



主编 李彦哲 胡彦奎  
王 果 张蕊萍

兰州交通大学面向二十一世纪系列教材

# 电气化铁道 供电系统与设计



兰州大学出版社  
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

# 电气化铁道供电系统与设计

李彦哲 胡彦奎 编著  
王 果 张蕊萍

兰州大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电气化铁道供电系统与设计/李彦哲等编著. —兰州:  
兰州大学出版社, 2006. 9  
ISBN 7-311-02890-6

I. 电... II. 李... III. 电气化铁道—供电装置—  
设计 IV. U223.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 116454 号

## 内容简介

本书全面系统地介绍了电气化铁道供电系统的构成、工作原理、运行分析和设计计算方法。全书共分八章,内容包括:牵引变电所的类型及牵引供电系统供电方式;牵引网的电气分析,导线与接触悬挂允许载流量的确定及截面的选择;电气主接线;牵引变压器的容量计算及选择;分析了电气化铁道供电系统对电力系统负序、功率因数和谐波的影响、计算方法和补偿措施。叙述了电气化铁道对通信线路的影响、防护措施和计算方法等。

本书系统性强,内容丰富,重点突出,理论与实际并重,是高等学校电气工程及自动化(铁道电气化)专业教材,同时也可作为铁路技术培训的相关教材。也可供铁道电气化、电力系统及其自动化、电力部门运行管理、设计与科研等有关技术人员参考。

### 电气化铁道供电系统与设计

李彦哲 胡彦奎 编著  
王 果 张蕊萍

兰州大学出版社出版发行

兰州市天水南路 222 号 电话:8912614 邮编:730000

E-mail: [press@onbook.com.cn](mailto:press@onbook.com.cn)

<http://www.onbook.com.cn>

---

兰州交通大学印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:18

---

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

字数:389 千字 印数:1~1000 册

---

ISBN7-311-02890-6/T·180 定价:32.50 元

# 前 言

为适应我国电气化铁道迅猛发展的需要,本书结合我国电气化铁道的具体情况和实践经验,在我校铁道供电课程多年电化教学的基础上,吸取多年教学实践经验,编写而成。

本书全面系统地介绍了电气化铁道供电系统的构成、工作原理、运行过程分析和系统设计方法,理论与实际并重,取材力求反映电气化铁道的最新技术及装备,是高等学校电气工程及自动化(铁道电气化)专业教材,同时也可作为铁路技术培训的相关教材。也可供同专业和相关专业的运行管理、施工、设计与科研等有关科学技术人员参考。

本书的全部文字符号、图形符号均采用国家标准[GB4728]。为使叙述过程浅显易懂,内容表达直观,书中绘制了大量的原理图、示意图、电气主接线图。

本书是在兰州交通大学胡彦奎教授的主持下,由李彦哲副教授主编。本书在编写过程中得到电气工程及自动化教研室诸多老师的关心和帮助,许多离退休教师亦给予了十分宝贵的意见和建议,对此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,其中不妥之处,敬希读者批评指正。

# 目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 电力系统的基本知识	(1)
第二节 电气化铁道供电系统	(5)
第三节 牵引网	(8)
第四节 电力机车的相关知识	(13)
第二章 牵引供变电系统	(20)
第一节 牵引变电所的类型	(20)
第二节 交流牵引网对沿线通信线的影响	(41)
第三节 带回流线的直接供电方式	(50)
第四节 吸流变压器供电方式	(53)
第五节 自耦变压器供电方式	(63)
第六节 同轴电力电缆供电方式	(74)
第七节 高速铁路牵引供电系统构成及有关技术问题	(77)
第三章 牵引网阻抗	(81)
第一节 牵引网导线的参数	(81)
第二节 牵引网的等效电路及其阻抗	(85)
第三节 单线牵引网阻抗	(87)
第四节 双线牵引网阻抗	(94)
第四章 牵引供电系统的电压损失	(101)
第一节 牵引网的电压损失	(101)
第二节 牵引变电所的电压损失	(106)
第三节 电力系统的电压损失和供电臂的电压水平	(113)
第四节 改善供电臂电压水平措施	(114)
第五章 牵引供电系统的电能损失	(124)
第一节 牵引网的电能损失	(124)
第二节 牵引变电所的电能损失	(131)
第三节 减少牵引供电系统电能损失的措施	(135)
第四节 导线与接触悬挂允许载流量的确定及截面的选择	(136)
第五节 AT 供电方式牵引网的电气计算	(143)

