

中等专业学校教材

接 触 网

西安铁路运输学校 阎跃宣 主编
北京铁路电气化学校 徐凤章 主审

中国铁道出版社

1992年·北京

前 言

本教材是根据铁道部1990年批准的中等专业学校铁道供电专业“接触网”课程教学大纲，在1981年由阎跃宣编写、中国铁道出版社出版的《接触网》试用教材的基础上修订的。

《接触网》试用教材是根据1978年铁道部批准的教学大纲编写的，内容选材基本符合当时的教学要求，在教学和培养铁道电气化中级技术人才中起到了积极作用，但是随着科学技术的发展，特别是近年来，我国电气化铁道的迅速发展，新技术、新工艺、新设备、新材料的采用，原试用教材的部分内容不能适应发展的需要，根据铁路中等专业学校铁道供电专业教学指导委员会的意见，经铁道部教育司批准进行修订。

修订后的教材，增加了近年来我国所采用的新技术和新材料，例如：在接触网的组成一章中增写了直接供电、BT供电、AT供电等供电方式；在接触网设备与结构一章中，增加了FGLC-260钢芯铝合金复合接触线、HL₄C-200铝镁硅稀土合金接触线、GLCN-250内包式钢铝接触线、铝覆钢—铝载流承力索、吊弦线夹等材料，删去了木支柱等。在章节结构上也作了必要的调整，删去了原试用教材的第一章，增写了绪论，软横跨这一节作了较大的调整和补充。为了加强施工管理，相应地增加了施工管理知识。

修订中，突出于应用，着重于接触网设备结构的分析、运营管理和检修以及各类负载的计算。对接触网施工进行了较系统的叙述，对接触网设计知识也作了简单介绍。

本教材修订工作由西安铁路运输学校阎跃宣主编，北京铁路电气化学校徐凤章主审。参加修订编写的有阎跃宣（绪论，第二章第一至七节，第三章一、二、三、七节，第五章），郑州铁路机械学校王克秀（第一章及第二章第八至十二节），内江铁路机械学校李伟（第二章第十三至十六节，第三章第四、五、六、八、九节以及第四章）。

在修订工作中，得到北京铁路电气化学校、内江、广州、郑州机械学校、西安铁路运输学校有关领导和教师的支持，对书稿提出了宝贵的修改意见，在此，表示衷心感谢。

编 者

1991年3月

(京) 新登字063号

内 容 简 介

本书系统、详细地介绍了交流电气化铁道接触网的组成、分类、设备结构以及接触网施工、检修的基本方法和运行管理的基本知识；系统地阐述了接触网中接触悬挂的负载计算，安装曲线的计算及绘制。对接触网锚段长度、跨距长度、支柱容量的计算与选择作了较详细的分析讨论，并对电力机车受电弓的取流和接触悬挂的弹性进行了讨论。

本书结合现场情况，着重介绍了站场软横跨的计算和预制。书中还介绍了接触网的设计程序及其它有关内容。

本书系中等专业学校铁道电气化专业的教材，也可作为职工培训及有关工程技术人员和工人自学参考书。

中等专业学校教材

接 触 网

西安铁路运输学校 阎跃宣 主编

北京铁路电气化学校 徐凤章 主审

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 方军 封面设计 翟达

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米1/16印张：13.75字数：343千

1992年11月 第1版 第1次印刷

印数：1—10000册

ISBN7-113-01256-6/U·387 定价：3.30元

目 录

绪 论	1
第一章 接触悬挂及供电方式	4
第一节 接触网的组成	4
第二节 接触悬挂的类型	5
第三节 供电方式	10
第二章 接触网设备与结构	13
第一节 支 柱	13
第二节 腕 臂	18
第三节 接触网线索	20
第四节 绝 缘 子	27
第五节 接触网补偿装置	31
第六节 中心锚结	37
第七节 吊 弦	41
第八节 定位装置	46
第九节 锚段及锚段关节	52
第十节 隔离开关和电连接	56
第十一节 分区绝缘器与分相绝缘装置	58
第十二节 线 岔	62
第十三节 腕臂支柱的装配	64
第十四节 软横跨	72
第十五节 桥、隧接触网设备	91
第十六节 接触网其它设备	98
第三章 接触网负载计算及设计概述	105
第一节 气象条件及计算负载的确定	105
第二节 简单悬挂负载计算及安装曲线	110
第三节 链形悬挂负载计算及安装曲线	117
第四节 跨距及锚段长度的确定	131
第五节 腕臂支柱负载计算	136
第六节 软横跨负载计算	144
第七节 取流与接触网弹性	148
第八节 接触网平面布置	154
第九节 接触网设计概述	160
第四章 接触网施工	169
第一节 接触网基础工程	169

第二节	立杆与整正	181
第三节	接触网架设	187
第四节	接触网竣工验收	191
第五章	接触网运行管理及检修	200
第一节	接触网的运行管理	200
第二节	接触网的检修	202
第三节	接触网的带电作业	207
第四节	接触网事故与抢修	210

