·计算机技术·

给水集散型控制系统中可靠性技术的设计和实践

蒋 继 申

提要　介绍了 DCS 系统中监控主机、通信网络、PLC 和软件系统中实现可靠性技术的设计和应用情况，并进行了应用前后的对比。

关键词　集散型控制系统(DCS 系统)　可靠性　双机热备　后备　组态软件

集散型控制系统即 DCS 系统，已经在给水行业得到普遍应用，它的基本特征就是实现集中管理和分散控制。分散控制即分散智能、分散显示、分散数据库、分散通讯功能、分散供电和分散负荷。集中管理即具有信息综合管理能力，可以实现生产过程自动化、工厂自动化、实验室自动化和办公室自动化。

常规的 DCS 系统从结构上分为三级：调度中心、厂站级和现场级。局部网络则将三者联系起来，见图 1。

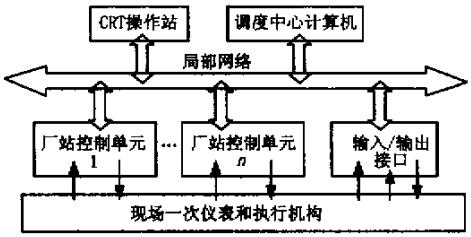

图 1　集散型控制系统的结构框图

调度中心实现对全系统的信息综合管理，厂站级负责控制信息的集中操作和管理，现场级是指一次仪表和现场执行器组成的信号输入、输出级。

在集散型控制系统中，单元控制器安装在工业现场，就地实现回路控制，调度主机将信息集中起来综合管理，在结构上形成一种既分散又集中的控制形式。

在给水行业中，DCS 系统是一个相对较复杂的系统，为了提高它的运行可靠性，我们在 DCS 系统中的某些部位实施了可靠性冗余技术，对提高系统的可靠性有较好的效果。

1　主机的可靠性技术实践

1.1　设计思想

在 DCS 系统中，PLC 系统、通信网络和监控主机是三个相对独立的层次。在这三个层次中，无故障工作时间(MTBF)最低的是监控主机。对于 PLC 系统来说，目前它的 MTBF 水平已经达到 2×10^5 h，通信网络的 MTBF 也达到 1×10^5 h，而目前最优秀的台式机的 MTBF 大约为 4×10^4 h，差不多比 PLC 系统和网络系统低了一个数量级。要提高整个 DCS 系统的无故障工作时间，首先必须对最薄弱环节进行补偿，即提高监控主机的 MTBF。在图 2 的系统中，主机按照双机热备结构进行配置，在 2 台机器切换时，既不会丢失数据，又使它的 MTBF 提高到原先的 1.5 倍，即可使主机的 MTBF 从 4×10^4 h 提高到 6×10^4 h。从而使整个 DCS 系统的无故障工作时间提高到原有的近 1.5 倍。

其中图 2a 所示的系统安装在公司中心调度室，

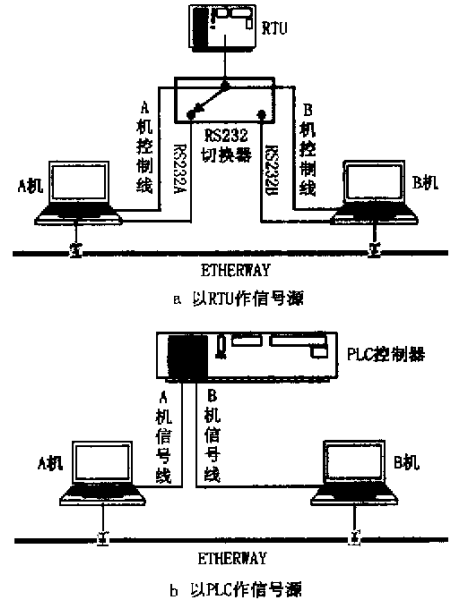

图 2　计算机双机热备的连接方式

计算机的信号源是 RTU。图 2b 所示的系统安装在净水厂调度室,计算机的信号源是 PLC 控制器。它们的区别仅仅在于数据源的信号输出端是 1 个或 2 个,RTU 只有一个信号输入端,而 PLC 控制器由于可以插入 2 块信号卡,一般可以有 2 个输入端。当 2 个输入端取得信号时,直接进入 2 台计算机;当从同一输入端取得信号时,要经过 RS232 切换器进行信号分配,再输入计算机。

