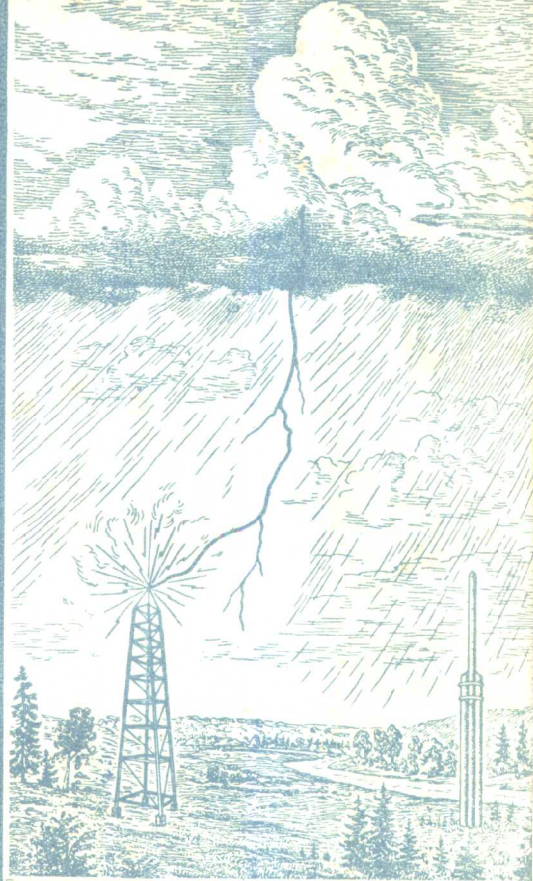




与雷害作斗争

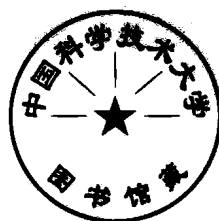
刘 继

科学普及出版社

7220

向 雷 害 作 斗 爭

刘 繼



科学普及出版社

1957年·北京

本書提要

本書綜合了好些關於雷電現象的資料，是一本比較系統而全面的通俗小冊子。它介紹了關於雷電形成和雷電現象的知識，以及雷電所造成的危害，還介紹了向雷害作鬥爭的方法，特別是大家關心的安裝避雷針的辦法。

總號：511

向雷害作鬥爭

編著者：劉 繼

出版者：科學普及出版社

(北京市西便門外柳條溝)

北京市書刊出版營業許可證出字第091號

發行者：新華書店

印刷者：北京市印刷一廠

(北京市西便門南大街21號)

