



中华人民共和国国家标准

GB/T 18442.5—2019
代替 GB/T 18442.5—2011

固定式真空绝热深冷压力容器 第 5 部分：检验与试验

Static vacuum insulated cryogenic pressure vessels—
Part 5: Inspection and testing

2019-12-31 发布

2019-12-31 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 试验方法 2

5 检验规则 4



前 言

GB/T 18442《固定式真空绝热深冷压力容器》分为以下 7 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：材料；
- 第 3 部分：设计；
- 第 4 部分：制造；
- 第 5 部分：检验与试验；
- 第 6 部分：安全防护；
- 第 7 部分：内容器应变强化技术规定。

本部分为 GB/T 18442 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 18442.5—2011《固定式真空绝热深冷压力容器 第 5 部分：检验与试验》，与 GB/T 18442.5—2011 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了试验顺序的内容，增加了冷冲击试验、耐压试验、泄漏试验、真空性能检测等实施时机；
- 修改了耐压试验要求，增加了液压试验的安全措施及基本要求；
- 修改了冷冲击试验的要求；
- 增加了清洁度检测要求；
- 增加了低温性能型式试验的试验罐选取规则；
- 修改了其他检验项目的内容及要求。

本部分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。

本部分起草单位：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、石家庄安瑞科气体机械有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院张家港分院、杭州富士达特种材料股份有限公司、张家港富瑞深冷科技有限公司、苏州华福低温容器有限公司、沈阳特种设备检测研究院、浙江大学、机械工业上海蓝亚石化设备检测所有限公司、上海华谊集团装备工程有限公司。

本部分主要起草人：罗晓钟、周伟明、钱红华、滕俊华、陈朝晖、王红霞、王飞、彭平、赵杰峰、暴志强、徐勇、甘智华、张玉福、魏勇彪。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 18442.5—2011；
- GB 18442—2001。

固定式真空绝热深冷压力容器

第 5 部分:检验与试验

1 范围

GB/T 18442 的本部分规定了固定式真空绝热深冷压力容器(以下简称“深冷容器”)制造过程中和完工后的试验方法和检验规则。

本部分适用于同时满足以下条件的深冷容器:

- a) 内容器工作压力不小于 0.1 MPa;
- b) 几何容积不小于 1 m³;
- c) 绝热方式为真空粉末绝热、真空复合绝热或高真空多层绝热;
- d) 储存介质为标准沸点不低於-196 °C 的冷冻液化气体。

本部分不适用于下列范围的深冷容器:

- a) 内容器和外壳材料为有色金属或非金属的;
- b) 球形结构的;
- c) 堆积绝热方式的;
- d) 移动式的;
- e) 储存标准沸点低於-196 °C 冷冻液化气体介质的;
- f) 储存介质按 GB 12268 规定为毒性气体的;
- g) 国防军事装备等有特殊要求的。

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(所有部分) 压力容器

GB/T 18442.1 固定式真空绝热深冷压力容器 第 1 部分:总则

GB/T 18442.2—2019 固定式真空绝热深冷压力容器 第 2 部分:材料

GB/T 18442.3—2019 固定式真空绝热深冷压力容器 第 3 部分:设计

GB/T 18442.4—2019 固定式真空绝热深冷压力容器 第 4 部分:制造

GB/T 18442.6—2019 固定式真空绝热深冷压力容器 第 6 部分:安全防护

GB/T 18443.2 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 2 部分:真空度测量

GB/T 18443.3 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 3 部分:漏率测量

GB/T 18443.4 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 4 部分:漏放气速率测量

GB/T 18443.5 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 5 部分:静态蒸发率测量

GB/T 18443.7 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 7 部分:维持时间测量

GB/T 18443.8 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 8 部分:容积测量

GB/T 20801.5 压力管道规范 工业管道 第 5 部分:检验与试验

JB/T 6896 空气分离设备表面清洁度

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

GB/T 150、GB/T 18442.1、GB/T 18442.3 和 GB/T 18442.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷冲击试验 cold shock test

