



中华人民共和国国家标准

GB/T 30040.5—2013

双层罐渗漏检测系统 第5部分：储罐液位仪测漏系统

Leak detection systems—
Part 5: Tank gauge leak detection systems

2013-12-17 发布

2014-09-01 实施

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 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义及符号和说明	1
4 概述	2
5 动态渗漏检测(A类)	3
6 统计静默期间的渗漏检测 [B(1)类]	3
7 静态渗漏检测 [B(2)类]	3
8 渗漏警示装置	3
9 A类和B(1)类储罐液位仪用于渗漏检测系统的型式试验程序	3
10 B(2)类储罐液位仪测漏系统的型式试验程序	12
附录A(规范性附录) 建立A类和B(1)类测漏软件系统的标准数据库以及在现场获取数据的方法	17
参考文献	22
表1 各类测漏系统的性能要求	2
表2 根据储罐容积和环境温度对数据文件进行分选	5
表3 A类和B(1)类渗漏检测的试验顺序	7
表4 定性评估结果的汇总	10
表5 B(2)类测漏试验的进度	14
表A.1 参数范围	18

前 言

GB/T 30040《双层罐渗漏检测系统》分为7个部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：压力和真空系统；
- 第3部分：储罐的液体媒介系统；
- 第4部分：应用于防渗漏设施或双层间隙的液体或蒸气传感器系统；
- 第5部分：储罐液位仪测漏系统；
- 第6部分：监测并用传感器显示系统；
- 第7部分：双层间隙、防渗漏衬里及防渗漏外套的一般要求和试验方法。

本部分为GB/T 30040的第5部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分技术内容与BS EN 13160-5:2004《渗漏检测系统 第5部分：储罐液位仪测漏系统》(英文版)一致。

本部分由国家安全生产监督管理总局提出。

本部分由全国安全生产标准化技术委员会化学品安全分技术委员会(SAC/TC 288/SC 3)归口。

本部分起草单位：北京铸山科技有限责任公司、北京市环境保护科学研究院、中国特种设备检测研究院、郑州永邦环保科技有限公司。

本部分主要起草人：冷成冰、宋光武、赵彦修、张庆强。

双层罐渗漏检测系统

第5部分：储罐液位仪测漏系统

1 范围

GB/T 30040 的本部分规定了储存对水有污染的液体的Ⅳ级渗漏检测系统的概述、动态渗漏检测(A类)、统计静默期间的渗漏检测[B(1)类]、静态渗漏检测[B(2)类]、渗漏警示装置、A类和B(1)类储罐液位仪用于渗漏检测系统的型式试验程序和B(2)类储罐液位仪测漏系统的型式试验程序。

本部分适用于储存对水有污染的液体,且仅限于EN 13352所定义的液体的Ⅳ级渗漏检测系统。

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 7408 数据元和交换格式 信息交换 日期和时间表示法

GB 17930 车用汽油

GB/T 19147 车用柴油(V)

GB/T 30040.1 双层罐渗漏检测系统 第1部分:通则

GB/T 30040.2 双层罐渗漏检测系统 第2部分:压力和真空系统

GB/T 30040.3 双层罐渗漏检测系统 第3部分:储罐的液体媒介系统

GB/T 30040.4 双层罐渗漏检测系统 第4部分:应用于防渗漏设施或双层间隙的液体或蒸气传感器系统

GB/T 30040.6 双层罐渗漏检测系统 第6部分:监控井传感器显示系统

AQ 3020 钢制常压储罐 第一部分:储存对水有污染的易燃和不易燃液体的埋地卧式圆筒形单层和双层储罐

EN 976-1 玻璃增强塑料(GRP)地下储罐 非压力存储液体石油燃料水平圆柱状贮罐 第一部分:单壁贮罐的试验方法和要求

EN 13352:2002 储罐自动检测仪表性能规范

3 术语和定义及符号和说明

3.1 术语和定义

GB/T 30040.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

定量输出 quantitative output

以数值形式表示试验系统的渗漏速率。

3.1.2

定性输出 qualitative output

以某一特定渗漏速率为参考线,以通过或失败作为试验的判定结果。

3.2 符号和说明

下列符号和说明适用于本文件。

B 偏差

LL 检测概率的置信区间下限

UL 检测概率的置信区间上限

MSE 均方误差

PD 检测准确概率

PFA 误报率

PI(all) 所有记录中无效记录的比重

PI(leak) 发生渗漏的储罐中无效记录的比重

PI(tight) 密闭性储罐中无效记录的比重

R 模拟渗漏速率

C 指示渗漏的标准或极限

B 系统的估算偏差

SD 标准差

t_b 两样本 *t* 试验的偏压

4 概述

4.1 通用技术要求按照 GB/T 30040.1。

4.2 储罐液位仪测漏系统根据其操作方式可分为两类：

——A类：诊断储罐和与储罐相连管道是否发生渗漏的系统；

——B类：只能诊断储罐是否发生渗漏的系统。

4.3 各类系统应满足表 1 中对应的性能参数。

表 1 各类测漏系统的性能要求

种类	渗漏速率/(L/h)	检出所需的最长时间
A 动态渗漏检测	4.0	24 h
	2.0	7 d
	0.8	14 d
B(1)类统计静默期间的渗漏检测	4.0	24 h
	2.0	7 d
	0.8	14 d
B(2)类静态渗漏检测	0.4	6 h

4.4 除了表 1 规定的以渗漏速率表示的性能要求外，在发生 300 L 或更大损失时，储罐液位仪测漏系统所需的最长检出时间应不超过 30 min。

4.5 根据 EN 13352:2002，以上各类的储罐液位仪测漏都应具有检测是否有水存在的功能。

5 动态渗漏检测(A类)

该类液位仪应与加油机的计量系统建立数字通信,以获得所有储罐外加油的信息。在表1规定的渗漏速率下,系统的检测准确率应至少为95%,误报率不超过5%。

6 统计静默期间的渗漏检测 [B(1)类]

该类系统应在表1规定的渗漏速率下检出渗漏,且系统准确率应至少为95%,误报率不超过5%。

7 静态渗漏检测 [B(2)类]

该类系统应在无加油、无卸油状态下进行渗漏检测,且系统准确率应至少为95%,误报率不超过5%。

8 渗漏警示装置

8.1 系统应带有渗漏警示装置。A类和B类储罐液位仪测漏还应满足EN 13352:2002中关于液位仪控制台的相关要求。当检测到大于或等于表1所规定的渗漏速率时,警报器应响应。

8.2 若无法在要求的准确率下实现表1规定的性能,则试验报告应注明“未达到标准要求”。

9 A类和B(1)类储罐液位仪用于渗漏检测系统的型式试验程序

9.1 试验目的

9.1.1 试验目的是为了评估渗漏检测系统软件的适配性,该软件利用液位仪的数据对储液的渗漏损失进行检测,可分成如下类型:

——A类中,储罐或输油管线,或者

——B(1)类中,储罐。

进行试验以证明:

- a) 出现4 L/h的渗漏速率时,最长检出时间不超过24 h,准确率不低于95%,误报率不超过5%;
- b) 出现2 L/h的渗漏速率时,最长检出时间不超过7 d,准确率不低于95%,误报率不超过5%;
- c) 出现0.8 L/h的渗漏速率时,最长检出时间不超过14 d,准确率不低于95%,误报率不超过5%;
- d) 每种情形的试验都应在初始化阶段结束以后进行,这段时间内储罐液位仪测漏应在无模拟渗漏的正常操作环境下进行,初始化阶段不超过28 d。

