

基于 LabVIEW 的能耗数据采集系统设计

曾磊 杨川 周露平 雷川琦 徐志勇

上汽通用五菱汽车股份有限公司重庆分公司

摘要：本设计基于 LabVIEW 平台开发了一套工业能耗数据采集系统，应用于某汽车工厂，整合水、电和 gas 等 226 块多源异构表具。通过现场调研明确表具通信协议差异（RS-232/RS-485、MQTT 等）及环境特殊需求，设计分布式架构。实测表明，该系统可降低运维成本 30%，为工业节能提供高精度数据支撑，并推动传统汽车工厂向数字化管理模式转型。

关键词：数据采集；LabVIEW；分布式微服务；多协议

0 前言

得益于新一代信息技术的蓬勃发展，能源管理工作的数字化已经逐步应用到了各大企业。在能源管理工作中，数据采集是管理根本，没有完善且可靠的数据，也就没法谈后续的数字化能源管理工作。本文就基于 LabVIEW 的能耗数据采集系统进行设计，旨在采用低代码的手段，实现可靠、稳定的能耗数据采集系统开发，帮助企业降低开发门槛，低成本实现能源管理工作。

1 现场调研

1.1 厂区表具分布情况

调研厂区位于重庆市，占地面积约 3000 m²，能耗种类包含水、电、气和燃气等，共计 226 块表具，如图 1 所示，主要分布在办公区域和制造区域。



图 1 厂区表具分布情况统计

1.2 表具通信分类

通过现场调研发现，厂区 226 块表具使用三种通信协议：RS-232/RS-485 和 DLT645 协议。RS-485 通信表具使用居多，该通信协议具有传输距离远，抗干扰能力强等优点；RS-232 通信协议使用较少，分布在比较老旧的表具上，该通信协议具有传输距离较短、抗干扰能力有点弱等缺点。DLT645 协议主要用于电力系统中电表数据读取和控制，见表 1。

1.3 采集协议模式

通过现场表具分类总结了五种采集类型，在能耗数据采集系统中串口采集通过串行接口将设备数据上传至上位机一个过程，采集方式居多，但各有各的优点和缺点。

直接串口采集简称 RS-232/RS-485 采集，是工业上最简单最方便的采集形式，但传输距离较短，抗干扰能力弱，适用于直接通过上位机连接的老旧设备。

串口转以太网模块又叫作串口联网模块，是通过设备采集数据转换为 IP 数据，传输距离远，可以将多台设备集成在一起，但需要额外加装硬件，网络延迟

表 1 厂区表具调研分析

表具通信协议	DLT645 (21 块)、RS-485 /RS-232 (126 块)	RS-485/RS-232 (54 块)	RS-485/RS-232 (19 块)	RS-485/RS-232 (4 块)	RS-485/RS-232
各协议支持种类	PLC、MQTT、以太网、OPC	MQTT、以太网、OPC	以太网	以太网	MQTT、以太网
表具特殊要求	精度高、耐久性强	抗干扰能力强、流量数据范围广	抗压能力强、抗腐蚀性良好	必须抗低温适应性，精准度高	有防爆等级、测量精度高

可能影响设备实时数据，用于远程查看数据和跨区域传输数据。

串口转 MQTT，基于发布和订阅方式来实现设备数据传输功能，可以将设备和云端实现双向通信，具有数据加密性功能，必须要可靠的移动网络，才能将设备数据稳定传输，使用起来比较方便，该类型适用设备比较分散的地方。

串口转 PLC 技术在工业自动化和数据采集中，通过设备波特率和奇偶校验等设置方式，将设备和 PLC 相连接，利用强大的处理能力把数据进行转换，实现设备可以远程查看数据，但在网络负载较高的情况下，可能会导致数据接收延迟。

串口转 OPC 简称开放式过程控制，支持多种设备协议互相转换，标准化的数据接口，有利于数据集成，从而提高了数据采集效率，降低了成本，在跨区域部署时，数据有时候更新慢，容易掉线。

2 系统设计

本系统是一个分布式管理系统，其架构如图 2 所示，由五大核心板块构成。边缘网关承担数据采集与处理的关键职责，通过 RS-232/RS-485 等接口采集数据点位，并通过多种通信协议转换，确保数据能够被中央处理器有效处理。数据访问接口主要依托互联网和 4G 网络。上位机进行数据采集和频率控制。数据存储模块则专注于数据的保存工作。

