

计算机辅助飞机工艺装备协调系统设计

刘黎明

(航天工业总公司三部, 北京, 100074)

余公藩 刘涛

(西北工业大学 1001 教研室, 西安, 710072)

COMPUTER AIDED DESIGN FOR AIRCRAFT TOOLING COORDINATION SYSTEM

Liu Liming

(The 3rd Design Branch of China Aerospace Cor., Beijing, 100074)

She Gongfan, Liu Tao

(Faculty 1001 of Northwesterly Polytechnical University, Xi'an, 710072)

摘要 将传统的飞机工艺装备协调系统设计简化分解为 4 个部分: 确定总体协调方案、选择工艺装备、设计协调关系、绘制协调图表。并阐述了用计算机实现每一部分的方法。

关键词 计算机辅助设计 (CAD), 工艺装备, 飞机生产, 协调

中图分类号 V260.2, V260.5, TP391.7

Abstract The design of aircraft tooling coordination system is covered, which is divided into four parts: general design, tooling selection, tooling coordination and coordination chart, and moreover the CAD methods of each part are discussed.

Key words computer aided design, tooling, aircraft production, coordination

在传统飞机工艺装备协调系统设计工作中, 主要是凭经验进行定性设计。这种方法不仅设计质量依赖设计人员丰富的经验, 而且需要较多的人力和较长的周期。开展计算机辅助飞机工艺装备协调系统设计的研究与开发可提高协调系统的设计质量、促进工艺文件的标准化和计算机管理, 缩短了飞机生产准备周期。

1 传统设计方法分析

传统的飞机工艺装备协调设计是从总体协调方案设计开始, 逐步具体化, 直到绘制出协调图表。一般过程是: 首先根据产品图与有关技术条件、生产型式、研制周期、订货方要求、工厂现有的生产技术基础、工艺技术水平等条件确定总体协调方案和工艺装备选择原则。然后根据产品图纸及技术条件与全机互换项目等进一步设计装配协调方案, 在此中确定了大部分工艺装备与标准工艺装备及其协调方法。在此基础上确定机加零件、钣金件的专用工艺装备与检验工艺装备, 并用框图与网络图等形式表示出确定好的零件工艺装备、装配工艺装备、标准工艺装备、过渡工艺装备之间的制造关系、从属关系、对合和协调关系, 即绘制出协调图表。整个过程的信息流如图 1 所示

1993 年 5 月 8 日收到, 1993 年 12 月 30 日收到修改稿

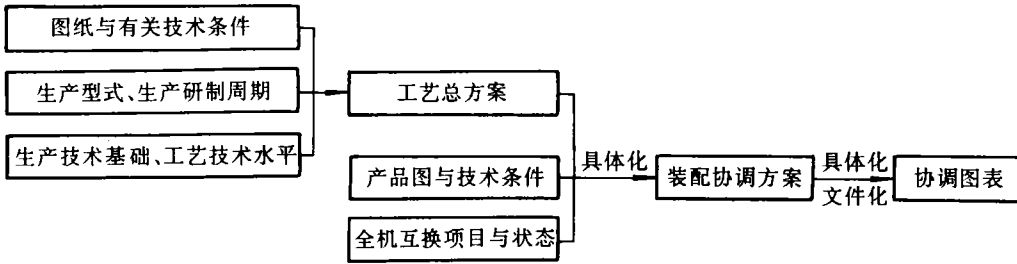


图 1 工艺装备协调系统设计过程

这种协调系统设计方法所存在的问题:

- ① 对要解决的一系列密切有关问题, 定义不明确;
- ② 将整个协调系统设计工作做为一个系统, 对输入的某些信息不容易定量描述, 如工厂的生产准备能力等;
- ③ 解决问题的过程是一逐步具体化、细化过程, 决策过程模糊, 很多需要凭经验解决, 不能形成数学模型。

2 计算机辅助工装协调系统设计过程

采用计算机进行协调系统设计时, 需将协调系统设计传统方法进行合理地简化和分解, 使分解后的每一部分问题定义明确, 各设计阶段决策思想清晰, 易于用计算机解决。现将飞机工艺装备协调系统设计工作分解为四个部分:

- ① 确定总体协调方案 确定作为全机互换协调总体方案的工作法;
- ② 选择工艺装备 (含标准工艺装备) 在某一总体协调方案下, 对于某一具体协调部位, 判断该选用什么装配、检验或零件工艺装备, 是否要选用标准工艺装备, 选用何种类型标准工艺装备;
- ③ 确定协调关系 对于某一协调部位, 确定该部位所采用的标准工艺装备、工艺装备及与原始依据之间的协调关系;
- ④ 绘制协调图表 将某一协调部位所采用的标准工艺装备、工艺装备与原始依据及它们之间的协调关系用图表形式表示出来。此时协调部位的结构草图也可表示出来。

