

# DeviceNet 配置监控系统<sup>①</sup>

胡艳萍, 何 斌, 谢 梦, 王 翔

(南大傲拓科技有限公司, 南京 210012)

**摘 要:** 设计并实现了基于 DeviceNet 主从站配置的监控系统. 监控系统中的 DeviceNet 配置监控软件使用自定义协议通过串口实现了与主站通讯模块通信, 将主从站的各种信息, 如主从站配置, 从站参数值等数据传递到通讯模块上. 主站通讯模块通过标准的 DeviceNet 协议将上述信息传送到从站模块. 监控软件可以实时请求并获取从站信息, 并做出相应处理. 实验结果表明, 所涉及的数据通讯完全满足 DeviceNet 规范要求, 配置软件能够配置和监控 DeviceNet 总线通讯状况.

**关键词:** DeviceNet; 主从站配置; 监控; 通讯模块; 自定义协议

## DeviceNet Configuration Monitoring System

HU Yan-Ping, HE Bin, XIE Meng, WANG Xiang

(Nanda Auto Technology Co. Ltd, Nanjing 210012, China)

**Abstract:** The master and slave configuration monitoring system based on DeviceNet is designed and implemented in this paper. The monitoring software communicates with the master station by using a custom protocol via the serial communication module. Variety information of main station such as the master/slave configuration and parameter values will be transferred from the station to the communication module. The above information is sent to the slave module by the master communication module via standard DeviceNet protocol. Monitoring software can request and obtain real-time information from the slave station, then take appropriate action. The experimental results show that the data communication satisfies the specification of DeviceNet, the configuration software can configure and monitor the communication status of DeviceNet bus.

**Key words:** DeviceNet; master and slave configuration; monitor; communication module; custom protocol

DeviceNet 是 20 世纪 90 年代中期发展起来的一种具有开放的网络标准, 结构简单, 低成本, 高效率, 高性能, 高可靠性的基于 CAN 总线技术, 其传输率为 125Kbit/s 至 500Kbit/s. 每个网络的最大节点数为 64 个, 位于 DeviceNet 网络上的设备可以自由连接或断开, 且不会影响网上的其他设备的正常工作<sup>[1]</sup>. 它既可连接低端工业设备, 又可连接像变频器操作员终端这样的复杂设备, 是分布式控制系统的理想解决方案<sup>[2-6]</sup>, 非常适用于连接传感器、变频器、执行机构及人机接口等底层设备.

DeviceNet 真正实现了现场数字化和智能化控制, 便于网络的架构和管理, 深受工程技术人员及现场管

理人员的青睐. 随着现场控制的智能化水平的日益提高, 设备控制方式的不断完善, 要求开发出大量的适于不同行业的专用 DeviceNet 从设备和适用于不同行业的通用 DeviceNet 从设备. 目前已投入使用的控制系统中, 仍有大量基于串口的仪器设备, 在短期内无法改造或淘汰那些旧有设备和系统. 因此, 在一定时期内, 带有串口的仪器设备应用到 DeviceNet 总线中仍具有现实意义的<sup>[7]</sup>.

为主站<sup>[8]</sup>配置不同类别的从站, 管理从站各个参数, 以及实时监控从站的数据对于工业控制系统来说非常重要. 为了让 PLC 系统能够方便地接入到 DeviceNet 网络, 并且与各种工业现场设备进行更高性

① 收稿时间:2014-12-23;收到修改稿时间:2015-01-29

能的通讯, 本文设计并实现了 DeviceNet 配置监控系统, 可以通过本软件进行主从站配置, 下载并上载主站配置, 管理从站参数, 以及扫描在线设备, 联机查看设备实时数据.

### 1 总体设计

为了实现基于 DeviceNet 通讯的现场设备接入到 PLC 系统中, 基于 DeviceNet 的配置监控系统主要由

主站通讯模块以及配套的上位机软件组成.

用户可以利用上位机配置软件通过主站配置下载/上载, 从站参数上载/下载, 在线扫描, 联机, 发送显性报文等途径实现与 DeviceNet 从站设备的通讯与数据交换, 另一端, PLC 通过加载参数, 查询命令实现与通讯模块的数据交换, 从而完成 PLC 与现场设备的数据交换. 主站通讯模块应用于 PLC 系统中, 其结构如图 1 所示.

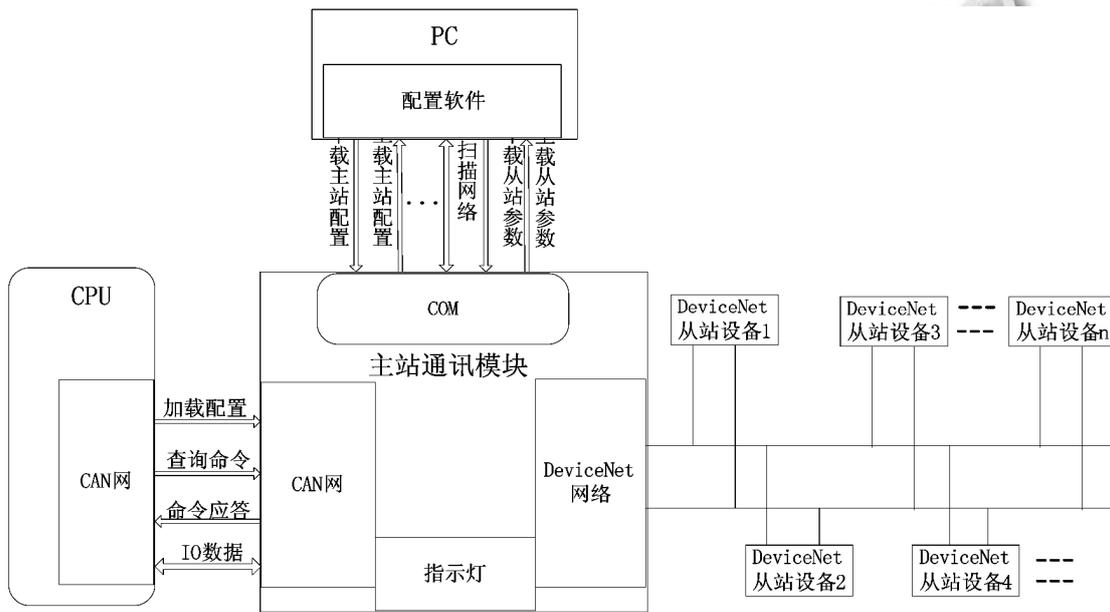


图 1 配置监控系统总体设计

### 2 DeviceNet配置监控系统的设计与实现

上位机与下位机的交互过程如图 2 所示. 在上位机与下位机的交互过程中, 上位机首先解析 EDS 文件获取可用设备列表. 然后向总线上添加主站模块, 通过主站配置界面设置主站地址、波特率、间隔扫描周

期、期待报文时间、发送重试次数以及输入/输出缓冲区长度. 在从站列表中选择需要配置的从站添加到总线上以后, 可以设置从站的一系列参数, 包括地址和轮询长度等信息. 通过扫描配置界面将从站分配给相应的主站, 并设置其地址.

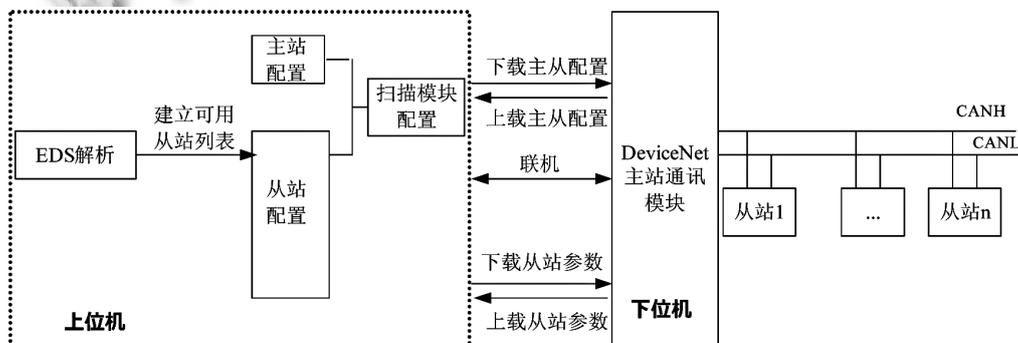


图 2 上位机与下位机交互过程

将从站配置给主站后,就可以通过下载功能将主从站配置下载到 DeviceNet 主站通讯模块中,同时可以通过上载功能获取 DeviceNet 通讯模块中的主从站配置信息并直观地显示在界面上。

除了主从站配置之外,还可以单个或者批量设置和获取从站的参数信息。配置好主从站并联机,可以实时地查看各个从站轮询地址的实时数据、发送显性报文、显性报文用来读取或者修改 DeviceNet 设备的参数。

## 2.1 上位机设计及实现

该上位机是 PLC 系统通讯模块的配套软件,用来进行组态,主要功能包括 EDS 文件操作,扫描 DeviceNet 网络,主从站的配置及相关下载/上载等。

### 2.1.1 主要功能

#### 1) EDS 文件操作

每个节点设备都有一个固定的 EDS 文件,里面包含厂商代码、设备类型、产品代码、软件版本、输入输出字节、配置参数等信息,上位机必须具备解析 EDS 文件的功能才能扫描到相应设备并显示设备相关信息。

#### 2) 动态添加/删除从站

上位机能够为主站动态添加/删除相应的从站,设置轮询输入输出字节等。这意味着上位机能够列举当前所有可以分配给主站的从站信息,显示已经分配给当前主站的从站信息,以及分配从站或移除从站后该主站的从站的轮询输入/输出信息。添加/删除从站后,地址按照最节约空间的方式分配。

#### 3) 在线扫描

当主从站设备都接到网络后,上位机完成对网络上的主从站节点进行扫描,并将结果以图形化方式显示。该功能将主站通讯模块上的主站及从站信息扫描上来,一共扫描 63 个节点。扫描过程中采用一问一答的轮询方式,上位机向主站通讯模块发送扫描请求,模块返回一个从站的信息,上位机收到该响应报文后才发送下一个扫描请求,如此轮询查询。模块返回的从站信息应该包含在线标识,从站唯一标识号以及轮询输入/输出长度,用于查询对应从站设备的 EDS 文件并显示其参数信息。

#### 4) 主站配置下载/上载

主站配置下载是指把主站和与主站连接的从站的配置下载到主站模块,主站根据配置信息去连接对应

的从站节点。该配置的内容应该要包括选择下载的主站及其若干个从站的信息。主站信息应该包含其地址、波特率,配置的从站个数以及轮询的输入/输出长度;挂载的若干个从站的信息则应该包括能够唯一标识该从站的 5 个标志字段以及该从站的轮询输入/输出长度。当主站通讯模块接收到该配置信息后要返回一个确认报文。

主站配置上载是指将选中的主站当前的配置信息上传上来,并将主从站信息以图标形式绘制在软件页面。当需要获取主站通讯模块中的主站配置信息时,由上位机向模块发送配置请求报文,同样模块收到配置请求报文之后,将主站及其从站配置信息返回给上位机,上位机解析报文并在界面上绘制主从站配置情况。

#### 5) 从站参数下载/上载与恢复默认值

根据 DeviceNet 规范中的参数对象映射表,可以对相应的从站参数进行修改下载。很多时候需要对从站的参数进行修改设置,修改完成之后要使生效,需要将修改后的参数值下载到 CMM 模块上。CMM 模块收到参数设置报文后进行相应设置。

当参数信息被修改之后,还想要获取之前设置的参数值的话就需要上载参数值。要获取参数值,需要向 CMM 模块发送与该参数相关的请求报文。CMM 模块收到报文后,会根据以上信息查找当前从站中该参数的值,并返回相应报文,上位机根据参数描述信息获取相应的值。

#### 6) 联机

当主从站信息被正确下载到 CMM 模块后,通过定时发送请求报文实时查看轮询地址的数据。

#### 7) 显性报文发送

显性报文用来读取或者修改 DeviceNet 设备的参数,DeviceNet 设备的参数访问路由三个因素来决定:类 ID、实例 ID、属性 ID,具体参考对应从站的参数对象映射。

### 2.1.2 关键技术

#### 2.1.2.1 EDS 文件解析引擎

EDS(Electronic Data Sheet, 电子数据文档)文件用于硬件对节点的描述,遵循开放的规范,主站可以通过该文件获取从站的基本信息。例如设备名称,厂商 ID,……,从站支持连接类型,该连接类型的生产消费字节长度,还有可以配置参数等等。对于

DeviceNet 来说, EDS 显得格外重要. 只有存在 EDS, 设备才能正常通信及显示.

EDS<sup>[9]</sup>文件主要包括七个部分: 文件说明部分、设备说明部分、I/O 特性部分、参数类部分、参数部分、参数列举字符串部分以及参数组部分. 不同厂商的 EDS 文件都不相同, 但都遵循以上 EDS 文件的基本格式, 因此, 解析不同厂商的 EDS 文件需要解析每个分段的关键字.

上位机需要存储若干个设备对应的 EDS 文件的信息, 因此存储结构采用结构体链表, 一个设备对应一个链表节点. 每一个链表节点又是一个结构体, 结构体中包含一个设备的完整信息. 如图 3 所示设计了 EDS 文件解析存储的数据结构. 从图中可以看出一个 EDS 文件被描述成一个 EDS\_INFO\_CTRL 结构体.

```
typedef struct _EDS_INFO_CTRL
{
    unsigned char szEdsFileName[MAX_PATH];
    unsigned short szSubStationMark;

    unsigned short szVendCode;
    unsigned short szProdType;
    unsigned short szProdCode;
    unsigned short szMajRev;
    unsigned short szMinRev;

    unsigned char szProdName[50];
    unsigned char szVendName[50];
    unsigned char szProdTypeStr[50];

    unsigned short szInputAddress;
    unsigned short szInputLength;
    unsigned short szOutputAddress;
    unsigned short szOutputLength;

    PPARAMETER_INFO_CTRL pParameterCtrl;
    PENUM_INFO_CTRL pEnumCtrl;
    PGROUP_INFO_CTRL pGroupCtrl;
    _EDS_INFO_CTRL *pNext;
}EDS_INFO_CTRL, *PEDS_INFO_CTRL;
```

结构体中首先包含设备的一系列基础信息, 此外还包含了参数结构体指针 PPARAMETER\_INFO\_CTRL, 枚举结构体指针 PENUM\_INFO\_CTRL, 组信息结构体指针 PGROUP\_INFO\_CTRL. 通过以上结构能够完整地存储在主从站配置过程中需要的从站的所有信息.

上位机为 EDS 文件处理开发了安装卸载的功能, 安装时将 EDS 文件描述的设备存入配置软件的设备信息库中, 下次使用的时候无需再安装. 卸载时自动将相应的 EDS

```
typedef struct _PARAMETER_INFO_CTRL
{
    unsigned char szParameterNumName[20];

    unsigned short szPathSize;
    unsigned char szLinkPath[50];
    unsigned char szDescriptor[8];
    unsigned char szDataType[8];
    unsigned short szDataSize;
    unsigned char szParameterName[60];
    unsigned char szUnitsStr[8];
    unsigned char szHelpStr[200];
    unsigned char szMinValue[12];
    unsigned char szMaxValue[12];
    unsigned char szDefault[12];
    unsigned char szCurValue[12];
    unsigned short szMultiplier;
    unsigned short szDivider;
    unsigned short szBase;
    unsigned short szOffset;
    unsigned short szMultiplierLink;
    unsigned short szDivisorLink;
    unsigned short szBaseLink;
    unsigned short szOffsetLink;
    unsigned short szPrecision;
    int isEnumParameter;
    int groupNum;
    _PARAMETER_INFO_CTRL *pNext;
}PARAMETER_INFO_CTRL, *PPARAMETER_INFO_CTRL;

typedef struct _GROUP_INFO_CTRL
{
    unsigned char szGroupNumName[10];
    unsigned char szGroupName[50];
    unsigned short szElementNum;
    unsigned char szElementIndex[1024];
    _GROUP_INFO_CTRL *pNext;
}GROUP_INFO_CTRL, *PGROUP_INFO_CTRL;

typedef struct _ENUM_VALUE_CTRL
{
    unsigned char szParameterValue[100];
    _ENUM_VALUE_CTRL *pNext;
}ENUM_VALUE_CTRL, *PENUM_VALUE_CTRL;

typedef struct _ENUM_INFO_CTRL
{
    unsigned char szParameterNumName[20];
    // 下面还有若干个字符串
    PENUM_VALUE_CTRL pEnumValueCtrl;
    _ENUM_INFO_CTRL *pNext;
}ENUM_INFO_CTRL, *PENUM_INFO_CTRL;
```

图 3 EDS 文件解析结构体

文件描述的设备从配置软件的设备信息库中移除即可.

### 2.1.2.2 主从站配置数据存储结构设计

一个主站可以挂载多个从站(从站输入/输出长度之和不超过主站轮询长度), 主站的配置包括地址, 波特率和缓冲区长度. 从站的配置除了包括从站地址、名称、厂商、版本号、轮询长度等基本信息外, 由于参数信息可以修改, 修改后与设备信息库中相应设备信息不一致, 因此从站配置结构体中还应该包括了当前从站实时的参数信息, 枚举信息以及组信息. 主从站结构如下所示:

```

typedef struct _MAIN_STATION_CTRL
{
    CTransparentStatic *numberStatic;
    unsigned short szIndexOnBus;
    unsigned short szMasterStationAddress;

    unsigned short szBaudRate;
    unsigned short szScanPeriod;
    unsigned short szMessageTime;
    unsigned short szRetryCount;
    unsigned long szInputBufSize;
    unsigned long szOutputBufSize;
    unsigned short szSubNum;

    PDEVICE_NODE_CTRL pSubStationCtrl;

    _MAIN_STATION_CTRL *pNext;
} MAIN_STATION_CTRL, *PMAIN_STATION_CTRL;

typedef struct _DEVICE_NODE_CTRL
{
    CTransparentStatic *deviceStatic;
    CTransparentStatic *numberStatic;
    CTransparentStatic *deviceTypeStatic;

    int iconIndex;
    int devNodeIndex;
    int isavailable;
    int deviceType;
    unsigned short szSubStationMark;

    unsigned short szVendCode;
    unsigned short szProdType;
    unsigned short szProdCode;
    unsigned short szMajRev;
    unsigned short szMinRev;

    unsigned char szProdName[50];
    unsigned char szVendName[50];
    unsigned char szProdTypeStr[50];

    unsigned short szInputAddress;
    unsigned short szInputLength;
    unsigned short szOutputAddress;
    unsigned short szOutputLength;

    PPARAMETER_INFO_CTRL pParameterCtrl;
    PENUM_INFO_CTRL pEnumCtrl;
    PGROUP_INFO_CTRL pGroupCtrl;

    _DEVICE_NODE_CTRL *pNext;
} DEVICE_NODE_CTRL, *PDEVICE_NODE_CTRL;

```

图 4 主从站结构体

从结构体可以看出,除了主站基本参数以外,向主站配置一个主站则主站的设备列表添加一个设备节点指针.如果将该从站从主站中移除,相应的节点也会从设备列表中删除.

### (1) 数据通讯设计

在整个配置监控过程中,有多种情况涉及数据通信:扫描在线设备,主站配置下载/上载,从站参数下载/上载,联机查看.扫描在线设备需要扫描 64 个节点,

每个节点回复报文需要包含设备地址,在线状态,设备类型,版本等信息;主站挂载的从站个数不定,报文可长可短;从站参数个数不定,可能多达几百个,每条报文包含其对应从站地址、编号、帧编号、值长度、链接路径尺寸及路径等信息;联机查看需要定时发送请求报文刷新各从站输入输出区的值,接收的回复报文中包含所有从站的轮询地址信息,包括在线状态,轮询输入/输出长度及其对应长度的数据和起始地址等信息.

因此整个配置监控过程面临数据量大,报文长,包含信息多,通信频率高等问题,如果采用一般单线程会出现阻塞,而且这些操作在多个界面中执行,同时考虑到通讯故障的问题,所以采用多线程通信,线程中使用事件机制对通讯故障做出适当处理.

具体处理机制图 5 所示,各个界面根据需求向通讯模块发送相应报文,报文发送后启动线程进行等待,主界面中的接收线程负责统一接收通讯模块的回复报文,收到报文后对报文做正确性和完整性检查,如果报文完整且正确,则根据报文功能码通过自定义消息函数将报文转发给响应的界面;如果报文正确但不完整,则继续接收并拼接报文;如果报文校验错误,则丢弃.如果在相应事件等待事件内接收到了回复报文,则进行下一步处理(发送下一封报文或者结束线程等);如果超时还未收到回复报文,则结束线程或者再次发送请求报文.

### (2) 工程配置文件的存储

工程配置文件应该保存足够的主从站配置信息,用于再次打开工程时主从站配置和之前一致.由于从站的参数可能比较多,如果将从站所有信息存储,工程配置文件会比较大.考虑到从站参数被修改的数量会比较小,所以在工程配置文件中主站存储基本信息,从站除了存储基本信息外,仅存储修改过的参数信息,通过配置文件打开工程时从站的其他参数信息从 EDS 文件中获取.

## 2.2 主站通讯模块的设计与实现

DeviceNet 主站通讯模块是整个配置监控软件核心的部分,它负责在主从站和上位机之间传递主从设备的配置信息、从站参数信息、从站地址实时信息,从站状态信息,并以自定义协议的形式与上位机通讯,以标准的 DeviceNet 协议与从站设备通讯.

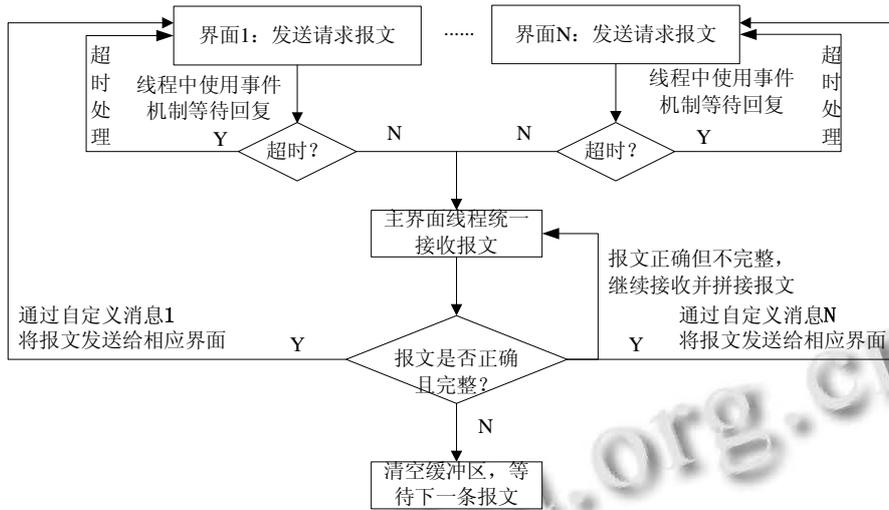


图5 数据通信图解

DeviceNet 从站能够在 125K、250K、500K 三种波特率下传输; 支持串口与上位机通讯; 支持两路 CAN 接口; 配置参数数据保存, 需要容量几 K 字节的存储容量; 支持软件 ISP 升级; 提供指示灯状态显示. 综上所述功能需求, 设计了 DeviceNet 主站通讯模块, 其硬件设计图 6 所示.

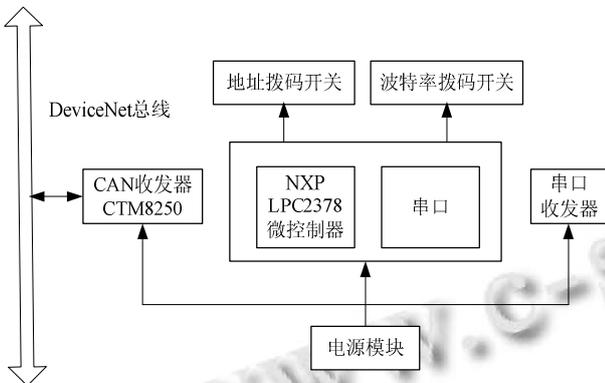


图6 DeviceNet 主站通讯模块硬件设计

从上图可知, 模块采用基于 ARM7TDMI-S 内核的 LPC2378 硬件平台, 不使用操作系统; 输入/输出数据最大均为 255 字节, 单个从站输入输出最大为 64 字节, 最大 64 个节点(包括一个主站节点), 支持标准波特率: 125kbps、250kbps、500kbps. 一路 CAN 与 PLC 进行通讯, 另一路 CAN 作为 DeviceNet 规范与现场设

备进行通讯; 支持 ISP 下载的 RS232 驱动电路; 采用一个 RS232 接口, 与上位机软件通讯, 完成模块的配置组态调试监控等; 模块对外通讯采用 5 针开放式 DeviceNet 连接器接入现场 DeviceNet 总线, CAN 接口. 指示灯状态显示包括与 NA400PLC 通讯状态, 从站全部在线, 部分在线, 全部不在线状态.

### 3 实验测试与结果分析

根据以上设计, 实现了上位机和下位机软件. 为了验证以上设计的可行性, 选用的台达 E3 Plus(1-5A) 和 DNET(Slave) 设备来进行测试和验证. 首先安装这两个设备的 EDS 文件并将其配置到主站通讯模块上, 此时上位机软件界面如图 7 所示.

通过菜单栏中选择下载功能, 可以将该配置下载到 DeviceNet 主站通讯模块中, 该模块通过标准 DeviceNet 协议将配置信息写入到从站中. 如图 8 所示, 对于已经配置过的主从站, 接好设备后, 通过扫描功能将下载到模块中的主从站信息上载到界面上来.

对于从站参数如图 9 所示可以进行上载、下载以及恢复默认值等功能, 通过与 AB 公司的解析软件对比, 解析出来的参数信息完全正确.

对主从站进行配置并下载后, 可以联机查看各个从站设备地址的实时值, 如图 10 所示.

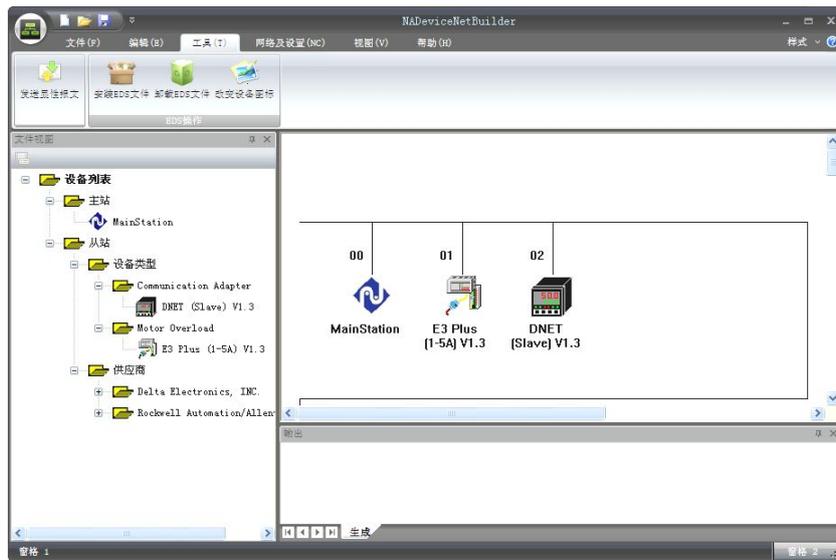


图 7 上位机软件界面

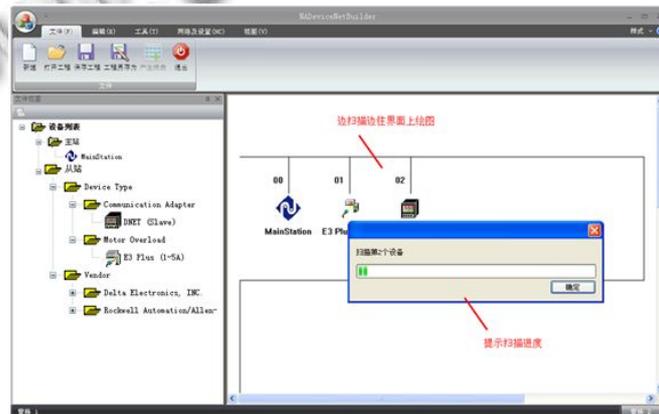


图 8 扫描主从站信息

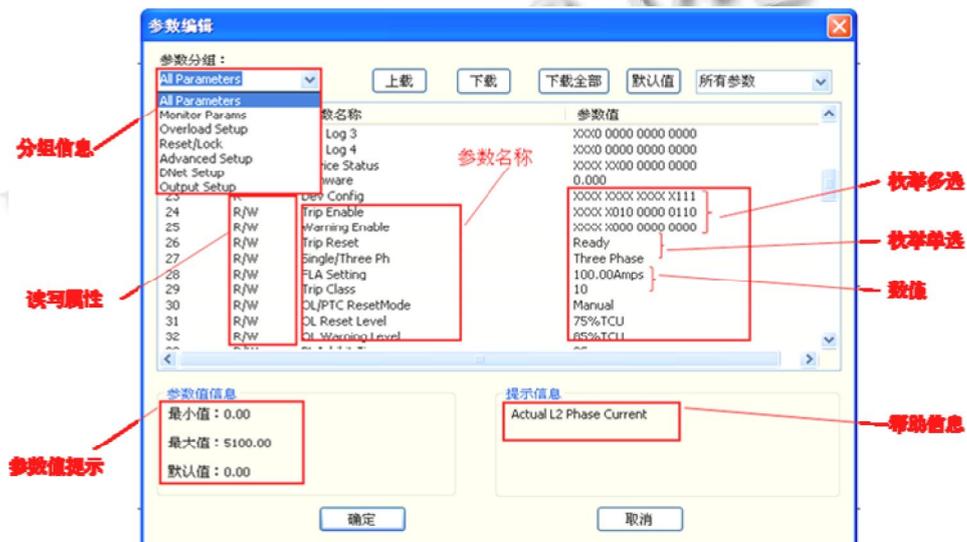


图 9 从站参数配置界面

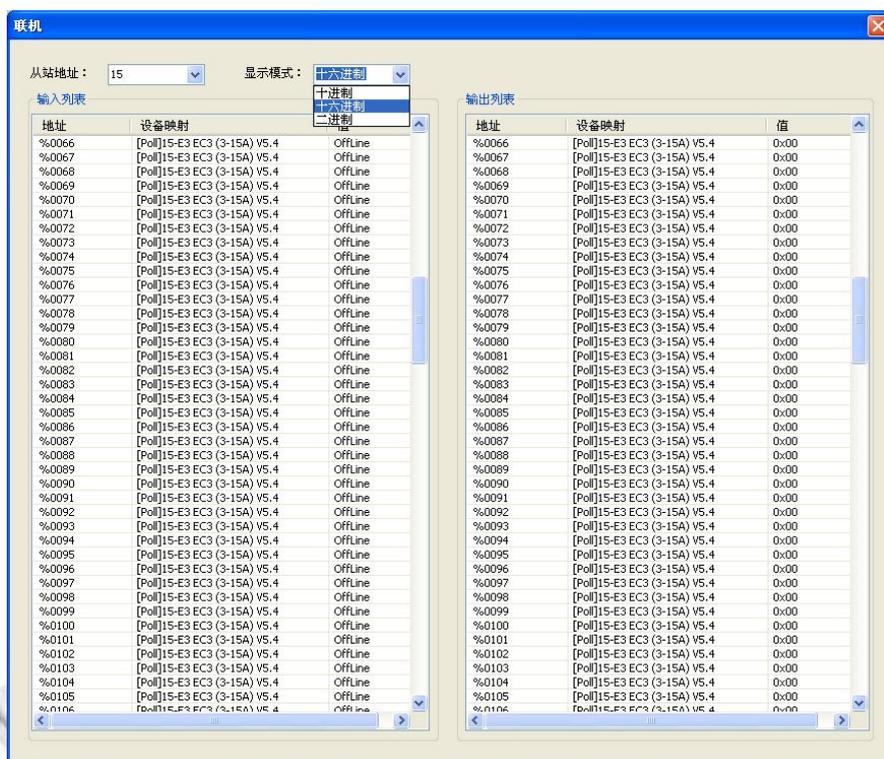


图 10 联机查看

#### 4 结论

本文成功设计并实现基于 DeviceNet 的配置监控系统. 在串口通讯的基础上, 设计并实现了 DeviceNet 主站通讯模块以及配套上位机软件. 实现了以下功能: 不同厂家的 EDS 文件解析、在线扫描、下载/上载配置报文、从站参数下载/上载、联机、显性报文发送、对照从站文档及对象映射来读写从站某个参数. 本套 DeviceNet 配置监控软件已经在中煤集团山西金海洋能源有限公司选煤厂的改扩建工程<sup>[10]</sup>中得到了很好的应用. 例如之前为了查看数据, 相关技术人员需要爬到 60 米高的设备塔上才能查看数据, 实现联机功能后只需要在控制室里面就可以通过软件实时查看数据, 大大方便了现场工作人员. 通过实际的应用证明了方案的可行性以及软件的稳定性, 达到了预期的设计要求, 同时本文所提供的方案为类似项目的研发提供了很好的借鉴作用.

#### 参考文献

1 阳宪惠. 现场总线技术及其应用. 北京: 清华大学出版社, 2008.

2008.

2 陈杨杨, 陈梅, 储昭碧. CAN 总线和 DeviceNet 通信协议在单片机系统中的应用. 仪器仪表学报, 2005, 8(26).

3 孔凡强, 王军. DeviceNet 现场总线技术在济钢 3200m<sup>3</sup> 高炉的应用. 电工技术, 2013, 6:40-41.

4 陈亮, 邱胜苗, 孙永红. DeviceNet 总线在总装车间小型设备上的应用. 安徽科技, 2013, 3:42-43.

5 肖慧. DeviceNet 现场总线在 MOCVD 设备上的应用. 电气, 2014, 7:32-35.

6 李疆. DeviceNet 现场总线在包装生产线上的应用. 制造业自动化, 2013, 35(1):147-149.

7 周琴, 戴瑜兴, 李二强, 王兴仙. 基于 DeviceNet 智能断路器监控系统. 计算机系统应用, 2011, 20(9):144-148.

8 广州致远电子有限公司. 如何实现 DeviceNet 网络的——基于 DeviceNet 网络通信. 电子技术应用, 2011, 37(6):22-23.

9 DeviceNet\_profile, Vol\_2, 第四章 配置.

10 姚文广. NA400 Devicenet 主站模块在洗煤厂上的应用. 可编程控制器与工厂自动化, 2014, 5:89-91.