第六节	BT 供电方式牵引网阻抗及对牵引供电系统的影响 .....	(151)
<b>第六章</b>	<b>电气主接线</b> .....	(157)
第一节	电气主接线概述 .....	(157)
第二节	电气主接线的基本接线形式 .....	(162)
第三节	牵引变电所主接线 .....	(169)
第四节	开闭所、分区所和 AT 所主接线 .....	(177)
第五节	牵引变电所主接线举例 .....	(181)
<b>第七章</b>	<b>牵引变电所容量计算和选择</b> .....	(187)
第一节	计算条件 .....	(187)
第二节	馈线电流 .....	(188)
第三节	牵引变压器的计算容量 .....	(196)
第四节	牵引变压器的校核容量 .....	(200)
第五节	牵引变压器的安装容量 .....	(204)
<b>第八章</b>	<b>交流电气化铁道对电力系统的影响及补偿措施</b> .....	(212)
第一节	负序电流对电力系统的影响 .....	(212)
第二节	负序影响计算及减少负序影响的措施 .....	(214)
第三节	牵引变电所换接相序 .....	(227)
第四节	谐 波 .....	(233)
第五节	功率因数 .....	(243)
第六节	并联电容补偿 .....	(245)
<b>附录 A</b>	<b>概率</b> .....	(258)
<b>附录 B</b>	<b>列车运行图和铁路区间通过能力</b> .....	(263)
<b>附录 C</b>	<b>常用牵引供电计算方法</b> .....	(266)
<b>附录 D</b>	<b>牵引变压器过负荷能力的确定方法</b> .....	(272)
<b>附录 E</b>	<b>安培公里和牵引网干扰电流阶梯曲线</b> .....	(277)
<b>参考文献</b>	.....	(280)

# 第一章 概述

电力工业是国民经济的一个重要组成部分,它为工业、农业、交通运输和城市提供能源。由于电能易于控制、输配简单经济且便于转变成其他形式的能量(机械能、光能、热能、化学能等),电能已广泛应用到社会生产的各个领域和社会生活的各个方面。

电气化铁道用电量较大。在我国电气化铁道无例外地是由电力系统供电。安全、可靠、经济、合理地电气化铁道供配电是实现铁路运输安全、可靠的重要保证和基础。

## 第一节 电力系统的基本知识

发电厂多数是建造在燃料、水力资源丰富的地方,这些地区往往远离电能用户,为了给用户供电,须建设较长的输电线路。同时,为了降低输电过程中的功率损耗和电压损耗,必须提高输电电压,这就需要兴建相应的升压变电站。将电能送到用户区之后,为了满足用电设备对工作电压的要求,还需将电压降低。同时,还存在着对用户合理分配电能的问题。

### 一、电力系统的组成

一个完整的电力系统由分布各地的各种不同类型的发电厂、升压和降压变电所、输电线路和电力用户组成,图 1-1-1 是一大型电力系统的示意图。该系统起着电能的生产、输送、分配和消费的作用。

#### 1. 发电厂

发电厂是生产电能的工厂,它是把非电形式的能量转换成电能。发电厂的种类很多,根据所利用能源的不同,有火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、地热发电厂、潮汐发电厂,以及风力发电、太阳能发电等等。

#### 2. 变电所

变电所是变换电压和分配电能的场所,由电力变压器和配电装置所组成。它的类型除按升压、降压分类外,还可按设备布置的地点分为户外变电所和户内变电所及地下变电所等。若按变电所的容量和重要性又可分为枢纽变电所、中间变电所和终端变电所。枢纽变电所一般容量较大,处于联系电能系统各部分的中枢位置,地位重要,如图 1-1-1 中 A 为枢纽变电所。中间变电所则处于发电厂和负荷中心之间,从这里可以转送或抽引一部分负荷,如图 1-1-1 的变电所 B。终端变电所一般是降压变电所,它只负责供应一个局部地区或一个用户的负荷而不承担功率的转送,如图 1-1-1 的 C、D。对于仅装有受、配电设备而没有电力变压器的称为配电所。

