



城市轨道交通 列车运行控制

主编 李泽军 王珂 马得银

中国建材工业出版社



城市轨道交通列车 运行控制

主 编 李泽军 王 珂 马得银

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通列车运行控制/李泽军,王珂,马得银主编.——北京:中国建材工业出版社,2017.8
ISBN 978-7-5160-1934-4

I. ①城… II. ①李… ②王… ③马… III. ①城市铁路—轨道交通—列车—运行—控制系统—高等学校—教材
IV. ①U284.48

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第152243号

城市轨道交通列车运行控制

李泽军 王 珂 马得银 主编

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市海淀区三里河路1号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 三河市金轩印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 14.75

字 数: 340千字

版 次: 2017年8月第1版

印 次: 2017年8月第1次

定 价: 62.00元

本社网址: www.jccbs.com

本社微信公众号: zgcjgycbs

本书如出现印装质量问题,由我社市场营销部负责调换。电话: 01056280140

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书责编联系。邮箱: ztxcgs@126.com



前言

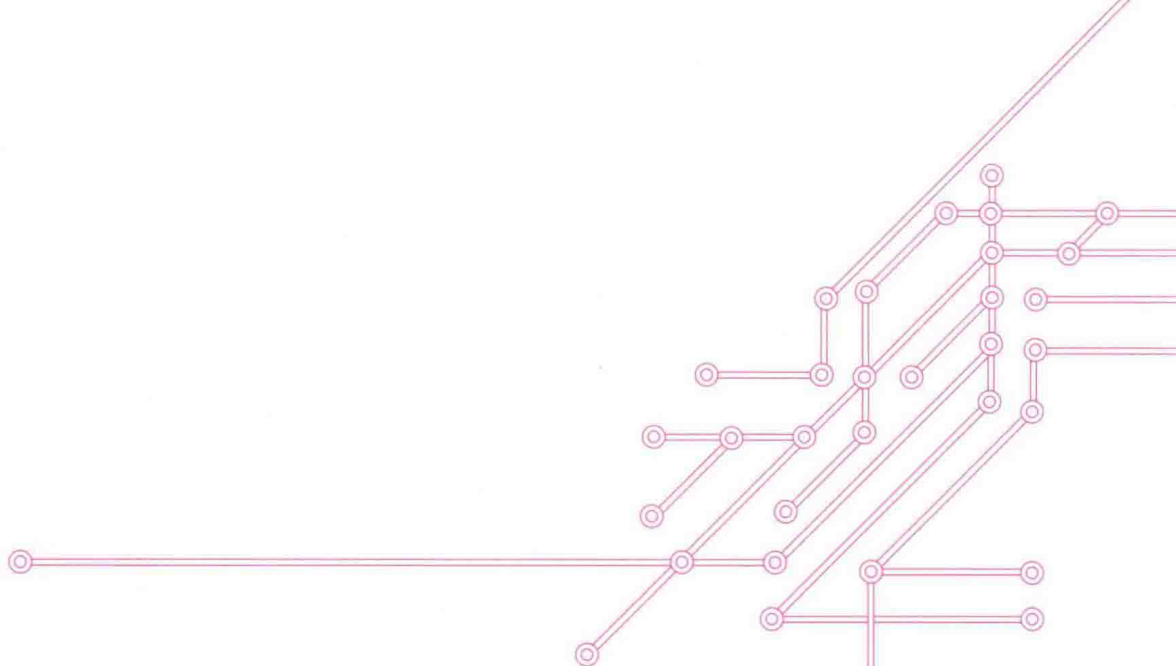
随着我国高等教育体制改革的逐步深入，以及现代信息类技术的迅速发展，对轨道交通控制和服务产生了重要影响。信号控制技术与现代轨道交通信息化系统之间的关系和作用变得密不可分。在列车运行控制技术方面，信号技术与信息技术的相互融合，计算机、通信、控制技术与信号技术集成为一个自动化水平很高的列车运行自动控制系统（简称列控系统）。

轨道交通控制系统是铁路运输的基础设施，是保证列车运行安全、提高运输效率和实现铁路调度统一指挥的关键技术设备，也是信息化技术的重要技术领域。

列控系统是车站、区间、列车运行控制和行车调度指挥的自动化集成技术系统，是对信号、列车牵引、车辆制动和轨道线路等交叉学科相关内容进行整合的机电一体化系统。它突破了功能单一、控制分散、信号相对独立的传统技术理念，推动了信号技术向数字化、智能化、网络化和一体化的方向发展。

