

GJB

中华人民共和国国家军用标准

FL

GJB 1179—91

高速风洞和低速风洞 流场品质规范

Specification for flow quality of
high and low speed wind tunnels

1991—10—18 发布

1992—06—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

目 次

1	主题内容和适用范围	(1)
2	符号	(1)
3	高速风洞试验段流场校测和流场品质指标	(2)
3.1	流场校测项目	(2)
3.2	流场指标和要求	(3)
3.3	流场校测方法和数据处理	(4)
4	低速风洞试验段流场校测和流场品质指标	(7)
4.1	流场校测项目	(7)
4.2	流场指标和要求	(7)
4.3	流场校测方法和数据处理	(8)
5	其他	(11)
附录 A	20°锥柱体压力分布无干扰数据	(13)

中华人民共和国国家军用标准

高速风洞和低速风洞流场品质规范

GJB 1179-91

Specification for flow quality of
high and low speed wind tunnels

1 主题内容和适用范围

本标准规定了高速风洞和低速风洞流场校测的项目、方法及流场品质指标。
本标准适用于以航空、航天飞行器实验为主要任务的生产性风洞。

2 符号

本标准所用符号及其意义见表 1。

表 1 符号及其意义

符 号	意 义	单 位
A	风洞试验段横截面积	m ²
C _p	压力系数	—
C _{p rms}	气流脉动压力系数	—
C _y	升力系数	—
D	模型直径	m
dC _p /dx	轴向静压梯度	1/m
L	模型区长度	m
M	马赫数	—
M _c	参考点马赫数	—
M _∞	来流马赫数	—
\bar{M}	平均马赫数	—
P	静压	Pa
P _c	参考点静压	Pa
P ₀	总压(驻点压力)	Pa
q	动压	Pa
Re	雷诺数	—
x	轴向距离	m
α	迎角	(°)

国防科学技术工业委员会 1991-10-18 发布

1992-06-01 实施

续表 1

符 号	意 义	单 位
α_{00}	模型正装时的零升迎角	(°)
α_{0D}	模型反装时的零升迎角	(°)
β	侧滑角	(°)
σ_M	马赫数分布均方根偏差	—
σ_q	动压均方根偏差	Pa
ϵ	气流湍流度	—
μ	动压场系数	—
ζ	参考点动压修正系数	—
δ^*	边界层位移厚度	m
δ	边界层厚度	m
ΔC_p	方向仪测压点压差系数	—
ΔM	马赫数分布偏差	—
$\Delta\alpha$	铅垂面内的局部气流偏角	(°)
$\overline{\Delta\alpha}$	铅垂面内的平均气流偏角	(°)
$\Delta\beta$	水平面内的局部气流偏角	(°)
$\overline{\Delta\beta}$	水平面内的平均气流偏角	(°)

3 高速风洞试验段流场校测和流场品质指标

3.1 流场校测项目

3.1.1 速度场

3.1.1.1 亚、跨声速范围($0.4 \leq M \leq 1.4$)

a. 中心线马赫数分布;

b. 侧壁马赫数分布¹⁾;

c. 参考点马赫数。

3.1.1.2 超声速范围($M > 1.4$)

截面马赫数分布。

3.1.2 方向场

3.1.2.1 局部气流偏角¹⁾;

3.1.2.2 铅垂面内的平均气流偏角;

3.1.2.3 水平面内的平均气流偏角¹⁾。

3.1.3 跨声速通风壁消波特性

3.1.4 洞壁边界层

3.1.5 气流噪声

3.1.6 亚、跨声速气流湍流度

3.1.7 气流不稳定性(气流的低频脉动)

注:1)为非必测项目。

3.2 流场指标和要求

3.2.1 速度场

3.2.1.1 马赫数分布均方根偏差 σ_M

马赫数分布均方根偏差 σ_M 指标示于表 2 和图 1。其中合格指标为必须达到的指标,马赫数分布均方根偏差 σ_M 不得大于合格指标的数值。先进指标为争取达到的指标。

表 2 马赫数分布均方根偏差 σ_M 指标

M	$0.4 \leq M \leq 1.0$	$1.0 \leq M \leq 1.2$	$1.3 \leq M \leq 1.5$	1.75	2.0
合格指标	0.005	0.010	0.011	0.013	0.014
先进指标	0.002	0.005	0.006	0.006	0.007

续表 2

M	2.25	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
合格指标	0.015	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024
先进指标	0.008	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012

