



密度仪/折光仪
浓度快速检测的应用

目 录

前言	3
1. 传统的密度、折光法与数字式密度、折光仪的比较	4
2. 数字式密度仪在酒精浓度测定中的应用	8
3. 甘油浓度的测定-密度法	10
4. 麦芽浸出物浓度的快速测定-密度法	13
5. 进出口蜂蜜水分的快速测定-折光仪	16
6. 丙醇、甲醇水分含量的测定-折光仪与密度仪两种方法的比较	17
7. 结论:	19

前言

梅特勒-托利多一直致力于为用户提供性能卓越的实验室分析仪器！

密度仪、折光仪在实验室的应用非常广泛，除了传统的简单密度、折光数据，其实还可以用于快速检测样品的浓度，通常测定样品的浓度的手段有滴定法、比重计法、红外、色谱等等，各个方法都存在类似的缺点：操作时间长、样品前处理复杂、对环境要求苛刻、操作人员要有较高的操作水平和丰富的经验……在经济高速发展的今天，快速准确地测定产品的物理化学指标无疑能为企业带来巨大的收益！快速检测浓度在物流、石化、化工、食品等行业都有很广泛的应用。

密度仪、折光仪符合的国际标准有：

ASTM D4052-91

ASTM D5002-94

EN/ISO DIN 15212-1: 1999

API Standard: D2540

ISO/DIS 12185.2

DIN 51757 (1994)

ASTM D1747-89

ASTM D1218-92

A. O. C. S. Official Method Cc7-25

DIN 51423: Blatt 1

DIN 51423: Blatt 2

USP29

...

本应用手册主要介绍数字式密度仪、折光仪在快速检测样品浓度方面的应用。

1. 传统的密度、折光法与数字式密度、折光仪的比较

1.0 密度的定义

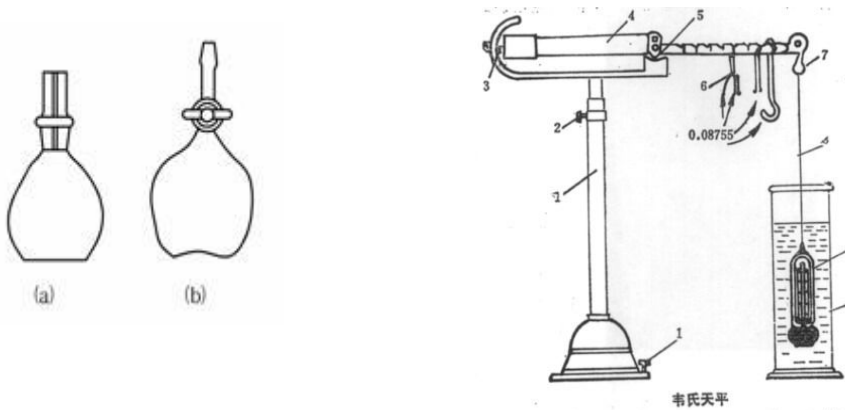
密度 ρ 是一物体的质量 m 和其体积之商(质量密度)，因密度主要和温度有关所以始终须指定温度，相对密度是一物体的密度 ρ 和一参照物体的参照密度 ρ_0 各自在指定条件下二者之比。

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3] \text{ or } [\text{g/cm}^3]$$

$$d = \frac{\rho}{\rho_0}$$

1.1 传统的浓度、密度测量原理

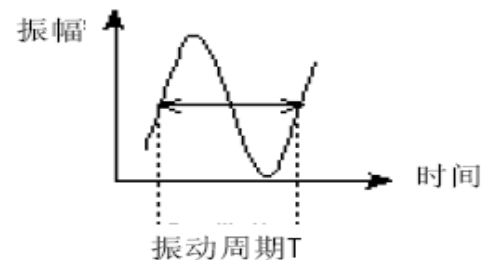
传统的密度测定是：有密度瓶法、韦氏天平法等，都有操作繁锁、样品量大、精度低等缺点，



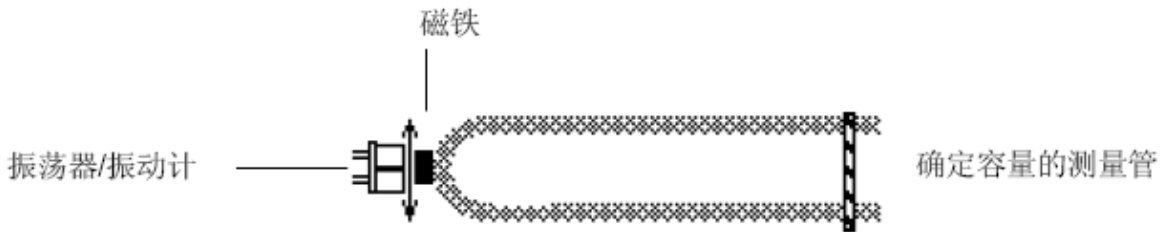
通过密度法测定样品的浓度时，要查表，或者通过相关的函数计算出来，对一些批量大、易挥发、对人体有害的样品，缺点更加明显。

