

主要内容

1 列控系统概述 ←

2 列控系统基本原理与组成

3 列车运动学基础



列控系统概述

■ 列车运行控制系统基本概念

■ 列车在静态状态下，意味着安全



■ 列车在动态状态下，意味着危险（即运行状态下）



■ 列车运行控制系统基本概念

■ 对列车的运行进行控制即为列车运行控制

■ 究竟控制哪些内容？

■ 包括：

(1) 运行许可、运行速度、运行方向、运行路径、运行间隔等等

(2) 为了旅客的安全和舒适，还需对列车的加减速度和车门等进行控制

■ 列车运行控制系统：

实现列车运行控制，即保证列车运行安全并提高运行效率的铁路及城市轨道交通专用设备。它通常由向运行中的列车传送各种信息的地面发送设备和使司机了解地面线路状态并控制列车速度的车载设备组成

列控系统概述

■ 列车运行控制技术发展历程

- (1) 地面人工信号→ (2) 地面自动信号→ (3) 机车信号→ (4) 自动停车装置→ (5) 自动列车防护装置

■ (1) 地面人工信号 (该阶段行车安全完全由人来保证)

- 1825年, 世界上首条运营铁路在英国诞生, 为防止列车相撞, 当时采用人工闭塞的办法来控制列车间隔

- 人工闭塞: 依靠人 (信号工) 的眼睛观测行车条件, 并通过人控制的信号给司机传递行车命令

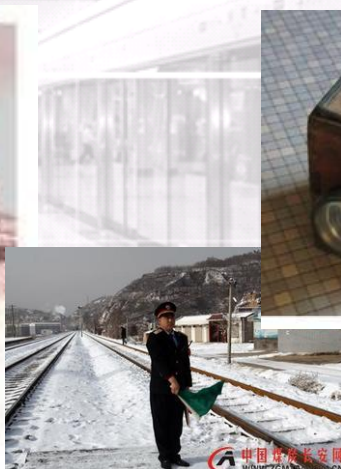


图 1-1-1 信号工



13583720160

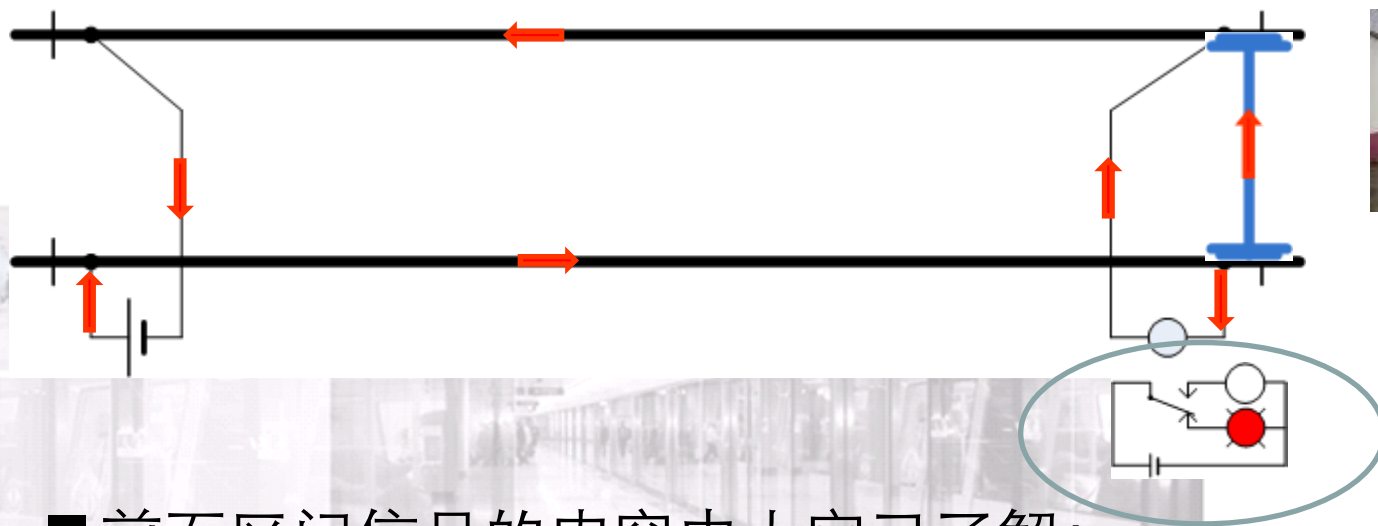


列控系统概述

■ 列车运行控制技术发展历程

■ (2) 地面自动信号

- 1872年，美国人鲁滨逊发明了轨道电路，实现了列车站用钢轨线路状态的自动检查。利用这种自动检查，可实现对地面信号的自动控制，即地面自动信号。



- 前面区间信号的内容中大家已了解：
地面自动信号可分为“半自动闭塞”和“自动闭塞”两种
控制列车运行间隔的方式

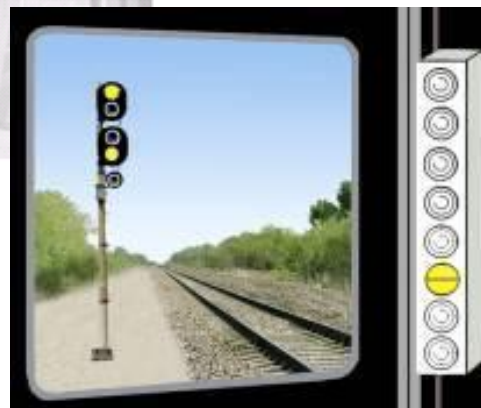
■ 列车运行控制技术发展历程

■ (3) 机车信号

- 地面自动信号方式通过不同颜色的灯光向司机传递行车命令。但在天气恶劣（如大雾、风沙、大雨等）的情况下，司机瞭望前方信号会出现困难，这给行车安全带来了隐患

■ 机车信号：

- 将列车运行前方的地面视觉信号通过技术手段复示到司机室，改善司机的瞭望条件
- 注意：在以地面信号为主体的时期，机车信号只是地面信号的复示，行车的凭证还是地面信号的显示



■ 列车运行控制技术发展历程

■ (4) 自动停车装置

■ 无论地面信号还是机车信号，都只能保证显示正确可靠和提醒司机及时采取措施，但无法防止由于司机失去警惕（如：精神不集中、吃饭、睡觉、错误操作等）而发生危及行车安全的事故

