领域分析报告

轨道信号灯控制系统

**2018**年**10**月

目录

[1 项目要求 1](#_Toc527389607)

[1.1 项目要求概述 1](#_Toc527389608)

[1.2 系统安全性 1](#_Toc527389609)

[1.3 系统可靠性 2](#_Toc527389610)

[1.4 不可间断性 2](#_Toc527389611)

[1.5 系统效率 2](#_Toc527389612)

[2 领域定位 2](#_Toc527389613)

[2.1 列控系统发展与现状 2](#_Toc527389614)

[2.2 CTCS系统 6](#_Toc527389615)

[3 主要术语及解析 8](#_Toc527389616)

[4 系统架构分析 12](#_Toc527389617)

[4.1 铁路系统部门组成 12](#_Toc527389618)

[4.1.1 车务段 12](#_Toc527389619)

[4.1.2 机务段 13](#_Toc527389620)

[4.1.3 工务段 13](#_Toc527389621)

[4.1.4 电务段 14](#_Toc527389622)

[4.1.5 车辆段 15](#_Toc527389623)

[4.2 现有系统架构分析 16](#_Toc527389624)

[4.2.1 既有线列控系统 16](#_Toc527389625)

[4.2.2 CTCS-2系统 17](#_Toc527389626)

[4.2.3 CTCS-3系统架构 19](#_Toc527389627)

[4.3 目标系统架构分析 19](#_Toc527389628)

[4.3.1 系统参与人员 19](#_Toc527389629)

[4.3.2 系统硬件设备 19](#_Toc527389630)

[4.3.3 系统涉及的软件系统 20](#_Toc527389631)

[4.3.4 系统参与组织 20](#_Toc527389632)

[4.3.5 系统各元素关系 20](#_Toc527389633)

[5 系统运行环境 21](#_Toc527389634)

[5.1 车载设备 21](#_Toc527389635)

[5.2 车站信号设备 21](#_Toc527389636)

[6 系统主要流程 22](#_Toc527389637)

[6.1.1 发车出站 22](#_Toc527389638)

[6.1.2 路段运行 22](#_Toc527389639)

[6.1.3 交叉路段与分道口 22](#_Toc527389640)

[6.1.4 路段遇险受阻 22](#_Toc527389641)

[6.1.5 接车进站 22](#_Toc527389642)

[6.1.6 移动自动闭塞 23](#_Toc527389643)

[6.1.7 险情处理 24](#_Toc527389644)

[7 系统用户识别 26](#_Toc527389645)

[7.1 轨道交通信号系统涉及主要人员 26](#_Toc527389646)

[7.1.1 行车调度员 26](#_Toc527389647)

[7.1.2 车站值班员： 27](#_Toc527389648)

[7.1.3 列车驾驶员 27](#_Toc527389649)

[7.1.4 列车维护人员（工单系统） 28](#_Toc527389650)

[7.1.5 轨道维护人员（工单系统） 28](#_Toc527389651)

[7.1.6 系统维护人员 28](#_Toc527389652)

[7.2 用户间交互 28](#_Toc527389653)

[8 系统目标分析 29](#_Toc527389654)

[8.1 轨道交通信号灯管理系统目标 29](#_Toc527389655)

[8.2 系统高可靠性 29](#_Toc527389656)

[8.3 系统安全性 30](#_Toc527389657)

[8.4 提高运行效率 30](#_Toc527389658)

[8.5 提高自动化程度 30](#_Toc527389659)

# 项目要求

## 项目要求概述

轨道信号灯控制系统，通过信号灯来指挥调度列车正常运行。该系统通过信号灯来控制在任何时候，一个行车区间内的列车数量都不能多于设定的容量，且列车之间的距离必须确保在安全距离之外。

系统通过轨道传感器获得列车的行驶速度，通过区段传感器获得列车的进入和退出。区段之间顺序相连。系统由信号灯、信号灯控制器、列车速度传感器、列车位置传感器、区段监护传感器和控制模型组成。

本项目的重点是安全性分析，在保证列车安全运行的前提下，应该尽可能提高列车的运行效率。本项目主要的要求为以下四点：安全性，可靠性，不可间断性，系统效率。

## 系统安全性

安全性是本系统最基本的要求。轨道列车承担着重要的交通运输功能，尤其是客运，对安全性有着相当高的要求。所以，本系统设计的时候，应该以安全性为前提。轨道信号灯控制系统涉及的安全性主要是指列车防止追尾。在轨道列车运输系统中，主要由区间闭塞技术来提供安全保障，防止列车追尾。此外，应该考虑系统出现故障之后，该如何保障列车的运行安全。

简单来说，区间闭塞技术就是将铁路划分为若干线段（区间），然后让同一线路上运行的火车排好队行驶在不同的区间上，也就是说，在同一区间上只可能出现一辆列车，列车是不可能见面的。

传统的自动闭塞技术，一般是通过旁道信号机控制列车的运行速度。这种闭塞方式适用于时速160公里以下的列车，通常使用的技术是三显示自动闭塞。三显示自动闭塞和四显示自动闭塞是指信号有三种显示或四种显示，每个信号机防护一个区间，信号机通过不同的颜色示意列车司机。三显示预告车前方的两个区间运行状态，信号机分为绿，黄，红（黄色为注意信号，司机越过黄灯后开始减速，红灯前停止，故只有两个区间）。四显示预告车前方三个区间的运行状态，信号机颜色分别为绿，黄绿，黄，红（绿黄开始减速，黄灯限速）。

## 系统可靠性

可靠性是指系统在一定条件下无故障地执行指定功能的[能力](https://baike.baidu.com/item/%E8%83%BD%E5%8A%9B/33045)或[可能性](https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%AF%E8%83%BD%E6%80%A7/3411242)，系统可靠性需要从两个方面来考虑：（1）降低系统出现故障的概率，（2）系统出现故障之后，如何及时定位故障与修复。系统的可靠性为系统的安全性提供重要的保障与支撑。

## 不可间断性

项目一旦建成并投入使用，整个系统必须日以继夜地保持正常运行状态。不间断的正常运营意味着除需要优质高效的硬件设备外，还需要有与系统规模相适应的运营管理和运行维护方案。科学且高效的运营管理和运营维护解决方案是轨道交通系统能够常年保持运营状态的重要保障。

## 系统效率

在满足系统安全性的前提下，应该尽可能提高列车的运行效率。对于列车乘客来说，缩短列车运行时间一般可以带来更好的乘车体验，中国铁路系统每逢春运等长假，都会体现出运力不足的问题，这要求在设计控制系统的时候，不得不考虑列车的运行效率。即尽可能的提高列车的运行速度。缩短列车的运行时间。

# 领域定位

## 列控系统发展与现状

**2.1.1中国铁路历史**

中国是自19世纪起，随日本及印度之后第三个修建铁路的亚洲国家。早在1865年，中国的国门在鸦片战争中被英国以炮舰外交打开后，英国商人杜兰德为了向清政府宣传铁路的优越性，在北京宣武门外自资修建了0.5公里长的一小段“展览铁路。虽然在当时的中国仅仅作为了一种展示，但是却让封闭的中国人第一次看见了马车以外的新型交通工具。而中国的第一条真正营运的铁路，是于清朝光绪二年（1876年）由英国怡和洋行擅自铺设的吴淞铁路，全长14.5公里。因当时无论是清政府还是民众对铁路都十分保守顽固，视铁路如洪水猛兽，通车营运一年后（1877年）就被清政府以28万5千两白银赎买，即被拆除。中国的第二条铁路，也是第一条清廷主张兴建的官办铁路、中国的标准轨矩铁路，是光绪七年（1881年）由直隶总督李鸿章下令铺设的唐胥铁路，全长9.2公里。为了将唐山附近开滦煤矿的煤运出去，这是第一条用于货运的铁路，十九世纪后期，英国，法国，俄国，日本等国多次侵入中国，强迫中国与之签定不平等条约，从而在中国的土地上获得各种利益和权利，当中也包括了修筑铁路的“路权”，虽然当时中国面临沦为半殖民地国家，但这段时期中国铁路发展大大加快，在中国铁路史上有着非常重要的意义。中国铁路经过了1865-1911，1911-1949,1949至今三个阶段。

**2.1.2中国铁路发展趋势**

2006年10月1日中国铁路将实施第六次大面积提速。第六次大提速将首次在既有提速干线开行200 km/h动车组，以及120 km/h、载重5000 t货运重载列车。目前正在抓紧提速基础工程改造和机车车辆准备工作，以及修订完善相关规章制度。

