

油气储运系统的节能技术要点分析

欧岳衡（中海油东方石化有限责任公司，海南 东方 572600）

摘要：为了减少油气储运系统的资源消耗，减少油气储运系统运行期间所产生的大量能源消耗，节能技术的运用迫在眉睫。本文基于目前油气储运系统开展节能技术的优势和重要性的分析，着重分析目前在该系统中的节能技术要点和主要内容，进而实现整个油气储运系统项目的最大社会与经济效益目标。以供参考。

关键词：油气储运系统；节能技术；输油泵

0 前言

能源既是国民经济运转的基础，又是国家安全的战略物质。石油和天然气的储存和运输中，都会产生一些损耗，企业要取得更大发展，降低能源的浪费与损耗，必须进行石油天然气的储运体系的优化与升级，为减少石油和天然气的储存和运输过程中的资源消耗，增加石油和天然气的综合效益提供重要的技术支撑。

1 油气存储系统应用节能技术的重要意义

随着国家提出了“节能减排、低碳经济”的发展战略，石油、天然气和天然气的发展也随之产生了巨大的变革。提高油气储运系统的节能技术，降低油气储运系统的能源消耗，是目前油气储运领域普遍追求的目标。油气储运系统的节能技术与人民的生活息息相关，直接影响着我国的城镇化和经济的发展。石油资源70%以上，天然气资源90%以上，预计到2025年，石油管线将建成24万km以上。石油储运系统的节电技术可以减少整个石油储运系统的能耗，在较低的能耗下实现石油的输送和存储，从而提高石油的利用效率；推动可持续的社会和经济发展。

2 油气储运系统节能技术的实施要点

2.1 变频技术

在变频调速技术中，这是一种十分高效的节电技术。采用变频调速控制油泵的流量，使其在任何时候都能保持高效率运转。过去，在调整油泵流量时，必须经过离心泵出阀，这种调整方法简单、简便，但是在流量控制上不够精确；这是一个非常容易出现的能源浪费问题。随着变频技术的发展，流量控制的精度得到了极大的提高，只要采用这种技术，就能实现对水泵的调速。在采用变频调速技术时，必须在泵站及输油位置各设置一台变频器，并对调速进行控制，从而减少了输出阀的节流损失，减少了电动机的损耗；这样可以延长水泵的寿命。

如塔里木油田阿克苏油气储运中心在反输轮南的工艺流程中，变频技术在机上的应用得到显著的效果。其反输泵的具体参数如表1所示。

表1 反输泵参数

型号	扬程 / m	流量 / $m^3 \cdot h^{-1}$	转速 / rpm	电机功率 / kW
MC80A-9	600	100	2950	220kW

现场操作过程中，控住出口阀前压力3.0~4.8MPa，阀后压力仅为1.0~1.3MPa。节流损失约为2.75MPa。由于泵出口阀节流而产生的节流损失公式为：

$$N_{\text{损}i} = 0.278 P_{\text{损}i} Q_i$$

公式中， $N_{\text{损}i}$ 表示阀门节流的损失功率，单位为kW； $P_{\text{损}i}$ 表示阀门节流的损失压力，单位为MPa； Q_i 表示泵的排量，单位为 m^3/h 。

结合上述公式可以计算出：

$$N_{\text{损}i} = 0.278 \times 2.75 \times 100 = 76.45 \text{ kW}$$

$$76.45 \text{ kW} / 220 \text{ kW} \times 100\% = 34.75\%$$

现场变频改造完毕后，经现场验证，反输泵按照60%的输出功率进行工作就可以满足反输轮南的需求，按照每月运行360h的运转时长计算，每月可节省31680kW·h，节能效果显著。

2.2 余热再利用节能技术

在油气储运过程中，余热再利用技术已经得到了大范围推广和运用，不仅可以降低油气储运中的能耗，而且还可以使油气储运的成本支出得到有效控制，从而大大的提升了油气储运的稳定性及安全性。通常情况下，比较常见的余热再利用主要包括装置余热直接利用技术、余热补充加热技术这两种。在应用场景中，储运系统正常是一个保温恒温的单元，所需热量相对较低，装置余热基本都在60℃以上，完全满足储运系统需求，直接将装置余热替换储运系统的保温加热设施，降低蒸汽的使用；对于恶劣气候时期，可直接利用余热补充加热技术，蒸汽作为补充热量的途径，以

