
总模块 L

理论知识

分模块 LA 城市轨道交通概论

随着城市化进程的加快，城市地面道路拥堵、“出行难”的问题越来越突出。城市轨道交通因运能大、速度快、安全、准点、节约资源、保护环境等优点，日益成为广大市民出行的首选，深受市民的欢迎。

城市轨道交通是一种独立、封闭、自成体系的有轨交通系统，其运行不受其他因素的影响，能够按设计的能力正常运行，完成快捷、安全、舒适地运送乘客的任务。由于城市轨道交通采用电力牵引，能够实现大运量运输的要求，因此，具有良好的社会效应和经济效应。尽管城市轨道交通建设周期长、投资大、技术要求高，但其优越性也是目前其他交通模式无法比拟的。

子模块 LA1 城市轨道交通的组成

城市轨道交通建设的初衷和最终目的是解决城市居民的出行难题，因此能否被市民接受、满足市民的乘坐意愿，投用线路的实际效果与规划、设计的初衷是否吻合，都已被公认是判

断城市规划是否合理、市民出行难的状况能否得到改善的重要依据。

一、城市轨道交通是多专业多工种的联动体

城市居民乘坐公共交通工具出行要求一般可以归纳为：出行成本低、路途耗时少、路程相对较短、搭乘方便和准时到达等。城市公交车虽然能有效降低出行成本，也能满足方便搭乘的要求，但是因道路拥堵和受制于交通信号等因素，不得不经常变换行车速度，使路途用时和准时到达成为不确定因素。同样，出租车虽然不受线路的局限，且乘客搭乘车辆也比较方便，但乘客出行成本较高，因受制于路况因素，路途耗时同样难以控制。唯有自成体系、独立、封闭的运行系统，才可以不受城市路况和道路交通信号灯的影响，确保迅速快捷运行，只要车站选位合理，方便乘客的目标也并不难实现。因此，城市轨道交通是目前唯一能满足城市居民出行需求、解决市民出行难的城市公共交通工具。

城市公共交通工具应采用大运量的运载工具，可有效降低乘客乘坐成本；不受地面道路影响的独立运行系统，可减少路途用时；合理设置车站，可满足乘客方便搭乘；允许频繁启动和制动的动力源，可有效提高运行速度；采用清洁能源、实现“零排放”，可有效保护环境。为实现这些目标，自成体系、不受城市道路影响、采用轮轨运行方式和以电能为动力的城市轨道交通应运而生。

安全、快捷、准点运送乘客的城市轨道交通，将运营安全视为第一要务。轮轨式电客列车因其摩擦力小、起动快、制动便捷、运量大等特点而成为城市轨道交通的载客工具。列车运行采用集中调度、统一指挥的控制原则，行车组织则按预先编制的运行图进行控制。围绕行车组织和运营服务形成了既各自独立又相互联系的多个专业。这些不同性质的专业在功能

实现方面，除了需要确保本专业系统的可靠运行外，更需要各专业间的相互配合、协同动作，以确保安全运行目标的实现。

行车组织、车辆检修、设备运行管理、司机驾驶、车站管理等都是涉及行车而又具有不同技术要求的专业。此外，还有通信、信号、供电、工务、机电等设备保障专业。就城市轨道交通运营系统而言，各专业仅是整个庞大系统的子系统，是以专业系统自身的正常运行来确保整个系统正常运行的局部独立系统。

城市轨道交通系统的正常运行是指整个系统联动地运行，可以将城市轨道交通系统比作一个庞大的“联动机”，这个联动机围绕“安全行车”这个中心，系统内的各专业、工种都互相配合、有序联动，而且具有很强的时效性。

