

航空航天

飞机轮胎溅水计算方法及翻边 轮胎挡水原理分析

张岳青¹ 徐 绯^{1*} 段敏鸽¹ 高向阳¹ 吕 军² 丁 伟²

(西北工业大学航空学院¹,西安 710072; 中国商飞,上海飞机设计研究院²,上海 201210)

摘要 当飞机起飞或降落在有水的机场跑道上时,飞机轮胎所造成水的飞溅会对飞机的安全飞行有重要的影响。飞机轮胎所造成水的飞溅是个复杂的过程,与诸多因素有关,如飞机的速度,轮胎的形状和尺寸以及水的深度等等。介绍了影响水的飞溅角的重要参量和理论计算公式,通过计算得到不同速度下的飞溅角,并与相应的试验结果进行了对比,验证了算法的正确性。为了抑制溅水对发动机产生影响,引入翻边轮胎,通过分析计算发现翻边轮胎抑制水溅作用显著。在算例分析的基础上,解释了翻边轮胎的挡水原理,并给出了翻边挡水作用的判别公式。最后给出了选择翻边轮胎的方法,对飞机的溅水试验和飞机防溅水设计具有指导意义。

关键词 溅水 飞机轮胎 机场跑道 客机

中图法分类号 V226.8 V19; **文献标志码** A

机场跑道的状况主要包括水、雪、泥和碎石等,对飞机的结构和起飞和降落时性能有非常重要的影响,尤其是雨雪天气下,机场跑道会存有一定的积水,在飞机起飞和降落时将会严重影响飞机的飞行安全。首先飞机在有水的跑道上滑跑时,当飞机达到一定速度时,飞机轮胎会脱离地面,出现打滑现象,此时飞机和地面间的摩擦变小,飞机极易偏离跑道,造成飞行事故。其次飞机轮胎所造成水的飞溅有可能会溅入飞机发动机内,造成发动机喘振、失速和熄火。比如,1958年2月6日,英国欧洲航空公司第609次航班空速“大使”型客机,在西德慕尼黑机场积水的跑道上三次尝试起飞时失败撞毁,机上44名乘客及机组人员当中23人罹难。自此事故发生以后,机场跑道的状况就一直受到人们的重视。因此,民用飞机在试飞项目中要进行飞机溅水试验,来确保飞机在起飞和降落时的安全。中国民用航空条例第33部规定:在发动机型号合格取证时,要在模拟降雨条件下验证吸水不致引起持续的功率(或推力)损失或要求发动机停车。在吸入空气质量流量4%以上的水时发动机能安全的加速和减速^[1]。

机场跑道有水会严重影响飞机在起飞和着陆时的性能和安全。近年来,由于机场跑道状况而引起的飞机事故的增多,国外研究者在这方面做了大量

的研究,包括试验^[2,3]和理论分析方面^[4-6],然而国内对这方面的研究还较少。随着我国民用航空的不断发展和大型客机的研制,机场跑道状况对飞机性能影响的研究得到了国内许多研究者的高度重视。

目前对于溅水的计算方法主要有两种:ESDU方法^[7,8]和CRspray方法^[9]。ESDU方法主要针对溅水的影响参数得到计算溅水的角度和范围的经验公式,但是此方法溅水的扩散是线性的,所以离飞溅点越远,对于计算溅水范围的误差也越大。CRspray方法主要是从水滴受力的角度去分析,对于水被溅起后的扩散范围的计算要相对准确,并且可以计算侧风对水飞溅的影响^[10]。在计算溅水时,打滑速度是一个非常重要的参量,对飞机操作性和水飞溅都有重要的影响,一直都是国内外研究的重点^[11-15]。本文主要介绍ESDU方法,此方法是基础方法,从溅水的影响参数和计算方法进行介绍和分析,能更好的对飞机轮胎造成的溅水进行认识,了解和研究。

1 水击载荷飞溅角计算模型

飞机在湿滑跑道起飞和降落时引起的水的飞溅是一个复杂的过程。在国外试验得到经验公式的基础上,首先介绍下影响水的飞溅角的重要参量和理论计算公式^[7]。

飞溅的类型主要有以下三类:①向前飞溅,是指轮胎旋转将水向前挤压而形成的飞溅;②侧向飞溅,是指轮胎将水向两侧挤压而形成的飞溅;③向后飞溅,是指由于轮胎旋转而向后抛起的飞溅。影响飞

