

用特斯拉线圈产生火球

by James F. Corum and Kenneth L. Corum (作者:詹姆斯·科罗姆和肯尼斯·科罗姆)

Electric Spacecraft Journal (电动宇宙飞船杂志)

August 5th, 2003 (2003年8月5日)

Page number(s) (页码): 20-22

詹姆斯和肯尼斯·科罗姆搜索历史记录，寻找特斯拉如何按需产生火球的线索。他们发现操作放置在初级线圈中的两个不同频率的线圈使这成为可能。他们还发现空气中的碳或金属微粒会增强这种效果。¹

肯尼斯和詹姆斯·科罗姆很好奇，为什么当特斯拉报告火球是一种常见的、有时几乎是威胁性的现象时，却很少有人看到它们，他们仔细检查了特斯拉的科罗拉多斯普林斯笔记和贝尔格莱德特斯拉博物馆存档的照片。他们的调查显示，他们的实验设备没有完全模仿特斯拉的设置，因为它出现在许多照片和图表中。也许被忽略的最重要的特征是由单个初级线圈包围多个谐振器。(见图 1)另一个有利于火球产生的特征是在额外线圈的上端增加了一根尖头导线。

System Design 系统设计

图 2 显示了科罗姆修改后的实验配置。特斯拉在 1897 年获得了这一概念的专利，几年后又获得了一项相关通信应用的专利。该设计由两个不同的四分之一波长螺旋谐振器组成，连接到一个公共接地。两者都由两圈初级线圈包围，初级线圈将它们磁耦合到火花间隙振荡器。振荡器以 58 赫兹运行，峰值功率约为 70 千瓦。设置为以 800 赫兹的频率运行，它产生持续 100 微秒的火花。只有大约 3.2 千瓦的功率从 2.4 兆伏的射频输送到电路，这是特斯拉使用的百分之一²。运行时，系统向线圈同步发送高功率射频脉冲。

在他们的研究中，他们注意到次级线圈在特斯拉线圈运行期间以两种交替模式运行。(见图 2)³初级线圈打火时；即电路是闭合的，次级线圈的工作方式可采用集总元素电路分析进行建模。其特征是在电流与时间轨迹上，两个线圈的振荡叠加而成的拍频。在磁耦合的临界水平以上，基于频率的曲线以两个电压峰值为特征，峰值之间的时间随着更紧密的耦合而减少。

