

中华人民共和国国家军用标准

FL 0116

GJB 180A-2006

代替 GJB 180-1986

低速风洞飞机模型设计准则

Design criteria of aircraft test model
in low speed wind tunnel

2006-10-20 发布

2007-01-01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

前 言

本标准是对 GJB 180-1986《低速风洞飞机模型设计规范》的修订。与原标准相比，主要有以下变化：

- a) 增加了以三维数模为基准的模型设计和验收；
- b) 对部分技术指标作了修订。

本标准附录 A 是规范性附录。

本标准由中国人民解放军总装备部司令部提出。

本标准起草单位：中国空气动力研究与发展中心。

本标准主要起草人：孙海生、张 钧、战培国、何仕健、梁 鉴、侯 波。

GJB 180 于 1986 年首次发布。

低速风洞飞机模型设计准则

1 范围

本标准规定了低速风洞飞机模型的设计要求以及制造、检验的精度要求。

本标准适用于我国 3m 量级低速风洞飞机模型的设计。其它量级低速风洞的飞机模型和其它类型的试验模型可参考使用。

2 要求

2.1 飞机模型设计的基准

飞机模型的设计应以真实飞机理论外形的三维数模为基础，模型的设计、制造以及检验宜采用真实飞机经过相应缩比的理论外形的三维数模。飞机模型三维数模的坐标轴系原点宜选用机身顶点，X 轴平行于机身轴线，指向后方；Y 轴垂直于机身纵对称面，指向右方；Z 轴在机身纵对称面内，指向上方。对于采用数控加工的飞机模型的检验宜采用三维数模为基准，对于采用样板加工的飞机模型的检验宜采用样板为基准。

2.2 飞机模型设计的要求

2.2.1 飞机模型设计遵循的几何相似准则：

- a) 模型的主要几何外形应与真实飞机理论外形相似；
- b) 对喷气发动机的进气口和尾喷口根据试验要求，可设计成通气形式或用进气道堵块和尾喷口堵块近似模拟，其计算公式见附录 A；
- c) 飞机上小的外露物及凸出物：如风速管、天线、炮口、铆钉、口盖及表面粗糙度和波浪度可以不做几何相似模拟；
- d) 允许模型操纵面偏转机构的某些不模拟真实飞机的小部件暴露在气流中。

