



防止在低温容器充装过程中超压

**PREVENTION OF EXCESSIVE PRESSURE
DURING FILLING OF CRYOGENIC VESSELS**

AIGA 054/08

全球协调文件

亚洲工业气体协会

地址：新加坡，3 港湾坊 #09-04 港湾大厦二，邮编：099254

电话：+65 62760160 传真：+65 62749379

网址：[http // www.asiaiga.org](http://www.asiaiga.org)



防止在低温容器充装过程中超压

PREVENTION OF EXCESSIVE PRESSURE DURING FILLING OF CRYOGENIC VESSELS

免责声明

AIGA 的所有出版物或显示有 AIGA 名称的所有出版物中包含从 AIGA 认为是可靠来源获得的和/或基于截至出版之日来自 AIGA 成员和其它方面的现有技术信息和经验的信息（其中包括实践规范、安全规程和其它技术信息）。因此，我们对于这些出版物中包含的信息的准确性、完整性或正确性不作任何陈述或保证，并且概不承担任何责任。

尽管 AIGA 建议其成员参考或使用其出版物，但是其成员或第三方对其出版物进行的这种参考或使用完全是自愿的并且不具有约束力。

AIGA 或其成员对于参考或使用 AIGA 的出版物中包含的信息或建议的相关结果不作任何保证，并且对于这种参考或使用概不承担任何责任。

任何人员或实体（其中包括 AIGA 成员）对 AIGA 的出版物中包含的任何信息或建议的执行或不执行、误解、正确或不正确使用均不在 AIGA 的控制范围内，AIGA 明确拒绝承担与此相关的任何责任。

AIGA 的出版物将定期进行评审，在此提醒使用者注意获得最新版本。

如有任何内容方面的分歧、或经授权翻译的文件内容与本出版物的英文内容不相符合时，应以 AIGA 提供的官方英文版的内容为准。
Any ambiguities or interpretive differences between an authorized translated version and the English version of this publication shall be construed and applied to preserve the meaning set forth in the official English version which is available from AIGA.

© 转载获得欧洲工业气体协会的允许。版权所有。

亚洲工业气体协会

地址：新加坡，3 港湾坊 #09-04 港湾大厦二，邮编：099254

电话：+65 62760160 传真：+65 62749379

互联网：<http://www.asiaiga.org>

致谢

本文件源自欧洲工业气体协会（EIGA）文件 IGC 151/08《防止低温容器充装过程中超压》。特此感谢 EIGA 允许使用其文件。

目录

1 前言 1

2 适用范围和目的 1

 2.1 适用范围 1

 2.2 目的 1

3 定义 2

 3.1 定义 2

 3.2 背景信息 3

 3.2.1 运输槽罐 3

 3.2.2 固定式槽罐 3

4 运输槽罐 3

 4.1 充装作业 3

 4.1.1 使用泵进行充装 3

 4.1.2 压力平衡充装 4

 4.1.3 压力输送 4

 4.2 预防措施 4

 4.2.1 泄压系统 4

 4.2.2 跨接软管系统 4

 4.2.3 使用运输槽罐的压力进行控制的切断装置 5

 4.2.4 充装装置切断系统 5

 4.3 建议 5

5 固定式槽罐 5

 5.1 设备和规程 5

 5.2 超压防护原则 6

 5.3 超压防护示例 6

 5.3.1 泄压装置的能力与进口流量相配接收槽 6

 5.3.2 接收槽进口流量停止或限制装置 7

 5.3.3 跨线系统 7

 5.3.4 专用接头 7

 5.4 建议 7

 5.4.1 最低要求 7

 5.4.2 极限压力 8

6 一般建议 8

 6.1 现有的装置 8

 6.2 适用的原则和方法 8

 6.3 司机监控规程的作用 8

 6.3.1 工作人员培训 8

附录 A: 跨线系统示例（参考信息） 9

1 前言

本文件详述了防止移动式 and 固定式低温压力容器在充装过程中超压的方法。本文件取代了以前另外两项 EIGA 文件 IGC 59/98《防止低温槽罐在充装过程中超压》和 IGC 77/01《防止低温移动式槽罐在充装过程中超压》中提供的指导。本文件取代了 CGA 出版物 PS-8《CGA 关于防止低温储槽在操作人员值守的充装过程中超压的立场声明》和 PS-14《CGA 关于防止低温运输容器在操作人员值守的充装过程中超压的立场声明》。