9.1.2 按照附录A的方法建立标准测试数据库,将数据库中预先记录的数据输入到测漏软件。预先记录的数据应在以下条件下进行采集(每一个罐):

- a) 环境温度: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 储罐容积: 10 000 L~50 000 L;
- c) 日均吞吐量(单罐): 每天1 000 L~12 000 L;
- d) 单罐单次卸油量: 2 750 L~9 500 L;
- e) 卸油温度: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- f) 卸油频次: 每周2~7次;

g) 单次加油的误差:加油量的 $\pm 0.3\%$ 。

9.1.3 输入受检系统的数据应来自在 9.1.3.1、9.1.3.2 或 9.1.3.3~9.1.3.6 其中一种的储罐系统所建立的数据库。

9.1.3.1 自吸泵系统(泵体在加油机内部)。

9.1.3.2 潜泵系统(油品由潜泵从储罐输送到加油机)。

9.1.3.3 掺合分配系统(其中来自两个或更多个储罐的储液在加油机处混合)。

9.1.3.4 储罐歧管系统(其中两个或更多个储罐连接在一起,而燃料可从各单罐中吸出)。

9.1.3.5 储罐虹吸管系统(其中两个或更多个储罐连接在一起,一次抽吸将使燃料从各单罐中同时吸出)。

9.1.3.6 多加油机系统(每个储罐最少连接两个加油机,通过潜泵或自吸泵发油)。

9.1.4 受检系统应通过鉴定获得 A 类或 B(1)类测漏系统的资格合格证书后才能被使用。

9.1.5 受检系统在做性能鉴定时,应使用符合相关标准的油品,例如汽油按 GB 17930,柴油按 GB/T 19147。

9.2 试验装置

试验中要用到以下试验装置:

a) 一台电脑以及相关的数据传输外设;

b) 渗漏模拟和数据分析软件,该软件将标准测试数据库中的文件进行加工处理,从而达到数据模拟渗漏的目的,如 9.3 中所述,并将数据提交至被测液位仪中的系统软件。

9.3 试验方法

9.3.1 目的

9.3.1.1 试验目的是为了检验当渗漏检测软件模拟不同的渗漏速率时,被检系统返回的渗漏检测结果是否符合 9.1.1 中的标准。

9.3.1.2 送检液位仪的生产制造商应将测试系统以装载在电脑软件的形式提供给用户或者检测单位,该软件能够读取并运行标准测试数据库中的预置文件。预置文件的格式应符合附录 A 的要求,且无需任何预处理即可读取运行。

9.3.1.3 制造商还应给出受检系统所需的初始化时间(最长不超过 28 d)。

9.3.2 文件分类和选择

9.3.2.1 从标准测试数据库中选择一组文件,所选文件中的应用数据应符合 9.1.3、9.1.4 和 9.1.5 中的相关要求,这些数据将用于受检系统的合格鉴定。

9.3.2.2 无论哪一种抽油方式和油品类型,所选文件都应满足以下条件:

a) 对于 9.1.3 中的每一种抽油方式和 9.1.5 中的每一种燃料,被选数据文件中的 25%~75%应取自对应的油品抽油方式和燃料种类。同一个数据文件可能被使用两次或更多,比如多台加油机使用一个潜泵抽油的连通储罐。

b) 受检测漏系统应给出定量或定性的输出结果。定性输出应以表 1 为参考,将结果显示为通过或者失败。

9.3.2.3 各类型受检系统应选数据文件的最少样本数如下:

a) 输出定量结果的系统:大于或等于 100 个文件(同一个储罐选取的样本数不超过 15 个);

b) 输出定性结果的系统:大于或等于 240 个文件(同一个储罐选取的样本数不超过 36 个)。

9.3.2.4 将所选数据文件中记录的环境温度范围第 20、40、60 和 80 个百分点作为划分点,将数据库文

件分为 5 组,使之形成有序的数据组。再将这 5 组中的每一组记录的储罐容积范围第 33 和 67 个百分点作为划分点进一步等分为 3 个副组,这样得到的 5 个副组是相互独立的。

9.3.2.5 对于输出定量结果的系统,应当从 15 个副组中每组随机选出 3 个文件,形成评估程序中使用的具有 45 个文件的样本。

9.3.2.6 输出定性结果的系统,应当从 15 个副组中每组随机选出 8 个文件,形成评估程序中使用的具有 120 个文件的样本。

示例:将符合 9.1.2a)和 9.1.2b)中环境温度和储罐容积定义范围的数据,按表 2 所示进行文件分类,从每个副组中选出 n 个文件形成评估数据文件包。其中定量系统中 $n=3$,定性系统中 $n=8$ 。

表 2 根据储罐容积和环境温度对数据文件进行分选

储罐容量	环境温度				
	-5 °C~第 20 个百分点	第 20~第 40 个百分点	第 40~第 60 个百分点	第 60~第 80 个百分点	第 80 个百分点~30 °C
10 000 L~第 33 个百分点	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件
第 33 ~ 第 67 个百分点	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件
第 67 个百分点 ~50 000 L	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件	随机选取 n 个文件

9.3.3 模拟储罐渗漏(常量)

9.3.3.1 以恒定速率模拟罐内油品的渗漏。将之前所有时段的渗漏损失量进行累加,并从存量中减去。渗漏损失量在每次卸油时,也应进行累加,因此减去的数值单调递增。

因此,第 i 次存量数据 v_i 将由记录 v'_i 代替,按式(1)计算:

$$v'_i = v_i - \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1})R \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- R ——模拟渗漏速率;
- t_j ——第 j 次时间标记;
- t_{j-1} ——第 $j-1$ 次时间标记。

9.3.3.2 当储罐之间通过吸虹管相连时,规定时间间隔内的渗漏量应除以吸虹管连接的储罐数量,再将此值从单个储罐的记录中减去,从而计算出罐内存油量。

9.3.4 模拟储罐渗漏(变量)

9.3.4.1 随着罐内存油量的减少,渗漏速率也逐渐变小,以此规律进行的模拟渗漏被称为变量渗漏模拟。记录中代表罐内存油体积的数值应减去当前记录和前次记录间隔时间内在特定速率下所造成的储液损失量。将记录文件分为几组,每组应包括一次卸油与相邻下次卸油期间的所有记录。每组数据中的存油体积呈现为递减趋势。当某组数据有 n 个记录时,第 j 个记录的剩余储液容量为 v_j ,该记录的渗漏速率 r_j 是模拟名义渗漏速率 R 的函数,如式(2)所示:

$$r_j = \frac{n \sqrt{v_j}}{\sum_{k=1}^n \sqrt{v_k}}R \dots\dots\dots(2)$$

9.3.4.2 因此,第 i 个记录的存油体积量的数值 v_i 由 v_i' 代替,其计算见式(3)所示:

$$v'_i = v_i - \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1})r_j \quad \dots\dots\dots(3)$$

9.3.4.3 将先前的模拟损失进行累加,并同样从存油体积量中减去。每次卸油时也应将这段时间的渗漏损失量进行累加,因此减去的数值单调递增。

9.3.4.4 当储罐之间通过吸虹管相连时,某一时间间隔内的渗漏量应除以吸虹管连接的储罐数量,再将此值从单个储罐的记录中减去。

9.3.5 模拟管道渗漏(自吸泵和潜泵)

