



## 新华汽轮机数字控制系统 DEH-V

上海新华控制技术（集团）有限公司  
上海新华控制技术集团科技有限公司

地 址：上海紫竹科技高新技术产业开发区  
上海市闵行区紫月路968号

邮 编：200241

电 话：021-34292618

传 真：021-64847787

电子邮件：xhg@xinhuagroup.com

网 址：<http://www.xinhuagroup.com>

2017年6月印刷



上海新华控制技术（集团）有限公司  
上海新华控制技术集团科技有限公司



# 前言

上世纪六十年代中国与国际同步开展汽轮机电液调速系统技术的研究，并于1965年在长春投运了第一套低压透平油的电液调节系统；七十年代中期成功地开发了中国国内第一套采用高压抗燃油的电站汽轮机模拟电液调节系统AEH。

进入八十年代，中国开始实施300MW和600MW大型火电设备制造技术的引进项目。1981年中国从美国西屋公司及燃烧工程公司引进300MW、600MW火力发电设备制造技术，汽轮机控制系统DEH的制造技术没有引进，还得依靠进口。作为在此领域奋斗了几十年的技术专家——李培植先生——毅然决定承担起300MW和600MW大型火电设备控制系统中的汽轮机控制系统DEH国产化这项攻坚任务，领导汽轮机数字式电液控制系统的技术攻关。为此，1985年2月成立了跨行业、跨地区的集体所有制科研生产联合体——中华电液控制技术开发中心，后改名为新华控制技术联合开发中心，专门研制汽轮机DEH控制系统。

新华控制技术联合开发中心的成员早在1965年就已经研制成功汽轮机低压透平油的电液调节系统，1976年研制成功汽轮机高压抗燃油电液调节系统。因此在引进过程中，由于已经拥有电站汽轮机控制系统的设计技术和使用经验，新华控制技术联合开发中心很快就完全掌握了300MW、600MW汽轮机DEH系统的设计技术，在成立以后较短的二年内研制成功具有自主知识产权的DEH、MEH和DAS系统。公司凭借其拥有的火电厂汽轮机电液调节系统DEH这一核心技术，逐步形成了其在电站DEH领域的优势。DEH在电站自动化中所处的重要地位，又相应地提升了公司在电站自动化行业的地位。1988年新华控制技术联合开发中心以DEH技术为基础，成立了中外合资公司——新华电站控制工程有限公司。通过引进、消化、创新，第一套国产化的全功能DEH-III系统与上海汽轮机厂生产的300MW汽轮发电机组配套，于1990年1月在汉川电厂投入使用。这套系统与当时石横电厂、平圩电厂考核机组使用的西屋公司W2500小型计算机单机配置的DEH-II相比，前进了一大步，达到西屋公司DEH-III的水平。

这套系统运行实践表明300MW机组DEH-III国产化优化设计获得成功，完全可以代替进口，1990年12月原机械、能源两部召开了技术评审会，专家们一致认为DEH-III系统在中国属首次使用，研制是成功的，标志了中国汽轮机控制技术达到了新的水平。

此后DEH进入了批量生产，满足了300MW机组的配套，并且和320MW机组配套出口巴基斯坦，以零故障的优良业绩展示了中国品牌的DEH系统。600MW机组DEH-III于1996年1月在哈尔滨第三发电厂通过168小时试运行，移交电厂。

与此同时，新华控制技术联合开发中心，也即后来的上海新华控制技术（集团）有限公司（简称“新华集团”）继续发展DEH和DAS技术，并于1996年，将DEH与DAS系统融合发展成新华DCS控制系统——XDPS-400分散处理系统。

随着计算机技术的发展和电站对控制设备要求的提高，新华应用分散控制系统的设计理念，于1996年将DEH-III升级为分散型数字式电液控制系统DEH-III A。DEH-III A是电站汽轮发电机组的基于分散控制的实时控制系统。其液压部分采用高压抗燃油电液伺服控制系统EH。由DEH-III A与EH组成的电液控制系统通过控制汽轮机主汽门和调门的开度，实现汽轮发电机组的转速和负荷的实时控制。

随着应用和功能的扩展，在DEH-III A基础上组成了电站汽轮机岛控制系统，功能覆盖DEH、MEH、BPC、ETS、TSI、SCS（汽轮机部分）等系统，和锅炉岛控制系统组成电厂热工控制系统。第一套汽轮机岛控制系统于1999年投入运行。自1985年成立至2017年今，新华集团承接了电站汽轮机控制系统DEH和MEH2500多套。2006年，在XDPS400及DEH-III大量应用基础上推出了以新华XDC800为基础平台的DEH-V。DEH-V是DEH-III A的升级，涵盖了当今最先进的数字控制技术和电液伺服控制技术，集成了控制、监视和保护功能，将传统的汽轮机DEH系统的可靠性、实用性在DEH-III A基础上进一步提升，结构更趋合理。2011年1月，基于XDC800平台的DEH、ETS通过了国家工业自动化仪表产品质量监督检验中心的SIL3认证。

# 目录

## 汽轮机数字控制系统DEH-V 1

- 1.1 新华汽轮机数字控制系统DEH-V的硬件平台
- 1.2 汽轮机数字控制系统DEH-V的硬件结构
- 1.3 人机接口站HMI
- 1.4 图形组态与可视化编程软件OnXDC

## 2 电液伺服控制系统EH

- 2.1 高压抗燃油系统
- 2.2 低压透平油系统
- 2.3 节能型高压抗磨油液压控制系统

## DEH-V的可靠性设计 3

## 4 DEH-V的功能

## DEH-V系统技术性能 5

## 6 DEH-V的特点

## DEH、ETS通过了SIL3认证 7

## 8 数字式工业汽轮机控制器XTC-M800

## 应用领域 9

## 新华集团的技术优势 10

## 11 引用的规范和标准



# 1. 汽轮机数字控制系统DEH-V

为适应运行于大电网中的汽轮发电机组对自动化控制水平提出的愈来愈高的要求，汽轮机发电机组都已普遍采用了数字控制系统DEH，DEH系统已成为电站分散控制系统DCS的一个节点。在大型汽轮机普遍采用数字控制系统DEH的同时，200MW、125MW、100MW、50MW及以下机组，中间再热机组或抽汽机组也都使用了数字控制技术。

汽轮机数字控制系统DEH是汽轮发电机组实时控制系统，是汽轮机启动、停止、正常运行和事故工况下的调节控制器。通过数字控制技术，控制汽轮机主汽门和调门的开度，实现对汽轮机发电机组的转速、负荷、压力等的实时控制。

