

电力系统继电保护及故障信息子站系统的方案设计

王振树, 张波, 孟昭勇

(山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061)

摘要: 电力系统继电保护及故障信息子站系统,既可以作为构成继电保护及故障信息管理系统的(配置在变电站端的)子系统,同时也可以作为一个独立的“通信网关”供其它层次化的电力自动化系统使用。该系统根据 IEC 61850标准中的“信息模型”和“抽象通讯服务接口”的概念设计,采用 OMG的分布式系统标准和技术实现,使得 PRFIS子站系统完全可以满足以分布式系统体系构建的继电保护及故障信息系统要求。

关键词: 继电保护及故障; 信息子站系统; 抽象通讯服务接口; CORBA

中图分类号: TM764; TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)07-0065-05

0 引言

目前,电力系统调度自动化(SCADA/EMS)系统及相关技术已经非常成熟,电力网络一次系统运行监控、管理、分析的自动化水平已经得到空前的发展和进步。继电保护、安全自动装置和故障录波器二次装置作为实现电网自动化系统的智能终端装置,其本身的信息化、智能化水平也很高,但从调度运行管理的角度讲,对于二次装置的设备管理、运行状态监视、动作定值整定、以及对二次装置所记录的电网异常或故障信息的综合有效运用分析等,仍然普遍处于较低的自动化水平,无法满足调度运行管理自动化的要求。鉴于上述原因,原国家电力部早在1994年在《关于开展电力系统继电保护管理工作的决定》文件中,就提到了要建立继电保护管理信息系统的要求。此后,国电公司在《一流电网调度机构考核实施细则》、《国家电力公司电网二次系统“十五”规划》等一系列文件中也对继电保护运行信息管理系统的建立、实施及考核提出了明确的要求。目前,国家电力公司委托山东电网调度中心组织制定的《继电保护及故障信息管理系统技术规范》(《PRFIS技术规范》)亦将很快定稿。

根据电力系统本身的结构特点,电力系统继电保护及故障信息管理系统应具有层次化的系统体系结构特点,其结构应包括:

- 1) 监控管理中心主站系统;
- 2) 置于变电站内的子站系统;
- 3) 保护、录波器等二次装置。

考虑到大量保护、录波器等二次装置的多样性和复杂性,在变电站内设置继电保护及故障信息子

站系统(PRFIS子站系统)将是 PRFIS系统实施成功的关键。为此,根据 IEC 61850等相关技术标准,采用 OMG的分布式系统标准和技术 CORBA 设计实现高性能的 PRFIS子站系统。

1 系统设计目标

PRFIS子站系统作为构成继电保护及故障信息系统的变电站层的子站系统,其主要设计目标功能概括如下:

- 1) 数据汇集和转发:作为变电站内保护、录波器等二次设备与 PRFIS主站系统互联的“通信网关”,可以在节省通信资源、减小通信处理瓶颈的前提下,实现主站与二次设备之间的有效数据通信。
- 2) 数据缓冲:其内部配有小型数据库系统,可以实现故障数据的缓冲处理,从而增强整个 PRFIS系统的安全可靠性。
- 3) 数据预处理:可实现部分信息预处理功能(如信息过滤等);一方面减轻主站系统的负担,同时可以提高数据处理的效率。
- 4) 屏蔽设备的多样性,提高整个 PRFIS系统的可维护性和可扩充性: PRFIS子系统配有通讯规约库,可以“即插即用”式地接入不同厂家、不同型号的二次设备,同时对主站屏蔽接入二次设备的多样性,以保证整个 PRFIS系统的可维护性、可扩充性及开放性。
- 5) 远程维护:在充分授权的前提下,远程维护就如身处现场一样。给系统的维护与管理带来极大的便利,尤其适应无人值守的要求。
- 6) 对时:具有硬对时和软对时功能,能够作为二次装置的时钟源。

7) 子站系统具有自检能力,能产生自检报告,向主站系统上报。

8) 强大的就地功能。提供维护接口和维护软件,用户可以使用便携式计算机、子站后台、站内监控后台等方式对系统进行维护。子站系统可以配备各种工具软件以实现子站系统管理。

