

引用格式: 谭笑, 曹燕, 王书浩, 等. 大口径、高压力跨国天然气管道产业化标准体系构建[J]. 标准科学, 2025(4):58-69.

TAN Xiao, CAO Yan, WANG Shu-hao, et al. Construction of the Standards System of Large-diameter and High-pressure Transnational Natural Gas Pipeline Industrialization [J]. Standard Science, 2025 (4):58-69.

大口径、高压力跨国天然气管道产业化标准体系构建

谭笑¹ 曹燕¹ 王书浩² 阮静³ 张家禄³ 韩亚培³ 左丽丽³

[1.国家石油天然气管网集团有限公司科学技术研究总院分公司; 2.国家管网北方管道天津维抢修中心;
3.中国石油大学(北京)]

摘要:【目的】标准体系产业化是实现技术推广的基本途径,有助于天然气管道产业升级和技术进步。随着中外合作天然气管道项目的开展,天然气管道向大口径、高压力、长距离的趋势发展,而各国标准的性质、层级及技术水平存在较大差异,限制了天然气管道标准化和产业化发展的进程。【方法】通过文献调研,介绍了国内外具有代表性的国家和地区包括美国、欧盟、加拿大和中国的天然气管道产业化标准体系现状,分析了天然气管道标准体系的发展趋势,包括大口径、高压力、长距离天然气管道标准的架构设计、内容修订的法律法规体系、技术体系等。【结果】制定针对大口径、高压力跨国天然气管道产业化标准体系,为天然气管道标准体系的产业化奠定基础。【结论】大口径、高压力跨国天然气管道产业化标准体系的构建为国家海外工程提供标准产业化支撑。

关键词: 跨国天然气管道; 标准体系; 产业化

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.04.008

Construction of the Standards System of Large-diameter and High-pressure Transnational Natural Gas Pipeline Industrialization

TAN Xiao¹ CAO Yan¹ WANG Shu-hao² RUAN Jing³ ZHANG Jia-lu³
HAN Ya-pei³ ZUO Li-li³

(1.PipeChina Institute of Science and Technology; 2.National Pipeline Network Group Northern Pipeline Company
Tianjin Maintenance and Repair Center; 3. China University of Petroleum, Beijing)

Abstract: [Objective] The industrialization of standards system is the process of integrating standards into natural gas pipeline engineering and energy industry, and it is also the basic way to realize technology promotion, which is conducive

基金项目: 本文受国家质量基础设施体系(NQI)项目“油气能源储运领域国际标准化研究”课题(课题编号: 2022YFF0609702)、国家管网集团科研项目“大口径、高压力、长距离天然气管道标准产业化研究与海外应用”(项目编号: JCGL202202)资助。

作者简介: 谭笑, 硕士, 高级工程师, 研究方向为油气储运工程。

曹燕, 硕士, 高级工程师, 研究方向为油气储运工程。

王书浩, 本科, 高级工程师, 研究方向为油气储运工程。

阮静, 硕士研究生, 研究方向为油气储运工程。

张家禄, 博士研究生, 研究方向为油气储运工程。

韩亚培, 硕士研究生, 研究方向为油气储运工程。

左丽丽, 博士, 教授, 研究方向为油气储运工程。

to the upgrading and technological progress of the natural gas pipeline industry. With the development of sino-foreign cooperative natural gas pipeline projects and the increasing international energy cooperation, natural gas pipeline is developing towards the trend of large diameter, high pressure and long distance, and there are great differences in the nature, level and technical level of standards in different countries, which limits the process of standardization and industrialization of natural gas pipeline. [Methods] This paper investigates the natural gas pipeline industrialization standards system status in representative countries and regions including the United States, the European Union, Canada and China, analyzes the development trend of natural gas pipeline standards system, including large diameter, high pressure, long distance gas pipeline standard architecture design, revision of the laws and regulations system, technical system, etc. [Results] It establishes the standards system for large diameter, high pressure transnational natural gas pipeline industrialization, laying the foundation for the industrialization of natural gas pipeline standards system. [Conclusion] The standards system provides support for the standards industrialization of national overseas engineering projects.

Keywords: transnational natural gas pipeline, standards system, industrialization

0 引言

天然气管道运输具有重要的经济价值和战略意义。它不仅是我国能源领域的重要组成部分,还是我国“西气东输”“中俄东线”等国家重点工程的重要组成部分,在保障我国天然气安全稳定供应、促进国家经济社会发展和改善人民生活水平等方面都具有重要作用。跨国天然气管道在设计、建设、运行和维护时使用的标准是多国标准的合集。近年来长输管道标准快速发展,制修订频繁,但是各国标准的性质、层级及技术水平存在较大差异^[1-2]。

本研究调研了国内外具有代表性的国家和地区现行的天然气管道标准体系,为跨国天然气管道标准体系的构建和产业化提供了理论依据和技术参考。同时,构建了大口径、高压跨国天然气管道标准体系,不仅可以提升管道安全性和降低运行成本,还可以为跨国合作提供支持,对于保障能源安全和全球经济发展都具有重要的意义。

1 标准产业化和标准体系

标准产业化是指将标准进行有效地推广和产业转化,形成具备一定竞争能力或竞争潜力的产品和技术方案。标准产业化是一个将标准融入行业工程的过程,也是实现技术推广的基本途径^[3-4],有助于产业升级和技术进步。技术标准产业化必须将技

术进行市场扩散,继而形成更大规模的技术扩散,从而提高整个行业的技术水平和夯实自主创新基础。我国信息技术产业的发展是标准产业化的典型例子,将技术标准转化为物质成果,实现技术标准的产业化、市场化甚至国际化^[5]。

标准体系是由一定范围内的标准按其内在联系形成的科学的有机整体。依据标准化对象范围的不同,“一定范围”可划分为国际、国家、行业、地区、企业等;“有机整体”体现了标准体系内在联系性、完整性、系统性的特征^[6-7]。技术标准体系可以看作一个有机整体,这个统一的整体则是由不同领域内的所有技术标准按照各领域的内在关系共同构成的。此外,标准体系又可分为各种子体系类型,每个子体系又有其特有的功能。

