

广西城市轨道交通车辆技术示范特色专业系列教材

城市轨道交通列车网络控制技术

主 编 陈桂平

副主编 马汉林 谭广忠

参 编 魏秀琴 路晓鹏 蒋常升

主 审 向伟彬

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

根据教育部相关教学标准要求，本书编写人员在认真学习领会相关文件精神的基础上，结合当前职业教育的特点和城市轨道交通专业实用型人才的培养需求，精心编写了本书。本书具有以下特点：

（1）编写过程中突破传统教科书式的编写模式，利用二维码技术等移动互联网时代元素，通过立体生动的形式表述各知识点，便于读者理解掌握。

（2）本书分为 5 个课题，涵盖了控制与网络化控制概述、数据通信与网络基础、列车通信网络技术、列车网络控制系统、车载网络故障诊断系统等内容。

（3）本书编写全过程体现了“工学结合、校企合作”的理念，由行业专家、一线技术骨干教师全面参与本书的编写和审读工作。

本书由柳州铁道职业技术学院陈桂平担任主编，马汉林、谭广忠担任副主编，魏秀琴、路晓鹏、蒋常升担任参编，南宁轨道交通股份有限公司向伟彬担任主审。具体编写分工为：课题 1 由柳州铁道职业技术学院谭广忠、马汉林共同编写，课题 2~4 由柳州铁道职业技术学院陈桂平编写，课题 3 的 3.6 CAN 总线由柳州铁道职业技术学院路晓鹏编写，课题 5 由柳州铁道职业技术学院魏秀琴、蒋常升编写。本书在编写过程中参考了多位学者发表的文章和企业的一些技术资料，编者在此向他们表示诚挚的感谢。同时，本书在编写过程中，还得到了南宁地铁公司的大力支持，在此向提供帮助的有关专家表示衷心的感谢。

本书主要是让读者掌握城市轨道交通列车网络控制技术相关知识，由于应用于城市轨道交通列车的网络控制系统种类繁多，各地城市轨道交通车辆选型及运用情况存在差异，书中一些具体应用不具备通用性，在实际操作中要根据当地的车辆而定，敬请谅解。

由于我国城市轨道交通发展迅速，技术设备也在不断改进更新，书中资料和相关数据与现场车辆设备难免存在差异，加上编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正，以便再版时修订、补充，不断完善。

编 者

2021 年 3 月

目 录

课题 1	控制与网络化控制概述	1
1.1	控制与控制系统概述	1
1.2	网络控制系统概述	4
1.3	列车网络控制系统概述	8
课题 2	数据通信与网络基础	15
2.1	数据通信概述	15
2.2	数据编码与传输方式	21
2.3	线路工作方式与信号传输方式	25
2.4	计算机网络基础	30
2.5	网络拓扑结构与介质访问控制方法	34
2.6	网络传输硬件设备	42
2.7	串行通信接口	52
课题 3	列车通信网络技术	58
3.1	列车通信网络概述	58
3.2	TCN 标准概述	63
3.3	TCN 标准 (MVB)	68
3.4	TCN 标准 (WTB)	80
3.5	WorldFIP 网络	88
3.6	CAN 总线	94

课题 4	列车网络控制系统	102
4.1	列车网络控制系统的应用	102
4.2	DTECS 系统概述	112
4.3	DTECS 系统硬件设备	116
4.4	DTECS 系统功能	123
4.5	DTECS 系统与车门控制	131
课题 5	车载网络故障诊断系统	136
5.1	检测与诊断技术	136
5.2	地铁列车故障诊断系统	140
	参考文献	145

控制与网络化控制概述

1.1 控制与控制系统概述

【知识目标】

- (1) 理解控制系统的基本概念；
- (2) 掌握控制系统的应用。

【能力目标】

- (1) 能够描述控制系统的组成；
- (2) 能够描述控制系统各部分的作用。

【学习内容】

1.1.1 控制系统的基本概念

1. 控制系统的定义

控制系统是指由控制主体、控制客体和控制媒体组成的具有自身目标和功能的管理系统。

控制系统意味着通过它可以按照所希望的方式保持和改变机器、机构或其他设备内任何感兴趣或可变的量。控制系统同时是为了使被控制对象达到预定的理想状态而实施的。控制系统使被控制对象趋于某种需要的稳定状态。

例如，城市轨道交通列车的制动系统，施加的制动力是其司机控制主控手柄位置的函数。控制主控手柄的制动量位置，可以保持所希望的制动力（或可以达到所希望的减速变化）。这个城市轨道交通列车的制动系统便组成一个控制系统。

2. 控制系统的分类

控制系统的分类方式有多种，在控制过程中按是否需要人参与可以分为人工控制和自动控制两大类。

人工控制指的是以人为控制主体，通过自身判断和操作进行控制，常见的人工控制有人开灯和关灯、手按遥控器等。

自动控制指的是不需要人工操作，机器或设备自动地按照预定规律工作的控制，常见的自动控制有声控灯、交通灯、城市轨道交通列车自动驾驶等。

自动控制系统类型有多种，最常见的分类方式是以有无反馈分类、以信号处理技术不同分类、以输入量是否恒定分类等。

(1) 在以有无反馈分类的控制系统中，控制系统可以分为无反馈的开环控制系统和有反馈的闭环控制系统。

① 无反馈的控制系统称为开环控制系统，这种系统的输入直接供给控制器，并通过控制器对受控对象产生控制作用。其主要优点是结构简单、价格便宜、容易维修；缺点是精度低，容易受环境变化（如电源波动、温度变化等）的干扰。

② 有反馈的控制系统称为闭环控制系统，将输入与反馈信号比较后的差值（即偏差信号）送给控制器，然后再调节受控对象的输出，从而形成闭环控制回路。与开环控制系统相比，闭环控制系统具有突出的优点，包括精度高、动态性能好、抗干扰能力强等；其缺点是结构比较复杂，价格比较贵，对维修人员要求较高。

