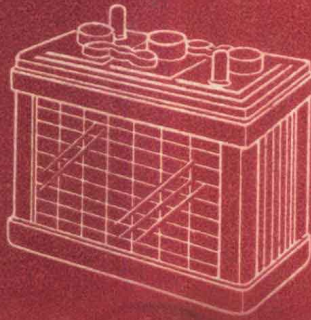


145733

蓄 电 池

沈 达 寬 編



商 务 印 书 馆

蓄 电 池

沈 达 宽 编

商 务 印 书 馆

本書編写时共参考了約十本中、俄、英文書籍和譯本，同时还参考了一些完整的使用說明書。全書計分九章：第一章扼要地敘述必要的电学知識，第二章至第八章分述鉛蓄電池的原理、構造、使用、特性、試驗、維護及修理，第九章敘述鹼性蓄電池。各章中列出必要的圖表，章末有复習題。本書的特点是易懂和实用。对于各項原理，大都以說明物理或化学現象解決之，使讀者容易获得概念。因为着重实用起見，繁瑣的敘述和公式大都省去，同时也注意了应有的理論知識不使遺漏。本書的編写力求簡明，具有初中以上文化程度的人即可閱讀，适宜作为技術人員及中等技術學校學生的參考書。

蓄 电 池

沈达寬編

商 务 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一号

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五号)

新 华 書 店 总 經 售

京 华 印 書 局 印 刷

統一書号 15017·83

1958年2月初版	開本 850×1168 ¹ / ₃₂
1958年2月北京第1印刷	字數 112,000
印張 4 ¹ / ₁₆	印數 0001—4,600
定價(10) ¥ 0.70	

序

本書的編写是在 1953 年开始的。那时觉得已出版的关于蓄電池方面的書还不够多，于是就想以仅有的一些知識，再行参考一些資料，編写一本实用蓄電池。

三年过去了，有关蓄電池的書也出了好几本，觉得原稿又有修改的必要，于是又在 1956 年作了适当的增删。

本書的編写在一定的取材和要求之下，力求淺显，着重实际概念，避免較深的理論，尤其注意有关的实用知識。

編写时，尽可能少用学术名詞，而改用較通用的技术名詞，以求在不影响質量之下，尽量作到通俗簡明。

本書可作为中等技术学校的参考書，或蓄電池操作者的自修讀物。

編者觉得自己的知識和經驗都有限，書中錯誤及不适当之处在所难免，敬希广大讀者指正。

本書先后承万一教授，楊鴻銓、郭竹君等同志校閱并指正，又承沈傳晚同志抄写，得使本書减少錯誤，謹此致謝。

編者 1957 年 5 月

目 录

序	v	3-5. 稀硫酸的吸水性、导电性和粘性	41
緒論	1	3-6. 鉛蓄電池中稀硫酸比重的選擇	43
第一章 基本电学知識		3-7. 溫度的影响和結冰問題	44
1-1. 原子、电子、电流	3	复習題	45
1-2. 电压	4	第四章 鉛蓄電池的放电和充电, 充电器	
1-3. 电阻	5	4-1. 鉛蓄電池的放电	46
1-4. 电源	6	4-2. 充电率	48
1-5. 欧姆定律	7	4-3. 真空管整流器	49
1-6. 电阻的計算	7	4-4. 真空管充电器的使用及修理, 定流充电	54
1-7. 电动势和电压降	8	4-5. 定压充电	55
1-8. 电功率	10	4-6. 固体整流器	59
1-9. 电解、電池	12	4-7. 汞弧整流器	63
1-10. 交流电流	14	4-8. 直接从直流电源充电	65
1-11. 電池	16	4-9. 充电时应注意的事項	68
复習題	17	4-10. 特殊充电法	70
第二章 鉛蓄電池的構造		复習題	72
2-1. 鉛蓄電池的原理	18	第五章 鉛蓄電池的試驗	
2-2. 基板	20	5-1. 电液比重試驗	73
2-3. 極板的塗料	22	5-2. 电压試驗	74
2-4. 極板的化成	24	5-3. 鑄試驗	77
2-5. 貝蘭特極板	26	5-4. 高电率放电試驗	79
2-6. 隔板	28	复習題	81
2-7. 外壳	30	第六章 鉛蓄電池的容量及效率	
2-8. 襯片及鎖片	31	6-1. 容量的表示法	82
2-9. 極板的排列, 蓋子和封料	32	6-2. 放电終期电压的決定	84
复習題	34	6-3. 活动質的数量与容量的关系	85
第三章 稀硫酸的特性和配制法		6-4. 極板厚度与容量的关系	86
3-1. 比重和比重計	35		
3-2. 硫酸	37		
3-3. 电液的配制	38		
3-4. 比重的变化, 硫酸量的計算	39		

