

《氢气加氢站 第5部分：加氢软管与软管组件》

国家标准征求意见稿

编制说明

2025 年 9 月

一、 工作简况

1.1 任务来源

近年来，氢能作为一种清洁、低碳、高效的能源越来越受到世界各国的广泛关注。加氢机作为氢能汽车实际应用过程中的核心装备，其性能的准确评价十分重要。目前，我国已发布的 GB/T31138-2022《加氢机》国家标准规定了加氢机的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、安装和维护。该标准适用于氢能汽车加氢设施用公称工作压力不大于 70MPa 的加氢机。作为加氢机的重要组成部分的加氢软管具有耐压性、耐磨性、柔性和温度适应性等特点，可用于氢能汽车、工业输送等各种场合。在未来，随着人们对环保意识的不断提高，加氢软管的需求量将会逐渐增加，因此加氢软管产业也将会呈现出蓬勃发展的趋势。目前，关于软管及软管组件已发布的标准包括：GB/T 41861-2022《气焊设备 焊接、切割及相关工艺设备用软管组件》GB/T 46042-2025《麻醉和呼吸设备 医用气体低压软管组件》以及应用于航天、船舶及海上技术的软管及其组件相关的国家标准。但上述标准均未涉及有关加氢软管及软管组件的技术要求、试验方法等方面的内容，而且由于加氢软管及软管组件出现问题而造成的安全隐患，已经成为加氢站及其他氢能应用领域的重要瓶颈问题。因此，尽快研制相关领域的国家标准具有重要的现实意义。

为推动氢能产业高质量发展，突破加氢站用关键装备技术瓶颈，解决加氢机国产化过程中缺乏关键核心零部件相关标准的问题，2025 年 8 月，国家标准化管理委员会《关于下达 2025 年第七批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》下达了《氢气加氢站第 5 部分：加氢软管及软管组件》国家标准制定计划，计划号 20254731-T-469，主要起草单位为北京低碳清洁能源研究院、中国标准化研究院等，该标准由全国氢能标准化技术委员会（SAC/TC 309）提出并归口。

1.2 制定背景

能源是人类社会存在的基石和发展的动力。随着社会经济的发展，人类将面临化石燃料能源枯竭的挑战，近年来世界各国纷纷关注新能源的开发，其中氢能以其清洁、无污染和高效率等诸多优点而受到青睐。

目前，加氢站相关技术与工程化应用已经在国内逐步推广，流程、装备日趋成熟，标准、规范日趋完善，运行基本安全可靠。加氢站的各设备中，加氢软管及软管组件的作用是

保障高压氢气从加氢机到氢能车辆的安全传输，是加氢站内最重要的组成部分。加氢软管具有耐压性、耐磨性、柔性和温度适应性等特点，成为加氢站建设时的重要组件，其在氢气介质下的关键性能，如拉伸强度、电导率、抗扭强度、腐蚀性、抗紫外线和光照强度、渗透性、抗压性能、氢气耐受性等，是评价和优化加氢软管及软管组件的根本依据，并且将直接影响到加氢站运行的经济效益，因此对加氢软管及软管组件的技术要求和性能测试非常必要。

为打破国外技术垄断，推动加氢站重要装备和组件国产化，规范产品性能和试验方法，保障加氢站安全稳定运行，亟需制定符合我国产业需求的专项国家标准，为加氢软管的研究、生产及应用提供统一技术依据，支撑氢能产业高质量发展。

1.3 起草过程

2025 年 8 月：国家标准化管理委员会下达了本标准制定计划，计划号：20254731-T-469。

2025 年 9 月：中国标准化研究院在北京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，组建了标准起草组，确定标准制定工作计划。

2025 年 9 月-10 月：标准起草组经研究和讨论，形成了标准征求意见稿。

2025 年 10 月-11 月：全国氢能标准化技术委员会对本标准公开征求意见。

二、 国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

2.1 标准编制原则

本标准严格按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求和规定进行编写，确保标准的结构规范、逻辑清晰、表述准确。