溅的主要因素有:飞机的速度,轮胎的形状和尺寸以及水的深度等。

1.1 轮胎的几何模型

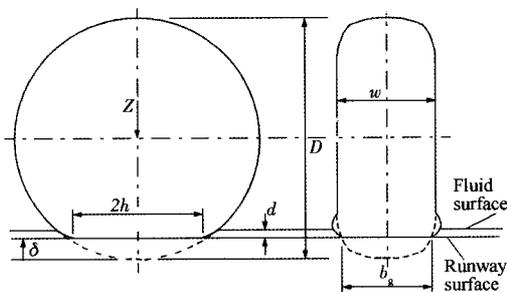


图1 轮胎几何模型

图1中符号表示的几何意义如下: Z 为轮胎所受的垂直方向的力; W 为轮胎的宽度; D 为轮胎的直径; δ 为轮胎在竖直方向的变形尺寸; b_g 为轮胎与地面的接触宽度; h 为轮胎与地面的接触长度; d 为跑道上的水深。

1.2 飞溅角的计算

图2为飞机在有水的跑道上滑跑时所造成的水的飞溅的情况,从飞溅图可以看出,飞机前轮和主轮都会造成较大的飞溅水流,而且飞溅起的水流会打到飞机结构和发动机内部。

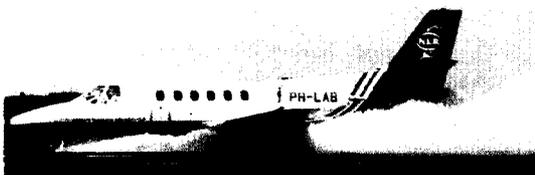


图2 轮胎溅水情况

要考察飞机轮胎造成的飞溅水流的影响,飞溅角是一个非常主要的参量,而要明确表示飞溅角,需要将其分解为侧视飞溅角(图3)和俯视飞溅角(图4),由此可以得到飞机轮胎所造成的跑道上水的飞溅对飞机相关结构的影响。

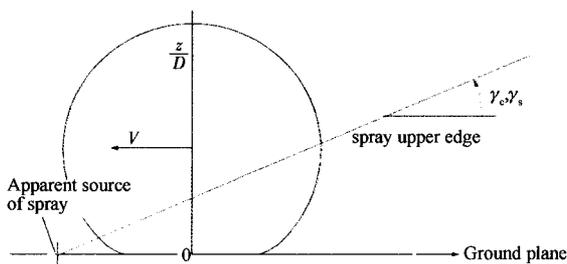


图3 侧视飞溅角

要得到轮胎造成的侧视和俯视飞溅角度,需要计算以下参量。

1.2.1 打滑速度

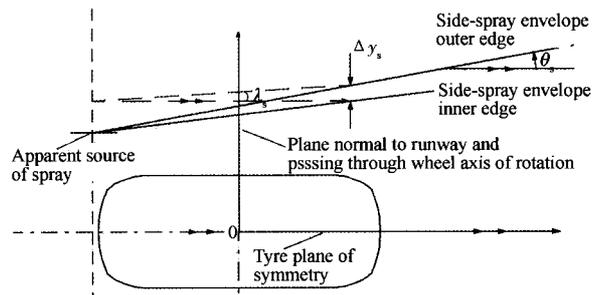


图4 俯视飞溅角

打滑速度是轮胎离开地面时的速度,此时流体压力和轮胎所受的力相等。随着飞机滑跑速度的逐渐增加,轮胎将逐渐抬升,与地面渐渐分离。打滑速度的计算公式为(单位 m/s):

$$V_p = 55.8 \sqrt{p/\sigma} \quad (1)$$

式(1)中, p 是轮胎的充气压力,单位为 MPa, σ 是比重,对于不同的跑道状况, σ 数值不同。干雪: $\sigma < 0.2$; 雪: $0.2 < \sigma < 0.5$; 泥和冰: $0.5 < \sigma < 1.0$; 水: $\sigma = 1.0$ 。