6-5. 極板面积与容量的关系	88
6-6. 放电率与容量的关系	89
6-7. 温度与容量的关系	90
6-8. 电液的数量及濃度与容量的 关系	91
6-9. 其他影响容量的因素	92
6-10. 蓄電池的效率	93
6-11. 安培小时效率	93
6-12. 瓦特小时效率	95
复習題	96

第七章 鉛蓄電池的故障与修理

7-1. 極板腐蝕	97
7-2. 極板弯曲	98
7-3. 極板酸化	100
7-4. 活动質脫落	101
7-5. 短路	102
7-6. 極板受冻	103
7-7. 轉極	103
7-8. 外壳破裂	104
7-9. 清理壳底或換新極板	106
7-10. 焊接極板	108
7-11. 澆鑄接綫柱及連接条	110
复習題	112

第八章 鉛蓄電池的維護

8-1. 初充电	113
8-2. 过充电	115
8-3. 鉛蓄電池的一般維護	116
8-4. 鉛蓄電池的儲存	117
复習題	118

第九章 鹼性蓄電池

9-1. 鉛蓄電池的优缺点和鹼性蓄 電池的产生	119
9-2. 鹼性蓄電池的化学变化	120
9-3. 極板的構造	122
9-4. 鹼性电液的特性及配制法	126
9-5. 極板的裝置, 外壳及其他	128
9-6. 电压	130
9-7. 容量	131
9-8. 充电	133
9-9. 电液的更換与复制	136
9-10. 放电、使用、寿命	137
9-11. 故障和处理	139
9-12. 維護	140
9-13. 鹼性蓄電池的用途	142
复習題	142

緒 論

目前我国正进行大规模的工业建设，在国民经济建设的五年计划中，电气事业占了重要的地位。无疑地，在最近几年中，电气事业将得到飞速的发展。

任何电气事业都离不开电源。在第一个五年计划中，我国建设了许多火力发电厂、水力发电站，以及输电和变电工程。在发电设备制造方面，也有很大发展，现在我国已经能够制造 12,000 瓩的全套火力发电设备和 15,000 瓩的全套水力发电设备，并且正在制造 25,000 瓩的全套火力发电设备和 72,000 瓩的水力发电设备。这一切，保证了我国工业建设进一步发展。

强大的火力和水力发电站，靠输电网供给廉价的电力。它们的特点之一是必须借电线来输送电力，这种电力如果不依靠特殊的装置是不能储存或携带的。因之，在很多地方例如在汽车和飞机上、偏僻的乡村中，以及一些有其他特殊要求的地方，必须有一种储存电能的设备来满足实际的需要。

至目前为止，尚无法直接储存大量电能。一些办法是先使电能转变为其他形式的能量而保存起来，这些形式包括把电能转变为重物体的位能，或把电能用于发生一种化学变化，即所谓化学能。把电能转变为重物体的位能的方法，须要一套庞大的设备。例如在火力发电厂附近可以设置强大的水泵、蓄水池、水轮及发电机，把电能变为水的位能，作为调节电厂负载之用。但这样的设备不但庞大，且不能携带。

把电能转变为化学能，必要时再转变为电能的方法，在目前是唯一具有实际意义的储能方法，这种设备称为蓄電池。由于蓄電池的重量輕，便于携带，容量大小不受任何限制，同时使用方便，价

格不高，自十九世紀末就已开始了較大規模的使用，而且由于它的优越性，很快地得到了發展。

在二十世紀初，大規模的酸性蓄電池已經使用在潛水艇、鐵路列車、汽車，以及远离電力網的地方的照明和電力之用，在后出現的輕型鉛蓄電池又大規模使用在备用照明、空氣調節、飛機及輪船上。

鹼性蓄電池的發明和改進，使蓄電池工業得到新的發展方向。由于它的特殊优越性，引起了科學家們對它的進一步的研究。目前的鹼性蓄電池在電力特性、壽命和經濟方面都較酸性蓄電池好，在一定程度上有取代鉛蓄電池之勢。

