

智慧型直流系统信息化管理平台的设计与实现

文/马建龙¹ 陈嘉伟¹ 李泽余¹ 王浩彬²

1. 浙江大唐乌沙山发电有限责任公司；2. 河北创科电子科技有限公司

目前提出的直流系统信息化管理平台稳定性较差，管理效率较低。为解决上述问题，提出系统的整体架构框架，结合数据采集、处理、存储、管理与显示等模块，形成一个高效、可靠的管理平台。通过采用高性能的采集器、处理器及存储器，确保数据的实时采集与高效处理。通过数据存储与分类管理、数据索引与查询等，进一步提升数据检索和分析的效率。系统的信息显示模块通过可视化的方式呈现数据，帮助用户快速识别系统状态，并实时进行故障预警。实验研究表明，该平台能够有效提升直流系统的运行效率、稳定性及智能化水平。

发电厂直流电源系统为继电保护装置、开关操作、事故照明和润滑油泵等提供电源，是厂用电源的“心脏”，特别在电厂出现事故时，是保证保护装置、自动化设备动作、开关跳合、防止事故扩大和恢复电厂正常运行方式所必不可少的系统和设备，其安全稳定运行是保障电力系统安全稳定运行的关键。但目前电厂常规直流电源布局分散，运维管理水平低下、落后，无法与“智慧电厂”发展相适应，亟需改进提升，传统的管理方式已经难以满足对直流系统的实时监控、故障诊断与数据分析的需求。因此，构建一个智慧型直流系统信息化管理平台，已成为提升直流系统运行效率，确保系统安全稳定运行，减少维护成本的迫切需求^[1]。本文从平台框架、硬件设计和流程设计等方面详细阐述智慧型直流系统信息化管理平台的设计与实现，旨在为未来的直流系统管理提供一个高效、灵活和智能的解决方案。

智慧型直流系统信息化管理平台框架设计

智慧型直流系统信息化管理平台的架构可分为

三大层次：感知层、网络层和应用层。智慧型直流系统信息化管理平台框架如图1所示。

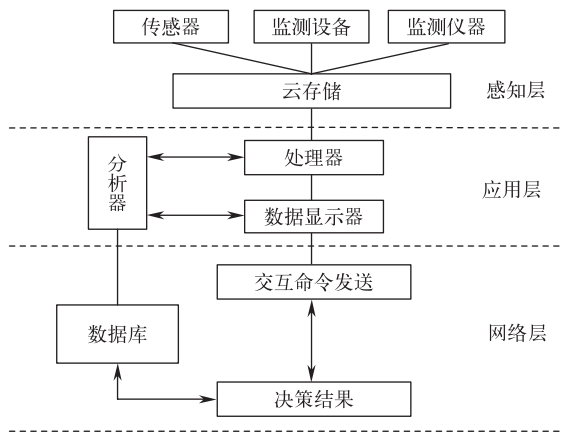


图1 智慧型直流系统信息化管理平台框架

感知层是整个系统的基础层，主要负责直流系统的各种设备信息采集。通过安装各种传感器、监测设备和智能仪表，实时获取系统的运行数据，包括直流母线电压、蓄电池电压、充电机电流和蓄电池温度等关键参数。数据通过数据采集模块传输至上层的网络层。感知层还负责设备的故障诊断、环

境监测等基础工作，为后续的分析 and 决策提供数据支持。

网络层主要负责感知层采集到的数据传输与处理。通过采用工业物联网技术、通信协议（如 Modbus、IEC 61850等）和无线网络技术，确保各个监控设备和传感器的实时数据能够稳定、高效地传输到数据中心或云平台。同时，网络层还负责对传输过程中的数据进行初步的筛选、压缩和预处理，为后续的分析提供清晰、准确的输入。

应用层是平台的核心部分，主要进行数据分析、处理、存储和展示。通过大数据分析 with 云计算技术，系统能够对收集到的数据进行实时监控与历史数据对比，发现系统运行中的异常情况，进行故障预警与故障定位。在此基础上，平台还能够实现智能决策支持，自动生成维护建议和优化方案，协助运维人员制定更加精准的操作计划。此外，平台提供友好的用户界面，使得操作人员能够方便地查看系统状态、生成报表和设置警告阈值等^[3]。