绪 论

一、电气化铁道概述

采用电力牵引的铁路称为电气化铁道。

铁路采用电力机车牵引是19世纪70年代末在欧洲最先出现的。电力机车本身并不带有能源装置，而是由外部的牵引供电装置供给其电能的。

早期的电气化铁道多采用直流供电方式，电压等级较低，且需要在铁路沿线的牵引变电所中安设整流装置，将交流电变为直流牵引用电，这在长距离的铁路干线上是不经济的。后来，在有些国家采用了低频单相交流制的供电方式，这样仍需建立专门的变频站或设置变频机组，显然也是不经济的。20世纪20年代，随着工频单相交流制供电方式在电气化铁道干线上的应用，经过六十多年的实践，它已成为电力牵引供电的主要方式和发展方向。工频单相交流制使牵引供电装置大大简化，便于直接从具有巨大容量的电力系统中取得电能，并可以较高的电压等级向电力机车供电。还可以增大牵引变电所之间的距离，缩小接触导线的截面积，减少电能的损耗，大大降低了建设投资和运营费用。

电力牵引出现以来，经过不断地技术改革，无论在运输能力、效率，机车的使用、检修，燃料的消耗以及司乘人员劳动条件的改善等方面，蒸汽机车和内燃机车牵引是无法比拟的，可以说电力牵引是一种比较理想的牵引动力。

从世界范围来看，电气化铁道发展较迅速的原因是它更能适应铁路干线的繁忙运输和高速运行。不仅适用于平原地区，更适用于高原、沙漠地区、长大隧道多的群山丘陵地带，尤其在坡道长、坡度较陡的地段，海底隧道等困难地区。此外，在能源的综合利用及对环境保护等方面的优越性也受到普遍的重视。原苏联的电气化铁道发展最迅速，电化里程最长。日本、法国等发展也较快，行车速度较高，成为名符其实的高速铁路。

我国电气化铁道发展起步较晚，1958年6月动工修建了第一段电气化铁道，长度仅91km。近年来，随着社会主义工农业生产的迅速发展，已成为我国铁路运输的主要牵引方式之一。我国虽然起步较晚，但一开始就采用了较先进的工频单相交流制供电方式，使用了我国自行设计制造的干线大功率韶山型电力机车，为我国电气化铁道的发展奠定了良好的基础。改革开放以来，我国引进了国外较先进的技术和设备，对我国电气化铁道的发展以有力的推进。若能充分利用我国丰富的煤炭、水力和综合利用其它能源，我国电气化铁道的发展必然有着广阔的前景。

二、电气化铁道的组成

由于电力机车本身不带有能源装置，靠外部电力系统经过牵引供电装置供给其电能，故电气化铁道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道，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，直接接触导线取得电能。每台电力机车前后各有一台受电弓，由司机控制其升降。受电弓升起工作时，以 $68.6 \pm 9.8\text{N}$ 的接触压力紧贴接触线摩擦滑行，将电能引入。机车主断路器将电压加至变压器，经变压器变压、硅半导体整流器组整流供直流牵引电动机，通过齿轮传动驱动轮对使列车运行，如图 0—1 所示。

电力机车受电弓直接从接触线上滑行取流，其型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 2mm 的铝板冷压制成。由于接触线的材质不同，故受电弓的滑板材质也对应不同。受电弓滑板的最大工作范围为 1250mm，允许工作范围为 950mm。受电弓及滑板安装如图 0—2 所示。

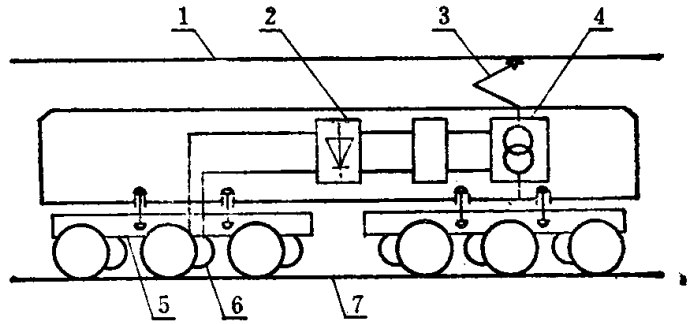


图 0—1 电力机车的工作原理

- 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。

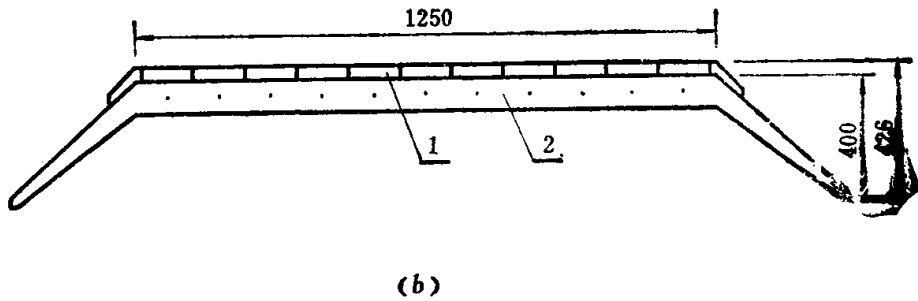
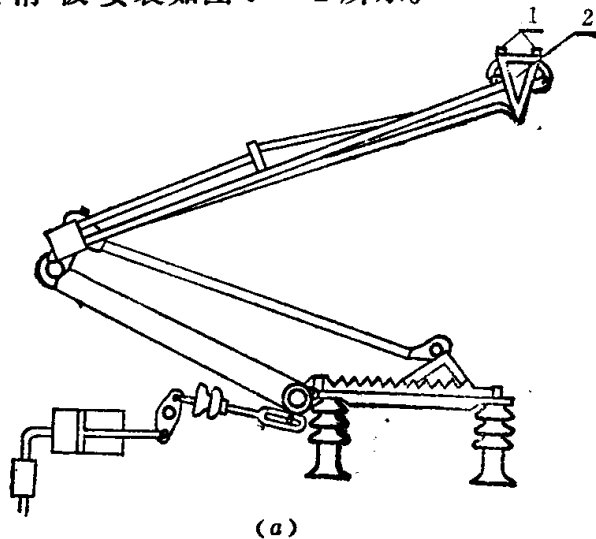


