



生产现场散装液态氧、 液态氮和液态氩储存系统

**BULK OXYGEN, NITROGEN & ARGON STORAGE
SYSTEMS AT PRODUCTION SITES**

AIGA 031/06

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)



生产现场散装液态氧、 液态氮和液态氩储存系统

BULK OXYGEN, NITROGEN & ARGON STORAGE SYSTEMS AT PRODUCTION SITES

关键词

- 氩
- 低温
- 液体
- 氮
- 氧
- 储存

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

致谢

本文件源自欧洲工业气体协会文件 127/04E 《生产现场散装液态氧、液态氮和氩储存系统》。特此感谢 EIGA 允许使用其文件。

目录

1 前言 1

2 适用范围 1

3 定义 2

4 总则 2

4.1 氧、氮和氩的特性 3

4.2 预防措施 3

4.2.1 气氛富氧或缺氧 3

4.2.2 空气冷凝 3

4.2.3 油、油脂、可燃材料、清洗和其它异物 4

4.2.4 材料脆化 4

4.2.5 低温灼伤 5

4.2.6 消防 5

4.2.7 吸烟/高温作业 5

4.2.8 保温材料 5

5 装置设计 5

5.1 一般要求 5

5.1.1 泄压装置 5

5.1.2 欠压防止装置 7

5.1.3 隔离阀 7

5.1.4 管道和喷嘴 9

5.1.5 基础 9

5.1.6 地下坑道、电缆沟、沟渠、排水沟 9

5.1.7 电气设备 9

5.1.8 储槽接地 9

5.1.9 接头 10

5.1.10 照明 10

5.2 平底储槽的具体要求 10

5.2.1 总则 10

5.2.2 内槽 11

5.2.3 外槽 11

5.2.4 环形空间吹扫/加压气 11

5.2.5 超压和真空控制和防护 12

5.2.6 过量充装防护 15

5.2.7 内槽与外槽之间的环境空间中的管道 17

5.2.8 基础 17

5.3 子母储槽的具体要求 18

5.4 真空保温储槽的具体要求 18

6 装置的布置 19

6.1 总则 19

6.2 安全距离 19

6.3 装置的位置 20

6.3.1 室外安装 20

6.3.2 电气危险防护 20

6.3.3 安装高度和坡度 20

6.3.4 溢漏导流 20

6.3.5 其它区域的防护 21

6.3.6 气体排放口的位置 21

6.3.7	蒸气云	22
6.4	液体输送区域	22
6.4.1	区域的位置	22
6.4.2	槽车运行控制	22
6.4.3	地面的结构	23
6.4.4	泵系统	23
6.4.5	设备的布置	23
7	接达装置的通道	23
7.1	工作人员	23
7.2	接达装置控制器的通道	23
7.3	标志	24
7.3.1	一般预防措施	24
7.3.2	内容的标识	24
7.3.3	标志的清晰度	24
7.3.4	操作和应急说明书	24
8	试验和试运行	25
8.1	装置的试验	25
8.1.1	压力试验	25
8.1.2	泄压装置	26
8.1.3	欠压防止装置	26
8.1.4	支撑	26
8.2	控制装置调节	26
8.3	标志的设置	26
8.4	试运行	26
9	操作和维修	27
9.1	装置的操作	27
9.2	定期检查和维修	27
9.2.1	总则	27
9.2.2	储槽	28
9.2.3	泄压装置	28
9.2.4	液位显示和过量充装防护	28
9.2.5	紧急隔离阀	28
9.2.6	辅助设备	29
9.3	改动和变更	29
10	工作人员培训和保护	29
10.1	作业许可证	29
10.2	进入容器	29
10.3	工作人员培训	30
10.4	应急规程	30
附录 1a:	液态氧安全距离	32
附录 1b:	液态氮和液态氩安全距离	33
附录 1c:	安全距离	34
附录 2a:	液态氧最小安全距离 “S” 和 “D”	35
附录 2b:	液态氮和液态氩最小安全距离 “D”	36

附录 2c: 用于确定距离“S”和“D” 的网格图.....	37
--------------------------------	----

1 前言

本出版物由亚洲工业气体协会发布，以满足与生产现场液态氧（LOX）、液态氮（LIN）和液态氩（LAR）储存系统有关的信息需求。

近年来，空分装置的规模和产能提升导致生产现场低温液体储存装置的容量相应增加。因此，在设计阶段考虑到与液体产品有关的潜在危险、液体大量释出对当地环境产生的影响以及要求采取的预防措施，这一点显得更加重要。

为了继续促进高安全标准，对以前的 EIGA 文件 IGC 21/85《生产现场散装液态氧储存系统》和 IGC 25/8《生产现场散装液态氮/液态氩储存系统》进行了评审，这项新的文件中纳入了这次评审结果以及近年来与液体产品储存系统的安全和可靠性有关的信息和经验。此外，还对美国压缩气体协会文件 CGA P-25《平底液态氧/液态氮/液态氩储槽系统指南》、英国压缩气体协会文件 BCGA CP-20《生产现场散装液态氧储存系统》和 CP-2《生产现场散装液态氩或液态氮储存系统》进行了评审，并且把这些文件中的相关信息包括在本文件中。

这项 AIGA 文件的目标读者是直接参与散装低温液体储存系统设计、安装、运行和维修的人员。本文件并没有完全涵盖相关主题，而是提供了相关建议，在使用本文件时，宜运用良好的工程判断力。本指南是为了确保在整个工业企业行业中提供一个最低和统一的安全水平从而保护公众和行业员工。本文件中的信息并不取代全国和当地法规，而是为这些法规加以补充。

本文件提供了一个参考实践规范，通过安装防护设备和仪表、设备检查和试验以及储存系统设计标准，降低低温流体从储存系统中大量释出的可能性。

本指南强调的是防止释出而不是在释出后减轻后果。

所有新的储存装置应符合本文件的要求。各个公司或储存系统业主可以自行决定把本指南应用于现有的装置。

2 适用范围

在本文件中，散装液体储存装置是指液体储槽和其它设备（例如泵、充装设备、升压气化器、控制器和其它相关辅助设备，这些设备被接入液体储槽，需要使用这些设备把液体储槽中的产品排出到管线中或者把液体输送到公路车辆或对公路车辆中的液体进行输送，其中包括公路车辆的液体输送区域）的固定式总成。一个典型的装置如图 1 所示。虽然铁路车辆充装设施没有被涵盖在本文件中，但是本文件的规定一般可以适用于铁路充装装置的液体储存部分。

本实践规范明确涵盖在生产现场被接入生产工艺装置并且单个储槽容量超过 125.000 公升的储存装置。对于容量小于 125.000 公升的储槽，各个公司或储存系统业主可以自行决定使用本文件或者把 AIGA 文件 030/13《用户现场低温空气气体储存》用作参考。

生产装置中通常存在的其它储存装置（例如用于仪表空气和密封气后备系统的氮储槽）以及生产装置的工艺系统（例如压缩机、换热器和蒸馏塔）被明确排除在本文件的适用范围外。



图 1

3 定义

虽然 AIGA 文件并没有强制性，但是必须对“应”和“宜”进行明确区分。

“应”表示强烈关注或指示。

“宜”表示建议。

“可以”和“不需要”表示任选。

“将”仅表示将来而不是要求。

4 总则

气态氧是无色、无嗅和无味的。气态氧是无毒的。气态氧的密度略高于空气。气态氧不易燃，但是有力地支持燃烧。

在大气压力下吸入纯氧没有危险，但是暴露时间达到几小时可能导致暂时性肺功能障碍。

氮气和氩气是无色、无嗅和无味的。氮和氩是无毒的，但是不支持生命或燃烧（属于单纯窒息剂的惰性气体）。

4.1 氧、氮和氩的特性

		氧	氮	氩
空气中的含量	Vol%	21	78,1	0,9
在 1,013 bar 压力和 15°C 温度下的气体密度	kg/m ³	1,36	1,19	1,69
在 1,013 bar 压力下的沸腾温度	°C	-183	-196	-186
在 1,013 bar 压力和沸点温度下的液体密度	kg/l	1,14	0,8	1,39

在环境条件下，1 公升液态氧产生大约 850 公升气体，1 公升液态氮产生大约 690 公升气体，1 公升液态氩产生大约 830 公升气体。

冷气态氧、气态氮或气态氩比空气重，可能在坑道和沟渠中积聚。

4.2 预防措施

氧、氮和氩的特性要求采取以下特殊预防措施：

4.2.1 气氛富氧或缺氧

AIGA 文件 005/10《氧和富氧气氛的火灾危险》和 AIGA 文件 008/11《惰性气体危险》对富氧或缺氧导致的危险进行了解释。

大气中通常含有 21%的氧（按体积）。在富氧气氛中，许多在空气中不易燃的材料（其中包括某些普通金属）在被引燃时可能燃烧。在氧系统设计中，应考虑到产生足够的能量引燃氧运行系统部件的潜在机理。

氮和氩通过置换大气中的氧从而起到窒息剂的作用。可能发生缺氧（氧含量低于 21%）的所有情况应被视为具有危险性，应采取相关的预防措施。

宜仅由配备了呼吸装置、接受过呼吸装置使用培训并且熟悉进入密闭空间规程的人员从密闭空间或可能存在缺氧气氛的场所对受影响的人员进行救援。

受害者很可能没有意识到窒息。如果在可能发生窒息并且没有配备呼吸装置的情况下出现以下任何症状，立即把受影响的人员移到露天，然后进行人工呼吸（如有必要）：呼吸急促和喘息、快速疲劳、恶心、呕吐、虚脱或无法移动、行为异常。

在储存和/或输送液态氧、液态氮或液态氩的场所，应始终提供良好的通风。

4.2.2 空气冷凝

环境空气可能在含有液态氮或液态氩的非保温管道和容器上冷凝从而导致气氛富氧。

4.2.3 油、油脂、可燃材料、清洗和其它异物

大部分油、油脂和有机材料在富氧气氛中构成火灾或爆炸危险，不应被用于氧运行设备。只能使用适合特定氧运行应用的材料。

应对所有的氧运行设备进行专门的设计和准备。在对这个应用的铝进行规格选型之前，氧储存系统的设计人员和制造商宜了解与铝/氧系统有关的行业试验和经验以及涉及的安全问题。

在把设备投入氧运行之前（首次或在维修之后），可能与富氧环境接触的所有表面都是“氧运行清洁的”——这是指干燥、没有任何松散组分（例如渣锈、焊渣、喷砂材料）并且完全没有碳氢化合物或与氧不相容的其它材料，这一点是非常重要的。关于如何对设备进行氧运行准备的实践指导，参见 AIGA 文件 012/04《设备氧运行清洗》。

应在清洁、无油的条件下进行氧设备维修和装配。所有的工具和防护服（例如全身工作服、手套和鞋子）应清洁并且没有油脂和油。如果不使用手套，保持双手清洁是非常重要的。

对装置或装置的部件进行脱脂需要使用满足以下要求的脱脂剂：

- 良好的脱脂特性
- 便于清除
- 无腐蚀性
- 与常用的金属和非金属材料相容
- 不易燃或低易燃性
- 无毒
- 不消耗臭氧
- 环境安全
- 一次性

在氧试运行之前，从系统中清除所有的痕量脱脂剂是很重要的。某些脱脂剂（例如卤化溶剂）在空气中可能不易燃，但是在富氧气氛或液态氧中可能爆炸。

虽然液态氮或液态氩不与油或油脂发生反应，但是良好实践是应用一项合理的清洁度标准，尽管严格程度不及氧装置所需的清洁度标准。如果氮或氩系统今后可能被投入氧运行，宜特别考虑对氮或氩系统进行氧运行清洗。