至2017年底，全国铁路营业里程达到12.7万公里，比上年增长2.4%。铁路路网密度达到132.3公里/万平方公里，比上年增加3.1公里/万平方公里。全国铁路旅客发送量完成30.84亿人，同比增加2.70亿人，增长9.6%；铁路货物发送量完成36.89亿吨，同比增加3.57亿吨，增长10.7%；总换算周转量完成40419.12亿吨公里，同比增加4047.57亿吨公里，增长11.1%。如此庞大的铁路系统对于安全性的要求自然放在了第一位。在世界范围内，各个国家都在提高铁路安全性的方面进行了大量的研究工，开发了不同的控制系统。

**2.1.3国外铁路控制系统发展**

因为先进的列车运行控制系统与信号，是列车安全、高密度运行的基本保证。集微机控制与数据传输于一体的综合控制与管理系统，是当代铁路适应高速运营、控制与管理而采用的最新综合性高技术。

如美国的先进列车控制系统英文写法为AdvancedTrainControlSystems缩写成叫ATCS，美国的另外一种先进列车控制系统叫ARES。由此推理，欧洲列车控制系统叫ETCS，法国的实时追踪自动化系统叫ASTREE，日本的计算机和无线列车控制系统叫CARAT等等。

近年来，许多国家为先进列车控制系统研制了多种基础技术设备，如列车自动防护系统、卫星定位系统、车载智能控制系统、列车调度决策支持系统、分散式微机联锁安全系统、列车微机自动监测与诊断系统等。世界上许多国家如美国、加拿大、日本和西欧各国都将在20世纪末到21世纪初，已经开始分层次的实施、逐步推广应用这些新技术。

1 ATCS

北美的ATCS（Advanced Train Control System）是70年代末期，由加拿大铁路公司最早提出的，之后又有美国铁路公司参与研究，1984年由美国铁路联合会和加拿大铁路联合会共同宣布建立。

ATCS是一个开放的、模块化的系统，允许用户根据需要选择不同厂家的产品。ATCS可以分成4个层次，用户根据自己的需要来选择系统。

级别10：简单的计算机辅助调度系统，调度员与列车通过无线系统联系，主要进行语音通讯。

级别20：在调度中心与列车间增加了数据通信，调度中心能够获得更多列车上的数据，并且可以直接向列车发送各种指令。

级别30：增加了列车定位设备，控制中心根据每辆列车的位置与速度信息统一的指挥，形成了闭环控制系统。

级别40：在级别30的基础上增加了统一的级交通控制系统，形成了由数据通信网络连接的复杂计算机控制系统，可以提高整个铁路系统的效率。

可以看出，ATCS实质上是采用先进计算机与数字通信技术的闭环分散控制系统。该系统的最大特点是根据铁路中各列车的速度、位置信息精确地调度列车，保障列车安全运行，达到增加列车密度、提高列车速度的目的。ATCS主要由5个功能模块构成：调度系统、通信系统、沿线设备、机车车载设备和线路维修车载设备。

准确测量列车的位置与速度是ATCS得以实现的前提条件。根据线路上应答器给出的位置与列车上速度表显示的速度计算出列车的位置，这是测量列车位置的主要方法。全球定位系统GPS的定位精度更高，但GPS属于美国军事系统，因而ATCS仅采用它作为辅助的定位手段。

除美国研制的ATCS与ARES系统外，其他各国发展高速铁路的国家也都十分重视行车安全与控制系统的开发研究。作为世界高速铁路发展较快的日本、法国和德国，在地面信号设备中，区间设备都采用了符合本国国情的可靠性高、信息量大、抗干扰能力强的微电子化或微机化的不同形式的自动闭塞制式。车站联锁正向微机集中控制方向发展。为了实现高速铁路道岔转换的安全，转辙装置也向大功率多牵引点方向发展，同时开发研究了道岔装置的安全监测系统。在车上，世界各国的高速铁路都积极安装了列车超速防护和列车自动控制系统。

2. ATACS

日本于1995年开始研究ATACS(Advanced Train Administration and Communication System)：ATACS包括3部分：地面控制器与无线通信基站、车载设备、铁路交通管理系统。铁路线被分成若干个控制区间，每个区间内有1个地面控制器和1个无线通信基站。地面控制器的功能包括列车跟踪、列车间隔控制、水平交叉控制和维护工作控制等。无线通信基站与车载移动通信单元交换数据：地面控制器可以获得列车的数据，井根据这些数据来控制列车运行。每个地面控制器都与铁路交通管理系统相连接，将列车情况及时传递到控制中心，由调度人员统一指挥列车运行。无线数字通信是ATACS实现的基础。在铁路沿线，每隔3 km修建一座无线通信基站。为了防止相邻基站之间的干扰， 目前使用了4个通信频率。基站每秒与控制区间内的所有列车通信一次， 数据传输速率为7.2 kb／s。

列车定位方法是，在道床内安装感应线圈，结合速度表来定位。由于列车高速运行时，车轮同时处于滚动与滑动2种状态，因而在需要提高定位精度时，要同时使用转速表与非接触式多普勒速度表。

3. ETCS

欧洲国家多，国土面积小，各国内部的铁路网很密集，而且使用的信号系统标准不统一，给列车的跨国运行带来了大困难。欧盟为了实现欧洲各国铁路互通运营，提出了ETCS (European Train Control System)。该系统的最大特点是提出了ETCS总线，可以与各国铁路系统兼容。 与ATCS相似，ETCS也是模块化系统，本身由一系列开放的协议、技术规范构成，使不同的设备制造厂商都可以参与竞争，为用户提供更大的选择余地，有助于减少改造设备所需的投资。ETCS主要由3部分组成。

（1）EUROCAB，即车载设备。与ATCS的车载设备相同，也包括通信单元、车载计算机、控制与显示单元、传感器、询问器等设备。 与ATCS不同的是，ETCS的车载设备都通过ETCS总线连接，从而使机车与欧盟内部不同国家的铁路系统兼容。

（2）EUROBALISE，地面设备与列车之间传输数据的标准，也是地面设备与ETCS总线的接口标准。目前EUROBALISE有半连续系统EUROLOOP和点式系统EUROTRANSPONDER2种。

（3）EURORADIO，与欧洲干线列车自动防护(ATP)、自动控制系统(ATC)进行数据交换的接口，目前采用900 MHz的GSM—R无线传输标准。

ETCS的实施分为3个阶段：①带速度控制的列车自动防护(ATP)系统，是原来线路上信号设备的补充；②利用线路上的设备来确定列车的位置，实现列车自动控制(ATC)，该阶段还保留原有的信号设备，是新、旧设备的过渡阶段；③利用车载设备来确定列车的速度与位置，实现列车自动控制(ATC)。这时地面信号就可以完全由车载设备取代。

## CTCS系统

我国铁路地域广大、列车种类繁多、提速以后线路允许速度不统一，同为绿灯却有多种速度含义。另外，我国铁路行车主要特点是客货混跑、高低速列车共线运行，这样必然要求客货列车均需装备ATP，从而使得我国发展ATP的难度明显大于国外。 我国铁路实行以地面信号为主、以机车信号为辅的行车方式，对列车运行实行开环控制，依靠司机严守信号保证行车安全。因此，习惯于现有机车信号＋监控装置的控车模式。目前，机车普遍安装的通用机车信号未达到主体化的水平。机车信号基于轨道电路和站内电码化，但轨道电路制式繁多，有的根本不能满足“主体化”的要求，将面临淘汰。信号基础装备薄弱，影响了是我国ATP的发展。GSM－R移动通信系统用于铁路信号、用于ATP系统和铁路综合移动信息平台，技术上有明显优势，产品得到多家厂商的支持，这在欧盟已得到证明。我国GSM-R网络建设还在起步阶段，影响了基于GSM-R的CTCS的实施。我国铁路第六次大面积提速调图推出了一系列重大技术创新成果，铁道部经过深入研究和科学论证，立足于我国技术和设备，参照国际相关标准和经验，提出了符合我国技术政策和铁路运输需要的中国列车运行控制系统CTCS技术体系和总体规划，CTCS是为了保证列车安全运行，并以分级形式满足不同线路运输需求的列车运行控制系统。CTCS的体系结构按铁路运输管理层、网络传输层、地面设备层和车载设备层配置。在我国大力发展CTCS系统以保证列车安全运行，并以分级形式满足不同线路运输需求的列车运行控制系统。

