

绪 论

【学习目标】

1. 了解城市轨道交通牵引变电所向接触网的供电方式；
2. 了解城市轨道交通牵引供电系统中的牵引供电回路组成；
3. 掌握城市轨道交通接触网类型；
4. 掌握接触网基本要求。

第一节 城市轨道交通供电系统

城市轨道交通供电系统是为城市轨道交通运营提供所需电能的系统，它不仅为电动列车提供牵引用电，还为城市轨道交通运营服务的其他设施提供电能。

城市轨道交通供电电源一般取自城市电网，通过城市电网一次电力系统和城市轨道交通供电系统实现输送或变换，最后以适当的电压等级一定的电流形式（直流或交流电）供给列车通风、空调、照明、通信、信号、自动售检票、屏蔽门、给排水、防灾报警、电梯、电动扶梯及监控系统等用电设备。

城市轨道交通供电系统，一般包括外部电源、主变电所（或电源开闭所）、牵引供电系统、动力照明供电系统、电力监控系统。

一、牵引供电系统的组成

地铁电动列车本身不携带牵引电源，因此必须依靠外部供电装置供给其牵引动力。牵引变电系统的功能，正是将主变电站输送过来的交流电经降压整流为直流电源后通过接触网提供给电动列车的。

城市轨道交通电动列车供电多采用直流电，通常有直流 750 V、直流 1 500 V 等供电电压。牵引供电回路，是由牵引变电站、馈电线、接触网、电动列车、钢轨、回流线、牵引变电站等组成的闭合回路，由接触网、馈电线、轨道和回流线组成的供电网络总称为牵引网，如图 0-1 所示。钢轨除了作为走行轨外，还兼作直流供电系统的负极。

电动列车的集电装置，如受电弓、集电靴等从接触网取流后，电流要通过回流系统回流到牵引变电所，从而形成电流的回路，保证电客车的正常运行。回流系统一般由回流电缆、均流电缆、单向导通装置、钢轨及附属物组成，主要为牵引电流提供回路通道。

从牵引供电系统的组成看，接触网是向电动列车供电的重要组成部分，是直接影响电动列车安全运行的重要环节。因此，必须使接触网始终处于良好的工作状态，安全可靠地向电动列车供电。

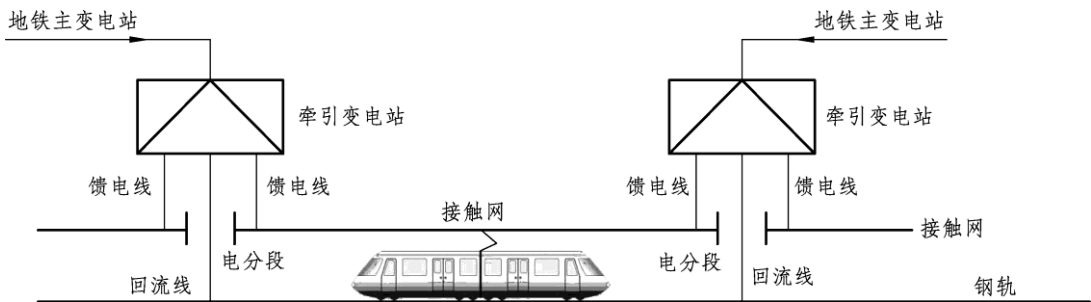


图 0-1 城市轨道交通牵引供电回路

二、牵引供电方式

牵引变电所通过接触网向电动列车供电，接触网在每个牵引变电所附近断开，分成两个供电区段。每个牵引变电所仅对其两侧的区段供电。供电距离越长，牵引电流在接触网上的电压降越大，使末端电压过低及接触网上电能损耗过大；供电距离过短，牵引变电所数目增多，投资增加。供电距离以及接触线截面等与接触网供电方式有关。牵引变电所向接触网供电有单边供电和双边供电两种方式。

1. 单边供电

每个供电区段也称为一个供电臂，如电动列车只从所在供电臂上的一个牵引变电所获得电能，这种供电方式则称为单边供电。

单边供电时，若有故障，影响范围小，牵引变电所内的保护也较简单。但电动列车所需牵引电流全部由一边流过牵引网，因此，牵引网电压降和电能损耗大。

2. 双边供电

如一个供电臂同时从相邻两个牵引变电所获得电源，每个接触网区段均由相邻两个牵引变电所并联供电，则称为双边供电。双边供电时，牵引电流按比例由两边流过牵引网，牵引网电压降和电能损耗相对小，但有故障时，影响范围也较大，保护较复杂。