1.2 数字式密度仪工作原理：

梅特勒-托利多 DE40 和 DE45/DE51 的密度测量是根据 U 型振荡管的电磁感应振动。一个完整的来回变化运动是一个周期，其持续时间振动周期 T 。每秒振动周期数是频率 f ，每一振荡管都以一特征频率或固有频率振动，当振荡管内充以物体后其频率会发生变化，其频率是管内充以物质质量的函数，当质量增加时，其频率降低即振动周期 T 增加，在 DE40/DE45/DE51 中有一块磁体固定在测量管上，由变送器使其振动由一传感器测量振动周期 T 。



$$f = \frac{1}{T} \quad [\text{s}^{-1}]$$



振动周期可由下式求得

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\rho V_c + m_c}{K}}$$

ρ = 测量管中样品的密度 [g/cm³]
 V_c = 样品体积 (管容量) [cm³]
 m_c = 测量管质量 [g]
 K = 测量管常数 [g/s²]

接着可得

$$\rho = \frac{K}{4\pi^2 V_c} T^2 - \frac{m_c}{V_c}$$

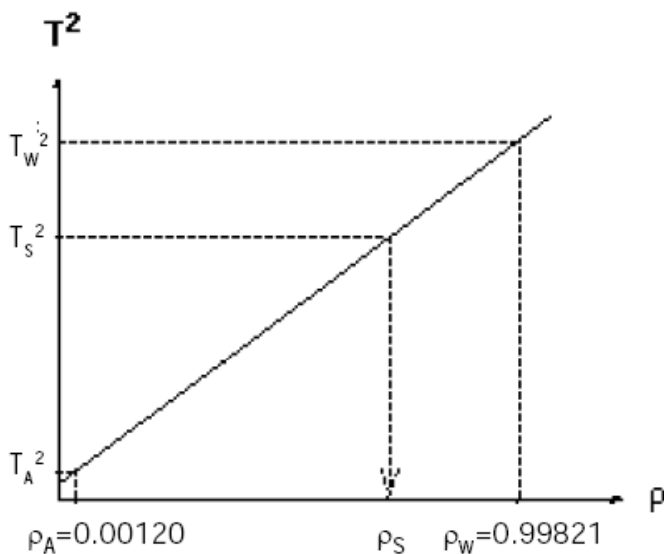
密度和振动周期 T 有下列关系:

$$\rho = AT^2 + B \text{ (见示例)}$$

A 和 B 为常数, 它们可由测量管的弹性结构和质量测得, 因各测量管的质量有所不同每次测量时需对其进行测定, 管系数由测定二已知密度, 如水和空气的标准物体振动周期 T 来算得:

$$F = \frac{K}{4\pi^2 V_c} = \frac{\rho_A - \rho_W}{T_A^2 - T_W^2}$$

ρ_A = 空气密度 [g/cm³]
 ρ_W = 水密度 [g/cm³]
 T_A = 测得空气的振动周期 [s]
 T_W = 测得水的振动周期 [s]



$$F(T_A^2 - T_S^2) = (\rho_A - \rho_S)$$

ρ_S 的结果是:

$$\rho_S = \rho_A - F(T_A^2 - T_S^2)$$

注：系数与温度有关，测量管容积和其振动周期随温度而变，故必须测定样品测量恒温槽的系数！

数字式密度仪在第一次使用时经过干燥空气和标准水校正之后就可以直接测定样品的密度，样品密度与浓度对照表或函数关系式可以直接输入仪器中，永久保存下来，这样就可以直接测定样品的浓度了。

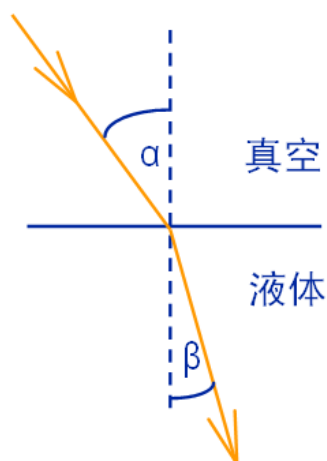
数字式密度仪具有：直接输出样品浓度值，测量速度快、分辨率高、精度高的，数字显示，自动进样、清洗等优点。