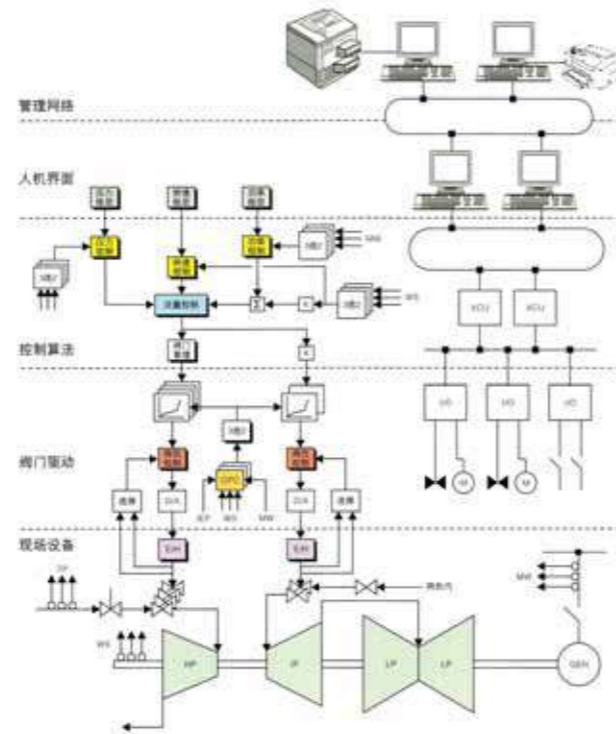
新华汽轮机数字控制系统DEH-V是新华集团在DEH研制、设计、产业化过程和电站汽轮发电机组DEH-III和DEH-IIIA运行实践基础上的升级产品，是新华集团不断创新的又一成果。DEH-V涵盖了当今最先进的数字控制技术和电液伺服控制技术，集成了控制、监视和保护功能，将传统的汽轮机DEH系统的可靠性、实用性在DEH-IIIA基础上进一步提升，结构更趋合理。

新华汽轮机数字控制系统DEH-V由两部分组成：汽轮机数字控制系统DEH-V和电液伺服控制系统EH。

汽轮机数字控制系统DEH-V采用新华数码控制系统XDC系列的硬件和软件。硬件是由XDC系列的分散处理单元XCU、工程师站、操作员站及I/O卡件组成。软件采用XDC系列OnXDC图形组态软件和可视化编程软件。

电液伺服控制系统EH是汽轮机数字控制系统中的一个重要组成部分。新华EH分为采用高压抗燃油和低压透平油作为液动介质的两种液压控制系统。

汽轮机数字控制系统DEH-V采用分层设计，各层次结构分明：网络、人机界面、过程控制、伺服控制驱动和现场阀门执行机构设备，各层次各自完成独立的功能。DEH-V的过程控制部分完成汽轮机的转速、负荷的实时控制；伺服控制驱动部分完成油动机和蒸汽阀门的闭环伺服控制；现场阀门执行机构产生推动阀门运动的动力；人机界面完成实时显示、报警与各种操作；网络完成汽轮机控制系统与电厂管理网络之间的通讯。

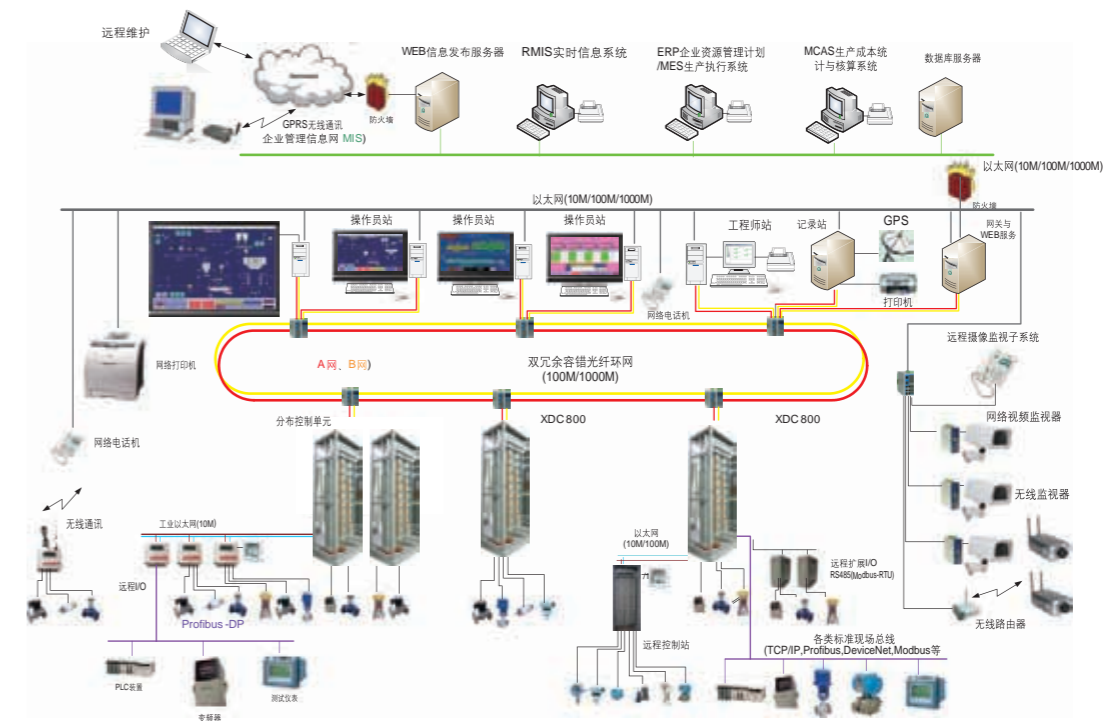


## 1.1 新华汽轮机数字控制系统DEH-V的硬件平台

新华汽轮机数字控制系统DEH-V的硬件平台是面向整个生产过程的先进过程控制系统XDC800。XDC800是XDPS-400的升级产品，是一套融计算机、网络、数据库和自动控制技术为一体，融合工业以太网和现场总线并充分利用Internet的全分布的网络化综合自动化控制系统。

XDC800系统中的各层次硬件模块，都采取了智能化配置。使用嵌入式软件操作系统(WinCE)，使用嵌入式软件编程，使程序结构更为紧凑、代码精练、执行效率高、安全可靠。

- 管控一体化的设计理念
- 面向整个生产过程的先进过程控制系统
- 以高性能的32位CPU处理器组成的新华控制器XCU为核心
- 汽轮机控制专用智能I/O模块，全冗余输入输出
- 分离式模块化结构的I/O替代XDPS插卡式结构，无需配置端子柜
- 数据分流技术和无服务器的系统架构
- 工业以太网与现场总线的集成与融合
- 基于Web技术的网络操作，通过IE浏览器方式调用显示图像，浏览器窗口显示实时信息和数据，实现文件和数据的网络传输
- 可视化图形组态软件和图形组态编程软件
- 过程控制快速数据处理技术，减小存储器空间占用，提高历史数据查询速度
- 包含了过程控制、逻辑控制和批处理控制，适应用户的真正控制需求

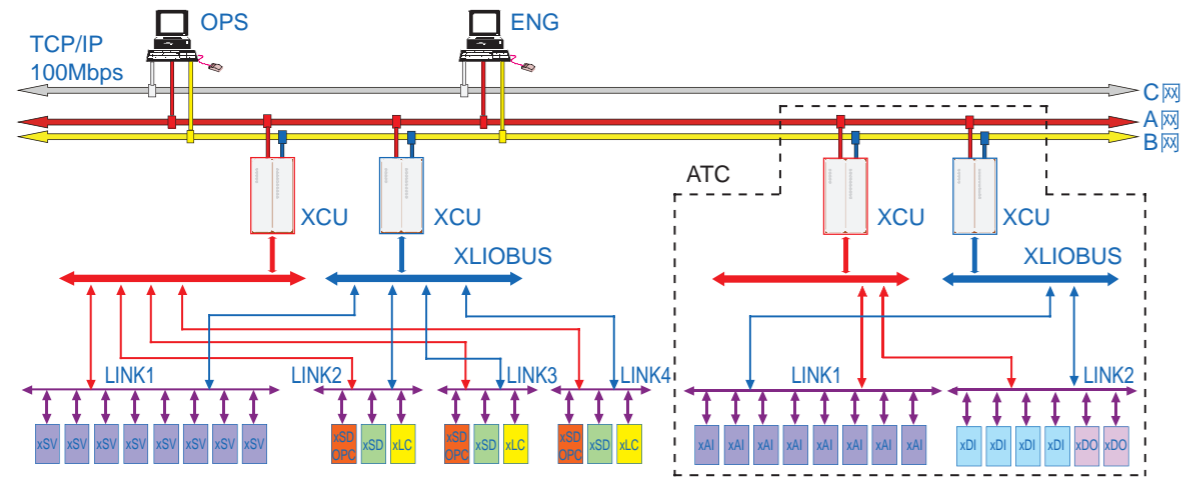


- XDC800是国家科学技术部等四个部局评定的“国家重点新产品”
- XDC800工业过程控制技术被评为上海市科学技术二等奖
- XDC800通过了CE/EMC、FCC、TÜV等多种国际标准认证
- 基于XDC800平台的DEH、FSSS、ETS通过了SIL3认证

