

# HB

## 中华人民共和国航空行业标准

FL 0112

HB 7806—2006

### 发动机数字样机通用要求

General requirements for digital mock-up of aeroengine

2006—12—15 发布

2007—05—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 数字样机分类	2
4.1 基于研制阶段的数字样机	2
4.2 基于功能的数字样机	2
4.3 专用数字样机	2
5 数字样机构建要求	2
5.1 一般要求	2
5.2 详细要求	2
6 数字样机应用要求	4
6.1 工程分析	4
6.2 设计优化	5
6.3 飞机/发动机协调	5
7 数字样机管理要求	5
7.1 数据管理要求	5
7.2 协同工作要求	5
7.3 构建组织要求	6
7.4 数字样机评审要求	6
附录 A (资料性附录) 发动机数字样机构建流程	7

## 前 言

本标准中的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国航空工业第一集团公司提出。

本标准由中国航空综合技术研究所归口。

本标准起草单位：中国航空综合技术研究所、沈阳发动机设计研究所。

本标准主要起草人：张让威、郑朔昉、沈洪才、张岩涛、夏晓理、李 岩。

# 发动机数字样机通用要求

## 1 范围

本标准规定了航空发动机数字样机的构建、应用和管理的通用要求。

本标准适用于航空发动机的研制，航空发动机附件的研制可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包含勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

HB 7729 航空产品 CAD 文件管理规定

HB 7730 图层定义与管理

HB 7757 飞机数字样机通用要求

HB 7774(所有部分) 基于 UG 航空发动机建模要求

HB 7774.1 基于 UG 航空发动机建模要求 第 1 部分：通用要求

HB 7796 产品数据管理通用要求

HB 7798 飞机数字样机评审要求

HB 7803 飞机数字化预装配通用要求

HB 7805 工程更改控制

HB 7807 航空产品技术状态(构型)管理要求

## 3 术语和定义

HB 7757 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**原理样机 principle digital mock-up**

在发动机方案设计阶段建立的初步的数字样机，用以支持发动机设计、发动机与主机的初步协调。

### 3.2

**技术样机 technology digital mock-up**

在发动机技术设计阶段建立的数字样机，从原理样机派生，以描述发动机的基本结构和各系统的原理，用于支持发动机所有部件和系统的结构协调以及发动机与飞机的所有接口协调。

### 3.3

**工程样机 engineering digital mock-up**

在发动机详细设计阶段建立的数字样机，从技术样机派生，以描述发动机的详细结构，用于支持发动机数字化预装配以及发动机与飞机的所有结构协调。

### 3.4

**结构样机 structure digital mock-up**

表达发动机结构的设计、分析和协调关系的数字样机。用以反映零、部件的结构形式、几何尺寸、关键性间隙尺寸、构件相对位置关系和交点位置等信息，以及各零、组、部件处于的工作状态，并能进行空间装配协调、空间运动和力学分析。

### 3.5

**外部结构样机 external structure digital mock-up**

表达发动机外机匣(含机匣)以外所有成附件、管路、电缆、滑油箱和安装节等的详细结构尺寸和运动关系的数字样机。也用于发动机和飞机之间的结构设计及协调工作。

**3.6**

**内部结构样机 inner structure digital mock-up**

表达发动机外机匣(含机匣)以内所有装配单元体之间的详细结构尺寸和运动关系的数字样机。

**3.7**

**部件结构样机 component structure digital mock-up**

表达发动机部件内部所有零组件之间的详细结构尺寸和运动关系的数字样机。

**3.8**

**系统样机 system digital mock-up**

按照发动机组成系统的不同而基于结构样机分别设计、装配的数字样机。用以表达发动机系统组成、系统位置和走向,以及系统和相关结构之间的协调关系。

**4 数字样机分类**

**4.1 基于研制阶段的数字样机**

按照航空发动机的研制过程,一般将发动机数字样机分为三类,即:原理样机、技术样机和工程样机。

**4.2 基于功能的数字样机**

按照航空发动机数字样机的功能来划分,数字样机一般分为结构样机和系统样机。其中结构样机分为外部结构样机、内部结构样机和部件结构样机。

**4.3 专用数字样机**

为支持仿真、培训和市场等特殊目的而构建的数字样机。

**5 数字样机构建要求**

**5.1 一般要求**

构建发动机数字样机一般应遵循如下要求:

