

# 浅谈高明水原油接卸、储存和输送过程管控措施

段少阳（惠州市大亚湾华德石化有限公司，广东 惠州 516081）

**摘要：**伴随着改革开放的持续深入以及加入 WTO 后，社会各界对石油资源的需求不断增加，并且不单局限在工业领域，逐渐被应用在生产与生活的诸多领域中。由于各种原因，我国原油在接卸、储存、输送过程中耗损量不断增加，也是导致我国原油成本居高不下的一大重要原因，因此若想减少原油的成本，便需要做好原油接卸、储存以及输送等环节的管控。本文通过对高明水原油接卸、储存和输送过程的经验总结和技术分析，制定出高明水原油接卸、储存和输送过程操作和管理指引，从而达到高明水原油安全输送，避免对炼化装置加工造成影响。

**关键词：**高明水原油；接卸；输送；脱水；指引

## 1 引言

位于珠三角东部惠州市大亚湾马鞭洲的广州石化原油码头（以下简称广州石化码头）是我国华南地区最大的固定式原油码头之一，2018 年接卸量达到 1254.87 万 t（全部为进口原油），约占当年我国海运原油进口总量的 3.12%。广州石化码头自 1997 年 3 月投产以来，25 年来累计接卸原油超过 2.41 亿 t。

近年来，由于各大油田产出原油品质逐渐下降，海洋油田产出原油比例逐渐升高，到港原油含水量和因为含水带来的含盐量逐年上升，高明水原油给接卸、输送、脱水和装置加工都带来很大的困难。

通过近 5 年来对油轮接卸的经验摸索，广州石化原油码头对高明水原油接卸、调合、输送过程的经验总结和技术分析，制定出高明水原油接卸、调合、输送过程操作指引，从而达到高明水原油安全输送，避免对广州石化装置加工造成影响。

## 2 预期目标

①高明水原油定义：高明水原油是指到港油轮单船提单明水量  $\geq 200\text{t}$  的原油；

②预期目标：确保舱底油（高含盐）和明水全部收集到马鞭洲首站指定罐，确保舱底明水在南边灶油库全部脱出，确保油轮接卸不滞期或滞期最少，确保对装置操作影响最小。

## 3 操作指引

### 3.1 接卸

接卸前，通过装港数据了解待卸原油的盐含量和水含量，将舱底油和明水总量（例如 X 万 t）集中接卸到马鞭洲岛 ST301/X# 罐，其中根据原油密度、粘度，中重质原油  $\leq 2.1$  万 t、轻质原油  $\leq 1.2$  万 t，将非舱底油部分卸入马鞭洲其余空罐。若具备条件，可

采取边接卸边输送的方式将非舱底油转输至南边灶油库储罐。接卸后，先对舱底油罐和非舱底油的第 1、2 个罐盐、水含量分析，若非舱底油第 1、2 个罐下部盐含量  $> 120\text{mg/L}$ ，则对其余罐继续分析盐、水含量。按照上级单位指令或下游客户需求加注不同剂量的原油预处理剂。在拆管之前，需要将管线的余油完全放空，卸油方与船方应当确保所有的阀门关闭完好，在给予必要的通风处理后，还需要对气体实施检测，待结果合格方可进行下一步的作业。在接卸操作过程中，所有工作人员应当严格佩戴防毒面具，直到整个接卸完毕。由于在原油卸载过程中，船舱内的硫化物浓度较高，稍有不慎便可能引起硫化物中毒，若条件许可时，可以多租用新船与双壳船，确保租用的游轮拥有完善的安全生产制度以及船员整体素质较高，这样不但可以确保设备的安全性，同时还能保证接卸过程中的安全性，从而降低高明水原油挥发引起的安全事故。

### 3.2 调合

#### 3.2.1 非舱底油

根据罐内盐含量判断是否与其他原油调合、转输至南边灶油库，若盐含量  $> 80\text{mg/L}$  则不与重劣质（高粘）原油调合输送到南边灶油库，若盐含量  $< 80\text{mg/L}$  则正常调合；原油在马鞭洲存储时间  $> 7\text{d}$ ，调合前 1d 需检测罐底水含量和盐含量。若有明水，将该部分明水抽至高明水油罐后方可调合。若盐含量  $> 80\text{mg/L}$  则不与重劣质原油调合输送到南边灶油库，再次检测罐底盐含量超标部分原油单独输转至南边灶油库相应油罐脱水。

#### 3.2.2 舱底油

舱底油：单独输转至南边灶油库脱水，禁止与重劣质（高运动粘度）原油调合。

主要原因是：由斯托克斯沉降公式：

$$V = \frac{2(\rho - \rho_0)gr^2}{9\mu}$$

式中：V 为粒子的沉降速度，单位：m/s， $\rho$  和  $\rho_0$  分别为球形粒子与介质的密度，单位：kg/m<sup>3</sup>，r 为粒子的半径，单位：m， $\mu$  为介质的运动粘度，单位：mm<sup>2</sup>/s，g 为重力加速度，单位：m/s<sup>2</sup>。

