

无轨电车架空线网

4
天津市电车公司 主编
武汉市电车公司

中国建筑工业出版社

无轨电车架空线网

天津市电车公司
武汉市电车公司 主编

中国建筑工业出版社

本书主要介绍无轨电车架空线网的一般常识，触线网的材料、配件和组装，架空触线的受力计算，馈电网装置和计算，电车电杆，架空线网的设计、施工与维护等。

全书采取以基本理论与实践经验相结合的方法进行叙述，内容通俗易懂，简明扼要。

本书可供电车架线专业技术人员和管理人员参考，也可作技术培训读物。

无轨电车架空线网

天津市电车公司
武汉市电车公司 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米1/32印张：14 1/2 字数：388 千字

1980年7月第一版 1980年7月第一次印刷

印数：1—2,040册 定价：1.40元

统一书号：15040·3688

前 言

架空线网是无轨电车供电系统的一个重要组成部分。它主要向电车传输电能，保证其正常行驶。

无轨电车同有轨电车相比具有不破坏道路、行驶机动灵活、噪音小等优点；同公共汽车相比具有爬坡能力强、驾驶操作简单、乘坐舒适、不排出有害气体不污染环境等优点。因此，近年来我国无轨电车不断得到发展，很多大中城市都新建了这种公共交通。

随着无轨电车的发展，架空线网在技术上也有较大的改进。

近几年来不断革新创造出各种型式架线工艺和新型架空配件。如触线网已由硬性架设发展为弹性架设，大大提高了通过能力和减少触线磨损。触线从铜线改由钢铝和镁铝触线所代替，钢绞线和悬吊件改由塑料和尼龙制作，大大节约了稀有和一般金属材料。此外，还先后推广了无锚系分段绝缘器、新式小型自动分线器、不开断交叉器、活舌并线器以及折页式小夹板等，简化了线网结构，给进一步发展无轨电车交通创造了条件。

为了给电车企业广大职工提供一些学习资料，以不断提高线网质量和维修技术水平，我们编写了这本书。

本书由天津市电车公司和武汉市电车公司主编，由重庆市交通公司，青岛市交通公司和吉林市交通公司参加编写。

由于我们水平有限，所介绍的内容可能有很大的局限性，甚至还会存在缺点和错误，请读者批评指正。

编 者

1979年6月

目 录

前 言

第一章 电车架空线网一般常识	1
第一节 电车供电系统	1
一、电车整流站	2
二、电车	3
三、馈电网和触线网	4
第二节 触线网的架设与悬吊	6
一、触线网的支承装置	6
二、弯道、回车道触线网的架设	9
三、直道触线网的悬吊	13
四、枢纽设备布置	16
第三节 电车集电装置与触线网	19
一、集电装置	19
二、集电装置和触线网关系	21
第二章 触线网的材料、配件与组装	24
第一节 线材和绝缘材料	24
一、触线	24
二、镀锌铁线和钢绞线	27
三、电瓷	29
四、塑料	30
第二节 触线网的配件与组装	31
一、绷线组装	31
二、悬臂梁	36
三、直道吊线器	38
四、弯道和回车道吊线器	44
五、其它配件	54
第三节 枢纽设备	57

一、分段绝缘器	58
二、交叉器	60
三、分线器	65
四、并线器	71
第三章 架空触线网的受力计算	74
第一节 直道触线网常用的几种悬吊方式的受力计算	74
一、简单悬吊线网的受力计算	74
二、斜摆式悬吊线网的受力计算	97
三、简单链式悬吊线网的受力计算	110
四、菱形链式悬吊线网的受力计算	132
第二节 绷线与悬臂梁的受力计算	154
一、简单悬吊直道横绷线受力计算	154
二、直道斜摆悬吊横绷线受力计算	157
三、弯道绷线受力计算	164
四、弯道绷线网的图解算法	179
五、悬臂梁的受力计算	191
第四章 馈电网装置及其计算	201
第一节 电车供电方式及其一般要求	201
一、电压标准和供电半径	201
二、供电分段设置	202
三、几种供电形式	204
四、架空馈线和电缆馈线	208
第二节 架空馈线装置	209
一、导线	209
二、架空馈线架设	214
三、馈引线和均压线架设	224
四、防雷接地装置	229
五、接地体的电阻计算	234
六、架空馈线受力计算	240
第三节 线网的电力计算	249
一、电车负荷电流	249
二、线网电阻计算	257
三、线网电压降计算	260

