



# 中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 0511.1—2010

代替 SY/T 0511—1996

---

## 石油储罐附件 第 1 部分：呼吸阀

Oil tank appurtenances—

Part 1: Breather valve

2011—01—09 发布

2011—05—01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 结构和产品型号 .....	2
5 材料 .....	3
6 技术要求 .....	3
7 制造和装配 .....	4
8 试验 .....	5
9 标志、包装和运输 .....	8
附录 A (资料性附录) 标准的说明 .....	10
参考文献 .....	19

## 前 言

SY/T 0511《石油储罐附件》分为9个部分：

- 第1部分：呼吸阀；
- 第2部分：液压安全阀；
- 第3部分：自动通气阀；
- 第4部分：泡沫塑料一次密封装置；
- 第5部分：二次密封装置；
- 第6部分：浮顶排水管系统；
- 第7部分：重锤式刮蜡装置；
- 第8部分：钢制孔类附件；
- 第9部分：量油孔。

本部分为SY/T 0511的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分代替SY/T 0511—1996《石油储罐呼吸阀》。本部分与SY/T 0511—1996相比，主要变化如下：

- 增加了术语和定义；
- 增加了DN350规格；
- 开启压力分级数量，由三级增加到五级；
- 明确要求生产厂家提供在额定通气量下的压降值或通气量—压降曲线；
- 给出了通气试验时流速、压降和局部阻力关系式；
- 增加了附录A。

本部分由石油工程建设专业标准化委员会提出并归口。

本部分由中国石油天然气管道工程有限公司负责解释。

本部分负责起草单位：中国石油天然气管道工程有限公司。

本部分参加起草单位：西安中油石化设备厂。

本部分主要起草人：孟庆鹏、傅伟庆、杨静、罗丽华、孙正国、吴龙平、童正露。

# 石油储罐附件

## 第1部分：呼吸阀

### 1 范围

SY/T 0511 的本部分规定了石油储罐用呼吸阀分类、结构、材料、性能、制造、试验与检验等方面的基本要求。

本部分适用于常压（包括微内压）石油储罐。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 6414 铸件 尺寸公差与机械加工余量
- GB/T 9438 铝合金铸件
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- HG 20592~20635 钢制管法兰、垫片、紧固件
- QB/T 3624 聚四氟乙烯管材
- QB/T 3626 聚四氟乙烯棒材
- QB/T 3627 聚四氟乙烯薄膜

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**操作压力 operating pressure**

当呼吸阀通气量达到额定通气量时，石油储罐气体空间的压力称为呼吸阀的操作压力，代号为  $p$ 。

#### 3.2

**开启压力 opening pressure**

通气过程中，当呼吸阀的阀盘呈连续“呼出”或“吸入”状态时的压力称为呼吸阀的呼气开启压力，或呼吸阀的吸气开启压力，代号为  $p_s$ 。

#### 3.3

**呼吸阀的公称直径 nominal diameter of breather valve**

呼吸阀连接法兰的公称直径。

## 3.4

**额定通气量 rated venting capacity**

呼吸阀允许通气量，包括呼气通气量和吸气通气量（绝对压力为 0.1MPa、温度为 20℃、相对湿度为 50%、密度为 1.2kg/m<sup>3</sup> 的空气状态。当不为此状态的气体时，应换算成此状态的气体），数值见表 4。

## 3.5

**通气压差 pressure drop for venting**

通气时的压降值，指操作压力减开启压力的绝对值，代号  $\Delta p$ ， $\Delta p = |p - p_s|$ 。

## 3.6

**额定通气压差 rated pressure drop for venting**

达到额定通气量时的通气压差。

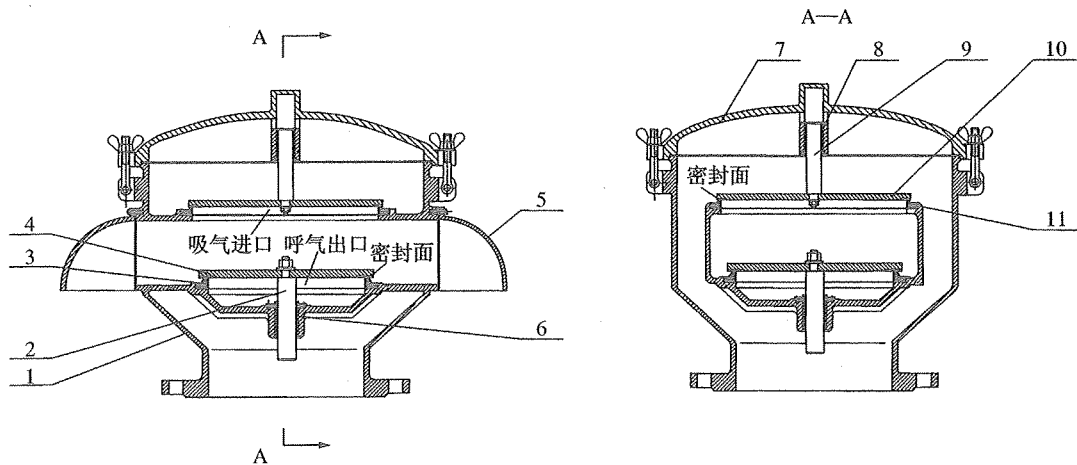
## 3.7

**呼吸阀适用温度 temperature of breather valve**

呼吸阀阀盘和阀盖密封面接触处的温度。

## 4 结构和产品型号

4.1 呼吸阀为呼气阀和吸气阀并为一体后的总称，主要由阀体、阀盘、阀座、阀杆、导向套等组成。呼吸阀结构见图 1。图 1 所示呼吸阀呼气端与吸气端为同轴结构，呼气端与吸气端也可为并列结构。呼吸阀的开启压力取决于阀盘的重量。



- 1—阀体；2—呼气端阀杆；3—呼气端阀座；4—呼气端阀盘；5—呼气端阀罩；  
6—呼气端导向衬套及阀杆衬套；7—吸气端阀盖；8—吸气端导向衬套及阀杆衬套；  
9—吸气端阀杆；10—吸气端阀盘；11—吸气端阀座

图 1 呼吸阀结构示意图

4.2 呼吸阀按开启压力分为五级，见表 1。

4.3 呼吸阀按适用温度范围分为两类，见表 2。

4.4 呼吸阀的规格用连接法兰的公称直径表示，见表 3。

4.5 呼吸阀型号表示方法如下：



6.2 呼吸阀的阀体应能承受 0.20MPa 的水压，且无渗漏和变形。

6.3 在表 2 规定的温度下，且全天候型呼吸阀满足 8.7 的补充要求时，其开启压力不应大于表 1 中的规定值，其允许偏差：正压为  $-20\text{Pa}\sim 0\text{Pa}$ ；负压为  $0\text{Pa}\sim 20\text{Pa}$ 。

