



中等专业学校教材

北京铁路电气化学校 李伟 主编

# 接触网

中国铁道出版社

## (京)新登字 063 号

### 内 容 简 介

本书系统详细地介绍了接触网设备与结构的作用、分类与组成,接触网负载计算、安装曲线计算及绘制,跨距长度及支柱容量计算,接触网施工与检修的基本方法和运行管理知识,特别是对接触网重要设备进行了故障分析,结合我国铁路提速情况,书中阐述了有关高速铁路方面的新设备和新技术。

本书是中等专业学校铁道供电专业的教材,也可供有关工程技术人员、职工培训和工人自学参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

接触网/李伟编. —北京:中国铁道出版社,2000.3  
ISBN 7-113-03605-8

I. 接… II. 李… III. 接触网-基本知识 IV. U225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 55908 号

书 名:接 触 网

作 者:北京铁路电气化学校 李 伟

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:方 军

封面设计:马 利

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:420 千

版 本:2000年3月第1版 2000年3月第1次印刷

印 数:1~8000 册

书 号:ISBN7-113-03605-8/U·986

定 价:21.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

# 前 言

本书是根据铁道部 1998 年批准的铁路中等专业学校电气化铁道供电专业接触网课程教学大纲和铁路中等专业学校供电专业教学指导委员会的意见编写的。

为了认真贯彻《中国教育改革和发展纲要》及铁道部《关于铁路企业教育深化改革的若干意见》，本书在编写内容上注重适应铁路生产一线中等应用型人才的需要，加强对学生基本技能和能力的培养，书中每章每节都提出了学习目标，提示学生在学习过程中应掌握和了解的具体内容。在分析接触网设备与结构时，除说明工作原理、用途、设备规格及型号外，还突出实践知识和技能的讲解，对接触网重要设备进行了故障分析。接触网设计计算部分，尽量与接触网平面图设计要求相联系，培养学生分析问题和解决问题的能力，并较详细地阐述了设计计算方法，为学生自学该内容打下良好的基础。全书内容力求使接触网理论与实际更紧密地结合起来，达到通俗易懂的目的。

本教材增加了我国近年来采用的新技术、新设备，如 AT 供电方式、直供加回流、保护线与正馈线的安装要求、接触网自动过分相装置、新型银铜合金导线、XTK 分相绝缘器、隔离负荷开关、多功能定位器及高速铁路接触网技术分析等内容。

本教材由北京铁路电气化学校李伟主编，北京铁路分局丰台供电段张载璋主审。参加编写的有北京铁路电气化学校李伟（绪论、第二章、第三章第一、二、九、十、十二、十三、十四节、第四章、第五章、附录），北京铁路电气化学校王云（第一章、第二章第五、六、七、八节、第三章第一、七、八节），郑州供电段技术科科长张道俊（第二章第三、四、十一、十五节）。

在编写过程中，得到了郑州、西安、广州、内江铁路机械学校和北京铁路电气化学校有关领导和教师的支持。中国铁路工程总公司电化处高级工程师史青和电气化工程局高级工程师苏志钧提供资料协助编写，并对教材内容提出了宝贵修改意见，在此表示衷心感谢。

书中难免存在错误和不完善的地方，望广大读者特别是生产一线从事接触网技术和维修工作的人员提出意见和建议，使本教材更适应现场的需要。

编 者

1999 年 8 月

# 目 录

绪 论	1
第一章 接触网组成及供电方式	3
第一节 接触网的组成	3
第二节 接触悬挂的类型	4
第三节 供电方式	8
第二章 接触网设备与结构	11
第一节 支 柱	11
第二节 腕臂支柱装配	16
第三节 接触网线索	26
第四节 定位装置	35
第五节 绝 缘 子	54
第六节 锚段及锚段关节	60
第七节 接触网补偿装置	65
第八节 中心锚结	70
第九节 吊 弦	74
第十节 线 岔	78
第十一节 软 横 跨	82
第十二节 分段、分相绝缘装置	107
第十三节 隔离开关与电连接	112
第十四节 桥、隧接触网设备	118
第十五节 接触网其它设备	124
第十六节 高速铁路接触网结构	133
第三章 接触网负载计算及设计概述	145
第一节 气象条件及计算负载的确定	145
第二节 简单悬挂负载计算及安装曲线	149
第三节 链形悬挂负载计算及安装曲线	155
第四节 跨距及接触线风偏移的确定	169
第五节 腕臂支柱容量计算	173
第六节 软横跨负载计算	182
第七节 接触网平面布置	187
第八节 接触网设计概述	201

<b>第四章 接触网施工</b> .....	206
第一节 接触网基础工程.....	206
第二节 立杆与整正.....	217
第三节 接触网架设.....	223
第四节 接触网竣工验收.....	227
<b>第五章 接触网运营管理与检修</b> .....	236
第一节 接触网运营管理.....	236
第二节 接触网规程与规章.....	238
第三节 接触网的检修方式.....	241
第四节 接触网技能训练项目及标准.....	246
<b>附录一 接触网常用检修机具</b> .....	251
<b>附录二 接触网常用零件</b> .....	256
<b>参考文献</b> .....	261

# 绪 论

## 一、电气化铁道概述

采用电力机车为主要牵引动力的铁路称为电气化铁路,它是在 19 世纪 70 年代末的欧洲最先出现。早期的电气化铁路多采用直流供电方式,电压等级较低,需设整流装置,不利于设置在长距离的铁路干线上。

目前国际上普遍采用比较先进的单相工频交流制电气化铁路,它便于升压和减少电能的损耗,可以增加牵引变电所之间的距离,大大降低了建设投资和运营费用。

随着高新技术的发展,特别是计算机技术的应用,使电力机车和牵引供电装置的工作性能不断提高。低能耗、高效率、高速度的电力牵引已成为世界各国铁路发展趋势,是铁路现代化的标志。日本、法国、德国等发达国家已将车速提高到 380km/h,法国准备建设全国高速铁路网,以增加铁路与公路、航空等交通工具的竞争,同时铁路也面临着其它交通工具的挑战。

