

长输管道系统校时方法分析

刘天民 (国家管网集团北京管道有限公司内蒙古输油气分公司, 内蒙古 呼和浩特 010000)

摘 要: 本文列举了长输管道目前普遍应用的几种校时方案的简单原理及实现方式, 分析了不同方案的特点及差异, 对于长输管道及同类型装置校时系统的设计及改造具有一定的借鉴意义。

关键词: 长输管道; 时间同步; 校时

Abstract: This paper lists the simple principles and implementation methods of several timing schemes widely used in long-distance pipelines, analyzes the characteristics and differences of different schemes, and has certain reference significance for the design and reconstruction of timing systems for long-distance pipelines and similar devices.

Key words: long-distance pipeline; time synchronization; timing

1. 引言

随着我国经济的快速发展,油气管道规模不断扩大,尤其是国家管网集团的建立,使油气管道的建设步入了崭新阶段。与此同时,各类过程控制、安全监测等系统不断建设投入,各系统的统一校时已成为油气管网协调运作的重要基础。尽管各类系统,以不同方式配置各自实时时钟,但随运行时间积累误差越来越大,为了保证管网终端站与调控中心之间的数据交换的实时性,管网校时系统必不可少。

2 现状分析

油气长输管道终端站按照站场功能及规模可划分为大站（压气站/枢纽站/首站/末站），小站（阀室、分输站、清管站）。目前，绝大部分的管线已实现集中监控，由油气调控中心统一监控。

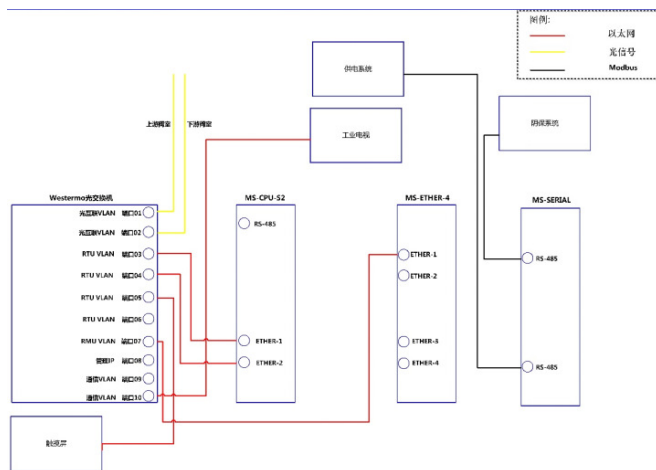


图 1 典型阀室拓扑图

以典型小站－阀室的控制系统举例，阀室用于长输管道的节点控制，可通过安装的截断阀进行管道的截断功能，此外，根据阀室的不同功能定位，还可承担光缆中继、管线阴保等不同功能。典型阀室的控制

系统包括一套小型 RTU 系统、交换机、数据传输设备、供电系统,如图 1 所示。

现场数据通过传感器采集至 RTU 系统，调控中心通过数据链路远程读取 RTU 数据，亦可下发控制命令进行阀室设备的远程操作。典型大站 - 压气站，主要用于管线增压，站内控制系统除用于过程控制的 BPCS 外，还设有安全仪表系统 SIS，压缩机组控制系统 UCS，火气系统 FCS 等，如图 2 所示。

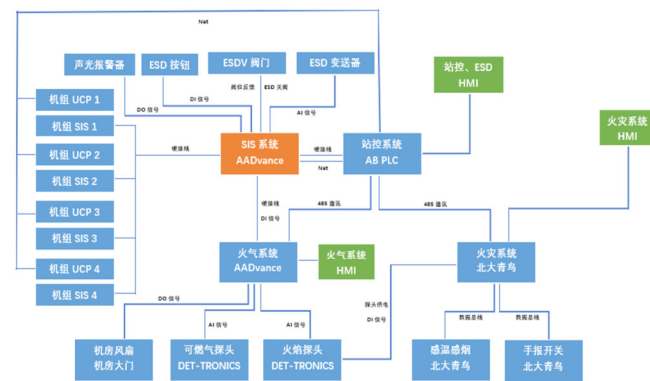


图 2 典型站场拓扑图

现场各系统数据汇集于 BPCS，通过通信系统与
调控中心进行数据交换。

3 典型校时方式

可以看出,长输管道的所有终端站点数据,均汇集于调控中心进行集中监控及处理,实现 SCADA 控制,而随着管网智能化控制水平的不断提升,各终端站点集成的子系统越来越约多,如何让不同站场间或同一站场内的各系统稳定、高效的协同工作,各系统的时间同步问题便凸显出来。按照规划,长输管道各终端站点的时间同步通常由以下几种方式实现。

3.1 调控中心下写法

该方式由调控中心直接下写标准时间,优点是

各终端站点与调控中心时间一致性较高,但随着管网规模的快速扩张,调控中心的服务器负荷较大,校时逻辑易出错。以目前在大中型站场普遍使用的 RockwellAB 控制器为例。

在 AB PLC 中编程写入 PLC 的 CPU 时钟,时标数据精确到毫秒,使用 11 个连续 SINT 类型数据存储,所以在 PLC 中新建一个含有 11 个 SINT 类型的数组,为该数组取名为 N_x ($x=n$)。其中 $N_x[0]$ 表示年份的地址的高位 (0~255), $N_x[1]$ 表示年份的地址的低位 (0~255), $N_x[2]$ 表示月份的地址 (表示日期的地址 (1~31)), $N_x[3]$ 表示小时的地址 (0~23), $N_x[4]$ 表示分钟的地址 (0~59), $N_x[5]$ 表示秒的地址 (0~59), $N_x[6]$ 表示毫秒的地址的高位 (0~255), $N_x[7]$ 表示毫秒的地址的低位 (0~255), $N_x[8]$ ~ $N_x[10]$ 为预留。CPU 时钟获取后生成的是 7 个 DINT 类型的变量,分别表示年、月、日、小时、分钟、秒、毫秒,其中月、日、小时、分钟、秒的变量使用低 16 位即可表示,因此可直接复制给 $N_x[2]$ ~ $N_x[6]$ 。而年的时间标签 $TIME_CPU[0]$ 需要将 DINT 类型转换为 INT 类型,然后将高 8 位复制给 $N_x[0]$,低 8 位复制给 $N_x[1]$ 。CPU 时钟的毫秒获取之后的数值是实际的 1000 倍,因此在将毫秒复制给 N_x 时间标签的时候需要先除以 1000,然后再将高 8 位复制给 $N_x[7]$,低 8 位复制给 $N_x[8]$ 。中心服务器在每日指定时间通过下写时间至寄存器地址,实现时间的同步校准。

3.2 时钟源同步法

在部分投用较早的终端站或改扩建站场,使用本地时钟源进行各个系统的时间同步,优点是 GPS/北斗授时,精度高,系统搭建相对简单,缺点是终端站与调控中线的时延一致性较差,协同困难。

以北斗授时系统为例,授时用户根据卫星的广播或定位信息不断的核准其时钟钟差,可以得到很高的时钟精度。根据广播或导航电文的时序特征,通过计数器,可以得到高精度的同步秒脉冲 1pps 信号,用于同/异地多通道数据采集与控制的同步操作。北斗授时系统为用户机提供两种授时方式:单向授时和双向授时。单向授时的精度为 100ns,双向授时的精度为 20ns。在单向授时模式下,用户机不需要与地面中心站进行交互信息,只需接收北斗广播电文信号,自主获得本地时间与北斗标准时间的钟差,实现时间同步。双向授时模式下,用户机与中心站进行交互信息,向中心站发射授时申请信号,由中心站来计算用户机的

时差,再通过出站信号经卫星转发给用户,用户按此时间调整本地时钟与标准时间信号对齐。从双向授时和单向授时的原理介绍中可以看出,双向授时和单向授时的主要差别在于从中心站系统到用户机传播时延的获取方式,单向授时用系统广播的卫星位置信息按照一定的计算模型由用户机自主计算单向传播时延,卫星位置误差、建模误差(对流层模型、电离层模型等)都会影响该时延的估计精度,从而影响最终的定时精度。双向授时无需知道用户机位置和卫星位置,通过来回双向传播时间除以 2 的方式获取,更精确的反映了各种延迟信息,因此其估计精度较高。在北斗系统中单向授时精度的系统设计值为 100ns,双向授时为 20ns,实际授时用户机的性能通常优于该指标。

基于以上特点,一般终端站采用单向授时的基准时钟作为站内全网络的定时供给系统,基准时钟源作为标准时钟源提供给时钟服务器,站场内各系统分别与时钟服务器进行同步,获取标准时间。

3.3 NTP 时间同步法

通过在调控中心架设时间服务器,各个终端站点通过 NTP 模块,可与调控中心时间服务器自动同步。优点是无论对于调控中心服务器端还是终端站点,基于硬件系统的时间同步系统对于系统的负载较低、可靠性较高,缺点是设备端必须有相应硬件级支持。

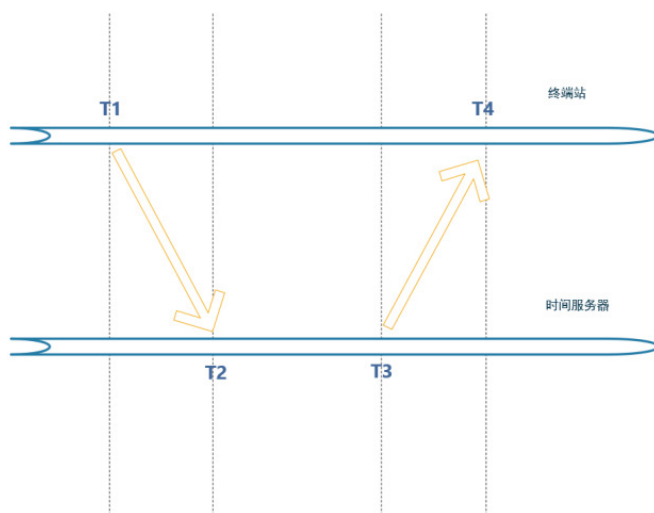


图 3 NTP 原理简图

NTP 是网络时间协议 (Network Time Protocol),它是用来同步网络中各终端时间的协议。它的用途是把终端的时钟同步到世界协调时 UTC,其精度在局域网内可达 0.1ms,在互联网上绝大多数的地方其精度可以达到 1~50ms。其基本原理如图 3。

终端站首先向时间服务器发送一个包含了该包离

开终端站时间戳 T1 的 NTP 包, 当时间服务器接收到该包时, 依次填入包到达的时间戳 T2、包离开的时间戳 T3, 然后立即把包返回给终端站, 终端站在接收到响应包时, 记录包返回的时间戳 T4, 假设时间服务器与终端站的时间差为 α , 终端站请求包的延迟为 β_1 , 时间服务器应答包的延迟为 β_2 , 则 NTP 包的往返时延为 $\beta = \beta_1 + \beta_2$, 现已知 T1, T2, T3, T4, 并假设数据包在网络传输过程中的延迟为定值, 即 $\beta_1 = \beta_2$ 于是可得:

$$T2 = T1 + \alpha + \beta_1$$

$$T4 = T3 - \alpha + \beta_2$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2$$

$$\beta_1 = \beta_2$$

于是我们可以求出 NTP 包的往返时延 β 和时间服务器与终端站的时差 α , 即:

$$\beta = (T2 - T1) + (T4 - T3)$$

$$\alpha = \frac{(T2 - T1) - (T4 - T3)}{2}$$

通过时间服务器作为参考, 以时间戳 T1, T2, T3, T4 来确定其与终端站之间的时间误差, 来对终端站的时间值进行修正。在长输管道的实际应用中, 由于网络传输延迟的不确定性及硬件时钟的偏移, 通常进行周期性的同步, 确保时间修正的及时性。

