

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47058—2017
代替 JB/T 4783—2007

冷冻液化气体汽车罐车

Road tankers for refrigerated liquefied gas

2017-11-15 发布

2018-03-01 实施



国家能源局 发布

国家能源局

公告

2017年 第10号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《煤层气生产站场安全管理规范》等204项行业标准，其中能源标准（NB）62项、电力标准（DL）86项、石油标准（SY）56项，现予以发布。

上述标准中电力管理、电工装备标准、煤层气及生物液体燃料标准由中国电力出版社出版发行，电力（火电）规划设计标准由中国计划出版社出版发行，《定制电力技术导则》由中国标准出版社出版发行，石油天然气标准由石油工业出版社出版发行，煤炭标准由煤炭工业出版社出版发行，锅炉压力容器标准由新华出版社出版发行。

附件：行业标准目录

二〇一七年十一月十五日

附件：

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
1~58		(略)				
59	NB/T 47058—2017	冷冻液化气体汽车罐车	JB/T 4783—2007		2017-11-15	2018-03-01
60	NB/T 47059—2017	冷冻液化气体罐式集装箱	JB/T 4784—2007		2017-11-15	2018-03-01
61~204		(略)				

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 资质与职责	4
5 材料	5
6 设计	9
7 安全附件、仪表和装卸附件	21
8 制造	26
9 试验方法	38
10 检验规则	40
11 标志、标识	43
12 出厂文件	43
13 储存、运输	44
附录 A (规范性附录) 标准的符合性声明及修订	45
附录 B (规范性附录) 风险评估报告	46
附录 C (规范性附录) 罐体安全泄放量及超压泄放装置排放能力的计算	47
参考文献	55
编制说明	57

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。
本标准代替 JB/T 4783—2007《低温液体汽车罐车》。本标准与 JB/T 4783—2007 相比，主要技术变化如下：

- a) 标准名称：
——由原“低温液体汽车罐车”改为“冷冻液化气体汽车罐车”；
- b) 范围：
——增加了不适用范围、罐车与罐体范围的界定及主要受压元件的界定等内容；
- c) 术语和定义：
——取消了低温液体、绝热层等 19 个术语和定义，修订和增加了高真空多层绝热、冷冻液化气体等 11 个术语和定义；
- d) 资质与职责：
——将原“职责”改为“资质与职责”，增加了用户或设计委托方的职责，修改和完善了设计和制造单位职责要求的内容；
- e) 材料：
——修改了罐体用钢板、钢锻件、钢管与管件、焊接材料、绝热材料、吸附剂材料及夹层支撑材料的要求，增加了密封垫片材料的要求；
- f) 设计：
——修改了整车、载荷、设计温度、设计压力、管路等的设计要求，并增加了分析设计方法、最低设计金属温度、罐体最小厚度、最大允许充装量等要求；
- g) 安全附件、仪表和装卸附件：
——明确列出了安全附件、仪表和装卸附件的种类，修改了相关技术要求；
- h) 制造：
——修改了焊接接头分类、材料复验、冷热加工、组装、焊接、无损检测等要求，并增加了 E 类焊接接头、罐体涂敷等要求；
- i) 试验方法：
——增加了氨检漏、卤素检漏及氦检漏等试验方法；
- j) 检验规则：
——修改了检验规则的要求，增加了检验项目内容及技术要求表；
- k) 标志、标识：
——修改了标志、标识的具体要求；
- l) 附录：
——增加了“标准的符合性声明及修订”“风险评估报告”两个附录；
——取消了原“产品铭牌格式与内容”“产品质量证明书格式与内容”和“常见低温液体物性参数”三个附录；

——原附录 A “安全泄放装置的设计计算”改为附录 C “罐体安全泄放量及超压泄放装置排放能力的计算”，修改了罐体安全泄放量和超压泄放装置排放能力计算的内容。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会移动式压力容器分技术委员会（SAC/TC 262/SC4）组织起草。

本标准起草单位：张家港中集圣达因低温装备有限公司、上海市气体工业协会、中国特种设备检测研究院、上海华谊集团装备工程有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院张家港分院、查特中汽深冷特种车（常州）有限公司、南通中集能源装备有限公司、张家港韩中深冷科技有限公司、江西制氧机有限公司、荆门宏图特种飞行器制造有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、航天晨光股份有限公司、常州博朗低温设备有限公司、北京建安特西维欧特种设备制造有限公司、铁岭黄海专用车制造有限公司。

本标准主要起草人：高洁、周伟明、罗晓钟、滕俊华、陈朝晖、王飞、何华、陈文锋、蒋平安、殷劲松、陈燕山、肖学文、丁建勋、王芳、朱艳梅、叶彦元、陈丽艳。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——JB/T 4783—2007。

冷冻液化气体汽车罐车

1 范围

1.1 本标准规定了冷冻液化气体汽车罐车（以下简称罐车）的材料、设计、制造、试验方法、检验规则、标志标识、出厂文件、储存运输等要求。

1.2 本标准适用于罐体内容器的设计压力不小于 0.1MPa，几何容积不小于 1m³，采用真空粉末绝热或高真空多层绝热结构，且罐体与定型底盘或半挂车行走机构采用永久性连接的罐车。

1.3 本标准不适用于下列范围的罐车：

- a) 罐体材料为有色金属或非金属的；
- b) 充装标准沸点低于-196℃的冷冻液化气体介质的；
- c) 充装有毒介质的；
- d) 国防军事装备等有特殊要求的。

1.4 界定范围

1.4.1 本标准适用的罐车，范围包括罐体、管路、安全附件、仪表、装卸附件以及定型底盘或半挂车行走机构、支座、操作箱、自增压器等。

1.4.2 罐体界定范围如下：

- a) 罐体与管路焊接连接的第一道环向接头的坡口端面；
- b) 罐体与管路、安全附件螺纹连接的第一个螺纹接头端面，法兰连接的第一个法兰密封面；
- c) 罐体开孔部分的端盖及其紧固件；
- d) 罐体与非受压元件的连接焊缝。

1.4.3 管路包括所有与罐体相连接的管子与管件。

1.4.4 主要受压元件包括内容器的筒体、封头以及与充装介质接触的公称直径不小于 15mm 的管子和管座、法兰、法兰盖板等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 150.1	压力容器 第 1 部分：通用要求
GB/T 150.2	压力容器 第 2 部分：材料
GB/T 150.3—2011	压力容器 第 3 部分：设计
GB/T 150.4—2011	压力容器 第 4 部分：制造、检验与验收
GB/T 567.1	爆破片安全装置 第 1 部分：基本要求
GB/T 567.2	爆破片安全装置 第 2 部分：应用、选择与安装
GB/T 567.3	爆破片安全装置 第 3 部分：分类及安装尺寸
GB/T 713	锅炉和压力容器用钢板
GB 1589	汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值

GB/T 1804—2000	一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 3531	低温压力容器用低合金钢钢板
GB/T 3730.2	道路车辆质量词汇和代码
GB/T 3730.3	汽车和挂车的术语及其定义车辆尺寸
GB/T 4351 (所有部分)	手提式灭火器
GB/T 4606	道路车辆半挂车牵引座 50 号牵引销的基本尺寸和安装、互换性尺寸
GB/T 4607	道路车辆半挂车牵引座 90 号牵引销的基本尺寸和安装、互换性尺寸
GB 4785	汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定
GB 7258	机动车运行安全技术条件
GB/T 9969	工业产品使用说明书总则
GB 11567	汽车及挂车侧面和后下部防护要求
GB/T 12241	安全阀一般要求
GB/T 12243	弹簧直接载荷式安全阀
GB 12676	商用车辆和挂车制动系统技术要求及试验方法
GB/T 13296	锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
GB 13365	机动车排气火花熄灭器
GB 13392	道路运输危险货物车辆标志
GB/T 13550	5A 分子筛及其测定方法
GB/T 13881	牵引车与挂车之间气制动管连接器
GB/T 14525	波纹金属软管通用技术条件
GB/T 14976	流体输送用不锈钢无缝钢管
GB 16735	道路车辆车辆识别代号 (VIN)
GB/T 17600 (所有部分)	钢的伸长率换算
GB/T 18443 (所有部分)	真空绝热深冷设备性能试验方法
GB/T 20070	道路车辆牵引车与半挂车之间机械连接互换性
GB 20300	道路运输爆炸品和剧毒化学品车辆安全技术条件
GB 21668	危险货物运输车辆结构要求
GB/T 23336	半挂车通用技术条件
GB/T 24511	承压设备用不锈钢钢板及钢带
GB/T 24918	低温介质用紧急切断阀
GB/T 25198	压力容器封头
GB/T 26929	压力容器术语
GB/T 31480	深冷容器用高真空多层绝热材料
GB/T 31481	深冷容器用材料与气体的相容性判定导则
NB/T 47009	低温承压设备用低合金钢锻件
NB/T 47010	承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
NB/T 47013.1	承压设备无损检测 第 1 部分: 通用要求
NB/T 47013.2	承压设备无损检测 第 2 部分: 射线检测
NB/T 47013.3	承压设备无损检测 第 3 部分: 超声检测

NB/T 47013.4	承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
NB/T 47013.5	承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
NB/T 47013.10	承压设备无损检测 第10部分：衍射时差法超声检测
NB/T 47013.11	承压设备无损检测 第11部分：X射线数字成像检测
NB/T 47013.14	承压设备无损检测 第14部分：X射线计算机辅助成像检测
NB/T 47014	承压设备焊接工艺评定
NB/T 47016	承压设备产品焊接试件的力学性能检验
NB/T 47018.1	承压设备用焊接材料订货技术条件 第1部分：采购通则
NB/T 47018.2	承压设备用焊接材料订货技术条件 第2部分：钢焊条
NB/T 47018.3	承压设备用焊接材料订货技术条件 第3部分：气体保护电弧焊 钢焊丝和填充丝
NB/T 47018.4	承压设备用焊接材料订货技术条件 第4部分：埋弧焊钢焊丝和焊剂
HG/T 2690	13X分子筛
JB/T 4711	压力容器涂敷与运输包装
JB 4732—1995	钢制压力容器——分析设计标准（2005年确认）
JB/T 5943	工程机械焊接件通用技术条件
JB/T 6804	抗震压力表
JB/T 6896	空气分离设备表面清洁度
JT 230	汽车导静电橡胶拖地带
QC/T 252	专用汽车定型试验规程
QC/T 310	半挂车支承装置
QC/T 484	汽车油漆涂层
YS/T 599	超细氧化钡粉
TSG R0005	移动式压力容器安全技术监察规程
TSG Z6002	特种设备焊接操作人员考核细则

3 术语和定义

GB/T 150.1、GB/T 150.4、GB/T 3730.2、GB/T 3730.3、GB/T 18443 和 GB/T 26929 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷冻液化气体 refrigeratedliquefied gas

在运输过程中由于温度低而部分呈液态的气体，临界温度一般不高于-50℃。

3.2

冷冻液化气体汽车罐车 road tankers for refrigeratedliquefied gas

由真空绝热罐体与定型底盘或半挂行走机构永久性连接的、用于充装冷冻液化气体的道路运输罐式车辆。

3.3

单车 tank truck

罐体安装在定型底盘上的道路运输罐式车辆。

3.4

半挂车 **semi-trailer**

罐体安装在无动力半挂行走机构上的道路运输罐式车辆。

3.5

高真空多层绝热 **high vacuum multilayer insulation**

罐体的真空夹层空间内设置多层由绝热材料间隔的隔热辐射屏，并抽高真空所形成的绝热方式。

3.6

真空粉末绝热 **vacuum powder insulation**

罐体的真空夹层空间内充填多孔微粒绝热材料，并抽真空所形成的绝热方式。

3.7

几何容积 **geometric volume**

按设计的几何尺寸确定的内容器内部体积，扣除内件所占体积。

3.8

有效容积 **effective volume**

在使用状态下，内容器允许充装冷冻液化气体的液体最大体积。

3.9

等效压力 **equivalent pressure**

罐体所承受的在正常运输工况中由于介质惯性力载荷的作用而引起的压力。

3.10

充满率 **filling rate**

罐车充装冷冻液化气体的液体体积与内容器的几何容积之比。

3.11

额定充满率 **specified filling rate**

罐车充装时，充装液体量达到设计规定最高液面时的液体体积与内容器几何容积之比。

3.12

基准钢 **reference steel**

设定标准抗拉强度下限值 (R_m) 为 370MPa，断后伸长率 (A) 为 27% 的基准钢材。

3.13

封结真空度 **sealing-off vacuum degree**

罐体抽真空结束封口后，在常温下真空夹层压力相对稳定时的真空度。

4 资质与职责

4.1 资质

4.1.1 罐车的设计、制造、检验及验收除应符合本标准的规定外，还应遵守国家颁布的有关法律、规章和安全技术规范的规定。

4.1.2 罐车的设计、制造单位应按 TSG R0005 的规定取得相应的特种设备设计、制造许可证。

4.1.3 罐车的制造单位除应持有相应的特种设备制造许可证外，还应按国务院汽车行业主管部门的规定取得相应的产品制造资质。

4.2 职责

4.2.1 用户或设计委托方

用户或设计委托方应以正式书面形式向设计单位提出罐车设计条件。设计条件至少包含下列内容：

- a) 设计和制造应遵循的主要标准和安全技术规范；
- b) 工作条件，包括使用环境温度、工作温度范围、工作压力范围、装卸条件及方式、装卸压力、附加载荷、路况等；
- c) 充装介质，包括介质的编号、名称、类别、组分、物理与化学性质、危险特性、有害杂质含量及介质对罐体材料的腐蚀速率等；
- d) 内容器几何容积或有效容积；
- e) 预期的罐车使用年限和夹层真空使用年限；
- f) 所需维持时间；
- g) 对应波动压力的压力循环次数；
- h) 定型底盘或牵引车的型号和必要的技术参数；
- i) 设计需要的其他必要条件（如罐体材料选择、防腐、表面处理及特殊试验等）。

4.2.2 设计单位

4.2.2.1 设计单位应基于风险评估报告的内容完成整车设计，且对设计文件的正确性和完整性负责。

4.2.2.2 设计专用印章的管理和使用应满足 TSG R0005 的要求。

4.2.2.3 设计单位应在罐车设计使用年限内保存全部设计文件。

4.2.3 制造单位

4.2.3.1 罐车应为整车制造，制造单位对罐车的制造质量负责。

4.2.3.2 制造单位应按设计文件的要求进行制造，当原设计文件需修改时，应取得原设计单位同意修改的书面证明文件，并对改动部位作详细记录。

4.2.3.3 制造单位在制造前应制定质量计划，其内容至少包括罐车的制造工艺控制点、检验项目和合格要求。

4.2.3.4 制造单位的检验部门在制造过程中和完工后，应按本标准、设计图样和设计文件、质量计划的规定进行各项检验和试验，出具相应报告，且对报告的正确性和完整性负责。

4.2.3.5 每台罐车检验合格后，制造单位应出具产品合格证。

4.2.3.6 制造单位应接受特种设备检验检测机构对其制造过程的监督检验，且取得监检单位出具的“特种设备制造监督检验证书”。

4.2.3.7 罐车应按型号通过主管部门核准或批准的试验机构的型式试验和相关试验，且取得相应合格证明文件。

4.2.3.8 制造单位对其制造的每台罐车，应在其设计使用年限内至少保存下列技术文件备查：

- a) 制造工艺图或制造工艺卡；
- b) 罐体的焊接工艺和热处理工艺文件；
- c) 标准规定的检验、试验项目记录；
- d) 制造过程及完工后的检查、检验、试验记录；
- e) 出厂文件（符合第 12 章的规定）；
- f) 原设计文件。

5 材料

5.1 一般要求

5.1.1 材料的选择应考虑材料的力学性能、物理性能、工艺性能和与介质的相容性。

- 5.1.2 可能与氧气或富氧环境接触的材料，其与氧的相容性应符合 GB/T 31481 的规定。
- 5.1.3 与受压元件相焊的非受压元件用材料应具有良好的韧性及焊接性，且与相焊的受压元件相匹配。
- 5.1.4 材料制造单位应在材料的明显部位作出清晰、牢固的出厂钢印标志或采用其他可追溯的标志。
- 5.1.5 材料制造单位应向罐车制造单位提供材料质量证明书，材料质量证明书的内容应齐全、清晰，且印制可追溯的信息化标志以及质量检验章。
- 5.1.6 制造单位从非材料制造单位取得罐体用材料时，应取得材料制造单位提供的材料质量证明书原件或加盖材料经营单位公章和经办负责人章的复印件。
- 5.1.7 制造单位应对取得的材料、外购件的质量证明书的真实性和一致性负责。
- 5.2 罐体材料
- 5.2.1 罐体选用材料应符合 GB/T 150.2 以及相应国家标准、行业标准的规定。罐体受压元件选材时，应考虑材料的使用条件（如设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等）、材料的性能（力学性能、工艺性能、化学性能和物理性能）、罐体的制造工艺及经济合理性。
- 5.2.2 境外牌号材料或新材料的使用应符合 TSG R0005 的有关规定。
- 5.2.3 内容器
- 5.2.3.1 内容器受压元件的材料应符合相应材料标准和设计图样的规定。
- 5.2.3.2 内容器受压元件用钢一般应选用奥氏体不锈钢材料。
- 5.2.3.3 内容器用材料的力学性能应满足下列要求：
- a) 内容器受压元件用钢应具有良好的塑性，其常温下的屈服强度标准值（或 0.2%规定塑性延伸强度）应不大于 460MPa，抗拉强度上限标准值应不大于 725MPa；
 - b) 材料质量证明书中室温屈服强度（或 0.2%规定塑性延伸强度）与室温抗拉强度之比应不大于 0.85；
 - c) 钢板的断后伸长率不小于 $10\,000 / R_m(\%)$ ，奥氏体型不锈钢的断后伸长率应不小于 40%。采用不同尺寸试样的断后伸长率指标，应按照 GB/T 17600 进行换算，换算后的指标应符合本条规定。
- 5.2.4 外壳
- 5.2.4.1 熔炼方法
- 5.2.4.1.1 外壳用钢应为镇静钢。
- 5.2.4.1.2 用于设计温度低于 -20°C 的低温钢板和低温钢锻件，还应采用炉外精炼工艺。
- 5.2.4.2 化学成分（熔炼分析）
- 5.2.4.2.1 焊接用低合金钢材，碳含量不大于 0.250%、磷含量不大于 0.035%、硫含量不大于 0.035%。
- 5.2.4.2.2 低合金钢钢材（钢板和钢锻件），其磷、硫含量应符合下列规定：
- a) 磷含量不大于 0.030%、硫含量不大于 0.020%；
 - b) 用于设计温度低于 -20°C 且标准抗拉强度下限值不大于 540MPa 的钢材，磷含量不大于 0.025%、硫含量不大于 0.012%。
- 5.2.4.3 力学性能
- 5.2.4.3.1 外壳用低合金钢钢材，常温下的屈服强度标准值应不大于 460MPa，抗拉强度上限标准值应不大于 725MPa，并能适应罐车在运输、使用中所遇到的环境条件，且符合设计图样的要求。

5.2.4.3.2 外壳用低合金钢钢材，材料质量证明书中常温下的屈服强度与抗拉强度之比应不大于 0.85。

5.2.4.3.3 外壳用低合金钢钢板和钢锻件的冲击试验应符合下列规定：

- a) 冲击试验温度应按设计文件的要求；
- b) V 型缺口试样夏比冲击吸收能量 (KV_2) 最低值应符合表 1 的规定；
- c) 当钢材标准中冲击吸收能量指标高于表 1 规定时，还应符合相应钢材标准的规定；
- d) 厚度小于 6mm 的钢板可免除冲击试验。

表 1 低合金钢钢板和钢锻件的冲击吸收能量

钢材标准抗拉强度下限值 R_m /MPa	3 个标准试样冲击吸收能量平均值 KV_2 /J
≤ 510	≥ 27
$> 510 \sim 540$	≥ 34

注：对 R_m 随厚度增大而降低的钢材，按该钢材最小厚度范围的 R_m 确定冲击吸收能量指标。

5.2.4.3.4 夏比冲击试样的取样部位和试样方向应符合相应钢材标准的规定。冲击试验每组取 3 个标准试样（宽度为 10mm），允许 1 个试样的冲击吸收能量数值低于表 1 的规定值，但不低于表 1 规定值的 70%。当钢材尺寸无法制备标准试样时，则应依次制备宽度为 7.5mm 或 5mm 的小尺寸冲击试样，其冲击吸收能量指标分别为标准试样冲击吸收能量指标的 75% 或 50%。

5.2.4.3.5 断后伸长率 (A) 应符合下列规定：

- a) 外壳封头、筒体用钢板的断后伸长率 (A) 应不小于 $10\,000/R_m$ (%)，且不小于 20%；
- b) 当相应钢板标准规定的断后伸长率 (A) 高于 a) 的规定时，还应符合钢板标准的规定；
- c) 外壳其他受压元件用钢板和钢锻件的断后伸长率 (A) 应符合相应钢材标准的规定；
- d) 采用不同尺寸试样的断后伸长率指标，应按 GB/T 17600 进行换算，换算后的指标应符合 a)、b)、c) 的规定。

5.2.5 钢板

5.2.5.1 内容器用钢板

5.2.5.1.1 奥氏体型不锈钢钢板应符合 GB/T 24511 的规定，且以固溶状态交货。热轧钢板表面加工类型不低于 1D 级，冷轧钢板表面加工类型不低于 2B 级。

5.2.5.1.2 内容器常用钢板材料的力学性能指标按表 2 的规定。

5.2.5.1.3 当采用表 2 以外的钢板时，应符合本标准和相应材料标准的规定。

表 2 内容器常用钢板力学性能指标

钢号	钢板标准	交货状态	厚度 / mm	室温强度指标 / MPa			断后伸长率 A / %
				$R_{p0.2}$	$R_{p1.0}$	R_m	
S30408	GB/T 24511	固溶处理	3~25	≥ 220	≥ 250	≥ 520	≥ 40
S30403				≥ 210	≥ 230	≥ 490	
S31608				≥ 220	≥ 260	≥ 520	
S31603				≥ 210	≥ 260	≥ 490	

5.2.5.2 外壳用钢板

5.2.5.2.1 钢板应有良好的可焊性、足够的强度和冲击韧性，同时应考虑外界环境的腐蚀作用。当选用低合金钢板时，应符合 GB/T 713 或 GB/T 3531 的规定；当选用奥氏体型不锈钢钢板时，应

符合 GB/T 24511 的规定。

5.2.5.2.2 外壳常用钢板材料的力学性能指标按表 3 的规定。

5.2.5.2.3 当采用表 3 以外的钢板时，应符合本标准和相应材料标准的规定。

表 3 外壳常用钢板力学性能指标

钢号	钢板标准	交货状态	厚度 / mm	室温强度指标 / MPa		断后伸长率 A / %
				R_{eL} ($R_{p0.2}$)	R_m	
Q245R	GB/T 713	热轧, 控轧或正火	3~16	≥ 245	400~520	≥ 25
Q345R				≥ 345	510~640	≥ 21
16MnDR	GB/T 3531	正火, 正火加回火	6~16	≥ 315	490~620	≥ 21
S30408	GB/T 24511	固溶处理	3~25	≥ 220	≥ 520	≥ 40
S30403				≥ 210	≥ 490	

5.2.6 钢锻件

5.2.6.1 内容器用不锈钢锻件应符合 NB/T 47010 的规定，锻件级别应不低于 III 级。

5.2.6.2 外壳用低合金钢锻件和不锈钢锻件应分别符合 NB/T 47009、NB/T 47010 的规定，与罐内介质接触的锻件级别应不低于 III 级，其余锻件级别应不低于 II 级。

5.2.7 钢管和管件

5.2.7.1 钢管用材料应符合 GB/T 150.2 和设计图样的规定，且应符合 GB/T 13296 或 GB/T 14976 的规定。

5.2.7.2 管件应符合相应标准的规定。当管件采用钢锻件时，应符合 5.2.6 的规定。

5.2.7.3 管件采用冷成形加工成形时，其成形后的铁素体测量值应不大于 15%。

5.2.8 绝热材料

5.2.8.1 真空粉末绝热用膨胀珍珠岩（珠光砂）应符合下列规定：

- a) 粒度：0.1mm~1.2mm；
- b) 堆积密度：30kg/m³~60kg/m³；
- c) 含水率：不大于 0.3%（质量比）；
- d) 导热系数（在常压下、温度 77K~310K 时的平均值）：不大于 0.03W/（m·K）。