2 适用范围和目的

2.1 适用范围

本文件是为了向移动式或固定式低温槽罐的充装人员/业主提供指导，详述了可以用于防止移动式或固定式低温槽罐在充装过程中超压（例如由于超压导致灾难性失效）的系统和规程。最高容许泵进给压力（MAPFP）不会超过压力上限（UPL）的容器无需任何额外的防护。

本文件是为了处理超过 1000 公升水容量的用于液态氩、液态氮、液态氧、液态天然气、液态氢、液态氦或液态乙烯的接收容器的问题。此外，本文件宜被用于低于 1000 公升的不被用于满装运输的接收容器。本文件还可以被用作关于其它产品和其它输送系统的指导。本文件没有考虑到任何产品释出的危险性，仅考虑到防止压力导致槽罐失效。

其它规范和标准详述了防止接收容器在运行中超压（例如由于真空失效、升压、火焰吞没导致超压）的防护措施，本文件没有对此加以进一步考虑。

2.2 目的

1996 年发生了一次严重事故，气体行业开始注意到低温储槽在充装过程中可能被加压超过其爆破压力这个事实。如果一个高压或高流量泵被用于充装一个低压槽罐并且如果安全措施不适当或没有起到作用，可能发生不安全的情况。

这是在一个保持安全和可靠运行并且估计每年进行几百万次充装作业的行业中发生的第一次这种类型的严重事故。但是，由于近年来泵送设备的技术发展（提高输送压力和流率），可以减少槽罐的失效安全余量，除非没有对防止发生这种事件的防护措施进行同步升级。

对产品输送系统的所有变更进行系统化控制是一项必需的管理任务，以确保正在被充装的槽罐的完整性没有受到危及。

压力容器被用于低温液体配送和客户现场低温液体储存。这包括低温流体运输涉及的压力容器（移动式压力容器）（例如把产品从生产设施输送到客户现场的公路槽车和铁路槽车）和用于低温流体现场储存的客户现场压力容器（固定式压力容器）。

通过操作人员规程和培训来避免超压。例如，这项培训包括：

- 通过资格鉴定测验进行核实的入门和实践培训
- 由选定的司机检查人员进行核实的再次测验和再次资格鉴定

目前充装作业的安全记录表明对工作人员进行培训是值得效仿的（根据历史表现）。为了适应泵送系统能力的持续改进，现在的目标是通过应用本文件的原则并且通过引入额外的安全防护系统（如果需要）来进一步改进总体安全。

3 定义

3.1 定义

MAWP (Maximum Allowable Working Pressure)

最高容许工作压力。槽罐在正常运行过程中的设计最高压力。容器的泄压装置通常被设定在最高容许工作压力下打开。

MAPFP (Maximum Allowable Pump Feed Pressure)

最高容许泵进给压力。接收槽的充装接头、充装阀和管道以及所有相连线路的设计最高压力。最高容许泵进给压力通常介于 15 bar 和 45 bar 之间。最高容许泵进给压力通常高于槽罐的最高容许工作压力（考虑到进口系统在充装过程中的压降）。

UPL (Upper Pressure Limit)

压力上限。允许槽罐在异常条件下（例如试验压力）达到的最高压力。

WP (Working Pressure)

工作压力。容器的运行压力。工作压力是压力控制装置（升压和降压调节器）的设定压力。

Fly wire system 跨线系统

接收槽与泵控制系统之间的标准化电线连接，用于在充装过程中输送信号。

MDP (Maximum Delivery Pressure)