- a) 数字样机的构建流程参见附录 A;
- b) 数字样机应反映航空发动机的机械结构和协调关系,以用于结构和性能分析;
- c) 应按照 1:1 的比例精确建立发动机三维模型,并附加材料特性,三维模型的建立应符合 HB 7774 的规定;
- d) 数字样机的预装配应按照 HB 7803 进行;
- e) 数字样机坐标系的定义应符合 HB 7774.1 的要求;
- f) 图层的使用应符合 HB 7730 的规定;
- g) 发动机数字样机的着色要求应符合有关规定;
- h) 构成发动机数字样机的零部件应按照 HB 7729 进行标识;
- i) 构建数字样机可按需进行简化处理,以满足不同的使用要求,在不影响使用的情况下,构成数字样机的模型可使用轻量化模型。

**5.2 详细要求**

**5.2.1 原理样机构建**

原理样机应能描述发动机的基本技术方案,构建原理样机至少应包含以下内容:

- a) 发动机外廓限制尺寸;
- b) 发动机内、外涵流道结构尺寸;

- c) 发动机各气动截面形状;
- d) 发动机支点布局以及主要承力结构;
- e) 各部件、系统的基本结构;
- f) 各部件、系统在发动机内的布置;
- g) 发动机与台架或飞机的主要接口等。

#### 5.2.2 技术样机构建

技术样机应定义发动机的基本物理布局和重要的结构尺寸,同时完成发动机整机和部件级质量特性的分析和确认,并支持整机和单元体级别的设计优化工作,其至少应包含如下内容:

- a) 原理样机所包含的所有结构信息;
- b) 发动机主要附件布局;
- c) 所有部件间的结构划分和部件间的详细接口尺寸;
- d) 单元体内部主要零组件的主要结构尺寸,以满足毛料准备要求;
- e) 发动机管路系统、电缆系统及其连接关系;
- f) 发动机的初步轮廓和主要接口;
- g) 关键件和重要件的主要结构尺寸;
- h) 发动机主要维护点的结构尺寸等。

#### 5.2.3 工程样机构建

工程样机应具有支持完整的空间结构分析等工程分析的能力,并可结合系统样机支持滑油系统流阻等综合性分析工作,以获得发动机的物理特性。工程样机至少应包含如下内容:

- a) 技术样机所包含的所有结构信息;
- b) 发动机数字化预装配信息;
- c) 发动机所有零组件的详细结构尺寸;
- d) 发动机与飞机协调的所有结构接口;
- e) 发动机所有维护点的结构;
- f) 完整的外部管路和电缆系统;
- g) 完整的质量、质心和转动惯量等。

#### 5.2.4 外部结构样机构建

外部结构样机应支持发动机的外部(包括接口,管路和电缆)设计及发动机和飞机的协调工作。详细设计完成后所构建的外部结构样机至少应包含如下内容:

- a) 外机匣的详细结构尺寸;
- b) 发动机外部所有附件的详细结构尺寸;
- c) 外部结构件之间的间隙检查结果;
- d) 发动机外部所有可调机构详细结构尺寸和运动副;
- e) 运动机构在发动机上的真实运动情况,并进行干涉分析;
- f) 发动机外部所有维护点的结构尺寸;
- g) 发动机与飞机和使用维护工具的所有接口;
- h) 管路和电缆的详细结构尺寸;
- i) 管路的受力和振动模型的计算和评估;
- j) 管路的质量、质心和转动惯量的计算;
- k) 外部管路和电缆预装配等。