2 硬件平台

PRFIS子站系统主机硬件系统的设计系统采用当今先进的嵌入式硬件系统的设计思想,整个硬件系统不仅小巧,而且可靠,耐用。它具有以下特点:

1) 主机装置化,整个系统只有 2U 高度,具有典型的装置化特点。外形尺寸符合标准机柜要求,可直接安装在机柜上。

2) 功耗低。整个装置功耗不超过 15 W,无需任何风扇进行散热。

3) 可接键盘、显示器。根据需要使用标准的显示器和 PS2 键盘。

4) 支持 220 V 交直流电。

5) 422/485/232 多种通讯方式兼容。通过不同的连接方式,可在一个端口中实现多种通讯方式兼容,无需任何跳线。

6) 光电隔离设计。所有的通讯端口均采用了光电隔离技术,保证了 PRFIS 子站系统主机运行时不会收到外界的干扰,同时关键的芯片采用防静电芯片,可抵御高达 1 500 V 的静电。

7) RJ45 接口,方便可靠。RJ45 接口是一种专门用于高速以太网连接的接口,使用该种接口方式,不仅能保证连接的可靠性,同时也能提供了连接的方便性。

8) 可扩充性。可通过装置本身自带的 USB 口和网口,可接各种标准扩展设置。

3 软件系统设计

3.1 体系结构

PRFIS 子站系统软件体系结构如图 1 所示,其关键软件构件包括:

- 端口处理线程 (含可配置的通信规约处理程序);
- 主处理进程;
- 数据库管理系统;
- 事件处理程序;
- 基于 IEC 61850 的 CORBA 服务器。

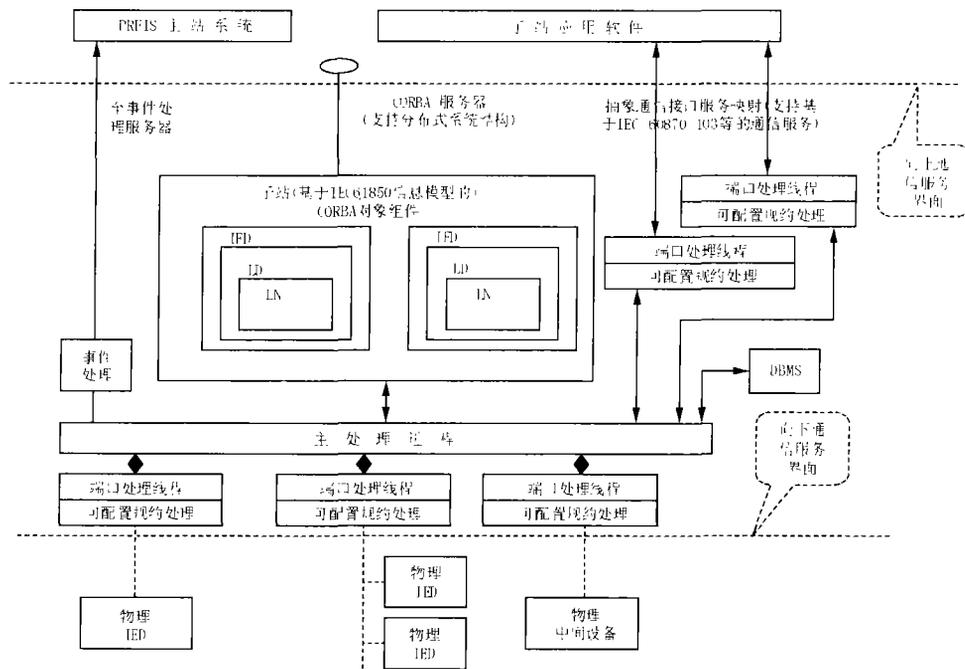


图 1 PRFIS 子站系统软件系统体系结构

Fig 1 Software framework of PRFIS substation

3.2 操作系统平台

PRFIS 子站主机系统采用嵌入式 linux 操作系

统。该操作系统运行稳定、可靠、高效、安全,易于维护,提供了强大的网络功能,便于远程管理。

采用安全、稳定、高效与开放的内置标准数据库管理系统,为故障信息的处理、管理与使用提供了有力保障。

具备防火墙和路由功能,可通过人机界面在线配置,从根本上杜绝了病毒和人为的入侵。提供各种标准网络服务,如 HTTP、FTP、SSH 等等。

3.3 端口处理线程与“即插即用”

