

项目一 城市轨道交通电气系统

任务一 城市轨道交通供电系统

【学习目标】

1. 掌握城市轨道交通供电系统的组成。
2. 能绘出城市轨道交通供电系统的构成图。
3. 能区分城市轨道交通的不同供电制式。
4. 掌握城市轨道交通供电力牵引制式。

【知识要点】

1. 城市轨道交通供电系统的组成。
2. 轨道电路的分类与作用。
3. 城市轨道交通车辆电气的组成。
4. 城市轨道交通低压配电系统负荷等级划分。

【理论知识】

伴随着城市的迅速发展，轨道交通在城市公共交通系统中的地位越来越重要。供电系统作为城市轨道交通的重要组成部分，相当于人的中枢神经系统。没有安全可靠的供电系统，没有牵引系统足够的动力支持，就不可能有城市轨道交通的正常运行。因此，规划和建设好供电系统是轨道交通正常运营的保障，对轨道交通供电系统的概述、功能、组成及制式的掌握非常重要。

一、城市轨道交通供电系统的组成

城市轨道交通供电系统是城市轨道交通的能源补给线，它的安全、可靠运行应被放在第一位，它对城市轨道交通的影响是全面的。如果供电系统出现问题，将影响整个轨道交通系统的正常运行，甚至造成全线瘫痪，因此，建立一个安全可靠的轨道交通供电系统是非常重要的。因此，目前的设计者多采用集中供电模式，建有独立的 SCADA 系统，以提高安全性、可靠性。

城市轨道交通供电系统的电源一般取自国家电力系统供电系统，主要由以下三部分组成：中压环网供电系统、电力牵引供电系统、动力照明供电系统。城市轨道交通供电系统示意图如图 1-1-1 所示。

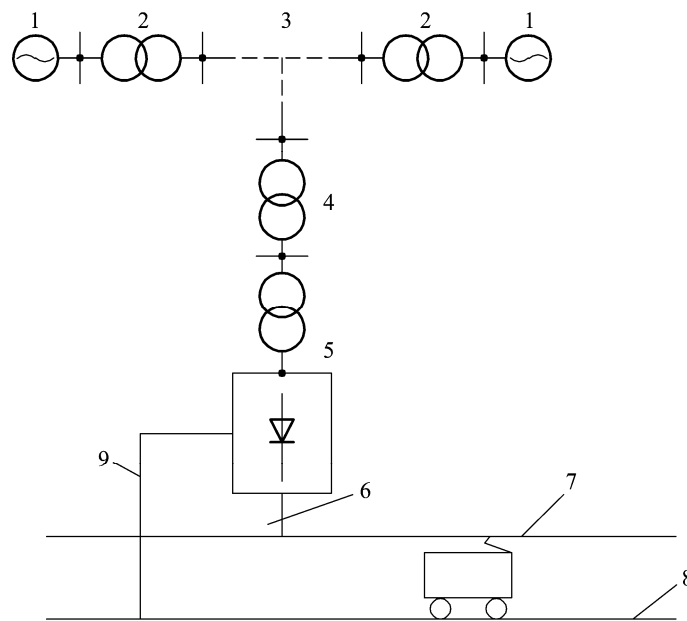


图 1-1-1 城市轨道交通供电系统

1—发电厂(站)；2—升压变压器；3—电力网；4—主降压变电站；5—直流牵引变电所；
6—馈电线；7—接触网；8—走行轨；9—回流线

(一) 中压环网供电系统

城市轨道交通中压环网供电系统是指国家电网向城市轨道交通系统供电的方式。因此，城市电网或区域电网的结构对城市轨道交通供电系统起着决定性作用。

发电站是发出电能的中心，为减少线路的电压损失和能量损耗，发电站发出的电能要经过升压变压器升高电压，然后以 110 kV 或 220 kV 的高压，经过三相传输线输送到区域变电站。在区域变电站中，电能先经过降压变压器把 110 kV 或 220 kV 的高压降低电压等级（如 10 kV 或 35 kV），再经过三相输电线输送给本区域的各用电中心。城市轨道交通供电示意图如图 1-1-2 所示。

