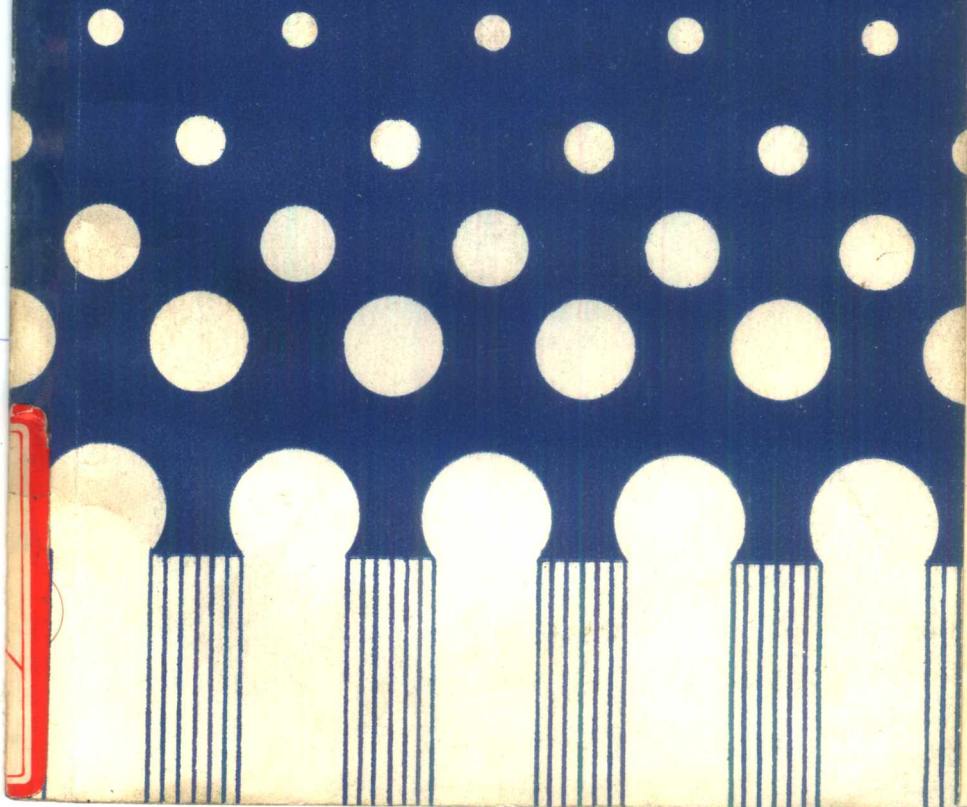


微波在纺织工业中的应用

何伟方 编

纺织工业出版社



微波在纺织工业中的应用

何伟方 / 编

纺织工业出版社

责任编辑：郑剑秋

微波在纺织工业中的应用

何伟方 编

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张：5 4/32 插页：1 字数：119千字

1980年5月 第一版第一次印刷

印数：1—2,500 定价：2.30元

ISBN 7-5064-0434-6/TS·0425

内 容 提 要

本书系统地介绍了微波能技术的基本原理，微波元件和微波电源，加热和干燥设备的结构及其设计计算等，并列举了微波能在纺织工业、农业等方面的应用。此外，对微波漏能的测量和防护也作了简要介绍。

本书可供纺织及其它行业从事微波能应用的技术人员学习参考。

前 言

微波能技术由于具有显著的优越性,如微波用于加热和干燥有迅速、均匀、可以实现选择加热及有利于实现生产过程自动化和连续化等特点,因此它越来越被人们所注意,应用也就越来越广泛。在纺织品生产过程中,纤维和水有着密切的关系,而微波和水分子作用特别强,所以在纺织工业中应用微波技术进行加热和干燥等,有着更广阔的前途。

本书除系统地介绍微波能技术的基本原理,微波元件和微波电源、加热器设备结构及其在纺织工业生产中的应用外,还简要地介绍了它在农业及其他行业的应用,可供从事这项新技术的同志学习参考。

