

智慧管网安全环保标准体系架构研究

吴东容¹ 侯宜辰² 俞旻¹ 杨旸¹ 吕镇³ 孟凯³ 靳宇^{3*}

(1. 国家管网集团西南管道有限责任公司; 2. 攀枝花华润燃气有限公司; 3. 中国标准化研究院)

摘要: 基于智慧管网建设运行规划要求, 针对智慧管网安全环保相关国内外标准现状开展调研, 结合其他行业如: 智慧城市、智慧电网、智慧矿山等相似智慧标准体系对标分析, 总结提炼国内外油气管道安全环保管理领域的智能技术和标准化成果, 分析安全环保标准的主要关键要素及关系, 开展安全环保标准体系核心内容研究, 构建智慧管网安全环保框架, 为智慧管网建设运行提供决定性和关键性的数据支撑和基础保障。

关键词: 智慧管网, 安全环保, 标准体系架构

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.07.004

Research on the Architecture of Safety and Environmental Protection Standards for Smart Pipeline Networks

WU Dong-rong¹ HOU Yi-chen² YU Min¹ YANG Yang¹

LYU Zhen³ MENG Kai³ JIN Yu^{3*}

(1.National Pipe Network Group Southwest Pipeline Co., Ltd.;2.Panzhihua Huarun Gas Co., Ltd.;
3. China National Institute of standardization)

Abstract: To meet the requirements of the construction and operation planning of smart pipeline networks, research is conducted on the current status of safety and environmental protection standards related to smart pipeline networks at home and abroad. It makes the analysis of similar smart standards systems in other industries such as smart cities, smart grids, and smart mines, and summarizes intelligent technologies and standardization achievements in the field of safety and environmental protection management of oil and gas pipelines at home and abroad. It also analyzes the main key elements and relationships of safety and environmental protection standards, studies the core content of the safety and environmental protection standards system, and establishes a safety and environmental protection framework for smart pipeline networks, providing decisive and critical data support and basic guarantee for the construction and operation of smart pipeline networks.

Keywords: smart pipeline network, safety and environmental protection, standards system architecture

基金项目: 本文受国家石油天然气管网集团有限公司科技项目“智慧管网建设运行标准研究”(项目编号: JCGL202108)资助。

作者简介: 吴东容, 高级工程师, 主要从事工程建设、油气管道工程数字化移交研究工作。

侯宜辰, 助理工程师, 主要从事天然气管道建设、智慧管道研究等工作。

俞旻, 工程师, 主要从事长输石油天然气管道、场站建设工程项目管理工作。

杨旸, 高级工程师, 主要从事智慧管网标准、油气管道工程数字化移交研究工作。

吕镇, 工程师, 主要从事标准体系研究工作。

孟凯, 工程师, 主要从事标准体系研究工作。

靳宇, 通信作者, 工程师, 主要从事标准体系研究工作。

0 绪论

打造智慧互联大管网是国家石油天然气管网集团有限公司(简称“国家管网集团”)“两大一新”战略目标,而标准体系建设是国家管网集团“打造智慧互联大管网”战略目标实现的顶层保障,也是智慧管网建设运行的关键核心^[1-3]。不论是从国家或者企业层面,均在积极实施标准化战略,推进标准化改革,提升标准化管理水平。标准体系建设是企业治理体系的重要组成部分和治理能力现代化的重要标志,体系科学性决定了标准总体水平^[4],因此从顶层统一思想,建立“科学合理、先进适用、系统配套、与国际接轨”的智慧管网标准体系,是智慧管网建设和运行的关键和基础。但智慧管网在其建设和运行中,会涉及大量的技术标准,这些标准不能是零散的国家标准、行业标准和企业标准混编在一起的“标准集合”,更不能存在交叉、重复、矛盾问题^[5-6]。如:在智慧管网安全环保管理方面,管网集团标准体系的建立和安全环保企业标准的发布实施,有效解决了集团内部安全管理、环保管理、职业健康管理以及体系管理的标准协调性、适用性问题,但现有安全环保标准体系及现行标准存在智慧化程度不突出的不足,无法满足管网集团安全环保管理智慧化需求,与集团公司智慧化业务发展规划存在一定差距。有必要在管网集团现有标准体系框架基础上,根据集团公司智慧化业务发展规划,以智慧化需求为核心,借鉴相关行业智慧化标准体系建设经验,构建智慧管网安全环保标准体系。

