

成品油内浮顶储罐浮盘选型研究

黄友灿 (中国石化销售股份有限公司华南分公司, 广东 广州 510620)

摘要: 在内浮顶储罐中, 浮盘属于不可或缺的部件, 其选型与安全和环保息息相关。本文以成品油内浮顶储罐浮盘选型为研究内容, 首先介绍常见浮盘类型和特点, 分别为钢制浮盘、不锈钢浮盘、玻璃钢浮盘和其他类型的浮盘, 然后阐述成品油内浮顶储罐浮盘选型标准和规范解读, 最后通过对比的方式, 提出选型建议, 希望通过本文研究, 为相关行业提供借鉴。

关键词: 浮顶储罐; 浮盘选型; 不锈钢浮盘; 玻璃钢浮盘; 钢制浮盘

中图分类号: TE972 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 028-0154-03

Study on selection of floating roof of floating roof storage tank for refined oil

Huang Youcan (China Petrochemical Sales Co., Ltd. Guangzhou Guangdong 510620, China)

Abstract: The floating roof serves as a critical component in internal floating roof storage tanks, with its selection being closely tied to safety and environmental considerations. This study focuses on selecting floating roofs for refined oil storage tanks. It begins by introducing common types and characteristics of floating roofs, including steel, stainless steel, fiberglass-reinforced plastic (FRP), and other variants. The paper then elaborates on the selection criteria and regulatory interpretations for these floating roofs. Through comparative analysis, it provides practical recommendations for optimal selection. This research aims to offer valuable insights for industry professionals in this field.

Key words: floating roof storage tank; floating deck selection; stainless steel floating deck; FRP floating deck; steel floating deck

在石油化工行业领域, 成品油储存属于重要工作内容。内浮顶储罐作为储存成品油的关键设施, 其性能会直接影响油品质量、储存安全性以及企业经济效益。在内浮顶储罐中浮盘是不可或缺的部件, 做好浮盘选型对保障储罐安全和生态环境而言意义重大。

1 常见浮盘类型和特点分析

浮盘于成品油内浮顶储罐中具备多种功能, 在保障储罐安全运行以及油品质量方面发挥着重要作用。浮盘可以抑制油气挥发。在油品储存过程中, 其轻质组分易于挥发, 而浮盘覆盖在液面上, 大幅缩短了液体表面积暴露于空气中的时长, 减小了油气蒸发面积, 降低油气挥发量。相关研究成果显示, 采用内浮顶储罐并配置适宜的浮盘, 可使油气挥发损失降低 80%。鉴于浮盘所具备的应用优势, 本章节接下来会介绍几种常用的浮盘, 详细内容如下:

1.1 钢制浮盘

1.1.1 单盘式钢制内浮盘

在钢制浮盘中, 单盘式钢制浮盘属于重要的类型, 其制作方式为整体焊接, 其浮盘周围通常会设置若干个密封浮舱, 这些浮舱的形状为环形, 此外, 浮盘中间位置主要为单层密封盘板。该浮盘结构较为简易, 成本相对较低, 在石油与石化领域的大型储罐中应用极为广泛, 技术已臻成熟。其具有质量相对较轻的特点, 便于开展安装与维护工作, 对于某些储存要求并非特别严苛且成本敏感的成品油储存场景中应用广

泛。但单盘式钢制内浮盘存在一定的应用不足。究其原因, 主要是其浮力单元数量较少, 若浮舱出现失效状况, 浮盘易下沉, 影响储罐正常运行以及油品储存安全^[1]。

1.1.2 双盘式钢制内浮顶

对于双盘式钢制内浮顶而言, 隔舱是构成浮顶的主要构件, 其中, 在设计过程中, 通常将密封浮舱作为最外侧的构件, 其制作工艺与单盘式钢制内浮盘相同。其工作原理基于浮力原理, 当罐内液位发生变化时, 浮顶凭借隔舱内空气和液体的浮力变化, 始终维持在液面上, 有效实现罐内液体与大气之间的隔离。双盘式钢制内浮顶在安全性与稳定性上优势显著。由于其双层盘结构, 可以降低储罐内部空间的氧气含量, 爆炸和火灾的风险也会随之下降, 适用于存储易燃易爆的成品油, 如汽油储罐。双层盘结构还增强了浮顶的整体强度与稳定性, 使其适应液位的频繁变化以及应对外界环境的影响。

