

环保与安全

油田原油气的污染问题及其 引射式回收技术

金良安¹ 刘学武² 张明虎¹ 杨常清¹

(1. 海军大连舰艇学院防化研究室, 辽宁 大连 116018;

2. 大连理工大学化工学院, 辽宁 大连 116001)

摘要:针对挥发至空气中的大量原油气的严重污染和能源浪费问题,分析了回收原油气应该解决的关键问题,研究了一种简单实用的多级引射式回收方法。整套系统串联的级数以 2~3 级较为合适,一般不应超过 4 级。回收实例证明了该方法的可行性和高效性。

关键词:原油气;环境污染;能源浪费;回收技术

中图分类号:X741;TE85

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2003)03-0051-03

Pollution of crude-volatilizing gas and recovery technique by ejectors

JIN Liang-an¹, LIU Xue-wu², ZHANG Ming-hu¹, YANG Chang-qing¹

(1. Researching Group of Defense-NBC, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China;

2. School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116001, China)

Abstract: Lots of crude-volatilizing gas can come out of crude oil tanks in oil fields. The severe environmental pollution and energy waste of the gas is discussed. The key points are particularly analyzed. And a new recovery method is put forward. The special device in this new method is "matched multistage ejectors", the whole system is suitable for being connected in series by 2-3 stages, not exceeding 4 stages. This recovery technique has been proved available.

Key words: crude-volatilizing gas; environmental pollution; energy waste; recover technique

油田在为人类提供大量能源的同时,也导致了严重的污染,特别是原油被抽到地面大罐(高架罐)后,其中大量挥发出来的轻组分原油气,是油田最重要的污染源之一。被排到空气中的原油气,既造成环境污染,又浪费大量能源,同时还使油田自身蒙受额外的巨大经济损失,如大庆油田每年为此要缴纳的排污费就高达数千万元。为此,如何解决油田原油气的污染问题,对其进行回收利用,成了人们非常关心的话题。笔者首先对原油气的污染问题进行分析,进而指出回收原油气应该解决的问题,并提供一种简单实用的引射式回收方法。

1 大罐原油气的环境污染问题

大罐原油气对环境造成的污染是十分严重的。

这是因为:

第一,污染物种类多样,污染方式复杂。原油中含有相当数量的轻组分,当被抽到地面大罐以后,这些轻组分会渐渐地以原油气的形式挥发出来。据油田的检测结果,原油气主要有 CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 等组分,它们均可对环境造成复杂的污染,如:①原油气的 CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 等都是易燃气体,与空气混合都能形成爆炸性混合物,遇火星、高热都有燃烧爆炸的危险;② C_2H_6 、 C_3H_8 等都比空气重,易滞留在地面及较低地方,危险性更大;③ C_3H_8 等对人类还具有较大的毒性,低浓度会使人感到头晕,高浓度则有麻醉作用^[1]。

第二,污染范围广阔,污染程度严重。根据油田提供的资料,原油气的数量相当巨大,1个大罐每天

挥发的原油气就高达 $1\ 000 \sim 2\ 000\ \text{m}^3$, 据此进行保守估计, 仅我国每年的原油气总量就在 $1 \times 10^9\ \text{m}^3$ 以上, 大约相当于全国全年开采的天然气总量的 $10\% \sim 20\%$, 如果全部回收利用, 则可供 1 万多个家庭使用 100 多年。如此巨量的原油气被排到空中, 势必将造成大范围的严重污染, 而且由于气体的流动性, 这种污染并非仅仅局限于某一地区, 而是全球性的^[2]。

此外, 原油气一旦造成污染, 由于污染物到处飘散, 无处不在, 因而要对其处理是非常困难的, 目前几乎没有办法可以对空气中的原油气进行高效处理。所以, 对于原油气的污染问题, 应该从根本上给予解决, 也就是要对其进行回收利用, 而不能等造成了污染问题后再解决。

