

(京)新登字 063 号

图书在版编目 (CIP) 数据

接触网结构与计算/张建斌等主编. —北京: 中国铁道出版社, 1996
铁路技工学校教材
ISBN 7-113-02255-3

I. 接… I. 张… II. 接触网-构造-计算-技工学校-教材 IV. U225.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 04186 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了电气化铁道接触网的组成、分类、结构、设备和常用计算, 理论联系实际, 突出技能培养。介绍了近年来采用的新技术、新材料和新设备, 对 BT 和 AT 供电方式的基本原理作了较详细的分析讨论。

本书系铁路技工学校接触网工专业的教材, 也可作为职工培训和工人自学参考书。

铁路技工学校教材

接触网结构与计算

大同铁路运输技工学校 张建斌 主编
宝鸡铁路运输技工学校 冯锦俊

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 吴桂萍 张永国 封面设计 马 利

北京市燕山联营印刷厂印

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 字数: 192 千

1996 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1—6000 册

ISBN7-113-02255-3/U · 643 定价: 8.00 元

目 录

第一章 电气化铁道概述.....	(1)
第一节 电气化铁道发展概况.....	(1)
第二节 电气化铁道的优越性.....	(1)
第三节 电气化铁道的组成.....	(3)
第四节 BT 供电原理	(6)
练习题.....	(7)
第二章 接触网的组成.....	(8)
第一节 接触网的工作状态及要求.....	(8)
第二节 接触网的组成及悬挂分类.....	(9)
练习题	(14)
第三章 接触网设备与结构	(15)
第一节 支 柱	(15)
第二节 腕 臂	(20)
第三节 接触网线索	(23)
第四节 绝 缘 子	(27)
第五节 吊 弦	(32)
第六节 定位装置	(35)
第七节 锚段及锚段关节	(41)
第八节 中心锚结	(45)
第九节 补偿装置	(47)
第十节 隔离开关及电连接	(52)
第十一节 接触网线岔	(57)
第十二节 分段绝缘器和分相绝缘器	(59)
第十三节 腕臂支柱的装配	(62)
第十四节 软 横 跨	(70)
第十五节 桥、隧接触网设备	(77)
第十六节 吸流变压器	(82)
第十七节 接触网其他设备	(84)
练习题	(87)
第四章 接触网负载计算	(89)
第一节 气象条件的确定及负载计算	(89)
第二节 简单悬挂的负载计算	(95)
第三节 链形悬挂的负载计算.....	(100)
第四节 安装曲线的应用.....	(104)

第五节 腕臂支柱负载的计算..... (109)

第六节 软横跨计算..... (112)

第七节 取流及接触网弹性..... (115)

练习题..... (117)

第五章 AT 供电 (118)

第一节 AT 供电的原理及优缺点 (118)

第二节 AT 供电方式的接触网结构 (119)

练习题..... (122)

参考文献..... (122)

第一章 电气化铁道概述

第一节 电气化铁道发展概况

采用外部供电的电力牵引的铁路叫电气化铁路。在 100 多年前，德国西门子公司在一次柏林展览会上展出了世界第一条电气化铁路。它约 300m 长，是一条椭圆形轨道，能运载 30 人左右，是一条游乐型铁路。这条很短的电气化铁路一问世就引起了人们的极大兴趣，它预示了电力牵引的强大生命力。

早期电气化铁路多采用直流制供电方式，电压在几百伏到几千伏之间，只适用于小功率机车。如：在矿山、城市电车或地下铁路等场所应用。1929 年匈牙利试验成功了在电气化铁道上采用工业频率的单相交流制，即“单相工频交流制”收到了良好的效果，成为电力牵引供电方式的发展方向。单相工频交流制的供电方式简化了牵引供电装置，提高了供电电压，增大了牵引变电所之间的距离，缩小了接触导线的截面，减少了电能的损耗，从而降低了建设和运营费用，为世界电气化铁路的发展开辟了新途径。

我国电气化铁路始建于 1958 年，虽起步较晚，但一开始就采用了较先进的单相工频交流制的供电方式，并制成了干线大功率韶山型电力机车。1961 年我国自己设计修建的第一条电气化铁路宝鸡至凤州段正式通车，全长 93km。它揭开了我国电气化铁路发展的序幕。70 年代起我国电气化铁路步入大力发展阶段，相继建成开通了宝成线、阳安线、石太线、丰大线、宝兰线、京秦线、鹰厦线、大秦线等电气化铁路。特别是大秦电气化铁路采用了 80 年代世界先进技术、先进设备。使我国铁路向着高速、重载、大运量迈进了一大步。截止 1992 年底我国已建成开通的电气化铁路总里程达 8739km。预计到第八个五年计划末，电气化铁路的通车里程可达 1 万 km，并把我国西南、西北和华北地区形成一个相互贯通的电气化铁路网。随着我国经济的腾飞，我国电气化铁路必将得到迅猛的发展。

我国电气化铁路发展速度之快，其原因主要是：它更能适应于铁路干线的繁忙运输和高速运行；适应在高原、沙漠、长大隧道的群山地区及海底隧道或长陡坡道等困难地段的运营要求。此外，在能源的综合利用及环境保护等方面也显示了它的优越性。

第二节 电气化铁道的优越性

通过对已运行的电气化铁路的总结，无论在运输能力、运输效率、机车使用、燃料消耗及劳动条件的改善等方面，都充分证明了电气化铁路的优越性。

一、主要优点

1. 电力机车牵引功率大，能多拉快跑，大大提高了运输能力。

电力机车以电能做为牵引动力，并且自身不带能源，其能量来自牵引网，容易达到大功

率,从而使牵引定数及运行速度都大大增加,提高了运输能力。例如,宝成铁路电化后,牵引定数由原来的 650t 提高到 2400t,运行速度比原来提高了一倍,年运输能力是原来的三倍。电力牵引不仅在地形复杂、长大坡道区段优越性突出,并且在运输繁忙的干线上能多拉快跑。例如,石太线铁路电化后,运输能力由年 2400 万 t 提高到年 5000 万 t 以上。所以,实现电气化铁路已成为提高运输能力的主要手段之一。