5.2.8.2 阻光剂应具有良好的化学稳定性。

5.2.8.3 高真空多层绝热材料应符合 GB/T 31480 的规定，且应采用导热系数小、放气率低的脱脂纤维布或者脱脂纤维纸等材料。

5.2.9 吸附剂材料

5.2.9.1 5A 分子筛应符合 GB/T 13550 的规定，13X 分子筛应符合 HG/T 2690 的规定。

5.2.9.2 氧化钡应符合 YS/T 599 的规定。

5.2.10 焊接材料

5.2.10.1 罐体用焊接材料应符合 NB/T 47018.1~47018.4 的规定，且有清晰、牢固的标志。

5.2.10.2 焊接材料的选用应考虑焊接接头力学性能与罐体母材的匹配。焊缝金属的抗拉强度不低于母材标准规定的下限值，低合金钢焊接材料的冲击吸收能量符合表 1 的规定。当需要时，其性能也应不低于母材的相应要求。

5.2.10.3 焊接材料应按 NB/T 47014 的要求进行焊接工艺评定, 评定合格后方可使用。

5.2.11 夹层支撑材料

5.2.11.1 非金属支撑材料应尽可能选用导热系数小、真空下表面放气率低和具有良好低温冲击韧性的材料, 且使用温度应在材料允许使用温度范围内。

5.2.11.2 金属支撑材料应选用导热系数小、具有良好的低温冲击韧性的材料, 使用温度应在材料允许使用温度范围内, 且符合相应材料的标准要求。

5.2.12 其他

5.2.12.1 外购件应符合相应的国家标准或行业标准的规定, 且有质量证明文件或产品合格证。

5.2.12.2 定型底盘应选用国务院汽车主管部门认可的定型产品, 且有相应的技术资料和质量证明文件。当选用进口汽车底盘时, 应符合国家主管部门的相关规定, 且有相应的技术资料和质量证明文件。

5.2.12.3 半挂车行走机构应满足 GB/T 23336 的要求, 且有相应的技术资料和质量证明文件。

5.2.12.4 手提灭火器应符合 GB 4351 的规定, 且在有效期内。

5.2.12.5 进口阀门等压力管道元件还应符合国家质量监督检验检疫总局的相关规定。

5.2.12.6 紧固件应符合相应国家标准或行业标准的规定。

5.2.12.7 密封垫片应根据充装介质、工作压力和温度正确选用, 且符合相应标准的规定。当采用四氟乙烯垫片时, 应选用膨胀或填充改性的聚四氟乙烯垫片。

5.2.12.8 支座材料应有足够的强度和冲击韧性。

5.2.12.9 罐车用其他材料应符合设计图样的要求。

6 设计

6.1 一般要求

6.1.1 罐车的设计除应符合本标准的要求外, 还应符合相关法规、安全技术规范、国家标准和行业标准的规定。罐体、管路、安全附件、仪表及装卸附件等的布置应满足使用和安全的要求。

6.1.2 罐车的外廓尺寸、轴荷及质量限值应符合 GB 1589 的规定, 轴荷分配合理, 且轴荷及总质量应不大于定型底盘或半挂车允许限值。

6.1.3 罐车在满载、静态状态下, 向左侧和右侧倾斜最大侧倾稳定角应符合 GB 7258 的规定。

6.1.4 罐车的制动装置与制动性能应符合 GB 7258、GB 12676 和 GB/T 23336 的规定, 且半挂车应采用双管路制动系统。

6.1.5 罐车的后悬应符合 GB 1589 的规定。

6.1.6 罐车应设置侧面防护装置, 且符合 GB/T 11567 的规定。罐体及罐体上的管路、安全附件、仪表及装卸附件应不超出侧面防护装置。

6.1.7 罐车应设置后下部防护装置, 且符合 GB/T 11567 的规定。后下部防护装置应具有足够的强度和刚度, 在罐车发生意外碰撞时, 保护罐体、管路、安全附件、仪表及装卸附件的安全, 其内侧与罐体后封头及罐体后部的管路、安全附件、仪表及装卸附件外端面在长度方向垂直投影的距离应不小于 150mm。

6.1.8 罐车的管路接头、装卸阀门、超压泄放装置、紧急切断装置、仪表和其他附件等装置应布局合理, 相对集中, 便于操作、检查和维护, 并尽可能设置在操作箱内加以保护。管路、阀门等应有清晰标识, 标明用途。

- 6.1.9 罐车操作箱应有足够的操作空间，且连接牢固、设置满足车辆使用要求。
- 6.1.10 当罐车设置自增压器时，应安装在安全可靠的部位。
- 6.1.11 罐车的外部照明和信号装置的数量、位置与光色应符合 GB 4785 的规定。
- 6.1.12 罐车两侧应至少各配备一只不小于 4kg 的手提式灭火器，且固定牢靠、取放方便。
- 6.1.13 单车和半挂牵引车应安装限速装置、具有行驶记录功能的卫星定位装置、缓速器或其他辅助制动系统。
- 6.1.14 半挂车的前回转半径及后间隙半径应满足 GB/T 20070 的规定。
- 6.1.15 半挂车行走机构应符合 GB/T 23336 的规定。
- 6.1.16 半挂车的牵引销应符合 GB/T 4606 或 GB/T 4607 的规定。
- 6.1.17 半挂车车轴与悬挂装置应符合 GB/T 23336 的规定。
- 6.1.18 半挂车支撑装置的布置应不影响牵引车的转向行驶，半挂车支撑装置应符合 QC/T 310 的规定，其行车状态离地间隙应不小于 320mm。
- 6.1.19 充装易燃、易爆介质的罐车应符合下列规定：
 - a) 罐车的排气火花熄灭器应设置在罐体前端面之前且不高于车辆纵梁上平面的区域内，排气火花熄灭器应符合 GB 13365 的规定；
 - b) 罐体及其附加设备的结构及安全技术要求应符合 GB 21668 和 GB 20300 的有关规定。
- 6.1.20 罐体的设计使用年限应不小于 10 年。
- 6.2 设计文件
 - 6.2.1 罐车的设计文件至少包括下列文件：
 - a) 风险评估报告，包括设计、制造及使用等阶段的主要失效模式和风险控制等，其基本内容应符合附录 B 的要求；
 - b) 设计说明书，包括充装介质的主要物理化学性质（编号、名称、类别及与工作温度相对应的饱和蒸气压和密度等）、危险特性、混合介质的限制组分以及有害杂质的限制含量要求、与罐体材料相容性等说明，还应对设计规范与标准的选择、主要设计结构的确定原则、主要设计参数的确定原则、材料的选择、安全附件的选择、仪表及装卸附件的选择、主要外购部件（如定型底盘或行走机构等）等的选用作出说明；
 - c) 设计计算书，包括罐体强度、刚度、外压稳定性、容积、传热、安全泄放量、超压泄放装置泄放能力、内外支撑结构强度等计算，罐体与行走机构或定型底盘连接处的应力校核，罐车的轴荷分配、侧倾稳定性和重心的计算，需要时还包括罐车结构强度应力分析计算；
 - d) 设计图样，包括总图、罐体及部件图、管路系统及流程图等；
 - e) 制造技术条件，包括主要制造工艺要求、检验与试验方法等；
 - f) 使用说明书，包括主要技术性能参数、适用的介质、安全附件和仪表及装卸附件等的规格和连接方式、操作使用说明、使用注意事项、必要的警示性要求以及应急措施等。
 - 6.2.2 设计总图、罐体图、风险评估报告和设计计算书应由设计、校核、审核 3 级签署并经设计单位技术负责人或其授权人批准。
 - 6.2.3 设计总图上应至少注明下列内容：
 - a) 产品名称、型号及设计制造依据的主要安全技术规范、标准；
 - b) 工作条件，包括使用环境温度、工作温度、工作压力、介质特性（爆炸危害程度等）等；
 - c) 设计条件，包括设计温度、最低设计金属温度、设计载荷（含压力载荷和其他必要的载荷）、

- 介质（组分）、腐蚀裕量等，介质有应力腐蚀倾向的需注明腐蚀介质的限定含量；
- d) 主要特性参数，包括罐车的最大设计总质量、整备质量、内容器和真空夹层的几何容积、额定充满率、最大允许充装量等；
 - e) 设计使用年限；
 - f) 特殊制造要求（氮气或者惰性气体置换要求等）；
 - g) 耐压试验要求；
 - h) 泄漏试验要求；
 - i) 罐体真空绝热型式、真空性能指标、真空绝热性能指标、真空设计使用年限等；
 - j) 防腐蚀要求（必要时）；
 - k) 安全附件、仪表和装卸附件的规格、性能参数及连接方式；
 - l) 装卸管口方位、规格、连接法兰标准等；
 - m) 定型底盘型号、类别及发动机功率，半挂车行走机构型号；
 - n) 罐车的前悬/后悬、接近角/离去角、设计限速、外形尺寸、轴距、满载时轴荷分配、最小转弯半径、最大侧倾稳定角等；
 - o) 铭牌位置。

6.2.4 罐体设计图应至少注明下列内容：

- a) 主要受压元件材料牌号、规格、标准及要求；
- b) 主要设计参数，包括设计温度、设计压力、最低设计金属温度、腐蚀裕量、介质密度、额定充满率、最大允许充装量、充装介质及介质的危害性、内容器和真空夹层的几何容积、焊接接头系数等，介质有应力腐蚀倾向的还需注明腐蚀介质的限定含量；
- c) 内容器与外壳的圆筒、封头的计算厚度、名义厚度和最小成形厚度；
- d) 无损检测要求；
- e) 热处理要求（必要时）；
- f) 耐压试验要求；
- g) 罐体真空绝热型式、真空性能指标、真空绝热性能指标、真空设计使用年限等；
- h) 防腐蚀要求（必要时）；
- i) 罐体设计使用年限（疲劳罐体应标明循环次数）。

6.3 罐体与定型底盘的连接

6.3.1 罐车上装部分的布置，应避免对定型底盘车架造成集中载荷。

6.3.2 当定型底盘车架需加长时，加长部分用材料应考虑与原车架材料的可焊性。

6.3.3 应避免在罐车车架应力集中区内进行钻孔或者焊接。当车架侧平面钻孔时，其孔边缘至少距上、下平面 25mm 以上。

6.3.4 罐体纵向中心平面应与定型底盘纵向中心平面重合，其允许偏差不大于 6mm，罐体与定型底盘的连接应合理、牢固。

6.4 罐体与半挂车行走机构的连接

6.4.1 半挂车按罐体受力情况及连接方式可分为半承载式和承载式两种。

6.4.2 半挂车车架应进行结构强度校核。

6.4.3 承载式半挂车的罐体结构设计应满足 GB/T 23336 的要求，且罐体应进行附加重力载荷下的强度校核。

6.4.4 罐体纵向中心平面应与半挂车行走机构的纵向中心平面重合，其允许偏差不大于 6mm。

6.5 罐体设计

6.5.1 一般要求

6.5.1.1 罐体应基于可能产生的失效模式进行设计。

6.5.1.2 罐体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 4732 的规定。

6.5.1.3 当罐体强度按 GB/T 150.3 计算时，局部应力分析可按 JB 4732 的规定进行。

6.5.2 载荷

6.5.2.1 罐体应能承受在正常装卸和运输过程中可能出现的各种工况条件下的内压、外压、内外压力差等静载荷、动载荷和热应力载荷等，并考虑这些载荷可能发生的最苛刻的组合。同时，还应考虑在设计使用年限内由于反复施加这些载荷而造成的疲劳失效。

6.5.2.2 罐体设计时应考虑下列载荷：

- a) 内压、外压或最大压差；
- b) 装载量达到最大充装质量时的液柱静压力；
- c) 运输时的惯性力；
- d) 支座、其他型式支撑件与罐体连接部位或支撑部位的作用力；
- e) 连接管路和其他部件的作用力；
- f) 罐体自重及正常工作条件下或试验条件下充装介质的重力载荷；
- g) 附属设备及管路等的重力载荷；
- h) 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力；
- i) 压力急剧波动引起的冲击载荷；
- j) 冲击力，如由流体冲击罐体引起的作用力等；
- k) 因压力或温度变化、安装在罐车或罐体上的设备以及机械载荷等产生的周期性动载荷。

6.5.2.3 罐体设计时，应考虑下列温差载荷：

- a) 内容器从环境温度冷却到工作温度的过程中，内容器在支承点处承受的温差载荷。
- b) 内容器、管道及外壳之间不同的热膨胀引起的管道反作用力，并至少考虑下列工况：
 - 1) 进液冷却过程：内容器热状态，管路系统冷状态，外壳热状态；
 - 2) 充装及卸料过程：内容器、管路系统均是冷状态，外壳热状态；
 - 3) 运输过程：内容器冷状态，管路系统热状态，外壳热状态。
- c) 罐体制造过程中夹层加热抽真空时，应考虑内容器在支撑点处、容器与外壳之间的管路及其与内容器连接处的温差载荷。

6.5.2.4 罐体及其紧固装置在运输工况中承受的惯性力载荷按下列要求转换成等效静态力：

- a) 运动方向：最大质量的 2 倍乘以重力加速度；
- b) 与运动方向垂直的水平方向，最大质量乘以重力加速度（当运动方向不明确时，为最大质量的 2 倍乘以重力加速度）；
- c) 垂直向上：最大质量乘以重力加速度；
- d) 垂直向下：最大质量的 2 倍乘以重力加速度。

注 1：计算内容器在运输工况中所承受的惯性力载荷时，最大质量为介质的最大允许充装量；计算夹层支撑或夹层支撑与外壳的连接处在运输工况中所承受的惯性力载荷时，最大质量为介质的最大允许充装量、内容器及其附

件质量之和；计算罐体与底盘或行走机构的连接处在运输工况中所承受的惯性力载荷时，最大质量为介质的最大允许充装量、罐体及附件质量之和。

注2：上述载荷施加于罐体的形心，且不造成罐内气相空间压力的升高。

6.5.2.5 满足下列条件之一时，可免除疲劳分析：

- a) 设计的罐体与已具有成功使用经验的罐体有符合 GB/T 150.1 附录 D 规定的可类比的条件，且根据其经验能证明不需做疲劳分析的。但对下列情况所产生的不利影响应特别注意：
- 1) 内容器采用非整体结构，如开孔采用补强圈补强或角焊缝连接件；
 - 2) 内容器相邻部件之间有显著的厚度变化；
 - 3) 夹层支撑、外壳牵引销座、条形梁或支座、防波板与加强圈或内容器连接处等应力集中处。
- b) 内容器采用奥氏体型不锈钢材料时，下列各项循环次数的总和不超过 10 000 次：
- 1) 包括充装与卸液在内的全范围压力循环的预计(设计)循环次数；
 - 2) 内容器压力波动范围超过 50%设计压力的工作压力循环的预计(设计)循环次数；
 - 3) 包括管路在内的任意相邻两点之间金属温差波动的有效次数。该有效次数的计算方法是金属温差波动的预计次数乘以表 4 所列的相应系数，再将所得次数相加得到总次数；

注：相邻两点是指：

1) 对于表面温差，指回转壳的经线方向 $L=2.5\sqrt{R\delta}$ （如 $R\delta$ 是变化的，则 L 取两点的平均值）。

式中：

L ——相邻两点之间最小距离，mm；

R ——垂直于表面，从壳体中面量到回转轴的半径，mm；

δ ——所考虑点处部件的厚度，mm。

2) 对于沿厚度方向的温差，指垂直于表面方向的任意两点。

4) 由热膨胀系数不同的材料组成的部件（包括焊缝），当 $(\alpha_1-\alpha_2)\Delta T>0.00034$ 时的温度波动循环次数， α_1 、 α_2 是两种材料各自的平均热膨胀系数， ΔT 为工作温度波动范围。

c) JB 4732—1995 中 3.10.2.2 规定的全部条件。

表 4 金属温差波动系数

金属温差波动幅度/℃	系数
≤25	0
26~50	1
51~100	2
101~150	4

6.5.3 设计温度

6.5.3.1 内容器的设计温度应不低于元件金属在正常工况下可能达到的最高工作温度。

6.5.3.2 外壳的设计温度应考虑环境温度的影响，且不低于 50℃。

6.5.3.3 各元件进行稳定性校核时，其设计温度应考虑正常工作情况及加热抽空时的最高温度。

6.5.4 最低设计金属温度

6.5.4.1 内容器的最低设计金属温度应考虑正常运输、使用、检验及试验中介质最低工作温度对

内容器金属温度的影响，且应不高于介质的沸点。

6.5.4.2 外壳的最低设计金属温度，应考虑环境温度的影响，且不高于-40℃。

6.5.5 设计压力

6.5.5.1 内容器设计压力按下列规定确定：

a) 内压应不小于下列情况中工作压力的最大值：

- 1) 充装、卸料工况的工作压力；
- 2) 设计温度下介质的饱和蒸汽压（表压）。

b) 外压应不小于在制造、运输、装卸、检验与试验或者其他工况中可能出现的最大内外压力差，且不小于 0.04MPa。

6.5.5.2 外壳设计压力按下列规定确定：

a) 内压应不小于外壳防爆装置设定的排放压力。当罐体绝热型式为真空粉末绝热时，还应考虑粉末填充过程中可能出现的最大内压；

b) 外压不小于 0.1MPa。

6.5.6 计算压力

6.5.6.1 内容器受压元件计算压力应不小于设计压力、液柱静压力、等效压力与 0.1MPa 之和。

6.5.6.2 液柱静压小于设计压力的 5%时，可忽略不计。

6.5.6.3 等效压力应不小于介质在 6.5.2.4 规定的各个方向上的惯性力除以所对应方向的内容器有效横截面积所得值的最大值，且不小于 0.035MPa。

6.5.7 焊接接头系数

6.5.7.1 内容器的焊接接头系数取 1.0。

6.5.7.2 外壳的焊接接头系数取 0.85。

6.5.8 许用应力

6.5.8.1 当罐体承受压力载荷时，采用规则设计的罐体，其材料许用应力按 GB/T 150.2 的规定选取。采用分析设计的罐体，其材料设计应力强度按 JB 4732 的规定选取。

6.5.8.2 采用规则设计的罐体，局部采用分析设计时，材料的许用应力按 GB/T 150.2 的规定选取。

6.5.8.3 当罐体采用的材料在 GB/T 24511 中规定了 $R_{p1.0}$ 的值，且在设计文件中提出了钢板附加检验 $R_{p1.0}$ 值时，可使用 $R_{p1.0}$ 来确定许用应力。

6.5.8.4 考虑罐体承受运输工况中的惯性力载荷时，车架与罐体连接处材料的许用应力按下列要求确定：

a) 具有明确屈服点的材料，其许用应力为材料标准常温下的屈服强度除以 1.5；

b) 不具有明确屈服点的材料，其许用应力为材料标准常温下 0.2%规定塑性延伸强度除以 1.5。

6.5.8.5 螺栓材料在不同温度下的许用应力按 GB/T 150.2 和相应标准的规定选取。

6.5.9 腐蚀裕量

6.5.9.1 罐体的腐蚀裕量应由用户提供或设计确定。

6.5.9.2 有均匀腐蚀或磨损的元件，应按预期的罐体设计使用年限和介质对材料的腐蚀速率（及磨损速率）确定腐蚀裕量。内容器为奥氏体型不锈钢材料时，一般不考虑均匀腐蚀。

6.5.9.3 罐体各组件受到的腐蚀程度不同时，可采用不同的腐蚀裕量。

6.5.9.4 碳素钢或低合金钢制外壳内表面一般不考虑腐蚀。当外壳外表面有可靠的防腐措施时，可不考虑腐蚀裕量；当外壳外表面无可靠的防腐措施时，其腐蚀裕量不小于 1mm。

6.5.10 罐体厚度要求

6.5.10.1 罐体最小厚度（不包括材料厚度负偏差、腐蚀裕量以及加工制造过程中的工艺减薄量）应符合下列规定：

a) 设定材料为基准钢时，罐体最小厚度 δ_0 应满足下列要求：

- 1) 当内容器直径不大于 1 800mm 时，内容器最小厚度应不小于 3mm，内容器和外壳的厚度之和应不小于 5mm；
- 2) 当内容器直径大于 1 800mm 时，内容器最小厚度应不小于 4mm，内容器和外壳的厚度之和应不小于 6mm。

b) 当选用其他钢材时，其最小厚度应按式（1）计算：

$$\delta_1 = \frac{464 \times \delta_0}{\sqrt[3]{(R_m \times A_1)^2}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- δ_1 ——所用钢材的罐体最小厚度，mm；
- δ_0 ——设定材料为基准钢时的罐体最小厚度，mm；
- R_m ——所用钢材的标准抗拉强度下限值，MPa；
- A_1 ——所用钢材的断后伸长率，%。

c) 无论使用何种材料，内容器的厚度应不小于 3mm。

6.5.10.2 罐体的设计厚度应不小于下列值的较大值：

- a) 按 GB/T 150 或 JB 4732 确定的罐体计算厚度与腐蚀裕量之和；
- b) 按 6.5.10.1 确定的罐体最小厚度与腐蚀裕量之和。

6.5.10.3 罐体受压元件成形后，应保证设计要求的最小厚度。

6.5.11 充满率

6.5.11.1 最大充满率应符合下列规定：

- a) 充装非易燃、易爆介质的罐体，任何情况下可能达到的最大充满率应不大于 98%；
- b) 充装易燃、易爆介质的罐体，任何情况下可能达到的最大充满率应不大于 95%。

6.5.11.2 额定充满率应符合下列规定：

- a) 充装非易燃、易爆介质的罐体，额定充满率应不大于 95%；
- b) 充装易燃、易爆介质的罐体，额定充满率应不大于 90%。

6.5.11.3 在确定初始充满率时，应考虑罐车运输预期所需的维持时间（包括可能遇到的任何延误）、最大充满率、最大允许充装量等因素，且应不超过额定充满率。

6.5.11.4 罐体应设置溢流口。溢流口应根据设计使用工况设置一个或多个，且符合 6.5.11.3 的规定。

6.5.12 最大允许充装量

6.5.12.1 罐车的最大允许充装量应满足罐车允许的承载能力，并满足 6.5.11 的要求。

6.5.12.2 当罐车运输过程中不能满足 6.5.11.1~6.5.11.3 的要求时，应降低初始充装量。

6.5.13 真空绝热性能

6.5.13.1 静态蒸发率应符合表 5 的规定。

6.5.13.2 维持时间应满足罐车预期最大运输时间的要求。

表 5 静态蒸发率

内容器有效容积 V/m^3	静态蒸发率 (上限值) / (%/d)					
	液 氮		液 氧		液 氩	
	高真空多层 绝热	真空粉末 绝热	高真空多层 绝热	真空粉末 绝热	高真空多层 绝热	真空粉末 绝热
1	1.15	1.22	0.72	0.76	0.78	0.83
5	0.63	0.72	0.39	0.45	0.43	0.49
10	0.47	0.58	0.29	0.36	0.32	0.39
15	0.39	0.51	0.24	0.32	0.27	0.35
20	0.34	0.47	0.21	0.29	0.23	0.32
25	0.30	0.44	0.19	0.27	0.20	0.30
30	0.28	0.42	0.17	0.26	0.19	0.29
35	0.26	0.40	0.16	0.25	0.18	0.27
40	0.24	0.38	0.15	0.24	0.16	0.26
50	0.21	0.36	0.13	0.22	0.14	0.24

注：中间值采用内插法确定。

6.5.14 夹层的真空性能

6.5.14.1 真空夹层漏气速率应符合表 6 的规定。

表 6 真空夹层漏气速率

内容器几何容积 V/m^3	漏气速率 / ($Pa \cdot m^3/s$)	
	高真空多层绝热	真空粉末绝热
$1 \leq V \leq 10$	$\leq 1.0 \times 10^{-9}$	$\leq 5.0 \times 10^{-9}$
$10 < V \leq 52.6$	$\leq 5.0 \times 10^{-9}$	$\leq 1.0 \times 10^{-8}$

6.5.14.2 真空夹层漏放气速率应符合表 7 的规定。

表 7 真空夹层漏放气速率

内容器几何容积 V/m^3	漏放气速率 / ($Pa \cdot m^3/s$)	
	高真空多层绝热	真空粉末绝热
$1 \leq V \leq 10$	$\leq 5.0 \times 10^{-7}$	$\leq 5.0 \times 10^{-6}$
$10 < V \leq 52.6$	$\leq 1.0 \times 10^{-6}$	$\leq 1.0 \times 10^{-5}$