**2.2.1 系统分级**

CTCS根据功能要求和设备配置划分应用等级，分为0～4级。

CTCS-0级(简称C0级)：由通用机车信号+列车运行监控装置组成，为既有系统，适用于列车最高运行速度为120km/h以下的区段。

CTCS-1级(简称C1级)：由主体机车信号+安全型运行监控记录装置组成，点式信息作为连续信息的补充，可实现点连式超速防护功能。适用于列车最高运行速度为160km/h以下的区段。

CTCS-2级(简称C2级)：基于轨道电路和点式应答器传输控车信息，并采用车地一体化设计的列车运行控制系统。面向提速干线和客运专线，适用于各种线路速度区段，地面可不设通过信号机。

CTCS-3级(简称C3级)：基于无线传输信息，并采用轨道电路等方式检查列车占用的列车运行控制系统，点式设备主要传送定位信息。C3级列控系统可以叠加在C2级列控系统上。

CTCS-4 级(简称C4级)：完全基于无线传输信息的列车运行控制系统。地面可取消轨道电路，由无线闭塞中心和列控车载设备共同完成列车定位和完整性检查，实现虚拟闭塞或移动闭塞。

**2.2.2 系统级间关系**

（1）符合CTCS规范的列车超速防护系统应能满足一套车载设备全程控制的运用要求。

（2）系统车载设备向下兼容。

（3）系统级间转换应自动完成。

（4）系统地面、车载配置如具备条件，在系统故障条件下应允许降级使用。

（5）系统级间转换应不影响列车正常运行。

（6）系统各级状态应有清晰的表示。

**2.2.3 系统级间转换**

CTCS车载设备向下兼容，通过系统设计，系统级间切换可以自动完成，级间切换不影响列车正常运行，如既有线提速区段，配置CTCS2级车载设备的列车可以在运行过程中自动完成CTCS1/0级至CTCS2级或CTCS2级至CTCS1/0级的切换。

（1）CTCS级间转换原则上在区间自动转换(不应在进站信号机处转换)，并向司机提供相应的声光警示，由司机按压确认按钮，解除警示。自动转换失效时，司机根据ATP车载设备或LKJ的相应警示信息，手动转换。

（2）CTCS级间转换应分别设置具有预告、执行功能的固定信息应答器。每个运行方向需要单独设置预告点应答器，执行点应答器可与区间固定应答器合用。

（3）在级间转换时，应保证控车权可靠平稳交接。控车权的交接以ATP车载设备为主。

（4）级间转换时若已触发制动，则应保持制动作用完成，司机缓解后，自动转换。

# 主要术语及解析

**轨道信号术语**

1. 信号——在行车、调车工作中，对乘务人员与行车有关人员指示运行条件而规定的物理特征和信号。
2. 铁路信号——铁路运输系统中，保证行车安全、提高区间和车站通过能力以及编解能力的手动控制、自动控制及远程控制技术的总称。
3. 区间信号——铁路区间信号、闭塞及区段自动控制、与远程控制技术的总称。
4. 车站信号——铁路车站信号、联锁及车站自动控制、远程控制技术的总称。
5. 视觉信号——用颜色、形状、位置、显示数日及灯光状况表达的信号。
6. 听觉信号——用音响表达的信号。
7. 固定信号——为防护一定目标，常设在固定地点的信号。
8. 移动信号——临时设置的，可以移动的信号。
9. 机车信号——在司机室内指示列车前方运行条件的信号。
10. 地面信号——山设在地面上的信号机显示的信号。
11. 闪光信号——用周期亮灭的灯光显示的信号。
12. 行车信号——指示列车运行的信号。
13. 调车信号——指示调车车列运行的信号。
14. 进行信号——(允许信号)各种准许列车或调车车列运行的信号。
15. 注意信号——准许列车以准备在前方预定地点停车的速度运行的信号。
16. 减速信号——准许列车以规定的低速通过显示信号地点的信号。
17. 停车信号——(禁止信号)禁止列车或调车车列越过设置信号地点的信号。
18. 绝对信号——调车、列车须无条件遵守的停车信号。
19. 容许信号——准许指定的列车，在自动闭塞通过色灯信号机显示红色灯光、显示不明或灯光熄灭时，不停车限速通过并准备随时能够停车的信号。
20. 接车信号——指示列车进入车站或车场的信号。
21. 发车信号——指示列车驶离车站或车场的信号。
22. 通过信号——准许列车不停车驶过车站的信号。
23. 引导信号——准许列车在信号关闭条件下，按照规定的低速通过该信号机的信号。
24. 预告信号——以——信号机上的显示，预先通知列车运行前方下一个信号机显示状况的信号。
25. 预告信号机——设于主体信号机前方，向列车预告主体信号机显示的信号机。
26. 复示信号——重复主体信号机显示基本含义的信号。
27. 遮断信号——为某种防护目的而设，必要时亮灯，用以指示列车停车的信号。
28. 驼峰信号——为驼峰作业指示运行条件的信号。
29. 推送信号——准许按规定速度向驼峰峰顶推进的信号。
30. 允许预推信号——指示调车车辆向驼峰峰顶推送，但不得越过驼峰信号机的信号。
31. 最大限制信号——任一信号机，在其本身所具备的信号显示中间，对行车限制最大的信号。
32. 最大允许信号——信号机在本身所具备的信号显示中间，对行车限制最小的信号。
33. 敌对信号——按其运行将导致列车或调车车列冲突的信号。
34. 信号显示——信号的示象及其所表达的意义。
35. 显示距离——从列车上，以目力能够连续地清楚辨认信号显示的线路距离。
36. 色灯信号机——用灯光的颜色、数目及亮灯状态表达信号含义的信号机。
37. 透镜式色灯信号机——以凸透镜为集光器的色灯信号机。
38. 高柱信号机——信号机构设于机柱上的信号机。
39. 矮型信号机——信号机构设于建筑接近限界下部的信号机。
40. 进站信号机——指示列车能否进入车站的信号机。
41. 出站信号机——指示列车能否由车站向区间发车的信号机。
42. 线群出站信号机——若干条线路共用之出站信号机。
43. 进路信号机——指示列车能否在站内或从一个车场到另一个车场运行的信号机。
44. 接车进路信号机——对进站列车指示运行条件的进路信号机。
45. 发车进路信号机——对出站列车指示运行条件的进路信号机。
46. 接发车进路信号机——对进站及出站列车指示运行条件的进路信号机。
47. 通过信号机——设于区间分界点(或线路所)，指示列车能否占用前方闭塞分区(或所间区间)的信号机。
48. 主体信号机——直接防护某段线路的行车或调车信号机
49. 从属信号机——预告和复示信号机的总称。
50. 行车信号机——为列车指示运行条件的信号机。
51. 调车信号机——为调车车列指示运行条件的信号机。
52. 驼峰信号机——设于驼峰推送部分，指示车列能否溜放的信号机。
53. 遮断信号机——设于规定的防护地点，平时灭灯不起信号作用，必要时使之点灯，要求列车停车的信号机。
54. 遮断预告信号机——预告遮断信号机显示的信号机。
55. 机车信号机——设于机车司机室内的信号机。
56. 尽头信号机——设于车站股道，进、出口及尽头线处的信号机。
57. 组合式信号机构——用单灯孔灯具进行组装的信号机构。
58. 表示器——对行车人员传达行车或调车意图或对信号进行某些补充说明所用的器具。
59. 进路表示器——指示进站或出站列车运行方向的表示器。
60. 发车表示器——车长通知司机发车用的表示器。
61. 调车表示器——向调车人员表示可否从牵出线向调车区或从调车区向牵出线运行的表示器；
62. 发车线路表示器——在线群出站信号机开放的情况下，补充说明允许某条线路发车所用的表示器。
63. 警冲标——设于两交会线路中间，表示由此点向线路交会方向不得有两辆机车车辆同时侵入的标志。

