浅谈国内首条 CO_2 长距离输送管道

Brief Discussion on the First Long Distance CO_2 Transmission Pipeline in China

路兴才（山东莱克工程设计有限公司，山东　东营　257000）

Lu Xingcai (Shandong Laike Engineering Design Co., Ltd., Shandong Dongying 257000)

摘　要：我国将力争于2030年前达到CO_2排放峰值，2060年之前实现碳中和。在全球积极应对气候变化和国内“双碳”战略目标的导向下，规模化碳捕集利用与封存技术（简称“CCUS”），被广泛认为是实现全球温控目标和我国碳中和愿景不可或缺的关键途径。2021年7月5日中石化启动我国首个百万吨级CCUS示范项目建设——齐鲁石化-胜利油田CCUS项目，为国家推进CCUS规模化发展提供应用案例。

关键词：CO_2管道；CCUS；双碳战略；胜利油田

Abstract: China will strive to achieve peak CO_2 emissions by 2030 and achieve carbon neutrality by 2060. Guided by the global active response to climate change and the domestic "dual carbon" strategic goals, large-scale carbon capture, utilization, and storage technology (CCUS) is widely recognized as an indispensable key way to achieve the global temperature control goals and China's carbon neutral vision. On July 5, 2021, Sinopec launched the construction of China's first million ton level CCUS demonstration project - Qilu Petrochemical Shengli Oilfield CCUS project, providing an application case for the country to promote the large-scale development of CCUS.

Key words: CO_2 pipeline; CCUS; Double carbon strategy; Shengli Oilfield

1 国外 CO_2 管道输送现状

国际上在CO_2管道输送方面已有多年、大量的工程实践，大部分位于美国，正在运营超过50条独立的CO_2管道，管网的长度近万公里，输送能力达到6.8×10^8t/a，已建管道中超过90%采用超临界输送工艺，管道设计压力10~20MPa，单管最大设计年输量达1930万t，最大设计管径DN750。

国外CO_2管道应用情况见表1。

2 国内 CO_2 管道输送现状

我国目前CO_2的输送以公路低温储罐运输为主，在长距离、高压、低温和超临界CO_2管输方面的研究取得了一些成果，但是尚无大输量、长距离的CO_2输送管道建设实践。

国内CO_2管道应用情况见表2。

3 齐鲁石化－胜利油田 CCUS 中 CO_2 管道应用

3.1 建设背景

管道输送作为陆上CO_2的主要运输方式之一，具有安全高效、节能低碳等特点，全球已建在役CO_2管道里程近1万km，技术成熟可靠；其中82%分布于北美地区，90%采用先进的超临界输送工艺，主要用于各大油田驱油与地质封存。

鉴于国内无长距离CO_2管道投用，中国石化积极发挥研发优势，自2009年开始布局管输技术整体研发，先后形成管输工艺技术、管输安全技术等，牵头主编国内首部行业标准SH/T 3202-2018《二氧化碳输送管道工程设计标准》，为国内CO_2管道工程的建设提供了坚实的技术支撑与可靠的安全管理指南。

齐鲁石化－胜利油田CCUS项目输送管道工程的实施，既是对国家CCUS全链条规模化发展的短板技术补齐，也是全力打造CCUS全链条示范基地与标杆工程的实践所需。

见图1。

3.2 建设必要性

山东省重工业发达，碳排放量高，据统计，2019年山东省CO_2排放当量约9.7亿t，排名全国第二。山东省产业结构特殊，难以减排的行业占比高，导致碳排

表 1 世界主要 CO_2 长输管道相关数据

管道	地点	运营者	输量（Mt/y）	长度（km）	完成时间	输送状态
CorteZ 科尔特兹	美国	金德摩根	19.3	808	1984	超临界
Sheep Mountain 羊山管道	美国	BP 美国石油公司	9.5	660	-	超临界
Bravo （布拉沃）	美国	BP 美国石油公司	7.3	350	1984	超临界
Canyon Reef Carriers 峡谷礁运营商管道	美国	金德摩根	5.2	225	1972	超临界
Val Verde	美国	Petrosource	2.5	130	1998	超临界
BatiRaman 巴蒂拉曼	土耳其	土耳其石油	1.1	90	1983	超临界
Weyburn 韦本	美国和加拿大	美国北达科他州气化公司	5	328	2000	超临界
NEJD	美国	丹伯里资源公司	-	295	-	
Transpetco Bravo	美国	Transpetco	3.3	193		
Snohvit	挪威	StatoilHydro	0.7	153	2008	超临界
West Texas	美国	Trinity	1.9	204		
Este	美国	Exxon Mobil	4.8	191		
Central Basin	美国	Kinder Morgan	11.5			
Petra NovaCapture	美国		1.4	130	2017	超临界

表 2 国内主要 CO_2 长输管道相关数据

序号	项目	输送相态	管道参数	备注
1	中石化华东局 CO_2 集气管道	气相	总长 52km，总输量：50 万 t/a	在役
2	中石油吉林油田 CO_2 输送管道	气相	8km	在役
3	正理庄油田高 89 块 CO_2 采集处理工程	气相	DN150/6.3MPa，20km，设计规模 8.7 万 t/a	在役
4	鲁胜阳信 CO_2 液化配套外输管道	液相	DN80/10MPa，5.9km，20#，设计规模 100t/d	在役