開本：787×1092 毫

印張：1 1/4

1957年8月第1版

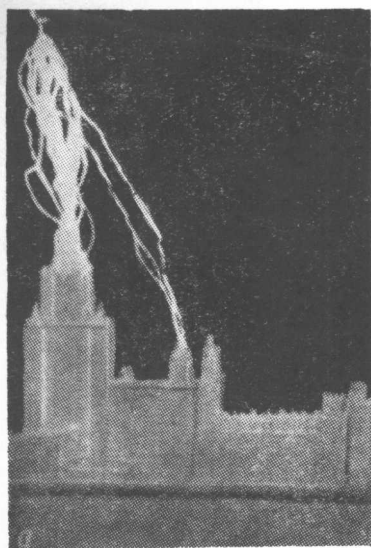
字數：23,500

1957年8月第1次印刷

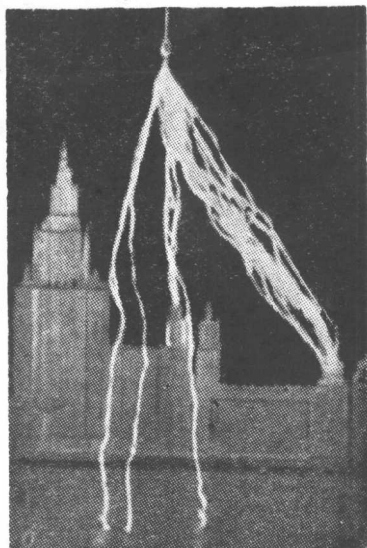
印數：2,500

統一書號：13051·46

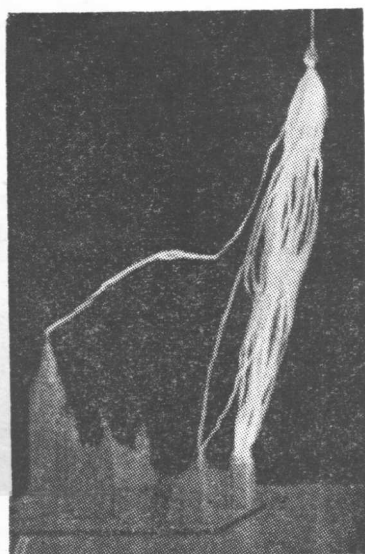
定 價：(9) 1角7分



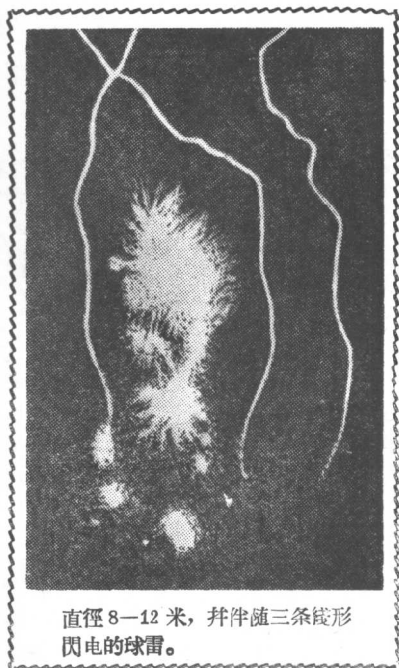
1、电極放在最高部分的頂上。



2、电極放在最高部分的侧面。



3、电極放在建筑物的外側。



直徑8—12米，并伴隨三条梭形閃電的球雷。

目 次

第一章 雷电是什么	1
一、古代人对雷电的看法	1
二、雷电究竟是什么	1
第二章 雷电的發生	2
一、雷云的形成	2
二、雷声的發生和它的特性	9
第三章 雷电的特性	11
一、雷云的放电	11
二、雷电的参数	13
三、雷电的頻度	13
四、火焰形放电和球雷	17
第四章 雷电所造成的危害	19
一、雷常打在什么地方	19
二、雷电引起的大火	21
三、雷电对人畜的伤害	22
四、雷电对建筑物的破坏	22
五、雷电对电力系統的危害	24
六、雷电对通訊綫、信号綫及無綫电設備的危害	24
七、雷电对飞机的危害	24
八、雷电的能量能够設法利用嗎	25
第五章 向雷害作斗争	26
一、避雷針的保护作用	26
二、小型居住房屋的保护	27
三、农村馬棚的保护	31
四、存放易燃物的房屋的保护	32
五、有艺术价值的建筑物的保护	33
六、电力設備的保护	34
七、如何防禦球雷	36
八、在日常生活中，人应该如何避免雷击	35

第一章 雷电是什么

一、古代人对雷电的看法

我們的祖先早就知道雷电这一自然現象。但是由于受到科学知識不足的限制，不能理解这种自然現象發生的原因，不能掌握雷电現象的自然規律，因而就不能防止雷电現象所引起的灾害，以致認為这是“神”的力量，是“雷公和电母”管的，是人所不能抵抗的。而且說是神为了处罰有罪的人才打雷的。解放以前，在乡村中常常听到这样的傳說：某处“雷劈”了一个不孝順父母的人，某处雷劈了一棵古树，劈死了一条蛇精，以及其他等等。

在別的国家，也曾有过类似的迷信說法。

但是人們是不甘心永远处于“神”的控制之下的。随着生产力的發展，人們向自然作斗争的知識一天比一天丰富了。人們就根据生活經驗和生产上的經驗，不断地和雷害作斗争，最后終於揭穿了雷电的秘密。

二、雷电究竟是什么

1752年，偉大的俄国科学家 M. B. 罗蒙諾索夫和他的朋友利赫曼教授，作了一个测电器，开始研究閃电。他們兩人各自在家里的屋頂上立起一个木杆，上面捆一根鉄棒(圖 1)，从鉄棒上引一根鉄綫到屋子里。發生雷雨的时候，鉄綫上就布滿了大量的电荷，可以引导出火花来。当然，这种試驗是非常危險的。1753年 7 月 26 日，正当彼得堡(即今列宁格勒)發生大雷雨的时候，他們兩人分別进行了試驗，利赫曼不幸在自己的测电器旁因为触电而牺牲了(注意：千万不要作此試驗，以免發生危險)。罗蒙諾索夫的测电器的試驗，証明了閃电不是別的，正是电火花，雷声轟鳴也就是这种火花造成的。

