

ICS 49.020
V 04



中华人民共和国国家标准

GB/T 16638.1—1996

空气动力学 概念、量和符号 第1部分 空气动力学常用术语

Aerodynamics—Concepts, quantities and symbols
Part 1 Aerodynamic terms in common use

1996-12-13 发布

1997-06-01 实施

国家技术监督局 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 引用标准	1
3 术语和符号	1
3.1 空气动力学基础	1
3.2 实验空气动力学	7
3.3 计算空气动力学	11
3.4 飞行器空气动力学	16
汉语索引(按汉语拼音顺序编排)	22
英文索引(按英文字母顺序编排)	26

前 言

本标准对我国多年使用的空气动力学常用术语进行了归集与筛选,并尽可能与国际上大多数国家的使用习惯相一致,其中的飞行器空气动力学部分术语和符号与国家标准 GB/T 14410—93《飞行力学 概念、量和符号》相协调。

本标准是系列标准《空气动力学 概念、量和符号》中的一个,其他标准还有:

GB/T 16638.2—1996 《空气动力学 概念、量和符号 第2部分 坐标轴系和飞行器运动状态量》;

GB/T 16638.3—1996 《空气动力学 概念、量和符号 第3部分 飞行器几何特性》。

GB/T 16638.4—1996 《空气动力学 概念、量和符号 第4部分 飞行器的空气动力、力矩及其系数和导数》。

本标准由中国航空工业总公司提出。

本标准由航空工业总公司三〇一所归口。

本标准由航空工业总公司六二七所、六二八所、北京航空航天大学等单位负责起草。

本标准主要起草人:范洁川、姚民斐、陈炳永、冯亚南、陈永魁、张克军、陈玉。

中华人民共和国国家标准

空气动力学 概念、量和符号 第1部分 空气动力学常用术语

GB/T 16638.1—1996

Aerodynamics—Concepts, quantities and symbols
Part 1 Aerodynamic terms in common use

1 范围

本标准规定了常用的空气动力学术语、定义或说明及符号。
本标准适用于空气动力学研究和应用领域。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 1920—80 标准大气(30 km 以下部分)

GB/T 16638.4—1996 空气动力学 概念、量和符号 第4部分 飞行器的空气动力、力矩及其系数和导数

GJB 1179—91 高速风洞和低速风洞流场品质规范

3 术语和符号

3.1 空气动力学基础

编号	术语	定义或说明	符号
3.1.1	空气动力学 aerodynamics	研究空气和其他气体的运动以及它们与物体相对运动时相互作用规律的学科	
3.1.2	标准大气 standard atmosphere	根据大量的实际测量资料,由权威机构制定并颁布的大气温度、压力、密度等物理参数随高度的变化规律。 注:标准大气参数(30 km 以下)见国家标准 GB 1920—80	
3.1.3	空气压力(压强) air pressure	空气垂直作用在空气质点表面或物体表面单位面积上的力	p

国家技术监督局 1996-12-13 批准

1997-06-01 实施

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.1.4	空气温度 air temperature	表征空气冷热程度的一个物理量	T
3.1.5	空气密度 air density	单位体积空气的质量	ρ
3.1.6	空气(动力)粘度 air viscosity	<p>表征空气粘性的一个物理量。在纯剪切流中,切应力 τ 可表示为</p> $\tau = \mu \frac{dv_x}{dy}$ <p>式中 μ 为(动力)粘度, $\frac{dv_x}{dy}$ 为切向速度的法向梯度</p>	μ
3.1.7	运动粘度 kinematic viscosity	<p>流体的(动力)粘度与密度之比,即</p> $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	ν
3.1.8	气体常数 gas constant	<p>表征气体性质的一个常数。对完全气体,它为气体压力 p 除以密度 ρ 和绝对温度 T 的乘积</p> $R = \frac{p}{\rho T}$	R
3.1.9	空气比热[容]比 ratio of the air specific heat capacities	<p>空气比定压热容 c_p 与比定容热容 c_v 之比,即</p> $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$	γ
3.1.10	空气压缩性 compressibility of air	空气因压力或温度变化而改变其体积或密度的特性	
3.1.11	马赫数 Mach number	<p>流场中某点的速度 V 与当地声(音)速 a 之比,即</p> $M = \frac{V}{a}$ <p>马赫数是衡量压缩性对空气流动影响的最重要参数</p>	M 或 (Ma)
3.1.12	临界声(音)速 critical sound speed	流场中某点的流速等于当地声(音)速时的速度	a_{cr}
3.1.13	速度系数 speed coefficient	流场中某点的流速 V 与当地临界声音速 a_{cr} 之比	λ