4 应用及优化

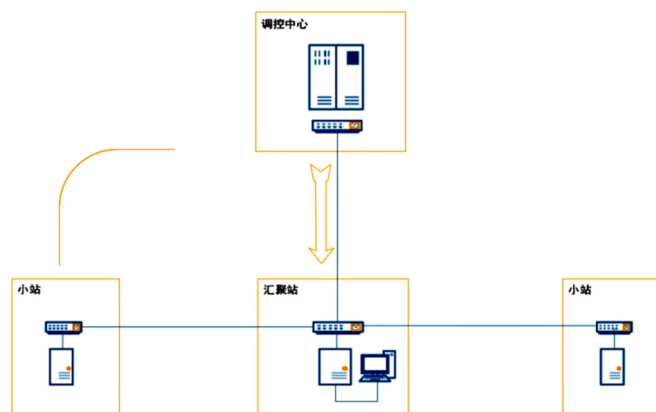


图4 综合校时简图

时间同步在长输管道的应用, 通常会结合不同终端站的实际情况, 采用一种或几种同步方案。以国内某新建长输管道为例, 管道干线设有阀室、分输站、压气站等不同终端站, 各终端站本地安装有 RTU/PLC 控制系统, 并通过与管道伴行的光缆进行数据联通, 全线生产由调控中心进行集中监控。对于管线关键节点的压气站、计量分输站, 采用调控中心直接下写的

方式进行时间同步, 由中心服务器每日 8 时, 直接下写时间至 BPCS, BPCS 通过站内工控网络, 将标准时间同步至站内 SIS, FGS, UCP, 计量等子系统。对于全线众多阀室, 则采用 NTP 校时模式, 避免中心服务器负载过大。阀室 RTU 每日定时触发 NTP 校时任务, 与中心时间服务器进行同步, 阀室各子系统则与 RTU 进行同步, 以获取标准时间。

5 结语

随着国内油气长输管道的快速发展, 管线互联互通及智能管道的加快建设, 对于管道控制系统的要求越来越高, 统一、精确的时间是保证长输管道 SCADA 系统安全运行的必要措施。本文列举了长输管道目前普遍应用的几种校时方案的简单原理及实现方式, 但在实际应用中, 需要充分考虑现场的生产实际, 尤其是涉及贸易计量交接、时差法泄露监测等领域, 根据控制系统的工艺操作需求, 确定合理、经济的校时方案, 由于影响控制系统内时钟精度的因素是多种多样的, 不可片面的追求高性能指标而盲目选用高精度校时设备, 脱离实际使用需求, 浪费投资。增加系统复杂度及维护难度, 同时, 要充分考虑工控网络安全及设备可替代性, 满足需求的前提下优先使用北斗等自主可控设备, 保障系统安全。

参考文献:

- [1] 刘晓峰, 刘媛, 周静, 等. AB PLC 时间标签上传实现时钟同步在长输管道中的首次应用 [J]. 电气自动化, 2017, 39(6): 3.
- [2] 胡景军, 陈云. 成品油管道 SCADA 系统的跨平台时间同步技术 [J]. 计算机系统应用, 2012(9): 4.
- [3] 李瑾. 浅谈长输管道典型 SCADA 系统特点对比 [J]. 仪器仪表用户, 2014, 21(2): 3.
- [4] 王鹏飞, 何海龙, 邹学涛. 天然气长输管道 SCADA 系统功能及实现 [J]. 化工管理, 2016(14): 1.
- [5] 姚珺, 方成辉, 陈斌. SCADA 系统在油气长输管道中的应用研究 [J]. 工矿自动化, 2009(5): 4.
- [6] 王文平. SCADA 系统在长输油气管道系统中的应用 [J]. 变频技术应用, 2013(01): 58-64.
- [7] 刘洪彬. 长输油气管道 SCADA 系统应用与研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2013.

作者简介:

刘天民 (1983-), 男, 黑龙江牡丹江人, 现就职于国家管网集团北京管道有限公司内蒙古输油气分公司, 工程师, 研究方向: 长输管道自动化及通信领域。