■ 1978年12月16日，一列由南京开往西宁的87次列车，在陇海线杨庄车站内与西安开往徐州的368次拦腰相撞，死亡人数达到106人，重伤47人，客车报废3辆



列控系统概述

■ 列车运行控制技术发展历程

■ (4) 自动停车装置

■ 这是建国以来死伤人数最多，损失最为严重的一次列车事故！

■ 事故原因：

司机和调度员打瞌睡……

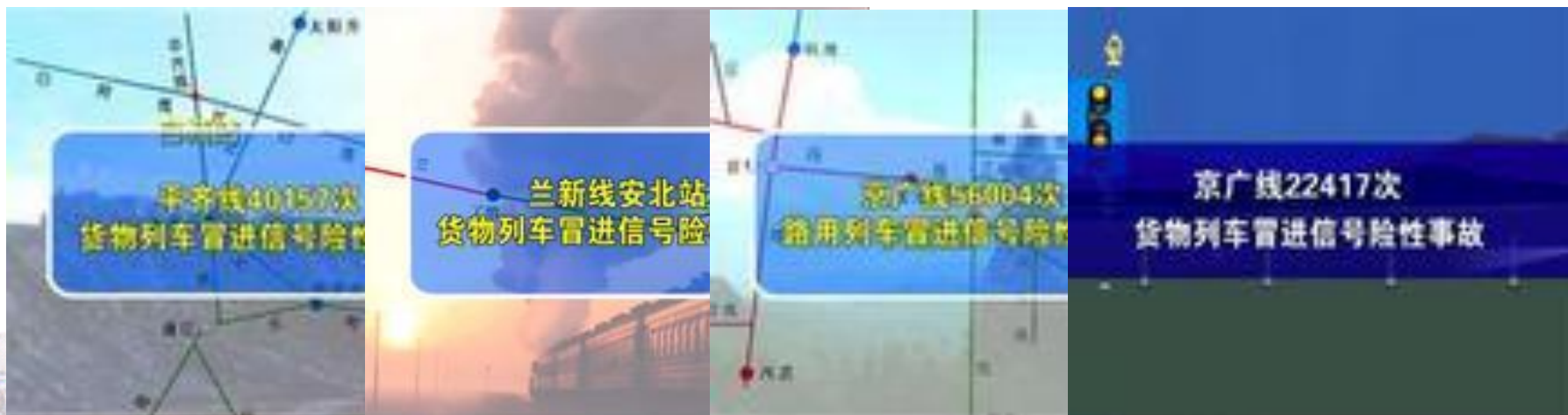


列控系统概述

■ 列车运行控制技术发展历程

■ (4) 自动停车装置

■ 由于没能及时采取措施，造成冒进信号的危险事故频发



■ 自动停车装置功能：

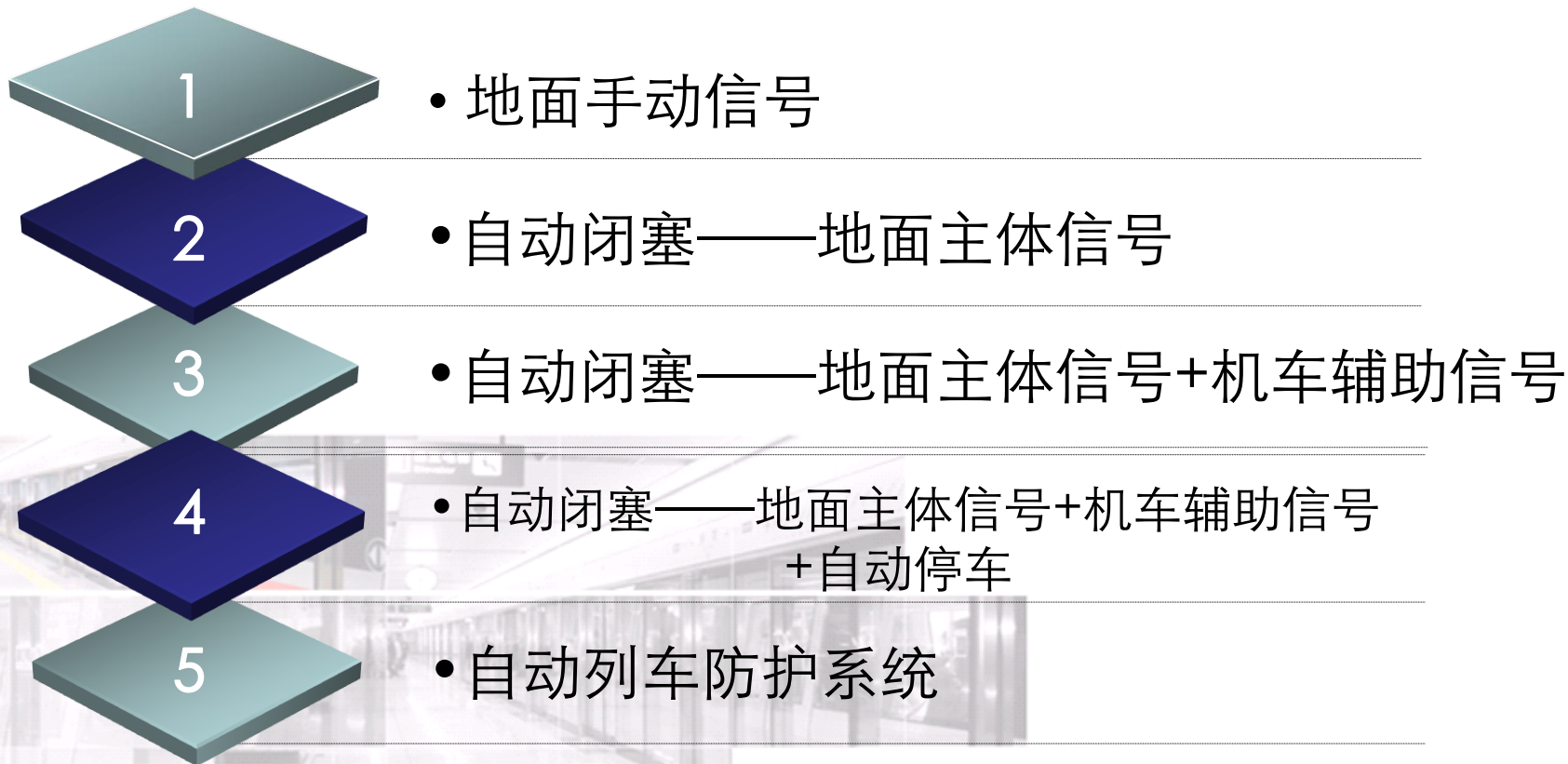
当地面信号的“禁止命令”未被司机接收时就自动实施紧急制动，强迫列车停车

■ 列车运行控制技术发展历程

■ (5) 自动列车防护系统

- 自动停车装置的使用，有效消除了因司机失去警惕而造成的冒进禁止信号的现象，在保证行车安全方面发挥了积极的作用，但是！
 - 1) 自动停车装置存在警惕按钮，司机在不清醒状态下会错误按压警惕按钮，使自动停车装置不起作用
 - 2) 自动停车装置报警频繁，在报警声持续时间内，司机在操纵列车的同时需兼顾按压警惕按钮，这对司机的正常操纵带来影响，进而引起司机的反感，出现违章关闭自动停车装置的现象
- 国际铁路联盟（UIC）734法令推荐，最高时速200km/h以上必须采用带速度监督的连续式自动列车防护系统

- 列车运行控制技术发展历程
- 概括列车运行控制技术的发展历程



■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (1) 铁路

- 2002年，铁道部立项对ETCS技术规范进行研究，并提出发展CTCS的战略目标
- 原则：既兼顾既有设备的现状，也充分考虑未来的发展，避免造成人力物力的浪费和制式的混乱
- 2004年：铁道部发布了“CTCS技术规范总则”、“CTCS-2技术条件”等规范文件

■ CTCS

(China Train Control System)

