

储罐区防火堤设计探讨分析

董 帅¹ 刘光辉²

1. 四川蓝兵消防技术有限公司 四川 成都 610500

2. 广安市建设工程质量监督站 四川 广安 638000

摘 要：《建筑设计防火规范》《储油罐区防火堤设计规范》和《石油化工企业设计防火规范》等标准为储罐区的设计、建造和运行提供科学严谨的技术依据。在这些规范标准中，对防火堤的各项参数都已经有了明确的规定。但是在国内外储油罐事故中，多次出现因防火堤设计不合理而导致严重性后果。本文主要在现行规范GB50351-2014指导下，对储罐区防火堤设计问题进行研究探讨。

关键词：储油罐区；防火堤；设场地地面；有效容积；车行坡道

前言：根据《储罐区防火堤设计规范》（GB50351-2014）定义，防火堤是用于常压易燃和可燃液体储罐组、常压条件下通过低温使气态变成液态的储罐组或其他液态危险品储罐组发生泄漏事故时，防止液体外流和火灾蔓延的构筑物。为保障储罐区的安全运行，应在储罐区四周建造防火堤^[1]。防火堤可以有效地容纳事故漏油，防止油品向外流散；当罐区发生火灾时，能有效防止火势蔓延；在事故后续处理中，方便对油罐区内各种油污水的处理^[2]。防火堤的设计参数主要包括材质类型、堤高度、有效容积、储罐与防火堤距离、堤顶宽度和堤内地面坡度等，这些参数优化设计能使得防火堤在事故状态下最大程度地发挥作用，减少人员伤亡和财产损失。

1 防火堤材质选择

在GB50351-2014中规定，防火堤应选用不燃烧材料建造，墙体应密实，任何情况下不发生泄漏。一般采用土筑防火堤，钢筋混凝土防火堤、夹芯式防火堤、砌体防火堤，在地震活动强烈或用地受限地区，推荐采用钢筋混凝土防火堤。

储罐区发生火灾和爆炸时，剧烈的燃烧，会释放大量的热量，要求防火堤能承受住高温炙烤，并能在一定时间内能保证结构的完整性，不发生液体泄漏。防火堤结构的完整性，是防火堤发挥防止事故扩大化的一项基本要求^[3]。然而，在实际的生产应用中，许多储罐区外围设置防火堤，堤身存在缝隙和密封不严的情况，防火堤的完整性受到严重破坏，一旦发生泄漏事故时，防火堤就形同虚设。

防火堤材料的确定，需要综合考虑各项指标，主要包括技术指标、经济指标、环境保护指标和安全指标，要在以满足安全要求和使用功能的前提下综合分析技术、经济、环保等因素。从技术层面分析，土质堤耐火

抗烧性能最好，堤身不需设置伸缩缝，穿堤管道也容易密封，但土质堤占地面积大、后期维护成本高；砖砌防火堤施工迅速、材料来源便捷，但使用过程中地基的不均匀沉降，容易形成裂缝；采用钢筋混凝土防火堤的整体完整性好、堤身强度高，抗震性能好。从经济层面考虑，钢筋混凝土建造的费用要高于砖砌费用；对于土质堤而言，造价费用主要取决于取土地点和方式^[4]。实际上，在罐区投资中，防火堤的造价只是其中一部分，另外还包括土地补偿费、土石方开挖费等。从安全方面研究，土质堤耐火性和密封性都是最好的，只要运行中正常维护，其安全性能是最优的；在重要的工业地区，考虑到结构完整性和抗震性，还是建议采用钢筋混凝土防火堤为罐区的安全提供最后一道重要保障。

因此，防火堤材质选择应根据项目的实际情况，综合分析来确定，并优先选用土筑防火堤和钢筋混凝土防火堤。

2 防火堤高度设计

在GB50351-2014中规定，储罐防火堤顶面应比设计液面高0.2m。立式储罐的防火堤堤身高于堤内地坪不应小于1.0m，高于堤外设计地坪或消防车道路面（以两者地面较低为准）不应大于3.2m。

为了保证的防火堤内泄漏液体液面达到设计高度时，液体不外溢，因此要求防火堤应比计算液面高出0.2m的高度^[5]。防火堤要求下限高度不小于1.0m，是为了保护救援人员在罐区周围进行抢险救援操作时，不受到热辐射的伤害；同时也是考虑限制储罐区占地面积过大，造成土地资源浪费。立式储罐的防火堤上限高度确定为3.20m，一方面是符合救援人员观察视野的需要，另一方面也是将防火堤高度确定为一个较高值，提高防火堤的有效容积，减少储罐区的占地面积^[6]。

