

项目一 列车运行自动控制系统概述

项目概述

列车运行自动控制系统(简称列控系统)是对列车运行全过程或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,并调整与前行列车必须保持的距离。通过本项目的学习,学生应该掌握列车运行自动控制系统的功能、结构及分类,国内外列控技术的发展使用情况,对车-地信息传输技术、列车测速、定位、列控可靠性、安全性技术等基本知识有所认识,对中国列车运行自动控制系统 CTCS 有全面了解,并掌握欧洲列车运行自动控制系统的特点,为后续内容的学习打下基础。

项目任务书

- (1) 熟悉列车运行自动控制系统在铁路技术发展中的地位 and 作用。
- (2) 掌握列车运行自动控制系统的基本概念。
- (3) 理解列车运行自动控制系统的含义及功能。
- (4) 掌握常用的车-地信息传输方式的原理。
- (5) 了解列车运行自动控制系统的组成。
- (6) 掌握常用的测速方式原理。
- (7) 通过上网或者查阅资料,了解更多关于列车运行自动控制系统的信息。

项目学习引导

传统的铁路信号对列车的控制完全借助于地面信号机的显示,应该说这种控制很不彻底。首先,大雾、雨雪、风沙等不利天气及地形、建筑物和线路旁植物的影响,给司机不间断地瞭望信号造成困难;其次,列车运行的安全毕竟要靠人的控制而不是靠设备保障,司机即便能看清信号,还必须严格遵守信号并正确驾驶,稍有疏忽,便会酿成大错。而人的疲劳、紧张、懈怠等精神因素不可避免会带来安全的隐患。

为此,人们研制出了装在司机室内的机车信号(也称车载信号),改善了司机对信号的瞭

望条件。机车信号系统包括地面设备和车载设备两部分，地面设备（如轨道电路）的信息通过电磁感应传送到机车上，车载设备经过解调和译码后，控制机车信号灯和自动停车装置。由于我国铁路的自动闭塞曾出现多种制式，各种制式的机车信号互不兼容，为此又研制出可以走遍全路的通用机车信号。但很长一段时间，机车信号只是作为复示地面信号显示的“配角”，唯有地面信号才是行车凭证。随着列车运行速度的提高，地面信号灯在司机眼前一闪而过，司机在列车制动距离内来不及看清信号显示并及时采取制动措施，为此又研制出主体化机车信号，把机车信号作为行车凭证。

机车信号与自动停车装置配套安装，可防止列车冒进信号。自动停车装置当地面信号显示停车信号或限速信号时，可产生报警。若司机不予理会（不按压警惕按钮），它便实施紧急制动，强迫列车停车。但如果司机只是按压警惕按钮而未实施人工制动，列车仍可能冒进信号。随着技术的进步，人们研制出了更加安全的列车超速防护系统。

列车超速防护系统由地面设备、车载设备和车地之间信息传输媒体三部分组成。列车运行中，地面设备不断地将速度控制信息、运行地段的实时参数等信息通过传输媒体传送给车载设备。车载设备根据接收到的信息，实时计算出列车运行的最大允许速度，用来监控列车运行。若列车运行速度超过最大允许速度，车载设备自动实施不同等级的制动，迫使列车减速或停车，保证行车安全。

列控系统就是以列车超速防护为主要功能的一种信号控制系统。它根据列车在铁路线路上运行的客观条件和实际情况，对列车运行方向、运行间隔和运行速度进行全方位监控和调整，并具有报警制动及运行记录的功能。

列控系统用速度信号取代了存在模糊含义的色灯信号（例如要求减速的黄灯信号对于到底减多少并不明确），显示了列车应有的安全速度值，它以车载信号作为行车凭证，并以车载信号设备直接控制列车。列控系统的出现，使铁路信号出现了一个重大转折，即由对地面设备的控制转向对移动列车的直接控制，具备了智能化的特点。

