

面向飞机装配的 MES 系统研究

Research on Manufacturing Execution System for Aircraft Assembly

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 董会波 许建新 董思洋



董会波

从事 CAPP、MES、ERP 和 PDM 等系统的相关项目工作,主要研究方向为制造业信息化,对于制造业信息化系统之间的集成有着丰富的项目经验。

制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)是连接企业上层管理系统与下层自动控制系统的桥梁,起着信息传递与沟通的作用,其重要程度越来越多地得到制造企业的关注^[1]。MES 作为当前制造业信息化领域的研究与应用热点,已经成为一个不争的事实。针对我国

面向飞机装配的 MES 系统在飞机装配制造车间的生产管理中,起到了连接企业管理层和车间控制层的桥梁作用,优化了装配车间生产管理的流程,对企业生产计划的车间执行做到了实时监控,降低了装配过程中人为因素的影响,提高了人的灵活性和车间的生产效率。

飞机装配的特点和车间生产管理现状,研究飞机装配的制造执行系统,对促进我国飞机装配企业制造信息化和自动化的建设具有重要意义。

飞机装配车间的管理现状及 MES 特点

飞机装配过程是一个复杂的过程,与一般的机械产品相比,主要具有以下特点:

(1) 飞机装配过程中包含大量的零件、部件、工装夹具和设备等制造资源;

(2) 飞机装配过程中涉及大量工装制造和协调工作,而且装配质量要求严格,机身装配要确保气密性,机翼装配要确保刚度和水平度等;

(3) 飞机装配必须按客户订单进行计划生产,按批架次进行管理;

(4) 飞机装配涉及部门众多,工作量大,周期长,设计更改频繁。

飞机装配生产管理中存在大量的物流和信息流,管理涉及的面广,难度大。在对装配车间管理的过程中不仅需要从生产现场采集数据信息,而且需要随时获取其他的管理系统(如物料采购系统、市场销售系统等)中的信息。同时,其他管理系统也需要从车间生产管理系统获取必要的数据库信息。

飞机装配过程涉及到设计部门、工艺部门、生产部门与管理部门等众多部门,并且装配过程复杂多变,给生产与管理带来许多不便。面向飞机装配 MES 系统,与传统的车间或者生产厂的管理相比,具有以下显著特点:

(1) 整体性。

针对飞机装配过程的MES能够使得飞机制造过程中所涉及的部门减少协调时间,提高企业各部门的工作效率,建立良好的部门通信协调以及反馈机制。

(2) 动态性。

飞机装配过程的MES能快速向计划管理层反馈生产现场的具体情况,计划层及时对生产计划进行调整,并将调整计划通过MES传递到生产现场,实现对计划的快速反应。

(3) 面向客户性。

在制造过程的各个环节中均考虑到客户的需求,使得产品的最新要求能够融入到生产过程中,最终保证产品的质量。

面向飞机装配MES系统结构和功能模块研究

面向飞机装配的MES系统为了方便现场操作和系统的灵活性,采用C/S结构与B/S结构相混合的方式^[2-3],如图1所示。

一部分查询、浏览和工位操作等与现场工作人员结合比较紧密的功能采用B/S方式实现,如车间现场的工艺浏览功能、任务查看和综合信息

的展示等;其他功能大多采用C/S方式实现,如基础数据的管理等。

结合飞机制造企业信息化的发展情况,分析装配过程的业务流程,面向飞机装配的MES系统的主要功能模块如下。

1 基础数据管理模块

基础数据管理是整个MES系统实现的1个基础模块,它既要向本系统的各个模块(如装配计划、装配过程控制、质量分析等)提供各种资料和数据,还要接受来自企业其他系统的数据以及向其他系统反馈现场信息。该模块维护的各种数据与其他模块和系统的信息交互见图2。

