

电子计算机和数控技术 在飞机制造中的应用

国防工业出版社

电子计算机和数控技术 在飞机制造中的应用

《电子计算机和数控技术在飞机制造中的应用》编写组

国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统叙述了电子计算机和数控技术在飞机制造中的应用。主要内容包括：“一体化”技术的发展概况，电子计算机及数控机床简介，数控加工程序编制，飞机外形的数学模型及外形计算，数控绘图机及其应用，工艺装备与飞机结构件的数控加工，数控技术在钣金、装配、焊接等方面的应用，数控测量机及其应用以及实施“一体化”技术应注意的若干问题。

本书可作为航空院校有关专业的教材，也可供飞机工厂、设计所、研究所的有关工人、技术人员和干部参考。

电子计算机和数控技术

· 在飞机制造中的应用

《电子计算机和数控技术在飞机制造中的应用》编写组

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092¹/16 印张28 649千字

1978年7月第一版 1978年7月第一次印刷 印数：00,001—11,000册

统一书号：15034·1739 定价：2.85元

前 言

电子计算机和数控技术在飞机设计和制造中的综合应用（通称飞机设计-制造一体化）是六十年代中期在飞机制造工业兴起的一项重大技术变革。它的出现相当程度地改变了传统的飞机设计方法与制造方法，展现了高效率、高精度、高度自动化的飞机设计与制造的新面貌，使飞机研制技术大大地向前迈进了一步。

无产阶级文化大革命以来，随着我国电子计算机技术和数控技术的飞跃发展，在飞机制造工业的应用已见成效，取得了可喜的成果。为了加速实现国防工业现代化，在飞机制造工业中，一个全面采用、推广“一体化”技术的新的发展阶段已经到来。

为此，国营云马机械厂、南京航空学院、西北工业大学、北京航空学院和中国科学技术大学联合编写了本书，作为各航空院校有关专业的教材。

本书分别叙述了电子计算机及数控技术在飞机制造工艺各环节的具体应用，阐述了“一体化”技术的实质、特点及实施中的要点。

第一章由云马机械厂和北京航空学院编写，概述新技术产生的必要性、可能性及发展现状。第二章由西北工业大学编写，对电子数字计算机和数控机床作了简要的介绍，并详细叙述了数控加工的程序编制。第三章由云马机械厂编写，系统叙述飞机外形的数学模型和外形计算。第四章由北京航空学院编写，介绍数控绘图机的概况，及绘制各种模线图的方法，并附有若干常用算法及程序。第五章由南京航空学院编写，全面介绍应用数控技术制造各类工艺装备的方法。第六章由北京航空学院编写，叙述飞机结构件的数控加工，详述了后置处理程序及圆弧样条曲线。第七章由西北工业大学编写，概述数控技术在钣金、装配及其他工艺环节中的应用。第八章由南京航空学院编写，系统阐述数控测量机的原理及测量、检验方法等问题。第九章由云马机械厂编写，其中提出了实施“一体化”技术需要注意的若干问题。

由于我们实践经验较少，水平有限，本书必然存在不少缺点和错误，希望读者批评和指正。

编写组谨对为本书提供资料的有关厂、所、院表示衷心的感谢。

编 写 组

CAM 16/06

目 录

第一章 绪论	1
第一节 飞机制造中传统协调方法的特点及存在的主要问题	1
第二节 电子计算机及数控技术的发展与飞机设计和制造的关系	2
第三节 电子计算机及数控技术在飞机设计和制造中综合应用概况	4
第二章 电子计算机及数控技术介绍	9
第一节 电子数字计算机	9
一、电子数字计算机的基本原理	10
二、电子数字计算机的外部设备	25
三、程序设计的基本概念	36
第二节 数控机床	45
一、什么是数控机床	45
二、数控机床的输入装置	50
三、数控机床的控制原理	54
四、数控机床的伺服拖动系统	67
五、数控机床的发展趋势及飞机制造中应用的典型数控机床	79
第三节 数控加工及程序编制	81
一、数控加工及程序编制的基本概念	81
二、编程中的工艺问题	87
三、手工编程	93
四、自动化语言编程	113
第三章 飞机外形计算	130
第一节 飞机外形数学模型	130
一、基本概念	130
二、建立过程	130
三、建立方法	131
第二节 飞机外形计算	150
一、切面外形计算	150
二、弯边斜角计算	156
三、等距曲面计算	159
四、协调点计算	160
第三节 曲线自动光顺法	162
一、局部回弹法	163
二、最小能量法	166
第四节 飞机外形计算程序系统	175
一、外形计算系统的特点	175
二、外形计算系统的组成	176
第四章 数控绘图	177
第一节 数控绘图机的组成、功能、原理和应用	178
一、数控绘图机的组成	178
二、数控绘图机的功能	182
三、数控绘图机的简单原理	183