传统的密度法测定样品的浓度是用液体比重计或比重瓶进行测定，有诸多缺点：

- ①耗时，大概要 30-60 分钟，批量大时效率更低
- ②由于受温度控制不准错、操作人员的熟练程度等的影响，准确度差，不符合 GLP
- ③需要查密度与浓度对照表，或用函数关系式进行计算，增加出错风险
- ④没有校正空气浮力的影响

1.3 折光率的定义：

物质的折射率 n 是指光束在真空中与其在介质中的速度之比（量纲=1），如果光束从某一角度透过，例如从空气到水（光密度较低到较高的介质），除垂直入射外光束均会改变方向，根据 Snell 的折射定律两种介质的折射率之比与光的折射角和入射角的正弦值之比相等。如果光从光密度较高的介质射入光密度较低的介质中，光束同样也会改变方向。当入射角 α 不断增大至某一临界值，此时光束就不再射入光密度较低的介质中，折射角 $\beta = 90^\circ$ 。如超过临界角就会发生全反射，此时用临界角 a 计算折射率。折射与入射光的波长有关，折射率以在钠光谱 D 线 (589.3nm) 处测得的为标准并用 n_D 表示，折射率不仅和用来测量的波长有关而且与被测溶液的温度有关，标准温度是 20°C ，如在不同的温度下测量，例如 25°C 必须注明 n_D^{25} 。



Snell 定律：

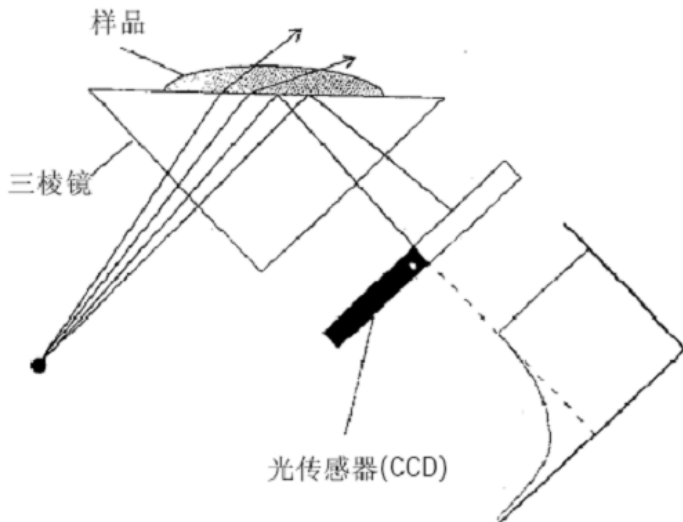
$$\text{折光率 } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

n = 折光率

α = 入射角

β = 折射角

1.4 数字式折光仪测量原理:



由RE40发出的光透过棱镜到达被测溶液，光部分折射(入射角<临界角)，部分反射(入射角≥临界角)，用光传感器(CCD)记录，反射光黑色和白色区域的分界线代表计算折射率用的临界角。

测量系统的组成：光源为一发光二极管(LED)，在透过棱镜到达样品前，发射光穿过偏振滤光镜，干扰滤光镜及不同的透镜，反射光(角度>临界角)通过透镜到达光传感器记录临界角，由内置传感器测量棱镜-样品边界的温度。

数字式折光仪比普通的非数字阿贝折光仪也同样有很多优点：

- ①测量时间短，数字显示浓度、折光率
- ②分辨率高、精度高，可高达 0.00001 (nD)，误差仅为 0.00001 (nD)
- ③深色样品无干扰、仪器无须水浴
- ④自动进样、清洗，易于使用与维护
- ⑤也可将折光仪与密度仪相连，可同时测定样品的密度和折射率
- ⑥测量光源采用无需保养的发光二极管(不象通常采用的灯泡那么经常容易烧断)
- ⑦采用蓝宝石作为测量棱镜可有效抗腐蚀且非常坚固且有较高的导热性

2. 数字式密度仪在酒精浓度测定中的应用

首先配制一系列标准浓度的酒精样品，分别测出其密度（折光）数值，如下表：

酒精含量%v/v	35	36	37	38	39
测量密度 g/cm ³	0.9843	0.9831	0.9818	0.9805	0.9792

相关标准：GB/T 10345.3-1989 白酒中酒精度的试验方法，GB/T 394.2-1994 酒精通用试验方法，QB/T 1326.3-1991 白兰地、威士忌、俄得克酒精度的试验方法。这些标准测定样品的酒精度都是使用密度瓶法进行测定，密度瓶的体积一般 10mL 和 25mL 两种规格，无论那种，取样量都是相当大的，对于一些贵昂的酒来说，这是很不划算的；工厂大规模的生产，产品的批次是相当多的，操作人员要耗很多时间和精力进行测定，人为差错会明显增加。数字式密度仪让一切都简单化。