2.2.2 飞机模型在满足试验要求的前提下，要求结构简单、拆装方便、多次安装重复性精度高、部件互换性好。

2.2.3 飞机模型的最大迎风面积不宜超过风洞试验段横截面积的 5%。

2.2.4 对于展弦比大于或等于 8 的飞机模型，机翼翼展不宜超过试验段宽度的 70%。

2.2.5 对于展弦比在 3~8 之间的飞机模型，机翼翼展和试验段宽度之比不宜超过 50%~65%。

2.2.6 飞机模型的长度应根据飞机模型试验的风洞流场品质确定：

- a) 常规飞机模型长度应小于风洞试验段长度的 60%；
- b) 细长体模型应小于风洞试验段长度的 70%。

2.2.7 飞机模型的质量应根据试验装置的承载能力和试验时飞机模型所受的载荷确定：

- a) 腹部支撑的飞机模型质量宜小于 200kg；
- b) 尾部支撑的飞机模型质量宜小于 100kg；
- c) 动态试验的飞机模型质量宜小于 10kg。

2.3 测压飞机模型设计的附加要求

2.3.1 飞机模型测压剖面的选取需根据试验要求确定，应在压力变化剧烈的区域适当增加测压剖面，在压力变化平缓的区域适当减少测压剖面。

2.3.2 飞机模型测压点的选取需根据试验要求确定，应在压力变化剧烈的区域适当增加测压点，在压力变化平缓的区域适当减少测压点。

2.3.3 飞机模型测压孔径的选取：

- a) 测压孔内径: 0.3mm~0.8mm;
- b) 测压孔的孔深与内径之比应大于 2。

2.3.4 测压孔周围光滑,没有毛刺或凹凸不平,孔口无倒角或圆角,表面粗糙度 Ra 值为 3.2 μ m~0.4 μ m。

2.3.5 测压孔轴线应与测压孔对应处的模型表面的法线相一致。

2.3.6 飞机模型内的测压管宜采用紫铜管或退火后的不锈钢管,使用前必须进行气密性检查、通气性检查、抗压性检查。

2.3.7 测压管路长度宜短,避免直角拐弯,防止折断、堵塞。

2.3.8 测压管路的通气性要求:当测压管路输入端与输出端出现不小于 3200Pa 的阶跃压强差时,2s 内其两端的压强差值应小于 8Pa。

2.3.9 测压管路气密性要求:当测压管路内压强与外界压强差大于 3200 Pa 时,60s 内测压管路内外压强差损失应小于 8Pa。

2.3.10 测压管路抗压性要求:当其内部压强比外部压强高 0 倍至 1.5 倍试验动压或低 0 倍至 10 倍试验动压条件下,能满足通气性和气密性要求。

2.3.11 使用电子扫描阀时,阀组宜安装在模型内,以减少导管长度。

2.4 飞机模型材料的选择

2.4.1 飞机模型宜采用全金属结构,如铝合金或钢。

2.4.2 模型质量限制较严的飞机模型可采用木质或复合材料。

2.5 飞机模型各部件制造精度

2.5.1 机翼

飞机模型机翼部件制造精度要求如下:

- a) 机翼表面在 1/3 弦线以前与基准误差不大于 0.05mm;
- b) 机翼表面在其它部分与基准误差不大于 0.08mm;
- c) 剖面弦长: ± 0.15 mm;
- d) 展长: ± 1.0 mm;
- e) 后掠角: $\pm 3'$;
- f) 上反角: $\pm 3'$;
- g) 扭转角: $\pm 3'$ 。

2.5.2 机身

飞机模型机身部件制造精度要求如下:

- a) 机身头部表面与基准误差不大于 0.08mm;
- b) 机身其它部分与基准误差不大于 0.1mm;
- c) 长度: ± 1.0 mm。

2.5.3 其他翼面

飞机模型除机翼外,其他翼面部件制造精度要求如下:

- a) 翼面表面与基准误差不大于 0.08mm;
- b) 剖面弦长: ± 0.12 mm;
- c) 展长: ± 0.8 mm;
- d) 后掠角: $\pm 3'$;
- e) 上反角: $\pm 3'$ 。

2.5.4 外挂物

飞机模型外挂物部件制造精度要求如下:

- a) 外挂物表面与基准误差不大于 0.08mm;
- b) 长度: ± 0.3 mm。

2.5.5 标准校验用飞机模型

标准校验用飞机模型的制造精度应比一般的飞机模型制造精度高。

2.6 飞机模型各部件表面粗糙度

飞机模型各部件表面粗糙度的要求如下：

- a) 机翼、其他翼面、舵面表面粗糙度 Ra 值：1.6 μ m~0.8 μ m；
- b) 机身、外挂物表面粗糙度 Ra 值：3.2 μ m~0.8 μ m；
- c) 机身与机翼、机身与其他翼面配合面的表面粗糙度 Ra 值：3.2 μ m~1.6 μ m；
- d) 标准校验用模型表面粗糙度 Ra 值：1.6 μ m~0.8 μ m。

2.7 飞机模型样板设计

2.7.1 飞机模型反外切样板精度

2.7.1.1 样板前后对合长度应大于 30mm~35mm。

2.7.1.2 样板对合面直线度误差：0.03mm。

2.7.1.3 样板工作部位的表面粗糙度 Ra 值：1.6 μ m~0.8 μ m。

2.7.1.4 样板工作面长度大于 500mm 时，按座标数据加工精度：

- a) 机翼、其他翼面样板纵座标： ${}_{0}^{+0.02}$ mm；
- b) 机身和外挂物样板纵座标： ${}_{0}^{+0.05}$ mm；
- c) 机翼、其他翼面弦长： ± 0.05 mm；
- d) 机身长度： ± 0.10 mm。

2.7.1.5 样板工作面长度小于 500mm 时，按座标数据加工精度：

- a) 机翼、其他翼面样板纵座标： ± 0.02 mm；
- b) 机身和外挂物样板纵座标： ± 0.05 mm；
- c) 机翼、其他翼面弦长： ± 0.02 mm；
- d) 机身长度： ± 0.08 mm。

