

# Help to promote the application of domestic PCS control system for oil and gas pipelines and give new energy to the system

Yuyao Zhang<sup>1</sup> Rui Chen<sup>2</sup> Chufan Zheng<sup>3</sup>

1. National Pipeline Group Northern Pipeline Co., Ltd., Langfang, Hebei, 065000, China

2. Beijing Oil and Gas Transmission Branch, Beijing, 102400, China

3. National Pipeline Group Northern Pipeline Co., Ltd., Langfang, Hebei, 065000, China

## Abstract

This paper explores the promotion and application of domestically developed PCS control systems for oil and gas pipelines, enhancing system capabilities through technological and managerial innovations. The study first analyzes current challenges and requirements in pipeline control systems, then outlines the advantages and market potential of localized PCS solutions. Subsequently, it details strategies to drive widespread adoption via technological breakthroughs, standardization initiatives, and industry-academia-research collaboration, while improving system performance and reliability. Furthermore, the paper investigates how modern technologies like big data analytics and cloud computing can inject new vitality into PCS systems, enabling intelligent and adaptive upgrades. Through this research, we aim to provide valuable insights for advancing domestic pipeline control systems and elevating technical standards in the industry.

## Keywords

oil and gas pipelines; PCS control systems; promotion and application; technological innovation; intelligentization

# 助力油气管道国产化 PCS 控制系统推广应用为系统赋新能

张禹尧<sup>1</sup> 陈锐<sup>2</sup> 郑楚凡<sup>3</sup>

1. 国家管网集团北方管道有限责任公司，中国·河北 廊坊 065000

2. 北京输油气分公司，中国·北京 102400

3. 国家管网集团北方管道有限责任公司，中国·河北 廊坊 065000

## 摘要

本文致力于探讨油气管道国产化PCS控制系统的推广应用，并通过一系列技术和管理创新手段为系统赋予新能力。研究首先分析了当前油气管道控制系统面临的挑战与需求，进而提出了国产化PCS控制系统的优点与应用前景。接着，文章详细阐述了如何通过技术创新、标准化建设以及产学研用合作等方式，推动系统的广泛应用，并提升其性能与可靠性。此外，本文还探讨了如何借助大数据分析、云计算等现代技术手段，为PCS控制系统注入新的活力，实现智能化、自适应化的升级。通过本文的研究，旨在为推动油气管道控制系统的国产化进程和提升行业技术水平提供有益参考。

## 关键词

油气管道；PCS控制系统；推广应用；技术创新；智能化

## 1 引言

随着全球能源需求的持续增长和油气管道建设的不断推进，油气管道控制系统的性能与可靠性对于保障能源安全、提高生产效率具有重要意义。然而，长期以来，我国油气管道控制系统主要依赖进口，这不仅增加了成本，还面临技术风险与安全隐患。因此，推动油气管道控制系统的国产化进程，研发具有自主知识产权的 PCS ( Process Control

System, 过程控制系统) 成为行业的迫切需求。

近年来，随着国内技术研发能力的提升，国产化 PCS 控制系统在性能、可靠性以及成本等方面已具备与进口系统竞争的实力。然而，要实现广泛的市场应用和技术推广，仍需克服一系列挑战，如技术标准的统一、行业认知度的提升以及产学研用之间的深度融合等。

本文旨在通过深入分析油气管道国产化 PCS 控制系统的推广应用策略，结合现代技术手段，为系统赋予新能力，提升其在行业中的竞争力与应用价值。通过本文的研究，我们期望能够为油气管道控制系统的国产化进程提供有益的参考与启示，促进国内油气管道行业的健康发展。

