[美] S. A. 纳塞尔 主编

大中专学生用 电工学 题解精选

3000例

（上册）

科学出版社

大中专学生用电工学题解精选3000例

（上 册）

〔美〕S. A. 纳塞尔 主编

张华忠　李景威 译

科 学 出 版 社

1 9 9 2

（京）新登字 092 号

内 容 简 介

本书系 1988 年美国出版的 “Schaum's 3000 Solved Problems in Electric Circuits” 一书的中译本的上册.

原书共 24 章. 内容包括：单位和基本概念；电阻和欧姆定律；串联和并联电阻电路；基尔霍夫定律；网络定律；电容器；电感器；交流电源、波形和电路的关系；复数和相量；稳态交流电路；磁耦合电路；谐振；频率响应和滤波器；三相电路；直流电路中的瞬态过程；阶跃函数、斜坡函数和冲击函数；对偶和模拟；交流电路中的瞬态过程；具有多频率输入的电路；具有非正弦电源的电路；拉普拉斯变换；状态变量法；二端口网络；综合习题. 书中的内容经精心编排，并对所列出的 3000 道习题做了简捷、明确的解答. 中译本分上、下两册. 上册包括第一至十四章的内容（共 1320 道题解），下册包括第十五至二十四章的内容（共 1680 道题解）.

本书可供高等院校和中等专业学校的学生学习电工学时使用，也可供从事电工和电子技术工作的工程技术人员参考.

Syed A. Nasar

SCHAUM'S 3000 SOLVED PROBLEMS IN

ELECTRIC CIRCUITS

McGraw-Hill Book, Co., 1988

大中专学生用电工学题解

精选 3000 例

（上册）

〔美〕S.A. 纳塞尔 主编

张[illegible]忠 李[illegible]威 译

责任编辑 张建荣 唐正必

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100707

北京华星计算机公司激光照排

印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 10 月 第 一 版 开本：787×1092 1/16

1992 年 10 月 第一次印刷 印张：18¾

印数：1—7 000 字数：431 000

ISBN 7-03-002882-1/TM・30

定价：9.30 元

译 者 序

众所周知，对于学习任何一门工程技术学科（其中包括电工学）来说，深入理解和灵活应用其基本理论的一个重要途径，是做大量各式各样的习题．“Schaum's 3000 Solved Problems in Electric Circuits”一书正是为大中专学生深入理解、熟练掌握电工学的基本理论而提供的十分丰富的练习材料，是当今国内外已出版的有关电工学题解书籍中内容最全面的一种．可以预期，学生在学会解答书中所列的习题之后，便能较好地掌握、应用电工学的基本理论，从而为进一步顺利学习相关学科奠定良好的基础．

原书在内容上作了精心编排，每章所列的习题都是从基本概念逐步向比较复杂的问题过渡，解题思路简捷、明确，容易被学生理解．此外，在取材上也颇费心计，对较浅易的概念仅列出数量适中的习题，而对那些较重要且又较难掌握的概念则列出了数量较多的习题．显然，这样的编排是合理的．

原书在包括美国在内的16个国家的18个城市同时发行，可见其影响之大！

原书系多位作者分工编写而成，因而在解题时所采用的数学书写方法不尽一致，为了保持原书的风格，在翻译过程中未予统一．估计这对读者的阅读理解不会造成多大的影响．另外，对原书在印刷上的一些错误，翻译时已做了更正．为了减少印刷上的麻烦，更正之处均未注明．

译文对数学表示式中的一些常用英文下标，如 in（输入）、out（输出）、max（最大）、min（最小）等未翻译，谅读者一看就明白，而对有特殊含义的英文下标则一律译成中文．

本书的内容浩瀚、涉及面广，译文中难免有不当甚至错误之处，敬希广大读者批评指正．

致学生们（原序）

可以这样认为，如果采用本习题集，则不需要其它复习材料，就可在任何一次电路考试中，达到75分这一预期的成绩．理由很简单，正如你们知道的那样，这门课程只有4000道可能的题目，而本书已为你们解答了其中的3000道．

严格地说，这是当今图书市场上最精心编排的，也是最完整的试题型习题集．当然，使用本书时，应该把精力集中在你们的薄弱环节，如拉普拉斯变换或其它的问题上，但也不要忽视那些容易的部分．相信你们是能学会处理它们的较有效的方法的．不用多说，画出一个一目了然的电路图对解题是大有帮助的，因此，如果书中某个题目该给出电路图而没有的话，务必先画出电路草图，然后再解题．祝愿你们在学习电路方面取得成功！

目　　录

译者序
致学生们（原序）
第一章　单位和基本概念…………………………………………（1）
第二章　电阻和欧姆定律…………………………………………（5）
第三章　串联和并联电阻电路……………………………………（13）
第四章　基尔霍夫定律……………………………………………（34）
第五章　网络定理…………………………………………………（59）
第六章　电容器……………………………………………………（97）
第七章　电感器……………………………………………………（106）
第八章　交流电源、波形和电路的关系…………………………（112）
第九章　复数和相量………………………………………………（118）
第十章　稳态交流电路……………………………………………（124）
第十一章　磁耦合电路……………………………………………（190）
第十二章　谐振……………………………………………………（221）
第十三章　频率响应和滤波器……………………………………（240）
第十四章　三相电路………………………………………………（251）

第一章 单位和基本概念

1.1 10 的幂次经常与测量单位一起出现，这些 10 的幂次以缩写形式表示. 若电阻的量度单位是欧姆 (Ω)，试以 10 的幂次表示下列数值并以其缩写形式写出它们：2 000Ω 和 3 000 000Ω.

$$2\ 000\Omega = 2 \times 10^3\Omega = 2\text{k}\Omega$$
$$3\ 000\ 000\Omega = 3 \times 10^6\Omega = 3\text{M}\Omega$$

1.2 电容的量度单位是法拉 (F)，但这是一个相当大的单位. 试以 10 的幂次表示下列数值并以其缩写形式写出它们：0.000005F，0.0005F 和 0.000000001F.

$$0.000005\text{F} = 5 \times 10^{-6}\text{F} = 5\mu\text{F}$$
$$0.0005\text{F} = 0.5 \times 10^{-3}\text{F} = 0.5\text{mF} = 500\mu\text{F}$$
$$0.000000001\text{F} = 1 \times 10^{-9}\text{F} = 1\text{pF}$$

1.3 电感的单位是亨利 (H). 试以 10 的幂次表示下列数值并以其缩写形式写出它们：0.01H 和 0.003H.

$$0.01\text{H} = 10 \times 10^{-3}\text{H} = 10\text{mH}$$
$$0.003\text{H} = 3 \times 10^{-3}\text{H} = 3\text{mH}$$

1.4 电频率的量度单位是赫兹 (Hz). 试以 10 的幂次及它们各自的缩写形式表示下列频率：1 000Hz、5 000 000Hz 和 100 000 000Hz.

$$1\ 000\text{Hz} = 1 \times 10^3\text{Hz} = 1\text{kHz}$$
$$5\ 000\ 000\text{Hz} = 5 \times 10^6\text{Hz} = 5\text{MHz}$$
$$100\ 000\ 000\text{Hz} = 0.1 \times 10^9\text{Hz} = 0.1\text{GHz}$$

1.5 试将 2 分钟变换成毫秒.

