



城市轨道交通自动化系统对比分析

中国工控网 (www.gongkong.com)

多年来,在北京、上海、广州、深圳等已运营的城市地铁中,已陆续投资数百亿元,建立了以自动售检票(AFC)、列车自动控制系统(ATC)、电力监控系统(SCADA)、环境监控系统(BAS)、防灾报警系统(FAS)及高速通信网为代表的诸多运营管理、调度指挥和安全监控系统。地铁总公司与下属各部门之间也已建立了基于局域网和互联网的办公管理系统并初见成效。来自世界各国的企业和科研机构纷纷在我国展示轨道交通信息和自动化技术,我国地铁设备和自动化系统主要来自于国外发达国家,但价格不菲,通过国产化手段降低工程造价和资源消耗还有很大潜力。

本文将从轨道交通类型、主控系统、环控系统(BAS)、轨道交通

信号系统、门禁系统几个方面讨论多种设计方案,并进行对比分析,目的是对目前轨道交通方面的技术热点进行探讨,为广大设计人员提供参考,在吸收国外先进技术的基础上,开发全面国产化的轨道交通自动化系统,进一步降低地铁、轻轨自动化系统的造价,逐步提高地铁、轻轨系统国产化设计和应用水平。

轨道交通类型对比分析

我国很多城市对修建轨道交通项目积极性很高,但对现代化轨道交通的类型认识不足。在选择轨道交通类型时,往往脱离本地区实际情况,过高估计客流量,选择过大的轨道交通类型。有时还受到专家咨询引导失误的影响,片面强调采用最高最新技术模式和技术措施,造成投资经费愈来

愈高,项目建设难以启动。我们需要对国际上各种类型的大、中客运量轨道交通类型的基本特性、适用范围、技术水平和经济条件等具体情况的认真研究,从中筛选出适合我国国情的基本类型,提出经济而实用的方案。常见城市轨道交通技术等级表见表1所示。

主控系统

随着控制技术(CONTROL)、计算机技术(COMPUTER)和网络技术(NETWORK)的发展,为解决轨道交通控制系统的一体化问题提供了技术基础,如何实现城市轨道交通主控系统已成为轨道交通亟待解决的重大技术问题。我国各大城市中,常见的轨道交通自动化主控系统解决方案可以分为分离控制系统方案、系统网络化

方案、信息集成化方案，它们的性能特点见附表1所示。

系统网络化和信息集成化（附表1）结构的系统集成，都避免了分离控制系统的弊病，做到信息集成，各系统之间实现了“无缝”连接。在这两种不同结构的集成系统中，系统网络化的集成系统具有完善的网络结构和强大处理数据能力的服务器系统，因此更适用于控制监测对象多、投资规模大、分多期建设的地铁工程。而信息集成化的系统具有结构简单、使用冗余方式的主PLC系统，适用于控制对象少、要求设备智能化程度高、投资规模不大的轻轨工程。这两种结构的系统集成是目前解决轨道交通控制系统的一体化问题的有效方案，国内外许多厂家都在积极研究和探讨中。使用何种结构进行系统集成，应结合自己城市的实际情况和投资规模以及两种结构综合考虑来决定，不能一味追求大而全的集成系统结构，否则带来系统可靠性低、维护成本高等问题。

例如广州地铁五号线首期工

程(滘口至文冲段)呈东西走向，贯穿广州城市东西，线路全长约40公里，共设24座车站，其中10座换乘站，在广州市轨道交通线网规划中占据极为重要的地位。广州市轨道交通五号线主控系统（MCS）集成了15个子系统，除了对变电所综合自动化子系统（PSCADA）、环境与设备监控子系统（BAS）进行深度集成之外，还集成了下列子系统：火灾自动报警系统（FAS）、门禁系统（ACS）、屏蔽门（PSD）、防淹门（FG）、信号系统（SIG）、自动售检票系统（AFC）、广播系统（PA）、闭路电视系统（CCTV）、车载信息系统（TIS）、乘客信息显示系统（PIDS）、调度电话系统（DLT）、通信集中告警系统（TEL/ALARM）、时钟系统（CLK）。开创了国内轨道交通综合监控系统深度集成的先河，具有集成范围广，集成深度大，集成水平高的突出特点。该系统为广州地铁运营提供更为强大的信息平台，

为乘客提供更为优质全面的服务，为广州地铁的稳定、高效、安全运营发挥了重要作用。实现地铁信息互通、资源共享，提升自动化水平，提高地铁运营的安全性、可靠性和响应性，最终达到高效安全运营的目的。此外，还有杭州地铁一期工程也采用了“主控系统”，大大提高了信息共享、自动化管理、综合监控和应急处理能力。

关于轨道交通主控系统深度集成，目前国内外还存在不同的意见，在实际操作中，需要根据轨道交通的规模、设备自动化水平、甚至包括后期维护水平等多方面考虑，来决定是否进行深度主控集成。

环控系统

地铁环境控制设备（简称：环控系统）分布式计算机自动化管理与控制系统，英文缩写BAS（又名EMCS），是将计算机及其网络技术结合机电设备自动化控制原理，以专门的地铁环境通风空调及防灾处理等理论为基础的自动化控制系统，

该系统的控制对象主要为地铁通风空调设备、给排水设备、正常照明设备及电扶梯设备，其主要作用为：对于地铁这样大规模的而且非常重要的地下设施，其环境条件与地上空气相对封闭，乘客人员流量非常集中，如果对如此重要的场合没有一套完善可靠的自动化控制系统来对地铁内的环境质量进行监视和控制，使其在正常情况下满足乘客舒适度的要求，并在紧急情况下提

