

《进入二氧化碳管道的介质质量要求》 国家标准征求意见稿编制说明

二〇二四年十二月

目次

一、工作简况	2
二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容	3
三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益	5
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况， 或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况	13
五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	16
六、重大分歧意见的处理经过和依据	16
七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议	17
八、贯彻国家标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）	17
九、废止现行有关标准的建议	17
十、其他应予说明的事项	17

一、工作简况

1.1 任务来源

本国家标准由中国标准化研究院归口并执行，主管部门为国家市场监督管理总局。按照国家标准化管理委员会 2023 年 12 月碳达峰、碳中和国家标准专项计划和国家标准外文版计划的要求，本标准的修订工作拟于 2025 年 6 月完成。

标准立项信息如下，

项目编号：20232499-T-424

项目名称：进入二氧化碳管道的介质质量要求

制、修订：制订

标准性质：推荐性国家标准

1.2 制定背景

目前我国年碳排放量超过 105 亿吨，约占全球三分之一。为实现我国 2030 年碳达峰，2060 年碳中和目标，CCUS 是必不可少的技术手段。管道输送二氧化碳是实现长距离、规模化运输最有效的方式。

我国碳源分散，来源多样，捕集的二氧化碳含有不同类型的杂质（如 N_2 、 H_2 、 O_2 、 CH_4 、 H_2S 和 H_2O 等）。杂质种类和含量的不同直接影响二氧化碳相态变化和减压波特性。二氧化碳管道运输是一种高效的大规模运输方式，但含不同杂质的二氧化碳也可能带来安全风险。如果二氧化碳介质质量不符合质量要求，管道可能发生气阻、段塞、泄漏、长程破裂，引起窒息、中毒等严重威胁公众安全的事故。目前国内没有统一的标准对管输二氧化碳介质质量进行约束，编制《进入二氧化碳长输管道的介质质量要求》十分必要且急需。《进入二氧化碳长输管道的介质质量要求》标准不仅要满足二氧化碳在管道运输过程中的合规性，同时也要满足碳捕集技术、工业应用和 CCUS 驱油和封存对二氧化碳介质质量的特殊要求。

1.3 起草过程

2024 年 1 月-2024 年 3 月

组织召开了本标准启动会，有关单位介绍了标准制定背景、技术进展、标准内容，成立了标准起草组，确定标准制定工作计划。

2024 年 3 月-12 月

(1) 首先对国内外现有的二氧化碳长输管道项目和 CCUS 上下游需求进行了全面深入的调研,收集了大量关于管道运行数据、介质质量影响因素以及事故案例等资料。同时,参考了国际上先进的二氧化碳介质质量标准,如国际标准组织(ISO)的部分标准等。在此基础上,结合我国的实际国情和管道建设运营特点,初步拟定了《进入二氧化碳管道的介质质量要求》的各项指标和技术要求,包括二氧化碳纯度、杂质含量、含水量等关键参数,形成了标准草案初稿。

(2) 明确指标及对应参数确定,完善标准草案,形成《进入二氧化碳管道的介质质量要求》征求意见稿。开展理论、数值模拟及试验验证研究,为管输 CO₂ 流体介质质量与输送工艺、管材、安全等方面的兼容性要求提供依据;同时结合工程建设实际,对与介质质量相关内容提出措施建议,满足多样化需求。

二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

2.1 标准编制原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写规则》的要求和规定进行编写。

本标准编制的指导思想为科学性、完整性、准确性和可操作性。本标准经过了科学的研究,进行了预先设计,在制定标准过程中遵守制定程序和编写规则。本标准的编制充分考虑与我国现行法律法规和国家节能政策等相符合性,充分考虑可操作性,便于标准的实施。

2.2 主要内容

本标准主要包括:范围、规范性引用文件、术语和定义、质量要求、试验方法、检验规则、输送和使用、附录 A 二氧化碳在不同含水量、压力下的水露点温度、附录 B 二氧化碳化学品安全技术说明书和参考文献等部分,各部分主要内容如下:

(1) 范围

本文件规定了进入二氧化碳长输管道介质的质量要求和试验方法。
本文件适用于经过处理的通过长输管道进行输送的二氧化碳介质。

(2) 规范性引用文件

本标准的规范性引用文件包括：

GB/T 5832.1 气体分析 微量水分的测定 第1部分：电解法

GB/T 6285 气体中微量氧的测定 电化学法

GB/T 28726 气体分析 氦离子化气相色谱

GB/T 3723 工业用化学产品采样安全通则

GB/T 13609 天然气取样导则

GB/T 6681 气体化工产品采样通则

GB/T 27893 天然气中颗粒物含量的测定 称量法

（3）术语和定义

二氧化碳介质 carbon dioxide medium

管输二氧化碳不凝气 non-condensable gases of carbon dioxide pipeline transportation

二氧化碳输送管道工程 engineering of carbon dioxide pipeline transportation

超临界二氧化碳输送 supercritical carbon dioxide transportation

二氧化碳捕集埋存与提高采收率(CCUS-EOR) carbon dioxide capture, storage and enhanced oil recovery

二氧化碳捕集与封存(CCS) carbon capture and storage

（4）质量要求

规定了进入二氧化碳管道的介质中二氧化碳、水、总硫、硫化氢、不凝气的含量要求。

（5）试验方法

规定了管输二氧化碳介质组分的试验方法、采样操作安全、采样步骤。

（6）检验规则

规定了管输二氧化碳介质组分的全面检测、抽检或在线检测的要求。

（7）输送和使用

规定了二氧化碳流体在管道输送和使用中需要遵守的组分要求。

2.3 修订前后技术内容的对比（如适用）

本标准为首次制订

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益

3.1 试验验证情况：

3.1.1 确定技术指标

（1）二氧化碳纯度指标

长输管道输送气态二氧化碳时，二氧化碳介质含量宜大于 75%（质量分数）；超临界/密相输送时，二氧化碳介质含量宜大于 95%（质量分数）。

国内目前大部分输送管道的二氧化碳纯度在 99%以上，其中，吉林油田 CO₂ 体积分数 75.01-78.95；国外除个别管道低于 95%以外，总体二氧化碳纯度均高于 95%。国内二氧化碳输送管道二氧化碳质量详细指标见表 2 所示。中国石化首条“百公里、百万吨”二氧化碳长输管道，二氧化碳纯度为 99.2931%。延长油田一期 36×10⁴ t/a 输送管网中，二氧化碳纯度为 98.8042%。新疆油田超临界二氧化碳管道示范工程，二氧化碳纯度为 99.5%。中海油某项目海管气体的二氧化碳纯度为 97.29%。中海油针对我国南海东方 1-1 气田终端二氧化碳特点，即二氧化碳纯度为 99.6139%，考虑采用管道输送。国内目前大部分输送管道的二氧化碳纯度在 99%以上。

表 2 国内 CO₂ 管道气体组成汇总表（mol%）

组分	齐鲁石化-胜利油田百万吨级CO ₂ 管道	延长油田超临界含杂质CO ₂ 管网	新疆油田百万吨级超临界CO ₂ 管道示范工程	某油田管道	中海油某项目海管气体	东方 1-1 气田
CO ₂	99.2931	98.8042	99.5	98.6702	97.29	99.6139
CO	0.0363	0.7675	0.001	0	0	
H ₂	0.012	0.0435	0.001	0	0	
N ₂	0.6289	0.3305	0.18	0.5354	1.35	0.0777
CH ₄	0.0003	0.0135	0.15	0.08	0.36	0.3017
Ar	0.0095	0.0033	0	0.0226		
CH ₃ OH	0.0191	0.0053				
O ₂	0	0	0.001	0	0.84	
H ₂ S	0.0004	0.0109	0.001	0.0006	< 10ppm(wt)	
H ₂ O	0.0001	0.0213	0.006	0.005	< 200ppm(wt)	0
C ₂₊			0.0015	0.66	0.16	0.0067

SO _x			0.005	0.0131	< 200mg/m ³	
NO _x			0.005	0.0131		

(2) 二氧化碳杂质指标

①水含量应小于等于 200ppm（质量分数），同时水露点应低于输送条件下管道环境温度 5℃。

②硫化氢含量应小于等于 10ppm（质量分数），总硫含量（以硫计）应小于等于 200mg/m³。

③应严格控制管输二氧化碳不凝气组分含量，用于 CCUS-EOR 驱油，管输二氧化碳不凝气（氮气、氩气、氧气、一氧化碳、氢气等）总量宜小于 1 mol%；用于 CCS 封存，管输二氧化碳不凝气（氮气、氩气、氧气、一氧化碳、氢气等）总量宜小于 4 mol%；其中，管输二氧化碳不凝气中氢气含量不宜大于 7500 ppm（质量分数）。

