《整体多层包扎储氢容器》团体标
准编制说明

(征求意见)

征求意见稿

编制组

二〇二四年六月

1 工作简况

1.1 任务来源

本标准根据中国石油和化学工业联合会《关于印发2023 年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》（中石化联质标函（2023）141 号）的要求，目前已完成《整体多层包扎储氢容器》团体标准的制定工作。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出，归口于中国石油和化学工业联合会。由华东理工大学、中油辽河工程有限公司、开原维科容器有限责任公司、上海锅炉厂有限公司，中国科学院金属研究所，广东省特种设备检测研究院佛山检测院，抚顺市特种设备监督检验所，铁岭市特种设备监督检验所，北京拓甲氢能科技有限公司起草完成。

1.2 标准主要起草单位、协作单位、主要起草人

本标准由中油辽河工程有限公司，华东理工大学，开原维科容器有限责任公司，上海锅炉厂有限公司，中国科学院金属研究所，广东省特种设备检测研究院佛山检测院，抚顺市特种设备监督检验所，铁岭市特种设备监督检验所，北京拓甲氢能科技有限公司参与协作完成。

本标准主要起草人：王学生，裴召华，魏小镇，苏智彬，周立峰，陈琴珠，郭廷顺，李迪，罗永欣，田丰，赵明久，郭少宏，孙祥广，张武玄，赵智敏，刘家兴，王萌，张鹏杰，李佳，苑士宽。

1.3 整体多层包扎储氢容器制定标准目的和意义

1.3.1 固定式储氢容器国内外技术现状

目前，主要储氢方式有三种，分别是气态储氢、液态储氢、固态储氢。从技术发展方向来看，目前高压气态储氢技术比较成熟，一定时间内都将是国内主推的储氢技术。气态储氢设备有无缝气瓶、钢带错绕式储氢容器和多层整体包扎式储氢容器，其中无缝气瓶和钢带错绕式储氢容器均有专用的标准规范，而多层包扎储氢容器的专用标准尚未建立，建立健全高压多层整体包扎储氢容器相关标准规范，有利于规范多层包扎技术在储氢行业的应用，确保生产安全及群众生命财产安全。

1.3.2 整体多层包扎储氢容器关键技术及研究水平

储氢设备主要分为容器和气瓶，其中容器结构型式又主要分为钢带错绕式和整体包扎式

两种，相较于其他，多层整体包扎式结构具有选材方便、承压性好和安全性高的优点，且在包扎时外层层板对内层产生压紧力，安全裕量更高。由于其以上结构特性，在储氢应用中使其具备了更好的抗疲劳优势，且具备未爆先漏的特点。

目前，GB/T50516-2010（2021年版）和GB/T34583-2017对于加氢站整体建设及储氢容器仅提出了通用要求，HG3129-1998《整体多层夹紧式高压容器》与ASME的VIII-I则仅在中层制造和检验部分给出部分要求，均不能适应高压储氢的具体工况，并且缺乏多层储氢容器建造整个过程的技术要求和监管依据，因此急需多层储氢容器的专用标准以规范容器的设计和制造过程，推动储氢方向的标准发展。

1.3.3 制定标准目的和意义

氢能是实现“双碳”目标的重要途径之一，其中储运环节是高效利用氢能的关键，是影响氢能向大规模方向发展的重要环节。随着氢能产业发展，加氢站、制氢站的建设增多，储氢容器需求也将增加，高压、高容量的容器需求将逐步释放。多层包扎储氢容器经过近10年的发展已经逐渐成熟，但是专门的标准尚未建立。《2030年前碳达峰行动方案》中特别提到建立健全氢制、储、输、用标准。所以，制定本标准可以对多层包扎储氢容器的设计和制造全过程给出统一的规定和验收规则，规范多层储氢容器的技术要求，促进国内储氢容器标准的发展。

1.4 工作过程的简要说明

本标准于2023年5月通过石化联合会标准化工作委员会立项，2023年8月收到中石化联质标函（2023）141号文件《关于印发2023年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》。2023年8月至11月期间，开始成立标准编制工作组，编制工作组开展查阅有关文献、资料和调研，编写具体工作方案，制定编制计划和分工。2023年12月至2024年03月，根据工作方案，各参编单位积极准备，形成了自己分工范围内章节的草案初稿。2024年3月至5月，根据各参编单位草案初稿，由中油辽河工程有限公司进行汇总形成第一版草案初稿，并于2024年4月16日在上海召开了草案内部审查会，形成了草案定稿。