我国电气化铁路自本世纪 50 年代末发展以来,走过了几十年艰苦创业的历程,根据 80 年代铁道部确定的以电力牵引为主内燃牵引为辅的技术政策,国家拨款和吸引国外资金等多种方式大力发展电气化铁路,借助改革开放的大好形势相继建成一批高质量、高性能的电气化铁路,已使我国电气化铁路初具规模,形成了良性发展的大好局面,在科学技术的推动下,接触网自动化检测、牵引变电所远程自动控制、微机保护系统等,普遍应用在电气化铁路上。为了提高铁路运输能力,铁道部又制定了发展高速铁路的计划,可以预测中国电气化铁路的发展有着广阔的前景。

## 二、电气化铁路的组成

由于电力机车本身不携带能源,靠外部电力系统经过牵引供电装置供给其电能,故电气化铁路是由电力机车和牵引供电装置组成的。

牵引供电装置一般分成牵引变电所和接触网两部分,所以人们又称电力机车、牵引变电所和接触网为电气化铁道的“三大元件”。本书主要讨论和介绍接触网的有关内容。为便于全面了解电气化铁路,我们对电力机车和牵引变电所与接触网有关的内容作一简单介绍。

### 1. 电力机车

电力机车靠其顶部升起的受电弓,直接接触导线获取电能。每台电力机车前后各有一受电弓,由司机控制其升降。受电弓升起工作时,以  $(68.6+9.8)N$  的接触压力紧贴接触线摩擦滑行,将电能引入机车主断路器,再经变压器和硅整流器组整流供直流牵引电动机,电动机通过齿轮传动使电力机车运行如图 0—1 所示。

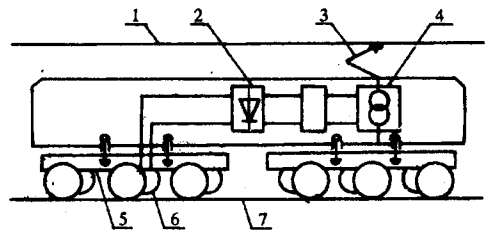


图 0—1 电力机车的工作原理

1—接触网;2—硅半导体整流器组;3—受电弓;  
4—变压器;5—转向架;6—牵引电动机;7—钢轨。



电力机车受电弓直接从接触线上滑行取流,其形式一般有单臂式和双臂式两种,目前一般采用单臂式受电弓。受电弓顶部的滑板紧贴接触线。滑板固定在托架上,托架一般采用2 mm的铝板冷压制。根据接触线材质的不同选用不同材质的滑板。受电弓的最大工作范围为1250 mm,允许工作范围为950 mm。受电弓及滑板安装如图0—2所示。

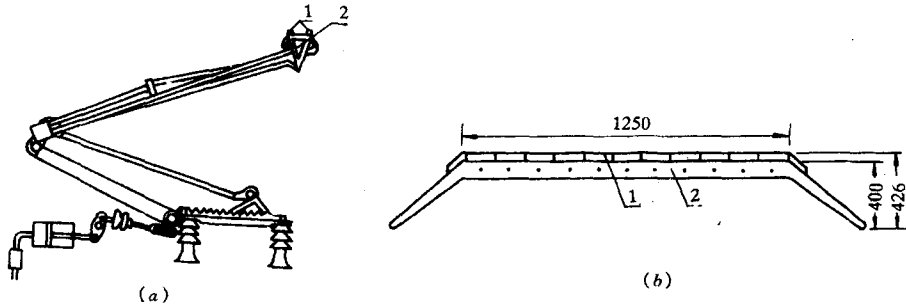


图0—2 受电弓滑板构造

(a)安装图; (b)滑板图。 1—接触板条;2—滑板。

我国目前使用的电力机车主要是国产韶山型电力机车,投入运用的有SS<sub>1</sub>、SS<sub>3</sub>、SS<sub>4</sub>、SS<sub>8</sub>等型号及部分进口电力机车。

## 2. 牵引变电所

牵引变电所的主要任务是将电力系统输送来的电能降压,然后以单相供电方式经馈电线送至接触网上,电压变换由牵引变压器进行。电力系统的三相电改变为单相电是通过牵引变压器的电气接线来实现的。我国目前所用的牵引变压器有三相式、三相-二相式及单相式三种类型。三相式变压器线圈接成星形-三角形连接组,连接标号为Y,d11,次边为三角形。三角形的一角与钢轨和接地网连接,另两角分别接至牵引变电所两边供电分区的接触网上(又称两个供电臂),因此使接触网对地为单相,三相变电所高压侧电压为110 kV,低压侧(又称牵引侧)电压为27.5 kV。

单相变电所一般采用两台单相变压器联成开口三角形接线,符号为V/V接法。单相变电所比较简单,单相变压器利用率较高,但也有其不利的一面,故目前未大量采用。

近年来,我国引进了AT供电方式,其牵引变电所的变压器采用较特殊的接线方式,这种方式称为斯科特(SCOTT)接线方式,或者接成另一种称为伍德布里奇(WOODBRIDGE)接线方式,这样的变电所称为三相-二相变电所。这种接线方式的特点是变压器次边电压提高至55 kV,在其供电臂上并接自耦变压器(AT)构成了较为先进的AT供电方式,它与吸流变压器-回流线供电方式一样,形成了防止接触网对附近通信线路产生干扰的接线形式。

牵引变电所一般设有备用电源,采用双回路高压电源供电,以提高供电的可靠性,牵引供电回路应为下列顺序:牵引变电所—馈电线—接触网—电力机车—钢轨、地或回流线—牵引变电所。由此可以看出接触网在供电回路中起着十分重要的作用,直接影响着电气化铁道的运行,因此使接触网始终处于良好的工作状态,安全可靠的向电力机车供电,对于保证铁路运输畅通无阻有着极为重大的意义。