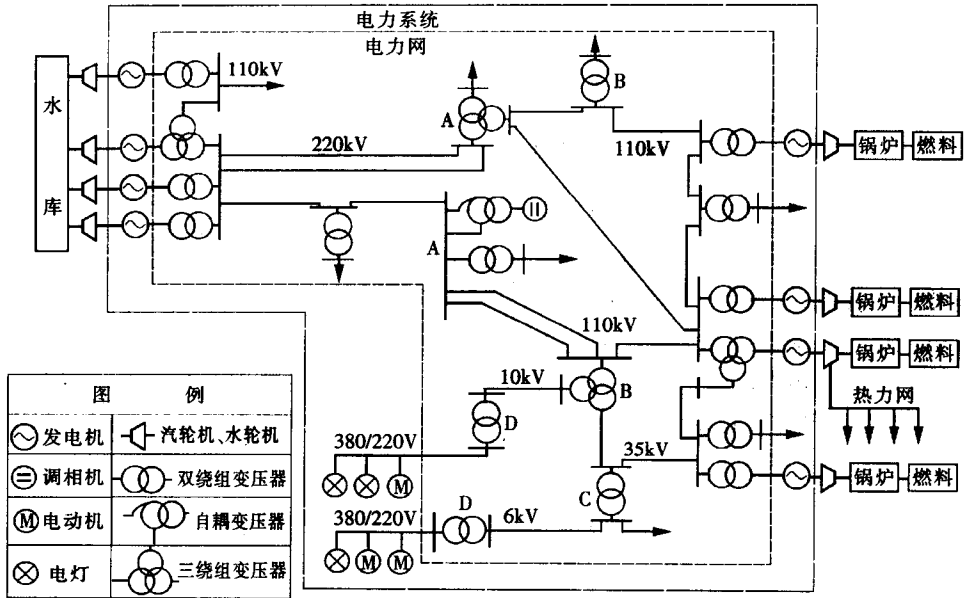


图 1-1-1 电力系统和电力网示意图

### 3. 电力网

电力网是联系发电厂和用户的中间环节,由变电所和各种不同电压等级的电力线路所组成。其作用是输送和分配电能。

在电力网中包括输电网和配电网。输电网是将发电厂发出的电能升压后通过输电线送到邻近负荷中心的枢纽变电所。输电线还有联络相邻电力系统的作用。配电网则是将电能从高压变电所降压后分配到用户去的电力网部分。

目前,我国电力网的电压等级主要有 0.22、0.38、3、6、10、35、110、220、330、500kV。现在,代表性的电压是:从发电厂送出的主干系统的送电电压为 200~500kV;到用户附近地区,降压到 35~110kV;对于大容量用户,就用这种电压直接供电;在配电系统中用高压 6~10kV 或 380V、220V 供应给一般用户。

对于用电量较大的企业,例如大型化工企业、冶金联合企业、铝厂及大型冶炼厂等,我国已开始采用 110 千伏或 220 千伏电压直接对工业企业送电,以减少电力网的电能损失和电压损失。

电气化铁道牵引变电所的供电电压一般为 110kV,东北地区为 220kV。

高压输电具有节约电能、节约有色金属和提高电压质量等优点,随着大型电厂的建设和输电距离的增力,要求逐步提高输电电压。目前,某些国家输电电压已达到 750kV,我国也已达 500kV。根据国民经济发展的需要,我国电力部门正在根据国情从技术经济等方面研究更高电压的输电问题。

图 1-1-1 具有大容量的水电厂、火电厂和热电厂。图中的水电厂容量较大且输送距离较远,所以把电压升至 220kV 经高压输电线路送到枢纽变电所。火电厂相对水电厂输送



距离近一些,所以把电能升压到 110kV 送到地区变电所,并通过枢纽变电所构成环形电网。热电厂则总是建在热用户附近,它除了以较低电压向近区用户供电外,还升压与地方电力网相联系。

## 二、组成大型电力系统运行的优点

随着对用电量和供电质量的要求的不断提高,电力系统规模日益扩大。组成大型电力系统的优点有:

1) 发电量不受地方负荷的限制,可以增大单台机组容量,充分利用地方自然资源,提高发电效率,降低电能成本。

2) 利用各类电厂工作特点(水电站的多水和枯水季节、火电厂热能的充分利用),合理地分配负荷,使系统在最经济的条件下运行。

3) 在减少备用机组的情况下,还能提高对用户供电的可靠性。

世界各国都在不断地扩大自己的电力系统,大多数工业发达国家,都建立了自己的全国统一电力系统,相邻国家间还建立了跨国联合电力系统。我国的国家电力公司,正在组织大区电力系统的互联,三峡工程完成后,将实现以长江三峡为中心的全国统一电力系统。

大电力系统的优点是十分明显的,但应该看到,大电力系统内部相互之间的联系愈来愈紧密,自动化程度也愈来愈高,一旦系统内部发生故障而未及时排除,可能会涉及到整个系统,造成大面积停电,其后果是十分严重的。20 世纪 60 年代,欧美、日本等国的一些地区,相继发生了大面积停电,造成了重大的经济损失。2003 年 8 月,美国东北部、中西部和加拿大南部发生的大面积停电,导致 100 多台发电机关闭,波及许多城市,给当地交通、通信和居民生活造成了严重影响。其中,仅美国纽约地区的停电就给美国经济造成了 300 亿美元的损失。因此,对大电力系统还需进行全面的研究,对系统内的紧密联系关系进行认真仔细的探讨,以保证电力系统的运行安全。

## 三、电力系统的特点

第一,电力作为电气的本质,它的生产和消费必须是同时进行的。电能的生产、输配和使用始终处于动态平衡之中。生产量和消费量是严格平衡的。电能用户的用电量决定着电能的生产量,发电量是随着用电量的变化而变化。电能用户如何用电、何时用电及用多少电,对于电能生产都具有极大的影响;若电能供需出现不平衡,将导致电源频率出现偏差,发电控制设备正是根据这一特点来动态调节发电机出力以维持电能的供需平衡。当系统出力严重不足或故障时,频率偏差较大,低频自动减载装置便会自动甩减负荷,以维持电力系统运行的稳定性。

第二,由于发电和用电同时实现,这使得电力系统的各个环节之间具有十分紧密的相互依赖关系。因此,电力系统中任一环节或任一用户,若因设计不当、保护不完善、操作失误、电气设备故障,都会给整个系统造成不良影响。例如 1965 年美国纽约第一次大停电,是其东部电力系统中一个继电器的误动作引起的。