表1

等级		I级	II级	III级	IV级	V级
类型		高运量地铁	大运量地铁	中运量轻轨	次中量轻轨	低运量轻轨
		A型车	B型车	CI、III型车	C-II型车	现代有轨电车
线路	线路形态	隧道为主	隧道为主	地面或高架	地面为主	地面
	路用情况	专用	专用	专用	隔离或少量混用	混用为主
车站	平均站距/m	800~1500	800~1200	600~1000	600~1000	600~800
	站台长度/m	200	200	120	<100	<60
	站台高低	局	高	局	低(高)	低
车辆	车辆宽度/m	3	2.8	2.6	2.6	2.6
	车辆定员(站6人/m ²)	310	240	320	220	104~202
	最大轴重/t	16	14	11	10	9
	最大时速(km/h)	80~100	80	80	70	45~60
	平均运行速度(km/h)	34~40	32~40	30~40	25~35	15~25
供电	轨距/mm	1435	1435	1435	1435	1435
	额定电压/V	DC1500	DC750	DC750	DC750(600)	DC750(600)
信号	受电方式	架空线	第三轨	架空线/第三轨	架空线	架空线
	列车自动保护	有	有	有	有/无	无
	列车运行方式	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	司机驾驶	司机驾驶
	行车控制技术	ATO	ATO	ATP/ATS	ATP/ATS	ATS/CTC
	列车最多车辆编组	6~8	6~8	4~6	2~4	2
	列车最小行车间隔/min	2	2	2	2.5	5

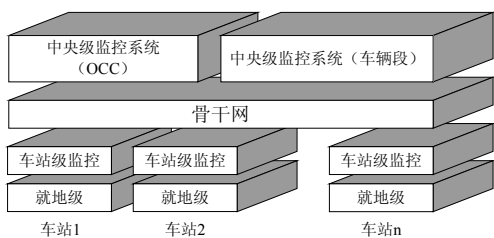


图1

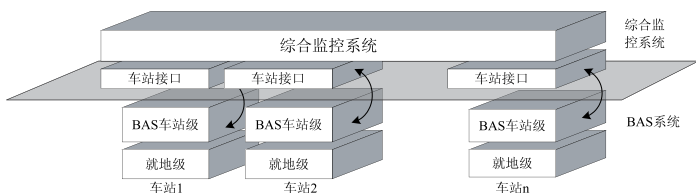


图2

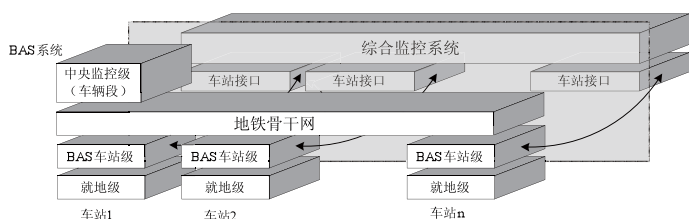


图3

供正确可靠的信息保证乘客人员安全，其后果将是非常严重的。其被控设备从工艺作用方面可划分为两类：环控系统工艺设备和地铁建筑附属其他机电设备。

几种结构形式：

1) 有中心功能结构

如图1所示，这是一种完全独立的系统结构，较为传统和经典，目前建成或在建线路的BAS系统大多采用

* 根据BAS系统与其他系统的集成关系，其整体结构形式可分为两大类：独立系统结构形式和集成系统结构形式。

1. 独立系统结构

根据设计规范的要求，BAS功能应包括3个层面：中心级、车站级和就地级，对应系统结构层次有3个部分：中心、车站和就地。根据BAS承担的功能范围，对应有以下

这种结构方式，如南京地铁1号线，天津地铁，广州地铁2号线等。有中心功能结构的特点是：

- 全线BAS作为一个专业系统完全独立设置，具有完整的、独立的各级结构与功能（系统包括完整的中心级、车站级和就地级结构）；
- 一般为单独标段并由一个系统集成商完成所有的工作；
- 系统中各级之间在同一个硬件及软件平台上无缝集成；
- 和其他系统之间存在有限的互连接口。

优点：系统完整，接口及责任清晰，便于业主管理和实施；

缺点：系统较为封闭，信息没有共享，须单独建设自己的网络及监控平台，需独占骨干网信息通道，硬件成本偏高，对集成商要求较高。

2) 无中心功能结构

图2所示结构中，专业BAS系统不具备中心功能，因此就没有中心的结构及设备，是一种不完整的结构形

表2

中央级监控	中央级监控系统是整个BAS系统的监控核心，其功能设计应面向地铁运营和维护，突出日常调度和防灾指挥功能，支持全局性的监控和管理，并实现用于调度和运营管理的数据设置、关键设备（隧道风机等）的摇控、组控及模式控制等功能，为环调及维调提供用于运营管理的、全局性的、并且可实现区域性监控操作的全局高效实用的监控手段	设备监控与管理、运营调度及管理、在线帮助与决策支持、系统安全管理、通用人机界面功能、时钟同步
中央级维护	中央级维护功能一般和OCC的监控系统集成在一起实现，但有时需要在车辆段建立独立的维护系统、培训系统等，此时该系统的逻辑级别和OCC的监控系统是一致的，OCC监控系统更注重全局的监控及管理，而车辆段系统则更注重BAS系统的维护，同时根据需要，该系统又可作为OCC监控系统的后备系统，同样可以实现监控与管理功能。	全线BAS系统工程管理、全线BAS系统监控与维护、全线后备监控与操作
车站级	正常工况下，提供灵活多样的、全面的监控方式与手段实现对车站环控系统及其他机电设备的监控操作。实时控制，并通过先进的、实用的控制算法和策略达到节能与优化控制的目的；非正常情况下，提供方便的协调和调度监控手段来满足和应对特殊的工况需求，并根据调度及触发命令完成模式控制。	实时监控与联动控制、车站环境参数监控、车站空调系统控制、大系统设备的优化与智能控制、设备控制、防灾联动控制、紧急后备操作、子系统独立性、智能、优化与调节控制、用户友好的监控功能、系统安全措施、报警监控与管理功能、消防联动、系统恢复与保持功能、系统自诊断功能、系统状态监控、参数化系统
就地级	完成就地设备的控制和数据采集、状态显示、故障诊断等功能。	信号采集、转换及传输功能、显示与诊断功能、数据传输和协议转换功能、单台设备控制功能、联锁控制

