

大曲容重测量方法的研究

刘念¹, 彭奎²

(1.四川省食品发酵工业研究设计院, 四川 温江 611130; 2.酿酒生物技术及应用四川省重点实验室, 四川 温江 611130)

摘要: 通过比较大曲容重测量的几种方法, 得到采用智能非接触体积测量系统(气体法), 把体积参量转化为气体压力参量进行测量, 具有无污染、测量速度快、精度高、重现性好等特点。采用该非接触式的测量方法对大曲容重进行测量, 设计出一种适合大曲容重测量的新方法。利用该方法测量大曲容重精度可以达到99%以上, 重复性误差小于 $\pm 0.5\%$ 。

关键词: 白酒; 大曲; 容重; 测量

中图分类号: TS262.3; TQ925.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-9286(2007)10-0028-03

Study on the Measurement Methods of the Volume Weight of Daqu

LIU Nian¹ and PENG Kui²

(1.Sichuan Food Fermentation Industry Research & Design Institute, Wenjiang, Sichuan 611130; 2.Sichuan Key Lab of Liquor-making Biotech Application, Wenjiang, Sichuan 611130, China)

Abstract: An intelligent-untouched volume measurement system (gas-measured method) was the best through comparison of several methods for measuring the volume weight of Daqu. Such method had the advantages including no defile, fast measurement, high accuracy and good reproductivity. It converted the volume parameter of gas into pressure for measurement. Accordingly, a new method which was suitable for measuring the volume weight of Daqu was finally developed according to the principle of untouched-method. The application of such method could achieve above 99 % accuracy and the repeated error was below $\pm 0.5\%$.

Key words: liquor; Daqu; volume weight; measurement

大曲作为大曲酒酿造中的糖化发酵剂, 酿酒先辈们凭借长期以来的酿酒实践经验, 把大曲在大曲酒酿造中的作用总结归纳为“酒之骨”、“酿好酒, 必用好曲”等精辟论断, 充分说明了大曲是大曲酒酿造中的重要物质基础。

大曲容重是指大曲的质量与其体积的比值(g/cm^3), 该指标能够从侧面反映出曲坯在发酵过程中微生物生长的情况, 直观地表现大曲的“泡气”程度, 也反映出曲坯经发酵后的成熟度。因而, 曲块容重实际上是大曲发酵终极状态的重要量化指标, 是衡量大曲质量的关键指标之一, 在泸州老窖股份有限公司新建立的大曲质量标准指标体系中把“曲块容重”指标的权重设计为15%^[1]。目前对不规则物体容重测量的方法主要有液浸法、CCD三维测量法^[2]、气体法等。本研究主要是建立了气体法测

量大曲的方法。

1 大曲容重测量方法比较

1.1 液浸法

对大曲容重测量主要解决的问题是重量的测量和体积的测量。目前重量测量的方法很多, 而且精度很高, 所以容重测量主要解决的问题是体积测量。体积测量是最基本的物性测量之一, 对于形状规则的匀质物体, 通常采用量积法直接测量其体积。对于不规则物体, 目前普遍利用阿基米德定律, 采用液浸法间接测量其体积。

由于大曲的表面具有不规则性和吸水性, 所以采用量体积法与液浸法都无法准确测量, 针对这些情况, 目前某些大曲生产企业采用改进后的液浸法对大曲进行容重的测定。

基金项目: 四川省科学技术厅应用基础项目 项目编号: 2006J13-006-6)。

收稿日期: 2007-08-02

作者简介: 刘念(1969-), 男, 四川富顺人, 高级工程师, 四川省食品发酵工业研究设计院酿酒研究所所长, 长期从事酿酒研究、科研设计、技术转让及技术培训, 发表论文数十篇、著作2部。

改进后的液浸法是利用保鲜膜将大曲包裹, 采用真空泵抽真空使其保鲜膜紧密地接触大曲表面, 然后利用液浸法对大曲体积进行测量, 进而得到大曲的容重。该方法虽然技术设备要求低、投资小, 但存在操作繁琐、精度不够高、重现性低、操作对结果影响大等缺点。特别是有裂口的大曲, 这种方法就无能为力了。

1.2 CCD 三维测量法^[2]

近年来, 随着计算机技术、电子技术、光学技术以及图形图像、数据处理等学科的迅猛发展, 三维几何形貌测量及重建技术也得到了长足的发展。CCD 三维测量法为非接触式测量, 利用 CCD 摄像头对被测物体进行三维扫描, 通过与计算机相连, 采用三维几何形貌测量及重建技术, 在计算机上模拟出被测物体模型, 近而得到其体积与容重。

CCD 三维测量法可以在不破坏被测物的情况下准确地测量出其内外表面、内部特征、空隙和裂缝, 这是其他三维测量方法难以做到的, 该技术已广泛应用于细胞、肿瘤或肿块的检测。该方法具有非接触、快速和可行性好等特点, 因而备受青睐。