$$2\text{min} = 2 \times 60\text{s} = 120\text{s} = 120 \times 10^3\text{ms} = 1.2 \times 10^5\text{ms}$$

1.6 试将 5 千米 (km) 变换成厘米 (cm).

$$5\text{km} = 5 \times 10^3\text{m} = 5 \times 10^3 \times 10^2\text{cm} = 5 \times 10^5\text{cm}$$

1.7 试将 15 厘米 (cm) 变换成毫米 (mm).

$$15\text{cm} = \frac{15}{10^2} \times 10^3\text{mm} = 150\text{mm}$$

1.8 电流的量度单位是安培 (A). 若将安培表示为每 1 秒钟的电荷流量 (库仑) (C/s)，试问在一个载有 8A 电流的导体中，30s 内有多少电子通过给定点？已知一个电子的电荷量约为 1.6×10^{-19}C.

$$电荷量 = 8 \times 30 = 240(\text{C})$$

因为 1.6×10^{-19}C 对应于一个电子，故 240C 对应于

$$(1 \times 240)/(1.6 \times 10^{-19}) = 15 \times 10^{20} 个电子$$

1.9 如果一个电子的电荷量约为 1.6×10^{-19}C，试求在 8s 内有 2.5×10^{20}个电子通过的导体中的电流大小.

$$I = \frac{电子数 \times 电子的电荷量}{时间} = \frac{2.5 \times 10^{20} \times 1.6 \times 10^{-19}}{8} = 5(\text{A})$$

1.10 已知在 20s 内有 360C 的电荷量通过一个导体，试问对应的电流是多少？

$$I = \frac{360}{20} = 18(\text{A})$$

1.11 已知一个电路中的电流呈指数增大并表示为 $i = 10(1 - e^{-2t})$ A. 试计算在 250ms 内流过电路的电荷量.

$$q = \int i dt = \int_0^{0.250} 10(1 - e^{-2t})dt$$
$$= 10\left(1 + \frac{e^{-2t}}{2}\right)\Bigg|_0^{0.250}$$
$$= 10\left(0.250 + \frac{1}{2}e^{-2\times0.250} - 0 - \frac{1}{2}\right)$$
$$= 0.5326(\text{C})$$

1.12 已知一个 75W 的灯泡流过 680mA 的电流. 试问要使 30C 的电荷量通过灯泡需要多少时间？

$$t = \frac{电荷量}{电流} = \frac{30}{68 \times 10^{-3}} = 441.17(\text{s}) = 7.35(\text{min})$$

1.13 已知一个电阻器流过 6A 的电流. 试问在 2min 内通过该电阻器的电荷量有多少库仑？

$$q = 电流(\text{A}) \times 时间(\text{s}) = 6 \times 2 \times 60 = 720(\text{C})$$

1.14 力的单位是牛顿 (N)，而功用牛・米 (N・m) 来测定，N・m 也是能量的单位. 此外，能量还用焦耳 (J) 来表示，这里 1J=1N・m. 若力 f 表示为 $f=QE$，试确定 50μC 的电荷量 (Q) 在 50kV/m 均匀电场 (E) 的方向上经过 50cm 的距离时所做的功.

/

$$\begin{aligned}力 &= 电荷量(C) \times 电场(V/m)\\ &= 50 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^{3} = 2.5(N)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}所做的功 &= 力 \times 距离\\ &= 2.5 \times 50 \times 10^{-2}\\ &= 1.25(N \cdot m) = 1.25(J)\end{aligned}$$

1.15 功率的定义是做功的速率或能量变换的速率. 因此，功率的单位是焦/秒 (J/s)，1 焦/秒=1 瓦(W). 若 1.14 题中的 50μC 电荷量经过 50cm 所花的时间是 10ms，试计算相应的功率.

/

$$\begin{aligned}功率 &= \frac{所做的功}{时间}\\ &= \frac{1.25}{10 \times 10^{-3}} = 125(W)\end{aligned}$$

1.16 在 1.14 题中，我们看到电荷在电场中会受到力的作用. 电场中两点之间的电位差用伏特 (V) 测定，并定义为使单位正电荷从一个点移到另一个点所做的功. 若使 10μC 的电荷量从一个点移到另一个点需要做 220μJ 的功，试问该两点之间的电位差是多少?

/

$$1V = 1J/C$$

或 $$V = \frac{220 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-6}} = 22(V)$$

1.17 由 1.16 题有 $1V = 1J/C = (1J/s)/(1C/s) = 1W/A$. 试计算电流为 2.5A 时，耗散 30W 功率的电阻器两端的电位差，并计算电阻的阻值 (Ω).

/

$$V = \frac{W}{I} = \frac{30}{2.5} = 12(V)$$

$$R = \frac{W}{I^2} = \frac{30}{(2.5)^2} = 4.8(\Omega)$$

1.18 若已知使 2C 的电荷量从无限远移动到点 A 所消耗的能量是 12J. 假定无限远处为零电位，试求点 A 与无限远之间的电位差 (即 A 处的电位).

/

$$V_{A\infty} = \frac{功或能量}{电荷量} = \frac{12}{2} = 6(V)$$

1.19 若使 1.18 题中 2C 的电荷量从点 A 移动到另一点 B 需要 3J 的附加能量，试计算点 A 与点 B 之间的电位差，同时求出点 B 与无限远之间的电位差.

/

$$V_{AB} = \frac{功或能量}{电荷量} = \frac{3}{2} = 1.5(V)$$

$$V_{B\infty} = \frac{12+3}{2} = 7.5(V)$$

1.20 已知两个导体之间的电位差是 110V，试问使 5C 的电荷量从一个导体移动到另一个导体所做的功是多少?

/

$$功 = 能量 = 110 \times 5 = 550(J)$$

1.21 试求将 1kJ 的能量从无限远处移动到电位为 12V 的点所需的电荷量.

/

$$\begin{aligned}电荷量(C) &= \frac{能量}{电位}\\ &= \frac{10^3}{12}\\ &= 83.33(C)\end{aligned}$$

1.22 已知某汽车用电池于某一段时间在 12V 上提供 48J 的能量，试求在这段时间所通过的电荷量.

/

$$q = \frac{48J}{12V} = 4C$$

1.23 电力设备用千瓦・时 (kW・h)* 作为能量单位. 已知某个家庭在 24h 内所消耗的功率如下：上午 8 点至下午 2 点为 1.5kW；下午 2 点至 6 点为 0.5kW；下午 6 点至晚上 11 点为 2.6kW，晚上 11 点至第二天早上 8 点为 1.0kW. 试问能量消耗为多少 (MJ)?

/

$$\begin{aligned}消耗的总能量 &= 功率(kW) \times 时间(h)\\ &= 1.5 \times 6 + 0.5 \times 4\\ &\quad + 2.6 \times 5 + 1.0 \times 9\\ &= 33(kW \cdot h)\\ &= 33 \times 10^3 \times 60 \times 60(W \cdot s)\\ &= 118.8 \times 10^6(J)\\ &= 118.8(MJ)\end{aligned}$$

1.24 已知一个电热器用 120V 供电时在 30min 内消耗的功率是 1.2kW・h，试问输入到该电热器的电流是多少?

/

$$I = \frac{U/t}{V} = \frac{1.2 \times 10^3/0.5}{120} = 20(A)$$

1.25 已知 1.24 题中的电热器的效率是 99%，使一定量的水沸腾所需的热能是 99kJ. 如果在 120V 上电热器所使用的电流是 20A，试求使水沸腾

* 1kW・h 即通常所指的 1 度电. ——译者注

所需的时间.

