

低温乙烯储罐实气置换和预冷技术研讨

郝雪峰

浙江恒逸集团有限公司 浙江杭州 310000

摘要: 低温乙烯储罐是一种深度冷却条件下的储存设施。若在预冷操作中技术不到位,方法使用不当则会带来罐内材料损失,甚至在很大程度上会造成储罐的损坏。在低温乙烯储罐使用之前,乙烯实时气体置换和冷却罐的损失占有消耗的80%以上。本文主要探讨了低温状态下乙烯储罐的实气置换和预冷技术。

关键词: 低温乙烯储罐;实气置换;预冷技术

引言:

现阶段,化工企业在进行低温乙烯储罐实气置换和预冷时,由于罐中经常存有不易凝结性气体,不凝气会对液相乙烯产生很大影响,不能达到制冷荷载的目的。经过技术拓展研究,利用放空管线等技术,一定程度上可以解决此问题。

一、乙烯低温储存系统的工艺流程

以某化工企业低温乙烯储罐为例,液相乙烯储存在温度约为 -101°C 的储罐中,环境压力较小。在如此的低温环境中,会出现霜损,罐中低温气体与周围热环境进行交换,罐内温度会渐渐增加,乙烯气化量也会在一定程度上提升。当罐内气体达到相应范畴,用压缩机将乙烯气抽出,热量会进入主罐内产生BOG(BoilOffGas, flashgas, 以下简称BOG),新产生气体维持了储存罐内的压力。系统正常运行时,储罐压力约为 0.014MPa(g) 。当储罐处于高负荷能力,储罐压力升至 0.019MPa(g) 。

罐外安装了两台BOG压缩机,一台是主压缩机,一台为调峰式压缩机。根据罐内压力变化,两台压缩机自行启动,在50%、100%、150%、200%时分步待机^[1]。

罐内压缩气体经过压缩机压缩后,到达冷凝器内,与丙烯制冷设备内的低温丙烯实现热交换。然后经过气阀进入闪蒸罐内。在闪蒸罐中冷却后,再转移至低温罐。低温罐内的罐内泵可对乙烯罐内进行监测,以实现运输要求。另外,此系统内的乙烯增压泵、乙烯汽化器等设备,

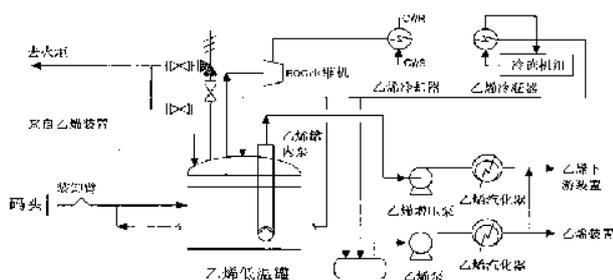


图1 工艺流程示意图

有效保证了下游装置的平稳运行。其工艺如图1所示。

二、储罐的置换与干燥

1. 大型低温储罐的置换方案

(1) 实气置换方案。作用机理是置换低温罐内的空气,以强空气保护罐。当置换达到一定程度时,对储罐上方的排气管进行取样分析,置换是否合格由内部气体、内部氧气、内部氮气来决定。乙烯气体的爆炸极限约为5-15%,遇到点火源就会爆炸。实际的气体置换方法虽然简单,不需要其他介质,但在置换中代替气体会产生爆炸性气体,存在风险。目前,此置换方案不可控因素较多,通常不适合^[2]。

(2) 水置换方案。作用机理是用水代替储罐内的空气。与实气置换方法相比,添加了中间介质:水。该方案易于使用且价格低廉。但是由于水密度大,储罐存水期间荷载过大,而且置换后如何保证水完全排出,以及排水后储罐干燥均为较难解决问题,此方案中水变成新增的问题,所以这种方案通常不适合。

(3) 惰性气体置换方案。作用机理是利用惰性气体置换罐内空气。惰性气体是指无毒的可燃气体,通常是氮气、二氧化碳等。该系统的操作过程是先将储罐内充入惰性气体,再将储罐内的空气加压至另一档位后进行置换。这种操作方法复杂,要消耗大量惰性气体,还要消耗大量实气,但这种系统的存储对象高,置换效率高。化工企业经常采用这种置换措施^[3]。