任务一 列车运行自动控制系统基本知识

一、列控系统的背景

高速铁路具有速度快、安全舒适、运输能力强、正点率高、节能环保、全天候运行等诸多优点。日本、法国、德国、英国、意大利、西班牙、瑞典等世界发达国家都争相发展。世界上首条高速铁路——日本新干线于 1964 年正式投入运营。日本新干线始于东京，途经名古屋、京都等地，终于大阪，营运速度为 271 km/h。



项目一任务一视频

中国铁路六次大提速，为我国高速铁路的发展奠定了重要基础。第一次大提速冲击了铁路信号传统概念。列车最高运行速度提高到 120 km/h 及以上，推动了铁路信号向速差式的发展，确立了四显示信号的地位。第二次到第五次大提速，列车最高运行

速度达到 160 km/h，并实现了全路范围的机车信号低频信息统一，促进了机车信号主体化技术发展，装备了通用式机车电台，使得机车在运用上可以全路范围跨路运行。2007 年 4 月 18 日起实施全国铁路第六次大面积提速，动车组在既有线的运行速度达到 200~250 km/h，确立了具有中国特色和自主知识产权的既有线 CTCS-2 级列控系统的技术地位。第六次大提速之后，我国进入高速铁路发展的黄金期。

根据我国《中长期铁路网规划》，到 2020 年，我国高速铁路运营里程将达到 1.6 万千米，建成发达完善的高速铁路网络。中国已成为世界高速铁路运营速度最高、运营里程最长、在建规模最大的国家。现代高铁关键技术如图 1-1-1 所示。

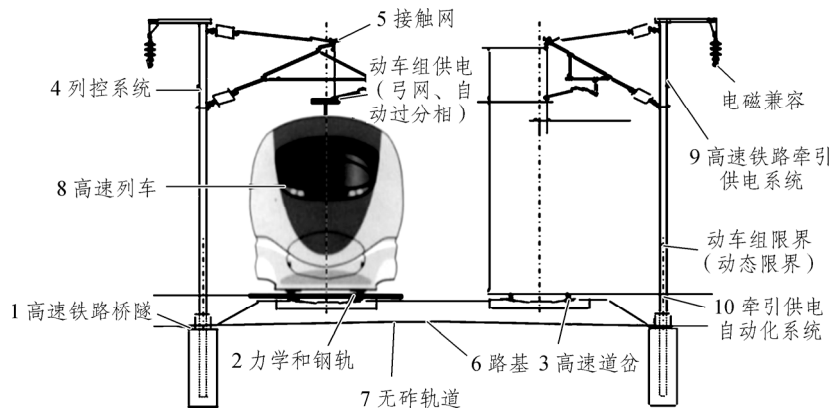


图 1-1-1 现代高铁关键技术

当列车提速到 200 km/h 时，紧急制动距离将达到 2 000 m（常用制动距离超过 3 000 m）。随着列车运行速度的提高，完全靠人工瞭望、人工驾驶列车不能保证行车安全。因此，当列车速度大于 160 km/h 时，必须装备列车运行自动控制系统，以实现对列车间隔和速度的自动控制，提高运输效率，保证行车安全。

