

项目一 ATC 的基本概念

【项目描述】

列车运行自动控制系统(简称列控系统)是保证列车按照空间间隔制运行的技术方法,是靠控制列车运行速度的方式来实现的。

运行的列车间必须保持的空间间隔首先是满足制动距离的需要,同时还要考虑适当的安全余量和确认信号时间内的运行距离。所以,列控系统根据其采取的不同控制模式会产生不同的闭塞制式。列车间的追踪运行间隔越小,运输能力就越大。

任务一 ATC 的速度控制模式

列车自动控制 ATC (Automatic Train Control) 系统就是对列车运行全过程或一部分作业实现自动控制的系统。其特征为:列车通过获取的地面信息和命令,控制列车运行,并调整与前行列车之间必须保持的距离。从速度控制方式角度,即对列车运行自动控制采用目标距离控制模式。

目标距离速度控制采取的制动模式为连续式一次制动速度控制的方式,根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车的制动曲线,不设定每个闭塞分区速度等级。连续式一次速度控制模式,以前方列车的尾部为追踪目标点,称之为移动闭塞。移动闭塞在城市轨道交通中有运用,但在铁路系统中尚无运用实例,以下所述的目标距离速度控制方式主要是指准移动闭塞。如图 1.1 所示,粗实线为目标距离速度控制线,从最高速至零速的列车控制减速线为一条连贯和光滑的曲线,列车实际减速运行线只要在控制线以下就可以了,万一超速碰撞了速度控制线,设备自动引发紧急制动,因为速度控制是连续的,所以不会超速太多,紧急制动的停车点不会冒出闭塞分区,可以不需增加一个闭塞分区作为安全防护区段,当然设计时要考虑留有适当的安全距离。



目标距离控制模式

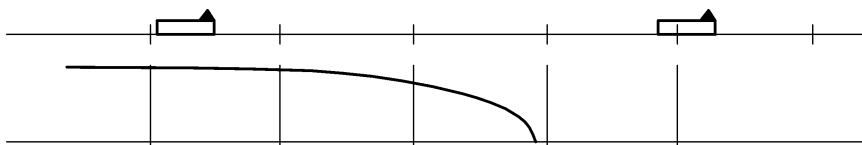


图 1.1 目标距离速度控制

列控设备给出的一次连续的制动速度控制曲线是根据目标距离、线路参数和列车自身的性能计算而定的，线路参数可以通过地对车信息实时传输，也可以事先在车载信号设备中存储通过核对取得。因为给出的制动速度控制曲线是一次连续的，需要一个制动距离内所有的线路参数，地对车信息传输的信息量相当大，可以通过无线通信、数字轨道电路、轨道电缆、应答器等地对车信息传输系统传输。目标距离速度控制的列车制动起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的，空间间隔的长度是不固定的，适用于各种不同性能和速度列车的混合运行，其追踪运行间隔要比分级速度控制小，减速比较平稳，旅客的舒适度也要好些。

任务二 ATC 的基本概念与分类

列车自动控制系统是我国城市轨道交通保证列车行车安全、提高列车运行效率的重要技术设备，它能以有效的技术手段对列车的运行速度、运行间隔进行实时监控和超速防护。目前，先进的城市轨道交通信号系统通常由列车运行自动控制系统和计算机联锁（Computer Based on Interlocking System, CBI）设备两大部分组成，用于列车运行控制、行车调度指挥、信息管理和设备维护等，可实现行车指挥和列车运行自动化，减轻运营人员的劳动强度，发挥城市轨道交通的通过能力，是一个高效的综合自动化系统。

列车运行自动控制系统是列车运行的指挥和控制系统，取消了传统的地面信号，将机车信号作为主体信号，信号的含义发生了质的变化，传递给列车的是具体的速度或距离信息。根据与先行列车之间的距离和进路条件，在车内连续地显示出容许的速度信息，或给出按设定的运行条件达到该容许速度的距离信息。根据上述信息，列车自动控制运行速度，进行超速防护，以达到自动调整行车间隔的目的，并实现列车在车站内精确地定位停车。同时，ATC 系统还可实现对运行列车的实时监督及运行信息的管理。

列车自动控制（ATC）系统包括列车自动防护 ATP（Automatic Train Protection）、列车自动驾驶 ATO（Automatic Train Operation）及列车自动监控 ATS（Automatic Train Supervision）。ATC 系统与联锁系统共同构成城市轨道交通的信号控制系统。

一、移动闭塞制式的 ATC 系统

按闭塞制式，基于通信的城市轨道交通 ATC 主要采用移动闭塞方式。

移动闭塞的特点是前、后两列车都采用移动式的定位方式，不存在固定的闭塞分区，列车之间的安全追踪间距随着列车的运行而不断移动且变化。



移动闭塞方式

移动闭塞可借助感应环线或无线通信的方式实现。早期的移动闭塞系统大部分采用基于感应环线的技术，即通过在轨间布置感应环线来定位列车和实现车载计算机（VOBC）与车辆控制中心（VCC）之间的连续通信。而今，大多数先进的移动闭塞系统已采用无线通信系统实现各子系统间的通信，构成基于无线通信技术的移动闭塞。

