

浅谈力控 pSpace 数据库在智慧化工厂中应用与实践

王亮

中国神华煤制油化工有限公司鄂尔多斯煤制油分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017209

DOI:10.61369/ERA.2025120043

摘要 : 随着煤化工行业的发展, 生产过程的自动化、信息化需求日益增长。力控数据库作为一种高效的工业数据库, 在化工厂的生产管理中得到了广泛应用。本文主要阐述力控 pSpace 数据库产品特点、核心架构、旧数据库系统面临挑战、在智慧化工厂中建设方案、以及在智慧化工厂二次开发和应用, 最后还总结了其应用效果并展望了未来的发展趋势。

关键词 : 数据库; 网络; 智慧化

A Brief Discussion on the Application and Practice of ForceControl pSpace Database in Smart Factories

Wang Liang

Ordos Coal-to-Liquids Branch, China Shenhua Coal-to-Liquids and Chemical Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017209

Abstract : With the development of the coal chemical industry, there is an increasing demand for automation and informatization in production processes. The ForceControl Database, as an efficient industrial database, has been widely applied in the production management of chemical plants. This paper mainly elaborates on the product features, core architecture of the ForceControl pSpace database, challenges faced by legacy database systems, construction plans in smart chemical plants, as well as secondary development and applications in smart chemical plants. Finally, it summarizes its application effects and looks ahead to future development trends.

Keywords : database; network; smartification

引言

某煤化工工厂工艺过程伴随着高温、高压、易燃、易爆等特性, 复杂性与危险性并存。确保生产的安全、稳定、高效与低碳运行, 是行业永恒的追求。传统的生产管理依赖于分散的监控系统和关系型数据库, 已难以应对现代化工厂对海量实时数据的采集、存储、分析和应用的需求。信息孤岛林立、数据价值挖掘不足、决策滞后等问题日益凸显。

智慧化工厂作为工业4.0和“中国制造2025”战略在流程工业的具体实践, 其本质是构建一个以数据为核心驱动力的智能制造体系。这个体系的核心, 在于建立一个贯通底层设备、过程控制、生产执行乃至经营决策的“数字孪生”体, 实现数据的全域感知、集成互通与智能分析。在这一宏大愿景下, 一个稳定、高效、能够处理海量时序数据的实时数据库平台成为了不可或缺的基石。力控 pSpace 实时数据库正是为此而生, 它通过与工业网络的深度融合, 为上层各类智慧化应用提供了强大的数据支撑, 从而驱动整个工厂的智能化升级。

一、背景

某煤化工企业为提升生产管理水平, 推进智能化转型, 于2023年启动了实时数据库升级项目。该企业生产装置规模庞大, 工艺流程复杂, 涉及液化、气化、净化、合成等多个工段, 日常运行中需要实时监控的温度、压力、流量等工艺参数点超过10万个。在引入 pSpace 数据库之前, 其信息系统面临严峻挑战:

1. 数据性能瓶颈: 原有基于关系型数据库的系统无法承受每秒数万点的数据写入压力, 导致数据延迟、丢失, 实时监控画面刷新缓慢, 关键报警响应不及时。

2. 网络架构复杂且拥堵: 各车间、各系统间网络条块分割, 数据传输协议不一, 形成大量信息孤岛。未经优化的数据流在网络中无序传输, 占用大量带宽, 影响关键控制指令的传输效率与可靠性。

3. 数据存储与分析成本高昂: 海量的过程历史数据存储成本不断攀升, 而基于传统数据库的数据查询与分析效率极低, 一次全厂性的工况回溯分析可能需要数小时, 数据价值无法有效释放。

4. 智慧化应用缺乏基础支撑: 企业希望实施设备预测性维护、工艺参数优化、能源精细管理等智慧化应用, 但苦于没有统

一、高质量、易访问的数据平台，导致这些先进应用要么无法落地，要么效果大打折扣。

5. 原数据库 PHD 系统使用年限过长且为非国产系统，不满足当前生产需要。

面对这些问题，该企业认识到，必须建立一个统一的、面向时序数据优化的实时数据平台，并重构其工业网络架构，以实现数据的高效流动与集中管理。力控 pSpace 数据库因其卓越的性能和丰富的工业接口，被选为这一核心平台。

