

# 第一篇 接触网基础部分

# 第一章 概 述

## 第一节 接触网类型

### 一、接触网的定义

接触网本质上就是一种传输电能的线路，与传统的电力线路一样，将从变电所获得的电能进行远距离传输，送给指定的用电设备。但由于接触网的用电设备是指定的电气化铁路或城市轨道交通用的电力机车（或动车组，下同），因此接触网的电压等级、供电方式、环境条件（空间、气候、电磁等）、负荷特点、机电性能、服务对象、备用情况等都与传统电力线路不同，都具有其特殊性。

电力机车的特点是必须随时变换运行位置，为了保障电力机车运行安全，不能将电线直接与电力机车固定连接，只能将提供电能的线路进行固定架设，电力机车通过其上的受电弓或取流靴直接与线路接触取得电能。因此，这种固定架设的为电力机车提供电能的线路就被称为“接触网”。

高速铁路接触网是接触网的一种特殊应用形式。“高速”本身是一个相对的概念，在我国，一般将运行速度 200 km/h 及以上的铁路称为高速铁路。高速铁路接触网和普速铁路接触网，就基本构成和宏观结构而言并无明显差异，均包括支柱与基础、支持装置、定位装置、接触悬挂及辅助设施五大部分；就其各自的机电特性、设计考量、技术要求、施工工艺、维修理念、运营管理而言，则存在着一定的差异，主要原因在于：普速铁路接触网的侧重点在于弓网几何参数、电气参数的匹配和机械稳定性能等方面，而高速铁路接触网除了必须具备普速铁路接触网的特性之外，重点关注点已转至弓网间的电接触状态和机械动态（振动、波动）特性上。

### 二、接触网的类型

接触网有广义和狭义的定义。广义上的接触网包括电气化铁路和城市轨道交通中向电力机车提供电能的多种类型的特殊供电线路，目前包括架空接触网和接触轨。

狭义的接触网特指架空接触网，包括柔性架空接触网和刚性架空接触网两类。

在电气化铁路中，柔性架空接触网是沿钢轨上空“之”字形架设的供受电弓取流的高压输电线，由接触悬挂、支持装置、定位装置、支柱与基础几部分组成，如图 1-1-1 所示。它的特点是采用承力索、接触线、吊弦等柔性线索组成链形悬挂。缺点是结构稳定性差，维护成本较高，需占用较大空间；优点是具有较好的弹性，适合于列车高速运行，悬挂点跨距大，一次性投资少，在电气化铁路或城市轨道交通中均有广泛应用。因此，在本书中所讲述的接触网主要是柔性架空接触网。

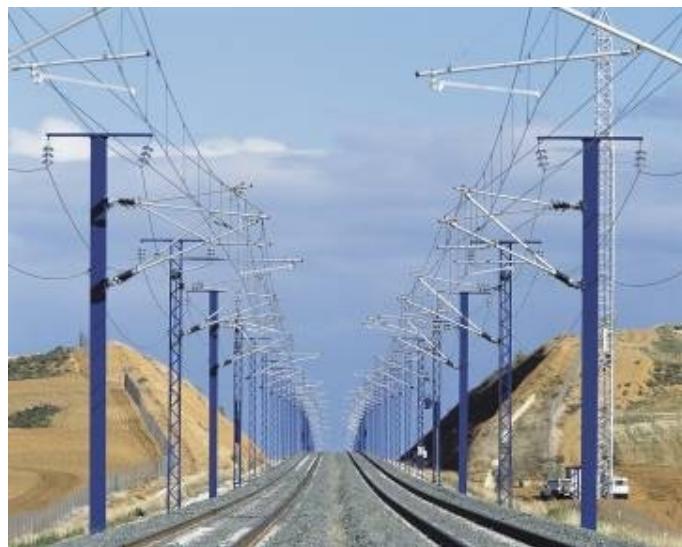


图 1-1-1 柔性接触网(高速铁路接触网)

