

超低压天然气回收技术在集输站场的应用研究

左 敏（中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广东 深圳 518051）

摘 要：为解决集输站场在气体回收过程中的低效率和能源浪费问题，文章主要分析了超低压天然气回收技术在油气处理站中的应用措施，包括采用高效回收设备、结合实际优化工艺、采用多级回收，加强安全设计和实行数字化管理。通过上述措施，实现了提高气体回收率、增加经济效益、强化安全考虑和促进数字化管理的目标，大幅提升了油气处理站的运行效率和可持续性，以期推动超低压天然气回收技术更广泛地应用。

关键词：超低压；天然气回收；集输站场

0 前言

随着全球能源需求的持续增长，寻找更为高效、环保和经济的天然气处理和回收技术已成为油气行业的核心动力之一。超低压天然气回收技术在油气处理站的应用，由于其独特的功能和优越性，正在引起越来越多的关注。超低压处理技术主要是利用真空泵将处理系统的压力降至常压以下，以提高天然气溶剂的挥发速度从而达到更为有效的回收。这种方法对于提高油气处理站的生产效率，降低环境污染，缓解资源浪费具有重要的实践价值。

1 超低压天然气回收技术在集输站场中的应用优势

1.1 降低资源损失

超低压天然气回收技术是近年来油气处理站颇受关注的一种新型气体回收技术。这种技术利用超低压技术对流过的气体进行回收，以降低资源损失，提高能源利用效率。首先，该项技术可提升能源回收效率。传统的气体回收方法通常依赖于高压技术来临时储存和回收天然气，但这种方法经常会有一部分气体在运输和处理过程中泄漏出去。而利用超低压天然气回收技术可以大幅减少泄漏，从而达到更高的能源回收率。在油气集输站场中，与传统回收方法相比，超低压天然气回收技术能够将天然气的回收率提高至 95% 以上，显著提高了能源的整体使用效率^[1]。

1.2 降低成本

由于超低压天然气回收技术只需要较低的工作压力，因此，它可以使用更轻便、更低成本的设备完成同样的工作。意味着可以大幅度降低投资成本，对于设备的更新换代也有更大的灵活性，带来更大的经济效益。同时，超低压天然气回收技术充分考虑到环保需求，避免对环境造成二次污染。此外，封闭式的气体回收与储存系统大幅度减少了原油开采和天然气处

理过程中的挥发性有害物质排放，是一种环保理念下的产物，符合当今绿色、低碳、环保的发展趋势，对改善环境具有深远影响，这便从侧面降低了油气集输站场环保方面的成本^[2]。

2 超低压天然气回收技术在集输站场中的应用措施

2.1 采用高效回收设备

首先是旋涡式压缩机。此类压缩机的工作原理主要依赖于两个形状相同但是大小不同的旋涡来进行差速运转，通过改变旋涡的大小和数量，改变压缩机的排气量和压缩比，可以精确地控制器件对天然气的压缩程度。在操作过程中，当压力较低的气体进入到旋涡式压缩机的进气口，两个旋涡间的气体就会迅速受到强大的压缩力，使气体的压力迅速提高，在此种的作用力下，气体能够以超高的流速通过旋涡，被有效集中并压缩后排出。

其次是螺杆式压缩机。由两个互锁的螺旋齿轮组成，一个是驱动齿轮，另一个是从动齿轮。当螺旋齿轮转动时，螺旋槽间的天然气会被压缩并向前推移。螺旋齿轮的设计和制造精度影响着压缩机的性能和寿命^[3]。在螺杆式压缩机中，螺杆转动速度和间隙可通过控制系统进行调节，以适应不同的气体状态和压力要求。使用这两种设备的过程中，需要关注设备的优化。例如，合适的气密封设计可以降低气体逸出，提升设备的运行效率。同时，调节旋涡式压缩机的转速和螺杆式压缩机的间隙大小，可以准确地控制气体的压缩比例，防止因压力过大导致的设备损伤。通过使用先进的超低压天然气回收设备和有效的操作方法，能够在处理较低压力的天然气时，优化气体的回收效率，有助于资源的最大化利用，把每一分的成本都利用到极致，实现环保与效益的双重提升。具体设备参数方面，可将压缩机二级增压控制在 1800kPa 左右，

以此满足回收系统的油气压力，并保留原有油气站的压力控制阀，将降低压力值设定为 1750kPa。

2.2 结合实际优化工艺

在油气处理站中，选择气-液分离设备的优化和压缩机的匹配设计可以最大限度地提高超低压天然气回收技术的效率。

首先根据进来气体的压力、温度和含油量确定气体处理能力，然后再分析不同类型的分离设备的特性，以便选择最适合的设备。例如，当进来的气体压力较高时，可以选择循环式闪发器作为初级分离设备，其可处理高压气，同时设备结构简单，操作维护方便。而当进来气体的压力较低时，可以选择使用旋流分离器，其在低压下仍能有效地分离出液态的油分。而针对进入处理站的气体温度也要作出相应的调整。

