

# 变送器在氢能制备项目的应用研究及发展趋势

杨 越 (重庆横河川仪有限公司, 重庆 400000)

**摘要:** 随着全球气候变化巨大, 所以实现碳中和对于达成可持续发展目标具有重要作用。由于氢能有无污染、能量转换效率高、来源方便等特点, 在促进“制-储-运-用”的发展过程中起着十分重要的作用。在整个过程中的工艺状态监测与控制离不开变送器的应用。一方面, 其拥有着先进的传感技术优势; 另一方面对实现“制-储-运-用”提供全过程有效的测量解决方案。本文详细介绍了了变送器在氢能行业中的应用及氢能项目中变送器遇到的技术问题和解决方案。

**关键词:** 氢能; 应用研究; 技术难点; 发展趋势

**中图分类号:** TE6      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 007-0025-03

## Application Research and Development Trend of Transmitter in Hydrogen Energy Production Project

Yang Yue (Chongqing Henghe Chuanyi Co., Ltd., Chongqing 400000, China)

**Abstract:** Given the severe global climate change, achieving carbon neutrality is pivotal to realizing the Sustainable Development Goals. Hydrogen energy, with its pollution-free nature, high energy conversion efficiency, and abundant availability, plays a vital role in advancing the “production-storage-transportation- application” cycle. Transmitters are indispensable for process condition monitoring and control throughout this process. They not only leverage cutting-edge sensor technology but also provide comprehensive measurement solutions for the entire hydrogen value chain. This paper details the application of transmitters in the hydrogen energy sector, along with technical challenges and their solutions in hydrogen energy projects.

**Keywords:** hydrogen energy; applied research; technical challenges; development trends

### 1 氢能概念

氢能, 即氢和氧进行化学反应释放出的化学能, 是一种二次清洁能源, 被誉为“21世纪终极能源”, 也是在碳达峰、碳中和的大背景下, 加速开发利用的一种清洁能源, 能帮助可再生能源大规模消纳, 加速推进工业、建筑、交通等领域的低碳化。2022年, 《氢能产业发展中长期规划(2021-2035年)》发布, 确定氢能为未来中国能源体系的重要组成部分。在全球其他地区, 超过30个国家发布了氢能发展相关政策, 如欧盟发布《欧盟氢能战略》推动氢能在各领域的应用, 美国通过《通胀削减法案》降低本土可再生氢能生产成本等。

### 2 氢能优势

①生态友好: 与传统的化石燃料不同, 其燃烧后的唯一产物是水, 不产生二氧化碳、氮氧化物等有害气体, 在使用过程中几乎无污染, 与全球降低碳排放的目标契合。

②高效性: 氢燃料电池的发电效率高达到50%以上(约汽油3倍, 酒精4倍, 煤炭5倍)。燃料电池能够将化学能直接转换为电能, 没有热能和机械能(发电机)的中间转换, 远高于传统内燃机效率。

③储运方式多样: 光伏、风电等可再生能源近年

来获得快速发展, 装机量不断提升, 但也具有波动性和间歇性等短板。氢储能的技术方法多元化, 可以利用可再生能源发电制氢后, 再以气态液态存储于高压罐中, 或者以固态存储于储氢材料中, 通过规模与距离进行适配, 可以成为解决电网调峰和“弃风/弃光”等问题的重要手段, 但也需要平衡好成本与安全性。

④应用场景广泛: 氢能既可以用作燃料电池发电, 应用于汽车、火车、船舶和航空等交通领域和作为能量载体应用于电力领域, 也可以单独作为燃料气体或化工原料进入生产应用于工业领域, 同时还可以在天然气管道中掺氢燃烧, 应用于建筑供暖领域等。

### 3 氢能发展现状及发展趋势

#### 3.1 需求不断增加

氢能源应用的扩大促使世界各国普遍把对氢能的重视提到了国家的战略高度上来。据统计截至2024年50余个国家和地区的氢能战略已经陆续出台。另外国际能源机构预计到2030年, 主要经济圈内规划的可再生氢能项目装机规模达5000万吨以上。2020-2050年期间, 可再生能源发电占比将由2020年的28%提升至2050年的91%, 在此期间, 氢占比也由将从1%上升到14%。主要经济圈均会把氢能产业的发展作为推动低碳能源转型的一项重要战略任务。

### 3.2 成本持续下降

中国拥有全球最大的可再生能源装机量，支撑着低成本氢能产业的发展。氢气生产技术持续进步、规模化生产效应逐步凸显，氢的生产、运输成本将持续走低。中国氢能联盟预测，2030年可再生能源制氢的平均成本有望低于25元/kg。2035年，可再生能源制氢能够与现在的制氢技术展开市场比拼。到2060年，可再生能源制氢将会在能源结构中有不少经济性收益，可以促进氢能商业化的快速发展。

