

珠光砂安全操作技术规程

The safety technical regulations for perlite operation

(征求意见稿)

2020 - ×× - ××发布

2020 - ×× - ××实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安全基本要求	3
5 珠光砂的卸出	3
6 珠光砂的装填	5
7 运行和维护	6
8 珠光砂的废弃处理	6
9 应急救援	7

前 言

本规程是在2009年中国工业气体工业协会基于2006-2009年我国国内发生在空分装置检修的“喷砂”事故而编制的QT 1002-2009《珠光砂安全操作技术规程》基础上，结合国内外最新颁布的规范标准及技术发展而修订的。

本规程按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本规程由中国工业气体工业协会提出并归口。

本规程起草单位：

本规程主要起草人：

CCGA

珠光砂安全操作技术规程

1 范围

本规程制定了珠光砂装卸前的安全基本要求、安全操作及应急救援。

本规程适用于空气分离装置,液化天然气、液氢、液体二氧化碳生产装置,以及大型低温液体(LNG、LPG、液氧、液氮、乙烯、液氨等)储存装置的使用单位。

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 2894 安全标志及其使用导则
GB/T 11651 个体防护装备选用规范
GB/T 16556 自给开路式压缩空气呼吸器
GB/T 19670 机械安全 防止意外启动
GB/T 29510 个人防护装备配备基本要求
GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
GB 30871-2014 化学品生产单位特殊作业安全规范
GB/T 33579 机械安全 危险能量控制方法 上锁/挂牌
AQ/T 9007 生产安全事故应急演练基本规范
T/CCGA 90001 氧气和富氧气氛的火灾危险
T/CCGA 90002 缺氧气氛的危险
EIGA Doc 146 珠光砂管理 (Perlite management)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷箱 cold box

包围在分馏塔和其他低温设备外围的圆柱形或矩形外壳,通常是金属结构。分馏塔和冷箱内壁之间的空间一般填充珠光砂,并通入干燥气体作为密封气,通常为氮气。

3.2

珠光砂 perlite

珠光砂,又名膨胀珍珠岩,具有无毒、无味、不燃、无腐蚀、质轻、多孔、化学稳定性好以及良好的填充流动性和极低的导热性等特性,被广泛应用为空分分离装置冷箱内堆积填充的绝热材料。

它是由玻璃质火山岩经破碎、筛分、粒度级配、高温焙烧而成，外表呈白色颗粒状，内部呈蜂窝状。珠光砂的粒度一般为0.1~1.20mm，松散密度为35~55kg/m³，易飞扬，会刺激喉头和眼睛，易被吸入肺内，人落入其填充空间内会被淹没，发生窒息，导致死亡。

3.3

喷砂 perlite eruption

冷箱中因其内部容器、管道漏液而积聚的低温液体，在密闭的冷箱内受热或受扰动后会急剧气化，导致冷箱内压力迅速升高，冷箱中的珠光砂在低温液体急剧气化膨胀的作用下，随气流通过压力释放口喷出冷箱，从而形成喷砂。

喷砂会造成冷箱鼓胀及冷箱内低温设备不同程度的损坏，甚至会直接威胁人的生命，造成机组直接停产，严重影响企业正常生产秩序。

3.4

密封气 seal gas

一般为无水、无油的惰性气体，用于低温冷箱密封。

3.5

意外（或非预期）启动 unexpected (unintended) start up

由如下原因引起的启动：

- 由于控制系统的内部失效或外部因素对控制系统的影响导致的启动指令；
- 由于对机器的启动控制器或其他零部件（如传感器或动力控制元件）的不当操作所产生的启动指令；
- 动力源中断后又恢复而产生的启动；
- 机器的零部件受到内部或外部的影响（如重力、风力等）而产生的启动。

