



教育部高职高专规划教材

# 接 触 网

● 吉鹏霄 主编



化学工业出版社  
教材出版中心



教育部高职高专规划教材

# 接 触 网

吉鹏霄 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

· 北京 ·

本书主要讲述了接触网的组成和供电方式、接触网主要设备和结构、基本设计计算、接触网平面设计、接触网施工验收、接触网运营管理等内容。本书内容新颖,对近几年来接触网提速后出现的新技术、新结构和新的施工工艺、运营模式进行了深入的描述,反映了现阶段接触网技术装备水平。

本书可作为高职高专院校电气化铁道技术专业的教材,也可作为电气化铁道技术相关专业工程技术人员的培训、参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

接触网/吉鹏霄主编. —北京:化学工业出版社,  
2006.7

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-9059-5

I. 接… II. 吉… III. 接触网-高等学校:技术学  
院-教材 IV. U225

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 072749 号

---

教育部高职高专规划教材

### 接 触 网

吉鹏霄 主编

责任编辑:张建茹

责任校对:蒋宇

封面设计:郑小红

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

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

\*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 526 千字

2006年8月第1版 2006年8月北京第1次印刷

ISBN 7 5025-9059-5

定 价:29.50 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

## 出版说明

高职高专教材建设是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前 言

铁路作为交通运输的大动脉,为适应社会经济的迅速发展,技术、装备水平大幅提高。连续六次铁路干线提速成为铁路技术革新进步的最直接体现。电力牵引的电气化铁道得到了迅猛的发展,运营里程和运行速度同步提高。广(州)-深(圳)、哈(尔滨)-大(连)、秦(皇岛)-沈(阳)电气化铁道成功运营以后,在全国电气化干线大面积、大幅度提高现有电气化铁道的运营速度,主要干线逐步达到时速160~200km/h。

电气化铁道运营速度提高,技术革新的重点是接触网提速适应性改造。近年来,大量接触网新材料、新装备投入使用,检修、施工技术要求进一步提高,运营维护管理模式更加现代化。作为上级主管部门,铁道部相继颁发了设计、施工、验收、检修等方面的新的技术标准。

本书编写的特点为:读者针对性强,根据高等职业教育要求,合理安排内容,理论深度够用、易懂,围绕接触网运营、维护、施工工程技术人员应具备的核心知识技能,重点讲述了接触网的基本结构和典型设备,既可作为高职高专接触网课程的教学用书,又能作为现场工程技术人员培训用书;内容新颖。本书在编写过程中,编者收集了大量近5年来国内最新的接触网论文、文献,结合铁路第六次提速适应性改造接触网施工设计资料,以TB 10009—2005《铁路电力牵引供电设计规范》、TB 10208—98《铁路电力牵引供电施工规范》、TB 10421—2003《铁路电力牵引供电工程施工质量验收标准》和铁建2004 [8]号文《新建时速200km客货共线铁路工程施工质量验收暂行标准》为技术标准,对新型绝缘子、高速交叉道岔、无交叉线岔、整体吊弦计算和工艺、平腕臂装配和预配计算、硬横跨结构施工、机车自动过分相等新结构、新器材进行了深入细致的讲解。本书反映了现阶段接触网技术水平,是工程技术人员不可多得的参考资料。

本书共五章,第一、第二章主要阐述了接触网的基本组成、接触悬挂结构、腕臂装配形式等内容;第三章叙述了接触网设计计算基本项目、原理,其中突出了提速后接触网平面设计新要求;第四章讲解了接触网施工基础知识,介绍了高速接触网施工新技术。第五章主要讲解接触网运营知识。

本书由吉鹏霄任主编,并负责全书统稿工作。曾光、程永胜、贺娅卿担任副主编,商奇志主审。参加本书编写的有:吉鹏霄编写第二章九、十、十一节,第三章二、四、五、六节和附录;程永胜编写第五章;曾光编写第二章三、四、七、八、十三、十四、十五节;贺娅卿编写绪论、第一章、第二章第一节;张宏伟编写第四章;吴风雷编写第二章第十六节、第四章第四节;李学武编写第二章第二、五、六、十二节;赵紫兴编写第三章七、八、十三节。编写过程中,得到了耿长清主任的大力支持,李东浩老师、何刚同学为本书绘制了大量插图,在此表示衷心的感谢。

