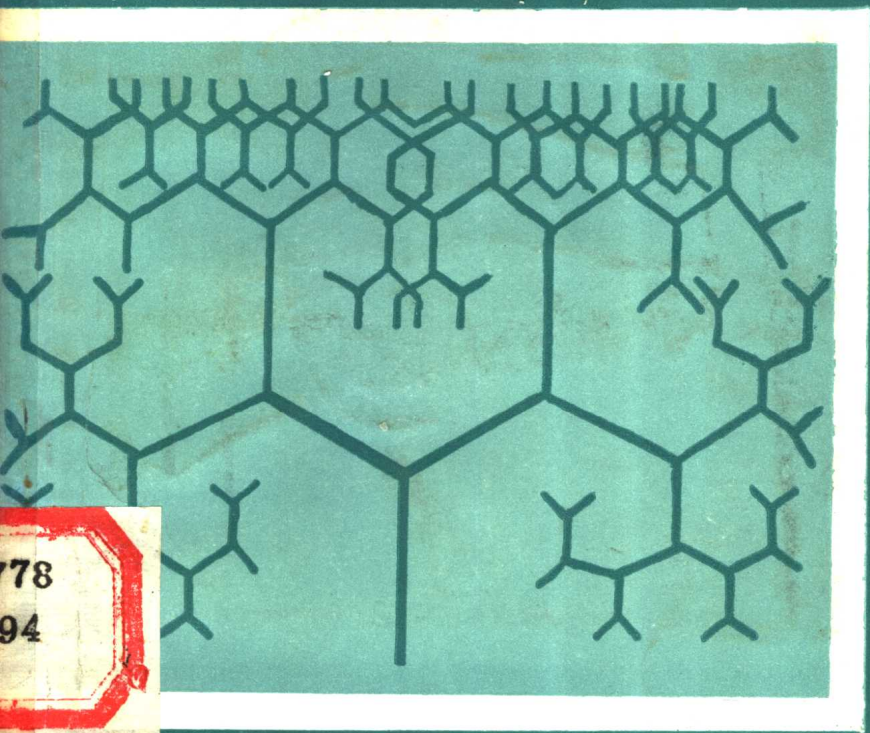


森林工业电气化自动化丛书

池兴楠 编著

电子技术在 森林工业上的应用



78
94

中国林业出版社

森林工业电气化自动化丛书

电子技术在 森林工业上的应用

池兴楠 编著

中国林业出版社

责任编辑：徐晓英

封面设计：黄华强

森林工业电气化自动化丛书
电子技术在森林工业上的应用
池兴楠 编著

中国林业出版社出版 (北京市西城区刘海胡同七号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787 × 1092 毫米 32 开本 5.625 印张 插图 1 页 114 千字
1989 年 2 月第 1 版 1989 年 2 月北京第 1 次印刷

印数 1—2,000 册 定价 1.85 元

ISBN 7-5038-0149-2/TB·0034

前 言

本书是中国林学会林业机械学会组织编写的“森林工业电气化自动化丛书”中的一册，是面向森林工业企业电工和有关工程技术人员、科技管理人员的一本科普读物。

本书介绍了高频介质加热技术、无线电遥控技术、红外遥感技术、可控硅技术和电子计算机应用概况，介绍了这几个领域中的基础知识和有关的生产工艺与技术装备，同时还提供了有用的数据与技术资料，可供从事这方面工作的电气技术人员参考。

本书在编写过程中，曾由哈尔滨林业机械厂副总动力师范金山、东北林业大学讲师于连波等同志作了认真的评阅，在此表示深切的谢意。

由于本人水平有限，书中缺点和错误在所难免，诚恳欢迎读者批评指正。

编著者

目 录

一、高频介质加热技术	(1)
(一) 概述	(1)
(二) 典型工艺装置介绍	(6)
(三) 高频介质加热设备	(10)
(四) 使用维护问题	(37)
二、无线电遥控技术	(41)
(一) 遥控装置应用的生产工艺	(41)
(二) 遥控设备所用的电子器件	(47)
(三) 实用无线电遥控设备	(81)
三、红外遥感技术	(96)
(一) 遥感技术应用概述	(96)
(二) 红外遥感仪	(100)
(三) 红外成像技术	(108)
(四) 国内研制与应用情况	(113)
四、可控硅技术	(116)
(一) 可控硅技术应用概况	(116)
(二) 可控硅电路基本环节	(122)
(三) 可控硅调速系统的分析	(142)
(四) 实用可控硅装置介绍	(148)
五、微电脑与应用软件	(157)
(一) 概述	(157)
(二) BASIC 程序结构	(161)
(三) BASIC 程序的输入和运行	(170)
参考书目	(175)