3.6

上锁/挂牌 lockout/tagout

按照既定程序在隔离装置上放置锁具/标牌，以表明在锁具/标牌按照既定程序移除之前，不得操作隔离装置。

3.7

上锁装置 lockout device

一种主动的方式（如锁具）可保证隔离装置处于防止机器设备或动力源启动的位置。

3.8

挂牌装置 tagout device

可牢固固定在隔离装置上的突出的警告装置（如标牌），以表明在移除挂牌装置以前不能操作被控制机器设备或动力源。

3.9

安全工作许可制度 safety work permit system

工作许可人根据工作内容在做好相关安全技术措施后，向工作负责人发出工作许可的命令；工作负责人方可开始工作；在检修工作中，工作间断、转移，以及工作终结，必须有工作许可人的许可，所有

这些组织程序规定均称为安全工作许可制度。

履行工作许可手续的目的，是为了在完成安全措施以后，进一步加强工作责任感。确保万无一失所采取的一种必不可少的“把关”措施。因此，必须在完成各项安全措施之后再履行工作许可手续。

工作许可人在完成工作现场的安全措施后，应会同工作负责人到现场再次检查，确保安全措施到位；然后工作许可人和工作负责人在工作票上分别签名，发放工作票；完成上述许可手续后，作业人员方可开始工作。

4 安全基本要求

4.1 现场应采取架设围栏或拦绳等封闭的措施，提示与作业无关的人员不得入内，并按 GB 2894 的规定在易发生危险处设置警示标识。

4.2 应设置安全监护员，配备符合 GB/T 16556 规定的呼吸器。

4.3 作业人员进入作业现场前，应按 GB 30871-2014，4.2 的规定对其进行安全教育。

4.4 作业人员进入作业现场时，应按 GB/T 11651、GB/T 29510 的规定选择并佩戴好护目镜、防尘口罩等个人防护装备，施工作业区域禁止吸烟。

4.5 电气与机械操作和维修人员应经过专业培训，熟知设备操作与维修程序，熟知作业工具的构造、性能、操作方法和安全要求。特种设备作业人员应持证上岗。

4.6 作业人员作业前，应按 GB 30871-2014，4.4 的规定对作业现场及作业涉及的设备、设施、工器具等进行检查，并确定其符合相关要求。

4.7 作业人员作业前，应按 GB 30871-2014，4.6 的规定办理作业审批手续，并经相关责任人签字确认，作业应执行《安全工作许可制度》。配备的灭火器具应放在明显位置。

5 珠光砂的卸出

5.1 扒砂准备工作

5.1.1 如冷箱内因容器、管道泄漏而使低温液体渗入珠光砂中，在冷箱内设备停车排液后应按冷箱加温程序进行加温。

5.1.2 加温前，应打开冷箱顶部所有的人孔盖和冷箱上的防爆板，以便于冷箱卸压。顶部人孔盖打开后应搭设防雨棚，防止雨水进入。

5.1.3 对冷箱进行加温时，应先通入少量空气，根据冷箱密封气压力和冷箱人孔排气情况，调整通入冷箱设备、管道内的空气量。当排气量过大使珍珠岩随空气排出时应减小加温空气量，排气量无明显变化时可缓慢增大加温空气量。

5.1.4 在稳定加温空气量后，通入冷箱密封气，并缓慢调整冷箱密封气的流量，对珠光砂进行加温。加温应缓慢进行，不得随意加大气量，防止热空气过多造成液体大量汽化而出现危险。