## 1.2 汽轮机数字控制系统DEH-V的硬件结构

DEH-V涵盖汽轮机控制系统DEH、给水泵汽轮机控制系统MEH、电站旁路控制系统BPC、汽轮机保护系统ETS和汽轮机监测仪表TSI，组成电站汽轮机岛控制系统。

由XDC800组成的DEH-V是电站DCS系统中汽轮机控制的典型控制系统。DEH-V系统结构如下



### 1.2.1 硬件配置



DEH-V系统的硬件系统由控制柜、工程师站、操作员站以及对应的网络组成。

控制柜是由冗余配置的新华控制器XCU、汽轮机专用的转速测量模块xSD、伺服控制模块xSV和各种I/O功能模块组成。控制柜I/O输入模块采集现场I/O信号，按照所设计的DEH控制策略进行运算处理，由伺服控制模块输出，通过EH系统控制现场执行机构或阀门。

对于大型机组，DEH-V通常由二套冗余配置的XCU分别实现基本控制、汽轮机转子应力计算及自动汽轮机控制ATC功能。

由工业PC机组成的工程师站与操作员站是人机接口。工程师站ENG用于控制策略组态，装载软件、系统维护管理等功能。通常一个DEH-V系统配置一台工程师站。

操作员站OPS用于汽轮机监视与运行操作，是运行人员监视生产过程运行状态、确保生产过程稳定运行的窗口。通过运行人员操作，显示生

产过程、工艺流程图、趋势图。

DEH-V系统设计有控制层网络和现场层网络。控制层网络XDCNET用于分布式控制单元与人机界面计算机HMI之间的实时数据传输。为保证系统数据传输的实时性与确定性，该层网络由A、B、C三个网络构成。XCU

与HMI设备直接挂在A、B网上以冗余方式传输系统实时数据，HMI设备同时又挂接到C网，将诸如文件、历史数据、图像数据等非实时性要求的传输限在C网上。现场层网络IONET用于XCU与转速测量模块、伺服控制模块和I/O模块之间的数据传输，冗余配置。采用三重冗余ESD技术，配置三选二逻辑的专用独立硬件与软件组成OPC，实现超速控制及超速保护，确保汽轮机安全运行。

### 1.2.2 新华控制器XCU

新华控制器XCU是DEH-V的主机部分。采用冗余的IONET总线实现对I/O的通讯及控制。同时通过XDCNET网络实现XCU联网。软件的组态在工程师站完成，组态完毕后装载在XCU内，可以通过在线与离线两种方式进行修改。DEH-V配置一套或两套冗余的XCU，互为热备用。新华控制器XCU的特点：

#### ■ 功能分散

XDC800各站功能相对独立，通过通讯网络传递信息，实现信息共享。功能分散的系统结构将提高系统的可用率；同时使系统的风险分散，提高系统的可靠性。

#### ■ 冗余配置

控制器XCU可以采用冗余配置，连接XCU和HMI的高速数据网络冗余配置。该冗余均为热备用方式，当主控设备出现故障时，系统将无须人工介入，自动切换至热备用设备，在操作员站、工程师站的监视画面上显示出故障设备，提醒运行人员，系统仍维持原有功能稳定运行。冗余技术的使用提高了系统的可靠性和无故障运行时间。

#### ■ 直观、简洁的可视化图形组态软件

符合IEC61131-3国际可编程控制语言算法，可一次完成所有控制策略的设计与编程。

#### ■ 多任务的操作系统

多任务嵌入式操作系统，可组态的多回路处理能力，使同一块控制器同时控制具有不同要求的对象。

#### ■ 在线组态、仿真

XCU支持在线组态，包括参数整定、仿真、算法、策略的在线修改，修改不必重新对整个控制算法编译、下载。大大方便了用户对组态的维护和系统的调试。

#### ■ 强大的功能模块

XCU的算法功能模块非常简练、实用，支持多种控制功能，具有各种专用模块和用户自定义模块，能满足各类过程控制、过程保护的要求。

#### ■ 上电自恢复

XCU上电过程无需人工干预，自动进入正常工作状态。

#### ■ 带电插拔

XCU可以在线带电插拔，使维护与更换非常方便。

### 1.2.3 IO模块

DEH-V系统全部采用XDC800系列智能模块，完成特定的信号处理功能。模块由CPU、隔离器、A/D或D/A、放大器、过流/过压保护、模入变送器供电、开入查询及模块通讯等组成，均采用表面贴装工艺。

DEH-V系统的模块主要有：

- 转速测量模块xSD
- 汽轮机阀门伺服阀控制模块xSV
- 模拟量输入模块xAI
- 模拟量输出模块xAO
- 开关量输入模块xDI
- 开关量输出模块xDO
- 回路控制模块xLC
- 逻辑保护模块xLP



### 1.2.3.1 汽轮机数字控制系统的专用模块

#### (1) 转速测量模块xSD

xSD具有智能测速和超速保护功能，是汽轮机控制系统中专用的测速和超速保护模块。

xSD模块采用RDC8830 16位嵌入式CPU，它具有速度快、数据处理能力强，与PC机的指令相兼容等特点。因此，具有较强的软件开发手段。最大寻址空间为1M，I/O为64K，有3个16位定时器/计数器、多级中断、8个优先级等功能。

程序存储器FLASHROM (29F040)，FLASH ROM中固化了32K的EMON86 V3.21和执行程序，数据存储单元是一片621024 1M RAM，该RAM主要用于程序的运行和数据计算。

xSD模块用于监测汽轮机转速，判断超速保护与控制，同时还具有甩负荷预测功能、功率—负荷不平衡功能。可以实现在线运行超速保护试验。xSD模块快速完成转速的判断与执行，确保汽轮机甩额定负荷时转速飞升不超过7%。

为了保证汽轮机转速控制和超速保护系统的可靠性，在DEH-V系统中，配置了6块独立的xSD模块，其中3块三重冗余的转速输入用于汽轮机转速控制，另外3块三重冗余的转速输入进行3选2判断，用于超速保护OPC，最大程度地防止超速保护的误动和拒动。