中国列车运行控制系统

列控系统概述

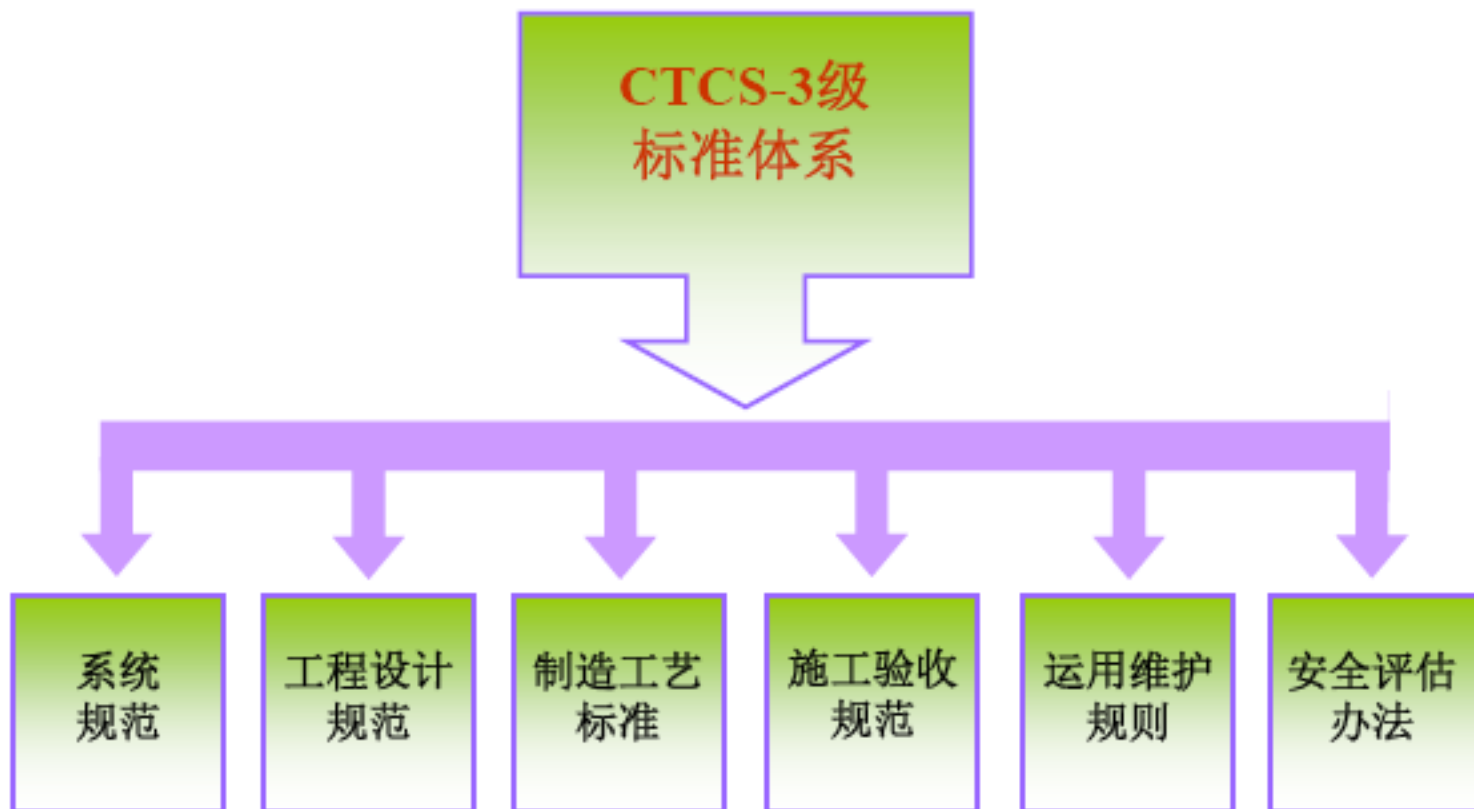
■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (1) 铁路

■ CTC S等级划分：根据功能要求和设备配置分为5级

CTCS-4	➤ 基于无线通信平台传输列控信息，取消轨道电路，实现虚拟闭塞或移动闭塞 ➤ 未来发展方向
CTCS-3	➤ 基于无线通信平台传输列控信息，轨道电路实现列车占用检查 ➤ 用于300-350km/h线路，动车组的追踪间隔缩短至3分钟
CTCS-2	➤ 基于应答器和轨道电路传输列控信息 ➤ 用于200-250km/h线路，动车组的追踪间隔缩短至5分钟
CTCS-1	➤ 主体机车信号+安全型运行监控装置 ➤ 面向160km/h以下既有线改造线路
CTCS-0	➤ 通用机车信号+列车运行监控装置，固定自动闭塞 ➤ 既有线现状

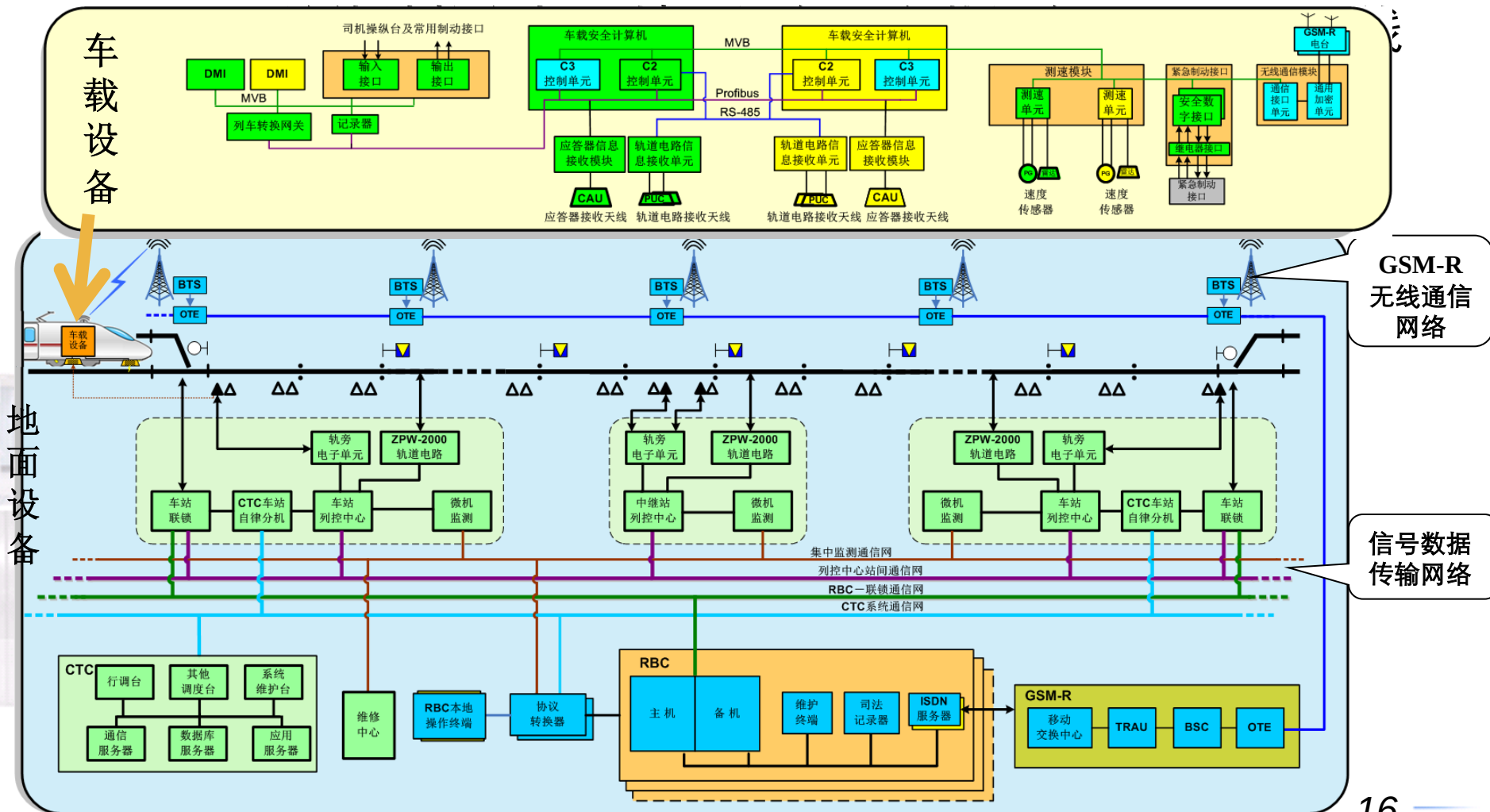
- 我国列车运行控制技术发展现状
- (1) 铁路
- CTC S系统结构（以3级为例）



