更容易变暖升温，所以岛屿的上空会产生上升气流，有时还会形成云带来降水。

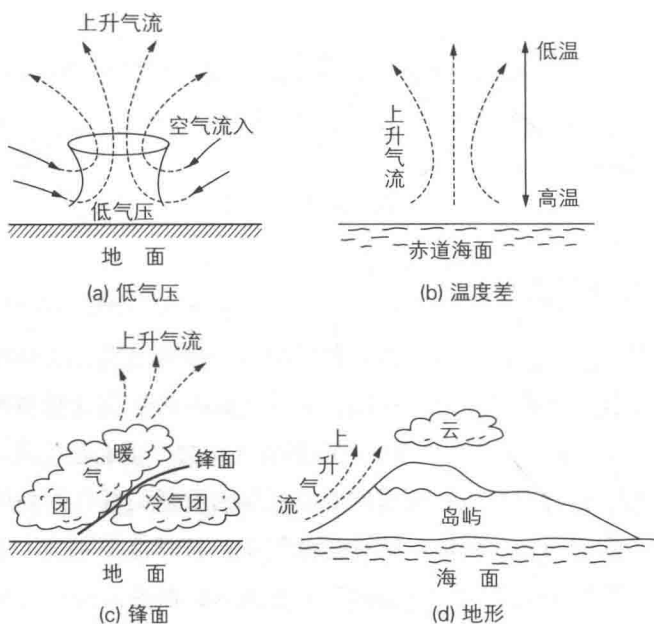


图 1.5 上升气流产生的方式