

# 逆向测量技术在构建飞机数字样机中的研究与应用

## Research and Application of Reverse Measurement Technology in Building Digital Prototype Aircraft

中航飞机股份有限公司汉中飞机分公司 王 声 肖望东 王 梅



王 声

毕业于南昌航空工业学院,现任中航飞机股份有限公司汉中飞机分公司工程技术部工艺处协调室副主任,工程师。从事机械加工、综合技术管理、飞机装配工艺协调等方面的工作。工作期间参与了 Y8 系列的五号工程、021 工程、新七号工程及 072 工程和运九工程等多个型号的研制任务。

逆向工程,又称反求工程、反向工程,指通过各种测量手段和三维几何建模方法,将已有实物原型转化为计算机上的三维数字模型的过程,是工程测量技术与计算机软硬件技术的综合。近几十年来,随着计算机技术的发展,CAD 技术已经

为了满足某型机设计数字化需求,充分挖掘公司现有资源,对部分设计无法创建理论外形的部位(如发房、中央翼整流罩、主起舱等),采用先进的逆向测量手段来确保该型机的全机数字样机的创建工作。

广泛地应用于工程测量工作,但由于多种因素的限制,现实世界中的很多物体形状并不能完全用 CAD 设计的方法进行描述。实物数字化建模的方法如今已经发展为 CAD/CAM 中的一个相对独立的范畴,成为复杂工程测量的重要手段之一。因此,研究逆向工程测量技术,对构建基于传统模拟量研制方式的数字化样机来说尤为重要。

经过四十年的发展,目前国内最大的军用运输机“运 8”飞机经历了从全模拟量传递到以数字量传递为主、模拟量传递为辅的发展历程。在航空工业高速发展的今天采用以数字量传递为主、模拟量传递为辅的生产模式已远远无法满足“运 8”飞机的批产需要,迫切需要采用先进的设计、制造手段来提高飞机的生产效率和产品质量。

某型机是中航工业陕飞公司自主研发的新型军用运输机,陕飞公司决定以某型机研制生产为契机,打造一条高水平的数字化装配生产线,全面提高“运 8”系列飞机的设计、制造水平。为了满足某型机设计数字化需求,充分挖掘公司现有资源,对部分设计无法创建理论外形的部位(如发房、中央翼整流罩、主起舱等),采用先进的逆向测量手段来确保该型机的全机数字样机的创建工作。

### 采用逆向测量技术前的开展的准备工作

根据中航工业陕飞创建数字样机的需求,飞机设计与工艺部门共同对无法进行理论外形创建的区域进行了梳理与分析,共确定出 7 项标准工艺装备(见表 1)采取逆向测量的

表1 采用逆向测量项目表

产品图号	产品名称	需测量的工装	
		工装名称	工装图号
XX-0370-100	中央翼整流罩前段	中央翼整流罩前段总模胎	10A-533/XX-0154
XX-6902-0	发房前段	发房前段样件	10A-390/XX-1101A
XX-0370-400	中央翼整流罩后段	中央翼整流罩后段标准总模胎	10A-533/XX-0155
XX-6904-0	尾舱整流罩	尾舱整流罩样件	10A-390/XX-1103
XX-6905-0	发房尾罩	发房尾罩样件	10A-390/XX-1104
XX-6902-0	发房前段	发房前段样件	10A-390/XX-1101
XX-0410-80	大梁鼓包	模胎	10A-533/XX-0276

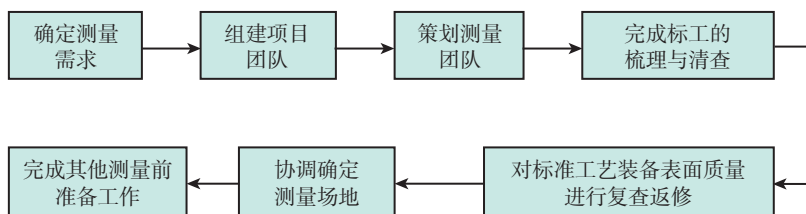


图1 采取逆向测量技术前的工艺准备示意图

技术来完成对其理论外形数据的创建。整个工艺准备的流程见图1所示。

## 逆向测量技术的具体实施过程

### 1 采取逆向测量技术的原理

现代逆向工程测量技术是将接触式测量技术和非接触式测量技术相融合,是实现被测工程整体测量和数据拼接的有效方法,其应用领域越来越广泛。虽然关于摄影测量技术的研究几乎是自照相机发明以来就开始了,但是用于逆向测量工程的数字近景测量技术仍然是一门“年轻”的技术,它继承了“摄影测量与遥感”领域的许多知识和技术,同时又发展出许多自身特有的技术和方法,比如设置人工标志点等。

