

长输管线油泵增效提量的改进措施

改进长输管线泵设备，提升泵效率——随着成品油管道建设的推进，汽柴油在成品后越来越多的通过管道输送到各个省市，由于近些年经济的快速发展，成品油的需求量也逐年上升。原有站场的长输油泵的输送量不能满足管道增输量的提升，而更换输油泵存在周期长、生产影响大、施工强度高以及存在安全风险增加等因素。因此在原输油泵基础上进行改造提量并能满足现有电动机功率余量要求内使用，是最好的技术方案。挖掘现有泵设备的输量潜力，提高泵效率，增加旧泵的利用率，降低设备采购成本和施工风险，减少再投资，从而提高经济效益，这也是本次改造工作的意义所在。

文 / 史铁峰

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A201138

广东湛江某中间站主要是向广西北海地区供成品油，输送介质为柴油和汽油两种。站内的主输泵为进口的的水平中开两级双吸 BB1 结构，型号为 ZMIP375/02×2，额定流量为 $Q=780 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=300 \text{ m}$ ，电机额定为 800 kW。实际泵效率为 76%，因广西北海地区成品油的需求量增加，现欲将输油量提升到 $900 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程达到 280 m 即可。这就需要针对原泵的结构和出厂技术参数进行比对，通过对叶轮的重新优化设计，将泵体内的流道和通过面进行加工和打磨，尽量与新设计的叶轮匹配，使泵的效率达到 78%，从而可以使原管线不动并利旧原底座和电动机。

本文作者供职于中石化销售股份公司华南分公司。

技术分析

● 输油泵按输送密度较大的柴油来计算，密度为 $843 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，笔者查阅原泵厂的出厂试验曲线（图 1），原泵标记的额定流量 $780 \text{ m}^3/\text{h}$ 已经在曲线的末端，如果不进行泵的改造，强行将流量提高到 $900 \text{ m}^3/\text{h}$ ，并使用 800 kw 的原电动机，只能进行切割叶轮降低扬程来达到流量的提高。输油站点为了提高输油量，将泵叶轮切割到泵扬程 210 m 时，泵运行的轴功率低于输入功率才能保证电机的安全运行，而此时泵的效率只有 55%。而 210 m 的扬程也不能完全满足长输管线的出压输送要求，还需加注大量的减阻剂才能满足

要求。

● 通过计算，改造后在保证泵效率达到 78% 条件下，输油泵的流量为 $900 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程要达到 280 m，按需要的技术参数重新设计匹配叶轮，为了能在原泵壳内

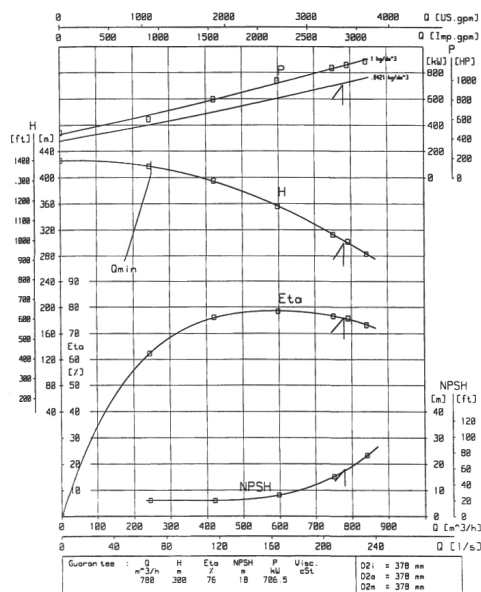


图 1 原泵出厂性能曲线

应用,调整叶轮进出口直径及叶片数,调整叶片包角,适当调整叶片进出口安放角,以达到提高效率的目的。另外,需要对泵体进行性能匹配性整改,通过打磨尽量减小进口处隔舌的阻碍,增加泵壳的喉部面积。对流道和进出口进行打磨,使流体的通过性更好。输油泵的轴、轴承体、机械密封、底座及支撑机构等保持原产品,不影响安装条件。