一、高频介质加热技术

(一) 概 述

高频加热技术是工业电子学的重要分支，是随着无线电技术的发展而发展起来的一门电子应用技术。

过去的加热通常采用阳光、热风或其它热介质进行接触传导。这些方式往往受工作条件的限制，并且热效率低、加热速度慢。而高频加热，则是利用高速变化的电磁场作用于物体分子，使其自身发热而达到加热的一种有效手段。

1. 电磁波

光波和无线电波都是电磁波，它们只是“波长”或“频率”不同而已。电磁波交变一周的时间叫周期，用 T 表示，单位为秒 (s)。

周期的倒数，即周期在每秒内交变的次数叫频率，用 f 表示，单位为赫兹 (Hz)。频率还有更大的单位千赫 (kHz) 和兆赫 (MHz)：

$$1\text{kHz} = 10^3\text{Hz}$$

$$1\text{MHz} = 10^3\text{kHz} = 10^6\text{Hz}$$

电磁波在一个周期内新传播的距离叫波长，用 λ 表示，单位为米 (m)。

我们知道电磁波在真空或空气中的传播速度等于光速 c ;

$$c = 3 \times 10^8 \text{ (m/s)} \quad (1-1)$$

这样,当电磁波的交变频率为 f 、波长为 λ 时,则电磁波在一秒内所传播的距离,即其传播速度为:

$$c = \lambda f \quad (1-2)$$

由此也可得出波长与频率互成反比关系:

$$\lambda = c/f \quad (1-3)$$

2. 高频加热技术的分类

高频加热技术通常分为高频感应加热、高频介质加热和高频等离子加热三大类。高频感应加热所使用的频率通常在 50—1000kHz 之间。高频介质加热和高频等离子加热通常在 1—100MHz 之间。

高频感应加热的对象,主要是铁磁性金属材料,或通过石墨坩锅加热各种金属、合金及半导体材料。其基本工作原理为:被加热的铁磁性金属材料工件放在通有高频电流的感应线圈之中,高频电磁场在金属工件中产生感应电流(涡流)和导体内磁场(磁滞),引起工件发热,从而达到加热效果。高频感应加热主要用于焊接、特种合金熔炼、半导体提纯、钢工件热处理等。

高频介质加热的主要对象是电介质,即绝缘体。它利用电介质在工作电容器中,亦即在高频电场中被反复极化,使分子运动的能量增加而相互“摩擦”产生热量,从而达到加热的效果。高频介质加热在木材干燥、木制品胶合等木材加工工业中有广泛的用途,是本章着重介绍的内容。

高频等离子加热是一门新技术。在常压下，用高频电磁场激发气体而得到的高度电离的气体叫高频等离子弧。高频等离子弧与常规热源相比，具有温度高、能量密度大、热影响区小的特点。等离子弧还具有清洁、成本低、控制方便的优点，目前在细木工带锯条焊接上已有应用。

3. 介质的高频物理特性

介质的高频物理特性可用介电常数 ϵ 、损耗角正切值 $\operatorname{tg} \delta$ 和介质的高频临界击穿电场强度 E_M 三个参量来描述。

(1) 极化与介电常数

各向同性的介质在极化之后产生束缚电荷，束缚电荷电场的方向与外加电场的方向相反，因而削弱了外电场。对于不同的介质，如果介质极化得越厉害，则合成电场就越弱，同一外电荷所造成的电场强度就越小。

假定一个平板形电容器放在真空中，则其电容量为：

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad (\text{F}) \quad (1-4)$$

式中：S——极板面积 (m^2)，

d ——极间距离 (m)，

ϵ_0 ——真空介电常数， $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)。

如果在同一电容器中填充介电常数为 ϵ 的介质，则电容量不再等于 C_0 而是 C 。我们定义：

$$\epsilon = \frac{C}{C_0} \quad (1-5)$$

所以

$$C = \epsilon C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (1-6)$$

这样,填充介质的电容器,其电容量比在真空中提高了 ϵ 倍,而 ϵ 叫做介质的相对介电常数。通常,为简化而把“相对”二字省略了。

实际上,任何介质的介电常数 ϵ 都大于1。而空气的介电常数 ϵ 接近于1,所以常取 $\epsilon_{\text{空气}}=1$ 。介质的介电常数也不是一个固定不变的数值,它不仅取决于介质的材料性质和物理状态如温度、湿度等,而且也取决于外加电场的频率。有的材料如铁电体还与外加电场的强度有关。

