

内浮顶油罐的设计问题

张有渝 · 刘智萍

(中国石油天然气总公司四川设计院)

张有渝 刘智萍:内浮顶油罐的设计问题,油气储运,1996(4)15,15~17,20。

摘 要 标志内浮顶油罐设计水平的技术经济指标主要包括两项内容,一项是在基建阶段每立方米容积的耗钢量 A ,另一项是在投入运行后的有效系数 B 。如果 A 值小, B 值大,则表明该油罐的建造费用低,油罐投入运行后储存油品的有效利用率高,经济效益好。然而, B 值会受到许多因素的影响,包括内浮顶油罐内径与罐壁高度的关系、环向通气孔大小及其定位尺寸、控制高液位报警的方式及液位高度、内浮盘上表面以上的最外圈支柱高度及曲率半径等。认为 B 值应在 0.92 以上时,设计才是经济合理的,并认为出油管型式及高度会影响油罐操作容积;为提高 B 值,环向通气孔的位置可设置在罐顶上;进出油管应采用金属软管;内浮顶油罐盘梯不用三角架,其立柱也不必焊在罐壁上。根据我国油罐设计和施工现状,提出首先应在油罐规范上尽快与国际标准接轨,以国际通用的方式制定我国封闭型油罐的国家标准。

主题词 内浮顶罐 结构设计 研究

内浮顶油罐在国内已有十余年的使用历史,目前已普遍应用于有关行业。但在设计上如何做到技术先进和经济合理,特别是如何评价其技术经济指标,有些问题是值得探讨的,本文就有关问题予以分析和阐述。

一、内浮顶油罐容积与有效系数 B

在市场经济形势下,内浮顶油罐设计的一项重要指标是其技术经济指标。该指标应分解成两项内容:一是建造内浮顶油罐时每单位容积消耗钢材的数量,即每立方米容积耗钢量 A ;二是内浮顶油罐投入运行后,每单位几何容积中能储存油品的实际数量,该数值是小于 1 的,即有效系数 B 。判定油罐设计是否合理,应是综合评定每立方米容积耗钢量 A 和有效系数 B ,若 A 值小, B 值大,则表明该油罐的投资低,运行后容积有效利用率高,经济效益好^[1]。

每立方米容积耗钢量 A 在一般文献中没有定义,在文献[2]的附表4(100~10 000 m³内浮顶罐系列,北京炼油设计院)中,每立方米容积耗钢量未给

出数值来源。但经测算,该值是由油罐总重(应为总质量)除以表中的计算容积得来,表中计算容积不是几何容积,而是由罐底至环向通气孔下边缘所包含的容积。每立方米容积耗钢量 A 反映的是每单位几何容积的钢材消耗量,它主要是在基建阶段用以比较同一公称容积的内浮顶油罐钢材的消耗量,以评价设计是否经济。但该指标实际上并不能准确地反映内浮顶油罐投资费用的高低。例如,对于某座 10 000 m³内浮顶油罐,下部 6 圈罐壁采用 Q235-A 时,厚度分别为 18、16、15、13、11、10 mm。如果采用 16 MnR 钢板时,则壁厚分别为 13、12、11、9、8、7 mm,其总耗钢量下降,每立方米容积耗钢量 A 值也相应减小。但投资是否下降,不能轻易定论。

有效系数 B 是许用容积与几何容积之比^[1],它反映了内浮顶油罐投入运行后实际可利用的比例。 B 值越大,其不能储存油品的空间越小,这是衡量油罐运行中经济效益高低的重要技术经济指标。

内浮顶油罐公称容积确定后,要提高其 B 值应考虑以下因素:

(1)内浮顶油罐内径与罐壁高度的关系;

* 610017,四川省成都市小关庙后街28号;电话:(028)6747700-238

(2)环向通气孔的大小及其定位尺寸(即到罐壁上端口的距离);

(3)控制高液位报警的方式及液位高度;

