

ПРИМЕРЫ
И ЗАДАЧИ
ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

电工学 例题与习题集

Н 麦卢津 编

张瀛伦 译 吴大剑 校



电工学例题与习题集

〔捷〕 H·麦卢津 编

张瀛仑 译

吴大剑 校

*

内蒙古人民出版社出版

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华书店发行 内蒙古新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 11.375 字数: 150千

1982年4月第一版 1983年2月第1次印刷

印数: 1—20,000册

统一书号: 15089·50 每册: 0.97元

Ing. Hubert Melusin

Priklady a úlohy z elektrotechniky

2. vydanie, Bratislava, ALFA, 1977

Г. Мелузин, Примеры и задачи по электротехнике

МОС-КВА·«ЭНЕРГИЯ»·1979

内容提要

书中例举了日常生活和生产中使用电能的许多最浅显的实例。介绍了运用电工学的基本公式来解决大量的实际问题。研究了各种直流和交流设备电路的计算。

本书可供对日常生活中和生产中电的实际应用问题有兴趣的广大读者阅读，也可作为电钳工、装配电工及其他电气设备使用、维修人员的培训教材。

俄文版前言

作者在书中详细地研究了读者在日常生活和生产中可能遇到的许多需要求解的电工学问题。

书中内容的编排顺序，便于使读者掌握电工学的基本定律，了解一般电气设备和仪表的工作原理，以及评价这些设备在现代生活中的意义。

本书可作为交、直流电路与设备的计算以及独立求解不太复杂的电工实用题方面的参考书。书的每一章先介绍求解所研究的例题所必须掌握的有关电量（电流、功率、电动势等）及其单位（安培、瓦特、伏特等），有关概念（电路、电容器、谐振等）和定律的知识。然后提出并解答习题（其中很大一部分是电工学的实际应用题），最后列出推荐的独立求解题。例题和习题的计算基本采用国际单位制*（经互会技术标准CTCЭB1052-78）。同时指出了它与技术中常用到的其它单位制的换算关系。

编辑本书时删掉了一些编、译者不感兴趣的问题，并且对不加说明读者难于理解的某些章节和问题，作了补充说明。

本书可供广大读者使用，首先是那些未专门学过电工学的人，也可作为职业技术学校电工学学习参考书，和电钳工、装配电工及其他电气设备维修人员的培训教材。

编辑

* 简称国际制。用符号“SI”（法语System International的缩写）表示。

原 序

电工学的理论知识应会用于解决实际问题。本书指出了如何用电工基础来计算最简单的习题和例题。通过例题和习题的求解，有助于理论与实际相结合。

书中几乎每一道例题都附有电路图或电气设备的略图。因而本书易于为初级技术人员和非专业人员所看懂。随着例题的求解，不仅可使读者留心解题的步骤，而且还可用来求解独立计算题，并将得出的答案同书中的数据进行核对。本书的独立计算题都附有助于检查的答案。

书中所研究的例题表明，电工学是多么深刻地渗透到我们的日常生活中，电为人类完成了多么重要的、不可代替的工作。没有电工知识，就无法建成社会主义工业和农业经济的物质——技术基础。所以我们必须学习与我们密切相关的电工学。这本普及实际电工技术的书也能帮助非专业人员掌握电工学的基础知识。

本书是职业技术学校、工厂劳动技校和技术训练班电工基础的补充教材。也可供不具备电工基础理论知识的广大读者阅读。

作 者

目 录

俄文版前言	(1)
原序	(2)
第一章 基本电量	(1)
§ 1-1 电量和电流	(1)
§ 1-2 电流密度	(3)
§ 1-3 根据导体尺寸计算电阻	(6)
§ 1-4 温度对电阻的影响	(10)
§ 1-5 运用欧姆定律计算电流	(13)
§ 1-6 运用欧姆定律计算电阻	(17)
§ 1-7 电压降	(22)
§ 1-8 直流电源的电动势、电压和内阻	(29)
第二章 直流电路的计算	(35)
§ 2-1 简单电路。负载的串联	(35)
§ 2-2 附加电阻器阻值的计算	(40)
§ 2-3 分支电路。负载的并联	(46)
§ 2-4 电流表分流器的计算	(61)
§ 2-5 复杂电路的计算	(65)
§ 2-6 负载串、并联总电阻的计算	(78)
§ 2-7 分压器和复杂分流器的计算	(85)
§ 2-8 用变换法计算复杂电路	(93)
第三章 功和功率的计算	(97)
§ 3-1 直流电路的功率	(97)

