

Chengshi
CHENGSHI
CHENGSHI
CHENGSHI

城市轨道交通

关键技术丛书

城市轨道交通 综合监控系统及集成

李国宁 刘伯鸿 编著

城市轨道交通关键技术丛书

城市轨道交通综合监控系统及集成

李国宁 刘伯鸿 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书由“技术基础篇”、“系统集成篇”和“应用篇”三个重要部分组成。“技术基础篇”首先阐述了城市轨道交通综合监控系统及集成的由来与发展、系统构成及应用特点，重点介绍了 SCADA 系统、接口技术和数据通信技术基础。“系统篇”重点介绍了城市轨道交通综合监控系统及集成的基本原理、基本方法和实现技术；“应用篇”主要介绍了基于大型 SCADA 平台的综合监控系统、地铁主控系统的具体应用。

本书可作为高等学校城市轨道交通专业的教材，也可作为城市轨道交通专业技术人员的参考用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

城市轨道交通综合监控系统及集成/李国宁,刘伯鸿编著. —成都:西南交通大学出版社, 2011.10
(城市轨道交通关键技术丛书)
ISBN 978-7-5643-1381-4

I. ①城… II. ①李… ②刘… III. ①城市铁路—交通监控系统 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 183094 号

城市轨道交通关键技术丛书

城市轨道交通综合监控系统及集成

李国宁 刘伯鸿 编著

*

责任编辑 黄淑文

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 21.875

字数: 543 千字

2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1381-4

定价: 39.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

城市轨道交通系统是一种高密度、大运量的交通系统，必须保证其高度的安全性和可靠性。城轨交通综合监控系统的建立，一方面可以实现各系统信息资源共享，确保相关系统间自动进行业务关联和事件联动功能，快速应对突发事件；另一方面，通过综合监控信息平台，提供设备档案管理、系统维护管理的基础信息，保证设备的使用和维护，提高设备完好率，降低运营成本。

在城市轨道交通中，综合监控系统具有包含的系统多、监控的对象多、处理的数据量大、涉及的专业面广等特点。在实际运营中，由电力监控子系统、环境与机电设备监控子系统、火灾报警子系统等构成的综合监控系统是整个轨道交通系统安全可靠运行的基本保障。在技术发展水平方面，综合监控系统不但是实现国内轨道交通调度自动化管理更上一层楼的重要工具，也是我国城市轨道交通系统的主要发展方向之一。

随着城市轨道交通的蓬勃发展，对轨道交通相关人才的要求急剧增加。为了适应新时期城市轨道交通建设的需求，我们在从事轨道交通相关课程教学及科学研究的基础上，参考了有关城市轨道交通自动化系统与技术的一些丛书及研究、设计院所的技术资料，编写了这本教材。

本书由三部分组成。

第一部分，技术基础篇：分为 6 章介绍与城市轨道交通综合监控系统有关的基础技术。城市轨道交通综合监控系统是一个工业自动化系统，它奠基在工业控制系统、监控与数据采集、计算机通信网络与现场总线等技术基础上。

第二部分，系统篇：分为 6 章介绍了城市轨道交通综合监控系统及集成，是本书的重点。内容包括系统集成技术基础、系统集成接口技术、综合监控系统及集成、信号系统、自动售检票系统、信息通信系统及其他系统，它们是综合监控系统集成及互联的核心。

第三部分，应用篇：分为 2 章介绍城市轨道交通综合监控的实际应用。包括基于大型 SCADA 平台的综合监控系统、地铁主控系统，它们都是城市轨道交通综合监控系统的典型案例。

本书由李国宁和刘伯鸿共同完成，李国宁统稿并编写第 1 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 11 章、第 12 章，刘伯鸿编写第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 10 章、第 13 章、第 14 章。

由于作者的水平和能力有限，且时间仓促，书中疏漏和错误之处在所难免，恳请广大读者批评、指正。

作 者

2011 年 10 月 1 日

目 录

第 1 篇 技术基础篇

第 1 章 绪 论	1
1.1 城市轨道交通发展综合监控系统的背景	1
1.2 城市轨道交通综合监控系统的监控对象和任务	2
1.3 城市轨道交通综合监控系统的构成	5
1.4 城市轨道交通监控系统的发展	9
1.5 城市轨道交通综合监控系统的特点	16
1.6 系统集成概述	20
第 2 章 分散型控制系统 (DCS) 与可编程控制器 (PLC)	22
2.1 分散型控制系统	22
2.2 PLC 与 PLC 系统	34
第 3 章 SCADA 系统	42
3.1 概 述	42
3.2 SCADA 系统组成	43
3.3 SCADA 系统的结构	49
3.4 大型 SCADA 系统	55
3.5 大型 SCADA 系统的软件平台	57
第 4 章 I/O 接口与数据采集技术	64
4.1 I/O 接口概述	64
4.2 过程 I/O 接口	64
4.3 基于 PC 的数据采集技术	68
4.4 基于 PC 的数据采集系统编程	72
4.5 基于 PLC 的数据采集系统编程	73
4.6 基于虚拟仪器的数据采集技术	74
4.7 基于 Web 的远程数据采集与监控	76
第 5 章 计算机通信网络与现场总线	79
5.1 数据通信基础	79
5.2 计算机通信网络	101