端口处理线程由主处理进程在系统启动时,根据系统配置信息(存储在数据库中)自动启动,每一个通信端口对应于一个该端口处理线程,负责处理连接在相应端口上的所有智能二次设备的通信任务,端口处理线程将根据已配置好的信息确定相应端口的通信规约,并配置相应的规约处理程序。对下的端口处理线程将处理与所有保护、录波器等二次装置的通信任务,其通信规约处理程序的可配置性使得 PRFIS 子站在软件体系结构上可以很好地支持二次装置的“即插即用”。对上的端口处理程序将负责对主站或子站应用软件的数据通信服务,其所配置的规约处理程序可以实现 IEC61850 标准中“抽象通信服务接口”(ACSI)在 IEC 60870 103 或其他标准规约上的映射。

3.4 主处理进程

主处理进程是 PRFIS 子站软件系统复位启动时的入口程序之一,其主要功能包括:

- 根据系统配置信息自动启动和管理端口处理线程;

- 分别实现和各端口处理线程、数据库管理系统、CORBA 服务器、事件处理器之间的异步通信,同时可以作为核心调度程序实现信息中转。

3.5 数据库系统

端口处理线程收集并处理的数据均交由数据库统一管理,并由数据库提供统一的访问与安全管理机制,便于故障信息的处理与共享。同时通过数据库集中管理产品的系统参数配置,可提高产品的运行与维护的便捷、稳定、可靠与高效。

由于电网故障时会产生大量的故障信息,PRFIS 子站主机数据库具备了突发性的大容量数据处理能力,同时具备历史存档功能,确保了各类信息的完备性。该数据库系统提供标准的 SQL 访问接口和安全的访问机制,便于信息的进一步处理与共享。

3.6 事件处理程序

当电网发生故障时,PRFIS 子站一方面自动收集相关设备的故障信息,另一方面将收集到的信息

上传到主站系统,形成了完整的事件处理流程。

事件处理程序基于 IEC 61850 标准中“通用变电站事件模型”(General Substation Event Model, GSE)和“面向对象的通用变电站事件”(General Object-oriented Substation Event, GOOSE)信息结构定义而设计。

事件处理程序负责实时收集子站系统所连接的二次装置所产生的事件记录信息,并将其转换生成如 GOOSE 所定义的事件信息结构,然后采用 CORBA 技术标准中的“事件通知服务”技术,以标准的 CORBA “事件通知服务”接口调用运行在 PRFIS 主站系统的事件通知服务器的接口服务,将事件“推”到主站系统,从而实现二次装置所产生的事件信息的主动上送。

采用 CORBA 标准的“事件通知服务”技术,可以方便地设置实现事件优先级、事件信息过滤(按某种策略)等事件信息传递的策略。

3.7 基于 IEC 61850 的 CORBA 服务器

3.7.1 关于 IEC 61850

IEC 61850 作为变电站通信与系统(Communication Networks and Systems in Substations)的技术标准,其核心内容是规定了变电站系统的“信息模型”(information model)以及建立在该信息模型之上的“抽象通信接口服务”(Abstract Communication Service Interface, ACSI)。而其实质性目的是为了实现在变电站自动化系统内部智能设备(IED)之间开放的信息互操作及变电站系统与其他自动化系统(如 SCADA/EMS 主站系统)开放地互联及互操作。

IEC 61850 所规定变电站系统的“信息模型”及“抽象通信接口服务”,并非完全采用面向对象的思想构建,因此,需要进行映射处理。

3.7.2 OMG 的分布式系统标准和技术 CORBA 实现

PRFIS 子站的软件系统建立在网络化的硬件环境之上,而网络环境下的应用程序应该也必须是分布的。因此构成整个软件系统的各个组成部分分别运行在网络内不同计算机平台上,并能同时协调运行。分布式系统可使网络及计算机资源得到充分地有效地运用。但这些分布的计算机,就象本系统的开发背景一样,往往具有不同的硬件平台及操作系统,在这种分布式网络环境下,采用传统的软件思想开发分布式软件系统非常困难且易于出错,并且可能不可避免地要进行很多重复工作。因为,必须考虑很多通讯协议、出错监测及恢复等底层的细节问题,