列控系统概述

■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (1) 铁路



■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (1) 铁路

■ 目前参与CTCS研发的国内主要企业或科研单位



■ 我国列车运行控制技术发展现状

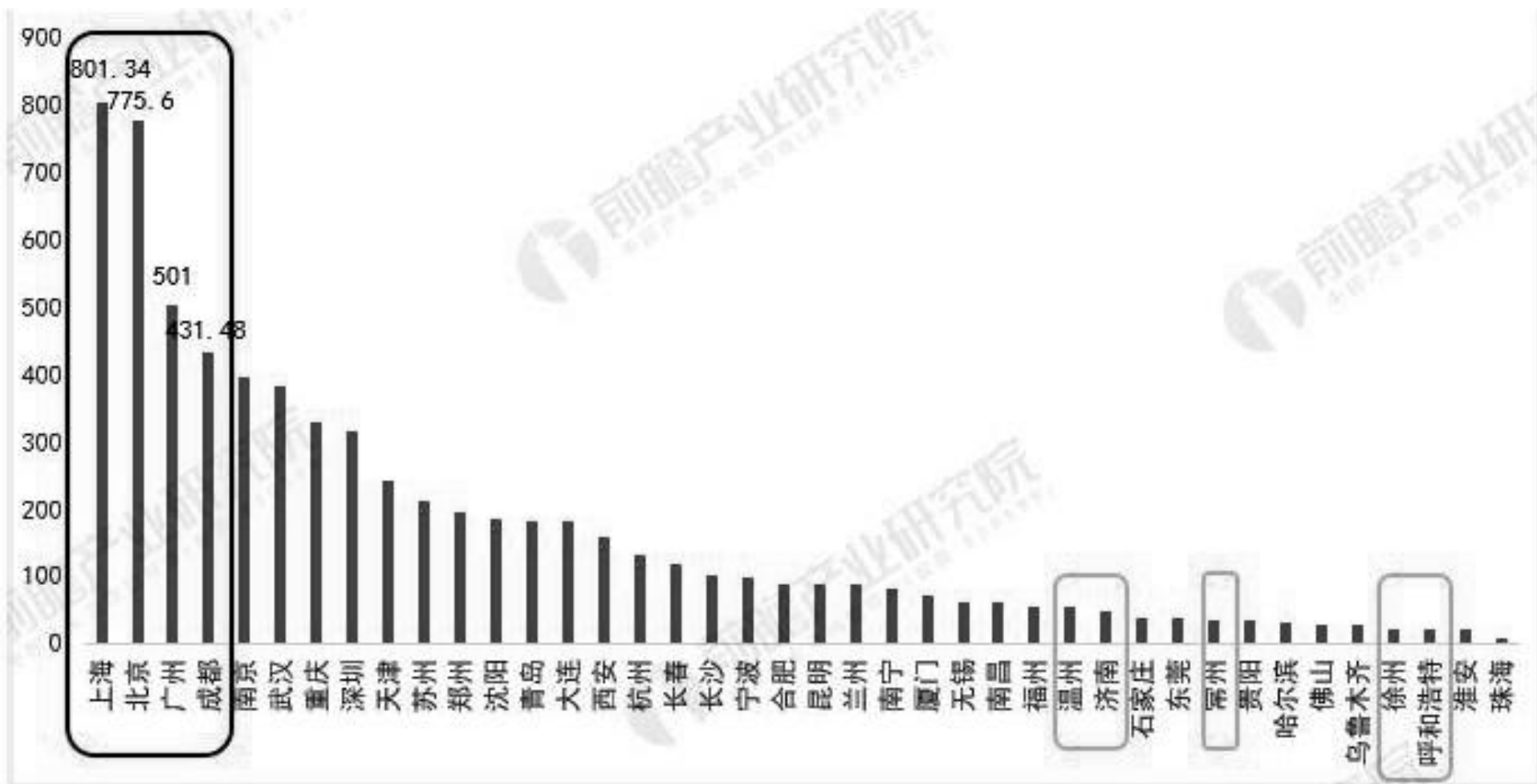
■ (2) 城市轨道交通

- 随着城市化进程的加快，城市“出行难”的社会问题越来越突出，在“以人为本，公交优先”方针指引下，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
- 根据中国城市轨道交通协会数据，截至2019年底，中国内地累计有40个城市开通城轨交通运营，运营线路达到6730.27公里
- 嘉兴市近年提出“硕博人才倍增计划”，一方面吸引人才来嘉建设，同时也是吸引常驻人口的一种重要举措
(达到一定人口体量才能建设城市轨道交通)

列控系统概述

■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (2) 城市轨道交通



- 我国列车运行控制技术发展现状

- (2) 城市轨道交通

- 城市轨道交通的列车运行控制

- 列车自动控制系统 (ATC, Automatic Train Control)

↓ 包括

列车自动防护系统 (ATP, Automatic Train Protection)

列车自动监控系统 (ATS, Automatic Train Supervision)

列车自动驾驶系统 (ATO, Automatic Train Operation)

- 如果从安全防护的技术角度进一步细分, ATC又可分为:

- (1) 速度码控制的固定闭塞系统;

- (2) 基于目标距离控制的准移动闭塞系统;

- (3) 基于通信的列车控制 (CBTC) 系统

■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (2) 城市轨道交通

■ 目前，我国大多数城市所采用的ATC大多是靠国外进口的，但在国家相关部委和地方政府的支持下，ATC的国产化也取得了很大的进展

■ 国内主要研发单位：

全路通通信信号设计院

铁道科学研究院

北京交控科技有限公司

浙大网新科技股份有限公司

卡斯柯信号有限公司

上海富欣智能交通控制有限公司

■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (3) 高速磁浮交通系统

■ 上海磁浮列车示范运营线起源于德国常导磁悬浮技术和德国TVE试验线

年份	发展事件
1922年	德国人赫尔曼-肯佩尔提出了电磁悬浮原理，并在1934年获得世界上第一项有关磁浮技术的专利
1971年	第一辆磁浮原理车MBB和一段660m试验线在德国投入试验运行
1975年	Thyssen Henshel公司在卡塞尔的工厂试验线上率先实现了长定子同步电机驱动磁浮车试验运行
1976年	汉堡国际交通博览会上，一段900m长的TR磁浮铁路示范线顺利展出，并按时刻表运送了5万名参观者
1993年	TR07型磁浮列车在德国TVE试验线上达到最高速度450km/h

■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (3) 高速磁浮交通系统

年份	发展事件
2000年	中国与德国合作进行中国高速磁浮列车示范运营线的可行性研究
2001年	上海高速磁浮示范线正式开工建设，同年，国家科技部立项开展我国高速磁浮长大干线适用性研究和关键设备国产化研究

- 经过“十五”至“十二五”三个五年计划的研究，我国基本掌握了德国常导高速磁浮交通系统的关键技术，并已研制出大量试验样机和国产化设备
- “十三五”，我国开始开展面向时速600km/h高速磁浮关键技术的研究，由中车集团青岛四方车辆厂牵头主持，[同济大学](#)参与（[佘老师](#)参与子课题：城市轨道系统安全保障技术）

- 我国列车运行控制技术发展现状
- (3) 高速磁浮交通系统
- 参与我国高速磁浮运行控制系统国产化研发的单位

同济大学

北京交通大学

电子科大

中国电子科技集团公司第32所

上海宝信软件股份有限公司

.....

