

全国理疗医师进修讲义

高频电疗法

邹 贤 华

进修班教学办公室

目 录

一. 静电疗法	1
二. 离子化空气疗法	9
三. 高频电疗法	15
四. 达松伐尔电疗法	26
五. 中波电疗法	33
六. 短波电疗法	46
七. 超短波电疗法	58
八. 分米波电疗法	82
九. 微波电疗法	87
十. 高频电疗中电磁产热特性比较	113

— . 静电疗法

静电的基本物理特性

静电场中原子和分子的极化现象 在真空的条件下，两个点电荷间的相互作用力 F 的大小，是与电荷 Q_1 及 Q_2 的乘积成正比关系，而与其间的距离 r 的平方成反比，这就是库仑定律。

如在电荷附近放置另一带电的导体时，后者就必定受到一定的引力或斥力，从而在电荷的周围空间形成了电场；静止电荷的电场称静电场。任何带电体在静电场中都要受到其作用力的影响，带电体在上述物理作用的条件中，仍然在起着内中自身的物理和化学变化。

任何一个原子在静电场中都发生极化现象如图1所示，图a是在电场作用前的原子，b为同一原子在电场中的改变，图中 Δ 为原子核与轨道电子的位移。

原子在电场中的极化现象，主要表现在其轨道上的电子与原子核的相互作用关系，由于电场的影响而逐渐减弱。分子亦同样在电场中发生极化现象，但在电场因素去除之后，一切分子便恢复到原来的状态，这种极化的分子称为偶极子。

许多物质的分子如碳水化合物，胶体物质，尤其是水，在平常条件下，就已呈现如极化分子的现象，在这些分子中的正负电荷之间，存在着一种衡定的运动，上述分子都称为“重偶极子”。在没有外加电场的作用下，这些分子经过热能的影响后，便形成紊乱无规则的状态，如果将带有重偶极子的电解质量置于电场中时，这些分子便循着电力线方向而排列成为顺

序的分子（图2）；具有自由活动能力的分子在电场中的转变

就很快；反之，一些不具有自由活动的能力分子，在电场中祇能发生轻度的位移。一些复杂的极化分子在电场强度的作用下，都将起到内P结构的改变。

在平常条件下，空气和大多数气体同样是电流的不良导体；可是空气中

的一些自由离子，在静电场的作用下，便向电极移动，同时在移动的过程中，触动空气的分子，并使之发生电离和分解，这种现象称之为离子撞击。由此所产生的电离空气，对机体有一定的影响。

静电的火花放电和无声放电 当两个带电的导体，调节

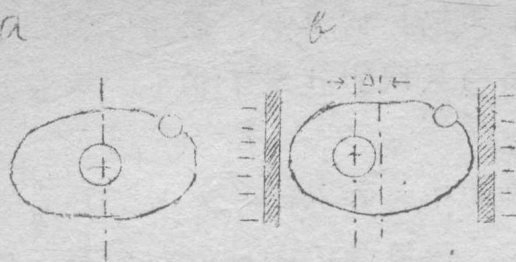


图1 电场中原子极化现象

a — 电场作用前

b — 电场作用后

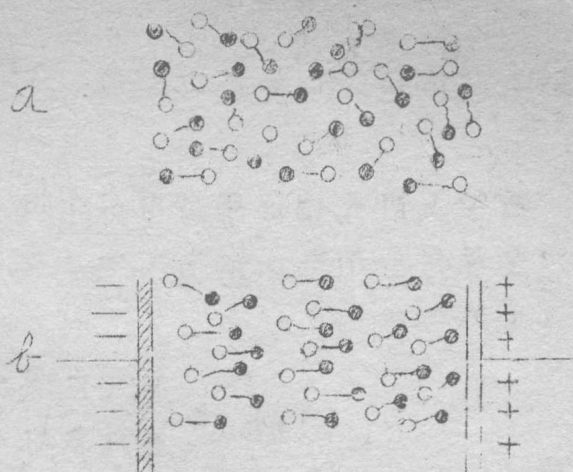


图2 电场中电介质的极化现象

a —— 电场作用前

b —— 电场作用后

到一定的距离后，则可见到二者之间产生火花放电；其物理作用，在于求得二者之间的电位平衡。如果静电极上的电位愈高，空气湿度愈大，灰尘愈多，则电容口的电容量将愈大，此时所发生的火花时间就愈长。因此，静电极板的放电也就是电容口的放电，普通一次火花放电的时间为 $\frac{1}{50000}$ 秒，并且形成高频振荡电流。如果将上述二导体间的距离适当地延长时，则可产生无声放电，根据静电极板所具有的不同电荷，从而决

