
团体标准《食品包装密封性的无损检测 真空衰减法》

编制说明

一、标准起草的基本情况

(一) 任务来源、起草单位、起草人

预包装食品的安全，一方面取决于食品自身的质量问题，另一方面也受包装材料的影响。在预包装食品的生产过程中，由于漏封、压穿或包装材料本身存在针孔等缺陷而形成漏气、漏液等现象，都会对食品内容物产生不良影响，导致食品受潮、氧化、变质等。这不仅会给企业带来经济损失，也有可能影响消费者健康安全。

目前国内测试食品包装密封性的标准方法GB/T 15171-1994用的是水检气泡法，即将待测的预包装食品样品置于真空箱内的水中，若产生连续气泡，则认为包装的密封性不合格，方法虽然简便易操作，而且通过气泡冒出的位置能准确指示出泄漏点的位置，但该方法灵敏度并不高，对于一些孔径小于 $15\mu\text{m}$ 的针孔无法由该方法检出，但某些细菌等微生物等却仍能通过 $15\mu\text{m}$ 以下的针孔进入包装内部，导致食品内容物变质；而且若包装上的孔隙较大时，水箱中的水还有可能进入包装物中，造成食品内容物被浸润而损毁，无法重新再利用。在与食品和包装行业多家企业的共同倡议下，制定《食品包装密封性的无损检测 真空衰减法》团体标准。

本标准以美国ASTM F2338-09(2013)标准为基础，利用真空衰减法进行无损检漏测试，并对该标准进行适当修改，以适用于不同类型的包装。本标准采用的方法可检测到孔径小至 $5\mu\text{m}$ 的针孔产生的微小泄漏，灵敏度高，可以对因孔隙泄漏造成的压力差进行准确定量，并且在不破坏包装、不影响食品内容物的情况下实现快速检测。

本标准的制定和实施，将有效弥补国内现有食品包装密封性测试标准的不足，为食品和食品包装行业及相关机构提供另外一种科学有效的快速定量检测手段，并将在提升企业的产品质量合格率、引领行业发展、保障消费者健康等方面发挥积极作用。

受中国食品工业协会委托，美赞臣营养品（中国）有限公司，黑龙江飞鹤乳业有限公司和君乐宝乳业集团有限公司牵头，英福康（广州）真空仪器有限公司，

健合（中国）有限公司，贝亲管理（上海）有限公司，澳优乳业股份有限公司，上海旺旺食品集团有限公司，上海康识食品科技有限公司，养生堂浙江食品有限公司，雅培贸易（上海）有限公司，联合利华（中国）有限公司，玛氏食品（中国）有限公司，广州海关技术中心和中國食品工業協會食品接觸材料專業委員會共同參與了《包裝系統密封性檢測方法 真空衰減法》團體標準的起草工作。

本標準主要起草人有：李天廣，任艷玲，張鳳霞，楊煥新，張林，陳國良，王健健，崔劍鋒，張永久，鄂志強，徐志華，朱雲，胡舒龍，朱振宇，沈飛英，顧文捷，李丹，段逸品，貝榮華。

（二）主要起草過程

根據《團體標準管理規定》的要求，起草工作組於2022年7月開始正式啟動標準起草工作，收集整理了國內外相關法規和標準要求，並進行分析、研究確定標準制訂的內容，就相關重點問題於2022年7月-2023年2月期間多次召開專題討論，諮詢企業和專家意見，在此基礎上形成了標準草案，2023年3月14日至2023年4月9日定向徵求行業意見。根據截至2023年4月9日收集到的意見對徵求意見稿進一步修改，形成標準徵求意見稿。

二、標準的重要內容及主要修訂情況

（一）標準格式

本標準格式和編審程序等按照 GB/T 1.1-2020《標準化工作導則 第1部分：標準化文件的結構和起草規則》和《團體標準管理規定》執行。

（二）標準名稱

根據團體標準的命名要求，同時結合產品的特點，標準名稱確定為《食品包裝密封性的無損檢測 真空衰減法》。

（三）範圍

本標準適用於不同包裝形式的食品預包裝，包括密封軟質包裝、充氣軟質包裝。其他包裝容器密封完整性可參考使用。

（四）術語和定義

结合标准的适用范围和标准制定的背景，本标准将包装系统密封性定义为“包装系统防止内容物损失、微生物侵入以及气体（氧气、空气、水蒸气等）或其他物质进入，保证包装持续符合安全与质量要求的能力”。

