

接 触 网

〔苏〕К·Г·马克瓦尔特 И·И·符拉索夫著

袁则富 白 山译

中 国 铁 道 出 版 社

1986年 北京

作 者 序 言

苏共二十五大就如何完善铁路运输、进一步进行电化以及提高专家培训质量等问题通过了决议。这促使我们更加注意挑选《接触网》的教学材料和考虑教程的安排。只有在正确预测铁路电气化发展的基础上,其中包括接触网装置的发展,才可能顺利地解决这一任务。根据这一点,在列车运行速度与机车功率不断提高的情况下,应当认为电能传输问题是其中一项主要的课题。因此,在《接触网》教学大纲与本教科书里,较详尽地研究了受流问题。

当前对技术人员进行较深的理论培训具有很大的意义,不仅要使他们吸收过去的经验,而且还要使他们能寻找新的解决途径。其中包括熟悉理论和计算方法,研制新型结构以及掌握新装置的运行等要求。

鉴于上述要求,在第三版中,接触悬挂计算,接触悬挂与受电弓相互作用问题,导线静抬高的新理论以及上述过程的模拟方法占用了本书很大篇幅。后一个问题是复杂的,但对培养专门人才是需要的。本书压缩了支柱结构计算与某些装置一般介绍性的材料,因为在很多其它书籍中都有这方面内容的介绍,而且在实际工作中也容易掌握。

远在本书第三版修订之前,作者之一,老一辈电化工作者И·И·符拉索夫就与世长辞了。在第二版中,他所执笔的第九、第十二章中一些章节和第6—5节还收入在本版中。为了修订第三版,Ю·В·弗林克副教授对上述章节进行了审阅,同时还写了第4—6、4—9、9—2、9—5、9—8和9—12等章节。他在校稿、编辑和出版工作中给作者以很大帮助,对此作者表示深切的感谢。

诚然向教科书提出的课题不是所有都解决了,但是对其中一些课题,本书还是提出了解决的方向,如采用概率计算方法,阐述受流理论等。

作者欢迎大家对本书提出批评意见,并将意见寄送:莫斯科107174,巴士蒙胡同,6a,《运输》出版社。

内 容 简 介

本书是苏联高等学校的教科书。书中不但介绍了接触网的悬挂基本理论、负载计算、跨距计算、锚段长度计算、导线风偏移、吊弦计算和结构计算的方法,而且根据铁路运输的发展,特别是在列车运行速度与机车功率不断提高的情况下,在第七章和第八章中比较详细地研究了受流问题、接触悬挂与受电弓相互作用问题,导线静抬高过程的新理论以及模拟方法,这是以往出版的同类书籍中所没有的。

本书可做高等学校教学的主要参考书,也可作从事电气化铁路的科技工作者和实际工作者的自学书籍。

КОНТАКТНАЯ СЕТЬ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ

К.Г.МАРКВАРДТ И.И.ВЛАСОВ

МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1977

接 触 网

〔苏〕 К.Г.马克瓦尔特 И.И.符拉索夫著

袁则富 白 山 译

莫斯科运输出版社 1977

中国铁道出版社出版

责任编辑 张余昌 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 14.75 字数: 356 千

1986年3月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,000册 定价: 2.85元

目 录

第1章 接触网和架空线	1
1—1 架空接触网.....	1
1—2 接 触 轨.....	4
1—3 架 空 线.....	5
1—4 接触网和架空线的工作条件.....	7
1—5 导线材料和结构.....	8
1—6 导线的物理机械特性.....	10
第2章 气象条件和负载	13
2—1 概 述.....	13
2—2 导线重力负载.....	14
2—3 覆冰和冰负载.....	15
2—4 风和风负载.....	18
2—5 气 温.....	22
2—6 计算条件和合成负载.....	24
第3章 自由悬挂导线的计算	25
3—1 计算的目的是内容.....	25
3—2 导线弛垂方程式.....	26
3—3 跨距内导线长度.....	29
3—4 导线状态方程式.....	30
3—5 起始计算状态.....	32
3—6 临界跨距、临界负载和临界温度.....	33
3—7 计 算 跨 距	35
3—8 导线计算步骤.....	37
3—9 复合导线的计算特点.....	38
第4章 接 触 悬 挂	41
4—1 简单接触悬挂.....	41
4—2 链形悬挂的分类原则.....	42
4—3 导线的紧固方法.....	44
4—4 接触导线悬挂到承力索上的方法.....	45
4—5 导线相对于受电弓中心的布置方法.....	47
4—6 定位器及其工作条件.....	49
4—7 链形悬挂装置.....	51
4—8 锚铍关节及其装置.....	54
4—9 链形悬挂的应用范围.....	58

