

虚拟样机技术在花岗石砂锯设计中的应用探讨

杨 哲 张进生 王 志

(山东大学机械工程学院, 济南 250061)

摘要: 砂锯是国内外加工锯切硬质花岗石大板的主要设备。根据虚拟样机技术研发工作的技术路线及特点, 系统分析了花岗石砂锯虚拟样机的建模、仿真等内容, 建立了花岗石砂锯虚拟样机模型, 进行了整机运动学、动力学分析、连杆动态性能和主运动系统参数化分析, 为快速、有效进行花岗石砂锯研发奠定了技术基础。

关键词: 砂锯 花岗石大板 虚拟样机技术

1 引言

利用装有多根锯条的砂锯锯切花岗石荒料是目前获得花岗石板最有效和最经济的方式^[1]。我国自 20 世纪 80 年代从意大利引进砂锯生产线以来, 砂锯在国内迅速推广开来, 在大板加工特别是硬质花岗石大板加工方面占据了主导地位。大中型石材厂家在花岗石加工上大量使用砂锯, 砂锯制造厂家也逐渐兴起。

随着经济全球化进程的加快, 石材加工机械的市场竞争日益激烈。面向市场, 消费者希望花岗石砂锯能够实现低成本、高效率加工, 因此花岗石砂锯的生产制造应该达到一次性加工板材数量更多、生产效率更高、生产成本更低, 以满足市场需求。以 ADAMS 为代表的虚拟样机技术的兴起发展, 为我们进行砂锯的研发提供了新的方法。运用虚拟设计的方法, 可以在产品设计初期, 设计、分析和评估产品的性能, 确定和优化物理样机参数, 从而降低新产品的开发风险, 缩短开发周期, 提高产品性能。

2 国内花岗石砂锯研究现状

国内花岗石砂锯研究已有二十多年, 设计一般是由工程师进行理论选型, 然后计算结果, 画出机械零件图、部件图和装配图, 再交给车间进行试制。待样品出来以后, 对样品进行运转测试, 把测试到的实际结果与设计前的理论构想进行比对, 寻找差异产生的原因, 经过反复的修改使其运动关系和结构设计趋于

合理。这种经验设计(包括对国外样机的小修改)-物理样机-现场试验-样机再修改-现场再试验-损坏零件的分析-样机定型-规模生产的传统设计流程与国外先进的虚拟样机设计、虚拟仪表控制技术相比设计周期长、样品试制费用较高。经过虚拟样机设计、动力学及有限元分析的国产花岗石砂锯还未能见到相关的报道。

花岗石砂锯是一个由动力装置、传动系统、加砂装置等多个子系统组成的高度复杂的刚体-柔性体耦合的机、电、液复杂系统。花岗石砂锯的整机性能是各部件协调运作下的体现。也就是说, 对其部件和总成件的设计研究进行评价, 最终都必须以各零部件和总成件在整机中匹配而达到的整机性能指标的优劣作为标准。花岗石砂锯虚拟样机多体系统动力学及仿真分析, 可以满足花岗石砂锯现代化数字设计的需求。

3 基于虚拟样机技术的设计过程

基于虚拟样机技术的机械产品设计模式^[2], 如图 1 所示。

它是建立在计算机辅助设计的基础之上的, 以计算机仿真和产品生命周期建模为基础, 集计算机图形学、人工智能、并行工程、多媒体技术和虚拟现实等技术为一体, 在虚拟的条件下, 对产品进行构思、设计、测试和分析。机械系统虚拟样机技术的主要研究范围是机械系统运动学和动力学分析, 其核心是利用

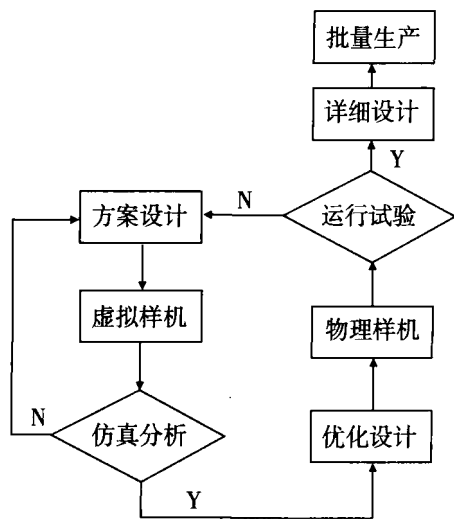


图1 基于虚拟样机技术的产品设计模式

计算机辅助分析技术进行机械系统的运动学和动力学仿真。基于虚拟样机技术的产品设计是以虚拟样机来代替物理样机进行产品的反复设计，制造和测试，出现问题时，也只需要修改虚拟样机，从而省去了对物理样机的反复改进与测试，节省了大量的人力，物力和财力。图2是基于虚拟样机技术的花岗石砂锯具体的设计过程。