四、线网短路电流	274
第四节 电缆馈线	280
一、电缆的基本知识	281
二、馈线电缆的敷设	282
三、油浸纸绝缘电缆的封端头和接头盒	284
四、电缆馈线的载流量	288
第五章 电车电杆	293
第一节 电车电杆的型号及其规格	293
一、电杆在电车架空线网中的作用和要求	293
二、电杆的常用型号和规格	293
第二节 电杆的受力计算和强度验算	294
一、电杆的受力计算	294
二、电杆的强度验算	299
三、电杆强度验算用表及其说明	301
第三节 电杆基础及其计算	314
一、电杆基础的常用形式	314
二、电杆基础的计算	317
第四节 电杆拉线的使用	330
一、拉线的作用和形式	330
二、拉线的受力计算	331
三、拉线地锚	335
第六章 架空线网的设计	338
第一节 设计前的准备工作	338
一、收集图纸资料	338
二、实地勘测路线	338
三、线网设计的有关依据	340
第二节 直道线网的设计	346
一、绘制路面图	346
二、架设方式的选择	349
三、触线的布置和设计	353
四、馈电线路布置一般要求	364
第三节 弯道与回车道线网的设计	367

一、绘制弯道曲线平面图	367
二、架设方式的选择	367
三、触线网的布置和设计	371
第四节 复杂线网与枢纽线路设计布局	379
一、路口分、并线器安装位置	380
二、重点停车站的停站越车避车设置	382
三、短段重复线的设置	383
四、中途回车道的设置	384
五、终点回车道的设置	387
六、保养厂线网的布置	390
第五节 线网布置实例	393
一、终端回车道架空线网的布置实例	393
二、中间回车道架空线网布置实例	395
三、大跨距架空线网布置实例	400
四、多条路线交汇处复杂线网布置实例	400
五、保养厂架空线网布置实例	405
六、其它线网架设	405
第七章 架空线网的施工与维护	408
第一节 新建工程施工的准备	408
第二节 架空线网施工设备与工具	408
一、架线车	408
二、放线车	411
三、其它设备	412
四、施工工具	414
第三节 竖立电杆	420
一、挖坑	420
二、浇灌混凝土基础	421
三、立杆	422
第四节 触线网的施工	423
一、绷线和悬臂梁的安装	423
二、吊线器的安装	426
三、触线的架设	427
四、弯道的架设	427

五、分段绝缘器的安装	428
六、并线器的安装	428
七、分线器的安装	430
八、交叉器的安装	431
第五节 馈电线网的施工	431
一、横担的架设和安装	432
二、馈电线的架设和安装	433
三、馈引线和刀闸的安装	436
四、避雷器和接地装置的安装	437
第六节 架空线网的修理与保养	439
一、架空线网的定期保养	439
二、架空线网的修理	441
三、架空线网的故障抢修	442
四、架空线网的测试	448
第七节 架空线网施工保养安全措施	451
一、馈电网停供电联系的安全事项	451
二、挖坑立杆安全事项	452
三、登杆和架线车上作业安全事项	452
四、触电急救法	453