1.2 不锈钢浮盘

不锈钢蜂巢式内浮顶的结构可分为浮力元件、浮箱、整体系统三个层级, 各部分协同实现浮力与覆盖功能:

①浮力元件。该元件的核心为蜂巢, 其材质通常为铝制, 通过焊接的方式成型^[2]。这种结构使单个浮力单体具备初始浮力基础, 且为后续密集小单元的形成奠定基础。

②浮箱。通常由三部分组成，分别为壳体、蜂巢芯和边板，在相互组合后形成若干个密集的浮力单元，且各单元的气密性和液密性均良好。

③整体系统结构。完整的内浮顶系统由以下部件组成：主副梁、浮箱、边缘构件、连接件、支柱、密封装置等。

为保障结构强度与密封性，不锈钢蜂巢式内浮顶在焊接工艺上有明确要求，且区分铝合金与不锈钢部件：

不锈钢箱体焊接：在焊接过程中，需要通过自动焊接的方式，将奥氏体薄钢板焊接为箱体，其形状以矩形为主，确保箱体具有良好的密封性能和精度。

1.3 玻璃钢浮盘

玻璃钢浮盘是一种常用于储罐内的高效密封覆盖系统，主要用于减少液体挥发、降低损耗并提升安全性。其结构设计和材料组合具有轻质、耐腐蚀、高强度等特点。以下是对其组成和特性的详细分析：