为了使城市轨道交通这个联动系统的运行更加安全可靠，效率更高，城市轨道交通系统在各子系统专业不断采用新技术的基础上，采用了以计算机控制为中心的各种自动化设备，代替人工的行车组织、设备运行和安全保证系统。如列车运行自动控制（Automatic Train Control，ATC）系统，可以实现列车自动防护、列车自动监控和列车自动运行；电力自动监控和数据采集（Supervisory Control And Data Acquisition，SCADA）系统，可以实现对主变电所、牵引变电所、降压变电所设备及系统的遥控、遥信、遥测；车站自动化系统（Building Automation System，BAS）、火灾报警系统（Fire Alarm System，FAS），可以实现车站环境控制自动化和消防、报警系统的自动化；自动售检票（Automatic Fare Collection，AFC）系统，可以实现自动售票、检票、分类等功能。所有系统都由控制中心的计算机系统实行统一指挥，实施分级控制，并确保在系统内各自运作、紧密配合。列车运行状况反馈至控制中心，列车

运行的实时数据在控制中心进行汇总、统计、分析，系统间的协调、配合由控制中心调度人员统一管理。一旦列车运营状况发生变化或发生事故，由调度人员，根据运行信息，按具体情况，及时制定应急处理方案，统一指挥、实施。

二、各专业的功能和作用

城市轨道交通自主独立运营和自成体系的特点决定了城市轨道交通具有多专业、多工种联动的特点，不同功能的专业又必须共同确保城市轨道交通系统的正常运营。各专业和工种的定义，以及各专业的不同功能和作用如下。

1. 定 义

(1) 专业定义。

从定义分析，专业有广义、狭义和特指 3 种解释。

广义的专业：某种职业不同于其他职业的一些特定的劳动特点。

狭义的专业：主要指某些特定的社会职业。这些职业的从业人员从事的是比较高级、复杂、专门化程度较高的脑力劳动。一般人所理解的专业大多就是指这类特定的职业，也是本章所述的专业定义。

特指的专业：即高等学校中的专业。高校的专业是社会分工、学科知识和教育结构三位一体的组织形态，其中，社会分工是专业存在的基础，学科知识是专业的内核，教育结构是专业的表现形式，三者缺一不可，共同构成高校人才培养的基本单位。本章所述的专业不是指这类高校或中等专业学校根据社会分工需要而划分的学业门类。

(2) 专业与工种的关系。

一个专业通常包含多个工种。工种是指按生产操作的技术内容划分的工作种类。不同专业中的相同名称的工种在技术操作方面的要求不同。如钳工作为一个工种是利用手工工具对工件进行加工的总称。但在不同的专业中从事的加工对象、技术要求又往往是不同的，因此，不同专业可以有相同的工种，如车辆检修钳工、线路维修钳工、信号检修钳工等。

城市轨道交通就是包含了多个专业和多个工种、具有独立营运能力的联动系统。由于工作对象和服务对象各不相同，又可以将各专业划分为运营管理和设备保障两大类。

2. 运营管理涉及的专业和部分工种

运营管理的最终工作目标是为乘客提供安全、快捷、准点、方便和舒适的出行工具，所以凡是直接涉及乘客出行的专业和工种均应纳入运营管理的范围。

(1) 行车管理。

行车管理是城市轨道交通系统内的重要专业之一，主要负责对系统内所有车辆的运行实施管理。由于城市轨道交通的列车是按运行图运行的。所以，编制运行图、下达行车命令、突发事件时的行车调整、有关行车组织的即时命令发布等，均是行车管理专业的工作职责。行车调度、客运调度、设备调度、列车调度、车站行车值班员等都是专业内的重要工种。

(2) 客运管理。

客运管理是对乘客运送全过程的管理，是乘客能切身感受到城市轨道交通服务质量的重要专业。专业服务的对象是广大乘客，专业宗旨是为乘客提供优质服务，专业评价标准是乘客满意度。运营管理又包含两个重要的子专业：客流组织和客运服务，前者主要是组织乘客有序流动；后者是为乘客提供优质服务。