5.3 现场总线技术	106
5.4 以太网	121
第 6 章 综合监控系统的若干重要技术	126
6.1 综合监控系统技术内涵	126
6.2 综合监控系统软件需求分析	127
6.3 综合监控系统软件中的关键技术	133
6.4 建设综合监控系统的关键点	137

第 2 篇 系统集成篇

第 7 章 系统集成技术基础	142
7.1 系统集成商与系统集成	142
7.2 系统集成的基本问题	145
7.3 开放系统应用集成框架	148
7.4 系统集成相关技术介绍	155
第 8 章 系统集成接口技术	164
8.1 概 述	164
8.2 集成系统接口框架	165
8.3 接口通信技术	169
8.4 接口描述规范	179
第 9 章 综合监控系统及集成	189
9.1 概 述	189
9.2 综合监控系统的构建方式	192
9.3 综合监控平台系统集成	197
9.4 综合监控系统的网络结构	203
9.5 电力监控子系统 (PSCADA)	207
9.6 环境与设备监控子系统 (BAS)	219
9.7 火灾报警子系统 (FAS)	240
9.8 综合监控系统集成	246
第 10 章 信号系统	258
10.1 系统概述	258
10.2 信号系统的组成及功能	259
10.3 列车运行自动控制系统 (ATC)	261
第 11 章 自动售/检票系统	269
11.1 概 述	269

11.2	AFC 系统的结构	269
11.3	AFC 系统的功能	272
11.4	软件系统	275
11.5	AFC 系统接口	277
第 12 章	信息通信系统及其他系统	279
12.1	信息通信系统	279
12.2	乘客信息系统	284
12.3	数字视频监控系統	287
第 3 篇 应用篇		
第 13 章	基于大型 SCADA 平台的综合监控系统	290
13.1	北京 13 号线综合监控系统	290
13.2	深圳地铁一期综合监控系统	301
13.3	北京地铁 10 号线一期含奥运支线综合监控系统	318
第 14 章	地铁主控系统	324
14.1	广州地铁 3 号线主控系统	324
14.2	广州地铁 4 号线主控系统	334
参考文献		339

第1篇 技术基础篇

第1章 绪论

1.1 城市轨道交通发展综合监控系统的背景

城市轨道交通是一个庞大的系统工程，它涉及面广、技术复杂、专业繁多，需要各系统、各部门的协调配合，才能完成整个项目的建设、运营和管理，才能确保行车安全，为乘客提供安全、快捷、舒适的乘车环境。目前一些国家和地区在实现综合监控方面取得了很大的进展，综合化、智能化是未来城市轨道交通控制系统的发展方向。

综合监控系统的概念是从国外引进的，英文表述为 Integrated Supervisory and Control System，简称 ISCS。顾名思义，是将彼此孤立的各类设备控制系统通过网络和集成软件有机地连接在一起，建成一个共享信息平台。该系统集成或互联了各相关子系统，协调和监控这些子系统的功能，充分提高各系统的运行效率、降低城市轨道交通运营成本、提高综合决策水平，为乘客提供一个便利快捷舒适的乘车环境；并在灾害发生的情况下最大限度地保护人身和财产安全，实现“高安全、高效率、高品质服务”的智能型城市轨道交通。

1.1.1 城市轨道交通综合监控系统的提出

城市轨道交通综合监控系统概念的提出，要从两个方面说起：

一是从实践中出发。长期以来，已有许多楼宇自动化系统、地铁视频监控系统、地下采矿监控系统、石油化工过程控制系统、污水自动化处理系统和高速公路监控、收费、通信系统以及隧道监控系统的设计。这些系统设计的核心理念就是“综合监控”。而在轨道交通设计方面，发现孤岛系统太多，存在不利于整个轨道交通运行管理的监视和控制等问题，所以在轨道交通机电系统设计中提出了“综合监控系统”的概念。

二是大环境的要求。目前一些发达国家和地区在实现轨道交通综合监控系统方面已经取得了很大进展，如日本新干线的运行监控系统及处于世界最高水平的新加坡地铁综合监控系统，中国香港九广铁路公司（KCRC）的综合监控系统等。我国北京、深圳、广州等城市地铁线路也实施了能够集成环境与机电设备监控系统、电力监控系统、火灾报警系统的自动化