四、数控绘图机的应用	184
第二节 数控绘图机的作图原理及程序编制	185
一、数控绘图机作图原理	185
二、数控绘图机的程序编制	186
第三节 利用绘图系统程序用计算机辅助编程	191
一、基本子程序	192
二、几何图形定义子程序	192
三、列表点曲线拟合、曲线光顺及曲线相贯子程序	195
四、宏功能程序	200
五、后置处理程序	201
第四节 飞机外形图的自动绘制	202
一、飞机外形图的内容和作用	202
二、飞机外形图的绘制	203
三、列表点直线圆弧拟合程序	204
第五节 结构模线(结构图纸)的自动绘制	206
一、自动绘制结构模线(结构图纸)的重要性的意义	206
二、结构模线的内容和作用	206
三、结构模线的自动绘制	207
附录4-I 几何图形定义子程序	212
附录4-II CPC程序	220
附录4-III 几何定义子程序算法举例	221
附录4-IV SFIT 程序	228
附录4-V 列表点曲线相交的子程序定义	233
附录4-VI 绘制弹体切面图的程序	237
附录4-VII LCFIT 程序	238
第五章 飞机工艺装备的数控加工	239
第一节 飞机工艺装备应用数控加工的意义	239
一、制造飞机工艺装备的传统方法	239
二、飞机工艺装备制造技术改造的方向	240
三、数控加工飞机工艺装备	240
第二节 平面模具的数控加工	242
一、冲模的数控加工	243
二、靠模的数控加工	247
三、成形模的数控加工	250
第三节 装配夹具的数控加工	254
一、装配夹具卡板和内型板的数控加工	254
二、平面框、肋装配夹具的数控加工	258
三、空间曲面定位件的数控加工	258
四、电子计算机和数控技术对装配夹具设计和制造的影响	258
第四节 样板制造	261
一、样板的功用与加工方法的变化	261
二、数控钼丝切割样板	261
三、数控铣切样板	262
第五节 立体工艺装备的数控加工	262
一、一体化对立体工艺装备的影响	262
二、数控加工立体工艺装备的几种基本方法	264
三、自动编程	269

第六章 飞机零件的数控加工	270
第一节 飞机典型机加零件的结构工艺特点及程序编制	271
一、整体壁板	271
二、整体梁、框、肋	280
三、空间曲线槽零件	289
四、多槽口零件	292
五、复杂的骨架零件	293
六、数控加工的几个工艺问题	293
第二节 数控加工的数据来源	295
一、飞机零件图纸直接给出的尺寸	295
二、由模线样板、标准样件传递的尺寸	295
三、由飞机外形的数学模型(外形计算)提供数据	295
第三节 数控加工的后置处理	303
一、后置处理程序的输入形式	303
二、后置处理程序的内容	304
三、YM-130控制机的后置处理程序	308
四、后置处理程序的应用	318
第四节 列表点曲线的一种拟合方法——圆弧样条曲线	321
一、问题的提出	321
二、圆弧样条的基本算法	322
三、节点弦切角关系式	325
四、端点条件	326
五、方程组及其解法	327
六、圆弧样条的适用范围	328
七、圆弧样条程序	330
八、圆弧样条程序的应用	332
附录6-I 绘图加工后置处理程序	334
附录6-II 圆弧样条曲线程序	342
第七章 数控技术在飞机钣金零件加工和飞机装配中的应用	346
第一节 数控技术在飞机钣金零件加工中的应用	346
一、数控铣切下料	346
二、数控冲压工作	349
三、数控弯管工作	354
四、数控压弯与数控滚弯	358
第二节 数控技术在飞机铆接装配中的应用	360
一、概述	360
二、SMA-1型数控自动钻铆机	363
三、SKYM-751简易数控钻铆机简介	370
四、数控钻铆机的发展趋向	373
第三节 数控技术在焊接中的应用	375
一、数控点焊	375
二、数控电弧焊	379
三、数控电子束焊	382
四、焊接的自适应控制	385
第四节 数控技术在其他方面的应用	387
第八章 飞机制造过程中的数控检验和测量	390
第一节 数控检验和测量对数控技术的应用和实现飞机设计-制造一体化的重要性	390
第二节 数控坐标测量机及其应用	391

一、概述	391
二、三坐标测量机的基本原理和构造	394
三、用数控坐标测量机的自动检测	408
四、数控坐标测量机的其它用途	413
第三节 对数控加工的检验和测量方法	414
一、对零件和工装的直接检验和测量	414
二、对数控加工程序或控制带的检查	415
三、对数控机床工作情况的自动检测	418
第九章 电子计算机和数控技术在飞机设计和制造中的综合应用	420
第一节 “一体化”技术的实质和特点	421
第二节 “一体化”技术的综合效果	423
第三节 采用“一体化”技术进行新机研制的典型框图	424
一、飞机设计阶段的典型框图	424
二、飞机生产准备和生产阶段的典型框图	424
第四节 “一体化”技术实施的主要内容	428
第五节 采用“一体化”方法必须创造的基本条件	429
一、人员条件	429
二、设备条件	430
三、程序系统	432
四、工艺技术研究	435
第六节 正确处理实施过程中的几个问题	436
一、正确处理数值量传递与模拟量传递两种技术协调方法的关系	436
二、正确处理扩大应用数控技术与发展其他新工艺的关系	437
三、正确处理加强应用程序系统研究与抓紧设备研制的关系	438
四、正确处理当前生产应用与加强技术储备的关系	438

