

QUANGUOGUANGBODIANSHIJISHUNENGSHOUJINGSAI

全国广播电视(发射系统)技术能手竞赛

调幅广播

辅导及习题精解

万志强 编著

中国  广播电视出版社
China Electronic and Audio-Visual Publishing House

全国广播电视(发射系统)技术能手竞赛

调幅广播

辅导及习题精解

万志强 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

全国广播电视 (发射系统) 技术能手竞赛调幅广播辅导及习题精解 / 万志强 编著. —北京: 中国广播电视出版社, 2014. 4

ISBN 978 - 7 - 5043 - 7116 - 4

I. ①全… II. ①万… III. ①调幅广播 - 发射系统 - 技术培训 - 题解 IV. ①TN832 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 021592 号

全国广播电视 (发射系统) 技术能手竞赛 调幅广播辅导及习题精解

万志强 编著

责任编辑 樊丽萍
封面设计 亚里斯
责任校对 谭霞

出版发行 中国广播电视出版社
电 话 010-86093580 010-86093583
社 址 北京市西城区真武庙二条 9 号
邮 编 100045
网 址 www.crtip.com.cn
电子信箱 crtp8@sina.com

经 销 全国各地新华书店
印 刷 廊坊报业印务有限公司

开 本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16
字 数 320(千)字
印 张 14
版 次 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5043 - 7116 - 4
定 价 32.00 元

(版权所有 翻印必究 · 印装有误 负责调换)

内容提要

本书是根据总局科技司历次举办的全国广播电视（发射系统）技术能手竞赛复习大纲，并结合调幅广播（中波广播）设备的维护实际情况而编写的竞赛指导性用书。书中系统梳理、总结了广播电视发射系统中与调幅广播相关的重点内容，并精选了大量的竞赛真题、典型例题和习题。

全书分为上、下两篇，其中上篇为理论篇，下篇为技能篇。理论篇包括电工原理、计算机基础、电波与天线知识、传输线理论、高频功率放大器、模拟信号数字化的基本理论、调幅广播专业知识等主要内容；技能篇包括总局 62 号令、与调幅广播相关的技术标准、电工测量、调幅广播设备维护过程中的常用仪器仪表及其使用方法等。

本书是有志于参加全国广播电视（发射系统）技术能手竞赛的调幅广播（中波广播）专业选手理想的复习和备考资料，同时也可作为相关广播电视工程专业技术人员和技术管理人员的参考书。

前 言

全国广播电视技术能手竞赛主要涵盖发射系统、传输系统、监测系统、中心系统、有线电视系统和供配电系统，这项由广电总局科技司组织的全国性的赛事在各大系统中每年轮流举办，为在安全播出一线的技术工作者提供了一个交流、学习、提高的平台，为促进广播电视安全播出和事业发展作出了贡献。

发射系统是广播电视技术领域中的重要组成部分。迄今为止，科技司分别在1996年、2000年、2004年、2007年和2012年组织举办了5次发射系统的技术能手竞赛，是所有技术系统中举办次数最多的。由于广电总局无线局举办技术能手竞赛活动从1990年就开始了，中间基本上没有间断过，对此项赛事的组织等各方面的经验都很丰富，而科技司早就想要搞一个类似的、全国性的活动，所以，第一届全国广播电视（发射系统）技术能手竞赛终于在1996年升起帷幕，并由无线局全程承办。随着广播电视技术的不断发展，后来的赛事，科技司一般都交给总局科技委和中国传媒大学等相关组织、单位承办。透过历次技术能手竞赛的演变，我们从中可以看出广播电视技术的发展脉络，看出对技术能手要求的变化。

广播电视发射系统细分为3个专业，即调幅广播、调频广播和电视广播，本书主要针对调幅广播。本书作者，来自无线局561台。561台选送的选手曾代表无线局参加1996年、2000年和2004年三次全国广播电视（发射系统）的技术能手竞赛，均获第一名。而作者本人，多年来从事广播发射设备的值班、运行、维护、技术管理和技术培训工作，多次参加无线局技术能手竞赛并获奖，还参加过2008年全国广播电视（传输系统）和2012年全国广播电视（发射系统）技术能手竞赛，均获一等奖，被授予“全国广播电视技术能手”称号。所以，本书作者的单位和个人在全国性的技术能手竞赛中都积累了丰富的经验和教训。