计算机辅助飞机工艺装备协调系统设计过程如图 2。

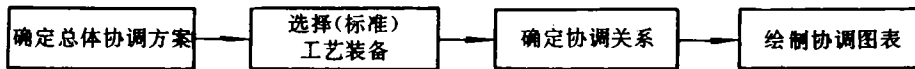


图 2 计算机辅助设计飞机工装协调系统过程

3 确定总体协调方案

目前, 在我国航空工厂中采用的总体协调方案有: A_1 模线样板基准孔工作法; A_2 模

线样板标准样件工作法; A_3 采用模线样板、基准孔、局部标准样件、局部表面标准样件、标准量规进行协调的综合工作法; A_4 计算机辅助飞机设计与制造的一体化协调方法。一体化协调方法往往与前三者综合使用, 又分别形成了各种新 $\times \times \times$ 工作法 (A_1+A_4 , A_2+A_4 , A_3+A_4)。例如: 一体化协调方法与综合工作法结合使用就形成了新综合工作法 (A_3+A_4)^[1]。这些工作法构成总体协调方案集合 A 。

$$A = (A_1, A_2, A_3, A_4, A_1+A_4, A_2+A_4, A_3+A_4).$$

设计工艺装备协调系统的目的是在工厂实际情况的基础上以最经济的手段保证产品形状尺寸性能的协调统一并便于一定规模生产。因此, 选用何种总体协调方案决定于: B_1 飞机速度; B_2 飞机几何形状和部件几何尺寸; B_3 飞机的生产型式; B_4 飞机的产量; B_5 飞机的研制周期; B_6 飞机的互换性要求; B_7 工厂的 CAD/CAM 技术水平; B_8 工厂的技术传统。即

$$A_i = \Phi(B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8) \quad (1)$$

其中 $A_i \in (A_1, A_2, A_3, A_4, A_1+A_4, A_2+A_4, A_3+A_4)$

为了反映某一因素对某种总体协调方法的影响, 根据此因素对该工作法影响的大小, 赋予一个权值 Q_{ij} ($i=1, 2, \dots, 7; j=1, 2, \dots, 8$), 例如 Q_{34} 表示飞机的产量对一体化协调方法的影响。故式 (1) 改写成

$$A_i = \varphi(Q_{ij}) \quad i=1, 2, \dots, 7; j=1, 2, \dots, 8 \quad (2)$$

因此, 总体协调方案的确定就转化为一个计算权值的问题。在以上 8 个因素中, $B_1 \sim B_5$ 是单项因素, 它影响某种总体协调方法某一方面的因素。如: 当飞机是大批量生产时, 总体协调方法应适于工艺装备能方便复制及时满足生产这一特点, 因此 B_3 飞机的生产型式对总体协调方法的这一方面有密切关系, 而对于总体协调方法的其它方面, 例如: 协调准确度没有直接影响。 $B_6 \sim B_8$ 是综合因素, 综合因素体现的不是对总体协调方法某一方面的具体影响, 而是综合体现出对某种总体协调方法的关系。通过以上分析和对国内航空工厂总体协调方法的统计分析, 将式 (2) 改为

$$A_i = Q_{i6} Q_{i7} Q_{i8} \sum_{k=1}^5 Q_{ik} \quad i=1, 2, \dots, 7 \quad (3)$$

应用时, 对于某一机型按式 (3) 计算出 A_i ($i=1, 2, \dots, 7$), 权值最大的就是推荐选用的总体协调方法。

4 选择工艺装备 (含标准工艺装备)

选择工艺装备是总体协调方案的具体实施, 是飞机工艺装备协调系统的基本内容。选择工艺装备时除了依据总体协调方案外, 还要考虑协调部位的结构工艺特点、产品的生产型式、生产产量以及某些零件的加工方式等。这些因素的影响比较复杂, 但是在生产实践中, 工艺人员对选择工艺装备积累了丰富的宝贵经验, 这些经验在头脑中逐渐积累形成规则。这些规则大都是模糊的和不确定性的定性规则, 只有同具体的生产情况相结合起来时, 才能有定量的规则。因此, 适用于专家系统方法解决。

专家系统方法能模仿专家分析处理问题, 按实际情况灵活和及时地处理问题。专家系

统包括最基本的 3 部分：知识库、推理机和人机接口。知识库中包括多个专家的经验和各种标准。推理机根据用户输入的实际情况，灵活地调用知识库中的规则进行逻辑推理，最后得出结论。