1753年，罗蒙諾索夫在俄国科学院的會議上作了“关于产生电的大气現象”的研究报告。报告中指出：“在空气中轟鳴的电之

所以發生，是空气垂直运动的結果。”在这些垂直气流中，“由于热量和水蒸汽摩擦，就能够产生电。”罗蒙諾索夫根据自己的研究，对于雷电現象及防雷方法作出了許多貢獻。其中有些直到現在还有很大价值。

此外，美国的佛蘭克林也曾經用風箏引下雷云中的电来作实验，也証实雷就是电火花。

至此，人們終于認識了雷电这一自然現象，并且研究出向雷害作斗争的基本方法。現在，人們已經能够在实验室中“制造出长达5—8米的雷电。”“雷公”“电母”之类的迷信說法就在科学的面前破产了。



圖 1 罗蒙諾索夫在屋頂上裝了一根鐵棒。

第二章 雷电的發生

一、雷云的形成

关于雷电形成的原理曾經有很多不同的說法，到現在还没有彻底解决。下面介紹几种主要的說法。

偉大的俄国科学家罗蒙諾索夫根据研究的結果，認為雷电

是空气垂直运动的结果。可是，垂直运动的气流又是怎样产生的呢？

我們設想这里有一片森林，森林的邊緣和河流之間有一片沙地。太陽以同样的热量投射在森林、沙地和河面上，可是这些地段增温(即温度升高)的程度就不一样；增温最快、最高的是沙地，其次是森林，最低的是水。因为空气主要是从地面得到热量，所以沙地上的空气的温度就比河流和森林上的空气高得多。比較冷的，也就是密度比較大的空气便从河流和森林流向沙地，把沙地上的暖空气向上排挤(圖2)，但是流过沙地的冷气流又逐漸增高温度的，重新被从河流和森林上流来的新的冷空气排挤而浮升起来。就这样，一次又一次地冷空气排挤着暖空气，形成不断地垂直向上运动的气流——“向上吹的风”。在夏天，森林和河流蒸發出很多的水汽，这些水汽和暖气流一起浮升到天空中去。

这种垂直气流进入比較稀薄的大气層中，就逐漸膨脹而冷却。这时，并不是所有被帶到上空去的水汽都仍旧以水汽的形态存在下去，因为空气的温度愈低，它能够包含的水汽便愈少，过剩的水汽开始凝結，变成了小水滴。水汽凝結的时候放出来的热量又使气流加热，所以，上升的气流比以前更快地繼續上升。但是空气上升



圖2 森林和河流上比較冷的空气流向沙地，把暖空气排挤到上空。

得愈高就越稀薄，温度也愈低，因此，凝結出来的水滴也就越多了。

大家都知道，在冷天，我們呼出来的热气一縷縷地上升，很象团团上升的云朵。大气中气流上升的时候所發生的現象，和这种热气是很相象的，只是規模大得多。开始，空中出現的是淡薄的輕霧，然后变成象棉花般的云团，最后就逐漸發展成为大片的积云。

在天气晴朗而温和的时候，气流上升的能力和气流中的水汽含量都不很大，积云到傍晚就消失了，因为这时太陽快接近地平綫，照射到地面上的热量越来越少了，空气的垂直运动也減弱了，云因为失去了上升气流的支持而下降，水滴重新变成水蒸汽云，就慢慢消散在空气層中。

有时，积云可能演变成积雨云。当云头伸展到温度大約是攝氏零下10—20度的大气層中的时候，一部分水汽就直接凝成冰晶，或者当冷气層中漂浮的冰晶落入云中时，云常常逐漸变成不稳定的云。于是冰晶迅速長大而降落，在下落的途中又吸收了許多新水滴。这样，云中就出現了雪暴。但在夏季，云中的雪暴不会达到地面，因为冰晶一离开云就融化而变成了水滴。而当大气比較冷的时候，这种云才会給我們帶來霰或者雪。