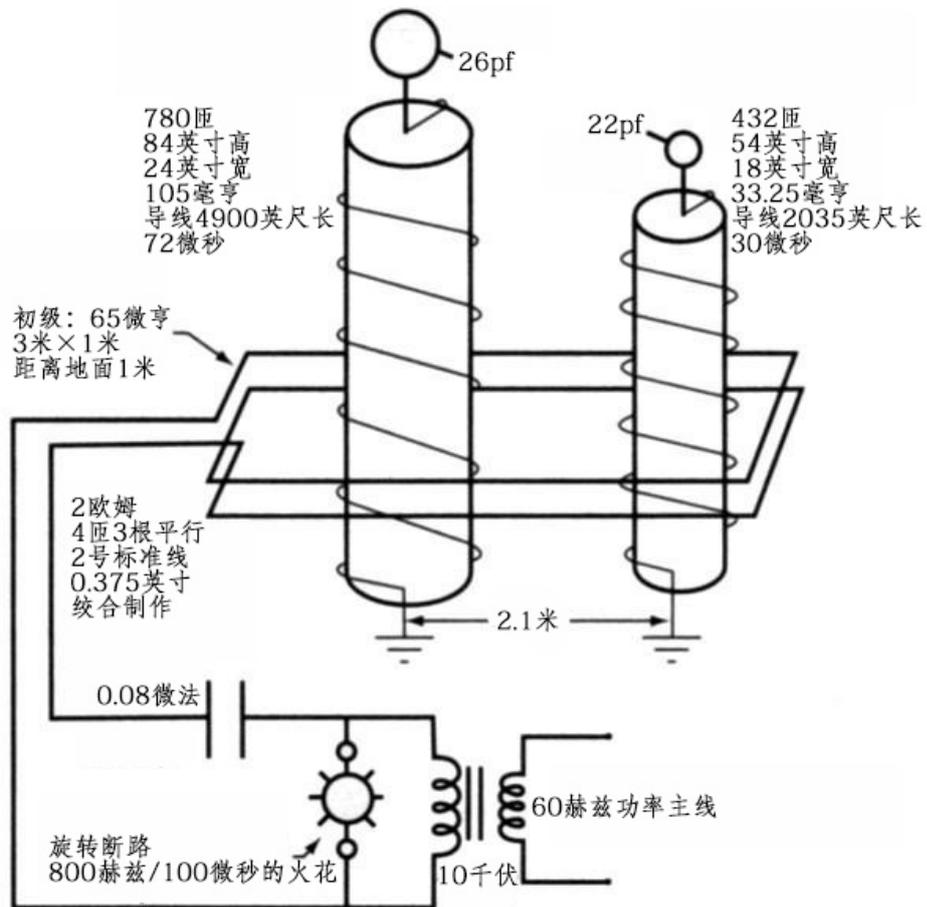
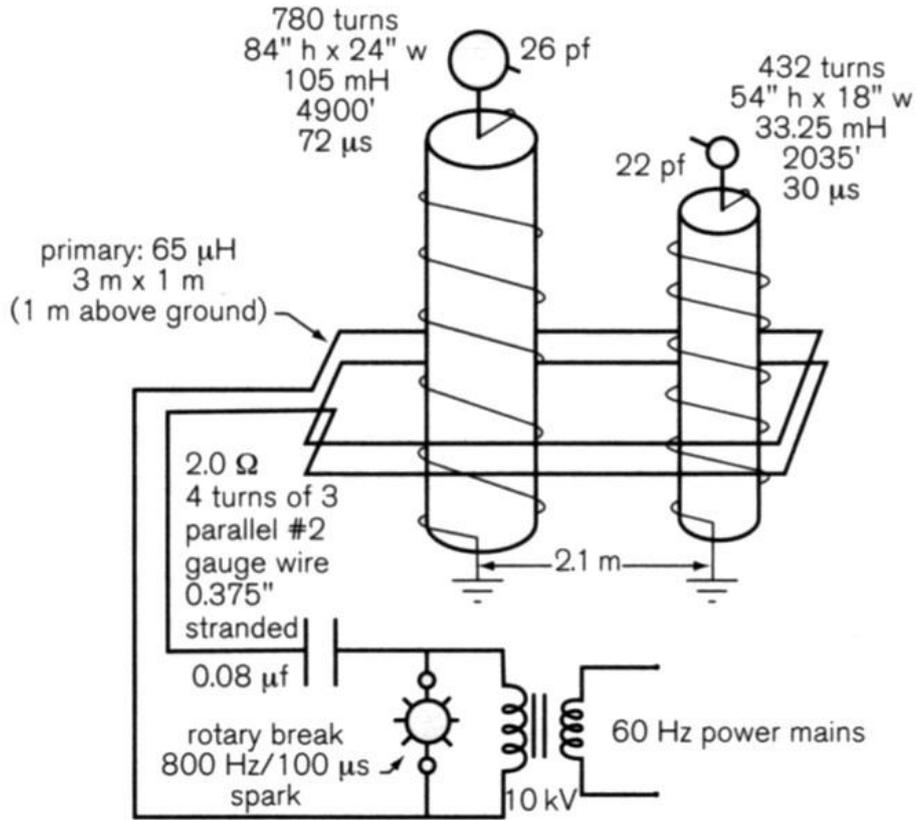