本书根据科技司历次举办的全国广播电视（发射系统）技术能手竞赛复习大纲，并结合调幅广播（中波广播）设备的维护实际情况而编写，博采众家之长，集众人智慧之大成，书中系统梳理、总结了发射系统中与调幅广播相关的重点内容，并精选了大量的竞赛真题、典型例题和习题，是理想的竞赛指导性用书。

本书涉及竞赛大纲的所有内容，同时考虑到竞赛可能存在的拓展性，增加了部分需要掌握的知识点。鉴于技术能手竞赛的特点，书中对相关内容重新梳理、整合、架构，总计分为上、下两篇共10章。其中，第1~7章为理论篇，第8~10章为技能篇，并在内容上作了以下安排。

（1）学习指南：从复习大纲和竞赛要求出发，对相关内容在竞赛中的地位作了简明扼要的阐述，使学习更有重点。

(2) 知识点归纳：串讲概念，总结特性和定理，使知识全面系统，便于掌握。

(3) 典型例题：精选历次的竞赛真题、典型例题和习题，涵盖所有重要知识点，对题目进行深入、详细的解答，引导参赛选手举一反三、拓展思路。

特别感谢无线局维护处对本书出版的大力支持，感谢 561 台技术副台长、教授级高级工程师徐帮辉的悉心指导。同时，本书在编写时参考了大量的资料。在此，对本书的出版给予帮助和指导的领导、专家、同仁表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免出现不妥和谬误之处，恳请广大读者批评指正。

最后，衷心祝愿安全播出一线的技术工作者能在全中国广播电视技术能手竞赛中取得优异成绩，为广播电视事业发展作出新的更大的贡献！

编 者

2013 年 9 月

目 录

上篇 理论篇

第 1 章 电工原理	3
第 1 节 直流电阻电路	3
第 2 节 正弦交流电路	13
第 3 节 谐振电路	22
第 4 节 三相交流电路	27
第 5 节 含有耦合电感的电路	36
第 6 节 整流电路	45
第 7 节 电动机基础知识	55
第 8 节 分贝的概念及计算方法	58
第 2 章 计算机基础	61
第 1 节 计算机的组成	61
第 2 节 计算机操作系统	64
第 3 节 数据库基础知识	67
第 4 节 计算机网络基础知识	70
第 5 节 互联网络在广播电视领域的应用	76
第 3 章 电波与天线知识	78
第 1 节 无线电波的形成、传播与极化	78
第 2 节 调幅波段的电波传播特点	81
第 3 节 天线基础知识	83
第 4 章 传输线理论	88
第 1 节 无损耗传输线	88
第 2 节 中波广播发射机的馈线	94
第 5 章 高频功率放大器	98
第 1 节 电子管高频功率放大器	98
第 2 节 MOSFET 高频功率放大器	108

第3节	功率合成与分配原理	113
第4节	输出网络	114

第6章	模拟信号的数字化	118
第1节	数字电路基础	118
第2节	信源编码和信道编码	125
第3节	数字调制	131

第7章	调幅广播发射设备	141
第1节	调幅原理	141
第2节	调幅广播发射机	144
第3节	DRM 和 AM HD Radio 技术简介	155
第4节	中波同步广播	160

下篇 技能篇

第8章	广电总局第62号令及实施细则	165
------------	-----------------------------	------------

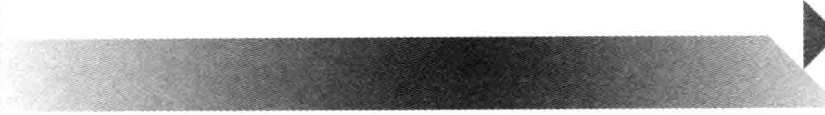
第9章	技术安全及技术标准	167
第1节	技术安全	167
第2节	与调幅广播相关的技术标准	173