有必要保持良好的内勤以防止松散碎片或可燃物导致污染。

4.2.4 材料脆化

许多材料（例如某些碳钢和塑料）在极低温下脆化，使用适合主导运行条件的材料是非常重要的。

适合低温液体的金属是 18/8 不锈钢和其它奥氏体钢、9%镍钢、铜和铜合金。由于奥氏体不锈钢的拉伸应力和屈服应力之间的较大差幅以及由此导致的更好的抗疲劳性，因此相对于铝合金和 9%镍钢，应首选奥氏体不锈钢。应特别注意使用铝合金和 9%镍钢制成的现场安装容器（由于对这些材料进行焊接的难度）。

聚四氟乙烯（PTFE）是最广泛使用的在低温液体运行中用于密封的塑性材料，但是在某些情况下也使用其它增强塑料和铜。

4.2.5 低温灼伤

与低温液体、冷气体或含有液体的非保温管道或容器接触可能导致皮肤严重损伤。因此，在对液体或冷气态低温流体运行设备进行处理时，应配备手套和眼部防护装备。宜尽可能为工作人员可接达的区域中的液体或冷气体管道提供防护（但是这对于挠性软管是不可行的）。

4.2.6 消防

消防设备类型和数量取决于装置的规模和储存的低温液体。可以从消防部门获得相关建议。

氧储存装置易受失控蔓延的富氧火灾的影响。一个消防系统应能够达到槽车装载区域与散装储存装置和所有其它潜在易受影响的设备（例如泵）之间的整个区域。

4.2.7 吸烟/高温作业

对于氧装置，在附录 2a 中规定的距离以内，应禁止吸烟、高温作业和明火，除非采取了特殊预防措施。

4.2.8 保温材料

如果装置被用于氧运行或可能在今后被投入氧运行，用于保温材料中的部件应确保产成品适合氧运行。

对于氮或氩运行，在选用保温材料时，宜记住在含有这些液体的非保温管道和容器附近可能发生气氮局部富氧。

5 装置设计

5.1 一般要求

应按照公认的压力容器、储槽、管道和建筑规范并且（视情况而定）按照法定要求（其中包括风载荷和地震载荷计算），对装置进行设计、制造和安装，并且装置应符合设备制造商和生产现场操作人员说明书的要求。

5.1.1 泄压装置

应提供泄压装置以防止超压，尤其是在极端压力可能导致储槽结构失效和内容物释出的情况下。为了确定泄压装置能力，必须考虑到最坏可预测组合中的所有运行条件和异常条件。泄压装置应适合主导环境条件。

每一个内槽泄压装置的设计泄压流量 Q_s 应考虑到以下公式：

$$Q_s \geq \Sigma Q_v + Q_a$$

在上式中：

Q_v = 预计在正常运行条件 Q_v 下同时产生的所有流量总和

Q_a = 异常条件产生的最高流量

应考虑到的正常运行条件 Q_v 包括：

- 环境热泄漏导致的正常蒸发率
- 装置生产导致的液体闪蒸和气体置换
- 在泵系统冷却或再循环（从而对公路拖车和铁路槽车进行装载）过程中的液体蒸发（如果对特定的储槽装置执行这项任务）
- 从公路拖车或铁路槽车卸载到储槽中导致的液体闪蒸和气体置换（如果对特定的储槽装置执行这项任务）
- 槽车装载导致的蒸气回流
- 管线和相连设备冷却

异常条件 Q_a 宜包括以下独立的异常条件中的最大异常条件：

- 导致在储槽中产生过量蒸气的压力控制线路或充装管线中的控制阀故障
- 大气压力大幅降低
- 液体生产过冷却缺陷
- 排出管线冷却速率过高
- 设备失效导致的特定装置特有的其它情况
- 外部火灾（例如标准 API 2000 中所述的火灾）

在所有的情况下，设计人员负责对最大流量进行评估（考虑到所有的正常运行条件和特定的装置可能出现的最大异常条件）。

经验表明，在装置的使用期限内，储存系统的运行条件相对于一开始的运行条件（这是对超压泄压装置进行尺寸选型的基础）可能发生变化。在一些例外情况下，结果导致超过内部容器/储槽的设计压力或排放阀和泄压阀的设计能力。因此需要执行一项严格的变更管理规程（如第 9.3 节所述）。如果公路拖车被用于把产品输送到储槽中，应特别加以注意，因为通常使用随车泵来进行这些作业，随车泵的性能可能高于在设计阶段考虑的性能。

EIGA 文件 IGC 24/02《真空保温低温储槽系统压力防护装置》描述了使用的装置（例如弹簧式安全阀、先导式安全阀和爆破片）。相同或相似的装置也可以被用于其它类型的散装储存系统（例如第 5.2.7 节中所述的平底或子母储槽）。此外，在装置规格选型中，宜考虑到 EN 13648《低温容器：超压防护安全装置》（第 1 部分《低温运行安全阀》、第 2 部分《低温运行爆破片安全装置》和第 3 部分《确定所需的排出能力和尺寸选型》）的要求。

应考虑提供一个二次泄压装置（取决于与装置有关的风险程度）。对这个风险进行评估需要考虑到建筑物、公共通行区域和其它易受影响的现场设备（尤其是其它储槽）的接近度以及主导天气条件（高湿度、大气腐蚀）。

在装置设计中还应考虑到便于泄压装置的定期试验或更换，以确保始终为系统提供防护。

应按照相关规范（例如 API 521），根据流量条件对接入泄压装置和排放管道的管道和阀门进行充分的尺寸选型。管道系统中的过高压降可能导致储槽超过设计压力并且导致泄压阀震颤。应为排放管道提供正确的支撑，并且对排放管道进行设计以防止冰和其它异物导致堵塞。

如果安装一个三通阀以适应两个同时运行或交替运行的泄压装置，应进行设计以确保至少一个泄压装置始终全径暴露于储槽压力（无论三通阀执行装置的位置）。

5.1.2 欠压防止装置

在必要的情况下，装置应配备欠压（真空）防止装置。如果形成部分真空条件从而导致存在坍塌的危险（过高的液体提取率、把过冷却产品引入部分充装的内部容器或者在某些条件下储槽外部的大气压力突然升高可能导致形成部分真空条件），这些欠压防止装置应被用于内部容器。

5.1.3 隔离阀

接入储槽内部容器或储槽内部容器引出的每一个液体管线应配备一个隔离阀。这个隔离阀应位于一个尽可能接近外槽壁穿孔的可以方便接达的位置。应考虑防止隔离阀受到外部损坏。

在紧急情况下，应能够对在最高液位以下接入内槽的孔径为 50 毫米或 50 毫米以上的所有液体管线的隔离阀进行远程操作，从而对失效的管道溢漏进行隔离。这个紧急隔离阀是对工艺运行所需的所有正常隔离阀（例如对输送泵进行隔离）进行的补充。

可以使用能够进行试验的止回阀（图 2）来代替在最高液位以下接入的进口管道的外部远程操作紧急隔离阀。

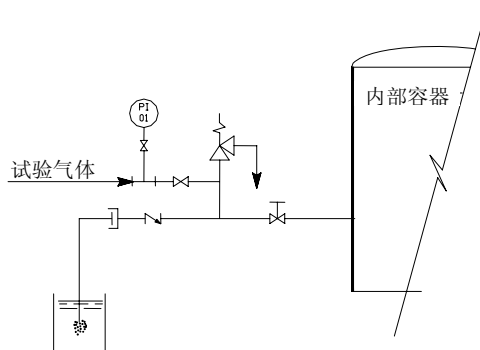


图 2

远程操作紧急隔离阀可以位于内部容器中或外部容器与内部容器之间的环形空间中的外部或内部。

如果下游管线失效，紧急隔离阀应对储槽出口的液体流量进行限制。每一个紧急阀应可靠、快速动作并且能够在大量液体溢漏的条件下运行。在运行动力或运行流体供应中断时，阀门应失效安全关闭。储槽压力或液压头应为阀门关闭提供协助。

外部可远程操作切断阀的位置和设计宜充分防止外部来源导致损坏。如果判断氧液泵或其它设备构成危险，应采取措施以防止紧急阀及其执行机构受到火灾影响（其中包括抛射物或熔融金属）。

可以对液体进口喷嘴进行设计，使之位于储槽的蒸气空间中，并且在设计中提供一个虹吸断点，从而消除储槽进口管线失效导致的液体溢漏。采用这种设计的进口管线失效将导致冷气体而不是低温液体释出。冷气体从失效的进口管线中释出将允许操作人员安全地关闭手动阀，从而对释出量进行限制。在管线路径允许的情况下，管线宜在一个尽可能接近外槽壁穿孔的可以方便接达的位置配备一个手动阀。

应采取措施以确保可以在一个远离潜在泄漏液体流动区域的安全点，对地平面上的紧急隔离阀进行操作。为了提高工作人员在紧急情况下关闭阀门的能力，宜考虑提供多个位置对紧急切断阀进行操作。宜根据装置人员编制以及操作站位于一个受到蒸气云影响的可能性较低的区域中（例如一个通常有人值守的控制室）的可能性来作出这项决定。应使用适当的标志明确地指明操作点的位置、用途和运行模式。

应根据对设备或管道失效导致的溢漏造成的运行人员和一般公众的暴露风险和后果进行的评估，对紧急隔离系统进行选用、设计和布置。

为了防止一次隔离阀失效时大量液体溢漏，对于在最高液位以下引出的并且在储槽与大气之间只有一种隔离方法的标称孔径大于 9 毫米的管线（例如拖车引出的液体充装管线），应采取二次隔离措施。例如，可以安装第二个阀门、安装一个溢流阀或在管道开口端安装一个固定式或移动式端盖作为二次隔离措施。应采取适当的措施以防止在任何两个隔离阀之间或在阀门与端盖之间被截留的液体或冷蒸气导致压力积聚。

5.1.4 管道和喷嘴

接入内槽的液体喷嘴或管道失效可能在现场外产生危险的影响。

在完成施工之后对装置进行适当的检查，从而尽量减轻液体喷嘴失效风险。液体出口喷嘴和管道系统中的所有接头（除了仪表和取样管线以外，直至外部可远程操作紧急阀的进口侧）应采用全焊接结构。在这些管段的设计中，不宜使用法兰接头、波纹管或挠性金属软管。管道设计应考虑到可能在这个管段中产生的热膨胀和应力。宜对这些管段中的所有对接焊缝进行 100%射线透照。

接入内部容器的管道和喷嘴应符合内槽采用的材料要求。如果铝被用于内槽，管道也宜使用铝。

5.1.5 基础

应对储槽基础进行设计，使之能够安全地承受储槽和保温材料的重量、储槽内容物的重量、内部压力以及风、雪、冰、地震和/或试验过程中的水含量可能导致的其它载荷。视情况而定，宜考虑到沉降条件。

5.1.6 地下坑道、电缆沟、沟渠、排水沟

宜在设计阶段尽量避免地下坑道、电缆沟、沟渠、排水沟，以防止可能发生富氧/缺氧的密闭空间以及从储槽移动到其它区域的泄漏路径。

要求定期维修的设备不宜被安装在坑道中。此外，宜在坑道中避免法兰接头和类似的潜在泄漏源。如果把设备安装在坑道中和/或把潜在泄漏源包括在坑道中是无法避免的，应设置标志，警告存在富氧或缺氧危险并且禁止进入坑道，除非采取了具体的预防措施（其中至少包括对坑道气氛进行分析并且签发书面进入许可证）。

5.1.7 电气设备

由于氧不属于易燃气体，因此用于氧系统的电气设备无需采用防火型、防爆型或其它分类型式。装置应符合附录 2 中规定的引燃源间隔距离要求，并且应采用 IP54 或更高的防护等级。对于更加严苛的环境条件，宜采用 IP 55（提供喷水防护）或 IP 65（提供粉尘和喷水防护）。另外参见第 6.3.2 节。

