

# 压缩机技术在氢能中的应用研究

李 林 赵宝容

中国葛洲坝集团机电建设有限公司 四川成都 611130

**摘 要：**氢能代表着未来能源高效清洁的发展趋势，氢能的开发和利用是一个巨大的产业链，发展“氢能经济”有望成为经济发展的新的增长点。通过对压缩机的工艺流程及实际应用进行分析，阐明压缩机在氢能生产、储存、运输和利用中的核心作用。提出一些技术改进和创新方向，解决了氢能利用过程中效率低、成本高、可靠性差等关键问题，为氢能的大规模应用提供了坚实的技术保障。展望未来，随着技术的不断创新和应用的深入，压缩机技术将在氢能分布式应用中发挥更为重要的作用。

**关键词：**压缩机技术；氢能；新能源

## 引言

随着化石燃料耗量的日益增加，其储量日益减少，终有一天这些资源、能源将要枯竭。这就迫切需要寻找一种不依赖化石燃料的储量丰富的新的含能体能源。氢正是这样的二次能源。氢位于元素周期表之首，常温常压下为气态，超低温高压下为液态，是一种理想的新的含能体能源。氢的应用领域非常广泛，可用于能源储存、燃料电池车辆、工业生产以及航空航天领域。特别需要关注的是氢气在燃气轮机、内燃机和喷气发动机方面的应用。

## 1 氢能源概述

### 1.1 氢的分布

氢分布很广泛，水就是氢的大仓库。在常温常压下，氢以气态存在于大气中，但它的主体是以化合物——水的形式存在地球上。氢约占水质量的11%。海洋的总体积约为 $13.7 \times 10^8 \text{m}^3$ ，若把其中的氢提炼出来，所产生的热量是地球上矿物燃料的9000倍。按质量计，在地壳里大约有1.0%的氢；若按原子百分比计，则占17%。矿物中石油、煤炭、天然气、动物和植物等也含有氢，都是碳氢化合物。同时，氢气在燃烧过程中又能够生成水，循环往复。氢能资源可以说是无穷无尽的，不仅符合大自然的循环规律，也不会破坏生态平衡。氢以游离气态分子分布在地球的大气层中。在对流层和平流层，几乎没有氢；在地球大气内层80~500km之间，氢占50%；在地球大气外层500km以上，氢占70%。氢也是生命元素：在人体内（鲜重70kg）氢占10%（氧61%、碳23%、氮2%、钙1.4%、磷1%），氢在人体内是占第3位的元素，

排在氧、碳之后，也是组成一切有机物的主要成分之一。

### 1.2 氢的性质

#### 1.2.1 氢的物理性质

氢位于元素周期表中第一位，原子序数为1，原子量为1.008，分子量为2.016。在通常情况下，氢气是无色无味的气体。氢极难溶于水，也很难液化。氢气在 $-252.77 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时，变成无色的液体；在 $-259.2 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时，能变成雪花状的白色固体。在标准状况下，1L氢气的质量为0.0899g。氢气与同体积的空气相比，质量约是空气的1/14。氢是最轻的气体，可用向下排空气法收集氢气。

#### 1.2.2 氢的化学性质

氢气在常温下比较稳定。除氢气与氯气在光照下化合、氢与氟在冷暗处化合外，其余反应均需在较高温度下才能进行。在较高温度下，特别是催化剂存在时，氢很活泼，可燃，能与多种金属、非金属反应。氢气与活泼金属如钾、钠、锂、钙、镁等作用，生成氢化物，可获得一个电子，呈负一价。氢气与非金属如氧、硫、氟、氯等反应，失去一个电子呈正一价<sup>[1]</sup>。高温和催化剂存在的条件下，氢气可对有机化合物中的不饱和官能团进行加成，使不饱和化合物变成饱和化合物。氢虽然无毒且无腐蚀性，但对氯丁橡胶、氟橡胶、聚四氟乙烯、聚氯乙烯等具有较强的渗透性。氢气和氧气（或空气中的氧气）在一定条件下，可以发生剧烈的氧化反应（即燃烧），并释放出大量的热。