注：*城轨交通BAS系统结构比较（北京和利时系统工程股份有限公司 曲立东）

式，这种结构形式的BAS是以车站为单位的一个个相对独立的系统，如广州地铁3号线，北京地铁5号线，其特点如下：

- BAS系统平台只局限于车站，具有完整的车站级系统结构及功能，中心的BAS功能一般由其他系统（如主控系统）实现；

- BAS不提供与骨干网的接口，自身没有构成一个完整的大型SCADA系统，而是借助于其他系统；

- BAS需要在车站级向综合监控系统提供物理及数据接口，向综合监控系统提供各车站BAS的实时数据，同时接收来自综合监控系统的数据。

优点：BAS系统逻辑规模小，系统简化，只是以车站为单位的重复。与综合监控系统接口较清晰，BAS集成商实施难度较低。通过综合监控系统共享骨干网络（非独占网络通道），BAS信息得到共享，轨道交通系统整体得到优化。

缺点：对综合监控系统的依赖

性增强，BAS不能通过综合监控系统实施对自身的全线管理和维护，只能局限于车站。由于系统间的相对独立使得两系统都须向对方提供特定的集成接口，接口变得复杂，接口成本提高，系统整体效率不是很高，业主管理难度增大。

3) 混合结构

结合了上述两种结构的特点，如图3所示，BAS既要在车站和综合监控系统接口，同时又要通过地铁骨干网形成一个较完整的BAS系统，如广州地铁4号线。

这种混合结构的特点是：

- BAS系统相对独立，具有完整的各级结构及功能；

- 在车站向综合监控系统提供接口，以适应多专业系统的集成需求；

- 正常情况下，借助综合监控系统实现中心级监控功能；

- 利用地铁骨干网，构建备

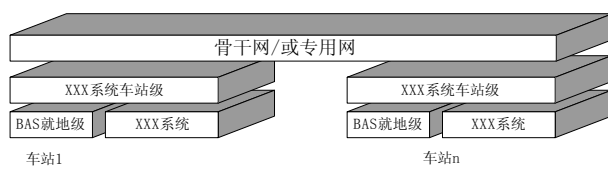


图4

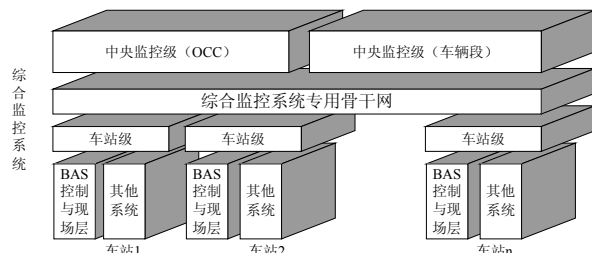


图5

用中心功能系统（如车辆段的中央级维护系统，该系统除在正常情况下实现对全线BAS的集中维护工作外，同时亦可做为监控中心的BAS功能后备）。

优点：提高了BAS中心监控功能的可靠性，降低了BAS对综合监控系统的依赖性，并可以实现对自身的全线管理和维护功能，同样BAS信息得到共享。

缺点：仍需独占地铁骨干网通道，须提供额外的接口成本用于和综合监控系统的互连，轨道交通监控系统整体复杂性提高。

2. 集成系统结构

这种结构形式的特点是BAS不再作为一个独立的系统存在了，而是被集成在其他系统中。根据系统规模的不同，又有2种集成方式，包括：

1) 集成于其他专业子系统

如果BAS系统设备较少且

表3

项目	独立系统结构			集成系统结构	
	有中心结构	无中心结构	混合结构	集成于其他专业子系统	基于BAS的综合监控系统
中心级功能	自身实现	有，其他系统实现	可自身实现	有，其他系统实现	有，但不限于此
车站级功能	自身实现	自身实现	自身实现	有，其他系统实现	有，但不限于此
就地级功能	自身实现	自身实现	自身实现	自身实现	自身实现
中心级结构	有	无	有	无	有，但不限于此
车站级结构	有	有	有	无	有，但不限于此
就地级结构	有	有	有	有	有
与其他机电设备接口	有	有	有	有	有，但不限于此
车站监控网络	自建	自建	自建	共享其他系统资源	共享资源
骨干网接口	有	无	有	有，但非专用	有，但非专用
系统可维护性	强	弱	强	弱	强
系统复杂性	较大	小	较大	小	较大
信息共享程度	低	较高	较高	中	高
对其他系统依赖性	无	大	很少	大	无
技术先进性	较低	较高	较高	中	高
工程组织形式	单独标段	单独标段	单独标段	附属其他系统	附属其他系统
业主管理强度	较大	大	大	小	小
对集成商的要求	较高	低	较高	低	高