智慧型直流系统信息化管理平台硬件设计

1. 采集器

为满足智慧型直流系统信息化管理平台的高准确度、高可靠性需求，采集器采用工业级硬件平台，具备高性能的数据处理能力和稳定的通信能力。

在硬件选型上，采集器采用基于ARM架构的嵌入式系统，使用树莓派 4B 开源硬件平台，提供灵活的开发环境和较强的扩展性。树莓派 4B 支持 1.5 GHz 的四核 ARM Cortex-A72 处理器，内存最大可扩展至 8 GB，非常适合处理实时数据采集和传输任务。

采集器内置高精度的数据采集模块，采用 NI 9205（National Instruments）系列的高准确度模拟输入模块，支持多路信号输入和高速采样，确保采集的数据准确无误。NI 9205 具有 16 位分辨率和最大采样率 250 Kbit/s，能够实时采集直流电压、电流等信号，并进行高效处理。

为了实现数据远程传输，采集器必须配备可靠的通信模块。选择 Quectel EC25（支持 4G LTE 通信）和 Wi-Fi 模块（如 ESP8266）能实现高效的无线数据传输。

选用 MeanWell HDR-15（AC/DC 电源模块）模块，确保设备在不同电压环境下能够稳定供电，并具备过载保护和短路保护功能^[4]。

在采集器的硬件设计中，为了方便现场操作和实时监控，通常配备小型触摸显示屏，如 Nextion NX8048T070 [7 in (1 in=0.0254 m, 触摸屏)]。显示屏能够实时显示采集的参数，支持图形化界面，便于用户进行直观的操作和数据查看。

2. 处理器

在智慧型直流系统信息化管理平台中，处理器是数据处理与分析的核心组件，负责对采集到的各类信号进行处理、计算和决策支持。处理器的性能直接影响系统的实时性和准确性，因此在硬件设计中，选择合适的处理器是至关重要的。处理器需要具备强大的计算能力、高效的数据处理能力、低功耗以及良好的扩展性。本文选用 NXP i.MX 8 系列处理器，作为一款高性能的嵌入式处理器，NXP i.MX 8 系列处理器采用 ARM Cortex-A53 和 Cortex-M4 架构，具备强大的多核计算能力。该处理器支持高效的数据处理和并行计算，适合处理大规模的数据输入和高负载任务。i.MX 8 系列还内置了高效的图像处理单元（GPU）和数字信号处理器（DSP），能够进行实时图像处理和信号分析，提升平台的智能化水平。其低功耗设计和丰富的外设接口，确保系统的稳定性和扩展性^[5]。

3. 存储器

在智慧型直流系统信息化管理平台中，存储器是用于数据存储、缓存和历史记录的关键组件。负责保存采集到的实时数据、历史数据、配置文件以及日志信息等，并在必要时提供快速的数据读取与写入。在智慧型直流系统的信息化管理平台中，存储器分为主存储器（RAM）和辅助存储器（如 Flash 存储），DRAM（动态随机存取存储器）为主存储器，DRAM 用于存储实时数据和高速缓存，它具有较大的存储容量和较低的访问延迟。本文选用的存储器为 Micron MT41K256M16JT，是 1 GB 容量的 DDR3 SDRAM，具有较高的存取速度，适合高频次的数据存取需求。DRAM 在平台中的应用可以有效提升数据处理速度，尤其是对于需要高速缓存的实时监控数据。NAND Flash 为辅助存储器，用于存储长期保存的历史数据、系统配置文件

及日志文件。NAND Flash具有非易失性特点，能够在系统断电时保持数据的完整性。常见的型号包括 Samsung KLM8G1GEMB（8 GB）和 SanDisk X600（120 GB）。

