智能工艺专家系统在推土机柔性化装配制造中应用的探究

吴月　高德坊　王超　董庆建

【摘要】针对推土机装配制造过程复杂多变、工艺参数优化和决策困难等问题，探究推土机智能装配的工艺软件与专家系统。目的是在原总装生产线的基础上构建起专业化的工艺优化与管理平台，提升工艺管理水平和整机质量，在总装线上实现多机型柔性化装配。

关键词：职能装配；专家系统；柔性化装配

针对山推液力传动和静液压（全液压）传动两种类型的推土机，提出基于产品BOM和制造BOM信息一体化的工艺数据和知识管理方法，为企业实施工艺知识管理提供了一种解决方案，可有效保证工艺数据的完整性和合理性。解决工艺知识管理实现的关键技术，包括知识获取、基于本体的知识表示、综合CBR和RBR知识推理等，为推土机柔性工艺设计知识管理系统的利用提供了技术支持。利用面向全功率范围推土机的工艺管理平台并拟在企业实施，通过此系统，不仅可以实现知识管理目的，还可以提升企业组织生产的能变性及灵活性。

1. 现有问题与优势分析

推土机按照现在的节拍生产根本就达不到市场的需求。经过生产现状进行分析探究后，发现表面上这条装配线按照正常的工艺步骤以及生产计划来进行，实际上存在着很多瓶颈工序，而人员操作顺序以及工艺安排的不完善也是导致瓶颈工序出现的因素。

推土机装配线的优化以及对各个工序的负荷、时间均衡，其目的也是为了应对多变的市场做出反应而加快推土机装配线的节拍时间，使整机装配线达到一种无在制品滞留，无工人、工序负荷不平衡的状态。

如何将整机装配流程合理地分配到装配线的各个工位上，需考虑的因素很多，如工位的负荷平衡、人机效率的综合平衡及工具工装的配置等。工艺优化问题实质是组合优化问题，由产品设计、工艺设计和制造过程技术决定的作业元素之间先后关系的多种变化，使工艺问题变得非常复杂。因此，需要从多个方面来评价整机装配线的工艺，构建多目标的工艺优化模型并进行求解。

经过多年的探究和发展，工艺数据库已成为交互式工艺设计与工艺决策方法的基础。工艺数据库不仅可以管理大量的工艺专家经验、工艺数据以及加工实例等，而且可以为用户提供方便快捷的检索和查询手段，为工艺设计提供工艺数据支持。

2. 技术方案

以推土机产品的工艺综合数据、知识库以及工艺优化技术为研究对象，研究应用于推土机制造领域的工艺知识分类体系、工艺知识分类、编码规范以及基于本体的工艺知识表达规范；研究推土机工艺综合数据库模型、知识库模型、基于CBR和RBR的混合推理规则、工艺案例、工艺参数优化等关键支撑技术，开发推土机的工艺综合数据库、知识库和案例库，面向全功率范围推土机的装配工艺参数优化决策的工

艺软件，实现工艺资源管理、工艺设计质量和工艺管理的水平提升，并形成可推广的解决方案，具体内容如图1所示。

（1）工艺信息规范化描述及标准研究　首先，应用于推土机制造领域的工艺知识分类体系的研究。针对推土机制造领域的工艺知识存在范围广泛、纷繁复杂、学科交叉、动态变化等特点，围绕推土机的工艺知识分类体系的现状、需求、分类方法及分类原则等内容进行研究，解决相关工艺知识分类中的交叉、漏项等问题，并进一步在分类体系的基础上对研究工艺知识的柔性分类编码方法进行研究，构造一套完整的工艺知识分类编码体系。

其次，应用于推土机制造领域的知识标准化研究。应用于推土机制造领域的工艺知识分类和编码规范研究：对工艺知识的分类方法、分类原则和分类体系模型等内容进行研究，在分类体系的基础上，制订对分类编码原则和具体的编码方案等内容的标准规范。工艺知识表达规范：针对应用于推土机制造领域的工艺知识的描述和表达方法等内容进行研究，制订应用于推土机制造领域的工艺知识描述与表达等内容的标准规范。