综合监控系统，并且正常运行。所以说“综合监控系统”的实施已经不仅是个经济问题，而且是技术水平反映的问题。

1.1.2 城市轨道交通综合监控系统要实现的总体目标

城市轨道交通综合监控系统要实现的总体目标主要有五方面：一是建立综合监控平台，实现多专业的系统集成、资源共享、信息互通，提高运营效率；二是提供系统之间的业务关联与事件联动，提高对事件的准确反应能力和速度，提高服务质量；三是建立共享数据库，实现各子系统数据的统一管理，提高数据利用层次，为进一步的数据挖掘和运行优化提供条件；四是简化自动化系统的总体结构，提高系统的可靠性、响应性和安全性，减少综合投资；五是提供设备档案管理、系统维护管理的基础信息和基本网络条件。

1.1.3 城市轨道交通综合监控系统如何实施

轨道交通中实施综合监控系统是技术进步的一个表现，具体实施则需要开展多方面工作。首先，设计研发单位要通过考察、学习、交流、讲解等多种渠道，在得到业主、运行单位认可的前提下，将这一系统真正运用到设计的实际工作中。其次，要找一个能力比较强的综合性的集成商，做一个完整的综合监控系统总承包。要求总承包单位把所有概念及配置搞清楚，然后把各子系统功能模块和接口划分好，关键是通信规约、连接接口、界面（包括硬件界面、功能界面）等。具体实施过程中可以分包给其他集成商完成，但总承包单位要划清楚各分包单位应承担的工作，并负责协调和最终的集成调试。实施中必须对总承包商进行高标准招标，要通过“综合监控系统”的实施，提高国内系统集成的水平，培养高素质的系统集成和管理队伍。综合监控系统实施中很重要的一点是综合调试，要把所有的界面与接口弄清楚是很难的，所以要注意留有充分的时间进行综合调试。

目前，在综合监控系统实施中还会遇到许多问题。一是在传统观念下对“综合监控系统”的认识和接受与否的问题；二是寻找合适的总承包商时，国内技术处于发展阶段；三是运营管理机构体制问题。尤其是第三点，原有管理体制及管理人员均适应于孤岛系统的管理，如电力监控人员管不了设备，设备管理人员不涉及电力调度等，管理体制决定了各有专长的人才只能管理本系统的范围。现在提倡复合型人才，但在这一领域要造就具有这一技术水平技术力量还有艰难的道路要走，所以说，目前的技术管理水平制约了综合监控系统的发展。

现在城市轨道交通高速发展，其速度之快已超出人们的预计。作为创新技术的综合监控系统的应用，就要紧随其发展步伐。

总体来说，一方面综合监控系统是紧随轨道交通本身建设事业的发展，二是轨道交通要纳入大交通范围，通过信息的交换和信息诱导，让轨道综合监控系统更好地发挥作用。

1.2 城市轨道交通综合监控系统的监控对象和任务

1.2.1 城市轨道交通综合监控系统的监控对象

从轨道交通运行管理角度来讲，城市轨道交通综合监控系统的监控对象包括移动设备和固定设备两大类。

1. 移动设备监控管理

对移动设备监控管理,就是对城市轨道交通的移动体——列车——的监控管理。实现的技术手段是城市轨道交通信号系统。

在城市轨道交通信号中,目前几乎都采用列车自动控制(Automatic Train Control, ATC)系统控制列车运行。

列车自动控制系统包括三个子系统:列车自动监控(Automatic Train Supervision, ATS)子系统、列车自动防护(Automatic Train Protection, ATP)子系统、列车自动运行(Automatic Train Operation, ATO)子系统。ATS子系统主要实现对列车运行的监督和控制,包括时刻表编辑、列车运行监视、列车自动调整、自动排列进路等功能,辅助调度人员对全线列车进行管理。ATP子系统是城市轨道交通列车运行时必不可少的安全保障,对列车运行进行超速防护。ATO子系统则是提高城市轨道交通列车运行水平的技术措施,优化列车运行曲线,实现列车自动折返和车站程序精确停车等功能。

2. 固定设备监控管理

对固定设备监控管理,就是一般所指的自动化综合监控系统。

由于城市轨道交通使用的固定设备种类繁多、专业性强,为了保证这些设备的安全和高效运行,必须为这些设备设置监控系统,包括列车自动监控系统(ATC)、环境与设备监控系统(BAS)、变电所综合自动化系统(PSCADA)、火灾自动报警系统(FAS)、屏蔽门监控系统(PSD)、自动售/检票系统(AFC)、自动监控系统(ATS)、门禁系统(ACS)、乘客信息显示系统(PIS)、车载信息系统(TIS)、车站信息系统(SIS)、通信系统(包括公务通信、调度通信、无线通信、广播系统、闭路电视系统、数字传输、时钟系统)等,如果有防淹门的话,还有防淹门监控系统(FG)。