2. 电力牵引效率高、节约燃料、便于综合利用资源。

电力机车和蒸汽机车、内燃机车相比,它热效率高,节约燃料,便于综合利用资源。电力机车所需电能来自发电厂,发电厂可以充分利用自然资源。如:利用原子能、天然气、太阳能、地热、风力等发电,并且热效率高。若用水力发电站供电,电力机车的总效率可达 60%。这是其它牵引方式无法比拟的。蒸汽机车热效率只有 9% 左右,并需要燃优质煤。内燃机车热效率虽可达 25% 以上,但它需要资源匮乏的柴油做燃料。从这个意义来讲,电气化铁路的发展前景是美好的。

3. 运输成本大幅度降低。

由于电力牵引能节省燃料,又不自带燃料且运行速度高,所以宜跑长交路,从而提高了机车使用效率,减少了检修基地、机械设备和整备人员。以宝成线为例,电力牵引前全线有四个蒸汽机务段,电化后只需两个电力机务段。由于电力机车不需上煤、上水、上油及清炉等,从而减少了电力机车的整备作业,这也就减少了整备费用。同时,电力机车维修工作量少且维修费用低。这些都使电力牵引的运输成本大大降低,尤其在线路运输密集,线路断面差的情况下,其经济效益更加显著。例如,在运输繁忙,地形复杂的石太线、大秦线、丰大线及线路断面条件较差的兰武段(兰州至武威)都显示了好的经济效益和运输效果。

4. 改善了工作条件,免除了环境污染。

电力机车操纵简单,室内清洁舒适,视野良好,无污染,大大减轻了乘务人员的劳动强度,改善了工作环境。这是蒸汽机车、内燃机车无法比拟的。蒸汽机车工作环境恶劣,劳动强度高,内燃机车噪声大、振动大,并且都排出大量烟雾和有害气体污染空气。特别是在大枢纽站及长大隧道中这些烟雾和有害气体的危害更为突出,有时出现乘务员晕倒的事故。实现电力牵引后,彻底根除了这种现象。同时使线路经常保持清洁,延长了线路设备的使用寿命,改善了线路养护人员的工作条件,对于保护环境、提高人民的健康水平具有深远意义。

5. 有利于铁路沿线实现电气化,促进工农业生产。

牵引供电系统除主要向电力机车供电外,还可解决在没有地方电源地区的铁路和附近城镇乡村的用电。有利于实现养路机械化,有利于城镇乡村早日实现电气化,促进工农业发展。

二、存在的问题

电力牵引虽然有上述许多优点,但也还存在一些问题。主要有下列几方面:

1. 一次性投资大。

电力牵引需设置一套专给电力机车供电的装置,需要较大容量的发电厂及高压输电线,这些都使电力牵引的投资增大,特别是在一些电力事业不太发达的地区就更明显。

2. 对供电系统有不平衡负荷的影响。

由于电力牵引采用单相供电系统,对给它供电的三相对称系统产生负荷不平衡的影响,这些可能造成供电系统的供电质量降低,甚至可能造成发电机组的容量下降。虽然我们采用了

换相接地，但这种影响还是存在的。

3. 对沿铁路线路的通信线路有干扰影响。

单相负荷形成磁场，对铁路附近的通信线路有杂音干扰，还可能使通信线路上产生较大值的电压，危及它的正常工作。

对以上问题牵引供电装置都采取了相应的措施，使之有很大程度的减小。随着科学技术的发展，随着电气化铁道事业的发展，这些问题会逐步得到解决。

第三节 电气化铁道的组成

电气化铁道由做为牵引动力的电力机车和专给电力机车供电的牵引供电装置组成。牵引供电装置又可分为牵引变电所和接触网两大部分。因此，人们又称电力机车、牵引变电所、接触网为组成电气化铁道的“三大元件”。如图 1—1 所示。

一、电力机车

电力机车从接触网上取得电能并转换成机械能牵引列车前进。我国自行设计制造的韶山型电力机车是大功率、半导体整流、客货两用干线电力机车。它由机械部分和电器部分组成。机械部分主要有机车车体、车底架、走行部、车钩缓冲装置、制动装置等组成。电器部分主要

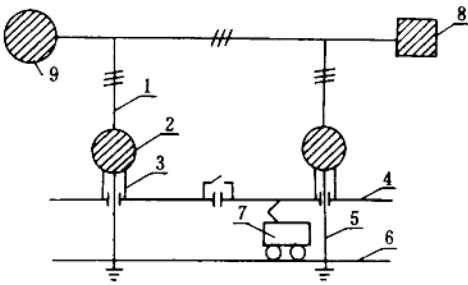


图 1—1 供电系统原理

- 1—高压输电线；2—牵引变电所；3—馈电线；
4—接触网；5—回流联接；6—钢轨；
7—电力机车；8—发电厂；9—区域变电所。

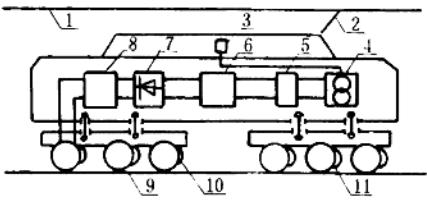


图 1—2 电力机车主电路工作原理

- 1—接触线；2—受电弓；3—主断路器；
4—主变压器；5—转换硅机组；6—调压开关；
7—整流硅机组；8—平波电抗器；9—钢轨；
10—辅助电机；11—牵引电机。

