

內 容 簡 介

本书討論电子管振蕩器的結構和工作原理。

书中敘述了工业中最常用的几种加热导体、非导体和半导体的电子管振蕩器，并討論了它們运用中的一些問題。书中給出了許多实际数据，对于生产人員頗有参考价值。

本书可供使用电子管振蕩器的技術人員和技工閱讀。

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛАМПОВЫХ
ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИИ

〔苏联〕А. Н. Авров

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1958

*

电子管振蕩器在电热上的应用

鄭立安 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业營業許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印張 5⁷/₁₆ 114 千字

1965 年 8 月第一版 1965 年 8 月第一次印刷 印数：0,001—3,850 册

統一书号：15034·930 定价：(科六) 0.70 元

序 言

在完成許多生产过程时，需要对产品或毛坯进行加热。在开始鍛造前，应将毛坯加热到可以鍛造的溫度。为了淬火，零件也应加热。在許多場合下，木材需經干燥后进行加工。木材干燥的过程与其加热有关系。在钎焊、焊接、硫化以及其他工序中都需要加热。

在技术上有各种加热产品或毛坯的方法。例如，鍛造毛坯的加热可在重油炉中进行，零件淬火的加热可在盐槽里进行。木材干燥的加热可在專門的蒸气干燥室里进行。零件的钎焊可利用鉻鉄进行加热。

由于无綫电技术的发展产生了新的加热方法——利用高频电流加热，出现了新的技术领域——高频电热学。高频加热方法較其他加热方法具有許多优点：能够简单而經濟地进行表面淬火，能使淬火和钎焊过程自动化，并能改善鍛造生产的劳动条件等等。

高频发电机和电子管振蕩器是电热时所用的主要高频电源。电子管振蕩器較高频发电机具有許多优点，因此它获得了广泛的应用。采用电子管振蕩器可以获得寬頻带的电流。电子管振蕩器的制造較简单，甚至在非專門的企业里都能制造。在完成某些生产工序（淬火，钎焊）时，电子管振蕩器是比高频发电机更为通用的設備。

本书研究电子管振荡器的装置和工作原理。叙述工业上最普遍应用的几种电子管振荡器，并讨论它们运行中的一些问题。

作 者

目 录

序言	5
第一章 高频电流加热的基础	7
1. 概論	7
2. 导体的加热	11
3. 介质和半导体的加热	18
第二章 电子管和离子管	23
4. 电子管	24
5. 充气管和閘流管	32
第三章 电流的变换	42
6. 交流电的整流	42
7. 高频振荡的发生	51
第四章 振荡回路、加热器、高频变压器和电容器組	68
8. 振荡回路	68
9. 加热器	70
10. 高频变压器	79
11. 感应器接到高频变压器的方法	82
12. 电容器組	84
第五章 辅助电路和设备	87
13. 振荡的控制	88
14. 灯絲电路	89
15. 时间继电器	91
16. 压力继电器和振荡管阳极水冷系統	94

17. 高频电压表	97
18. 电子管振荡器的附件	98
19. 双位置淬火装置	106
20. 熔炼金属的感应炉	101
第六章 工业电子管振荡器	103
21. A3-43 型和 ГЗ-46 型振荡器	103
22. ГЛЭ-61 型振荡器	112
23. ЛГ-60 型振荡器	117
24. ЛГНЗ-60 型和 ЛГНЗ-30 型振荡器	121
25. ЛГЗ-100 型和 ЛГЗ-200 型振荡器	130
26. ЛГЗ-10 型和 ЛГН-10 型振荡器	135
27. ЛГЕ-3 型和 ЛГД-10 型振荡器	142
28. ГС-48 型振荡器	151
29. 建筑工业电气化中央科学研究所的振荡器	157
30. 预热塑胶粉末的振荡器	158
第七章 负载与电子管参数的匹配	161
第八章 电子管振荡器产生的干扰的抑制	169

电子管振荡器 在电热上的应用

〔苏联〕A. H. 阿夫罗夫 著

郝立安 译

內 容 簡 介

本书討論电子管振蕩器的結構和工作原理。

书中敘述了工业中最常用的几种加热导体、非导体和半导体的电子管振蕩器，并討論了它們运用中的一些問題。书中給出了許多实际数据，对于生产人員頗有参考价值。

本书可供使用电子管振蕩器的技術人員和技工閱讀。

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛАМПОВЫХ
ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИИ

〔苏联〕А. Н. Авров

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1958

*

电子管振蕩器在电热上的应用

鄭立安 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业營業許可証出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印張5⁷/₁₆ 114千字

1965年8月第一版 1965年8月第一次印刷 印数：0,001—3,850册

統一书号：15034·930 定价：(科六) 0.70元

目 录

序言	5
第一章 高频电流加热的基础	7
1. 概論	7
2. 导体的加热	11
3. 介质和半导体的加热	18
第二章 电子管和离子管	23
4. 电子管	24
5. 充气管和閘流管	32
第三章 电流的变换	42
6. 交流电的整流	42
7. 高频振荡的发生	51
第四章 振荡回路、加热器、高频变压器和电容器組	68
8. 振荡回路	68
9. 加热器	70
10. 高频变压器	79
11. 感应器接到高频变压器的方法	82
12. 电容器組	84
第五章 辅助电路和设备	87
13. 振荡的控制	88
14. 灯絲电路	89
15. 时间继电器	91
16. 压力继电器和振荡管阳极水冷系統	94

17. 高频电压表	97
18. 电子管振荡器的附件	98
19. 双位置淬火装置	106
20. 熔炼金属的感应炉	101
第六章 工业电子管振荡器	103
21. A3-43 型和 ГЗ-46 型振荡器	103
22. ГЛЭ-61 型振荡器	112
23. ЛГ-60 型振荡器	117
24. ЛГНЗ-60 型和 ЛГНЗ-30 型振荡器	121
25. ЛГЗ-100 型和 ЛГЗ-200 型振荡器	130
26. ЛГЗ-10 型和 ЛГН-10 型振荡器	135
27. ЛГЕ-3 型和 ЛГД-10 型振荡器	142
28. ГС-48 型振荡器	151
29. 建筑工业电气化中央科学研究实验室的振荡器	157
30. 预热塑胶粉末的振荡器	158
第七章 负载与电子管参数的匹配	161
第八章 电子管振荡器产生的干扰的抑制	169

序 言

在完成許多生产过程时，需要对产品或毛坯进行加热。在开始鍛造前，应将毛坯加热到可以鍛造的溫度。为了淬火，零件也应加热。在許多場合下，木材需經干燥后进行加工。木材干燥的过程与其加热有关系。在钎焊、焊接、硫化以及其他工序中都需要加热。

在技术上有各种加热产品或毛坯的方法。例如，鍛造毛坯的加热可在重油炉中进行，零件淬火的加热可在盐槽里进行。木材干燥的加热可在專門的蒸气干燥室里进行。零件的钎焊可利用鉻鉄进行加热。

由于无綫电技术的发展产生了新的加热方法——利用高频电流加热，出现了新的技术领域——高频电热学。高频加热方法較其他加热方法具有許多优点：能够简单而經濟地进行表面淬火，能使淬火和钎焊过程自动化，并能改善鍛造生产的劳动条件等等。

高频发电机和电子管振蕩器是电热时所用的主要高频电源。电子管振蕩器較高频发电机具有許多优点，因此它获得了广泛的应用。采用电子管振蕩器可以获得寬頻带的电流。电子管振蕩器的制造較简单，甚至在非專門的企业里都能制造。在完成某些生产工序（淬火，钎焊）时，电子管振蕩器是比高频发电机更为通用的設備。

本书研究电子管振荡器的装置和工作原理。叙述工业上最普遍应用的几种电子管振荡器，并讨论它们运行中的一些问题。

作 者

第一章 高频电流加热的基础

1. 概 論

高频加热现已成为很多生产工艺过程不可缺少的部分。高频淬火已像車削或研磨加工那么普遍。在许多企业中，已采用高频加热进行工具的钎焊、塑料的粘合、塑胶粉末的预热等等。

材料的高频加热是在高频电磁场里进行的。电磁场是由电场和磁场二个分量組成。当磁场分量占优势时，称它为磁场。当电场分量占优势时就称它为电场。

当电感线圈里有电流流过时，在线圈中主要形成磁场；电场集中在接到电源上的电容器极板之间的空间里。

磁场分量和电场分量之间有不可分割的联系。电场分量必然引起磁场分量，反之，磁场分量也必然引起电场分量。因此，在电感线圈中，除磁场外，还有电场，但是电场的大小比磁场要小得多。同样，在电容器中，除电场外，也有磁场，但是其数值很小。

