

碳中和背景下天然气掺氢关键技术与利用场景研究

王坤华

身份证号码: 411425198909058523

摘要: 当前, 社会发展进入新的阶段, 对于天然气能源的需求不断增加。在碳中和不断发展的背景下, 天然气掺氢的挖掘利用和关键技术的分析能够给为城市燃气, 工业生产和车用清洁燃料等等提供技术支持, 推动了氢气产业的大范围拓展。本文主要就在碳中和条件下天然气掺氢关键技术和利用场景展开分析。

关键词: 碳中和; 天然气掺氢; 关键技术; 利用场景

Key technology and utilization scenarios of natural gas hydrogen blending under the background of carbon neutralization

Kunhua Wang

ID No.: 411425198909058523

Abstract: At present, the social development has entered a new stage, and the demand for natural gas energy is increasing. Under the background of carbon neutral development, the mining and utilization of natural gas hydrogen mixing and the analysis of key technologies can provide technical support for urban gas, industrial production and clean fuel for vehicles, and promote the large-scale expansion of the hydrogen industry. This paper mainly analyzes the key technologies and utilization scenarios of natural gas hydrogen mixing under carbon neutrality.

Keywords: Carbon neutrality; Natural gas hydrogen mixing; Key technology; Utilization scenarios

联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)在《2020年排放差距报告》中指出“控制碳排放、达成碳中和是控制全球升温的关键”。截至2021年4月, 全球已有100多个国家正式通过、宣布或承诺在21世纪中叶左右实现净零排放目标。2021年国务院政府工作报告中指出, 扎实做好碳达峰、碳中和各项工作, 制定2030年前碳排放达峰行动方案, 优化产业结构和能源结构^[1]。氢能具有无碳化和可再生的特点, 是实现交通运输、传统工业和建筑等领域大规模深度脱碳的终极能源, 是实现终端能源消费碳中和的重要途径, 也是未来能源体系的重要组成部分。当前, 结合我国氢能利用的实际, 氢燃料电池汽车是比较重要的发展趋势, 受到人们的广泛关注。天然气掺氢是氢能运用的主要途径之一。天然气掺氢技术的运用, 能够有效的挖掘氢能运输和大规模运用的空间, 对于氢能产业的可持续发展和低碳节约型社会建设有重要

意义。

一、国内外天然气掺氢的应用现状

天然气掺氢主要是把一定比例的氢气投入到天然气之中构成新的混合气(HCNG)。通常情况下, 天然气掺氢混合物的物性和热力学状态等相关参数可以结合常规的天然气进行计算^[2]。

美国天然气技术研究院、美国国家能源局、加拿大滑铁卢大学等都针对掺氢天然气与材料相容性、氢气渗透/泄漏与积聚、燃烧与爆炸、掺氢对终端用户的影响、完整性管理等天然气掺氢安全性问题进行了深入研究, 但在应用示范方面较少。欧洲地区开展了多处掺氢示范项目, 掺氢比例2%~20%不等, 掺氢量最大为285Nm³/h, 示范应用范围局限在局部范围。多个国家针对天然气管道中运行氢含量做出了规定。法国GRTgaz, GRDF, Elengy及其它天然气管道运营商建议政府到2030年允许混入10%的氢气, 2030年后混入的比例可以可达20%。德国

E.ON的子公司Avacon计划将其天然气管道网的氢混合率提高到20%^[3]。

天然气掺氢有关的运用技术逐渐被深入探究,天然气掺氢相关应用技术在2000年之后开始被深入研究。IEA数据显示^[4],截止2021年年底,全球各国共有57个示范项目正在研究天然气网络中掺氢,全球多个国家包括日本、荷兰、德国、法国、俄罗斯等均有天然气掺氢的项目案例。2021年12月23日,国家电投荆门绿动电厂在运燃机,成功实现15%掺氢燃烧改造和运行,机组具备了纯天然气和天然气掺氢两种运行模式的兼容能力。国家电投所属北京重型燃气轮机技术研究有限公司预计2022年6月30日正式启动30%掺氢燃机试验示范项目,该项目计划分为两期:一期2021年12月底开展15%掺氢燃烧;二期2022年底开展30%掺氢燃烧,届时机组将具备0%~30%掺氢运行条件下自由切换的灵活性。

二、天然气掺氢关键技术研究

1. 天然气混氢设备

天然气掺氢技术中的主要设备包括以下3个方面^[5]:

(1) 掺氢天然气混气系统,主要包括制氢设备、氢气缓冲罐、混气装置等;

(2) 掺氢天然气管道,主要包括管材、仪表、阀门等;

(3) 掺氢天然气适用的终端设备,主要包括民用燃气具、工业锅炉、燃气内燃机和燃气轮机等。

2. 天然气管道掺氢关键技术

在天然气掺氢项目实际中,天然气主要来自于原天然气管网,氢气起始时期是气体公司借助管束车进行供气,利用相关的氢气管道运输到电厂之中。由于氢气的迅速燃烧并且温度范围比较大,在燃机之中运用掺氢天然气有一定的闪回风险。在这个项目之中,燃气轮机氢气含量的变化范围是 $\pm 0.5 \text{ vol\%/s}$,压力需要维持在燃气轮机规定的范围之内。所以,对于混气管道的掺氢精准对和平稳性有很高的要求。

(1) 流量随动式掺氢天然气混气技术

流量随动式混气撬是在天然气加氢工艺中最重要的设备,决定了天然气与氢气混合的浓度和纯度。流量随动式混气撬以流量、压力相对稳定的天然气介质作为主动气源,氢气作为随动气源进行混合,通过主动气源的压力来控制随动气源的压力,同时又通过色谱分析仪控制随动气源进入混合器的流量,可以有效地控制混气精度,使混气均匀度更高。

(2) 掺氢天然气管道输送技术

掺氢天然气与材料的相容性研究。天然气成分的不同和氢的加入对管网材料的影响程度也存在差异。因此,在研究掺入氢气的影响时,应根据管网实际的输送气体成分开展论证,研究操作压力、氢气浓度对城镇燃气管道的影响,从管材强度、硬度、化学元素、韧性等方面进行适应性分析,进而得出此条件下管道需要采取的相应措施。

掺氢天然气管道的完整性管理。管道的安全运行离不开完整性管理,现有的完整性管理基于输送天然气管道的操作条件,加入氢气改变管道的使用环境影响裂纹扩展速率和现有缺陷引起的失效模式。

掺氢天然气对燃气管网设备的影响。储存设备:天然气储罐、储气井;增压设备:调压箱、活塞式压缩机、离心式压缩机、涡轮机等;阀门设备:各种阀门;仪表:计量、监测等^[6]。

掺氢天然气泄漏与集聚。管道输送过程中掺氢天然气的泄漏是一种连续泄漏,通常会产生产生气体集聚的现象,可引起窒息危险,遇明火容易发生燃爆。故需对气体的泄漏与集聚进行研究。泄漏可以分两种情况:一种是渗漏,主要发生在管道壁面和接触密封处,渗漏速度较慢;另一种是意外情况下的泄漏,主要是由自然灾害及操作问题等引起的泄漏,泄漏速度较快。

掺氢天然气的燃烧与爆炸。掺入的氢气增加了火焰速度,进而可能导致剧烈的燃烧甚至发生爆炸危险发生的形式主要有完全受限空间、部分受限空间和开放空间的燃烧爆炸和管道快速泄漏产生的高速喷射火焰。

天然气掺氢之后,其管道的本体,焊缝,配件和压缩机等都裸露在高压富氢环境之中。除了常规天然气管输存在土壤腐蚀,应力腐蚀和酸性气体的腐蚀之外,伴随氢气含量的逐渐增加,一些局部氢浓度饱和会导致管道材料的塑性逐渐降低,导致天然气管道出现裂缝或者滞后断裂,出现氢脆情况,与此同时,因为氢气会与管线钢中的碳进行反应产生甲烷,导致钢脱碳和出现微裂纹,使得钢的力学性能出现不可逆的劣化。因此,为了保障掺氢管输的安全性,需要对高压富氢环境中掺氢天然气与管材的相容性进行科学研究。掺氢天然气管道相容性分析的重点是针对管道运行的状态,明确材料典型力学性能与掺氢比和输送压力等之间的相互影响关系,研究不同掺氢比条件下管材能否适应或需要运用的相应措施。