第 5 章 接触悬挂的计算	59
5—1 简单悬挂的计算	59
5—2 跨距内吊弦长度和张力的变化规律	60
5—3 计算模型的选择	63
5—4 半补偿和全补偿悬挂的平衡方程式	66
5—5 无补偿和半补偿链形悬挂的状态方程式	71
5—6 链形悬挂的极限跨距和当量跨距	77
5—7 弹性吊索的计算	78
5—8 半补偿链形悬挂接触导线无弛度状态温度的选择	82
5—9 无负载承力索的计算。不同接触导线数时的承力索计算	83
5—10 沿锚段长度接触导线的张力	84
第 6 章 导线的受风偏移和跨距的确定	89
6—1 概 述	89
6—2 接触悬挂导线在风作用下的位置	90
6—3 链形悬挂接触导线风偏移值的计算	91
6—4 容许跨距的确定	98
6—5 链形悬挂导线的自振动和振荡	101
第 7 章 接触导线在受力作用下的静抬高	106
7—1 简单接触悬挂	106
7—2 具有简单支柱吊弦的链形悬挂的计算图	106
7—3 具有简单支柱吊弦的链形悬挂时导线抬高的确定	108
7—4 具有弹性吊索的链形悬挂的工作特性	118
7—5 具有弹性节点或滑动吊弦悬挂的计算图	127
7—6 附加弹性吊弦和弹性吊索松弛的条件	135
7—7 具有弹性节点或滑动吊弦的链形悬挂导线抬高计算状态的选择和抬高曲线 线的绘制	139
7—8 吊弦间距对导线抬高的影响	140
第 8 章 受 流	144
8—1 受 电 弓	144
8—2 评定受流质量的标准	147
8—3 接触导线的磨损	148
8—4 确定受电弓抬高接触导线的力	150
8—5 受电弓——接触悬挂系统的模型	155
8—6 研究受流的概率方法	158
第 9 章 接触网布置图和结构	161
9—1 主要尺寸	161
9—2 绝 缘 子	161
9—3 导线的固定和连接	165
9—4 桥隧建筑物的接触悬挂	167
9—5 接触网分段和供电	169

9—6	分段装置	173
9—7	轨道回路、接地装置和防护设备	177
9—8	接触网支柱上的架空线	180
9—9	接触网平面图的设计	181
第10章	支持装置和支柱结构	189
10—1	支持装置	189
10—2	支柱结构	194
10—3	软横跨的计算	198
10—4	作用在支持装置和支柱结构上的负载	205
第11章	支柱的埋设	208
11—1	支柱的埋设方法和基础的工作条件	208
11—2	棱柱形基础的极限倾覆力矩	212
11—3	基础允许负载的确定	214
第12章	接触网运行	217
12—1	加强接触悬挂的风稳定性	217
12—2	接触网在覆冰情况下的运行特点	218
12—3	接触导线的烧伤及其防护措施	222
12—4	接触导线磨损的监测	223
文献目录		227

第 1 章 接触网和架空线

1—1 架空接触网

概述 在电气化铁路上运行的电力机车和电气列车是一种非独立的牵引方式，也就是说，机车上的牵引电机是从固定电源——发电厂取得电能以驱动机车的。电能经过不同电压等级的架空线和变电所从发电厂输向用户（图 1—1）。电气化铁路所需的电能是通过牵引变电所传输的。而牵引变电所将电能转换成电力机车所要求的电流种类和电压等级。

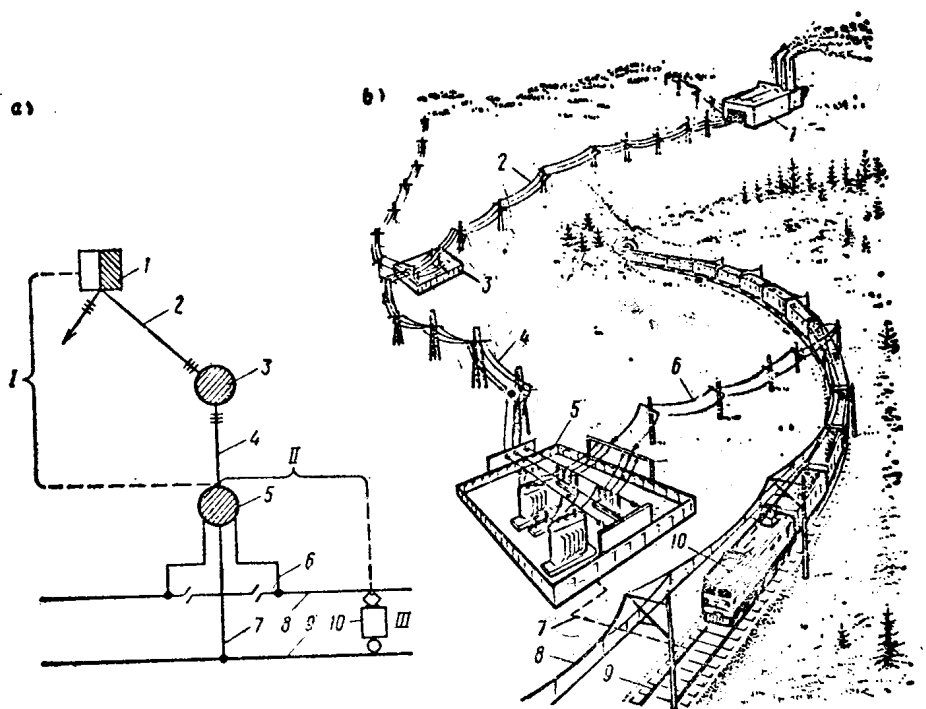


图 1—1 (a) 电力机车供电原理图；
(b) 铁路区段供电示意图。

I —— 原边（外部）供电系统；II —— 牵引供电系统；III —— 电力机车；1 —— 火力发电站；
2 —— 电力传输线；3 —— 区域变电所；4 —— 区域变电所到牵引变电所之间的电力传输线；
5 —— 牵引变电所；6 —— 供电线；7 —— 回流线；8 —— 接触悬挂；9 —— 钢轨；10 —— 电力机车。

