

立式圆筒形钢制焊接轻质油储罐 VOCs 治理中内浮盘的选用

吴晓东（中石油江苏燃料沥青有限责任公司，江苏 江阴 214429）

摘要：轻质油用立式圆筒形钢制焊接常压储罐内部增设浮盘的根本目的是为了降低储罐内部及周边空间油气浓度，消除储罐运行过程由于油气浓度超标所导致的安全生产隐患；同时亦可降低油品散逸挥发损耗、减少环境污染，达到节能减排的目标。

关键词：金属储罐；VOCs 治理；内浮盘

目前内浮顶技术形式主要分为：箱体式浮盘、浮筒式浮盘、传统钢制单盘或双盘式浮顶、新型。

1 四种形式浮盘的技术概况

1.1 箱体式浮盘的技术概况

箱体式浮盘中部标准箱体单元为长方体结构，高度 60~80mm，长度 3000~4000mm，宽度 450~550mm，材质可分为铝制或不锈钢材质；浮盘边缘部分为非标箱体，高度及宽度与标准箱体相同，长度依据储罐罐壁弧度确定；箱体式浮盘箱体内部设置支撑筋结构，主要是防止箱体中部塌陷；箱体上下盖板厚度在 0.5~0.8mm 范围；浮盘各箱体之间、以及箱体与主梁之间、箱体与边缘板之间、附件设施与箱体之间均通过螺栓或拉铆钉连接；浮盘浮重比 2.5 倍左右。

1.2 浮筒式浮盘的技术概况

浮筒式浮盘是目前国内常压储罐应用最为普遍的内浮盘技术形式。其浮力主要由漂浮在储液液面上的圆柱形浮筒提供，浮筒采用“井”字形或“八卦”形均匀排列；浮筒上方为浮盘蒙皮结构；浮盘蒙皮四周与“口”字形主梁采用拉铆钉固定连接；浮筒与主梁采用螺栓卡环带固定连接；浮盘支腿固定在浮盘端头侧；浮盘整体浮力设计为自重 2 倍。

1.3 传统钢制双盘式浮顶的技术概况

传统钢制浮顶分为单盘式及双盘式；单盘式钢浮盘在外浮顶储罐应用较多，内浮顶储罐为了确保罐容利用率更高，多采用双盘式钢浮盘。双盘式钢浮盘以中心为圆心，通过上、下钢板以及中间部分连接上下钢板的隔舱板、支撑桁架等部件全焊接连接而成；浮盘自中心向罐壁方向依次分割为数层环状结构（根据储罐直径大小可分为 2 层~5 层环状结构群），每层环状结构又分割为数个“扇形”独立舱室；每个舱室为一处浮力单元，舱室上方有检查人孔可入舱内；整体浮力设计为自重 2 倍。

1.4 模块化不锈钢制双盘式浮顶的技术概况

模块化不锈钢制双盘式浮顶通过采用不锈钢全接液浮盘与弹性压力板边缘密封技术组合，使得浮盘与介质液面间无气相空间。浮盘边缘与罐壁间气环密闭，气相空间无油气泄漏，弹力板与罐壁全接触，确保介质无暴露。模块化不锈钢双盘式浮顶采用本体浸入液面设计，

浸入液面 35mm~40mm，无油气挥发空间。浮力元件为模块单元，可拆卸更换。

2 四种浮盘的优缺点对比

2.1 箱体式浮盘的优缺点

优点：①属于源头抑制油品散逸挥发技术领域，即在浮盘下方与储液液面之间不存在油气缓冲空间，浮盘本体浸入液面以下；②结构简易、安装快捷、所有部件均通过储罐人孔运进、罐内安装无需动火作业。