刚性架空接触网是一种将接触导线夹装在汇流排上的悬挂方式，依靠汇流排自身的刚性使得接触导线保持在同一安装高度，从而取消链形悬挂承力索而使接触悬挂系统具备最小的结构高度，最大程度上利用有限的悬挂空间。刚性架空接触网有“Π形汇流排+接触线”和“T形汇流排+接触线”两种形式，如图 1-1-2 和图 1-1-3 所示。与柔性架空接触网相比，刚性架空接触网具有结构紧凑、占用净空小、接触线无须施加补偿张力、维护方便的优点。同时，因刚性悬挂系统中接触线及汇流排不受张力作用，与柔性接触悬挂系统相比，其无断线的可能，运行安全性也较好。但刚性架空接触网的弹性较差，跨距小，适用于隧道内和安装净空狭小的结构物下，列车运行速度不高，在城市轨道交通中应用较广。

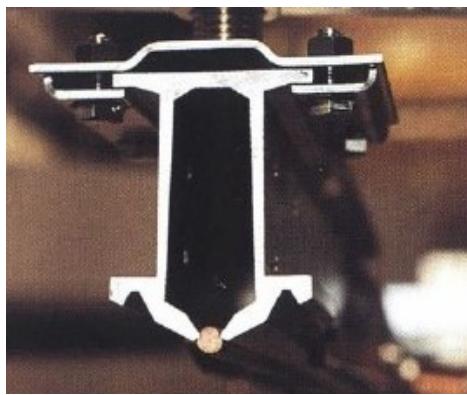


图 1-1-2 Π形刚性悬挂汇流排

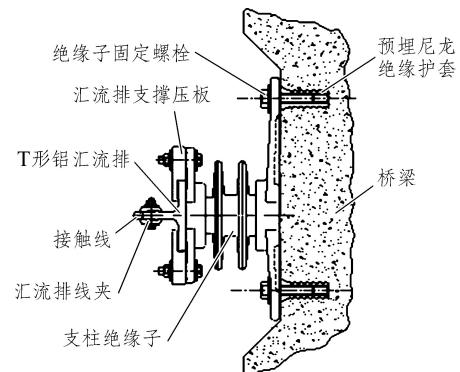


图 1-1-3 T 形刚性悬挂汇流排

接触轨是采用钢轨或者铺设第三根钢轨将电能传输到地铁和城市轨道交通系统中的电力牵引车辆上的装置，如图 1-1-4 所示。

## 高速铁路接触网

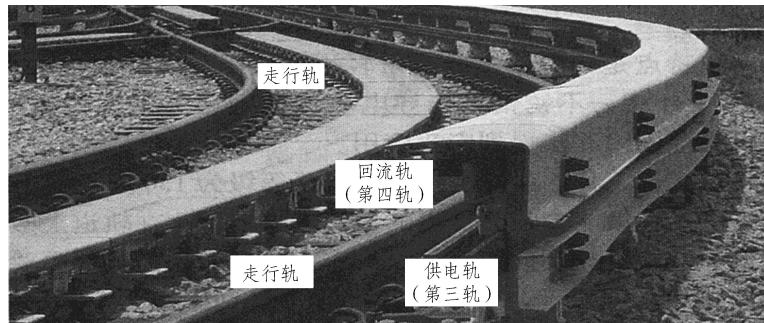


图 1-1-4 接触轨(侧式)

接触轨通过集电靴将电能传输给车辆。根据集电靴从接触轨的取流方式不同，接触轨可分为上部受流接触轨、下部受流接触轨、侧部受流接触轨三种方式，如图 1-1-5~图 1-1-7 所示。