6.4 呼吸阀阀盘在开启和关闭时，应动作灵活；动作完成后处于关闭状态时，应能有效密封。

6.5 生产厂家应通过成功的试验和计算提供流量—压降曲线，或提供表 4 规定通气量下的相应压降值。

表 4 呼吸阀的通气量与压降

规格 DN mm		50	80	100	150	200	250	300	350
额定通气量 $\text{m}^3/\text{h}$		150	300	500	1000	1800	2800	4000	5400
$\Delta p$ , Pa	$p_s + 355$								
	$p_s - 295$								
$\Delta p$ , Pa	$p_s + 655$								
	$p_s - 295$								
$\Delta p$ , Pa	$p_s + 980$								
	$p_s - 295$								
$\Delta p$ , Pa	$p_s + 1375$								
	$p_s - 295$								
$\Delta p$ , Pa	$p_s + 1765$								
	$p_s - 295$								

注：本表中通气量为呼气时额定通气量，吸气时额定通气量取呼气时 0.5 倍。

6.6 测定呼吸阀泄漏量时，以 0.75 倍开启压力作为测试压力，其泄漏量应符合表 5 的规定。

表 5 呼吸阀泄漏量

规格 DN mm	$\leq 150$	$\geq 200$
泄漏量 $\text{m}^3/\text{h}$	$< 0.04$	$< 0.4$

## 7 制造和装配

7.1 铸件尺寸公差应符合 GB/T 6414 的规定。

7.2 阀盘密封面处为采用满足 QB/T 3627 要求的薄膜时，其厚度应均匀，表面应平整光滑。

7.3 机加工零部件未注公差应符合 GB/T 1804 中 m 级规定。

7.4 应采取有效措施使阀盘基体金属与密封元件间、阀座与阀体间能可靠连接，阀座与阀盘密封处不存在任何影响密封质量的缺陷。

7.5 零件应经检查合格后方可进行装配。

7.6 阀体试压后，腔内试验介质应全部清除干净。

## 8 试验

### 8.1 试验要求

#### 8.1.1 型式试验

首批生产的呼吸阀,或当结构、工艺、材料有重要改变时,应按 6.3, 8.4, 8.5 和 8.6 的规定进行型式试验。

#### 8.1.2 出厂试验

出厂前,呼吸阀应按 6.4 和 8.5.2 的要求进行逐件检验,按 6.3 (不包括低温状态开启压力试验)、8.4, 8.5.3 和 8.6 的要求进行抽样检验,相同规格的呼吸阀每 100 件为一批,每一批抽查数量不得少于两件,如抽样检验时有一件不合格,抽样件数应加倍,若仍有不合格时,应进行逐件检验。

### 8.2 试验介质

通气试验时所用空气绝对压力为 0.1MPa,温度为 20℃,相对湿度为 50%,密度为 1.2kg/m<sup>3</sup>。若所用空气不为此种状态,应换算成此种状态。

### 8.3 安装

开启压力和通气量试验时,呼吸阀应安装在图 2 所示规定位置上。安装前应检查测试管内壁是否平整光滑,并应清理干净。

### 8.4 阀体水压试验

试验用液体为 5℃~35℃ 洁净水,试验压力为 0.2MPa,保压时间 10min,试验结果应符合 6.2 的要求。

### 8.5 开启压力和通气量试验

#### 8.5.1 试验装置

**8.5.1.1** 试验装置见图 2。呼气状态和吸气状态应分别进行试验。测试管有效截面积不应小于法兰接管的流通面积,其间不应添加弯头、阀门等影响气流稳定和增加压力损失的构件。

**8.5.1.2** 带法兰接管的公称直径应与呼吸阀连接法兰公称直径一致,其与储气罐罐顶连接处端部内侧应为圆滑过渡,且无毛刺和可见损伤,见图 3。

**8.5.1.3** 风速仪接口应位于气流稳定的测试管中部位置,距两侧的弯头或阀门的距离不应小于 4d,接口与测试管相连处应光滑无毛刺。

#### 8.5.2 开启压力试验

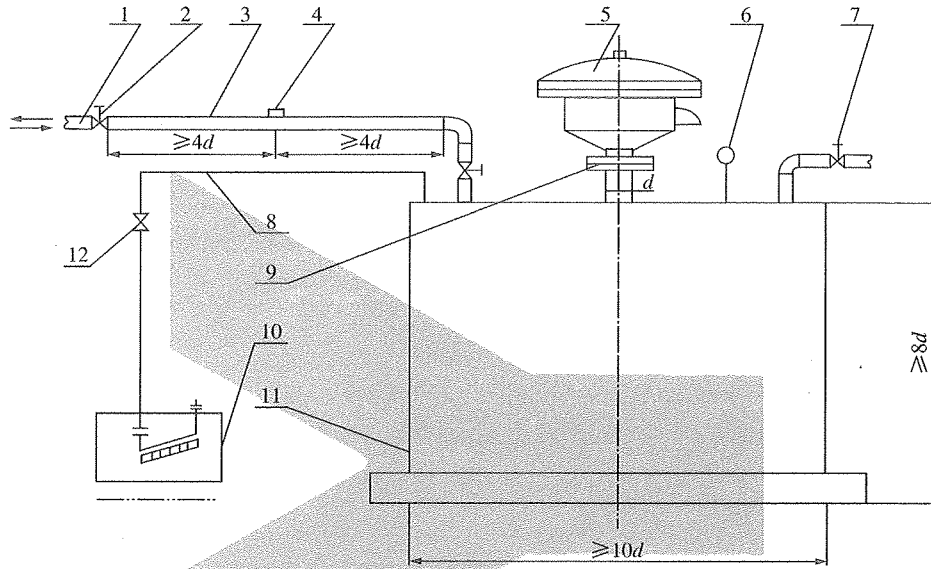
调节控制阀门,使储气罐内的压力逐步升高或降低进行开启压力试验。将阀盘调整到关闭状态,试验时由微压计读出压力值,每分钟读值一次,然后再将阀盘分别转动 90°和 180°重复上述试验,每一工况测三次,取 9 个压力值的算术平均值。试验结果应符合 6.3 和 6.4 的规定。

#### 8.5.3 通气量试验

**8.5.3.1** 将 0.5~1.0 级精度的风速仪探头垂直管壁插入风速仪接口内进行通气量试验,对不同位置



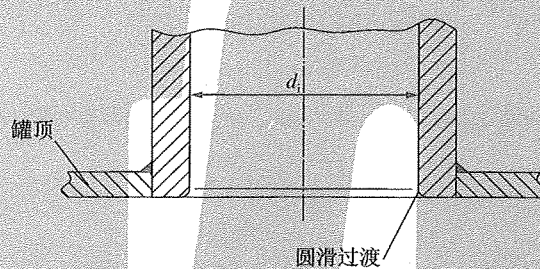
的测点进行测量，测点位置和点数应符合 8.5.3.2 或 8.5.3.3 的规定。