这样开发的系统,效率低且不可靠,又难以保证其可扩展及可维护性。

对象管理组织(Object Management Group, OMG,一个大型国际组织)推出的公共请求代理结构(Common Object Request Broker Architecture, CORBA)提供了优秀的、并经 X/Open(具有全球影响力的开放系统组织)认可的分布式系统解决方案,其核心是采用对象请求代理(Object Request Broker, ORB)的分布式计算模型,ORB 可以认为是分布式对象系统中对象之间发送和接收消息的“软总线”,可以简化本地与远地对象之间的通信,使之以“透明”的方式实现互连、互通与互操作,免去繁琐宜于出错的底层工作,提高大型分布式系统的开发效率及可靠性。

当客户端与远地计算机上的对象(具体实现)进行交互操作时,客户端实际上直接操作的是对象在本机上的一个代理对象,该代理对象再通过 ORB 实现与远程对象的交互操作。当对象置于同一台计算机上时,就不再需要代理对象的存在,如图 2 所示。

CORBA 是一种国际标准和规范,只要遵循这个标准,任何厂家,采用任何语言开发的对象组件都能实现交互操作。

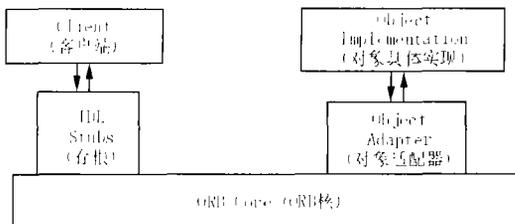


图 2 CORBA 体系示意图

Fig 2 CORBA system structure

3.7.3 IEC 61850 模型映射到 CORBA 服务器

要以 CORBA 技术实现 IEC 61850 标准,需要做以下工作:

1) 将 IEC 61850 所规定的信息模型映射成面向对象的信息模型(表现为 UML)如图 3 所示;

2) 将 ACSI 映射成 CORBA 服务器的接口(以 DL 进行描述)考虑到现场二次装置的复杂性和多样性, PRFIS 子站的 CORBA 服务器同时实现了 ACSI 以外的很多接口,以支持过渡性的系统构造方案。

3.8 PRFIS 子站系统应用工具软件

3.8.1 数据维护软件(E-DBM)

由于 PRFIS 子站系统需要与不同的设备进行

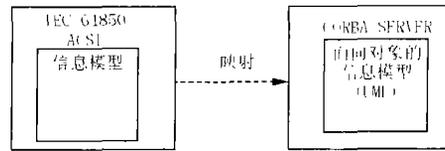


图 3 IEC 61850 模型映射到 CORBA 服务器

Fig 3 Mapping of IEC 61850 model to CORBA server

使用不同的通讯规约进行通讯,因此将涉及到大量的、负责的规约数据,仅仅靠纯手工维护,难以保证数据的准确性。E-DBM 的使用能有效地提高工作效率,保证数据的准确性,简化数据维护复杂性;用程序将数据库复杂的逻辑关系封装起来,力图做到配置数据的简单化和傻瓜化。

3.8.2 波形分析软件(E-WAVE)

结合后台监控软件对继电保护和故障录波器产生的波形数据进行分析。支持 COMTRADE 91/99 标准的录波文件(包括二进制和 ASCII 格式)。

3.8.3 图形编辑器(E-DRAW)

由于各个变电站的配置情况差异很多,因此必须要有一个可行、有效的图形编辑程序来绘制变电站的接线图,同时在相应的设备图形上关联相应的数据。E-DRAW 能充分地利用 windows 的易操作性,可以非常有效地完成变电站的接线图的绘制工作。

3.8.4 在线监控软件(E-SHOW)

在线监控程序(E-SHOW)通过显示画面编辑程序(E-DRAW)绘制的画面文件,并与 PRFIS 子站主机系统进行通讯,实时显示当前各种故障信息,并提供控制保护设备的多种方法。

3.8.5 管理系统(E-Manager)

E-Manager 管理系统安装在 PRFIS 子站系统主机中,通过友好的人机界面对 PRFIS 子站主机进行全面的管。E-Manager 既可以通过 PRFIS 子站系统主机本身运行,又可以通过 SSH 协议在远程计算机上运行。E-Manager 提供了字符方式的管理系统,该系统封装了 linux 系统命令,便于维护人员操作。

