

农机计算机辅助分析和设计初探

赵 匀 应义斌 李建平

(浙江农业大学)

提 要 通过多年科研和教学结合的实践,借助计算机对多种农机具或主要工作部件工作机理进行了探讨,内容涉及农业物料的运动分析、农机常用机构运动学和动力学分析、农机空间力系分析和农机系统模拟以及机构综合问题。

关键词 农机系统 机构综合 计算机辅助分析

Study on Computer Aid Design and Analysis of Agricultural Machinery

Zhao Yun Ying Yibin Li Jianping

(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou)

Abstract By means of combining scientific research and teaching, the working mechanisms of many farm implements were studied with the aid of computer. This study dealt with kinematic analysis of agricultural materials, kinematic and dynamic analysis of mechanisms commonly used in farm implements, system imitations of agricultural machinery and synthesis of mechanisms.

Key words Agricultural machinery system Mechanism synthesis Computer aid design and analysis

1 引 言

农业机械工作环境复杂,工作对象变化多端;农机理论研究的对象常常包括生物体和土壤这类因素复杂的物质,在研究其机械特性时,除了同一类物体的不同个体之间差异很大以外,同一个体不同时间也会发生相当大的变化,这就给理论模拟带来了很大困难,也使研究有其自身的特殊性;有些理论分析和综合,计算过程复杂,计算量相当大,依靠人工计算几乎不可能完成。由于以上原因,传统的理论分析,主要是定性的说明问题,相对复杂的机构分析和综合问题,往往借助作图法和经验的拼凑。计算机的发展和普及,给农机理论分析实用化以及扩展创造了条件,除了从航空、汽车工业等的通用技术转移过来以外,农机计算机辅助分析和设计具有特殊性,应该是农机设计制造的重要的、有发展前途的学科方向。

2 研究方法和内容

从1986年开始,我们对农机计算机辅助分析和设计进行了初步探索。

收稿日期:1996-06-28

赵 匀,教授,CSAE高级会员,教授,杭州市华家池 浙江农业大学工程技术学院,310029

2.1 农业物料的线(定轨迹)、平面和空间运动分析

许多农机具的分析和设计与其处理的农业物料有关,在这方面做过大量实例分析,其中比较典型是物料的平面和空间气流中的动力学分析;筛面和输送板上物料的上移、下移或跳起的理论分析,其理论模型与传统方法有所区别,若不借助计算机无法得到满意结果。我们将计算结果绘制成特性曲线或曲面,可使设计者根据要求比较容易的选择参数。

1) 物料在筛面或输送板上运动分析(相对运动为直线)

这是一个传统农机理论分析问题,其分析方法是农机经典分析方法之一。由分析得到 K_1 、 K_2 、 K_3 三个特征,不同的筛面角 α 振动方向角 ϵ 和摩擦角 φ 对于物料运动的影响在原分析结论中不够直观。通过编程计算,改变 α ϵ 得到 K_1 、 K_2 、 K_3 的变化曲线,即物料在筛面或输送板上下移、上移或跳起的直观图象关系,为设计提供了定量参数。

2) 物料在平面定向气流中运动分析

该分析是针对双风道谷物清选分离或脱粒机清选室不同物料运动轨迹的理论计算,其理论模型与以往研究者所建立的虽然大致相同,但传统方法在计算时将公式大大简化,使理论计算结果的可信度受到影响,我们采用数值计算方法,其模拟计算不必近似处理,计算结果更接近实际。通过计算得到:不同物料的运动轨迹;在最佳分离效果下,优化各种参数;优化清选室结构尺寸。

3) 物料在空间定向气流中运动分析

抛扬清选机物料在空间运动的分析计算,将短茎秆、谷物、小石块落地后相隔距离最远作为目标函数,优化其抛扬仰角、迎风角和抛扬初速度。

2.2 农机平面常用机构的运动学和动力学分析

农机平面常用机构的计算机辅助分析,实际是平面杆机构分析在农机上的应用,其规则和方法,通过几年的探索,使其逐渐系统化,这套规则和方法既可用于农机常用机构的分析,又可作为杆机构分析基础^[1-3]。以往的教材和专著中,未见这方面的系统叙述。该规则和方法为解析法的学习和应用提供了基本要领。在总的分析方法上由图解法转变为解析法。在所发表的文章和专著^[4-6]中,对农业机械常用机构分析中一系列问题进行了探索,提出了解决方法,具有一定的参考价值。这系列问题包括:农机往复机构各种驱动形式在动力学分析中的计算方法(传统方法一般是将驱动形式简化为力偶矩);滑动摩擦的计算(例如往复切割机构、农用活塞泵);非定向铰链点摩擦矩计算(例如:曲柄摇杆式分插机构);农机常用机构运动学中的角度计算;动力学分析的作用力矩正负号的确定等。