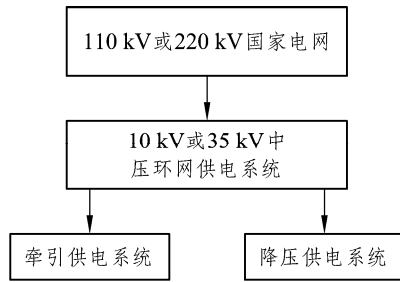


图 1-1-2 城市轨道交通外部供电示意图

如图 1-1-3 所示，虚线 2 以上，即从发电厂经升压、高压输电网、区域变电站至主降压变电站部分通常被称为城市轨道交通供电系统的“外部（或一次）供电系统”。

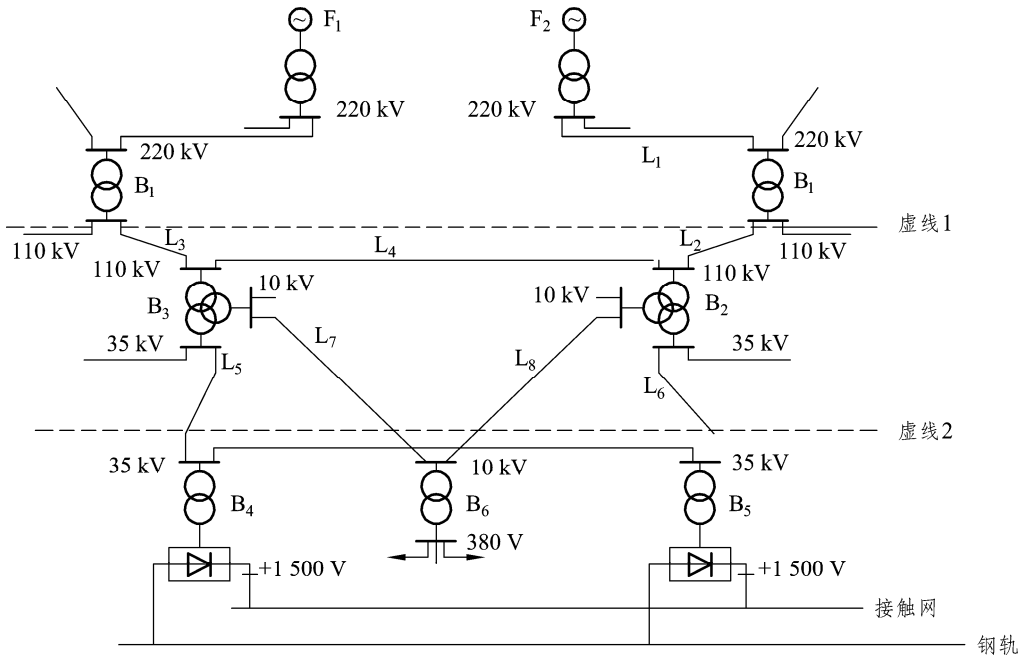


图 1-1-3 城市电网外部供电系统和牵引供电系统

(二) 电力牵引供电系统

电力牵引供电系统主要由牵引变电站、接触网（架空线或接触轨）、回流线、馈电线、轨道组成，如图 1-1-4 所示。

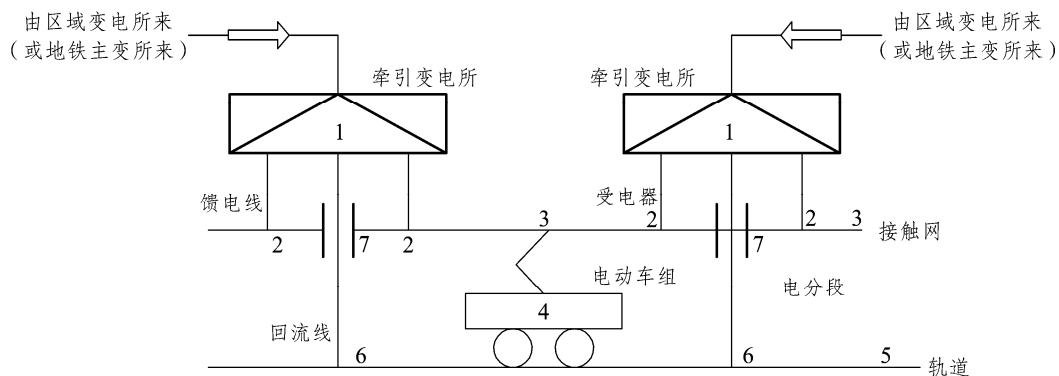


图 1-1-4 电力牵引供电系统组成示意图

电能从牵引变电所经馈电线、接触网输送给电动列车，再从电动列车经钢轨、回流线流回牵引变电所。牵引负荷为一级负荷，规定有两路独立的电源双边供电，当任何一路电源发生故障中断供电时，另一路应能保证一级负荷的全部用电。

（三）动力照明供电系统

城市轨道交通的动力照明供电系统如图 1-1-5 所示，由降压变电站、配电所（室）、配电路组成。它负责向信号设备、照明、通风、排水、制冷设备馈送电能，其主要作用是降压、分配和传输电能。

