

你认为
你了解闪电吗？



闪电小知识汇编

发布者:

Ronald L. Holle

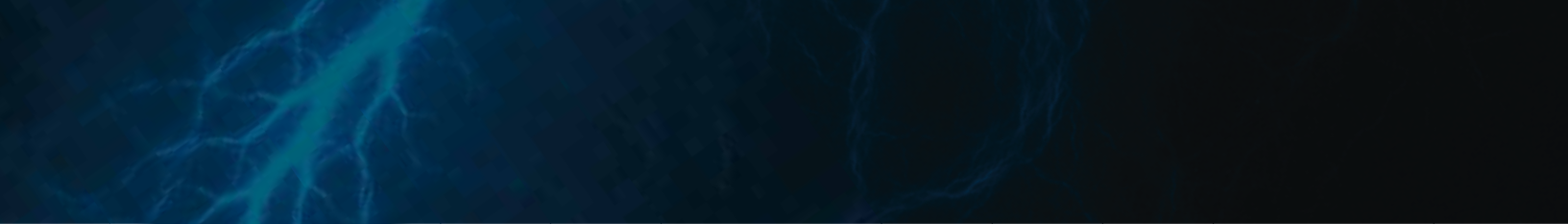
亚利桑那州图森市
维萨拉公司顾问

Daile Zhang

美国亚利桑那州图森市亚利桑那大学
水文与大气科学博士生

更多信息请访问 vaisala.com/lightning

© Vaisala 2017

A stylized, glowing blue lightning bolt graphic is positioned in the upper left corner of the page, set against a dark blue background. The bolt has a jagged, branching appearance, with a bright blue core and a lighter blue, ethereal glow around it.

多年以来，作为气象顾问和大学的自然科学通论讲师，本文作者经常被客户、学生和朋友们问到一些关于闪电的问题。本手册回答了这些问题，并提供了额外的知识，以帮助读者理解基本的闪电物理学、闪电安全以及闪电探测的原理。

本书作者感谢以下参与本手册审校的人员（以姓氏字母先后为序）：Hsin-I Chang、Brittany Ciancarelli、Mary Ann Cooper、John Jensenius、Jessica Mackaro、James Moker、Melanie Scott和Sarah Warren。

第1章 闪电知识概述	5
▶ 闪电现象	6
▶ 闪电物理学	21
▶ 闪电分布	26
第2章闪电安全防护	34
▶ 人身安全防护	35
▶ 财产安全防护	44
第3章闪电监测	48
第4章关于闪电的特别专题	52
▶ 闪电科学	53
▶ 触发闪电	56
▶ 闪电摄影	58



第1章

闪电现象



闪电物理学



闪电分布



什么是闪电？



闪电是一种常见的大气电现象。美国气象学会将闪电定义为“一系列持续发生的电学过程，在这个过程中，电荷沿着相反极性电荷中心之间的放电通道传输”。

英文拼写小提示：



扩展阅读： Lang, T.J.和其他人，2017年：世界气象组织（WMO）全球极端闪电记录：记录的最长闪电距离和最长的闪电持续时间。美国气象学会公报，98，1153-1168。



闪电的 两种类型

脉冲、回击和闪电的区别是什么？

只包含云脉冲的闪电称作“云闪”。

含有至少一次云地回击的闪电称作“云地闪”（又译为“地闪”），它对生命和财产更具威胁性。

脉冲（或**云脉冲**）是一种闪电放电过程，它连接单个云团或多个云团内的相反极性（+/-）区域。

回击（或**云对地回击**，又译为“**地闪回击**”）是一种闪电放电过程，它连接云层与地面之间的电荷区。

一次闪电(过程)由一次或多次**云脉冲**和/或**地闪回击**。一般来说，一次闪电过程持续时间小于1秒。

扩展阅读： Uman, M.A., 1986年：闪电知识。Dover出版社，第167页。

闪电是向上还是向下行进？



通常来说，云地闪起始于一个向下的通道，但是，这个通道通常不可见，因为它的持续时间很短。如果它非常接近地面，它将会感应一个由地面向上行进的通道。这个向上的通道将与第一个向下的通道连接，并形成一個明亮的通道（就是我们经常看到的），这个明亮的通道沿着相同的路径向上回溯至云层。

但是，只含有云脉冲的云闪主要沿着水平方向行进。

扩展阅读： Rakov, V.A., 2016年：闪电基础知识。剑桥大学出版社，第257页。





闪电的极性是什么？

闪电既可能带正电也可能带负电。对于一般的雷暴，负云地回击(或负地闪)要多于正云地回击(或正地闪)。但是，在美国的大平原地区，也出现过极性异常的雷暴，其正地闪回击次数多于负地闪回击次数。

扩展阅读： Rakov, V.A., 2016年：闪电基础知识。剑桥大学出版社，第257页。

什么是雷？

小知识



闪电产生的热量使得其周围的空气急速膨胀。这种急速的空气膨胀会产生冲击波，也就是我们听到的雷声。

图片来源：加拿大环境与气候变化部。

扩展阅读：Uman, M.A., 1984年：闪电。Dover出版社，第298页。

正确还是 错误？

“闪电和雷同时发生。”



正确

为什么先看到闪电？

光的传播速度比声音的传播速度要快得多，所以光先于声音到达观察者。

- ▶ **光速**： 3×10^8 米每秒 (m/s) 或 2×10^5 英里每秒 (mi/s)。
- ▶ **音速**：340 m/s 或 0.21 mi/s。