(2) 在以信号处理技术不同分类的控制系统中，控制系统可以分为模拟控制系统和数字控制系统。

① 模拟控制系统：采用模拟技术处理信号的控制系统。

② 数字控制系统，采用数字技术处理信号的控制系统。

(3) 在以输入量是否恒定分类的控制系统中，控制系统可以分为恒值控制系统和随动控制系统。

① 输入量是恒定的，这种控制系统一般称为恒值控制系统，如恒速电机、恒温热炉、空调等。

② 输出量随着输入量的变化而变化，这种控制系统称为随动控制系统，如导弹自动瞄准系统等。

3. 控制系统的组成

在以有无反馈分类的控制系统中，按其系统有无反馈环节，其组成部分略有不同，但其组成基本可分为如下几部分，如图 1.1 所示。

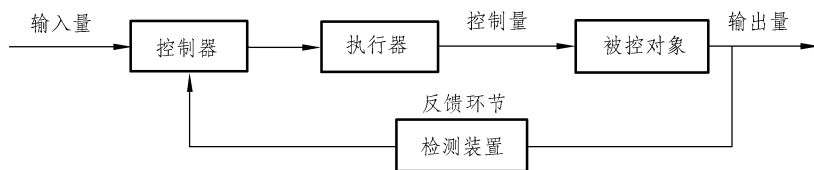


图 1.1 控制系统的组成

(1) 控制器：发出控制指令、改变操纵变量，控制执行器工作，使输出量符合生产要求的部分。

(2) 执行器：执行命令的部分，其作用是把控制器发出的信号转变为能作用于（或影响）被控对象的驱动能量。

(3) 被控对象：控制系统中所要求控制的装置和生产过程。被控对象除了受控制作用外，还可能受到外部干扰。

(4) 输入量：控制系统的给定量，一般作用于控制器。

(5) 控制量：执行器作用于控制对象，从而使受控制对象发生变化的量。

(6) 输出量：表达被控对象服从一定规律的量，使被控对象保持最优工作状态或所要求的工作状态。

(7) 反馈环节：通过适当的检测装置将输出量的信息反馈给控制器，控制器进行输出量与输出期望值比较的过程。

1.1.2 控制系统的应用

1. 控制系统的应用实例

在银行或者商场，有一种门叫自动感应门，当人靠近门时，门会自动打开。自动感应门的工作原理是，门配置有感应探头，它能发射出一种红外线信号或者微波信号，当此种信号被靠近的物体反射时，感应探测器将收集探测回来的信号，生成脉冲信号，其后脉冲信号传给门控制器，门控制器判断后驱动电机运行，从而使门页自动打开，其原理如图 1.2 所示。

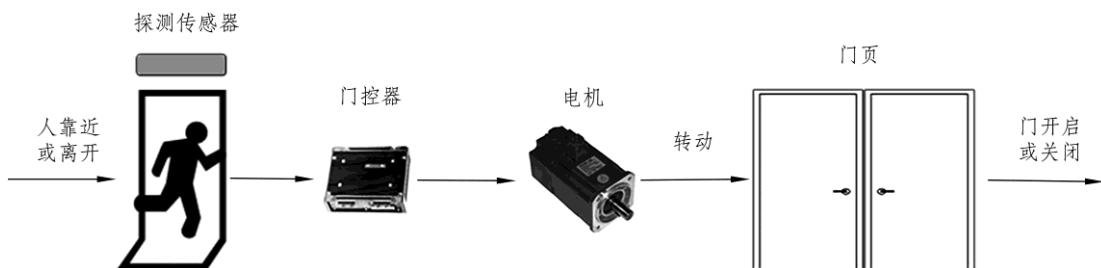


图 1.2 自动感应门控制原理

电机得到一定运行电流后做正向运行，将动力传给同步带，再由同步带将动力传给吊具系统使门页开启；门页开启后由控制器做出判断，如需关门，通知电机做反向运动，关闭门页。

2. 开环控制系统及其特点

开环控制是指无反馈信息的系统控制方式，如自动感应门控制。当操作者启动系统，使之进入运行状态后，系统将操作者的指令一次性输向受控对象。此后，操作者对受控对象的变化便不能做进一步的控制。采用开环控制设计的人机系统，操作指令的设计十分重要，一旦出错，将产生无法挽回的损失。

开环控制系统的特点：不将控制的结果反馈回来影响当前控制的系统。

3. 闭环控制系统及其特点

闭环控制是控制理论的一个基本概念，指作为被控的输出以一定方式返回到作为控制的输入端，并对输入端施加控制影响的一种控制关系，是一种带有反馈信息的系统控制方式。当操作者启动系统后，通过系统运行将控制信息传送给被控对象，并将被控对象的状

态信息反馈到输入中，以修正操作过程，使系统的输出符合预期要求。闭环控制是一种比较灵活、工作效率较高的控制方式，工业生产中的多数控制方式采用闭环控制。

闭环控制系统的特点：可以将控制的结果反馈回来与期望值比较，并根据它们的误差调整控制作用。

举例 1：使用水龙头时，人们首先在头脑中对水流有一个期望的流量，水龙头打开后将眼睛观察到的现有的流量大小与期望值进行比较，并不断用手进行调节水流量，形成一个反馈闭环控制。

举例 2：城市轨道交通列车空气压缩机（简称空压机）自动控制系统，列车的总风管工作时的压力范围是 $0.75 \sim 0.9 \text{ MPa}$ ，列车激活后，当气压低于 0.75 MPa 时，车辆控制单元控制空压机电流开通使空压机工作；空压机工作到一定程度，当气压高于 0.9 MPa 时，车辆控制单元控制空压机电流断开，空压机停止工作，如图 1.3 所示。

