

高频电流在农业中 的应用资料汇编

中国农业科学院农业机械化研究所编

农业出版社

高频电流在农业中的应用资料汇编

中国农业科学院农业机械化研究所编

农业出版社

高频电流在农业中的应用资料汇编

中国农业科学院农业机械化研究所编

农业出版社出版

(北京西总布胡同7号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第106号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海洪兴印刷厂印刷

787×1092毫米 1/32·6 1/8开本·134,000字

1960年4月第1版

1960年4月上海第1次印刷

印数: 0,001-8,100 定价: (9) 0.62元

统一书号: 15144.150 80.4.京图

前 言

高频电流是现代新兴的学科之一，在国民经济中具有广阔的发展前途。

苏联和其他国家，利用高频电流处理农副产品和消灭虫害的研究，已经取得相当成就。高频电流在农业上不但可以作为农村动力，提高劳动生产率，而且可以直接参与作物生长过程，促进作物生长发育，增加产量。

在农业中广泛摸索高频电流的应用途径，对加速我国农业技术改造，实现我国农业的现代化，具有很深远的意义。

“立大志，下决心，鼓干劲，攀高峰”的伟大号召鼓舞着广大群众向科学高峰迈进。

这里，把我们一年来收集到的有关“高频电流”这门新兴学科在农业上应用的技术资料，编译成册，为了便于大家了解掌握高频电流的有关资料，我们写了一篇概括性的文章“高频电流及其在农业中的应用”，也编入本书。供研究参考。

在编译中承蒙中国农业科学院和农业机械部农业机械研究所同志们们的热情支援，使这本书提前完成，在此特表示谢意。

限于人力及水平，其中错误和缺点在所难免，希望读者提出批评指正。

編譯者一九五九年十二月

目 录

前言

高频电流及其在农业中的应用

.....中国农业科学院农业机械化研究所(7)

在高频电场中加热时热量和水分输送的

基本规律.....苏联 Г. А. 马克西莫夫(11)

用高频加热法提高小麦种子的播种品质

.....苏联 А. А. 富格里(21)

在谷物和种子的干燥中高频能量的利用

.....苏联 Н. В. 克尼贝尔(52)

关于应用高频电流干燥谷物的问题

.....苏联 Н. В. 克尼贝尔(65)

电介质加热与阴极射线促进小麦生长和发芽的

效果.....美国 L. H. 苏德霍姆(88)

超高频刺激.....日本 安田贞雄(106)

高频电流干燥农作物的方法及其应用.....F. 林华尔特(108)

应用高频电流干燥水果的研究.....苏联 В. А. 楚马琴克(116)

电工技术方法防治害虫的问题

.....苏联 А. А. 卡捷尔斯基(137)

高频电流干燥农产品和杀害谷物害虫

.....苏联 М. Г. 叶夫采莫诺夫(153)

家蚕茧在高頻电場中的初加工

.....苏联 K. A. 季捷布里茨(160)

用臭氧和高頻电流引起的酒精饮料的人工陈化

.....苏联 Г. A. 馬克西莫夫(193)

高频电流及其在农业中的应用

中国农业科学院农业机械化研究所

当一根导线里有交流电流通过时，导线的周围能够放射出一种能量，交流电在一秒钟内来回变化的次数越多，向四周放射出去的能量也就越大。每来回重复一次叫作一周。普通照明和常用的交流电，每秒钟为 50 周。无线电波每秒钟的周数是很多的，一般用“千周”或“兆周”来作单位。每秒钟内的周数叫作“频率”。每秒钟高于 15,000—20,000 周的频率称为高频率。这种频率人的耳朵是听不见的。

高频加热早在三十年前就已在苏联及其他国家应用。现在高频电流加热在工业部门中比较广泛的用于金属零件的热处理、金属表面淬火、熔化和锻压金属物体、把木材胶合或烘干，以及橡胶的硫化、水果罐头杀菌等。

高频电流还可以治疗各种疾病，控制没有驾驶员的飞机、军舰、汽车、拖拉机等。

随着电能生产的增加和电子管振荡器技术的改进和发展，应用高频加热的领域也在不断地扩大。

应用高频电流加热和干燥农副业产品，可以提高产品质量，可以加速生产过程和增加产量。这在苏联、美国、英国及其他国家的一些研究报告中已经有了一些说明。应用高频电流加热与其他方法加热有很大的不同。根据苏联的试验材料，小麦经过高频电流加热处理后比未经处理的，发芽势由

95%增加到90%，在播种后12天内经过高频干燥的实验种子的幼芽数超过对照种子的两倍多。1951年的一次试验中，经高频处理的小麦的产量比一般的增加20%以上。

用高频干燥过的苹果质量比日晒或热气干燥的提高很多。用高频电流干燥的苹果含维生素C 99.6%，而经日晒的为20%，热气干燥的为25.6%，维生素B₁和B₂的含量也较一般方法高。