2. 氮气置换过程

以某化工企业为例。一企业建有 20000m^3 低温乙烯储罐。企业配有分离器和空压机,以制造氮气。它可以实现氮气的置换。流程为:短期氮气置换泵→储罐内罐→储罐拱顶→储罐内外罐夹层→大气。在进行氮气置换时,要对其露点进行监测,看其是否满足要求。

具体操作如下:首先置换内罐,氮气通过罐体上侧的N1达罐体底部,对于罐内的整体氮气流量进行管控,

以保障罐体的稳定性。从内罐顶部的N2抽取氮气和空气的混合物。然后置换储罐拱顶, 置换时称打开N2和N3, 在罐内实现了干燥和置换后再关闭N3站, 并实罐顶干燥置换。最后置换储罐内外罐夹层, 利用罐内内层的N4A/B接口进行置换。待完成后, 再打开N4/B端口, 以实现罐内夹层的干燥置换^[4]。其流程图如图2所示。

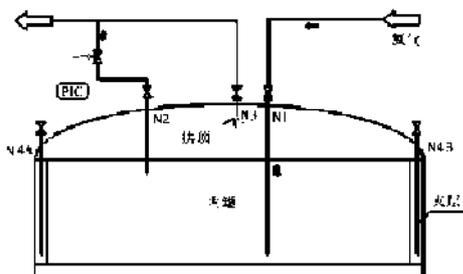


图2 低温储罐置换流程图干燥置换过程

从2日起, 罐压控制在70mbar (g)左右。8日, 罐体露点 -40°C , 罐内氧气量达到260PPM, 罐顶露点温度 -25°C , 氧气含量达到420PPM。在内罐和罐顶实现氮气置换后再进行夹层置换。12日, 夹层露点 -6°C , 氧气

600PPM。17时, 室内露点达到 -24°C (指标要求 -20°C), 内部氧气为250PPM。置换氮气由氮气泵管网供应, 氮气的流动 \rightarrow 内罐 \rightarrow 拱顶 \rightarrow 内外罐夹层 \rightarrow 大气。

为了降低置换中氮气的损耗, 系统泵网络可以清洗、干燥并用来自储罐的氮气置换。在更换大罐的第一阶段, 中心方法是增加大罐的压缩并产生可接受的压力。直到罐内露点达到 -41°C , 露夹层露点达到 -21°C , 罐内含氧量为0.5%。但由于内罐含氧量为9.3%, 与测量不符, 采用连续置换的方法进一步置换内罐含氮量。氧含量0.5%, 夹层露点为 -24°C , 氧气0.6%, 满足置换要求^[5]。

三、低温乙烯储罐的实气置换

1. 实气置换的过程

某化工行业乙烯低温罐实气置换于2019年3月27日开始实施, 控压罐约5kPa (g), 至3月30日16:00结束, 共计三日。3月29日下午, 乙烯泡点气体压缩机在实气中进行了测试, 在气体温度条件下进行了大约两个小时实气试运行。压缩机正常机械运行, 运行中, 某部件太热而暂信运行。置换参数如表1所示。