6.5.14.3 常温下真空夹层封结真空度应符合表 8 的规定。

6.5.14.4 夹层真空性能应满足 5 年真空使用年限的要求。

表 8 封结真空度

内容器几何容积 V/m^3	真空度/Pa	
	高真空多层绝热	真空粉末绝热
$1 \leq V \leq 10$	$\leq 5.0 \times 10^{-2}$	≤ 2.0
$10 < V \leq 52.6$	$\leq 8.0 \times 10^{-2}$	≤ 3.0

6.5.15 耐压试验

6.5.15.1 内容器耐压试验一般采用气压试验。真空夹层内的管路应尽可能与内容器一起进行耐压试验。

6.5.15.2 内容器与外壳组装前，内容器耐压试验压力最低值按式(2)或式(3)确定：

a) 液压试验

$$p_T = 1.3(p + 0.1) \dots\dots\dots (2)$$

b) 气压试验

$$p_T = 1.15(p + 0.1) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

p_T ——试验压力，MPa；
 p ——内容器设计压力，MPa。

6.5.15.3 内容器与外壳组装完毕且建立夹层真空后，内容器耐压试验压力最低值按式(4)或式(5)确定：

a) 液压试验

$$p_T = 1.3(p + 0.1) - 0.1 \dots\dots\dots (4)$$

b) 气压试验

$$p_T = 1.15(p + 0.1) - 0.1 \dots\dots\dots (5)$$

6.5.15.4 当采用大于上述规定的耐压试验压力时，应在内容器耐压试验前校核各受压元件在试验条件下的应力水平。内容器元件应按式(6)校核最大总体薄膜应力 σ_T 。

$$\sigma_T = \frac{p_T(D_i + \delta_e)}{2\delta_e} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

σ_T ——试验压力下圆筒的最大总体薄膜应力，MPa；
 p_T ——试验压力，MPa；
 D_i ——圆筒的内直径，mm；
 δ_e ——圆筒的有效厚度，mm。

6.5.15.5 内容器最大总体薄膜应力 σ_T 应满足式(7)或式(8)：

a) 液压试验

$$\sigma_T \leq 0.9R_{eL} (R_{p0.2}) \dots\dots\dots (7)$$

b) 气压试验

$$\sigma_T \leq 0.8R_{eL} (R_{p0.2}) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

R_{eL} ($R_{p0.2}$)——内容器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。

6.5.16 泄漏试验

6.5.16.1 每台罐车组装完毕后应进行泄漏试验，试验方法包括气密性试验和氦检漏试验等。

6.5.16.2 采用气密性试验时，试验压力等于内容器设计压力。

6.5.16.3 当采用氦质谱检漏试验时，其漏气速率指标等试验相关要求应在设计文件中注明。

6.5.17 结构设计

6.5.17.1 充装液氧的罐车，可能与氧和滞留氧接触的管路、阀门等部件不应选用铝和铝合金材料。

6.5.17.2 设计时，应考虑内容器、外壳在制造和工作过程中因温度变化而引起的温差应力，必要时应设置补偿装置。

6.5.17.3 焊接结构

6.5.17.3.1 对接焊接接头应采用全截面焊透的对接接头型式。

6.5.17.3.2 管子、管座等与内容器的焊接应采用全焊透结构。

6.5.17.3.3 尽量减少焊接件的变形和应力，如不同厚度的材料焊接时，应尽量采用等厚度的接头型式。

6.5.17.3.4 焊接接头的连接应尽可能采用能承受较高静载荷及疲劳强度的接头型式。

6.5.17.3.5 焊缝应避免过于集中，尽量减少应力集中和接头变形。

6.5.17.3.6 两种不同材料焊接时，其焊接接头型式应考虑材料的热胀冷缩特性、熔化温度、导热系数等因素。

6.5.17.4 罐体一般不设置人孔或检查孔。

6.5.17.5 防波板设置

6.5.17.5.1 内容器应设置防波板。

6.5.17.5.2 相邻防波板、防波板与相邻封头之间的容积应不大于 7.5m^3 。

6.5.17.5.3 每个防波板的有效面积应不小于内容器横截面积的70%。

6.5.17.5.4 防波板与罐体的连接应牢固可靠，且能承受6.5.2.4规定的介质惯性力载荷的作用。防波板的厚度应不小于2mm。

6.5.17.5.5 防波板的结构应考虑各间隔段之间的通气和排液。

6.5.17.6 装卸口的设置

6.5.17.6.1 充装易燃、易爆介质的罐体，装卸用或连接外部增压器的液相口和气相口应分别由三个相互独立并且串联在一起的关闭装置组成，第一个是尽可能靠近外壳的紧急切断阀或等效装置（如顶部进液口采用单向阀），第二个是球阀或截止阀，第三个是盲法兰或等效装置。

6.5.17.6.2 充装非易燃、易爆介质的罐体，装卸用及连接外部增压器的液相口和气相口应分别至少设置两个独立的串联在一起的关闭装置，第一个是靠近外壳的低温截止阀，第二个是盲法兰或等效装置。

6.5.17.6.3 装卸口均应标明其用途。

6.5.17.7 夹层支撑

6.5.17.7.1 支撑结构及受其反力作用的壳体局部应有足够的强度与刚度。

6.5.17.7.2 支撑结构在压、弯组合载荷作用下，应有足够的稳定性。

6.5.17.7.3 支撑结构应至少能承受6.5.2.4规定的惯性力载荷。

6.5.17.8 绝热设计

6.5.17.8.1 充装标准大气压下沸点不高于 -182°C 介质的罐体，不应采用可能与氧气或富氧气氛发生危险性反应的绝热材料。

6.5.17.8.2 当夹层支撑的漏热量计算不能按经验公式计算时，宜采用有限元热分析计算。当夹层支撑材料的导热系数未知时，应采用试验方法确定。

6.5.17.8.3 高真空多层绝热罐体采用的绝热层材料的漏热量可按绝热结构表观比热流 q (W/m^2) 乘以绝热层的表面积进行计算，且应考虑绝热层包扎松紧度、夹层间隙和夹层真空度等的影响。

6.5.17.8.4 内容器引出的液相管路应设置气封液结构。

6.5.17.8.5 真空夹层中吸附剂的设置应符合下列规定：

- a) 真空夹层的冷侧应放置在低温、真空状态下对极性分子的气体具有较强吸附性能的吸附剂，如选用 5A 分子筛、13A 分子筛或活性炭等；
- b) 高真空绝热夹层的热侧应放置具备吸氢能力的吸附剂，充装介质为液氧的罐体不应选用氧化钡；
- c) 充装标准大气压下沸点不高于 -182°C 介质的罐体，不应使用在富氧环境下会产生爆炸的吸附剂；
- d) 真空夹层内放置吸附剂的吸附用量，应能满足 5 年真空使用年限的要求。

6.5.17.8.6 采用真空粉末绝热结构时，可向粉末中添加阻光剂，其与粉末材料的质量比不大于 0.2%。充装液氧介质的真空绝热罐体不应选用铝粉等易燃阻光剂。

6.6 结构件的连接

6.6.1 重量较轻的结构件与罐体直接相连接应满足下列要求：

- 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 0.7 倍。

6.6.2 当支座、牵引销座等主要受力结构件通过垫板与罐体连接时，垫板材料应与罐体材料牌号相同，或垫板材料屈服强度标准值应为罐体材料屈服强度标准值的 0.8 倍~1.2 倍，且应符合下列规定：

- a) 垫板厚度不大于圆筒或封头厚度的 1.5 倍，且不小于 4mm；
- b) 垫板与罐体的焊接接头高度应不大于所在位置的罐体材料的厚度；
- c) 结构件在垫板上的焊脚距离垫板边缘的尺寸应不小于 4 倍的垫板厚度；
- d) 垫板的边缘应为圆角形状，圆角半径应不小于 4 倍的垫板厚度；
- e) 垫板上应设置一个透气孔；
- f) 垫板与罐体应连续焊接；
- g) 垫板宜避开 A、B 类焊缝。

6.6.3 夹层支撑、外壳支座等结构件的最大一次局部薄膜应力与一次弯曲应力之和应不超过 0.75 倍的材料常温屈服强度。

6.7 罐体与定型底盘或行走机构连接

6.7.1 罐体支座形式可采用条形支座、鞍式支座等，罐体与定型底盘或行走机构的连接可采用螺栓、焊接等方式。

6.7.2 罐体与定型底盘或行走机构连接应牢固可靠，有足够的刚度和强度，且应能承受 6.5.2.4 规定的惯性力载荷的作用。

6.7.3 罐体与定型底盘或行走机构的连接应按 JB 4732 进行局部应力校核，其许用应力应符合 6.5.8 的要求。

6.8 管路

6.8.1 管路系统的设计结构应避免热胀冷缩、机械颤动、振动或各附件之间的相对运动等所引起的损坏，必要时应考虑设置补偿结构和紧固装置。

6.8.2 管路的设计压力应不小于管路系统的工作压力，且不小于内容器的设计压力。管子与管件的公称压力应不小于管路的设计压力。管路应在承受4倍管路系统工作压力时不致破裂。

6.8.3 管路的设计应能防止阀门被意外开启，在运输及装卸过程中不致脱卸或损坏。管路的设计应尽可能将需要操作的阀门、需要校验的仪表设置在易于操作、维修、更换的位置。

6.8.4 管子、管件之间的连接应采用焊接连接，焊接接头应优先采用全焊透对接接头型式。

6.8.5 仪表管路与主管路之间的连接应采用焊接连接，仪表与管路的连接可采用卡套或活套接头等连接方式。

6.8.6 真空夹层内的管路连接应为焊接结构，且宜采用等壁厚、全焊透的对接接头，也可采用承插焊结构。

6.8.7 管路部件中的法兰组件等的压力等级应与管路的压力等级相匹配。管路上应清楚标明各个接口和附件的用途。管路阀门应标明介质流向，截止阀应标明开启和关闭方向。

6.8.8 超压泄放管路应满足下列要求：

- a) 泄放管路应与内容器气相空间直接相通，管路通径应满足内容器安全泄放的要求；
- b) 泄放管进口应设置在内容器顶部气相空间不大于2%的位置，且尽可能靠近纵向和横向的中心；
- c) 超压泄放装置进口连接管路应尽可能短而直，其内截面积应不小于超压泄放装置所需的内截面积；
- d) 超压泄放装置连接管路出口应尽量集中布置，且引出操作箱，避免朝向操作箱、车体附件、定型底盘或行走机构等部件。

6.8.9 顶部喷淋管（或装置）应能在充液时使内容器尽量被均匀冷却，喷淋孔截面积总和不少于喷淋管截面积。

6.8.10 自增压器管路应满足下列要求：

- a) 自增压器进液管路和气体回流管路应与自增压器增压能力和压力相匹配，且尽量减少其流通阻力；
- b) 自增压器气体回流管路应避免形成气阻。

6.8.11 压力测量管路的取压口，应设置在靠近封头的位置，且避免其他管口对其造成的冲击、扰动。

6.8.12 压差式液位测量管路应分别设置气相取压管和液相取压管。气相取压口可与压力测量管路的取压口共用。液相取压口应设置在靠近后封头的位置，且应避免底部进液、卸液时对其造成的冲击、扰动。液相取压管路的设计，应能将管路中的液体充分气化，防止损坏液位测量装置。

6.8.13 溢流管路的设置应符合下列规定：

- a) 入口高度应符合6.5.11.4的规定；
- b) 出口端应设置截止阀；
- c) 出口朝向应避免造成对操作人员和罐车的伤害。

6.8.14 管路的耐压试验

6.8.14.1 夹层内部管路以及与罐体无法截断的外部管路可与罐体一同进行耐压试验，管路耐压试

验压力与罐体相同。

6.8.14.2 无法与内容器一起进行耐压试验的管路，应单独进行耐压试验，其耐压试验压力不低于式(9)或式(10)的要求：

a) 液压试验

$$p_T = 1.5p \quad \dots\dots\dots (9)$$

b) 气压试验

$$p_T = 1.15p \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

p_T ——试验压力，MPa；

p ——管路设计压力，MPa。

6.9 抽真空与真空度检测装置

6.9.1 真空阀门和真空接头的漏气速率应与罐体真空夹层的漏气速率相匹配。

6.9.2 真空阀门和真空接头应采用保护装置。

6.9.3 充装易燃、易爆介质的罐体，应采用不会产生火花的真空规管，并设置保护装置。

6.9.4 真空规管的测量范围应与设计图样要求相匹配，且有质量证明书和合格证。

6.10 自增压汽化器

6.10.1 自增压汽化器的压力等级应与内容器的设计压力相匹配，所选用的材料应与充装介质相容，且考虑使用工况中的震动和材料的热胀冷缩等影响。

6.10.2 自增压汽化器的汽化量应能满足设计排液速率的要求。

6.10.3 自增压汽化器的结构设计应避免液体或气体的偏流。

7 安全附件、仪表和装卸附件

7.1 一般要求

7.1.1 罐车的安全附件、仪表和装卸附件的设置，除应符合本标准的规定外，还应满足设计文件的要求。

7.1.2 安全附件包括：超压泄放装置（安全阀、爆破片装置、安全阀与爆破片组合装置）、外壳防爆装置、紧急切断装置及导静电装置等。

7.1.3 仪表包括：压力表、液位计等。

7.1.4 装卸附件包括：装卸阀门、装卸软管及快速装卸接头（以下简称快装接头）等。

7.1.5 选用的安全附件、仪表和装卸附件应与充装介质相适应。

7.1.6 安全附件、仪表和装卸附件出厂时应随产品提供质量证明文件或合格证，且在产品的明显部位有永久性标识或装设金属铭牌。

7.1.7 两端均可关闭且有可能存留液体的管路，应设置安全阀，其整定压力应不超过 1.5 倍的管路系统工作压力。

7.1.8 充装易燃、易爆介质的罐车，采用带有电气控制元件的安全附件、仪表和装卸附件时，应符合电气元件防爆设计的相关标准的要求。

7.1.9 安全阀、压力表与罐体组装前，应进行调试和检定，合格后应重新铅封。

7.1.10 安全附件、仪表与管路之间的连接可采用焊接连接、法兰连接或螺纹连接等方式。

7.1.11 装卸附件与管路之间的连接应尽量采用焊接连接或法兰连接。

7.1.12 当附件之间存在有相对运动时，应设置必要的支撑或紧固装置。

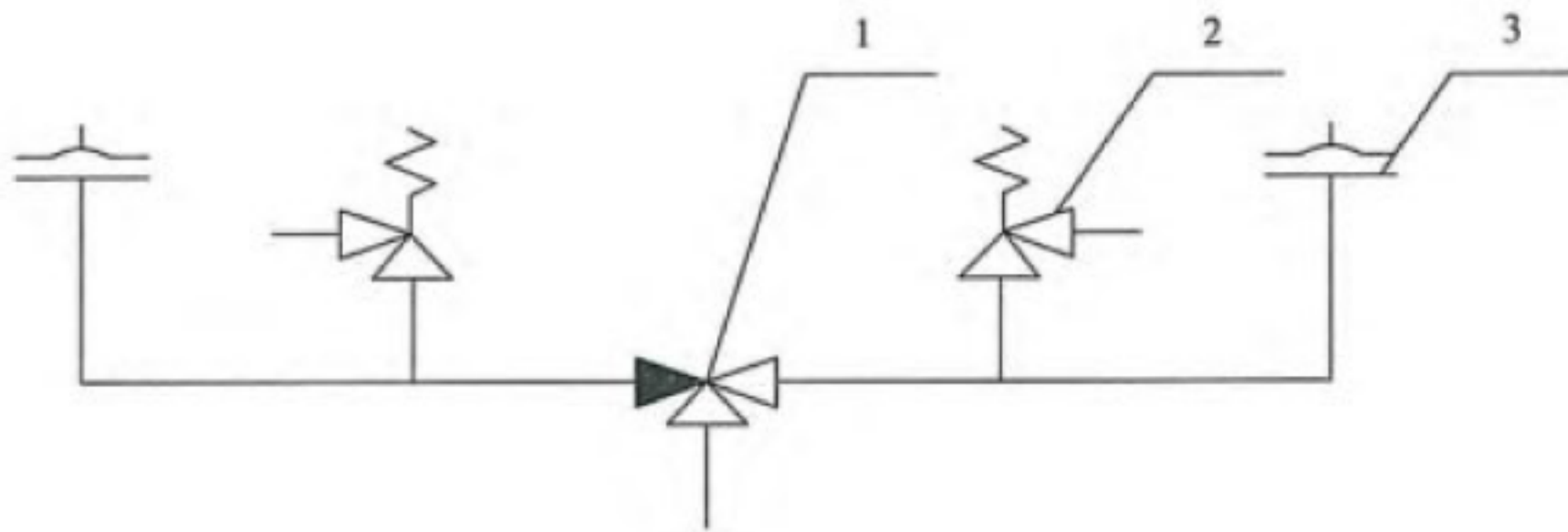
7.2 内容器超压泄放装置

7.2.1 内容器超压泄放装置的设置

7.2.1.1 内容器应至少设置两组相互独立的超压泄放装置。为满足安全泄放的要求，每一组超压泄放装置应设置一个全启式弹簧安全阀作为主泄放装置，且并联一个全启式弹簧安全阀或爆破片作为辅助泄放装置。充装易燃、易爆介质或液氧的罐车，辅助泄放装置应选用安全阀。

7.2.1.2 内容器按图 1 或图 2 设置超压泄放装置时，应满足下列要求：

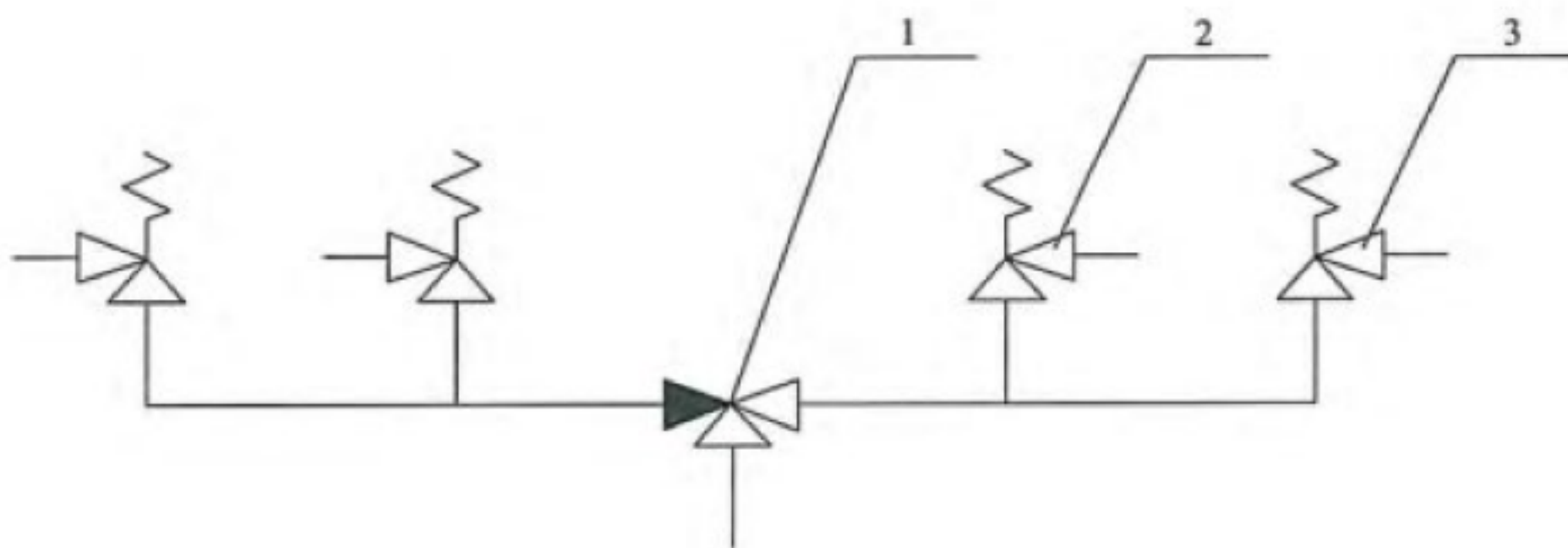
- a) 主安全阀的整定压力应为内容器设计压力的 1.05 倍~1.1 倍，回座压力应不低于整定压力的 0.90 倍；
- b) 辅助泄放装置的动作压力应不小于主安全阀的整定压力，且不大于内容器设计压力的 1.16 倍；
- c) 主安全阀的排放能力应保证内容器在非火灾条件下的压力不超过其设计压力的 1.16 倍，每组超压泄放装置的总排放能力应保证内容器在火灾条件下的压力不超过其设计压力的 1.2 倍；
- d) 任何情况下应保证至少有一组超压泄放装置与内容器保持连通，并且每一个安全阀或爆破片装置的排放能力均满足按非火灾条件考虑时内容器的安全泄放要求，每一组超压泄放装置的排放能力均满足按火灾条件考虑时内容器的安全泄放要求。



说明：

1——切换阀；2——主安全阀；3——爆破片装置。

图 1 安全阀与爆破片组合超压泄放装置设置示意



说明：

1——切换阀；2——主安全阀；3——辅助安全阀。

图 2 安全阀与安全阀组合超压泄放装置设置示意

7.2.1.3 安全阀应符合 GB/T 12241 和 GB/T 12243 的规定。

7.2.1.4 爆破片装置应符合 GB/T 567.1~567.3 的要求。

7.2.1.5 超压泄放装置的设置应符合下列要求：

- a) 入口管应设置在内容器液面以上顶部空间小于 2% 的地方，垂直于内容器的顶部，且尽可能靠近纵向和横向的中心；
- b) 超压泄放装置应安装在介质冷冻效应不影响阀门有效动作的地方，且当罐车意外翻倒、撞击时不易受到损坏；
- c) 超压泄放装置的气体出口处应能防止雨水、杂物的积聚和异物的进入，气体排放应畅通无阻，排出的气体不应直接冲击容器和主要受力结构件；
- d) 选用的爆破片在爆破时不应产生碎片、脱落或火花，宜采用 S31603 材料的反拱刻槽型爆破片；
- e) 超压泄放装置与罐体之间不宜装设过渡连接阀门。为便于超压泄放装置的校验、维修与更换，经使用单位主管压力容器安全技术负责人批准，且采取可靠的防范措施，方可在安全阀与罐体之间装设过渡连接阀门。在罐车正常使用、装卸和运行期间，过渡连接阀门必须保证全开（加铅封或者锁定），过渡连接阀门的结构和通径应不妨碍超压泄放装置的安全泄放；
- f) 超压泄放装置应有防止随意打开的措施，并能承受容器内部的压力、可能出现的超压及包括液体冲击力在内的动载荷。

7.2.1.6 超压泄放装置应有清晰、永久的标记，标记内容应至少包括：

- a) 超压泄放装置动作压力；
- b) 额定的排气能力；
- c) 制造许可证编号及标志；
- d) 制造单位名称或标识商标。

7.2.2 内容器安全泄放量

7.2.2.1 内容器超压泄放装置的排放能力应不小于内容器安全泄放量，内容器安全泄放量及超压泄放装置的排放能力计算方法应符合附录 C 的规定。

7.2.2.2 内容器安全泄放量计算时，至少应考虑下列工况及可能的组合：

- a) 绝热系统结构完好且处于正常的真空状态下，外部温度为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存的介质的饱和温度；
- b) 绝热系统结构完好且夹层处于正常的真空状态下，外部温度为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存的介质的饱和温度，且增压系统处于全开工作状态；
- c) 绝热系统结构完好且夹层已丧失真空状态下，外部温度为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存介质的饱和温度；
- d) 连接高压源与内容器的管路中的其他阀的排放能力；
- e) 以可能的最大流量对正常工作温度下的内容器加注带液闪蒸气体；
- f) 绝热系统结构完好或部分完好、夹层已丧失真空状态下，罐体处于火灾或 650℃ 及以上高温工况；
- g) 绝热系统结构完全损坏，罐体处于火灾或 650℃ 及以上的高温工况。