工务工程、动车组和列控系统是客运专线系统的三大核心技术。列控系统是保证高速列车运行安全、有序、高效的关键。客运专线系统构成图如图 1-1-2 所示。

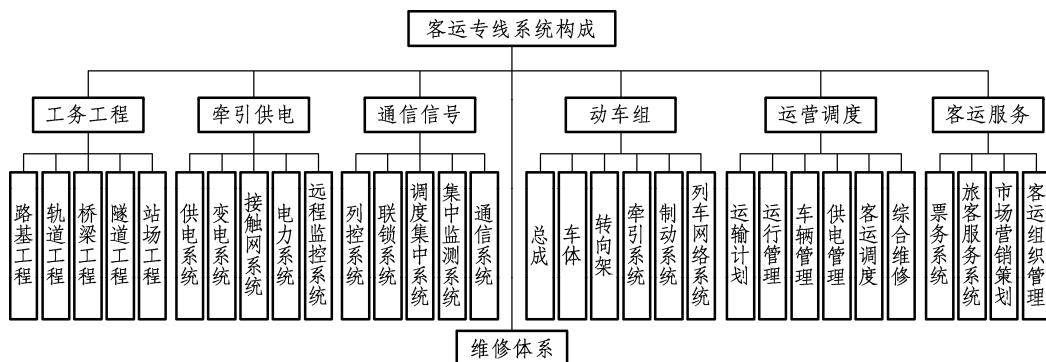


图 1-1-2 客运专线系统构成图

二、列控系统的定义

列控系统就是对列车运行全过程或一部分作业实现运行速度、位置等状态的监督、控制和调整，确保行车安全，提高运输效率的信号系统。其基本工作原理为：利用地面提供的线路信息、前车（目标）距离和进路状态，列控车载设备自动生成列车允许速度控制模式曲线，并实时与列车运行速度进行比较，超速后及时进行调整。列车允许速度控制模式曲线图如图 1-1-3 所示。

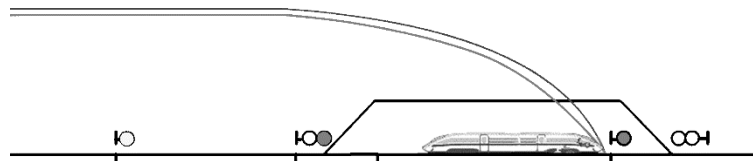


图 1-1-3 列车允许速度控制模式曲线图

三、列控系统的基本组成

列车运行自动控制系统通常是由地面列控中心或无线闭塞中心、轨道电路、地面点式信号设备、车-地传输设备和车载速度控制设备等构成。列车运行自动控制系统中，列车通过车-地通信将本列车的信息传输给地面控制中心，获取地面信息和命令，控制列车的运行速度，并调整与前行列车之间的距离，以实现列车运行的自动控制。列控系统包括地面设备、车载设备。地面设备提供线路信息、临时限速、目标距离和进路状态等基本控制信息。车载设备生成速度控制模式曲线并实现列车运行的监控。列控系统组成如图 1-1-4 所示。

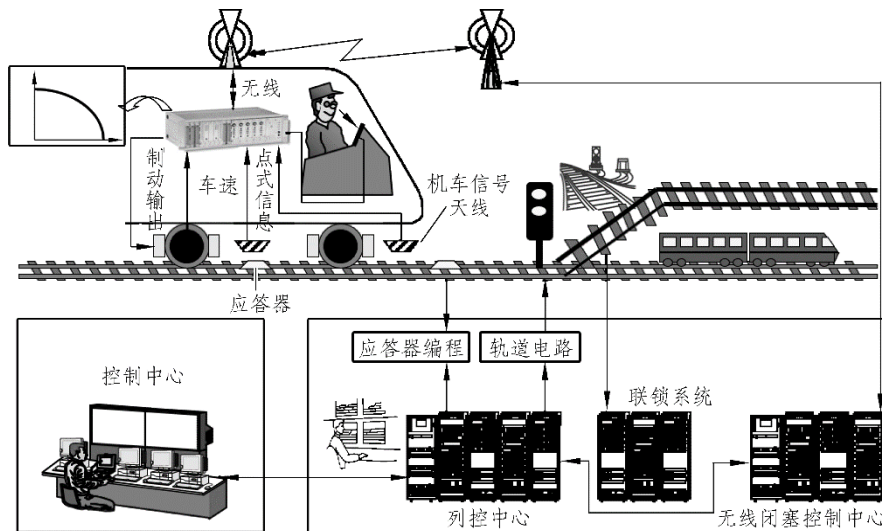


图 1-1-4 列控系统组成

四、列控系统的分类

列车控制系统通过车-地信息传输设备把地面信息传送到车载设备,从而完成对列车运行的自动控制。但是因为采用了不同的设备、不同的技术条件,所以各有各的特点和适用范围。根据不同技术特点和用途,列车运行自动控制系统可按以下方式进行分类。