■ 我国列车运行控制技术发展现状

■ (3') 中低速磁浮交通系统

■ 一种中运量的城市轨道交通解决方案，“十三五”期间主要进行面向200km/h以下的运行控制相关关键技术的研究

■ 目前中低速磁浮交通系统的建设现状

■ 长沙：机场线2016年5月6日建成通车（商用）

■ 北京：S1线一期2017年12月31日建成通车（商用）

■ 清远：磁浮旅游线计划在2020年10月建成通车（商用）

■ 上海：临港中低速磁浮试验线

■ 株洲：中车集团株洲车辆厂中低速磁浮试验线

■ 唐山：中低速磁浮试验线

■ 青城山：早期420m试验线

主要内容

1 列控系统概述

2 列控系统基本原理与组成 ←

3 列车运动学基础

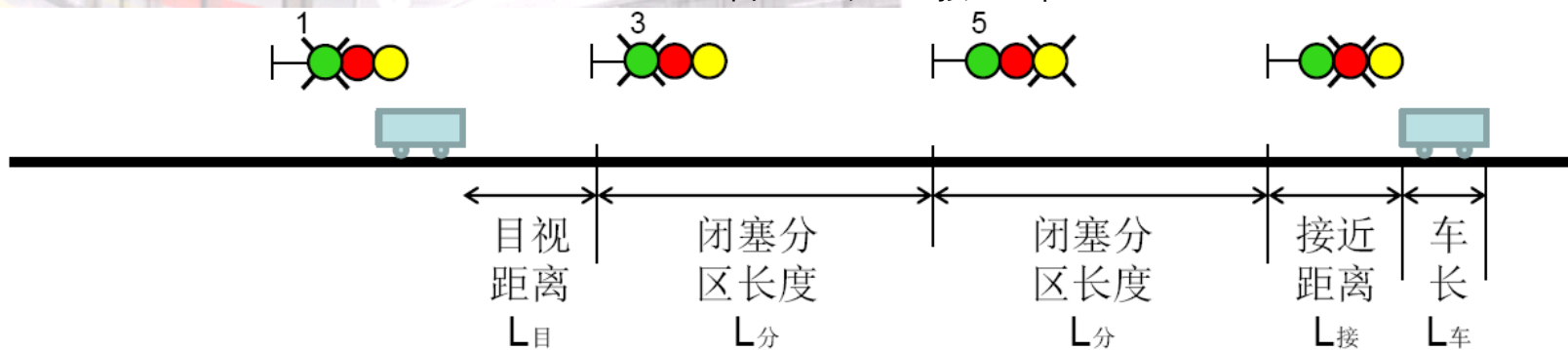


■ 行车闭塞

- 有关于闭塞的概念，行车间隔的方法（时间间隔法、空间间隔法），闭塞的分类（人工闭塞、半自动闭塞、自动闭塞）等内容在前面区间信号的内容中都已经涉及
- 不同闭塞方式的追踪间隔在前序课程《轨道交通信号控制概论》中已经有所讨论
- 对于三显示自动闭塞

最小间隔距离： $L = L_{\text{目}} + 2L_{\text{分}} + L_{\text{接}} + L_{\text{车}}$

最小追踪间隔时间： $T = L/v = (L_{\text{目}} + 2L_{\text{分}} + L_{\text{接}} + L_{\text{车}})/v$ （ v -列车平均运行速）

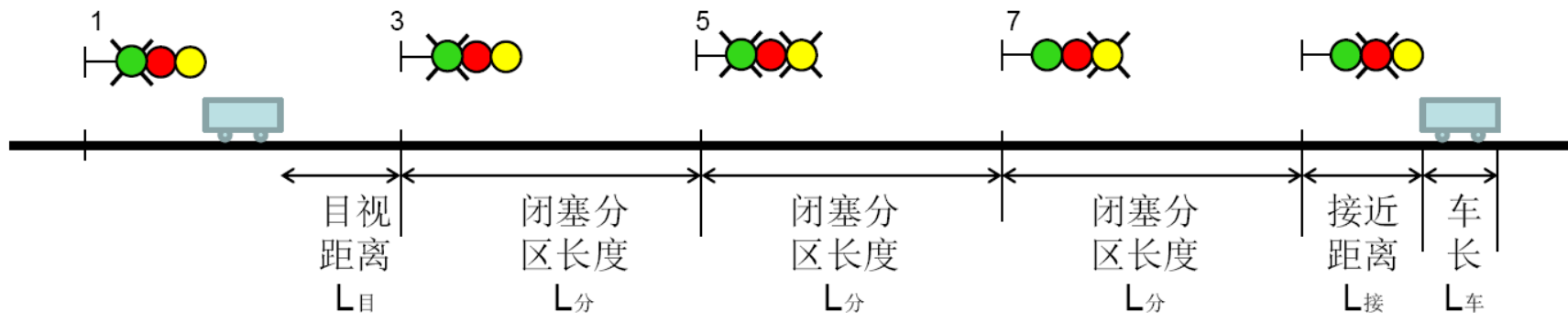


■ 行车闭塞

■ 对于四显示自动闭塞

最小间隔距离: $L = L_{\text{目}} + 3L_{\text{分}} + L_{\text{接}} + L_{\text{车}}$

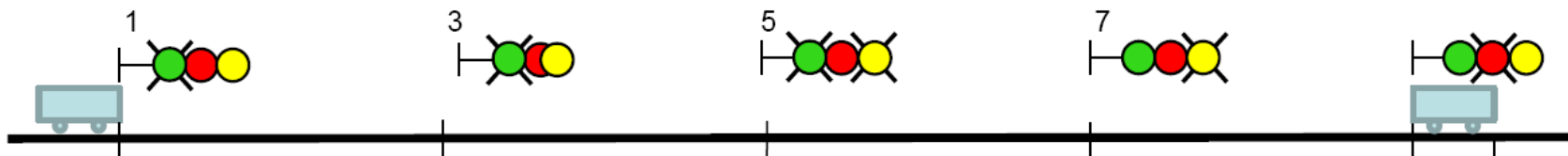
最小追踪间隔时间: $T = L/v = (L_{\text{目}} + 3L_{\text{分}} + L_{\text{接}} + L_{\text{车}})/v$



■ 或考虑列车始终处在绿灯下运行

最小间隔距离: $L = 4L_{\text{分}} + L_{\text{车}}$

最小追踪间隔时间: $T = L/v = (4L_{\text{分}} + L_{\text{车}})/v$



■ 行车闭塞

■ 对于多显示自动闭塞

最小间隔距离: $L = L_{\text{目}} + (n-1)L_{\text{分}} + L_{\text{接}} + L_{\text{车}}$

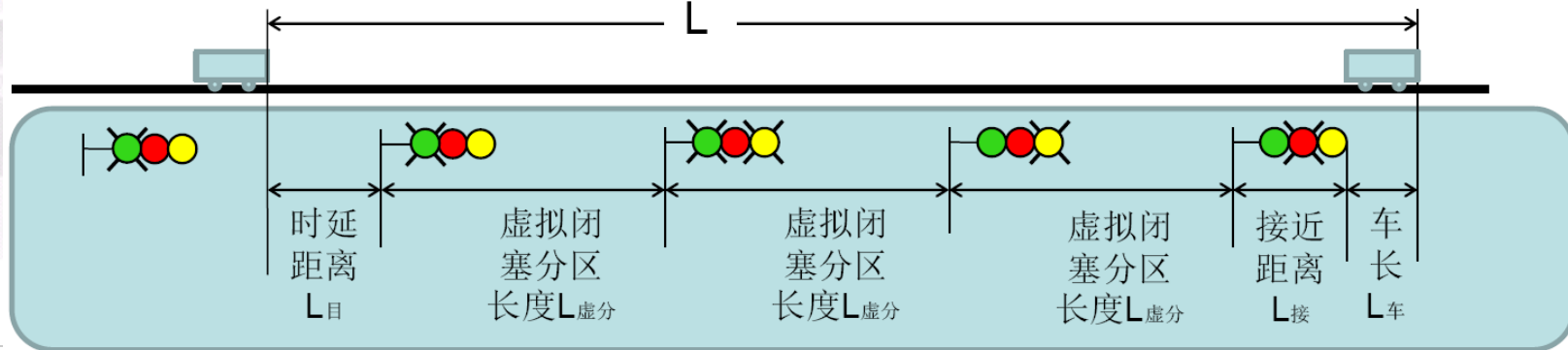
最小追踪间隔时间: $T = L/v = (L_{\text{目}} + (n-1)L_{\text{分}} + L_{\text{接}} + L_{\text{车}})/v$