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.1.14	自由流 free stream	飞行器前未经扰动的来流。一般用下标“ ∞ ”表示	
3.1.15	低速流 ¹⁾ low speed flow	可以忽略流体密度变化影响的流动。一般指 $M_\infty < 0.3$ 的流动	
3.1.16	亚声(音)速流 ¹⁾ subsonic flow	流场中各点处的流速都低于当地声(音)速的流动。一般指 $0.3 \leq M_\infty < 0.8$ 的流动	
3.1.17	跨声(音)速流 ¹⁾ transonic flow	流场中流体的速度接近声(音)速的流动。一般指 $0.8 \leq M_\infty < 1.4$ 的流动	
3.1.18	超声(音)速流 ¹⁾ supersonic flow	流场中各点处的流速都大于当地声(音)速的流动。一般指 $1.4 \leq M_\infty < 5$ 的流动	
3.1.19	高超声(音)速流 ¹⁾ hypersonic flow	流场中各点处的流速都远大于当地声(音)速的流动。一般指 $M_\infty \geq 5$ 的流动	
3.1.20	可压缩流 compressible flow	不能忽略流体密度变化影响的流动。通常将 $M \geq 0.3$ 的流动认为是可压缩流	
3.1.21	不可压缩流 incompressible flow	可以忽略流体密度变化影响的流动。通常将 $M < 0.3$ 的流动认为是不可压缩流	
3.1.22	定常流 steady flow	流场中任一点的流动参数(如速度、压力、密度等)不随时间变化的流动	
3.1.23	非定常流 unsteady flow	流场中任一点的流动参数(如速度、压力、密度等)随时间变化的流动	
3.1.24	粘流 viscous flow	具有粘性的流体流动	
3.1.25	无粘流 inviscid flow	不考虑粘性影响的流动	
3.1.26	势(位)流 Potential flow	流场中涡矢量等于零的流动。涡矢量定义见 3.1.5.1	
3.1.27	临界马赫数 critical Mach number	物体表面上最大流速达到当地声(音)速时所对应的自由流马赫数	M_{cr}

1) 这些术语的定义或说明不在于明确其物理概念,而在于统一各速度段 M_∞ 的范围。

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.1.28	马赫波 Mach wave	超声(音)速流中微扰动传播形成的波阵面	
3.1.29	膨胀波 expansion wave	超声(音)速气流通过波阵面后,压力、密度和温度下降,而流速上升时,此波阵面称膨胀波	
3.1.30	压缩波 compression wave	超声(音)速气流通过波阵面后,压力、密度和温度上升,而流速下降时,此波阵面称压缩波	
3.1.31	激波 shock wave	超声(音)速气流中压力、密度和温度在波阵面上发生突跃变化的强压缩波	
3.1.32	激波(斜)角 shock wave angle	超声(音)速流中的激波面与自由流方向的夹角	β
3.1.33	雷诺数 Reynolds number	<p>表征流体惯性力和粘性力相对大小的一个无因次相似参数。</p> $Re = \frac{\rho V l}{\mu}$ <p>式中 ρ 为流体的密度, V 为流场中的特征速度, l 为特征长度, μ 为流体的动力粘度</p>	Re
3.1.34	临界雷诺数 critical Reynolds number	标志流动从层流开始转换为湍流的雷诺数	Re_{cr}
3.1.35	雷诺应力 Reynolds stress	湍流边界层内,由湍流掺混引起的湍流剪切应力	τ
3.1.36	普朗特数 Prandtl number	<p>表征流体流动中动量交换与热交换相对重要性的一个无因次相似参数。</p> $Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$ <p>式中 μ 为流体的动力粘度, c_p 为流体的比定压热容, λ 为热导率</p>	Pr
3.1.37	斯特劳哈尔数 Strouhal number	<p>表征流体流动中周期性影响的一个无因次相似参数。</p> $Sr = \frac{fl}{V}$ <p>式中 f 为频率, l 为特征长度, V 为自由流速度</p>	Sr