上下表面层的材料主要为玻璃纤维增强树脂，可以提供高强度、耐化学腐蚀的表面保护层，抵抗罐内介质的侵蚀。

蜂巢芯的材质为轻质聚合物或铝制成，但在玻璃钢浮盘中多为树脂基复合材料。此类材料的应用优势包括高比强度、轻量化，同时具备优异的抗压和抗弯性能，减少浮盘整体重量。

玻璃钢浮盘的粘结工艺为树脂固化，以此保证整体结构无缝隙，防止液体渗漏。

此类浮盘的拥有多方面的性能优势，具体如下：

①玻璃钢具有优异的耐腐蚀性能，能够抵抗成品油中各种化学物质的侵蚀，适用于储存腐蚀性强的油品，玻璃钢浮盘结构如图1所示。

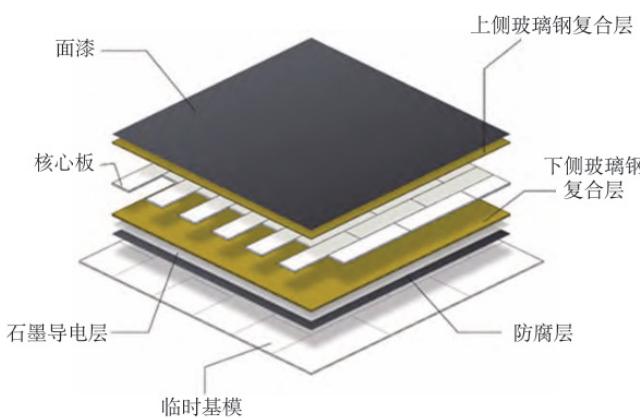


图 1 玻璃钢浮盘

②玻璃钢浮盘的绝缘性能良好，在储存易燃、易爆成品油时，可以避免因静电积聚而引发的火灾和爆炸事故，提高储罐的安全性。

③玻璃钢浮盘重量较轻，安装和维护相对方便，对储罐的承载能力要求较低，在一些老旧储罐改造项目中具有一定的优势。

2 成品油内浮顶储罐浮盘选型标准和规范解读

2.1 选项标准和规范

在成品油内浮顶储罐浮盘选型过程中，国家与行业标准规范发挥着重要指导作用。《石油库设计规范》针对浮盘选型的多个方面明确规制。

①依据《石油库设计规范》GB50074，对于储存Ⅰ、Ⅱ级毒性液体的内浮顶储罐，以及直径超40m、用于储存甲B、乙A类液体的内浮顶储罐，明确禁止使用易熔材料制作内浮顶。此规定考量主要基于易熔材料在火灾等紧急状况下有可能迅速熔化，致使浮盘丧失功能，油品大面积裸露，增加火灾扑救的难度以及事故风险。

②对于直径超过48m的内浮顶储罐，按照要求应选用钢制单盘式或双盘式内浮顶^[3]。

③《石油化工企业设计防火标准》同样针对浮盘选型提出关键要求。容积超过5000m³的内浮顶储罐，须采用钢制单盘式或双盘式浮顶。原因在于钢制浮盘在强度与防火性能方面具备优势，可以降低火灾发生时的风险。

④考虑到部分浮顶储罐的容积较小，普遍不超过5000m³，针对此类储罐，若浮盘材质易溶，宜采取安全措施，比如，配备氮气保护，以此增强浮盘安全性能。

⑤《储油罐区防火防爆十条规定》从安全管理视角出发，对涵盖浮盘在内的储油罐区设备设施提出要求。严禁内浮顶储罐在运行过程中浮盘落底，其原因在于浮盘落底可能造成密封失效，致使油气挥发加剧，火灾和爆炸风险增大。

上述标准规范相互关联、互为补充，从安全、环保、设计等多个方面，为成品油内浮顶储罐浮盘选型提供了全面且细致的指导，确保浮盘选型契合国家和行业要求，保障储罐安全、环保运行。

2.2 标准规范中关键要求解读

对于储存此类危险介质的储罐，应选用钢制、不锈钢等熔点和强度高的材料制作浮盘，以增强浮盘在火灾等紧急情况下的稳定性和安全性，防止浮盘因熔化丧失对油品的覆盖和保护作用，降低火灾事故的风险和危害程度。

①结构。直径大于48m的内浮顶储罐，应选用钢制单盘式或双盘式内浮顶。钢制单盘式浮顶由周圈环形密封舱和中间单层盘板组成，结构相对简单，成本较低，适用成本敏感且储存要求较低的场合。而钢制

双盘式浮顶整个内浮顶均由隔舱构成,至少最外圈隔舱设计为密封浮舱,这种结构具有更好的密封性和稳定性,有利于控制油气挥发,提高储罐的安全性。

②密封性。标准针对浮盘密封性能设定了严苛要求,优良的密封性能乃是减少油气挥发的关键要素。浮盘与罐壁间的密封务必确保严密,以杜绝油气泄漏现象。在实际应用场景中,选用优质密封材料并构建合理密封结构尤为重要。常见的密封材料包含橡胶、聚氨酯等,此类材料具备良好的弹性与耐油性,能够在浮盘与罐壁之间构建密封屏障。

③防火防爆。标准中关于浮盘防火防爆的要求旨在降低火灾和爆炸风险。浮盘应采用防火性能良好的材料,以钢制浮盘为例,其具有非常高的熔点和强度,在火灾发生时可以使结构始终保持,阻止火势蔓延。浮盘还应配备完善的防火防爆设施,包括设置呼吸阀、阻火器等。

3 两种浮盘型式对比

为进一步研究浮盘选型要点,本文选择钢制浮盘和不锈钢浮盘作为研究对象,通过对比的方式,明确两种方案在施工、造价、使用维修方面的差别,从而为浮盘合理选型创造有利的条件,详细内容如下:

3.1 作业工序

若选择钢制浮盘,在作业阶段,应做好油罐清洗,同时将旧罐浮盘和密封拆除,完成上述作业后,方可安装脚手架,从而为后续定位、焊接作业的开展创造有利条件,在完成焊接作业后,应采取无损检测的方式检测施工效果。若检测结果合格,方能开展密封、伸缩囊安装作业,在作业结束后通过试水试验,保证浮盘密封性能达标。