3.2.1.2 马赫数分布最大偏差 ΔM_{\max}

给出马赫数偏差 ΔM 大于 $2\sigma_M$ (σ_M 为合格指标)的测点数及其占总测点数的百分比,并给出马赫数最大偏差 ΔM_{\max} 量值。

3.2.1.3 给出轴向马赫数梯度 $\frac{dM}{dX}$ 数值。

3.2.1.4 在亚、跨声速范围,给出参考点(通常选在驻室)马赫数 M_c 与模型区平均马赫数 \bar{M} 的关系,即给出 $\bar{M} \sim M_c$ 曲线或 $(\bar{M} - M_c) \sim M_c$ 曲线。

对于大迎角(或大堵塞度)的模型实验,应校核来流马赫数 M_∞ 与参考点马赫数 M_c 的关系是否同于空风洞 $\bar{M} \sim M_c$ 关系。

3.2.1.5 测点间距要求

进行亚、跨声速马赫数校测时,模型区内沿轴向的测点间距不大于 $\sqrt{A}/15$ (A 为试验段横截面积)。

进行超声速截面马赫数校测时,在模型区内测量截面的间距不大于 $\sqrt{A}/10$,每个截面至少在水平对称线与垂直对称线上进行测量,每条线上测点间距不大于 $\sqrt{A}/15$ 。

模型区选取:长度不小于 \sqrt{A} ,宽度和高度分别不小于试验段宽度和高度的三分之二。

3.2.2 方向场

3.2.2.1 局部气流偏角

给出试验段模型区局部气流偏角分布图。

3.2.2.2 平均气流偏角

要求试验段模型区平均气流偏角达到: $\overline{\Delta\alpha} \leq 0.3^\circ, \overline{\Delta\beta} \leq 0.3^\circ$ 。

注:本标准中所规定的角度偏差指标,均指其绝对值,为简便起见,省略了绝对值符号。

3.2.3 跨声速试验段通风壁消波特性

给出锥柱体表面压力分布 $P/P_0 \sim X/D$ 曲线,并与无干扰曲线比较。无干扰值见附录A。

3.2.4 洞壁边界层

给出模型区至少两个位置的壁面边界层厚度、位移厚度及速度分布。

3.2.5 气流噪声

给出试验段洞壁及 10° 锥模型表面的气流噪声声压级 SPL 和气流脉动压力系数 C_{prms} 以及噪声频谱图。

3.2.6 气流湍流度

给出亚、跨声速试验段气流三个分量的湍流度及其频谱。

3.2.7 气流不稳定性

3.2.7.1 亚、跨声速

要求亚、跨声速试验段参考点马赫数最大波动量 ΔM_{cmax} 达到:

合格指标: $\Delta M_{cmax} \leq 0.005$

先进指标: $\Delta M_{cmax} \leq 0.002$

并给出参考点马赫数 M_c 随时间变化的曲线。

3.2.7.2 超声速

要求超声速稳定段总压最大波动量达到:

合格指标: $\Delta P_{0,max}/P_0 \leq 0.3\%$

先进指标: $\Delta P_{0,max}/P_0 \leq 0.1\%$

并给出稳定段总压 P_0 随时间变化的曲线。

3.3 流场校测方法和数据处理

3.3.1 马赫数分布测定

3.3.1.1 测点马赫数的计算

以稳定段总压作为试验段总压 P_0 。

在亚、跨声速,用轴向探测管测量试验段中心线静压分布。

根据稳定段总压 P_0 及试验段中心线(或侧壁、驻室)测点的静压 P ,按公式(1)计算测点马赫数。

$$M = \sqrt{5 \left[\left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{2}{7}} - 1 \right]} \dots\dots\dots (1)$$

在超声速,用总压排管测得各点波后总压 P' ,按公式(2)计算测点马赫数。

$$\frac{P'_0}{P_0} = \left(\frac{6M^2}{5+M^2} \right)^{3.5} \left(\frac{6}{7M^2-1} \right)^{2.5} \dots\dots\dots (2)$$

3.3.1.2 模型区平均马赫数 \bar{M} 、最大马赫数偏差 ΔM_{max} 、马赫数梯度 $\frac{dM}{dX}$ 的计算

$$\bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta M_i = M_i - \bar{M} \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta M_{max} = |\Delta M_i|_{max} \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta M_i)^2} \dots\dots\dots (6)$$