二、实时数据库 pSpace 产品介绍及核心构架

(一) 产品介绍

实时历史数据库对于流程工厂来说就如同飞机上的“黑匣子”，是实现智能工厂的关键。力控企业级实时历史数据库 pSpace 可用于工厂过程的自动采集、存储和监视，可在线存储每个工艺过程点的多年数据，可以提供工厂模型，生产运营管理、设备运行管理、历史追忆、生产报表等多种调度管理模块。pSpace 是一个高性能、高吞吐能力、可靠性强、跨平台的实时/历史数据库系统可以用于采集、压缩、存储、加工、分析等任何带有时间特性的生产信息。pSpace 提供全系列的工业通信接口及 ERP 业务接口实现生产监控到调度管理的完美整合，可以与工业云实现完整融合。

1. IO Server 采集站

作为数据库的数据采集站，实现设备数据的接入，支持上千种设备的连接，采用模型化开发设计，多人协作开发将各采集站数据均送入数据库中，在线/离线工程维护，系统性能监视，远程运维管理。

2. pSpace Server 数据服务

作为数据库系统核心，提供多种数据类型包括浮点、整型、布尔型、字符串等，实现实时数据处理、历史数据存储、自诊断自恢复、磁盘阵列冗余保证数据持续稳定运行。

3. 应用客户端

支持 C 端及 HTML5 技术的 Web 端可视化展示。提供方便友好的开发环境及面向对象的设计，预制图形模板、工业标注的符合图形组件，方便工程人员构建过程的监控和部署的可视化应用。

4. 扩展组件

支持关系库交互 ODBCRouter、SQLRouter，标准 OPC DA、OPC UA 协议转发，计算引擎 SDK 接口，数据同步工具等。

5. SDK 接口

实时数据库的接口支持传统客户端应用以及信息化平台等 Web 端的调用，支持 C、.NET、Java、nodejs。

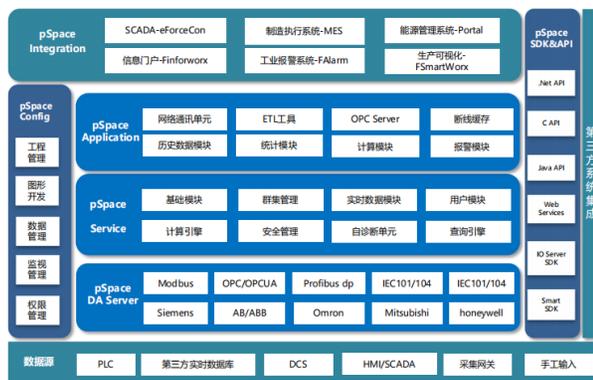
(二) 核心架构

pSpace 数据库采用分布式、可扩展的架构设计，主要由以下核心组件构成，共同构成了智慧化工厂的“数据心脏”。

实时数据引擎：作为系统的核心处理单元，它驻留于内存中，负责以极高的吞吐量接收、处理和分发实时数据。它采用

了多线程、异步 I/O 等先进技术，确保了在面对海量并发数据点时，仍能保持微秒级的响应延迟，为实时监控和闭环控制提供了可能。

下图为 pSpace 数据库概述图。



pSpace 数据库概述图 1

历史数据存储引擎：专为时间序列数据设计，采用了高效的压缩算法（如旋转门算法、死区压缩等）和专用的存储格式。它不仅能将数据存储空间压缩至原始大小的 10%-20%，极大降低了存储成本，还优化了针对时间范围的查询效率，使得快速查询数年甚至数十年的历史数据成为可能。

数据连接器集合：这是 pSpace 与外界通信的“桥梁”。它提供了极其丰富的工业标准接口，包括但不限于 OPC DA/UA、Modbus TCP/RTU、S7、DDE 等，能够无缝对接市面上主流的 DCS、PLC、SIS、SCADA 等控制系统和设备。这保证了各类异构数据源能够被轻松接入。

应用开发接口：为上层智能化应用的开发提供了标准的 ODBC/JDBC、API（如 RESTful API）等接口，方便 MES、ERP、APC、高级报警管理等系统直接访问实时和历史数据，极大地简化了系统集成的工作量。

三、实时数据库建设方案

(一) 整体方案

实时数据库建设完成工业控制系统、气体检测系统（GDS）等数据采集。在各生产中心汇聚网络层部署两台数据采集器，进行实时数据采集，然后通过数据传输网把采集的数据传输到企业办公网的 pSpace 实时数据库，GDS 系统数据通过 OPC 集成到实时数据库。

