

先进电气控制技术在锦屏一级水电站 400 t + 400 t 桥机中的运用

辜建儒, 蒋从军

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

摘要:介绍了锦屏一级水电站 400 t + 400 t 桥机控制系统的配置结构、工作原理及技术特点, 以及 Profibus - DP、MPI 等通讯在桥机中的应用。

关键词:Profibus - DP; MPI; 变频器; PLC; ET200(分布式 I/O); 锦屏一级水电站

中图分类号:TV7; TV53 + 2; TV53 + 8.4; TP29

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)06-0048-04

1 概述

随着科学技术的发展, 水电站桥机已经广泛应用了 PLC、变频传动等工业自动化技术, PLC + 变频调速逐渐成为起重机的主流电控系统方案。如何最大限度地发挥和利用工业自动化技术的先进性能, 满足桥机的工艺要求, 降低故障率, 提高维护效率亦成为电控系统的主要目标。伴随着计算机技术、现场总线技术、网络通信技术及微电子技术的发展, 为先进电气控制技术在电站桥机的成功应用提供了可靠的支持平台。

笔者以锦屏一级水电站 2 台 400 t + 400 t 桥机为例, 介绍了利用 PLC 及 Profibus - DP 现场总线技术、MPI 通讯、变频控制技术构成先进电控系统在桥机中的应用。

2 系统情况

锦屏一级水电站主厂房设有 2 台 (400 t + 400 t/160 t) 双小车桥式起重机, 主要用于发电机组等设备的安装、检修。最大载荷为吊水轮发电机转子(水轮发电机转子和平衡梁总重 1 400 t), 需要 2 台桥机中的 4 套独立的起升机构共同抬吊完成。在起吊过程中要求平衡梁保持水平。2 台桥机抬吊作业时可以任意指定主机、从机, 在主机上实现机构的单独或联动操作。

每台桥机由起升机构、大车行走机构、小车行走机构等部分组成, 其中起升机构通过手动换挡机构实现高速轻载 160 t 或低速重载 400 t 的切换。电气控制系统主要由控制系统、各机构传动调速装置、信息管理装置组成。每台桥机有 1 套

西门子公司生产的 S7 - 300 系列 PLC、1 台 PC577 触摸式面板工控机、6 台西门子公司生产的 6SE70 系列交流变频器、3 套 ET200(分布式 I/O)。PLC 通过 Profibus - DP 现场总线连。

联接各变频器、ET200 和工控机, 实现数据采集和检测, 完成对各机构变频器的控制。2 台桥机并机抬吊作业时, 通过 MPI 通信实现 2 台桥机之间的数据交换。系统配置情况见图 1。

桥机各起升机构吊点的上、下极限均设置了双重保护。一套是起升机构卷筒上安装的进口绝对值编码器, 实时检测起升机构高度对应的脉冲数送入可编程控制器, PLC 程序按一定的比例关系处理运算后, 实际高度值送触摸屏显示; 另一套为机械式上、下极限限位开关, 当吊钩运行到上、下极限时, 自动停止起升机构的升降。各起升机构还设置有重锤式限位开关以防止起升时吊具冲顶。桥机各起升机构荷重检测装置采用进口产品, 通过荷重变送器输出 4 ~ 20 mA 电流信号送入 PLC, 经 PLC 内部运算处理后, 通过内部设置的接点作为起升机构负荷保护。当起吊重量为 90% 额定负荷时, 荷重预报警; 当荷重达到 110% 额定负荷时, 起升机构因过载而停止起升, 此时下降控制不受影响, 重物可以下降。

采用了先进控制技术的电控系统具有三大特点: 控制系统的信息交换全部采用工业现场总线通信; 配备工业工控计算机实现信息集中管理, 方便维护运行; 应用传动均衡控制技术实现多点同步提升和纠偏功能。