第一章 绪 论

第一节 飞机制造中传统协调方法的

特点及存在的主要问题

飞机的结构复杂,而气动外形的准确度要求又高,这就决定了飞机制造中长期以来采用模线样板工作法。每当一种新机投产以前,必须先将飞机各部分的外形以及与外形有关的结构 1:1 精确画在金属板或尺寸稳定的明胶板上,形成模线,然后按模线锉修样板,加工各种标准样件、模型,再利用成套的样板和其他标准工艺装备制造和检验生产用的模具、夹具、装配型架等。正是由于采用了这样一整套严密的协调体系,才使加工的零件和装配的组合件、部件相互之间具有较好的配合,保证了全机良好的气动外形和稳定的飞行性能。但是另一方面,这样的工作方法又带来很多不利的后果,其中主要有:

1) 模线的绘制周期长,工作条件差。因为飞机部件的尺寸大,画模线时需要由人爬在模线桌上,手工精细测量成千上万个数据。机身的外形点要在纵横两个切面上反复协调,直至全部纵向和横向切面线从眼睛看来都得到光顺为止,工作效率极低。而且通过一组平切面来协调飞机的曲面外形,当外形的变化剧烈时,往往难以确切判断这样构成的曲面是否流线,还需要专制立体的模型来作进一步修正。

2) 手工绘制的模线难以保证重复精度,飞机的外形模线一旦审定后,只许复制,不许各个使用部门自己重画。这样,生产准备工作只能一环扣一环地顺序进行。从飞机图纸到模线绘制,从样板加工到标准样件、模型以及各种生产用工装的制造,都是按照所选择的协调路线,互相依赖地进行。主要的环节不能实现平行作业,致使生产准备周期拖长,一般达到二至三年。

3) 飞机外形从模线经过样板、正反标准样件和正反模型向生产部门传递,这是一种模拟量的传递过程。下一个环节只能按上一个环节检验,缺乏准确可靠的数值量标准。而飞机制造过程中的移形环节多,协调路线长,因此零件和组合件进入装配时,积累的误差较大,增加了装配中的手工修配量。随着飞机战术技术性能要求的提高,零件的结构刚度增大,装配中的配合精度要求更严,这种全盘建筑在模拟量传递基础上的协调方法显得越来越不能适应飞机生产发展的需要。

4) 这样的协调方法决定了标准工装的数量多,占用存放面积大,不便组织厂际协作,而且使得工艺装备制造机械化程度低,手工劳动量大。

5) 在飞机设计中推广应用整体结构有助于减轻飞机重量,提高飞机的综合性能。但是采用传统的协调方法,整体结构件一般只能按靠模或划线加工,专用工装的数量多,加工效率低,钳工锉修量大,不利于开展飞机生产的综合技术改造。

6) 辅助工人多,生产管理复杂。

为了克服上述协调方法的种种消极因素,继承和发扬它的积极因素,关键是要从根本

上将飞机外形的转移从模拟量的传递改变为数值量的传递。而要作到这一点，只有在诞生了近代的电子数字计算机和数控加工技术后才有现实的可能。

第二节 电子计算机及数控技术的发展与

飞机设计和制造的关系

1945年美国诞生了第一台电子数字计算机，它的出现和发展有力地推动了生产、科学技术和文化事业的发展。这是二十世纪科技领域的卓越成就之一。

现代的电子计算机具有异乎寻常的快速、准确、灵活的运算能力，因此它首先被用来处理飞机设计中的各种复杂的计算课题。例如在气动方面，用来计算飞机的性能和操纵性稳定性，整理吹风试验的数据，进行各种理论分析计算，如高M数的紊流干扰、激波吻合技巧、二阶封闭的湍流模型、三元无粘性超音速流的计算、三元层流、转换和湍气边界层的计算等等。在结构分析方面，我国在1959年用矩阵力法和Levy的矩阵位移法计算了飞机翼面的静强度和结构影响系数。此后又用矩阵参数法计算了三角机翼静强度、自由飞机的自然频率和热载下的钣金。解决了考虑框弹性、有大开口的变截面机身以及机翼机身交接段这样一类应力分析问题。有限元素法越来越多地应用于钣金计算和动力、非线性、温度场等方面的问题。

国外约从1952年起开始利用电子计算机来构造飞机机身的外形。机身的横切面一般取成两段或多段二次曲线，曲线的系数随着横切面位置沿机身纵向的移动而连续发生变化。只要曲线的方程选择恰当，由它所构成的机身曲面必然是光滑的，而且是唯一确定的。机身上的隔框、长桁、口框等零件和组合件的外形，可以准确地用计算方法求得。从此，飞机各部分的外形有了精确可靠的数字量标准。同时，这些外形信息还可以存进计算机的外存贮器内，象磁盘、磁带，需要时可以随时迅速调用。它们始终保持稳定不变，不会象模线图板随着温度变化而发生胀缩，也不会象样板在使用过程中发生磨损。

电子计算机的存贮器使机器获得了“记忆能力”，而它的逻辑判断功能又使机器获得了“思维能力”，于是计算机在它迅速扩大的应用中，不再只是一种单纯的高效率计算工具，而是越益成为进行创造性设计活动的得力助手。产生了新的学科领域——计算机辅助设计，国外简称CAD (Computer-Aided Design)。