5.1.5 加温过程中，应密切注意冷箱的密封气压力，冷箱是否有珠光砂流出，及时调整加温气压力和流量。

5.1.6 作业人员操作阀门时应缓慢进行，防止操作过快导致加温气量过大或操作压力过高。

5.1.7 各工艺设备的加温气量应根据温度合理分配，加温应彻底。

- 5.1.8 当塔内所有设备、管道上的检测温度及出冷箱人孔密封气温度高于 0℃并持续 2 小时以上，露点在-40℃到-60℃左右时，再加温 1~2 天，使冷箱内珠光砂逐步升温，直到冷箱外壁无结霜、结露现象。
- 5.1.9 在切断加热气源和停充冷箱基础氮气之后，观察基础温度是否明显下降。在冷箱静置至少 12 小时之后，再观察基础温度，若降温不明显，可认为加热彻底，可以开始扒砂。
- 5.1.10 在加温过程中，应密切关注冷箱内的声音是否正常，如有异常应立即停止加温，待排除异常后再继续加温。
- 5.1.11 应对冷箱内气体成分进行连续分析，监测含氧量与可燃气体含量。含氧量的正常范围为 20~22%，如含氧量过高或过低，应在加温结束后用空气进行置换，并使含氧量达到正常值，方可开始进行后续工作。
- 5.1.12 对含有可燃气体或有毒气体的冷箱和工艺管道，应吹扫至气体成分检测合格。
- 5.1.13 加温结束后，应停止相关设备的运行，并按 GB/T 19670 的规定采取预防启动措施。
- 5.1.14 切断密封气源，按 GB/T 33579 的规定进行上锁/挂牌操作，对氮气密封气进行物理隔离。
- 5.1.15 待冷箱密封气压力指示为零后方可进行扒砂作业。

5.2 扒砂操作

- 5.2.1 扒砂前应制定周密、详细的扒砂方案。
- 5.2.2 扒砂前应做好各项准备工作，冷箱周围应设警戒线并增加围蔽设施，安全通道应畅通，同时应明确出现喷砂时人员撤离方法、路线等应急救援预案。
- 5.2.3 确定参与扒砂的人员数量并分组，每组不少于两人，并应佩戴防爆通讯工具，以便及时联系，全程应佩戴便携式测氧仪。
- 5.2.4 应提前对作业人员做好扒砂技术及安全培训，作业人员应熟知整个工作过程中突发事故的应急处理方法。
- 5.2.5 应确认冷箱加温已经结束，珠光砂装填层压力为零，外界天气无风、无雨适合进行扒砂操作。
- 5.2.6 应确认所有的工艺设备已经停止工作，并已按《安全工作许可制度》进行扒砂工作申请。
- 5.2.7 安全监护员应按规定装备，并在现场就位，其他人员未经许可不得进入装填现场。
- 5.2.8 扒砂应从冷箱上部开始，逐层向下。上层砂排完后才可打开下层排砂口，直至最后方可打开底部扒砂口，以减少喷砂发生的机率和降低喷砂发生的危害。
- 5.2.9 扒砂初期，不可同时打开 2 个以上的大型人孔放砂，以防空气大量涌入。
- 5.2.10 从人孔泄砂时，应保留上排两角的螺钉，并拆除其他螺钉，然后通过慢慢调整螺钉松紧来控制排砂速度，不得将螺钉全部拆除。
- 5.2.11 当打开底部人孔时，人孔的开度应加以控制，以控制排砂速度。
- 5.2.12 扒砂不应速度过快，防止出现珠光砂大量泻出，导致现场失控。
- 5.2.13 当扒砂过程中发生氧气含量高或低报警时，作业人员应立即停止工作，撤离工作现场，待查明原因并排除异常后方可继续工作。
- 5.2.14 自动扒砂是通过密闭管道，靠负压将珠光砂吸入分离设备中，再进行包装，卸砂口应设有防喷砂装置。
- 5.2.15 扒砂过程中应派专人监测冷箱内密封气压力、基础温度，一旦发现密封气压力、温度异常或珠光砂从排放口喷出现象，作业人员应迅速从安全通道撤离。

