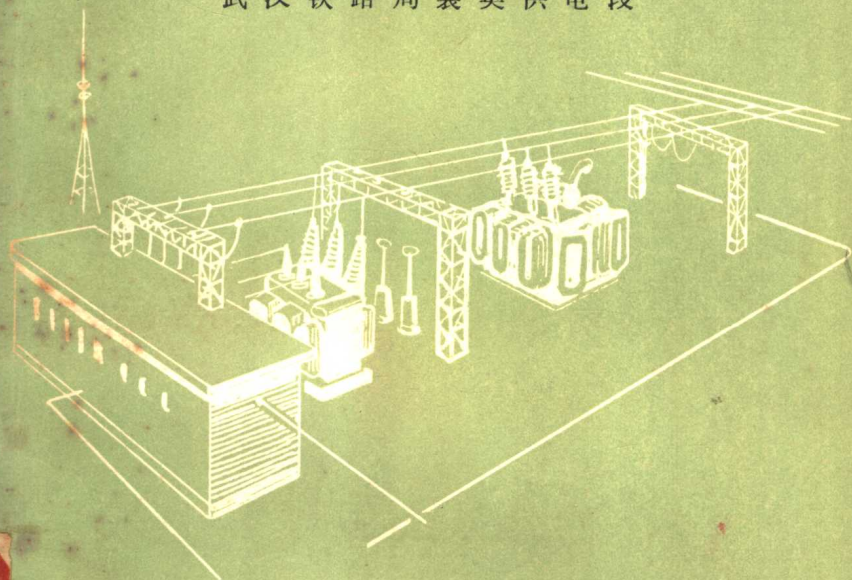


交流电气化铁道 牵引变电所

武汉铁路局襄樊供电段



人民铁道出版社

交流电气化铁道牵引变电所

武汉铁路局襄樊供电段

人 民 铁 道 出 版 社

1976年·北京

内 容 简 介

牵引变电所是电气化铁路重要的组成部分，它主要是向电力机车供电；当技术经济指标合理时，亦可向铁路其它用户供电；还应考虑向铁路沿线地方工农业负荷提供电源。

书中比较系统地介绍了交流电气化铁路牵引变电所的主接线、一次设备、继电保护、二次接线和自用电装置等主要内容以及试验和运行的基本要求。

本书可供牵引变电所专业的新工人和工农兵学员学习和参考。

交流电气化铁道牵引变电所

武汉铁路局襄樊供电段

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：11 字数：241 千

1976年6月 第1版

1976年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,500 册 定价(科二)：0.75 元

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线的指引下，近年来我国的电气化铁路有了很大的发展。经过无产阶级文化大革命锻炼的广大牵引供电职工，在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动中，高举鞍钢宪法和工业学大庆的光辉旗帜，为发展我国电气化铁路做出了重要的贡献。

随着电气化铁路的不断发展，牵引供电职工的队伍也在不断地壮大。他们在各级党组织的关怀和培养下，思想和技术上都取得了很大的进步，我国的电气化铁路事业呈现出朝气蓬勃的生动局面。