打滑速度对水的飞溅角度有重要的影响。随着飞机速度的增加,轮胎所引起的水的飞溅的角度和高度都会增加,但是当飞机速度超过打滑速度时,轮胎所排出的水的体积会减少,致使水的飞溅的角度和高度减小。

1.2.2 轮胎在竖直方向的变形 δ

变形 δ 主要是轮胎宽度 W , 轮胎直径 D , 轮胎所受的垂直载荷 Z 和充气压力 p 的函数,其计算公式为

$$\frac{\delta}{W} = \begin{cases} \frac{Z}{2.4(p + 0.08P_r)W(WD)^{1/2}} + C_z, & \frac{\delta}{W} > \frac{10}{3}C_z \\ \frac{1}{2} \left[\left(\frac{0.96}{0.216}C_z \right)^2 + \frac{4ZC_z}{0.216(p + 0.08P_r)W(WD)^{1/2}} \right]^{1/2} - \frac{0.96}{0.216}C_z, & \frac{\delta}{W} \leq \frac{10}{3}C_z \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中, C_z 为常数,一般取 0.03, P_r 为轮胎的额定充气压力。

1.2.3 轮胎与地面的接触宽度 b_g

$$\frac{b_g}{W} = 1.7 \left[\frac{\delta}{W} - 2.5 \left(\frac{\delta}{W} \right)^4 + 1.5 \left(\frac{\delta}{W} \right)^6 \right]^{1/2} \quad (3)$$

1.2.4 轮胎与地面的接触长度 h

$$\frac{2h}{D} = 1.7 \left[\frac{\delta}{D} - \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

1.2.5 侧视飞溅角度 γ_s

水的飞溅轨迹与水平面的夹角(图3)计算公式如下

$$\gamma_s = \gamma_{D_s} F_{\gamma_s} F_{d_{\gamma}} \quad (5)$$

式(5)中, γ_{D_s} 、 F_{γ_s} 、 $F_{d_{\gamma}}$ 是角度参数,由经验公式^[2]可以得到。

1.2.6 水滴飞溅高度 z_s

所要计算的位置处,飞溅轨迹的最高处距地面的距离。

$$\frac{z_s}{D} = \left[\frac{2h}{D} + \frac{x}{D} \right] \tan \gamma_s \quad (6)$$

式(6)中, x 为所要计算的位置与轮胎之间的距离。

1.2.7 俯视飞溅角度

水的飞溅轨迹与轮胎对称平面的夹角(图4)计算公式如下

$$\theta_s = \theta_{D_s} F_{\theta_s} F_{d_{\theta}} \quad (7)$$

式(7)中, θ_{D_s} 、 F_{θ_s} 、 $F_{d_{\theta}}$ 是角度参数,由经验公式^[2]可以得到。

1.2.8 飞溅的侧向距离 y_s

襟翼所在的位置到轮胎对称平面的距离计算如下

$$\frac{y_s}{D} = 0.75 \frac{b_g}{D} + \left[\frac{2h}{D} + \frac{x}{D} \right] \tan \theta_s \quad (8)$$

式(8)中, x 为所要计算的位置与轮胎之间的距离。

1.2.9 侧向飞溅的角度增量

$$\lambda_s = \begin{cases} \left(-0.003 + 0.66 \frac{b_g}{W} \right) \lambda_{D_s} F_{d_{\lambda}}, & \frac{b_g}{W} < 0.7 \\ \left(-1.41 + 2.67 \frac{b_g}{W} \right) \lambda_{D_s} F_{d_{\lambda}}, & 0.7 \leq \frac{b_g}{W} \leq 0.9 \\ 0.993 \lambda_{D_s} F_{d_{\lambda}}, & \frac{b_g}{W} \geq 0.9 \end{cases} \quad (9)$$

式(9)中, λ_{D_s} 、 $F_{d_{\lambda}}$ 是角度参数。

1.2.10 俯视飞溅宽度

计算所在位置处水的飞溅轨迹的内边界和外边界的间的距离如下

$$\frac{\Delta y_s}{D} = \left[\frac{2h}{D} + \frac{x}{D} \right] \tan \lambda_s \quad (10)$$

