

方式,采用“单元激活法”也或“结构叠加法”模拟各施工流程,如钢梁进行吊装、桥面板开展浇筑、张拉等操作过程中的结构变形特征、内力演变规律及临时荷载响应特性。分析中需格外关注钢梁刚性不足、桥面板因龄期差异而产生的附加内力,且要重视剪力连接件在不同龄期的滑移累积效果,顾及混凝土徐变、收缩、温度梯度等时效作用效应,对长期变形的管控以及设计参数的调整优化意义关键,凭借引入 BIM 与施工仿真平台,可完成施工过程的可视模拟以及进度跟结构行为的关联,提升施工管理的精准把控力,规避结构初期损伤及开裂隐患,为实际工程的决策事项提供科学佐证。

### 3 结语

作为现代桥梁结构重要发展走向的是分体式箱型断面钢混组合梁桥梁,标准化及高效化的制造与安装技术,对促进工程建设质量和效率提升意义深远,依靠构件模块化设计、实施施工工艺优化及采用智能化技术,既达成了结构性

能与施工效率的双重提高,也为大型桥梁建设给出了可借鉴、可推行的实践路线,通过结合结构分析、荷载试验及健康监测等研究手段,进一步助力桥梁工程朝精细化、数字化以及智能化方向拓展,要进一步强化关键技术集成及标准体系打造,全面增进桥梁建造技术水平以及管理本领。

### 参考文献

- [1] 潘文栋,林庚钊,刘建军.独塔双索面分体式钢混组合梁斜拉桥地震响应的影响分析[J].福建交通科技, 2025(2).
- [2] 吴建明,张昌.斜交连续箱型钢混组合梁受力性能分析[J].工程技术研究, 2024, 9(12):109-111.
- [3] 叶梦雨.钢混组合梁截面形式优化研究[J].工程建设(维泽科技), 2024, 7(2):149-152.
- [4] 马伟.地铁工程钢混组合简支双线高架箱梁施工技术研究[J].工程机械与维修, 2025(1):116-118.
- [5] 刘新星,丁建,贾玉龙,等.装配式钢-混组合梁桥面板预制及安装施工技术研究[J].建筑技术, 2024, 55(13):1540-1543.

# The Development of Electricity Collection Terminal Technology and Analysis of Common Problems in 1000kV Ultra High Voltage Substations

Kun Han<sup>1</sup> Wensheng Duan<sup>2</sup>

1. Beijing Huitongsheng Electric Power Engineering Co., Ltd. Fangshan Branch, Beijing, 102488, China  
2. State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Ultra High Voltage Branch, Beijing, 102488, China

## Abstract

The Beijing Dong 1000kV Substation, as the first ultra-high voltage (UHV) substation in North China, serves as a critical transmission link connecting Inner Mongolia and Beijing. With state-of-the-art equipment selection and cutting-edge technology, it has become a key operational facility requiring specialized maintenance. Given its role in transmitting massive power loads, the substation demands sophisticated data acquisition terminals that handle heavy computational and transmission demands. As UHV transmission technology advances rapidly, the power grid now requires higher precision, real-time performance, and interference resistance in data collection. Serving as the core component of UHV substation automation systems, power data collectors play a pivotal role in energy data acquisition, processing, and transmission. Their performance directly impacts both the operational safety and economic efficiency of the power grid.

## Keywords

power quantity collection terminal; UHV; data foreword

## 电量采集终端技术的发展在 1000kV 特高压变电站中的运用及常见问题分析

韩琨<sup>1</sup> 段文胜<sup>2</sup>

1. 北京惠通盛电力工程有限责任公司房山分公司, 中国·北京 102488  
2. 国网冀北电力有限公司超高压分公司, 中国·北京 102488

## 摘要

北京东1000kV变电站成为华北地区第一座特高压变电站, 成为连接内蒙和北京的主要下线, 在设备的选型上、技术上都是最先进的在运行维护上也成为重点作业设备, 由于特高压变电站担负着大电量的输送任务, 电量数据多, 计算和传输量大对采集终端有较高要求。随着特高压输电技术的快速发展, 电网对电量采集的精度、实时性及抗干扰能力提出了更高要求。电量采集器终端作为特高压变电站自动化系统的核心组件, 承担着电能数据采集、处理及传输的关键任务, 其性能直接影响电网运行的安全性与经济性。

## 关键词

电量采集终端; 特高压; 数据

## 1 引言

随着特高压输电技术的快速发展, 电网对电量采集的精度、实时性及抗干扰能力提出了更高要求。电量采集器通过实时采集电压、电流等参数, 将模拟信号转换为数字信息, 为电力系统监控、计费、故障诊断等提供数据支持, 电量采集器终端作为特高压变电站自动化系统的核心组件, 承担着电能数据采集、处理及传输的关键任务, 其性能直接影响电

网运行的安全性与经济性。本文以 1000kV 特高压直流工程为背景, 探讨智能电网与物联网技术的发展, 电量采集器终端的设计原理、技术难点及实际应用问题展开分析。

## 2 电量采集系统由以下核心组件构成

互感器包括电压互感器 (PT) 与电流互感器 (CT), 将高电压 / 大电流转换为低电压 / 小电流信号, 供给智能电能表, 电能表通过数据传输到采集终端进行数据分析。