CBTC 则是实现这种闭塞制式的最主要技术手段。采用这种方法以后，实现了车地间双向、大容量的信息传输，达到连续通信的目的，在真正意义上实现了列车运行的闭环控制。当列车和车站一开始通信，车站就能得知所有列车的位置，能够提供连续的列车安全间隔保证和超速防护，在列车控制中具有更好的精确性和更大的灵活性，并能更快地检测到故障点。而且，移动闭塞可以根据列车的实际速度和相对速度来调整闭塞分区的长度，尽可能缩小列车的运行间隔，提高行车密度，进而提高运输能力。此外，这种系统与传统系统相比将大大减少沿线设备，车载设备和轨旁设备的安装也相对较容易，维修方便，有利于降低运营成本。

移动闭塞与固定闭塞的根本区别在于闭塞分区的形成方法不同，如图 1.2 所示，移动闭塞系统是一种区间不分割、根据连续检测先行列车位置和速度进行列车运行间隔控制的列车安全系统。这里的连续检测并不意味着一定没有间隔点。实际上该系统把先行列车的后部看作假想的闭塞区间。由于这个假想的闭塞区间随着列车的移动而移动，所以叫作移动闭塞。在移动闭塞系统中，后续列车的速度曲线随着目标点的移动而实时计算，后续列车到先行列车的保护段后部之间的距离等于列车制动距离加上列车制动反应时间内驶过的距离。

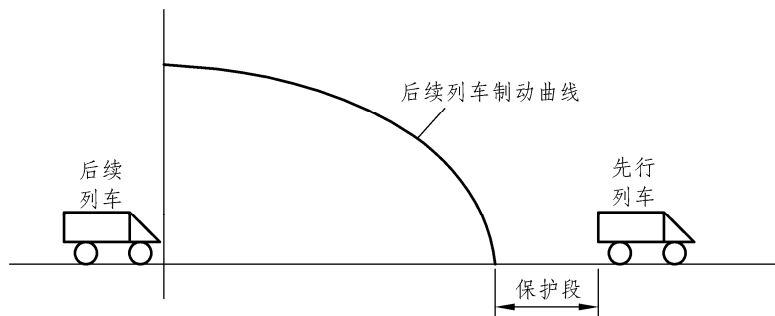


图 1.2 移动闭塞原理示意图

移动闭塞技术在对列车的安全间隔控制上更进了一步。通过车载设备和轨旁设备连续地双向通信，控制中心可以根据列车实时的速度和位置动态地计算列车的最大制动距离。列车的长度加上这一最大制动距离并在列车后方加上一定的防护距离，便组成了一个与列车同步移动的虚拟闭塞分区（见图 1.3）。由于保证了列车前后的安全距离，两个相邻的移动闭塞分区就能以很小的间隔同时前进，这使列车能以较高的速度和较小的间隔运行，从而提高了运营效率。

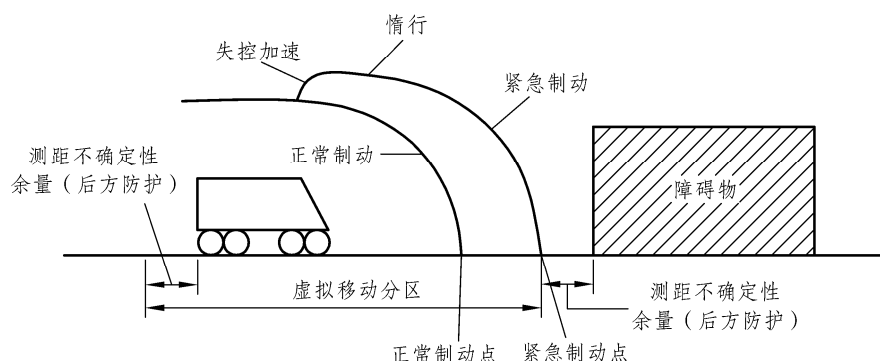


图 1.3 移动闭塞系统的安全行车间隔

无线移动闭塞系统的组成主要包括无线数据通信网、车载设备、区域控制器和控制中心等。其中，无线数据通信是移动闭塞实现的基础。通过可靠的无线数据通信网，列车不间断地将其标识、位置、车次、列车长度、实际速度、制动潜能和运行状况等信息以无线的方式发送给区域控制器。区域控制器追踪列车并通过无线传输方式向列车发送移动授权，根据来自列车的信息计算、确定列车的安全行车间隔，并将相关信息（如先行列车位置、移动授权等）传递给列车，控制列车运行。车载设备包括无线电台、车载计算机和其他设备（如传感器、查询器等）。列车将采集到的数据（如机车信息、车辆信息、现场状况和位置信息等）通过无线数据通信网发送给区域控制器，以协助完成运行决策；同时对接收到的命令进行确认并执行。

