

甑桶醅层高度及结构设计对蒸馏效率及酒质的影响研究

杨平¹,涂荣坤¹,钱志伟¹,杨甲平¹,刘向阳¹,徐前景¹,李海龙²,林锋¹

(1.泸州老窖股份有限公司,四川 泸州 646000;2.四川大学化工学院,四川 成都 610065)

摘要: 探索浓香型白酒甑桶醅层高度及结构的设计对蒸馏效率及酒质的影响。研究表明,单位质量糟醅的蒸馏效率随醅层高度的增加逐渐升高。醅层高度相同时,小直径的甑桶蒸馏效率高于大直径甑桶。甑桶的高径比较大时有利于强化蒸馏,符合增己降乳的原则,可有效提高蒸馏效率与酒质。

关键词: 醅层高度; 高径比; 蒸馏效率; 风味物质

中图分类号: TS262.3; TS261.7; TS261.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2012)10-0094-05

Effects of the Height of Fermented Grains Layer and the Structure Design of Steaming Barrel on Liquor Distillation Efficiency and Liquor Quality

YANG Ping¹, TU Rongkun¹, QIAN Zhiwei¹, YANG Jiaping¹, LIU Xiangyang¹, XU Qianjing¹, LI Hailong² and LIN Feng

(1. Luzhou Laojiao Co.Ltd., Luzhou, Sichuan 64600; 2. School of Chemical Engineering,

Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China)

Abstract: The effects of the height of fermented grains layer and the structure design of steaming barrel on the distillation efficiency and the quality of Luzhou-flavor liquor were investigated. The results showed that as the height of fermented grains layer increased, distillation efficiency of the unit mass increased; for fermented grains layer of the same height, distillation efficiency of steaming bucket with smaller diameter was higher than that with larger diameter; it was good for distillation as the ratio of height to diameter was relatively large, which increased ethyl caproate and decreased ethyl lactate and could effectively improve the distillation efficiency and liquor quality.

Key words: fermented grains layer height; the ratio of height to diameter; distillation efficiency; flavoring substances

在传统的固态发酵法白酒生产中,采用甑桶蒸馏和冷却器组成的蒸馏装置,将发酵成熟的酒醅通过蒸馏操作得到白酒^[1]。固态蒸馏技术是形成大曲酒典型风格的关键,是我国大曲酒生产的独特之处。甑桶蒸馏可以认为是一个特殊的填料塔,将含有 60% 水分以及酒精和数量众多的微量香味成分的固态发酵酒醅,通过人工装甑逐渐形成甑内的填料层,在蒸汽不断加热下,使甑内酒醅温度不断升高,下层醅料的可挥发组分浓度逐层不断变小,上层醅料的可挥发组分浓度逐层不断变浓,将酒精含量 4% vol 左右的发酵酒醅分离浓缩成酒精含量为 60% vol~70% vol 的高度白酒,在蒸酒的同时对新投原粮进行蒸煮糊化,便于下一排有效地进行发酵。研究甑桶蒸馏理论问题,不仅可以把我国人民在长期生产实践中积累的经验及时提高到现代科学技术应有的理论水平,而且是白酒生产技术进一步提高的关键所在^[2-3]。

目前,关于白酒蒸馏这一技术环节的系统研究报道不多,系统研究、探索浓香型白酒固态蒸馏的机理以及传统蒸馏装置系统本身的改进方面进展不够深入^[4],特别是定量研究方面有待深入研究,对大曲酒固态蒸馏本身的特点、机理没有系统的研究,所运用的理论依据仍采用液态蒸馏的酒精蒸馏理论,因而对许多问题的解释缺乏足够的说服力,研究所涉及的范围较窄,主要集中在装甑及接酒技术对蒸馏效果的影响对比等方面,未进一步对蒸馏过程中蒸汽性质、醅层高度、酒醅的疏松度、冷凝器冷却效果、风味物质的馏出动力学等问题进行研究,这些因素是不可控的,其相互间还有着联系和影响,这给本研究带来了很大的难度^[6-7]。