不锈钢浮盘作业工序与钢制浮盘大致相同,均需要清洗油罐和拆除旧罐浮盘和密封,但涉及罐体几何尺寸测量、建模分析、中央箱定位等步骤。

3.2 施工风险分析

在施工过程中,会伴随较大的施工风险,主要集中在油罐清洗和旧罐浮盘密封拆除阶段。对比而言,不锈钢浮盘施工的安全性优于钢制浮盘,究其原因,主要是前者无需开门洞,便于进出罐作业,而后者需要开门洞,同时需要开展起重作业,故施工风险较高^[4]。

3.3 工期分析

基于实际施工经验可知,若油罐体积为2万m³,不锈钢浮盘的工期为20天,钢制浮盘的工期为25天。若油罐为5000m³,不锈钢浮盘工期为10天,钢制浮盘为20天。为避免施工对运营造成影响,浮盘改造普遍采取一边施工一边生产的方式,逐步改造油罐。因此,工期对石化企业正常生产经营造成的影响微乎其微,但会导致安全管理时间增加。

3.4 投资造价

不锈钢浮盘的造价稍高于钢制浮盘,其中,钢制浮盘单位价格会受到面积的影响,面积和价格呈负相关,面积越大,造价越低,若单盘面积为2万m³,造价为1360元/m³;若5000m³,则造价会上升到1580元/m³,而不锈钢浮盘的价格为2000~2500元/m³。

3.5 运行和维修

钢制浮盘可以长时间运行,但在运行后期,需要依据清罐周期,对浮盘进行细致检查,常用的检测方式包括敲击浮仓、充压试验。但由于重量较大,浮力单元数量少,因此,应采取防腐修复的方式处理局部位置,故利用空间较小。不锈钢浮盘无需防腐,但因浮力单元较多,导致漏电检测难度大。

通过上述分析可知,不锈钢和钢制浮盘均具有技术可行性,钢制浮盘的使用历史悠久,积累了丰富的安装和运行经验,适用于老罐改造,且无需对消防系统进行改造升级,可以节省大量的成本。并且此类浮盘拥有非常强的刚度和规范标准,故可以取得良好的应用效果。但该浮盘也存在重量大、浮力单元数量少的缺陷,在实际安装阶段,还需要开展焊接和吊装作业,故安全风险较高。而不锈钢铺盘通过模块化组装的方式安装,有利于减少作业量和缩短工期,安全风险较低,但使用此类浮盘,需要改造消防系统,故投资大。

4 结论

综上所述,建议石化企业根据实际需求,选择合适的浮盘型号,若强调施工安全和工期,则选择不锈钢浮盘。若侧重于投资和运行稳定性,适宜选择钢制浮盘。在未来,浮盘选型会更加重视减少油气挥发和环境污染,应考虑密封性能良好的浮盘,以此满足环保要求。

参考文献:

- [1] 张贺.成品油内浮顶储罐浮盘选型的分析与探讨[J].石油库与加油站,2024,33(04):1-3+53.
- [2] 纪瑞军,曲建军,康艳芳,等.内浮顶储罐浮盘选型研究与技术应用[J].中国特种设备安全,2023,39(08):24-28+32.
- [3] 张万福,冀世刚.内浮顶储罐 VOCs 综合治理和整改措施[J].化工管理,2023,(17):148-150.
- [4] 王雷,申满对,刘奎.外浮顶储罐 VOCs 排放量影响因素分析与探讨[J].炼油技术与工程,2022,52(10):55-58.
- [5] 张泽宇,王举,姜利军,等.一种内浮顶储罐的浮盘结构:CN202223573977.1[P].CN219326138U[2025-08-01].

作者简介:

黄友灿(1969-),男,汉族,广东省清远市人,大专,助理工程师,研究方向:石油化工工艺。