9.3.5.1 这种渗漏模拟方式是假定加油机工作时油品以恒定的速率从加油管线中渗漏。处理每个数据文件时,首先计算通过该管道抽油的总时间。计算出在恒定渗漏速率为 R ,持续时间为 T 的时间段内损失的储液总体积,再除以抽油总时间,从而得到发油期间的渗漏速率 R' ,见式(4):

$$R' = \frac{R \times T}{\sum_{j=1}^n (te_j - ts_j)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

te_j ——第 j 次加油的终止时间;

ts_j ——第 j 次加油的起始时间;

n ——文件中加油的总次数;

T ——文件起止所用的时间。

9.3.5.2 记录中代表存油体积的数值减去两次记录间隔时间内渗漏速率为 R' 时造成的储液损失量,但只有加油机在此期间进行了发油工作时才适用。将之前所有时间段内的模拟损失进行累加,并从存油体积中(包括加油机未处于工作的期间在内)减去。每次卸油时也应将渗漏损失量进行累加,即减去的数值单调递增。

9.3.5.3 因此,第 i 个记录的体积数值 v_i 由 v_i' 代替,其计算见式(5)所示:

$$v'_i = v_i - \sum_{j=1}^m (te_j - ts_j)R' \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

m ——加油次数。

9.3.5.4 当储罐通过连通管线贯通时,规定时间间隔内的渗漏量应除以贯通储罐的数量,再将此值从连接的储罐记录中减去。

9.3.6 模拟渗漏速率——定量系统

9.3.6.1 将选出的 45 个文件样本进一步随机分为 4 组,其中一组有 15 个文件,另外 3 组各有 10 个文件。以表 1 中的渗漏速率为基础渗漏速率,计算出下列各分组加入模拟渗漏后的数据文件:

- a) 15 个文件:模拟渗漏速率为零;
- b) 10 个文件:模拟渗漏速率为基础渗漏速率乘以 0.5;
- c) 10 个文件:模拟渗漏速率等于基础渗漏速率;
- d) 10 个文件:模拟渗漏速率为基础渗漏速率乘以 1.5。

9.3.6.2 按 9.3.6.1 的 a)~d) 进行渗漏模拟时,每组文件的实际渗漏速率应在模拟速率的 $\pm 20\%$ 范围内随机选取,以防止受检系统将计算出的渗漏速率四舍五入。

9.3.6.3 按 9.3.6.1 的 a)~d) 进行渗漏模拟时,应使用同一组原始文件进行常量渗漏和变量渗漏两组模拟,以方便后续对比液位仪分辨不同类型渗漏的性能。

9.3.7 模拟渗漏速率——定性系统

将选出的 120 个文件样本随机分为两个副组,每个副组 60 个文件。对规定的各渗漏速率,按如下方式对这些小组进行渗漏模拟:

- a) 60 个文件:零渗漏速率;
- b) 60 个文件:规定的渗漏速率。

9.3.8 试验顺序

9.3.8.1 每项试验中各小组中的文件,应按照 9.3.6 和 9.3.7 的要求进行处理。处理完成后依次输入受检系统。系统进行文件处理时与正常操作时收集这些数据相仿,在要求的检测时间内[9.1.1a)、9.1.1b)或 9.1.1c)中有相关规定]获取有限数据,根据对获取数据的分析处理生成一个估计的渗漏速率,或者给出通过或失败的指示。每项试验前,应将文件(数据组成来自同一储罐,但无模拟渗漏)提交至受检系统。这些文件应在制造商规定的初始化阶段过后进入系统。

9.3.8.2 试验顺序应根据表 3 及如下:

- 试验 1:模拟储罐渗漏(常量)根据 9.1.1a);
- 试验 2:模拟储罐渗漏(常量)根据 9.1.1b);
- 试验 3:模拟储罐渗漏(常量)根据 9.1.1c);
- 试验 4:模拟储罐渗漏(变量)根据 9.1.1a);
- 试验 5:模拟储罐渗漏(变量)根据 9.1.1b);
- 试验 6:模拟储罐渗漏(变量)根据 9.1.1c);
- 试验 7:模拟管道渗漏根据 9.1.1a);
- 试验 8:模拟管道渗漏根据 9.1.1b);
- 试验 9:模拟管道渗漏根据 9.1.1c)。

注:对于 B(1)类系统的检测不含试验 7~试验 9。

表 3 A 类和 B(1)类渗漏检测的试验顺序

试验编号	模拟渗漏的类型	渗漏速率 L/h	数据持续时间 d
1	储罐(常量)	0;2.0;4.0;6.0	1
2	储罐(常量)	0;1.0;2.0;3.0	7
3	储罐(常量)	0;4.0;8.0;1.2	14
4	储罐(变量)	0;2.0;4.0;6.0	1
5	储罐(变量)	0;1.0;2.0;3.0	7
6	储罐(变量)	0;0.4;0.8;1.2	14
7	管道	0;2.0;4.0;6.0	1
8	管道	0;1.0;2.0;3.0	7
9	管道	0;0.4;0.8;1.2	14

9.4 试验结果分析和报告

9.4.1 模拟渗漏试验结果

9.4.1.1 应根据 9.3.8 中试验 1~试验 3 和试验 7~试验 9 的结果,按 9.5 给出的统计分析方法进行评估。试验 4~试验 6(变量渗漏速率)只需进行平均差测试。所有进行的试验都应通过,即在要求的时间和要求的检出准确率与误报率,对模拟渗漏予以指示。若某一相关试验不符合 9.1.1a)~9.1.1c)中的任一项标准,则该系统不能获得型式认定。此外,如果常量和变量模拟渗漏速率的平均差小于 0,则系统也不能给予型式认定。因此,如果实验获得通过,应满足以下条件,见式(6):

$$\bar{r}_v - \bar{r}_c > 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

r_v ——变量模拟渗漏的平均指示渗漏速率;

r_c ——常量模拟渗漏的平均指示渗漏速率。

9.4.1.2 定性系统的变量渗漏速率中通过/失败结果的次数应当至少同常量渗漏速率中的一样。

注:由于规定储液渗漏为正,而储液增加为负,若要试验通过,变量速率减去常量速率应大于零。

9.4.2 使用资格

按 9.3.2 完成文件筛选的基础上,应对 9.1.3、9.1.4 和 9.1.5 要求的试验条件进行确认。只有实验结果满足这些条件才能给予型式质量认证。所有使用条件下,无论是否有模拟渗漏,储罐渗漏试验结果的方差都应满足 9.5.12 规定的要求,否则该使用条件则不能得到型式认可。但当某模拟渗漏试验结果满足性能要求,而这些数据不在使用条件范围内时,应同样给予形式质量认证。

9.5 统计分析

9.5.1 概述

每项模拟渗漏试验记录下的估计渗漏速率和通过或失败指示,都可用于估计受检系统的准确率和误报率性能是否符合标准。本部分分别对定量和定性两种方法的数据分析方法进行了描述。

9.5.2 定量系统中的基本统计

取 n 对指示及模拟渗漏速率数据,计算试验系统的均方误差 MSE、偏差和方差,具体方式如下。

9.5.3 不确定或无效的结果

9.5.3.1 如果某次试验未产生有效结果,即受检系统的测漏软件将会确认为运行出现故障,这意味着数据不充分以至于无法估计有效渗漏速率,因此试验无效。这样的结果应记录为无效。