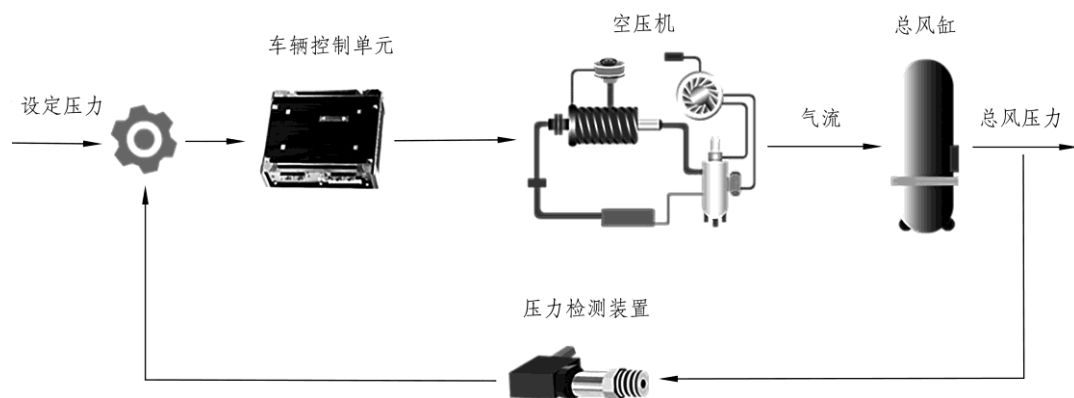


图 1.3 空压机控制原理



闭环控制原理（动画）

开环控制系统与闭环控制系统的区别如下：

- (1) 有无反馈；
- (2) 是否对当前控制起作用。

【思考题】

城市轨道交通列车自动驾驶控制系统属于开环控制系统还是闭环控制系统，如何判断？

1.2 网络控制系统概述

【知识目标】

- (1) 理解网络控制系统的基本概念；

- (2) 掌握网络控制系统的组成与结构；
- (3) 掌握网络控制系统的优点；
- (4) 了解控制系统的产生与发展。

【能力目标】

- (1) 能够描述网络控制系统的组成；
- (2) 能够描述网络控制系统网络结构的作用。

【学习内容】

1.2.1 网络控制系统的基本概念

网络控制系统 (Networked Control System, NCS) 又被称为基于网络的控制系统或网络化控制系统, 是一种完全网络化、分布化的控制系统, 是通过网络构成闭环的反馈控制系统。具体来说, 网络控制系统以网络作为传输介质, 实现传感器、控制器和执行器等系统各部件之间的信息交换, 从而实现资源共享、远程检测与控制。例如, 基于工业以太网和现场总线技术的网络控制系统都可以看成是一种狭义的网络控制系统。广义的网络控制系统不但包括狭义的网络控制系统, 还包括通过因特网、企业信息网络以及企业内部网络, 实现对工厂车间、生产线以及工程现场设备的远程控制、信息传输、信息管理和信息分析等。

NCS 的概念最早于 1999 年出现在马里兰大学 G. C. Walsh 的论著中, 文中指出, 在该系统中控制器与传感器通过串行通信形成闭环。人们对以网络为通信介质的控制系统研究最早可以追溯到 1988 年由 Y. Halevi 与 A. Ray 两位学者一起发表的一篇名为 *Integrated communication and control systems* 的论文。他们首次将控制系统与通信网络的研究结合起来, 将这种系统命名为集成通信控制系统, 并讨论了带有随机时延的线性控制系统的建模问题。

网络控制系统是计算机网络技术、通信技术、传感器技术和控制科学日益发展与交叉融合的产物, 是计算机网络技术在控制领域的延伸和应用, 是计算机控制系统的更高发展。

1.2.2 网络控制系统的组成与结构

网络控制系统一般由四部分组成: 控制器、执行器、被控对象以及通信网络。被控对象一般为连续系统, 而控制器一般采用离散系统。被控对象的输出通过传感器采样的方式离散化并通过通信网络发送到控制器的输入端。控制器进行运算后, 将输出通过网络发送到被控对象的输入端, 并由零阶保持器生成分段连续函数作为连续系统的输入。

在一个网络控制系统中, 被控对象、传感器、执行器和控制器可以分布在不同的物理位置上, 控制器可以不止一个, 被控对象也可以不止一个, 一个控制器可以控制多个对象, 同时一个被控对象也可以通过控制器信息融合的方式或者分时的方式被多个控制器控制。网络控制系统的结构如图 1.4 所示。

图 1.4 表示的网络控制系统包含了 n 个被控对象及控制器, 另外通信线路中还有其他负载参与工作, 这种复杂的系统结构还可以抽象成径直结构网络模型与分层结构网络模型。

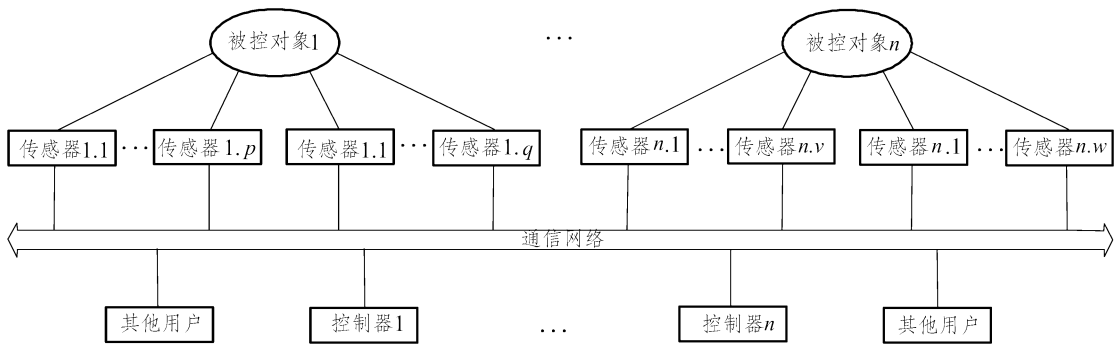


图 1.4 网络控制系统的结构

径直结构网络模型中，将控制器与执行器或传感器与控制器之间的信号传递中间环节网络化，如图 1.5 所示。在实际应用中，一个控制器可以控制多个被控对象，或者多个控制器管理一个被控对象，如网络打印机。