第一章 电车架空线网一般常识

电车架空线网是电车供电系统的一个组成部分，主要包括架空设置的馈电网和触线网。它的主要作用是向电车输送电能，保证其正常运行。

第一节 电车供电系统

电车的供电系统如图 1-1 所示。电车整流站从所在地区高压输配电线网获得交流电源并转变为电车所需要的 600 伏直流电，然后经过馈电网把直流电输送到触线网，电车再利用它的集电器接触触线而取得电能供给它的主电动机。电车的直流电流途径为：整流站→正馈线→正触线→电车主电动机→负触线→负馈线→整流站；因此，电车得以驱动并沿着架设的触线行驶在电车路线上。

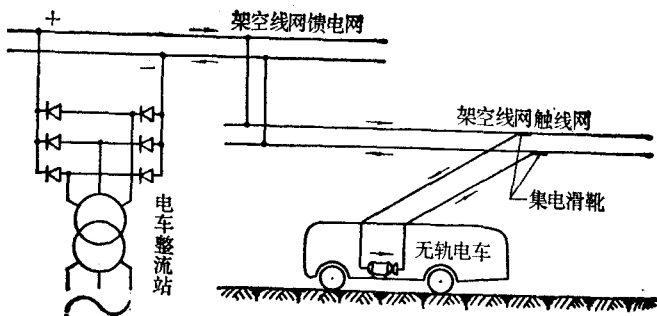


图 1-1 电车供电系统

一、电车整流站

城市中电力系统输配电网多数用10千伏电压送给交流电。但城市电车的电动机却采用600伏直流电，因此必须建造电车整流站以把所在地区供给的高压交流电经过变压器降低电压，再由整流器变为直流电。目前我国大多数整流站均采用集中供电方式，它的特点是供电容量较大而且设有备用机组，一般都安装有不少于两套容量为600~1200千瓦的整流机组向附近区域电车路线供电。它在高峰负荷时由多台机组并联供电，低峰负荷时减少机组或单机供电，这样就能可靠地保证供电又可降低整流站的电力损耗。电车整流站一般要设置两路互为备用的10千伏高压电源，以保证在电源线路发生故障或停电检修时不会中断整流站供电。

整流机组是整流站的主要设备，它把高压交流电转变为直流电。它的变压器大多数是三相的降压变压器，除电压比不同于一般三相电力变压器外，它是一种能限制短路事故电流的影响又具有阻抗较高的专用的整流变压器。目前在整流机组中已普遍地采用硅整流器，它有风冷、油冷和空气自然冷却等三种冷却形式。过去的回转变流机和汞弧整流器等都已基本淘汰。

除整流机组外，整流站中交流侧装有高压开关保护设备和电能计量装置，直流侧装有对各路架空线网进行过载和短路保护的直流开关设备，以及监视供电运行动态的仪器仪表和控制操作设备等。

电车600伏直流供电系统是电压较低而电流又较大的供电系统。为了保证电车能正常行驶和供电的经济合理，对触线网的供电有如下的规定：一般情况下触线网平均电压降不能超过600伏额定电压的15%即90伏，异常情况下的平均电压降不能超过25%即150伏，而在触线网供电末端处的最大电压降不应超过33.3%即200伏。因此，要保证这样的供电质量，整流站的供电距离就不能太远。合理的供电距离，常用供电半径来表示。所谓供电半径是指从整流站经馈电网到供电区段触线网末端的总长度。用这

一长度为半径，以整流站作圆心划一个圆，这就是整流站合理的供电范围。但是，整流站供电半径的大小，常受到电车路线上客流量的多少、行车密度的大小、车型的大小和馈线设置情况等多种因素所影响。如在小型电车行车密度较大的路线上，供电半径通常为2.5公里左右，而在使用较多大型铰接式电车的路线上，供电半径往往是1.5公里左右；相反，在行车密度较稀的路线上，供电半径甚至可延长到4公里左右。以上所介绍的供电半径大小只作为新建或扩建电车路线时建设整流站的参考，设计时应根据具体情况进行计算确定。