3 防火堤容积设计

在GB50351-2014中规定, 储罐区防火堤内的有效容积不小于罐组内一个最大油罐的公称容量。对于固定顶油罐而言, 当油品液位处于一半时, 发生爆炸, 罐顶被炸开的可能性最大。这是因为罐顶结构强度相对较小, 挥发的油气都聚集罐体上方, 一旦起火爆炸, 罐顶破坏最严重, 而罐底和罐壁几乎保持完好^[7]。

防火堤内有效容积在各国的规范中表述有一定的差别。日本规范要求堤内有效容积应为防火堤内最大储罐体积的1.1倍, 美国消防规范要求堤内有效容积与防火堤内最大储罐容积相当。储罐罐体发生破裂, 虽然罐内液体全部液体流出的可能性较小, 但一旦发生可燃液体外溢, 其后果是极其严重的^[8]。1998年, 某大型炼油厂的原油储罐由于地基的不均匀下沉导致罐底开裂, 大量原油流入隔油池和油污池, 最后流入厂区外的水库, 对当地的生态环境造成了极其严重的破坏。因此, 规范要求防火堤的有效容积不应小于罐组内最大一个储罐有效容量是完全有必要的。

值得注意的是, 计算有效容积要考虑地势落差的问题, 理论计算的结果与实际有效容积存在的一定的偏差。为了便于罐区内的平时雨水收集, 堤内场地需要设计不小于0.5%的地面坡度, 在大型储罐区设计时, 尤其应注意考虑因地面坡度而造成的实际有效容积与设计有效容积之间的误差。

4 防火堤与储罐的距离设计

在GB50351-2014中要求, 立式储罐罐壁与防火堤内堤脚线的距离, 不应小于罐壁高度的一半; 卧式储罐罐壁与防火堤内堤脚线的距离不应小于3m。这里的防火堤内堤脚线是指防火堤内侧与防火堤内设计地面的交线。对于立式储罐而言, 要求罐壁与防火堤内堤脚线的间距为一半罐壁高度, 是考虑当油罐罐壁破裂后, 罐内液体在液压作用下, 喷射的最大水平距离为罐壁高度的一半。

但在实际操作中, 为了增加立式储罐地基的承受力或工艺操作需要, 储罐底部地坪高于防火堤内堤脚线^[9]。此时, 立式油罐的罐壁至防火堤内堤脚线的距离, 不应小于罐顶距防火堤堤脚线设计地坪高度的一半。

5 防火堤宽度设计

在GB50351-2014中规定, 土质防火堤堤顶设计宽度不应小于0.5m, 钢筋混凝土防火堤堤身在满足强度和稳定的条件下不应小于0.25m, 砖砌防火堤堤身厚度应满足堤身强度的要求, 且不应小于0.3m。

美国防火堤设计标准规定顶部宽度为不小于0.6m, 且不大于1.5m, 与我国的防火堤设计标准相比, 防火堤

宽度要求更宽。其主要原因是我国人员体型与欧美国家相比普遍偏瘦, 因此可以适当减少防火堤顶部宽度。但实际设计中, 也应结合罐区的实际情况增加防火堤顶部宽度, 以便检查人员日常通行使用。

6 防火堤场地地面设计

在GB50351-2014中规定, 对防火堤内地面的坡度作了明确要求, 堤内地面应坡向排水出口方向, 坡度0.5%为宜; 若油管内的泄漏物可能对地下水造成污染时, 堤内地面还应采取防渗漏措施。

防火堤堤内采取一定的坡度设计, 一方面是为了排除消防用水或雨水, 另一方面也是为了储罐发生泄漏时易于掌握控制液体的流向, 便于快速地展开处置措施。根据调研发现, 湿陷性黄土和盐渍土等土质, 在含水量变化后, 地面会产生收缩膨胀或不均匀沉降, 对储罐和防火堤的基础造成一定破坏, 因此对于有水害危险的土质要做好防水措施。对于渗透性很强的土壤, 为防止储罐渗漏物对周围地下水造成污染, 应对堤内地面进行防渗漏处理, 同时还应考虑在高温条件下地面的防渗结构不被破坏。

根据GB50351-2014的要求, 穿越罐区的各类管道应从防火堤顶部跨越或从设计地面以下穿过。若需从堤身中横穿时, 应在管道外设置套管, 缝隙采用防火泥等不燃烧材料进行封堵严实^[10]。对防火堤内管道敷设方式, 在GB50351-2014中没有明确规定, 但就现场生产运行积累的成功经验而言, 当采用预埋管沟敷设时, 可在管道发生破裂导致可燃液体泄漏的情况下, 减少对防火堤和储罐基础的冲击。

7 防火堤越堤人行踏步设计

在GB50351-2014中规定, 每一组储罐的防火堤应设置不少于2处越堤人行踏步或坡道, 并应设置在储罐的不同方位上。防火堤的相邻踏步或坡道之间的间距不宜大于60m, 踏步高度大于或等于1.2m应设置护栏。