最高输送压力。用于充装接收槽的泵或压力输送系统能够产生的最高压力。

运输槽罐

运输槽罐包括用于低温流体的（槽车的）固定式槽罐、可拆卸槽罐、罐式集装箱和交换箱。

低温储槽

通常是一个固定式真空保温容器，也称为接收槽。

低温流体

部分是液态（由于低温）的冷冻液化气体。

加压装载系统

用于通过重力、压力或机械设备（例如地面泵、输送泵）对产品进行输送的系统。

接收容器

涵盖低温储槽和运输槽罐。

3.2 背景信息

3.2.1 运输槽罐

用于低温流体的运输槽罐通常是按照适用的运输法规进行设计、制造和使用的低压槽罐（设计压力通常低于 3 bar）。

在许多情况下，从（位于生产设施的）压力超过运输槽车的最高容许工作压力（MAWP）的压力源对这些槽罐进行充装。

适用的运输法规通常不涵盖充装和提取方法。为了把低温流体排出到接收槽中，公路槽车配有一个离心泵。

3.2.2 固定式槽罐

固定式低温槽罐提供气体或液体供客户使用，工作压力（WP）范围从几 bar 到超过 35 bar 不等。在充装过程中，这个工作压力必须保持恒定以防止对用户流程造成干扰。用于充装固定式低温容器的加压装载系统（例如运输槽罐泵）：

- 在将进行充装的储槽（在不同的客户现场）范围内，必须有一个至少与最高工作压力相配的输出压力
- 必须产生额外的压力以克服流入槽罐的低温流体的摩擦压降

这意味着加压装载系统可能产生超过接收槽的最高容许工作压力的最高压力。

4 运输槽罐

4.1 充装作业

通常在关闭排放口的情况下对运输槽罐进行充装以减少损失。为了能够在不减压的情况下把产品输送到运输槽罐中，充装站的压力源可能超过运输储罐的最高容许工作压力。

在气体行业，采用各种方法来检测在槽罐中何时达到最高液位（例如例如观察液体何时流出试验旋塞、按重量进行计算或对流量进行测量）。

4.1.1 使用泵进行充装

通常使用泵送系统，通过一个单一充装软管对运输槽罐进行充装。为了获得充足的流率，泵的最高排出压力可能超过接收容器的最高容许工作压力。

标准充装规程要求操作人员通过调节顶部和底部充装平衡，对接收槽压力进行连续监测并且把接收槽压力控制在最高容许工作压力以下。

可以使用配备流量计或台秤的自动系统。

在输送了预定数量的液体或达到最高充装液位时，充装完成。如果操作人员在达到最高充装液位时没有结束充装流程，或者在充装过程中没有对槽罐压力进行控制，运输槽罐中的压力将升高并且可能达到最高容许工作压力，从而导致泄压装置打开。如果泵的流量高于泄压系统的能力，运输槽罐中的压力可能升高到泵最高输送压力（MDP）。

4.1.2 压力平衡充装

这种充装方法涉及在接收槽和储槽的气相与液相之间对软管进行连接。

由于在充装之前/充装过程中，运输槽罐和储槽的压力将被平衡，因此输送系统的压差要求将被减少。这种方法还可以被用于减少运输槽罐的气相中的气态产品损失。

可以使用泵或使用储槽的液压头对产品进行输送。通常由一名操作人员（可以使用自动系统为操作人员提供支持）对充装规程进行控制。

在采用这种双软管输送方法时，由于压力能够“平衡”，因此储槽的所有潜在超压将被减少。

4.1.3 压力输送

如果储槽的压力超过运输槽罐的压力，可以在不使用泵的情况下通过压力输送对运输槽罐进行充装。

可以打开一个升压系统以提高储槽的气相中的压力，从而产生液态产品输送所需的压差。可以采用其它方法（例如使用储槽的液压头）。

通常由一名操作人员（可以使用自动系统为操作人员提供支持）对充装规程进行控制。

如果操作人员在最高充装液位时没有停止充装规程，运输槽罐可能被加压达到固定式储槽的最高允许工作压力（加上液压头）。

4.2 预防措施

在对防止运输槽罐在充装过程中超压的可行的方法和装置进行评审时，应考虑到以下原则：

- 独立于充装站或运输槽罐的方法是首选方法
- 在运输槽罐与充装站之间存在联系的方法是可接受的方法，但是要求实施管理控制系统以确保只有兼容的运输槽罐被用于充装
- 所有装置的设定压力不宜超过将进行充装的最低压力运输槽罐的压力上限
- 采用的方法的完整性应与被评估的风险相称