二、电车

电车供电系统的负载——电车主电动机，它是依靠电车顶部集电器紧密接触触线，并沿着触线滑动获得电流，而使电能转变为机械能来驱动电车行驶的设备。目前除部分电车使用复激式直流电动机外，一般多采用串激式直流电动机，电动机的额定电压在我国为600伏。电车电动机的额定转速为1340转/分，其额定容量有两种：装在小型电车上的为60千瓦电动机，装在大型铰接式电车上的为86千瓦电动机。

为控制和保护电动机，电车上装设有开关、主令控制器、接触器和串并联的电阻器；车厢顶上装有用于接触触线取得电流的集电装置；车上还装有照明灯具、低压电源装置和空气压缩机组等。长期以来大都采用以电阻器降低电压来控制电动机转动使电车起步和调速，现在仍有相当多的电车继续使用这种控制方法。随着技术的发展，近几年来已开始采用可控硅直流斩波器调整电压控制电动机的转速，这样不但使电车的起步和速度变化更为平稳和乘客更感舒适，而且还可减少传动机件的折损，并能节约消耗在减压电阻器中的大量能量。现有运行资料表明，采用这种控制方法较采用电阻制动控制方法可降低电车耗电量 $1/5$ 至 $1/4$ ，因此使用可控硅脉冲调速的无轨电车正在逐步增多。可见电车的供电系统与电车的关系极为密切。一般地说，电车应具有技术性能先进、运行安全可靠、乘坐舒适方便和车型美观等条件，而整个

供电系统必须符合经济合理，供电安全的要求。

三、馈电网和触线网

1. 馈电网

从整流站向电车路线上的触线网输送直流电的导线就是电车供电系统的馈电线（简称馈线）。馈线可采用电缆埋设在地下或采用裸导线架设在电杆上。电缆馈线的建造费用较大，施工和维护也较复杂，因此它在电车馈线中使用不够普遍，仅在整流站出线处、桥梁、街口和某些无法架设架空裸线的地方才有使用。用裸导线在电杆上架设的馈线，具有建造费用较少、导线散热条件较好（因暴露在空气中）、能容许较大的负荷电流、不易发生故障、即使发生故障也便于查找和容易修复等优点，因此在电车馈线中使用比较普遍。

架空馈线网主要包括裸导线、架设导线的横担和绝缘子、馈引线和均压线、防雷接地装置等几个部分。馈线大都架设在触线网电杆上，仅在整流站出口处设有少数单独使用的电杆。

电车馈电线大多采用硬铝绞线（LJ型）、钢芯铝绞线（LGJ型）或轻型钢芯铝绞线（LGJQ型），为了保证导线容许较大的电流通过和减少馈线电压降，一般大都采用300平方毫米或400平方毫米截面的导线，有时也采用240平方毫米截面的导线。导线截面的选择应由馈电计算来决定。在滨海城市或某些化工厂区及其附近地区，由于散发一些腐蚀性物质易损坏导线，因此在这些地方应选用耐腐蚀较好的合金铝绞线或硬铜绞线（TJ型）。

馈线用的横担多采用角钢及槽钢制做，横担的长度按架设馈线数量多少确定。馈线电杆由于受力不同而分为直线杆、转角杆、耐张杆、终端杆等多种杆型。横担有单横担、双横担和双层横担等形式。架线中的瓷绝缘子，有针式、蝶式和悬式等。

馈引线是馈电网和触线网间的连接线，即从馈线向触线供电的导线。因使用铜触线较多，馈引线也多采用铜芯的绝缘线或铜绞线，其截面常在95平方毫米至185平方毫米间。馈引线设置应根据供电区段情况而装设一至数处，常在馈引线中串接闸刀开关

以作为线网停电及调度联络之用。

均压线是连接双程（即来去行车路线）路线的正触线或负触线的并联线，它具有均衡双向触线电压和均衡双向触线电流的作用，从而改善了触线网的平均电压降。因此常在触线网上每隔几百公尺即设置一处。均压线所采用的导线与馈引线基本一样。