用专家系统方法选择工艺装备的过程如图 3 所示。图 3 中的问题定义是明确建立

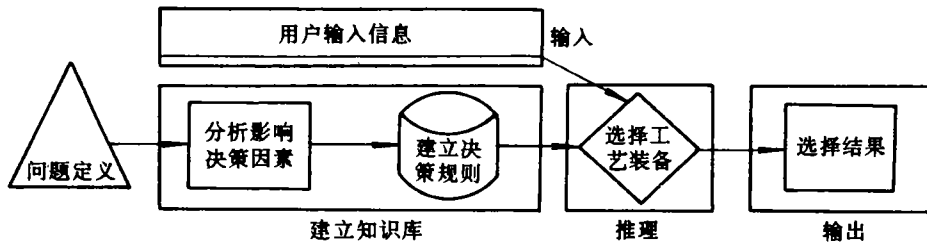


图 3 用专家系统方法选择工艺装备过程

专家系统要解决什么问题、确定解决问题的前提条件。选择工艺装备专家系统定义如图 4。

由于知识库中知识水平决定专家系统的水平，知识的表示形式影响专家系统工作效率，因此建立知识库是建立专家系统的关键。知识的收集、整理是建立知识库的首要问题。选择工艺装备主要决定于 3 个方面：① 总体协调方案 (Z)；② 产品结构工艺特点 (J)；③ 产品生产条件、生产型式、产量等 (S)。因此，

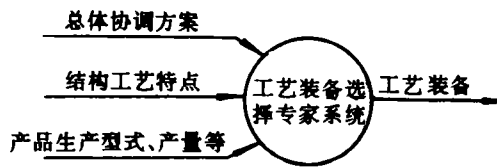


图 4 工艺装备选择专家系统定义模型

$$K = f(Z, J, S) \tag{4}$$

式(4)中 $Z \in (A_1, A_2, A_3, A_4, A_1 + A_4, A_2 + A_4, A_3 + A_4)$ ； $J = f_1(D, W, L)$ ， D 表示协调对象类型， W 表示协调对象的外形特点， L 表示协调对象交点特性； $S = f_2(X, P, T)$ ， X 表示生产型式， P 表示产品产量， T 表示生产条件。

由于目前选择工艺装备缺乏系统理论，函数关系 f, f_1, f_2 还不能明确地用数学形式表示，而只能根据这些参数 (D, W, L, X, P, T) 启发工艺人员总结经验，枚举出式(4)右部不同组合时按经验得出的结果，从而形成一条条经验规则，按 IF...THEN...形式存贮于知识库中。

按照上述方法构造工艺装备选择专家系统的知识库，用规则形式表示，推理过程简单。推理过程分为三步：① 输入信息合法性检查；② 规则匹配；③ 结论一致性检查。过程如图 5 所示。

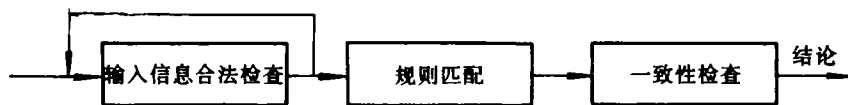


图 5 专家系统选择工艺装备过程

在图 3 中输出过程已显示了专家系统推理结论，这时用户可以人为地介入以交互方式修改结论。

5 确定协调关系

协调关系表示标准工艺装备、工艺装备与原始依据之间的制造、从属、对合的协调关系。工艺装备(含标准工艺装备)可分为：部(组)件正标准工艺装备、反标准工艺装备、零件正标准工艺装备、装配工艺装备、零件工艺装备。按顺序将这五类工艺装备安排如图 6 所示。

从制造过程角度分析，标准工艺装备与工艺装备之间的协调关系转化为这五个层次之间的协调关系。按这五个层次可以总结出许多典型的协调关系基本模型，图 7 是模型之一。它表示由原始依据制造正标准工艺装备，由正标准工艺装备制造装配工艺装备的一种协调方法。