相对其他专业比重小而不足以独立构建专业系统时，一般做法是将该部分功能集成在其他子系统（如PSCADA电力监控系统）中实现，以方便工程的实施和管理。如图4所示，这是一种简化结构，该结构多在城市快轨或轻轨项目中应用（因其车站建筑位于地上，具有很少的环控系统设备和其他机电设备），如北京地铁13号线，即是这种方式。

这种形式的特点是：

- BAS一般不承担防灾功能或其监控范围的规模较小；
- 用于BAS控制层及接口设备有限，一般不构建专用网络，监控层和其他专业子系统共享网络平台；
- 一般不设置专门的中央及车站监控级，而是依托其他系统平台实现功能；
- 对于业主而言不涉及两系统间的接口管理。

2) 集成于轨道交通综合监控系统

另外一种集成方式就是集成了BAS功能的综合监控系统结构。如图5所示，从工程组织的角度看，此时BAS系统将不作为一个独立的专业子系统来实施，而是成为了集成于轨道交通综合监控系统的一项专业功能，而且利用构建的系统平台又可以集成或互连若干其他专业或子系统，如PSCADA、FAS等，深圳地铁一期工程E+F+S系统（EMCS+FAS+PSCADA），广州地铁5号线，北京地铁10号线即采用了这种结构方式。这是一种和综合监控系统高度集成的结构，这种结构的特点是：

- BAS专业仍然具有专用的、完整的用于其控制层和现场

层的控制及接口设备，并具有独立的控制层及现场层网络或总线结构；

- 没有独立的车站级，其监控层（包括车站和中心）是基于综合监控系统的，没有独立的专用于BAS的监控设备，而是和其他被集成或互连的专业共享监控设备；

- 车站及中心的监控功能作为综合监控系统的一项功能存在。

优点：系统开放性好，集成度高。系统的监控范围扩大，可以进行自身全线管理和维护。集成接口问题由集成商自行管理并完成，对于业主而言其工程管理变得简单。高度的集成在一定程度上可以降低接口成本和监控设备成本。系统更加紧凑，结构更加合理，系统效率得以提高。

缺点：系统整体复杂性有所提高，对集成商要求很高。

几种结构比较见表3所示。

通过表3简单的对比可以看出，集成BAS功能的综合监控系统具有下列优势：

- 可以为城市轨道交通构建一个很好的信息共享平台，可以有效提高运营管理水平；
- 弱化综合监控系统和BAS系统的界线 and 接口管理，降低管理成本，更便于工程组织和实施；
- 系统结构更加紧凑、合理，软件平台得到统一，系统效率更高，硬件成本有所降低。

从上述BAS系统结构变化的趋势看，集成BAS功能的综合监控系统已逐渐成为国内轨道交通构建监控系统的趋势，这种变化折射出人们在城市轨道交通自动化系统设计时的执着追求和探索。

门禁子系统

地铁屏蔽门系统是一个典型的机电一体化产品，其沿站台边缘布置，将车站站台与行车隧道区域隔离开，降低车站空调通风系统的运行能耗。同时减少了列车运行噪音和活塞风对车站的影响，防止人员跌落轨道产生意外事故，为乘客提供了舒适、安全的候车环境，提高了地铁的服务水平。在我国轨道交通建设中，广州地铁2号线是国内首次引入屏蔽门系统，并在实际应用中取得了良好的经济、社会效益的地铁线路。为保障地铁的安全，在地铁控制中心、车站、停车场等建筑均设有门禁系统，以确保重要设备室和关键区域的安全。

屏蔽门控制系统主要由中央接口盘（PSC）、就地控制盘（PSL）、门控单元（DCU）、通讯介质及通讯接口及外围设备等组成。中央接口盘（PSC）又由主监视系统（MMS）、单元控制器（PEDC）、接线端子、接口设备及控制配电回路组成。典型站配置一个中央接口盘（PSC）、两个就地控制盘（PSL）、每扇滑动门一个门控单元（DCU）。一般轨道交通门禁子系统由中央级、车站级和现场级相关设备构成，中央级、车站级相关设备一般纳入BAS系统。

* 门禁系统现场级设备由主控制器、就地控制器及与其相连的读卡器、电子锁、出门按钮、门磁、紧急破玻按钮、通信线缆等组成。门禁主控制器安装在ISCS或BAS设备室；就地控制器在所控制的几个门之间安装，其它门禁现场设备在相应的门本地安装，以下讨论门禁现场级构成的几种方案

1. 主控制器方案

门禁主控制器主要用于门禁

注：*现场门禁子系统对比分析（中铁上海设计院集团有限公司 罗利平）

就地控制器的联网，实现本设备通信协议到TCP/IP协议的转换，完成数据的交换和存储，实现外部消防等联动信号的输入。目前门禁主控制器的设置方案基本上有以下三种：

方案一：一个车站设置一个主控制器，以设置综合监控系统为例（以下简称主控）如图6所示。

根据目前各个项目统计，各个地铁车站门禁数量一般在40~50间，一般都不超过64个(64是很多主控制器的一个基本控制点数)，故在各个车站设置一台主控制器即可满足需要。一个车站设置一台主控制器，与ISCS(或BAS)系统界面清晰明了，接线简单，投资低，并便于运营维护和管理。只是当主控制器出现故障会影响整个车站门禁数据的上传和下达，但并不影响门禁下面设备的正常工作，此时门禁系统可由就地控制器进行管理。