本标准编制的指导思想为科学性、准确性、针对性和简洁性：

科学性：各项性能要求及试验方法均基于加氢软管的运行特性及试验验证结果，均经试验数据支撑以确保标准的科学可靠；

准确性：本标准系等同转化 ISO/FDIS 19880-5: 2025 国际标准，在充分体现我国氢能产业实际特点和标准适用性的前提下，应尽可能保持标准转化的准确性及与国际标准的一致性和适用性；

针对性：聚焦加氢软管的应用场景及连续长期运行等特征，针对氢气工质的易燃易爆、密封可靠性等关键问题，制定专项性能试验方法及要求（如：泄漏试验、水压试验、电导率试验等），从而确保标准的实用性；

简洁性：在不影响标准文本的科学含义的前提下，本标准的编制过程中删除了国际标准中部分补充说明的内容，以确保国家标准的简洁性，与我国国家标准的编写原则保持一致。

本标准制定过程中，充分参考了 GB/T 1408.1《绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验》GB/T 5563《橡胶和塑料软管及软管组件 水压试验》GB/T 5568-2022《橡胶或塑料软管及软管组件 无曲挠液压脉冲试验》GB/T 5976《橡胶和塑料软管及软管组件 选择、储存、使用和维护指南》GB/T 7528《橡胶和塑料软管及软管组件 术语》等已转化为国家标准的国际标准，确保与现行国内外标准体系协调一致，为加氢软管的规范化发展提供坚实技术支撑。

2.2 标准主要内容及其确定依据

本标准主要包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、分类、材料和结构、尺寸和公差、性能要求和测试、标识、使用说明书、测试报告等十部分，各部分主要内容如下：

（1）范围

本文件规定了加氢站氢气软管和软管组件的材料、设计、制造和测试的安全要求。

本文件适用于在-40℃至65℃的工作温度范围内加注35/70MPa公称工作压力氢气的钢丝或织物增强软管和软管组件。

本文件不适用于车用高压车载燃料储存系统及车用低压氢气输送系统用软管和软管组件，以及柔性金属软管。

（2）规范性引用文件

本标准的规范性引用文件包括：

GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验

GB/T 5563 橡胶和塑料软管及软管组件 水压试验

GB/T 5568-2022 橡胶或塑料软管及软管组件 无曲挠液压脉冲试验

GB/T 5976 橡胶和塑料软管及软管组件 选择、储存、使用和维护指南

GB/T 7528 橡胶和塑料软管及软管组件 术语

GB/T 9572 橡胶和塑料软管及软管组件 电阻和电导率的测定

GB/T 9573 橡胶和塑料软管及软管组件 软管尺寸和软管组件长度的测量方法

GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 14904 橡胶或塑料软管和软管组件 弯曲液压脉冲测试

GB/T 18422-2013 橡胶和塑料软管和软管组件 气体渗透性的测定

GB/T 18950-2023 橡胶和塑料软管 实验室光源暴露试验法 颜色、外观和其他物理性能变化的测定

GB/T 24134 橡胶和塑料软管及软管组件 静态条件下的耐臭氧性评估

GB/T 30718 压缩氢气车辆加注连接装置

GB/T 31838.2 固体绝缘材料介电和电阻特性 第2部分：电阻特性（DC方法）体积电阻和体积电阻率

GB/T 40336 无损检测 泄漏检测 气体参考漏孔的校准

GB/T 43674 加氢站通用要求

（3）术语和定义

除 GB/T 7528 和 GB/T 43674 界定的术语和定义外，本标准还界定了以下术语和定义：接头、连接器、管箍、压接插头、加氢软管组件、管件、软管组件、安全分离装置、螺纹接套、喷嘴口软管、最小弯曲半径、压力等级、耐压压力。