智慧型直流系统信息化管理平台流程设计

智慧型直流系统信息化管理平台流程如图2所示。

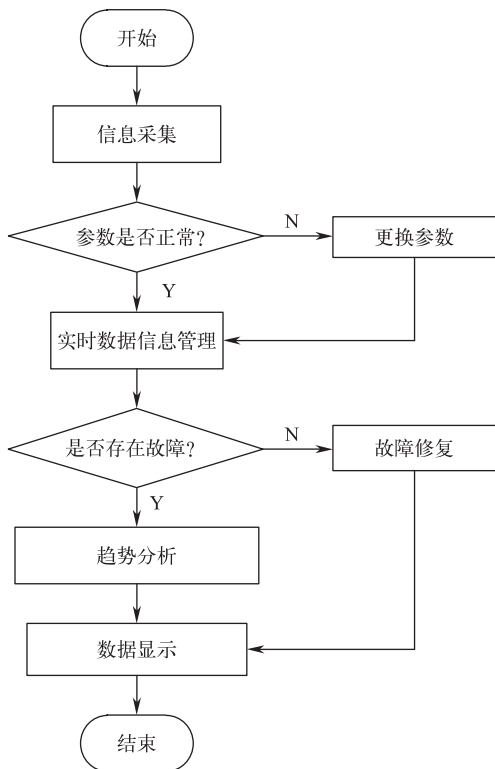


图2 智慧型直流系统信息化管理平台流程

1. 信息采集

在信息采集模块中，数据首先通过传感器测量环境变量或设备状态，传感器输出的模拟信号经过放大、滤波等处理后，送入模数转换器（ADC）。ADC将模拟信号转换为数字信号后，数据通过通信接口（如RS 485、Modbus和CAN总线等）传输至处理器或控制单元进行进一步处理。

对于实时监控系统，较高的采样频率是必须的。根据奈奎斯特采样定理，采样频率需要至少为信号频率的两倍，即

$$f_s \geq 2f_{\max} \quad (1)$$

式中， f_s 为采样频率； $f_{\max}$ 为被采集信号的最大频率。

确保采样频率足够高，避免出现采样失真。

在采集过程中，可能会出现噪声或不规则的波动，本文引入低通滤波器进行滤波，传递函数表示为

$$H(s) = \frac{\omega_c}{s + \omega_c} \quad (2)$$

式中， ω_c 为截止频率； s 为复频域变量，低通滤波器可有效去除高于截止频率的噪声信号。

为确保多个传感器的数据能够统一协调地进行分析，采集系统需要提供时间同步机制。同时，对于不同类型的传感器，进行校准，以保证数据的准确性和一致性。

采集到的数据通过合适的通信协议传输至处理单元。采集模块会将数据通过无线通信（如Wi-Fi、ZigBee）或有线通信（如RS 485、Modbus RTU）传输至平台中枢。为降低传输延迟，采用压缩算法减少数据量，提高传输效率。

2. 信息管理

从各传感器和设备采集到的数据进行存储和分类管理。通过为不同类型的数据设立不同的存储区域，提高数据查询效率，并且确保数据的安全性。对于实时数据，根据式（3）进行存储和索引

$$D_{\text{store}} = (T_{\text{timestamp}}, D_{\text{value}}) \quad (3)$$

式中， D_{store} 为存储的实时数据； $T_{\text{timestamp}}$ 为数据的时间戳； D_{value} 为具体的监控值，如直流电流、电压等。

时间戳能够确保数据按照时间顺序存储，并且方便后续的查询和分析。

对于历史数据，通过批量处理和归档机制，按照天、周、月等时间单位进行数据存储。为确保历史数据的完整性与可查询性，通过对历史数据进行压缩处理和定期备份来节省存储空间。

为防止数据丢失或被篡改，系统需要采取定期备份和数据加密等措施。定期备份的方式可以通过自动化脚本定期将数据备份至云端或其他物理存储设备，确保系统出现故障时能够快速恢复数据。通过对历史数据和实时数据的综合分析，平台能够提供故障预测、趋势分析和能源优化等功能。基于机器学习和数据挖掘算法，系统可以自动识别出潜在故障或性能下降的趋势，并及时进行预警。

