

核电机组业务数据可视化组态软件设计

刘林钰¹, 徐奎¹, 何栓¹, 兰洋¹, 景应刚¹, 杨强², 刘石桥¹

¹中核武汉核电运行技术股份有限公司, 湖北 武汉

²江苏核电有限公司, 江苏 连云港

收稿日期: 2022年7月12日; 录用日期: 2022年10月3日; 发布日期: 2022年10月10日

摘要

数据可视化是清晰有效地传达与沟通信息, 提升数据处理效率的重要手段。核电业务数据主要包括时序和关系型数据, 目前市面上并没有能够同时满足这两类数据可视化组态的软件。因而, 本文对核电机组大修业务中的数据、用户和业务需求开展分析, 设计出一套核电业务数据可视化组态软件, 可进行指标部件开发、数据源配置、指标画面开发, 并下装至运行环境展示。从而将时序和关系型数据同时展示在一张画面中, 有效的提高大修业务界面开发效率, 保证了核电厂业务人员能专注于业务过程, 不用考虑软件实现过程, 推动业务绩效的提升, 后续还可应用至核电运行指标展示等其他核电业务场景。

关键词

核电厂, 可视化, 组态

Design of Visual Configuration Software for Nuclear Power Plant Data

Linyu Liu¹, Kui Xu¹, Shuan He¹, Yang Lan¹, Yinggang Jing¹, Qiang Yang², Shiqiao Liu¹

¹China Nuclear Power Operation Technology Corporation, Ltd., Wuhan Hubei

²Jiangsu Nuclear Power Co. Ltd., Lianyungang Jiangsu

Received: Jul. 12th, 2022; accepted: Oct. 3rd, 2022; published: Oct. 10th, 2022

Abstract

Data visualization is an important method for communicating information clearly and improving data processing efficiency. Nuclear power plant data mainly includes time-series and relational data. Currently, there is no software that can satisfy the visual configuration of these two types of data. In this paper, the data, users, and business requirements in the nuclear power plants are

文章引用: 刘林钰, 徐奎, 何栓, 兰洋, 景应刚, 杨强, 刘石桥. 核电机组业务数据可视化组态软件设计[J]. 核科学与技术, 2022, 10(4): 225-231. DOI: 10.12677/nst.2022.104024

analyzed, and a set of nuclear power data visualization configuration software is introduced. Indicator component development, data configuration, indicator graphs configuration can be performed, and the offline graphs can be downloaded to the running environment for display. Therefore, time-series and relational data can be displayed in one graph, the efficiency of development for the nuclear power plants is improved, and it ensures that the nuclear power plant staff can focus on the process, without considering the software realization process, and promote the improvement of performance. It can also be applied to other nuclear power business scenarios, such as operation index display and so on.

Keywords

Nuclear Power Plant, Visualization, Configuration

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2015 年国务院印发《中国制造 2025》，部署全面推进实施制造强国战略。2016 年政府工作报告中进一步提出要协同推进“中国制造 + 互联网”，数字化、智能化成为高质量发展的新引擎。在核电领域内，利用互联网思维与技术对核电产业进行变革，不仅是核电产业未来发展的必然方向，也是内在要求[1]。数字核电的建设不仅是贯彻国家战略的举措，更是核电安全、高效生产运行的有力保障[2]。

可视化是处理、分析与展示数据的一种较为常用的方式，可以解决不同业务部门的壁垒问题，挖掘业务价值，为经营决策提供数据支持[3]。核电厂系统复杂[4]，核电数据可视化通过将来自核电厂各种系统的数 据，通过计算处理后转换为图形图像，帮助核电厂业务人员增强对于数据的理解与记忆，揭示数据中潜在的联系和规律。随着数字核电相关业务需求的逐渐增多，对于可视化工具的易操作性、运算能力、智能化程度提出了更高的要求。

在数字核电应用中 IT (Information Technology)和 OT (Operation Technology)技术融合大背景下，本文聚焦于核电厂大修应用，重点关注核电业务数据的可视化问题，面向核电业务用户设计出一套核电数据可视化组态软件。通过标准化、模块化的设计，提高核电数据展示画面的开发效率，降低业务人员对 IT、仪控等专业知识要求，使用户专注于核电业务本身。