以设定的速度向内容器充注冷冻液化气体,使内容器在规定的时间内冷却到预定温度,以考察整个内容器耐受温差应力变化速度和幅度的能力。

4 试验方法

4.1 试验顺序

4.1.1 当需要进行冷冲击试验时,应在内容器制造完工且无损检测合格后进行。

4.1.2 内容器的耐压试验应在内容器制造完工且无损检测合格后进行。

4.1.3 罐体夹层的氦质谱检漏试验应在内容器与外壳组装完毕后进行。

4.1.4 外部管路的耐压试验应在罐体和外部管路制造完工且无损检测合格后进行。

4.1.5 泄漏试验应在罐体和管路系统组装完毕,且将所有安全附件、仪表、装卸附件安装齐全后进行。

4.1.6 深冷容器在耐压试验和泄漏试验合格,且在夹层抽真空完成后,方可进行低温性能检测。静态蒸发率检测应在真空性能检测合格后进行,维持时间检测(需要时)应在静态蒸发率检测结束后进行。

4.2 耐压试验

4.2.1 内容器耐压试验

4.2.1.1 耐压试验基本要求

4.2.1.1.1 制造完工的内容器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。

4.2.1.1.2 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~3.0 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 100 mm。压力表应安装在试验内容器顶部引出的管线上便于观察的位置。

4.2.1.1.3 耐压试验前,内容器各连接部位的紧固螺栓(如有)应配置齐全,紧固妥当,并尽可能将内容器与夹层管路一同进行耐压试验。耐压试验时,内容器上焊接的临时受压元件应采用适当的措施,保证其强度和安全性。

4.2.1.1.4 耐压试验场地应有可靠的安全防护设施,并且经过制造单位技术负责人和安全管理部门检查认可。

4.2.1.1.5 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向受压元件施加外力。

4.2.1.1.6 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。

4.2.1.2 液压试验

4.2.1.2.1 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试验液体。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。

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

4.2.1.2.3 液压试验应符合下列规定:

- a) 内容器顶部应设排气口,充液时应将内容器内的空气排净。试验过程中,内容器外表面应保持干燥。
- b) 当内容器器壁金属温度与液体温度接近时,方可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 30 min,然后将压力降至设计压力,保压足够长的时间对所有焊接接头和连接部位进行检查。
- c) 液压试验完毕后,应将液体排尽并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,应控制试验用水中的氯离子含量不超过 25 mg/L。

4.2.1.2.4 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。

4.2.1.3 气压试验

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

4.2.1.3.2 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。

4.2.1.3.3 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。

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

4.2.1.3.5 气压试验时压力应缓慢上升,至规定试验压力的 10%,保压 5 min,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 10 min;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不变。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。

4.2.1.3.6 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。

4.2.2 管路耐压试验

4.2.2.1 夹层内部管路与内容器一起作耐压试验。外部管路应经无损检测合格后,按图样的规定进行耐压试验。

4.2.2.2 管路耐压试验要求和试验程序按 GB/T 20801.5 的规定,并符合图样的要求。

4.3 气密性试验

4.3.1 耐压试验合格后,将所有安全附件、仪表、装卸附件安装齐全后进行气密性试验。

4.3.2 进行气密性试验时,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;
- c) 如有泄漏,应在修补后重新进行试验。

4.4 氦检漏试验

氦检漏试验应符合 GB/T 18443.3 或设计文件的规定。

4.5 冷冲击试验

4.5.1 是否做冷冲击试验应根据图样的要求。

4.5.2 冷冲击试验应采用液氮作为试验介质。

4.5.3 试验时,应将除进液口和排气口以外的其余管路管口封闭。

4.5.4 试验时,内容器和管座应被液氮充分浸渍。

4.5.5 冷冲击试验后,应对内容器和夹层管路进行耐压试验和氦质谱检漏试验。其他检验内容和要求应符合图样的规定。

4.6 清洁度检测

4.6.1 与介质接触的零部件表面的清洁度检测方法按照 JB/T 6896 的规定。

4.6.2 真空夹层表面以及其内部的零部件表面的脱脂、除锈、干燥等检测方法按照设计文件的规定。

4.7 容积测量

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

4.7.2 由于结构或介质的原因不允许残留试验液体的内容器,可用测量几何尺寸计算的容积代替实测容积。

4.8 真空度检测

夹层真空度的检测方法按 GB/T 18443.2 的规定。

4.9 真空夹层漏气速率检测

真空夹层漏气速率的检测方法按 GB/T 18443.3 的规定。

4.10 真空夹层漏放气速率检测

真空夹层漏放气速率的检测方法按 GB/T 18443.4 的规定。

4.11 静态蒸发率检测

静态蒸发率的检测方法按 GB/T 18443.5 的规定。

4.12 维持时间检测

维持时间的检测方法按 GB/T 18443.7 的规定。

4.13 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文件的规定。

4.14 其他检验

4.14.1 深冷容器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部分和设计文件的规定:

- a) 罐体的外形尺寸;
- b) 管口位置尺寸;
- c) 腿式支座、支承式支座、鞍式支座或裙座的几何尺寸和装配尺寸;
- d) 管路系统的完整性及可靠性;
- e) 表面涂装、标志标识、铭牌以及必要的警示性标志等。

4.14.2 深冷容器应对导静电装置进行电阻测量,可采用万用表测量。

4.14.3 深冷容器的外观质量检查采用目视方法。

5 检验规则

5.1 检验分类

检验分为逐台检验、批量检验、型式试验。

5.2 逐台检验

深冷容器完成后应经逐台检验合格后方可出厂。逐台检验项目和要求按表 1、表 2 的规定。

5.3 批量检验

5.3.1 同一定型设计的几何容积不大于 5 m³ 的深冷容器,应按生产顺序,以不多于 50 台为 1 批,每批中随机抽取 1 台进行批量检验。

5.3.2 批量检验的项目和要求按表 1 和表 2 的规定。

5.3.3 若抽取的批量检验容器检验不合格,则在该批中再抽取 2 台进行检验,仍有不合格时应进行逐台检验。

5.4 型式试验

5.4.1 深冷容器应进行低温性能型式试验。低温性能型式试验应由有关国家主管机构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。

5.4.2 属下列情况之一的,应进行低温性能型式试验:

- a) 产品设计定型时(生产样品型号);
- b) 工厂停产 6 个月以上再次生产时;
- c) 当罐体设计结构和制造工艺发生变化,影响罐体绝热性能时;
- d) 国家特种设备安全监督管理部门提出低温性能型式试验要求时。

5.4.3 低温性能型式试验的试验项目、要求以及试验容器选取规则分别按表 1、表 2 和表 3 的规定。

表 1 逐台检验、批量检验和低温性能型式试验的项目

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		★	★	—
2	外观质量		 ★	★	—
3	几何尺寸		★	★	—
4	焊接质量		★	★	—
5	耐压试验		★	★	—
6	气密性试验		★	★	—
7	冷冲击试验		▲	▲	—
8	内容器几何容积		★	★	—
9	真空性能	真空夹层封结真空度	★	★	★
10		真空夹层漏气速率	★	★	★
11		真空夹层漏放气速率	★	★	★
12		真空夹层冷态真空度	—	▲	☆
13	绝热性能	静态蒸发率	—	▲	☆
14		维持时间	—	—	▲
15	附件检验		★	★	—
16	出厂资料		★	★	—
注 1：有“★”标记的项目,为需进行检验和试验的项目。 注 2：有“▲”标记的项目,由供需双方协商确定。 注 3：有“☆”标记的项目,当内容器几何容积大于 50 m³,低温性能型式试验可在制造单位或用户处进行。 注 4：有“—”标记的项目,为无需进行检验和试验的项目。					