**轨道区段相关术语**

1. 区间——保证行车安全和必要的线路通过能力，铁路上每隔一定距离（ 10 公里左右）需要设置一个车站，车站把每一条铁路线划分成若干个长度不同的段落，每一段落则称为区间。
2. 分界点——保证行车安全和提高区段通过能力，将铁路线路划分为区间的设备称为分界点。
3. 技术站——办理货物列车技术作业的车站。
4. 区段——两相邻技术站之间的铁路线段，包含若干个区间和分界点。
5. 闭塞——用信号或凭证，保证列车按照空间间隔制运行的技术方法。
6. 空间间隔制——前行列车和追踪列车之间必须保持一定距离的行车方法。
7. 区间闭塞——两分界点间，办理完闭塞手续的区间状态。
8. 半自动闭塞——人工办理闭塞手续，列车凭信号显示发车后，出站信号机自动关闭的闭塞方式。
9. 自动闭塞(Fixed Automatic block System / FAS)——根据列车运行及有关闭塞分区状态，自动变换通过信号机显示而司机凭信号行车的闭塞方法。
10. 二显示自动闭塞——通过信号机具有两种显示，能够预告列车前方一个闭塞分区状态的自动闭塞。
11. 三显示自动闭塞——通过信号机具有三种显示，能够预告列车前方两个闭塞分区状态的自动闭塞。
12. 四显示自动闭塞——通过信号机具有四种显示，能够预告列车前方三个闭塞分区状态的自动闭塞；
13. 闭塞分区——自动闭塞区间，顺向的两个色灯信号机问的铁路线。
14. 信号点——设置通过信号机的地点。

**轨道速度和安全相关术语**

1. 允许速度——列车运行过程中允许达到的最高安全速度。
2. 目标速度——列车到达前方目标点时允许的最高速度。
3. 开口速度——允许列车低速接近行车许可终点的限制值或允许列车以安全方式接近危险点的速度值。常用制动曲线从停车点算起, 紧急制动曲线从行车许可终点或危险点算起。
4. 最限制速度曲线——列车不能超过的最大速度。在所有可变速度曲线中要考虑的最严格速度。
5. 安全距离——停车点与第1个可能的危险点之间的距离。
6. 目标距离——列车前端至运行前方目标点的距离。
7. 目标-距离模式曲线——以目标速度、目标距离、线路条件、列车特性为基础生成的保证列车安全运行的制动模式曲线
8. 目标距离－速度控制——目标距离－速度控制模式根据目标距离、目标速度及列车本身的性能，确定列车制动曲线，采取连续式一次制动模式控制列车运行。
9. 绝对制动距离——追踪列车头部与先行列车尾部之间的距离，该距离必须等于或大于追踪列车的安全制动距离。
10. 设备制动优先——设备能够按照模式曲线自动控制列车减速并确保列车运行安全。设备常用制动后，在满足缓解条件时将自动缓解。
11. 制动曲线——图形化表达在当前的线路坡道、列车制动参数下的列车制动距离。该图通常表示出列车速度对应于距离或时间的变化。根据车载和地面数据以及列车制动参数计算的速度－制动距离曲线。
12. 作用距离——列车能够与某个设备（例如应答器）通信联络的最大距离。
13. 危险点——位于停车点的内方，是允许列车前端到达而不产生危险的最后点。
14. 溜逸——列车意外地向前或向后移动。
15. 行车凭证——列车进入去区间的凭证。
16. 行车许可——列车运行的起始命令，此命令包含列车运行的距离、速度等信息。
17. 行车许可终点（EOA）——允许列车到达的最远位置。
18. 限制性行车许可——当EOA目标速度不为零时，称为限制性行车许可 (LOA)。
19. 行车许可的取消——收回已发出的允许列车运行到指定位置的许可。
20. 调度命令——各级调度在组织指挥日常运输工作中对下级调度或站调， 以及有关人员所发布的有关完成日常运输生产的具体部署和指挥行车工作的指令， 其中必须在调度命令登记簿上登记的称为调度命令，无须登记的称为口头指令。

**轨道控制系统设备相关术语**

1. 应答器——一种用于地面向列车信息传输的点式设备，分为固定（无源）应答器和可变（有源）应答器。
2. 轨道电路——由钢轨线路和钢轨绝缘构成的电路，用于自动、连续检测这段线路是否被机车车辆占用，也用于控制信号装置或转辙装置，以保证行车安全的设备。
3. 安全计算机——满足安全完整性4级（SIL4）要求的控制计算机，是系统硬件和软件的集合。
4. 人机界面——车载设备和司机之间信息交互的装置。
5. 列车速度传感器——轴每转一周产生若干脉冲，用于测速和测距。
6. 列车位置传感器——检测列车位置转并换成可用输出信号的传感器。
7. 列控中心——列车运行控制中心。
8. 调度中心——对多条线路或整体线路进行综合调度的控制中心。
9. 连锁系统——铁路行车指挥自动化控制系统的一个重要组成部分，它按照铁路行车调度计划在值班人员或上级自动化控制系统的操作下实现铁路车站道岔转辙机、信号机、轨道电路等行车设备之间的联锁动作，正确地、高效率地指挥列车运行，同时保障列车通过车站时的安全。

# 系统架构分析

## 铁路系统部门组成

现有铁路部门主要有车务段，机物段，电务段，工务段，车辆段几大部门组成。

### 车务段

1、基本介绍

车务段是铁路行车系统的重要单位之一，负责列车运营控制指挥，车务段管理车站货运等业务，管辖辖区内的各大小车站，货运和客运的计划和收入，列车的运行监控。保证客运、货运的正常运营，指挥列车、机车的运行，保证运营收入的正常回收。一般特等站和一等站是路局直属，与车务段平级；二等及二等以下由车务段管辖。车务段一般内设安全科、技术科、运输调度科、营销科、职工教育科、总务科、劳动人事科、财务科和行政办公室、党群工作办公室等管理机构。

目前全路共有18个铁路局（集团公司），下辖136个车务段

2、系统单位

铁路工种：车站值班员、助理值班员、车站（场)调度员、连结员、制动员。

单位级别：分为铁路局（集团公司）客运处（货运部分由货运处管理）、车务段、二等站、三等站、四等站、五等站。

岗位级别：客运处（货运处）处长、车务段段长（党委书记）、二等站以下各车站站长（党支部书记）。

职称级别：段长、站长、主任、值班主任、值班员、调度、调车区长（调度助理）、调车长、连结员、制动员。

以客运处（货运处）为铁路车务系统最高级单位，下设若干个车务段，车务段管辖若干个一等站及一等站以下的车站。

3、岗位级别

车务段领导层：段长、副段长、科长、副科长。

基层：值班主任、值班员、调度、调车区长（调度助理）、调车长、连结员、制动员。

### 机务段

1、基本介绍

机务段是铁路运输系统的主要行车部门，主要负责铁路机车(俗称“火车头”)的运用、综合整备、整体检修(一般为中修、段修)的行车单位。就是“开火车的”和“修火车的”。属于一线行车单位。机务段一般设置在重要的铁路枢纽城市或重要的货运编组站附近，主要担当旅客列车、货运列车、行包列车或专运任务的动力牵引任务。

中国铁路总公司运输局机务部为铁路机务系统最高级单位，下设各铁路局（公司）机务处，每个机务处下设若干个机务段，机务段下设若干个机务车间、机务折返段；同时还有检修车间、整备车间、设备车间、各职能科室。

2、机务段三种类型

a.客运机务段（以担当旅客列车牵引为主）：如北京铁路局北京机务段（京局京段）；

b.货运机务段（以担当货运列车牵引为主）：如哈尔滨铁路局齐齐哈尔机务段（哈局齐段）；

c.综合机务段（以担当货运列车牵引为主，部分旅客列车牵引为辅）：如沈阳铁路局通辽机务段（沈局辽段

3、机务系统的单位

主要行车工种：机车乘务员（司机、学习司机、地勤司机） 机车钳工，机车电工，制动钳工，内燃机装试工。

管理机制：分为中国铁路总公司运输局机务部、铁路局机务处、机务段、机务运转/检修/整备/监控车间/折返段、班组/指导组。

### 工务段

1、基本介绍

工务段是铁路系统的基层单位，负责铁路线路及桥隧设备的保养与维修工作。铁路巡道，铁路道口的看守，都属于工务段职责范围。

2、工务系统单位

工务工种：线路工、桥隧工、巡道工、看守工、道口工、探伤工。

单位级别：分为中国铁路总公司运输局工务部、铁路局工务处、工务段、线路（桥隧）车间、线路（桥隧）工区。

岗位级别：中国铁路总公司运输局工务部部长、工务处处长、工务段段长（党委书记）、线路（桥隧）车间主任（党支部书记）、线路（桥隧）工区工长（班长）。

职称级别：初级技工、中级技工、高级技工、技师、高级技师。

以铁道部运输局工务部为系统最高级单位，各铁路局工务处为本局工务系统管理单位，下设若干个工务段，工务段下设线路（桥隧）车间，线路（桥隧）车间下设若干个线路（桥隧）工区。线路（桥隧）工区为工务段最基层单位，一般设在车站附近。