【作者简介】张禹尧（1998-），女，中国天津人，本科，助理工程师，从事安全工程研究。

## 2 产品概述

2010 年, 伊朗发生“震网”事件, 震惊世界; 2017 年, 乌克兰电网工控系统遭受恶意攻击, 导致大范围变电站断电; 2021 年, 美国克罗尼尔公司工控系统受攻击, 导致大规模停产。这些事件表明了保障国家能源安全的重要性, 确保工业控制系统自主安全可控至关重要。习近平总书记指出“要打好基础软件国产化攻坚战, 提升国产化替代水平和应用规模”。管网集团提出“建成中国特色世界一流能源基础设施运营商”的企业愿景、“打造智慧互联大管网”的战略目标、“科技数字化”的发展战略和“团队协作、结果导向、科技创新”的核心价值观。在这样的背景下, 国家管网具备自主知识产权的国产化 PCS 控制系统应运而生。北方管道公司是最早在现场应用国产化 PCS 控制系统的单位, 也是也是在输油管道领域中应用最广泛的单位。

北方管道公司自动化团队积极参与到国产化 PCS 控制系统的推广应用中。2018 年, 团队自主实施盖州压气站的 PCS 系统建设。并从 2018 年起, 将 PCS 控制纳入到团队产品测试的范畴, 持续开展到现今。2019 年 -2022 年, 团队参与了中俄东线北段(黑河 - 长岭)、中段(长岭 - 永清)、安泰段(安平 - 泰安)、部分南段(连云港 - 太兴)的 PCS 控制系统建设。2023 年, 团队自主完成国家管网华北与东北两大分控中心共计 23 条输油管线的 PCS 控制系统建设工作。

团队对数量众多、种类繁多的用户需求进行收集整理, 结合多年的现场维护管理及建设经验, 综合地提出一套创意设计, 并进行了实践检验。本创意设计以助力国产化 PCS 控制系统的推广应用为定位, 满足管道各油气生产运行单位及调控中心这一目标用户群体的需求。

## 3 现状及用户需求分析

随着国产化 PCS 控制系统在长输油气管道领域的推广应用, 其在数据处理、趋势分析、回放仿真及数据库扩充等方面的优势日益凸显。然而, 在系统性能与功能的进一步提升方面, 仍存在成长空间。

首先, 为确保工控网络环境中系统的安全稳定性能与基本功能, 对计划采购的控制系统软硬件进行产品测试至关重要。这有助于及时发现并解决潜在问题, 确保系统在实际应用中的可靠性。

其次, 由于控制功能受多种因素影响而呈现复杂多样性, 国产化 PCS 控制系统中的通用控制功能模型或模板需要不断扩充。这有助于满足更多管道控制功能的需求, 提高系统的灵活性和适用性。

此外, 在某些特殊场景下, 如 PCS 控制系统需要独立承担大量复杂的逻辑和数字运算以进行管道控制时, 功能扩展变得尤为重要。这能够确保系统满足生产运行的控制要求, 提升整体运行效率和安全性。

## 4 解决方案

团队根据国产化 PCS 控制系统面临的现状, 结合团队的国产化 PCS 控制系统建设和管道自动化控制经验, 提出一套创意设计。

第一对于“作为工业控制系统, 为保证工控网络环境中安全稳定的系统性能与基本功能, 需要对计划采购的控制系统软硬件开展产品测试”这项需求。团队提出: 从产品的适应性、功能性、安全性及可靠性这四个方面对计划采购的控制系统软硬件开展专项测试, 通过对系统基本性能、功能安全、信息安全进行校验, 发现问题并提出优化建议, 以促其系统性能和基本功能的安全稳定。

工控功能性能测试主要内容有 1. 功能性能测试, 包括基本功能及相关性能参数确认、扩展功能及相关指标确认、编程调试软件功能、极限性能参数测试; 2. 安全性能测试, 涉及系统级功能安全测试与分析及相关测试子项、器件级功能安全测试与分析、软件的功能安全测试与分析、仪表专项安全能力测试; 3. 信息安全测试, 涵盖网络协议、工控专用协议测试, 漏洞探测, 数据包截取破坏测试。

团队成功实践了该创意设计。2020 年中俄东线建设时, 团队对国产化 PCS 控制系统进行了全面的产品测试分析, 测试发现国产化 PCS 控制系统的性能已达到先进水平, 并在国产化 PCS 控制系统的历史数据库、网络冗余机制、系统兼容性、通讯稳定、通信采集通道、计算模块和模拟量显示及曲线等方面提出了合理化建议 7 项, 促进了国产化 PCS 控制系统在各方面的优化。