### 3.3 国家政策扶持

近期国家、地方频发“绿氢”扶持政策，三部委发文要求进一步支持广州南沙开展氢能及可再生能源开发利用。安徽、海南、成都等地也陆续发布了氢能发展的相关规划，有望加快产业发展速度。截至目前，2023年全国签订、核准和公示的绿氢项目数量累计达到了74个，项目规划总投资超过了4700亿元，在全部建成之后将新增绿氢产能达到280万t/a，直到2024年为止绿氢项目的增量就达到了100多个。

## 4 变送器原理

作为变送器的一种检测手段，在工作原理上会将检测的非电物理量（比如温度、压力、流量等信号）采用CPU得方式进行相应处理，然后转化成4~20mA的标准电流信号或者是1-5V标准电压信号，这两种信号也是在工业界应用最多的两种信号。一般来讲，变送器是由传感器以及信号处理电路两大块组成。一个是用来感应非电量的信号的，一个是用于把由传感器发出的信号进行放大、滤波、线性化等一些信号处理工作，并最终处理成我们所需的各种标准的电信号，来用于之后我们数据得处理、传输和控制。

不同类型的变送器适用于与自己特点相关的领域，因此我们要根据其用途，选择合适的变送器种类。

①压力变送器：这类型的压力变送器大多用在氢气的制备、存储及运输过程中。储氢罐本身就存在高压、易燃易爆等特点，若管理压力过大时容易发生爆炸。这时候就需要使用到压力变送器，持续地去检测储氢罐内压力的变化，并能时刻提醒工作人员注意其中可能存在的危险，避免危险的事情发生。另外，在加氢站，压力变送器当仁不让的是作为“眼睛”、“耳朵”，将加氢站内的压力变化变成电信号，能够实时监测氢气的压力，并精确地控制和反应，确保加氢站能安全、稳定运行。

②温度变送器：适用于需要精确控制过程温度的工艺场景。如电解水制氢过程用温度变送器安装在电解槽的氧侧分离器上，实时监测电解槽温度并将信号转换成4~20mA标准电流信号，传到中央控制系统，

并通过控制系统比较预设温度，把温控信号反馈给控制系统，通过控制系统来调节加热功率成为对温度的闭环自动控制，从而确保制氢效率与质量。

③流量变送器：这类型变送器主要用于氢气管道运输以及加氢站加注等场合，可以实现对氢气流量精准测量，并提供稳定的信号给系统，可用于对整个系统实现优化运行，并且避免出现氢气聚集或泄漏的情况。

此外，基于以上背景，在复杂的高腐蚀性或者强电磁干扰的环境条件下，使用了特殊结构的结构（如耐高压处理），或者采用更先进制的造工艺（比如防氢渗透）来制造的变送器，它本身的稳定性和精度也会得到较大的提示，可以更好地满足工业生产的需要。

## 5 氢能项目的主要环节及变送器解决方案

### 5.1 氢能项目的主要环节

#### 5.1.1 氢气制造

发展氢能的目标是能源“去碳化”，只有通过无碳能源生产“绿色的氢”，才能实现这一目标。电解水制氢是目前工业化应用的制氢技术中接近零碳排放的制氢技术。时下主要的水电解技术有四种：碱性水电解（ALK）、质子交换膜水电解（PEM）、阴离子交换膜水电解（AEM）和固体氧化物水电解（SOEC）。以碱式水电解（ALK）为例，通过碱式电解槽以KOH等碱性水溶液为电解质，采用无纺布（含氟或氟氯聚合物）等作为隔膜，在直流电的作用下，将水电解生成氢气和氧气。

#### 5.1.2 氢气储存及运输

现阶段的储氢方式主要有压缩氢气储存、液态氢气储存以及固态氢气储存等方式。氢气本身具有易燃、易爆的特点，故安全性是储氢必须重视的重要问题之一。

①压缩储氢：将氢气加压到高压容器中进行储存。但储存压力过高时会增加储存容器的重量和体积，而且储存容器必须定期维护和检测，以确保其安全性。

②低温液化储氢：在极低温度下，氢气可以从气态转化为液态。在临界压力值的前提下，通过将氢气冷却至其临界点以下的温度（-252.87℃），使其转变为液态，然后储存。

③固体储氢：某些金属基合金材料或碳基材料具有吸收氢气的的能力，可以通过物理吸附或化学反应将氢原子嵌入金属/合金晶格中，与金属原子发生化学键合，形成金属氢化物实现稳定储存。