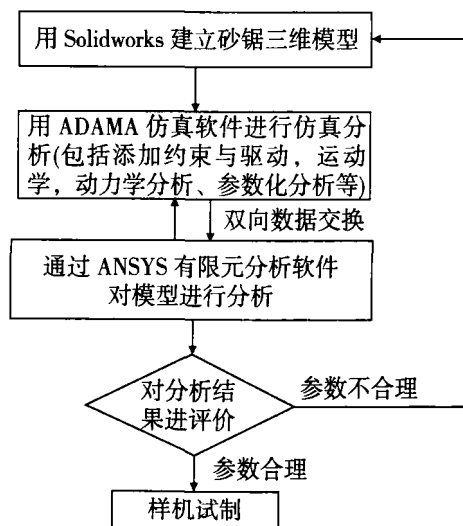


图2 砂锯虚拟样机设计过程

4 虚拟样机技术在砂锯设计中的应用

首先在SolidWorks中建立砂锯三维模型，然后将其导入到ADAMS中，经过修改属性、添加约束、施加载荷、检验模型等步骤后，花岗石砂锯虚拟样机模

型已经生成，如图3所示。

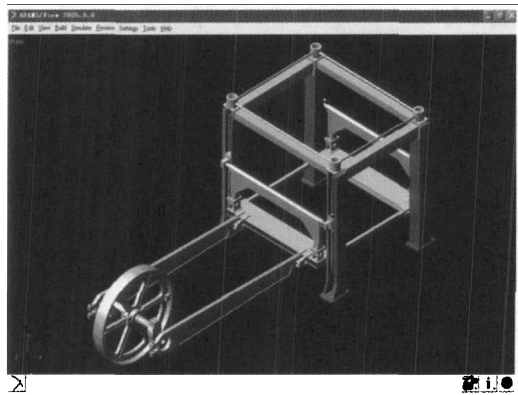


图3 花岗石砂锯虚拟样机模型

经过上述步骤并反复修正后，样机就可以“动”起来，下面分别对整机以及主要部件进行讨论：

(1) 整机运动学、动力学分析

通过对整机的运动学、动力学分析，可以了解建立的样机的运动特性和动力特性，得到设计所需的相关数据和变化曲线，并以此来改进设计。

(2) 连杆

连杆是花岗石砂锯主要运动受力部件之一，对连杆的分析一般是通过理论计算得到连杆受力，然后分析连杆所受约束情况，通过添加约束、施加受力等对连杆进行分析和优化。

现实情况是砂锯工作过程中，连杆受力状况非常复杂。砂锯在锯切过程中所受的锯切阻力、带动锯框来回摆动的拉力等均由连杆承担，加上其质量大，焊接易变形，连杆在这些交变载荷作用下做加速、减速运动时，往往会产生较大的弹性变形，从“静态”方面分析连杆得到的结果往往与实际情况相去甚远，因此为了更准确地模拟连杆在锯切过程中的动态性能，必须将连杆作为弹性体进行分析研究。ADAMS提供的柔性体功能恰好可以满足这一要求。

我们利用ADAMS与ANSYS的双向数据接口，可以生成连杆的柔性体文件，替换刚性连杆生成砂锯的刚柔耦合虚拟样机模型，如图4所示。

通过对刚柔耦合虚拟样机的仿真，可以：

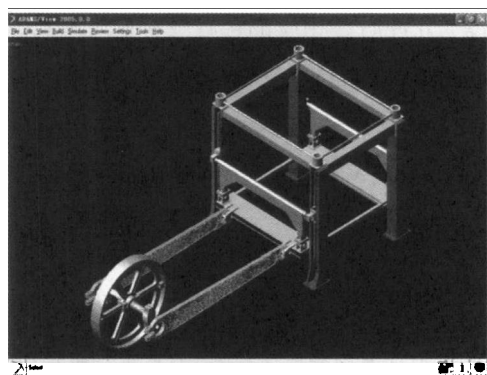


图4 含有柔性连杆的刚柔耦合砂锯虚拟样机

① 得到连杆动态载荷文件 (.lod)，其记录了连杆在运动过程中的载荷和变形信息；

② 利用 ADAMS 和 ANSYS 之间的数据接口，将载荷文件导入到有限元中进行分析，得到连杆受力薄弱环节并进行疲劳分析。

这种分析方法克服了连杆“静态”分析的不足，得到的分析结果更加接近实际工况。

③ 摆臂

摆臂长度从最初机型的 0.7 ~ 0.8m 增至目前的 1.4 ~ 1.6m，使得锯条摆动的曲率半径增大，有效切割行程增长，而且切削效率提高，利用虚拟样机技术可以很方便的得到不同摆臂长度下锯条往复行程，图 5 所示是摆臂长度为 1.6m 时锯条往复的行程。

可以看到，摆臂长度 1.6m 时，锯条往复行程是 700mm，锯条往复行程的增加，会使锯条受力状态改进，而且整个锯机受力状况都会得到改善。更长的锯条往复行程带来的是锯条运动的圆弧轨迹更加平缓