缺点：①结构强度低；②浮力单元少；③检修不便；④浮盘连接结构形式不利于检修拆除；⑤浮盘油气排放量大。

2.2 浮筒式浮盘的优缺点

优点：①浮筒式浮盘价格低廉；②结构简易、安装快捷、所有部件均通过储罐人孔运进、罐内安装无需动火作业。

缺点：①结构强度非常低；②浮力单元少；③非接液技术形式油气排放严重超标；④检修不便；⑤使用寿命低。

2.3 传统钢制双盘式浮盘优缺点

优点：①结构强度高；②属于源头抑制油品散逸挥发技术领域，即在浮盘下方与储液液面之间不存在油气缓冲空间，浮盘本体浸入液面以下。

缺点：①浮力单元少；②浮盘过重、刚性过大造成的不安全因素；③现场安装施工安全风险高；④检维修施工安全风险高；⑤罐容利用率下降。

2.4 模块化不锈钢双盘式浮盘优缺点

优点：①接液式源头抑制油品散逸挥发；②模块化箱体，不锈钢材质耐火耐腐蚀；③模块内置蜂巢芯，承压强度高，增强浮盘运行稳定性；④高精度制作，保证模块单元全焊接密闭结构；⑤模块单元全部气密检测；⑥模块上下立边螺栓紧固并品字形拼接；⑦施工安装便捷性；⑧检维修便捷性。

缺点：①一次性建造成本较高；②对浮盘制造企业的设计、高精度制造、机械装备能力要求高。

3 模块化不锈钢双盘式浮顶技术详解

3.1 结构形式

模块化不锈钢双盘式浮顶箱体由 304 不锈钢板及蜂巢芯所组成，箱体厚度 $\geq 120\text{mm}$ ，每平方米 2500 个以

上蜂窝孔, 形成一个独立密封的浮力单元。模块化不锈钢制双盘式浮顶采用全焊接工艺, 可以保证无任何泄漏点。蜂窝箱为长方体结构 (标准模块尺寸为 $3600 \times 550 \times 120\text{mm}$, 非标模块尺寸根据储罐实际尺寸设计), 由箱体、箱盖、蜂窝芯组合而成, 其中箱体为一体焊接成型, 纵向为立边, 横向折成角度; 任何两个箱体泄漏后, 内浮盘仍能漂浮在液面上且不产生附加危害。蜂窝箱内部以蜂巢芯支撑, 支撑强度为 API 标准的 7 倍以上。箱体独特上下立边预制螺栓孔, 形成两两对接后用不锈钢螺栓连接固定, 从而形成了箱体上下两道锁紧固定; 箱体呈品字形排列, 连接处也是由两箱体的连接延展到三箱体的连接, 从而形成了多点、多线、多面的连接。箱体之间采用同材质金属密封压条进行密封。边缘板和箱体之间通过螺栓的直接连接固定, 使得边缘板与箱体之间不再有圆弧搭接空腔, 承载的强度更大, 且无可能的渗漏处。

3.2 技术优势

①接液式源头抑制油品散逸挥发。模块化不锈钢制双盘式浮顶本体浸入液面以下, 浮盘上方空间油气浓度较低, 符合 VOCs 源头减排治理理念, 减排效果 95% 以上; ②模块化箱体, 不锈钢材质耐火耐腐蚀。标准蜂巢 (蜂窝) 箱高度 $\geq 120\text{mm}$, 标准蜂巢 (蜂窝) 箱宽度尺寸 $\leq 550\text{mm}$, 可以从人孔出入, 蜂巢 (蜂窝) 箱上板材厚度 0.6mm , 下板材厚度 1.2mm , 蜂巢 (蜂窝) 箱材质 SUS304; 标准尺寸便于安装, 不锈钢材质结构强度高, 耐火耐腐蚀; ③模块内置蜂巢芯, 平压强度高, 增强浮盘运行稳定性。蜂巢 (蜂窝) 芯材质为 3003H18, 蜂巢 (蜂窝) 箱高度满足浮力计算及强度要求, 蜂巢 (蜂窝) 箱每平米不低于 2500 个蜂巢 (蜂窝) 孔。浮盘模块平压强度达到 0.3MPa ; ④高精度制作, 保证模块单元全焊接密闭结构。为保证焊接质量所有模块全部采用激光下料, 转塔冲孔, 数控折弯, 全自动化焊接, 保证每个模块产品精度、焊接强度与产品质量, 且每个模块都采用全密闭焊接, 模块任何位置无漏点; ⑤模块单元全部气密检测。每个模块单元均设计有气密检测孔, 出厂前通过检测孔进行气密性检测, 确保模块单元密闭结构无泄露。检修时通过检测孔进行抽气检验可判断模块单元是否出现泄露, 如抽气检验含有油气成份, 模块即为泄露, 通过拆装螺栓更换模块即可; ⑥模块上下立边螺栓紧固并品字形拼接。模块上下螺栓紧固, 连接强度高, 连接效果稳定; 模块间平面呈品字形排列的组合形式保证了不锈钢双盘式浮顶刚性与韧性的完美结合, 从而确保运行过程中遇阻情况的良好通过性及避免刚性卡阻情况发生, 保证了浮盘运行过程的稳定性。