不能否認，目前的蓄電池還沒有達到盡善盡美的地步。大規模的工業發展期待着新的體積更輕、更簡單的蓄電池的發明。

目前在我國，蓄電池工業還是不夠發達的，但在社會主義制度下，隨着重工業的發達，蓄電池工業也必然有相應地發展以滿足社會上的需要。

第一章 基本电学知識

1-1. 原子、电子、电流

近代物理已証明，物質都是由一种或多种極微細的粒子——分子——組成的。分子本身極其微小，不但目力看不清，一般的顯微鏡也不能察覺它，但科学上已有一系列的試驗可以証实它是存在的。一般分子的直徑大約是 10^{-8} 公分的級次，也就是說，如果把它緊密地排成一行，那么在 1 公分的距离上將有 1 亿个。在实际的物質中，分子与分子間尚保持着很大的距离。在一克重的水中，共有三千三百万万万万个，这个数字是大得惊人的。

再看分子本身，科学的研究早已証明它也不是單純的不可再分的質点。所有的分子都是由大約 100 种基本物質按各种各样的成分和形式排列着的。我們把这更基本的物質称为原子。

原子本身又由相对較重的帶正电荷的核，和一个或許多更輕的帶負电荷的电子組成的。电子的重量只有核的几千到几十万分之一，因之电子对于核而言是極輕的。在每个原子上，如果它的核所帶的正电荷和它的电子所帶的負电荷数值上相同时，这个分子本身的正、負电荷相抵消，从外表看来，它是不帶电的。假設因为某种原因，在一团分子中，失去了一些电子，那么正电荷就比負电荷来得多，总的看来，它就是帶正电荷的；同样，假如在这团分子中增加了許多电子，那么它將帶負电荷。我們可以用許多种方法使一种物質(一团極多的分子)失去或增加一些电子，令它帶正电荷或負电荷。

帶正电荷和帶負电荷的物質是彼此相吸引的。当两个帶异性电荷的物質放在一起时，它們之間就存在着引力，同时一些多余的

电子(存在于帶負电荷的物質上)就有趋势要跑到缺少电子的地方(帶正电荷的物質)去。

有些物質,电子可以在其中很順利地通行;而在另一些物質中,电子簡直無法通行。前一种物質称为电的导体(簡称导体),例如金屬、石墨、潮湿的木片等屬之;后一种物質称为电的非导体(簡称非导体),例如橡皮、玻璃、膠木、干燥的紙張或木片等屬之。当兩塊帶有等量的异性电荷的导体相接触时,多余的电子立刻分布到缺乏电子的地方去,結果使兩塊导体都不帶电。

照上述的結果,电子总是由帶負电荷的物質上跑到帶正电荷的物質上去,这就形成了电荷的移动,就是所謂电流。必須注意,在固体的导体中,电荷的移动只能是由电子移动而完成的,帶正电的核本身实际上是無法移动的,这样看来,在固体中只有負电荷可以移动。但在物理学中,規定电流是由帶正电荷的物体流向帶負电荷的物体的,当时作这个規定时,电子还没有被發現,由于習慣,直到現在仍采用这个規定方向。我們只要記住:所謂电流由甲物体流向乙物体,实际上就是电子由乙物体流向甲物体,对于任何理解并無矛盾。

但必須說明,不是所有的帶正电荷的粒子都是不能移动的。在某些溶液中,例如食鹽(氯化鈉)的水溶液,其中帶正电荷的鈉离子是可以緩慢的速度移动的。这將在1—10节叙述。

电流的單位是安培。1安培电流相当于每秒鐘流过六十三万万万个电子,这个数目字也大得很。我們家用的电灯中約有半安培的电流,家用的电爐約有3到5安培,在工業上有时要用到几万安培。

1-2. 电压

打开自来水的龙头,有时水流得很急,有时流得不急,我們知

道这是与水管内的压力是有关系的,压力越大,水流越急,电流也是一样。假如用一根导线连接带有异性电荷的电容器^①的两极(圖 1-1),有时在导线上有较强的电流,有时又只有较弱的电流,这个现象也可以用类似于压力的原理说明它。可以想像,当两极上所带的电荷数量较多时,由于同性电荷彼此排挤,在负极上的电子就有较大的趋势跑到正极上去,这就形成了较强的电流。我们称这种趋势为电压,可以想见,电压越高,电流越强。