图 0—2 受电弓滑板构造
 (a) 安装图； (b) 滑板图。
 1 —— 接触板条； 2 —— 滑板。

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 SS₁、SS₂、SS₃ 型及部分进口电力机车。

2. 牵引变电所

牵引变电所的任务是将电力系统输送来的电能将其电压降低，同时以单相方式馈送至接触网上。电压的变换由牵引变压器进行。将电力系统的三相电改变为单相方式输出是通过牵引变压器的电气接线达到的。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 $Y/\Delta-11$ ，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的两边供电分区的接触网上（又称为两个供电臂），因此，使接触网对地（钢轨）为单相电。三相变电所高压侧电压为110kV，低压侧（又称牵引侧）电压为27.5kV。

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，符号标为V/V接法。单相变电所结构比较简单，单相变压器利用率高，但也有其不利的一面，故目前未大量推广使用。

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，这种接线方式称为斯科特（Scott）接线方式，或者接成另一种称为伍德布里奇（Wood-Bridge）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55kV，在其供电臂上并接自耦变压器（AT），自耦变压器两边线圈匝数相同，通过接线使供给接触网上的电压仍为27.5kV。三相——二相变电所是为了防止接触网对通信线路干扰而运用的一种方式。

牵引变电所一般应设有备用电源，采用双回路高压线路送至变电所，以便当一条回路检修或故障时而不影响供电。牵引供电系统的回路应为下列顺序：牵引变电所——馈电线——接触网——电力机车——钢轨——回流线——接地网等组成闭合回路。从上述顺序中可以看出，接触网是实现向电力机车供电的重要环节，直接影响着电气化铁道的可靠程度。因此，保证接触网始终处于良好的工作状态，安全可靠地向电力机车供电，对于保证铁路运输畅通无阻有极为重大的意义。

