

文章编号: 1002-0411(2000)04-0353-07

# 一个 CIMS 环境下的基于范例的船体装配 CAPP 系统

张士杰 王正方 赵春捷

(中国科学院沈阳自动化研究所 沈阳南塔街 114 号 110015)

摘要: 本文介绍了一个 CIMS 环境下的基于范例的船体装配 CAPP 系统. 包括: CAPP 系统在渤海造船厂 CIMS 工程中的地位, 基于范例的工艺规划(范例的表达, 范例的索引、存储、检索和适应), 工艺定额和材料定额制定, 分系统之间的信息集成. 系统采用 Power Builder 和 SQL Server 数据库中的 SQL 语言编写. 目前, 船体装配 CAPP 系统已经在渤海造船厂的微机上联网运行。

关键词: 计算机集成制造(CIMS), 基于范例的推理, 计算机辅助工艺设计(CAPP)

中图分类号: TP29

文献标识码: B

## 1 引言

在船体建造过程中, 船体建造的装配活动占有相当大的比重. 据统计, 船舶建造的装配活动约占整个造船周期的 45% 以上. 产品装配活动的改善, 将会提高造船企业的竞争力, 从而为企业带来可观的经济效益和社会效益. 就装配工艺文件本身而言, 它是将面向产品的数据转换成面向装配的数据重要环节, 是指导船舶的装配活动的重要指导性文件, 同时它为企业的管理系统提供工艺信息, 因此在船舶的制造和管理中起着重要的作用.

由于船体装配的工艺十分复杂, 目前, 国内造船业几乎都在手工编制工艺文件, 迫切需要开发一个有效的计算机辅助装配工艺设计系统, 以满足日趋激烈的竞争局面. 为开发一个 CAPP 系统, 许多方法可以利用. 目前, 使用的方法主要分成两大类: 派生法和创成法. 采用这两种方法的非船计算机辅助工艺设计(CAPP)系统在国内外已经见到许多报道. 然而, 由于装配工艺的复杂性, 尤其造船业的装配工艺更具难度, 因而, 在国际上关于船舶建造装配 CAPP 报道很少. 近年来, 在计算机辅助装配工艺系统的实现中, 人工智能技术被广泛使用. 尤其是在计算机软硬件技术的迅速发展, 许多新技术在计算机辅助设计中得到应用. 据文献报道: 基于知识的方法、面向对象的技术、模糊方法、人工神经网络、混杂方法业被广泛应用在 CAPP 系统中. 90 年代初, 基于范例的方法陆续出现在 CAPP 系统中. 最先利用基于范例的方法开发 CAPP 系统的是 Tsatsoulis 和 Kashyap, 他们开发了一个针对回转体零件加工的 CAPP 系统. Zarlay 开发了一个基于范例的装配工艺设计系统. Cham pati, S. 介绍了一个基于范例的锥体类零件加工的 CAPP 系统<sup>[1]</sup>. 基于范例的推理(Case-Based Reasoning)简称 CBR, 采用 CBR 方法开发的系统对于给定的问题的描述, 首先在范例库寻找与该问题的特征相匹配的范例. 有时, 由于问题相同可以找到完全匹配的范例, 这样就得到了问题的解. 但一般很少能找到完全匹配的范例, 如果找不到完全匹配的范例, 系统就会根据一些算法找到一个最相似的范例, 然后对该范例作相应的修正(利用某些规则), 以满足当前问题的要求(称为范例的修正 case adaptation). 对相似的范例进行修正后, 得到一个新的解. 系统将这个新的解自动地加入到范

收稿日期: 1999-12-14  
基金项目: 国家 863 项目资助, 合同号 863-511-942-010

例库中. 系统以后再遇到相同的问题, 系统就不会从头开始重复上述步骤, 而是直接得到一个完全匹配的解. 这也反映了基于范例的系统本身具有学习的功能. 开发者建立基于范例的系统时, 仅需要收集问题的特征、定义词汇、从领域专家收集范例, 并将其装入范例库. 因此, 在一般情况下建立基于范例的系统比基于规则的系统要容易一些<sup>[2]</sup>. 所以, 基于范例的推理系统被认为是一个有前途的方法. 本文介绍了一个 CIMS 环境下的基于范例的船体装配 CAPP 系统. 包括: CAPP 系统在 CIMS 中的地位, 基于范例的推理机制(范例的表达, 范例的索引、存储、检索和适应), 工艺定额与材料定额的制定和与 CIMS 环境下与其他分系统的信息集成. 该系统采用 Power Builder 和 SQL Server 数据库中的 SQL 语言编写. 目前, 船体装配 CAPP 系统已经在渤海造船厂工艺部门连网运行.