### 电务段

1、基本介绍

电务段是铁路系统的一个重要机构，负责管理和维护列车在运行途中的地面信号与机车信号及道岔正常工作的一个单位，通俗点讲，就是负责那个“交通红绿灯”的单位。电务段的职责是维护信号设备使信号正常显示，维护转辙机及道岔使道岔搬动正常，确保列车正常运行。需要说明下，现在的铁通在2000年以前也是电务段的一个重要组成部分，也就是说早期的电务段是由通信和信号2部分组成的。

2、电务系统的单位

铁路工种：信号工

单位级别：分为铁道部运输局电务部、铁路局电务处、段、车间、工区四级。

岗位级别：电务处长、段长（书记）、车间主任（书记）、工长。

职称级别：干部 ：高级工程师、工程师、助理工程师、技术员。

工人 ：高级技师、工人技师、高级工、中级工、初级工。

管理设备：室外设备 分为站内、区间信号机及机构；各种信号设备电缆盒；地下电缆；轨道导接线、引接线；转辙机及道岔；客运专线的应答器。内燃机车，电力机车，动车组运行控制设备。

室内设备为机械室的组合架、电源屏、控制台等（自动闭塞区段在室内还有计算机联锁设备）；客运专线列控设备、CTC和联锁系统等微电子设备。

工作方式：工作人员分为日勤人员和值班人员。

日勤人员：一周五个工作日，节假日休息。工作时由工长分配一日工作安排，一般根据自己所管理的设备进行标准化作业。克服设备缺点及时发现隐患，使设备保持正常运行。

值班人员：以倒班值班为主，职责是监视信号设备运行情况，如发现故障及时报告、处理。

工作单位：以铁道部运输局电务部为铁路电务最高级单位，各铁路局电务处对本局电务系统进行管理，下设若干个电务段（包括通信段），电务段管理车间，车间下设几个工区。工区为电务段最基层单位，一般设在较大的车站，临近划分在工区范围内的小车站为值班车站，设值班人员维护管理信号设备。

### 车辆段

1、基本介绍

车辆段是铁路行车系统的重要单位之一，主要负责列车车辆(不包含机头)的运营、整备、检修等工作。 车辆段同时也是城市轨道交通系统(地铁、城市轻轨)中对车辆进行运营管理、停放及维修、保养的场所。

全路共有18个铁路局（集团公司）、下辖54个车辆段（其中货车车辆段为28个）。

2、系统单位

主要行车工种：客车检车员 货车检车员 车辆钳工 车辆电工 制动钳工 内燃机装试工等

管理机制：中国铁路总公司运输局车辆部、车辆处、车辆段、运用/检修车间/动车所/职能科室、作业班组。

以中国铁路总公司运输局车辆部为铁路车辆系统最高级单位，各铁路局设立车辆处，车辆处下设若干个车辆段，车辆段下设运用（乘务）车间、检修（定检）车间、库检车间、设备车间等。检修、库检等车间等设在段内，负责车辆的定期（周期）检修。运用车间一般设在铁路区段站上，负责过往列车的检查和不摘车修理。

## 现有系统架构分析

### 既有线列控系统

面向120km/h以下的区段:既有线的现状（即CTCS 0级），由通用机车信号和运行监控记录装置构成。

面向160km/h以下的区段:由主体机车信号+安全型运行监控记录装置组成。面向160km/h以下的区段，在既有设备基础上强化改造，达到机车信号主体化要求，增加点式设备，实现列车运行安全监控功能

CTCS的体系结构按铁路运输管理层、网络传输层、地面设备层和车载设备层配置

|  |  |
| --- | --- |
| 铁路运输管理层 | |
| 网络传输层 | |
| 地面设备层 | 车载设备层 |

表 4‑1 CTCS体系结构

* 铁路运输管理层

铁路运输管理系统是行车指挥中心，以CTCS为行车安全保障基础，通过通信网络实现对列车运行的控制和管理。

* 网络传输层

CTCS网络分布在系统的各个层面，通过有线和无线通信方式实现数据传输。

* 地面设备层

地面设备层主要包括列控中心、轨道电路和点式设备、接口单元、无线通信模块等。列控中心是地面设备的核心，根据行车命令、列车进路、列车运行状况和设备状态，通过安全逻辑运算，产生控车命令，实现对运行列车的控制。

* 车载设备层

车载设备层是对列车进行操纵和控制的主体，具有多种控制模式，并能够适应轨道电路、点式传输和无线传输方式。车载设备层主要包括车载安全计算机、连续信息接收模块、点式信息接收模块、无线通信模块、测速模块、人机界面和记录单元等

### CTCS-2系统

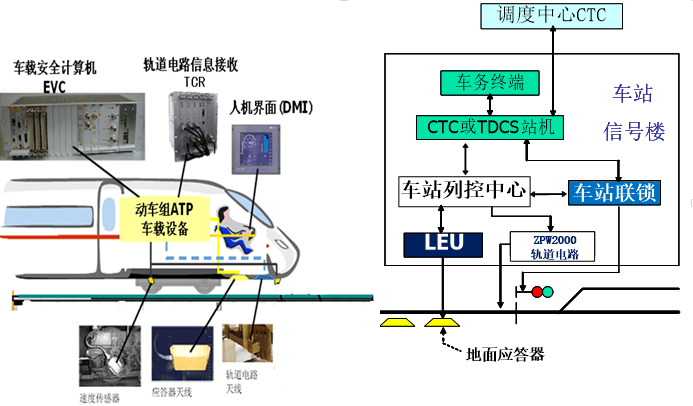


图 4‑1 CTCS-2级列控系统结构

（1）CTCS-2系统总体描述

既有线CTCS-2级列控系统是基于轨道电路加点式应答器传输列车运行许可信息并采用目标距离模式监控列车安全运行的列车运行控制系统（以下简称列控系统）。系统主要由车站列控中心、轨道电路、应答器、车载设备等构成。

车站列控中心根据进路状态、线路参数、限速命令等产生进路及限速等相关控车信息，通过有源应答器传送给列车。

* 采用ZPW-2000（UM）系列轨道电路，按自动闭塞、站内电码化方式，完成列车占用检测、产生列车运行许可并连续向列车传送。
* 采用的应答器应设于各进站端、出站端、区间适当位置及特殊地点，向车载设备传输定位信息、进路参数、线路参数、限速信息等。
* 列控车载设备根据地面设备提供的信号动态信息、线路参数、限速信息及有关动车组信息生成控制速度和目标距离模式曲线，监控列车安全运行。
* 车载设备：车载ATP设备，包括：安全计算机、STM、BTM、DMI、记录单元，机车接口单元，测速单元，LKJ监控装置。
* 地面设备：车站列控中心，轨道电路，轨旁电子单元LEU和有源应答器，区间无源应答器。

（2）CTCS-2工作原理及控制模式

如图所示，实线为目标距离速度监控曲线，从最高速至零的列车速度监控曲线为一条连贯光滑的曲线，虚线为列车实际驾驶速度曲线，列车实际减速运行只要在监控曲线之下就可以了，如果超速碰撞了速度监控曲线，列控车载设备将自动触发常用制动或紧急制动，防止列车超速运行。

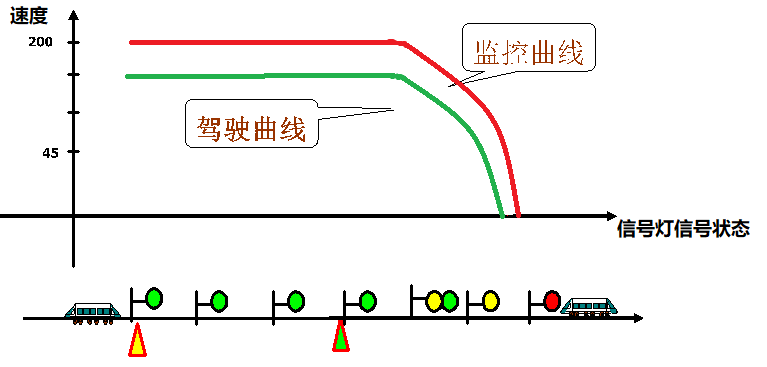


图 4‑2 CTCS-2级列控系统目标距离-速度控制

目标距离－速度控制

列控车载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、线路参数和列车本身的性能计算而定的。

为计算得到速度监控曲线，由轨道电路发送行车许可和前方空闲闭塞分区数量信息，由应答器发送闭塞分区长度、线路速度、线路坡度等固定信息，列控车载设备接收上述信息，通过“前方空闲闭塞分区数量”和“闭塞分区长度”信息，获得目标距离长度，并结合线路速度、线路坡度和对应列车的制动性能等固定参数，实时计算得到速度监控曲线，并监控实际驾驶曲线处于速度监控曲线下方，保证列车安全运行。