(一) 根据车-地信息传输通道分类

1. 点式列控系统

点式列控系统采用点式设备(如地面应答器),在固定地点向列车传递控车信息,实现列车安全控制。

2. 连续式列控系统

连续式列控系统的地面控制中心可实时、连续地向车载设备传输控制信息。连续式列控系统地对车的信息传输手段包括轨道电路、轨道电缆(交叉环线)、波导管、漏泄电缆、无线通信等。

3. 点连式列控系统

点连式列控系统兼顾了点式和连续式列控系统的优点,是一种连续式和点式相结合的列控系统。车载设备从轨道电路提供实时的连续信息中得知前方轨道区段的空闲数量、进出站信号开放状态等信息,再根据应答器信息提供的轨道区段长度、坡度和速度等线路数据,控制列车的运行。

(二) 根据控制模式分类

1. 速度码阶梯控制方式

速度码阶梯控制方式,在一个闭塞分区内只控制一个速度等级,即在一个闭塞分区中只按照一种速度判断列车是否超速。阶梯控制方式又可分为出口检查方式和入口检查方式。

(1) 出口速度控制模式曲线,如图 1-1-5 所示。

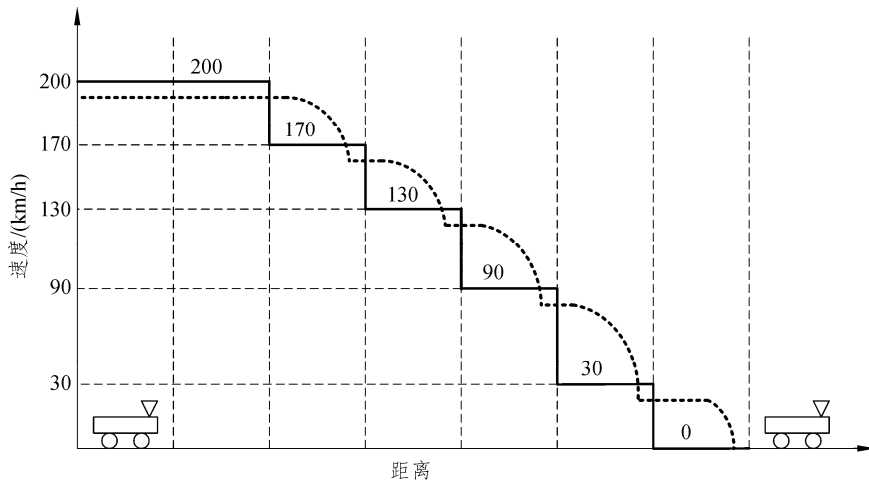


图 1-1-5 出口速度控制模式曲线

出口速度控制方式，给出列车的出口速度值，控制列车不超过出口速度阶梯式实线为速度控制线，粗虚线为列车实际减速运行线，从最高速至零速的列车实际减速运行线为分段曲线组成的一条不连贯曲线组合。