在密度仪上的 Conc. Table 上输入浓度与密度值对照表：

Method 1 <Conc. Table>	
No.	Conc. Density
1	[35.00] [0.9843]
2	[36.00] [0.9831]
3	[37.00] [0.9818]
4	[38.00] [0.9805]
5	[39.00] [0.9792]
Edit	[Clear] [Get Para.] Exit

使用设置好的密度仪（方法参数见右图）测定几个批号的白酒得到结果如下：

白酒批号	浓度值
20081219	35.000
20080805	34.692
20080911	34.923

```

Method 1 < Meas. Parameter >
Method Name : [TestMeth]
Measurement Temp. : [ 20.00]°C
Stability : [1]
Limit Time : [ 600]s
Sequence : Off On
Sampling : Off Set Auto
Drain : Off Set Auto
Rinse-1 : Off Set
Rinse-2 : Off Set
Purge : Off Set Auto
Purge Time : [ 60]s
Cell Test : Off On
Calib. : <Air&Water>
Exit : [Execute]
    
```


结论:

结果的重现性很好, 该方案完全可以代替密度瓶法。

应用注意:

浓度与密度(折光)值对照表一经输入后, 以后就无需再次输入, 所以一定要确定对照表的输入准确无误; 样品不能有气泡, 每做完一个之后要无水酒精或丙酮充分清洗和干燥测量池, 仪器周围不能有强振源。

3. 甘油浓度的测定-密度法

标准：GB-T 13216-2008 《甘油试验方法》，该标准是国家最近进行更新的，有详尽的密度测定过程关键点的描述，但是由于甘油本身就有相当高的粘度，在将样品倒进密度瓶的过程中非常容易产生气泡，这就要求操作人员有很丰富的实践经验才能保证结果准确可靠！

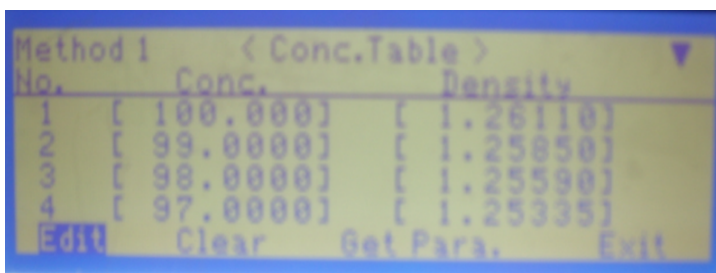
由标准 GB-T 13216-2008 得到甘油浓度与密度存在下面的关系：

表 4 甘油的密度与其质量分数(%)对照

密度(20℃)/(g/mL)	甘油/%	密度(20℃)/(g/mL)	甘油/%
1.261 10	100	1.208 50	80
1.258 50	99	1.205 75	79
1.255 90	98	1.203 05	78
1.253 35	97	1.200 30	77
1.250 80	96	1.197 60	76
1.248 10	95	1.194 85	75
1.245 60	94	1.192 15	74
1.243 00	93	1.189 40	73
1.240 35	92	1.186 70	72
1.237 70	91	1.183 95	71
1.235 10	90	1.181 25	70
1.232 45	89	1.178 50	69
1.229 90	88	1.175 75	68
1.227 10	87	1.173 00	67
1.224 45	86	1.170 25	66
1.221 80	85	1.167 50	65
1.219 15	84	1.164 75	64
1.216 50	83	1.162 05	63
1.213 80	82	1.159 30	62
1.211 15	81	1.156 55	61

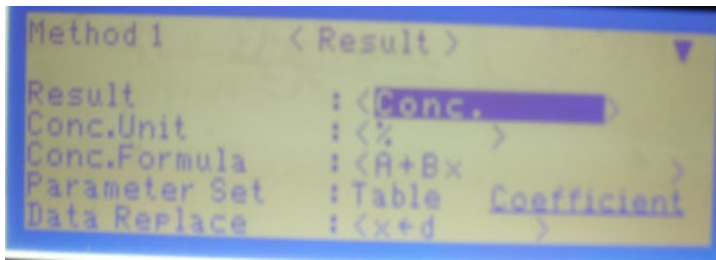
对以上的数据经过最小二乘法拟合之后，得出甘油浓度与密度的函数关系式： $y = 384.28x - 384.63$ ， $R^2 = 0.99998$ ，其中 x 为 20℃ 时甘油样品的绝对密度值 (g/mL)， y 为甘油样品的质量百分含量 (%)。