增加输油泵流量提高效率的要素

蜗壳喉部面积对泵性能的影响

理论上叶轮的出口面积与蜗壳的喉部面积之比是决定泵性能的重要因素,所谓喉部面积如图2所示。同一叶轮在蜗壳喉部截面积不同的泵壳中运行时,泵的理论扬程曲线的形状仅取决于叶轮,而与泵壳无关。但最佳流量范围内的实际扬程却主要取决于蜗壳中的水力损失,增大蜗壳喉部面积,当流量增大时水力损失相对较小,可使泵的最高效率点偏向大流量,同时扬程曲线趋于平坦。因此改变蜗壳的喉部面积可以改变扬程曲线的形状和最高效率点的位置。而且用改变喉部面积来改变泵的性能,要比用改变叶轮结构参数来改变泵的性能更敏感些。由于原泵隔舌比较厚,需要充分打磨隔舌,尽量减小隔舌厚度,尽可能的增加泵体第 F_{III} 截面的面积,从而减小泵在大流量时的阻力,提高泵在大流量时的效率。

泵进口隔舌和通道过流的影响

因泵流量提高较多,已经超过了原额定流量的115%,进口

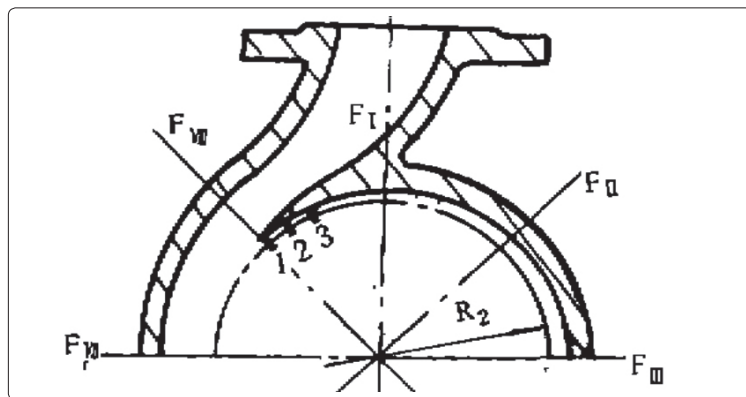


图2 喉部界面 F_{VIII} 及隔舌长度变化位置

隔舌已经影响了大流量流体的通过,所以需尽量打磨隔舌,减少进口隔舌阻碍(图3)。我们将泵解体后发现,泵的入口通道和两级叶轮间的通道也比较狭窄,对于 $900\text{ m}^3/\text{h}$ 的流量来说,通过面积较小,也影响大流量泵的效率,所以对入口出的通道也需进行打磨扩大,以增加过流面积,从而达到改造设计的要求。

叶轮对泵性能的影响

1. 叶轮叶片数的确定

针对叶轮设计的一般情况,叶片数过少,叶道的相对长度过小,并增大叶道的扩散度,从而会在叶道中形成旋涡使泵效率下降。叶片数过多,会引起液流进入叶轮时过度挤迫,增大摩擦面积从而使水力损失增加,效率下降。本次改造参考现有成熟产品及结合原叶轮的情况,并充分考虑原泵蜗壳的影响,选择最终产品叶片数为6枚。

2. 叶轮进口及出口参数

利用



图3 泵壳隔舌照片

几组泵体及叶轮水力模型。以计算流体力学软件 ANSYS-CFX 为平台,利用 N-S 方程、RNG $k-\varepsilon$ 湍流模型以及采用全隐式算法,模拟不同模型泵内部流场分布,计算出了不同模型的外特性。通过模型的比对设计叶轮。叶轮进口系数选择抗汽蚀性能好的值进行设计,为了减小大流量时在叶片进出造成的冲击。为了增大泵的高效运行区间,叶片进口冲角选较大值,出口宽度 b_2 与喉部的面积比也靠上限。

3. 新设计叶轮与原泵壳的匹配性

考虑到新叶轮要与原泵壳匹配,所以需调整叶片流线,叶轮盖板与蜗壳的配合,取得合适的间隙,从而尽可能减少流量损失,提高泵在大流量处的效率。

其他的改造细节

密封环材质及间隙

因新设计的叶轮与原泵在口环位置有一定的配合差异,取消了原泵的口环,在叶轮口环出采用硬度高的材质堆焊加工而成,抗咬合性能优良。为了减小泵的容积损失,密封环间隙及节流套间隙执行 API610 标准。

流道的光洁度

(转 p42)

稳定运行、预测潜在的污染或设备损耗风险、并对突发情况做出应急的准备。

在华 25 载：初心不灭，“绿水”长流

格兰富一直致力于同客户、供应商、政府以及行业协会等各方携手，共同开拓高效节能方案，更好地应对水和气候变化挑战。2020 年是格兰富集团成立 75 周年，也是其在中国落地生根的第 25 个年头。这一年里充满着发展的不确定性，如何洞察并快速响应疫情带来的危与机，成为了摆在每一个企业面前的首要难题。在复工困难、市场供应链断裂等难题的困扰下，“如何活下去”顿时就替代了很多企业“如何实现可持续发展”的思考。不禁令人