解

$$效率 = \frac{输出}{输入} = \frac{99 \times 10^3}{输入} = 0.99$$

或 $$输入 U = \frac{99 \times 10^3}{0.99} = 100(\mathrm{kJ})$$

$$t = \frac{U}{P} = \frac{100 \times 10^3}{120 \times 20} = 41.67(\mathrm{s})$$

1.26 试问 1.24 题和 1.25 题中的电热器加热元件的电阻值是多大?

解

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120}{20} = 6(\Omega)$$

1.27 已知一个 110V 的照明灯泡需用 0.9A 的电流且每天使用 12 小时，按 7 美分/(kW·h) 的价格计算，试求该灯泡使用 30 天的费用.

解

$$U = Pt = 110 \times 0.9 \times 10^{-3} \times 12 \times 30$$
$$= 35.64(\mathrm{kW \cdot h})$$
$$使用费用 = 35.64 \times 0.07$$
$$= 2.50(美元)$$

1.28 已知某电路元件上的电压和电流分别由 $v = 100\sqrt{2}\sin t(\mathrm{V})$ 和 $i = 5\sqrt{2}\sin t(\mathrm{A})$ 给出. 试求提供给该电路的瞬时功率和平均功率.

解

$$瞬时功率\ p = vi$$
$$= (100\sqrt{2}\sin t)(5\sqrt{2}\sin t)$$
$$= 1000\sin^2 t \quad (\mathrm{W})$$
$$= 1000 \times \frac{1}{2}(1 - \cos 2t) \quad (\mathrm{W})$$
$$p = 500 - 500\cos 2t \quad (\mathrm{W})$$

由于余弦函数的平均值为 0，所以 p 的平均值为 $P_{平均} = 500\mathrm{W}$.

1.29 已知一个电阻器在电压 $v = 200\sin\omega t(\mathrm{V})$ 上流过电流 $i = 8\sin\omega t(\mathrm{A})$. 试计算该电阻器在每一周(或电流波的一个周期内)所消耗的能量，由此求出电阻器所消耗的平均功率.

解

$$一个周期 = \frac{2\pi}{\omega} \quad (\mathrm{s})$$
$$能量\ W = \int_0^{2\pi/\omega} vi\,dt$$
$$= \int_0^{2\pi/\omega} (200\sin\omega t)(8\sin\omega t)\,dt$$
$$= \frac{1600\pi}{\omega} \quad (\mathrm{J})$$
$$平均功率\ P_{平均} = \frac{W}{2\pi/\omega}$$
$$= \frac{1600\pi}{\omega(2\pi/\omega)}$$
$$= 800(\mathrm{W})$$

1.30 一个电池的能量容量或额定容量一般用安培小时 (A·h) 来表示. 现需要一个能连续三天提供 0.5A 的电池，试问电池的额定容量必须是多大?

解

$$额定容量 = 电流 \times 时间$$
$$= 0.5 \times 3 \times 24$$
$$= 36(\mathrm{A \cdot h})$$

1.31 已知某个电池的额定容量为 30A·h，试问该电池能连续提供 2.5A 的电流多少小时?

解

$$时间 = \frac{额定容量}{电流} = \frac{30}{2.5} = 12(\mathrm{h})$$

1.32 汽车电池的容量与环境温度有关，如图 1-1 所示. 某电池在 25℃时的额定容量是 72A·h. 问该电池在 0℃时能提供 16A 的电流多长时间?

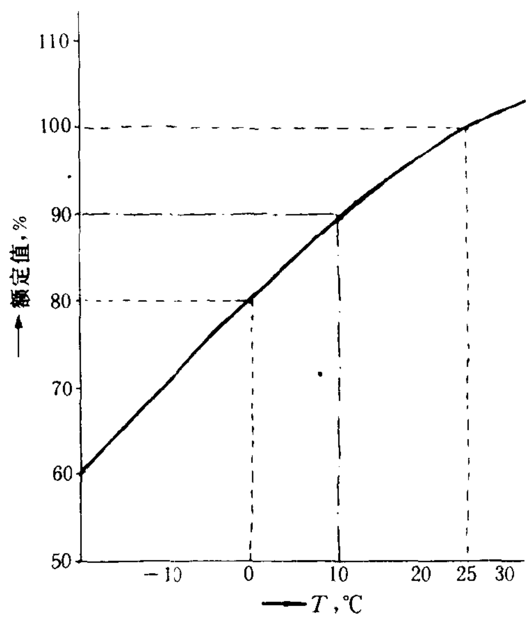

图 1-1

解 根据图 1-1，在 0℃时，电池的额定容量下降到 $0.8 \times 72 = 57.6(\mathrm{A \cdot h})$. 因此，

$$时间 = \frac{额定容量}{电流} = \frac{57.6}{16}$$
$$= 3.6(\mathrm{h}) = 3(\mathrm{h})36(\mathrm{min})$$

1.33 汽车电池的容量与从该电池支取的电流(或放电)有关，如图 1-2 所示. 在图中所示的放电速率下，电池的额定容量为 70A·h. 试问该电池提供 20A 的电流时可以使用多长时间?

解 根据图 1-2，在 20A 下，电池的额定容量变成

58A·h，因此，

$$\text{时间}=\frac{\text{额定容量}}{\text{电流}}=\frac{58}{20}$$
$$=2.9(\text{h})=2(\text{h})54(\text{min})$$

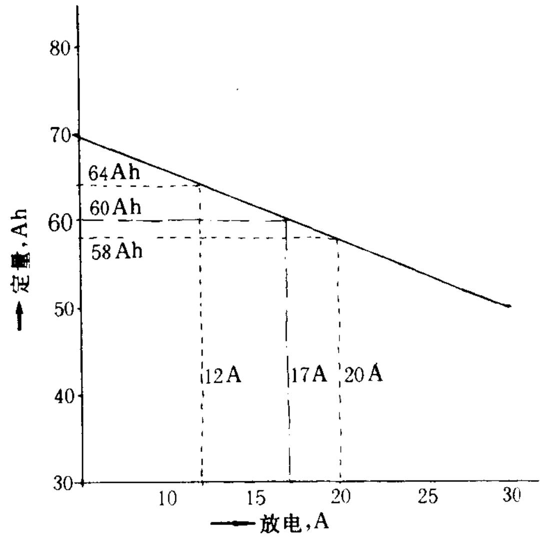

图 1-2

1.34 若具有图 1-2 所示放电特性的电池的额定容量不允许变到低于 64A·h，试问电池能提供额定电流多长时间？

/ 由图 1-2 可知，在 64A·h 时，放电额定值＝12A，因此，

$$\text{时间 } t=\frac{\text{额定容量}}{\text{电流}}=\frac{64\text{A}\cdot\text{h}}{12\text{A}}$$
$$=5(\text{h})20(\text{min})$$

1.35 若电池的额定电流为 5A，在 25℃时取额定值的 100%. 试将图 1-1 和图 1-2 的特性结合起来，求出在 17A 和 10℃上该电池的额定容量.

/ 由图 1-2 可知，在 17A 上的额定容量＝60A·h，此容量为 25℃上 100%的容量，又由图 1-1 得到，在 10℃时的额定容量＝0.9×60＝54(A·h).