式中： n ——模型区测点总数。

$$\frac{dM}{dX} = \frac{m \sum_{j=1}^m X_j M_j - \sum_{j=1}^m X_j \sum_{j=1}^m M_j}{m \sum_{j=1}^m X_j^2 - (\sum_{j=1}^m X_j)^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

当进行截面 M 数校测时， M_j 、 X_j 、 m 的含义为：

M_j ——模型区内第 j 截面的平均马赫数；

X_j ——第 j 截面距试验段入口的距离；

m ——模型区内校测截面总数。

当进行中心线或侧壁一排测点马赫数校测时， M_j 、 X_j 、 m 的含义为：

M_j ——模型区内第 j 点的马赫数；

X_j ——第 j 点距试验段入口的距离；

m ——模型区内测点总数。

为提高校测精度，可重复 3~7 次，求取平均值。

3.3.2 方向场校测

3.3.2.1 局部气流偏角

用圆锥方向仪、楔形方向仪或其它仪器测定局部气流偏角。

根据方向仪测压点压差系数 ΔC_p 及方向仪校准曲线 ($\Delta \alpha \sim \Delta C_p$ 曲线和 $\Delta \beta \sim \Delta C_p$ 曲线) 求铅垂面内的局部气流偏角 $\Delta \alpha$ 和水平面内的局部气流偏角 $\Delta \beta$ 。

3.3.2.2 平均气流偏角

用校验模型(展长不小于试验段宽度的百分之四十)正、反装实验获得的 $C_y \sim \alpha$ 曲线求得正装时的零升迎角 α_{0D} 和反装时的零升迎角 α_{0U} ，按公式(8)(当 C_y 、 α 采用模型坐标系时)或公式(9)(当 C_y 、 α 采用风洞坐标系时)求平均气流偏角 $\bar{\Delta \alpha}$ ：

$$\bar{\Delta \alpha} = \frac{1}{2} (\alpha_{0D} - \alpha_{0U}) \dots\dots\dots (8)$$

$$\bar{\Delta \alpha} = -\frac{1}{2} (\alpha_{0D} + \alpha_{0U}) \dots\dots\dots (9)$$

同理，用校验模型正、反装实验获得的 $C_z \sim \beta$ 曲线求水平面内的平均气流偏角 $\bar{\Delta \beta}$ 。

3.3.3 跨声速试验段通风壁面消波特性测定

用锥柱体(头锥角 20°, 堵塞度不小于 1%)表面压力分布测值来判断。

3.3.4 洞壁边界层测量

用梳状皮托排管、可移动的皮托单管或其它仪器测定模型区内至少两个位置的洞壁边界层总压分布。由测量位置的壁面静压 P 和边界层内总压 P_0 的比值求得边界层内马赫数分布。

当 $P/P_0 > 0.528$ 时,按公式(1)计算马赫数;

当 $P/P_0 \leq 0.528$ 时,按公式(10)计算马赫数。

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{7M^2 - 1}{6} \right)^{2.5} \left(\frac{5}{6M^2} \right)^{3.5} \dots\dots\dots (10)$$

然后按公式(11)算出边界层内速度分布:

$$\frac{u}{u_1} = \frac{M}{M_1} \sqrt{\frac{1 + 0.2M_1^2}{1 + 0.2M^2}} \dots\dots\dots (11)$$

以比值 u/u_1 等于 0.99 处距壁面的距离为边界层厚度。

边界层位移厚度 δ^* 按(12)式计算(可用数值积分方法算):

$$\delta^* = \int_0^{\delta} \left[1 - \frac{\rho u}{(\rho u)_1} \right] dy \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{式中: } \frac{\rho u}{(\rho u)_1} = \frac{M}{M_1} \sqrt{\frac{1 + 0.2M^2}{1 + 0.2M_1^2}} \dots\dots\dots (13)$$

下标 1 表示边界层外缘条件。

3.3.5 噪声测定

在试验段中心线和洞壁测定气流的噪声。在试验段中心线上,用装有脉动压力传感器的 10° 锥模型(堵塞度小于 1%)测定;在洞壁,用脉动压力传感器测定。

$$SPL = 20 \lg (Prms/P_s) \dots\dots\dots (14)$$

$$Prms = 2 \times 10^{\left(\frac{SPL - 100}{20} \right)} \dots\dots\dots (15)$$

$$C_{prms} = (Prms/q) \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

式中: SPL —— 仪器读出的测点噪声声压级, dB;