(4)内浮盘上表面以上的最外圈支柱高度及拱顶曲率半径。

内浮顶油罐内径越大,其横截面积也越大。如果罐壁上部空间不能储存油品的高度达到一定时,那么 B 值则下降。

如果环向通气孔位于罐壁上,其距罐壁上端口的距离越小,那么内浮盘可以上升的高度越大,罐体

储存容积也越大,亦即罐上部不能储存油品的空间越小, B 值越大。在文献[2]中给出了环向通气孔下沿(溢流面)至罐顶包边角钢的距离 H 的取值方法。在设计内浮顶罐时,该值一般通过计算确定。

控制内浮顶油罐最高液位有多种报警方式。最高液位至环向通气孔下沿距离的选取,要考虑进油速度及报警信息发出到停泵所需的时间等因素。这些因素的影响是比较大的,如果选取不当,有可能使 B 值的结果相差甚大。现以某两座内浮顶油罐为例说明高液位报警位置对 B 值的影响,见表1。

表1 内浮顶油罐高液位报警位置对 B 值的影响

序号	公称容积 (m^3)	油罐内径 (mm)	罐壁高度 (mm)	高液位 报警位置 (mm)	几何容积 (m^3)	许用容积 (m^3)	B 值
1	5 000	21 000	15 850	1 830	5 487	4 853.5	0.884 5
2	5 000	21 000	15 850	1 240	5 487	5 057.8	0.921 8

由表1可见,公称容积同为 $5\ 000\ m^3$,内径和罐壁高度也相同的两座油罐,由于高液位报警高度相差 $590\ mm$,使高液位报警位置较高的2号内浮顶油罐许用容积多 $204.3\ m^3$,即表明该两座罐储存油品每周转1次,储存量将相差 $200\ m^3$ 。如果每年周转次数为 $40\sim 50$ 次^[2](按40次计),则两座罐每年储存油品量相差 $0.8\times 10^4\sim 1.0\times 10^4\ m^3$ 。如按代储形式创收,库存费为 $40\ 元/t$,汽油密度按 $0.7\ t/m^3$ 计,2号罐一年则可增收 $22.4\sim 28$ 万元,经济效益是可观的。

这两座罐的 B 值比较还说明,虽然两座罐的公称容积、内径和罐壁高度乃至钢材消耗量和投资都相同,但取得的经济效益是大不相同的。因此仅用每立方米容积耗钢量来评价油罐设计的技术经济指标是不够的,必须引入有效系数 B 值。

内浮盘上升到最高液位时,其上表面以上最外圈支柱不允许碰到罐顶内表面或罐顶筋条。由结构要求而形成的不能储存油品的空间应越小越好,如果该结构要求的空间高度超出了控制高液位报警所需的高度,则应考虑降低内浮盘上表面以上的支柱高度,或在规范允许的范围内改变拱顶的曲率半径。

在采用浮球液位计的报警方式时,有效系数 B 值一般应在 0.92 以上(见表2)。如果 B 值低于 0.92 ,则应考虑将高液位报警位置提高以增加许用容积,否则经济效益是很差的。

表2中 $1\ 000\ m^3$ 内浮顶油罐的 $B=0.87$,经济效益相对较差,原因在于设计时所定高液位报警位置 $1\ 600\ mm$ 偏大,应予以减小。

表2 内浮顶油罐有效系数 B 值

公称容积 (m^3)	油罐内径 (mm)	罐壁高度 (mm)	高液位 报警位置 (mm)	通气孔位置 (mm)	几何容积 (m^3)	许用容积 (m^3)	有效系数 B
10 000	30 000	15 800	1 270	720	1 162.7	10 265.4	0.92
5 000	21 000	15 350	1 240	590	5 487.0	4 853.5	0.921 8
3 000	17 600	15 400	1 000	600	3 744.7	3 501.5	0.935
1 000	11 000	12 600	1 600	614	1 196.8	1 044.8	0.87

二、内浮顶罐结构

1、出油管形式与操作容积

内浮顶油罐的出油管应尽可能靠近罐底部,出油管中心线或管口距罐底距离应尽可能小,以增大油罐的使用容积,但要位于油罐底部积水高度之上。该结构形式常见的有两种,如图1所示。(b)型比(a)型好,因为当两种形式的 h 值相同时,(b)型出油管的出油截面始终是定值,而(a)型在油面低于出油管顶位置后则是变值,增加了出油时间。

