

省级计量生产调度平台面向业务监控设计与实现

省级计量中心生产调度平台在数据来源、实现技术和功能需求上兼具基于工作流程的管理信息系统和常规SCADA系统的特点，对系统运行监控功能提出新的要求。分析了系统在架构、业务和运行环境上的技术特点和功能需求，进而提出了总体业务架构以及面向业务监控架构。阐述了面向业务监控的内容，设计了实现的技术方案，并介绍了相关关键技术的具体实现方法。

曹志刚 水乐/国电南瑞科技股份有限公司

各类自动化设备的数据采集、控制、参数设置和告警处理及一体化调度等功能。常规信息化系统专注于业务实现而缺少对运行状态和数据的实时关注，对于运行信息和数据质量通常采用事后核查而非事中监控的方式。本文分析了平台的业务特点和功能需求，借鉴SCADA系统中实时监控的通用做法和关键技术^[5-11]，设计实现了面向业务的实时运行监控功能。

1 功能需求

1.1 平台技术特点

省级计量生产调度平台是实现计量生产和业务管控的一体化平台。如图1所示。

0 引言

省级计量中心是国家电网公司所属各网省公司的直属计量中心，是各网省公司最高计量技术机构。省级计量生产调度平台是对省级计量中心内的业务、生产和质量等进行全方位管控的一体化信息系统^[1]。它通过信息化、智能化和自动化手段，实现对计量器具和计量设备的集中检定、集中仓储、统一配送和统一监督，实现计量资产全寿命周期范围内的集约管理和资源优化配置；它整合中心内各类软硬件资源，集成自动化检定、智能化仓储、物流化配送和信息化运维等多种技术^[2,3]，并与营销业务、ERP和用电信息采集等系统实现了数据互联和信息共享^[4]。

省级计量生产调度平台以信息化技术为基础，实现了采购、验收、检定、仓储和配送等计量生产业务。平台并非纯粹信息化系统，它兼具自动化系统特征，其核心的自动化检定业务，需实现



曹志刚/工程师

关键词/Keywords

计量 ·
生产调度 ·
面向业务 ·
运行监控 ·

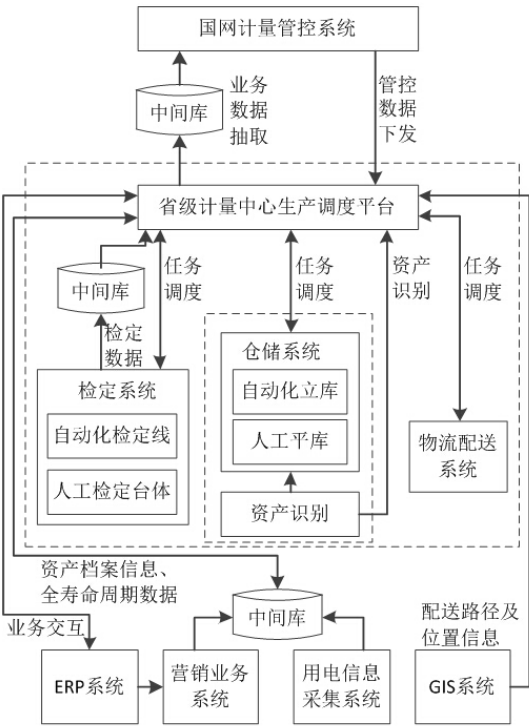


图1 系统架构

平台整体架构分为生产、业务和管控三个层次，在系统架构、实现技术和系统功能上兼具信息化、自动化系统的特点。

1.1.1 架构复杂

生产层包括检定、仓储和物流配送等子系统，通过协调控制自动化检定线、人工检定台体和智能仓储生产设备，完成自动化验收、检定、仓储和配送等业务。业务层通过与营销、ERP和用电信息采集等外部系统关联，实现计量资产全寿命周期管理。管控层与国网计量平台连接，实现对生产和业务的综合管控。平台涉及子系统和外部系统的数量和类型较多，需考虑将它们整合在一起，形成计量业务的一体化管理。

