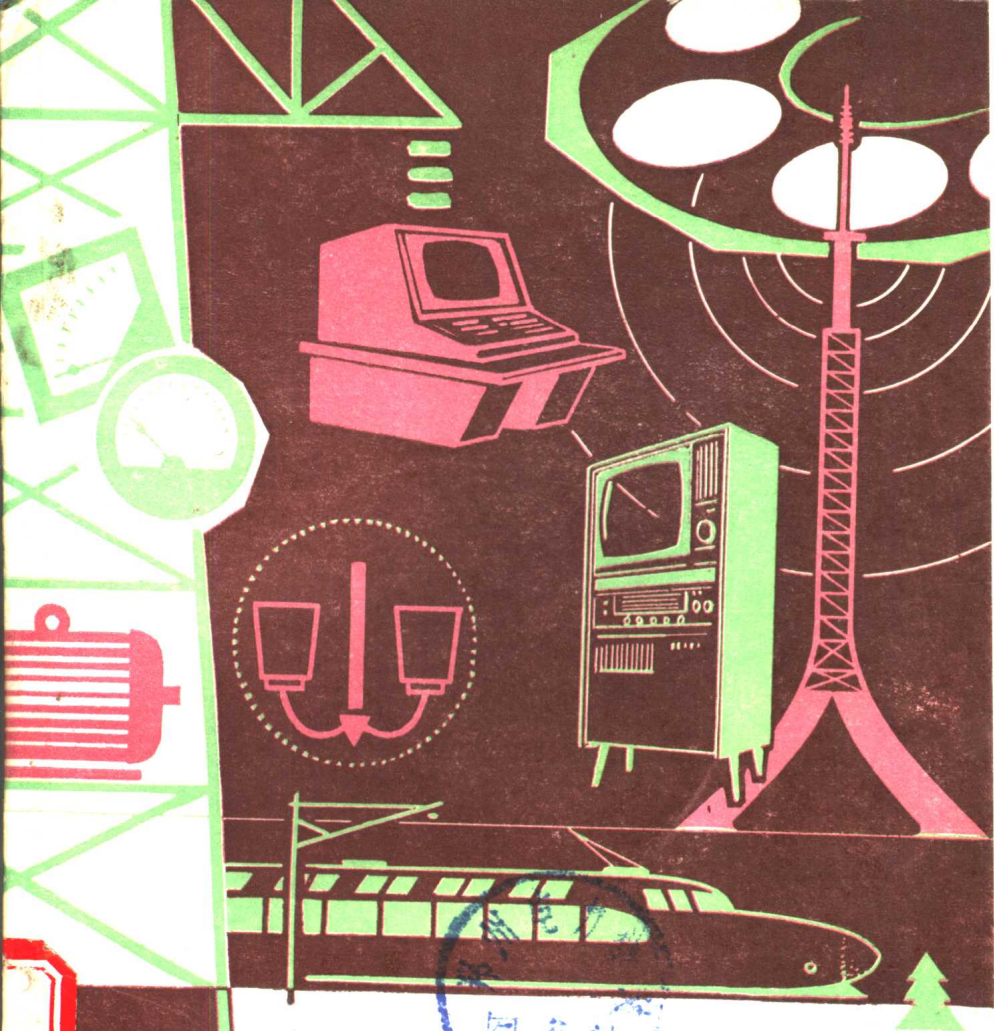




知识
小百科全书

电热利用

孙左一 编译

11

电 知 识 小 百 科 全 书

⑪

电 热 利 用

孙左一 编译

水利电力出版社

内 容 提 要

《电知识小百科全书》是一套兼有百科全书、辞书和科普读物特色的丛书，共18分册。《电热利用》是其中的第11分册。书中阐述了热、温度、加热等基本概念及电热的分类与特点，介绍了利用电阻通电、电弧、电磁感应、高频电场、红外线、电子束、等离子和激光进行加热的原理、设备和方法，着重介绍了各种工业用电炉和电焊机。