标准体系是通过体系框架以标准表格的形式表示的。框架作为系统的基本结构,包含着标准体系的层次结构信息及其属性。可以将标准体系表看作一种工具,能将地区标准体系中的标准按特定规则组织成表格,其中包括标准体系的结构图,标准明细表、统计表及编制说明^[8],通过表格来表达各项标准之间的依存联系和制约关系。

标准体系的层次结构为树状结构,如图1所示。

2 国外天然气管道标准产业化体系现状

为实现跨国天然气管道标准体系的产业化,首先需要进行国际范围内不同国家地区天然气管道

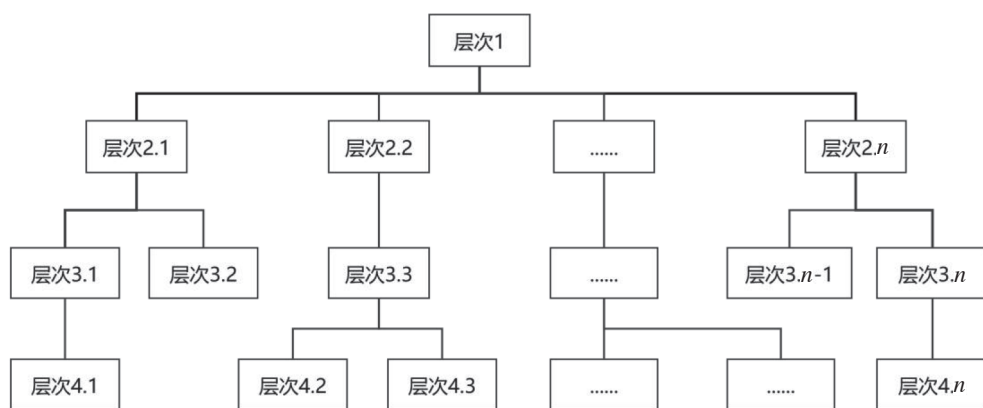


图1 标准体系树状结构示意图

标准体系现状调研。欧美发达国家非常重视标准的制定和实施。目前,在国际上发布的标准包括但不限于国际标准(ISO)、美国机械工程师协会标准(ASME)、欧洲标准(EN)等。这些标准被世界各国作为主要标准所接受,在世界范围内得到广泛应用。国外发达国家在天然气管道标准产业化方面处于较为成熟和规范阶段,通过制定统一的标准,提高了天然气管道的设计、建设、运营和维护水平,确保了天然气管道的安全可靠运行。

2.1 美国天然气管道标准体系

在石油天然气行业,美国的油气管道数量居

全球之冠,在天然气管道标准产业化方面也处于领先地位。

美国天然气标准体系框架如图2所示。

美国制定了完善的长输管道法律法规以保障管道安全。1968年《天然气管道安全法》(the Natural Gas Pipeline Safety Act of 1968, P.L.90-481)授权运输部管理天然气管道以及液化天然气的运输、储存;1979年《危险液体管道安全法》(the Hazardous Liquid Pipeline Act of 1979, P.L.96-129)授权运输部管理危险液体管道。这两部法律是美国长输管道的基本法律^[9]。

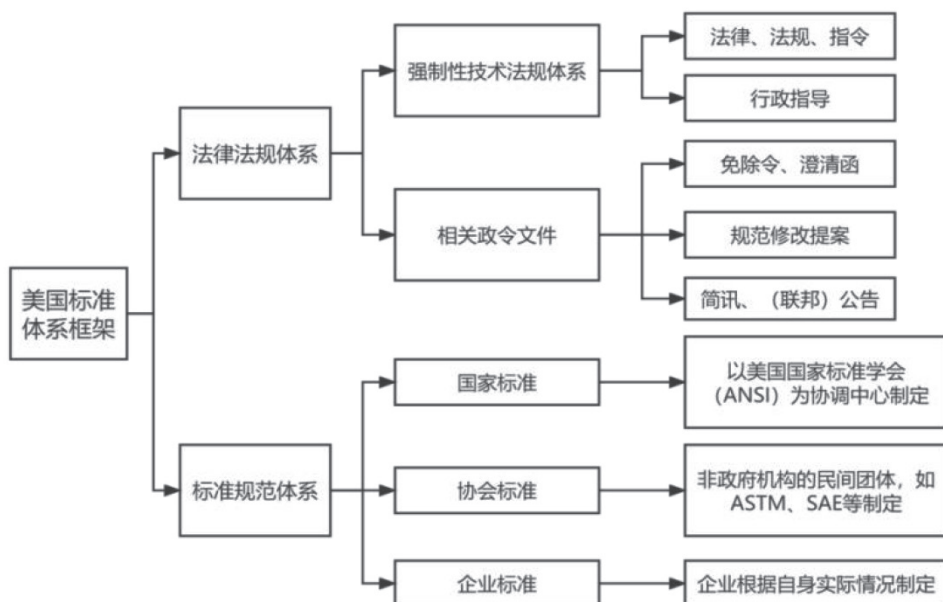


图2 美国天然气标准体系框架

美国一直奉行的标准化方针是“民间标准优先”，并鼓励政府机关参加民间组织的标准化工作，形成了一个具有竞争性的、多样化的标准体系。在美国，现行的自愿标准制度主要分为3个层级。其中国家标准处于最高级别，协会标准次之，企业标准级别最低。标准组织或企业所制定的自愿性标准经国家批准采纳后，作为国家技术规范的一部分，具有强制性。

美国现行的长输天然气管道标准体系根据编制标准机构的不同可以分为以下标准子体系：一是国家标准体系，以美国国家标准学会（ANSI）为协调中心进行编制工作；二是由联邦政府机构编制的标准体系^[10]；三是由ANSI认可的非政府机构即团体组织和企业编制的标准体系。在标准的制定和应用过程中，各企业根据自己的实际情况在有限的ANSI标准中进行选择。

