

4

刘忠民 编译

李又新 吴传松 校

电工实用题解

北科学技术出版社

81148

TM1-44

0257

电 工 实 用 题 解

刘忠民 编译

李又新 吴传松 校

湖北科学技术出版社

内 容 提 要

本书较系统地汇集了厂、矿企业，日常生活中常见的电工方面实用例子的解答和习题。

书中有实物图和电路图对照，有扼要的概念和公式简述；有例题的详细计算。书后备有习题答案。

本书特点是：图文并茂，面广实用，通俗易懂。可供各行业电工、电力、日用电器等方面的工人、管理干部以及有关技校、职业学校和中专师生参考使用。

电 工 实 用 题 解

刘忠民 编译

李又新 吴传松 校

湖北科学技术出版社出版发行 新华书店湖北发行所经销

孝感地区印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 10.25印张 217,000字

1986年4月第1版 1987年4月第1次印刷

印数：1—7000

ISBN 7—5352—0052—4/TM·0001

统一书号，15304·130 定价：2.25元

目 录

第一章 电参数	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.....	12
§ 1—5 根据欧姆定律计算电流.....	14
§ 1—6 根据欧姆定律计算电阻.....	17
§ 1—7 电压降.....	20
§ 1—8 电动势、电压和直流内阻.....	26
第二章 直流电路	31
§ 2—1 简单电路负载的串联.....	31
§ 2—2 附加电阻器的电阻计算.....	36
§ 2—3 分支电路负载的并联.....	42
§ 2—4 安培表分流计算.....	57
§ 2—5 复杂电路的计算(一).....	60
§ 2—6 串、并联负载的总电阻计算.....	72
§ 2—7 分压和复杂分流的计算.....	79
§ 2—8 复杂电路的计算(二).....	86
第三章 功和功率	90
§ 3—1 直流电路的功率.....	90
§ 3—2 直流电路的功与能.....	101
§ 3—3 电气设备的效率.....	107

第四章 热和光的计算	118
§ 4—1 电加热	118
§ 4—2 电的照明	126
第五章 电化学计算	133
§ 5—1 电解	133
§ 5—2 蓄电池	138
§ 5—3 直流电路的电源组合	146
第六章 电容、电容器、电绝缘强度	154
§ 6—1 电容器的电容计算	154
§ 6—2 电容器的并联和串联	157
§ 6—3 绝缘体的绝缘强度	161
第七章 电磁学	165
§ 7—1 磁场强度和磁动势	165
§ 7—2 磁感应强度和磁通量	168
§ 7—3 磁路	175
§ 7—4 电磁铁吸力	180
第八章 电磁力	184
§ 8—1 两载流体间的相互作用力	184
§ 8—2 磁场对载流导体的作用力	185
第九章 电磁感应	191
§ 9—1 感应电动势	191
§ 9—2 自感	194
§ 9—3 直流发电机和电动机的电动势	198
第十章 交流电路	202
§ 10—1 交变电动势	202
§ 10—2 简单交流电路的计算	212

§ 10—3	具有两个不同性质阻抗的 交流电路的计算	222
§ 10—4	具有电阻、电感和电容的电路的计算	241
§ 10—5	谐振回路的计算	248
§ 10—6	交流电路功率	258
§ 10—7	扼流圈的计算	265
第十一章	变压器	273
§ 11—1	变压器工作状态和参数的计算	273
§ 11—2	小型变压器的简易计算	279
第十二章	三相电路	290
§ 12—1	相、线电压与电流的计算	290
§ 12—2	三相电路功率的计算	297
§ 12—3	单相电路功率因数的改善	305
§ 12—4	三相电路功率因数的改善	311
习题答案		316

第一章 电 参 数

§ 1—1 电量和电流

概念与公式

电子——带负电荷，它的质量很小，约为最轻原子(氢)质量的 $1/1836$ 。

电荷——物体的带电质点。在正常条件下，这些带电质点的正、负电荷数量上相等。电荷有“同性相斥，异性相吸”的特性。电荷以字母“Q”表示，单位为库仑。一个电子的电荷是 1.6×10^{-19} 库仑。

