

面向过程集成的输变电工程造价数字化管控系统架构设计

李 平 杨亚丽

国网新疆电力有限公司建设分公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：在电力行业迅猛发展的背景下，输变电工程的建设规模持续拓展，其造价管理的重要性愈发凸显。传统输变电工程造价管理方式已难以契合现代工程管理对高效性与精确性的需求。研究分析输变电工程的特点，设计输变电工程造价数字化管控系统的总体架构，详细阐述核心模块功能与数据集成交互设计，以期为输变电工程造价管理提供科学、高效的技术支持。

关键词：面向过程集成；输变电工程；工程造价；数字化管控系统

引言

输变电工程是电力系统的关键构成部分，其造价管控成效直接影响电力企业的收益以及电网的平稳、安全运行。以往，输变电工程造价管理主要依靠人工核算与经验预估，存在效率不高、误差明显、无法实时跟踪等弊端。随着信息技术的发展，数字化、智能化管理手段逐渐应用于工程造价管理领域，为提高输变电工程造价管理水平提供了新的思路与方法。面向过程集成的输变电工程造价数字化管控系统，能够整合输变电工程全生命周期的造价数据，达成各阶段造价的动态追踪与精细化管理，对提升输变电工程造价管理水平意义重大。

1 输变电工程特点

第一，建设体量庞大且系统构成复杂。当下我国电网建设正处于高速推进阶段，每年都会有大批输变电工程开工建设。此类工程常跨越不同地域，线路铺设距离远，需搭建大量铁塔、变电站等配套设施。并且，工程中高处作业、露天施工以及交叉作业情形常见，施工环境复杂多变，安全风险较为突出。参与工程建设的责任方众多，涵盖建设、施工、设计、监理等单位，各方协同管理存在一定难度^[1]。第二，设备品类多样且采购流程耗时。输变电工程涵盖变压器、隔离开关等各类设备，不同设备有着各自的规格与技术标准。设备采购是全寿命周期成本管控的重要环节，目前多采取集中采购方式，需依据设备类别与采购批次开展，这延长了采购周期。设备的运输、安装及调试环节同样耗费时间与精力，使得项目周期延长、成本增加。第三，涵盖专业众多，协调工作艰巨。电网输变电工程全寿命周期管理涉及电力、土木、通信、自动化控制等多个专业领域，业务环节多且覆盖面广，各专业间需密切协作。由于专业差异与沟通不畅，协调任务繁重，易出现信息传递失误等问题。技术要求高、质量把控严、风险因素多、安全

事故易发，以及项目储备阶段长但施工时间紧迫等特点，都给输变电工程建设管理带来了巨大挑战。

2 系统总体架构设计

2.1 基于 B/S 架构的设计理念

系统运用 B/S (Browser/Server，即浏览器/服务器) 架构开展设计，具体架构设计示意可参考图1。B/S 架构具备不少优点，用户借助浏览器就能访问系统，无需在本地设备上安装特定的客户端程序，这有助于降低系统的部署与维护开支。B/S 架构还能轻松实现跨平台操作，用户可在不同操作系统和设备上使用该系统，提升了系统的适应性与扩展能力^[2]。在本系统里，用户借助显示器及触控装置将工程造价的基础数据录入系统。系统由显示器、触控设备、CPLD (Complex Programmable Logic Device，复杂可编程逻辑器件) 等硬件组件以及 Web 应用服务软件组成。用户利用显示器和触控设备把工程造价基础数据传输至数据存储控制器，CPLD 复杂可编程逻辑器件读取数据存储控制器中的相关数据后，将其传输至 Web 应用服务模块。Web 应用服务模块为用户提供网络编辑、搜索、管理等功能，借助这些功能向工程全过程管控模块中的全局业务子模块、信息管理子模块、工程造价控制子模块和工程造价子模块发送编辑、搜索等指令，以此管控工程全过程管控模块的管理流程^[3]。

2.2 系统网络拓扑结构

系统的网络拓扑规划，也就是系统在运行期间所采用的网络部署模式，对保障系统稳定、高效运作十分关键。本系统的网络架构主要包含一台核心主交换机、多台辅助次级交换机、网络服务器组、数据存储服务器组以及若干内网显示设备。辅助次级交换机和内网显示设备的数量，会依据实际工程项目的覆盖区域和规模进行合理调整。主交换机承担着连接外部安全防护设备（防火墙）与多台次级交换机的任务，次级交换机则负责将

内网显示设备接入网络，构建出层级清晰的网络架构。网络服务器组和数据存储服务器组都直接与安全防护设备相连，这种布局可大幅增强用户网络操作的安全性，同时确保数据调用和存储过程的可靠性与保密性^[4]。安全