图 1 初级环绕多线圈产生球状闪电的设置

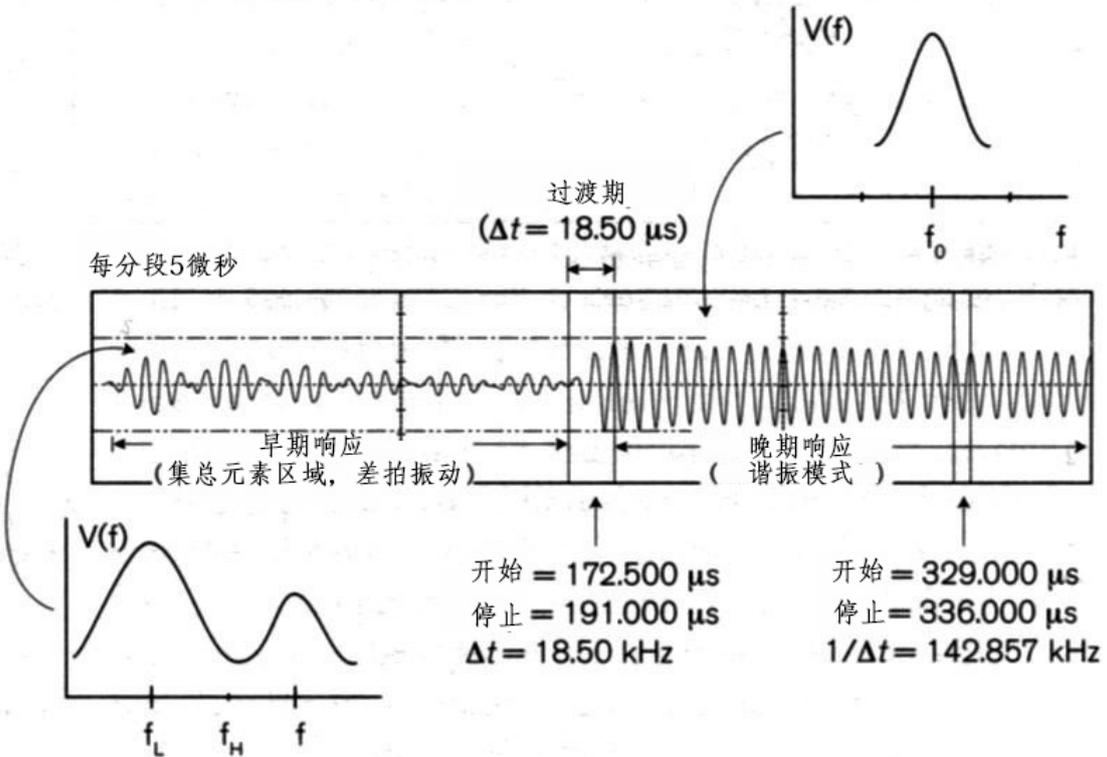
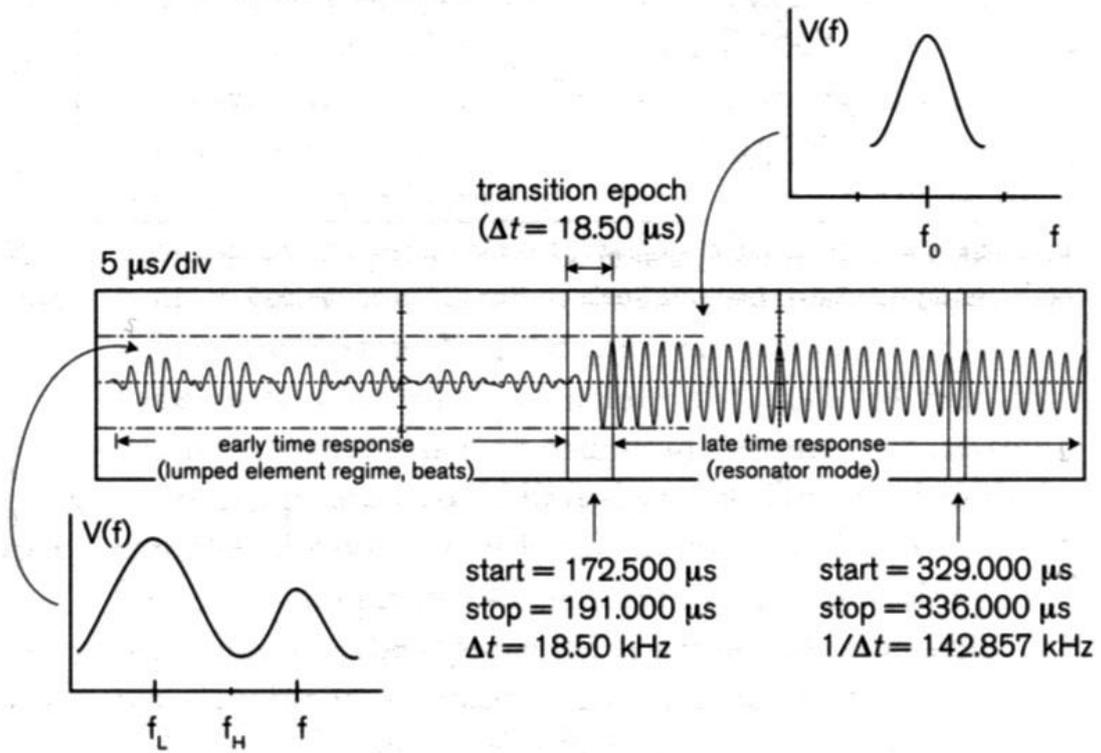


