第 59 卷 第 4 期 2010 年 4 月
1000-3290/2010/59(04)/2601-09

物 理 学 报
ACTA PHYSICA SINICA

Vol. 59, No. 4, April, 2010
©2010 Chin. Phys. Soc.

液滴冲击液膜过程实验研究*

郭加宏† 戴世强 代 钦

(上海大学上海市应用数学和力学研究所,上海 200072)

(2008 年 10 月 27 日收到;2009 年 7 月 14 日收到修改稿)

实验显示了液滴撞击物体表面液膜后产生水花、发生飞溅,特别是产生"钟形"水花等的流动现象. 根据实验结果,探讨了液滴冲击速度、液体黏性、表面张力、液滴直径和液膜厚度等对液滴冲击后产生的流动现象,以及液膜形状演化的影响,分析了观测到的鲜有文献报道的液滴撞击液膜后产生"钟形"水花的现象.

关键词: 液滴, 液膜, 冲击, 流动显示

PACC: 4755K, 4780, 6815

1. 引 言

喷雾或喷淋液滴冲击固体表面液膜的现象,在很多生产应用领域都能看到,例如:喷墨打印、喷涂印刷、喷雾或喷淋冷却等. 液滴与液膜表面碰撞后,根据碰撞前液滴速度,会有几种表现[1]. 当液滴落到液面上的速度很小时,由于液滴冲击,在液面上形成毛细波逐渐向外传播,液滴完全与液膜融合. 当液滴以一定速度撞击液面时,在撞击点周围会产生液体涌起形成水花. 当液滴撞击液面速度更大时,形成的水花顶部会发生失稳而破裂为小的液滴,形成"皇冠"状水花,产生飞溅(splash)现象.

液滴冲击物面或液膜后发生飞溅的临界条件研究开展较早. Walzel[2] 实验研究了水和甘油混合物液滴冲击液膜发生飞溅的临界条件. Stow 和 Hadfield[3] 拍摄了液滴撞击物面初始时刻产生片状射流的状态,提出可以由片状射流的状态来判断是否会发生飞溅. Yarin 等[4] 指出,液滴撞击液膜后是否发生飞溅,不光与液滴冲击速度、液膜厚度等有关,也与液体的黏性、表面张力、液体密度等有关. Mundo 等[5] 指出液滴斜向与一旋转物面撞击后,只有当液滴冲击的能量大于液滴在物体表面分散的黏性耗散时,才可能发生飞溅. Cossali 等[6], Wu[7], Wal 等[8] 也分别基于实验结果,提出了判断液滴冲击液膜后飞溅与否的判据.

针对液滴撞击液膜后产生水花的临界条件研究开展得较晚. 杨建隆[9] 在总结实验结果后,指出: Weber 数和液膜厚度是主要影响因素, Froude 数对液滴撞击液膜后是否产生水花影响不大. Rioboo 等[10] 实验观测得到了液滴撞击液膜后产生水花的临界 Weber 数;并给出了只产生水花而不发生飞溅的 Weber 数范围.

近年来,人们也开始研究液滴撞击液膜后产生水花和飞溅的状态. Thoroddsen 等[11] 通过实验观测,研究了液膜厚度、液体黏性等参数对液滴冲击液膜后产生的水花形态的影响. Cossali 等[12] 研究了"皇冠"状水花的直径、高度和壁厚等随时间变化的规律. Wal 等[13] 验研究了同一直径的液滴冲击固体壁面和固体表面液膜产生各种流动现象后指出,和液滴与固体壁面撞击相比较,液滴撞击液膜后更容易在液面上激起水花,但是,液膜会抑制迅即飞溅的发生. 他们同时也研究了黏性系数和张力系数,对液滴冲击同质液膜产生的水花和发生飞溅的影响. 常建忠等[14] 开展了微液滴相应现象的研究.

本文采用高速摄影设备,在多种液膜厚度条件下,实验观测分析了不同直径、不同冲击速度的液滴冲击液膜后,发生的分散沉积、溅起水花和产生飞溅等现象,特别是产生"钟形"水花的现象. 分析了液滴冲击速度、液体黏性、表面张力、液滴直径和液膜厚度对液滴撞击液膜后产生的各种流动现象的影响. 至今为止,文献中研究液滴撞击液膜现象,

* 国家自然科学基金(批准号:10872123)和上海市自然科学基金(批准号:08ZR1408100)资助的课题.

† E-mail: jhguo@staff.shu.edu.cn

都只采用相同直径的液滴,而本实验结果表明,液滴直径是影响液滴撞击液膜后产生的某些现象的主要原因.本文探讨了以往鲜有文献报道的液滴撞击液膜后产生“钟形”水花的流动现象.

2. 实验装置和测量方法

如图 1 所示,液滴冲击液膜实验主要由液滴发生装置、液膜池、高速摄影仪、计算机和照明灯光等组成.液滴发生装置用来产生冲击液膜的液滴,整个装置主要由储液罐、阀门、滴针、滴针套管,以及管道和固定支架等组成.阀门用来控制液滴的速度.滴针外设置套管,控制产生的液滴大小.实验表明,上述装置能简单方便地产生所需要的液滴.液滴发生装置根据要求产生的液滴直径为 1.6—3.5 mm 左右.滴针出口与液膜表面的垂直距离,可以根据需要进行调整,调整范围为 0.05—1.0 m.液膜池主要用来生成一定厚度的液膜.液膜池中的液膜厚度,按实验要求在整个液滴冲击区域内保持相同,液膜表面保持水平.液膜池由可调高度的撑脚支撑,通过调节各个撑脚的高度,来使得液膜池底面保持水平.