定了静电电流的恒定方向。

由火花放电的阳极，在静电机工作时，其尖端可见到一光点出现；如为阴极，则可见到有紫色的光点出现。当无火花放电时，在阴极的附近可以听到有呜呜的声音。

静电机的机械发生基本原理

十八世纪时，医学上即开始应用静电来治疗疾病，那时静电机的发生原理，主要是应用电动的马达转动带有金属附件的玻璃圆盘，使之发生高电压，再输送到金属球体上去；但是这种圆盘式的静电机存在着许多缺点，如电压的不稳定，空气潮湿时便发生自动放电等；目前已经应用真空管式的静电治疗机来代替。近代电子管式静电治疗机的发生原理如图3所示；

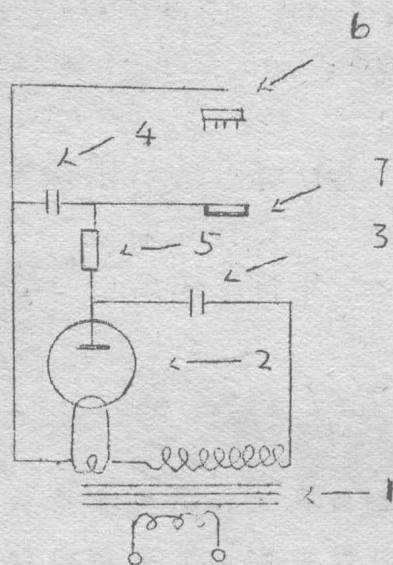


图3 电子管式静电治疗机
线路简图

种圆盘式的静电机存在着许多缺点，如电压的不稳定，空气潮湿时便发生自动放电等；目前已经应用真空管式的静电治疗机来代替。近代电子管式静电治疗机的发生原理如图3所示；图中1是高压变压器，可将市用电压增加到20——30千伏，并借偏零阴极射线管2之助，将高压平稳，

同时由阴极射线管和电容 $\Pi 3$ 的结合，使电压增加一倍，结果可达到50—60千伏；此电压经过由电阻 $\Pi 5$ 和电容 $\Pi 4$ 所组成的滤波 Π 后，输向患者；在患者的头上方，有半圆形的尖端电极6，通过此一电极发生无声放电，在患者的足底下，设有板状金属电极7。在静电治疗机上还设有调换极性及调正电压的装置；目前的静电治疗机，其内设有两个阴极电子管，并且同时可供两人进行治疗，也有便于携带的小型静电治疗机。

静电的生理和治疗作用

静电治疗的物理作用是高电压（50—60 千伏）及小电流（0.5毫安），静电疗又称法富兰克林电疗法（Franklin's galvanism）。它对机体的作用，主要有三种物理因素的综合影响：

- (1). 高压静电场的作用，
- (2). 离子化空气的作用，
- (3). 由无声放电所形成的活性化学物质为臭氧及一氧化氮的作用。

在进行全身性静电治疗时，电场的电力线主要集中在人体的表面，而内脏器官所承受的直接作用是较少的，因此在组织内所产生的极化现象和所引起的传导电流是很微小的，但对机体组织仍具有一定的生理和治疗作用。当头下阴极的无声放电时所发出的电荷，对头颈下，面下等的皮肤都有轻度的刺激作用，可以通过这一区域神经末梢的反射机能，影响到颅内神经血管的功能改变。附着于皮肤表面的电荷，可经皮肤的吸收，产生组织的电化反应。从呼吸道吸入的电离空气和臭氧等，可调节植物神经系统的功能，同时也能影响到中枢神经系统的功能。

臭氧能提高氧化血红蛋白的含量和还原作用，同时还能使红细胞的数量增加。此外臭氧还能提高肾脏的功能，增加尿的过滤作用；微量的臭氧有利于食欲的增加。对中枢神经系统兴奋过高的患者，用静电治疗后，可治疗头痛症状使之减轻或消除，改善失眠，降低血压等。全身性静电治疗，虽应用已久，且相当广泛，但对其生理及治疗作用仍然很少研究。局下静电治疗，主要利用球状电极的火花放电，可以降低皮肤的各种感觉，长时间的火花刺激，皮肤有针刺和冲击感，同时皮肤充血、肌肉收缩；在火花放电中所形成的臭氧，除有明显的杀菌作用外，并很容易与伤口的分泌物，化合成为过氧化物和臭氧化物。局下静电疗法具有止痛，止痒及加速上皮细胞的生长等作用。