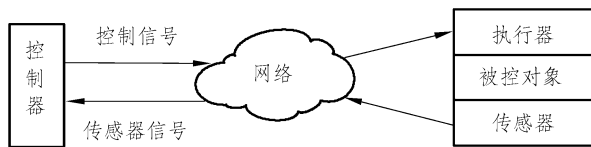


图 1.5 径直结构的网络控制系统

分层结构网络模型中，存在主、从控制器，主控制器综合各方面的信息通过网络将计算好的参考信号发送给从控制器，从控制器根据参考信号执行本地闭环控制，并将传感器测量数据传给主控制器，如图 1.6 所示。在这种网络控制系统中，主控制器只有一个，但从控制器可以是多个，城市轨道交通列车网络控制系统采用的正是这种网络控制模型。

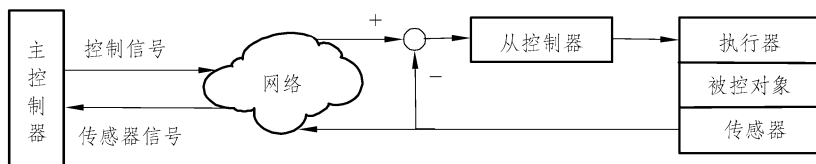


图 1.6 分层结构的网络控制系统

一般而言，网络控制回路具有比本地控制回路更长的采样周期。这是因为，从程控制器在处理新到达的信息之前已经假定满足参考信号。与径直结构相比，由于从控制器的存在，分层结构有更好的实时性。

实际应用中，采用何种结构往往取决于应用的需求和设计方案的选择。例如，在机器人应用中，机械手往往要求多个电机在其关节处同时平滑地旋转。这种情况下，采用机器人现有的控制器和分层结构更方便，系统的鲁棒性也更强。而在直流电机的控制中，由于要求网络控制的性能具有快速反应性，该情况就偏向于采用径直结构。在大规模的 NCS 中，也有可能同时采用两种控制结构，这是由 NCS 的异质网络结构所决定的。如果将远程闭环系统建模成类似于被控对象的状态空间模型或者传递函数，则分层结构实际上可以转换成径直结构。

1.2.3 网络控制系统的特点

与传统的点对点控制系统相比，网络控制系统具有共享信息资源、远程监测与控制、减少系统布线、易于扩展和维护、增加系统的灵活性和可靠性等优点，具体来说有以下几点：

(1) 能以较小的信息传输代价实现远程操作和远程控制，用数字信号取代模拟信号在数字网络上传输，实现控制设备间的数字化互联。

(2) 互操作性。即不同厂商的产品在同一网络中可以相互兼容，相互通信，可以不同程度地减少中间环节的信息处理设备，以降低控制成本。

(3) 开放性。系统扩展容易，增加或减少节点比较简单，且维护性增强，可以实现决策管理层、调度层到现场控制设备层的全系统控制和全过程优化。

(4) 节点智能化。很多节点都是带有 CPU（中央处理器）的智能终端，能够记录处理数据，节点之间通过网络实现信息传输和功能协调，每个节点都是组成网络控制系统的—个细胞，且具有各自相对独立的功能。

(5) 控制现场化和功能分散化。网络化结构使原先由中央控制器实现的任务下放到智能化现场设备上执行，这使危险因素得到分散，从而提高了系统的可靠性和安全性。

此外，基于无线网络技术还可以利用广泛散布的传感器与远距离的控制器和执行器构成一些特殊用途的无线网络控制系统，这是传统的控制系统不能实现的。正是由于这些显著特点，网络控制系统在汽车控制系统、航天航空系统、电力系统和工业过程控制系统等工业领域获得了广泛的关注和应用。

同时，网络介入控制系统后，由于数据在网络中传输时延的不确定性，再加上数据出错和丢失等现象，网络控制系统不可避免地带来了以下问题：

(1) 定常性的丧失。数据到达的时刻不再是定常和有规则的，不能再用简单的采样时间来刻画。

(2) 完整性的丧失。由于数据在传输中可能发生丢失和出错，数据不再是完整的。

(3) 因果性的丧失。由于网络传输时间的不确定，先产生的数据可以退于后产生的数据到达远程控制系统。因此，数据到达的次序不再遵守因果关系。

(4) 确定性的丧失。由于数据到达的随机性，整个控制系统已不再是一个确定性的系统，而是一个随机的系统。

1.2.4 控制系统的产生与发展

一般将 20 世纪 50 年代以前的气动控制系统（Pneumatic Control System, PCS）称为第一代控制系统，将 4~20 mA 等模拟信号控制的系统称为第二代控制系统，将数字计算机集中式控制系统称为第三代控制系统，将 20 世纪 70 年代中期以来的集散式控制系统（DCS）称为第四代控制系统，将现场总线控制系统（FCS）称为第五代控制系统。FCS 作为新一代控制系统，一方面突破了 DCS 采用通信专用网络的限制，采用了基于公开化、标准化的解决方案，克服了封闭系统所造成的缺陷；另一方面把 DCS 集中与分散相结合的集散系统结构，变成了新型全分布式结构，将控制系统彻底下放到现场。可以说，开放性、分散性与