在美国的标准化进程中，非政府机构一直扮演着至关重要的角色。在美国民间有20个左右主要的非政府机构，他们编制的标准在美国乃至世界范围内的影响力巨大。在石油天然气行业，天然气管道标准体系主要由以下协会编制的标准组成：一是美国机械工程师协会（ASME）的标准，ASME的标准是全球通用的行业标准，广泛适用于各种油气管道和压力容器；二是美国石油学会（API）的标准，API标准在美国已有100多年的历史，对油气管道的设计、制造、安装和运行等各个

环节都有严格而全面的规定；三是美国材料与试验协会（ASTM）的标准，ASTM标准以材料试验为主，涉及各种金属和非金属材料；四是美国腐蚀工程师学会（NACE）、美国焊接协会（ASMEA）等协会的标准，覆盖了管道设计、制造、安装和运行各个环节。据统计，以上组织累计制定的标准数量超过美国民间标准总数量的70%，同时在世界范围内得到了广泛应用。ANSI从民间组织制定的标准中筛选出一些成熟普适的标准，经过审核确认为国家标准，冠上ANSI的标准代码。

2.2 欧盟天然气管道标准体系

欧盟法规共可以分为4种不同的类型，即条例、指令、决定以及建议和意见。只有建议和意见是欧盟成员国可以在它们的权限范围内自由决定是否遵守的，前3种法规对所有成员国都有约束力。欧盟法律法规体系如图3所示。

为保障长输天然气管线安全运行，欧盟技术法规对长输油管线提出了一些基本要求。例如：GG《高压气体管道条例》对管道运行的安全要求；GPSG《设备与产品安全法》对设备安全运行提出的要求。G14隶属于欧盟委员会企业部的法规和标准分部，主要负责压力管道。欧盟成员国也普遍设立管道安全监察部门，如德国联邦劳动和社会事务部、法国经济财政与工业部以及英国工贸部等^[11]。

欧盟成员国只能以欧盟条约为基础进行立法，因为它是欧盟最重要的法律^[12]。欧盟的法规

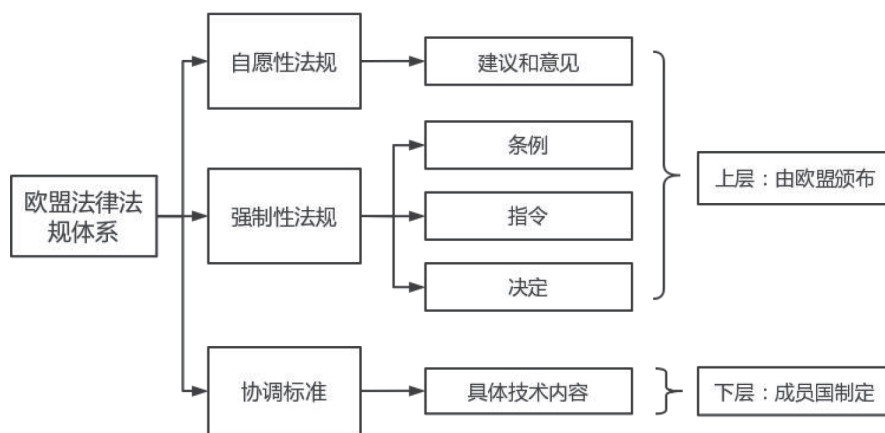


图3 欧盟法律法规体系

标准体系慢慢划分为2层：上层是欧盟颁布的指令，下层是欧盟成员国根据指令而制定的包含具体技术内容的协调标准。而且，欧盟颁布的指令正向着简单化和一般化发展，但是按照欧盟指令针对具体目标而制定的技术标准则呈现复杂化的趋势。欧盟颁布的标有“EN”的技术文件协调标准可由企业自愿采用。

欧洲标准化委员会（CEN）已成为全球最具影响力的区域性标准化机构之一，覆盖了除电工、电子和电信以外的所有领域的标准，并且其成员国数量已超过30个。CEN标准种类主要有欧洲标准（EN）、协调文件（HR）、技术规范（TS）、技术报告（TR）、CEN研讨会协议（CWA）、工作导则（CEN Guide），以及在未来可能作为技术规范的欧洲暂行标准（ENV），还有一类是协调标准，是直接支撑欧盟指令实施的技术规范^[13]。石油和天然气工业用材料、设备和海上构筑物技术委员会（CEN TC 12）是与石油天然气行业相关的技术委员会。

2.2.1 德国天然气管道标准

德国在国际标准化活动中发挥着重要作用。德国标准化协会（DIN），在1961年作为创始国加入CEN，占有重要地位^[14]。经德国联邦政府审核批准，DIN作为国家标准化管理机构，主要负责的是国家标准制定、修订、出版、发行及咨询服务等工作，以德国的名义参加国际标准化的工作^[15]。据统计，目前85%以上的欧洲标准已经直接升级为国际标准。考虑到CEN是ISO体系的重要组成部分，DIN将工作重点放在欧洲标准的直接立项上。DIN标准类型占比如图4所示。

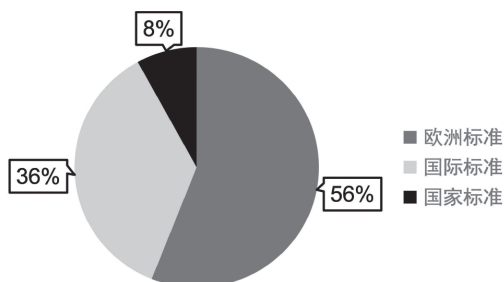


图4 DIN标准类型

DIN标准涉及的领域众多，包括了安全技术、环境保护、消防、运输等。德国政府对天然气管道行业实施宏观监管的主要依据是《反对竞争法》和《能源经济法》，并通过发布行政指令等方式实施。

2.2.2 英国天然气管道标准

1901年英国标准协会（BSI）建立，它是全球首个由国家主导的标准化机构，标志着标准化进程的开端。它主要负责对各国的标准进行审查，并向其提出建议或要求，以便促进本国技术进步。英国标准协会作为政府指定的国家标准机构，它与其他非政府机构（如CEN、CENELEC、ETST、ISO、IEC等）共同参与了欧洲标准和国际标准的制定工作。