如何判断我与闪电之间的距离？

在你看到闪电之后，开始读秒，直到你听到雷声。请参看下一页的例子。

举例

如果你看到闪电之后5秒听到雷声，你与闪电的距离为多少？

距离 = 速度 × 时长

$$= 340\text{米/秒} \times 5\text{秒} = 1,700\text{米}$$

$$\text{或者} = 0.21\text{英里/秒} \times 5\text{秒} = 1.05\text{英里}$$

你与闪电的距离为1.7公里或者大约1英里。

声音传播1英里的距离需要5秒钟。

* sec = 秒

正确还是
错误？

错误

“只有雷暴会产生闪电”

火山喷发时也会产生闪电。不管是火山喷发，还是雷暴，只要两个区域之间存在相反极性的电荷，就会产生闪电。



图片来源：日本樱岛火山，Carrado Cimorelli博士，路德维希-马克西米利安大学

扩展阅读：Behnke, S.A.和E.C. Bruning, 2015年：基于闪电数据推断的火山烟柱紊流动力学变化。地球物理研究快报，42，4232–4239。

你能够听到10英里(16公里)以外的雷声吗？



虽然你可以在10英里(16公里)以外的距离听到雷声，但是，如果存在交通噪音，或者你处于建筑物内，或者你背对着雷暴，那么雷声的可听见距离就要短一些。

闪电之后是否总有雷声？

是的。闪电总是会产生雷声，无论你是否能听见。

扩展阅读： Uman, M.A., 1986年：闪电知识。Dover出版社，第167页。



正确还是
错误？

“土壤成分可以影响闪电击中地面的位置”



错误

云地闪电产生的位置很高（通常距离地面5~7km）。云地闪电的向下闪电通道不受土壤成分的影响。

扩展阅读： Rakov, V.A., 2016年：闪电基础知识。剑桥大学出版社，第257页。

什么是热闪电？

小知识



热闪电是一种一般的闪电 - 只不过距离很远。

图片来源：© Ronald L. Holle

扩展阅读：Uman, M.A., 1984年：闪电。Dover出版社，第298页。

正确还是
错误？

“闪电的温度高于太阳表面的温度”

闪电的温度大约为30,000开尔文（大约29,727° C）。太阳表面的温度大约为6,000开尔文（大约5,726° C）。

为什么闪电不会触发氢氦核聚变反应（就像太阳内部的氢氦核聚变反应）？

太阳核心的温度比其表面的温度要高得多。核聚变需要的温度为数千万开尔文以上，这种温度只出现在太阳核心而不是其表面。闪电的温度还不够高，不足以触发核聚变。

扩展阅读： Uman, M.A., 1984年：闪电。Dover出版社，第298页。

Prueitt, M.L., 1963年：闪电的激发温度。《地球物理学研究杂志》，68（3）：803-811。

正确

龙卷风和飓风中是否有闪电？



是的，龙卷风中有闪电。

龙卷风是由含有闪电的雷暴形成的。但是，每个龙卷风的闪电发生频率不尽相同。

是的，飓风中也有闪电。

在飓风中，闪电更可能发生在外部的螺旋雨带中，而不是飓风的眼壁内（最强的狂风和暴雨发生在飓风眼壁内）。

扩展阅读： Zheng, D.和D.R. MacGorman, 2016年：带龙卷风的超级单体群中的闪电形成特征。《大气研究》，167，249-264。

Stevenson, S.N., K.L. Corbosiero和 S.F. Abarca, 2016年：东北太平洋热带气旋中的闪电：与北大西洋的比较。《每月天气评论》，144，225-239。



正确还是
错误？

“闪电对地球和人类无益。”

错误

闪电在以下方面扮演重要角色：

- ▶ 大气氮循环;闪电可以使大气生成硝酸盐营养物，有助于提升土壤肥力。
- ▶ 全球电路;这个电路涉及地球、雷暴和高层大气之间的相互作用。
- ▶ 可能是生命起源的一种机制。

闪电在视觉上也很漂亮。

扩展阅读：Höller, H., U. Finke, H. Huntrieser, M. Hagen和C. Feigl, 1999年：闪电生成的NO_x (LINOX) –实验设计与案例研究结果。《地球物理研究杂志》，104, D11, 13911–13922。

Williams, E.R., 2009年：全球电路：综述。大气研究, 91 (2), 140–152。

闪电的时长与距离的最高记录为多少？



通常来说，一次闪电的持续时间不到1秒钟。但是，有记录的最长闪电时长为7.7秒。

通常来说，闪电的水平行进距离不超过20英里（大约30公里）。但是，有记录的最远闪电水平行进距离为200英里（321公里）。

扩展阅读： Lang, T.J.和其他人，2017年：世界气象组织（WMO）全球极端闪电记录：记录的最长闪电距离和最长的闪电持续时间。《美国气象学会公报》，98，1153-1168。



正确还是
错误？

“闪电之所以闪烁，是因为它的
温度非常高。”

错误

温度与闪电的闪烁现象没有关系。闪烁是由多次云地回击造成的，其时间间隔小于十分之一秒。



图片来源：© Ronald L. Holle

一次闪电通常会释放多少能量？



很难估计一次闪电所释放的能量，但是，这个值的范围一般在 10^9 到 10^{10} 焦耳之间。更为通俗的说法是，这么大的能量等同于一个常规的电灯泡照明数月消耗的能量。