数据湖、基石项目、生产制造执行系统 MES 和政府、工业园区的等所需数据通过接口服务器进行对外传输。通过 API SDK 向数据湖提供数据，并配合开发调试访问数据湖实时数据库接口，根据煤化工企业易燃易爆与有毒有害气体数据上传集团规范开发方位实时数据库接口，并部署在接口机上，生成上传文件，供上传数据使用；提供 OPC、DA、UA 供政府和园区取数；修改 MES 厂商提供的 PHDApi.cs，供 MES 厂商部署。部署配置表如下。

| 网络环境 | 服务器 | 功能 |
|--------|-----------------------|--|
| 办公网络 | 实时数据库 pSpace 服务器 (2台) | 由两台30万点实时数据库组成的热备集群, 当其中一台服务器异常宕机, 则另一台服务器会接管实时数据库服务。 |
| | 存储设备 (磁盘阵列) (1台) | 实时数据库故障转移集群挂接的存储设备, 用于共享存储, 保证数据一致性。 |
| | 可视化服务器 (1台) | 提供资产建模服务, 部署资产建模管理平台, 建立数学模型进行关键指标的计算。提供可视化服务, 展示流程图、报表。 |
| | 接口服务器 (1台) | 以 OPC、OPC UA 的方式发布 pSpace 数据库中数据; 给政府、工业园区相关系统提供数据服务。 |
| | 接口服务器 (1台) | 企业内部系统, 给公司原 MES 系统提供数据服务; |
| | 接口服务器 (1台) | 给集团数据湖、基石系统提供数据服务。 |
| 过程控制网络 | 采集服务器 (1台) | 采集 GDS 实时数据, 编写 C 语言程序读取热电中心 SIS 系统数据, 把 SIS 系统数据传送到 pSpace 实时数据库。 |
| | 采集服务器 (8台) | 冗余部署, 采集各生产中心实时数据, 上传给实时数据库。 |

部署配置表 1

(二) 数据采集方案

在公司机房部署一套实时数据库, 采用冗余方式进行, 确保功能实时切换。霍尼韦尔 RDM 软件是 Redirection Manager 的简写, 用于访问 honeywell PKS, 在里面可以配置访问 PKS APP, 配置完后, OPCDA 可在 RDM 软件安装的服务器被其它软件访问。工业通信网关里含定制开发的程序, 能和 pks 通讯, 并转发 OPC 协议来满足数据采集。

1. 气化生产中心有 5 套 PKS R500 DCS 系统。在煤制氢机柜间部署 2 台数据采集器 (冗余部署), 安装霍尼韦尔 RDM 软件, 然后在 RDM 里面配置对应 5 套 PKS OPC, 从而提供 OPC server, 通过 OPC server 完成实时数据采集。油渣萃取装置浙江中控 DCS 系统通过 OPC server 完成实时数据采集。

2. 液化生产中心有 5 套 PKS R500 DCS 系统。在四联合机柜间部署 2 台数据采集器 (冗余部署), 安装霍尼韦尔 RDM 软件, 然后在 RDM 里面配置对应 5 套 PKS OPC, 从而提供 OPC server, 通过 OPC server 完成实时数据采集。2 套和利时 MACS V6 系统数据通过 PKS 系统采集。

3. 间接液化生产中心有 1 套 PKS R500 DCS 系统和 2 套 PKS R311 DCS 系统。在重整机柜间部署 2 台数据采集器 (冗余部署), 安装霍尼韦尔 RDM 软件, 然后在 RDM 里面配置对应重整装置 PKS OPC, 从而提供 OPC server, 通过 OPC server 完成实时数据采集。2 套 PKS R311 系统通过工业通信网关采集 (冗余部署)。在重整机柜间部署 2 台工业通信网关, 由工业通信网关提供 OPC server 服务, 采集服务器采集工业通信网关提供的 OPC 数据, 完成实时数据采集。

4. 环储生产中心有 4 套 PKS R500 DCS 系统、5 套 PKS R311 DCS 系统和 1 套 PKS R430 DCS 系统。在环保四套机柜间部署 2 台数据采集器 (冗余部署), 安装霍尼韦尔 RDM 软件, 然后

在 RDM 里面配置 4 套 PKS R500 对应装置 PKS OPC, 从而提供 OPC server, 通过 OPC server 完成实时数据采集。5 套 PKS R311 和 1 套 PKS R430 系统通过工业通信网关采集 (冗余部署)。在环保四套机柜间部署 2 台工业通信网关, 由工业通信网关提供 OPC server 服务, 采集服务器采集工业通信网关提供的 OPC 数据, 完成实时数据采集。2 套和利时 MACS V6 系统数据通过 PKS 系统采集。

