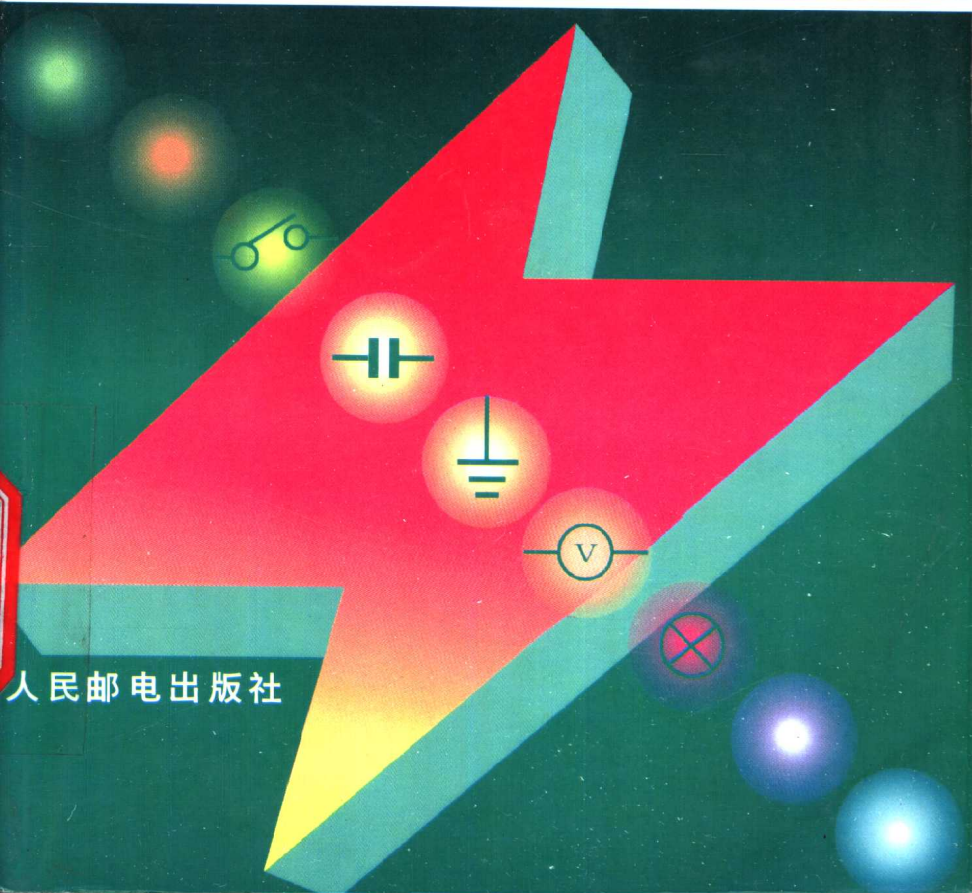


怎样看

电工实用 线路图

郑凤翼 孙铁宸 孟庆涛 编著

实用电工丛书



人民邮电出版社

实用电工丛书

怎样看电工实用线路图

郑凤翼 孙铁宸 孟庆涛 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书从看图的角度出发,以工矿、农村、机关企事业单位一百五十多个常用电工线路为实例,介绍看电工实用线路图的方法与技巧,以帮助广大电工人员提高识读各种电气线路的能力。内容包括:看电工实用线路图的基础知识;电工电器;看电工实用线路图的方法;怎样看电力系统电路图;怎样看电动机的控制电路图;怎样看普通机床及其它机械装置电气线路图;怎样看电力电子电路图;怎样看电子电器电路图;怎样看仪表测量、信号和保护电路图。