英国与天然气管道运行维护相关的法律法规有《天然气法》《管道安全条例》《天然气安全（管理）条例》和《管道法》。这些法律法规只是对其进行了原则性的规定，而具体的细节则是在有关的规程、规范中^[16]。英国与油气管道安全操作相关的规范指南包括《天然气安全（管理）条例指南》《管道安全条例指南》等。英国的法律规定，管线运营公司必须对管线进行安全评估，以确保管线在任何情况下都能保持良好且安全的状态，并对管道实施管道完整性管理。

2.3 加拿大天然气管道标准体系

加拿大也是天然气管道标准化领域的领先国家之一。在加拿大，跨省和国际管道网络的监管工作由联邦政府负责。联邦机构在制定全国油气资源规划时必须考虑到这些跨国管道工程对当地环境、经济等方面所造成的影响，并据此做出决策。自然资源部作为加拿大石油、天然气工业的主管部门，其主要职责就是制定国家的能源战略。加拿大国家能源局的主要职能包括：负责油气干线管道、跨省及国际长输管道建设项目的规划、协调、审批和监督管理；负责油气干线管道、跨省及国际长输管道在设计、施工、运营、维护及废弃期间人员安全及环境保护的监督管理；负责监管危及油气干线管道安全开挖等相关工作。40 km以上的输油输气管道都要经过审批，然后由管道公司提交给国家能源管理局。管道的设计、建造、使用或终止均

应遵守《陆地或海洋管道规则》和CSA Z662《油气管道系统》的规定。

加拿大天然气管道标准体系框架如图5所示。

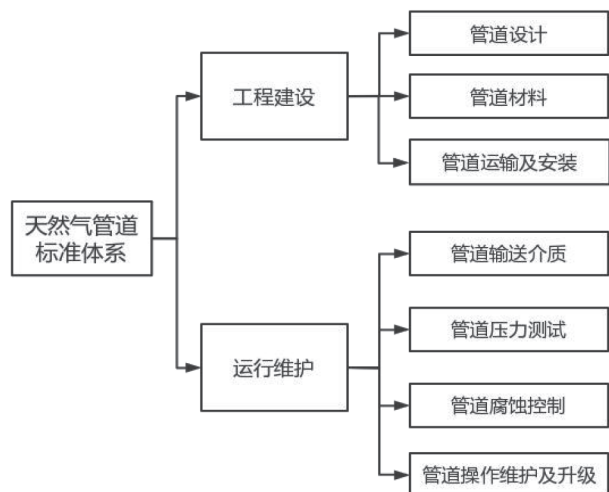


图5 加拿大天然气管道标准体系框架

加拿大天然气标准体系包括国家标准和团体标准。其中团体标准独立于国家标准体系之外，无需获得国家标准化机构认可。加拿大政府指定本国具有代表性和权威的标准机构来编制标准并负责国家级标准化工作。其中获得官方认证的标准机构如下：加拿大标准协会（CSA），该协会为全国性的专业组织，负责制定标准，为产品和服务提供检验和认证；加拿大天然气协会（CGA），该协会负责有关压缩天然气、设备规格、安全操作/储存/运输程序及其产品等；加拿大通用标准局（CGSB），该机构负责修订的标准包括建筑及建筑物、通信和信息技术、防护服、运输燃料、危险货物运输等13个方面；加拿大保险商实验室（ULC），该机构从事安全试验和鉴定，研究确定各种材料、装置、产品、设备、建筑等对生命财产安全的影响，并确定、编写、发行相应的标准^[17]；魁北克标准局（BNQ）；加拿大国家能源局（National Energy Board）是负责对石油和天然气的输送进行监管，确保管道的安全和合规运行的机构。

加拿大制定的关于输气管道运行规范的标准包括CSA B149.2《丙烷储存和处理规范》、CSAB 149.1《天然气和丙烷安装规范》、CSA B51《锅炉、

压力容器与压力管道规范》、CAN/CSA Z662《油气管道系统》等^[18]。

3 国内天然气管道标准体系现状

我国天然气管道标准化工作已经取得了很大进展，在天然气管道标准制定、实施、检测和认证等方面加大了力度，制定了一系列法规、政策和技术标准。同时，我国的天然气管道行业也积极探索创新，推进标准化生产，并在加强技术改造和创新。总体来说，中国天然气管道标准不断更新，不仅国家标准和地方标准制定体系不断完善，同时还与国际标准越来越接近。

国务院、经贸委、劳动部门等多个部门联合颁布中国油气管道安全法规，其中技术标准主要由国家标准化管理委员会及其下属各专业委员会颁布和管理。《中华人民共和国石油天然气管道保护法》作为我国油气管道监管的主导性法律，明确规定了国家对油气管道的监管，并且以此为基础，对管道沿线地方人民政府起到监管作用。目前，国内对输气管线的管理还存在着一些问题，如输气管线的管理涉及多个部门和多个层级的参与。我国输气管道的安全监管涉及至少8个政府机构，这些机构共同致力于确保输气管道的安全性。输气管道的监管职责，由各部门依据其所属系统的法律法规进行履行^[19-20]。

我国天然气管道标准体系包括：国家标准，由中国国务院标准化行政主管部门制定；行业标准，由相关行业协会和行业主管部门制定，主要是为了规范天然气行业内的技术和天然气质量标准；企业标准，由相关企业和管道运营公司制定。企业标准多用于企业内部的天然气管道工程建设，基本针对企业内部和用户的特点和环境要求。为了与天然气国际贸易接轨，国际标准也被广泛应用于中国天然气管道行业中。