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.1.38	弗劳德数 Froude number	<p>表征流体流动中流体惯性力与重力相对大小的一个无因次相似参数。</p> $Fr = \frac{V^2}{gl}$ <p>式中 V 为物体运动速度, g 为重力加速度, l 为特征长度</p>	Fr
3.1.39	努塞尔数 Nusselt number	<p>表征流体流动中与传热有关的一个无因次相似参数。</p> $Nu = \frac{Kl}{\lambda}$ <p>式中 K 为传热系数, l 为特征长度, λ 为热导率</p>	Nu
3.1.40	(点源) source	流体自流场中某一点以均一的速率沿所有射线方向向外流出的一种假想流动	
3.1.41	汇(点汇) sink	流体以均一的速率沿所有射线方向流入流场中某一点的假想流动	
3.1.42	偶极子 doublet	等强度的一个点源和一个点汇, 令其无限接近并保持强度和距离的乘积为常数的一种极限流动	
3.1.43	点涡 point vortex	二维位流场中, 流线为一组同心圆的假想流动	
3.1.44	线涡 vortex filament	空间流场中强度为有限值, 截面近于零的涡管元。又称涡丝	
3.1.45	面涡 vortex sheet	在流场中聚集在无限薄曲面上并形成速度切向间断的涡量层	
3.1.46	马蹄涡 horse-shoe vortex	一条等强度, 其两端伸向无限远的“II”形线涡	
3.1.47	环量 circulation	流体速度沿一封闭曲线的线积分	Γ
3.1.48	涡线 vortex line	流场中处处与涡矢量相切的曲线	

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.1.49	流线 streamline	流场中每点都与速度矢量相切的曲线。 注：定常流中流线形状不随时间改变，且与迹线重合	
3.1.50	迹线 pathline	流体质点的轨迹，它是同一流体质点在不同时刻形成的曲线	
3.1.51	涡矢量 vorticity	表征流体微团旋转角速度的物理量，其大小为微团角速度的两倍，方向与转动轴线重合	Ω
3.1.52	涡面 surface of vorticity	涡矢量场中 Ω 在某曲面单位法线矢量 n 上投影 $\Omega_n=0$ 时的曲面	
3.1.53	驻点 stagnation point	通常指物面上气流相对速度滞止到零的点。又称滞止点	
3.1.54	静压 static pressure	运动气体的当地压力	p
3.1.55	动压 dynamic pressure	又称速压。运动气体当地密度 ρ 和速度 V 平方乘积之半，即 $q = \frac{1}{2} \rho V^2$	q
3.1.56	总压 total pressure	气流速度等熵滞止到零时的压力。又称驻点压力	P_0
3.1.57	静温 static temperature	运动气体的当地温度	T
3.1.58	总温 total temperature	气流速度绝热滞止到零的温度。又称驻点温度	T_0
3.1.59	流函数 stream function	二维流中沿流线为常数的标量函数	ψ
3.1.60	位函数 potential function	表示位流速度向量场 V 的一个标量函数，又称速度位	ϕ
3.1.61	层流 laminar flow	粘性流体质点互不掺混、层次分明的流动	
3.1.62	湍流 turbulent flow	粘性流体质点互相掺混，其局部压力、速度等在时间和空间上有随机脉动的流动	

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.1.63	湍流度 turbulence level	度量气流速度脉动程度的一种标准。 $\epsilon = \sqrt{\frac{1}{3}(\overline{V'^2_x} + \overline{V'^2_y} + \overline{V'^2_z})} / \overline{V}$ 式中 V'_x, V'_y, V'_z 分别为沿 x, y, z 方向的脉动速度分量, \overline{V} 为时均速度	ϵ
3.1.64	转换 transition	层流到湍流的过渡	
3.1.65	分离流 separated flow	气流绕物体的流线自物面抬起后形成的流动	
3.1.66	边界层(附面层) boundary layer	流体绕固体流动时在壁面附近形成的粘性流体薄层	
3.1.67	层流边界层(层流附面层) laminar boundary layer	边界层内的流动状态呈层流的边界层	
3.1.68	湍流边界层(湍流附面层) turbulent boundary layer	边界层内的流动状态呈湍流的边界层	
3.1.69	边界层厚度(附面层厚度) boundary layer thickness	沿物面法向气流速度从零到 0.99 倍势(位)流速度处的距离	δ