2 装配生产计划与调度管理模块

该模块的主要功能包括计划导入、计划编制、计划查询和计划下达,该系统的总生产计划由ERP系统导入,再根据各个车间进行任务的合理编制并下达相应车间进行车间装配生产;根据车间装配生产计划及各生产指令和物料准备情况,适时制

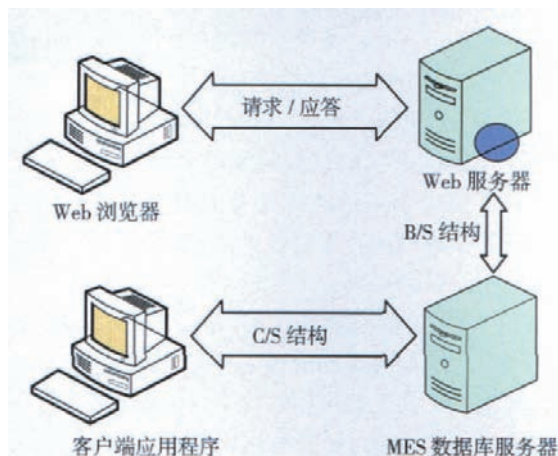


图1 面向飞机装配的MES系统架构

定、调整各班组的周生产计划;确保生产计划节点完成生产任务。

3 装配作业管理模块

装配作业管理模块是整个MES的核心,用来控制和协调计划订单在车间现场的执行过程。该功能模块可以根据企业对产品的复杂程度以及计划控制粒度灵活设置现场生产管理的层次和可控制点数,具有制造单元或设备的任务排序和负荷调整能力。作业管理模块与基于条码技术的数据采集过程、质量检查过程、故障处理过程和质量跟踪过程实现无缝集成。装配作业管理模块可实

