

氢气管道和天然气管道输送工艺对比

李彤彤（山东莱克工程设计有限公司，山东 东营 257026）

摘要：氢能是一种洁净环保、可储存、可再生的一次能源，在“2030年达到碳排放峰值，2060年实现碳中和”的愿景下，中国能源结构转型按下“加速键”。在碳中和和能源转型趋势下，氢能的应用已经进入快车道，此文分析氢气管道输送与天然气管道输送的区别，使用TGNET软件对氢气管道和天然气管道最大输气能力和单公里压降的区别。

关键词：氢气管道；碳中和；软件；对比

0 前言

氢是宇宙中最轻、也是含量最丰富的一号元素，氢能作为一种清洁、高效、可持续的能源，被视为21世纪最具发展潜力的清洁能源。发展氢能及燃料电池汽车，是我国实现碳达峰、碳中和的重要战略措施，是改变我国交通工具能源结构的社会性系统工程。

氢气是现在炼油工业和化学工业的基本原料之一，在广泛范围内氢以多种形式用于石油化学工业。目前国家正积极推动氢能交通的发展，氢能源公交、氢能源轨道交通和电动汽车、电动船将成为未来发展趋势。

氢气的储存方式，目前主要通过气氢拖车、液氢槽车和氢气管道三种方式运输。国内加氢站的外进氢气均采用气氢拖车进行运输，比较适用于运输距离较近、输送量较低、氢气日用量为吨级的用户。液态氢运输主要利用液氢槽车，液氢的单车运氢能力是气氢的10倍以上，运输效率提高，综合成本降低。但是该运输方式增加了氢气液化深冷过程，对设备、工艺、能源的要求更高。液氢槽罐车运输在国外应用较为广泛，国内目前仅用于航天及军事领域。

管道运输应用于大规模、长距离的氢气运输，可有效降低运输成本。我国已有多条输氢管道在运行，如中国石化洛阳炼化济源—洛阳的氢气输送管道全长为25km，年输气量为10.04万吨，管径DN500，设计压力4MPa；金陵—扬子氢气管道全长超过32km，其中17km在南京化工园区内架空敷设，最大年输量达4万吨，设计压力4MPa，管径为DN300。管道运输将成为未来氢气输送的发展方式。

1 氢气和天然气属性对比

常温常压下氢气与天然气相比，氢气具有密度小、最小点火能量低、爆炸区间范围宽、扩散系数大、火焰温度高等特点，因此氢气和常规天然气在性质上存

在一定差异（如表1所示）。

表1 氢气与天然气属性对照表

属性名称	氢气	天然气（甲烷）
相对分子量	2	16
标况密度	0.0899	0.719
易燃易爆	是	是
燃点	引燃温度 400℃	引燃温度 538℃
液化温度	-252.7℃	-161.5℃
爆炸范围	4.2%~75.7%	5%~15.4%
质量能量密度	142.9MJ/kg	55.8MJ/kg
标况运动粘度	109.69mm ² /s	17.07mm ² /s

实验表明氢气在空气中的最小点火能量远小于天然气，氢气燃烧的火焰传播速度远大于天然气燃烧的火焰传播速度；氢气的渗透速率一般是天然气渗透速率的4~5倍，具体取决于管输压力和管材性质等；空气中氢气的扩散系数约为天然气的4倍。

因氢气分子量小，同工况下单位体积流量的增压能耗较天然气增加10%~20%，单位距离输送摩阻损失仅为天然气管道的15%左右。

氢气和天然气在国家法规中既是危化品，又属清洁能源。相比较于天然气，氢气气源主要来自工业制氢或可再生能源制氢，属于工业产品或副产品。受制于制氢规模限制，单气源规模有限，且分布较为零散。氢气的主要应用分布于炼化、燃料两大领域，资源与市场特点决定了氢气的输送需求。

2 氢气管道和天然气管道输送工艺对比

选取DN300、DN400、DN500和DN600四种管径，按管道长度100km、200km、300km和400km计算管道的最大输气能力。设计压力按4MPa考虑，天然气管道流速不高于15m/s，氢气管道流速不高于10m/s。

各工况计算结果详见表 2 所示。

表 2 管道长度 100km 氢气和天然气管道对比

序号	管径 mm	设计压 力 MPa	起点压 力 MPa	末点压力 MPa		管道最大流速 m/s		最大输气能力 $10^8 \text{m}^3/\text{a}$	
				氢气	天然气	氢气	天然气	氢气	天然气
1	DN300	4	3.6	2.9	1.05	9.7	14.9	6.14	3.83
2	DN400	4	3.6	3.05	1.2	9.8	14.7	10.3	6.6
3	DN500	4	3.6	3.15	1.4	9.9	14.4	16.7	12.4
4	DN600	4	3.6	3.23	1.5	9.9	14.8	25.2	19.6

