

一种电晕放电的负离子发生方法及装置

胡 匡 祐

(中国科学院生物物理研究所)

离子对生物体的作用机制是生物学者感兴趣的课题之一,如细胞的供氧,再生的维持,特别是细胞内的 DNA 和 RNA 中大分子结合过程中负离子参与的作用机制。目前人工方法获得的负离子在医疗、环境保护和农业等方面得到较广泛的应用。国外早在六十年代已用负离子治疗高血压病、烧伤、支气管哮喘和风湿心脏病等。负离子还用来净化城市空气。在被污染的空气中,长期飘浮着各种有害的尘粒、烟雾和细菌,这种飘浮物均带有正电,正离子过多有害于人体,而用负离子将带正电的微粒中和,并凝聚沉淀,可使空气中正负离子达到平衡或负离子数高于正离子数。此外在食品工业中还利用正负离子对蔬菜和果品保鲜。因而研究负离子发生方法是很有意义的。

产生负离子的方法有多种,有放射能离子发生方法,水空气离子发生方法和静电放电离子发生方法等。本文介绍的电晕放电方法是静电放电方法中的一种,用这种方法获得负离子是比较简便的,并能提取较高的负离子浓度。下面着重阐述电晕放电的方法获得负离子的原理、实验方法和电极参数的选择。

一、电晕放电的基本原理^[1]

高压静电放电种类较多,从图 1 的放电曲线可知。当在尖端电极和平面电极间加上直流高压,此时在放电间隔里形成十分不均匀的电场。当电极间的电位从零开始逐渐增加时,最初发生非自持无声放电,电位升至起始电晕放电电压 V_s 时,开始在尖端上发生一层有辉光的电晕放电,此后电流的增加与电压无关,当电极

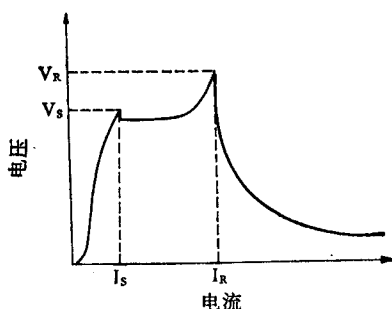


图 1 高压静电放电曲线

间电位差继续增加,则放电电流随着增大,电晕层也随着扩大,最后在电位差为 V_R 时,气体被击穿,发生弧光放电。

据 Paschen 定律可知,起始电晕放电电压 V_s 是气体压力 p 与两电极之间距离 L 乘积的函数。即: $V_s = f(pL)$ 。起始电晕放电区域的气体电离仅发生在尖端上,是一层较薄的电晕层。在电晕层之外的区域没有自由电子,电流的传导仅靠离子的运动,电流是单极性的。放电的外围区域中基本上只有一种符号的离子,即与起晕电极同符号的离子。如尖端电极为负电位则产生负离子。以快速气流吹向放电间隔,使负离子脱离电极间隔,便获得所需的负离子。

二、实验方法

图 2 为负离子发生装置原理方框图。直流高压发生器的输出电压可在 2kV 至 20kV 范围内连续变化,最大输出电流为 10mA,稳定度为 0.5%。直流高压加至尖端电极 A 和平面电极 B 上,电流表和示波器用于观察放电情况。

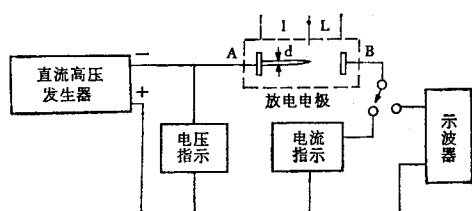


图2 负离子发生装置原理方框图

负离子发生头共两只，其外形为筒状如图3所示。发生头的一端是电极组，另一端是转速可调的直流电机风扇。每个电极组有放电电极40对。尖端电极的长度 l 、尖端与平面距离 L 可调节，电极直径可更换。尖端电极固定在其直径比尖端电极本身大5—10倍的基座上。将发生头放置在空气中。选择不同尺寸的电极参数，缓慢地将高压由低升高，直至产生起始电晕放电。起始放电现象可以通过放电电流的数值和示波器屏上的脉冲放电电流振幅来确定，放电电流约 10^{-4} A。

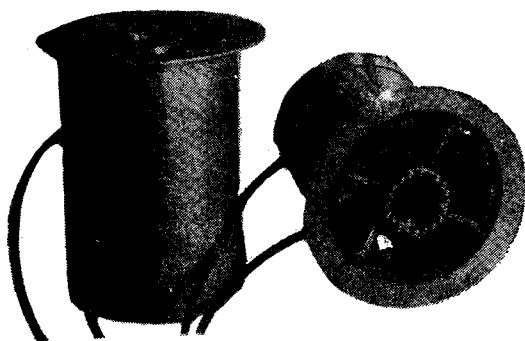


图3 发生头外形

三、实验结果

本实验是在大气压和室温为 25°C 左右的情况下进行的。尖端电极为负电压，尖端直径为1毫米和0.5毫米两种，尖端电极长度在2—50毫米之间变化，尖端与平面之间距离为80毫米。表1是起始电晕放电电压 V_s 随着电极的 l 、 L 、 d 尺寸变化而测得的数值

表1 放电电压 V_s 随着尖端长度 l 变化所测得的数值

l (mm)		2	4	6	8	10	15	20	30	40	50
V_s (kV)	$d = 0.5 \quad L = 80$ (mm)	12.2	8.8	7.8	7.4	6.4	6.0	6.0	5.6	6.0	5.8
	$d = 1 \quad L = 80$ (mm)	17.0	15.2	14.0	13.3	13.2	12.2	12.6	11.9	12.0	12.7