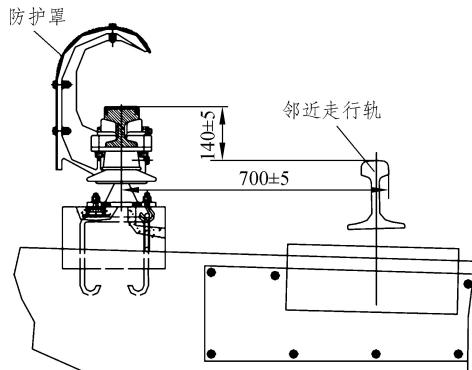


图 1-1-5 上部受流接触轨

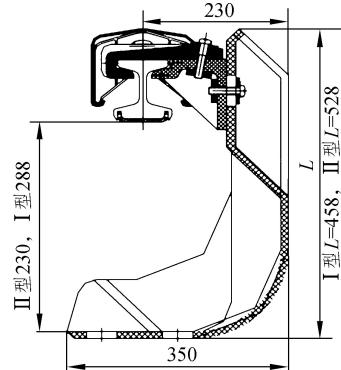


图 1-1-6 下部受流接触轨

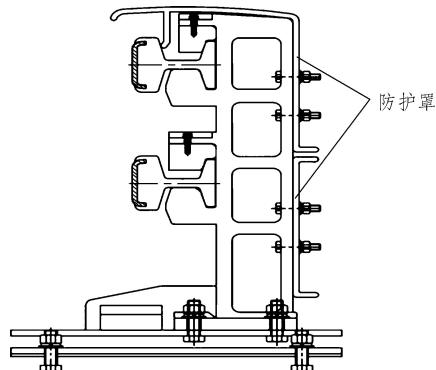


图 1-1-7 侧部受流接触轨

接触轨系统主要由钢铝复合轨(包括铝轨本体和不锈钢带)、膨胀接头、端部弯头等相关部件及绝缘支撑装置组成，为电力机车组提供电能。电力的输送是通过电力机车集电靴与复合轨的接触来实现的。车底接触器与接触轨如图 1-1-8 和图 1-1-9 所示。

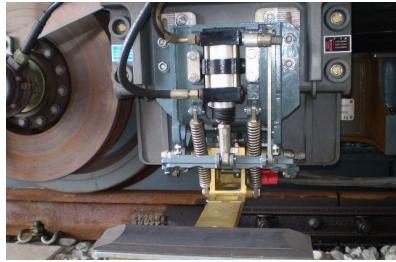


图 1-1-8 车底接触器与接触轨（侧式）正面



图 1-1-9 车底接触器与接触轨（侧式）侧面

## 第二节 接触网悬挂类型

### 一、接触网悬挂类型

接触网的分类大多以接触网的悬挂类型来区分。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长度一定且相互独立的分段，这就是接触网的锚段。我们所讲的接触网的悬挂分类是针对架空式接触网中的每个锚段而言。接触网的悬挂种类较多，一般根据其结构的不同（直接地说，就是根据有无承力索）分成简单悬挂和链形悬挂两大类。

#### （一）简单悬挂

简单悬挂无承力索，由接触线直接固定或通过弹性吊索悬挂在支持和定位装置上。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几种形式。其结构分别如图 1-2-1 和图 1-2-2 所示。

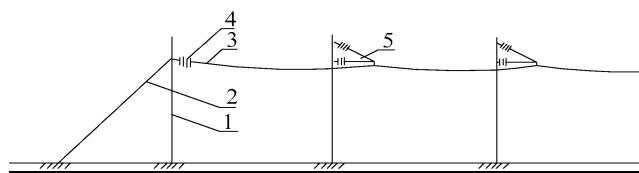


图 1-2-1 未补偿简单悬挂示意图

1—支柱；2—拉线；3—接触线；4—绝缘子串；5—腕臂

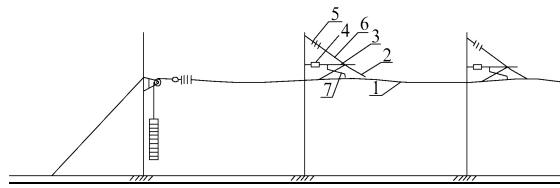


图 1-2-2 带补偿及弹性吊弦简单悬挂示意图

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

接触线（或承力索）端头同支柱的连接称为线索的下锚。下锚有两种方法：一种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弦的简单悬挂是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长的弹性吊弦，通过弹性吊弦悬挂接触线，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，可以在增大接触线张力的同时改善弛度对取流的影响。根据我国的试验结果，这种弹性简单悬挂在行车速度小于80km/h时，弓网接触良好，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。

整体而言，简单悬挂弹性较差，弛度较大，稳定性不高，我国较少采用这种悬挂，大多在受净空限制的隧道内或专用铁路线上采用。

## （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（悬吊滑轮）悬挂或通过承力索座固定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，提高了稳定性和平顺性，可以满足电力机车高速运行取流的要求。我国大多数接触网线路均采用链形悬挂类型。