假设一次闪电释放的能量为 10^9 焦耳，一个电灯泡的功率为100瓦（焦耳/秒），那么，电灯泡可以持续照明的时间计算如下：

时间 = 能量/功率 = 10^9 焦耳/100瓦

= 10^7 秒

= 大约4个月

扩展阅读： Rakov, V.A., 2016年：闪电基础知识。剑桥大学出版社，第257页。



正确还是
错误？

“闪电从不会两次击中相同的地方”

在开阔的平地上，在较长时间内，闪电多次击中相同的地方的可能性极小。但是，高耸于地面的自然或者人造的结构（例如树木、建筑物和高塔），更可能多次被闪电击中。

帝国大厦是一个经常被闪电击中的目标，因此也是一个热门的闪电研究的主体。

错误

扩展阅读： Uman, M.A., 1986年：闪电知识。Dover出版社，第167页。

我们可以收集和利用闪电中的能量吗？



不能。

1. 因为闪电的位置不可预测（见第51页），因此不能确定在哪里放置一个(收集能量的)“容器”。
2. 闪电产生的能量主要以光、声和热的形式存在，这些能量很难收集。
3. 没有哪个容器能够承受如此短时间但能量极强的浪涌，并保证在储存了能量之后能量不会“消失”。
4. 闪电既传输正电荷也传输负电荷。即使我们找到了收集能量的方法，但是相反的电荷很可能会(在容器内)相互中和。
5. 无法将能量传输到电网中，或者将能量转换为交流（AC）或直流（DC）电。



正确还是
错误？

“闪电总是击中最高的结构”

错误

闪电一般会击中较高的建筑物，但是，在有些情况下，也会击中附近的较矮目标。当闪电通道位于地面或某个物体上方30~50米时，才可以确定最终闪电击中位置。如果在这个有限的范围内不存在高层建筑物，那么，闪电会击中一个较矮的建筑物或物体。