1 体系构建方法

对安全环保的基本概念、国内外发展情况以及标准化建设现状进行梳理分析,明确管网集团安全环保标准体系标准化基础。在现状分析的基础上,通过对标智慧城市、智慧电力等其他领域智慧化标准体系构建经验,提出智慧管网安全环保标准体系大框架,即智慧管网安全环保标准体系范围边界,明确框架内包含的模块。在智慧管网安

全环保标准体系范围边界内,对各个模块开展业务梳理和智慧化需求分析,即开展智慧管网安全环保标准体系模块划分,从而形成完整的智慧管网安全环保标准体系架构。

2 国内外现状分析

2.1 油气行业安全环保管理基本概况

2.1.1 基本概念

国际石油天然气行业大型公司如:埃克森美孚、壳牌和BP公司等很早就引进安全环保建设理念,根据公司长久发展战略,把健康、安全、环保(HSE起源)等纳入公司年度考核指标和业绩^[7]。HSE管理体系是由组织架构、作业流程、工作岗位、企业资源、运营过程等管理要素构成的事关企业健康、安全、环境的管理系统。由于健康是health、安全是safety、环境是environment,3个单词首字母构成了HSE管理系统。HSE管理体系是企业运营的重要构成,能够最大程度地保障员工安全、社会生态,以风险管理为重点,确保在HSE管理方面持续的改进。包括了发现问题、追查原因、总结方法、不断改进的全过程,也可以说是戴明环的具体实践。

2.1.2 国内外油气行业安全环保管理发展概况

国外油气企业先后经历了壳牌石油公司、英国(BP)公司两个阶段。其中,壳牌公司以其“文化阶梯”“心与意”的发展计划以及在废弃物管理方面采取了分级的政策成为当时国外的龙头老大,而英国的BP石油公司建立了一个较为有效的应急机制,它的原理便是运用了人类的“ABC”模式,同时,对于事故的报告拥有专门的报告系统“Tr@tion”软件来对企业的日常工作进行数据的收集与整理。

国内的油气企业先后经历了中国石油以及中国石化。中国石油的HSE目标是追求低事故率,低伤害率,低污染率,并且至上而下保持一致的HSE承诺。中国石油经历了从“文件化管理”到“风险管理”,又到“卓越管理”3个阶段,目前,中国石油已对外公布企业的承诺与目标,逐步与国际接轨,

以国际标准要求自己,再创企业佳绩。中国石化自1998年以来,整合了国际上的不同国家的HSE管理体系标准,归纳出了较为完整的HSE管理标准,提高了企业的质量,在管理企业的安全、健康、环境等方面起到了一定的积极作用。在安全方面,重视工艺安全与行为安全,践行了“我要安全”的活动准则^[8]。

2.2 油气行业安全环保标准体系发展概况

2.2.1 国外发展概况

随着世界各国安全环保意识不断提高,对安全事故和环境问题的关注也达到了史无前例的高度,企业在生产开发时越来越多地考虑人员安全与环境保护。作为美国油气工业界标准制定领军者的美国石油学会(API)组织,对安全与环保标准非常重视。其下属三大部门之一的安全健康环保部,专门负责制修订健康、安全与环保标准,而勘探生产部和炼油部也都分别制定其相关领域的安全与环保标准^[9]。如:勘探开发生产设备(井控设备、水下采油设备、管材、阀和井口设备等)的安全设计、安全施工作业、海上安全及防污染等标准就是由勘探生产部下属的油田设备和材料标准化执行委员会制修订的。

2.2.2 国内发展历程

我国的安全生产技术标准化工作,是在改革开放的20世纪80年代初期起步的。安全标准作为提高科技水平和管理水平的重要技术文件,已经进入企业安全生产的各个环节,从基础建设到生产运行,安全标准始终扮演着不可替代的角色,它对于事故预防、控制、监测和减少职工伤亡事故和职业危害,都发挥了重要的作用^[10]。同时,创造良好的安全生产环境 and 经济秩序,保护劳动者的安全