式(10)中, x 为所要计算的位置距轮胎的距离。

2 算例分析

选取某型客机的轮胎参数(表1),根据理论公式进行计算,所得结果与相应飞机轮胎的溅水试验结果进行对比。

对于相同轮胎和水深的情况下,由公式(5)知,

侧视飞溅角度主要受 γ_{D_s} 影响, γ_{D_s} 是与 V/V_p 有关的量。当 $V/V_p = 0.78$, 即当飞机的滑跑速度为打滑速度的78%时, γ_{D_s} 最大,水的飞溅角度最大。由公式(1)和表1的飞机参数知,轮胎的打滑速度 $V_p = 45.4 \text{ m/s}$,则在严重的情况下,飞机的滑跑速度为 35.4 m/s ,在水深为 12.7 mm 时,由公式可以得到侧视飞溅的最大角度为 19.5° 。

表1 轮胎参数

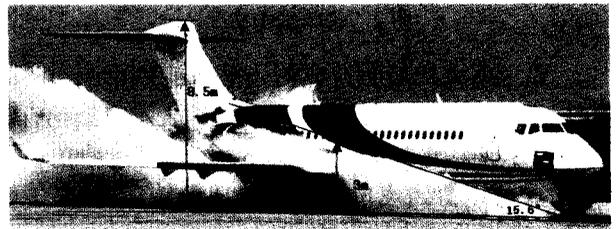
宽度/m	直径/m	垂直方向载荷/N	轮胎充气压力/MPa
0.185	0.592	22 280	0.7

在水深 12.7 mm 的情况下,选取飞机速度为 26 m/s 、 36 m/s 、 46 m/s 和 66 m/s 考察不同飞行速度下的飞溅角度的变化,计算结果见表2。

表2 不同速度下的计算结果

速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	侧视飞溅角度/($^\circ$)	俯视飞溅角度/($^\circ$)
26	14.3	8.2
36	19.3	15.7
46	15.3	14.6
66	12.9	11.5

图5(a)为飞机速度 46 m/s ,水深 12.7 mm 下的水的飞溅情况,经过测量侧视飞溅角度为 15.6° ,理论计算结果为 15.3° 。图5(b)为飞机速度 56 m/s ,水深 12.7 mm 下的水的飞溅情况,经过测量侧视飞溅角度为 12.5° ,理论计算结果为 12.9° 。经过对比可以看出,理论计算结果与试验结果是比较接近的,从而证明了算法的正确性和合理性。



(a)



(b)

图5 溅水试验

飞机前轮距机翼前缘的距离为 11.8 m ,机翼前缘距地面的距离为 2.2 m 。由表2知,在速度 66 m/s 时侧视飞溅角最小为 11.6° 。由此可知,在机翼前缘处水的飞溅高度为 $11.8 \tan(11.6) =$

2.4 m > 2.2 m,也就是说在不同速度下轮胎造成的水的飞溅都会越过机翼,进入发动机内,对发动机的正常运行造成影响(图5)。

为了减小轮胎造成的水的飞溅对发动机的影响就要减小侧视飞溅的角度。由理论分析可知,对飞溅角度有影响的因素主要有飞机的速度,水的深度和轮胎的参数。飞机在跑道上起飞和降落是要经历一定范围的速度,无法对速度进行改进。随着水深的增加,在相同轮胎滚过的跑道面积相同的情况下,轮胎排开的水量越大,致使水的飞溅角度也越大,但是 12.7 mm 已经是客机进行溅水测试的最小深度,所以从深度上也无法减小飞溅角度。对于轮胎的直径,宽度和膨胀压等参数,要根据飞机结构和承载等设计方面确定,改进的程度也不大,另外通过理论公式可知,这些参数的修改对飞溅角度的影响较小。所以要减小飞溅角度要从轮胎结构上进行改进,带翻边的轮胎对轮胎造成的水的飞溅的抑制作用比较明显,国外客机在减小水的飞溅对飞机结构和发动机影响时基本采用翻边轮胎(图6)。

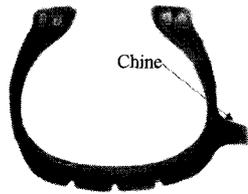


图6 翻边轮胎

3 翻边轮胎挡水原理计算分析

由翻边轮胎的计算公式^[2]知,翻边轮胎主要影响侧视飞溅模型中的角度参数 $\gamma_{D_s}, F_{\gamma_s}, F_{d_s}$ 。通过表1的数据,计算并分析翻边轮胎在水深 12.7 mm 和不同速度下对飞溅角的影响情况。