## 2 CAPP 系统在渤海造船厂 CIMS 工程中的地位

渤海造船厂计算机辅助装配工艺设计系统是连接 CAD(TRIBON 软件) 系统和管理系统(BAAN IV 软件)的纽带和桥梁, 同时向各分系统提供必要信息和数据. 因而在渤海造船厂 CIMS 系统的信息集成中起到重要作用. 图 2-1 简单描述了 CIMS 环境下工艺设计系统与其他分系统的关系.

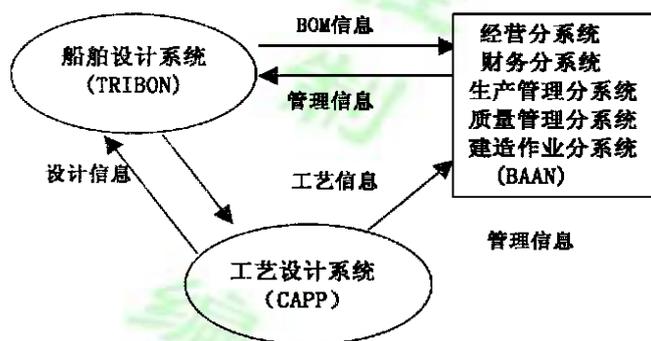


图 2-1 工艺设计系统与其他分系统的关系

从图 2-1 可以看出, 船舶设计系统向管理系统和工艺设计系统传送 BOM 信息, 管理系统向设计系统和工艺设计系统传送管理信息, 工艺设计系统向船舶设计系统和管理系统传送工艺信息.

## 3 基于范例的工艺规划

当船体装配 CAPP 系统接收到来自管理系统的工艺设计任务后, CAPP 系统首先向 CAD 系统获取物料明细表(BOM), BOM 表由 CAD 系统生成, CAPP 系统的工艺特征抽取模块被触发后, 它分析船体分段和 BOM 的信息, 获得 CAPP 系统所需的工艺参数, 然后, 基于范例的推理机开始工作, 利用范例的检索和适应机制, 最后生成满足生产要求的的装配工艺文件. 通讯服务用于分系统之间的信息交换. 基于范例的装配 CAPP 系统的简要工作流程如下:

- (1) 获取 BOM 和工艺特征信息
- (2) 分析与处理 BOM 和工艺特征信息

- (3) 粗判船体分段范畴
- (4) 判别船体分段类型
- (5) 选择最佳匹配的工艺范例
- (6) 判断是否满意的解
- (7) 如果满意, 转向 (9)
- (8) 如果不满意, 激活范例适应模块, 转向 (6)
- (9) 将满意的的范例存入工艺范例库.
- (10) 输出工艺文件.

### 3.1 BOM 和工艺特征获取

BOM 和工艺特征是装配 CAPP 系统工作的基础数据, 这些数据从 TRIBON 软件抽取出来后存放在一台具有 WINDOWS 95 环境的 ACCESS 数据库中, 获取过程如下:

- (1) 首先连接 ACCESS 数据库;
- (2) 判断连接 ACCESS 数据库成功否;
- (3) 若不能与 ACCESS 连接, 则返回出错信息, 否则, 连接 ACCESS 数据库成功;
- (4) 申请数据窗口;
- (5) BOM 数据传送;
- (6) 若 BOM 无数据, 则提示“请重新选择船号执行!”
- (7) 若有数据将接收的数据送入本地数据库
- (8) 若 BOM 数据送库失败, 则重新执行
- (9) BOM 数据传送结束

其中工艺数据的数据传送与 BOM 数据传送过程一致.