方案二：一个车站设置两个主控制器，如图7所示。

两个主控制器按车站中心线各控制半个车站的就地控制器，当主控制器故障时故障范围较方案一减小一半，且线路跨距短，但投资增大，而且主控制器能力没有得到充分发挥，并且与BAS或ISCS系统存在两个接口，系统独立性较差。

方案三：不设置主控制器，如图8所示。

就地控制器间通过现场总线形成一个环网，连至车站级网络。本方案现场总线跨越距离大，传输速率衰减大，而且本方案虽然节省了主控制器，但就地控制器的功能比方案一和二中的功能要求强大，导致投资高。

各方案的优缺点如表4：

综上所述，方案三可靠性较低，投资又高，考虑到目前主控制器的可靠性均比较高，从简化环节，节省投资的角度出发，一般采用方案一。

2. 就地控制器方案

门禁就地控制器设置方案分为一套就地控制器控制一套读卡器和控制多套读卡器两种。

方案一：一套就地控制器控制一套读卡器。

其优点是独立性好、故障范围小、布线简洁明了，缺点是设备较多、投资较大。

方案二：一套就地控制器控制多套读卡器。

其优点是可大大减少就地控制器的数量，从而节省投资，系统相对简单，减少维护点和管理点。缺点是一旦就地控制器故障，其所控制的多套读卡器均无法正常工作，相对方案一故障范围放大。

设计时根据设备房重要性，对与行车有直接关系的特别重要房间，设一套就地控制器控制一套读卡器，如每个车站的车控室。对其

表4 门禁系统车站主控制器设置方案比较表

比较项目	方案一	方案二	方案三
系统可靠性	高	更高	较低
故障影响	较小	小	大
管理复杂程度	简单	较复杂	复杂
系统综合投资	低	高	高
线路跨距	长	较长	短
系统调试	简单	较复杂	复杂
系统维护	方便	较麻烦	麻烦

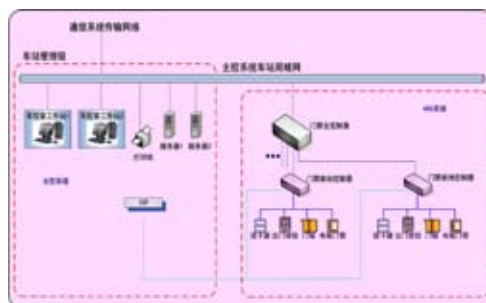


图6 设单主控制器的车站门禁系统构成示意图

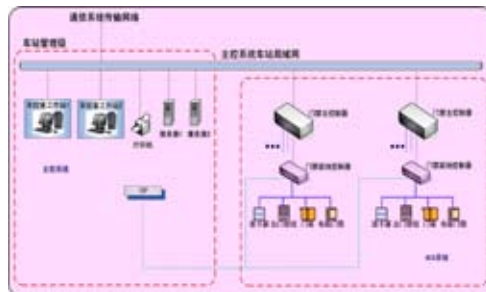


图7 设双主控制器的车站门禁系统构成示意图

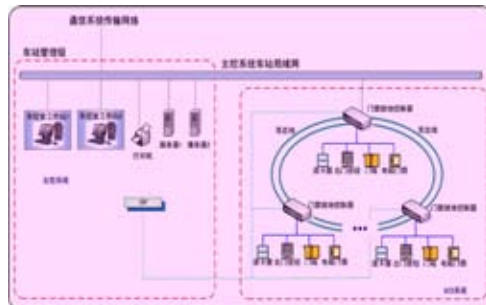


图8 不设主控制器的车站门禁系统构成示意图

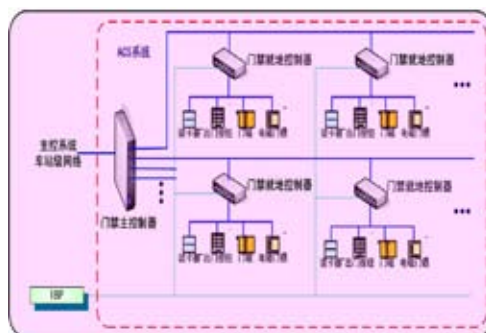


图9 多条RS485单总线网络构成示意图

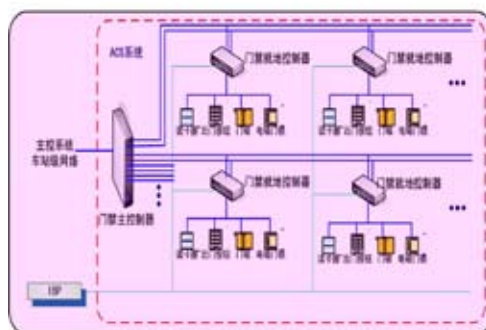


图10 多条RS485双总线网络构成示意图

它一般重要房屋设一套就地控制器控制四套读卡器的方案，既防止过多读卡器导致事故范围扩大，又可节约布线和投资，目前在上海地铁6号线、9号线、7号线都是如此实施的。

3. 现场网络构成方案

现场级网络主要是指门禁主控制器、就地控制器和其它现场设备间采取什么样的方式联接起来。

现场级网络目前一般采用RS485总线，其构成方式主要有以下两种方案：

方案一：多条RS485单总线形式，如图9所示。

车站主控制器与就地控制器之间以多条RS485单总线形式连接，优点是数据交换速率快，投资少，缺点是若一回路网线故障，则此回路上所有就地控制器均与主控制器中断联系。

方案二：多条RS485双总线形式（如图10所示）。

车站主控制器与就地控制器之间以多条RS485双总线形式连接，较方案一的优点是采用双总线，可靠性大大提高，一旦一回路网线故障，可自动切换到另一热备网线上。但同时也导致投资增加，双总线的方案从控制器软件到硬件接口投资都有所增加，比单总线方案系统投资至少将增加25%。