扩展阅读： Uman, M.A., 1986年：闪电知识。Dover出版社，第167页。

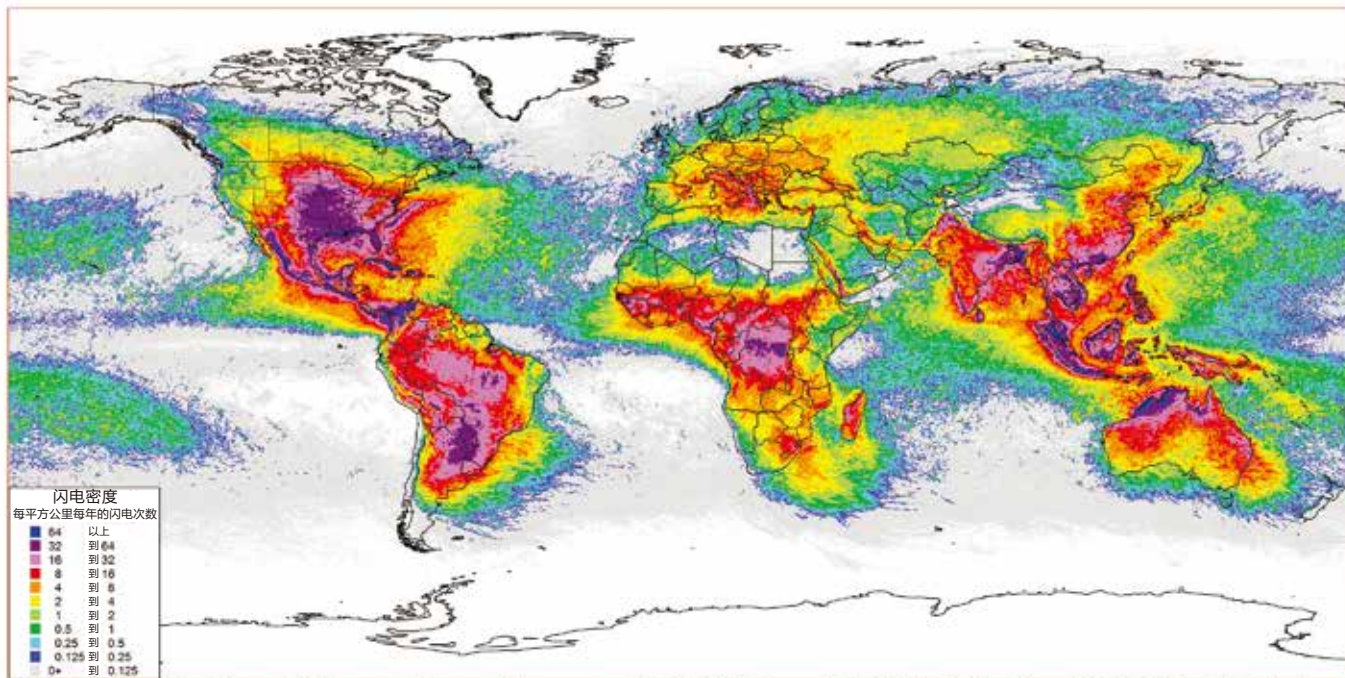
全球发生闪电的频率为多少？

维萨拉公司全球闪电数据集的GLD360网络目前侦测到的全球每年闪电闪击次数接近二十亿次。这些闪电包括云地闪和云脉冲。

有些地方的闪电是不是比其它地方的多？

是的。闪电在全球的分布并不均衡。陆地上发生闪电的次数多于海洋上的闪电次数。热带地区的闪电要多于其它地方的闪电。请参看右边的GLD360闪电分布图。

扩展阅读： Holle, R.L., 2016: 近年全国范围闪电死亡事故研究综述。天气、气候与社会。8, 35-42。

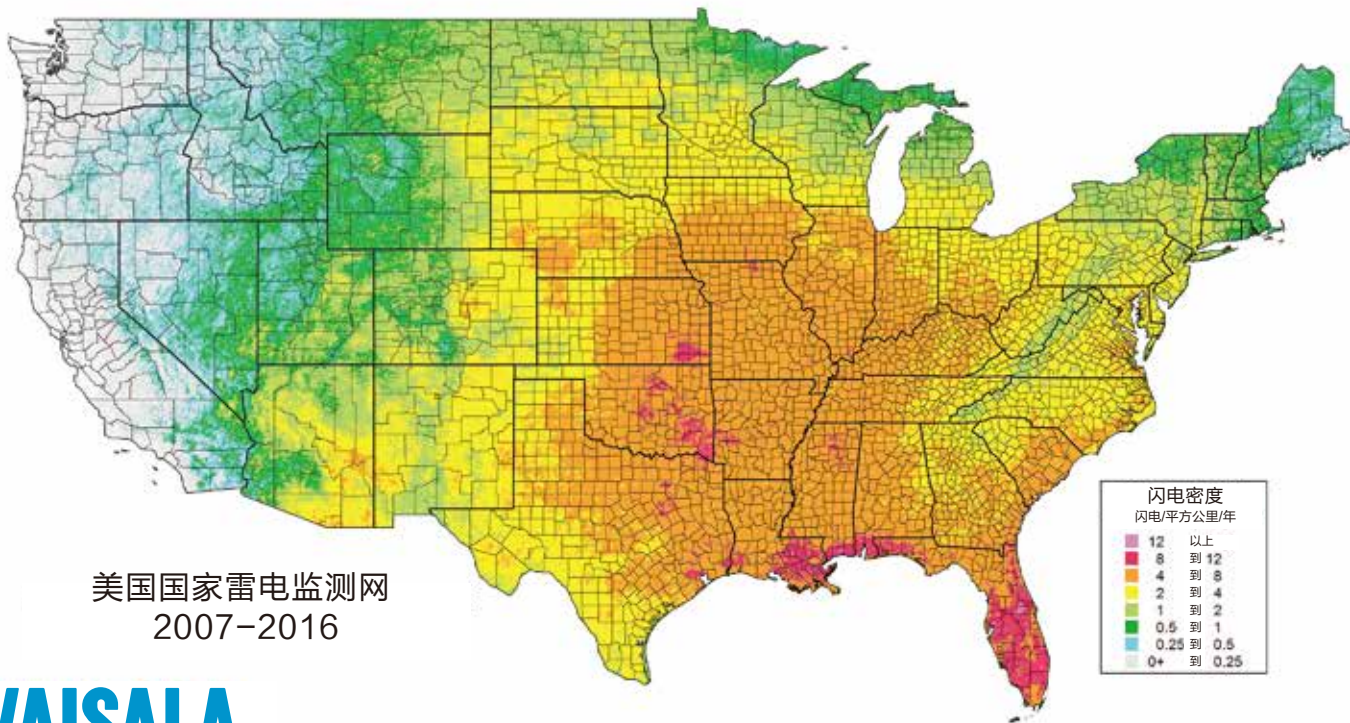


闪电密度图 - 20 km网格

平均值: 2012~2016

GLD v2.0 数据: 7,828,464,140次闪电闪击

在美国发生云地闪电的频率为多少？



美国国家雷电监测网
2007-2016

VAISALA

正确还是
错误？

“佛罗里达州是美国的闪电之都”

佛罗里达州的三个位置拥有全美最高的闪电密度：坦帕附近，西棕榈滩和代托纳比奇。

美国每年发生多少次闪电？

维萨拉的美国国家雷电监测网在内陆48个州内平均每年监测到2000万次云地闪电。请参看左边的地图。另外，云闪的次数为云地闪的3-4倍。

正确

扩展阅读： Holle, R.L., K.L. Cummins, 和W.A. Brooks, 2016年：NLDN与GLD360监测网的云地闪电季节性、月度和每周分布。《每月天气评论》，144，2855-2870。
Medici, G., K.L. Cummins, D.J. Cecil, W.J. Koshak, 和S.D. Rudlosky, 2017年：美国云内闪电所占比例。《每月天气评论》，145，4481-4499。