■ 或考虑列车始终处在绿灯下运行

最小间隔距离: $L = nL_{\text{分}} + L_{\text{车}}$

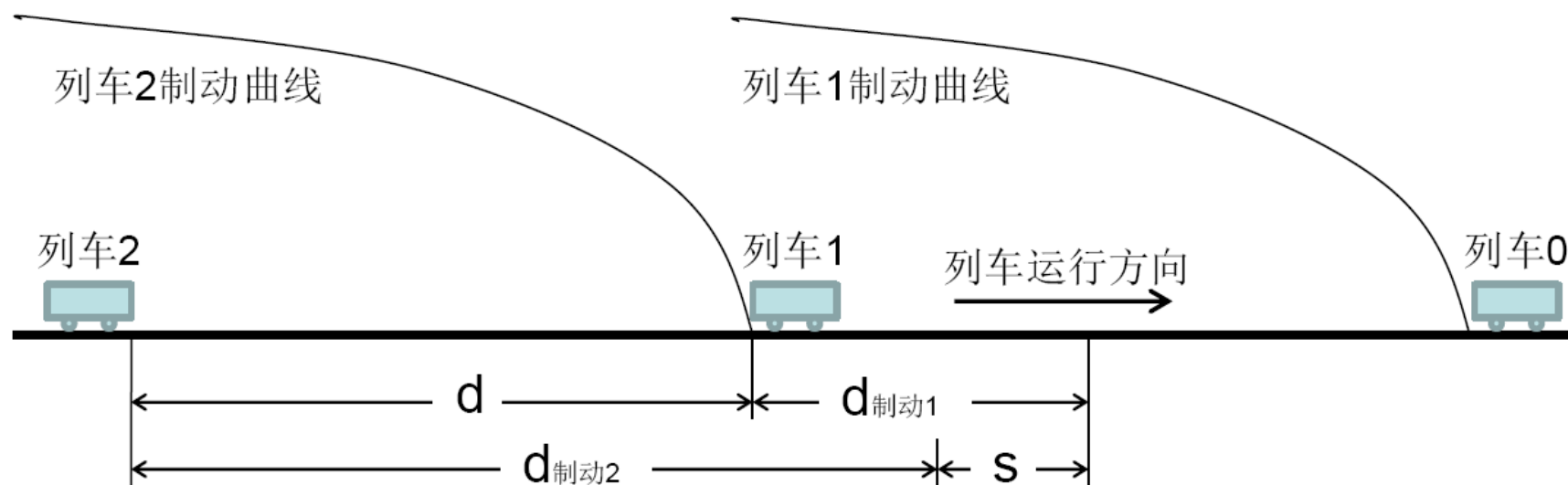
最小追踪间隔时间: $T = L/v = (nL_{\text{分}} + L_{\text{车}})/v$

■ 对于虚拟闭塞, 就是将实际分区长度改为虚拟闭塞分区长度, 将目视距离改为列车位置识别时延距离, 其它与实体闭塞计算方法相同



■ 行车闭塞

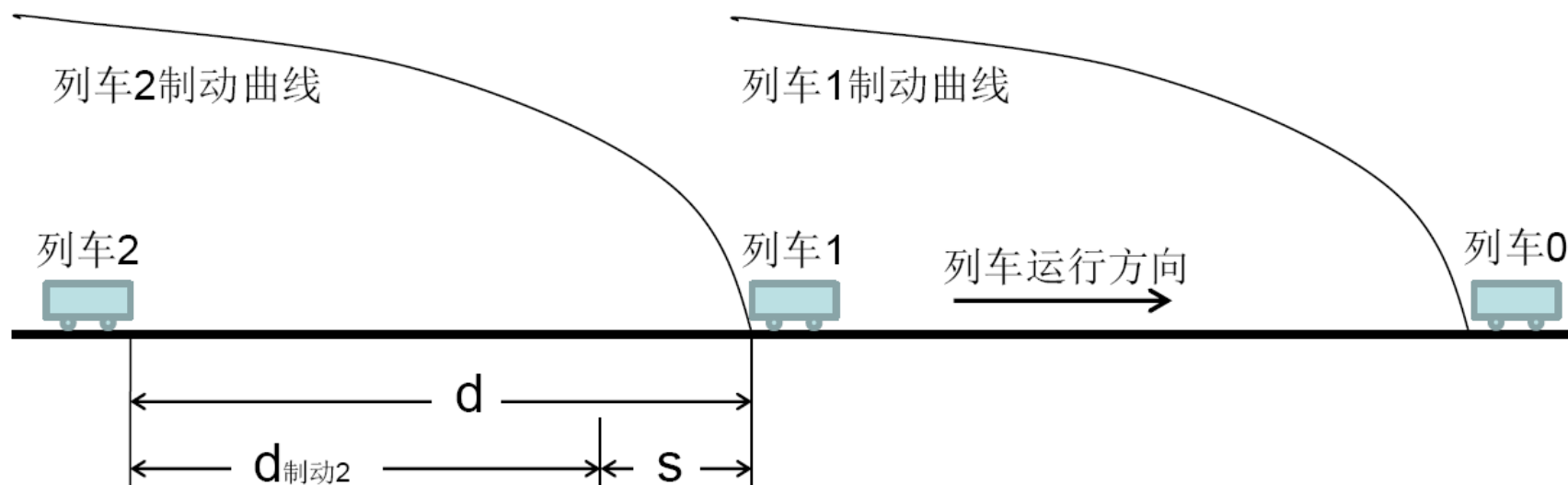
- 对于移动闭塞，如果考虑前方列车以同样速度平行运行，即“撞软墙”



- 最小间隔距离： $L = d + L_{\text{车}} = d_{\text{制动}2} - d_{\text{制动}1} + s + L_{\text{车}}$
最小追踪间隔时间： $T = L/v = (d_{\text{制动}2} - d_{\text{制动}1} + s + L_{\text{车}})/v$

■ 行车闭塞

- 对于移动闭塞，如果考虑前方列车0速度，即“撞硬墙”



