T/CATSI 05004-2021 小型液化石油气（商品丙烷）储罐

标准编号：T/CATSI 05004-2021

标准名称：小型液化石油气（商品丙烷）储罐

发布部门：中国技术监督情报协会

起草单位：荆门宏图特种飞行器制造有限公司、上海市气体工业协会、中国燃气控股有限公司、浙江金象科技有限公司、上海富士工器有限公司、雷舸流体科技（上海）有限公司、浙江金象伊藤智能控制有限公司、伊藤未来能源设备（上海）有限公司、中石油昆仑燃气有限公司、储特委（上海）科技有限公司

发布日期：2021-03-26

实施日期：2021-04-25

内容简介

7.1　基本要求  
7.1.1　小型储罐的设计除符合本文件的规定外，还应符合TSG 21和GB/T 150.3以及其他相关法规、国家标准和行业标准的规定。  
7.1.2　罐体、管路、安全附件、仪表、装卸附件以及支座、操作箱等布置应符合使用和安全的要求。  
7.1.3　小型储罐的几何尺寸、充装介质质量应符合设计图样的规定。  
7.1.4　小型储罐应设置电子标签或电子识读装置，且应符合下列规定：  
a）与液化石油气（商品丙烷）带卸液泵小型汽车罐车（以下简称小型罐车）实现电子识读及加密配对，且配对成功后小型罐车方可卸液；  
b）当小型罐车终止卸液时，与小型罐车电子识读及加密配对失效，且小型罐车无法卸液。  
7.2　设计条件  
小型储罐的设计委托方应以正式书面形式向设计单位提出小型储罐设计条件。设计条件至少包含以下内容：  
a)　操作参数(包括工作压力、工作温度范围、液位高度、接管载荷等)；  
b)　小型储罐使用地及其自然条件(包括环境温度、抗震设防烈度、风和雪载荷、环境腐蚀等)；  
c)　介质组分与特性；  
d)　预期使用年限；  
e)　几何参数和管口方位；  
f)　设计需要的其他必要条件。  
7.3　设计文件  
7.3.1　小型储罐的设计文件应至少包括风险评估报告、设计说明书、设计计算书、设计图样、安装与使用维护说明书、制造技术条件以及定期检验的特殊规定等。  
7.3.1.1　风险评估报告应符合GB/T 150.1-2011附录F的规定。  
7.3.1.2　设计说明书至少应包括下列内容：  
a）　设计委托方提出的设计条件或设计任务书规定的设计条件；  
b）　设计、制造规范，以及产品标准的选择依据；  
c）　液化石油气（商品丙烷）的物理化学性质、危害性、有害杂质的限制含量等；  
d）　罐体主要设计参数的确定原则；  
e）　设计结构、几何尺寸的确定依据；  
f）　罐体受压元件材料，包括主要受压元件用板材、锻件、管件等的选用说明；  
g）　安全附件、仪表、装卸附件的型号、规格、性能参数、连接方式以及数量等的选用说明。  
7.3.1.3　设计计算书至少应包括下列内容：  
a）　罐体强度、刚度及外压稳定性计算；  
b）　罐体容积计算；  
c）　盛装介质质量计算；  
d）　罐体安全泄放量、安全阀排放量计算；  
e）　支座结构强度计算；  
f）　罐体与支座连接处的受力校核计算；  
g）　需要时还应包括罐体局部结构强度应力分析计算等。  
7.3.1.4　设计图样至少应包括下列文件：  
a）　设计总图；  
b）　部件图。  
7.3.1.5　使用说明书至少应包括下列内容：  
a）　小型储罐主要技术性能参数；  
b）　液化石油气（商品丙烷）的物理化学性质、危害性、有害杂质的限制含量等；  
c）　安全附件、仪表、装卸附件等的型号、规格、性能参数，以及连接方式；  
d）　罐体设计使用年限；  
e）　操作使用说明（包括充装系统的工作原理、操作要求、成品附件的日常检查项目和维护保养要求以及必要的警示性要求）；  
f）　注意事项和必要的警示性说明等；  
g）　应急措施等。  
7.3.1.6　制造技术条件至少应包括主要制造工艺要求、检验试验方法等内容。  
7.3.2　设计文件的审批与签署  
设计文件的审批与签署应符合TSG 21的规定。  
7.3.3　总图的主要内容  
总图至少应注明下列内容：  
a）　压力容器名称、分类，设计、制造所依据的主要法规、产品标准；  
b）　工作条件，包括工作压力、工作温度、介质特性；  
c）　设计条件，包括设计温度、设计载荷(包含压力在内的所有应考虑的载荷)、介质(组分)、腐蚀裕量、焊接接头系数、自然条件等，且还应注明腐蚀介质的限定含量；  
d）　主要受压元件材料牌号与材料标准；  
e）　主要特性参数(如容积等)；  
f）　罐体设计使用年限；  
g）　特殊制造要求；  
h）　热处理要求（图样有要求时）；  
i）　无损检测要求；  
j）　液压试验和气密性试验要求；  
k）　预防腐蚀的要求；  
l）　安全附件、仪表及装卸附件的规格和订购特殊要求；  
m）　压力容器铭牌的位置；  
n）　包装、运输、现场组焊和安装要求；  
o）　其他重要参数，如最高允许工作压力、盛装介质质量、罐体计算厚度等；  