# 第一章 接触网组成及供电方式

## 第一节 接触网的组成

- 学习目标: 1. 掌握接触网是由哪几部分组成的;  
2. 掌握各组成部分应包括的主要设备;  
3. 掌握各部分主要作用。

接触网是沿铁路上空架设的一条特殊形式的输电线路,它由接触悬挂、支持装置、定位装置、支柱与基础等几部分组成,如图 1—1—1 所示。

### 一、接触悬挂

接触悬挂包括接触线,吊弦,承力索和补偿器及连接零件,接触悬挂通过支持装置架设在支柱上,其作用是将牵引变电所获得的电能输送给电力机车。电力机车运行时,受电弓顶部的滑板紧贴接触线摩擦滑行取流。为了保证滑板的良好取流,接触悬挂应达到下列要求:

(1)接触悬挂的弹性应尽量均匀,即悬挂点间的导线,在受电弓抬升力作用下,接触线的升高应尽量相等,且接触线在悬挂点间应无硬点存在。

(2)接触线对轨面的高度应尽量相等,若受悬挂条件限制时,接触线高度变化应避免出现陡坡。

(3)接触悬挂在受电弓压力及风力作用下应有良好的稳定性,即电力机车运行取流时,接触线不发生剧烈的上、下振动。在风力作用下不发生过大的横向摆动,这就要求接触线有足够的张力,并能适应气候的变化。

(4)接触悬挂的结构及零部件应力求轻巧简单,做到标准化,以便检修和互换,缩短施工及运行维护时间。具有一定的抗腐蚀能力和耐磨性,以延长使用年限。

另外,要结合国情尽量节省有色金属及钢材,降低造价。

### 二、支持装置

支持装置包括腕臂、水平拉杆、悬式绝缘子串、棒式绝缘子及吊挂接触悬挂的全部设备。支持装置用以支持接触悬挂,并将其负荷传给支柱或其它悬挂的全部设备。支持装置用以支

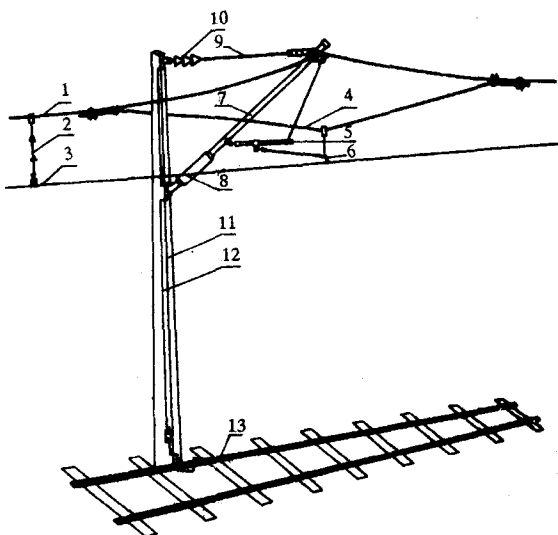


图 1—1—1 接触网组成

- 1—承力索;2—吊弦;3—接触线;4—弹性吊弦;  
5—定位管;6—定位器;7—腕臂;8—棒式绝缘子;  
9—水平拉杆;10—悬式绝缘子;11—支柱;  
12—地线;13—钢轨。



持接触悬挂,并将其负荷传给支柱或其它建筑物。根据接触网所在区间、站场和大型建筑物而有所不同,图 1—1—1 所示为区间安装形式。支持装置包括腕臂、水平拉杆、悬式绝缘子串、棒式绝缘子及其它建筑物上的特殊支持设备。

支持装置结构应能适应各种场所,尽量轻巧耐用,有足够的机械强度,方便施工和检修。

### 三、定位装置

定位装置包括定位管、定位器、支持器及其连接零件。其作用是固定接触线的位置,在受电弓滑板运行轨迹范围内,保证接触线与受电弓不脱离,使接触线磨耗均匀,同时将接触线的水平负荷传给支柱。

### 四、支柱与基础

支柱与基础用以承受接触悬挂、支持和定位装置的全部负荷,并将接触悬挂固定在规定的位置和高度上。我国接触网中采用预应力钢筋混凝土支柱和钢柱,基础是对钢支柱而言的,即钢支柱固定在地下用钢筋混凝土制成的基础上,由基础承受支柱传给的全部负荷,并保证支柱的稳定性。预应力钢筋混凝土支柱与基础制成一个整体,下端直接埋入地下。

## 第二节 接触悬挂的类型

学习目标:1. 掌握链形接触悬挂的分类;

2. 根据链形悬挂在平面上的布置情况,掌握我国采用什么悬挂形式;

3. 了解简单悬挂分类。

接触网的分类大多以接触悬挂的类型来区分。在一条接触网线路上,无论是在区间还是站场,为了满足供电和机械方面的要求,总是将接触网分成若干一定长度且相互独立的分段,这就是接触网的锚段。我们所讲的接触悬挂分类是针对架空式接触网中的每个锚段而言。接触悬挂的种类较多,一般根据其结构的不同分成简单接触悬挂和链形接触悬挂两大类。

### 一、简单接触悬挂

简单接触悬挂(以下简称简单悬挂)系由一根接触线直接固定在支柱支持装置上的悬挂形式。它在发展中经历了未补偿简单悬挂、季节调整式简单悬挂和目前采用的带补偿装置及弹性吊索式简单悬挂。其结构分别如图 1—2—1 和图 1—2—2 所示。

