

千兆以太网卡——数据采集系统重要的一环

全套 DAQ 解决方案，尽在度纬科技

度纬科技 Application Notes-053-V1.0

<https://www.doewe.com>

从自动化产线到智能座舱，道路险情测试与监测场景激增，数据采集（DAQ）市场正一路高歌：全球规模预计将从 2025 年的 28 亿美元增至 2030 年的 37 亿美元，年复合增长率 5.9 %。在众多平台中，凭借 PCIe 高速背板与纳秒级同步能力的 PXIe 模块化仪器发展迅速——Grand View Research 指出 2025-2030 年模块化仪器市场年复合增长率将达 9.7 %，其中 PXI(e) 平台已占 44 % 份额；Verified Market Reports 则预测 PXI 市场 2026-2033 年年增 8.2 %。然而，随着传感通道、分辨率与实时算法持续攀升，即便背板带宽可达 8 GB/s，PXIe 机箱在同时承载高速视觉、毫米波雷达与多物理量测点时仍会逼近极限——高速前端接口已成新瓶颈，而千兆以太网凭借通用性、远距离与可扩展带宽，正成为打通数据“最后一公里”的首选。

PXIe 数据采集系统是以 PCIe 高速串行总线为骨干、兼具 PXI 精密触发与时钟资源的模块化仪器平台：在同一机箱内，背板可为每个外设槽位提供最高 8 GB/s (PCIe Gen3) 点对点带宽，同时保持 ± 100 ps 级星形触发与 100 MHz 差分系统时钟，实现高速传输与纳秒级同步的兼得。相较于传统 PXI (基于并行 PCI, 带宽 132 MB/s) 或 cPCI/cPCIe, PXIe 既向下兼容旧板卡，又借助商业 PCIe 生态不断迭代至 Gen4/Gen5，带宽与通道密度每 3-4 年翻番。

其“机箱 + 控制器 + 多功能采集卡 + 高速存储”的乐高式组合，让研发工程师能在数小时内拼装出专属仪器；而背后的软件定义架构，则支持 LabVIEW、Python、C/C++ 等一键调用，使算法验证、产线测试、远程监控共享同一套硬件。伴随传感器分辨率与采样率倍增、原始数据驱动 AI 需求爆发，“高速 × 同步”成为新刚需——这正是 PXIe 在近年 DAQ 市场连续领跑的根本原因。



图 1 度纬科技 PXIe 数据采集系统正面图

从总线角度看，CompactPCI (cPCI) 仍沿用 32-bit 33 MHz 并行 PCI，单槽峰值带宽仅 132 MB/s，且背板没有专用触发或时钟线，多板同步只能靠软件时间戳。PXI 在 cPCI 机械结构上新增 10 MHz 系统时钟、8 线触发总线与星形触发，槽间对齐精度优于 ± 100 ps，大幅提升仪器同步能力，但带宽仍受并行 PCI 限制。为突破带宽瓶颈，cPCIe 直接将背板总线换成串行 PCI Express：Gen1 $\times 1$ Lane 即有 250 MB/s，全长 $\times 16$ 可达 4 GB/s，但规格中依旧缺乏硬件触发/时钟网，难以满足高精度同步测量。PXIe 则把两者优势合而为一——保留 PXI 的触发与 100 MHz 差分系统时钟（槽间偏差 ≤ 100 ps、抖动 < 3 ps），同时将背板升级至 PCIe Gen3 $\times 4$ ，每槽点对点带宽最高 6 GB/s，整箱聚合可超 24 GB/s。

由此可见，PXI/PXIe 的核心竞争力在于“高带宽 × 硬件级同步”：10 MHz / 100 MHz 基准、星形触发与皮秒级抖动确保多通道数据严丝合缝，而 PCIe 串行化又让 PXIe 足以同时承载千兆网络流、毫米波雷达与高分辨率传感数据，成为当前高速数采系统的主流骨架。