有受电弓、主断路器、牵引变压器、转换硅机组、调压开关、整流硅机组、平波电抗器、牵引电动机、制动电阻等，另外，还有控制、监视、操纵等辅助设备。其主电路图如图 1—2 所示。

受电弓在接触线上滑动接触取得电能。每台机车上装有两套受电弓，一般只升起一套。为了使接触线与受电弓良好接触并有最小磨耗，受电弓滑板多采用 2mm 厚的铝板冷压制成，滑板上嵌有两排 25mm 宽的炭接触板条或粉末冶金板条。受电弓滑板的最大工作范围为 1250mm，允许工作范围为 950mm，正常工作压力为 $70 \pm 10\text{N}$ 。图 1—3 是目前

我国采用的单臂式受电弓结构图。

主断路器用来接通或断开电力机车高压电路，当主电路发生短路故障时，它能自动切断机车电源，从而对机车电器设备进行保护。

机车主变压器把从接触网上取得的 25kV 电压降低为牵引电机所适用的电压，并向其他辅助设备提供电源。

转换硅机组的采用，不仅能使机车平稳调压，而且使机车运行级从 9 位增加到 33 位；并

做到无级调速，从而改善了机车的牵引性能。韶山型电力机车主要技术规格，见表 1—1。

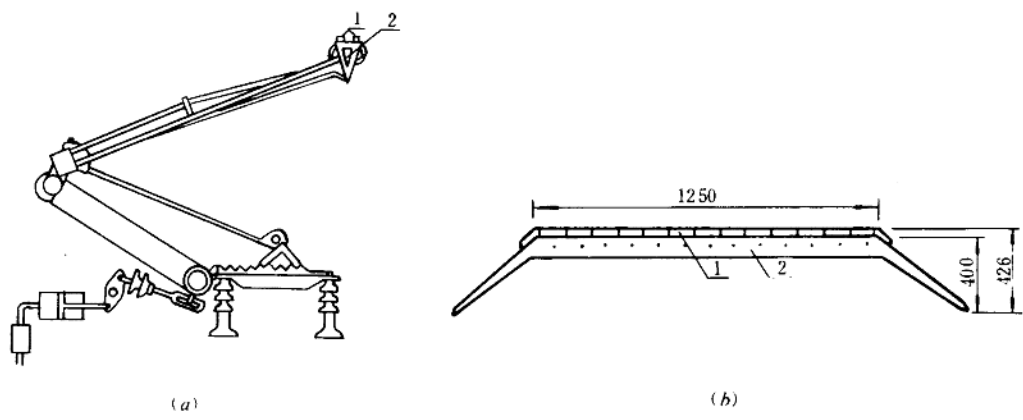


图 1 3 受电弓结构
(a) 安装图； (b) 滑板图。
1—接触板条； 2—滑板。

调压开关用来调节机车主变压器副边电压，利用电压变化达到机车调速的目的。整流硅机组将交流电变为直流电并通过滤波器减小电流脉冲，以提高直流电的质量。牵引电机采用直流电机，它将电能转换成机械能牵引列车前进。

二、牵引变电所

牵引变电所是联接三相电力系统与牵引供电系统的重要环节，它把电压从 110kV（或 220kV）降到 27.5kV，经馈电线送至接触网供电机车使用。这个变压过程主要是靠变电所里的牵引变压器来实现的。由于牵引负荷变化较大，要求牵引变压器应有较大的过负荷能力并适应牵引负荷的剧烈变化。为此牵引变压器采用特殊的电力变压器，以满足这些要求。

表 1—1 韶山型电力机车主要技术规格			
机车型号	SS ₁	SS ₂	SS ₃
额定工作电压 kV	25	25	25
最高工作电压 kV	29	29	29
最低工作电压 kV	19	19	19
机车重量 t	138	138	184
机车持续功率 kW	3780	4350	6100
小时功率 kW	4200	4800	6800
起动牵引力 kN	487.3	470.6	627.5
小时速度 km/h	44.5	47.2	52
最高速度 km/h	93.5	100	100

目前我国牵引变压器的接线形式在 BT 区段采用 Y/Δ-11 接线和 V/V 接线。

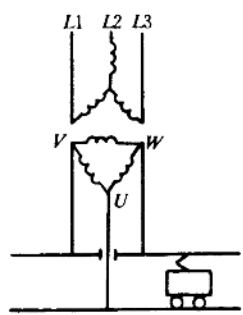


图 1 4 Y/Δ-11 接线原理

Y/Δ-11（星形-三角形）接线的牵引变电所采用三相变压器，它属于三相式变电所。三相式接线原理如图 1—4 所示。三相变压器的原边接成星形，次边接成三角形。次边三角形的一角与钢轨和大地连接，另外两角分别接至两侧的接触网上，从而实现了三相变单相的目的。这种接线形式方便简单，变电所内有三相电。

V/V（开口三角形）接线采用两台单相变压器，它属于单相式变电所。V/V 接线原边和次边都接成开口三角形，接线原理如图 1—5 所示。这种接线形式结构简单，容量利用率高，但对电力