电能通过两根线的直流或交流电网，由牵引变电所传输给电力机车。其中一根线为专门的接触导线，沿整个线路悬挂在支柱结构上。这种接触悬挂称为简单悬挂（图 1—2a）。在铁路上第二根线就是钢轨。

在电力机车上安装有受电弓，在工作状态下它压到接触导线上以保证电接触（见第 8—1 节）。

接触网与电力机车受电弓工作存在相互联系是电气化铁路的主要特点。

由此可见，电能是通过两个活动接触点传输给运行的机车的，即通过接触导线与受电弓之间的接触点和钢轨与车轮之间的接触点。

在行车速度较高的电气化铁路上，接触导线悬挂在纵向布置的承力索上，而承力索是固定在支柱结构上的，后者能使它保持在所需的位置上。由接触导线和承力索所构成的悬挂方式称为链形接触悬挂（图 1—2b）。

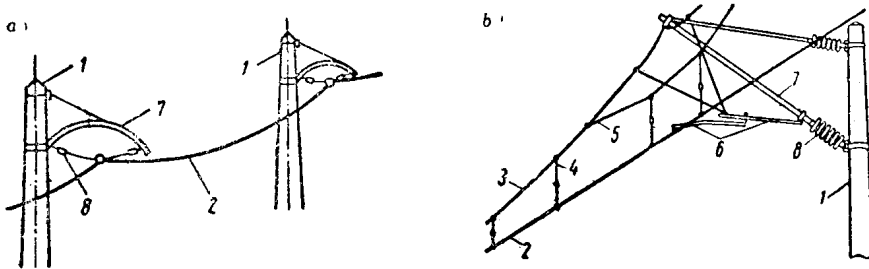


图 1—2 (a) 简单接触悬挂；

(b) 链形接触悬挂。

1——支柱；2——接触导线；3——承力索；4——吊弦；5——弹性吊索；6——定位器；7——腕臂；8——绝缘子。

包括接触悬挂和它的支持结构在内的所有装置构成为接触网。换言之，接触网是一种电气设备，其用途是通过它与受电弓的直接接触将电能从牵引变电所传输给电力机车。接触悬挂是接触网的主要部分。

接触悬挂是通过供电线（馈电线）连接到牵引变电所的，而钢轨则是通过回流线（馈电线）连接的。这些线路一般多为架空线，很少为电缆线。接触网与轨道网路，供电线路与回流线路有一个总称，称为牵引网。

1956年以前，苏联铁路只采用了直流 3kV 电压的电牵引制，以后广泛采用了单相工频 25kV 电压制（ГОСТ 6962-54），直流电化线路总长就开始不断减少。

在直流电化线路上，如按电能与电压损失的要求，接触悬挂导线的截面还不足的话，那么在这种情况下，接触网支柱上就要悬挂附加导线，并在一些位置上将它并接到接触悬挂导线上。附加导线增大了悬挂截面，从电的角度来说与悬挂是一个整体，因此把它叫作加强线。加强线、供电线、回流线均做成架空线的形式。

除接触网导线外，在支柱的田野侧还悬挂 6、10、27.5、35kV 电压的其他架空线，以便向铁路沿线的固定用户供电。在支柱上还可架设照明线、无线列调电话线、广播线等其他线路（见第 9—10 节）。

在悬挂接触导线时，必须考虑在导线最大张力情况下能有最好的受流条件，因为这样才能使受电弓滑板能平稳的沿导线滑动。在选择悬挂方式、悬挂尺寸和评定悬挂工作好坏时，受流问题自然是一个主要问题。

接触网还有一个特点必须说明。在设计任何一个设备或者设备施工过程中，都力求使设备作到尽可能可靠，当然同时也要注意经济性。任何设备要提高可靠性，一般可以用安装重复（备用）设备或者提高设备安全系数的办法来解决。电气化铁路工作的可靠性取决于电站、架空线、牵引变电所、接触网和电力机车的工作可靠性。这些设备在保证区段不间断运行方面所起的作用是很不相同的。很多电气化铁路上的设备都有备用。机车有备用，牵引变

电所内考虑有额外增设的附加设备,牵引变电所可由不同的两个区域变电所供电或者最少由一个区域变电所引出的双回路供电。这样就能对部分设备进行替换,甚至在一个牵引变电所完全解列的情况下也能保证列车运行。