书中难免存在不完善之处,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。

编者  
2006年6月

# 目 录

绪论 .....	1	第二节 简单悬挂负载计算及安装曲线 .....	171
习题 .....	3	第三节 链形悬挂负载计算及安装曲线 .....	178
<b>第一章 接触网组成及供电方式 .....</b>	<b>4</b>	第四节 跨距及接触线风偏移的确定 .....	191
第一节 接触网的组成 .....	4	第五节 腕臂支柱负载计算 .....	195
第二节 接触悬挂的类型 .....	5	第六节 软横跨负载计算 .....	203
第三节 供电方式 .....	10	第七节 接触网平面设计 .....	208
习题 .....	14	第八节 接触网 CAD 设计 .....	223
<b>第二章 接触网设备与结构 .....</b>	<b>15</b>	习题 .....	229
第一节 支柱 .....	15	<b>第四章 接触网施工 .....</b>	<b>230</b>
第二节 腕臂支柱装配 .....	20	第一节 接触网基础工程 .....	230
第三节 接触网线索 .....	34	第二节 立杆与整正 .....	242
第四节 定位装置 .....	42	第三节 接触网架设 .....	250
第五节 绝缘子 .....	56	第四节 高速铁路接触网施工新技术 .....	256
第六节 锚段及锚段关节 .....	63	第五节 接触网竣工验收 .....	262
第七节 接触网补偿装置 .....	68	习题 .....	266
第八节 中心锚结 .....	78	<b>第五章 接触网运营管理与检修 .....</b>	<b>267</b>
第九节 吊弦 .....	83	第一节 接触网运营管理 .....	267
第十节 线岔 .....	91	第二节 接触网规程与规章 .....	268
第十一节 软横跨与硬横跨 .....	100	第三节 接触网的检修方式 .....	271
第十二节 分段、分相绝缘装置 .....	125	第四节 接触网技能训练项目及标准 .....	281
第十三节 隔离开关与电连接 .....	136	习题 .....	289
第十四节 桥、隧接触网设备 .....	142	<b>附录一 接触网常用检修机具 .....</b>	<b>290</b>
第十五节 接触网其他设备 .....	149	<b>附录二 接触网图例 .....</b>	<b>295</b>
第十六节 高速铁路接触网 .....	159	<b>附录三 接触网常用零件型号及参</b>	
习题 .....	164	<b>数表 .....</b>	<b>300</b>
<b>第三章 接触网负载计算及设计概述 .....</b>	<b>167</b>	<b>参考文献 .....</b>	<b>306</b>
第一节 气象条件及计算负载的确定 .....	167		

# 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, 1879年5月31日在德国柏林举办的世界贸易博览会上, 由西门子和哈尔斯克公司展出了世界上第一条电气化铁路, 迄今已有120多年的历史。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。20世纪60年代, 世界上第一条高速电气化铁路——东京到大阪的新干线在日本建成, 拉开了高速电气化铁道建设的新篇章。到20世纪80年代法国和德国先后建成了时速超过300km/h的高速电气化铁道。目前, 电气化铁道在全球60多个国家的营运里程已经突破25万公里, 占世界铁路总营业里程的近四分之一, 承担了一半以上的铁路运量, 显示了电气化铁道的巨大生命力。

中国第一条电气化铁路是宝(鸡)成(都)线宝鸡—凤州段, 正式通车于1961年8月15日, 从此揭开了中国电气化铁路建设的序幕。从第一条电气化铁路运营到现在的40多年间, 特别是改革开放以来, 中国的电气化铁道得到了迅猛的发展。到2005年底, 中国共建成开通43条电气化铁路, 随着625km的渝(重庆)怀(化)线电气化铁路建成, 国内电气化铁路总里程突破20000km。中国成为继俄罗斯、德国之后的世界第三个电气化铁路总里程超过20000km的国家。同时, 中国电气化铁道技术水平也有了较大提高。1998年5月28日, 广深铁路全线完成电气化改造, 成为中国第一条准高速电气化铁路, 时速为200km。近年来, 中国大范围、大幅度提高现有电气化铁道的运行速度, 主要电气化干线逐步达到160~200km/h。2006年, 京沪高速电气化铁道开工建设, 设计时速350km, 将成为中国第一条高速铁路, 预计2010年建成。届时, 中国电气化铁道总里程将达到26000km, 又掌握了高速电气化铁道核心技术, 这必将使中国由电气化铁路大国迈入电气化铁路强国。