第三,电力系统中的过渡过程十分短暂。电能以电磁波形式传播,有极高的传输速度,所以,运行情况发生变化所引起的电磁方面和机电方面的过渡过程是十分迅速的。电力系统中的正常操作(如变压器、输电线路的投入或切除)是在极短时间内完成的;用户的电力设

备(如电动机、电热设备等)的启停或负荷增减也是很快的;电力系统中出现的故障(如短路故障、发电机失去稳定等过程)更是极其短暂的,往往只用微秒或毫秒来计量时间。因此,不论是正常运行时所进行的调整和切换等操作,还是故障时为切除故障或为把故障限制在一定范围内以迅速恢复供电所进行的一系列操作,仅仅依靠人工操作是不能达到满意效果的,甚至是不可能的。必须采用各种自动装置来迅速而准确地完成各项调整和操作任务。电力系统的这个特点给运行、操作带来了许多复杂的课题。

第四,电能不易储藏。迄今为止尽管人们对电能的储藏进行了大量的研究,并在一些新的储藏电能方式上(如超导储能、燃料电池储能等)取得了某些突破性的进展,但是仍未能完全解决经济的、高效率的以及大容量的储能问题。

#### 四、负荷(或用户)的分级及其对供电的要求

保证供电的可靠性,是对电力系统最基本的要求。供电中断造成的后果往往是十分严重的,各种不同的用户,对供电可靠性的要求也不一样。根据用户负荷的性质和中断供电在经济、政治上所造成的损失和影响程度,规定将负荷(或用户)分为三级(或称三类):

##### A. 一级负荷

①中断供电将造成人身伤亡;

②中断供电将在政治、经济上造成重大损失,如重大设备损坏,重大产品报废,重要原材料生产的产品大量报废,国民经济中重点企业的连续生产被打乱,需要长时间才能恢复;

③中断供电影响有重大政治、经济意义的用电单位正常工作。如重要的铁路枢纽、重要的通信枢纽、重要宾馆及经常用于国际活动的大量人员集中的公共场所等用电单位中的重要电力负荷等都属于电力系统中一级负荷的用电户。

##### B. 二级负荷

①中断供电将在政治、经济上造成较大损失者。如:主要设备的损坏,大量产品报废,连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复,重点企业大量减产等。

②中断供电将影响重要单位的正常工作者,如:铁路枢纽、通讯枢纽等用电单位中的重要电力负荷,以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等大量人员集中的重要的公共场所秩序混乱者,都属于二级负荷。

##### C. 三级负荷

不属于一、二级负荷,短时停电不会带来严重后果者,属三级负荷。

为保证供电的可靠性,应根据地区供电条件,对各级负荷的供电方式区别对待:

一级负荷应由两个独立的电源供电,有特殊要求的一级负荷,两个独立的电源应来自不同的地点,发生故障时两个独立电源互不影响。

二级负荷应由两回线路供电。应尽量做到发生故障时不致中断供电,或中断供电后能迅速恢复。在负荷较小或地区供电条件出现困难时,二级负荷可由一回专用架空线路供电。

三级负荷对供电电源无特殊要求,允许较长时间停电,可用单回线路供电。当系统发生故障时,如出现电力不足的情况,应首先考虑切除三级负荷,以保证一、二级负荷的用电。

## 第二节 电气化铁道供电系统

我国电气化铁路(接触网)采用单相工频交流制,额定电压为 25kV。

### 一、电气化铁道供电系统的构成

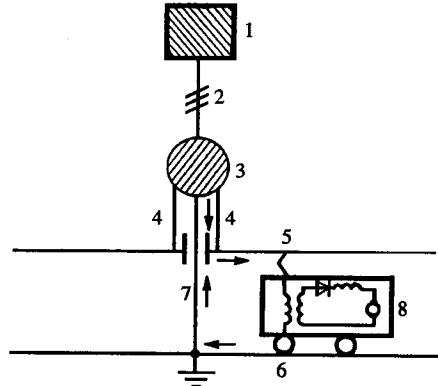
电气化铁道供电系统由一次供电系统和牵引供电系统组成。电气化铁道供电系统的简单构成如图 1-2-1 所示。

#### (一) 一次供电系统

一次供电系统是指电力系统向电气化铁道的供电部分。在我国,电力系统通常以 110kV 的电压等级向电气化铁道供电。图 1-2-1 中,1 为区域变电站或发电厂,2 为三相交流高压输电线,这两部分即为电气化铁道的一次供电系统。

#### (二) 牵引供电系统

完成对电力机车供电的属于铁路部门管辖的装置称为电气化铁道的牵引供电系统。如图 1-2-1,它由牵引变电所 3、馈电线 4、接触网 5、钢轨 6 和钢轨回流线 7 等组成。



1-区域变电站或发电厂;2-110kV 三相交流高压输电线;  
3-牵引变电所;4-馈电线;5-接触网;6-轨道、地;  
7-钢轨回流线;8-电力机车

图 1-2-1 电气化铁道供电系统构成示意图

电力部门管辖的电力系统与铁路部门管辖的牵引供电系统是在牵引变电所高压进线的门形架处分界。现将牵引供电系统各部分的功用简述如下:

#### 1. 牵引变电所

牵引变电所的作用是将 110kV(或 220kV)三相交流高压电变换为 27.5kV(或 55kV),然后以 27.5kV(或 55kV)的电压等级向牵引网供电。

#### 2. 接触网

接触网是一种悬挂在电气化铁道线路上方,并和铁路轨道保持一定距离的链形或单导线的输电网。电力机车的受电弓和接触网滑动接触取得电能。接触网的额定电压为 25kV,如图 1-2-1 中 5 所示。

#### 3. 馈电线

馈电线是连接牵引变电所和接触网的导线,把牵引变电所变换后的电能送到接触网。馈电线一般为大截面的钢芯铝绞线,如图 1-2-1 中 4 所示。

#### 4. 轨道

在非电牵引情形下,轨道只作为列车的导轨。在电气化铁道,轨道除仍具上述功用外,还需要完成导通回流的任务,是电路的组成部分。因此,电气化铁道的轨道应具有畅通导电的性能。

## 5. 回流线

连接轨道和牵引变电所中主变压器接地相之间的导线称为回流线,它也是电路的组成部分,其作用是能把轨道、地中的回路电流导入牵引变电所,如图 1-2-1 中 7 所示。

从图 1-2-1 可以看出,牵引供电回路是:牵引变电所→馈电线→接触网→电力机车→钢轨和大地→回流线→牵引变电所。习惯上,把馈电线、接触网、钢轨、回流线叫做牵引网。

## 6. 分区所

在电气化铁道上,为了提高运行的可靠性,增加供电工作的灵活性,在相邻两变电所供电的相邻两供电分区的分界处常用分相绝缘器断开。若在断开处设置开关设备和相应的配电装置,则组成分区所,如图 1-2-2 所示。分区所(亭)的结构型式有多种,它与铁路运量、单线和复线、向牵引网供电方式、采用设备的类型等因素有关。

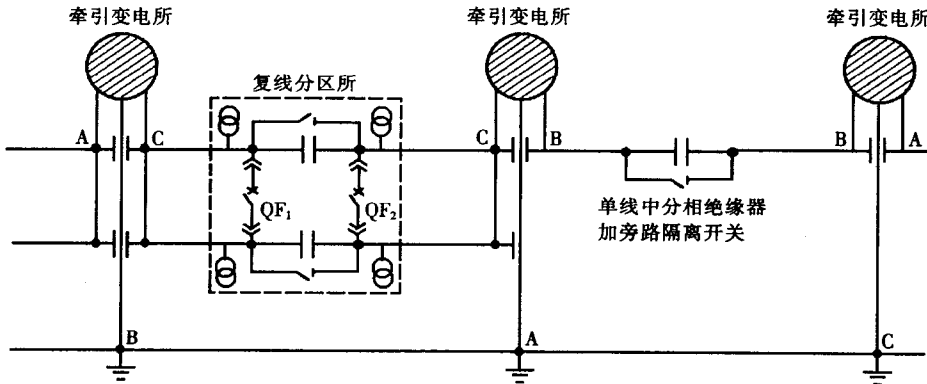


图 1-2-2 单、复线分区亭

在单线单边供电的电气化区段,相邻两供电臂之间仅设分相绝缘器即可,并设旁路隔离开关以便实现临时越区供电,设置分区所(亭)的意义不大。

在复线电气化区段和单线电气化区段双边供电时,一般设置分区所,在分区所内用断路器将同一供电分区的上、下行接触网或相邻两供电分区的接触网在末端联接起来,相邻两供电臂间设分相绝缘器和与之并联的隔离开关(或断路器)

复线分区所的作用可简述如下:

(1) 使同一供电分区的上、下行接触网并联工作或单独工作。当并联工作时,分区所内的断路器闭合以提高接触网的末端电压;单独工作时,断路器打开。

(2) 单边供电的同一供电分区上、下行接触网(并联工作)内发生短路事故时,由牵引变电所中的馈线断路器和分区所中的断路器配合动作,切除事故区段,缩小事故范围。非事故区段仍可照常工作。

(3) 当某牵引变电所主变压器事故中断供电时,可闭合分区所中与分相绝缘器并联的隔离开关(或断路器),由相邻牵引变电所向事故牵引变电所的供电分区临时越区供电。

## 7. 开闭所

某些远离牵引变电所的大宗负荷,如枢纽站、电力机务段等,接触网按作业及运行的要求需要分成若干组,需要多条供电线路向这些接触网分组供电。若直接从牵引变电所向这些接触网分组供电,不但会增加变电所的复杂程度,而且将大量增加馈电线的长度,造成一