### 1. 链形悬挂按悬挂链数分类

链形悬挂分类方法较多，按悬挂链数可分为单链形、双链形和多链形（又称三链形）。目前我国多采用单链形悬挂，如图1-2-3所示。

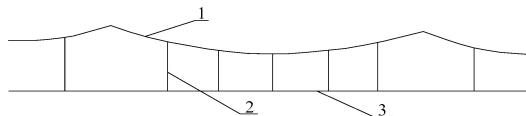


图 1-2-3 单链形接触悬挂示意图

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。双链形又叫复链形，以日本新干线为典型代表。我国很少采用这种悬挂。

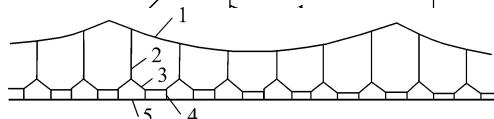


图 1-2-4 双链形接触悬挂示意图

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。但其结构较复杂，投资及维修费用高，我国仅在个别地段试用。

双链形悬挂及其他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，目前在全世界范围内应用较少。

## 2. 链形悬挂按线索的锚定方式分类

链形悬挂根据线索的锚定方式（即线索两端下锚的方式），又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。

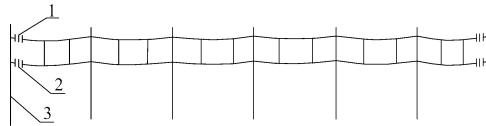


图 1-2-5 未补偿简单链形悬挂示意图

1, 2—绝缘子串；3—支柱

### 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与未补偿简单链形悬挂相比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，会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。

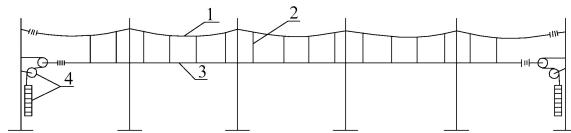


图 1-2-6 半补偿简单链形悬挂示意图

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。

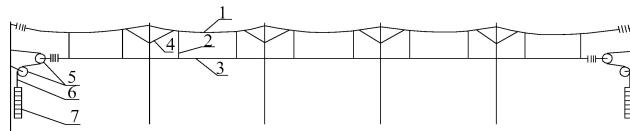


图 1-2-7 半补偿弹性链形悬挂示意图

## 高速铁路接触网

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 15 m 的辅助绳和一根（或两根）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 100 km/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。

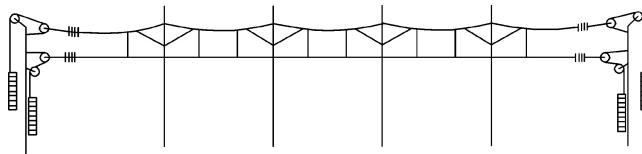


图 1-2-8 全补偿链形悬挂示意图（带弹性吊索）

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，这种悬挂得到广泛使用。

全补偿链形悬挂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。这两种悬挂的主要区别在于定位点处有无弹性吊弦。全补偿简单链形悬挂因支柱定位点处无弹性吊弦，容易在定位点处出现硬点，产生弹性不均匀的现象，但安装调整较为简单，便于维护。全补偿弹性链形悬挂在定位点处安装有弹性吊弦，定位点处弹性好，适合行车速度较高的线路，但安装调整较为复杂。两种悬挂各有优缺点，目前在我国均有应用。

### 3. 链形悬挂按其承力索和接触线在平面上布置的位置分类

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。目前我国电气化铁路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。

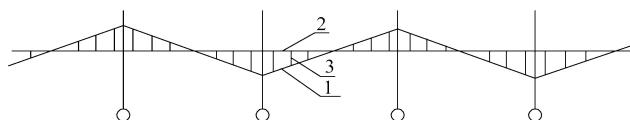


图 1-2-9 半斜链形悬挂示意图

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。在直线区段，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。在直线区段支柱处，接触线和承力索均布置成方向相反的“之”字形，如图 1-2-10 所示。