列控系统不仅在行车安全方面提供了根本保障，而且在行车自动化控制、运营效率的提高及管理自动化等方面，提供了完善的功能，并向着运输综合自动化的方向发展。列控系统技术是现代化轨道交通重要标志之一，它在铁路、城市轨道交通、磁浮等领域发挥着重要的作用，有极为广阔的发展前景。

本书分为九章两附录，分别是城市轨道交通控制系统发



展、城市轨道交通ATC控制系统、城市轨道交通信号控制关键技术、CASCO基于CBTC的ATC系统、西门子CBTC系统、泰雷兹CBTC系统、交控科技CBTC系统、DCS子系统、CBTC列控系统操作方法等。

本书的完成参阅了大量书籍和文献资料，难以一一列举。在此，对所有这些书籍和文献资料的作者表示我们的敬意，由于列车运行控制技术发展较快，加之作者水平有限和时间仓促，书中难免有遗漏和错误，恳请同行专家和读者提出批评意见。

编者



目录

第一章 城市轨道交通列车运行控制系统发展 001

第一节 国外城市轨道交通列车运行控制系统发展 001

第二节 国内城市轨道交通使用的列车运行
控制系统发展 004

第三节 我国铁路列车运行控制系统的发展 009

第二章 城市轨道交通ATC控制系统 015

第一节 基于轨道电路的ATC系统 015

第二节 Check方式ATC系统 030

第三节 基于CBTC的ATC系统 036

第三章 城市轨道交通信号控制关键技术 046

第一节 列车定位技术 046

第二节 列车测速技术 051

第三节 车—地通信技术 054

第四节 闭塞方式 060

第五节 速度控制模式 065

第四章 CASCO基于CBTC的ATC系统 070

第一节 CASCO CBTC系统概述 070

第二节 CASCO ATS子系统 073

第三节 基于CBTC的ATP子系统 084

第四节 基于CBTC的ATO子系统 092

第五节 CASCO ATC系统维护 095

第五章 西门子CBTC系统 098

第一节 西门子CBTC系统概述 098

第二节 西门子ATS子系统 100

第三节 西门子ATP子系统 108

第四节 西门子ATO子系统 122

第六章 泰雷兹CBTC系统 125

第一节 泰雷兹CBTC系统组成 125

第二节 泰雷兹CBTC系统原理 134

第三节 泰雷兹CBTC系统后备模式 138

第七章 交控科技CBTC系统 144

第一节 ATC系统概述 144

第二节 ATS子系统 146

第三节 ATP子系统 147

第四节 ATO子系统 150

第八章 DCS子系统 158

第一节 DCS子系统概述 158

第二节 DCS系统安全性 164

第三节 DCS系统抗干扰性 170

第四节 DCS系统性能维护 176

第九章 CBTC列控系统操作方法 187

第一节 ATS系统基本操作 187

第二节 ATP系统基本操作 199

第三节 ATO系统基本操作 208

第四节 CBTC系统的后备模式基本操作 215

附录一 ATC子系统维护附表 223

附录二 DCS设备日常维护附表 227



第一章

城市轨道交通列车运行控制系统发展

城市轨道交通列车运行控制系统是城市轨道交通的主要技术装备，它的主要作用是指挥列车运行，保证行车安全、提高运输效率，从而实现列车运行自动化。

第一节

国外城市轨道交通列车运行控制系统发展

19世纪欧洲工业革命的成功促进了社会经济的发展，蒸汽机的发明促成轨道交通在英国应运而生。

交通工具的机械化和现代化则使得城市轨道交通控制方式的瓶颈日益凸现出来。根据英国学者韦伯思特（Webster V）和柯布（Cobber M）的著作记述，为保证城市轨道交通运行安全和减少交通事故的发生，1868年在英国伦敦研制出一种红绿两色的臂板式信号灯，从此揭开了城市轨道交通列车运行控制的序幕。1918年，纽约安装了一种手动的三色信号灯，首次出现了真正现代意义上的列车运行控制装置，这也是列车运行控制的雏形。