2 标准编制原则和确定标准的依据

2.1 相关参考标准

GB/T 150（所有部分） 压力容器

GB/T 713（所有部分） 承压设备用钢板和钢带

GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定-标准评级图显微检验法
GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
GB/T 25198 压力容器封头
GB/T 34542.2 氢气储存输送系统 第2部分：金属材料与氢环境相容性试验方法
GB/T 34542.3 氢气储存输送系统 第3部分：金属材料氢脆敏感度试验方法
GB 50156 汽车加油加气加氢站技术标准
GB/T 50516 加氢站技术规范（2021年版）
HG/T 3129 整体多层夹紧式高压容器
HG/T 20592~20635 钢制管法兰、垫片、紧固件
HG/T 20584 钢制化工容器制造技术规范
JB 4732 钢制压力容器-分析设计标准（2005年确认）
NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装
NB/T 47002.1 压力容器用复合板 第1部分：不锈钢-钢复合板
NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47009 低温承压设备用合金钢锻件
NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
NB/T 47013 承压设备无损检测
NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
NB/T 47015 压力容器焊接规程
NB/T 47016 承压设备产品焊接试件的力学性能检验
NB/T 47018（所有部分）承压设备用焊接材料订货技术条件
TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

2.2 标准编制原则

标准制定本着“先进性、科学性和适用性”原则，制定过程做到统一、协调、优化，同时确保方法的准确性、实用性、可行性，既符合国内外发展的需要，也满足国内目前的实际需求情况。

按照特种设备法规和标准体系架构，TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》提出基本安全要求，技术标准提出保证基本安全要求的技术方法和技术指标，技术标准的内容应与安支安全技术规范相协调。

本标准主要参考了TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》的基本安全要求，并提出了与GB/T 151、JB4732相协调的材料、设计、制造、检验与验收等内容。

2.3 标准制定的依据

查询国内外相关标准资料，参考现有标准，按照GB/T 1.1-2020的规定和要求起草标准草案。

3 标准制定的主要内容

3.1 调研及综合分析

经过国内外文献检索，尚未检索到目前关于整体多层包扎储氢容器的标准和规范，结合生产和实际的迫切需要，开展本标准的研究工作具有一定先进性、科学性。在多层储氢容器的设计、制造和检验、验收过程中，尤其需要对多层包扎结构应用于储氢领域提出有针对性的技术要求，以满足储氢容器对安全的特殊性要求。

3.2 标准范围的确定

本标准规定了整体多层包扎储氢容器的材料、设计、制造和检验、验收及涂敷与运输包装的基本要求。

本标准适用于设计压力大于或等于10MPa且小于100MPa、设计温度不低于-40℃且不高于85℃、容器内直径大于或等于350mm的固定式储氢容器。

3.3 标准结构型式与技术要求的确定

3.3.1 主要结构型式的确定

整体多层包扎储氢容器一般由内筒、层板、封头、接管和支撑结构构成，在容器中应设置氮气吹扫置换口，筒体上一般不宜开孔。

多层储氢容器的结构型式可采用卧式和立式两种。多层储氢容器与外部管道的连接可采用但不限于法兰、焊接、螺纹及有成熟使用经验的自紧式密封型式。

3.3.2 通用要求的确定

按照 TSG 21 的要求，对产品进行强度、稳定性设计计算和风险评估，规定多层储氢容器的界定范围，给出容器的定期检验指导规则参照办法。

多层储氢容器的设计、制造单位应持有相应的特种设备生产许可证。

3.3.3 设计要求的确定

依据 TSG 21、GB/T150 和 JB4732，给出容器的设计参照标准，规定多层储氢容器设计应对塑性垮塌、脆性断裂、局部过度应变、泄漏和疲劳断裂等失效模式进行评定。

多层储氢容器的设计文件至少应包括设计条件、强度计算书或应力分析报告、设计图样、

制造技术条件、风险评估报告及压力容器安全泄放量计算书。

给出多层储氢容器包含内压圆筒、封头和安全附件在内的具体计算办法和选用规则。

3.3.4 材料要求的确定

多层储氢容器的材料应根据容器的使用条件、材料的性能和制造工艺对氢脆的影响以及经济合理性进行选择，临氢金属材料应为奥氏体不锈钢，宜选用 S31603。

对临氢材料提出针对性的技术要求，包括但不限于镍含量、材料在氢气环境中的力学性能标准等指标的要求，临氢金属材料与氢环境相容性试验应符合 GB/T 34542.2 的要求，氢脆敏感度试验应符合 GB/T 34542.3 的要求。

制造单位应对受压元件的材料和材料质量证明书进行确认。按炉号对化学成分进行复验，按批号对材料在空气中的力学性能进行复验，方可投料使用。

使用境外牌号材料时，应符合 TSG 21 中的相关要求。

3.3.5 制造要求的确定

多层储氢容器制造应符合 TSG 21、GB/T 150 和 JB4732 规定，并按规定程序批准的图纸和技术文件制造。

1) 多层包扎部分对内筒及层板提出具体要求：

内筒 A 类焊接接头对口错边量 b_1 不应大于 1.0mm，B 类焊接接头对口错边量 b_2 不应大于 1.5mm；内筒采用复合钢板时，除满足以上要求外，还应满足复合钢板的错边量不应大于钢板覆层厚度的 50%。

