

储罐安全保护设施改造

王洪萍 (中海油石化工程有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 随着石化企业对加强安全生产工作重要性的认识, 老旧储罐需要增加或改造其安全保护措施。本文从压力、液位、管道三个方面考虑, 介绍了储罐安全保护措施的改造, 包括氮封阀、呼吸阀、紧急泄压人孔、低低液位报警联锁、罐根紧急切断阀、安全阀、金属软管的设置及工艺计算。

关键词: 储罐; 压力安全保护; 液位安全保护; 管道安全保护; 改造

0 引言

为有效防范化学品罐区安全生产事故, 企业需要定期开展罐区安全专项整治, 对安全隐患进行全面排查并及时整治^[1]。老旧储罐可从压力、液位、管道三个方面考虑, 增加或改造其安全保护措施。

1 储罐压力安全保护措施

表 1 带氮封常压储罐 (2.0kPa) 各储罐附件定压值示例

	2.0kPa (g)	2.0kPa (g)	储罐设计压力
紧急泄放阀全开启压力	1.98kPa (g): (10%)		
	1.80kPa (g)	1.80kPa (g)	紧急泄放阀设定压力 (超压值为 10%, 启闭压差为 10%)
紧急泄放阀回座压力	1.62kPa (g): (90%)		
	1.53kPa (g): (85%) 泄漏压力		
呼吸阀全开启压力	1.485kPa (g): (10%)		
	1.35kPa (g)	1.35kPa (g)	呼吸阀设定压力 (超压值为 10%, 启闭压差为 15%)
呼吸阀回座压力	1.15kPa (g): (85%)		
	1.01kPa (g): (75%) 泄漏压力		
氮封阀关闭压力	0.50kPa (g)	0.50kPa (g)	氮封阀 (开 - 关型) 设定压力
氮封阀开启压力	0.20kPa (g)	0.20kPa (g)	
	0kPa (g)	0kPa (g)	大气压
	-0.225kPa (g): (75%) 泄漏压力		
呼吸阀回座压力	-0.255kPa (g): (85%)		
	-0.30kPa (g)	-0.30kPa (g)	呼吸阀设定真空 (超压值为 10%, 启闭压差为 15%)
呼吸阀全开启压力	-0.33kPa (g): (10%)		
	-0.50kPa (g)	-0.50kPa (g)	储罐设计真空

根据《石油化工储运系统罐区设计规范》要求, 储存 I、II 级毒性的甲_B、乙_A 类液体储罐应设置氮封保护系统^[2]。储罐进行氮封改造后, 应增设带阻火器

呼吸阀及紧急泄放设施。从储罐设计压力向下排, 合理设置各安全附件的动作压力区间, 保证它们之间不能有交集, 常压储罐附件定压值如表 1 所示^[3]。

1.1 氮封阀

1.1.1 流程

储罐氮封流程如图 1 所示, 设置氮封阀组和限流孔板旁路。罐顶压力变送器与氮封阀联锁, 控制氮封阀的开启与关闭。

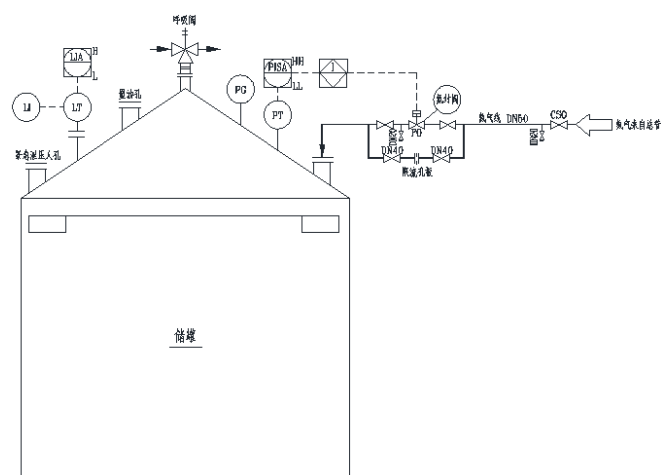


图 1 储罐氮封流程

1.1.2 操作参数

氮封阀开启压力设为 200Pa, 关闭压力设为 500Pa, 维持罐内气相空间压力在 300Pa 左右。

氮封阀流量与储罐的最大吸入量有关, 储罐的最大吸入量为储罐最大出液量和储罐因大气温降产生的吸入量之和。储罐因大气温降产生的吸入量无法精准计算, 因此储罐的最大吸入量可以考虑为储罐最大出液量的倍数, 取 1.2 倍。根据理想气体状态方程 $PV=nRT$, 氮封阀流量与储罐最大吸入量之比为罐内气相压力 (0.1MPa, 绝压) 与氮封阀操作压力 (0.7MPa, 绝压) 之比, 即氮封阀流量为储罐最大吸入量的 1/7。