2 回收大罐原油气须解决的关键问题

回收油田的原油气, 存在着相当的难度。回收难的主要原因在于大罐原油气的常压稀薄特征和现有回收技术存在的根本缺陷。

2.1 大罐原油气的常压稀薄特征

由于原油储罐一般是常压设备, 与大气相通, 这决定了原油气的压力不高。据油田主管部门提供的数据, 原油储罐通常呈微增压状态 ($3\ 000 \sim 5\ 000\ \text{Pa}$)。显然, 气体在这样的常压环境下是非常稀薄的, 如不将它富集处理就没有实用价值。但在现有技术条件下, 要对大量的油田原油气进行富集绝非易事。

2.2 现有气体富集回收技术的缺陷

吸收和压缩是当前对气体富集回收的两种主要方法。其中吸收处理, 主要依靠溶解或发生吸收反应等方法, 其成本必然太高, 且不适于处理大量气体, 因此采用吸收处理的方法, 对原油气进行回收是行不通的。对气体进行压缩处理, 则是利用压缩机或喷射器(引射器)等设备, 使所需回收的气体压缩富集, 但因原油气的回收要在油田这一特殊环境下进行, 而压缩机难以满足油田对防火的极高要求, 同时它的能耗也大, 故利用压缩机回收的方法也不能为油田所接受。

喷射器(引射器)是利用压力较高的流体使另一流体的压力得以提高的装置总称。它不需要直接消耗机械能的特性从根本上保证了它可以满足油田防火的要求, 并且它的能耗也不高, 加上油田一般有大量的成分与原油气完全相似的高压天然气可以作为动力气, 所以选用喷射器回收原油气应是合适的途

径。但是, 现有的喷射器技术指标还达不到原油气的回收要求, 因为它们存在两个致命的不足: 一是出入口压差偏大, 也就是压力损失偏大, 无法满足输气工程的需要; 二是出入口压差较小的多级喷射器, 又必须在其级间抽走部分介质, 与原油气回收工程的要求不相符。因此, 如何克服这两个不足, 是利用喷射器回收原油气必须解决的关键问题。为此, 笔者利用喷射技术专门研制了匹配式多级引射器。

3 大罐原油气的引射式回收方法

3.1 装置介绍

所谓匹配式多级引射器, 就是指能够满足在最佳状态下工作时, 每一前级的混合流体正好是其后一级的全部引射流体的多级引射器系统。与过去研究的多级引射器或多级喷射器相比, 不从级间引走部分介质和在膨胀比不大的前提下实现较大的压缩比, 是匹配式多级引射器的两大性能特征。过去由于过分强调了不从级间引走部分介质对引射效率带来的不良影响, 以及使用条件也都比较宽松等原因, 致使所研究的多级系统, 都是从级间引走(冷凝)部分介质的特殊类型, 而对匹配式多级引射器则从未进行过研究。匹配式多级引射器正是因为它牺牲了一点点的引射效率, 才具备了独特的优良性能, 才使得它可以用来解决油田原油气回收这一困扰多年的难题^[3]。

显然, 通过匹配式多级引射器得到的混合气压力, 与原来的天然气压力相比肯定会有所下降。如果降幅太大, 就可能无法满足天然气输气工程的需要。为此, 笔者研制的匹配式多级引射器, 可以保证最后的混合气压力不低于原来天然气压力的 80% , 能够满足绝大多数场合的需要。

3.2 设计要领

为了确保匹配式多级引射器的高效工作, 在设计时需要特别注意的是:

第一, 全压缩比在各级之间的分配以不均匀为好, 如果是 2 级串联, 则第 1 级的压缩比应为第 2 级的 1.4 倍左右; 如果是 3 级串联, 则第 1、2 级的压缩比应分别为第 3 级的 1.8 和 1.3 倍左右。这样分配最有利于降低实现的难度, 可以保证各级的工作气体压力相同, 满足工程项目维护管理要尽量简便的要求。