(2) 入口速度控制模式曲线，如图 1-1-6 所示。

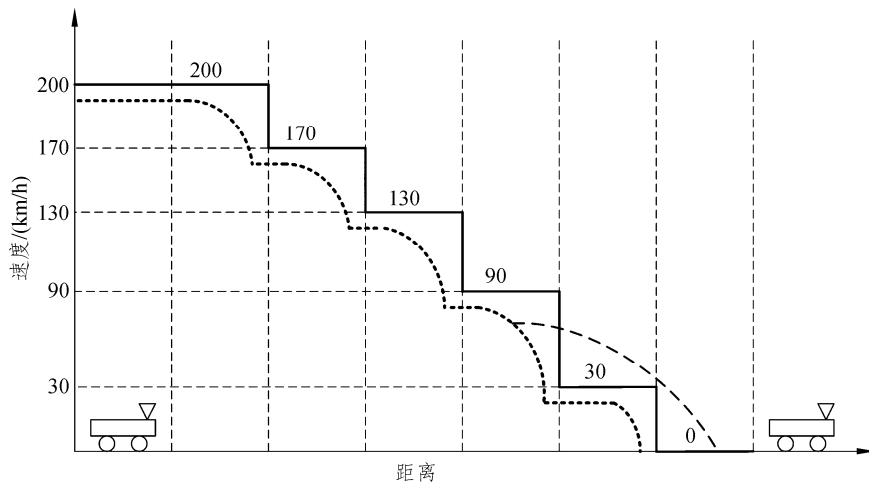


图 1-1-6 入口速度控制模式曲线

入口速度控制方式，给出列车的入口速度值，监控列车在本闭塞分区不超过给定的入口速度值，采取人控优先的方法，控制列车不超过下一闭塞分区入口速度值。考虑万一列车失控，在本闭塞分区的出口即下一闭塞分区的入口处的速度超过了给定的入口速度值，碰撞了速度控制线，即所谓“撞墙”，此时触发设备自动引发紧急制动，此时列车必然会越过第一红灯进入下一闭塞分区，如此必须要增加一个闭塞分区作为安全防护区段，俗称双红灯防护。粗虚线为列车实际减速运行线，从最高速至零速的列车实际减速运行线为分段曲线组成的一条不连贯曲线组合；细虚线为“撞墙”后的紧急制动曲线。

2. 速度-距离模式曲线控制方式

速度-距离模式曲线是根据目标速度、线路参数、列车参数、制动性能等确定的反映列车允许速度与目标距离间关系的曲线。根据制动曲线的形状，速度-距离模式曲线可分为分段速度控制和连续速度控制。

(1) 分段速度控制。

分段速度控制模式是将闭塞分区按照制动性能最差的列车安全制动距离的要求，以一定的速度等级将其划分。一旦这种划分完成，每一列车无论其制动性能如何，其与前行列车的最小追踪距离只与其运行速度、区段划分有关。分段速度控制模式曲线，如图 1-1-7 所示。

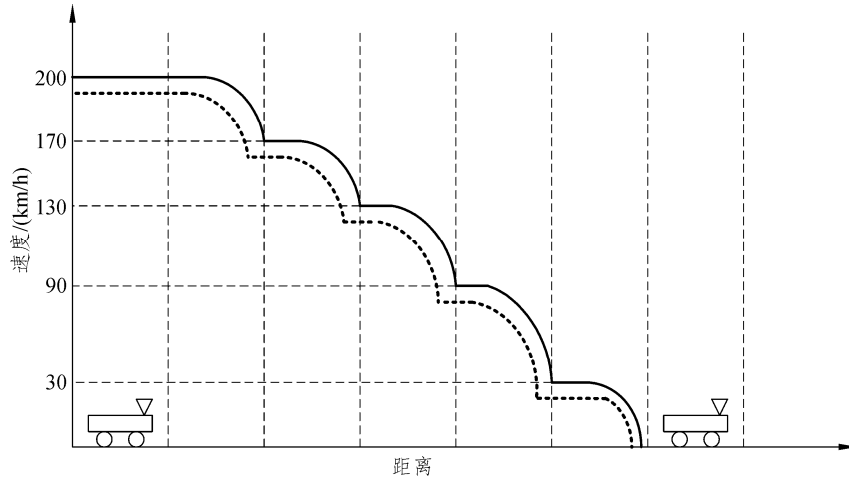


图 1-1-7 分段速度控制模式曲线

(2) 连续速度控制。

连续速度控制模式采用根据目标距离、目标速度的方式确定目标距离-连续速度控制模式曲线，该方式不设定每个闭塞分区速度等级，采用一次制动；以前方列车占用的闭塞分区或限速区段入口为目标点，向列车传送目标距离、目标速度等信息。目标距离模式曲线，如图 1-1-8 所示。