国内管道公司油气储运相关的规范体系涉及的专业领域包括线路工程、仪表自控与通信、安全环保、计量等领域的国家标准、行业标准及企业标

准^[20]。通常制定该计划的主导单位并非管道运营公司。中国天然气管道标准体系框架如图6所示。

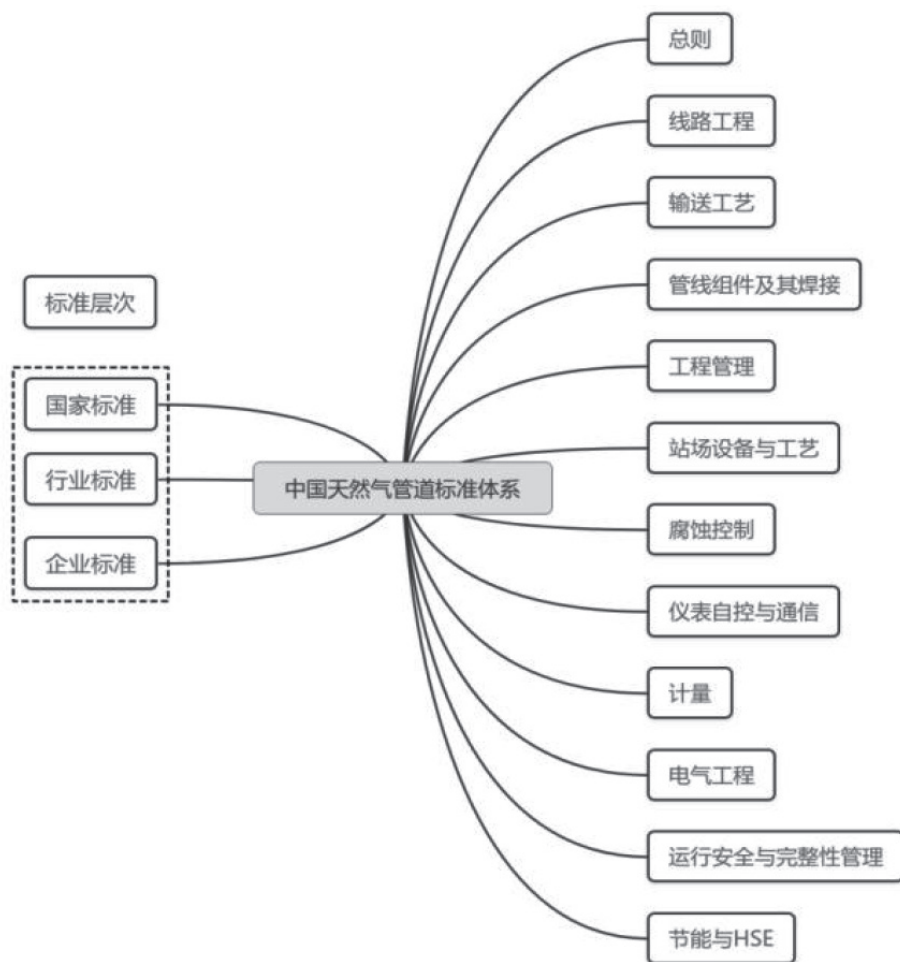
对近几年我国油气管道标准的采标状况进行了分析,采标的总体水平不高,国内油气管道标准已经演变为国际标准数量较为有限。我国总体采标率在44%左右,发达国家采标率甚至达到50%~80%。但是在我国油气管道标准中采用的国际标准和国外标准仅占19.4%,而且企业标准所占比例极低。

中国天然气管道运行维护标准体系是由一系列标准文件和规范所构成的。其中GB 50028—2006(2020年版)《城镇燃气设计规范》、GB/T 9711—2023《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》、GB 50251—2015《输气管道工程设计规

范》和GB/T 35068—2018《油气管道运行规范》是中国天然气管道运行维护的重要依据^[21]。

4 跨国天然气管道标准产业化体系构建

对于跨国天然气管道,不同的管线有不同的建设时间,同时存在着设计单位和施工单位之间以及过境国家之间的差异。这往往导致施工问题持续到运行管理阶段,对管道的安全运行产生重大影响。不同国家采用的标准水平参差不齐。由于没有一致的建设标准,造成功能实现程度、施工水平等方面存在差异,进而造成了运营、维修、管理等工作的依据也不尽相同。与此同时,由于过境国家的法律法规差异,使得长输气管道的运营管理



方面还不成熟,各个过境国家运营企业所使用的运营标准具有随意性,不成体系,这也对标准体系的产业化造成一定的困难。

4.1 跨国天然气管道标准产业化体系建设存在的问题

我国在天然气管道标准产业化体系的建设进程与美国等发达国家相比处于落后状态。现存标准体系中存在部分内容不适用于大口径、高压力和跨国的天然气管道。与发达国家相比,我国企业标准更新速度慢,细化程度不够高,同时企业对外部标准具有依赖性。在编写标准过程中,编写人员很难通过自身能力提升标准技术水平,从而影响了整个企业标准编写工作的水平的有效提升。

世界上的发达国家普遍都在国内建立了各行各业相对完备的标准规范体系。石油天然气工业是一个高度垄断的产业,其技术标准体系建设也非常完善,但是对于跨国天然气管道,由于涉及大量的行政审批活动,技术标准体系还不够完整。西方各国企业以油气行业相关的强制性技术法规为依据确立油气管道标准体系,但我国石油行业管理主要依据的是相关行政规章及文件,石油行业欠缺详细且具有较强可操作性的监管法律及技术法规,且在我国法律法规中仅有《中华人民共和国石油天然气管道保护法》与油气管道相关性较强,这对于执行监管及规范行业行为是不利的^[22]。

我国在天然气管道全生命周期标准体系方面缺乏企业层面的系统性、协调性和高水平,单纯依靠行业标准和基础的国家标准是无法建立起一套同时具有高水平且完全适用跨国天然气管道的产业化的标准体系。

4.2 国外油气管道标准体系建设启示

对国内外油气管道标准体系的构建方法进行调研,并且对标准化措施进行比较分析,可以从中获得一些启示:

(1) 标准一体化。在世界上具代表性的石油天然气管道公司中,对油气管道全生命周期的标准体系进行系统的建设和协调统一,制定完善的项目施工技术规程、操作与维修手册,并进一步加强项