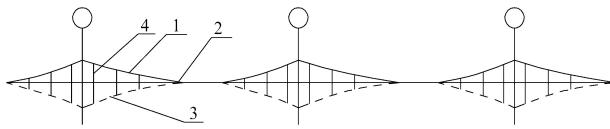


图 1-2-10 直线上的斜链形悬挂示意图

1—接触线；2—线路中心线；3—承力索；4—吊弦

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，设计及计算烦琐，施工和检修困难，造价较高，在我国很少被采用。

## 二、高速铁路接触网悬挂形式

纵观世界各国高速铁路，其接触网的悬挂主要有三种结构形式，如图 1-2-11 所示。

法国将简单链形悬挂作为标准悬挂形式；德国将弹性链形悬挂作为标准悬挂形式；日本在 2003 年前以复链形悬挂为主，2003 年之后，大量采用了法国的简单链形悬挂技术。目前为止，中国除台湾高铁采用了复链形悬挂外，其他地方均采用的简单链形悬挂和弹性链形悬挂。

简单链形悬挂结构简单、便于施工和维护调整，其不足之处是跨距中部弹性较大、定位点及附近弹性较小，弹性不均匀系数在 30% 以上，弓网集流的动态品质相对差一点。但通过跨距和预弛度的适当设置可以减小弹性不均匀造成的影响。

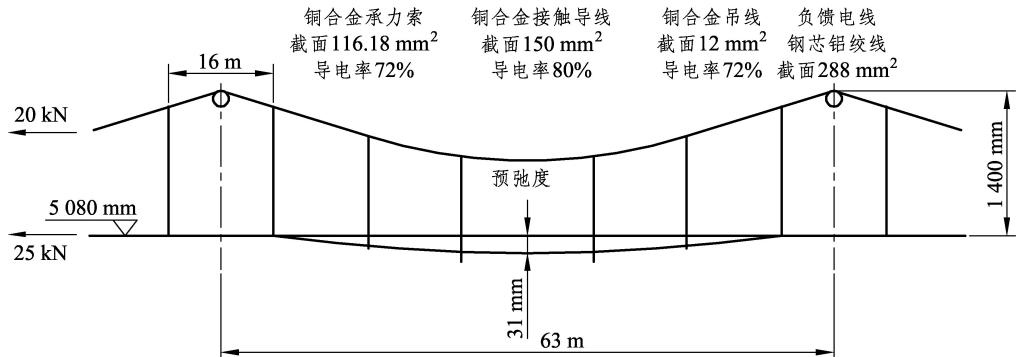
弹性链形悬挂在支柱定位处增设了一根 18~22 m 的弹性吊索，使接触悬挂在定位点及其附近的弹性得到大大改善，弹性不均匀系数在 10% 以下，改善了受电弓的运行轨迹，弓网集流的动态品质略好于简单链形悬挂，但弹性链形悬挂的优秀表现是建立在弹性吊索的合理装配基础上的，弹性吊索的长度、安装工艺和施工精度决定了弹性链形悬挂的整体表现。

复链形悬挂采用双承力索，最早应用于日本新干线，其防风性能和动态品质是三种链形悬挂中最好的。但复链形悬挂结构过于复杂，不利于施工与运营维护，且造价比单链形悬挂高 20% 左右。

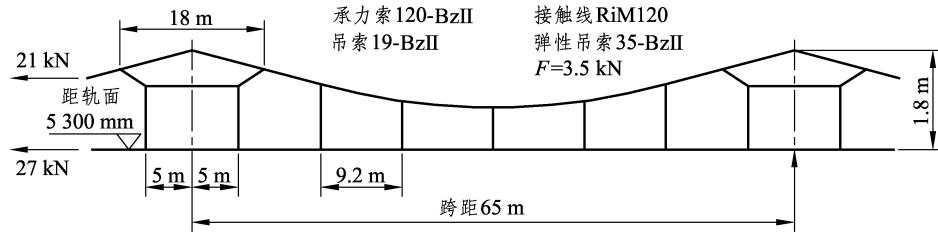
目前世界上应用较多的仍是简单链形悬挂和弹性链形悬挂两种类型。但无论是简单链形悬挂还是弹性链形悬挂，在承力索张力相同的情况下，在一定范围内加大接触线张力，都可以减少接触压力偏差(最大压力减小，最小接触压力加大)，降低离线率和抬升量。