4 PRFIS 子站的网络结构

PRFIS 子站系统适合各种等级和规模的变电站、电厂等对电力故障信息处理的要求。目前,我国电网按电压等级划分主要有 500 kV/330 kV、220 kV、110 kV/66 kV、35 kV/10 kV 等, PRFIS 子站系统可适用于所有这些电压等级的变电站、电厂。

对变电站中已有自动化系统,该系统与保护及

录波器的通讯可通过 PRFIS子站进行中转,同时 PRFIS子站在收到保护或录波器事件后,可根据自动化系统的需要,实时将这些数据转发到该系统中。

对变电站中有非微机保护装置或其他被管理但又不具备通讯的接点信号装置,可通过接点汇总装置汇总后,传输到 PRFIS子站,由 PRFIS子站进行统一的管理,网络结构示意图如图 4所示。

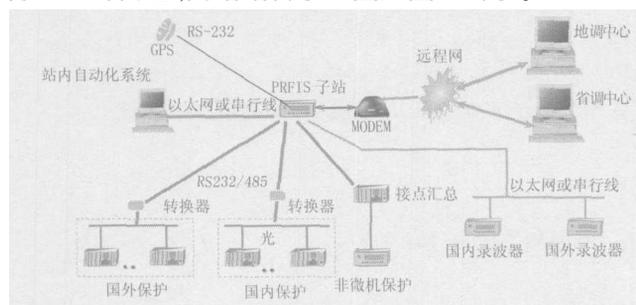


图 4 网络结构示意图

Fig 4 Network system structure

5 系统应用

该系统已成功地应用在山东电网所属山东电力超高压公司崂山 500kV 变电站中,站内的保护设备、故障录波设备通过网络接入该系统。在原有录波器联网建立的光纤网络基础上,把保护设备和故障录波设备统一连接到 PRFIS子站系统,再通过光纤网络送到局端,可实现局端对站内设备的管理维护,运行表明系统具有以下功能特点:

(1)在电力系统运行及故障情况下均能如实反映、记录和告警系统的相关信息,包括电网运行参数、设备通讯状况、保护压板投切、定值区切换、开关动作、保护动作、故障录波等。

(2)系统提供了简单、直观的查询方式,可以对保护设备、故障录波设备进行管理,同样提供对电力系统运行信息的快速有效的查询。

(3)可根据需要定义不同级别的用户操作权限,权限定义可以与设备相关联,用户登录、注销和操作在系统中有记录,可备查。

6 结论

(1)系统根据 IEC 61850 等其他相关标准设计,并采用 CORBA 技术映射其抽象通信服务接口。考虑到现实情况,也可以采用 IEC 60870-5-103 通信规约与其它系统通信。

(2)系统采用层次化的体系结构,可以实现任

意厂家、任意型号的保护等二次设备的“即插即用”式的接入。

(3)系统采用嵌入式软、硬件平台技术,安全、可靠、耐用,支持通用、标准的软、硬件产品配套,系统整体设计技术先进、功能完善实用,具有良好的可维护性、可扩充性及开放性。

参考文献:

- [1] Henning M, Vinoski S 基于 C++ CORBA 高级编程 [M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
Henning M, Vinoski S Advanced CORBA Programming with C++ [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.
- [2] IEC 61850, 变电站通讯网络和系统系列标准 [S].
IEC 61850, The Standard of Substation Communication Network and System [S].
- [3] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究 [J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.
WU Zai-jun, HU Min-qiang Research on a Substation Automation System Based on IEC61850 [J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 61-65.
- [4] 倪益民, 丁杰, 赵金荣, 等. 电网继电保护及故障信息管理系统的设计与实现 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27(17): 86-88.
NI Yi-min, DING Jie, ZHAO Jin-rong, et al PFS 3000 Protective and Fault Information Management System of Power System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(17): 86-88.
- [5] 张波, 杜涛. 分布式电能质量在线监测管理系统的研究 [J]. 山东大学学报, 2002, 32(4): 389-392.
ZHANG Bo, DU Tao On Distributed Online Monitoring and Management System for Power Quality [J]. Journal of Shandong University, 2002, 32(4): 389-392.
- [6] 杜军平. SQL Server 2000 数据库开发 [M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
DU Jun-ping Discussion of SQL Server 2000 Database [M]. Beijing: China Machine Press, 2000.
- [7] 范逸之. Visual Basic 与分布式监控系统 [M]. 北京:清华大学出版社, 2001.
FAN Yi-zhi Monitoring System for Visual Basic and on Distributed System [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.