目施工标准的规范化与制定工作。我国亟须实现工程建设和运行管理标准的一体化建设。在推进一体化过程中,需要在国家层面建立完备的最低标准,同时在企业层面建立全面适用的一体化标准框架,以满足工程建设和运行管理的需要。

(2) 管理归一化。在国外,许多大型能源企业都设有专门的、独立的部门来协调和统一标准的管理工作。我国能源企业在进行标准化工作时需要考虑其行业特点,并结合自身情况确定合适的管理模式。

(3) 标准国际化。国内市场国际化趋势日益明显,国外管道企业注重于国际标准的应用,对国际标准的制定和修订工作也非常踊跃地参加,热衷于活跃在国际标准化活动的舞台上。我国应对国际标准的采用给予高度重视并且尝试进行经营管理,不仅能够直接应用最新的国际标准化成果,甚至对相关领域标准的发展产生深远的影响。

4.3 大口径、高压跨天然气管道标准体系构建方法研究

考虑到跨国天然气管道工程的特殊性,标准在执行过程中所牵扯到的专业范围甚广,其环节也相当复杂,所以大口径、高压跨天然气管道标准体系框架的构建是一个很复杂的系统工程。

霍尔三维模型使用总体框架来识别、分析和评估复杂系统,为解决构造繁杂、影响因子多的大型项目管理问题提供了一套系统工程方法论,从知识、时间和逻辑3个维度将系统工程分为多个联系紧密的阶段,并将各个阶段又分为多个步骤环环相扣,然后运用相关的专业知识完成各个阶段和各个步骤,最后形成一个分层的立体结构体系。依据跨国天然气管道工程的具体情况对霍尔三维模型进行改良与修正,有助于系统地构建大口径、高压跨天然气管道标准体系架构,识别天然气管道设计、施工、运行、维护、管理等系统工作在各个维度上的可重复性概念,明确相关标准在标准体系中的定位,进而形成科学、合理、完整的标准体系表。

以大口径、高压跨天然气管道工程各阶

段工作特征为基础,运用科学方法重点从“时间维”“层次维”和“专业维”3个维度层层推进、深度细分来构建标准体系架构。

(1)时间维。结合天然气管道建设特点和全生命周期理论,根据天然气管道全生命周期将工作进程划分为工程建设、投产试压、运行维护、废弃回收等多个阶段,标准体系覆盖天然气管道全生命周期。

(2)层次维。根据前文对国内外天然气管道标准体系现状的调研,再结合跨国天然气管道标准多层次、通用性等特点,将标准划分为基础标准、通用标准和专用标准。

(3)专业维。旨在识别系统工程各步骤、各阶段所需的各种专业技能和知识。从学科角度来说,天然气管道工程跨多个学科,包括但不限于工艺运行、电气工程、机械设备、自动化通信等多个专业。从专业维度来看,天然气管道技术标准包括线路工程、输送工艺、管线组件及其焊接、工程管理、站场设备与工艺、腐蚀控制、仪表自控与通信、计量、电气工程、运行安全与完整性管理、节能与HSE11个方面。

考虑到现有天然气管道相关标准数量众多,标准的级别不同,标准内容和适用性也有参差。在确定天然气管道标准体系框架基础上,对不同类别标准的确定提出3种解决方案:

(1)直接采用现有标准。我国现行的国家标准,如GB 50251—2015《输气管道工程设计规范》适用于陆上新建、扩建、改建输气管道工程设计,GB/T 13609—2017《天然气取样导则》、GB/T 13610—2020《天然气的组成分析 气相色谱法》等对大口径、高压跨国天然气管道适用;现行的行业标准,如SY/T 4109—2020《石油天然气钢质管道无损检测》、SY/T 4111—2018《天然气压缩机安装工程施工技术规范》和SY/T 5918—2017《埋地钢质管道外防腐层保温层修复技术规范》等可以直接采用。

(2)修改采用现有标准。对于标准中部分不适用的条款或者指标进行有针对性地修改,使其

完全适用于大口径、高压跨国天然气管道。对于天然气管道风险等级和安全防范要求,“风险”与“治安风险”不是等价的,后者只是前者的一种类型,风险的范围比治安风险的范围大得多,故不宜直接采用GA 1166—2014《石油天然气管道系统治安风险等级和安全防范要求》,而是在此基础上结合ISO 19345:2019的内容进行修改。例如天然气管道总图与运输技术规范建议以GB 50489—2009《化工企业总图运输设计规范》为基础,参考ISO 13623:2017进行修改。

(3)新制定标准。对于未找到或者缺失的标准进行新制定。例如,我国标准库中并未找到与天然气管道工程项目施工及验收有关的国家标准和行业标准,经过商讨决定以ISO 13623:2017为基础,结合大口径、高压天然气管道的特点进行标准的新制定与整合。

4.4 大口径、高压跨国天然气管道标准产业化体系表的形成

天然气管道标准体系是指法规、标准、规范、规程、技术标准、行业标准以及相关技术文件等,用来规范天然气管道的技术性文件体系。而天然气管道标准体系产业化是指将一套完整的、经过实践检验的天然气管道标准标准化并产业化,为天然气管道的设计、建设、运营、维护等方面提供全面规范的技术指南,以确保天然气管道的安全、高效和环保运行。

大口径、高压跨国天然气管道标准产业化体系表的形成过程可分为如下步骤。

首先,以大口径、高压跨国天然气管道系统为对象,将管道设计运行要求整理形成总则,主要包括天然气管道运行控制原则与要求、天然气管道控制中心管理规范、天然气管道数字化导则、输气管道工程设计规范和天然气管道总图与运输技术规范,以便在不同情况下统一运用,使管道建设、运行工作更加高效。

