

人工触发闪电的试验研究

夏雨人 肖庆复 吕永振*

(中国科学院兰州高原大气物理所)

闪电是一种非常壮观的自然现象,雷雨所造成的灾害为大家所熟悉,因此闪电的研究自古以来就为国内外的科学工作者所注意。现在已有资料观测到闪电电流可高达数万甚至数十万安培^[1],同时产生巨大的瞬时功率;闪电产生的高温平均可达六千至三万度以上^[2];闪电冲击波的压力其地闪可达二百个大气压^[3]。闪电还能产生臭氧、制造氮肥^[4],可以造成等离子体,甚至闪电还能产生中子^[5]。闪电和对流云降水也有非常密切的关系^[6],所以研究闪电及其利用是有非常广泛前途的。但是自然闪电人们无法事先预料发生在什么时间和什么地点,因此,对于闪电还能产生什么有机物质,还有什么物理化学过程等都还缺乏系统和周密的研究。而人工触发闪电则是研究和利用闪电的重要方法之一。

自 Franklin 以来,人们就研究各种方法想把雷电引下来,但由于发生了不少事故,这种研究曾一度中断。而现代化的人工触发闪电技术,根据法国 Hubert 的说法^[7],是从美国的 Newman 开始的。近年来美国为了保护宇宙飞船和飞机以及通讯传播等方面的需要,对人工触发闪电从理论到野外试验都做了研究。法国原子能委员会及法国电器公司为了保护高压线等问题,在 1973 年也成功地进行了人工触发闪电的试验^[8]。我们受到云南省群众曾经观测到的闪电由横闪变为竖闪时,冰雹就消失的启发,以闪电和降水关系的一些观测事实为依据,就云对地闪电消雪的可能性进行了初步的理论探讨^[6],认为用人工触发闪电可能会达到消雪和人工降水的目的。为此,我们于 1977 年开展了人工触发闪电的试验。

一、人工触发闪电的原理和方法

自然闪电是大气中的一种放电现象,而要产生放电现象需要一定的电场强度,如在一个大气压下,干空气的击穿值为 30,000 伏/厘米。同样,自然闪电的形成也需要在雷暴云中累积足够的电荷,而且要有一定的电场值。在有强电场的雷暴云或阵雨云里,当未达到自然闪电形成值时,如果能人为地增大电场到闪电形成的临界值,便可达到触发闪电的目的。

那么,人为地增大电场有什么办法呢?大家知道,按照 Kasemir 的计算^[9],美国阿波罗火箭在云中飞行时其尖端电场可比原来云中电场增大 345 倍。所以在宇宙飞船阿波罗 12 号进入电场只有 100 伏/厘米量级的阵雨云中后,便先后触发了二次闪电,这就是所谓

1978年4月6日收到。

* 参加本工作的还有廖师敏、黄德丰、安学敏、任东生、汪再明等同志。在火箭拉线试验时,郭昌阴、黄孟容同志进行过帮助。

的“阿波罗 12 号闪电事件。”按照 Френкель 的理论^[10], 接地的细长导线的尖端电场增大得更加厉害。室内试验还证明, 运动的细导线比静止的细导线更易触发放电。因此, 若在雷暴云的情况下, 有一根接地细导线突然向云发射出去, 这时细导线尖端的强电场则很容易使空气发生击穿造成人工触发闪电。所以, 无论美国还是法国的引雷技术怎么现代化, 其基本方法, 仍是在有雷暴云的情况下由火箭带一根直径 0.2 毫米的几百米长接地细钢丝向云中发射出去触发闪电的^{[7][8][10]}。

二、人工触发闪电的技术实施

我们的人工触发闪电技术也是由火箭带一根几百米的接地细导线向雷暴云发射出去触发闪电。它和美、法两国的不同点是火箭和拉线设备都很简单, 而且由于采用了遥控点火, 省去了复杂的安全设施, 便于普及和推广。

火箭: 我们使用的是防雹用 40 型小火箭。由于小火箭的飞行瞬时速度可超过音速, 因此导线往往拉出不到 100 米距离就断了, 后来我们采用了加重火箭头部以降低飞行速度的办法, 取得了较为明显的效果, 解决了导线容易拉断的问题。