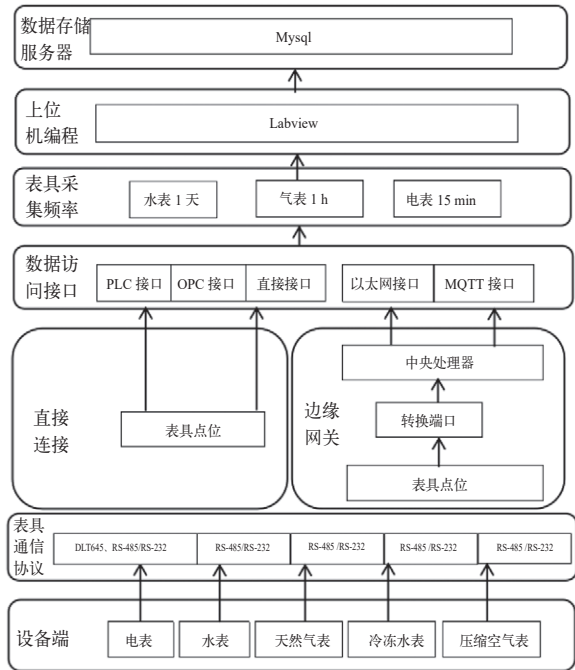


图 2 能耗数据采集系统和传输系统

2.1 采集频率设计

数据采集框架网关是数据采集过程中的核心桥梁。它通过运用 LabVIEW 编程技术，实现了数据的采集和格式转换，并将转换后的数据存储至 MySQL 数据库。根据客户的具体需求，我们可以调整表具的采集频率，最低可设定为每分钟采集一次。通过适当降低采集频率，我们能够在保证数据准确性的同时，减少数据量出错性。此外，该采集系统还配备了数据校验功能，能够对采集到的数据进行校正，确保数据的完整性和准确性。

2.2 数据库设计

数据库架构设计主要是要创建一个能有效储存、管理和检索数据的数据结构，如图 3 所示，该架构是将所有表具数据集中储存在一个服务器，通过概念模型转换为数据库的逻辑模型和关系模型，包括确定表结构、列名、数据类型和主键等，例如，将现场所有表具转换为用户表格，定义用户表中 ID 为主键、数据格式、字长度和时间等，设计数据库表格时要确保数据格式的一致性，以避免因数据采集格式不统一而导致的数据存储问题。