(2) 介质的高频损耗

当介质被引入到由高频电压所产生的交变电场中时,介质将反复地极化,介质里面的束缚电荷将在小范围内发生迅速的振动或转动,形成交变的位移电流。如果位移电流能跟上外加电压的变化而超前 $\pi/2$ 的相位时,就与一个无损电容器一样,是无功电流。实际上,束缚电荷在介质中的位移要受到周围介质的摩擦阻力,跟不上电场的变化速度。位移电流超前高频电压的相位要比 $\pi/2$ 小一个角度 δ 。角度 δ 的大小与介质发热程度有密切的关系,称为损耗角。损耗角的正切值 $\text{tg}\delta$ 反映了在一个周期内的有功损耗与所储存的总能量的比值。 $\text{tg}\delta$ 的数值不仅取决于材料的性质,而且也与介质的温度和外电场的振荡频率有关。

通过理论计算可得,单位体积的介质从高频电场中所吸收的功率为:

$$P_v = 0.556fsE^2\text{tg}\delta \times 10^{-12} \text{ (W/cm}^3\text{)} \quad (1-7)$$

即它与电场强度 E 的平方成正比,与电场频率 f 成正比,与介质的损耗因数 ϵ'' (其值等于 $\epsilon\text{tg}\delta$)成正比。 E 和 f 由

外加电场来决定，而 ϵ'' 则取决于介质本身的物理性质。介质加热的对象主要是损耗因数较大的物质，这是因为损耗因数较小的物质不易从电场中吸取较大的功率而使加热效果不好的缘故。

(3) 介质的临界击穿场强

介质的临界击穿场强 E_M 是指介质被击穿所承受的最小电场强度。也就是说当 $E < E_M$ 时，介质不能被击穿；当 $E \geq E_M$ 时，介质承受不了这样高的场强而会被击穿烧毁。所以实际使用时所选择的场强 E 一定要比 E_M 值低得多，否则不能正常工作。介质一旦被击穿，其性质就完全变了。实际使用时常取 $E < 0.5 E_M$ 。

严格地说， E_M 值与电场频率及介质温度有关。通常频率越高， E_M 值越低；介质温度越高， E_M 值也越低。

实用中还应考虑材料的含水率及填料成分对 E_M 的影响。例如干燥木材的 E_M 值比潮湿木材的大；有石墨粉填料的生橡胶，其 E_M 值比纯生橡胶的要小得多。

表 1—1 列出了常见介质高频物理参量，可供参考。

表 1—1 常见介质的高频物理参量

材料	f (MHz)	ϵ	$\text{tg}\delta$	E_M (kV/mm)
水		80		
生橡胶	50kHz	2.5—2.8	0.004—0.0076	19—23
硫化橡胶	1	3—5	0.01—0.03	30—50
硬聚氯乙烯	1	2.3—3.0	0.006—0.04	25—30
软聚氯乙烯	1	3.5—4.5	0.09—0.1	30—34

(续)

材料	$f(\text{MHz})$	ϵ	$\text{tg}\delta$	$E_M(\text{kV/mm})$
酚醛纸板	1	3.6—6.0	0.02—0.08	12—40
酚醛布板	1	5.5—5.7	0.05—0.1	6—24
酚醛树脂	1	4.5—5.0	0.015—0.03	10—14
环氧树脂	10	5	0.06	
8%环烷酸钴的 苯乙烯溶液	10	2.7	0.006	
尿醛树脂 (含1%氯化铵)	20	30	0.3	
皮 革 (含15%水)	100	4.5	0.1	
陶 瓷	100	5.8	0.0135	
泡沫塑料	1	1.8	0.16	

(二) 典型工艺装置介绍

在胶合板、刨花板和木工家具制造行业中，胶合是一个典型的工艺。高频介质加热胶合技术的应用，不仅改善了劳动条件，提高了产品质量和生产效率，而且也促进了生产过程自动化的发展。

1. 高频胶合

胶合是指把不同的物体用胶剂粘合成一体的工艺过程。在胶合工艺中，最大量的是木制品胶合成型。如小板拼大板、短木材接成长木材、多层单板加压粘制成胶合板、木结构榫件联接以及板式家具封边、胶合板及刨花板家具成型等，都离不开胶合工艺。