维持储运系统的热量需要。余热再利用节能技术主要是根据油气储运系统特殊的工艺特性，对能源进行梯级利用，从而实现节能的目标。

3 输油泵变频调速运行节能原理

根据离心泵本身特性，在实际应用调节过程中主要是对油气流量进行调节，然而在对离心泵流量调节时通常都会采取以下两种方法，其一主要是通过调节调节泵出口阀开度，其二则是通过调节离心泵转速。与第二种调节方法相比，第一种调节方法所出现的能源浪费情况较为严重，通过对输油气泵电机变频实现电机转速改变的方式对输油气泵工况进行调节。而由离心泵特性可以发现，当管路特性曲线保持不变的情况下对离心泵转速进行改变后，其主要性能参数变化会有下述公式确定：

$$Q/Q_1 = n/n_1$$

$$H/H_1 = (n/n_1)^2$$

$$N/N_1 = (n/n_1)^3$$

在上述公式中， Q 、 H 、 N 所代表的参数含义分别是当离心泵转速为 n 时的流量以及扬程和功率；而 Q_1 、 H_1 、 N_1 所代表的参数含义则为当离心泵转速为 n_1 时的流量以及扬程和功率。

利用阀门调节输油气泵时，当流量从 Q_1 将到 Q_2 时，工作人员需要关小阀门，从而达到增加阀门摩阻的目的，此时管路曲线会从 R 变为 R' ，扬程也会从之前的 H_a 上升到 H_b ，最终运行工况会由 a 点变为此时的 b 点，具体情况则图下图 1 所示。

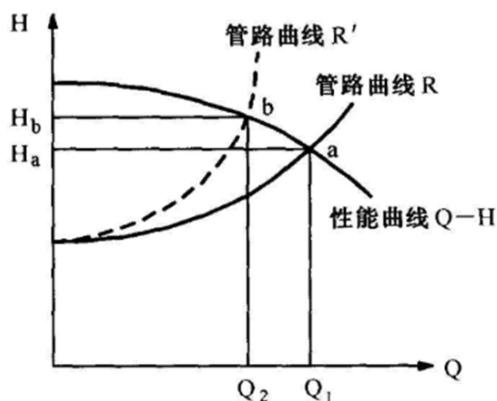


图1 出口阀门开度控制

当对调速进行控制时，输油气流量将会从 Q_1 下降至 Q_2 ，但是由于管路曲线 R 保持不变，因此输油气泵特性则会根据转速的变化而变化，此时如果将转速从 n 下降到 n' ，那么性能曲线则会从 $(Q-H)$ 变为 $(Q-H)'$ ，随后运行工况就会从 a 点变为 c 点，此时的扬程就会

从 H_a 下降到 H_c ，具体情况如下图 2 所示。

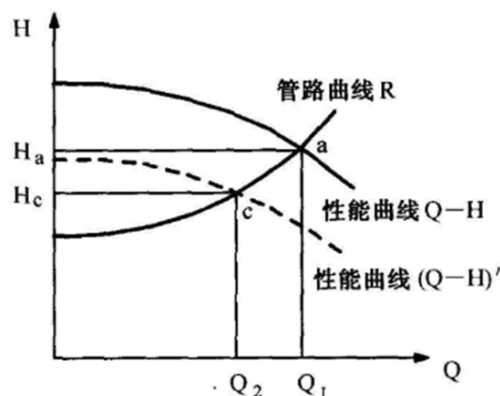


图2 泵转速控制

离心泵特性曲线公式为：

$$N = RQH / 102 \eta$$

其中， N 在公式中所代表的含义为输油气泵运行工况的轴功率，单位为 kW ； Q 在公式中所代表的含义为实际运行工况点的具体流量，单位为 m^3/s ； H 在公式中所代表的含义为实际运行工况点扬程，单位为 m ； R 在公式中所代表的含义为实际输送介质单位的体积重量，单位为 kg/m^3 ； η 在公式中所代表的含义为运行工况点泵效率，单位为 $\%$ 。

通过上述公式计算可以获取运行在 b 点和运行在 c 点时泵的轴功率，具体计算公式如下：

$$N_b = RQ_2 H_b / 102 \eta$$

$$N_c = RQ_3 H_c / 102 \eta$$

两者之间的差即为：

$$\Delta N = N_b - N_c = 2RQ (H_b = H_c) / 102 \eta$$

通过以上计算可以发现，当利用阀门对油气流量进行控制时， ΔN 的功率就会出现被损耗的现象，后续当阀门不断关小后损耗就会出现逐渐增加的现象。然而当利用控制转速的方式控制油气流量时，由于流量 Q 与转速 n 的一次方之间会出现正比例关系，同时扬程和转速的平方以及轴功率和转速之间也会形成正比例关系，即最终功率和转速之间的三次方关系下降。如若在实际工作中不采用关小方法的方式控制流量，而是采用降低转机速率的方式控制，那么在同样的运行流量下，那么就会充分避免之前在阀门上消耗的功率，进而获取良好的节能效果。

4 输油气泵变频调速范围的实际硬性因素

4.1 定速泵对调速范围的影响

大部分的大排量长输管道线路中都是由多个输油气泵并联运行的，但是由于受到诸多因素影响，无法

同时对所有的输油气泵开展调速工作。因此，为了最大程度的达到节能目的，工作人员通常都会采用调速泵和定速泵同时运行的方式。故而，在此种系统系统中，相关工作人员需深刻意识到保证调速泵和定速泵均在高效区运行的重要性，同时还要达到运行系统最优状态。这样，定速泵就会对与其进行并联的调速泵实际调速范围形成一定影响，具体会出现以下两种不同情况：