本实验结合白酒厂面临的一些实际生产问题,通过对醅层高度、甑桶结构的设计对蒸馏效率及基础酒质的影响进行研究分析,研究甑桶内乙醇浓缩规律,以此为

收稿日期:2012-05-31

作者简介:杨平(1976-),男,硕士研究生,工程师,从事酿酒生产技术工作。

改进操作条件、提高白酒蒸馏效率提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料、装置

1.1.1 实验材料

酒醅:泸州老窖百年窖池正常发酵周期酒醅,为了更好的研究蒸馏效率,便于控制堆积密度。调整酒醅孔隙率,实验采用不投粮对酒醅拌料,酒醅和糠壳混合比例约为 6:1,堆密度保持在 $360\sim 400\text{ kg/m}^3$ 之间。

1.1.2 实验装置

实验装置见图 1;甑桶上底、下底直径见表 1。冷凝器为直管式换热器,中间用过汽筒通过水封形式相连。过汽筒直径 100 mm,长度 2 m,转角过渡段高度 37 mm。换热器换热面积约 5.55 m^2 。

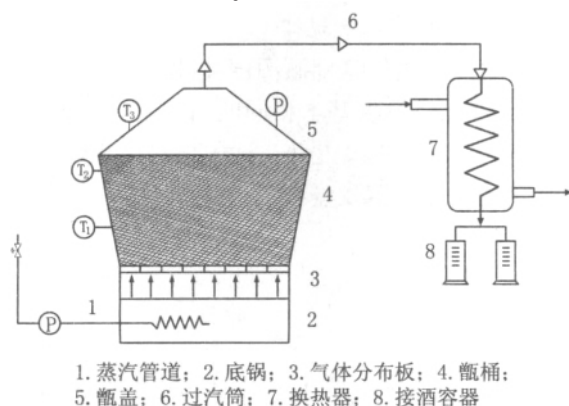


图 1 实验装置图

甑桶:根据相同体积,不同高度与相同高度,不同体积的设计思路进行制作,采用 A、B、C 3 种双层保温不锈钢甑桶对发酵酒醅进行蒸馏,其具体的参数见表 1。

表 1 甑桶的尺寸参数

项目	甑桶编号		
	A	B	C
上底(m)	0.85	1	1
下底(m)	0.76	0.9	0.9
高度(m)	1	0.7	1
体积(m^3)	0.5	0.5	0.71

风味化合物分析使用 HP-6890 型气相色谱仪测定,气相色谱条件:以氮气为载气,柱流量 1.8 mL/min ,分流比 50:1;各种气体流量:氮气为 30 mL/min 、空气为

300 mL/min 、氢气为 30 mL/min 。起始温度为 $40\text{ }^\circ\text{C}$,保持 4 min,以 $2.5\text{ }^\circ\text{C/min}$ 升至 $60\text{ }^\circ\text{C}$,再以 $5\text{ }^\circ\text{C/min}$ 升至 $120\text{ }^\circ\text{C}$,最后以 $10\text{ }^\circ\text{C/min}$ 升至 $240\text{ }^\circ\text{C}$,保持 4 min。

色谱柱采用美国 HP-INNOWAX 毛细管柱,柱长 60 m,内径 0.25 mm,膜厚 $0.25\text{ }\mu\text{m}$ 。

1.2 实验方法

1.2.1 关键因素对基础酒蒸馏效率及酒质的影响

醅层高度:取适量的发酵酒醅与糠壳充分拌匀后,采用探汽上甑方式进行上甑,保证工艺操作条件完全一致,研究醅层高度为 0.6 m、0.7 m、0.8 m、0.9 m、1.0 m 时的蒸馏情况。接酒过程严格遵守量质摘酒。蒸馏结束后,分别对基础酒的产量、酒精度进行测量;将相同体积、不同高度与相同高度、不同体积甑桶设计的两种情况下所得基础酒混合均匀后分别取 200 mL 进行色谱分析。