4 模块化不锈钢双盘泄漏点综合治理方案

模块化不锈钢双盘式浮顶综合解决方案对所有存在的泄漏点进行整改治理。包括: 浮盘边缘密封设施、立柱边缘密封设施、浮盘密封效果监控设施、立柱内部液

面密封设施、标准模块间隙密封设施、防旋转装置密封设施、人孔接液密封设施、取样装置接液密封设施和负压消除装置接液密封设施。

4.1 大补偿弹性压力板周边高效密封

周边密封采用高弹性不锈钢全补偿密封系统, 密封为浸液形式, 与罐壁始终接触, 满足规范要求的 $\pm 100\text{mm}$ 偏移量。

4.2 立柱通过装置密封

针对立柱侧壁无开孔情况, 采用双层密封形式, 一次密封制作环形金属套包覆在立柱环周, 金属套上部外沿突出部分与 PU 胶带相连。

4.3 模块单元间隙密封

模块单元间隙密封设施在标准蜂窝箱之间贴密封垫, 卡条敲入蜂窝箱两立边, 根据卡条预留孔配置箱体孔位, 最后用螺丝锁紧, 所有与箱体接触的地方需涂抹耐油硅胶。确保在模块之间缝隙有良好的密封性, 阻绝油气散逸。

4.4 防旋转装置密封

防旋转装置密封设施在浮盘上增加橡胶密封圈, 法兰改制结构固定橡胶密封圈, 使得防旋转装置在运行过程中完全消除油气损耗。

4.5 取样装置接液密封

球形取样装置接液密封设施漏斗形底座内衬防静电柔性材料, 旋塞球与底座尺寸相配合, 球体浸入液面以下实现接液效果, 源头抑制此处油品散逸挥发; 取样时, 拉动滑绳, 球体移位进行采样; 采样结束后松动滑绳, 球体归位实现浸液式密封效果。

4.6 负压消除装置接液密封

负压消除装置接液密封设施设有通气孔密封塞, 通气孔密封塞上边缘设有直径大于密封塞搭接板, 搭接板与负压消除缸外沿接触。通气孔密封塞下边设有负压消除支腿, 负压消除支腿长度比浮盘支腿长 200mm , 负压消除支腿直径略小于浮盘支腿, 负压消除缸和浮盘主梁通过紧固件连接。

4.7 人孔接液密封

人孔接液密封设施在盖板下有密封塞, 密封塞厚度与浮盘一致, 密封塞张口侧为弧形设计, 保证盖板开关过程中顺畅无阻, 盖板张口侧上方边缘处有提扣, 人梯为工作人员提供上升通道, 提扣方便人孔盖板的开闭操作, 盖板张口侧与旁侧上方边缘处有横向外延的盖板外沿, 盖板在关闭状态下, 盖板外沿搭接在箱体外沿, 浮盘与搭接板接触的边缘处有橡胶垫。

模块化不锈钢双盘浮顶。作为一种新型浮盘, 技术优势明显, 虽然一次性采购成本叫较高, 但是从设备的制造、使用、维护、维修、报废的全生命周期来看, 反而具有明显的经济优势。因此推荐在储罐浮盘的新建或技术改造中优先使用。