9.5.3.2 评估要求有效试验数量应超过某一最小值。返回定量结果的系统,45 次计划试验中要求最少有 40 次为有效试验。此外,每组名义渗漏速率中,无效结果不应多于 25%。返回定性结果的系统,120 次计划试验中要求最少有 90 次应为有效试验。

9.5.4 均方误差

均方误差 MSE 的计算见式(7):

$$MSE = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i)^2 / n \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

L_i ——受检系统所显示的渗漏速率;

S_i ——实际发生的模拟渗漏速率；

i ——从 1 到 n 的各个数据库。

偏差 B 的计算见式(8)：

$$B = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i) / n \quad \dots\dots\dots (8)$$

偏差 B ，是显示的渗漏速率与模拟渗漏速率的差额除以试验次数得到的平均值。偏差衡量的是受检系统的准确度，可正可负。

9.5.5 方差和标准差

方差计算见式(9)：

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n [(L_i - S_i) - B]^2 / (n - 1) \quad \dots\dots\dots (9)$$

方差表示为 SD。标准差是方差的平方根。

9.5.6 零偏差的试验

为检验受检系统在统计学意义上与零是否具有显著偏差，对上述计算得到的偏差 B 进行以下检验。根据式(10)计算 t 统计量：

$$t = \sqrt{n} B / SD \quad \dots\dots\dots (10)$$

根据 $(n-1)$ 自由度和双侧为 5% 的显著性水平从 t -界值表中查到临界值 t_c 。比如， $n=45$ ，自由度为 44，在 5% 的双侧显著性水平下查到的临界值为 2.015。将此值记为 t_c 。比较 t_c 和 t 的绝对值。如果计算值 t 的绝对值小于临界值，则偏差没有明显偏离零，可以假定系统无偏差。如果偏差 B 为正值，则系统高估了渗漏速率。如果 B 为负值，则系统低估了渗漏速率。

9.5.7 误报率，PFA

误报率 PFA，是当储罐或管道实际密闭时，显示的渗漏速率超过系统应显示渗漏的边界条件或标准的概率。通常，如果估算出的渗漏速率超过了某一特定值或边界条件 C (如 0.9 L/h)，受检系统将判定储罐发生渗漏。如果 C 表示指示渗漏的阈值或标准， B 为系统的估计偏差，SD 为标准差，那么误报率可以用式(11)表示为：

$$PFA = P\{t > (C - B) / SD\} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式(11)中，利用自由度和标准差通过 t 分布计算出概率，即进行 45 次试验时的自由度为 44。该公式假定误差近似呈正态分布。如果偏差 B 没有明显偏离零，则可认为 B 为零。

9.5.8 某一特定渗漏速率下的准确率，PD

准确率 PD，是指系统能够正确识别某一大小渗漏速率的概率。在渗漏速率为 R 时，PD 由式(12)得出：

$$PD = P\{t > (C - R - B) / SD\} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式(12)中 C 、 B 和 SD 如前所述，概率的计算是通过与 SD 一致的自由度利用 t 分布查得，即进行 45 次试验时的自由度为 44。

9.5.9 无模拟渗漏试验结果的平均方差和标准方差

无模拟渗漏(密闭储罐)试验可将密闭储罐上测试得到的结果直接用于受检系统性能的评估。利用前文所述相关公式计算出无模拟渗漏试验记录的平均值和标准方差，数据范围仅限于密闭储罐上进行的试验，比如，如果有 15 组无模拟渗漏试验的记录，则样本大小 $n=15$ 。

9.5.10 定性系统的统计

该类受检系统测试结果应报告为被测储罐或管道状态为密闭或渗漏。如前文所述,试验中可能会产生某些无效结果。将这些结果汇总并制成表 4 的表格。

表 4 定性评估结果的汇总

实际情况	报告的情况			
	密闭	渗漏	无效	总计 ($T_i + L_i + X_i$)
密闭	T_1	L_1	X_1	N_1
渗漏	T_2	L_2	X_2	N_2

表 4 的数值可直接用于估计 PFA 和 PD。密闭被误认为发生渗漏的试验次数除以密闭试验的总数就为 PFA,见式(13):

$$PFA = L_1 / (N_1 - X_1) \dots\dots\dots (13)$$

其中,表 4 单元格中的字母表示的是所属类别的试验结果次数。

类似的,PD 的估算可根据准确识别的渗漏试验结果次数,见式(14):

$$PD = L_2 / (N_2 - X_2) \dots\dots\dots (14)$$

表 4 中, N_1 为无模拟渗漏的试验次数, N_2 为模拟渗漏的试验次数,通常都为 60。

分别对密闭、渗漏以及结果总数中的无效结果的比例予以说明。这些比例应当分别按照式(15)、式(16)和式(17)计算:

$$PI(\text{密闭}) = X_1 / N_1 \dots\dots\dots (15)$$

$$PI(\text{渗漏}) = X_2 / N_2 \dots\dots\dots (16)$$

$$PI(\text{总计}) = (X_1 + X_2) / (N_1 + N_2) \dots\dots\dots (17)$$

以上三式分别表示了密闭、渗漏和全部结果试验中出现无效记录的比例。无效记录在所有储罐记录中的占比可用于评估在基础测试数据库中对这种测试方法的无效数据占总体的比例。

受检系统的性能标准应达到:PFA 小于或等于 0.05(5%),PD 不小于 0.95(95%)。如果记录(无论结果为密闭或渗漏)的总数为 60,则受检系统在 60 个记录中最多可有 3 个错误才能认为符合要求。系统可能不出现任何错误,对应的评估 PFA 为 0 或 PD 为 1,但考虑到现实中没有不出现错误的系统,因此,为误报警或准确检出的离散比例计算出一个置信区间十分重要,以便给出实践中 PFA 或 PD 的期望范围。

如果对数据库(无模拟渗漏)的评估没有发生错误,则 PFA 的置信上限由式(18)给出:

$$UL = 1 - \alpha^{1/N_1} \dots\dots\dots (18)$$

其中 $(1-\alpha)$ 为置信度,一般取 0.95。如果出现一个或一个以上的错误,置信范围可以用二项式分布参数的置信范围计算得出。以上内容可查阅 CRC 编写的《概率统计表手册》¹⁾。

如果对模拟渗漏的评估没有发生错误,则应根据式(19)为 PD 计算出一个较小的置信下限:

$$LL = \alpha^{1/N_2} \dots\dots\dots (19)$$

式(19)中, $(1-\alpha)$ 为置信度,一般取 0.95。如果在检漏中出现一个或一个以上的错误,则应用二项式的置信范围。

9.5.11 定量、变量渗漏速率的成对比较

变量渗漏模拟是通过模拟数字信号改变原有储罐记录数据,从而实现模拟渗漏。几种名义渗漏速

1) 见参考文献。

率的使用频次应大致相同。在此需要重申的是,变量和定量泄漏速率成对进行试验时所使用的储罐数据应相同。

系统将成对地建立泄漏模拟结果,其中一个泄漏模拟速率为常数,另一个泄漏模拟速率为变量,但两者的平均速率相同或者模拟的泄漏损失量相同。

对于输出定量结果的系统,来自基础测试数据库的同一数据,经定量和变量泄漏模拟处理后,应计算出派生数据之间的差值。用变量泄漏速率模拟产生的数据减去用定量泄漏速率模拟产生的数据。再计算这些差值的平均数(注意这些平均数并非用于计算 PD 和 PFA)。这些差值的平均值大于或等于零时,定量系统才能通过型式认定。