高径比:取适量的发酵酒醅与糠壳充分拌匀后,采用探汽上甑方式进行上甑,保证工艺操作条件完全一致,对比研究相同体积、不同高径比的甑桶 A 和 B 的蒸馏情况。接酒过程严格遵守量质摘酒。蒸馏结束后,分别对基础酒的产量、酒度进行测量;将两种情况下所得基础酒混合均匀后分别取 200 mL 进行色谱分析。

1.2.2 乙醇的浓缩规律研究

在甑高 30 mm、70 mm 的轴中心处以及甑盖空间处设置 3 个测温点 T1、T2、T3,分别测量糟醅、甑盖内乙醇蒸汽温度在蒸馏过程中的变化,温度数据每隔 5 s 记录 1 次。对结果数据进行分析,探索甑桶内乙醇的浓缩规律。

1.2.3 分析方法

基础酒酒精度的测定:参见国标 GB/T10345—2007^[9]。

总酸和总酯的测定:参见国标 GB/T10345—2007^[9]。

2 结果与分析

2.1 醅层高度对基础酒蒸馏效率的影响

在生产工艺操作条件相同的情况下,试验测试了甑桶 A、甑桶 C 的蒸馏效率,结果见表 2。甑桶 A 随着酒糟颗粒床层高度的增加,单位酒醅出酒量有明显的增加,基础酒产量逐渐增加,醅层高度 1.0 m 比 0.6 m 出酒率增加 43.6%。直径不同但高度相同的甑桶 A 及 C,其醅层高度对基础酒蒸馏效率的影响呈现相同的规律。

表 2 醅层高度对基础酒产量的影响

醅层 (m)	甑桶A			甑桶C		
	酒醅质量(kg)	基础酒产量(kg)	单位酒醅出酒率(%)	酒醅重量(kg)	基础酒产量(kg)	单位酒醅出酒率(%)
1.0	230	11.4	4.97	377	13.0	3.44
0.9	212	10.3	4.86	338	9.0	2.66
0.8	195	7.5	3.86	292	7.5	2.57
0.7	164	5.9	3.60	264	5.8	2.20
0.6	130	4.5	3.46	—	—	—

注:基础酒产量及单位酒醅出酒量均已折算成 65 %vol 时的质量。甑桶 A 蒸馏的酒醅乙醇含量为 4.0 %vol;甑桶 C 蒸馏的酒醅酒精度为 3.6 %vol。

甑桶醅层高度相同时,甑桶 A 均比甑桶 B 的出酒率高 30%~60%,直径较小的甑桶 A 蒸馏效率高于直径较大的甑桶 B。这是因为大直径甑桶蒸馏时,甑边区的空隙率较大,自由空间较大,流动阻力较小,蒸汽优先流入甑边区。这使得蒸汽的径向不均匀分布,造成传热和传质的时序错位,导致了甑边区酒汽先于中心区流出,甑边效应加剧,降低了白酒固态蒸馏效率和酒的品质^[10]。

2.2 醅层高度对基础酒酒质的影响

2.2.1 基础酒感官品评结果

对不同醅层高度产基础酒的感官评定结果见表 3。

表 3 不同醅层高度基础酒感官评定

醅层高度(m)	感官评语
1.0	香气纯正,醇厚,醇甜味净
0.9	香气纯正,醇厚,醇甜味净
0.8	香气较好,醇厚,味净
0.7	香气较好,味淡、有涩味
0.6	香气较差,味淡、涩味重

从表 3 可以看出,随着醅层高度逐渐降低,基酒感官品评结果逐渐变差。醅层高度为 1.0 m 时感官品评效果最好,酒体具有香气纯正,醇厚,醇甜味净等特点;醅层高度低于 0.7 m,酒中涩味明显显现,其主要原因是醅层高度越低,增加了水溶性酯及酸类的提取,导致乳酸乙酯含量过高,乳酸乙酯与己酸乙酯比值失调所致。