为便于理解，标准对“柔性无孔包装”、“气体泄露率”和“最大允许泄露限度”也做了相应的解释。

（五）试验原理

本标准通过测量内包装的闭合真空测试腔中的真空损失检测包装泄漏。真空损失是供试包装的气体泄漏所致，和/或处于所泄漏的或附近的液体内装物挥发所致。当对包装中的内装液可能部分或全部侵入泄漏处的包装测试时，测试腔被抽真空至一个低于该液体的汽化压的压力。测试方法需要特制的测试腔和绝压压力传感器来检测试验过程中样品压力差，同时具备对样品容积率测定功能，根据理想气体方程设计而成的泄漏检测系统。

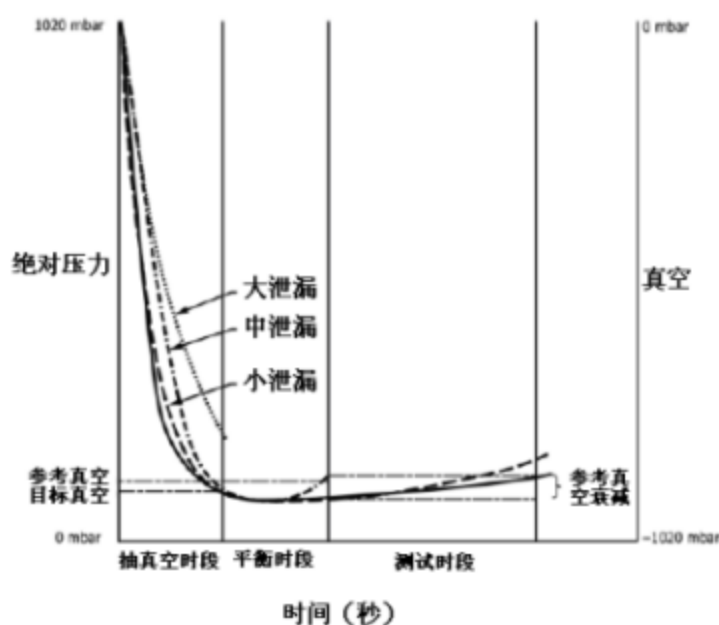


图1 真空衰减泄漏率原理图

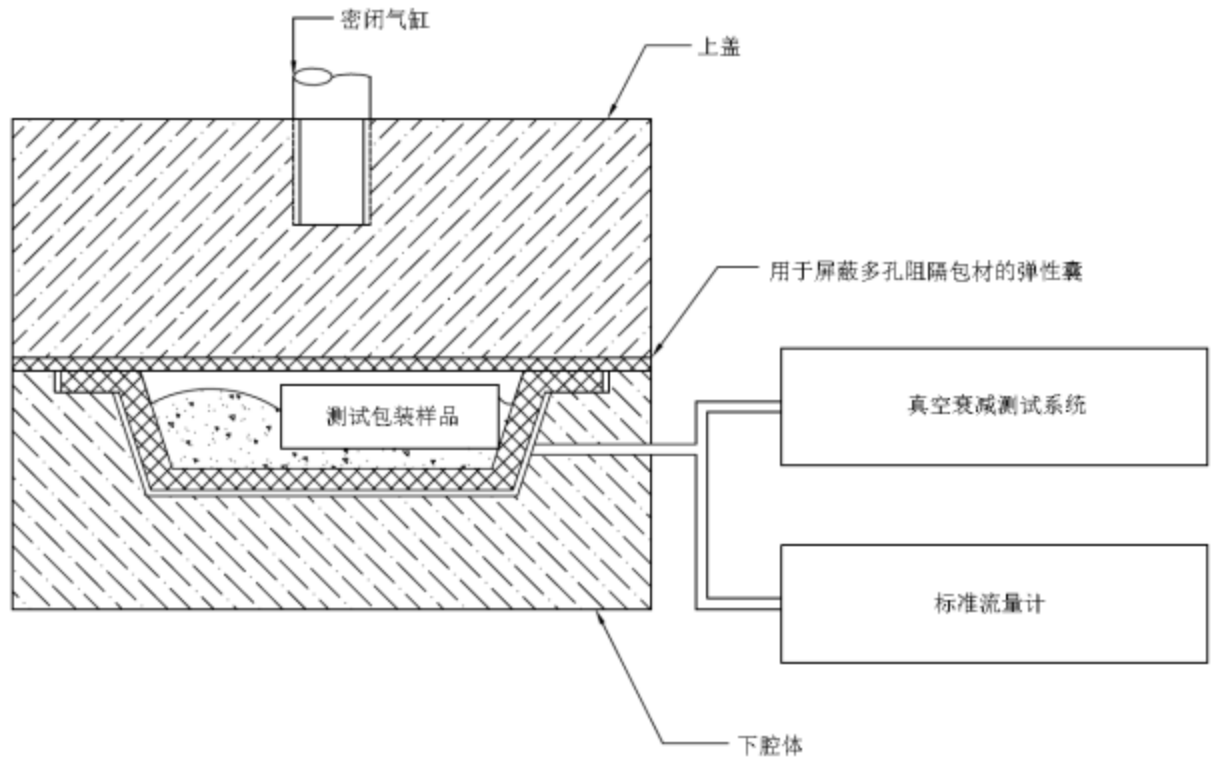


图2 密封性检测仪结构示意图

(六) 真空衰减法的优势

6.1 本标准制定基础

本标准拟以美国ASTM F2338-09(2020)标准为基础，利用真空衰减法进行无损检漏测试，并对该标准进行适当修改，以适用于不同类型的包装。本标准采用的方法可检测到孔径小至 $5\mu\text{m}$ 的针孔产生的微小泄漏，灵敏度高，可以对因孔隙泄漏造成的压力差进行准确定量，并且在不破坏包装、不影响食品内容物的情况下实现快速检测。但本方法也会有其不足之处：无法指示泄漏点的具体位置。经与食品和包装行业多家企业的沟通，普遍认为本标准可以作为GB/T 15171-1994的科学有效补充方法，具有很高的实用价值。

本标准的制定和实施，将有效弥补国内现有食品包装密封性测试标准的不足，为食品和食品包装行业及相关机构提供另外一种科学有效的快速定量检测手段，并将在提升企业的产品质量合格率、引领行业发展、保障消费者健康等方面发挥积极作用。