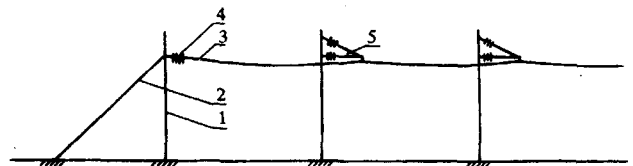


图 1—2—1 未补偿简单悬挂示意图

1—支柱;2—拉线;3—接触线;4—绝缘子串;5—腕臂。

接触线(或承力索)端头同支柱的连接称为线索的下锚。下锚分两种方法,一是将线索端头同支柱直接固定连接,称为硬锚或死锚。另一种是加装补偿装置,以调整线索的弛度和张力。

未加补偿的简单悬挂结构简单,要求支柱高度较低,因此,建设投资低,施工和检修方便。其缺点是导线的张力和弛度随气温的变化较大,导线的弹性不均匀,不利于电力机车高速运行时取流。

近年来,国内外对简单悬挂做了不少研究和改进。我国现采用的带补偿装置及弹性吊索的简单悬挂系在接触线下锚处装设了张力补偿装置,以调节张力和弛度的变化。在悬挂处加装 8~16m 长的弹性吊索,通过弹性吊索悬挂接触线,增加了悬挂点减小了悬挂点处产生的硬点,改善了取流条件。另外跨距适当缩小,增大接触线张力的同时改善弛度对取流的影响。根据我国的试验,这种弹性简单悬挂在行车速度 90 km/h 时,弓线接触良好,取流正常,所以在多隧道的山区和行车速度不高的线路上可广泛采用。我国在部分线路上已采用了这种悬挂。

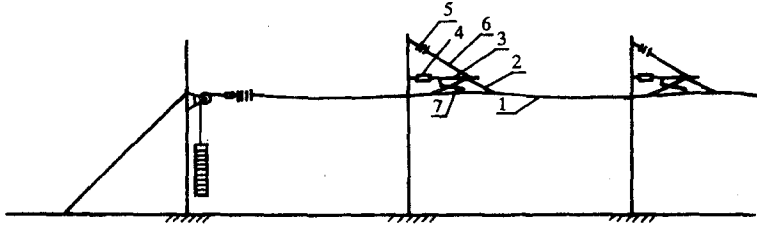


图 1—2—2 带补偿及弹性吊索简单悬挂示意图

1—接触线;2—弹性吊弦;3—腕臂;4—棒式绝缘子;5—悬式绝缘子;6—拉杆;7—定位器。

## 二、链形悬挂

链形悬挂是一种运行性能较好的悬挂形式。它的特点是接触线通过吊弦悬挂在承力索上,承力索通过钩头鞍子或悬吊滑轮悬挂在支持装置的腕臂上。使接触线在不增加支柱的情况下增加了悬挂点,通过调整吊弦长度使接触线在整个跨距内对轨面的高度基本保持一致。减小了接触线在跨距中的弛度,改善了弹性,增加了悬挂重量,提高了稳定性,可以满足电力机车高速运行取流的要求。

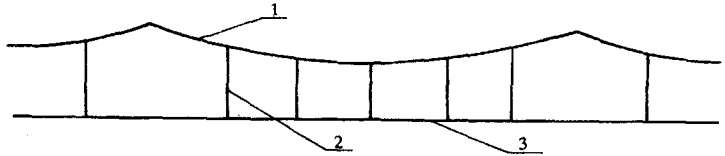


图 1—2—3 单链形接触悬挂示意图

1—承力索;2—吊弦;3—接触线。

链形悬挂分类方法较多,按悬挂链数的多少可分为单链形、双链形和多链形(又称三链形)。目前我国采用单链形悬挂,如图 1—2—3 所示。

双链形悬挂的接触线经短吊弦悬挂在辅助吊索上,辅助吊索又通过吊弦悬挂在承力索上,如图 1—2—4 所示。

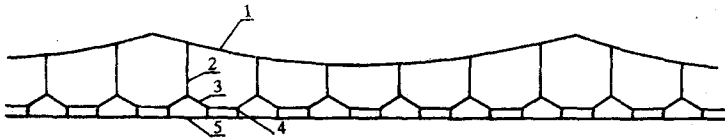


图 1—2—4 双链形悬挂示意图

1—承力索;2—吊弦;3—辅助吊索;4—短吊弦;5—接触线。

双链形悬挂接触线弛度小,稳定性好,弹性均匀,有利于电力机车高速运行取流。但结构较复杂,投资及维修费用高,我国仅在个别地段试用。

双链形悬挂及其它悬挂类型由于结构复杂、不易施工、维修困难、设计繁琐、造价高等原因,目前没有得到广泛应用。

链形悬挂根据线索的锚定方式(即线索两端下锚的方式),可分为下列几种形式:

### 1. 未补偿简单链形悬挂

这种悬挂方式的承力索和接触线两端无补偿装置,均为硬锚。因此,在温度变化时,承力索和接触线的张力、弛度变化较大,一般不采用,其结构形式如图 1—2—5 所示。

### 2. 半补偿简单链形悬挂

在半补偿简单链形悬挂中,接触线两端设补偿装置,承力索两端为硬锚,如图 1—2—6 所示。

半补偿简单链形悬挂比未补偿简单链形悬挂在性能上得到了很大改善,但由于承力索为硬锚,当温度变化时,承力索的张力和弛度随之发生变化,对接触线产生一定影响。同时,在温度变化时,承力索的弛度变化使吊弦上端产生上、下位移,而吊弦下端随接触线发生顺线路方向偏斜。由于各吊弦的偏斜,造成接触线各断面受力不均匀,特别是在极限温度下,使接触线在锚段中部和下锚端之间出现较大张力差,接触线张力和弹性不均匀,在支柱悬挂点处产生明显的硬点,不利于电力机车高速运行取流。因此,这种悬挂只用于行车速度不高的车站侧线和支线上。