1—接风机管；2—控制阀门；3—测试管；4—风速仪接口；5—被测呼吸阀；6—温度计；  
7—放空阀；8—胶管；9—带法兰接管；10—微压计；11—储气罐；12—阀门

注： $d$  为呼吸阀相连接管的外径。

图 2 开启压力和通气量试验装置示意图



注： $d_i$  为接管的内径。

图 3 接管

8.5.3.2 当在方形测试管内测量平均流速时，应将方管内截面划分成若干相等的小截面，在每个小截面的中心测量气流速度，见图 4。对小截面要求如下：

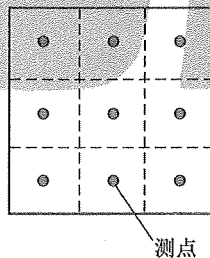


图 4 方形测试管内截面划分

- a) 各小截面的形状宜接近于正方形；
- b) 小截面数目不应少于 9 个。

8.5.3.3 当在圆形测试管内测量平均流速时，应将圆管内截面划分成径向间距相等的若干环状小截

面，各环状小截面应同心。测点应位于被测截面的对称轴上，见图 5。各测点距中心的距离按公式 (1) 进行计算。

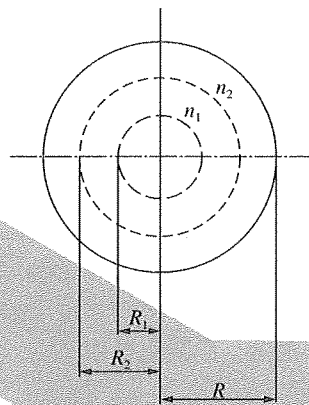


图 5 当  $n=2$  时测点半径示意图

$$R_i = R \cdot \frac{2i-1}{2n} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $R_i$ ——从测试管中心到测点的距离，单位为毫米 (mm)；
- $R$ ——测试管半径，单位为毫米 (mm)；
- $i$ ——从测试管中心算起的圆环顺序号；
- $n$ ——测试横截面上划分的圆环数量，其数量按表 6 规定选用。

表 6 圆环数量

测试管内径 mm	50	80	100	150	200	250	300	350
圆环数量 $n$	1	2	2	3	3	4	4	5

8.5.3.4 测量通气量时，每个测点每分钟读流速值一次，共读三次，流速为各测点的算术平均值。通气量应满足表 4 的要求，通气量应按下式计算：

$$Q = 3600A \cdot v \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $Q$ ——通气量，单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；
- $A$ ——测试管流通截面面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；
- $v$ ——流通截面内气体平均流速，单位为米每秒 ( $\text{m}/\text{s}$ )。

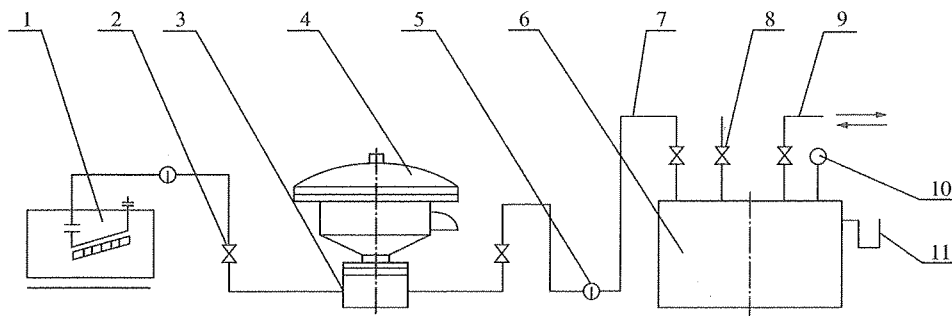
8.5.3.5 记录通气流速、开启压力值、罐内压力值、管的流通面积，并出具试验报告。

## 8.6 泄漏量试验

泄漏量试验装置见图 6。泄漏试验压力为 0.75 倍开启压力，压力值在微压计上读取。泄漏量为前后流量计读数之差 (流量计精度等级 0.5 级~1.0 级)，每分钟测读一次，共三次，取算术平均值，其结果应满足 6.6 的要求。

## 8.7 全天候呼吸阀低温状态开启压力试验补充要求

将被测呼吸阀安装在试验架上且置入低温箱内，当低温箱内的温度降到  $-14^\circ\text{C} \sim -15^\circ\text{C}$  时，同时向呼吸阀与低温箱内连续输入相对湿度不低于 70% 的常温空气，使阀盘未开启前达到内外结霜，再



1—微压计；2—阀门；3—试验架；4—被测呼吸阀；5—流量计；6—稳压罐；  
7—胶管；8—调压阀；9—接空气动力源管；10—温度计；11—U型微压计

图6 泄漏量试验装置

使低温箱内温度降到 $-30^{\circ}\text{C}$ ，经24h恒温后，将试验架一侧连接微压计，另一侧通过存有常温空气的稳压罐与空气动力源相接，按8.5.2规定，进行开启压力试验。

试验重复三次，其允许偏差应符合6.3的规定。

## 8.8 试验结果分析和计算

8.8.1 对试验结果有怀疑时，应重新检查设备、仪表、参数和记录后，重新试验。

8.8.2 通过试验实测出不同规格呼吸阀在不同通气量下的压降值 $\Delta p$ ，绘出通气量—压降曲线；或通过试验并经计算求出局部阻力系数 $\zeta$ 后，按公式(3)确定 $\Delta p$ 。

$$\Delta p = \frac{v^2}{2g} \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\Delta p$ ——压降值，单位为帕[斯卡](Pa)；

$v$ ——通过呼吸阀通风管时的流速，单位为米每秒(m/s)；

$\zeta$ ——通过呼吸阀(或呼吸阀+阻火器)时的总局部阻力系数；

$g$ ——重力加速度，单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ )，取 $g=9.81\text{m/s}^2$ ；

$\rho$ ——标准状态下的空气密度，单位为千克每立方米( $\text{kg/m}^3$ )，取 $\rho=1.2\text{kg/m}^3$ 。

## 9 标志、包装和运输

9.1 应在明显部位固定永久性产品标牌，标牌应符合GB/T 13306的规定，至少应标明：

- a) 产品名称；
- b) 产品规格型号；
- c) 开启压力；
- d) 通气量；
- e) 产品质量；
- f) 出厂编号；
- g) 制造日期及制造商名称。

9.2 非加工表面应涂防锈底漆，外表面应涂防腐面漆。法兰面应涂防锈油脂，并采用塑料护盖保护。产品包装应按GB/T 13384的规定，并应采用塑料膜进行整体初包扎。