方法 1：可以把甘油的密度与其质量分数 (%) 对照表的数据输入仪器中：

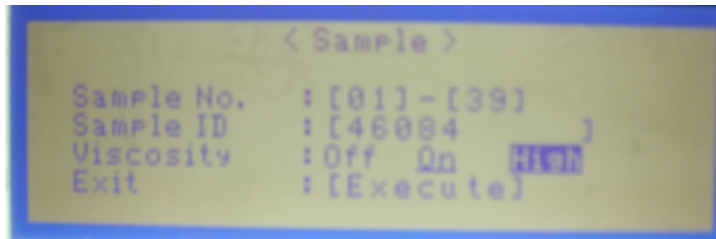


方法 2：也可以把甘油浓度与密度的函数关系式： $y = 384.28x - 384.63$ 输入

仪器中：

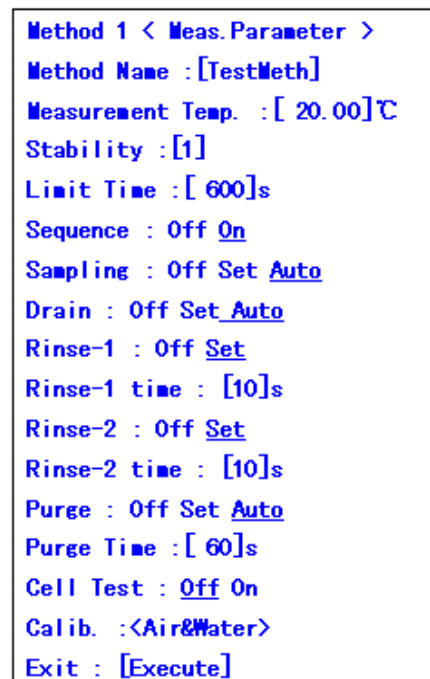


无论是方法 1 还是方法 2 结果都是一样的，由于甘油的粘度很大，常温下约为 10000mPa · s 左右，所以要把粘度补偿功能打开到 High 档：



最后设置如右图的方法参数，这样就可以测定样品了，结果如下：

序号	结果/%	平均值/%	RSD/%
1	99.78	99.77	0.03
2	99.73		
3	99.77		
4	99.79		



结论:

结果的RSD值仅为0.03%，结果相当理想。而滴定法和密度瓶法，要使得 $RSD < 0.3\%$ 是有相当难度的，要准确快捷，更加是难上加难；数字式密度计测定样品浓度对操作人员的要求也没有比滴定法严格，不用每次都要查表格，也不用繁杂的操作。

应用注意:

仪器对像甘油这样粘度高的样品，粘度补偿功能是必须要打开的，否则由于样品本身对测量池的振荡频率有削弱的作用，会使结果大大的偏高，以甘油为例，不打开粘度补偿功能时，测得的含量结果却高达是102.3%，显然是不合理的！因为其实际含量最多才100%。甘油易溶于水，所以在清洗时就用水和无水酒精即可，对操作人员的伤害可以降到最低。



4. 麦芽浸出物浓度的快速测定-密度法

QB-T 1686-1993 浸出物测定原理:

用协定糖化法制得麦芽汁, 然后用比重瓶法测其比重, 根据其比重查附录 A(补充件), 求得麦芽汁的浸出物含量, 再计算成麦芽的浸出物含量。

计算:

$$X6 (\%) = \frac{G (800 + X2)}{(100 - G) (100 - X2)} \times 100$$

式中: X6——麦芽的浸出物 (以绝干计), % (m/m);

X2——同一样品麦芽的商品水分, g;

G——同一样品麦芽汁的浸出物, g;

800——加入到 100g 麦芽粉中水的量, g。

所以数字密度计也适用于麦芽浸出物浓度的测定, QB-T 1686-1993 《啤酒麦芽》附录 A 中麦芽浸出物与比重的关系可以通过回归分析得出两者之间的线性关系: $y = 247.16x - 247.04$, $R^2 = 0.9999$, x 为麦芽汁在 20℃ 时的比重, y 麦芽浸出物 (% m/m)。把相应的函数关系式出入仪器中。



《啤酒麦芽》附录 A:

比重和浸出物重量百分含量或糖溶液的柏拉图 (Plato) 度对照表

d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%	d20/20	浸出物%
1.008	2.05	1.012	3.24	1.017	4.42	1.022	5.60	1.026	6.77	1.031	7.92	1.036	9.073	1.040	10.21
1.008	2.07	1.012	3.27	1.017	4.45	1.022	5.62	1.026	6.79	1.031	7.95	1.036	9.097	1.041	10.23
1.008	2.10	1.012	3.29	1.017	4.47	1.022	5.65	1.027	6.81	1.031	7.97	1.036	9.121	1.041	10.25
1.008	2.12	1.013	3.32	1.017	4.50	1.022	5.67	1.027	6.84	1.031	8.00	1.036	9.145	1.041	10.28
1.008	2.15	1.013	3.34	1.017	4.52	1.022	5.70	1.027	6.86	1.031	8.02	1.036	9.170	1.041	10.30
1.008	2.17	1.013	3.37	1.017	4.55	1.022	5.72	1.027	6.89	1.032	8.04	1.036	9.194	1.041	10.33
1.008	2.20	1.013	3.39	1.018	4.58	1.022	5.75	1.027	6.91	1.032	8.07	1.036	9.218	1.041	10.35
1.008	2.22	1.013	3.42	1.018	4.60	1.022	5.77	1.027	6.94	1.032	8.09	1.036	9.243	1.041	10.37
1.008	2.25	1.013	3.44	1.018	4.63	1.022	5.80	1.027	6.96	1.032	8.12	1.037	9.267	1.041	10.40
1.008	2.28	1.013	3.47	1.018	4.65	1.023	5.82	1.027	6.99	1.032	8.14	1.037	9.291	1.041	10.42
1.009	2.30	1.013	3.49	1.018	4.68	1.023	5.85	1.027	7.01	1.032	8.17	1.037	9.316	1.041	10.45
1.009	2.33	1.013	3.52	1.018	4.70	1.023	5.87	1.027	7.04	1.032	8.19	1.037	9.340	1.042	10.47
1.009	2.35	1.013	3.54	1.018	4.73	1.023	5.90	1.028	7.06	1.032	8.22	1.037	9.364	1.042	10.49
1.009	2.38	1.014	3.57	1.018	4.75	1.023	5.92	1.028	7.09	1.032	8.24	1.037	9.388	1.042	10.52
1.009	2.40	1.014	3.59	1.018	4.78	1.023	5.95	1.028	7.11	1.032	8.26	1.037	9.413	1.042	10.54
1.009	2.43	1.014	3.62	1.018	4.80	1.023	5.97	1.028	7.14	1.033	8.29	1.037	9.437	1.042	10.57
1.009	2.45	1.014	3.64	1.019	4.83	1.023	6.00	1.028	7.16	1.033	8.31	1.037	9.461	1.042	10.59
1.009	2.48	1.014	3.67	1.019	4.85	1.023	6.02	1.028	7.18	1.033	8.34	1.037	9.485	1.042	10.62
1.009	2.50	1.014	3.69	1.019	4.88	1.023	6.05	1.028	7.21	1.033	8.36	1.038	9.509	1.042	10.64
1.009	2.53	1.014	3.72	1.019	4.90	1.024	6.07	1.028	7.23	1.033	8.39	1.038	9.534	1.042	10.66
1.010	2.56	1.014	3.75	1.019	4.93	1.024	6.10	1.028	7.26	1.033	8.41	1.038	9.558	1.042	10.69
1.010	2.58	1.014	3.77	1.019	4.95	1.024	6.12	1.028	7.28	1.033	8.43	1.038	9.582	1.043	10.71
1.010	2.61	1.014	3.80	1.019	4.98	1.024	6.15	1.029	7.31	1.033	8.46	1.038	9.606	1.043	10.74
1.010	2.63	1.015	3.82	1.019	5.00	1.024	6.17	1.029	7.33	1.033	8.48	1.038	9.631	1.043	10.76
1.010	2.66	1.015	3.85	1.019	5.03	1.024	6.20	1.029	7.36	1.033	8.51	1.038	9.655	1.043	10.78
1.010	2.68	1.015	3.87	1.019	5.05	1.024	6.22	1.029	7.38	1.034	8.53	1.038	9.679	1.043	10.81
1.010	2.71	1.015	3.90	1.020	5.08	1.024	6.25	1.029	7.41	1.034	8.56	1.038	9.703	1.043	10.83
1.010	2.73	1.015	3.92	1.020	5.10	1.024	6.27	1.029	7.43	1.034	8.58	1.038	9.727	1.043	10.86
1.010	2.76	1.015	3.95	1.020	5.13	1.024	6.30	1.029	7.46	1.034	8.61	1.039	9.751	1.043	10.88
1.010	2.78	1.015	3.97	1.020	5.15	1.025	6.32	1.029	7.48	1.034	8.63	1.039	9.776	1.043	10.90
1.011	2.81	1.015	4.00	1.020	5.18	1.025	6.35	1.029	7.50	1.034	8.65	1.039	9.800	1.043	10.93
1.011	2.83	1.015	4.02	1.020	5.20	1.025	6.37	1.029	7.53	1.034	8.68	1.039	9.824	1.044	10.95
1.011	2.86	1.015	4.05	1.020	5.23	1.025	6.39	1.030	7.55	1.034	8.70	1.039	9.848	1.044	10.98
1.011	2.89	1.016	4.07	1.020	5.25	1.025	6.42	1.030	7.58	1.034	8.73	1.039	9.873	1.044	11.00
1.011	2.91	1.016	4.10	1.020	5.28	1.025	6.44	1.030	7.60	1.034	8.75	1.039	9.897	1.044	11.02
1.011	2.94	1.016	4.12	1.020	5.30	1.025	6.47	1.030	7.63	1.035	8.78	1.039	9.921	1.044	11.05
1.011	2.96	1.016	4.15	1.021	5.33	1.025	6.49	1.030	7.65	1.035	8.80	1.039	9.945	1.044	11.07
1.011	2.99	1.016	4.17	1.021	5.35	1.025	6.52	1.030	7.68	1.035	8.83	1.039	9.969	1.044	11.10
1.011	3.01	1.016	4.20	1.021	5.38	1.025	6.54	1.030	7.70	1.035	8.85	1.040	9.993	1.044	11.12
1.011	3.04	1.016	4.22	1.021	5.40	1.026	6.57	1.030	7.73	1.035	8.87	1.040	10.01	1.044	11.14
1.012	3.06	1.016	4.25	1.021	5.43	1.026	6.59	1.030	7.75	1.035	8.90	1.040	10.04	1.044	11.17
1.012	3.09	1.016	4.27	1.021	5.45	1.026	6.62	1.030	7.77	1.035	8.92	1.040	10.06		
1.012	3.11	1.016	4.30	1.021	5.48	1.026	6.64	1.031	7.80	1.035	8.95	1.040	10.09		
1.012	3.14	1.017	4.32	1.021	5.50	1.026	6.67	1.031	7.82	1.035	8.97	1.040	10.11		
1.012	3.16	1.017	4.35	1.021	5.53	1.026	6.69	1.031	7.85	1.035	9.00	1.040	10.13		
1.012	3.19	1.017	4.37	1.021	5.55	1.026	6.72	1.031	7.87	1.036	9.02	1.040	10.16		
1.012	3.21	1.017	4.40	1.022	5.58	1.026	6.74	1.031	7.90	1.036	9.04	1.040	10.18		