6.2 真空衰减法与水检气泡法检出情况比较

由数十家企业提供近66个产品（统计到2022年12月31日前送样），主要产品类型涉及奶粉、肉制品（如牛肉棒）、糖果、炒货、速食米饭/粥、干粉颗粒、糕饼等。涉及包装类型主要有：常压复合软包、充气复合软包、真空复合软包、塑料瓶/罐、金属瓶/罐等，涉及密封工艺主要有：热封、胶封、合盖、卷边封。

起草小组考虑到样品经真空衰减法检测后，包装的漏孔有可能扩张或者包装内气体已经泄漏一部分，进而影响水检气泡法结果的准确性。因此，设计取二分之一样品先进行真空衰减法试验，随后将这一批样品与剩余二分之一样品全部进行水检气泡法试验。具体试验结果如下。

6.2.1 按试验方法比较

标准起草组首先对所有实验数据按真空衰减法和水检气泡法：

表1 不同检测方法检测情况比较^①

试验方法	检测样本量	检出个数	泄漏率
真空衰减法	715	455	63.64%
水检气泡法	1169	25	2.14%

注1:后文表2~表5同。这里设定的“检出”和“泄漏率”，对于真空衰减法，仪器的检出下限为0.001 mbar·L/s，等效于直径3 μ m的漏孔，压力差为0.001 mbar·L/s以上的样品将被判定为检出“泄漏”，此阈值根据仪器检出限制定。对于水检气泡法，本实验条件下出现明显气泡泄漏的将被判定为检出“泄漏”。这里表述的检出“泄漏”仅用于统计，不作为判定样品密封性是否合格，后同。

如表1所示：

(1) 真空衰减法的检出情况（63.64%）远远大于水检气泡法（2.14%），最大检出值为5.366 mbar·L/s，是一款充气复合软包。按水检气泡法泄漏率2.14%估计，真空衰减法测试数据中约有16个检出，结果在0.325~5.366 mbar·L/s之间。