#### 5.2.5 内部结构样机构建

内部结构样机的构建应支持性能设计及其验证工作,同时描述内部主要结构布局,以支持部件级别的工程研制工作。详细设计完成后所构建的内部结构样机至少应包含如下内容:

- a) 外机匣详细结构尺寸;
- b) 发动机各主要结构部件之间的尺寸及协调关系;
- c) 发动机内部主要维护点详细结构尺寸;
- d) 发动机内部所有可调机构详细结构尺寸和运动副;
- e) 运动机构在发动机上的真实运动情况, 并进行干涉分析;
- f) 发动机主机预装配;
- g) 发动机流道尺寸;
- h) 发动机叶片几何信息;
- i) 主机部分质量、质心和转动惯量;
- j) 发动机支点布局;
- k) 关键件、重要件几何信息等。

#### 5.2.6 部件结构样机构建

部件结构样机应反映发动机部件内部所有零组件之间的详细结构尺寸和运动关系, 详细设计完成后所构建的部件结构样机至少应包含如下内容:

- a) 部件的结构尺寸设计;
- b) 部件中各种零件的装配关系;
- c) 部件预装配;
- d) 部件的质量、质心和转动惯量;
- e) 部件内部可调机构在发动机上的真实运动情况等。

#### 5.2.7 系统样机构建

发动机系统主要包括空气系统、燃油系统、滑油系统、附件传动系统、内流和传热系统、电气系统等, 系统样机可按各专业分别创建, 并可结合其它结构样机支持综合性的工程分析和设计优化工作。构建系统样机至少应包含如下内容:

- a) 系统样机可以根据需要建立, 但应符合 5.1 的要求;
- b) 应反映系统组成、走向和位置;
- c) 应反映与相关结构之间的协调关系;
- d) 可以利用运动机构模拟、干涉检查等功能检测系统自身的装拆和使用维护性。

#### 5.2.8 专用数字样机构建

专用数字样机可在结构样机和系统样机的基础上, 进行适用性修改, 以满足仿真、宣传和培训的需要。

### 6 数字样机应用要求

#### 6.1 工程分析

##### 6.1.1 空间结构分析

实施干涉检查、间隙检查、剖面分析和测量空间位置, 使设计者能够直观地了解到样机中存在的问题, 如通过给定的发动机不同状态下的热变形参数, 计算发动机工作叶片同静子机匣之间的间隙变化。

##### 6.1.2 滑油系统流阻分析

通过滑油附件和管路系统模型, 分析滑油系统不同位置的压力损失。

##### 6.1.3 运动分析

验证机构在空间运动过程中物理位置的准确性, 能分析机构运动过程中的间隙、干涉性以及机构的可靠性(如卡死、中断等情况), 并能对运动期间几何元素或者点的加速度、速度等进行数值分析, 如对矢量喷管、作动筒等机构的运动分析。

##### 6.1.4 装配模拟分析



装配模拟分析应包括:

- a) 能模拟分析各层次数字样机及主、辅机的装配过程和拆卸操作,动态地检测零件及其夹具在装配和拆卸过程中的干涉和间隙情况;
- b) 分析产品的几何形状以及安装过程中的空间要求,验证产品的可装配性,为定义、预测、分析加工误差、技术要求提供必要的的数据;
- c) 确定部件所属各零件的装配顺序、位置保证的优先级和重要特性的保证措施等,并给出这些要素和措施的确定方法和准则;
- d) 优化航空发动机部件的拆卸和安装过程,减少因设计原因造成的更改或返工。