利用 CCD 三维体积法对大曲进行容重测定, 虽然可以较准确地得到测量结果, 但是目前商品化的利用 CCD 三维体积法生产出的测量仪器价格相当昂贵, 而且对曲药这种“大型”物件尚未有配套设备。

1.3 气体法

利用气体法测量大曲容重, 将物体体积参数测量转变成气体压力测量, 可以实现体积非接触测量。该测量方法不仅具有非接触、无污染、测量速度快、精度高等特点。在对大曲进行容重测定时, 还具有以下优点:

由于大曲表面不平, 而且有些还有裂口, 利用气体压力测定大曲容重、体积更加准确;

测量不对大曲有任何的破坏, 被测量过的大曲可以正常使用, 而且大曲还可以多次进行重复测量;

测量设备的结构简单、操作安全、设备投入成本低、测量成本低, 测量工作简便、省时。

2 气体法基本原理与公式推导

2.1 基本原理

大曲容重测量系统, 其结构如图 1。

根据气体波-马定律, 对任意一个平衡状态下的压力 P 、体积 V 与温度 T 存在如下的关系:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \Delta = C(\text{恒量}) \quad (1)$$

大曲容重测量系统图 1 的测量原理为: 打开测量室 (V_1), 放入待测大曲 (V_s), 关闭测量室门与阀 1, 打开空压机将测量室压强通至 0.25 ~ 0.28 MPa, 关闭排气阀,

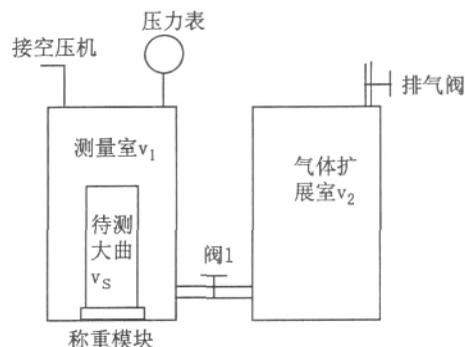


图 1 大曲容重测量仪原理图

打开阀 1, 使测量室与气体扩展室 (V_2) 成恒压, 根据阀 1 打开前后压力表读数, 则有:

$$\frac{P_1(V_1 - V_2)}{T_1} + \frac{P_a V_2}{T_1} = \frac{P_2(V_1 - V_s + V_2)}{T_2} \quad (2)$$

式中: P_1 ——测量室初始压强;

P_a ——大气压强;

P_2 ——打开阀 1 后两室的平衡压强;

T_1, T_2 ——打开阀 1 前后系统温度值。

由于本实验是在压强较低情况下进行的, 温度变化值较低, 在本实验中可以看作 $T_1 = T_2$, 可以得到:

$$V_s = V_1 - \frac{P_2 - P_a}{P_1 - P_2} \times V_2 \quad (3)$$

在实际测量过程中, 由于气体压强平衡时, 阀门的启闭、温度与气压的微小变化、测量介质的吸附性能等因素的影响, 会给系统的测量带来误差, 因此本设备在运算过程中引入微变体积修正经验公式^[3]:

$$V_k = \frac{G(P_1 - P_2)(P_a + P_2)}{P_2} \quad (4)$$

式中: V_k ——微变体积修正值 (cm^3);

G ——膨胀系数 (cm^3/MPa)。

由公式 (3) 和 (4) 可以得到修正后的未知体积测量公式:

$$V_s = V_1 - \frac{P_2 - P_a}{P_1 - P_2} \times V_2 + \frac{G(P_1 - P_2)(P_a + P_2)}{P_2} \quad (5)$$

由于容重 $\rho = \frac{m}{V}$, 所以大曲容重为:

$$\rho = \frac{m}{V_s} = \frac{m}{V_1 - \frac{P_2 - P_a}{P_1 - P_2} \times V_2 + \frac{G(P_1 - P_2)(P_a + P_2)}{P_2}} \quad (6)$$

2.2 确定 V_1 、 V_2 、 G 的方法

虽然 V_1 、 V_2 、 G 的值对确定的测量系统而言是两个常量, 但要获得其准确值需按照一定的要求进行测定。精密加工一组长方体状且厚度各异的标准长方体块 (以下简称标准块), 材料可用 1Cr18Ni9Ti 等优质不锈钢材质, 依次标号为 1 号、2 号, 经测量其体积值分别为 V_{01} 和 V_{02} 作为真值。标准块的作用主要有: 用来配比测量室, 使测量时的空白体积尽量小, 以保证测量的线性度

始终处在最优状态; 通过标准块的测量来检验测量的精度; 对系统误差进行校正。

3 结果与分析

3.1 V_1 、 V_2 、 G 的确定

分别在测量室中放入 V_{01} 、 V_{02} 、 V_{01} 和 V_{02} 或不放任何物体, 测得的数据见表 1。

表 1 实验原始数据

初始压强 (P_1 , MPa)	末压强 (P_2 , MPa)			
	V_{01}	V_{02}	V_{01} 和 V_{02}	不放任何物体
0.200	0.120	0.119	0.113	0.125
0.210	0.126	0.124	0.118	0.132
0.220	0.133	0.130	0.123	0.138
0.230	0.140	0.136	0.128	0.144
0.240	0.146	0.142	0.134	0.150
0.250	0.152	0.148	0.139	0.157
0.260	0.158	0.154	0.145	0.165
0.270	0.164	0.162	0.154	0.170
0.280	0.170	0.165	0.156	0.175
0.290	0.175	0.172	0.162	0.180
0.300	0.181	0.178	0.168	0.188