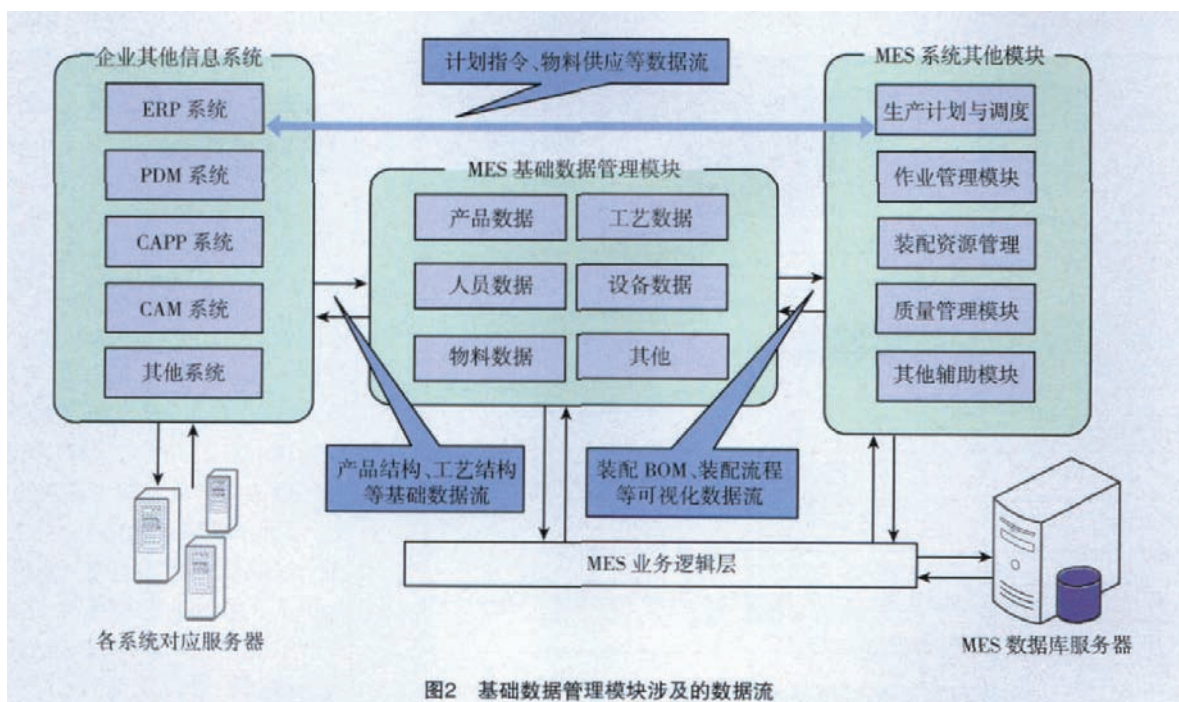


图2 基础数据管理模块涉及的数据流

现不同生产方式的结合,以保证整个企业的需求为目标,其功能见图3。

(1) 车间订单管理: 根据装配计划管理模块下发的装配计划或者派工单将整个车间的装配任务分解成为按顺序排列的若干分段计划,以管理装配的纵向协同。

(2) 生产准备管理: 生产准备为车间生产作业管理的重要内容,主要职责包括工具工装可用性检查、标准样件可用性检查、设备可用性校核、提前期校核和物料可用性检查。

(3) 工序作业计划管理: 按照工作订单和车间订单的时间节点要求,采用最小加工周期确定工序的最早开工和最晚完工时间。将整个车间的装配任务分解成按工序顺序排列的工序计划,以管理需求物件在车间内部流转的纵向协同。确定每台设备或者每个工人在较短期间的任务次序,进行装配任务的横向协同。

(4) 工序计划维护: 工序计划维护功能主要是为适应企业批量投入分批产出习惯而专门设置的。主要任务是: 对已开工批次的工序作业

计划,因临时任务调整,分批进行生产,从完工的工序开始,生产新的工序作业计划并记录原工序作业计划的批号和任务号;当发生工序顺序变化和工序超越、临时增加工序时,生成新的批次号,打印新的工艺流程卡,记录工艺临时更改单号。

(5) 数据采集和过程监控: 在数据采集,主要采用与软件集成封装的条码数据采集技术进行生产进度和质量状态的数据采集和输入,以

提高现场信息采集的精准度和效率;在装配的重要装配区和关键点进行实时监控来确保装配的质量,减少人为因素对装配质量的影响。

(6) 追溯功能: 根据工序点采集的质量信息,可以向前和向后追溯质量状态和处理单号,一旦发现质量问题,可以追溯到批架次号、操作人、检验人、不合格品处置单号等信息。

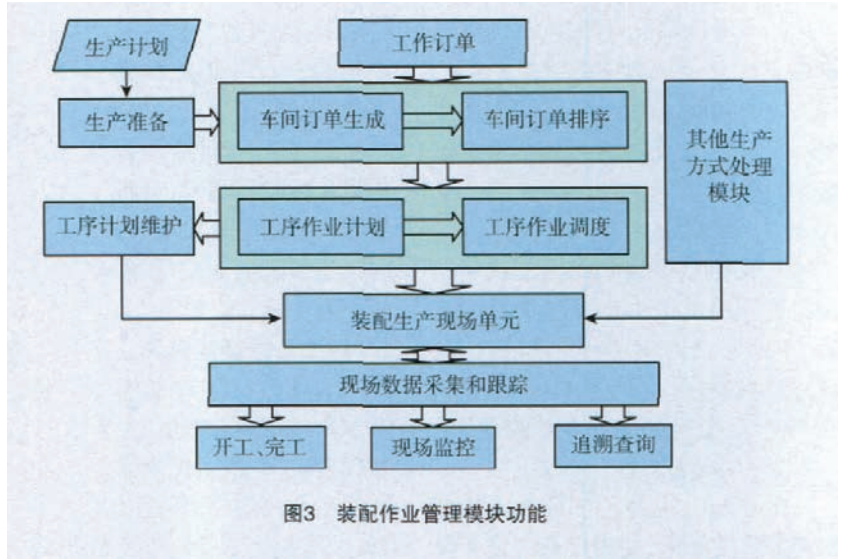


图3 装配作业管理模块功能

4 装配车间资源管理模块

主要功能包括工装、工具管理、物料管理、设备管理、人员管理等。

物料管理主要功能包括物料出入库管理、物料库存管理、物料准备、物料调度和物料追踪等;设备管理主要负责设备档案管理、设备运行管理、设备维修与维护和设备订购等;人员管理主要负责车间工作人员的工作职责、工作任务和考勤等。