防护设备作为网络的首道屏障，能有效拦截外部非法的网络访问企图，防范潜在的网络攻击和数据泄露威胁，进而保障系统数据的安全。

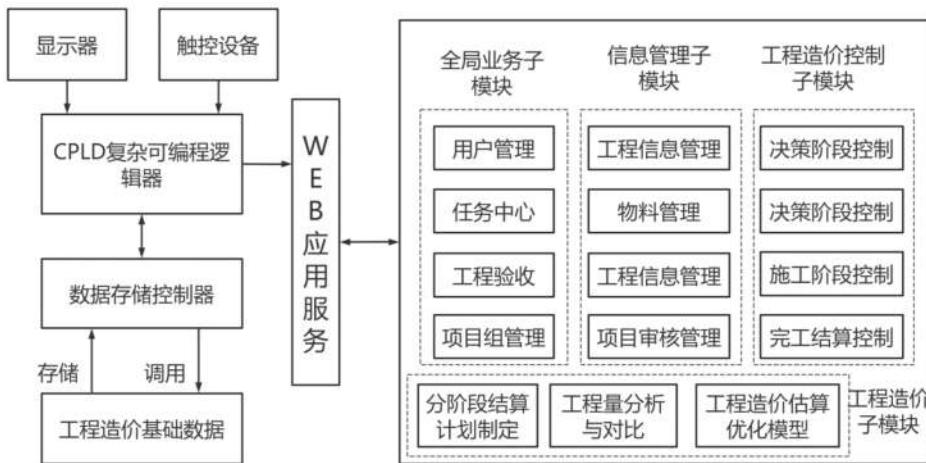


图1 系统总体架构设计示意图

2.3 核心硬件选型

在输变电工程造价管控系统里，CPLD（复杂可编程逻辑器件）是核心硬件组件。经全面评估，最终选定EMP1290型号的CPLD作为系统芯片。EMP1290型号CPLD优势明显，其引脚在功耗和成本方面表现优异，处于较低水平。在FLASH存储模块中，它集成了超过1260个逻辑块，数据处理能力较强，能支持最高达8000比特的数据运行。此外，该器件内置电压调节组件，可有效抵御电压波动，确保运行平稳，其运行时的最大延迟仅为5.0 ns。将EMP1290型号CPLD应用于输变电工程造价管控系统，能够大幅提升系统的运行效能，让系统可以快速处理大量工程造价数据，满足对实时性要求高的业务应用需求^[5]。

3 核心模块功能设计

3.1 工程全过程管控模块

工程全过程管控模块主要负责输变电工程从前期规划、设计，到竣工验收整个流程的管理与把控，会根据工程项目的施工图纸、工程类别等具体情况，制定分阶段的详细结算规划，将各个施工阶段的造价拆分细化。在管理过程中，对比招标方案里的工程量和实际施工产生的工程量，通过这种对比来提高各阶段造价控制的精准度。在对比时，运用回归分析技术，算出实际工程量与招标单价之间的偏差数值，为造价管理提供准确可靠的数据支持。

公式为：

$$\Delta C = \sum_{i=1}^n (Q_{\text{实际},i} - Q_{\text{招标},i}) \times P_{\text{综合单价},i}$$

式中， ΔC 为总造价差异值； $Q_{\text{实际},i}$ 为第*i*项实际工程量； $Q_{\text{招标},i}$ 为第*i*项招标计划工程量； $P_{\text{综合单价},i}$ 为第*i*项综合单价。据招标计划里定的工程量和实际干的工程量之间的差别，来对输变电工程的造价进行优化调整。在此过程中，粒子群算法建立输变电工程造价估算的优化模型，设定这个模型的目标是让输变电工程的造价最低值，包含了人工费、施工费、物料费以及其他工程相关的费用^[6]。通过求解该模型，得到优化后的输变电工程造价，实现对工程造价的控制。

3.2 信息管理子模块

信息管理子模块的主要工作是收集、梳理并保存输变电工程的各种信息，工程的基本资料、设计图纸、施工过程中的记录、设备的相关资料等都在收集范围内。有一套完备的信息分类和检索机制，方便用户快速找到所需信息。信息管理子模块能对信息进行更新和维护，保证信息的时效性与准确性。通过与其他模块的数据交互，信息管理子模块为工程全过程管控提供全面且准确的信息，让管理人员能随时掌握工程进度，做出合理的决策。

3.3 工程造价控制子模块

工程造价控制子模块的核心任务是实时监控和调整输变电工程造价。该模块根据工程全过程管控模块制定的分阶段结算计划和工程造价估算优化模型，对工程建

设过程中的各类费用进行监控。当发现实际费用超出预算或数据波动异常时，及时发出预警信息，并附上应对办法和调整方向。工程造价控制子模块还具备费用分析功能，能够对各项费用的构成和变化趋势进行分析，帮管理人员摸清费用管控的关键环节，采取有效的控制措施，保障工程造价处于合理范围内。