由表3的数据可以看出,翻边轮胎对俯视飞溅角度没有影响,主要是对侧视飞溅角度的影响,并且能明显的减小侧视飞溅角度,对水的飞溅有抑制作用。虽然通过计算可以明显看出翻边对轮胎溅水的抑制作用,但是对其抑制原理未见有说明,本文通过相关计算认为,翻边的抑制作用主要是对溅水的阻挡作用,从而减小水的飞溅角度。

表3 不同速度下的计算结果(带翻边)

速度/(m·s ⁻¹)	侧视飞溅角度/(°)	俯视飞溅角度/(°)
26	8.6	8.2
36	10.4	15.7
46	8.8	14.6
66	7.4	11.5

通过试验测量轮胎变形后翻边距地面距离为 23 mm,在水深 12.7 mm 时,轮胎翻边在水上面之上,当水被溅起后,轮胎翻边会对溅水起到一定的阻挡作用,从而对水的飞溅起到明显的抑制作用。但是需要注意的是此处说的阻挡并不是翻边将水的飞

溅完全的挡住,因为水被翻边阻挡后,水会反弹到地面或者向周围飞溅,当水超过翻边阻挡范围后,在轮胎引起的水的带动下还是会发生飞溅,但是此时的飞溅的水量和水的能量都会比第一次飞溅要小,所以飞溅角才会明显的减小。

针对翻边轮胎模型具体分析如下:在轮胎发生侧向飞溅的时候,飞溅点距离轮胎的边缘有一定的距离(图4)。飞溅点距轮胎中线的距离为 $L_1 = 0.75b_g$ 。若轮胎翻边的长度为 S_1 ,距地面的距离为 S_2 ,翻边外边缘距轮胎中线的距离为

$$S = S_1 + W/2。$$

俯视飞溅角度为 θ_s ,在翻边高度内飞溅的距离 $L_2 = \tan\theta_s \times (S_2 - h)$,因此翻边高度内水飞溅距离距轮胎中线为

$$L = L_1 + L_2 = 0.75b_g + \tan\theta_s (S_2 - h)。$$

比较翻边高度内水飞溅的距离和翻边外边缘的尺寸,可以得到翻边是否会起到阻挡作用的判别公式

$$\Delta d = S - L = S_1 + W/2 - [0.75b_g + \tan\theta_s \times (S_2 - h)]$$

若 $\Delta d > 0$ 翻边会对水的飞溅起到阻挡作用;若 $\Delta d < 0$ 翻边不会起作用(图7)。

轮胎变形后翻边距地面距离为 23 mm,翻边的长度为 0.024 m,运用判别公式,计算不同速度下翻边轮胎对水的飞溅的阻挡情况(表4)。由表4可以看出在不同速度下 Δd 都是大于零,说明翻边对水的飞溅起到阻挡作用,所以飞溅角有明显的减小。

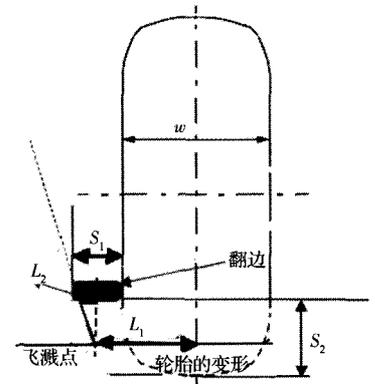


图7 翻边挡水示意图

表4 翻边轮胎挡水判别数据

速度/(m·s ⁻¹)	侧视飞溅角度/(°)	带翻边侧视飞溅角度/(°)	$\Delta d/m$
26	14.3	8.6	0.004
36	19.3	10.4	0.002 6
46	15.3	8.8	0.002 8
66	11.6	7.4	0.003 4

4 翻边轮胎优化选择

通过判别公式可以看出,影响翻边对水的飞溅阻挡效果的因素多数是轮胎的基本参数决定,但是最重要的是翻边的高度和水深的影响。如在飞机速

度为 36 m/s 和水深 12.7 mm 时,若 $\Delta d < 0$, 由判别公式可以计算得翻边距地面的高度 $S_2 > 32.3$ mm, 即此时翻边将不会起到抑制作用。