针对飞机装配过程涉及大量工装、工具,主要分析模块的工装工具入库管理、工装工具出库管理、工装工具计划和控制管理、工装工具库存查询、库存盘点、报废和丢失管理、定检管理和工装工具的台账管理等功能。各功能模块的业务流程见图4。

5 车间质量管理模块

该模块主要由检验、分析、控制3个环节组成。对装配全过程的质量信息进行管理和控制,通过自定义的质检过程进行制造过程各阶段的

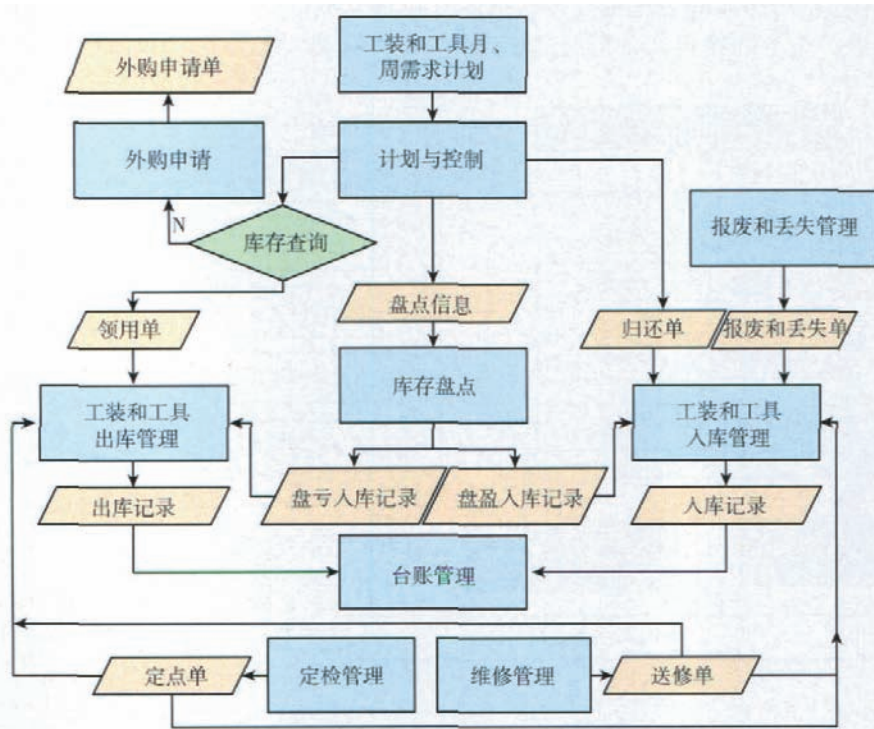


图4 工装工具管理模块业务流程

质量数据采集、故障记录和分类分析,对设备、工具、仪器的定期复检过程进行数据采集、故障记录和分类分析,提供对产品质量状态的全程跟踪、质量归零管理、质量成本管理等。

MES 系统应用中的关键技术研究

在制造业信息化建设中, MES 系统处于企业管理层和车间层的中间层,是实现企业车间层管理透明化,为企业其他系统提供可靠信息的基础。在 MES 系统的应用中,主要包括以下 3 个方面的关键问题。

1 MES 系统与企业其他信息系统的集成技术研究

飞机制造企业信息化发展中,采用的系统包括 PDM、CAD、CAPP 和 ERP 等信息系统,各自都有自己的数据库以及所涉及的核心数据模型, MES 也不例外。但是作为信息化建设中的一个子系统, MES 必须从其他系统中获取自己所需的基本数据,如产品结构、工艺数据、物料数据等,所以 MES 与其他系统之间的集成是必不可缺的。