4.2.1 泄压系统

这种方法涉及确认（或提高）运输槽罐的主泄压能力，以确保能够在运输槽罐不超过其压力上限的情况下，安全地对最高充装流率进行泄放。

如果发现充装流量超过运输槽罐的主泄压能力，对进口流量管线进行限制（例如孔板）可以被视为一种解决方案。

4.2.2 跨接软管系统

这种系统把运输槽罐中的压力经由一个小孔径挠性软管输送到充装站的控制箱。

系统逻辑应确保在以下情况下停止产品输送：

- 达到压力上限设定压力，或者
- 如果没有达到一个低压值，可以检测出软管没有被接入运输槽罐

4.2.3 使用运输槽罐的压力进行控制的切断装置

运输槽罐的充装管线配有一个使用运输槽罐的压力进行控制的自动切断阀。在以下情况下，阀门将被关闭：

- 如果运输槽罐的压力等于或超过其压力上限，或者
- 如果打开阀门的电源被关闭或不可用

这种防护方法独立于充装站并且是失效安全的。

4.2.4 充装装置切断系统

这个系统由一个安装在输送管线上的压力传感装置组成。如果超过压力上限设定压力，这个装置将对输送泵进行隔离和/或关停。这种防护方法独立于运输槽罐。

4.3 建议

各个公司和地点用于对运输槽罐进行充装的设备和规程各不相同。因此，每一个公司宜对使用的设备和充装规程、在每一个充装地点的自有槽车（其中包括在其它气体公司现场的槽车）进行风险评估。

对于这项评估，宜考虑到在充装站的最高充装压力和运输槽罐的压力上限。作为一般规则，运输槽罐的压力上限不宜超过运输槽罐的试验压力。如果需要，应考虑到真空对试验压力产生的影响。

或者，对于每一种运输槽罐，在有管辖权的监管部门同意的情况下，压力上限可以通过增强在运行温度下的材料特性来提高的槽罐的试验压力（如果内部容器的充分设计特性是已知的）或者一个更高的压力（如果对组合系统（输送泵-运输槽罐）进行的适当和充分的文件化风险评估为此提供支持）。

如果以上任何情况发生变更，应对这项风险评估进行评审。需要实施一个有效的变更管理系统。

如果风险评估结果确定可能超过压力上限或有管辖权的监管部门同意的压力，宜使用详述的一种系统或等同的替代系统把风险减轻到可接受的水平。

5 固定式槽罐

5.1 设备和规程

各个气体公司用于从运输槽罐对客户槽罐进行充装的设备和规程各不相同。

在行业中通常使用一个离心泵送系统对大部分槽罐进行充装，离心泵送系统的最高排出压力可能超过接收槽的最高容许工作压力。

标准充装规程要求操作人员对接收槽压力进行连续监测，并且通过对顶部和底部充装阀进行控制，对流入容器的液体流量进行调节从而保持工作压力。在输送了预定数量的液体或达到最高充装液位时，充装完成。检测何时达到最高液位的标准方法是观察液体何时流出试验旋塞管线阀门。

只有在操作人员无法执行这项规程并且没有正确地对充装阀进行调节或在达到最高充装液位时结束充装的情况下，接收槽中的压力才会升高并且最终超过最高容许工作压力，从而启动泄压装置。如果操作人员没有进行干预并且停止流体输送，槽罐中的最终压力将取决于泵和管道的压力/流量特性与槽罐泄压系统的压力/流量特性之间的平衡。