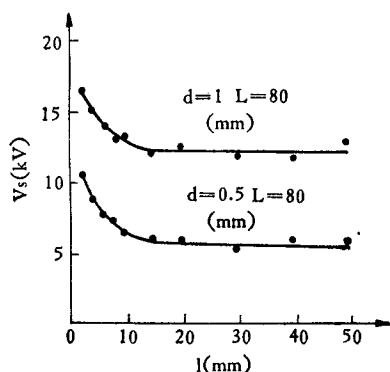


图4 起始电晕放电电压 V_s 与尖端电极长度 l 的关系曲线

用表1测得的结果作出的起始电晕放电电压 V_s 与尖端电极长度 l 的关系曲线见图4。此关系曲线表明尖端电极直径 d 越小，起始电晕放电电压 V_s 值越低。当尖端电极长度 $l > 15$

mm，直径 $d = 0.5\text{mm}$ 时，放电呈现一种显著特点，即 l 变化，而 V_s 基本不变，约为6kV，放电电流 I_s 约为 $45\mu\text{A}$ 。此时以气流强迫负离子脱离电极区间，在距电极20cm处，测得负离子浓度为 34.5×10^4 个/ cm^3 。当 $d = 1$ ， $l > 15\text{mm}$ ， V_s 约为12kV， I_s 约为 $80\mu\text{A}$ 。在距电极20cm处，测得负离子浓度为 70×10^4 个/ cm^3 。当两个离子发生头同时工作时，能在体积20立方米的空间里产生负离子的平均浓度为 2.4×10^4 个/ cm^3 。

四、结果分析

从以上结果可知，负离子浓度大小取决于电极间电压、极间距离、电极形状和气体的性质。具体有下面几点：

1. 尖端电极直径较大的放电电流比直径较

小的要高。在实验所定的条件下,放电电流越大,单位时间里电极间的负离子就越多,这正是我们所需要的。同时也可看到,当用较小直径的电极时,其起始电晕放电电压要降低很多,放电电流也小,虽然产生负离子少一些,但这对制作稳定的直流高压电源是十分有利的。

2. 极间距离 L 值过小,不利于负离子的提取。电极间运动的离子,沿着电力线方向运动的速度 U_c 与电场强度成正比: $U_c = kE$, k ——离子迁移率,为一常数。显而易见, L 取较小值时,极间空气被电离的次数减小,这势必要加强电子能量,即升高极间电压,才能维持足够的游离机率,使气体发生起始电晕。极间电压的升高,使得极间电场强度显著变强,离子运动速度也就越快,以致需较大的风力才能迫使离子脱离电极间隔,导致负离子向空间扩散速度增大,造成空间负离子分布的不均匀,并会降底负离子浓度。

3. 从图 4 的 $V_s \sim l$ 关系曲线可知,当尖端长度 $l > 15\text{mm}$ 时,产生起始电晕放电的电压 V_s 基本不变。选择起始电晕放电电压 V_s 不依赖尖端长度 l 的区域,能获得比较稳定数量的负离子。曲线同时表明,当 $l < 10\text{mm}$ 时,起始

电晕放电电压随着 l 的减小而升高。当 $l = 2\text{mm}$ 时, V_s 约升高一倍,这是由于尖端固定在直径比尖端本身大得多的基座上,基座对电场起着屏蔽作用,它削弱了极间的电场强度,使得放电电压升高,因此尖端长度一般不应选择在起始电晕放电电压随着尖端长度变化的区域。

4. 本实验将产生负离子的静电放电工作点,选择在起始电晕放电电压区域的另一个原因是该区域放电电流比较合适,一般不超过 10^4A 。当两个放电头 80 对电极同时工作时,只耗高压源电流 8mA 左右。如工作在比起始电晕放电电压高得多的区域,仅一对电极就要供电数毫安,这不仅对高压电源设备制造带来困难而且高压设备也易损坏。

总之,正确选择电晕放电电压、放电电极尺寸和形状,才能获得最佳负离子浓度。此外一般环境正离子数大于负离子数,人工负离子会被空气中正离子俘获而中和,因此产生负离子的空间应是无尘、清洁的。

参 考 文 献

- [1] Von Engel, A.: *Ionized Gases*, 254, 1965.

[本文于 1982 年 7 月 7 日收到]

会议简讯

日本召开第 20 届生物物理学年会

日本第 20 届生物物理学年会于 1982 年 10 月 13—15 日在大阪大学召开。在三天的学术会议中,分别进行了大会专题讨论及小组报告会,会内并有仪器展览。

大会讨论的专题有: 生物功能和分子结构;同步加速器、中子和电子生物物理;细胞识别。

小组报告的专题有: 生物膜的化学和物理结构、物质转运及兴奋;肌动蛋白、微丝与细胞骨架、骨骼肌收缩;感受器及通道、肌小胞体;光感受细胞信息传递

的分子结构;视紫质蛋白的光能转换;光合作用;核酸;生态;非平衡系;仪器与技术;血红蛋白的结构与功能等。

另外每日都有大会报告,其内容有: DNA 与遗传信息;衍射晶体学在生物物理学中的作用;脑的可塑性。

上述专题文摘已发表在日本《生物物理》杂志 1982 年 22 卷的增刊中。

[菊摘译]