3. 信息显示

信息显示模块包括数据图表、实时监控面板和

警报信息等内容。数据图表用于呈现直流电压、电流等实时数据，实时监控面板展示整个系统的运行状态，如设备状态、故障报警等。为提高数据展示的效率，常使用折线图、柱状图和饼图等多种图形方式。图表可以通过显示不同时间点的电流值，直观展示系统状态。

当系统出现异常时，信息显示模块应及时将报警信息以显著的方式显示给用户。例如，当直流电压过高时，系统可通过警报框提示用户，并显示报警时间、设备位置及异常电压值。

信息显示模块通过直观的图形界面和实时报警功能，帮助用户快速理解系统状态并及时做出决策。其设计需结合数据的特性，确保数据准确、高效地呈现给用户，并在异常情况下提供快速反馈。

实验研究

为验证所提出的智慧型直流系统信息化管理平台的应用效果，从稳定性和管理效率两方面进行对比实验，得到的稳定性和效率测试结果见表1。

表1 稳定性和效率测试结果

测试项	传统平台	本系统平台	提升率 (%)
系统故障发生率 (%) (高负载下)	10	2	80
异常事件恢复时间 /s	120	45	62.5
数据存储与查询响应时间 /ms	1 200	800	33
数据展示与更新响应时间 /ms	1 500	1 000	33
数据预警响应时间 /ms	900	600	33

从表1中可以看出，本文提出的系统在两个关键方面表现出较传统平台的显著优势：在高负载条件下，系统故障发生率显著降低，并且在出现异常事件时，恢复时间大幅缩短，说明系统的稳定性和故障恢复能力大大增强。数据存储、查询、展示和预警响应的时间相比传统平台均有较大缩短，表明系统在处理数据和响应请求方面更加高效。综合对比分析见表2。

表2 综合对比分析

测试项	传统平台	本系统平台	提升率 (%)
总响应时间 /ms	2 500	1 600	36
任务处理效率/ms	2 500	1 300	35

可以看出，本系统在总体响应时间和任务处理效率上都具有显著优势。传统平台的总响应时间为2 500 ms，而本平台仅为1 600 ms，提升了36%；任务处理效率也有显著提升，传统平台为2 000 ms，而本平台为1 300 ms，提升了35%。

结束语

智慧型直流系统信息化管理平台的设计与实现，结合了现代信息技术和智能化管理理念，旨在提升直流系统的运行效率、监控能力和故障预警水平。通过数据采集、处理、存储、管理和显示等功能的有机结合，平台不仅能够实时监测系统状态，确保设备的安全与稳定运行，还能通过数据分析与决策支持，优化系统的运营和维护策略。

在硬件设计方面，平台通过高性能的采集器、处理器和存储器，为系统提供强大的数据处理能力和稳定的运行支持。而在信息管理和显示方面，通过高效的数据存储、分类、索引与查询，确保平台在面对大规模数据时的响应速度和准确性。此外，异常报警和趋势预测等智能化功能，使得系统能够提前识别潜在的风险和问题，从而减少故障发生的概率，提高系统的可靠性。EA

(收稿日期：2024-11-12)

参考文献

[1] 郭磊, 张红旗, 吴钱昊, 等. 基于物联网的电子装备组装线信息化管控设计与实现[J]. 制造技术与机床, 2023(4): 36-43.

[2] 邹立晔, 梁姗姗, 刘艳琼, 等. 信息化测震数据管理平台的设计与实现[J]. 中国地震, 2024, 40(1): 160-172.

[3] 王亚波, 蒲智, 魏建新, 等. 基于WebGIS的绿地资源信息化系统设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2024, 34(7): 214-220.

[4] 刁子晏, 刘庭, 章洁, 等. 机动卫勤力量护理人员抽组信息平台的设计与实现[J]. 医疗卫生装备, 2022, 43(12): 31-35.

[5] 程远瑶, 王昕怡, 陈逸, 等. 基于Redis的ATS缓存系统设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2023, 40(7): 111-115.