1.2.2 城市轨道交通综合监控系统的类型

城市轨道交通综合监控系统按照信息的实时响应性要求来分,可分为实时监控系统和事务数据管理系统两大类。

1. 实时监控系统

在地铁自动化系统中,较多、较重要的一类系统是实时监控系统。这类系统要求全系统具有实时响应能力,在车站一级,底层基础自动化层设备的状态信息到车站监控室操作工作站上显示出来的响应时间在1s之内。从底层到中央监控中心(OCC)操作员工作站上的响应时间在2s之内。控制指令从顶层(OCC)到底层设备的输出端子的传输时间也在2s之内。

这类系统必须建立相应的功能强大的实时数据库,底层和车站监控层的重要数据都要求带有实时时标。地铁实时监控系统的实时数据库的容量较大,实时数据在网络的传输量也较大,数据库结构必须特殊设计。

实时监控系统的车站一级的子系统是实时控制系统,它们一般采用分散型结构,最紧急的控制响应时间为几十毫秒,PLC每千条指令周期为亚毫秒,SOE的分辨时间为数毫秒。

地铁实时监控系统的特殊点还在于它是跨越广域网的实时监控系统,车站的实时数

据还需经过骨干网传输到全线中央实时数据库中，这样一来，对车站监控网的实时性的要求更高，对骨干网的传输特性的要求也更高，实时数据经骨干网传输对骨干网也有了综合接入的新要求。地铁实时监控系统与传统的实时监控系統相比有了许多的特殊点，要加以考虑。

地铁实时监控系統无论是结构、性能、设计和组建都有其自身的特点，特别是软件结构有特殊的要求，在为地铁设计自动化系統时应该首先判定它的这种类型。

地铁的电力监控系统、信号系統、BAS 系統和防灾报警系統都属于实时监控系統。

2. 事务数据管理系统

事务数据管理系统以事务性数据的处理传输为主，系統对数据的实时性无苛刻要求，数据的响应时间在数十秒到分钟级水平。事务性数据处理主要解决数据的准确采集处理、大数据量的可靠传输、数据的统计处理和管理。

事务数据管理系统涉及地铁的管理信息系統、办公自动化系統、设备 ERP 等，它的技术基础是管理软件。管理软件在实际工作中的适应性成功应用是事务数据管理系統的关键。事务数据管理系统往往由于包括财务数据而变得异常重要，要求系統带有安全保护功能，系統会设计有严格的保密措施，数据处理也将采取更为可靠和准确的手段。

地铁的自动售检票系統（AFC）属于事务处理系統，地铁的运营管理系统也属这一类。

地铁自动化系統中还有将上述两类系統集成在一起的系統。但可以看出，上述两类系統集成在一起，实时信息和事务信息必须严格分开，这已成为系統集成的重要原则。

1.2.3 城市轨道交通综合监控系统的任务

综合监控系统的系統设计和工程实施主要应满足地铁运营“调度管理”和“维护管理”两个层面的需求。这两个层面所面对的服务对象不同，“调度管理”面向的是地铁控制中心调度人员及车站值班员；“维护管理”所面对的服务对象是综合监控系统各专业维护工程师和维护人员，包括供电维护人员、机电设备（环控、屏蔽门、电扶梯、事故电源等）维护人员、火灾报警维护人员等。由于所承担的工作职责不同，因此对系統功能的目标要求也不同，“调度管理”侧重于对系統设备的状态监视、操作控制、工况模式选择、事故工况处理等工作；“维护管理”侧重于系統设备是否正常工作，是否出现报警，是否需要派员到现场维护等信息。在综合监控系统设计时，应针对上述两类服务对象有区别地设计人机界面、报警分类、报表服务等功能，有效避免不同类型报警信息对操作人员的干扰，最大限度地发挥综合监控系统对运营的支持作用。

从运营管理角度来讲，综合监控系统应实现的功能主要有：运营所需的机电设备监控功能和系統联动功能；保证建立全线路的综合维修中心、实现综合维修的全部功能；同时，要保证综合监控系统的强大的可扩展功能，既要保证实现当前功能需求的变化，又要保证随着运营实践的推进实现新要求的功能。