第10章	电工测量及调幅广播指标测试	187
第1节	电工测量基础知识	187
第2节	常用电工仪表	190
第3节	调幅广播指标测试仪器及使用方法	197

参考文献	215
-------------------	------------

上 篇

理 论 篇



第1章 电工原理

学习指南

竞赛复习大纲给出的关于电工基础方面的知识点较多,可将其一并归入《电工原理》。从实际考试情况来看,所涉及的考点考试难度不算很大,其中交流电路部分是考试重点,相关内容只需多做习题就可掌握。有别于纯粹的理论,例如谐振电路、分贝等考点的出现都与广播发射机联系比较紧密,值得注意。

第1节 直流电阻电路

知识点归纳

一、电阻的Y形和Δ形联结等效变换

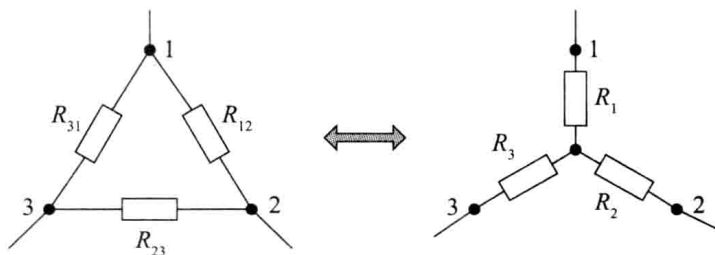


图 1.1.1 电阻的Y形和Δ形联结

1. Δ→Y 转换公式

$$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad R_3 = \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

分母为Δ形中3个电阻之和;

分子为Δ形中与之对应节点相联的电阻之积。

2. Y→Δ 转换公式

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} \quad R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} \quad R_{31} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

分子为Y形电阻的两两乘积之和;



分母为 Y 形与之对应两节点无关的电阻。

二、电压源、电流源的串联和并联

1. 电压源的串联

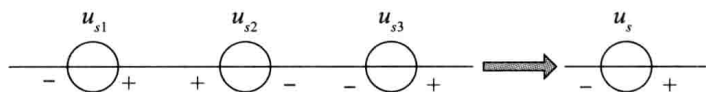


图 1.1.2 电压源的串联

结果： $u_s = u_{s1} - u_{s2} + u_{s3} = \sum u_{sk}$

u_{sk} 方向与 u_s 方向一致时取正；

u_{sk} 方向与 u_s 方向不一致时取负。

2. 电压源的并联

同极性、同数值的电压源才能并联。

3. 电流源的并联

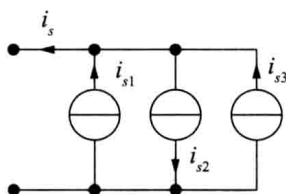


图 1.1.3 电流源的并联

结果： $i_s = i_{s1} - i_{s2} + i_{s3} = \sum i_{sk}$

i_{sk} 方向与 i_s 方向一致取正；

i_{sk} 方向与 i_s 方向不一致取负。

4. 电流源的串联

同方向、同数值的电流源才允许串联。

5. 实际电源的等效互换

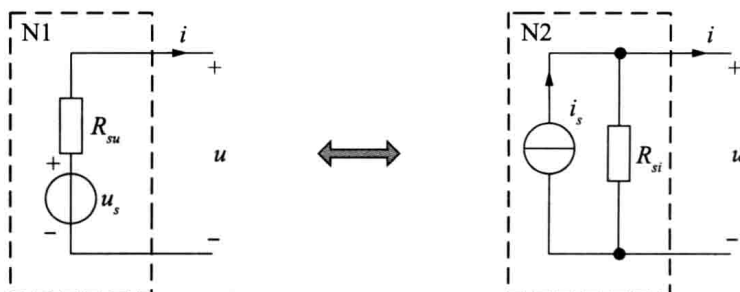


图 1.1.4 电源的等效互换

等效互换条件：

$$\begin{cases} u_s = R_s i_s \quad (i_s = \frac{u_s}{R_s}) \\ R_{su} = R_{si} = R_s \end{cases}$$