为此，我们在广大从事电气化铁路牵引供电工作的工人、干部和工程技术人员的支持下，着手编写了这本书。

在本书编写的过程中，我们得到了西安铁路局略阳供电段、勉西供电段、西南交通大学、铁路电化工程局电气化勘测设计处等单位的大力支持并提供有关资料，我们表示深切的感谢。

由于我们实践知识不足、理论水平有限、编写时间仓卒，书中一定有不少错误之处，欢迎读者批评指正。

武汉铁路局襄樊供电段

一九七五年十二月

目 录

绪 论	1
第一章 牵引变电所常见的电工基础知识	5
第一节 直流电和交流电	5
第二节 电磁和电磁感应	11
第三节 正弦交流电路及其符号法	22
第二章 牵引变电所主结线及一次设备	62
第一节 牵引变电所主结线图	62
第二节 变压器	69
第三节 开关设备	91
第四节 电流互感器和电压互感器	109
第五节 避雷装置	120
第三章 继电保护	128
第一节 继电保护概述	128
第二节 单相 V/V 结牵引变电所的继电保护	148
第三节 三相 Y/ Δ 结牵引变电所的继电保护	167
第四节 110 千伏线路的继电保护	186
第五节 小接地电流系统的绝缘监察装置	192
第六节 串联补偿电容装置	195
第七节 馈电线成套保护装置	200
第四章 电工仪表及其测量	221
第一节 牵引变电所常用电工仪表的标志符号	221
第二节 磁电式仪表及直流电流和电压的测量	223
第三节 电磁式仪表及交流电流和电压的测量	225
第四节 电动式仪表及功率的测量	228

第五节	电度表和电能的测量	230
第六节	万用表和兆欧表	236
第五章	二次接线	239
第一节	二次接线的概述	239
第二节	高压断路器的操作与信号回路	248
第三节	中央信号回路	258
第四节	自动重合闸装置	265
第六章	自用电系统	268
第一节	概述	268
第二节	固定式铅酸蓄电池组	269
第三节	硅整流装置的工作原理及其应用	279
第四节	直流系统的绝缘监察	288
第五节	异步劈相机	293
第七章	母线设备、高压配电装置与接地装置	297
第一节	母线设备	297
第二节	高压配电装置	297
第三节	接地装置	302
第八章	电力设备的试验	306
第一节	绝缘电阻的测试	306
第二节	直流耐压和直流泄漏试验	308
第三节	介质损失角的测量	311
第四节	交流耐压试验	317
第五节	直流电阻测量	318
第六节	变压器的试验	320
第七节	其他电力试验	325
第九章	牵引变电所的运行管理	328
第一节	运行管理的任务和內容	328
第二节	值班责任和电调管理	329

第三节	牵引供电设备的运行与维护	331
第四节	电气设备的巡视和倒闸作业	334
第五节	牵引变电所事故现象及处理原则	335

绪 论

铁路是国民经济的大动脉。铁路运输对工农业生产和人民生活起着越来越重要的作用。为了贯彻执行党的“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线，加快我国的社会主义建设，必须以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，进行铁路牵引动力的技术改造，以提高铁路运输效率、降低运输成本，使其更好地为工农业生产服务，为广大工农兵服务，为巩固无产阶级专政服务。

我国是一个社会主义国家。当前铁路虽然仍以蒸汽牵引为主，但近年来，国产内燃机车和电力机车正以逐年增加的形势投入铁路运输。

电力牵引与内燃牵引相比较，有着运输能力大、运输成本低、速度快、利用效率高，适合用长隧道或多隧道地区、长大坡道以及运输繁忙地区，没有大气污染等优点；与蒸汽牵引相比较，无论在技术经济、运用性能以及劳动条件等各方面，更有其显著的优越性。事实证明，电气化铁路在我国铁路运输事业上，是很有发展前途的。

电气化铁道根据接触网上的电压、电流性质可以分为各种不同的电流制。主要有以下几种：

1. 直流制

电气化铁道最早采用的是直流制，电压一般为3000伏，应用广泛。它具有机车简单、牵引特性良好、对通信线路干扰小等优点。但是，直流制由于供电电压不能过高，所以接触导线截面大，有色金属耗费较多。牵引变电所数目多而且构造复杂、投资大，泄漏电流对地下金属建筑物有腐蚀作用等缺点。

2. 低频单相交流制

与直流制相比较，低频单相交流制具有接触导线截面显著减小、重量轻、结构简单；牵引变电所构造简单数目少；对地下金属建筑物没有腐蚀作用等优点。但是，需要专用的发电厂或变频变电所。且对通讯线路有干扰作用。

3. 工频单相交流制

工频单相交流制的电压，用得最广泛的为25千伏，其优点是可由电力系统直接供电，因而供电系统构造简单；接触网电压高，则导线截面小、电能损耗少、重量轻、结构简单；机车牵引性能好；对地下金属建筑物没有腐蚀作用；牵引变电所数目少、构造简单；能实现铁路沿线供电，支援地方用电等等。存在的缺陷是机车较为复杂，需设整流装置；电力系统容易引起较大的负序电流；对通讯线路亦有干扰作用。

