

整流式雨水防溢装置在外浮顶油罐上的应用

吴启然（中化兴中石油转运（舟山）有限公司，浙江 舟山 316021）

史 健（安徽国发石化设备有限责任公司，安徽 安庆 246000）

摘要：设计制造一种能够整合排水系统入口处水流，防止漩涡产生，隔绝空气进入管道，提高排水效率，并能防止特殊情况下管道破裂时的原油倒灌的排水装置。

关键词：高效排水；保障油罐安全

1 引言

浮顶油罐在油库中应用十分广泛，浮顶是一种覆盖在油面上，并随油面升降的盘状结构物，又称浮盘。由于浮顶与油面间几乎不存在气体空间，因而可以极大地减少油品损耗，同时在增加油品储存安全性和保护环境等方面也起到了明显的作用，更可获得可观的经济效益。

浮顶油罐分为外浮顶和内浮顶两种，本文专指外浮顶油罐，外浮顶罐是一种全敞口容器，盘状浮顶随油面升降；沉盘事故是浮顶油罐生产作业时非常忌讳的严重恶性设备事故之一，且发生事故后的复原处理十分困难。而 60% 以上的沉盘原因是由于油罐浮盘积水过多，不能及时排出导致。

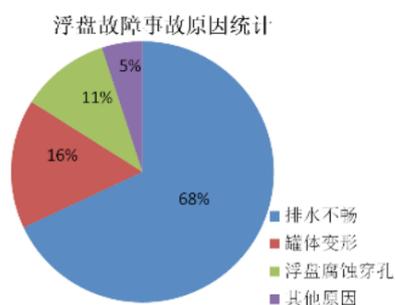


图 1 浮盘故障原因统计

美国石油协会 API 对二十世纪近 10 年的油罐直径大于 30m 的 105 起油罐浮盘故障事故统计发现，其中因为排水不畅导致浮盘故障达到了 72 起，占到了油罐火灾事故的 68%。

近年来我国极端天气连年增加，气候复杂多变，表现为汛期降水区域和时段集中，暴雨极端性强。每年夏季我国降水多汛情重，长江中下游等地梅雨期及梅雨量屡创新高，台风天气频发，仅 2019 年，全年共有 29 个台风命名，远超多年均值（26.2 个），外浮顶油罐的排水系统受到了极大的挑战。

2 外浮顶油罐排水系统的隐患

外浮顶油罐由于浮盘外表面直接裸露在大气之中，雨雪直接降落到其外表面。为防止雨（雪）水从浮盘密封处渗入油罐内或对浮盘造成威胁，均设置了专门的排水机构，通称浮顶排水系统。

如何快速排出浮顶上所积存的雨水，是浮顶油罐长

期存在的一大问题。一般情况下，雨水由中央排水管排出罐外。当下暴雨时，由于降雨量较大，中央排水管排水能力有限，无法及时排出浮顶上的超载雨水。在这种情况下，浮顶上的水就会越积越多，会严重影响浮盘寿命，长此以往，当负载大于浮顶所能承受的浮力时，浮顶就会沉没（浮顶浮于储液面上时）或失去平衡（浮顶支撑于立柱上时），造严重事故。

现有排水系统是排水管的一端固定在浮顶集水坑上，另一端固定在油罐罐壁，进行排水，进口处设置单向阀。想增加流量一般通过增加排水管道，或提升排水管道管径，但这些方式成本巨大，浪费人力物力。经过多年的现场实践，我们观察到在遇到大量降雨时，浮盘上集水坑里的排水口单向阀处会形成漩涡，使排水管中吸入大量的空气，导致排水管中形成气水混合状态，无法满管运行，排水效率大大降低。正常流态时雨水只占排水管空间的 1/3，速度缓慢。如遇到特大暴雨会出现水堵情况，使雨水在浮盘停留时间过长，从而影响油罐的安全。

3 整流式雨水防溢装置研发情况

结合上述情况，通过一段时间的现场勘测与理论研究，我们发现提高排水系统排水量的方法不仅依靠提升管道的直径，还可以提升管道的排水效率。于是，我们与安徽国发石化设备有限责任公司共同开发出整流式雨水防溢装置，通过特殊的进水格栅与空气挡板，利用高度差所产生的能量，在罐顶积水达到一定高度时，使得管道内不进入空气，并以满管流状态排水时产生负压，管道内形成抽吸作用将雨水迅速排掉。系统满管流速可达到 5~10m/s，使雨水迅速排出，不会出现雨水积压情况，而且雨量越大其优势会体现更加充分。