三、天然气掺氢的利用场景

1. 天然气掺氢用于城市燃气领域

掺氢天然气用于城市燃气领域主要是作为民用或商业用燃料,需保证天然气掺混氢气后无需对终端燃具进行改造。不同国家和地区的天然气成分有所不同,掺氢天然气与天然气互换性需要立足于实际进行判别。在安全适应性方面,主要结合燃气具在使用掺氢天然气过程中的点火特性、火焰稳定性等燃烧安全性能进行研究。在燃烧特性方面,主要根据掺氢天然气在燃具内燃烧时一次空气系数、热负荷、热效率等物性参数的变化规律展开研究,掺氢比对家用燃气灶、热水器、壁挂炉3类燃具燃烧特性有重要影响。在排放性能方面,立足于室内安全问题,主要针对掺氢对烟气中CO和NO_x排放的情况进行分析^[7]。

2. 天然气掺氢用于工业领域

掺氢天然气在工业领域主要是在工业锅炉和燃气轮机中运用,国外相关研究项目比较多。研究表明^[8],在天然气中掺混适量的氢气能够提升燃气轮机运行的高效性,减少CO₂的排放,实现“绿化”天然气的目的。此外,利用工业副产氢,能够有效减少天然气的用气量,缩减锅炉成本。就安全适应性来说,欧盟NATURALHY项目经过对工业掺氢天然气的溢出和爆炸行为的大量研究,结果显示掺氢天然气的气体聚集性、溢出特性和天然气有共同性,掺氢能够提升工业天然气爆炸的严重性,但是20 vol%掺氢比以内影响可忽略不计。就燃烧特性来说,掺氢天然气燃料测试在J系列燃气轮机预混合燃烧器中进行,掺氢比为30%,涡轮机入口温度为1600℃,能够产生700兆瓦(MW)输出。就排放性能来说,区别于城市燃气领域中的掺氢天然气烟气中CO和NO_x的排放,在工业领域和车用清洁燃料领域,掺氢天然气与天然气相比的能够缩减碳排放,因此,研究人员更加关注CO₂和NO_x的变化规律。

3. 天然气掺氢用于车用清洁燃料领域

国家标准GB/T 34537《车用压缩氢气天然气(HCNG)混合燃料》对车用HCNG技术指标进行了规定,在动力性能研究方面,国内的一些研究表明^[9],当掺氢比增加时,放热率,最高爆发压力,最大压力升高率和缸内最高燃烧温度等先降后升;转速越大掺氢比对天然气燃烧特性的影响就越大。在排放性能研究方面,

当天然气掺氢之后,发动机热效率提升,NO_x排放量逐渐减低,燃烧过程得到优化,然而,掺氢比如果过高存在发动机爆震的隐患。掺氢比如果过低,对发动机的性能和排放改善比较有限,因此20 vol%是兼顾动力性能、经济性能和排放性能的科学掺氢比。天然气掺氢可以有效的减少汽车尾气的排放,起到保护环境的作用。

四、结束语

总而言之,氢气是一种新型的能源,具有比较好的发展空间。当前,氢气产业发展还在起始时期,相关的工作人员借助对天然气掺氢和关键技术的研究,在城市燃气,工业生产和车用清洁燃料等方面得到有效运用,为天然气掺氢行业的发展提供了有力支持。

参考文献:

- [1]沈丹丹,姚才华,刘京京.碳中和背景下天然气掺氢应用与关键技术研究[J].上海节能,2022,(3):277-282.
- [2]王震,孔盈皓,李伟.“碳中和”背景下中国天然气产业发展综述[J].天然气工业,2021,41(8):194-202.
- [3]秦锋,秦亚迪,单彤文.碳中和背景下氢燃料燃气轮机技术现状及发展前景[J].广东电力,2021,34(10):10-17.
- [4]刘京京,李志军,何宏凯.天然气掺氢技术发展现状及相关标准体系[J].上海煤气,2022,(1):28-31.
- [5]廖倩玉,陈志光.天然气管道掺氢输送安全问题研究现状[J].城市燃气,2021,(4):19-26.
- [6]郝珍,李闯,朱艳兵,袁先明,陈晓东.我国天然气掺氢可行性分析[J].云南化工,2021,48(10):94-96.
- [7]王洪建,熊思江,张晓瑞,王沐,孙明焯,王卓群,吴荣,福鹏.天然气掺氢技术应用现状与分析[J].煤气与热力,2021,41(10):12-15+45.
- [8]潘耕裕,臧子璇,黄小美,杜建梅,赵伟,李军明.天然气掺氢输送与应用安全性研究综述[J].煤气与热力,2021,41(09):29-35+43-44.
- [9]任若轩,游双娇,朱新宇,岳小文,姜振超.天然气掺氢输送技术发展现状及前景[J].油气与新能源,2021,33(4):26-32.