三、基尔霍夫定律

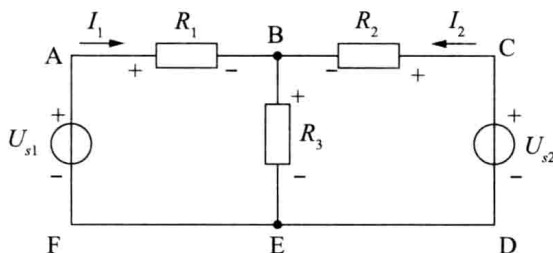


图 1.1.5 基尔霍夫定律运用解析图

1. 几个相关的电路名词

(1) 支路：电路中通过同一个电流的每一个分支。图中有 3 条支路，分别是 BAF、BCD 和 BE。支路 BAF、BCD 中含有电源，称为含源支路。支路 BE 中不含电源，称为无源支路。

(2) 节点：电路中 3 条或 3 条以上支路的连接点。图中 B、E (F、D) 为两个节点。

(3) 回路：电路中的任一闭合路径。图中有 3 个回路，分别是 ABEFA、BCDEB、ABCDEFA。

(4) 网孔：内部不含支路的回路。图中 ABEFA 和 BCDEB 都是网孔，而 ABCDEFA 则不是网孔。

2. 基尔霍夫电流定律 KCL

在集总参数电路中，任何时刻，对任一节点，所有流出节点的支路电流的代数和恒等于零。

3. 基尔霍夫电压定律 KVL

在集总参数电路中，任何时刻，对任一回路，所有支路电压的代数和恒等于零。

四、电路定理

1. 叠加定理

在线性电路中，任一支路的电流（或电压）可以看成是电路中每一个独立电源单独作用于电路时，在该支路产生的电流（或电压）的代数和。

当线性电路中有几个电源共同作用时，各支路的电流（或电压）等于各个电源分别单独作用时在该支路产生的电流（或电压）的代数和（叠加）。

在使用叠加定理分析计算电路应注意以下几点：

(1) 叠加定理只能用于计算线性电路（即电路中的元件均为线性元件）的支路电流或



电压（不能直接进行功率的叠加计算）；

(2) 电压源不作用时应视为短路，电流源不作用时应视为开路；

(3) 叠加时要注意电流或电压的参考方向，正确选取各分量的正负号。

2. 戴维南定理

对于任一含源线性二端网络，就其两个端钮而言，都可以用一条最简单支路对外部等效。

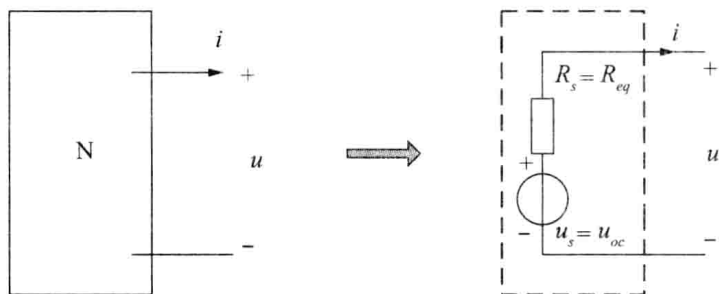
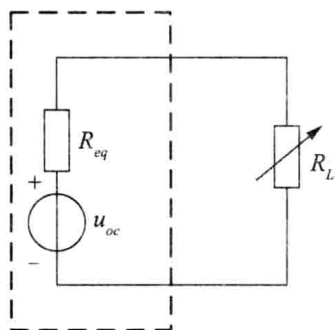


图 1.1.6 戴维南等效变换原理

以一条实际电压源支路对外部等效，其中电压源的电压值等于该含源线性二端网络端钮处开路时的开路电压 U_{oc} ，其串联电阻值等于该含源线性二端网络中所有独立源令为零（电压源短路、电流源开路）时，由端钮处看进去的等效电阻 R_{eq} ，此即戴维南定理。

3. 最大功率传输定理

一个含源线性二端网络，总可以用一条戴维南等效电路对外部等效。当这个含源线性二端网络外接一个负载电阻时，其中等效电源发出的功率将由等效电阻（内阻）与负载电阻共同所吸收。



