

# 全接液不锈钢双盘式内浮顶与 碳钢单盘式内浮顶的技术与经济对比分析

张万福（河北华飞科技咨询有限责任公司海南分公司，海南 海口 570105）

冀世刚（中国石化海南炼油化工有限公司，海南 洋浦 578101）

**摘要：**随着国家对环境保护的力度加强，各石油炼制、石油化工、储油库等企业也开始跟随国家的脚步，加大对企业污染的治理。近年来采用的全接液不锈钢双盘式内浮顶就是一种很好的控制储罐油品挥发避免污染环境的手段。通过对全接液不锈钢双盘式内浮顶和碳钢单盘的技术与经济对比分析，为内浮顶的选用提供参考。

**关键词：**全接液不锈钢双盘式内浮顶；碳钢单盘式内浮顶；技术与经济性对比

## 0 引言

全接液不锈钢双盘式内浮顶 2017 年在市场上开始应用，目前在中石油、中石化、中海油、中国化工、中化、中航油旗下分公司均有应用，运用效果良好，实现了从源头治理挥发性有机物的目标。新建最大的国有企业炼化一体化项目广东石化（2000 万 t/a）、海南炼化乙烯及炼油改扩建工程（100 万 t/a）、民营企业盛虹炼化（1600 万 t/a）、恒力石化（2000 万 t/a）以及华西库等众多仓储码头均采用全接液模块化不锈钢双盘式内浮顶。但是，老企业已有储存汽油、航空煤油、石脑油以及苯、甲苯、二甲苯的内浮顶罐罐顶气未收集治理的，是否将碳钢单盘式内浮顶更换为新型高效浮盘与配件，选用“全接液模块化不锈钢双盘式内浮顶+二次密封”结构是企业面临的重大问题，必须从安全、环保、节能、经济等各方面考虑，文中主要从成本控制、项目投资、采购成本、后期维护等方面等技术与经济方面进行比较，为内浮顶的选用提供参考。

## 1 两种内浮盘的技术特点

传统碳钢单盘式内浮顶由中间部分的单层碳钢板和边缘区域以上、下钢板、隔舱板、支撑桁架等部件现场焊接形成的浮力舱室构成。其中，内浮盘边缘区域分割为数个“扇形”独立舱室；每个舱室为一处浮力单元，整体浮力设计为自重 2 倍，浮舱高度约在 800-1000mm 左右，内浮盘整体由钢板及钢梁拼装后全焊接形成，内浮盘整体刚性高，强度大，但是由于用钢板焊接制作而成，重力大，受到所用原材料和加工工艺的限制，在内浮盘制作、运行、检维修过程中

出现了诸多问题，对内浮盘运行安全性产生不利影响。

全接液模块化不锈钢双盘式内浮顶采用独创的模块制作工艺和无梁结构，在控制储罐油品挥发避免污染环境的同时，解决了传统内浮盘技术形式存在的诸多安全性问题。内浮顶模块采用全密闭、全焊接加工工艺，内浮盘采用无梁结构形式，品字形排列，上、下立边螺栓紧固连接，确保内浮盘结构强度，提高了内浮盘运行安全性。同时，采用独创的三道盘缝密封技术、新型大补偿密封装置、优化内浮盘附件等措施有效隔绝油气散逸通道，减少油气挥发，可实现从源头治理企业污染的目标。

## 2 全接液不锈钢双盘式内浮顶与碳钢单盘式内浮顶的经济性对比

### 2.1 10000m<sup>3</sup> 内浮顶储罐

基本参数：内浮盘直径为 28m，内浮盘周长为 88m，内浮盘总面积 615.44m<sup>2</sup>，内浮盘最高运行液位为 16.30m。

#### 2.1.1 内浮盘本体费用

①现场安装形式。碳钢单盘式内浮顶：钢材现场切割后全焊接；全接液不锈钢双盘式内浮顶：产品工厂生产后现场组装或焊接组装；②内浮盘总重。碳钢单盘式内浮顶：63t；全接液不锈钢双盘式内浮顶：18.64t；③内浮盘总价计算包括内容。碳钢单盘式内浮顶：材料费、施工费、防腐费用、周边密封费用；全接液不锈钢双盘式内浮顶：内浮盘出厂至安装完成后包干总费用；④内浮盘总价计算方式。碳钢单盘式内浮顶：各部分费用总和；全接液不锈钢双盘式内浮顶：按照 3000 元/m<sup>2</sup> 单价 × 内浮盘总面积；⑤内浮盘材料费。碳钢单盘式内浮顶：465255 元；全接液不锈钢双盘式