明水沉降的速度与其运动粘度成反比关系，混合原油的运动粘度越大，则脱水越困难，脱水时间越长。

2020 年 9 月 6 日“莎秋”油轮巴士拉原油单输到南边灶油库相关情况与 2020 年 9 月 24 日南绿谷与卡斯蒂利亚（高粘劣质油）作比对。表 1 为 50℃时储罐有关数据。换算后，温度 35.9℃时巴士拉油运动粘度为 14mm<sup>2</sup>/s，31.2℃时南绿谷 / 卡斯混油运动粘度为 27.1mm<sup>2</sup>/s。南绿谷 / 卡斯混油运动粘度为巴士拉原油将近 2 倍。南绿谷 / 卡斯混油沉降 7d 后脱水仅 20t，而巴士拉原油沉降 7d 后脱水量已达 830t。

### 3.3 脱水

#### 3.3.1 舱底油部分

①对于轻质原油，沉降脱水时间 > 240h，对于中重质原油，沉降脱水时间 > 360h。根据历史高明水原油（巴士拉）脱水经验，舱底有部分脱水干净需要 12d。相关油轮的脱水时长见表 2；

②该批次舱底油开始加工前，南边灶油罐应脱出水量 ≥ 提单水量的 120%；若达标，则与南边灶其他油罐调合输送进厂，若未达标，则根据该罐实际盐含量和水含量情况，调整调合比例加工；

③化验分析：满罐或停输 36h 后进行油罐盐、水含量分析，使用前 24h 再次分析盐、水含量及罐底明水量，应确保使用时罐底无明水，罐含水量 ≤ 0.2%；

④原油预处理剂：原油接卸后，对船样进行预处理剂比选试验；在原油从马鞭洲岛向南边灶油库转输

前确定预处理剂型号与加注剂量。

#### 3.3.2 非舱底油部分

①在南边灶罐区罐容条件允许情况下，确保可沉降脱水 48h；

②化验分析：满罐或停输 24h 后进行盐含量和水含量分析；

③原油预处理剂：若水含量 > 0.2%，则安排加注一定剂量的预处理剂，否则不加。

#### 3.3.3 非高明水原油

①华德公司做好非高明水原油脱水台账，若某批次原油脱水量 ≥ 200t，立即向调度指挥中心及相关专业管理人员汇报；

②生产调度部负责，按照高明水原油组织制定专项处理方案。

#### 3.3.4 厂内罐区脱水

①对于采取收满即用的操作方式的原油，无沉降脱水时间，每批次原油进至罐液位 10m 时，采集样品分析盐、水含量，做好监控；

②对于具备沉降脱水条件的油罐，油罐温度控制在 40–45℃，沉降脱水时间 ≥ 48h，需做到罐总脱出水量 ≥ 提单水量的 35%。

### 3.4 储存

#### 3.4.1 对储罐的要求

应当安排近段时间进行过检修同时跟居民区的距离相距甚远同时拥有二次密封的原油罐对高明水原油进行专罐储存，如果需要储罐长期使用时需要开展充油密封改造，在罐顶二次密封的四周和升降管密封位置安装临时的喷水设备，若必要情况下，在高明水原油接卸作业过程中采取罐顶喷水覆盖的手段，目的是减少对周围自然环境的影响。在进油之前，需要全面检查油罐以及相应的附件，目的是保证一两次密封、浮盘、静电接导线等附件完好无损。原油罐的结构采

表 1 储存温度 50℃时数据一览表

| 罐号      | 油品名称     | 检尺高度 (m) | 船检明水 (m) | 罐明水高 (m) | 含水率 (w%) | 油温 (℃) | 标准密度 $\rho_{20}$ (kg/m <sup>3</sup> ) | 明水体积 V <sub>fw</sub> (m <sup>3</sup> ) | 含水量 (t) | 净油量 (t) | 运动粘度 (mm <sup>2</sup> /s) |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------------------------|
| NT101/3 | 巴士拉      | 18.198   | 1434     | 0.17     | 0        | 35.9   | 882.4                                 | 733.8                                  | 0       | 44266   | 9.5                       |
| NT101/5 | 南绿谷 / 卡斯 | 19.473   | 478      | 0        | 0.025    | 31.2   | 886.4                                 | 0                                      | 21.5    | 85923   | 17.1                      |

表 2 脱水时长一览表

| 时间        | 油轮名称 | 船检明水 (m <sup>3</sup> ) | 脱水罐位号   | 舱底油脱水体积 (m <sup>3</sup> ) | 脱水时长 (d) |
|-----------|------|------------------------|---------|---------------------------|----------|
| 2020/1/5  | 猎人奥塔 | 286                    | NT101/5 | 428                       | 12       |
| 2020/3/5  | 新宁洋  | 1140                   | NT101/5 | 748                       | 11       |
| 2020/5/20 | 环球领袖 | 856                    | NT101/2 | 1091                      | 12       |
| 2020/6/16 | 远贺湖  | 561                    | NT101/3 | 444                       | 8        |
| 2020/6/22 | 新灵感  | 750                    | NT101/3 | 187                       | 9        |
| 2020/9/6  | 莎秋   | 1434                   | NT101/3 | 1467                      | 12       |