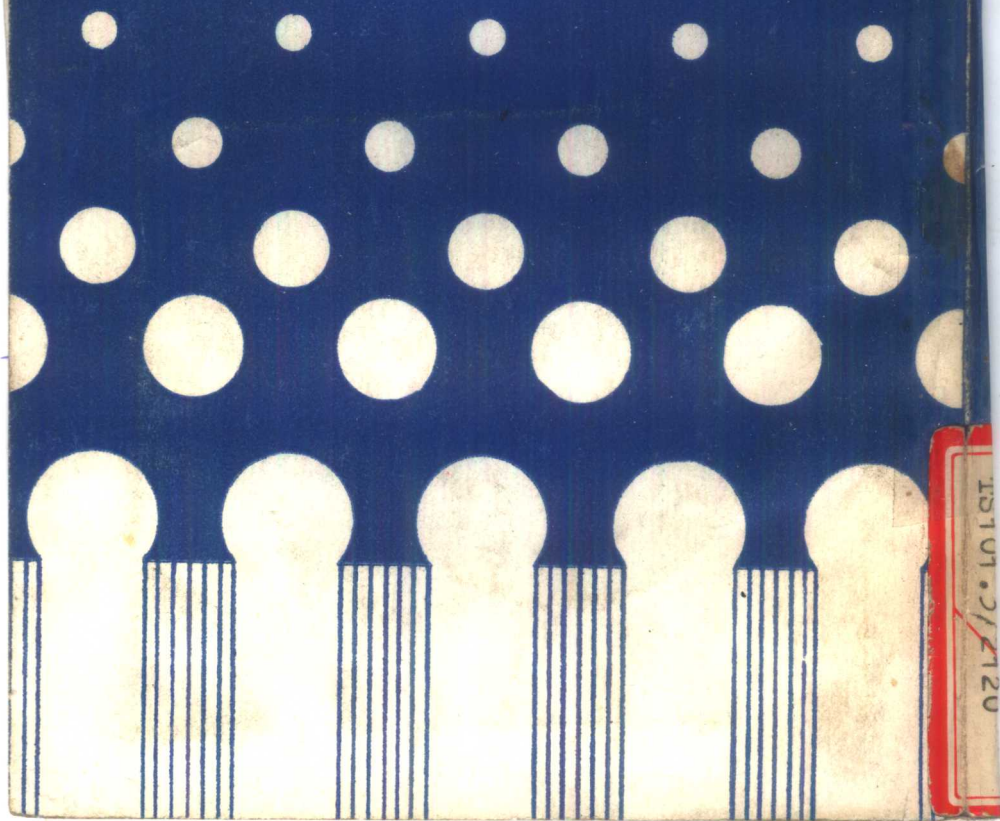
由于笔者水平有限,对书中错误与不当之处,望读者批评指正。

本书承陈钟教授、张礼和教授和裘锦灼高级工程师审阅和校正,特此致谢。

编者

封面设计：李 敬

ISBN7-5064-0434-6/TS·0425 定价：2.30 元



ISBN 7-5064-0434-6

目 录

第一章 微波能技术概论	(1)
第一节 微波的概念.....	(1)
第二节 微波能技术的特征.....	(3)
第三节 微波能技术应用的简单介绍.....	(5)
第二章 电磁场和微波能的基本知识	(8)
第一节 电磁场的基本知识.....	(8)
第二节 微波能发生系统及其加热作用.....	(14)
第三章 微波元件	(26)
第一节 微波能传输和波导.....	(26)
第二节 空腔谐振器.....	(37)
第三节 常用微波元件.....	(39)
第四章 微波器件和电源	(50)
第一节 磁控管及其工作原理.....	(50)
第二节 磁控管的使用.....	(54)
第三节 磁控管的高压整流电源.....	(60)
第四节 微波电源的使用和维修保养.....	(63)
第五节 小功率微波源——耿氏器件.....	(65)
第五章 微波加热器的设计	(70)
第一节 箱式微波加热器.....	(71)
第二节 隧道式加热器.....	(77)
第三节 压缩曲折波导加热器.....	(80)
第四节 平板型加热器和直波导式加热器.....	(82)
第五节 慢波型微波加热器.....	(84)

第六节	微波真空干燥箱·····	(87)
第七节	微波功率的测量·····	(88)
第六章	微波加热和干燥技术及其在纺织工业中的 应用·····	(96)
第一节	微波加热和干燥的主要特性·····	(96)
第二节	微波加热和干燥有关计算公式·····	(98)
第三节	微波技术在制丝中的应用·····	(100)
第四节	微波在棉纺生产中的应用·····	(112)
第五节	微波在织物染整中的应用·····	(115)
第六节	微波在毛纺及化学纤维加工中的应用·····	(127)
第七节	微波技术在其他方面的应用·····	(130)
第七章	微波测湿技术及其在工农业中的应用·····	(134)
第一节	微波测湿的原理·····	(134)
第二节	微波水分仪·····	(136)
第三节	微波测量浆纱的回潮率·····	(148)
第八章	微波能技术应用中的安全防护问题·····	(151)
第一节	微波能对人体的卫生影响·····	(151)
第二节	微波辐射漏能的简易测量与防护·····	(153)