然而积云的一生并不經常都是如此平靜地結束。在热天，当气温随高度而下降得非常快时，空气很不稳定，如果垂直气流中又含有大量水汽，那么在成云的几小时以后，就会出現雷暴。这时，雷云中气流的上升速度(風速)很大，每秒可达20—25米，而在某些情况下甚至达到每秒鐘50米——这已經相当于十二級颶風的風速了。这种很急的气流在穿过云層的时候，就容易使水滴破裂。它首先使水滴变成了好似翻轉来的花托，然后使每个花托的底部变薄，最后气流冲破它，使它分裂出很細的水沫(圖3)。当水滴被冲破的时候，薄水層的各部分就分裂开来，它們都帶

上了电荷；飞升到上面去的水沫带有负电荷，而由水圈变成水滴带有正电荷。因此，英国学者辛普生认为：云的中部和上部都分布着负电荷，而云的下部（较大的水滴上）分布着正电荷。这些大水滴离开了云的下部而下降，就成了带正电的雨。

情况和辛普生的推论刚好相反，根据统计，在历次降雨中，落下来的还是以带负电的雨比较多。因此，在1924年，英国学者威尔逊研究出一种新的理论。

威尔逊认为地球表面是带有负电荷的。水滴受地面负电荷的感应，离地面近的水滴下部带有正电，而离地面稍远的水滴上部，便带有负电。水滴在气流中穿过的时候，下部常常不免要和空气中的带负电的粒子相遇，正电被中和掉一部分，因此，水滴一般就带有负电荷（图4），而空气中带正电的粒子就比带负电的粒子多了。因此，从这种云中落下



图3 向上吹的风破坏着水滴，使正电荷与负电荷分开来。

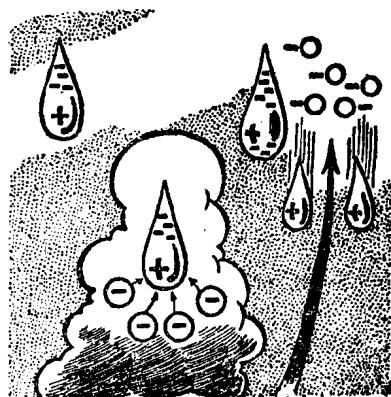


图4 水滴下部带着正电荷，在下降的时候吸附着空气中带负电的粒子，因此，水滴上所带的电一般都是负的。

来的雨，通常帶了負电。但是雨在降落途中，有时候也会因为吸附上帶正电的粒子很多，改帶上正电荷，就落下帶正电的雨。

雷云的結構到底是什么样子？要回答这一問題，單靠在地面上进行观察和推测是不够的，需要用仪器到高空去探测。

大約在 20 年前，英国学者辛普生和斯克列斯 就开始把帶有仪器的探空气球放到雷云中去，然后再根据仪器上的記錄，来判断云中电荷分布的狀況。他們認為，雷云中的結構要比只根据地面观察而推测出来的复杂得多。在强大的垂直气流冲入的区域里，云下部聚集着正电荷。这里水滴破坏得特別强烈；也就在这里，雷暴最活躍(圖 5)。

在这个区域的附近(也就是云的下部和中部)，分布着負电荷。这里的負电荷太多了，單用水滴的静电感应很难解釋清楚为什么有这些負电荷。此外，云頂上为什么还帶着正电荷，也很难解釋。显然，在高空里，一定另有一种分裂出电荷来的过程在發