MES 的数据基础是 MBOM,在 HB7802—2006 中规定,“制造物料清单(Manufacturing Bill of Material, MBOM)包含产品所有的装配、制造零组件,反映工艺装配关系并说明配套来源的分层次的物料清单”。MBOM 包含所有构成产品的零组件、AO、标准件、成品件、材料等组成单元及其装配关系和数量配套关系。图 5 为 MBOM 中的数据组成示意图。

MBOM 应描述的数据关系包括:

(1) MBOM 中的装配关系应记录装配单元之间的层次关系、装配单元与 AO 之间以及 AO 与零组件之间的装配结构关系,零组件之间装配结构关系与 PBOM 相同;

(2) MBOM 中零组件生产类型及工艺分工路线等信息与 PBOM 中相同;

(3) 零组件工艺文件,定义零组件的 AO、加工设备、工装夹具、刀具、量具、工时定额、车间、班组等数据;

(4) 零组件之间的装配数量关系,主要描述零组件在装配过程中每道工序或每本 AO 需要装配的零组

件号和数量,零组件之间的数量关系与 PBOM 相同。

MBOM 可为 CAD、CAPP、ERP、PDM 等的有机集成及企业集成提供统一有效的数据基础,以满足数据的唯一性、实时性、有效性、安全性等需求。MBOM 的管理是制造数据管理的核心内容,而工艺信息是 MBOM 管理的基础内容,主要包括 AO、FO、