第一章 微波能技术概论

第一节 微波的概念

“微波”一般是指波长在 $1\text{mm} \sim 1\text{m}$ 范围的电磁波。由于这种电磁波和无线电台广播的电磁波（波长大约从 $200\text{m} \sim 500\text{m}$ ）相比，其波长是很微小的，所以称之为微波。

电磁波的波长 λ 与其交变频率 f 之间存在如下关系：

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

式中 c 为电磁波在真空中传播的速度，即光速， $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

日常所说的红外线、可见光、紫外线、X射线、 γ 射线也都是电磁波，所不同的是波长有差别。图1-1表示电磁波谱。微波是指频率为 $300 \sim 300000\text{MHz}$ 的电磁波。

在雷达和微波通讯上，人们常把微波波段作更细的划分，并用拉丁字母作为各个“分波段”的代号。其常用的这种分段列于表1-1。

为了防止民用微波能技术对军用微波雷达和通讯广播的干扰，国际上规定供工农业、科学及医学等民用的微波有四个波长，见表1-2。

目前 915MHz 和 2450MHz 这两个频率已广泛地为微波加热所采用。另外两个较高频率，由于还没有大功率的发生设备，所以，仅在小功率情况下，如测湿仪和其它科研试验中有所应用。

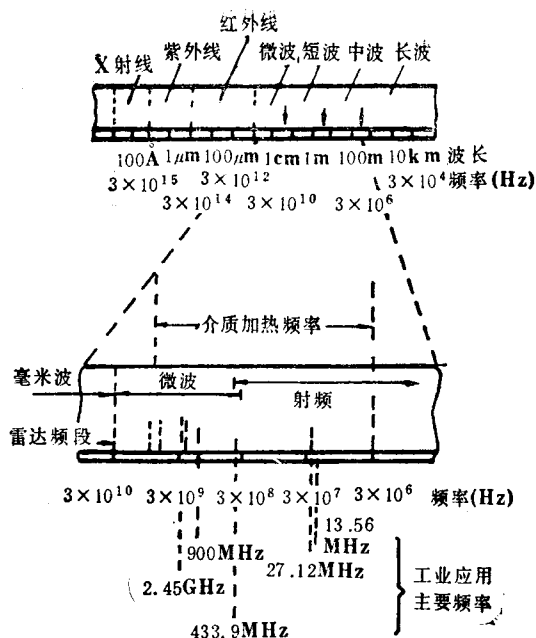


图1-1 电磁波波谱图

表1-1 微波分段

波段代号	中心波长(cm)	频率范围(MHz)
L	23	1215~1400
S	10	2300~3700
C	5.5	5250~5925
X	3.2	8500~10700
K	1.25	23000~25250
Q	0.89	31800~36000

表1-2 国际上规定民用的微波波长

频率 (MHz)	波段	中心频率(MHz)	中心波长 (m)
890~940	L	915	0.330
2400~2500	S	2450	0.122
5725~5875	C	5850	0.052
22000~22250	K	22125	0.008

第二节 微波能技术的特征

微波技术是以军事和工业生产需要而发展起来的，大致可以划分为三个阶段。第二次世界大战以前是第一阶段，当时处于实验室研究阶段，主要研究微波产生的方法。第二次世界大战期间，由于军事上的迫切需要，主要研究微波技术在雷达和超短波通讯方面的应用，微波技术得到了迅速而全面的发展。战后年代进入了微波技术发展的第三阶段，在这一阶段不仅开辟了新波段，而且扩展了它的应用范围。目前无论是在国防军事（雷达和导弹技术）上，还是在国民经济、科学研究和医疗技术等方面，都广泛应用着微波技术。

微波技术之所以有这样广泛的应用，并且成为单独的学科加以研究，除了由于它有巨大的实用意义外，还因为它有独特的性质。微波与长中短波相比，不只是简单的频率更高一些，而且它的产生、传输以及和某些物质的相互作用，都出现了由量变到质变的变化。因此，它拥有许多和长中短波所不同的新特点。