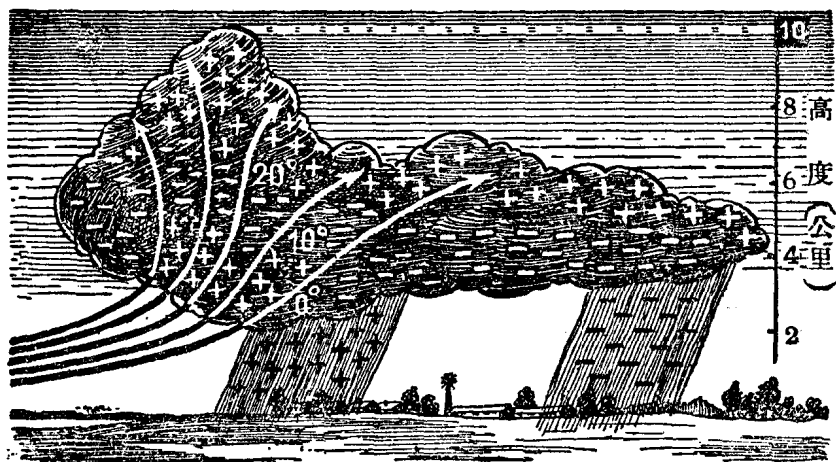


圖 5 雷雨云中有电荷的分布(辛普生和斯克列斯的圖)。在垂直气流进入的部分云里，風在破坏着水滴。雷雨云的高度达到 10 公里，

展着。但是这种过程又是怎样的呢？

在高达 10 公里左右的雷云顶上，通常是十分寒冷的。这层大气里的温度总在摄氏零下 20 度左右。水滴被破坏的这一回事，在这里就用不着再提了，因为在这样低的温度下，水滴不可能存在了。

冰晶的静电感应作用，一般也是不容易发生的。

在极地，只有在暴风雪里雪花被吹裂的情况下，雪花才会带电。这时雪花的细小碎片远远离开了带着负电的较大的冰晶，并且在地面上形成了显著的电场。在雷云的云顶上能不能产生这样的过程呢？那是不会的，因为在很高的天空中，气流是十分微弱的。

但是，这儿有一个问题，是不是雷云中的温度和云外同样高度处的空气层中的温度就相同呢？我们知道，水汽凝结的时候要放出热量，计算结果表明，上升气流中大量水汽凝结，足够使雷云内离地面 10 公里的部分的温度高于零度。至于事实是否和计算相符，目前还很难肯定。假如全部雷云真的只是由液体的水构成的，那么显而易见，雷云云顶上的电荷就可以用水滴的静电感应来解释了。

在最近几年里，苏联学者 Л. Н. 弗连克里还提出了一种理论。他认为，当云里的水滴还在形成中的时候，就已经存在有两种电荷了。空气中的水汽要附在凝结核上才能凝结成水滴。这种凝结核通常就是带着正电的尘土微粒、烟灰或者空气分子的“碎片”（离子）。由此可见，在水滴的核里就已经带有正电荷；以后，水滴的表面把空气中带着负电的粒子（离子或电子）吸收过来。风又击碎了水滴，重新把这两种电荷分离开来。

根据近代研究的结果，造成乌云带电的还有另一个原因：大气中经常存在很多带正电或负电的微粒，这些微粒可能进入已形成的水滴里去。这些带电的微粒是宇宙射线撞击空气分子的结果。

構成宇宙綫的粒子，來自宇宙的深處，它們以極快的速度前進，能夠在大气中擊破空氣的原子和分子，使它們變成帶正電和帶負電的部分。這種作用叫作游離作用。

在地面附近的大氣，可能受到極小的微粒的襲擊，因為地壳里所含的放射性元素（鈾、釷等）也能射出跑得極快的很小的微粒。這些微粒也能使原子和分子分解。

宇宙綫和射綫使每一立方厘米大氣內經常存在好幾千帶正電或負電的微粒。當云里水滴進入含有千萬顆帶電微粒的大氣時，水滴就會和它們結合在一起，吸收了它們的電荷。如此，水滴在大氣中旅行了很遠的一段路後，就會逐漸變大，並且帶有相當數量的正電或負電。

從前面知道，儘管雷電起源的問題很早以前就已經被研究着，但直到如今還沒有徹底解決。正如羅蒙諾索夫所說的：“要了解物質是會有重重的困難與挫折的”。不過，在這種複雜的現象里，有一點早已經肯定了的，那就是**氣流造成了雷云**。

為什麼雷云會帶上了電呢？按照現代的看法，大致可以用幾句話來概括：在飽和水蒸汽的大氣中，在強烈的上升氣流的作用下，水滴分裂了。在分裂過程中所形成的微細水粒，帶有負電荷（試驗証實），而其餘的重水滴就帶有正電荷。風把這些微細的帶負電的水滴帶到遠處，形成云的主要部分。帶正電的大水滴落到地面成為雨，或者保持在雷云中形成正電荷集中區。