p）　无法设置检查孔的小型储罐，设计单位应提出具体技术措施，例如增加制造时的检测项目，且对储罐使用中定期检验的重点检验项目、方法提出要求。  
7.4　罐体  
7.4.1　一般要求  
7.4.1.1　强度计算和外压稳定性校核时，采用规则设计的应符合GB/T 150.3的规定，采用分析设计的应符合JB/T 4732的规定。当罐体强度按GB/T 150.3计算时，局部应力分析可按JB/T 4732的规定进行。  
7.4.1.2　设计单位应基于7.1所述的设计条件，综合考虑损伤模式、失效模式、风险状况和安全裕量等所有相关因素，保证小型储罐具有足够的强度、刚度、稳定性和耐腐蚀性，同时还应考虑支座及其他型式支承件与受压元件的焊接接头的强度要求，保证其在设计使用年限内的安全。

7.4.1.3　罐体应基于可能产生的失效模式进行设计，并出具包括主要失效模式和风险控制等内容的风险评估报告。  
7.3.1.4　碳素钢和低合金钢制罐体，因环境温度的影响导致使用条件下罐体的金属温度低于-20℃时,罐体设计应符合GB/T 150.3的相关要求。  
7.4.2　载荷  
7.4.2.1　罐体设计时应考虑下列载荷：  
设计时应考虑以下a)、b)要求的载荷，需要时还应考虑以下c)～j)的载荷：  
a）　内压、外压或最大压差；  
b）　液柱静压力，当液柱静压力小于设计压力的5%时，可忽略不计；  
c）　容器的自重(包括内件等)，以及正常工作条件下或液压试验状态下内装介质的重力载荷；  
d）　附属设备及隔热材料、管道、扶梯、平台等的重力载荷；  
e）　风载荷、地震载荷、雪载荷；  
f）　支座及其他型式支承件的反作用力；  
g）　连接管道和其他部件的作用力；  
h）　温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力；  
i）　冲击载荷，包括流体冲击引起的反力等；  
j）　运输或吊装时的作用力。  
7.4.2.2　罐体应按0.1MPa外压进行稳定性校核。  
7.4.2.3　当罐体符合JB/T 4732-1995中3.10.1、3.10.2.1、3.10.2.2或3.10.3任一条所有要求的，可免做疲劳分析。  
7.4.3　设计温度  
7.4.3.1　设计温度的确定应考虑环境温度的影响。  
7.4.3.2　设计温度应不低于元件金属在工作状态可能达到的最高工作温度，且不低于50℃。  
7.4.4　最低设计金属温度  
7.4.4.1　根据正常使用、检验及试验中介质最低工作温度以及环境温度条件对罐体金属温度的影响,确定罐体最低设计金属温度。  
7.4.4.2　当正常工作条件下大气环境温度对压力容器壳体金属温度有影响时，其最低设计金属温度不得高于历年来月平均最低气温（当月各天的最低气温值相加后除以当月的天数）的最低值。  
7.4.5　设计压力  
设计压力应不小于下列工况的最大值，且不低于2.2MPa：  
a）　充装工况下的工作压力；  
b）　设计温度下液化石油气（商品丙烷）的饱和蒸气压。  
7.4.6　最高允许工作压力  
设计图样或铭牌中给出小型储罐的最高允许工作压力时，可用最高允许工作压力代替设计压力确定安全阀整定压力以及罐体液压试验压力。  
7.4.7　计算压力  
7.4.7.1　罐体受压元件的计算压力应不小于设计压力与液柱静压力之和。  
7.4.7.2　当罐体的液柱静压力小于设计压力的5%时，可忽略不计。  
7.4.8　焊接接头系数  
7.4.8.1　当采用双面焊和相当于双面焊的全焊透对接接头，进行全部无损检测，焊接接头系数取1.0。  
7.4.8.2　当采用单面焊对接接头（沿焊缝根部全长有紧贴基本金属的垫板），进行全部无损检测，焊接接头系数取0.9。  
7.4.9　许用应力  
7.4.9.1 采用规则设计的罐体，其材料许用应力按GB/T 150.2选取；采用分析设计的罐体，其材料设计应力强度按JB/T 4732选取。  
7.4.9.2 采用规则设计的罐体，当局部采用分析设计时，其材料许用应力按GB/T 150.2选取。  
7.4.10　腐蚀裕量  
7.4.10.1　罐体的腐蚀裕量应由设计单位按用户提供的设计条件确定。  
7.4.10.2　有均匀腐蚀或磨损的罐体元件，应按预期的罐体设计使用年限和液化石油气（商品丙烷）对材料的腐蚀速率及磨损速率确定其腐蚀裕量。  
7.4.10.3　罐体各元件受到的腐蚀程度不同时，可采用不同的腐蚀裕量。  
7.4.10.4　碳素钢或低合金钢制罐体，其均匀腐蚀裕量应不小于1mm。  
7.4.11　设计厚度  
罐体的设计厚度应不小于按GB/T 150.3或JB/T 4732确定的罐体计算厚度与腐蚀裕量之和。  
7.4.12　最小成形厚度  
受压元件成形后应保证设计要求的最小厚度。  
7.4.13 最小厚度  
最小厚度的确定应考虑制造、运输、安装等因素的影响。  
7.4.14　介质  