4. 三相交流制

这种电流制是由于三相异步电机得到广泛应用而出现的。它具有机车和牵引变电所简单、对地下金属建筑物无腐蚀等优点。但是却有两个重要的缺点，即机车调速困难、接触网结构复杂。此外，功率因数较低，对通讯线路有干扰作用。

实践证明，工频单相25千伏交流制具有较多的优越性和显著的经济效果。目前我国干线铁路的电气化就是采用这种电流制。直流制只应用在工矿运输、地下铁道和城市交通运输等方面。

下面我们将讨论工频单相交流制的牵引变电所有关内容。

图0—1为采用工频单相交流制的电气化铁路一次供电系统及牵引供电系统原理电路图。图中仅表示了一个牵引变电所3，经三相高压输电线2，从电力系统中邻近铁路的区

域变电所或发电厂 1 获得电能，然后将三相变换成单相交流电经馈电线 6，送给沿铁路架设的接触网 4，向电力机车 8 供电。电流经过电力机车的变压器到钢轨 5，回流线 7 和大地，流回牵引变电所。在电气化铁路术语中，通常将接触网 4、轨道 5、馈电线 6、回流线 7 总称为牵引网。而接触网和轨道就形成牵引网的主体。

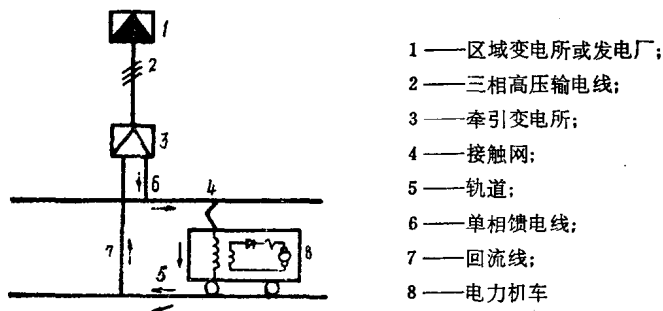


图 0—1 一次供电系统及牵引供电系统原理电路图

图中 1 和 2 是国家电力系统的组成部份，称为电气化铁路的一次供电系统。通常由国家电力部门经营管理。3～7 各部份称为电气化铁路牵引供电系统。由铁道部经营管理。

牵引变电所是牵引供电系统的核心。其作用是将由一次供电系统所接受到的电能，以一种形式变换为适合电力机车牵引使用的形式。牵引变电所的正常运转关系到电气化铁路的正常运输。保证安全，不间断地供电是牵引变电所工作人员的重要职责。

牵引负荷属于 I 级负荷，要求供电十分可靠。因此，必须由两个独立电源（区域变电所或发电厂）各送一回路供电，或者由一个电源经两回路输电线路供电。

牵引变电所的供电方式有两种：集中式供电和分散式供电。在分散式供电中，每个牵引变电所的功率都不大，但数

目多，分布较密。当一个变电所事故断电或停电检修时，其余牵引变电所仍可保证正常运输所需要的电力。在集中式供电中，每个牵引变电所的功率较大（一般设两台主变压器），但数目较少，分布较疏。为了牵引变压器的定检和事故处理，应设有移动变压器或者移动变电所。目前我国干线电气化区段均采用集中供电加移动变压器作后备的方式。

牵引变电所主要是向电力机车供电；当技术经济合理时，可向铁路其它用户供电；必要时，应考虑向铁路沿线地方工农业负荷提供有利条件。

第一章 牵引变电所常见的电工基础知识

第一节 直流电和交流电

一、基本概念

电有直流电和交流电两种，如图 1—1 所示。

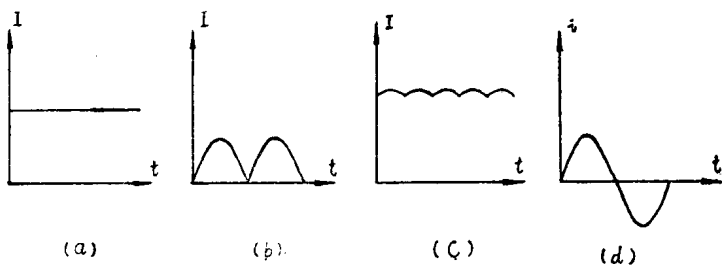


图 1—1 直流电和交流电

电流的方向固定不变的，叫做直流电。直流电又分稳定直流电与脉动直流电两种，前者电流的方向、大小均不变，如图中（a）所示；后者电流的方向不变，大小随时间改变，如图中（b）和（c）所示。直流电流用大写字母 I 表示。