④烃露点（-29℃）以下二氧化碳介质中烃类含量宜低于 5%（质量分数）。

⑤其他指标应满足用户的使用要求。

3.1.2. 确定关键指标参数：

(1) 纯度相关参数

①二氧化碳含量选择依据

已有标准中对于管输 CO₂ 的浓度要求集中在 95%，NETL 的建议值为 95%（体积分数），ISO 建议大于 95mol%，国内石化行标 SH/T 3202-2018 对 CO₂ 浓度没有明确要求；国外典型 CO₂ 管道的 CO₂ 浓度范围为 95%-98.5%，最低为 95%。国内吉林油田气态 CO₂ 管道 CO₂ 体积分数为 75.01-78.95%，中原油田气态 CO₂ 管道 CO₂ 体积分数为 85%，其他 CO₂ 管道 CO₂ 度均大于 95mol%。因此 CO₂ 含量采取“长输管道输送气态二氧化碳时，二氧化碳介质含量宜大于 75%（质量分数）；超临界/密相输送时，二氧化碳介质含量宜大于 95%（质量分数）。”的规定。

②不凝气含量选择依据

不凝气，是指 CO₂ 输送和注入工况下，部分以气体状态存在的化学物质。应严格控制管输二氧化碳不凝气组分含量，用于 CCUS-EOR 驱油，管输二氧化

碳不凝气（氮气、氩气、氧气、一氧化碳、氢气等）总量宜小于 1 mol%；用于 CCS 封存，管输二氧化碳不凝气（氮气、氩气、氧气、一氧化碳、氢气等）总量宜小于 4 mol%；其中，管输二氧化碳不凝气中氢气含量不宜大于 7500 ppm（质量分数）。

从国外 CO₂ 输送管道的实际运行经验来看，在 CO₂ 集中处理工艺中，除产品组分 CO₂ 以外含量最多的就是不凝气组分。不凝气作为杂质成分，为降低压缩成本有必要对其进行严格限制。国外通常将不凝气总量限值到 4%~5% 以下。且在地质利用方面不凝气组分不利于混相形成，驱油用 CO₂ 中不凝气组分指标应比地质封存更加严格。

表 3 各标准的不凝气含量建议值

杂质（vol%）	NETL	ISO 27913	SH/T 3202
H ₂	≤4	<0.75mol%	满足客户要求即可
N ₂	≤4	<2mol%	
Ar	≤4	/	
CH ₄	≤4	/	
CO	≤0.0035	<0.2mol%	
O ₂	≤0.001	根据下游用户要求确定	
总不凝气	<4	<4	

（2）杂质含量参数

①水含量选择依据

为了保证二氧化碳管道安全输送，必须严格控制介质中的含水量：最小水溶解度限制在 60%饱和度。温度越低，饱和含水量越低，结合国内地温和输送条件，长输管道输送介质温度可能达到的最低温度 4℃，因此最大允许含水量不应超过 4℃饱和含水量 60%：即 200ppm。