为同一型号的输油气泵的调速泵和定速泵同时运行时，即便调速非常灵活，但是由于无法对调速泵和定速泵的高效工作区同时兼顾。故而，在此种情况下的可调节的实际调速运行范围极小。

不同型号的输油气泵的调速泵和定速泵同时运行时，如果能够促使调速泵在额定转速下，高效段右端点的扬程可以与定速泵高效段左端点的扬程保持相同，那么就可以实现最大程度的调节调速范围。但是值得注意的是，此时的调速泵和定速泵则无法出现互换并列的运行现象。

4.2 电机效率对调速范围的影响

当工况相似的情况下通常都会出现 N_{ocn}^2 ，因此当泵转速逐渐出现下降时轴功率也会相应出现下降，且下降速度较快。但是，如果电机所输出的功率出现过定向而定功率偏移时就会导致泵优于出现电机效率下降过快的现象，最终输油泵的整个机组效率就会受到影响。

4.3 管路特性对调速范围的影响

即便开展泵节能工作中的主要方法就是改变输油气泵性能曲线，但是在管路曲线存在差异的情况下调速节能所呈现出的节能效果存在极大不同。在设计工况相同的三个输油气系统中，最大设计工况点都设定为 A，且流量均调节为 Q_b ，当输油气泵的型号保持相同的情况下，其管路曲线也是存在差异的，分别为：

$$H=H_1+S_1*Q^2 \quad (H_0=H_1)$$

$$H=H_2+S_2*Q^2 \quad (H_0=H_2, H_1>H_2)$$

$$H=S_3*Q^2 \quad (H_0=H_3=0)$$

具体如图 3 所示。

由此可见，如果一旦采用了关阀的方式调节泵，那么三个系统就都会满足流量 Q^b 工况点，且工况点都为 B，其所对应的轴功率都会是 N_b ；然而如若采用调节运行的方式控制，那么三个系统就都会满足流量 Q_b 工况点，工况点则为 C、D、E，其所对应的轴功率是 N_c 、 N_d 、 N_e ；其所对应的运行转速是 n_1 、 n_2 、 n_3 。

但是由于 $N_{ocn}Q*N$ 的存在，因此上述各个轴功率都会满足 $N_b > N_c > N_d > N_e$ 。

当管路特性曲线为 $H=H_0+S*Q^2$ 的系统中开展调速节能时，当 H_0 的值越小，那么所呈现出的节能效果就会更好，反之则会更差，甚至还会先无法节能的现象，增加能源消耗，无法达到节能的目的。

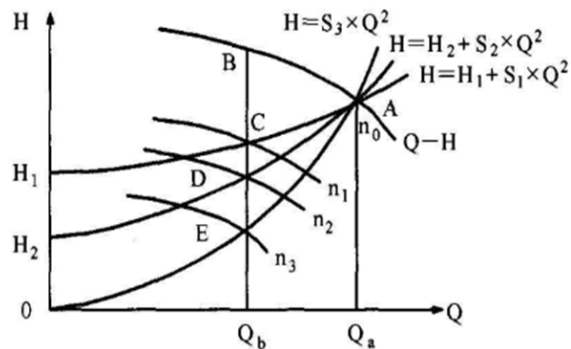


图 3 管路特性曲线对调速节能的影响

5 结语

综上所述，最大程度实现输油气泵节能的有效途径就是输油气泵机组变频调节节能技术，该种技术主要就是将阀门节流工况调节方式转变为输油气泵变频工况节能，同时该种节能方式还充分实现了调节便利，这在一定程度上有效规避了输油气泵出口阀节流损耗的问题，不但形成了极大的功能效益，且更可以有效减少输油气泵机组本身存在的磨损和噪音。节能技术是油气储运系统中十分重要的技术，其可降低油气储运期间的资源消耗，提升资源使用率和油气综合效益，进而实现整个能源产业的健康与可持续发展。

参考文献：

- [1] 杜泽宇. 油气储运系统的节能技术要点分析 [J]. 石油石化物资采购, 2020(17):1.
- [2] 杜佳智. 油气储运系统节能技术要点研讨 [J]. 黑龙江科学, 2021,12(18):3.
- [3] 和建来. 油气储运系统电气问题分析与对策探析 [J]. 2021(5):239.
- [4] 吴春霞. 油气储运过程中加热炉的节能技术及进展 [J]. 2020(18):226.
- [5] 孙丽丽. 基于裂解新技术构建高效集约型炼化耦合新工艺 [J]. 石油炼制与化工, 2021,52(10):9.

作者简介：

欧岳衡 (1989-)，男，汉族，湖南衡阳人，本科，工艺工程师，研究方向：工艺技改技措，节能低碳管理。