内浮顶：包含在内浮盘单价内；⑥施工费。碳钢单盘式内浮顶：448961元（包含材料吊运、下料、焊接、内浮盘本体附件制作或整体采购、防腐施工、安全措施及文明施工等费用）；全接液不锈钢双盘式内浮顶：包含在内浮盘单价内；⑦防腐材料费用。碳钢单盘式内浮顶：101132元/次，20年使用年限需防腐4次，4次费用为：404528元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：无需防腐作业；⑧清罐费用。碳钢单盘式内浮顶：30元/m<sup>3</sup>，10000立储罐清罐费用为：300000元。20年使用周期需清罐3-4次为1200000元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：10元/m<sup>2</sup>，10000立储罐清罐费用为：100000元。20年使用周期需清罐3-4次为400000元；⑨周边密封总价（周边密封技术形式：一次金属弹力板式密封）。碳钢单盘式内浮顶：439600元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：包含在内浮盘单价内；⑩内浮盘造价小计。碳钢单盘式内浮顶：1758344元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：1846320元。

### 2.1.2 罐容利用率

①10000m<sup>3</sup>储罐本体总造价：2946653元；②内浮盘高度。碳钢单盘式内浮顶：800mm；全接液不锈钢双盘式内浮顶：120mm；③储液上方内浮盘高度。碳钢单盘式内浮顶：700mm（包含泡沫防溢板300mm高度）；全接液不锈钢双盘式内浮顶：370mm（包含泡沫防溢板300mm高度）；④实际运行最高液位。碳钢单盘式内浮顶：16.30m-0.7m=15.60m；全接液不锈钢双盘式内浮顶：16.30m-0.37m=15.93m；⑤罐容损失率。碳钢单盘式内浮顶：4.30%；全接液不锈钢双盘式内浮顶：2.27%；⑥罐容损失造成的费用损失=储罐总价×罐容损失率；⑦罐容损失费用小计。碳钢单盘式内浮顶：126706元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：66889元。

### 2.1.3 其他不可计算费用

①日常维护。碳钢单盘式内浮顶：生产中检维修过程需要罐内大量动火焊接作业，安全风险高；全接液不锈钢双盘式内浮顶：无需动火作业，更换相应损坏部件即可；②大型检修。碳钢单盘式内浮顶：需要破坏储罐本体结构，对储罐结构强度造成影响，进而降低储罐服役寿命，施工周期在120天左右；全接液不锈钢双盘式内浮顶：无需破坏储罐本体结构，内浮盘附件通过储罐人孔运输，不影响储罐使用寿命，施工周期在15天左右；③对油品介质影响。碳钢单盘式内浮顶：防腐材料长时间使用容易脱落造成油品污染，一次性油品损失经济数额巨大；全接液不锈钢双

盘式内浮顶：不锈钢材质，无需防腐作业，对油品品质无任何污染可能；④运行稳定性。碳钢单盘式内浮顶：内浮盘自重较大、自身浮力单元数量少，一旦其中一个浮舱泄漏或受油品收发波动影响，容易造成卡盘、偏盘进而沉盘可能，造成油品损耗和设备更换导致的经济损失；全接液不锈钢双盘式内浮顶：内浮盘重量适中、浮力单元数量众多，通过性好，运行稳定，使用寿命20年以上。

### 2.1.4 合计

①内浮盘合计费用。碳钢单盘式内浮顶：3085050元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：2313209元；②费用差额。3085050-2313209=771841元。

### 2.2 30000m<sup>3</sup>内浮顶储罐

基本参数：内浮盘直径为46m，内浮盘周长为144m，内浮盘总面积1661.06m<sup>2</sup>，内浮盘最高运行液位为18.05m。

#### 2.2.1 内浮盘本体费用

①现场安装形式。碳钢单盘式内浮顶：钢材现场切割后全焊接；全接液不锈钢双盘式内浮顶：产品工厂生产后现场组装或焊接组装；②内浮盘总重。碳钢单盘式内浮顶：157.5t；全接液不锈钢双盘式内浮顶：40.3t；③内浮盘总价计算包括内容。碳钢单盘式内浮顶：材料费、施工费、防腐费用、周边密封费用；全接液不锈钢双盘式内浮顶：内浮盘出厂至安装完成后包干总费用；④内浮盘总价计算方式。碳钢单盘式内浮顶：各部分费用总和；全接液不锈钢双盘式内浮顶：按照3000元/m<sup>2</sup>单价×内浮盘总面积；⑤内浮盘材料费。碳钢单盘式内浮顶：1163138元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：包含在内浮盘单价内；⑥施工费。碳钢单盘式内浮顶：2222999元（包含材料吊运、下料、焊接、内浮盘本体附件制作或整体采购、防腐施工、安全措施及文明施工等费用）；全接液不锈钢双盘式内浮顶：包含在内浮盘单价内；⑦防腐材料费用。碳钢单盘式内浮顶：398362元/次，20年使用年限需防腐4次，4次费用为：1593448元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：无需防腐作业；⑧清罐费用。碳钢单盘式内浮顶：30元/m<sup>3</sup>，30000立储罐清罐费用为：900000元。20年使用周期需清罐4次为3600000元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：10元/m<sup>3</sup>，30000立储罐清罐费用为：300000元。20年使用周期需清罐3-4次为1200000元；⑨周边密封总价（周边密封技术形式：一次金属弹力板式密封）。碳钢单盘式内浮顶：722200元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：包含在内浮

盘单价内；⑩内浮盘造价小计。碳钢单盘式内浮顶：5701785元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：4983180元。