（4）分类

软管组件应根据表 1 中定义的压力等级或制造商规定的压力等级来选定，软管组件的压力额定值应等于或高于加氢机的压力额定值。

（5）材料和结构

(5.1) 通用要求

软管和衬里应采用耐腐蚀和耐氢材料制成。

(5.2) 衬里

衬里应厚度均匀、无气泡、变薄、凹陷或变色等缺陷。衬里可以由多层材料组成。

(5.3) 强化层

强化层由一层或多层合适的线材或纺织材料组成。

(5.4) 包覆层

包覆层应具有抗磨损、开裂、龟裂、暴露于紫外线和臭氧影响的能力，厚度均匀且无气泡、变薄、凹痕或变色等缺陷。

(5.5) 静电耗散

规定了通用要求、外表面和内表面的静电耗散要求。

(6) 尺寸和公差

按照 GB/T 9573 的要求进行测量，软管的典型直径和同心度如表 2 所示。

(7) 性能要求和测试

(7.1) 通用要求

性能测试包括型式试验、出厂检验和产品制造质量测试。

(7.2) 泄漏测试

规定了泄漏测试的两种试验方法和具体要求，其中：型式试验泄漏测试应按方法 A，出厂检验泄漏测试按方法 B，建议产品制造质量测试中的泄漏试验采用方法 A。

(7.3) 水压测试

规定了压力验证试验和极限强度试验的测试方法及具体要求。

(7.4) 电导率测试

参照 GB/T 9572 进行试验，从端接头到端接头的软管组件的粘接电阻应不大于 $100\text{k}\Omega$ ，以消除静电。

（7.5）软管组件拉伸试验

该试验用于模拟加氢枪连接到车辆时，车辆驶离的场景。本要求仅适用于单个软管组件。对于集成供应和泄放管线软管组件，仅测试软管组件的供气部分。

（7.6）垂直载荷强度测试

该测试模拟了加氢枪连接到车辆加注口或加注过程中人员跌落在软管上的场景。在进行垂直强度试验后，软管应符合 7.2.3 和 7.4 的规定。

（7.7）抗扭强度测试

本试验不适用于粘接的供气/排气管路，应按 GB/T 14904 的规定进行检测。软管在扭转试验后应符合 7.2.3 和 7.4 的规定。

（7.8）压力循环测试（液压脉冲试验）

该测试模拟了高温下的热蠕变工况。在等于 1.25 倍 HSL 的脉冲压力下，软管应能承受至少 100000 次压力脉冲循环而不发生泄漏或失效。

（7.9）氢脉冲测试

应按附录 C 提供的氢脉冲测试方法进行。进行氢脉冲试验时，不得观察到起泡现象。软管在氢脉冲试验后应符合 7.2.3 和 7.4 的规定。

（7.10）腐蚀测试

参照 GB/T 10125 的要求进行测试后，接头和其他金属部件不应出现任何腐蚀或其他劣化迹象。完成本测试后，软管组件应接受并符合 7.3.1 条款的要求。

（7.11）最小弯曲半径测试

测试样品长度至少为最小弯曲半径四倍。将软管弯曲 180° 至最小弯曲半径，在 $20 \pm 10^\circ\text{C}$ 条件下，用卡尺测量平整度，平整度不得超过原始外径的 10%。

（7.12）软管渗透测试

该外部检查是为了验证软管包覆层渗透特性，制造商可以选择测试方法 A(7.12.2) 或测试方法 B(7.12.3)。测试后，检查软管外部是否有起泡或肿胀。

(7.13) 耐臭氧性测试

在 $40 \pm 1^\circ\text{C}$ 温度和 $100 \pm 5\text{ MPa}$ 的压力下，参照 GB/T 24134 中 9.1 条款“方法 1”或 9.4 条款“方法 4”进行测试，软管外层在臭氧部分暴露 72h 后，2 倍放大下应无可见的裂纹或损坏迹象。