7.2.2.3 设计人员应根据实际条件判明可能发生的各种工况，包括 7.2.2.2 列出的 a) ~e) 以外的工况及可能的组合工况。

7.2.2.4 当罐体可能处于火灾或 650℃ 及以上的高温工况时，应按 7.2.2.2 中的工况 f) 计算安全泄放量，且应充分研究发生极端工况 g) 的可能。

7.3 外壳防爆装置

7.3.1 外壳防爆装置设置应满足下列要求：

- a) 泄放压力应不大于 0.05MPa，其排放能力足以使夹层的压力限制在不超过 0.1MPa；
- b) 所用材料应能耐大气腐蚀，且与环境温度相适应；
- c) 能防止绝热材料的堵塞；
- d) 自紧式防爆装置的盖板应有相应的保护措施。

7.3.2 外壳防爆装置的排放面积一般不小于内容器几何容积 (m^3) 与 $340mm^2/m^3$ 的乘积，且可不大于 $5000mm^2$ 。

7.4 紧急切断装置

7.4.1 紧急切断装置一般由紧急切断阀、远程控制系统以及易熔合金塞组成。紧急切断装置应动作灵活、性能可靠、便于检修，且不应兼作他用。

7.4.2 紧急切断装置应经耐压试验和气密性试验检验合格。

7.4.3 紧急切断阀应符合 GB/T 24918 的规定，且阀体不应采用铸铁或非金属材料制造。在非装卸时，紧急切断阀应处于闭合状态，并能防止因冲击或意外动作所致的开启。在罐车遇火时，紧急切断阀应能自动关闭，并能进行远程控制操作。

7.4.4 远程控制系统应满足下列要求：

- a) 当远程控制系统采用气动控制系统时，所用气体宜采用外置式压缩空气源，且满足下列要求：
 - 1) 压缩空气应无油且洁净、干燥；
 - 2) 压缩空气的压力应与紧急切断阀的操作压力相匹配，且保持稳定；
 - 3) 气动控制系统的管路应采用 PVC 或不锈钢材料。
- b) 关闭操作装置应设置在人员易于到达的位置，并有明显指示标志。

7.4.5 当紧急控制系统管路采用不锈钢材料时，紧急切断装置应设置易熔合金塞。易熔合金塞的易熔元件熔融温度不高于 $70℃\pm 5℃$ 。

7.5 导静电装置

7.5.1 罐车应设置可靠的行车状态和驻车状态导静电装置。

7.5.2 行车导静电装置至少选择下列一种：

- a) 罐车尾部安装行车导静电橡胶拖地带，拖地带应符合 GB 7258 及 JT 230 的规定；
- b) 罐车采用导静电轮胎，轮胎的导静电性能应符合相应标准的规定。

7.5.3 驻车导静电装置应符合下列规定：

- a) 罐体、管路、阀门和车架等连接处的导电性应良好；
- b) 充装易燃、易爆介质的罐车罐体金属与接地导线末端之间的导静电接地装置电阻值应不超过 5Ω 。

7.6 仪表

7.6.1 一般规定

7.6.1.1 直接与罐内介质连通的仪表不应采用易碎、易损材料制造。

- 7.6.1.2 仪表应灵敏、可靠，并有足够的精度和牢固的结构。
- 7.6.1.3 仪表露出罐体外的部分应有相应的保护措施。
- 7.6.2 压力表
- 7.6.2.1 罐体应装设至少一只压力表。
- 7.6.2.2 压力表应符合 JB/T 6804 的规定，且满足下列要求：
- 精度等级不应低于 1.6 级；
 - 测量量程范围为罐体工作压力的 1.5 倍~3.0 倍；
 - 表盘直径应不小于 100mm。
- 7.6.2.3 充装液氧的罐体不应采用与氧气发生危险性反应的压力表。
- 7.6.2.4 压力表应设置在便于操作人员观察和清洗的位置，且应避免受到辐射热、冻结或振动等不利因素的影响。
- 7.6.2.5 压力表和罐体之间应装设三通旋塞或针形阀，三通旋塞或针形阀上应有启闭标记和锁紧装置。
- 7.6.2.6 压力表的校验应符合国家计量部门的有关规定，在刻度盘上应有工作压力的标记。压力表检定后应加铅封，并注明下次校验日期。
- 7.6.3 液位计
- 7.6.3.1 罐体应装设至少一只液位计。
- 7.6.3.2 液位计应根据充装介质、设计压力和设计温度等设计参数正确选用。
- 7.6.3.3 液位计应灵活准确、结构牢固，精度等级不应低于 2.5 级。
- 7.6.3.4 液位计应设置在便于观察和操作的位置，其允许的最高安全液位应有明显的标记。
- 7.6.3.5 液位计应有液位指示刻度与容积的对应关系，且附有在工作温度上限和下限的介质密度、压力与体积对照表。
- 7.7 装卸附件
- 7.7.1 装卸阀门
- 7.7.1.1 装卸阀门的公称压力应不低于罐体的设计压力，阀门阀体的耐压试验压力为阀门公称压力的 1.5 倍，阀门的气密性试验压力为阀门公称压力。
- 7.7.1.2 装卸阀门的阀体材料不应选用铸铁或者非金属材料。
- 7.7.1.3 阀门应在全开和全闭工作状态下经气密性试验合格。
- 7.7.1.4 手动阀门应在阀门承受气密性试验压力下启闭操作自如，且不应有异常阻力、空转等。
- 7.7.2 装卸软管及快装接头
- 7.7.2.1 装卸软管应采用金属波纹软管，且符合 GB/T 14525 的规定。
- 7.7.2.2 快装接头应符合相应产品标准和设计图样的规定。
- 7.7.2.3 装卸软管和快装接头与充装介质接触部分应有良好的耐腐蚀性能，且应无油污、杂物等。
- 7.7.2.4 装卸软管的公称压力应不小于装卸系统工作压力的 2 倍，其最小爆破压力应大于 4 倍的公称压力，且快速装卸接头要有良好的密封结构。
- 7.7.2.5 装卸软管和快装接头在最低使用温度下应具备足够的韧性。
- 7.7.2.6 装卸软管和快装接头组装完成后应逐根进行耐压试验和气密性试验，耐压试验压力为装卸软管公称压力的 1.5 倍，气密性试验压力为装卸软管的公称压力。
- 7.7.2.7 易燃、易爆介质和液氧用装卸软管的电阻应小于 4Ω 。

7.7.2.8 装卸软管应注明软管的设计使用寿命。

7.7.2.9 罐车应安装防止充装过程中因意外启动罐车造成装卸软管拉断或装备损坏的装置。

8 制造

8.1 一般要求

8.1.1 罐车应按经规定程序批准的设计文件及本标准的要求进行制造与检验。

8.1.2 定型底盘或行走机构、罐体受压元件（封头、锻件等）以及罐体的安全附件、仪表、装卸附件等为外购、外协件时，罐车制造单位应保证外购、外协件的质量满足设计文件及本标准的要求，且经检验合格后方可使用。

8.1.3 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，方可在有效期内担任合格项目范围内的焊接工作。

8.1.4 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。

8.1.5 制造过程中不应强力组装。

8.1.6 制造单位应建立并严格执行焊接材料验收、复验、保管、烘干、发放和回收制度。

8.1.7 罐车的外廓尺寸应符合设计图样规定。

8.1.8 罐车的设计总质量和轴载质量应符合设计图样规定。

8.1.9 罐车上的零部件、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，各连接管路、附件与罐体连接面、阀门和液位计等其工作状态应安全、灵活和可靠。

8.1.10 车架焊接件应符合 JB/T 5943 的规定。

8.1.11 车辆识别代号应符合 GB 16735 的规定。

8.1.12 车架油漆涂层应符合 QC/T 484 的规定。

8.2 单车

8.2.1 定型底盘应进行入库检验，并至少包括下列内容：

- a) 外观检查：外廓尺寸符合规定，表面应无缺损变形，油漆无脱落，电器设备及各种指示灯应完好可靠等；
- b) 行驶检查：汽车正常直道、转向行驶的平稳性，各机构（如离合器、变速器、取力器等）操作应灵活，各仪器、仪表等指示应正常，各连接管路无泄漏等；
- c) 制动性能检查：空车的紧急制动距离应不超过原车改装手册规定的参数等；
- d) 随车文件及工具附件检查：包括合格证、使用说明书等文件应齐全，随车工具附件应齐备，车辆识别代码编号、发动机编号与合格证内容相一致。

8.2.2 罐体与定型底盘的连接支座应符合设计图样规定，结构合理，连接可靠。

8.2.3 罐体重心位置应符合设计图样规定。

8.2.4 罐体与定型底盘连接螺栓应用扭矩扳手均匀拧紧，保证联接力矩且有有效防松措施。

8.3 半挂车

8.3.1 半挂车用行走机构应进行入库检验，检验至少包括下列内容：

- a) 外观检查：表面无缺损变形，油漆无脱落，电器设备线路装卡应可靠，驻车装置、备胎升降器、制动装置等零部件应齐备且组装完好，轮胎型号应符合设计要求等；
- b) 外形与几何尺寸检查：车架纵梁上平面与地面的垂直距离及高度差、相邻车轴轴距等几何

尺寸应满足设计文件或采购说明书的要求，行走机构车架对角线的偏差、车架纵梁上平面的平面度公差、多轴行走机构相邻两轴之间的距离差、轴端平面度等应满足 GB/T 23336 的规定；

- c) 随车文件及工具附件检查：合格证、使用说明书等文件应齐全，随车工具附件应齐备，合格证内容应与实物相一致。

8.3.2 半挂车车轴对车架纵向中心平面，在水平方向的垂直度公差应不大于 6mm。

8.3.3 半挂车储气筒的额定压力应符合 GB 7258 的规定。

8.3.4 半挂车制动系按额定气压通入压缩空气，检查管路接头、各阀总成、储气罐等不应有漏气现象。停止供气后处于非制动状态，在 3min 内气压降不大于 10kPa；处于全制动状态，待气压稳定后观察，在 3min 内气压降不大于 20kPa。

8.3.5 半挂车气制动管与牵引车气制动管连接的连接器的型式、尺寸及安装位置应符合 GB/T 13881 的规定。

8.3.6 半挂车的实测最小离地间隙应不小于牵引车的最小离地间隙。

8.4 罐体

8.4.1 焊接接头分类

8.4.1.1 内容器及外壳受压元件之间的焊接接头分为 A、B、C、D 四类（如图 3、图 4 所示），分类规定如下：

- 圆筒部分（包括管子）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，均属 A 类焊接接头；
- 壳体部分的环向接头、长颈法兰或厚壁管接头与管子的对接环向接头，均属 B 类焊接接头，但已规定为 A 类的焊接接头除外；
- 法兰或厚壁管接头与管子连接的非对接接头均属 C 类焊接接头，但已规定为 A、B 类的焊接接头除外；
- 管子、人孔、管座、补强圈、管帽等与壳体连接的接头以及管帽与管子连接的非对接接头均属于 D 类焊接接头，但已规定为 A、B、C 类的焊接接头除外。

8.4.1.2 非受压元件与受压元件的连接接头为 E 类焊接接头，如图 3、图 4 所示。

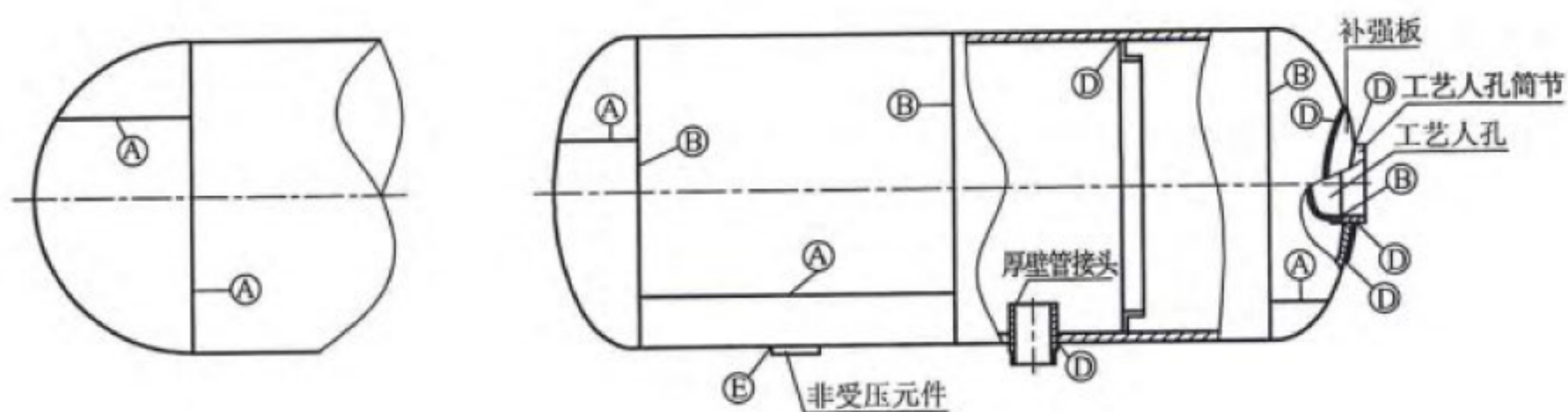


图 3 内容器焊接接头分类

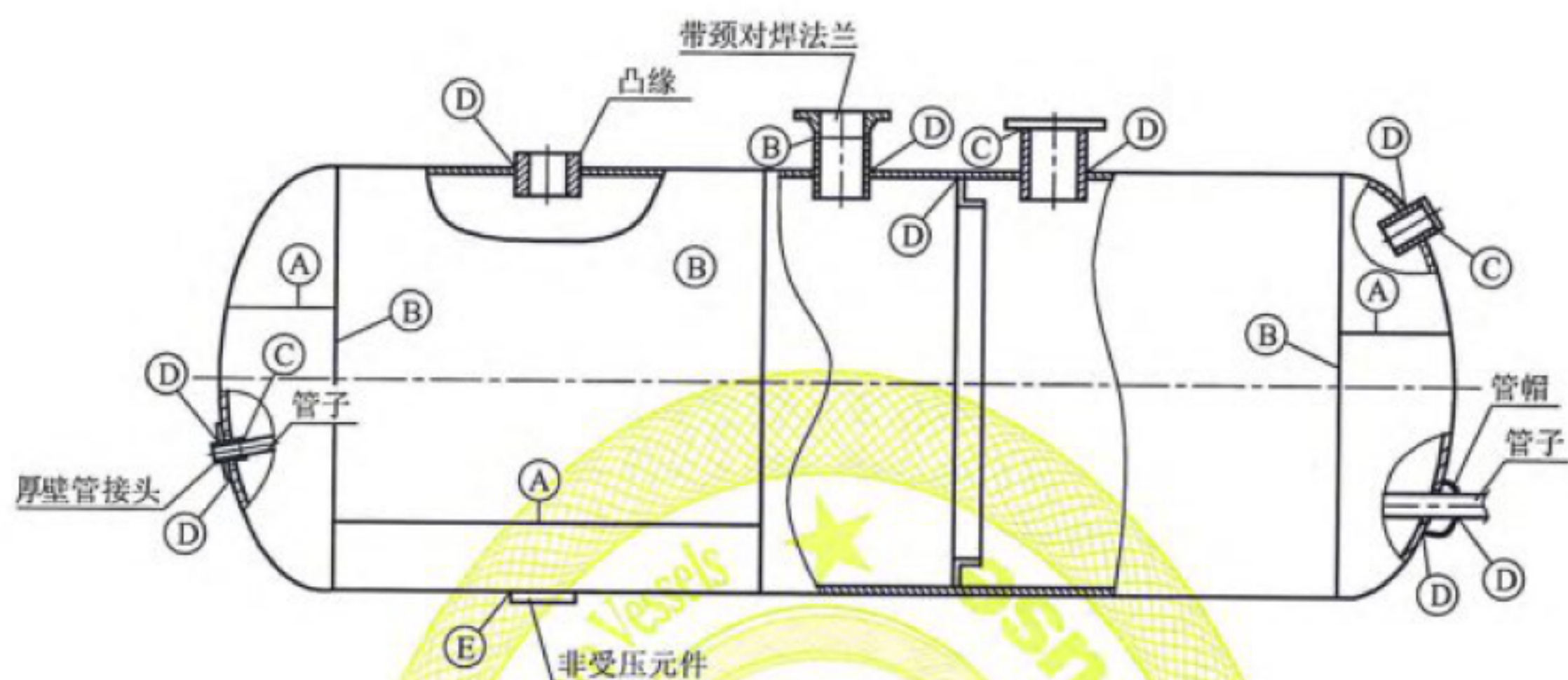


图4 外壳焊接接头分类

8.4.2 材料复验、分割与标志移植

8.4.2.1 符合下列条件之一的材料应按炉号复验化学成分，按批号复验力学性能，且复验结果应符合相应材料标准或设计文件的要求：

- a) 罐体用IV级锻件；
- b) 不能确定材料质量证明书的真实性或者对材料的性能和化学成分有怀疑的内容器主要受压元件材料及外壳封头、筒体用材料；
- c) 主要受压元件采用境外材料；
- d) 设计文件要求进行复验的材料。

8.4.2.2 内容器主要受压元件或外壳的封头、筒体采用奥氏体型不锈钢开平板时，应按批号复验力学性能，并符合下列规定：

- a) 整卷使用的，应在开平操作后，分别在板卷的头部、中部和尾部所对应的开平板上各截取一组复验试样；
- b) 非整卷使用的，应在开平板的端部截取一组复验试样。

8.4.2.3 制造受压元件的材料应有可追溯的标记。在制造过程中，如原有标记被裁掉或材料分割时，应在材料切割前完成标记移植。

8.4.2.4 材料分割可采用冷切割、热切割或其他适当的方法。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。

8.4.2.5 内容器主要受压元件不应采用硬印作为材料移植标记、焊工标记及其他标记。

8.4.3 冷热加工成形

8.4.3.1 筒体和封头可采取冷、热成形方法加工成所需形状。

8.4.3.2 制造单位应根据制造工艺确定加工余量，受压元件成形后的厚度应不小于设计图样标注的最小成形厚度。

8.4.3.3 制造过程中应避免钢板表面的机械损伤。对于尖锐伤痕以及不锈钢罐体防腐蚀表面的局部伤痕、刻槽等缺陷应予以修磨，修磨范围的斜度最大为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，否则应予补焊。

8.4.3.4 坡口表面质量应符合下列规定：

- a) 坡口表面不应有裂纹、分层、夹杂等缺陷；
- b) 标准抗拉强度下限值 R_m 不小于 540MPa 的低合金钢材经火焰切割的坡口表面，应按 NB/T 47013.4 进行磁粉检测，I 级合格；
- c) 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。

8.4.3.5 封头应符合 GB/T 25198 和设计图样的规定。

8.4.3.6 封头成形应尽量采用整体成形，并符合下列规定：

- a) 先拼板后成形的封头，拼接焊缝一般不应超过两条，并应按图 5 布置，其焊缝距封头中心线应小于封头内径 D_i 的 1/4，中间板的宽度应不小于 300mm，拼板的总块数应不多于 3 块。拼接焊缝的内表面以及影响成形质量的拼接焊缝的外表面，应在成形前打磨至与母材齐平；

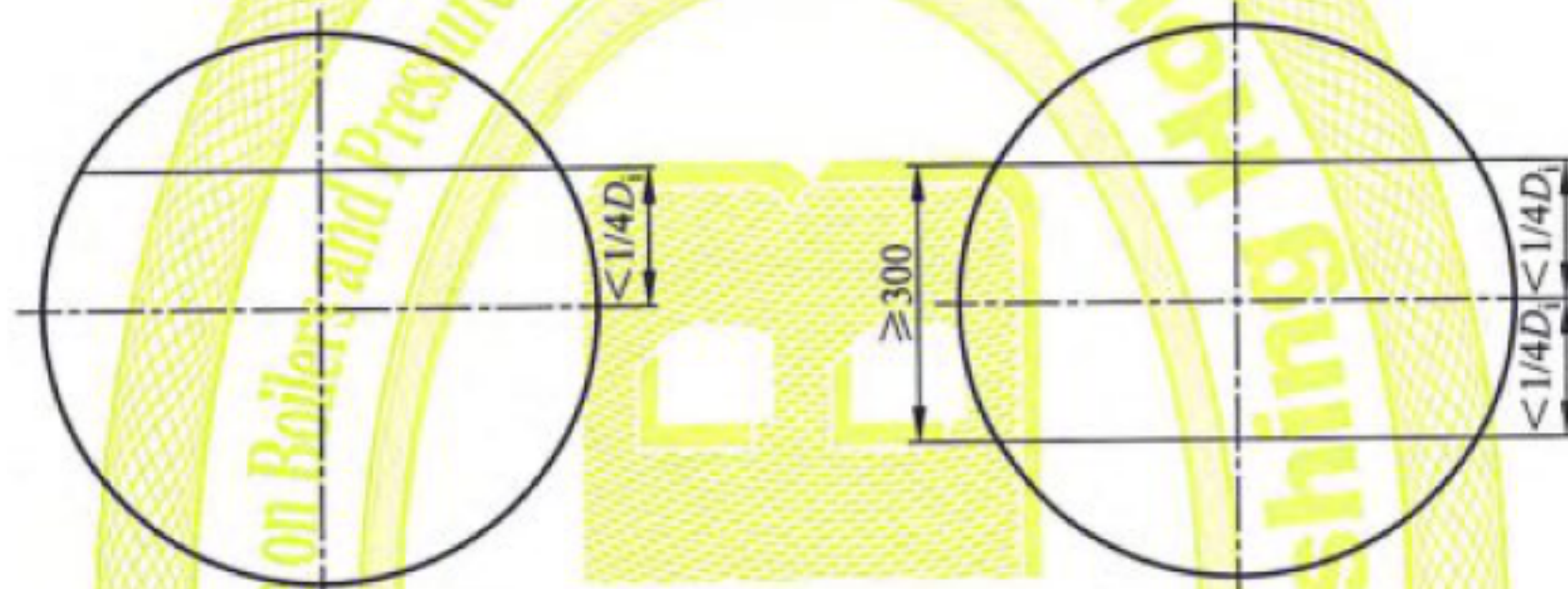


图 5 整体成形封头拼接焊缝布置图

- b) 封头由成形的瓣片和顶圆板拼接制成时，瓣片间的焊缝方向宜是径向和环向的（见图 6）。封头各种不相交的拼接焊缝中心线间距离至少应为封头钢材厚度 δ_s 的 3 倍，且不小于 200mm；



图 6 分瓣成形封头的拼接焊缝布置图

- c) 分瓣成形后再组焊的封头，其对口错边量同 A 类焊缝，应符合表 9 的规定；
- d) 用带间隙的全尺寸的内样板检查封头内表面的形状偏差时（见图 7），缩进尺寸为 $3\%D_i \sim 5\%D_i$ ，其最大形状偏差外凸应不大于 $1.25\%D_i$ ，内凹应不大于 $0.625\%D_i$ 。检查时应使样板垂直于待测表面。对图 6 所示的先成形后拼接制成的封头，可避开焊缝进行测量；

- e) 内容器封头应采用适当的成形工艺, 确保封头的质量, 避免封头过渡段和直边段出现裂纹。当采用温成形时, 应避免奥氏体型不锈钢的敏化温度区;
- f) 封头成形后其过渡段和直边段的铁素体测量值应不大于 15%;
- g) 碟形封头过渡区转角半径应不小于图样的规定值;
- h) 封头直边部分不应存在纵向皱褶。