样品的测定:

比重为 1.03331 的样品的麦芽浸出物为:

I.Method-1	01-01
Temp.(℃)	Conc. (%)
Set 20.00	8.35
Cell 20.01	
Result	

比重为 1.03423 的样品的麦芽浸出物为:

I.Method-1	01-02
Temp.(℃)	Conc. (%)
Set 20.00	8.58
Cell 20.01	
Result	

比重为 1.03319 的样品的麦芽浸出物为:

I.Method-1	01-03
Temp.(℃)	Conc. (%)
Set 20.00	8.32
Cell 20.00	
Result	

结论:

与比重瓶方法相比,结果要精准得多,简单快捷!麦芽浸出物测定在日常生产中,常常是大批量的,比重瓶方法显得非常吃力,每天都要专人负责测定该项目,而数字式密度计加 SC30 自动进样器完全不用人在旁边看管,效率非常高!方法的参数设置同上。

应用注意:

使用手动进样的方式时速度不能太快,以免产生气泡,干扰结果测定;注射器每次取样约 2~3mL 为最佳,进样后注射器应该停止在样口处直至测量结束;麦芽浸出物有一定的糖份,每次测量结束后都要彻底清洗测量池,以免糖份干涸于 U 型玻璃管内形成损伤。

5. 进出口蜂蜜水分的快速测定-折光仪

标准：SN/T 0852-2000 《进出口蜂蜜检验方法》，该标准详细介绍了蜂蜜水分含量用阿贝折光仪进行测定，测定结束要查阅《蜂蜜水分换算》表，才能得出蜂蜜的水分含量，由于蜂蜜是有色泽的（原理见 1.3），会影响光穿透，给传统的阿贝折光仪准确读数增加了难度，往往会因人而异，而且需要水浴进行控温，具体的操作过程是繁琐且易于出错的。深色样品对数字式折光仪是没有影响的（原理见 1.4）对使用的是帕尔贴加热制冷元件：热电制冷又称作温差电制冷，或半导体制冷，它是利用热电效应（即帕尔帖效应）的一种制冷方法，所以无需水浴就可以对样品精确控温（加热或冷却）。

经过最小二乘法拟合，蜂蜜的水分与折光的函数关系式为 $y = -385.85x + 593.45$ ， $R^2 = 0.9997$ ， x 为蜂蜜在 20℃ 时的折光率， y 蜂蜜水分含量（%）。

