

油气田智慧综合能源管控系统设计

张胜利¹, 王丽娜¹, 唐涛², 朱延慧¹, 赵非¹, 李一凡¹, 禚东³

¹中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司工程技术研究院, 河北 沧州

²中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司勘探开发研究院, 河北 沧州

³中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司生产运行处, 河北 沧州

收稿日期: 2022年10月28日; 录用日期: 2022年12月7日; 发布日期: 2022年12月29日

摘要

油气田企业既是能源制造企业, 也是能源消耗企业。坚持低碳发展, 降低能源消耗, 是油气田企业的责任, 也是发展机遇, 在“碳中和”路径的引导下, 围绕生产系统节能和清洁能源替代等问题, 创建油气田智慧综合能源管控系统, 实现传统油气生产系统的低能耗运行和新建生产系统耗能的清洁替代, 大幅度降低油气田生产系统能耗及碳排放、与数字化信息系统有效结合, 设计构建智慧综合能源管控系统, 建设安全高效的综合能源管理体系, 是当今建设绿色低碳油气田的重要内容。

关键词

节能, 低碳, 智慧, 管控系统, 设计

Design on the Smart Energy Management and Control System of Oil Gas Field

Shengli Zhang¹, Lina Wang¹, Tao Tang², Yanhui Zhu¹, Fei Zhao¹, Yifan Li¹, Dong Xuan³

¹Oil & Gas Engineering Technology Research Institute of Huabei Oilfield Company of PetroChina Company Limited, Cangzhou Hebei

²Exploration and Development Research Institute of Huabei Oilfield Company of PetroChina Company Limited, Cangzhou Hebei

³Production and Operation Department of Huabei Oilfield Company of PetroChina Company Limited, Cangzhou Hebei

Received: Oct. 28th, 2022; accepted: Dec. 7th, 2022; published: Dec. 29th, 2022

Abstract

The oil gas field enterprises are both energy manufacturing and energy consumption enterprises. Adhering to low-carbon development and reducing energy consumption is not only the responsi-

文章引用: 张胜利, 王丽娜, 唐涛, 朱延慧, 赵非, 李一凡, 禚东. 油气田智慧综合能源管控系统设计[J]. 石油天然气学报, 2022, 44(4): 335-341. DOI: 10.12677/jogt.2022.444045

bility of oil and gas field enterprises but also a development opportunity. Under the guidance of the “carbon neutrality” path, around the issues of energy conservation and clean energy substitution in the production system, create a smart integrated energy management and control system for oil fields, realize the low-energy operation of traditional oil production systems and the replacement of energy consumption in new production systems, greatly reduce energy consumption and carbon emissions of oil field production systems, effectively combine with digital information systems, and design and build a smart integrated energy management and control system. Building a safe and efficient integrated energy management system is an important part of building green and low-carbon oil fields today.

Keywords

Saving Energy, Low Carbon, Wisdom, Management and Control System, Design

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. 概述

2015年12月,中石油集团公司启动了《能源管控建设指南研究》项目,组织制定集团公司能源管控工作推进意见,重点推进集团公司“十三五”能源管控工作。

能源管控平台通过实时采集生产系统的主要能源消耗数据,并借助计算机编程等手段,实现能源消耗量的在线统计、历史数据对比与图形化展示。国外石油石化行业已采用较成熟的软件实现上述功能,如:Monitor-Pro 5、Montage等,具有数据采集、能源监控及分析报告、基准对比及指标监控等功能;国内起步较晚,多根据企业节能管理要求定制开发,具有数据采集、在线统计分析、年度节能量分解与考核、装置能耗定额管理、企业间能效对标与评价等功能。

能源管控平台需要耗能设备的实时数据自动采集更新,实现各级能源消耗数据实时采集及统计分析是油气田企业开展能源管控的基础,而根据企业实际生产变化设定合理的能源使用目标,并提供有效的优化改进方案,是企业科学控制用能、持续提高能效的关键。随着能源管控系统功能的逐步细化和深入开发,能源管控系统已从最初的主要用于能耗指标统计对比、展示向能源使用的计划优化、调度优化和在线优化等多个生产层面扩展。