本书可供各行各业电工,特别是农村、乡镇企业初学电工的人员阅读、参考。

实用电工丛书

怎样看电工实用线路图

zen yang kan dian gong shi yong xian lu tu

编 著 郑凤翼 孙铁宸 孟庆涛

责任编辑 刘建章

人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街14号

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本 787×1092 1/32

印张:15.75

字数:360千字

1996年8月第1版

印数:33 001—44 000册

1998年6月北京第4次印刷

ISBN 7-115-06156-4/TN·1086

定价:17.00元

《实用电工丛书》编委会

主 任：牛田佳

副主任：李树岭

编 委：	王如桂	王英杰	王锡江
	王霁宗	孙中臣	张国峰
	任致程	宋东生	陈有卿
	陈国华	郑凤翼	

《实用电工丛书》前言

电广泛应用在社会生活的各个领域。在广大城乡、在各行各业，形成了庞大的电工人员队伍。

为了普及电工知识，帮助广大电工人员，特别是初级电工人员学习电工的基本理论知识，掌握科学、规范的电气操作技术，提高操作技能水平，我们组织编写了这套《实用电工丛书》。参加编写工作的都是长期从事电气技术工作和培训工作的专业人员，实践经验丰富。这套书有的针对某一行业、某一项电气操作技术，有的针对某一种常用电气设备，详细介绍了有关的电工知识，电气操作技能和要求，以及大量实际经验和线路等。内容力求切合实际，突出实用性，并采用深入浅出、图文并茂的叙述方法，做到篇幅适中，文字精练，通俗易懂，让读者学习以后，可以迅速应用到实际工作中去，达到立竿见影的效果。本丛书适合初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读，也可作各类电工培训班的教材使用。

衷心希望广大从事电气工作的专家、学者、工作人员对丛书提出宝贵意见，以便于我们改进出版工作，更好地为读者服务。

《实用电工丛书》编委会

前 言

在生产实践中，广大的电工人员，特别是农村、乡镇企业初学电工的人员，都不可避免地要接触各种各样的电器设备线路图，这些电器设备图纸有的比较简单，有的确很复杂，给电工识图增添了难度。本书从看图的角度出发，以工矿、农村、机关企事业单位一百五十多个常用电工线路为实例，介绍看电工实用线路图的方法与技巧，以帮助广大电工人员提高识读各种电气设备线路图的能力。为方便初学者看图，本书先介绍一些看电工实用线路图的基础知识和电工电器元件的性能、特点和参数，然后讲看电工实用线路图的方法与技巧。在此基础上，以具体的实例介绍怎样看电力系统电路图、怎样看电动机的控制电路图、怎样看普通机床及其它机械装置电气线路图、怎样看电力电子电路图、怎样看电子电器电路图和怎样看仪表测量、信号与保护电路图。

在本书编写过程中，锦州消防仪器厂齐宝霞、王红梅同志为本书绘制了大部分插图，国营华光电子管厂梁素文、鞠华同志协助整理了部分资料，在此一并表示感谢。

由于作者水平所限，书中错误和不妥之处，敬希读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 看电工实用线路图的基础知识	1
第一节 电路中的几个物理量.....	1
第二节 分析电路的几个基本定律和基本公式.....	5
第三节 电气符号	13
第四节 电气制图的一般规则	24
第二章 电工电器	33
第一节 刀开关和转换开关	33
第二节 熔断器	37
第三节 自动开关	42
第四节 接触器	44
第五节 起动器	47
第六节 主令电器	50
第七节 继电器	53
第八节 照明电器	56
第九节 变压器与调压器	63
第十节 互感器	93
第十一节 电力电容器和电抗器	99
第十二节 交直流电机.....	107
第十三节 高压开关电器.....	119
第十四节 高低压成套设备及组合变电站.....	137
第十五节 防雷电器.....	145
第三章 看电工实用线路图的方法	150
第一节 看图的基本方法和步骤.....	151
第二节 怎样看电力系统线路图.....	153

第三节	怎样看机床及其它机械装置电气线路图·····	156
第四节	怎样看电子电器线路图·····	165
第四章	怎样看电力系统电路图·····	168
第一节	电力系统·····	169
第二节	怎样看变电所主接线图·····	171
第三节	怎样看工厂供电系统电路图·····	174
第四节	怎样看变电所的二次接线图·····	180
第五章	怎样看电动机的控制电路图·····	184
第一节	三相鼠笼异步电动机的直接起动控制电路·····	185
第二节	三相鼠笼异步电动机的正反转控制电路·····	193
第三节	三相鼠笼异步电动机的降压起动控制电路·····	199
第四节	三相鼠笼异步电动机的制动控制电路·····	211
第五节	三相绕线型异步电动机的起动与调速电路·····	222
第六节	机械设备的限位控制电路·····	228
第七节	电动机缺相保护电路·····	232
第八节	漏电保护电路·····	251
第六章	怎样看普通机床及其它机械装置电气线路图·····	254
第一节	普通车床电气控制电路图·····	255
第二节	摇臂钻床电气控制电路图·····	257
第三节	X62W 万能铣床电气控制电路图·····	264
第四节	T4163A 单柱坐标镗床电气控制电路图·····	271
第五节	MM7120 平面磨床电气控制电路图·····	283
第六节	M1432A 万能外圆磨床电气控制电路图·····	293
第七节	5 吨桥式起重机电路图·····	298
第八节	电瓶铲车电气控制电路图·····	302
第九节	电动葫芦电气控制电路图·····	306
第七章	怎样看电力电子电路图·····	309