§ 3-2 直流电路中的功和能	(113)
§ 3-3 电气设备的效率	(120)
第四章 电热与电照明技术的计算	(133)
§ 4-1 电加热	(133)
§ 4-2 电照明	(141)
第五章 电化学计算	(150)
§ 5-1 电解	(150)
§ 5-2 蓄电池	(155)
§ 5-3 直流电路中电源的组合连接	(163)
第六章 电容量、电容器、电气绝缘强度	(172)
§ 6-1 电容器容量的计算	(172)
§ 6-2 电容器的并联和串联	(177)
§ 6-3 电气绝缘强度	(179)
第七章 电磁	(184)
§ 7-1 磁场强度、磁动势	(184)
§ 7-2 磁感应和磁通	(188)
§ 7-3 磁路	(196)
§ 7-4 电磁铁的吸力	(201)
第八章 电磁力	(205)
§ 8-1 两根载流导线间的相互作用力	(205)
§ 8-2 载流导体在磁场中所受的力	(207)
第九章 电磁感应	(212)
§ 9-1 感应电动势的产生	(212)
§ 9-2 自感应	(216)
§ 9-3 直流发电机和电动机的电动势	(220)
第十章 交流电	(225)
§ 10-1 交流电动势	(225)
§ 10-2 简单交流电路的计算	(236)

§ 10-3 具有两个不同特性阻抗的交流电路的计算·····	(246)
§ 10-4 具有纯电阻、感抗和容抗的交流电路的计算·····	(267)
§ 10-5 谐振电路的计算·····	(274)
§ 10-6 交流电路的功率·····	(286)
第十一章 三相电流·····	(294)
§ 11-1 相、线电压和电流的计算·····	(294)
§ 11-2 三相电路功率的计算·····	(300)
第十二章 功率因数的改善 ·····	(314)
§ 12-1 单相网路中功率因数的改善·····	(314)
§ 12-2 三相网路中功率因数的改善·····	(321)
第十三章 扼流圈的计算·····	(326)
§ 13-1 无气隙铁芯扼流圈·····	(326)
§ 13-2 有气隙铁芯扼流圈·····	(334)
第十四章 变压器的计算 ·····	(338)
§ 14-1 变压器的工作状态及参数的计算·····	(338)
§ 14-2 小功率单相变压器基本尺寸的简化计算·····	(350)

第一章 基本电量

§1-1 电量和电流

计 算 公 式

量	符 号	量的单位及其符号	公 式
电量 (电荷)	Q	库仑(C [*]) = 安培·秒(A·s) 安培·小时(A·h)	$Q = It$
电流	I	安培(A)	$I = Q/t$

例 题

1.问电流0.18安培时3小时内流过灯泡的电量是多少(图1-1) ?

解: $Q = It = 0.18\text{安培} \times (3 \times 60 \times 60)\text{秒} = 1944\text{安培} \cdot \text{秒}$
 $= 1944\text{库仑}$

2.一容量为14安培·小时的铅蓄电池用 $I_{\text{充}} = 1.4$ 安培电流给充电。问多长时间才能充好?如通过灯泡以 $I_{\text{放}} = 0.3$ 安培的电流放电,问蓄电池可放电多长时间?

* 书中各种单位的名称、符号均根据“中国计量单位名称与符号方案(试行)”之规定书写。——译者

解：充电： $t = Q/I_{\text{充}} = 14\text{安培} \cdot \text{小时} / 1.4\text{安培} = 10\text{小时}$
即蓄电池应充电10小时。

放电： $t = Q/I_{\text{放}} = 14\text{安培} \cdot \text{小时} / 0.3\text{安培} = 47\text{小时}$
即灯泡发光47小时通过灯泡14安培·小时的电荷后，蓄电池才放完电。

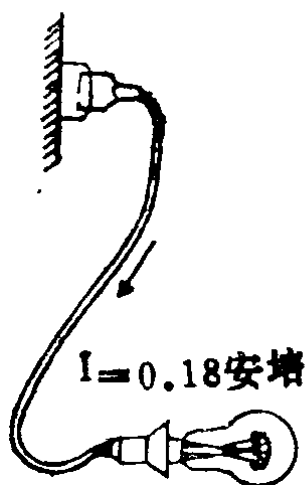


图 1-1

3. 已充电电瓶容量为28安培·小时：(1) 问电瓶储有多少库仑电量？(2) 为使电瓶在10小时内充完电，其充电电流该多大？(3) 以多大电流放电它才能在140小时内放完？