过去，胶合往往采用加压状态下常温搁置使胶剂固化的

方式。其缺点是胶剂自然固化需要很长的时间，通常都在10小时以上。另外，在一些胶合工艺中采用蒸汽管道加热或电炉烘烤等方法加热胶合构件，以便通过提高胶层温度的方法来提高胶剂的固化速度。但是，由于木材本身是很好的隔热材料，热传导性能很差。因此，传导法加热所提高的胶合速度也是很有限的。在较好的条件下，一般能把胶合固化的时间缩短到半小时，甚至几分钟。但是，由于加热过程中绝大部分功率都无益地消耗在加热体积很大的木材上，只有很小一部分功率真正用到加热胶层使其固化上，所以传导加热的热效率是非常低的。

由于高频加热使胶剂固化是属于直接加热的方式，加热速度与热传导系数无关，因此可以大大加快胶剂固化的速度，通常只需要十几秒至几秒。在合适的条件下，甚至可以实现“瞬间”固化过程。这样，高频胶合工艺不仅加快了工艺速度，而且便于调节胶缝温升，为自动化生产创造了良好的条件。

在高频胶合工艺中，胶剂应采用热固性胶如尿醛树脂胶、聚醋酸乙稀胶（白胶）、酚醛树脂胶及糠醛树脂胶等，而不宜使用血胶、皮胶、骨胶一类的动物胶和淀粉、大豆蛋白等植物胶。

2. 木材拼接

木材综合利用及家具胶合中，经常遇到木材拼接的工艺。小板拼成大板、短木方接成长木方以及枕木维修等都是典型的胶接工艺。在这一类胶合工艺中，胶接平面呈狭长方形，因此采用高频加热胶合工艺十分有利，它可以使电极平面与胶缝垂直放置，从而实现选择性加热的目的。

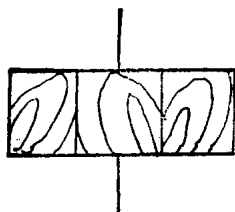


图 1—1 木材拼
接的电
极布置

如图 1—1 那样布置电极时，电路中的木板与胶缝是并联的。在并联情况下，损耗因数大的物质吸收的功率较多。由于胶剂的损耗因数往往比木材的大 7—50 倍，所以就可以极经济地使用高频功率，避免将很多的电能无益地消耗在木材本身的加热上。

为了加强电场与胶缝的耦合，电极上下要施加一定的压力，使电极与工件完全接触。这样做，一方面是防止存在空气隙而引起空间辐射，另一方面是防止胶缝中挤出的胶剂高低不平而引起极间打火放电。此外，加压胶合还可以防止加热过程中木材变形。

为了提高胶合速度并保证安全工作，振荡频率应尽量选得高一些。通常拼大板采用 13MHz 的频率，拼小板采用 27MHz 的频率，胶合小型制品还可采用 40MHz 的频率。

板式家具封边工艺是在立柜门板侧面贴上一条单板。如果采用蒸汽排管作为热源，将贴好单板的门压在排管上加热，蒸汽通过排管的温度约 70℃，固化一块门板需 3—5 分钟。北京宣武家具厂采用 GP8-J5 型高频设备，频率为 27.12 MHz，输出功率为 6kW，建立了一条封边自动线，胶缝长 1.6m，宽 22mm。门板封边在运动中加热固化，固化时间只需十几秒钟。工作电容器长 1.5m、宽 40mm，采用铝板材质，电极与门板全接触，如图 1—2 所示。

3. 层压板制品成型

层压板制品是用多层胶合板热压成型制成的，如折迭椅

的座板和靠背板等。这种单板的多层胶合，在常温下加压自然固化时，需 16 小时以上，如用蒸汽热压机热压固化时，平均一

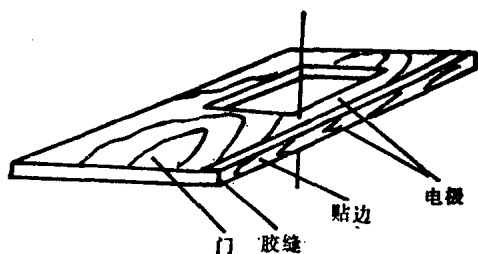


图 1—2 高频加热自动封边

块座板的固化成型时间约需 20 多分钟。由于其加热时间长，会使塑料贴面的光度受到影响，所以，用上述方法不能加工两面有塑料贴面的胶合板。

北京南郊木材厂的折迭椅座高频热压成型装置，采用 GP8-J5 型高频设备。座板面积为 $46 \times 46\text{cm}$ ，上下各一层塑料贴面板，中间两张三合板。采用这种工艺，一次可胶合 10 块座板，每次加热时间为 8 分钟，固化一块板的平均时间不到 50 秒钟。此工艺既能保持塑料贴面的光度，又能减轻劳动强度以及减小作业场地。