2.7.2 飞机模型反内切样板按座标数据加工精度： -0.02 mm~ -0.08 mm。

2.7.3 上下样板对合间隙：0 mm~0.02mm。

2.7.4 样板刻线

样板表面刻线的精度要求如下：

- a) 宽度：0.10 mm~0.15 mm；
- b) 深度：0.05 mm~0.10 mm；
- c) 距离公差： ± 0.10 mm。

2.7.5 样板标记

样板表面应清晰标出下列标记：

- a) 图号；
- b) 名称；
- c) 模型纵横切面编号；
- d) “上”、“下”、“左”、“右”标记。

2.7.6 样板非工作面一侧的角上宜加工工艺孔。

2.7.7 样板表面应做防锈处理。

2.8 飞机模型总装精度

2.8.1 位置精度

飞机模型各部件的位置精度要求如下：

- a) 机翼沿机体坐标轴系的 X 轴方向相对机身位置： ± 0.10 mm；
- b) 机翼沿机体坐标轴系的 Y 轴方向相对机身位置： ± 0.15 mm；

- c) 机翼沿机体坐标轴系的 Z 轴方向相对机身位置: $\pm 0.12\text{mm}$;
- d) 其他翼面与机翼之间的距离: $\pm 0.50\text{mm}$;
- e) 其他翼面相对模型理论重心的距离: $\pm 0.15\text{mm}$;
- f) 水平其他翼面沿机体坐标轴系的 Z 轴方向相对机身位置: $\pm 0.12\text{mm}$;
- g) 垂直其他翼面高度: $\pm 0.15\text{mm}$;
- h) 外挂物相对机身对称面的距离: $\pm 0.50\text{mm}$;
- i) 外挂物高度: $\pm 0.20\text{mm}$ 。

2.8.2 角度精度

飞机模型各部件的角度精度要求如下:

- a) 机翼相对机身的构造水平线的安装角: $\pm 3'$;
- b) 机翼、其他翼面的几何扭转角: $\pm 3'$;
- c) 机翼、其他翼面的上反角: $\pm 3'$;
- d) 机翼、其他翼面的前缘后掠角: $\pm 3'$;
- e) 垂直其他翼面相对机身参考面的安装角: $\pm 3'$;
- f) 襟翼、副翼、升降舵、方向舵等操纵面与其对称面的偏角: $\pm 3'$;
- g) 各操纵面偏角重复精度: $\pm 3'$;
- h) 短舱及外挂物相对机翼当地弦线的安装角: $\pm 6'$;
- i) 外挂物相对机身参考面的偏角: $\pm 6'$ 。

2.8.3 飞机模型刻线

飞机模型总装完成后应按以下要求作出模型刻线:

- a) 机身的水平基准线;
- b) 机身参考面(即机身对称面)与机身的交线;
- c) 翼弦平面与机翼, 其他翼面前缘和侧缘的交线;
- d) 外挂物的中心线及其在机翼、机身上的位置线;
- e) 刻线宽度小于 0.2mm , 深度小于 0.2mm 。

2.9 模型总装后的表面处理

2.9.1 钢结构金属飞机模型表面镀铬, 模型最终的外形检验是在表面镀铬后进行。

2.9.2 铝合金结构金属飞机模型表面阳极化。

2.9.3 非金属飞机模型表面喷硝基外用磁漆的具体要求如下:

- a) 清漆漆层厚度: $0.05\text{mm}\sim 0.10\text{mm}$;
- b) 色漆漆层厚度: $0.08\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$;
- c) 模型表面喷漆后表面达到镜面;
- d) 模型最终的外形检验是在模型表面喷漆完成后进行。

2.10 飞机模型强度和刚度设计

2.10.1 飞机模型强度校核部位:

- a) 机翼和其他翼面根部;
- b) 操纵面的转轴或角度偏角片、及其固定件;
- c) 模型支撑点的连接部件。

2.10.2 飞机模型强度计算安全系数不宜小于 3。

2.10.3 飞机模型设计时应充分考虑模型刚度, 对全金属模型宜进行刚度校核。

2.11 飞机模型接头精度

飞机模型接头的精度要求如下:

- a) 飞机模型接头直径配合精度: $H7/h6$;