与健康,也是社会文明的标志和现代化生产的需要。石油天然气工业安全标准大致分为如下几类,见表1。

我国现行国家环保标准大致可分为:环境质量与污染排放标准、环保管理标准和环境监测技术标准。随着国家不断加强对于环境保护工作的重视程度,这些标准发挥了积极作用,污染防治取得很大进展,环境污染加剧的趋势从总体上开始得到基本控制。环保正在从重视污染防治向污染防治与生态保护、资源保护并重转变。良好的环境是可持续发展的重要基础,保护环境是保护健康、维护生态平衡的迫切需要,对于建立和谐社会和国家可持续发展战略至关重要。

管网集团自成立以来,根据自身安全环保管理工作需求,在安全管理、环保管理、职业健康管理、体系管理等领域,陆续发布实施了Q/GGW 4001.1-2022《质量、健康、安全和环境管理体系第1部分:规范》、Q/GGW 4003.3-2022《油气管道作业安全管理规范 第2部分:作业许可》、Q/GGW 04005.4-2023《环境保护管理规范 第4部分:油气储运企业环境风险评估与管控技术要求》等一系列企业内部标准,保障了国家管网在工程建设、生产运行、维护检修等领域的安全环保管理工作有序开展。

3 智慧化标准体系构建行业对标分析

3.1 智慧城市标准体系对标参考

智慧城市标准体系在结合智慧城市发展现状、标准化现状及标准需求,充分考虑当前智慧城市建设新要求、技术发展新特征、数据资源重要性

表1 石油天然气工业标准分类

标准类型	适用范围
设计类标准	为提高安全生产设计需要的标准
安全生产设备、工具类标准	为了保证生产设备、工具的设计、制造、使用符合安全卫生要求的标准
生产工艺类安全卫生标准	对一些经常发生工伤事故和容易产生职业病的生产工艺,规定了最基本的安全卫生要求
防护用品类标准	控制防护用品质量,使其达到职业安全卫生要求
管理类标准	为提高监察和综合管理需要的标准,如: HSE管理标准、突发事件应急预案
安全职业教育标准	对从事特种行业的从业人员进行资质培训和考核的标准
安全技术规程	对从事某一作业所要求达到的最低安全技术要求

等要素,构建了智慧城市标准体系总体框架^[11]。

智慧城市标准体系由01总体、02技术与平台、03基础设施、04数据、05管理与服务、06建设与运营、07安全与保障等7个标准分体系组成。其中将安全与保障作为独立模块,侧重数据、信息、技术的安全管理与应用。智慧城市安全保障类标准主要包括数据安全与隐私保护、信息系统安全、信息安全管理、基础安全防护、新技术应用安全等5个标准系列。

3.2 智能电网标准体系对标参考

智能电网技术标准业务领域九大板块、41个技术领域,包括基础与通用、综合与规划、智能发电、智能输电、智能变电、智能配电、智能用电、调度控制与交易和共性支撑技术,其中安全在基础通用

技术标准业务领域也起到了关键性的作用^[12,13]。智能电网标准体系将安全放在基础与通用模块下,区别于网络安全,侧重工业生产安全。如图2所示。

4 智慧管网安全环保标准体系边界及模块划分

4.1 标准体系边界

总结目前智慧化系统的标准体系,具有以下特点。

(1)不同行业的智能标准体系,针对安全环保类标准体系的层级设定和范围边界不同,但都与整个智能化系统的构建框架具有很强的关联性,需基于智能化系统组成和业务活动来构建整个技