3 控制系统

收稿日期: 2015-10-20

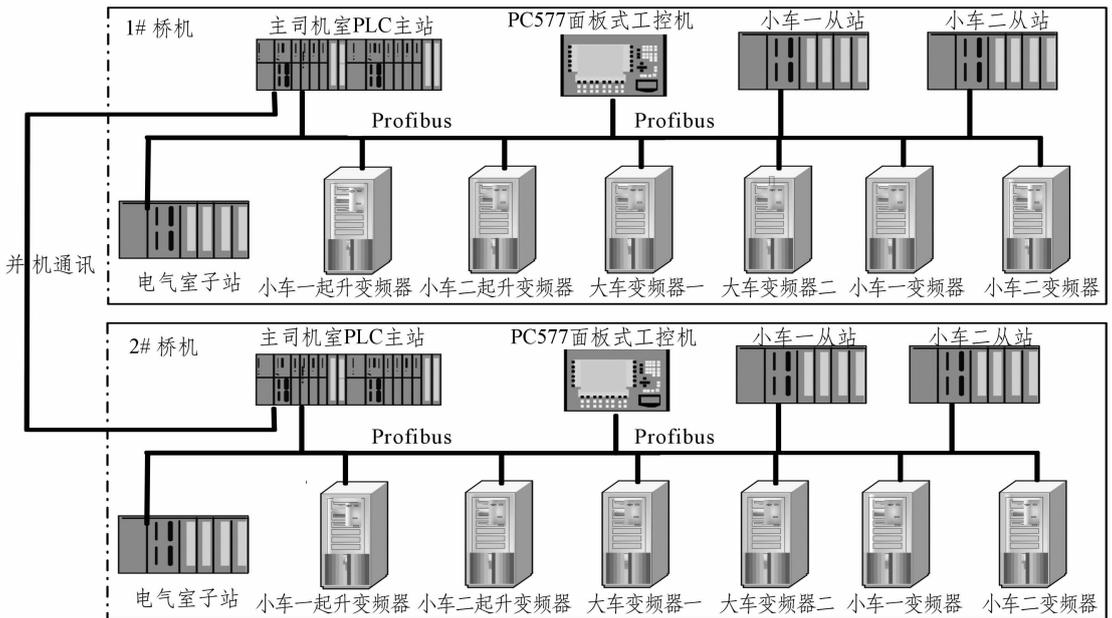


图 1 系统配置图

控制系统的主要功能是负责电控系统的信息交换和处理,保障设备技术性能以满足其使用运行要求。它包括电源控制、安全保护、PLC 通信控制、照明及辅助设备控制。工业现场总线技术按照公开通信协议,在控制设备之间实现数据传输和信息交换,形成各种符合生产现场的自动化控制系统。Profibus - DP 现场总线是目前国际上通用的标准现场总线之一,它以其独特的技术特点、严格的认证规范、开放的标准而得到众多厂商的支持,成为最重要的现场总线标准之一。Profibus - DP 现场总线传输速率最高可以达到 12 Mb/s,最多可以挂 126 个从站。该桥机采用 Profibus - DP 总线通信控制;系统绝大多数的控制指令和数据采集都通过通信实现,从而提高了系统的实时性;系统的给定指令从以前常用的继电器分段给定或模拟量给定模式变成 PLC 程序中直接数据读写,使数据的精度和准确度得到了很大程度地提高,更加提高了系统的抗干扰能力,保证了系统的长期稳定运行。

MPI 协议是基于 SIEMENS 内部标准的一种令牌网络通讯协议,通讯速率为 187.5 kb/s。SIEMENS PLC 内置 MPI 接口,通过全局数据(GD)通信服务,在联网的 CPU 之间进行周期性数据传递。MPI 通信是西门子 PLC 的一个经济有效的网络通信解决方案。MPI 通讯方式主要有全局数