无论是磁场还是电场，都可用于高频加热。

我們知道，自然界中的一切物体是由原子組成的。原子組成分子，分子是具有該种物质性质的最小质点。每个原子是由原子核和电子組成，电子圍繞原子核旋轉；它像太阳系的行星圍繞着太阳旋轉一样。根据物质的不同，可能有一个电子，也可能有几个电子。电子沿着軌道圍繞原子核旋轉，

并且在一个軌道上可能有几个电子。原子核帶正电荷，而电子帶負电荷。在一般状态下，原子是中性（不带电），因为电子的負电荷数量等于原子核的正电荷数量。

在导体（所有金屬都属于此类）中，原子外层軌道的电子和原子核的联系不紧密。它們可以很容易地从一个軌道跳到另一个軌道，也能脱离自己的軌道而在原子之間自由运动。这样的电子称为自由电子。如果导体上加以电压，則在导体中便产生电子流，即所謂电流。导体中自由电子越多，导体的电导就越大。电导的倒数称为电阻（ R ）。在計算时往往利用电阻率比較方便。电阻率 ρ 是长 1 厘米、横截面为 1 厘米² 的导体电阻。

导体具有电阻和感抗（无功电阻）。电阻可以理解为当直流电流沿着导体流过时，导体所呈現的阻力。由于导体具有电阻，在导体中消耗一部分电能，引起导体发热。导体中通过交流电时即出現电阻和感抗。呈現感抗是因为导体在通过交流电时，导体的周围产生变化的磁場，这磁場在导体中感应出反抗所流过电流变化的电动势。这个反作用以感抗（ X_L ）表征。

感抗和电阻的差別是感抗不引起电能的損耗。感抗的大小取决于交流电的頻率和导体的电感（ L ）。导綫对交流电的阻抗等于电阻和感抗二量的矢量和（几何和）。

某些称为磁性物质的材料，除了具有导电性外，同时还具有导磁性。导磁性用导磁率（ μ ）表征。导磁率 μ 表明，如果在一段磁路中用这种物质代替空气时，該段磁路的磁阻所减少的倍数。磁性材料有鉄、鈷和鎳，它們的导磁率 μ 为 2.5~3500。对这些金屬的合金來說，其 μ 可达几千。

有一些与导体不同的材料，其自由电子很少，且其内部有相当多的电荷实际上不可能移动，因此它们的电导率很小。这样一些材料称为非导体、绝缘体或电介质。实际的电介质包括空气、云母、玻璃、石蜡、陶瓷等等，它们所具有的电阻，虽然很大，但是一个完全一定的有限值。

电介质广泛用在电容器的制造上。最简单的电容器是由中间用电介质隔开的二个金属板组成。

如果用蓄电池给电容器加上电压，则电容器就开始充电。在电容器电压等于零的初始瞬间，充电电流具有最大值；随着电容器上电压的增高，充电电流将减少。当电容器上的电压等于蓄电池的电压时，电路中的电流就停止。因此，当电容器充电时，电流超前电容器两端的电压。

如果电容器开始周期性地反复充电，譬如接上交流电源，则电容器中就有电流流过。电流与电压之间存在相位差，电流超前电压。如果用矢量表示电压和电流，那末，矢量之间就有某一角度 φ 的相位差。具有理想电介质的电容器的 φ 角等于 90° 。具有实际电介质的电容器， φ 角小于 90° 。 δ 是 φ 角的余角，称为损耗角。 δ 角越大，电介质中的损耗越大，因而，电介质越不好。损耗在电介质中的有功功率取决于损耗角的正切 ($\operatorname{tg} \delta$)。

电介质的最重要参数之一是介电常数。介电常数 ϵ 表明，当用另一种电介质代替电容器极板间的空气时电容器电容值所增加的倍数。

除了导体和电介质外，现有大量的材料都属于半导体。半导体处于导体和电介质之间。用于高频加热技术的典型半导体是潮湿的木材、混凝土、纸张等等。

高频电流适用于加热各种不同的材料，这些材料可分为下述五大类。

第一类 大多数铁合金、镍合金和钴合金属于这一类。它们的电阻率(ρ)大约为每1厘米几个和几十个微欧，而导磁率 μ 在几到几千的范围内。由于这些材料有导磁性，其中的磁场增加到 μ 倍。因此它们所消耗的能量取决于 $\mu\rho$ 之积。当温度高于临界温度[●]时能量的消耗减少，因为这些材料失去磁性，导磁率变成等于1。