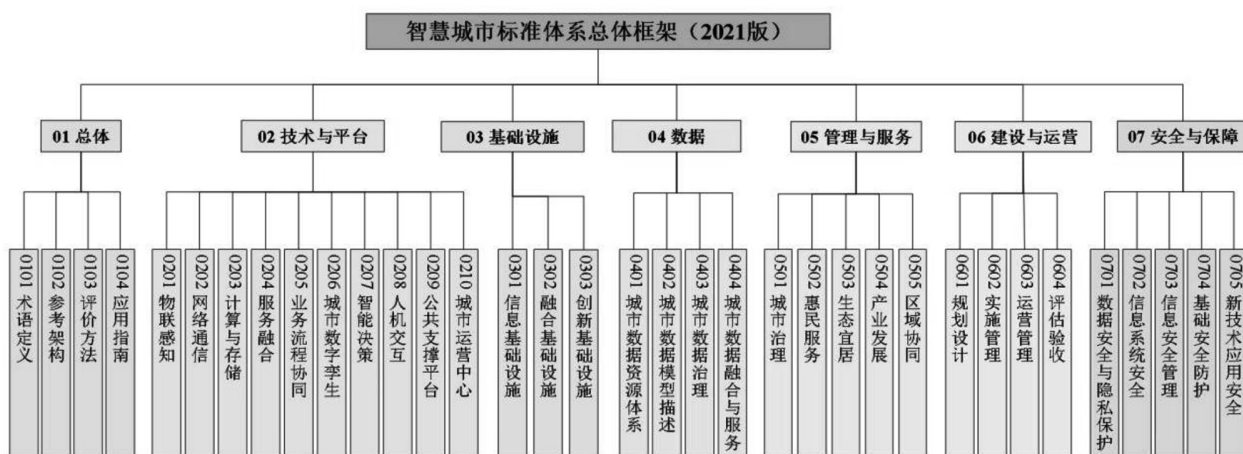


图1 智慧城市标准体系总体框架（2021版）

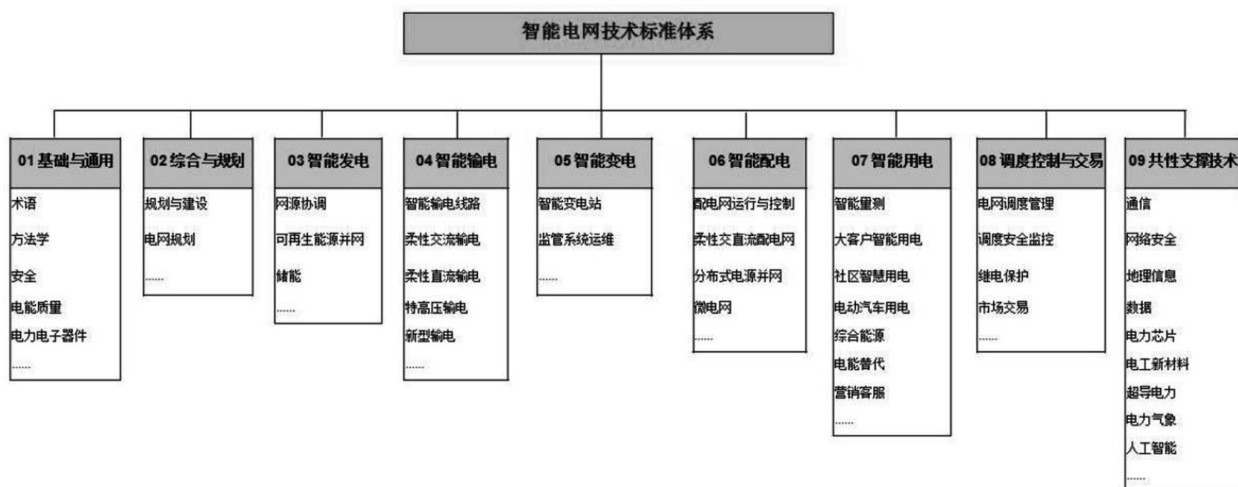


图2 智能电网技术标准体系框架

术标准体系。

(2) 数据的采集、传输、分析和应用是智能化系统关键技术类和应用类标准的核心考虑因素。

综合管网集团现有安全环保标准体系框架、管网集团安全环保领域现行企业标准业务范围、管网集团标准化“十四五”规划以及相关领域智慧化安全环保标准体系建设经验,确定智慧管网研究范围涵盖:体系管理、安全管理、环保管理、健康管理、质量管理5个分体系,如图3所示。

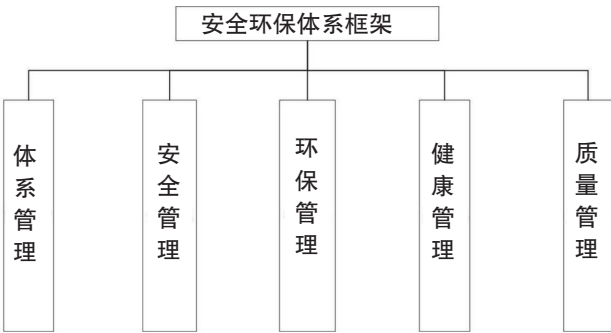


图3 智慧管网安全环保标准体系框架边界范围

4.2 标准模块划分

在智慧管网安全环保标准体系大框架下,对各模块进行业务梳理和智慧化需求分析,划分各模块智慧化标准系列,形成完整的智慧管网安全环保标准体系架构,为后续制定智慧化标准明细表奠定基础。