第二对于“受多因素影响导致控制功能复杂多样, 国产化 PCS 控制系统中通用的控制功能模型或模板需要扩充, 以满足绝大多数管道控制功能”这项需求。团队提出: 结合 PLC 标准化控制逻辑, 协同进行控制功能适配, 形成模型或模板, 在 PCS 控制系统中对应地进行固化, 提升控制功能完整性、控制准确性和人机交互友好性。

结合标准化控制逻辑形成功能模型或模板, 具体包括 PLC 与 PCS 功能对接、标准控制逻辑分解、控制全流程跟踪、命令点机制调整、状态点配置调整、精准文字描述、颜色配置标准化、画面布局区块划分、控制画面分级合理化、重要执行结果突出显示和异常工况弹窗预警等。

该创意设计已经通过团队的实践得到验证。2020 年, 在中俄东线建设中, 团队在国产化 PCS 控制系统中对压气站一键启停站功能进行了适配, 形成了成熟的可推广的固有模板。该模板与控制功能完美契合且人机画面条理清晰、信息齐全、易于操作, 实现了压气站一键启停站的状态反馈、报警检测、自动导通工艺流程、压缩空气系统启停、压缩机厂房风机分配、压缩机组启停、防喘控制和负荷分配等重要工序的全流程控制, 显著提高操作员效率和准确性, 大幅降低人工和技术成本。

第三对于“在 PCS 控制系统需要独立承担大量复杂的

逻辑和数字运算进行管道控制等特殊场景下，为满足生产运行的控制要求，需要功能扩展”这项需求。团队提出：在保证系统性能的前提下，围绕系统数据处理与计算的核心能力，定制化方案，实现数据高精度高强度分析，进行创新，完成功能定向开发，确保系统性能稳定，功能满足需求。

控制功能定向开发，通过确立功能机制、精准高效处理数据流、优化算法和数据结构、数据并行和分布式计算、功能块打包、功能性和稳定性测试优化以及系统接口接入等重要步骤，全面提升功能定向开发的效率和质量，以更好地满足用户在运行调控方面的需求。

团队已实践检验该创意设计的可行性。2023年，在东北和华北分控中心建设过程中，华北原油管网的水击超前保护功能未能在PCS系统上实现。团队在国产化PCS软件上进行二次开发增设水击功能块，开发经过水击数据预处理、建立水击触发机制、建立水击执行机制、测试优化和系统资源占用分配等重要步骤，这是首次在国产化PCS软件上实现了输油管道水击超前保护功能的自主逻辑计算与判断。

团队完成6条管线共计42个工况的水击保护功能建设，功能完好运行平稳。

## 5 价值分析

团队提出的创意设计在国产化替代、数智化发展两个方面具有重要的价值，经实践验证，该创意设计提升系统功能性和性能，简化操作流程，提高工作效率和准确性，为用户提供高性能可靠的解决方案，增强国产化PCS控制系统的竞争力和自主控制能力，使其系统配置更合理、水平更先进、控制更可靠、运行更安全，为国产化PCS控制系统赋能。

**国产化替代价值：**该创意设计助力国产化PCS控制系统的应用推广，旨在打破国外长输油气管道控制系统长期的垄断地位，消除油气管道控制系统被“卡脖子”和“开后门”的隐患，逐步替代国外软硬件，实现管道控制系统的自主可控，保障国家能源安全。

**数智化发展价值：**团队提出的创意设计为PCS系统用户需求提供可靠的解决方案，提升用户体验；提高PCS系统的运行质量和可靠性；提升PCS系统的调控功能；推动PCS系统升级和创新发展；综合降低管道建设和运维成本，提高管道运行和管理水平；增强拥有自主知识产权的PCS系统的市场竞争力。

## 6 运营方案

在推广国产化PCS控制系统的工作中，我们将紧密结合项目建设周期，系统性地实施性能功能测试、需求收集、软硬件集成、实验室验证、现场调试、试运行、系统移交以及后续运维等关键环节。同时，我们注重将创意设计融入整个运营方案，旨在从多个维度满足用户需求，精准解决用户痛点，从而加速国产化PCS控制系统的市场应用步伐。