9.3 产品应存放在有防雨设施的仓库中，存放和运输时不准倒置。

9.4 出厂时应附下列文件：

- a) 装箱单。

- b) 产品说明书，其内容至少应包括：
  - 1) 产品简图及主要安装尺寸。
  - 2) 流量—压降曲线（或表 4 所要求的压降数据）。
- c) 产品质量证明书，其内容应包括要求的各种检测和试验结果，以及开启压力试验和通气量试验的试验报告。
- d) 产品合格证。

附录 A  
(资料性附录)  
标准的说明

## A.1 呼吸阀的结构和材料

### A.1.1 呼吸阀的结构

本标准涉及到的呼吸阀，指呼气阀和吸气阀并体结构，呼气和吸气均为阀盘自重平衡式，图 1 所示呼吸阀，为呼气阀和吸气阀上下排列，呼气阀和吸气阀也可并列排列。对于并体结构的呼吸阀，无论在计算通气量时，还是通过试验测定通气能力时，均应按呼气和吸气分别进行。结构所限，吸气时允许的压差较小且阻力损失较大，一般情况，吸气时所需尺寸较大，但吸气和呼气公称直径是一致的。图 1 所示上下排列的呼吸阀，吸气阀在上；出于制造工艺的需要，吸气口略大于呼气口。由于流经吸气口时的流速较小，在一定程度上缓解了这一矛盾。如果考虑到国内固定顶油罐一般未设置紧急排气阀，当有火警需要紧急排气时，呼气阀的尺寸和吸气阀的尺寸相比就未必富裕。

### A.1.2 材料

材料不存在“唯一性”，能够满足使用要求，或较第 5 章中所列材料性能更优，均应被允许。采用聚四氟乙烯等材料后，呼吸阀的使用性能有很大提高。材料的性能仍在发展提高中，采用更优的材料尚有很大的空间。

## A.2 呼吸阀的分级

SY/T 0511—1996 按呼气时开启压力将呼吸阀分为三挡，其吸气时的开启压力均为  $-295\text{Pa}$ 。呼气时的开启压力分别为： $355\text{Pa}$ 、 $980\text{Pa}$  和  $1765\text{Pa}$ 。本标准吸气时开启压力保持不变，呼气时开启压力改为五挡，如表 1 所示。修改后，使用者选择范围较大，会灵活一些，方便一些。譬如，当储罐承压能力确定后，开启压力为  $665\text{Pa}$  时较开启压力为  $355\text{Pa}$  时，油气损失（指小呼吸损失）会减小许多；而开启压力为  $1375\text{Pa}$  时较开启压力为  $1765\text{Pa}$  时，安全程度会高一些（指油罐被抬起或刚性环处被压瘪）。

API Std 2000 中，对于重力平衡式阀盘呼吸阀，开启压力范围为  $2\text{mbar}\sim 169\text{mbar}$ ，其最低开启压力为  $2\text{mbar}$ （约  $200\text{Pa}$ ）。从图 A.1 可以看出，日本做呼吸阀通气试验时，吸入阀的开启压力共分为九个档次，可见其开启压力分级均较细。

SY/T 0511—1996 呼气阀的阀盘厚度，最薄者开启压力为  $355\text{Pa}$ ，最厚者开启压力为  $1765\text{Pa}$ ，从最薄到最厚，中间只有一种厚度（开启压力  $980\text{Pa}$ ）。欧美国家采用的呼气阀和吸气阀，开启压力间隔为  $250\text{Pa}$ （英寸毫米水柱），仍小于本标准呼气阀的开启压力间隔。

呼气阀开启压力调整为五挡后，阀盘最大厚度和最小厚度均未变，中间厚度从一种变为三种，无论从制造考虑，还是从操作考虑，均不会存在任何障碍。

## A.3 呼吸阀的通气试验

### A.3.1 呼吸阀通气试验（开启压力试验和通气量试验）中的几条曲线（据日本国家标准 HPIS-G-103—1997）

A.3.1.1 局部阻力系数和流速的关系见图 A.2。

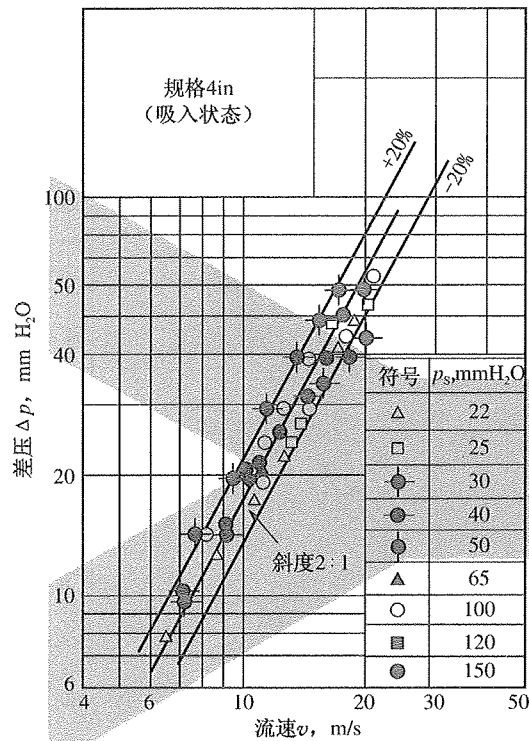


图 A.1 开启压力改变时, 压差  $\Delta p$  和流速的关系

图 A.2 为在给定开启压力下测试和整理的的数据。从图 A.2 中可以看出, 在通常的流速范围内 (8m/s 以上), 阻力系数均与流速无关。在低流速情况下 (6m/s 以下), 阻力系数有增大的趋势, 测定的可信度低, 数据的准确性差 (流速小时阻力降也小, 对选型和使用并无实质性影响)。

A.3.1.2 当开启压力改变时, 压差  $\Delta p$  和流速的关系见图 A.1。

图 A.1 为仅仅改变开启压力时, 呼吸阀的吸入流通特性实测情况。设定开启压力从 22mmH<sub>2</sub>O~150mmH<sub>2</sub>O, 可以看出阻力系数并不因开启压力变化而变化 ( $\zeta = \Delta p / 0.628v^2$ , 对数坐标上各对应点在一斜直线上), 误差范围为  $\pm 20\%$ 。