### 3.2 范例的表达和存储

范例的表达和存储的目的是把所要求的工艺数据组织成一种使得 CAPP 系统易于访问的形式, 达到易于检索和适应的目的. 一般说来, 一个完整的装配工艺范例包含许多子范例. 他们之间存在某种逻辑关系. 在我们的系统中一个装配工艺范例分解成四个子范例. 每个子范例都存储在关系数据库中, 他们按照关键字分别记录不同的信息. 例如: 总体信息, 平台工位信息, 胎上工位信息和辅助信息. 对每类信息, 我们利用关系数据库中的表来表达和存储工艺范例和子范例. 在制定工艺范例表达的过程中, 一方面要考虑节省存储空间, 另一方面, 要方便工艺范例的索引, 同时也要考虑有利于工艺范例的检索和适应. 我们利用关系数据库的索引和查询技术很好的解决了这个问题. 工艺范例表达和存储的信息模型如图 3-1 所示.

其中, 实体“表头信息”的关键字是分段范畴和分段类型, 实体“平台工位”的关键字是分段范畴、分段类型和平台制作. 实体“胎上工位”的关键字是分段范畴、分段类型和胎上制作. 实体“辅助信息”的关键字是分段范畴、分段类型和辅助信息. 属性则是序列号、工序内容等.

### 3.3 案例的检索

为了节省搜索时间, 在范例的检索过程中采用了下列搜索策略. 首先, 按照从 TRIBON 系统获取的工艺特征确定分段隶属的范畴, 例如: 分段的起始坐标和终止坐标分段范畴包括艏段、尾段和平行舫体. 按照这种策略, 搜索空间缩小了. 第二, 按照分段的几何信息确定分段的类型. 例如: 平行舫体包括甲板、中底、边底、玄侧, 仓壁. 第三, 在平行舫体中, 可以利用近邻搜

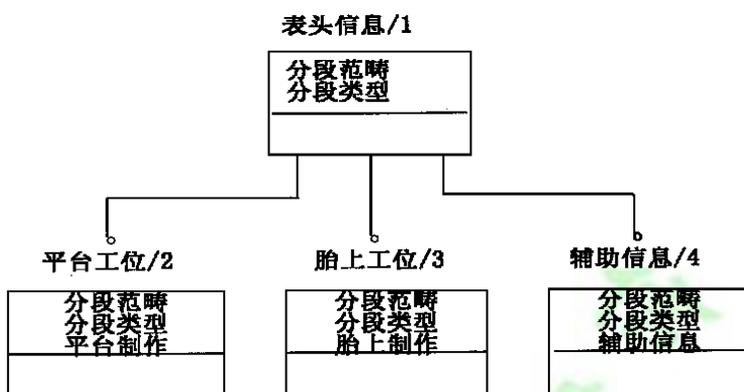


图2 工艺范例表达和存储的信息模型

索方法(依据分段的起始肋位和终止肋位等信息)来选择最佳匹配的范例。

### 3.4 案例的适应

在基于范例的推理中,至少有两种不同的范例适应方法:变换式适应方法和创成式适应方法。变换式适应方法通常根据范例中的问题描述和当前问题描述的不同之处,利用一组领域相关的启发信息直接修改范例中的相关信息以获得问题的解。最近的系统是基于创成式适应方法<sup>[2]</sup>。范例的适应在基于范例的推理系统中是非常重要的部分,它反映了系统的自动化水平,由于船体装配的复杂性,工艺特征的抽取和工艺规则的总结十分有限。因此,我们采用了编辑式适应以代之创成式适应。目前,在我们的系统中,在范例的修正中采用匹配式适应、变换式适应和编辑式适应三种方法。

#### (1) 匹配式适应

按照工艺特征进行匹配,例如:船号、分段名等,匹配适应模块将从CAD系统获得的船号、分段号、分段重量、分段尺寸和肋位号直接送入结果范例库。

#### (2) 变换式适应

按照分段号,变换式适应模块利用一些预先定义的规则,将分段号变换成工艺文件号和辅助文件号等。

#### (3) 编辑式适应

系统提供了灵活、方便的方法使得用户在计算机屏幕上直接对范例进行相应的增、删、改,以满足用户的需要。

在上述机制的配合下,装配工艺设计子系统系统可生成满足生产要求的工艺文件。同时,该系统可以在菜单下进入AUTOCAD绘制工艺图。经工艺人员检查后,方可确认完工、签字。同时,系统提供完工状态显示和工艺范例库维护的功能。用户可在需要的时候进行工艺文件打印,系统按照厂标输出工艺文件表头、装配工艺内容和相应的工艺图。

## 4 工艺定额和材料定额制定

在船体装配工艺中,工艺项目表工艺定额包括焊接工时和铆接工时。焊接工时分成自动焊接工时和手工焊接工时。因为我们可以直接从CAD系统获取船体分段的焊接类型、焊缝长度等信息,所以可以精确的计算各种焊接工时和铆接工时,从而制定工艺定额和材料定额。

#### 4.1 工时定额和材料定额制定的算法

利用从 CAD 系统得到的焊缝信息, 利用存储在数据库中的工艺参数和从工艺专家总结的经验数据, 系统利用下述经验公式计算工时定额.