1.1.2 接口方式多样

平台与各子系统及外部系统间均存在信息和数据交互，交互内容包括控制指令、业务流、资产档案信息和实时运行数据等，接口方式包括有中间数据库、WebService和实时数据库等。如何合理利用各种接口方式实现业务贯通，保证数据一致性和实时性，这给平台总体架构设计增加了难度。

1.1.3 系统间关联性强

计量业务受国网质量管控，业务环节多，流程跨系统，系统间关联性强，耦合度高，各系统运行状态和数据质量相互影响，在发生错误时问题极易扩散，导致后期数据溯源、纠错和修正工作量大。如何及时发现和处理错误信息，避免问题扩散，这给平台业务流程和运行数据的实时监控提出了特殊要求。

1.2 面向业务监控

针对系统架构和业务功能特点，平台需以业务流程为主线，将分散孤立的信息与实际计量业务环节关联，实现对系统信息和数据的多角度、多维度与全方位的面向业务实时监控功能，主要包括以下几个部分。

1.2.1 生产监控

生产监控是对自动化检定系统、人工检定台体、自动化立库和AGV等计量生产设施运行状态的在线监控，包括数据采集、控制操作、事件信息处理、告警处理和数据验证等，以及以业务为主线融合各类信息，实现全场景计量生产调控和

故障诊断预警。

1.2.2 业务监控

业务监控是对平台业务流程和业务数据的实时监控功能，主要包括流程环节控制、业务数据绑定、数据质量校验、异常处理和数据预统计等，将业务中产生和使用的数据与具体业务环节相关联，分析业务操作的规范性和生产运行的健康状况。

1.2.3 全业务流程展示

以可视化方式通过多种渠道向不同用户全景展示生产业务相应的信息，内容可包括业务流程信息、设施运行信息、事件告警和统计分析数据等，形式有监控画面、数据表格、图表和报表等。

2 总体架构

2.1 平台业务架构

平台业务主要分为采购、验收、检定、仓储和配送五个部分。平台业务架构如图2所示。

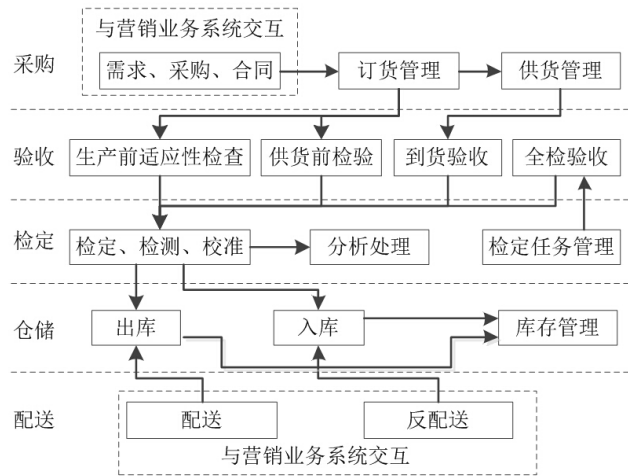


图2 主要业务功能架构

采购环节完成需求计划、招标采购、合同管理和订货等功能；验收环节完成供货前与到货后的设备验收和质量管控；检定环节完成平台核心业务，实现生产任务管理、生产监控和分析处理等功能；仓储环节完成设备自动化出入库、任务调度和库存管理；配送环节完成设备配送出计量中心及反配送回到计量中心的业务管理。