(7.14) 紫外线和水暴露测试

根据 GB/T 18950-2023 的试验要求进行暴露试验后，对所有软管样品进行目视检查，应无任何裂纹或开裂迹象

(7.15) 挤压试验

加氢软管组件应能承受外部施加的 8900 N 的作用力而不发生结构损坏或泄漏。软管在挤压试验后应符合 7.2.3 和 7.4 的规定。

(7.16) 耐磨测试

当客户要求或特定加氢机设计要求时，软管组件应满足所要求的耐磨测试。

(7.17) 标识清晰度测试

当软管标识暴露在热和湿气中时，标识的可读性不应受到影响，如以下测试方法中所述。本条仅适用于在零件上压花、铸造、冲压或以其他方式的标识。

(7.18) 衬里材料的电气性能测试

除非制造商提供电气性能，否则软管衬里材料应进行耐电强度、体积电阻率等电气性能测试。

(8) 标识

软管组件的标识是软管和端部接头设计以及软管组件制造的工序。软管组件包括组件内的所有部件，可能由一个制造商制造，也可能各个部件由不同的制造商制造。

(9) 使用说明书

应提供包括适用性、安装、检查、维护、安全预防措施和使用的说明。

(10) 测试报告

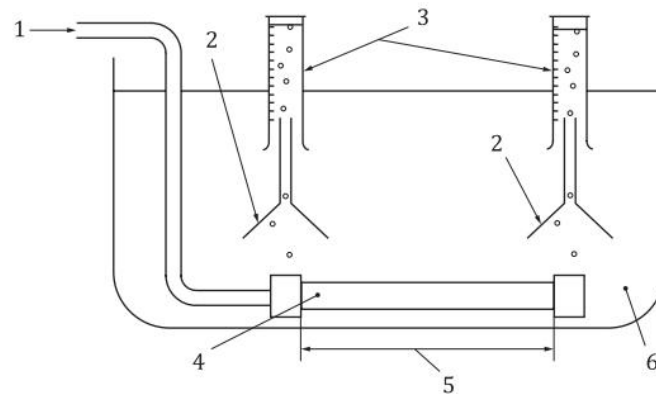
当买方要求时，制造商或供应商应提供代表所购买产品的每段或每批软管的测试报告。

三、 试验验证分析、综述报告，技术经济论证，预期效益

3.1 试验验证

3.1.1 泄漏测试

使用氢气作为试验气体，在常温常压下，用精度为 $\pm 10\%$ 的仪器测量，软管组件的泄漏率应小于 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ 。试样自由长度应为 0.5m ，连接器之间的公差范围为 $\pm 1\%$ 。使用下图所示的试验装置。



1-气体供应；2-收集漏斗；3-测量筒；4-试样；5-测试长度；6-水浴

测试步骤如下：

1) 用适当的连接器将试样与氢气供应系统连接，并用氢气对测试组件进行吹扫。将水浴温度调节至指定温度值后，将测试组件及其端部连接器浸入水浴中。

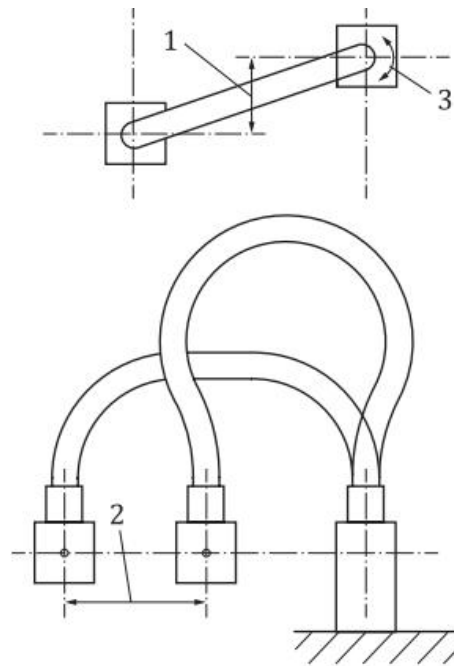
2) 先施加 $1.375 \times \text{HSL}$ 的气体压力并保持 10min ，保持时间应足以让增强层中的空气通过刺孔释放到软管外部。

3) 按照图 3 所示位置摆放两个量筒和收集漏斗，在保持压力状态下持续 5min ，收集并测量从试样两端逸出的气体。

4) 试验装置应具有能够以至少 $\pm 10\%$ 的容差测量气体的装置。

3.1.2 抗扭强度测试

测试装置采用水平往复式流体加氢机方法。将样品软管偏移至相当于其外径四倍的位置，并将测试样品安装在行程中心位置，确保无扭曲。测试应在大气压下进行，温度控制在 $-40 \pm 3^\circ\text{C}$ 范围内。需完成 1 000 次循环测试。