（2）工艺知识及规则探究　首先，探究基于本体的工艺知识分类及表示方法。探究本体构建的原则与方法，提出了一种AZPZ本体构建方法。严格按照AZPZ法，深入分析推土机装配工艺设计过程，针对工艺知识内容，如制造资源知识、制造对象知识、制造工艺知识、工艺决策知识具有多领域、多学科的特点，尝试采用本体理论和方法进行表示。本探究基于本体的框架表示法对实例知识进行表示，根据常规液力推土机SD16到SD42和全液压推土机SD08YE到DH17机型及变型的结构特点、装配设备和工艺特点，形成完整的装配数据库。

工艺设计过程中涉及到的规则知识主要包括加工设备选择、工装资源选择等，这些知识对工艺方案的编制具有重要的指导意义，本探究拟采用产生式表示方法表示工艺设计规则知识。

其次，探究推土机制造工艺知识推理规则。采用混合推理策略，由于目的规则的数量远远小于非目的规则的数量，若规则库中规则较为充分，先进行反向推理，就可推理出大部分结果，接着用正向推理方式进行。其具体实施过程为：将工艺流程设计规则细分为加工方法选择、工装设备选择、加工顺序安排及余量计算等。得到新零件特征之后，首先根据特征选出相应的规则，如果同一特征有多条规则与之对应或者与其他规则有冲突，则采用一种冲突消解策略来解决冲突，最后执行选择的规则，即可获得完整的装配工艺方案，在基于规则推理的知识应用中，规则匹配、冲突消解的算法是基于规则推理得出的工艺方案合理与否的关键，如图2所示。

最后，系统利用及集成。本探究将以推土机柔性装配为主要探究对象，利用典型工艺综合数据库、工艺知识库以及面向装配的工艺优化软件。通过探究推土机装配BOM（工程视图）和工艺BOM（制造视图）产品结构的关系，规范和统一产品设计BOM和制造BOM信息模型表示，构建基于BOM的产品装配信息和产品制造信息映射模型，通过数据挖掘技术提取支持产品设计与制造的关键信息，找出产品设计与制造的关键环节，以构造工艺BOM为核心，融合工艺规程数据、工艺文件数据和工艺资源数据等三类数据，形成推土机的工艺数据模型，如图3所示。