在系統中央级，地铁规范要求以行车指挥为中心设立行调、电调、环调、维调和总调，要求这些调度站信息沟通。综合监控系统必须保证实现这些要求。

综合监控系统必须具有支持车站统一站务监管的功能，支持车控室对车站站务的协同监

管。综合监控车站级软件的服务对象是车站值班员和值班站长及相关维护人员。

在目前的经济环境下，综合监控系统必须进行能源管理，为运营制定节能降耗措施，提供数据参考，有力支持地铁各专业大型设备和耗能系统的节能措施。

综合监控系统通过发挥信息共享平台的功用，在系统整个生命周期内不断地扩展功能，为地铁运营管理的进步服务。

1.3 城市轨道交通综合监控系统的构成

1.3.1 系统总体目标

城市轨道交通作为大运量、高密度的快速交通方式，对城市交通的重要作用日益显现。近年来，我国城市轨道交通建设飞速发展，其技术装备水平已经迈入国际先进水平，但是，随着运营的巨大压力和需求的不断增长，对于轨道交通的运营自动化水平有了更高要求。因此，如何提高城市轨道交通的综合自动化水平，已成为新的课题。

目前，城市轨道交通中装备了复杂多样的机电设备和相应的监控设备，包括通信、信号、供电及电力监控、自动售检票、通风空调、低压配电及照明、给排水及消防设备、环境与设备监控、火灾自动报警、屏蔽门、导向和电扶梯等。在相当长的时间，轨道交通中对各类机电设备的管理和监控是相对独立的，属于分立系统，信息之间基本不能互通互享，成为了信息孤岛，无法实现更高智能化水平的协同管理。为解决这个问题，广州、北京、深圳都逐步尝试设置综合监控系统，到目前为止，已经在多条轨道交通线路上成功设置了综合监控系统，并取得了丰富的建设和运营经验。

综合监控系统旨在实现地铁智能化管理的总体目标，建立一个信息共享和监控的综合自动化平台，将城市轨道交通中各自动化子系统有机结合，实现系统联动和快速反应；并将多个自动化系统的独立平台和操作界面统一在一个共用的硬件平台、操作和维护界面上，为地铁运营调度人员的监控操作和系统维护提供方便，提高运营操作和维护的自动化管理程度，减轻调度员的工作强度，提高调度管理效率；从整体上发挥更大的作用，改善环境、提高安全性和对乘客的服务水平。综合监控系统在国际上已有多个成功运用的案例，但是国内外轨道交通的建设模式和运营管理模式都有一定差别，随着该系统在我国多条线路的实施，已经逐步发展形成了相对稳定的系统构成和功能应用需求。

1.3.2 系统集成方案

各条线路在建设综合监控系统时，应考虑实际情况，根据地铁线路机电系统的构成要求和技木、管理与运营水平，以及资金、资源等情况综合决定集成规模。

综合监控系统一般有两种方案：一是以行车指挥为核心的集成方案；二是以电调、环调为核心的集成方案。目前为止，国内大多综合监控系统采用以电调、环调为核心的集成方案。主要是将原属于监控范围的系统（电力监控系统、环境与设备监控系统、火灾自动报警系统）的车站级功能和中心级功能进行集成，统一到一个监控平台上，对屏蔽门、防淹门的信息进行集成，并将通信系统中的闭路电视监视系统、广播系统、乘客信息系统中直接面对调度员

的人机操控功能进行集成。总之，对于各系统的集成与互联范围和深度，可以有多种选择，如表 1.1 所示。

表 1.1 各系统集成和互联

系统名称	车站级集成	车站级互联	中央级集成	中央级互联
变电所综合自动化系统 (PSCADA)			√	
环境与设备监控系统 (BAS)	√		√	
广播系统 (PA)	√		√	
闭路电视监视系统 (CCTV)	√		√	
屏蔽门系统 (PSD)	√		√	
防淹门系统 (FG)	√		√	
火灾自动报警系统 (FAS)	√		√	
乘客信息系统 (PIS)	√		√	
自动售检票系统 (AFC)				√
时钟系统 (CLK)		√		√
门禁系统 (ACS)				√
列车自动监控系统 (ATS)		√		√
通信集中告警系统				√

1.3.3 系统构成

综合监控系统采用 2 级管理 3 级控制的分层分布式结构，即中央级、车站级（含车辆段）2 级管理；中央级、车站级和现场级 3 级控制。

综合监控系统是由设置于控制中心的中央级综合监控系统、车站和车辆基地的综合监控系统、网络管理系统 (NMS)、培训管理系统 (TMS) 和维修管理系统 (MMS) 等组成。综合监控系统的总体网络由局域网络层和主干网络层组成。中央级通过全线主干网络将各车站级局域网络汇聚的监控信息传送到控制中心，从而实现多系统多层次的综合监控。综合监控系统构成如图 1.1 所示。