解：(1) $1\text{安培} \cdot \text{小时} = 3600\text{安培} \cdot \text{秒} = 3600\text{库仑}$

$$28\text{安培} \cdot \text{小时} = 28 \times 3600\text{库仑} = 100800\text{库仑}$$

(2) $I_{\text{充}} = Q/t = 28\text{安培} \cdot \text{小时} / 10\text{小时} = 2.8\text{安培}$
即电瓶要在10小时充完电，所用充电电流应为2.8安培。

(3) $I_{\text{放}} = Q/t = 28\text{安培} \cdot \text{小时} / 140\text{小时} = 0.2\text{安培}$
即电瓶应以0.2安培电流放电才能在140小时内放完。

4. 问96480库仑（法拉第电荷）包含多少安培·小时？

解： $1\text{安培} \cdot \text{小时} = 3600\text{安培} \cdot \text{秒} = 3600\text{库仑}$

$$\frac{96480}{3600} = 26.8\text{安培} \cdot \text{小时}$$

即96480库仑相当26.8安培·小时。

独立计算题

1. 容量40安培·小时的蓄电池以4安培电流充电。问应

充多久？（10小时）

2.假设电镀电瓶的放电电流为0.05安培，问12小时从该电瓶获得多少电荷？（0.6安培·小时）

3.假若30分钟内通过导体横截面的电荷为54安培·秒，问流过导体的电流是多大？（30毫安）

4.电流为 I 时在时间 $t = 5$ 分钟内通过电动机的电量 $Q = 7500$ 安培·秒，问该电流等于多少？（25安培）

5.流过电报机的电流 $I = 20$ 毫安，试确定 $t = 9$ 分钟内通过电报机的电量？（ $Q = 10.8$ 安培·秒）

§1-2 电流密度

计 算 公 式

量	符 号	量的单位及其符号	公 式
电 流 密 度	J	安培/毫米 ² (A/mm ²)	$J = I/S$
导体横截面积	S	毫米 ² (mm ²)	$S = I/J$
允 许 电 流	I	安培(A)	$I = JS$

例 题

1.横截面积 $S = 4$ 毫米²的铜导线流过电 流 $I = 10$ 安 培，问电流密度 J 多大？

解 电流密度： $J = I/S = 10$ 安培/4毫米²
 $= 2.5$ 安培/毫米²

〔通过1毫米²横截面积的电流 $J = 2.5$ 安 培（图1-2）；通过全部横截面 S 的总电流 $I = 10$ 安培。〕

根据表1-1可以检验电流密度2.5安培/毫米²是否允许。

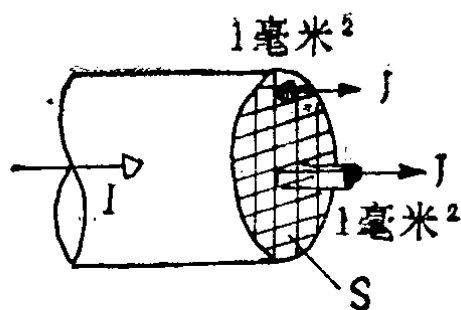


图 1-2

2. 配电设备矩形截面 20×80 毫米²* 的导电排上流过电流 $I = 1000$ 安培，问导电排中的电流密度是多少？

解：导电排横截面积 $S = 20 \times 80 = 1600$ 毫米²
 电流密度 $J = I/S = 1000 \text{ 安培} / 1600 \text{ 毫米}^2 = 0.625 \text{ 安培/毫米}^2$

表1-1 铜和铝绝缘导线长期负荷时的允许电流

直 径， 毫米 (mm)	截 面， 毫米 ² (mm ²)	允许电流，安培 (A)	
		铜	铝
0.96	0.75	13	—
1.1	1	16	—
1.4	1.5	19	—
1.8	2.5	27	20
2.25	4	38	28
2.75	6	46	36
3.5	10	70	50
4.5	16	85	60
5.6	25	115	85