7.4.14.1　液化石油气（商品丙烷）应符合GB 11174中的规定，且不应含二甲醚。  
7.4.14.2　液化石油气（商品丙烷）为2.1类易燃气体，UN号为1075。  
7.4.15　焊接接头设计  
7.4.15.1　罐体A、B类焊接接头应采用全截面焊透的对接接头形式，包括双面焊对接接头和相当于双面焊的全焊透对接接头及单面焊对接接头（沿焊缝根部全长有紧贴基本金属的垫板）。  
7.4.15.2　凸缘、接管等与壳体之间的接头应采用全焊透结构。  
7.4.16　罐体用管法兰  
7.4.16.1　罐体用管法兰、垫片应符合TSG 21及相应标准的规定。  
7.4.16.2　罐体用紧固件应符合相关标准的规定。  
7.4.17　凸缘  
7.4.17.1凸缘用非密封管螺纹应符合GB/T 196、GB/T 197的规定。  
7.4.17.2凸缘用密封管螺纹应符合GB/T 7306.2、GB/T 27944或GB/T 12716的规定。  
7.4.18　开口设置及要求  
7.4.18.1 小型罐体所有开口宜集中布置，便于操作和维修，且均应标明其用途。  
7.4.18.2 立式小型储罐的开口应布置在罐体的侧面。卧式储罐的开口可布置在封头或罐体顶部。  
7.4.18.3　开口及接管的设置  
7.4.18.3.1 罐体上应设安全阀口，且应与罐内气相空间相连，还应保证安全阀铅直安装。当通过内部管路与气相空间连通时，其入口应设置在靠近罐内顶部的位置，以防止液态液化石油气（商品丙烷）进入安全阀，管路应不影响安全阀的正常排放。  
7.4.18.3.2 罐体上应设置液位计口。  
7.4.18.3.3 当设压力表口时，应与罐内气相空间相连通。  
7.4.18.3.4 罐体上应设充液口，设置在充液口的充液阀应带内置式限充装置，使充装时介质体积不大于80%罐体容积。  
7.4.18.3.5 罐体上应设气相平衡口，且应与罐内气相空间相连通。  
7.4.18.3.6 罐体上应设取气口和取液口。取气口应与罐内气相空间连通。取液口应在罐内设取液管，取液管底部应尽量靠近罐内的底部，且不影响出液。  
7.4.18.3.7 罐体的取液口起到排污作用时，可不单独设置排污口。当罐体上设有独立排污口时，其出口处应串联安装单向止回阀，且罐内应设排污管，排污管口应尽量靠近罐内底部，排污口还应有保护措施，防止外力破坏及误操作。  
7.4.18.4　组合口的设置  
罐体的管口可按需要合并为组合口，组合口应满足所组合开口的所有设置要求及功能。  
7.4.18.5　检查孔的设置  
罐体应设检查孔。当小型储罐无法设检查孔时，设计单位应提出具体技术措施，例如增加制造时的检测项目，且对小型储罐的定期检验提出重点检验项目、方法等要求。  
7.4.19　结构件的连接  
导线固定卡片、铭牌架等结构件应符合下列要求：  
a）　结构件材料强度应不大于与其相连接的罐体材料的强度；  
b）　结构件材料厚度应不大于与其相连接的罐体材料厚度的0.70倍。  
7.5　液压试验  
7.5.1 罐体制成后应进行液压试验。  
7.5.2 罐体液压试验压力按式（1）确定：  
（1）  
式中：  
P ——设计压力或最高允许工作压力，MPa；  
PT ——试验压力最低值，MPa；  
[σ]——罐体元件材料在液压试验温度下的许用应力或设计应力强度，MPa；  
[σ]t——罐体元件材料在设计温度下材料的许用应力或设计应力强度，MPa。  
注1：罐体各主要受压元件所用材料不同时，应取各元件材料的[σ]/ [σ]t比值中的最小值。  
注2：[σ]t不应低于材料受抗拉强度和屈服强度控制的许用应力或设计应力强度最小值。  
7.5.3　当采用大于7.5.2规定的液压试验压力时，应在液压试验前校核各受压元件在试验条件下的应力水平，罐体元件应按式（2）校核最大总体薄膜应力σT：  
（2）  
式中：  
σT ——试验压力下圆筒的周向薄膜应力，MPa；  
PT ——试验压力，MPa；  
Di——圆筒的内直径，mm；  
δe ——圆筒的有效厚度，单位为毫米（mm）。  
7.5.4　罐体元件最大总体薄膜应力σT应符合下列条件：  
液压试验时：σT≤0.9 ReLφ（Rp0.2）　　（3）  
式中：  
ReL（Rp0.2）——罐体材料在试验温度下的屈服强度或0.2%规定塑性延伸强度，MPa；  
φ——焊接接头系数。  
7.6　气密性试验  
7.6.1 小型储罐液压试验合格后进行气密性试验，试验前一般需将安全附件、仪表、装卸附件等安装齐全。  
7.6.2 气密性试验应符合GB/T 150.4-2011中11.5.3的规定。  
7.7　支座  
7.7.1　小型储罐用支座应符合NB/T 47065（所有部分）的规定。  
7.7.2　当采用其它结构型式的支座时，支座应与罐体一起进行局部应力分析，局部应力分析按JB /T 4732的规定进行，许用应力按GB/T 150.2选取，且符合设计图样的规定。  