第一章 接触悬挂及供电方式

第一节 接触网的组成

接触网是沿铁路上空架设的向电力机车供电的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 所示。

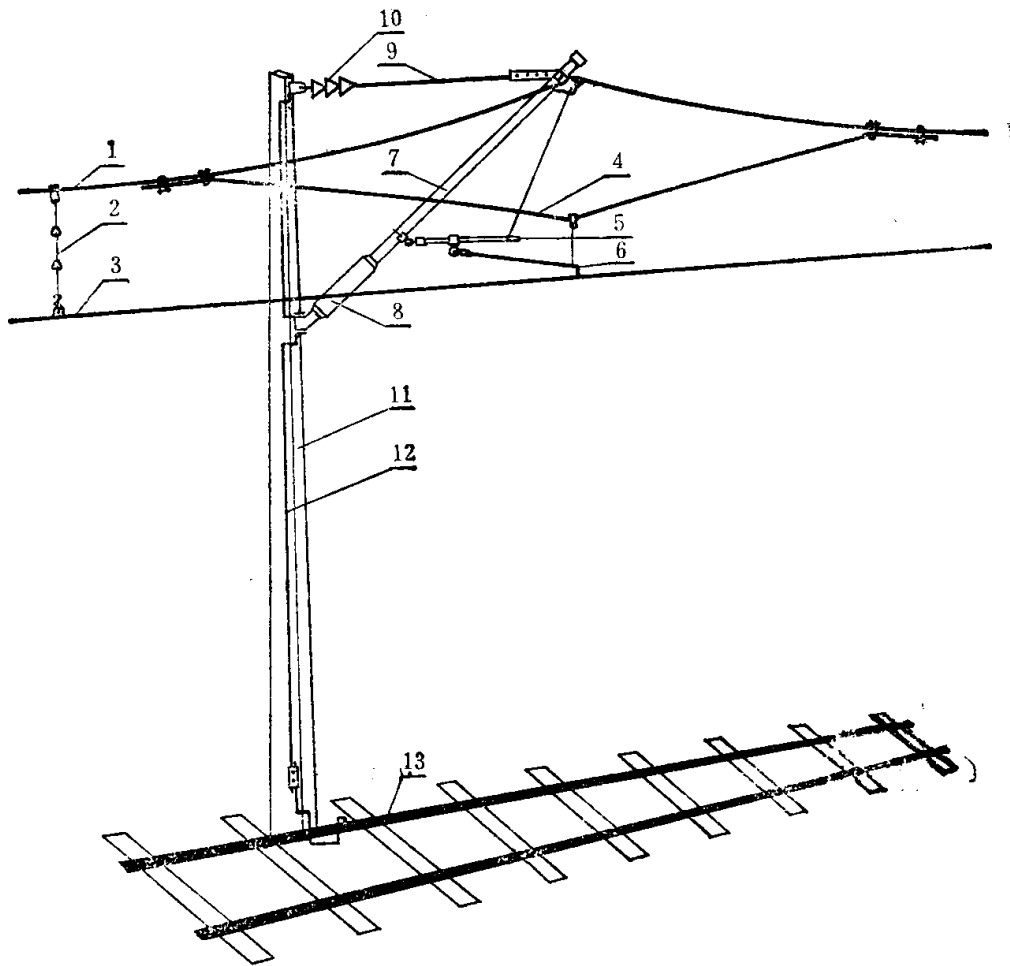


图 1—1 接触网组成

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——悬式绝缘子串；11——支柱；12——接地线；13——钢轨。

一、接触悬挂

接触悬挂包括接触线、吊弦、承力索以及连接零件。接触悬挂通过支持装置架设在支柱上，其功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，即在悬挂点间的导线，在相同受电弓压力作用下，

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

支持装置用以支持接触悬挂，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 所示为区间所用形式。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的特殊支持设备。

支持装置的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和定位器。其功用是固定接触线的位置，使接触线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，并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，基础是对钢柱而言的，即钢柱固定在下方的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

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上，为了满足供电方面和机械方面的要求，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的分类是对接触网的每个锚段而言的。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的弹性简单悬挂的过程。其结构分别如图 1—2 和图 1—3 所示。

接触线和承力索端头同支柱的连结称为线索的下锚。下锚分两种方法，一是将线索端头同支柱直接固定连结，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。

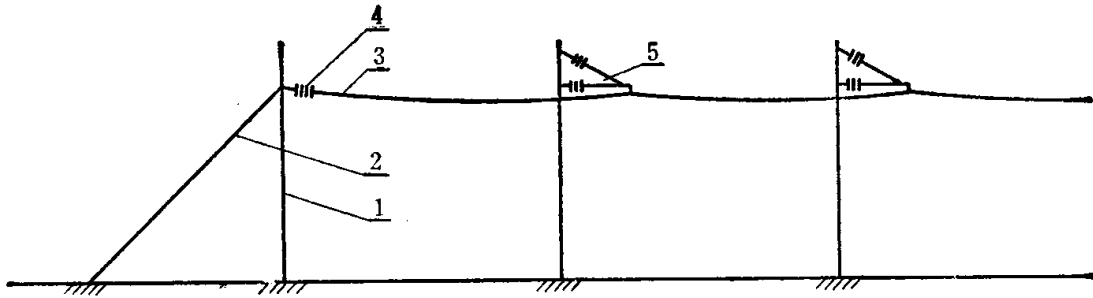


图 1—2 未补偿简单悬挂

1——支柱；2——下锚拉线；3——接触线；4——绝缘件；5——支持装置。

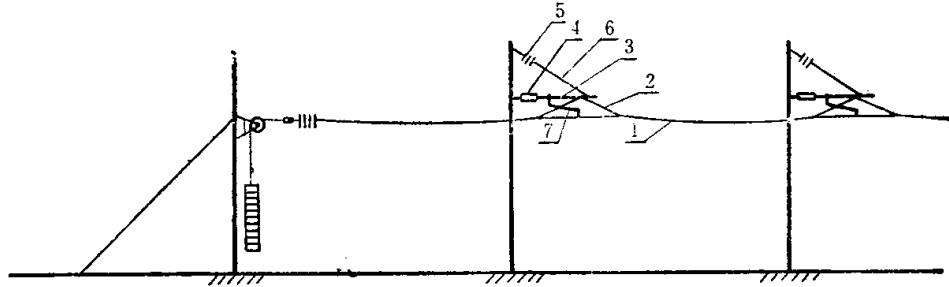


图 1—3 带补偿的弹性简单悬挂

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。

未加补偿的简单悬挂结构简单，要求支柱高度较低，因此，建造投资低，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。

季节调整式简单悬挂，即在接触线两端下锚处装设松紧调整螺栓，每年春天拉紧接触线，秋季放松接触线，以调节张力和弛度变化较大之弊病。由于调整量有限，虽每年两次进行繁琐的调整工作，仅使接触线张力和弛度变化大之弊病得以缓和，不能从根本上得到解决。

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的弹性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。在悬挂点上加装 8~16m 长的弹性吊索，通过弹性吊索悬挂接触线，这就减少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，增大接触线的张力去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 90km/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采用这种悬挂。我国在部分线路上已采用了这种悬挂。

二、链形悬挂

受电弓取流的理想状态是受电弓对接触线的压力不变，接触线高度不变。但是，在实际中这种理想状态是不存在的，因为电力机车高速运行时，由于接触线的高度误差及弹性不均的影响、钢轨面高度误差及地基松软不一的影响和电力机车弹簧挠度的影响等，使弓线间压力和接触线高度变化较大，影响取流质量。因此，在行车速度较高的电气化铁道上均采用链形悬挂。

