

油气系统甲烷排放源及减排技术*

刘均荣 姚军 (中国石油大学 (华东))

摘要: 在油气系统中, 通过技术或设备升级以及改善管理规范和操作程序等手段可以减少甲烷排放。美国的天然气 STAR 计划推荐了许多业已证实的、有成本效益的甲烷减排技术。通过这些技术的应用, 不但能减少甲烷排放、减缓全球气候变暖速度, 还能增加天然气产量、降低操作费用、提高工作环境的安全性。

关键词: 甲烷; 泄漏源; 减排技术

1 引言

在油气生产、处理、储运和分销过程中普遍存在甲烷排放现象。甲烷排放的形式主要有: 正常作业过程中的逃逸性排放 (如油气生产过程中与放空有关的排放); 设备放空口处的长期泄漏或排放; 日常维护过程中的排放 (如管线修复过程中的排放); 系统失常和事故过程中的排放。

2 甲烷减排技术

在油气系统中, 通过技术或设备升级以及改善管理规范和操作程序等手段可以减少甲烷排放。美国的天然气 STAR 计划推荐了许多业已证实的、有成本效益的甲烷减排技术。

(1) 伴生气、套管气回收技术。原油和凝析液在储存和转输过程中, 包含大量甲烷气体的轻烃组分将蒸发并排放到大气中。一部分轻烃组分还通过操作损耗和小呼吸损耗的形式进入大气。在储罐上安装蒸汽回收装置可经济有效地回收这部分排放的气体。据测算, 安装 1 套蒸汽回收装置可回收大约 95 % 的轻烃蒸汽。在油气生产过程中, 油套环空中聚集的套管气通常也被直接放空。回收套管气的方法之一是用小直径管线将套管放空口直接连接到蒸汽回收装置上进行回收, 减少甲烷排放; 另一种方法是在井口安装压缩机, 将套管气进行增压后直接输入集气管线中。

(2) 绿色完井技术。气井钻井或修井后, 一般需要经过排液才能投产。通常做法是开井敞喷, 产出气体被直接烧掉或放空。解决这个问题的一种方法是在井场配备 1 套便携式气-液-砂分离器和 1

台便携式脱水器, 将大部分初始采出气净化到满足销售标准的气体后回收利用。对于低压气井, 还需要配备 1 台便携式压缩机, 从输气干线中吸入气体并注入到井中, 提高气井流动能力, 将采出气增压后送入输气干线, 直至井内液相、固相排完为止。这种技术称作“绿色完井”, 该方法可极大地减少气井排液投产过程中的甲烷排放量。

(3) 管线减排技术。在天然气储运和分销系统, 经常需要更改或扩建管线、安装新阀或维修旧阀、进行管线维护和复强等。在作业过程中, 为了确保工作环境的安全, 通常做法是先关闭部分管线, 然后将该段管线中的天然气放空, 最后再进行管线作业。这个过程将导致大量甲烷气体被排放到大气中。管线不停输开孔技术、在线复合材料复强修复技术等替代技术能在不关闭管线系统和放空天然气的情况下完成管线修复作业, 达到减少甲烷排放、避免中断管线运行以及减少维修费用的效果。

除了上述管线减排技术以外, 也可以在管线放空之前利用抽空技术来降低管线压力, 达到减少甲烷排放的目的。采用管线抽空技术时, 根据场地情况, 作业者可以单独使用在线压缩机或将在线压缩机和便携式压缩机一起使用。使用在线压缩机由于不需要再增加其他设备, 因此在经济上比较合算。据测算, 单独使用在线压缩机时能够将管线压力降低 50 %。如果与便携式压缩机一起使用, 则可以将管线压力降低 90 %。

(4) 压缩机减排技术。天然气系统中广泛使用往复式和离心式压缩机对天然气进行增压。当压缩机工作或停机时, 这两种类型的压缩机都存在潜在的甲烷排放问题。据估计, 通过更换旧的、效率低的压缩机, 可以从该系统中减少 90 % 的甲烷排放量。此外, 许多压缩机使用油封系统 (称作湿封), 尽管这种系统的密封性能良好, 但密封油会吸收甲烷气体, 为了保持密封油的粘度和润滑性, 需要对密封油进行脱气处理, 脱出的气体通常直接排放到大气中。采用干封系统能很好地避免压缩机密封系统的甲烷排放问题。

当压缩站进行维护作业或出现事故时, 通常的做法是将压缩机中的高压天然气直接放空。通过以

下措施可显著地减少压缩机停机放空时的甲烷排放量：将压缩机保持在高压状态；将压缩机保持在高压状态并将放空管线连接到燃气系统上；将压缩机保持在高压状态并在压缩机活塞杆上额外安装 1 套静密封装置。