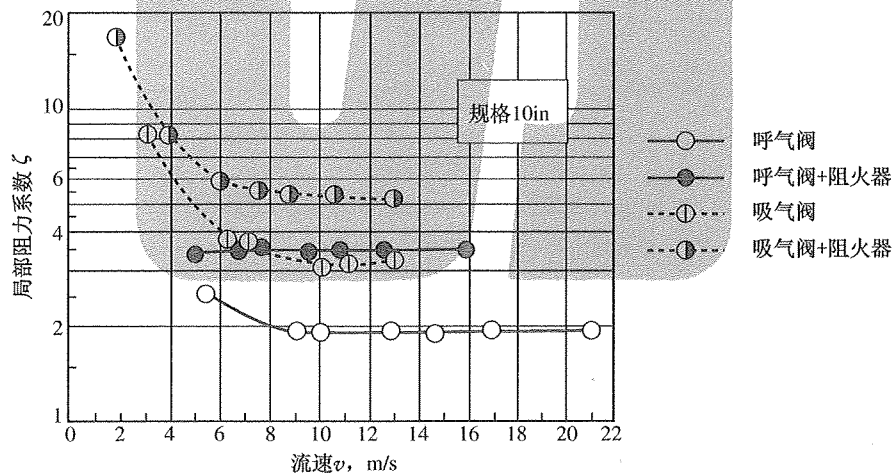


图 A.2 局部阻力系数和流速的关系

A.3.1.3 当通径改变时, 压差  $\Delta p$  和流速的关系见图 A.3。

图 A.3 给出了几何形状相似, 但通径不同的阀排气时的流动特性, 可以看出, 阻力系数不随通

径变化而变化（当流速超过 8m/s 后，对数坐标上各对应点在同一斜直线上）。

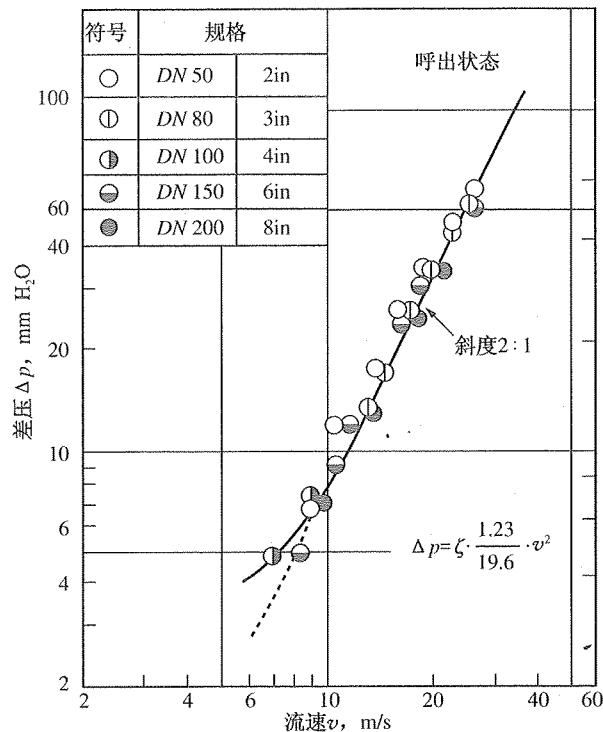


图 A.3 口径改变时，压差  $\Delta p$  和流速的关系

A.3.2 关于表 4 中呼吸阀的通气量与压降

通常，呼吸阀和阻火器需配套使用。阻火器和罐顶相连，呼吸阀和阻火器相连，计算通气量时，应作为一体统一考虑。

GB 5908—2005 在其表 2 中规定阻火器的通气量不应小于表 A.1 的规定。

表 A.1 通气量

公称口径 DN mm	50	80	100	150	200	250
额定通气量 m <sup>3</sup> /h	150	300	500	1000	1800	2800

相对应，本标准在 6.5 中也规定，应给出上述流量下各自的压降值  $\Delta p$ ，或通过流量—压降曲线查取这一压降值。需说明，该表要求的通气量不等于操作时的实际通气量。操作时的通气量可以小于这个值，条件允许时也可大于这个值。压差值  $\Delta p$  需要通过试验确定，也可在以往成功试验的基础上，通过计算确定。本标准在表 4 中增加了两个规格，DN300 和 DN350，表中 DN50~DN250 呼气时的额定通气量与表 A.1 一致。DN300 和 DN350 呼气阀的额定通气量，系比照前面 6 种规格的通气量，按流通面积的增大成比例增大，保持流速基本不变。表 4 注中取吸气时的额定通气量为呼气时额定通气量的 0.5 倍，这是因为储罐抗外压的能力较弱，不允许吸气时流速过大，压降过大。

A.3.3 通气试验时通气量的计算

通气试验装置见图 2。以呼气试验为例，说明如下：

通过通气试验用 U 型微压计测取罐内压力  $p$ （罐内压力和大气压之差），进而求出  $\Delta p$ ， $\Delta p = |p$

$-p_s$ ；通过风速仪测取气流速度值  $v$ ，则通气量  $Q = F \cdot v$  ( $F$  为通气阀接管的流通面积，已知)。当  $\Delta p$ 、 $v$  和  $\rho$  (空气密度) 已知时，可通过公式  $\Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g$  求出  $\zeta$ 。

由图 A.2 可知，当呼吸阀结构确定后， $\zeta$  只和流速  $v$  有关；从图 A.3 可以看出， $\Delta p$  和  $\zeta$  值与呼吸阀流通面积无关，通过对同一结构不同尺寸的呼吸阀，经试验和计算，即可求出  $\zeta$  值，进而进行通气计算。从图 A.2 也可以看出，当流速  $v$  超过 10m/s 时， $\zeta$  又是一个和流速大小无关的稳定值。当然，图 A.2 和图 A.3 提供的内容，尚待国内各厂商进行验证。

通过试验和计算，供货商可绘制出流量—压降曲线，形状见图 A.4。

当生产厂家未提供流量—压降曲线时，其提供的试验数据正确，或表 4 中填写的流量与对应压降值正确，用户也可参照 A.3.3 通过计算，根据实际需要，求出表 4 以外其他流量下的压降值。