4.2.1 业务梳理

结合管网集团安全环保现行标准、管理制度以及相关规划,对管网集团安全环保业务进行梳理,明确各分体系业务类型和业务范围,形成智慧管网安全环保安全管理、环保管理、职业健康管理、质量管理、体系管理5个业务模块涵盖的业务对象,见表2。

4.2.2 智慧化需求

综合业务汇总情况和基础调研智慧化需求汇总情况,结合智慧管网工作实际,从数据感知、系统平台、决策应用3个方面,开展智慧化需求分析,见表3。

表2 智慧管网安全环保各业务模块业务范围划分表

业务模块	涵盖的业务对象
安全管理	油气管道作业安全、安全生产、消防安全、危险化学品、事故隐患、风险防控
环保管理	污染物排放控制、环境因素识别与评价、环境风险评估、输油管道泄漏处置、环境监测、环境统计、温室气体排放管理
职业健康管理	公共卫生、职业卫生、个人防护
质量管理	质量分类、质量事故等级划分和处理、质量管控
体系管理	质量、健康、安全、环保

表3 智慧管网安全环保各业务模块智慧化需求

业务类型	涵盖范围	智慧化需求		
		数据感知	系统平台	决策应用
安全管理业务模块				
油气管道作业安全	动火、吊装、高处、管线打开、进入受限空间、临时用电、挖掘等特种作业许可管理	作业人员智能定位、 作业流程智能监控、 管道智能检测	/	作业安全仿真技术应用
安全生产	原油、成品油管道； 天然气管道； 油气输送站场； LNG接收站； 地下储气库等安全生产管理	/	油气管道安全目视化管理	安全生产数据管理
消防安全	移动消防器材管理、消防队管理	火灾自动报警	/	消防联动控制
危险化学品	危险化学品的监控、巡检管理，双重预防机制	危险化学品重大危险源视频监控	/	/
事故隐患	事故隐患的排查、治理	/	/	事故隐患数字化判定
风险防控	风险分级、风险防护、风险管控	/	/	风险智能分析

续表3

业务类型	涵盖范围	智慧化需求		
		数据感知	系统平台	决策应用
环保管理业务模块				
污染物排放控制	污染物排放管理、一般固体废物处置	站场污染物排放智能监测预警、高后果区水土污染智能监测预警	/	污染物排放智能管控
环境因素识别与评价	环境因素识别与评价、重要环境因素管控	/	/	/
环境风险评估	环境危害因素风险管理、突发环境风险评价、环境隐患管理	/	/	环境风险智能评估
输油管道泄漏处置	土壤与地下水监测、污染地块土壤和地下水风险管控治理	/	/	/
环境监测	环境监测基本要求、监测准备、监测方案制定、点位布设、监测项目、监测频次、样品采集、保存、流转和现场监测、监测分析方法、信息记录和报告、监测项目标准限值、质量保证和质量控制	油气行业污染物快速检测、在线监测	/	/
环境统计	废水、废气、固体废物、环境风险、环境隐患、环境事件、环保投入、生态环境修复治理、环保设施处理能力等主要指标环境统计内容	/	污染物统计分析管理	/
温室气体排放管理	碳排放权、温室气体排放核算与报告、CCER项目	/	温室气体排放智能管控	碳核算
职业健康管理业务模块				
公共卫生	公共卫生管理措施	/	/	公共卫生智慧化管理
职业卫生	职业危害因素监测与控制、在岗职业健康体检、上岗前职业健康体检、离岗时职业健康体检	/	/	职业健康智慧化管控
个人防护	劳动个体防护装备配备需求、个体防护装备配发、使用	智能安全帽应用	/	智能个人防护
质量管理业务模块				
质量分类	产品质量、过程质量、服务质量	/	安全环保质量数字化（智慧化）管理	/
质量事故处理	质量事故等级划分、质量事故上报、质量事故处置	/		/
质量管控	质量管理与改进	/		/
体系管理业务模块				
质量、健康、安全、环保管理体系	体系建设目标、体系建设过程	安全环保智慧化管理体系建设、安全环保风险智慧化管理		
	体系运行和监测	温室气体排放管理体系		
	体系运行结果评价安全环保标准体系	/	/	/
	体系持续改进	/	/	/