数字通信是新一代控制系统最显著的特征。

【思考题】

网络控制系统的一个优点是共享信息资源，因此，在网络化的同时如何保证网络安全？

1.3 列车网络控制系统概述

【知识目标】

- (1) 掌握列车网络控制系统的功能；
- (2) 了解列车网络控制技术的发展。

【能力目标】

- (1) 能够描述列车网络控制系统的组成；
- (2) 能够描述列车网络控制系统各部分的作用。

【学习内容】

列车通信网络是一种应用在机械振动大、电磁环境恶劣、可靠性要求高、实时性强的列车环境中的控制网络。

列车网络控制系统是列车的核心部件，它包括以实现各种功能控制为目标的单元控制机、实现车辆控制的车辆控制机和实现信息交换的通信网络。列车网络控制系统与第三方系统的关系如图 1.7 所示。

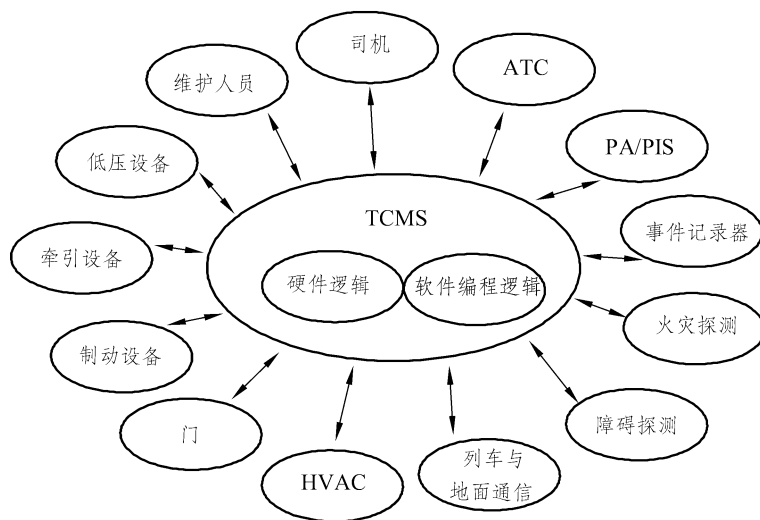


图 1.7 列车网络控制系统与第三方系统的关系

注：TCMS 为列车控制和管理系统；ATC 为列车自动控制系统；PA 为公共广播系统；PIS 为乘客信息系统；HVAC 为空气调节系统。

1.3.1 列车网络控制系统的功能

列车网络控制系统具有牵引/制动控制、车门控制、故障诊断等功能，以下将以 TCMS 来说明列车网络控制系统所具有的功能。

1. 高压集电管理

高压 DC 1 500 V 的电能用于牵引设备移动列车并为列车的各种电气设备提供电压。高压集电和诊断通过 ACE（计轴评估器）由 TCMS 进行管理，ACE 控制与检测信息链接于 MVB 总线（多功能列车总线）上，如图 1.8 所示。

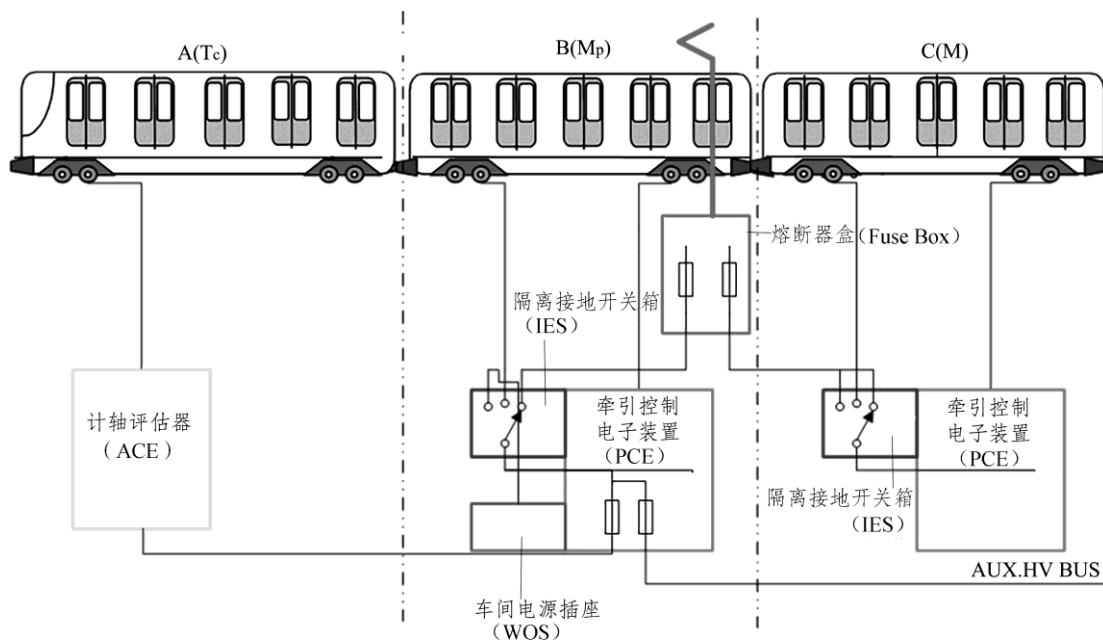


图 1.8 高压集电管理示意

2. 中低压管理

A (Tc) 车配有 1 台静态逆变器和 1 个电池充电器，B (Mp) 车则配有 1 块蓄电池，C (M) 车配有 1 个电池充电器和 1 块蓄电池。中低压电源通过 ACE 由 TCMS 进行管理，ACE 控制与检测信息链接于 MVB 总线上，如图 1.9 所示。

3. 压缩空气管理

A (Tc) 车配有 1 台压缩机、1 个网关阀和 1 个 RIO 阀（远程输入/输出阀），B (Mp) 车配有 2 个 smart 阀（智能阀），C (M) 车则配有 1 个网关阀和 smart 阀，如图 1.10 所示。