随着我国“碳中和”目标的提出,油气田企业新能源产能建设及应用占比逐年增加,原有的能源管控系统功能已无法满足实际能源管控的需求,多能互补、能效融合以及实时动态调控必将与生产用能过程进一步紧密结合,通过与流程模拟技术、运行优化技术、先进控制技术等方面的集成,实现生产系统能效最优化和能源使用全过程的智慧管理与控制。

华北油田前期也开展了相关研究,先后建立了山西樊庄能源管控示范区、哈南作业区能源管控示范区,具备了一定的研究和建设基础,但至今仍并未形成华北油田完善的二级能效管理系统,油田公司的能源管控信息仍缺乏先进、专业的软件平台支撑,因此,构建油气田智慧综合能源管控系统设计势在必行。

2. 前期研究及建设基础

2.1. 山西樊庄能源管控示范区

2017年以山西煤层气勘探开发分公司樊北作业区为试点,开展了分析级能源管控系统的设计建设。示范区建设在樊北作业区自动化系统采集数据的基础上,结合部分人工录入的数据按照集团公司规划院

相关技术标准，完成了煤层气分公司、作业区、集气站、采气井、中央处理厂等多层次的数据日报、统计、生产调度等功能。

目前樊北站能源管控系统计量单元划分为：机采系统、集输系统及电力系统三大部分。机采系统按照电力变压器所供电的单元具体细分；集输系统按照压缩机细分管控单元；电力系统按照具体供电线路及变压器划分管控单元。整体系统总体功能达到分析级，部分功能达到优化级。

2.2. 哈南作业区能源管控示范

哈南作业区发挥二连油田数字化硬件基础，完成了“分公司 - 作业区”两级的能源管控系统平台设计，实现能源管控单元主要生产数据和能源数据的在线采集、分析、调控。

能源管控系统结合 A2 生产数据、A11 生产物联网数据、E7 相关数据，统计耗电量、天然气能耗情况，展示不同时间段、不同系统、不同设备的耗电量数据及其设备运行情况，通过表格、图形及曲线图展示运行能耗、能耗占比和变化趋势，实现管控区域内各类大型设备节点的能耗监控。

采油系统是基于工艺流程实现对采油系统耗能设备运行状态及能耗实时监控，主要采集示功图、实时功率等参数，监控举升系统工况及举升设备的耗电情况。

注水系统是基于工艺流程实现对注水系统耗能设备运行状态及能耗实时监控，采集大站注水泵电量、压力、流量；各水井的压力、流量，计算注水设备及系统能耗情况。

集输系统是基于工艺流程实现对集输系统耗能设备运行状态及能耗日度监控，监测站内站外耗能设备的运行情况。

上述能源管控系统的设计建设，基本上是基于集团公司统建系统规范进行设计开发的，且均停留在分析级以下水平，且集团公司已立项开展了统建系统的统一开发，所以上述系统并不具备普遍性和统一性，难以推广应用。