### CTCS-3系统架构

CTCS-3级系统是基于GSM-R无线通信实现车-地信息双向传输，无线闭塞中心（RBC）生成行车许可，轨道电路实现列车占用检查，应答器实现列车定位，并具备CTCS-2级功能的列车运行控制系统。

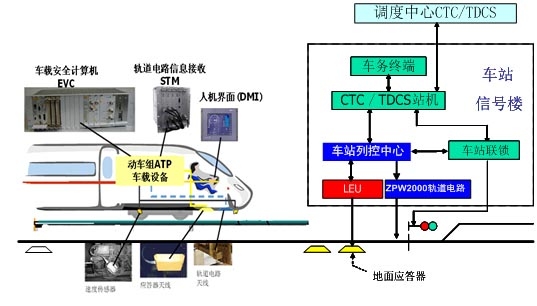
CTCS-3级列控系统包括：无线闭塞中心RBC、GSM-R网络、轨道电路、应答器、列控中心、车载设备等 。

CTCS-3级列控系统相比CTCS-2级列控系统作出了以下提升：

（1）地面设备增加无线闭塞中心RBC、GSM-R无线通信网络；

（2）车载设备增加GSM-R无线通信单元及天线；

（2）车载设备根据RBC的行车许可，生成连续速度控制模式曲线，实时监控列车安全运行



## 目标系统架构分析

### 系统参与人员

领域涉及角色包括：列车司机、行车调度员、铁路信号设备维护人员等。

### 系统硬件设备

领域涉及硬件设备包括：

**车载设备**：

人机界面，车载安全计算机，GSM-R天线，无线接收模块，列车速度传感器，列车距离传感器，车载应答器，应答器天线，应答器处理模块，轨道电路天线，轨道电路处理模块。

**地面设备**：

轨道电路，列控中心，轨旁应答器，联锁系统，无线毕设中心。

### 系统涉及的软件系统

领域涉及软件包括：自动驾驶系统。

### 系统参与组织

组织机构涉及：车务段、机务段、工务段、电务段、车辆段、供电段

### 系统各元素关系

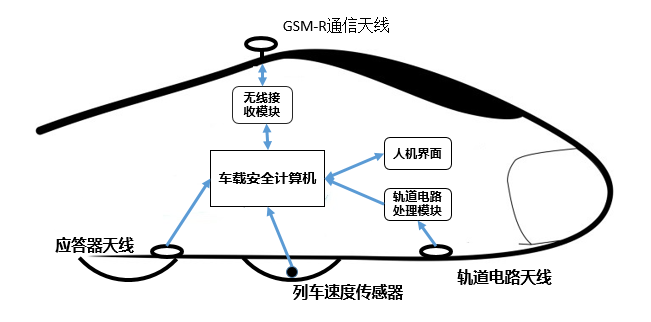


图 4‑3车载设备之间的关系

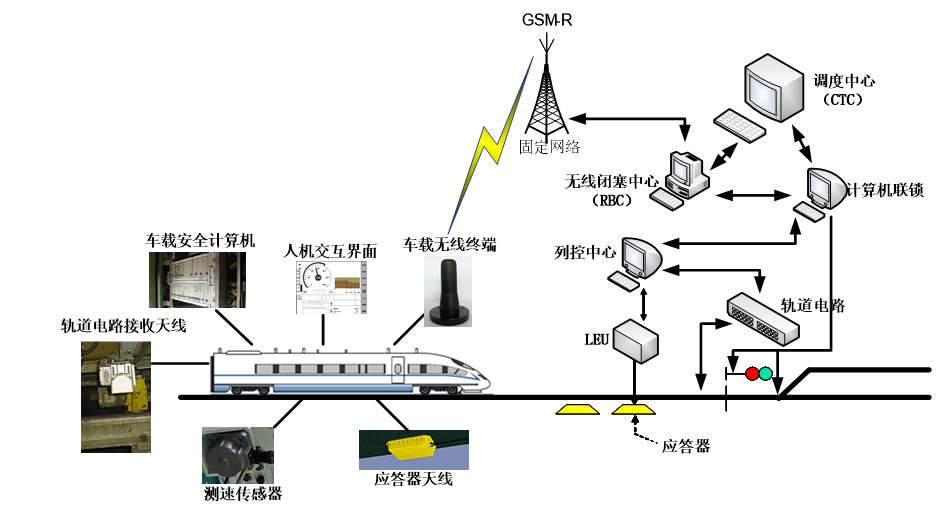


图 4‑4车载设备与地面设备之间的关系

# 系统运行环境

## 车载设备

a) 安全技术平台

需要两套硬件，软件完全一致的安全计算机来作为车载设备的安全技术平台。两套计算机互为备用。

b) 工作温度

-25℃~+70℃(司机室)

-40℃~+70℃(其他位置)

c) DMI

需要Linux操作系统的主控板(GEC210 )，Linux操作系统。

d) 轨道电路

## 车站信号设备

车站信号设备用房应设有电缆井或电缆引入室、防雷分线室、电源机械室、设备安装室等，并应注意提高机房的防尘密闭性能。

信号机械房屋内的环境，应满足防雷、防尘、防潮、防震、防火、防鼠等要求，对温度、湿度要求较高的设备用房应设空调，重要计算机房应设专用机房空调和防静电地板，机房空调应设置防雷保安器，空调设备外壳应按不同防雷区接入相应接地汇集线。 潮湿地区和隧道内的信号设备应考虑相应的防潮和防腐蚀措施。 信号设备用房宜设环境监测设备，并联网实行集中监测。

