

# 《冷冻液化气体铁路罐车》能源行业标准（征求意见稿）

## 编制说明

随着我国国民经济的快速发展，工业气体和液化天然气（LNG）的用量呈稳步增长态势，其生产、运输与使用已跨入高速发展期，作为传统运载工具，汽车槽车和罐式集装箱由于运力小、成本高、覆盖半径短、以及受自然条件影响大等不足，已不能很好地满足市场需求。相比较而言，铁路运输具有运能大、速度快、成本低、效率高、全天候等特征，获得用户的青睐，正逐步成为冷冻液化气体运输的首选装备。

中车长江车辆有限公司分别于 1998 年和 2003 年研制了 GY48 型和 GY48K 型低温液态气体铁路罐车，用于长途运输液态氮气及液态氩气等工业气体。中车西安车辆有限公司分别于上世纪 80 年代、90 年代先后研制了两代液氢铁路加注运输车、液氧铁路运输车，用于长途运输液液氢和液氧。2013 年中国铁路总公司开始立项研制 LNG 铁路罐车。但是，到目前为止，我国尚无用于指导冷冻液化气体铁路罐车设计和制造的行业标准。为加快推进我国冷冻液化气体铁路运输的发展，贯彻实施《特种设备安全监察条例》和《危险化学品安全管理条例》，加强特种设备的管理，防止和减少事故，保障人民群众生命和财产安全，促进经济发展，有必要对冷冻液化气体铁路罐车的设计、制造等提出具体的技术要求和性能指标，确保其使用安全。

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（以下简称“移动分会”）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。在本标准制定中，参照了 ASME 锅炉及压力容器规范第七卷（2015 年版）《运输罐的建造和延续使用规则》、ADR《危险货物国际公路运输欧洲公约》（2015 年版）、ISO 20421《低温容器—大型移动式真空绝热容器》、EN 13530《低温容器大型移动式真空绝热容器》等标准规范。

根据国家能源局综合司国能综通科技[2019]58 号下达 2019 年能源领域行业标准制(修订)计划安排，《冷冻液化气体铁路罐车》能源行业标准（计划编号：能源 20190339）由全国锅炉压力容器标准化技术委员会归口，中车长江车辆有限公司、上海市气体工业协会、中车西安车辆有限公司、中国铁道科学研究院标准计量研究所、中车青岛四方车辆研究所有限公司、查特深冷工程系统（常州）有限公司等主要单位起草制定。

### 一、制订的主要依据

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

TB/T 3550.2-2019 机车车辆强度设计及试验鉴定规范 第 2 部分：货车车体

TSG R0005 移动式压力容器安全技术监察规程

《运输建造和继续使用规则》(ASME 锅炉及压力容器规范第七卷, 2015 年版)

《危险货物国际公路运输欧洲公约》(ADR, 2015 年版)

## 二、制订过程

根据 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》第 1.6 条的规定, 中车长江车辆有限公司和中车西安车辆有限公司分别于 2015 年和 2017 年制定了《冷冻液化气体铁路罐车》企业标准, 并通过了全国锅炉压力容器技术标准化委员会移动式压力容器分技术委员会组织的专家评审。

为进一步贯彻执行 TSG R0005 的有关要求, 在移动分会的组织安排下, 2019 年 7 月, 中车长江车辆有限公司基于该公司的《冷冻液化气体铁路罐车》企业标准, 着手起草《冷冻液化气体铁路罐车》能源行业标准, 2019 年 8 月形成了标准草案稿。

## 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。

三个规范性附录: 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、有关问题制订说明

根据联合国 UN-16 的分类原则, 本标准适用范围的介质为“冷冻液化气体”, 为遵循铁道行业既有规则, 同时参考我国同类介质汽车罐车和罐式集装箱行业标准的规范命名 (NB/T47058-2017《冷冻液化气体汽车罐车》和 NB/T47059-2017《冷冻液化气体罐式集装箱》, 英文名称分别为“Road tankers for refrigerated liquefied gas”和“Tank containers for refrigerated liquefied gas”), 本标准中文名称确定为《冷冻液化气体铁路罐车》, 相应的英文名称为“Railway tankers for refrigerated liquefied gas”。