避雷器和接地装置是用来防止雷电过电压对电车供电系统的危害，以保证人身和设备的安全。避雷器可选用 FCL-0.75 型阀式避雷器或自行制作的双间隙或单间隙角型避雷器。装设避雷器的数量和地点要根据架空线网供电区段和当地雷电活动情况确定。接地装置是泄放雷电流到大地的通路，它的接地体要根据土壤导电情况进行埋设，以保证接地电阻不超过 10 欧。

2. 触线网

触线沿电车路线架设悬吊起来而组成触线网，它是一种特殊的传送电能的线网。电车的集电器沿着导电的触线滑行才能使电车行驶。在电车路线交汇处还需在触线网上装设分线、并线交叉枢纽设备以保证电车畅行。因此触线网必须具有良好的电气绝缘性能和机械性能。专供电车使用的特殊类型导线称为电车线，因电车集电器触其滑行，故一般称为触线，也称滑触线或接触线等。铜触线作为传统的触线被普遍使用，现在大都采用线身两侧具有沟槽便于架空悬吊的双沟形铜触线。为了节约用铜，近年来有些城市正在试用或研制钢铝触线和铝合金触线等新型触线。

一般在电车单行道上架设两根触线，在双行道上架设四根触线，其排列次序是：靠道路中心的为带正电位触线，靠道路边的为带负电位触线。

触线网架设后，应保持规定的正负触线的线间距离和对地高度，并保证触线网经常处于平、直、紧、顺、牢和整齐状态，而且绝缘性能要好，一般为二级绝缘，特殊地区，可增加一级绝缘，以保证供电与运行安全。

触线网一般是采取分段供电，也就是将电车路线的触线分为若干个单独供电的区段，每个供电区段由各自的馈电线供电。分

段供电可以保证触线网的电压质量，能控制分段中的电流和发生短路事故时线网能得到保护，还可在发生触线网停电事故时将停电范围缩小在一个供电分段以内而不影响其它供电分段的电车行驶；分段供电还有利于排除故障和日常维护保养工作的进行。如何进行分段设置，这要根据电车路线的情况和供电计算来确定。

第二节 触线网的架设与悬吊

一、触线网的支承装置

1. 电车电杆

电车电杆是电车架空线网的支柱。触线是由固定在电杆上一定高度的支承装置来进行悬吊的，触线在道路上空要拉紧并保持一定高度的位置。此外在电杆上部有时还架设多路大截面馈线或电力电信系统的架空线缆等。沿电车路线的道路边沿，一般每隔30~50米左右设置一根电杆。电车电杆可采用木杆、钢杆、钢筋混凝土杆和钢构架等，但从建造费用、物资供应以及维护保养和使用寿命等各方面综合考虑，以采用钢筋混凝土杆较为适合。目前我国比较普遍地采用钢筋混凝土电杆。电车电杆承受触线网的侧向水平拉力较大，这不同于一般电力系统电杆，因此对电车电杆的强度要慎重确定，以免造成电杆受力后出现弯曲变形。弯曲变形的电杆可采取设置直接落地拉线、高桩拉线或支撑杆等措施补救，但要注意这不应妨碍行人交通。在城市主要街道更要慎重选择电杆以避免出现拉线。电车电杆的基础也因受力情况而不同于一般电杆，应接受力和土壤情况合理设置，要避免受力后发生电杆倾斜或被拉倒，在主要街道上即使对基础可进行加固或返工，但工作起来也很困难。电车电杆采用单独用杆能减少电杆高度、强度和建造费用，但埋设在人行道边沿常与电力、电讯用杆相冲突。为了减少电杆、照顾市容美观整齐和节约分散单独立杆费用，可由各有关使用单位协商合用统一的电杆。

