

一种大口径白酒瓶盖的密封设计

朱明星

河南嘉怡包装材料有限公司，河南商丘，476000；

摘要：为满足对大口径瓶盖的市场需求，本文通过对现有常规密封结构的分析，模拟大口径瓶盖密封处压装状态，进一步分析压装过程中内塞密封情况，全新设计了一种大口径白酒瓶盖的密封结构，实现了大口径瓶盖的有效密封。实验证明，该密封结构符合标准要求，达到预期目标，能够保证有效密封。

关键词：压装状态；大口径；密封

随着国内消费结构提质升级，人民生活水平的不断提高，消费者对保健养生极为关注，各类养生药酒层出不穷。各类药酒包装中呈现的浸泡物能够有效的提升药酒品味，增加药酒产品的竞争力。完整的浸泡物，例如人参、鹿茸、灵芝、活蝎等等，能够吸引消费者的目光，提高消费购买力，药酒厂家通常都会将浸泡物置于酒瓶中销售。因此市场上急需能够装入完整的浸泡物的大口径玻璃瓶，特别是配套的大口径玻璃盖，需要在全生命周期中，产品包装都要保持良好的密封性能。

1 研究背景

1.1 大口径瓶口概述

为吸引消费者注意力并增强其购买意愿，药酒制造商通常将浸泡物直接置于酒瓶中进行销售。因此，市场上迫切需要能够容纳完整浸泡物的大口径玻璃瓶及其配套的大口径瓶盖。作为白酒包装中最基础且至关重要的组成部分，玻璃瓶与瓶盖之间的连接及密封性能一直是白酒包装行业研究的核心议题。该行业已发布多项推荐性标准，例如中国副食流通协会发布的团体标准《白酒瓶口设计通用要求》以及包装行业标准《组合式防伪瓶盖》等。《白酒瓶口设计通用要求》根据玻璃瓶的成型工艺特点，将白酒瓶口的结构形式划分为卡式瓶口、塞式瓶口和螺纹瓶口[2]。卡式瓶口的密封标准尺寸直径 d_1 如表 1 所示：

瓶口类型	K1	K2	K3	K4	K5	K6
瓶口内径	11	12	14.4	17.1	17.5	23.2

表 1 显示，标准瓶口内径推荐尺寸至 23.2mm 后不再进行推荐。其原因之一在于瓶口尺寸越大，成型难度相应增加，合格率降低，导致成本显著上升。大

口径玻璃瓶口通常用于大容量白酒，尤其是用于小批量展示酒和药酒。为满足大口径瓶盖的市场需求，本文以某药酒制造商所需的 750ml 大口径特殊卡式瓶口为研究对象，对现有常规密封结构进行深入分析，并提出一种全新设计的大口径白酒瓶盖密封结构。该设计实现了大口径瓶盖的有效密封，并为大口径白酒瓶盖的密封结构研究提供了理论参考。

1.2 瓶口尺寸确定

针对客户所提出的功能性需求，特定瓶盖在与玻璃瓶进行压装之前，必须装配一个附件，并将其置入酒瓶内部。为了同时满足包装生产流程的效率及功能性要求，本研究将玻璃瓶口的直径设定为 37 毫米。通常情况下，玻璃瓶采用吹塑成型技术进行生产，而在玻璃冷却过程中，瓶口以下部位的尺寸难以精确控制，容易出现诸如凹陷等缺陷。基于此类情况，同时考虑到玻璃瓶的生产难度以及生产合格率的平衡，本研究将瓶口的尺寸公差设定为 ± 0.5 毫米。

2 密封结构设计

2.1 密封原理

密封在各行各业中使用频繁并且作用明显，在很多机械结构中，密封失效就意味着功能的丧失，特别是在液压结构、压力容器和管道等方面，更是将密封作为了极其重要的研究课题。按照密封的基本密封方式，密封可以分为静密封和动密封两大类。而包装板块中主要涉及的是静密封。静密封主要是用于防止液体或者颗粒物从密封贴合处溢出。静密封是依靠封闭贴合面间的间隙以实现密封作用，不需要考虑动密封存在的摩擦和磨损。密封性能的影响参数包括密封元件的材料特性、配合表面的加工精度、粗糙度和压紧

力等。对于较软材料，用较小的压紧力就可以完全压紧，从而阻止流体的泄漏。

为了使密封元件在液体压力的作用下依旧保持密封，通常在设计时规定密封件之间的贴合力>液体压力。只有当两者之间力的大小在产品全生命周期中，均满足此关系才能使密封可靠。