根据表 1 数据分析, 作散点图(见图 2), 通过散点图可以看出, 测量室中放入 V_{01} 、 V_{02} 、 V_{01} 和 V_{02} 或不放任何物体时初始压强与末压强之间存在较好的线形关系, 通过最小二乘法拟合可以得到表 2。由表 2 可以看出, 初始压强与末压强具有显著线形关系, 相关性 $R > 0.999$ 以上。通过拟合方程代入(5)式可以求出 V_1 、 V_2 、 G 。

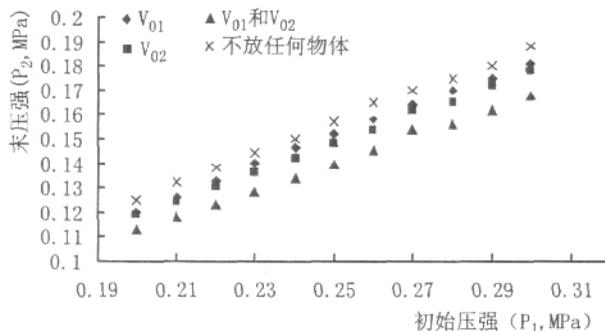


图 2 测量前后压强散点图

表 2 最小二乘拟合

放入测量物体类型	拟合方程	R
V_{01}	$P_2=0.613P_1-0.002$	1.000
V_{02}	$P_2=0.593P_1+2.2 \times 10^{-5}$	1.000
V_{01} 和 V_{02}	$P_2=0.556P_1+0.001$	0.999
不放任何物体	$P_2=0.643P_1-0.002$	0.999

3.2 标准块测量结果分析

通过以标准块的测量为例, 其精度测量结果见表 3, 其重复性测试结果见表 4。

由表 3 和表 4 可以看出, 用此方法测量体积的相对

表 3 标准块体积测量

标准块 体积号	真值: V_0 (cm^3)	测量值: V_r (cm^3)	绝对误差: $dv = V_0 - V_r $	相对误差: $dv / V_0 (\%)$
1	2002	2020	18	0.8991
2	2645	2634	11	0.4159
1+2	4647	4680	33	0.7101

表 4 标准块体积重复性测试结果

标准块 体积号	真值: V_0 (cm^3)	测量值: V_r (cm^3)	绝对误差: $dv = V_0 - V_r $	相对误差: $dv / V_0 (\%)$
1		2654	9	0.3403
2		2635	10	0.3781
3	2645	2642	3	0.1134
4		2657	12	0.4537
5		2638	7	0.2647

误差小于 $\pm 1\%$, 而对同一标准块的体积测量的重复性误差小于 $\pm 0.5\%$ 。而目前质量的测量精度已经相当高, 所以利用该仪器测量大曲容重相对误差也小于 $\pm 1\%$, 重复性误差小于 $\pm 0.5\%$ 。

3.3 大曲容重的测量

通过对某厂大曲进行测定, 其大曲容重高于 0.74 的占 10% 左右, 0.72~0.74 的占 30% 左右, 低于 0.72 的占 60% 左右。

4 小结

综合考虑本文提出的 3 种方案, 采用气体法测量大曲容重具有操作方便、设备投入低等特点。在进行气体法测量实验过程中, 采用已知体积物体对实验参数进行校正, 根据多次实验得到的结果, 运用数学分析方法找出实验过程中精度与压强、体积和温度的关系, 求得最佳实验条件。实验中误差的主要来源是仪表的精度, 若运用高精度的压力和温度仪表, 可以大大提高测量的精确度, 减少误差。将电子学和单片机控制等技术运用到本仪器中, 设计出一种智能控制的大曲体积测定的仪器, 将得到的数据直接反映到仪表上, 这样将更有利于大曲生产的自动控制。目前我所已设计出利用气体法测量大曲容重的测量仪一台, 该仪器测量大曲容重精度可以达到 99% 以上, 重复性误差小于 $\pm 0.5\%$, 并已申报国家实用新型专利(申请号: 200720079837.5)。

参考文献:

- [1] 沈才洪, 应鸿, 许德富, 邬捷锋, 沈才萍. 大曲质量标准的研究(第四报): 大曲的理化特征指标探讨[J]. 酿酒科技, 2005, 135(9): 20-22.
- [2] 陈祥敏. 测量任意形状体积的一种新方法[J]. 测绘技术装备, 2002, (3): 26-27.
- [3] 迟善武, 任荣亭, 魏延文. 小体积测量的精确方法[J]. 工业计量仪表, 1997, (2): 27-29.