计算机可以用来进行飞机总体设计方案的优选。过去设计人员限于精力和周期，只能粗略比较极其有限的少数几种方案，满足于找出一种“可行”的解决方法。现在由于使用了大型计算机，一种方案的计算时间缩短到了一、二分钟，就有可能从大面积筛选中通过逐次逼近来找到“最佳”的解决方案。国外还设计了一种ATAC (Air To Air Combat) 的空中格斗程序，例如一次向计算机输入三种不同设计方案的飞机，轮流让其中的两架作战，决一胜负，以便从中挑选出空战性能最好的一架来。

1963年出现的图象仪将计算机内部的难以捉摸的烦琐的数字信息变成了显示在荧光屏上的直观的图形。进一步采用联机的实时操作，这些画面可以活动起来，于是设计人员可以坐在荧光屏前，亲身体验飞机起飞和着陆过程中驾驶员透过风挡玻璃所观察到的跑道

沿路景象。设计人员还可以通过光笔能动地影响荧光屏上的图形显示,例如可以在画面上添加线条,或者从图形上录取某一指定点的坐标数据等等。这样,习惯概念中的使用铅笔、纸张、绘图板、计算尺的传统设计方式逐渐地过渡到使用全新的技术手段,不论是飞机的设计质量,还是飞机的设计周期都比以前发生了质的变化。

和计算机的发展平行开展的,是数控加工技术的研究和应用。1952年美国麻省理工学院研制成了第一台三坐标数控铣床。机床控制机的逻辑系统自动从控制带上读取输入的数字信息,经过译码,向机床的 X 、 Y 、 Z 轴输送相应数量的脉冲,带动铣刀加工出连续的空间曲面。1955年美国空军订制了近百台数控铣床,其中有相当数量用于加工大型整体壁板,最大加工长度达到14米,1957年夏开始装备各个飞机工厂。1958年后又相继陆续制成了大型精密数控绘图机、三坐标数控测量机、数控冲床、数控自动钻铆机等等。成套的数控设备的应用使得计算机输出的大量飞机外形信息可以精确地直接绘制成模线,加工成样板、模具和型架卡板,并且直接用来检验加工成品的外形精度。飞机生产中原来用样板和标准样件、模型进行模拟量传递的方法现在变成了利用计算机和数控技术直接进行数值量传递。模线和样板从此失去了它们原有的神圣不可侵犯的标准原始依据的作用,降级成了一种辅助检查的手段。

数控技术本身也在迅速发展。为了适应加工变斜角的飞机结构件的需要,产生了四座标和五座标铣床,即铣刀除了 X 、 Y 、 Z 三个方向的直线运动外,还能在一个平面内或相互垂直的两个平面内摆动。为了降低机床控制机的成本和增加使用中的灵活性,采用了小型通用计算机(内存容量通常是4K至16K字)来控制机床,形成所谓CNC系统(Computer Numerical Control)。也有使用一台稍大的中心计算机来直接控制若干台机床,省去中间的读带、译码等环节,提高了计算机和机床的利用率,国外称为DNC系统(Direct Numerical Control),简称群控。为了充分挖掘机床的潜力和保证加工质量,设计了自适应控制系统。它在加工中通过传感器测量刀具的温度、挠度、主轴扭矩或其他参数,反馈到机床控制机,使工件始终在最佳切削条件下加工。飞机的大尺寸钛合金整体框,制造成本高,为了防止在加工中由于数控机床的偶然故障而引起报废,可以在铣床上加装监控系统,随时对比中心计算机送来的走刀控制信息和铣刀实际运动轨迹之间的偏差,当误差超过0.1毫米时自动下令停车。

数控加工的广泛应用推动了自动编程系统的发展。工艺人员不必要掌握各种复杂的算法,只要按照规定的格式用工艺语言编写具体零件的加工指令,由计算机来译码、计算刀具中心轨迹、形成特定机床的控制指令、自动输出穿孔带。国外应用最广的切削加工编程系统是APT,我国有SKC-1、SKC-2、ZCX-1等加工编程系统和SKHT绘图编程系统等。

计算机还用来管理生产、制定生产计划、核算成本、预测生产的发展趋势等等。这样,计算机从自动编程发展到综合处理产品的工艺问题和管理生产,逐渐形成了又一门新的学科领域——计算机辅助制造,国外简称CAM(Computer-Aided Manufacturing)。

计算机辅助设计和辅助制造一开始是各自独立发展的两个分枝。但是随着它们在新机研制和生产中的推广应用,两者之间的依赖关系变得越来越明显了。用计算机设计飞机外形,只有配合使用数控绘图、数控加工、数控检测时,才能在生产中充分显示它的巨大优越

性。反过来,数控技术也只有依靠计算机辅助设计系统直接提供飞机外形的数字信息时,才能进一步发挥它的效率。所以在实际应用中,它们很自然地越益紧密地结合起来。最早大约从1960年开始,着手将飞机的外形计算和绘图、加工等后续生产环节在计算机程序上加以串通和衔接,形成了飞机设计制造一体化。一体化系统的出现,为飞机工厂的综合技术改造铺设了极其宽广的道路。

第三节 电子计算机及数控技术在飞机

设计和制造中综合应用概况

一架现代的新飞机的诞生,凝聚着上万个工人、科技人员的辛勤劳动,牵连到气动、结构、强度、动力、电器、特设、军械等多方面的技术领域,从开始研制到投入成批生产需要经历三四个年头,而在批生产过程中仍要不断地进行修改、完善。对于这样一种错综复杂、涉及面广、工作量大的产品,要想一开始就建立一揽无遗、无所不包的设计制造一体化系统,不但技术上和经济上有困难,而且也没有必要。