4.3 智慧管网安全环保标准体系架构

根据智慧管网安全环保标准模块研究情况，形成智慧管网安全环保标准体系架构。

围绕“安全环保”标准化对象在智慧管网系统中的角色和功能，提出包括质量管理、安全管理、环保管理、职业健康管理、QHSE体系管理等5个标

准化模块。

（1）安全管理

安全管理标准下设作业安全智能管理、安全生产智能管控、安全风险智慧化管理、危险化学品泄漏智能监测等标准。其中作业安全智能管理标准主要有特种作业远程、智能监控等；安全生产智

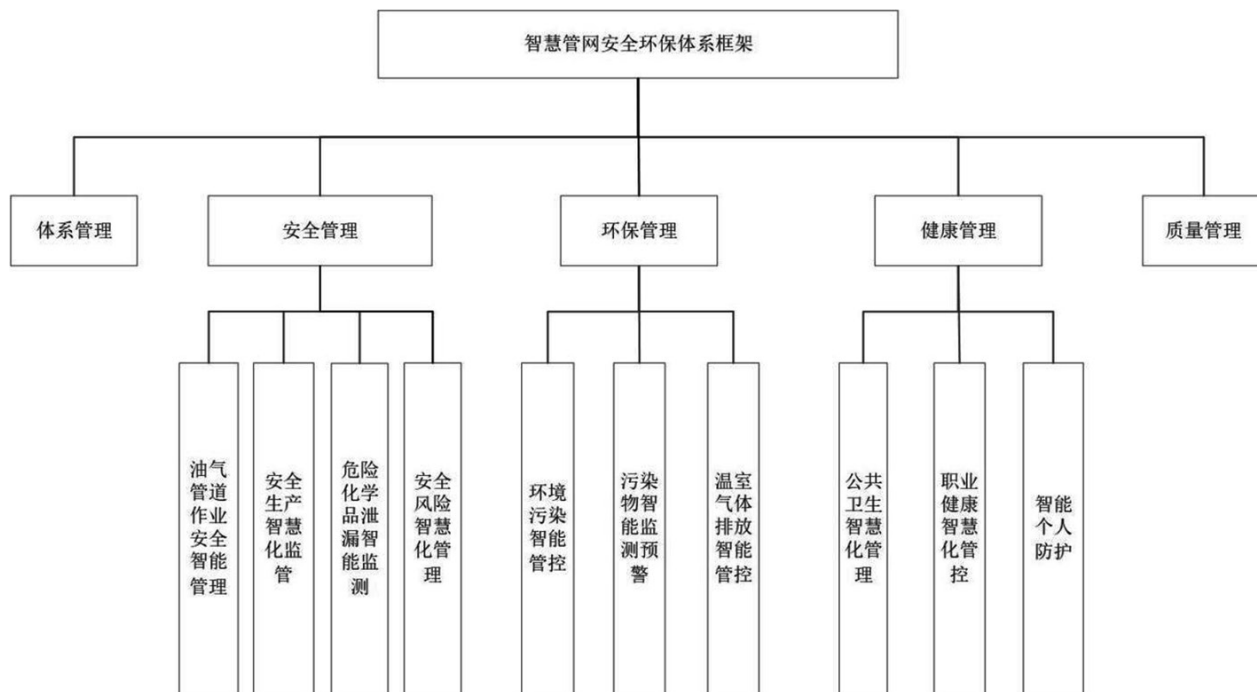


图4 智慧管网安全环保标准体系架构

能管控标准主要有安全智能管理数据、系统的技术规范等；安全风险智慧化管理标准主要有可燃气体检测预警等；危险化学品泄漏智能监测标准主要包括危险化学品泄漏智能监测等。

(2) 环保管理

环保管理是环境敏感区、环境质量、污染物与温室气体排放的动态定量监控与预警的相关标准。环保管理标准化模块下设环境污染智能管控、污染物智能监测、温室气体排放智能管控等标准。其中环境污染智能管控主要包括环境敏感区油品泄漏、污染物的动态监控、预测预警等标准；污染物智能监测主要包括污染源排放及环境质量自主监控、动态预警、数据分析应用等方面的标准；温室气体排放智能管控是指温室气体排放智能管控平台构建、运行等方面的标准。