2.2.2 主要风味物质成分分析

对甑桶 A 不同醅层高度蒸馏所得基础酒的风味物质进行色谱分析,结果见表 4。表 4 结果表明,醅层高度较高时,优质酒率较高,己酸乙酯的含量较高,乳酸乙酯的含量较低。随着醅层高度的降低,己酯和乳酯比例分别呈下降和上升的趋势,乳己比逐渐增大;乙酸乙酯,丁酸乙酯的含量变化不大,总酸含量随醅层高度降低而逐渐增大。试验结果表明,增加醅层高度能够强化醇溶性酯的提取,降低水溶性酯及酸类的提取,符合增己降乳的原则,提高基础酒酒质,主要是由于在较高甑位区乙醇浓度较高,可以增加醇散作用程度,有利于风味物质的提取。

另外,醅层高度对高沸点的棕榈酸乙酯、亚油酸乙酯等主要呈香物质的提取率也有较大的影响。采用甑桶高度为 1.0 m 的甑桶对醅层高度不足 1.0 m 的酒醅进行蒸馏时,存在较大的空余空间。蒸馏过程中,乙醇及高沸点香味物质的混合物脱离酒糟颗粒表面被蒸发时,仅靠其缔合键力的作用往上运动,如果空间内热量足够多,便可以继续提供热能支持,使这些分子团定向运动。但是,空间内的热能是来自醅层表面的辐射热,随着距离的增加,辐射热迅速减少,热能的减少意味着分子团的牵引力减少而返回醅层表面。因此,甑盖冷凝面不应离醅层表面太

表 4 醅层高度对基础酒风味物质的影响 (mg/100 mL)

组分	醅层高度 (m)				
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
己酸乙酯	145.1	142.4	134.1	124.7	118.4
乳酸乙酯	350.4	373.5	380.4	450.5	468.2
丁酸乙酯	8.3	8.6	8.7	8.2	9.3
乙酸乙酯	82.2	86.7	85.0	82.8	75.5
乙酸	41.3	51.9	54.5	55.6	57.2
丙酸	1.0	1.0	1.1	1.0	2.0
丁酸	15.8	16.5	17.7	18.4	21.4
己酸	43.7	47.7	48.8	52.4	56.5
乳己比	2.4	2.6	2.8	3.6	3.9
棕榈酸乙酯	49.2	31.1	21.2	18.3	16.9
亚油酸乙酯	49.5	38.9	29.7	23.4	21.0
优质酒率(%)	40.5	39.3	38.6	37.2	35.3

远^[11]。

2.3 甑桶内乙醇的浓缩规律

各种醅层高度的基础酒酒度变化见图 2。从图 2 中可以看出,在断花酒度基本相同的情况下,基础酒酒度随醅层高度的增加呈直线上升,这主要是由于增加醅层高度能有效增加蒸汽蒸发、冷凝、蒸发的次数,强化乙醇浓缩。

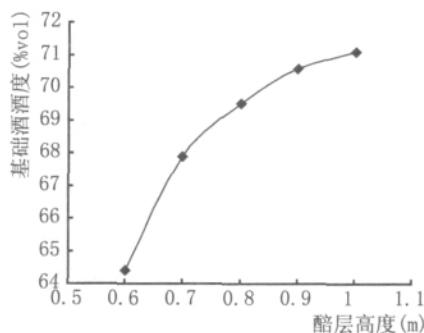


图 2 不同醅层高度基础酒的酒度变化

测量醅层高度为 1.0 m 的甑桶 A 的蒸馏过程中,300 mm、700 mm 及甑盖空间处的温度变化 T1、T2、T3,结果见图 3、图 4。其中,图 3 的时间零点为上甑起始时间,终止点表示上甑结束时间;图 4 的时间起点为上甑结束时间,终止点表示流酒结束。从图 2 中可以看出:

① T2 的温度梯度比 T1 的略小,这说明随着甑位的升高,能有效增加蒸汽蒸发、冷凝、蒸发的次数,强化乙醇浓缩,酒精度逐渐升高,酒精浓度逐层加浓;

② 测温点升温极限值随着甑位甑高有所降低,当上甑结束时,甑高 300 mm 处的温度为 99.8℃,主流蒸汽中,乙醇含量几乎为零,甑高 700 mm 处的温度为 96.8℃,对应的蒸汽中乙醇浓度为 34.2 %vol,这说明,当上甑结束还未进入流酒阶段时,乙醇主要集中在高甑位区,低甑位区已基本没有乙醇,还未被提馏的醇溶性微量物质已不具备提香条件,香味物质损失严重;

③上甑结束后,甑盖内有一个恒温及升温过程;流酒阶段,温度变化较慢,甑盖空间内气相乙醇浓度在较长时间内保持高度值,可以抑制酩层表面上水溶性组分的大量渗出,因此,可以防止尾级杂质提前馏出,延长流酒时间。

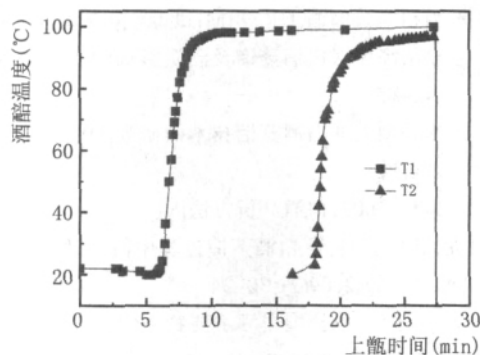


图3 甑桶A内不同高度处酒酩温度变化图

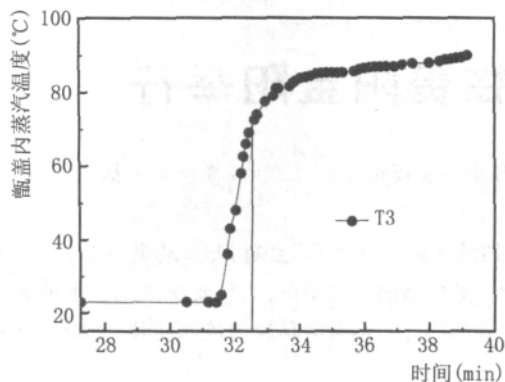


图4 甑桶A内的酒蒸汽的温度变化图

2.4 甑桶高径比对基础酒蒸馏效率的影响

对比研究甑桶容积相同,高径比不同的甑桶A、B的蒸馏情况,结果见表5。从表5可以看出,甑桶高径比为1.242时,100 kg 酒酩的基础酒产量为5.40 kg;高径比为0.737时,100 kg 酒酩的基础酒产量仅为4.45 kg,这表明,甑桶结构对蒸馏效果有显著影响。上甑操作时,水蒸汽上升穿过酒酩,把热量传递给酒酩,酒酩中的酒精遇热挥发,被蒸汽带动向上层运动,遇到上层新盖上的冷酒酩冷凝下来,由于水蒸汽不断地将热量传递给酒酩,酒精又继续汽化向上升,而后再冷凝下来。因此,通过不断的热量交换,酒精不断被汽化、冷凝,甑桶高径比越大,甑桶高度越高(目前试验进行到1.2 m),酩中的酒精含量不断地浓缩,基础酒产量相对提高。

2.5 甑桶高径比对基础酒酒质的影响

对比研究甑桶容积相同,高径比不同的甑桶A、B对白酒蒸馏效果的影响。

2.5.1 基础酒感官品评结果

表5 甑桶高径比对基础酒蒸馏效率的影响

项目	甑桶编号	
	A	B
甑桶高度(m)	1	0.7
高径比	1.242	0.737
甑桶体积(m ³)	0.496	0.496
酒酩重量(kg)	220	220
基础酒产量(kg)	10.8	8.9
基础酒酒度(%vol)	67.277	63.522
100 kg酒酩产酒量(kg)	5.4	4.45