### 1 范围

本标准适用于运输冷冻液化气体的铁路罐车, 绝热方式包括真空粉末绝热和高真空多层绝热, 罐体的几何容积在  $30\text{m}^3\sim 150\text{m}^3$  之间、设计压力不小于  $0.3\text{MPa}$ , 运输的介质为标准沸点不低于  $-196^\circ\text{C}$  的冷冻液化气体, 如液氧、液氮、液氩和液化天然气等。考虑到铁路罐车运输是一种高效率、大运能的运输方式, 如果容积太小, 则研制意义不大, 我国 GY48 型和 GY48K 型低温液态气体铁路罐车为 60t 级铁路货车, 其装运的液态氩气在标态沸点下的密度为  $1396.3\text{kg/m}^3$ , 与其它冷冻液化气体相比, 密度最大, 该车内容器几何容积为  $35\text{m}^3$ , 据

---

此，本标准确定冷冻液化气体铁路罐车内容器的几何容积不小于  $30\text{m}^3$ 。

基于产品性能和运输安全角度出发，TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》1号修改单规定汽车罐车容积上限不得超过  $52.6\text{m}^3$ 。考虑到液化天然气在标态沸点下的密度为  $422.53\text{kg}/\text{m}^3$ ，与其它冷冻液化气体相比，密度最小，据此核算我国 23t 轴重 LNG 铁路罐车的几何容积最大不超过  $130\text{m}^3$ ，顾及我国目前正在研制 80t 级铁路货车，预留了一定的发展空间。

根据 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》释义，本标准第 1.2 条中所指的“永久连接”是指“永久性连接是指采用焊接或者螺栓连接结构，只有通过破坏方式或者检修拆卸方式才能分开的连接”。

## 2 术语与定义

本标准除了继承 GB/T 150.1、GB/T 150.4、GB/T 18443、GB/T 26929、GB/T 10478 所确立的术语和定义外，另外增补了冷冻液化气体、冷冻液化气体铁路罐车、高真空多层绝热、真空粉末绝热、真空复合绝热、几何容积、有效容积、等效压力、充满率、额定充满率、封结真空度、冷冲击试验等 12 个专业术语和定义。

## 3 资质与职责

根据 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》的要求，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 材料

考虑到铁路货车配件的资质管理规定，以及 CRCC 认证（铁路产品认证）要求，提出了：罐车用其他材料应符合设计图样相应标准和铁路行业的规定。

## 5 设计

5.1 整车设计的一般要求主要结合 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》附件 A2.1、D3.1 和 NB/T 47058-2017 第 6.1 条的有关规定，提出原则性要求。

5.2 结合我国铁路货车行业通用技术要求，提出在结构强度、车辆动力学性能、结构安全性、外部尺寸轮廓、最高运行速度和通过最小弯曲半径等方面的具体标准。

5.3 设计文件要求是依据 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》3.4.1 的规定，提出原则性要求。

5.4 罐体的设计载荷参考引用 NB/T 47058-2017《冷冻液化气体汽车罐车》6.5.2.2 的描述。

5.5 纵向力载荷是指罐车在各种运行状态时，车钩间所产生的拉伸力和压缩力，纵向力载荷按 TB/T 1335 及铁路主管部门的相关规定：依据我国万吨列车考核标准，第一工况拉伸  $1780\text{kN}$ ，压缩  $1920\text{kN}$ ，第二工况压缩  $2500\text{kN}$ 。