(3) 安全管理。

城市轨道交通系统中安全运营始终是第一要务。广大乘客的生命、设备的安全运行、突发事件时的人员疏散和事故处理、反恐防恐的措施制定和实施，都是安全管理专业的工种范畴。从工作性质分，安全管理又分为乘客和员工的人身安全管理、运行和服务设备设施的安全管理以及突发事件时的应急处置三大内容。

(4) 行车值班员。

行车值班员是设在车站的一个重要工种，隶属于行车管理专业，负责按运行图或调度命令，对途经车站的列车进行正常行车控制或调整，对车站客流进行组织或疏导。

(5) 列车驾驶员。

列车驾驶员负责驾驶列车运送乘客，是行车管理专业的一个重要工种。由于城市轨道交通列车在运行过程中不设列车服务员，因此，驾驶员除了负责列车驾驶外，还要利用列车广播、车厢显示屏等手段为乘客提供服务。当列车突发故障时，更要承担安全疏导乘客的任务。

(6) 车站服务员（简称站务员）。

顾名思义，车站服务员就是在车站为乘客提供服务的人员，是设置在车站的一个重要工种。仅从理论而言，车站服务员是乘客出行过程中唯一能接触到的城市轨道交通工作人员，乘客也正是通过服务人员的言行举止对轨道交通运营企业的工作质量进行评判。随着城市轨道交通各专业自动化技术的不断提高，目前已实现了乘客“自助式出行”的目标，即在正常情况下乘客完全可以在“无人服务”的状况下，自主完成出行。因此，车站服务员需要进一步提高服务意识，尤其在轨道交通运营遇到突发事件时，更应主动为乘客提供服务。

3. 设备保障类作业

各专业都采用技术先进、性能可靠、操作简便的专业设备，并不断进行技术改造和完善，为城市轨道交通实现既定目标提供了可靠的物质保障。

(1) 线路。

城市轨道交通采用的是轮轨系统，线路是列车运行的依托，线路专业可以称为整个乘客运送系统的基础。在城市轨道交通系统中，一般又将隧道、桥梁、车站建筑、监护等作为子专业纳入线路专业。

(2) 车辆。

作为运送乘客的载运工具，车辆的性能直接决定了乘客目标的实现质量。在出行过程中，乘客除了在车站就是在列车上，乘客在途中的安全依赖于列车的安全运行；列车行进速度则直接决定了乘客的快捷和准点；车厢载客量、车厢硬件设备则决定了乘客出行过程的舒适度。总之，车辆专业是城市轨道交通十分重要的专业之一，直接关系到城市轨道交通营运目标的实现。车辆检修钳工、车辆检修电工、列车空调检修工等均是车辆专业中的主要工种。

(3) 通信。

通信专业的任务是建立一个能实现系统内调度指挥及公务业务联系的通道。如为乘客提供营运信息，为公安部门提供视频和无线资源，为消防管理部门提供无线资源等。此外，轨道交通各系统间的语音、数据、图像通信也要依靠通信专业实现。这些通信的服务范围，覆盖运营控制中心、车站、停车场、隧道及列车。为满足行政管理的要求，必须保证在城市轨道交通范围内各单位、部门间的通信联络畅通。由于城市轨道交通与外部的通信联系也都由通信专业建

立和实现，因此，通信专业对内负责确保系统行政和运行调度的指令传输畅通，对外负责各专业和行政部门对外的通信联络需求。有线通信和无线通信是通信的两个主要专业。

(4) 信号。

信号是信息的表现形式，信息则是信号的具体内容。换言之，信号是信息传递的一种手段。城市轨道交通需要利用信号实现行车指挥和列车运行现代化，保证列车运行安全，提高运输效率；此外，还需要利用信号将运营信息告知乘客，实现乘客客流组织和完成乘客运送任务。因此，信号是轨道交通系统的关键专业之一。信号借助于通信系统进行传输，传输的信号既可以是模拟信号也可以是数字信号。