中国的电气化铁路采用了目前国际上普遍使用的先进的25kV单相工频交流制。其优点为: 牵引供电系统的结构简单, 牵引变电所损耗小、间距大、数目少, 机车粘着性能和牵引性能良好, 大大降低了建设投资和运营费用。

## 二、电气化铁路的组成

由于电力机车本身不携带原动机, 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”。

### 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网线摩擦滑行, 将电能引入机车, 经机车主断路器到机车主变压器, 主变降压后, 经传动装置供给牵引电动机, 牵引电动机通过齿轮传动使电力机车运行。其原理如图0-1所示。

电力机车受电弓直接从接触线上滑行取流, 受电弓形式有单臂式和双臂式两种, 目前一般采用单臂式。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。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

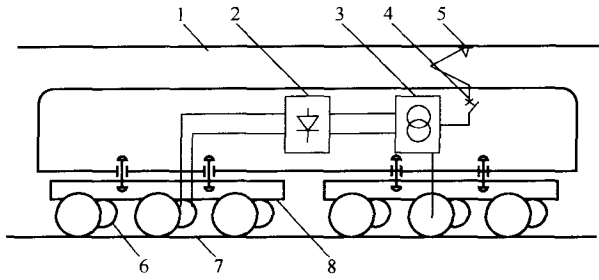
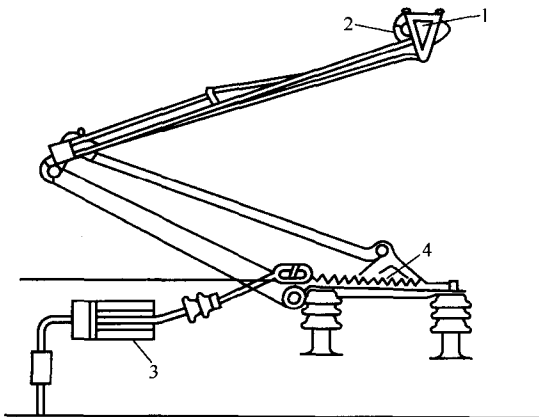


图 0-1 电力机车的工作原理

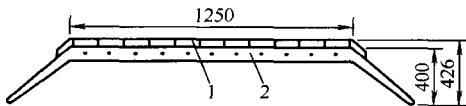
- 1—接触线；2—传动系统；3—主变压器；4—主断路器；
- 5—受电弓；6—牵引电机；7—钢轨；8—转向架

1250mm，允许工作范围为 950mm。受电弓及滑板结构如图 0-2 所示。



(a) 受电弓结构

- 1—滑板；2—弓头支架；3—活塞；4—升弓弹簧



(b) 滑板

- 1—滑条；2—滑板

图 0-2 受电弓及其滑板结构

中国目前使用的电力机车主要是国产韶山系列电力机车，投入运营的有 SS1、SS3、SS4、SS8、SS9 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。电力系统的三相交流电改变为单相是通过牵引变压器的电气接线来实现的。牵引变电所一般设有备用电源，采用双回路电源供电，以提高供电的可靠性。中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—三角形连接组，连接标号为 Y，d11，次边为三角形连接。三角形的一角（W 相）与钢轨和接地网连接，另两角（U 相、V 相）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等级为

110kV，低压侧（又称牵引侧）电压为 27.5kV。这是中国牵引变电所的主要接线形式。在 AT 供电区段，牵引变电所低压侧电压为 55kV，配合 AT 变压器实现对牵引网的供电。

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。应用该接法，单相变电所比较简单，单相变压器利用率较高，但是对电力系统负载对称性影响较大。例如哈(尔滨)大(连)线牵引变电所即采用了这种接线形式，其高压侧电压等级为 220kV，牵引侧为 27.5kV。

为了减少单相牵引负载对三相电力系统产生的不对称影响，其牵引变电所的变压器采用较特殊的接线方式，主要有斯科特（Scott）接线方式和伍德桥（Wood Bridge）接线方式，采用这样接线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为相角差 90°的二相交流电，在两相负载平衡时，其变压器的原边为三相对称负载，可以大大消



