

1 IEC60870-5-104 电力通信规约概述

目前我国电厂、变电站远动系统普遍采用基于电路的独立 64kbit / s 专线通道进行串口通信，串口通信协议多数为 IEC60870-5-101 和 DNP3.0 等，这些协议遵循基于 ISO 参考模型的增强性能结构 (EPA)，仅用了 OSI 模型 7 层中的 3 层(物理层、链路层、应用层)来实现数据传输。随着网络技术的迅猛发展和变电站 IEC61850 标准的逐步推广，为满足网络技术在电力系统中的应用，通过网络传输远动信息，以欧洲大型电力巨头公司(ABB, SIEMENS, ALSTOM)为首的 IEC 国际电工委员会在 IEC60870-5-101 基本远动任务配套标准[1~5]的基础上制定了 IEC60870-5-104(简称 IEC104)远动传输规约[6]，采用平衡传输模式通过 TCP/IP 协议实现网络传输远动信息，适用于调度主站(中心站)EMS 系统和子站(远方站) RTU 或计算机监控系统之间采用专用 Intranet 网络进行通讯[7~9]。

1. 1 IEC60870-5-104 规约的体系结构

IEC60870-5-104 规约标准定义了开放的 TCP/IP 接口的使用，包含一个由传输 IEC60870-5-101ASDU 的运动设备构成的局域网的例子。包含不同广域网类型，例如 X.25、帧中继、综合范围数据网络 ISDN(Integrated Service Data Network) 等的路由器可通过公共的 TCP/IP——局域网接口互联，其体系结构如下图 1 所示意：

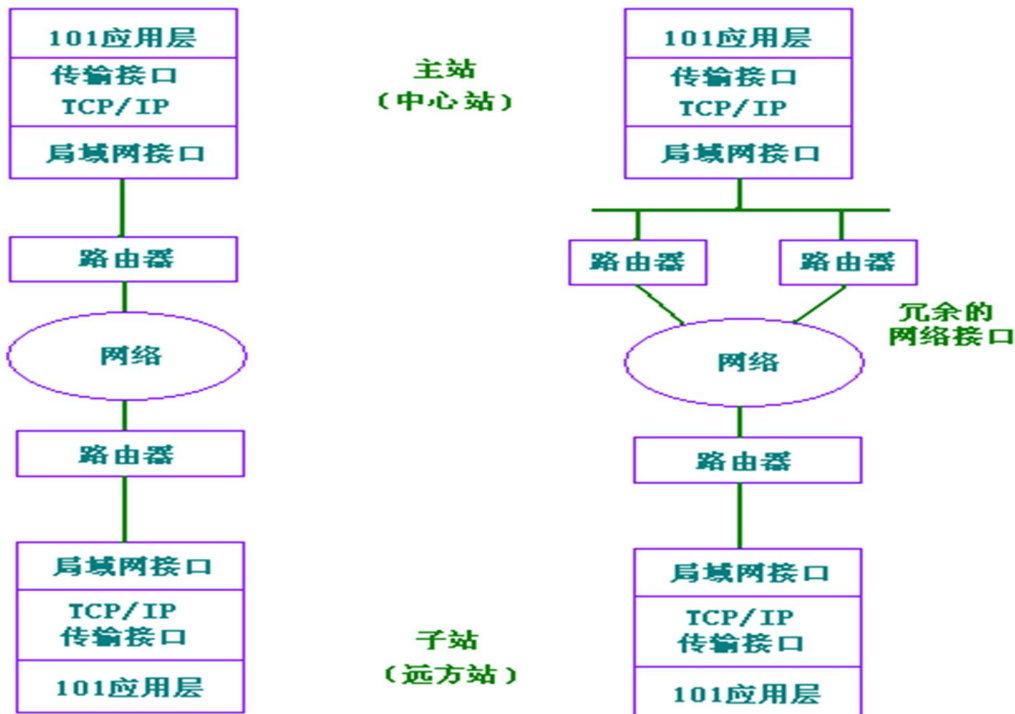


图 1：IEC60870-5-104 规约体系结构

1. 2 IEC60870-5-104 规约应用层结构

IEC60870-5-104 规约使用的参考模型源于开放式系统互联的 ISO-OSI 参考模型，只采用其中的 5 层，它处于应用层协议的位置。基于 TCP/IP 的应用层协议很多，每一种应用层协议都对应着一个网络端口号。IEC60870-5-104 规约在传输层采用 TCP 协议，其对应的网络端口号为 2404，其规约结构如下图 2 所示：

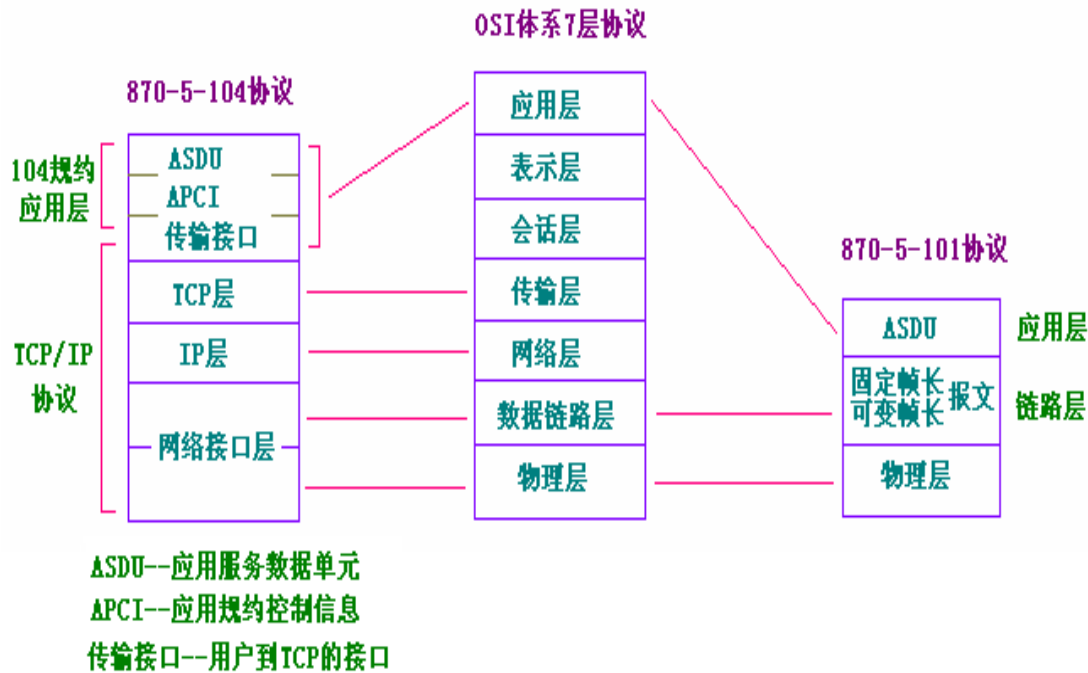


图 2：IEC60870-5-104 规约体系结构

由图 2 可见，IEC60870-5-104 实际上是将 IEC60870-5-101 与 TCP/IP 提供的网络传输功能相结合，使得 IEC60870-5-101 在 TCP/IP 内各种网络类型均可使用，包括 X.25、FR(帧中继)、ATM(异步传输模式) 和 ISDN(综合业务数据网)。

1. 3 IEC60870-5-104 应用规约数据单元(APDU)与应用服务数据单元(ASDU)

IEC60870-5-104 规定一个 APDU 报文最长为 255 个字节(包括启动字符和长度标识)，所以 APDU 的最大长度为 253，APDU 长度包括 APCI 的 4 个控制域 8 位位组和 ASDU，因此 ASDU 的最大长度为 249，这一规定限制了一个 APDU 报文最多能发送 121 个不带品质描述的归一化测量值或 243 个不带时标的单点遥信信息，如果子站 RTU 或监控系统采集的信息量超过此数目，则须分成多个 APDU 进行发送。应用规约数据单元(APDU)结构和应用服务数据单元(ASDU)如下图 3 和图 4 所示：

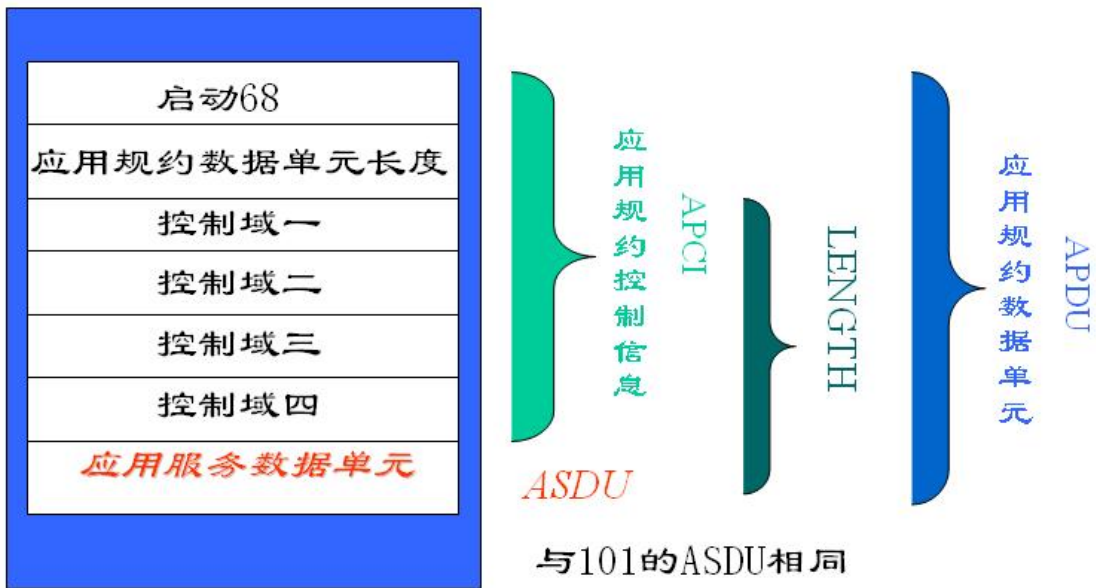


图 3：IEC60870-5-104 的应用规约数据单元(APDU)

TYP: 类型标识
VSQ: 可变结构限定词
COT: 传输原因
ASDU公共地址
信息体地址
信息
·
·
·
信息

VSQ可变结构限定词: D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0

信息元素的个数

0---信息元素不按顺序摆放,
ASDU中每个元素=信息体地址+信息值

1---信息元素按顺序摆放,
ASDU中从第二个元素开始, 只需给出信息值

传送原因: D7 -- D0 ---- 对应101规约的COT

D15-- D8 ---- 源地址

缺省值=0

有效值=1-255

当系统中有多个源时, 在监视方向上所形成的
镜像必须加上源地址, 以便返回给相应的源。

ASDU公共地址: 0---未用

1-65534---有效值 (一般用1--255)

65535---全局地址

信息体地址:

D7 -- D0

对应101规约的信息体地址

D15 -- D8

D23 -- D16

用于结构化对象信息体地址, 不用时取0

图 4：IEC60870-5-104 的应用服务数据单元(ASDU)

1. 4 IEC60870-5-104 规约信息对象地址

对于 IEC60870-5-104 通讯规约，在一个子站中，各种类型的每个监测点和对象均有一个地址用于被寻址，该地址称为信息对象地址，根据配套标准，信息对象地址可以由 1、2 或 3 字节组成，在实际应用中一般采用 2 或 3 字节，可以通过配置选择，如果采用 3 个字节，一般最高位字节使用固定值，默认为“0”。

对于 IEC60870-5-104 规约常用的信息对象类型有装置状态、双点遥信、单点遥信、遥测、遥脉、步位置、遥控等，每种信息对象类型的信息体地址对应关系如下图 5 所示：

- 装置状态、单点遥信、遥测、遥脉、步位置：**一般每个信息对象占一个信息地址。
- 双点遥信：**情况较复杂，每路遥信可以占一个信息地址，也可以占两个信息地址，遥信值可以来自一路信号，也可以由两路信号合成，可以通过配置的方法来实现。
- 遥控：**每个对象可以占 1--4 个地址，一般还是采用每路遥控占一个信息地址实现起来比较直观方便。

图 5：各种信息对象类型与信息对象地址的对应关系

出于简单称呼原因，下面的内容中我们将把 IEC60870-5-104 规约简称为 IEC104 规约。

2 配置 WinCC Telecontrol 与许继 WFC-601 测控装置进行 IEC104 规约通讯

下面将详细介绍如何配置 WinCC Telecontrol 作为主站与 WFC-601 微机风电箱变测控装置作为子站的进行 IEC104 电力规约通讯，包括 WinCC telecontrol 与 WFC-601 微机风电箱变测控装置通讯的握手连接过程，如何设置主站的总召唤、电度量召唤、对时(时钟同步)等，另外还包含遥测、遥信，遥步，遥脉等数据交换过程，通讯网络结构如下图 6 所示：

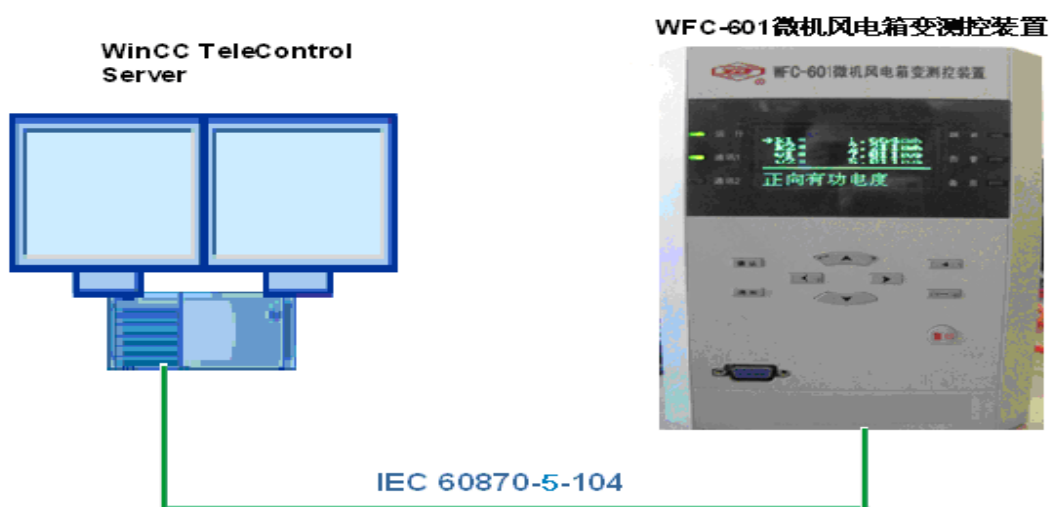


图 6：通讯网络结构

2. 1 硬件和软件需求

在本文中涉及到硬件如下

(1) 许继电气股份有限公司 WFC-601/RS CRC795C 微机风电箱变测控装置 版本: 1.00
2010.10.22

所使用的软件如下图 7 所示:

WinCC Configuration ASIA	V7.0 + SP2	K07.00.02.00_01.37.00.03	K7.0.2.0
WinCC DBA	V7.0 + SP1	V07.00.01.00_01.01.00.02	7.0.1.0
WinCC DNP DBA	V7.1 + HF1	V07.01.00.01_01.01.00.01	7.1.0.1
WinCC IEC DBA	V7.1 + SP1	V07.01.01.00_01.01.00.01	7.1.1.0
WinCC OPC DBA	V7.0 + SP1	V07.00.01.00_01.01.00.02	7.0.1.0
WinCC OPC Server	V3.8 + HF3	K03.08.00.03_01.02.00.01	K03.08.00.03
WinCC Runtime ASIA	V7.0 + SP2	K07.00.02.00_01.37.00.03	K7.0.2.0
WinCC SINAUT DBA	V7.1 + SP1	V07.01.01.00_01.01.00.01	7.1.1.0
WinCC Telecontrol Address Dialogs	V7.1 + SP1	V07.01.01.00_01.01.00.01	7.1.1.0
WinCC Telecontrol Channel	V7.1 + SP1	V07.01.01.00_00.00.01.00	7.1.1.0
WinCC Telecontrol DBA	V7.1 + SP1	V07.01.01.00_01.01.00.01	7.1.1.0
WinCC Telecontrol Docs	V7.1 + SP2	V07.01.02.00_01.01.00.01	7.1.2.0
WinCC Telecontrol Integration	V7.1 + HF1	V07.01.00.00_01.01.00.01	7.1.0.1

图 7: 测试软件列表

2. 2 WFC-601/RS CRC795C 微机风电箱变测控装置简介

许继 WFC-601 微机风电箱变测控装置监控单元带有 2 个内嵌式 100Base-FX 光纤以太网接口, 通过自愈式环形光纤以太网与站控层的数据服务器、通信工作站通信, 通信规约满足 IEC60870-5-104(DL/T634-5104-2002)标准, 装置至少提供 1 路 RS485 通信接口, 可通过 Modbus-RTU 协议实现与风电机组系统的 PLC 实现通信, 作为风电机组主控 PLC 的智能 IO。

对于 WFC-601 微机风电箱变测控装置, 其各种信息对象的地址分布如下表 1 所示:

实际物理名称	数量	信息对象类型	信息对象地址 IOA	应用服务数 据单元地址 ASDU	备注
开关量, 包括瓦斯, 温度等信号	21	装置状态, 单点遥信	12-32	514	对应装置的输入信号
测量数据, 包括电压、电流、功率因素等	4	遥测	16385-16398	514	对应装置的模拟量测量信号
电度量, 包括正反向有功/无功电度	4	遥脉	25601-25604	514	装置计算出的数值

表 1: WFC-601 微机风电箱变测控装置信息对象地址分布

下面将主要介绍如何组态 WinCC Telecontrol 获取表 1 中的数据。

2. 2 WinCC Telecontrol 项目组态

在操作系统的桌面下通过点击 WinCC 的快捷图标打开 WinCC 界面，并创建一个单用户项目文件，本例中命名为“XuJi_WFC-601_Test”，如下图 8 所示：

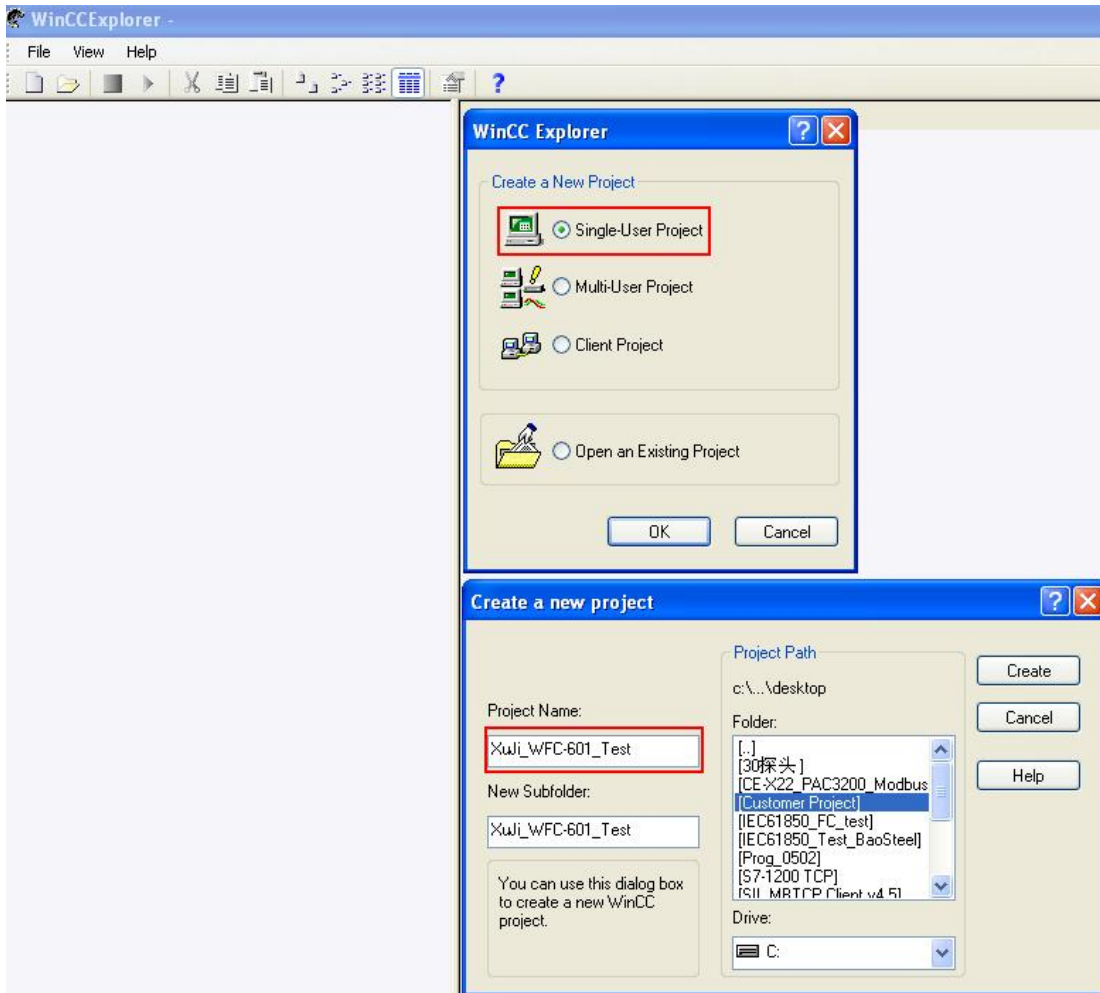


图 8: 创建一个新的 WinCC 项目文件

在新创建的项目中的驱动通道下通过“Tag Management->Add New Driver...”添加新驱动，选择 tcChannel 来添加 WinCC Telecontrol 驱动通道，如下图 9 所示：

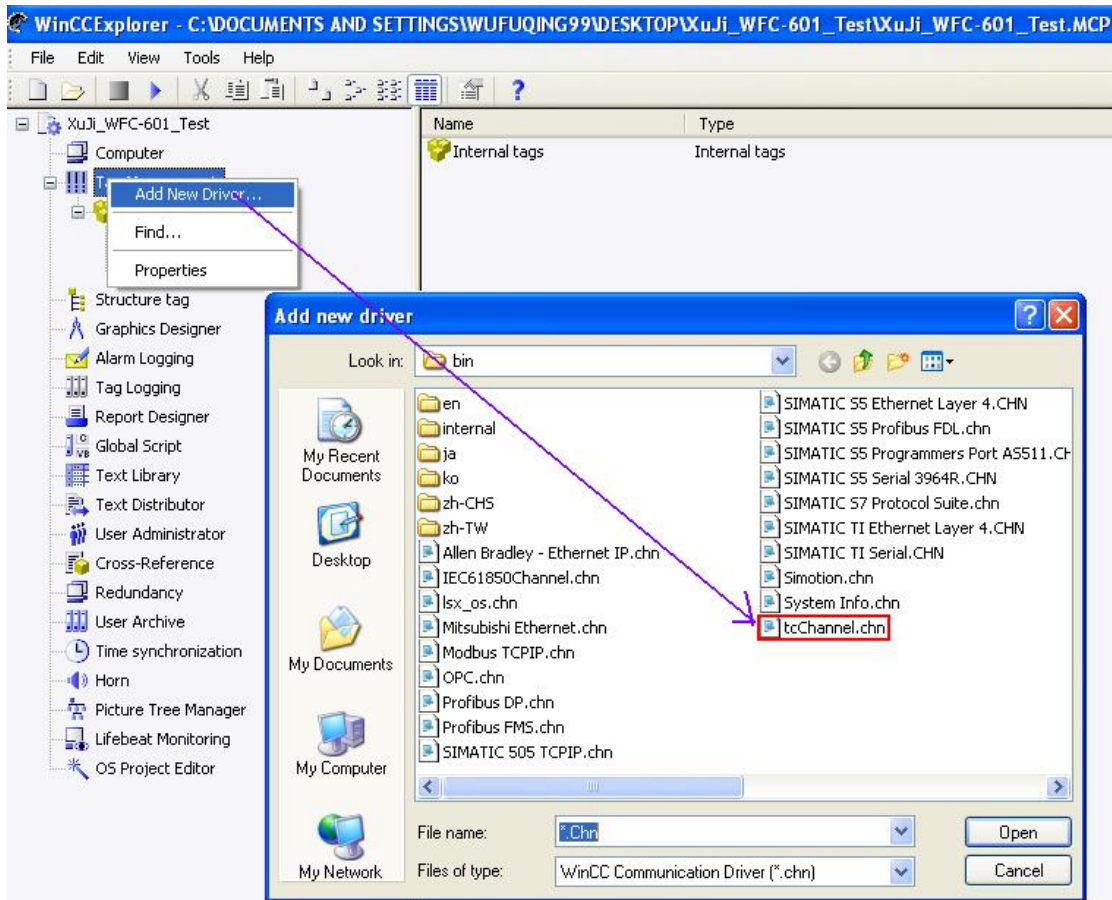


图 9：添加 Tc Channel 驱动通道

添加 Tcchannel 驱动通道后，通过“TELECONTROL->New Driver Connection..”添加一个新的驱动连接，通道名称本例中设置为“WFC-601_IEC104”，如下图 10 所示：

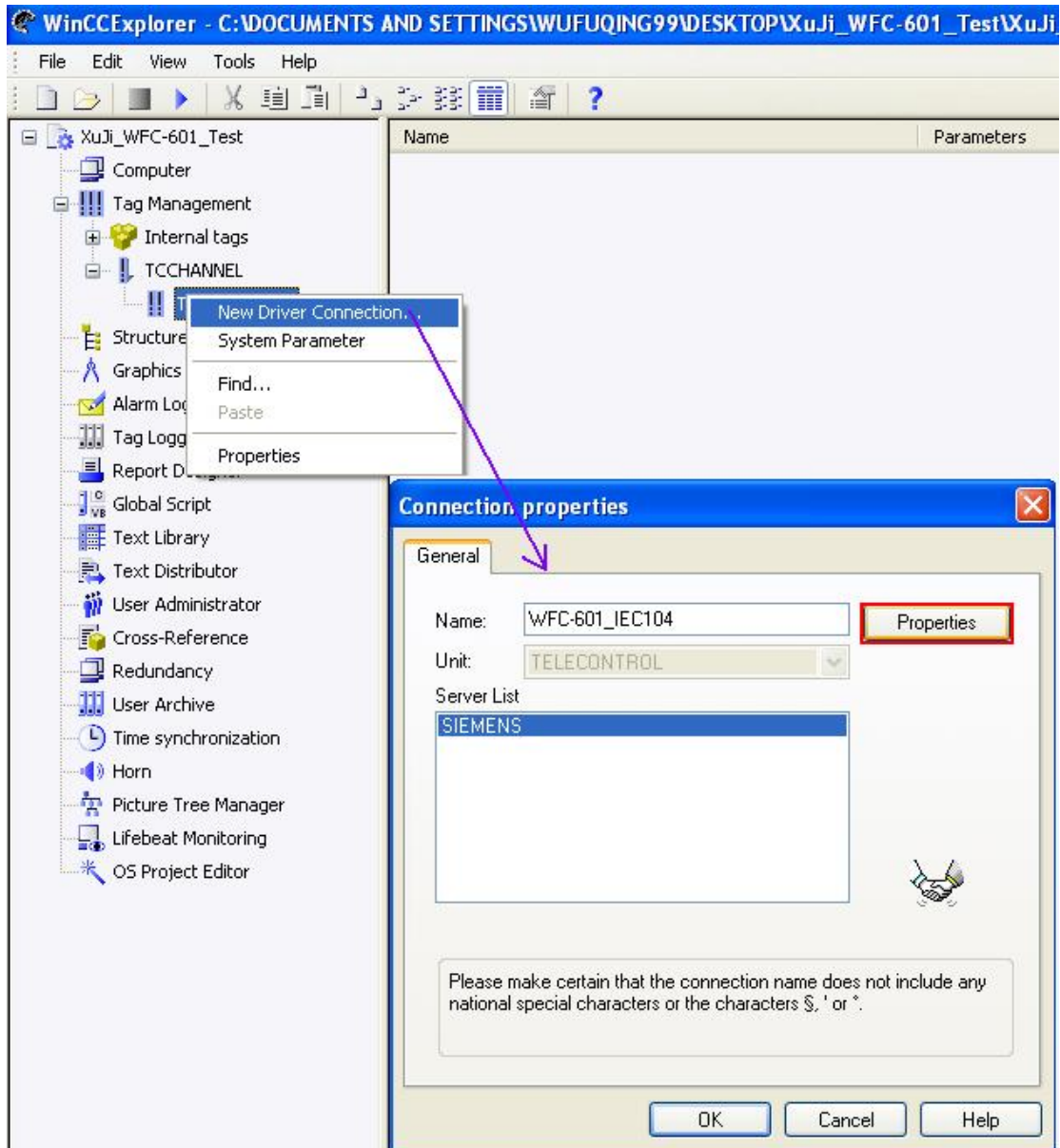


图 10: 新建一个通道连接

之后通过点击图 9 中的“Properties”来打开新建的通道连接的属性对话框，在属性对话框中的“AS View”下通过鼠标右键“->Add”IECONN AS Source Node...”添加一个 IEC Connection，本例中将节点名称命名为“IEC_Connection1”，在“Protocol Type”中选择协议类型为“IEC104”，如下图 11 所示：

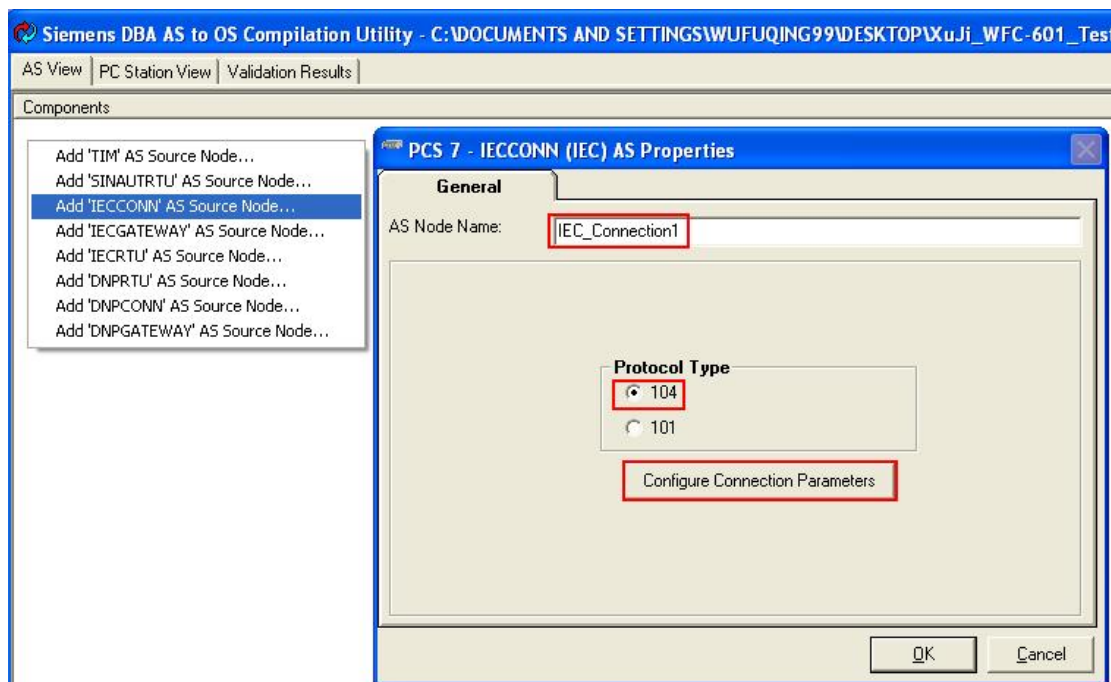


图 11：添加 IEC Connection

在图 10 中通过点击“Configure Connection Parameters”打开 IEC Connection 的参数设置对话框，在打开的对话框中设置需要连接装置的 IP 地址，本例中为 WFC-601 微机风电箱变测控装置的 IP 地址，设置为“192.168.0.1”，连接端口号为“2404”，其他参数保持缺省设置即可，点击“OK”确认设置如下图 12 所示：

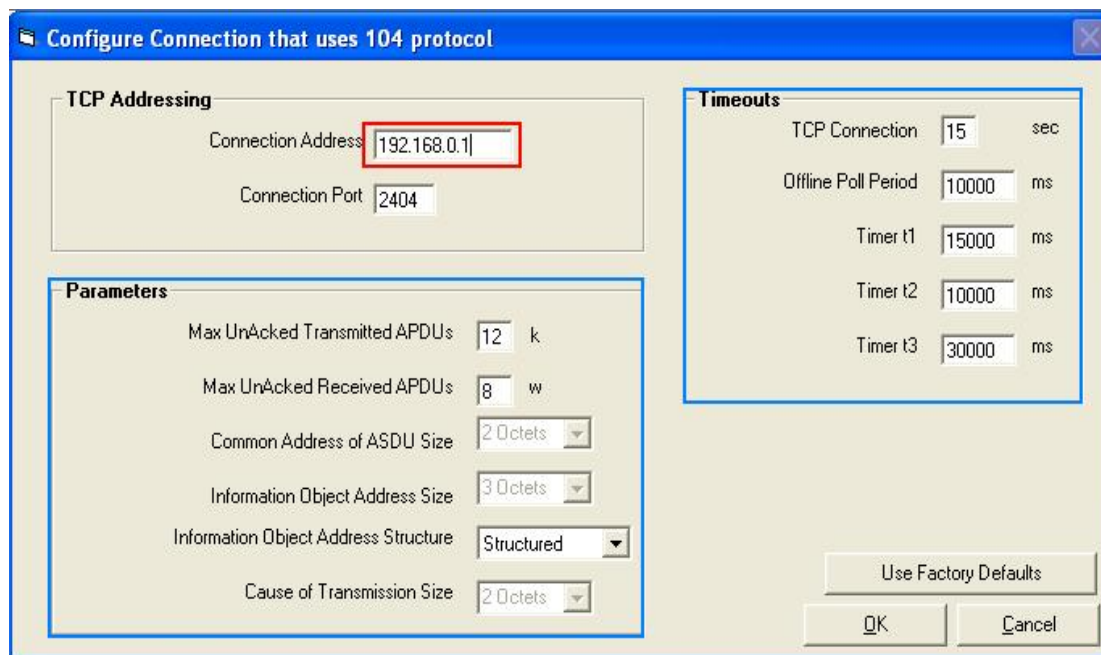


图 12：IEC Connection 的参数设置

之后返回到通道连接的属性对话框，同样在属性对话框中的“AS View”下通过鼠标右键“->Add IECRTU AS Source Node...”添加一个 IEC RTU，本例中将节点名称命名为“IEC_RTU1”，在“Common Address of ASDU”中设置 ASDU 地址，本例中 WFC-601 微机风电箱变测控装置 DataPoint 存放地址为 514，如图 13 所示：

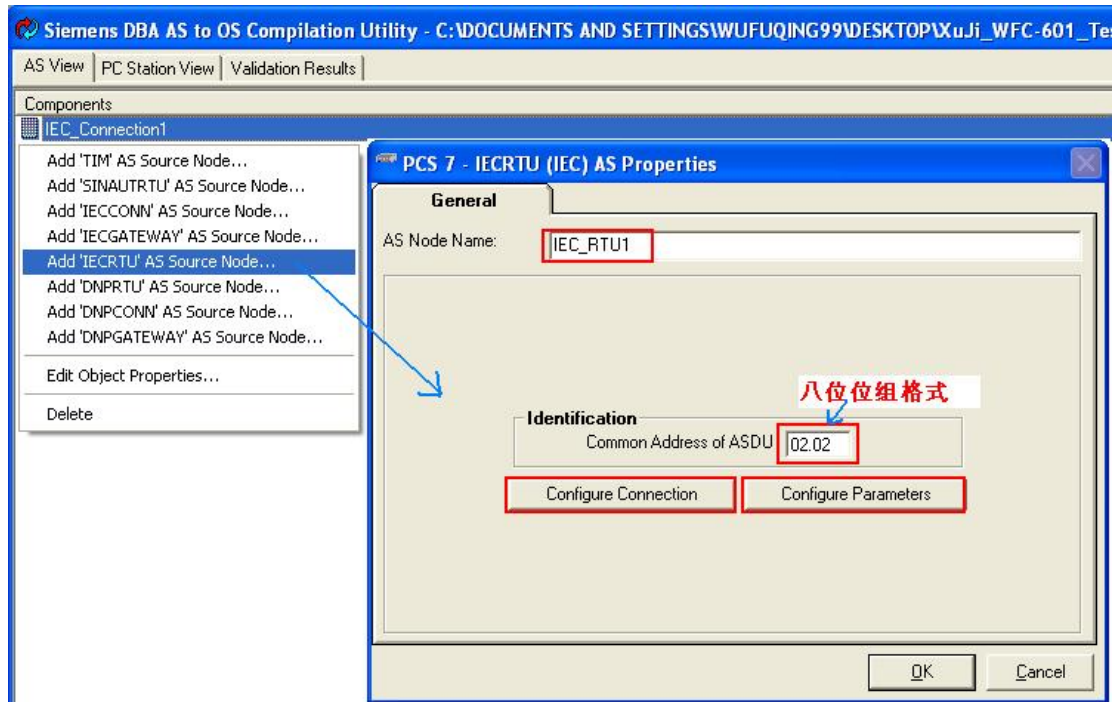


图 13: IEC_RTU 节点参数设置

注意：在 IEC104 中的 ASDU 地址占用 2 个字节，在图 12 的 ASDU 设置中，并不能直接填写十进制地址，如上述的 514，该地址只支持八位位组格式(按字节格式填写，每个字节位十进制，中间用点号隔开)，因此作如下格式转换：

十进制->拆分成两个字节的十六进制->将每个字节单独转换位十进制，中间用点号

例如在图 12ASDU 地址，原始十进制为 514，需要作如下转换：

十进制 514->分字节的十六进制 02，02->分字节的十进制 02.02

因此最终需要将 02.02 填写到图 12 中代表 ASDU 地址 514

又如 6700->1A，2C->26.44

点击图 13 中的“Configure Connection”可以设置 IECRTU 节点所关联的 IEC Connection 节点，本例中直接选择上面中所创建的 IEC_Connection1，如下图 14 所示意：

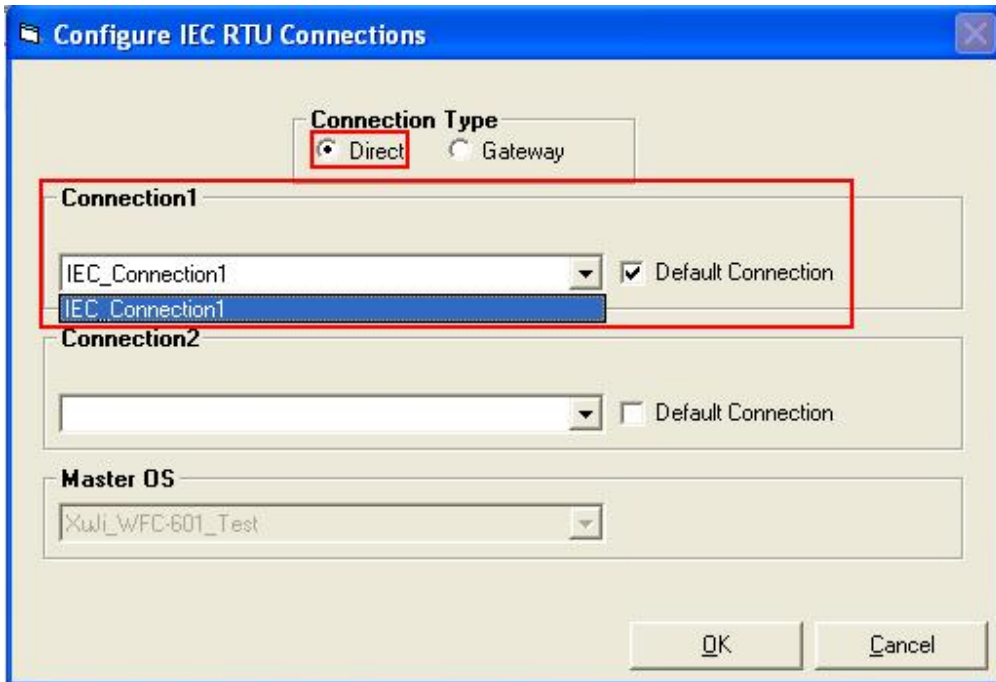


图 14：组态 IECRTU 所关联的 IEC_Connection 节点

点击图 13 中的“Configure Parameter”可以设置 IECRTU 的其他参数，该参数保持缺省即可，实际应用中一个需要修改的是时钟同步参数，具体含义将在下述的时钟同步命令测试中详细介绍，如下图 15 所示：

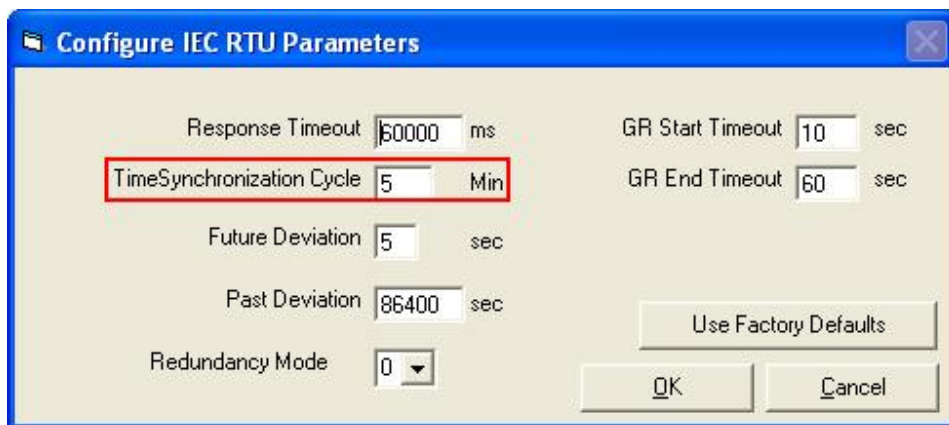


图 15：IECRTU 的相关参数设置

至此 WinCC Telecontrol 作为主站与 WFC-601 微机风电箱变测控装置作为子站的 IEC104 的参数设置已经全部完成

3 通讯测试

基于 IEC104 的特殊通讯机制，下面将逐一介绍 WinCC Telecontrol 作为主站与 WFC-601 微机风电箱变测控装置作为子站通讯的握手连接过程、主站的总召唤、电度量召唤、对时(时钟同步)数据通讯测试，另外还包含遥测、遥信，遥步，遥脉等常规数据交换测试步骤

3. 1 WinCC Telecontrol 与 WFC-601 微机风电箱变测控装置通讯握手连接过程

在完成上述参数设置并启动项目运行后，WinCC Telecontrol 首先会向 WFC-601 按顺序发送对时(时钟同步)，电度量召唤、总召唤命令，WFC-601 微机风电箱变测控装置将正常地响应相应的命令报文，之后 WFC-601 微机风电箱变测控装置将被 WinCC Telecontrol 时钟同步，并将遥脉量(电度量，包括正反向有功和无功电度)、遥信量(包括 20 个开关量，主要为一些状态，如重瓦斯、超高温等)等上传给 WinCC Telecontrol，之后 WFC-601 将定期主动上送遥测量(14 个测量数据，包括电压、电流、功率因素)等发给 WinCC Telecontrol。

因此当项目首次启动后，能够在画面得到 WFC-601 微机风电箱变测控装置的 20 个开关量状态，测量数据和电度量等。

3. 2 总召唤命令测试

对于主站的总召唤命令，IEC104 规约中主站与从站的通讯机制如下图 16 所示：

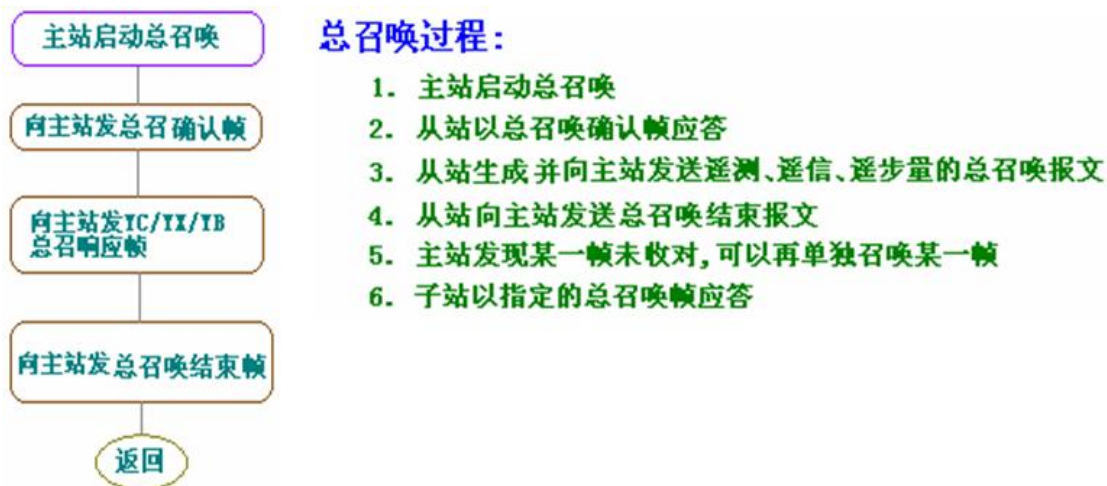


图 16: IEC104 规约总召唤中主站与从站的通讯机制

WinCC Telecontrol 有以下两种方式可以进行主站总召唤：

- 1) 在 WinCC Telecontrol 项目 Runtime 启动时
- 2) 可以直接在 WinCC 画面中单独设置总召唤命令

下面将介绍如何在 WinCC 画面中进行主站的总召唤命令步骤。

在图 10 所添加的驱动连接“WFC-601_IEC104”中新增一个 Bool 变量，在本例中名称为“General_Interrogation_Tag”，数据类型选择为“Binary tag”，如下图 17 所示：

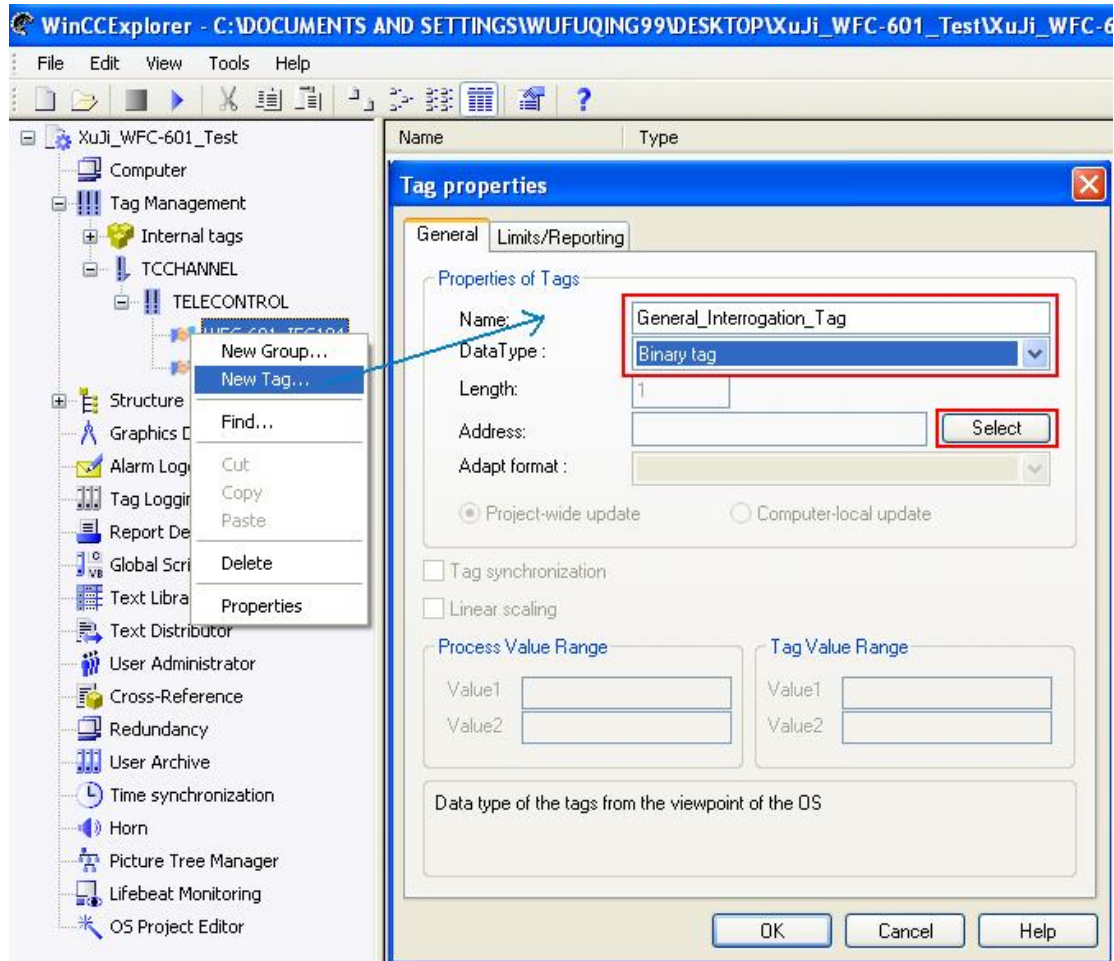


图 17：添加 IEC104 规约总召唤变量

在图 17 添加的 Bool 变量中点击“Select”按钮，进入总召唤命令的地址属性设置对话框，在打开的属性对话框中分别设置如下：

“AS_Node”：选择在图 13 中所创建的“IEC_RTU1”

“Data_Processing Mode”：由于总召唤在 IEC104 规约中是特殊命令，因此选择“WO----
Organizational data-Write to TCS and/or TCL

“RTU data Type”：选择“100-interrogation command”总召唤命令

“Flag”：选择“QOI_GLO”-Station Interrogation Global

“Object Address”：由于总召唤命令是特殊命令，因此信息体地址设置为“00.00.00”

具体设置如下图 18 所示：

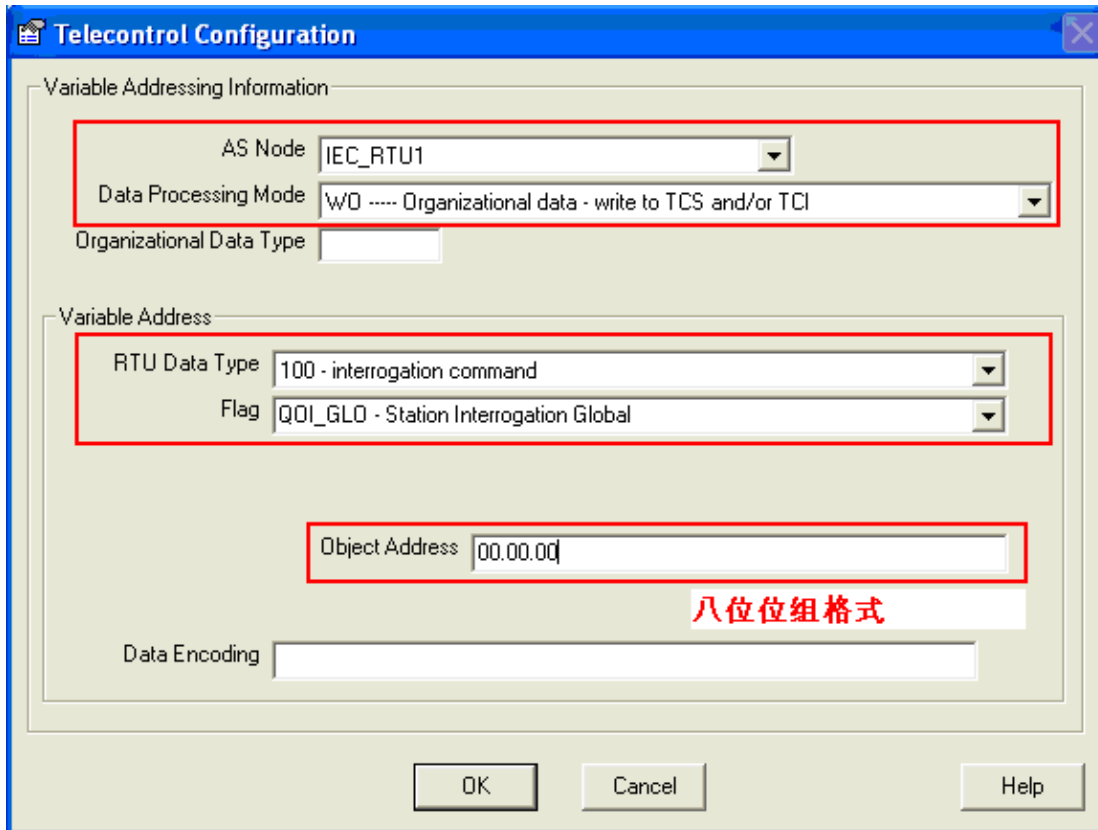


图 18: IEC104 规约总召唤变量地址设置

注意：从图 4 中可以看出在 IEC104 中的 IOA 地址占 3 个字节，在图 16 的 IOA 设置中，并不能直接填写十进制地址，例如 16384，该地址只支持八位位组格式(按字节格式填写，每个字节位十进制，中间用点号隔开)，因此作如下格式转换：

十进制->拆分成三个字节的十六进制->将每个字节单独转换位十进制，中间用点号

例如 IOA 地址 16384，需要作如下转换：

十进制 16384->分字节的十六进制 00, 40, 00->分字节的十进制 00.64.00

因此最终需要将 00.64.00 填写到 IOA 地址中

之后，在 WinCC 中创建一个画面来调用“General_Interrogation_Tag”变量，将 WinCC 运行起来后改变“General_Interrogation_Tag”变量值后，WinCC 将会发出总召唤命令，之后 WFC-601 微机风电箱变测控装置将遥信量(包括 20 个开关量，主要为一些状态，如重瓦斯、超高温等)、遥测量(14 个测量数据，包括电压、电流、功率因素)等上传给 WinCC TelecontrolI，如下图 19 所示：

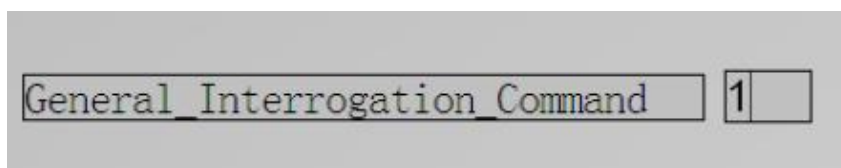


图 19: 在 WinCC 画面中调用总召唤命令变量

注意: 对于 WinCC Telecontrol 来说, 当调用总召唤命令时, 同时也会发出计数量(也称遥脉或电度量)召唤命令, 因此 WFC-601 微机风电箱变测控装置将遥信量(包括 20 个开关量, 主要为一些状态, 如重瓦斯、超高温等)、遥测量(14 个测量数据, 包括电压、电流、功率因素)等上传给 WinCC Telecontrol 外, 同时也会将遥脉量(电度量, 包括正反向有功和无功电度)上传给 WinCC Telecontrol。

3. 3 计数量召唤命令测试

计数量也称遥脉量或电度量, 是电力行业中一种特殊的表示方式, 主要包括了设备中的包括正反向有功/无功电度, IEC104 规约中计数量召唤主站与从站的通讯机制如下图 20 所示:



图 20: IEC104 规约中计数量召唤主站与从站的通讯机制

WinCC Telecontrol 有以下两种方式可以进行计数量召唤命令:

- 1) 在 WinCC Telecontrol 项目 Runtime 启动时
- 2) 可以直接在 WinCC 画面中单独设置计数量召唤命令

下面将介绍如何在 WinCC 画面中进行主站的计数量召唤命令步骤。

在图 13 所添加的驱动连接“WFC-601_IEC104”中新增一个 Bool 变量, 在本例中名称为“Counter_Interrogation_Tag”, 数据类型选择为“Binary tag”, 如下图 21 所示:

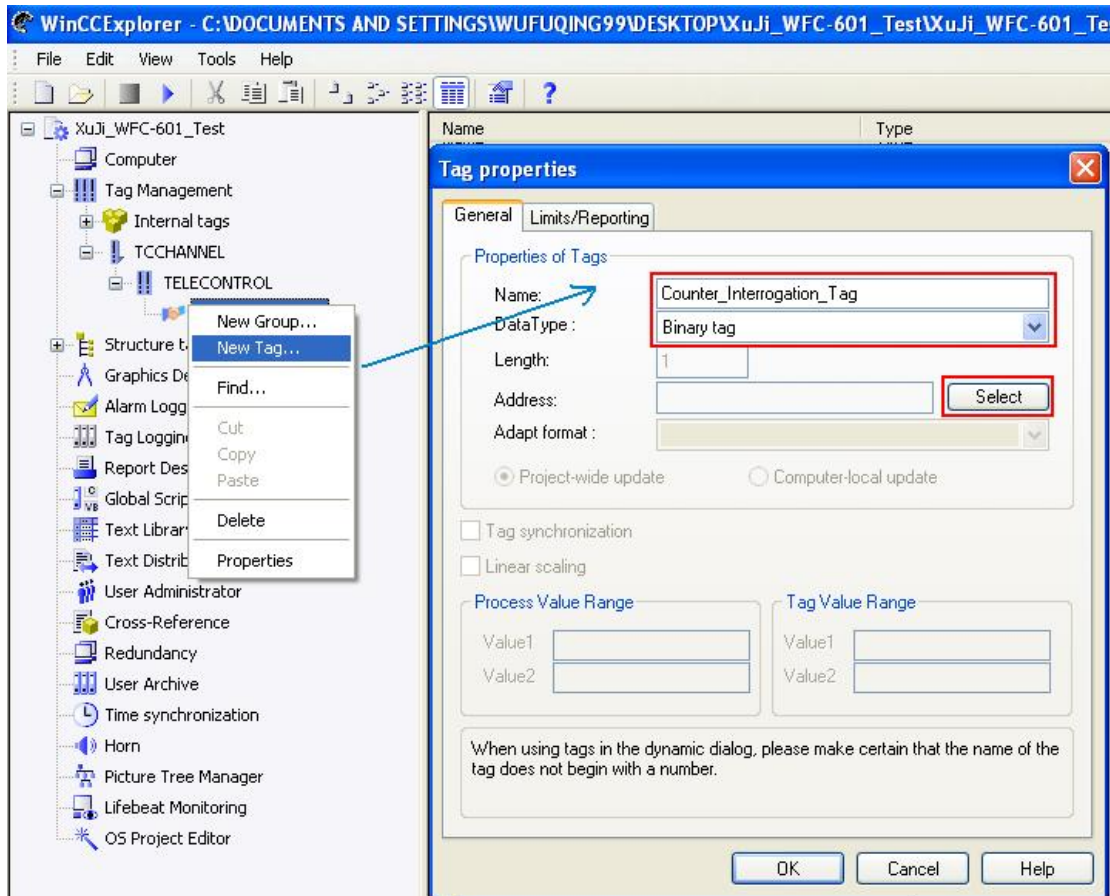


图 21：添加 IEC104 规约计数量召唤变量

在图 10 添加的 Bool 变量中点击“Select”按钮，进入计数量召唤命令的地址属性设置对话框，在打开的属性对话框中分别设置如下：

“AS_Node”：选择在图 13 中所创建的“IEC_RTU1”

“Data_Processing Mode”：选择“WP----Output Signal(Command or Setpoint) Written to RTU”

“RTU data Type”：选择“101-Counter interrogation command”总召唤命令

“Flag”：选择“QCC_GR”-Counter General Request

“Mode”：选择 NF-read no freeze

“Object Address”：根据表 1 中填写计数量召唤的信息体地址 25601，换算成八位位组格式为

“00.100.01”

具体设置如下图 22 所示：

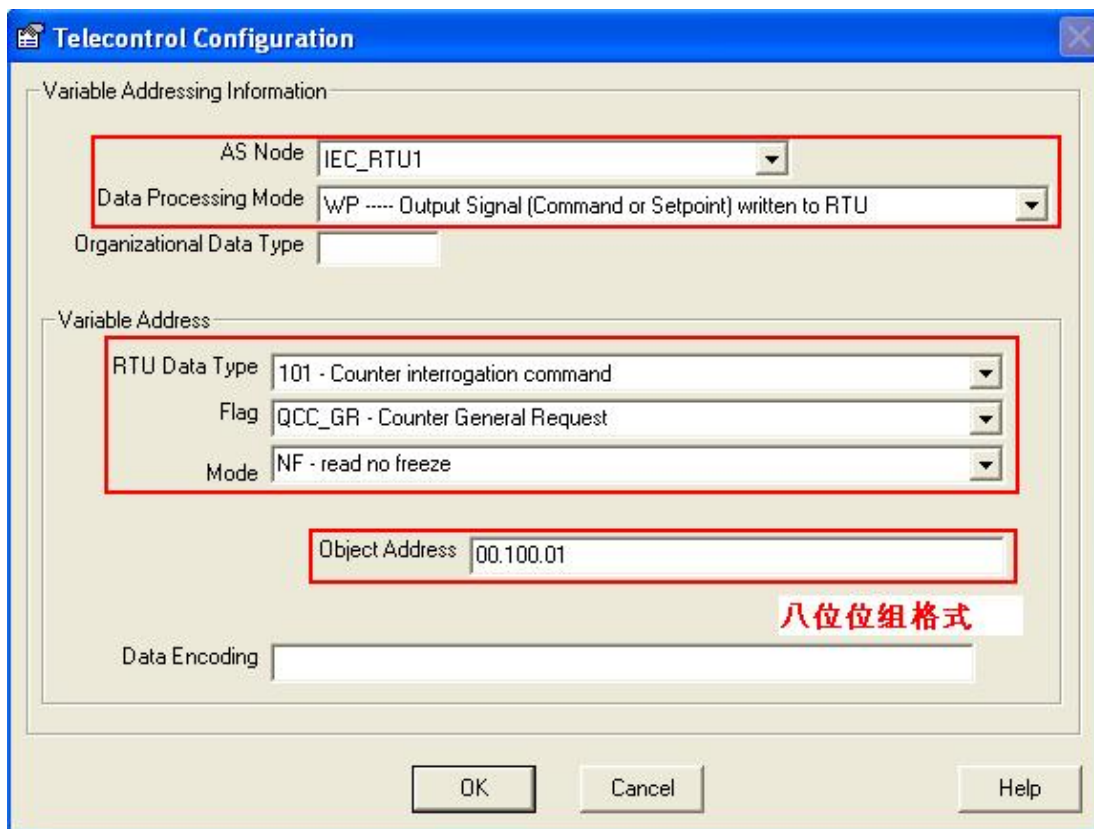


图 22: IEC104 规约计数量召唤变量地址设置

这样就创建完计数量召唤命令变量，下面需要创建四个计数量变量，包括正反向有功和无功功率，这样能够看到当发出计数量召唤命令后，计数量数据将被更新，以创建正向有功电度量变量为例，在 IEC104 规约中，计数量将占用 4 个字节，因此在图 9 所添加的驱动连接“WFC-601_IEC104”中新增一个 32 位变量，在本例中名称为“Counter1”，数据类型选择为“Signed 32-Bit value”，如下图 23 所示：

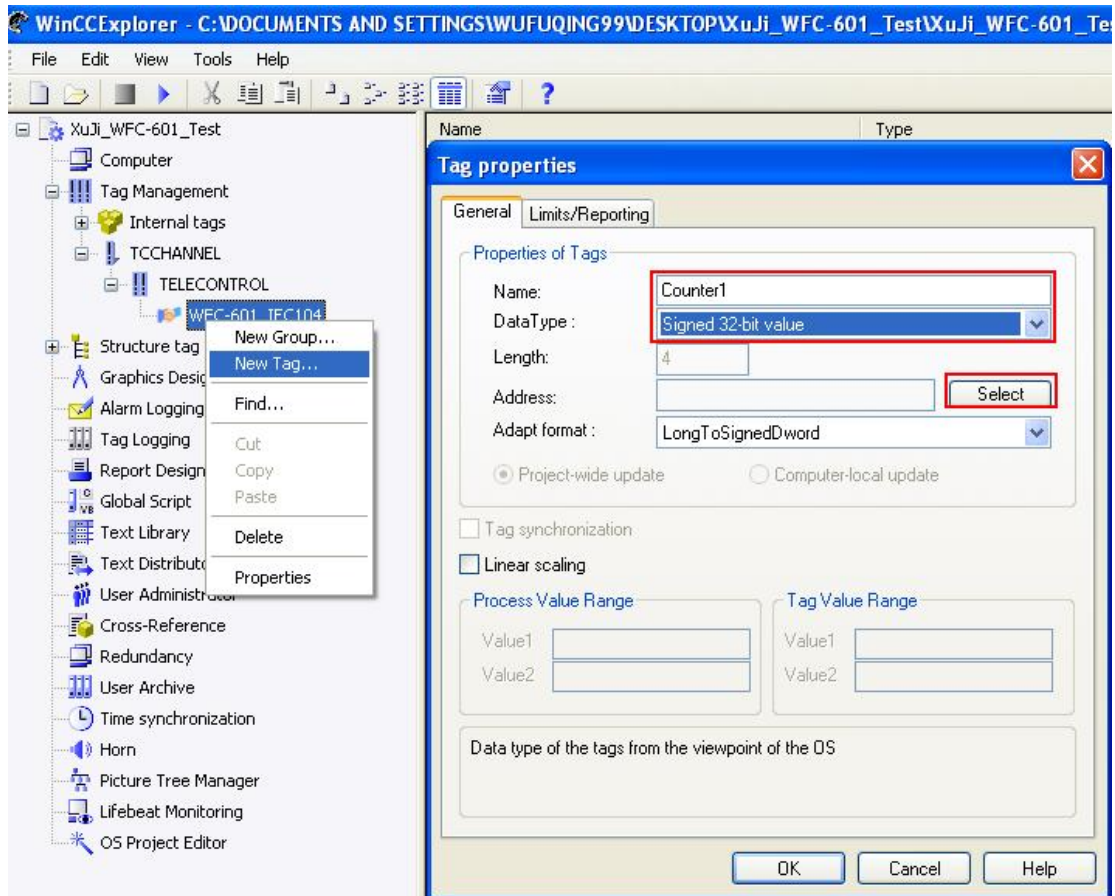


图 23：创建计数变量

在图 23 添加的 32 位变量中点击“Select”按钮，进入计数变量的地址属性设置对话框，在打开的属性对话框中分别设置如下：

“AS_Node”：选择在图 13 中所创建的“IEC_RTU1”

“Data_Processing Mode”：选择“RP---Data is an input signal(DI;AI;counter) read from RTU

“RTU data Type”：选择“15-Counter value:Interrogation totals”总召唤命令

“Flag”：选择“VALUE-value”

“Object Address”：根据表 1 中填写正向有功电度量的信息体地址 25601，换算成八位位组格式为“00.100.01”

具体设置如下图 24 所示：

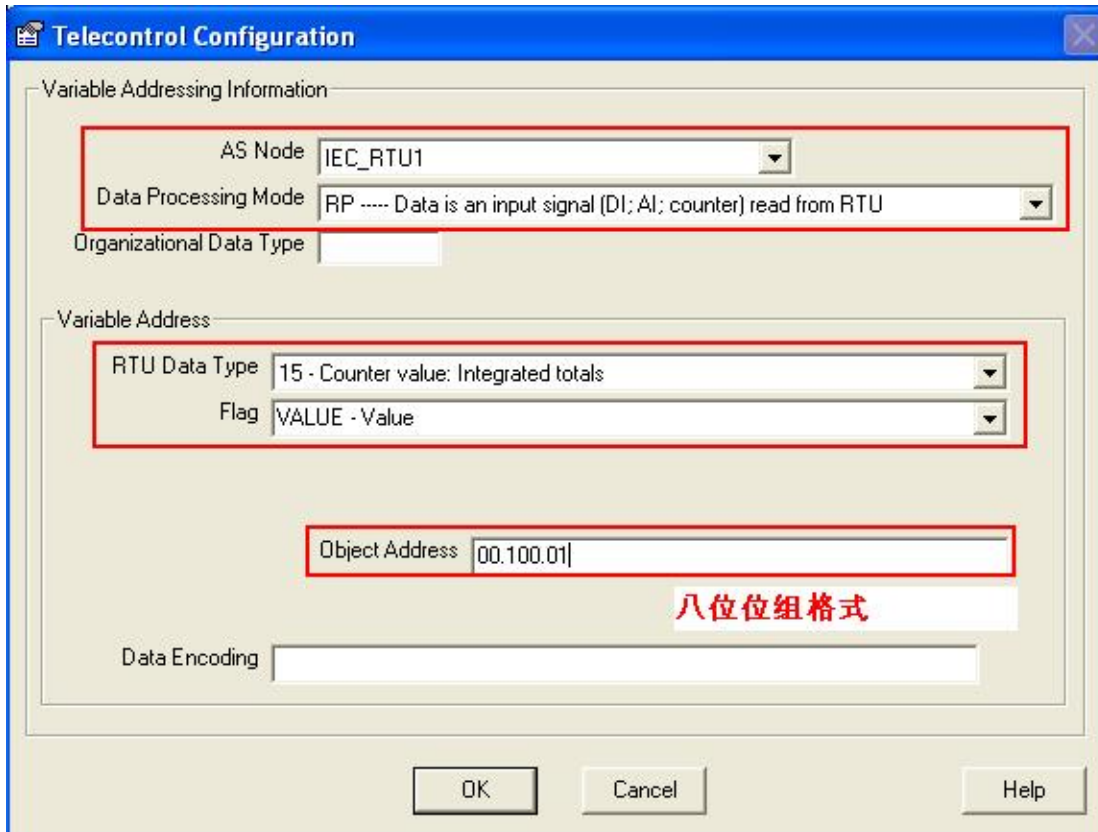


图 24: 创建 IEC104 规约的计数量变量

以同样的方式可以创建剩下的三个计数量变量-反向有功电度量、正向无功电度量、反向无功电度量，其地址分别对应“00.100.02”(25602)、“00.100.03”(25603) “00.100.04”(25604)。

之后，在 WinCC 中创建一个画面来调用“Counter_Interrogation_Tag”、“Counter1”、“Counter2”、“Counter3”、“Counter14”变量，将 WinCC 运行起来后改变“Counter_Interrogation_Tag”变量值后，WinCC 将会发出计数量召唤命令，WFC-601 微机风电箱变测控装置将遥脉量(电度量，包括正反向有功和无功电度)上传给 WinCC，4 个数据将被更新，如下图 25 所示：



图 25: 计数量召唤测试画面

3. 4 对时(时钟同步)命令测试

对时(时钟同步)命令能够完成主站与从站的时钟同步, 该过程中从站的时钟将被主站同步, IEC104 规约中对时(时钟同步)命令主站与从站的通讯机制如下图 26 所示:

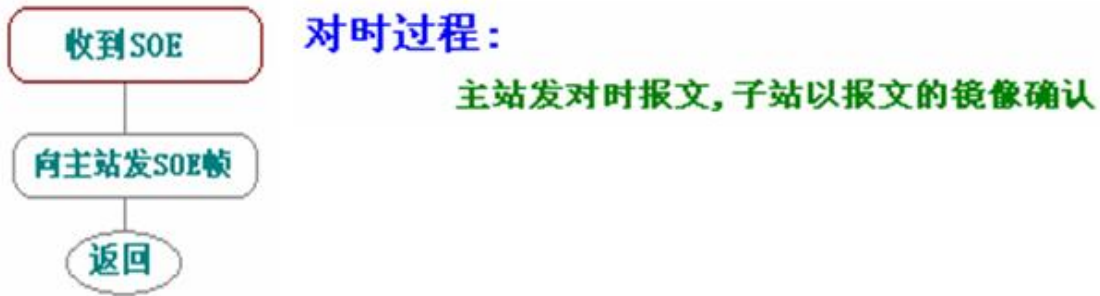


图 26: IEC104 规约中对时(时钟同步)命令主站与从站的通讯机制

WinCC Telecontrol 与 WFC-601 的时钟同步将项目启动时完成一次, 之后将以设定的周期进行时钟同步过程, 时钟同步主要完成 WinCC Telecontrol 对 WFC-601 的时钟同步

时钟同步的周期时间只能在“System Parameter”中设置, 无法在画面中通过变量关联设置, 如下图 27 所示:

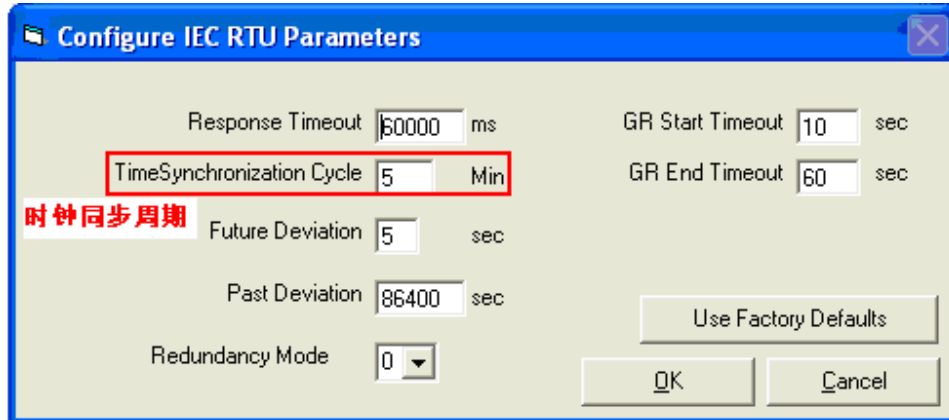


图 27: 设置时钟同步周期

在图 27 中, 设置时钟同步的周期为 5 分钟, 这样当 WinCC 项目启动后, 将每隔 5 分钟完成一次对 WFC-601 装置的时钟同步。

3. 5 常规遥信、遥测数据测试

对于遥信信号, 在 IEC104 规约中主要包括单点信息和双点信息, 如装置状态等, IEC104 规约中的遥信信息主站与从站的通讯机制如下图 28 所示:

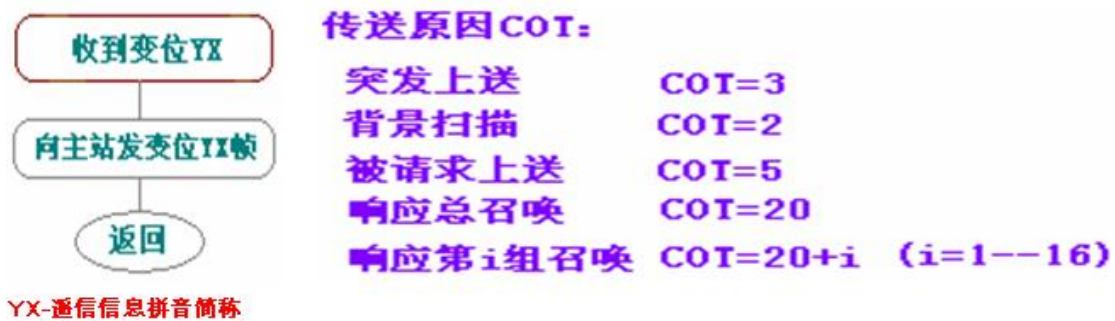


图 28: IEC104 规约遥信信息传送机制

从表 1 中可以看出, 对于 WFC-601 装置来说, 遥信信息包括了 20 个开关量, 主要为一些状态, 如重瓦斯、超高温等限位信号, WFC-601 支持以下以下方式向 WinCC 上传这些遥信信息:

- 1) 响应总召唤
- 2) 突发上送

对于遥测信号, 在 IEC104 规约中主要包括了设备的模拟量, 如电压、电流等, IEC104 规约中的遥测信息主站与从站的通讯机制如下图 29 所示:



图 29: IEC104 规约遥测信息传送机制

从表 1 中可以看出, 对于 WFC-601 装置来说, 遥测信息包括了 14 个测量数据, 包括电压、电流、功率因素等, WFC-601 装置支持以下方式向 WinCC 上传这些遥测信息:

- 1) 响应总召唤
- 2) 突发上送
- 3) 背景扫描(9 秒)

关于如何在 WinCC 中创建 WFC-601 的遥测和遥信信息变量在此将不再详述, 具体的过程步骤可以参考 3.4 章节中创建计数量变量的过程, 这边需要说明的是创建的变量的长度需要根据 IEC104 规约中所定义来选择, 例如对于遥信信息, 可以创建一个八位的字节变量, 而对于遥测信息来说, 可以根据其是整型还是浮点型来选择, 这样能够保证 WinCC Telecontrol 后台数据解析的准确性

更多关于 WinCC Telecontrol 的信息可以参考以下连接:

<http://support.automation.siemens.com/CN/view/zh/48418455>