电流——电荷作有规则的定向流动叫做电流。习惯规定电流流动的方向是与电子流动的方向相反。在导体横截面上单位时间内所流过的电量(电荷)称为电流强度，常用符号“I”表示，即 $I = \Delta Q / \Delta t$ 。电流强度常简称为电流。电流的实用单位是安培(安)。

安培——每秒钟内通过导体截面的电荷为1库仑时，其电流强度为1安培。

$$1 \text{ 安培} = 1 \text{ 库仑/秒}$$

库仑——电量的实用单位。一安培的电流在一秒内通过的电量称为一库仑。

名 称	符 号	公 式	单 位
电 荷	Q	$Q = It$	库仑 = 安培 · 秒 安培 · 小时
电 流	I	$I = Q/t$	安培

例 题

1. 如果有0.18安培的电流流经灯泡的时间为三小时，试问有多少库仑的电荷？

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

2. 用1.4安培电流给容量为14安培 · 小时的蓄电池充电，问需充电多少时间？若用0.3安培电流通过灯泡放电，问需要多少放电时间？

充电时间

$$t = Q/I_c = 14 \text{ 安培} \cdot \text{小时} / 1.4 \text{ 安培} = 10 \text{ 小时}$$

放电时间

$$t = Q/I_d = 14 \text{ 安培} \cdot \text{小时} / 0.3 \text{ 安培} = 47 \text{ 小时},$$

即容量为14安培 · 小时的蓄电池用0.3安培电流放电使灯泡亮了47小时。

3. 蓄电池容量为28安培 · 小时，试问 1) 蓄电池所容电荷为多少库仑？ 2) 对蓄电池进行10小时充电必须用多大电流？ 3) 用多大电流在140小时内进行放电？

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

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

$$2) I_c = Q/t = 28 \text{ 安培} \cdot \text{小时} / 10 \text{ 小时} = 2.8 \text{ 安培}$$

即蓄电池用2.8安培电流进行10小时充电。

$$3) I_1 = Q/t = 28 \text{安培} \cdot \text{小时} / 140 \text{小时} = 0.2 \text{安培}$$

即蓄电池用0.2安培电流进行140小时放电。

4. 96480库仑换算成多少安培·小时?

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

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

即96480库仑等效为26.8安培·小时。

习 题 (1—1)

1. 蓄电池容量为40安培·小时，用4安培电流充电，问需充电多久?

2. 如果用0.05安培电流进行12小时充电，问电池可得到多少电量?

3. 有54安培·秒的电荷流经导体横截面的时间为30分钟，求通过导体的电流大小。

4. 有一电流I流经电动机的时间为5分钟，电量Q=7500安培·秒，求该电流的大小。

5. 电报机工作时间t=9分钟，流过电流I=20毫安，求通过该设备的电量。

§ 1—2 电流密度

概念与公式

单位面积上通过的电流称为电流密度，常用“J”表示。若导线截面用字母“S”表示，则有关系式 $J = I/S$ 。电流密度单位为安培/毫米²。

允许电流 I —导线允许通过的最大工作电流。表 1—1 列出铜、铝不同直径与截面的允许电流值。

名 称	符 号	公 式	单 位
电 流 密 度	J	$J = I/S$	安培/毫米 ²
导 线 截 面	S	$S = I/J$	毫 米 ²
允 许 电 流	I	$I = JS$	安 培

表 1—1

直 径 (毫米)	截 面 (毫米 ²)	允许电流值 (安培)	
		铜	铝
0.96	0.75	3	—
1.1	1	6	—
1.4	1.5	9	—
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	5	85

例 题

1. 有一电流 $I = 10$ 安培流过截面 $S = 4$ 毫米² 的金属导线, 求电流密度 J 的大小。

电流密度

$$J = I/S = 10 \text{ 安培} / 4 \text{ 毫米}^2 = 2.5 \text{ 安培/毫米}^2$$

2. 有一电流 $I = 1000$ 安培通过截面为 20×80 毫米² 的矩形母线, 求电流密度为多少?