1.36 已知某电路中电荷的衰减由 $q=50e^{-300t}\mu\text{C}$ 给出，试求总电流.

/

$$i=\frac{dq}{dt}=-50\times300\times10^{-6}e^{-300t}$$
$$=-15e^{-300t}\quad(\text{mA})$$

1.37 试计算 1.36 题中在下列情况的瞬时电流：$t=0$，$t=10\text{ms}$ 和 $t=\infty$.

/

$t=0$ 时，$i=-15e^{0}=-15(\text{mA})$

$t=10^{-2}\text{s}$ 时，$i=-15e^{-300\times10^{-2}}$
$=-0.7468(\text{mA})$

$t=\infty$ 时，$i=-15e^{-\infty}=0$

1.38 在一个交流电路中，已知电压 v 和电流 i 分别为 $v=34\sin377t(\text{V})$ 和 $i=2\sin(377t-60°)(\text{A})$，试求向该电路提供的瞬时功率和平均功率.

/ 瞬时功率：

$$p=vi=(34\sin377t)[2\sin(377t-60°)]$$
$$=68\sin377t\sin(377t-60°)$$
$$=68\times\frac{1}{2}[\cos(377t-377t+60°)$$
$$-\cos(377t+377t-60°)]$$
$$=34[\cos60°-\cos(754t-60°)]\quad(\text{W})$$

平均功率：$P_{平均}=34\cos60°=17(\text{W})$

1.39 已知某电路的一对接端上的电压 v 和电流 i 分别为 $v=100\sin t(\text{V})$ 和 $i=2\cos t(\text{A})$. 试求其平均功率，并说明该电路是吸收还是提供功率.

/

$$p=vi=(100\sin t)(-5\sin t)$$
$$=-500\sin^2t\quad(\text{W})$$
$$P_{平均}=-500\times\frac{1}{2}$$
$$\left(\text{因为 }\sin^2t\text{ 的平均值}=\frac{1}{2}\right)$$
$$=-250(\text{W})$$

负号表示该电路吸收的是负功率，即电路是提供功率.

1.40 已知某个电路的电压 v 和电流 i 分别为 $v=10\sin t(\text{V})$ 和 $i=2\cos t(\text{A})$. 试求瞬时功率和平均功率，并说明所得到的结果.

/

$$p=vi=(10\sin t)(2\cos t)$$
$$=20\sin t\cos t=10\sin2t\quad(\text{W})$$

瞬时功率以两倍于电压或电流频率而变化. 因为 $\sin2t$ 的平均值为 0，故 $P_{平均}=0\text{W}$. 平均功率为 0 表示电路不消耗功率或是守恒的.

第二章　电阻和欧姆定律

2.1　有一根长 5m 的圆形截面(直径为 2mm)铜导线．若铜在 20℃时的电阻率是 $1.72\times10^{-8}\Omega\cdot m$，试计算该铜导线的电阻．

/

$$R=\frac{\rho l}{A}$$
$$=\frac{(1.72\times10^{-8})5}{\pi(5\times10^{-3})^2/4}$$
$$=4.38(m\Omega)$$

2.2　已知一根长 40m，横截面积为 $1mm^2$ 的金属导线的电阻是 12Ω，试计算该金属的导电率是多少？

/

$$\sigma=\frac{l}{RA}$$
$$=\frac{40}{(12)(10^{-3})^2}$$
$$=3.33(MS/m)$$

[提示：1S（西）$=1\Omega^{-1}$]

2.3　已知电阻率为 $1.12\mu\Omega\cdot m$ 的合金立方体的一边是 2cm，试求该立方体两个面之间的电阻．

/

$$R=\frac{\rho l}{A}$$
$$=\frac{(1.12\times10^{-6})(2\times10^{-2})}{(2\times10^{-2})^2}$$
$$=56(\mu\Omega)$$

2.4　有两个立方体，测得一个立方体的一边长为 l m，另一个立方体的一边长为 $2l$ m．试求使一个立方体任意两个面之间的电阻等于另一个立方体任意两个面之间的电阻时，两个立方体材料的导电率之比．

/

$$R_1=\frac{l}{\sigma_1 l^2}=\frac{1}{l\sigma_1}$$

和
$$R_2=\frac{2l}{\sigma_2(2l)^2}=\frac{1}{2l\sigma_2}$$
$$\frac{1}{l\sigma_1}=\frac{1}{2l\sigma_2}$$

或
$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2}=2$$

2.5　试计算直径为 $\frac{1}{16}$in*、电阻为 2Ω 的铜导线的长度．已知铜的电阻率是 $5.8\times10^7S/m$．

/

$$\frac{1}{16}in=\frac{1}{16}\times2.54\times10^{-2}$$
$$=1.5875\times10^{-3}(m)$$
$$l=\sigma RA$$
$$=5.8\times10^7\times2\times\frac{\pi}{4}(1.5875\times10^{-3})^2$$
$$=229.6(m)$$

2.6　一条由铝制成的矩形汇流条长 0.9m、宽 0.15m 和厚 1.3cm．若汇流条中的电流沿其长度方向流动，且铝的导电率是 $3.57\times10^8S/m$，试计算该汇流条的电阻．

/

$$R=\frac{l}{\sigma A}$$
$$=\frac{0.9}{(3.57\times10^8)(0.15\times1.3\times10^{-2})}$$
$$=1.293(\mu\Omega)$$

2.7　一根输电线电缆由 19 股铜导线拧成，每股铜导线的直径均为 1.5mm，电缆的实际长度是 2km．但由于每股都是绞合的，故导线的实际长度要增加 5%．试问电缆的电阻是多大？已知铜的电阻率是 $1.72\times10^{-8}\Omega\cdot m$．

/ 考虑到导线是绞合的，故 $l=(1.05)(2000)=2100(m)$．19 股导线的横截面积 $=19(\pi/4)(1.5\times10^{-3})^2=33.576\times10^{-6}(m^2)$，故

$$R=\frac{\rho l}{A}$$
$$=\frac{1.72\times10^{-8}\times2100}{33.576\times10^{-6}}$$
$$=1.076(\Omega)$$

2.8　电阻随温度的变化用温度系数 α 来表示．显然，在温度 T °C 时的电阻 R_T 与在 0℃ 时的电阻由图 2-1 中的曲线所描写的关系式 $R_T=R_0(1+\alpha_0 T)$ 相联系，式中，α_0 是 0℃时的温度系数．图 2-1 还示出对铜所推断出的绝对零电阻．利用图 2-1，假定铜导线在 0℃时的电阻是 20Ω，试求铜导线在 −20℃时的电阻．

/ 由图 2-1，有

$$\frac{234.5+T_1}{R_1}=\frac{234.5+T_2}{R_2}$$

---

* in（英寸）为非法定单位．1 in=0.0254m．——译者注

由给定的数据，得

$$R_2=\frac{(234.5-20)20}{234.5+0}=18.29(\Omega)$$

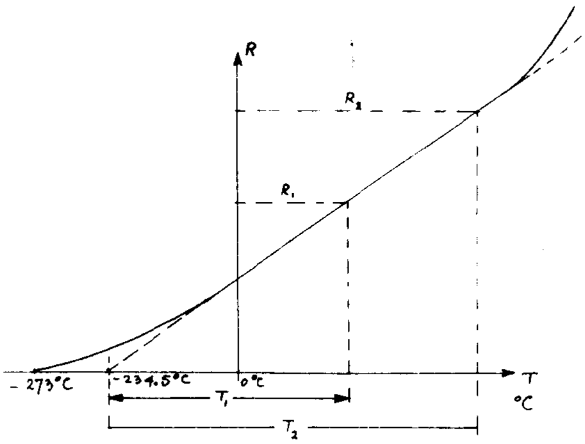

图 2-1

2.9 图 2-2 画出在不同温度下铜的温度系数之值. 由该图得到 $\alpha_{20℃}=0.0093℃^{-1}$. 若铜导线在 20℃时的电阻是 20Ω，试问在 60℃时其电阻是多少？