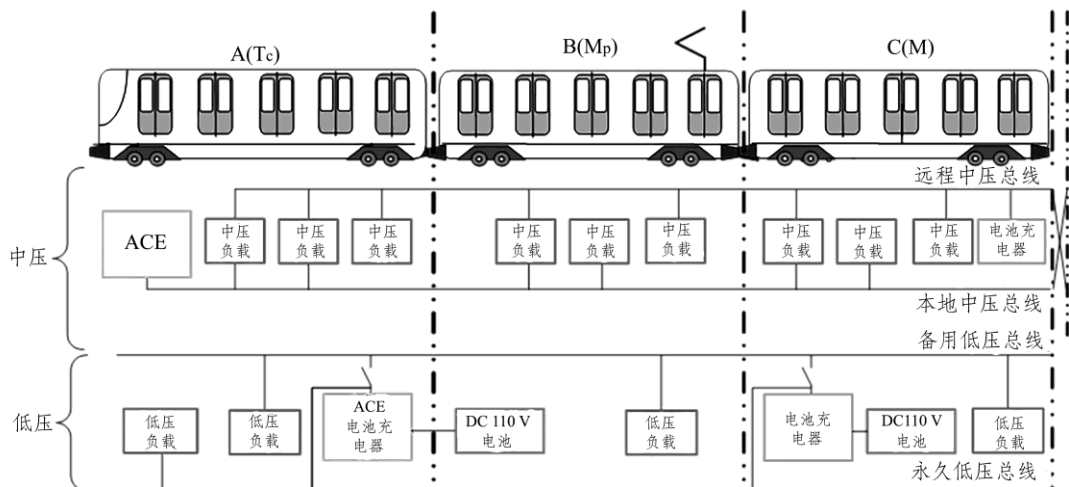


图 1.9 中低压电源管理示意

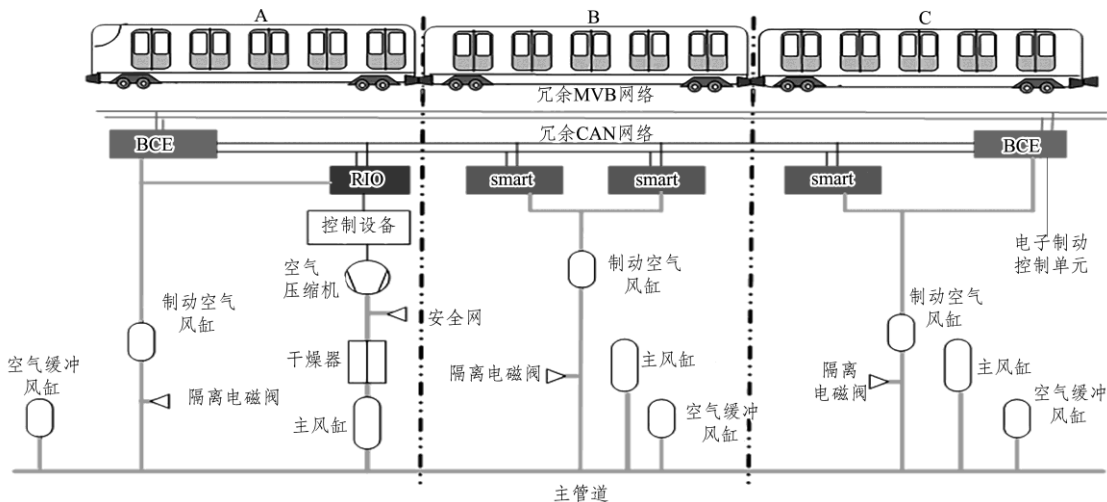


图 1.10 压缩空气管理示意

4. 空调管理

每辆车配有一台 HVAC 控制器，管理着两个 HVAC 动力单元（压缩机、冷凝器、蒸发器）和两台紧急逆变器，以便在中压丢失时提供通风。

通过 DDU（列车显示单元）可进行 HVAC 模式选择。一般有以下 4 种模式：

- (1) 停止模式：没有制冷、没有通风、没有制热。
- (2) 通风模式：没有制冷、没有制热。
- (3) 手动模式：由司机进行温度设置（19~27℃）。
- (4) 自动模式：由 HVAC 控制器自动进行温度设置（取决于外部温度）。