- 5.2.16 珠光砂卸完之后，作业人员应仔细检查冷箱的各个部位，确保无板结的珠光砂滞留在冷箱内，防止在后续作业时脱落。板结珠光砂不具备保温性能，会影响重新充填的保温效果，而且还会对其附着着的设备造成损坏，应予以废弃。
- 5.2.17 卸出的珠光砂应放置在箱内或装入带有内袋的防潮袋，防止珠光砂飘散到空中。装好的珠光砂应置于干燥的地方堆放整齐，且不应占用紧急撤离通道。若露天防止，应将珠光砂底部架空 300mm 以上，并用防水布遮盖严实，防止珠光砂受潮或受到污染。
- 5.2.18 扒砂工作宜选用专业施工队伍，利用机械设备，采取抽吸的方法进行自动扒砂，以减小环境污染，降低人员伤亡的机率。
- 5.2.19 作业人员进入冷箱前，应按 T/CCGA 90001、T/CCGA 90002 的规定做好防范措施，对冷箱内氧含量进行分析，确保氧含量正常后，方可进入。同时携带便携式测氧仪，随时监测冷箱内氧含量。
- 5.2.20 进入冷箱时，若发现冷箱内存在冰块，应通过机械方法或者合理地使用蒸汽将其融化。采用机械方法除冰时，除冰人员应配有安全绳，并有安全监护员进行现场监护。
- 5.2.21 用铲子和刷子清除残留的珠光砂，必要时可用水清洗。若采用水冲洗，在装填珠光砂前，应清理冷箱内部型的残留珠光砂和存水，对冷箱底板做烘干处理。
- 5.2.22 在清除残留的珠光砂时，不应移动和破坏作业附近的工艺和仪表管线。
- 5.2.23 在彻底清除冷箱内的珠光砂之前不应进行后续的工作，更不应拆开工艺管道，以免珠光砂进入冷箱内设备，造成堵塞或爆炸危险。

6 珠光砂的装填

6.1 装填前准备

- 6.1.1 制定装填作业方案。
- 6.1.2 检测并确保珠光砂的质量合格(振实密度 $48\sim 65\text{kg}/\text{m}^3$ ，含水率小于 0.5%)，不应在大风和阴雨天作业。
- 6.1.3 装填所用的机具应洁净，没有油污。
- 6.1.4 确认全部参与装填作业人员已接受安全教育并了解工作中的危险性。
- 6.1.5 确定装填作业人员数量并分组，每组应不少于两人，并应佩戴通讯工具，以便及时联系。
- 6.1.6 确认安全监护员携带规定的装备并在现场就位。其他人员未经许可不应进入装填现场。

6.2 装填操作

- 6.2.1 按《安全工作许可制度》进行装填工作申请。
- 6.2.2 按 GB/T 19670、GB/T 33579 的规定进行相关锁定/挂牌操作，切断密封气。
- 6.2.3 根据需要搭好工作平台，并按 GB 30871-2014, 8.2 的要求做好高出作业的安全准备工作。
- 6.2.4 冷箱宜从顶部人孔开始装填珠光砂，四周均匀对称地进行，避免出现局部装填不实。如果高处装填无法满足上述要求，应选取几个不同高度的冷箱人孔自下而上地向冷箱内装填珠光砂。组合式冷箱（如主塔冷箱和换热器冷箱）的装填应从较低的冷箱开始。
- 6.2.5 人孔处应加装用 $8\sim 10\text{mm}$ 钢筋焊制的方格形安全铁栅或专用安全网防护，防止人或物坠入，并使用透气材料封闭人孔。

- 6.2.6 袋装珠光砂装填时作业人员应用安全绳将自己固定在一个可靠的地方，预留绳长度应以不进入人孔为宜。
- 6.2.7 机械式自动装填应将输送管道固定牢靠，并使用透气材料封闭人孔。
- 6.2.8 装填过程中应用木榔头不断敲打冷箱外壳，确保充填密度。
- 6.2.9 若采用分层装填珠光砂，应每装完一层，封闭一层人孔，直至冷箱顶部。待顶部充装完成，封闭人孔。
- 6.2.10 装填结束后应及时通入密封气，防止水分侵入，避免珠光砂板结，影响保温性能。
- 6.2.11 安全监护员应在装填现场，并适时清点人数，同时应密切关注装填作业人员的行为和状态，发现有人坠入或晕倒时，应及时抢救。
- 6.2.12 大量珠光砂装填作业时，应选用自动机械装填方式。若采用吊车装填，六级以上大风不得进行起重作业。若采用卷扬机装填，冷箱顶部的支架应经过计算且满足单次吊装重量要求，不得超载。应做好装填人员的同步联络工作，防止顶部支架被强行拉断垮塌。