用于氮系统和氩系统的电气设备宜采用 IP54 或更高的防护等级，在更加严苛的环境条件下，考虑采取与氧系统类似的措施。

5.1.8 储槽接地

应在至少一个位置对储槽进行接地。通过各个管道接头，把内部容器接入外部容器。接地夹宜使用奥氏体不锈钢或充分涂漆以防止腐蚀。

5.1.9 接头

用于把液态氧、液态氮或液态氩输送到拖车中的接头应不可与用于其它产品的接头互换。AIGA 文件 024/10《移动式 and 固定式散装储槽接头》描述了 AIGA 接头标准。

5.1.10 照明

应为所有的工作区域提供充分光强的照明，以确保能够始终安全地进行作业。应考虑到提供紧急照明的需要。

5.2 平底储槽的具体要求

5.2.1 总则

用于在平底储槽中储存液态氧、液态氮和液态氩的典型储槽配置是一种双壁、单容型式，液体被容纳在一个内槽中，一个外槽主要用于容纳保温材料（图 3）。

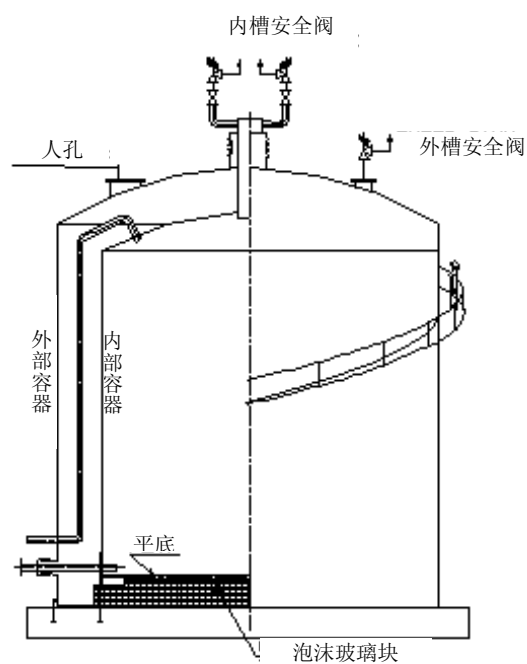


图 3

单容是由一个内槽和一个外槽组成的容纳型式，仅内槽需要满足与产品储存有关的低温延性要求。使用一种干燥、非易燃气体（通常是氮）对间隙（内槽与外槽之间的环形空间）进行吹扫。如果内槽泄漏，低温液体将无法被容纳。内槽和外槽宜采用全焊接结构。

平底储槽的设计、制造和试验应符合所有适用的全国和当地法规。

可以按照最新版本的 API 620 规范（其中包括附录 Q）的要求，对平底储槽进行设计、制造和试验。虽然附录 Q 的适用范围限于-270°F（-167,8°C）的设计温度，但是可以执行这项规范和附录中的实践和规程，从而使平底储槽系统的设计运行温度达到-320°F（-195,6°C）。可以直接采用的替代规范包括 BS 7777 第 4 部分《低温运行平底立式圆筒形储槽》或最新版本的 DIN 4119。虽然所有这三项规范中都没有提及与内部容器检定有关的外部压力，但是可以在 AD-Merkblatt AD-B6 或 DIN 18800 中找到一种设计方法。

储槽系统的地震载荷和分析方法可以按照 API 620（其中包括附录 L）。

5.2.2 内槽

内槽应使用能够承受低温（另外参见第 4.2.4 节）和储存的流体的内部压力并且与氧相容（在液态氧运行的情况下）的材料制成。

在内槽的设计中，宜针对最坏情况（容器是空的并且处于最低设计压力下），考虑到冷却产生的热应力、保温材料压缩产生的外部压力以及气体吹扫最高压力。

平底储槽重大失效导致的低温溢漏是空分装置风险的最坏情况之一。在极端超压的情况下，宜确保结构的最薄弱点不是位于底部圆筒焊缝。

在各项可用的规范中确定了防止内槽底部超压导致破裂的要求。API 650 提及顶部与壳体之间的一种易碎连接，并且把这种易碎连接列为一项潜在买方要求。API 620 确立了锚固带尺寸选型与顶部对壳体连接设计之间的联系。BS 7777 明确规定结构的最薄弱点不应位于底部，并且把这作为安全方面的一项进一步提高。所有这三项规范都没有描述如何对易碎连接进行设计和制造以确保易碎连接将在预定情况下折断。

如果设计规范允许，安装一个易碎顶部的替代方案是安装一个可以提供可预测防护和大流量的限制尺寸的易碎件（例如爆破片）。

5.2.3 外槽

应对外槽进行设计，使之能够为环形空间保温材料和气体吹扫压力提供支撑，但是不要求外槽使用能够承受储存的流体的低温的材料制成。

至少应对外槽进行设计，使之能够耐受适用于安装现场的全国规范要求的最低风载荷。在系统设计中，应考虑到外加载荷（例如雪和冰）和机械载荷（例如楼梯、平台和爬梯）。

5.2.4 环形空间吹扫/加压气

宜使用一种不会在内槽运行条件下冷凝或冻结的干燥、非易燃气体，对平底储槽环形空间进行初步吹扫，然后进行连续加压。宜提供充足的加压气以确保在整个环形空间中保持一个正压。充足的环形空间加压气将把保温材料保持在干燥状态从而提供最佳保温质量。湿或冻结保温材料将更好地导热，并且导致储存的材料的蒸发率升高。

以前发生的事故表明，高于内槽压力的环形空间压力可能导致内部储存容器的顶部和底部受到损坏。内槽与管道之间的相对移动可能导致管道破裂。这可能发生在以下情况下：

- 在水压试验之后，如果容器在排放阀没有打开的情况下被清空
- 如果升压系统发生故障并且提取液体
- 由于气体（蒸气）冷凝（在通过顶部充装喷嘴对储槽进行充装时）
- 在冷却之前，如果环形空间在空的容器处于大气压力下时被加压

如果没有对环形空间进行充分的吹扫，存在以下安全问题：

- 如果在液态氮或液态氩储槽环形空间中存在空气，露点温度高于储存的内容物的露点温度的空气的组分可能冷凝。
- 环形空间中的冷凝的流体积聚可能导致外槽冷却到外槽可能失效的温度。
- 冷凝的流体可能富含氧，并且冷凝的流体中可能包括大气污染物（例如碳氢化合物）。积聚的碳氢化合物污染物与冷凝的富氧流体之间可能迅速发生反应，并且导致环形空间内的能量释出。还可能与环形空间中的保温材料或其它可能与富氧流体不相容的材料迅速发生反应。
- 如果某些低温液体被截留在环形空间中，由于在储槽加温过程中通过气化把液体迅速膨胀成气体，因此压力可能升高。
- 如果由于空气中的大气水分和二氧化碳可能在冷表面上冻结（例如导致管道自由移动受限），导致适当的环形空间吹扫或加压气没有得到保持，环形空间管道部件和保温系统可能失效。

宜在储槽在环形空间中的底座的整个周边提供一个吹扫/加压气分配系统。宜对这个吹扫/加压系统进行设计，以防止保温材料堵塞吹扫系统管道，并且确保气体在整个环形空间中的均匀分布。这个系统的运行宜确保在整个环形空间中保持一个正压。

宜提供一个适当的压力或流量指示装置，用于指明在环形空间中存在加压气。宜提供一个加压气供应警报器，在吹扫气供应不足或过高时向操作人员发出警报。作为警报器的替代方案，可以对在环形空间中存在加压气进行定期检定。

5.2.5 超压和真空控制和防护

内槽或环形空间中的高压或真空条件可能导致储槽失效，并且可能导致储存的低温流体释出到大气中。内部容器中的超压主要影响壳体锚固系统和顶部与壳体之间或底部与壳体之间的连接（取决于内槽设计）。

应使用高压和低压警报器对内槽中的压力进行监测，从而向操作人员发出警报。应在一个就地和/或远程压力指示器上，对内槽中的压力进行测量。

宜考虑对内槽压力监测系统提供安全联锁装置，从而在高压时对接入储槽的所有液体充装源进行隔离（其中包括关停把液体输送到储槽中的所有泵、关闭储槽进口管线上的储槽隔离阀、在高真空时关闭所有的提取管线）。

5.2.5.1 内槽压力控制

一次压力控制系统中宜包括：

- 一个自动正压控制排放系统，用于把压力保持在内槽设计压力或低于内槽设计压力。关于确定这个正压控制系统的设计能力，参见第 5.1.1 节中列出的正常运行条件情况 Qv。
- 如果需要，一个自动最低压力控制系统宜配备一个升压盘管，用于保持内槽中的最低正压（如果存在抽真空的可能性）。关于确定这个最低压力控制系统的设计能力，参见第 5.2.5.3 节中列出的情况。

5.2.5.2 内槽超压防护

内槽超压泄压装置中应包括至少两个独立的泄压装置，两个泄压装置的设定点不高于内槽设计压力。

每一个泄压装置的能力应确保如果一个泄压装置发生故障或被拆除进行维修，在泄压装置设计中考虑到的所有超压情况下仍然能够为储槽提供防护。

可以使用安全阀和爆破片的任何组合，把两个独立的喷嘴接入内槽用于泄压装置，从而满足提供至少两个独立的泄压装置的要求。这样将减轻一个单一喷嘴被冰堵塞从而导致所有的泄压装置无法运行的潜在风险。

作为独立的喷嘴的替代方案，可以使用接入两个安全阀的一个单一大型喷嘴。这个接入内槽的大型连接的直径应大于接入安全阀的分支连接的直径。大型连接不大可能发生堵塞。除了一个单一喷嘴的堵塞风险以外，还需要计算进口管线压降（考虑到两个安全阀通常是同时运行的）。安全阀震颤可能导致安全阀泄漏，从而导致结冰和安全阀堵塞。如果使用组合压力真空阀（由于水分从环境空气进入进口喷嘴的风险较高），以上要求是特别重要的。

系统的设计宜便于泄压装置的定期试验、维修和更换。宜尽量缩短只有一个可运行的泄压装置提供内槽防护的时间期。

对于平底储槽，板式泄压阀通常被用作第 5.1.1 节中所述的设备的替代方案。这些阀门有一个覆盖排放或泄压口的自重板，具有高能力并且结构简单，因此具有可靠性。一个典型的板式泄压阀如图 4 所示。

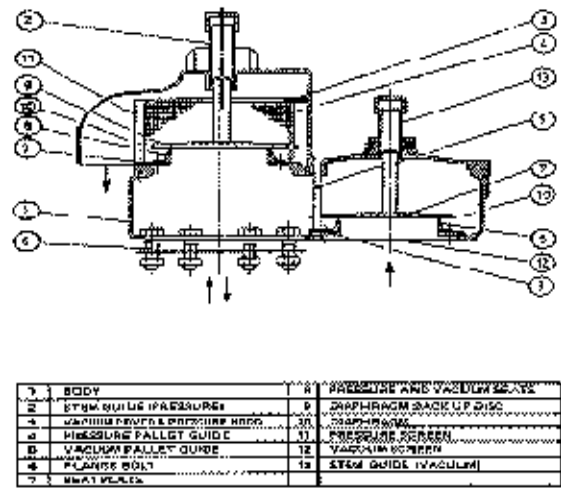


图 4

阀门上的压力和真空泄放点是分开的。板式泄压阀被紧固在容器引出的一个延伸管道的喷嘴。在可能涉及冷条件的应用中，建议使用的阀座密封膜片材料是聚四氟乙烯或类似的材料。但是，阀门的位置应确保阀门不会经受过度低温，这一点很重要的。应对阀门进行定期检查以确保冷蒸气的连续排放没有导致可能影响阀门运行的结冰。阀板应自动定位或采用其它方式相对于阀座对阀板进行正确定位。确保阀板与阀座之间的摩擦力是最小的并且接触面积是最小的。阀门应可靠地复位。阀座应可以研磨以便整修或者有一个可拆卸阀座密封圈。

应对阀板导承进行适当的设计以确保自由移动以便阀板复位。阀板导承应使用相容的材料并且具有充分的硬度以避免磨损。阀座应使用比阀板更硬的材料，并且有一个可研磨表面以便整修。相对于阀板和阀体的阀座位置应可以锁定或紧固。