# 系统主要流程

### 发车出站

（1）请求闭塞：确认区间空闲，向接车请求闭塞，通知注意事项；办理闭塞手续，填写行车日志。

（2）准备进路开放信号：亲自操纵按钮，排列发车进路，并通过光带检查排列正确。（3）发车：

信号机故障时，显示手信号指示发车；

监视列车运行及装载状态；

通知邻站发车时间，填写行车日志；

注视操纵台光带状态变化，确认列车已全部出站。

（3）开通区间：接到邻站通知到达时间，填写行车日志，

### 路段运行

在列车运行过程中，确保铁路信号控制系统的运行正常，使用四显示的自动闭塞方法，通过车辆位置传感器获取列车位置，确定闭塞区间。

### 交叉路段与分道口

同时考虑多方向来车，确定闭塞区间和进入顺序

### 路段遇险受阻

在遇险路段发出警告，阻止车辆进入

会车

### 接车进站

（1）承认闭塞：应确认区间空闲，有接车线路，办理闭塞手续，填写行车日志。

（2）准备进路开放信号：亲自操纵按钮，排列接车进路，检查各种表示正常。

（3）接车：迎接列车，监视列车通过时的装载状态；注视操纵台光带状态变化，确认列车已全部进入站内。

（4）开通区间：通知邻站到达时间，填写行车日志，报点。

### 移动自动闭塞

(1)基本原理

移动自动闭塞系统的基本原理如下图所示，除了车站仍保留了传统的基于轨道电路的联锁设备外(进出站信号机和第一远离信号机)，取消了所有的区间通过信号机。

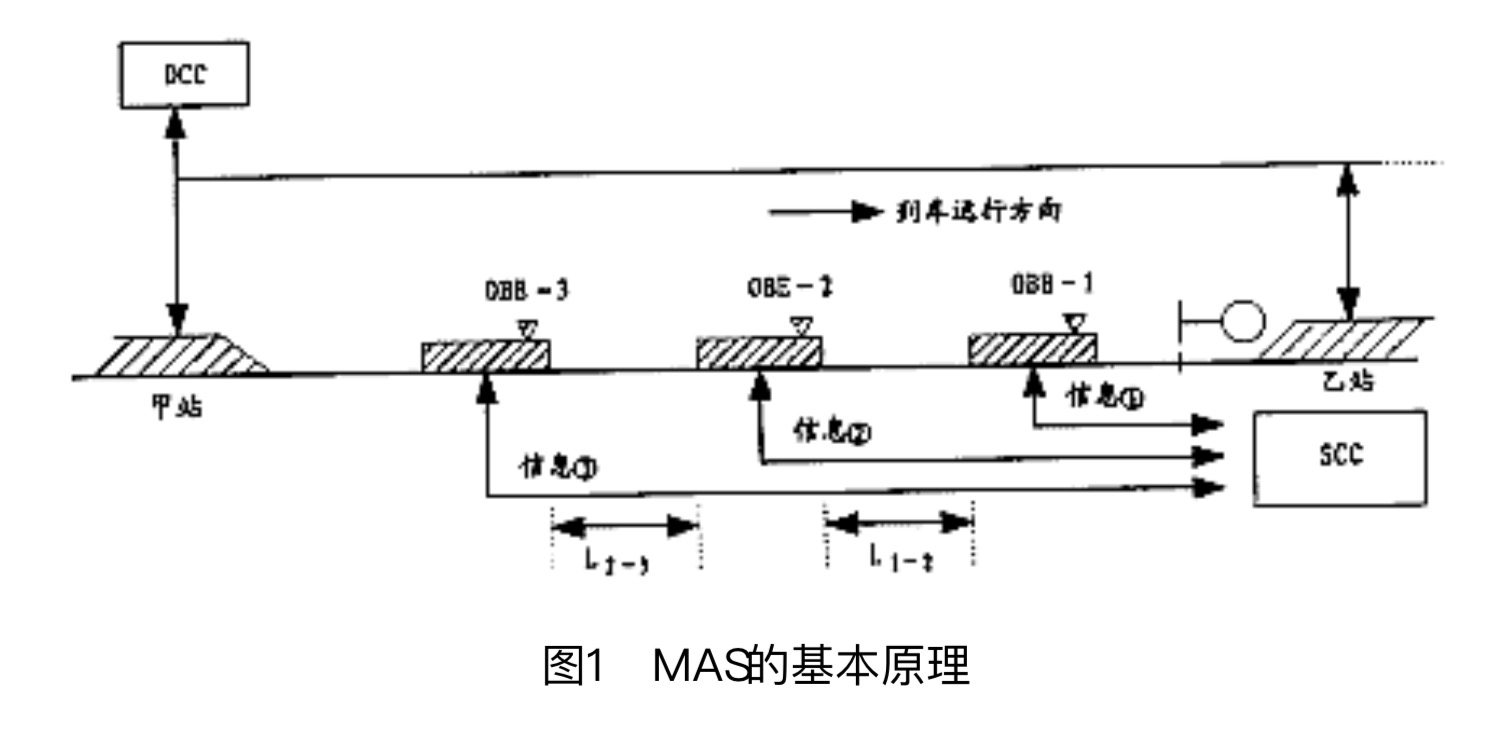
移动自动闭塞系统总体上分为三个层次，由高到低依次为:

• 区段调度层：负责统一指挥整个区段内列车运行

• 车站控制层：根据区段调度层的命令，按移动闭塞原理对列车运行间隔进行控制。和车站联锁设备相联系，为列车进出站安排接发车进路。在紧急情况下，若SCC来不及和 DCC取得联系，它可以直接对列车发送行车命令，以确保行车安全。

• 车载设备层：它按照车站控制层的命令，控制列车安全运行。

车站控制层和区段调整层，以及车站控制层和相邻车站的车站控制层之间的信息交换靠双向有线通信来完成。车站控制层和车载设备层之间，车载设备层与车载设备层之间的信息交换则靠双向无线通信，由此可见，可靠的通信网络对移动自动闭塞系统来说是至关重要的。



上图中，DCC(区段调度层)，SCC(车站控制层)，OBE(车载设备层)。

(2)列车追踪模型

设前行列车与追踪列车的最小间隔为L。

两者的速度、减速度及空走时间分别为v\_1 、v\_2 、β\_1 、β\_2 、t\_1 、t\_2，停车安全距离为ΔL。

在考虑两追踪列车之间的间隔距离时，通常有两种方式，即相对制动方式和绝对制动方式。

相对制动方式

这种方式考虑了在追踪列车制动过程中前行列车的走行距离，这时(1)式中β\_1为前行列车紧急制动减速度，β\_2为追踪列车常用制动减速度。

L=v\_2 (v\_2/(2β\_2 )+t\_2)-v\_1 (v\_1/(2β\_1 )+t\_1)+ΔL (1)

绝对制动方式

这种方式不考虑前行列车的速度，只考虑其位置这时(1)式中β1为无穷大，τ1为0，则两车之间最小间隔距离为。

L=v\_2 (v\_2/(2β\_2 )+t\_2)+ΔL (2)

显然，在相对制动方式下的追踪间隔较短，因此，效率较高，同时，危险性也较大。

另外，这里的L值仅是两车之间的最短距离，其作用仅仅是保证行车安全。为了使追踪列车速度不会因前车速度的正常波动而受到影响，还必须考虑附加的缓冲距离ΔL。ΔL的取值相当微妙，取值过大，则会降低线路的通过能力。取值过小，又会降低列车运行平稳性。而且，ΔL和具体的线路条件及列车条件也有很大关系，不能一概而论。

### 险情处理

(1) 地面设备故障

a) CTCS- 3 控车

列车在尽量靠近故障区段前停车后，司机按照有关行车办法执行。如需越过该信号机，则选择目视行车模式。ATP 在进入目视行车模式后，要确保60 秒内列车进入故障区段。 （具体允许运行速度需照路局相关规定） 的速度运行，运行中根据语音提示 （每隔50 秒或 200 米输出提示音） 按压“确定”键。当列车收到 RBC 的运行许可后，自动进入完全监控模式。应该注意，列车运行在目视模式下，如果司机忘记按“警惕”键，车载设备输出制动，停车后，司机要首先按“警惕”键，再按“缓解”键才能缓解制动。

b) CTCS-2级转CTCS-3级不成功

越过地面级间转换应答器后，DMI无级间转换提示和语音提示。可维持 CTCS- 2 控车，继续运行，同时司机立即向车站值班员、列车调度员报告。

c) 侧线接车时进站有源应答器故障或丢失

侧线接车时通过进站有源应答器时，DMI显示“应答器信息缺失败”或”有源应答器默认”，C2 车载设备触发最大常用制动停车。停车后，司机立即向车站值班员、列车调度员报告。按照运营规则，转目视行车模式或者调车模式行车。

(2) 车载设备故障

a) 车载设备上电自检不通过

系统上电后，DMI一直显示“ATP正启动，请等待”超过2 分钟，没有进入待机模式。确认启动时司机手柄处于非激活位，重新启动，如还不能正常启动，则切换到备用车载设备，并报告车站值班员、列车调度员。

b) DMI黑屏或者白屏 （包括时间不刷新）

DMI黑屏或者白屏，车载设备先触发常用制动，再触发紧急制动。停车后，切换到备用 DMI，重新启动车载设备，并报告列车调度员和车站值班员。

c) 系统故障

DMI显示“ATPCU故障”，“主机与 DMI通信中断”等信息，车载设备触发制动。停车后，重启或切换到备用车载设备，选择 C3 运行，并报告车站值班员、列车调度员。

d) 在CTCS- 3 控车时CTCS- 2 主机故障

DMI显示“CTCS2 故障”。按“确认”键确认故障信息，报告车站值班员、列车调度员。

e) 在CTCS- 2 控车时 CTCS- 2 主机故障

DMI显示“CTCS2 故障”车载设备触发紧急制动。停车后，重启或切换到备用车载设备，选择运行CTCS- 3，并报告车站值班员、列车调度员。

f) BTM 故障

DMI显示“应答器信息接收模块故障”和 ATPCU故障、主机与 DMI通信中断”，车载设备触发紧急制动。停车后，重启或切换到备用车载设备，选择运行，并报告车站值班员、列车调度员。

g) CTCS- 2 控车时TCR故障

DMI显示轨道电路接收模块故障。停车后，重启车载设备。如故障不恢复，司机与车站值班员、列车调度员联系，按调度命令行车。

h) 制动不缓解

在允许信号下，车载设备制动后不缓解，按压“缓解”键无效。重启或切换到另一套车载设备，并报告车站值班员、列车调度员，仍无效时，检查车辆状态。

(3) 其他故障

a) 车载设备异常断电

车载设备异常断电后，DMI黑屏，车载设备触发制动。停车后，重启车载设备并报告车站值班员、列车调度员。

b) 两套车载设备均不能正常工作

两套车载设备多次重启，均无法进入待机模式。如果仍需使列车前行，根据调度命令，将车载设备隔离开关位置隔离位置，车载转入隔离模式，在没有 ATP 防护下移动列车。此时列车运行的安全防护由司机完全负责。

c) 两套DMI同时上电

若两套 DMI设备同时上电，车载设备无法进行待机模式。关掉其中一个DMI的电源，重新启动车载设备。

d) RBC故障、无线通信故障

DMI显示与RBC的连接中断图标，车载设备输出最大常用制动，当速度降到CTCS- 2 控车速度后，自动切换到CTCS- 2 级运行。司机报告车站值班员、列车调度员。