测量的时候以数字全息照相系统跟踪定位为基础(五米以内照相定位误

差约0.01mm),结合3D扫描仪器进行测量采集标工点云,为了保证拼接的准确性,减少误差,测量人员在需要测量的标工表面贴上较多的参考点,利用软件对参考点进行标识,扫描过程中相关软件(Geomagic)会自动跟踪标工上的参考点进行拟合拼接,最后在软件中形成最终的标工表面。

### 2 本次开展逆向测量技术的设备

本次项目的研究,中航工业陕飞采用的设备是瑞士的Imetric设备(如图2),该设备根据全息照相原理,扫



图2 Imetric系统

描精度高、扫描质量好,配合Icam系统可以进行大物件的扫描,图3所示为Imetric+Icam系统。

做模型时还使用了加拿大生产的Handyscan激光扫描设备,该设备轻便,扫描效率高。该设备的具体参数如下所示:

精度:0.025mm;

扫描速度:25000点/s;

扫描线宽:300mm/束(交叉激光束);

镜深:300mm(自动调节);

分辨率:0.05mm。

### 3 逆向测量技术开展采取的步骤

(1)仪器使用前的调试与校正。

采用Imetric进行照相扫描,首先要进行测量之前仪器的校正工作(见图4)。

(2)喷涂显影剂。

为了保证测量质量,在需要测量的部位喷涂显影剂,并将需要测量的基准及边界线处的显影剂清除。在测量前先对需测量的部位进行清理,保证测量表面清洁,便于喷涂显影剂,在基准线及边界线处粘贴胶布以便清除显影剂。在需测量部位均匀地喷涂显影剂后,将粘贴在基准线及边界线处的胶布去除并记录基准线及边界线的位置,以便在测量后的拟合中确定基准及边界,过程见图5。

(3)粘贴显像点。



图3 Imetric+Icam系统

去除胶布后在喷涂了显影剂的标工表面不规则的粘贴一些显像点,这些显像点照相以后在软件中进行标识,并对照相中多次拍摄到的相同的点进行重合来确定整个曲面的空间位置,在接下来的精确扫描中将单幅扫描画面中所涉及到的点和这些在照相中确定的空间点中的相同的点进行重合,来确定单幅扫描的具体位置。

为了进一步减小误差,在粘贴基准点的同时还会在部分位置放置标杆,标杆上每隔一段距离会有一个显像点,两个显像点之间的距离是一定的,误差不超过 0.01mm,用标杆上的点进行校正,或者直接作为基准点进行对接拟合,结果见图 6。

#### (4) 全息照相定位。

由于标准工艺装备的体积较大,在进行扫描测量前需要通过全息照相技术来确定整个曲面的空间位置。通过全息照相结合软件可以将所有的显像点进行标识,由于每个显像点周围的位置不同,可以通过软件将相同的点重合来确定所有的点的空间位置(过程见图 7)。

根据不同角度,不同部位的相片中的定位点的分布,我们通过 Geomagic 软件进行重合、编号与处理生成点云。

采用照相扫描技术得到的点云数据十分庞大,电脑硬件和软件很难进行后期的逆向工作,必须进行点云处理,以保证后期的设计顺利进行。根据逆向需要进行点云的过滤,智能过滤可以在曲率变化大的地方保留更多的点数据,在曲率变化较小的部分保留较少的点数据,通过 Geomagic 软件处理之后,点云的表面精度也不会发生较大变化(简化误差约 0.001mm)。以中央翼整流罩前段为例,在测量结束后统计的点近 2 亿个,点云处理后的点数据大约在 2000 万个左右,只有原来的 1/10 左右。

## 对逆向测量数据的处理与设计工作

对逆向测量的数据进行处理,以便转化成我们所需的理论数据,是创建数字样机外形的一种常用手段,本次逆向工程数据处理采用的软件主要是 Geomagic studio 和 CATIA V5R18。Geomagic studio 软件是目前最流行的逆向处理软件,在点云处理、拼接以及基准生成等方面有强大的功能。CATIA V5R18 是航空系统的通用设计系统,具有强大的曲面处理功能。本次项目主