#### ■ xSD模块的技术指标：

- 1路测速通道：0~10kHz，  
最小门槛输入电压：100mV；  
测量转速时间<20ms；
- 8路开关量输入；
- 4路开关量输出；

#### ■ xSD模块的主要特性：

- 高性能高可靠性设计
- 输入/输出全光电隔离，隔离电压≥1500V
- 低功耗设计<2.5W
- 支持热拔插
- 运行状态LED指示

#### ■ xSD测量精度：0.1 r/min

#### ■ xSD模块的技术指标：

#### (2) 汽轮机阀门伺服阀驱动模块xSV

xSV模块是专为DEH-V系统设计，实现对伺服阀PID控制的模块，用于汽轮机阀门伺服驱动控制。xSV模块与电液伺服阀对应，实现阀门油动机的单独控制和阀门管理功能。

xSV模块使用高输入阻抗仪用运放、16bitAD实现信号的采样；在前端使用电子模拟开关切换通道，后端使用隔离运放实现外部信号与内部CPU部分的隔离。高性能的RDC8830 CPU完成多种信号的采样、处理，伺服阀PID控制、阀门反馈智能判断选择，并实现与上位机的通讯。

xSV配合xSV-TB，接受2路位移传感器(LVDT)信号，2路0~20mA信号，2路±40mA 伺服电流的输出，2路0~20mA电流输出，78路开关量输入，1路开关量输出。

xSV模块支持冗余配置，可以使用两套独立的xSV模块实现一个阀门油动机的控制，避免在xSV模块发生故障时导致的阀门波动。

冗余伺服控制模块与伺服控制端子板配合使用，可实现对双线圈伺服阀的位置闭环冗余控制。

#### ■ xSV技术指标：

- 1个PID控制回路
- 8路模拟量输入，0~5V输入范围，

采样误差<0.1%

- 2路模拟量输出，0~20mA，误差<0.2%
- 7路干节点开关量输入
- 1路继电器触点输出，1A/30VDC
- 信号与通讯总线之间隔离大于3000VP-P
- 冗余时：
  - (1) 位置闭环控制循环时间：10ms
  - (2) 位置控制精度：1%
  - (3) 冗余模块切换波动：2% (Normal)
  - (4) 故障切除时间：30ms

#### ■ xSV主要特性：

- 高可靠性设计
- 16位A/D、100k/s转换速率
- 高性能16位CPU
- 信号与通讯总线之间隔离大于3000VP-P
- 运行状态、信号状态LED指示
- 冗余控制逻辑方面，为了更可靠的实现伺服阀冗余控制，硬件上实现了：
  - (1) 板载电源故障时切除输出电流
  - (2) 模块与端子板之间连接电缆断线时切除输出电流
  - (3) CPU死机后3个控制周期后切除输出电流
  - (4) CPU部分：参数自检、CPU看门狗
  - (5) A/D部分：A/D芯片自检、反馈信号超量程
  - (6) D/A部分：D/A输出回校、D/A输出看门狗
  - (7) 功放部分：输出故障或伺服阀线圈断线检测

除了上述的模块自检外，两块冗余模块使用独立的通讯链路完成必要的的数据交换，其中包含模块自检实时状态、模块控制指令、模块同步时间等。通过对自身状态和冗余模块状态的判断，实现伺服阀电流的输出控制。

### 1.2.3.2 通用模块

汽轮机控制专用模块与通用I/O模块一起，共同实现汽轮机的转速控制和负荷控制功能。

DEH-V系统I/O通用模块的特性：

#### ■ 规范

- xAI：输入 8
- xDI：输入 16
- xAO：输出 8
- xDO：输出 16
- xLC： 4路 AI；1路AO；4路DI；4路DO
- xLP： 24路DI；6路DO

#### ■ 电气特性

- AD：16位
- 模拟量输入测量精度：电压电流0.05%；热电阻、热电偶0.1%
- 模拟量输出精度：0.1%
- 通道间隔离电压400Vp-p
- SOE分辨率1ms
- 供电电源24VDC (±25%) 0.1A(max)

#### ■ 外型尺寸

- 宽度：50mm
- 深度：116mm
- 高度：130mm

#### ■ 运行环境

- 工作温度：-20℃ ~ 60℃
- 存储温度：-40℃ ~ +85℃
- 相对湿度：90% (无凝结)

### 1.3 人机接口站HMI

工程师站ENG和操作员站OPS是DEH-V系统的人机接口站HMI。HMI采用工业PC机，运行Windows系列操作系统，外接高分辨率彩色显示器、激光打印机、光盘机。DEH-V系统的人机界面丰富多彩，操作非常直观方便，工程师站可以作为操作员站的备用站。

主机	PC工作站/工控机
操作系统	WINDOWS XP/WIDOWS 7
汉化能力	全汉化
图形分辨率 (取决于组态软件)	
画面调用时间	1s
画面上数据刷新周期	1s
· 动态点/画面 · 发出操作指令到返回显示的时间	<2s
软件	逻辑算法图形组态软件和人机界面图形监控组态软件
在线实时组态	可以
全离线组态	可以
离线仿真	可以
软件在线升级	可以
图形组态自动复现	上装自动复现 文档自动更新

### 1.4 图形组态与可视化编程软件OnXDC

OnXDC是运行于XDC800系统人机接口站（HMI）

和控制器（XCU）上的新华集团自主开发的软件包。OnXDC和系统硬件是作为一个整体来开发的，包括xHMI人机界面可视化图形生成软件和xCU控制策略图形组态软件。xHMI具有强大的图像显示功能和方便、直观、可视化的图形生成功能；xCU控制策略图形组态编程软件具有非常丰富的控制算法，控制算法模块符合IEC1131-3标准。

OnXDC的主程序界面：



OnXDC采用统一的分布式实时数据库，在网络上共享，系统不需要配置服务器，因而避免因配置服务器，导致DCS系统物理架构和功能的瓶颈。

OnXDC相互协调性非常好，除了支持强大的功能节点之间数据交换功能外，还可以通过执行各种指令的方式，进行相应的操作，而无需通过中间的功能节点。

OnXDC的组态方便灵活，功能块几乎和SAMA图一样，集在线和离线于一体。强大的UNDO，REDO COPY功能，便于用户对控制策略的编辑和修改。

- 视窗架构的人机界面风格；
- 基于Web的网络操作，通过IE浏览器方式调用显示图

像，浏览器窗口显示实时信息和数据，实现文件和数据的网络传输；

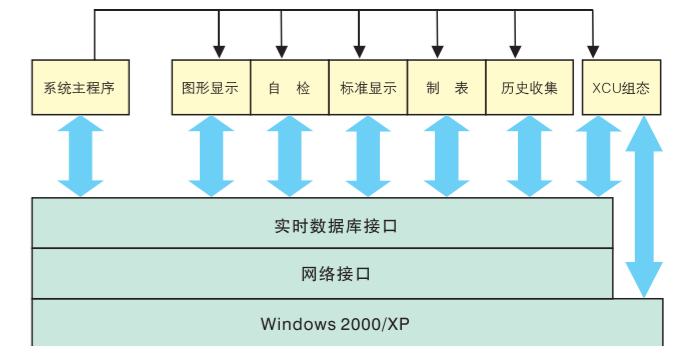
- 支持多媒体应用，包括语音与视频；
- 采用全局的分布式数据库；
- 控制逻辑的可视化图形组态工具，采用仪表人员熟悉的SAMA图风格，符合IEC61131-3中功能块图形组态的标准；
- 提供各种预定义功能块和由用户自定义新功能块的工具，功能块添加采用拖放形式，功能块之间连线采用自动布线技术“画图即组态，所见即所得”，非常简单、直观；
- 工程师能以可视化的图形方式在线观察/组态/调试控制过程：修改、操作、调试、观察趋势曲线等；
- 虚拟技术的应用工程师，可在PC机上完成控制策略的组态及编程，并对组态进行全面仿真；
- 可离线组态，并保存到磁盘上；
- 报表软件编辑功能，十分方便地生成各种形式的表格；
- 基于中文操作系统内核OnXDC软件完全汉化；
- 具有强大的系统自诊断功能，诊断功能可以达到通道级。