2. 需求分析

2.1. 数据需求

核电厂大修业务需求复杂，包含计划、设备管理、项目管理、工单流程、现场监控等。各业务间互相影响，涉及到大量的电厂系统，如 DCS (Distributed Control System)系统、SAP (Systems Applications and Products in Data Processing)系统等，其开展数据分析与可视化涉及到的数据包含两类，关系型数据和时序数据。关系型数据为核电厂管理类数据，包括计划、工单、人、财、物等，是传统 IT 技术所解决的问题；时序数据为核电厂的运行工艺状态数据，是传感器、控制协调等获取的数据，包括设备的状态、温度、压力、流量、功率等，属于传统的 OT 技术领域。由于工业互联网业务发展的时间不长，目前市面上暂时还没有能够同时满足关系型和时序数据分析可视化组态的软件。

2.2. 用户需求

当前国内外存在较多 BI (Business Intelligence)、I&C (Instrument & Control)分析可视化的商业、开源软件[5] [6] [7], 核电行业也开展了一些可视化技术研究[8] [9] [10]。但其主要用户对象是数据开发人员, 需要使用者掌握特定的计算机或者仪控方面的知识(例如数据库、表结构、DCS 时序数据结构等), 致使核电厂的生产计划、维修和运行等岗位的业务人员难以上手, 无法实现快速、灵活的工程开发。

2.3. 业务痛点

大修业务中部分指标需要在同一视图或部件中展示两类数据, 例如一个水位指标包含水位信息、工单执行情况、生产计划情况等, 涉及到关系型和时序数据, 分别以折线图、表格等形式展示。而目前传统的 DCS 组态软件仅专注于时序数据的展示(例如流程图、趋势、报警等), 常用的 BI 分析软件主要关注数据仓库数据集市中的关系型数据和半结构化数据的展示, 因而难以实现将两种数据同时绘制展示。此外, 当前的数据展示画面往往需要程序员靠编码实现, 开发效率低, 如果使用组态的方式实现可以大大缩短开发时间。

3. 软件设计

3.1. 业务流程

在开发工作开始前, 设计人员应基于业务场景需求, 完成部件和画面的设计文件(设计文件中应包括该业务场景中的数据需求、原型图及事件描述), 从而指导开发。

如图 1 所示, 核电数据可视化组态软件使用主要包括三个步骤: 指标部件开发、数据源配置、指标画面开发, 用户为核电厂的 IT 人员与业务人员。整体设计流程为 IT 人员首先使用各种绘图单元来绘制部件, 并配置部件属性; 然后进行数据源配置, 建立起数据源与业务间的映射; 业务人员再使用部件库中部件及其他绘图单元组合形成画面, 最后将画面下装至运行态并显示, 运行态根据离线建好的数据映射直接从数据库中读取相应数据。业务数据的输入输出流如表 1 所示。

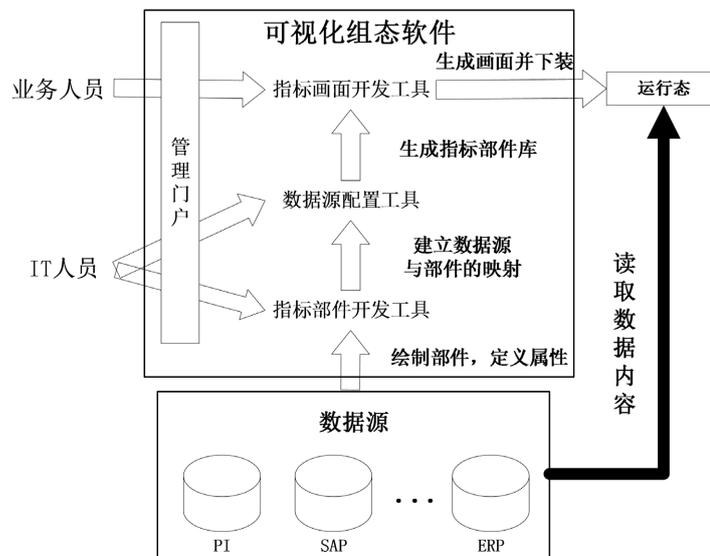


Figure 1. Workflow diagram
图 1. 业务流程图

Table 1. Data I/O process
表 1. 业务数据输入输出流

编号	业务流程	输入数据	输出	用户
1	指标部件开发	1. 基本图元 2. 基本控件 3. 复杂控件 4. 定制化部件	图形部件 (形成部件库)	IT 人员(部件开发人员): 1. 仪控工程师 2. BI 分析师
2	数据源配置	1. 电厂数据点 2. 模板变量	数据映射	
3	指标画面开发	1. 部件库 2. 基本图元 3. 基本控件 4. 复杂控件	图形画面	业务人员(画面开发人员): 1. 仪控工程师 2. BI 分析师 3. 绘图员 4. 电厂业务工程师