表3 蜂蜜水分换算

折光指数, 20°C	水分, %	折光指数, 20°C	水分, %	折光指数, 20°C	水分, %
1.5044	13.0	1.4935	17.2	1.4830	21.4
1.5038	13.2	1.4930	17.4	1.4825	21.6
1.5033	13.4	1.4925	17.6	1.4820	21.8
1.5028	13.6	1.4920	17.8	1.4815	22.0
1.5023	13.8	1.4915	18.0	1.4810	22.2
1.5018	14.0	1.4910	18.2	1.4805	22.4
1.5012	14.2	1.4905	18.4	1.4800	22.6
1.5007	14.4	1.4900	18.6	1.4795	22.8
1.5002	14.6	1.4895	18.8	1.4790	23.0
1.4997	14.8	1.4890	19.0	1.4785	23.2
1.4992	15.0	1.4885	19.2	1.4780	23.4
1.4987	15.2	1.4880	19.4	1.4775	23.6
1.4982	15.4	1.4875	19.6	1.4770	23.8
1.4976	15.6	1.4870	19.8	1.4765	24.0
1.4971	15.8	1.4865	20.0	1.4760	24.2
1.4966	16.0	1.4860	20.2	1.4755	24.4
1.4961	16.2	1.4855	20.4	1.4750	24.6
1.4956	16.4	1.4850	20.6	1.4745	24.8
1.4951	16.6	1.4845	20.8	1.4740	25.0
1.4946	16.8	1.4840	21.0		
1.4940	17.0	1.4835	21.2		

样品测定：折光率 $n_D^{20} = 1.4984$ 的蜂蜜样品水分含量为 15.29%，如下，

1.Method-2	01-09
Temp.(°C)	Conc. (%)
Set 20.00	15.29
Cell 20.01	
Result	

结论：

与密度瓶法或卡尔·费休方法相比：有快速、准确、无化学品污染等优点！该方法完全可以代替卡尔·费休方法，而且更环保的，对操作人员无化学伤害，与数字式密度计相比，取样量更小，只用一滴，约 0.4mL，而且蜂蜜的粘度、颜色深浅对结果无影响！

应用注意：

由于蜂蜜粘度大，样品在采集过程中容易出现气泡，要充分静置样品，必要时可以使用超声波进行脱气；蜂蜜易溶于水，测定后用蒸馏水清洗，再用酒精清洗，擦干即可进行下一个测量。



6. 丙醇、甲醇水分含量的测定-折光仪与密度仪两种方法的比较

同样，数字式折光仪与密度仪也适用于化工行业里面的丙醇、甲醇水分含量的测定。相关标准：GB 338-2004 工业用甲醇，GB-T 4472-1984 化工产品密度，相对密度测定通则，这两个标准也是用密度瓶进行测定密度然后再换算成样品水分含量的，数字式折光/密度仪直接输出结果、彻底避免样品对人的伤害优越性相当的明显。

(一)1-丙醇水分含量的测定—密度和折光误差对照表

水分含量 (%W/W)	密度 (20℃) (g/cm)	误差 (%W/W)	折光率 n ₂₀	误差 (%W/W)
16.00	0.8389	0.00728	1.3825	-0.00459
12.00	0.8306	0.00162	1.3835	0.02905
8.00	0.8218	-0.04643	1.3843	-0.07926
4.00	0.8130	0.05739	1.3848	0.08589
0.00	0.8034	-0.01986	1.3852	-0.03108

(二)甲醇水分含量的测定—密度和折光误差对照表

水分含量 (%W/W)	密度 (20℃) (g/cm)	误差 (%W/W)	折光率 n ₂₀	误差 (%W/W)
18.00	0.8416	-0.03505	1.3379	0.02077
16.00	0.8365	0.01215	1.3372	-0.05200
14.00	0.8312	0.01147	1.3365	0.03102
12.00	0.8259	0.04003	1.3357	0.01508
10.00	0.8204	0.02512	1.3348	-0.05185
8.00	0.8148	0.00593	1.3339	0.06884
6.00	0.8089	-0.08612	1.3328	-0.01140
4.00	0.8034	-0.00369	1.3316	-0.06230
2.00	0.7916	0.00826	1.3304	0.05477
0.00	0.7917	0.02189	1.3290	-0.01291

这些结果表明，使用数字式密度仪、折光仪两种测定的精确性都很明显，比卡尔·费休方法还要快，操作人员更容易掌握，对样品没有破坏，可以回收再利用，其中数字式密度仪的样品取样量约要 1.2mL，而折光仪只需要 0.2mL。

应用注意：

丙醇、甲醇对人的呼吸道有伤害，整个操作过程应该置于通风柜中进行，用酒精作清洗溶剂即可。

7. 结论:

通过以上的实验数据表明, 数字式密度仪、折光仪可以代替传统的密度瓶法、滴定法进行快速测定样品的浓度, 具有快速、准确、高效率、重现性好等诸多优点, 相信数字式密度仪、折光仪在物流、石化、化工、食品等行业的应用会越来越广泛。