应用高频电流干燥过的蚕茧比之用一般方法干燥过的蚕茧，缫丝率平均增加6%，蚕茧断头率平均降低1%；生丝的品质量提高12%，生产率提高3.5—10.5%。

1936年日本应用高频电流加热蕎麦，达到增产12.55%；大麦在浸种前作30分钟的超高频加热比不加热的淀粉酶的活力早一天达到极限，在发芽过程中每天作30分钟的高频加热，比不加热的早两天达到最大糖化力，而且这种糖化力比未经处理的大15%，生成的麦芽糖量也高1.9%。

在杀虫方面：谷层中或裸露置的成年谷象在波长4—10微米的高频电场中，电场强度为2,000—6,000伏特/厘米时死亡。谷层内部的谷象比表面的谷象死的更快，而且谷层越厚，致死的时间越短。粉螨在波长5微米，电场强度为8,000伏特/厘米，经过2分钟处理即刻死亡。此外，应用高频电流防治土壤害虫的方法也获得了一定的成功。

湿物体的加热和冷却是一个复杂的热物理过程。这种过程的性质可以决定加热体的特性。例如，物体中水分运动可能发生水溶性成分的移动及物理结构，弹塑性和吸湿性的改变。

物体在高频电场中加热的物体是一种特殊的热物理过程：

(1)高频电流加热是分子加热，可以保证同質物体正个截面上的温度同时均匀的上升。

(2)高频电流加热时，物体的导热性与加热速度无关。因此，物体表面不需过热，这样可以大大縮短加热过程。在干燥过程中，沿物体截面有正梯度的温度差，表面上的温度因热量向外界扩散而低于里面的温度。因此温度場与湿度場为同一方向。干燥过程可以加速。

(3)高频加热时，高频装置沒有空载，因此不会白白消耗热能，当去掉电容器上的电压时，加热便立即停止。而且它比較一般加热方法不同，易調正物体的温度，不受外界条件影响。

研究电能干燥物体的特性必須进一步研究高频电流加热的計算技术。

介电常数 ϵ 和損失角 $\text{tg}\delta$ 的大小决定物体的特性。介电常数和損失角的大小基本又依频率、电場强度、物体水分和加热温度为轉移。当物体在高频电流下加热或干燥，要选择比較合适的频率和电場强度时，一方面要根据物体电物理特性的介电系数 ϵ 和損失角 $\text{tg}\delta$ ，另一方面应根据物体的工艺要求（物体的温度和湿度）。

苏联学者在这方面作了很多試驗研究，并且創造了很多重要的計算理論。

在农业上用于干燥和加热的高频发生器設備与工业上或医疗上所用的发生器不完全相同。一般农用的高频发生器频率要高、功率要大。另外，加热器随不同种类的加工对象而不同。在苏联，已經設計出很多类型的加热器。例如用于烘干蚕茧的輸送帶式干燥器、烘干水果用的干燥器和各种类型的谷物加热器（波导加热器、同軸加热器和电容加热器等）。

加热器的設計必須保证全部样品及每一个样品本身得到

均匀的热量；也就是要求在被加热物体中保持均匀的高频电场强度。

应用高频联合干燥方法加热各种农副业产品，比用真空、红外线和其他方法，在经济效果上收益更大。据初步计算，联合干燥和纯高频干燥相比较，前者可降低近两倍的耗电量。

综合上面所说，高频电流能够间隔地、有选择地预热各种介质的特性，可以成功地用于消毒粮食用的、播种用的种子而不破坏种子的发芽率，用于防治商品粮食的虫害，以及对蚕茧、茶叶、水果的干燥和加速酒陈化的作用。

根据高频电流所引起的物体的特殊生物物理作用，可以肯定它对作物种子的刺激作用。关于高频刺激种子或其他根茎类植物现在还没有取得应有效果，在增产方面表现还不稳定。

高频电流在农业上的应用，目前虽然还处在摸索阶段，但已经取得了相当成就。

在我国农业生产中广泛地摸索高频电流应用的途径，对加速我国农业技术改造，实现我国农业的现代化，具有重大的深远意义。

在高頻率電場中加熱時熱量和 水分輸送的基本規律

蘇聯科學院生物物理學研究所 Г. А. 馬克西莫夫

濕物體的加熱和冷卻是一個複雜的熱物理過程。這種過程的性質決定了受濕熱處理(гигротермическая обработка)的材料的技术特性。例如，由於材料中水分運動的結果就可能發生水溶性成分的移動及物理結構、彈塑性和吸濕性的改變。

水分的形式及其與材料的結合能，以及它的物理結構，對於材料中進行濕熱過程的性質都產生重要的影響。所以，如果不在某種程度上引起材料內部的變化，則濕熱過程很難有可能進行。