1-偏移量；2-水平往复运动；3-扭转方向

3.1.3 压力脉冲测试

测试样品应是完整的软管组件，并附有合适的端接头。选用 4 个连接时间不超过 30 天的带有端接头的软管组件，确保软管未发生老化。测试步骤如下：

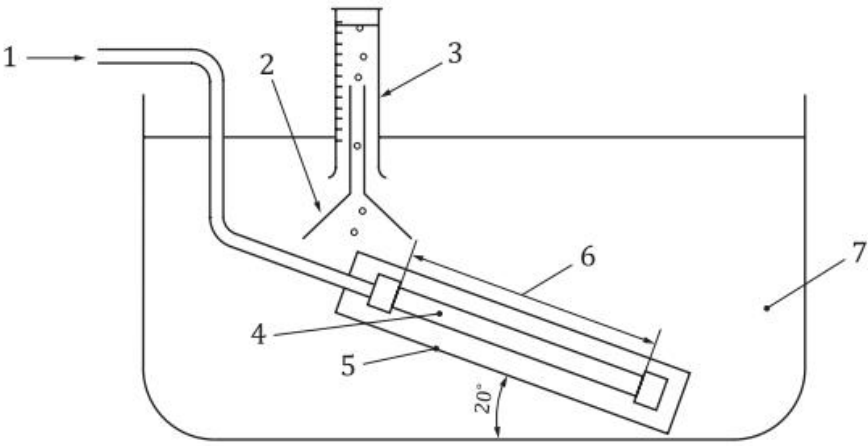
- 1) 将测试件弯曲 180° 并按照图 7 连接到测试设备上。
- 2) 将测试液加热至测试温度，然后以 0.1Hz 到 0.4Hz 之间的均匀速率对软管组件施加等于 $1.25 \times \text{HSL}$ 的 100%脉动压力。记录所使用的脉冲频率。压力循环应位于图 8 的阴影区域中。
- 3) 每进行 30000 次脉冲循环，应停止加压，将试验液体的温度冷却至 $30 \pm 10^\circ\text{C}$ ，可采用风扇、冷却器等加速冷却。继续加压测试，观察记录 1000 个脉冲周期的泄漏情况。

4) 重新加热试验液体至指定温度，启动脉冲循环，直至下一次冷却。循环测试直到软管失效或达到了所需的循环次数。在达到规定的循环次数之前，试件不应出现泄漏或其他故障。

3.1.4 软管渗透测试

该外部检查是为了验证软管包覆层渗透特性，制造商可以选择测试方法 A 或 B。按照下列试验方法进行试验时，常压常温条件下每小时渗透率应小于 500ml/m。测试后，检查软管外部是否有起泡或肿胀。

使用下图所示的试验装置，按照以下条件和程序对软管组件进行试验。



1-气体供应；2-收集漏斗；3-计量筒；4-试样；5-透明玻璃管（开放式）；
6-测试长度（最小 0.5m，公差为 1%）；7-水杯

1) 采用连接器将测试件连接到氢气源，并用氢气吹扫，试件在连接器之间的自由长度应为 0.5 m。

2) 将水浴温度调节至 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 后，将测试件插入透明管中并浸入水浴中，使其与水平面倾斜约 20° 。