因此，加大接触线张力对受流有利，弹性链形悬挂比简单链形悬挂受流质量好，接触压

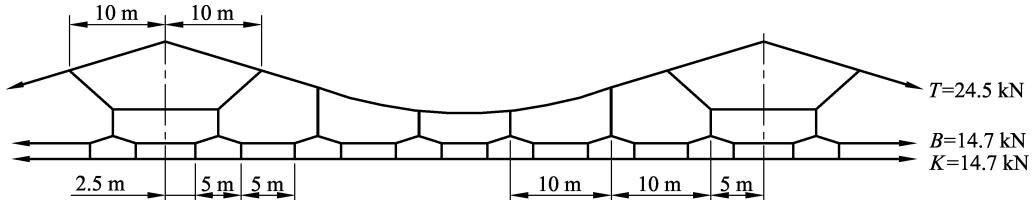
力偏差小，动态接触压力波动小，接触线振动小，但弹性链形悬挂比简单链形悬挂的最大抬升量大，平均抬升量也大。因此两种悬挂方式各有优缺点，各国都在探索并改进方案，以期得到更合适的悬挂方式。



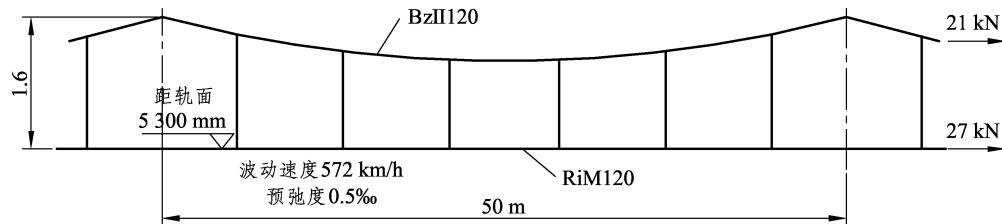
(a) 法国瓦朗斯 (VALENCE) ~ 马塞 (MARSEILLE) 简单链形悬挂



(b) 德国 Re330 弹性链形悬挂



(c) 日本重型复链形悬挂



(d) 中国京津城际高速铁路简单链形悬挂

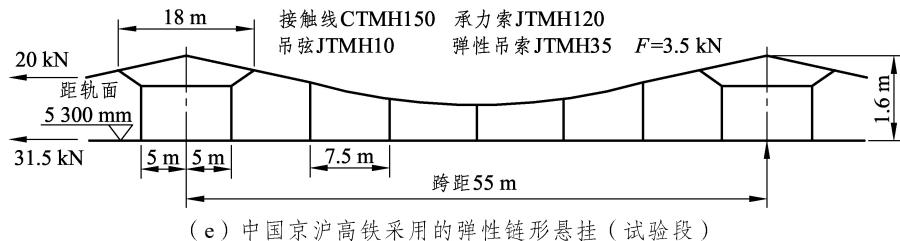


图 1-2-11 世界主要高速铁路采用的接触悬挂

### 第三节 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，是牵引供电系统的重要组成部分。牵引供电系统如图 1-3-1 所示。

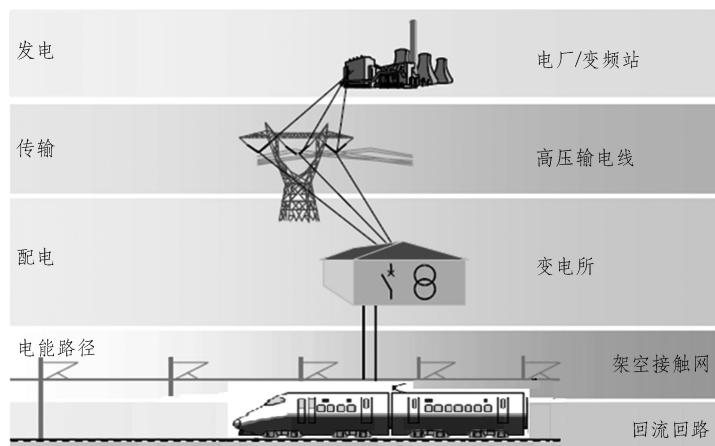


图 1-3-1 牵引供电系统示意图

我国电气化铁路采用单相工频交流 25 kV 供电制式，该供电制式的优点在于：

- (1) 可以直接从国家电网获得电能，不需要为电气化铁路单独建造发电厂。
- (2) 牵引变电所不需要整流和变频设备，牵引变电所的设备简化，投资降低。
- (3) 牵引变电所的间距大，能有效降低建设投资和运营费用。
- (4) 能以较高电压向电气化列车供电，全球实现高速和重载运输。
- (5) 与直流供电相比，载流所需的导线截面面积明显减小。