2.2 材料选择

在此次设计中，瓶口材料选用聚对苯二甲酸乙二酯（PET），而内塞材料则选用低密度聚乙烯（LDPE）。

客户要求瓶盖的上瓶方式继续采用压盖方式，玻璃瓶口设计为卡式瓶口。在结构上，依然选用内塞作为密封部件，瓶口则作为连接部件，以构成整体的密封结构。

静密封的两大关键条件在于接触面的形态和密封材料的选择。根据白酒行业的常规做法，密封材料已选定 LDPE。然而，如何解决密封接触面即玻璃瓶口自身的缺陷问题，成为此次密封结构设计的核心挑战。

鉴于瓶口的公差范围较大（ ± 0.5 ），且玻璃瓶口内壁缺陷显著，单一的密封方式难以完全补偿瓶口内部接触面的表面缺陷。因此，此次设计在内塞与玻璃瓶口之间，选择在瓶口以下 6mm 的位置采用柱面密封。同时，在瓶口端面以下 10mm 处设置两道密封叶片，以增强内塞对瓶口内部缺陷的补偿能力。此外，在内塞与塑料瓶口之间增设支撑环，既提供结构支撑，又确保内塞与塑料瓶口之间的密封过盈量。

3 功能验证

初步试验结果显示，在常温条件下倒置 8 小时无泄漏现象，然而在低温环境下，泄漏率达到了 10%。经过深入分析，泄漏的原因归结于内塞厚度设计为标准的 1mm，导致在低温环境下存放 24 小时后内塞收缩，强度降低，无法实现有效密封。此外，玻璃瓶口的实际尺寸与理论状态存在较大偏差，特别是在距离瓶口下 10mm 处，直径测量值为 37.5-38mm，且存在局部凹陷等生产缺陷，这显著减少了有效密封区域，影响了贴合和支撑效果。

针对上述问题，依据传统设计经验，对内塞的结构进行了优化。具体措施包括将内塞柱面密封位置的壁厚从 1mm 增加至 1.2mm，密封叶片的厚度从 0.3mm 提升至 0.5mm，并扩大了叶片密封的直径，以适应瓶口的实际缺陷。

产品经过修改后，依据 BB/T0048《组合式防伪瓶

盖》标准进行了测试。测试过程中意外发现，原本在常温条件下无泄漏的问题，在修改后反而出现了泄漏，与之前的分析结果不符。为解决这一泄漏问题，对产品密封结构和前次测试情况进行了再次分析。分析结果表明，此次泄漏发生在与前次不同的位置，主要是在内塞与塑料瓶口之间。为彻底查明原因，对泄漏位置进行了模拟压装测试。模拟测试显示，内塞在装配过程中经过挤压后，在与塑料瓶口的配合面 A 位置发生了翘曲变形，导致密封失效。

针对此次密封失效问题，对内塞结构进行了进一步调整，在内塞 B 位置增设了一组 8 个支撑筋板，以减少内塞在塑料瓶口处的翘曲变形，并增强与玻璃瓶口之间的支撑力，从而提高密封位置的压紧力。

经过上述修改后，再次依据 BB/T0048《组合式防伪瓶盖》标准进行了测试。测试结果表明，密封性能和耐温性能均完全符合标准要求，结构设计达到了预期的密封效果。

4 结论

在大口径玻璃瓶的瓶口制作工艺复杂，瓶口尺寸及形状控制难度较大，在进行瓶盖密封设计中，需要的特别考虑瓶口的不规则性。密封结构设计中，材料确定后，如何提高密封表面压紧力是解决渗漏的关键。针对大口径瓶盖的密封设计，要考虑内塞压装过程中的状态，增加支撑筋板减少内塞在塑料瓶口处的翘曲变形。

参考文献

- [1] 胡昌红,潘亚军,王选伦.白酒包装塑胶瓶盖的密封结构设计简析[J].橡塑技术与装备,2019,45(16):55-58.(3.6)
- [2] 胡昌红,潘亚军,杨吉红,等.在白酒包装企业推行标准化设计的研究[J].橡塑技术与装备,2023,49(6):91-95.(3)
- [3] 薛润萍,李秋涛,李茂春,等.白酒包装瓶盖材料的发展研究[J].酿酒科技,2020,316(10):91-95.(3)
- [4] 黄朝林,王虹淞,彭静雯,等.结构参数对瓶盖密封性能影响分析[J].饮料工业,2022,25(6):66-70.(3)
- [5] 吕振兴,杜艳红,徐颖,等.组合式防伪瓶盖密封性探究[J].中国包装,2010,31(3):106-109.(8)
- [6] 李亚,饶微,孙莉,等.白酒瓶瓶口渗漏原因分析及对策[J].酿酒,2023,50(6):104-106.(3).