除牵引系统对电力系统产生的不对称影响。

### 3. 牵引供电回路

牵引供电回路是由牵引变电所—馈电线—接触网—电力机车—钢轨、地或回流线—牵引变电所构成。如图 0-3 所示。其中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可靠性，因此必须使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，这对于保证铁路运输畅通无阻有着极为重大的意义。

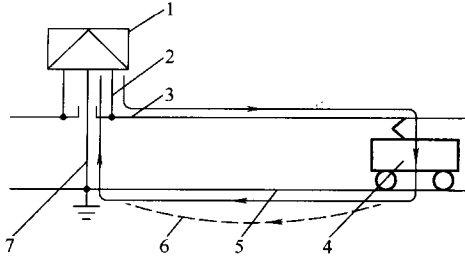


图 0-3 牵引回路构成

1—牵引变电所；2—馈电线；3—接触网；4—电力机车；  
5—钢轨；6—地中电流；7—回流线



### 习题

- 0-1 电气化铁道“三大元件”指的是什么？
- 0-2 受电弓的静态接触压力为多少？其滑板运行工作范围是多少？

# 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. 掌握接触网由哪几部分组成；
2. 掌握各组成部分应包括的主要零件；
3. 掌握各组成部分主要作用。

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 所示。

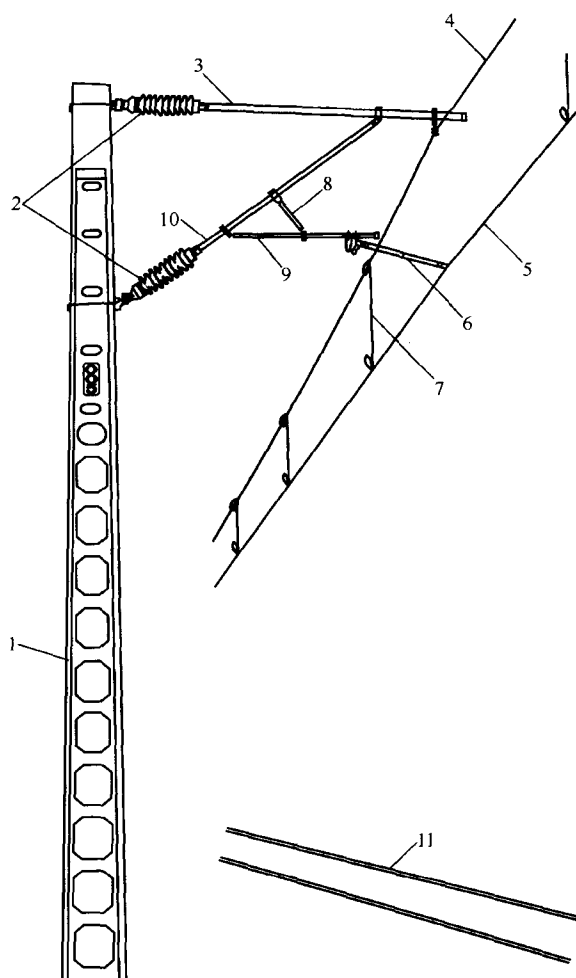


图 1-1 接触网组成

- 1—支柱；2—棒式绝缘子；3—平腕臂；4—承力索；  
5—接触线；6—定位器；7—吊弦；8—定位管支撑；  
9—定位管；10—单耳腕臂；11—钢轨

### 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得到电能（简称“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. 弹性尽量均匀

接触悬挂弹性是指接触悬挂在受电弓抬升力作用下所具有的抬高性能，用单位垂直力使接触线升高量表示，常用  $\eta$  表示，单位为 mm/N。衡量弹性好坏的标准有：① 弹性的大小（取决于接触线索的张力）；② 弹性均匀程度（取决于悬挂结构、悬挂类型和某些附在接触线上的集中负载的集中程度等）。当接触线本身不平直或者在接触线的某一位置存在着较大的集中负载，接触线将出现硬点，影响接触网受流质量。