应用这套规则和方法,对小型收割机惯性力平衡、曲柄滑道捡拾机构^[7]、插秧机曲柄摇杆式分插机构^[8-10]、高速插秧机偏心齿轮行星系分插机构,圆盘式弹性丢秧机构等进行了运动学和动力学分析。曲柄摇杆式分插机构和圆盘式弹性丢秧机构理论模型得到试验验证。利用曲柄摇杆式分插机构力学模型作为子程序,对曲柄平衡块的质量和位置进行优化。

2.3 农机空间常用机构的运动学和动力学分析

农业空间常用机构的理论分析的规则和方法是平面机构规则和方法的引伸。应用这些规则和方法对东风联合收获机收割机构、摆环式切割机构、万向联轴节进行了运动学和动力学研究^[11]。

2.4 空间多作用力农机具的分析

受到空间多作用力的农机具的典型问题是各种挂结形式犁的分析。传统经典分析方法是图解法: 一个平面一个平面的作图求各作用力。在当时条件下, 由于计算工具的限制, 不失为一种解决问题的方法。用解析法可以清晰地看出作图法所存在的问题: 解析法解空间问题是求 6 个方程中的 6 个未知数。作图法是采取平面投影的方法, 只能首先解决一个平面问题, 实际是解 6 个方程中的 3 个方程。空间问题的其中 3 个方程的未知数范围是 3 个到 6 个, 3 个未知数可能性很小, 例如悬挂犁在首先解纵垂面 (ZOX 平面) 问题时, 是 5 个未知, 成为静不定问题。作图法为了解决这个问题将两个下拉杆合而为一, 减少了一个, 又将土壤对犁侧板的作用力(平衡力作为已知力赋值。这种将未知力作为已知力使分析过程和结果自相矛盾。解析法使问题的提出更接近实际, 所建立的模型作为子程序, 计算出犁的参数变化对各作用力(力矩)的影响。笔者建立了高度调节和力位调节悬挂犁、牵引犁和半悬挂犁的作用力解析方程和机构参数变化对各作用力影响的分析程序^[12-15]。

2.5 农机系统问题的计算机模拟

从能量的角度建立方程, 分析农机系统问题。所研究的农机系统包括两个方面: 机械动力学系统和热传导系统。

机械动力学系统是以联合收获机作为研究对象。联合收获机的动力学分析如果用受力分析来建立方程, 显然使问题复杂化, 而将其看作一个能量系统, 则由第二类拉格朗日方程可以很方便地建立系统的微分方程。该微分方程的求解, 必须借助计算机^[4]。

热传导系统在农机方面实例是谷物烘干计算机模拟。在这方面, 美国密执安州立大学 Bakker 教授和内布拉斯加大学的 Thompson 教授, 创立的快速高温干燥模型和低温快速干燥模型, 已应用于实际, 国内曹崇文教授指导博士生在这方面做了大量创造性的工作。笔者在这方面也做了一些尝试。笔者认为, 如果模拟准确, 除了节省时间、人力和物力外, 还可排除试验过程中的人为误差。

2.6 农机常用机构的综合

农机常用机构大多是往复运动的杆机构, 杆机构的综合已有现成的方法, 笔者主要做了以下两方面的工作:

- 1) 对杆机构的传统综合方法进行了改进, 简化其计算程序。
- 2) 传统综合方法基础上增加机构动力学分析, 传统的机构综合不涉及机构的动力学特性, 传统方法是轨迹拟合或者 2、3、4、5 位置刚体导引得到机构的几何位置和尺寸。一般来说, 这种方法得到的机构往往不能正常工作, 因为其动力学性能没有经过检验。应该把机构的动力学特性作为目标函数优化结构参数, 由此得到的机构才可应用于实际, 特别是机构运动频率较高时, 更不能忽略其动力学特性^[16]。