通常都是针对本单位的具体条件抓主要矛盾,首先将几个最重要的环节有机地联系起来。一体化的规模可大可小,没有一成不变的标准。规模小的,可以着重抓三个环节,即飞机外形的计算、绘图和加工。这时,飞机设计的开始步骤和原来基本相同,设计工作仍在纸面上进行。针对使用部门提出的新机的战术技术要求,一方面考虑飞机的气动布局,例如机尾翼的平面形状选用后掠翼还是三角翼,采用什么翼型,机翼与机身怎样匹配等等,画出飞机的三面图;另一方面考虑飞机的总体布置,例如配备几台发动机,进气形式选用头部进气、两侧进气还是腹部进气等等,画出飞机的总体布置图。介于以上两大工作之间,平行地进行沟通和协调的是飞机的外形设计,画出飞机的外形数据图。有了外形数据后,就可以送入曲面造型程序,将纸面上用小比例确定的飞机外形数据进行光顺处理,建立飞机各部分气动表面的曲面方程,简称飞机外形的数模。此后,凡是后续的设计工作中需要用到的一切外形数据,都统一用计算机从数学模型上切取,应用于飞机气动性能的校核、吹风模型的加工、结构的强度计算、系统设计中飞机各部分空间容积的计算等等。同时,新机投产前的生产准备中以及新机试制中,凡是与飞机外形有关的工装和飞机零件,如钣金模具、型架卡板、整体肋、加强框等,也直接从数学模型上取数,用计算机通过后置处理程序输出数控机床的穿孔纸带和磁带,进行数控加工。飞机外形的数学模型是贯穿飞机设计、制造全过程的基础环节,是一体化系统的基本出发点。从数学模型派生的大量数据,象飞机各切面的气动外形、组合件外形、零件结构参数等等,凡是有存档价值的,都应按照一定的编号规则,分门别类,有条理地存入计算机的外存贮器内,形成统一的数据库。相应建立严密的文件管理系统来处理这些数据的输入、输出、格式变换、正误校验、修改、更新等等。还要采取一定的保护、保密措施,保证文件的安全可靠。

美国麦克唐纳飞机公司在1970年设计F-15战斗机时使用了图象仪系统。设计人员先用各种初步设计程序上机确定飞机的总体方案,完成各种准备工作,然后在图象仪上着手具体的草图设计。第一步,例如可以先设计机翼。向计算机输入机翼的展弦比、梯形比、后掠角、翼面积等控制参数,用翼面几何程序计算出机翼的平面尺寸,并且显示在图象仪

上。机翼的位置按重量组提供的机翼重心数据确定。图象仪的数据库中预先存入若干种可能选用的标准翼型，这时选取其中的一种，经过平移和比例变换，将翼型拟合进机翼的翼弦内，成为图 1-1 所示的情形。

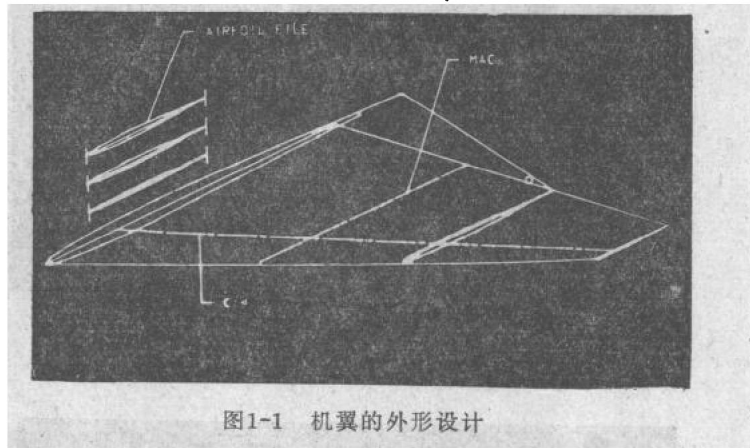


图1-1 机翼的外形设计

第二步，设计座舱。这时要考虑驾驶员的视界、活动范围、仪表板大小、救生方式等等。根据前后方向需要的视角大小，设计座舱的纵向外形；根据侧面方向需要的视角大小以及座舱宽度，设计机身框的外形，结果如图 1-2 所示。

