

微波加热与微波干燥



国防工业出版社

内 容 简 介

本书是介绍微波加热和干燥原理的通俗小册子。内容浅显易懂。从什么是“微波”谈起，介绍微波能的产生及产生微波能的器件，微波加热设备的结构及使用方法，微波加热和干燥在工业、农业、医疗卫生等方面的应用，以及微波对人体健康的影响及其防护等。对普及和推广微波能的应用将有所帮助。

本书可供使用微波加热和微波干燥设备的工作人员阅读。

微波加热与微波干燥

应四新 著

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 3³/₈ 68 千字

1976年10月第一版 1976年10月第一次印刷 印数：00,001—15,000册

统一书号：15034·1524 定价：0.25元

序 言

利用高频电场来加热物体，早已得到了广泛的应用。例如，塑料的热合，金属的熔炼和热处理，电子管制造中在真空内用涡流加热零部件以驱除含气，以及在医疗方面利用高频介质加热来治疗某些疾病等，都使用高频加热，并且有丰富的经验。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。一种频率比高频波高数十倍以至上百倍的电磁波——微波，已经被发现可以用来解决许多高频波所无法解决的难题。微波雷达的出现，推动了电子技术各个有关部门的发展，微波电子管的设计与生产也取得了很大的进展。利用微波能量在工农业及医疗卫生等方面作为加热、干燥、灭菌、医病等手段，只是在工业部门设计、生产出了大功率、高效率、稳定可靠的高质量电子管后才成为现实。

微波加热这门新技术在我国正以很快的速度在国民经济各个领域中得到广泛运用。本书简要地介绍微波加热与干燥的原理，微波在许多部门应用的概况与发展前景，以及典型的微波加热设备结构及工作原理等。本书可以作为有关同志在从事这项技术革新工作时的参考。但由于我们的水平有限，书中错误与遗漏一定很多，希望读者批评指正。

目 录

第一章	什么是微波	7
1-1	什么是电磁波	7
1-2	什么是微波	8
1-3	微波与材料的相互作用	10
第二章	微波工作原理及微波元件	12
2-1	微波的传输	12
2-2	空腔谐振器	20
2-3	慢波线	22
2-4	常用微波元件	24
2-5	微波加热原理	29
第三章	微波加热和干燥	33
3-1	微波加热和干燥的优点	33
3-2	在农业和林业方面的应用	34
3-3	在卷烟、制茶、中草药等方面的应用	36
3-4	在食品工业方面的应用	37
3-5	在胶片、造纸、纺织、皮革等轻工业方面的应用	38
3-6	在医疗卫生方面的应用	40
3-7	在橡胶、塑料和化学工业方面的应用	41
3-8	在其他方面的应用	42
3-9	和其他加热方法的并用	43
第四章	微波能的产生及微波电子管	44
4-1	产生微波能的器件	44
4-2	连续波磁控管	45
4-3	速调管	50

4-4	微波电子管的使用	53
第五章	微波加热设备的结构及其使用	59
5-1	驻波场谐振腔加热器	59
5-2	行波场波导加热器	63
5-3	辐射型微波加热器	68
5-4	慢波型微波加热器	76
5-5	加热器的选择	79
第六章	微波的测量与计算	81
6-1	功率的测量	81
6-2	驻波比的测量	85
6-3	频率与波长的测量	91
6-4	泄漏能量的测量	93
6-5	微波加热与干燥的计算	96
第七章	微波对人体健康的影响及其防护	99
7-1	微波对人体的影响	99
7-2	微波辐射的安全标准	101
7-3	微波泄漏的防护	102

微波加热与微波干燥

应四新 著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是介绍微波加热和干燥原理的通俗小册子。内容浅显易懂。从什么是“微波”谈起，介绍微波能的产生及产生微波能的器件，微波加热设备的结构及使用方法，微波加热和干燥在工业、农业、医疗卫生等方面的应用，以及微波对人体健康的影响及其防护等。对普及和推广微波能的应用将有所帮助。