5.2.5.3 内槽欠压控制和真空防护

如果需要，储槽宜配备一个能够在以下所述的所有情况下保持最低运行压力的升压系统（例如使用一个升压盘管）。真空阀反复运行导致结冰从而导致储槽喷嘴堵塞。宜安装至少一个真空泄压装置，为内槽提供真空防护。

一个组合超压/真空泄压装置可以被用于这个应用，并且可以替代第 5.2.5.2 节中所述的一个泄压装置。

内槽的设计真空泄放能力宜考虑到最坏可预测运行条件和异常条件组合，例如：

- 以最高速率提取液体
- 以压缩机最高吸入率提取蒸气
- 大气压力升高
- 在通过顶部充装喷嘴对液体进行充装或再循环时，储槽蒸气突然冷却
- 设备失效和操作错误导致的特定装置特有的其它情况

5.2.5.4 外槽超压防护

环形空间超压可能导致内槽失效。许多来源可能导致环形空间超压（其中包括内槽或环形空间管道泄漏、环形空间加压系统失效、大气压力突然变化或暴露于热辐射（例如在附近发生火灾时））。

应使用一个单一泄压装置（例如排放阀、呼吸阀、泄压装置、弹簧盖或加重盖），为环形空间提供超压防护。在必要的情况下，宜提供一个独立的泄压装置用于紧急排放。应对泄压装置进行尺寸选型，在压力控制系统失效时对来源的最高潜在流量进行排放。

如果一个过滤器位于泄压装置上游以避免珍珠岩从环形空间逸出，应考虑避免系统堵塞和过高降压。

一个额外的安全泄压装置或一个爆破片宜最好直接位于环形空间加压系统的减压器供应阀下游。宜避免减压器阀手动旁通。

5.2.5.5 外槽真空防护

内槽迅速冷却或大气条件的某些变化可能导致在环形空间中形成真空条件。

宜在外槽上安装至少一个真空泄压装置，为外槽提供真空防护。

一个符合第 5.2.5.4 节中所述的要求的组合超压/真空泄压装置可以替代这个应用。

可以在当前公认的标准（例如 API 620 和 API 2000）的适用的部分中，参考平底储槽的压力和真空泄压装置的安装和尺寸选型标准。

5.2.6 过量充装防护

如果被过量充装，平底储槽将受到严重损坏，这可能导致内槽失效和储槽内容物释出（由于高液位导致的超压或由此导致的溢流液体溢漏）。

平底储槽充装液位超过最高设计液位可能导致对内槽圆顶产生上举静水力，这可能导致许多部件失效（其中包括内槽锚固/压紧带、内槽壳体对地面连接或内槽壳体对顶部连接）。因此，泄压阀并不为储槽提供过量充装危险防护。

在储槽高液位时，过量充装防护装置应采用一个高液位跳脱器把储槽充装阀关闭，或采用一个能够通过最高液体充装率的溢流管线。

液位测量不仅提供正常运行库存状态，而且向安全系统提供输入信号以防止过量充装。因此，应在平底低温储槽上安装两个独立的液位测量装置。可以采用许多方式提供液位测量和显示（例如压差显示、液体浮动装置、溢流管线中的温度检测、声波测量、雷达或电导）。

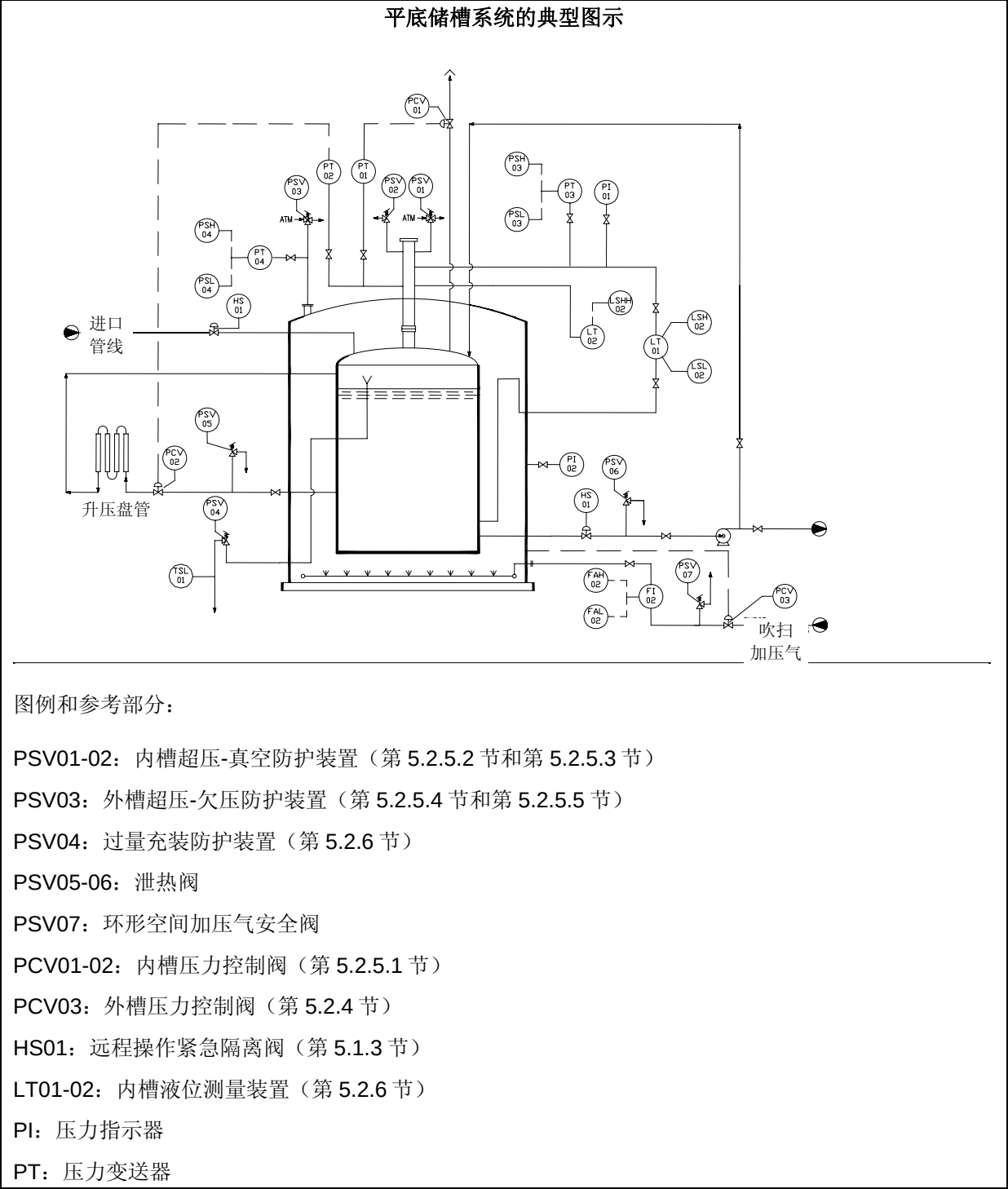


图 5

一次液位测量仪表宜用于正常运行显示。操作人员宜可接达读出装置，读出装置宜提供储槽库存的连续显示。这个装置宜在低液位和高液位时发出警报以指明储槽可能异常运行。典型的设定点可以是满储槽内容物的 5%和低于 5%、满储槽内容物的 95%和高于 95%。作为高液位警报响应，操作人员宜终止进入储槽的液体流量。

宜安装独立于一次测量装置的二次测量装置，用于检测满液位（100%）并且立即对储槽进行隔离以防止进一步充装。二次测量装置可以采用与一次液位仪表相似的结构，只要其输入信号与一次测量装置不是共用的。二次测量装置不宜用于正常运行显示，但是可以作为一次显示的后备装置（如果需要）。二次测量装置宜用于对接入储槽的所有液体充装源进行自动隔离（其中包括切断把液体输送到储槽中的所有泵的电、关闭储槽进口管线上的储槽隔离阀）。如果仅提供一个隔离装置，需要考虑到失效的可能性。

二次测量装置应发出警报，通知操作人员已经进行隔离。应指示操作人员核实进入储槽的液体流量是否已经终止。

可以使用其它系统设计来实现这个意图（例如一个接入朝向安全位置的低温气化器并且带有适当的停机仪表的溢流装置，或者使用一个带有一个低温传感器的液体泄压阀来发出警报并且对充装流程进行隔离）。气化器的安装宜防止过量充装时低温液体释出的可能性。

5.2.7 内槽与外槽之间的环境空间中的管道

在环形空间内，应对接入内槽的管道中的所有接头进行焊接。不应在接入内槽环形空间管道中使用铝到不锈钢过渡接头、法兰或螺纹接头、波纹管或挠性金属软管。在储槽隔离阀上游，管道分支接头不应位于储槽环形空间内。

5.2.8 基础

除了第 5.1.5 节中所述的要求以外，应使用充分层数的泡沫玻璃块，把内槽平底与基础进行隔离。每一层宜与前一层成 90°。可以在泡沫玻璃顶层上铺设一层砂或水泥（图 6），为了防止地震造成影响，可以在周边对装置进行增强。应在干燥的天气条件下进行底座保温材料铺设。

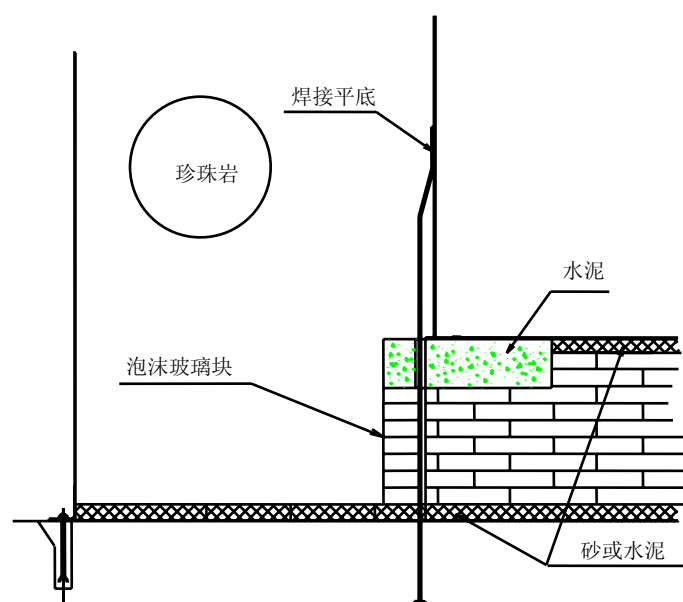


图 6

对于与土壤接触的储槽底部和基础，宜提供基础加热以防止地面冻结和冻胀。对于在地面上被支撑在桩帽上的储槽，要求提供 1 米的最小空气间隙以确保桩帽下方充分的空气循环。

针对以下两种情况，内部容器的锚固/压紧带及其埋入混凝土基础的部分应有充分的设计安全余量：

- 内部容器过量充装导致的内部容器最大超压
- 储槽中最少液体内容物时的最大超压（以避免储槽抬升失效和内容物释出）

作为质量保证方案的组成部分，可以考虑在把锚固带固定在壳体上之前，对锚固带进行抽样试验。

5.3 子母储槽的具体要求

子母储槽是位于一个单一外部夹套中的多个内部压力容器系统。内部容器通常在工厂制造，被安装在现场安装的外部夹套中。

内部容器被管接在一起，不安装中间液体管线手动或自动隔离阀（无论管道尺寸），因为内部容器在外部夹套中的位置提供了机械损坏防护。蒸气空间被管接在一起，不安装阀门，标准系统配备内槽超压/欠压防护装置。

可以根据全真空条件对内部容器进行设计，在这种情况下，子母储槽无需欠压控制和防护。

关于平底储槽的以下部分也适用于子母储槽：

- 第 5.2.2 节“内槽”
- 第 5.2.3 节“外槽”
- 第 5.2.4 节“环形空间吹扫/加压机”
- 第 5.2.5 节“超压和真空控制和防护”
- 5.2.6 过量充装防护（良好实践是在各个容器上安装两个液位装置）