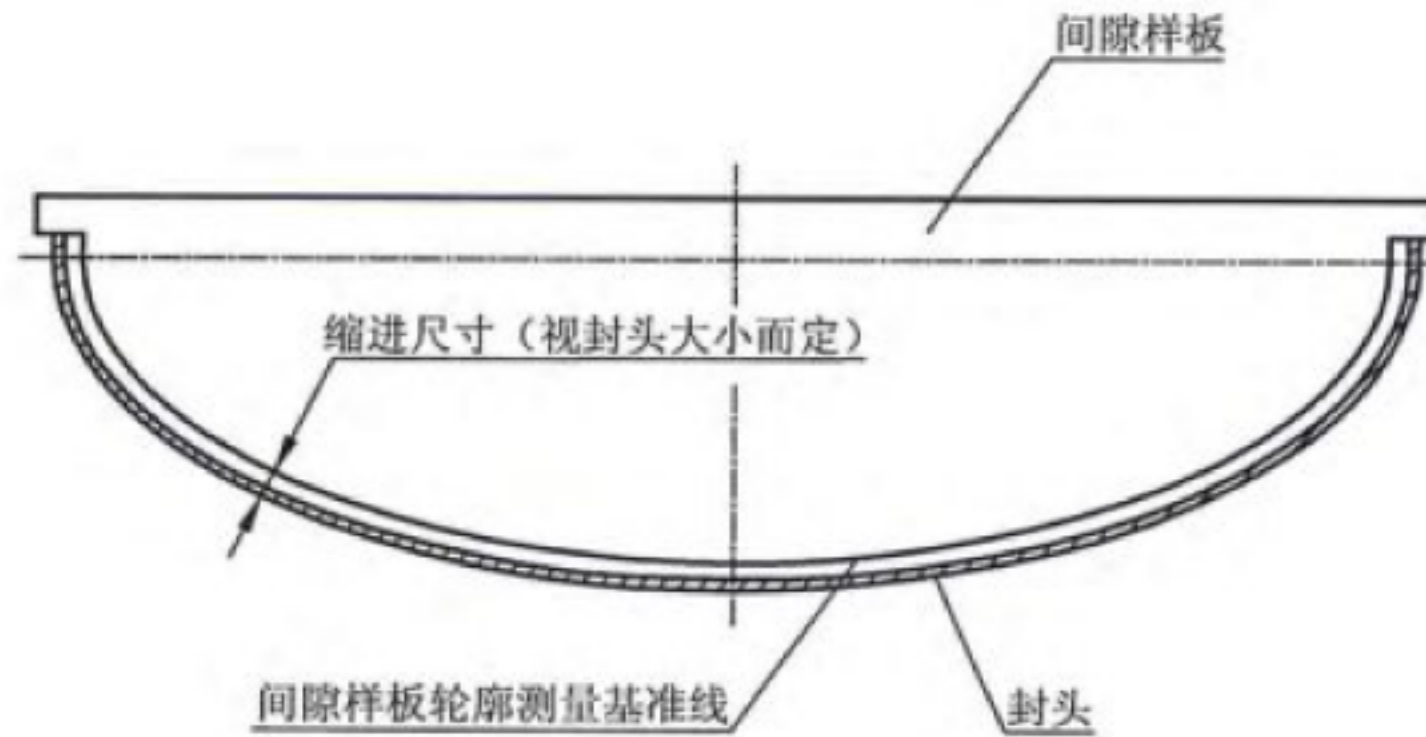


图 7 凸形封头的形状偏差检查

8.4.4 圆筒与罐体

8.4.4.1 A、B 类焊接接头对口错边量 b (见图 8) 应符合表 9 的规定。

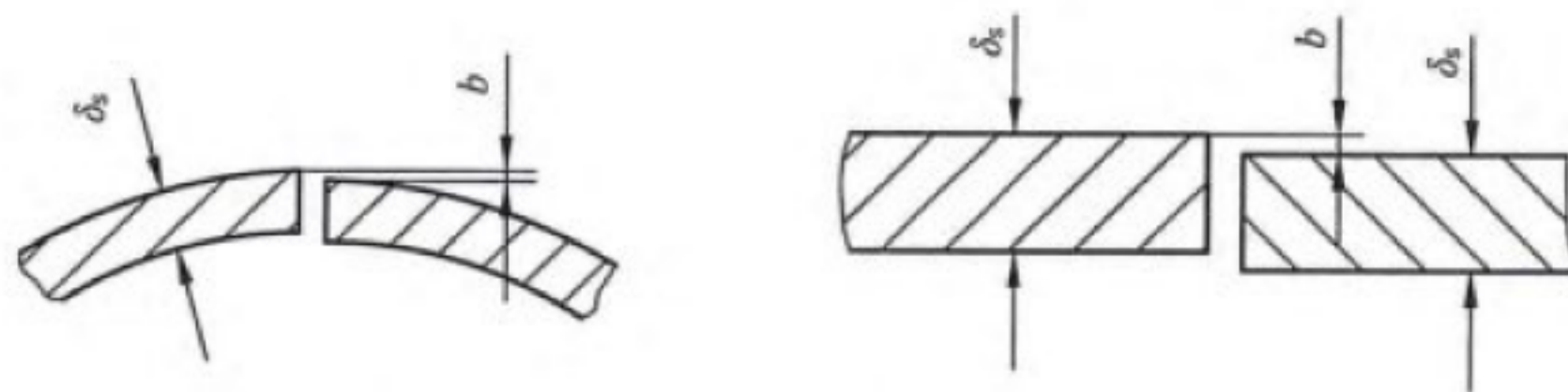


图 8 A、B 类焊接接头对口错边量

表 9 A、B 类焊接接头对口错边量

对口处钢材厚度 δ_s/mm	按焊接接头类别划分对口错边量 b/mm	
	A	B
≤ 12	$\leq 1/4\delta_s$	$\leq 1/4\delta_s$
$> 12 \sim 20$	≤ 3	$\leq 1/4\delta_s$

注: 球形封头与圆筒连接的环向 A 类接头, 按 B 类焊接接头的对口错边量要求。

8.4.4.2 在焊接接头环向、轴向形成的棱角 E, 宜分别用弦长等于 $D_i/6$ 且不小于 300mm 的内样板 (或外样板) 和直尺检查 (见图 9、图 10), 其 E 值应不大于 $(\delta_s/10+2)$ mm, 且不大于 5mm。

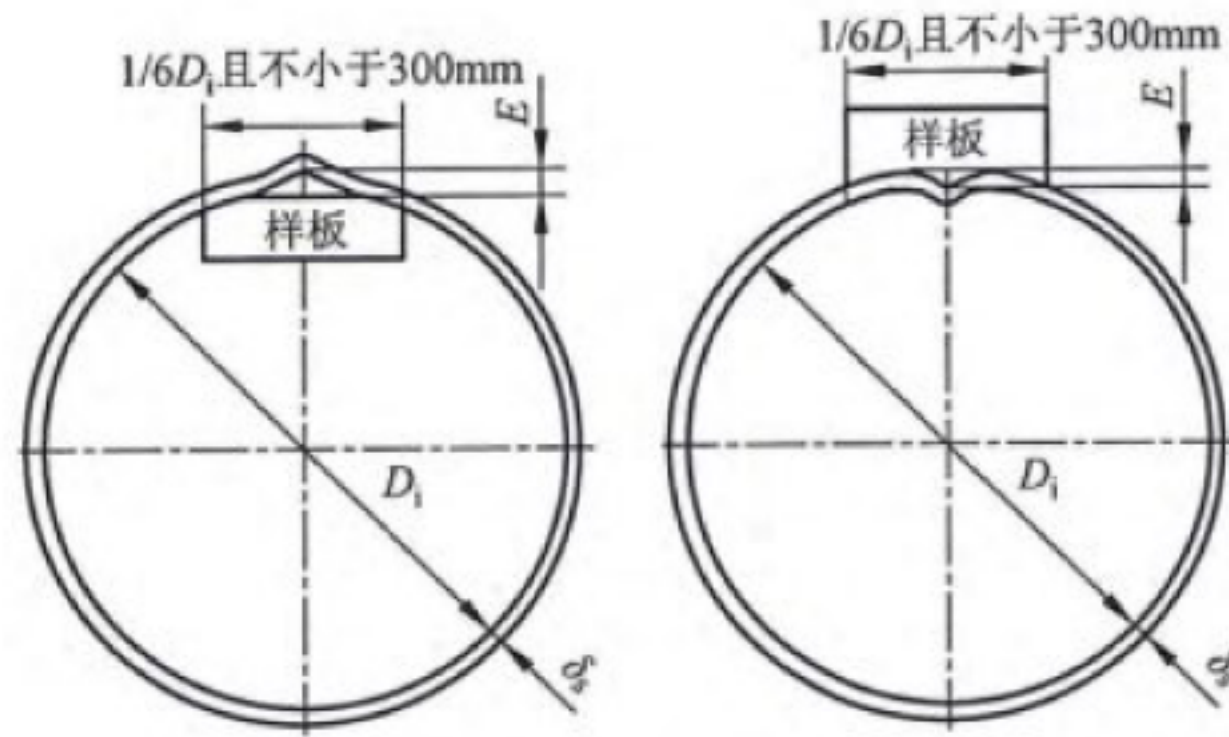


图9 内样板或外样板检查棱角

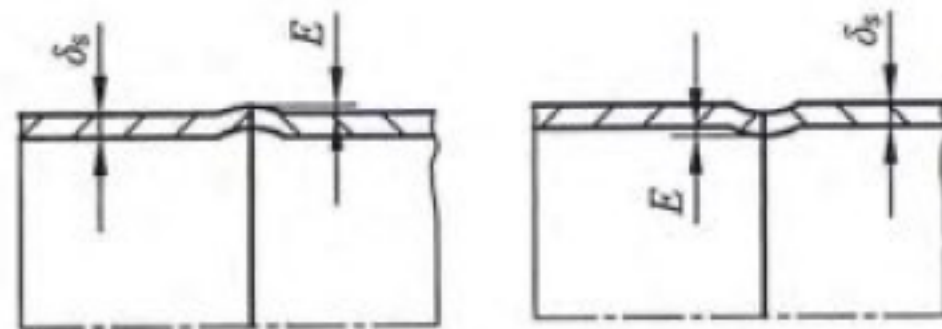


图10 直尺检查棱角

8.4.4.3 B类焊接接头以及圆筒与球形封头相连的A类焊接接头的两侧钢材厚度不等时，当薄板厚度不大于10mm、两板厚度差超过3mm以及薄板厚度大于10mm、两板厚度差大于薄板厚度的30%或超过5mm时，均应按图11的要求单面或双面削薄厚板边缘（但被削薄后的板厚，在 L_1 区域内任意处都不应小于设计厚度），或按同样要求采用堆焊方法将薄板边缘焊成斜面。当两板厚度差小于上列数值时，则对口错边量 b 按8.4.4.1的要求，且对口错边量 b 以薄板厚度为基准确定。在测量对口错边量 b 时，不应计入两板厚度差值。

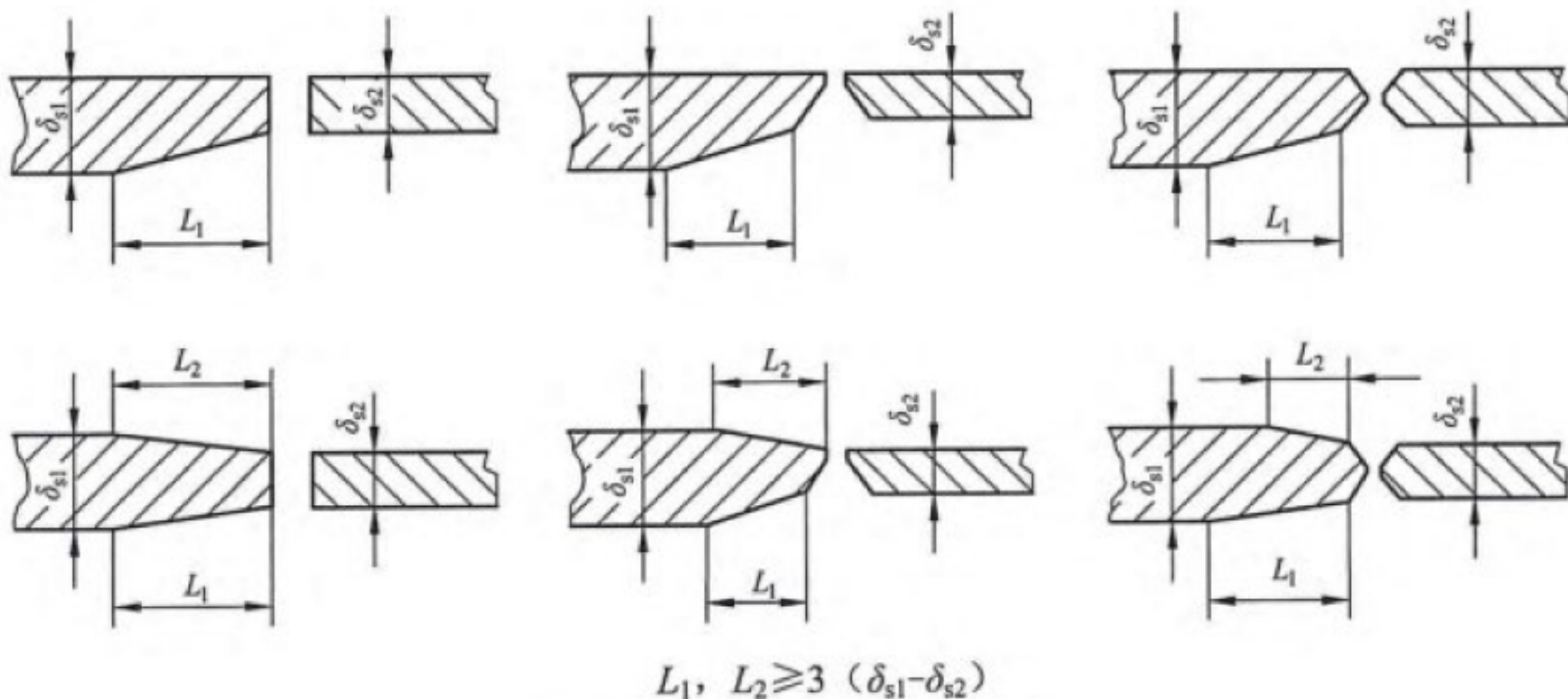


图11 单面或双面削薄厚板边缘

8.4.4.4 除图样另有规定外，圆筒直线度允差应不大于壳体长度的1‰。

注：筒体直线度检查是通过中心线的水平和垂直面，即沿圆周0°、90°、180°、270°四个部位进行测量。测量位置与筒体纵向接头焊缝中心线的距离不小于100mm。当壳体厚度不同时，计算直线度时应减去厚度差。

8.4.4.5 筒节组装时，焊接接头的布置应满足下列要求：

- a) 组装圆筒中，任何单个筒节的长度应不小于 300mm，环向拼板长度应不小于 500mm；
- b) 相邻筒节 A 类接头、封头 A 类拼接接头、与封头相邻筒节的 A 类接头焊缝中心之间的外圆弧长应大于板材厚度的 3 倍，且不小于 200mm；
- c) 圆筒纵焊缝不允许布置在罐体横截面中心与罐体最低点连接半径左右各 20° 范围内；
- d) 不应采用十字焊缝，开孔位置宜避开焊接接头；
- e) 罐体上凡被补强圈、垫板等覆盖的焊缝，均应在覆盖前打磨至与母材齐平；
- f) 内容器附件和内容器间的焊接应尽量避免开内容器上的 A、B 类焊接接头，且距离环焊缝边缘不小于 100mm；当与纵焊缝交叉时，应开槽避让。

8.4.4.6 内容器及需要承受内压的外壳组焊完成后，按下列要求检查圆筒的直径，有开孔补强时应距补强圈边缘 100mm 以外的位置测量：

- a) 圆筒同一断面上最大内径与最小内径之差，应不大于该断面内径 D_i 的 1%，且不大于 25mm（见图 12）；
- b) 当被检断面位于开孔中心 1 倍开孔直径范围内时，则该断面最大内径与最小内径之差，应不大于该断面内径 D_i 的 1% 与开孔内径的 2% 之和，且不大于 25mm。

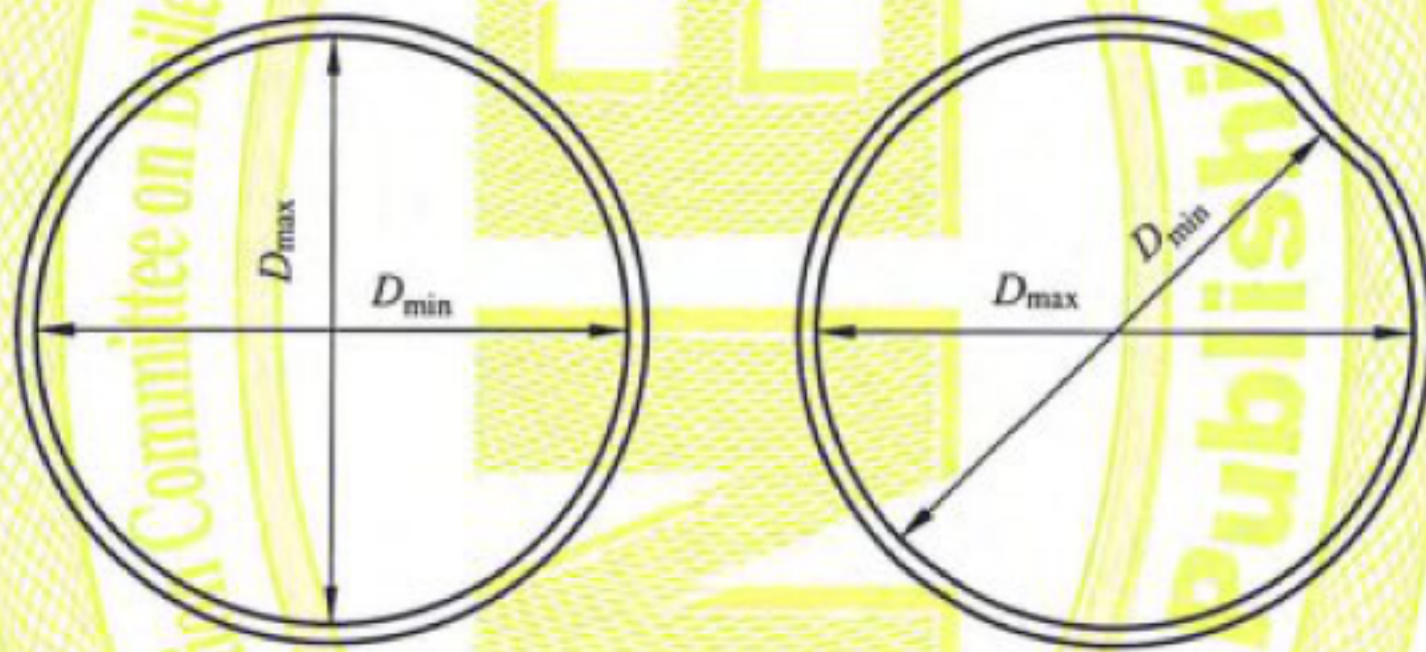


图 12 圆筒同一断面上最大内径和最小内径之差

8.4.4.7 内容器、外壳组焊完成后，按下列要求检查圆筒的圆度：

- a) 采用内弓形或外弓形样板（依测量部位而定）测量。样板圆弧半径等于圆筒内半径或外半径，其弦长等于 GB/T 150.3—2011 中图 4-14 中查得弧长的 2 倍，测量点应避开焊接接头或其他凸起部位；
- b) 用样板沿筒体径向测量的最大正负偏差 e 应不大于 GB/T 150.4—2011 图 10 中查得的最大允许偏差值。当 D_o/δ_e 与 L/D_o 所查的交点位于图中任意两条曲线之间时，其最大正负偏差值 e 由内插法确定；当 D_o/δ_e 与 L/D_o 所查的交点位于图中 $e=1.0\delta_e$ 曲线的上方或 $e=0.2\delta_e$ 曲线的下方时，其最大正负偏差值 e 分别不大于 δ_e 及 $0.2\delta_e$ 值；
- c) 圆筒、球壳的 L 与 D_o 按 GB/T 150.3 的规定选取。

8.4.4.8 机械加工表面和非机械加工表面的线性尺寸的极限偏差，分别按 GB/T 1804—2000 中的 m 级和 c 级的规定。

8.4.4.9 紧固件应符合相应国家标准或行业标准的规定，承受拉伸或剪切力载荷的螺栓，其性能等级应不低于 8.8 级。

8.4.4.10 罐体的主要几何尺寸、管口方位应符合设计图样的要求。

8.4.5 焊接

8.4.5.1 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%。

8.4.5.2 坡口表面质量检查，应符合 8.4.3.4 的规定。

8.4.5.3 当施焊环境出现以下任一情况，且无有效防护措施时，应禁止施焊：

- 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) 雨、雪环境；
- e) 焊件温度低于 -20°C 。

8.4.5.4 当焊件温度低于 0°C 但不低于 -20°C 时，应在施焊处 100mm 范围内预热到 15°C 以上。

8.4.5.5 内容器施焊前，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。

8.4.5.6 当焊接结构受压元件用境外材料（含填充材料）时，制造单位在首次使用前应按 NB/T 47014 进行焊接工艺评定。

8.4.5.7 焊接工艺评定应包括焊缝和热影响区的低温夏比（V 型缺口）冲击试验。冲击试验的取样方法按 NB/T 47014 的要求确定。冲击试验温度应不高于设计图样要求的试验温度。当焊缝两侧母材具有不同冲击试验要求时，低温冲击吸收能量按两侧母材抗拉强度的较低值应符合 GB/T 150.2 或设计图样的要求。接头的拉伸和弯曲性能按两侧母材中的较低要求。

8.4.5.8 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，技术负责人批准，由监检人员签字确认后存入技术档案。焊接工艺评定技术文件应保存至该工艺失效为止，焊接工艺评定试样应至少保存 5 年。

8.4.5.9 受压元件之间或受压元件与非受压元件组装时的定位焊，若保留成焊缝金属的一部分，应按受压元件的焊缝要求施焊。

8.4.5.10 罐体的焊接应严格控制线能量。在焊接工艺评定所确认的范围内，选用较小的焊接线能量，以多道施焊为宜。

8.4.5.11 焊缝表面的形状尺寸应符合下列规定：

- a) A、B 类接头焊缝的余高 e_1 、 e_2 按表 10 和图 13 的规定；
- b) C、D、E 类接头的焊脚尺寸，在图样无规定时，取焊件中较薄者的厚度。当补强圈的厚度不小于 8mm 时，其焊脚尺寸等于补强圈厚度的 70%，且不小于 8mm；
- c) C、D、E 类焊缝与母材呈圆滑过渡。

表 10 A、B 类接头焊缝的余高

单位为 mm

单面坡口		双面坡口	
e_1	e_2	e_1	e_2
$0\sim 15\%\delta_s$ 且 ≤ 4	≤ 1.5	$0\sim 15\%\delta_1$ 且 ≤ 4	$0\sim 15\%\delta_2$ 且 ≤ 4
注：表中百分数计算值小于 1.5mm 时，按 1.5mm 计。			

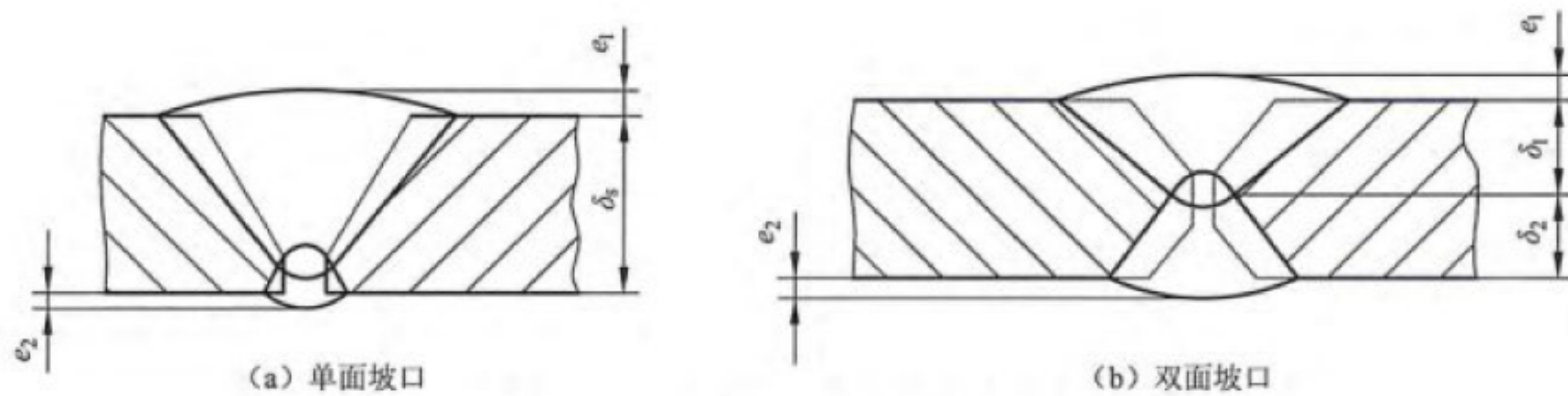


图 13 A、B 类接头焊缝的余高 e_1 、 e_2

8.4.5.12 焊接接头表面质量应符合下列规定：

- a) 不应有表面裂纹、咬边、表面气孔、弧坑、未填满、焊瘤和飞溅物等缺陷；
- b) 对接焊缝应与母材圆滑过渡，角焊缝外形应呈凹形圆滑过渡；
- c) 按照疲劳分析设计的罐体，应去除 A、B 类焊缝的余高，使焊缝表面与母材表面平齐；
- d) 其他表面质量应符合设计图样的规定。