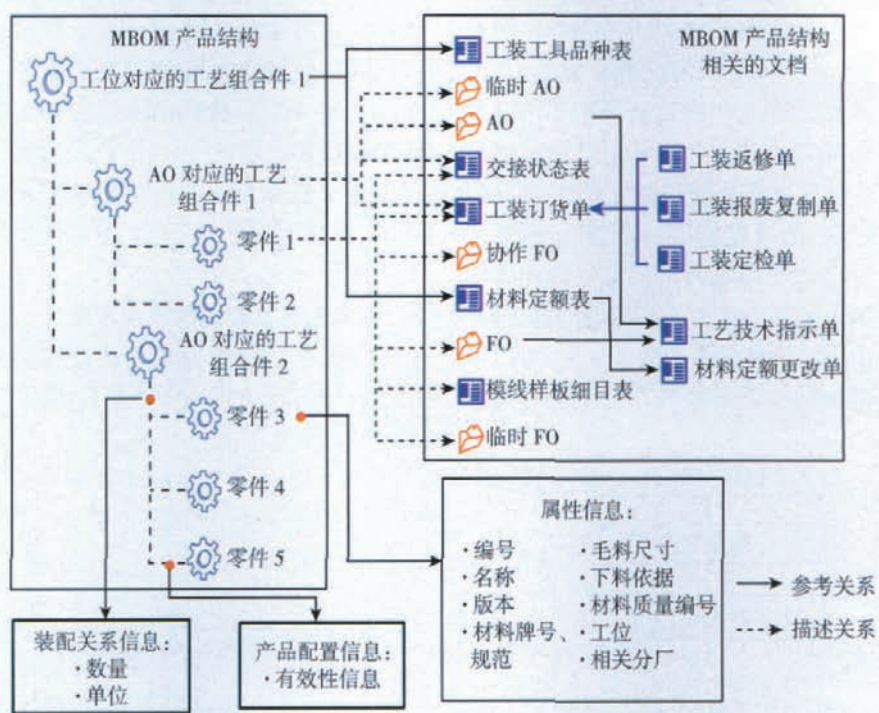


图5 MBOM结构

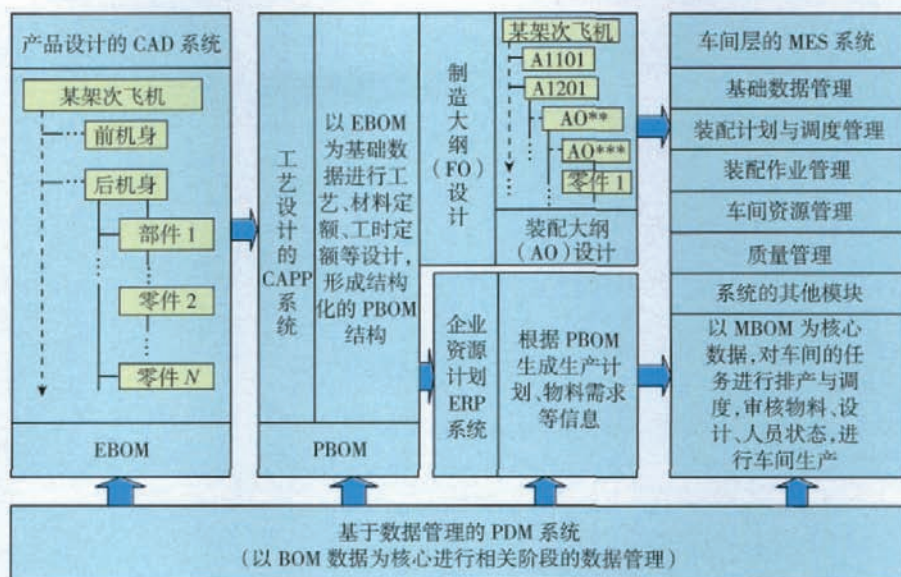


图6 飞机制造过程中各种BOM数据结构及关联

TO 及其他工艺技术文件。

飞机制造是以 BOM 为主线组织新产品开发与生产的。从设计开始到生产加工过程中涉及的 BOM 结构以及数据流向如图 6 所示。以 BOM 为核心进行系统之间数据的有效集成,确保系统之间能够实现基础数据的链通,从而使得系统之间实现强内聚、弱耦合的功效^[4]。

2 车间生产调度技术研究

车间调度方法包括 Petri 网方法、基于人工智能的调度方法、基于计算智能的调度方法和基于仿真的调度方法等^[5]。针对车间调度的算法包括智能算法和遗传算法、禁忌搜索法、模糊逻辑法、人工神经网络法等。这些调度方法及算法都较好地解决了某方面的生产调度问题,但是由于飞机装配生产现场复杂,难以用单一的调度方法或算法解决所有生

产调度问题。

面向生产现场的生产调度方法的实质是按照 OPT (Optimized Production Technology, 最佳生产技术) 思想^[6],根据车间生产现场的调度问题描述选择合适的车间调度方法,以求得车间调度的最优解或准最优解;根据装配车间生产现场的调度问题描述,选择合适的车间调度方法以求得车间调度的最优解或准最优解。该方法的主要特点在于对调度问题的处理方法的累积,它对生产中的调度处理算法在调度库和算法库中进行知识累积,可以结合人为处理方式来选择合适的优化或准优化算法,进行问题处理,其工作过程如图 7 所示。

3 物料工艺状态的建模技术研究

物料工艺状态建模方法一直是生产管理问题中的研究热点,目前国

内外大多数生产管理软件主要包括以下几种物料工艺状态的描述:当前实时工序记录方式、绳结式字符串方法、基于 S(I) 理论的方法、线状 BOM 法和基于数制的描述方法。面向飞机制造这样的离散性制造企业,基于 16 进制物料工艺状态描述方法能精确地对物料的工艺状态进行描述,尤其是能够解决在突发情况下引起的生产计划滚动或重排中对物料状态的准确描述,能够有效地保证作业计划进行滚动或者重排时,即使一道工序的加工未完成也可以顺利地排入下一步作业计划,解决这一过程中出现的计划编排的停滞问题^[7]。