胎上焊接工时 = (自动焊工时 + 手工焊工时) \* 胎上焊接工时系数 1;

胎上铆接工时 = 胎上焊接工时 \* 胎上铆接工时系数 2;

胎上工艺定额 = (焊接工时 + 铆接工时) \* 胎上工艺定额系数 3;

组合件 I 焊接工时 = (自动焊工时 + 手工焊工时) \* 平台焊接工时系数 4

组合件 I 铆接工时 = 组合件 I 焊接工时 \* 平台铆接工时系数 5

组合件 I 工艺定额 = (组合件 I 焊接工时 + 铆接工时) \* 平台工艺定额系数 6;

部件 I 焊接工时 = (自动焊工时 + 手工焊工时) \* 部件焊接工时系数 7

部件 I 铆接工时 = 部件 I 焊接工时 \* 部件铆接工时系数 8

部件 I 工艺定额 = (部件 I 焊接工时 + 部件 I 铆接工时) \* 部件工艺定额系数 9

立体首尾段:

胎上焊接工时 = (自动焊工时 + 手工焊工时) \* 胎上焊接工时系数 10;

胎上铆接工时 = 胎上焊接工时 \* 胎上铆接工时系数 11;

胎上工艺定额 = (焊接工时 + 铆接工时) \* 胎上工艺定额系数 12;

为实现和管理系统 BAAN 的信息集成, 工时定额信息要重新进行组织处理, 然后送到 BAAN 软件的数据库中. 材料定额的计算只是采用了不同的调整系数, 其算法从略.

#### 4.2 主要功能模块

##### (1) BOM 和焊缝信息获取

利用信息服务远程接受和处理来自 CAD 的 BOM 和焊接信息.

##### (2) 工艺项目表生成

工艺计划生成是根据从 CAD 处传来的设计信息生成工艺计划, 包括: 焊接工时定额(工艺项目号、焊接工时、铆工时、工艺定额工时), 焊接材料消耗定额, 并向 BANN 信息进行工时定额传送等.

##### • 工艺项目号生成

利用存在数据库中的施工网络图和知识库中的产生式规则, 系统可以自动生成自动生成下述工艺项目号(包括施工单位, 施工阶段, 月份和流水号). 例如: 12E0201 为工艺项目号, 共 7 位, 其中前两位为施工单位, 12 代表船体分厂, 符号 E 代表平台、02 代表月份、01 代表流水号. 为实现自动生成的功能, 系统事先建立了施工单位、施工阶段表, 系统依据工艺信息和相应的规则进行确定.

##### • 工时定额生成

根据 CAD 系统提供的焊接信息, 系统提供相应的参数库, 利用生产中总结出的经验和统计数据计算, 得出符合实际的工时定额.

##### • 焊接材料定额生成

材料定额生成模块主要用来确定船体在焊接过程中铁粉焊条, 二氧化碳焊丝, 埋弧焊丝和碱性焊条的用量, 它对焊条的实际消耗和成本制定提供基础数据.

##### • 形成工艺项目表:

对于胎上: 将分段的焊接、铆接和工艺定额送到工艺计划表;

对于平台: 将一个分段内所有组合件的焊、铆、工艺定额累加送到工艺计划表;

对于部件将一个分段内所有部件的焊、铆、工艺定额累加送到工艺计划表;

工艺项目表格式如下:

工艺项目号	分段	工位	焊接工时	铆接工时	工艺定额	备注
12E0201	201	平台	1370	1250	2680	
12E0202	203	平台	1460	1340	2820	

#### • 形成 BAAN 所需信息和 BANN 信息录入

在形成工艺计划后进行信息组织处理, 然后送到 BAAN 的数据库中. 同时本系统提供了 BAAN 信息录入界面, 用户可按要求进行数据录入, 该界面提供了增、删、改功能.

#### (3) 数据库维护

提供对各类统一的维护手段. 如: 插入新记录, 数据= = > 数据库, 删除当前记录.