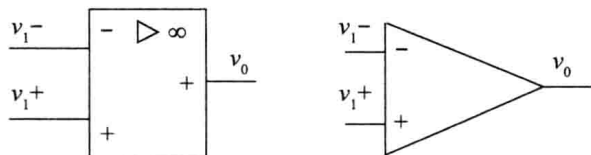
1.1.7 最大功率传输定理

最大功率传输定理告诉我们，当负载电阻 R_L 与戴维南等效电阻 R_{eq} 相等时，负载电阻可从含源线性二端网络获得最大功率。此时最大功率为：

$$P_{L\max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}}$$

五、含有运算放大器的电阻电路

1. 运放的符号。



(1) 国内符号

(2) 国际符号

图 1.1.8 运放的两种画法

2. 理想运放的线性应用条件：有负反馈。

(1) $u_- = u_+$ “虚短”

同相输入端与反相输入端的电位相等，但不是短路。我们把满足这个条件称为“虚短”。

(2) $i_- = i_+ = 0$ “虚断”

理想运放的输入电阻为 ∞ ，因此集成运放输入端不取电流，故名“虚断”。

典型例题

【选择题】

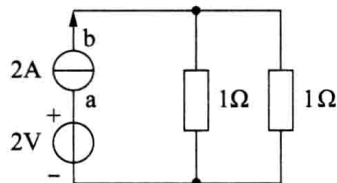
1. 任何一个有源二端线性网络的戴维南等效电路是 ()。

- A. 一个理想电流源和一个电阻的并联电路
- B. 一个理想电流源和一个理想电压源的并联电路
- C. 一个理想电压源和一个理想电流源的串联电路
- D. 一个理想电压源和一个电阻的串联电路

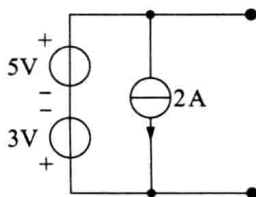
2. 直流电路如图题 1.1.1 所示， U_{ab} 等于 ()。

- A. -2V B. -1V C. 1V D. 2V

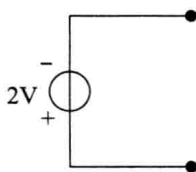
3. 与图题 1.1.2 所示电路等效的电路是 ()。



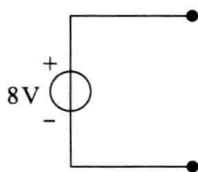
图题 1.1.1



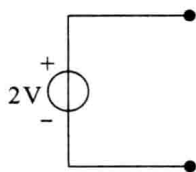
图题 1.1.2



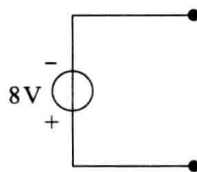
A.



B.



C.

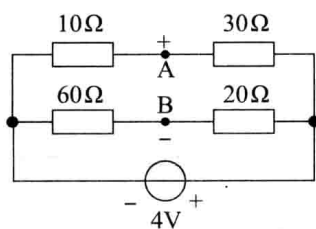


D.