次投资过大。为此,一般采取在大宗负荷附近建立开闭所的办法来解决,如图 1-2-3 所示。

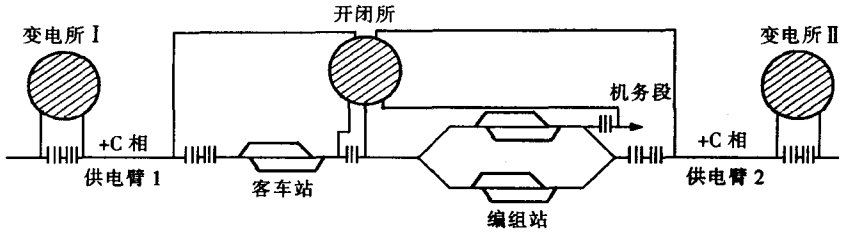


图 1-2-3 开闭所

开闭所即单相开关站,其中只有配电设备而无牵引变压器,仅用于接受和分配电能。为保证开闭所供电的可靠性,一般从相邻两供电分区上引入两路电源,互为备用。

开闭所的作用可简述如下:

- (1) 开闭所不进行电压变换,只起扩大馈线回路数的作用,相当于配电所;
- (2) 在 AT 供电方式中,将长供电臂分段,事故时缩小事故范围,提高供电的可靠性;
- (3) 保证枢纽站、场装卸作业和接触网分组检修的灵活性、安全性;
- (4) 降低牵引变电所的复杂程度。

#### 8. 自耦变压器站(AT 所)

工频单相交流电气化铁路采用自耦变压器(AT)供电方式时,在铁路沿线需每隔 8、12km 设置自耦变压器和相应的配电装置,即设置 AT 所。AT 所的作用之一便是将牵引变电所供来的 55kV 电压经自耦变压器 AT 降为接触网的 25kV 电压等级,然后向接触网供电。

自耦变压器容量较小,接线方式简单,变压器可只设立简单的瓦斯和碰壳保护,由远方电源侧进行保护切除。

供电分区中间设有分区所或开闭所时,自耦变压器站(即 AT 所)可与分区所或开闭所合并。这时,由于分区所或开闭所设有直流操作电源,自耦变压器可以通过断路器联入牵引网。一旦自耦变压器发生事故,可以由断路器就地切除。

## 二、电力牵引供电系统的主要特点

我国电力牵引供电系统的主要特点有以下几方面:

- ① 电力机车是单相移动性随机负荷,是一种负序源。
- ② 非线性整流器机车,成为一种谐波源,并从电力系统和牵引供电系统获取无功。
- ③ 供电方式及设备种类多样化,有直接供电方式、带回流线的直接供电方式、串联吸流变压器 BT 供电方式、自耦变压器 AT 供电方式,这些供电方式的技术和经济特性有较大的差异。对牵引变压器,有单相、YN, d11 接线、斯科特接线、伍德桥接线、阻抗匹配平衡型、三相不等容量型等形式,它们具有不同的结构和性能特点。由于供电方式不同,接触网结构类型也较多。

- ④ 牵引供电系统和电力机车在电气上是一个连续的整体,易于实现自动化和信息化管

理。

牵引供电系统中存在的主要技术问题,包括牵引变压器供电能力的提高及增容、牵引网电压的调节、电力系统要求对谐波、负序、无功的治理等。为解决这些技术问题,在设计和运行中需要对牵引供电系统进行深入研究,例如:对各种供电方式的结构、参数、性能的分析计算和优化;对变压器过负荷能力及对负荷平衡能力的研究;对谐波、负序、无功、电压损失、防干扰能力等进行系统地分析和综合治理研究等等。

### 三、对电气化铁道供电系统的基本要求

- ①保证向电气化铁路安全、可靠、不间断地供电;
- ②提高供电质量,保证必需的电压水平;
- ③提高功率因数,减少电能损失,降低工程投资和运营费用;
- ④尽量减少单相牵引负荷在电力系统中引起的负序电流、负序电压和高次谐波的影响;
- ⑤尽量减小对邻近的通信线路的干扰影响。

我国电气化铁道已运营了几十年,在实践中积累了大量的经验,但与铁路电气化发达国家相比,在技术及装备上仍有较大的差距。特别是在面临高速、重载和扩能要求下,电气化铁道供电系统中更有许多技术难题需要解决。

## 第三节 牵引网

### 一、牵引网的组成

最简单的牵引网是由馈电线、接触网、轨道和大地、回流线构成的供电网的总称。牵引电流从牵引变电所主变压器流出,经由馈电线、接触网供给电力机车,然后沿轨道和大地、回流线流回牵引变电所主变压器。

馈电线是由硬铝绞线或钢芯铝绞线架设在电杆上组成的。

接触网是牵引网的主体。它采用架空式的单链形悬挂或简单悬挂。单链形悬挂除接触线外,还有承力索、吊弦,如图 1-3-1 所示。简单悬挂只有接触线而没有承力索,如图 1-3-2(a)、(b)所示。