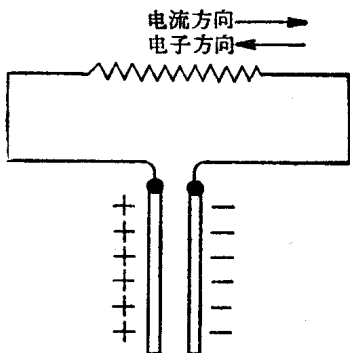


圖 1-1. 帶着正电荷和負电荷的电容器放电的情形。圖中“+”号代表正电荷;“-”号代表負电荷。

电压的單位是伏特。发电厂的电力送到家庭用戶后,其电压一般是 220 伏特,手电筒用的干电池每节的电压一般是 1.5 伏特,大发电厂送出的电可以高到几十万伏特,天空中打雷时可以發生比几万万伏特还高得多的电压。

1-3. 电阻

假如把一根水管的进、出口的压力保持不变(压力差不变),对于一根粗而短的管子,每單位時間內流出的水量很大,似乎暢行無阻;相反地,对于一根細而長的管子,流出的水量就少,似乎在流动时受了較大的阻碍。对于电流也是一样,用导线连接于一定的电压上,导线越粗越短,电流越强;导线越細越長,电流越弱。导线对电流存在着一定的阻碍,我們称之为电阻。电阻的單位是欧姆。

导线的电阻不但和它的長短、粗細有关,和它本身質料也有密

^① 电容器是兩塊或多塊对立放置着的相距很近的金屬片,可以設法在这些金屬片上帶着很多的正电荷和負电荷。

切的关系。銀的电阻最小，銅次之，鉄更次之。表 1-1 表示長度为 1 公尺，直徑为 0.15 公厘，各种材料的导綫的电阻。

表 1-1. 長 1 公尺、直徑 0.15 公厘的各种导綫的电阻

导綫材料	銀	銅	鋁	錫	鉄	鉛
电阻, 欧姆	0.87	1.00	1.63	5.88	6.11	10.9

有时称导电性坏或好，意义就是电阻大或小。电阻越小，导电性越好，例如銅較鉄的导电性好，鉄又較鉛好。

1-4. 电源

用导綫連接帶有不同电荷的物体，可以在导綫上得到电流，但由于电荷的中和，这个电流很快地就消灭了。实际上，帶电体所产生的电流在工業电力上并無很大意义。工業上或生活上需要一个稳定不变的电压，用来产生稳定电流，这样的設備称为电源。

簡單的电源首推电池。把一个銅片和一个鋅片同浸在稀硫酸（硫酸和水的混合物）中（圖 1-2），銅片就比鋅片具有較高的电位，或者說兩者之間有电位差或称电动势（見 1-7 节）；簡單地說，就是兩者之間有电压。用导綫連接銅片和鋅片，导綫上就产生了稳定不变的电流，电流的方向是由銅片流向鋅片（电子由鋅片流向銅片）。銅片称为正極或陽極，鋅片称为負極或陰極。

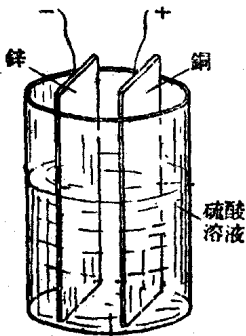


圖 1-2. 用銅片和鋅片作成的電池。

最实用而最經濟的电源是發电机，它靠蒸汽机、內燃机或水輪的推动而产生电压，并送出强大的电流。此外，半导体也可以作为电源。

1-5. 欧姆定律

前几节已介绍了电压和电阻对于电流的影响，欧姆定律表示它们之间的关系如下：

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I 为电流，以安培计；

U 为电压，以伏特计；

R 为电阻，以欧姆计。

例如：用一根具有 50 欧姆的导线连接在一个 220 伏特的电源上，则此导线上的电流为

$$I = \frac{220}{50} = 4.4 \text{ 安培}$$

1-6. 电阻的计算

假设有两根同样材料、同样长度和直径的导线，把一根导线的一端和另一根导线的一端连接起来，成为一根具有两倍原来长度的导线，这种联法称为串联，见图 1-3。可以想见，由于它的