3. 油气田智慧综合能源管控系统设计

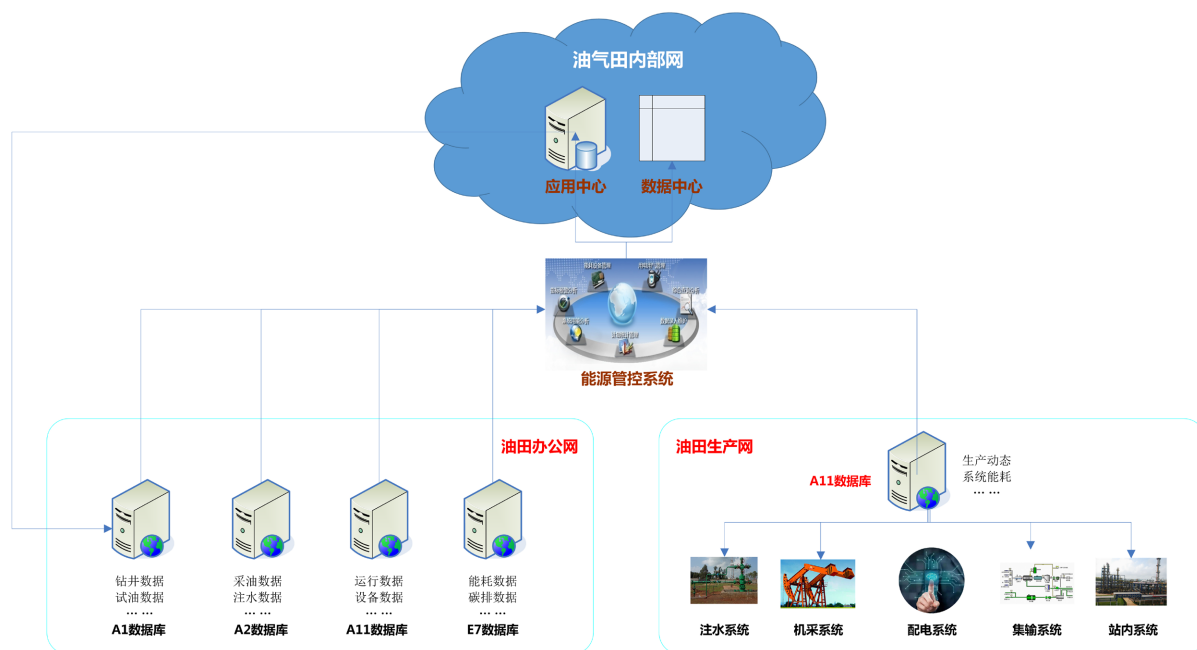


Figure 1. Smart integrated energy management and control system for oil gas fields

图 1. 油气田智慧综合能源管控系统

以能效数据融合为基础的智慧综合能源管控系统顶层设计，在办公网统建生产系统能源管控标准功能的基础上，自建生产网节能优化及清洁替代功能模块。图 1 为油气田智慧综合能源管控系统各模块，分别展示了油田办公网及生产网各系统。

主要设计思想是保持集团公司统建系统的规范性和统一性，同时针对生产网注、采、输、电系统的运行参数进行实时优化，实现动态调控和智慧管控功能。由于生产信息保密及安全的要求，办公网和生产网是分开独立运行的，所以，智慧综合能源管控系统也进行了分开设计，以保证两个系统的独立性和统一性。图 2 为油气田智慧综合能源管控系统顶层设计，主要标明了该设计主要的功能模块及主要模块实现的功能。

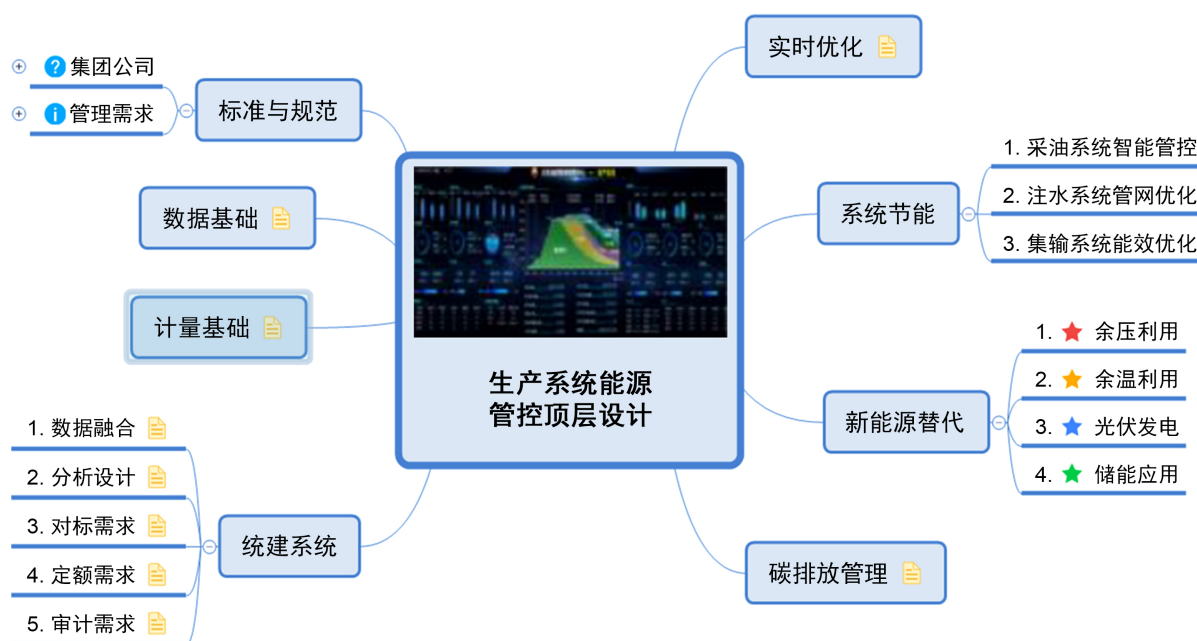


Figure 2. The top of design on the smart integrated energy management and control system for oil gas fields