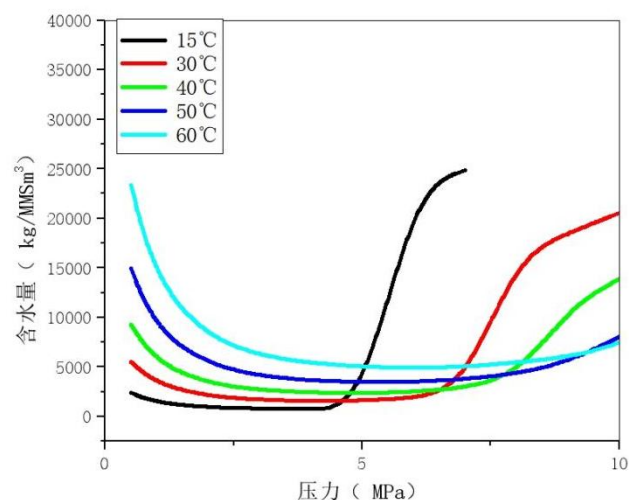


图 1 模型计算分析

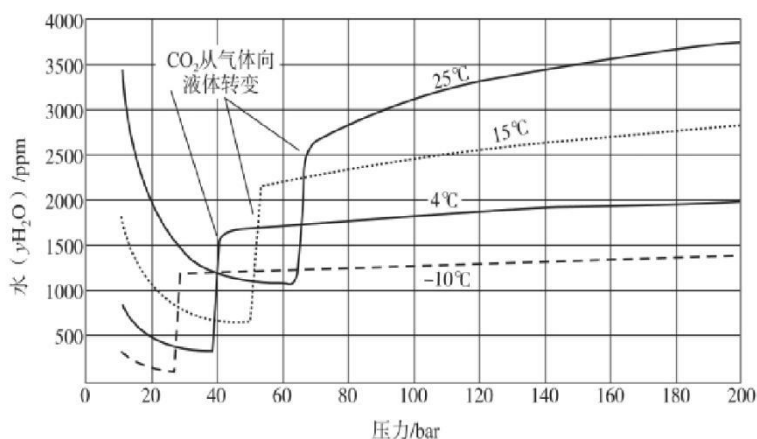


图 2 不同压力、温度下 CO₂ 饱和含水量

在工程设计中，都是通过规定“水露点”限值来防止游离水的产生。根据《输气管道工程设计规范》(GB 50251-2018)，管输天然气气质标准应满足天然气标准中Ⅱ类要求，即进入输气管道的气体水露点应低于输送条件下最低环境温度 5℃。由于 CO₂ 输送、注入方面还没有相关明确规定，CO₂ 水露点限值拟采取“应低于最低环境温度 5℃”的设计规定。

②硫化物含量选择依据

H₂S 是有剧毒的酸性气体，对管道和设备具有腐蚀性且对人体健康有不利影响。ISO 与 NETL 在制定管道输送 CO₂ 流体中 H₂S 的最大含量时均从保护人体健康安全角度出发，ISO 27913 建议 H₂S 含量小于 0.02%，NETL 规定 H₂S 不超过 0.01%。SH/T 3202 中规定 H₂S 质量分数不超过 0.01%，并规定总硫含量（以硫计）不大于 200 mg/m³。

对于 CCUS-EOR 用户，根据《石油天然气工业 油气开采中用于硫化氢环境

的材料》(GB/T 20972)标准,当硫化氢分压大于 0.0003MPa 时,要考虑材料的抗硫化氢应力腐蚀开裂性能。以大庆葡萄花油藏及扶杨油藏为例,大庆葡萄花油藏注气井井底压力 25-30MPa, H₂S 含量<14ppm 部分区域不满足要求, H₂S 含量<10ppm 才满足要求。扶杨油藏井底压力 44-46MPa, H₂S 含量<6ppm 才满足要求。

表 4 各标准中硫化物、氧硫化物及总硫含量建议值

杂质 (vol%)	NETL	ISO 27913	SH/T 3202	KMCO ₂	Denbury
H ₂ S	≤0.01	<0.02	≤0.001 (wt)	0.002	0.0015
SO ₂	≤0.01	健康安全要求≤0.01 防腐要求: <0.005	-	-	-
总硫	-	-	≤200mg/m ³ (以硫计)	50g/m ³	-

由于总硫指标本身的特殊性,脱硫工艺有可能出现波动,尤其是在净化装置启动期等状态下,总硫含量可能略高于正常工况。考虑到这部分启动状态,在标准检验规则部分规定,总硫含量的瞬时值按照 300mg/m³ 控制,并不能连续 8 小时超过 200 mg/m³。由于硫化氢指标本身的特殊性,脱硫工艺有可能出现波动,尤其是在净化装置启动期等状态下,硫化氢含量可能略高于正常工况。考虑到这部分启动状态,在标准检验规则部分规定,硫化氢含量的瞬时值按照 15mg/m³ 控制,并不能连续 8 小时超过 10 mg/m³。

③固体颗粒物

在长输管网中,固体颗粒物主要可能对长输管网运行中的增压机产生影响。确定此项指标,需要满足长输管网中多种增压机的质量要求。根据 Q/SY 30-2002 《天然气长输管道气质要求》的规定,确定该指标使用同样的规定“天然气中固体颗粒含量应不影响天然气的输送和利用,固体颗粒的直径应小于 5μm。”来规定使用颗粒物分离器的效果,并在交接点设置颗粒物取样口来验证分离器实效。本标准采用此规定。

(3) 其它参数

①烃露点

长输管网中规定烃露点的目的是为了防止液相水的产生。只要有液烃的存在,会降低输气管道的输送能力,并影响管输安全。为避免液烃对管输的影响,本指标最终为定性描述指标“7.1 在二氧化碳长输管道输送压力和温度下,管道中应不存在液态水和液态烃。”