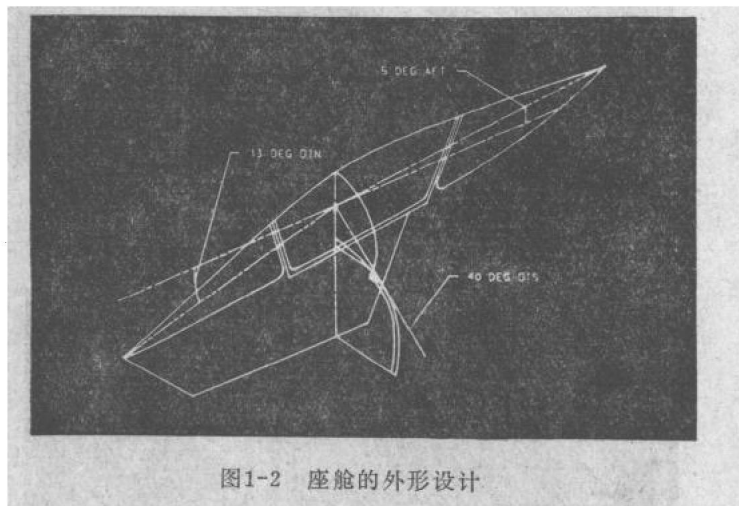


图1-2 座舱的外形设计

机身头部的雷达、电子设备、进气口等的布置方式也都影响驾驶员的视界，经过综合协调后得出机头部分的外形设计，如图 1-3 所示。

第三步，例如布置发动机。根据设定的推重比和飞机起飞重量，计算发动机功率。然后从图象仪数据库中取出基准发动机的外廓尺寸，折算到需要的功率大小，显示在重量组规定的发动机位置上。进气口的外形也是从数据库中取出参考尺寸，匹配到现有的发动机上，暂时布置在某一近似位置（图 1-4），等以后再逐步修正。

下一步，布置尾翼和设计机身其余部分的外形。用计算机检查机身和机尾翼的一系列横切面面积的总和沿机身纵向的变化是否平滑（图 1-5），这是超音速飞机为了减少波阻所应遵循的一条规律。

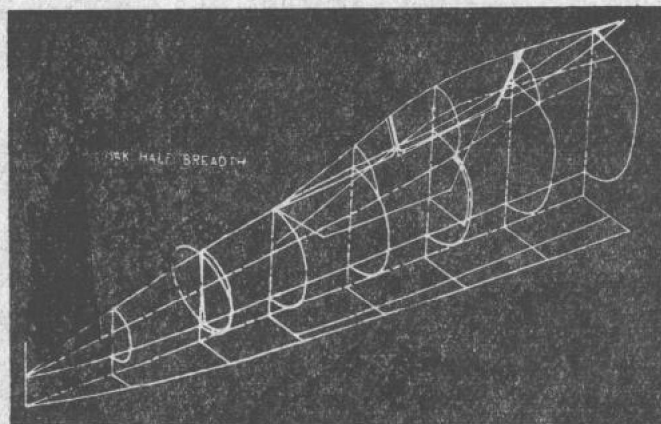


图1-3 机身头部的设计方案

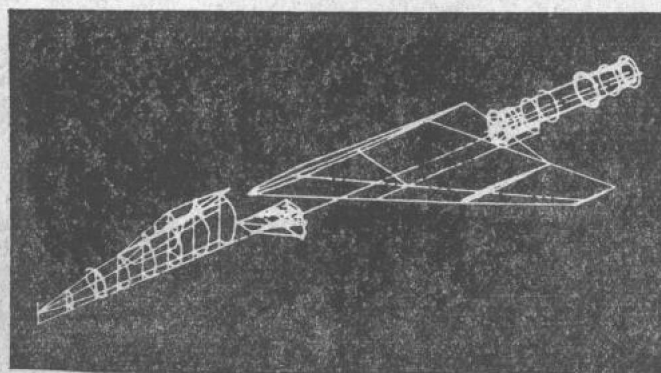


图1-4 发动机和进气口的布置

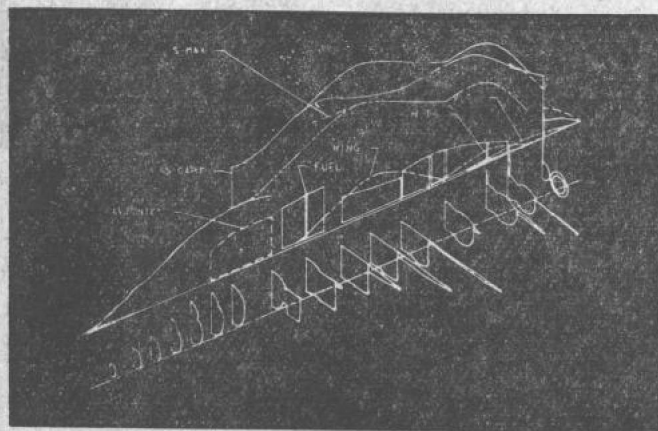


图1-5 超音速飞机的面积律检查

此后，布置起落架、军械、燃油系统、进气道、电子设备等。图 1-6 表示检查前轮收入机身的运动过程。图 1-7 表示在侧视和俯视两个投影内协调进气道外形的情形。侧视图为了让开机翼和机轮，将进气道的高度局部压扁，在俯视图内相应增加通道的宽度。