## 2 压缩机技术在氢能中的应用

### 2.1 加氢站用隔膜压缩机

氢气由槽车运输至加氢站后通过压缩机加压，达到

目标压力后送入储氢设备存放。当燃料电池车驶入加氢站进行加氢时再通过压缩机将氢气从储氢设备中取出,由加注设备注入车中,完成全部工作过程。在隔膜压缩机运行中压缩气体与润滑油完全隔离,可以保证气体纯度;膜腔的表面积与容积的比值大,被压缩气体散热好,可以实现较高的单级压比;与传统的活塞式压缩机相比,隔膜压缩机没有类似于活塞的结构向外界泄漏,具有极好的密封性,适合用于对氢气进行压缩,成为加氢站的主要加压设备类型<sup>[2]</sup>。目前隔膜压缩机的设计存在很多难点:膜腔型线膜片受力不均,容易疲劳破损;压缩机外置管路过于复杂,导致运行中出现接头渗漏现象,频繁维护;材料选取困难等。这都需要进一步加强研究,并加以解决。

### 2.2 燃料电池空气压缩机

燃料电池系统主要由燃料电池堆、空气供应、氢气供应、热管理及水管理等5个子系统组成。其中,空气供应子系统总成本约占燃料电池系统成本的20%,能耗约占燃料电池输出功率的20%左右,占辅助系统总能耗的80%。螺杆式压缩机作为燃料电池用空气压缩机的一种,因其结构简单、可运行工况范围广、动力平衡性好、维护周期长等特点,被世界各国广泛研究并作为燃料电池系统空气压缩机的主要选择机型之一。国内某公司开发的燃料电池空气压缩机,压缩腔无油设计,转子采用优化设计的高精度同步齿轮传动,定位精度高,传动性能优,可靠性高;冷、热态综合优化间隙设计,减少内部气体泄漏,提升压缩机容积效率;滚动轴承采用油、脂润滑组合,简化了系统<sup>[3]</sup>。自主研发了多功能集成密封技术,有效避免压缩气体的油污染;采用高效型线,运转平稳,密封性好。燃料电池空气压缩机的开发,不仅给企业带来了良好的经济效益,而且促进了氢能储运技术的突破,实现了核心部件的国产化批量生产,提高了燃料电池系统总体技术水平,为氢能和燃料电池产业发展提供坚实的技术支撑。

### 2.3 氢液化用氢气螺杆式压缩机

就液氢产能看,北美占全球85%以上,其中美国本土占大多数,液氢产能达到326吨/天。亚洲液氢总产能在38.3吨/天,其中日本占据2/3。中国液氢总产能仅为

4吨/天。另外,中国液氢生产成本高达500元/千克,是美国的20倍以上。国内某企业已经开发出氢制冷机和氢液化机,打破了国外的技术垄断,提供了氢液化、液氢储运及加氢站的全套解决方案<sup>[4]</sup>。利用氢透平膨胀机可以满足深低温(20K以下)的大冷量需求,例如在液化装置中液化沸点极低的气体。在氢液化系统中,先通过氢螺杆式压缩机获取高压氢气,通过氢气膨胀制冷,使氢气液化,同时大多数杂质(如氮气、氧气、二氧化碳、水等)先于氢气低温分离,进一步提高了氢气的纯度。

### 2.4 工艺流程用氢气输送压缩机

目前国内采用氢膨胀制冷的氢液化装置产量较小,中大型氢液化装置( $\geq 5t/d$ )多采用液氮预冷 Claude(克劳德)循环,在美国、德国等都已经投入运营。氢气输送压缩机广泛应用于丙烷脱氢、清洁冶金等工艺流程,以丙烷脱氢为例,工艺要求压缩的氢气量为 $65000m^3/h$ ,入口温度为 $40^\circ C$ ,入口压力为 $0.105MPa(G)$ ,出口压力为 $0.22MPa(G)$ ,出口温度不超过 $97^\circ C$ 。

### 结束语

目前我国正处于能源结构调整的历史性过渡时期,能源市场正由以“碳经济”为代表的“节流”模式向以“氢经济”为代表的“开源”模式转变。压缩机作为一种通用机械,在氢能产业各环节中均扮演了重要角色。本文就此进行了探究,以供参考。

### 参考文献

- [1] 崔钟续, 赵旺华, 刘云秀, 应汶静. 高压加氢循环氢压缩机开机故障分析[J]. 压缩机技术, 2023, (06): 61-64.
- [2] 熊波, 吴晓强. 循环氢压缩机干气密封泄漏故障分析及处理[J]. 石油化工安全环保技术, 2023, 39(06): 28-31+6.
- [3] 刘雷, 牟国平. 活塞式压缩机在线监测系统技术应用[J]. 山东化工, 2023, 52(12): 170-172+175.
- [4] 王伟, 翟永刚, 舒陶生. 重整循环氢压缩机入口过滤器堵塞在线处理[J]. 炼油技术与工程, 2021, 51(09): 36-39.