3) 充氢至压力达到 $1.25 \times \text{HSL}$ 并保持 24h。

4) 继续保压 6h，收集并测量气体泄漏量，或者记录泄漏气体体积从 450ml 到 500ml 的时间。

5) 每 24h 时重复测量，直到连续两次气体体积相差在 5%以内。使用这两次连续读数的平均值计算渗透率，并以毫升/米/小时 (ml/m/h) 表示。

3.2 综述报告

氢能产业迅猛发展，基础设施建设加快，除了氢气压缩机、储氢容器及输氢管道等临氢设备设施外，氢能应用场景中还涉及各类高压临氢关键零部件，包括单向阀、安全阀、软管等。其中，加氢软管作为连接加氢机与燃料电池汽车的关键柔性组件，相较于传统的汽油加油软管，加氢软管具有更高的设计工作压力。为此，其构造采用先进的复合材料技术，核心由聚合物内衬管与金属丝螺旋缠绕层组合而成，旨在应对更高的压力条件。内衬管外部嵌入钢丝缠绕层不仅显著增强了软管的承压及抗冲击能力，还确保了结构的整体稳定性。软管最外层采用耐候性优异的聚酰胺材料提升了软管表面的耐磨与耐腐蚀特性，延长软管使用寿命。其中，市场主流加氢软管产品的内衬管选用了聚甲醛作为关键材料。聚甲醛是一种高性能结晶聚合物，具有优异的耐磨性、尺寸稳定性、广泛的化学耐受性、出色的疲劳强度与自润滑能力，上述优势使得聚甲醛材料广泛应用于机械、化工以及电气等多个工业领域，展现出卓越的通用性和适应性。但目前关于聚甲醛与氢相容性的研究鲜有公开报道。

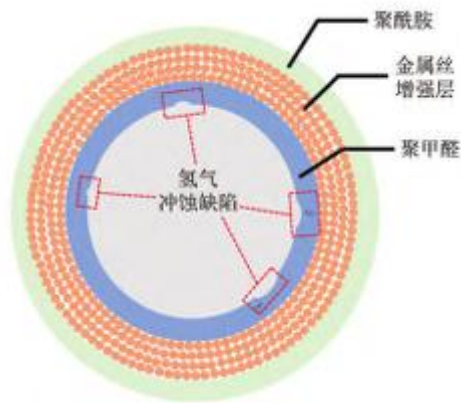
3.2.1 加氢软管失效风险

加氢站作为氢能供给的关键渠道，同时承担着为燃料电池车辆提供动力补给的核心功能。然而，加氢站的运维成本在其整体运营成本中占据相当大的比重。美国国家可再生能源实验室（NREL）的研究指出，加氢站大约 41% 的维修时间与加氢设备关联，其中约有 10% 的维修工时直接源于零部件失效。通过调研发现，加氢软管的实际更换周期较预期更为频繁，往往以数月为期进行替换。尽管相较于加氢枪和拉断阀，高压氢软管在成本上并不构成重大支出，但其高频更换的特点将使其成为不可忽视的运维成本要素。此外，2020 年东莞巨正源氢气充装过程泄漏着火事故以及 2021 年沈阳某电子厂卸氢过程泄漏着火事故，均是由于软管破裂失效造成。因此，氢气充装软管是氢能应用过程的薄弱环节，面临较高的失效风险。

3.2.2 加氢软管失效机理

研究发现，加氢软管内衬材料老化是致使氢气泄漏量显著增加的主要因素。如下图所示为氢脉冲循环测试后的加氢软管损伤示意图，由图中可知聚甲醛内衬管内壁会形成由氢气冲蚀形成的凹坑。理论上，理想材料应呈现均匀且无缺损的特性，在恒定温度条件下，气体渗透进入聚合物基体可概括为三步连续过程：①气体分子于聚合物衬层一侧界面吸附或溶解；②依据浓度梯度原理在聚合物内部展开扩散运动；③在衬层另一侧界面上经历蒸发或解吸过程。这一连串作用本质上细化了渗透机制，将其区分为两个基本步骤，即气体分子在气-

固界面实施的吸附渗透行为,以及其后在聚合物固相内部遵循浓度梯度导向的扩散渗透历程。然而,实际情况远比理论模型复杂,聚合物基体在微观层面常表现出多样的缺陷形态,如夹杂物、相分布不均及分布着孔洞、缝隙与裂纹,构成了一个高度异质的多相体系。此类结构为氢分子提供了丰富的吸附位点,并在分压差异及浓度梯度的驱使下,促进了氢气在软管壁面的吸附聚集,从而加剧了渗透泄漏的风险。