矩形面积

$$S = 20 \times 80 = 1600 \text{ 毫米}^2$$

电流密度

$$J = I/S = 1000 \text{ 安培} / 1600 \text{ 毫米}^2 = 0.625 \text{ 安培/毫米}^2$$

3. 有一圆截面直径为 0.8 毫米的导体线圈, 允许的电流密度为 2.5 安培/毫米², 求沿导体通过的电流允许值 (不应超过允许的发热温度)。

导体截面

$$S = \pi d^2 / 4 = 3.14 \times 0.8^2 / 4 \approx 0.5 \text{ 毫米}^2$$

允许电流

$$I = JS = 2.5 \text{ 安培/毫米}^2 \times 0.5 \text{ 毫米}^2 = 1.25 \text{ 安培}$$

4. 变压器线圈允许的电流密度 2.5 安培/毫米², 通过线圈电流 $I = 4$ 安培, 为了使线圈不过热, 求圆导线必须具有的截面是多少?

导线截面

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

与这个截面相对应的导线直径为 1.42 毫米。

5. 根据表 1—1, 截面为 4 毫米² 的漆包线最大允许电流为 38 安培。求 1) 允许的电流密度, 2) 对分别具有截面为 1、10 和 16 毫米² 的铜导线来说, 它们的允许电流密度分别是多少?

1) 允许的电流密度

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

2) 截面为1毫米²的允许电流密度(见表1—1)

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

截面为10毫米²的允许电流密度

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

截面为16毫米²的允许电流密度

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

由此可见允许的电流密度随截面加大而降低。

习 题(1—2)

1. 变压器线圈需通过4安培电流。如果允许的电流密度 $J = 2.5 \text{安培/毫米}^2$ ，问线圈的导线截面是多少？

2. 将100毫安电流通过直径为0.3毫米的导线，求电流密度的大小。

3. 电流 $I = 10 \text{安培}$ ，通过由直径 $d = 2.26 \text{毫米}$ (不算绝缘层) 的铜绝缘线绕成的线圈，求电流密度的大小。

4. 变压器线圈允许的电流密度 2.5安培/毫米^2 ，线圈内通过电流值为15安培，求线圈导线的截面和直径(不计算绝缘层)。

§ 1—3 根据导体尺寸计算电阻

概念与公式

金属导体中有电流的时候，它里面的电子就有了定向运动。这些运动的电子常要跟金属内部作热振动的金属原子发生碰撞，因而就阻碍了电子的定向运动。这样金属导体就具有了电阻。

导体的电阻是由它本身的物理条件所决定的。金属导体的电阻就是由它的长短、粗细、材料特性和温度所决定的。

当导体的材料一定时，导体的电阻跟它的长度成正比，跟它的横截面积成反比。用公式表示

$$r = \rho \frac{l}{S}$$

式中 r 表示导体的电阻， l 表示它的长度， S 表示它的横截面积，而 ρ 是比值，表示单位长度和单位横截面积的导体的电阻。

材料不同的导体， ρ 的大小一般是不同的(见表1—2)。由于公式中的比值 ρ 是由材料来决定的，所以把它叫做材料的电阻率(ρ)。

表1—2

金 属	电阻率 ρ (20℃) 欧姆·毫米 ² /米	电阻温度 系数 α (1/度)
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	—
康 铜	0.5	—
锰 铜	0.42	—
银	0.016	0.0038
铂	0.094	0.0024
石 墨	50—100	—

名 称	符 号	公 式	单 位
电 阻	r	$r = \rho \frac{l}{S}$	欧 姆
电 导	g	$g = 1/r$	姆欧(西门子)
电 阻 率	ρ	$\rho = rS/l$	欧姆·毫米 ² /米
电 导 率	γ	$\gamma = 1/\rho$	米/欧姆·毫米 ²