人行踏步的设置一方面是要满足日常巡检的需要, 更重要的是要满足紧急状况下人员疏散逃生及消防抢险的需求。防火堤上应有方便工人正常工作时进出罐区的人行踏步, 一个罐区的踏步数不少于2个, 并应布置在不同方位上, 这样设计是为了便于罐区人员能够安全快速地脱离危险区域。在同一防火堤内用于分隔的隔堤和隔墙, 操作人员时常需要在隔堤之间往来翻越操作, 因此在隔堤和隔墙两边也应设置人行踏步。规范中要求, 相邻踏步之间距离不大于60m, 是考虑到操作人员在紧急情况下, 能有充沛的体能和宽裕的时间通过逃生通道迅速撤离罐区。在高度为1.2m的踏步两侧设安全护栏是为了保障

人员通行安全,避免因通过防火堤而造成二次伤害。

8 防火堤越堤车行坡道设计

在GB50351-2014中要求,当罐区内单罐容量大于或等于50000m³时,建议在防火堤两边设置越堤车行通道。该通道可为单行车道,从防火堤顶部翻越通过,坡度不宜大于12%,当有弯道时,坡度不宜大于10%。鉴于这个车行坡道在规范中属于建议措施,设计人员在设计中较为谨慎,基本上都未设计车行坡道。随着石油化工的规模化和集中化程度越来越高,单罐罐容越来越大,相应的配套管道、阀门配件尺寸也越来越大,在日常维修过程中,仅靠人力搬运,极为不便,增加维修工作的难度,因此需要吊车、叉车等吊装设备的配合。更为重要的是,在紧急抢险时,若关键器材无法快速地搬运到防火堤内指定位置,可能引起事故的进一步扩大,造成更为严重的后果。因此防火堤上的坡行车道还是应该按规范要求从严设置。

按照GB50351-2014的相关规定,防火堤必须保持结构的完整性,不能破坏防火堤堤身。因此推荐在防火堤两边设计车行坡道,人行踏步的两侧设计为台阶,在中间增加车行坡道,宽度可取0.6m。这样设计既能满足人员日常的正常进出,又能在遇到储罐区出现安全事故时,便于抢修车辆和大型大器材及时顺利地进去罐区。

结论

防火堤作为储罐区安全的重要屏障,其设计参数的合理选择至关重要。在材质方面,应依据项目实际情况,综合技术、经济、安全等因素,优先选用土筑或钢筋混凝土防火堤,确保结构完整性与抗灾能力。高度设计需兼顾容纳泄漏液体、保护救援人员及土地利用效率,在规范规定的1.0-3.2米区间内科学取值。有效容积设计必须满足不小于罐组内最大油罐公称容量的要求,同时考虑地势落差与地面坡度带来的实际影响。储罐与防火堤距离、堤顶宽度、场地地面坡度等参数,均需严格

遵循规范,结合地形地质条件与操作需求优化设计。越堤人行踏步和车行坡道的设置,应充分考虑人员疏散、设备通行及应急抢险的实际需要,尤其对单罐容量大的罐区,需重视车行坡道建设,确保关键器材快速运输。

总之,防火堤设计需以GB50351-2014为核心,统筹安全、功能、经济与环保,通过精细化参数设计与结构优化,筑牢储罐区安全防线,最大限度降低事故风险与损失。

参考文献

- [1]潘秀宇.油库储油罐区的安全及防火工作浅述[J].化工管理,2018,(14):138-139.
- [2]任亚丽,洪桂根.地上储油罐区防火堤设计若干问题的分析和探讨[J].石油库与加油站,2017,26(04):1-3+5.
- [3]陈毅.油库储油罐区的安全及防火工作探讨[J].化工管理,2017,(18):176.
- [4]王卓新.油库储油罐区的安全及防火工作探讨[J].消防界(电子版),2016,(11):24-25.
- [5]高利斌.储油罐区防火堤设计的若干问题探讨[J].化工管理,2016,(27):139.
- [6]宋华.关于储油罐区防火堤设计的若干问题探讨[J].化工管理,2016,(11):63.
- [7]安文.储油罐和储罐区防火防爆注意事项[J].吉林劳动保护,2015,(02):37.
- [8]李保国,杨扬,陈仕林.储油罐区防火堤受力情况分析[J].安全、健康和环境,2014,14(03):15-18.
- [9]王奕文,徐玉朋,文莉薇,等.储油罐区防火堤设计的关键问题探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2014,34(04):250-251.
- [10]史强,王博,马帅,等.基于FDS的核电厂主储油罐间防火阀响应控制效用模拟研究[J].核安全,2013,12(03):26-31.