7.8　操作箱  
7.8.1　操作箱应有防意外开启的防护功能。  
7.8.2　操作箱的结构除考虑观察及操作便利性外，还应符合下列规定：  
a)　底部及箱门应设防积水结构；  
b)　内部应有防气态液化石油气（商品丙烷）的聚集；  
c)　应考虑气体泄漏报警器及相关附件的安装。  
7.9　防火涂层  
当用户要求时，小型储罐的外表面应涂敷防火涂层，防火涂料应符合6.4的规定。  
8　安全附件、仪表、装卸附件  
8.1　基本要求  
8.1.1　安全附件、仪表和装卸附件的选用及设置，除应符合TSG 21和本文件的规定外，还应符合设计文件的要求。  
8.1.2　安全附件至少包括安全阀以及导静电装置等。  
8.1.3　仪表至少包括液位测量装置、压力测量装置。  
8.1.4　装卸附件至少包括带限充装置的充液装置、气相平衡阀、取气阀、取液阀或具备装卸功能的组合阀等。  
8.1.5　选用的安全附件、仪表和装卸附件应与液化石油气（商品丙烷）相适应。  
8.1.6　安全附件和装卸附件的制造许可和型式试验应符合相应安全技术规范的要求。  
8.1.7　安全附件、仪表和装卸附件应符合相应安全技术规范和产品标准的规定，且有产品质量证明书或产品质量合格证，并在产品的明显部位有永久性标识或装设金属铭牌。  
8.1.8　采用带电气控制元件的安全附件、仪表和装卸附件，应符合电器元件防爆设计的相关标准要求。  
8.1.9　安全阀、压力表安装前，应进行校验和检定，合格后应重新铅封。  
8.1.10　罐体在液压试验合格后方可进行安全附件、仪表和装卸附件的安装，安全附件、仪表和装卸附件与罐体或管路之间的连接可采用焊接连接或法兰连接、螺纹连接等方式。仪表与管路之间的连接可采用卡套接头或活套接头等连接方式。  
8.1.11　安全附件、仪表、装卸附件等应集中布置，且设置防护装置。防护装置应有防意外开启的功能。  
8.2　安全阀  
8.2.1　小型储罐应至少设置一个全启式安全阀，且满足罐体安全泄放的要求。  
8.2.2　安全阀与罐体间应设置底座阀，其结构和通径应满足罐体安全泄放量的要求。当安全阀与底座阀分离时，底座阀应自动关闭。  
8.2.3　安全阀应能承受罐体的工作压力、可能出现的危险超压及包括液体流动力在内的动态载荷。  
8.2.4　安全阀应符合GB/T 12241和GB/T 12243的规定。  
8.2.5　安全阀应垂直安装，其入口处应处于罐体气相空间，气体的泄放应畅通无阻。  
8.2.6 安全阀出口处应设置泄放导管，且不应影响安全阀的正常排放。泄放导管应且应高于小型储罐的顶部，排放口朝向与水平线夹角应大于0°，且不应指向罐体和操作位置。泄放管通径应满足罐体安全泄放量的要求，其结构不应有任何限制或阻碍气体排放的障碍，且还应防杂物及雨水。  
8.2.7　安全阀的整定压力按GB/T 150.1-2011附录B的规定。  
8.2.8　安全阀的排放能力应符合下列规定：  
a）　当罐体完全处于火灾环境时或接近不能预料的外来热源而酿成危险时，以及压力出现异常情况时均能迅速排放；  
b）　各个安全阀的组合排放能力应足以将罐体内的压力（包括积累的压力）限制在不超过设计压力的1.2倍；  
c）　多个安全阀的排放能力为各个安全阀排放能力之和。  
8.2.9　安全阀排放能力计算按GB/T 150.1-2011附录B的规定。  
8.2.10　安全阀应有清晰、永久的标记，标记内容应至少包括：  
a）　安全阀动作压力；  
b）　额定排放能力或最小泄放面积；  
c）　制造许可证编号及标志；  
d）　制造单位名称或标识商标。  
8.3　导静电装置  
罐体、管路、阀门和支座等连接处的导电性应良好，并设置可靠的导静电连接端子。罐体金属与接地导线末端之间的电阻值不大于5Ω。  
8.4　仪表  
8.4.1　一般规定  
8.4.1.1　直接与罐内液化石油气（商品丙烷）连通的仪表不应采用易碎、易损材料制造。  
8.4.1.2　仪表应灵敏、可靠，并有足够的精度和牢固的结构。  
8.4.1.3　仪表露出罐体外的部分应设置能防止受到意外撞击的保护装置。  
8.4.2　压力测量装置  
8.4.2.1　罐体宜设置压力测量装置，且满足使用要求。  
8.4.2.2　压力测量装置与罐体之间应装设切断阀，且有启闭标记和锁紧装置。  
8.4.2.3　压力测量装置安装前应检定，检定后加装铅封，且注明下次检定日期。  
8.4.2.4　压力测量装置的位置应便于操作人员观察和清洗，且应避免受到辐射热、冻结或震动等不利因素的影响。  
8.4.2.5　压力测量装置的安装结构应牢固可靠，防止其脱落。  
8.4.2.6　当选用压力表时应符合下列规定：  
a)　精度不低于1.6级；  
b)　表盘刻度极限值应为工作压力的1.5倍～3.0倍；  
c)　刻度盘上应划出指示工作压力的红线。  
8.4.3　液位测量装置  