第二, 设计点要选择在工作气体参数(特别是压力)范围的下限或者下限附近, 而不应该选择在通常认为的中点, 并且各级的工作气体压力应该保持一

致。这样可以使引射器在整个工作范围内,即使不作任何调节也能够有足够高的效率,进而保证使用更为方便。

第三,整套系统串联的级数不宜过多,以2~3级较为合适,一般不应超过4级。这样既可以较大幅度地降低整套系统的成本,也可以使得维护管理进一步得到简化。

3.3 工作过程

对于匹配式多级引射器,无论是2级,还是3级,或者是更多级,基本工作过程都是相似的。下面以3级系统为例,结合其结构流程示意图(图1)。

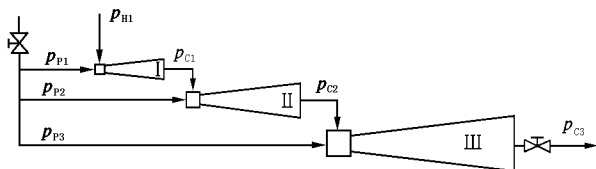


图1 3级匹配式多级引射器结构流程示意

如图1, p_{P1} 、 p_{P2} 、 p_{P3} 分别表示第1、2、3级引射器的工作气体(即天然气)的压力。 p_{H1} 表示第1级引射器的引射气(即来自大罐等的原油挥发气)的压力。 p_{C1} 、 p_{C2} 、 p_{C3} 分别表示第1、2、3级引射器的出口混合气体压力。由图1可以看出, p_{C1} 、 p_{C2} 同时正好是第2、3级引射器的引射气压力。工作时,来自主管道的高压天然气分别进入到各级引射器,通过专门的匹配设计,在引射器的紊流掺和作用下,第1级正好可以把压力为 p_{H1} 的来自储油罐的原油挥发气吸走,而第2、3级则正好可以把第1、2级的出口混合气体吸走,最后由第3级出来的混合气体压力较高,能够满足天然气输气工程的需要。

具体的使用过程非常简单,只需将匹配式多级引射器加接到天然气输气管道中间,并把其引射口

(即图1中的 p_{H1} 端口)连接到原油储罐。这样就可以保证随着天然气的不断流动,原油挥发气将自动被掺和到高压天然气中去,从而得以回收利用。

3.4 应用实例

辽河油田提供的现场具体情况为:天然气绝对压力0.4~1.2 MPa,总流量 $(3.5 \sim 14) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;引射气体(原油挥发气)压力3 000~5 000 Pa,流量1 000~2 000 m^3/d 。据此专门研制了1套3级方式的匹配式多级引射器(参见图1)。现场试用近2年的情况如表1,表中 p_p 同时表示第1、2、3级引射器入口的天然气压力 p_{P1} 、 p_{P2} 、 p_{P3} 。

表1 匹配式多级引射器现场试用情况

天然气压力 p_p/MPa	石油气压力 p_H/Pa	第3级出口压力 p_{C3}/MPa	第3级出口压力占入口 天然气压力比例/%
0.36~0.84	3000~5000	0.29~0.72	80.6~86.3

表1数据表明,通过专门设计的匹配式多级喷射器,可以利用压力较高的天然气成功地对原油气进行回收,并且出口压力可达到入口压力的80%以上,能够保证天然气输送管道中加装回收系统后的压力损失较小,不会影响远距离输气。为了满足回收系统的出口压力不低于入口压力80%的特别要求,只需在设计时,把设计点选在天然气压力范围的下限附近即可。

参考文献

- [1] 穆光照.实用溶剂手册[M].上海:上海科学技术出版社,1990.12-19.
- [2] 黄毅泉.大气污染与净化[M].大连:大连海事大学出版社,1998.65-67.
- [3] 金良安.多级喷射器特性与工程应用基础研究[D].大连:大连理工大学,2000.■

2003年度科技型中小企业技术创新基金专家咨询委员会 第一次工作会议在京召开

2003年2月24日,创新基金管理中心召开了2003年度创新基金专家咨询委员会第一次工作会议,会议的主要议题为:①向专家咨询委员会委员汇报创新基金管理中心2002年度工作总结和2003年度工作计划;②研究审议《2003年度科技型中小企业技术创新基金若干重点项目指南》。经过审议,委员们充分肯定了创新基金2002年度的工作成绩,同时对创新基金实施4年来的成就给予了积极的评价。会议原则同意“创新基金2002年工作总结及2003年工作思路与措施”和2003年度项目指南,并就争取解决创新基金的法律地位、争取国家财政增加对创新基金的支持、加大创新基金宣传力度、提高创新基金的地位、创新基金品牌等重大问题提出了咨询意见。(张)