因此，在保证可靠性的前提下，从节约投资的理念出发，在目前所实施的地铁项目中，一般均采用方案一即多条RS485单总线的构成方案。

由此可见，门禁子系统现场设备一般采用单主控制器、一控多的就地控制器和多条单RS485组网方案。这也是目前国内地铁采用比较多的方案。当然每个方案与设备的

具体性能是息息相关的，不能一概而论。我们应结合实际，在充分和有效地应用系统集成时，结合各个地铁项目的特点，做出切合实际、经济合理的方案。

信号系统

信号系统是城市轨道交通的重要基础设施之一，它对于确保列车的运行安全和提高行车效率起到必不可少的作用。随着计算机技术和微电子技术的飞速发展，信号系统因为数字技术和自动化技术的介入，发生了巨大的变化，技术上日趋成熟。

轨道交通信号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，我国轨道交通信号系统具有多种类型，各不相同，国内的城市轨道交通建设，从90年代起，建造或改造的北京、上海、广州和天津的地铁开始引进国外先进的地铁信号系统设备。北京地铁1号线引进英国WESTING HOUSE公司设备，上海轨道交通1号线采用了美国GRS公司（现为ATO一部分）的ATC系统，上海轨道交通2号线采用

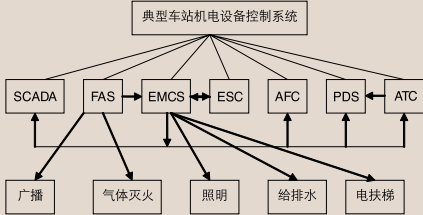
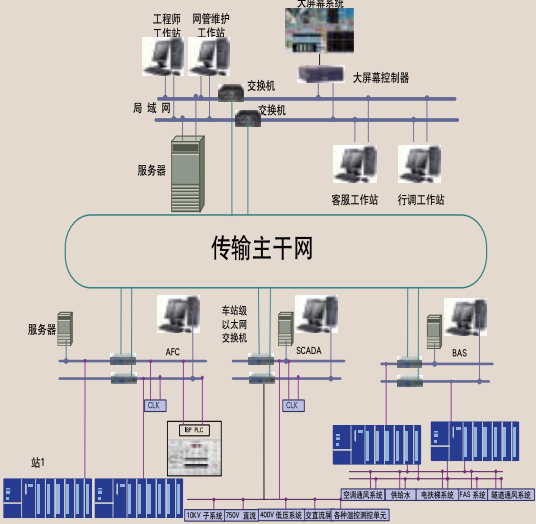
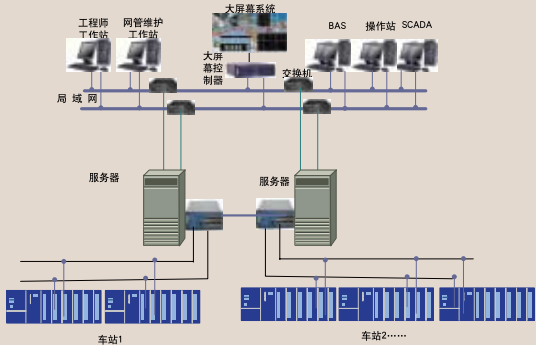
了美国USS公司的技术，上海轨道交通3号线（明珠线一期）采用了法国ALSTOM公司的ATC技术，而上海轨道交通5号线（莘闵轻轨线）采用了德国SIEMENS公司的设备，广州地铁1号线引进德国SIEMENS公司设备。

附表2从不同的方面对上海早期四套系统进行比较，这4条线路的设计时速均为80公里，随着技术的发展后期设计开发的多条地铁线设计时速均超过100公里。

在上海早期4条线路采用的自动化系统中，3号线的ATC系统技术比较先进。目前，采用连续的数字无绝缘轨道电路进行ATP信息传输是主流，音频轨道电路已经基本淘汰，点式传输不适合于高密度和高安全的地铁和轻轨系统；在ATP控制模式中，目标距离方式同速度码方式和目标速度方式相比具有很大的优越性，虽然移动闭塞是目前的主流，但目标距离方式更为成熟；在ATO系统和ATS系统方面，3号线也比较先进，更为重要的是，3号线的ATS系统已实现全面的国产化，对进一步提高地铁和轻轨系统的国产化率具有重要的意义。

以上引用了多名从事轨道交通设计资深人士的见解，从轨道交通类型、主控系统、环控系统、信号系统、门禁系统几个方面进行了分析，为广大轨道交通自动化设计工程师提供参考。轨道交通是一个复杂、庞大的系统工程，涉及到大小专业上百个，随着我国乃至世界其他国家地铁建设的高速发展，轨道交通自动化系统必将采用更先进的控制、计算机、网络技术，从而提高轨道交通自动化的水平。■