1.2 工作原理

2 台工作主机通过网卡与 ETHERWAY 网络相连接,具有相同的数据库,并且同时从数据源读取数据。平时一台主机执行 Master 任务,即执行接收数据、监视 Slave 方、发送命令,一旦 Slave 方有故障,进行出错报警。另一台执行 Slave 任务,即从数据源读取数据、监视 Master 方,在 Master 方工作不正常情况下,把自己从 Slave 方升级为 Master 方同时进行报警。

(1)计算机启动。当 A 机启动时,探测 B 机是否在正常运行:是,且 B 机为 Master,则 A 机为 Slave;否,则 A 机为 Master,B 机为 Slave。当 B 机启动时,探测 A 机是否在正常运行:是,且 A 机为 Master,则 B 机为 Slave;否,则 B 机为 Master,A 机为 Slave。

(2)正常状态。假定 A 机为 Master,B 机为 Slave。A 机在一定时间间隔内从数据源将数据写入自己相应目录,监视自身程序运行(主要手段是监视报表数据的正常性),同时监视 B 机工作是否正常,若 B 机工作不正常,则报警。B 机在一定时间间隔内从数据源将数据写入自己相应目录,并检测 A 机运行状态。当发现 A 机有故障时,把自己升级为 Master,同时报警。

(3)故障发生。假定此时 A 机有故障,B 机正常。当 B 机发现 A 机有故障时,把自己升级为 Master,执行 Master 任务,同时报警。A 机修复后加入到新系统中去,探测 B 机是否存在,并检测其状态。若 B 机仍为 Slave,则 A 机设为 Master,否则被设为 Slave,执行 Slave 任务。

1.3 使用情况

由于 2 台主机具有相同的数据库并且同时刷新数据,因此即使在切换时,系统的工作情况并不发生变化。

主机按照双机热备结构进行配置后,根据可靠度计算公式,系统的 MTBF 提高到原先的 1.5 倍。

假定原先主机的无故障工作时间为40 000 h,进行双机热备结构配置后主机的无故障工作时间提高到60 000 h。

由于调度主机是整个 DCS 系统中可靠性最薄弱的环节,因此主机可靠度的提高,使整个 DCS 系统的无故障工作时间提高到了原有的 1.5 倍。

2 网络的可靠性技术实践

2.1 网络结构(见图 3)

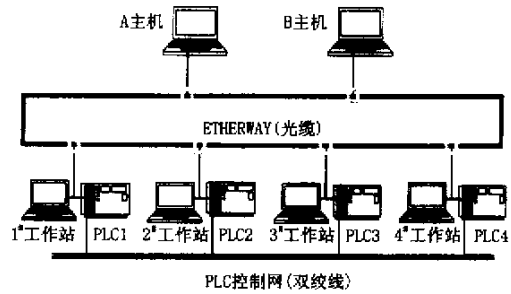

图 3 网络的双重结构

DCS 系统的通讯网络是三级控制的神经和桥梁,常规的 DCS 系统中,数据的传输是通过各 PLC 控制器之间的控制网实现的,但由于 PLC 系统本身的限制,控制网的运行速率都比较慢,如 ALLEN-BRADLEY 的 DH+ 网络的通信速率为 57 kb/s,制约了系统运行速度的提高。

为了提高运行速度和可靠性,不采用单一形式的通讯网,而是配置了高可靠性的双重网络结构,将网络系统的 MTBF 提高到 1×10^5 h,实现操作人员在调度室的中心控制,也可以在各个现场 PLC 站就地控制。

与常规 DCS 系统网络配置的区别在于:①调度中心计算机和各控制站计算机利用 ETHERWAY 高流量通讯网络和 NETDDE 互相联接,实现计算机之间的快速信息交换。由于 ETHERWAY 网络通信速率达到 100 Mb/s,因此可极大提高系统的运行速率。②各 PLC 站之间采用高可靠性的控制网络实现连接,完成 PLC 之间的数据通讯。③在常规情况下,各 PLC 站之间经过 ETHERWAY 通信,当

ETHERWAY 网络发生故障时，切换到 PLC 控制网络通信。PLC 的控制网络实际上还作为信息的备用通道。

通信介质采用光纤，网络信息经过光电转换变换成光信号进行传输。光纤通信的特点是不受电磁场的影响，适用于恶劣的环境，还具有重量轻、体积小、安装简单的优点。

这种网络结构的优点是充分保证了 DCS 内部三级控制方式之间的故障不受影响，各级网络之间又是隔离的，具有更快的信息交换速度和更高的可靠性。当其中某一个网络发生故障时，可以自动改变通信传送链路进行信号传输，使系统控制的影响减到最小。

2.2 工作原理

(1)整个系统的正常动作为：A 主机和 B 主机兼作服务器，内部建立实时数据库和历史数据库，该数据库实时刷新其它计算机的数据库；A 主机和 B 主机中只有 1 台作为工作主机，操作人员的指令通过工作主机发出；各就地工作站发的指令，仅仅是维护或纠错时使用。

(2)在正常操作模式下，现场工作站通过 ETHERWAY 链路连接工作主机，而不是直接从 PLC 接收数据。主机管理一个刷新其它计算机的实时数据库。同时，这个实时数据库通过 ETHERWAY 协议在 2 台主机上从 PLC 取得数据并对其进行刷新。

(3)当数据库在 PLC 内改变时，它首先刷新 A 主机和 B 主机数据库；之后通过 ETHERWAY 链路在各现场工作站刷新，数据的获取来自服务器中的数据库(上述操作约耗时 3 s)。

(4)当操作员将指令从其中一台主机发送到 PLC 时，软件首先刷新主机中的数据库；之后将指令送到 PLC(上述操作约耗时 3 s)。

(5)当操作员将指令从其中一个现场工作站发送到 PLC 时，软件首先通过 ETHERWAY 链路刷新现用主机中的数据库；之后现用的主机将该指令发送给各 PLC(上述操作约耗时 3 s)。

(6)当发生通信故障时，处理分 3 个步骤：①通过现有主机，检测通信故障；②改变链路，连接到后备主机；③若连接后备主机失败，改变链路，直接连接到就地 PLC(上述操作约耗时 2min)。

该系统设计能从任一现场工作站提供整个水厂的画面，每个现场工作站能控制其对应的就地 PLC。当维护需要时，每个现场工作站不但可以控制就地 PLC，还可以控制其他 PLC(在给水系统中，一般现场 PLC 受监控中心主机控制)。

2.3 使用情况

信号在不同系统和介质中的通信速率是不相同的，在 ETHERWAY 中的通信速率为 10～100 Mb/s，在 DH+ 中的通信速率为 57 kb/s。建立双重结构网络系统后，系统的运行速度基本达到 ETHERWAY 的运行速率，比使用 PLC 控制网时提高了上千倍，通信的拥挤状况得到根本改善。

同时由于 PLC 控制网还作为后备使用，因此网络的可靠性也得到提高。我们在各净水厂使用该网络系统以来，已有 6 年多时间，未发生网络故障。

3 PLC 的可靠性技术实践

3.1 系统结构

PLC 控制器直接与一次仪表和执行机构连接，因此提高该设备的运行可靠性受到专家的关注。我们在净水厂的 PLC 设备配置中使用了美国 ALIEN-BRADLEY 公司的 PLC5-60 控制器，主 PLC 采用双机热备结构，硬件连接方式见图 4。

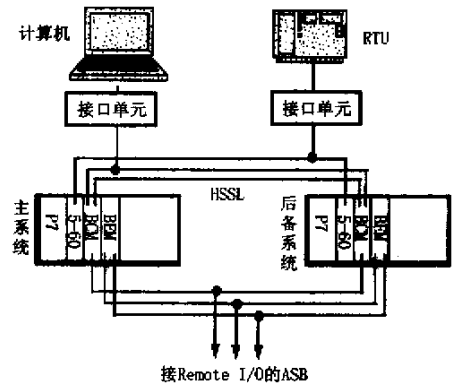

图 4 PLC 双机热备的连接方式

3.2 工作方式

图 4 中，P7 为 PLC 电源，5-60 为 PLC 处理器模块，BCM 为后备通信模块，BEM 为后备扩展模块，主系统和后备系统都有相同的硬件配置。

它们的工作状态如下：

(1)正常运行。主系统进行控制工作,并通过BCM把远程I/O数据和数据表数据送到后备系统中,使两系统的数据库有相同的内容,远程I/O数据是在应用程序的支持下,在高速串行链上自动传送的,数据表数据是通过梯形图中的块传送指令,从主系统传送到后备系统中的。BCM模块提供2个系统之间的高速通信和故障切换功能,即负担着主处理器和后备处理器之间的数据传递和信息交换作用,确保后备系统中的数据表是主系统的拷贝。

(2)故障诊断和切换。BCM和BEM模块有对下列故障进行检测的功能:电源故障、处理器故障、BCM模块故障、主系统工作方式的改变(从运行方式改变到编程方式)、BCM模块之间的高速串行链的通信发生超时、主系统BCM模块上控制命令的传送故障。当以上某项故障发生时,BCM将在小于500 ms时间内将控制工作从主系统切换到后备系统。在发生切换时,远程I/O的输出保持最后状态,直到被后备处理器所控制。这样,在不关机的情况下,整个PLC系统就进入后备系统下工作。

(3)进入新系统工作。切换后,整个PLC系统进入备分系统进行工作。备分系统成为新的主系统,换下的老的主系统可安排维修或更换,换上后成为新的备分系统。整个过程中,系统工作不受影响。

3.3 使用情况

在PLC主控制器采用双机热备配置后,使用6年多来,未发生任何故障,其中CPU的双机热备功能起了重要作用。

4 软件的可靠性技术实践

自控系统是硬件设备和软件功能的有机结合。自控系统硬件设备的数量和技术指标容易被重视和掌握,而软件的技术功能指标,同样是衡量一个自控系统可靠性、先进性的主要依据。因此,控制软件的可靠性、实时性、完善性、可操作性、容错技术和自诊断功能是自控系统的关键技术。目前,更应该重视和强调的是自控系统软件的质量。

4.1 选用定型的工业组态软件

目前在DCS系统内,软件的选择大约有两种方式:一是利用计算机高级语言进行开发;二是在工业组态软件的基础上进行二次开发。

使用计算机高级语言开发软件,不但对开发者和使用者有较高要求,而且由于不可能经过严格的筛选,软件质量得不到保证。从80年代开始发展起来的组态式结构的应用软件,采用了模块式和分布式结构,在质量上经过严格筛选,运行可靠性高,是目前较理想的使用产品。

对于用户而言,使用工业组态软件具有以下优点:①开发和使用方便。软件采用模块化结构,界面友好,可视性强,采用全集成和图示化的开发方式,在开发过程中基本上不必考虑如何编程的问题,用户可将精力集中于对过程自动化流程分析、规划和设计上。②系统规模灵活。软件采用分布式结构,可方便组态,接口开放,扩展灵活,具有高效和实用的特点。③很高的运行可靠性。定型的组态软件在质量上经过严格的筛选,运行可靠性高。软件运行的操作影响小。

4.2 使用情况

工业组态软件的种类很多,在市场上可供选择的就有十几种之多。但根据近几年来的统计,目前在市场上占据主导地位的两种软件是:美国INTELLUTION公司的FIX Dynamics和美国WONDERWARE公司的InTouch工业组态软件。

杭州市自来水总公司中心调度室和5个制水厂的控制系统中分别应用了FIX Dynamics和InTouch两种不同的工业组态软件,在此基础上进行了工作量不大的应用软件二次开发,发现虽然在软件的内部特点上存在某些差异,但其优良的性能是一致的,这两种工业组成软件应用方便、运行可靠、扩展容易,都取得了很好的应用效果,为生产和管理提供了强有力的保证。

5 结语

以上介绍的四种可靠性技术,其应用情况并不互相排斥。我们在净水厂和总公司的自控系统中应用了其中的各种不同模式,实践结果和理论分析是一致的,提高了系统的运行可靠性并使管理维护更加便利。

△作者通讯处:310009 杭州市建国南路168号
杭州市自来水总公司
E-mail:jjsol@sina.com
电话:(0571)87815788-81408
收稿日期:2001-5-21