据有关作者的观察，静电有很强的离子化效应，由于空气电离的结果，空气中发生轻离子和重离子；目前较多人认为负离子的治疗作用较大。在静电的阳极或阴极处，都能发生臭氧，有人研究，在患者治疗时，於鼻腔外围的臭氧浓度是每升空气中含有 $0.0014 \sim 0.00148$ 微克的含量。静电疗法在改变极性时，臭氧在空气中的浓度几乎没有任何改变，因此在治疗时，由于极性的改变而产生的不同作用，可能与离子符号的变化有关，由此可见静电治疗的基本作用是由负离子化空气所产生的。

离子化空气是否能穿透皮肤组织，一直在进行研究，有人将涂有碘化钾溶液的马铃薯置于离子化空气的作用下，观察到离子化空气与碘结合后进入马铃薯的内下，并且可见到密集成流线状的分佈于带电体的整个表面。从家兔的实验中，亦可证实了离子化空气能穿透动物皮肤在组织中所引起的生理反应；离子化空气对人体皮肤刺激后，能改变皮肤温度和其血管的反

应。若将皮肤先行 100V 经电离子透入麻醉后，再使离子化空气作用时，则不发生上述生理性反应。因此可以认为，在静电治疗时，起主要作用的是离子化空气。实验证明，负离子化空气能将碘离子透入家兔的皮肤中，正离子能将 100V 经电离子透入人体皮肤中，由此可见，应用离子化空气可将各种有关药物离子导入到机体中去，由于上述离子化空气透入方法不需要衬垫，对皮肤也没有损伤等，故和直流电电离子透入方法有所区别。

静电的治疗技术

在全身性静电治疗时，应取下身上所配带的金属物品，坐於木椅上，脱掉皮鞋，使足底与阳极的金属板相接触，头顶上悬挂的电极与阴极相联，电极与发际的距离保持 $10-15$ 厘米，在治疗开始时，由於阴极附近发生较强的离子运动，因此在患者耳下可听到类似微风吹拂时所发出的呜呜声。治疗中切忌与病人接触，也不能让患者在治疗中与身外的其他物体接触，以免发生电击危险。治疗开始时的电压可用 $30-40$ 千伏，以后逐渐增加到 $50-60$ 千伏。治疗时间由 10 分钟开始，逐渐增加到 15 分钟，根据病情需要决定疗程长短，一般可行 30 次为一疗程。在局部治疗时，使球状或针状电极与治疗部位保持发生轻度火花放电的距离，採用 $10-20$ 千伏的电压，治疗时间一般为 $10-15$ 分钟。

静电疗法的主要适应症与禁忌症

主要适应症：对中枢及植物神经系统功能紊乱的患者如神经衰弱，高血压，偏头痛，失眠，哮喘，胃肠功能紊乱等均可进行治疗。亦可用于周围神经痛，神经性皮炎，伤口，慢性溃疡等局部治疗。

禁忌症有恶性肿瘤，活动性肺结核及出血等。

不能让患者在治疗中与身外的其他物体接触，以免发生电击危险。治疗开始时的电压可用30—40千伏，以后逐渐增加到50—60千伏。治疗时间由10分钟开始，逐渐增加到15分钟，根据病情的需要决定疗程长短，一般可行30次为一疗程。在局部治疗时，使球状或针状电极与治疗部位保持发生轻度火花放电的距离，採用10—20千伏的电压，治疗时间一般为10—15分钟。

二. 离子化空气疗法

离子化空气的基本物理特性

离子化空气的定义 离子化空气又称电离空气，是利用静电的高压作用的原理，使空气分子进行解离，形成带电荷的空气阴离子和阳离子；供患者进行吸入治疗或作为预防疾病之用的。