其次,对大口径、高压跨国天然气管道工程相关标准进行架构划分,将其划分为线路工程、输送工艺、管线组件及其焊接、工程管理、站场设备

与工艺、腐蚀控制、仪表自控与通信、计量、电气工程、运行安全与完整性管理、节能与HSE共11个专业。然后,对每一专业相关标准进行确定,要求该专业下的标准内容既要全面覆盖,又不能与其他标准的内容存在重复或者矛盾之处。

(1) 线路工程主要包括天然气管道勘察测绘技术规范、天然气管道线路技术规范、天然气管道伴行路技术规范、天然气管道穿越工程技术规范(油气管道工程水平定向钻穿越技术规定)、天然气管道跨越工程技术规范(天然气管道工程河流跨越技术规定)、天然气管道线路水工保护技术规范、天然气管道地质灾害防护技术规范、天然气管道地面标识技术规范、天然气管道清管、试压及干燥技术规范等相关的标准。

(2) 输送工艺主要包括天然气管道投产技术规范、天然气管道放空计算技术规范、输气管道工程站场工艺及自动控制技术规范、天然气管道运行规范等。

(3) 管线组件及其焊接主要包括天然气管道站场工艺管线施工技术规范、天然气管道工程线路焊接技术规范(包含施工焊接和抢修焊接)、天然气管道钢管通用技术规范、天然气管道管件技术规范、天然气管道无损检测技术规范、天然气管道冷弯制作技术规定等。

(4) 工程管理主要包括天然气管道工程项目管理规范、天然气管道工程监理规范(含设计监理)、天然气管道工程项目施工及验收规范等。

(5) 站场设备与工艺主要包括输气管道工程线路阀室技术规范、油气管道工程给排水及消防技术规范、输气站场设备设施安装技术规范、输气站场设备设施维护技术规范、天然气压缩机组安装工程施工技术规范、天然气站内工艺管道工程施工及验收规范等。

(6) 腐蚀控制主要包括天然气管道线路防腐层技术规范、天然气管道内腐蚀控制规范、天然气管道站场防腐层与保温层技术规范、天然气管道外防腐层修复技术规范、天然气管道外防腐补口技术规范、天然气管道熔结环氧粉末外涂层技术

规范、天然气管道聚乙烯防腐层技术规范、天然气站场管道阴极保护技术规范、天然气管道阴极保护技术规范、天然气管道直流干扰防护技术标准、天然气管道交流干扰防护技术标准等。

(7) 仪表自控与通信主要包括自动化仪表工程施工及验收规范、天然气管道仪表与自控技术规范、油气管道工程数字化系统设计规范、天然气管道监控与数据采集技术规范、天然气站场火灾及可燃气体检测报警技术规范、天然气管道仪表远程诊断技术规范、天然气管道通信技术规范等。

(8) 计量主要包括管输天然气计量及分析系统技术规范、进入长输天然气管道气质要求、天然气的组成分析-气相色谱法、管输天然气计量及交接技术规范、输气管道工程计量系统设计规范、天然气取样导则、天然气压缩因子计算规范、天然气管道流量计运行维护规程、天然气标准参比条件等。

(9) 电气工程主要包括天然气管道电气系统技术规范和天然气管道站场电力设备预防性检修试验规程等。

(10) 运行安全与完整性管理从时间上贯穿管道设计、采购、施工、投产、运营和废弃等全生命周期,主要包括天然气管道风险等级和安全防范要求、天然气管道防雷防静电及接地技术规范、SCCDA直接评价规程及试验、天然气管道线路完整性管理技术规范、天然气管道站场完整性管理技术规范、天然气管道内检测技术规范、ICDA内腐蚀直接评价规程、ECDA外腐蚀直接评价规程、天然气管道完整性评价技术规范、海底天然气管道完整性管理规范、天然气管道周界安防预警技术规范、天然气管道缺陷修复技术规范、输气管道线路风险评估与预警、天然气管道无人机巡检技术规范、天然气管道应急抢修技术规范、天然气管道完整性管理效能评估技术规范、输气管道高后果区完整性管理规范、事故管道恢复运行技术规范、天然气管道站场泄漏监测技术规范、天然气管道泄漏检测技术规范、天然气管道验收技术规范、压缩机组完整性管理规范、阀门完整性管理

规范、站内工艺管道完整性管理规范、天然气管道的安全管理等。

(11) 节能与HSE则主要包括天然气管道工作场所职业病危害警示与告知标识设置规范、天然气管道节能监测方法、天然气管道放空回收技术规范、天然气管道温室气体排放管理技术规范等。

在确定过程中,为了高效完成该标准体系的形成,对于现存适用大口径、高压力跨国天然气管道的标准直接采用,对于部分适用的现有标准进行修改使其完全适用,对于目前尚缺失的标准以类似标准为基础进行标准整合或者进行标准的重新制定。

最后,形成大口径、高压力跨国天然气管道标

准体系,其总体架构如图7所示。

5 结论

本文对国内外具有代表性国家地区天然气标准体系框架进行了研究,并形成了大口径、高压力跨国天然气管道产业化标准体系,其主要结论有:

(1) 通过调研美国、欧盟、加拿大、中国等国家和地区的天然气管道法律法规体系和标准技术规范体系,提出我国大口径、高压力跨国天然气管道运行维护标准建设应该从标准一体化、管理归一化、标准国际化3个方面进行,为建设大口径、高