8.4.3.1　罐体应至少设置1个有远程信号传输功能的机械式液位计（以下简称液位计），精度等级不低于2.5级，指示应灵敏准确，且满足下列要求：  
a）　液位计应具有就地液位显示、电信号传输功能，可按设定警戒液位向远程平台发送报警信号。当罐内液位下降到与40%罐体容积对应位置时，发出第一次报警信号；当罐内液位下降到与20%罐体容积对应位置以下时，发出连续报警信号；

b） 液位计表盘至少设置体积百分比刻度，且分别在最高液位（对应80%罐体容积）、第一次警戒液位（对应40%罐体容积）、最终警戒液位（对应20%罐体容积）处均涂红；  
c）　液位计应采用防止液化石油气（商品丙烷）泄漏的结构；  
d）　液位计的动作应流畅，防止表盘空转；  
e）　除外观检查、液压试验、气密性试验等合格外，还应经动作、耐久、振动等专项性能试验合格，专项性能试验应由其制造单位试验。  
8.4.3.2　液位计应根据介质、设计压力和设计温度等参数正确选用。  
8.4.3.3　液位计应安装结构牢固，其位置应便于观察和操作，且液位计附近设置金属材质、永久连接的液位容积温度质量对照表。  
8.5　装卸附件  
8.5.1　一般要求  
8.5.1.1 装卸附件应适用于液化石油气（商品丙烷），且公称压力应不低于2.5MPa。  
8.5.1.2 装卸阀门阀体的液压试验压力为阀门公称压力的1.5倍，气密性试验压力为阀门公称压力，阀门应在全开和全闭工作状态下进行气密性试验合格。  
8.5.1.3 手动阀门应在阀门承受气密性试验压力下能够全开、全闭，操作自如，且不应有异常阻力、空转等。  
8.5.2　带限充装置的充液装置  
8.5.2.1　带限充装置的充液装置（以下简称充液装置）应具有止回阀、球阀及限充装置等结构的组合阀，或采用等效结构，且还应设置密封堵帽。密封堵帽应有泄压功能。  
8.5.2.2 限充装置应采用机械式结构，其浮子应能承受罐内压力。  
8.5.2.3　充液装置与卸液枪分离时能有效防止液化石油气（商品丙烷）大量泄漏，10次泄漏量不超过50ml。  
8.5.2.4 正常工作时，充液装置内液化石油气（商品丙烷）的流速应不大于3m/s。  
8.5.2.5　当充装量达到最高液位（对应80%罐体容积）时，充液装置的限充装置应能自动关闭充液装置。  
8.5.2.6　限充装置应设置在罐体内，且在罐外不能改变限充装置的液位设置。  
8.5.2.7　充液装置的限充装置除外观、耐压、气密、动作试验等检验合格外，还应经耐久、动作后泄漏量测定、振动等专项性能试验合格，专项性能试验应由其制造单位试验。  
8.5.2.8　充液装置的充装接口应与小型罐车的卸液枪相匹配，且应快速连接与分离，不应采用转换接头连接。  
8.5.3　气相平衡阀  
8.5.3.1　气相平衡阀应具有止回和限流的功能。  
8.5.3.2　气相平衡阀与回气枪断开时应能防止液化石油气（商品丙烷）大量泄漏，10次泄漏量不超过12L。  
8.5.3.3　限流功能应能防止意外情况下气体大量向外排放。  
8.5.3.4　气相平衡阀应设置密封堵帽，且有泄压功能。  
8.5.3.5　气相平衡阀的回气接口应与小型罐车的回气枪相匹配，且应快速连接与分离，不应采用转换接头连接。  
8.5.4　取气阀和取液阀  
8.5.4.1　取气阀、取液阀应有截止功能。  
8.5.4.2　取气阀、取液阀应有限流或过流的功能，当工程系统中设有等效装置时除外。  
8.5.4.3　当取液阀或取气阀未连接外部管路时，应配备密封堵帽。密封堵帽应有泄压功能。  
8.5.5　组合阀  
组合阀应按功能分别满足8.5.2~8.5.4的要求。常用组合阀如下：  
a）取液阀与气相平衡阀；  
b）取气阀、气相平衡阀与安全阀底阀；  
c）其他可能的组合。  
9　制造  
9.1　基本要求  
9.1.1　小型储罐应按经规定程序批准的设计文件及本文件的要求进行制造与检验。  
9.1.2　封头、锻件等受压元件及安全附件、仪表、装卸附件等为外购、外协件时，外购、外协件应符合设计文件及本文件的规定，且经检验合格后方可使用。  
9.1.3　罐体施焊人员应按TSG Z6002的规定考核合格，且取得相应项目的《特种设备作业人员证》后，方可在有效期间内担任合格项目范围内的焊接工作。

9.1.4　罐体的无损检测应由持有相应项目的《特种设备检验检测人员证（无损检测人员）》，且在有效期内的人员担任。  
9.1.5　小型储罐的几何尺寸应符合设计图样的规定。  
9.1.6　小型储罐制造完毕后，所有附件的工作状态应完好。  
9.1.7　小型储罐的零部件，安装应牢固可靠，外表面应平整美观，无压伤、裂纹、焊渣或漆层脱落等缺陷。  
9.1.8 小型储罐安装电子标签或电子识读装置后方可出厂。  
9.2　罐体  
9.2.1　焊接接头分类  
9.2.1.1　罐体受压元件之间的焊接接头分为A、B、C、D四类（如图4所示），且符合下列规定：  