鉴定定性系统时,系统识别出的变量泄漏模拟次数应至少与定量泄漏速率的模拟次数相同。换句话说,系统正确识别的变量泄漏占变量泄漏测试的比例应该不低于定量速率泄漏试验的所占比例。该比例应至少为 95%。如果模拟泄漏有 60 次记录,若有 3 次被错误地归类为密闭,则可认为 95% 的标准已达到。如果被错误地记录为 4 次,则未达到。

9.5.12 使用条件的验证

9.5.12.1 若要评估系统在某特定使用条件下的有效性,则基础评估数据的 25%~75% 应当来自该使用条件下的储罐运行数据。

9.5.12.2 若要证明在某一特定使用条件下受检系统仍然适用,则该条件下进行上述试验所给出的结果应与常规条件下的测试结果相似。比较时,应根据不同的使用条件将数据记录分成两组。对输出定量结果的系统,每组中的数目并不重要;但对输出定性结果的系统,则要求每组中应至少有 21 个无泄漏的记录和 21 个模拟泄漏的记录。

9.5.12.3 对于定量输出系统,按照 9.5.4 和 9.5.5 的公式分别计算出两个组的平均值和标准差。使用两样本 F 检验证明两组的方差是否相同,见式(20):

$$F = (SD_1/SD_2)^2 \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中, SD_1 和 SD_2 分别为两组中计算得出的标准差。

9.5.12.4 计算 F 比值时,将较大的样本方差作为分子,将计算所得的检验值与 $P=0.05$ 的 F -界值表中分子自由度为 (n_1-1) 、分母自由度为 (n_2-1) 的 F 界值进行比较。样本大小分别为 n_1 和 n_2 。若检验值 F 小于界值,则证明两个总体方差无明显差异。这种情况下,不管该系统是否处于特殊使用条件,该系统均适用。

9.5.12.5 如果计算的检验值大于边界值,则两个方差在 5% 的显著水平下存在差异。这一结论说明系统性能受使用条件影响。这种情况下,分别计算两个组的 PD 和 PFA 值。若两个组都符合性能标准,则系统不论是否处于特殊条件都可以使用。若两个组中只有一组符合性能标准,则系统只适用于符合性能标准的一组(无论该组是否处于特殊条件)。

9.5.12.6 如果标准差没有显著差异,则需测试两组储罐的偏差是否存在差异。使用两样本 t -检验证明偏差是否有显著差异,见式(21):

$$t_b = (B_1 - B_2) / [S_p \sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)}] \quad \dots\dots\dots (21)$$

式(21)中 S_p 是两组共用的标准差,其计算见式(22):

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)SD_1^2 + (n_2 - 1)SD_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

9.5.12.7 将 t_b 与在显著水平为 5% 的条件下自由度为 $(n_1 + n_2 - 2)$ 的 t 分布双侧临界值进行比较,如果 t_b 的绝对值小于界值,则证明两样本的偏差无明显差异,因此两种情况下系统都适用。

9.5.12.8 如果 t_b 的绝对值大于 t 分布的对应界值,则系统在两种情况下的偏差存在显著差异。这种情况下,分别计算两组的 PD 和 PFA 值。若两组都符合性能标准,则系统不论是否处于特殊条件都可以使用。若两组中只有一组符合性能标准,则系统只适用于符合性能标准的一组(无论该组是否处于特

殊条件)。

9.5.12.9 对于定性系统,按照 9.5.10 对每组分别计算 PFA 和 PD 值。如果两组都符合性能标准,则无论使用条件应用与否系统都适用。如果其中一组不符合性能标准而另一组符合,则系统仅适用于符合性能标准的一组(无论该使用条件应用与否)。

10 B(2)类储罐液位仪测漏系统的型式试验程序

10.1 试验目的

10.1.1 评估当无加油、卸油操作时,储罐液位仪测漏系统检测储罐内油品损失功能的有效性。试验要证明:

发生 0.4 L/h 的渗漏时,液位仪系统的最长响应时间不超过 6 h,且检出准确率不低于 95%,误报率不超过 5%。油品被转移到试验储罐后,允许稳定 5 h。

注:这一试验方法仅适用于体积式测漏系统,即报告定量渗漏速率的系统。该方法不适用于只提供通过或失败的定性输出结果的系统。

10.1.2 试验在盛有无铅汽油的储罐中进行,周边的环境条件参照测试场地的常年环境条件。

注:应使用符合相关标准的油品。

10.2 评估

10.2.1 统计和分析多个条件下受检系统测得的渗漏速率,从而确定在规定的检测准确率和误报率下系统可测得的渗漏速率。若该渗漏速率小于或等于 10.1 的规定值,则认为试验通过。

10.2.2 测试中包括的变量有模拟渗漏速率和存油温度的变化。此外,重复进行油品注入和储罐清空,通过上述操作使储罐形成不同程度的形变,在这样的条件下液位仪检漏下限仍应达到符合规定值。

10.3 试验设备

试验中将用到以下设备:

- a) 由双层罐工厂制造的卧式试验储罐应符合 AQ 3020 或 EN 976-1 的要求,最小容积为 30 000 L,埋地储罐应按照制造商提供的操作指南安装。该储罐应装配一套独立于受检液位仪,且通过标准认定的、符合 GB/T 30040.1、GB/T 30040.2(I 级渗漏检测系统)、GB/T 30040.3(II 级渗漏检测系统)或 GB/T 30040.4(III 级渗漏检测系统)要求的渗漏检测系统。
- b) 试验储罐还应装配一套符合 EN 13352:2000 中 A 级要求的自动液位仪,用于测量罐内的油品液位。
- c) 试验储罐还应安装配套的温度监控设备,用于持续监控罐内油品的温度,其最大允许误差(绝对值)应小于 0.27 K、同时重复性好于 0.13 K。温度传感器沿试验罐的竖直方向均匀分布,其间距为(30±1)cm。
- d) 一定量的无铅汽油,体积量为储罐公称容积的 95%。
注:应使用符合相关标准的油品。
- e) 公称容积不小于 15 000 L 的另一容器(容器形式可以是地上罐、埋地罐或油罐车),油泵和输油软管,用于油品注入和储罐清空两项操作。
- f) 热交换器或其他合适的加热装置,能加热或冷却进入油罐前的无铅汽油,油温变化幅度±3 K,精度±0.5 K。
- g) 变频蠕动泵或能以 0.2 L/h~0.8 L/h 的速率将油品从试验储罐中抽出的其他泵,精度 2%。
- h) 计时器,时间显示步进为 1 s,总量程最少 24 h,精度为 5 s。
- i) 大气压和大气温度测量仪器,持续监控受检系统测试地点周边的环境条件。

- j) 观测井,应符合 GB/T 30040.6。
- k) 卷尺,测量观测井内的地下水位。

10.4 试验方法

10.4.1 准备

10.4.1.1 将待检的测漏液位仪(指探测杆)按生产制造商的说明书要求安装至试验储罐。制造商提供的设备应在所有可能的安装位置使用。受检的测漏液位仪与安装在实验室环境条件下的控制台相连接。

10.4.1.2 给液位仪系统通电,随后根据生产制造商的操作指南对其进行初始化,将系统激活至完全运行状态。

10.4.1.3 安装气压和温度监控设备,对储罐液位仪测漏系统部件周围的气压和温度条件进行监控。随后的整个试验过程中该设备都将处于监控状态,以保证所有的试验都在 EN 13352:2002 中 6.1 规定的环境条件范围内进行,确保受检系统组件安装的位置是合适的。