2.2 面向业务监控架构

面向业务监控包括数据采集、业务引擎和

信息融合三个部分，业务引擎控制业务流转，信息融合整合业务数据。面向业务监控架构如图3所示。

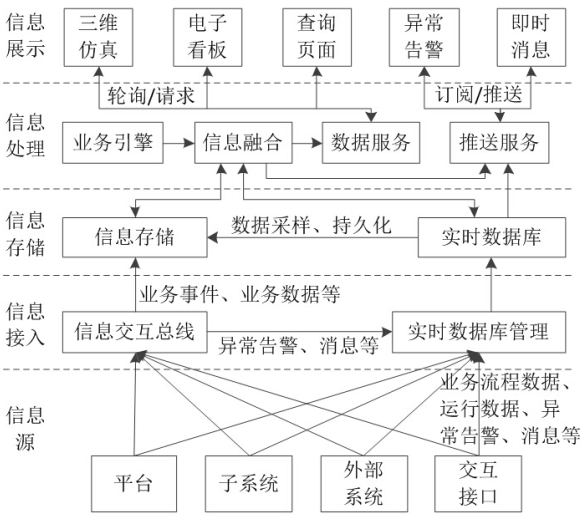


图3 面向业务监控架构

业务信息流和数据流经业务引擎过滤处理后交给信息融合服务，通过分类、分级、合并和绑定等操作将数据与业务关联融合，并进行分析与统计提取业务特征数据和概要信息。

3 设计与实现

3.1 功能设计

3.1.1 生产运行监控

生产运行监控模块是对各类计量生产设施的运行状态的实时监控，主要分为数据采集、数据处理和信息展现三层。根据实时性要求，各层之间以自定义的数据请求/应答报文通过平台实时信息交互总线通信，数据在分布式实时数据库中处理和保存。从内容和处理方式上看，无论需求如何变化，均可分为实时监控画面、实时运行数据、历史数据和实时事件告警四大类，平台分别提供相应的服务对各类信息进行分别处理。

数据采集层是生产运行监控的基础，屏蔽了接口方式和规约差异性，实现了一体化的多源数据接入。数据处理在统一建模的基础上实现了具体应用与底层平台的隔离，上层应用通过规范化接口从该层获取数据和服务，保证了平台的独立性和安全性，数据处理层提供业务识别、数据分析、信息传递、数据解析与封装、信息推送等

功能。信息展现层实现人机交互，分为展现逻辑层和人机界面两个部分，展现逻辑层通过灵活配置，组装数据提供给人机界面，同时负责用户权限控制和信息安全隔离，保证了服务可移植和平台信息安全。

3.1.2 业务监控

业务监控基于生产运行监控和业务引擎，以业务流程为主线，从生产管控的角度，实现对人员、设施和设备的运行状态和资源使用的综合监控，主要包括业务流程控制、信息融合、特征提取、断面概要信息生成和信息推送展示等功能。业务信息流和数据流由业务引擎控制，经过预分类和分级处理后，由信息融合服务完成数据与业务的对应绑定、质量核验和特征提取，并形成概要信息保存和展示。

3.1.3 生产辅助

生产辅助功能是在对生产各环节产生的监控和业务数据采集和存储的基础上，进行多维度的提取、统计和分析，用于评估生产效率、在线异常诊断和预测产能趋势。

生产辅助功能主要为管理者服务，针对生产中涉及的人员、设施和设备提供专题性的统计分析，全面掌握各类资源的分布和运转状态，发现薄弱环节、发掘生产潜力。

3.2 关键技术及难点

3.2.1 业务融合

面向业务监控的数据来源主要包括业务流程和生产运行实时数据，两者在采集方式、实时性和持久化存储上均不同，实时采集的生产运行数据是独立和离散的，不具备业务属性，因此将分离的数据与具体业务流程和环节关联绑定是面向业务监控的基础。面向业务的监控使用业务数据融合技术实现此功能，并采用异步处理、动态绑定和容错机制等保证数据融合的可靠性和实时性。

业务数据的融合基于生产环节分解、资源与业务的对应关系、数据与流程的时间相关性实现。以业务流程为主线，从生产、管理和信息交互的角度对数据进行重组和整合，形成数据融合单元，并做为面向业务监控的基本单位。如图4所示。