随着社会的发展，城市车辆不断增多，传统的交通信号灯已经不能满足轨道交通控制的需求，交通工程师开始寻求其他工程领域的技术来解决交通信号控制问题，由此带来了交通控制技术的迅速发展。1926年，英国在沃尔佛汉普顿安装了一种结构简单的机械式交通信号机，它通过电动机带动齿轮的机械转动，实现单时段定周期的红绿灯切换，这种机械式的信号机首次实现自动控制，奠定了城市交通信号自动控制的基础。

交通信号的控制，从信号机由手动到自动，由固定周期到可变周期，控制方式

由点控到线控和面控，从无车辆检测器到有车辆检测器，经历了近百年的历史。进入20世纪70年代，随着计算机技术和自动控制技术的发展，数字技术和自动化技术的介入，世界各国城市轨道交通控制技术发生了本质上的变化，技术上日趋成熟。较为先进的轨道交通系统已摒弃了“用信号显示指挥列车”的旧有概念，引进了ATC（Automatic Train Control）系统，司机台上显示的是列车运营的状态。

最早的列车指挥是由一位带绅士礼帽、穿黑大衣和白裤子的铁路员工骑马在前引导运行的，他边跑边用各种手势发出信号指挥列车的前进和停止。

为确保安全，人们开始研究使用固定的信号设备：用一块长方形的板子，横向线路是停车信号，纵向线路是行车信号。可是，纵向线路的板子实际上很难观察，故又在顶端加块圆板。必须在晚间开车时，就以红色灯光表示停车信号，白色灯光表示行车信号。

1841年，英国人戈里高利提出用长方形臂板作为信号显示，装设在伦敦车站，这是铁路上首次使用臂板式信号机。如图1-1所示。随着光电、电子技术的发展，城市轨道交通控制方式由臂板信号机逐渐过渡到色灯信号机和机车信号。

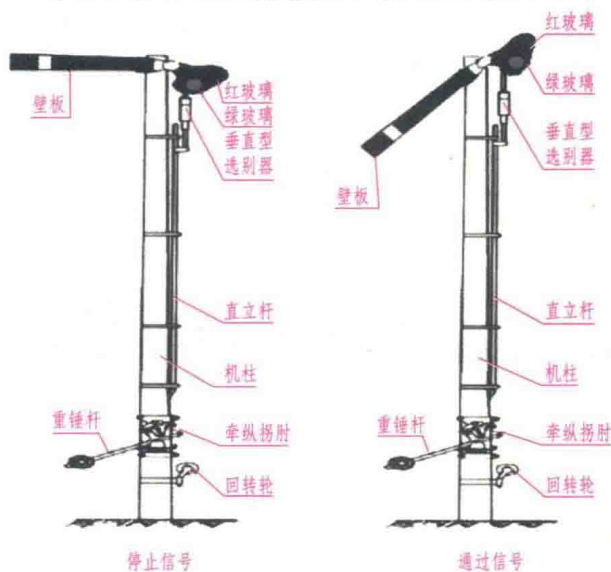


图1-1 臂板信号机

城市轨道交通色灯信号机（用灯光的颜色、数目以及亮灯状态表示信号的含义，指挥列车运行）一般设于车站出站口、道岔处、转线处等，分别指挥列车出站、防护道岔、转线作业等。色灯信号机结构如图1-2所示。

将地面信号传递给机车，在司机操作台上显示的信号为机车信号。机车信号是通过设在机车司机室的机车信号机自动反映运行条件，指示司机运行的信号显示制度。为实现机车信号而装设的整套技术设备称为机车信号设备。机车信号机如图1-3所示。