10.4.1.4 为确保储罐始终处于密闭状态,与试验储罐同时安装的独立测漏系统在整个试验过程中也应处于运行状态。每次试验的开始和结束都应执行独立测漏系统的自检程序,以确保试验储罐密闭。

10.4.2 稳定化和试运行

正式开始试验之前,将液位仪系统调至完全运行状态,注入无铅汽油至其公称容积的 95%。随后按 10.1 规定的时间内使罐内油品自行稳定。再根据生产制造商的操作指南运行受检系统,进行渗漏试验。该试验目的在于确定试验系统的安装和运行是否正确,以及试验结果的可靠性。一旦系统没有正确运行,则应进行调整并重复试运行。

10.4.3 试验程序

10.4.3.1 成对地进行试验,交替进行储罐清空和油品注入操作。每项试验都应按以下程序进行:

- a) 用泵将储液抽出直到存油降至储罐容积的 50%,测量并记录存油温度。
- b) 将加热或冷却到某一试验温度的油品再次注入到储罐容积的 95%,测量并记录注入油品的温度。
- c) 测量并记录罐内油品的温度,随后在 10.1 规定的一段时期内使储罐自行稳定。
- d) 开启罐内油品温度的监控设备。
- e) 测量并记录监控观测井中的地下水位。
- f) 将蠕动泵速率调至第一组规定速率 $\pm 20\%$ 的范围内,并记录实际的泵送速率。
- g) 开启蠕动泵并将计时器归零。
- h) 测漏试验过程中,要严格按照生产制造商提供的产品使用说明书运行受检系统。
- i) 开启计时器。
- j) 当液位仪控制台指示渗漏试验完成,或超过 10.1 规定的最长检测时间时,停止计时。
- k) 按生产制造商说明书中规定的方法记录检出渗漏速率,或记录渗漏试验未完成(如果是由于设备出错,调整后则重复试验)。
- l) 测量并记录试验储罐中油品的温度。
- m) 检查试验进行中温度是否超出试验开始时记录温度值的 ± 0.5 K。
- n) 关闭蠕动泵。
- o) 将蠕动泵速率调至第二组规定速率 $\pm 20\%$ 的范围内,并记录实际的泵送速率。
- p) 开启蠕动泵并将计时器归零。

- q) 按生产制造商说明书运行受检系统,启动第二次渗漏试验。这一步可以在首次测漏试验结束后 15 min 开始。
- r) 开启计时器。
- s) 当控制台指示测漏试验完成,或超过 10.1 规定的最长检测时间时,停止计时。
- t) 按生产制造商说明书中规定的方法记录检出渗漏速率,或记录渗漏试验未完成(如果是由于设备出错,调整后应重复试验)。
- u) 测量并记录试验储罐内油品的温度。
- v) 检查试验进行中的温度是否超出试验开始时记录温度值的 ± 0.5 K。
- w) 关闭蠕动泵。
- x) 测量并记录观测井中的地下水位。

10.4.3.2 如果在任一试验中监控到的罐内油品温度变化大于 ± 0.5 K,则应舍弃试验结果,并重复进行试验。

10.4.3.3 如果任何一对试验始末测量的地下水位差值大于 10 mm,则应舍弃试验结果,并重复进行这对试验。

10.4.4 试验进度

10.4.4.1 以下系列中的试验都应进行:

表 5 B(2)类测漏试验的进度

	试验序号	渗漏速率 L/h $\pm 20\%$	注入温差 ℃
清空/注入循环	1	0.2	0
	2	0.0	0
清空/注入循环	3	0.4	+3
	4	0.2	+3
清空/注入循环	5	0.0	+3
	6	0.8	+3
清空/注入循环	7	0.4	-3
	8	0.0	-3
清空/注入循环	9	0.2	-3
	10	0.8	-3
清空/注入循环	11	0.8	+3
	12	0.0	+3
清空/注入循环	13	0.0	0
	14	0.8	0
清空/注入循环	15	0.0	-3
	16	0.2	-3
清空/注入循环	17	0.4	0
	18	0.2	0

表 5 (续)

	试验序号	渗漏速率 L/h±20%	注入温差 ℃
清空/注入循环	19	0.8	0
	20	0.4	0
清空/注入循环	21	0.2	+3
	22	0.4	+3
清空/注入循环	23	0.8	-3
	24	0.4	-3

10.4.4.2 注入温差由储罐中的油品和即将注入储罐中的油品之间的温度差计算得出。

10.4.4.3 由于表 5 要求的模拟渗漏速率并不精确(可以接受±20%的误差),因此应对实际的渗漏速率进行单独测量和记录。

10.5 试验结果

按 10.6 的统计分析方法评估 10.4.4 中试验 1~24 的结果。对要求的检测准确率和误报率范围内能检测出的最小渗漏速率予以计算。如果该渗漏速率大于 10.1 规定的最小值,则该系统将不能通过型式鉴定。如果任一项试验无法在规定的最长检测时间内给出渗漏速率指示,该系统也不能通过型式鉴定。

10.6 统计分析

10.6.1 概述

将每项渗漏试验中记录的估算渗漏速率用于评价系统性能是否符合检测准确率和误报率的标准。

10.6.2 定量系统中的基本统计

n 对(列在试验清单上的 $n=24$)指示及模拟渗漏速率数据用于计算以下试验中系统的均方误差 MSE、偏差和方差。

10.6.3 均方误差

均方误差 MSE 的计算见式(23):

$$MSE = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i)^2 / n \quad \dots\dots\dots (23)$$

式(23)中, L_i 为受检系统所显示的渗漏速率, S_i 为实际发生的模拟渗漏速率, i 为从 1~ n 的各个数据库。偏差 B 的计算见式(24):

$$B = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i) / n \quad \dots\dots\dots (24)$$

偏差 B 是显示渗漏速率与模拟渗漏速率的差额除以试验次数得到的平均值。偏差衡量的是受检系统的准确度,可正可负。

10.6.4 方差和标准差

方差的计算见式(25):

$$\delta^2 = \sum_{i=1}^n [(L_i - S_i) - B]^2 / (n - 1) \quad \dots\dots\dots (25)$$

方差表示为 SD。标准差是方差的平方根。

10.6.5 零偏差试验

为检验受检系统在统计学意义上与零是否具有显著偏差,对上述计算得到的偏差 B 进行以下检验。根据式(26)计算 t 统计量:

$$t = \sqrt{n}B / SD \quad \dots\dots\dots (26)$$

根据 $(n-1)$ 自由度和双侧为 5% 的显著性水平从 t -界值表中查到临界值 t_c 。比如, $n=24$, 自由度为 23, 在 5% 的双侧显著性水平下查到的临界值为 2.07。将此值记为 t_c 。比较 t_c 和 t 的绝对值。如果计算值 t 的绝对值小于临界值, 则偏差没有明显偏离零, 可以假定系统无偏差。如果偏差 B 为正值, 则系统高估了渗漏速率。如果 B 为负值, 则系统低估了渗漏速率。