图 2. 油气田智慧综合能源管控系统顶层设计

3.1. 系统主要功能

3.1.1. 统建系统

统建系统数据信息融合，构建涉及 A2、A5、A11、E7、勘探开发梦想云等多个系统 12 大类 16 个专业 1066 个指标维度、可逐层汇总、按需配置的层级化数据管理体系；实现数据湖关联的注水站、转油站、站内机泵等 48 个生产单元基础数据集的抽取、数据融合应用。

能耗数据图形展示设计以大数据图形化展示方式为主，实现大数据聚类分析、评价，对标辅助等功能。

能效对标[1]主要是各生产单位对其能源效率及能源利用的相关指标进行收集整理并上传，通过与其他单位的先进能效标杆进行横向、纵向对比分析、明确自身差距、制订改进方案并现场进行实施，促进各单位持续提升改进能耗指标。

能耗定额[2]根据各生产单位能耗现状，分析采油、注水和集输系统中工艺和设备的能耗影响因素，确定能耗指标动态测算方法，建立公司、采油厂、站三级能耗定额指标体系及管理办法。合理界定油气生产中能源消耗指标、提高能源利用效率和经济效益。

3.1.2. 生产网节能优化系统

生产网节能优化系统主要是通过对生产网采集的注、采、输系统运行实时数据进行动态分析和优化,及时反馈运行参数调整结果,实现生产系统的动态优化功能和清洁能源的智慧调控、动态分配功能,见表1。

Table 1. Specific implementation contents of saving energy optimization system in production network

表 1. 生产网节能优化系统具体实施内容

序号	各系统优化内容	具体实施
1	生产系统能耗计量基础完善	主要耗能设备和工艺系统实时能耗计量
2	机采系统实时动态节能优化	动态闭环柔性控制及智能间抽实时优化
3	注水系统管网分压仿真优化	系统动态仿真及运行实时参数调整反馈
4	集输系统清洁替代改造升级	余热余压利用,热能替代绿电替代优化
5	电力系统多能互补双效融合	线路容量优化、网电绿电动态切换控制

1) 生产系统主要耗能设备能耗计量

目前油气田生产系统耗电计量单元基本上是在 35 kV 以上供配电线路终端,对于生产系统中单井、单设备的能耗计量尚不完善,建设智慧综合能源管控系统的基础需要获取单井、单设备的实时能耗数据,因此,统一安装具备数据远传功能的单井及站内耗能设备计量仪表,动态监测主要耗能设备的实时能耗数据,为智慧综合能源管控系统提供数据基础。

2) 机采系统实时动态节能优化

机采举升系统是油气田生产系统中耗电大户,且在生产过程中随着油井供液能力的变化,系统工况将会发生动态变化,依靠人工调节机采井生产参数是不现实的,随着机采井变频控制技术的推广应用,动态调节机采井生产参数及实施智能间抽控制已成为可能,但其调整频率及调整幅度仍存在优化空间,且不同的目标函数所对应的优化参数也不尽相同,因此,应用机采井工况仿真及动态系统效率分析优化算法,编制基于最优能耗目标的实时动态优化软件模块可以解决机采井实时动态节能优化的技术需求[3]。