# 系统用户识别

## 轨道交通信号系统涉及主要人员

### 行车调度员

在处于ATS系统自动监控模式下时，信号系统自动向联锁设备下达列车进路命令，列车在ATP的安全保护下由司机按规定的运行图时刻表驾驶列车运行。控制中心行车调度员仅需监督列车和设备的运行状况。每天开班前，控制中心调度员选择当日的行车运行图/时刻表，经确认或作必要的修改，作为当日行车指挥的依据。在处于人工介入模式时，调度员可通过工作站发出有关行车命令，对全线列车运行进行人工干预。调整列车运行计划包括对列车实施“扣车”、“终止站停”、改变列车进路、增减列车等。

### 车站值班员：

车站现地控制模式。除设备集中站其他车站不直接参与运营控制，车站联锁和车站ATS系统结合实现车站和中央两级控制权的转换。在中央ATS设备故障或经车站值班员申请，中央调度员同意放权后，可改由车站现地控制。在现地控制模式下，车站值班员可直接操从车站联锁设备，可将部分信号机置于自动模式状态，也可将全部信号机设为自动模式状态，控制中心行车调度员应通过通信调度系统与列车驾驶员、车站值班员保持联系。

列车出入场和场内的作业均由场值班员根据用车计划，直接排列进路。车场与正线之间设置转换轨，出入场线与正线间采用联锁照查联系保证行车安全。

### 列车驾驶员

（1）ATO自动驾驶模式：

列车启动后，在ATP设备安全保护下，车载ATO设备自动控制列车加速、巡航、惰行、制动，并控制列车在车站的停车位置，开关车门，司机仅需监督ATP/ATO车载设备运行状况。

（2）ATP监督下的人工驾驶模式：

列车启动后，车载ATP设备根据地面提供的信息，自动生成连续监督列车运行的一次速度模式曲线，实时监督列车运行。司机根据ATP显示的速度信息驾驶列车，当列车运行速度接近限制速度时，提出报警；当列车运行速度超过限制速度时，ATP车载设备将对列车实施制动。

（3）限制人工驾驶模式：

司机以不超过车载ATP的限制速度行车，列车运行安全由司机负责，当列车超过该限制速度时，ATP车载设备则对列车实施制动。

（4）非限制人工驾驶模式：

在车载ATP设备故障状态下运用，ATP将不对列车运行起监控作用。列车运行安全由司机、调度员、车站值班员共同负责。司机将根据信号机显示信号

### 列车维护人员（工单系统）

信号灯管理系统应向列车维护人员定期发出维护申请，确保列车内信号联动系统功能完好。在信号灯设备出现故障时，应及时告警并发送相应故障报告给列车维护人员，方便其及时排除故障。系统应将列车故障消息接口提供给列车维护人员现有的工单系统中，方便新建故障工单和工单完成状态更新。

### 轨道维护人员（工单系统）

信号灯管理系统应根据运行线路向对应的轨道维护人员定期发出维护申请，确保区间内信号系统功能完好。在信号灯设备出现故障时，应及时告警，并中断相关路段的列车运行，改为人工干预驾驶模式及调度模式，第一时间发送故障报告及故障设备地点给轨道维护人员，方便其及时排除故障。系统应将信号系统故障消息接口提供给列车轨道人员现有的工单系统中，方便新建故障工单和工单完成状态更新。

### 系统维护人员

（1）网络及硬件设备运维人员：

管理系统定期发送维护申请，并发送日志给运维人员，运维人员根据硬件使用负荷及损耗情况决定是否更换或升级设备。运维人员应得到诸如交换机、路由器、防火墙、DNS等设备的全部管理权限，以方便系统的故障排除。

（2）软件运维人员：

运维人员应得到系统超级管理员权限。

## 用户间交互

列车调度员同列车驾驶员交互：

当轨道设施或车载设施出现紧急状况时；或突发自然灾害导致运行前方中断时，信号灯控制系统应当及时向列车调度员及该线路上所有列车驾驶员发出告警信息，并提示列车调度员与列车驾驶员进行通信，切换列车ATO自动驾驶模式至非限制人工驾驶模式；此时车辆安全应有调度员与驾驶员通过控制系统与通信系统通信共同决定。

# 系统目标分析

## 轨道交通信号灯管理系统目标

1. 确保行车安全，防止追尾和冲突
2. 系统高可靠性
3. 提高运行效率
4. 提高列车运行自动化程度
5. 提高控制系统与先前系统的兼容性及相关系统的兼容性

现有信号灯控制系统从开发到使用至今，已越来越无法满足中国现有轨道交通：速度快、线路密集、发车频次高但高峰时段运量仍然不足等特点。例如中国高铁，在车辆理论最高时速可达605 km/h,实际最高时速可达486.1 km/h的情况下，由于现有信号灯控制系统的局限性，车辆运行时速被严格限制在300 km/h。2011年甬温线高铁列车事故更是为中国现有轨道交通信号灯控制系统的安全性敲响了警钟。

## 系统高可靠性

分为交通系统硬件设备；控制系统软件部分；控制系统硬件部分。

轨道交通系统可靠性直接关乎到广大乘客的生命安全，信号灯系统作为保证列车安全、正点、快捷高密度不间断运行的重要技术设备，在轨道交通系统中有着举足轻重的地位，因此先进的控制系统应对减少因人为失误而造成的安全事故有显著帮助。为保障信号灯可靠性，在轨道系统硬件方面采用冗余设备模式，同一时间的信息分发由无线信号设备和轨道信号设备同时发出和接收，确保信息通畅。在关键节点采取主从设备模式；当主设备出现故障或宕机时，从设备立刻启用并顶替主设备进行数据的计算和信息分发，向控制系统发送定位报告，方便维修人员快速定位故障设备所在地并及时维修。在软件方面，注重软件加密措施，防止外部人员注入攻击或撞库破解得到系统权限；严格控制不同用户的接入权限，确保无关人员无法接入对应系统。在控制系统硬件方面，在电信接入层与服务器间架设防火墙设备，用于防护网络攻击及木马等病毒；控制系统所使用的计算机设备应设立严格数据传输限制，例如：禁用USB存储器、光盘存储器等，防止内部人员将机密信息外泄。

## 系统安全性

轨道交通信号灯控制系统是控制行车安全的重要组成部分。为确保系统运行安全，应减少人为操作因素，而使用计算机控制作为代替。因此，信号灯控制系统应与列车自动控制系统（ATCS）机密配合。由ATS子系统监控列车运行状态, 采用软件方法实现联网、通信及列车运行管理自动化。ATP系统通过车载ATP设备和地面设备进行信息传递，实现列车间隔控制、超速防护及车门控制，保证行车安全。使用ATP系统自动检测列车实际运行位置，自动确定列车最大安全运行速度，实时速度监督实现超速防护。有上诉系统保护，ATO可以安全高效的完成行车任务，大幅度减少人工介入操作，降低人为操作失误能够极大程度上提升系统安全性。

## 提高运行效率

在列车运行速度快速提高、客运量激增的今日，如何在确保列车运行安全的同时提升列车运行效率成为了难点。做好铁路列车行车密度的提升对于铁路信号设备有着严苛的要求。增加铁路列车的行车密度是建立在完善现今的铁路信号设备的基础上的。因此该控制系统在设计时应当加强计算机等各类现代化信息设备在信号灯控制系统中的应用，依靠信息化、自动化的控制手段来更好的做好列车运行的统一调度，最大限度地确保各类资源的合理化调度。信号灯控制系统需要通过提高行车密度将能够使得统一时间内在铁路沿线能够有更多的列车运行其上。随着信号灯控制系统计算能力的提升，列车的安全运行速度也能够得到提升，进而减少列车占用的各项铁路设备，比如说区间、发线的时间等。做好铁路信号设备的建设需要积极引入信息化和自动化技术，不断完善铁路的信号、联锁、闭塞以及通信设备。提高铁路信号设备的信息、自动化程度，为铁路列车的合理化调度、铁路列车运力的提升打下良好的基础。

## 提高自动化程度

现有系统使用基于无线传输信息并采用轨道电路等方式检查列车占用的列车运行控制系统。而在将来应逐步放弃轨道电路方式，而完全依靠无线传输，使用RBC 和车载验证系统共同完成列车定位和完整性检查，实现虚拟闭塞或移动闭塞，从而进一步提升系统的自动化程度，并提高运行效率。