正常双边供电时，牵引变电所馈线开关内设置双边联跳保护装置。一旦接触网发生短路故障，靠近短路故障点的牵引变电所保护动作，馈线开关迅速跳闸，与此同时联动跳开另一侧牵引变电所的相应馈线开关，及时切除故障。

3. 大双边供电

当某一牵引变电所有故障时，该变电所退出运行，此时该区段接触网就改为单边供电，或可通过闭合故障牵引变电所所处接触网的联络隔离闸刀，实施越区供电，此时称为大双边供电。两座牵引变电所的馈线开关仍有联跳功能。

在大双边供电方式下运行，供电区域扩大，牵引变电所的负荷增大，线路损耗增大，因此视情况要适当减少同时处在该供电区段的电动列车数，但一旦接触网发生短路故障，其保护装置灵敏度降低。因此，大双边供电只是在牵引变电所故障情况下运行的一种特殊运行方式。

车辆段一般采用单边供电的方式，只有当车辆段的牵引变电所退出运行后，才通过闭合越区上网隔离开关，由正线变电所对车辆段接触网进行供电。

三、集电装置

电动列车是运送旅客的载体，由于自身不带牵引电源，因此其运行主要依靠车顶的受电弓，或转向架侧边的集电靴从架空式接触网或第三轨上滑动取流。例如，当受电弓升起工作时，以 100 ~ 140 N 的接触压力紧贴接触线摩擦滑行，通过受电弓炭板取流，将电能引入电客车主断路器，再经过变压器后提供给牵引电动机，电动机驱动电客车运行。地铁受电弓结构示意图如图 0-2 所示，集电靴示意图如图 0-3 所示。

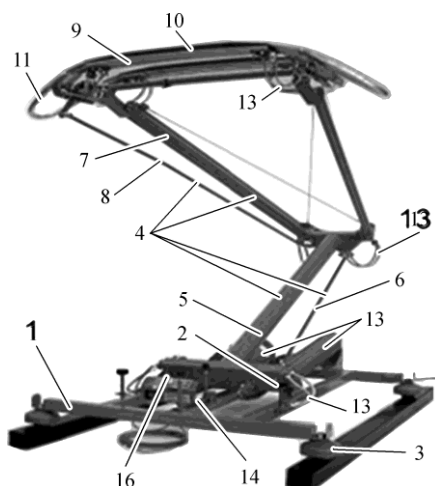


图 0-2 受电弓结构示意图

- 1—底架；2—高度止挡；3—绝缘子；4—构架；5—下臂；6—下导杆；7—上臂；8—上导杆；9—弓头；
10—接触炭滑板；11—端角；12—升降装置；13—电流传输装置；14—锁钩；15—最低位置指示器

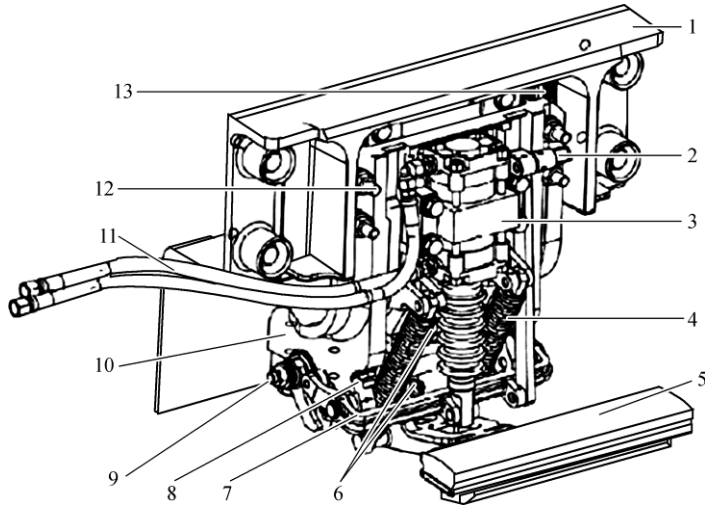


图 0-3 集电靴系统示意图

1—绝缘底座；2—手动回退装置；3—气动升降装置；4—拉簧压力系统；5—炭滑板；6—集电靴止挡；
7—回退柄；8—硬止动件；9—臂轴；10—机架；11—气管；12—调整螺栓；13—调整齿板