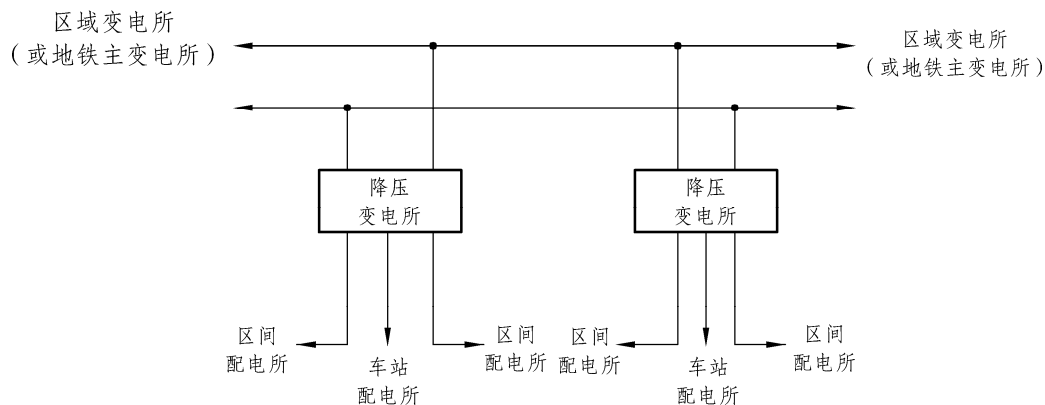


图 1-1-5 动力照明供电系统组成示意图

每个车站应设降压变电所，若地下车站负荷较大，一般设于站台两端，其中一端可以和牵引变电所合建成混合变电所；若地面车站负荷较小，可设一个降压变电所。

二、城市轨道交通电力牵引的制式

制式是指供电系统向电动车辆或电力机车供电所采用的电流和电压制式，如直流制或交流制、电压等级、交流制中的频率（工频或低频）以及交流制中是单相或三相。

城市轨道交通采用直流供电，国际电工委员会拟定的电压标准为：直流电压 750 V 和 1 500 V、3 000 V 三种。如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 国际电工委员会拟定的直流系统电压标准

直流系统	电压 (V)		
	标准	最低	最高
	750	500	900
	1 500	1 000	1 800
	3 000	2 000	3 600

我国国家标准采用 DC750 V 和 DC1 500 V 两种。北京城市轨道交通采用 750 V 直流供电电压，上海、广州、南京、深圳等城市轨道交通采用 1 500 V 直流供电电压。