表 2 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、容器分类、标准	GB/T 18442.3—2019 中 5.2
		设计压力、设计温度、介质	GB/T 18442.3—2019 中 5.2、7.1、8.1
		内容器的几何容积、真空夹层的几何容积、 额定充满率、深冷容器重量	GB/T 18442.3—2019 中 5.2、13.2
		罐体材料	GB/T 18442.2—2019 中第 5 章； GB/T 18442.3—2019 中 5.2
		管子材料	GB/T 18442.2—2019 中 5.4； GB/T 18442.3—2019 中 5.3
		罐体真空绝热方式	GB/T 18442.3—2019 中 5.2
		设计使用年限	GB/T 18442.3—2019 中 5.2
2	外观检查	铭牌	GB/T 18442.3—2019 中 5.2； GB/T 18442.4—2019 中第 16 章
		标志、标识	GB/T 18442.4—2019 中第 16 章
		涂敷	GB/T 18442.4—2019 中第 15 章
		焊接接头及母材外表面缺陷	GB/T 18442.3—2019 中第 9 章； GB/T 18442.4—2019 中 6.5.1、7.3.1、7.3.2
		结构件的连接	GB/T 18442.3—2019 中 18.6
		罐体焊缝布置	GB/T 18442.4—2019 中 6.5.4
		壳体的圆度	GB/T 18442.4—2019 中 6.5.5
		装卸系统的设置及要求	GB/T 18442.3—2019 中 18.10.4.7、18.10.4.9； GB/T 18442.4—2019 中 13.7、18.1.5
		外部管路及阀门、仪表等包装	GB/T 18442.4—2019 中 18.2.3
3	几何尺寸检验	罐体外形尺寸	GB/T 18442.3—2019 中 5.2； GB/T 18442.4—2019 中 6.6.1
		罐体直线度	GB/T 18442.4—2019 中 6.5.3
		单个筒节的最小长度	GB/T 18442.4—2019 中 6.5.4
		法兰	GB/T 18442.4—2019 中 13.4、13.5
		腿式支座的几何尺寸和装配尺寸	GB/T 18442.4—2019 中 6.6.2；4.14.1
		支承式支座的几何尺寸和装配尺寸	GB/T 18442.4—2019 中 6.6.3；4.14.1
		鞍式支座的几何尺寸和装配尺寸	GB/T 18442.4—2019 中 6.6.4；4.14.1
		裙座的几何尺寸和装配尺寸	GB/T 18442.4—2019 中 6.6.5；4.14.1
4	耐压试验及气密 性试验	内容器耐压试验	GB/T 18442.3—2019 中第 16 章；4.2.1
		罐体气密性试验	GB/T 18442.3—2019 中第 17 章；4.3
		罐体氦检漏试验	GB/T 18442.3—2019 中第 17 章；4.4

表 2（续）

序号	检验项目	检验内容	技术要求
4	耐压试验及气密性试验	管路耐压试验	GB/T 18442.3—2019 中第 16 章;4.2.2
		管路气密性试验	GB/T 18442.3—2019 中第 17 章;4.3
5	冷冲击试验（适用时）	冷冲击试验	4.5
6	清洁度	清洁度检测	GB/T 18442.4—2019 中第 10 章;4.6
7	真空性能	真空夹层封结真空度	GB/T 18442.3—2019 中 15.3;4.8
		真空夹层冷态真空度	GB/T 18442.3—2019 中 15.3;4.8
		真空夹层漏气速率	GB/T 18442.3—2019 中 15.1;4.9
		真空夹层漏放气速率	GB/T 18442.3—2019 中 15.2;4.10
8	绝热性能	静态蒸发率	GB/T 18442.3—2019 中第 14 章;4.11
		维持时间	GB/T 18442.3—2019 中第 14 章;4.12
9	附件检验	内容器超压泄放装置	GB/T 18442.6—2019 中 4.2
		外壳防爆装置	GB/T 18442.6—2019 中 4.3
		紧急切断装置	GB/T 18442.6—2019 中 4.4
		导静电接地装置	GB/T 18442.6—2019 中 4.5
		仪表	GB/T 18442.6—2019 中 4.6、4.7、4.8、4.9、4.10
		装卸附件	GB/T 18442.6—2019 中 4.11
10	出厂资料	出厂资料应齐全	GB/T 18442.4—2019 中第 17 章

表 3 试验容器抽取规则

几何容积 V/m^3	抽取数量
$1 \leq V \leq 10$	不同容积各 1 台
$10 < V \leq 50$	1 台
$50 < V \leq 100$	1 台
$100 < V \leq 500$	1 台
注 1：当绝热方式（真空粉末绝热、高真空多层绝热等）、支撑方式（八点、吊拉带、裙座等）以及结构型式（立式、卧式等）等型式发生变化时，需分别进行低温性能型式试验。 注 2：当高真空多层绝热系统用绝热材料层数、层密度等发生变化，影响罐体绝热性能时，需考虑重新进行低温性能型式试验。	