链形悬挂的接触线是通过吊弦悬挂在承力索上。承力索悬挂于支柱的支持装置上，使接

触线在不增加支柱的情况下增加了悬挂点，利用调整吊弦长度使接触线在整个跨距内对轨面的距离保持一致。链形悬挂减小了接触线在跨距中间的弛度，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。

链形悬挂比简单悬挂得到了较好的性能，但也带来了结构复杂、造价高、施工和维修任务量大等许多问题。

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—4 所示。

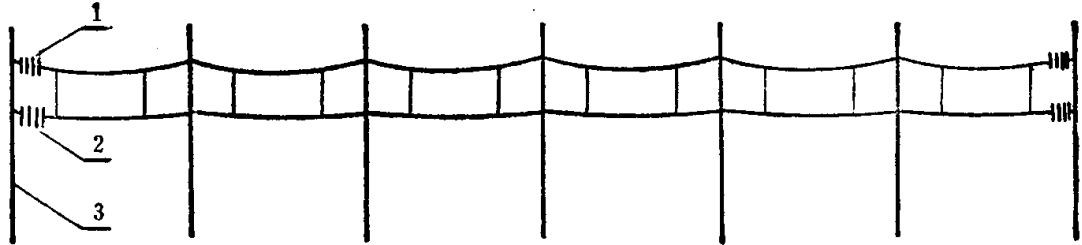


图 1—4 未补偿简单链形悬挂
1——承力索下锚绝缘子串；2——接触线下锚绝缘子串；3——下锚支柱。

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—5 所示。

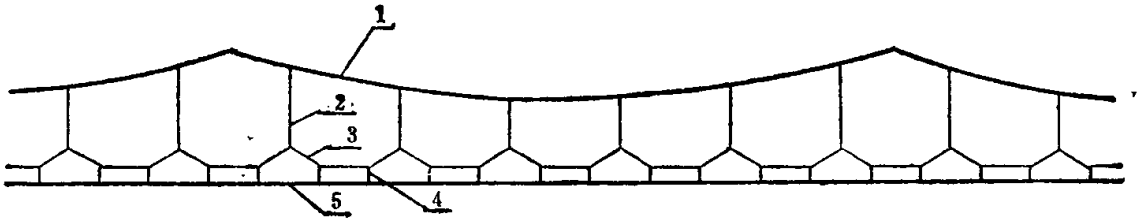


图 1—5 双链形悬挂
1——承力索；2——吊弦；3——辅助吊索；4——短吊弦；5——接触线。

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时取流。但结构较复杂，投资及维修费用较高，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），可分为下列几种方式：

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—4 所示。

2. 半补偿简单链形悬挂

在半补偿简单链形悬挂中，接触线的两端设补偿装置，承力索两端为硬锚，如图 1—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，特别是在极限温度下，接

触线在锚段中部和下锚端张力数值相差较大，使接触线张力不一，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，这种悬挂形式只用于行车速度不高的车站的侧线和支线上。

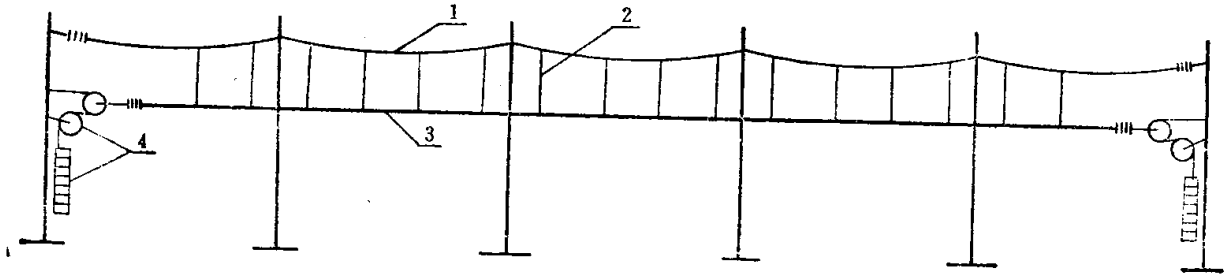


图 1—6 半补偿简单链形悬挂
1——承力索；2——吊弦；3——接触线；4——张力补偿装置。

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—7 所示。

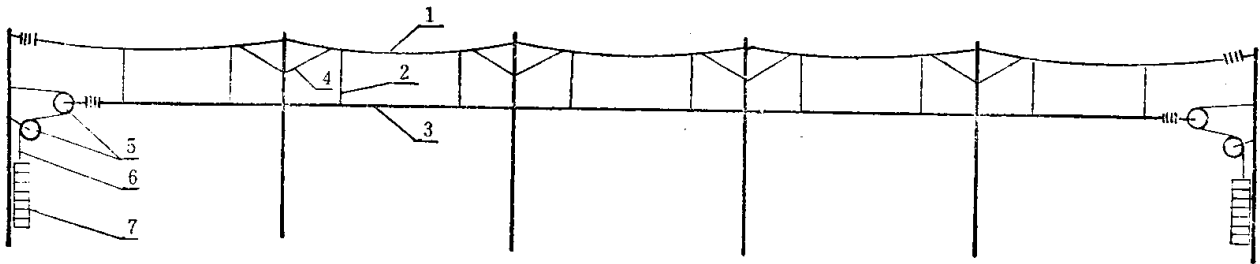


图 1—7 半补偿弹性链形悬挂
1——承力索；2——普通吊弦；3——接触线；4——弹性吊弦；5、6、7——补偿装置。

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结，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。弹性吊弦的用途是增加支柱下方接触线的弹性，使其弹性均匀，有利于高速行车取流。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，即在承力索和接触线两端下锚处均装设补偿装置，如图 1—8 所示。