据包通讯方式、无组态连接通讯方式、组态连接通讯方式等 3 种。该桥机控制系统在并车吊升时采用 MPI 通讯连接。

该桥机控制系统选用 SIEMENS 公司生产的 S7 - 300 可编程控制器,组成分布式 I/O 机构。其网络上的主要设备包括:CPU315 - 2DP 主站、各 ET200 从站、各机构变频传动装置等。CPU315 - 2DP 主站是控制系统的核心,负责电控设备的控制指挥以及进入 PLC 内的数据运算、处理等工作,接受和执行用户程序,是整个系统的中枢。CPU315 - 2DP 主站装设于桥机司机室照明箱内,主要由电源模块、带 DP 通讯口的 CPU 模块、通讯处理器模块、数字量输入模块、数字量输出模块组成。

ET200 作为 I/O 从站分布式共三个,分别为小车一 ET200、小车二 ET200、主梁电气室 ET200,主要负责收集输入、输出信号等工作。ET200 从站主要由电源模块、通讯模块、数字量输入模块、数字量输出模块、位置模块、模拟量输入模块等组成,并通过通讯模块连接到 Profibus - DP 网络上。由于在两个小车上设置了 ET200,通过专用通信线与 CPU 相连,分布式 I/O 数据采集的数据通过通讯线传送至 CPU,从而减少了电缆的长距离连接,使小车滑车上的电缆数量大大减少。

各机构的操作控制由司机室联动台上主令手

柄和旋钮开关给定,信号送入 PLC。PLC 在接受到联动台的给定、经程序处理后将转换为对传动装置和外围设备的控制命令,改变主令手柄的档位即可改变变频器的输出频率,改变各机构运行速度。

4 传动调速装置

该桥机各机构传动采用西门子公司生产的 6SE70 系列变频器,其特点是性能可靠、功能强大而灵活、结构紧凑。装置本身带有自整定功能和参数设定单元,不需要其他的任何附加设备即可以完成参数的设定。所有的控制、调节、监视、制动器控制及附加功能均由微处理器实现。该系统具有零速满转矩功能,在装置启动建立转矩后,PLC 接到装置输出制动器打开命令后,机械制动器打开,传动电机按预先设定的加速度运行至给定速度。变频装置通过交流-直流-交流控制变频电机实现速度控制及转矩控制,其特点是启停平稳,减少电气及机械冲击,速度的平滑性非常好。所有传动装置均通过 CBP 通信板实现与 PLC 控制网络连接,与 PLC、各分布 I/O 子站、工控机一起构成整个桥机的 Profibus 网络系统。通过 CBP 板对变频器的过程数据“控制字、状态字、设定值、实际值”进行读、写。PLC 适时读取装置状态字、电流、电压等,以达到监控的目的。变频器外接制动斩波电阻,下降过程中或停车时通过制动电阻消耗重物势能,实现恒定的速度下降。

起升机构采用闭环、矢量控制,提高了速度的稳定性,增加了转矩的硬特性。在每台电机高速轴上设有工作制动器和安全制动器。当出现起升机构超速飞车等故障时,两台制动器均瞬时闭合上闸。制动器的动作由调速装置和 PLC 双重逻辑控制,从而防止了轻载上升和重载溜钩,提高了吊装作业的准确性和安全性。

多点同步提升和纠偏技术的应用,成功地解决了锦屏一级水电站 400 t + 400 t 桥机使用上的一项难题。锦屏一级水电站厂房有 2 台 (400 t + 400 t) 桥机,每台桥机有 2 个单独的起升机构,当用 2 台桥机并车抬吊时,共有 4 个起升机构共同参与,这就需要保证它们之间的提升同步和力矩平衡。我们应用 6SE70 变频器的内置主从功能块并配合提升高度的偏差纠正控制成功实现了提升同步和力矩平衡,该技术的运用,使得四起升机

构力矩相对偏差小于 5%,提升的同步差小于 1 cm。这项技术不仅可以应用于起升机构,还可以应用于大车机构,实现大车两侧电机的同步、均衡控制,从而有效地保证了大车机构的无冲击平稳运行。

5 工控机与信息管理

触摸式面板工控机作为人机对话界面,主要承担维护、调试人员对电控系统的数据检测、程序调试、故障诊断功能,通过工控机上预装的软件,工程师能够访问 PLC、变频器,实现在线监测,实时修改数据、参数、程序,从而大大提高了维护、调试的方便性。它还可以显示桥机的运行参数,便于操作人员随时了解设备状态、故障信息、桥机的正常运行信息。

在工控机上安装有 DriveMonitor, DriveMonitor,它是实现对西门子传动设备现场调试的一个工具软件,可以进行参数设定、故障分析和跟踪记录等。这样实施在工控机上可以直接访问各变频器、在线监测等(图 2)。

工控机上装有 S7 - 300 PLC 的编程软件 STEP7 - V5.4,STEP7 对自动化工程各方面具有友好的用户功能:硬件的配置和参数设置、通信的定义、编程、测试 - 启动 - 维护、文件 - 建档、操作/诊断功能,所有功能均有大量的在线帮助,其主要功能块、数据块如图 3 所示。

工控机还可以完成一些功能设置,如荷重设置、纠偏投入/切除等,用于显示桥机起升机构的起吊重量、起升高度、各机构运行速度、位置、各机构传动装置状态、故障指示、当前报警信息、历史故障信息等的显示和记录,各机构传动装置的输出电流和直流母线电压等对于一般故障,桥机操作人员根据工控机的显示内容做相应的操作即可使设备恢复正常运行。若操作人员无法解决故障时,维护人员可以根据工控机的提示快速查找相应的故障源,修复或更换相应的元件,使设备恢复正常运行。

荷重、高度监测、显示的标定工作在触摸屏上完成设置,通过空载和带一定已知载荷时传感器的不同输入,PLC 程序自动计算各荷重的线性关系,此线性值由特定的存储器保存。此功能操作简单,易实现荷重标定,从而避免了以往解决仪表故障时的麻烦。

锦屏一级水电站桥机设置有工控机,利用 Wincc 软件实现了信息报表,统计故障信息和操

作信息,既有历史数据,也有实时信息,作为一款监控组态软件,WinCC 针对需求提供了强大的报

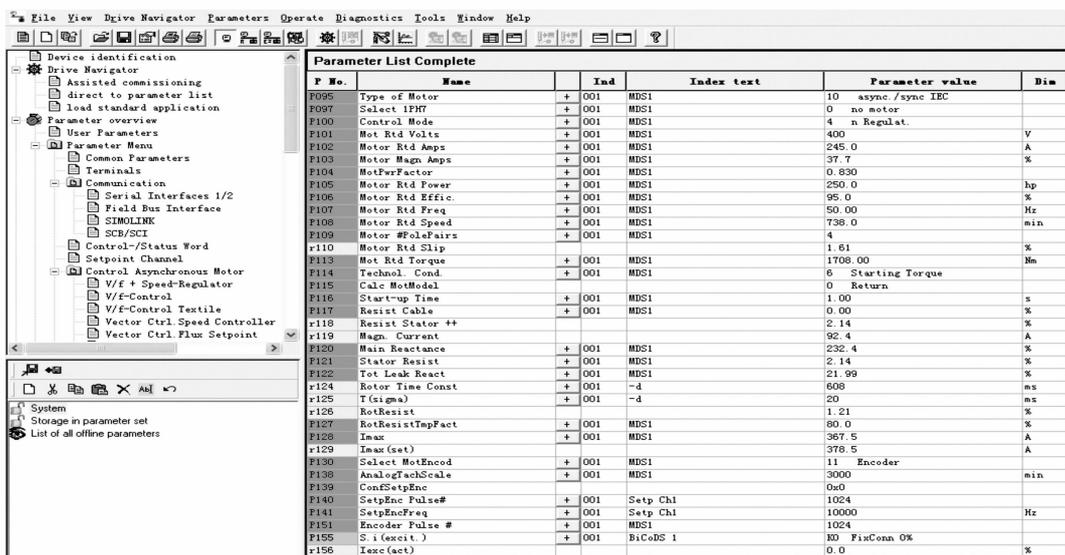


图 2 DriveMonitor 在线监测示意图

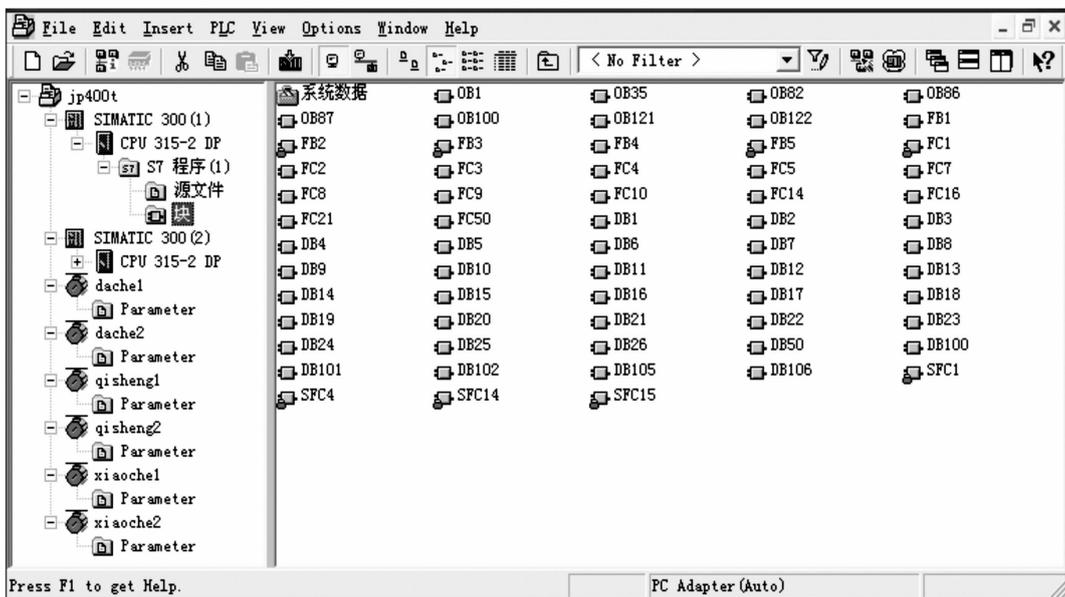


图 3 主要功能块和数据块示意图

表组态功能,实现了数据存储、数据分析和数据输出。WinCC 的过程归档功能提供了强大的数据处理能力,可以在归档管理中灵活的控制归档,几乎可以定义所有需要的数据统计种类。

- (1)周期的记录。
- (2)非周期的动作触发。
- (3)动作触发的周期记录。

对于过程归档数据的访问,可以使用 WinCC 的在线表格控件、WinCC 报表编辑器中自带的打印控件,同时,也可以使用 Connectivity Pack 选件脚本读

出数据。用户归档编辑器可以在服务器 PC 连续的保存来自技术过程的数据。在图形编辑器中,可以组态 WinCC 用户归档表格元素来以表格形式显示运行系统中用户归档的在线数。利用 WinCC 的选件 DataMonitor 实现使用 EXCEL、连接 WinCC 的归档数据,主要是结合 WinCC 的存储功能和 EXCEL 强大的数据处理功能来满足报表需求。

6 结 语

该桥机采用先进的控制系统,具有完善的安 (下转第 54 页)

管起坡处到喇叭口采用五点法控制以保证线形平顺,同时布设轨道筋以确保其过渡平缓与牢固,在波纹管上设置U型卡以防止波纹管在混凝土浇筑振捣的作用下弯折、扭曲和变形。

(2)加强波纹管的清理和检查。在穿束前反复用高压风、清水和振动棒对孔道进行彻底的清理。

(3)将工作锚板的位置在整束张拉前调整至距上喇叭口30 cm处,以确保工作锚板在张拉过程中有足够的移动空间,不至于对上喇叭口造成较大的挤压力。

(4)在穿束前对钢绞线束体涂刷石墨粉,以降低钢绞线与孔道的摩阻和钢绞线相互之间的摩擦力。

该工程施工过程中,在钢绞线上涂刷石墨粉可以降低钢绞线与孔道的摩阻和钢绞线相互之间的摩擦力,加快穿束速度,降低断丝裂纹数目,提高施工质量。但对于在钢绞线上涂刷石墨粉是否会影响钢绞线的锚固力没有有力依据,因此,特地进行了钢绞线锚固试验。试验分三组(完全涂抹、轻度涂抹、不涂抹)进行,通过三组试验取得的结果可以看出三组钢绞线的拉拔力均达到208 kN,满足设计要求。结果表明,对每束钢绞线涂刷1 kg石墨粉对预应力损失及水泥浆粘结力无影响。张拉前,为评估孔道摩阻系数及其对预应力效果的影响,检测HM15-12型环锚系统张拉时变角张拉装置的摩擦损失值,该工程还进行了车道平台波纹管摩阻试验和HM15-12型环锚弧形垫座摩阻损失检测试验。

张拉工序分两序、五级张拉。第一序张拉:左侧奇数号锚索按序张拉后,再进行右侧偶数号锚索按序张拉。张拉时,先对单根钢绞线进行预紧,再将锚索整束分五级进行张拉,每级张拉力递增(每级加250 kN)。第二序张拉顺序与第一序相同,不进行单根预紧,直接进行锚索整束张拉,最

(上接第51页)

全保护装置和故障自诊断能力,能以图文及中文文字形象地显示各种参数,便于实时监控桥机运行状态。设计上,不但在满足合同文件、标准和规范的前提下,还采用了成熟的先进技术实现创新,使设备在性能可靠、操作简便、维修方便的前提下具有较高的综合性能,也使得水电站桥机在电气

终将张拉力加至2500 kN。

张拉到最后时,对于不良锚索使用YDC240QX千斤顶自下而上逐根将压力升至计算压力进行退锚操作,按如下顺序逐根进行:12→7→8→11→4→3→10→1→2→9→6→5。

当压力达到并稳压后,操作人员至锚具槽侧面用工具将夹片拨出锥孔。在单根退锚将主拉端夹片全部取出之后,收缩大顶放张,利用钢绞线的收缩以退出被拉端夹片。夹片全部退出后,将机具拆除,取出工作锚板,用卷扬机牵引、人工辅助将索体退出孔道。

4 结 语

通过对国内外行业领域发展方向和水平的研究分析,针对南水北调穿黄工程中环锚预应力快速穿锚及一次性张拉施工的难点和特点展开了研究,对于工程中遇到的问题提出了解决方案并通过一系列检测和生产性试验验证其可行性,从而对现有理论和技术进行了完善与发展,取得了一套实用、创新的理论和技术成果,为类似高难度、高强度、超薄环锚预应力施工积累了成功的经验,拓展了环锚预应力的应用范围,推动了行业的发展。

该施工工艺的研究,不仅对当前南水北调穿黄隧洞内衬环形锚索预应力施工具有重要意义,还可为今后类似的环形锚索预应力工程提供重要的经验数据。

参考文献:

- [1] 任海波.无粘结环锚预应力混凝土衬砌结构优化设计研究[D].天津大学建筑工程学院,2007.
- [2] 付志远,张传建,段国学,等.穿黄隧洞衬砌1:1仿真试验研究实施报告[R].武汉:长江水利委员会,2005.

作者简介:

李 霞(1976-),女,山东博兴人,工程师,从事水利水电工程施工技术及管理;王吉成(1980-),男,宁夏中卫人,项目总工程师,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术及管理。

(责任编辑:李燕辉)

控制方面具备了更高的技术水平。

作者简介:

辜建儒(1971-),男,四川仁寿人,工程师,从事起重机械电气设计工作;蒋从军(1964-),男,重庆市人,高级工程师,学士,从事生产技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)