高頻率電場中濕潤材料的加熱具有許多熱物理性質的特點，這些特點的研究有很深刻的理論興趣。象下面一些實際問題的解決，例如如何選擇高頻率(ВЧ)加熱的最佳條件，以及根據水分遷移的一定機構來創造水分定向流動(液體或氣體狀態)，都不可能沒有熱量交換和質量交換過程的知識。

當用外源以傳導或對流的方法加熱時在各向同性的物體中就發生溫度場。這是由於熱量非均勻性的分布而引起的。在這種情況下，熱量就從溫度較高的地方流向溫度較低的地方。可以用傅利葉(Фурье)定律來表示這種情形：

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial z} = -\lambda \nabla t, \quad (1)$$

式中 q ——热量； λ ——导热系数； ∇t ——温度梯度。

同时，水分是从水分較多的地方向較少的地方运动。因此，当加热湿物体时，热量輸送过程就被水分和可溶解于水的物質(即質量)的輸送过程复杂化了。

当用外热源加热时，物体內部的温度梯度很小，因而材料內部的水分交换也是微不足道的。在这种条件下，热量交换可以看成不受水分交换的影响。

以高頻率电流(TBЧ)加热湿润材料是一个具有内部正热源和負热源的加热过程，它被物体与环境热量交换和質量交换复杂化了。正热源就是由电介質消耗所形成的热量，負热源则是靠内部蒸发而形成的。

以高頻率电流加热湿润材料的时候发生反常的温度梯度(材料深層的温度高于材料外層的温度)，这种反常的温度梯度有时达到很大的数值。在这种情况下，温度場影响到温度場，严重地改变着水分的轉移的机构。

当采用高頻率加热时在材料内部会发生水汽压，在这种情况下，这种水汽压也是影响材料內部的热量和質量輸送的輔助要素。

液体的半导体以高頻率电流加热的性質也与平常的加热不同，它是等速或加速度进行的，可是用外热源加热时随着温度的增高，加热是逐漸緩慢的。

应该指出，除了以高頻率电流加热以外，使湿润材料加热的任何其他的方法都沒有上述的特征。当用高頻率电流加热时不管質量交换而研究热量交换是不可能的。为了这个目的提出两个微分方程式：热量交换方程式(2)和質量交换方程式

(3)。同时，材料内部水分蒸发的地方性速度和在该地区水分变化速度成正比。

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{Q}{C_r} - \frac{\varepsilon \rho}{C} \frac{\partial u}{\partial \tau} \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = k \nabla^2 U + k \delta \nabla^2 t \quad (3)$$

式中 ρ ——蒸发潜热， ε ——内部水分蒸发系数，它表示水分以液体形式或汽体形式所输送的数量。当 $\varepsilon = 1$ 时，水分只是汽体形式的输送，材料内部发生蒸发，而不发生质量输送的现象。

因此，对干燥的材料来说 $\frac{\partial u}{\partial \tau} = 0$ 。

设所提出的两个微分方程的起始条件如下：

$\tau = 0$; $t(x, 0) = t_0$; $U(x, 0) = U_0$; 对称条件：

$$\frac{\partial t(0\tau)}{\partial x} = \frac{\partial u(0\tau)}{\partial x} = 0;$$

边界条件：

引进的水分 表面上减少的水分

$$k\gamma_0(\nabla U_n + \delta \nabla t_n) - [\beta\gamma_0(U_n - U_p)] = 0$$

以导热和对流所引进的热量 热量的支出

$$\underbrace{-\lambda \nabla t_n}_{\text{导热性}} + \underbrace{\alpha(t_c - t_n)}_{\text{对流}} - \underbrace{\rho m_1}_{\text{表面上负的热源}} = 0$$

导热性 对流 表面上负的热源

m_n 常数 = $(1 - \varepsilon)m$ ——在固定速度时期；

m 变数 = $(1 - \varepsilon)\beta\gamma_0(U_n - U_p)$ ——在减速度时期。

所提出的两个微分方程的解是很复杂的。在这个工作中我们根据基尔皮切夫(M. В. Кирпичев)院士及其学派的相类理论而求得标准型方程的解。

在所提出的方程式中，采取了一维的问题，这对于问题的

實質沒有原則上的差別。

根據上述方程式以及單值條件(однозначность), 在這裡我們得不出標準方程式的結論, 而直接產生微分方程式(2)和(3)的標準型式(4)、(5):

對於熱量交換來說:

$$t = f\left(\frac{\xi}{l}, Fo, Bi, Lu, Pn, Ko, Po, Pd, Ki\right) \quad (4)$$

對於水分交換來說:

$$U = f\left(\frac{\xi}{l}, Fo', Bi', Pn, Ko, Po, Ki'\right) \quad (5)$$

式中:

$\frac{\xi}{l}$ ——相當於坐標 x, y, z 。

應該說明標準式的意義。

$Fo = \frac{\alpha \tau}{x^2}$ ——傅利葉的 гомохронность 熱學標準, 它表征溫度場分布的動態(不管時間)。

$Fo' = \frac{h \tau}{x^2}$ ——傅利葉濕熱標準, 表示濕度場中變動的分布的動力學。

$Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$ ——比奧(Био)的熱學標準, 表示物體表面與環境之間的热量交換。

$Ki = \frac{q_{max} \cdot R}{\lambda(t_n - t_0)}$ ——基爾皮切夫的熱學標準, 表示熱源熱流密度與物體中最大可能熱流密度的比值。

$Ki' = \frac{mR}{K \gamma \nabla U}$ ——基爾皮切夫的濕熱標準, 表示移出水分與引進水分的比值, 即蒸發強度與相應層水分引進量的依存性。

$Lu = \frac{K}{a}$ ——雷科夫(Л. В. Лыков)的標準, 表示濕度場對於溫度場的慣性。

$K_0 = \frac{Pv\bar{U}}{\lambda v l}$ ——考索維奇 (Коссович) 的标准, 表示蒸发与加热所耗損的热量的比值。

$P_0 = \frac{KR^2}{\lambda v l}$ ——坡密郎采夫 (Померанцев) 的标准, 表示在单位質量上所产生的热量与所耗損在湿润材料加热上的比热之比值。

$P_n = \frac{\delta v l}{v U}$ ——坡斯諾夫 (Поснов) 的标准, 表示仅在温度湿度傳导性的作用下, 湿度場的不均匀性。

$P_d = \frac{KR^2}{a}$ ——普列德沃齐切列夫 (Предводителев) 的标准, 表示热源場对温度場的作用。

所述的湿热相似标准可使复杂的微分方程式組的解变得簡易。为了解这組方程式只要直接用实验, 測定下列引入标准的热量和質量輸送的基本系数值:

k ——表示水分輸送数量的水分傳导系数(平方米/时);

δ ——热梯度系数(1/度), 数量上是等于1厘米长度上温度降低1度时湿度增加的数值, 即 $\delta = -\frac{\partial H}{\partial l}$;

a ——导温系数(平方米/时);

α ——热量交換系数(千卡/平方米·时·度);

β ——水分交換系数(米/时);

λ ——导热系数(千卡/米·时·度);

m ——蒸发强度(千克/平方米·时)。

水汽压的形式是在用高频率电流加热的湿润材料里具有温度梯度的自然結果。显然, 增长着的水汽压的值随材料的結構、湿度, 以及过程进行的速度而轉移。

在高频率加热时, 材料内部的水汽压是体积压力强度和此相联系的各种現象的泉源。同时增加水汽压是热量和質量

輸送的补充要素。这种情形明显地表明研究在高频率加热时的压力有很大的实际兴趣和理论兴趣。

为了测定在高频率加热时发生的压力起见，已经创造了专门的仪器。对湿润的石英砂粒、粘土和木材曾进行了研究。将材料样本制成正确的几何形式(立方体、平板、圆柱体)。把一个微压力计和

样本紧密地联接起来，压力计接受器(датчик)的位置沿着中心对称轴和电场强度。使液体温度计与微压力计的接受器直接紧挨着。在这种试验在装置下，就可以同时记录温度场和压力场的变化。由于过程进行是很快的，温度表和气压表所指示的记录用每3—5秒交替一次的连续照相机拍摄下来。

在许多试验中从测定温度和

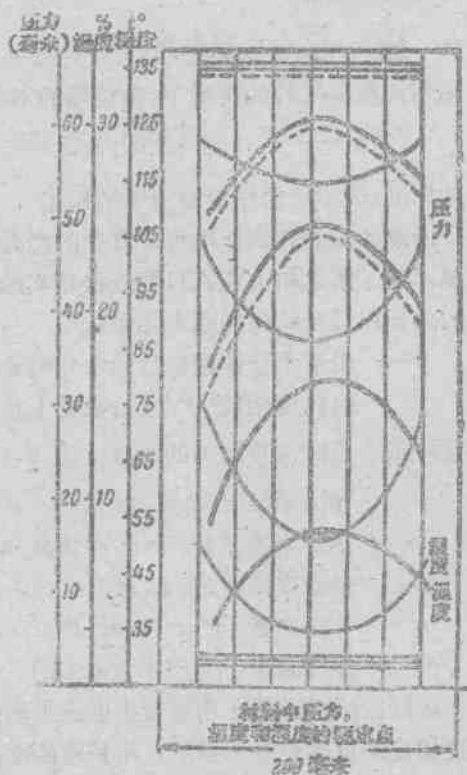


图1-1 木块(縱切方块 60×80×200 毫米)以高频率电流加热时,压力、温度和温度场的分布