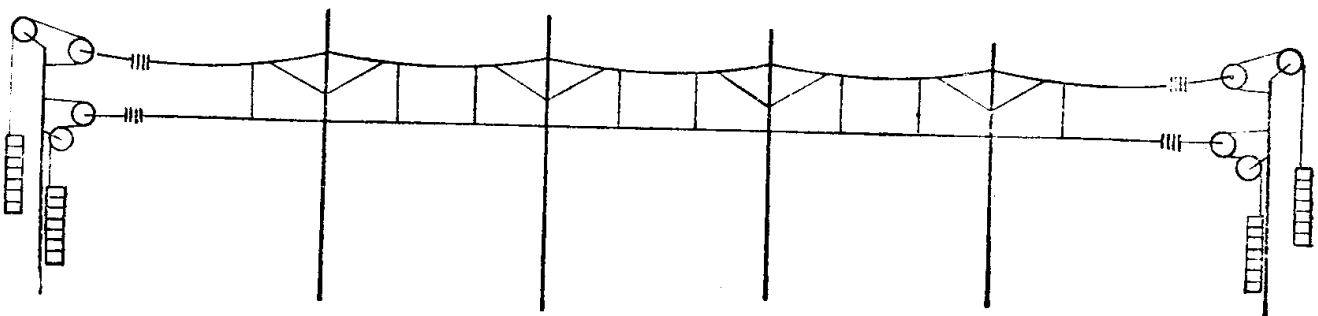


图 1—8 全补偿弹性链形悬挂

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上不发生变化，弹性比较均匀，有利于高速行车取流。因此，得到了广泛使用。

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上，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

直链形悬挂即是承力索和接触线布置在同一垂直平面内的悬挂形式。在直线区段为使受电弓滑板磨耗均匀，接触线布置成“之”字形。承力索在接触线的正上方，也成“之”字形。在曲线区段，支柱定位点处接触线向曲线外侧拉出一定距离，承力索仍布置在接触线的正上方。目前，我国电气化铁道在曲线区段采用这种悬挂形式。

2. 半斜链形悬挂

在半斜链形悬挂中，直线区段接触线布置成“之”字形，承力索的布置是沿线路中心上方成直线形，如图 1—9 所示。

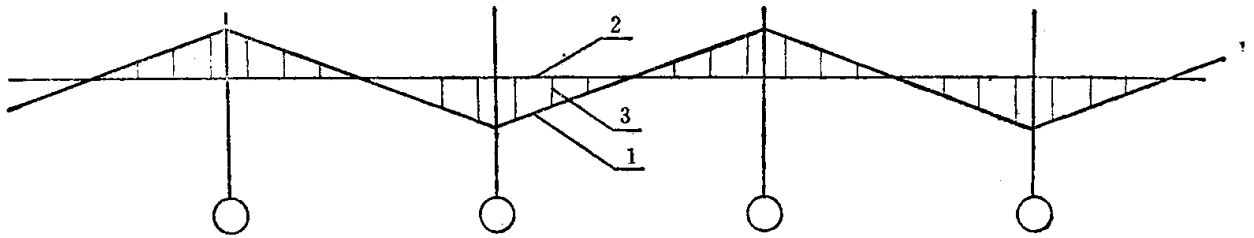


图 1—9 半斜链形悬挂
1——接触线；2——承力索及线路中心；3——吊弦。

半斜链形悬挂和直链形悬挂比较，半斜链形悬挂风稳定性好，施工方便，所以，应用广泛，我国在直线区段采用这种悬挂方式。

3. 斜链形悬挂

斜链形悬挂在直线区段接触线和承力索均布置成“之”字形，但其方向相反，如图 1—10 所示。

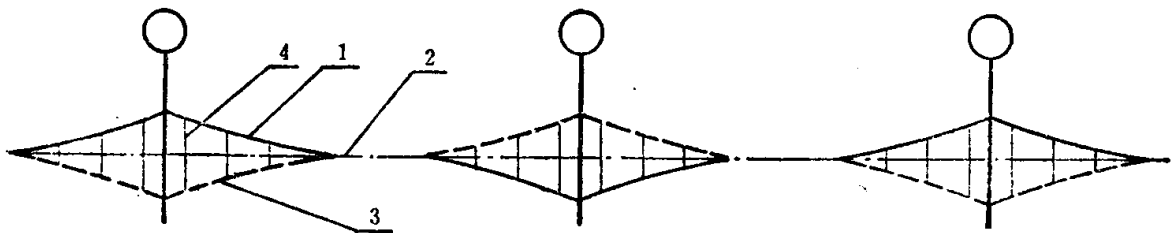


图 1—10 直线上的斜链形悬挂
1——接触线；2——线路中心；3——承力索；4——吊弦。

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较好，可采用较大的跨距，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