5.4 真空保温储槽的具体要求

大容量真空保温储存容器经常被用于生产现场散装储存。通常按照与客户装置储槽相同的标准（如 AIGA 文件-030/13《用户现场低温空气气体储存》中所述）在工厂制造这些容器。

此外，宜考虑到欧洲标准 EN 13458《低温容器：固定式真空保温容器》（第 1 部分《基本要求》、第 2 部分《设计、制造、检查和试验》、第 3 部分《运行要求》）的基本要求。

EIGA 文件 IGC 24/02《真空保温低温储槽系统压力防护装置》适用于这些储槽，特别是第 6 节（常用压力防护系统）。

此外，应安装第 5.2.5.1 节中所述的用于平底储槽的内槽压力控制系统。如果根据全真空条件对内部容器进行设计，无需欠压控制和防护。

如果采用标准储槽设计，需要注意压力防护装置的蒸气喷嘴尺寸，因为蒸气排放管线尺寸经常不充分（相对于生产装置流量条件）。

6 装置的布置

6.1 总则

严格遵守全国公认的压力容器、储槽和相关设备设计和施工规范以及具体的操作说明书是安全运行并且防止意外释出的最佳保证。

装置的位置应尽量减轻对工作人员、当地人口和财产导致的风险。应考虑到附近的潜在危险流程的位置（这些流程可能危及储存装置的完整性）。

由于装置的规模或战略位置，装置可能在具体的规划控制法律的适用范围内。在这种情况下，应与当地政府部门对提议的所有这些装置的位置进行讨论和商议。

6.2 安全距离

这些规定的距离为了保护储存装置以及工作人员和环境。这些距离是为了防止工作人员在液体释出时暴露于富氧或缺氧气氛或低温灼伤、防止液态氧释出导致火势增强、防止装置受到火灾危险导致的热辐射或喷射火焰冲击的影响。

起到防护作用的安全距离是基于关于低温液体储存装置正常运行中涉及的风险的实践经验。这些安全距离并不提供液体储存容器灾难性失效防护。

附录 1 和附录 2 规定的距离与公认的实践是一致的，这些距离源自欧洲和美国的运行经验。这些距离涉及 200,000 个储槽运行年数。如果有任何证据表明有必要进行修正，将进行这样的修正。

附录 2a 规定了氧系统的最小安全距离“D”，附录 2b 规定了氮系统和氩系统的最小安全距离“D”。

应从安装界限开始对距离进行测量，安装界限是储槽周围的一个假想的边框，在氧系统正常运行过程中可能发生溢漏或泄漏的所有的点（例如软管接头、泄压阀排放口）周围有一个距离“S”。附录 1a 规定了距离“S”。附录 1a 和附录 1c 提供了应用图示。关于“S”的最小长度，参见附录 2a 组 1。

安装界限界定了与液态氧储存装置的具体条件有关的安全距离的测量源点（考虑到在储存区域的某些分区中，氧浓度可能升高）。

附录 2b 规定了氮系统和氩系统的最小建议安全距离。在平面图上从液态氮/液态氩储槽的外部壳体开始测量这些距离，或者（如果在正常运行过程中可能发生泄漏）从永久装置的任何点（例如在充装点和泄漏装置）开始测量这些距离（如附录 1b 所示）。

这些距离是最低要求，应遵守这些要求，但是应认识到仅仅采用安全距离无法在液体从储存装置中连续释出时提供充分的防护。需要结合一系列预防措施来采用这些距离从而控制溢漏并且尽量减轻风险，例如：

- 考虑到地形、溢漏封拦或导流
- 对储存容器进行仔细选位（考虑到潜在蒸气云移动）
- 提供紧急隔离阀、实施应急规程
- 充分的工作人员培训

为了尽量减轻在现场外对一般公众和环境导致的风险，有必要对每一个潜在风险和暴露分别加以考虑。特别是容量超过 200 吨的大型散装氧储槽应遵守《塞维索指令》，这项指令很可能要求在安全设计中考虑采用更大的安全距离（取决于局部细节）。根据这项法律，氮和氩不被视为危险物质。参见 EIGA 文件 IGC 60/98《防止重大事故：《塞维索二号指令》守规指导》。

风险评估宜考虑到在现场边界内提供的一系列预防措施，但是应认识到通常无法在现场外实施现场应急规程和工作人员培训。EIGA 文件 IGC 75/01《确定与实践规范有关的安全距离》描述了安全距离的计算方法。

6.3 装置的位置

6.3.1 室外安装

生产现场的所有低温液体储存装置应位于通风良好的露天。装置不应位于建筑物内。

6.3.2 电气危险防护

应进行选位以确保架空电缆或其它电缆发出的电弧不会对装置造成损坏。应按照当地法规，正确地对装置的所有部件进行接地并且采取防雷措施。

6.3.3 安装高度和坡度

如果需要把液体储槽安装在高位，应使用专门设计的结构物为液体储槽提供支撑。宜考虑防止这些结构物受到低温液体溢漏导致的损坏。

地面坡度应提供正常地表水排水，但是也应考虑到防止把危险材料（例如油或易燃液体）引向氧装置，并且防止把液体溢漏引向危险材料或易受影响的材料或人员可能处于风险中的其它位置。

6.3.4 溢漏导流

应考虑对溢漏进行封拦或把溢漏导流到尽可能最安全的区域。

应确定相关设备（除了主储槽以外）失效可能导致的最大液体溢漏，并且对溢漏进行封拦或把溢漏导流到尽可能最安全的区域。应提供消防栓、软管和喷嘴。可以使用这些装置把任何液体溢流可能导致的蒸气云或液流导流出易受影响的区域。

在所有的情况下，必须防止液体溢漏触及敏感区域（例如控制室、电气设备、机械、天然气燃烧加热器、排水沟、周边区域和公共区域）。必须在总平面布置图的编制过程中对此加以考虑。

6.3.5 其它区域的防护

现场布置应为易受影响的区域（例如钢结构、其它储槽基础和人员可能聚集的地点）提供液体溢漏防护。可以利用地面坡度、提供路缘、沟渠或充分尺寸的屏障来提供防护。

附录 2a 和附录 2b 中规定的距离内的排水系统应安装回水弯以防止液态或气态产品进入。没有安装回水弯的排水系统应至少保持附录 2a 和附录 2b 中规定的与装置之间的距离。

6.3.6 气体排放口的位置

排放口（其中包括安全泄压装置引出的排放口）应排放到一个安全的露天地点，以避免工作人员、建筑物或钢结构以及（在对氧进行排放时）可燃材料受到冲击的风险。

氧排放口的位置应确保排出的氧流不会与易燃排放物（气体或液体）混合。

此外，排放口排出管道通向的位置和高度宜尽量减少雾的形成，并且考虑到大气弥散以避免在操作人员频繁出入的区域中发生局部富氧或缺氧。弥散建模是一个对排放口排出点进行选位的有用的工具。

泄压和排放装置引出的排放管道宜远离外槽或达到充分的高度以避免接触到冷排放流体，这可能导致外槽碳钢顶部破裂。

如果当地环境条件或出口管道方位导致大气水分冷凝和冻结或腐蚀阀门内部构件（这将干扰正常运行），可以使用安装在泄压和排放装置排出管道上的干燥气体吹扫来有效地防止发生这种情况。可以在泄压或排放装置进口与储槽顶部之间保持充分的距离，以确保内槽中的冷气体导致的冷凝不会导致排出管道结冰，这样可以避免吹扫。

6.3.6.1 泄压装置

泄压阀运行通常并不提供冷气体或结冰的恒定源。在平底储槽和子母储槽中，泄压装置通常位于外槽壳体顶部，这样将尽量减少在地平面形成雾。

泄压装置出口管线的方位宜降低雨水积聚的可能性，或者在出口管道的低点提供一个排水口。宜对这个排水口进行定期检查以确保没有堵塞。储槽业主/操作人员宜根据当地环境条件来设定检查周期。

泄压装置出口设计宜考虑采用某些方法（例如安装筛网、挡板或吹除盖），以防止鸟禽或碎片进入并且导致泄压装置流量可能受限或完全堵塞。筛网设计不宜导致泄漏装置流量受限。可以对管道进行定期检查，作为安装筛网的替代方案，以确保排出口没有堵塞。

6.3.6.2 自动排放阀

自动排放阀排出口的位置宜充分高于地平面，以提供充分的大气弥散从而把气体稀释到气体安全的浓度，并且对气体进行加温以防止在气体沉降到操作人员水平面上之前形成雾。

由于现有的排放气体将把排出口排放管道顶端冷却到接近排放气体温度，因此宜对顶端进行保温或加热以防止结冰。由于冰块可能导致储槽喷嘴堵塞、控制阀发生故障或者形成可能落下并且导致操作人员受伤的大冰球，因此可能需要定期解冻。排放阀结冰的循环解冻过程中落下的冰块可能导致工作人员安全问题或设备受到损坏。加热装置应适合低温运行和排放。作为对顶端进行加热的替代方案，可以在排放出口下方设置一个挡栅或者对进入排放口下方的区域的通道进行限制。

6.3.7 蒸气云

在对装置进行选位时，应考虑到溢漏或排放形成的蒸气云移动的可能性以及可能的移动方向和速度，蒸气云移动可能具有危险性（可见度降低、富氧或缺氧）。能够对公路上或装置边界内的可见度造成限制的蒸气雾由气化液体的冷却效应导致冷凝的大气水分构成。弥散建模是一个有助于对储槽系统进行最佳选位的有用的工具。

可以考虑安装蒸气屏障，对蒸气云扩散到现场外进行控制。蒸气屏障能够在蒸气云移到现场外之前，提供更多的时间实施现场应急规程。不是每一个设施都要求安装蒸气屏障。

在确定在现场周围安装蒸气屏障的需要时，需要考虑到现场地形、盛行风向、现场外结构物的接近度以及公路相对于储槽装置的位置。

6.4 液体输送区域

6.4.1 区域的位置

从装置进行充装或对装置进行充装的公路或铁路槽车应位于露天，不应位于液体或重质蒸气逸出受限的带墙的围场中。槽车宜能够随时方便地进出装置运行区域。

应提供路缘或屏障以防止槽车或其它车辆对装置的任何部分造成损坏。

6.4.2 槽车运行控制

操作人员应能够在槽车与装置控制器之间畅通无阻地自由移动。

所有的槽车应配备有效的装置以防止发生拖曳事故。这些装置在运行中应“失效安全”，并且把对这些装置的运行进行的例行检查包括在维修规程中。应在操作规程的制订中考虑到这些装置。EIGA 文件 IGC 63/99《防止拖曳事故》描述了关于避免这些事故的详细系统和规程。

6.4.3 地面的结构

氧充装的通道区域（在平面图中，与液体在充装过程中可能逸出的所有点之间相距 2.5 米）应使用适用于液态氧的无机不可燃材料。沥青、焦油或其它碳氢化合物基物质将构成危险，不应使用这些材料；如果这些材料中饱含液态氧，可能发生爆炸（例如落下的物体或轮胎摩擦可能导致爆炸）。宜对氮充装点加以类似的考虑，因为液态空气（富氧）可能在充装软管外部表面冷凝。

伸缩接头材料应适用于液态氧。

由于没有任何接头材料是与氧完全相容的，因此在设计中宜避免在软管连接点 1 米内（在平面图中）使用接头。

区域的结构应把所有的低温液体溢漏引向一个远离易受影响的区域的溢漏池，或者把一个填充了非多孔砂砾的沟渠包括在内（考虑到蒸发）。

6.4.4 泵系统

氧运行离心泵的安装应遵守 EIGA 文件 IGC 11/82《离心液态氧泵设计和运行实践规范》或类似规范。

应按照氧运行良好实践的公认原则，对往复液态氧泵进行安装。

虽然由于各种安全原因，不要求液态氮/压氩泵符合 EIGA 文件 11/82 的要求，但是建议宜考虑执行这项标准，从而实现与液态氧泵的完全可互换性（在进行适当的准备之后）。