附表1 主控系统解决方案对比

类型	系统组成	系统结构	优缺点
分离控制系统	<p>信号系统(ATC)、环境控制系统(EMCS)、防灾报警系统(FAS)、电力监控系统(SCADA)、自动售检票系统(AFC)、屏蔽门系统(PDS)、环控设备(ECS)、通讯系统、电视监控(CCTV)、电扶梯、照明和给排水等系统均为分离的独立系统,系统之间的联锁关系仅限于简单的数据接或继电器接口,传输的信息量有限。</p>		<p>系统之间传输的信息量有限,不能完全实现所有系统之间的联锁关系,且可靠性差。</p> <p>系统之间联锁关系单一,不能完全满足现代运营的需求。</p> <p>使用分离的机电设备控制系统,在运营中要投入大量的系统维护、管理人员,增加了运营成本。</p>
系统网络化	<p>将全线的每一个车站所需集成系统设置为该局域网的子系统,全线通过每个站的路由器构成广域网,将全线以车站为单位划分为若干个局域网(LAN),每一个局域网有一套自己完整的网络设备,包括:Server、Second Server、Switch、Router、Operator Workstation、PLC等。全线通过各站路由器连接形成一个广域网,所有信息的集成是在两个层次上实现的:主控级和车站级。车站级的设备通过冗余的10/100Mbps以太网连接,采用TCP/IP协议。车站发生事件的连锁关系以及与控制中心(OCC)联系由该服务器执行。为了提高系统的可靠性,在每一个局域网(LAN)中使用“热备”两台服务器,主备服务器之间的数据同步,以保持系统数据的完整性。主控级通过中心交换机与广域网连接,且使用具有强大处理数据能力、热备方式的服务器系统,服务器宜采用UNIX操作系统和大型数据库管理系统为平台,主要进行全线的数据分析、处理以及各局域网(车站级)之间逻辑连锁关系的分析。</p>		<p>车站级使用局域网(LAN)将各子系统连接,子系统之间实现了“无缝”连接,接口简单、明了,便于系统调试;</p> <p>以车站为单位将全线划分为若干局域网(LAN),每个局域网中有完整软件、硬件,系统相对独立,因此具有较好的扩展。</p> <p>由于局域网相对独立,与控制中心的信息交换仅限于车站子系统中变化信息(参数),因此每个车站的局域网可相对另一域网独立运行,系统具有较高的可靠性和可维护性。</p> <p>每个局域网具有自己完整的网络设备和“热备”服务器系统,因此具有强大的分析、处理和存储数据能力,适用于控制和监测对象相对复杂、子系统多、集成度要求高的地铁工程。便于与其他系统的连接。</p> <p>由于整个系统使用了较多的网络设备和服务器系统,带来了投资大,工程造价高等问题。</p>
信息集成化	<p>将全线设置为局域网络,信息的分析和处理主要集中在控制中心(OCC),每个现场设备则通过总线方式连接。可根据设备种类和功能需求将全线划分为两部分:控制中心级和车站级。控制中心级以“热备”方式设具有全线的数据分析、处理、存储能力的服务器、路由器、操作站等设备,控制中心根据需求设置为控制中心局域网(LAN),再通过路由器(Router)与车站级的主可编程逻辑控制器(PLC)构成广域网。所有数据分析、处理以及车站级与车站级之间的逻辑连锁关系的分析都集中在控制中心系统处理。车站级的主要设备有冗余的主PLC和路由器、操作站等,现场设备通过总线方式(如CAN、DH+等)与该级的主PLC连接,所有现场设备的状态则通过该级的主PLC传输到控制中心,子系统的逻辑连锁关系由主PLC执行,车站级的Operator Workstation用于工作人员的实际操作和系统管理。</p>		<p>信息集中和管理统一</p> <ol style="list-style-type: none"> ①系统结构简单,控制对象少,便于安装、调试和维护工作。 ②信息高度集成,减少了管理人员数量,降低运营成本。 ③由于车站级使用了主PLC控制器,相对服务器系统更有利于逻辑运算,适用于控制对象少、结构相对简单、投资总额低的轻轨工程。 ④由于信息的高度集中,结构相对简单,不利于系统的扩展。

