

# 基于 PROFIBUS 现场总线的水压试验机控制系统

宗波<sup>1</sup>, 李淑彬<sup>2</sup>, 王国顺<sup>2</sup>

(1. 辽阳石油钢管厂, 辽宁 辽阳 111000; 2. 山西三明重工机械制造有限公司, 山西 晋中 030600)

**摘要:** 介绍了运用 PROFIBUS 现场总线组成的 PLC 控制系统在钢管水压试验机中的应用, 同时结合 STEP 7、WinCC 等相关软件, 重点讲述了系统配置和 PROFIBUS 的硬件组态、网络组态及软件设计。应用表明, 该系统具有运行可靠, 维护简单方便, 控制性能好等优点, 完全满足水压试验机的控制要求。

**关键词:** 钢管; 水压试验机; 现场总线; PROFIBUS; PLC; 组态

**中图分类号:** TH871.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2011)03-0055-04

## PROFIBUS Field Bus-based Control System of Hydrostatic Testing Machine

Zong Bo<sup>1</sup>, Li Shubin<sup>2</sup>, Wang Guoshun<sup>2</sup>

(1. Liaoyang Petroleum Steel Pipe Factory, Liaoyang 111000, China;

2. Shanxi Sanming Heavy Industry Machinery Manufacturing Co., Ltd., Jinzhong 030600, China)

**Abstract:** Described here in the essay is the application of the PROFIBUS field bus-based PLC control system to the hydrostatic testing machine. Moreover, detailed are the configuration of the system and the PROFIBUS hardware configuration, the network configuration and software design, also involving relevant software such as STEP 7 and WinCC, etc. The actual application result shows that the said control system is in possession of such advantages as operation reliability, easy maintenance and satisfactory control performance, having been capable of completely meeting the specified requirements for control of the hydro-testing machine.

**Key words:** Steel pipe; Hydrostatic testing machine; Field bus; PROFIBUS; PLC; Configuration

现场总线是连接现场智能设备和自动化控制设备的双向串行、数字式、多节点通信网络, 又称为现场底层设备控制网络, 是目前工业自动化领域的热门技术。水压试验机是钢管生产工序中进行压力检验的重要设备, 国内某厂原水压试验机系统布线复杂, 故障点多, 运行和维护成本高。为了提高水压试验机控制系统的性能, 决定对原控制系统进行改造, 将现场总线技术应用于水压试验机控制系统中。

### 1 钢管水压试验工艺流程

水压试验机的打压试验过程可分为冲洗—充

水—空水 3 个主要过程, 钢管水压试验工艺流程如图 1 所示。打压试验之前首先在监控界面中输入试验压力、保压时间、班别、管号、执行标准等。将上道工序传送来的钢管放入冲洗工位进行冲洗, 冲洗后的钢管送到打压位置。

水压试验机侧缸带动主缸前移, 使前、后压头压住钢管管端, 然后上、下夹紧装置夹紧钢管, 向钢管内注入低压水, 同时密封增压缸增压, 排气阀打开, 排气完毕向管内注入高压水, 这时主缸压力在比例阀控制下随管内水压增加而增加, 且比管内水压高一些, 以保证打压头紧贴钢管端面。当到达试验压力后, 系统开始自动保压, 经过预设的保压时间后, 保压完毕。钢管内压力和主缸内压力卸载, 侧缸带动主缸后退, 松开上、下夹紧装置, 完成一根钢管的打压试验过程。

宗波(1970-), 男, 工程师, 主要从事电气系统的设计、检修和管理等工作。

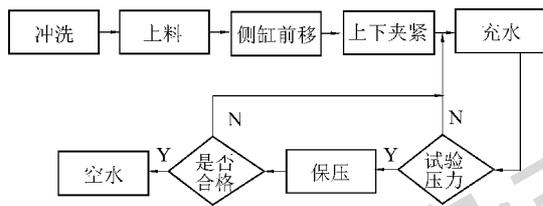


图1 钢管水压试验工艺流程

## 2 新控制系统构成

### 2.1 PROFIBUS 简介

PROFIBUS 是目前国际上通用的现场总线标准之一<sup>[1]</sup>，它以独特的技术特点，严格的认证规范，开放的标准，得到众多厂商的支持，成为不断发展的应用行规，已纳入现场总线的国际标准 IEC 61158 和欧洲标准 EN 5170，并于 2001 年被纳入我国国家标准 GB/T 10308.3—2001。

PROFIBUS 由 3 部分组成，即 PROFIBUS-DP (分布式外围设备)，PROFIBUS-PA (过程自动化)，PROFIBUS-FMS (现场总线报文)。本控制系统总线由 PROFIBUS-DP 组成。

PROFIBUS-DP 总线系统主要应用于设备内高速数据通讯，在系统单元级和现场级间通讯，特别适合于 PLC 与现场级分布式 I/O 设备之间通信，可取代 24 V 或 4~20 mA 模拟信号，最高速率达 12 Mbit/s。本控制系统采用单主站结构，CPU315 为主站，ET200S 为从站，PC 机用 CP5611 与 PROFIBUS-DP 连接，主站、从站及 CP5611 有 DP 接口，整个系统采用 PROFIBUS-DP 现场总线通信。

### 2.2 ET200 分布式 I/O 系统

ET200 是基于 PROFIBUS-DP 现场总线的分布式 I/O 系统，它能与西门子的其他自动化系统协同运行，其集成的连接器使 ET200 具有很小的体积和紧凑的结构，并有很强的抗电磁干扰能力，能在非常严酷的环境中工作。

ET200S 中 IM151/CPU 可以用 STEP 7 编程，用分布式智能传送 I/O 子任务，减轻了中央控制器的负担，一个站最多可连接 64 个子模块，且模块种类丰富，具有标准化、模块化、系列化的特点，现已广泛应用在各种自动控制系统中。

### 2.3 系统配置

该系统由工控 PC 和 PLC 控制系统及若干外部设备组成。PLC 实现机组自动控制，工控 PC 实现打压试验过程的监控，并连续记录压力值和稳压时

间曲线，保存和打印曲线图。在控制室内配置 1 台工控 PC 作为操作员站，监控整个工艺过程<sup>[2]</sup>。电控柜的控制核心全部选用 Siemens 公司的 S7-300 PLC 产品，型号为 CPU315-2DP 及 3 个 SM321 和 3 个 SM322。工控 PC 与 PLC 之间通过 CP5611 连接，现场总线采用 PROFIBUS-DP。ET200S 与 PROFIBUS-DP 之间的通讯选用 IM151 接口模块，连接有 2 个 PM-E 电源模块和若干 DI、DO、AI、AO 电子模块。控制系统配置如图 2 所示。

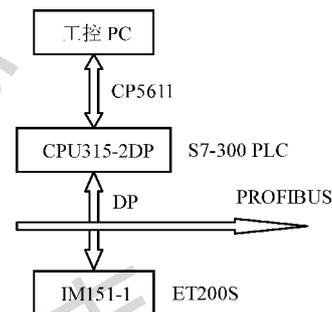


图2 控制系统配置

外部设备包括供油控制系统和供水控制系统。供油控制系统包括 3 台主油泵、1 台油水平衡泵、1 台阀门泵及若干阀组等；供水控制系统包括 1 台冲洗泵、3 台充水泵、3 台高压泵及若干阀组等。

## 3 硬件设计

### 3.1 硬件组态

硬件组态的任务就是在 STEP 7 软件中生成一个与实际完全相同的图标，如要生成通信网络，网络中各个站的机架和模块及设置各硬件组成部分的参数，即给参数赋值。所有模块参数可通过 STEP 7 软件来设置，用总线连接器与网络电缆连接后，将 PC 中 CP5611 与 PLC，PLC 与 ET200S 相连接。组态步骤如下：

- (1) 生成 S7-300 站，双击工作区中“Hardware” (硬件)图标，进入硬件组态窗口；
- (2) 首先生成机架，在机架中放置 PS307 电源，CPU315-2DP，SM321，SM322 各个模块；
- (3) 双击 CPU 及其他模块设置 CPU 或各个模块参数，常规参数选用系统默认参数即可；
- (4) 编译保存组态设置，无误后下载到 PLC。

### 3.2 网络组态

进入“Hardware”(硬件)窗口后，点击“DP”对

象,插入“PROFIBUS”网络,生成网络对象 PROFIBUS(1)。双击 PROFIBUS 网络线设置参数为系统默认参数<sup>[3]</sup>,即设置传输速率为 1.5 Mbit/s,总线行规为 DP。

在右侧硬件目录中选择 ET200S,点击打开选择接口模块 IM151,将它拖到 PROFIBUS(1)网络线上,双击 IM151 从站选择默认参数即可。然后在右侧硬件目录中选择各输入/输出电子模块,插入到 ET200S 槽中,双击各槽中的电子模块可设定其参数。组态完成后,进行编译保存并下载到 PLC 中。

## 4 软件设计

### 4.1 PLC 软件设计

本系统 PLC 软件利用 STEP 7 V5.4 开发,软件设计采用结构化编程设计方法。结构化编程是将复杂的自动化任务分解为能够反映过程的工艺、功能或可以反复使用的小任务;这些任务由相应的程序块(或称逻辑块)来表示,程序运行时所需的大量数据和变量存储在数据块中;这些程序块是相对独立的,它们被 OB1 或其他程序块调用。在本系统程序中,主程序 OB1 分别调用功能 FC1、FC2、FC3、FC4,其分别代表电机功能、阀组功能、运行和故障功能、模拟功能。具体功能如下:

(1) 主程序块。主要完成与各子程序的联系,进行功能调用,PLC 软件主程序如图 3 所示。

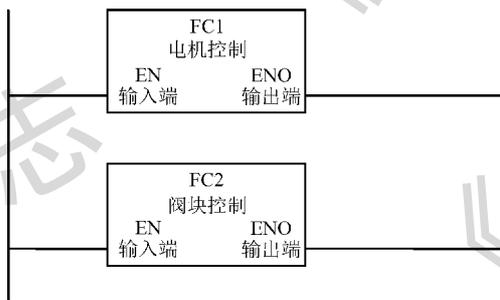


图 3 PLC 软件主程序示意

(2) 电机功能子程序块。主要完成对油泵电机组和水泵电机组及其他电机的控制操作。

(3) 运行和故障功能子程序块。主要完成运行和故障监控报警操作。

(4) 阀组功能子程序块。主要完成对各种阀组的控制操作。

(5) 模拟功能子程序块。主要完成模拟量的输入/输出控制操作。

### 4.2 WinCC 监控界面和打压试验曲线设计

打压试验过程监控曲线选用 VB6.0 语言,VB 是事件驱动的面向对象的语言,编程简单方便,人机界面友好<sup>[4]</sup>。SQL Server 是现在通行的数据库语言,功能强大,操作简单,完全满足打压试验数据的存储处理需要,打压试验曲线设计主程序流程如图 4 所示。

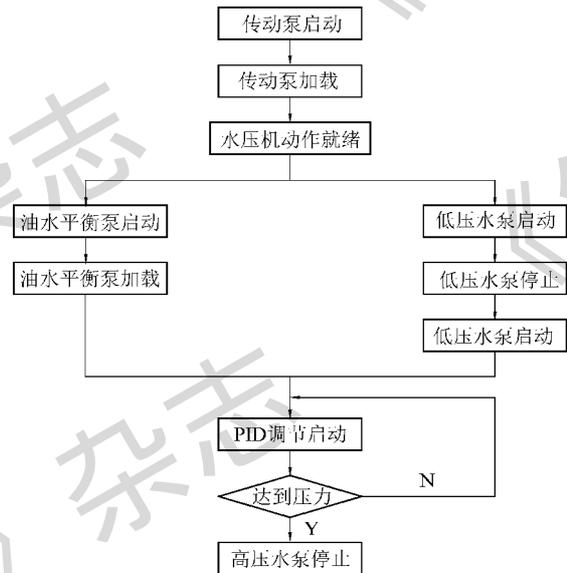


图 4 打压试验曲线设计主程序流程示意

组态软件采用 Simatic 公司的 WinCC 组态软件<sup>[5]</sup>。WinCC 组态软件是一个集成的人机界面系统(HMI)和监控管理系统,提供各种 PLC 驱动软件,WinCC 变量可以与 STEP 7 中的变量建立直接联系,从而建立实时监控系统,对现场设备进行监控,包括监控、趋势、报警、退出功能。监控界面具体包括主画面、阀台控制、液压系统、水系统;趋势功能是记录打压试验过程曲线的界面,能设定保压时间、班别、标准、管号等;点击报警功能可以查看系统出现故障的时间、位置、原因等。WinCC 监控系统界面如图 5 所示。

## 5 改造效果对比

从可靠性、易维护性、易操作性和控制性能 4 个方面对改造前后的控制系统进行对比。

### 1) 可靠性

新控制系统是基于 PROFIBUS 总线结构与 ET200S 相连。与旧系统相比,新系统可靠性高、抗干扰能力强、故障率低。统计一年的检修次数,

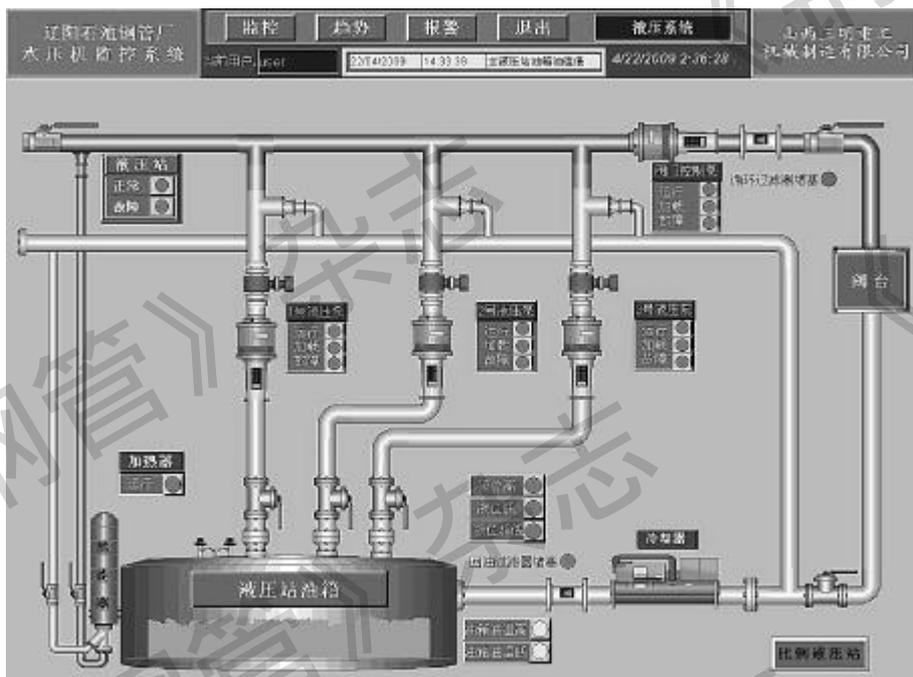


图5 WinCC 监控系统界面

原系统检修 14 次，其中 PLC 检修 3 次，接线故障 4 次，控制元件 2 次，执行元件 2 次，其他 3 次。新系统一年检修 2 次，全部是执行元件故障。

#### 2) 易维护性

新控制系统采用 PROFIBUS 总线结构，与旧系统相比具有布线少、维护简单方便的特点。旧系统由于连线较多，控制复杂，所以需要的维修人员多，维修时间长，查线、换线相当费时费力。旧系统维修平均时间为 4.5 h，其中维修时间 8 h 以上 3 次；而新系统平均检修时间为 0.4 h。

#### 3) 易操作性

新控制系统操作采用面板控制与 WinCC 组态界面相结合，具有操作简单、监控参数完整、水压试验过程实时监控等特点，减少了水压试验时间。以  $\Phi 1016$  mm 钢管为例，完成一根钢管水压试验的时间旧系统为 12 min，新系统为 10 min。

#### 4) 控制性能

新控制系统的整体控制性能比旧系统有较大提高。新系统控制数据传输速率高、响应频率快、数据显示准确，控制程序简单实用，各部分控制准确、可靠，具有较高的安全性；同时新系统软、硬件可扩展性强，能进一步升级控制系统，完全满足水压试验机的工作要求。

## 6 结语

本控制系统以 PROFIBUS 现场总线为核心，结合 ET200S 分布式 I/O 系统，将现场设备分散控制，并实时记录打压试验曲线，实现水压试验机打压试验过程的自动控制，提高了钢管打压试验效率。运用先进的 PROFIBUS 现场总线技术，使水压试验机安全性、可靠性、易维护性有较大提高。该系统投入运行后，减少了数据处理时间，传输速率高，抗干扰能力强，完全满足了钢管生产的工艺要求，提高了钢管的质量，有利于水压试验机安全、高效地运行。

## 7 参考文献

- [1] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 134-135.
- [2] 吴春荣, 张建林. 利用现场总线技术, 改造制丝电控系统[J]. 国内外机电一体化技术, 2005(2): 14-15.
- [3] 柴瑞娟, 陈海霞. 西门子 PLC 编程技术及工程应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 51-52.
- [4] 王东云, 李盈毅, 陈岳. PLC 控制的油田污水处理系统的设计[J]. 电气自动化, 2007, 29(1): 70-71.
- [5] 苏昆哲. 深入浅出西门子 WinCC V6[M]. 2 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

(修定日期: 2011-03-10)