为保证行车安全，提高运输效率及改善司机的劳动条件，在机车上要安装机车信号车载设备。在线路上也要安装机车信号地面设备，使机车上能接收到反映地面信号的信息。

在线路条件不好、气候条件不好的情况下，机车信号的作用是不可估量的。

在轨道交通线路中，由于站间距小、运营线路条件差，仅仅靠机车信号显示、由司机来控制机车是很难做到大密度运营的。

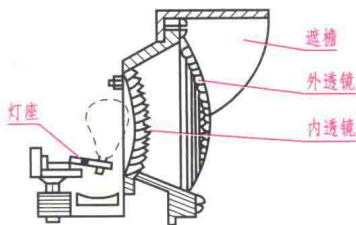


图1-2 色灯信号机

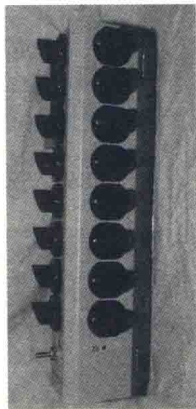


图1-3 机车信号机

国外许多先进国家的轨道交通建设，从1980年开始广泛采用先进的数字化信号控制系统，确保列车运行达到最大的安全和效率目标已经成为可能。

现在国际上著名的数字化信号控制系统供应商，有不少是著名的自动化系统制造商，如SIEMENS公司，GRS公司，US&S公司，WESTING HOUSE公司，HITACHI公司，ALSTON公司，THALES公司等，这些公司生产的信号控制系统占有全世界的大部分市场。

轨道交通信号控制系统由列车自动控制系统（ATC系统）和联锁设备两大部分组成。其中ATC系统又可分为列车自动防护（ATP）子系统、列车自动运行（ATO）子系统和列车自动监控（ATS）子系统三个子系统。

当前，列车自动控制系统（ATC系统）大体上分为两种制式，即基于数字轨道电路的准移动闭塞和基于感应环线通信的移动闭塞制式CBTC系统，或基于无线（Radio）通信虚拟闭塞制式CBTC系统。由于城市轨道交通领域业内人士对系统可靠性、安全性的认可，对互联互通和对无线通信接口的标准的统一，发展移动闭塞是今后ATC系统的主流已经成为共识。

目前，城市轨道交通控制系统，按照闭塞方式的不同划分，世界主要国家和供货商及应用情况见表1-1。

表1-1 世界各国城市轨道交通控制系统一览表

控制模式	供货商	国外应用主要情况
固定闭塞制式	WESTING HOUSE公司（英国）	新加坡1号线
	GRS公司（美国）	纽约地铁
	SIEMENS公司（德国）	在德国已广泛应用
准移动闭塞制式	SIEMENS公司（德国）	
	ALSTON公司（法国）	法国巴黎南北线
	USSI公司（现属ANSALDO STS公司） （美国）	美国洛杉矶绿线、韩国汉城地铁
	WESTING HOUSE公司（英国）	英国伦敦Jubilee新线；西班牙马德里地铁

续表

控制模式	供货商	国外应用主要情况
移动闭塞 控制模式	ALCATEL公司 (现属THALES公司, 法国)	温哥华1、2号线(环线) 肯尼迪国际机场全自动轻轨系统(环线) 拉斯维加斯单轨线路(无线)
	SIEMENS公司(德国)	巴黎地铁14号线(环线) 纽约卡纳西线(无线, 建设中)
	ALSTON公司(法国)	新加坡东北线(波导管)
	庞巴迪公司(美国)	美国旧金山机场线(无线)
	USSI公司(现属ANSALDO STS公司) (美国)	

第二节

国内城市轨道交通使用的列车运行控制系统发展



一、概述

城市轨道交通(包括地下铁道和轻轨铁路)是现代化都市所必需的交通工具,同时它也是城市现代化的标志,它具有运量大、速度快、安全可靠、污染低、受其他交通方式干扰小等特点,对改变城市交通拥挤、乘车困难、行车速度下降的现状是行之有效的。我国北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、佛山、南京、苏州、无锡、杭州、宁波、武汉、成都、沈阳、大连、长春、哈尔滨、西安、郑州、昆明、长沙等已建成档次和规模不同的地铁并进行扩展和延伸,福州、南昌、合肥、南宁、贵阳、石家庄、太原、济南、兰州、东莞、青岛、厦门、徐州、南通、芜湖等正在或计划建设城市轨道交通,我国城市轨道交通出现了建设高潮,前景十分广阔。城市轨道交通系统的安全、速度、输送能力和效率与信号控制系统密切相关,信号控制系统实际上已成为城市轨道交通调度指挥和运营管理的中枢神经,选择合适的信号控制系统,可以带来较好的经济效益和社会效益。

