

高等职业教育“十三五”规划教材——轨道交通类

高等职业技术教育校企合作教材

主 编◎周 宏 田 瑞 徐 平

轨道交通 牵引供电系统

QUJIAO JIAOTONG
QIANYIN GONGDIAN XITONG

和谐号

CRH-001C



西南交通大学出版社

高等职业教育“十三五”规划教材——轨道交通类

轨道交通牵引供电系统

主 编 周 宏 田 瑞 徐 平
副主编 韩长英 杨正洪 勾永直

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

轨道交通牵引供电系统 / 周宏, 田瑞, 徐平主编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2015.7
高等职业教育“十三五”规划教材. 轨道交通类
ISBN 978-7-5643-4018-6

I. ①轨… II. ①周… ②田… ③徐… III. ①城市铁路—轨道交通—牵引供电系统—高等职业教育—教材
IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 151910 号

高等职业教育“十三五”规划教材——轨道交通类

轨道交通牵引供电系统

主编 周宏 田瑞 徐平

责任编辑 李芳芳
特邀编辑 杨伟浩 秦志慧
封面设计 原谋书装

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 四川五洲彩印有限责任公司

成 品 尺 寸 185 mm × 260 mm

印 张 1 1.25

插 页 1

字 数 28 1 千

版 次 2 015 年 7 月第 1 版

印 次 2 015 年 7 月第 1 次

书 号 IS BN 978-7-5643-4018-6

定 价 26 .00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书根据城市轨道交通牵引供电系统的实际应用特点并结合目前我国电气化铁道《牵引变电所》的应用,以现场应用的电气设备为主,系统地分析了轨道交通供电系统的知识、技术和设备的使用与维护的操作规程,主要内容包括:轨道交通供电系统高压电气设备(包含变压器与整流器、高压断路器、负荷开关与隔离开关、熔断器、防雷装置和互感器等),城市轨道交通供电保护及微机保护,城市轨道交通供电系统电力电缆,牵引变电所电气主接线等基本知识。

本书可作为轨道交通供电专业和电气化铁道供电专业的高职和中职学生的通用教材,也可以作为轨道交通系统电力供电相关专业的培训教材。

本书由周宏、田瑞、徐平担任主编,由韩长英、杨正洪、勾永直担任副主编。全书编写分工如下:第一章由新疆铁道职业技术学院杨正洪编写、第三章由吉林铁道职业技术学院的田瑞老师编写;第二章由新疆铁道职业技术学院的周宏编写;第四章由乌鲁木齐市地铁公司徐平编写;第五章由新疆乌鲁木齐市技工学校的韩长英老师编写;第六章由乌鲁木齐铁路局的勾永直编写。其他参与编写的人员还有新疆铁道职业技术学院的徐冲、计建军、何涛、高盘龙和郝宝强等。全书由新疆铁道职业技术学院的孟毅军和陈光负责审阅。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

作 者
2015年6月

目 录

绪 论	1
一、城市轨道交通的种类	1
二、城市轨道交通的特点	2
三、城市轨道交通的作用	2
第一章 城市轨道交通供电系统概述	3
第一节 电力牵引制式	3
一、电力牵引制式种类	3
二、国内发展概况	6
三、牵引制式选择原则	6
第二节 城市轨道交通供电系统	7
一、城市轨道交通供电系统概况	7
二、城市轨道交通供电系统结构	9
第二章 高压电气设备	15
第一节 变压器与整流器	15
一、变压器基础知识	15
二、城市轨道交通供电系统干式变压器	23
三、城市轨道交通牵引供电系统整流器	28
四、变压器的运行与维护	36
第二节 高压断路器	38
一、电弧的形成、燃烧和熄灭	38
二、高压断路器概述	41
三、少油断路器	42
四、SF ₆ 断路器	49
五、真空断路器	53
六、断路器的操作机构	57
第三节 负荷开关、隔离开关	58
一、负荷开关	58
二、隔离开关	60
第四节 熔断器	62
一、熔断器的基本结构及工作原理	62
二、高压熔断器的分类和技术参数	63
三、高压管式熔断器	63