4. 图题 1.1.3 所示电路中, A、B 端电压 $U = (\quad)$ 。

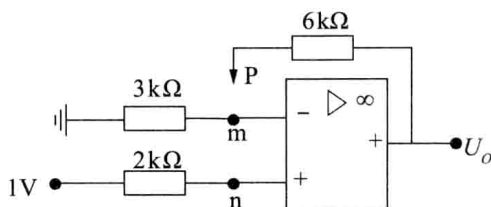
- A. -2V B. -1V C. 2V D. 3V



图题 1.1.3

5. 若图题 1.1.4 所示运算放大电路的输出电压 $U_o = 3\text{V}$, 则 P 点必须 ()。

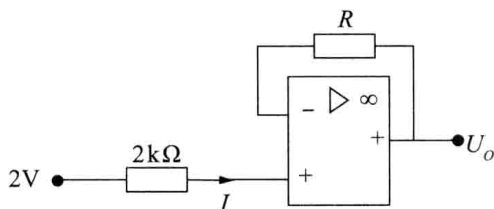
- A. 接 n 点 B. 接地 C. 悬空 D. 接 m 点



图题 1.1.4

6. 图题 1.1.5 所示理想运算放大器电路中, 电流 I 值为 ()。

- A. -1mA B. 0 C. 1mA D. 无法确定



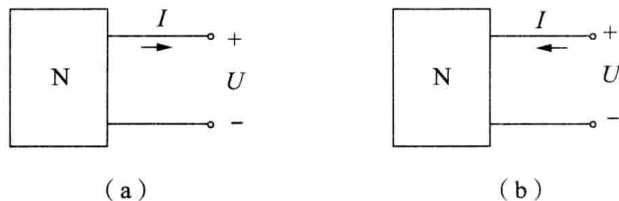
图题 1.1.5

【参考答案】

1. D 2. C 3. C 4. A 5. D 6. B

【解答题】

1. 图题 1.1.6 所示电路中, 已知图 (a) 中 N 吸收 100W 电功率, 电流 I 为 5A , 求端口电压 U , 并指出其真实方向; 若图 (b) 中 N 发出 100W 电功率, 电压 $U = -100\text{V}$, 求其端口电流 I , 并指出其真实方向。



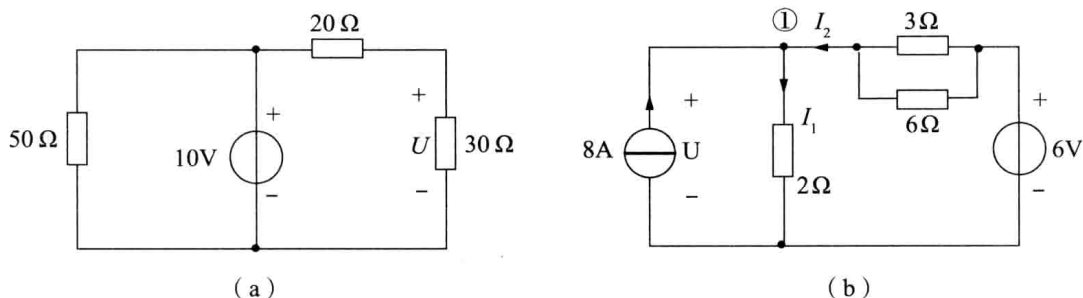
图题 1.1.6

解:

在图 (a) 中, I 和 U 为非关联参考方向, $P = -UI = -5U = 100$, $U = -20\text{V}$, 真实方向与标注的方向相反。

在图 (b) 中, I 和 U 为关联参考方向, $P = UI = -100I = -100$, $I = 1\text{A}$, 真实方向与标注的方向相同。

2. 利用 KCL 和 KVL, 求图题 1.1.7 所示电路中电压 U 。



图题 1.1.7

解:

(a) 20Ω 和 30Ω 串联电压为电压源 10V , 所以

$$u = \frac{10}{20 + 30} \times 30 = 6\text{V}$$

(b) 在节点①处应用 KCL 有:

$$8 + I_2 = I_1 \quad (1)$$

在 2Ω 和由 6Ω 并联 3Ω (等效 2Ω) 以及 6V 所在回路应用 KVL 有:

$$-2 \times I_2 + 6 - 2 \times I_1 = 0 \quad (2)$$

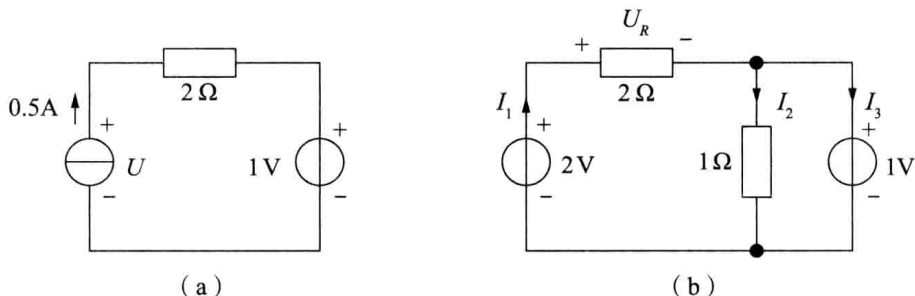
联立 (1) (2) 两方程可得:

$$\begin{cases} I_1 = 5.5\text{A} \\ I_2 = -2.5\text{A} \end{cases}$$

8A 电流源与 2Ω 并联, 则:

$$U = 2I_1 = 11\text{V}$$

3. 试求图题 1.1.8 所示电路中每个元件的功率。



图题 1.1.8