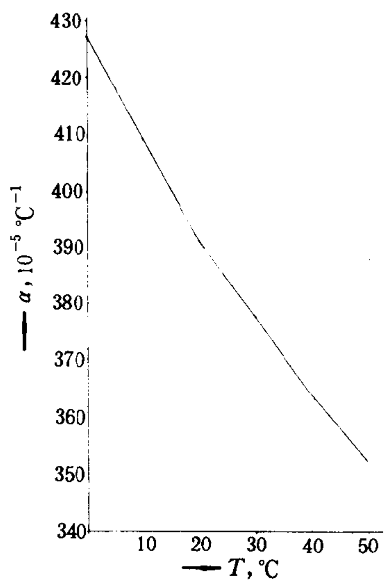

图 2-2

▌

$$\begin{aligned}R_2&=R_1[1+\alpha_1(T_2-T_1)]\\&=20[1+0.00393(60-20)]\\&=23.144(\Omega)\end{aligned}$$

2.10 已知某铜导线样品在 10℃时的电阻是 50Ω. 若要使该导线的电阻最多只增加 10%，试问最高工作温度应是多少？

▌已知 $R_1=50\Omega, R_2=50+0.1\times50=55(\Omega)$. 由图 2-2 可知，在 10℃ 时 $\alpha=0.00409℃^{-1}=\alpha_1$. 因为 $R_2=R_1[1+\alpha_1(T_2-T_1)]$，故得

$$55=50[1+0.00409(T_2-10)]$$

或 $$T_2=34.45℃$$

2.11 已知一根金属导线在 0℃时的电阻为 7Ω，若在 20℃时电阻变为 7.8Ω，试计算该金属导线在 20℃时的温度系数.

▌

$$R_0=R_1[1+\alpha_1(0-20)]$$

或 $$7=7.8[1+\alpha_1(-20)]$$

故在 20℃时的温度系数 $\alpha_1=0.00513℃^{-1}$.

2.12 试就 2.11 题中的金属导线，求在 0℃时的温度系数.

▌

$$R_T=R_0(1+\alpha_0T)$$

或 $$7.8=7(1+\alpha_0 20)$$

故 $\alpha_0=0.00571℃^{-1}$.

2.13 试求在 0℃时的温度系数 α_0 与在 T℃ 时的温度系数 α_T 之间的普遍关系式.

▌

$$R_T=R_0(1+\alpha_0T)\qquad(1)$$

$$R_0=R_T(1-\alpha_TT)\qquad(2)$$

由式（2）解出 α_T，得

$$\alpha_T=\frac{R_T-R_0}{TR_T}\qquad(3)$$

将式（1）中的 R_T 代入式（3），得

$$\alpha_T=\frac{R_0(1+\alpha_0T)-R_0}{TR_0(1+\alpha_0T)}$$

$$=\frac{\alpha_0}{1+\alpha_0T}\qquad(4)$$

2.14 试推导 T_1℃时的温度系数 α_1 与 T_2℃时的温度系数 α_2 之间的普遍关系式.

▌由 2.13 题中的式（4）得

$$\frac{1}{\alpha_T}=\frac{1+\alpha_0T}{\alpha_0}=\frac{1}{\alpha_0}+T$$

因此有

$$\frac{1}{\alpha_1}=\frac{1}{\alpha_0}+T_1$$

和 $$\frac{1}{\alpha_2}=\frac{1}{\alpha_0}+T_2$$

以上两式相减，得

$$\frac{1}{\alpha_1}-\frac{1}{\alpha_2}=T_1-T_2$$

或 $$\alpha_2=\frac{1}{1/\alpha_1+(T_2-T_1)}$$

2.15 碳在 0℃时的温度系数是 $-0.000515℃^{-1}$，铂在 40℃时的温度系数是 $0.00357℃^{-1}$. 已知在 20℃一个碳质线圈的电阻是 15Ω，一个铂线圈的电阻是 12Ω. 试问在多高的温度上两个线圈

的电阻相同？注意：碳的温度系数是负温度系数.

/ 由 2.13 题的式（4），得

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_T}{1 - T\alpha_T}$$

对于铂：

$$\alpha_0 = \frac{0.00357}{1 - 40 \times 0.00357}$$
$$= 0.00416\ (^\circ\mathrm{C}^{-1})$$

为了使在温度 T ℃时两个电阻相等，故

$$12(1 + 0.00416T) = 15(1 - 0.000515T)$$

或

$$1 + 0.00416T = 1.25 - 0.00064375T$$

或 $T = 52$℃

2.16 将 2.15 题中的两个线圈相串联且工作在 20℃上. 试计算该组合体在 40℃时的“有效”温度系数.

/ 由 2.13 题的式（4）可知，在 20℃上，

对于碳：

$$\alpha = \frac{-0.000515}{1 - 0.000515 \times 20}$$
$$= -0.000520\ (^\circ\mathrm{C}^{-1})$$

利用 2.15 题的数据，得

$$R_{碳} = 15[1 - 0.000520(40 - 20)]$$
$$= 14.844\ (\Omega)$$

在 20℃上，（由 2.15 题）有

$$\alpha = \frac{0.00416}{1 + 0.00416 \times 20}$$
$$= 0.00384\ (^\circ\mathrm{C}^{-1})$$

对于铂：

$$R_{铂} = 12[1 + 0.00384(40 - 20)]$$
$$= 12.9216\ (\Omega)$$

在 40℃时：

$$R_e = 14.844 + 12.9216$$
$$= 27.7656\ (\Omega)$$

在 20℃时：

$$R_e = 12.0 + 15.0$$
$$= 27.0\ (\Omega)$$

$$27.7656 = 27[1 + \alpha_e(40 - 20)]$$

或 $\alpha_e = 0.001418\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$

2.17 已知一个继电器线圈工作在 120V 时所需的最小电流是 500mA. 若该线圈在 20℃时支取的电流是 530mA（120V 上），电阻器材料在 0℃时的温度系数是 $0.00427\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$，试计算使该继电器不能工作的最高温度.

/ 在 20℃时：

$$R_{20} = \frac{120}{530 \times 10^{-3}} = 226.41\ (\Omega)$$

在 T ℃（允许的最高温度）时：

$$R_T = \frac{120}{500 \times 10^{-3}} = 240.0\ (\Omega)$$

因为 $R_T = R_0(1 + \alpha_0 T)$，故有

$$\frac{R_T}{R_{20}} = \frac{1 + \alpha_0 T}{1 + 20\alpha_0}$$

或 $$\frac{240}{226.41} = \frac{1 + 0.00427T}{1 + 0.00427 \times 20}$$

或 $T = 35.26$℃

2.18 一个 25Ω 的电阻器，已知当它的工作温度从 15℃增加到 50℃时，其电阻值增大 10%. 试计算当电阻器的阻值为 30Ω 且温度系数维持恒定时，该电阻器相对 20℃环境温度的平均温升.