从上世纪中后期开始,随着计算机技术和微电子技术的飞速发展,信号控制系统因为数字技术和自动化技术的介入,发生了本质上的变化,技术上日趋成熟。国内城市轨道交通建设,从1990年起,建造或改造的北京、上海、广州和天津等的地铁开始引进国外先进的地铁信号控制系统设备,北京地铁1号线引进英国

WESTING HOUSE公司设备, 上海地铁1号线引进美国GRS公司设备, 广州、深圳、南京地铁1号线及上海地铁5号线引进德国SIEMENS公司设备, 上海地铁2号线引进美国USSI公司设备, 上海3号线引进法国ALSTON公司的设备。

阿尔卡特(现属泰雷兹)公司在世界上较早推出CBTC(基于无线通信的列车自动控制系统), 有比较成熟的技术, 上海自仪股份公司选择泰雷兹公司合作, 不仅适应了地铁建设的需要, 而且有助于在一个较高的起点上发展公司的自动控制系统新产业。

西门子公司凭借“全面交通解决方案”的理念, 将其先进的CBTC解决方案引进到中国城市轨道交通中, 并提供模块化产品“Trainguard MT”列车运行自动控制系统。采用基于无线AP的WLAN作为车一地通信通道, 是目前在我们开通较早、且运行的稳定的设备之一。为我国城市轨道交通的发展提供了新的选择和方向。

我国城市轨道交通控制系统按照闭塞方式的主要应用情况, 见表1-2。

表1-2 国内城市轨道交通控制系统应用情况一览表

控制模式	供货商	国内应用主要情况
固定闭塞制式	WESTING HOUSE公司(英国)	北京地铁1号线(含复八线); 八通线; 13号线
	GRS公司(美国)	上海地铁1号线
	SIEMENS公司(德国)	上海5号线(点式应答器)
准移动闭塞制式	SIEMENS公司(德国)	广州地铁1、2号线; 深圳地铁1号线; 南京地铁1号线
	ALSTON公司(法国)	上海地铁3、4号线; 香港机场快速线
	USSI公司(现属ANSALDO STS公司)(美国)	上海地铁2号线; 天津滨海线
	WESTING HOUSE公司(英国)	北京地铁5号线; 天津地铁1号线
移动闭塞控制模式	ALCATEL公司 (现属THALES, 法国)	武汉轻轨1号线(环线); 广州地铁3号线(环线); 上海地铁6、7、8、9、11号线(无线); 北京地铁4号线; 大兴线(无线); 港九铁路西线(环线); 南京地铁4号线; 机场线; 合肥地铁1号线
	SIEMENS公司(德国)	广州地铁4、5号线、深圳地铁4号线(无线), 广佛线(无线), 北京地铁10号线(无线)、南京地铁2.3号线(无线)、苏州地铁1号线(无线)
	ALSTON公司(法国)	北京地铁2号线(波导管+无线)
		北京机场线(波导管)广州地铁6号线(波导管), 上海地铁10号线(无线)
	庞巴迪公司(美国)	首都机场捷运系统(无线)
USSI公司(现属ANSALDO STS公司)(美国)	沈阳地铁1、2号线、深圳地铁2、3号线、西安地铁2号线, 成都地铁1号线(无线), 郑州地铁1号线(无线)	



二、发展过程及未来趋势

城市轨道交通信号控制系统随着微电子技术、计算机技术、通信技术的发展而不断发展。信号控制系统中，地面与车载设备的安全信息传输方式，大致经历了模拟轨道电路、数字轨道电路和无线通信三个阶段。

1. 基于模拟轨道电路的ATC系统

列车采用阶梯式速度控制，称之为固定闭塞。轨道电路是将区间线路划分为若干固定的区段，进行列车占用检查和向车载ATC设备传送信息的载体。列车定位是以固定的轨道电路区段为单位，采用模拟轨道电路方式由地面向车载设备传10~20种信息。如图1-4所示。