- b) 飞机模型接头锥孔配合精度：4级~6级精度；
- c) 飞机模型接头沿 X、Y、Z 方向位移偏差： $\pm 0.08\text{mm}$ ；
- d) 飞机模型接头与基准线的同轴度偏差： $\pm 0.04\text{mm}$ 。

2.12 飞机模型技术文件

飞机模型设计、制造完成后，应具备以下技术文件：

- a) 飞机模型设计任务书；
- b) 飞机模型图纸，包括电子文档；
- c) 飞机模型主要承力部件、天平接头及操纵机构的强度计算报告；
- d) 飞机模型检验报告；
- e) 飞机模型出厂合格证；
- f) 若飞机模型设计包含样板设计，飞机模型的技术文件还应包括全套样板的设计数据和图样、检验报告以及合格证。

2.13 飞机模型包装、保管

2.13.1 飞机模型包装时应采用以下措施：

- a) 飞机模型可拆卸部件分别用托架固紧在箱体上；
- b) 飞机模型机身水平放置在箱中，翼面固定支撑；
- c) 飞机模型与托架的接触面宜用毛毡或泡沫塑料等松软防震物垫好；
- d) 飞机模型金属部件及转轴涂上防锈油再装入箱中。

2.13.2 飞机模型装箱的箱体上应满足以下要求：

- a) 箱体要密封、防潮，外表面喷有：“小心轻放”、“防潮防雨”、“请勿倒置”等标记；
- b) 箱体外表面应有模型名称或编号，模型有多个包装箱时，每个包装箱外应有序号和总数。

附录 A
(规范性附录)

对飞机发动机进气口和尾喷口的近似模拟

A.1 对于进气口整流堵块外形曲线的选择

A.1.1 对于亚声速和跨声速飞机模型进气口堵块外形可根据表 A.1 和图 A.1 确定。其中 X 和 Y 分别为进气口堵块外形坐标曲线上任一点的横坐标和纵坐标, X_{\max} 为进气口堵块长度, Y_{\max} 为 Y 方向的最大坐标值。曲线在顶点垂直于 X 轴, 曲线在终点与模型发动机外轮廓中部直线段相切。

表 A.1 进气口堵块外形参数表 单位为百分数

X/X_{\max}	0.5	1	2.5	5	10	15	20	30
Y/Y_{\max}	10.2	14.4	22.6	31.5	48.7	52.8	60.2	71.5
X/X_{\max}	40	50	60	70	80	90	100	—
Y/Y_{\max}	80.1	86.7	91.8	95.5	98	99.5	100	—

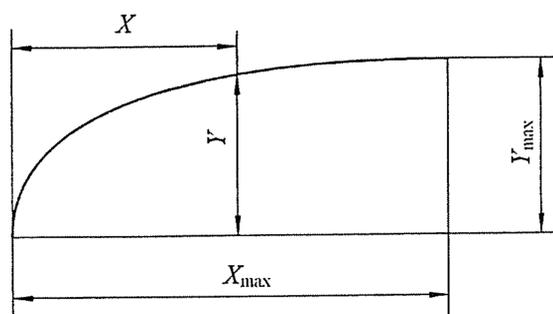


图 A.1 亚声速和跨声速飞机模型进气口堵块外形曲线图

A.1.2 对于超声速飞机模型, 进气口堵块可根据模型的具体情况选用以下三种:

- a) 锥体——外形为直线的旋转体;
- b) 尖拱形——外形为圆弧曲线的旋转体;
- c) 抛物线形——外形为抛物线形的旋转体。

A.2 对于飞机尾喷口整流堵块外形主要参数的选择

A.2.1 对亚声速飞机模型的尾喷口堵块, 外形曲线可采用任意对称翼型的后缘轮廓线。有的飞机模型甚至可取直线。

A.2.2 对于高速飞机, 机身尾部曲线有锥体、尖拱形和抛物线三种曲线。

A.3 通气形式近似模拟时主要参数的选择

通气试验飞机模型设计应模拟进气道唇口到喉道的几何形状, 喉道后进气道形状保持光顺流线, 通气面积应大于进气道捕获面积。

中华人民共和国
国家军用标准
低速风洞飞机模型设计准则
GJB 180A—2006

*

总装备部军标出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
总装备部军标出版发行部印刷车间印刷
总装备部军标出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 19 千字
2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷
印数 1—500

*

军标出字第 6747 号 定价 8.00 元