电知识小百科全书 11

电 热 利 用

孙左一 编译

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 3.25印张 68千字

1989年7月第一版 1989年7月北京第一次印刷

印数0001—4410册

ISBN 7-120-00811-0/TM·238

定价1.60元

序

打开电世界知识宝库大门的钥匙

在现代社会中，电已经应用于生产、生活和社会活动的各个领域。电既是极其重要的能源，又是极其重要的信息载体。从日常生活中普遍使用的电灯、电话、电报、电视机、电冰箱、电炉、空调到各种机械、电气机车、船舶、飞机；从袖珍计算器、电子钟表、电子玩具到各种计算机网络和系统；从电针治疗到航天技术……人们都要和电打交道。巨大的电力网犹如人体的血液循环系统向整个社会传递着运转的动力；巨大的电气通信和电子通信网络则为整个社会的协调发展瞬息不停地传递着信息。从某种意义上，可以把当今世界看成是“电世界”。作为一个现代人，一个“电世界的公民”，学习和掌握一些电的基本知识，会得到许多帮助和方便。

水利电力出版社出版的《电知识小百科全书》为具有中等文化程度的广大读者提供了一把打开电世界知识宝库大门的钥匙。这套丛书是我国中青年电气科技工作者根据国外同类图书移植改编而成的。在编译过程中，编译者根据我国的国情和广大读者的需要作了许多补充和修改。全套图书共十八册，不过百万余字，篇幅约为《电机工程手册》的十分之一，既是百科全书式的工具书，又可以作为学习电气科学知识的入门读物。大中学校师生、企业管理人员、科技人员和

0.7350/11

其他各行各业的读者，都可能从书中得到一些有用的知识。我相信这套小百科全书会得到读者的欢迎，同时也希望广大读者特别是电气科技工作者一起来发表意见，集思广益，帮助编译者进一步修订好这套小百科全书，使之逐步完善，成为一套具有中国特色的电气知识普及读物。

毛 鹤 年*

1987年夏季

* 毛鹤年同志是我国电机工程学界的老前辈。生前担任中国电机工程学会理事长、国际大电网会议中国国家委员会主席。这篇序言是毛鹤年同志在1987年夏季撰写的。毛鹤年同志已于1988年10月病逝。

编 译 说 明

1982年日本欧姆社(OHIM社)在建社70周年之际,出版了一本《图解电气百科事典》,以大约百万字的篇幅,介绍了包括电的基础知识、电力的生产与应用、电子技术、通信、广播、电视、计算机和自动控制等各方面的知识。这套《电知识小百科全书》就是以《图解电气百科事典》为蓝本,根据电气科学技术近年间的最新发展和我国的国情,作了较多的修改和补充编译而成的。全套丛书共18分册。各册的书名是:

1. 电的基础知识
2. 电工材料与电子器件
3. 电子电路
4. 电气测量与电工仪表
5. 电机与电器
6. 电力系统与新能源
7. 工厂用电
8. 安装电工
9. 安全用电
10. 照明
11. 电热利用
12. 自动控制
13. 电子计算机
14. 电气通信与广播电视
15. 交通与电气

16. 医疗与电气

17. 家庭用电与家用电器

18. 趣味电气

这套小百科全书在编译体例上有以下特点：

(1) 具有百科全书的特色：内容涉及与电有关的各个领域，从最基础的电荷、电场、电流、电压等概念到超导材料、信息处理、医疗电子工程等正在迅速发展的高技术；从电力的生产、输送、分配到工厂和居民生活用电等都有简明扼要、深入浅出的介绍，适合各行各业、各个层次的读者的不同需要。

(2) 具有辞书类工具书的特点：以基本概念、技术用语、定义规律为中心组织各部分内容。各个分册、各个部分总体上互相联系，局部又都各自形成完整的叙述。读者可以方便地查阅所要了解的事项。