(1) 微波的波长比无线电波短得多，因此，微波绕过

大尺寸障碍物的本领较小，在电离层中的折射率也很小，只能象光一样直线地传播，遇到障碍物时则产生强烈的反射。实际应用中，很易获得方向性很好的天线设备，这对于雷达以及中继通讯等都是十分重要的。关于这一点，可对比探照灯系统加以说明，如图1-2所示。微波源相当于光源，反射器相当于反光镜，起聚焦作用，这样就产生与光束相似的微波。

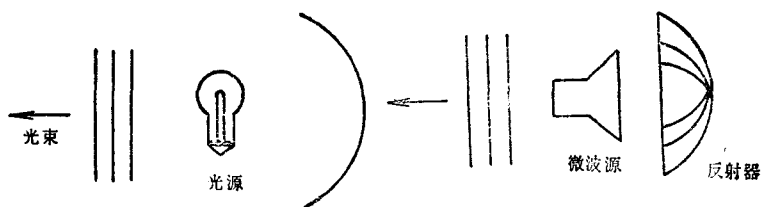


图1-2 光源和微波源对照示意图

(2) 任何一个无线电装置中都有电容、电感以及连接导线，由于无线电波波长远大于元件本身的尺寸及导线长度，可以不管元件的形状及尺寸，仅用电阻、电容、电感等若干个集中参数来表明元件的性能，并采用电路分析方法来研究电路的电现象。可是当频率到了微波段那样高时，元件的分布电容、电感等影响已经很大，必须用电磁场理论来考虑元件及系统的分布参数问题。采用专门的微波元件如波导谐振腔等叫做微波装置。

(3) 微波的周期 $T = 1/f$ ，短至 $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-12} \text{s}$ ，同电真空器件中电子的渡越时间相近。为了消除这种电子运动惯性的影响，需要采用特殊的电子管（速调管、磁控管等）进行放大和产生振荡。

(4) 微波能对应的量子能大约等于 $1 \times 10^{-23} \text{J}$ (1×10^{-18}

erg)，一般顺磁物质在磁场作用下，电子的跃迁释放或吸收的量子能量就是这个数量级。因此，可以利用微波技术来研究分析分子和原子核的结构。另外物质内自由的水分子也具有这样大小的转动能。所以，微波辐射对水分子所具有显著的作用，即发展为现在的微波加热和干燥、微波测温技术。

第三节 微波能技术应用的简单介绍

微波应用的范围极为广泛，在国防上，在国民经济的许多部门以及科研工作中，都有着极为重要的作用。

微波最重要的应用是在国防上的雷达和导弹的控制。雷达的工作频率一般在 $3\sim 10\text{GHz}$ 之间。由于波长很短，故微波天线能给出方向性极为尖锐的波来。同时频率越来越高，设备和天线越轻巧，因而越适合于移动的装置。现代雷达不仅能够确定出飞机的坐标，而且还能够控制导弹和火炮、跟踪卫星、侦察洲际导弹和宇宙火箭、测定炮位等，成为国防现代化不可缺少的工具。

其次微波的应用要算是多路通讯。由于无线电技术在通讯、广播电视、工业、国防等各方面广泛应用，各种电台和通讯的频道日益增多，长波、中波、短波等波段已为电台“占满”。于是人们不得不向更高的频率发展，应用了微波通讯技术。以多路通讯为例，最早的载波电话只有几路、几十路，而现代的多路通讯系统往往有几百路、几千路。如果一路电话所需频率宽为 4kHz ，对于一个2400路的多路系统来说，它的通讯频率范围就占 9.6MHz 。要传送这样宽的一个讯号频率范围，就需要一个比它本身大几十倍或更多倍的载频。这样一来，这个载频就自然进入了微波的领域。此

外，如果要传送电视讯号，那末，每一路就大约需要6~10 MHz的带宽，一路彩色电视就需要10MHz左右的频宽，这种传送电视的系统就更需要用微波作载频。微波多路通讯的主要形式是中继通讯，在这种通讯系统中，两地间每隔40~60 km就设有中继站，各中继站都装有微波收发设备和定向天线，它们连续收讯、放大、发讯，把微波信息一站站地传递到目的地。而且这些中继站的工作可以是自动的，无需操作人员。这种通讯方式具有通讯容量大、安装时间短、不受地理条件的限制等优点。近几年来利用通讯卫星做为中继站，实现了全球通讯。也可实现人造地球卫星、宇宙飞船及自动行星际站的通讯。