对不同酩层高度产基础酒进行感官评定,其结果见表6。

表6 不同酩层高度基础酒感官评定

甑桶编号	感官评语
A	香气纯正,醇厚,醇甜味净
B	香气较好,味淡

由表6可知,高径比较大的甑桶A基础酒感官尝评效果较好,酒体具有香气纯正、醇厚、醇甜味净等特点。

2.5.2 主要风味物质成分分析

将相同糟源的等质量酒酩在体积相同、高径比不同的甑桶内蒸馏,得到的基础酒中风味物质主要含量见表7。由表7可以看出,高径比较大的甑桶A能够强化醇溶性酯己酸乙酯、乙酸乙酯、丁酸乙酯的提取,减少水溶性酯如乳酸乙酯及酸类的提取,提高基础酒酒质。

表7 甑桶高径比对基础酒中风味物质浓度的影响

项目	甑桶编号	
	A	B
己酸乙酯	70.8	61
乳酸乙酯	365.1	484.3
丁酸乙酯	7.1	6.6
乙酸乙酯	82.8	80
乙酸	56.6	63.8
丙酸	0.89	0.91
丁酸	11.2	12.6
己酸	30.8	34.4
总酯	392	440
总酸	65	75

3 结论

3.1 单位质量酒酩的蒸馏效率随酩层高度的增加逐渐升高,酩层高度以1.0~1.2 m为宜。增加酩层高度能够强化醇溶性酯的提取,降低水溶性酯及酸类的提取,符合增己降乳的原则,提高基础酒酒质。

3.2 酩层高度相同时,小直径的甑桶蒸馏效率高于大直径甑桶。因大直径甑桶蒸馏时,蒸汽的径向流动不均性较强,蒸汽往边壁或阻力小的地方流的趋势越强,形成酩边效应,影响蒸馏效率。

3.3 在断花酒度基本相同的情况下,基础酒度随酯层高度的增加呈直线上升,这主要是由于增加酯层高度能有效增加蒸汽蒸发、冷凝、蒸发的次数,强化乙醇浓缩。

3.4 在不影响酒酯疏松度和操作方便的前提下,浓香型大曲白酒固态蒸馏上甑酯层高度应尽可能提高,目前试验进行到 1.2 m。另一方面,过高的甑桶高度可能有碍于正常的生产操作,而且酯层高度过高时,由于自身重力的影响,会导致酒酯的空隙率下降,有待进一步系统研究,找到最佳酯层高度,优化白酒蒸馏参数。

3.5 甑桶的高径比较大时有利于强化蒸馏,能够强化醇溶性酯——己酸乙酯、乙酸乙酯、丁酸乙酯的提取,减少水溶性酯如乳酸乙酯及酸类的提取,达到增己降乳,提高基础酒质。

参考文献:

- [1] 赖登辉,彭启明,丁志贤.中国白酒的蒸馏技术[J].酿酒科技,2004(5):51.
- [2] 沈怡方,等.白酒生产技术全书[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
- [3] 沈怡方.白酒的甑桶蒸馏[J].酿酒,1995(5):8.
- [4] 许开天.酒精蒸馏技术[M].北京:轻工业出版社,1990.
- [5] 章克昌.酒精与蒸馏酒工艺学[M].北京:轻工业出版社,1995.
- [6] 蒲凌龙.酯层高度对白酒蒸馏及酒质影响的研究[J].酿酒科技,2005(2):42-45.
- [7] 蒲凌龙.浓香型大曲白酒蒸馏技术的研究[D].天津:天津科技大学,2000.
- [9] GB/T10345—2007,白酒分析方法[S].
- [10] 李海龙,朱丽,张良,等.白酒蒸馏过程中甑边效应的热力学分析[J].酿酒科技,2009(2):30-34.
- [11] 李海龙,沈才洪,等.泸型白酒主要物质组分在蒸馏过程中的变化[J].酿酒科技,2009(9):61-65.