但是接触网却不可能有这种备用。不管其他设备所选备用的情况如何,接触网与其他设备备用之间的这种不协调状况只能使电化区段的整个运行可靠性降低。因此,在设计接触网和从经济角度寻求最优方案时,应极其慎重地选择安全系数和计算方法。在接触网施工和运营过程中,必须特别精心操作,要知道接触网上哪怕一个零部件有缺陷,都可能使很长一段接触网发生故障。

接触网的发展情况 在使用电能进行牵引的最初尝试中,电源(电池)和电动机都是装在动车上的。

目前只在个别特殊情况下,还保留了电源和电动机均装在动车上的这种供电方式。

只是在机车能从大功率的固定电源那里获取电能以后,铁路上才开始广泛采用电力牵引。此时需增设接触网,以便通过接触网将电能从固定电源传输到可移动的电力机车上。

1876年在彼得堡,俄国杰出的工程师Ф·А·皮洛斯基首次用钢轨作接触网。(电车)车轮是木制的,使一根轨条能与另一根轨条绝缘,这样就把两根轨条当作两根导线来给电动机供电。以后发展成在两根轨条之间设置木垫板,用铺设在垫板上的专门母线给车辆电动机供电,并用钢轨作第二根导线。

这种把钢轨作其中一根导线使用的机车供电方式,直至今日还存在。

从硬母线上取流的原理也保留下来了,现已改变了母线截面积和截面形状,此外,随着电压的提高,用瓷绝缘子代替了木垫板。这就是先进的接触轨方式。

随着电力牵引的发展,牵引电动机功率不断增大,电化线路里程也不断增加,其结果是电压不断提高。电能开始用两根固定在支柱上的架空线来传输。用滑轮取流,最初滑轮是沿导线的上表面滑动的,以后发展成沿导线的下表面滑动。这种方式就是现代无轨电车接触网的原型。

年复一年地对架空接触网进行了完善。它是一根悬挂在线路一侧或线路上方5~6 m高的裸铜接触导线。导线通过绝缘子挂到支柱上。在线路的直线区段这些支柱相距30~40 m,而在曲线区段其间距稍短些。用固定在支柱上的横向承力索(钢索)或肩架悬吊导线。这种形式的接触悬挂直至今天还使用在电车线路上。采用肩架悬挂导线时,一般借助短铁线将绝缘子固定到肩架上(图1—2a)。接触导线的这种固定方法使它能在悬挂点上有较大的活动余地,以改善受流条件。

在电车发展的同时,出现了市郊和城市之间的电气化铁路。由于行车速度高,机车功率大,简单接触悬挂不能保证良好的受流。如果在保留这种悬挂的情况下还要改善受流条件,就不得不增加接触导线的悬挂点,也就是说要增加支柱数,这样就会提高接触网的造价。为了避免这一缺点,同时还要增加接触导线的悬挂点,研制了链形悬挂(见图1—2b)。在链形悬挂方式中,接触导线悬挂到纵向布置的钢线上,并有好几个悬挂点。

在电气化铁路上,特别是在直流电气化铁路上,为了减少电压损失,要求悬挂大截面的导线,因此,此时采用铜承力索是比较适宜的。

这样说来,从开始电气化以来有两种接触网形式:接触轨和架空接触导线。目前接触轨主要用在地下铁道。在气象条件比较好和电压相对不太高(1.5 kV以下)的情况下,接触轨也可用在与地下铁道相连通的市郊电气化铁道上。

苏联铁路主要是采用架空接触导线的接触网形式。

截至1977年元月1日，苏联电气化铁路运营里程达39620km，其中交流为15080km，直流为24540km。

1—2 接 触 轨

根据接触轨工作面的位置不同，牵引网可分成上部和下部两种取流方式。尽管上部取流装置比较简单，但是下部取流方式仍然得到了广泛的应用，因为在接触轨工作面上容易覆冰盖雪，在人可能触及工作面的那些地方，采用下部取流方式是比较方便的。

苏联地下铁道采用的是下部取流的接触轨。接触轨位于线路的一侧，悬挂在立于轨枕上的肩架上。用固定在车辆转向架上的取流靴取流。从三面将接触轨封闭在木槽中，以减少维修人员作业的危险性（图1—3）。接触轨是用电导率高的钢材制成的。每根轨长12.5m，单位长度轨重51.7kg/m。绝缘子采用的是釉面的瓷件。