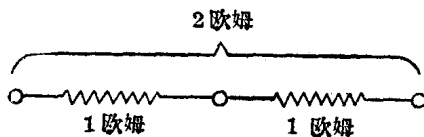


圖 1-3. 串联的电阻。

长度增加了一倍，它的总电阻就是原来每根导线的电阻的两倍。同样道理，把两根各有 R_1 和 R_2 欧姆电阻的导线串联，它的总电阻将为 $R_1 + R_2$ 欧姆。

假如把一根导线的两端和另一导线的两端，各个联起来就形成所谓并联(圖 1-4)。并联的方式实际上给电流多开了一条通路，

結果电阻就减少了。假如原来每根导线的电阻均为 1 欧姆，则并

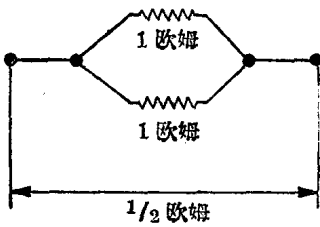


圖 1-4. 并联的电阻。

联后将为 $\frac{1}{2}$ 欧姆。

可以证明，把两根各有 R_1 和 R_2 欧姆电阻的导线并联起来，它的总电阻为 $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 欧姆。例如一根导线的电阻为 3 欧姆，另一根导线为 2 欧姆，当

它们串联时，总电阻为 $3 + 2 = 5$ 欧姆；

并联时为 $\frac{3 \times 2}{3 + 2} = \frac{6}{5} = 1.2$ 欧姆。由上可见，串联时电阻增大；并联时电阻减小。

1-7. 电动势和电压降

如 1-4 节所述，把铜片和锌片浸在稀硫酸中，在铜片和锌片之间就存在着电位差（或称电动势），用特殊的电位计可以准确地测量其数值。当稀硫酸的浓度和温度保持一定时，铜片和锌片之间的电位差是不变的。如果不用特殊的电位计，而代以普通的高欧姆数的电压表去测量，那么所得的结果也相差很少。必须注意，此时在铜片和锌片上除了连接电压表的导线外，应不再有其他的导线向外输送电流。

简单地說，电池的电动势就是当它不输送电流时两极间的电压。为了便于说明起见，研究下列的例子：

在圖 1-5 中，用电压表测得各两点间的电压如下：

1、2 間的电压：	0.2 伏特
1、3 間的电压：	0.4 伏特
1、4 間的电压：	0.6 伏特
1、5 間的电压：	0.8 伏特
1、6 間的电压：	1.0 伏特
1、7 間的电压：	1.2 伏特

拆去导线后，1、7 间的电压：1.5 伏特

細看这个結果：从 2 点起越向右移，越經過更多的电阻，它与 1 点间的电压也越大。这个結果說明：电流流过电阻时，必消耗着一定的电压。在 1 与 7 之間共有 6 个电阻，每个电阻消耗了 0.2 伏特的电压，6 个电阻共消耗了 1.2

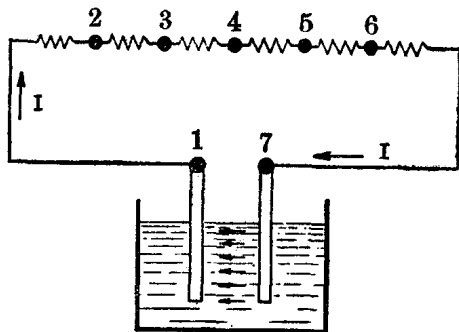


圖 1-5. 電池內阻的說明。

伏特的电压。換言之，要使在这 6 个电阻上通过电流，就必須在它的兩端加上 1.2 伏特的电压，这个电压是被这些电阻消耗了的。

消耗在电阻上的电压又称为电压降，欧姆定律指出

$$\text{电压降} = \text{电流} \times \text{电阻}$$

例如一个具有 1 欧姆电阻的导线上有着 5 安培的电流，那么在这根导线上就有 $5 \times 1 = 5$ 伏特的电压降。換言之，在这根导线的兩端間必須存在着 5 伏特的电压，否則就不能流过 5 安培的电流。

再看，拆去导线后，1、7 间的电压为 1.5 伏特，而接上导线后又为 1.2 伏特，这是因为电池本身也具有电阻，或称为内电阻。当电池上不連接任何負載（即电池不送出电流）时，电池兩極間的电压称为無負載电压，或称为电动势，这个电压完全由电池的構造及本身的溫度而定。当接上导线后，电池送出电流，电流由陽極（正極）經過所接的电阻流到陰極（負極），再在电池之內，由陰極流回陽極而成一个通路^①。电流在电池内部流通时，也必須有一定的电压