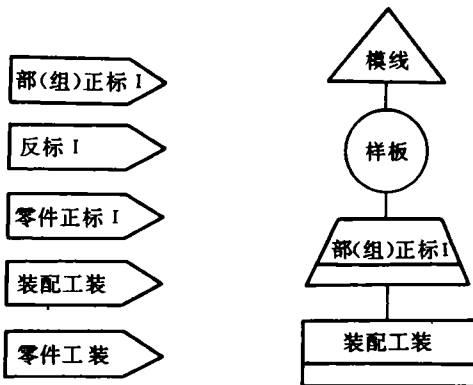


图 6 工艺装备层次划分示意图

图 7 协调关系基本模型

确定某一协调部位的协调关系时，当选择出该部位的每一组合件所采用的标准工艺装备和工艺装备后，将这些标准工艺装备与工艺装备的类型与协调关系基本模型中包括的工艺装备相比较，当相似时，其协调关系与基本模型的协调关系也将相似。确定好某部位的每一组合件所采用的工艺装备、标准工艺装备的协调关系后，按结构划分的组合关系进行协调关系综合。

现以国内新研制的某型教练机座舱风档部位为例简述确定其制造协调关系的过程。该型机座舱部位大致分为风档、座舱口框、座舱盖三个主要部分。对于风档组合件，通过输

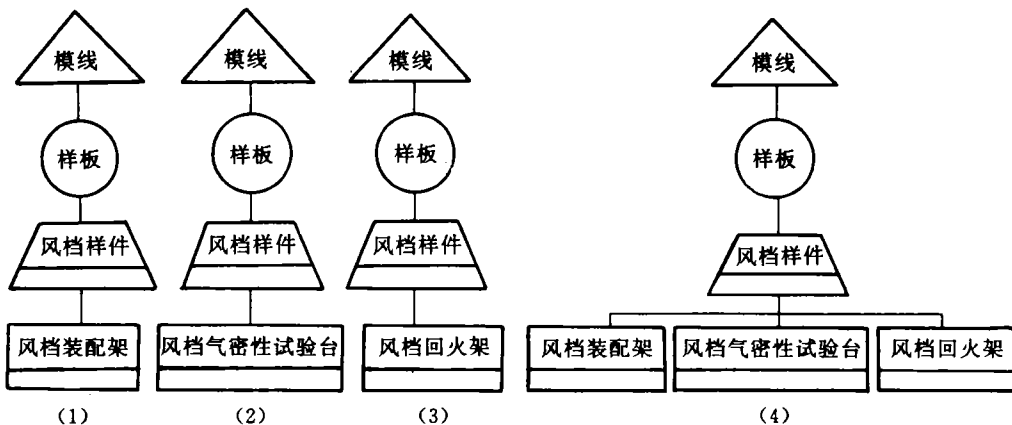


图 8 某型教练机风档部位协调关系示意图

入风挡的特点, 如形状复杂、非数控加工并有气密性要求等, 则工艺装备选择专家系统推断出制造风挡需要风挡样件、风挡装配架、风挡气密性试验台、风挡回火架等工艺装备, 将这些工艺装备类型通过与协调关系基本模型中包含的工艺装备类型比较, 确定出每个装配工艺装备的制造协调关系如图 8 中的 (1) (2) (3) 所示, 按图 6 所示的层次比较去掉重复部分, 综合出图 8 中 (4) 所示的风挡组合件制造协调关系。

6 绘制协调图表

绘制协调图表是用图框和直线形象地表示工艺装备 (含标准工艺装备) 之间协调关系的过程。因此, 一张协调图表形式上就是一些图框、直线及说明性文字在二维空间有序性集合, 即 $TB = [BT, ZX, WZ]_{s=1}^n$ 。其中 TB 表示协调图表, BT 表示标准图框, ZX 表示标准图框之间连线, WZ 表示一些说明性文字。标准图框由标准图框代号 N 及标准图框的定位点 (x_0, y_0) 决定, 即

$$BT = (N, x_0, y_0)$$

标准图框之间直线由两端点坐标 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 决定, 即

$$ZX = (x_1, y_1, x_2, y_2)$$

说明性文字由文字码 M , 书写比例 L 和书写位置 (x_3, y_3) 决定, 即

$$WZ = (M, L, x_3, y_3)$$

因此协调图表的综合数学模型是

$$TB = [N, x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2, M, L, x_3, y_3]_{s=1}^n$$

7 结 束 语

采用上述方法国内某航空工厂开发了一个计算机辅助设计飞机工艺装备协调系统, 该系统具有自动设计协调系统、编辑协调图表、协调准确度计算、工艺装备的工时成本计算等功能。其生产中广泛应用, 效果良好。表明计算机辅助飞机工艺装备协调系统设计对提高协调系统设计工作效率与设计质量、缩短飞机生产准备周期, 促进工艺文件的计算机管理有十分重要的意义。

参 考 文 献

- 1 袁自强. 从两机研制浅谈新综合工作法. 航空制造工程, 1992; (3):
- 2 程宝蓀, 崔赞斌. 飞机制造协调技术. 北京: 国防工业出版社, 1990: