



水电控制系统概述

目前水电控制系统主要以 PLC 为主，国产 DCS 控制系统应用在水电厂，不但让水电系统又多了一种优质自控设备的选择，而且体现了 DCS 强大的软件组态优势，与外围控制设备合理衔接后，表现出简单的系统结构、优越的控制功能和非常友好的“人机”界面。

1. 概述

目前水电站控制系统多采用(进口)PLC 可编程控制器，DCS 控制系统很少在水电厂使用。山东鲁能控制工程有限公司开发的（水电计算机系统）DCS 控制系统首次成功的在腊子口二级水电站应用，是国产控制设备替代水电普遍在用的进口控制设备的成功尝试。

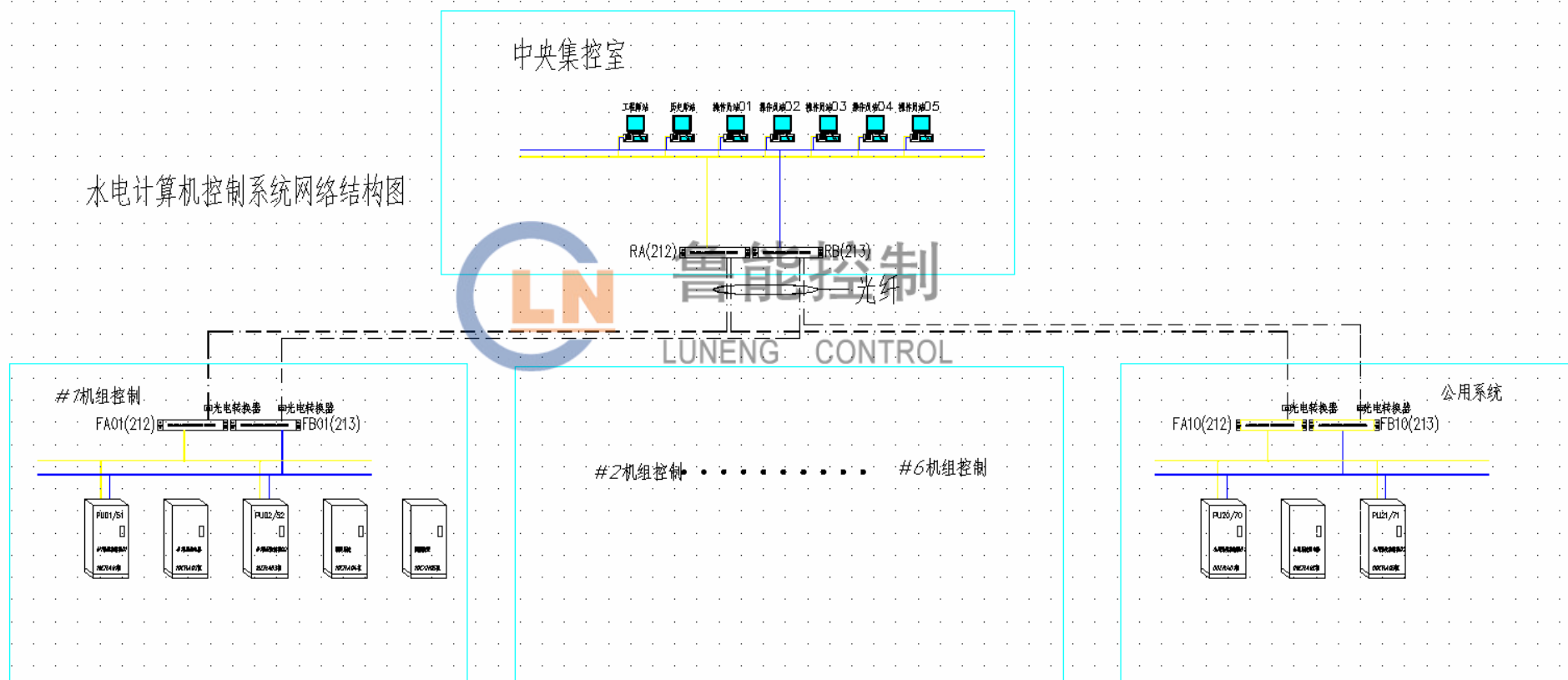
使用 DCS 也绝非是简单的对 PLC 的替换或套用 PLC 系统的设计模式，而是根据 DCS 方便的组态(编程)和强大的控制功能，来改变部分原控制系统的设计思路，以达到简化控制系统结构、节省投资、更容易操作、更可靠控制、最少的维护工作量和检修更方便的目标。

1.1 DCS 的特点(与 PLC 组成水电控制系统比较)

1.1.1 控制设备和应用软件(包括现地控制、上位机、工程师站等)由同一厂家提供，整体性、稳定性、系统兼容性更好，控制系统组态方便、运行可靠，维护简单。

1.1.2 控制系统结构简单，设备投资少。全厂的计算机控制系统结构见图 1。

水电计算机控制系统网络结构图



控制系统不设服务器, 不设厂级控制中心, 不设现地控制触摸屏, 不设厂级和厂内通讯站, 操作员站不分主次。

DCS 结构为 I/O 卡件与接线端子为“一体化”结构, 接线更加简单, 维护更方便; DCS 控制系统使用的是双 CPU, 国产 DCS 比采用进口 PLC 双 CPU 系列的计算机控制系统性价比高更有竞争优势。

1.2 中小水电站的特点

地处偏僻, 技术力量薄弱, 投资小, 运行方式“以水定电”。设计阶段就要充分考虑系统日后的“免维护”、操作简便、投资省、系统可靠。

2. 系统结构设计

电站的电气保护、系统同期、厂用直流、厂用电、及厂家成套的励磁、水机调速系统等的设计要围绕 DCS 控制系统和中小水电站的特点制作。充分利用 DCS 信息收集、处理能力强、系统可靠、人机交流友好的特点, 以软件能完成的就不再设计“二次”硬接线为原则, 如不设计手动远程操作开关(只留厂家带高压开关柜手动操作等)或后备手动控制回路。

2.1 控制系统构成

腊子口二级水电站计算机控制系统结构见图 1: 系统由一台 DPU 控制机柜构成, DPU 由相互冗余的双 CPU 组成, 同时控制三台水轮发电机组的调速系统、励磁系统、发电机保护、温度监测、调速器油压控制、交流电量监测、同期控制, 控制升压站中的主变压器、高压断

路器、交流电量采集、变压器和线路保护，同时监测隔离刀、地刀工作状态及所有的公用系统。

通讯系统由双以太网、双集线器组成。

DPU 控制机柜、操作员站、工程师站、集线器由两种不同性质不同来源的电源供给，一路为交流 220V、另一路为直流 220V，确保控制系统在失去厂用电时仍能正常可靠的工作。

若控制系统发生任一路电源故障、网络故障、集线器故障、CPU 故障、操作员站或工程师站故障，系统都能及时发出报警并有备份系统替代工作，且故障系统切换到备份(只有 CPU 故障时将冗余切换至工作位，其它均为并列运行)几乎是无时间差的，不影响电站的正常运行。

DCS 控制系统人机接口有二台操作员站，其中一台操作员站兼工程师站和历史站。

DCS 控制系统能监控到电站的几乎所有信息，甚至同期的投电、停电、复位、单向无压确认、双向无压确认、启动、选择同期点均在操作员站上进行。

所有的监控信息，都是以“硬”接线的方式接入 DCS 的 I/O 卡，没有采用水电设计传统的部分信息以通讯方式汇入控制系统。“硬”接线的优点是可靠、维护简单、对维护人员的要求相对不高。信息以通讯方式接入控制系统在查找故障时需要笔记本电脑和一定知识能力的技术人员，这对偏僻的中小水电站是比较困难的。

2.2 简化系统结构、减少操作要求

2.2.1 省去了水电站普遍采用的“现地控制”柜上的“触摸屏”。这是因为 DCS 完整的控制系统结构，不会出现“上”“下”游信息中断或因为“上”“下”游真的发生信息中断而失控现象，所以无需“后备”的“触摸屏”，简化了控制系统并减少了对运行人员的操作要求。

2.2.2 DCS 系统的 EM 卡(交流电量 0~5A、0~100V 采集卡)成功的在腊子口二级水电站 DCS 系统得到应用，正确显示出发电机、变压器、线路的电压、电流、有功、无功、功率因数，节约了 48 台交流电量转换成 4~20mA 的变送器和最少一个安装屏共约 10 万元设备购置费，并使系统结构变的简单、可靠性得到提高。

2.2.3 厂用直流 220V 直供 DCS (DCS 的第二路工作电源)和工程师站，省去了 UPS 电源。



2.2.4 整个电站共有五个同期点;即三个发电机出口断路器、二台主变压器高压侧断路器共用一套自动同期装置和备用一套手动同期装置，节省了设备费用，简化了同期控制系统结构。

全厂需要运行人员在 CRT 画面以外操作的只有手动隔离刀、地刀，备用手动同期，保护屏上的个别压板等。对人员培训、运行人员的技术层面要求相对小了。培训首先集中在操作员站画面上的内容，这对偏远地区运行人员快速达到正常值班要求非常重要。

2.3 其它考虑

设计阶段就考虑系统日后的“免维护”和少检修，减少设备故障，提高其利用率。

控制设备的特点;无转动机械磨损,但系统出故障查找难度大,需要有工作经验的专业技术人员处理,这对小水电站是很困难的。根据电气、电子设备的特点,要减少检修、维护工作量要把握好以下几点:

- a. 设备的质量过关
- b. 安装的质量过关
- c. 与其配套的设备匹配、合适
- d. 正确、合理地使用

设备质量和安装质量是可控的,只要中标价合理,设备成套和设备安装方理性的对待,有可靠的监督。

需要设计者熟悉所有相关设备的性能,仔细核对相关设备接口和匹配性,做到有机衔接。



将规程规定、设备操作要求等以软件方式固定在 DCS 内,杜绝发生危害设备安全或损坏设备的误操作。如非同期合闸、带地刀合负荷开关等。

腊子口电站的设计充分考虑到“免维护”和少检修的要求,运行几个月来未发生控制系统误控、保护系统误动、操作人员误操作和保护控制系统故障影响机组正常运行的情况。

3. 系统软化(组态)设计

用 DCS 控制“软件”替代部分“硬接线”功能、替代部分操作规程和操作经验、替代部分人工操作、帮助电站提高管理水平。

3.1 操作简单

操作简单是对电站各系统、设备之间的关联、运行规程的要求等方面的理解和控制设备与控制软件、人机界面有机衔接后的结果。

3.1.1 将部分主要操作规程的要求由软件固定在 DCS 内，运行人员在 CRT 画面上有“操作指导”、有“逻辑闭锁”，只能按照 CRT 画面的事先制定的“操作指导”顺序操作，不会发生误操作，见图 2，#1 主变压器高压侧断路器操作窗口与合闸条件。免去了很多电站采用的“五防闭锁”和部分“操作票”制度。

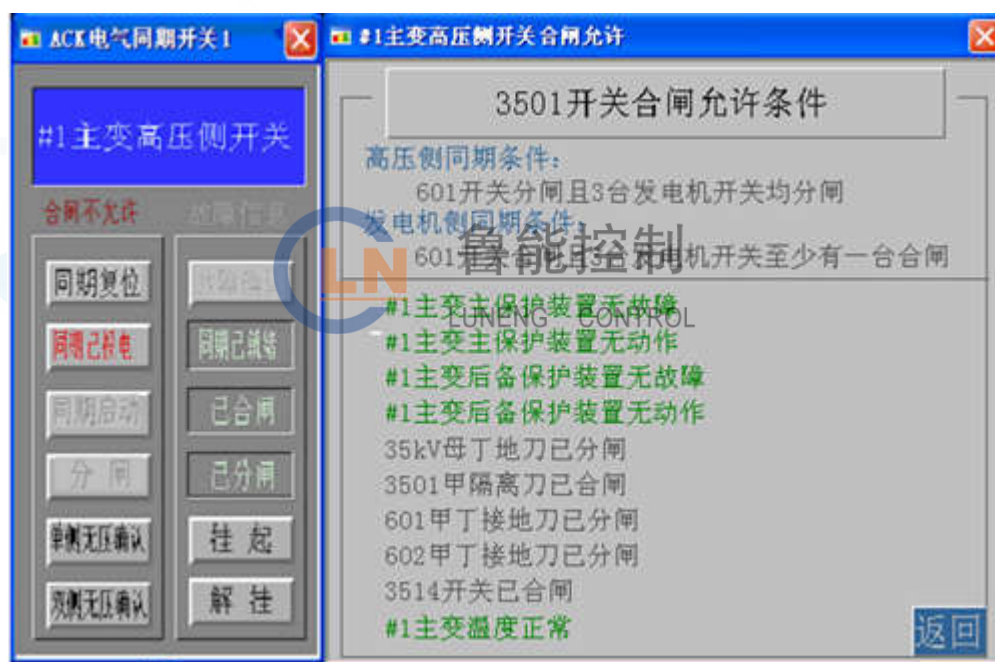


图 2: #1 主变压器高压侧断路器操作窗口与合闸条件

如升压站要改变二台主变压器的运行方式，(升压站内的地刀、隔离刀已处在合适的位置)运行人员在 CRT 画面一、二分钟之内就可完成。这种将操作规程要求输入至 DCS 内的做法很有实际意义：提高了效率(可节省十倍以上的时间)、又大大降低了对运行人员的技术要求(降低对运行人员的技术要求也很有意义，因为小水电招聘有经验的技术人员很困难)，规避了误操作的可能。