3) 注水系统管网分压仿真优化

注水系统分压注水技术在油田应用中的形式主要分为三种:一是,单井增压形式,对于个别注水井注水压力超过了系统设计注水压力,应采用该形式对该注水井进行单独增压,以满足生产要求,并减小能耗。二是,区域分压注水形式,单独对油田某一区域(油田过渡带比其他纯油区注水压力高)进行单独注水。这种分压注水形式的注水井、主水管网和注水站都是独立的系统,高压和低压处在相同的区域但互不影响。三是,整体分压形式,是对整个油田范围内的注水井按照压力进行划分,由于注水井数量较多,且互相之间存在联系,所以,注水量和注水工作难度也相对较大。分压前后系统内注水井的油压和注水量是不变的,分压后由于降低了注水系统注水泵的输入功率,所以整个注水系统的效率提高了。

4) 集输系统用能清洁替代

集输系统主要对联合站系统、泵和加热炉等主要设备进行用能评价分析,得出联合站整体和各环节的能耗数据,分析联合站用能的薄弱环节,明确提高泵和加热炉的热效率、改工艺流程是降低联合站能耗的有效途径。以联合站为研究对象,以年运行费用为目标,以预分水器内的油水界面高度、油气分离

器的操作压力、加药浓度、沉降罐的沉降时间、电脱水器的脱水温度、电脱水器内的油水界面高度和外输压力以及工艺运行条件为优化变量，建立了联合站运行的能耗优化数学模型，采用最优化方法进行了求解，得到了一定生产条件下的最优运行参数，并进行了相关参数的敏感性分析。通过运行参数优化可以实现节能降耗的目标。

5) 电力系统多能互补双效融合

随着绿电产能和清洁替代项目的不断建设，油田生产系统原有的网电供能系统将会发生相应的改变。分布式光伏、风电、地热发电、余压、余热发电等清洁电力以自发自用、余电上网的形式加入油田生产供能系统，多种不稳定、不平衡的电力产能需要智慧能源系统进行统一管理，平衡产能与需求的动态关系，建立以直、柔配电为核心的新型分布式智能电网，光伏直流优先利用为主，余电上网、智能优化无功潮流为辅，降低配网系统损耗，利用抽油机智能柔性控制技术，实现“源、网、荷”协调优化运行，提高油田新能源消纳率、降低线路损耗、提高负载适应性、提升系统整体效率。

3.1.3. 融合清洁替代及碳排管理

习近平总书记指出：“要把促进新能源和清洁能源发展放在更加突出的位置”。近年来，我国以风电、光伏发电为代表的新能源发展成效显著，发电量占比稳步提升，成本快速下降，能源结构调整和减碳效果逐步显现。结合新能源替代产能建设的管理需求，智慧能源管控系统在传统生产系统节能优化的基础上，补充了清洁能源替代以及碳埋存碳交易部分需求内容，形成二级新能源及油气生产单位智慧综合能源管控系统的最新架构。

清洁能源替代，见表 2，主要是引入光伏、风电等清洁能源产能管理，分析评价绿电替代及储能配比；碳排放管理，主要包括碳排放监测、核算、交易、CCUS/CCS 应用管理评价等。

Table 2. List of methodologies applicable to oil and gas field engineering

表 2. 适用于油气田工程的方法学列表

项目类型	适用油气田工程
甲烷减排和回收利用	油田伴生气回收利用 油田伴生气回收加工后作为燃料气
余热余压利用	余热余压利用
可再生能源/新能源利用	风、地热、太阳能、水利、潮汐等可再生能源发电取代某一特定化石燃料电厂 风光/地热发电利用
低碳清洁能源利用	天然气发电供热

4. 结论

1) 油气田智慧综合能源管控系统设计实现了能源管控成熟度的优化级向智能级飞跃，即能源消耗目标的科学设定和优化方案的在线计算，转变为能源使用全过程的闭环优化管理。

2) 油气田智慧综合能源管控系统设计融合了清洁替代及碳排管理功能，为油田重上千万吨级油气当量创造新引擎、增强新动能。

3) 油气田智慧综合能源管控系统设计助力新能源产业，将成为油田公司创效的“半壁江山”，实现油田公司未来能源结构的低碳化、分布式、协同开放发展。

参考文献

- [1] 马建国. 油气田企业能效对标[M]. 北京: 石油工业出版社, 2016.
- [2] 赵家荣, 何炳光, 谢极. 重点耗能行业能耗对标指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [3] 陈晓贺, 陈俊聪, 袁舟. 抽油机井平衡比与能耗的关系[J]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.