管道长度 100km 不同管径输气能力对比

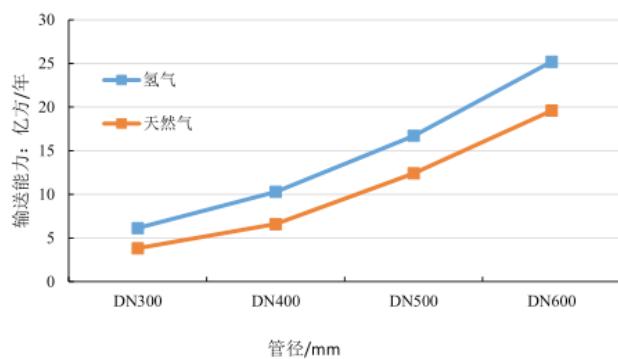


图 1 管道长度 100km 不同管径输气能力对比

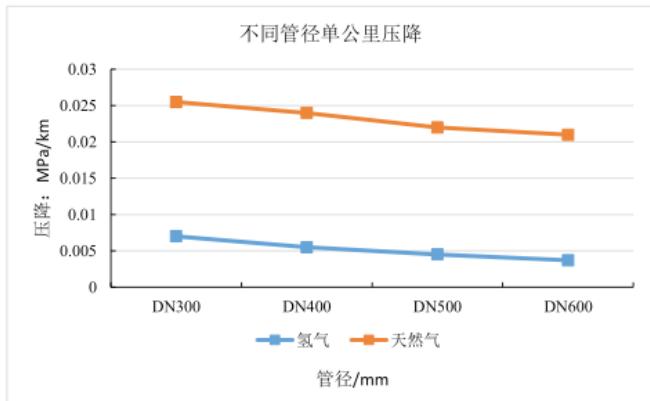


图 2 不同管径单公里压降对比

表 3 管道长度 200km 氢气和天然气管道对比

序号	管径 mm	设计压 力 MPa	起点压 力 MPa	末点压力 MPa		管道最大流速 m/s		最大输气能力 $10^8 \text{m}^3/\text{a}$	
				氢气	天然气	氢气	天然气	氢气	天然气
1	DN300	4	3.6	2.5	0.75	9.5	14.5	5.23	2.73
2	DN400	4	3.6	2.65	0.85	9.7	14.7	8.98	4.75
3	DN500	4	3.6	2.85	1.0	9.6	14.5	14.8	9.04
4	DN600	4	3.6	2.95	1.1	9.8	14.6	23.0	14.3

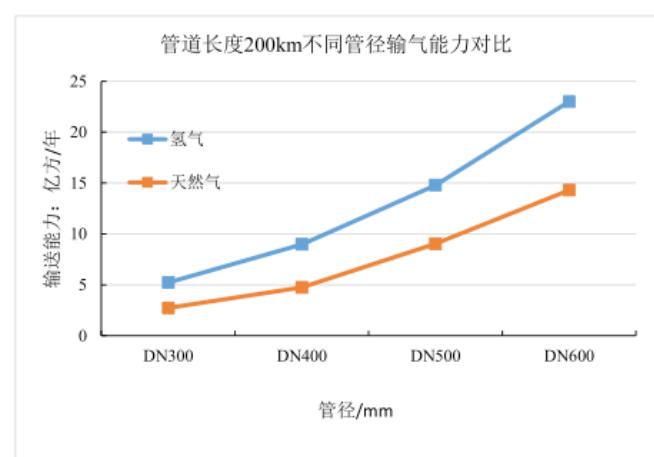


图 3 管道长度 200km 不同管径输气能力对比

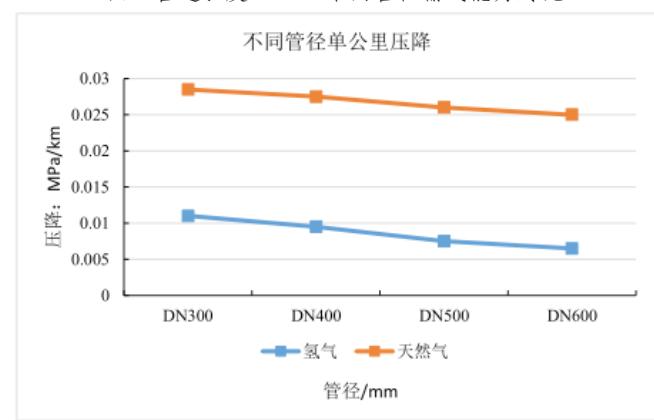


图 4 不同管径单公里压降对比
表 4 管道长度 300km 氢气和天然气管道对比

序号	管径 mm	设计压 力 MPa	起点压 力 MPa	末点压力 MPa		管道最大流速 m/s		最大输气能力 $10^8 \text{m}^3/\text{a}$	
				氢气	天然气	氢气	天然气	氢气	天然气
1	DN300	4	3.6	2.2	0.6	9.6	14.4	4.89	2.23
2	DN400	4	3.6	2.4	0.7	9.6	14.3	8.03	3.88
3	DN500	4	3.6	2.6	0.8	9.7	14.7	13.7	7.43
4	DN600	4	3.6	2.72	0.9	9.9	14.6	21.5	11.8