5.6 液体惯性力载荷参考 TB/T 3550.2-2019 的对车体惯性力的计算公式，提出了明确的定义。

5.7 设计温度参照 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》第 3.10.2 条和

GB/T 18442.3 第 4.6 条的规定。

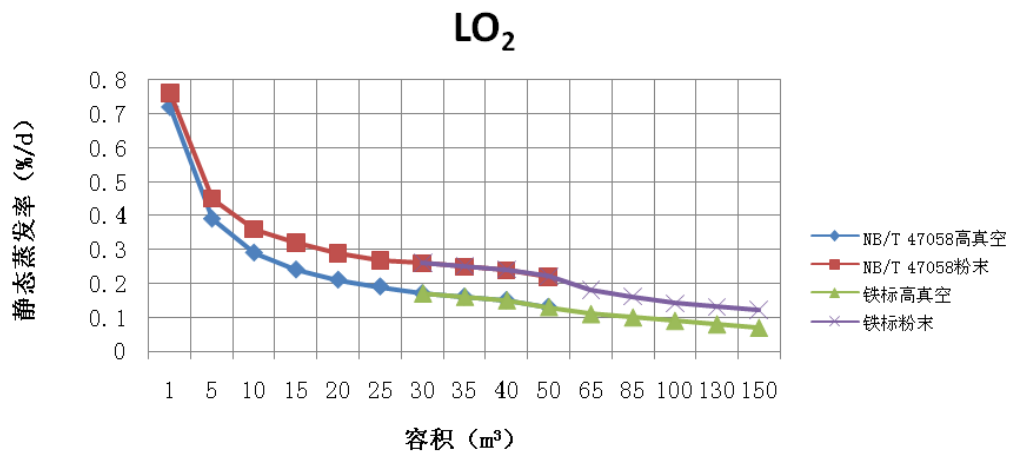
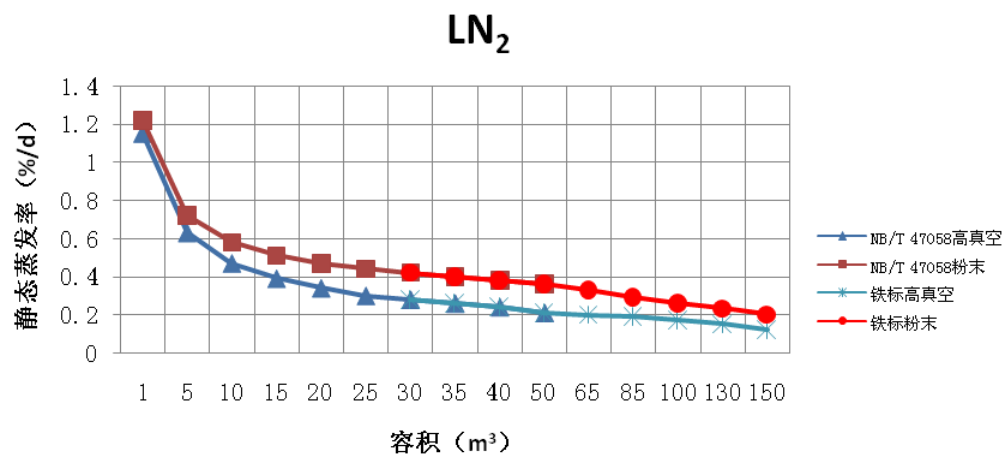
5.8 计算压力参照 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》第 3.10.5 条和 NB/T 47058 第 4.4.5 的规定。

5.9 材料许用应力参照 GB/T 18442.3 第 10 和 GB/T 150.1 第 4.4 的规定。

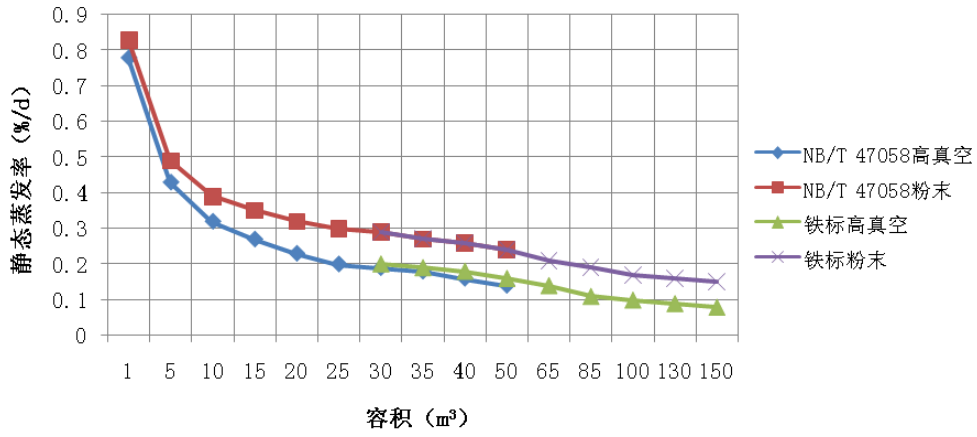
5.10 充满率参照 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》附件 D 和 NB/T 47058-2017 第 6.5.11 的规定。