a）　圆筒部分（包括接管）的纵向接头、球形封头与圆筒连接的环向接头、各类凸形封头中所有拼焊接头以及嵌入式接管或凸缘与罐体对接连接的接头，均属A类焊接接头；  
b）　罐体部分的环向接头、长颈法兰与接管连接的接头，以及接管间的对接环向接头，均属B类焊接接头，但已规定为A类的焊接接头除外；  
c）　人孔、凸缘、等与圆筒和封头连接的接头均属于D类焊接接头，但已规定为A、B类的焊接接头除外。  
9.2.1.2　非受压元件与受压元件的连接接头为E类焊接接头（如图4所示）。  
图4 焊接接头分类  
9.2.2　材料复验、分割与标志移植  
9.2.2.1　符合下列条件之一的材料按炉号复验其化学成分，按批号复验力学性能，且符合相应材料标准或设计文件的要求：  
a）　不能确定质量证明书真实性或对性能和化学成分有怀疑的主要受压元件材料；  
b）　设计文件要求进行复验的材料。  
9.2.2.2　材料分割可采用冷切割或热切割方法。当采用热切割方法分割材料时，应清除表面熔渣和影响制造质量的表面层。  
9.2.2.3　制造受压元件的材料应有可追溯的标志。在制造过程中，如原标志被裁掉或材料分成几块时，制造单位应规定标志的表达方式，并在材料分割前完成标志的移植。  
9.2.3　冷、热加工成形与组装  
9.2.3.1　制造单位应根据制造工艺确定加工余量，以确保受压元件成形后的实际厚度不小于设计图样标注的最小成形厚度。  
9.2.3.2　采用经过正火处理的钢材制造的受压元件，宜采用冷成形或温成形；采用温成形时，须避开钢材的回火脆性温度区。  
9.2.3.3　制造中应避免钢板表面的机械损伤。对于尖锐伤痕、刻槽等缺陷应予修磨，修磨斜度最大为1∶3。修磨的深度应不大于该部位钢材厚度的5%，且不大于2mm，否则应予焊补。  
9.2.3.4　坡口应符合下列要求：  
a）　坡口表面不应有裂纹、分层、夹杂等缺陷；  
b）　施焊前，应清除坡口及其两侧母材表面至少20mm范围内（以离坡口边缘的距离计）的氧化物、油污、熔渣及其他有害杂质。  
9.2.3.5　封头应符合GB/T150.4、GB/T 25198和设计图样的规定。  
9.2.3.6　用带间隙的全尺寸的内样板检查封头内表面的形状偏差（见图5），缩进尺寸为3%Di~5%Di，其最大形状偏差外凸应不大于1.25%Di，内凹应不大于0.625%Di。检查时应使样板垂直于待测表面。  
图5 凸形封头的形状偏差检查  
9.2.3.7　封头直边部分不应存在纵向皱折。  
9.2.4　圆筒与罐体  
圆筒与罐体的制造应符合GB/T 150.4的规定。  
9.2.5　组装及其他要求  
组装及其他要求符合GB/T 150.4的规定。  
9.2.6　焊接  
9.2.6.1　焊条、焊剂及其他焊接材料的贮存库应保持干燥，相对湿度应不大于60%。  
9.2.6.2　当施焊环境出现以下任一情况，且无有效防护措施时，禁止施焊：  
a）　焊条电弧焊时风速大于10m/s；  
b）　气体保护焊时风速大于2m/s；  
c）　相对湿度大于90%；  
d）　焊件温度低于-20℃。  
9.2.6.3　当焊件温度低于0℃但不低于-20℃时，应在施焊处100mm范围内预热到15℃以上。  
9.2.6.4　罐体施焊前，受压元件焊缝、与受压元件相焊的焊缝、熔入永久焊缝内的定位焊缝、受压元件母材表面堆焊与补焊，以及上述焊缝的返修焊缝都应按NB/T 47014进行焊接工艺评定或具有经过评定合格的焊接工艺规程支持。  
9.2.6.5　焊接工艺评定报告和预焊接工艺规程应经制造单位焊接责任人审核，技术总负责人批准，经监督检验人员签字确认后存入技术档案。焊接工艺评定技术档案应保存至该工艺评定失效为止，焊接工艺评定试样至少保存5年。

9.2.6.6　应在受压元件焊接接头附近的指定部位打上焊工代号钢印，或在含焊缝布置图的焊接记录中记录焊工代号。  
9.2.6.7　A、B类焊接接头的焊缝余高e1、e2按表4和图6的规定。  
9.2.6.8　罐体D类接头的焊角尺寸，当图样无规定时，取焊件中较薄者的厚度。  
9.2.6.9　焊接接头表面应按相关标准进行外观检查，不应有表面裂纹、未焊透、未熔合、咬边、表面气孔、弧坑、未填满、夹渣（杂）和飞溅物。焊缝与母材应圆滑过渡，角焊缝的外形应凹形圆滑过渡。  
表4 A、B类焊接接头的焊缝余高 单位为mm  
标准抗拉强度值Rm＞540MPa的钢材　其他钢材  
单面坡口　双面坡口　单面坡口　双面坡口  
e1　e2　e1　e2　e1　e2　e1　e2  
0～10%δs  
且≤3　0～1.5　0～10%δ1且≤3　0～10%δ2  
且≤3　0～15%δs  
且≤4　0～1.5　0～15%δ1且≤4　0～15%δ2  
且≤4  
表中百分数计算值小于1.5时按1.5计。  
图6 A、B类焊接接头的余高e1、e2  