本书可供使用微波加热和微波干燥设备的工作人员阅读。

微波加热与微波干燥

应四新 著

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 3³/₈ 68 千字

1976年10月第一版 1976年10月第一次印刷 印数：00,001—15,000册

统一书号：15034·1524 定价：0.25元

序 言

利用高频电场来加热物体，早已得到了广泛的应用。例如，塑料的热合，金属的熔炼和热处理，电子管制造中在真空内用涡流加热零部件以驱除含气，以及在医疗方面利用高频介质加热来治疗某些疾病等，都使用高频加热，并且有丰富的经验。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。一种频率比高频波高数十倍以至上百倍的电磁波——微波，已经被发现可以用来解决许多高频波所无法解决的难题。微波雷达的出现，推动了电子技术各个有关部门的发展，微波电子管的设计与生产也取得了很大的进展。利用微波能量在工农业及医疗卫生等方面作为加热、干燥、灭菌、医病等手段，只是在工业部门设计、生产出了大功率、高效率、稳定可靠的高质量电子管后才成为现实。

微波加热这门新技术在我国正以很快的速度在国民经济各个领域中得到广泛运用。本书简要地介绍微波加热与干燥的原理，微波在许多部门应用的概况与发展前景，以及典型的微波加热设备结构及工作原理等。本书可以作为有关同志在从事这项技术革新工作时的参考。但由于我们的水平有限，书中错误与遗漏一定很多，希望读者批评指正。



目 录

第一章	什么是微波	7
1-1	什么是电磁波	7
1-2	什么是微波	8
1-3	微波与材料的相互作用	10
第二章	微波工作原理及微波元件	12
2-1	微波的传输	12
2-2	空腔谐振器	20
2-3	慢波线	22
2-4	常用微波元件	24
2-5	微波加热原理	29
第三章	微波加热和干燥	33
3-1	微波加热和干燥的优点	33
3-2	在农业和林业方面的应用	34
3-3	在卷烟、制茶、中草药等方面的应用	36
3-4	在食品工业方面的应用	37
3-5	在胶片、造纸、纺织、皮革等轻工业方面的应用	38
3-6	在医疗卫生方面的应用	40
3-7	在橡胶、塑料和化学工业方面的应用	41
3-8	在其他方面的应用	42
3-9	和其他加热方法的并用	43
第四章	微波能的产生及微波电子管	44
4-1	产生微波能的器件	44
4-2	连续波磁控管	45
4-3	速调管	50

4-4	微波电子管的使用	53
第五章	微波加热设备的结构及其使用	59
5-1	驻波场谐振腔加热器	59
5-2	行波场波导加热器	63
5-3	辐射型微波加热器	68
5-4	慢波型微波加热器	76
5-5	加热器的选择	79
第六章	微波的测量与计算	81
6-1	功率的测量	81
6-2	驻波比的测量	85
6-3	频率与波长的测量	91
6-4	泄漏能量的测量	93
6-5	微波加热与干燥的计算	96
第七章	微波对人体健康的影响及其防护	99
7-1	微波对人体的影响	99
7-2	微波辐射的安全标准	101
7-3	微波泄漏的防护	102

第一章 什么是微波

1-1 什么是电磁波

用收音机收听广播，大家都很熟悉。广播就是电台利用电磁波即无线电波来播送声音。一般近距离广播采用的频率为几百至几千千赫，称为中波，远距离采用几兆赫以至十几兆赫，称为短波。虽然各种波段的频率不同，但是它们在空气中的传播速度都是每秒 30 万公里。

什么是电磁波呢？当带电系统的电荷或电流不断随时间变化，则系统所产生的电场和磁场也随时间变化。由于变化的电场在其周围激起磁场，变化的磁场也在其周围激起电场，这种变化的电场和磁场就向系统的周围空间传播出去。这种运动着的电磁场称为电磁波。任何电磁振荡系统都是辐射电磁波的波源。