某型地铁受电弓主要技术参数如下：弓头长度 1 700 mm，弓头安装 2 条碳滑板，每条滑板宽度 60 mm，长度 1 050 mm，厚度 22 mm。降弓高度为 3 810 mm，最大升弓高度为 6 303 mm，最低工作高度为 3 888 mm，额定静态接触压力 120 N，额定电压 DC 1 500 V，网压变化范围 DC 1 000 ~ 1 800 V，额定电流 1 050 A，最大电流 1 650 A。

某型地铁集电靴主要技术参数如下：与第三轨的接触作用力（ 120 ± 24 ）N；集电靴的接触表面面积 184.5 cm²；电靴升靴时高于轨顶面的距离（ 260 ± 2 ）mm；集电靴降靴时高于轨顶面的距离（ 145.5 ± 2 ）mm；集电靴臂轴高度高于轨顶面（ 183 ± 2 ）mm；集电靴质量 32 kg；熔断器盒质量 7.8 kg。

第二节 接触网的类型

接触网按其结构可分为架空式、接触轨式和跨座式三大类型。架空式接触网可分为柔性接触网和刚性接触网；接触轨式接触网又称为第三轨，跨座式接触网也称为独轨形式。各种类型接触网在我国的使用情况，如表 0-1 所示。

表 0-1 各种类型接触网在我国的使用情况举例

序号	类型		使用城市
1	架空式	柔性	广州 1 号线、上海 1 号线、深圳龙华线
		刚性	广州 2 号线、南京、苏州、上海 8 号线
2	接触轨式	第三轨	北京、武汉、无锡 1 号线、青岛 3 号线
3	跨座式独轨		重庆 2 号线、3 号线

*注：架空式刚性和柔性的区分只考虑隧道中的情况；北京 6 号线使用架空式接触网。

架空式接触网沿铁路线上方架设，通过与电动列车受电弓可靠地直接滑行接触，将电能持续不断地传送给电动列车，再经过走行轨道回到牵引变电所。架空式接触网是一个庞大的空间机械系统，它用线、索及零部件实现有序地连接和接续，把接触线、支持装置、定位装置、绝缘元件、电气设备以及支柱等连接成一个能传递电能并且有支持功能，同时具备相应机械强度和良好电气性能的整体系统。架空式接触网如图 0-4 所示。



图 0-4 架空式接触网

接触轨式接触网是沿线路敷设的与轨道平行的附加轨，故也称为第三轨。接触轨通过与电动列车侧面或底部伸出的受电靴摩擦提供给电动列车电能，如图 0-5 所示。



图 0-5 接触轨式接触网

一、柔性接触网

根据柔性接触网在地面上与地下隧道内的架设方法不同，可分为地面架空式和隧道架空式。

1. 地面架空式柔性接触网

地面架空式柔性接触网（图 0-6），主要由接触悬挂、支持装置、定位装置、支柱和基础等几部分组成。

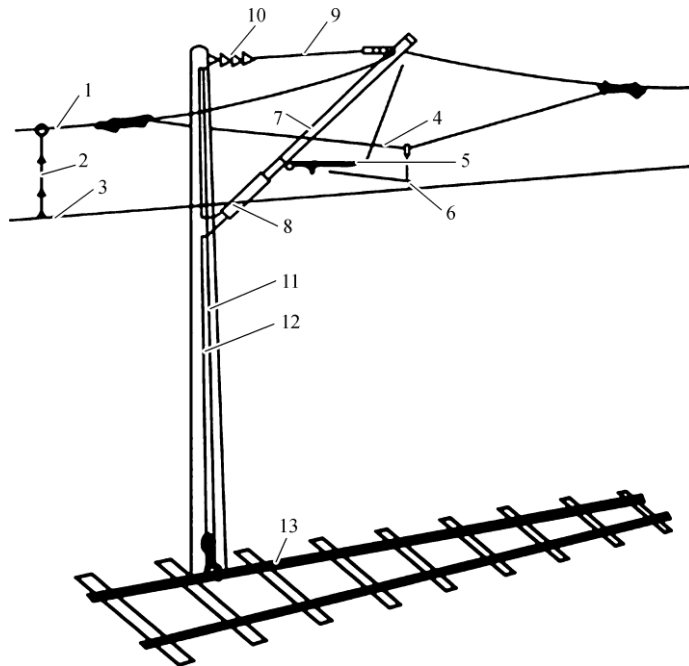


图 0-6 地面架空式柔性接触网

- 1—承力索；2—吊弦；3—接触线；4—弹性吊索；5—定位管；6—定位器；7—斜腕臂；
8—棒式绝缘子；9—水平拉杆；10—悬式绝缘子；11—支柱；
12—接地引线；13—钢轨