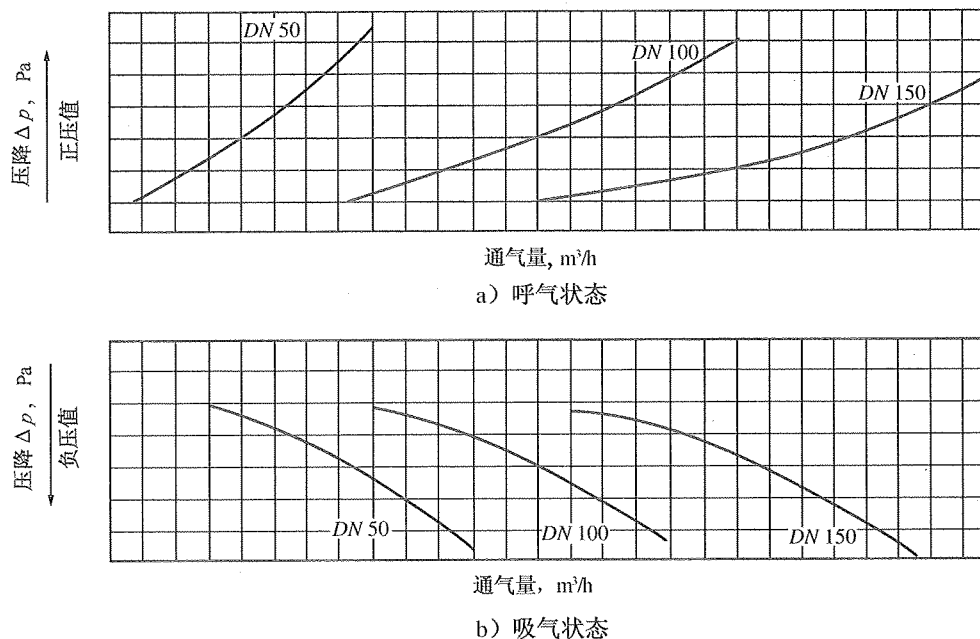


图 A.4 呼吸阀通气量与压降曲线示意图

#### A.3.4 GB 5908—2005 如何确定通气量

GB 5908—2005 的公式 (2) 为：

$$Q = 1.414F \cdot \phi \sqrt{\Delta h_1 / \rho}$$

式中：

$Q$ ——通气量，单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$F$ ——测试管的流通面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$\phi$ ——入口处集流器流量系数；

$\Delta h_1$ ——通过集流器的压力损失，即  $\Delta p$ ，单位为帕 [斯卡] (Pa)；

$\rho$ ——空气密度，单位为千克每立方米 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )。

$$\therefore \frac{Q}{F} = v = \phi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \therefore v^2 = \phi^2 \frac{2\Delta p \cdot g}{\rho \cdot g}, \therefore \Delta p = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot g}{2\phi^2 g}$$

令  $\zeta = 1/\phi^2$ ，则  $\Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g$ 。可以看出，GB 5908—2005 中确定通气量时，也同样采用公式  $\Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g$ 。

#### A.3.5 呼吸阀加阻火器的通气试验

呼吸阀和阻火器总是配套使用。当买方要求做“呼吸阀+阻火器”的通气试验并提供试验数据



时, 仅需将图 2 中的件 5 “被测呼吸阀” 换成 “呼吸阀 + 阻火器”, 按上述同样程序进行测试和计算。通过测试和计算即可求出 “呼气阀 + 阻火器”、“吸气阀 + 阻火器” 的  $v$  值、 $\Delta p$  值和  $\zeta$  值。

#### A.4 如何选择呼吸阀

##### A.4.1 确定 $v$ 和 $p_s$

从原理上讲, 呼吸阀安装使用后, 需要控制的是罐内压力  $p$ , 使罐壁与罐顶结合处的刚性环不会因正压过大而屈曲, 使罐壁不会因正压过大而被脱离 (当未锚固时), 不会因为负压过大致使罐顶失稳, 或罐壁失稳。

$p = \Delta p + p_s$ ,  $\Delta p = p - p_s$ , 当开启压力  $p_s$  确定后, 则  $p$  取决于  $\Delta p$ 。而  $\Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g$ , 所以最终需要控制的是速度  $v$ 。速度  $v$  应通过计算确定。应注意, 额定通气量并不等于实际通气量。当开启压力较低时, 计算出的速度允许值会较大。建议: 在初选呼吸阀的尺寸和数量时, 呼气速度值  $v$  按表 4 给定的额定通气量经计算确定, 一般在  $15\text{m/s} \sim 16\text{m/s}$ 。然后将该速度值代入公式  $\Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g$  中进行校核。通常, 采用  $v = 15\text{m/s} \sim 16\text{m/s}$  这个速度值偏于保守, 偏于安全, 但满足 GB 5908—2005 的要求。考虑到当有火警的情况下, 呼气量会大幅度增加; 当夏季在南方骤降大雨时, 吸气量会大幅度增加。所以, 选择呼吸阀时, 允许速度宜控制低一些, 留有余地。对于吸气时, 允许的气体流速通常会低于  $15\text{m/s}$ , 大约在  $11\text{m/s} \sim 12\text{m/s}$  之间, 无论呼气还是吸气, 允许流速究竟应为多少, 应根据允许的  $\Delta p$  值通过计算确定。如果按照 API Std 2000 的规定, 在绝大多数情况下, 实际通气量会小于其规定的通气量, 相应实际气流速度会小于计算气流速度。

##### A.4.2 $\zeta$ 值的估取

当供货商未提供呼吸阀通气时的局部阻力系数  $\zeta$  且从相关资料中也无法求取时, 如何估取  $\zeta$  值? 日本通气规范 HPIS-G-103-1980, 在其编制说明中给出了一组数据, 见表 A.2。

表 A.2 呼吸阀、阻火器的局部阻力系数

	呼 吸 阀		阻 火 器
	呼出	吸入	呼出和吸入
A 社	$1.3 \pm 0.2$	$2.9 \pm 0.3$	$1.6 \pm 0.1$
B 社	$1.4 \pm 0.2$	$1.8 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.2$
C 社	$2.0 \pm 0.2$	$3.4 \pm 0.3$	$2.0 \pm 0.2$

石油大学 (华东) 编写的《油库设计与管理》(2006 年版) 中给出的数据为: 全天候呼吸阀  $\zeta = 2 \sim 3$ , 阻火器为  $\zeta = 2$ 。日本三家公司给出值: 呼吸阀最大值为  $\zeta = 3.4 \pm 0.3$  (吸入时), 最小值为  $\zeta = 1.3 \pm 0.2$ ; 阻火器最大值为  $\zeta = 2.0 \pm 0.2$ , 最小值为  $\zeta = 1.2 \pm 0.2$ 。两处给出的数据基本一致。综合比较后, 本标准在后面的两个算例中估取值为: 呼吸阀  $\zeta_1$  ( $\zeta_1'$ ) = 3.0, 阻火器  $\zeta_2$  ( $\zeta_2'$ ) = 2.0, 进口处  $\zeta_3 = 0.5$ , 出口处  $\zeta_4 = 1.0$ , 总阻力系数  $\zeta = \zeta_1$  ( $\zeta_1'$ ) +  $\zeta_2$  ( $\zeta_2'$ ) +  $\zeta_3 + \zeta_4 = 6.5$ , 各部位的局部阻力系数代号见图 A.5。  $\zeta = 6.5$ , 一般来说是保守一些。