3.2. 架构设计

核电数据可视化组态软件是基于 B/S (Browser/Server)结构设计, 部署方便、便于用户访问和后期扩展维护。如图 2 所示, 整个可视化业务涉及到离线态和在线态两部分, 离线态组出的核电厂指标画面, 通过下装工具下装至运行环境的服务器中展示。本文主要设计的是离线组态环境。

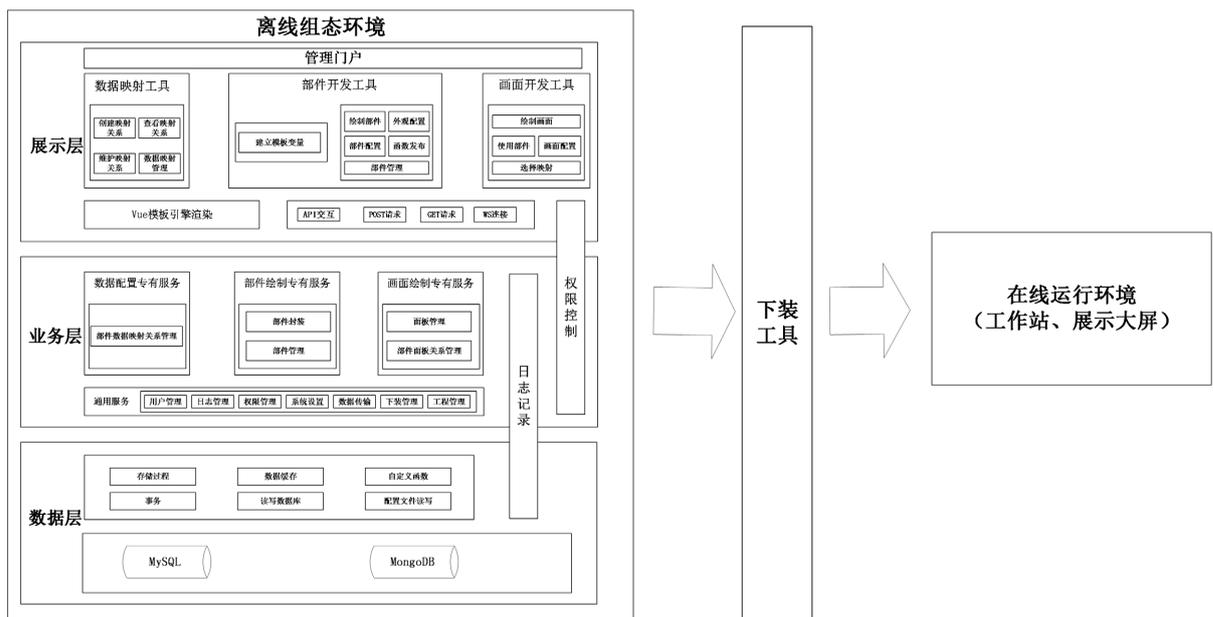


Figure 2. Framework
图 2. 总体架构图

结合软件的所有业务逻辑, 将软件功能进行拆分: 数据映射模块、部件开发模块、画面开发模块、系统管理模块等, 其中日志管理模块、权限管理模块贯穿整个项目, 并且为了减少代码冗余, 针对用户管理、下载管理等通用服务建立起公共模块。

3.3. 技术选型

本文所设计软件的服务器端采用跨平台语言 JAVA 进行后端开发, 响应国产化自主服务研制, 后端

技术使用 springboot + mybatis-plus, 配置简单, 有效提升开发效率。

前端使用最流行的 Vue + Element UI 框架, 以及开源 mxGraph 绘图框架。mxGraph 绘图框架可通过拖拉拽的方式绘制点、线、面, 所绘制的图形可以在主流浏览器以及原生应用上使用。