#### 2. 接触线坡度适当

接触线对轨面的高度应尽量相等，以限制接触线坡度。

接触线坡度，即一个跨距两端的支柱悬挂处接触线距轨面高度差与跨距值的千分比。

$$i = \frac{H_A - H_B}{1000 \times l} \times 1000\% \quad (1-1)$$

式中  $i$ ——接触线坡度；

$H_A$ 、 $H_B$ ——跨距两端的接触线轨面高度，mm；

$l$ ——跨距，m。

接触线坡度对机车运行速度有很大影响，坡度选择不当，会产生离线、起弧等不正常情况。

### 3. 良好的稳定性

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. 结构的标准化

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

支持装置是接触网中支持接触悬挂，并将其机械负荷传给支柱固定的部分。支持装置包括腕臂、平腕臂（或水平拉杆、悬式绝缘子串）、棒式绝缘子及接触悬挂的悬吊零件。根据接触网所在区间、站场和大型建筑物需要的不同，支持装置表现为不同的形式。如：腕臂结构（图 1-1 所示为接触网区间腕臂装配形式）、软横跨、硬横跨（多股道站场使用），以及隧道、桥梁和其他大型建筑物上的特殊支持结构。

## 三、定位装置

定位装置包括定位管、定位器、定位线夹及其连接零件。其作用是固定接触线的横向位置，使接触线水平定位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，使受电弓磨耗均匀，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。在中国，接触网主要采用预应力钢筋混凝土支柱和钢柱，其基础用来承载支柱负荷，即将支柱固定在用钢筋混凝土制成的地下基础上，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也可不设单独的基础，支柱直接埋入地下，起到基础的作用。

## 第二节 接触悬挂的类型

学习目标：

1. 掌握接触悬挂根据结构的分类；
2. 掌握链形悬挂根据接触线和承力索在空间的位置关系的分类；
3. 掌握接触网悬挂根据下锚类型的分类。

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，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。而接触悬挂分类是针对架空式接触网中的每个锚段而言，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 和图 1-3 所示。

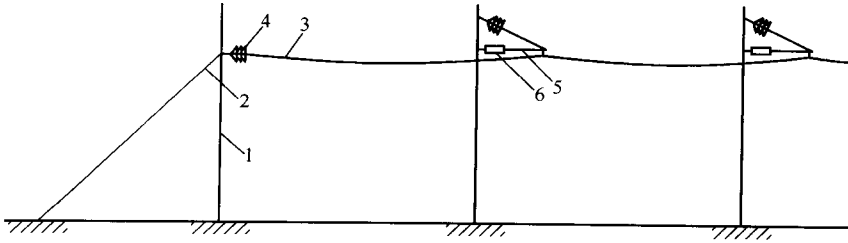


图 1-2 未补偿简单悬挂结构示意图

1—支柱；2—拉线；3—接触线；4—绝缘子串；5—腕臂；6—棒式绝缘子

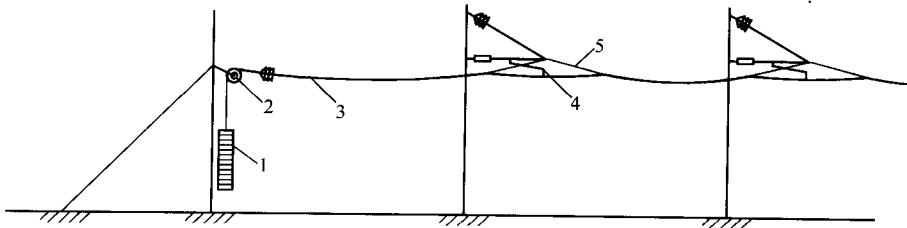


图 1-3 带补偿及弹性吊索简单悬挂示意图

1—坠砣；2—补偿滑轮；3—接触线；4—定位器；5—弹性吊索

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，称为硬锚或者未补偿下锚。另一种是加装补偿装置，以调整线索的弛度和张力称为补偿下锚。

未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，接触线在悬挂点受力集中，形成硬点，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。例如，在简单悬挂的接触线下锚处设张力补偿装置。具体做法是，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，这样增加了悬挂点，适当缩小跨距，减小了悬挂点处产生的硬点，以调节张力和弛度的变化，改善取流条件。根据使用试验，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。中国在部分线路上采用了这种悬挂形式。

### 二、链形悬挂

链形悬挂是一种运行性能较好的悬挂形式。它的结构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、承力索座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，通过调节吊弦长度使接触线在整个跨距中对轨面的高度基本保持一致，减小了接触线在跨中的弛度，改善了接触线弹性，增加了接触悬挂的重量，提高了稳定性，达到满足电力机车高速运行时取流的要求。链形悬挂有以下多种分类。