放强度远大于全国平均水平，在“双碳”战略的背景下，这意味着山东省将面临着极其严峻的减排任务，将迫切需要可靠的绿色低碳技术，而 CCUS 技术正是待选技术之一。

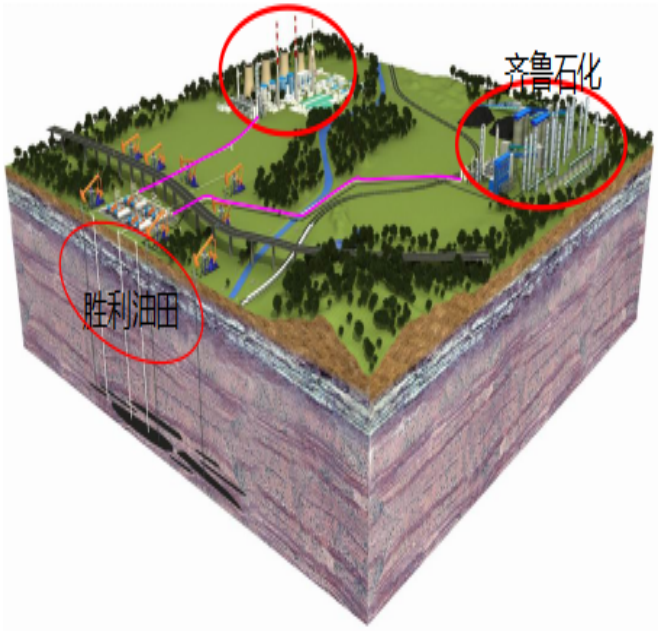

图 1　齐鲁石化 - 胜利油田 CCUS 项目示意图

胜利油田百公里范围内 CO_2 源可达 1000 万 t/a。同时，中石化胜利油田、江苏油田、中原油田、华东油气田等位于山东省周围，储量规模大，封存条件好，胜利油田百公里范围内适合驱油与封存的资源量有 15 亿 t。

齐鲁石化 – 胜利油田 CCUS 项目具有良好的源汇匹配条件，可对山东省地区的碳排放发挥积极作用，长远来看，能为国家双碳战略实施和可持续发展做出更大贡献。

管道运输适用于陆上 / 海上大规模长距离 CO_2 运输：管道具有运量大、运输距离远、可连续性运输、运输成本相对较低（陆上管道运输为 45–80 元 /t/100km）、受外界影响小等优势，是目前国际陆上大规模 CCUS 项目最主要的运输形式。

同时，输送管道主体埋地敷设，外部破坏风险因素显著降低，配置先进的技术监控措施与科学的管理方式后，整体安全受控。因此，采用管道输送整体安全受控，成本较低，有利于摊平高昂的捕集费用，降低项目平均成本。

齐鲁石化 – 胜利油田 CCUS 项目输送的 CO_2 将注入胜利油田，用于提高油气采收率（EOR）。胜利油区低渗透油藏资源丰富（探明储量 11.6 亿 t），其储量在新增探明储量中所占的比例逐渐增大，但同时常规开发难度也越来越大。因此，有必要寻找新的能量补充方法。

理论和实践表明，CO_2 驱是提高低渗透油藏采收率的有效方法，它是 CO_2 最具开发价值的应用领域，市场需求容量大，经济效益显著，既可以降低 CO_2 排放，又可以提高原油采出率，达到事半功倍的效果，代表了三次采油的前沿发展方向。

除了经济效益外，齐鲁石化 – 胜利油田 CCUS 项目还具有深远的社会效益。CCUS 的全流程系统集成与示范是商业应用发展的必经阶段，据此可全面掌握 CCUS 系统整体及各环节的安全风险管控、技术经济性能指标实现程度和运行管理等信息，进而分析和评价系统整体与各技术环节的匹配关系，为 CCUS 技术商业应用积累经验。

作为 CCUS 全流程系统的关键一环，是国内首条 CO_2 长距离输送管道，对全国和中国石化实现“双碳”目标具有重大意义。

4　分析结论

齐鲁石化 – 胜利油田 CCUS 项目具有良好的源汇匹配条件，整体安全受控，运输成本相对较低，有利于降低平均成本，用于 EOR 可获得经济效益且未来的潜在经济效益巨大。

齐鲁石化 – 胜利油田 CCUS 项目作为国内首条 CO_2 长距离输送管道，既是全力打造百万吨示范基地与标杆工程的实践所需，也是对国家 CCUS 全链条规模化发展的短板技术补齐，是中石化服务于国家低成本、低能耗、安全可靠 CCUS 技术体系与产业集群发展的贡献所在，具有深远的社会效益，对全国和中国石化实现“双碳”目标具有重大意义。

参考文献：

[1] SH/T 3202-2018. 二氧化碳输送管道工程设计标准 [S]. 中华人民共和国工业和信息化部 ,1996.

[2] PatriciaSeevam, 西伊万 , 赵帅 . 含杂质二氧化碳管道输送 [M]. 北京 : 中国石化出版社 ,2014.

作者简介：

路兴才（1985- ），男，山东济阳人，2008 年毕业于青岛科技大学，现就职于山东莱克工程设计有限公司，从事油气储运设计工作。