3. 某线圈导线为直径0.8毫米的圆截面，该导线允许电流密度为2.5安培/毫米²，求流过导线的允许电流是多大(发热不应超过允许值)？

解：导线的横截面积 $S = \pi d^2 / 4 = 3.14 \times 0.8^2 / 4$

*原文未标平方，书中类似情况均未标注。——译者

$$\approx 0.5 \text{ 毫米}^2$$

$$\begin{aligned} \text{允许电流 } I &= JS = 2.5 \text{ 安培/毫米}^2 \times 0.5 \text{ 毫米}^2 \\ &= 1.25 \text{ 安培} \end{aligned}$$

4. 一变压器绕组的允许电流密度 $J = 2.5 \text{ 安培/毫米}^2$ ，流过绕组的电流 $I = 4 \text{ 安培}$ ，为保证绕组不过热，问圆导线的横截面应是多大？

解：横截面积

$$S = \frac{I}{J} = \frac{4 \text{ 安培}}{2.5 \text{ 安培/毫米}^2} = 1.6 \text{ 毫米}^2$$

对应于该截面的导线直径是1.42毫米。

5. 一根截面 4 毫米^2 的绝缘铜导线，流过的最大允许电流为38安培（见表1-1）。问允许的电流密度多大？截面积为1、10和16毫米²的铜导线其允许电流密度各等于多少？

解：允许电流密度

$$J = I/S = 38 \text{ 安培}/4 \text{ 毫米}^2 = 9.5 \text{ 安培/毫米}^2$$

1 毫米²截面的允许电流密度（参阅表1-1）

$$J = I/S = 16 \text{ 安培}/1 \text{ 毫米}^2 = 16 \text{ 安培/毫米}^2$$

10毫米²截面的允许电流密度

$$J = 70 \text{ 安培}/10 \text{ 毫米}^2 = 7 \text{ 安培/毫米}^2$$

16毫米²截面的允许电流密度

$$J = 85 \text{ 安培}/16 \text{ 毫米}^2 = 5.3 \text{ 安培/毫米}^2$$

允许电流密度随截面的增大而降低。表1-1实际是对B级绝缘电线而言。

独立计算题

1. 变压器绕组应流过电流 $I = 4 \text{ 安培}$ 。当允许电流密度

$J = 2.5$ 安培/毫米²时,问绕组的导线截面将该是多大? ($S = 1.6$ 毫米²)

2.直径0.3毫米的导线流过电流100毫安,问电流密度多大? ($J = 1.415$ 安培/毫米²)

3.用直径 $d = 2.26$ 毫米的绝缘铜导线绕制电磁铁线圈(不考虑绝缘),流过的电流 $I = 10$ 安培,问电流密度多大? ($J = 2.5$ 安培/毫米²)

4.变压器绕组允许电流密度2.5安培/毫米²,绕组中的电流等于15安培,求圆导线的最小截面和直径(不考虑绝缘)? (6毫米²; 2.76毫米)

§1-3 根据导体尺寸计算电阻

计 算 公 式

量	符号	量的单位及其符号	公 式
电 阻	R	欧 姆(Ω)	$R = \rho \frac{L}{S}$
电 导	g	西 门 子(S^*)	$g = 1/R$
电阻率	ρ	欧姆·毫米 ² /米($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	$\rho = RS/L$
电导率	γ	米/欧姆·毫米 ² ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$)	$\gamma = 1/\rho$

例 题

1.某电炉(图1-3)的加热元件(螺旋线)是用长28米和直径0.4毫米的康铜丝绕成,问加热元件的电阻是多少?

• 也称姆欧。——译者

解：康铜丝的横截面积

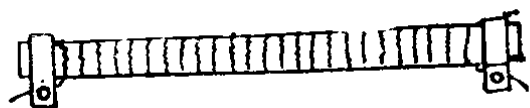


图 1-3

$$S = \pi d^2 / 4$$

$$= 3.14 \times 0.4^2 / 4$$

$$= 0.126 \text{ 毫米}^2$$

康铜的电阻率 ρ

(表1-2) 等于0.5欧

姆·毫米²/米。

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.5 \frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}} \times \frac{28 \text{ 米}}{0.126 \text{ 毫米}^2} = 110 \text{ 欧姆}$$

即螺旋线的电阻等于110欧姆。

2. 一家用电炉具有如图1-4所示的加热元件。康铜丝长度为15米、直径0.5毫米,问螺旋线有多大电阻?

解：康铜丝的截面

$$S = \pi d^2 / 4 = 3.14 \times 0.5^2 / 4 = 0.2 \text{ 毫米}^2$$

从表1-2查出康铜的电阻率：

$$\rho = 0.5 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$$

螺旋线的电阻

$$R = \rho l / S$$

$$= 0.5 \times 15 / 0.2 = 37.5 \text{ 欧姆}$$

3. 需要制造一个电阻 $R = 50$ 欧姆的变阻器。现有直径为 0.5 毫米的锰铜丝,问需要多少米?

解：直径0.5毫米的锰铜丝的截面

$$S = \pi d^2 / 4 = \pi \times 0.5^2 / 4 = 0.2 \text{ 毫米}^2$$

锰铜丝的电阻率 (参阅表1-2) $\rho = 0.42 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$

从公式 $R = \rho l / S$ 求得长度：

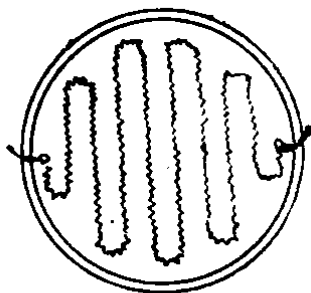


图 1-4

$$l = RS/\rho = 50\text{欧姆} \times 0.2\text{毫米}^2 / 0.42(\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2/\text{米})$$

$$= 23.8\text{米}$$

表1-2 金属及合金的电阻率和电阻温度系数

材 料	20°C时的电阻率, ρ 欧姆·毫米 ² /米($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	电阻温度系数, α °C ⁻¹
铜	$0.0175 = \frac{1}{57}$	0.004
青铜	0.02—0.028	0.001
铝	$0.033 = \frac{1}{30}$	0.0037
铁(钢)	0.13—0.18	0.0048
黄铜	0.07—0.08	0.0015
镍铬合金	1 —1.1	—
铜镍合金(又称康铜)*	0.5	—
锰镍铜合金(又称锰铜)*	0.42	—
银	0.016	0.0038
铂	0.094	0.0024
石墨	50—100	—

4. 现有直径 4 毫米和长100公里的一根电讯用钢导线, 假设电阻率 $\rho = 0.13\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2/\text{米}$, 问导线的总电阻等于多少?

解: 导线截面 $S = \pi d^2/4 = \pi \times 4^2/4 = 12.56\text{毫米}^2$

电阻

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.13 \frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}} \times \frac{100,000\text{米}}{12.56\text{毫米}^2}$$

$$= 1035\text{欧姆}$$

即长100公里、直径 4 毫米的电讯导线的电阻为1035欧姆。

5. 一输电线路用直径2.5毫米的铝线架设。两根导线总

* 括号项为译者所加。

长600米。问输电线具有多大电阻？

解：导线截面 $S = \pi d^2 / 4 = \pi \times 2.5^2 / 4 = 4.9 \text{ 毫米}^2$

铝的电阻率（参阅表1-2） $\rho = 0.033 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$

输电线电阻

$$R = \rho l / S = 0.033 \times 600 / 4.9 \approx 4 \text{ 欧姆}$$

6. 由 $0.2 \times 3 \text{ 毫米}^2$ 的导电排制造的加热元件，当长40米时具有电阻66.5欧姆，问加热元件是用什么材料制成的？

解：从公式 $R = \rho l / S$ 求出电阻率：

$$\rho = \frac{RS}{l} = \frac{66.5 \text{ 欧姆} \times (0.2 \times 3) \text{ 毫米}^2}{40 \text{ 米}} \approx 1 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$$

据表1-2查出，电阻率 $\rho = 1 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$ 的是镍铬合金。

7. 要用锰铜线绕制一个电阻10欧姆的变阻器。如果它的长度是12.5米，试确定线的截面。

解：从表1-2查出锰铜的电阻率：

$$\rho = 0.42 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$$

从公式 $R = \rho l / S$ 求得截面

$$S = \frac{\rho l}{R} = \frac{0.42 \times 12.5}{10} = 0.53 \text{ 毫米}^2$$

即直径 $d = 0.8 \text{ 毫米}$ 。

8. 用直径0.8毫米的铜漆包线（连绝缘层一起直径为0.87毫米）绕制一个线圈，试确定线圈在图1-5所示毫米尺寸下的电阻？

解：绕组一层有 $60 \text{ 毫米} / 0.87 \text{ 毫米} = 69$ 匝，绕组层数 $20 \text{ 毫米} / 0.87 \text{ 毫米} = 23$ 。因而线圈具有 $69 \times 23 = 1587$ 匝。

线圈的平均直径 D （参阅图1-5）等于50毫米。