系统的影响较大，主要造成三相电力系统不平衡。

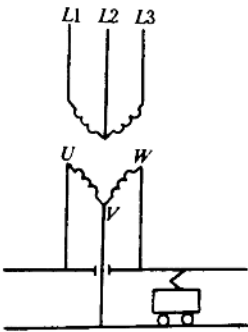
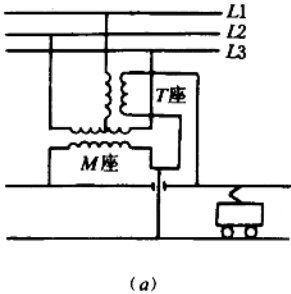
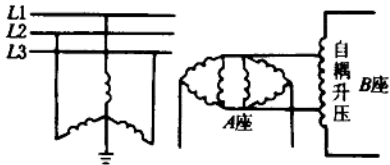


图 1-5 V-V 接线原理



(a)



(b)

图 1-6 三相-两相式接线原理

(a) 斯科特接线；(b) 伍德布里奇接线。

在 AT 供电区段常采用斯科特 (Scott) 接线或伍德布里奇 (Wood Bridge) 接线，其接线原理如图 1-6 所示。这两种变压器接线方式有一共同特点，它们都能将两相位上互相垂直、大小相等的单相负荷转换成三相对称负荷。两者都称为三相-两相变压器。

斯科特接线的变压器结构简单，但不宜用在中性点直接接地的电力系统中，对中性点直接接地的电力系统宜采用伍德布里奇接线。我国大秦电气化铁道采用了斯科特接线。

牵引变电所某相给接触网供电的范围叫做牵引变电所的一个供电臂。为保证供电臂末端电压在 19kV 以上，两牵引变电所之间的距离不宜太长。一般 BT 供电的区段，两牵引变电所之间的距离为 50km 左右；AT 供电的区段，两牵引变电所之间的距离为 80~100km。

三、接 触 网

接触网是架设在铁路上空向电力机车供电的特殊形式的输电线路。它的作用就是高质量地向电力机车供电，对它的基本要求就是与运行中的电力机车受电弓良好接触。我国电气化铁道接触网的额定电压为 25kV，这一电压值指的是接触网对地电压的额定值。考虑到接触网本身阻抗的存在产生电压降，牵引变电所二次侧母线电压为 27.5kV，从而保证了供电臂末端接触网电压不低于电力机车允许的最低工作电压值。

牵引变电所向接触网供电有两种方式，即单边供电和双边供电。图 1-7 表示了单线单边供电的接触网供电原理。图 1-8 表示复线单边供电的接触网供电原理。

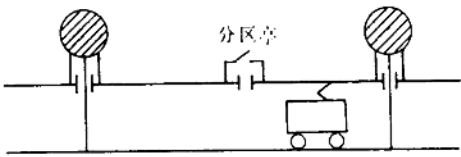


图 1-7 单线单边接触网供电原理

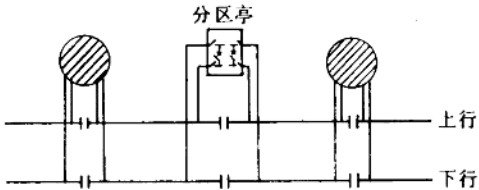


图 1-8 复线单边接触网供电原理

在相邻的两牵引变电所之间接触网中央位置断开，将两牵引变电所之间的接触网分成两个独立的供电分区，每一个供电分区的接触网只从一端的牵引变电所获得电能，称为单边供

电。复线单边供电的接触网，用断路器把上下行接触网连通，实现了上下行接触网间的并联供电，降低了电能损耗，提高了接触网的供电质量。当上行（或下行）接触网发生短路事故时，断路器自动跳闸，切断上下行接触网在电路上的连通，从而保证下行（或上行）接触网的正常工作。

相邻牵引变电所间的两个接触网供电分区可同时从两个变电所获得电能，此供电方式称为双边供电。由于双边供电实现供电保护困难，目前我国尚未采用。

单边供电和双边供电都是正常供电状态。当某牵引变电所发生严重故障造成全所停电的情况下，此变电所担负的供电臂，由两侧相邻变电所供电，这种供电方式称为“越区供电”。越区供电是一种非正常供电状态，由于供电距离大大增长，很难保证供电臂末端电压不低于电力机车允许的最低工作电压，因此越区供电只保证客车或重要货车通过作为避免中断运输的临时性措施。一般来说造成牵引变电所全所停电的可能性是极小的。越区供电在牵引变电所处于正常情况是不允许的。

在相邻两牵引变电所之间接触网中央断开处设置开关设备，可将两供电分区联通，此处称为分区亭。

为了提高接触网供电的灵活性和可靠性，接触网上还有其他电分段、防雷、接地、防干扰等设备，这些内容将在后面章节介绍。

第四节 BT 供电原理

牵引变电所供给接触网上的额定电压是 25kV，由于接触网上的高电压必然在周围空间产生强电场，而电气化铁道采用单相供电，这是一种不对称供电回路，因此会在通信线路上产生静电感应和电磁感应，这种感应的电流和电压会对铁路邻近的通信线路产生杂音干扰和危险影响。为了减少电气化铁道对铁路沿线通信线路的干扰影响，目前主要是从电气化铁道接触网供电方式上采取防护措施，本节主要叙述 BT 供电方式。

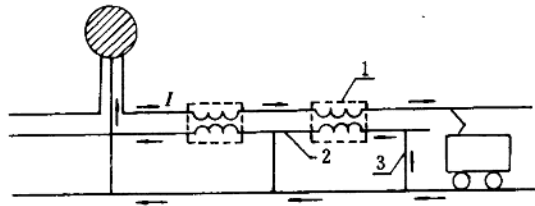


图 1-9 BT 供电方式工作原理
1—吸流变压器；2—回流线；3—吸上线。

在接触网中加装吸流变压器-回流线装置的供电方式，简称 BT 供电方式。其工作原理如图 1-9 所示。

接触网上每隔一段距离装一台吸流变压器，它是变比为 1:1 的特殊变压器，其原边串入接触网，次边串入回流线。回流线沿铁路架设。每两台吸流变压器之间有一根吸上线，一端与钢轨连接，另一端与回流线连接。电力机车从接触网上取得的