4.1 翻边高度

本文根据翻边轮胎数据,在水深 12.7 mm 时,分析翻边在不同飞机速度 V 和翻边距地面不同高度 S_2 对水的阻挡情况(表 5)。

从表 5 可以看出,在同一速度下,随着翻边距地面的高度增大,翻边将逐渐失去阻挡效果。当翻边高度确定时,飞机速度在打滑速度附近翻边的阻挡效果最差。所以在研究翻边的阻挡情况时,要计算飞机速度在打滑速度 78% 时,翻边的阻挡效果,因为此时飞溅角度最大,若此时翻边起到阻挡作用,则在其他速度下也会起作用。

表 5 速度和翻边高度的影响

S_2	Δd	V			
		26 m/s	36 m/s	46 m/s	66 m/s
25 mm		0.004	0.002	0.002	0.003
30 mm		0.003	0.0006	0.001	0.002
35 mm		0.002	-0.0007	-0.0003	0.001
40 mm		0.0015	-0.002	-0.0016	-0.00005
45 mm		0.0008	-0.004	-0.003	-0.001
50 mm		0.0001	-0.005	-0.004	-0.002
55 mm		-0.0006	-0.006	-0.005	-0.003

4.2 水深

由理论公式可知水深对飞溅角度的影响体现在参数 F_{d_y} 、 F_{d_θ} 。在飞机速度为 36 m/s 的情况下,选取三种不同的水深 12.7 mm、33 mm、45 mm,考察水深对翻边轮胎溅水的影响。

由表 6 数据可以看出,在不同水深下,翻边都会对水的飞溅有抑制作用,但是从飞溅角的减小程度上看,水深 12.7 mm 时飞溅角减小最明显 46.1%,而水深 33 mm 和水深 45 mm 飞溅角减小程度只有 12.7 mm 的一半左右。这是由于在水深 33 mm 和 45 mm 时,翻边已经浸入水中,对于翻边上面的水将无法起到阻挡作用,这就导致翻边的抑制飞溅的作用明显减小。所以在选择翻边轮胎时,要选择翻边高于水面的轮胎才更有效。

表 6 水深的影响

水深 /mm	飞溅角 /($^\circ$)	带翻边飞溅角 /($^\circ$)	飞溅角减小 百分比/%
12.7	19.3	10.4	46.1
33	28.5	21.2	25.6
45	30.3	23.1	23.8

通过以上分析,翻边的高度和水深对翻边轮胎溅水的抑制作用有明显影响,但是最根本是要看翻边与水面的相对位置。要使翻边的抑制作用最有效,翻边要高于水面,但是翻边又不可过高,过高又

会失效。表 7 为在飞机速度 36 m/s 时,不同翻边的高度 S_2 和水深 h 对溅水阻挡关系, $\Delta d > 0$ 为溅水阻挡有效的轮胎翻边高度和水深。

表 7 不同翻边高度和水深翻边挡水情况

S_2	Δd	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm
20 mm		0.002 1	0.002 7	0.003 2	0.003 8	0.004 4
24 mm		0.001	0.001 6	0.002 1	0.002 7	0.003 2
28 mm		-0.000 1	0.000 4	0.001	0.001 6	0.002 1
32 mm		-0.001 2	-0.000 7	-0.000 1	0.000 4	0.001
34 mm		-0.002 4	-0.001 8	-0.001 3	-0.000 7	-0.000 1

5 结论

通过对溅水理论模型的介绍,可以得到飞机轮胎所引起的水的飞溅在不同方向的飞溅情况,通过与相应的试验对比,验证了算法的正确性。但是基于公式计算结果和试验结果发现基于现有的轮胎所造成的溅水会对飞机的发动机造成影响,为了改善溅水的影响,引入工程上运用较多的翻边轮胎,通过计算分析发现翻边轮胎能明显的抑制轮胎所造成的溅水。但是对于翻边轮胎只有经验公式,缺乏理论解释,本文基于算例分析的基础上解释了翻边轮胎的抑制溅水的原理,并给出了翻边是否会起到阻挡作用的判别公式,然后运用判别公式对不同飞机速度下翻边轮胎的溅水角度进行了分析计算。最后分析了翻边的高度和水深对轮胎抑制水溅作用的影响。在选择翻边轮胎时,翻边高度要高于水面,翻边才会起到更有效的阻挡作用。