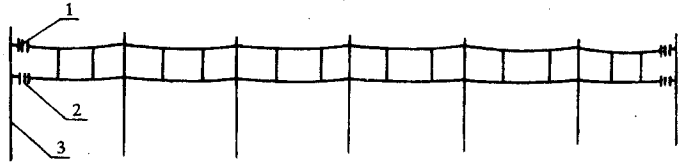


图 1—2—5 未补偿简单链形悬挂示意图  
1,2—绝缘子串;3—支柱。

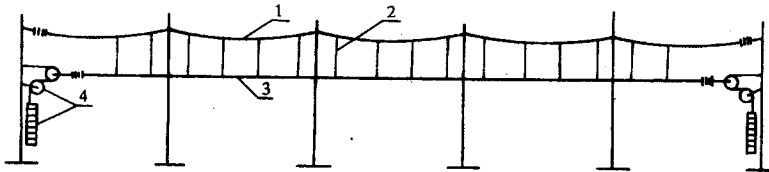


图 1—2—6 半补偿简单链形悬挂示意图  
1—承力索;2—吊弦;3—接触线;4—补偿器。

### 3. 半补偿弹性链形悬挂

半补偿弹性链形悬挂和半补偿简单链形悬挂的区别在于支柱定位点处吊弦形式的不同,如图 1—2—7 所示。

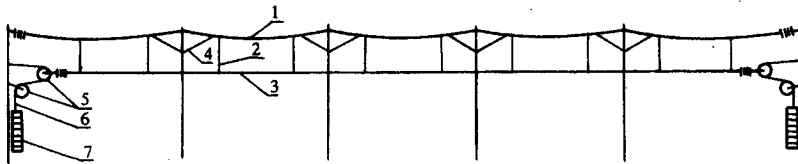


图 1—2—7 半补偿弹性链形悬挂示意图

1—承力索;2—吊弦;3—接触线;4—弹性吊弦;5—补偿滑轮;6—补偿绳;7—补偿坠砣。

弹性链形悬挂在支柱悬挂点处增设了一根弹性吊弦。弹性吊弦由长 15m 的辅助绳和一根(或二根)短吊弦构成。安装时,辅助绳两端分别固定在承力索上,短吊弦上端用 U 形滑动夹板同辅助绳连接,下端与接触线定位器相连,当温度变化时,可避免短吊弦产生过大偏斜。弹性吊弦的作用是增加支柱处接触线固定点(又称定位点)的弹性,使其弹性均匀,有利于机车受电弓取流。这种悬挂方式多用于行车速度不超过 100km/h 的线路上。

### 4. 全补偿链形悬挂

全补偿链形悬挂,即承力索和接触线两端下锚处均装设补偿装置,如图 1—2—8 所示。

全补偿链形悬挂在温度变化时,由于补偿装置的作用,承力索和接触线的张力基本不发生变化,弹性比较均匀,有利于机车高速取流。因此,得到广泛使用。

全补偿链形悬挂也分为全补偿简单链形悬挂和全补偿弹性链形悬挂两种形式。区别这两种悬挂形式的方法

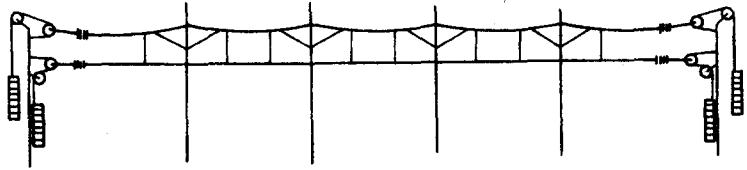


图 1—2—8 全补偿弹性链形悬挂示意图

同半补偿链形悬挂一样。全补偿简单链形悬挂因支柱定位点处无弹性吊弦,仍会出现硬点,产生弹性不均匀的现象,使用较少。行车速度较高的线路,多采用全补偿弹性链形悬挂。

链形悬挂按其承力索和接触线在平面上布置的位置,可分为下列几种形式:

### 1. 直链形悬挂

直链形悬挂是承力索和接触线布置在同一垂直平面内,它们在水平面上的投影是一条直线。

直链形悬挂的风稳定性较差,在大风作用下接触线易产生横向摆动,造成接触线与受电弓脱离而发生事故(简称脱弓事故)。目前我国电气化铁道,在曲线区段采用这种悬挂形式,即在支柱定位点处为保证受电弓磨耗均匀,接触线向曲线外侧拉出一定距离,承力索则布置在接触线的正上方。

### 2. 半斜链形悬挂

在半斜链形悬挂中,承力索与接触线不在同一垂直平面内,它们在水平面上的投影有一个较小的偏移如图 1—2—9 所示。

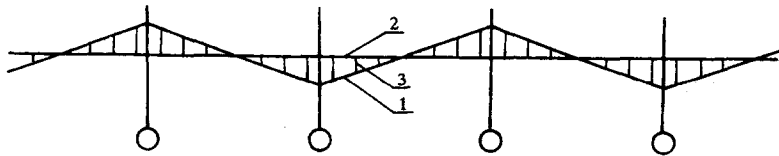


图 1—2—9 半斜链形悬挂示意图

1—接触线;2—承力索;3—吊弦。

半斜链形悬挂风稳定性好,施工方便,我国在直线区段采用这种悬挂方式。即直线区段,接触线在每一支柱定位点处,通过定位装置被布置成“之”字形,承力索则布置在线路中心线的正上方。

### 3. 斜链形悬挂

斜链形悬挂是指接触线和承力索在水平面上的投影有一个较大的偏移。在直线区段支柱

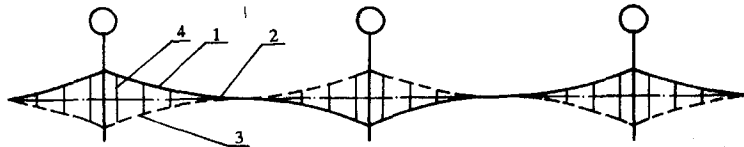


图 1—2—10 直线上的斜链形悬挂示意图

1—接触线;2—线路中心线;3—承力索;4—吊弦。

处,接触线和承力索均布置成方向相反“之”字形,如图 1—2—10 所示。

在曲线区段,承力索对线路中心线向外侧有一个较大的偏移,吊弦的倾斜角较大。这种悬挂的优点是风稳定性最好,可增大两支柱之间的距离(简称跨距),但其结构复杂,设计计算繁琐,施工和检修困难,造价较高,我国尚未采用。

### 第三节 供电方式

学习目标:1.掌握接触网两种主要供电方式及要求;  
2.了解牵引供电系统的供电方式。

#### 一、接触网供电方式

地方电力网将电能输送到铁路牵引变电所,经变电所主变压器降压至适合于电力机车使用的电压等级后,再经馈电线将电能送到接触网上,因此接触网是向电力机车供电的特殊输电线路。

接触网上的额定电压为25 kV,由于供电距离较长,电能在输电线路和接触网中产生电能损耗,使接触网末端电压降低。为了让接触网末端电压不低于电力机车的最低工作电压,要求两牵引变电所之间的距离一般为 40~60 km,牵引变电所馈出母线上的额定电压为27.5 kV,具体位置需经供电计算确定。图 1—3—1 所示为直接供电方式的供电系统图。

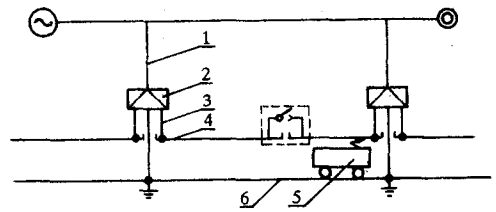


图 1—3—1 供电系统图

1—输电线;2—牵引变电所;3—馈电线;  
4—接触网;5—电力机车;6—钢轨。

两个牵引变电所之间将接触网分成两个供电分区(又称供电臂),正常情况两相邻供电臂之间在接触网上是绝缘的,每个供电分区只从一端牵引变电所获得电能的供电方式称为单边供电。若两个供电分区通过开关设备,在电路上连通,两个供电分区可同时从两个牵引变电所获得电能,这种供电方式称为双边供电。双边供电可提高接触网电压水平,减少电能损耗。但馈线及分区亭的保护及开关设备都较复杂,因此,目前采用较少。

单边和双边供电为正常的供电方式,还有一种非正常供电方式(也称事故供电方式)叫越区供电,如图 1—3—2 所示。

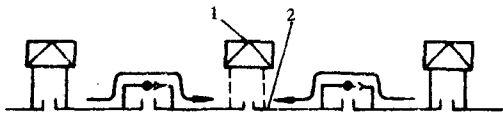


图 1—3—2 越区供电示意图  
1—故障牵引变电所;2—越区供电分区。

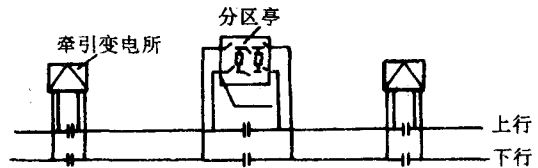


图 1—3—3 复线区段供电示意图

越区供电是当某一牵引变电所因故障不能正常供电时,故障变电所担负的供电臂,经分区亭开关设备与相邻供电臂接通,由相邻牵引变电所进行临时供电。这种供电方式称越区供电。因越区供电增大了该变电所主变压器的负荷,对电器设备安全和供电质量影响较大,因此,只能在较短时间内实行越区供电,是避免中断运输的临时性措施。

复线区段供电方式与上述基本相同,但每一供电臂分别向上、下行接触网供电,因此牵引变电所馈出线有四条。同一侧供电臂上、下行线实行并联供电,可提高供电臂末端电压。越区供电时,通过分区亭开关设备来实现。复线区段供电情况如图 1—3—3 所示。

## 二、牵引供电系统的供电方式

我国电气化铁道采用单相工频 25 kV 交流制,由于单相大电流在线路周围空间产生较强电磁场,使邻近通信、广播设备等产生杂音干扰和感应电压。为减少电气化铁道对沿线通信设备的干扰,保障其设备、人身安全及正常工作,在牵引供电系统中采取了许多防干扰措施,形成了不同的牵引供电方式。目前我国的牵引供电方式主要有三种:

### 1. 直接供电方式

直接供电方式是指,牵引变电所与接触网间不设置任何防干扰设备。这种供电方式的馈电回路结构简单,造价低,但对通信线路干扰较大。因此,根据我国目前通信设备状况,此种供电方式仅适用于通信线路较少的电气化铁路区段,或将通信线路改迁至远离电气化铁路的地区。其工作原理如图 1—3—1 所示。

### 2. BT 供电方式

在牵引供电系统中加装吸流变压器—回流线装置的供电方式称 BT 供电方式,这种供电

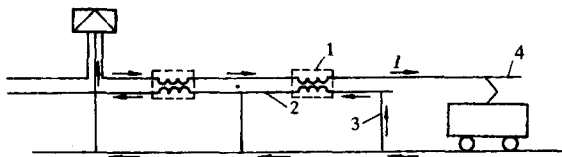


图 1—3—4 吸流变压器和回流线工作原理图  
1—吸流变压器;2—回流线;3—吸上线;4—接触线。

方式适用于电气化铁道穿越大、中城市及铁路两侧分布通信线路较多的地区,能有效地减轻电磁场对附近通信设备的干扰影响,但由于吸流变压器原、次边线圈串入接触网和回流线内,使牵引网阻抗增大,降低了供电臂末端电压,造成牵引变电所间距减小、馈电回路结构复杂、造价较高等弊病,其工作原理如图 1—3—4 所示。

吸流变压器采用变比为 1:1 的特殊变压器,其特点是要求励磁电流小,不超过额定电流值的 2%。每隔 2~4 km 装设一台吸流变压器,并与接触网同杆架设回流线。每两台吸流变压器之间,经吸上线与轨道相连。