第一节	看电力电子电路图的基础知识	
	——晶闸管及其触发电路·····	310
第二节	晶闸管交流开关·····	344
第三节	晶闸管交流调压·····	363
第四节	晶闸管整流器·····	381
第五节	晶闸管调速电路·····	394
第八章	怎样看电子电器电路图·····	403
第一节	接近开关·····	403
第二节	时间继电器·····	411
第三节	光电开关·····	419
第四节	固态继电器及其应用·····	420
第五节	无声节电交流接触器·····	428
第六节	半导体脱扣器·····	442
第九章	怎样看仪表测量、信号和保护电路图·····	449
第一节	怎样看仪表测量电路图·····	449
第二节	怎样看信号电路图·····	465
第三节	怎样看保护电路图·····	468

第一章 看电工实用线路图 的基础知识

第一节 电路中的几个物理量

一、电源的电动势

电动势是衡量电源将非电能转换成电能的本领的物理量。其大小在数值上等于：在电源内部，外力将单位正电荷从电源的负极移到正极所作的功。电动势的正方向为在外力作用下正电荷移动的方向，即由电源的负极指向正极。

二、电 流

导体中作无规则运动的自由电子，在电场力的作用下向电源正极移动而作定向运动。电荷作有规则的定向运动称为电流。其正方向，规定为正电荷移动的方向；其大小，规定为每秒钟通过导体横截面的电荷量表示，称为电流强度，以 I 表示， I 的单位是安培(A)。

若电流的方向不随时间而变化叫直流电流。反之，叫交流

电流。

三、电 压

电压是衡量电场力作功本领的物理量。在电路中电场力将单位正电荷从某一点移到另一点所作的功，在数值上等于这两点间的电压。

电压的正方向即在电场力的作用下，正电荷移动所指的方向。负载两端电压的方向与通过负载的电流的方向一致；电源两端的电压方向与电源中流过的电流的方向一致。电压以字母 U 表示，单位是伏特(V)。

四、电位和电位差

在电路中某点与参考点间的电压叫该点的电位。一般参考点的电位为零电位。若某点对参考点的电压为正，则该点为正电位；反之，则为负电位。电位以字母 V 表示，单位为伏特(V)。

电路中任意两点间(如 a 、 b 点)的电位之差称为这两点间的电位差，以 $U_{ab} = V_a - V_b$ 表示，单位是伏特(V)。因此某两点间的电位差，即为该两点间的电压。

五、直流电、交流电、三相交流电

电参数(包括电流 i 、电压 u 、电势 e)的大小及方向不随时间变化的叫直流电。电参数的大小及方向随时间作周期性变化的叫交流电；若其变化符合正弦函数的规律，则称为正弦交流电。

由三个同频率、同幅值，彼此之间有 120° 相位差的正弦交流电动势构成的电源叫三相对称交流电源。由三相电源及负载、联接导线及控制装置组成的电路叫三相交流电路。

由于三相正弦交流电，在发电、输配电及用电设备的制造和运行方面具有很多的优点，因此获得了广泛的应用。

六、电 阻

导体对电流的阻碍作用称为导体的电阻，用字母 R 或 r 表示，单位是欧姆(Ω)。

实验证明，导体的直流电阻 $R = \rho \frac{L}{S}$ 。式中 R 为导体的电阻(Ω)； L 为导体的长度(m)； S 为导体的截面积(mm^2)； ρ 为与导体材料及温度有关的系数，叫电阻率($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

