

PCM 数字化管理平台对提升天然气管道本质安全的探讨

赵鹏宇（广东能源集团管道有限公司，广东 广州 510000）

摘要：本文深入探讨PCM数字化管理平台在提升天然气管道本质安全方面的重要作用。通过分析珠三角地区某天然气长输管道项目应用案例，阐述平台在施工数据采集、焊接监测、智能监控、可视化管理以及人员和设备合规管理等多方面的功能及成效，揭示其对保障天然气管道安全稳定运行的关键意义。

关键词：PCM系统；数字化管理；天然气管道；本质安全

中图分类号：TE88

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）020-0034-03

Research on PCM Digital Management Platform for Enhancing Intrinsic Safety of Natural Gas Pipelines

Zhao Pengyu (Guangdong Energy Group Pipeline Co., Ltd., Guangzhou Guangdong 510000, China)

Abstract: This study explores the critical role of the PCM (Pipeline Condition Management) digital management platform in improving the intrinsic safety of natural gas pipelines. By analyzing a case study of a long-distance natural gas pipeline project in the Pearl River Delta region, the paper elaborates on the platform's functionalities and outcomes in construction data collection, welding process monitoring, intelligent surveillance, visualized management, and compliance management of personnel and equipment. The findings highlight its significance in ensuring the safe and stable operation of natural gas pipelines, providing actionable insights for risk mitigation and operational optimization.

Keywords: Natural Gas Pipelines; Intrinsic Safety; Digital Management Platform; PCM; Welding Monitoring

天然气作为一种清洁、高效的能源，在现代能源体系中占据着举足轻重的地位。天然气管道作为能源输送的“生命线”，其安全稳定运行直接关系到国家能源安全、经济发展以及社会稳定。任何天然气管道事故都可能引发严重的人员伤亡、环境污染和经济损失，因此，提升天然气管道的本质安全水平成为行业发展的核心诉求。

随着信息技术的飞速发展，数字化管理手段逐渐渗透到天然气管道建设与运营的各个环节。PCM (Project cycle management) 数字化管理平台应运而生，它整合了先进的信息技术、项目管理理念以及安全管理方法，为天然气管道本质安全的提升提供了全新的解决方案。在珠三角地区某天然气长输管道项目工程实践中，积极引入并全面推行PCM数字化管理平台，在保障管道安全建设与运营方面取得了显著成效，为行业内其他项目提供了宝贵的经验借鉴。

1 PCM 数字化管理平台功能模块与本质安全提升

1.1 施工数据采集与安全保障

施工技术数据是工程质量管理和本质安全的基础。PCM系统构建了一套全面且严谨的施工数据管理体系，实现了设计资料及现场施工数据从采集、审核、入库到分享的全流程闭环管理。在天然气管道工程施工过程中，系统能够实时同步采集各类关键数据，涵盖了管道铺设的位置信息、施工工艺参数、材料使用情况等。这些数据如实记录了现场施工的每一个细节，

如同为工程建设绘制了一幅详尽的“数字画像”，使得工程进度得以及时、准确地反映。

以该项目为例，在施工数据采集阶段，通过多方共同协作录入数据，形成了一个完整、准确的焊接数据链。设计单位负责录入初设数据与施工图数据，包括管线走向、中线桩位置、线路段划分等管道基础信息；监理单位承担焊接工艺规程与项目划分的录入工作，确保焊接工艺符合标准规范；厂家录入焊接管材等关键数据，保证材料质量可追溯；施工单位则详细录入管道坡口组对、焊口编号预制、焊接过程中的电流电压等数据。各方参与数据录入，实现了对焊口数据的全方位把控。

同时，结合“三检制”，利用系统的拍照、摄像功能，对焊接、防腐和补伤等关键工序操作的互检、专检过程进行拍照留痕，真实、准确地记录施工人员现场作业过程。这不仅有效提高了现场质量管控能力，还为后续管道运行维护提供了丰富的数据资源，一旦出现问题，可以通过历史数据快速追溯原因，采取针对性的解决措施，从而保障了施工阶段的安全，为管道全生命周期的安全运行筑牢了根基。

1.2 焊接实时监测与预测

天然气管道的焊口质量是决定管道运行本质安全水平的关键因素，是从源头上遏制天然气管道重特大事故发生的核心控制点。PCM系统创新性地配套熊谷智能设备，搭建起了一套高效的焊接实时监测与预测

体系。通过这一体系，能够实现焊接实时工况数据的快速、准确传输。在PCM系统平台上，工程技术人员可以直观地查看施工单位、施工机组、焊工编号、焊机编号、焊层、焊道、焊口编号、实时电压和电流、焊速等详细数据。