(5) 变配电。

采用电力作为列车驱动能源的城市轨道交通系统自身并无发电系统，而是由国家电网供电。国家电网供给的往往是高压电，由于需要经过长途输送，所以需要进行逐级降压后才能使用。又因直流电无电抗压降，同电压等级下的压降较小，且直流供电接触网结构也较简单，所以城市轨道交通大都采用直流供电制式。故逐级降压和整流式变配电系统是变配电的主要工作内容。

(6) 接触网（接触轨）。

在牵引变电站经过降压、整流后的直流电通过供电接触网（接触轨）送达列车，供列车使用。

接触网（接触轨）是连接固定电源和移动列车的中间传导系统。行进列车不但有速度变化，在水平和垂直平面内的位置也在不断发生变化，接触网（接触轨）供电系统必须始终保持对列车的供电状态。

(7) 自动售检票 (AFC) 系统。

售检票系统引入计算机管理后,实现了售票、检票的自动化作业,不但使乘客的“自助式”服务得以实现,也大大节省了劳动力成本,为提高服务质量提供了物质基础。同时,在数据统计方面,尤其在各时间段的断面客流统计和各车站客流变化的分析方面,均有了可靠的工具,为客流组织、车站设施布置,甚至车站规模确定,都能提供可靠的数字依据。随着城市轨道交通网络化的不断完善,AFC系统对各运营线路的独立核算、轨道交通与其他城市公共交通工具的计费衔接等都能预置接口。

(8) 车站机电设备。

车站机电设备包括车站自身的硬件设备系统和为乘客服务的设备系统两大类。属于前者的有车站火警自动报警系统 (FAS)、车站自动管理系统 (BAS)、车站给排水系统等;属于后者的有车站通风系统、车站空调系统、自动扶梯系统、站台屏蔽门系统等。车站机电设备的完好率将直接决定车站安全和乘客的感受,因此,车站机电设备系统虽然不直接决定城市轨道交通的运营质量,但能充分体现城市轨道交通的服务质量。

综上所述,城市轨道交通系统因其封闭、独立和自成体系的运营方式,使安全、准点、快捷地运送乘客的目标得以实现;多专业、多工种的联动和新设备、新技术的应用是城市轨道交通系统的最大技术特点。

子模块 LA2 城市轨道交通线路

城市轨道交通线路是由不同材料的部件所组成的,具有规定的强度和稳定性,以及能保

证列车以规定的速度平稳、安全、正点和不间断地运行的整体工程结构。随着轨道交通的迅速发展，轨道交通线路的构成已不再局限于传统的铁路结构。如磁悬浮交通（以高架为主）及跨座式单轨交通（高架、地面、地下都可采用）采用桥梁为列车的走行基础；而现代城市有轨电车交通（以地面为主）采用的轨道结构也与传统的轨道结构有非常大的区别。但不管是磁悬浮交通、跨座式单轨交通，还是现代城市有轨电车交通，其轨道结构相对于传统轨道结构而言比较简单。故在本章中主要介绍传统的铁路轨道，它结构复杂、零配件众多，而且在国内外城市交通中被普遍采用。

传统的轨道结构一般由钢轨、轨枕、道岔、道床、联接零件和轨道加强设备等组成，是城市轨道交通列车行车的基础，也是城市轨道交通运营的重要设备之一。其作用是引导地铁车辆运行，直接承受地铁车辆车轮的垂直力和水平力，还承受地铁车辆弹簧振动而产生的冲击力、列车运行及制动时产生的纵向力，以及因地铁车辆摇晃和列车通过曲线时所产生的侧向推力；此外，还受雨、雪、风以及气温变化的影响，无缝线路还承受一定的温度应力，并把这些力均匀地传给路基和桥隧建筑物。

一、线路的类型及特点

城市中心区域往往是高楼林立、街道繁华、交通拥挤，由中心城区向外，建筑、道路逐渐减少，空间逐渐开阔，到城市最外圈，一般都比较空旷。城市的这些特点决定了城市轨道交通线路的铺设形式主要有三大类型：地下线路、地面线路和高架线路。