(2) 真空衰减法所有检出样品中：

结果 \geq 0.2 mbar·L/s的数量为24个，占比3.36%；

结果 \geq 0.1 mbar·L/s的数量为48个，占比6.71%；

结果 \geq 0.05 mbar·L/s的数量为61个，占比8.53%；

结果 \geq 0.03 mbar·L/s的数量为79个，占比11.05%；

结果 \geq 0.02 mbar·L/s的数量为103个，占比14.41%；

结果 \geq 0.01 mbar·L/s的数量为156个，占比21.82%。

真空衰减法灵敏度明显明显优于水检气泡法。试验过程中，起草组发现，很多真空衰减法有检出的样品，在水检气泡法中并没有产生连续气泡。国标是规定产生连续气泡可判定为泄漏。这类样品，有些也会在抽真空初始冒出小气泡之后不在有变化，这类样品无法判定为泄漏；也有部分样品，在抽真空初始冒出小气泡，并长大到一定程度后维持不变，也不上升，这种情况也无法判定合格。再有，国标并没有明确规定测试压力。同一款样品在不同的负压条件下泄漏情况是不一样的，当使用较小压力去进行水检气泡法时样品不泄漏，使用较大压力则产生泄漏，这种情况该如何判定，是否可认为该样品无漏孔。实则不是。真空衰减法因为灵敏度低，样品存在些微漏孔，仪器都能探测得到，我们可以根据泄漏率去推测漏孔的大小，进而判定该漏孔是否可以接受的泄漏。另外，将样品置于水中后，样品表面容易附着小水泡，这种情况也会干扰测试判断。而采用真空衰减法测试过程中，并没有这种干扰。

所以，标准起草组认为真空衰减法可以作为水检气泡法的补充。

6.2.2 按保质期比较

标准起草组对所有实验数据按包装类型进行比较，主要考察了硬质包装和软质包装两大类，此外也把样本量较小的几款类型设定为其他类型：

表2 不同包装类型检测情况比较^{注1}

包装类型	试验方法	检测样本量	漏气个数	泄漏率
软质包装	真空衰减法	534	310	63.64%
	水检气泡法	847	12	1.42%
硬质包装（塑料瓶，玻璃瓶，金属罐）	真空衰减法	151	122	80.79%
	水检气泡法	272	10	3.68%
其他 ^{注2}	真空衰减法	30	23	76.67%
	水检气泡法	50	3	6.00%

注2：其他包装类型主要涉及类似酸奶杯，热成型吸塑盒，泡罩包装等。

如表2所示：

(1) 就水检气泡法而言，泄漏情况软质包装<其他<硬质包装，而真空衰减法中，泄漏情况软质包装<硬质包装<其他。

(2) 按水检气泡法漏气率估计，真空衰减法测试数据中，软质包装检出个数约为8个，硬质包装检出个数约为6个，其他包装检出个数约为4个。

(3) 采用真空衰减法检测时:

对于软质包装样品:

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为16个, 占比3.00%;

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为31个, 占比5.81%;

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为38个, 占比7.12%;

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为44个, 占比8.24%;

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为48个, 占比18.99%;

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为78个, 占比14.61%。

对于硬质包装样品:

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为8个, 占比5.30%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为17个, 占比11.26%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为22个, 占比14.57%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为27个, 占比17.88%

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为41个, 占比27.15%

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为60个, 占比39.74%。

对于其他包装形式样品:

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为0个, 占比0%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为0个, 占比0%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为1个, 占比3.33%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为8个, 占比26.67%

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为14个, 占比46.67%

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为18个, 占比60.00%。

可以看出, 无论何种包装类型, 真空衰减法灵敏度依旧明显优于水检气泡法。

6.2.3 按保质期比较

标准起草组对所有实验数据按保质期不满一年和超过一年进行比较:

表3 不同保质期检测情况比较^{②1}

保质期	试验方法	检测样本量	漏气个数	泄漏率
≤ 12 个月	真空衰减法	298	166	83.84%
	水检气泡法	473	10	2.11%

>12个月	真空衰减法	417	289	69.30%
	水检气泡法	696	15	2.16%

如表3所示：

(1) 就水检气泡法而言，不同保质期样品的泄漏情况基本一致；而真空衰减法中，保质期 \leq 12个月的样品泄漏情况（83.84%）要高于保质期 $>$ 12个月的样品泄漏情况（69.30%）。起草组进一步研究发现，保质期 \leq 12个月的样品的包装类型主要为复合软质包装，猜测这类型样品的材质容易受外力因素导致泄漏；保质期 $>$ 12个月的样品主要有软质包装和塑料瓶、金属罐等硬质包装，猜测硬质包装泄漏的原因有可能是封合不完全产生漏孔引起。

(2) 按水检气泡法漏气率估计，真空衰减法测试数据中，保质期 \leq 12个月的样品检出个数约为7个，保质期 $>$ 12个月的样品检出个数约为9个。

(3) 采用真空衰减法检测时：

对于保质期 \leq 12个月的样品：

结果 $\geq 0.2 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为7个，占比2.35%

结果 $\geq 0.1 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为14个，占比4.70%

结果 $\geq 0.05 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为17个，占比5.70%

结果 $\geq 0.03 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为26个，占比8.72%；

结果 $\geq 0.02 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为33个，占比11.07%；

结果 $\geq 0.01 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为44个，占比14.77%。

对于保质期 $>$ 12个月的样品：

结果 $\geq 0.2 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为17个，占比4.08%

结果 $\geq 0.1 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为34个，占比8.15%

结果 $\geq 0.05 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为44个，占比10.55%

结果 $\geq 0.03 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为53个，占比12.71%；

结果 $\geq 0.02 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为70个，占比16.77%；

结果 $\geq 0.01 \text{ mbar}\cdot\text{L/s}$ 的数量为112个，占比26.86%。

不难看出，无论产品保质期长或短，真空衰减法灵敏度依旧明显优于水检气泡法。

6.2.4 按是否是奶粉比较

标准起草组对所有实验数据按内装物是否奶粉进行比较：

表4 内装物是否奶粉检测情况比较^①

内装物	试验方法	检测样本量	漏气个数	泄漏率
奶粉类	真空衰减法	256	193	75.39%
	水检气泡法	427	3	0.70%
非奶粉类	真空衰减法	459	262	57.08%
	水检气泡法	742	22	2.96%

如表4所示：

(1) 就水检气泡法而言，非奶粉类样品泄漏情况（2.96%）高于奶粉类样品泄漏情况（0.70%）；而真空衰减法中，非奶粉类样品泄漏情况（57.08%）却低于奶粉类样品泄漏情况（75.39%）。

(2) 按水检气泡法漏气率估计，真空衰减法测试数据中，非奶粉类样品检出个数约为14个，奶粉类样品检出个数约为2个。

(3) 采用真空衰减法检测时：

对于非奶粉类的样品：

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为16个，占比3.49%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为34个，占比7.41%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为39个，占比8.50%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为51个，占比11.11%；

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为67个，占比14.60%；

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为93个，占比20.26%。

对于奶粉类的样品：

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为8个，占比3.13%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为14个，占比5.47%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为22个，占比8.59%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为28个，占比10.94%；

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为36个，占比14.06%；

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为63个，占比24.61%。

内装物是否为奶粉，依旧无法改变真空衰减法灵敏度明显优于水检气泡法的规律。

（七）标准的不适用性

起草组试验过程发现，对于罐装样品，若罐子体积过大，可能会导致柔性腔体产生不可逆的形变，进而影响真空本底值，最终影响测试结果。

为此，标准起草组对对罐装奶粉样品按罐装奶粉质量超过400g、不超过400g、不超过200g进行比较：

表5 不同罐装奶粉质量检测情况比较^{②1}

罐装奶粉质量	试验方法	检测样本量	漏气个数	泄漏率
>400g	真空衰减法	54	53	98.15%
	水检气泡法	95	0	0%
≤400g	真空衰减法	38	30	78.95%
	水检气泡法	70	1	3.12%
≤200g	真空衰减法	22	14	63.64%
	水检气泡法	45	1	4.55%