### 2.2.2 罐容利用率

① 30000m<sup>3</sup> 储罐本体总造价：8101141元；②内浮盘高度。碳钢单盘式内浮顶：800mm；全接液不锈钢双盘式内浮顶：120mm；③储液上方内浮盘高度。碳钢单盘式内浮顶：700mm（包含泡沫防溢板300mm高度）；全接液不锈钢双盘式内浮顶：370mm（包含泡沫防溢板300mm高度）；④实际运行最高液位。碳钢单盘式内浮顶：18.05m-0.7m=17.35m；全接液不锈钢双盘式内浮顶：18.05m-0.37m=17.68m；⑤罐容损失率。碳钢单盘式内浮顶：3.88%；全接液不锈钢双盘式内浮顶：2.05%；⑥罐容损失造成的费用损失=储罐总价×罐容损失率；⑦罐容损失费用小计。碳钢单盘式内浮顶：314324元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：166073元。

### 2.2.3 其他不可计算费用

①日常维护。碳钢单盘式内浮顶：生产中检维修过程需要罐内大量动火焊接作业，安全风险高；全接液不锈钢双盘式内浮顶：无需动火作业，更换相应损坏部件即可；②大型检修。碳钢单盘式内浮顶：需要破坏储罐本体结构，对储罐结构强度造成影响，进而降低储罐服役寿命，施工周期在120天左右；全接液不锈钢双盘式内浮顶：无需破坏储罐本体结构，内浮盘附件通过储罐人孔运输，不影响储罐使用寿命，施工周期在15天左右；③对油品介质影响。碳钢单盘式内浮顶：防腐材料长时间使用容易脱落造成油品污染，一次性油品损失经济数额巨大；全接液不锈钢双盘式内浮顶：不锈钢材质，无需防腐作业，对油品品质无任何污染可能；④运行稳定性。碳钢单盘式内浮顶：内浮盘自重较大、自身浮力单元数量少，一旦其中一个浮舱泄漏或受油品收发波动影响，容易造成卡盘、偏盘进而沉盘可能，造成油品损耗和设备更换导致的经济损失；全接液不锈钢双盘式内浮顶：内浮盘重量适中、浮力单元数量众多，通过性好，运行稳定，使用寿命20年以上。

### 2.2.4 合计

①内浮盘合计费用。碳钢单盘式内浮顶：9616109元；全接液不锈钢双盘式内浮顶：6349253元；②费用差额。9616109-6349253=3266856元。

### 2.3 两种内浮顶的经济性比较分析

单台10000m<sup>3</sup>碳钢单盘式内浮顶储罐原材料成本费用约465255元，现场施工费用约448961元，周边

密封费用约439600元，首次投入费用约1353816元。全寿命周期内需进行4次清罐防腐处理，清罐防腐费用约1604528元，全寿命周期费用约2958344元。单台10000m<sup>3</sup>全接液不锈钢双盘式内浮顶储罐首次投入费用约1846320元。使用年限内无需防腐作业，清罐检修费用约400000元，全寿命周期费用约2246320元。单台30000m<sup>3</sup>碳钢单盘式内浮顶储罐原材料成本费用约1163138元，现场施工费用约2222999元，周边密封费用约722200元，首次投入费用约4108337元。全寿命周期内需进行4次清罐防腐处理，清罐防腐费用约5193448元，全寿命周期费用约9301785元。单台30000m<sup>3</sup>全接液不锈钢双盘式内浮顶储罐首次投入费用约4983180元。使用年限内无需防腐作业，清罐检修费用约1200000元，全寿命周期费用约6183180元。

## 3 结论

综上所述，无论是从总投资费用和罐容利用率（经济性）还是从内浮顶技术指标（内浮顶安装快捷性、施工周期、内浮顶运行安全性、内浮顶检维修快捷性、对油品质量的保障）等角度考虑，全接液模块化不锈钢双盘式内浮顶与传统碳钢内浮顶对比都具有明显的优势，同时现行的生态环境部和中石化文件都在推荐罐区挥发性有机物治理应该优先选择具有抗爆和耐火性能的全接液模块化的不锈钢双盘式内浮顶，达到库区内浮盘产品的安全、环保、节能一体化，在石化、电力、冶金、环保、机械等行业具有非常广阔的推广使用前景。

### 参考文献：

- [1] 徐英, 杨一凡, 朱萍等. 化工设备设计全书——球罐和大型储罐 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] GB 50341-2014. 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范 [S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2014.
- [3] SH/T 3530-2011. 石油化工立式圆筒形钢制储罐施工技术规程 [S]. 北京: 工业和信息化部, 2011.
- [4] GB 50074-2014. 石油库设计规范 [S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2014.
- [5] SH/T 3007-2014. 石油化工储运系统罐区设计规范 [S]. 北京: 工业和信息化部, 2014.

### 作者简介：

张万福（1982-），女，汉族，宁夏人，工学硕士，化工高级工程师，机械工程师，从事石油、化工、机械行业的压力容器、常压容器和大型储罐的设计。