##### A.4.3 通气计算示例

选择的呼吸阀是否能满足要求, 需经计算确认, 下面举例说明。

按 GB 50341—2003 的规定进行有关计算, 涉及到的章节以及符号的含义和 GB 50341—2003 一致, 不再另做解释。

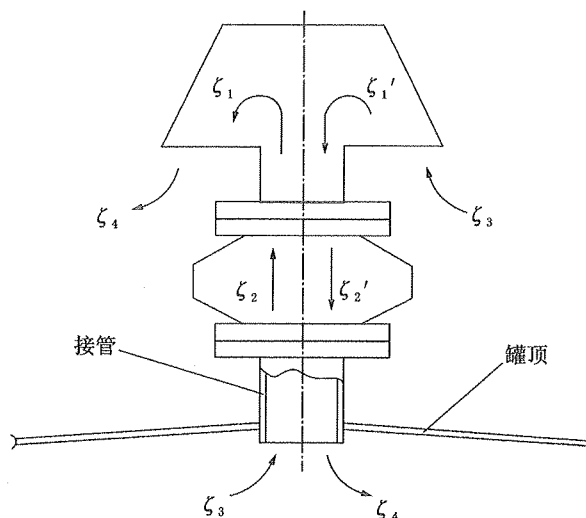


图 A.5 呼吸阀+阻火器阻力系数

例 1:

已知: 某 25000m<sup>3</sup> 未锚固柱支撑锥顶油罐, 弱连接顶结构 (为尽可能保护“弱顶”不遭破坏, 仍设呼吸阀)。锥顶斜度 1:16,  $\text{tg}\theta = 0.0625$ ,  $m_t = 248613\text{kg}$ 。

按图 7.1.5 规定计算,  $A = 5790\text{mm}^2$ 。按公式 (A.3.3) 和公式 (A.3.5) 计算后比较, 确定采用公式 (A.3.3) 计算的内压值  $p = 688\text{Pa}$  (保护罐壁罐顶连接处的刚性环不被压瘪) 为控制值。要求呼气量  $Q_0 = 3000\text{m}^3/\text{h}$ 。求取呼气阀规格和设置数量。

- 初选两个 DN250 呼吸阀, 呼气开启压力  $p_s = 355\text{Pa}$ 。
- 一个 DN250 呼吸阀通气管的流通面积  $S = \pi \times 0.25^2 / 4 = 0.049 (\text{m}^2)$ 。
- 设呼吸阀+阻火器的总阻力系数  $\zeta = 6.5$  ( $\zeta$  应由呼吸阀和阻火器供货商提供)。
- $\because \Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g, \therefore v = \sqrt{\Delta p \cdot 2g / (\zeta \cdot \rho \cdot g)}$ , 取空气密度  $\rho = 1.2\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $\Delta p = 688 - 355 = 333 (\text{Pa})$ ,  $v = \sqrt{333 \times 2 \times 9.81 / (6.5 \times 1.2 \times 9.81)} = 9.2 (\text{m}/\text{s})$ 。
- 两个 DN250 呼吸阀的总吸气量为  $2 \times 3600 \times v \times S = 2 \times 3600 \times 9.2 \times 0.049 = 3246 (\text{m}^3/\text{h})$ ,  $3246\text{m}^3/\text{h} > 3000\text{m}^3/\text{h}$ , 满足要求。
- 讨论:
  - 当开启压力小于 355Pa 时, 呼气阀提供的呼气量会更大一些。如果其他条件不变, 开启压力为  $p_s = 200\text{Pa}$  时, 则  $\Delta p = 688 - 200 = 488 (\text{Pa})$ , 而  $v \propto \sqrt{\Delta p}$ ,  $\sqrt{488/333} = 1.21$ 。此时, 这两个呼气阀提供的呼气量将为  $1.21 \times 3246\text{m}^3/\text{h}$ 。
  - 当其他条件不变, 局部阻力系数增大时, 呼气阀提供的呼气量会减小一些。如上述的  $\zeta_1 = 3.0$  不变,  $\zeta_3 = 1.0$  不变,  $\zeta_4 = 0.5$  不变, 阻火器的局部阻力系数增大为  $\zeta_2 = 3.0$ , 则  $\zeta = 7.5$ 。  $v \propto \sqrt{1/\zeta}$ ,  $\sqrt{\frac{1}{7.5/6.5}} = 0.93$ , 此时, 这两个呼吸阀提供的呼气量为  $0.93 \times 3246\text{m}^3/\text{h}$ 。
  - 罐的承压能力提高, 而其他条件不变时, 呼气阀可提供的呼气量将会增大。如果上述罐的承压能力由  $p = 688\text{Pa}$ , 增加到  $p = 1800\text{Pa}$  (已不可能是锥顶罐)。相应  $\Delta p = 1800 - 355 = 1445 (\text{Pa})$ 。  $v \propto \sqrt{\Delta p}$ ,  $\sqrt{1445/333} = 2.08$ 。此时, 这两个呼气阀的呼气量将为  $2.08 \times 3246\text{m}^3/\text{h}$ 。
  - 呼吸阀提供的呼气量  $Q = F \cdot v$ 。如果选用更大规格的呼吸阀, 由于流通面积  $S$  增大, 当其他条件不变时, 其所提供的呼吸量会按比例增加。

注：日本国家标准 HPIS - G - 103—1997 要求经计算确定的呼吸阀个数，尚需考虑 1.5 倍的安全系数，可供参考。

例 2：

已知：某  $2 \times 10^4 \text{ m}^3$  加筋球壳拱顶罐，允许负压值为 0.6kPa，要求吸气量为  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。求取呼吸阀的规格和数量。

a) 初选两个 DN250 呼吸阀，吸气开启压力  $-295 \text{ Pa}$ ， $\Delta p = 600 - 295 = 305 \text{ (Pa)}$ 。

b) DN250 呼吸阀通气管的流通面积  $S = \pi \times 0.25^2 / 4 = 0.049 \text{ (m}^2\text{)}$ 。

c) 取吸气阀 + 阻火器的总阻力系数  $\zeta = 6.5$ 。

d)  $\because \Delta p = v^2 \cdot \zeta \cdot g \cdot \rho / 2g$ ， $\therefore v = \sqrt{\Delta p \cdot 2g / (\zeta \cdot \rho \cdot g)}$ ，取空气密度  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ，则  $v = \sqrt{305 \times 2 \times 9.81 / (6.5 \times 1.2 \times 9.81)} = \sqrt{610 / 7.8} = 8.84 \text{ (m/s)}$ 。

e) 两个 DN250 呼吸阀的总吸气量为  $2 \times 3600 \times v \times S = 2 \times 3600 \times 8.84 \times 0.049 = 3118 \text{ (m}^3/\text{h)}$ ， $3118 \text{ m}^3/\text{h} > 2500 \text{ m}^3/\text{h}$ ，满足要求。