移动闭塞 ATC 系统就车、地双向信息传输速率而言，可分为基于电缆环线的传输方式和基于无线通信、数据传输媒介的传输方式；按无线扩频通信方式可分为直接序列扩频方式和跳频扩频方式；按数据传输媒介传输方式可分为点式应答器、自由空间波、裂缝波导管和漏泄电缆等传输方式。

二、不同结构的 ATC 系统

（一）点式 ATC 系统

点式 ATC 系统因其主要功能是实现列车超速防护，所以又称为点式 ATP 系统。它用点式传递信息，用车载计算机进行信息处理。点式 ATC 系统在城市轨道交通中应用比较广泛。其主要优点是采用无源、高信息容量的地面应答器，结构简单，安装灵活，可靠性高，价格明显低于连续式 ATC 系统。上海轨道交通 5 号线采用的即是德国西门子的点式 ATC 系统。但点式 ATC 系统难以胜任列车密度大的情况，如后续列车驶过地面应答器时，

因前方区段有车，它算出的速度曲线是一条制动曲线。后续列车驶过后，尽管前行列车已驶离，但后续列车已驶过地面应答器，得不到新的信息，只能减速运行，直到抵达运行前方的地面应答器才能加速。

点式 ATC 系统的车载设备不仅接收信号点或标志点的应答器信息，还接收列车速度和制动压力信息，输出控制命令和向司机显示。地面应答器向列车传送每一信号点的允许速度、目标速度、目标距离、线路坡度、信号机号码等信息。图 1.4 表示车载中央控制单元根据地面应答器传至车上的信息以及列车自身的制动率（负加速度），计算得出的两个信号机之间的速度监控曲线。

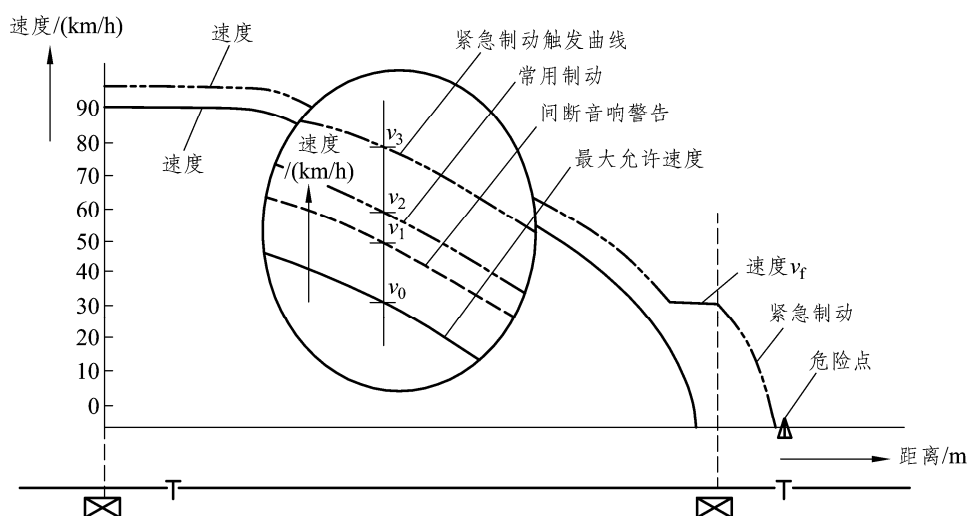


图 1.4 点式列车超速防护系统的速度监控曲线

其中， v_0 ——所允许的最高列车速度。

v_1 ——当列车车速达到此值时，车载中央控制单元给出音响报警，如果此时司机警惕降速，使车速低于 v_0 ，则一切趋于正常。

v_2 ——当列车车速达到此值时，车载中央控制单元给出启动常用制动（通常为启动最大常用制动）的信息，列车自动降速至 v_0 以下。若列车制动装置具有自动缓解功能，则在列车速度降至 v_0 以下时，制动装置即可自动缓解，列车行驶趋于正常；若列车制动装置不具备自动缓解功能，则常用制动使列车行驶一段路程后停下，列车由驾驶员经过一定的手续后重新人工启动。

v_3 ——当列车车速达到此值时，车载中央控制单元给出启动紧急制动的信息，确保列车在危险点的前方停住。

（二）连续式 ATC 系统

按车、地信息传输所用的媒体分类，连续式 ATC 系统可分为有线与无线两大类，前者又可分为利用轨间电缆与利用数字编码音频轨道电路两类。按自动闭塞的性质，连续式 ATC 系统可以分为移动闭塞、准移动闭塞和固定闭塞。按车、地之间所传输信息的内容，ATC 系统还可分为速度码系统与距离码系统。