9.2.6.10　在罐体上焊接的临时吊耳和拉筋的垫板等，应采用力学性能和焊接性能与罐体相近的材料，并用相适应的焊材及焊接工艺进行焊接。临时吊耳和拉筋的垫板割除后，留下的焊疤应打磨光滑，并应按图样规定进行渗透检测或磁粉检测，确保表面无裂纹等缺陷。打磨后的厚度应不小于该部位设计厚度。  
9.2.6.11　罐体不应强力组装。  
9.2.6.12　罐体不应采用十字焊缝。  
9.2.6.13　罐体上开孔位置宜避开焊接接头。  
9.2.6.14　当焊缝需返修时，其焊接返修工艺符合9.2.6.4～9.2.6.7的规定。  
9.2.6.15　焊缝同一部位的返修次数不宜超过2次。当超过2次，返修前均应经制造单位技术负责人批准，返修次数、部位和返修情况应记入产品质量证明书。  
9.2.6.16　如在热处理后进行返修，当返修深度小于钢材厚度δs的1/3，且不大于13mm时，可不再进行焊后热处理。返修焊接时，应先预热并控制每一焊层厚度不应大于3mm，且应采用回火焊道。在同一截面两面返修时，返修深度为两面返修的深度之和。  
9.2.7　产品试件和试样  
9.2.7.1　当设计图样上要求时，需制备产品焊接试件。  
9.2.7.2　制备产品焊接试件与试样的要求应符合GB/T 150.4 的规定。  
9.2.7.3　产品焊接试件与试样的检验与评定应符合GB/T 150.4 的规定。  
9.2.8　无损检测  
9.2.8.1　无损检测方法  
9.2.8.1.1　罐体的无损检测方法包括射线检测（胶片感光或数字成像）、超声检测、磁粉检测和渗透检测。  
9.2.8.1.2　当采用未列入NB/T 47013或超出其适用范围的无损检测方法时，应符合TSG 21的规定。9.2.8.1.3　制造单位或无损检测机构应按设计图样要求和NB/T 47013.1的规定制定罐体无损检测工艺。  
9.2.8.2　无损检测方法的选择  
无损检测方法应符合GB/T 150.4-2011中10.1的规定。  
9.2.8.3　无损检测比例  
罐体对接接头的无损检测比例为100%。  
9.2.8.4　无损检测的实施时机  
罐体的焊接接头应经形状、尺寸及外观检查，合格后再进行无损检测。  
9.2.8.5　无损检测技术要求  
9.2.8.5.1　射线检测应按NB/T 47013.2或NB/T 47013.11、NB/T 47013.14的规定执行，检测技术等级不低于AB级，合格级别不低于Ⅱ级。  
9.2.8.5.2　超声检测应按NB/T 47013.3或NB/T 47013.10的规定执行，检测技术等级和合格级别应符合下列规定：  
a）　脉冲反射法超声检测技术等级不低于B级，合格级别为Ⅰ级；  
b）　采用衍射时差法超声检测的焊接接头，合格级别不低于Ⅱ级。  
9.2.8.5.3　罐体所有焊接接头的表面无损检测均应按NB/T 47013.4或NB/T 47013.5的规定执行，磁粉或渗透检测合格级别均为Ⅰ级。  
9.2.8.6　无损检测记录、资料和报告  
小型储罐的无损检测档案应完整，保存期限不得少于小型储罐的设计使用年限。  
9.2.9　热处理  
9.2.9.1　焊后热处理（PWHT）  
当设计图样要求进行整体消除应力热处理时，热处理应包括受压元件间及其与非受压元件的连接焊缝。  
9.2.9.2　焊后热处理要求  
9.2.9.2.1　制造单位应按设计文件和标准的要求在热处理前编制热处理工艺。  
9.2.9.2.2　不应使用燃煤炉进行焊后热处理。  
9.2.9.2.3　热处理装置（炉）应配有自动记录温度曲线的测温仪表，并能自动绘制热处理的时间与工件壁温关系曲线。  
9.2.9.2.4　应采用整体炉内消除应力热处理。  
9.2.9.2.5　缺陷焊补部位，允许采用局部热处理。局部热处理有效加热范围应符合以下规定：  
a）　焊缝最大宽度两侧各加δPWHT或50mm，取两者较小值；  
b）　返修焊缝端部方向上加δPWHT或50mm，取两者较小值；  
c）　接管与罐体相焊时，应环绕包括接管在内的圆筒全圆周加热，且在垂直于焊缝方向上自焊缝边缘加δPWHT或50mm，取两者较小值。  
9.2.9.2.6　局部热处理的有效加热范围应不产生有害变形，当无法有效控制变形时，应扩大加热范围，例如对圆筒全周长范围进行加热时；靠近加热区的部位应采取保温措施，使温度梯度不致影响材料的组织和性能。  
9.2.9.3　焊后热处理操作  
碳素钢、低合金钢的焊后热处理操作应符合下列规定：  
a）　焊件进炉时炉内温度不应高于400℃；  
b）　焊件升温至400℃后，加热区升温速度不超过5500/δPWHT℃/h，且不应超过220℃/h，一般情况下不低于55℃/h；  
c）　升温时，加热区内任意4600mm长度内的温差不大于140℃；  
d）　保温时，加热区内最高与最低温度之差不宜超过80℃；  
e）　升温及保温时应控制加热区气氛，防止焊件表面过度氧化；  
f）　炉温高于400℃时，加热区降温速度不超过7000/δPWHT℃/h，且不应超过280℃/h，一般情况下低于55℃/h；  