如果泵和/或气化设备位于围场中，应提供适当的通风。用于接达和/或自由或强制通风的开口应通向一个没有冷蒸气自由逸出并且（在氧装置中）没有危险的可燃材料积聚的地点。

6.4.5 设备的布置

设备的安装应考虑到便于接达和维修。

7 接达装置的通道

7.1 工作人员

应对装置进行设计，以确保经过授权的人员能够随时方便地进出装置运行区域。

应禁止任何未经授权的人员进入装置运行区域。应设置相应的警告标志。

7.2 接达装置控制器的通道

充装接头和设备控制器应位于方便接达的位置。

充装接头和设备控制器的位置宜相互接近，并且确保从操作人员的位置能够看到并且方便接达储槽和槽车控制器。

7.3 标志

7.3.1 一般预防措施

标志应清晰醒目，以确保在储槽上或储槽附近（尤其是在通道点）总是能够看到标志，用以指明：

- 液态氧（或液态氮或液态氩）
- 禁止吸烟
- 禁止高温作业
- 禁止明火
- 禁止储存油、油脂或可燃材料
- 未经授权，禁止进入

可以使用符号而不是书面标志，例如：



7.3.2 内容的标识

储槽宜明确标明“液态氧”、“液态氮”或“液态氩”。

多储槽装置或长充装管线的接头应明确标明内容物或化学符号以避免混淆（另外参见第 5.1.9 节）。

7.3.3 标志的清晰度

所有的警告标志和标签应保持清晰可见和更新。

7.3.4 操作和应急说明书

在对装置进行试运行之前，应提供操作和应急说明书并且确保这些说明书得到了了解（另外参见第 10.4 节）。

这些说明书应保持清晰和更新。

8 试验和试运行

8.1 装置的试验

在试验和试运行之前，应采取措施以确保系统按照公认的压力容器、储槽和管道系统规范进行设计和施工并且符合所有的法定要求。

这些措施通常是对压力容器和储槽的图纸、管道系统的图纸、制造证书和施工规范进行评审。

在首次使用之前，一名适任人员应验证装置在规定的运行期间内适于在规定的运行极限内运行。适任人员是指具备与被检查的装置有关的实践和理论知识和实际经验的人员，从而能够检测出缺陷或不足（这是进行检查的目的），并且能够对这些缺陷或不足的重要性（相对于装置的完整性和功能）进行评估。

还应进行检查以确保符合第 4.2.3 节中所述的清洁度要求。

此外，供应商或其代表还应按照经过批准的规程进行以下试验。

8.1.1 压力试验

在首次安装之前，通常已经在制造商工厂按照全国法规对工厂制造的储槽和压力容器进行了试验和检查。不应在不参考制造商的容器设计文件的情况下对容器进行进一步试验。

在现场安装的储槽和系统中，应按照设计规范和适当的标准进行压力试验。

应在试验之前安装适合试验压力的压力显示装置，并且应采取预防措施以防止系统在试验过程中超压。

应在储槽充装过程中，对将用于气水压力试验的水进行分析，并且应使用适当的添加剂。为了防止不锈钢储槽受到严重腐蚀的风险，氯离子（Cl）含量应低于 25 毫克/公升，pH 介于 7 和 8.5 之间，在任何情况下都应符合储槽制造商的规定。应对水进行过滤以避免产生悬浮物。只应在进行试验所需的时间内把水保留在储槽中，并且应尽量减少水与容器接触的时间。应对接入大气的排放口进行检查，以避免在储槽充装和清空过程中储槽超压或超真空。在试验之后，应立即对系统/设备进行排水，应使用清洁水对底部表面进行冲洗、彻底干燥和检查。

如果要求进行气压试验或气水压力试验，干燥无油的空气/氮是首选试验介质。系统压力应逐渐升高，直至达到试验压力。应采用经过批准的方式，对在试验过程中发现的所有缺陷进行纠正，并且对系统进行再试验。

应由一名负责人员见证压力试验并且应签发试验证书。应保存试验证书备查。

在任何压力试验过程中，通常不安装装置仪表和量表，但是应在加压进行泄漏试验（泄漏试验包括检查接头泄漏，通常在低于设计压力的压力下进行泄漏试验）之前安装装置仪表和量表。

8.1.2 泄压装置

应进行检查以确保所有的运输锁定装置已经从内部容器、外部夹套和管道系统的泄漏装置中被撤除，并且确保泄压装置没有受到损坏而且处于良好状态。某些型号的安全阀的螺杆配有一个锁定螺钉，以便能够在高于设定压力的压力下进行气压试验。通常使用一个自粘板对这个锁定螺钉进行标识：在对设备进行试运行之前，注意确保锁定螺钉已经被撤除。

应对泄压装置设定压力（压印或连附在每一个装置上）进行检查，以确保符合系统的最高容许运行压力。必须对泄压阀进行功能试验。

8.1.3 欠压防止装置

应进行检查以确保所有的运输锁定装置已经被撤除，并且确保欠压防止装置没有受到损坏而且处于良好状态。

8.1.4 支撑

应进行检查以确保所有的泄压阀或爆破片排放管线的位置不会导致任何排放对工作人员或设备产生影响，并且确保为阀门和排放口提供适当的支撑（考虑到作用力）。

8.2 控制装置调节

应按照系统所需的运行条件对控制装置进行调节，并且对控制装置进行功能试验。

8.3 标志的设置

应在把装置投入运行之前，对标志进行设置（参见第 7.3 节）。

8.4 试运行

只应由经过授权的工作人员按照书面规程进行试运行。

无论何时对储槽进行初步冷却（从公路槽车或从生产空分单元空气），内部容器和环形空间中的正压或负压不应超过制造商文件中规定的最高运行值。此外，对于平底储槽，环形空间中的压力不应超过内槽中的实际压力以避免储槽平底抬升。

应仔细地进行首次液体充装（对液体流量进行限制，以避免暖储槽中的剧烈液体闪蒸导致内部容器中的热应力和超压）。

9 操作和维修

9.1 装置的操作

只允许经过授权的人员对装置进行操作。应向操作人员提供操作说明书。

说明书应规定系统的安全运行极限以及在紧急情况下对系统进行操作所需的所有特殊规程。这些说明书一般宜采用简明扼要的格式进行编制。

如果在装置过程中，在系统的设计或安全运行极限外发生偏差（例如超压、温度迅速变化、机械损坏），应由一名合格人员制订一项检查方案并且应实施这个检查方案。

9.2 定期检查和维修

9.2.1 总则

要求进行定期检查和维修以确保装置保持在安全状态。应在制造商、用户和当地政府部门之间确定进行检查、维修和修理的责任。对装置进行维修应符合当前批准文件。

宜对设备进行计划内例行检查和维修并且进行适当的记录。

宜定期对现场进行检查以确保现场保持在适当的条件下并且确保安全距离得到遵守。

应在现场保存一个全面的装置档案，这个档案中应包括：

- 工艺和仪表图
- 容器或储槽档案
- 操作说明书

维修一般将包括：

- 检查储槽、管道和附件的状态
- 检查阀门的可操作性
- 小修（例如更换密封）
- 清洗

只应由接受过相关任务培训的工作人员进行检查、维修和修理。

在所有的压力已经释出之前，不应把设备停用进行修理。应立即采用安全的方式对所有的泄漏进行纠正。宜仅使用原始备品备件。如果这不可行，备品备件的适当性应获得一名适任人员的批准。

9.2.2 储槽

由于以下原因，宜没有必要对内槽进行定期检查或试验：

- 干燥和清洁的运行条件
- 产品无腐蚀性
- 在低温下的增强材料特性
- 特殊保温材料

如果把储槽停用进行改动或维修，宜由一名适任人员（如第 8.1 节所述）在再次试运行之前对储槽的可可达区域进行检查。

此外，宜进行年度外部目测检查以确认外槽、外露管道、阀门和控制器处于合格状态。

宜对保温空间真空或吹扫气成分进行定期监测以确定内槽泄漏。宜对非真空保温储槽的吹扫气供应进行定期检查以确保有效的吹扫得到保持。

宜根据土壤或其它条件，对储槽基础的稳定性进行定期监测。

9.2.3 泄压装置

应在正常运行过程中对装置进行定期目测检查。

应对每一个泄压阀进行定期试验以证明泄压阀适于继续运行。应按照 EIGA 文件 IGC 24/02《真空保温低温储槽系统压力防护装置》对泄压阀进行试验，除非全国法规提出更加严格的要求。

随着时间推移，爆破片元件可能劣化从而导致泄压能力降低。因此，可能有必要经常更换爆破片元件。

如果在泄压装置上游安装了截止阀，从而能够在储槽运行中对泄压装置进行检查，具体的锁定系统和运行规程应到位以确保在试验之后，安全装置没有被隔离。在对另一个安全装置进行试验的过程中，至少一个安全装置应保持运行。

9.2.4 液位显示和过量充装防护

宜 2 年一次或更加频繁地对液位测量系统和过量充装防护系统进行试验。这项试验必须确认整个系统的可操作性（其中包括停机装置在适当的设定点启动、每一个储槽液体进口管线中的隔离阀关闭）。

9.2.5 紧急隔离阀

宜进行定期检查以确保所有的紧急隔离阀都在运行中，并且被关闭的紧急隔离阀排出的所有流量都达到可以接受的低水平。储槽业主宜 2 年一次或更加频繁地对用于降低储存系统连续液体释出的可能性的紧急切断阀和/或止回阀进行试验。对远程操作紧急切断阀进行的试验宜确认从所有的操作点对阀门进行关闭。对止回阀进行的试验宜确认阀门防止经由失效的管线发生大量液体回流的能力。

9.2.6 辅助设备

应按照制造商的建议或全国规范（以更加严格的要求为准），对辅助设备（除了前面详述的辅助设备以外，例如液位计和液位变送器、压力计和压力变送器、温度计和温度变送器、减压器、升压气化器）进行维修。

9.3 改动和变更

未经负责经理或其代表的授权，不应应对装置、设备、控制系统、工艺条件和操作规程进行改动。

应按照适用的设计规范进行所有的改动，某些改动可能要求与供应商进行商议。

必须对提议的改动进行安全、健康和环境影响评估，在可以实施改动之前，宜提供一个经过签署的文件。在设备被放行投入运行之前，宜对文件进行第二次签署。在实施这个规程时，宜参考 AIGA 文件 010/04《变更管理》。

10 工作人员培训和保护

10.1 作业许可证

AIGA 文件 011/04《作业许可证制度》描述了关于作业许可证的建议和规定。

在对装置进行维修之前，应由一名经过授权的人员向进行作业的人员签发特定作业（低温作业、高温作业、进入容器、电气作业）的书面作业许可证。

10.2 进入容器

在进入任何储槽、容器或内槽与外槽之间的环形空间之前，应采取以下预防措施（以下并不一定列出了要求采取的所有预防措施）：

- 对储槽内容物进行清空和吹扫
- 在允许进入之前，确保内槽大约处于环境温度下
- 使用封堵片或进行物理断开，把环形空间吹扫管线和工艺管线与其它可能仍然在运行中的设备进行隔离
- 在几个选定的点，使用适当的气体检测器（可能有必要使用探头），对容器和/或环形空间中的气氛进行分析以确保氧含量是 21%；在作业过程中，可能有必要对此进行定期或连续测量并且安装强制通风系统
- 在人孔外或附近安排后备人员待命
- 使用适当的安全设备（例如吊带、防护服、灭火器）
- 提供救援设备（例如吊带、自给式呼吸装置、绞车、无线电通信联络）