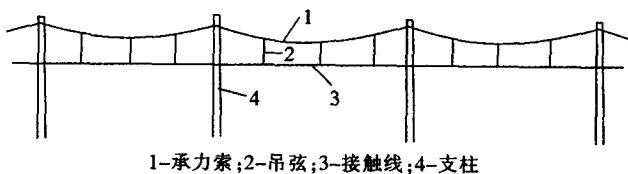


图 1-3-1 架空式的单链形悬挂示意图

在国外(如日本)的高速铁路上,还采用弹性双链形悬挂,即在承力索与接触线间增加一根辅助承力索,如图 1-3-3 所示。

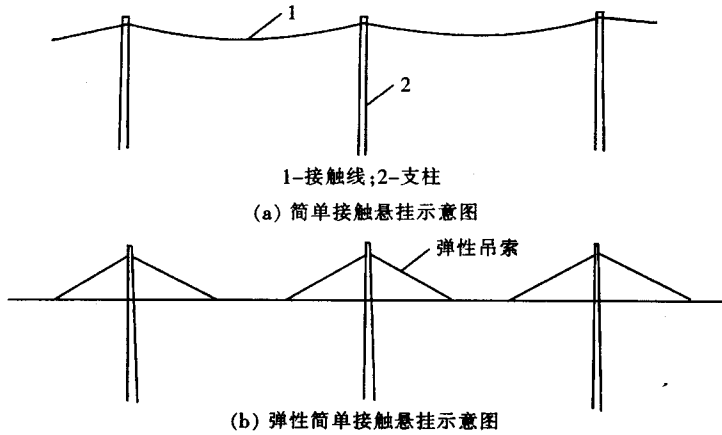


图 1-3-2

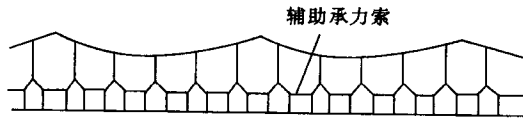


图 1-3-3 弹性双链形悬挂示意图

接触线除 TCG-100 和 TCG-85 型铜接触线、GLCA- $\frac{100}{215}$  和 GLCB- $\frac{85}{173}$  型钢铝接触线外,还有多种新型接触线,如 FGLC260 型钢芯铝合金复合接触线(也称 11 号线)、HL<sub>4</sub>C200 型(热处理铝镁硅稀土)合金接触线及 GLCN250 型内包式钢铝接触线等。承力索采用 GJ-70 和 GJ-100 型钢绞线。在牵引电流大于由一根钢绞线承力索和一根接触线构成的接触悬挂允许载流量的地段,可改用载流承力索,或增设加强线与接触悬挂并联。载流承力索可采用 TJ-95 和 TJ-120 型铜绞线。加强线常采用 LGJ-185 型钢芯铝绞线。此外,为了简化接触网结构,降低牵引网阻抗,增大接触悬挂载流量,已研制出铝覆钢-铝混绞线载流承力索。采用这种载流承力索替代加强线与钢绞线承力索,既起载流作用,又作承力索之用。铝覆钢-铝混绞线型号规格有 GLZA-56、GLZB-65、GLZC-120、GLZD-125 等。A、B 型可代替 GJ-70 钢绞线,作一般承力索用,也可起到降低牵引网阻抗的作用;C、D 型可代替 GJ-70+LGJ-185,既可起到加强线作用,又可作承力索。

钢轨按其每米重量分别为 75kg 轨、60kg 轨、50kg 轨、43kg 轨等,型号标记对应为 P75、P60、P50、P43 等。每根钢轨标准长 12.5m,长钢轨每根长 25m。毗连两根钢轨间有鱼尾板连接,两条轨道每隔 300m 用圆钢并联。

在设置自动闭塞装置的线路上,全线一般分成许多闭塞分区。闭塞分区的工作也利用轨道电路,如图 1-3-4(a)所示,相邻闭塞分区之间的轨道接缝相互绝缘。在电气化区段,绝缘轨缝两侧,各设一个扼流线圈,每侧两轨道间借助扼流线圈并联,两扼流线圈中点互联,以便牵引电流流通。而信号电流仅在各闭塞分区的轨道电路以内流通,不会越过绝缘轨缝两侧扼流线圈中点的互联线。