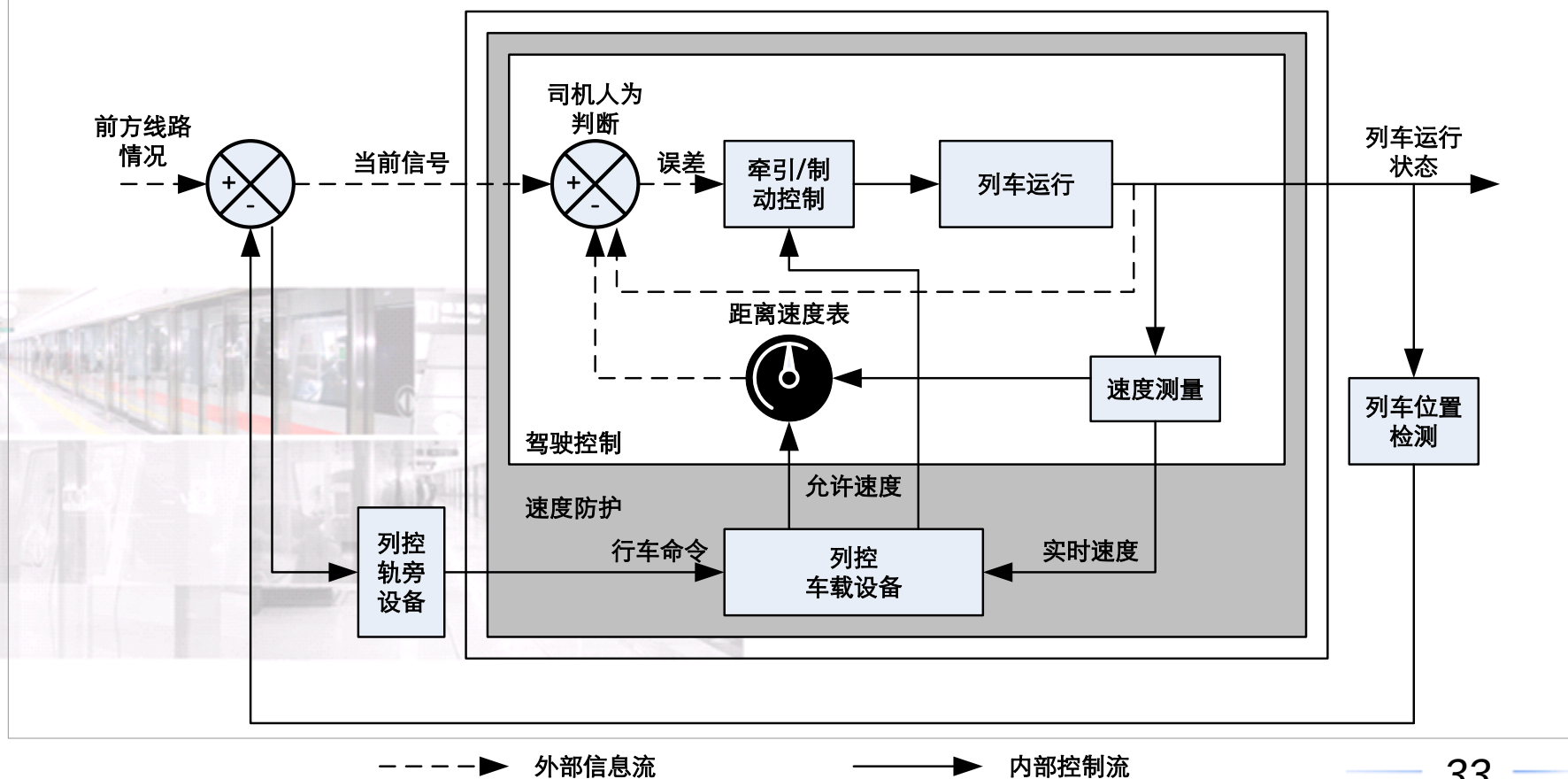
- 最小间隔距离: $L = d + L_{\text{车}} = d_{\text{制动}2} + s + L_{\text{车}}$
最小追踪间隔时间: $T = L/v = (d_{\text{制动}2} + s + L_{\text{车}})/v$