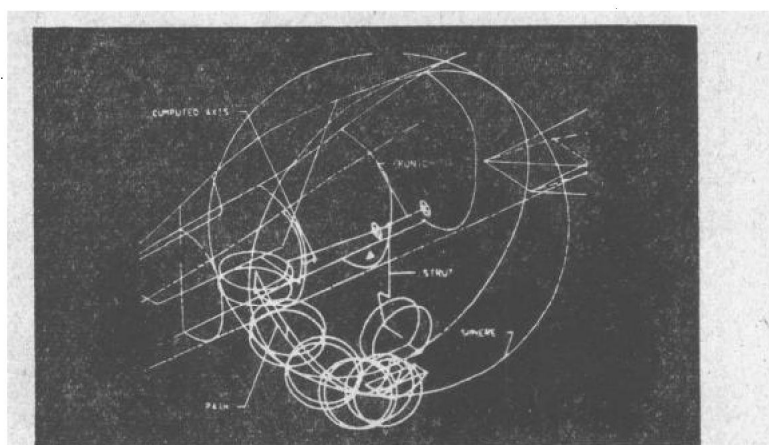


图1-6 前轮的运动轨迹检查

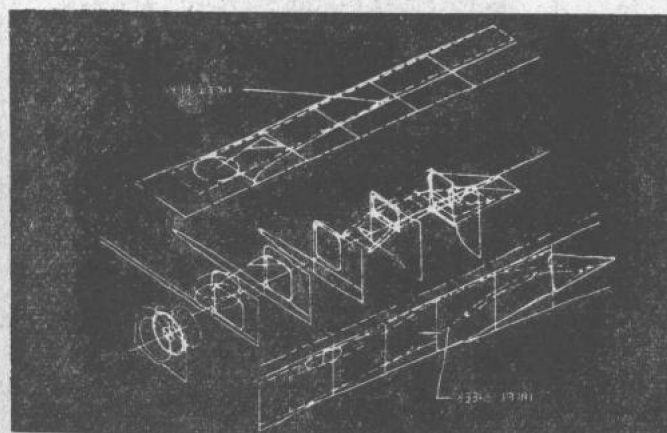


图1-7 进气道的外形设计

图1-8 表示初步设计完成时的飞机全貌。

很明显，采用一体化的工作方法，具有很多突出的优点：

1) 加快了飞机的设计进度和提高了设计质量。由于应用了各种通用的计算机程序，并且采用人机对话的图象仪显示技术，不但提高了各个环节的工作效率，而且各种专业小组如气动、重量、结构、外形、系统等相互间加强了联系，密切配合，有利于统筹兼顾、综合协调。新机的方案优选和技术论证工作可以更充分地进行。麦克唐纳公司在五十年代中期设计F-4飞机时，设计建议书只有一份技术报告、一项成本估算以及某些草图。到了七十年代初设计F-15飞机时，建议书超过37000页，共309册，事先进行了详尽的方案论证。

2) 显著缩短飞机的研制和转入批生产的周期。

3) 提高飞机零件和部件的协调性。第一架F-15的进气道内形比批生产的F-4的质量还好。第一架F-15的座舱装配后就可以充压，机翼在三十分分钟内装上机身，而F-4到第150架时才能在装配后保证座舱气密。