图4 设备校正后的示意图

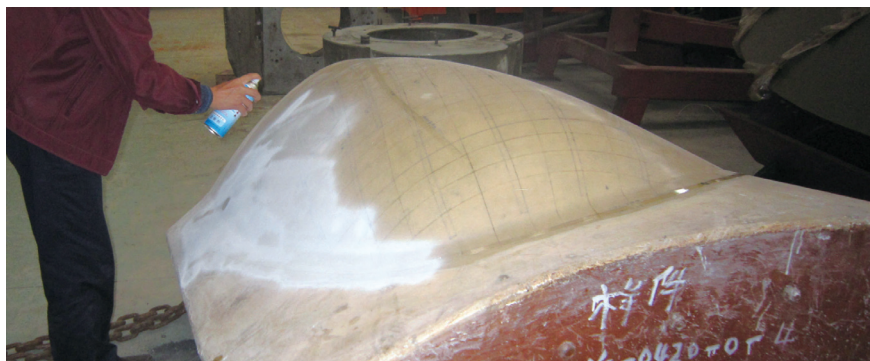


图5 喷涂显影剂的过程

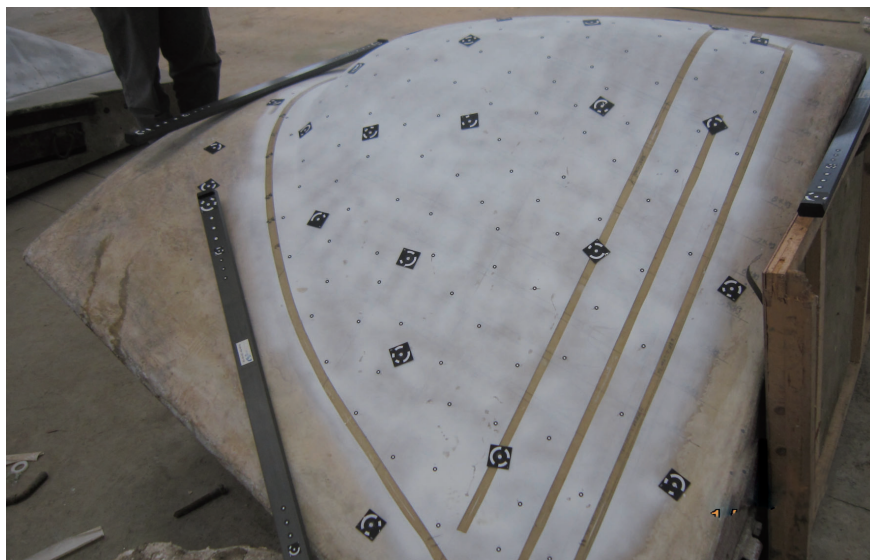


图6 粘贴显像点与放置标杆示意图



图7 不同角度进行照相定位图



图8 在软件中得到的点云与实物对比示意图

要使用该两款软件来配合完成数字样机外形创建工作。

数据处理的基本流程主要是“点—线—面”的格式,从点云生成截面线,然后调整光滑截面线,根据截面线来生成曲面,最后装配修正曲

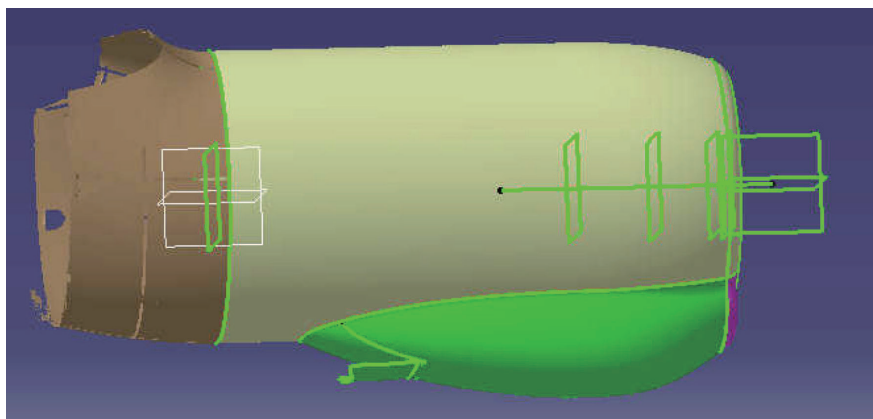


图9 该点云与理论坐标拼接后的结果图

面完成模型。

本次照相扫描结果在点云上可以很清楚的得到框轴线和梁轴线,根据标工上的轴线,将扫描数据与理论数据坐标进行拼接。前期在标工表面贴上胶带表现出标工上的边界、基准线,就是为了后期拼接。

以某标工为例,来简单表述本次逆向的流程。贴好胶带后的标工如

图8所示。

据点云数据与理论数模相互拼接配合是一个逆向正向相互的过程,即要考虑原始标工也要考虑理论数模,按照最优结果修正局部与理论数模不贴合的部位,操作过程相当繁琐。本次主要是根据已有的标工实物上的框轴线和梁轴线生成的线来进行曲面的拼接。拼接的结果如图9所示。

以相同的方法与方式,我们全部圆满地完成了表1中所有项目的逆向测量数据。

### 结束语

利用逆向测量技术开展逆向工程已在很多领域得到了充分地成功应用,由于航空系统的特殊性,应用尚处于方兴未艾的阶段,本次测量项目的成功实施会带动扫描数字化技术在本企业的深入应用;同时逆向测量技术也对老机型的数字化工作提供了有力的技术依据;逆向测

量技术还对飞机的局部改装提供很好的技术手段;当然,逆向测量技术为钣金零件、复材零件、数控零件的FAI检验以及大型膜胎的检验提供了可行性方法,它最终在航空的数字化设计制造中还将有更广泛的发展与应用。

(责编 亿霖)