硬件设计主控芯片选择: 常采用高性能微控制器 (如 STM32F103 系列), 其优势包括低功耗、高处理能力及丰富的外设接口 (如 12 位 ADC 模块), 可支持多路电量信号并

【作者简介】韩琨 (1986-), 男, 中国山西大同人, 本科, 工程师, 从事电力系统及自动化研究。

行采集与实时处理。前向通道设计：包括电压/电流互感器(PT/CT)、信号调理电路(如放大、滤波)、A/D转换器等。

在电能计量计费自动化系统中，电能采集终端是电能数据的通讯中枢，一方面采集、存储数字电能表以串行通讯形式输出的电能数据；另一方面将采集到的电能数据通过上行通道传输到电能计费自动化系统的主站中，地位十分重要。

### 3 通信与数据传输

通信与数据处理：双模通信技术：结合高速电力线载波(1Mbps)与无线传输，突破窄带载波的速率限制，适应海量数据传输需求，边缘计算能力：新一代智能量测终端主频提升至1GHZ，存储容量扩展至8GB，支持本地化数据处理与实时分析，电量采集器的技术演进体现了从单一功能向智能化、网络化发展的趋势。2.2 协议与模块：支持RS485(稳定性高)与无线通信(如Zigbee、Wi-Fi)，适应不同场景需求。例如，变电站遥测终端需兼容电力行业标准通信协议。远程监控集成：通过云平台或本地服务器实现电量数据的实时监测与分析，为智能电网提供支持。

多协议兼容性：支持DL/T645-2007、IEC 61850等电力行业标准协议，通过RS-485、光纤或5G通信实现与主站的高效交互(《数字化变电站电能计量技术要点》)。边缘计算集成：在终端侧部署轻量化数据处理模块，减少数据传输延迟，满足实时监控需求(《数字化变电站电能计量技术要点》)。

支持最多16路RS485，可采集256块全电子式电能表；支持DL/T860(IEC61850)采集测控装置电能数据。

系统校时支持多种对时方式：人工对时、远方主站、网络服务器(SNTP)、当地卫星钟(B码)。

通讯故障/恢复记录、设备异常/恢复记录、事件记录功能、用户登录记录、网络连接记录。

告警输出：支持主电源故障告警、副电源故障告警、CPU故障告警。

DL/T 719-2000 远动设备及系统 传输规约 电力系统电能累计量传输配套标准；DL/T 698.41-2010 主站与采集终端通信协议；DL/T 860 多功能电能表通信规约。

边缘计算技术的集成，减少主站数据处理压力，提升响应速度。

## 4 电量采集器在智能电网及电力自动化核心技术分析应用研究

### 4.1 传统脉冲式采集器

早期电量采集器以脉冲计数为核心，如十六路智能脉冲电量采集器通过硬件电路实现脉冲信号的采集与存储，适用于电力负荷控制系统，但其数据处理能力有限，依赖专用芯片。部分研究提出无需MCU的简化方案，如浙江中浩电子的专利技术，通过优化电路设计直接完成信号处理与传

输，降低成本和功耗。

### 4.2 基于MCU与DSP的智能采集器

近年来，结合单片机(MCU)与数字信号处理器(DSP)的混合架构成为主流。例如：

-DSP+CPLD架构：通过GPS同步时间标签实现交流电量高精度同步采集，支持电网状态监测与故障定位，采样速率可达1MHz以上。

-PIC单片机方案：在太阳能发电系统中，采用霍尔传感器实现低功耗电流检测，结合PIC16F687完成数据运算与显示，适用于家庭分布式光伏系统。

### 4.3 无MCU的创新设计

部分研究提出无需MCU的简化方案，如浙江中浩电子的专利技术，通过优化电路设计直接完成信号处理与传输，降低成本和功耗。

### 4.4 高精度采集技术

电子式互感器：分为有源型(如Rogowski线圈)与无源型(基于Faraday/Pockels效应)，克服传统互感器的磁饱和、绝缘性能差等问题，实现数字化输出。

模数转换优化：采用Sigma Delta调制器与12位ADC芯片(如STM32系列)，结合动态范围调整技术，提升采样精度。

### 4.5 抗干扰设计

硬件层面采用光电隔离、磁屏蔽技术；软件层面通过冗余校验、滑动平均滤波等算法增强数据稳定性。

环境适应性：无源式电子互感器易受温度漂移影响，需改进光学材料的长期稳定性。

数据融合瓶颈：海量电量数据与继电保护系统的协同处理能力不足。

### 4.6 创新方向

智能化升级：集成AI算法实现异常用电检测与预测性维护(如短路预警)。

构建基于CIM模型的一体化数据平台，支持多部门协同分析。

### 4.7 新型技术融合

量子传感器：应用于特高压场景，提升强电磁干扰下的测量精度(如±800kV量子电流传感器)。5G与边缘计算：支持高密度设备接入与实时数据处理，优化通信效率。

### 4.8 基于MCU与DSP的智能采集器

近年来，结合单片机(MCU)与数字信号处理器(DSP)的混合架构成为主流。例如：

-DSP+CPLD架构：通过GPS同步时间标签实现交流电量高精度同步采集，支持电网状态监测与故障定位，采样速率可达1MHz以上。

PIC单片机方案：在太阳能发电系统中，采用霍尔传感器实现低功耗电流检测，结合PIC16F687完成数据运算与显示，适用于家庭分布式光伏系统。