在设置自动闭塞的双线上,两线路之间可在闭塞分区分界点并联。这时只须将两线路

对应的扼流线圈中点的连接线接通即可,如图 1-3-4(b)所示。

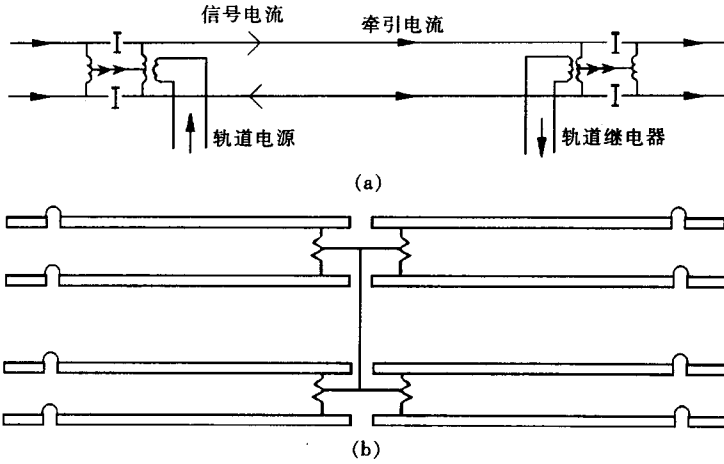


图 1-3-4 交流 75Hz 双轨条轨道电路

牵引变电所主变压器 27.5kV 侧接地相的回流线,一方面必须用扁钢与接地网相连。其连接方法,可以直接与接地网相连,也可以通过接地放电保护装置与接地网相连。另一方面必须与轨道相连。其连接方法,在牵引变电所有专用岔线的情况下,直接用扁钢和专用岔线轨道相连,岔线的所有轨缝的电连接应连接可靠。在牵引变电所无专用岔线的情况下,为了将主变压器 27.5kV 侧接地相端子与轨道相连,有时中间相当长一段回流线要采用架空硬铝绞线或钢芯铝绞线。回流线截面应满足回归电流的要求。

## 二、牵引变电所向接触网的供电方式

### 1. 单线区段单边供电

所谓单边供电就是两相邻牵引变电所间毗连的供电分区的接触网互相绝缘,每个牵引变电所仅向自身所辖的接触网供电。我国的电气化铁路接触网普遍采用单边供电方式。

单线区段采用单边供电方式如图 1-3-5 所示。单线区段单边供电时,在相邻两牵引变电所之间的毗连供电分区分界点,可不设置分区分所,只设分相绝缘器和一台隔离开关。在必要时,合上隔离开关,将分相绝缘器短接,也可实现临时性的越区供电。

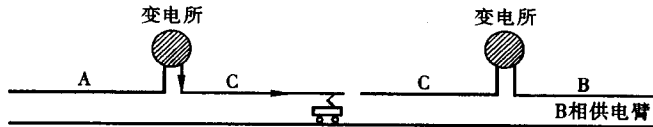


图 1-3-5 单线区段单边供电方式示意图

单边供电的优点是:当任一个供电分区发生故障时,只影响本供电分区,非故障供电分区仍可正常供电,因而它事故影响范围较小。

### 2. 单线区段双边供电

双边供电就是两相邻牵引变电所的接触网互相连通,两变电所同时向它们之间的接触网



供电。为实现双边供电,在相邻两牵引变电所之间毗连的供电分区分界点,必须设置分区所。

单线区段采用双边供电方式如图 1-3-6 所示。单线区段双边供电时,电力机车从两牵引变电所取用电流。在牵引负载相同的条件下,由于电流从两边流向电力机车,所以其数值较小,方向相反。从而可以减小牵引网中的电压损失和电能损失,改善供电臂的电压水平,降低电气化铁路的运营成本;设备(接触悬挂、牵引变压器)负载较均匀;还可以减轻对邻近通信线的电磁感应干扰影响。但双边供电方式也有缺点,即断路器等设备、继电保护和倒闸操作比较复杂;牵引网中可能出现穿越电流或平衡电流(虽然很小),从而产生附加的电能损失。

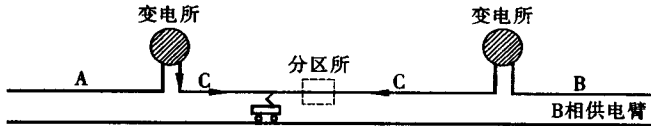


图 1-3-6 单线区段双边供电方式示意图

当采用双边供电时,向同一接触网供电分区供电的两路电源必须是同一相电源。

### 3. 复线区段单边分开供电

复线区段采用单边分开供电方式如图 1-3-7 所示。复线区段单边分开供电时,复线区段同一供电区间的上、下行接触网由牵引变电所实施单边供电。

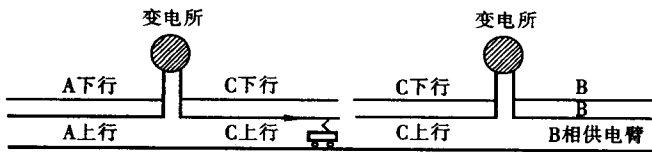


图 1-3-7 复线区段单边分开供电示意图

这种供电方式不设分区亭,独立性强,开关设备、继电保护和倒闸操作比较简单。可用于运量小、坡道平缓且供电臂较短的场合。

### 4. 复线区段单边并联供电

复线区段采用单边并联供电方式如图 1-3-8 所示。复线区段单边并联供电时,复线区段同一供电区间的上、下行接触网由牵引变电所实施单边供电,同时在若干点或仅在供电分区末端将上、下行接触网并联起来。

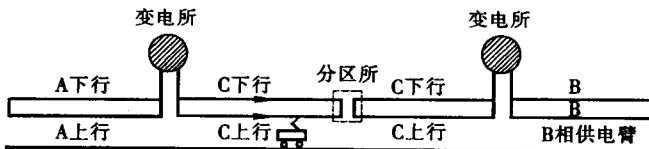


图 1-3-8 复线区段单边并联供电示意图

复线区段采用单边并联供电时,两相邻牵引变电所之间的供电臂分界点需设置分区所。在每个供电臂的末端,通过分区所的断路器等装置,将上、下行接触网联通。电力机车通过