3 总 结

通过近十年的探索表明, 科研和教学结合是提高学术水平较好的途径。

农机 CAA 和 CAD 是农机设计和制造学科很有发展前途的方向, 它将为农机研究的理论分析从定性到定量的发展作出贡献。初步摸索出以下规律:

- 1) 所分析的农机问题可以归纳为静力学和运动学问题, 理论分析所得到的定量结论是可靠的, 特别是机构运动学问题, 甚至用不着依靠试验来验证。插秧机分插机构秧爪运动轨

迹、摆环式切割机构, 曲柄滑块式切割机构等的位移、速度和加速度计算等都属于这类问题。

2) 非机构运动学问题, 例如物料在空气中的运动, 则由于籽粒本身的几何形状和物理性质方面的差别, 理论分析存在一定的误差, 作为群体研究, 则误差较小。

3) 动力学问题, 如果是机构动力学问题, 不涉及生物体, 则其理论模拟仿真程度较高, 这方面做过较多的试验, 验证了模拟的可靠性, 模拟结果可靠的关键在于研究者对被研究的对象的熟悉程度、研究者的经验、分析的技巧和基础知识水平。

4) 当涉及到生物体, 特别是碰撞类问题, 则比较难以得到可靠的结果, 因为其碰撞性质在弹性和塑性之间, 也就是说, 其碰撞系数在 1 和 0 之间。就籽粒而言, 其水分、成熟度和几何形状这些因素变化将给分析带来困难。

5) 有些农机理论, 涉及到谷物干燥、蔬菜脱水、水果运输等问题, 与传热学、生物化学、流变学有关, 其特性方程和模型的建立需要大量的试验获得, 其模拟的可靠程度, 取决于试验的设计技巧、准确性和回归方法。

参 考 文 献

- 1 赵 匀, 程 革, 武俊生等 刚体相对运动微分方程及其应用 农业机械学报, 1992, 23(3): 56~ 60
- 2 赵 匀, 喻擎苍 农机常用机构计算机建模方法的探讨 机械传动, 1996(2): 30~ 33
- 3 郭林松, 赵 匀 平面连杆机构分析解析法的改进及应用 设计与研究 机械设计与研究, 1995(2)
- 4 相兰生, 王永乐等编著 机械原理电算程序设计 哈尔滨: 中国展望出版社, 1986
- 5 王知行, 李瑰贤等编著 机械原理电算程序设计 哈尔滨工业大学出版社, 1986
- 6 赵 匀 农业机械学教科书中几个理论问题的质疑和探索 农业机械学报, 1993, 24(2): 13~ 17
- 7 李建平, 赵 匀 曲柄滑道机构计算机建模方法的探讨 机械传动, 1996(3): 30~ 33
- 8 赵 匀 水稻插秧机分插机构的动力学分析 农业机械学报, 1991, 22(3): 20~ 24
- 9 应义斌, 赵 匀, 宋世贵 插秧机分插机构动力学模拟与曲柄平衡块优化设计 农业工程学报, 1994, (增): 85~ 89
- 10 赵 匀等 插秧机推秧装置凸轮和拨叉的理论分析和优化设计 农机化研究, 1990(2): 22~ 28
- 11 赵 匀 试论联合收获机脱粒滚筒的动力学平衡问题 农业机械学报, 1984, 15(4): 34~ 35
- 12 赵 匀 有支承稳定切割理论公式的探讨—兼论类似问题 东北农学院学报, 1988(2): 413~ 417
- 13 赵 匀 标准型切割器特性曲线和切割图的计算机计算和绘制 东北农学院学报, 1988(4): 190~ 195
- 14 应义斌, 陈贵祥, 赵 匀 牵引犁受力分析的解析方法 浙江农业大学学报, 1994(5): 471~ 481
- 15 应义斌, 赵 匀 悬挂犁传统受力分析方法质疑和计算机辅助分析 农业机械学报, 1994, 25(3): 61~ 65
- 16 赵 匀, 应义斌, 郭林松 往复运动机构计算机模拟几个疑难问题的探索 机械设计与研究, 1994(4): 450~ 453
- 17 赵 匀 刚体平面复合运动的动力学分析 东北农学院学报, 1992(1): 64~ 67