(3) 书中的叙述避免冗长的文字和繁杂的数学公式，收集了较多的插图，具有中等文化程度的读者都能阅读。

本书在编译过程中，参考了国内外近年出版的许多百科类、辞书类和科普类图书。书中涉及技术标准之处均已统一为我国的国家标准或部颁标准，计量单位亦已按新的国家标准核定。

能源部南京自动研究所孙左一主持了《电知识小百科全书》的编译工作，参加编译工作的还有(以姓氏笔划为序)：马师模、孙中逵、刘开增、刘振乾、何方、何云、罗贤伟、罗贤杰、张在德、张耀东、童永富、傅鸿仓、熊葆芳等。本分册编译者为孙左一，审稿者为陈有安。

本书编译工作得到毛鹤年、韩祯祥、王平洋、都兴有、蔡洋、马经国、廖培鸿、叶世勋等学术界前辈的鼓励和支

持；水利电力出版社的领导和有关编辑给予许多指导和帮助；南京自动化研究所图书馆为编译者查阅图书资料提供了诸多方便。在此谨向所有关心、支持、帮助过这项工作的同志表示衷心的感谢。

参加编、译、校、审工作的十余位同志兢兢业业，历时约三年，终于完成书稿，陆续付印。限于编译者的学识水平，书中仍会有尚未发现的疏漏和差错，祈望各位读者指正（通信地址：南京323信箱）。

孙左一

1988年7月1日

目 录

序

编译说明

1 电热的产生	1
热和温度	1
加热	1
产生电热的方法	3
电热的特点	4
电炉和电焊机	7
2 直接电阻加热	11
直接加热式电阻炉	11
电阻焊	15
金属材料加工中的直接电阻加热	18
直接电阻加热的温度控制	19
3 间接电阻加热	20
间接加热式电阻炉的种类	21
加热元件	23
耐火材料和隔热材料	25
普通电阻加热炉	27
电阻炉的温度控制	30
控制气氛电阻炉	33
真空电阻加热炉	35
盐浴炉	36
电子工业用电阻炉	38

电渣炉	39
4 电弧加热	41
电弧炉的种类	42
炼钢电弧炉	43
真空电弧炉	49
矿热炉	50
电弧焊接	51
电弧焊工艺	52
5 感应加热	54
感应加热的原理和特征	55
集肤效应和电流透入深度	56
感应加热的电源	58
感应加热的应用	61
6 高频电场加热	65
极板式高频电场加热	66
微波加热	69
7 红外线加热	72
红外线加热的原理	73
红外线电热元件和红外线炉	74
8 电子束加热	77
电子束加热的原理	78
电子束发生器	78
电子束熔炼炉	79
电子束焊接	81
电子束加热的其它用途	82
9 等离子加热	83
等离子加热的原理	83
等离子炉	86
等离子弧焊	88

10 激光加热	90
激光器	90
激光加热的应用	92

1 电 热 的 产 生

电能能够方便地转换为各种其它形式的能量，如机械能、化学能、光能和热能等。将电能转变为热能，并用热能去加热其它物体是电能应用的一个重要方面。

热 和 温 度

热是物体温度发生变化的原因。随着温度的变化，物体的状态和性质也会发生变化，如热胀冷缩、蒸发、沸腾、熔融等等。温度则是反映物体冷热程度的客观标准。物体温度发生变化时，会吸收或放出一定的热，表示物体吸热和放热多少的物理量就是热量。历史上人们曾经把质量为1g的纯水在温度改变1℃时吸收或放出的热量规定为热量的单位，称为卡（cal）。由于卡这个单位比较小，工程上通常用千卡（kcal）（亦称为“大卡”）作为热量的单位。从本质上看，热量是能量存在的一种形式，因而也可以用能量的单位焦耳（J）来量度热量。我国的计量法规已规定用国际单位制的单位焦耳（J）量度热量。cal和J的换算关系是：

$$1\text{cal}=4.1868\text{J}$$

加 热

加热就是将热源的热量传递给被加热的物体，使被加热物体的性质或状态发生变化。图1是表示加热作用的示意图。加热的结果，是使被加热物改变形状或某些性质成为有一定用途的物体，或是产生一个温度适宜的环境。