接触网上的牵引电流流经吸流变压器原边绕组,经电力机车流入钢轨。吸流变压器次边绕组串入回流线内,通过吸流变压器电磁工作原理,将钢轨回路中的牵引电流经吸上线吸引至回流线并返回牵引变电所。在理想的情况下,接触网与回流线上的电流大小相等方向相反,它们在周围空间产生的电磁场互相抵消,从而消除了对附近通信线路的电磁干扰。但实际上,回流线的电流总是小于接触网上的电流,仍有少部分牵引电流经钢轨和大地返回牵引变电所。另外,当电力机车位置在吸流变压器附近时,从机车到吸上线之间的半段距离中,牵引电流基本上流经钢轨,这种情况称为“半段效应”,上述情况下对通信线路仍有一定的干扰。

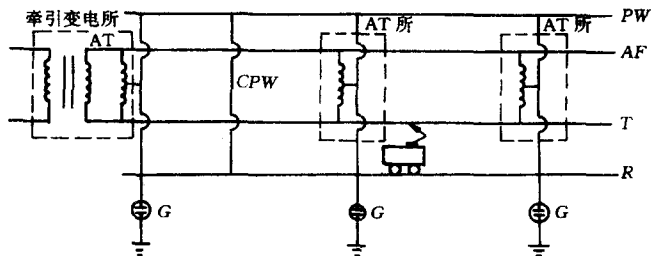


图 1—3—5 AT 供电方式工作原理

### 3. AT 供电方式

AT 供电方式又称自耦变压器供电方式,随着对外开放和引进国外先进技术,我国已逐渐在新建电气化铁道上采用,AT 供电方式工作原理如图 1—3—5 所示。

在 AT 牵引变电所中,牵引变压器将 110 kV 三相电降压至单相 55 kV,然后经自耦变压器两端分别接到接触网和正馈线上,自耦变压器中心抽头与钢轨相连。则钢轨与接触网间的电压正好是自耦变压器两端电压的一半 27.5 kV,与正常接触网工作电压相同。

机车在正常运行时,由于接触网与钢轨及正馈线与钢轨间的自耦变压器线圈上的电压相等,因此接触网和正馈线上各通过二分之一的牵引电流,且大小相等方向相反,消除了对附近通信线路上的干扰。同时减少了电能损耗。正馈线与接触网同杆架设在支柱田野侧。

在 AT 供电方式区段,与接触网同杆架设在田野侧的还有一条保护线,它相当于架空地线,在自耦变压器处保护线经接触悬挂接地部分或双重绝缘子中部同钢轨连接。保护线电位一般在 500 V 以下,正常情况下无电流通过。当绝缘子发生闪络时,短路电流可通过保护线作为回路,减少了对铁路信号轨道电路的干扰。同时对接触网起屏蔽作用也减少对架空通信线的干扰,另外起避雷线的作用,雷电可通过接在保护线上的放电器入地。

横向连接线将钢轨与保护线并联,其目的是在钢轨对地泄漏电阻和机车取流较大时,降低钢轨电位。

除了牵引变电所馈出线处设置自耦变压器外,在供电臂中还要单独设置自耦变压器即 AT 所。AT 所的间隔除考虑防止干扰外,还应考虑供电回路阻抗及钢轨电位的影响,一般按 10~15km 设置。

采用 AT 供电方式使牵引网电压增高,电流减小,牵引变电所间距离增大,提高了供电质量减少了投资。自耦变压器并联于接触网上,不需增设电分段,能适应高速、大功率电力机车运行。但 AT 供电方式也使牵引变电所主接线和接触网结构复杂,增设了 AT 所等不利因素。

### 4. 直供加回流线供电方式

在近几年新建的电气化铁道区段,我国普遍采用一种称为直供加回流线的供电方式,它与直供、BT 供电方式不同的是在接触网支柱田野侧,架设一条回流线不设吸流变压器。每隔一定距离,通过吸上线将回流线与轨道扼流变压器中性点相连,扼流变压器连接情况见图 2—15—11。扼流变压器起到平衡两条钢轨间电压,降低对信号轨道电路的影响。

直供加回流线供电方式,其回流线不仅仅提供牵引电流通路,而且也起到了防干扰的作用,即回流线中的电流与接触网中的牵引电流大小相等方向相反,空间电磁场互相抵消。去掉了吸流变压器减小了牵引网阻抗,也减少投资和维修工作量,是目前经济技术指标比较好的一种供电方式。

## 思考练习题

1. 接触网是由哪几部分组成的?各起什么作用?包括哪些主要元件?
2. 根据线索锚定方式有哪几种悬挂类型?
3. 按接触线与承力索在平面上的位置分类,有哪几种悬挂类型?我国采用什么类型?
4. 有人说承力索带补偿装置接触线不设也是半补偿,你认为是否正确?为什么?
5. 牵引供电系统有哪几种供电方式?各有什么特点?
6. 接触网有哪几种供电方式?具体说明什么时候采用越区供电?
7. AT 与 BT 供电方式下牵引网上有几条悬挂导线?各带有多大电压?



# 第二章 接触网设备与结构

## 第一节 支柱

- 学习目标: 1. 了解钢筋混凝土柱和钢柱的优缺点;  
2. 掌握钢筋混凝土柱和钢柱型号的意义;  
3. 掌握不同用途支柱的分类情况。

我国电气化铁道干线均采用架空式接触网,支柱是接触网结构中应用最广泛的支撑设备,用来承受接触悬挂与支持设备的负荷。

### 一、支柱按材质分类

接触网支柱,按其使用材质分为预应力钢筋混凝土支柱和钢柱两大类。为了节约钢材,我国广泛采用钢筋混凝土支柱,但五股道以上的软横跨支柱、桥梁支柱和双线路腕臂支柱则采用钢支柱。在事故情况下,为迅速抢修恢复送电通车,可用木支柱进行临时过渡。