/

$$R_{15} = 25 = R_0(1 + 15\alpha_0)$$
$$R_{50} = 25 + 2.5 = R_0(1 + 50\alpha_0)$$

对 α_0 和 R_0 求解，得

$$\alpha_0 = 0.002985\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$$

和 $R_0 = 23.9286\Omega$

在温度 T ℃时，有

$$30 = 23.9286(1 + 0.002985T)$$

或 $T = 85$℃

温升＝85－20＝65（℃）

2.19 “实验中发现，一些导体材料，如铜和铝的电阻率随温度呈线性变化”. 试用图形和数学公式说明这段话.

/ 这段话的图形表示如图 2-3 所示，由该图得

$$\tan\theta = m = \frac{\rho_2 - \rho_1}{T_2 - T_1} \qquad (1)$$

和

$$\rho_2 = \rho_1 + m(T_2 - T_1)$$
$$= \rho_1\left[1 + \frac{m}{\rho_1}(T_2 - T_1)\right] \qquad (2)$$

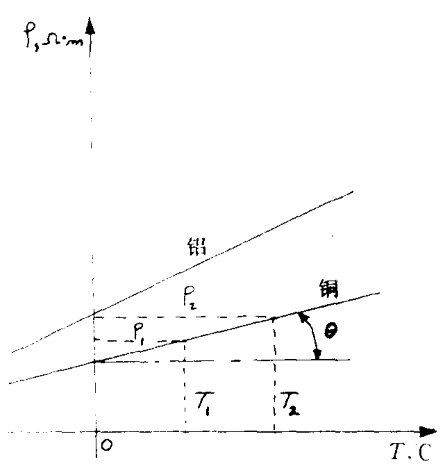

图 2-3

2.20 已知一根银导线在20℃时的电阻是0.1Ω. 若该导线在该温度的电阻温度系数是0.0038℃$^{-1}$，试问在什么温度上它的电阻会减小25%？

解

$$R_T = R_1[1 + \alpha_1(T_2 - T_1)]$$

或

$$0.75 \times 0.1 = 0.1[1 + 0.0038(T_2 - 20)]$$

或 $T_2 = -45.8℃$

2.21 已知铁在0℃和20℃时的电阻率分别是$8.68\times10^{-8}\Omega\cdot m$及$9.75\times10^{-8}\Omega\cdot m$，试计算在10℃时铁的电阻率.

解 由2.19题的（1）式得

$$m = \frac{(9.75 - 8.68)10^{-8}}{20 - 0} = 0.0535 \times 10^{-8}$$

由2.19题的式（2）得

$$\rho_{10} = \rho_{20} + m(10 - 20) = [9.75 + 0.0535(-10)] \times 10^{-8} = 9.215 \times 10^{-8}(\Omega\cdot m)$$

2.22 已知一段具有均匀截面的导线的电阻为0.8Ω，若导线长度增加1倍，同时横截面积增大4倍，试问该导线的电阻值是多大？假定电阻值的温度变化可忽略不计.

解 原有的导线的电阻值：

$$R_1 = \frac{\rho l_1}{A_1} = 0.8(\Omega)$$

尺寸改变后的导线的电阻值：

$$R_2 = \frac{\rho l_2}{A_2} = \frac{\rho 2l_1}{4A_1} = \frac{1}{2}\frac{\rho l_1}{A_1} = \frac{1}{2} \times 0.8 = 0.4(\Omega)$$

2.23 一个电磁铁用150圈、每圈的平均长度为20cm的铜线圈绕制. 线圈的导线具有10×2mm的矩形截面. 试计算在55℃时线圈的电阻；又若线圈电流是6A，试求该线圈在55℃时所消耗的功率. 已知长为1m、截面为1mm^{2}的导线在20℃时的电阻是0.00172Ω及$\alpha_0 = (1/234.5)℃^{-1}$.

解

$$\alpha_{20} = \frac{\alpha_0}{1 + 20\alpha_0} = \frac{1/234.5}{1 + 20 \times 234.5} = \frac{1}{254.5}(℃^{-1})$$

$$\rho_{20} = \frac{AR}{l} = \frac{1 \times 10^{-6} \times 0.0172}{1} = 1.72 \times 10^{-8}(\Omega\cdot m)$$

$$\rho_{55} = \rho_{20}[1 + \alpha_{20}(55 - 20)] = 1.72 \times 10^{-8}\left[1 + \frac{1}{254.5}(55 - 20)\right] = 1.96 \times 10^{-8}(\Omega\cdot m)$$

$$R_{55} = \rho_{55}\frac{l}{A} = \frac{1.96 \times 10^{-8} \times 150 \times 0.20}{10 \times 2 \times 10^{-6}} = 2.94 \times 10^{-2}(\Omega)$$

$$功率 = I^2R = 6^2(2.94 \times 10^{-2}) = 1.0584(W)$$

2.24 一个由铜导线制成的电阻线圈在110V和20℃时所消耗的功率是220W，试计算该线圈在110V和120℃时所消耗的功率. 已知在20℃时的温度系数是0.00393℃$^{-1}$.

解

$$P_{20} = \frac{V^2}{R_{20}}$$

或

$$R_{20} = \frac{V^2}{P_{20}} = \frac{110^2}{220} = 55(\Omega)$$

$$R_{120} = R_{20}[1 + \alpha_{20}(120 - 20)] = 55[1 + 0.00393(100)] = 76.615(\Omega)$$

$$P_{120} = \frac{110^2}{76.615} = 157.93(W)$$

2.25 一个厚为5mm的扁平铝环的空气隙可忽略不计. 若环的内半径和外半径分别是0.2m和0.25m，试求该圆环在20℃时的电阻. 已知在20℃的温度上，铝的电阻率为$2.78\times10^{-8}\Omega\cdot m$.

解 环的平均长度 $l = 2\pi r_{平均}$

$$r_{平均} = \frac{1}{2}(r_0 + r_i) = \frac{1}{2}(0.25 + 0.20) = 0.225(m)$$

$$l = 2\pi \times 0.225 = 1.4137(m)$$

$$横截面积 = 5 \times 10^{-3}(0.25 - 0.20) = 2.5 \times 10^{-4}(m^2)$$

电阻

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{2.78 \times 10^{-8} \times 1.4137}{2.5 \times 10^{-4}} = 1.572 \times 10^{-4}(\Omega)$$

2.26 已知一个由铝导线制作的电阻器在50V和20℃上消耗功率50W. 试计算由铜导线制作的、电阻与第一个电阻器相同、消耗功率比第一个电阻器多3倍的第二个电阻器中的电流.

解

$$R_1 = \frac{V^2}{P} = \frac{50^2}{25} = 100(\Omega) = R_2$$

$$I_2^2R_2 = 4 \times 25 = I_2^2(100)$$

或

$$I_2=\sqrt{\frac{100}{100}}=1.0(\text{A})$$

2.27 一个电阻线圈经长时间工作之后在110V上流过0.2A的电流．若其温度比环境温度20℃高55℃．试计算为了将电流限制到2.0A，一开始就必须与该线圈相串联的外部电阻．已知在20℃时线圈材料的温度系数是0.0043℃$^{-1}$.