一、接触网供电方式

接触网是向电力机车供电的特殊输电线路。沿铁路线布置的牵引变电所是将从地方电网获得的电能，把电压降至适合电力机车使用的电压等级后，经牵引侧母线上的馈出线向接触网供电。接触网上的额定电压为25kV。由于较长距离的供电，在输电线路和接触网中产生的电压和电能横耗，使接触网末端电压降低。为了使接触网末端不低于电力机车的最低工作电压，牵引变电所馈出母线上的额定电压为27.5kV。牵引变电所设置距离为40~60km，具体设置需经供电计算确定。图1—11所示为直接供电方式的供电系统。

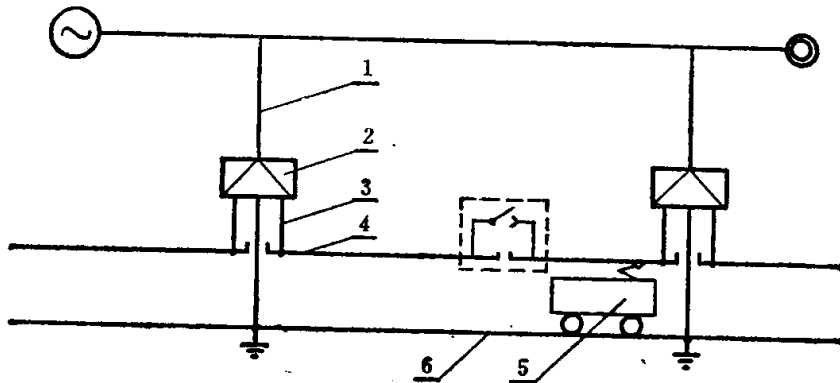


图1—11 供电系统

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

接触网在两个相邻牵引变电所的中间是断开的，将两个牵引变电所之间的接触网分成两个供电分区（又称供电臂）。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，在电路上相通，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—12所示。

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，经开关设备或分区亭同相邻的供电臂接通，由相邻牵引变电所进行临时供电。这种临时性的越区供电，使供电臂延长较多，对供电质量影响较大，因此，越区供电只能保证客车和重要的货物列车通过，是避免中断运输的临时性措施。

复线区段的供电情况与上述类同，但牵引变电所馈出线有四条，分别向两侧上、下行接触网供电。牵引变电所同一侧上、下行实现并联供电，提高供电臂末端电压。越区供电时，通过分区亭内的开关设备去实现。复线区段供电情况如图1—13所示。

二、牵引供电系统的供电方式

我国电气化铁道采用工频单相25kV交流制，这种不对称供电回路，在其周围空间产生电磁场，对邻近通信、广播设备产生杂音干扰和危险影响。为了减少电气化铁道对沿线通信

设备的干扰影响，保证其正常工作及设备、人身安全，在牵引供电系统的供电方式上采取了许多措施。我国的牵引供电方式主要有三种：

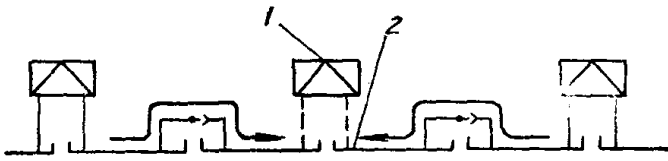


图 1—12 越区供电

1 —— 故障牵引变电所；2 —— 越区供电分区。

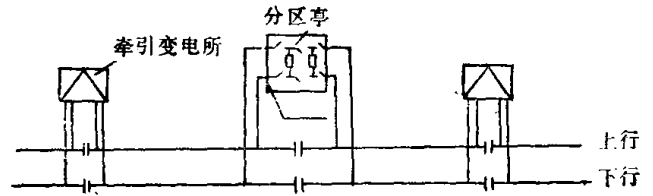


图 1—13 复线区段供电

1. 直接供电方式

直接供电方式即不设置任何对通信线路防干扰设备。这种供电方式，馈电回路结构简单，造价低，但对通信线路有干扰影响。因此，根据我国目前的通信设备状况，此种供电方式仅适用在通信线路较少的电气化铁路，或通信线路虽受干扰影响严重，但无迁改条件的地区，其工作原理如图 1—11 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（简称 BT 供电方式），这种供电方式用于电气化铁道穿越山谷地区或虽为平原地区，但铁路两侧通信线路较多，且受干扰影响严重的线路上。由于设置吸回装置，虽能减轻对通信设备的干扰影响，却带来馈电回路结构复杂、阻抗增大、造价较高，变电所间距减小等弊病，其工作原理如图 1—14 所示。