图 2 谐振器瞬态波形和频谱的波形图。请注意，初级火花仅在早期响应期间传导。

当初级间隙中的火花熄灭时，次级进入一个工作方式，在该工作方式中，火花表现为四分之一波螺旋谐振器，需要进行分布式组件电路分析。这种模式的特点是具有以次级的固有频率振荡的单个驻波。在这种情况下，可以将次级侧准确地建模为一条简单的传输线，以显示即使是随意构造的装置也可以将电压放大至少 10 到 50 倍。

线圈顶部的最大电压仅仅是感应电压和电压驻波比的乘积，应用良好的工程技术来提高电压驻波比所获得的放大率远远超过了切换到更好的大功率振荡器所获得的任何收益。基本上，用于增强顶部垂直天线输出的相同措施也可应用于谐振变压器。唯一显著的区别是特斯拉线圈足够短，使得辐射阻力可以忽略不计。

他们证明，只要遵循特斯拉在许多公开披露中强调的教导，就可以实现良好的设计。尽管特斯拉的相关实验数据表明，特斯拉把线圈当作四分之一波谐振器来操作，但他们发现，大多数特斯拉线圈的运行方式“就像定时不当的往复式发动机一样”。通过(1)使火花持续时间与设备的耦合系数相适应，以及(2)防止谐振器损耗(主要由使用太多的匝数和/或太高的线规引起)，可以获得最大的利益。

他们调整了电路，这样，在分布式谐振器模式中，低频线圈将在其谐振频率 67 千赫下输出最大 2.4 兆伏的电压；并且更高频线圈在 156 千赫下输出 200 千伏。每个谐振器的相干时间，或在初级火花熄灭时建立驻波所需的时间，分别为 72 微秒和 30 微秒。

Results 结果

他俩使用了两种不同的装置来持续产生火球，其结果与特斯拉的观察和解释一致。引用特斯拉的一段文章可以用来解释他俩在操作装置时的观察结果，如下所示：

火球是两个频率相互作用的结果，一个偏离的较高频率的波作用在主电路的低频振荡上……当自由振荡从零点到四分之一波长节点建立时，它经历不同的变化率。在较短波长的电流中，变化率会更大，……[并且]第二个振荡器可用于传输较短波长的电流……当两个电流相互作用时，由此产生的复合体将包含一个波动，在这个波动中有一个非常陡峭的变化率，在最短暂的瞬间，电流可能以惊人的百万马力的速率移动……这种情况就像一个触发器，可以使强大的长波的总能量在无限小的时间间隔内以成比例的

巨大能量运动速率释放出来，这种能量运动不能局限于金属电路，而是以不可思议的暴力释放到周围空间中。⁴

在这两人的实验中，能量通过流光和气泡从低频谐振器的尖端冲出。在多次观察、拍摄和录像这些气泡的产生之后，他俩完全有资格对它们的外观和变化进行概括。一般来说，气泡首先会以小结节的形式出现，直径不到一厘米。这些小结节会沿着流光的长度慢慢滑动，远离谐振线圈。在某一点上，它们会在空间中变得固定，随着流光的消失，亮度会增加。随后的流光似乎被球吸引，随着每一个连续流光的撞击，球的发光强度增加。如果没有流光的撞击，火球只能持续 1-2 秒。

用这种方法产生的火球可以是球形或环形的。与特斯拉笔记中的记载的一致，它们的直径通常为 1-3 厘米，而且有时会更大。俩科鲁姆观察到可见光谱中各种颜色的火球，很快注意到它们的发展遵循了赫茨普鲁格-拉塞尔式的顺序。从红矮星开始，球的颜色和大小都会发生变化，直到达到蓝白巨星的阶段。如果它们不像新星一样爆发，它们就会退化成红巨星的状态并逐渐消失。与恒星一样，火球的颜色可能是它们等离子体温度的一个指标。继续恒星类比，旋转黑子和脉冲星行为的例子并不少见。

少量的空气污染大大增加了观测到的火球数量。通过在低频谐振器顶部放置蜡烛，或者在特斯拉时代，按照他的建议，在谐振器附近放置一根用橡胶绝缘的电缆，可以产生适当的烟雾。碳是蜡、石蜡和老式橡胶中的一种常见元素，对火球的形成即使不是必需的，也是重要的，这一观点在历史上有关烟囱和火山喷发周围发生的球状闪电的记载中得到了进一步的证实。研究表明，火球的产生是一个多步骤的电化学过程，而碳似乎只是将已经存在的微观的火球培育成可观察到的大小。在谐振器末端蒸发金属可以产生同样的效果。