空气离子本身就是一种综合性的分离离子，根据其物理特性可分为下列三种：

一、轻空气离子，其来源是经过一些中性的气体分子与已形成的自由电子及原子离子相结合而成的。轻空气离子具有高度的活动性，并能以迅速的速度进行自相结合。

二、重空气离子，其来源是轻离子附着于悬浮在空气中极小的水气，尘埃及其他类似颗粒的表面而成，重空气离子的活动性较差，且较为稳定。

三、中性离子，其活动性介于上述二者之间。

上述三种离子构成离子谱。

在治疗应用中主要为轻空气离子。可以利用下列公式求出空气离子的数量：

$$\mu = \frac{N^+ + n^+}{N^- + n^-}$$

式中 N 为 1 立方厘米的空气体积中所含有的重空气离子数，而 n 为轻空气离子数， μ 为比例系数。

离子化空气的机械发生原理

获得离子化空气的来源有三种：

- (1) 高压静电的无声放电；
- (2) 飞溅与分散的小水颗粒；
- (3) 放射性元素对空气的辐射。

此外由于紫外线对空气的辐射亦同样可从获得电离空气。通常于静电治疗机的高压无声放电后，在头下阴极所形成的轻空气离子，其含量可达到1立方厘米中有50万至60万个。

利用高压静电来产生离子化空气，普通有两种类型：

一、供集体治疗应用的机械结构如下，图4所示：图中1为

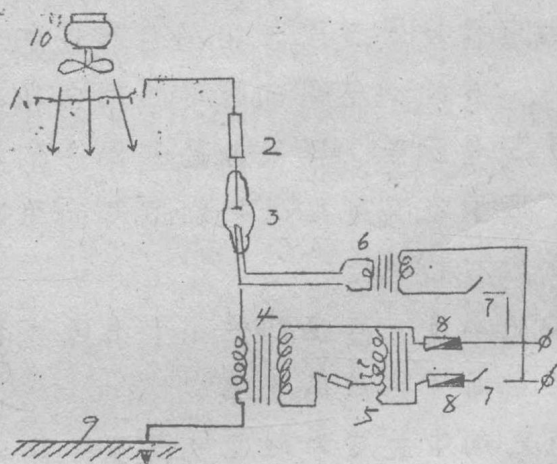


图4 集体治疗应用的离子化空气治疗机结构原理

圆形的金属网状电极，其直径为1米，电极上附有许多尖端状物，以供尖端放电；2为电阻与阴极相联，其电压可达到30—100伏。另一阳极则与地面相接。10为电风扇，将所发生的空气离子吹向基层空间，在尖端放电后，在其附近便形成了大量的正负离子，正离子为带负电的网状电极所吸收，发生中和现象；负离子则为负极所排斥。图中3为偏零阴极真空管，4为高压变压器，9为地板，5为电压自动调节器，6为灯丝加热变压器，7为电源开关，8为防护罩。以上所述装置与前章所述静电机的发生原理基本上是相同的，这种供集体治疗的电离空气机，在其阴极1米远的地方，1立方厘米体积的空气中，可含有 10^6 的离子数量；在放电的过程中，同时产生臭氧及一氧化氮。

二、供
个人使用的小型电离空气发生机，其线路结构和发生原理如图5所示，图中1为自动变压器，所供电压为375伏，此电压与8个串联的电容

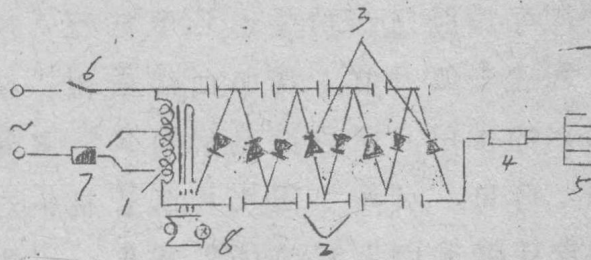


图5. 小型离子化空气治疗机
结构原理

②相联，同时与⑧个倍压④即整流④③相联。④为电阻④，⑥为电源开关，⑦为防护④，⑧为指示灯，⑤为电极。上述装置，在电极处总的电压可达到35千伏，发生离子化空气的过程，与上述集体电离空气治疗机完全相同。

离子化空气的生理及治疗作用

目前认为通过上呼吸道将离子化空气吸入体内，反对皮肤和粘膜神经末梢感受④所产生的刺激作用，是其生理与治疗的用的基础。此外，将离子化空气吸入体内所产生的生物化学改变，也是很重要的。