内筒 A、B 类焊接接头棱角 E 用弦长等于 $D_i/6$ 且不小于 300mm 的内样板（或外样板）和直尺检查，其 E 值不应大于 1.5mm。

内筒外圆周长允差应小于或等于 $3\%D_i$ ，且不应大于 3mm。

内筒最短筒节长度不应小于 500mm。

同一断面上最大内径与最小内径之差不应大于 $4\%D_i$ ，且不应大于 5 mm。

组焊后内筒任意 3000mm 长筒体直线度偏差小于等于 3mm，内筒筒体总的直线度允差应小于筒体长度的 1%，且不应大于 6 mm。

层板允许拼接，周向拼接块数不应多于 3 块，且最小拼接宽度不应小于 500mm。拼接接头两表面应打磨与母材平齐。

层板周向尺寸应按所夹紧内层筒体的实测周长下料。周长在考虑焊接接头间隙后，应为负偏差，且数值不应大于 3 mm。

层板纵、环焊接接头采用单面焊，相邻层纵、环向焊接接头应分别均匀错开；相邻层间纵向接头相互错开，错开角度不应小于设计文件的规定，相邻层间环向接头最小间距 100mm。

2) 封头的制造针对高压及临氢工况提出针对性要求：

封头的制造应符合 GB/T 150.4、JB 4732、GB/T 25198 标准和设计文件的要求。

封头应采用整张钢板（锻件）经加工成形，不允许拼接。

封头成形后应进行恢复材料供货热处理状态或恢复性能热处理，用于性能检验的试样应从封头本体上截取。

3.3.6 检测要求的确定

考虑储氢容器的特殊性，对容器的无损检测、磁性相检测等多种检测方式均提出针对性要求，以确保储氢容器的安全性。

3.3.7 试验要求的确定

内筒与封头组件焊接完成后应进行氦检漏试验，试验程序及合格标准应符合 HG/T20584 和设计文件的要求。

容器制造检验合格后应进行耐压试验，耐压试验应符合 TSG 21、GB/T 150.4、JB4732 和设计文件的要求。

耐压试验合格后应进行泄漏试验，泄漏试验的种类、压力、技术要求等由设计者在设计文件中予以规定。

耐压试验合格后，应对容器内部进行检查，内部及端部螺纹不得存在油脂和杂物，合格后立即用纯度不低于 99.9% 的氮气进行吹扫置换，置换后气体中氧的体积分数不应大于 0.5%。置换后应进行氮封处理，氮封压力宜为 0.03~0.08 MPa，并保持压力出厂。

当采用负压置换时，应对内筒进行外压失稳校核。

4 标准的技术水平评价

目前国内已经发布了 GB 50156-2021《汽车加油加气加氢站技术标准》、GB/T 50516-2010《加氢站技术规范》（2021年版）、和 GB/T 34583-2017《加氢站用储氢装置安全技术要求》等一批标准规范，以上标准对于加氢站整体建设及储氢容器提出了通用要求，但对于容器的设计、制造和检验并没有详细要求。HG 3129-1998《整体多层夹紧式高压容器》适用于设计压力不高于 35MPa 且内容条款陈旧，不能适应新的标准体系和设计制造工艺，且对储氢容器的氢脆环境、易爆特性和疲劳工况并没有给予具体要求，不适合直接应用于储氢领域。

本标准制定及实施后，是针对整体多层包扎型式的储氢容器专用标准，本标准制定完成后处于国内领先水平，可以统一技术要求来规范多层包扎储氢容器的设计、制造、检验和验收，对临氢选材提出专用的技术要求，确保该类设备的安全运行和使用，为国家氢能产业的发展以及储氢标准体系的不断建立提供技术支撑和保障。

5 标准的经济效果评价

近年来，氢能作清洁能源的代表，尤其是加氢站的建设发展迅速，加氢站作为目前氢能民用的最主要应用场所之一，储氢容器在其中发挥重要作用。经过近十年的发展，本课题团队已累计建造多层包扎储氢容器百余台，为国内数十个加氢站提供了储氢设备且运行良好，为标准的制定积累了成熟的经验，掌握了该类产品的核心技术，并已形成自主知识产权。

整体多层包扎储氢容器课题，突破关键技术瓶颈，为国内首批加氢站提供储氢产品，实现产业化，填补国内空白，形成自主知识产权，为我国节能减排、实现双碳目标提供了有力的支撑和保障。项目成果促进了我国氢能产业的发展，标准编制为氢能整体标准体系的建立提供了有力支持。

6 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

至标准编制之日，尚未发现与计划编制标准相冲突的现行法律、法规和强制性国家标准。

7 重大分歧意见的处理经过和依据

待征求。

8 标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

根据中国石油和化学工业联合会《关于印发2023年第一批中国石油和化学工业联合会团体标准项目计划的通知》（中石化联质标函（2023）141号）的要求，本标准作为推荐性团体标准。

9 贯彻团体标准的要求和措施建议

无。

10 其他应予说明的事项

无。