第二类 具有高电导率的非磁性材料属于这一类。这些材料是有色金属——铜、铝、锌等以及它们的合金，石墨，奥氏体钢（哈特非钢及铬镍不锈钢）。

第三类 这一类材料是具有低电导率的导体（它们的电阻率是在十分之一到几千欧姆·厘米）。熔化的矿石、熔化的玻璃、液体炉渣、有机物的溶液、甜煮水果、水果酱等等，属于这类。这些材料的特征是电导率随着温度有很大变化（变化几十倍和几千倍）。

第四类 这一类材料是具有大损耗角($\operatorname{tg} \delta > 0.1$)的电介质。它们包括：湿木材、湿陶瓷、潮湿的纺织物、纱、纸张等等。这些材料的损耗角和电阻率取决于电流的频率。

第五类 这类是具有小损耗角($\operatorname{tg} \delta < 0.05$)的电介质所组成。它们包括干燥的陶瓷块、冷玻璃、冷矿石、天然橡胶和一些合成绝缘材料，它们的电气特性不但取决于温度，而且取决于电流的频率。当温度升得很高时，这些材料中有很多变成第三类。

● 金属失去磁性时的温度，称为临界温度。对1040号钢来说临界温度约为780°C，镍为368°C，而钴为1115°C。

这些材料的电气特性还取决于它们的湿度。潮湿的时候，很多材料属于第三和第四类，但在干燥的过程中它们又变为第五类。

2. 导体的加热

如果电流 I 沿着电阻为 R 的导体流过，则导体将发热。根据焦耳-楞次定律，1秒钟内它放出的热量 Q 为

$$Q = 0.24RI^2 \text{卡/秒}, \quad (1)$$

式中 Q ——(卡), R ——(欧姆), I ——(安培)。

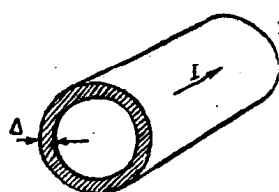
导体加热的特征取决于沿导体流动的电流。如果沿着导体流过直流电流，则导体各处的电流密度（在1毫米²导体截面上流过的电流）相同，导体将均匀地发热。

如果沿着导体流过交流电流，情况就显著改变。在这种情况下，电流在导体截面上的分配是不均匀的。最大的电流密度将在表面，越靠近中心电流密度越小。这种现象称为趋肤效应。它是由于导体内部磁场的作用而产生的。大家知道，在导体内以及导体周围形成的磁力线，是一些位于导体截面平面上的同心圆。若假设，导体是一些单独的细线组成，则作用到离中心较近的那些细线上的磁力线要比作用到外面的多。这就意味着，里面的细线比外面的细线具有更大的电感，以及里面具有的感抗比外面的大。由此不难理解，具有大感抗的导体部分，流过较小的电流。

电流沿导体截面分布的不均匀程度主要取决于电流的频率。电流频率越高，电流分布的不均匀程度表现得越厉害。在高频情况下，电流仅仅沿着表面的一层流动●。

● 因此在高频情况下可以采用管形导体代替实心导体。

电流在这层中的分布服从非常复杂的定律,因此,为了简化各式各样的计算,利用了《电流透入深度》这一概念。电流透入深度 Δ 应理解为由导体表面到电流密度减小到表面电



流密度的 $\frac{1}{2.71}$ 处的距离(图1)。

电流透入深度由电流频率、导体的电阻以及磁性来决定,并以下面公式计算



图1 高频电流在直导体上的分布。

$$\Delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}} \quad (\text{厘米}), \quad (2)$$

式中 ρ ——导体的电阻率(欧姆·厘米);

f ——电流频率(赫);

μ ——导磁率。

当导体发热时它的电阻率增加。因此热导体的透入深度 Δ 比冷导体的透入深度大。对于铁磁性材料来说,当达到 μ 变成1的临界温度时,电流透入深度增加得特别厉害。

在表1中列出钢和铜的透入深度的数据。

表1 透入深度 Δ (厘米)

频率 (赫)	铜在15°C时	1045号钢在15°C时	1045号钢在850°C时
50	1.0	0.22	9.14
2000	0.15	0.05	1.45
10000	0.07	0.02	0.65
300000	0.012	0.005	0.12

因此,由于趋肤效应的结果,增加了导体的有效电阻。由公式(1)可见,如果在不变的电流强度 I 下,强烈增加有