单相工频交流 25 kV 供电制式的不足之处在于强大的单相电力牵引负荷对三相电力系统有一定影响，接触网供电分区间存在分相，同时，由于牵引供电网为典型的非对称性电气网络，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。

为了减少电气化铁道对沿线通信设备的干扰，保障设备正常工作及设备、人身安全，在牵引供电系统中采取了许多防干扰措施，并因此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直接供电、直供加回流线供电、BT 供电、AT 供电四种方式。

### 一、直接供电方式

牵引回流经钢轨和大地流回牵引变电所的供电方式就是直接供电方式，牵引变电所与接触网间不设置任何防干扰设备，其工作原理如图 1-3-2 所示。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。

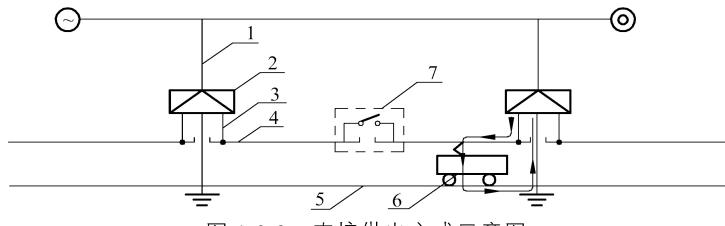


图 1-3-2 直接供电方式示意图

1—输电线；2—牵引变电所；3—馈电线；4—接触网；5—钢轨；6—电力机车；7—分区所

### 二、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为 BT 供电方式，其工作原理如图 1-3-3 所示。这种供电方式适用于电气化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。但由于吸流变压器一次侧、二次侧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。

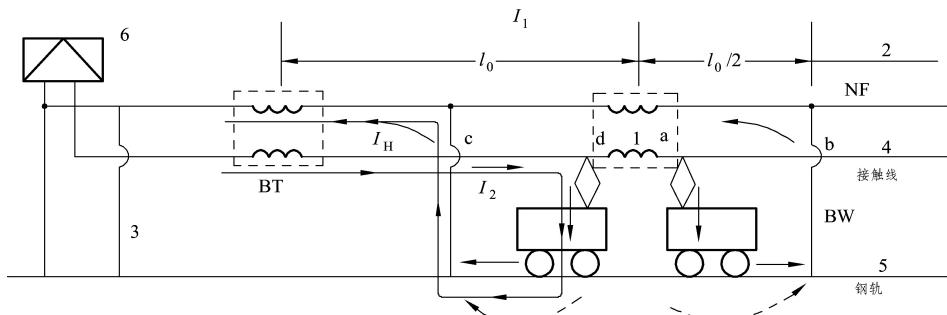


图 1-3-3 BT 供电方式示意图

1—吸流变压器；2—回流线；3—吸上线；4—接触线；5—钢轨；6—变电所

吸流变压器是变比为 1 : 1 的特殊变压器，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，仍有小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，牵引电流产生的电磁影响得不到消除，这种情况称为“半段效应”。因此，该种供电方式已经逐步被淘汰。

### 三、直供加回流线供电方式

在近几年新建的电气化铁路区段，我国普遍采用一种称为直供加回流线的供电方式，它是在直接供电方式的基础上，在接触网支柱田野侧架设一条回流线，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，如图 1-3-4 所示。扼流变压器装在轨道电路绝缘处，起到平衡两条钢轨间电压的作用，从而降低对信号轨道电路的影响。