10.6.6 误报率, PFA

误报率 PFA, 是当储罐或管道实际密闭时, 显示的渗漏速率超过系统应显示渗漏的边界条件或标准的概率。通常, 如果估算出的渗漏速率超过了某一特定值或边界条件 C (如 0.9 L/h), 受检系统将判定储罐发生渗漏。如果 C 表示指示渗漏的阈值或标准, B 为系统的估计偏差, SD 为标准差, 那么误报率可以用式(27)表示为:

$$PFA = P\{t > (C - B) / SD\} \quad \dots\dots\dots (27)$$

式(27)中, 利用自由度和标准差通过 t -分布计算出概率, 即进行 24 次试验时的自由度为 23。该式假定误差近似呈正态分布。如果偏差 B 没有明显偏离零, 则可认为 B 为零。

10.6.7 某一特定渗漏速率下的准确率, PD

准确率 PD, 是指系统能够正确识别某一大小渗漏速率的概率。在渗漏速率为 R 时, PD 由式(28)得出:

$$PD = P\{t > (C - R - B) / SD\} \quad \dots\dots\dots (28)$$

其中 C 、 B 和 SD 如前所述, 概率的计算是通过与 SD 一致的自由度利用 t -分布查得, 即进行 24 次试验时的自由度为 23。

附录 A

(规范性附录)

建立 A 类和 B(1)类测漏软件系统的标准数据库以及在现场获取数据的方法

A.1 目的

A.1.1 目的是通过采集试验现场(机动车加油的场地)的数据建立标准数据库,用于评估测漏系统中的软件在检测储罐或输油管线发生渗漏时分析的准确程度。数据描述的细致程度是为了充分准确地界定现场(一个或多个储罐用于数据收集)应收集哪些数据。该数据库将用于型式试验。

A.1.2 从每个储罐收集以下所示参数范围内的数据:

- a) 每日环境温度: $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 储罐容积: $10\ 000\ \text{L} \sim 50\ 000\ \text{L}$;
- c) 日均吞吐量(每罐): 每天 $1\ 000\ \text{L} \sim 12\ 000\ \text{L}$;
- d) 每罐卸油量: $2\ 750\ \text{L} \sim 9\ 500\ \text{L}$;
- e) 卸油温度: $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- f) 送油频率: 每周 2 次~6 次;
- g) 单台加油机的流量精确度: 输送量的 $-0.3\% \sim +0.3\%$;
- h) 按照 A.2 的限定条件,42 天内应对每个储罐进行上述参数的计算或测量;
- i) 从具有以下输油管线类型的加油站中收集数据:
- j) 自吸泵系统(泵包含在加油机内);
- k) 潜泵系统(使用远程泵将油品从储罐送至加油机);
- l) 掺合分配系统(其中来自两个或更多个储罐的储液在分配器处混合);
- m) 储罐歧管输送系统(其中两个或更多个的储罐连接在一起,而燃料可从各单罐中吸出);
- n) 储罐虹吸管路输送系统(其中两个或更多个的储罐连接在一起,一次抽吸将使燃料从各单罐中同时吸出);
- o) 多重排出物(每个储罐最少有两个吸入式或压力式的分配器);
- p) 从供应汽油和柴油燃料的储罐中收集数据。

A.2 要求

A.2.1 在正常营运加油站内的储罐或管道中安装数支储罐液位仪系统(符合该类型液位仪的精确度要求,用来收集数据库文件)。正常运行的加油站是指有规律地进行卸油和发油等日常操作,同时满足 A.1 要求的加油站。

A.2.2 对于每个现场都应记录以下数据:

- a) 储罐个体代号(储罐_ID);
- b) 油枪个体代号(喷嘴_ID);
- c) 虹吸管的连接布局(储罐 1_ID, 储罐 2_ID...);
- d) 歧管的连接布局(储罐 1_ID, 储罐 2_ID...);
- e) 每日平均环境温度 [$T_{av} = (T_{max} + T_{min})/2$];
- f) 油气回收装置的等级(1B 阶段 | 2 阶段)。

注: 每天的 T_{av} 值来自数据收集期间的气象记录。

A.2.3 对于每个储罐都应记录以下数据：

- a) 结构型式[(钢 | 玻璃钢),(单层壁 | 双层壁)];
- b) 储罐直径,单位 m;
- c) 储罐容积,单位 L;
- d) 储存油品的类型,例如符合 GB 17930 的无铅汽油;
- e) 储存油品(输入到液位仪以计算体积修正系数 VCF)的规格化热膨胀系数;
- f) 泵形式(自吸泵 | 潜泵);
- g) 相连的加油机(加油机 1_ID,加油机 2_ID,加油机 3_ID...);
- h) 储罐罐容表是根据液位高度查出对应储存油品体积的工具。罐容表应有至少 20 个点(体积增量刻度),这些点为储罐直径方向的等分点,且等分点的位置误差应小于液位仪的最大允许误差;
- i) 与油气回收连接的加油枪(加油机 1_ID,加油机 2_ID,加油机 3_ID...);
- j) 因潮汐作用导致地下水位在 7 d 内变化超过储罐直径 15%的加油站,不能用来收集数据。

A.2.4 每支加油枪应收集以下数据：

- a) 仪表准确度[与计量认证值(不超过 1 年)的偏差百分比%];
- b) 集中式发油的布局形式[加油机_ID,(储罐 1_ID,%),(储罐 2_ID,%)...]。

A.2.5 从以上系统收集运行数据并汇于文件,其中每个文件中包含的数据是来自单独一个储罐最少连续 42 d(28 d 用于启动,14 d 用于检漏)的数据。按时间排列文件可能有所重叠,但任意两个文件中应至少有连续 14 d 的数据没有重叠。

A.2.6 选择采集数据的试验现场,应使这些文件中包含的数据满足以下与 A.1 中对应要求的各项条件：

- a) 所有收集的(所有文件中的)数据记录中有大于或等于 1%的记录,其上述数量的平均值小于或等于 A.1 中各个范围的下限值。
- b) 所有收集的(所有文件中的)数据记录中有大于或等于 1%的记录,其上述数量的平均值大于或等于 A.1 中各个范围的上限值。
- c) 在这些收集的数值中,平均参数值的分布应符合表 A.1 的规定：

表 A.1 参数范围

参数范围占量程的百分比/%	范围内的文件所占的最小比例/%
>100	1
75~100	10
50~75	10
25~50	10
0~25	10
<0	1

A.3 设备

要求具有以下设备：

- a) 电脑以及相关数据传输外设。
- b) 数据分析软件,用于处理提交的数据文件,按照 A.2 的要求确定 A.1 范围的要求是否得到了

满足。

- c) 一个经计量认证过的容器,最小容积应符合国家计量标准,该容积应按国家标准至少每年校准一次。
- d) 按照 A.2 的要求,将数量充足的要求类型(罐内探测杆尺寸不同)的液位仪安装在测试站点。该设备应经过全面调试、通过适当的罐表进行校准并且处于运行状态。
- e) 液位仪系统的数据存储设备(例如,硬盘)容量应足以在整个试验过程中记录数据。

A.4 方法

A.4.1 准备

A.4.1.1 收集数据前,应对每个液位仪通电、初始化并使之完全运行,正确设置系统的时间和数据。对 A.2 列出的信息进行验证并与相关的时间和日期同时记录。

A.4.1.2 确定与加油机相连的所有储罐和管道都未发生渗漏。使用独立的密闭性试验可以为此提供恰当的证明。试验的方法和结果连同在线检漏方法的细节(如对双层罐双层间隙进行的监控)都应予以记录。理想状态下,应进行管道的液压试验和精细的储罐试验。这些试验在数据收集开始之前和结束之后都应报告“无渗漏”的结果。