例 题

1. 一电热器由直径为0.4毫米和长度28米的康铜丝制成(图1—1), 求电热器的电阻值大小。

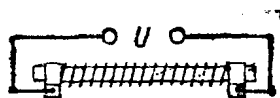


图 1—1

导线截面

$$S = \pi d^2/4 = 3.14 \times 0.4^2/4 = 0.126 \text{ 毫米}^2$$

康铜电阻率 ρ (表1—2)为0.5欧姆·毫米²/米

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

2. 图 1—2 所示的电炉由长度 15 米直径 0.5 毫米的康铜丝构成, 求电阻值。

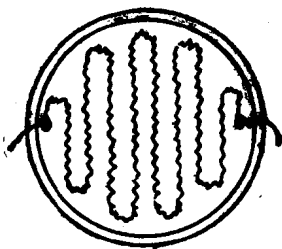


图 1—2

导线截面

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

电炉电阻

$$r = \rho l / S = 0.5 \times 15 / 0.2 = 37.5 \text{ 欧姆}$$

3. 用直径 0.5 毫米的锰铜丝制作电阻 $r = 50$ 欧姆的变阻器, 问需要长度多少米?

直径 0.5 毫米的截面

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

从表 1—2 中查得 锰 铜 丝 电阻率 $\rho = 0.42$ 欧姆·毫米²/米, 根据公式 $r = \rho l / S$ 可得

$$l = rS / \rho = 50 \text{ 欧姆} \times 0.2 \text{ 毫米}^2 / 0.42 \text{ (欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米)} \\ = 23.8 \text{ 米}$$

4. 有 400 公里长的电报线, 其直径为 4 毫米, 如果电阻率 $\rho = 0.13$ 欧姆·毫米²/米, 求线路电阻。

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

电阻

$$r = \rho \frac{l}{S} = 0.13 \frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}} \times \frac{400000 \text{米}}{12.56 \text{毫米}^2} \\ = 4140 \text{欧姆},$$

即电报线电阻为4140欧姆。

5. 电力输送线由直径2.5毫米的铝导线制成, 导线总长为600米, 问该线的电阻为多少?

导线截面

$$S = \pi d^2 / 4 = \pi \times 2.5^2 / 4 = 4.9 \text{毫米}^2$$

铝电阻率(见表1—2)

$$\rho = 0.033 \text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$$

导线电阻

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

6. 有一加热元件由截面 $0.2 \times 3 \text{毫米}^2$ 长40米的合金制成, 其电阻为66.5欧姆, 选取何种材料合适?

根据公式 $r = \rho l / S$ 求电阻率

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

从表1—2中可找到镍铬合金具有相等的电阻率, 故可选取镍铬合金。

7. 设有长12.5米的锰铜丝制成电阻为10欧姆的变阻器, 试求锰铜丝的截面积。

由 $r = \rho l / S$ 公式求截面积, 查表1—2得 $\rho = 0.42$

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

即相应的直径 $d = 0.8 \text{毫米}$ 。

8. 由直径0.8毫米(加绝缘层为0.87毫米)绝缘瓷漆铜线制作线圈,其尺寸大小如图1—3所示,图中单位为毫米,试确定线圈电阻。

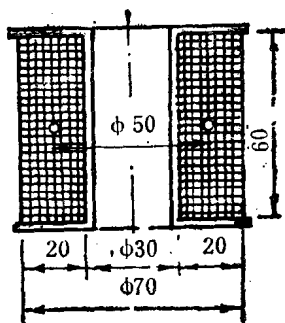


图 1—3

线圈每层匝数为60毫米/0.87毫米=69匝,线圈层数为20毫米/0.87毫米=23层,因此线圈总匝数为69×23=1587匝。

线圈平均直径D为50毫米(见图1—3)。

线圈每匝的平均长度

$$\pi D = \pi \times 50 = 157 \text{ 毫米}$$

线圈的总长度

$$l = 1587 \times 0.157 \approx 249 \text{ 米}$$

导线截面

$$S = \pi d^2 / 4 = 3.14 \times 0.8^2 / 4 = 0.5 \text{ 毫米}^2$$

铜电阻率(见表1—2)

$$\rho = 0.0175 \text{ 欧姆} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米}$$

线圈电阻

$$r = \rho l / S = 0.0175 \times 249 / 0.5 \approx 8.7 \text{ 欧姆}$$