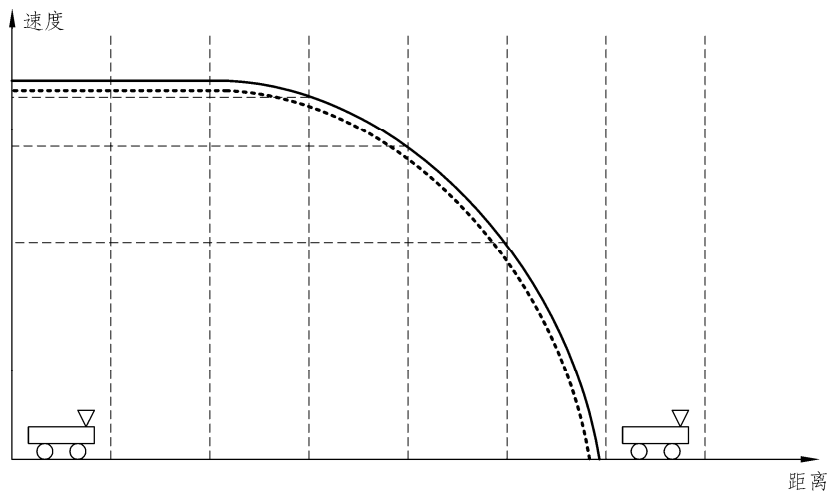


图 1-1-8 目标距离模式曲线

(三) 根据人-机优先等级分类

1. 设备制动优先方式

在设备制动优先方式下，车载设备通过自动触发不同等级的常用制动实现降速过程的自动速度控制；当列车速度低于缓解速度时，车载设备自动停止输出相应等级的常用制动命令，不必司机人工介入。设备制动优先模式如图 1-1-9 所示。

列车运行自动控制系统

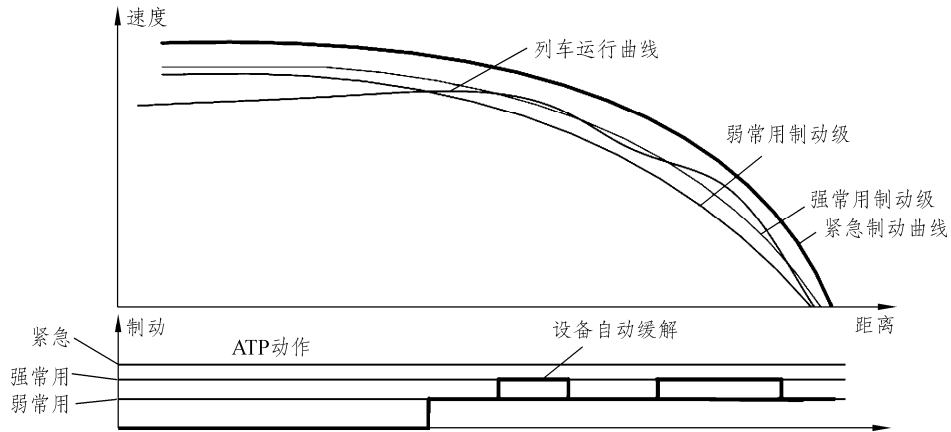


图 1-1-9 设备制动模式

2. 司机制动优先方式

在司机制动优先方式下，司机负责操纵包括降速等环节在内的驾驶全过程；车载设备实施常用制动后，当列车速度低于缓解速度时，车载设备向司机提示允许缓解信息，司机按压缓解按键后，缓解常用制动。司机制动优先模式如图 1-1-10 所示。