1.1.3 限流孔板

氮封阀设置限流孔板旁路，当氮封阀需要检修或故障时，使用限流孔板旁路给储罐补充氮气。限流孔板孔径的计算公式如下^[4]：

$$W = 43.78 \cdot C \cdot d_0^2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{M}{ZT}\right) \left(\frac{k}{k-1}\right) \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]}$$

其中，W-流体重量流量，kg/h；C-孔板流量系数； d_0 -孔板孔径，m；D-管道内径，m； P_1 -孔板前压力，Pa； P_2 -孔板后压力，Pa；M-分子量；Z-压缩系数；T-流体温度，K；k-绝热指数； Δp -通过孔板的压降，Pa； γ -相对密度。

限流孔板应采用锻造或模锻方法制造，详图见图2。

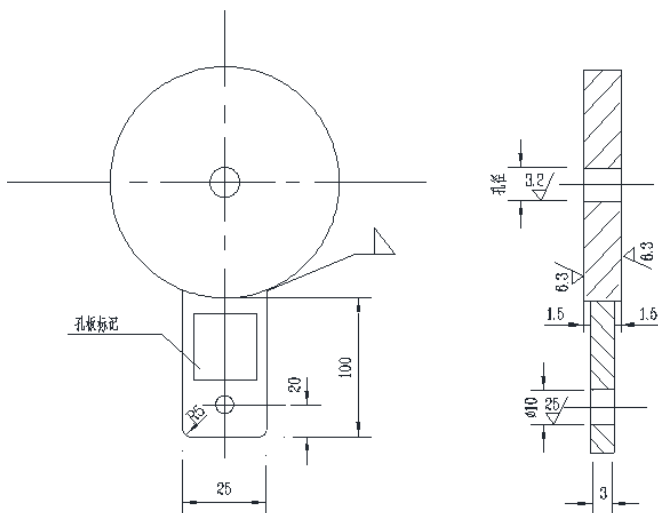


图2 限流孔板详图

1.2 呼吸阀

1.2.1 操作参数

呼吸阀的呼出压力、吸入压力有许多系列，具体等级如表2所示：

表2 呼吸阀呼出压力 / 吸入压力等级表

等级	呼出压力，吸入压力 (Pa)	等级代号
1	+355, -295	A
2	+665, -295	B
3	+980, -295	C
4	+1375, -295	D
5	+1765, -295	E

呼吸阀最大呼出量为储罐最大进液量和储罐因大气温升产生的呼气量之和，呼吸阀最大吸入量为储罐最大出液量和储罐因大气温降产生的吸入量之和。

1.2.2 呼吸阀选用

采用氮气密封保护系统的储罐呼吸阀通常选用一体式全天候防爆阻火呼吸阀，且须按照 API2000 的要

求进行泄漏量试验，最大允许的泄漏量值如表3所示^[5]：

表3 最大允许泄漏量

呼吸阀尺寸 mm (in.)	最大允许泄漏量 m ³ /h (CFH)
≤ 150 (6)	0.014 (0.5)
200~400 (8~16)	0.142 (5.0)
> 400 (16)	0.566 (20.0)

1.3 紧急泄压人孔

紧急泄压人孔的改造一般可利用旧储罐罐顶原透光孔，其法兰规格要与原透光孔的法兰一致。设计压力为-500Pa~+2000Pa的储罐，紧急泄压人孔的吸入压力取-392Pa，呼出压力取1800Pa。

2 储罐液位安全保护措施

2.1 低低液位报警联锁

储罐设置低低液位报警联锁关罐出口阀、停供料泵及泵出口阀。有些老旧内浮顶罐原设计低低液位开关低于浮盘位置，该位置联锁时，浮盘落地，与物料之间形成空间，非常危险，不符合安监局发文要求。还有些老旧内浮顶罐原设计低低液位高于浮盘较多，罐底藏油量偏高，需将库容释放。若储罐不动火改造，可增加外贴式低低液位开关。内浮顶罐低低液位值 LL= 浮盘落底高度 +0.2m，注意避开焊缝。

2.2 罐根紧急切断阀

根据《立式圆筒形钢制焊接储罐安全技术规范》要求，大型储罐罐根阀现为手动阀的需改为气动阀、电液阀或电动阀^[6]，考虑到储罐尽量少动火的情况，改为电液阀最方便，阀体可利用旧原手动阀的阀体，只需增设电液执行机构即可。电源故障时，切断阀阀位状态设置为全关 FC。切断阀的操作流量及操作压力与其所在的管道的操作参数一致。