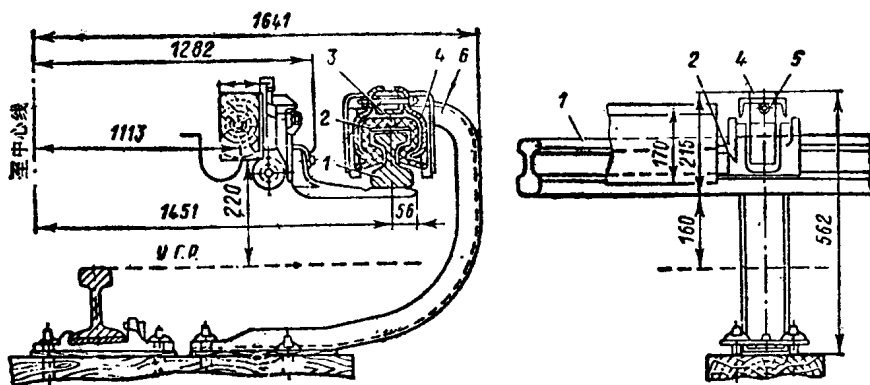


图1—3 苏联地下铁道接触轨的位置

1——接触轨；2——绝缘子；3——橡皮垫；4——扣板；5——螺栓；6——肩架。

接触轨有正常接头和温度接头两种形式。在正常接头的地方，接触轨安置密贴，用连接板和螺栓将接触轨相互连接起来。在温度接头的地方，轨间有开缝，连接板只固定一根接触轨的端头。因此，另一根接触轨的端头可以在连接板之间自由移动。在隧道里每隔四个或在地面上每隔二个接触轨接头，要加做一个温度接头。用两根电连接线保证接头的导电性能。

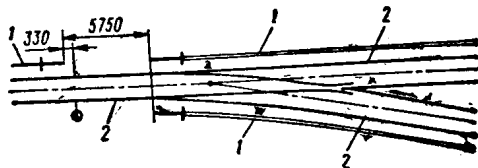


图1—4 接触轨在道岔处的位置图

1——接触轨；2——钢轨。

在有道岔和线路交叉的地方，接触轨要断开（图1—4）。在电分段的地方，接触轨也要断开。

为了使取流靴在断开位置上能平滑地滑到接触轨上去，这里设有引出线（图1—5）。引出线的坡度大小取决于列车速度和列车方向。

置在另一线路导线的上方。

架空线路导线相间距离应根据以下情况确定，即导线在风力作用下摆动时，其容许的最小接近距离不会导致出现放电现象（图 1—7）。导线相间最小距离取决于线路电压、导线排列方式（水平的还是垂直的）、绝缘子结构、跨距长度以及覆冰程度等因素〔1〕。

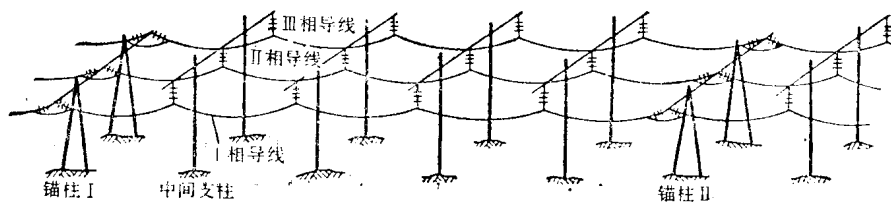


图 1—7 架空线的锚段

众所周知，提高线路电压会导致电晕损失。如果增大线径，是可以降低这种损失的。因此，建议110kV线路采用线径不小于11.3mm的导线；150kV线路不小于15.2mm的导线；220kV线路不小于21.6mm的导线。用几根小线径导线代替一根导线，即所谓裂相的办法，可以减少电晕损失。330kV线路一般用两根导线，500kV线路用三根导线，750kV线路则用四根导线〔11〕。

架空线和接触网是由很多在机械上相互独立的锚段组成的（见图 1—7）。如一个锚段导线断线，则不会使另一个锚段发生故障。此外，这种分段方法也便于线路的架设，可以分别完成各个锚段的线路架设工作。为了机械分段，一定长度导线的一端固定（下锚）到专门的支柱上，后者除了承受导线重力而外，还要承受导线张力。该支柱称为锚柱（图 1—8a）。然后将导线悬挂到一系列中间支柱上（图 1—8b），后者承受导线重力、冰负载和导线风压，导线的另一端最后固定到下一根锚柱上。

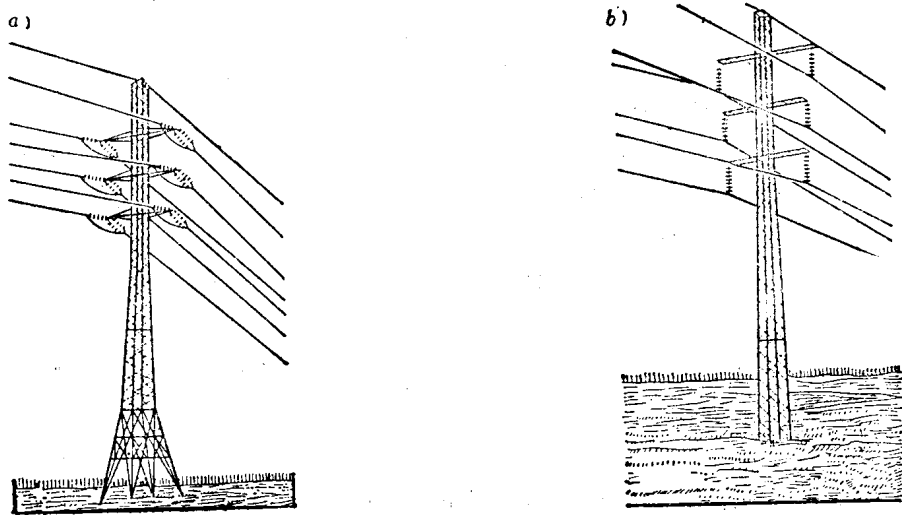


图 1—8 (a) 钢锚柱；(b) 中间支柱。

三相交流架空线路挂有三根互相绝缘的导线，形成一个电力传输线回路。按回路数多少电力传输线可分为单回路（见图 1—7）、双回路（见图 1—8）和多回路。一个双回路线路的费用要比两个平行的单回路线路便宜。就计算方法、采用的设备以及工作条件而言，接