如果这些气体温度较高，需要首先将其冷却到设定温度，一般选用空冷器或者水冷器等。如含油量较高，分离设备的选择会偏向于高效过滤分离器或电除尘器等。压缩机（制冷机组）是天然气处理过程中的关键设备，超低压天然气回收技术需要对压缩机的工艺参数进行精确设计与调节，以合理配置压缩机组并提高其工作效率。优化设计可以从以下几方面入手：

①根据天然气的成分、物性和处理能力选择合适型号的压缩机；②设计压缩机的进、出口压力，满足压差要求；③根据实际需要设计压缩机增压次数，即选取合理的级间冷却方式和排气冷却方式。此外，对设备及工艺参数的规划，可在天然气处理过程中实现能源的有效利用，达到节能效果。例如，采用高效旋流分离器不仅能够有效地分离液态油分，还可以降低设备的总耗电量。另外，选择适当的压缩机型号，持续改进和优化压缩机的工艺参数，都能显著降低天然气处理的能耗。在水的利用方面，对于一些需要大量冷却水的设备如冷却器和冷凝器，可采用循环冷却水系统，或者采用冷却塔进行回水利用，使水资源得到充分利用。

最后，可结合油气处理站的来气方式和储存方式设计符合实际的回收系统。比如基于油罐车、油库的回收系统，可以冷凝器、压缩机为核心构成制冷机组或冷源（低温下天然气体积降低，实现低压），采用鼓风机、真空泵等实现油气的系统内运输，将可回收利用的天然气运输回油库或储存罐，无法利用的油气经过吸附塔后安全排放，此类回收系统整体思路如图 1。

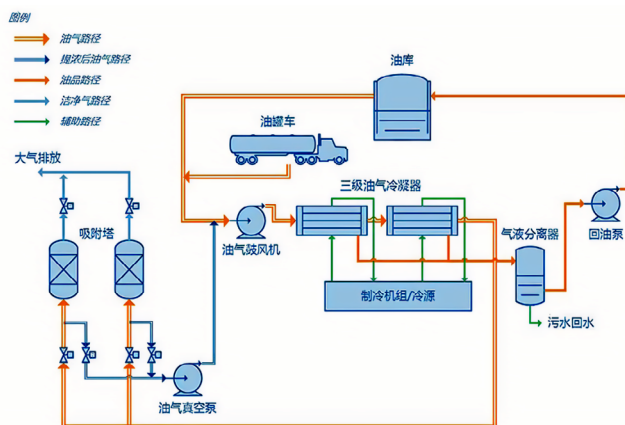


图 1 回收系统整体结构

2.3 采用多级回收

多级压缩和冷凝回收步骤在不同压力和气体成分下实现最大程度的资源利用。

首先，针对不同的油气压力和气体成分，采用多级压缩系统。该系统包括一系列的压缩机，依次将油气从较低的压力提升到较高的压力。在每个压缩级别，都会设有冷却器来冷却经过压缩后的油气，可以防止过热并保持设备的运行效率。在压缩的过程中，轻质烃被充分的压缩，此时再结合冷凝技术可以在高压下实现轻质烃的回收。该冷凝回收步骤是通过降低压缩气体的温度来实现的，使得轻烃以液态形式分离出来，然后通过分离装置将轻烃与其他成分隔离，更好的进行其回收和利用。冷凝后再压缩的步骤主要是为了防止污染。在上一步的冷凝回收中已经将大部分轻烃回收并进行资源利用，而在此基础上的进一步压缩则是为了最大程度的回收剩余的可燃气体并减少环境污染。不仅可以确保油气的有效利用，还可以防止有毒的油气对环境产生污染。针对不同的运行条件和管网、储罐等设备的特性，超低压天然气回收技术需做到严格控制和监测。需要设置适当的压力、温度等控制点，定期进行检测评估和调整以保证设备的高效稳定运行。此外，超低压天然气回收系统应配备冗余设计，包括备用的冷却器和压缩装置，以防发生设备故障时导致回收失败。同时在设备布置上要考虑合理的流程布局和建设，以降低运行成本和维护费用。

最后可考虑将过滤后的废气使用小型涡轮发动机进行发电，最大化能源利用。比如将过滤后的废弃用于热水供应，将热负荷调整在 0-100℃ 范围内，使用废热回收器、逆流式回热器连接小型发电机，最终形成三相 50Hz 电力，以此供应小型用电设备，最大化