闪电击中地面的频率为多少？

小知识

云脉冲



云地回击



平均大约 $1/3$ 的闪电会到达地面，另外的 $2/3$ 处于云层中。但是，每次雷暴时的具体比例可能会有所不同。

图片来源：© Ronald L. Holle

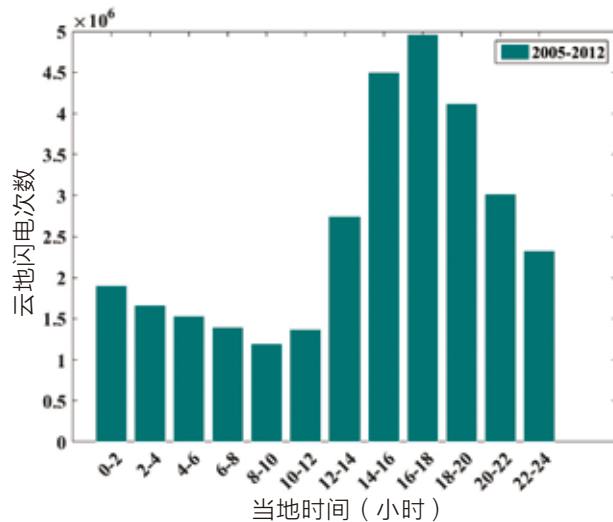
扩展阅读：RMedici, G., K.L. Cummins, D.J. Cecil, W.J. Koshak, 和S.D. Rudlosky, 2017年：美国云内闪电所占比例。《每月天气评论》，145，4481-4499。

正确还是
错误？

“闪电多发生在下午”

正确

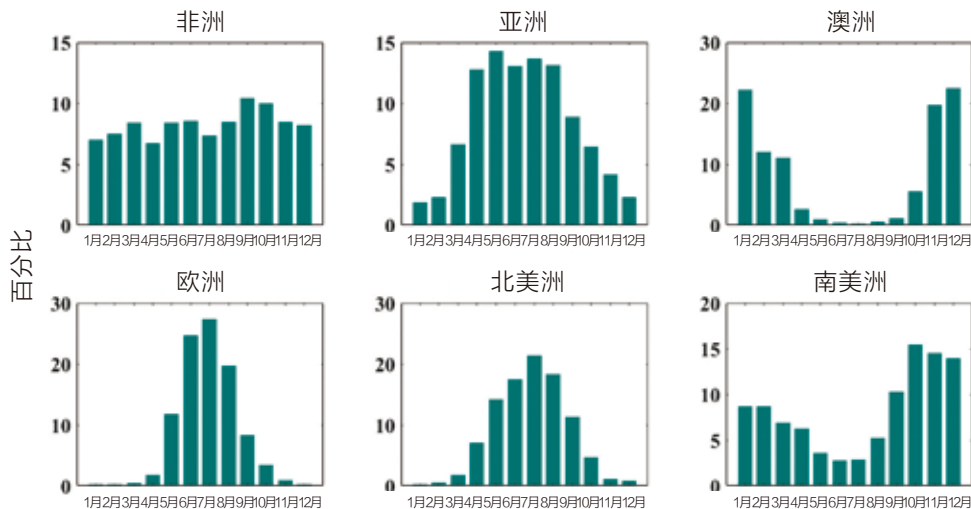
大约2/3的陆地
闪电发生在当地
时间中午和
下午的16~18
点之间。



扩展阅读： Holle, R.L., 2014年：NLDN网报告的美国云地闪电昼夜变化。《每月天气评论》，142，1037-1052。

全球各地区的季节性闪电分布是否不同？

小知识



是的。

请参看各个大洲的闪电发生次数季节性变化。

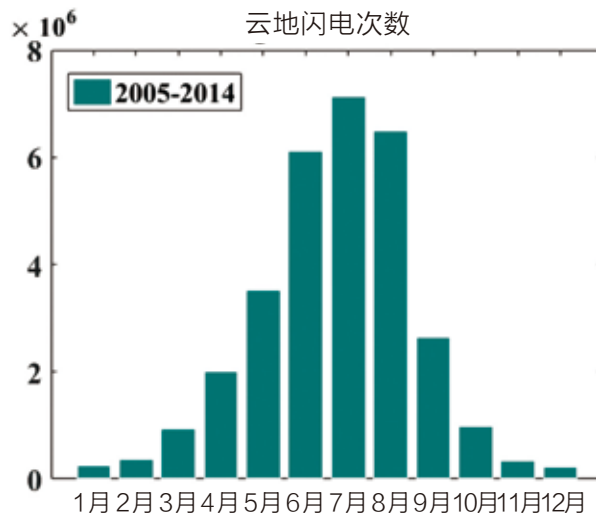
扩展阅读： Holle, R., R. Said, 和M. Scott, 2017年：闪电变化：基于包含五年闪电监测数据的大型数据集的全球比较。国际气象学技术，9月，139-140。

正确还是
错误？

“在美国，闪电多发生在夏季”

在美国，大约
2/3的陆地闪
电发生在夏季
的三个月内。

正确



扩展阅读： Holle, R.L., K.L. Cummins, 和W.A. Brooks, 2016年： NLDN与GLD360监测网的云地闪电季节性、月度和每周分布。《每月天气评论》，144，2855–2870。

第2章



人身安全防护



财产安全防护



正确还是
错误？

正确

“当雷声大作时，快躲进室内”

在美国和多数发达国家，多数时候都可以找到并可以进入一个建造良好的建筑物内。人们在这些建筑物内是安全的，因此，躲进室内是一个很好的建议。

*但是，在有些发展中国家和地区，建筑物的建造质量较差，例如茅草房和土墙房。这些建筑物没有闪电保护功能，因此，躲进室内可能并不安全。

扩展阅读： www.lightningsafety.noaa.gov; www.ACLENet.org
预发布，闪电数据的气象学应用第5次会议，1月23~1月27日，华盛顿西雅图，美国气象学会，第18页。