10.3 工作人员培训

AIGA 文件 009/10《员工安全培训》描述了关于工作人员培训的和建议。

直接参与储存系统试运行、运行和维修的所有工作人员应被充分告知与氧、氮和氩有关的危险，并且接受对设备进行操作或维修的适当培训（视情况而定）。

培训应涵盖这些危险以及特定的操作人员可能遇到的其它潜在危险。

培训应涵盖、但是并不一定仅限于与所有的工作人员有关的以下主题：

- 低温流体的潜在危险
- 现场安全规定
- 应急规程
- 使用消防设备
- 使用防护服/装置（其中包括套装，视情况而定）
- 低温灼伤急救处理

此外，个人应接受关于他们进行的活动的具体培训。

建议采用一个正式的系统进行培训，并且保存培训记录和（在可能的情况下）成绩记录从而表明在什么情况下要求提供进一步培训。

培训课程宜考虑定期提供再培训。

10.4 应急规程

应制订应急规程，把低温流体溢漏事件包括在应急规程中。建议与应急部门或消防部门共同制订应急规程并且考虑到当地条件。

所有的相关工作人员应能够方便地查阅应急规程、对应急规程进行定期演练并且进行定期检查以保持更新。可能受影响的员工应了解要求采取的措施以尽量减轻这种溢漏导致的不利影响。

应急规程宜考虑到：

- 低温流体的特性
- 涉及的数量
- 当地地形
- 储存系统的设计和设备

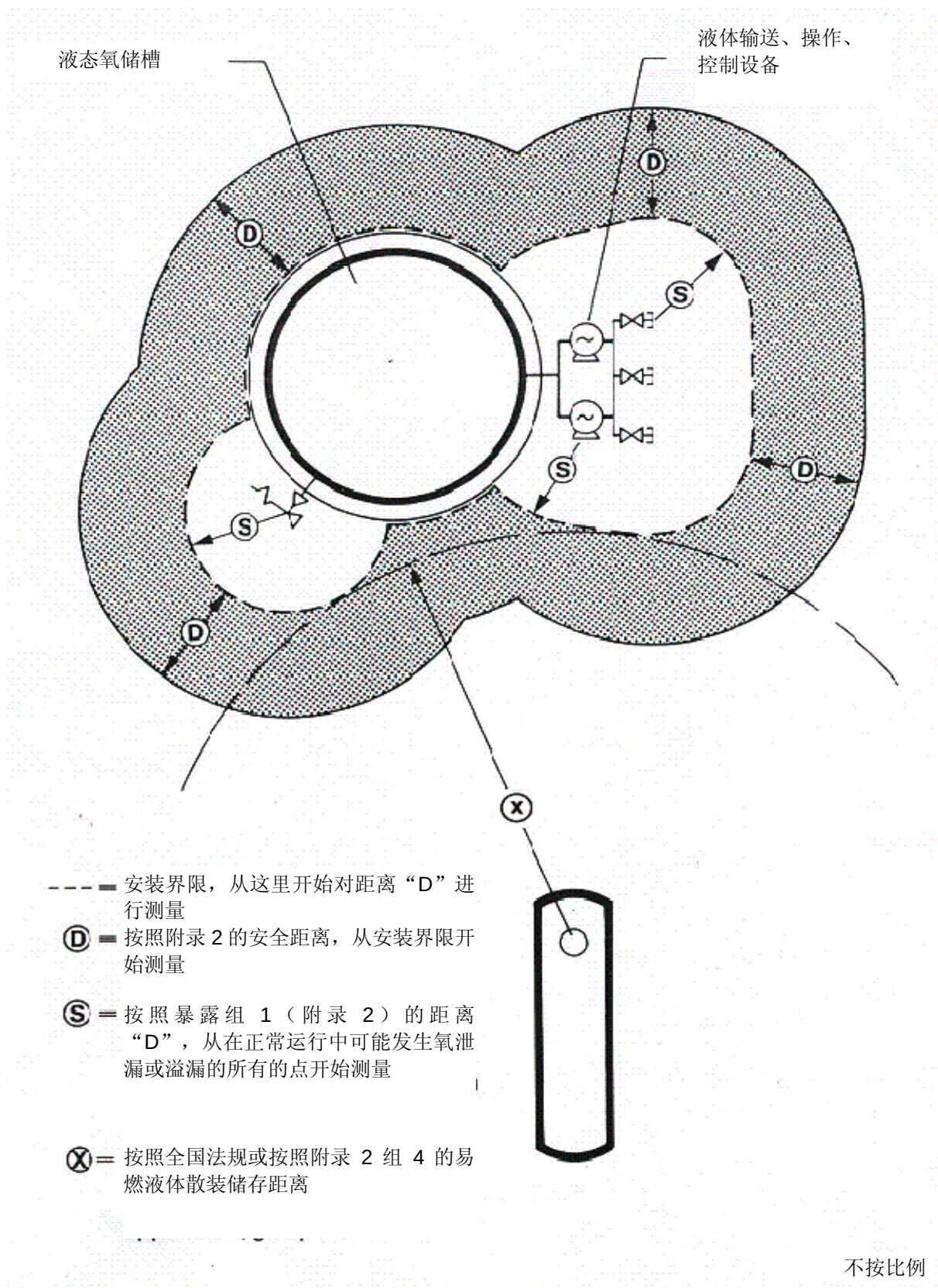
宜按照以下指南制订应急规程：

- 发出警报
- 呼叫帮助和应急部门
- 立即通知消防部门（如有必要）
- 把所有的人员从直接危险区域疏散并且对直接危险区域进行封闭和
- 如果发生泄漏/溢漏：
 - o 对泄漏进行密封（如果能够在没有风险的情况下这样做）
 - o 让液体蒸发
 - o 防止液体进入下水道、坑道、沟渠
- 如果发生火灾：
 - o 对容器喷水从而保持容器冷却
 - o 不应直接对阀门或安全设备喷水
- 警告公众注意蒸气云导致的潜在危险并且（在必要的情况下）进行疏散