触网与架空线具有很多相似之处。当然，接触网受流要求所规定的工作特点，使接触网变得比较复杂。因此，最好是首先研究共同的工作条件，架空线路的理论和计算方法，然后再研究与接触网受流过程有关的专题。

1—4 接触网和架空线的工作条件

接触网和架空线在露天工作，所以它要经受该地理区外界气象条件的作用。按照ГОСТ 15150-69的规定，气象条件有：气温、湿度与气压；风、雨、雾、霜；太阳辐射；气温的突变；空气中灰尘与腐蚀性物质的含量。

为保证正常工作，接触网和架空线的所有设备均应具有抵抗上述气象条件作用的性能。正如在苏联铁路技术运营规程中所载明的：“在任何大气条件下，接触网应保证在最高行车速度时不间断受流。”

气象条件或多或少要影响导线、绝缘子、金具和建筑结构的工作条件。

导线的温度变化会带来不利的影响。在运行条件下，导线温度不仅决定于施工安装处所具有的气温，而且还决定于电流值。当最高气温与最大电流碰到一起时，导线受热最大。气温最低和无电时，导线温度最低。对于接触悬挂铜导线来说，温度变化范围可达 150°C 。温度升高会导致导线伸长，张力降低。因为在低温时导线张力要受导线强度条件的限制，所以导线受热最大时其张力就很小，也就是说其弛度最大。对电力传输线来说，这就要求增加杆塔高度，而对接触网来说则会使受流恶化。

风压和覆冰重力给导线带来的附加负载使导线张力增加，从而破坏了线路的正常工作。例如，在架空电力传输线上，导线在风力作用下发生水平偏移和振动，这就可能使不同相导线相互逼近，造成短路后果，且常常会烧伤导线。如果接触悬挂的接触线偏离起始位置太大，那么导线就可能越出受电弓的滑板，发生受电弓折断或断线事故。这是一种很严重的事故，会中断行车。在一定的气象条件下（见第6—5节），还可看到导线在垂直平面上的振动现象。在发生振动的情况下，受流是很困难的，振幅很大时受流是不可能的。如果不消除这种振动，就可能断线，一些零件就会损坏。

覆冰会使接触网的运行更为复杂。冰壳的导电性能很差，受流时会产生电弧，这可能是造成导线接触表面严重损坏，甚至使导线烧伤的原因（见第12—3节）。冰不仅凝结在导线上，而且还会凝结在受电弓滑板和框架上。由于气流速度高（当列车速度与气流速度叠加时），受电弓上的覆冰是很严重的，致使滑板离线，产生火花和电弧。

空气中的灰尘和腐蚀性物质是使导线腐蚀的条件，结果使导线强度降低。钢导线受到的损害最大。双金属导线是在导线铜皮损伤或厚度较薄的地方先开始腐蚀。沉积在绝缘子上的灰尘，特别是含有一定化学成份的粉尘，在潮湿时（雨、雾）会降低绝缘子的绝缘性能。

在这种情况下，就会产生电弧，发生闪络。如果速断保护没有及时断开电弧，绝缘子将会发生故障。

短路电流产生的动力和热力作用可能要损坏接触网和电力传输线的个别设备。

接触悬挂导线可能因受到撞击和震动而损坏，接触导线在受电弓通过时还要受到磨耗。当电力机车取用电流通过导线与滑板接触点时，该点接触线的温度要额外地升高。接触点以外的悬挂各个位置上的电力机车电流，按悬挂各导线的电导率正比例进行分配。个别受流差的区段，接触线还受电弧的影响。

我们将在第十二章再详细地研究气象条件对接触网各种设备工作条件的影响。

1—5 导线材料和结构

铁路和有轨、无轨电车接触网所采用的接触导线，是按ГОСТ2584-63的技术条件制造的。导线为异形截面(Φ)，有二个纵向沟槽，是为线夹扣紧导线用的(图1—9a，表1—1)。现在生产的有铜MΦ接触导线和青铜БPΦ接触导线。铜接触导线已取得国家质量合格证书，它是按照ГОСТ5.2210-74的技术要求生产的。如异形截面铜接触导线的截面积为100mm²，其规定标号写成：ГОСТ5.2210-74MΦ-100导线。

电气化铁路基本采用MΦ-150、MΦ-100、MΦ-85几种铜接触导线，后一种导线主要用在站线上。青铜接触导线是用铜和添加一些合金(镉、镁及其它元素)制成的，与铜导线相比，前者的抗张极限强度较高，而电导率较低。这种导线磨损小，因此可提高使用寿命；在运行中对过热的敏感性比较差。青铜导线截面的上半部有一个特殊的沟槽(图1—9b)。曾经试图用其它不太缺乏的金属来代替铜，这样就出现了试用的钢铜、钢铝和钢接触导线。由于这些导线在运行和施工中都存在一些缺点，故在铁路上没有得到广泛的应用。