如表5所示：

（1）就水检气泡法而言，泄漏情况大于400g罐无泄漏，不小于400g罐与不小于200g罐泄漏情况接近。

（2）按水检气泡法漏气率估计，真空衰减法测试数据中，大于400g罐检出个数约为0个，不小于400g罐检出个数约为2个，不小于200g罐检出个数约为1个。

（3）采用真空衰减法检测时：

对于大于400g罐样品：

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为4个，占比7.41%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为7个，占比12.96%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为7个，占比12.96%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为8个，占比14.81%；

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为13个，占比24.07%；

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为17个，占比31.48%。

对于不小于400g罐样品：

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为0个，占比0%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为0个，占比0%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为5个，占比13.16%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为9个，占比23.68%；

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为10个，占比26.32%；

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为12个，占比31.58%。

对于不小于200g罐样品：

结果 ≥ 0.2 mbar·L/s的数量为0个，占比0%

结果 ≥ 0.1 mbar·L/s的数量为0个，占比0%

结果 ≥ 0.05 mbar·L/s的数量为0个，占比0%

结果 ≥ 0.03 mbar·L/s的数量为0个，占比0%；

结果 ≥ 0.02 mbar·L/s的数量为0个，占比0%；

结果 ≥ 0.01 mbar·L/s的数量为2个，占比9.09%。

不难发现，大罐子的真空衰减法检出率要高于小罐子的，而测试过程中我们也发现，在试验大罐样品后，仪器的腔体会有变形，需经过2-3次的清零处理，才能保证无样品状态下的仪器无泄漏情况。清零处理这一步操作，主要是为了使腔体恢复原状。为了延长柔性腔体运行次数和数据准确，标准起草组建议本标准方法更适用于柔性包装的密封性测试，如果要进行硬质包装的测试，也可参考使用本标准，但建议借助辅助工具，以避免腔体的过度变形。

此外，我们还发现，对于同一个样品进行反复多次测试，一般情况下检测结果会随着检测次数的增多而减小。这主要是因为随着检测次数的增加，同一个样本在真空腔体内的真空损失逐渐减小，检测结果自然逐渐较小。所以，我们建议一个样品的真空衰减法测试结果以第一次测试结果为准。

三、标准中涉及专利的情况

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

四、国内国际相关标准情况

1. GB/T 15171-1994《软质包装件密封性能试验方法》

测试食品包装密封性的标准方法GB/T 15171-1994用的是水检气泡法，即将待测的预包装食品样品置于真空箱内的水中，若产生连续气泡，则认为包装的密封性不合格，方法虽然简便易操作，而且通过气泡冒出的位置能准确指示出泄漏点的位置，但该方法灵敏度并不高，对于一些孔径小于 $15\mu\text{m}$ 的针孔无法由该方法检出，但某些细菌等微生物等却仍能通过 $15\mu\text{m}$ 以下的针孔进入包装内部，导致食品内容物变质；而且若包装上的孔隙较大时，水箱中的水还有可能进入包装物中，造成食品内容物被浸润而损毁，无法重新再利用。

2. ASTM F2338-09(2013)《Standard Test Method for Nondestructive Detection of Leaks in Packages by Vacuum Decay Method》

美国标准，该标准利用真空衰减法进行包装无损泄漏检测，该方法适用于不同类型的包装，可检测到包装上更加微小的泄漏，灵敏度较高，可定量。在不破坏包装的情况下可实现快速定量测试。但该方法无法确定泄漏点的具体位置。

本标准在ASTM F2338-09(2013)的基础上进行了进一步技术改进：将ASTM标准中的测试仪腔体改为柔性软膜腔体设计，将真空衰减法与容积测量技术相结合的，将测试样品放置在腔体，系统抽至真空，通过检测腔体内真空压力变化值 ΔP ，及样品容积率 V ，结合测试时间 T ，根据理想气体方程式原理 $Q=\Delta P*V/T$ ，测定出样品有无泄漏以及泄漏率 Q ；针对大漏包装，则通过容积率变化 ΔV 快速判断大漏；硬质包装亦可通过使用配套测试夹具改善测试环节。通过上述引入容积率的测算技术，可完成泄漏率 $Q=\Delta P*V/T$ 所有参数测定，无须引入ASTM标准中所要求的流量计，这样就可以直接输入泄漏率，结果简单明了，不再是简单的Pass/Fail,而是有一个明确的数据值，并可节省参数优化流程。

五、其他需要在网上公开说明的事项

无。