在雷暴来临时使用手机是否安全？



是安全的。只能在安全的车内或建筑物内使用手机。只要你在一个安全的建筑物内或车内，使用手机就是安全的。但是，在雷暴过程中，在户外使用手机是不安全的，这仅仅是因为呆在外面不安全。这种不安全与手机自身没有任何关系，因为手机不能吸引闪电。

一般来说，在雷暴过程中，呆在外面是危险的！请注意，在雷暴过程中，使用有线电话也可能是危险的。

扩展阅读： Cooper, M.A., 2008年：雷暴时使用手机危险吗？关于闪电的事实和谎言。个人底线，29，6月1日，13-14。



正确还是 错误？



正确

“一个人被闪电击中后可能幸存”

闪电的持续时间通常很短（一般小于1/5秒），而且多数的能量都是穿行于身体表面而不是穿透身体。这就是为什么有些人能够幸存。

但是，有时候，闪电会造成严重的伤害（主要是神经性的伤害），这些伤害非常严重，并会造成长期的不良影响。

扩展阅读： www.lightning-strike.org

Cherington, M., J. Walker, J. Boyson, R. Glancy, H. Hedegaard, 和 S. Clark, 1999年：缩小闪电死亡人数与伤亡人数之间的差距。预发布，应用气候学第11次会议，德克萨斯州达拉斯，美国气象学会，379-380。

当闪电直接击中你的车辆，橡胶轮胎可以保护你吗？



不能。是车辆的金属外壳而不是橡胶轮胎提供保护功能。

当闪电击中车辆，电流沿着车辆的外部金属壳流动，然后经由车桥和轮胎导向地面。因此，完全呆在车内的人将获得保护，免受闪电电流的影响。

扩展阅读： Holle, R.L., 2008年：车辆附近闪电所致伤亡事故。预发布，闪电数据的气象学应用第3次会议，1月20~24日，路易斯安那州新奥尔良，美国气象学会，第10页。

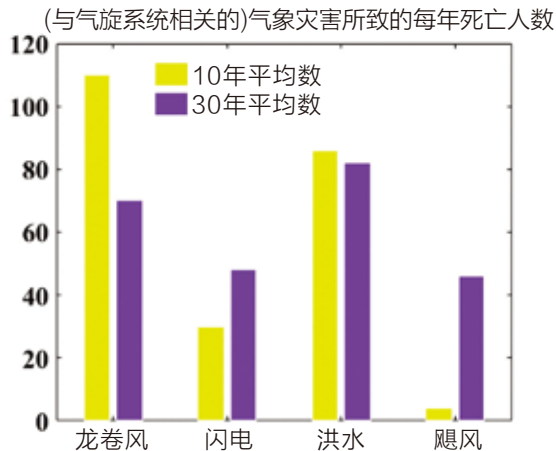


正确还是
错误？

错误

“在美国，最致命的(与气旋系统相关的)气象灾害是闪电。”

在美国，过去30年因龙卷风和洪水而死亡的人数都要多于因闪电死亡的人数。在过去10年中，美国每年因闪电而死亡的人数大约为30人。



扩展阅读： Lopez, R.D., 和R.L. Holle, 1998年：美国二十世纪闪电死亡事故数量的变化，《气候杂志》，11，2070–2077。

Roeder, W.P., 2012年：闪电已下降为美国(与气旋系统相关的)气象灾害致死的第三大原因。预发布，国家气候协会年度会议，威斯康星州麦迪逊，第9页。

在雷暴过程中，躲在帐篷或小型遮盖物内是否安全？



不安全。帐篷没有坚固的金属外骨架，不能将闪电电流导入地面，从而保护帐篷里面的人。在雷暴过程中，你必须离开帐篷，寻找一个安全的建筑物或车辆。

小型的遮盖物，例如遮阳棚，海滩小屋，公共汽车候车亭，雨棚，野炊棚，农具棚，以及小型路边商店都是不安全的。它们基本上没有设置闪电保护措施。

扩展阅读： *Holle, R.L., 2010年：房屋和其它建筑物内或附近的闪电死亡事故。预发布，国际闪电气象学会议，维萨拉，4月21~4月22日，佛罗里达州奥兰多，第19页。*

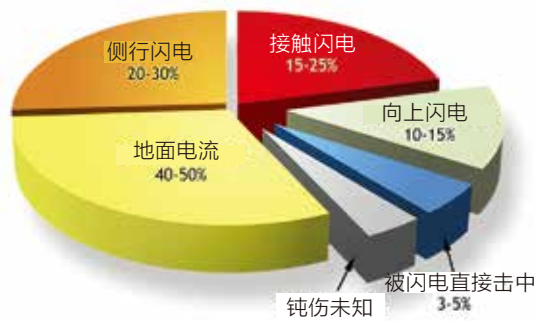


正确还是 错误？

错误

“直接被闪电击中是闪电致伤的唯一方式”

多数的闪电安全建议仅关注被闪电直接击中的风险。但是，如下图所示，被闪电直接击中是最不可能致人受伤或死亡的方式。事实上，造成跨步电压的地面电流才是最可能导致闪电伤亡事故的原因。