3.4. 功能设计

1) 指标部件开发工具

开发人员根据核电厂的业务需求使用指标部件开发工具, 通过丰富的图形表达方式(静态和动态)绘制核电厂维修、运行、计划、设备管理等生产环节的各种指标部件(例如: 大修水位图、工单完工率曲线、安全事故数量柱状图、生产计划安排表等), 生成的指标部件可开放多种业务属性。

可结合不同核电业务的特点, 建立起公共和专用的指标部件库。开发人员可通过业务领域、机组、系统、设备、指标等核电厂逻辑对该库进行管理。

2) 数据源配置工具

开发人员根据本工具建立、管理已有数据源(关系数据、时序数据)的数据结构与指标部件之间的映射关系, 即数据映射。可给一个部件绑定不同电厂及机组信息, 建立起多组数据映射, 以供在画面开发工具中选择。

3) 指标画面开发工具

核电厂业务人员通过指标画面开发工具将部件开发工具生成的指标部件与基本图元、基本控件等编排形成核电厂指标画面。用户根据业务需求在指标部件库中查找并配置业务属性(例如: 机组号、设备编号、历史数据时间等), 可加入基本图元(例如: 线、面等)以及基本控件(例如: 按钮、组合框、工具栏等)组合, 还可以对基本图元(静态和动态)、基本控件(静态和动态)和画布(例如: 画布名称、描述、布局管理等)的属性进行配置, 所有图元和控件均支持拖拽、对齐、缩放等编辑操作。

此外, 核电厂用户可以新建、打开、删除已有的画面(所有发布的历史记录均可被查询追溯), 还可进行画面的索引及版本管理, 生成的核电厂指标画面可下装至运行环境的画面服务器并返回地址。

3.5. 界面设计

软件首页由导航栏和详情展示区构成(如图 3 所示), 导航栏包括数据映射、部件管理、画面管理、日志管理、权限管理按钮, 点击按钮, 右侧详情展示区将展现出各个菜单的详情信息, 并可跳转至绘图界面。



Figure 3. Software homepage design

图 3. 软件首页设计

软件绘图界面由快捷操作栏、工具栏、绘图区、属性栏四部分组成(如图 4 所示)。其中快捷操作栏由视图、比例、置顶/底等图层操作组成;工具栏由绘图的基本图元或部件组成,可拖拽至绘图区画面形成部件或画面(指标部件绘制工具的工具栏为各类图元,指标画面配置工具的工具栏均为已经组好的部件);绘图区主要用于部件或者画面的绘制工作,并可以通过属性栏对部件的动态/静态属性及映射关系进行设置。