电流流经吸流变压器的原边，吸流变压器次边绕组的电流是通过吸上线流经轨道回路中的电流，经回流线返回牵引变电所。理想情况下，吸流变压器原边电流应等于吸流变压器次边的电流，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，从而消除了对通信线路的感应影响。

实际上回流线上的电流小于接触网上的电流，仍有很小一部分牵引电流是经钢轨和大地返回变电所的。另外，当机车位于吸流变压器附近时，从机车到吸上线之间的距离，牵引电

流基本上是流经钢轨的，在这段距离内，接触网中的电流和回流线中的电流所产生的感应影响不能相互抵消，对通信线路仍有一定的干扰影响，这种情况称为“半段效应”。为了减少半段效应的影响，可根据计算和实际情况决定吸流变压器设置的间隔。目前采用 BT 供电方式的电气化铁道，吸流变压器的间距是 $2\sim 4\text{km}$ ，把对通信线路的影响限制在允许的范围内。

练 习 题

1. 我国电气化铁道采用的是什么电流制的供电方式？
2. 叙述电气化铁道的优越性，指出存在的问题。
3. 简述电力机车主电路工作原理。
4. 电力机车受电弓滑板的最大工作范围、允许工作范围各是多少？受电弓正常工作压力是多少？
5. 牵引变压器有哪些接线形式？画出接线原理图。
6. 什么叫单边供电、双边供电、越区供电、什么情况下采用越区供电、画出单线、复线单边接触网供电原理图。
7. 接触网属于什么样的输电线路？它的作用是什么？对它的基本要求是什么？接触网上的额定电压是多少？
8. 牵引变电所二次侧母线电压为什么为 27.5kV ？
9. 叙述 BT 供电方式工作原理。
10. 什么叫“半段效应”？

第二章 接触网的组成

第一节 接触网的工作状态及要求

接触网担负着把从牵引变电所获得的电能直接供给电力机车使用的重要任务，它的质量和在工作状态将直接影响着电气化铁道的运输能力。

接触网的工作状态，主要是指接触网中的接触线与电力机车受电弓滑板的接触情况以及受电弓从接触网上取流情况。而接触网是露天设备，且无备用，接触网上的负荷又是随着电力机车沿接触线运动而变化的。

一、对接触网的要求

为保证接触网的良好工作状态，对其提出以下几个方面的要求：

1. 在高速运行和恶劣的气候条件下，能保证电力机车正常取流，要求接触网在机械结构上有良好的稳定性和弹性；
2. 接触网设备对地绝缘要符合技术要求，安全可靠，设备安装应便于带电作业的进行；
3. 要求接触网的设备、零件具有足够的耐磨性和抗腐蚀能力，延长其使用年限；
4. 要求接触网结构、设备尽量简单，零件互换性好，便于施工、维修。在事故情况下便于抢修和迅速恢复送电；
5. 尽可能降低成本，特别要注意节约有色金属及钢材。

总之，要求接触网无论在任何气象条件下，都能处于良好的工作状态，满足电力机车在线路上安全、高速运行的要求，并且结构合理、节省投资，便于新技术的应用。

二、改善接触网质量的措施

随着科学技术的不断发展，世界各国电气化铁道的接触网技术在不断地改进和提高，尤其是单相工频交流制的广泛采用，使接触网电压不断提高，列车运行速度越来越大，从而对接触网提出了更高、更严格的要求。各国都在根据本国的实际情况发展电气化铁道，采取了各种措施以改善接触网的质量。归纳起来主要有以下几个方面：

1. 改进接触导线和其它线索的张力及张力补偿装置，使接触线的张力不致随温度的变化而产生太大的变化；
2. 接触网在支柱悬挂点处，尽量避免出现硬点，采用弹性固定方式，以改善接触网的弹性；
3. 尽可能地减轻直接与接触线有关的集中负载，如减轻安装在接触线上的定位器及各种线夹的重量等；
4. 简化接触网的结构，向轻型、简便、灵活、有利于高速运行的方向发展。使接触线磨损小且均匀，延长其使用期限。

在不断改善接触网质量的基础上，应尽量降低接触网的造价，尽可能地节约有色金属，使

接触网建造的更加经济合理。

第二节 接触网的组成及悬挂分类

一、接触网的组成

电气化铁道接触网是沿铁路线上空架设的向电力机车供电的特殊形式的输电线路，也称为架空式接触网。它是由接触悬挂、支持装置、支柱和基础等几部分组成的，如图 2—1 所示。

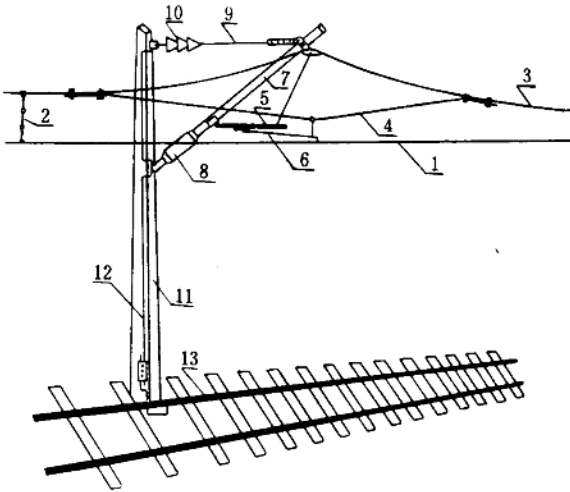


图 2—1 接触网组成

- 1—接触线；2—吊弦；3—承力索；4—弹性吊弦；5—定位管；
6—定位器；7—腕臂；8—棒式绝缘子；9—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、承力索以及连接它们的零件。接触悬挂是通过支持装置架设在支柱上的。其作用是将电能输送给电力机车。电力机车接受电能是通过受电弓滑板与接触导线的接触实现的。理想情况应该是在受电弓沿接触线滑行的整个过程中，接触线的高度保持不变，受电弓对接触线的压力保持不变，即接触悬挂具有均匀的弹性，在悬挂内不出现硬点。