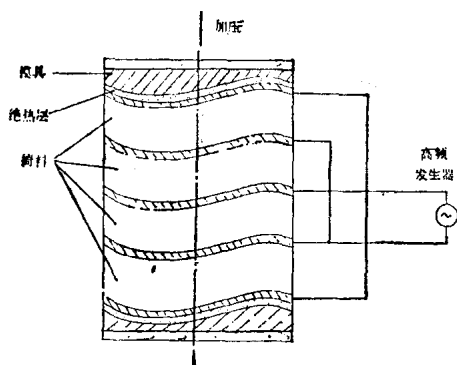
四川省漩口林业机械厂的 DRY₁ 型高频介质加热异型压机加工椅料的有关技术数据如下：

压机额定压力	50 (T)
最大压力	100 (T)
工作台面尺寸	70 × 70 (cm)
上下工作合最大空间	103 (cm)
工作合行程	50 (cm)
高频设备工作频率	4.8 (MHz)
额定输出功率	8 (kW)

额定输入功率

14 (kW)

由于高频介质加热与材料热传导性能无关，其加热速度快而且均匀，因此胶合质量好，所用胶料与木材损耗因素之比约 12:1，因而加热的选择性好，省电。



该压机采用四个工作电容器（如图1—3），每次可装椅料 52—60 块（每块 7—9 层单板），加热 20—30min 后逐渐降压，冷却 15—20min 即完成一个工作周期。

图 1—3 DRY₁型高频介质热压机工作装置

它比蒸汽加热法提高工效 1.5 倍。加工每立方米椅板的动力费用为 2.4 元，为蒸汽加热法的 1/8、电直热法的 1/9。

（三）高频介质加热设备

1. 系统框图

高频介质加热设备是能产生高频电场的一种特殊装置。它主要由交流电源、整流系统、电子管自激振荡器、输出机构及控制系统组成，如图 1—4 所示。

工频交流电从电网输入到高频设备的整流系统，把交流电变成直流电，作为电子管自激振荡器的能源。电子管自激

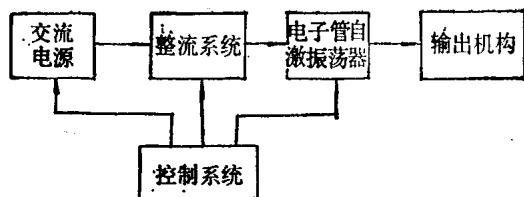


图 1—4 高频介质加热系统框图

振荡器把直流电能变换成高频电能，通过输出机构送到被加热的工件上。操作人员通过控制系统操作设备，以满足工艺的要求。

2. 高频介质加热设备的主要元件

高频介质加热设备的主要元件有电阻器、电容器、电感器、电子管、整流元件等。

1) 电阻器

导体对电流起阻碍作用的能力叫做电阻。电阻的基本特点是：当有电流通过时，在电阻的两端产生一定的压降，同时因消耗能量而发热。高频设备上应用的电阻有线绕电阻、碳膜电阻等数种。

用电阻率较大的电阻丝（如康铜、锰铜、镍铬丝等）绕在瓷管上制成的电阻叫线绕电阻。用非金属材料碳沉积在瓷管上制成的电阻叫碳膜电阻。

线绕电阻可以自己绕制，阻值由下式计算：

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (\Omega) \quad (1-8)$$

式中： l ——电阻丝长度 (m)；

s ——电阻丝截面 (mm²)；

ρ ——电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)，各电阻丝的电阻率 ρ 见表1—2。

表 1—2 材料的电阻率

材料	电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	平均温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)
锰铜	0.42	6×10^{-6}
康铜	0.4—0.51	5×10^{-6}
镍铬	1.1	1.5×10^{-4}
铁铬镍	1.4	5×10^{-5}

表1—2中，平均温度系数表示温度每增加 1°C 时增加的阻值与原阻值之比。

通常由流过电阻的电流 I 选择电阻丝截面 S ，根据需要的阻值由公式 (1—8) 可计算电阻丝长度 l 。消耗在电阻上的功率为：

$$P = I^2 R \text{ 或 } P = \frac{U^2}{R} \quad (\text{W}) \quad (1-9)$$

式中： U ——加在电阻两端的电压 (V)。

在电路中，串联电阻的等效电阻等于各电阻之和：

$$R_{\text{串}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1-10)$$

并联电阻的等效电阻等于各电阻倒数和的倒数：

$$R_{\text{并}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (1-11)$$

当所有并联电阻的阻值都相同时，有：