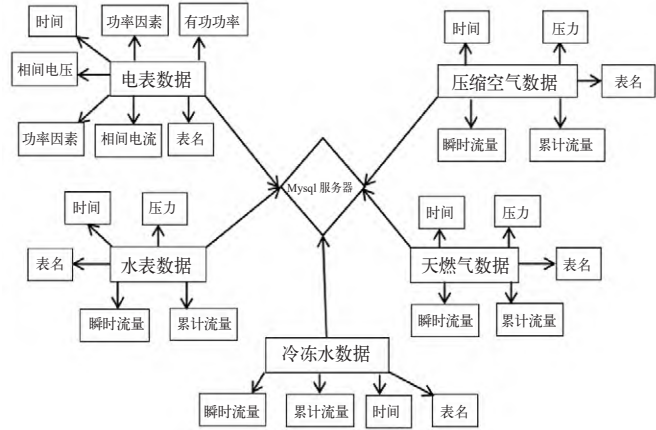


图 3 数据设计架构

3 试验与验证

通过上面的数据采集系统设计，将这套完整系统进行验证，以某车间水表、电表和气表为例，使用五种串口类型对设备连接，采用 LabVIEW 编程与上位机通信。

3.1 数据采集验证

在本测试中，我们以表具点位的数据采集和采集频率为目标，如图 4 所示，针对五种不同的串口采集方式进行了设备数据采集的测试，测试结果见表 2。

(1) 直接串口采集在本地化部署，表现优越，依

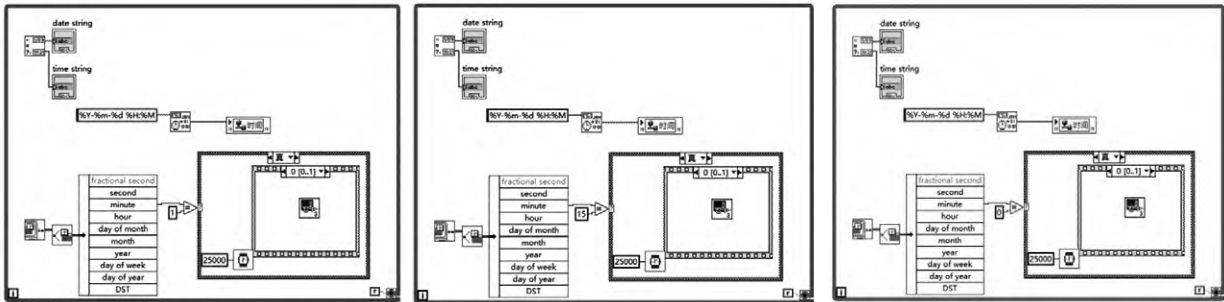


图 4 数据采集验证测试程序

表 2 数据采集测试对比

采集频率	直接串口采集成功率	串口转以太网成功率	MQTT采集成功率	PLC采集成功率	OPC采集成功率
1 min	100%	99%	98%	97%	97%
15 min	100%	99%	98%	98%	96%
1 h	100%	100%	98%	99%	97%

赖可靠设备硬件，因其直接连接、实时传输的特点，在数据采集和处理过程中，能够有效减少数据延迟和误差，尤其适用于对实时性要求较高的场合。

(2) 串口转以太网实现了传统设备与网络系统兼容，扩展性较强，串口转以太网不仅使传统的串口设备能够顺利接入网络系统，充分发挥网络的高效传输能力，还具备了较强的扩展能力，可以适应不断增长的网路需求和多样化应用场景。

(3) MQTT 协议支持跨平台传输，可以方便地实时查看远程数据，需要可靠的网络稳定性。

(4) PLC 采集满足设备采集需求，确保数据获取的高效性和准确性，从而为设备的稳定运行提供可靠的数据支持。

(5) OPC 采集擅长设备数据集成，还能确保数据的实时性和准确性，从而使得设备数据的集成变得更加流畅和高效。

(6) 通过五种数据采集时间、数据丢包和环境异常测试，系统展现了多种通信方式混合架构下的稳定性，兼顾了设备数据实时性、灵活性和扩展性，这些结果为后续的数据采集工作奠定了坚实的基础。

3.2 数据采集通信稳定性验证

为了评估通信稳定性，在环境可靠的情况下，针对五种通信采集方式进行多维度通信测试，以网络延迟和数据丢包为测试指标，监控各通道网络延迟和数据丢包，直接串口采集用硬件采集稳定，用串口转以太网和 MQTT 采集相对稳定，PLC 采集和 OPC 采集比

较稳定，结果见表 3，结果表明，系统通过 LabVIEW 多线程调试与容错机制设计，为后续的系统优化和数据采集策略提供了有力的数据保障。

表 3 数据采集通信测试数据

项目	直接串口采集	串口转以太网	MQTT采集	PLC采集	OPC采集
网络延迟	110 ms	120 ms	140 ms	150 ms	160 ms
数据丢包	15%	20%	20%	25%	30%

4 实施

在实施阶段，数据采集系统的构建是整个项目的核心关键环节。通过使用 LabVIEW 上位机编程技术，开发了一套高效且稳定的数据采集系统，专门用于对厂区内的各类表具进行数据采集与监控。该系统充分考虑了现场表具设备之间的差异性以及通信协议的多样性，能够兼容多种工业常用通信协议，如串口转以太网、OPC 和 MQTT 等，从而确保表具与上位机之间具有良好的通信稳定性。

在具体实施过程中，首先需要对各类设备的类型、通信方式及通信参数进行深入了解，并完成相应的参数配置与匹配工作。随后，通过串口模块实现 LabVIEW 上位机软件与设备之间的通信连接，如图 5 所示。接着，在 LabVIEW 平台上利用图形化编程手段，完成数据的读取、解析与格式转换等操作，并将处理后的数据写入 MySQL 数据库中进行存储。

该系统具备良好的扩展性，不仅可以用于表具的数据采集，还可接入水温传感器、压力变送器等其他类型的监测设备，实现对工厂关键运行参数的实时采集与监控，为生产管理提供有力的数据支持，显著提升了抄表工作的效率与准确性。