g）　焊件出炉时，炉温不高于400℃，出炉后应在静止空气中继续冷却。  
9.3　置换处理  
小型储罐出厂前，罐体应按下列要求进行置换处理，合格后方可出厂。  
a）　采用氮气置换处理时，处理后的含氧量小于3％，并保留0.05MPa～0.1MPa的余压；  
b）　采用抽真空处理时，处理后的真空度不低于0.086MPa；  
c）　设计文件有特殊规定时，按设计文件执行。  
9.4　罐体涂敷  
罐体的涂敷应符合JB/T 4711的规定，罐体漆膜颜色宜采用浅色。  
10　试验方法  
10.1　液压试验  
液压试验应符合GB/T 150.4-2011中第11章的规定。  
10.2　气密性试验  
气密性试验应符合本文件7.6的规定。  
10.3　其他检查  
罐体总装完成后的检验项目至少包括下列内容，其合格要求应符合本文件和设计图样的规定：  
a）　罐体的几何尺寸；  
b）　罐体的表面涂装、标志、铭牌以及必要的警示性标志等，其中标志至少包括介质名称、下次全面检验日期等；  
c） 检查是否安装电子标签或电子识读装置。  
11　检验规则  
小型储罐制造完毕后，制造单位应按照设计图样和本文件逐台检验合格后方可出厂，出厂检验项目按表5的规定。  
表5 出厂检验项目  
序号　检验项目　检 验 内 容　技 术 要 求  
1　相关技术文件  
检查　产品名称、规格　1.1、4.2  
设计温度、设计压力、最高允许工作压力、介质　7.4.3、7.4.5、7.4.6、7.4.14  
罐体材料　6.2  
设计使用年限　7.3.3  
2　外观检查　铭牌　12.3  
标志标识　12  
罐体涂敷　9.4  
防火涂层　6.4、7.9  
焊接接头及母材外表面缺陷　9.2.3、9.2.6  
结构件的连接　7.4.19  
罐体开口　7.4.18  
罐体焊缝布置　9.2.6  
3　几何尺寸检验　罐体几何尺寸　9.1.5  
罐体直线度　9.2.4  
单个筒节的最小长度　9.2.4  
法兰、凸缘螺纹　7.4.16、7.4.17  
4　附件检验　安全阀　8.2  
导静电装置　8.3  
仪表　8.4  
装卸附件　8.5  
电子标签或电子识读装置　7.1.4、10.3  
5　出厂文件　出厂文件应齐全　13  
12　标志标识  
12.1　罐体外表面应为浅色。在罐体适当部位书写充装介质的名称，字色为大红（R03），字高不小于100mm，字样宜为仿宋体。  
12.2　在罐体适当部位书写“罐体下次全面检验日期：××××年××月”，字色为黑色，字高清晰可见。  
12.3　产品铭牌应安装在罐体的易见部位，产品铭牌的格式与内容按TSG 21的规定。  
13　出厂文件  
13.1　制造单位至少向使用单位提供下列技术文件和资料：  
a）　竣工图样，竣工图样上应有设计单位许可印章（复印章无效），且加盖竣工图章（竣工图章上标注制造单位名称、制造许可证编号、审核人的签字和“竣工图”字样），当制造中发生材料代用、无损检测方法改变、加工尺寸变更等，制造单位应按设计单位书面批准文件的要求在竣工图样上作出清晰标注，标注处有修改人的签字及修改日期；  
b）　产品合格证（含产品数据表）；  
c）　产品质量证明文件，产品质量证明文件包括材料清单、主要受压元件材料质量证明书、质量计划、外观及几何尺寸检验报告、焊接记录、无损检测报告、热处理报告及自动记录曲线（需要时）、液压试验报告及气密性试验报告、产品铭牌的拓印件或复印件等；  
d）　特种设备制造监督检验证书；  
e）设计单位提供的压力容器设计文件。  
13.2　小型储罐产品质量证明文件至少包含下列内容：  
a）　主要受压元件材料质量证明书和材料清单；  
b）　质量计划；  
c）　受压元件（封头、锻件等）为外购或外协件时的产品质量证明文件；  
d）　罐体外观及几何尺寸检验报告；  
e）　罐体焊接记录；  
f）　罐体无损检测报告；  
g）　罐体焊后热处理报告及自动记录曲线（图样有要求时）；  
h）　罐体液压试验报告；  
i）　气密性试验报告；  
j）　整体检验报告；  
k）　罐体置换检验报告；  
l）　产品制造变更报告；  
m）　钢板、锻件超声检测报告（需要时）；  
n）　安全附件、仪表及装卸附件的质量证明文件。  
13.3　小型储罐使用说明书除应符合GB/T 9969的规定外，还应至少包含下列内容：  
a)　小型储罐主要技术性能参数；  
b）　罐体结构图，至少应包括安全附件、仪表及装卸附件的型号和连接方式；  
c）　操作使用说明，至少应有操作规程、盛装介质重量的控制要求；  
d）　使用注意事项，至少应包括充液过程中的注意事项；  
e）　维护和保养要求；  
f）　常见故障的排除方法；  
g）　　备品和备件清单。  
14 运输包装  
小型储罐的运输包装除应符合JB/T 4711的规定外，还应符合设计文件要求。