为了使受电弓对接触线的压

力保持不变，要求接触线距轨面的高度尽量相等，需要变化时不应出现陡度。接触悬挂应具有良好的稳定性，避免在受电弓沿接触线滑行时出现上下振动以及在横向风力作用下的摆动，因而要求接触悬挂的结构能适应气候变化的要求。

(二) 支持装置

支持装置由腕臂、拉杆（或压管）、定位装置等连接件组成，是用来悬吊和支持接触悬挂的，并将其负荷传递给支柱或其它建筑物。

根据结构形式，悬挂形式以及接触网定位点所在地点的不同，其支持装置不同。支持装置应能保证接触悬挂处于正常位置，它应尽量轻巧、耐用、结构简单，具有足够的机械强度，便于安装和维修。

(三) 支柱与基础

支柱与基础用以承受接触悬挂和支持装置的全部负荷，并把接触悬挂固定在规定的位置和高度上。支柱有金属支柱和钢筋混凝土支柱。

基础承受支柱传递给它的全部负荷，保证支柱受力后的稳定。金属支柱的基础大多为钢筋混凝土浇制而成，其支柱的类型决定于受力情况。钢筋混凝土支柱一般不打基础，柱的地下部分代替了基础的作用。

二、悬挂分类

接触悬挂的结构在性能方面得到了不断地改善，其悬挂结构经历了由简单悬挂到链形悬挂的过程。根据它们各自所具备的性能和特点，目前在不同的场合都有应用。现将常用的几种悬挂形式分述如下。

(一) 简单接触悬挂

简单接触悬挂，是由一根或几根平行的接触导线直接固定在其支持装置上的接触悬挂。它具有结构简单，施工与维修方便，对隧道净空要求低，投资少造价低等特点。其缺点是弛度大、弹性不均匀，导致高速运行的机车取流质量较差。因此，简单接触悬挂只用在机车运行速度较低，取流较小的线路上。如机车整备线、厂矿企业的直流电气化铁道和其它临时线路中。简单接触悬挂按其结构的不同，可分为以下几种形式。

1. 未补偿简单接触悬挂

未补偿简单接触悬挂的接触导线终端下锚方式，是通过一组绝缘元件死固定在支柱上。如图 2—2 所示。当温度发生变化时，由于接触线热胀冷缩的物理特性，使导线的张力和弛度的变化很大。电力机车受电弓在这种状态的接触滑行下，工作状态很不理想，因为其跨距内接触线各点弹性很不均匀，特别是高速滑行的受电弓在通过支柱悬挂定位点时，很容易脱离接触而产生电弧，从而烧伤接触线和受电弓。另一方面也可能因张力过大而使接触线被拉断，造成严重的事故。所以未补偿简单接触悬挂一般用于车速较低的线路。

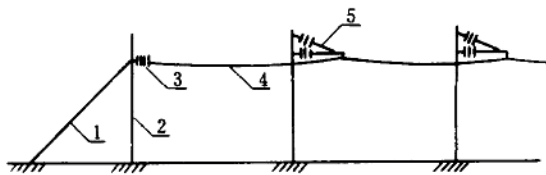


图 2-2 未补偿简单接触悬挂

1—下锚拉线；2—下锚柱；3—悬式绝缘子串；

4—接触线；5—支持装置。

2. 带补偿的简单接触悬挂

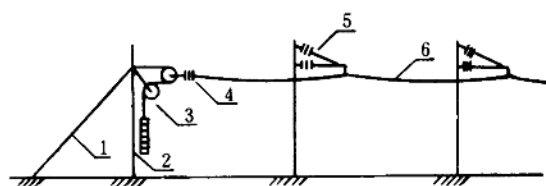


图 2-3 带补偿的简单接触悬挂

1—下锚拉线；2—下锚柱；3—补偿装置；

4—悬式绝缘子串；5—支持装置；6—接触线。

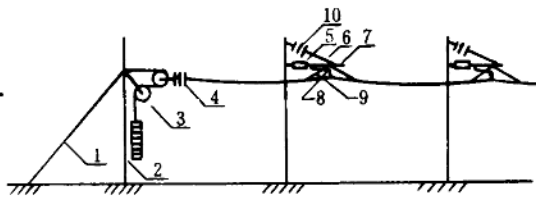


图 2-4 带补偿的弹性简单接触悬挂

1—下锚拉线；2—下锚柱；3—补偿装置；4—悬式绝缘子串；

5—棒式绝缘子；6—拉杆；7—腕臂；8—定位器；

9—吊索；10—悬式绝缘子串。

带补偿的简单接触悬挂，就是在每个锚段接触线的两端都装有张力补偿装置，并且各支柱悬挂点的定位装置采用绞接式，使接触线能随温度的变化沿线路方向自由伸缩。如图 2—3 所示。但是由于支柱间的跨距不能太小，接触线的弛度还是较大，接触线在支柱定位点处仍然是个硬点，跨距内接触线的弹性也不均匀，故也不能适宜高速运行的要求，一般很少采用。