1. 按悬挂链数分

按悬挂链数的多少可分为单链形、双链形（又称复链形）和多链形（又称三链形）。

(1) 单链形 单链形根据悬挂点处吊弦的形式不同分为简单链形悬挂和弹性链形悬挂两种，如图 1-4 所示。

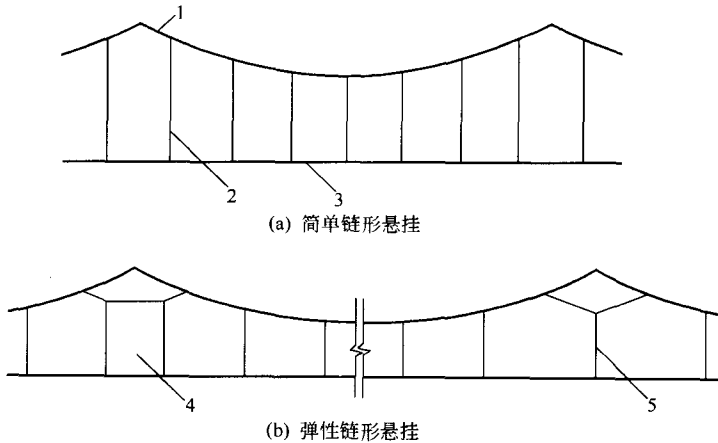


图 1-4 链形悬挂示意图

1—承力索；2—吊弦；3—接触线；4—Π形弹性吊弦；5—Y形弹性吊弦

① 简单链形悬挂结构简单，造价较便宜，运行、检修经验丰富。目前，简单链形悬挂是中国电气化铁道使用的主要悬挂类型。

② 弹性链形悬挂在支柱悬挂点处增设了一根弹性吊弦。其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。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。弹性链形悬挂在高速（>200km/h）时受流性能较为优越，是世界上普遍认可的高速接触网悬挂类型，中国在哈（尔滨）大（连）线、秦（皇岛）沈（阳）高速客运专线上使用了这种悬挂类型。

(2) 双链形 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。

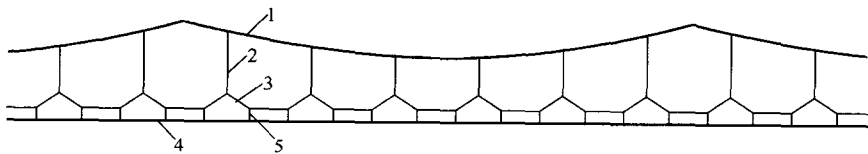


图 1-5 双链形悬挂示意图

1—承力索；2—吊弦；3—辅助吊索；4—接触线；5—短吊弦

双链形悬挂接触线弛度小，受流稳定性和风稳定性都比较优越，弹性均匀度好，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，中国仅在个别地段试用。

(3) 多链形 多链形悬挂及其他悬挂类型由于结构复杂、不易施工。同时，由于维修困



难、设计繁琐、造价高等原因，目前没有得到广泛应用。

2. 按线索的锚定方式分

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。在大气温度变化时，因为承力索和接触线的热胀冷缩，承力索和接触线的张力、弛度变化较大，造成受流状态恶化，一般不采用。其结构形式如图 1-6 所示。