电磁场是能量的一种形式，所以电磁波的传播必然伴随有能量的传播。

光也是一种电磁波，它是频率极高、波长极短的电磁波（用微米来量度）其频率远远高于广播用的电磁波。

至于不可见光——红外线、紫外线、 x 射线等，也是一种电磁波。不过红外线的频率低于可见光，紫外线、 x 射线的频率则高于可见光。

随着无线电技术的不断发展及通信容量的增加，在无线电通信中使用波长越来越短的电磁波。逐步由长波、中波、

短波、超短波向微波以至光波发展。见图 1-1 电磁波谱。

1-2 什么是微波

从图 1-1 中可清楚地看出，“微波”是指波长很短的无线电波。通常微波所包括的波长范围并没有明确的界限，一般

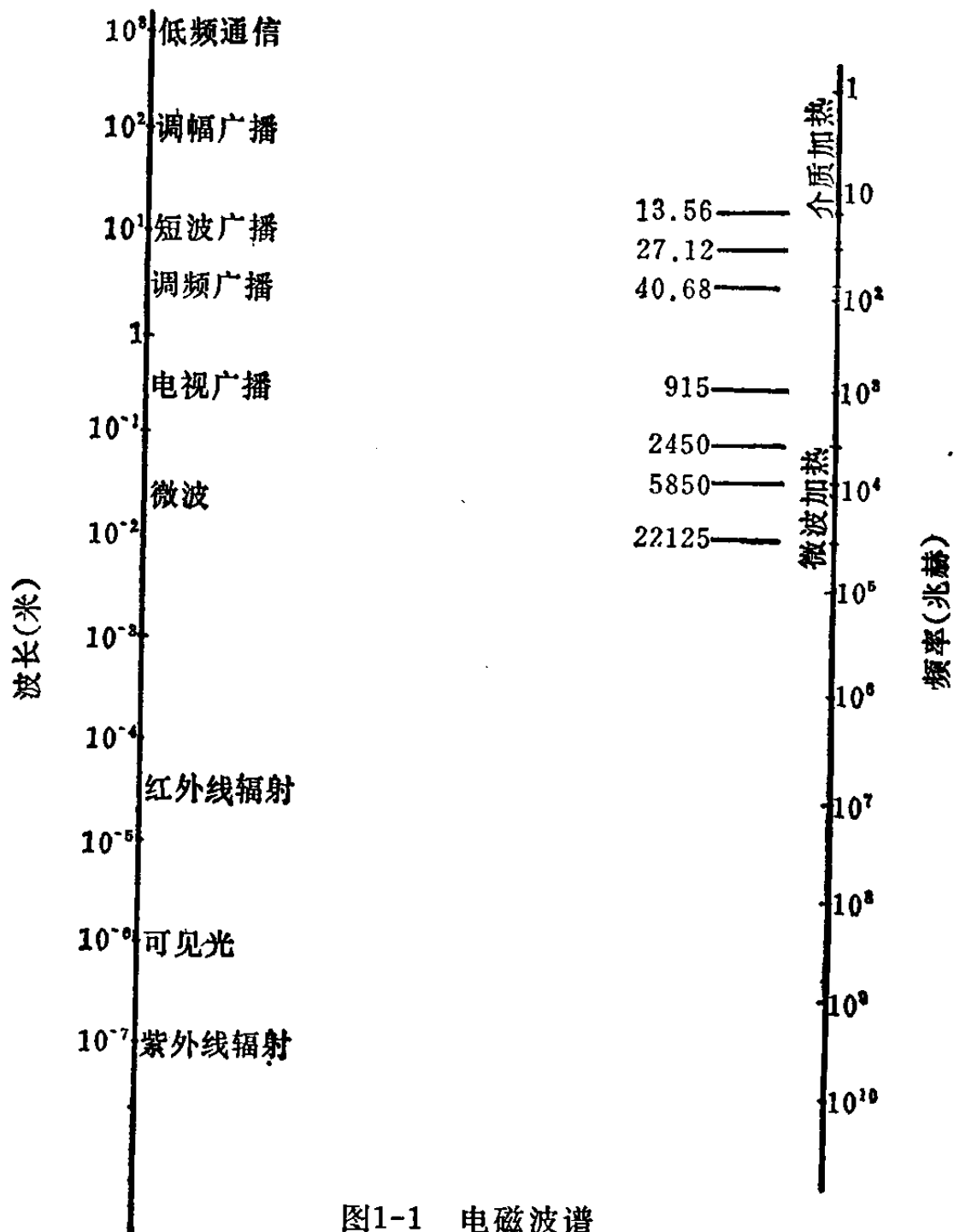


图1-1 电磁波谱

是指分米波、厘米波和毫米波三个波段。也就是波长从1毫米左右到1米左右的电磁波。由于微波的频率很高，所以在某些场合也叫做超高频。

为了有一个比较，这里将微波与工业用电和无线电中波广播的频率与波长作一比较（见表1-1）。

表 1-1

	频 率	波 长
工业用电	50赫或60赫	60000000米或50000000米
无线电中波广播	300~3000千赫	1000~100米
微波	300~300000兆赫	1~0.001米