解

热温度 = 20 + 55 = 75(℃)

$$R_{75}=\frac{110}{2}=55(\Omega)$$
$$=R_{20}[1+\alpha_{20}(75-20)]$$
$$=R_{20}[1+0.0043(75-20)]$$

或 $R_{20}=44.48\Omega$

$R_x+R_{20}=R_{75}$

或 $R_x=R_{75}-R_{20}$
$=55-44.48$
$=10.52(\Omega)$

2.28 电动机内导线的尺寸（横截面）是根据电流的负荷（A/m^2）来选择的．已知在某个特定的电动机中，长0.5m的铜导线可允许的电流额定值是$3\times10^6A/m^2$，若每根导线的损耗在20℃时不超过1W，试计算所用导线的横截面的大小．假定在20℃时铜的电阻率是$1.72\times10^{-8}\Omega\cdot m$.

解

$$\text{功率 } P=I^2R=(JA)^2\frac{\rho l}{A}$$
$$=J^2A\rho l$$

式中，$J=I/A=$ 电流密度或电流负荷，或

$1=(3\times10^6)^2\times1.72\times10^{-8}\times0.5A$,

或 $A=12.92mm^2$

2.29 由具有给定横截面的某种材料x做成的导线的电阻为100Ω/km及温度系数为0.0025℃$^{-1}$．由具有给定横截面的另一种材料y做成的导线的电阻为50Ω/km及温度系数为0.00075℃$^{-1}$．现要求将适当长度的这两种导线串联起来，制作电阻为1000Ω及温度系数为0.001℃$^{-1}$的线圈．试计算两种导线各自的长度是多少？

解 设R_x和R_y是两种导线在给定温度上各自的电阻．于是，当温度改变ΔT时，总的串联电阻变为

$$R_t=R_x(1+0.0025\Delta T)+R_y(1+0.00075\Delta T) \quad (1)$$

因为0.001℃$^{-1}$是两种导线相组合的温度系数，故还有

$$R_t=(R_x+R_y)(1+0.001\Delta T) \quad (2)$$

联立式（1）和（2）得

$$R_x(1+0.0025\Delta T)+R_y(1+0.00075\Delta T)$$
$$=(R_x+R_y)(1+0.001\Delta T)$$

或 $R_x(0.0015\Delta T)=R_y(0.00025\Delta T)$

因此，$R_x=\frac{25}{15}R_y=\frac{5}{3}R_y$，而$R_x+R_y=1000\Omega$.

因而有$R_x=625\Omega$和$R_y=375\Omega$.

两种导线各自的长度为

$$l_x=\frac{1km}{100\Omega}625\Omega=6.25km$$
$$l_y=\frac{1km}{50\Omega}375\Omega=7.5km$$

2.30 一个由铜导线制成的电阻器，要求从20℃的环境温度起，在整个55℃的温升范围内维持5A的恒定电流．已知在20℃时的电阻值是40Ω，在0℃时的温度系数是0.00428℃$^{-1}$，试求为了维持所需的电流，必须从电源得到的最小电压和最大电压．

解

V_{min}(在20℃) $=R_{20}I$
$=40\times5$
$=200(\text{V})$

$$\frac{R_{75}}{R_{20}}=\frac{1+75\times0.00428}{1+20\times0.00428}$$

或 $R_{75}=1.217\times40=48.67(\Omega)$

V_{max}(在75℃) $=R_{75}I$
$=48.67\times5$
$=243.37(\text{V})$

2.31 试计算2.30题中的电阻器在20℃和75℃时所消耗的功率．

解 因为在两种温度上的电流是5A，故

$P_{20}=I^2R_{20}$
$=5^2\times40=1(\text{kW})$

$P_{75}=I^2R_{75}$
$=5^2\times48.67$
$=1.21675(\text{kW})$

2.32 在2.30题中，若要求该电阻器在75℃时消耗的功率与在20℃和200V时消耗的功率相同，试求流过电阻器的电流和电阻器的端电压．

解

$$P_{75}=P_{20}=\frac{V_{20}^2}{R_{20}}=\frac{200^2}{40}$$
$$=\frac{V_{75}^2}{R_{75}}=\frac{V_{75}^2}{48.67}$$

或

$$V_{75}=\sqrt{1000\times48.67}=220.61(\text{V})$$

和 $I_{75}=\frac{220.61}{48.67}=4.533(\text{A})$

2.33 有两个长度相同及均由圆截面铜导线制成、且跨接在相同电压上的电阻器，已知一种铜导线的直径为另一种铜导线的1倍，试求两个电阻器所消耗的功率比．

/

$$P_1 = \frac{V^2}{R_1} = \frac{V^2}{\rho l / A_1}$$
$$= \frac{V^2 A_1}{\rho l} = \frac{\pi}{4} \frac{V^2 D_1^2}{\rho l}$$

同样

$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{\pi}{4} \frac{V^2 D_2^2}{\rho l}$$

若 $D_1 = 2D_2$，则

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2} = \frac{4D_2^2}{D_2^2} = 4$$

2.34 在2.33题中，当两个电阻器流过相同的电流时，试求两个电阻器的功率比.

/

$$P_1 = I^2 R_1 = I^2 \frac{\rho l}{A_1} = \frac{4}{\pi} \frac{I^2 \rho l}{D_1^2}$$

同样

$$P_2 = I^2 R_2 = \frac{4}{\pi} \frac{I^2 \rho l}{D_2^2}$$

若 $D_1 = 2D_2$，则

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1/D_1^2}{1/D_2^2} = \frac{D_2^2}{4D_2^2} = \frac{1}{4}$$

2.35 已知一个110V，100W 的灯泡具有由合金制成的灯丝，合金在0℃时的温度系数是0.055℃$^{-1}$. 灯泡的正常工作温度是2000℃. 试问当室温为20℃时，使灯泡通电的一瞬间将流过多大的电流？并由计算结果证明灯泡在通电的一瞬间常常会烧坏.

/ 在两种温度时的电阻之比为

$$\frac{R_{20}}{R_{2000}} = \frac{1 + 20\alpha_0}{1 + 2000\alpha_0}$$
$$= \frac{1 + 20 \times 0.005}{1 + 2000 + 0.0055}$$
$$= 9.25 \times 10^{-2}$$

在2000℃时：

$$R_{2000} = \frac{V^2}{P} = \frac{110^2}{100} = 121(\Omega)$$

在20℃时：

$$R_{20} = 121 \times 9.25 \times 10^{-2} = 11.2(\Omega)$$

和 $$I_{20} = \frac{110}{11.2} = 9.82(\text{A})$$

相比之下，$I_{2000} = \frac{100}{110} = 0.91(\text{A})$.

2.36 一个110V，750W 电热器的加热元件的电流负荷不超过2600A/in^2（见2.28题）. 已知导线材料的电阻率是$12 \times 10^{-8}\Omega \cdot \text{m}$，试计算加热元件的长度和横截面积.