电流的方向和大小随时间变化的叫做交流电。通常所说的交流电是指电流的方向和大小随时间作周期性正弦规律变化的正弦交流电，如图中（d）所示。交流电流用小写字母 i 表示。

直流电的电源一般采用干电池、蓄电池或直流发电机。而交流电的电源则采用交流发电机。如果要从交流电源获得

直流电则要经过整流装置。

牵引变电所操作、信号等电路所用的是直流电，由蓄电池或硅整流装置供给。所内照明、风扇电动机以及向电力机车供电等都是交流电，是由发电厂经过高压输电线路供给牵引变压器，再由牵引变压器降压后供给的。

二、两个基本定律

什么叫电路？电路是一个整体，即把电源和用电设备用导线连接而成的闭合回路，

图 1—2 所示为一个最简单的电路。图中 $E (e)$ 为电源，它可以是直流电源 E ，也可以是交流电源 e ， D 为电灯， K 为开关。当 K 闭合时，回路中有电流 $I (i)$ 流过，电灯 D 就发亮。

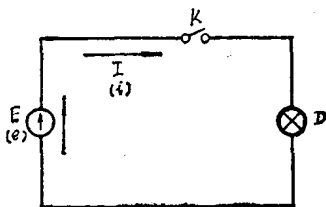


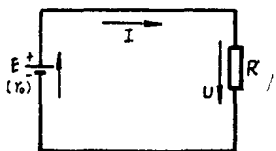
图 1—2 最简单的电路

(一) 欧姆定律

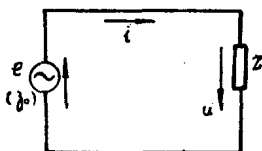
1. 直流电路

如图 1—3 (a) 所示，通过实验可以得出以下两个关系式

$$\frac{U}{I} = R \text{ 和 } \frac{E}{I} = r_0 + R$$



(a)



(b)

图 1—3 欧姆定律的解释性电路

$\frac{U}{I} = R$ 称为一段电路的欧姆定律，它表示通过一段电

路的电流 I 与该电路两端所加的电压 U 成正比； R 表示比例常数，称为该段电路的电阻，单位为欧姆。在实际应用中尚有千欧和兆欧，分别用 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 和 $m\Omega$ 来表示， $1m\Omega = 1000k\Omega = 1,000,000\Omega$ 。

$\frac{E}{I} = r_0 + R$ 称为全电路欧姆定律，表示通过回路的电流 I 与该电路电源的电势成正比，比例常数 $r_0 + R$ 称为全电阻。其中 r_0 为电源的内电阻， R 为外电路的电阻。

2. 交流电路

如图 1-3 (b) 所示，是把欧姆定律应用于交流电路中。由于交流的特点是电路中不仅存在电阻，而且还有电感和电容，故与直流电路中的欧姆定律不同的是将 $R(r_0)$ 改为 $Z(z_0)$ ， Z 称为交流电路的阻抗。因此，在交流电路中有：

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \dot{Z} \text{ 和 } \frac{\dot{E}}{\dot{I}} = \dot{z}_0 + \dot{Z}$$

式中：均为采用符号法表示的正弦交流电路的各量。

(二) 克希荷夫定律

前面介绍的是一种最简单的电路。通常遇到的还有较复杂的电路，如图 1-4 所示的有分支电路。这时，就不能直接应用欧姆定律了。因此，我们再介绍一个基本定律——克希荷夫定律。