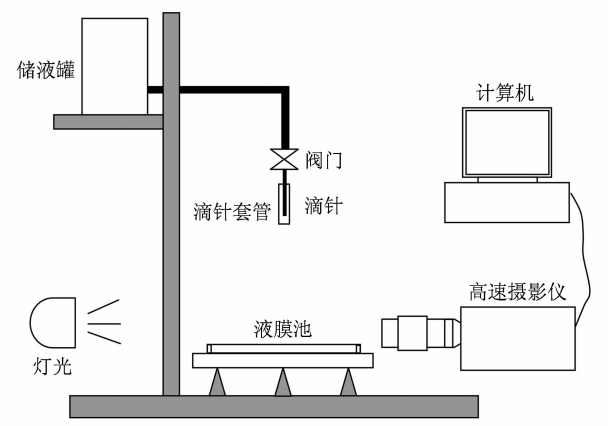

图 1 多液滴与薄液膜撞击合并过程流动显示实验台示意图

实验中主要测量的物理量包括液滴直径 D, 液滴撞击液膜前速度 V,液膜厚度 h 等.通过测量放大的图像中的 D,V,来分别得到实际 D,V.实验中采用的高速摄影仪每秒钟拍摄 6000 帧图像,V 由其撞击液膜前 60 帧图像中下落的高度计算得到,即液滴撞击液膜前 0.01 s 内的平均速度.

3. 实验结果与分析

实验中液滴和液膜采用相同的液体,所用液体工质分别为水和乙醇.与液滴撞击液膜问题相关的物理量主要包括:液膜厚度 h,液滴直径 D,液滴冲击速度 V,液体的密度 ρ_1,液体的黏性系数 μ_1,以及表面张力系数 σ.

由量纲分析方法,我们可以分析上述各个物理量对液滴撞击液膜后溅起的水花高度的影响.定义水花高度为 h_s,则各物理量的量纲为

$$[h_s]=\mathrm{L},[h]=\mathrm{L},[D]=\mathrm{L},[V]=\mathrm{LT}^{-1},$$

$$[\rho_1]=\mathrm{ML}^{-3},[\mu_1]=\mathrm{L}^{-1}\mathrm{MT}^{-1},[\sigma]=\mathrm{MT}^{-2}$$

L,M,T 分别代表长度、质量、时间.量纲矩阵为

$$\boldsymbol{A}=\begin{bmatrix}1&1&1&1&-3&-1&0\\0&0&0&0&1&1&1\\0&0&0&-1&0&-1&-2\end{bmatrix}. \quad (1)$$

假设 $h_s,h,D,V,\rho_1,\mu_1,\sigma$ 存在关系 $\varphi(h_s,h,D,V,\rho_1,\mu_1,\sigma)=0$,按量纲齐次原则,构造 $\pi=h_s^{y1},h^{y2},D^{y3},V^{y4},\rho_1^{y5},\mu_1^{y6},\sigma^{y7}$ 为无量纲量,$y1,y2,y3,y4,y5,y6,y7$ 为方程组 $\boldsymbol{Ay}=\boldsymbol{0}$ 的解.注意到矩阵 $\boldsymbol{A}$ 的秩为 3,则方程组有 4 个基本解:

$$\boldsymbol{y}^1=(1,0,-1,0,0,0,0)^{\mathrm{T}},$$

$$\boldsymbol{y}^2=(0,-1,1,0,0,0,0)^{\mathrm{T}},$$

$$\boldsymbol{y}^3=(0,0,1,1,1,-1,0)^{\mathrm{T}},$$

$$\boldsymbol{y}^4=(0,0,1,2,1,0,-1)^{\mathrm{T}}.$$

对应的无量纲量分别为 $\pi_1=h_sD^{-1},\pi_2=h^{-1}D,\pi_3=\rho_1VD\mu_1^{-1},\pi_4=\rho_1DV^2\sigma^{-1}$,因此 $\varphi(h_s,h,D,V,\rho_1,\mu_1,\sigma)=0$ 等价于 $\Phi(h_sD^{-1},h^{-1}D,\rho_1VD\mu_1^{-1},\rho_1V^2D\sigma^{-1})=0$,由隐函数存在定理可得

$$h_s=D\Psi(h^{-1}D,\rho_1VD\mu_1^{-1},\rho_1V^2D\sigma^{-1}). \quad (2)$$

其中的无量纲数包括:Weber 数:$We=\rho_1DV^2/\sigma$,Reynolds 数:$Re=\rho_1DV/\mu_1$,以及无量纲厚度 $H=h/D$.另外引进 Ohnesorge 数:$Oh=\mu_1/(\sigma\rho_1D)^{1/2}$,其作用在下面分析中可以看到.

实验采用的水的密度、黏性系数和表面张力系数分别为 998 $\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$,1.00×10^{-3} $\mathrm{kg\cdot m^{-1}s^{-1}}$ 和 7.28×10^{-2} $\mathrm{N\cdot m^{-1}}$,乙醇的密度、黏性系数和表面张力系数分别为 789 $\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$,1.20×10^{-3} $\mathrm{kg\cdot m^{-1}s^{-1}}$ 和 2.28×10^{-2} $\mathrm{N\cdot m^{-1}}$.表 1 给出实验中液滴冲击速度 V、直径 D 和相应的无量纲数.

表 1　液滴冲击速度以及相应的无量纲数

流体名称	D/mm	V/m·s^{-1}	We	Re	Oh
水	2.0	3.65	366	7158	0.003197
水	2.0	2.79	215	5490	0.003197
水	2.0	1.66	75	3248	0.003197
水	3.0	2.79	323	8235	0.002610
乙醇	2.0	3.65	922	4800	0.005272
乙醇	2.0	2.79	542	3682	0.005272
乙醇	2.0	1.33	122	1746	0.005272
乙醇	3.0	3.65	1391	7225	0.004305
乙醇	3.0	2.79	813	5523	0.004305

3.1. 液体表面张力和黏性的影响

图 2 显示 $D=2$ mm 的水滴以速度 $V=1.66$ m·s^{-1}冲击 $H=0.4$ 的液膜时与液膜的撞击合并过程. 图 3 给出了 $D=2$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=1.33$ m·s^{-1}冲击 $H=0.3$ 的液膜时与液膜的撞击合并过程. 图中显示水滴和乙醇液滴冲击同种液体组成的液膜后，都略微地形成了一点水花，但都没有发生飞溅，随后都逐渐演变为液膜表面的毛细波向外传播. 表 1 显示，水滴和乙醇液滴分别以上述速度冲击液膜时，两种液滴冲击液膜的 We 数和 Re 数都较小，在上述 We 数和 Re 数范围内，两种液体的液滴与液膜的撞击合并过程中基本上都没有产生水花.