在对少量的低压容器的预防措施进行优先排序时，如果使用最常见类型的泵，可能存在超过容器材料屈服应力的风险。

在一个低压槽罐和一个高压泵的极端组合情况下，可能超过接收容器材料的最终拉伸强度。

在 1996 年之前制造的标准或低压客户容器中，很少配备了能够对典型的离心输送泵系统产生的流率进行处理的泄压系统（和接入这些泄压系统的管线）。

5.2 超压防护原则

在对防止接收槽在充装过程中超压的可行的方法和装置进行评审时，可以对许多方案加以考虑。

1. 超压防护意味着接收槽中的压力在意外条件下不宜超过其压力上限(UPL)，即使是在操作人员无法执行正确的规程的情况下。
2. 宜根据最高容许泵进给压力 (MAPFP)对接收槽的充装点管道进行设计。
3. 用于对接收槽进行充装的最高输送压力不宜超过接收槽的最高容许泵进给压力 (MAPFP)。泵系统出口端宜配备一个至少适合最高输送压力(MDP) 的接头。
4. 如果超压防护系统跳脱，系统宜保持这个状态，直至按照特殊规程对系统进行重设。如果允许操作人员单独对系统进行重设，宜实施一项规程，要求操作人员对事故进行解释。以上要求不适用于接收槽的主泄压装置。
5. 超压防护系统的设计宜采用失效安全。
6. 防护系统不宜鼓励忽略或不遵守正确的规程（例如如果多个接收槽位于同一个现场，防护系统的设计不宜允许在防护系统被接入一个槽罐的同时对另一个槽罐进行充装）。
7. 防护系统宜具有所必要的特性以确保符合适用的规范并且通过监管部门的验收。
8. 低温槽车和/或接收槽的业主宜实施一个管理系统，以确保用于充装接收槽的槽车与接收槽的最高容许泵进给压力 (MAPFP)和超压防护系统是兼容的。

5.3 超压防护示例

以下提供了在用的超压防护方法示例。

5.3.1 泄压装置的能力与进口流量相配接收槽

这种方法涉及确认或提高槽罐的泄压能力，以确保当接收槽压力达到压力上限时，流经泄压装置的流量至少与一个能够产生一个达到接收槽最高容许泵进给压力的设计压力的压力（最高输送压力）的加压装载系统排出的流量相配。

泄压装置宜排放到一个安全的位置（例如远离建筑物入口、操作人员以及客户工作人员或公众可能出入的区域）。

对于按照 ASME 标准运行的接收槽，CGA P-40《分析和防止在低温储槽充装过程中超压的计算方法》应被用于进行计算。如果无法提高泄压能力（由于槽罐内的泄压管线尺寸受限），可以提高进口管道的流量限制从而与可以提供的泄压能力相配。可以使用孔板式装置来提高流量限制。

这种方法的一个缺点是，对于许多现有的低压储槽，充装速率可能变得非常缓慢，即使是在使用一个高压加压装载系统的情况下。如果一个适于使用一个高压加压装载系统进行充装的槽罐也需要使用输送压力较低的泵进行充装，可达到的流率可能过低，这是不可接受的。

5.3.2 接收槽进口流量停止或限制装置

这个装置可以是在接收槽充装接头与第一个切断阀之间插入的一个控制阀或调节器。这个装置在正常充装过程中是打开的，如果接收槽压力过高，这个装置将关闭或限制流量。

通过槽罐顶部引出的一个信号管线对这个装置进行控制。宜对这个信号管线上的所有隔离阀进行设计和管理，以确保当信号管线阀门被关闭时，无法对槽罐进行充装。如果槽罐高压导致这个装置跳脱，宜仅在槽罐压力在允许的范围内时，才可以重新打开，并且宜要求使用规定的动作或工具。

5.3.3 跨线系统

这个系统是一个通过一个简单的双线插入式跨线，对运输槽罐和接收槽进行连接的高完整性泵跳脱电路。从槽车端为电路提供电源，如果槽罐的某些装置运行导致容器超压，电路将断路。

这个装置可以是一个带有一个内置电线的压力开关或爆破片，或者是一个带有一个与标准爆破片串联的内置电线的独立的膜片。

压力开关或爆破片的设定宜确保在超过压力上限之前把泵关停。

注：在某些地点，不允许把跨线系统作为超压防护的唯一解决方案。

5.3.4 专用接头

这些接头的配置涉及特定的压力，只能使用相配的专用接头，从运输槽罐对储槽进行充装。接头应确保不超过压力上限。不应在充装容器与接收容器的特定压力接头之间使用转接器。

5.4 建议

5.4.1 最低要求

如果使用最高输送压力能够达到规定的槽罐最高容许泵进给压力的泵进行充装，基本最低要求是宜为所有的接收槽提供有效的超压防护。

5.4.2 极限压力

槽罐内的极限压力宜为压力上限，作为一般规则，这个压力不宜超过接收槽的试验压力。如果需要，应考虑到真空对试验压力产生的影响。

或者，对于每一种接收罐，在有管辖权的监管部门同意的情况下，压力上限可以通过增强在运行温度下的材料特性来提高的槽罐的试验压力（如果内部容器的充分设计特性是已知的）或者一个更高的压力（如果对组合系统（输送泵-运输槽罐）进行的适当和充分的文件化风险评估为此提供支持）。