① 用导线連接帶电体而产生的电流，由于电量的中和，只能維持很短的时间，在几千分之一秒的时间內电流就消灭了。至于在各种电池或發电机中，电流必須走一个閉路，在外界，电流由电池或發电机的正極經過导线流向負極，同时必須在电池或發电机之內，由負極流回正極，完成一个閉路，唯有这样才能維持一定的电流。

降,这是因为电池本身也有着一定的电阻,称为内电阻。和本节所列公式一样,电池内的电压降等于电流和电池内电阻的乘积。照前例计算,拆出导线与连接导线时,1.7 间电压之差为 $1.5 - 1.2 = 0.3$ 伏特,这就是由于电池内电阻而产生的电压降。此点应注意:电池内的电压降不是不变的,电池送出的电流越大,电池内流通的电流(实际数值上等于在电池外导线上的电流)越大,电池内的电压降也越大。

由上例可知,当电池送出电流时,电池两端的电压必小于电动势。但在习惯上,电动势一词并不常用,通常均仍称为电压。本书以后仍使用通俗的称法,例如指某蓄电池的电压为 2.0 伏特,实际即指电动势而言,有时为区分起见,特别称为“无负载电压”(就是当蓄电池不充电也不放电时(见第二章),用电压表所测得的两端电压)。至于当蓄电池充电和放电时,在两端间测得的电压当然可较电动势差得很多,这时所指的电压也是实际用电压表在两端间测得的电压(有负载的)。这样可以获得较清楚的实际概念。

1-8. 电功率

电流通过电阻时会发热,通过电动机则发生动力,通过电灯泡又能发光,这些都是电流所作的功。也就是说,电流是携带着能量的,这些能量可以变为热、光及机械能。单位时间内获得的能量称为功率,用电流送出的功率又称为电功率,通常用 P 来表示。功率单位有许多种,电功率的单位通常为瓦特,用了这个单位表示电功率,计算起来极为简单:

$$P(\text{瓦特}) = U(\text{伏特}) \times I(\text{安培})$$

换言之,电功率就是电压和电流的乘积。假如计算消耗在电阻上的功率时(例如电灯、电炉等),因,

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = IR$$

代入前式可得
$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

例如电阻为 5 欧姆的电爐，接在 220 伏特的电源上，它的电功率应为

$$P = \frac{220^2}{5} = 9,900 \text{ 瓦特}$$

注意公式中的 U 是跨在电阻、电灯泡或电动机兩端的电压，也就是消耗在电阻、电灯泡或电动机上的电压降，它的数值不一定和电源送出的电压相等。例如发电厂送出的电，经过变压器使电压降为 220 伏特，然后送到用户，但由于輸电綫上降落了一些电压，結果到用户处，可能只有 210 伏特。其中 10 伏特是在导綫上消耗了，在計算电功率时，应取 $U = 210$ 伏特。在一組串联的电阻中，計算每个电阻上的电功率，应取該电阻上的电压降乘以电流。

例题：4 个电阻串联，每个电阻各为 0.1、0.2、0.3、0.4 欧姆，接在 6 伏特的蓄电池上，不計蓄电池的内电阻，求总电功率及各个电阻的电功率。

解：总电阻为 $0.1 + 0.2 + 0.3 + 0.4 = 1.0$ 欧姆

$$\text{电流为 } I = \frac{U}{R} = \frac{6}{1} = 6 \text{ 安培}$$

$$\begin{aligned} \text{总电功率} &= \text{蓄电池送出的功率} \\ &= IU = 6 \times 6 = 36 \text{ 瓦特} \end{aligned}$$

用公式 $P = RI^2$ 求各电阻上的电功率，其中 R 为各个电阻的欧姆值：

$$0.1 \text{ 欧姆电阻的电功率为 } 0.1 \times 36 = 3.6 \text{ 瓦特}$$

$$0.2 \text{ 欧姆电阻的电功率为 } 0.2 \times 36 = 7.2 \text{ 瓦特}$$

$$0.3 \text{ 欧姆电阻的电功率为 } 0.3 \times 36 = 10.8 \text{ 瓦特}$$

$$0.4 \text{ 欧姆电阻的电功率为 } 0.4 \times 36 = 14.4 \text{ 瓦特}$$