3.2 实验空气动力学

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.2.1	实验空气动力学 experimental aerodynamics	空气动力学的一个分支。用实验的方法研究气体的流动特性和气体绕物体流动时的相互作用规律的一门学科	
3.2.2	相对性原理 relativity principle	两个惯性运动的物体之间,其相互作用取决于它们之间的相对速度和相对位置	
3.2.3	相似准则 similarity criterion	流动现象的各参数所组成的描述流动特性的无因次量,即判定两个流动现象相似必须遵守的原则	
3.2.4	风洞 wind tunnel	在一个按一定要求设计的管道内,产生可控制流动参数的人工气流,供气动实验使用的设备	
3.2.5	低速风洞 low speed wind tunnel	试验段气流马赫数小于 0.3 的风洞	

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.2.6	亚跨声(音)速风洞 subsonic and transonic wind tunnel	试验段气流马赫数在 0.3 至 1.4 之间的风洞	
3.2.7	超声(音)速风洞 supersonic wind tunnel	试验段气流马赫数在 1.4 至 5.0 之间的风洞	
3.2.8	高超声(音)速风洞 hypersonic wind tunnel	试验段气流马赫数在 5 至 12 之间的风洞	
3.2.9	尾旋(螺旋)风洞 spin wind tunnel	研究飞机尾旋的发展和改出的特种(多为立式)风洞	
3.2.10	结冰风洞 icing wind tunnel	简称冰风洞。研究飞行器在飞行中其机体和部件迎风面以及外露部分结冰规律及预防方法和结冰对飞行器气动特性影响的特种风洞	
3.2.11	高雷诺数风洞 high Reynolds number wind tunnel	用增加气流总压,降低气流总温或增大模型尺寸等方法,使试验雷诺数接近于飞行器实际飞行雷诺数的风洞	
3.2.12	全尺寸风洞 full scale wind tunnel	一种可以进行与真实飞行器或部件相同尺寸的模型(或实物)试验的风洞	
3.2.13	水洞 water tunnel	在一个按一定要求设计的管道内,产生可控制流动参数的人工水流,供水动力实验使用的设备	
3.2.14	试验段 test section	风洞中可安置模型进行试验的部件	
3.2.15	通气壁 ventilating wall	风洞试验段的四壁或上下壁呈开孔或开槽状态,使部分气流可流进或流出,主要是用以减少洞壁干扰的试验段壁	
3.2.16	开闭比 porosity	<p>风洞试验段通气壁板的通气面积 A_p 与壁板面积 A_w 之比。</p> $\tau = \frac{A_p}{A_w}$ <p>开闭比可分为平均开闭比和局部开闭比。平均开闭比为通气壁板的通气总面积与壁板总面积之比;局部开闭比为通气壁板局部面积与其对应的局部壁板面积之比</p>	τ

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.2.17	自适应壁 adapting wall	使绕模型的流动与自由流绕模型的流动特性相吻合的可调节调壁	
3.2.18	风洞能量比 energy ratio of wind tunnel	风洞试验段气流的能量与输入风洞的能量之比。 $ER = \frac{(qAV)_t}{N}$ 式中 q, A, V 分别为试验段的速压, 横截面积和风速, N 通常为风扇电机的输入功率	ER
3.2.19	风洞流场品质 flow quality of wind tunnel	风洞试验段中模型区流场优劣的程度。流场品质的规范见 GJB 1179—91	
3.2.20	总压受感器 pitot sensor	感受气流总压力的装置。又称皮托管	
3.2.21	总静压受感器 pitot-static sensor	一种同时测量气流的总压力和静压力并由此得到气流速度的测量装置。又称风速管	
3.2.22	多孔探头 multiple-hole probe	一种测量气流总压、静压、动压和流向的感受装置	
3.2.23	空气动力天平 aerodynamic balance	又称风洞天平。风洞中用以测量气流作用在模型上的空气动力和力矩的测量设备	
3.2.24	烟流法 smoking flow method	又称烟迹法。在风洞试验段模型前向气流中加入烟雾以显示绕模型流动的空间流态的方法	
3.2.25	丝线法 tuft method	将一轻而软的纤维(如丝线)的一端规则地粘在模型表面或网格结点上, 另一端使其自由, 当气流流过模型或网格时, 以观察丝线在气流中的形态, 判断绕流或空间流动特性的方法	
3.2.26	油流法 oil flow method	将具有一定粘度的机油与显示剂混合后涂于模型表面, 当气流与其相互作用时, 显示近物面处流动特性的方法	
3.2.27	气泡流动显示 bubble flow visualization	用气泡做为示踪粒子显示流态的方法。所用的气泡主要有氦气泡(用于低速风洞)和氢气泡(用于水洞)	