他们很快注意到，如果他们将空气中的颗粒注入实验环境，他们可以用一个谐振线圈产生火球。由此得出结论：等离子体球的生成是通过在稠密的碳或金属颗粒烟雾中快速释放 1-2 兆伏/米的电场来优化的。在第二种设置中，仅使用低频线圈，在其高压端沉积碳膜。在操作过程中，电流对碳进行电阻加热，相关的功率损耗迅速在电极上形成一个低阻抗区域，在该区域可以像以前一样观察到流光和火球。

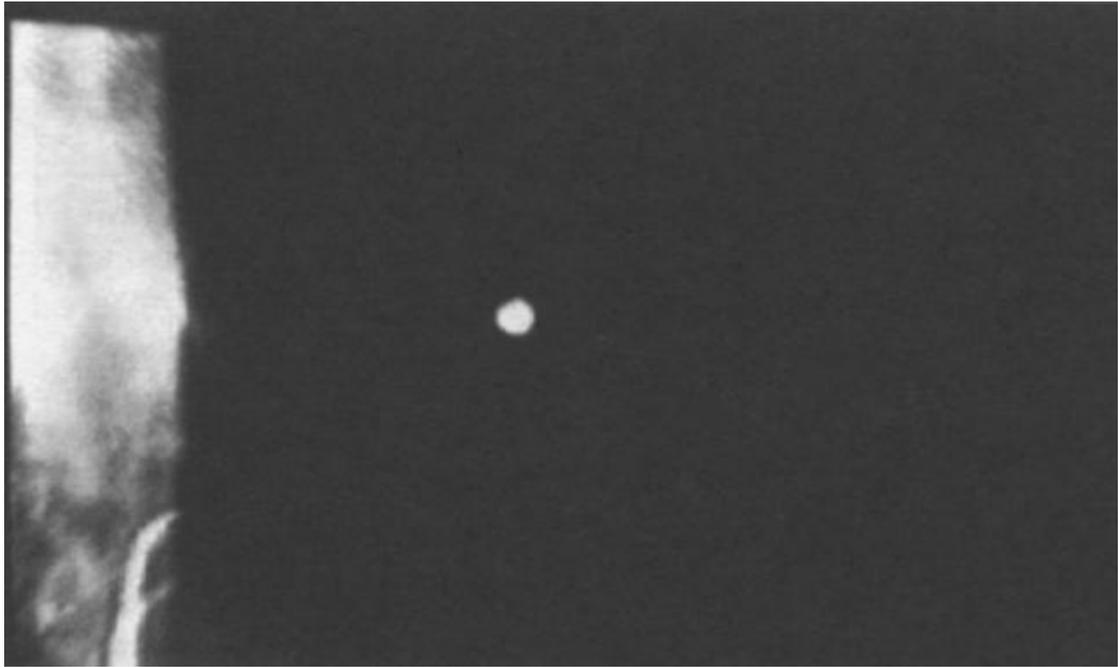


图 3— 在科鲁姆的实验中拍摄的火球

下一步是观察人工生成的火球是否与遭遇球状闪电的记录相符。在一个值得注意的场景中，俩科鲁姆想看看火球是否正如许多目击者声称的那样会穿过窗玻璃。使用双谐振器电路，他们产生了大量的火球，看起来确实穿过了玻璃；直到被停顿摄影仔细观察。而在实时中，火球似乎穿过了玻璃；在停顿视频中，新的火球出现在窗口的另一侧，当被流光击中时，旧的火球消失了。科鲁姆推测，火球在自然界中很少见到，因为闪电的流光通常是在云中的某个地方产生的。



图 4 -在一条流光上形成多个火球

迄今为止，上述两种方法是唯一已知的按需可重复产生人造球状闪电的方法。詹姆斯·科罗姆和肯尼斯·科罗姆关于慢波传输线理论的知识，应用到特斯拉对等离子球生产的大量文献中，不仅导致了这项技术的重新发现，也导致了对这一过程的第一个可信的科学解释。特斯拉再次被证明是正确的；他详细说明了人造火球产生的必要条件和充分条件，人造火球是能够将空气中的微粒加热至白炽状态的高功率放电。