地下线路主要由隧道、整体道床、侧沟、轨枕、钢轨、扣件、钢轨联接零件等组成。

地面线路主要由路基、道床、侧沟、轨枕、钢轨、扣件、钢轨联接零件等组成。

高架线路主要由高架桥、整体道床、侧沟、混凝土支撑块、轨枕、钢轨、扣件、钢轨联接零件等组成。

二、车站的分类与结构

城市轨道交通车站是轨道交通系统的重要建筑物。它是提供旅客乘降、换乘和候车的场所，保证旅客方便、安全、迅速地进出站，并有良好的通风、照明、卫生、防灾设备等，为旅客提供舒适、清洁的环境。

1. 车站的分类

城市轨道交通车站通常按车站结构、轨道设置及运营功能来进行分类。

(1) 按空间位置分类。

按车站的空间位置进行划分，城市轨道交通车站有地面站、地下站和高架站3种形式，主要为适应不同线路的形式。

① 地面站。

地面站设置在地面层。由于占用地面空间，最容易造成轨道交通线路所经过的地面区域分割，所以，一般在城乡结合部采用此类型的车站，它最大的优点是造价低。

② 地下站。

受地面建筑群的影响，轨道交通线路设置于地下，其车站也随之设置于地下，主要为节省地面空间。根据其埋深，又可分为浅埋式车站和深埋式车站两种。对其造价进行比较，埋深越大的车站，造价越高。

③ 高架站。

高架站置于高架桥梁的桥面，在结构上比较简单，造价大大低于地下站。

(2) 按线路设置功能分类。

一般而言，一条运营线路，除了始、终点站以外，均为中间站，但这样划分的意义不大，所以有必要按线路设置功能进行细分，具体如下：

① 功能折返站。

城市轨道交通的大部分中间站，因受地理位置的限制，基本不设置道岔，直接由上下行正线贯穿。其缺点是后方车辆无法越行，也没有调车作业的条件，当发生车辆故障或其他意外事件时，没有办法进行应急处理。设计规范规定 2~4 个运营站设置一个具有调车、存车作业能力的车站，在站内增设道岔、渡线、存车线或折返线等设备，从而增加该车站的行车功能。

像这样具有调车、存车或折返能力的车站都可以称之为功能折返站。

功能折返站，仅仅是具备了调车、存车、折返的功能而已。设置的目的是为了在特殊情况下应急备用。当运行正常，未有特殊事件发生时，这些功能基本上是闲置的，所以，在日常运营过程中，功能折返站是不需要全部启用的。

② 运转折返站。

城市轨道交通在市区与郊区有不同的运量，每一条运营线路都较长，通常从城市的一侧郊区通往城市的另一侧郊区，这样就存在运营线路的中段客运密度较大、两端客运密度较小的问题。

为有效利用运能，可以从客运量出发，在城市的市区范围，选择客流量密集的地段，增

加列车往返的对数，相当于公交系统的区间车一样，部分列车到站后改变方向而进行折返运行，这样，既使客流量密集地段的乘车拥挤得到一定程度的缓解，又使车辆的利用得到合理的安排。

