

# 榆树林油田 CO<sub>2</sub>低温管道埋深及保冷措施

杜婷婷 大庆油田工程有限公司

**摘要:** 为了进一步探寻低渗透油层科学、有效的开采方式, 为大庆外围特低渗透油藏的规模化应用奠定技术基础, 提高油井采收率, 榆树林油田从2007年起至今, 在不同区块陆续开展了CO<sub>2</sub>驱油注气试验。将注入站储罐内的低温液态CO<sub>2</sub> (-16~-30℃) 经注入泵增压后通过管输方式注入至注气井, 低温管道敷设时要考虑管道合理埋设深度以及管道保冷措施。从工程投资和安全生产方面论证低温液态CO<sub>2</sub>注入管道的合理埋深, 结合保冷结构的选择原则对比确定注入管道的保冷层结构, 为加快CO<sub>2</sub>驱油工业性矿场试验步伐提供了设计依据和现场经验。

**关键词:** 液态CO<sub>2</sub>; 注入管道; 低温; 埋深; 保冷结构

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.9.037

## 引言

榆树林油田地处黑龙江省肇东市昌五镇境内, 属北温带大陆性季风气候, 历年月平均最高气温27.8℃, 月平均最低气温-25.1℃, 年平均气温3.2℃, 冻土深达2~2.2 m。

为了进一步探寻低渗透油层科学、有效的开采方式, 为大庆外围特低渗透油藏的规模化应用奠定技术基础, 提高油井采收率, 榆树林油田从2007年起至今, 在不同区块陆续开展了CO<sub>2</sub>驱油注气试验。注入站储罐内的低温液态CO<sub>2</sub> (-16~-30℃) 经注入泵增压后通过管输方式<sup>[1]</sup>注入至注气井, 低温管道敷设时要考虑管道合理埋设深度以及管道保冷措施, 减少对地表作物的影响, 避免冷量的损失, 防止温度过高导致液态CO<sub>2</sub>在输送过程中汽化。

## 1 合理埋深论证

管道敷设的方式一般有架空敷设和埋地敷设两种。考虑到CO<sub>2</sub>驱油试验的注入系统多为站间管道和站场与单井井口间的单井管道, 所以选择埋地敷设的方式。

考虑液态CO<sub>2</sub>低温输送的特点, 影响注入管道埋深主要有两个因素: ①规范要求; ②低温管道穿越农田时对地表农作物的影响。按《输气管道工程设计规范(GB50251)》的规定<sup>[2]</sup>, 埋地管道的最小埋深为管顶-0.8 m。大庆油田常规的干气管道埋深为-1.5 m, 湿气管道深埋到冻土层以下(-2.2 m)。注入管道埋深如果定为1.0 m, 施工过程中, 在低洼地带埋深可能会不够1.0 m, 如果管道穿越农田, 可能会由于农作物耕种导致注入管道的损坏, 影响安全生产。管线深埋到冻土层以下, 会减

弱对农作物的影响, 同时增加土方的投资。目前已经投产的注入管道埋深均为-1.5 m, 从运行情况看, 没有对农作物产生影响。再从投资方面看, 注入管道埋深1.5 m, 每公里开挖量2 492 m<sup>3</sup>, 工程费用5.23万元; 埋深2.2 m, 每公里开挖量3 344 m<sup>3</sup>, 工程费用9.74万元。从工程投资和安全生产方面来看, 榆树林油田CO<sub>2</sub>低温注入管道选择埋深1.5 m是比较经济和安全的。

## 2 保冷层结构的对比

### 2.1 材料选择

管道保冷结构由内向外为保冷层、防潮层及保护层。

#### 2.1.1 保冷层

(1) 在主要技术性能均能满足保冷要求的范围内, 有不同保冷层材料可供选择时, 应优先选用导热系数小, 密度小, 吸水、吸湿率低, 耐低温性能好, 易施工、造价低, 以及综合经济效益较高的材料。

(2) 保冷层材料的最低安全使用温度, 应低于正常操作时的介质最低温度。

(3) 在低温条件下经综合经济比较后, 可选用两种或多种保冷层材料复合使用, 或直接选用复合型保冷材料制品。

液态CO<sub>2</sub>设计温度为-16~-30℃, 保冷层推荐目前在保冷结构中广泛应用的阻燃型聚氨酯泡沫管壳, 保冷层厚度为30 mm。

#### 2.1.2 防潮层

在保冷结构中, 热流方向与一般保温结构相反, 外界的潮湿水蒸气将随热流而渗入保冷层, 产生结露(凝结水)甚至结冰, 使保冷材料导热系数



增大, 结构开裂和损坏, 因而保冷结构中必须设置防潮层<sup>[3]</sup>。防潮层材料性能要求如下:

(1) 抗蒸汽渗透性好, 防水、防潮能力强。

(2) 密封性及黏结性能好。有一定的耐温性, 软化温度不低于 65 °C。夏季不软化、不起泡、不流淌。有一定的抗冻性, 冬季不脆化、不开裂、不脱落。

(3) 化学稳定性好, 使用时不挥发出有害性气体。

(4) 允许的安全使用温度范围较大。

(5) 干燥时间较短, 在常温下能够直接使用, 施工方便。

### 2.1.3 防护层

(1) 防水、防湿、抗大气腐蚀性好, 不燃或阻

燃, 化学稳定性好<sup>[4]</sup>。

(2) 强度高, 使用寿命长, 便于施工和检修。

### 2.2 对比分析

目前常用埋地管道保冷结构有两种。

结构1: 硬质聚氨酯泡沫黄夹克成品管, 具体结构为保冷层(硬质聚氨酯泡沫塑料)+聚乙烯护层(防护层兼做防潮层)。

结构2: 保冷层(硬质聚氨酯泡沫塑料)+防潮层(3 mm 阻燃型沥青玛蹄脂+1层无蜡中碱粗格平纹玻璃布(搭接50%)+3 mm 阻燃型沥青玛蹄脂)+防护层(沥青防腐胶带)。

注入系统埋地管道保冷结构、技术经济及优缺点对比见表1。

因榆树林油田 CO<sub>2</sub> 驱油注气试验工程划分区块

表1 埋地管道保冷结构、技术经济及优缺点对比

项目	埋地管道保冷结构1	埋地管道保冷结构2
保冷层	硬质聚氨酯泡沫塑料	硬质聚氨酯泡沫塑料
防潮层	聚乙烯护层(由于硬质聚氨酯泡沫黄夹克成品管外护层满足防潮层材料性能要求, 因此其外护层可兼做防潮层使用)	3 mm 阻燃型沥青玛蹄脂+1层无蜡中碱粗格平纹玻璃布(搭接50%)+3 mm 阻燃型沥青玛蹄脂
防护层		沥青防腐胶带
补口	保冷层: 聚氨酯泡沫现场发泡, 厚30 mm 防潮层: 3 mm 阻燃型沥青玛蹄脂+一层无蜡中碱粗格平纹玻璃布(搭接50%)+3 mm 阻燃型沥青玛蹄脂 防护层: 辐射交联聚乙烯热收缩带	补口结构同主管道
预制	可以工厂预制	现场施工, 不可预制
工程费(含管材)/ 万元·千米 <sup>-1</sup>	22.91	42.96
优点	防护层可兼做防潮层使用, 节省工程投资; 成品管可以工厂预制, 管道质量容易控制	单独设置防潮层, 更加有效地保证了整个保冷系统的密封性和完整性
缺点	管道补口需要现场施工, 补口质量不易控制	全线需要现场施工, 不易保证施工质量及工期; 工程投资高

很多, 注入管道建设量较大, 管道外防护结构层设计应满足实现工厂化预制的要求, 站外埋地管道保冷结构宜采用结构1; 而站内埋地管道长度及管径各异, 不易于工厂预制, 因此宜采用保冷结构2, 即现场施工的保冷方式。

## 3 结论

从工程投资和安全生产方面论证低温液态 CO<sub>2</sub> 注入管道的合理埋深, 对比分析确定注入管道的保冷层结构, 为大庆油田加快 CO<sub>2</sub> 驱油工业性矿场试验步伐提供了设计依据和现场经验。目前已投产的注入管道运行情况良好, CO<sub>2</sub> 驱油取得了明显的效果, 实现了单井产量高水平稳产, 平均单井产油量在 2.0 t/d 以上, 已成为大庆油田原油上产的重要举措。

### 参考文献

[1] 王世刚, 孙锐艳, 张浩男, 等. 二氧化碳管道输送技术研究及

应用[J]. 油气田地面工程, 2013, 32 (11): 84-86.

[2] 油气田及管道建设设计专业标准化委员会. 输气管道工程设计规范: GB/T50251-2003[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003: 13-14.

[3] 李钰. 低温管道的保冷设计[J]. 石油化工设计, 2009, 26 (1): 52-55.

[4] 中国工程建设标准化协会化工分会. 工业设备及管道绝热工程设计规范: GB/T 50264-2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013: 10-11.

[作者简介] 杜婷婷: 工程师, 2005年毕业于中国石油大学(北京)油气储运专业, 主要从事油气加工设计工作。

(0459) 5902922、dutingting@petrochina.com.cn

收稿日期 2015-04-10

(栏目主持 焦晓梅)