#### 1.4.1 HMI软件

DEH-V系统的操作员站OPS多窗口显示，通过流程图、棒状图、趋势图、单点、一览、成组显示等形式监视汽轮发电机组实时运行状况。通过自检查看DEH-V系统的工作状态，系统提供实时报警、历史报警、历史趋势、SOE记录。

工程师站ENG提供强大的编程、管理工具：系统配置、数据库生成、图形生成、控制逻辑组态生成、报表生成、历史记录等等。图形生成软件可以实现各种复杂工艺的三维图形；报表软件

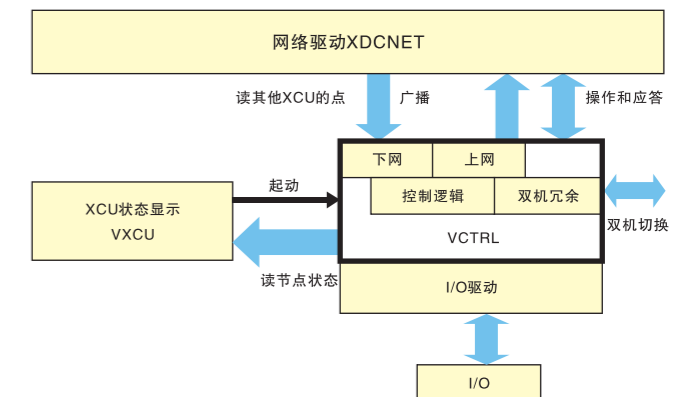
可以配置生成周期型报表、触发型报表、SOE追忆型报表。历史记录可以收集开关量、模拟量全局点的历史数值。



#### 1.4.2 XCU软件

DEH-V系统实时控制软件包括汽轮机基本控制软件和ATC软件两部分。基本控制软件实现对汽轮机转速、负荷、压力等主要控制量的采集、判断和闭环控制，以及阀门试验、阀门管理、超速试验、频率调节等基本功能；ATC软件执行机组自动启动的顺序逻辑控制功能。实现对汽轮机、发电机和辅机的温度、压力、流量的采集与判断，并进行转子应力计算和寿命累计。

OPC超速保护软件常驻在xSD模块内。

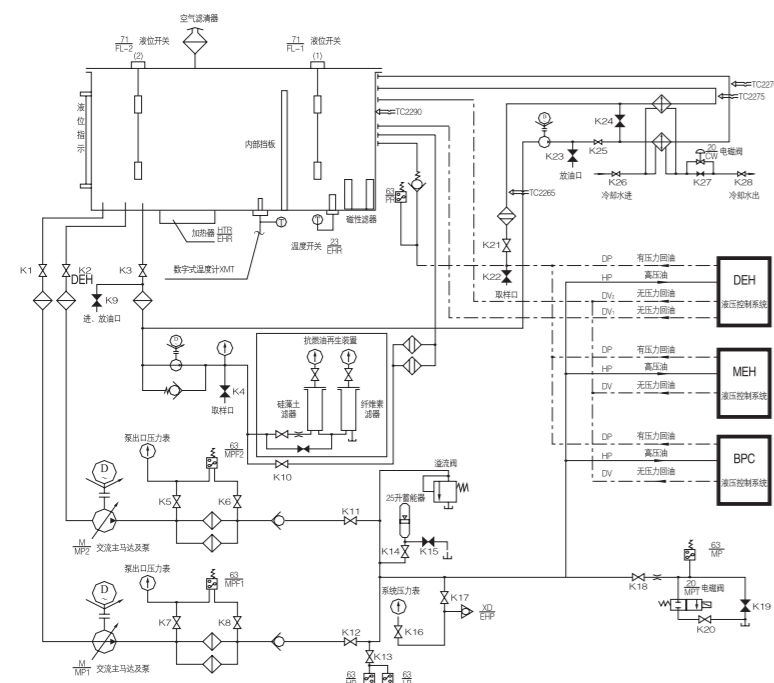




## 2. 电液伺服控制系统EH

### 2.1 高压抗燃油系统

高压抗燃油系统主要有供油系统、执行机构和危急遮断系统三大部分组成。



### (1) 供油系统

抗燃油供油装置、再生装置以及油管路系统组成EH供油系统，它由变量泵提供14.5 MPa的恒定压力来驱动伺服执行机构，同时内部独立滤油系统和冷却系统使EH油工作在合格的状态下，确保执行机构安全、可靠、正确运行。该供油系统具有足够的容量可以同时满足DEH、MEH和BPC液压控制系统的用油。即DEH、MEH、BPC三个系统可以共用一个油箱。



### (2) 执行机构

以上汽机组为例，1000MW超临界汽轮机有9只汽门分左右两侧：2只高压主汽门、2只高压调门、2只中压主汽门、2只中压调门和1只补汽阀。主汽门的启闭由电磁阀控制，主汽门油动机为两位式，使阀门仅处于全开或全闭位置。而调节汽门和补汽阀则通过伺服阀将阀门控制在任意位置，关闭是通过伺服阀或相应的电磁阀实现。

液压控制系统由9个执行机构组成。4个由电磁阀控制的开关型执行机构分别控制2个高压主汽门和2个再热主汽门的开启。4个伺服型执行机构分别控制2个高压调门和2个再热调门的阀门开度，它们可以根据计算机指令使阀门控制在任意要求的位置上。还有一个补气阀油动机。

900MW超临界汽轮机液压控制系统由9个执行机构组成。除接口尺寸、油缸口径等差别外，动作原理同1000MW引进型汽轮机液压控制系统。

600MW引进型汽轮机液压控制系统由12个执行机构组成。2个由电磁阀控制的开关型执行机构分别控制2个再热主汽门的开启。10个伺服型执行机构分别控制2个高压主汽门、4个高压调门、4个再热调门的阀门开度，它们可以根据计算机指令使阀门控制在任意要求的位置上。

300MW引进型汽轮机液压控制系统亦由12个执行机构组成。2个由电磁阀控制的开关型执行机构分别控制2个再热主汽门的开启。10个伺服型执行机构分别控制2个高压主汽门、6个高压调门、2个再热调门的阀门开度，它们可以根据计算机指令使阀门控制在任意要求的位置上。

100MW国产型汽轮机液压控制系统由5个执行机构组成。1个由电磁阀控制的开关型执行机构分别控制1个主汽门的开启。4个伺服型执行机构分别控制4个高压调门阀门开度，它们可以根据计算机指令使阀门控制在任意要求的位置上。



### (3) 危急遮断系统

当机组发生紧急情况或机组运行参数超出限制值时，ETS (Emergency Trip System) 装置将发出紧急停机信号。AST电磁阀动作，EH安全油泄压，蒸汽阀门在操纵座弹簧力作用下迅速全部关闭，机组自动停机。4个

AST电磁阀相互串并联结构、OPC电磁阀组成并联机构，确保遮断系统安全。

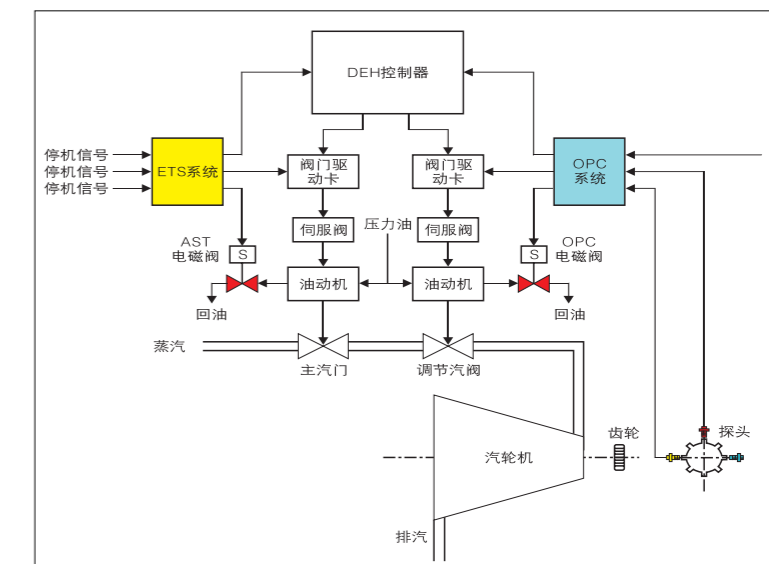
ETS系统与DEH系统有着密切的联系，ETS系统通过EH部件及油管路来完成保护动作。ETS保护系统动作后，必须使DEH的各个环节联锁动作。ETS系统的跳机信号除送到AST电磁阀使主汽门快速关闭外，还同时送到DEH控制器和阀门驱动卡内，清除指令信号。



### 2.2 低压透平油系统

汽轮机低压液压控制系统采用低压透平油系统作为执行机构的动力驱动汽轮机蒸汽阀门，它的透平油供油、油动机、配气机构及保安系统沿用常规配置的设备。

低压透平油DEH系统的关键部件是电液转换器。新华采用的是力矩马达蝶阀式结构和DDV (Direct Drive Servo Valve) 伺服阀为电液接口的低压透平油DEH系统。



### 2.3 节能型高压抗磨油液压控制系统

汽轮机的调节系统是一个负反馈闭环控制系统。该系统在各种干扰的情况下，可以将汽轮机的某些运行参数（如转速、功率、主汽压、抽汽压力、排汽压力等）维持在给定的某一定值上。对于100MW以上的机组，普遍采用了高压抗燃油数字电液调节装置（高压纯电调DEH），对于100MW以下的机组，采用了低压透平油数字电液调节装置（俗称低压纯电调）。两种控制装置的电液部分基本相同（在应用程序上有些区别），但其控制性能有较大差别。主要原因在于其液压伺服装置不同。

高压抗燃油伺服机构的动态响应快、提升力大、控制精度高、检修维护方便。所以，高压抗燃油DEH的控制性能优于低压系统，尤其对于高参数、大功率的大型机组特别具有优势。但是，磷酸酯抗燃油属于强酸性，有一定毒性，既不环保，又容易水解酸化，需要专门配置一套再生装置。所以其液压油供油系统复杂、装备造价高、运行维护费用高。

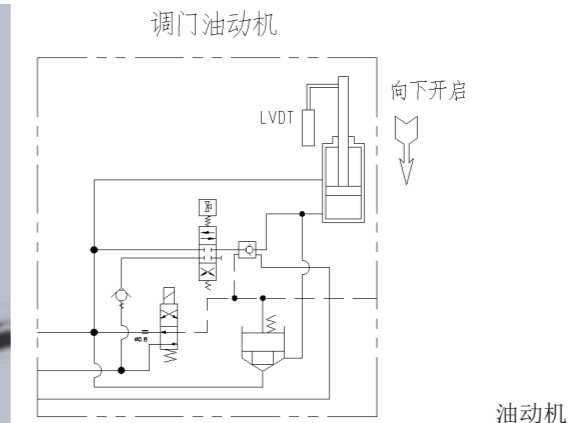
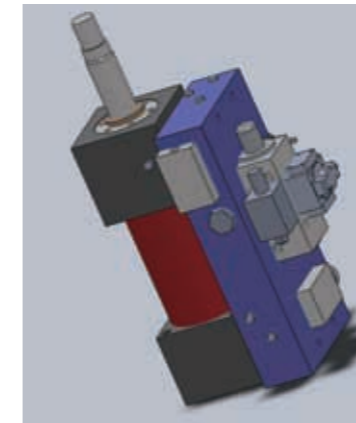
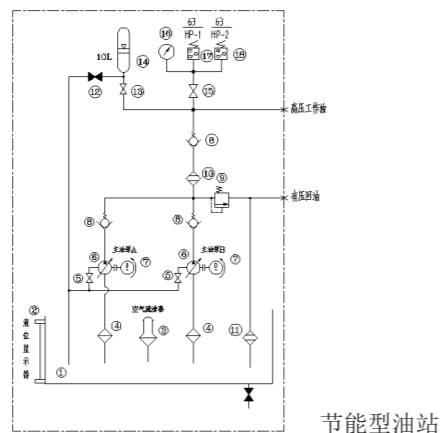
对于低参数、低功率的小容量汽轮机组，抗燃油的使用意义不大，缺点多于优点。因此在节能型液压系统中采用抗磨液压油作为工作介质是我们推荐的首选。

节能型液压系统的基本配置是一个（或2个）调节阀油动机（根据机组调节阀配置情况确定），每台机组的油动机配一套油源泵站及相关液压管路。因此，系统性价比高，既可实现动态响应快、提升力大、控制精度高、检修维护方便等优点，解决了由于低压透平油控制系统的油质差、控制精度差、不易维护的问题，又可以改变高压抗燃油所带来的环保问题，具有很好的社会效益。

现有的低压透平油系统改造方案，要使用原调节系统中的油源、油动机错油门等液压部套，还要适应不同厂家不同年代的产品，特别是运行几十年或停运很久的旧机组的电调改造，油系统和调节系统都已破旧不堪，导致影响调节系统性能的因素多样化，复杂化，不容易解决，而相关图纸、资料的缺失，也严重影响设计的准确性，造成现有的改造方案，设计加工的周期比较长，现场工程实施调试及以后的售后服务工作量很大，同时故障率较高。

节能型液压系统本身是一套全新、独立的调节器，它有独立的油源和控制系统，可直接控制油动机，不受以上因素影响，设计，安装调试等工作易于规范化，大大减小工作量及相关工作的复杂程度，调节性能大大提高，故障率降低。

节能型高压抗磨油液压系统是一种集成式电液执行器，用于与DEH配套，执行DEH控制指令。可以完全替代低压透平油油动机和高压抗燃油电液油动机，控制汽轮机的调节阀，实现电液控制。



节能型液压系统兼有高压抗燃油伺服系统和低压透平油伺服系统的优点，满足大、中、小型汽轮机的DEH控制系统的伺服系统要求，同时比目前的高压抗燃油伺服系统简化，大大减少了造价和维护费用。

#### 节能型液压系统的特点：

- 适应国家总体环保需求；
- 泵站高压供油系统结构简单、紧凑，使用寿命长；
- 泵站油源独立，清洁度容易保证，维护简单；
- 油动机结构简单、体积小，抗干扰能力强；
- 油动机动态响应快，输出刚度大，定位精度高；