5.11 真空绝热性能指标：

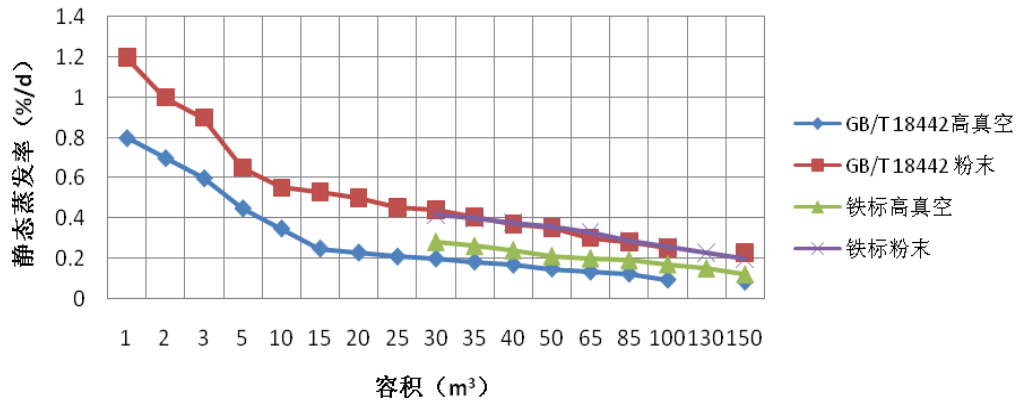
本标准表 5 列出了液氮、液氧、液氩和液化天然气（甲烷）在高真空多层绝热和真空粉末绝热两种绝热环境下罐体的静态蒸发率上限值。在编制该数据时参考了 NB/T 47058-2017 表 5，并结合 GB/T 18442.3 表 2，具体见下图。



