

构建混合型控制网络

工业以太网 Ethernet 和现场总线 CAN-bus 在隧道照明控制网络中的应用

AN04090005 V1.00 Date: 2009/06/22

产品应用笔记

类别	内容
关键词	工业以太网 Ethernet 现场总线 CAN-bus 分布式控制混合网络 隧道照明 隧道消防 CANET 网关 IES 工业交换机 AnyCAN 模块 TinyARM 模块 环网冗余 自愈合
摘 要	本文介绍了工业以太网 Ethernet、现场总线 CAN-bus、无线 GPRS 技术在隧道照明控制网络中应用案例。



修订历史

版本	日期	原因
V0.01	2009/06/16	创建文档
V1.00	2009/06/22	发布

销售与服务网络

广州致远电子股份有限公司

地址：广州市天河区车陂路黄洲工业区 7 栋 2 楼

邮编：510660

网址：www.zlg.cn



全国服务电话：400-888-4005

全国销售与服务电话：400-888-4005

销售与服务网络：

广州总公司

广州市天河区车陂路黄洲工业区 7 栋 2 楼

电话：(020)28267985 22644261

上海分公司：上海

上海市北京东路 668 号科技京城东楼 12E 室

电话：(021)53865521 53083451

北京分公司

北京市海淀区知春路 108 号豪景大厦 A 座 19 层

电话：(010)62536178 62635573

上海分公司：南京

南京市珠江路 280 号珠江大厦 1501 室

电话：(025)68123923 68123920

深圳分公司

深圳市福田区深南中路 2072 号电子大厦 12 楼

电话：(0755)83640169 83783155

上海分公司：杭州

杭州市天目山路 217 号江南电子大厦 502 室

电话：(0571)89719491 89719493

武汉分公司

武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室（华中电脑数码市场）

电话：(027)87168497 87168397

重庆分公司

重庆市九龙坡区石桥铺科园一路二号大西洋国际大厦（赛格电子市场）2705 室

电话：(023)68796438 68797619

成都分公司

成都市一环路南二段 1 号数码科技大厦 403 室

电话：(028)85439836 85432683

西安办事处

西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室

电话：(029)87881295 87881296

请您用以上方式联系我们，我们会为您安排样机现场演示，感谢您对我公司产品的关注！

目 录

1. 应用概述.....	1
2. 设计与实现.....	2
2.1 系统的要求.....	2
2.2 网络的设计.....	2
2.3 设备的构成.....	3
2.4 网络的优势.....	4
3. 系统可靠性设计.....	5
3.1 冗余设计.....	5
3.1.1 电源冗余.....	5
3.1.2 环网冗余.....	5
3.1.3 CAN-bus冗余设计.....	5
3.2 故障预警与系统恢复.....	6
3.2.1 电源故障检测.....	6
3.2.2 光纤故障检测.....	6
4. 软件编程.....	7
4.1 与现场节点的通信编程.....	7
4.2 NDAM数据采集编程.....	7
4.3 无线通信编程.....	7
5. 运行与测试.....	8
6. 参考资料.....	9
7. 免责声明.....	10

1. 应用概述

近二十年来，随着我国公路交通事业飞速发展，公路的等级不断提高，通车里程逐年攀升，隧道方案以能缩短行车里程，保障运营安全，保护生态环境等优点得到普遍应用。隧道的增加，特别是长隧道、特长隧道的增多，车辆的增多以及车速越来越快，如何保证隧道的安全与畅通，保障司乘人员的安全显得越来越重要。

建立可靠的隧道照明控制系统是车辆能够安全地进入、通过和离开隧道区域的重要保障，而构建可靠的通信网络是实现此目的需要解决的问题之一。本文档提出一种利用工业以太网 Ethernet 和现场总线 CAN-bus 构建隧道照明控制通信网络，适用于隧道照明控制系统和其它隧道监控系统中，如隧道消防控制、通风控制等，也同样适用于其它利用工业以太网和现场总线 CAN-bus 混合网络通信架构的工业控制系统中。

2. 设计与实现

隧道控制系统采用由工业以太网 Ethernet 和现场总线 CAN-bus 构成的混合型分布式智能控制系统，其先进的通信网络是保证系统可靠工作的重要前提。

CAN-bus 是应用最广泛的现场总线之一，最初由德国 BOSCH 公司为汽车的检测、控制系统而设计的。CAN-bus 总线的现场抗干扰能力强，已成为 ISO 国际标准。CAN-bus 总线传输数据可采用双绞线、同轴电缆或光纤等介质，最高通信速率可达 1Mbps；通信速率为 5Kbps 时，单一网络可达到 10Km。一个 CAN-bus 网段上可以接 110 个功能节点，通过网关/网桥可以延伸网段，或和其他网络(如以太网 Ethernet 等)互连互通。

随着科技的进步，工业以太网 Ethernet 技术已经在工业自动化场合得到了广泛应用，许多控制器、PLC、智能仪表和执行器，乃至 DCS 系统都已经通过以太网实现组网通讯。由于 Ethernet 网络标准开放性好、应用广泛以及价格低廉，使用统一的 TCP/IP 协议，方便与工厂信息网的连通，工业以太网 Ethernet 已经成为工业控制领域的主要通信标准之一。

2.1 系统的要求

这是一个真实环境中的隧道控制系统案例。该隧道首尾总长约为 15Km，共分为 14 个现场控制中心，每个现场控制中心实现本地的 CAN-bus 控制网络；相邻的两个现场控制中心的最大分布距离约为 3~4km，之间通过工业以太网 Ethernet 实现互连。整个系统采用“工业以太网 Ethernet⇌现场总线 CAN-bus”的二级网络架构。

该隧道控制系统的设计需要同时满足下列各项条件：

1. 整个隧道系统无人值守，其稳定性是系统设计的首要因素。
2. 隧道工程环境恶劣，温度可能低至-10℃以下，现场设备须能够适应低温要求。
3. 现场设备需要优秀的 EMC 性能。工作环境为变电箱，存在高压电气设备，干扰信号较多，电源波动频繁，电磁干扰强烈。
4. 现场的通讯数据需要实时到达系统的目标主机，延迟在 ms 级别。
5. 具有系统扩容的能力，方便增加功能节点，而不需要改动原网络拓扑方式。
6. 自动冗余网络；当某一网段出现故障时，系统能够识别故障源，并切换备用网络。
7. 能够远程监控系统，例如安装无线 GPRS 以实现远程数据分析处理等功能。
8. 优先选择光纤电缆作为主要的通讯媒介。

综合以上需求，经各方面分析、验证，我们设计了一套应用方案：工业以太网 Ethernet 实现主干网，现场总线 CAN-bus 实现本地网，提供无线 GPRS 的扩展接口，保障了系统在可靠性、实时性、经济性、兼容性、扩展能力等多个方面的优势。

下面将结合测试数据，详细地分析、剖析这一应用方案。

2.2 网络的设计

根据现场情况，每隔一定距离就设置一个现场控制柜，通过 CAN-bus 连接到各个现场功能节点，形成一个本地控制网络。同时，现场控制柜内的 CAN-bus 网关将现场信息传输到以太网 Ethernet 上，连接到监控中心。监控中心通过无线 GPRS 将运行数据传输到远方的主数据服务中心。这一方式构建的隧道控制通信网络采用二级传输形式，第一级为以太网 Ethernet，第二级为 CAN-bus。系统网络组成如图 3.1 所示。

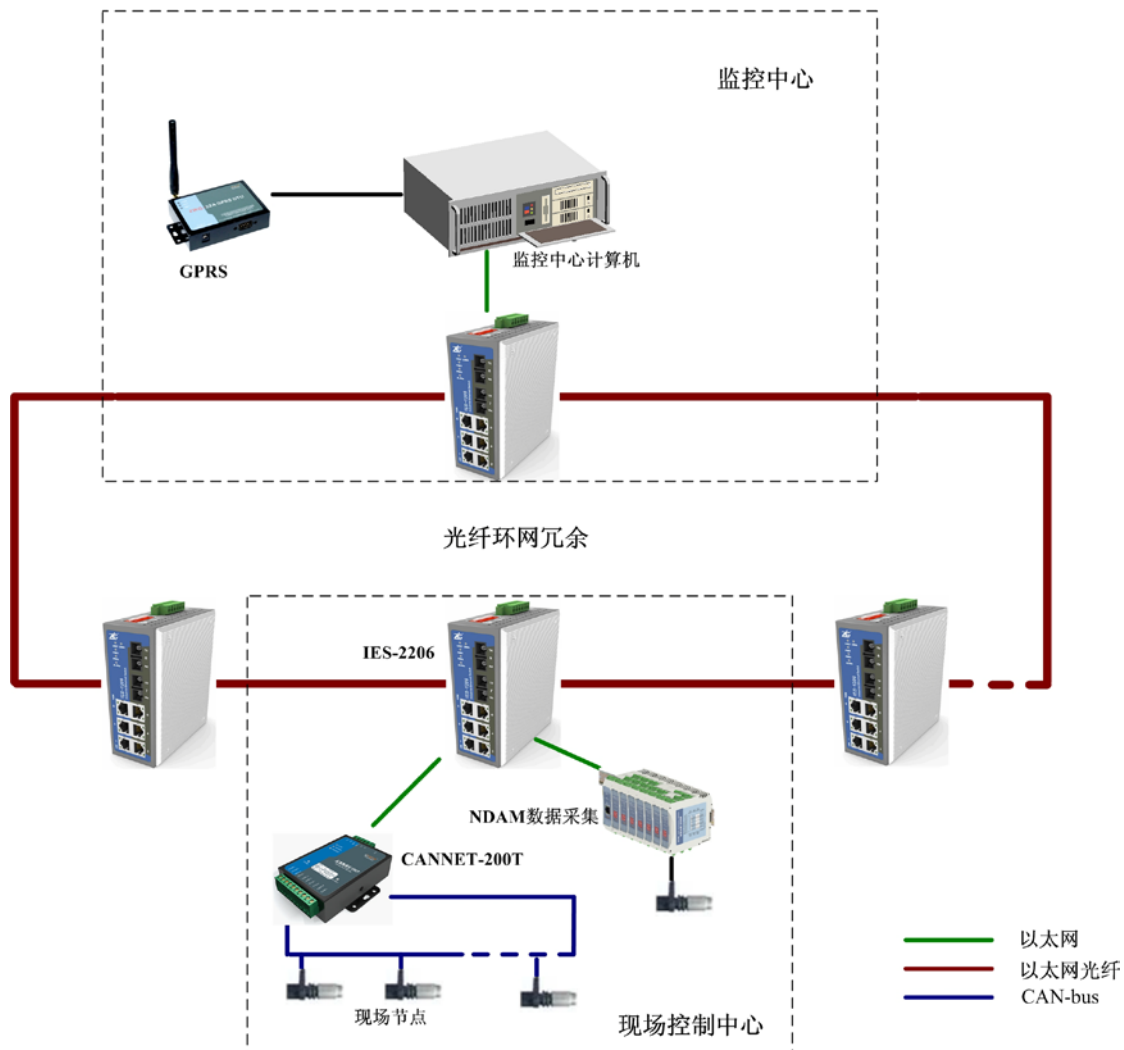


图 2.1 网络拓扑图

2.3 设备的构成

该隧道控制系统主要由 3 类设备构成，分别称为：监控中心、现场控制柜、现场终端节点。其中，监控中心与现场控制柜之间通过光纤连接，现场控制柜与终端节点之间通过双绞线连接。

现场控制柜由下列设备构成：

- 电源设备，输出 $24V_{DC}@1A$ 电源。
- IES-2206 工业交换机。利用 IES-2206 工业以太网交换机，可以方便地构建以太网的环形冗余网络，增加网络的可靠性；同时，内嵌的智能报警功能，可以帮助系统维护与监控网络的运行状况。
- CANET-200T 网关。CANET-200T 集成了两路 CAN-bus 接口和一路 EtherNet 接口以及 TCP/IP 协议栈，可以轻松完成 CAN-bus 网络和 EtherNet 网络的互连互通。CANET-200T 同时支持两路 CAN 接口，具有 CAN 网络冗余功能。
- NDAM 系列数据采集模块。利用 NDAM-9000 与 NDAM-4055 组成以太网数据采集系统，适用于隧道控制现场的本地信号检测与输出控制。

监控中心由下列设备构成：

- 基于 X86 的工控 PC 或 NetEPC 系列通讯服务器，基于 WinXP 或 WinCE 编程，实现网络的实时控制。
- ZWG-28A 无线数据传输设备，为用户提供高速、全透明的数据通道，便于实现异地远程监控。

现场功能节点可以由下列设备构成：

- AnyCAN 系列模块，集成 1 路 CAN 接口，支持多达 24 个 DI/DO 和 16 个 AD/AO 引脚，实现本地数据检测和设备控制。
- TinyARM 系列模块，为用户提供了功能强大、简单易用的软件开发平台，可通过简单调用 API 函数，轻松实现各种控制功能，完成各种 CAN 协议，开发指定功能的现场控制设备。

2.4 网络的优势

该隧道控制系统采用工业以太网 Ethernet 和现场总线 CAN-bus 的二级网络结构。该方案既发挥了 CAN-bus 总线的有实时性高、抗干扰能力强、节点多等优点，又具有以太网的速度快、带宽高、高扩展性和网络开放性、网络拓展方便等优点，很适合应用在条件苛刻的隧道控制系统中。

3. 系统可靠性设计

3.1 冗余设计

通信网络的可靠性是整个系统能够正常稳定工作的前提条件。

隧道控制系统分为二级，任一级都采取了冗余设计。连接监控中心和各现场控制中心的光纤网络采用了电源冗余、环网冗余技术，保障主干网的可靠性。CAN-bus 网络利用 CANNET-200T 的特点也可以进行冗余设计。

3.1.1 电源冗余

电源故障是工业应用中常见的故障之一。由于环境限制，隧道系统中的设备经常受到高压冲击。因此，选择的 IES-2206 工业交换机具有电源冗余功能，能够在检测到主电源损坏时自动启动备用电源，保证系统正常运行。

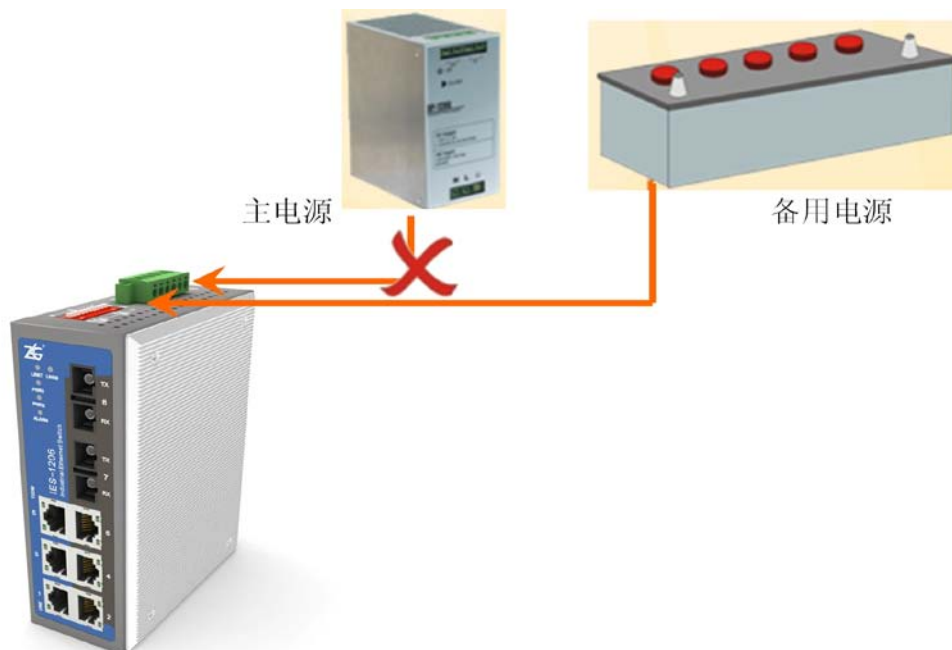


图 3.1 冗余电源的应用

3.1.2 环网冗余

IES-2206 工业交换机支持两路光纤，通过将光纤首尾相连可以形成一个闭合的环形网络。IES-2206 能够自动管理环形网络，通过独特的 O-Ring 环网协议将其中的一段光纤设置为备用链路，当光纤网络有一处出现故障时，网络可以在 20ms 的时间内启动备用链路，保障通信的正常进行，增加了网络的稳定性。

3.1.3 CAN-bus冗余设计

CANET-200T网关集成了两路独立的CAN-bus接口，可以根据现场情况，实现逻辑或物理的CAN-bus冗余方案。这里不再赘述，详细可咨询CAN-bus技术支持或查询CAN-200T转换器用户手册（http://www.embedcontrol.com/products/EtherNet_Canet/CANET-200T.asp）。

3.2 故障预警与系统恢复

为了保障系统的正常运行，有必要对设备的各个状态进行监控。由于工业以太网具有良好的扩展性，系统可以很方便地添加各种数据采集设备对各种信号进行采集，在设备出现故障的情况下能够迅速确定故障的位置，便于维护。

3.2.1 电源故障检测

利用 NDAM 数据采集模块可以实现对电源信号的检测，如图 3.3 所示。NDAM 系列模块连接以太网，将检测信号传输到监控中心；NDAM 采用积木化结构，配置简单、应用灵活，通讯模块和各种数据采集控制模块自由组合，应对各种现场应用。

这里，采用 NDAM-4055 来检测电源的状态。NDAM-4055 可采集 8 路数字量数据，支持开关触点信号和电平信号，同时具有 8 路数字量开漏输出功能，适用于采集工业现场的各种数字信号和控制继电器等开关设备。

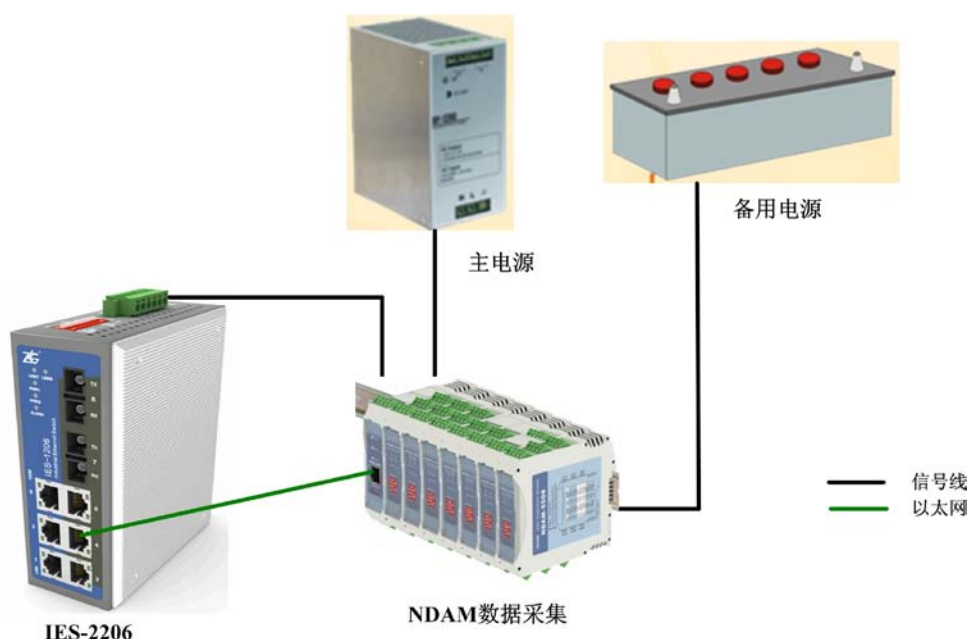


图 3.2 电源、光纤状态检测示意图

3.2.2 光纤故障检测

IES-2206 具有检测链路状态的功能，当连接交换机的一条链路出现故障时交换机可以通过继电器发出报警信息，通过 NDAM-4055 检测此信息就可以获取光纤网络的状态是否正常，如图 4.1 所示。

4. 软件编程

要想使整个系统正常工作，还需要对设备进行编程操作。用户软件是分为工控主机软件编程和现场节点编程两大部分，需要根据系统的需要进行设计，这里也不进行赘述。如何实现监控软件和现场节点的通信是本文档的重点，通信编程可以分为以下几个部分（如图 4.1 所示）。

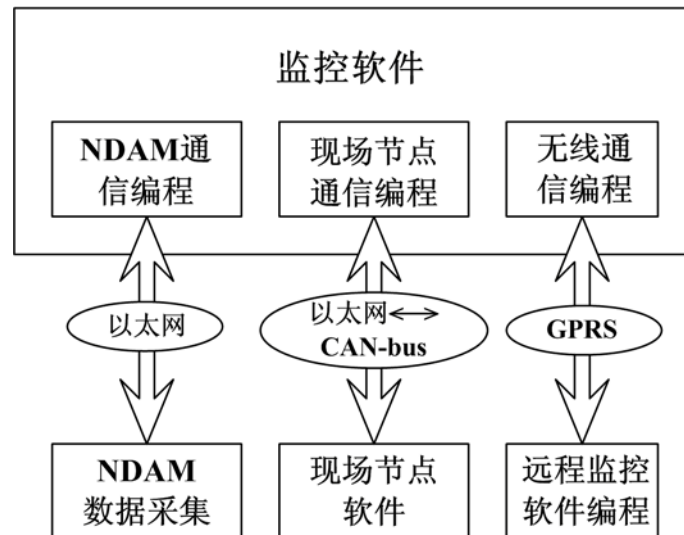


图 4.1 软件编程组成图

4.1 与现场节点的通信编程

与现场节点的通信是通过以太网和 CANNET-200T 转换器来完成，用户可以通过两种方式来完成，一是直接通过 Windows 自带的 Socket 编程来完成通信操作，一是调用广州致远电子有限公司提供的 ZNetAdv 动态链接库，直接调用 API 函数来完成，用户软件的读写数据会通过以太网和 CANNET-200T 透明传输到 CAN-bus 总线上。关于 ZNetAdv 动态库 API 函数说明参考《ZNetAdr 配置函数使用手册》。

4.2 NDAM数据采集编程

NDAM 系列数据采集模块可以直接采用以太网进行传输，采用标准的 Modbus/TCP 协议，使用非常方便。用户的上位机编程可以采用两种方法：一是调用广州致远电子有限公司提供的 ZModbusSdk 动态链接库（具体可以参考《ZModbusSdk 使用手册》），一是采用 OPCServer。

4.3 无线通信编程

无线通信模块可以通过串口直接进行操作，通过无线模块监控软件可以将报警信息发送到指定的手机上，也可以传输到广域网上，通过广域网实现数据的查询分析，完成远程监控功能。关于无线模块的软件控制编程可以参考《DTU 配置函数库使用说明》。远程监控软件也可以采用广州致远电子有限公司的虚拟串口，直接采用串口操作的方法来实现。

5. 运行与测试

网络中的应用设备都采用工业设计标准，严格的工业测试、良好的 EMC 性能和环境适应性保证了系统的稳定与可靠性。

由于采用 100Mbps 的光纤网络，在以太网最佳流量为满带宽 30% 的情况下，系统可以满足同时 1500 个现场节点的数据流量（每个节点 20Kbps），完全可以满足现场控制的要求。

由于带宽高，数据在系统网络上的传输延迟非常小，时间是不到 $1\mu\text{s}$ ，完全可以忽略。因此数据的延时主要是设备的延时，其中每个 IES-2206 可以产生最大 $5\mu\text{s}$ 的延时，14 个设备可以产生 $70\mu\text{s}$ 的网络延时，完全可以满足隧道控制的实时性要求。

经实验室的模拟测试，与现场的实际运行考核，该系统完全符合隧道控制系统的要求。

6. 参考资料

- [1] 郭宽明, CAN 总线原理和应用系统设计, 北京航空航天大学出版社, 1997
- [2] 广州致远电子有限公司, IES-2206 用户手册
- [3] 广州致远电子有限公司, CANET-100/200T 用户手册
- [4] 广州致远电子有限公司, NDAM-4055 用户手册
- [5] 广州致远电子有限公司, NDAM-9000 用户手册
- [6] 广州致远电子有限公司, ZWG-28A/B/C 无线数传设备用户手册
- [7] 广州致远电子有限公司, TinyARM T23 系列嵌入式模块硬件手册
- [8] 广州致远电子有限公司, AnyCAN 系列数据手册
- [9] 广州致远电子有限公司, NetEPC-8900 嵌入式工业计算机数据手册

7. 免责声明

版权

本文档所陈述的产品文本版权均属广州致远电子有限公司所有，其产权受国家法律绝对保护，未经本公司授权，其它公司、单位、代理商及个人不得非法使用和拷贝，否则将受到国家法律的严厉制裁。

修改文档的权利

广州致远电子有限公司保留任何时候在不事先声明的情况下对本文档的修改的权力。