这种实时监控功能犹如为施工现场安装了一双“智慧的眼睛”，便于工程技术人员及时捕捉焊接过程中的异常情况。一旦发现焊接参数偏离正常范围，系统能够立即发出预警，技术人员可以迅速采取措施进行调整。同时，通过对大量历史数据的分析，系统能够将不合格焊口的特点进行比对，深入了解焊接人员的操作水平、焊接机组的管理水平以及不同施工环境对焊接质量的影响。例如，通过数据分析发现某一焊工在特定环境下焊接的焊口合格率较低，进一步分析发现是由于该焊工对环境因素的适应性不足，导致焊接参数调整不及时。针对这一问题，管理人员可以及时对该焊工进行专项培训，调整施工安排，从而有效提升整体焊接质量，从源头上把控焊口质量，极大地降低了管道运行过程中因焊口问题引发事故的风险，显著提升了管道的本质安全水平。

1.3 智能工地视频监控集成

智能工地视频监控集成模块是PCM系统的核心组成部分之一，也是日常线路、站场安全管理的重要技术手段。在天然气管道施工现场，部署了先进的视频监控系统，该系统集全天候图像监控、数据采集和安全防范功能于一体，如同在施工现场构建了一张严密的“安全防护网”。

由于天然气管道线性工程施工具有多点化、多面化的显著特点，各施工机组往往同时在不同区域开展施工，传统的每日安全巡视监督方式难以实现对所有施工区域的全覆盖。而视频监控系统则能够及时“补位”，成功解决了这一难题。通过在机组作业面、焊接棚内、各站场建设区域安装视频监控设备（布控球），并配备NVR和存储卡进行现场数据存储，实现了对施工作业面画面的实时监控。在三穿跨越工程、定向钻等特殊施工区域，通过搭建三脚架摆放布控球，确保了监控无死角。

在站场施工中，视频监视系统的布局更加科学合理。设定三个固定监视和一个机动监视，其中两处固定监视采用鹰眼摄像头，能够对场内整体的施工情况进行宏观把控；在工艺设备安装过程中，在工艺设备区内设置一个固定监视摄像头，专门用于对工艺主要设备安装施工进行实时监控；当围墙对角鹰眼摄像头无法监视到某些重点区域或关键质量施工管控点时，机动监视设备可根据实际管理需要进行灵活移动监

控。视频监控系统不仅能够对现场整体情况、各关键工序的作业情况进行实时监控，还能同步监督监理旁站情况，以及在现场无人监管时记录真实的安全施工情况。这使得关键工序的安全行为可追溯、可查询，为安全管理提供了详实的证据资料，有效提升了整体安全管控水平，在天然气管道建设安全管理中发挥了不可替代的作用。

1.4 二、三维可视化平台

以线路数字化设计成果为源头，PCM系统精心打造了二、三维可视化平台，这一平台犹如为天然气管道建设与运营构建了一个直观、立体的“数字孪生世界”。随着工程建设项目的逐步推进，在数据可视化子系统中逐步构建起一条虚拟化的管道。这条虚拟管道不仅仅是实际管道的简单数字化呈现，更是一个集成了多种关键信息的综合性管理平台。

在这个平台上，能够同步实现设计成果的直观展示，让工程参与人员可以清晰地看到管道的设计规划、走向布局以及各项技术参数；施工进度加载显示功能则如同一个实时的“工程进度仪表盘”，通过直观的图形化界面，展示工程建设的实时进展情况，便于管理人员及时掌握项目动态，合理安排资源；施工资源分布功能则详细呈现了人力、物力、财力等各类施工资源在不同施工区域、不同施工阶段的分布情况，为资源优化配置提供了有力依据。同时，平台还具备自动生成竣工图及竣工中线的强大功能，大大提高了竣工资料整理的效率和准确性。

在地理信息数据方面，以三维GIS的形式进行深度集成，其中基于0.5mDOM影像数据和12.5mDEM高程数据搭建的三维影像数据精确覆盖了全部管道中线。周边环境数据同样丰富详实，涵盖了各类评价的成果数据，包括敏感区、矿区等重要信息，以及管业两侧各500m范围内的公共场所的矢量化数据，如沿线的公路、铁路、学校、居民区等。这些丰富的数据资源为运营期高后果区管理提供了极为重要的前置支撑，使得运营单位能够提前开展管道保护宣传、管道完整性管理等工作，有效预防潜在风险，保障管道安全运行。

1.5 人员与设备的合规性管理

人员与设备的合规性是天然气管道建设与运营安全管理的重中之重。PCM系统通过精心设计的完整报验管理模块，对人员和设备的合规性进行了严格、细致的管控。

在人员管理方面，从人员的身份确认、资质确认入手，要求所有参与项目的人员将相关信息上传至系统进行审核。审核过程严格依据行业标准和项目要求，

对人员的专业技能、从业经验、资格证书等进行全面审查。审核通过后，系统自动生成个人二维码，并制作成项目工牌供现场人员佩戴。管理人员在施工现场只需通过扫描二维码，即可快速了解现场人员是否具备完成某项工作的资质与能力，实现了对人员的精准管理和有效监督，确保了施工过程中人员操作的规范性和安全性。