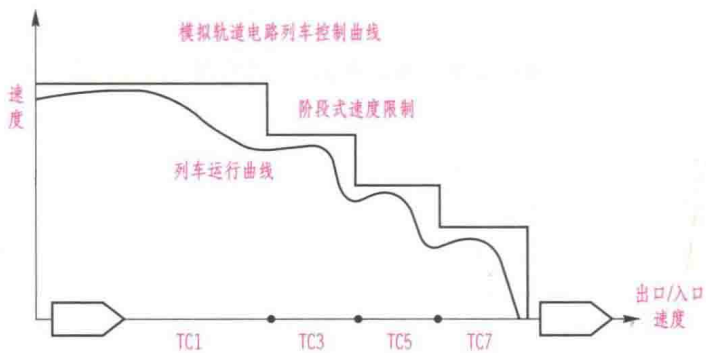


图1-4 模拟轨道电路列车运行速度控制示意图

从系统整体角度来看，基于模拟轨道电路的ATC系统中各子系统处于分立状态，技术水平明显落后，维修工作量大。

模拟轨道电路在我国应用的代表产品有：从英国西屋引进的FS-2500无绝缘轨道电路（北京地铁1号线、13号线）；从美国GRS公司引进的无绝缘数字调幅轨道电路（上海地铁1号线）；大连轻轨采用国产WG-21A轨道电路。

2. 基于数字轨道电路的ATC系统

采用数字轨道电路的ATC系统，列车可实现一次模式曲线式安全防护，因此称之为准移动闭塞。数字轨道电路采用数字编码方式，地面向车载设备传送数十位数字编码信息，列车可实现一次模式曲线式安全防护，缩短了列车运行间隔，提高了舒适度。数字轨道电路列车速度控制曲线如图1-5所示。

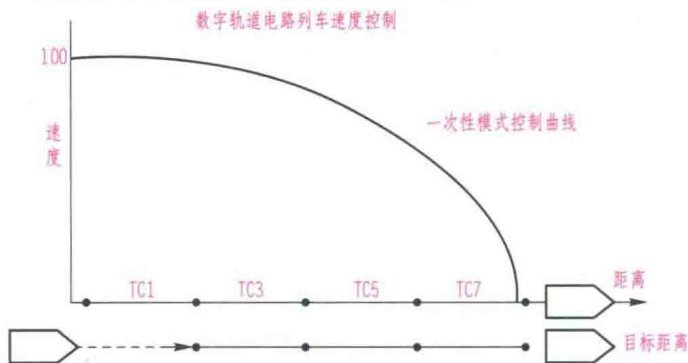


图1-5 数字轨道电路列车运行控制速度控制示意图

数字轨道电路在我国应用的代表产品有美国USSI公司的AF-904无绝缘数字轨道电路（上海地铁2号线、津滨轻轨等）；德国西门子公司的FTGS无绝缘数字轨道电路（广州地铁1、2号线，南京地铁1号线等）。数字轨道电路的ATC系统采用微电子技术、计算机技术和数字通信技术，延续了轨道电路故障—安全的特点，目前在我国和世界范围内开通运用较多，系统的可靠性和稳定性得到了充分的验证。但数字轨道电路存在以下缺点：

（1）必须具备很强的抗干扰能力。轨道电路中ATC信息电流一般在几十毫安至几百毫安，而列车牵引回流最大可达4 000 A。

（2）受轨道电路特性限制，只能实现地面向列车的单项信息传输，信息量也只能到数十比特，限制了ATC系统的性能。

（3）与牵引供电专业的设备安装相互影响。信号设备和牵引供电设备都需要安装在轨道上，2个专业设备的安装必须相互协调，否则会相互影响对方系统的性能。

（4）无法进行列车精确定位。只能按轨道电路区段对列车进行定位，一般区段长度为30~300 m，对缩短列车运行间隔有一定的限制。

3. 基于通信的列车运行控制系统（CBTC）

CBTC的特点是前、后列车都采用移动定位方式，通过安全数据传输，将前行列车的位置信息安全地传递给后续列车，可实现一次模式曲线式安全防护，也称之为移动闭塞。并且其防护点能够随前车的移动而实时更新，有利于进一步缩小行车间隔，提高运输效率。CBTC系统列车速度控制如图1-6所示。