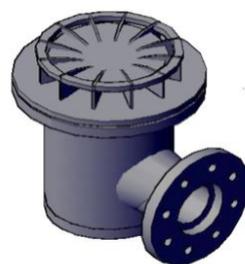


图 2 整流式雨水防溢装置

此装置于集水坑进水口处，与中央排水管相连，替

代传统的浮球单向阀，该装置排水过程主要包括五个阶段管道系统内雨水充满度小于 60% 时，系统为重力流，管道内压力接近大气压，系统的流态从第一阶段的波浪流变成第二阶段的脉冲流；充满度达到 60%~100% 时，管道系统内的水流变成第三阶段的水气混合的泡沫流；当降雨量进一步增大，系统内达到第四阶段的压力满管流，雨水流速明显加快，此系统的排水能力达到设计能力。

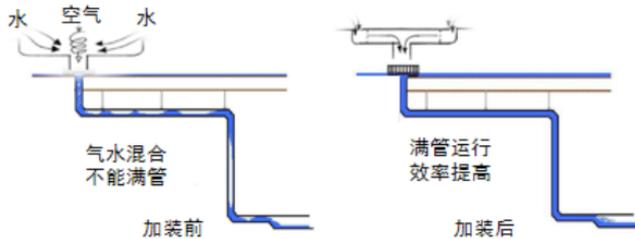


图 3 加装前后对比

现场应用前，我们依据流体公式，在满流量情况下进行水力核算。并依次对系统中每一管水力工况做精确的水力模型计算，得出每一管段的管径尺寸、长度数值、水流量、水流速、水压等参数来保证系统的稳定运行。



图 4 试验装置

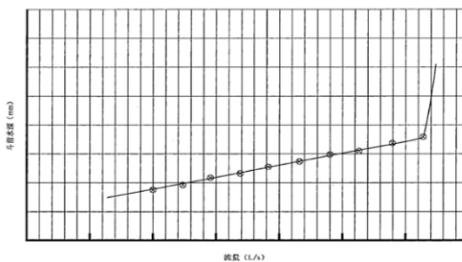


图 5 满流流量与集水坑水深关系曲线

表 1 能使管道充满的最小流量

立管外径 (mm)	114	168	219
内径 (mm)	100	150	200
临界流量 (L/s)	5.5	13	25

表 2 雨水水力计算结论

管段名称	流量 (L/s)	管长 (m)	管径 (mm)	流速 (m/s)	沿程阻力损失 (kPa)	局部阻力系数	局部阻力损失 (kPa)	总阻力损失	Σ 总阻力损失 (kPa)
1	24.26	1.6	110	3.01	1.648	3.6	16.309	17.957	17.957
2	24.26	1	125	2.33	0.531	0.6	1.628	2.159	20.117
3	24.26	18	160	1.422	2.692	0.9	0.91	3.601	23.718
4	48.52	18	200	1.822	3.3	0.9	1.494	4.794	28.512

测试数据分析如表 1 表 2。

经数据计算和现场试验，整流式雨水防溢装置较传统单向阀相比，排水速率有了较明显的提升，并且有着更大的排水压力，使得管道有了一定的自清洁能力，来保证系统的稳定和安全运行。我们在此装置内部也内置了浮球阀，可以防止特殊情况下管道破裂时的原油倒灌污染环境。双重保障油罐安全。

4 现场实践应用

目前此装置在舟山 XZ 公司的 -27 号储罐与舟山 GC 公司 T-37 号储罐已经初步应用，从现场的安装数据与雨水天气的统计数据，我们可以很直观地发现入口的漩涡得到了极大地改善，排水流量也得到可观的提升。

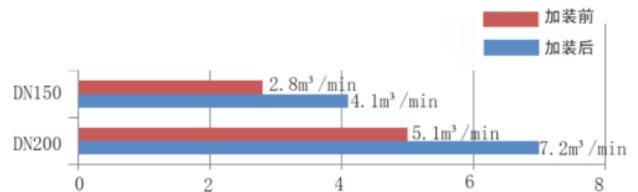


图 6 现场安装后排水流量对比

5 结论

整流式雨水防溢装置在不改变油罐排水系统主体结构的前提下，最大效率的提升油罐排水速度。另一方面，整流式雨水防溢装置的改造和维护简单，性能稳定可靠，是大型油罐中央排水系统的完善，也是大型油罐浮盘安全的保障之一。

参考文献：

- [1] 天津市化工设计院. 化工设备设计全书——大型贮罐设计 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [2] 中国市政工程西南设计院. 给水排水设计手册 (第 2 版第 1 册) 一常用材料 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [3] 梁小天. 建筑给排水质量控制的思考 [J]. 中国新技术新产品, 2011, 4(7): 187.
- [4] 刘长龙. 浅析建筑给水排水工程设计与应用 [J]. 化工管理, 2019(03): 200.
- [5] 李康. 建筑给排水设计常见问题与对策解决分析 [J]. 建设科技, 2018(01): 106.
- [6] 陈金良. 给排水工程的技术问题分析 [J]. 科技创新与应用, 2018(02): 56-57.