5 结语

本文通过 LabVIEW 能耗采集系统的设计，结合现

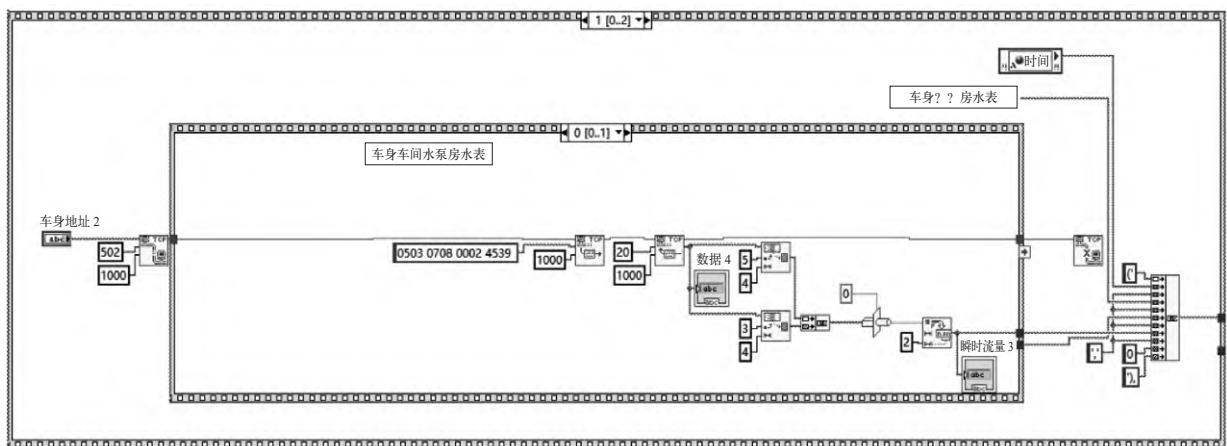


图 5 数据采集应用

场调研、分层架构设计以及多维度试验验证，成功实现了在工业复杂场景下对多源异构表具数据的稳定采集与高效传输。系统采用了五种通信方式的混合架构，确保了数据的实时性与完整性，同时兼顾了远程传输和跨平台集成的需求。提升了数据采集的准确性和效率，有效降低了 30% 的运维成本。展望未来，我们将持续优化系统设计，并探索更多创新技术，以进一步提高能耗数据采集的智能化水平，为产业数智化转型做出最大贡献。

参考文献

[1] 张志杰,刘佳,赵帅,等.一种云容器集群的分布式

管理系统及方法 :CN202510207167[P].2025-03-28.

[2] 郭芬.节能系统底层数据采集原理[J].变频器世界,2024(9):68-71.

[3] 邹传智.基于多串口转以太网的数据采集及分析系统设计[D].上海:东华大学,2017.

[4] 刘永战.基于 MQTT 的远程数据采集与实时控制系统设计 and 应用[J].物联网技术,2025,15(4):64-67.

[5] 鲍秋辉.基于 PLC 的发动机数据采集与监控研究[J].科学与信息化,2024(21):101-103.

[6] 胡宁,刘冬,仲继伟.基于 OPC 和微服务的矿山数据采集及应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(1):45-50.

(上接第 75 页)

关分装作业，分装完成后各总成通过转挂装置转接至车架合装线。

车架合装线用于承载车型前悬+动力总成、后悬总成相关合装，非承载车型车架总成合装，合装线采用 AGV+ 托盘夹具结构设计输送合装。车架合装线三举升 AGV 设计有人员操作举升平台、前托盘举升平台和后托盘举升平台。人员操作举升平台可单独举升用于承载车型合装发舱位置相关作业，前托盘举升平台、后托盘举升平台可单独举升及同步举升，用于承载前悬+动力总成、后悬分装总成单合装及非承载车型车架分装总成合装。车架合装线连接车架分装线与底盘线，车架合装线三举升 AGV 输送承载前悬动力总成、后悬分装总成，非承载车型车架分装总成，至车架合装点；分别完成承载车型前悬动力总成、后悬分装总成合装，非承载车型车架分装总成合装。

动力电池合装线用于承载和非承载车型动力电池总成合装，采用 AGV+ 夹具输送合装。

3 结语

针对承载和非承载车型全工艺流程柔性化混线生产这一课题，本文针对承载和非承载车型产线需求进行分析，结合承载和非承载车型混线差异需要，通过一体化 AGV、一体化转挂、可调整抱具以及抱具调整站等技术结合，最终制定了满足承载和非承载车型全工艺流程柔性化混线生产技术方案。

此方案解决了产线承载和非承载车型混线生产柔性化程度低、需求面积大、建设投资高及制造成本高等问题，为汽车行业提供了新的思路，打破行业技术瓶颈，实现行业技术首创，为企业实现高品质、高柔性、高效率 and 低成本产线规划制造场景赋能。