导线及其装置: 火箭所携带的导线外径为 0.5 毫米, 里面是铜丝, 外面包缚尼龙丝以增加抗拉强度。导线长 500—1000 米, 卷在一个直径 15 厘米的木轴上。放火箭时将已绕好导线的线轴放在离火箭架 1 米的位置, 线轴中心用铁钉固定在地上, 以免火箭飞行时带动线轴位移或滚动而将线拉断。线轴下部的一个线头与地线相连接 (地线是一块铜板, 埋地深一米左右), 铁丝的另一头固定在火箭箭体上 (用铁丝的目的是避免火箭喷出的高温气体把细导线烧断)。

点火: 由于闪电触发以后, 闪电将沿导线到地面, 因此在离火箭发射架 10 米以内的地方不能有人^[12], 以保安全。火箭点火我们采用远距离操纵的遥控技术, 遥控点火器的遥控距离是一公里, 这对我们来说是够用的了。

点火时机的选择: 火箭点火的时机对触发闪电很重要, 什么时候最有把握使触发闪电成功, 这要看云的主体是否接近和通过引雷点。同时要用电场仪和闪电计数器进行观

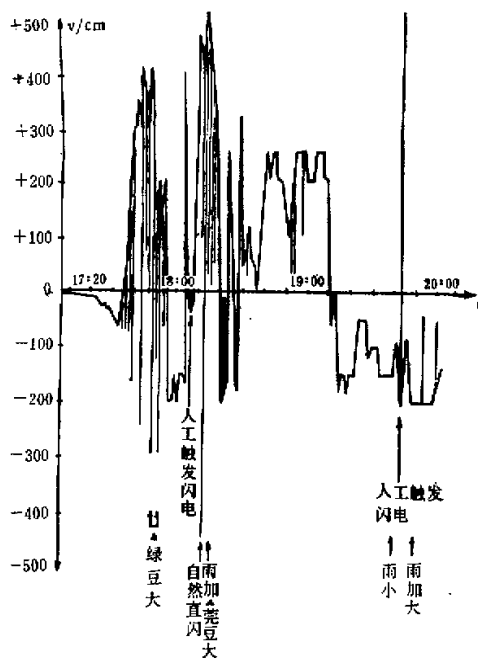


图 1 1977 年 9 月 19 日地面电场和人工触发闪电的观测记录。

测,根据法国^[8]和我们自己的经验,当观测到地面电场强度大于 200 伏/厘米时进行火箭作业,触发闪电较易获得成功(见图 1)。

三、人工触发闪电的试验情况

我们试验的地点在宁夏南部山区的一个山头上,海拔 2200 米左右。该地区有起云的条件,还有三条雷暴路径经过此地。每年的平均雷暴日约有 32 次,而且有的雷暴日甚至有三、四次 Cb 云发展过程。雷暴次数多,显然是引雷试验的有利条件。另外,我们试验点的

视野很开阔,用肉眼便可看到几十公里以外的云,这对提前发现雷暴,从而做好发射火箭的准备工作极为有利。现将几次人工触发闪电的情况分别介绍如下:

1. 1977 年 9 月 19 日触发闪电的情况

9 月 19 日 17 时左右,试验点正北方有 Cb 云发展,17 时 39 分听见雷声,云的主体 18 时左右到达引雷点,这时地面观测到的电场已达 -200 伏/厘米,我们开始进行触发闪电的作业。19 时 43 分当火箭拉出导线 350 米左右时闪电被触发了,电场仪记下了这次从 -200 伏/厘米到 +500 伏/厘米的电场变化(图 1)。这次闪电的闪道长约 300 米,从空中直达地面,上部分岔,闪道宽而亮,雷声与自然云的对地闪电一样强烈。我们在离引雷点 300 米左右的观测点用 120 照相机拍摄了这次闪电的照片(见图 2)。从照片可以看出直而宽的发亮的线是闪电电流通过导线时将导线烧得发光,其他二根弯曲发亮的细线是闪电的二次回击过程。