微波能技术在科学研究上的应用也占有很重要的地位。例如，科学家们根据雷达原理接收从月球表面反射回来的讯号成功地测定了地球和月球之间的距离，应用类似的方法，现在可以观察和测定普通望远镜看不见的流星位置和运动情况。另外又发现太阳和其它星体辐射微波。为此，制成了专门的射电望远镜，用来研究星体中所发生的过程。在气象方面，则根据云层反射和吸收微波讯号的现象来观察天气等等。

近几年来，微波能技术在工农业生产方面的应用正在迅速发展，在大功率方面，微波能用来对物体的加热和干燥。这种加热方法的最显著特点是：热量产生于被加热物体的内部，不象别的方法那样从外部传到内部，因而加热均匀、迅速，加热质量好，热能利用率高。在弱功率方面，微波被用于各种非电量测量中包括长度、速度、湿度、温度等，现在用得最广泛的是湿度，也就是物质的含水量。微波测湿的最大优点是非接触式的，特别适用于生产线上连续测量和控制。

制。

微波在医疗卫生方面的应用主要是热疗和杀菌，这种热疗比短波疗效好、快，消毒杀菌也很有效，特别是杀真菌、霉菌或不形成孢子的菌。消毒时间可从一般的10~100min缩短到2~3min。又如在原子能研究中应用微波能技术制成直线和回旋的加速器。

本书着重介绍微波在纺织工业上的应用，详见第六章。

第二章 电磁场和微波能 的基本知识

第一节 电磁场的基本知识

分析微波技术领域中的问题，必须运用电磁场理论，这里对电磁场的基本知识作一简单介绍。

一、电场和电场强度

实验发现：带电体之间存在相互作用力，这说明带电体周围存在电场。电场的主要属性可用电场强度 E 来表征。

电场强度定义为一个单位正电荷在电场里各点受到的力，它有大小，有方向，是一个矢量，它的大小可用式(2-1)表示。

$$E = F/q \quad (2-1)$$

式中 E 为电场强度 (V/m)，它的方向是正电荷 q 在电场里受力的方向； F 为正电荷所受到的力； q 为正电荷数量。

应用电场强度 E 这个物理量就可以把电场里每一点的强弱和方向表示出来。但为了更形象化地表示电场特性，常常在电场中用许多标有箭头的曲线来表示电场强度，曲线的切线方向是电场强度的方向，曲线的疏密程度表示电场强度的大小，此曲线称为“电力线”。图2-1示出几种电力线的分布情况。

实验还发现在不同的介质中电场强度是不同的。在真空或空气中电场强度最强，在其它介质中电场强度减弱。把在

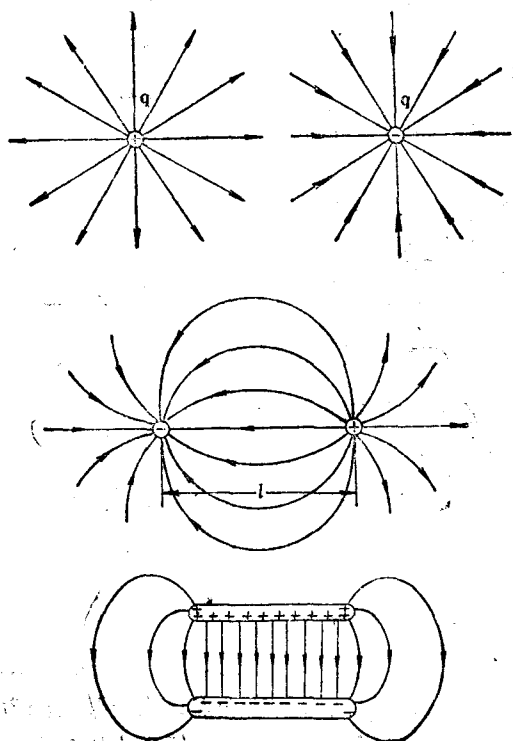


图2-1 几种电力线分布图

介质中电场强度减弱的倍数称为介电常数，用 ϵ 表示。介质中电场会减弱是由于在电场的作用下，电介质发生极化现象的结果。

在导体中具有大量的自由电子，它们在电场的作用下可以自由地移动，因而产生了传导电流。在电介质中，自由电子是不存在的，但其分子内部具有束缚电荷，它们在电场的作用下，可以在微观的区域内移动，使得分子按电场的方向