(5) 脱水器减排技术。为了满足管线外输的质量要求，在生产和处理部门中的许多天然气脱水系统常使用甘醇来除去天然气中的水分。甘醇会吸收甲烷、挥发性有机化合物 (VOC) 和有害空气污染物 (HAP)。在甘醇再沸器中，这部分吸收的气体将被排放到大气中。减少脱水系统中甲烷排放的方法有：优化甘醇循环速度；在脱水器上安装闪蒸罐分离器；用干燥剂脱水器代替甘醇脱水器；用电动泵替换气驱甘醇泵；改变甘醇撇油器的气流通道；用分离器和在线加热器代替甘醇脱水器；使用零排放脱水器；使用便携式干燥剂脱水器等。

(6) 气井排液技术。井筒积液可能导致气井停产。传统的气井排液方法（特别是放空作业）将向大气中排放大量的甲烷气体。柱塞举升系统是取代井口放空的一种经济有效的气井排液方法，它能显著地减少气体损失、消除或减少修井作业次数并提高气井产能。柱塞举升系统中，气体在井口被收集起来并进入集气管线，而不是直接排放到大气中。该系统可以以固定工作周期或预设工作压差的方式进行工作，也可以采用“智能的”自动化系统进行操作。

此外，安装加速管、安装井下气水分离泵、优

化放空时间等措施都能在一定程度上减少气井排液过程中的甲烷排放。

3 结语

(1) 在油气系统中，目前已经存在许多业已证实的、经济有效的甲烷减排技术可供选择。这些技术在成本投入较低的情况下能显著地减少甲烷排放量、降低操作成本、增加经济收益。国内油气系统虽然积极采取了一些减排措施（如伴生气回收工程），但由于系统装备水平、管理规范和操作程序以及地理因素等的影响，仍具有较大的甲烷减排潜力。因此，有必要对各种甲烷减排技术进行筛选评价，以此来选择经济有效的减排措施。

(2) 在油气系统中回收利用甲烷作为清洁能源，不仅能减少全球甲烷排放、改善空气质量，还能巩固经济增长、促进能源安全、提高企业的生产安全系数。

(3) 节能减排指标已纳入各企业的业绩考核系统，因此应充分利用一些已有的减排合作机制（如甲烷市场化合作伙伴计划等）促进企业的可持续发展。

【第一作者简介】刘均荣：讲师，在读博士，1997 年毕业于中国石油大学（华东）采油工程专业，现从事油气田开发方面的教学与研究工作。(0546) 8393777、junliu@hdpu.edu.cn

(栏目主持 关梅君)

(上接第 54 页) 流流速达到一定值时，在管道下游的尾流形成漩涡，上下交替泄放，使管道沿流向和由上抬力引起的垂直流向产生涡激振动，从而加深疲劳破坏。当涡激振动频率与管道自身振动频率接近时，发生共振，振动位移加剧，这是导致管道发生疲劳破坏的主要原因，也是穿越管道所特有的现象。埋设于水底的油气管道在使用过程中，受冲刷管道的悬空段达到一定长度时，该管段振动幅度急剧增加，从而使管道的强度和可靠性受到严重威胁。如马惠输油管道工程，在 1981 年 6 月 20 日发生 $1\,200\text{ m}^3/\text{s}$ 流量大水时，扬旗与寺沟门两处穿越环江工程在管道弯头处断裂。

(5) 人员误操作。人员误操作包括施工误操作、运行误操作和维护误操作。影响施工误操作的因素包括施工规范及第三方监督、施工队伍技术水平和管道的质量检验等；影响运行误操作的因素包括技术人员的素质及培训情况、操作规程的完善和

规范化、监督机制及对故障的防范措施等；影响维护误操作的因素包括文件检查、操作规程检查、运行计划检查及事故应急处理等。可通过提高操作人员的群体素质，包括提高管理水平、技术水平，培养敬业合作精神，来减少人员误操作方面的风险。

(6) 设计失误。影响管道风险的设计失误涉及设计方法、参数选择和设计质量。在穿越管道的设计过程中，为简化设计采取一些简化模型来选取设计参数，造成与实际状况的差异，影响管道的风险状况。设计方法、设计参数选择包括河流地质水文勘察资料结果、抗震设计、穿越点的选择、管身结构的稳定设计、冲刷深度计算、河流流量的计算和施工方案的设计等。影响设计质量的主要因素包括设计人员的素质、设计规范的执行、设计过程的管理及设计单位的综合技术实力等方面。

(栏目主持 关梅君)