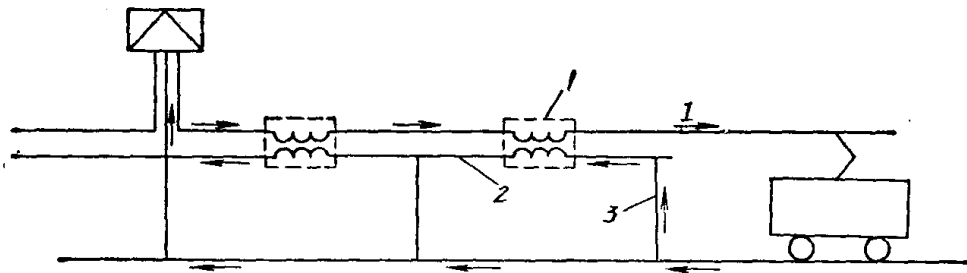


图 1—14 吸流变压器和回流线工作原理图

1 —— 吸流变压器；2 —— 回流线；3 —— 吸上线。

吸流变压器是变比为 1:1 的特殊变压器，这种变压器的特点是，要求励磁电流小，不超过其额定电流值的 2%。每隔 2~4km 装设一台吸流变压器，并随之架设回流线。每两台吸流变压器之间的中点，经吸上线将回流线与轨道连接起来。

电力机车从接触网上取得的电流流经吸流变压器的原边绕组，而吸流变压器次边绕组的电流是通过吸上线从钢轨回路的电流中取得的，然后经回流线返回牵引变电所。理想的情况是吸流变压器原边和次边绕组中的电流，即接触网上和回流线上的电流大小相等，方向相反，使吸上线到牵引变电所之间的钢轨回流为零，从而消除了对通讯线路的感应影响。但实际上，回流线上的电流总是小于接触网上的电流，仍有非常少的一部分牵引电流是经钢轨和大地返回牵引变电所的。另外，当电力机车位置恰于吸流变压器附近，从机车到吸上线之间的半段距离中，牵引电流基本上仍是流经钢轨的，则接触网上的电流和回流线上的电流感应影响并不能抵消，这种情况称为“半段效应”，对通信线路仍有一定的干扰影响。

3. AT供电方式

国外电气化铁道实践证明，AT供电方式比BT供电方式有较大的优越性。我国也逐渐在新建的运行速度高、牵引重量大的，两侧通信线路较多的电气化铁道上采用。AT供电方式工作原理如图1—15所示。

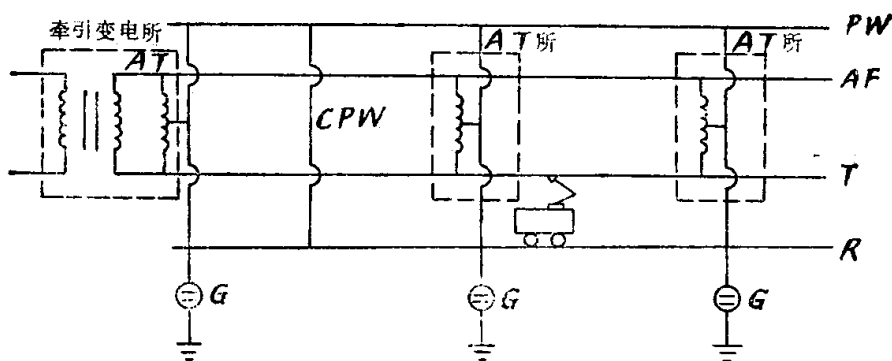


图1—15 AT供电方式工作原理
AT——单相自耦变压器；PW——保护线；AF——正馈线；T——接触网；R——钢轨；
CPW——横向连接线；G——放电器。

在AT所中的自耦变压器，其线圈两端分别接到接触网和正馈线上，其中点抽头与钢轨相接，形成两条牵引电流回路。正馈线架设在接触网支柱的田野侧。牵引变压器的次边电压为55kV，而次边线圈两端头分别接馈出线，以27.5kV的电压送至接触网和正馈线上。自耦变压器的线圈以中点抽头分成两半，这两半线圈匝数相等，所以，自耦变压器的整个线圈和半个线圈的关系即为原边和次边的关系，其变比为2:1，使供给接触网上的电压仍按27.5kV馈出。若机车取流为1，则自耦变压器原边电流为1/2。由于接触网与钢轨及正馈线与钢轨间的自耦变压器两半线圈上电压是相等的，在理想情况下，接触网与正馈线中流过的电流大小相等，方向相反，因此，对通信明线的干扰得到有效的防护。

保护线也是悬挂在接触网支柱的田野侧，相当于架空地线，在自耦变压器AT处经接触悬挂的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500V以下，正常情况下无牵引电流通过。当绝缘子发生闪络时，短路电流可通过保护线作为回路，提高信号电路的可靠性。同时，对接触网起屏蔽作用，减少对架空通信线的干扰，另外也起避雷线的作用，通过放电器入地。

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。

自耦变压器除了在牵引变电所馈出线处设置外，在供电臂中还要单独设置自耦变压器的场所——AT所。AT所的间隔距离除考虑防止干扰外，还同供电回路阻抗及钢轨电位的影响有关，一般按10~15km设置。

采用AT供电方式馈出电压增高，电流减小，使牵引变电所间隔距离增大，提高了供电质量。自耦变压器并联于接触网上，不需增设电分段，能适应高速、大功率电力机车的运行。自耦变压器能有效地减弱对通信线的干扰。当然AT方式也带来了变电所主接线和接触网结构复杂，增设AT所等不利因素，但由于牵引变电所数量减少，再加上技术和经济比较，AT供电方式较为优越。