三、城市电网对轨道的供电方式及负荷等级

城市轨道交通系统的外部电源方案，根据城市电网构成的不同特点，可采用集中式、分散式、混合式等不同形式。究竟采用何种方式，应通过计算确定需要负荷之后，根据城市轨道交通路网规划、城市电网构成特点、工程实际情况综合分析确定。

(一) 集中式供电

在城市轨道交通沿线，根据用电容量和线路长短，建设专用的主变电所。主变电所进线电压一般为 110 kV，经降压后变成 35 kV 或 10 kV，供牵引变电所与降压变电所，如图 1-1-6 所示。主变电所应有两路独立的进线电源。集中式供电，有利于城市轨道交通供电形成独立体系，便于管理和运营，如上海、广州、南京、香港、德黑兰地铁等均采用该方式供电。

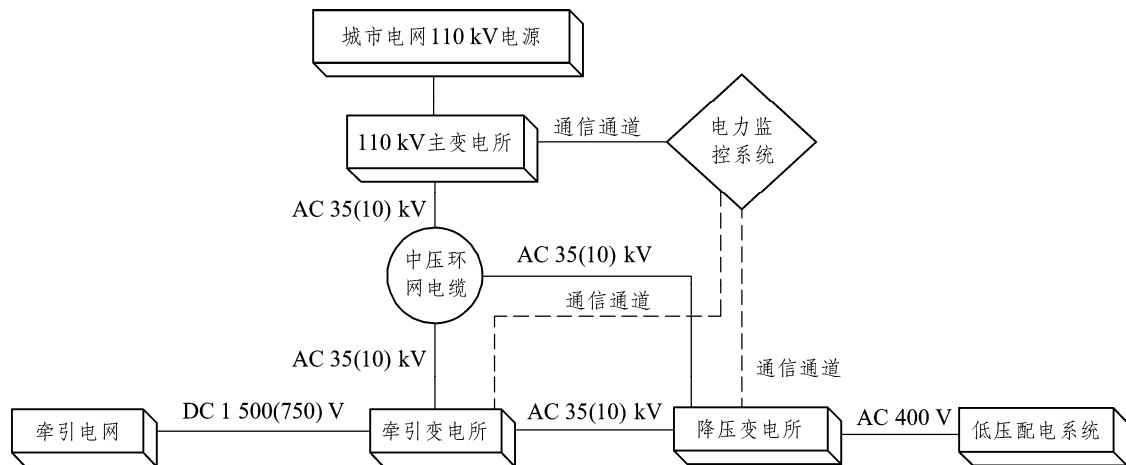


图 1-1-6 集中式 (三级电压) 供电示意图

(二) 分散式供电

在地铁沿线直接由城市电网引入多路电源构成供电系统。一般为 10 kV 电压级，如图 1-1-7 所示。分散式供电要保证每座牵引变电所和降压变电所均获得双路电源，要求城市轨道交通沿线有足够的电源引入点及备用容量，如沈阳地铁、长春轻轨、大连轻轨、北京城铁、北京八通线、北京地铁 5 号线等均采用该方式供电。