5. 将热电生产中心 SIS 数据库数据采集至公司实时数据库中。SIS 系统提供 C 语言接口, 开发 C 语言服务程序, 把 SIS 系统的数据集成到 pSpace 实时数据库中。

气体检测系统, 通过数据采集服务器部署 OPCserver 采集实时数据至实时数据库中。为了保证新数据库中数据的完整性, 需要对原 PHD 内已经存在的历史数据进行迁移。PHD 内历史数据的迁移, 需要保证不影响当前软件运行, 迁移数据需要满足完整性和准确性, 不能影响新数据库数据的存储, 不能出现存储混乱问题。

(三) 数据集成方案

各生产中心数据采集到实时数据库后, 需要通过服务器向其他系统提供数据。

1. 企业内部 MES 系统: 利用现有 MES 服务器, 在 MES 厂商提供的 “PHDApi.cs” 接口程序引用力控 .netSDK, 替换原 PHD SDK 接口, 再重新编译接口程序, 用于原 MES 系统数据服务。

2. 集团智慧化工接口服务器

(1) 根据 “煤化工企业易燃易爆与有毒有害气体数据上传集团接口规范” 编写接口程序; 接口程序和集团统一提供的上传程序部署在接口服务器上。编写的接口程序生成需要上传的文件, 再由集团的上传程序把文件上传到集团基石系统服务器。

(2) 集团数据湖项目组编写、调试接口程序, 利用接口服务器将实时数据上传给集团数据湖。

3. 政府主管部门、工业园区数据采集服务器: 在接口服务器上安装实时数据库 OPC DA、UA 标准接口程序, 满足政府主管部门、工业园区对实时数据的采集要求。

4. 可视化服务器: 可视化展示部分, 绘制生产、安全、环保、设备等方面的流程图画面。针对关键设备的运行进行监控、关键性能指标和重要经济指标的监控, 实时数据库系统需要提供资产建模工具, 根据实际需求建立数据模型, 可视化展示内容需满足生产管理需要。

(四) 数据传输网络改造方案

以生产中心为单位, 每个生产中心设置一个网络汇聚点, 从汇聚点将数据传输至公司核心机房。五个生产中心的汇聚点分别为: 煤液化生产中心四联合机柜间, 间接液化生产中心重整机柜间, 煤气化生产中心煤制氢机柜间, 环储生产中心环保四套机柜间, 热电生产中心六楼机房。保证已对新增加网络设备进行充分技术论证, 保证网络安全畅通。在项目实施前梳理清楚整体网络结构, 画出网络拓扑图, 做出合理规划, 保证网络改造霍尼韦尔、中控、和利时等 DCS 厂家数据独立传输, 不相互干扰; 保证 DSA 通讯协议正常; 保证原所有通讯均正常不受影响。

网络改造新增交换机分别部署在公司核心机房和各中心汇聚点所在机柜，与原有网络打通连接后对各接入交换机点位逐个进行割接。单点位割接全部完成后，对此接入业务进行测试，确认业务已正常运行。确保新增网络设备已进行充分技术论证，保证网络安全畅通。

四、pSpace 数据库在智慧化工厂二次开发及应用

1. 利用读取的实时数据每个生产中心制作一张生产数据展示图，可展示中心概况、生产运行情况、年度任务完成情况、能耗情况、主要设备运行时常等，同时在调度室内、办公网内随时进行访问。

2. 对外数据监控可对基石系统、市应急管理局、工业园区、生态环境局、碳排放管理、能源管理的传输数据状态。

3. 设备监控可对设备、仪表、电气三个专业重点关注内容进行监控，通过设置人机交互画面、权限功能划分让设备监控更加

清晰明了。

4. 工艺监控可对各生产中心主要流程图进行监控，通过办公网浏览实时工艺流程状态，在数据传输过程中设置防火墙等安全设施保证安全生产。^[2]

五、总结与展望

随着 pSpace 数据库在该煤化工工厂应用已超过2年，运行期间已可替代原调度执行系统数据，与 ERP、MES、外部数据、DCS、SIS、GDS 系统数据完美交互，标志着 pSpace 数据库在该煤化工企业得到成功应用。实践证明，pSpace 作为统一、高效、开放的实时数据平台，通过与分层分区、安全可靠的工业网络深度融合，成功打通了从底层设备到顶层决策的数据链条，为智慧化应用的落地与价值释放提供了坚实的基础，为数据库深层次再开发指明方向。

参考文献

[1] 力控科技. 企业及实时历史数据库 pSpace 产品手册.

[2] 王树青, 乐嘉谦. 自动化与仪表工程师手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.