2. 绷线和悬臂梁

绷线是各种吊线器、触线和枢纽设备等的悬附索。它在触线网中是绝不可缺少的。一般的说，它由镀锌钢绞线配上绝缘子和一些紧固用金具、零配件等组成并拉紧悬挂在电杆上。由于触线网的需要，绷线有多种形式，如最简单的横街悬挂在两根电杆上的为对拉绷线（或称横绷线），还有比较复杂的Y形、双Y形、四边形、弧形绷线等等，它们的架设情况见图 1-2。在某些交叉路口和回车道处常常有较多的绷线构成复杂的绷线网。

用 7 股钢丝绞制的镀锌钢绞线用于触线网比较适合，其钢丝直径常在 2.0~3.0 毫米间。一般来说，镀锌钢绞线容易锈蚀并在断线时又容易发生触线网短路事故，因此近几年来正在试用一种塑料被覆的塑包铁绞线来代替镀锌钢绞线。

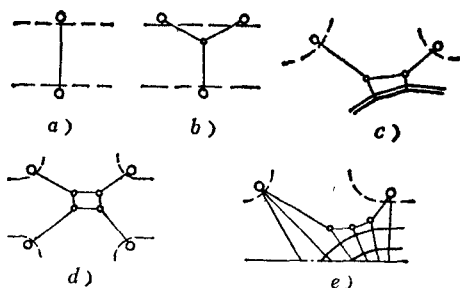


图 1-2 绷线架设形式

a) — 横绷线； b) — Y形绷线； c) — 双Y形绷线； d) — 四边形绷线； e) — 弧形绷线

悬臂梁是触线的支承装置，它大多采用 $\phi 76$ 毫米的热轧无缝钢管（或用角钢等）制成。悬臂梁一端固定在电杆位置上，另一端用吊线拉在电杆上，这种称为拉线式悬臂梁（图 1-3），也可用撑杆支撑成托架式悬臂梁（图 1-4）电杆比较高大的用于架设拉线式悬臂梁较为合适。在大桥上或某些低矮电杆采用托架式悬臂梁较为恰当。

在交叉路口、弯道和回车道等处的触线网是不能缺少绷线的。在一般道路上采用绷线则耗用钢材较少，建造费用也较省，但是也存在许多缺点，如道路上空被封锁，影响市容美观并妨碍超高物件的运输，而且在集电器脱线时容易被打断，绷线断线时又容易造成触线短路，还往往妨碍来往两个方向的车行驶，以

及使用寿命较短和维护防腐工作比较困难等。悬臂梁同绷线相比缺点较少，因此一般大多采用，特别是在宽阔平直的道路上车在两侧行驶时采用它就更较美观适用，在道路单侧埋设电杆时那就更须采用这种悬臂梁了。

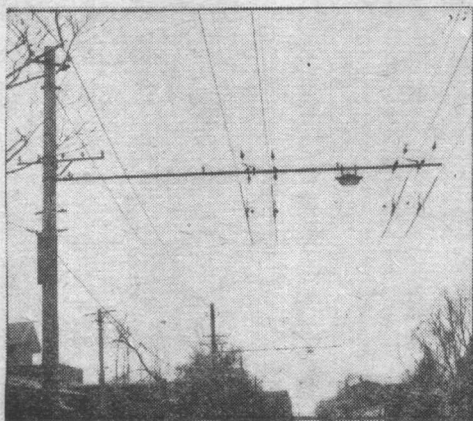


图 1-3 拉线式悬臂梁

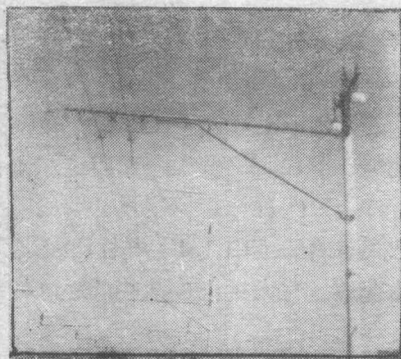


图 1-4 托架式悬臂梁

3. 弯道绷线网的架设

弯道、回车道处的触线要架设成圆滑弧形，这就需要较多的绷线在触线的许多点进行悬吊。弯道、回车道绷线网的形状与档