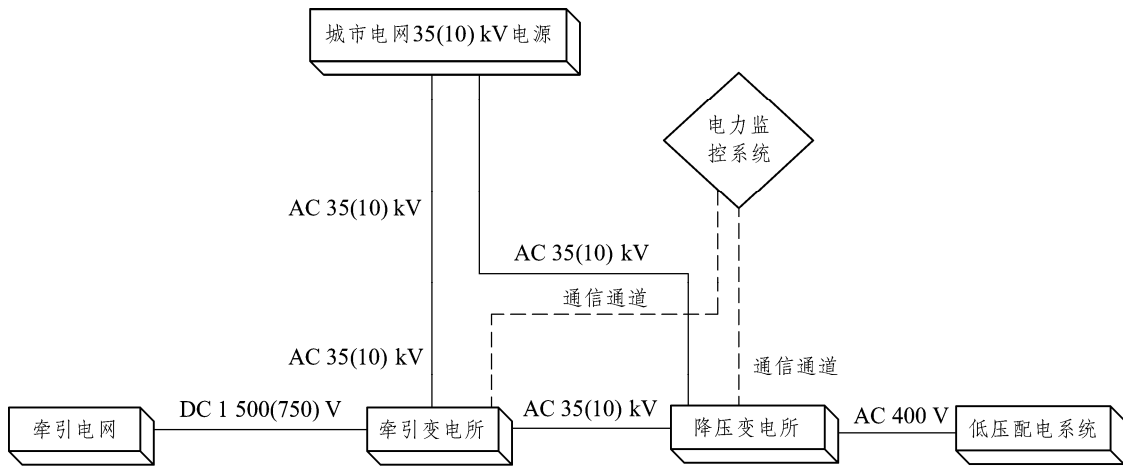


图 1-1-7 分散式供电示意图

(三) 混合式供电

将前两种供电方式结合起来，一般以集中式供电为主，个别地段引入城市电网电源作为集中式供电的补充，使供电系统更加完善和可靠。北京地铁一线和环线、建设中的武汉轨道交通工程、青岛地铁南北线工程等采用混合式供电方案。

集中供电与分散供电优缺点对比分析，如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 集中供电与分散供电优缺点对比分析

供电方式	优点	缺点

集中供电方式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 供电可靠性高，受外界因素影响较小； 2. 主变电所采用 110 kV/35 kV 有载自动调压变压器，并有专用供电回路，供电质量好； 3. 地铁供电可独立进行调度和运营管理；检修维护工作相对独立方便； 4. 可提高地铁供电的可靠性和灵活性； 5. 牵引整流负荷对城市电网的影响小； 6. 只涉及城市电网几个 220 kV 变电站的增容改造，工程量较小，相对易于实现 	投资较大
分散供电方式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 投资较小； 2. 便于城市电网进行统一规划和管理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因同时受 110 kV 和 10 kV 电网故障影响，故受外界因素影响较大； 2. 10 kV 电网直接向一般用户供电，引起的故障概率大，可靠性较低； 3. 与城市电网的接口多，调度和运营管理环节增多，故障状态下的用电转换不方便； 4. 牵引整流机组产生的高次谐波直接进入 10 kV 电网对其他用户的影响较大； 5. 要求城市电网的变电所应具有足够的备用容量，以满足地铁牵引供电的要求；涉及较多 110 kV 变电站的增容改造，工程量较大

城市轨道交通供电系统的负荷等级共分为三级：

(1) 地下铁道重要的电力用户如车站站厅和站台层的事故救援及照明、电动车辆、通信、信号、防灾装置为一级负荷；一级负荷规定有两路独立的电源双边供电，当任何一路电源发生故障中断供电时，另一路应能保证一级负荷的全部用电。

(2) 车站站厅和站台层的一般照明、设备及管理用房照明、出入口照明、一般风机、直升电梯、自动扶梯为二级负荷。

(3) 车站内广告照明、冷水机组及配套设备、电热设备、清洁机械设备等为三级负荷。

城市轨道交通的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轨道交通供电系统实现输送或变换，最后以适当的电流形式(直流或交流电)和电压等级供给用电设备。

【巩固练习】

1. 写出城市轨道交通供电系统组成和作用，并画出其原理图。
2. 简述城市轨道交通供电系统的供电制式。

任务二 城市轨道交通运营电气设备

【学习目标】

1. 掌握城市轨道交通运营电气设备的基本组成。
2. 掌握城市轨道交通运营电气设备的作用。

【知识要点】

1. 城市轨道交通运营电气设备的组成。
2. 城市轨道交通运营电气设备的作用。

【理论知识】

一、通信系统

通信系统分有线通信系统和无线通信系统。有线通信包括车站的广播系统、闭路电视监控系统、乘客信息系统、信息查询系统、调度电话和轨旁电话等；无线通信系统主要包括车载电台、手持电台等，如图 1-2-1 所示。

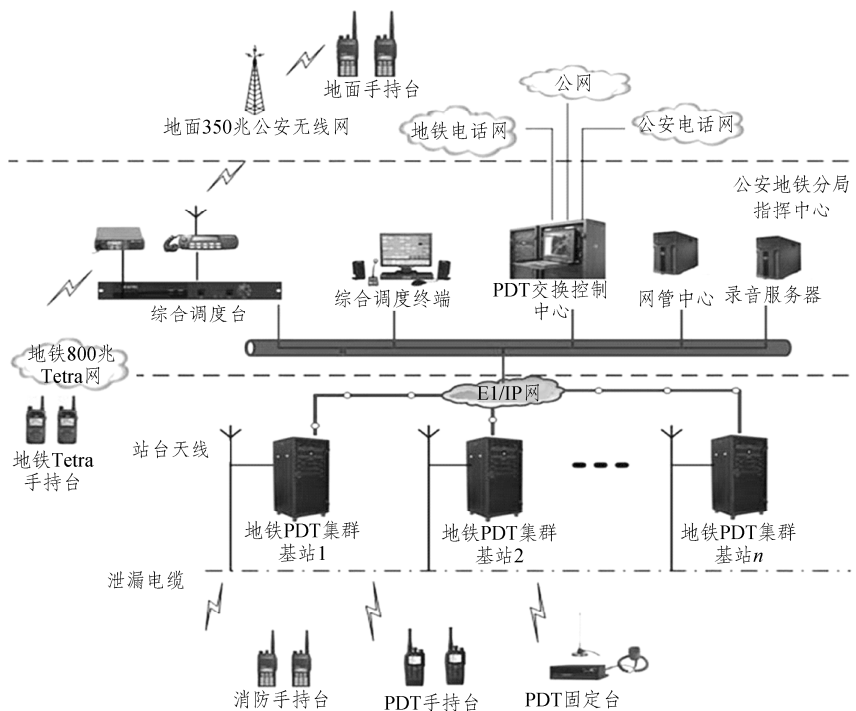


图 1-2-1 城市轨道交通通信系统组成示意图

(一) 信号系统

信号系统主要由联锁装置和列车运行控制系统组成，如图 1-2-2 所示。

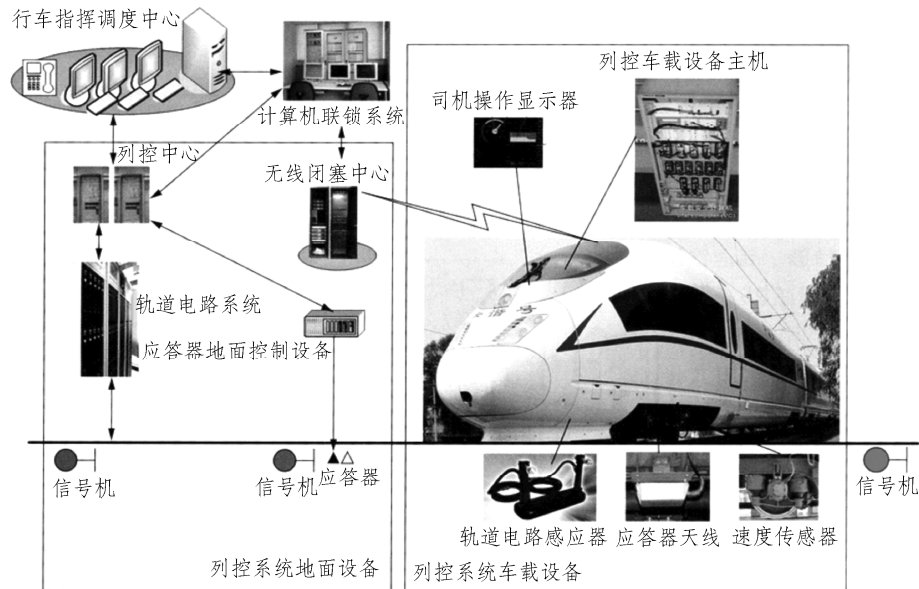


图 1-2-2 城市轨道交通信号系统组成示意图

(二) 防灾报警系统

目前，防灾报警系统主要是指火灾自动报警系统，由火灾报警控制器和火灾探测器以及火灾联动控制装置组成。

(三) 自动售检票系统

自动售检票系统是最近 30 年出现的新的自动化电子技术，可以提高售票的效率，大幅减少工作人员数量及其工作量。

(四) 环境控制系统

环境控制系统主要由通风系统和空调系统组成，其又与换气方式以及隧道和站台的分割关系有关，目前有三种基本系统：开式系统、闭式系统和屏蔽门系统。

(五) 给排水及消防系统

给排水及消防系统实际上是完整地解决生活、生产、消防的用水和排水问题的一套系统。除了这些设备系统之外，为了便于了解轨道交通的运行状态并及时处理各种突发事件，通常要设置控制中心，既可以一条线设置一个，也可以多条线共设一个。与控制中心相类似的还有车辆段和综合列车检修基地，这是保证轨道交通正常运行的后勤基地，可以按线单独设置，也可以多线共建。

二、轨道电路

轨道电路是以铁路线路的两根钢轨作为导体，并用引接线连接信号电源和接收设备所构成的电气回路，用于监督铁路线路是否空闲，并自动、连续地将列车的运行和信号设备联系起来，以保证行车的安全。它是由钢轨、轨道绝缘、轨端接续线、引接线、送电设备及受电设备等主要元件所组成，是故障—安全系统。

由于轨道电路直接关系到行车安全和行车效率，因此要求：

- (1) 当轨道电路空闲且设备良好时，轨道继电器衔铁应可靠吸起。
- (2) 轨道电路在任何一点被列车占用时，轨道继电器应立即释放衔铁。
- (3) 当轨道电路不完整时(断轨、断线或绝缘破损等情况)，轨道继电器应立即释放衔铁，关闭信号。
- (4) 对某些轨道电路，还应实现由轨道向列车传递信息的要求。

(一) 轨道电路的基本原理

平时，列车未进入轨道电路，即线路空闲时，电流从轨道电路电源正极→钢轨→轨道继电器→另一股钢轨→电源负极，轨道继电器中有电，使继电器保持在吸起状态，接通信号机的绿灯电路，允许列车进入轨道电路。

当列车进入轨道电路区段内，即线路被占用时，电流同时流过机车车辆轮对和轨道继电器线圈，由于轮对电阻比轨道继电器线圈电阻小得多，使电源输出电流显著加大，限制电流(限流器)上的压降随之也增大，送向两根钢轨间的电压降低。因而流经轨道电路继电器线圈的电流减小到继电器的落下值，使轨道继电器释放衔铁，用继电器的后接点接通信号机的红灯电路，向后续列车发出停车信号，以保证列车在该轨道电路区段内运行的安全。轨道电路原理如图 1-2-3 所示。

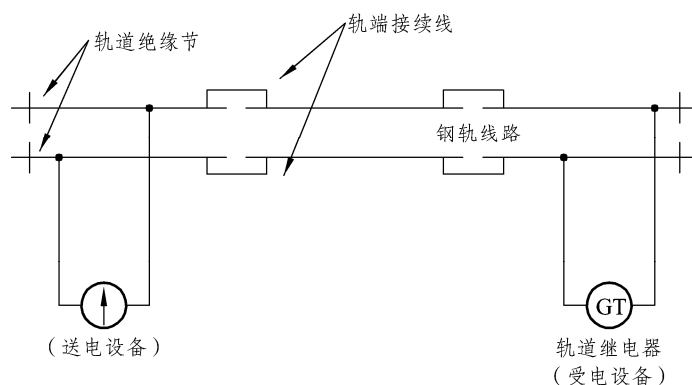


图 1-2-3 轨道电路原理

(二) 轨道电路分类