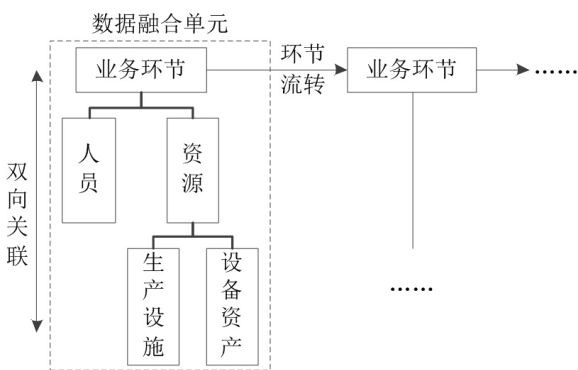


图4 数据融合单元

数据融合单元包括业务环节、人员、生产设施和设备资产四要素，各单元间通过业务环节的流转关系相互关联，在单元内部信息互通，由任一要素均可获得其他要素及单元整体的数据和信息。业务环节发生流转时单元自动生成概要信息并归档保存，便于统计分析和查询展示。

3.2.2 多源事件聚合

各类计量生产设施自身结构复杂，内部由多种专机、单元及附属连接设备组成，实时上送的事件、告警等信息种类多，数量大，颗粒度细，不能反映设施健康状态和业务执行情况，也易导致一些重要告警被忽视。面向业务的监控通过基于滑动时间窗口的事件聚合和抽取技术来解决此问题。

事件聚合分为单元级和设施级，设施级事件聚合依赖于单元级。平台缓存上送的事件并告警后，根据信息在时间分布上的连续性和聚合度划分时间窗口，通过相关性分析排除时间窗口内的误报和偶发等噪声信息，形成聚合后的事件和告警。对于设施级的事件聚合，还需通过单元与设施的从属关系和单元间的拓扑连接关系剔除无关信息。

3.2.3 标准化事件处置

计量生产设施上送的运行数据、事件和告警等缺少统一标准和规范，存在同一类设备相同的信息相互之间编码、描述和处理方式等均不一致的情况，增加了事件处置和日常运维的难度。面向业务的监控通过基于统一编码的标准化事件处置技术解决此问题。

平台在对生产设施、单元一体化建模的基础上，对事件及告警统一编码形成标准化事件，并

规范标准化事件的预警、告警及处理流程和处置方式。前置系统在采集、处理和保存上送的数据后，将事件信息转发至标准化处理模块转换为预定义的标准化事件，与对应的生产设施或单元关联，后续的事件处置均采用标准化流程和方式，降低日常运维难度，提高运维效率。

4 结束语

使用面向业务监控的省级计量中心生产调度系统已在国家电网公司所属各网省计量中心投入运行。以业务为主线组织各类运行监控数据和信息，更符合用户需求和习惯，提高了业务管控和日常运维管理的效率，用户只需专注于业务，其他数据采集、统计、分析和数据整合等工作交给系统来解决，在实际应用中保证了信息处理的正确性和及时性，避免了因处置不当而可能产生的影响生产的问题。

参考文献

[1] 胡荣辉,唐红燕,陈海宁.智能计量管理系统建设及应用[J].青海电力,2012,31(2):34-37.

[2] 高利明,陈卓娅,张欲晓,等.一种智能化全自动流水线电能表检定系统[J].河南电力,2011,4:38-41.

[3] 孟磊,谢烽,毛一丰.电能表智能仓储与智能检定一体化系统的设计和应用[J].浙江电力,2010,29(12):18-21.

[4] 杨郁.统一检定平台与营销业务系统的综合应用[J].电测与仪表,2010,47(7A):85-88.

[5] 秦杰,马韬韬,郭创新.调度自动化设备状态在线报警系统的设计与应用[J].电力系统自动化,2009,33(6):95-98.