用的是外浮顶,但是浮顶单板缺乏较好的隔热效果,当遭受阳光直射时上层的原油温度会不断升高,致使轻组分(以硫化物为主)发生挥发作用,为了避免这种情况需要在浮盘上涂上一层防辐射的隔热涂料。同时还需要安装一定的轻质油或者中质油作为罐底油,通常情况下 10 万 m<sup>3</sup> 的油罐安排的罐底油约 2t 即可,5 万 m<sup>3</sup> 的油罐安排的罐底油约 5 万 t 即可,也可以保留罐底油 3~4m 的液位,适当增加罐底油的量有助于发挥油封与稀释的功能。

### 3.4.2 收付油操作注意事项

为了避免产生静电,需要根据石脑油进罐的速度确定卸油的速度,通常控制下 $\leq 4.0\text{m/s}$ ,先需要对油罐实施脱净水。首次进油宜选择在白天,假如油温超过 37℃时,需要暂时停止进油。在夏季可以适当选择在傍晚或者清晨等温度较低的时候开展接管与卸油操作。输送高明水原油需要每小时检查机泵,避免气蚀抽空。在收付油操作过程中工作人员不可上罐顶,在进油之前需要上罐对浮船浮动情况实施检查,完成进油后再次上罐检查,一旦发现异常时需要立即汇报,必要时需要暂停进油。将高明水原油输入油罐后,于显眼的位置标志上安全警示牌,在高明水原油的储存罐四周设立警戒线。假如在下风口 10m 范围内进行作业,需要立即通知施工人员,采取有效的防范措施,一旦发现异常要立即组织施工人员撤离。

### 3.4.3 加强现场设备监控

在对油罐实施采样操作时相关人员需要严格佩戴空气呼吸器与硫化氢报警仪,并且严格执行双人作业,一人操作,一人监护。高明水原油储存过程中,尽量不脱水或者少脱水,在开展脱水作业时,同样需要佩戴空气呼吸器与硫化氢报警仪,严格按照脱水汇报规定进行,同时准确记录脱水时间与脱水水量。

## 3.4 输送

### 3.4.1 舱底油

输送前,罐盐含量 $< 80\text{mg/L}$ ,则调合比例控制在 30% 以内,若首罐装置加工无异常,可连续调合使用,否则采取间隔、降低比例的调合方式使用;输送前,罐盐含量 $\geq 80\text{mg/L}$ ,则调合比例控制在 15% 以内,首罐调合比例控制在 5~10%,采取间隔调合的方式向厂内输送。

### 3.4.2 非舱底油

- ①调合后盐含量 $< 80\text{mg/L}$ 方可向厂内输送;
- ②外输前(抢输情况除外),华德公司对外输原

油进行明水和含水检测。当含水量超过 0.2% 或明水量 $\geq 100\text{t}$ 时,不得外输。须采取调整外输油罐或压罐底油的措施,再次检验分析合格后方可外输;

③华德公司在南边灶油库对于需要抢输的油罐或者旁接输送的油罐,在外输后打开脱水设施检查能否脱出明水,若有明水量超过 5m<sup>3</sup>/h,及时汇报生调部进行预警。

### 3.4.3 末站收油

①在罐区条件具备情况下,将 30min 混油头单独收储至固定油罐,之后小比例掺炼;

②当罐区不具备收储至固定油罐时,禁止混油头直接送装置加工,禁止混油头收储至船燃专用罐;

③当罐区不具备收储至固定油罐时,若当时静止罐有罐容,收储至该油罐;若当时静止罐无罐容,则停止在付油的最近的计划收油罐,用于收油。

## 4 结论

①通过理论及实践证明,高明水原油舱底部分不能与重劣质油掺输,否则造成明水脱出困难,增加静置沉降和脱水时长,影响装置加工和储罐周转;

②通过历次高明水巴士拉原油脱水经验总结(2016~2021 年共接卸 780 万 t),对于轻质原油,沉降脱水时间 $> 240\text{h}$ ,对于中重质原油,沉降脱水时间 $> 360\text{h}$ ;生产排产时,要充分考虑静置脱水时间,避免造成生产波动;

③广州石化贮运部对涉及高明水原油混油头进行集中收储(油头到后 30min),因为华德罐底非计量区可能存在检测不到的明水在刚开始被输送,体现在混油段,故应集中收储,避免装置发生波动;

④通过操作指引的实践,证明是能避免高明水原油在接卸、输送、脱水过程中遇到的一系列问题的,能保证装置的正常稳定生产。

## 参考文献:

- [1] 顾柏平等. 物理学教程第 3 版 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [2] 何望. 大型油轮利用尾倾法接卸高明水原油 [J]. 广石化科技, 2019(2): 25-28.
- [3] 陈思奇等. 原油脱水方法综述 [J]. 当代化工, 2016(45): 8-9.

## 作者简介:

段少阳(1987-), 男, 大学本科, 工程师, 现任惠州市大亚湾华德石化有限公司生产技术部调度长, 主要从事石油储运生产管理工作。