3 储罐进出口管道安全保护措施

3.1 安全阀

安全阀是管道的最后一道保护装置，当管道内压力超过设定值时，安全阀起跳降低压力，从而保护管道正常工作^[7]。

3.1.1 流程

储罐进出口管道安全阀的设置如图3所示，在油品因两端阀门关闭而产生热膨胀的部位要设置安全阀，包括以下两种情况：

- ①来油界区阀门与储罐进口阀门之间的管道设置安全阀，安全阀泄放至储罐内；
- ②储罐出口阀门与泵入口阀门之间的管道设置安全阀，安全阀泄放至储罐内。

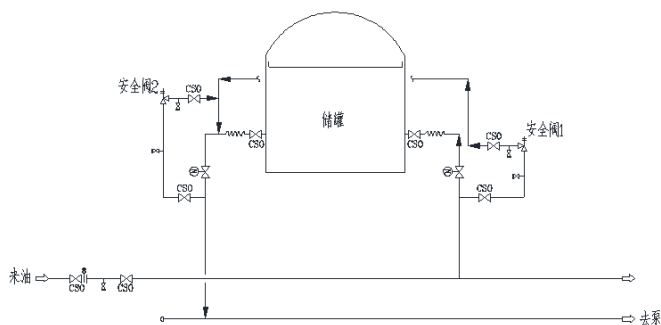


图3 储罐进出口管道安全阀的设置

3.1.2 操作参数

定压,即安全阀的开启压力。背压,即安全阀的出口压力。安全阀背压一般不宜大于定压的10%。

3.1.3 喷嘴面积计算

安全阀喷嘴面积计算公式如下^[8]:

$$A = \frac{\omega V \Delta t}{2.72 \rho_L^{0.5} (p_s - p_2)^{0.5}}$$

其中, ω -介质升高1℃体积膨胀系数,该罐区储存介质为柴油,取0.00069; V -介质泄放体积 m^3 ,即两端阀门之间的管道体积, $V = \pi d^2 L / 4$, d 为管道内径 m , L 为管道长度 m ; Δt -介质1h升高温度,取5℃; ρ_L -介质相对密度; p_s -安全阀定压 MPa ; p_2 -安全阀背压 MPa 。

3.1.4 安全阀的选用

常用的安全阀为弹簧式,弹簧式安全阀分为微启式、全启式^[9]。根据API526规范,安全阀有效节流孔面积与对应的字母如表4所示^[10]:

表4 安全阀有效节流孔面积与对应的字母表

字母	有效节流孔面积 (in^2)	有效节流孔面积换算 (cm^2)
D	0.110	0.71
E	0.196	1.26
F	0.307	1.98
G	0.503	3.25
H	0.785	5.06
J	1.287	8.30
K	1.838	11.86
L	2.853	18.41
M	3.60	23.23
N	4.34	28.00
P	6.38	41.16
Q	11.05	71.29
R	16.00	103.23
T	26.00	167.74

3.2 金属软管

金属软管分为通用型金属软管、抗震型金属软管和低温型金属软管,储罐进出口管道宜选用抗震型金

属软管^[11]。

金属软管的选用长度不得小于其最小结构尺寸,当罐根阀设置为紧急切断阀时,金属软管的设计压力不应小于该管道的设计压力。金属软管材料选用可参照《波纹金属软管通用技术条件》表2常用材料,波纹管 and 网套一般选用06Cr19Ni10^[12]。

4 结束语

本文介绍了氮封阀、呼吸阀、安全阀的流程、操作参数、工艺计算及选用,描述了紧急泄压人孔、低液位报警联锁、罐根紧急切断阀、金属软管的设置及具体改造情况,从而较全面地总结了储罐压力、液位、管道安全保护设施的改造实施。

参考文献:

- [1] 国家安全监管总局关于进一步加强化学品罐区安全管理的通知[Z]. 安监总管三〔2014〕68号.
- [2] SH/T 3007-2014. 石油化工储运系统罐区设计规范[S]. 中华人民共和国工业和信息化部,2014.
- [3] 石油化工储运罐区VOCs治理项目油气连通工艺实施方案及安全措施指导意见[Z]. 中国石化炼发函〔2016〕127号.
- [4] HG-T 20570.15-1995. 管路限流孔板的设置[S]. 中华人民共和国化学工业部,1995
- [5] API STANDARD 2000 SEVENTH EDITION, MARCH 2014. Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks[Z].
- [6] AQ 3053-2015. 立式圆筒形钢制焊接储罐安全技术规范[S]. 国家安全生产监督管理总局,2015.
- [7] 杨东男. 浅谈安全阀及安全阀的选用设计[J]. 中国新技术新产品,2017(14):146-147.
- [8] 张德姜,王怀义,丘平. 石油化工装置工艺管道安装设计手册第一篇设计与计算[M]. 北京:中国石化出版社,2013.
- [9] 高永利. 安全阀的类型及选用[J]. 山东化工,2017,46(14):121-122.
- [10] API STANDARD 526 SIXTH EDITION, APRIL 2009. Flanged Steel Pressure-relief Valves[Z].
- [11] SH/T 3412-2017. 石油化工管道用金属软管选用、检验及验收规范[S]. 中华人民共和国工业和信息化部,2017.
- [12] GB/T 14525-2010. 波纹金属软管通用技术条件[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2010.