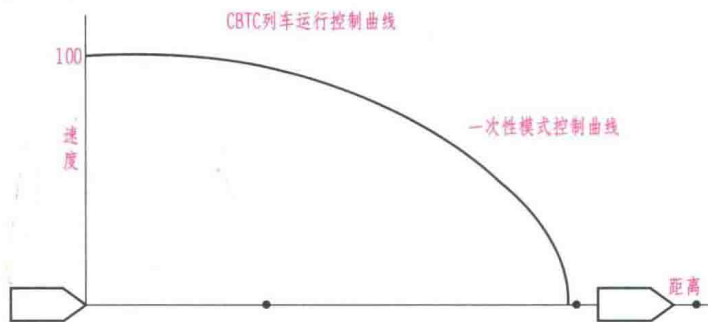


图1-6 CBTC列车运行速度控制示意图

无线通信的传输方式很多，但是目前国内主要采用的有4种方式。

（1）无线AP传输方式：采用沿着轨道方向的无线定向天线，传输距离可以达到200~400 m。优点是安装简单，施工方便，成本低。缺点是无线场强分布不均匀。

（2）漏缆传输方式：沿着同轴电缆的外部导体周期性或非周期性配置开槽口，电信号在该电缆中传输的同时，能把电磁能量的一部分，按要求从特殊开槽口以电磁波的形式放射到周围的外部空间，既具有传输线的性质，又具有无线电发射天线的性质。优点是场强覆盖均匀、适应性强、电磁污染小等。缺点是成本较高。

（3）波导管传输方式：波导管是一种双向数据传输的无线信号传输媒介，具有传输频带宽、传输损耗小、可靠性高、抗干扰能力强等特点。缺点是工艺复杂，受环境湿度影响较大。

（4）感应环线方式：通过轨道铺设交叉感应环线，实现无线通信。

在我国已经开通使用的武汉轻轨和广州地铁3号线是采用加拿大阿尔卡特公司的SelTracMB系统,用感应环线实现车—地信息双向传输;北京地铁10号线和奥运支线、广州地铁4号线采用德国西门子公司的Trainguard MT,用点式AP实现无线信息传输;北京地铁2号线改造、机场线采用法国阿尔斯通公司的URBALISTM,用波导管和点式AP实现无线信息传输。近来新建的项目(广州地铁5号线、广佛线,上海地铁6、7、8、9、11号线,北京地铁4号线、大兴线,沈阳地铁1、2号线,成都地铁1号线等),都选择了基于点式AP无线通信的CBTC系统,它已经成为我国城市轨道交通信号控制系统选型的主流制式。

CBTC系统采用当前先进的计算机技术和信息传输技术,不与牵引供电争轨道,有利于牵引供电专业合理布置设备;不需要在轨道上安装设备,易形成疏散通道。采用CBTC技术,具有多方面优势(提高效率、易于延伸线建设和改造升级),可以充分利用国内现有的信号产品和资源,易于实现国产化。其中具有完全自主知识产权的计算机联锁设备和ATS子系统已经成功在现场开通使用。但目前CBTC系统的应用在国际上还处于初期阶段,国外厂商都在结合工程实践不断完善,开通投入商业运营的线路并不多,开通过程中主要存在以下技术瓶颈,需要在今后的研制和工程实施中加以解决。

(1) CBTC系统的列车定位和移动授权依赖无线信息传输,如果某列车或地面某点发生无线通信中断或故障,就会失去对列车的定位,将对运营造成较大的影响,且故障处理将比原来的轨道电路系统复杂。世界上已进行了近30年的CBTC系统研制,最大的技术瓶颈就是一旦发生通信故障时,如何保障行车安全和减小对运营的影响面问题。为此绝大多数采用CBTC系统的工程都配置了后备信号控制系统,以解决上述问题。

(2) 除采用环线通信外,目前CBTC系统采用的IEEE 802.11系列的WLAN标准是一个开放的无线频段,该频段不限制其他用户使用,用户较多时容易造成相互干扰,特别是在高架开放区段,抗外部干扰问题尤为重要。

(3) 列车从地面的一个AP切换到另一个AP时信息传输会有中断,存在一定程度的丢包现象,如何提高信息传输的可靠性也待研究。

4. 城轨交通信号控制系统未来国产化进程

国内开发的城市轨道交通系统3种制式都有,基本上都采用CBTC基于无线的列车控制系统。主要开发进展情况如下。

(1) 中国铁道科学研究院,充分利用专业齐全的优势,通过多年的研发,完成了包括CBTC系统的所有子系统(ATC、联锁、ATP、ATO、DCS、应答器等),并进行了室内系统调试、现场试验和调试。铁科院的ATS子系统、计算机联锁子系统是国内成熟技术,具有城市轨道交通业绩,已经具备工程实施的条件。铁科院的CBTC系统对无线故障情况下的后备转换,进行了深入的研究,能够在保证行车安全的情况下,尽量减少对正常运营的干扰,达到了先进的水平。在安全性方面,与研发同步进行第三方安全认证工作,已签署安全认证合同并开展安全认证工作。