P_s —— 基准声压, 其值为 2×10^{-5} Pa;

$Prms$ —— 气流均方根脉动压力, Pa;

$$Prms = \lim_{T \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (Pt - \bar{P})^2 dt}$$

Pt —— 瞬时压力;

\bar{P} —— 平均压力;

C_{prms} —— 气流脉动压力系数。

3.3.6 湍流度测定

用热线风速仪、激光测速仪或其它仪器测定试验段气流三个分量的湍流度。

3.3.7 气流不稳定性测定

3.3.7.1 亚、跨声速

在亚、跨声速,当气流达到给定马赫数后,在 20 秒钟内连续测量试验段参考点马赫数 Mc , 测量次数不少于 200 次,按公式(17)、(18)求马赫数波动量:

$$\overline{Mc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Mci \dots\dots\dots (17)$$

$$\Delta Mc_{max} = |Mci - \overline{Mc}|_{max} \dots\dots\dots (18)$$

3.3.7.2 超声速

在超声速同一马赫数下,当稳定段总压达到给定值后,在 20 秒钟内连续测量稳定段总压 P_0 ,测量次数不少于 200 次,按公式(19)、(20)式计算总压波动量:

$$\overline{P_0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{0i} \dots\dots\dots (19)$$

$$\frac{\Delta P_{0max}}{P_0} = \frac{|P_{0i} - \overline{P_0}|_{max}}{P_0} \dots\dots\dots (20)$$

4 低速风洞试验段流场校测和流场品质指标

4.1 流场校测项目

4.1.1 动压或风速

4.1.1.1 参考点动压修正系数(落差系数);

4.1.1.2 动压场。

4.1.2 方向场

4.1.2.1 局部气流偏角;

4.1.2.2 平均气流偏角。

4.1.3 轴向静压梯度

4.1.4 气流温度¹⁾

4.1.5 湍流度

4.1.5.1 模型区中心处湍流度;

4.1.5.2 模型区湍流度分布¹⁾。

4.1.6 动压稳定性

4.1.7 气流噪声

注:1)为非必测项目。

4.2 流场指标和要求

4.2.1 动压

4.2.1.1 参考点动压修正系数

在风洞可用动压范围内,在试验段入口处测量参考点动压修正系数(落差系数)。绘制修正系数随试验段动压变化图线。要求在任一动压下重复测量 7 次,动压修正系数的均方根偏差 σ_c 不大于 0.002。

4.2.1.2 动压场

测量试验段各截面的动压分布,测量截面不少于 5 个(在模型区内不少于 3 个),截面上的测点间距不大于 $\sqrt{A}/15$,测点范围应超出模型区。对通过模型区中心的截面,要在常用动压、最大动压以及最小动压下进行测量;其它截面只在常用动压下进行测量。

模型区选取:闭口试验段取试验段高度、宽度和长度的 75%;开口试验段取试验段高度、

宽度和长度的 70%。

要求绘制各截面动压分布图,模型区内动压场系数 μ 应达到:

合格指标: $|\mu| \leq 0.5\%$

先进指标: $|\mu| \leq 0.2\%$

4.2.2 方向场

4.2.2.1 局部气流偏角

测量截面、测点间距、动压范围均与动压场测量相同。

要求模型区内各测点的局部气流偏角达到:

合格指标: $\Delta\alpha \leq 0.5^\circ, \Delta\beta \leq 0.5^\circ$

先进指标: $\Delta\alpha \leq 0.1^\circ, \Delta\beta \leq 0.1^\circ$

绘制局部气流偏角分布图。

4.2.2.2 平均气流偏角

要求试验段平均气流偏角达到:

$\bar{\Delta\alpha} \leq 0.2^\circ, \bar{\Delta\beta} \leq 0.2^\circ$

4.2.3 轴向静压梯度

测量沿试验段中心线的轴向静压梯度,测点间距小于试验段长度的 5%,若试验段入口和出口附近轴向静压梯度较大,测点需适当加密。

要求在模型区内,轴向静压梯度 dC_p/dX 达到:

$$L \cdot \left| \frac{dC_p}{dX} \right| \leq 0.005$$

式中: L —— 模型区长度

4.2.4 气流温度

给出最大可用动压及常用动压下模型区中心的每小时温升和最高温度。要求在常用动压下,气流温升每小时不超过 15°C ,最高温度不超过 45°C 。

4.2.5 气流湍流度

测量模型区的湍流度分布。要求模型区中心的湍流度 ε 达到:

$$\varepsilon \leq 0.2\%$$

4.2.6 动压稳定性

在常用动压下,给出模型区中心的动压随时间变化的曲线,要求动压稳定性系数 η 达到:

合格指标: $\eta \leq 0.005$

先进指标: $\eta \leq 0.002$

4.2.7 气流噪声

给出模型区中心气流噪声随试验段动压的变化曲线及其频谱曲线。

4.3 流场校测方法和数据处理

4.3.1 动压测量

4.3.1.1 参考点动压修正系数

用 A、B 两台精密压力计分别与模型区中心的标准风速管和试验段入口的参考点相连,同

时测量出两处的动压值。将 A、B 两台压力计对换重复上述测量,按公式(21)计算参考点动压修正系数 ζ 。

$$\zeta = \xi \sqrt{\frac{\Delta P_{1A}}{\Delta P_{2B}} \cdot \frac{\Delta P_{1B}}{\Delta P_{2A}}} \dots\dots\dots (21)$$

式中: ξ —— 标准风速管校正系数;

ΔP_{1A} —— 用 A 精密压力计测得的模型区中心动压值;

ΔP_{1B} —— 用 B 精密压力计测得的模型区中心动压值;

ΔP_{2A} —— 用 A 精密压力计测得的参考点动压值;

ΔP_{2B} —— 用 B 精密压力计测得的参考点动压值。

重复 n 次测量,按(22)~(24)式计算动压修正系数的均方根差 σ_ζ :

$$\bar{\zeta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \zeta_i \dots\dots\dots (22)$$

$$\Delta \zeta_i = \zeta_i - \bar{\zeta} \dots\dots\dots (23)$$

$$\sigma_\zeta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta \zeta_i)^2} \dots\dots\dots (24)$$

要在可用动压范围内,选 9—13 个动压值进行上述测量。

4.3.1.2 动压场

用动压探头或方向动压组合探头组成单管或排管,测量试验段动压场。动压场系数 μ 按公式(25)~(26)计算。

$$\bar{q} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m q_i \dots\dots\dots (25)$$

$$\mu_i = \frac{q_i - \bar{q}}{\bar{q}} = \frac{q_i}{\bar{q}} - 1 \dots\dots\dots (26)$$

式中: μ_i —— 第 i 点动压场系数;

q_i —— 第 i 点动压, Pa;

\bar{q} —— 模型区内各测点动压平均值, Pa;

m —— 模型区内动压测量点数。

4.3.2 方向场测量

4.3.2.1 局部气流偏角

用方向探头或方向动压组合探头组成单管或排管,测量试验段局部气流偏角。探头压差系数按公式(27)、(28)计算。

$$\Delta C_{p\alpha} = (P_D - P_U)/q \dots\dots\dots (27)$$

$$\Delta C_{p\beta} = (P_R - P_L)/q \dots\dots\dots (28)$$

式中: $\Delta C_{p\alpha}$ —— 探头上、下测点压差系数;

$\Delta C_{p\beta}$ —— 探头左、右测点压差系数;

P_U 、 P_D 、 P_L 、 P_R —— 分别为探头上、下、左、右测点压力, Pa。

用算出的探头压差系数,从探头校正曲线($\Delta\alpha \sim \Delta C_{p\alpha}$ 和 $\Delta\beta \sim \Delta C_{p\beta}$ 曲线)上查出相应的角度,

再经探头安装角修正,即得到该点气流偏角。

4.3.2.2 平均气流偏角

用校验模型(展长不小于试验段宽度的百分之四十)正、反装实验获得的 $C_y \sim \alpha$ 曲线求出正装时的零升迎角 α_{0v} 和反装时的零升迎角 α_{0b} ,按公式(8)求平均气流偏角 $\overline{\Delta\alpha}$ 。