选择折返点位置的依据，第一要根据客流量的调查，第二要根据车站的线路配置，确定是否具有折返的功能。

像这样既具有折返功能，又在日常客运过程中正式实施了运转折返的车站称为运转折返站。

运转折返站与功能折返站的主要区别是，功能折返站不一定为运转折返站，而运转折返站首先必须具备功能折返的条件；否则，不能进行折返作业。

(3) 按运营管理职能分类。

按照运营管理的职能进行划分，将一条运营线划分为若干个区域，每一范围设置一个区域性车站，这样就形成客运专业公司、区域站、普通站 3 个层面的三级管理格局。

(4) 按车站换乘功能分类。

在城市轨道交通系统内部，把两条或多条运营线路交叉的车站称为换乘站。

在城市轨道交通线路形成网络化局面时，凡网络交叉点设置的车站均为换乘站，其余车站为非换乘站。

换乘站的类型很多，通常有共线式、并列式、交叉式、叠置式 4 种形式。

① 共线式换乘站。

两条运营线，在某一段范围内，设置成共线的形式，在这一范围内的所有车站均为共线站，这样的换乘方式称为共线换乘。

共线换乘分为共线顺向换乘与共线逆向换乘，其中有上行转上行、上行转下行、下行转上行、下行转下行的方式。

② 并列式换乘站。

两条运营线路在某一车站以接近于平行的位置关系而交汇，这样的形式称为平行并列式换乘站。

平行换乘的车站，也可以将两条运营线的站内股道相间排列，有条件的情况下还可以增加两线之间的联络渡线或存车线等，以提高车站的运行能力。

③ 交叉式换乘站。

当城市轨道交通线路形成网络化的局面时，二线交叉或多线交叉的机会是极大的，这样的车站可以称之为交叉式换乘站。

两线交叉，条件许可的应首先创造平行换乘的条件，就是说，虽然二线的走向是交叉的形式，但可以通过线路平面方向的调整，于接近车站交汇时将线路设置为接近平行，出站后再发生交叉，这样两条线路之间的位置关系有立体交叉式转为平行并列式。

④ 叠置式换乘站。

在两条或多条运营线的交叉地段设置车站，一般设置成多层式的地下车站，使不同运营线路的车站在同一位置形成叠置式。叠置式有两种情况：第一是同层同线，第二是同层异线。

从乘客的换乘方便出发，叠置式换乘站可以不断优化。一条线路通过第一个车站时设置于上层，出站后经过下坡道到第二站时，改设为车站的下层。同样，另一条相对应的线路，

在第一站时位于下层，到第二站时位于车站的上层。这样，两条线路在相邻的两个车站之间，通过改变高程而变换了空间层次。

通过这样的优化，可以为乘客的换乘带来极大的便利。如果一个乘客在本站不能实现同站台换乘的话，到达下一站就必然能实现同站台换乘的目的。但这种优化的方案还要取决于各种条件的许可。

2. 车站的结构功能

车站的建筑主体结构主要由站台、站厅、设备用房、管理用房、辅助用房及列车运行空间等组成；车站的附属结构有出入口、通道、风亭（风井）等。此外，车站还设有自动化售票设备、自动检票设备、自动电梯设备、屏蔽门等设备。

三、停车场的线路与轨道的种类

所谓城市轨道交通停车场，是指用于列车停放、检修、调试或其他各类用途的基地，它包括各种线路和用房，通常每一条轨道交通线路至少设一个停车场。

停车场内，用于城市轨道交通列车在结束正线运行后，入库、车辆检修、试车、调车等作业的线路统称为车场线。

1. 车场线线路的种类

(1) 停车线是专供列车停放的线路。停车线通常铺设于室内，称为停车库。

(2) 检修线是专门对车辆进行检修的线路，也有直接把带检查地沟的停车线作为检修线路的。专门的检修线通常铺设于室内，称为检修库。

(3) 试车线是专门对新车或检修列车进行动态调试的路线。

(4) 出入场线连接正线和站场线，是列车往返车场与正线的必经线路。

除以上主要车场线路外，还有为进行列车连接、摘挂与解体作业的调车线；设在站场的一端，作为临时牵出车辆的牵出线；供城市轨道交通车辆装卸货物的材料线；停放城市轨道交通特种车辆的特种线；还有静调线、洗车线、镟轮线及联络线等。其中，有些线路铺设于室内，有特种停车库、静调库、洗车库、镟轮库等。

2. 车场线轨道的类型

车场线路的轨型：出入场线及试车线，采用 60 kg/m 的钢轨；其他线路，主要用于调车作业，其运行速度较低，所以一般选用 50 kg/m 的钢轨。

车场线路中，停车线、检修线、洗车线、镟轮线、静调线等与列车检修有关的线路一般都设置为库内线路，其余为露天线路。库内线路一般为整体道床，大体上分为 3 种类型，第一类是一般整体道床，第二类是带检查地沟的整体道床，第三类为立柱支撑块式轨下基础。露天线路多为木枕或混凝土枕普通碎石线路。

四、桥梁的结构与分类

1. 桥梁的结构

桥梁是跨越河流、湖泊、河谷、峡谷或其他道路的建筑。桥梁主要由上部结构、下部结构和墩台基础组成。

(1) 上部结构主要是指墩台之间的梁体部分，是指桥梁墩台帽或盖梁顶面（拱桥为拱座顶面）以上的部分。其作用是直接承受荷载，并将力传递给下部结构。

(2) 下部结构是指桥墩及桥台，其主要作用是支撑上部结构，将上部结构传来的力往下

传给基础。

(3) 墩台基础是指基础顶面或承台顶面以下的部分，其作用是将桥梁的全部荷载传至地基。

2. 桥梁的分类

(1) 按桥梁的长度分类。

- ① 小桥：长度在 20 m 及以下的桥梁。
- ② 中桥：长度在 20 m 以上至 100 m 的桥梁。
- ③ 大桥：长度在 100 m 以上至 500 m 的桥梁。
- ④ 特大桥：长度在 500 m 以上的桥梁。

(2) 按桥梁所用的建筑材料分类。

① 钢桥：桥跨结构的主体采用钢梁，钢梁由型钢拼接而成。常见的钢梁有钢桁梁及钢板梁两种。

② 钢筋混凝土桥：采用钢筋混凝土梁或预应力钢筋混凝土梁架设而成的桥梁。这种桥梁由于其造价低廉、坚固耐用、易于养护而被广泛应用，目前城市轨道交通中除大跨度桥外均采用这种类型的桥梁。

③ 石桥：采用石料建造的桥，石料就地取材，造价低、经久耐用。但这种类型的桥梁在城市轨道交通一般不被采用。

(3) 按桥梁结构类型分类。

- ① 梁式桥：主体部分是梁，梁由支座支撑在桥墩和桥台上。

② 拱桥：桥跨结构是拱。拱桥根据拱上结构分为实腹拱桥和空腹拱桥。

③ 刚架桥：梁部结构与桥墩连成一体，根据墩台与桥跨的不同形式可分为门式刚架桥和斜腿刚架桥。

④ 斜拉桥：由梁、斜缆索和高出桥面的墩塔组成，斜拉桥适用于较大跨度的连续桥梁。

⑤ 悬桥：是用柔性缆索作为主要承载杆件的桥，桥面用吊索或吊杆挂在缆索上，同时设有特殊的加劲桁架或加劲梁以增强其刚度。

⑥ 箱形桥：桥梁为整体箱形框架的桥。

(4) 按桥梁所在的位置分类。

① 上承式桥：桥面位于主要承重结构上部的桥。

② 下承式桥：桥面位于主要承重结构下部的桥。

③ 中承式桥：部分桥面位于主要承重结构的上部，另一部分位于主要承重结构的下部。

(5) 按桥梁所跨越的障碍物分类。

① 河川桥：用来跨越河流、湖泊的桥梁。

② 跨线桥：用来跨越公路、铁路的桥梁。

③ 高架桥：用来跨越深谷、低地，或沿既有道路连续架设并代替路堤的桥梁。

五、隧道的结构与分类

1. 隧道结构

隧道是围护车辆、行人或各种专业设施通行的设备，有铁路隧道、公路隧道、人行隧道及各种管线隧道。

城市轨道交通的隧道是连接地下车站并为轨道及相关设施、设备铺设提供必要空间的地下建筑物。当轨道铺设于隧道内部时，隧道既是轨道设施的下部建筑，又是轨道设施的围护建筑，使城市轨道交通线路完全处于封闭状态。