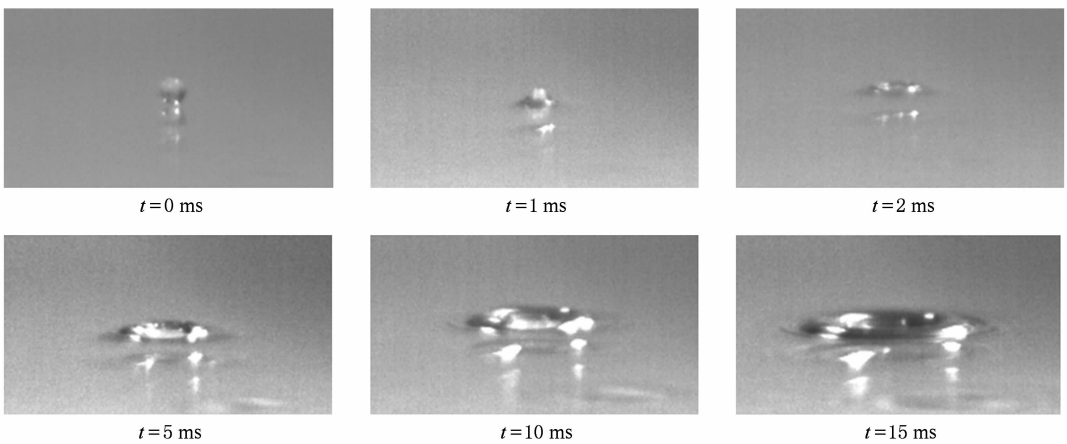

图 2　$D=2$ mm 的水滴以 $V=1.66$ m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

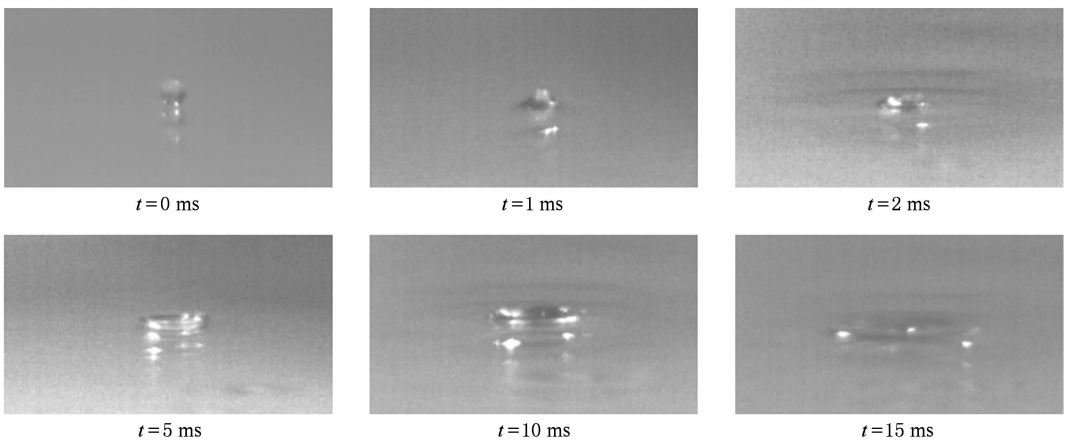

图 3　$D=2$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=1.33$ m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

图 4 显示 $D=2$ mm，冲击速度为 2.79 $m\cdot s^{-1}$ 的水滴冲击 $H=0.4$ 液膜后产生水花的过程. 图 5 给出了 $D=2$ mm 的乙醇液滴，以速度 $V=2.79$ $m\cdot s^{-1}$ 冲击 $H=0.3$ 液膜后的流动现象. 上述实验结果显示，两种液滴冲击液膜后都产生水花. 乙醇液滴冲击液膜后产生明显的“皇冠”状水花，并发生飞溅. 水滴冲击液膜后，也产生水花，但没有发生飞溅现象. 很多研究者对液滴撞击液膜产生飞溅的临界点进行了研究，较为一致的结论是各种液体存在一个产生飞溅的临界 *We* 数. 因此，此时乙醇液滴冲击液膜的 *We* 数已超过临界 *We* 数，而水滴的 *We* 数还没有达到产生飞溅的临界 *We* 数.