附表2 信号系统应用对比

	1号线(地铁1号线)	2号线(地铁2号线)	3号线(明珠线一期)	5号线(莘闵轻轨线)
ATC系统概况	一期工程北起上海火车站,南至上海南站,后南延伸至莘庄。1号线及南延伸共计16个车站,约22km,设7个信号设备集中站和一个车辆段。1号线北延伸自上海火车站起向北延伸12.5km,经过8个车站,终点站为泰和路,设4个设备集中站。1号线是一个重轨运输系统,采用灵活的6节编组(具备将来8节编组升级的能力),并装备了列车自动控制系统(ATC)的全套设备。车载ATP设备双套冗余,ATO设备单套。	西起浦西的中山公园,东至浦东的张江站,现有13座车站,全程18.16km,设有4个联锁集中站和2个非联锁集中站。2号线正向实现完全的自动控制包括ATP、ATO、ATS功能。车载ATP设备双套冗余,ATO设备单套。	由遭河径至江湾镇,全程24.975km,共包括19个车站、一个车辆段。系统中共设10个设备集中站。控制中心设于宝兴路站控制中心。3号线装备了全套的ATC系统,车辆采用6节编组和8节编组。	由羊庄站至天星站,全长约17km。正线共设13座旅客车站,除莘庄站为地面车站外,其余均为高架车站。系统设5个联锁集中站。5号线装备了全套的ATP、ATS系统,ATO功能没有要求,车辆采用6节编组和8节编组。
轨道电路	采用音频无绝缘轨道电路,将4种列车检测载频调制在2个码率上。并有序地使用在线路上,以达到列车检测的目的。机车信号载频为2250Hz,调制在10个码率上。以向列车传输8个速度码(1个预留)、2个开门信息;同时,无码表示停车信息。	采用AF-902和AF-904数字式无绝缘轨道电路检测列车的位置。轨道电路采用9.5~16.5kHz的载频,用频移键控(FSK)方式进行调制,向列车传送信息,传输速率为200bit/s,轨道电路向车载设备传送的信息除信息头和CRC校验外,还包括轨道线路号、运行方向、下一个载频、线路限速、目标速度和停稳信息等	采用DTC921-1型无绝缘Digicode数字轨道电路,DTC921-1可分别采用8个不同的载频进行信息传输,用MSK方式进行调制。Digicode用于列车检测时传输速率为400bits/s,与SACEM地对车通讯时为500bit/s,支持双向传输,在地铁中仅用了地到车通讯。轨道电路向车载设备发出的报文包括长报文(区段的进路地图)和短报文(区段的轨道电路和道岔的状态)。	采用FTCS音频无绝缘轨道电路,用S~bond电气隔离接头进行分割,轨道电路具有4个频率。系统经数据传输点(轨道耦合线圈)点式向车载设备传输信号和线路信息,也可用环线进行连续传输轨道耦合线圈使用FSK制式,传输速率为50kbit/s
联锁设备	采用6502继电联锁,北延伸采用VPI计算机联锁系统。VPI计算机联锁是以“数字集成安全保障逻辑(NISAL)”为基础,采用“故障—安全”设计的专用联锁机系统。系统为双机热备方式	采用MICROLOCKII计算机联锁系统,系统为双机热备方式。MICROLOCK单元分为处理安全信号的“IMLK”(联锁MICROLOCK)和“TMLK”(轨道MICROLOCK)。	采用ASCV(VPI2)计算机联锁系统。ASCV系统保持了数字集成安全保障逻辑(NISAL)等技术,并对CPU速度和系统容量进行了全面升级,为双机热备系统。	采用SIMIS计算机联锁系统,3取2工作方式,并采用了分散式设备接口模块。系统具有较高的可靠性、可用性和适应能力。
列车自动保护系统	采用头、尾各双套冗余的车载设备,其列车自动保护(ATP)系统基于速度码方式,共有8个速度码。列车最高速度为80km/h,运行间隔120s,设计间隔100s	采用头、尾各双套冗余的车载设备,基于目标速度方式。设计间隔100s	采用SACEM系统,地面设备为3取2系统,车载设备头、主/备双重配置。基于目标距离方式。地面设备向车载设备传送区段的进路地图、区段的轨道电路和道岔的状况,由车载设备进行制动曲线的计算。系统靠静态列车初始化应答器(STIB)、动态列车初始化应答器(MTIB)和重新定位应答器(RB)来进行列车的定位和重新定位。设计间隔100s。	采用点式发码非连续式地对车通讯,车载设备基于SIMIS-3216的2取2故障安全方式。系统基于目标距离方式。运行间隔163s,最小设计间隔130s。
列车自动运行系统	停车精度为±25cm,精确的车站停车是通过距停车点350m,150m,25m处的无源标志线圈以及8m处的有源标志线圈实现的。ATO命令和车次号是通过车地通信子系统(TWC)传递的。ATO具有5个运行等级。	停车精度为±50cm,精确的车站停车是应用用轨道电路ID和边界的转换以及车站区域的TWC环线交叉来实现的。TWC2000用于车地通讯、传递车次号和ATO命令等。	停车精度为±50cm,精确的车站停车是应用ATO的距离计算和STIB、MTIB和RB来实现的。TWC用于车地通讯、传递车次号和ATO命令等。	5号线不具有列车自动运行(ATO)功能,采用点式列车运行控制系统基于目标距离方式。
列车自动监控系统	在中控室采用双局域网连接,主机及通讯前置机为双机热备,大屏显示采用马赛克显示屏。车站采用工业单板机DTM系统作为数据传输和控制系统,采用马赛克控制台。中控室同车站间通过MODEM进行点对点连接,通讯速率为2400bit/s	在中控室采用双局域网连接,主机及通讯前置机为双机热备,采用背投作为大屏显示。中控室同车站间通过路由器进行点对点连接,中控室和车站间组成广域网连接。	在中控室采用双局域网连接,主机及通讯前置机为双机热备,采用背投作为大屏显示。车站采用双局域网连接,车站ATS服务器为双套冗余,控制台为单套。中控室同车站间通过路由器进行点对点连接,通道双套冗余,中控室和车站间组成广域网连接	在中控室为单网连接,采用PROFIBUS现场总线,负责列车自动跟踪和列车自动排路的计算机双套冗余。车站采用双套PROFIBUS网,同中控室的连接也通过双套PROFIBUS网,车站控制台为单套。



控制精准 分毫不差



ASDA伺服系列

为了让您精准、高效的控制机床运行，我们的CNC数控与ASDA系列全数字交流伺服系统和伺服电机，以超乎寻常的高性能、高可靠与高精度，让您的控制从此轻而易举，分毫不差。

交流伺服 ASDA-B系列及ECMA 伺服电机

- 位置/速度/扭矩 三机一体
- PI / PDF控制架构
- 马达规格：

低惯量 100W--5000W 3000rpm
中惯量 300W--7500W 2000rpm
中高惯量 300W--7500W 1500rpm
高惯量 300W--5000W 1000rpm

- 多组增益切换
- 通过UL/CE国际安规认证

车铣一体机数控系统H4CL-T

- 控制4轴车铣一体机床的数控系统
- 10"4 TFT 显示
- 标准G.M.S.T指令集
- 专用的4轴车床的功能指令
- 全闭环系统(V-command)
- 通过UL/CE国际安规认证

凭借着对行业的深入了解，母公司台达的研发、生产力，中达电通以雄厚技术及贴心服务，为您量身打造合适的集成方案。

中达电通，您可信赖的合作伙伴。