工艺数据库中的工艺数据包括：工艺资源数据、工艺规程数

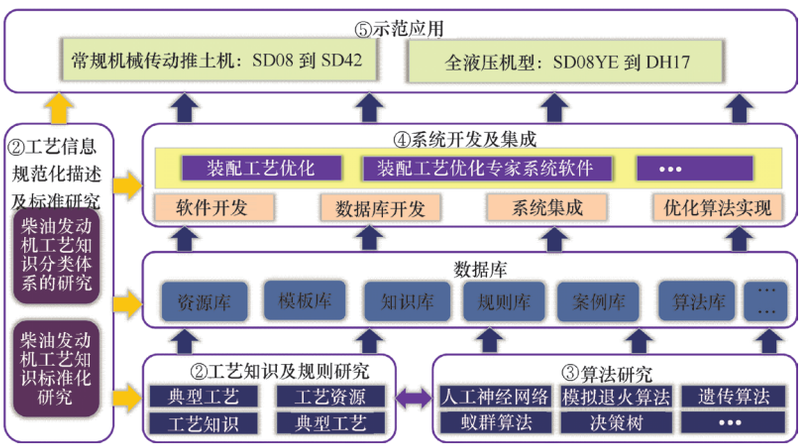

图1　研究框架

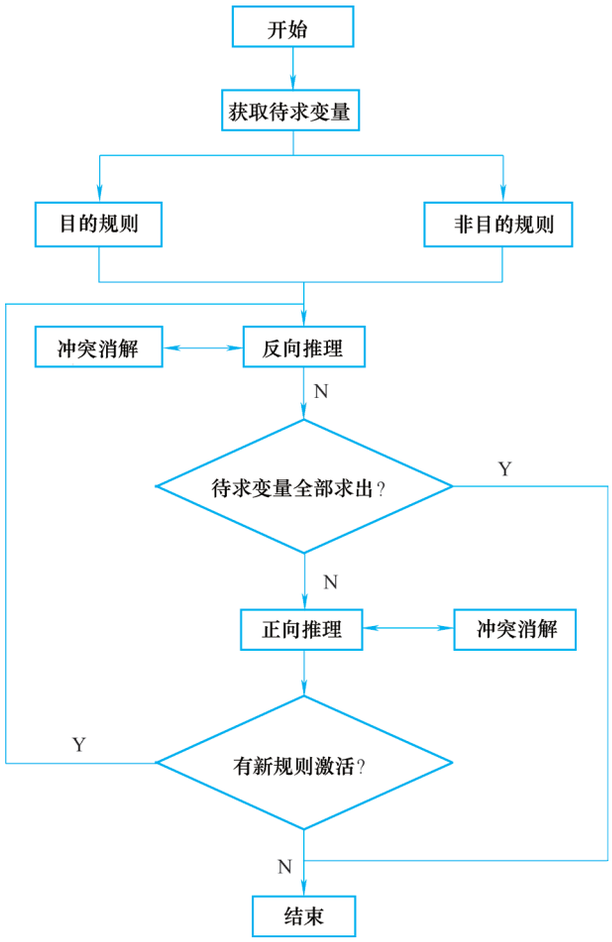

图2　RBR的混合推理过程

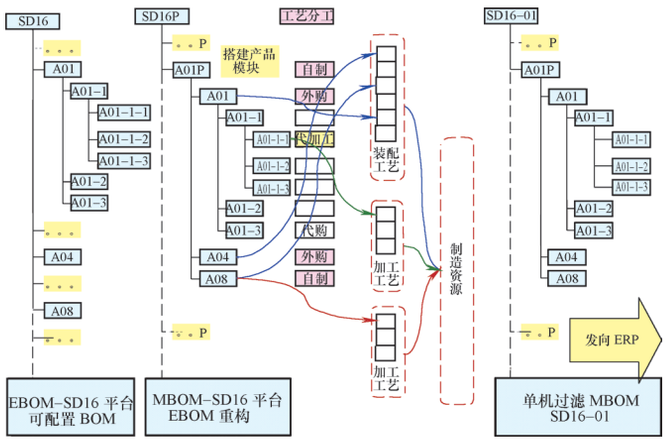

图3　以SD16为例的EBOM和MBOM关系

据及工艺文件数据。

工艺规程数据：原型工艺数据中存储的是各种具有一定代表性或参考价值的原型工艺规程，而图形数据则包含着零件图和工序图。

工艺文件数据：工艺路线表、加工过程卡、加工工序卡等，这些工艺文件是工艺设计的最终目标，它的生成是以工艺规程数据和工艺资源数据为基础的。

工艺资源数据：零件信息数据、材料数据、设备数据等，如图4所示。

构建工艺知识库：以面向对象技术为基础，利用零件的结构相似性、工艺相似性和功能相似性，将零件进行分类并划分零件族，并将零件按照特征或加工方法离散化，形成多个工序组模块，建立典型工艺的对象类层次结构。一般知识库系统主要包括：知识库、推理机、知识获取与表示机构、用户接口等部分，其中知识库与推理机是知识库系统的核心组成部分。知识库是相关知识的集合及系统应用的基础；推理机则是利用知识库中的知识进行推理的核心控制机构。

探究装配工艺优化软件：在整个装配工艺优化软件系统中，装配序列规划子系统是核心系统，起到了承上启下的作用。装配工艺优化软件系统主要分为三层，第一层是系统的功能层，主要实现装配建模、装配信息提取、装配序列规划、装配路径规划；第二层为系统层，主要通过应用利用语言来实现系统的运行及数据的访问；第三层为数据层，主要包括外部资源数据库及工艺数据库，如图5所示。

3. 结语

通过对推土机及零部件制造工艺过程、工艺知识推理规则、工艺优化算法的探究，以结构化的关系型数据库及工艺信息规范化描述及标准探究为基础进行结构化和标准化的描述，形成工艺资源库、模板库、知识库、规则