城市轨道交通隧道主要由洞身、衬砌、洞门和附属建筑物等组成。

(1) 洞身：隧道结构的主体部分，是列车通行的通道，其净空应符合国家规定的铁路隧道建筑限界的要求，其长度由两端洞门的位置来决定。

(2) 衬砌：承受地层压力，维持岩（土）体稳定，阻止坑道周围地层变形的永久性支撑物。

(3) 洞门：位于隧道出入口处，用来保护洞口土体和边坡稳定，排除仰坡流下的水。它由端墙、翼墙及端墙背部的排水系统组成。

(4) 附属建筑物：

- ① 连接上下行线路，安置抽水泵房的联络通道。
- ② 为防止和排除隧道漏水或结冰而设置的排水沟和盲沟。
- ③ 为机车排出有害气体的通风设备。
- ④ 接触网、电缆槽、消防管道等。

2. 隧道分类

根据隧道的断面形式分，有矩形、拱形、圆形、多圆形及椭圆形等多种隧道，其中最主要的是圆形隧道和矩形隧道两种。

通常，车站前后为矩形隧道，区间为圆形隧道。

圆形隧道内径一般为 5.5 m，由 6 块钢筋混凝土管片装配成环。

矩形隧道单线净断面宽×高一般为 4.3 m×5 m，双线净宽为 9.5 ~ 14.6 m，为现浇钢筋混凝土结构。

车站之间的隧道线路，通常采用高站位、低区间的方式，主要是为了：

- (1) 节省车站工程费用；
- (2) 缓和与地下管线、建筑物之间的矛盾；
- (3) 列车进站上坡有利制动，出站下坡有利加速，节能省电，减少隧道温升。

为解决区间隧道最低处的排水问题，通常设计了联络通道，并在上下行隧道之间设置了排水泵房，以排除区间隧道的积水。

对于长大区间隧道，由于车站的风井还不能完全满足排风的需要，因此，于隧道的中部，在联络通道结构内增设风井，这样既可以排水，又可以排风。

地下隧道的施工方法，除了取决于隧道的功能以外，还要考虑地形、地貌、地质、水文、环境等多种因素，施工方法主要有明挖法、矿山法、盾构法等。其中，明挖法主要应用于埋深较浅的地段，或隧道与地面线衔接处的敞开段；盾构法通常用于埋深较大地段隧道的开挖。

子模块 LA3 城市轨道交通供电系统和接触轨

我国城市轨道交通供电系统的受电方式，都为集中供电；国外也有采用分散式和集中、分散混合供电的方式。

一、供电系统的基本要求

供电系统必须可靠。城市轨道交通电客列车和车站设备都是为乘客提供服务的设备，在运营过程中，一旦供电中断，受影响最大的是行车和客运两个部门。所以，城市轨道交通供电系统必须具有高度的可靠性。为此，各变电站采用两路进线，并互为备用；电源容量设计时应为发展预留余地，而且应选用先进、可靠的电气设备，采用模块化的计算机控制系统，实现实时监控、调度自动化的运行模式；同时，以专人定时巡检为辅助手段。

二、供电系统的负荷分类

1. 按供电对象的重要性分类

按供电对象的重要性，将供电系统分为三级：

(1) 一级负荷。

对于城市轨道交通电客列车、通信、信号设备、消防设备等用电设备，必须确保对其进行不间断供电；为此，必须采用两路电源供电，当任何一路电源失电后，应自动、迅速切换至另一路电源。

(2) 二级负荷。

对于城市轨道交通空调、自动扶梯等用电设备，应确保对其运行连续供电，万一停电，会影响客运服务质量，但并不影响列车运行安全；设计时，可以采用一路供电。

(3) 三级负荷。

对于城市轨道交通的商业用电、广告照明等用电设备，应确保对其进行正常供电，这些用电设备并不直接影响客运服务质量，其用电可以根据电网负荷情况进行调整。