只保留高压开关柜和升压站的手动隔离刀、地刀操作票制度。

3.1.2 “一键并网”操作;就是运行人员只需在 CRT 画面上按“启动”和二次“确认”键,机组由零转速到并网程控全自动完成,大大提高了机组并网的速度和成功率。

3.2 “黑启动”

“黑启动”的含意是:与水电站联接的电网出现故障,大面积停电,水电站因为甩负荷或处理“不当”,水轮发电机组已停机,电站失去厂用电的情况下,需要机组能够启动并带上自己的厂用电,同时在电网调度要求上网时,为电网提供“备用电源”。

中、小水电站特别是小水电处在电网的末端,发生电网停电的机率比较高,并且小水电的系统备用电源也不可靠,因此设计有“黑启动”的控制方式非常必要。

腊子口电站的备用电源与电网已甩开,一是因为“黑启动”控制方案做的比较成熟,二是买入电网电价太高,三是电网提供的备用电源在事故时也不可靠,没有了备用电源的支持,所以“黑启动”对电站自己显得尤为重要。

“黑启动”的条件:

- a. 有水能
- b. 调速器尚存有工作油压
- c. 电气继电保护系统工作正常
- d. 控制系统工作正常
- e. 冷却水(技术供水)工作正常

一般正常并网的是首先闭合升压站联接电网处的断路器，然后依此闭合主变高压侧、低压侧、发电机的断路器；而“黑启动”是先闭合发电机出口的断路器，然后依此闭合主变低压测、高压测、升压站出口的断路器直到与电网联接，即与正常并网是“逆向”操作。所以 DCS 控制系统组态(编程)制作就需考虑“双向”操作又相互不影响的逻辑控制。

腊子口二级水电站具备“黑启动”要求；

a. 在电网故障机组甩负荷时，只要不超速，控制系统不联关进水阀，即有运行水能条件。

要求机组在电网故障(备用电源也失去)甩负荷时不发生超速，因为超速机组保护系统将自动关闭进水阀，在失去厂用电后已无法电动开启进水阀，手动开启有可能丧失最佳开机时机或调速系统残余油压达不到开机要求。腊子口二级水电站水轮机调速系统没有设计类似火力发电厂汽轮机调速系统的 OPC 控制功能，也可能因为采用 PLC 做复杂的控制系统比较困难，调速器内只有一套 PID 调节器同时控制转速和兼顾发电机有功。因此在机组甩负荷时，调速器有时很难控制机组转速不超过额定转速 140%(后改为 145%)，至使机组超速保护动作而关闭进水阀(甚至超速保护动作机组转速曾超过额定转速 160%，因为进水阀完全关闭需要约 40 秒)。水轮机调速系统利用了水轮机组有一定的超速能力，控制作用相对不足。为弥补水轮机调速系统控制功能的缺陷，在 DCS 软件内增加了类似火电 OPC 的控制功能，辅助控制水轮机的调速

系统后，机组在任何情况下甩负荷转速都控制在额定转速 110～120%范围内，极大的提高了机组的安全性，并在机组甩负荷后确保了厂用电。

- b. 在电网故障后的短时间内，调速器尚存有工作油压
- c. 电气继电保护系统工作电源为厂用直流，具备开机条件
- d. 控制系统备用工作电源、有一台操作员站为厂用直流，具备开机条件
- e. 冷却水(技术供水)为“自流式”，具备开机条件
- f. DCS 组态出满足“黑启动”条件的控制逻辑

3.3 前池水位监视

小水电的运行方式是“以水定电”，不参与流域内的水调，不参与电网负荷调整，最大化的利用好天然来水，就是将坝前水位控制在最佳位置；既不溢流浪费，又不降低水位势能而少发电，因此监视坝前或前池水位事关电站的经济效益。

用 DCS 丰富的软件功能，我们制做了一套监视水位的程序(组态)。当水位高于上限定值或低于下限定值时，自动启动计时器计时并发出报警，电站管理者对运行人员每班或每月越限累计时间超出和未超出规定的范围进行考核，并执行处罚或奖利，增加了水电站经济管理的手段(将前池水位控制在 $\pm 80\text{mm}$ 以内，水位上限距溢流高程只有 20mm)，提高其经济效益。

有关更多信息

想要了解更多鲁能控制 DCS 分散控制系统的产品、技术与服务信息，

请访问公司网站：www.lnkz.com

或拨打咨询电话：0531-87526166、87526966

或扫描二维码关注公司微信公众账号，了解更多最新资讯：



鲁能控制公司版权所有，内容如有更改，恕不另行通知。



鲁能控制
LUNENG CONTROL