④化学储氢：将氢气与其他物质进行反应形成化合物进行储存，然后通过加热、催化等方式触发逆反应，再释放氢气。

针对不同的应用场景可灵活选择适宜的储氢技

术,实现多种氢气存储方式的应用,并适用于能源存储、运输及应用等不同场景中的储氢方案。

## 5.2 变送器在氢能各环节中的应用

### 5.2.1 压力变送器的应用

在制氢过程中,电解水制氢是一种最常见的绿色方法,压力变送器起到的作用很重要。电解水制氢是在一定的压力下,电解槽装置通入直流电将水分解为氢气和氧气。而压力变送器是要求其能对压力变送器测得的物理量信息,实时监测并把测得的信息传递给控制系统,该过程能为氢气产量的提高起到关键的作用。而且压力变送器可以实时精确地检测到压力的大小,当电解槽内部的压力出现变化的时候就能及时预警并为机器提供精确压力大小数据,从而避免由于压力出现波动导致安全事故或是造成机器设备遭到损坏等情况的发生。除了不同的制氢技术在高压条件下的碱性电解和质子交换膜电解等的不同生产方式下的对压力变送器的要求也会有所不同,同时也需要其具备良好的稳定性。在实际应用当中还应该考虑到是否会出现氢渗现象的问题,这种问题通常会出现在高温高压的工况下,如何避免这类问题导致影响氢气的测量,此后文再述。

### 5.2.2 温度变送器的应用

温度变送器在氢气生产环节中是先对电解槽内部的温度进行实时监测和调整,以此来保障制氢效率与安全。在运行过程中,通常需要保证运行时温度维持在 $85^{\circ}\text{C}$ ~ $95^{\circ}\text{C}$ 范围内,当温度过高或过低时会影响电解效率、电耗、及产品的纯度。例如:质子交换膜电解技术中,温度过高会使得质子交换膜材料、电极材料等发生降解或结构改变,温度过低会使反应速率下降电解效率较低。通过对电解槽内温度分布情况进行实时监测,温度变送器为控制系统提供准确的信息,可以实现控制系统的精准温控,保持恒定的温度值。这也要求温度变送器要有较快的响应速度才能使制氢系统能够更加稳定的运行。其次对于温度变送器而言,在高温高压下使用长期稳定性是一大难题,需要通过改进温度补偿算法及材料优化设计等手段提高温度变送器的技术水平。

### 5.2.3 液位变送器的应用

液位变送器能够对储氢罐的液位进行测量,确保不会出现溢罐或者空罐的现象。在液态氢储存系统中要求严格控制液位,如果液位过高就容易造成储罐超压,液位过低也会影响供氢系统的稳定性。如超声波或雷达液位变送器通过非接触式测量技术来获取储氢罐的液位,同时还能将数据反馈给控制系统,这样不仅可以避免以往使用传统的机械式液位计由于介质腐蚀或者堵塞等问

题而带来的问题,而且还能够应用于高温高压以及腐蚀性的液体,并且具备高的精度和可靠度。

### 5.2.4 流量变送器在管道运输中的应用

流量变送器是在氢气管道输送过程中用于检测、控制氢气流量的产品,以达到运载过程中高效安全的目的。流量变送器精度高、测量范围宽,可以满足各种工况下流量的变化。目前在氢气管道运输中得到应用的有超声波流量计的速度-面积法和超声波原理(时差法),它们可实现实时监测氢气流量,并根据数据得出最有效的管道运输方案。伴随着可再生能源的发展,将氢气管道运输与风能、水能等清洁能源联系起来是大势所趋,所以流量变送器在未来的校准和测量都要具有更高的精度水平才能够满足氢气管道运输对变送器的功能需求。在此基础上,其今后的性能应向复杂工况条件倾斜。

## 6 结语

随着智能化与数字化技术的发展,为了满足不同需求的应用场景,变送器朝着更高精度、更高稳定性、更智能化方面发展的同时,其小型化、无线化、集成化趋势也日益明显,为氢能项目的运行管理提供了重要技术支撑。由此可见,变送器不仅是氢能项目中的重要组成部分,更是推动氢能产业化发展的关键驱动力。随着变送器与物联网、大数据及人工智能技术的深度融合,压力变送器正逐步实现远程监控、数据上传与智能分析等功能,将为氢能项目的智能化管理提供全新解决方案。未来研究还应重点关注变送器在特殊、复杂工况下的适应性、长期稳定性、智能化方向。这些研究方向将为变送器在氢能“制-储-运-用”全链条及多元储能系统的压力监测提供理论和技术支持,助力氢能产业的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 高彬彬,顾幸生.压力变送器研究现状及发展趋势[J].自动化仪表,2024,45(1):1-7.
- [2] 李梦娜,李春辉.基于校准与测量能力分布探析我国流量计量研究方向[J].计量学报,2022,43(7):885-891.
- [3] 倪耀琪,朱恒恺.“双碳”目标下氢能发展机遇、难点与路径选择[J].现代化工,2024,44(2):1-8.
- [4] 代辉,宿建,朱天宇.气化炉及洗涤塔液位测量问题及解决方式[J].仪器仪表用户,2017,24(6):56-59.
- [5] 刘坤超.环境氢脆下压力变送器的选型及应用[J].石油化工自动化,2016,52(5):25-27.

### 作者简介:

杨越(1989-),女,汉族,重庆人,中级工程师,本科,研究方向:工业仪器仪表。