3.1.3 关键参数相关计算公式:

(1) 纯度计算相关公式

二氧化碳纯度计算公式:

$$P_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_{\text{总}}} \times 100\%$$

其中 P_{CO_2} 为二氧化碳纯度, V_{CO_2} 为二氧化碳的体积, $V_{\text{总}}$ 为混合气体的总体积。

(2) 含水量计算相关公式

绝对湿度计算公式:

$$d = \frac{m_v}{m_d}$$

其中 d 为绝对湿度, m_v 为水蒸气的质量, m_d 为干空气的质量。

相对湿度计算公式:

$$\varphi = \frac{e}{E} \times 100\%$$

其中 φ 为相对湿度, e 为空气中水蒸气的实际分压力, E 为同温度下饱和水蒸气的分压力。

(3) 杂质含量相关计算公式

① 体积分数计算公式:

$$C_i = \frac{V_i}{V_{\text{总}}} \times 100\%$$

其中 C_i 为杂质的体积分数, V_i 为杂质的体积, $V_{\text{总}}$ 为混合气体的总体积。

② 质量浓度计算公式:

$$\rho_i = \frac{m_i}{V}$$

其中 ρ_i 为杂质的质量浓度, m_i 为杂质的质量, V 为混合气体的总体积。

3.1.4 关键参数试验方法

(1) 二氧化碳介质中含水量测定可按 GB/T 5832.1 或 GB/T 5832.2 或 GB/T 11133 的规定执行, 当对测定结果有异议时, 按照 GB/T 5832.1 规定的方法执行。

(2) 二氧化碳介质中氧气含量测定可按 GB/T 6285 或 GB/T 43503 或 GB/T

13610 或 GB/T 28726 的规定执行，允许采用其它等效方法，当对测定结果有异议时，按照 GB/T 6285 规定的方法执行。

(3) 二氧化碳介质中硫化氢含量测定可按 GB/T 11060.10 的规定执行。

(4) 二氧化碳介质中硫氧化物含量测定宜按 GB/T 11060.10 的规定执行。

(5) 二氧化碳介质中氮氧化物含量测定宜按 HJ 1043 或 HJ 479 的规定执行。

(6) 二氧化碳介质中非甲烷总烃含量测定可按 GB/T 28726 或 GB/T 13610 或 HJ 604 或 HJ 38 的规定执行，当对测定结果有异议时，按照 GB/T 28726 规定的方法执行。

(7) 其它组分含量的测定可按 GB/T 28726 或 GB/T 13610 的规定执行，允许采用其它等效方法，当对测定结果有异议时，按照 GB/T 28726 规定的方法执行。

(8) 二氧化碳介质的采样操作安全应按 GB/T 3723 或 GB/T 13609 的相关规定执行。

(9) 二氧化碳介质的采样步骤应按 GB/T 6681 或 GB/T 13609 的相关规定执行。

3.1.6 二氧化碳管道检验规则：

(1) 首次进入二氧化碳长输管道的气体应对本标准中规定的所有质量指标进行检验。

(2) 进入二氧化碳长输管道后的气体应进行抽检或在线检测。

(3) 对于有明显证据表明不存在超标可能的指标，可以不进行检测。

3.1.7 性能要求：

(1) 采用驱油方案对 CO₂ 介质要求

在二氧化碳驱油（EOR, Enhanced Oil Recovery）方案中，注入的 CO₂ 必须满足一定的质量和物理条件，以确保驱油效率和储层安全性。通常要求注入的 CO₂ 纯度达到 95% 以上，理想状态下接近 99%。高纯度 CO₂ 可以防止杂质对储层和设备的腐蚀，同时提高驱油效率。注入的 CO₂ 通常保持在超临界状态（31℃ 以上、7.4 MPa 以上），这样既具备液体的溶解性又具有气体的扩散能力，有利于 CO₂ 在储层中有效渗透并溶解于油中，降低原油黏度，提升采收率。氮气和氧气