3. 带补偿的弹性简单接触悬挂

带补偿的弹性简单接触悬挂的接触导线终端下锚方式是通过补偿装置固定在支柱上，在悬挂点上加装 8~16m 长的弹性吊索，通过弹性吊索再悬挂接触线，如图 2—4 所示。这样将大大减小接触线的弛度，消除悬挂点处产生的硬点。从而改善了机车取流条件，机车运行速度可以提高。从目前发展趋势来看，此种悬挂的适用范围正在扩大。

(二) 链形接触悬挂

接触线通过吊弦（或辅助索）悬挂到承力索上的悬挂，称为链形悬挂，如图 2—1 所示。链形悬挂中的承力索在接触线的上方，用腕臂上的钩头鞍子（或悬吊滑轮）来固定。接触线通过吊弦悬挂在承力索上，增加了悬挂点，调整吊弦的长度能使接触线在整个跨距内对轨面的高度保持一致，减小了接触线在跨中的弛度，改善了接触悬挂的弹性。同时，因承力索和吊弦的存在增加了接触悬挂的稳定性。

由于链形悬挂具有高度一致，弹性均匀，稳定性好等优点，所以机车有较好的取流条件，适用于运量大，速度高的干线上。但存在着结构复杂、投资大、施工和维修任务量增加等缺点，这是需要进一步改进的。链形悬挂的形式较多，有单链形、双链形和多链形等。我国目前主要采用的是单链形接触悬挂方式。

链形接触悬挂根据线索的锚固方式可分为以下几种。

1. 未补偿简单链形接触悬挂

未补偿简单链形接触悬挂方式，其承力索和接触线在下锚处均为硬锚（即死固定），支柱定位点处的吊弦是普通吊弦，如图 2—5 所示。当温度变化很大时，承力索和接触线的张力和弛度变化亦很大，造成机车受电弓取流不好，一般不采用。

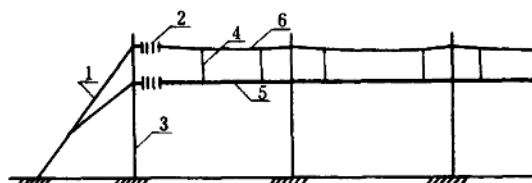


图 2—5 未补偿简单链形接触悬挂

1—下锚拉线；2—悬式绝缘子串；3—锚柱；
4—吊弦；5—接触线；6—承力索。

2. 半补偿链形悬挂

半补偿链形悬挂的承力索为硬锚，接触线装设张力补偿器。当温度变化时，接触线的张力不变，但是没有装设张力补偿器的承力索的弛度仍然变化，承力索弛度变化直接影响着接触线的工作状况。这种悬挂具有下锚结构简单，断线后容易修复，弹性均匀等优点。存在的问题是弛度变化大，结构高度大，对支柱容量及高度要求高，调整困难，隧道净空要求高等。

半补偿链形悬挂根据定位点处吊弦形式，分为半补偿简单链形悬挂和半补偿弹性链形悬挂两种。

(1) 半补偿简单链形悬挂

半补偿简单链形悬挂的结构如图 2—6 所示。当温度变化时，接触线在坠砣的作用下，有纵向位移，而承力索基本上没有纵向位移，由此引起吊弦和定位器的偏移。每处的偏移在接触线上都产生水平张力，在极限温度下，会使接触线的张力在锚段中部和末端的数值相差很大，导致整个锚段内接触线的弹性不均匀，尤其在支柱定位点处，因采用普通吊弦，会造成明显的硬点，显然不利于机车取流。这种悬挂方式一般只用于车速不高的铁路支线上和车站侧线等处。

(2) 半补偿弹性链形悬挂

半补偿弹性链形悬挂的结构形式,如图 2—7 所示。弹性链形悬挂是指在支柱处的悬挂是通过一根长为 15m, 型号为 GJ-10 镀锌钢绞线(称为弹性吊弦辅助绳)悬挂在承力索上,再在辅助绳上安装吊弦,称作弹性吊弦。为了避免定位处短吊弦在接触线上发生纵向位移时偏斜过大,短吊弦与辅助绳用“夹环”连接。这样,当温度发生变化时,短吊弦在接触线上发生纵向位移时偏斜就不会太大,使受电弓在支柱定位处和跨距中部对于接触线抬高的差别较小,改善了支柱定位处接触线的弹性,提高了整个锚段内接触悬挂的均匀程度,有利于电力机车良好的取流。这种悬挂方式一般用于铁路干线和车站的正线上。

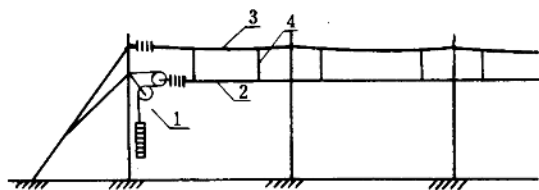


图 2—6 半补偿简单链形悬挂

1—张力补偿器；2—接触线；3—承力索；4—吊弦。

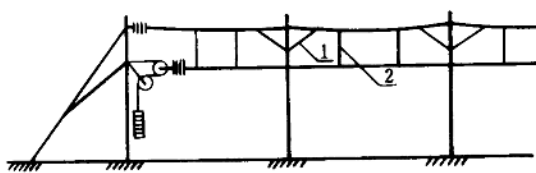


图 2—7 半补偿弹性链形悬挂

1—弹性吊弦；2—普通吊弦。

3. 全补偿链形悬挂

全补偿链形悬挂在锚段两端下锚处承力索和接触线均设有张力补偿器,当温度变化时,在补偿器的作用下,承力索和接触线均发生纵向位移,大大减小了吊弦的偏移,并且承力索和接触线的张力几乎保持不变。因此,接触线高度变化很小,更有利于机车取流。