4) 提高生产机械化程度，降低成本。F-15中增加了整体结构件的比重。过去F-4

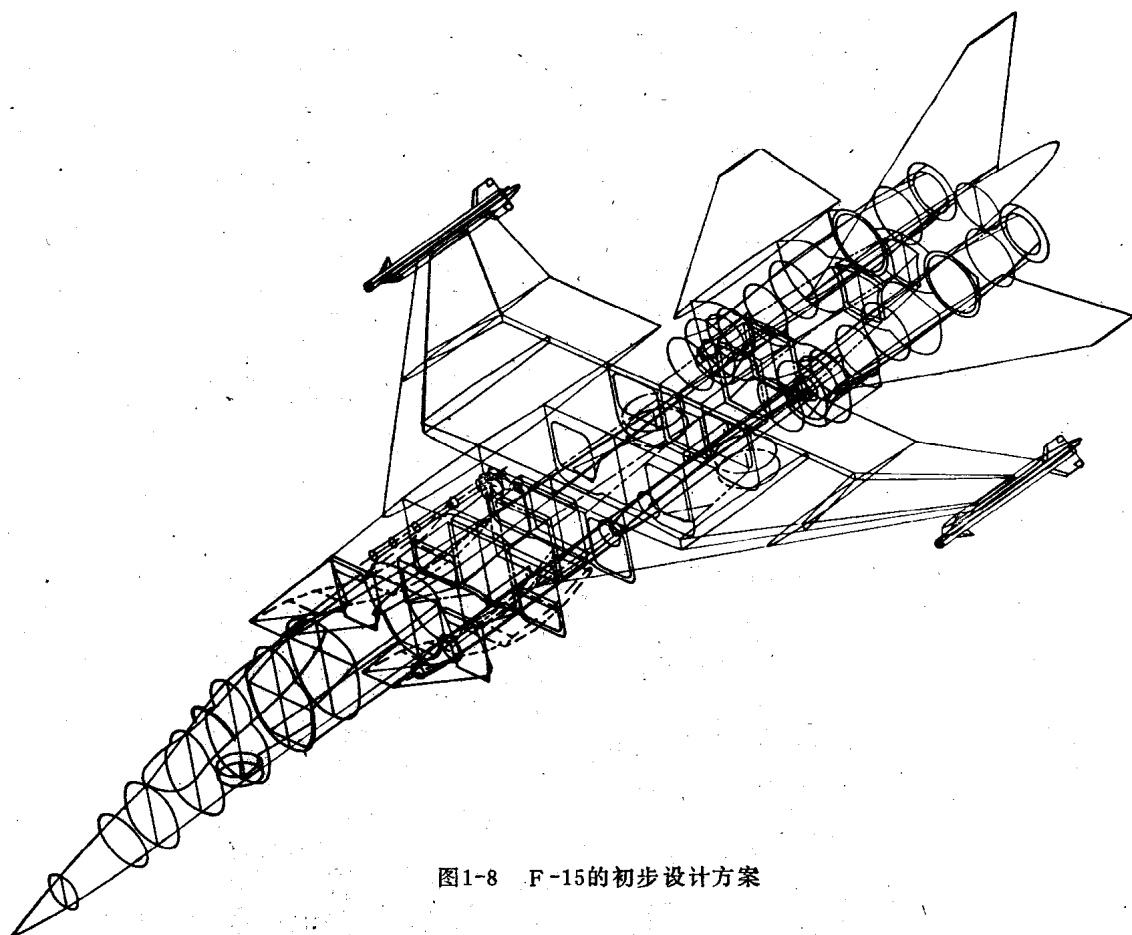


图1-8 F-15的初步设计方案

的生产工时中 65% 用于装配, 35% 用于零件加工。装配工序的手工劳动量大, 占用型架多。现在生产 F-15 时, 工时的分配比例成为 60% 用于零件加工, 40% 用于装配。零件制造中更多应用了高效率的数控加工, 飞机生产的传统面貌开始发生变化, 提高了生产文明, 也相对降低了飞机生产成本。

美国波音公司还建立了庞大的自动管理系统。每来一架飞机订货, 先在计算机内列出需要自制和外购的全部零件清单, 并且按照装配进度推算零件最早的使用日期。此后分成两路: 外购件进入外厂订货系统, 按照最有利的批量向外厂订购, 并使常用的标准件保持在合理的库存量水平。自制件在制定工艺路线后一方面订制工艺装备, 由工装订货系统跟踪工装的制造进度。另一方面向生产车间下达零件加工任务, 由计划管理系统检查零件的加工过程、统计工时、核算成本。管理人员通过这样的系统可以随时掌握生产进度、控制产品质量、及时突破薄弱环节。

总之, 计算机和数控技术的应用正在引起产品设计和生产领域内的一场新的技术革命, 它在我国无产阶级专政的社会主义制度下必将获得最迅速的发展。

第二章 电子计算机及数控技术介绍

第一节 电子数字计算机

电子计算机一般分为模拟计算机和数字计算机。数字计算机是直接对数字进行运算,例如算盘,就是用算盘珠代表数字。模拟计算机则不是直接对数字进行运算,而是根据数学问题找出能“类似”实现该数学方程的“模拟系统”,在“模拟系统”中用长度、角度、电压等连续变化的物理量的大小代表数值的大小,进行运算,结果仍是物理量。计算尺就是一种最简单的模拟计算器。

按构成计算机的元件来分,数字计算机和模拟计算机均可分为机械式的、机电式的和电子式的三种。

自1946年以来,电子数字计算机的发展极其迅速,特别在高速化、微型化、高可靠性方面有显著进展。二十多年来,电子数字计算机大体经历了四代。第一代,即1946到1956年,是电子管数字计算机时代,电子数字计算机的基本逻辑电路是由电子管构成的。这类计算机奠定了电子数字计算机的各基本技术。1948年发明晶体管后,1956年制成了由晶体管构成基本逻辑电路的数字计算机,进入了数字计算机发展的第二代,即1956~1962年,称之为晶体管数字计算机时代。晶体管数字计算机较电子管数字计算机体积小、耗电少、机器可靠性高。电子数字计算机的第三代,即1962年到1970年,是集成电路数字计算机时代。电子数字计算机的第四代是从1971年开始的,称之为大规模集成电路计算机时代。一个大规模集成电路中可以有100个以上的逻辑门电路。据报导,七十年代将是第四代大型计算机的兴盛时代和第五代计算机的萌芽时代。第五代计算机称为适应式计算机,据称这种计算机具有模拟人的神经系统的功能,有学习的能力,有模拟-数字混合的功能。

目前,电子数字计算机的发展有两个显著的特点,一是微型化,二是大型化,即运算速度快,计算功能全的大型计算机。在微型化方面,HP-35是个典型代表。它的外形尺寸是 $80 \times 147 \times 33$ 毫米,整个计算机只有五块集成电路,每块相当于6000个管子,能进行 $+$ 、 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$ 、 $\sqrt{\quad}$ 、 $\sin x$ 、 $\cos x$ 、 $\operatorname{tg} x$ 、 $\operatorname{Arcsin} x$ 、 $\arccos x$ 、 $\operatorname{arctg} x$ 、 $\lg x$ 、 $\ln x$ 、 e^x 、 $\frac{1}{x}$ 、 x^y 等运算。在大型化方面,例如IBM 360/195型计算机,运算速度平均为每秒一千二百万次。

除了提高单机性能外,还发展所谓联立式多计算机系统,例如伊利阿克-IV (ILLIAC IV) 即由256台处理机构成,用一台B-6500计算机控制管理,整机运算速度可达每秒10亿次。此外,还发展了所谓计算机应用网,以充分发挥计算机的使用效率。计算机应用网的一种形式是:由一台大型计算机作中央控制站,连接若干台小型计算机。另一种形式是:组织互相交叉联系的计算机网,每台计算机通过数字通讯网可以与其它任意计算机或各种终端设备相连接,类似目前的电话通讯网的形式。

在我国,1958年第一台电子管数字计算机103型机诞生,1959年104型电子管数字