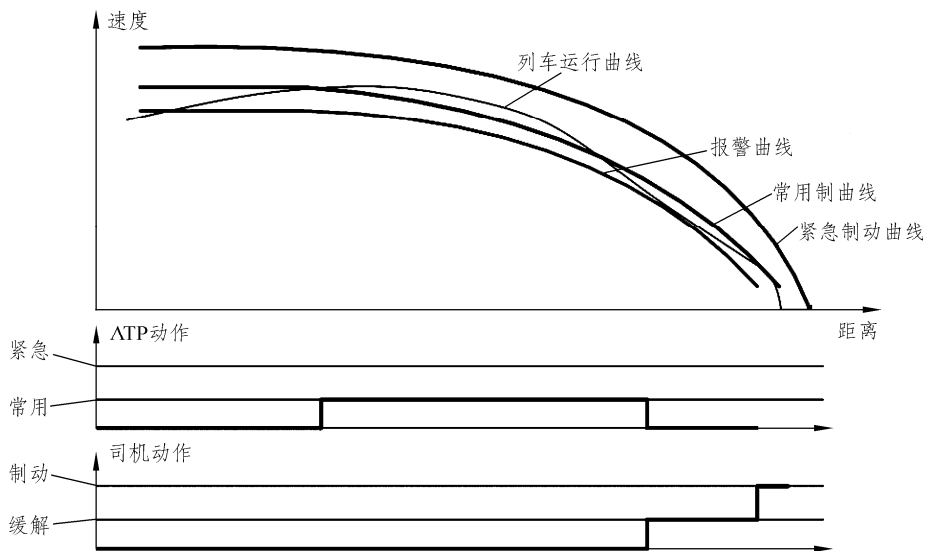


图 1-1-10 司机制动优先模式

五、国外列控系统的应用

西方发达国家在列控系统研究方面已有较长发展历史，比较成功的列控系统主要有：日本新干线 ATC 系统、法国的 TVM300 及 TVM430 系统、德国的 LZB 系统及瑞典的 EBICA900 系统等。

（一）法国列控系统

法国高速铁路 TGV 区段的列控系统，车载信号设备采用 TVM300 或 TVM430，地对车的信息传输以无绝缘轨道电路 UM71 或 UM2000 为基础，该列控系统简称 U/T 系统。

TVM300 系统在 1981 年于巴黎—里昂间首先投入使用，该系统结构简单，造价较低，采用无绝缘轨道 UM71，地对车的信息传输容量仅有 18 个，速度监控是阶梯式的，列车运行间隔一般为 4~5 min。

TVM430 系统在 1993 年于法国第三条北方线高速铁路首先投入使用。列车运行间隔一般为 3 min，列车速度已达 320 km/h。在 TVM430 当中，法国 CS 公司对模拟电路构成的 U/T 系统进行数字化改造。相比模拟电路，数字电路技术使设备结构小型化、模块化。其中，采用无绝缘数字轨道电路 UM2000，数字通信技术使车-地间的信息传输数字编码化，其速度监控方式改为分级速度曲线控制模式。法国 TVM430 系统如图 1-1-11 所示。

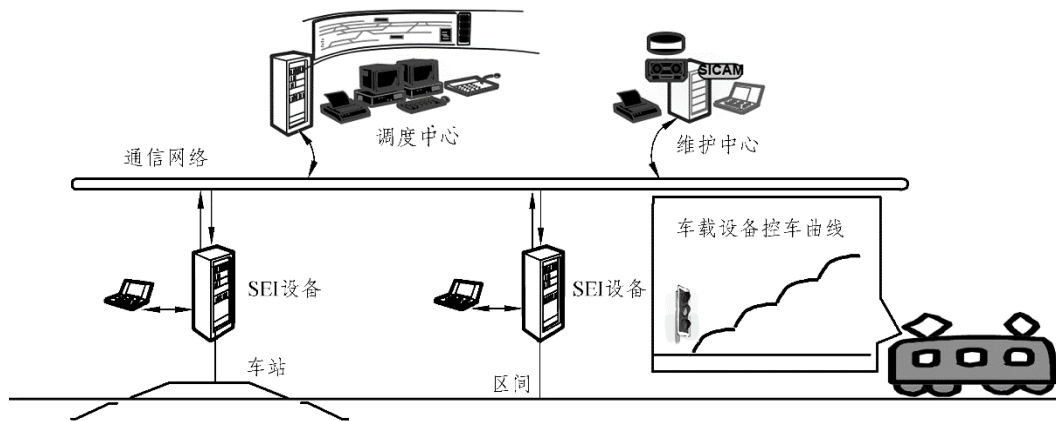


图 1-1-11 法国 TVM430 系统

法国 TVM430 系统的特点：

- (1) 使用无绝缘数字轨道电路向列车发送行车许可。
- (2) 列车制动采用司机控制优先方式。
- (3) 车载设备根据轨道电路信息生成分段连续速度控制曲线。