各种不同的物质在加热过程中发生的状态变化差异很大，但总的说来，加热所引起物质发生三种物理状态的变化，

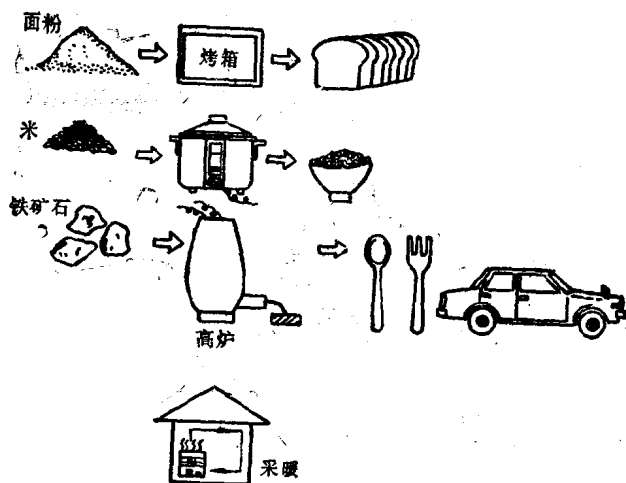


图 1 加热的作用

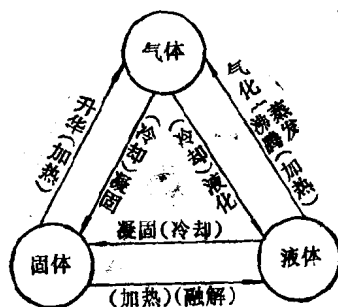


图 2 加热引起物态的变化

如图 2 所示。

加热的方法 如图 3 所示，加热有以下三种主要的方式：

(1) 通过传导、对流或辐射使热能直接从高温处向低温处传递；

(2) 通过电磁感应或高频电场的作用使导体或电介质的温度升高;

(3) 以高能电子束撞击被加热物体使其获得热量而升高温度。

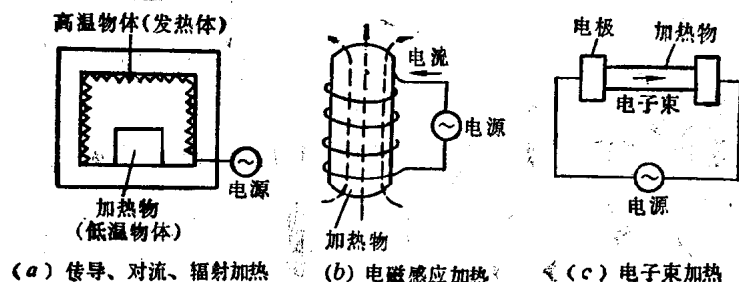


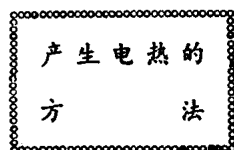
图 3 三种加热方式

热源的种类 工业上常用的加热热源主要有三类:

(1) 燃料, 包括煤、石油、天然气、煤气等。燃料燃烧时, 所蕴藏的化学能就转化为热能, 通过传导、对流或辐射的方式加热被加热物;

(2) 电能。电通过导体时由于电阻作用而发热, 电能转化为热能。此外, 还可以利用电磁感应、高频电场、电子束、等离子体、激光等各种途径将电能转化为热能;

(3) 机械能, 也就是用摩擦方式产生热量。这种方式只在某些特殊场合使用。



电能能够通过多种途径转变为热能。根据加热的对象、目的, 可以采取各种具体的方法。工业上产生电热的主要方法有: 电阻加热、电弧加热、感应

加热、高频电场加热、电子束加热、等离子体加热、红外线加热和激光加热等。

电阻加热 电流通过与电源直接连接的导体，因导体的电阻而产生热量（焦耳热）。电阻加热有直接加热和间接加热两种方式。直接加热是将电流直接通过被加热物，间接加热则是由通电发热元件将热量传导给被加热物。