(1) 接触悬挂：包括承力索、吊弦、接触线。其作用是直接供给电动列车电流，使其正常运行。与电动列车受电弓直接接触的是接触线。接触悬挂方式很多，地面段主要有简单链形悬挂、简单悬挂。

(2) 支持装置：用以支持接触悬挂并将其负荷传给支柱或其他建筑物的机构。支持装置包括水平拉杆（水平压管）、绝缘子、腕臂。腕臂安装在支柱上，用以支持接触悬挂，对地对地有绝缘并起传递负荷的作用。腕臂通过旋转底座固定。接触导线固定在定位器的定位线夹上，定位器装配在定位管上。

(3) 定位装置：包括支持器、线夹和定位管。定位装置固定接触线的平面位置，保证接触线与受电弓的相对位置在受电弓滑板运行轨迹范围内，并将接触线水平负荷传给支持装置。定位装置包括定位管和定位器。

(4) 支柱和基础：支柱是接触网中最基本、应用最广泛的支撑设备，承受接触悬挂、支持装置、定位装置的负荷，并将接触悬挂固定在规定高度。基础是保持受力支柱稳固的基石，应有足够的深度和长宽尺寸。

城市轨道交通接触网因牵引电流大，地面架空式接触网的主线采用双接触线及双承力索，辅助馈线与接触线和承力索平行布置，使整个系统具有适当的电流分配。

2. 隧道架空式柔性接触网

隧道架空式柔性接触网与地面架空式柔性接触网有所不同。因隧道内不能立支柱，支持

装置直接设置在洞顶或洞壁；同时必须考虑隧道断面、净空高度、带电体对接地体的绝缘距离、导线的弛度等因素的限制。为了充分利用有限的净空高度改善接触网的工作性能，一般使用弹性支座悬挂装置。

部分城市地铁采用的弹性支座悬挂装置，如图 0-7 所示。



图 0-7 隧道内采用的弹性支座悬挂装置

在隧道内，车辆限界、带电体与接地体的绝缘距离、弛度和安装误差等因素对接触悬挂高度有影响。在有限的净空高度内，欲使悬挂高度降低，可通过缩短跨距、减小弛度来调整。

在有条件的隧道内，可采用简单链形悬挂，以增加弹性，用有张力补偿装置实现张力补偿，减小弛度，使之不受环境温度变化的影响。

二、刚性接触网

刚性接触网由支持装置、绝缘子、汇流排和与受电弓接触的接触面或接触线组成（见图 0-8），一般用于隧道段。刚性接触网是将传统的接触线夹装在汇流排中，汇流排取代了承力索，并靠它自身的刚性保持接触线的恒定位置，使接触线不因重力而产生弛度，不必担心因接触线过度磨损而导致的断线问题。

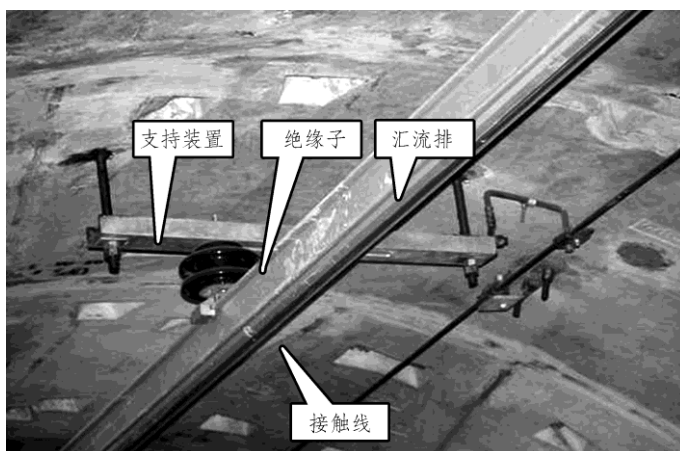


图 0-8 刚性接触网的组成

刚性悬挂接触导线一般采用铜银导线，与柔性接触悬挂所采用的接触导线相同。接触导线通过特殊的机械镶嵌于 Π 形汇流排上，或通过专用线夹固定于 T 形汇流排上，与汇流排一

起组成接触悬挂。刚性悬挂的最大优点在于可以省去柔性悬挂中的承力索和辅助馈线，取消张力补偿装置，使接触网的结构变得简单紧凑，极大地方便运营管理和维修。刚性悬挂在地面与隧道交汇段设刚柔悬挂以过渡。