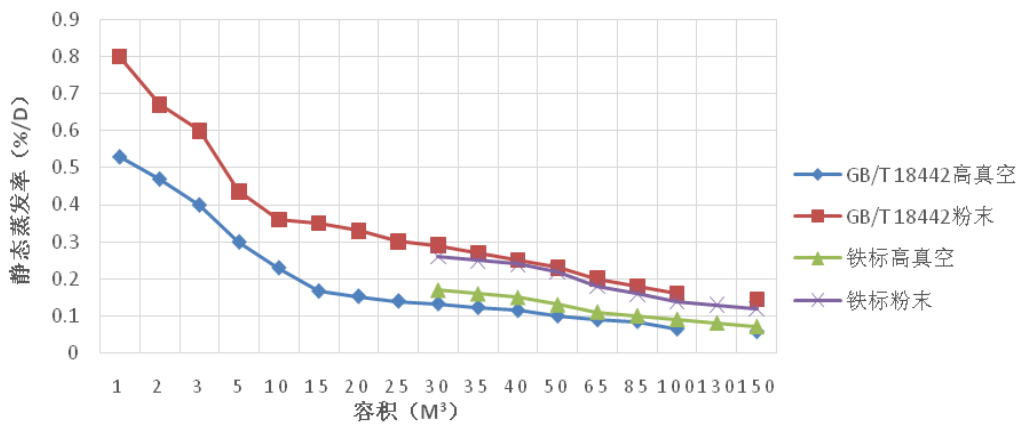
### LAr



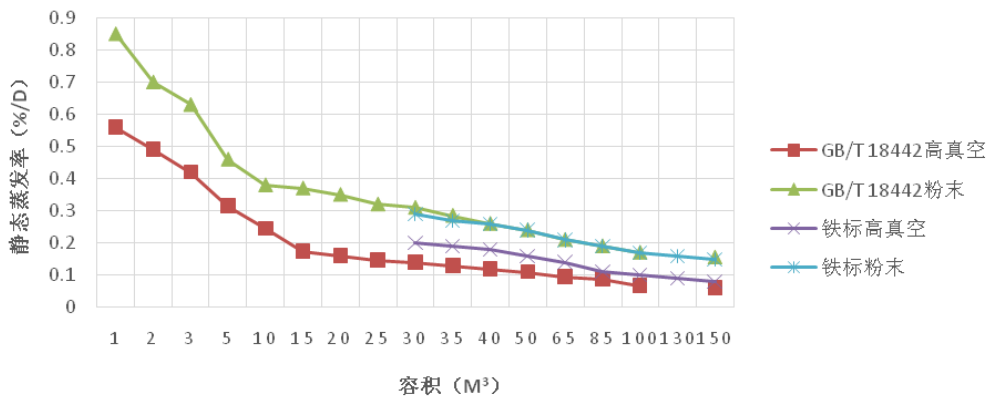
### LN<sub>2</sub>



### LO<sub>2</sub>



## LAR



我国目前冷冻液化气体铁路罐车实测样本较少，目前掌握的包括：GY48（GY48K）型铁路罐车的静态蒸发率不高于 0.3%（粉末绝热），中车长江车辆有限公司研制的我国第一台 LNG 铁路罐车经过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实测静态蒸发率低于 0.13%（高真空多层绝热），液氢铁路罐车静态蒸发率不高于 0.5%（高真空多层绝热）。

由于铁路罐车存在纵向及冲击载荷工况，其纵向加速度约为 3g，与我国汽车罐车纵向 2g 的考核标准相比，存在较大的惯性力，要求支撑结构强度可靠，从而在一定程度上影响静态蒸发率指标，故本标准确定的静态蒸发率指标相对于 GB/T18442 固定式真空绝热压力容器略高，但总体在较大容积范围内基本延续了 NB/T 47058 的趋势。

关于冷冻液化气体铁路罐车的无损储存时间，目前没有可参考数据，根据我国液化石油气铁路罐车的运输经验，从新疆到广东的运营里程约 5000km，运输时间一般 7~10 天，极端情况约 20 天。考虑编组作业及滞留等各种意外，保守估算全国范围内铁路运输 45 天可到达，按 1.5 倍的裕量计算，运输时间为 67.5 天，取整为 68 天。中车长江车辆有限公司研制的我国第一台 LNG 铁路罐车经过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实测，充装液氮时的无损储存时间为 92 天，充装 LNG 的无损储存时间会更长，完全可以确保运输全过程零排放。

北美铁路协会（Association of American Railroads）标准 C-III 分册铁路罐车在 §173.319 Cryogenic liquids in tank cars 中指出：“(a) General requirements. (3) When ever a tank car containing any flammable cryogenic lading is not received by the consignee within 20 days from the date of shipment, the shipper of the lading shall notify the Bureau of Explosives”，即运输冷冻液化气体的易燃铁路罐车重车出发后若 20 天还未到达，就必须通知防爆局，实际上是基于无损储存时间及安全管理上的考虑。

基于理论分析，依据本标准确定的静态蒸发率指标换算无损储存时间，也可以满足至少 68 天的安全运输需求。

5.12 真空夹层漏气速率参考了NB/T 47058表6，本标准在 $30\text{m}^3 \leq V \leq 50\text{m}^3$ 区间与《冷冻液化气

---

体汽车罐车》标准在 $10\text{m}^3 \leq V \leq 50\text{m}^3$ 区间的指标相当, 鉴于移动式深冷压力容器在内容器几何容积大于 $50\text{m}^3$ 时无真空夹层漏气速率参考数据, 本标准按GB/T 18442.3相应区间的指标比值确定其它区间的指标。

5.13 真空夹层漏放气速率参考了NB/T 47058表7, 本标准在 $30 \leq V \leq 50$ 区间与《冷冻液化气体汽车罐车》标准在 $10\text{m}^3 \leq V \leq 50\text{m}^3$ 区间的指标相当, 鉴于移动式深冷压力容器在内容器几何容积大于 $50\text{m}^3$ 时无真空夹层漏放气速率参考数据, 本标准按GB/T 18442.3相应区间的指标比值确定其它区间的指标。