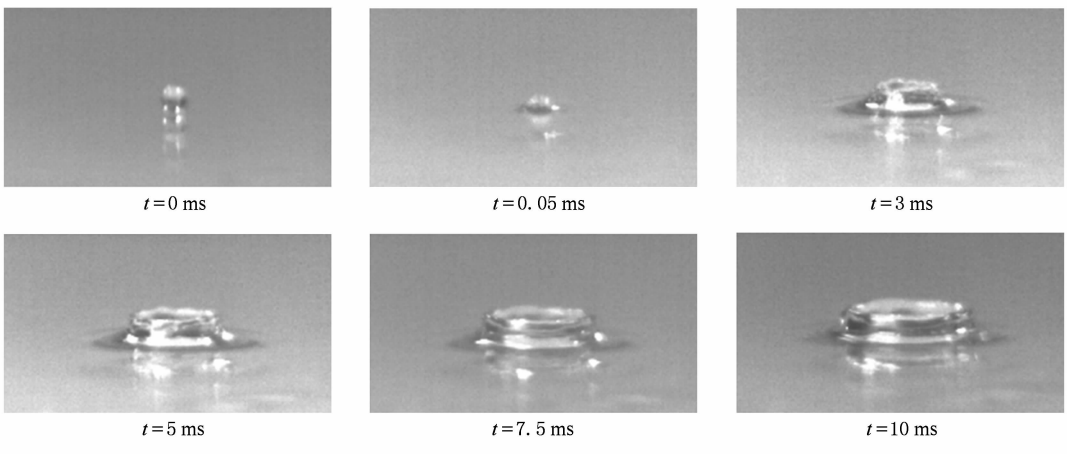

图 4 $D=2$ mm 的水滴以速度 $V=2.79$ $m\cdot s^{-1}$ 冲击固体平面上的薄液膜

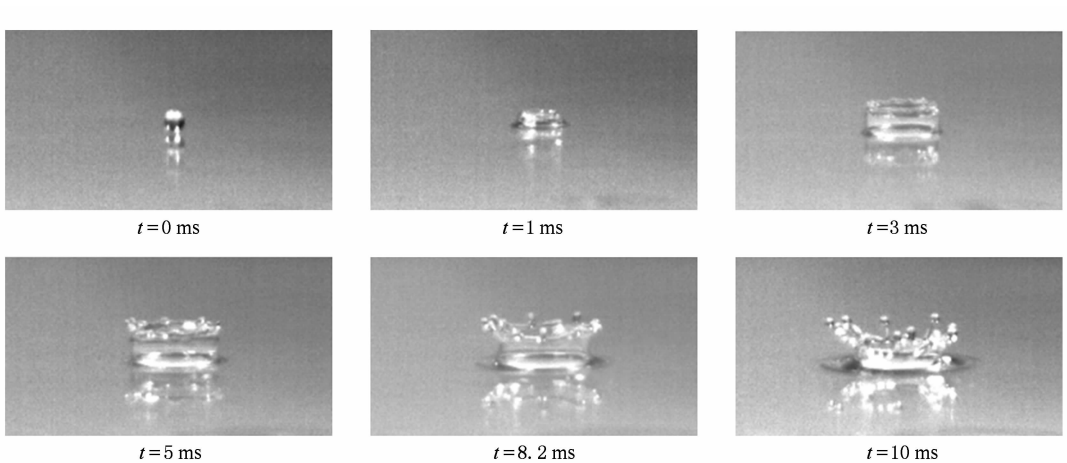

图 5 $D=2$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=2.79$ $m\cdot s^{-1}$ 冲击固体平面上的薄液膜

图 4 还显示水滴撞击水膜后形成的水花壁厚较大. 而图 5 中乙醇液滴撞击乙醇液膜后形成的水花壁厚较小.

图 6 给出了 $D=2$ mm 的水滴，以速度 $V=3.65$ $m\cdot s^{-1}$ 冲击 $H=0.4$ 的液膜后的流动现象. 图 7 显示 $D=2$ mm 的乙醇液滴，以速度 $V=3.65$ $m\cdot s^{-1}$ 冲击 $H=0.3$ 的液膜后的流动过程. 与液滴以较小速度冲击液膜相比较，此时，两种液滴撞击液膜时所具有的动能，都已能有效克服表面张力的阻碍形成水花并产生飞溅.

如图 6 所示，水滴以此速度撞击液膜后，形成的水花壁厚较大，水花壁面呈不规则波纹状；形成的水花高度较低，飞溅产生的小液滴个数较少. 图 7 显示，与水滴相比较，乙醇液滴撞击液膜后，形成的水花壁厚度较小，壁面光滑；形成的水花高度较高，且飞溅产生的小液滴个数较多.

图 7 与图 5 相比较的结果显示，乙醇液滴以较高速度冲击液膜时，形成水花的高度明显增高，飞溅产生的小液滴个数明显增多.