结束语

面向飞机装配的 MES 系统在飞机装配制造车间的生产管理中,起到了连接企业管理层和车间控制层的桥梁作用,优化了装配车间生产管理的流程,对企业生产计划的车间执行做到了实时监控,降低了装配过程中人为因素的影响,提高了人的灵活性和车间的生产效率。该系统将继续在其他行业产品装配生产应用中得以验证。

参考文献

- [1] 饶运清,李培根,李淑霞,等. 制造执行系统的现状与发展趋势. 机械科学与技术, 2002 (6): 1011-1016.
- [2] Clellan M M. Applying Manufacturing Execution Systems. New York: CRC Press, 1997.
- [3] Jaikumar V. Manufacturing execution systems. Computer World, 2003, 34 (31): 38-42.
- [4] 贾晓亮,张振明,田锡天,等. 以制造 BOM 为核心的制造工艺数据管理研究. 制造业自动化, 2006, 5: 20-22.
- [5] 严新民. 计算机集成制造系统. 西安: 西北工业大学出版社, 1999.
- [6] 聂阳文,田锡天,贾晓亮,等. 面向飞机装配的生产管理技术研究. 机械设计与制造, 2008, 11: 231.
- [7] 刘晓冰,王万雷,邢英杰,等. 支持车间计划滚动的物料工艺状态描述. 计算机集成制造系统-CIMS, 2006, 7: 1004-1006.

(责编 良辰)

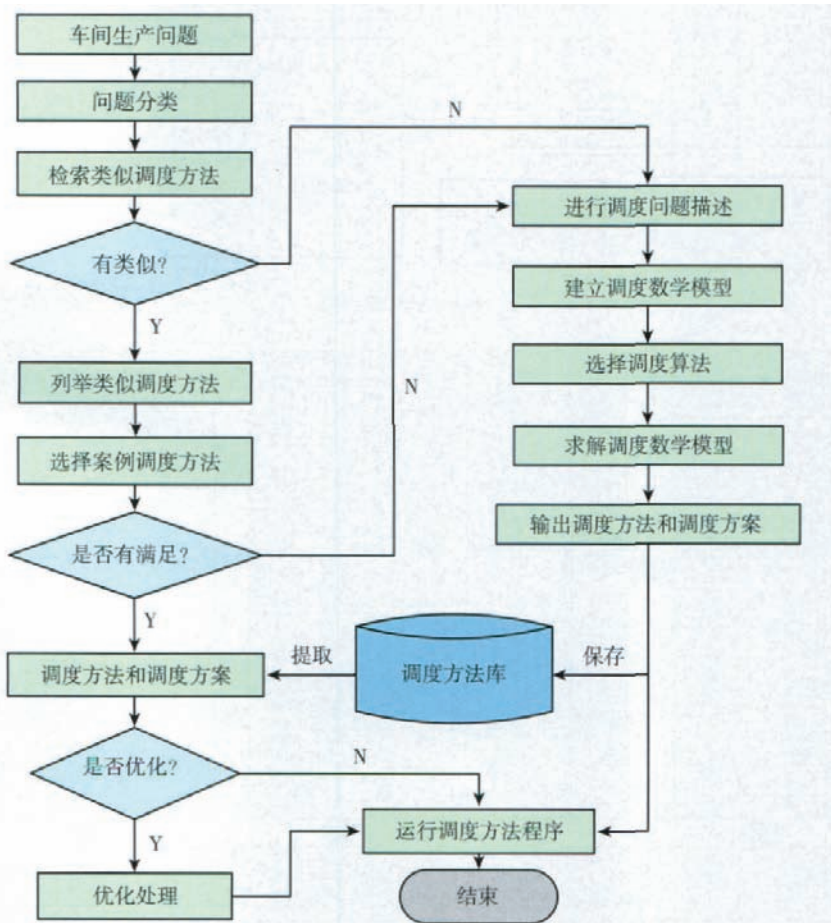


图7 基于生产调度算法累积的调度方法流程