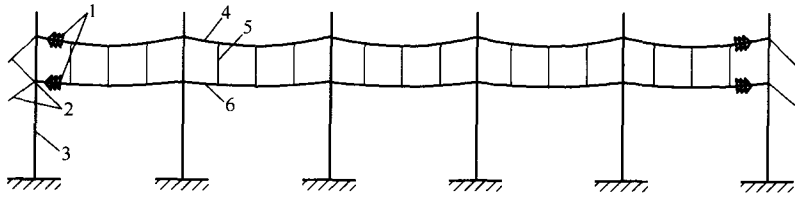


图 1-6 未补偿链形悬挂示意图

1—绝缘子；2—拉线；3—支柱；4—承力索；5—吊弦；6—接触线

(2) 半补偿链形悬挂 在半补偿简单链形悬挂中，接触线两端设张力补偿装置，承力索两端为硬锚，如图 1-7 所示。

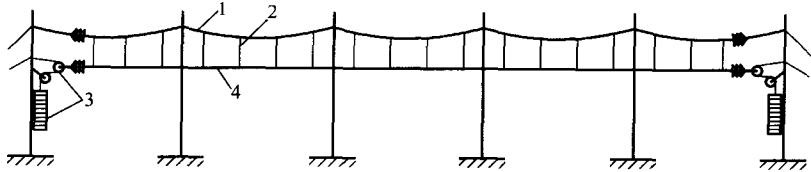


图 1-7 半补偿链形悬挂示意图

1—承力索；2—吊弦；3—补偿装置；4—接触线

半补偿链形悬挂比未补偿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，造成接触线纵向张力不均匀，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。

根据链形悬挂结构不同，半补偿链形悬挂又有半补偿简单链形悬挂和半补偿弹性链形悬挂之分。

(3) 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 1-8 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，承力索和接触线均产生同方向纵向位移，因而吊弦偏斜大大减小（接触线和承力索为相同材质时，偏斜更小，几乎可以忽略），有利于机车高速取流。因此，得到广泛使用。

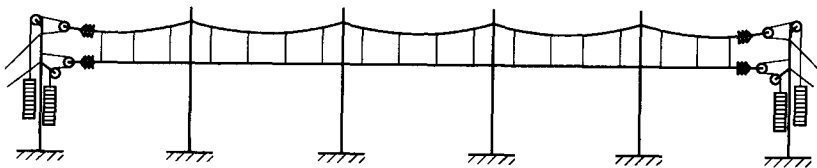


图 1-8 全补偿链形悬挂示意图

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。全补偿链形悬挂是目前中国电气化铁道使用的主要悬挂类型。

3. 按其承力索和接触线的相对位置分

(1) 直链形悬挂 其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（和半斜链形悬挂相比），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）。在很长一段时间内，中国电气化铁道只在曲线区段采用这种悬挂形式，即只在曲线处承力索布置在接触线的正上方（需要说明的是，对于直链形悬挂，接触线和承力索在曲线上有垂直于轨面和垂直于水平面两种布置方式，不同线路都各有所采用）。图 1-9 为直链形悬挂示意图。

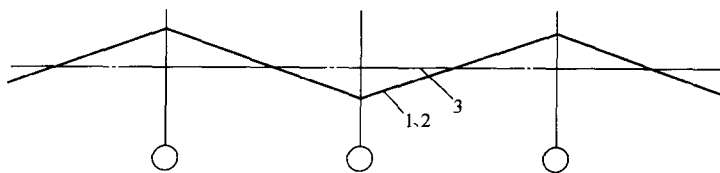


图 1-9 直链形悬挂示意图

1—接触线；2—承力索；3—线路中心线

近年来研究发现，当采用直链形悬挂时，可使接触线、承力索在水平面投影重合，便于吊弦长度计算（采用整体吊弦后，吊弦长度计算非常重要），并可以提高施工精度，避免接触线在吊弦存在纵向倾斜时出现的接触线偏磨甚至是线夹与受电弓的碰撞。因此，新建电气化铁道和提速改造线路应采用直链形悬挂（行标 TB 10009—2005 第 5.1.1 条）。

(2) 半斜链形悬挂 在半斜链形悬挂中，承力索沿线路中心线布置，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 1-10 所示。

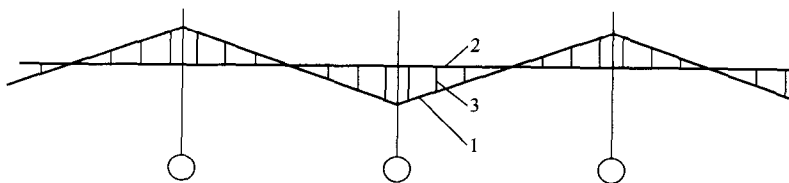


图 1-10 半斜链形悬挂

1—接触线；2—承力索；3—吊弦

半斜链形悬挂风稳定性好，中国在直线区段大量采用这种悬挂方式。

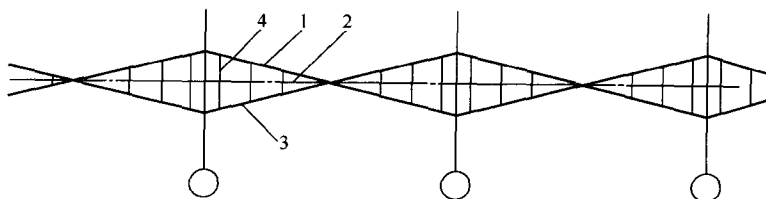


图 1-11 斜链形悬挂示意图

1—承力索；2—线路中心线；3—接触线；4—吊弦

(3) 斜链形悬挂 斜链形悬挂是指接触线和承力索均布置成方向相反“之”字形，接触线和承力索在水平面上的投影有一个较大的偏移。在直线区段如图 1-11 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，中国尚未采用。