综合监控系统的软件系统是核心，一般从功能逻辑上分为 3 层。

- ① 数据接口层：采集数据并进行协议转换。
- ② 数据处理层：对收集的数据进行分析、处理和存储。
- ③ 人机界面层：提供工作站上的人机操作界面，完成信息显示及监控操作。

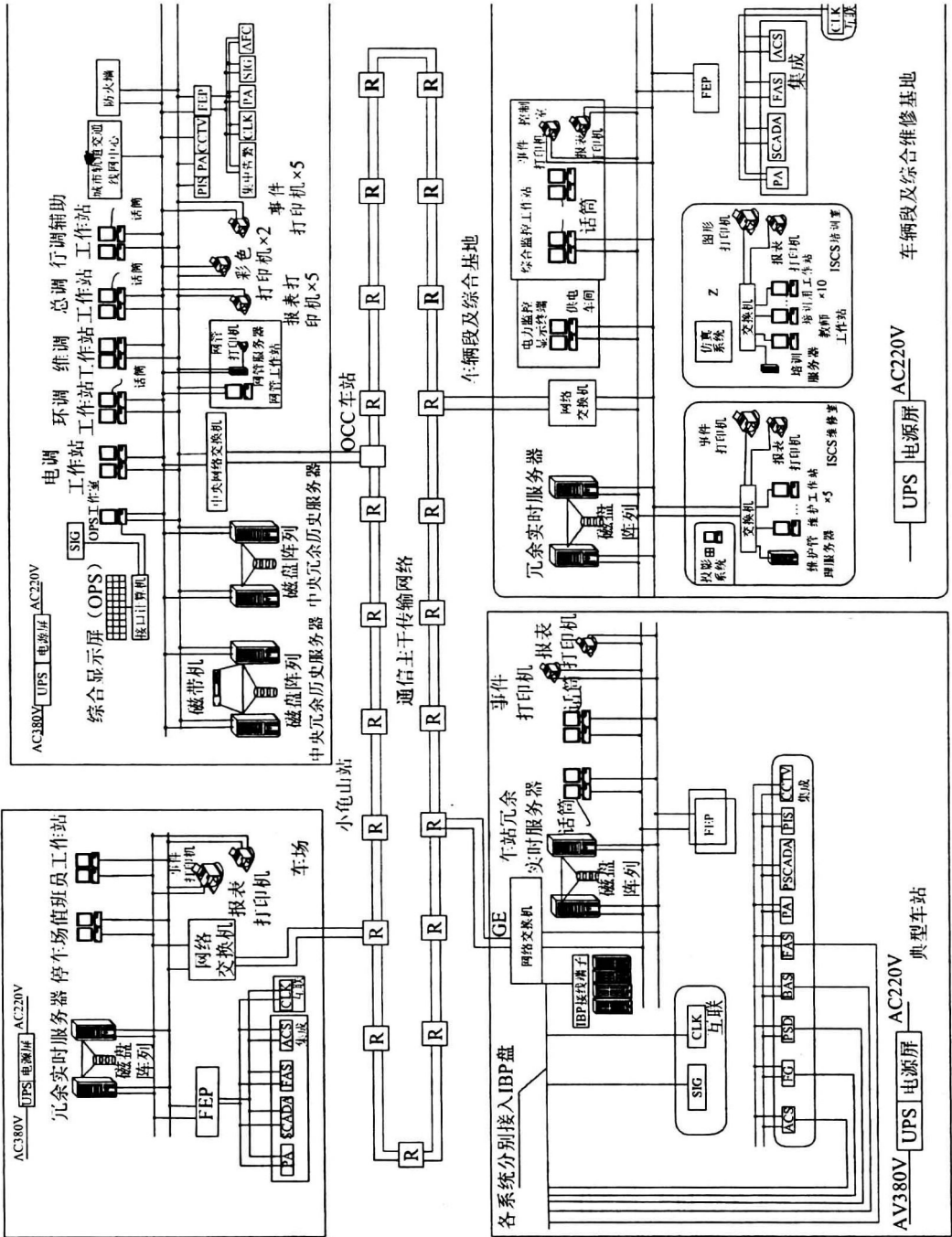


图 1.1 综合监控系统构成示意图

1.3.4 系统主要功能

1. 中央级功能

中央级对全线电力、通风空调、照明、给排水及消防设备、电扶梯、屏蔽门、信号、AFC等重要监控对象的状态和性能等数据进行实时收集处理。

通过行调、电调、环调和维调等调度员工作站，以图形、图像、表格和文本的形式显示出来，供调度人员控制和监视。通过自动或人工方式向分布在各站点的被监控对象或系统发送控制命令，从而完成对全线环境、设备和客流信息的集中监控。