一套典型 DAQ 系统由机箱与嵌入式控制器 / 外接主机提供运算能力和基准时钟，再按需求插入各类采集卡（电压、温度、网络 GigE 等）与高速存储卡。所有插件板都依托背板总线共享 10 MHz / 100 MHz 时钟和多条触发线，实现多物理量的硬件级同步采样。在 DAQ 领域，“网卡”不仅是通讯接口，更是一类网络型采集卡。原因很简单：工业相机、分布式传感器、甚至整套测控节点的数据如今都“打包”成以太网帧直接上链路，网卡捕获的就是原生测量数据。例如，GigE Vision 工业相机已将千兆以太网作为通用接口，可在 IP67 防护外壳下持续输出高速图像流，完全遵循 GenICam/GigE Vision 标准，便于与第三方算法库即插即用；分布式 I/O 与智能传感器则大量采用 EtherCAT 或 OPC UA 远程模块，将应变、电压、温度等量化数据实时封装到 UDP/TCP 帧中回传。



图 2 度纬科技 PXIe 存储卡侧面图

与传统模拟/数字 I/O 卡的区别在于，这些网络采集卡无需本地 ADC——数据本身就是网络帧，关键能力转向“线速捕获 + 精确时间戳”。1 GbE 理论带宽 1 Gb/s (≈ 125 MB/s)，足以并行承载约 80 路 24-bit/96 kHz 音频或 4 路无压缩 1080p60 视觉流；在 PXIe 背板 PCIe Gen3 $\times 4$ 6 GB/s 的加持下，网卡与其他高速采集模块同箱运行也不易堵塞。正因其“远距离、可扩展、通用协议”的特性，千兆网卡已从 IT 外设升级为 PXIe 数采系统中不可或缺的高速前端。

度纬 ASMC-PXIe-7024 千兆网卡定位于 PXIe 数采系统的“网络前端”：单卡 3U PXIe 尺寸 (100 mm \times 160 mm, 4 HP)，在前面板集成 4 个 1 GbE RJ-45 端口，支持 1000/100/10BASE-T 自适应，可直接将实验室或产线测点接入 PXIe 机箱。板载 FPGA 配有 TCP/UDP/IP 校验和分载与 TCP 分段硬件引擎，线速捕获仍保持 $< 5 \mu\text{s}$ 转发延迟，并通过 PCIe DMA 将帧数据零拷贝推送至背板——与度纬 P2P 存储卡组合，可连续录制千兆流而无丢包风险。除基础流量控制、PXE 远程启动外，网卡还可选 SM2/SM3/SM4 国密算法加速，满足国产化或涉密测试要求；全卡自研设计、拥有自主知识产权，支持 Windows 7/10、Windows Server、Linux 及银河麒麟 / 中标麒麟操作系统，在 $0^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$ 环境下长期稳定运行。凭借“四口千兆+硬件加速+零拷贝直链+国产加密”的差异化能力，ASMC-PXIe-7024 为 PXIe 平台注入了远距离、通用而安全的高速采集通道，将网络型传感器、GigE Vision 相机与 EtherCAT 节点无缝纳入度纬 DAQ 生态。

度纬科技以 PXIe 机箱为核心，围绕**“采集 + 分析 + 存储”**构建出一条完整的 DAQ 生态链：电压、电流、温度、应变桥、CAN / LIN / FlexRay、A²B 音频、高速 1 GbE / 10 GbE 网络等数十款采集卡，可与 ASMC-PXIe-8016 P2P 直链存储卡 (16 TB、 > 6 GB/s

连续写) 及统一 DAQ GUI 无缝拼搭; 槽位自识别、能量监控与 100 MHz 差分时钟保证多物理量纳秒级同步, 台架、整车与产线三大场景一箱打尽。

总的来说, 随着传感器数字化、带宽与距离同步拔高, GigE × PXIe 成为打通测控 “最后一公里” 的理想组合; 而度纬千兆网卡与全系 DAQ 模块的协同, 既提供线速捕获、硬件时间戳, 也让工程师按乐高方式扩展模拟、数字乃至音频链路, 实现从采集到存储、从研发到产线的数据闭环。选择度纬, 即选择更快、更准、更易扩展的 PXIe 测试未来。



度纬科技 PXIe 采集卡组合图

度纬科技始终致力于在数据采集领域中实现创新、独特和可靠的产品方案。我们深知, 这些要素是企业市场竞争中立足的基石。正因为如此, 我们将创新的灵感来源于客户的真实应用需求, 而非仅仅为了展示华而不实的产品特性。通过不断优化和提升数据采集方案, 度纬科技助力合作伙伴迈向高效精准的未来。欢迎选择度纬科技 (010-64327909), 共同开启数据采集的新篇章。