當云里聚集着相當多的電荷的時候，於是我們看到強烈的放電現象，火花划破長空，這就是閃電。云塊之間也互相放電，云塊之間放電能持續多久，閃電也就持續多久。最後才通過各種方式（云中放電，相鄰云塊之間放電，或者云塊與地面之間放電）把能量耗盡。

上面已經大致說明了“熱雷”的發展過程，這種雷是在天氣溫暖的時候在一定的氣團內部發生的，這種氣團在水平方向几乎是

靜止的。只要回想一下，你就会記得在有些雷暴發生以前，往往是一點風也沒有，只有垂直的气流。这种雷雨通常下一陣就完了，天气并不从此改变。这样的雷暴在大陆上常常出現，通常都在午后(3点到5点鐘)，因为这时候各地方气温的差別特別大。在海洋上，水温和气温差別最大的时候是夜間，所以热雷多半是在黎明以前發生。

还有一种雷叫作“鋒面雷”。这种雷是在两个大气团移动的时候，在分界面上，也就是在冷气团和暖气团相遇的鋒面上發展起来的，鋒面雷暴能够使那个地方的天气發生急剧的变化。流到暖空气下面的冷空气，排挤了暖湿空气并且使它上升(圖6)。大气中以后的一切变化，例如水汽凝結、放电等等，都同热雷中产生的一样。鋒面可能延伸得很長，移动的速度可能达到每小时100公里。热雷控制的区域不很大，移动比較慢，在一个地方可能延長到几个小时；而鋒面雷只是沿着鋒面这一条比較窄的帶，又移动很快，因此常常是在15—20分鐘內就結束了。

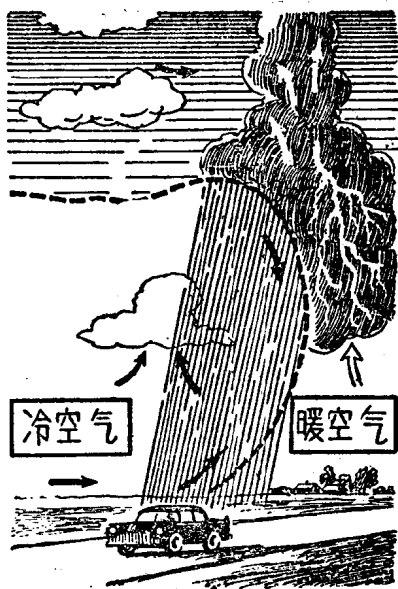


圖6 在冷气和暖气相遇的界面上發生的鋒面雷暴。

二、雷声的發生和它的特性

在雷雨时，随着閃光而来的是强大的轟隆声。雷声常常起初同槍声一样，是一陣短促而有力的响声，接着是一声較長的大响

声，然后变成一阵逐渐低落的隆隆声。这种雷声是怎样发生的呢？

打雷时闪电通路上在很短的时间内通过很大的电流。通路里的空气的温度突然升得很高，便迅速膨胀起来。由于膨胀作用在百分之几秒的极短时间内完成，所以就和炸弹爆发似的引起周围空气的激荡。空气的波动，传播到人们的耳朵里，就是雷声。空气膨胀得越快，雷声也就越高。

电流突然停止以后，闪电通路的温度会急剧地降低，因为热已经散布到周围的大气中去了。通路里的空气由于突然冷却会急剧地收缩，这又引起空气的二次震动，又形成雷声。

雷声很少能传播到25—30公里以外，比炮声传播的距离短得多，这是因为雷声要穿过雨和旋风而传播开，受到了相当的阻力。

雷声在空气中的传播速度和别的声音一样，大约每秒传播330公尺（每小时约1,200公里），相当于喷气式飞机的飞行速度。

闪电的火光的传播速度是很大的，每秒走300,000,000公尺，约为声波传播速度的一百万倍，等于每秒绕地球七圈半。所以在打雷时，总是先看到闪光后听到雷声。

因此我们测出在闪光后若干秒钟才听到雷声，那么用这个时间乘上声音跑的速度，就可以很容易地计算出闪电离我们远近。例如，闪电比雷声早到5秒钟，闪电距观察者有 $330 \times 5 = 1650$ 公尺远。