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.2.28	激光蒸汽屏流动显示 laser vapour screen flow visualization	在气流中用人工方法形成一定浓度的雾,配以激光片光照射,显示绕模型流动特性的方法	
3.2.29	风洞试验 wind tunnel test	利用在风洞试验段中的气流绕模型流动,获得模型气动力特性和绕流特性的试验	
3.2.30	模型 model	按相似理论将飞行器或部件几何外形缩小或放大,或按质量、刚度等分布要求制成的用以进行飞行器空气动力性能试验的物体	
3.2.31	测力试验 force test	测量气流作用在模型上的空气动力的试验	
3.2.32	测压试验 pressure test	测量气流绕模型流动时模型表面压力的试验	
3.2.33	半模型试验 half-model test	在风洞中使用被对称平面所平分的半个模型进行的试验	
3.2.34	二维模型试验 two-dimensional model test	利用二维模型,在风洞中测量模型(如翼型)空气动力特性的试验	
3.2.35	进气道试验 air intake test	利用进气道模型,在风洞中测量进气道内流总压恢复系数、流动畸变、内外阻力和喘振边界等空气动力特性的试验	
3.2.36	动力模拟试验 engine simulation test	在风洞中模拟发动机进、排气和(或)螺旋桨滑流对飞行器空气动力特性影响的试验	
3.2.37	动导数试验 dynamic derivative test	在风洞中测量作用在模型上的空气动力和力矩对运动参数时间变化率的试验	
3.2.38	颤振试验 flutter test	利用飞行器颤振试验模型,测量不同速压气流流过模型的颤振临界速度、颤振频率和颤振模态等颤振特性的试验	
3.2.39	抖振试验 buffeting test	在风洞中测量飞行器模型的抖振边界和抖振载荷的试验	
3.2.40	旋转天平试验 rotary balance test	在风洞中使飞行器模型绕某一轴做旋转运动,测量气流流过旋转模型时其所受的空气动力,是研究飞行器失速/尾旋特性的试验之一	

编 号	术 语	定 义 或 说 明	符 号
3.2.41	地面效应试验 ground effect test	在风洞中模拟地面,测量其对飞行器空气动力特性影响的试验	
3.2.42	浮力修正 buoyance correction	修正由于风洞试验段的气流沿轴向存在静压梯度,会使模型产生附加阻力的修正量。 $\Delta D_b = -KV \frac{dp}{dl}$ 式中 $\frac{dp}{dl}$ 为轴向静压梯度, V 为模型的体积, K 为模型形状系数	ΔD_b
3.2.43	阻塞度 percentage of blockage	风洞试验模型的最大横截面积 A_m 与试验段横截面积 A_t 之比 $\epsilon_m = \frac{A_m}{A_t}$	ϵ_m
3.2.44	洞壁干扰 wind tunnel wall interference	由于风洞洞壁的存在引起的对模型空气动力的影响	
3.2.45	支架干扰 support interference	由于支架的存在引起的对模型空气动力的影响	
3.2.46	湍流度因子 turbulence coefficient	同一模型在大气条件下的临界雷诺数 Re_{cr} 与在风洞气流中的临界雷诺数 Re_{ew} 之比 $TF = \frac{Re_{cr}}{Re_{ew}}$	TF
3.2.47	有效雷诺数 effective Reynolds number	风洞试验段气流湍流度因子 TF 与模型试验雷诺数 Re_m 的乘积 $Re_e = TF \times Re_m$	Re_e
3.2.48	模型自由飞试验 free flight test of model	飞行器模型在实际大气或风洞中进行的飞行试验	
3.2.49	模型旋转中心 center of model turning	在风洞试验段中模型改变姿态角转动时所绕之点	
3.2.50	飞行试验 flight test	飞行器在实际大气条件下进行的飞行试验	

3.3 计算空气动力学