能源利用效率,如图2。

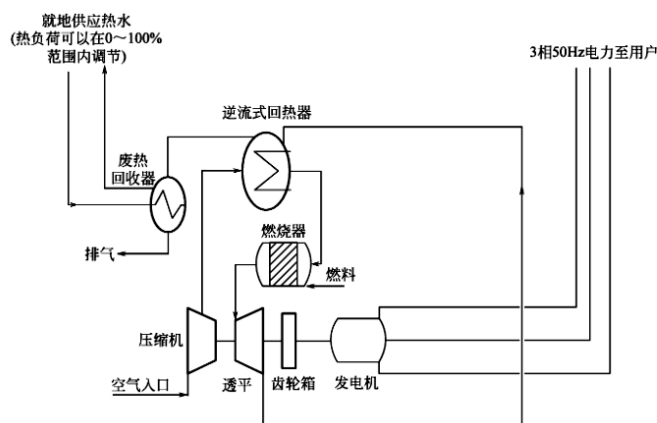


图2 废气发电结构

2.4 加强安全设计

超低压天然气回收技术工艺过程复杂,环境条件苛刻,在实施过程中需要据此进行精细的安全设计,并严格控制工艺参数和流程。

首先,润滑冷却系统的设置十分关键。由于设备在压缩、冷却和膨胀过程中会发生大量热交换,容易导致设备过热。因此,设置足够的冷却液循环系统,有效降低工作温度,保证设备稳定运行。同时,润滑系统也应做好,经常检查和更换润滑剂,防止设备因固体磨损造成性能下降或意外停机。

其次,需为设备配置附加的保护装置。例如,设备过载保护器能够时刻监控设备负载状态,一旦出现过载情况,能够立即切断电源,防止设备损坏。以及,设备的温度传感器和压力传感器,同样可以实时监测设备的运行状态,并在异常情况下发出警报。另外,在系统设计上也需要做到冗余和模块化。冗余设计能够在某个部分出现故障时,仍能够保证整体系统的运行,从而降低单点失效的风险。模块化则提供了更高的灵活性,便于修理、更换和维护。

最后,对设备和系统具有全面的维护和检测计划同样重要。包括定期对,设备的检查,对可能存在的问题进行及时的调节和检修,以预防大的故障的发生。同时,对设备进行定期的维护保养,比如清洗、润滑、更换零件等,提早发现和解决问题,保证设备的正常寿命。

2.5 加实行数字化管理

为了更好地实现这一技术,并提高其运行稳定性和回收效果,需要借助现代信息技术,包括物联网

(IoT),用以实现设备状态监控和预测性维护。

首先,物联网通过网络将设备连接起来,收集和分析数据,然后执行相应的操作。在油气处理站,每个设备(如压缩机,冷凝器,蒸发器等)都配备有传感器,这些传感器可连续监测设备的运行状态并实时发送数据。例如,温度传感器可以监测设备运行时的温度,压力传感器可以监测设备内部的压力状况等。设备的任何变化都将实时反馈到中央控制系统。例如,如果某部分设备的压力突然上升,可能表示设备存在问题,那么控制系统将立即接收到通知,并启动报警,以防止设备故障或损坏。

其次,预测性维护是通过分析设备产生的大量数据,从而预测和计划出维护策略。例如,运用机器学习算法,从过去的设备运行数据中学习并发现故障模式,进一步预测设备可能在何时发生故障。物联网使得设备可以持续产生实时数据,这为预测性维护算法的实施提供了基础。当数据表明设备可能在将来某一时间点出现故障时,工作人员就可以及时进行修理或替换,而不必等到设备真的停机才进行维护,从而减少了停机时间,保证了设备的正常运行,提高了超低压天然气回收的效率。初步预估,在引入物联网和预测性维护技术后,设备的运行效率可提高15%,停机时间可下降25%。同时回收率提高10%,消耗能量降低15%。

3 结束语

利用超低压天然气回收技术,不仅可以提高天然气的回收率,提升处理效率,而且还能降低操作难度和维护成本。未来,更多的油气集输站场有望在提升设备更新度、改进工艺流程、加大科技创新力度的同时,向这一具有前瞻性的技术转化。然而,虽然目前的应用前景较为乐观,但对这一技术的全面实施仍需要克服一些挑战,诸如软件配套、设备寿命等仍待解决。未来的研究可以围绕着如何提升超低压天然气回收技术的稳定性和可持续性进行,进一步提升油气集输站场的天然气回收效率。

参考文献:

- [1] 王美豪. 试分析井口天然气回收工艺 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(20): 172-174.
- [2] 黄旭东. 液化天然气场站节能回收技术探讨 [J]. 资源节约与环保, 2023(10): 13-16.
- [3] 杨立超. 油气回收技术在油气储运中的应用 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49(09): 17-19.