2012 中国酒业高峰论坛在贵阳金阳举行

本刊讯 9月9日下午,2012 中国酒业高峰论坛在贵州省贵阳市金阳国际生态会议中心举行。300 多位有关部门负责人,国内外知名酒企代表、行业协会负责人和专家学者出席了本次论坛。

论坛借着中国国际(贵州)酒类博览会的召开,围绕“传统与创新——中国酒业国际化之路”主题,大家共聚一堂,深入探讨中国酒业的未来发展大计,可以说是中国酒业主动对接国际酒业推动战略合作和高端对话的一大创举,不仅集中体现了中国酒业继承传统面向现代化的国际视野和壮志宏图,更是充分展示了贵州酒业特别是贵州白酒因时而变与时俱进的进取精神。贵州不仅要创造拥有浓郁自身区域特色的酒业板块,而且不断强调以白酒为主导的酒业创新之路。

贵州省副省长孙国强致欢迎辞,代表贵州省委、省政府和省委书记、省长赵克志对国内外参会嘉宾表示热烈欢迎和衷心感谢。他说,“酒博会高峰论坛”是国内外酒行业企业、专家、协会、政界与商界的深度交流平台,是贵州省通过酒博会平台让贵州美酒走出大山、走向世界、融入全球经济的有效途径,更是中国酒行业未来国际化发展之路的有益探索。

本次论坛嘉宾几乎覆盖了所有国内外知名酒企、知名酒品牌、营销、资本运营机构、行业组织和研究机构。出席本次论坛的领导主要有:贵州省人民政府副省长孙国强、四川省政府副省长刘捷、法国波尔多市政府国际关系议员 Jean-Francois Berthou、西班牙瓦伦西亚自治区政府对外贸易局局长 Blena Bisbal 酒企代表有:贵州茅台集团董事长袁仁国、五粮液集团有限公司董事长唐桥、西班牙千年酒庄庄主 Francisco Margenat、法国波尔多经典酒庄销售总监 Emanuel BLANC、德国威海姆酒庄(Weingut DR.Wehrheim)庄主 MR.Franz Wehrheim、通化葡萄酒股份有限公司李志刚副总经理 协会领导和专家有:中国酒业协会王琦副理事长、新西兰葡萄酒协会(Trisan Wine Group)主席 Malcolm McLennan、贵州省酿酒工业协会理事长季克良,江南大学副校长、博士生导师徐岩教授等。

论坛上,各位演讲嘉宾先后发表演讲,围绕“传统与创新——中国酒业国际化之路”主题,发表精彩的观点,抒发对酒业发展的各种思路,深入研讨中国酒业国际化之路、中华酒文化传承与创新、产业升级、经营模式创新、品牌培育等热点议题。

论坛在全体会议、互动研讨等正式会议的基础上,举办了贵州名酒品鉴会。借助国际化的交流方式——名酒品鉴会,集中展示茅台、习酒、国台酒、青酒、百年糊涂酒、酒中酒霸酒、贵州醇、金沙回沙酒、茅台王子酒、董酒、鸭溪窖酒等贵州名酒。在轻松的音乐声中,通过酒企领导即兴介绍,参会嘉宾现场品鉴和政府官员、酒企、专家之间的互动交流,宣传贵州白酒,促进政、产、学、研的沟通与合作,促进国际国内酿酒企业、采购商、销售商之间的交流合作,促进世界专家、企业家之间的交流合作,更是推动贵州酒企扩大开放,走向国门、走向世界的最佳交流平台,从而有效提升论坛的成果及质量。(小小,江砂)



中国酒业高峰论坛会场