### 第三节 供电方式

#### 学习目标：

1. 掌握接触网的几种主要供电方式；
2. 了解牵引供电系统的供电方式。

#### 一、接触网供电方式

铁路牵引变电所从电力系统得到电能后，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。

牵引变电所牵引侧母线上的额定电压为 27.5kV（自耦变压器供电方式为  $2 \times 27.5\text{kV}$ ），接触网的额定电压为 25kV，最高电压为 29kV。在供电距离较长时，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。但接触网末端电压不应低于电力机车的最低工作电压 20kV，系统在非正常运行情况（检修或事故）下，机车受电弓上的电压不得低于 19kV。所以两牵引变电所之间的距离一般为 40~60km，具体间距需经供电计算确定。图 1-12 所示为直接供电方式的供电系统图。接触网的供电方式主要有以下几种。

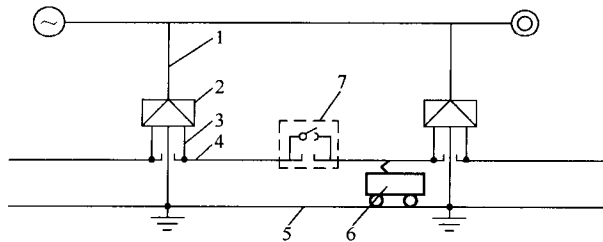


图 1-12 供电系统图

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

#### 1. 单边供电

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的接触网在电气上是绝缘的，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。单边供电时，相邻供电臂电气上独立，运行灵活；接触网发生故障时，只影响到本供电分区，故障范围小；牵引变电所馈线保护装置较简单。这是中国电气化铁道采用的主要形式。

#### 2. 双边供电

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。

#### 3. 越区供电

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 1-13 所示。

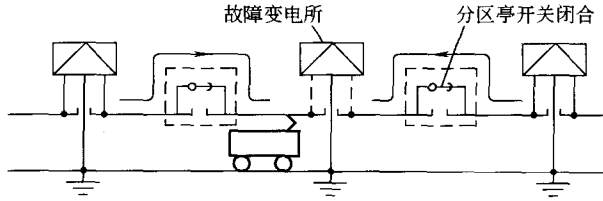


图 1-13 越区供电示意图

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。

4. 并联供电

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 4 条。同一侧供电臂上、下行线通过开关设备（或者电连接线）实行并联供电。并联供电可提高供电臂末端电压，但是接触网发生事故时，影响范围大，运行检修不够灵活。越区供电时，通过分区亭开关设备来实现。复线区段的单边供电和并联供电目前在中国都有使用。复线区段供电示意图 1-14。

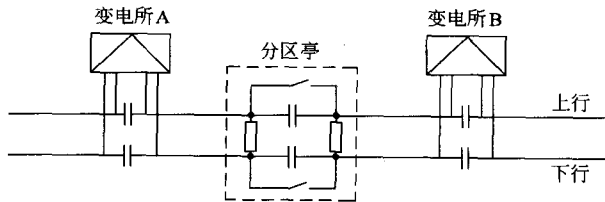


图 1-14 复线区段供电示意图

二、牵引供电系统的供电方式

在中国电气化铁道采用单相工频交流制，其牵引网是一种不对称回路，当牵引电流流过接触网时，在线路周围空间产生较强电磁场，会对邻近架空通讯线路的通信、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。目前中国的牵引供电方式主要有下列三种。

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，根据中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 1-12 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 (Booster Transformer) 供电方式，BT 供电方式能迫使由轨道回路和从大地返回牵引变电所的机车牵引电流的绝大部分经由回流线路流回牵引变电所。这样，回流线中流回的电流与接触网内流过的牵引