近年来，法国 CS 公司又开发了计算机联锁（SEI）和列控（ATC）一体化系统，在地中海沿线和海峡—伦敦线投入使用，我国秦沈客运专线也采用了该系统。

（二）日本列控系统

日本于 1964 年开通了世界上第一条高速铁路——东海道新干线。日本新干线现有的 ATC 系统普遍采用阶梯式速度监控，它的制动方式为设备优先的模式，即列控车载设备根据轨道电路传送来的速度信息，对列车进行制动或缓解控制，使列车出口速度达到本区段的要求。

日本东海道新干线，普遍采用 ATC 超前阶梯式速度监控。1991 年，日本铁路开始试验数字式 ATC，亦称 D-ATC，现在东海道新干线上投入使用。日本 D-ATC 系统如图 1-1-12

列车运行自动控制系统

所示。

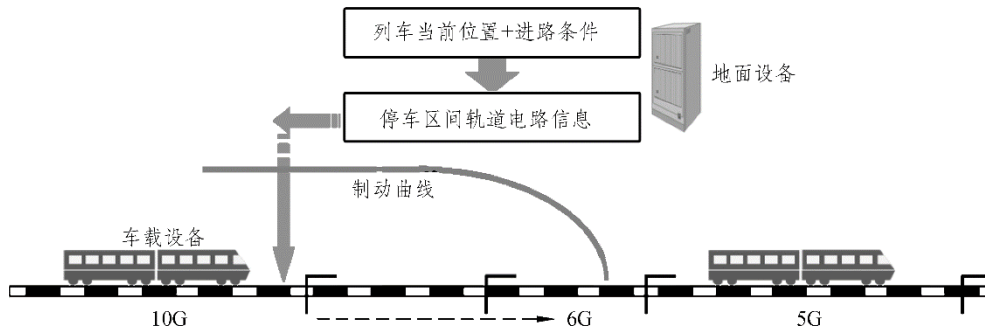


图 1-1-12 日本 D-ATC 系统

日本 D-ATC 系统的特点：

- (1) 使用有绝缘数字轨道电路发送列车位置、目标速度、进路等信息。
- (2) 车载设备采用轨道电路信息和车载设备存储的线路数据生成一次连续速度控制曲线。
- (3) 列车制动采用设备控制优先方式。

数字式 ATC 采用目标距离一次制动模式曲线方式，车载设备根据地面轨道电路传送来的信息和各个开通区间的长度，求取与前方列车所占用区间的距离，综合线路数据、制动性能和允许速度等计算出列车运行速度，若列车接近前方减速点，即生成目标距离一次制动模式曲线。目标距离一次制动模式曲线缩短了制动距离，并可根据列车性能给出不同的模式曲线，提高了运输效率。

(三) 德国列控系统

德国 LZB 系统是基于轨道电缆传输的列控系统，由轨旁设备 LZB L72 和车载设备 LZB 80 构成，所有的固定数据如线路地理参数、局部固定限速等都存储在 LZB 中心。联锁系统向控制中心传送信息显示、道岔设置及其他数据的同时，系统范围内的列车也向控制中心传送它们的特殊数据，如列车长度、列车位置、实际速度等。区间列车占用情况是通过区间轨道电路或计轴设备采集的。根据上述数据，控制中心确定每列列车的最大允许速度，指挥列车运行。该系统是世界上首次实现连续速度控制模式的列控系统，于 1965 年在慕尼黑—奥斯堡间首次运用，德国已装备了 2 000 km 铁路线，1992 年开通西班牙马德里—塞维里亚 471 km 高速线。德国 LZB 系统图 1-1-13 所示。