在设备管理方面，PCM 系统对设备的合格证、检测情况及使用情况等信息进行全面采集和管理。针对每一个设备生成单独的二维码，设备管理人员通过扫码即可获取设备的详细信息，包括设备的基本参数、上次检测时间、使用时长、维修记录等。这一功能极大地提高了现场设备管理效率，使得设备管理人员能够及时掌握设备的运行状态，根据设备的实际情况及时进行更换、检验、报废、退场等操作，实现了设备全生命周期的精细化管控，有效降低了因设备故障引发安全事故的风险，为天然气管道项目的安全生产提供了坚实的设备保障。

1.6 不符合项管理

现场检查是天然气管道安全管理中最为关键的工作环节之一，而 PCM 系统的不符合项管理功能则为现场检查工作提供了高效、便捷的管理工具。对于每日现场检查发现的不符合项，PCM 系统要求发现人将相关信息全部汇总至系统平台进行统一发布，并明确规定整改期限，由各责任单位按照要求进行整改。

为了充分发挥监理及各参建单位的主观能动性，营造良好安全文化氛围，PCM 系统的不符合项管理系统面向全部人员开放权限。这意味着所有参与项目的人员在现场发现不符合项时，都可以通过系统及时上传相关信息，并随时查看整改情况。这种全员参与的管理模式不仅拓宽了安全隐患的发现渠道，还增强了全体人员的安全意识和责任感。

同时，PCM 系统强大的数据处理能力使得它可以对不符合项进行专项筛选和深入分析。通过对一段时间内的数据进行统计分析，系统能够协助安全管理人员快速找出出现的高频问题，深入剖析问题产生的根源，进而制定出针对性更强的管理方法与管控手段。例如，通过数据分析发现某一施工区域在特定施工工艺环节频繁出现不符合项，安全管理人员可以组织专家进行现场调研，优化施工工艺，加强人员培训，有效解决重点问题。在采取管控措施后，系统还能持续跟踪监测，及时查看管控方法的适用性与成效性，为安全管理工作的持续改进提供数据支持和决策依据。

1.7 安全管理文件信息传递

PCM 系统为管道项目各参建单位搭建了一个统

一、高效的文件在线流转平台。在这个平台上，安全管理部门可以将安全文件的工作要求与通知内容及时、准确地传达到各单位，确保信息传递的及时性和准确性，避免了因信息沟通不畅导致的安全管理漏洞。

通过 PCM 系统强大的筛选功能，各参建单位能够根据自身需求快速检索到相关安全文件和通知，高效完成安全专项工作的汇总与整理。例如，在开展安全专项检查前，参建单位可以通过系统快速筛选出与检查内容相关的文件和标准，为检查工作提供有力的指导；在安全培训工作中，也可以利用系统筛选出适合不同岗位人员的培训资料，提高培训的针对性和效果。这一功能极大地提高了安全管理文件信息的传递效率和利用价值，促进了各项安全管理工作的全面推进，为天然气管道项目的安全建设提供了有力的信息保障。

2 结论

PCM 数字化管理平台凭借其多模块协同工作的强大优势，从施工数据采集、焊接质量控制、智能监控、可视化管理到人员设备管理以及安全文件传递等多个维度，全方位、深层次地提升了天然气管道的本质安全水平。在广东能源集团管道有限公司的项目实践中，PCM 数字化管理平台的应用取得了显著成效，有效降低了安全事故风险，提高了工程建设质量和管理效率。

展望未来，在天然气管道建设与运营领域，应进一步加大对 PCM 数字化管理平台的推广和应用力度。同时，不断探索 PCM 数字化管理平台与大数据、人工智能、物联网等新兴技术的深度融合，持续优化平台功能，提升其智能化水平和适应性。通过不断创新和完善数字化管理手段，为天然气管道安全稳定运行提供更加坚实、可靠的保障，推动天然气能源行业朝着更加安全、高效、可持续的方向蓬勃发展。

参考文献：

- [1] 徐像雄, 孙甲岐, 赵良波. 天然气长输管道安全风险评估及本质安全优化措施 [J]. 四川化工, 2023, 26(6):43-46.
- [2] 雷响. 浅析燃气管道工程质量与安全技术管理工作 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(7):3.
- [3] 呼延涛. 浅析天然气长输管道建设工程的管理及安全控制 [J]. 科技创新导报, 2012(20):1.
- [4] 陈剑健. 天然气管道数据采集与数字化管道建设 [J]. 化工管理, 2016(23):8.

作者简介：

赵鹏宇 (1992-) , 男, 汉族, 吉林省长春市人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 天然气管道建设与运营。