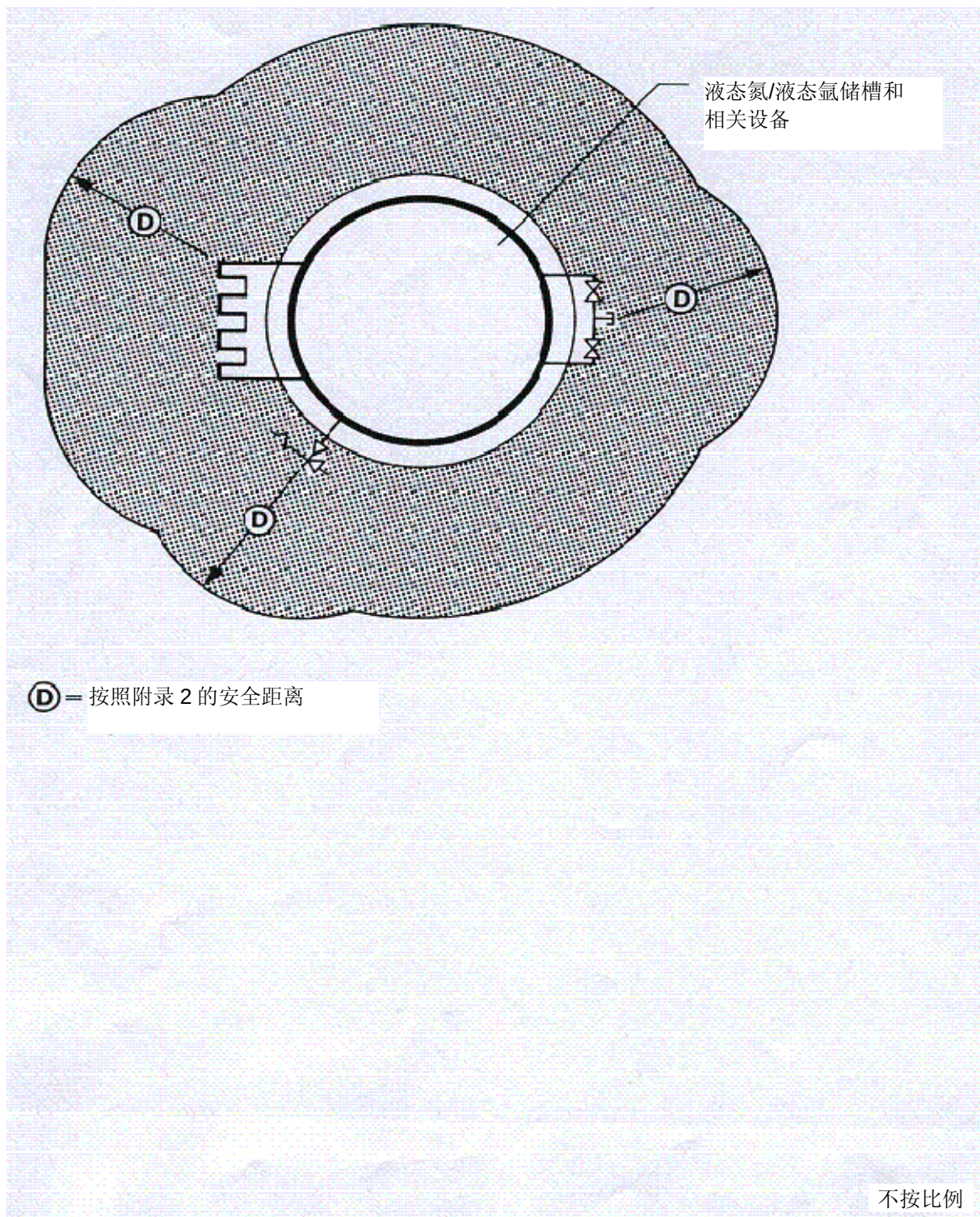
应急规程中应包括：

- 所需的应急设备列表
- 指定对紧急情况进行管理的后备工作人员/组织，以及在工作时间内和工作时间以外与他们进行联系的规程
- 内容物标识

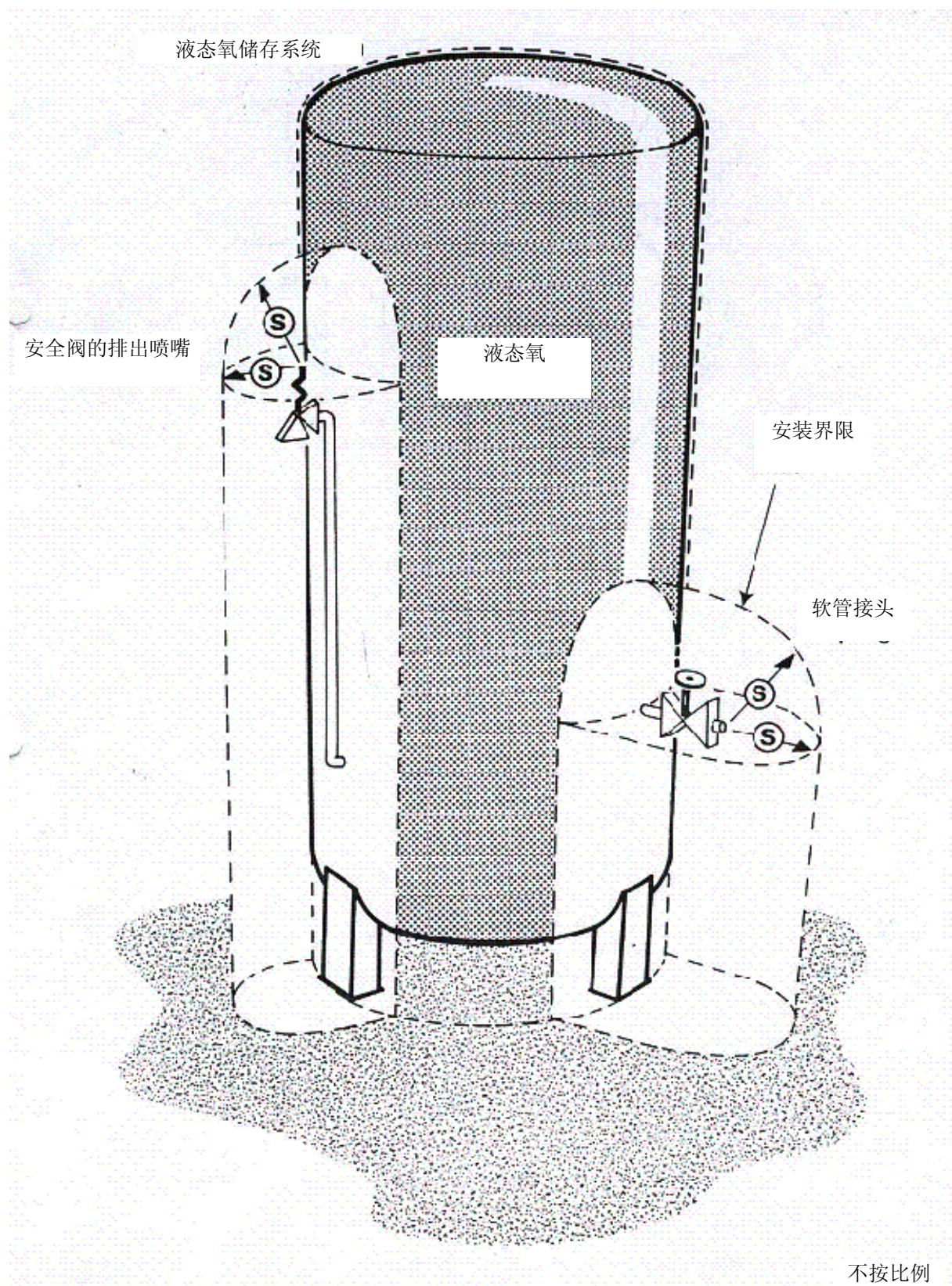
附录 1a: 液态氧安全距离



附录 1b: 液态氮和液态氩安全距离



附录 1c: 安全距离

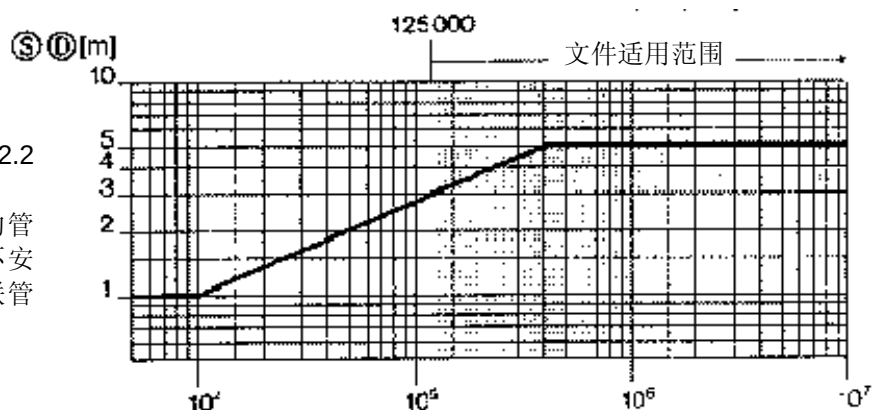


附录 2a: 液态氧最小安全距离 “S” 和 “D”

暴露类型:

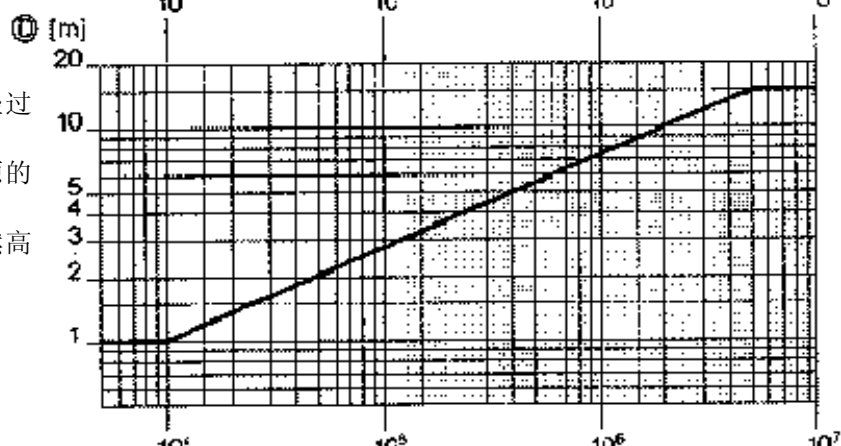
组 1

- 距离 “S” (参见第 2.2 节)
- 含有易燃气体或液体的管线的连续管段, 中间不安装配件 (例如阀门、联管节、法兰)



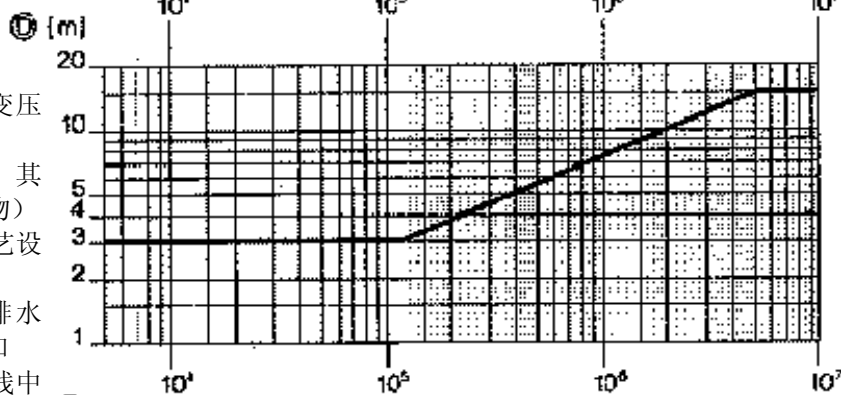
组 2

- 现场边界、停车区域 (经过授权的车辆除外)
- 允许明火、吸烟或引燃源的区域
- 钢瓶或钢瓶集装格非易燃高压气体的固定式装置



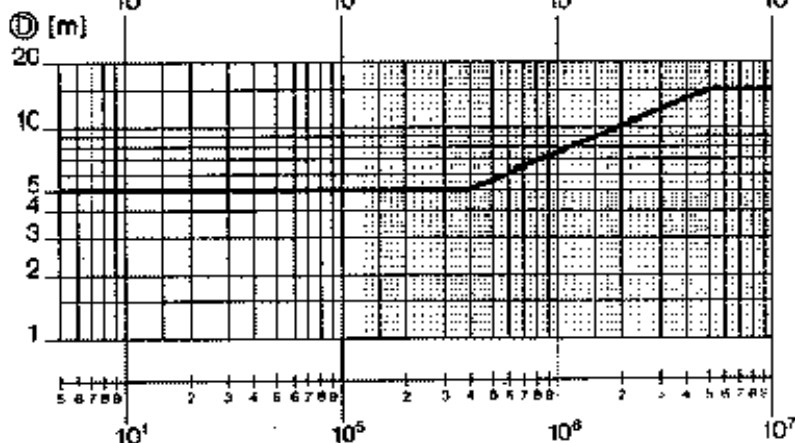
组 3

- 中电压或高电压变电站/变压器/电机控制中心
- 可燃材料库存 (例如木材, 其中包括木制建筑物和结构物)
- 不属于 “储存装置” 的工艺设备和机械
- 坑道、电缆沟、地表水排水沟、低于地平面的系统开口
- 含有易燃气体或液体的管线中的配件 (例如阀门、法兰、联管节)



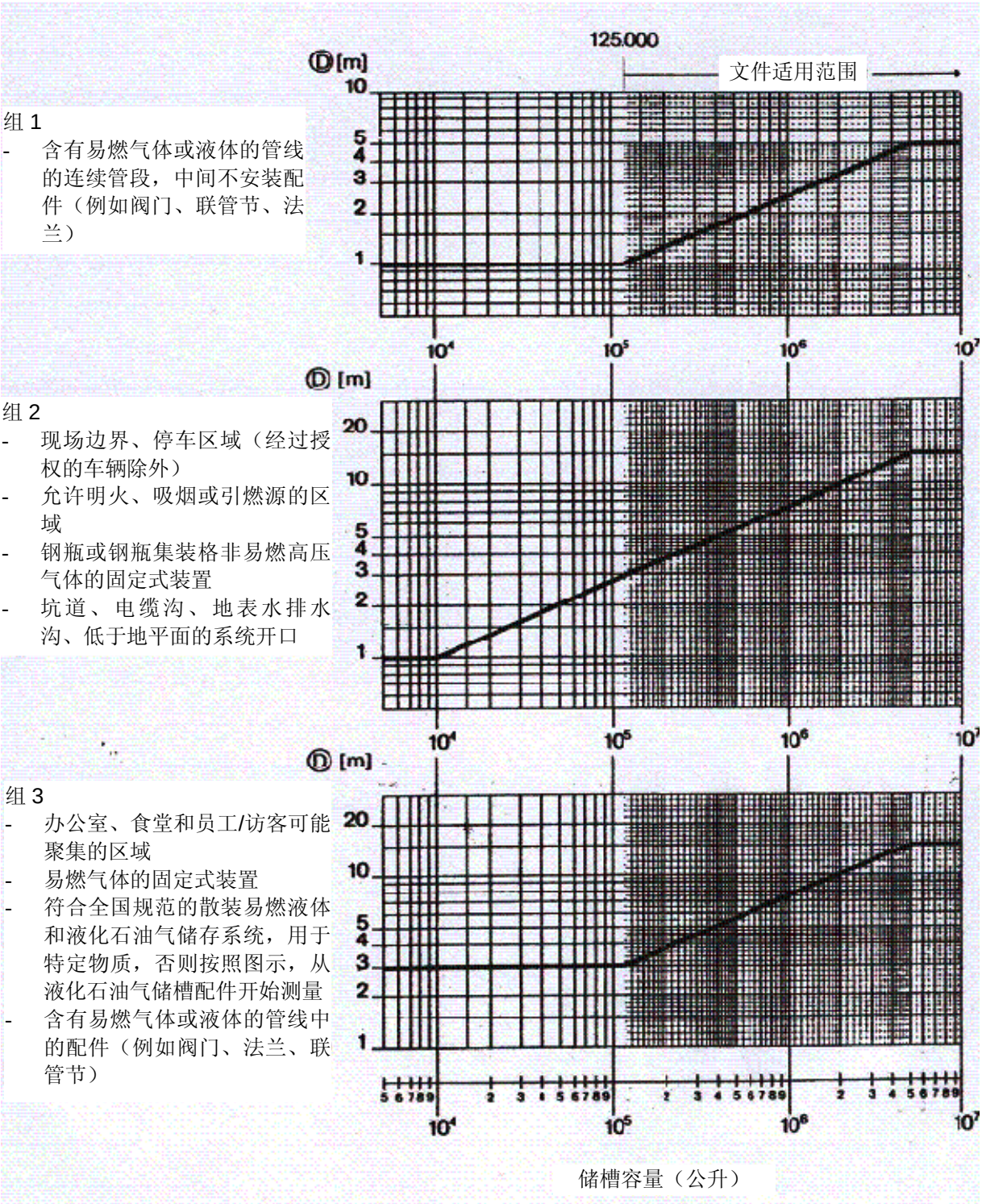
组 4

- 办公室、食堂和员工/访客可能聚集的区域
- 压缩机/通风机空气进口
- 不属于 “储存装置” 的工艺设备和机械
- 符合全国规范的散装易燃液体和液化石油气储存系统, 用于特定物质, 否则按照图示, 从液化石油气储槽配件开始测量



储槽容量 (公升)

附录 2b：液态氮和液态氩最小安全距离 “D”



附录 2c: 用于确定距离“S”和“D”的网格图

计算: 使用以下公式来描述网格图的对角线:

$$\textcircled{D}, \textcircled{S} \text{ [m]} = \left(\frac{V \text{ [l]}}{10^4} \right)^{0.4358}$$