图片来源：加拿大环境与气候变化部（ECCC）。

扩展阅读：Cooper, M.A. 和R.L. Holle, 2010年：闪电致伤的机制应该影响关于闪电安全的宣传。预发布，国际闪电气象学会议，维萨拉，4月21-4月22日，佛罗里达奥兰多，第5页。

在雷暴过程中，站在大树下面安全吗？



不安全。全世界大约10%的闪电伤亡事故与树木有关。当大树被闪电击中，侧行闪电会从树干水平地“跳跃”到树旁边的人身上。另外，闪电电流会从树干导向地面，并流到站在树下面的人或动物身上。另外，树皮和树枝可能会沿水平方向爆炸。

扩展阅读： *Holle, R.L., 2012年：树木附近的闪电伤亡事故。预发布，国际闪电保护会议，9月2~9月7日，奥地利维也纳，第8页。*



正确还是
错误？

“橡胶底的鞋子可以为你提供闪电保护”

鞋底的一层薄橡胶不可能使你免受直接被闪电击中。

但是，如果你与闪电击中位置保持足够远的距离，那么，你可能是安全的，因为跨步电压随着距离增加而降低。因此，是距离而不是橡胶鞋底使你免受闪电的伤害。



错误

扩展阅读：Roeder, W.P., R.L. Holle, M.A. Cooper, 和S. Hodanish, 2011年：有效宣传闪电安全。预发布，闪电数据的气象学应用第5次会议，1月23~1月27日，华盛顿西雅图，美国气象学会，第18页。

避雷针是如何工作的？

小知识

避雷针并不能避免闪电击中建筑物，而是提供一个安全的通道将闪电电流导向地面。避雷针需要三个部件才能提供闪电保护：

1. 伸出屋顶的一个金属杆（空气终端）
2. 一根从金属杆连至地面的粗导体（引下导线）
3. 一根插入地面的粗金属杆（地面终端）

当闪电击中建筑物上的避雷针，闪电电流从导体导向地面，而不是进入建筑物。闪电保护系统必须由接受过专门训练的技术人员安装。

避雷针在重要的建筑物例如医院和供电站等建筑物上很常见。

作者注：国内现在多用避雷带，而非避雷针。

扩展阅读： Uman, M.A., 2008年：闪电保护技术的科学之美。剑桥大学出版社，第240页。



电涌保护器是如何工作的？

多数情况下，闪电击中电线杆后，闪电电涌经由电线进入屋内。电涌保护器可以转移溢出电流，从而保护您的电子设备不被损坏或破坏。

扩展阅读： *Uman, M.A., 2008年：防雷技术与科学。剑桥大学出版社，第240页。*

当闪电击中飞机时，机上的乘客安全吗？



安全。商用飞机内的乘客是安全的，将不受闪电的影响。闪电电流将沿着飞机的导电金属外表面传导，并消散入空气中，而不是进入飞机内。燃油箱和电子设备也有特殊的闪电保护措施。

但是，飞机在每次执飞前后都必须进行检查，以确保闪电对机身没有造成严重损坏。

扩展阅读： Mulvey, G.J., J.F. Miller, 和 J.P. Moriarty, 2017年：大气电现象：飞行员视角。
Weatherwise, 70, 32-39。



正确还是
错误？

“在美国，闪电是引起山火或森林火灾的主要原因”

正确

因为云地闪电的极高温，树木和其它有机物都可能被其点燃。在美国西部，大约一半的森林火灾是由闪电引起的，其中主要发生在夏季，因为夏季的“干闪电”很频繁。在“干闪电”现象中，雷暴过程的雨水还没有到达地面就被蒸发了，因此，闪电引发的火势不能被浇灭。

作者注：干闪电是美国西部的一种常见现象。它主要指不降雨的闪电。这主要是因为在美国西部的大部分地方，空气极为干燥，很多小雨滴在降落过程中就已经蒸发完，所以从底面上看，这些雷暴只产生闪电，而不伴随降雨。这种现象是导致美国西部山火的一个主要原因。

扩展阅读： www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_lightng.html
www.ec.gc.ca/foudre-lightning/default.asp?lang=En&n=48337EAE-1

第3章



正确还是
错误？

正确

“我们可以监测闪电发生的位置”

闪电的电磁信号极为独特，其频率范围很宽（大约1 Hz到 3×10^9 Hz）。当两个或以上地面闪电传感器监测到了一个闪电信号，数据会被发送到中央处理器，闪电发生时间以及闪电与传感器之间的对应夹角将被计算处理。然后，基于统计学和几何计算结果就可以确定闪电的位置。

扩展阅读： Cummins, K.L., 和M.J. Murphy, 2009年：闪电定位系统综述：历史、技术和数据应用，以及对美国国家雷电监测网的深入研究。NLDN. IEEE 电磁兼容性学报, 51, 499–518。

Nag, A., M.J. Murphy, W. Schulz, 和K.L. Cummins, 2015：闪电定位系统：闪电特征与验证方法的见解。地球与空间科学, 2。

卫星可以从太空监测闪电吗？



可以。截至2017年，美国卫星平台上共有三部闪电探测仪被投入（曾经使用或现在仍在使用的）闪电观测。与地面闪电监测网不同，这些仪器是在雷暴的上空观察闪电。这些仪器利用一组频带非常窄的近红外波段电磁信号来提高监测的准确性。