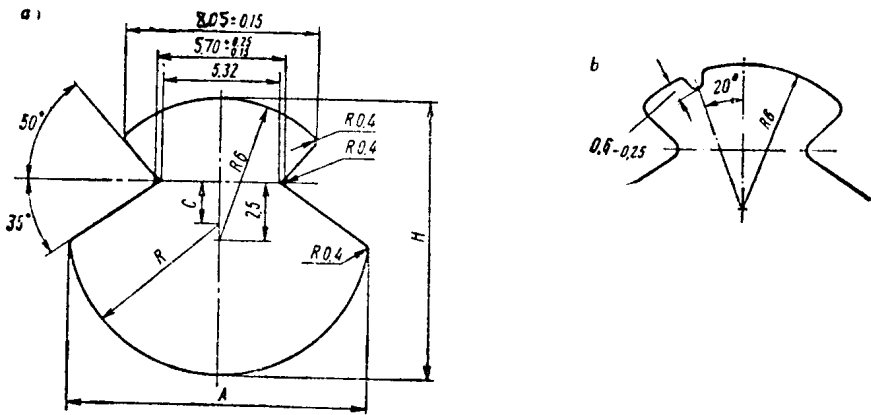


图1—9 (a) 接触导线的断面，
(b) 青铜导线的沟槽位置。

链形悬挂承力索采用多股的铜、双金属和钢绞线。选用何种绞线材料，决定于所需的截面大小、链形悬挂的结构、电气化线路的位置以及其它条件。多股绞线是由一股芯线和围绕芯线按螺旋线排列一排(图1—10a)或二排(图1—10b，c)的线股组成的。每一排线股相对上一排来说是按反方向缠绕的，而最外层的绕线应该是顺向的。

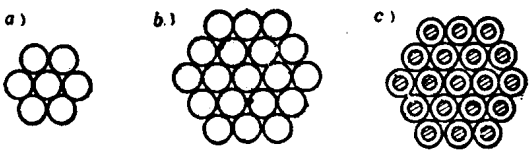


图1—10 多股绞线的结构

铜绞线(表1—2)具有较高的电导率。由于它有较好的抗腐蚀性能，故在运行中耐用、可靠。在温度变化时，铜承力索与双金属或钢承力索相比，其缺点是，半补偿链形悬挂导线的弛度变化比较大。如裸铜绞线的额定截面积为120mm²，则它的规定标号写成：ГОСТ839-74M-120绞线。在直流电气化铁道的正线上，承力索采用M-95和M-120绞线。

对承力索导电性能不要求很高的地方，例如在所有的交流电气化铁路上和直流电气化铁

路的站线上，可采用双金属绞线或钢绞线。为了节约铜，在直流电气化铁路的正线上也可以采用上述绞线，但为满足电计算所要求的截面积，还需加挂加强铝绞线。

接触导线的主要尺寸和特性 表 1 — 1

额定截面积 (mm ²)	尺寸(mm) (见图1—9a)				抗张极限强度不低于 (GPa)		线 密 度 (kg/m)	重力负载 (kN/m)
	A	H	C	R	铜导线	青铜导线		
65	10.19	9.3	0.5	5.3	0.377	0.42	0.58	5.50×10^{-3}
85	11.76	10.8	1.3	6.0	0.368	0.42	0.76	7.46×10^{-3}
100	12.81	11.8	1.8	6.5	0.363	0.42	0.89	8.73×10^{-3}
150	15.50	14.5	3.2	7.8	0.353	0.42	1.34	13.15×10^{-3}

裸绞线的主要数据 表 1 — 2

绞线型号	截面积(mm ²)		线股数	线股直径 (mm)	绞线直径 (mm)	断裂力不小于 (kN)	线 密 度 (kg/m)	重力负载 (kN/m)
	额 定	计 算						
M	50	49.4	7	3.00	9.0	17.5	0.44	4.32×10^{-3}
	70	67.7	19	2.13	10.7	28.3	0.61	6.00×10^{-3}
	95	94.0	19	2.51	12.6	39.1	0.85	8.34×10^{-3}
	120	117.0	19	2.80	14.0	43.6	1.06	10.40×10^{-3}
ΠБСМ	50	45.5	7	3.00	9.0	32.8	0.41	4.02×10^{-3}
	70	72.2	19	2.20	11.0	47.7	0.60	5.90×10^{-3}
	95	93.3	19	2.50	12.5	61.8	0.77	7.55×10^{-3}
A	95	92.4	7	4.10	12.3	13.8	0.25	2.45×10^{-3}
	120	117.0	19	2.80	14.0	18.0	0.32	3.14×10^{-3}
	150	148.0	19	3.15	15.8	22.8	0.41	4.02×10^{-3}
	185	183.0	19	3.50	17.5	28.2	0.50	4.91×10^{-3}