收稿日期: 2005-08-29; 修回日期: 2005-09-30

作者简介:

王振树 (1963-), 男, 副教授, 从事电力系统的故障分析与诊断、电力系统的运行与控制方面的研究工作; E-mail: zhenshuwang@sdu.edu.cn

张波 (1963-), 男, 教授, 研究领域为电力系统继电保护、电力系统分析与控制;

孟昭勇 (1965-), 男, 副教授, 从事电力系统的故障分析与诊断方面的研究工作。

(下转第 86 页 continued on page 86)

4 结束语

关于本文所提及的几类保护死区故障问题,本文提出了自己的一些浅见,希望能对从事继电保护工作人员提供一些参考。但随着电网迅速发展,这类保护死区问题造成的危害会越大,所以,也希望引起电网管理部门的重视,及时采取防范措施。

参考文献:

- [1] 王梅义. 电网继电保护应用 [M]. 北京:中国电力出版社, 1999.
WANG Mei-yi Electric Power Relay Protection Application [M].

Beijing: China Electric Power Press, 1999.

- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术 [M]. 北京:中国电力出版社, 1995.

ZHU Sheng-shi High Voltage Relay Theory and Technology [M].

Beijing: China Electric Power Press, 1995.

收稿日期: 2005-08-01; 修回日期: 2005-09-01

作者简介:

王建雄 (1973 -),男,硕士,工程师,从事电力系统检修管理及科研工作; E-mail: lyrlzp@yahoo.com

罗志平 (1977 -),男,学士,助理工程师,从事继电保护检修管理工作;

梁运华 (1974 -),男,硕士,工程师,从事继电保护检修工作。

Discussion and improvement about the question of 220 kV protection's dead-zone

WANG Jian-xiong¹, LUO Zhi-ping¹, LIANG Yun-hua²

(1. Hunan Provincial EHV & Transformation Company, Changsha 410077, China;

2. Xiangtan Electric Power Bureau, Xiangtan 411100, China)

Abstract: In the design, construction and debugging work of relay protection, protection dead-zone happens because of careless operation. In this paper, several common protection dead-zones that exist in the spot connection are analyzed briefly, including faults between circuit breakers and CT of circuit breaker. Reasons of several dead-zone protection fault are analyzed. Several methods to settle protection dead-zone are put forward.

Key words: protection dead-zone; breaker failure; start failure protection; bus tie circuit breaker

(上接第 69 页 continued from page 69)

Design of PRFIS subsystem

WANG Zhen-shu, ZHANG Bo, MENG Zhao-yong

(School of Electrical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: The subsystems of Power System Relay Protection and Fault Information Management System (PRFIS) can be used as not only the subsystem (collocated in substation terminal), which composes the PRFIS, but also a "communication gateway", which can be used by the power automation system of other hierarchy. The system is designed according to the concept of "information model" and "abstract communication service interface" under IEC 61850 standard, and makes use of the distributed module system standard and technique to completely fulfill the requirements of the distributed module systems, which composes PRFIS.

Key words: relay protection and fault; information subsystem; abstract communication service interface; CORBA

许继联华中标双汇集团 5600吨污水处理工程

2月15日,许继联华成功中标双汇集团5600T/d污水处理工程!彰显了老牌大客户对许继联华竣工工程的认可,也预示着许继联华狗年里在诚信、诚实的铿锵足音中“旺声连连”。

此项工程为5600吨/日的大豆蛋白生产废水处理,商务模式为工程总承包,是一个从工程设计、工程施工、设备采购及安装、调试及试运行、人员培训直到验收合格的交钥匙工程。

此前,许继联华成功实施了双汇屠宰和大豆蛋白生产过程综合废水处理总承包工程,一次通过省环保局验收,运行稳定,实际每吨废水处理运行费用明显低于合同预期约定。