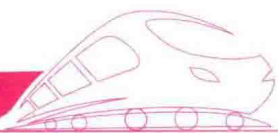
(2) 2004年,北京交通大学、北京地铁运营公司、北京和利时公司申请北京市科委/基于通信的城轨CBTC系统研究科研项目,在北京地铁试车线进行了ATP、

ATO试验，并在大连设立了10 km试验段，包括地面线路和地下线路，进行了2列列车的追踪试验。亦庄线已于2011年底CBTC全系统全功能开通。

(3) 北京全路通信信号研究设计院也正在进行城市轨道交通CBTC的研发，它们利用自身研发的通过SIL4级的安全控制平台，进行ATP的研发。

目前，中国的城市轨道交通建设规模空前，方兴未艾；列车运行控制系统已成为中国城市轨道交通建设的关键瓶颈，政府部门在思索良策，在大力引进国外先进的CBTC同时，地铁、轻轨业主呼吁国内有社会责任感的公司提供自主知识产权的信号控制系统，以打破垄断、改变目前受制于人的窘境。北京交通大学研发的LCF-CBTC在北京地铁亦庄线的成功应用，标志着国产CBTC技术将成为今后城市轨道交通列车控制系统的发展趋势。

第三节



我国铁路列车运行控制系统的发展

城市轨道交通信号控制系统初期是在铁路信号控制的基础上演变发展的，为此我们用本节简要地介绍我国铁路列车运行控制系统。



一、CTCS（中国列车运行控制系统）概述

根据《中国列车控制系统（CTCS）技术规范总则（暂行）》和相应CTCS技术条件，它以分级的形式满足不同线路运输需求，有效地保证列车运行的安全。

1. CTCS列控系统的系统构成

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。如图1-7所示。

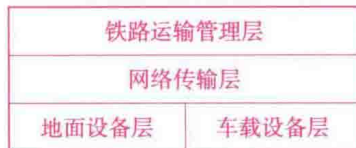


图1-7 CTCS体系结构

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。

2. CTCS应用等级

CTCS共划分为5个等级，依次为CTCS-0~CTCS-4级，同条线路上可以实现多种应用级别，向下兼容，以满足不同线路速度需求。

CTCS-0级为既有线的现状，即由目前使用的通用式机车信号和运行监控记录装置构成。

CTCS-1级为面向160km/h以下的区段，由主体机车信号和加强型运行监控记录装置组成。它需在既有设备的基础上强化改造，达到机车信号主体化的要求，增加点式设备，实现列车运行安全监控。

CTCS-2级为面向提速干线和高速新线，采用车地一体化设计，基于轨道电路传输信息的列车运行控制系统。适用于各种限速区段，地面可不设通过信号机，凭车载信号行车。CTCS-2级采用目标距离控制模式（又称为连续式一次速度控制）。目标距离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，不设定每个闭塞分区速度等级，采用一次制动方式。

CTCS-3级为面向提速干线、高速新线或特殊线路，基于GSM-R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，它可以叠加在既有干线信号系统上。

CTCS-4级为面向高速新线或特殊线路，是完全基于GSM-R无线传输信息的列车运行控制系统。地面可取消轨道电路，不设通过信号机，由地面无线闭塞中心RBC和车载验证系统共同完成列车定位和完整性检查，点式信息设备提供列车用于测距修正的定位基准信息，实现虚拟闭塞或移动闭塞。

我国早期的地铁信号系统，基本采用的就是CTCS-0和CTCS-1技术（如早期的北京地铁1、2号线，现已改造升级，以及国外还有相当多早期建设的线路），CTCS-2在我国20世纪90年代至2008年建设的地铁中广泛采用。下面就主要介绍在我国轨道交通信号系统发展中具有重要参考价值的CTCS-2和CTCS-3系统。



二、CTCS-2系统

CTCS-2级是基于轨道电路和点式信息设备传输列车运行许可信息，是一种点一连式列车运行控制系统。如图1-8所示。