(3) 职业健康管理

职业健康管理是职业健康智慧化监管的相关标准。职业健康管理标准模块主要包括职业健康智慧监管、公共卫生智慧化管理、个人防护智能设备等标准。其中职业健康智慧监管包括职业病危害因素监测与控制等方面的标准；公共卫生智慧

化管理包括油气管道站场公共区域卫生管理等方面的标准；个人防护智能设备包括个人防护智能设备的应用技术规范等方面的标准。

(4) 质量管理

质量管理是指利用质量管理技术和信息化手段开展质量数据收集及信息统计分析，质量信息平台建设，建立质量风险预警机制的相关标准。主要包括安全环保质量管理数字化建设等方面的标准。

(5) 体系管理

体系管理是指构建业务、数据一体化的QHSE管理系统平台，实现QHSE风险管控能力的提升，决策支持能力的提升，预警预测能力的提升等相关标准。主要包括智慧环保管理体系建设规范等标准。

5 结语

本文通过对已建智慧化管道项目等实地调研，对标分析智慧电网、智慧城市等其他智慧化行业的智慧化标准体系构建情况，并以国家管网集团公司规划为指导，找出安全环保智慧化发展存在

的问题,深入挖掘分析智慧管网安全环保智慧化现状和标准化需求,构建了包含体系管理、安全管理、环保管理、职业健康管理、质量管理5个标准模块的智慧管网安全环保标准体系架构,有助于智慧管网安全环保管理水平的提升。此外,当前构

建的智慧管网安全环保标准体系架构尚未投入应用,所提出的方法和结论仍需系统验证。未来将进一步加强标准体系内容与业务系统的融合,持续完善标准体系框架内容,并探索体系框架应用到智慧管网实际生产过程中的可行性。

参考文献

- [1] 税碧垣. 智慧管网的基本概念与总体建设思路[J]. 油气储运, 2020,39(12):1321-1330.
- [2] 程万洲,王巨洪,王学力,等. 我国智慧管道建设现状及关键技术探讨[J]. 石油科技论坛, 2018,37(03):34-40.
- [3] 税碧垣,杨宝玲. 国内外管道企业标准体系建设现状与思考[J]. 油气储运, 2012,31(05):326-329+344+407.
- [4] 郭森,朱晓宇,黄国家,等. 油气管道全生命周期管理标准化与信息化发展分析[J]. 现代化工, 2022,42(05):14-18. DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2022.05.003.
- [5] 张明星,张明,张守森. 油气管道企业安全生产标准化建设实践与思考[J]. 化工管理, 2017(08):266.
- [6] 何旭鸪,赵亮东,刘庆亮,等. 构建油气长输管道标准体系研究与思考[J]. 中国标准化, 2021(24):33-37.
- [7] 董绍华,张轶男,左丽丽. 中外智慧管网发展现状与对策方案[J]. 油气储运, 2021,40(03):249-255.
- [8] 李柏松,王学力,徐波,等. 国内外油气管道运行管理现状与智能化趋势[J]. 油气储运, 2019,38(03):241-250.
- [9] 李成志,周丽,凌志,等. 油气管道作业区智能管理平台构建技术研究[J]. 化工管理, 2022(25):118-125. DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2022.25.033.
- [10] 姜昌亮. 中俄东线天然气管道工程管理与技术创新[J]. 油气储运, 2020,39(02):121-129.
- [11] 张红卫,王瑶瑶,李腾,等. 智慧城市标准化路径研究及建议[J]. 信息技术与标准化, 2023(07):91-99.
- [12] 张晶,代攀,吴天京,等. 新一代智能电网技术标准体系架构设计及需求分析[J]. 电力系统自动化, 2020,44(09):12-20.
- [13] 李鹏,习伟,蔡田田,等. 数字电网的理念、架构与关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2022,42(14):5002-5017. DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.212086.