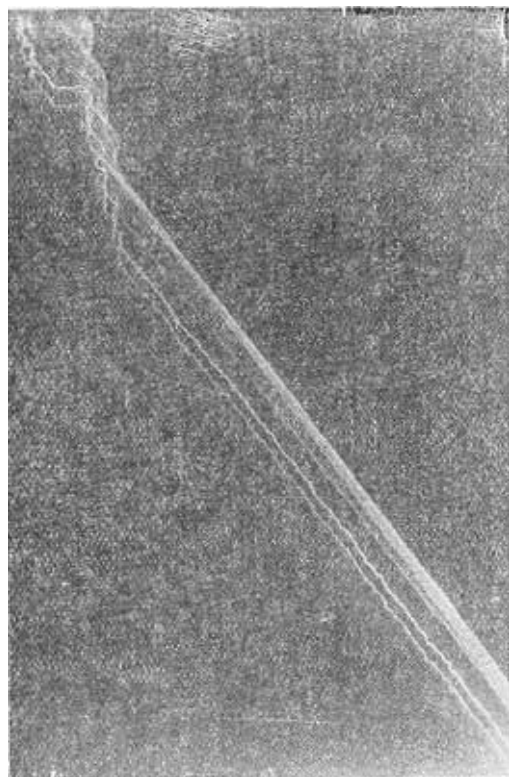


图 2 人工触发闪电的照片。1977 年 9 月 19 日 19 时 43 分拍摄。

2. 其他二次触发闪电的情况

9 月 17 日 15 时 50 分 10 秒首次触发闪电成功,电场变化从 +400 伏/厘米到 -200 伏/厘米,闪道长约 50 米,上部亮而宽,下部暗而窄,同时听到一声炮竹爆炸般的响声。

9 月 19 日 18 时 06 分 35 秒触发的一次闪电,电场变化不大,从 -30 伏/厘米到 -4 伏/厘米,闪道长约 200 米,并看到导线被闪电电流燃烧后产生的火花,火花发出劈劈拍拍的响声,在空中飘浮约半分钟后熄灭。

这几次人工触发闪电成功,不仅看到了闪光,听见了雷声,有电场变化记录和拍摄了照片,而且还可以看到线轴上未拉出去的导线被闪电电流击穿的痕迹。火箭拉出去的导线被闪电电流烧成碎节,线轴上的导线与接地导线的接头处被烧断等现象。

3. 触发闪电后降雹降雨的情况

触发闪电后,我们观测到了它与自然闪电一样可以产生降水的“倾泻”现象,即在触发闪电后几分钟内不论降雹或降雨都突然加大。如9月17日在触发闪电前雹的大小只有3—4毫米,而且下得很稀;但触发闪电后,雹的大小有5—6毫米大,而且下得较密。又如9月19日19时43分触发的闪电,在闪电前下小雨,闪电后下大雨。这种人工触发闪电能够产生降水的“倾泻”现象,正是我们用它来进行人工降水和防雹的依据,其理由可见[6]。9月17日的雹灾情况是,引雷点的上方是重灾,本站是轻灾,下方是遭少量灾或无灾。因为缺乏严格的科学资料,我们不能肯定它就是人工触发闪电的效果,然而,用人工触发闪电来进行人工降水和防雹的理论研究和科学实验不失为今后值得探讨的课题。

人工触发闪电的试验,为闪电的研究和利用,包括在人工控制闪电、人工降水特别是在防雹方面,提供了一种可供研究的途径。另外,还可为原子能和高压线防护等方面的研究提供一种新的技术。虽然闪电的利用在国内外还处于初始阶段,但是展望未来,我们坚信闪电为人类获得广泛利用的这一天一定会到来。

参 考 资 料

- [1] С. Шпор, *Электричество*, №. 6, 1966.
- [2] G. G. Goyer, *Nature*, Vol. 26, 1203—1209, 1965.
- [3] Л. Е. Беловцова, *Метеорология и Гидрология*, №. 7, 1969.
- [4] 夏雨人, 用人工触发闪电来消雹和制氮肥, 1976, (未发表).
- [5] R. L. Flaischer, *J. G. E.*, Dec. 20, 5005—5009, 1975.
- [6] 夏雨人, 人工触发闪电与人工降雨和消雹, 1978年《全国人工影响天气科学技术会议》材料, 1978.
- [7] P. Hubert, *La Meteorologie*, VI Serie, No. 1, 1975.
- [8] F. Rühling, *Bull Schweiz electrotechu Ver*, 65, No. 26, 1893—1898, 1974.
- [9] H. W. Kasemir, *Proc.*, 3rd Conference on Weather Modification of Society. p. 237, 1972.
- [10] Я. И. Френкель, *Теория явлений атмосферного Электричества*, Ленинград 1949, Москва
- [11] Newman et al., AD-661827, 1967.
- [12] И. С. Стекольников, *Изучение Молнии и Грозовых облаков*, 1955, Москва.