等杂质的含量需要严格控制,尤其是氧气,因为其可能引起油层中的微生物活动,导致储层堵塞问题,氮气含量的增加则会影响注入气的有效性。

以大庆敖南油田 CCUS-EOR 为例,根据开发方案预测,2024 年~2030 年,油田伴生气量为 75.6t/d~737t/d、CO₂ 含量为 64.5%~94%。碳源与油田伴生气混合后 CO₂ 含量需达到 95%以上,才能保证油田 CO₂ 注入和油藏开发要求。针对非混相驱油藏专业建议采用碳源产品浓度 95%,CCUS-EOR 工程中管道气碳源中 CO₂ 含量需要达到 99%以上。

(2) 采用封存方案对 CO₂ 介质要求

地质封存通常要求 CO₂ 纯度达到 90%以上,比驱油所需浓度略低。不过纯度越高,封存效果越稳定,且封存后的泄漏风险更低。在封存过程中的 CO₂ 最佳注入相态也为超临界态,此状态下二氧化碳密度较高,便于提高封存效率,减少其在储层中的迁移和扩散。封存还需考虑压力控制,注入压力应低于储层的破裂压力,以避免破坏封存层的岩石结构,同时确保 CO₂ 能安全渗透到预定的封存区域。

封存对 CO₂ 的组分也有要求。CO₂ 的水含量一般要求低于 50 ppm,以防止水合物或碳酸盐形成,从而避免对封存管道、井筒和储层造成腐蚀损害。低水分含量还能避免在注入过程中发生堵塞,确保 CO₂ 平稳注入。

3.2 综述报告

ISO 27913-2016 《Carbon dioxide capture transportation and geological storage--Pipeline transportation systems》,提出了二氧化碳流输送管道安全可靠设计、建设和运营等方面的要求和推荐做法。标准中提到为避免 CO₂ 中的杂质影响管道完整性,在设计阶段应规定 CO₂ 流中允许的最大杂质含量。国内也制定了 SH/T 3202-2018 《二氧化碳输送管道工程设计标准》,中提出了陆上二氧化碳输送管道工程要求二氧化碳介质组分的定性规定。

GB/T 42797 《二氧化碳捕集、输送和地质封存 管道输送系统》为针对二氧化碳捕集、输送和地质封存产业链中二氧化碳管道输送系统的标准,详细地描述了二氧化碳流输送管道安全可靠设计、建设和运营等方面的要求和推荐做法,本标准制定过程中参考了 GB/T 42797。

3.3 技术经济论证

本标准的制定,完善了国内二氧化碳管道输送系统输送介质质量方面的要求,方法的建立对于驱油用、封存用或工业用 CO₂ 的质量保障将起到重要作用。标准制定过程中从管道输送效率、避免冰堵、管材止裂、泄漏扩散和腐蚀控制等方法进行了充分的研究和试验验证,使本标准具有科学性和技术经济可行性。

3.4 预期效益

(1) 经济效益

综合考虑 CCUS 上下游对二氧化碳纯度、杂质含量等质量要求,促使上游企业改进捕集工艺,保证质量稳定,使进入长输管道的二氧化碳介质符合驱油、封存、工业应用、食品加工、化工合成等下游产业对二氧化碳质量要求。本标准有助于建立公平公正的市场环境。不同地区的二氧化碳交易可以依据统一的国家标准进行,减少贸易纠纷,增强市场的信任度,促进二氧化碳资源的合理流通和有效利用。

(2) 社会效益

CO₂ 管道处于一定压力、温度等条件下运行,规定二氧化碳质量标准可以防止其中杂质(如水分、硫化物等)对管道造成腐蚀,减少管道泄漏、破裂等事故风险,保障沿线居民生命财产安全和生态环境安全。

(3) 环境效益

目前我国年碳排放量超过 105 亿吨,约占全球三分之一。为实现我国 2030 年碳达峰,2060 年碳中和目标,CCUS 是必不可少的技术手段。管道输送二氧化碳是实现长距离、规模化运输最有效的方式。建立进入二氧化碳管道的介质质量要求的国家标准,可以促进整个 CCUS 产业链的发展,助力我国碳中和的实现。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度,以及与国际、国外同类标准水平的对比情况,或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准未直接采用国际标准和国外先进标准。本标准在制订过程中对国内

CO₂ 输送管道环境进行了充分的调查研究，并广泛征求和采纳了国内相关领域专家的意见和建议，所制定的标准适合我国国情，具有先进性、科学性、实用性和可操作性。

本标准制定过程中，参考了相关国内外 CO₂ 输送管道实际工况，并协调了指标。相关标准指标对比说明如下：

(1) 国内外管道杂质指标汇总

现将国内外输送管道杂质指标进行汇总，见表 5 所示。国内目前大部分输送管道的二氧化碳纯度在 99% 以上，其中，吉林油田 CO₂ 体积分数 75.01-78.95；国外除个别管道低于 95% 以外，总体二氧化碳纯度均高于 95%。

表 5 国内外 CO₂ 输送管道杂质汇总表

管道名称		CO ₂ 含量 (mol%)	管长 (km)	管径 (mm)	输量 (t/a)	温度 (℃)	压力 (MPa)
国内	齐鲁石化-胜利油田管道	99.2931	72	299.9 (内径)	100×10 ⁴	常温	10
	延长油田管道	98.8042	42/63/2.8	168/140/65	36×10 ⁴	45	13/15
	新疆油田 CO ₂ 管道示范项目	99.5	100	273	300×10 ⁴	35	12
	中石油工程建设有限公司西南分公司研究项目《CO ₂ 输送管道工艺与流动保障技术资料》	98.6702	14.7	457	138.9 (kg/s)	30	13
	中海油某项目海管气体	97.29	-	-	-	-	-
	东方 1-1 气田	99.6139	105.1	-	-	-	-
	吉林油田	75.01-78.95					
	中原油田	85					
国际	Cortez	95 (vol%)	808	762 (内径)	19.3×10 ⁶	43	9.6-18.6
	Canyon Reef Carriers	85-98 (vol%)	225	406.4 (内径)	4.6×10 ⁶	-	-
	Central Basin	98.5 (vol%)	230	406.4 (内径)	11.5×10 ⁶	-	15.1-17.3
	NEJD	98.7-99.4 (vol%)	295	508 (内径)	-	-	-
	Weyburn	96 (vol%)	330	304.8-355.6 (内径)	4.62×10 ⁶	-	18.6-20.4
	Sheep Mountain	96.-97.4 (vol%)	656	609.6 (内径)	9.2×10 ⁶	-	83-97
	Bravo Dome	99.7 (vol%)	350	508 (内径)	7.3×10 ⁶	-	-

	Sleipner	93-96 (vol%)	328	-	-	-	-
--	----------	-----------------	-----	---	---	---	---

(2) 国内管道详细指标参数

国内二氧化碳输送管道二氧化碳质量详细指标见表 6 所示。中国石化首条“百公里、百万吨”二氧化碳长输管道，二氧化碳纯度为 99.2931%。延长油田一期 $36 \times 10^4 \text{t/a}$ 输送管网中，二氧化碳纯度为 98.8042%。新疆油田超临界二氧化碳管道示范工程，二氧化碳纯度为 99.5%。中海油某项目海管气体的二氧化碳纯度为 97.29%。中海油针对我国南海东方 1-1 气田终端二氧化碳特点，即二氧化碳纯度为 99.6139%，考虑采用管道输送。国内目前大部分输送管道的二氧化碳纯度在 99% 以上。

表 6 国内 CO₂ 管道气体组成汇总表 (mol%)

组分	齐鲁石化-胜利油田百万吨级 CO ₂ 管道	延长油田超临界含杂质 CO ₂ 管网	新疆油田百万吨级超临界 CO ₂ 管道示范工程	某油田管道	中海油某项目海管气体	东方 1-1 气田
CO ₂	99.2931	98.8042	99.5	98.6702	97.29	99.6139
CO	0.0363	0.7675	0.001	0	0	
H ₂	0.012	0.0435	0.001	0	0	
N ₂	0.6289	0.3305	0.18	0.5354	1.35	0.0777
CH ₄	0.0003	0.0135	0.15	0.08	0.36	0.3017
Ar	0.0095	0.0033	0	0.0226		
CH ₃ OH	0.0191	0.0053				
O ₂	0	0	0.001	0	0.84	
H ₂ S	0.0004	0.0109	0.001	0.0006	< 10ppm(wt)	
H ₂ O	0.0001	0.0213	0.006	0.005	< 200ppm(wt)	0
C ₂₊			0.0015	0.66	0.16	0.0067
SO _x			0.005	0.0131	< 200mg/m ³	
NO _x			0.005	0.0131		