Yarin 等[4]指出垂直下落的液滴撞击水平固体

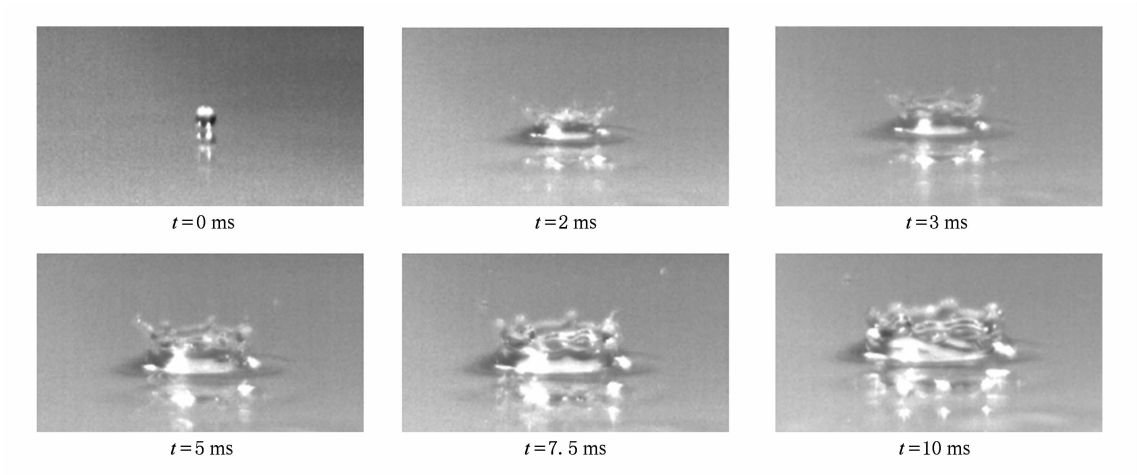

图 6　D=2 mm 的水滴以速度 V=3.65 m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

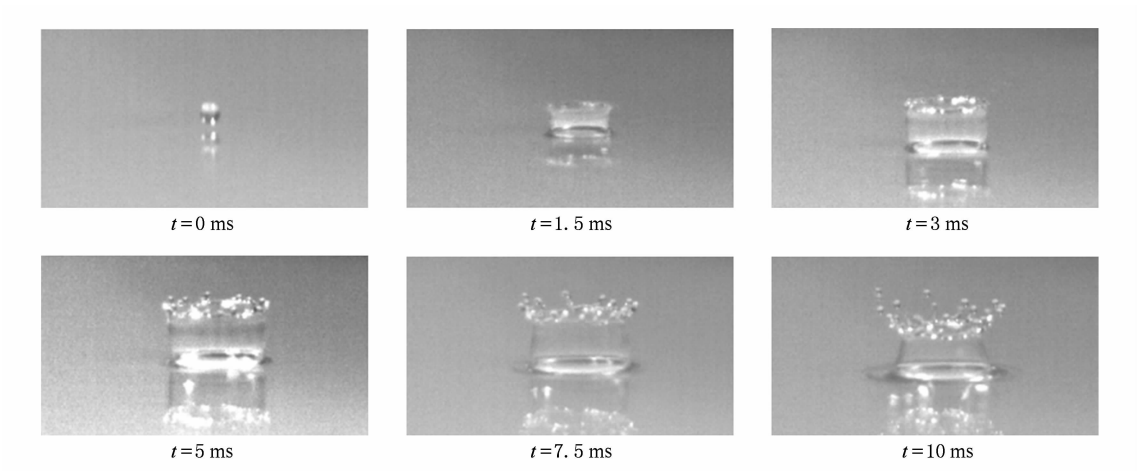

图 7　D=2 mm 的乙醇液滴以速度 V=3.65 m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

壁面上的液膜后，由于固体壁面的作用，流体流动方向向水平方向偏转，产生高速的径向流动. 这部分沿径向向外运动的流体，冲击周围液膜中原先静止的液体，推动它们向外运动. 由于两部分流体的撞击作用，在撞击位置，会产生向上的射流，当这部分流体所具有的能量足以克服表面张力跃出液膜表面时，就会形成水花. 当其所具有的能量足够大时，就会发生飞溅.

飞溅现象与剪切失稳有关[8]. 液滴撞击液膜后，液膜中先期产生的高速径向流动，撞击周围液膜中原先静止的液体，运动速度减小. 由于液滴中液体持续冲击进入液膜，持续产生水平方向高速流动的流体，后面产生的高速流动的流体追赶上前面的流体，这种速度差较大时就会产生剪切失稳，是产生飞溅的主要原因.

图 2—7 显示，随着 V 的增大，液滴撞击液膜越容易产生飞溅现象. V 越大，易于产生剪切失稳，其所具有的动能越大，就越能克服表面张力的制约，产生水花和飞溅. 速度越大，飞溅产生的液滴个数越多. 因此，液滴具有的动能越大，将使其越容易产生飞溅.

图 4 和图 5 对比可见，由于水的表面张力较大，图 4 中水滴撞击液膜后几乎没有产生飞溅. 而图 5 显示，乙醇液滴撞击液膜后形成的水花与前者相比明显地高很多，并产生飞溅. 对比图 6 和 7 可见，乙醇液滴撞击液膜后，由于剪切失稳引起的飞溅产生的小液滴个数多；而水滴撞击液膜后形成的小液滴个数相应减少. 实验结果表明，当液体表面张力增大时，就需要液滴具有更大的动能，产生向上的射流，克服表面张力跃出液膜表面，并使水花破裂，产生飞溅现象.

从图 4 和图 5 还可以看到，由于水和乙醇的黏

性接近,但是水的表面张力较大,图 4 中水滴撞击液膜后形成的水花壁面呈不规则波纹状,抖动较大.而图 5 显示,由于乙醇的表面张力较小,乙醇液滴撞击液膜后,形成的水花壁面光滑,抖动较小.实验结果表明,当液体黏性的作用相对于表面张力较强时,水花壁面平滑;而当液体表面张力的作用相对于黏性较强时,水花壁面波动就剧烈,表面张力引起的不稳定表现在使水花壁面抖动,而黏性恰能平滑水花壁面的抖动.液体黏性有助于抑制剪切,以及表面张力引起的流动不稳定.

从(2)式的无量纲分析结果可以看到,液滴惯性大小、液体黏性和表面张力对水花高度的影响分别体现在 Re 数和 We 数中,当黏性和表面张力作用相对于液滴冲击的惯性较大时,溅起的水花高度较低.综上所述,可以得出液体黏性和表面张力对水花和飞溅的产生都具有抑制作用.从液滴撞击液膜后的流动机理来分析,黏性有助于抑制流动失稳,表面张力使液滴要有更大的冲击能量才能使液体表面发生变形和破裂,从而产生水花和飞溅.

3.2. 液膜厚度的影响

图 8 给出了 $D=2$ mm 的乙醇液滴,以速度 $V=2.79\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 冲击 $H=2.0$ 的液膜后的流动过程.图 9 给出了 $D=2$ mm 的乙醇液滴,以速度 $V=3.65\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 冲击 $H=2.0$ 的液膜后的流动现象.图 8 和 9 与图 5 和 7 相比较显示固体表面液膜厚度增加后,液滴冲击液膜后也产生水花,水花高度与液滴冲击厚度较薄的液膜略有降低,但水花的壁厚明显增加.图 8 和 9 显示,液滴以相同速度冲击厚度增大的液膜后,没有如图 5 和 7 中液滴冲击薄液膜后发生飞溅现象.从图 8 和 9 中还可以看到,液滴撞击液膜后相同时刻,水花直径小于液滴冲击薄液膜所形成的水花直径.

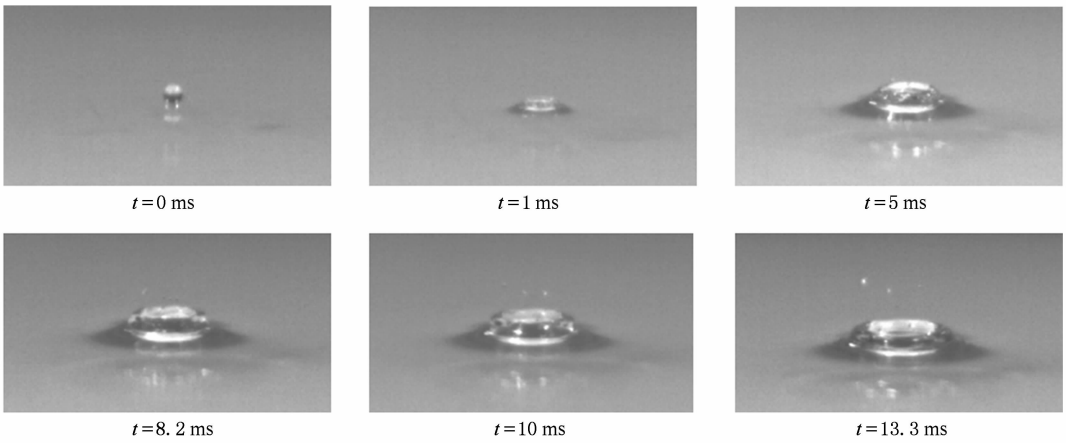

图 8 $D=2$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=2.79\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 冲击固体平面上较厚的液膜

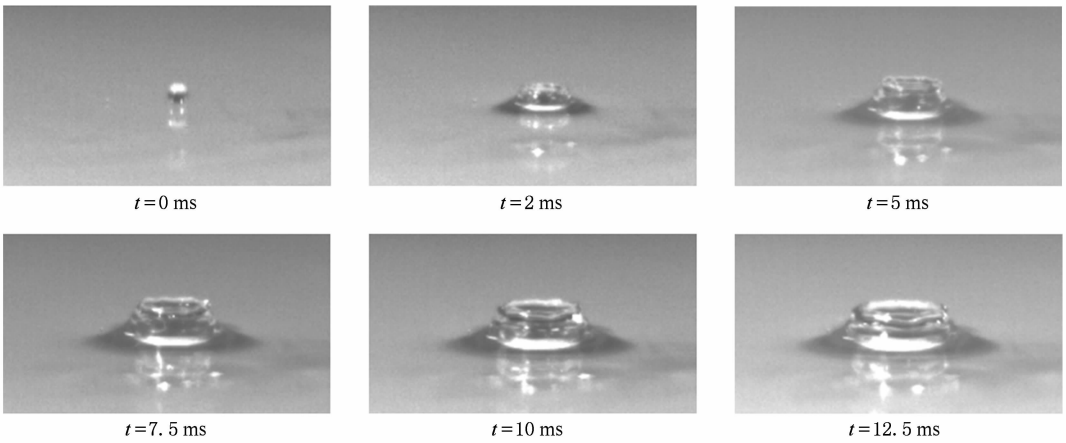

图 9 $D=2$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=3.65\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 冲击固体平面上较厚的液膜

从无量纲分析结果(2)式可以看出，液膜厚度与液滴撞击液膜后产生水花高度成一定的反比关系. 进一步分析上述现象的机理，主要原因在于液膜较厚时，液滴中的液体以较高的速度冲击进入液膜，由于固体壁面离液膜表面较远，冲击进入液膜的液滴的能量被液膜吸收，液滴中液体的运动速度逐渐减小. 与液滴以相同速度冲击薄液膜相比较，由固体壁面引起流动分离产生的径向流动速度减小，因而产生的水花高度降低，没有产生飞溅.

3.3. 液滴直径的影响

液滴冲击速度 V 相同时，液滴直径 D 较大，液滴所具有的总的动能也较大，液滴撞击液膜后应较容易产生水花和飞溅现象. (2)式的量纲分析结果显示液滴直径 D 的影响体现在无量纲厚度、We 数和 Re 数中，D 越大，其撞击液膜的惯性越大，因此液滴直径 D 与液滴撞击液膜后产生水花高度成一定的正比关系.

图 10 给出了 $D=3$ mm，$V=2.79$ m·s^{-1}的水滴冲击 $H=0.27$ 的液膜后，产生水花和飞溅的流动现象，与 $D=2$ mm 的水滴以相同速度冲击薄液膜后的流动现象相比较，两者有很大差别. 图 11 显示 $D=3$ mm，$V=2.79$ m·s^{-1}的乙醇液滴冲击 $H=0.2$ 的液膜后，产生水花和飞溅的流动现象. 由图 10 与图 6，图 11 与图 7 相比较显示，虽然 D 不同，但两种直径的液滴冲击的 We 数和 Re 数接近，液滴冲击薄液膜产生水花和飞溅的流动现象相似，水花高度和直径与 D 之比相近. 但是，飞溅出来的液滴的个数与冲击液滴的直径 D 有关. 冲击液滴的 D 大，飞溅的液滴数多；冲击液滴的 D 小，飞溅的液滴数较少.

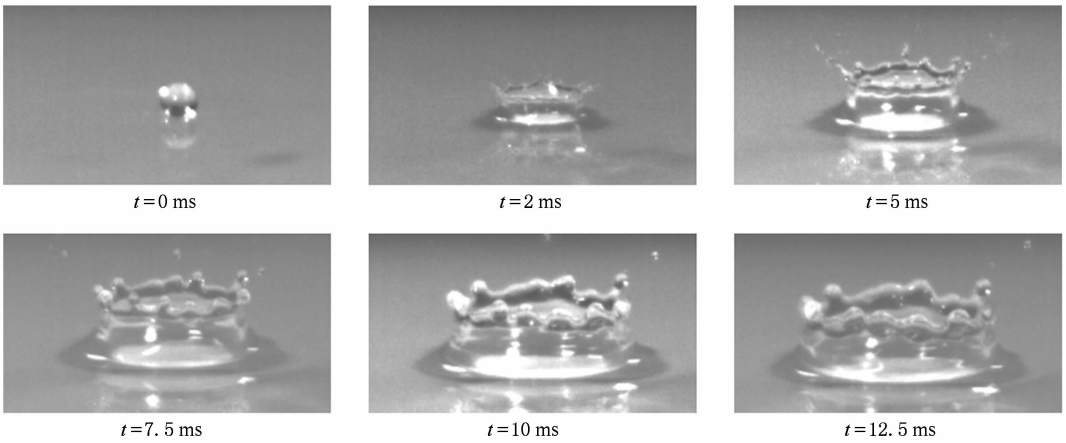

图 10　$D=3$ mm 的水滴以速度 $V=2.79$ m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