集团在此领域拥有深厚的资源积累和广泛的影响力，我们期待得到集团的大力支持，共同分享成果与经验。团队将积极深入各个业务领域，全面把握不同场景下的实际需求，并充分借鉴集团内部其他项目的成功案例和实践经验。我们将以多元化的方式，为更多部门和项目提供专业的技术支持与指导，推动国产化PCS控制系统在更多场景中实现广泛应用，为行业发展贡献力量。

## 7 产品优势及竞品分析

不同于对PCS系统简单的套用式推广应用，团队提出的创意设计包含了系统推广应用中的工控功能性能测试、控制功能标准化适配、控制功能定向开发三个方面，从创意与创新性、可靠性和实用性、用户友好度和设计质量、产品价值和可规模化等方面都表现出明显的优势。

**创意与创新性：**通过对计划采购的控制系统软硬件进行全面测试，强调了对适应性、功能性、安全性和可靠性的重视，突出了团队的独特设计理念，在满足工业控制系统国产化需求等方面充分展现了团队创意设计的创新性。

**可靠性和实用性：**结合标准化控制逻辑，完善通用的控制功能模型或模板，并进行固化；在功能开发的同时保证系统性能；均展示了方案设计逻辑的严密性和条理清晰性，经过实践检验证明成功可行，确保了功能满足用户需求，并为复用奠定了基础，具有较高的可靠性和实用性。

**用户友好度和设计质量：**设计强调系统数据处理与计算核心能力、完善的控制功能、简单便捷的人机界面，充分考虑了用户体验与操作便捷性，注重用户友好度和设计质量，使得产品容易理解和上手，能够提高用户满意度。

**产品价值和可规模化：**为国产化PCS控制系统提供了更多的控制功能和适应特殊场景的能力。这将为系统创造更大的市场机会和商业价值，可应用于不同领域并不断扩展出更多的业务形态。团队的创意设计是具有长期的产品价值和可规模化潜力。

## 8 结语

经过对油气管道国产化PCS控制系统推广应用及为系统赋新能的研究与探讨，我们深刻认识到国产化进程对于提升行业技术水平、保障能源安全的重要性。国产化PCS控制系统的成功推广，不仅能够有效降低油气管道建设的成本，更能够摆脱对外部技术的依赖，增强我国在能源领域的自主创新能力。

通过技术创新、标准化建设以及产学研用合作等手段，我们为系统赋予了新的能力，使其在性能、可靠性、智能化等方面取得了显著提升。这些成果不仅体现了国内技术研发实力的提升，也为油气管道行业的健康发展注入了新的活力。

然而，我们也应认识到，国产化PCS控制系统的推广应用仍面临诸多挑战与机遇。未来，我们需要继续加大技术

研发力度，完善系统功能和性能，提高系统的适应性和可扩展性。同时，我们还应加强行业合作与交流，推动技术的普及与应用，形成更为广泛的产业生态圈。

总之，助力油气管道国产化 PCS 控制系统的推广应用并为系统赋能是一项长期而艰巨的任务。我们需要持续努力、不断创新，以推动我国油气管道行业向更高水平迈进，为国家的能源安全和经济发展做出更大的贡献。

## 参考文献

- [1] 黄河,陈曦,祁国成,等. 油气管道SCADA软件工业试验测试评价方法[J]. 天然气工业,2017,37(8):80-86.
- [2] 祁国成,黄河,闫峰,等. 基于设备的“图模库一体化”油气管道模型[J]. 天然气工业,2014,34(10):92-97.
- [3] 冯思斌,屈涛,张宏伟,等. PCS系统在油气管道站场应用的技术及意义[J]. 化工管理,2020(32):14-15.
- [4] 祁国成,黄河,孙铁良,等. 管道SCADA软件国产化最新进展及展望[C]. //第四届全国石油石化行业信息化创新发展论坛论文集. 2018:642-650.
- [5] 咸玉龙,张景阳,陈鹏,等. 基于XML的油气管道设备模型交互标准化方法[J]. 电子科学技术,2017,4(4):28-32.