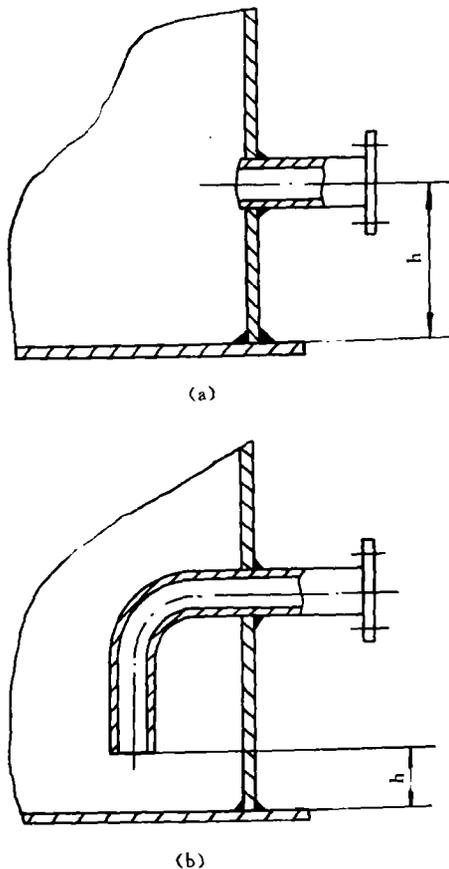


图1 出油管结构型式

2、环向通气孔的位置

API 650(1988年)规定,环向通气孔应位于罐壁上部或固定顶上^[3]。我国以前常用的油罐设计标准 SYJ1016-82规定,罐壁通气孔应位于罐壁上部^[4]。新标准 SH3046-92则修改成与 API 650一致,名称也由“罐壁通气孔”改成“环向通气孔”^[5]。我国炼油厂或油库使用的绝大部分内浮顶油罐环向通气孔都是设置在罐壁上部。

3、在进出油管上装设金属软管

在其罐外部分装设一段不锈钢金属软管,其目的是:当罐底基础沉降引起进出油管中心标高下降时,金属软管可以承受这一位移;补偿由地震引起的油罐变形,避免油罐在此位置破裂。进油管如伸入罐内距离较长时,亦应在罐内进油管上设置金属软管。

4、内浮顶油罐盘梯

内浮顶油罐一般用来储存轻质油,不需要保温,因此盘梯踏步多直接焊在罐壁上,不采用三角架和内侧板。笔者在多次调研中发现,这类盘梯在结构上亦有不同形式,在图2所示两种结构上,(b)图的栏杆立柱仅与踏步和扶手相焊,而不直接焊于罐壁上,比(a)图好,既节省钢材又减少了施工程序,节约了投资。

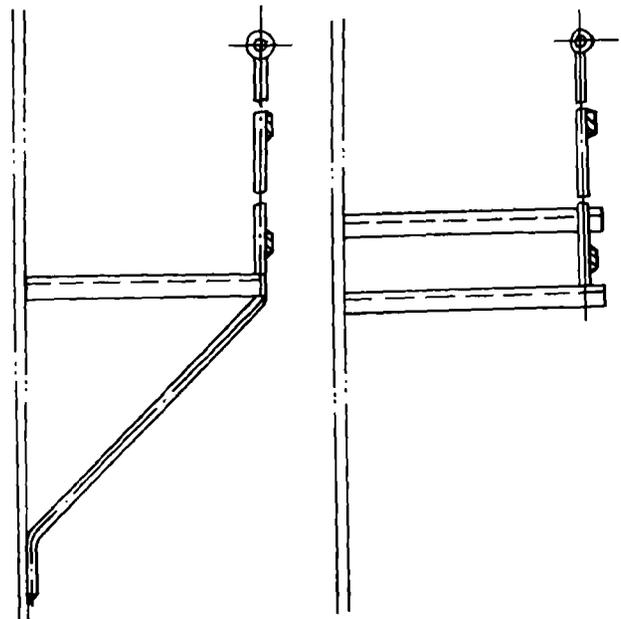


图2 盘梯结构

三、油罐标准

我国使用的油罐设计与施工标准与国际通用的标准,如 API650、JISB8501差别甚大,主要表现在:

(1)不是封闭型规范,设计与施工、验收被分离成两个规范;

(2)内容不全面,例如设计规范中缺少风压引起的倾覆力矩计算内容,且缺少必要的术语定义。

(下转第20页)

超前动作和调节阀的灵敏响应,要完成启泵操作是不可能的。

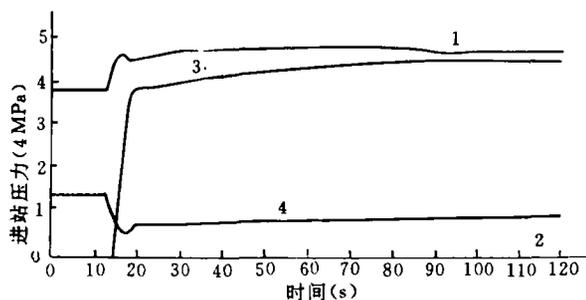


图1 滨州站启泵保护过程图

三、水击控制方式分析

水击波控制的方式较多,一般根据管道具体情况可以选择两三种方式。国外管道通常采取①超前保护;②调节阀控制;③自动停泵。目前,国内设计的管道水击保护措施为高、低压泄压保护或自动停泵。

对于我国老管道技术改造,其水击保护方式应采取:①调节阀控制;②低压泄压保护;③自动停泵。并不是每条管道都要采用超前保护系统。

由上述试验说明,对于故障性负水击波,采用快速调节阀控制水击是行之有效、简单易行的措施。

对于正水击波,通过各条管道的水击试验和软件研究,已基本掌握了其变化规律。以停泵为例,输量在1 000~2 000 m³/h时,停1台泵产生的水击幅值在0.7~1.5 MPa之间,水击波向上游站传播时

衰减率为40%~75%。水击越强,衰减率越高,传到上站水击波已不超过0.5 MPa。可见水击的破坏性并不象人们想象的那样严重。只要管道的强度足够,采用低压泄压阀泄压来降低水击幅度,或采用反应灵敏的调节阀系统来限制和控制水击等方式,均能在3~10 s内将水击控制住,使其不超过运行压力的10%。

调节阀系统与超前保护系统相比,还有使用方便、投资少等优点,因为后者需要一个独立的通信系统。超前保护系统是一个先进而可靠的控制水击的方式,但是即使采用超前保护,应用调节阀产生反向波也是应优先考虑的。

泄压保护通常只采用低压泄压阀^{[1],[2]},该阀安装在泵站入口,在出现水击波时自动泄放一定量的液体,以减弱水击幅值。

水击控制是一个复杂的工作,各条管道都有其特殊情况。经过几年的实践,笔者认为,在密闭输油系统中,调节灵敏、动作可靠的调节阀系统是十分重要的,调节阀系统是优化运行和安全运行的根本保障。它既可稳定调节,又可快速防水击,是其它系统所不能代替的。

参 考 文 献

1. 严大凡:输油管道设计与管理,石油工业出版社(北京),1986, 179~181。
2. 曲慎扬:原油管道工程,石油工业出版社(北京),1991。

(收稿日期:1995-02-21)

编辑:孙惠琴

(上接第17页)

要提高我国油罐设计和施工、检验的水平,进入国际市场竞争,应在油罐规范上尽快与国际标准接轨,采用国际上通用的方式制订我国封闭式油罐的国家标准,例如可参照美国标准 API 650进行制订,这已是刻不容缓的工作。

参 考 文 献

1. 张有渝:浅论钢制立式油罐的容积,油气储运,1993(5),7~8。

2. 湛声炳等:大型储罐设计,上海科学技术出版社(上海),1986。
3. API 650-1988《钢制焊接油罐》。
4. 中华人民共和国石油工业部标准:SYJ1016-82立式圆筒形钢制焊接油罐设计技术规定
5. 中华人民共和国行业标准:SH3016-92石油化工立式圆筒形钢制焊接储罐设计规范。

(收稿日期:1995-11-21)

编辑:刘泰阳