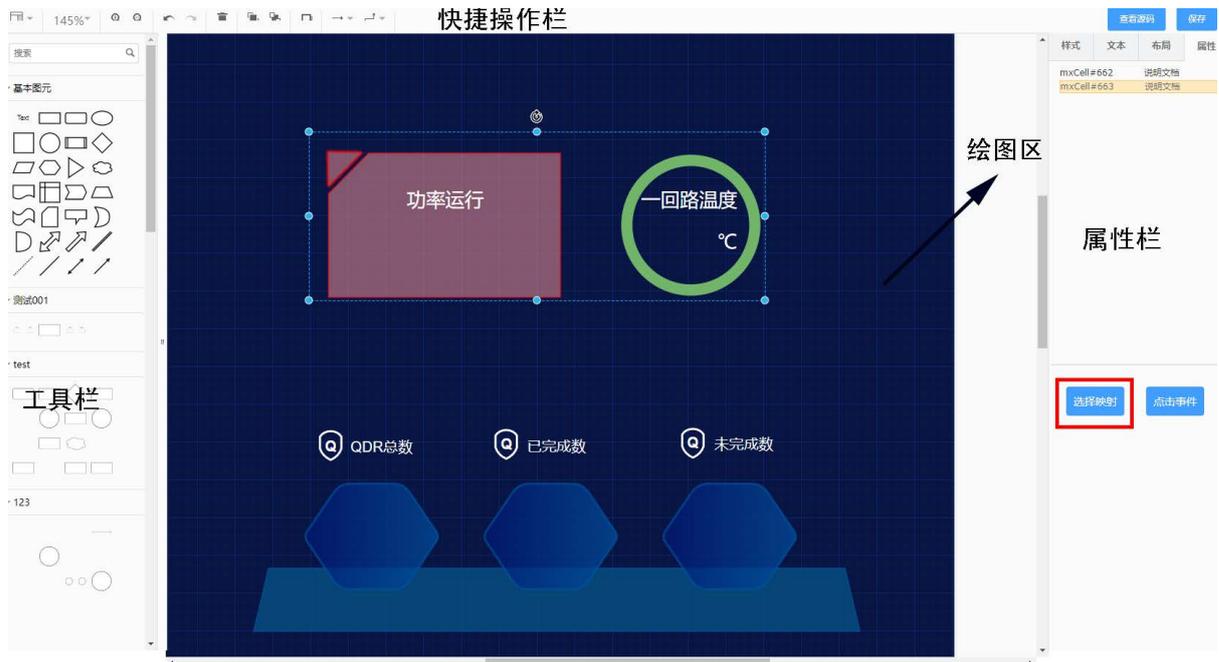


Figure 4. Drawing interface design
图 4. 绘图界面设计

如图 4 绘图区所示,功率及温度部件所展示数据为时序数据,QDR 部件所展示数据为关系型数据,通过选择映射,可以选择不同的数据源,从而实现时序数据与关系型数据可视化的融合。

4. 结束语

本文针对核电大修业务中的数据可视化问题展开研究,设计出一套核电数据可视化组态软件。核电厂 IT 人员可以使用部件开发工具绘制部件,并通过部件外观、动态脚本实现等灵活、快速的组态开发形成部件,从而建立起指标部件库。组好的部件可进行数据源的配置,通过与数据点绑定,以供业务人员调用;电厂业务人员可通过拖、拽指标部件以及其他绘图单元的方式绘制画面,配置属性以完成画面开发,开发完成的画面可以下装到各种 Web 服务器中运行,最终在浏览器或者指定终端展示。

在整个软件设计过程中,综合考虑到核电数据的专有性和多元性,实现了在核电领域中关系型数据和时序数据可视化技术的融合,并通过将核电厂大修过程中的离线态与运行态环境分开,使用组态的方式进行离线态软件开发,便于版本控制,保障数据安全,提高开发效率。本软件不仅可以应用到核电大修指标展示,后续还可应用至核电运行指标展示等其他核电业务场景。

参考文献

- [1] 张宏韬, 席斌, 张晶. 工业互联网+核电产业的“化学反应”[J]. 上海信息化, 2017(7): 24-27.

-
- [2] 伍吉泽. 数字核电功能规划与架构设计[J]. 中国核电, 2017, 10(3): 348-354.
- [3] 任磊, 杜一, 马帅, 等. 大数据可视分析综述[J]. 软件学报, 2014, 25(9): 1909-1936.
- [4] Chen, G.B., Yang, Z.C. and Sun, J.H. (2010) Applying Bayesian Networks in Nuclear Power Plant Safety Analysis. *Procedia Engineering*, **7**, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.11.012>
- [5] Yao, R. and Ning, J. (2017) Research on Big Data Analysis and Visualization Tools. *Journal of Simulation*, **5**, 135-138.
- [6] Sierra-Fernández, J.M., *et al.* (2021) Online System for Power Quality Operational Data Management in Frequency Monitoring Using Python and Grafana. *Energies*, **14**, 8304. <https://doi.org/10.3390/en14248304>
- [7] Hu, X.Y., Meng, Y.N. and Zhai, Y.P. (2018) Design of Automation Instrument Experiment System Monitoring System Based on WINCC. *Topics in Chemical and Material Engineering (TCME)*, **1**, 40-42. <https://doi.org/10.26480/icnmim.01.2018.40.42>
- [8] 杨强, 秦绪涛, 朱云飞, 等. 江苏核电大数据可视化分析平台的建设与应用[J]. 电力大数据, 2021, 24(1): 87-92.
- [9] 刘勇, 陆斌. 基于可视化技术的数字化规程功能界面研究[C]//中国核学会. 中国核科学技术进展报告(第四卷)—中国核学会 2015 年学术年会论文集第 3 册(核能动力分卷(下)). 绵阳: 中国核学会, 2015: 6.
- [10] 淡亚新, 杨泽宇, 潘国祥, 等. 核电工程可视化经营管理软件的研发与应用[J]. 海峡科技与产业, 2020(8): 60-62+73.