## 3. DEH-V的可靠性设计

### ■ 冗余控制

- 冗余的新华控制器XCU及双机容错软件设计
- 冗余的高速数据网络
- 冗余的I/O站与XCU通讯
- 重要信号冗余，I/O模块冗余
- 基本控制转速通道三选二
- 超速控制和超速保护OPC转速通道三选二
- 双路阀门油动机位置反馈LVDT
- 双路交流供电电源
- 冗余的I/O模块电源
- 冗余的伺服控制功能

### ■ 重要信号三选二处理

- 采用三选二处理的现场信号是通过三块单独的I/O模块读入，每一块I/O模块分装于不同的通讯通道内。三选二的信号有：
- 主蒸汽压力、调节级压力
  - 抽汽压力
  - 汽轮机转速
  - 超速控制和超速保护OPC的转速信号
  - 发电机功率
  - 汽轮机跳闸
  - 并网

### ■ 硬件可靠性措施

- 元器件降额使用、严格筛选老化
- 高温24小时试验测试
- 模拟电厂运行工况拷机排错

### ■ 可视化图形组态软件，安全性检测

- 应用软件对用户开放
- 通过HMI站查看软件流程
- 工程师站对系统进行组态、软件下载、在线检查维护
- 软件修改下装的安全性检查



## 4. DEH-V的功能

### ■ 友好的人机界面

- 汉化的软件平台
- 图形方式的人机对话界面
- 键盘、鼠标、LED直观方便地进行现场参数整定和监视操作
- 流程图、显示、报警、报表获得汽轮发电机组的全部信息

### ■ 抗干扰措施

- 开关量光电隔离及消抖动处理
- 模拟量隔离及数字滤波

### ■ 自诊断、自恢复

- 诊断到模块通道级
- 画面上显示诊断信息
- 带电拔插、在线更换

### ■ 仿真调试与电液联动

- 模拟电厂运行环境全功能全工况仿真试验和电液联动试验
- 连续考核6个月验证硬件的可靠性和软件的正确性

### ■ EH系统的可靠性

- 变量恒压抗燃油系统
- 油泵、马达及控制组件冗余配置
- 油泵出口与回油滤网、空气滤清器、抗燃油再生装置

### ■ 汽轮机启动控制

- 汽轮机挂闸
- 高压缸启动、中压缸启动、高/中压缸联合启动
- ATC启动
- 操作员启动

### ■ 转速控制

- 自动转速控制
- 摩擦检查
- 暖机控制
- 自动快速过临界转速
- 自动同步控制

### ■ 负荷控制

- 自动带初始负荷
- 自动调节机电负荷
- 负荷限制
- 抽汽供热机组的热负荷控制以及解耦
- 主汽压控制及限制

### ■ 阀门试验

- 阀门严密性试验
- 阀门活动试验

### ■ 阀门管理

- 单阀控制
- 多阀控制

### ■ 超速保护

- 电超速保护试验、机械超速保护试验
- 超速限制OPC
- 甩负荷预测和功率不平衡控制

### ■ 低真空保护与限制

### ■ 参与一次调频和二次调频

### ■ 与发电机组CCS系统配合实现机组协调控制

### ■ 快速减负荷RUNBACK

### ■ 通讯接口

- 自动同步、锅炉控制、自动调频接口
- 与DCS通讯接口
- 标准通讯接口

### ■ 自诊断

### ■ 机组孤网运行功能

## 5. DEH-V系统技术性能

### ■ 转速控制

- 范围：冲转—15000转/分
- 精度：±1转/分

### ■ 负荷控制

- 范围：初始负荷—110%额定负荷精度：0.5%

- 不等率：5%（3%—6%可调），局部不等率无级可调，范围从3%—20000%

- 迟缓率：≤0.06%

### ■ 转速超调量：甩额定负荷

- 转速超调量<7%

- 可靠性：计算机 MTBF>150000小时  
EH MTBF>50000小时

## 6. DEH-V的特点

1) DEH-V可以扩展，构成电站汽轮机岛控制系统。功能覆盖汽轮机控制系统DEH、给水泵汽轮机控制系统MEH、旁路阀门控制系统 BPC、汽轮机紧急停机系统ETS、汽轮机辅机控制系统 SCS、汽轮机及给水泵汽轮机监视仪表TSI。

2) 分散型控制，全冗余配置，以太网通讯。

3) 配备与DCS系统及大屏幕显示的接口。

4) WINDOWS软件平台的操作员站与工程师站。

5) DEH-V支持三通道测速，同时用于基本控制和三个通道用于OPC保护。

6) 采用三重化冗余技术的超速控制与保护OPC。

7) DEH-V的超速控制及保护，包括103% OPC超速控制及110%OPC超速保护，110%ETS超速保护。OPC与基本控制分开，是一套独立的硬件及软件，OPC的测速通道是独立的三选二，此外还有110%ETS超速保护。

8) 基本控制：运行人员自动控制 OA、CCS 控制、ADS控制、ATC控制、OA与ATC联合控制。

9) ATC自动启停：ATC控制，自动同步。

10) 多变量多级反馈调节回路，确保动态响应及静态特性，参与电网一、二次调频。

11) 基本控制冗余XCU，包括转速控制、功率控制、汽压控制。

12) ATC及应力控制冗余XCU。

13) 阀门伺服执行机构的位置反馈信号（LVDT）双通道配置，消除了由于LVDT单通道配置故障时引起调节阀门全开的不安全隐患。

14) 智能阀门伺服驱动模块，阀门伺服执行机构及阀门既可以一对一构成计算机伺服控制回路，也可以冗余伺服卡控制单个伺服执行机构。

15) 阀门管理、阀门线性化、单阀与顺序阀转换。

16) 汽轮机阀门试验同时具有全行程试验及松动试验二种方式。

17) EH伺服执行机构油动机的缓冲技术，在阀门快速关闭时，避免阀门与阀座的撞击。

18) EH系统配置独立的滤油系统，在线油循环，控制油质。设备齐全的EH系统电液联动试验室及汽轮机、锅炉、电网仿真器，全功能闭环仿真运行考核。

## 7. DEH、ETS通过了SIL3认证



## 8. 数字式工业汽轮机控制器 XTC-M800

- 适用于中小型工业汽轮发电机组；
- 可与新华XDC800分散控制系统无缝集成在同一平台中；

### ■ 基本性能指标：

- 转速控制范围30-3400r/min，精度 $\pm 1.5$ 转
- 负荷控制范围0-115%，负荷控制精度 $\pm 0.5\%$
- 抽汽压力控制精度： $\pm 1\%$
- 转速不等率3-6%可调，抽汽不等率0-20%可调
- 甩额定负荷时转速超调量 $< 6\%$
- 系统可用率不小于99.9%
- XTC-M800装置运行环境 $-10\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度10~90%（无凝结）

## 9. 应用领域

- 各种类型的火电站汽轮机控制系统：中间再热机组、抽汽机组、冷凝机组、背压机组、给水泵汽轮机；
- 核电站汽轮机控制系统
- 各种等级的汽轮机组控制：给水泵汽轮机、25MW、50MW、100MW、125MW、130MW、200MW、300MW、325MW、330MW、600MW以及更大容量的汽轮机控制（包括核电汽轮机控制）；
- 工业用汽轮机控制系统：驱动压缩机、风机、泵的汽轮机、船舶用涡轮机；
- 水电站水轮机控制



## 10. 新华集团的技术优势

新华集团是我国中国最早的DEH、EH、DCS制造商，在国内DEH、EH、DCS市场享有极高的知名度。新华集团自主研发、具有完全自主知识产权的控制系统为我国中国的DEH、EH、DCS系统国产化作出了巨大贡献。