列控系统基本原理与组成

■ 速度防护

■ 基本原理：消除人工驾驶存在超速、冒进信号等危及行车安全的隐患

■ 列车速度监督基本原理



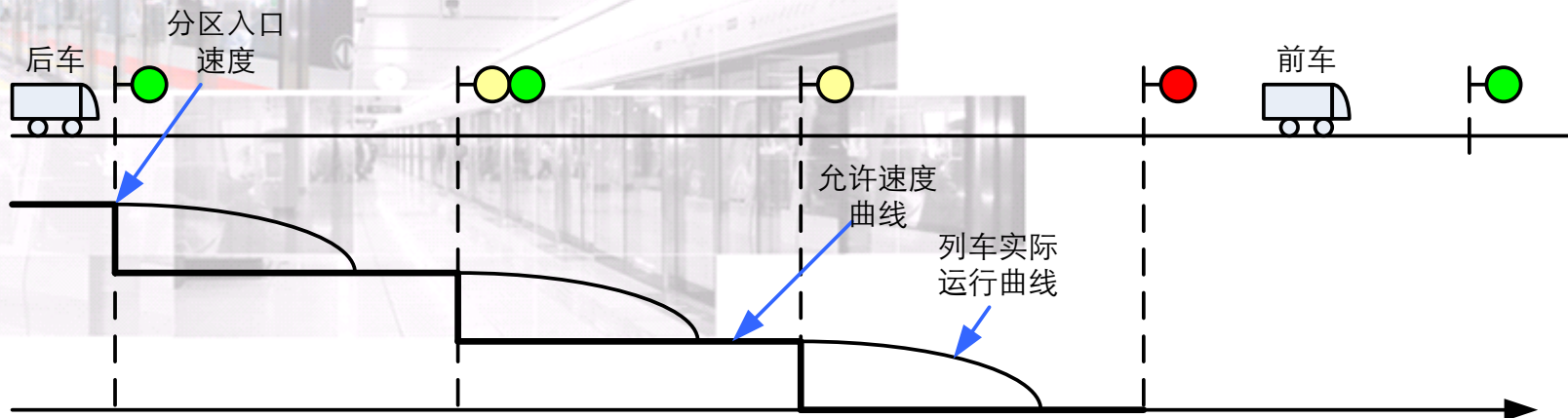
■ 速度防护

- **阶梯控制**：所谓阶梯控制实际上就是在固定闭塞的基础上，给每种防护信号机的显示规定一个速度含义，然后根据该速度含义进行列车运行速度的安全防护控制

- 根据不同的速度控制安全防护策略，阶梯控制有如下两种方式：

- **入口速度检查控制**——将下一闭塞分区防护信号机显示速度（含义）作为本分区的允许速度

（列车将出口目标速度作为本分区的允许速度进行控制）



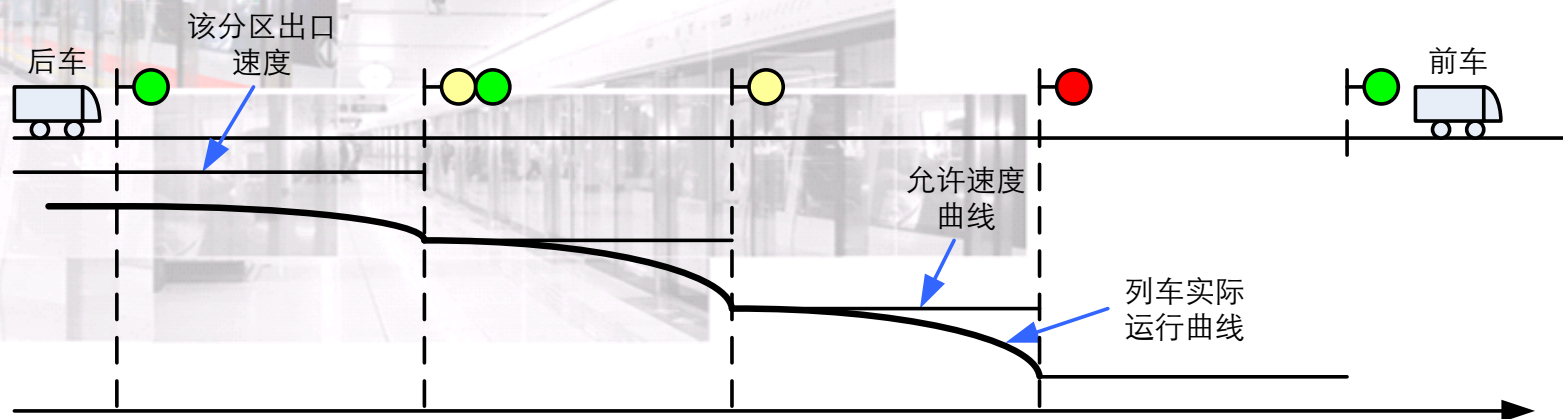
■ 速度防护

■ 阶梯控制

- **出口速度检查控制**——将本闭塞分区防护信号记得显示速度（含义）作为本分区的允许速度

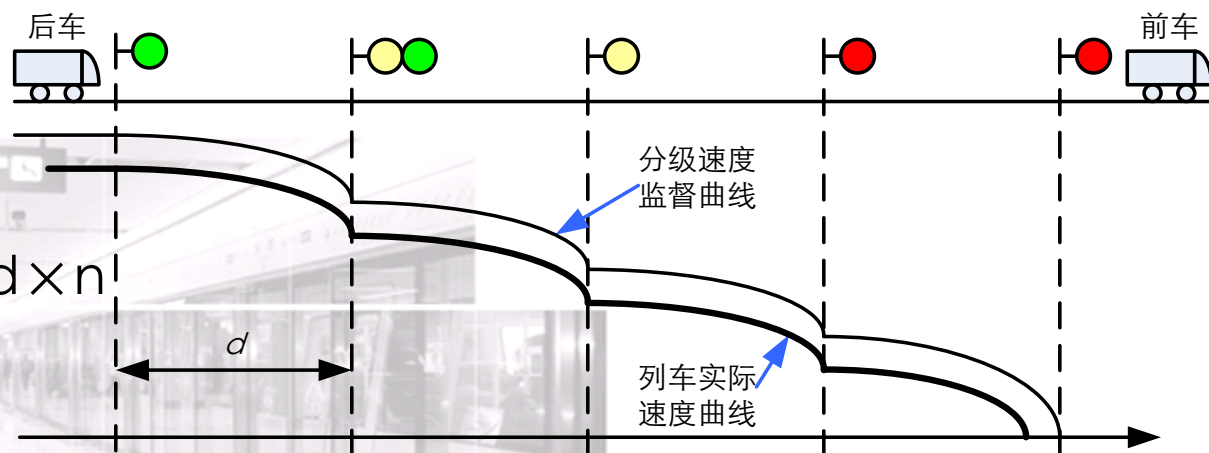
（列车将下一分区的允许速度作为本分区的出口目标速度进行控制）

- 由于这种方式在本分区没有超出允许速度，所以系统不会采取超速防护控制。为防止列车在出口处超出下一分区的允许速度而造成冒进红灯信号的危险，这种控制方式须设置“双红灯防护”区



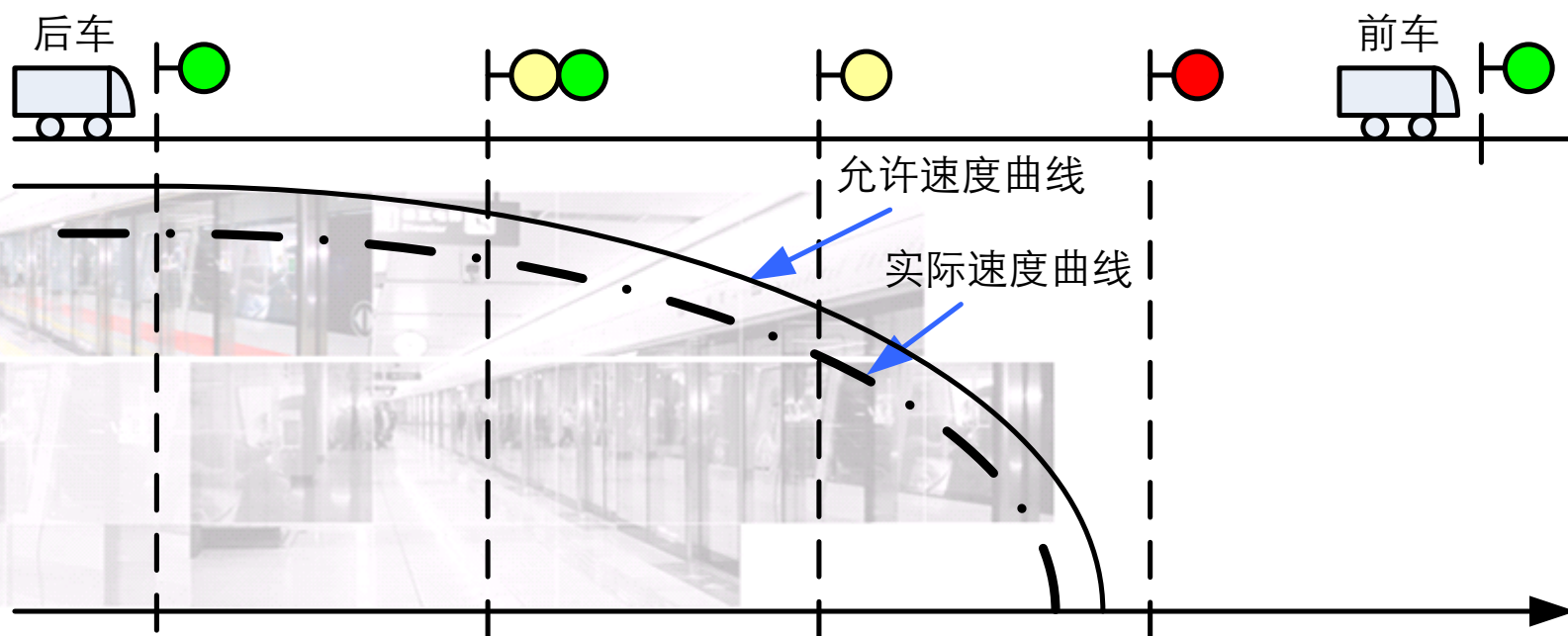
- 速度防护
- 速度——距离模式曲线控制
- 速度——距离模式曲线：即列车的实时速度与制动距离间的关系曲线
- 速度——距离模式曲线控制方式：即列控系统根据列车前方的目标速度、目标距离，依据一定的速度——距离模式曲线计算出列车当前的允许速度，并以此监控列车运行的一种控制方法
- 前提条件：线路参数、列车制动性能等参数已知
特点：在速度含义的基础上增加了距离含义
- 1、分段曲线控制
- 在阶梯控制方式基础上发展而来的一种控制方式， $\alpha = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$
- 其中， S_1 ：车载设备接收地面列控信号反应时间距离， S_2 ：列车制动响应时间距离； S_3 ：列车制动距离； S_4 ：安全冗余（过走）距离

- 速度防护
- 速度——距离模式曲线控制
- 1、分段曲线控制
- 前提条件：列控系统需从地面设备获得：下一闭塞分区的入口速度、下一闭塞分区的入口距离、至下一闭塞分区的线路条件等



- **最小间隔距离：** $L = d \times n$
- 
- 其中， d 表示当列车开始实施制动后，实现每一级速度差列车制动所需的最大距离， n 表示列车从最高速度制动至停车所需的分区数

- 速度防护
- 速度——距离模式曲线控制
- 2、目标——距离控制（俗称一次制动速度控制方式）
- （1）基于固定闭塞的目标——距离控制（准移动闭塞）



- 速度防护

- 速度——距离模式曲线控制

- 2、目标——距离控制（俗称一次制动速度控制方式）

- （1）基于固定闭塞的目标——距离控制（准移动闭塞）

- 追踪间隔：



- 最小间隔距离： $L=L_0+L_2+L_3$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498136123047006040>