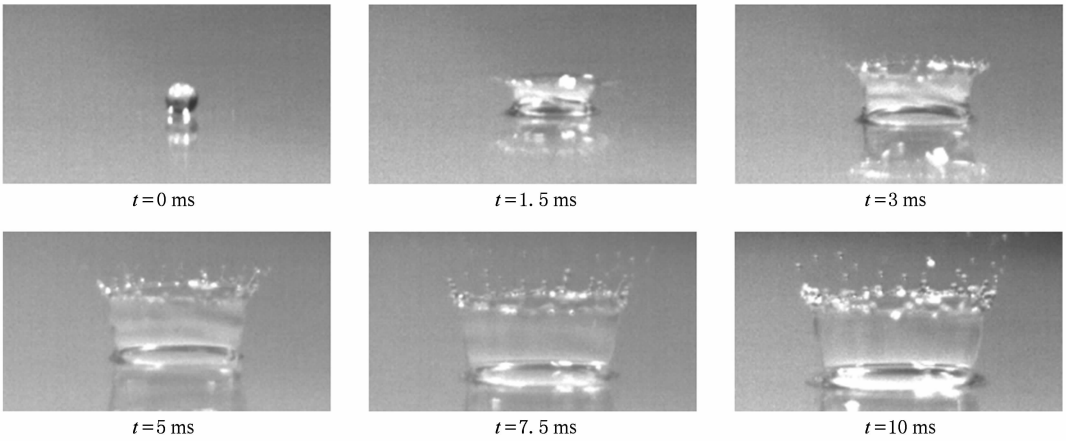

图 11　$D=3$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=2.79$ m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

图 12 显示 $D=3$ mm，$V=3.65$ m·s^{-1}的乙醇液滴冲击 $H=0.3$ 的液膜后，产生“钟形”水花的流动现象. 图 13 显示 $D=3$ mm，$V=3.65$ m·s^{-1}的乙醇液滴冲击 $H=2.0$ 的液膜后，产生“钟形”水花的流动现象. 从图中看到，液滴冲击液膜的 We 数很大时，乙醇液滴冲击液膜后产生的水花壁很薄，在有液滴飞溅出来的同时，在水花顶部，水花壁面向内弯曲，逐渐聚拢，生成“钟形”水花；此时，不论液滴冲击薄液膜，还是厚液膜都生成“钟形”水花. 分析上述流动现象，当液滴冲击液膜产生水花，水花壁很薄时，水花中以较高速度运动的液体组成的薄膜在表面张力作用会逐渐聚拢，水花底部液膜内流体继续向外运动，形成“钟形”水花.

综合以上分析可见，在液滴冲击液膜的研究中

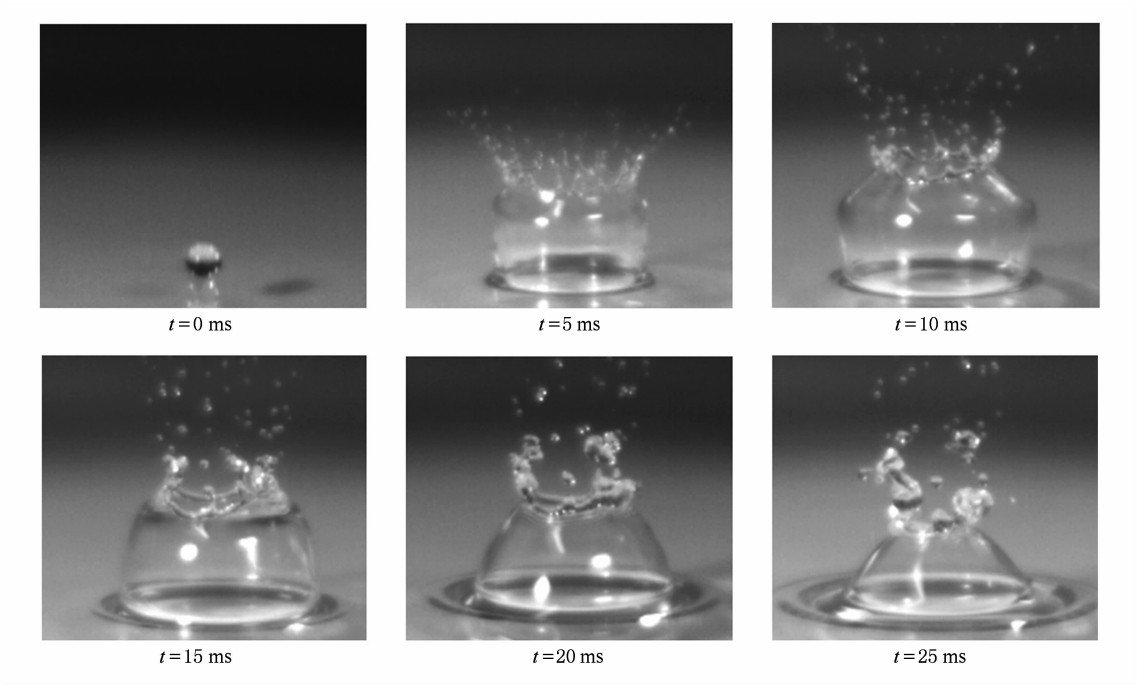

图 12 $D=3$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=3.65$ m·s^{-1}冲击固体平面上的薄液膜