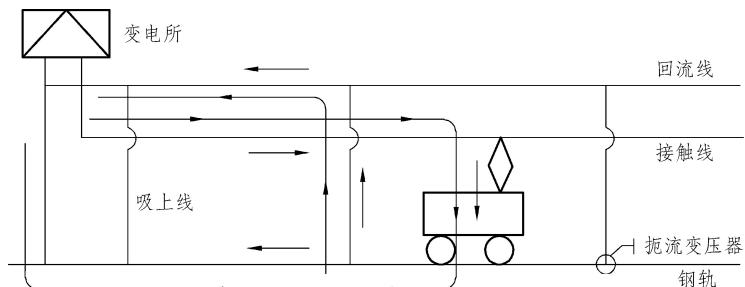


图 1-3-4 直供加回流线供电方式示意图

连接钢轨与回流线的电缆称为吸上线。吸上线一般采用铜芯或铝芯电缆，其中流过的是牵引电流，变电所和分区亭附近吸上线的截面应比其他地点的吸上线的截面大些。一般而言，吸上线是不能直接与钢轨连接的，应根据铁路信号的要求，采取不同的连接方式。目前，在电气化铁路全自动闭塞区段，为减少牵引回流对信号轨道电路的影响，吸上线应接至扼流变压器中性板上，如图 1-3-5 所示。

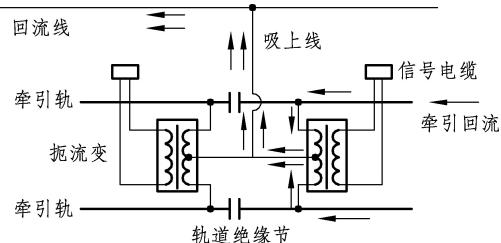


图 1-3-5 吸上线与扼流变压器的连接示意图

直供加回流线供电方式，其回流线不仅仅提供牵引电流通道，而且也起到了防电磁干扰的作用，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。该方式去掉了吸流变压器，减小了牵引网阻抗，也减少了投资和维修工作量，是目前经济技术指标比较好的一种供电方式。目前我国普速铁路主要采用这种供电方式。

#### 四、AT 供电方式

AT 供电方式又称自耦变压器供电方式，主要由接触网、钢轨、负馈线（AF 线）、保护线（PW 线）和自耦变压器等组成，如图 1-3-6 所示。目前我国重载电气化铁路和高速铁路主要采用这种供电方式。

负馈线也有的称作正馈线，其中流过的是牵引回流，电流方向与接触网中的电流相反，为与馈线（供电线）区别，本教材中统称为负馈线。

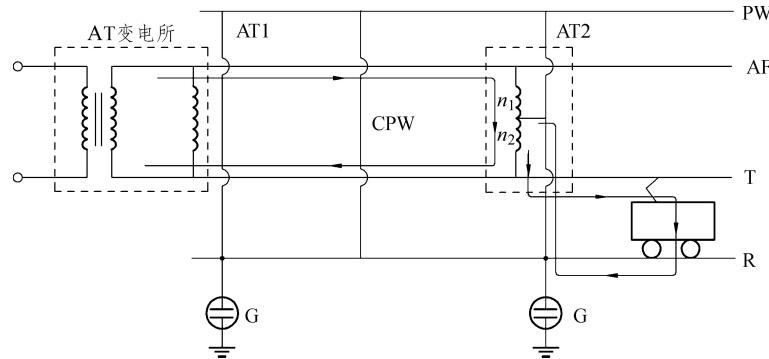


图 1-3-6 AT 供电方式示意图

在 AT 牵引变电所中，牵引变压器将 110 kV 三相电降压至单相 27.5 kV，然后经自耦变压器两端分别接到接触网和负馈线上，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，即 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负馈线与钢轨间的自耦变压器线圈上的电压相等，因此接触网和负馈线上各通过二分之一的牵引电流，且大小相等、方向相反，从而消除了对附近通信线路的干扰，同时减少了电能损耗。负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形成回路，减少了对铁路信号轨道电路的干扰。同时其对接触网起屏蔽作用，也可以减少对架空通信线的干扰；另外还可以起避雷线的作用，雷电可通过接在保护线上的放电器入地。

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 所的间隔除要考虑防止干扰外，还应考虑供电回路阻抗及钢轨电位的影响，一般按  $10 \sim 15$  km 间隔设置。

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，提高供电质量，减少投资；自耦变压器并联于接触网上，不需要增设电分段，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，并且需要增设 AT 所。