#### 1. 预应力钢筋混凝土支柱

预应力钢筋混凝土支柱,不同于普通的钢筋混凝土支柱,它采用高强度的钢筋,在制造时预先使钢筋产生拉力。它比普通钢筋混凝土支柱在同等容量情况下节省钢材、强度大、支柱轻等优点。接触网广泛采用这种支柱,一般称为钢筋混凝土支柱。由于钢筋混凝土支柱本身是一个整体结构,在施工安设时不需要另浇制基础,加快了施工进度。钢筋混凝土支柱使用寿命长,使用中无需进行维修,因而得到了广泛采用。钢

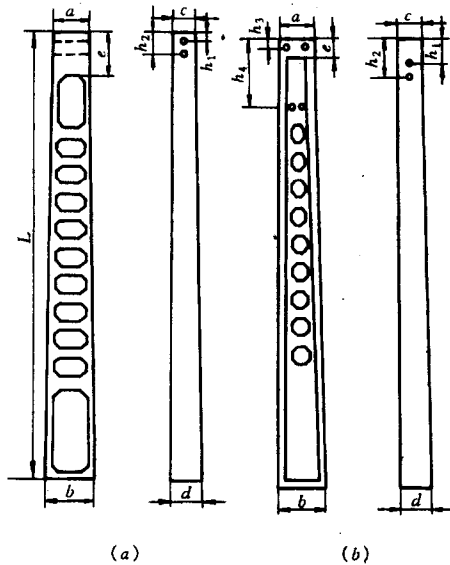


图 2—1—1 钢筋混凝土腕臂支柱

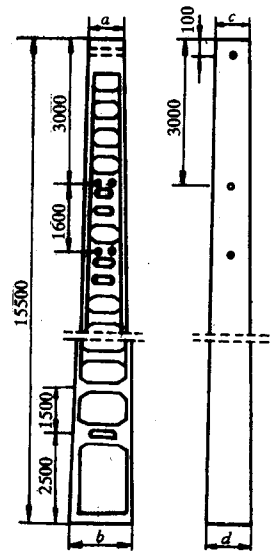


图 2—1—2 钢筋混凝土软横跨支柱

筋混凝土支柱的缺点是比较笨重,且经不起碰撞,因此在运输装卸和安装工程施工中应小心谨慎,在用吊车作业繁忙的站场上,也不宜采用钢筋混凝土软横跨支柱。

钢筋混凝土柱从外观形态上可分为矩形横腹杆式、矩形斜腹杆式及等径圆形杆三种。横腹杆式支柱便于攀登,利于维修和检查。斜腹杆式支柱强度高、支柱承受力矩大、使用寿命长。

矩形支柱在安装时均受方向性的限制。等径圆形杆是一种上下直径相等的圆形支柱,该柱加工制造较容易,安装时不受方向性的限制,且受力均匀,但圆杆不利于攀杆检查和维修。我国目前大多采用横腹杆式支柱,在个别线路中使用了圆形支柱,斜腹杆式支柱已被淘汰。

钢筋混凝土支柱,按使用场合分为普通支柱和软横跨支柱,普通支柱结构如图 2—1—1 所示。

软横跨支柱结构如图 2—1—2 所示。

钢筋混凝土支柱型号及规格参见表 2—1—1。

表 2—1—1 钢筋混凝土支柱型号规格

尺寸 型号	L (m)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	h <sub>3</sub> (mm)	h <sub>4</sub> (mm)	质量 (kg)	迎风 面积 S (m <sup>2</sup> )	使用 范围
H $\frac{18}{8.7+2.6}$	11.3	160	348	200	290	900	100	200			1 050	1.94	腕 臂 支 柱
H $\frac{18}{8.2+2.6}$	10.8	168	388	204	290	400	100	200			1 010	1.94	
H $\frac{38}{8.7+2.6}$	11.3	267	550	196	290	900	100	200			1 330	2.04	
H $\frac{38}{8.2+2.6}$	10.8	280	550	200	290	400	100	200			1 260	2.04	
H $\frac{78}{8.7+3}$	11.7	413	705	213	291	900	100	200			1 730	2.11	
H $\frac{78}{8.2+3}$	11.2	425	705	217	291	400	100	200			1 620	2.11	
H $\frac{48-250}{9.2+3}$	12.2	400	705	210	291	1 400	600	700	150	1 750	1 840	2.21	锚 柱
H $\frac{48-250}{8.7+3}$	11.7	413	705	213	291	900	600	700	150	1 450	1 730	2.11	
H $\frac{90}{12+3.5}$	15.5	300	920	300	430	900	100	3 000			3 670	4.08	软 横 跨 支 柱
H $\frac{130}{12+3.5}$	15.5	300	920	300	430	900	100	3 000			3 670	4.08	
H $\frac{170}{12+3.5}$	15.5	300	920	300	430	900	100	3 000			3 670	4.08	
H $\frac{170-250}{12+3.5}$	15.5	300	920	300	430	900	100	3 000			3 670	4.08	软横跨 锚柱

注:表内腕臂支柱中露出地面8.7 m高的支柱用于半补偿链形悬挂,8.2 m高的支柱用于全补偿链形悬挂;锚柱中露出地面9.2 m高的支柱用于半补偿链形悬挂,8.7 m高的支柱用于全补偿链形悬挂。

预应力钢筋混凝土支柱以字母 H 表示,例如:

$$H \frac{38}{8.7+2.6}$$

式中 H——钢筋混凝土支柱;

38——支柱所承受的力矩(kN·m);

8.7——支柱露出地面以上的高度(m);

2.6——支柱埋入地下的深度(m)。

用于下锚的钢筋混凝土支柱其符号表示方法如下:

$$H \frac{48-25}{8.7+3}$$

式中 48——垂直于线路方向的支柱容量(kN·m);

25——顺线路方向的支柱容量(kN·m);

其余符号意义同前。

目前在新建线路上使用一种等径圆形支柱,它又称为超高强度等径预应力钢筋混凝土支