A.4.2 储罐容量数据记录

A.4.2.1 每个储罐液位仪系统都应在运行状态下记录以下所需的分析数据。

A.4.2.2 对一个加油机连接若干个油罐的系统而言,储罐容量记录应包括每台加油机的仪表读数。

A.4.2.3 每次加油操作(交易结束 1 min 内)或者在无交易发生时不超过 0.5 min 的时间间隔内至少记录一次液位高度、储液容积和温度的读数。每个储罐以 42 d 为周期,创建单独的文件。文件中的记录应当用逗号隔开,并按规定的格式包含以下数据:

- a) 日期数字号(0~41){DD};
- b) 时间标记,根据 GB/T 7408,分辨率 1 s {hhmmss};
- c) 储罐中储液的容积,分辨率到 0.01 L {VVVVVVVV};
- d) 储液的液位高度,分辨率为(MPE/10) mm {LLLLLL};
- e) 储罐中油品的平均温度,分辨率为(MPE/10)°C {TTTT};
- f) 除了油品的平均温度,探测杆上的每个温度传感器的测量结果也应一同记录存储;
- g) 温度传感器的数量 {SS};
- h) 单个探测杆的温度传感器位置精度为 0.1 mm {LLLL};
- i) 单个探测杆的温度传感器数值精度为(MPE/10) °C {TTTT};

注: MPE 是用于收集数据的储罐液位仪的类型所规定的最大允许误差。

- j) 记录样本——储罐容积。

A.4.2.4 所有文件都应包含 ASCII 数字数据,与引导空格或零右对齐。

例如下列数据:04,095630,02564588,187525,0860,03,03000,10000,17000,0840,0860,0880 代表的是“在第 4 天 09:56:30 的时间上,液体容积为 25 645.88 L,液面高度为 1 875.25 mm,平均温度为 8.6 °C,位于 300.0 mm、1 000.0 mm 和 1 700.0 mm 的三个温度传感器的温度分别为 8.4 °C、8.6 °C 和 8.8 °C”。

A.4.2.5 每个储罐在每 42 d 的时间内,其加油交易应在单独的文件中储存为独立的一组记录。文件中的记录应当由逗号隔开,并按规定的格式包含以下数据:

- a) 日期序号(0~41){DD};
- b) 交易开始时间,根据 GB/T 7408,分辨率 1 s {hhmmss};

- c) 交易结束时间,根据 GB/T 7408,分辨率 1 s {hhmmss};
- d) 油枪 ID {FFFF};
- e) 交易量(发油数量),分辨率 0.01 L {VVVVVVVV};
- f) 记录样本——加油交易。

A.4.2.6 所有文件都应包含 ASCII 数字数据,与引导空格或零靠右对齐。

例如下列数据:12,112325,112652,0017,004588 代表的是“在 17 号加油位置(油枪)进行的交易,开始时间为第 12 d 的 11:23:25,结束时间为 11:26:52,交易量为 45.88 L”。

A.4.3 卸油记录

A.4.3.1 现场记录不能明确地反映卸油状态(卸油进行中或没有卸油)。该状态由 A.4.6 所述的方法进行识别。

A.4.3.2 卸油数据应分次记录,卸油记录应包括:

- a) 卸油开始的日期和时间,分辨率 1 s;
- b) 卸油量,以油罐车离开时的指示结果为准,分辨率 1 L;
- c) 卸油温度,分辨率(MPE/10)°C。

注:卸油温度的计算见 A.4.5。

A.4.4 数据复检

在确定所有与加油机相连的储罐和管道都未发生渗漏,数据收集结束时,进行数据复检。重复进行 A.4.1 所述的试验。A.2 列出的信息应再次被验证,并连同相关时间和日期一起记录。

A.4.5 卸油温度

在获取卸油量的同时,从相关储罐的记录信号中读取卸油前油品的温度和体积量。卸油 30 min 后油品的温度和体积量也从数据文件中读取。已知储罐中油品体积量 V_1 、初始平均温度 T_1 ,卸油量 V_d ,输送后储罐中油品体积量 V_2 、平均温度 T_2 ,根据式(A.1)可以计算出输送液体的温度 T_d :

$$T_d = (V_2 T_2 - V_1 T_1) / V_d \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

注:30 min 是一个经验时间值,可定义为卸油后罐内油品温度稳定所需的时间。

A.4.6 卸油状态的确定

A.4.6.1 将低通滤波器用于获得的油位时间系列数据中,以减少随机性和间发性噪声。可使用简单的 IIR 递归滤波器或滑动窗口平均值。式(A.2)所举的例子是取样频率为 30 s 的 IIR 滤波器:

$$\text{过滤的高度} = \text{上次过滤的高度} + K(\text{高度} - \text{上次过滤的高度}) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中 $K=0.2$ 。

A.4.6.2 以下逻辑顺序使用的是经滤波器过滤的高度结果:

- a) 将所有时间内(使用最小的检漏器)的最小高度保留为 h_{\min} , h_{\min} 样本的时间为 t_{\min} ;
- b) 当目前的高度超过 h_{\min} 的高度为阈值高度 H_s 时,(其中 $H_s=10$ mm),将输送状态设定为活动,用当前高度(h_{\max})对最大的检漏器进行装载,将 h_{\max} 的时间保留为 t_{\max} ;
- c) 继续把 h_{\max} 和 t_{\max} 用当前高度和时间替代,直到当前高度小于或等于 h_{\max} 。

A.4.6.3 将输送状态设定为不活动。要求的输送参数如下所示:

- a) 输送量: $V_{\text{输送}} = [(h_{\max} \text{高度时的容积}) - (h_{\min} \text{高度时的容积})]$;
- b) 输送开始时间: t_{\min} ;
- c) 输送结束时间: t_{\max} 。

A.4.6.4 分别将目前的高度和时间加载为 h_{\min} 和 t_{\min} , 在检测下次输送时重复以上逻辑顺序。

A.5 数据的上传和确认

A.5.1 通常将液位仪记录的文件上传到电脑中预设的用于分析的数据库中。文件遇到数据记录的困难(如硬盘区域损坏),应当将其舍弃。但在任何系统中如果舍弃的文件超过总数 5%,则应认为该系统中的数据不可靠,不得使用。

A.5.2 根据 A.4.1 和 A.4.4 记录的信息对收集的数据进行软件分析,以证明 A.2 的要求是否得到满足。在 A.1 的情况下,可以通过国家气象部门从距离试验现场最近的气象站获得数据。而在 A.1.2 的第 g) 种情况下,则使用 A.4.5 所述的方法对输送温度进行计算。

A.5.3 任一超过 42 天记录时间的文件,都应将其分为最大具有为期 42 天的几部分。

A.5.4 对收集的数据做进一步的软件分析,以证明 A.1 所定义的各项应用满足 A.2.3 的要求。随后数据库可以对适用于 A.1 中各项用途的系统进行试验。如果任何一条要求未得到满足,则重复进行数据记录(A.4.2 和 A.4.3)和数据复检(A.4.4)。

参 考 文 献

[1] Beyer, William H., editor, Handbook of Table for Probability and Statistics, The Chemical Rubber Co. 1968, ISBN # 0-8493-0692-2. Beyer, William H. 编辑,《概率统计表手册》,化学橡胶公司, 1968, ISBN # 0-8493-0692-2