四、跌落式高压熔断器	64
第五节 防雷设备与防雷措施	64
一、雷云放电过程	64
二、避雷针和避雷线的保护范围	65
三、避雷器	70
第六节 互感器	74
一、互感器概述	74
二、电流互感器	74
三、电压互感器	79
第七节 高压成套配电装置	84
一、成套配电装置	84
二、分类	84
三、高压开关柜的“五防”功能	84
四、开关柜型号及含义	84
五、结构特点简介	85
六、总体要求	85
第三章 轨道交通供电继电保护和微机保护	87
第一节 继电保护的意義	87
一、城市轨道交通供电系统设置继电保护的意義	87
二、城市轨道交通供电系统继电保护	88
三、继电器的作用和符号	90
第二节 电磁型继电器	90
一、电磁型继电器原理	90
二、电流继电器	92
三、电压继电器	94
四、中间继电器	95
五、信号继电器	96
六、常用继电器线圈、触点的图形	97
第三节 变压器气体保护和差动保护	98
一、变压器气体保护	98
二、变压器差动保护	100
第四节 几种常用的继电保护	103
一、限时过电流保护	103
二、电流速断保护	104
三、略带时限的电流速断保护	104
四、三段式过电流保护装置	105
五、零序电流保护	105

六、电流增量保护	105
七、过负荷保护	106
第五节 直流牵引供电系统的保护方式	107
一、直流速断保护	107
二、电流上升值 ΔI 保护	107
三、电流变化率 di/dt 保护	108
四、定时限过电流保护（直流过电流保护）	108
五、欠电压保护（直流欠电压保护）	108
六、热过载保护	109
第六节 城市轨道交通牵引供电系统继电保护的配置	109
一、继电保护及自动装置的设置原则	109
二、保护配置继电保护的配置方式	109
三、自动装置的配置	110
四、35 kV 交流系统保护配置分析	110
五、直流系统保护配置分析	110
六、接触网热过载保护	112
七、逆流保护	112
八、双边联跳保护	113
九、直流过电流保护	114
第七节 微机保护	114
一、微机继电保护的基本原理	114
二、微机继电保护的特点	114
三、微机保护装置的功能	115
四、微机保护装置的硬件结构	116
第四章 牵引变电所电气主接线	120
第一节 电气主接线形式	120
第二节 常用的主接线形式	122
一、简单接线（双 T 接线）	122
二、桥式接线	123
三、单母线接线	124
第三节 牵引变电所典型接线模式	127
一、独立牵引变电所典型接线模式	127
二、牵引降压混合变电所典型接线模式	129
三、直流牵引供电系统运行方式	130
第四节 低压变配电系统结构及其运行	131
一、低压变配电系统概述	131
二、降压变电所	133

第五章 远动系统	136
第一节 概 述	136
一、运动系统的基本任务	136
二、运动系统的基本结构	137
三、运动系统的性能指标	138
第二节 远动系统的功能	139
一、数据采集及处理功能	139
二、运行的安全监视功能	141
第三节 远动系统的硬件结构	145
一、上位监控管理计算机（或计算机系统）	145
二、下位机系统	145
三、外用接口设备	145
第四节 远动系统的软件	146
一、系统软件	146
二、应用软件	146
三、通信软件	147
四、组态式软件在远动系统中的应用	148
第六章 城市轨道交通供电系统电力电缆	149
第一节 城市轨道交通供电系统常用电力电缆	149
一、电力电缆概况	149
二、城市轨道交通供电系统常用电力电缆的特点	150
第二节 交联聚乙烯绝缘电力电缆	151
一、35 kV 及以下交联聚乙烯绝缘电力电缆	151
二、110 kV 及以上交联聚乙烯绝缘电力电缆	154
第三节 750 V 或 1 500 V 直流电缆	157
一、直流电缆的种类	158
二、直流电缆的特性和使用要求	159
三、直流电缆的结构	159
第四节 电力电缆故障及检测	161
一、故障原因	161
二、电力电缆检测	162
第五节 电力故障的探测	163
一、电缆故障的类型	164
二、判定电缆故障性质的方法	164
三、电缆故障探测方法	166
四、电缆故障的精确定点方法	169
参考文献	172

绪 论

一、城市轨道交通的种类

城市轨道交通系统包括地下铁路、市郊铁路、轻轨交通、磁悬浮系统，它是一个立体的交通体系，其共性是：采用电力牵引，通常采用封闭的专用线路，自动化控制水平高，运输能力强。

1. 地下铁路

地下铁路又称重型铁路，采用标准轨距 1 435 mm；最高速度为 80 ~ 100 km/h，平均速度为 30 ~ 40 km/h；馈电方式利用 DC 1 500 V 或 750 V 电压，采用架空线刚性或者柔性接触网以及第三轨受电；行车间隔为 90 ~ 120 s，行车密度高；断面客流为 4 万人/h ~ 8 万人/h，线路形态以隧道为主。