电弧加热 利用电极间电弧的高温热能加热被加热物体。

感应加热 位于交变电磁场的导体，由于电磁感应而产生交流电流，感应电流在导体内流动，因遇电阻而产生热量。

高频电场加热 位于高频电场内的电介质，其正负电荷发生高频率的交替位移，引起分子摩擦而发热。微波加热也是高频电场加热的一种方式。

电子束加热 电子在电场中加速，利用高速电子撞击被加热物，电子的动能转化为热能。

等离子加热 气体电离产生等离子体，利用高温的等离子焰或等离子流加热。

红外线加热 电流通过红外线辐射元件，辐射红外线加热被加热物体。

激光加热 电源提供激光能量，利用功率密度很高的激光束进行局部加热。

电热的特点

在电能供应充足的条件下，电热总是工业生产中优先选用的加热手段，这是因为电热具有一系列突出的优点：

（1）加热温度高。燃料燃烧的温度总有一定的限度，而电热在理论上讲是没有限度的，在现有技术条件下能达到远超过燃料燃烧所能达到的最高温度，参见表1。

（2）能实现被加热物体本身的内部加热。燃烧加热

表 1

燃烧和电热的最高温度比较

加 热 方 法		最 高 温 度 (°C)
燃料燃烧	煤、焦炭	1500
	煤 气	1800
	一氧化碳	1700 (2600)
	氢 气	1900 (2800)
	乙 炔	2500 (3800)
	乙醇(酒精)	1700
电 热	电 阻 炉	1500
	感应加热	2000
	直接通电	3000
	电 弧	5000~6000
	等离子加热	20000

* ()内为水氧燃烧达到的温度。

时,热源通过传导、对流、辐射等方式向被加热物体传热,因此只能将热传递到物体的表面。而当采取直接通电、感应加热和高频电场加热等电加热方法时,却能使被加热物体本身内部加热,而不需要传递热量的媒体(参阅图4)。内部加热不仅热效率高,升温速度快,而且能按要求实现整体均匀加热或一定范围的加热(如利用感应加热的集肤效应使加热控制在一定的深度),并能使加热温度超过材料的耐火温度。

(3)能在一定的气氛中或真空中加热。在加热过程中,空气中的氧气和其它物质往往会与被加热物发生反应。电加热时,可以用氩、氮等惰性气体包围被加热物体,或在真空条件下进行,因而能有效地减少和避免沾污被加热物体。

(4)温度控制准确方便。由于电量能够准确地测量及

方便地调节和控制，电源能迅速地接通或切断，因而电热的温度控制也远比燃料燃烧加热迅速、准确和方便。

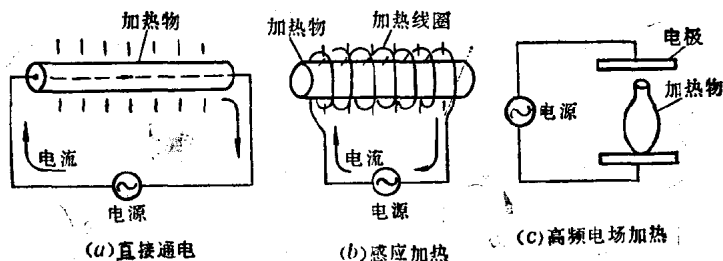


图 4 内部加热

(5) **热效率高**。由于电热能进行内部加热、升温快、控制方便准确，因而在加热过程中热效率比燃烧加热要高。例如燃烧炉的热效率一般为20%~40%，而电炉则可达到50%~70%。

(6) **环境污染小，作业条件好**。燃烧加热时，会使周围环境受到污染，产生缺氧、臭气、烟雾等，此外，燃料的堆放、废碴的处理都有相当的工作量。电加热则很少污染环境，操作运行的条件也比较好。

(7) **功率密度高**。电热能够通过一定的技术手段，集中施加于被加热物的某一局部，并能对各种材料进行切割、焊接、区域熔炼等加工工艺。特别是焊接电弧、等离子流、电子束和激光的功率密度是其它热源所无法比拟的（参阅表2）。