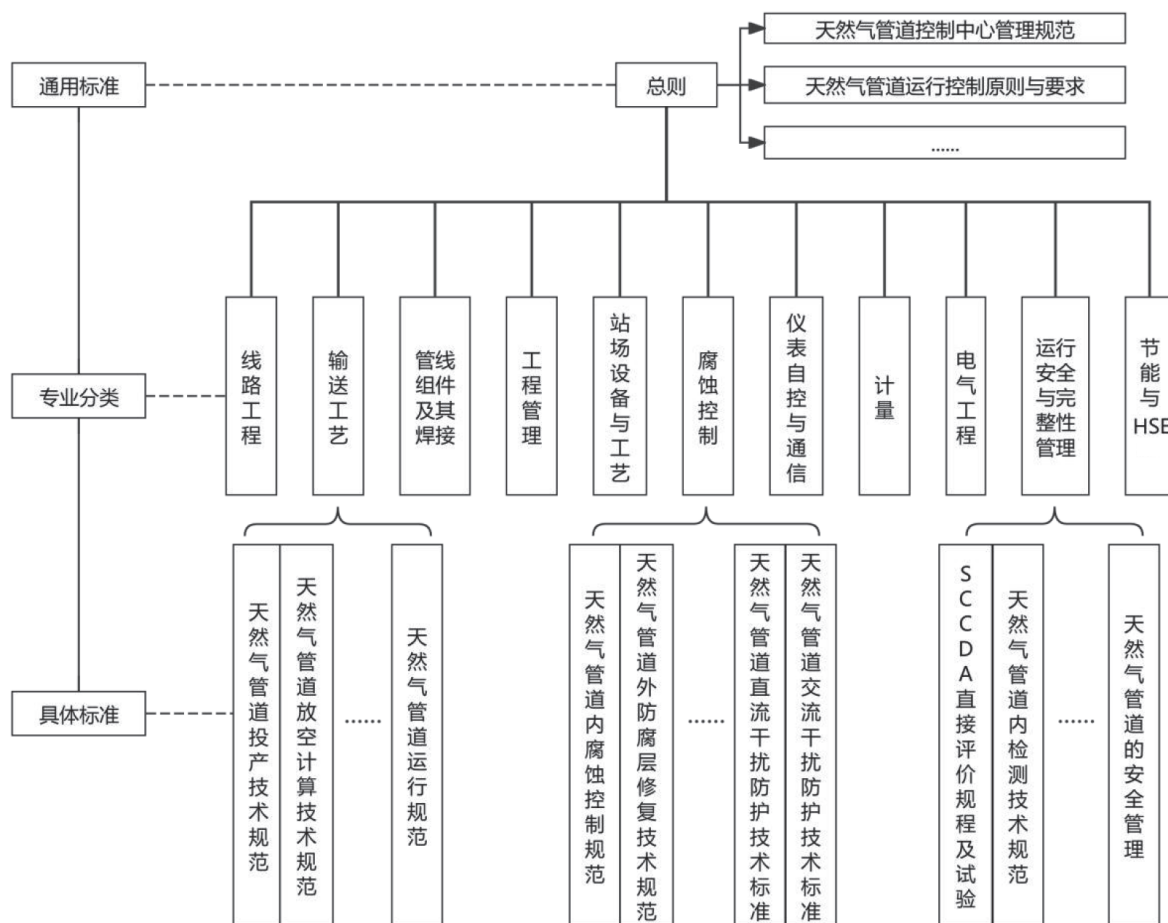


图7 大口径、高压力跨国天然气管道标准体系框架

压力跨国天然气管道标准提供指引。

(2) 基于霍尔三维模型改良与修正的方法,从时间维、层次维和专业维三个维度构建了大口

径、高压力跨国天然气管道产业化标准体系框架,形成了产业化标准体系,为我国海外天然气管道工程提供标准产业化支撑。

参考文献

- [1] 刘冰,税碧垣,吴凯旋.油气管道标准采标状况及策略分析[C]//中国石油管道公司,中国石油学会石油储运专业委员会,美国机械工程师学会,等.CIPC 2013中国国际管道会议论文集.中国石油管道科技研究中心,2013:35-41.
- [2] 孟舒,常晓然,徐艺颖,等.基于霍尔三维模型的跨国合资企业标准体系构建:以油气管道企业为例[J].标准科学,2020(11):44-49.
- [3] 贾双明.油气开采安全生产技术标准体系的构建研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2014.
- [4] 戴万亮,李庆满,吴红翠.基于Probit模型的技术标准产业化影响因素研究[J].商业经济研究,2016(12):198-199.
- [5] 劳嫦娟,吴凡,杨智君,等.标准化、技术创新及其互动关系对制造业产业升级的作用机制研究[J].标准科学,2021(12):38-46.
- [6] 黄玉珠.建筑给水排水工程设计标准体系及应用研究[D].广州:华南理工大学,2012.
- [7] 城市旅游标准体系构建研究:以苏州为例[D].苏州:苏州大学,2013.
- [8] GB/T 13016—2009《标准体系表编制原则和要求》概要[J].信息技术与标准化,2010(1):46-47.
- [9] 李翔,高安杰,程健,等.北美长输管道安全管理体系研究[J].石油化工自动化,2017(5):1-4.
- [10] 金雪军,潘海波,何肖秋.中外标准组织体系比较[J].浙江经济,2004(20):26-28.
- [11] 马伟平,李云杰,张长青,等.国外油气管道法规标准体系管理模式[J].油气储运,2012,31(1):48-52.
- [12] 漆敏,路帅,赵东风.国内外油气管道法律法规及标准体系现状对比分析[C]//中国石油大学(华东),中国化学品安全协会,美国化学工程师协会化工过程安全中心(AICHE-CCPS).第二届CCPS中国过程安全会议论文集.中国石油大学(华东),2014:343-349.
- [13] 漆敏.国内外油气管道安全标准差异性分析研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2015.
- [14] 李春田.《标准化概论》第四版导读[J].中国标准化,2005(10):19-20.
- [15] 李志军.《技术经济与政策探索》前言[J].中国发展观察,2005(8):61.
- [16] 刘冰,刘玲莉,宋飞,等.我国油气管道标准管理机制与北美的差异与思考[J].标准科学,2010(4):53-57.
- [17] 许冬彦,曹旭光.合格评定国外现状综述[J].卫星与网络,2013(6):34-41.
- [18] 张妮,吴张中,刘冰,等.石油企业标准体系建设新思路[J].石油工业技术监督,2017(10):28-30.
- [19] 王振声.油气储运资产完整性管理一体化标准体系建设与思考[J].油气储运,2022(4):372-380.
- [20] 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(5):326-329.
- [21] 白丽媛.北京市油气管道用地问题及对策研究[D].北京:北京林业大学,2019.
- [22] 何旭鸷,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.