表1 低温乙烯储罐实气置换数据表

项目	3月28日 10:00	3月28日 15:00	3月28日 20:00	3月29日 10:00	3月29日 18:00	3月29日 20:00	3月30日 8:35	3月30日 10:10	3月30日 13:00	3月30日 15:00
罐顶排放点 乙烯含量/%	7.93	11.70	23.52	46.40	61.76	64.35	74.21	71.39	78.27	79.59
乙烯气(化 量/(kg·h ⁻¹))	600	600	650	600	1800	1100	1300	1000	1000	1800
气(化露出 口温度/ $^{\circ}\text{C}$)	-20	-30	-50	-60	-48	-55	0	-40	-55	-46
进罐点 温度/ $^{\circ}\text{C}$	5	0	-10	-15	-18	-18	5	0	-17	-15
TI-66015	20.3	18.6	10.8	10.1	9.1	8.7	7.2	7.5	6.8	6.5
TI-66016	18.9	17.3	10.3	10.1	8.9	8.5	6.9	7.2	6.5	6.2
TI-66017	17.8	16.5	10.2	9.5	8.1	7.6	6.1	7	5.6	5.4
TI-66018	15.7	13.2	10.1	9.4	7.4	6.9	5.6	6.3	5.1	4.9
TI-66019	13.2	11.8	8.8	9.1	4.8	3.5	4.2	4.3	3.5	3.4
TI-66025	12.4	10.9	8.1	8.1	2.7	2.1	3.5	3.2	1.3	1.8
TI-66026	12.6	10.5	9.3	7.5	2.4	1.6	2.4	2.6	0.4	0.9
TI-66027	12.8	11.2	9.3	8.6	3.9	3	4	3.8	2.5	2.7
TI-66028	12.2	10.8	8.5	8.6	3.5	2.7	4.1	4.2	2.1	2.5
TI-66029	12.5	10.1	8.5	7.9	2.4	1.7	3.2	3	1	1.5

2. 影响实气置换过程的因素分析

(1) 温度对于实气置换过程的影响

由于分子乙烯气体和氮气的重量相近, 因此对于正常加热和压缩, 密度差异很小。但随着温度的降低, 乙烯气量的增加快于再生氮气 (如图3所示)。

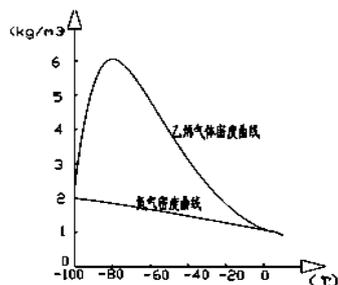


图3 乙烯气体-氮气密度曲线图

在低温状态下, 以乙烯替代氮气, 充分将二者的密度差进行融合, 以积聚更低的乙烯气体, 进一步降低实际使用的乙烯。从图3可以看出, 若乙烯气体密度最大值为 -80°C 时, 从理念上来说, 最理想的进气温度则为 -80°C 。所以, 在置换泵环最下方与罐底的距离仅为30厘米。依据相关预冷要求, 气流温控值要保持在上方 -20°C 左右。从表1中的相关数据发现, 若罐内温度值上升时, 送风内部乙烯也减少。因为罐内温度值的变化对于罐内乙烯气体的分布产生了一定影响, 这样外罐和内罐的部分氮气与废气混到一起, 导致内部氮气增多, 这样罐内的乙烯气体质量则发生了改变。

(2) 进气量对于乙烯实气置换的影响

从表1的相关数据表明, 置换刚开始进料600kg/h上

下时,在进料温度越来越低时,罐内的温度降低并不显著。这就表明进料量所带来的冷量值十分有限,并不能将罐内的乙烯气体温度大幅降低。在3月29日14时后,当将进料量增至1800kg/h上下时,罐内的温度则出现了显著降低的趋势,同时,置换速度也大大加快。不过,若乙烯进料量过大,则会将罐内的气流打乱,无法实现分层效果。对于20000m³的储罐来说,在置换中,乙烯进料量则在1~2t/h范畴内为宜,这样对于乙烯气体的消耗则较小。

四、低温乙烯储罐的预冷

1. 预冷的过程

将低温乙烯储罐进行预冷的作用是让罐内温度降至-100℃,以确保乙烯处于低温-103℃左右的目的。实施预冷的重要用途是确保罐内(底部5个温度点)各区域的温度都能匀速下降。将乙烯低温罐进行预冷操作,在实现置换后即可操作(3月30日可实行)。乙烯由罐车卸出,下罐车的预冷却初始时间控制在2t/h。通过1英寸控制阀调节冷却前乙烯量,直到顶部喷雾盘管通过喷嘴喷入罐中。部分乙烯被喷入罐内后,马上被汽化,吸收更多热量,储罐内温度也迅速降低。乙烯喷雾若能均匀喷洒,则储罐内的温度差别则越小,对于预冷的控制越容易。在这个预冷的时期,储罐内各区域温度降低,保持在2℃至3℃区间,各区域温度差别控制在10℃内。这样可以确保乙烯储罐在预冷中,不会出现各区域的热量下降和邻近区域温差太大的问题。

2. 影响预冷速度的原因及处理措施

(1) 储罐形状对预冷的影响

储罐内的预冷温度可以让液相乙烯在空气内实现汽化,吸收热量进行降温。若罐体高度越高,乙烯喷出气体实现汽化的时间则越长。这样可以预防液相乙烯滴入罐体底部,导致出现温度太低现象。如果罐体直径太大,则喷射乙烯的距离离罐壁过远,这样会造成管壁冷却不均匀,出现管壁两边的温度差异显大的状况。

(2) 预冷乙烯量调节对于预冷的影响

在乙烯进行预冷过程中,最关键的是对预冷乙烯液位的调控,它直接调节预冷罐的冷却。强制执行预冷主要有两种操作方式:①减小保护阀的尺寸,提高准确性。在对第一道工序进行设计或选择时,要充分考虑到利用小型调节阀对来预冷乙烯进行调控,以实现20000m³储罐预冷。②采用兼容的喷雾固定。在预冷时,罐内温度渐渐下降,液态乙烯的温差也在减小,随之汽化过程也在减小,导致罐内温度显著下降,这样可进行间歇式喷洒。如果罐体下方两个区域的温差升到10℃指标以上,则停止喷洒,待温度降低后再继续喷雾,直到温度恢复。

(3) 预冷设施对预冷的影响

对罐体的设计主要是环管预冷喷嘴技术,在预冷中起到了主要作用:①环管预冷喷嘴的形状可将液相乙烯喷入罐体,以利于汽化乙烯实现均匀化,温度略有不同;②使用喷嘴的压力为0.076Mpa(g),以防止部分乙烯流体在低压下以液滴的形式滴落到容器底部,造成局部温度明显下降。因此,在这个设计中,泵轴的中心被每个喷嘴的喷雾区域所覆盖,这是温度下降最快的。

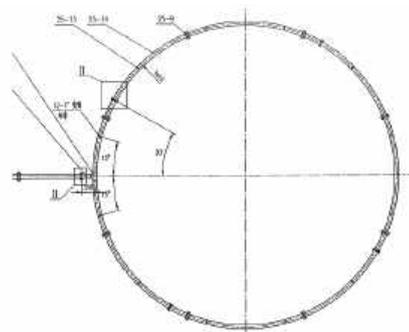


图4 环形预冷喷嘴布置图

五、几点建议

考虑到实际使用中不同物质的影响,在进行置换过程中,在讨论前提出以下建议:①在对氮气进行置换时,使用热风或仪表风(仪表风稍加热)来干燥,即:导致水分被去除,进一步加速罐中所需的露点需求。②置换前,应尽量降低罐内压力,排出空气,最大程度降低氮气用量。③氮气的分子量与空气相对分子十分接近,在置换时可以让氮气流量和压力保持稳定,让氮气从罐底进去,尽量不让氮气与空气进行混合,有效驱动空气并从上方释放,减少氮气的使用量。

六、结语

总之,随着科技水平的不断提升,低温乙烯储罐置换技术也必将不断创新。因此,相关部门及技术人员在实践置换技术时,需要不断提高技术应用能力,保障低温乙烯储罐的应用效果。

参考文献:

- [1]曹学文.大型LNG储罐干燥置换的研究与计算[J].石油工程建设,2020,01:9-13.
- [2]吴旭维.大型LNG低温储罐的干燥与置换[J].煤气与热力,2020,07:46-49.
- [3]江强.大型LNG储罐氮气干燥和置换技术探讨[J].石油化工建设.2020(06).
- [4]叶青.低温储罐保冷隔热材料的真空充填技术[J].压力容器.2019(07).
- [5]蒋莉华.低温储存液化烃罐消防设计的探讨[J].石油化工设计.2019(03).