双金属裸绞线（见图 1—10 c 和表 1—2）是由铜包钢的线股绕制成的。目前生产的有 ΠБСМ1 和 ΠБСМ2 两种型号的双金属绞线。ΠБСМ1 线股铜包皮的最小厚度为半径的 10%，而 ΠБСМ2 线股铜包皮的约为 7%。如果 ΠБСМ1 型号的铜包钢双金属裸绞线的额定截面积为 70mm²，其规定标号可写成：ГОСТ4775-60ΠБСМ1-70 绞线。链形悬挂承力索采用 ΠБ-СМ-70 和 ΠБСМ-95 绞线。双金属绞线可用作软横跨和硬横跨的横向承力索和定位绳（见第 10—1 节）。

按 ГОСТ3062-55 和 ГОСТ3063-66 生产的钢绞线用作承力索，并用于接触网的支持装置上。钢绞线的主要缺点是容易腐蚀，特别是在沿海、工业区以及混合牵引区段上容易腐蚀，在这些地区线股的镀锌层也不能防止腐蚀。

加强线、馈电线和回流线一般采用铝线。A 型铝线是多股的（见图 1—10 和表 1—2）。最常用的是 A-150 和 A-185 两种线。如铝线额定截面积为 185mm²，其规定标号可写成：ГОСТ839-74A-185 绞线。与铜线相比，铝线的线密度和电导率比较小。如果铝线截面积为铜线的 1.65 倍，则在两种导线上的能损是相同的，而此时铝线的质量只为铜线的一半。铝很容易与其它金属结合，这样就会面临电蚀的危险。因此，在安装铝线时，要注意不让铝线与其它金属直接接触。铝抗腐蚀能力是比较强的，因为它表面有一层氧化层，是防止导线腐蚀的保护层。

架空线采用钢铝线，它是用镀锌钢线与铝线线股绕制成的（表 1—3）。钢线线股布置

在导线截面的中心部位。如果钢铝裸绞线铝线额定截面积为50mm²，钢芯为 8 mm²，其规定标号可写成：ΓOCT839-74AC-50/8.0绞线。

架空线和接触网所采用的导线，都是用冷拉方法制成的，这样可提高抗张极限强度和降低延展性。温度升高会使导线丧失这些性能；温度越高，作用时间越长，丧失的就越多。因此，根据标准〔1〕，在最不利的条件下，接触网铜线的温度不应超过100℃，铝线 90℃，双金属线120℃。鉴于这个原因，不能采用焊接的方法，因为导线焊接时温度要超过上述规定的标准。

钢铝裸绞线的主要数据 表 1—3

额定截面积 (铝/钢) (mm ²)	计算截面积(mm ²)		线 股 数		导线直径 (mm)	断裂力不小于 (kN)	线 密 度 (kg/m)	重力负载 (kN/m)
	铝	钢	铝	钢				
35/6.2	36.9	6.2	6	1	8.4	12.5	0.15	1.47×10 ⁻³
50/8.0	48.2	8.0	6	1	9.6	16.0	0.20	1.96×10 ⁻³
70/11	68.0	11.3	6	1	11.4	22.6	0.28	2.75×10 ⁻³
95/16	95.4	15.9	6	1	13.5	31.1	0.38	3.72×10 ⁻³
120/27	116.0	26.6	30	7	15.5	47.9	0.53	5.20×10 ⁻³

1—6 导线的物理机械特性

架空电力传输线的导线强度是按照容许强度计算的，而接触网则是按照许用张力计算的。后一种情况有如下的关系式

$$H_{zu} = H_{pzs} / k_s = \alpha \sigma_{sp} S / k_s, \tag{1-1}$$

式中 α ——考虑线股缠绕情况与机械特性分散性的系数，导线线股少于37股时该系数为 0.95；

- H_{zu} ——导线许用张力 (kN) ；
- H_{pzs} ——导线断裂力 (kN) ；
- σ_{sp} ——线股材料抗张极限强度 (GPa) ；
- S ——导线计算截面积 (mm²) ；
- k_s ——额定安全系数。

所谓额定安全系数，就是最低弛度点的导线抗张极限强度与许用张力之比值。接触网的 k_s 值如下：用作纵向承力索、定位绳、辅助索、加强线、馈电线和其它的铜、青铜与铝多股绞线， k_s 不小于 2；铜包钢纵向承力索不小于2.5；钢铝、钢纵向承力索与定位绳、铜包钢横向承力索不小于 3；钢横向承力索不小于 4。

如果保证列车高速运行，接触悬挂承力索应通过导线温度伸长补偿器下锚到支柱上，这样就可以使导线张力保持恒定。但是由于各种原因（见第 5—10节），导线张力还是要发生变化的。补偿承力索的张力不应偏离给定值的±10%〔2〕。因此补偿承力索（和辅助索）额定张力应为：

$$T_{soz} \leq 0.9 T_{zu} \tag{1-2}$$

式中 T_{soz} ——额定张力 (kN) ；
 T_{zu} ——按公式（1—1）所确定的承力索许用张力 (kN) 。