微波的产生、传输、放大、辐射等问题都不同于普通的无线电技术。在微波系统中，元件的电性质不能认为是集总的，电容和电感的概念已不再适用，甚至“电压”、“电流”的概念亦失去其确切的意义。在微波领域中，通常应用所谓“场”的概念来分析系统内电磁波的结构。并采用功率、频率、阻抗、驻波等作为微波测量的基本量。

供工业、科学及医学使用的微波加热和干燥的微波频段见表1-2。

表 1-2

频 率 (兆 赫)	波 段	中心波长(米)
890~940	L	0.330
2400~2500	S	0.122
5725~5875	C	0.052
22000~22250	K	0.008

目前只有 915 兆赫和 2450 兆赫两个频率已广泛使用。在较高的两个频段还没有大功率的工业设备，这是由于微波管的功率、效率、成本尚未能达到工业使用的要求。

1-3 微波与材料的相互作用

当微波在传输过程中遇到不同材料时，会产生反射、吸收和穿透现象。它取决于材料本身的几个主要特性：介电常数、介质损耗系数、比热、形状和含水量的大小等。

在微波加工系统中，常用材料可分为导体、绝缘体、介质、磁性化合物几类。

大多数良导体，如铜、银、铝之类的金属，能够反射微波，如同光线从镜子上反射回来一样。因此在微波系统中，导体以一种特殊的形式来传播以及反射微波能量。例如微波装置中常用的波导管，就是矩形或圆形的金属管，通常由铝或黄铜制成。

第二类材料叫绝缘体，在微波系统中也有其地位，绝缘体可穿透并部分反射微波，通常它吸收的微波功率较小。微波和绝缘体相互间的影响，就像光线和玻璃的关系一样，玻璃使光线部分地反射，但大部分则透过，只有很少部分被吸收。在微波工程中常用绝缘材料来防止污物进入某些要害部位。对于像水汽、灰尘和油脂之类的东西来说，绝缘体成为有效的屏障，而微波却能顺利通过。在微波系统中，根据不同情况使用着玻璃、陶瓷、云母、聚四氟乙烯、聚丙烯之类的绝缘体。

第三类材料是介质，它的性能介于金属和绝缘体之间。对微波而言，它具有吸收、穿透和反射的性能。在微波加热

领域中，被处理的物料通常是不同程度地吸收微波能量的介质。这类物料往往称为有耗介质，特别是含水和含有脂肪的物品，它们不同程度地吸收微波能量并把它转变为热量。

第四类是磁性化合物，这类材料的一般性能非常像介质材料，也反射、吸收和穿透微波。应当指出，由于微波能量具有能对介质材料和磁性材料产生影响的电场和磁场，因此许多磁性材料同介质材料一样，也是易于用微波处理的。

第二章 微波工作原理及微波元件

2-1 微波的传输

微波能量的传输，已不能运用低频及高频中“电路”的概念，而要运用超高频中“电磁场”的概念来解释。微波是一种超高频电磁波。电磁波以交变的电场和磁场的相互感应的形式传输，也就是伴随着电能和磁能的相互转换而传输。哪里存在着电磁场，哪里就有能量的存在。下面我们将讨论微波是怎样传输的。

微波的传输 微波能不能像低频及高频电路中那样，按我们指定的路径传输呢？实践证明，是完全可以的。对于不同波长的电磁波，应采用不同形式的传输线。在米波段，还可以用双导线（如图 2-1 a）传输能量。当频率提高到分米波段时，双导线已不能适用，因为电磁场会沿着双导线向空间辐射，造成很大的功率辐射损耗。此时，通常采用同轴线（如图 2-1 b）。这样，电磁场就屏蔽于内外导体之间而辐射。当频率继续提高到厘米波段时，沿同轴线内导体表面的电流将产生较大的功率损耗，支撑内导体的介质热损耗也不容忽视。同时，随着工作波长的减小，同轴线的横向尺寸也要相应地减小，同轴线允许传输的最大功率就要随着波长的缩短而下降。因此，在厘米波段一般不用同轴线传输较大的功率。此时，同轴线被波导（如图 2-1 c、d）所代替。电磁波在波导内传输，若波导尺寸、内表面光洁度保证质量