DEH-V系统是新华集团集我国中国第一套AEH系统（1975年）和第一套DEH系统（1990年）的设计、研发经验和运行实践所开发的新一代基于网络的汽轮机数字控制系统。

DEH-V系统的多层次冗余结构，确保汽轮机控制系统的可靠性。系统以其高可靠性的硬件设计和内嵌专业化的控制算法、冗余的以太网通讯网络、IE浏览器方式的人机界面，适用于中大小型汽轮机发电机组的控制，是面向电厂的先进汽轮机控制系统。

新华集团是世界上唯一一家同时生产DEH及EH的专业制造商，每套DEH和EH均通过联调后才出厂，确保汽轮机的顺利启动和投运。

### (1) SIL3认证

- 基于XDC800平台的DEH、ETS通过了SIL3认证。

### (2) 系统设计

- 硬、软件一体化设计：减少备件量，提高易维护性。
- 冗余设计—通信网络、控制器、I/O模块以及电源冗余配置，确保系统长期可靠运行
- 开放的系统：具备了与其他系统和厂级监控信息系统SIS无缝连接的基础。
- 强扩展性：可方便地在原来基础上扩充硬件、设备或软件，实现汽轮机岛DEH、MEH、BPC、ETS的一体化控制。
- 高可靠性：齐备的高温老化、冲击实验设备及高度的冗余、分散的设计为系统高可靠性奠定基础。

### (3) 系统网络

- 双环、冗余、容错的高速公路，传输速率达100Mbps，广播640000点/秒，实时性高。
- 高速信息网：实时数据与非实时数据信息的有效分流，确保主干网实时负荷的恒定，降低主干网的负荷率，同时又是系统在线维护的网络通道。
- 高速I/O总线，冗余设计，传输速率达10Mbps，带站能力强，维护方便。

### (4) 可靠的硬件

- 所有模块采用SMT（贴片技术）生产，工艺先进、功耗低、可靠性高。
- 操作站与过程站之间直接相连无网关等服务器装置，避免通讯瓶颈。
- XCU（控制器）、电源、通信网络1：1冗余，人机接口站HMI（工程师站、操作员站）1：N冗余



- XCU（控制器）、I/O、电源可带电热插拔，在线维护。
- 所有模件可以诊断至模件级。
- 模件通过电磁兼容性EMC认证。

#### (5) 可视化图形组态与编程软件

- 先进的监控系统：全中文窗口化操作平台，有助于运行人员高效，方便操作和上机培训，易维护。
- 操作指导、在线性能检测、过程制约机制强化了整个DEH事故分析和操作指导。
- 全图形化开放式组态，所见即所得：符合国际IEC61131-3设计原则，有可构造各种状态空间、模糊控制算法等的各种通用模块，具有强大的中文在线注释功能。
- 可以真正实现在线组态、在线修改功能，具有虚拟XCU，在线、离线仿真功能。
- 强大系统在线自诊断功能。
- 与MIS和DCS系统的无缝连接、高效整合。

#### (6) 培训

- 仿真闭环联调：独有全仿真系统，在厂内即完成DEH模拟实物仿真闭环联调。
- 具有符合工程设计和调试的人员培训：跟班培训、操作培训、维护培训和现场培训。

#### (7) 工程能力

- 截止到2016年12月，新华集团应用于各种等级的汽轮机DEH控制系统800多套；给水泵汽轮机MEH系统500多套；旁路控制BPC系统近300套；汽轮机危急遮断ETS系统近400套。
- 在电力行业、余热发电等行业中已成功投运了800多套汽轮机DEH系统，具有丰富的工程设计、调试、投运能力。
- 可视化图形组态软件以及设计制造各种硬件的核心技术、专业化应用优势、工程经验和技術优势，能为火电站汽轮机、核电站汽轮机、供热机组、冷凝机组、抽汽机组、给水泵汽轮机、压缩机透平提供各种专业化解决方案的专业化服务。

#### (8) 备品备件

- 拥有专门的电子生产公司和机械液压部套制造公司，具有长期供应DEH系统包括EH系统备件的能力，软件免费升级，无论是系统维护、备件价格均具有强大的优势。

## 11. 引用的规范和标准

### (1) 通用标准

- 美国防火协会（NFPA）
  - 国家电气规范
- 美国电气和电子工程师协会（IEEE）
  - 数据终端设备与使用串行二进制数据进行数据交换的数据通讯设备之间的接口
- 美国仪器仪表学会（ISA）
  - 热电偶换算表
  - 数字处理计算机硬件测试
- 美国科学仪器制造商协会（SAMA）
  - 仪表和控制系统功能图表示法
- 美国电气制造商协会（NEMA）
  - 工业控制设备和系统的端子排
  - 工业控制设备和系统外壳
  - 工业控制装置、控制器及组件的标准
- 美国保险商实验室（UL）
  - 电视用阴极射线管的防内爆
  - 橡胶导委员会线、电缆的安全标准
- 国际电工（IEC）
  - IEC TC529 基础安全标准：外壳防护等级的分类
- AWS 美国焊接学会
- ICEA 绝缘电缆工程师协会
- NEPB 美国国家环保局
- NEC 美国国家电气标准
- HEI 热交换协会
- ISO 国际标准化组织
- TCP/IP 网络通讯协议
- IEEE 802 局域网标准
- 中国标准GB
  - G-RK-95-51 火力发电厂分散控制系统技术规范
  - G-RK-98-54 火力发电厂汽轮机控制系统技术规范
  - ANSI/ASME TDP-1-1985 电站蒸汽轮机防进水保护措施
  - DL/T 609-1996 300MW级汽轮机运行导则
  - DL/T 656-1998 火力发电厂汽轮机控制系统在线验收测试规程
  - DL/T 657-1998 火力发电厂模拟量控制系统在线验收测试规程
  - DL/T 658-1998 火力发电厂顺序控制系统在线验收测试规程
  - DL/T 659-1998火力发电厂分散控制系统在线验收测试规程

### (2) 网络通讯

- IEEE802.3/IEEE802.3n 电站电子工程师以太网工作组
- IEC60870-5 国际电工委员会远动设备及系统传输规约
- IEC61158 现场总线技术标准
- IEC61850 变电站通信和系统

### (3) 软件工程

- GB/T 11457-95 软件工程技术站
- IEC-1131-3 图形在可编程逻辑控制语言标准
- GB/T15532-95 软件单元测试规范

- GB/T12504-90 软件质量保证规范
- GB/T16680-96 软件文档管理规范

#### (4) EH高压抗燃油电液伺服系统

- GB/T786.1-93 液压气动图形符号
- GB3452.1-92 液压气动用O形橡胶密封圈尺寸系列及公差
- NAS1638 美国宇航协会液压油污染度等级标准
- GB/T14041.1-4, ISO2941-3 滤芯结构性能检验标准
- CCC/QD0277-2001油动机设计规程
- HB5024-89 中华人民共和国航空航天工业部航空用钢锻件标准

#### 联系我们:

上海新华控制技术(集团)有限公司  
上海新华控制技术集团科技有限公司

地址: 上海紫竹高新技术产业开发区  
上海市闵行区紫月路968号  
邮编: 200241  
电话: 021-34292618  
传真: 021-64847787  
网站: [www.xinhuagroup.com](http://www.xinhuagroup.com)  
业务联系电话: 021-34292618  
售后服务: 021-34292278