[6] 顾飞飞,唐陇军,孙勇,等.面向事件的智能化电网调度运行日志管理系统[J].电力系统自动化,2010,34(4):103-106.

[7] 翟明玉,雷宝龙.电网调度自动化系统消息中间件的特性和关键技术[J].电力系统自动化,2012,36(14):56-59,66.

[8] 文本颖,谈顺涛,袁荣湘.SCADA系统中主动实时数据库技术的研究与应用[J].电力系统自动化,2004,28(6):85-87.

[9] 邵山,刘宗旬,胡红升.自动化报警系统的开发与应用

(下转第858页)

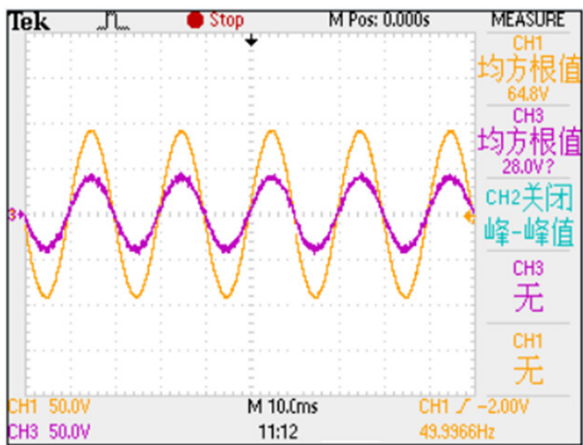


图7 FPGA程序逻辑模块示意图

4 结束语

该VCU装置采用DSP+FPGA架构，以FPGA芯片为控制核心，充分利用其强大的并行处理能力及内部RAM资源等，实现了多达70多对串行收发通信，可接入多达72个链节单元控制器，满足35 kV电压等级及以上的大容量STATCOM的应用需求。

参考文献

[1] DL/T 1193-2012, 柔性输电术语[S].1998.
[2] 谢小荣, 姜齐荣. 柔性交流输电系统的原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
[3] 电压源换流器(VSC)技术的最新发展及其在FACTS领域中的应用[D]. 第四届电能质量及柔性输电技术研讨会, 2015:307-314.
[4] Peng F Z, Lai J S. A multilevel voltage-source inverter

with separate dc sources for static var generation[J]. IEEE Transation on Industry Application, 1996, 32(5): 1130-1138.
[5] Jose Rodriguez, Jih Sheng Lai, Peng F Z. Multilevel inverters: a Survey of topologies controls and applications[J].IEEE Transactions on Industry Application , 2002 , 49(4): 724-738.
[6] 周京华, 苏彦民, 詹雄. 多单元串联多电平逆变电源的控制方法研究[J]. 电力电子技术, 2003, 37(4):49-51.
[7] Xilinx. Spartan-3 FPGA family datasheet[Z]. DS099. Xilinx,2013,6:27.
[8] TI. TMS320F28335 datasheet[Z]. ZHCS889M, TI, August, 2012

作者简介

刘慧文(1979-06), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究电力电子及柔性交流输电技术、电力系统继电保护。
詹雄(1979-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 电力电子及柔性交流输电技术、电力系统继电保护。
张佃青(1984-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 电力电子及柔性交流输电技术、电力系统继电保护。

(收稿日期: 2015-12-10) **EA**
(编辑: 朱历)

(上接第853页)

[J].电力系统自动化,2001,25(2):64-65.
[10]廖轶,刘东.异步调用的SCADA系统海量信息处理方法[J].电力系统自动化,2006,30(20):41-44,107.
[11]潘国伟,宋玮,王相南,等.发布/订阅模式消息中间件在SCADA系统中的应用[J].电网技术,2008,32(18):77-81.

统自动化、用电。
水乐(1984—), 女, 本科, 助理工程师, 主要研究电力系统自动化。

(收稿日期: 2015-12-10) **EA**
(编辑: 朱历)

作者简介

曹志刚(1980—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究电力系