#### 6.1.5 重量特性分析

应根据需要完成重量、重心、转动惯量、密度、体积和面积等的分析。

#### 6.1.6 工艺性评估

数字样机构建过程中,应对其工艺性进行评估,完成样机与台架的协调、DFM / DFA、容差分析等工作。

#### 6.1.7 维修性评估

能对数字样机的维护、测试性进行评估。

### 6.2 设计优化

#### 6.2.1 空间结构优化

根据数字样机对空间结构的分析,参考零件的几何外形、零件的重量、材料的强度等因素,进行优化。

#### 6.2.2 运动机构优化

可以进行运动路径的优化以及运动路径中干涉的避免,涉及的参数包括机构的运动载荷和机构的几何尺寸等。

#### 6.2.3 装配模拟优化

可以对装配过程给出优化的装配方法,简化、保证实际装配的可行性。

### 6.3 飞机/发动机协调

提供相应的外部结构样机用于飞机/发动机协调,返回的数据用于指导发动机修改设计。

## 7 数字样机管理要求

### 7.1 数据管理要求

数字样机数据管理应符合如下要求:

- a) 数字样机数据在全生命周期内为单一数据源,数据间的关联复制和衍生应进行受控管理;
- b) 数字样机数据应在产品数据管理系统中进行管理,在产品数据管理系统下实现工作流程,并符合 HB 7796 的规定;
- c) 数字样机数据的更改应符合 HB 7805 的要求;
- d) 数字样机的构建过程管理应符合 HB 7807;
- e) 数字样机 CAD 文件的管理应符合 HB 7729 的规定。

### 7.2 协同工作要求

协同工作应包括以下几个方面:

- a) 建立数字化的航空发动机开发体系模型,包括开发过程的团队组织模型、数字化定义模型和权限模型等;
- b) 构建支持发动机全寿命周期管理的基本环境,包括产品数据管理系统、数字化建模使能工具、以样机为核心的单一数据源以及信息集成与协同设计平台;
- c) 发动机设计体系内部在产品生命周期内多部门间的数据共享和协调;



- d) 发动机承制方、分承制方、订购方以及飞机承制单位之间的协调。

### 7.3 构建组织要求

构建组织应按有关规定，其主要原则为：

- a) 按照协同并行设计的要求，建立数字样机研制综合产品团队(IPT)的组织体系，明确各级 IPT 工作职责；
- b) 各专业(结构、系统)的 IPT 对本专业的数字样机负责，低一级 IPT 应协助使本专业(或系统)样机在高一级样机中再现和恢复；
- c) 高一级 IPT 负责对低一级样机制作的监控。标准化则应对各级样机进行全程规范化监控。

### 7.4 数字样机评审要求

数字样机评审应按照 HB 7798 的要求执行。评审内容至少应包括以下工作：

- a) 确定评审依据、评审类型；
- b) 确定各类样机评审内容、要求；
- c) 拟定验收评审计划、测试项目；
- d) 评审机构的确认；
- e) 评审前资料的准备；
- f) 评审会议程序、评审后的工作。

附录 A  
(资料性附录)  
发动机数字样机构建流程

发动机数字样机构建流程如表 A.1 所示。

表 A. 1

阶段	过 程	技 术 活 动
方 案 设 计 阶 段	总体性能、结构方案论证	发动机类型选择 主要外部附件设计与选型 发动机流路设计
	确定研制总要求	部件结构与总体结构的交互 各部件设计要求 整机重量计算和重量分配
	构建原理样机	确定各系统主要结构和性能方案 明确发动机主要结构和系统接口 .....
技 术 设 计 阶 段	各部件详细性能、强度计算	发动机稳态性能计算 发动机的实时模拟 发动机各系统结构和性能技术要求
	各部件结构打样图设计	主要部件结构设计 外部管路系统设计 与飞机的装机协调
	构建技术样机	部件间的结构协调 各部件特性计算 .....
详 细 设 计 阶 段	确定发动机所需成附件	发动机转子动力学分析 计算重量、重心、转动惯量
	详细结构设计	总体结构尺寸链计算 零组件详细设计 结构特性分析
	构建工程样机	三性分析 .....