参 考 文 献

- 王传煌, 崔健勇. 民用飞机的起落架溅水试验. 飞行试验, 1992; (2): 36—39
- Barrett R V. Research into slush drag, wheel spray and aquaplaning at bristol university using small pneumatic tyres. Aeronautical Engineering, University of Bristol, 1971
- Daugherty R H, Stubbs S M. Measurements of flow rate and trajectory of aircraft tire-generated water spray. NASA TP 2718, 1987
- Haines P, Luers J. Aerodynamic penalties of heavy rain on landing airplanes. J Aircraft, 1983; 20(2): 111—119
- Van Es G W H. A method for predicting the rolling resistance of aircraft tires in dry snow. Journal of Aircraft. 1999; 36(5): 762—768
- Van Es G W H, Roelen A L C, Kruijssen E A C, et al. Safety aspects of aircraft performance on wet and contaminated runways. National Aerospace Laboratory(NLR), 2001
- Engineering sciences data unit (ESDU). Amendment A: Estimation of spray patterns generated from the sides of aircraft tyres running in water or slush, EDSU Data Item 83042, Amendment A, 1998
- Engineering sciences data unit (ESDU). Frictional and retarding forces on aircraft tyres Part V: estimation of fluid drag forces. Engi-

- neering Sciences Data Unit (ESDU 90035), 1992
- 9 Gooden J H M. CRspray-impingement drag calculation of aircraft on water-contaminated runways. National Aerospace Laboratory(NLR), 2001
- 10 Gooden J H M. The effect of crosswind on engine ingestion during takeoffs from water contaminated runways. 28th International Congress of the Aeronautical Sciences, Australia, 2012
- 11 Wu H W, Chen T F, Hu C K, *et al.* The hydroplaning protection of the multi-wheel aircraft. Civil Aircraft Design and Research, 2011;04
- 12 Yu Z G, Li S L, Zhu Q Y. Mechanism analysis of an aircraft tire dynamic hydroplaning. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition). 2004; 5(5): 9—11
- 13 Zang M Y, Zhu L P, Ying Z F. Simulation analysis of hydroplaning characteristics of 3-D patterned tire. Science Technology and Engineering. 2009; 9(11): 2999—3002
- 14 Van Es G W H. Hydroplaning of modern aircraft tires. National Aerospace Laboratory(NLR), 2001
- 15 Cho J R, Lee H W, Sohn J S, *et al.* Numerical investigation of hydroplaning characteristics of three-dimensional patterned tire. European Journal of Mechanics A/Solids. 2006; 25: 914—926

Method for Estimating the Water Spray of Aircraft Tyre and Water Retaining Analysis of Chine Tyre

ZHANG Yue-qing¹, XU Fei^{1*}, DUAN Min-ge¹, GAO Xiang-yang¹, LU Jun², DING Wei²

(School of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University¹, Xi'an 710072, P. R. China;

Shanghai Aircraft Design And Research Institute², Shanghai 201210, P. R. China)

[**Abstract**] When an aircraft taking off or landing on a wet runway, the spray produced by the aircraft tyres has significant effects on flight safety. The water spray produced by the aircraft tyres is a complex process, which is related with many factors, such as the velocity of the aircraft, the geometry of the tyres and the water depth. Some important parameters and theoretical formulas for estimating the water spray angle are introduced, with which the spray angles in different speeds can be calculated, and then the results are compared with the test data from aircraft water spray test, the effectiveness of the method is proved. In order to restrain the effect of water spray for engine, chine tyre is introduced. Chine tyre is better to restrain water spray by calculation and analysis. Base on the example analysis, water retaining of the chine tyre is explained and the criterial equation of water retaining is got. Finally the method of chooseing chine tyre is gived, which provides vital guidance for the experiment of aircraft water spray and the design of the aircraft water protection.

[**Key words**] water spray aircraft tyre airport runway passenger aircraft