1. 克希荷夫第一定律

图 1-4 所示，有三个电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 ，分别接到电源 A 、 B 两端。 A 点和 B 点各有四条导电通路汇集在一起，每一条导电通路称为一个支路。凡三条或三条以上支路的汇结点称为结点。

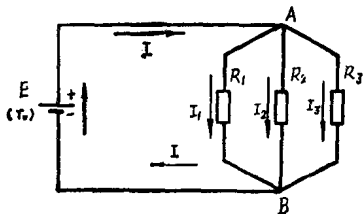


图 1-4 分支电路

对于结点 A: $I = I_1 + I_2 + I_3$

对于结点 B: $I_1 + I_2 + I_3 = I$

即流入一个结点的电流之和应等于从该结点流出去的电流之和, 这就是克希荷夫第一定律。

上述两式经移项后可得:

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$\text{或 } I + (-I_1) + (-I_2) + (-I_3) = 0$$

如果规定流入结点的电流为正, 流出的电流为负, 那么克希荷夫第一定律又可说成: 流入任一结点的电流的代数和等于零。并写成:

$$\Sigma I = 0$$

式中: I 为代数值, Σ 为表示代数和的数学符号。

2. 克希荷夫第二定律

根据全电路的欧姆定律, 可得出:

$$E = I r_0 + IR = I r_0 + U$$

即闭合回路中, 电势等于电源内电阻上的电压降与外电阻上的电压降之和, 这一规律推广到任何一个闭合回路都是正确的。

图 1-5 所示是由两个电势 E_1 、 E_2 和两个电阻 R_1 、 R_2 构成的无分支闭合回路。假定我们从电路的某一点开始沿着任意选定的绕行方向 (如图按电流的方向) 绕行电路一周, 则有:

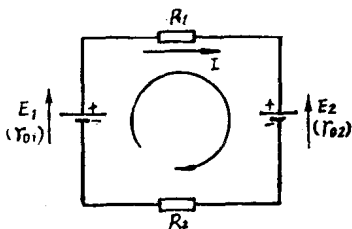


图 1-5 含有两个电势的无分支电路

$$E_1 - E_2 = IR_1 + IR_2 + I r_{01} + I r_{02}$$

$$\text{或 } \Sigma E = \Sigma IR$$

这就是克希荷夫第二定律, 它表示在电路的任一闭合回

路中，各电源电势的代数和等于各电阻上电压降的代数和。

应该注意，回路的绕行方向是任意选定的。但方程式中规定：凡与回路绕行方向一致的电势（即先到电势负端，然后再到正端）和电压降（即绕行方向与流经电流方向一致）为正，反之为负。

在交流电路中，各量应用了符号表示法，同样可以得出克希荷夫第一定律： $\sum \dot{I} = 0$ ，及克希荷夫第二定律： $\sum \dot{E} = \sum \dot{I} Z$ 。

三、电容及其充放电过程

两块平行的金属板，中间用绝缘物质隔开就构成一个最简单的电容器。电容器的电容量用字母 C 表示，简称“电容”。电容的单位是法拉，简称法，实际运用中多用微法和微微法，分别用 F 、 μF 和 PF 表示。

$$1F = 1,000,000\mu F = 10^6\mu F$$

$$1\mu F = 1,000,000PF = 10^6PF$$

实际上被绝缘物质隔开的任意形状的两个导体都能构成电容器。如输电线导线与导线之间；导线与大地之间都存在着电容。我们用隔离开关切断空载线路时，开关触头间会产生电弧，这就是导线对地的电容电流造成的。

1. 直流电路中电容器的充放电

如果把电容器两个极板分别接在直流电源的正负极之间，则在电源电势的作用下，与电源正极连接的金属板上的电子被电源正极吸引过去，使其带正电荷；与电源负极连接的金属板将从电源得到电子而带负电荷，这个过程叫做电容器的充电，如图1—6所示。充电过程中有充电电流 I 流过，电容器两端电压 U 上升。直到电容器两端电压等于电源电势 E 时，充电电流为零，充电过程结束。

实验表明了充电过程的时间长短与充电回路的电阻 R 、