同理,用校验模型正、反装实验获得的 $C_z \sim \beta$ 曲线求 $\overline{\Delta\beta}$ 。

4.3.3 轴向静压梯度测量

用轴向探测管或单管移测装置测量沿试验段中心线的静压分布,并用精密传感器测量参考点静压 P_c ,各测点静压系数按公式(29)计算。

$$C_p = \frac{(P - P_c)\xi}{q} \dots\dots\dots (29)$$

式中: ξ ——探测管各静压孔或单管的修正系数;

q ——试验段参考点动压,Pa。

绘制 $C_p \sim X$ 曲线。按公式(30)求出模型区(或其中某一段)的轴向静压梯度。

$$\frac{dC_p}{dX} = \frac{m \sum_{i=1}^m X_i C_{pi} - \sum_{i=1}^m C_{pi} \sum_{i=1}^m X_i}{m \sum_{i=1}^m X_i^2 - (\sum_{i=1}^m X_i)^2} \dots\dots\dots (30)$$

式中: X_i ——第 i 测点距试验段入口的距离,m;

C_{pi} ——第 i 测点的压力系数;

m ——测量点数。

4.3.4 气流温度测量

用温度传感器测量模型区中心的温度,绘制温度随时间变化的曲线。

4.3.5 湍流度测量

用湍流球、热线风速仪或激光测速仪等仪器测量湍流度。

4.3.5.1 用湍流球测湍流度

将湍流球装在试验段内,改变动压,测量不同动压下球的前、后压差。按公式(31)算出压力系数 C_p ,按公式(32)算出球的雷诺数 Re 。

$$C_p = (P_0 - P_s)/q \dots\dots\dots (31)$$

式中: P_0 ——紊流球的驻点压力,Pa;

P_s ——球后部表面上与顺自由流方向的直径成 22.5° 的点的平均静压,Pa。

$$Re = VD/v \dots\dots\dots (32)$$

式中: V ——实验风速,m/s;

D ——湍流球直径,m;

v ——空气运动粘性系数, m^2/s 。

绘制压力系数 C_p 随雷诺数 Re 变化的曲线,从曲线上查出对应于压力系数 C_p 等于 1.22 的临界雷诺数 Re_{cr} ,再按公式(33)计算风洞的湍流度。

$$e(\%) = 5 \left(\frac{10^5}{Re_{cr}} \right)^{0.65} - 2 \dots\dots\dots (33)$$

4.3.5.2 用热线风速仪测湍流度及其频谱

按公式(34)计算风洞的湍流度:

$$e(\%) = 100 \times Erms \cdot \frac{2E}{n(E^2 - E_0^2)} \dots\dots\dots (34)$$

式中: $Erms$ —— 均方根电压值, mv;

E —— 仪器输出的直流电压值, mv;

E_0 —— 风速为零时仪器输出的直流电压值, mv;

n —— 热线的校准系数。

4.3.6 动压稳定性测量

在模型区中心处装标准风速管,在常用动压下,在一分钟内连续测量动压值,测量次数不少于 120 次,按公式(35)计算动压稳定性系数 η 。

$$\eta = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max} + q_{min}} \dots\dots\dots (35)$$

式中: q_{max} —— 一分钟内最大动压, pa;

q_{min} —— 一分钟内最小动压, pa。

4.3.7 气流噪声测量

用微音器、声级计、频谱分析仪等测量模型区中心的噪声。

5 其他

5.1 用于流场校测的仪器、设备应经过校准,由仪器、设备引起的均方根测量误差应小于指标值的三分之一。

5.2 高速风洞气流湿度应小于 0.05%。

5.3 在下列情况下,应进行流场校测:

- a. 新风洞投入实验前或风洞洞体有较大变化时;
- b. 测量仪器有重大更改时;
- c. 发现模型实验质量有问题且可能与流场有关时。

5.4 正常情况下,各风洞根据具体情况自定复校时间间隔和复校项目。

5.5 高速风洞除了在常规实验的雷诺数 Re 下进行校测外,在进行雷诺数 Re 变化范围大的实验之前,应在相应雷诺数 Re 下校测。

5.6 当低速风洞试验段气流速度低于最大速度的 30% 时,流场品质可不按本标准要求。

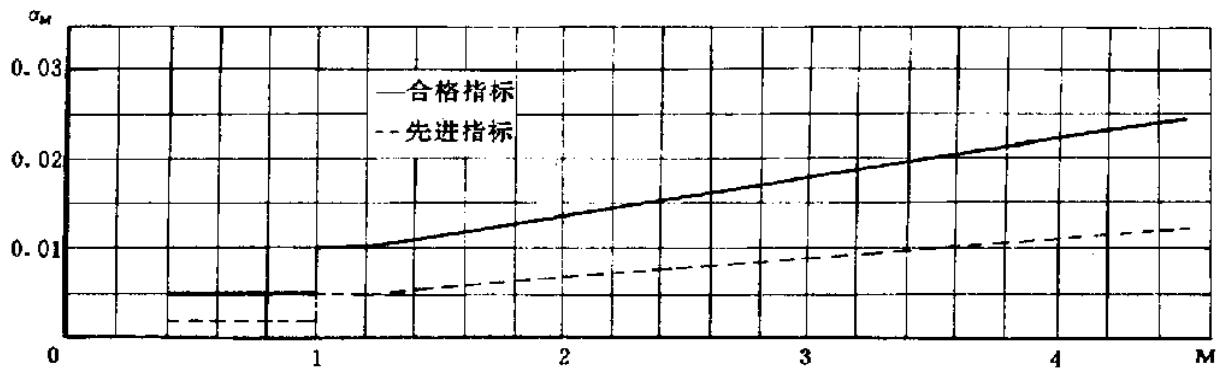


图 1 高速风洞马赫数分布均方根偏差指标

附录 A
20°锥柱体压力分布无干扰数据

(补充件)

表 A1 20°锥柱体压力分布无干扰数据($\alpha=0^\circ$)

P/P_0	X/D	1	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
0.7		0.745	0.743	0.742	0.739	0.735	0.727	0.705	0.665	0.590	0.675	0.708	0.712
0.8		0.690	0.688	0.685	0.679	0.673	0.663	0.645	0.600	0.500	0.610	0.644	0.646
0.9		0.640	0.637	0.631	0.628	0.617	0.610	0.590	0.560	0.375	0.550	0.595	0.593
0.95		0.616	0.614	0.611	0.605	0.600	0.590	0.582	0.526	0.330	0.400	0.450	0.523
1.00		0.605	0.600	0.595	0.590	0.585	0.580	0.575	0.525	0.323	0.350	0.430	0.455
1.05		0.559	0.559	0.558	0.558	0.558	0.557	0.555	0.546	0.320	0.348	0.410	0.433

续表 A1

M	P/P_0	X/D	4	4.25	4.5	4.75	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	≥ 8.5
	0.7		0.715	0.717	0.718	0.719	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720
	0.8		0.648	0.649	0.650	0.651	0.653	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
	0.9		0.592	0.592	0.591	0.591	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590
	0.95		0.565	0.568	0.565	0.563	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560
	1.00		0.475	0.490	0.505	0.505	0.508	0.510	0.514	0.517	0.519	0.522	0.525	0.528
	1.05		0.446	0.461	0.470	0.475	0.480	0.484	0.487	0.489	0.491	0.493	0.495	0.495

续表 A1

M	P/P_0	X/D	< 2.835												
			2.835	3	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75				
	1.1	0.539	0.310	0.344	0.370	0.395	0.410	0.426	0.435	0.444	0.450				
	1.15	0.506	0.295	0.325	0.355	0.374	0.393	0.403	0.411	0.416	0.421				
	1.2	0.476	0.283	0.304	0.335	0.352	0.367	0.378	0.385	0.390	0.390				
	1.3	0.420	0.263	0.273	0.295	0.305	0.317	0.326	0.335	0.340	0.343				
	1.4	0.370	0.228	0.239	0.255	0.266	0.276	0.282	0.288	0.292	0.296				
	1.5	0.324	0.204	0.212	0.224	0.234	0.241	0.247	0.251	0.255	0.258				

续表 A1

M	P/P_0	X/D	≥ 9.5												
			5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	≥ 9.5			
	1.1	0.455	0.459	0.461	0.463	0.464	0.465	0.466	0.467	0.467	0.468				
	1.15	0.425	0.430	0.433	0.434	0.435	0.436	0.437	0.437	0.438	0.438				
	1.2	0.400	0.402	0.404	0.406	0.407	0.408	0.408	0.409	0.410	0.411				
	1.3	0.345	0.349	0.351	0.354	0.356	0.357	0.358	0.359	0.360	0.360				
	1.4	0.298	0.302	0.306	0.308	0.310	0.312	0.313	0.314	0.314	0.314				
	1.5	0.260	0.262	0.264	0.265	0.267	0.269	0.270	0.271	0.272	0.272				

附加说明：

本标准由国防科工委司令部提出。

本标准由中国空气动力研究与发展中心负责起草，起草人恽起麟、孙绍鹏、徐明方、王发祥。