(3) 国外 CO₂ 管道详细指标参数

美国金德摩根(KMCO₂)公司拥有 Cortez 二氧化碳管道、Canyon Reef Carriers 二氧化碳管道、Central Basin 二氧化碳管道，制定了二氧化碳质量标准，主要是针对 KMCO₂ 拥有和运营的超临界管道制定的。美国 Denbury 公司，拥有 NEJD 等管道，针对二氧化碳气流制定了管道规范，针对提高原油采收率过程提出二氧化碳质量要求，见表 7 所示。

表 7 KMCO₂ 和 Denbury 公司运行管道中 CO₂ 气流质量规范 (%mol)

序号	组分	KMCO ₂	Denbury公司
1	CO ₂	>95%	>95%
2	N ₂	<4%	<4%
3	烃	<5%	<5%
4	H ₂ O	0.0638% (30lb/MMscf)	0.047% (257ppmw)
5	O ₂	<0.0136% (10ppmw)	-
6	H ₂ S	0.00127%-0.0254% (10-200ppmw)	0.0015%
7	乙二醇	4.01×10 ⁻⁶ % (0.3gal/MMscf)	-

在美国运输的二氧化碳通常来自自然资源，其组成除含有二氧化碳外，通常还含有水、硫化氢、氮和碳氢化合物。各管道的具体二氧化碳组成见表 8 所示。国外除个别管道低于 95%以外，总体 CO₂ 纯度都高于 95%。

表 8 管道输送的 CO₂ 成分 (vol%)

	美国						美国和加拿大	挪威
组分	Cortez管道	Canyon Reef Carriers	Central Basin管道	NEJ D管道	Sheep Mountain管道	Bravo Dome管道	Weyburn管道	Sleipner管道
CO ₂	95	>95 (实际 85-98)	98.5	98.7-99.4	96.-97.4	99.7	96	93-96 vol%
CH ₄	1-5	2-15	0.2	0.3	1.7	-	0.7	
N ₂	4	<0.5	1.3	0.3	0.6-0.9	0.3	<300ppm	3-5vol%
H ₂ S	0.02	<200ppm	<20ppm (spec)	-	-	-	0.9	<150ppm
C ₂ ⁺	-	-	-	-	0.3-0.6	-	2.3	0.5-2.0vol%
CO	-	-	-	-	-	-	0.1	
O ₂	-	-	<10 ppmwt (spec)	-	-	-	<50ppmw	
H ₂ O	257ppmw	50ppmw	257 ppm wt		129ppmw	-	<20ppmv	饱和

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

《进入二氧化碳管道的介质质量要求》标准的制定参考了国内外相关标准，结合目前国内的实际情况，本标准采用了科学、可行的试验方法。

《进入二氧化碳管道的介质质量要求》标准与现行法律、法规、强制性国家标准及制定中的标准协调一致，不存在冲突关系。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

目前无重大分歧。

七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议作为推荐性标准发布。

八、贯彻国家标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

为进一步贯彻《进入二氧化碳管道的介质质量要求》标准，要求相关生产单位与用户的质量管理部门理解《进入二氧化碳管道的介质质量要求》标准的内容及其意义。具体贯彻标准的措施如下：

（1）组织措施：成立专门的工作组或委员会，负责标准的宣贯和实施监督。组织标准的培训和研讨会，提高相关执行单位对标准内容的理解和执行能力。通过门户网站、全国标准信息公共服务平台等渠道向社会公开征求意见，同时向涉及的其他国务院有关行政主管部门、企业事业单位和科研机构等相关方征求意见。

（2）技术措施：对于需要配套标准样品保证其有效实施的技术指标以及有关分析试验方法，制定相应的国家标准样品。推动标准与相应国际标准的制修订同步，加快适用国际标准的转化运用。

（3）过渡办法：明确标准的过渡期和实施日期，为相关单位提供足够的时间进行调整和准备。过渡期内，允许旧标准与新标准并行使用，以减少对企业运营的影响。对于重大分歧意见，应有明确的处理经过和依据，确保过渡期的平稳进行。

（4）配套使用的建议：鼓励采用国际标准和国外先进标准，与国际、国外同类标准进行技术内容对比，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比。对于以国际标准为基础起草的国家标准，应当符合有关国际组织的版权政策。

九、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定标准。

十、其他应予说明的事项

本标准立项审查会时，评审专家建议本标准名称修改为《进入二氧化碳长输管道介质质量要求》。

本标准的应用可能涉及危险物质及其操作和设备。但本标准没有说明与其使用有关的所有安全问题。本标准的使用者有责任制定适当的安全和健康措施，并在使用前确定其适用性或适用范围。