5.14 真空夹层封结真空度参考了NB/T 47058表8, 我国LNG铁路罐车的夹层容积约为汽车夹层容积的3.5倍左右, 结合NB/T 47058以及铁路罐车相应的容积范围给出了具体指标。

5.15 罐体内容器的疲劳分析准则和疲劳寿命的计算方法按 JB 4732。真空绝热罐体内容器免除疲劳分析的条件是参考 GB/T 18442.3 第 6.4 条的规定, 来源于 JB 4732-1995 第 3.10 的规定。

#### 5.16 管路系统

本章节参考了 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》第 3.11.8、附件 D3.5、GB/T 18442.3 第 19.9 和 NB/T 47058 第 6.8 对真空绝热罐车管路系统设计的有关条款, 提出了管路设计要求。

#### 5.17 安全附件、仪表和装卸附件设计

本章节参照 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》第 9 章和 GB/T 18442.6 第 6 章的有关条款, 提出了安全附件、仪表和装卸附件的设计要求。

5.18 外壳防爆装置的排放面积确定为不小于内容器几何容积 ( $\text{m}^3$ ) 与  $340\text{mm}^2/\text{m}^3$  的乘积。我国 LNG 铁路罐车的夹层容积约为汽车夹层容积的 3.5 倍左右, 内容器几何容积也大于汽车罐车 2 倍, 较大的安全排放面积有利于保护外壳及内容器, 该数据来源于美国铁路协会 (Association of American Railroads) 标准 C-III 分册铁路罐车有关压力泄放装置中总泄露放面积的确定原则 ( §179.400-20 Pressure relief devices. “The total relief area provided by the system must be a minimum of 25 square inches”。)

## 6 制造

6.1 本标准重点对压力容器部分的制造提出相关要求, 底架 (牵枕装置)、制动装置、车钩缓冲装置、底架附属件以及转向架等部件的制造按相关铁道行业标准执行, 不再赘述。

6.2 真空绝热罐体制造的一般要求, 参照 TSG R0005-2011《移动式压力容器安全技术监察规程》附件 D4.1 和 GB/T 150.4 的规定。

6.3 考虑到目前在冷冻液化气体运输汽车罐车及罐式集装箱行业出现过内容器封头直边段裂纹事故, 参考行业研究结果, 提出了对封头成形后其过渡段和直边段的铁素体含量不大于 15% 的要求。

## 7 试验方法

7.1 考虑到冷冻液化气体罐车罐体的特殊性, 其运行过程中承受的各种载荷对罐体绝热结构

必然产生影响，因此，在开展各项试验时，要求先进行结构强度试验，再进行低温性能型式试验，确保测试结果的真实性。

7.2 耐压试验的一般规定参照 GB/T150.4 第 11.2 的规定。

7.3 液压试验的要求参照 TSG R0005 第 4.7.6 以及 GB/T150.4 第 11 章第 11.4.9 的规定。

7.4 气压试验的要求参照 TSG R0005 第 4.7.7 以及 GB/T150.4 第 11 章第 11.4.10 的规定。

7.5 泄漏试验的要求参照 TSG R0005 第 4.8.1 和 GB/T150.4 第 11.5.3 的规定。

7.6 冷冲击试验的要求参照 GB/T 18442.5 第 4.4 的规定。

7.7 容积测量的要求参考 GB/T 18442.5 第 4.5 的规定,试验方法按照 GB/T 18443.8 的规定。

7.8 鉴于真空绝热罐体结构的特殊性，内容器在试验过程中和试验后均无法确认其损伤程序，因此提出冲击试验后车辆不得出现任何可视的零部件损伤。

7.9 低温性能型式试验项目,试验方法按照 GB/T 18443.1~GB/T18443.7 的相应规定。

7.10 表 11 仅列出了罐体、管路和安全附件的检验和试验项目，车体检验和试验项目按相关标准执行，本标准不再赘述。

《冷冻液化气体铁路罐车》能源行业标准编制工作组

2020年7月