中华人民共和国航空行业标准  
发动机数字样机通用要求

HB 7806—2006

\*

中国航空综合技术研究所出版  
(北京东外京顺路7号)

中国航空综合技术研究所印刷车间印刷

北京 1665 信箱发行

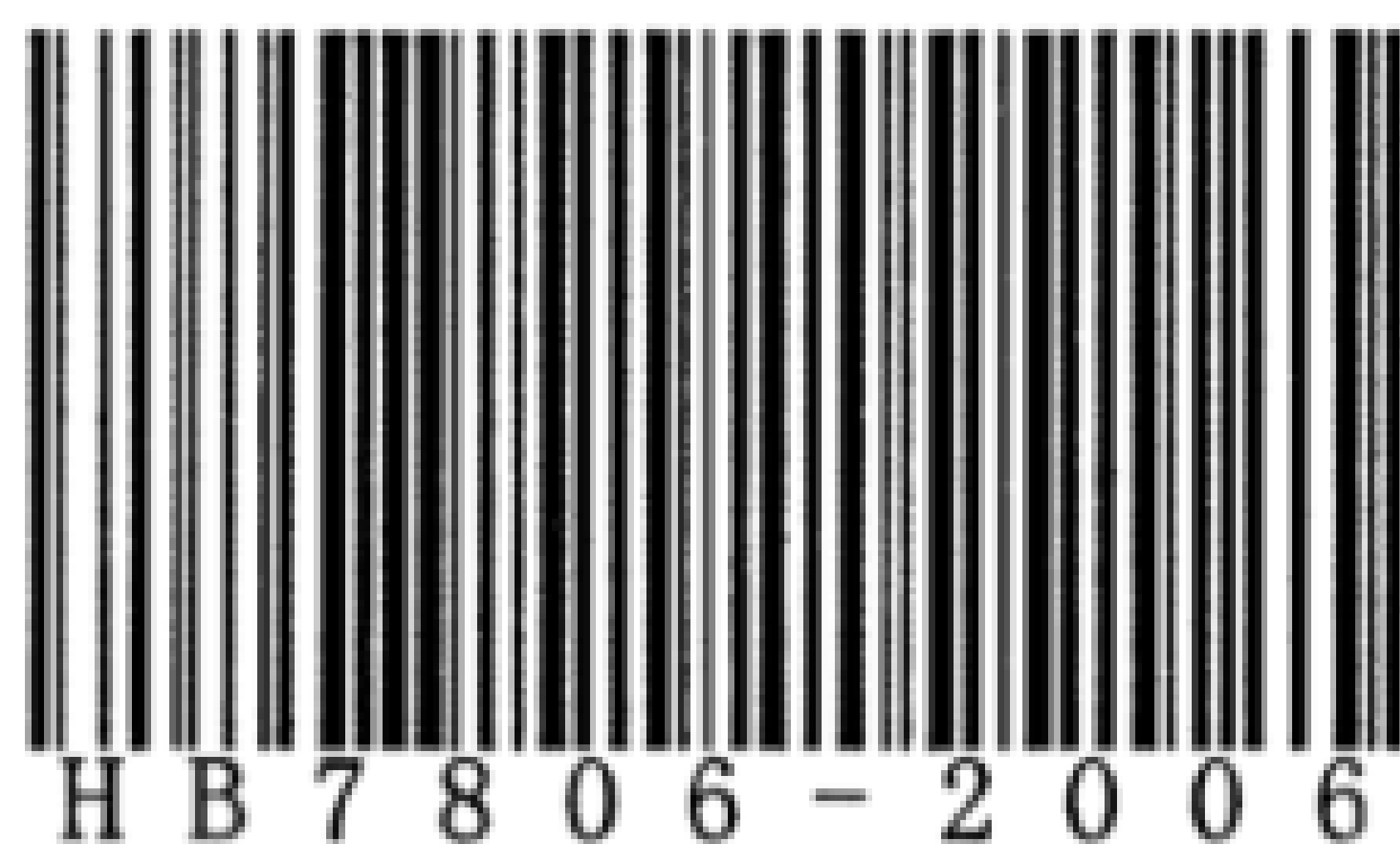
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字  
2007 年 4 月第一版 2007 年 4 月第一次印刷  
印数 1—200

\*

书号: 标 301.2277



HB 7806 - 2006