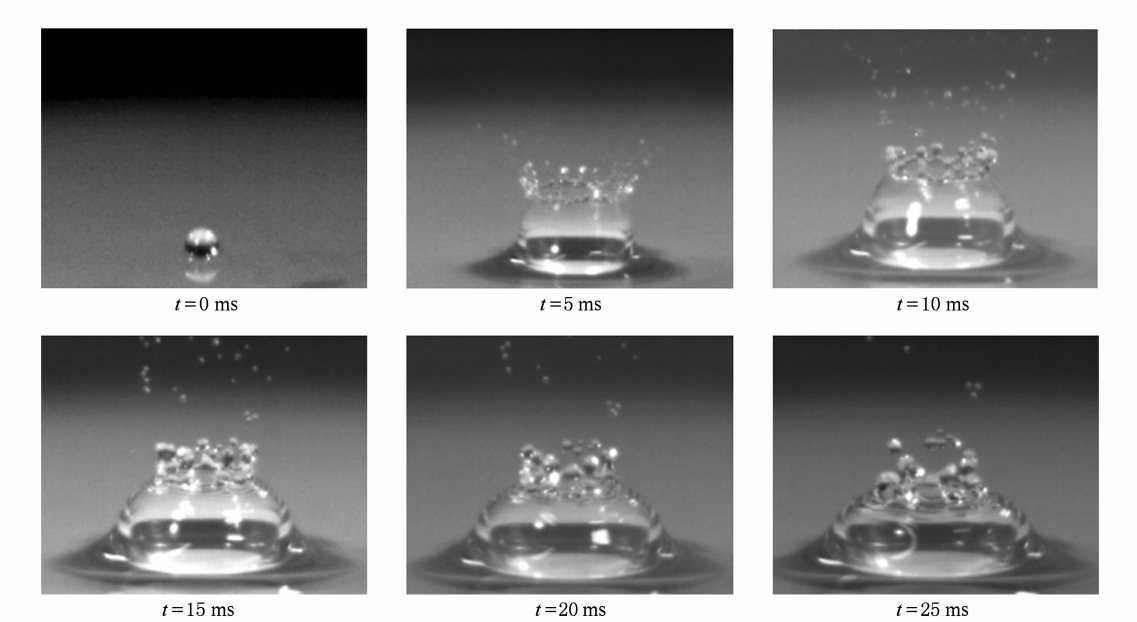

图 13 $D=3$ mm 的乙醇液滴以速度 $V=3.65$ m·s^{-1}冲击固体平面上较厚的液膜

还可引入 *Oh* 数来表征液体黏性、表面张力和液滴直径因素等对液滴撞击液膜产生不同的流动状态的综合影响. 在液滴冲击速率 *V* 相同时，*Oh* 数越大，越容易产生飞溅等现象.

4. 结　　论

本文实验显示了液滴撞击物体表面液膜后，产生水花和发生飞溅的流动现象. 根据实验结果，探讨了液滴冲击速度、液体黏性、表面张力、液滴直径和液膜厚度等对液滴冲击后产生的流动现象，以及液膜形状演化的影响. 还考察了液滴直径对液滴与液膜的整个撞击过程的影响. 得到以下主要结论：(1)液滴冲击液膜时，液滴所具有的动能大小是产生水花和飞溅的主要原因. (2)液体的黏性和表面张力对水花和飞溅的产生都具有抑制作用. (3)液膜厚度增加，液滴冲击产生的飞溅现象减弱. (4)液滴直径不同，但液滴冲击的 *We* 数和 *Re* 数相近时，液滴冲击薄液膜产生水花的流动现象相似. (5)液滴冲击液膜的 *We* 数很大时，液滴冲击液膜后产生的水花很薄，向内弯曲并逐渐聚拢，水花底部液膜内流体继续向外运动，生成“钟形”水花.

[1] Rein M 1996 *J. Fluid Mech.* **306** 145

[2] Walzel P, 1980 *Chem. Ing. Tech.* **52** 338

[3] Stow C D, Hadfield M G 1981 *Proc. Roy. Soc. Lond.* A **373** 419

[4] Yarin A L, Weiss D 1995 *J. Fluid Mech.* **283** 141

[5] Mundo C H R, Sommerfeld M, Tropea C 1995 *Int. J. Multiphase Flow* **21** 151

[6] Cossali G E, Coghe A, Marengo M 1997 *Exper. Fluids* **22** 463

[7] Wu Z N 2003 *Acta Mech.* **10** 1

[8] Wal Randy L Vander, Berger Gordon M, Mozes Steven D 2006 *Exper. Fluids* **40** 33

[9] Yang C L 2000 *M. D. Thesis* (Taipei: National Taiwan University) (in Chinese) [杨建隆 2000 硕士学位论文(台北：台湾大学)]

[10] Rioboo R, Bauthier C, Conti J, Voue M, De Connick J 2003 *Exper. Fluids* **32** 1

[11] Thoroddsen S T, Takehara K 2000 *Phys. Fluids* **12** 1265

[12] Cossali G E, Marengo M, Coghe A, Zhdanov S 2004 *Exper. Fluids* **36** 888

[13] Wal Randy L V, Berger G M, Mozes S D 2006 *Exper. Fluids* **40** 53

[14] Chang J Z, Liu H T, Liu M B 2008 *Acta Phys. Sin.* **57** 3954 (in Chinese) [常建忠、刘汉涛、刘谋斌 2008 物理学报 **57** 3954]

Experimental research on the droplet impacting on the liquid film*

Guo Jia-Hong† Dai Shi-Qiang Dai Qin

(*Shanghai Institute of Applied Mathematics and Mechanics, Shanghai University Shanghai* 200072, *China*)

(Received 27 October 2008; revised manuscript received 14 July 2009)

Abstract

The flow phenomena such as spray, splash and especially the bell-like spray happening after a droplet impacts on the liquid film are observed in experiment. The relationship between the flow phenomena and the diameter and speed of the droplet, and the viscosity, the surface tension and the thickness of the film are probed. The condition for bell-like spray brought about after the collision of the droplet on the film is discussed.

Keywords: droplet, film, impingement, flow visualisation

PACC: 4755K, 4780, 6815

* Project supported by the Natural Science Foudation of China (Grant No. 10872123) and the Natural Science Foudation of Shanghai (Grant No. 08ZR1408100).

† E-mail: jhguo@ staff. shu. edu. cn