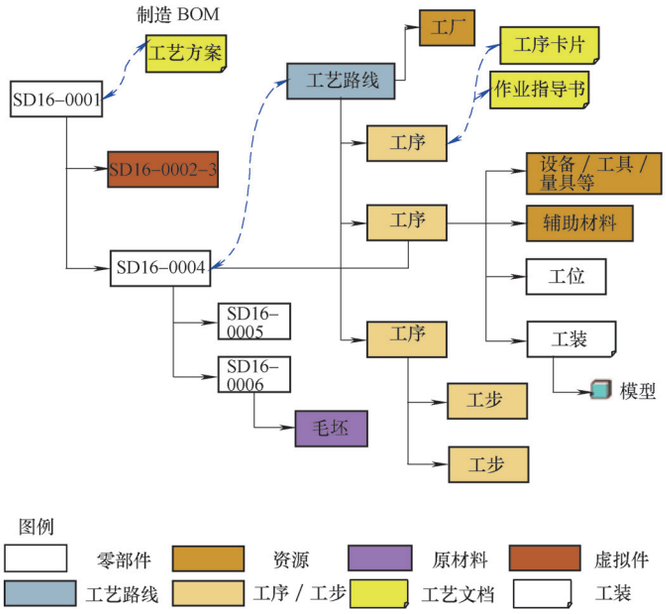

图 4　基于BOM的装配工艺综合数据模型示意

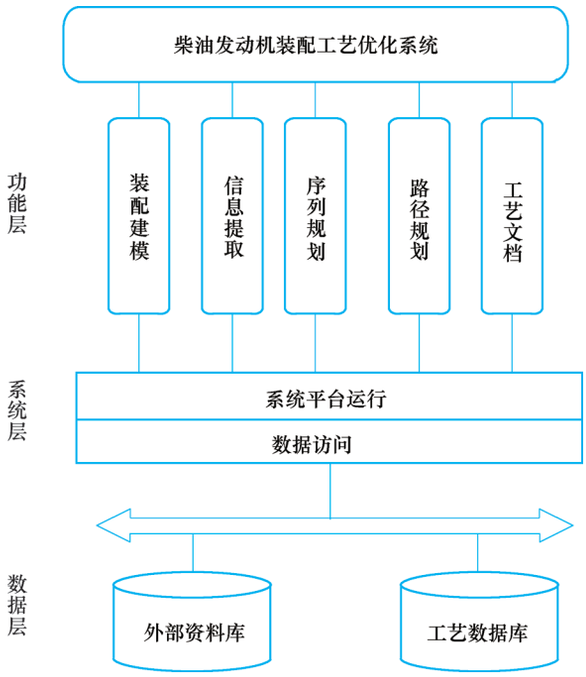

图 5　推土机装配工艺优化系统的体系架构

库及算法库等工艺数据库，并将其应用在装配工艺优化软件中，提高工作效率25%~30%以上，缩短产品交付周期60%，提高资源利用率，降低制造成本。

参考文献：

[1] 马文书. 汽车总装柔性化生产线的设计[D]. 华中科技大学，2015.

[2] 张冠伟，张世昌. 用于柔性生产线方案设计的分层工艺规划方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报，2003，15（10）：1303-1306.

[3] 赵伟，韩文秀，罗永泰. 准时生产方式下混流装配线的调度问题[J]. 管理科学学报，2000（4）：3.

[4] 何家勇，徐晓刚，桂佰文. 发动机总装生产线与物流管理信息系统[J]. 经营管理，2002（5）30-33.

作者简介：吴月等，山推工程机械股份有限公司。

MW 20170519

《金属加工（冷加工）》2017年第12期要目

发动机缸盖生产线的设计与建设
汽车发动机自主品牌发展思索
THP涡轮增压直喷发动机
涡旋盘齿高渐变加工存在的问题及改进方案
防错技术在壳体类零部件工艺设计中的应用
在线测量技术应用于挖掘机动臂和斗杆加工
空压钳制器钳制性能试验机的设计与应用
应用于平衡重锤的阻尼减振结构
汽车铝合金控制臂冲孔掏空模具
大型底架加工设备研制
新型横梁导轨在龙门磨床上的应用
高锰钢的切削加工
加工方孔用推刀的设计与制造
小模数内花键硬插齿工艺研究
吊具的参数化设计与有限元分析
伺服转塔压力机常见故障分析
车床尾座套筒修磨