在本地 HVAC 控制器上设有控制开关，可用于维护和测试：

- (1) 模式开关（自动，由 TCMS 管理，有停止、完全制冷、不完全制冷、制热、通风模式）。

(2) 温度开关，只要当模式开关为自动（19~27℃）时才可用。

TCMS 监视每辆车的 HVAC 状态（良好、故障、维护中）、DDU 上的舒适度图标。空调管理也通过 ACE 由 TCMS 进行管理，如图 1.11 所示。

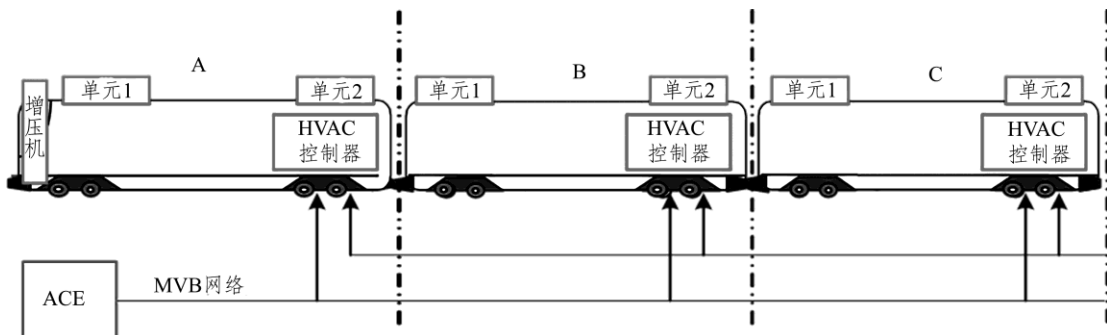


图 1.11 空调管理示意

5. 车门管理

车门管理采用 CAN（控制器局域网）总线作为设备内部管理，并通过 RIOM（远程输入/输出模块）与 MVB（多功能列车总线）进行信息连接。如图 1.12 所示。

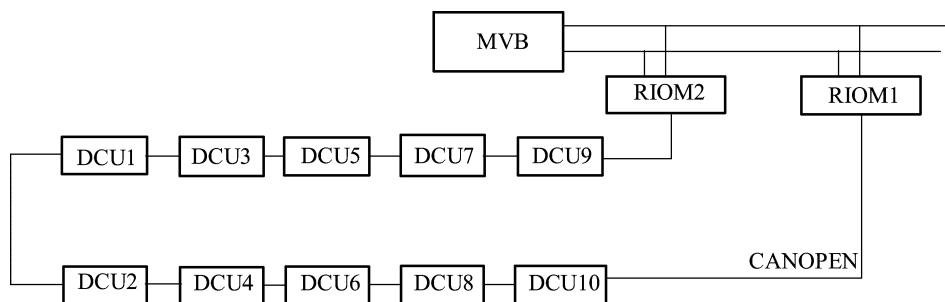


图 1.12 门控管理示意

门的变化取决于 TCMS 中设置的参数：

- (1) 门打开时间；
- (2) 门关闭时间；
- (3) 门打开延时；
- (4) 门关闭延时；
- (5) 施加于障碍物上的重复力的形状；
- (6) 紧急关闭力；
- (7) 在自由门关闭之前的障碍物数量；
- (8) 障碍物探测的中止时间；
- (9) 在完全打开的门关闭之前的障碍物数量；
- (10) 施加在障碍物上的力的时间；
- (11) 在障碍物探测周期后完全打开。

6. 牵引和电气制动控制管理

位于动车牵引箱内的牵引控制电子装置（PCE）确保牵引和电气制动。每个 PCE 控制着驱动该车 4 台电动机的逆变器模块。牵引力/制动力由 ATC 装置计算并通过 MVB 总线上的数值传递给牵引控制设备进行控制，如图 1.13 所示。

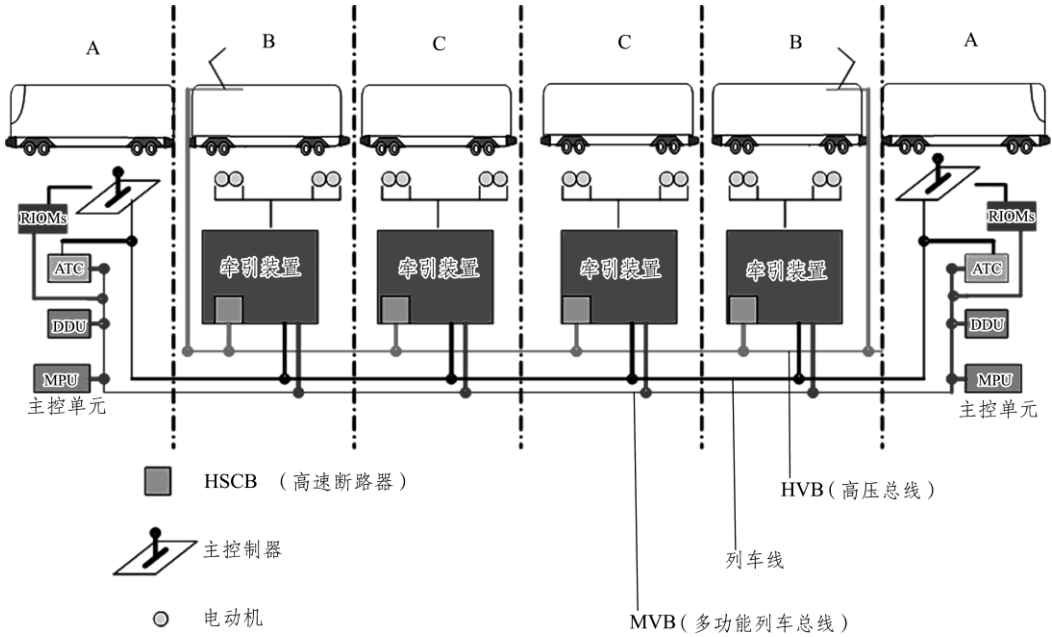


图 1.13 牵引与电气制动管理示意

7. 照明管理

列车照明在司机模式中，由 ELCS（智能照明控制器）点亮应急照明；在无人驾驶模式中，一旦 ATC 激活一个司机室，则应急照明点亮。一旦司机室开始工作，由司机控制台上的开关（在司机模式中）来控制正常照明。司机室则由两个开关控制司机室照明。照明管理也通过 ACE 由 TCMS 进行管理，如图 1.14 所示。