如果以上任何情况发生变更，应对这项风险评估进行评审。需要实施一个有效的变更管理系统。

如果风险评估结果确定可能超过压力上限或有管辖权的监管部门同意的压力，宜使用详述的一种系统或等同的替代系统把风险减轻到可接受的水平。

6 一般建议

可以由气体供应商或气体供应商的代理商（不是接收容器的业主）对接收容器进行充装。但是，槽罐的业主负责确保为接收容器提供充分的超压防护，并且确保气体供应商能够安全地进行交货。接收容器的业主宜确认槽罐压力不会超过槽罐的压力上限。在接到储槽的业主的请求之后，气体供应商应向槽罐的业主提供交货车辆的流量和压力特性。通常是提供一个曲线来描述以最高转速运行的泵的压力升高与泵的流量之间的关系。对于压力输送系统，通常是提供输送系统的最高流率和压力。槽罐的业主负责向供应商提供一个系统来确定影响槽罐泄压装置尺寸选型、现有槽罐泄压装置的能力以及最高输送压力和流率的变更。宜确定在操作人员值守的充装过程中影响低温储槽防护的变更并且（如有必要）通知供应商。

此外，充装人员应确保获得业主的批准对接收槽进行充装，并且确认可以安全地对接收槽进行充装。

6.1 现有的装置

宜对现有的装置进行评审并且（如有必要）按照一项严格的计划进行改型以符合本文件的建议（优先考虑到涉及最高风险的装置，也就是使用高压泵送系统进行充装的低压接收槽）。

6.2 适用的原则和方法

在实施一个超压防护系统时，超压防护系统应符合第 5.1 节中所述的所有原则。超压防护系统可以是第 5.2 节中所述的一种系统或者具有等同的可靠性和完整性的任何其它设计。

6.3 司机监控规程的作用

建议使用的额外设备并不是为了取代司机监控规程。目的是为了提供额外的安全性。

6.3.1 工作人员培训

宜对参与充装的工作人员培训进行评审，强调指出对接收槽压力进行连续观察并且正确地使用设备（例如试验旋塞）以避免过量充装的重要性。

所有相关工作人员宜充分了解与过量充装有关的风险。宜对所有的相关培训进行文件化。

附录 A：跨线系统示例（参考信息）

提议使用一个电流电路而不是简单的电压电路，以确保在电路短路和断路时，泵将跳脱。只有在回路中的电流在规定的极限内时，泵才可以运行。

如果电路中断或没有连接，电流是零，泵将不运行。如果损坏或试图篡改导致电路短路，电流将过高，泵将不运行。如果使用一个带有断线膜片的系统并且槽罐安装了双爆破片，宜对膜片进行串联接线。如果使用一个压力开关并且在信号管线上安装了一个隔离阀以便维修或更换，要求采取一种方法以确保当跨线电路被使用时，压力开关是有源的。

为此，可以在接入压力开关的管线上使用一个三通阀以及一个配备了一个高液位跳脱器和一个低液位跳脱器的压力开关。

如果接入储槽的接头不带电，低液位跳脱将导致断路。

为了确保在将进行充装的槽罐上的电路失效时不使用相邻槽罐上的插座，宜对 5 米内带有插座的储槽进行串联接线。

为了符合安全系统的要求，管理控制系统宜确保仅使用兼容的车辆对带有跨线防护的槽罐进行充装。

关于跨线的建议标准如下所述。遵守这个标准能够在不同运营商的设备之间确保兼容性。

插头和插座符合 CEE DIN 49465 2 Pole 16 amp – 24v。

固定式槽罐接头：内螺纹跨线：外螺纹。

针数	功能	电气特性
1	用于泵控制的电流回路	回路电阻 $1.5 \text{ kohm} \pm 10 \%$ ，最大 30 V 电源，最小 10 kohm 接地电阻
2	用于泵控制的电流回路	回路电阻 $1.5 \text{ kohm} \pm 10 \%$ ，最大 30 V 电源，最小 10 kohm 接地电阻