3.4 工程造价子模块

工程造价子模块负责输变电工程的费用计算、梳理和评估工作。该模块依据工程设计图纸以及相关行业规范，精准算出工程所需费用，如直接工程费、间接费、利润和税金等。工程造价子模块能够分析造价，对不同阶段的工程造价进行对比，分析造价变化的原因和规律。通过与市场价格信息的对接，工程造价子模块实时更新材料与设备价格，提高造价计算的准确性。该模块还可以根据用户的需求，生成各种工程造价报表，助力工程决策和管理。

4 数据集成与交互设计

4.1 数据存储与管理

数据存储与管理是面向过程集成的输变电工程造价数字化管控系统的基础环节。系统存储数据时，采用关系型数据库和非关系型数据库相结合的方式。关系型数据库用于存储结构化的数据，项目的基本信息、造价相关的数据等；非关系型数据库用于存储非结构化的数据，文档、图片等。系统采用分布式存储架构，将数据分散存储到多个节点，提高数据的可靠性和可扩展性。系统支持数据的备份与恢复，确保数据的安全性和完整性。系统采用统一的数据管理策略，严格管控数据的录入、修改、查询和删除。系统支持数据权限管理功能，不同用户只能在有权限的范围内访问和操作数据。

4.2 系统内部数据交互

系统内各个模块之间交换数据，使用RESTful API接口，确保数据的实时准确。数据交互时，采用统一的JSON格式，保障数据的兼容性和可读性。另外，系统还支持数据压缩和加密，保证数据的快速传输与安全。系统内部数据交互流程包括数据请求、数据响应和数据确认三个步骤。当模块A需要获取模块B的数据时，模块A向模块B发送数据请求；模块B接收到请求后，从数据库中查询相关数据，并将数据以JSON格式返回给模块A；模块A接收到数据后，进行数据确认，确保数据的准确性和完整性。

4.3 与外部系统的数据交互

系统通过特定的数据接口跟外部系统连接，实现数据的共享和互相传递。系统支持与多种外部系统集成，像

项目管理信息系统、财务管理系统、物资采购系统。通过集成各种系统，系统就能得到项目的基本情况、财务方面的数据、物资采购的信息等，造价管控工作提供有力的数据支撑。系统和外部系统交互数据有两种方式。一种是实时数据交互，像施工进度、物资价格需要随时掌握变化，采用这种方式，能够及时从外部系统拿到最新数据。另一种是批量数据交互，有些数据无需实时更新，比如项目的基本信息、财务数据。为了保证和外部系统数据交互的安全性，系统采取多种安全措施。在数据传输时，采用SSL/TLS加密技术对传输数据进行加密处理；在数据访问时，采用访问控制和身份验证技术，对访问请求进行核实和授权，确保数据安全。

5 结论

面向过程集成的输变电工程造价数字化管控系统，整合了输变电工程从开始到结束整个生命周期的造价信息，借助数字化手段，对工程各个阶段的造价进行动态跟踪和精准把控。文章详细阐述了面向过程集成的输变电工程造价数字化管控系统的总体架构设计、核心模块功能设计和数据集成与交互设计。通过工程全过程管控模块、信息管理子模块、工程造价控制子模块以及工程造价子模块的搭建，能对输变电工程造价进行全方位、动态的管理。同时，数据存储与管理、系统内部数据交互，还有和外部系统的数据交互设计，保证了系统里的数据准确、及时，且安全有保障。随着技术不断进步和完善，面向过程集成的输变电工程造价数字化管控系统在电力行业里会发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 杨静思, 杨颖. 基于“大数据”分析的输变电工程造价管理[J]. 企业管理, 2023, (S1): 180-181.
- [2] 刘云飞, 裴爱根, 咸绪安, 张洋. 输变电工程全过程工程咨询产业组织与管理模式探讨[J]. 建筑经济, 2020, 41(03): 16-19.
- [3] 陈韬, 陈晓莉, 陈侃侃, 武奋前, 欧文琦. 基于过程管理的输变电工程造价管控系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(3): 160-164.
- [4] 李明臻, 路翎. 三维数字化设计技术在输变电工程中的应用研究[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2024, 27(1): 14-17.
- [5] 王俊凯. 输变电工程全过程造价管理影响要素研究[J]. 中文科技期刊数据库（全文版）经济管理, 2024(2): 0139-0142.
- [6] 张惠玲, 崔翔, 刘芳, 徐其丹, 申亚波. 输变电工程造价管控全过程风险识别与策略研究[J]. 电力与能源, 2023, 44(6): 670-673.