扩展阅读： Goodman, S.J., R.J. Blakeslee, W.J. Koshak和其他人，2013年：GOES-R 对地同步闪电测绘仪（GLM）。大气研究，125:34-49。

Mach, D.M., H.J. Christian, R.J. Blakeslee和其他人，2007年：光学瞬态监测仪与闪电影像传感器的性能评估。地球物理学研究杂志 - 大气，112, D09210。



正确还是
错误？

“我们可以准确预计闪电发生
的位置”



错误

目前还没有公认的方法可以准确预测闪电将要发生的位置，虽然雷达和其它仪器（扫描周期为10到30分钟）可以跟踪到雷暴的位置和其发展趋势，但目前还不可能预先确定每次闪电的确切位置。

第4章



闪电科学



触发闪电



闪电摄影





什么是闪电岩？



闪电岩是闪电击中砂石、土壤或其它沉积物致其熔化而自然形成的玻璃质材料。这些岩石通常为长条形，中空，可以在一些矿石商店买到。



图片来源：© Ronald L. Holle

扩展阅读：Wright, F.W. Jr., 2010年：佛罗里达州奇异的闪电岩。Weatherwise, 51, 27-31。

什么是球状闪电？



在世界上很多地方出现过一些关于球状闪电的报道，这些闪电仅持续数秒。这种球状闪电通常发生在一个密闭空间内。目前来说还没有公认的假设理论可以说明球状闪电是如何形成的。

扩展阅读： Uman, M.A., 1986年：闪电知识。Dover出版社，第167页。



正确还是
错误？

“所有闪电都发生在对流层中”



错误

虽然在雷暴过程中，我们通常看到的闪电完全发生在对流层中，但是，在更大型的雷暴过程中所产生的闪电可以从对流层向上冲出雷暴区，进入平流层，甚至可能进入中间层和电离层。这些闪电现象被称作“精灵”或者“喷流”。

扩展阅读： Lyons, W., 2017年：气象摄影探索。Weatherwise, 70:4, 20-27,
<http://dx.doi.org/10.1080>

我们可以在地面人工触发闪电吗？



可以。世界上很多地方已经发射的小型火箭成功触发了闪电。这些触发的闪电被用于研究闪电物理，以及测试闪电监测网和其它设施的性能，例如公共输电线的性能。



图片来源：中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室。郑栋供图。

扩展阅读：Rakov, V.A., 2016: 闪电基础知识。剑桥大学出版社，第257页。Yijun, Z, W. Lu, 和S. Chen, 2016年：过去十年在广东的闪电观测技术进步综述。气象学报，30(5), 800–819。



正确还是
错误？

正确

“较高的物体可能会引发闪电”

较高的物体，例如电视天线，风力发电机组和高层建筑物可能会引发闪电，虽然这种现象很少发生。这样的闪电现象很容易在照片中识别，因为这种闪电有一个从高层物体开始的向上传输的通道。



图片来源：巴西圣保罗，Marcelo Saba博士供图，巴西国家空间研究所。

扩展阅读：Saba, M.M.F., A.R. Paiva, C. Schuman 和其他人，2017年：常规建筑物的闪电连接过程。地球物理研究快报，44，doi:10.1002/2017/GLO72796。

如何拍摄闪电？



有一个方法是拍摄长曝光照片，多个闪电通道将会出现在同一张照片上。另一个方法是拍摄视频，然后挑出有闪电的帧。最后还有一种方法，就是将照相机对准一个正在发生的雷暴，不断地拍照，但是要预计大量照片中可能没有闪电。

图片来源：亚利桑那州图森市的一张长曝光（数分钟）闪电照片。© Ralph H. Wetmore II。

扩展阅读：Wetmore, R.A., 2010年：在亚利桑那州南部的三十年闪电摄影。

ISBN10:0982566212，第112页。



正确还是
错误？

“闪电有很多种颜色”

正确



所有闪电通道的初始颜色都是亮白色。根据照相机与闪电通道之间空气中的微粒类型的不同，当闪电的光到达照相机时，闪电可能呈现出蓝色、紫色、红色或黄色。

扩展阅读： Salanave, L. E., 1980年：闪电及其色谱：闪电影像集。亚利桑那大学出版社，第136页。

在美国，为什么亚利桑那州南部是最佳的闪电摄影位置之一？



虽然亚利桑那州南部不是闪电之都，它却是美国的闪电摄影之都。在季风期的雨季（7月至9月初），这里会形成雷暴，其云底很高（通常大约3,000米，或者10,000英尺）。因此，从很远的地方都可以看到闪电通道。另外，亚利桑那州南部诸多仙人掌，绵延的群山环绕，以及绚烂的日落更为相片增彩（参看后面2页在亚利桑那州图森市拍摄到的闪电照片）。

扩展阅读： Wetmore, R.A., 2010年：在亚利桑那州南部的三十年闪电摄影。
ISBN10:0982566212，第112页。









- ▶ 美国国家气象局闪电安全署
lightningsafety.noaa.gov
- ▶ 维萨拉公司
vaisala.com/lightning
- ▶ 亚利桑那大学水文与大气科学系
has.arizona.edu



你知道吗？

- 无论你是否能听见，闪电都会造成雷声。
- 已被测定的最长闪电有200英里（321公里）长。
- 闪电的温度比太阳表面的温度还要高。
- 火山喷发可以形成闪电。

VAISALA