8.4.5.13 临时附件的焊接应符合下列规定：

- a) 罐体上焊接的临时吊耳和拉筋的垫板等，应采取力学性能和焊接性能与罐体相同或相近的材料，并用相适应的焊材及焊接工艺进行焊接；
- b) 临时吊耳和拉筋的垫板割除后，留下的焊疤应打磨光滑，并按图样规定进行渗透检测或磁粉检测，表面应无裂纹等缺陷。打磨后的厚度应不小于该部位的设计厚度或图样规定的最小厚度。

8.4.5.14 内容器主要受压元件焊缝应采用简图记录焊工代号。

8.4.5.15 焊接接头返修及母材缺陷补焊应符合下列规定：

- a) 焊接接头的返修和补焊都应进行焊接工艺评定或有经评定合格的焊接工艺支持，施焊时应有详尽的返修或补焊记录；
- b) 焊缝同一部位的返修次数不宜超过 2 次。如超过 2 次，返修前应经制造单位技术负责人批准，且应将返修的次数、部位和返修情况记入产品质量证明文件；
- c) 返修部位应按原要求经无损检测合格；
- d) 耐压试验后进行的返修，如返修深度大于 1/2 壁厚，应重新进行耐压试验；
- e) 氦质谱检漏后需返修的，返修部位应采用合适的检验方法检测合格，且重新进行氦质谱检漏。

8.4.6 产品焊接试件

8.4.6.1 凡符合以下条件之一的、有 A 类纵向焊接接头的内容器，应逐台制备产品焊接试件：

- a) 需经过热处理改善或者恢复材料力学性能的内容器；
- b) 设计图样要求制备产品焊接试件的内容器。

8.4.6.2 制备产品焊接试件与试样，应符合下列规定：

- a) 产品焊接试件应在内容器筒节 A 类纵向焊缝的延长部位与筒节同时施焊；
- b) 试件应取合格的原材料，且与内容器用材具有相同标准、相同牌号、相同厚度和相同热处理状态；
- c) 试件应由施焊内容器的焊工，采用与施焊内容器相同的条件、过程与焊接工艺施焊。有热

处理要求的内容器，试件一般应随内容器一起热处理，否则应采取措施保证试件按照与内容器相同的工艺进行热处理；

d) 试件的尺寸和试样的截取，应符合 NB/T 47016 的规定。

8.4.6.3 试样的力学性能检验与评定，应符合下列规定：

- a) 力学性能检验的试验方法、合格指标及复验要求，应符合 NB/T 47016 的规定；
- b) 夏比（V 型缺口）冲击试验应包括焊缝金属和热影响区，试验温度为受压元件的设计温度或设计图样规定的温度；
- c) 当产品焊接试样评定结果被判为不合格时，应分析原因，采取相应措施，允许按 NB/T 47016 要求重新取样进行复验。当复验结果仍达不到要求时，则该试件所代表产品应判为不合格。

8.4.7 无损检测

8.4.7.1 无损检测方法

8.4.7.1.1 罐体的无损检测方法包括射线检测、超声检测、磁粉检测和渗透检测。射线检测应符合 NB/T 47013.2、NB/T 47013.11 或 NB/T 47013.14 的规定；超声检测应符合 NB/T 47013.3 或 NB/T 47013.10 的规定；磁粉检测应符合 NB/T 47013.4 的规定；渗透检测应按 NB/T 47013.5 的规定。

8.4.7.1.2 制造单位或无损检测机构应按设计图样要求和 NB/T 47013.1 的规定制定罐体的无损检测工艺。

8.4.7.2 无损检测方法的选择

8.4.7.2.1 内容器及外壳的 A、B 类焊接接头（内容器工艺人孔筒节与人孔封头的合拢 B 类焊接接头和外壳的合拢 B 类焊接接头除外）、与内容器连接的管路对接接头，应进行射线检测或超声检测。超声检测包括衍射时差法超声检测（TOFD）、可记录的脉冲反射法超声检测和不可记录的脉冲反射法超声检测。

8.4.7.2.2 当采用不可记录的脉冲反射法超声检测时，应采用射线检测或者衍射时差法超声检测作为附加局部检测。

8.4.7.2.3 罐体的不锈钢焊接接头表面无损检测应采用渗透检测，碳钢或低合金钢焊接接头的表面无损检测应当采用磁粉检测或者渗透检测。

8.4.7.2.4 铁磁性材料制罐体焊接接头的表面无损检测应优先采用磁粉检测。

8.4.7.3 内容器无损检测比例及技术要求

8.4.7.3.1 A、B 类焊接接头应进行 100% 射线检测或超声检测。

8.4.7.3.2 工艺人孔筒节与人孔封头的合拢 B 类焊接接头无损检测的检测方法和要求应符合设计图样的规定。

8.4.7.3.3 先拼板后成形的凸形封头上所有拼接接头还应进行 100% 表面检测。

8.4.7.3.4 内容器上 C、D、E 类焊接接头应进行 100% 表面检测。

8.4.7.3.5 内容器上临时吊耳和拉筋垫板割除并修磨后留下的焊疤，应进行表面检测。

8.4.7.3.6 内容器无损检测的技术要求应符合下列规定：

- a) 射线检测技术等级应不低于相应检测方法的 AB 级，其合格级别应不低于 II 级；
- b) 脉冲反射法超声检测技术等级应不低于 B 级，合格级别应不低于 I 级；
- c) 衍射时差法超声检测合格级别应不低于 II 级；
- d) 渗透检测合格级别应不低于 I 级。

8.4.7.4 外壳无损检测比例及技术要求

8.4.7.4.1 A、B类焊接接头（外壳的合拢B类焊接接头除外）应进行局部射线检测，检测长度不小于各条焊接接头长度的20%，且不小于250mm，其射线检测技术等级应不低于相应检测方法的AB级，合格级别不低于Ⅲ级。

8.4.7.4.2 外壳的合拢B类焊接接头以及如下项目的接头应经无损检测，检测方法和要求应符合设计图样的规定：

- a) 凡被补强圈、垫板、支座、内件等覆盖的焊接接头；
- b) 以开孔中心为圆心，1.5倍开孔直径为半径的圆中所包容的焊接接头。

8.4.7.4.3 先拼板后成形的凸形封头上所有拼接接头应进行100%射线检测及100%表面检测，其射线检测技术等级不应低于AB级，合格级别不低于Ⅲ级，表面检测的合格级别应不低于Ⅰ级。

8.4.7.4.4 外壳上临时吊耳和拉筋垫板割除并修磨后留下的焊疤，应进行表面检测，表面检测的合格级别应不低于Ⅰ级。

8.4.7.4.5 外壳与行走机构或者定型底盘连接部位的焊接接头应进行100%表面检测，表面检测的合格级别应不低于Ⅰ级。

8.4.7.5 重复检测

8.4.7.5.1 经无损检测的焊接接头，发现不允许的缺陷时，应在缺陷清除干净后进行补焊，并对该部位采用原无损检测方法和合格级别进行重新检测与评定。

8.4.7.5.2 进行局部无损检测的焊接接头，发现不允许的缺陷时，应在该缺陷两端的延伸部位增加检查长度，增加的长度为该焊接接头长度的10%，且两侧均不小于250mm。若仍有不允许的缺陷，则对该条焊接接头进行100%无损检测。

8.4.7.5.3 渗透与磁粉检测发现不允许的缺陷时，应进行修磨及必要的补焊，并对该部位采用原无损检测方法进行重新检测。

8.4.7.6 无损检测的实施时机

8.4.7.6.1 焊接接头的无损检测，应在形状尺寸和外观质量检查合格后进行。

8.4.7.6.2 拼接封头应在成形后进行无损检测。若成形前已进行无损检测，则成形后还应对圆弧过渡区至直边段再进行无损检测。

8.4.7.7 无损检测记录、资料和报告

制造单位应如实填写无损检测记录，正确签发无损检测报告，妥善保管射线底片和超声检测数据等检测资料（含缺陷返修前记录），并建立无损检测档案，其保存期限不少于罐车的设计使用年限。

8.4.8 热处理

8.4.8.1 罐体热处理要求应符合GB/T 150.4和设计文件的规定。

8.4.8.2 除图样另有规定外，外壳冷成形后不需热处理。

8.4.9 清洁要求

8.4.9.1 与氧接触的所有零部件表面，应进行脱脂与清洁处理，其油脂残留量应不大于125mg/m²。

8.4.9.2 与氧以外其他介质接触的零部件表面，除图样另有规定外，其油脂残留量应不大于500mg/m²。

8.4.9.3 真空夹层表面以及其内部的零部件表面，应进行脱脂、除锈、干燥等处理。

8.4.9.4 对不设置工艺人孔的内容器，在最后一道环焊缝对焊前，应清除容器内杂物，其清洁度满足设计图样的要求。

8.4.10 组装要求

8.4.10.1 内容器在耐压试验合格后方可与外壳进行组装。

8.4.10.2 高真空多层绝热的绝热层应符合下列要求：

- a) 多层绝热材料应经干燥处理；
- b) 层数、层密度应符合设计图样的规定；
- c) 反射屏与间隔材料之间应相互封闭；
- d) 尽量避免出现反射屏之间直接接触（短路）及局部无反射屏的现象；
- e) 最外层应有防止绝热层松散和脱落的相应措施。

8.4.10.3 真空粉末绝热的绝热层应符合下列要求：

- a) 粉末绝热材料应经干燥处理；
- b) 装填时，应控制粉末绝热材料的装填密度；
- c) 应尽可能采取防止粉末绝热材料沉降的措施。

8.4.11 吸附剂的安装

8.4.11.1 低温吸附剂应安装在内容器外壁，其包装和填充应符合设计图样的规定。

8.4.11.2 常温吸附剂应安装在外壳内壁，其包装和安置应符合设计图样的规定。

8.5 管路制造

8.5.1 管路安装前，管子、管件、阀门等管路组成件内外表面应清理干净，无杂物、油污且干燥。

8.5.2 管路无损检测应符合下列要求：

- a) 真空夹层内及外部的管路，其对接接头应按 NB/T 47013.2 进行 100% 射线检测，射线检测技术等级应不低于 AB 级，其合格级别应不低于 II 级；
- b) 真空夹层内及外部的管路，其角接接头应按 NB/T 47013.5 进行 100% 渗透检测，合格级别应不低于 I 级。

8.5.3 真空夹层内的管路应与内容器一起进行耐压试验。

8.5.4 外部管路的法兰密封面及密封垫片，应无影响密封性能的划痕、斑点等缺陷。

8.5.5 法兰面应垂直于管路的主轴中心线，且保证法兰面的水平或垂直，其偏差均应不超过法兰外径的 1%（法兰外径小于 100mm 时按 100mm 计算）且不大于 3.0mm。法兰的螺栓孔应与管路主轴中心线或铅垂线跨中布置（见图 14）。有特殊要求时，应在图样上注明。



图 14 法兰的螺栓孔与管路主轴心线或铅垂线跨中布置

8.5.6 当管路装配间断施工时，应及时封闭敞开的管口。

8.5.7 阀门应按设计流程图确定其安装方向。螺杆式截止阀应在顺时针方向转动时被关闭。

8.5.8 管路上应清楚标明各个接口和附件的用途。管路阀门应标明介质流向，截止阀应标明开启和关闭方向。

8.5.9 管路宜用管夹固定，管夹的固定不应限制管路的热胀冷缩。

8.5.10 有防静电接地要求的设备，各段管子间应导电。当每对法兰或螺纹接头间电阻值超过 0.03Ω 时，应设导线跨接。

8.5.11 外部管路应进行耐压试验。

8.6 氦质谱检漏

8.6.1 内容器与外壳组装后，应对真空夹层进行氦质谱检漏。漏气速率指标应符合 6.5.14.1 和设计图样的规定。

8.6.2 泄漏处应按焊接返修工艺进行修补，按原无损检测要求检测合格后，再重新进行氦质谱检漏。

8.7 罐体涂敷

罐体的涂敷应符合 JB/T 4711 和设计图样的规定。

9 试验方法

9.1 试验顺序

9.1.1 罐车在结构强度试验完成后，方可进行低温性能检测。

9.1.2 定型试验的罐车，其低温性能检测应在定型试验完成后进行。

9.1.3 有热处理要求的内容器，耐压试验应在热处理完成后进行。

9.2 耐压试验

9.2.1 内容器制成后应按图样的规定进行耐压试验，耐压试验包括液压试验和气压试验。

9.2.2 耐压试验应用两个量程相同的并经过检定合格的压力表。压力表的量程应为 1.5 倍~3 倍的试验压力，且以试验压力的 2 倍为宜。压力表的精度应不低于 1.6 级，表盘直径应不小于 100mm。压力表应安装在从被试验罐体顶部引出的管线上便于观察的位置。

9.2.3 耐压试验前，内容器各连接部位的紧固螺栓（如有），应当配置齐全，紧固妥当。耐压试验时，内容器上焊接的临时受压元件，应当采用适当的措施，保证其强度和安全性。

9.2.4 耐压试验场地应有可靠的安全防护措施，并且经过单位技术负责人和安全管理部門检查认可。

9.2.5 耐压试验基本要求

9.2.5.1 保压期间不应采用连续加压来维持试验压力不变，耐压试验过程中不应带压紧固螺栓或者向受压元件施加外力。

9.2.5.2 耐压试验过程中，不应进行与试验无关的工作，无关人员不应在试验现场停留。

9.2.5.3 内容器开孔补强圈应在耐压试验前通入 $0.4\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 的压缩空气检查焊接接头质量。

9.2.6 液压试验

9.2.6.1 液压试验的介质一般采用水，必要时也可采用不会导致发生危险的其他液体。试验时，液体的温度应低于其闪点或沸点，且有可靠的安全措施。

9.2.6.2 液压试验温度应符合 GB/T 150.4 和设计图样的规定。

9.2.6.3 液压试验应符合下列规定：

- a) 内容器顶部应设排气口，充液时应将罐内的空气排净。试验过程中，内容器外表面应保持干燥；

- b) 当内容器壁温与液体温度接近时，才能缓慢升压至设计压力，确认无泄漏后继续升压到规定的试验压力。保压时间一般不少于 30min，然后将压力降至设计压力，保压足够长的时间以对所有焊接接头和连接部位进行检查；
- c) 液压试验完毕后，应将液体排尽，用压缩空气将内容器内部吹干，并清除杂物。当无法完全排净吹干时，奥氏体型不锈钢制罐体用水，应控制水中的氯离子不超过 25mg/L。

9.2.6.4 液压试验合格要求

液压试验过程中，内容器无渗漏、无可见的变形和异常的响声为合格。

9.2.7 气压试验

9.2.7.1 由于结构或支撑、介质等原因，不允许残留试验液体的罐体，一般采用气压试验。

9.2.7.2 试验所用的气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体。

9.2.7.3 气压试验应有安全防护措施。试验时，试验单位的安全管理部门应派人进行现场监督。

9.2.7.4 内容器气压试验温度一般为常温。

9.2.7.5 试验时压力应缓慢上升，至规定试验压力的 10%，保压 5min，并对所有焊接接头和连接部位进行泄漏检查；确认无泄漏后，再继续升压到规定试验压力的 50%，如无异常现象，其后按每级为规定试验压力的 10%，逐级升压至规定试验压力，并保压 10min；然后将压力降至设计压力，保压足够时间进行检查。检查期间压力应保持不变，不应采用连续加压的方式维持试验压力。气压试验过程中不应带压紧固螺栓或向受压元件施加外力。

9.2.7.6 气压试验合格要求

气压试验过程中，内容器无异常响声，经肥皂液或其他可靠的检漏方法检查无漏气、无可见的变形为合格。

9.3 泄漏试验

9.3.1 罐体耐压试验合格后，将所有管路、安全附件、仪表、装卸附件安装齐全后进行泄漏试验。

9.3.2 采用气密性试验时，应符合下列规定：

- a) 试验用气体应为干燥、洁净的空气、氮气或其他惰性气体；
- b) 试验用气体温度一般为常温；
- c) 试验时，压力应缓慢上升，达到规定的试验压力后保压足够长时间，同时检查罐体所有的焊接接头和各阀件、仪表及其连接面，无泄漏为合格；
- d) 如有泄漏，应在修补后重新进行试验。

9.3.3 其他泄漏试验方法和要求应符合设计文件的规定。

9.4 冷冲击试验

9.4.1 冷冲击试验后的检验内容和要求应符合设计文件的规定。

9.4.2 试验时，除进液口和排气口以外的其余管路管口封闭，内容器和管路应被液氮充分浸渍。

9.5 清洁度测量

清洁度的测量方法按 JB/T 6896 的规定。

9.6 容积测量

9.6.1 内容器应进行几何容积、有效容积和真空夹层容积的测量，测量方法按 GB/T 18443.8 的规定。

9.6.2 由于结构或介质的原因不允许残留试验液体的内容器，可用几何测量尺寸后计算容积代替实测容积。

9.7 真空度测量

真空夹层封结真空度的测量方法按 GB/T 18443.2 的规定。

9.8 真空夹层漏气速率测量

真空夹层漏气速率的测量方法按 GB/T 18443.3 的规定。

9.9 真空夹层漏放气速率测量

真空夹层漏放气速率的测量方法按 GB/T 18443.4 的规定。

9.10 静态蒸发率测量

静态蒸发率的测量方法按 GB/T 18443.5 的规定。

9.11 维持时间测量

维持时间的测量方法按 GB/T 18443.7 的规定。

9.12 安全附件试验

安全附件性能试验应符合相应产品标准和设计图样的规定。

9.13 其他检查

9.13.1 罐车总装完成后的检验项目至少包括下列内容，其合格要求应满足本标准和设计图样的规定：

- a) 罐车的几何尺寸；
- b) 罐体纵向中心平面与定型底盘或者行走机构纵向中心平面的偏差；
- c) 罐体与支撑装置连接的可靠性；
- d) 罐体装卸系统、紧急切断装置、防溜车装置的完整性及可靠性；
- e) 罐车的表面涂装、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（限 1 种介质）、下次全面检验日期等。

9.13.2 罐车应进行导静电装置电阻测量，可采用万用表测量。

9.13.3 罐车的外部照明和信号装置的数量、位置和光色按 GB 4785 的规定进行检查。

9.13.4 罐车的外观质量检查采用目视方法。

9.14 道路行驶和制动性能检查

罐车应进行道路行驶和制动性能检查，检查罐体以及连接件有无变形和松动、附件固定是否牢固，所有设施应安全可靠。行驶中的故障经检修能行驶，则道路行驶检查可继续进行，否则应回厂检修并重新进行检查。

9.15 型式试验

罐车的定型试验应按 QC/T 252 的规定进行。罐车的强制性检验项目应按国务院汽车主管部门的规定执行。低温绝热性能型式试验应按 TSG R0005 和本标准的规定进行。

10 检验规则

10.1 检验分类

罐车的检验分为逐台检验、批量检验、型式试验。

10.2 逐台检验

罐车完成后应经逐台检验合格后方可出厂。逐台检验项目按表 11、表 12 的规定。

10.3 批量检验

10.3.1 同一定型设计的罐车，按生产顺序，以不多于 50 台为一批。每批中随机抽取 1 台为批量检验样车。

10.3.2 若批量检验样车检验不合格，则在该批中再抽取 2 台进行检验，仍不合格时应逐台进行检验。

10.3.3 批量检验的项目和要求按表 11、表 12 的规定。

10.4 车辆定型试验

罐车应按照型号由主管部门核准或批准的试验机构进行定型试验。

10.5 强制性检验

罐车在定型试验合格后，应由国家认可的检测机构进行车辆强制性检验项目的检验。

10.6 低温性能型式试验

车辆定型试验和强制性检验项目完成后，应进行真空绝热罐体低温性能型式试验。低温性能型式试验应由国家特种设备安全监督管理部门核准的型式试验机构进行，并出具低温性能型式试验报告和证书。低温性能型式试验项目要求按表 11、表 12 的规定。

表 11 逐台检验、批量检验和型式试验的项目

序号	检验项目	逐台检验	批量检验	低温性能型式试验
1	相关技术文件检查	★	★	—
2	外观检查	★	★	—
3	几何尺寸检验	★	★	—
4	耐压试验及气密性试验	★	★	—
5	冷冲击试验（有要求时）	▲	▲	—
6	真空性能	真空夹层封结真空度	★	★
7		真空夹层漏气速率	★	★
8		真空夹层漏放气速率	★	★
9	绝热性能	静态蒸发率	▲	★
10		维持时间	—	★
11	附件检验	★	★	—
12	道路行驶和制动性能检查	▲	▲	—
13	出厂文件	★	★	—
注：罐车的车辆定型试验已包含的相关内容，此处不再重复。				
有“★”标记的项目，为需进行检验和试验的项目；				
有“▲”标记的项目，由供需双方协商确定。				

表 12 检验项目内容及技术要求

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、型号、标准	6.2.3
		设计压力、设计温度、介质	6.2.3、6.5.3、6.5.5
		总质量、整备质量、内容器的几何容积、真空夹层的几何容积、充满率、最大允许充装量	6.2.3、6.5.11、6.5.12
		罐体材料	5.2、6.2.4
		罐体真空绝热型式	6.2.3、6.2.4
		设计使用年限	6.1.20、6.2.3

表 12 (续)

序号	检验项目	检 验 内 容	技 术 要 求
2	外观检查	铭牌	6.2.3、11.2.3
		标志、标识	11
		车辆识别代号(VIN)	8.1.11
		涂敷	8.1.12、8.7
		焊接接头及母材外表面缺陷	6.5.7、8.4.3.3、8.4.5.12
		罐体与行走机构或定型底盘连接	6.7
		结构件的连接	6.6
		制动装置	6.1.4
		罐体焊缝布置	8.4.3.5、8.4.4.5
		装卸系统的设置及要求	6.5.17.6、7.7
		侧面防护装置	6.1.6
		后下部防护装置	6.1.7
3	几何尺寸检验	罐体外形尺寸	6.1.2、6.2.3
		罐体直线度	8.4.4.4
		单个筒节的最小长度	8.4.4.5
		法兰	8.5.5
4	耐压试验及气密性试验	内容器耐压试验	6.5.15、9.2
		罐体气密性试验	6.5.16、9.3
		管路耐压试验	6.8.14、9.2
		管路气密性试验	6.5.16、9.3
5	冷冲击试验(适用时)	冷冲击试验	9.4
6	清洁度	清洁度测量	8.4.9、9.5
7	真空性能	真空夹层封结真空度	6.5.14.4、9.7
		真空夹层漏气速率	6.5.14.1、9.8
		真空夹层漏放气速率	6.5.14.2、9.9
8	绝热性能	静态蒸发率	6.5.13.1、9.10
		维持时间	6.5.13.2、9.11
9	附件检验	超压泄放装置	7.2
		外壳防爆装置	7.3
		紧急切断装置	7.4
		导静电装置	7.5
		仪表	7.6
		装卸附件	7.7
		外部照明和信号装置	6.1.11
		其他附件(灭火器、火花熄灭器等)	6.1.12、6.1.19
10	道路行驶和制动性能检查	道路行驶和制动性能满足要求	9.14
11	出厂文件	出厂文件应齐全	12

11 标志、标识

11.1 标志

罐车的标志应符合 GB 13392、GB 7258 及国家主管部门相关规定的规定。

11.2 标识

11.2.1 在罐体两侧后部色带的上方书写充装介质的名称,字色为大红(R03),字高不小于300mm,字样宜为仿宋体。

11.2.2 在罐体两侧后部色带的下方书写“罐体下次全面检验日期:××××年××月”,字色为黑色,字高不小于100mm。

11.2.3 罐车的产品铭牌应安装在罐体一侧的易见部位,产品铭牌的格式与内容按 TSG R0005 的规定。

12 出厂文件

12.1 罐车的制造厂应向使用单位提供以下技术文件和资料:

- a) 竣工图样(总图和罐体图)、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),当制造中发生了材料代用、无损检测方法改变、加工尺寸变更等,制造单位应按照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;
- d) 产品铭牌的拓印件或者复印件;
- e) 特种设备制造监督检验证书;
- f) 强度计算书;
- g) 应力分析报告(需要时);
- h) 罐体安全泄放量、超压泄放装置排量和爆破片泄放面积的计算书;
- i) 产品使用说明书;
- j) 风险评估报告;
- k) 定型底盘使用说明书、合格证;
- l) 随车工具及附件清单;
- m) 备件、附件清单和相应的质量合格证明。

12.2 罐车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;
- h) 罐体耐压试验报告;

- i) 气密性试验或其他泄漏试验报告;
- j) 真空性能检测报告(含封结真空度检测、真空夹层漏放气速率检验);
- k) 整车车体检验报告;
- l) 罐体气体置换检验报告;
- m) 产品制造变更报告;
- n) 钢板、锻件超声检测报告(需要时);
- o) 安全附件、仪表及装卸附件的质量证明文件;
- p) 其他必要的产品质量证明文件。

12.3 罐车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) 罐车主要技术性能参数;
- b) 罐体结构与管路图,至少应包括安全附件、阀件和仪表的型号与连接方式;
- c) 操作使用说明,至少有操作规程、最大允许充装量的控制要求;
- d) 使用注意事项,至少包括装卸过程和充装过程中的注意事项;
- 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。

13 储存、运输

13.1 储存

13.1.1 充装易燃、易爆介质的罐车出厂前,其内容器和管路应用氮气密封,密封压力应不小于 0.05MPa,露点应低于 -25°C ,含氧量应小于 2%。

13.1.2 充装非易燃介质的罐车,其内容器和管路的含氧量应小于 3%。

13.1.3 充装液氧介质的罐车,与氧接触的零部件均应不存在与氧发生反应的物质。

13.1.4 罐车长期存放时,应停放在防潮、通风和具有消防设施的专用场地。停放前应对整车进行仔细检查,包括各阀门仪表是否正常、装卸阀门是否闭止、导静电装置是否有效等。

13.1.5 罐车存放期间,应按产品使用说明书进行正常的维护与保养。

13.2 运输

13.2.1 罐车应在空载情况下交付用户。

13.2.2 罐车当采用铁路运输、水路运输,可自驶或拖曳方式上下车或船。当用吊装方式装卸时,应使用专用吊具,且应卸掉燃料和冷却水,运输中车轮应固定。

13.2.3 罐车可以自驶方式由公路运输交付用户。

附录 A
(规范性附录)
标准的符合性声明及修订

A.1 本标准的制定遵循了国家颁布的压力容器安全法规所规定的基本安全技术要求,其设计准则、材料要求、制造检验技术要求和验收标准等符合《移动式压力容器安全技术监察规程》的相应规定。本标准为协调标准,即按本标准建造的冷冻液化气体汽车罐车可以满足《移动式压力容器安全技术监察规程》的基本安全要求。

A.2 标准的修订采用提案审查制度。任何单位和个人有权对本标准的修订提出建议,修订建议采用“表 A.1 标准提案/问询表”的方式提交全国锅炉压力容器标准化技术委员会(以下简称“委员会”)。委员会对收到的标准修订提案进行审查,根据审查结果,将采纳的技术内容纳入下一版标准。

表 A.1 标准提案/问询表

总第 号

<input type="checkbox"/> 标准提案 <input type="checkbox"/> 标准问询		标准名称	
单位		姓名	
联系地址		邮政编码	
电话/传真		电子信箱	
标准条款			
提案/问询内容(可另附页)			
技术依据与相关资料(可另附页)			
附加说明:			
		提交日期:	
单位盖章或提案(问询)人签字:		年 月 日	

全国锅炉压力容器标准化技术委员会

地址:北京市朝阳区和平街西苑2号D座三层 邮政编码:100013

电子邮箱:NB-T47058@cscbpv.org

附 录 B
(规范性附录)
风险评估报告

B.1 总则

B.1.1 本附录规定了风险评估报告的基本要求。

B.1.2 设计单位应根据相关法规或设计委托方要求,针对罐车建造阶段和使用阶段预期的风险编制风险评估报告。风险评估报告是编制其他设计文件的重要依据。

B.1.3 设计单位应按罐车型号,且充分考虑在各种工况条件下可能产生的失效模式,在材料选择、结构设计、制造检验、运输使用、充装卸载等方面提出安全防护措施,防止可能发生的失效。

B.2 制定原则和程序

B.2.1 设计阶段风险评估主要针对设计者需考虑的对设计阶段、制造阶段和使用阶段预期的失效模式进行的危害识别和风险控制,说明应采取的技术措施和依据。

B.2.2 设计阶段风险评估按以下程序进行:

- a) 根据用户设计条件和其他设计输入信息(如设计任务书等),确定罐车的运输方式及各种使用工况;
- b) 根据罐车的充装介质、环境因素、运输方式及条件、装卸方式及条件等进行危害识别,确定可能发生的危害及其后果;
- c) 形成完整的风险评估报告。

B.3 风险评估报告内容

风险评估报告至少应包括如下内容:

- a) 罐车的基本设计参数:运输方式、工作条件(如工作压力、工作温度、腐蚀环境等)、装卸条件(如装卸方式、装卸压力等)、充装介质(如编号、名称、危害特性等)、基本结构(如单层罐、堆积绝热罐)、材料等;
- b) 所有可能工况条件的描述;
- c) 设计阶段时,应考虑所有工况条件下可能发生的失效模式,如爆炸、泄漏、破损、变形,以及追尾、倾覆等交通事故;
- d) 对标准、安全技术规范或规范性文件已经有规定的失效模式,说明采用的条款;
- e) 对标准、安全技术规范或规范性文件没有规定的失效模式,说明设计中载荷、安全系数和相应设计计算方法的选取依据;
- f) 规定针对介质少量泄漏、大量涌出、爆炸状况以及交通事故情况下如何处置的措施;
- g) 根据可能发生事故情况,规定合适的随车人员、操作人员及其他相关人员的防护装备和措施;
- h) 风险评估报告应具有与罐车设计图样总图一致的签署。

附 录 C
(规范性附录)

罐体安全泄放量及超压泄放装置排放能力的计算

C.1 总则

C.1.1 本附录规定了罐体充装冷冻液化气体介质在通风条件良好、敞开空间中的非火灾工况和火灾工况（与外部油池火灾类似）罐体安全泄放量的计算方法。

C.1.2 本附录公式仅适用于临界温度远高于额定排放压力下饱和气体温度的冷冻液化气体。临界温度接近或低于额定排放压力下饱和气体温度的冷冻液化气体，罐体安全泄放量的计算还应考虑气体的热力学特性。

C.2 从热壁（外壳）传入冷壁（内容器）的总热流量的计算

C.2.1 非火灾情况

C.2.1.1 绝热系统（夹层和绝热材料）完好且处于正常的真空状态下，外部为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存的介质的饱和温度，需考虑的从外壳传入内容器的热流量的计算方法如下：

a) 在正常的真空状态下，通过绝热材料传入的热流量按式（C.1）计算：

$$H_{i,v} = U_{i,v} \times A_{i,m} \times (T_a - T_d) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$H_{i,v}$ ——在正常的真空状态下，通过绝热材料传入的热流量，W；

$U_{i,v}$ ——在正常真空状态下，夹层绝热材料总的传热系数，W/(m²·K)；

$$U_{i,v} = \frac{\lambda_{i,v}}{t_i}$$

式中：

$\lambda_{i,v}$ ——在正常真空状态下，绝热材料在温度范围 T_a 与 T_d 之间的平均热导率，W/(m·K)；

t_i ——绝热材料的名义厚度，m。

$A_{i,m}$ ——绝热层内外表面积的算术平均值，m²；

T_a ——非火灾情况下绝热容器外部最高环境温度，K；

T_d ——对应于某一深冷介质的容器或传热构件冷端表面温度，K。

对于亚临界流体， T_d 是介质在泄放压力下的饱和温度，K；

对于临界或超临界流体， T_d 的确定见注说明。

注：关于临界或超临界状态下介质的温度、比容积、焓及 q' 值的确定和计算可参考标准 ISO 21013-3《Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service — Part 3: Sizing and capacity determination》，临界或超临界流体物性参数可参考 National Institute of Science and Technology Tables of Fluid Properties（美国科学与技术学会出版的流体特性表）。

b) 通过内容器的吊带或其他支撑构件传入的热流量按式（C.2）计算：

$$H_{s,t} = N_{s,t} \frac{\lambda_{s,t} \times A_{s,t} (T_a - T_d)}{L_{s,t}} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- $H_{s,t}$ ——通过内容器的吊带或其他支撑构件传入的热流量，W；
- $N_{s,t}$ ——内容器吊带或其他支撑构件的数量；
- $\lambda_{s,t}$ ——内容器吊带或其他支撑构件材料在温度 T_a 与 T_d 之间平均热导率，W/(m·K)；
- $A_{s,t}$ ——内容器金属吊带或其他支撑构件的截面积，m²；
- $L_{s,t}$ ——内容器吊带或其他支撑构件材料的长度，m。

c) 通过为约束内容器发生轴向位移而设置的限位构件传入的热流量按式 (C.3) 计算：

$$H_{b,l} = N_{b,l} \frac{T_a - T_d}{R_{t,l}} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- $H_{b,l}$ ——通过为约束内容器发生轴向位移而设置的限位构件传入的热流量，W；
- $N_{b,l}$ ——内容器轴向限位构件数量；
- $R_{t,l}$ ——轴向限位构件的总热阻，K/W。

$$R_{t,l} = \frac{L_{b,l}}{\lambda_b \cdot A_{b,l}} + \frac{L_{t,l}}{\lambda_{tu} \cdot A_{t,l}}$$

式中：

- $L_{b,l}$ ——内容器轴向非金属限位构件的长度，m；
- $L_{t,l}$ ——内容器轴向金属限位构件的长度，m；
- λ_b ——用于制作内容器轴向非金属限位构件的热导率，W/(m·K)；
- λ_{tu} ——用于制作内容器轴向金属限位构件的热导率，W/(m·K)；
- $A_{b,l}$ ——内容器轴向非金属限位构件的截面积，m²；
- $A_{t,l}$ ——内容器轴向金属限位构件的截面积，m²。

d) 通过为约束内容器发生径向位移而设置的径向限位构件传入的热流量按式 (C.4) 计算：

$$H_{b,t} = N_{b,t} \frac{T_a - T_d}{R_{t,t}} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- $H_{b,t}$ ——通过为约束内容器发生径向位移而设置的径向限位构件传入的热流量，W；
- $N_{b,t}$ ——内容器径向限位构件数量；
- $R_{t,t}$ ——径向限位构件的总热阻，K/W。

$$R_{t,t} = \frac{L_{b,t}}{\lambda_b \cdot A_{b,t}} + \frac{L_{t,t}}{\lambda_{tu} \cdot A_{t,t}}$$

式中：

- $L_{b,t}$ ——内容器径向非金属限位构件的长度，m；
- $L_{t,t}$ ——内容器径向金属限位构件的长度，m；
- $A_{b,t}$ ——内容器径向非金属限位构件的截面积，m²；
- $A_{t,t}$ ——内容器径向金属限位构件的截面积，m²。

e) 通过真空夹层的管道传入的热流量按式 (C.5) 计算：

$$H_{\text{tube}} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\lambda_i \cdot A_{\text{tube}xi} (T_a - T_d)}{L_i} + \frac{\lambda_{\text{gas}} \cdot A_{\text{tube}xi} (T_a - T_d)}{L_i} \right] \dots\dots\dots (C.5)$$

式中：

H_{tube} ——通过真空夹层的管道传入的热流量，W；
 λ_i ——通过真空夹层的管道的材料在温度 T_a 与 T_d 之间平均热导率，W/(m·K)；

$$\lambda_i = \frac{\lambda_a - \lambda_c}{T_a - T_d}$$

式中：

λ_c ——真空夹层的管道材料在冷端（深冷介质在泄放压力下的饱和温度）的热导率，W/(m·K)；

λ_a ——真空夹层的管道材料在热端的热导率，W/(m·K)。

$A_{\text{tube}xi}$ ——穿过真空夹层的内容器第 i 管的横截面积， $i=1, 2, \dots, n$ ， m^2 ；

L_i ——第 i 管在真空夹层内的长度，m；

λ_{gas} ——所储存介质的气体热导率，W/(m·K)。

C.2.1.2 在非火灾和绝热层完好且处于正常的真空状态下，由外壳传入内容器的总热流量按式 (C.6) 计算：

$$H_1 = H_{i.v} + H_{s.t} + H_{\text{tube}} + H_{b.l} + H_{b.t} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

H_1 ——在非火灾和绝热层完好且处于正常的真空状态下，由外壳传入内容器的总热流量，W。

C.2.1.3 绝热系统完好且处于正常的真空状态下，外部为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存的介质的饱和温度，且增压系统处于全开工作状态下，外壳经由绝热系统、构件和增压器输入内容器的总热流量按式 (C.7) 计算：

$$H_2 = H_1 + H_{\text{P.B.C}} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中：

H_2 ——外壳经由绝热系统、构件和自增压器输入内容器的总热流量，W；

$H_{\text{P.B.C}}$ ——自增压器产生的热流量，W。

$$H_{\text{P.B.C}} = U_{\text{P.B.C}} \times A_{\text{P.B.C}} \times (T_a - T_d)$$

式中：

$U_{\text{P.B.C}}$ ——自增压器总的对流传热系数，W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)；

$A_{\text{P.B.C}}$ ——自增压器总的外部传热面积， m^2 ；

T_a ——非火灾情况下绝热容器外部最高环境温度，K；

T_d ——对应于某一深冷介质的容器或传热构件冷端表面温度，K。

对于亚临界流体， T_d 是介质在泄放压力下的饱和温度，K；

对于临界或超临界流体， T_d 的确定见 C.2.1.1 a) 中注的说明。

C.2.1.4 绝热系统完好，但夹层已丧失真空状态下，外部温度为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存介质的饱和温度，从外壳传入内容器的总热流量按式 (C.8) 计算：

$$H_3 = H_{i.l} + H_{s.t} + H_{\text{tube}} + H_{b.l} + H_{b.t} \dots\dots\dots (C.8)$$

式中：

H_3 ——绝热系统完好，但夹层已丧失真空，外部温度为环境温度，内容器的温度为泄放压力下所储存介质的饱和温度，从外壳传入内容器的总热流量，W；

$H_{i,l}$ ——夹层丧失真空的状态下，通过绝热材料输入的漏热量，W；

$$H_{i,l} = U_{i,l} \times A_{i,m} \times (T_a - T_d)$$

$U_{i,l}$ ——在大气压力下和环境温度下，绝热材料总的传热系数，W/(m²·K)。

$$U_{i,l} = \frac{\lambda_{i,l}}{t_i}$$

式中：

$\lambda_{i,l}$ ——夹层已丧失真空，在大气压力下绝热材料充满或吸附空气或介质气体，在温度 T_a 与 T_d 之间的平均热导率，W/(m·K)；

t_i ——绝热材料的名义厚度，m。

C.2.2 火灾情况

C.2.2.1 真空绝热罐体的绝热系统完好或部分完好，但夹层真空已丧失，且罐体处于火灾或 650℃ (922K) 及以上高温工况下，由外壳传入内容器的总热流量按式 (C.9) 计算：

$$H_4 = 2.6 \times (922 - T_d) U_{i,f} \times A_r^{0.82} \quad \dots\dots\dots (C.9)$$

式中：

H_4 ——真空绝热罐体的绝热系统完整，但夹层真空已丧失，且罐体处于火灾或 650℃ (922K) 及以上高温工况下，由外壳传入内容器的总热流量，W；

$U_{i,f}$ ——在火灾条件下[外部温度为 650℃ (922K) 和大气压下]绝热材料总的传热系数，W/(m²·K)；

$$U_{i,f} = \frac{\lambda_{i,f}}{t_i}$$

式中：

$\lambda_{i,f}$ ——真空绝热罐体处于火灾或 650℃ (922K) 及以上高温工况，夹层真空已丧失，在大气压力下，绝热材料充满介质气体或空气，但仍能有效地阻止热传导、热对流和热辐射；绝热材料在 T_d 与 650℃ (922K) 之间的平均热导率，取两者 (气体或空气) 之中的较大值，W/(m·K)；

t_i ——绝热材料的名义厚度，m。

A_r ——内容器与外壳面积的平均值，m²。

半球形封头的内容器： $A_r = \pi D_o L$ ；

椭圆形封头的内容器： $A_r = \pi D_o (L + 0.3 D_o)$ 。

式中：

L ——外壳总长减去罐体中轴线处两端夹层厚度的平均值，m；

D_o ——内容器与外壳直径的平均值，m。

C.2.2.2 真空绝热罐体处于火灾或 650℃ (922K) 及以上高温，且绝热系统已完全损坏的情况下，由外壳传入内容器的总热流量按式 (C.10) 计算：

$$H_5 = 7.1 \times 10^4 \times A_r^{0.82} \quad \dots\dots\dots (C.10)$$

式中：

H_5 ——真空绝热罐体处于火灾或 650℃ (922K) 及以上高温，且绝热系统已完全损坏的情况下，

由外壳传入内容器的总热流量, W;
 A_r ——内容器外表面积, m^2 。
 半球形封头的内容器: $A_r = \pi D_o L$;
 椭圆形封头的内容器: $A_r = \pi D_o (L + 0.3 D_o)$ 。
 式中:
 L ——内容器总长, m;
 D_o ——内容器外直径, m。

C.3 内容器的安全泄放量(质量流量)的计算

C.3.1 当内容器的超压泄放装置的泄放压力 p_d 小于介质临界压力的 40% 时, 上述各种状态下的真空绝热压力容器的安全泄放量(质量流量)按式(C.11)计算:

$$W_{s,i} = \frac{3.6 H_i}{q} \dots\dots\dots (C.11)$$

式中:
 $W_{s,i}$ ——当内容器的超压泄放装置的泄放压力 p_d 小于介质临界压力的 40% 时, 真空绝热罐体的安全泄放量, kg/h;
 H_i ——由外壳传入内容器的总热流量, 对应于 $i=1, 2, 3, 4, 5$ 分别由式(C.6)~式(C.10)计算, W;
 q ——在泄放压力下液体介质的汽化潜热, kJ/kg。

C.3.2 当安全泄放装置的气体泄放压力 p_d 小于介质的临界压力, 但大于或等于临界压力的 40%, 即 $0.4 p_{crit} \leq p_d < p_{crit}$ 时, 需对式(C.11)中的罐体安全泄放质量流量计算式进行修正, 即应按式(C.12)计算:

$$W'_{s,i} = 3.6 \times \left(\frac{v_g - v_c}{v_g} \right) \times \frac{H_i}{q} \dots\dots\dots (C.12)$$

式中:
 $W'_{s,i}$ ——当安全泄放装置的气体泄放压力 p_d 小于介质的临界压力, 但大于或等于临界压力的 40%, 即 $0.4 p_{crit} \leq p_d < p_{crit}$ 时, 罐体的安全泄放量, kg/h;
 v_g ——泄放压力下, 饱和气体介质的比容积, m^3/kg ;
 v_c ——泄放压力下, 饱和液体介质的比容积, m^3/kg ;
 H_i ——由外壳传入内容器的总热流量, 对应于 $i=1, 2, 3, 4, 5$ 分别由式(C.6)~式(C.10)计算, W;
 q ——在泄放压力下液体介质的汽化潜热, kJ/kg。

C.3.3 当超压泄放装置的气体泄放压力高于介质的临界压力时, 亦需对式(C.11)中的内容器安全泄放质量流量计算公式进行修正, 即应按式(C.13)计算:

$$W''_{s,i} = \frac{3.6 H_i}{q'} \dots\dots\dots (C.13)$$

式中:
 $W''_{s,i}$ ——当超压泄放装置的气体泄放压力高于介质的临界压力时, 罐体的安全泄放量, kg/h;
 H_i ——由外壳传入内容器的总热流量, 对应于 $i=1, 2, 3, 4, 5$ 分别由式(C.6)~式(C.10)

计算, W ;

q' ——泄放压力 p_d 和温度 T_d (K) 下, 当 $\frac{\sqrt{v}}{v \left[\frac{\partial h}{\partial v} \right]_p}$ 取得最大值时的值 $v \left[\frac{\partial h}{\partial v} \right]_p$, kJ/kg。

式中:

v ——临界或超临界介质在泄放压力 p_d 和操作温度范围内任一温度下的比容积, m^3/kg ;

h ——临界或超临界液体在泄放压力 p_d 下和操作温度范围内任一温度下的焓值, kJ/K。

C.4 将泄放气体的质量流量 $W_{s,i}$ 换算成标态空气流量按式 (C.14) 计算。

$$Q_i = \frac{92.34 W_{s,i}}{C} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \dots\dots\dots (C.14)$$

式中:

Q_i ——按泄放气体的质量流量 $W_{s,i}$ 换算成的标态空气流量, $N \cdot m^3/h$;

$W_{s,i}$ ——当容器的安全泄装置泄放压力 p_d 小于 40% 的介质临界压力时, 上述各种状态下的真空绝热压力容器的安全泄放量, kg/h;

C ——气体特性系数, 查表 C.1 或按下式计算:

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

式中:

k ——气体绝热指数, $k = C_p / C_v$ 。

C_p ——标准状态下气体定压比热;

C_v ——标准状态下气体定容比热。

Z ——在泄放压力 p_d 下饱和气体的压缩系数;

T ——泄放装置进口侧的气体温度, K;

M ——气体的摩尔质量, kg/kmol。

C.5 气体排放管长度对超压泄放装置入口的气体压力和温度的影响

当从内容器到泄放装置入口的气体排放管的长度超过 600mm 时, 必须考虑气体流过这段管子的压力降和热量损失, 采取措施补偿由此减少的泄放系统的有效泄放能力, 或对泄放装置入口的气体压力和温度进行修正, 相关修正方法可参照 CGA S-1.2。

C.6 安全阀排放能力计算

当 $\frac{p_o}{p_d} \leq \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$ 时, 属于临界流动状态, 安全阀排放能力按式 (C.15) 计算:

$$W_s = 7.6 \times 10^{-2} CK p_d A \sqrt{\frac{M}{ZT}} \dots\dots\dots (C.15)$$

当 $\frac{p_o}{p_d} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ 时, 属于亚临界流动状态, 安全阀排放能力按式 (C.16) 计算:

$$W_s = 55.85 \times AK p_d \sqrt{\frac{M}{ZT}} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_o}{p_d}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_o}{p_d}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \dots\dots\dots (C.16)$$

式中:

k —— 气体绝热指数, $k = C_p / C_v$;

C_p —— 标准状态下气体定压比热;

C_v —— 标准状态下气体定容比热。

p_o —— 安全阀出口压力, MPa;

W_s —— 安全阀的排放能力, kg/h;

C —— 气体特性系数, 查表 C.1 或按下式计算:

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

K —— 安全阀的额定泄放系数, 与安全阀结构有关, 应根据实验数据确定。无参考数据时, 可

按下列规定选取: 全启式安全阀 $K = 0.60 \sim 0.70$;

p_d —— 安全阀的排放压力, $p_d = 1.2p + 0.1$, MPa;

p —— 内容器的设计压力, MPa。

A —— 安全阀最小排气截面积, mm^2 ;

全启式安全阀, 即 $h \geq \frac{1}{4}d_t$ 时, $A = \pi \frac{d_t^2}{4}$ 。

式中:

h —— 阀瓣的开启高度, mm;

d_t —— 安全阀的最小流道直径 (阀座喉部直径), mm。

C.7 爆破片装置排放能力计算

当 $\frac{p_o}{p_b} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ 时, 属于临界流动状态, 爆破片装置排放能力按式 (C.17) 计算:

$$W_s = 7.6 \times 10^{-2} CK' p_b A \sqrt{\frac{M}{ZT}} \dots\dots\dots (C.17)$$

当 $\frac{p_o}{p_b} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ 时, 属于亚临界流动状态, 爆破片装置排放能力按式 (C.18) 计算:

$$W_s = 55.85 \times AK' p_b \sqrt{\frac{M}{ZT}} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_o}{p_b} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_o}{p_b} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \dots\dots\dots (C.18)$$