2. 车站级功能

车站、车辆基地的综合监控系统对管辖范围内的监控对象进行监控管理，并在各车站控制室内设置综合后备盘（IBP）。在出现特殊故障时，保证车站控制室具有手动操作与表示功能的紧急后备装置。一般包括信号系统的紧急停车、扣车和放行；环控通风排烟系统的阻塞模式和消防联动控制；屏蔽门紧急开门控制和 AFC 闸机释放控制等。

3. 培训功能

培训系统将模拟系统的行为，模拟的行为不但能与综合监控系统中作业程序的实际运转情况一致，还与教练加入的外部事件以及通过在模拟环境中运转的综合监控系统发出的控制命令一致。其具有对操作人员、运行维护人员进行上岗培训的功能，使这些人员掌握综合监控系统的运行管理、操作、日常维护和故障排除等业务。

4. 网络管理功能

全线设置一个网络管理系统（NMS），对综合监控系统的全部设备进行配置、监视和控制。NMS 能进行网络管理、配置管理、网络监控、故障报告、事件记录、参数调制、创建、编辑和删除数据库等操作。

5. 维护管理功能

设备维护管理系统（MUS），具有对综合监控系统所管辖的集成与互联系统设备（含现场基础设施）城轨交通进行维修调度的功能，可以保存 OCC、车站各类基础设备技术资料和维护历史记录，收集保存设备运行状态信息，统计设备运行时间和次数。实现运营管理的自动化，提高维护响应时间和维护水平，节省运营成本投资。

6. 联动功能

综合监控系统的联动功能是真正发挥系统作用、提高运营指挥效率的重要功能，可以减少人为手工误操作，提高操作效率和准确性。综合监控系统的实际联动模式应结合运行管理需求，与运营部门共同确定。

联动可以通过系统的序列控制功能来实现，引导和帮助操作员进行序列操作。联动可根据情况分为全自动、半自动和人工操作，为加快系统响应时间，与安全相关的操作功能采用半自动方式。综合监控系统实现的联动模式较多，具体联动模式应根据运营实际需要设置，分为正常操作和紧急操作联动（包括火灾模式、阻塞模式和故障模式）等。以下是“一列/多列列车在隧道中阻塞”时的联动操作。

- ① 启动方式：检测到列车自动监控系统阻塞报警信号后自动触发。
- ② 在中央操作员工作站人机界面弹出报警窗口。
- ③ 建议操作员通过信号系统联动后方车站将列车扣留在车站。
- ④ 建议操作员启动相关的环控设备进入列车阻塞模式。
- ⑤ 自动触发闭路电视监控系统切换到相关站台图像。
- ⑥ 建议在操作员确认后，通过广播系统对受到影响的车站发出相关广播信息。
- ⑦ 建议在操作员确认后，通过乘客信息系统对受到影响的车站发出相关显示信息。
- ⑧ 建议操作员通知相关的列车驾驶员和车站操作人员。
- ⑨ 对于区间阻塞时间过长的情况，建议前一列车牵引阻塞列车驶入前方车站后，疏散车上人员，或采用就地疏散。
- ⑩ 列车在区间阻塞采用就地疏散时，要求阻塞区间的三轨断电。

1.4 城市轨道交通监控系统的发展

1.4.1 城市轨道交通监控系统的发展历程

高起点、高水平的监控系统是城市轨道交通安全、高效运行的重要保证。随着城市轨道交通的不断发展，与之相应的监控系统大致经历了3个发展阶段：人工监控系统、分立监控系统、综合监控系统。

1.4.1.1 人工监控系统

最早期的地铁运营管理，是以人工为主的监控系统。由于特定时代的技术局限性，供电、通信、信号等专业的监控管理主要依靠人工进行，操作者与管理者之间的通信联系，多以电话方式进行。早期地铁的运营管理起点水平较低，效率较差，运营、站务和设备运转还没有实现自动化。

1.4.1.2 分立监控系统

19世纪末20世纪初，电气工业发展较快，地铁的供电、信号和通信专业建立了自动控制系统，但那时的自动化技术多以半导体电路、分立组件为主的设备来实现，一般是继电器控制。所有设备的继电器集中安装在继电器控制盘上，构成继电器控制系统。那时，还没有计算机控制系统，地铁的自动化监控管理水平较低。

20世纪中期，城市轨道交通自动化系统的发展局限于个别设备或装置的技术进步，系统的发展变化不大。20世纪末，随着计算机技术和自动控制技术的进步，地铁的各专业按照自身的技术特点，不同程度地应用计算机技术、网络技术，建立了各专业计算机自动化系统。城市轨道交通自动化系统有了较大的发展。