发问，执着于绿水青山的意义到底在哪里？

且不谈绿色可持续与企业的良性发展息息相关，从市场角度来看，环保一直都是一个大市场。赖俊祥分析道，全社会的环保投资总额从“十二五”期间的 4.17 万亿元提高到“十三五”期间约 17 万亿元，即将到来的“十四五”也势必会迎来环保项目的大落地、大机会和大发展。为了紧握机遇，除了每年将收入 4%~6% 投入研发外，格兰富从未停歇过初心的秉持。在集团战略中，目标到 2025 年成为气候友好型公司，并减排 50% 的碳足迹。2019 年，格兰富集团的 CO₂ 排放量较 2008 年下降了 40%，用水量与 2008 年相比下降了 40.1%，这几近苛刻的目标和惊人成果令人心生敬意。“绿水蓝

天和强劲发展可以兼顾吗？”我想，格兰富给了我们答案。

在 2020 上海国际水处理展览会上，格兰富首次设置了无人数字化自助展台。无人化的设计确保了绝对的安全性，二维码讲解、VR 等多样新形式的加入，仍能让全面的工业水处理解决方案干货，高效地传达给参展者。2020 年，这场疫情的暴风雨不仅“淋湿”了整个地球，也吵醒甚至驱逐了那些安于现状、不追赶数字化潮流的传统企业。但我们发现，在任何时刻，格兰富都在用自己的方式完美诠释着“责任、远见、创新”。这 6 个大字不仅流淌在格兰富的文化血液里，也必将镌刻在下一个十年，下一个五十年耕耘的硕果之上，引领着行业，耀眼闪光。

(接 p39)

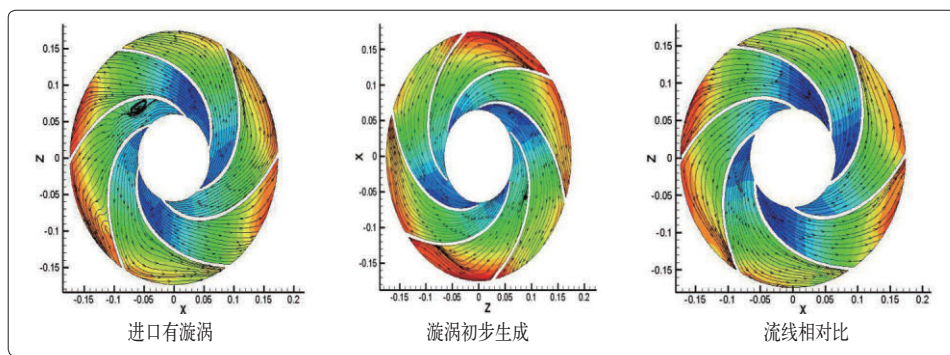


图 4 新设计叶轮与泵体流道的匹配性流场分析

为了减小泵运行时介质与壳体之间的摩擦损失，提高泵的运行效率，对泵壳所有流道进行抛光处理，减少流体通过的阻碍，提高流体通过效率（图 4）。

改造效果

按照上述步骤对泵进行改造后，在工厂进行了一个全性能试验，该泵水试的性能基本达到了

设计要求，流量在 900 m³/h 时，扬程为 274 M，泵效率为 75%，换算成密度为 843 kg/m³ 的柴油时，轴功率在 755 kW，原电动机有大于 5% 的余量，可以在安全的范围内使用，所以该泵的改造符合设计预期。

2020 年 6 月 2 日将改造后的泵返回使用现场，在输油站点安装后进行了现场测试，该泵配备

了一台流量为 900 m³/h，扬程为 55 m 的前置泵，保证了输油泵的装置汽蚀余量完全满足使用条件。经过测试，当输油泵在 900 m³/h 时，扬程满足使用要求，泵效率达到 76.5%，好于工厂测试，达到了输油泵提量增效的目的。通过该泵的改造效应，可以确定该站点的其他长输油泵都可以通过改造满足输油量提升的要求，节约了采购新泵的资金，并且保留了原管路及其配套阀门等管线配套设备。节约设备更新的资金同时，因泵效率的提升，每年也能节约电力的消耗，取得了一定的社会效益。随着地区用油量的攀升，很多输油站点都会出现类似问题，本次改造也是在长输管线上的一次成功范例，应用前景可观。