氢脉冲循环测试后的加氢软管损伤示意图

聚合物介质中氢的渗透作用可视为一种从高浓度域向低浓度域的分子扩散迁移过程。决定聚合物材料氢渗透特性的变量可归结为材料本身与外界条件两大类别,前者涵盖化学组成、结晶、分子取向、分子链铰链及填充剂种类,后者则涉及温度波动、气体分压变化及气体分子自身的特性。在材料性质方面,聚合物材料的化学组成对渗透动力学有显著影响,如小尺寸气体分子易在分子基团上吸附。此外,氢与聚合物基体的相互作用能够改变其化学结构,诱发膨胀乃至断裂等现象,为气体分子渗透提供了更多渠道。不同聚合物高分子材料间,通常观察到分子链交联密度与其对氢扩散的抑制效应成正比关系,高交联度意味着扩散激活能垒的提升,从而阻碍氢分子的渗透。实际上,通过加工阶段的改性处理加强分子链间的交联,是强化聚合物抗氢渗透性能的有效途径。至于聚合物材料的微观相结构,通常呈现结晶区域(晶相)与非结晶区域(非晶相)并存的特征,其中气体在材料内部的渗透性主要受限于非晶区,这是由于分子扩散作为热动力学过程,遵循能量最小路径原则,而非晶相的松散排列为气体分子提供了能量壁垒较低的扩散轨迹,有利于氢的传输与扩散进程。在外界条件影响方面,温度能够同时调控溶解与扩散过程速率,并且其效应对分子表观活化能有影响。具体而言,随着温度升高,溶解及扩散作用趋于剧烈,渗透性能随之增强,且在对数坐标系下,渗透率与温度之间展现出线性相关性。然而,当温度触及或超越玻璃化转变阈值时,

由高温触发的分子链松弛与迁移效应会使表观活化能显著跃升,导致氢渗透性增加且诱发聚合物材料膨胀至断裂的趋势增强。气体压力的作用机理体现在两个层面:首先,流体静态压力的抬升直接加剧聚合物材料的密度,压缩其内部自由体积;其次,增压状态促进了聚合物内部气体分子的扩散活动,此扩散效应能够促使大分子链段塑化,进而扩展聚合物内部的可渗透空间。假定氢分子与聚合物基体间缺乏相容性,气体分子除软化分子链外,还倾向于在材料微观界面区域累积,形成局部氢分压环境。一旦此累积压力超越界面结合强度,将促发界面断裂与气泡生成,引发聚合物材料的膨胀与起泡现象,伴随显著的结构损伤,诸如形成气泡、内部分层及形变弯曲等现象,显著影响材料的完整性和性能。

为深入揭示在载荷、温度及氢气多重因素影响下加氢软管的复合失效机制,研究不仅应涵盖聚合物材料与氢的相容性评估,还应拓展至加氢软管在典型服役场景中的系统性性能分析与实验验证。Simmons 等研究了高压氢气环境对软管所用聚合物材料耐磨性的影响,研究表明,与常压大气条件相比,处于高压氢氛围中的软管聚合物材料摩擦系数显著升高,即氢环境降低了聚合物材料的摩擦学性能。另外,Kevin 等针对从加氢站收集的失效加氢软管样本进行了分析,发现其聚合物内衬管遭受了重度损伤,呈现出不规则的穿透性孔洞。值得注意的是,最内层包裹的钢丝编织结构在软管外表面留下了清晰压痕印记,测量得到的压痕深度范围在 18-21 μm 之间,相较于循环加载前中部区域 2.5-3.2 μm 的初始压痕深度,增幅达 6-7 倍。该结论表明,缠绕钢丝层在反复弯折过程中的持续形变,可能削弱了芯壁的厚度与整体强度。此外,在接近失效区域观察到若干独立分布的大气泡。在高压条件下,气体的扩散作用呈现出显著的增强态势。当压力被迅速释放时,在聚合物核管材料的内部与管腔之间会形成明显的压力差值。在此压差环境中,聚合物材料内部将会产生气泡,且这些气泡会逐步扩张。当聚合物材料承受由氢脉冲所引发的疲劳载荷作用时,其内部的气泡便会发生破裂现象,进而对材料的性能和结构完整性产生影响。

3.2.3 提高加氢软管性能的主要措施

加氢软管可靠性和寿命提升,可采取的主要措施包括:

- (1) 采用改性技术提升聚合物内衬管材料的抗氢渗透性能、氢相容性以及疲劳寿命;
- (2) 优化软管的复合结构设计,例如在钢丝缠绕层与内衬管之间制备润滑涂层,降低钢丝对内衬管的磨损程度;
- (3) 通过在软管内设计并放置柔性氢气检测传感器,在线监测软管的泄漏情况;