三、接触轨

接触轨式接触网按电动列车侧面或底部伸出的受电靴与接触轨摩擦方式,分为上接触式、下接触式和侧面接触式三种。

上接触式接触轨安装在专用绝缘子上,工字形轨底朝下;受电靴自上与之接触受电。上接触式的优点是固定方便,缺点是受电靴在其上面滑行,无法加防护罩。下接触式接触轨底朝上,由绝缘体紧固在弓形肩架上,肩架固定装在轨枕一侧;其优点是可以加装防护罩,对工作人员较为安全。侧面接触式就是接触轨轨头端面朝向走行轨,受电靴从侧面受流。三种接触轨的类型如图 0-9 所示。

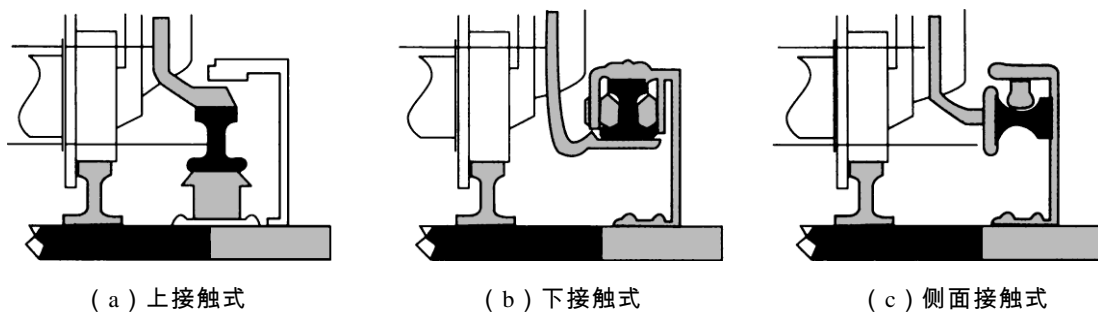


图 0-9 接触轨的类型

第三节 接触网的工作状态及基本要求

架空式接触网是通过安装在电动列车顶部的受电弓给列车供电的。受电弓与接触线的工作状态,如图 0-10 所示。



图 0-10 受电弓与接触线的工作状态

受电弓顶部有滑板，滑板上安装有碳条，受电弓升弓时，接触线与碳条相接触供给列车电能。为了给列车提供稳定的电能，滑板与接触线应在动态情况下保持一定的压力。否则容易发生离线、脱弓，甚至断线等事故。

由于接触网是一种既无备用又易损耗的露天供电装置，受环境和气候条件的影响较大，一旦发生故障中断牵引供电，将影响电动列车正常运行，因此，接触网应满足以下工作条件和基本要求：

(1) 接触线距钢轨面的高度尽量相等。接触线的悬挂高度在区间或车站要求尽量相同，需要变化时不应出现陡坡，并且悬挂点之间高度力求一致。

(2) 接触悬挂应有较均匀的弹性。在受电弓压力不变情况下，接触悬挂各点的接触线升高应当相同，力求消灭硬点。

(3) 接触悬挂应有良好的稳定性。在受电弓压力作用下接触线升高值比较小，避免在受电弓滑动过程中出现上下振动以及在横向风力作用下出现的摆动。

(4) 适应气象条件的变化并能保持接触悬挂的上述三个特性不应有很大的变化。接触网是沿铁路线架设的露天设备，受气候变化的影响较大，其结构应能适应气候变化之要求。

(5) 接触网结构及零部件应力求巧简单，做到标准化，以便检修和互换，方便施工和运行维修，并且要求具有一定的抗腐蚀能力。接触线要有足够的耐磨性，以延长使用寿命。

总之，要求接触网无论在任何条件下，都能良好地供给电动列车电能，使电动列车在线路上安全、可靠运行。并在符合上述要求的情况下，尽可能地节省投资、结构合理、维修简便、便于新技术的应用。

复习与思考题

1. 城市轨道交通供电系统由哪些部分组成？
2. 简述牵引供电回路的组成。
3. 什么是牵引网？
4. 接触网分为哪些类型？
5. 地面架空式柔性接触网由哪几部分组成？
6. 按电动列车受电靴与接触轨摩擦方式分类，接触轨分为哪三种？
7. 结合本章内容，你认为作为一名接触网工需要具备哪些职业素质和职业能力？