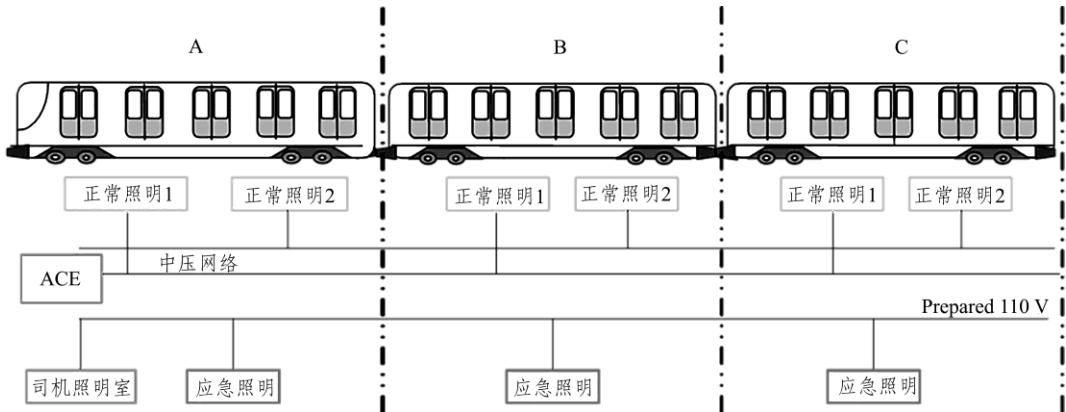


图 1.14 照明管理示意

8. 维护和诊断

维护和诊断系统是 e-Train 列车和车库办公室的一个维护工具，它并不特别针对某台设备，允许简单动作和高级动作。在列车每次休眠时，DDU 收集以太网上连接的所有设备的所有故障存储，编辑并筛选数据，并使用所有数据生成一个 csv 文件，通过 ATC DCRS，将该文件发送给 ftp 服务器，如图 1.15 所示。

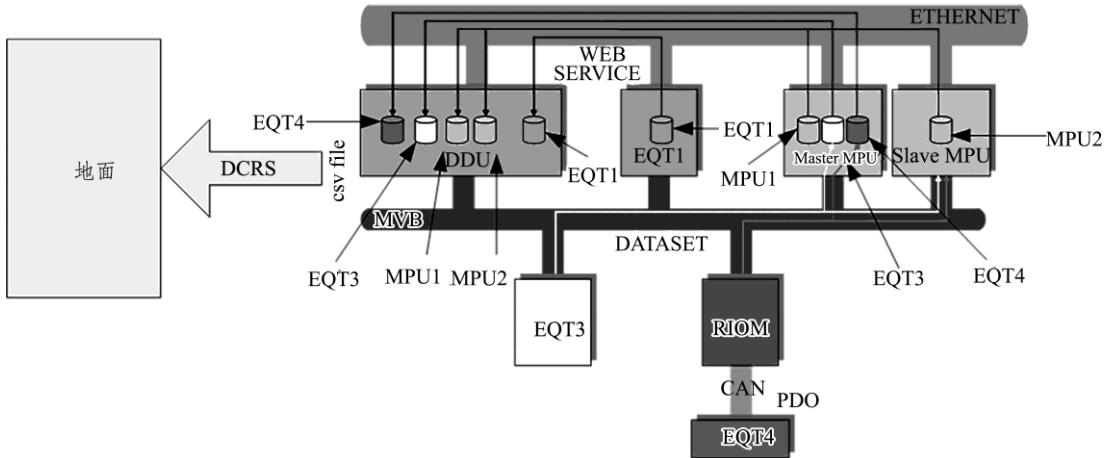


图 1.15 诊断和维护管理示意

1.3.2 列车网络控制技术的发展

计算机在轨道交通工具上的应用随着 20 世纪 70 年代后期微处理器技术的普及而迅速发展。微处理器开始主要应用于机车车辆单个设备的控制，如西门子、BBC 公司于 20 世纪 80 年代初把 8086 微处理器应用于机车或动车的传动控制中。

随着计算机技术的发展，机车车辆上微机控制的服务对象逐渐增多，如牵引、供电、制动等系统都广泛应用到了计算机技术。因此，列车控制系统引入了层次划分的思想，产生了基于串行通信的用于较为独立的控制设备或层次间信息交换的总线与企业标准，如 BBC 公司的连接机车控制层与传动控制层的串行控制器总线，该总线后来发展成为用于连接机车内的所有智能设备的 MICAS 车辆总线，简称 MVB。

初期的列车通信网络与列车控制系统是相对独立的。列车通信网络的任务主要是收集全列车各部件的状态、数据，以便进行监视和诊断；而列车控制系统主要通过硬线把命令传送到各节车厢，从而实现全车的重联控制。列车控制的命令是不经网络传送的，从而在列车网络通信失效时，不会使列车控制也跟着失效。这样做的主要原因是初期列车通信网络的可靠性还远未达到可信赖的程度。此时的列车通信网络在列车控制系统中并不是必不可少的。日本 300 系电动车组就是如此，它装有车辆情报管理系统（TIS），该系统所提供的情报用于帮助乘务员采取对策，便于维修；控制的级位和命令采用硬线直接传送，因而贯通全列车的硬线比较多。

随着列车通信网络技术的发展，其可靠程度不断提高，功能也在不断增强。它已不再

局限于监视、诊断所需的情报收集，同时还传递控制所必需的信息，如各种控制命令都可通过网络传送到各车的各个部件，执行的结果也通过网络返回给司机。采用列车网络控制不仅可省去大量的重联线，而且可使全车各部件控制更加协调、精确和合理，从整体上提高了控制的技术水平。控制与监视、诊断合在一起，使信息更加丰富，也避免了重取信号，从而提高了监视和诊断的水平。20世纪90年代初，产生了列车总线，以满足机车和动车组重联控制的需要，如德国西门子的DIN 43322列车总线、美国Echelon的LonWorks总线、法国WorldFIP组织的WorldFIP总线、日本的ARCnet网络等。至此，一些大的铁路电气设备公司以牵引控制系统为基础、以列车通信系统为纽带、以新器件和新工艺为载体，相继推出了广泛覆盖牵引、制动、辅助系统、旅客舒适设备控制和显示、诊断等方面的列车通信与控制系统，在欧洲一般简称为TCC。在北美，类似的系统被称为基于通信的列车控制系统，简称为CBTC。

【思考题】

一个功能完备的列车网络控制系统应该具备哪些功能？