七、电容量及容抗

在介绍容抗之前，首先介绍电容器及其特性。电容器是由被绝缘物隔开的二组金属极板及引线组成的，具有储存电荷量功能的电路元件。

电容器接在直流电路中，只有在换路瞬间，电容器处于充放电状态时，电路中才有电流通过，而处于稳态工作时，电流便等于零。因此，在直流电路中的电容器在稳态时使电路处于断路状态。

若在电容器两端加上交流电压，则由于电源极性的不断变化，电容器将周期性地充电和放电，因而电路中不断地有电流通过。由于电容器的这种通交流、隔直流的作用，在电子线路中常用它来滤波、隔直及旁路交流等；还可与电感元件配合用来选频；在电力系统中常利用它来改善系统的功率因数，以减少电能的损耗和提高电气设备的利用率。

电容量是表示电容器储存电荷量功能大小的物理量。电容量的大小定义为：电容器在单位电压作用下，储存电荷量的能

力称为它的电容量，表达式为

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1.1.1)$$

式中， Q 为一个极板上所储存的电荷量(c, 库伦)； U 为两极板间的电压(V)； C 为电容量(F, 法拉)。

在电路中，任一瞬间，流过电容器的电流与其两端所加电压的变化率成正比。在数值上

$$I = \omega C U$$

令
$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1.1.2)$$

则
$$I = \frac{U}{X_c} \text{ 或 } U = I X_c. \quad (1.1.3)$$

式中， X_c 称为容抗(Ω)， f 为频率(Hz)、 C 为电容量(F)。

式(1.1.2)表示电压、电流的有效值与容抗之间的关系，与直流电路的欧姆定律有相同的形式。当电压 U 一定时，容抗愈大，电流 I 越小，而容抗 X_c 的大小与电源频率 f 和电容 C 的乘积成正比。

在相位上，流过电容器的电流的相位超前加在电容器两端电压的相位，超前角为 90° 。

八、电感及感抗

电感线圈通入电流后将产生磁通，也就储藏了磁场能量。为了衡量线圈产生自感磁通本领的大小，我们用电感量(简称电感)来表示。电感的定义是：某线圈的电感即该线圈在单位电流的作用下，所产生的磁链(又叫磁通数)。表达式为

$$L = \frac{N\phi}{I} \quad (1.1.4)$$

式中， L 为线圈的电感(H, 亨利)， N 为匝数， ϕ 为穿过线圈的磁通(Wb, 韦伯)。

在电路中，任一瞬间，电感线圈两端电压与流过线圈电流的变化率成正比。在数值上，

$$U = \omega LI$$

令 $X_L = \omega L = 2\pi fL$ (1.1.5)

则 $U = IX_L = I2\pi fL$ (1.1.6)

称 X_L 为感抗，对电流起阻碍作用的物理量； f 为频率(Hz)， L 为电感(H)。

式(1.1.6)表示电压、电流有效值与感抗之间的关系，与直流电路的欧姆定律有相同的形式。当电流 I 一定时，感抗越大，电压 U 越大，而感抗 X_L 的大小与电源频率 f 和电感 L 的乘积成正比。

在相位上，电感两端电压的相位超前流过电感线圈电流的相位，超前角为 90° 。

第二节 分析电路的几个基本定律和基本公式

一、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

流过导体的电流 I ，与加在导体两端的电压 U 成正比，与导体的电阻 R 成反比。表达式为：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2.1)$$

2. 全电路欧姆定律

包含电源的闭合电路叫全电路。设 E 为电源的电势， r_0 为电源的内阻， R 为负载电阻。

在全电路中, 电流 I 与电源电动势 E 成正比, 与整个电路的电阻 $(R+r_0)$ 成反比, 这就是全电路欧姆定律。表达式为:

$$I = \frac{E}{R+r_0} \quad (1.2.2)$$

电源两端电压 U 与输出电流 I 之间的关系 $U=f(I)$ 叫电源的外特性。根据式(1.2.2)得

$$U=f(I)=U=E-Ir_0 \quad (1.2.3)$$

如图 1.2.1 所示。

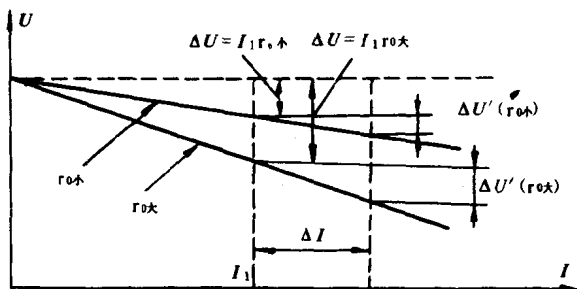


图 1.2.1 电源的外特性曲线

由图可见, 在相同的负载电流 I_1 的条件下, r_0 越大, $\Delta U = I r_0$ 越大; 在负载电流变化 ΔI 的相同条件下, r_0 越大, 对应的电压变化 $\Delta U'$ 也越大。电源开路时, $\Delta U = I r_0 = 0$, $U = E$, 即电源的电动势就等于电源的开路电压。电源两端短路时 $(R=0)$, $I_{\text{短}} = \frac{E}{r_0}$ 。通常为了获得稳定的供电电压, 要求 $R \gg r_0$, 因此负载短路时, $I_{\text{短}}$ 将很大, 因此电源是不允许短路的。

二、电磁感应定律

电磁感应的基本定律是楞次定律和法拉第电磁感应定律。

楞次定律的内容是: 当穿过线圈中的磁通发生变化时, 线

圈中将产生感应电动势。若线圈两端已构成闭合回路，则在感应电动势的作用下形成感生电流，而感应电流产生的磁场总是阻碍线圈中原磁通的变化。楞次定律是判断产生感应电动势的依据。在线圈或导体中感应电动势和感应电流的方向是一致的。

法拉第电磁感应定律：线圈中产生感应电动势的大小和穿过线圈中磁通变化率成正比。感应电动势 $E = W \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = 4.44fW\phi$ (V), E 为在 Δt 时间内感应电动势的平均值, W 为线圈匝数, $\Delta\phi$ 为 Δt 时间内穿过线圈中磁通变化量, Δt 为磁通变化 $\Delta\phi$ 所需要的时间, f 为频率(Hz), ϕ 为铁芯中交变磁通(Wb)。

三、克希荷夫定律

1. 克希荷夫电流定律(节点电流定律)

克希荷夫电流定律是确立电路中各部分电流之间相互关系的定律。

在电路中，在任一瞬间，流进某节点(三条或三条以上支路的汇接点称节点)的电流之和恒等于流出该节点电流之和；或者说，流过电路中任意一个节点的代数和为零。若我们规定流入节点的电流为正，从节点流出电流为负，则可得表达式

$$\sum I = 0 \quad (1.2.4)$$

对图 1.2.2 所示的节点 A, $-I_1 - I_2 + I_3 = 0$, 即 $I_3 = I_1 + I_2$ 。

2. 克希荷夫电压定律(回路电压定律)

回路电压定律是说明回路中各部分电压相互间关系的定律。

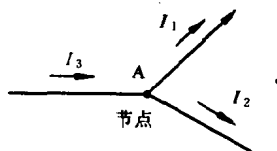


图 1.2.2 节点电流定律

在电路中，在任一瞬间，对于电路中任一闭合回路，按一定的绕向电动势的代数和恒等于电压降的代数和，其表达式为

$$\sum E = \sum IR$$

所谓代数和，则必须考虑到正负号，正负号的确定方法是：

首先任意规定本回路的绕行方向和电流的正方向，凡电动势的正方向与回路绕行方向一致者取正值，反之取负值；凡电

流的正方向与回路的绕行方向一致者，则其在电阻上的压降取正值，反之则取负值。

回路电压定律的另一表达式，即在任一瞬间，对于电路中任一闭合回路，各部分电压的代数和恒等于零，其表达式为

$$\sum V = 0 \quad (1.2.5)$$

对于图 1.2.3 所示的二个回路有：

路有：

$$E_1 + I_1 R_1 + I_3 R_3 - I_2 R_2 = 0$$

$$-E_2 - I_3 R_3 + I_5 R_5 - I_4 R_4 = 0$$

四、等效发电机定理(戴维南定理)

对于任意的线性有源二端网络(内部含有电源的有两个出线端的电路称为有源二端网络)，就其对外作用来讲，可以用一个电动势 E_0 串联内阻 R_0 的电压源来等效，其中 E_0 值等于该二端网络的开路电压 V_{oc} ，内阻 R_0 的值等于把该网络中各电动势短路(但保留其内阻)后网络的入端电阻。这个等效电压源相当于一个具有内阻的发电机。