式中：

- k —— 气体绝热指数， $k = C_p / C_v$ ；
- p_o —— 爆破片装置出口侧压力，MPa；
- W_s —— 爆破片装置的排放能力，kg/h；
- C —— 气体特性系数，查表 C.1 或按下式计算：

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

式中：

- k —— 气体绝热指数， $k = C_p / C_v$ 。
- C_p —— 标准状态下气体定压比热；
- C_v —— 标准状态下气体定容比热。
- A —— 爆破片装置的排放面积，mm²；
- p_b —— 爆破片装置的排放压力， $p_b = 1.2 p + 0.1$ ，MPa；
- p —— 内容器的设计压力，MPa。
- K' —— 爆破片装置的额定泄放系数，与爆破片装置入口管道形状有关，见图 C.1。

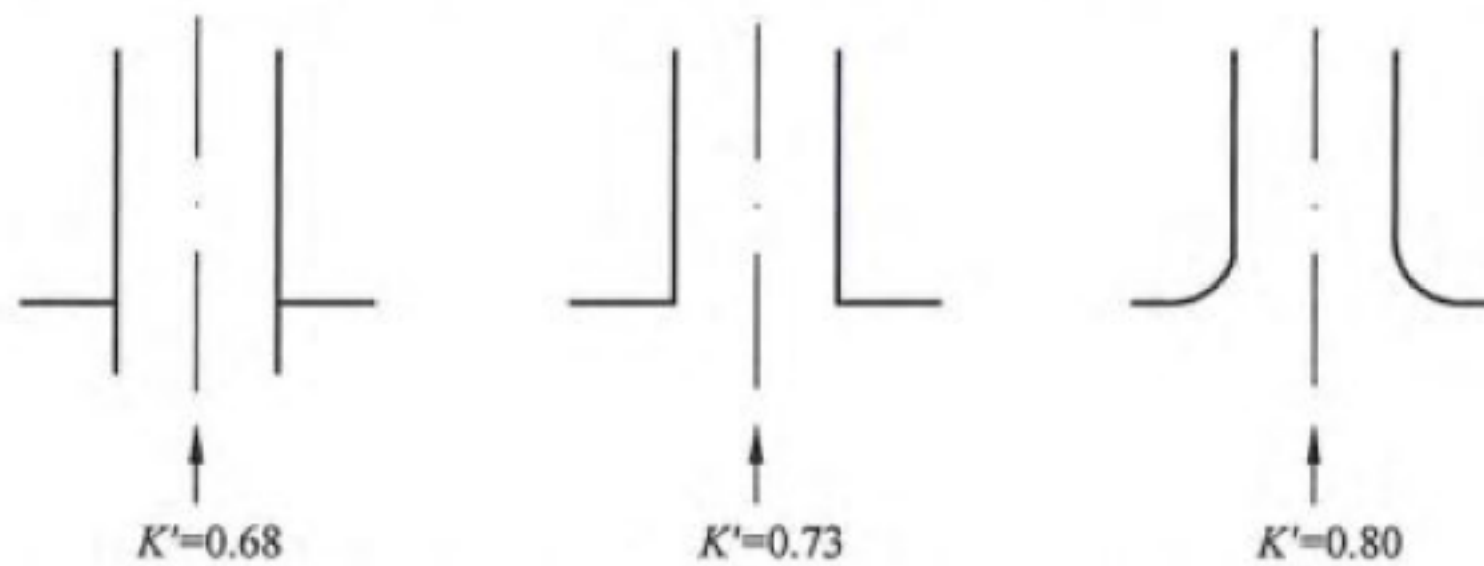


图 C.1 爆破片装置入口管道形状和额定泄放系数的关系

表 C.1 气体特性系数

k	C	k	C	k	C	k	C
1.00	315	1.20	337	1.40	356	1.60	372
1.02	318	1.22	339	1.42	358	1.62	374
1.04	320	1.24	341	1.44	359	1.64	376
1.06	322	1.26	343	1.46	361	1.66	377
1.08	324	1.28	345	1.48	363	1.68	379
1.10	327	1.30	347	1.50	364	1.70	380
1.12	329	1.32	349	1.52	366	2.00	400
1.14	331	1.34	351	1.54	368	2.20	412
1.16	333	1.36	352	1.56	369	—	—
1.18	335	1.38	354	1.58	371	—	—

参 考 文 献

- [1] ISO 21013-3:2006 Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service —Part 3: Sizing and capacity determination
- [2] National Institute of Science and Technology Tables of Fluid Properties
- [3] CGA S-1.2—2005 Pressure relief device standards Part2—cargo and portable tanks for compressed gases



NB/T 47058—2017《冷冻液化气体汽车罐车》 编制说明

JB/T 4783—2007《低温液体汽车罐车》自2007年发布以来，对于低温液体汽车罐车的材料、设计、制造、试验方法、检验规则、标志、标识及贮存、运输等提出了相应的技术要求，对规范国内低温液体汽车罐车起到了很好的作用，提高了我国相关产品的设计、建造水平和国际市场竞争力，保障了低温液体汽车罐车的安全，保护了人民生命和财产安全，促进了国民经济的发展。但随着 TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》、GB/T 150—2011《压力容器》、GB 7258—2012《机动车运行安全技术条件》、GB/T 18442—2011《固定式真空绝热深冷压力容器》、GB/T 18443—2010《真空绝热深冷设备性能试验方法》等规程和标准的颁布及发布，近年我国的科技进步和新材料、新工艺、新技术的运用，以及国际上有关低温液体汽车罐车标准的变化，有必要组织专家对《低温液体汽车罐车》标准进行修订，使其符合最新的相关规程、标准和技术，与国际上相关的先进标准接轨。

根据国务院以及主管部门有关加强危险品储运规范制定工作的指示，全国锅炉压力容器标准化技术委员会移动式压力容器分技术委员会（以下简称“移动分会”）全面启动 TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》相关引用移动容器标准的制修订工作，确保铁路罐车、汽车罐车和罐式集装箱运输的公共安全。在本标准修订中，参照了 ASME 锅炉及压力容器规范第 XII 卷（2015 年版）《运输罐的建造和连续使用规则》、ADR《危险货物国际公路运输欧洲公约》（2015 年版）、ISO 20421—2006《低温容器—大型移动式真空绝热容器》、EN 13530.1~13530.3《低温容器大型移动式真空绝热容器》等标准规范。

一、修订的主要依据

GB/T 150（所有部分）	压力容器
GB/T 18442	固定式真空绝热深冷压力容器
GB/T 18443	真空绝热深冷设备性能试验方法
GB 7258	机动车运行安全技术条件
TSG R0005	移动式压力容器安全技术监察规程（含第 1 号、第 2 号修改单）
《运输罐建造和延续使用规则》	（ASME 锅炉及压力容器规范第 XII 卷，2015 年版）
《危险货物国际公路运输欧洲公约》	（ADR，2015 年版）

二、修订过程

近年来，随着工业气体行业和 LNG 能源领域的快速发展，罐车的相关设计与制造等标准更新变化较大。为贯彻执行 TSG R0005 的有关要求，确保罐车的安全使用，保障人民生命和财产的安全，确保国民经济的快速平稳发展，移动分会成立了由设计、制造、检验与试验、使用等相关单位的工程技术人员和专家组成的标准工作组，并于 2013 年 7 月正式开始了 NB/T 47058—2017《冷冻液化

气体汽车罐车》的修订工作。

2013年10月26日，标准工作组首次工作会议在北京召开，会议讨论确定了工作分工和计划；2014年9月，标准草稿经主要编制成员几次工作会议讨论和修改后形成了全国征求意见稿，并于2014年11月至12月期间进行了全国征求意见，共收到反馈意见165条；2015年，标准工作组根据反馈意见，开展了标准相关内容的讨论修改和补充完善工作；2016年4月至5月，移动分会秘书处将标准送审稿发送给移动分会委员进行审查；2016年12月，移动分会秘书处和标准主要起草单位完成了标准送审稿的修改完善，形成了标准报批稿；2017年3月，移动分会秘书处将标准报批稿和相关文件，一并报送全国锅炉压力容器标准化技术委员会。

三、标准结构

本标准共分13章和3个附录。

本标准章节安排分为范围，规范性引用文件，术语和定义，资质与职责，材料，设计，安全附件、仪表和装卸附件，制造，试验方法，检验规则，标志、标识，出厂文件，储存、运输等。

3个规范性附录：附录A“标准的符合性声明及修订”、附录B“风险评估报告”、附录C“罐体安全泄放量及超压泄放装置排放能力的计算”。

四、有关问题修订说明

与JB/T 4783—2007《低温液体汽车罐车》相比，主要技术变化有：因TSG R0005中将适用介质划分为气体、压缩气体、高（低）压液化气体及冷冻液化气体，没有对低温液体进行定义，因此，将标准名称由《低温液体汽车罐车》改为《冷冻液化气体汽车罐车》；但专用汽车的名称依据GB/T 17350定义，归口单位是全国汽车标准化技术委员会，标准外的名称需要报批，经许可备案后才能使用并进入公告。目前GB/T 17350定义了低温液体运输车，也只有这个名称能上公告，对于冷冻液化气体并无相应的定义，考虑到今后制造单位在罐车上公告及一致性的实际需求，说明标准名称由《低温液体汽车罐车》改为《冷冻液化气体汽车罐车》。

1 范围

1.1 规定了本标准所适用的冷冻液化气体汽车罐车（以下简称罐车）罐体内容器的设计压力、几何容积、绝热形式等要求，明确不适用的范围，对罐车、罐体、管路和主要受压元件的范围进行界定。

1.2 永久性连接是指在制造单位出厂时罐体与定型汽车底盘或半挂车行走装置之间就已固定，且在运输过程中、充装或卸液时两者均不允许脱离。连接的形式包括带锁紧功能的螺栓连接、焊接等，只有通过破坏方式或者检修拆卸方式才能分开。

1.3 罐车的支座是指罐体与定型底盘或行走机构之间连接的支座。

2 规范性引用文件

近年来，我国法规和标准的变化较大，对原引用标准更新为最新版本的标准号，并增加了一部分新的引用文件。

3 术语定义与符号

3.1 依据TSG R0005、GB/T 3730.2、GB/T 3730.3、GB/T 18443和GB/T 26929等引用标准，对术

语进行修订。

3.2 取消了 JB/T 4783—2007（以下简称原标准）中绝热层、工作压力、设计压力、计算压力、设计温度、罐体、内容器、外壳、静态蒸发率、封口真空度、真空夹层漏气速率、真空夹层放气速率、真空夹层漏放气速率、整车整备质量、最大设计总质量、最大设计装载质量、主要受压元件、安全附件等术语及定义。

3.3 修订了低温液体罐车、低温液体、高真空多层绝热、真空粉末绝热、几何容积、有效容积、等效压力、充满率、额定充满率等术语及定义；增加了冷冻液化气体、冷冻液化气体汽车罐车、单车、半挂车、基准钢、封结真空度等术语及定义。

3.4 增加了“基准钢”术语和定义。

4 资质与职责

4.1 将原标准中 4.2“职责”改为第 4 章“资质与职责”，依据 TSG R0005 规定了用户或设计委托方、设计单位和制造单位的资质与职责。

4.2 根据 TSG R0005 的要求，增加用户或设计委托方需向设计单位提出设计条件以及设计条件的基本内容等相关规定。

4.3 罐车的使用年限主要考虑容器部分，一般应不低于底盘或行走机构的使用年限，底盘或行走机构的使用年限根据国务院汽车行业主管部门的相关规定确定。

4.4 规定罐车制造单位保存的技术文件要求，并按 TSG R0005 规定将技术文件的保存期限从 7 年改为设计使用年限内保存。

5 材料

5.1 将原标准 4.3“外购件及材料”改为第 5 章“材料”，根据 TSG R0005、GB/T 150 及相应材料标准等进行修订。

5.2 对于罐体材料按照一般要求、钢板、钢锻件、钢管和管件、绝热材料、吸附剂、焊接材料、夹层支撑材料及其他材料等分开提出要求，其中一般要求、钢板、钢锻件等材料均按内容器用材料、外壳用材料分别进行了规定，修改了罐体受压元件及外壳用材料的熔炼方法、化学成分、力学性能等内容，并对内容器和外壳常用钢板的力学性能指标进行列表。

5.3 5.2.3.3 的 b) 中规定罐体内容器受压元件用钢的材料质量证明书中室温屈服强度（或 0.2% 规定塑性延伸强度）与室温抗拉强度之比应不大于 0.85，是为了保证材料有足够的塑性储备，提高材料的可靠性。

5.4 绝热材料和内支撑材料按 TSG R0005 和 GB/T 18442.2 进行修改。

5.5 罐车底盘增加了定型底盘应选用国务院汽车主管部门认可的定型产品，进口底盘应符合国家有关规定及提出应具备相关资料文件的要求。

5.6 根据 HG/T 20614—2009《钢制管法兰、垫片、紧固件选配规定（PN 系列）》附录 A 的规定普通聚四氟乙烯适用于公称压力 0.25MPa~1.6MPa，使用温度 -50℃~+100℃ 的工况，其硬度较低、冷流性大、刚性尺寸稳定性差，不适用于冷冻液化气体介质，因此规定当罐车采用四氟乙烯垫片时应采用膨胀或填充改性型聚四氟乙烯材料。

6 设计

6.1 将原标准 4.4“整体设计”改为第 6 章“设计”，内容分为一般要求、设计文件、罐体与定型底盘的连接、罐体与半挂车行走机构的连接、罐体设计、结构件的连接、罐体与定型底盘或行走机构连接、管路、抽真空与真空度检测装置、自增压汽化器等。在一般要求中规定整车的设计符合 GB 1589、GB 7258、GB 12676、GB/T 23336 等相关的车辆标准，并应符合国务院汽车主管部门关于车辆的各项规定，本标准仅对涉及罐车整车布置的要求进行规定，其余不详细展开。

6.2 设计文件中依据 TSG R0005 对设计文件、设计图样的内容进行了规定。

6.3 风险评估报告是设计的基础，是编制其他设计文件的重要依据，因此，将风险评估报告放到了设计文件的最前面。

6.4 惯性力载荷按 TSG R0005 进行修改，温差载荷参照 GB/T 18442.3 进行修改。

6.5 罐体设计中参照 EN 13530-2、ISO 20421-1 和 JB 4732 的要求提出了疲劳分析的免除条件，由于目前缺乏移动式压力容器的路谱，无法进行运输工况下的低应力的多频冲击疲劳分析计算，仅提出了对夹层支撑、外壳牵引销座、条形梁或支座、防波板与加强圈或内容器连接处等应力集中处应特别注意。

6.6 关于外壳的最低设计金属温度，按 TSG R0005—2011 中 3.10.2(2) 规定无区域限制的罐体为 -40°C 。

6.7 对内容器外压的取值考虑正常装卸和使用过程中可能出现的最大内外压力差，虽然在 TSG R0005 中要求按 0.1MPa 进行外压校核，但是在罐车整个生命周期内，不存在 -0.1MPa 外压的长期工况，在制造过程中可能出现的瞬间外压工况，完全可以通过制造工艺的调整予以避免，为了节省资源，内容器外压取值由设计者按照制造、运输、装卸、检验试验工况可能出现的最大内外压力差予以确定，并给出了 0.04MPa 的最小值要求。

6.8 外壳的设计压力取值中，采用真空粉末绝热的罐车在填充珠光砂时需要对夹层进行加压，因此需考虑内压，具体取值由设计者根据制造工艺要求确定；采用多层绝热的罐车在制造过程中外壳未出现内压工况的，仅需考虑外壳防爆装置设定的排放压力。

6.9 对等效压力的计算进行统一规定，取各个方向上的惯性力除以所对应方向的内容器有效横截面积所得值的最大值。

6.10 许用应力按 TSG R0005 进行修改，奥氏体不锈钢可按 GB/T 150.2 的规定选用 $R_{p1.0}$ 的值来确定许用应力。

6.11 对于低合金钢制外壳的腐蚀裕量参照 GB/T 18442.3 进行修订，外表面采用可靠的涂覆防腐措施，在使用过程中不发生腐蚀时，则不必考虑腐蚀裕量。

6.12 增加了罐体厚度要求，并参照 ADR 的要求，给出了罐体加工成形后的以基准钢为标准的最小厚度要求，且给出了基准钢和非基准钢转换的计算公式。

6.13 为了确保罐车夹层能够在冷态下达到 10^{-3}Pa 的真空度，将高真空多层绝热的封结真空度指标适当调高。

6.14 根据 TSG R0005 和 GB/T 18442.3 的规定，对罐体的耐压试验和气密性试验做出了规定。

6.15 对防波板进行了规定，对防波板的截面积及防波板之间的容积参照 ADR 的规定，当内容器几何容积不大于 7.5m^3 时，可以不设置防波板。

6.16 绝热层材料的漏热量等于绝热结构比热流 q (W/m^2) 乘以绝热层的表面积 (内、外表面积的对数平均值)，或等于绝热结构表观导热系数 λ ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) 乘以绝热层的表面积 (内、外表面积的

对数平均值)及外部环境与内容器间的温差。

6.17 为避免垫板比所在的圆筒或封头的壁厚过厚从而导致垫板边缘应力过大的问题,明确支座、销座等主要受力结构件的垫板不大于圆筒或封头厚度的1.5倍,垫板厚度的最小值取4mm,是考虑到与目前已有罐体最小的壁厚相匹配。

6.18 增加管路设计压力取值的规定,在具体设计中除了考虑不低于内容器设计压力外,还需考虑在两端关闭的管线中冷冻液体气化产生的压力。

6.19 管路系统中,因管路和附件最低固有频率没有相应的公式计算,也没有相应的检测方式,因此取消了该项要求。

7 安全附件、仪表和装卸附件

7.1 将原标准4.5“安全附件和承压附件”改为第7章“安全附件、仪表和装卸附件”,分为一般要求、内容器超压泄放装置、外壳防爆装置、紧急切断装置、导静电装置、仪表和装卸附件等几部分。

7.2 根据TSG R0005的规定,在一般要求中列出安全附件、仪表和装卸附件的范围,其中因安装阻火器后,排放气体压力降很大,且冷冻液化气体在排放时容易导致阻火器产生冰堵,影响正常的排放。同时,一般罐车在排放过程中,罐内压力远高于大气压,空气无法进入罐体内部,易燃介质浓度高于爆炸极限,国外多数LNG等易燃、易爆介质汽车罐车均未设置阻火器,只有当充装易燃、易爆介质的罐车在排空时罐内存在负压工况下才应设置阻火器。因此对于是否设置阻火器由设计者确定,本标准不做强制规定。

7.3 参照GB/T 18442.6的规定,增加了内容器超压泄放装置的设置要求、安全泄放量计算。因罐车无法像固定式储罐一样设置喷淋装置,因此,不能仅按非火灾条件考虑安全泄放装置的设置,必须同时满足非火灾条件和火灾条件的要求。另外,考虑到安全阀可能出现冰堵的风险,规定内容器应至少设置两组相互独立的泄放装置,每一组超压泄放装置应设置一个全启式弹簧安全阀作为主泄放装置,且并联一个全启式弹簧安全阀或爆破片。

7.4 紧急切断装置要求设置过流保护是为了控制因装卸软管脱落,导致介质大量流出的风险,但冷冻液化气体因流动时压力降很小,市场上现有的紧急切断装置无法设置过流控制,因此未要求紧急切断装置带过流控制。

7.5 原标准中易燃介质和液氧用装卸软管的电阻应小于 0.5Ω 的要求过高,无法实现,查GB/T 22724—2008《液化天然气设置与安装》中12.2.3规定接地回路电阻不应大于 10Ω ,AQ 3009—2007《危险场所电气防爆安全规范》中6.1.1.4.2规定接地电阻不大于 4Ω ,现改为 4Ω 。

8 制造

8.1 将原标准中的4.6“制造”改为本标准的第8章“制造”,以符合TSG R0005和GB/T 150的要求为基本原则。

8.2 8.1.4中“锅炉压力容器无损检测资格证”改为“特种设备检验检测人员证”。

8.3 8.3.1按TSG R0005—2011中B3.2进行进厂检验。

8.4 8.4“罐体”部分的内容按照TSG R0005—2011和GB/T 18442.4—2011中4.6~13.5修改。

8.5 按照罐车的常见焊接接头形式修改了焊接接头分类图,分为内容器和外壳两张图。

8.6 考虑到近年来我国冶金行业装备条件大为改善,钢材质量得到很大提高;另一方面,压力容

器专用钢板、钢管(压力管道元件)的制造已经由工业生产许可转化为特种设备制造许可,根据 TSG R0005 的要求罐体内容器和外壳材料的复验要求不再作为强制规定,仅对符合标准 8.4.2.1 条件之一的材料进行复验,且按照 GB/T 150.4 的规定增加对内容器用奥氏体不锈钢开平板提出复验要求。

8.7 球形封头最好能够采用先拼板后成形的工艺制造,但对于直径较大的球形封头,制造时无法有效控制加工减薄量的可以采用 8.4.3.5 c) 条规定的拼缝形式先成形后组焊。

8.8 近年来,行业内发生多起奥氏体不锈钢制内封头开裂的质量问题,因此,对冷成形的奥氏体不锈钢内封头的过渡段和直边段增加了马氏体含量的控制要求,马氏体含量可采用铁素体仪进行检测。

8.9 圆筒的组装要求按照 TSG R0005—2011 中 4.4.3 进行修改。

8.10 产品焊接试件按 TSG R0005—2011 中 4.3 进行修改,仅要求有 A 类纵向焊接接头的需经过热处理改善或者恢复材料力学性能的内容器以及设计图样有要求的内容器制作产品焊接试件。

8.11 无损检测增加了检测方法选择、检测实施时机、衍射超声检测、组合检测、检测文件的要求,射线检测新增加了 X 射线数字成像检测和 X 射线计算机辅助成像检测两种方法。

8.12 按 TSG R0005 增加真空夹层内及外部管路的焊接接头的无损检测要求。

9 试验方法

9.1 将原标准中的 5 章“试验方法”改为本标准的第 9 章“试验方法”,按 TSG R0005、GB/T 18442.5、GB/T 18443、GB 7258 进行修改。

9.2 增加了有热处理要求的内容器及其耐压试验的时机。

9.3 增加了清洁度的检测方法。

9.4 增加了安全附件性能试验的要求。

10 检验规则

10.1 将原标准中的第 6 章“检验规则”改为本标准的第 10 章“检验规则”,按 TSG R0005 等相关规定进行修改。

10.2 汽车定型试验规程变化较频繁,因此,规定强制性检测的项目应按主管部门的规定执行,不再列出详细的试验项目。

11 标志、标识

将原标准中的第 7 章“标志、标识”改为本标准的第 11 章“标志、标识”,按 TSG R0005 和主管部门的规定进行修改。按 GB 7258 的要求明确罐体允许装运介质名称、字大小、颜色、字体等要求。

12 出厂文件

将原标准中的第 8 章“出厂文件”改为本标准的第 12 章“出厂文件”,按 TSG R0005、GB/T 18442.4、GB 7258 等的规定进行修改。

13 储存、运输

13.1 将原标准中的第 9 章“贮存、运输”改为本标准的第 13 章“储存、运输”,储存、运输的要求符合 TSG R0005、GB 7258 的规定。

13.2 根据 GB/T 20368—2012《液化天然气(LNG)生产、储存和装运》中 14.7.2.6, 将装运易燃介质的冷冻液体罐车出厂前的含氧量指标由 0.5%改为 2%。

14 附录 B 风险评估报告

根据质检特函〔2012〕36 号关于《移动式压力容器安全技术监察规程》的实施意见的规定, 增加了风险评估报告的基本要求。

15 附录 C 罐体安全泄放量及超压泄放装置排放能力的计算

罐体安全泄放量及超压泄放装置排放能力的计算, 主要参照 GB/T 18442.6—2011 附录 A 进行修改, 在总则中明确了该计算方法的使用条件。

《冷冻液化气体汽车罐车》编制工作组

2017 年 10 月

中华人民共和国能源行业标准
冷冻液化气体汽车罐车

NB/T 47058—2017

*

新华出版社出版发行

(北京石景山区京原路8号 邮编: 100043)

新华书店经销

北京市庆全新光印刷有限公司印刷

版权专有 不得翻印

开本 880×1230 1/16 印张 4.5 字数 69 千字
2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

*

书号: 155166·62 定价: 55.00 元



NB/T 47058—2017