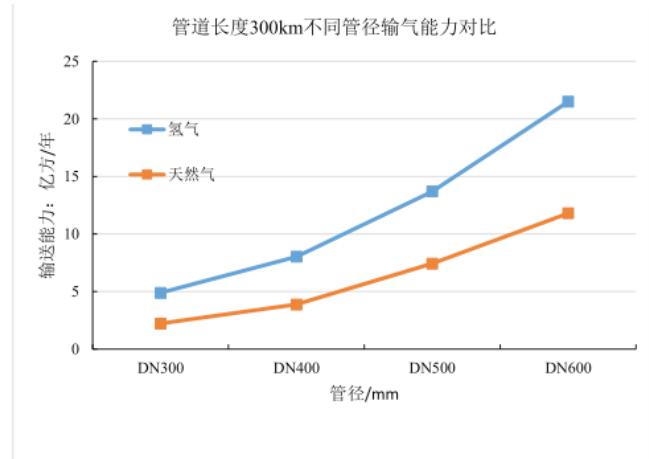


图 5 管道长度 300km 不同管径输气能力对比

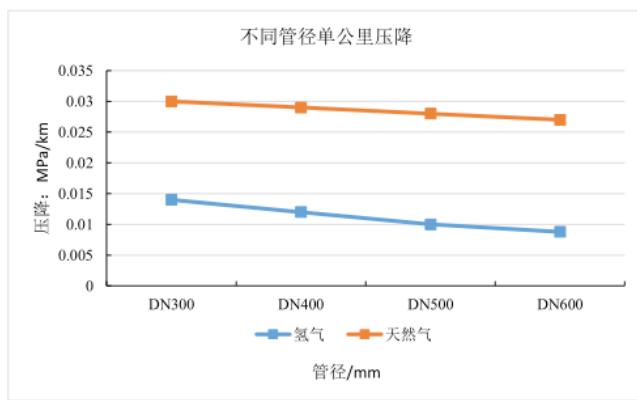


图 6 不同管径单公里压降对比

通过对不同工况对比,由于氢气的分子质量小于天然气的分子质量,在管道长度和管径相同的情况下,氢气管道的输气能力大于天然气管道的输气能力,氢气管道的单公里压降小于天然气管道的压降。

3 氢气和天然气节流效应分析

气体在管道内经过突然缩小的断面(如管道上的针型阀、孔板等),产生强烈的涡流,使压力下降,这种现象称为节流。通过对天然气和氢气节流分析,天然气节流后温度降低,氢气节流后温度上升。

4 结论

①常温常压下氢气与天然气相比,氢气具有密度

小、最小点火能量低、爆炸区间范围宽、扩散系数大、火焰温度高等特点,因此氢气和常规天然气在性质上存在一定差异。

②氢气的分子质量小于天然气的分子质量,在管道长度和管径相同的情况下,氢气管道的输气能力大于天然气管道的输气能力,氢气管道的单公里压降小于天然气管道的压降。

③通过对天然气和氢气节流分析,天然气节流后温度降低,氢气节流后温度上升。

参考文献:

- [1] 蒋庆梅,王琴,谢萍,等.国内外氢气长输管道发展现状及分析[J].油气田地面工程,2019,38(12):6-8.
- [2] 刘自亮,熊思江,郑津洋,等.氢气管道与天然气管道的对比分析[J].压力容器,2020,37(2):56-63.
- [3] 李志洪,范振宁.浅谈输氢管道与天然气管道建设的对比分析[J].中国化工贸易,2021(04):3-4.
- [4] 刘自亮,熊思江,郑津洋,等.氢气管道与天然气管道的对比分析[J].压力容器,2020(2):56-63.

作者简介:

李彤彤(1987-),女,汉族,山东东营人,高级工程师,硕士研究生,研究方向:油气集输及储运。

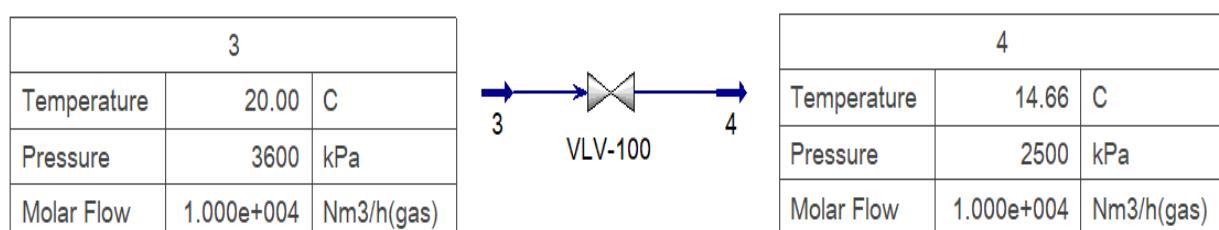


图 7 天然气管道节流效应模拟