据研究，如从每1立方厘米的空气体积中含有10万个负离子化空气，作用于使康人30分钟后，无论体力或脑力劳动者均出现中枢神经系统的抑制性反应，如有睡眠状态的出现，此外并有降低高血压病人的血压，改善外呼吸功能等作用。负离子化空气可增强组织的氧化还原过程，改变白细胞吞噬功能，减轻急性失血症状，增加血红蛋白，缩短凝血时间，有类似维生素D的作用；还可使粘膜的 pH 正常化，调整胃粘膜的分泌功能。可见，负离子空气可改善机体对缺氧，急性失血，细菌毒素及过敏等所引起的休克现象。此外还有防冷及类肾上腺素的作用。离子化空气有促进上皮生长及刺激性腺活动的功能，其作用与维生素 E 类似。

在临床治疗中，离子化空气有改善风湿性心脏病的功能，调节体温反抗过敏的作用，能降低动脉硬化患者中胆固醇的含量，并可减少肺叶合併症的发生。

一般讲，从上呼吸道进入的蒸气颗粒愈小时，则还更呼吸

道愈深，颗粒的直径为2—5 M:KTON 时(1M:KYON=1/1000 mm)，则可从肺小泡内进入人体，如果颗粒的直径大于10 M:KTON 时，则都沉积于上呼吸道的粘肺表面上，因此负离子空气，经上呼吸道，均可进入肺小泡，透入人体内。有人研究负离子同时作用于面部的皮肤、口腔、鼻腔及上呼吸道粘肺的神经末梢感受口所产生的神经反射机制是其主要作用的基础。上述器官分佈有三叉，嗅觉及喉舌神经，这些神经与迷走神经有极为密切的联系，因此能通过副交感神经的反射作用，起到前庭的许多生理现象和治疗作用。也有人研究应用离子化空气作用于健康人，根据电时值测定的结果，说明在其治疗作用下，高级神经活动功能得到加强。应用离子化空气治疗高血压病患者，发现在治疗后血压下降，头痛及心前区疼痛皆有明显减轻，有的甚至完全消失；在手术后的患者应用低浓度的负离子空气进行治疗，发现有明显的镇痛作用。在工矿车间，由于空气中尘埃较多，而离子较少。如以 10^6 —— 10^7 个离子/1 立方厘米浓度的空气给工人作预防性治疗时，可提高机体的抵抗能力，如红细胞及血红蛋白都能有显著增加。

离子化空气的治疗技术

离子化空气用于治疗时的浓度，一般为每立方厘米体积的空气中含有 10^4 —— 10^6 个负离子。对感冒及传染病患者治疗时，每日可多行几次治疗，而每次用小剂量治疗。当患者有肺结核，风湿症及高血压病时，所用剂量要逐渐增加。每一疗程可达30次，但应根据病情改变而进行增减。

离子化空气疗法的主要适应症与禁忌症

主要适应症如呼吸系统的病变：哮喘、流感、非活动性肺结核、预防性合并肺炎等；内分泌系统病变如甲状腺功能亢进或低下、性功能衰退、月经失调、乳腺分泌障碍及偏头痛等；其他如高血压、风湿病、胃及十二指肠溃疡、结核性角膜炎、烧伤等；离子化空气还可用于工矿企业、学校和医院等地作预防措施。

禁忌症有活动性肺结核、恶性肿瘤。

三·高频电疗法·

高频振荡的基本原理

高频振荡电路 1891年由NICOBLA首先創

建高频高压的交流振荡电路，1892DARSONVAL即应用于治
疗。凡振荡频率超过1000 赫芝以上振荡电流称高频振荡电
流。最基本的振荡电路如图6所示，即由电池组、电容C、自
感线圈，

电键和电
流计连接
而成。在
工作开始
时，先把
电键K关
向电池组
的一方，
使电容
C充电。

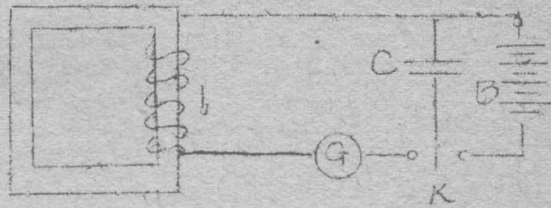


图6 高频振荡电路基本线路

然后再把

K关向线圈L的一方，使LC电路接通，此时可见到电流表的
指针左右摆动，表明电路中已经产生了方向和大小都作周期性
变化的电流，即振荡电流。能产生振荡电流的电路称振荡电路。

高频振荡原理 在振荡电路中产生振荡电流的过程如图

7所示。图中1表示电容C已经带电，但尚未开始放电，这时
电容C里的电场最强，电路中的能量全在电场能量。