注：GB 50341—2003 规定，罐内负压值不应超过 490Pa。而 API Std 650 (2007 年版) 在其附录 V 中引入了外压罐的概念。按该标准规定，只要球形拱壳能够承受由于负压造成的外压载荷而不失稳，圆柱形罐壁部分能够承受由于负压造成的外压而不屈曲，则罐内的负压值可大于 490Pa，甚至远大于 490Pa。本标准采用了这一概念。

## A.5 通气量计算简介

如何确定通气量已超出本标准的范围，但通气计算时又不能回避需要提供的通气量。迄今为止，尚无确定通气量的国家标准。下面作为知识，对国内外有关规范的规定进行简略介绍。

### A.5.1 日本通气设备标准 HPIS - G - 103—1997 的规定

闪点低于  $40^\circ\text{C}$  的油品：

$$Q_t = V_o + Q_i$$

$$Q_o = 2.14V_i + Q_t$$

闪点高于或等于  $40^\circ\text{C}$  的油品：

$$Q_t = V_o + Q_i$$

$$Q_o = 1.07V_i + 0.6Q_t$$

在吸气或排气的同时，由于气温变化（包括骤降大雨致使的油气温下降）引起的通气量：

a) 容积小于  $3200 \text{ m}^3$  的油罐：

$$Q_t = 0.178V$$

b) 容积大于或等于  $3200 \text{ m}^3$  的油罐：

$$Q_t = 0.61S$$

式中：

$Q_t$ ——吸入时总通气量（已换算成  $15^\circ\text{C}$ ，一个大气压下的空气），单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$Q_o$ ——排出时总通气量（已换算成  $15^\circ\text{C}$ ，一个大气压下的空气），单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$Q_i$ ——在吸气或排气的同时，由于气温变化（包括骤降大雨致使的油气温下降）引起的通气量（已换算成  $15^\circ\text{C}$ ，一个大气压下的空气），单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$V_i$ ——最大进油量，单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$V_o$ ——最大出油量，单位为立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )；

$V$ ——油罐容积，单位为立方米 ( $\text{m}^3$ )；

S——油罐壁板与顶板表面积之和，单位为平方米（m<sup>2</sup>）。

#### A.5.2 SH/T 3007—2007 的规定

通气管或呼吸阀的通气量，不得小于下列各项的呼出量之和及吸入量之和：

- 液体出罐时的最大出液量所造成的空气吸入量，应按液体最大出液量考虑。
- 液体进罐时的最大进液量所造成的管内液体蒸发呼出量，当液体闪点（闭口）高于 45℃ 时，应按最大进液量的 1.07 倍考虑；当液体闪点（闭口）低于或等于 45℃ 时，应按最大进液量的 2.14 倍考虑。
- 因大气最大温降导致罐内气体收缩所造成储罐吸入的空气量和因大气最大温升导致罐内气体膨胀而呼出的气体，可按表 A.3 确定。

表 A.3 储罐热呼吸通气需要量

储罐容量 m <sup>3</sup>	吸入量（负压） m <sup>3</sup> /h	呼出量（正压） m <sup>3</sup> /h	
		闪点 > 45℃	闪点 ≤ 45℃
100	16.9	10.1	16.9
200	33.7	20.2	33.7
300	50.6	30.3	50.6
400	71.2	40.5	71.2
500	84.3	50.6	84.3
700	118.0	70.8	118.0
1000	169.0	101.0	169.0
2000	337.0	202.0	337.0
3000	506.0	303.0	506.0
4000	647.0	472.0	647.0
5000	787.0	537.0	787.0
10000	1210.0	807.0	1210.0
20000	1877.0	1307.0	1877.0
30000	2495.0	1497.0	2495.0
50000	4320.0	2590.0	4320.0

#### A.5.3 美国标准 API Std 2000 的规定

闪点低于 37.8℃ 的油品：

$$Q_i = 0.94V_o + Q_t$$

$$Q_o = 2.02V_i + Q_t$$

闪点高于或等于 37.8℃ 的油品：

$$Q_i = 0.94V_o + Q_t$$

$$Q_o = 1.01V_i + Q_t$$

式中， $Q_i$ ， $Q_o$ ， $Q_t$ ， $V_i$ ， $V_o$  的含义同前。气温变化引起的通气量  $Q_t$  如表 A.4 所示。

表 A.4 气温变化引起的通气量  $Q$ 

储罐容量 $m^3$	吸气量 $m^3/h$	呼气量 $m^3/h$	
		闪点 $\geq 37.8^\circ C$	闪点 $< 37.8^\circ C$
100	16.9	10.1	16.9
200	33.7	20.2	33.7
300	50.6	30.3	50.6
500	84.3	50.6	84.3
700	118.0	70.8	118.0
1000	169.0	101.0	169.0
2000	337.0	202.0	337.0
3000	506.0	303.0	506.0
4000	647.0	472.0	647.0
5000	787.0	537.0	787.0
10000	1210.0	807.0	1210.0
20000	1877.0	1307.0	1877.0
30000	2495.0	1497.0	2495.0

可以看出，三个不同规范规定的通气量虽然有些差异，但一般情况下都相当保守。

HPIS-G-103—1997 和 API Std 2000 规定的通气量计算方法基本一致，仅有三点区别：第一，油品闪点分界点，前者为  $37.8^\circ C$  ( $100^\circ F$ )，后者为  $40^\circ C$ ；第二，HPIS-G-103—1997 中进油和出油时引起的通气量略高于 API Std 2000；第三，气温变化引起的通气量，两者表达形式不一样，但结果基本一致。SH/T 3007—2007 和 API Std 2000 相比，油品闪点分界点由  $37.8^\circ C$  ( $100^\circ F$ ) 变为了  $45^\circ C$ ，进油和出油时引起的通气量略高。

按本标准规定的额定通气量计算出的流速在  $15m/s \sim 16m/s$ ，由于通气量的取值偏保守，所以实际流速较计算流速小得多。

## 参 考 文 献

- [1] GB 5908—2005 石油储罐阻火器
  - [2] GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范
  - [3] GB 50341—2003 铸造设备安装工程施工及验收规范
  - [4] SH/T 3007—2007 石油化工储运系统罐区设计规范
  - [5] API Std 650 (2007年版) 钢制焊接石油储罐
  - [6] API Std 2000 常压和低压储罐的通气
  - [7] HPIS-G-103—1997 固定顶油罐通风设备
  - [8] 石油大学(华东)编. 油库设计与管理(2006年版). 山东: 中国石油大学出版社, 2006
-

中华人民共和国  
石油天然气行业标准  
石油储罐附件  
第1部分：呼吸阀  
SY/T 0511.1—2010

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
石油工业出版社印刷厂排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

880×1230 毫米 16 开本 1.5 印张 44 千字 印 1—1500  
2011 年 3 月北京第 1 版 2011 年 3 月北京第 1 次印刷  
书号：155021·6594 定价：12.00 元

版权专有 不得翻印