7 运行和维护

- 7.1 为保证珠光砂填充的容器达到充分的保温效果，在填充运行后的容器内要进行 2~3 次补充：
 - 珠光砂装填运行 10~15 天后，应打开顶部人孔查看珠光砂沉降情况并进行第一次补充；
 - 珠光砂装填运行 3 个月左右，应打开顶部人孔查看珠光砂沉降情况并进行第二次补充；
 - 珠光砂装填运行半年后，应打开顶部人孔查看珠光砂沉降情况并进行第三次补充，通常这时珠光砂几乎已均匀沉降，无需补充。
- 7.2 在正常运行过程中应经常检查珠光砂的情况，时间间隔宜为 3 个月。
- 7.3 应周期性进行密封气气体成分监测。当密封气气体成分异常时，工艺管道可能存在泄漏。
- 7.4 应周期性检查冷箱壳体结霜情况。冷箱壳体结霜的原因有：
 - 管道设计的问题；
 - 珠光砂填充不适当；
 - 冷箱维护不足；
 - 低温气体或液体泄漏。
- 7.5 当冷箱壳体上结霜面积持续扩大时，应结合冷箱密封气压力、成份分析来判断是否是低温气体或液体泄漏，确认后应按第 5 章的要求准备和进行扒砂。
- 7.6 珠光砂具有研磨性，若被夹带在气流中喷射，可能会磨穿管道和设备，从而造成设备损坏并使珠光砂进入工艺系统。造成夹带珠光砂气体喷射的原因主要有工艺泄漏或冷箱内管道损坏、断裂。

8 珠光砂的废弃处理

膨胀后的珠光砂比重较轻，容易随风飘散到空气中对空气造成污染。珠光砂如果进入呼吸道，会造成鼻腔、喉咙充血发炎咳嗽，进入眼睛会造成眼睛红肿。因此，应对卸出的珠光砂进行妥善处理，处理方法如下：

- 交由专业公司处理。应制定周密的运输计划，进行良好的包装，防止珠光砂在运输途中大量飘

散；

——交给地方环保部门处置。

9 应急救援

9.1 应按 GB/T 29639 的规定编制珠光砂装卸应急预案。

9.2 按 EIGA Doc. 146 的规定，应急预案至少应包括以下程序：

- 确保装置的工艺设备处于要求的安全状态；
- 撤出人员，清点人数；
- 采用真空清理或湿法清扫，避免珠光砂飞扬；
- 采取必要的措施防止喷出的珠光砂进入到自来水网和下水道；
- 确保临近的工艺设备不会吸入珠光砂。

9.3 作业前，应按 AQ/T 9007 的规定进行应急演练。

9.4 如发生人员被珠光砂掩埋的情况，应及时将其移至空气流通处，并采取以下应急措施，立即联系 120 急救：

- 珠光砂粉尘会影响呼吸能力，引起窒息。应立即将伤者转移到新鲜空气处，并使用大量的水冲洗，尽可能冲洗口中和喉咙内的粉尘。
 - 珠光砂可能引起暂时的过敏或疼痛。应及时对伤者的相关部位进行擦拭，然后立即用水彻底冲洗。
 - 珠光砂进入眼睛会引起严重的疼痛。应确保伤者不揉眼睛，并立即用大量的清水冲洗，在洗眼器上冲洗至少 15 分钟，若有大块的珠光砂进入眼睛，应立即就医。
-