全补偿链形悬挂具有承力索及接触线张力不变的特点。与半补偿链形悬挂相比,具有弹性更均匀、弛度变化小、调整方便、结构高度小、对支柱容量及高度要求较小等优点。但下锚结构较复杂。

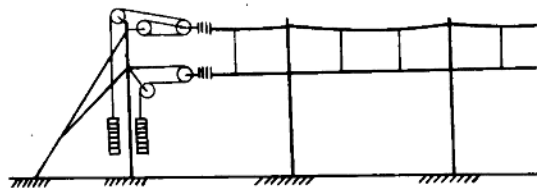


图 2—8 全补偿简单链形悬挂

全补偿链形悬挂按支柱定位处吊弦形式的不同可分为:全补偿简单链形悬挂和全补偿弹性链形悬挂两种。

(1) 全补偿简单链形悬挂

全补偿简单链形悬挂在支柱定位点处采用的是普通吊弦,此处仍会出现硬点,产生弹性不均匀的现象,这种悬挂形式使用较少,如图 2—8 所示。

(2) 全补偿弹性链形悬挂

全补偿弹性链形悬挂在支柱定位点处采用了弹性吊弦,使支柱处接触线的弹性得到了改善,并使全锚段内的弹性更趋于均匀,所以它用于高速行车的铁路干线的区间或站场的正线股道,如图 2—9 所示。

链形接触悬挂按其接触线和承力索布置的相对位置又可分为以下几种。

1. 直链形悬挂

直链形悬挂的承力索和接触线布置在同一垂直平面内,即承力索和接触线在水平面上的

投影完全重合。在直线区段，为了使受电弓滑板磨损均匀，接触线布置成“之”字形。在曲线区段，接触线布置成受拉状态，即把支柱定位点处的接触线向曲线外侧拉出一定的距离，承力索仍布置在接触线的正上方，如图 2—10 所示。我国电气化铁道在曲线区段接触网采用这种悬挂形式。

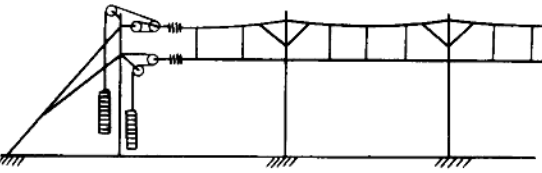


图 2—9 全补偿弹性链形悬挂

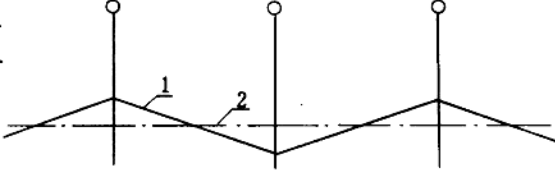


图 2—10 直链形悬挂

1—承力索和接触线；2—线路中心线。

2. 半斜链形悬挂

半斜链形悬挂直线区段接触线布置成“之”字形，承力索架设在线路中心的正上方成直线形，如图 2—11 所示。这种悬挂的吊弦在水平面的投影对线路中心的横向偏移值不大。与直链形相比，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。

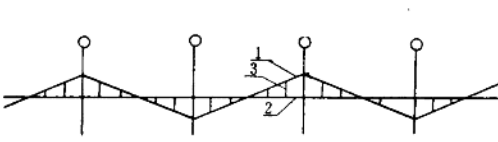


图 2—11 半斜链形悬挂

1—接触线；2—承力索及线路中心线；3—吊弦。

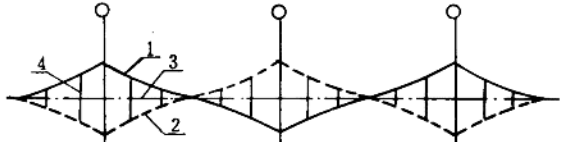


图 2—12 直线上斜链形悬挂

1—接触线；2—承力索；3—线路中心线；4—吊弦。

3. 斜链形悬挂

斜链形悬挂在直线区段承力索和接触线均布置成“之”字形，但两者的“之”字方向相反。因此，承力索与接触线的水平投影有较大的位移，吊弦安装后与铅垂方向有较大的倾角，如图 2—12 所示。

在曲线区段斜链形悬挂承力索对接触线有相当大的外侧位移，在整个跨距内通过吊弦把接触线向外侧拉，吊弦是偏斜的，接触线易扭转，线索间有明显的横向水平力，如图 2—13 所示。

斜链形悬挂设计计算烦琐，施工、维修困难，造价较高。但它风稳定性好，可采用较大的跨距。目前我国没有采用这种悬挂形式。

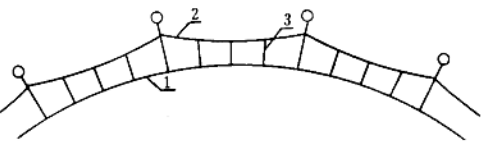


图 2—13 曲线上斜链形悬挂

1—接触线；2—承力索；3—吊弦。

练 习 题

1. 接触网担负着什么样的任务？它的工作状态主要是指什么？
2. 为保证接触网的良好工作状态，对它提出了哪几方面的要求？
3. 架空式接触网由哪几部分组成？各起什么作用？
4. 电气化铁道接触网按其结构分为几种？各适用什么场所？
5. 接触悬挂方式有几种？叙述带补偿的弹性简单接触悬挂和全补偿链形悬挂方式的特点。
6. 画出带补偿的弹性简单悬挂示意图。
7. 画出全补偿链形悬挂下锚结构示意图。
8. 链形接触悬挂按其接触线和承力索布置的相对位置，我国采用哪种悬挂形式？这种悬挂形式有什么特点？