前面说过，我们最远可以听到25—30公里以内的雷声，这雷声在闪光之后75—95秒钟之内传到我们的耳朵里。

离开观察者3公里以内的雷叫做近雷，3公里以外的雷叫做远雷。

雷声响得久或者响得短，要随闪电在大气中的路线而定，闪电的路线越弯曲，雷声就越长。

閃電通路的各部分在整个过程中都会發出声音，这样就造成持久不息的巨大的雷声。

我們知道，閃電是由几个个别放电(閃光)組成的。每次放电都能發出声音，同时声波又能从地面和建筑物上反射回来，这就是回声。由于这些声音的配合的不同，就形成了有响有輕、有長有短的各种各样雷声。

第三章 雷电的特性

一、雷云的放电

統計結果表明，击地的雷电絕大多数(70—90%)是从帶負电的雷云發出的。帶有負电荷的雷云和大地形成了一个巨大的电容器，在地面感应出正电荷(圖 7 ①)。在一般均匀的电場中，雷云和大地所形成的电容器的电場强度很少有超过每厘米 1,000 伏的。但在个别电荷密度很大的地方，电場强度就大起来了，当电場强度达到每厘米 25,000—30,000 伏时，就具备了雷云对地放电的条件。

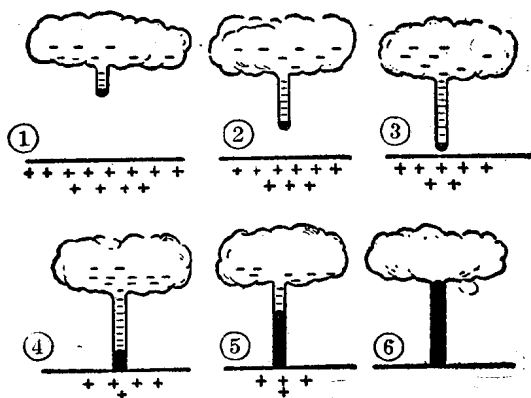


圖 7 閃電前鋒的發展过程(上面三个圖)及主放电的發展过程(下面三个圖)。

圖 7 表示閃電開始形成時的情形。

首先是从雷云向地面流下少量电子，这些电子撞击着空气中的原子，使原子电离成正离子和电子，而新电离出来的电子又撞击其他原子，这种撞击又使空气加热，增加了导电性，这样就在空气中形成了一条导电的通路。这就是閃電前鋒。閃電前鋒向地面移动的平均速度为每秒鐘 100—200 公里。达到地面所需的时间一般只有百分之几秒。圖 7 ①②③就是閃電前鋒向地面移动的情形。

前鋒到达地面后，雷电通路里的負电和地面上感应出的正电开始中和，强大的电流开始通过，这一阶段称为主放电，閃電放电的过程就此結束。雷电通路中因强大电流而發热、發光和發声，这就是我們所看到的閃電和听到的雷声。

事实上，多数雷电的放电，并不是放一次就結束，約有 50% 的情形是重复放电的。即在第一次放电结束后，沿着同一通路紧跟着又进行第二次放电（也是先有前鋒，后有主放电）。根据統計的結果，平均每次閃電約有 3—4 次重复放电，最多达到 50 次之多。圖 8 是連續發生 33 次重复放电的情形。这种重复放电是这样形成的：天空中相鄰的很多雷云，当其中一塊云对地放电之

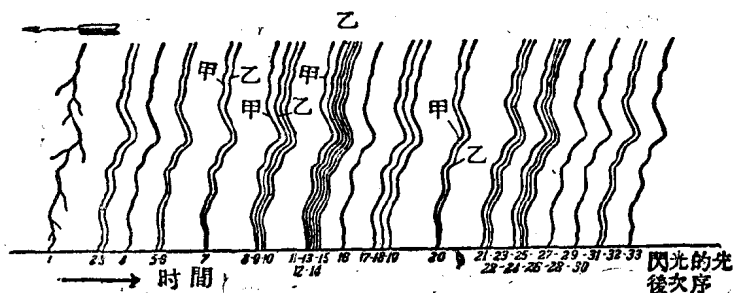


圖 8 一个重复放电 33 次的閃電：

甲—閃電前鋒；乙—主放电。

（注意：这 33 次放电都發生在同一通路，只是時間不同）