（4）通过优化软管的制造工艺，如扣压工艺，避免制造过程对软管的结构和材料造成损伤。

针对加氢软管的产品性能要求和测试方法技术依据的现状，亟需制定关于加氢软管产品技术要求的国家标准。该标准的制定不仅为评价加氢软管提供重要依据，为开发加氢软管相关新技术也具有较强的实用价值，同时对加强和完善我国氢能技术标准体系，解决加氢站建设关键装备“卡脖子”问题具有重要意义。

3.3 技术经济论证

本标准的制定，填补了国内加氢站用加氢软管专项技术标准的空白，为加氢站建设关键装备的生产、检验及应用提供了技术依据，对推动加氢软管及组件产品国产化、保障氢能产业链安全稳定发展具有重要作用。

标准系等同转化国际标准，内容基于国内外先进研发成果，各项技术要求均经过试验数据支撑，符合实际生产与应用需求。标准的实施为评价和优化加氢软管产品提供技术依据。同时，统一的性能试验方法将减少企业重复研发投入，加速规模化应用，助力氢能储运成本下降，为氢能产业高质量发展提供坚实的技术经济支撑。

3.4 预期效益

（1）经济效益

氢能作为战略性新兴产业，其规模化应用的关键在于高效、低成本的氢气制备与储运技术，而加氢软管是氢气储运的关键组件。本标准的制定，将填补国内相关领域技术标准空白，为设备国产化提供统一技术规范，推动打破国外技术垄断与设备禁运限制。

目前，国内氢气储运核心设备仍依赖进口，成本高昂，而相关标准的制定与实施可引导国内企业按照统一技术要求开展研发、生产与检验，加速国产设备性能达标与成本下降。随着国产设备的成熟，氢能关键装备制造成本将显著降低，推动氢能规模化储运，进而带动氢能产业链的成本优化，为设备生产企业、氢能运营企业等创造持续经济收益。

（2）社会效益

本标准的制定与实施是落实《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》《氢能产业标准体系建设指南（2023版）》等国家战略部署的具体举措，对保障氢能产业链安全稳定

发展具有重要意义。此外，统一的技术标准将提升国内加氢软管及组件的技术水平与产品质量一致性，增强我国在氢能装备领域的自主可控能力，助力我国从氢能应用大国向装备制造强国转型，提升国际产业竞争力。

(3) 生态效益

氢能是清洁低碳的二次能源，其大规模应用是实现“双碳”目标的重要路径，而高效的氢液化技术是氢能跨区域调配、规模化应用的前提。随着氢气压缩机技术的成熟与国产化，加速氢能替代传统化石能源的进程，在交通领域，推动燃料电池汽车普及；在工业领域，助力钢铁、化工等高耗能行业绿色低碳转型。这将显著减少碳排放，降低化石能源消耗带来的环境污染，推动能源结构向清洁化、低碳化转型，为实现全球气候治理目标贡献中国力量。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

目前，ISO/TC197 氢能标委会已发布针对加氢软管的 ISO19880-5: 2019 Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies 国际标准。现阶段 ISO/TC197 正在对该标准进行修订，目前已完成该标准的 FDIS 稿。本标准系等同转化 ISO/FDIS 19880-5: 2025 国际标准。因此，本标准的研制采用翻译法，在充分体现我国氢能产业实际特点和标准适用性的前提下，尽可能保持标准转化的准确性及与国际标准的一致性和适用性。标准的框架和各部分主要内容均与国际标准保持一致。此外，在不影响标准文本原有科学含义的前提下，本标准的编制过程中删除了国际标准中部分补充说明的相关内容，以确保国家标准的简洁性。该标准的研制填补了我国加氢软管技术标准的空白，为我国加氢软管及组件的国产化提供了的技术支撑。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准系等同采用 ISO/FDIS 19880-5: 2025 国际标准。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准与现行法律、法规及相关标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见和建议，无重大分歧。

八、 涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

九、 涉及专实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

建议本标准发布后 3 个月内实施。

十、 其他应当说明的事项。

无。