/

$$I = \frac{P}{V} = \frac{750}{110} = 6.818(\text{A})$$

因为

$$\frac{I}{A} = 2600(\text{A/in}^2)$$

面积 $A = \frac{6.818}{2600}\text{in}^2 = 2.62 \times 10^{-3}\text{in}^2$

$= 1.69\text{mm}^2$

$$R = \frac{P}{V^2} = \frac{750}{110^2} = 6.198 \times 10^{-2}(\Omega)$$
$$= \frac{\rho l}{A} = \frac{12 \times 10^{-8} l}{1.69 \times 10^{-6}}$$

或 $$l = \frac{6.198 \times 1.69 \times 10^{-6} \times 10^{-2}}{12 \times 10^{-8}}$$
$$= 0.873(\text{m})$$

2.37 热能常常用 cal*（卡）作为量度单位，且1cal＝4.184J. 现需要设计一个加热元件，使在2min内用40kcal 的热能把一定量的水烧开，若该加热元件工作在110V 上，试计算加热元件的电流和功率的额定值.

/

$$1\text{kcal} = 4.184\text{kJ} = 4.184\text{kW} \cdot \text{s}$$
$$= 4184\text{W} \cdot \text{s}$$

所需的热能是

$$Q = 40\text{kcal} = 40 \times 4184\text{W} \cdot \text{s}$$
$$= 167\ 360\text{W} \cdot \text{s}$$

设 P 是所需的功率，则

$$P = \frac{167\ 360}{120} = 1\ 395(\text{W})$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1\ 395}{110} = 12.7(\text{A})$$

2.38 如果使同量的水在30s 内烧开，试就2.37题的数据，求出该加热元件的阻值.

/ 由于必须在¼的时间内提供同样多的能量，故功率现在为

$$P = 4(1395) = 5580(\text{W}) = VI$$

或

$$I = \frac{5580}{110} = 50.7(\text{A})$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{110}{50.7} = 2.17(\Omega)$$

2.39 当加热元件的温度改变时，它的电阻随之而变，温度系数也在变化. 在某种情况下，温度随时间呈线性变化，并表示为 $T℃ = (20 + 10t)$，这里 t 是时间 (s). 已知某种材料在℃时的温度系数是0.0065℃$^{-1}$. 如果加热元件的初始电阻是2Ω，试求10s 之后加热元件的电阻.

/ $t = 0$时：

$$T = 20℃ \text{ 和 } R_{20} = 2\Omega$$

$t = 10$s 时：

$$T = 20 + 10 \times 10 = 120(℃)$$
$$R_{120} = R_{20}[1 + \alpha_{20}(120 - 20)]$$

---

* cal（卡）为非法定单位. ——译者注

由 2.13 题的式（4）得

$$\alpha_{20}=\frac{\alpha_0}{1-\alpha_0 20}=\frac{0.0065}{1+0.0065\times 20}$$
$$=0.00575(℃^{-1})$$
$$R_{120}=2[1+0.00575(120-20)]$$
$$=3.15(\Omega)$$

2.40 试就 2.39 题中的加热元件，将电阻表示成时间的函数.

▍在温度 T 时的电阻为

$$R_T=R_0(1+\alpha_0 T)=R(t)$$

由给定的数据得

$$R_0=R_1[1+\alpha_1(0-20°)]$$
$$=2(1-20\times 0.00575)$$
$$=1.77(\Omega)$$
$$T=20+10t$$

故

$$R(t)=1.77[1+0.0065(20+10t)]$$
$$=(2+0.115t)(\Omega)$$

2.41 若 2.39 题或 2.40 题中的加热元件跨接在 110V 的电源上，试求初始功率和最终功率.

▍$t=0$ 时：

$$R=2\Omega$$
$$P_i=\frac{V^2}{R}=\frac{110^2}{2}=6050(\mathrm{W})$$

$t=10\mathrm{s}$ 时：

$$R=3.15\Omega$$
$$P_f=\frac{110^2}{3.15}=3841(\mathrm{W})$$

2.42 试就 2.39—2.41 题，求加热元件在 10s 期间内耗散的能量.

▍

$$dU=\frac{V^2}{R(t)}dt=\frac{110^2}{2+0.115t}dt$$

或

$$U=110^2\int_0^{10}\frac{dt}{2+0.115t}$$
$$=\frac{110^2}{0.115}[\ln(2+0.115t)]_0^{10}$$
$$=47.787(\mathrm{kJ})$$
$$=0.0133(\mathrm{kW\cdot h})$$

2.43 一个铁块直接由它的内阻耗散的功率来加热.由于温度上升，电阻随时间呈指数增大并表示为 $R(t)=0.5e^{2t}\Omega$，这里 t 是时间（s）. 若将该铁块跨接在 110V 的电源上时，在一定时期内耗散 1827cal 的热能，试求这段时间.

▍设 t 是所需的时间，故所耗散的能量是

$$U=\int_0^t\frac{V^2}{R(t)}dt=\int_0^t\frac{110^2}{0.5e^{2t}}dt$$
$$=\frac{110^2}{0.5}\int_0^t e^{-2t}dt=\frac{110^2}{2\times 0.5}(e^{-2t})_0^t$$
$$=110^2(1-e^{-2t})(\mathrm{J})$$

现有

$$1827\mathrm{cal}=1827\times 4.184\mathrm{J}$$
$$=7644\mathrm{J}=U$$

因此

$$1-e^{-2t}=\frac{7644}{110^2}=0.632$$

或 $$e^{-2t}=0.367$$

或 $$-2t\ln e=\ln 0.367$$

或 $$-2t=-1$$

故

$$t=0.5\mathrm{s}$$

2.44 一个有钨灯丝的灯泡在 110V 时流过 0.5A 的电流. 已知灯丝在 20℃时的冷电阻是 20Ω. 在 20℃时，钨的电阻温度系数是 0.005℃$^{-1}$，试求该灯泡的工作温度.

▍在工作温度 T 上的电阻是

$$R_T=\frac{V}{I}=\frac{110}{0.5}=220(\Omega)$$
$$=R_{20}[1+\alpha_{20}(T-20)]$$
$$=20[1+0.005(T-20)]$$

对 T 求解，得 $T=2020℃$.

2.45 一个 110V，40W 的钨丝灯泡的工作温度是 2020℃（见 2.44 题），灯丝由直径为 0.01mm、在 20℃时电阻率为 $5.55\times 10^{-8}\Omega\cdot\mathrm{m}$ 及温度系数为 0.005℃$^{-1}$的导线制成. 试求灯丝线的长度.

▍在 2020℃时：

$$R_{2020}=\frac{V^2}{P}=\frac{110^2}{40}=302.5(\Omega)$$
$$=R_{20}[1+0.005(2020-20)]$$
$$=11R_{20}$$

或

$$R_{20}=\frac{302.5}{11}=27.5(\Omega)=\frac{\rho_{20}l}{A}$$
$$=\frac{5.55\times 10^{-8}l}{(\pi/4)[(0.01)^2\times 10^{-6}]}$$

故

$$l=\frac{\pi\times 27.5\times 10^{-2}}{4\times 5.55}=3.89(\mathrm{cm})$$

2.46 一个厚 60mm 的电极是从一整块半径为 70mm 的铜半球面上切割下来的，如图 2-4 所示. 若在电极的两端加上 6V 的电压，试计算流过电极的电流. 已知铜的电阻率是 $1.72\times 10^{-8}\Omega\cdot\mathrm{m}$.

▍设 R 是电极的电阻. 于是，对于图 2-4 中的无限薄的圆盘有

$$dR=\frac{\rho dx}{A}=\frac{\rho dx}{\pi r^2}=\frac{\rho dx}{\pi(b^2-x^2)}$$

或

$$R=\frac{\rho}{\pi}\int_{x=0}^{x=a}\frac{dx}{(b^2-x^2)}$$