#### (4) 文件打印

主要打印工时定额和材料定额表. 打印类型分胎上、平台、和部件, 打印方式分按月打印、按分段打印、新来物料或全部打印.

## 5 分系统间的信息集成

渤海造船厂 CIMS 工程包括工程设计 (CAD/CAPP) 系统和 ERP 系统. CAD 系统使用世界上著名的 TRIBON 软件实现, 该软件运行在 DEC 服务器和工作站上, 操作系统是 VMS. ERP 系统采用世界上著名的 BAAN IV 软件实现, 包括生产子系统、财务子系统、项目管理子系统、建造作业子系统. 他们运行在 HP 服务器的 UNIX 操作系统上. 船体装配计算机辅助工艺设计系统、计算机辅助工艺计划系统. 运行在 WINDOWS NT 环境下, 数据库为 SQL SERVER. 为实现分系统间的信息集成, 开发了信息服务子系统. 使用信息服务子系统, 船体装配 CAPP 系统可以直接获取来自 CAD 系统(TRIBON)的 BOM 和焊接信息, 生成满足生产要求的工艺文件. 生成的工艺路线可以直接送入 ERP 系统(BAAN IV 软件) INFORMIX 数据库中, BAAN IV 软件可以正常运行. 因此, 通过 CAPP 系统首次在世界上实现了 CAD (TRIBON) 软件和 ERP 的(BAAN IV) 两大著名软件的信息集成.

## 6 结论

本文介绍了一个 CIMS 环境下的基于范例的船体装配 CAPP 系统. 运行表明系统具有如下特点:

- 采用基于范例的方法生成工艺文件、工艺定额、材料定额, 满足了生产要求;
- 采用 CAPP 系统和信息服务, 实现了 TRIBON 软件和 ERP BAAN IV 软件之间的信息集成.
- 提供了友好的可视化人机界面.

本系统进一步的工作为, 当从 TRIBON 系统获得更多的信息, 同时, 从工艺人员获得更多的经验时, 我们将采用创成式适应方法, 进一步提高 CAPP 系统的自动化水平.

致谢 作者对于渤海造船厂于士元和孟庆华工程师提供的工艺知识和有关工艺经验以及工厂提供的计算机网络环境深表谢意.

## 参 考 文 献

- 1 M MAREFAT, J BRITANK. Case-based Process Planning using an Object-oriented Model Representation Robotics & Computer Integrated Manufacturing **13**(3): 229~ 251
- 2 Manuela Veloso Case-based Planning. Select Methods and System AI Communications, 1996, **9**: 128~ 137
- 3 Zhang Shijie etc. Knowledge Based Computer Aided Process Planning System. 4th International Conference on manufacturing technology, Hong Kong, Dec. 1997

## A CASE-BASED COMPUTER AIDED ASSEMBLY PROCESS PLANNING SYSTEM FOR SHIP HULL IN CIMS

ZHANG Shijie WANG Zheng-fang ZHAO Chun-jie

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences 110015)

**Abstract:** This paper presents a case-based computer aided assembly process planning system for ship hull in CIMS. It includes case-based assembly process planning, technological quota establishment, and information integrating among subsystems. The system was written in Power Builder and SQL language. At present, the computer aided assembly process planning system has been working on PC computers located in BOHAI shipyard.

**Keywords:** CIMS, case-based reasoning, computer aided process planning (CAPP)

### 作者简介

张士杰(1949-), 男, 研究员. 研究领域为人工智能, CIMS, 计算机辅助工艺设计.

王正方(1969-), 男, 工程师. 研究领域为计算机软件, 计算机辅助工艺设计.

赵春捷(1962-), 男, 副研究员. 研究领域为计算机软件, 网络数据库.

### 有关本刊的一些最新统计数据

中国科技信息研究所于 1999 年 10 月发表了《中国科技期刊引证报告(CJCR)》. 统计的源期刊为 1286 种国内主要科技期刊. 本刊的影响因子为 0.518, 在 1286 种科技期刊中排序为第 43 位.

影响因子是国际上通用的期刊评价指标. 具体算法为: 该刊前两年发表的论文在 1998 年被引用的次数除以该刊在此两年内发表的论文总数. 期刊的影响因子越大, 则它的影响力和学术作用也越大.

在这 1286 种期刊中, 影响因子大于 0.500 的有 46 种, 超过 1.000 的只有 3 种.