2. 市郊铁路

市郊铁路与普通铁路类似，只不过行车密度较大，自动化控制水平较高。它主要用来满足远郊卫星城市、旅游景区、大型住宅区的客流要求，用于拓展市内交通的服务区。其启动速度高于普通铁路，运行速度最高可达 100 km/h，采用电动车组，站间距离从 5 千米到几十千米不等。市郊铁路分为环城铁路和远郊铁路。

3. 轻轨交通

轻轨并非指轻型钢轨，而是一种电力驱动的城市轨道交通系统。它造价相对较低，约每千米 1 亿元，仅为地铁的 1/7 ~ 1/5，断面客流为 3 万人/h ~ 4 万人/h。轻轨交通一般采用全封闭专用线路，以保证车辆运行的安全和快速准时。它包括有轨电车、单轨交通系统和新交通系统，一般有地上高架和地面两种形式。

4. 磁悬浮系统

磁悬浮 magnetic levitation（缩写为 maglev）是当今世界最新的地面交通运输技术，它彻底摆脱了轮轨关系的束缚，能量损耗小，噪声低。磁悬浮有两种形式：低速磁悬浮系统和高速磁悬浮系统。对距离为 1 000 km 以上的行程，可采用高速磁悬浮系统，低速磁悬浮系统适用于机场与城市之间、都市城区与卫星城市之间以及发达地区的城市群之间。

二、城市轨道交通的特点

城市轨道交通采用电力牵引和大运量集约化运输，无污染，能耗小，被誉为绿色交通；占地少，充分利用了城市的地下空间；运量大，断面客流每小时高达几万人（地铁 4 万人/h ~ 5 万人/h，轻轨 1 万人/h ~ 3 万人/h）；速度快，平均速度为 50 km/h；舒适性好且候车时间少，安全准时。现代化地铁列车与车站均有空气调节装置，能使温度与湿度保持在最舒适的范围内；城市轨道交通可靠性强、相对封闭，受环境影响小，也不受其他交通的影响。

三、城市轨道交通的作用

城市发展的过程中交通起着很重要的作用。轨道交通是现代化城市的主要资源之一，是现代化城市框架的支撑。在城市发展中它不再是追随者，而是引导者，甚至在某种程度上引导着城市的发展方向。它可以优化城市的结构，还可以调整城市的布局和功能，有利于文化中心、经济中心、政治中心、工业中心、生活中心科学地建设与形成。城市轨道交通可以解决城市中心的交通拥堵问题，为进一步优化多种交通形式提供支持。它的带动效益明显，社会效益显著，可以增强城市的吸引力，增加就业岗位，同时促进相应专业技术的发展；它还会促进城市化进程，增大城市框架，增强辐射力。当前以中心城市为热核、大力发展区域经济的模式，为城市轨道交通的发展提供了机遇。

第一章 城市轨道交通供电系统概述

※知识目标※

1. 了解电力牵引制式的概念。
2. 掌握馈电方式、牵引制式与受流方式的概念。
3. 了解第三轨和第四轨的供电特点。
4. 了解目前国内城市轨道交通的发展状况。
5. 掌握牵引供电系统的供电方式。

第一节 电力牵引制式

一、电力牵引制式种类

(一) 牵引制式概述

电力牵引制式是指牵引供电系统向电动车组或电力机车供电所提供的电流和电压的制式。

目前电力牵引制式按电流分,有直流制式和交流制式;按相数分,有单相制式和三相制式。

城市轨道交通牵引系统采用直流供电制式,现在的轨道交通牵引车辆多采用异步电动机,首先把接收到的直流电通过逆变设备,变换成交流电,而且电压和频率都可以调节,实现了通过改变频率调节电动机速度的方法,可以实现柔性启动,使车辆运行更平稳,效率更高;同时也可以通过调压来改变电动机的速度。

我们国家采用 50 Hz、25 kV 的工频单相交流制式。交流制式既保留了交流电可以升高供电电压的长处,又有用串励直流电动机作为牵引电动机的优点。

在电力机车上,常装设降压变压器和大功率整流设备,将高电压降压,然后整流成适合直流电动机要求的形式。电动机的调速,可以通过降压变压器的抽头或可控制整流装置的电压来调解。一般来说,采用交流制式,供电电压相对较高;采用直流制式,供电电压相对较低。

交流制式的电压一般为几千伏到几十千伏;而直流制式的供电电压一般为 600 ~ 3 000 V。不论是交流制式还是直流制式,目前都没有统一的国际标准,每个国家都可根据自己的实际

情况确定。在我国，交流制式采用唯一的 50 Hz、25 kV 的工频单相交流。而对于直流制式，也确定了两个标准，即 1 500 V 和 750 V，主要应用于城市轨道交通。城市轨道交通电压种类如表 1-1 所示。

表 1-1 城市轨道交通电压种类

电压	最低允许电压	额定电压	最高电压
DC 600V	400 V	600 V	720 V
DC 750 V	500 V	750 V	900 V
DC 1 500 V	1 000 V	1 500 V	1800 V
DC 3 kV	2 kV	3 kV 3	kV
AC 15 kV, 16.7 Hz	11 kV 1	5 kV 1	7.25 kV
AC 25 kV, 50 Hz	17.5 kV 2	5 kV 2	7.5 kV
AC 27.5 kV, 50 Hz	19 kV 2	7.5 kV 2	9 kV

(二) 馈电方式、牵引制式与受流方式

不同的牵引制式有不同的电压等级，无论电压等级如何，总是需要把电能馈送到机车上，而针对各种牵引制式，世界各国的电气工程师们研究出了不同的馈电方式。对于不同的馈电方式，受流设备（车辆）的受流方式也不一样。

目前，从世界范围内看，馈电方式共有架空式、第三轨、第四轨三种。

1. 架空式

架空式适合所有不同的牵引制式。无论直流或者交流，无论高压或者低压，架空式覆盖了从 250 V ~ 50 kV 所有的轨道交通形式。一般来说，电压越高，采用架空式的越多。表 1-2 是架空式系统电压制式举例。

表 1-2 架空式系统电压制式举例

电压/V	电流形式	国家	电压/V	电流形式	国家
250	DC	美国	6 000	50 Hz	德国
500		很多国家采用	6 250		英国
525		瑞士	6 300	25 Hz	德国
550		英国	6 500		澳大利亚
900		瑞士	6 600	挪威	
1 000		匈牙利	6 600	50 Hz	德国
1 100		阿根廷	8 k	25 Hz	德国
1 200		西班牙	10 k		新西兰
		古巴	11 k	$16\frac{2}{3}$ Hz	瑞士
		德国		50 Hz	法国
		爱沙尼亚			

续表 1-2

电压/V	电流形式	国家	电压/V	电流形式	国家
1350	DC	意大利	12 k	$16\frac{2}{3}$ Hz	法国
		瑞士	12.5 k	25 Hz, 60 Hz	美国
德国		20 k	50 Hz, 60 Hz	德国	
法国				法国	
英国				日本	
2 400		$16\frac{2}{3}$ Hz	德国	50 k	50 Hz, 60 Hz
3 500	德国		美国		
5 500	俄罗斯	加拿大			
6 000	DC				

2. 第三轨

第三轨适用于直流牵引制式，牵引电压相对较低。第三轨系统电压制式如表 1-3 所示。

表 1-3 第三轨系统电压制式

电压/V	电流形式	类型	接触系统	国家或城市	电压/V	电流形式	类型	接触系统	国家或城市		
50	DC	通过走行轨供电		英国	0	DC	第三轨	下部接触	德国		
110		第三轨	上部接触					下部接触	俄罗斯		
160			上部接触		下部接触			朝鲜			
180		通过走行轨供电		德国	850			DC	第三轨	下部接触	法国
200		第三轨	上部接触	英国							
250			莫根架(第三轨)	美国 1	000			DC	上部接触	美国	
440			上部接触	英国	1 200	DC	第三轨	侧面接触	英国		
550			上部接触	美国				侧面接触	德国		
660			上部接触	第三轨和第四轨系统	英国 1	500	DC	第三轨	侧面接触	法国	
660		第三轨	下部接触						美国		
700			下部接触	美国	1 500	DC	第三轨	下部接触	中国广州		
			美国								

3. 第四轨

第四轨适用于直流牵引制式，牵引电压相对更低。由于该系统的牵引网比较复杂，目前新建线路几乎均不采用。只有伦敦地铁采用这种系统，如图 1-1 所示。

总之，城市轨道交通牵引供电系统从供电制式上，分为交流和直流两种制式，以直流制式为主；从馈送电能形式上，分为第三轨和架空线两种；从电压等级上，分为多等级不同电压，在 600 ~ 3 000 V。电压制式的选择，要根据实际情况，进行经济和技术的比较研究。



图 1-1 伦敦第四轨系统

二、国内发展概况

目前我国城市轨道交通供电系统馈电方式与牵引制式的组合共有四种：DC 1 500 V 架空式、DC 1 500 V 接触轨、DC 750 V 架空式、DC 750 V 接触轨。而架空式系统又分为柔性接触网和刚性接触网。直流接触轨也有上部、下部、侧面接触三种方式，而以下部为佳。

我国自 1969 年建成北京第一条地下铁道之后，已有更多城市的城市轨道交通投入商业运营。国内城市轨道交通供电制式见表 1-4。

表 1-4 国内城市轨道交通供电制式

电压/V	电流	类型	接触系统	城市	建设时间 (首次)
750	DC	第三轨	上部接触(正极)走行轨 (负极)	北京	1969
			下部接触(正极)走行轨 (负极)	武汉	2005
		架空式	柔性架空接触系统	长春	2002
1 500		架空式	柔性架空接触系统	上海	1995
			刚性架空接触系统	广州地铁 2 号线	2003
		第三轨	下部接触(正极)走行轨 (负极)	广州地铁 4 号线	2005

三、牵引制式选择原则

在选择城市轨道交通供电制式时应遵循以下原则：

(1) 供电制式与客流量相适应。

客流量是轨道交通设计的基础。应首先预测客流量大小，选择适用的电动客车类型和列车编组数量。一般大运量的轨道交通系统采用 DC 1 500 V 和架空接触网馈电方式，中运量的系统采用 DC 750 V 和接触轨馈电方式。

(2) 供电安全可靠。

地下铁道是城市交通的主要组成部分，其作用越来越重要，一旦发生供电故障，造成列车停运，就会影响市民出行，引起城市交通混乱。因此，安全可靠是选择供电制式的最重要条件。

(3) 便于安装、维护及事故抢修。

选用的牵引网应便于施工安装和日常维修，一旦发生牵引网故障，应便于抢修，能尽快恢复运营。

(4) 牵引网使用寿命长，维修工作量小，是降低轨道交通运营成本的重要条件。

(5) 城市轨道交通是城市的基础设施，应注重环境和景观效果。

第二节 城市轨道交通供电系统

一、城市轨道交通供电系统概况

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。一旦供电系统出现问题，将会导致城市轨道交通的混乱和瘫痪。因此，建立一个安全可靠的城市轨道交通供电系统是非常重要的。

(一) 电源组成

城市轨道交通供电系统的电能来源于国家电网，而国家电网的电能来源于各种发电厂。

(二) 外部电源系统——城市电网

电力网简称电网，由输电线路、配电线路和变电所组成。输电线路是向用户传输电能的通道，一般来说其电压较高，即采用高压传输，其特点是线路较长，覆盖区域广。配电线路是向用户分配电能的通道，其电压相对较低，也就是通常说的低压配电线路，其特点是线路较短。由此可见，不同的电网，其电压等级也不一样。

我国规定的电网标称电压（或者说额定电压）为 3 kV、6 kV、10 kV、20 kV、35 kV、66 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV、750 kV、1 000 kV。

高压又细分为中压（3 ~ 75 kV）、高压（110 ~ 220 kV）、超高压（330 ~ 750 kV）、特高压（1 000 kV）。

高压电器设备是指输配电系统中用于控制和保护的装置，对电力设备的安全可靠运行至关重要。

城市轨道交通供电系统从城市电网引入高压或中压电源，再将引入的外部电源进行电压转换或直接分配至轨道交通的牵引变电所或降压变电所，由牵引变电所和降压变电所分别为

轨道交通运行主体的车辆和辅助用电设备（动力、照明负荷）供电。

轨道交通从外部电源引入的形式上一般分为集中式供电、分散式供电和混合式供电三种模式。国内大部分采用集中式供电，一些城市采用分散式供电，部分线路采用混合式供电。

1. 集中式供电

集中式供电指轨道交通从城市电网引入较高电压等级的电源（如 110 kV、220 kV），经主变电站进行电压转换，将外部电源降压（如 35 kV 或 10 kV）后，由主变电站集中向牵引变电所和降压变电所供电的外部电源引入模式。该模式引入的电源电压等级高，电源点供电能力较强，引入电源点较少，有利于管理。

2. 分散式供电

分散式供电是相对于集中式供电而言的，是指轨道交通不设主变电站，由沿线城市变电站直接向牵引变电所和降压变电所提供中压（35 kV 或 10 kV）电源的供电模式。

该模式是根据城市轨道交通供电的需要，在地铁沿线直接由城市电网引入多路电源，构成供电系统。

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，这就要求城市轨道交通沿线有足够的电源引入点及备用容量。分散式供电要求城市电网资源充足，安全运营水平高，供电可靠。

当然，两种方式各有优缺点，轨道交通的外部电源方案应根据城市电网的具体构成情况，采用合适的供电方式。如北京采用分散式供电，上海、广州、南京、武汉、苏州、深圳等地则采用集中式供电。

3. 混合式供电

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 1 号线和 2 号线、建设中的武汉轨道交通工程、青岛地铁南北线工程等均采用了混合式供电方案。这种模式充分发挥了前两种方式的优点，体现了城市一体化的特点。

（三）城市轨道交通供电系统构成

城市轨道交通供电系统的电源一般取自国家电力系统，即取自于所在城市电网，也就是说城市轨道交通供电系统是嫁接在城市电网上面的一个相对独立的子系统，它是一个特殊的大用户。城市轨道交通供电系统分为外部电源系统和内部电源系统。内部电源系统是城市轨道交通供电系统的主体，主要由以下部分构成：中压环网供电系统、牵引供电系统和低压变配电系统。城市轨道交通供电系统示意图如图 1-2 所示。

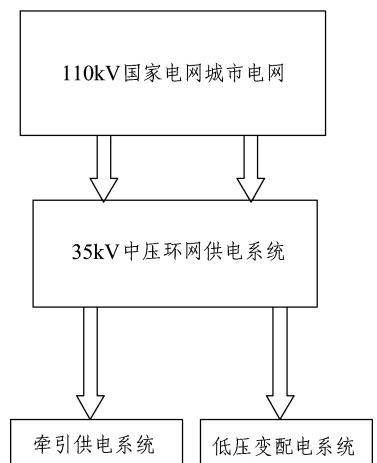


图 1-2 城市轨道交通供电示意图

1. 中压环网供电系统

城市轨道交通电力能量直接取自城市或区域电网。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。

中压环网是连接城市或区域电网到供配电系统的系统。

该系统主要包括所有的主变电所和 35 kV 系统线路环网。通过中压电缆，纵向地把上级主变电所和下级牵引变电所、降压变电所连接起来，横向地把全线的各个牵引变电所、降压变电所连接起来，便形成了中压环网供电系统。中压环网供电系统不是供电系统中独立的子系统，但它却是供电系统的核心内容。它涉及外部电源方案、主变电所的位置与数量、牵引变电所及降压变电所的位置与数量、牵引变电所与降压变电所的主接线形式等。

2. 牵引供电系统

它是城市轨道交通供电系统的核心，负责向轨道交通车辆提供电能，其主要作用是降压、整流和传输电能。该系统主要包括牵引变电所、馈电线、接触网（或者接触轨）等。

牵引变电所是牵引供电系统的核心，它的主要作用是生产出满足要求的电能；馈电线则负责把合格的电能输送到轨道沿线的接触网上；而接触网则负责把电能不间断地输送到运行的车辆设备上（主要指受电弓、接触轨等）。

3. 低压变配电系统

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。该系统主要包括降压变电所、多路馈线等。

城市轨道交通供电属于一级供电负荷，一旦中断，将打乱运输计划和机车车辆运行图，影响城市轨道交通的环控系统、照明系统等正常运行，会造成很大的社会影响。因此，建设一个安全、灵活、经济、可靠的城市轨道交通供电系统，对城市轨道交通有着极为重要的意义。

二、城市轨道交通供电系统结构

（一）根据变电所供电接线方式划分

1. 环网供电

主变电所向沿线的所有牵引变电所和降压变电所供电。为了增加可靠性，采用双回路输电线路。当一个主变电所出现故障时，供电区域内沿线的牵引变电所和降压变电所仍能正常工作。

这种供电方式，既能满足可靠性的要求，也能满足管理和运营的要求。环网供电又分为双环网供电和单环网供电。双环网供电又称为链式网供电，其接线示意图如图 1-3 所示。目前城市轨道交通供电系统多采用这种方式。