供电计算机自动化系统也称为电力SCADA系统，在车站的设备间隔层，采用RTU（远程端子单元）采集处理数据。在车站的变电所，通过低速数据传输通道，将车站交流、直流及其保护装置的信息汇集并经骨干网传到OCC的电力监控系统前置通信机。前置通信机汇集各车站电力所的信息到电力SCADA的中央服务器，中央服务器支持OCC的电力监控工作

站, 实现对各车站电力所设备的远动控制, 实现遥测、遥控和遥信三遥功能。

环控系统在这一时期称为楼宇自动化系统, 即 BAS。因此, 有的环控系统采用简单的 DDC 控制器, 实现较简单的功能; 有的系统则采用 PLC 系统和 PLC 网络, 通过骨干网将各车站 PLC 控制系统的信息传至控制中心。一般机电设备的监控与环控系统往往成为一个系统, 采用同一个网络。防灾报警系统因为消防行业的特殊性, 独立地组建网络, 发展了一套独立的自动化报警和具有较高响应性的控制系统; AFC 也有自己独立的网; 而信号系统更是发展了自己强大的列车自动控制系统 (ATC), 包括顶层的列车自动监控系统 (ATS) 和底层的列车自动运行系统 (ATO) 及列车自动防护系统 (ATP)。这一阶段, 地铁自动化监控系统发展成为一种分立监控系统。这些分立监控系统在中央监控中心 (OCC) 都有本专业的服务器、操作站及外用设备, 都有自己不同结构的通信网络, 采用的是各不相同的监控软件; 在车站也有本专业的监控网络及监控站。例如, 上海地铁 1 号线, 广州地铁 1 号线、2 号线采用的就是这种分立的监控系统方式。这种分立的监控系统方式在计算机控制系统理论上称为“多岛控制系统”或“分岛控制系统”, 一个网络称为一个自动化孤岛 (Automation-island)。分立系统的技术发展主要由这一时期的通信技术水平和计算机技术水平决定。

这一时期的自动化监控系统, 一般都按照系统的控制功能、控制对象、控制范围、控制特点或根据操作管理上的分界, 将全线系统划分为若干子系统, 每个子系统使用一套计算机实现控制, 各个计算机控制系统之间是互相独立的。显然, 在多岛控制方式下, 各个控制系统独立运行, 互不干扰。但同时也不能共享资源, 包括宝贵的信息资源。在多岛控制系统中, 要对不同子系统之间的数据进行比较, 并得出它们之间的相互关系是很困难的, 尤其是需要实时得到结果时更是困难。多岛系统如图 1.2 所示。

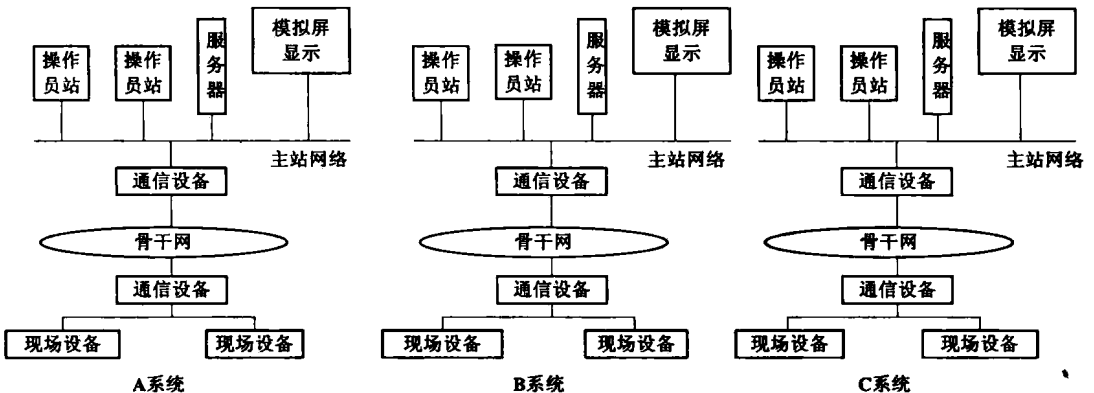


图 1.2 地铁自动化工程的多岛系统设计

在多岛系统设计中, 各个系统均配备自己的现场数据采集/控制设备、远程通信设备、实时数据库和历史数据库服务器、操作员/调度员工作站和大屏幕显示设备。由于各个系统都要通过骨干网传送信息, 因此需要各自配备骨干网的接入设备。这种接入方式将造成网络带宽被分割, 不能集中使用。为了满足多个系统分享骨干网带宽, 例如, 电力专业, 一般给系统分配若干条 64 Kb/s 低速数据通道, 而电力的各个子系统的主站端和变电站端之间则采用 64 Kb/s MODEM 实现远程数据通信。

同时, 多岛系统的每一个子系统, 可能采用了不同厂家的设备, 不同设备厂家又采用各