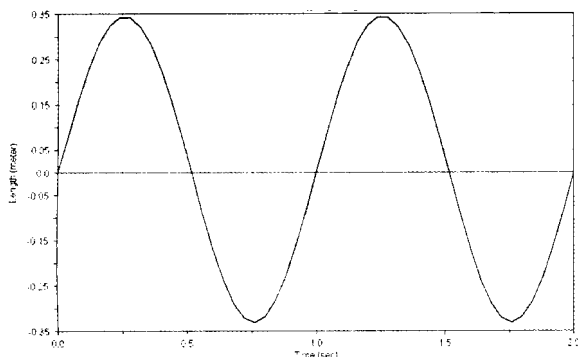


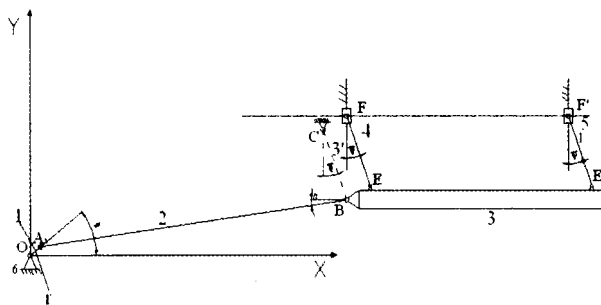
图5 摆臂长度 1.6m 时锯条往复行程

(相当于锯条的行程被延伸扩展)，锯条对石材荒料的切入性更佳，锯条与石材荒料接触的时间增加，钢砂向锯缝处的流动更加有利，锯条的消耗量也会减少^[3]。

④ 主运动系统参数化分析

参数化分析本身也是一种优化方法。在实际的设计研究过程中，对砂锯虚拟样机进行建模、仿真分析和数据处理后，还要对虚拟样机作进一步的深入分析。利用 ADAMS/View 提供的参数化建模和设计功能，可以大大地提高分析效率^[4]。

砂锯主运动系统可用图 6 所示的简图表示。



1- 曲柄；2- 连杆；3- 锯框；4、5- 摆臂

图6 砂锯主运动系统简图

主运动系统主要是由曲柄、连杆、锯框、摆臂组成的系统。系统各个部件之间的参数只有合理组合才能使锯机处于最佳工作状态，可以利用 ADAMS/View 提供的三种参数化分析方法[5]：设计研究 (Design Study)、试验设计 (Design of Experiments) 和优化设计 (Optimization) 进行分析：

a. 设计研究首先对主运动系统参数化建模，把曲柄、连杆等零部件长度和曲柄转速创建成设计变量，然后分别对创建的变量进行设计研究，得到各个设计变量对目标函数的设计研究报告，找到关键参数。

b. 试验设计 通过步骤 1) 找到关键参数后，对关键参数组合进行分析，获得参数之间的关系和影响，为进行下一步优化设计奠定基础。

c. 优化设计 将确定的关键参数组合进行优化，得到最佳的参数值。

通过参数化分析，可以避免人工方式一次次修改

虚拟样机, 然后进行反复仿真带来的麻烦, 避免大量单调的重复建模工作。

5 结语

基于虚拟样机分析软件 ADAMS, 并联合运用有限元分析软件 ANSYS, 进行了砂锯样机的运动学、动力学等分析, 得到如下结论:

(1) 利用 ADAMS 与 ANSYS 联合仿真得到连杆受力薄弱部位位于其与锯框连接端, 经过进一步对连杆受力最大区域的疲劳分析, 连杆可以承受交变载荷循环 107 次而不发生疲劳破坏;

(2) 通过参数化分析, 得到连杆长度和曲柄转速是影响连杆受力的关键参数;

(3) 经过对主运动系统优化分析, 连杆长度从 7500mm 变化到 7646.33mm, 转速从 360 度 / 分钟变化

到 324 度 / 分钟后, 相应的连杆受力从 $1.85033 \times 105N$ 减小到 $1.41486 \times 105N$, 连杆受力状况得到明显改善。

参考文献

- [1] Rogeiro R P, Antenor B P. Relationship between technological properties and slab surface roughness of siliceous dimension stones [J]. Rock Mechanics and Mining Sciences, 2008, 45(8): 1526 ~ 1531.
- [2] 牛国栋, 张士新. 虚拟样机技术在农业机械产品开发中的应用 [J]. 农机化研究, 2008, (5): 158
- [3] 廖原时. 加工花岗石大板的砂锯最新发展 [J]. 石材, 2004, (8): 6-7
- [4] 李增刚. MSC Adams 入门详解与实例 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006
- [5] 李军, 邢俊文等. MSC Adams 实例教程 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002

《建筑水磨石制品》建材标准完成修订

由苏州混凝土水泥制品研究院负责起草的《建筑水磨石制品》标准, 近日已完成征求意见稿, 交行业广泛征求意见。建筑水磨石实际上就是建筑装饰用水磨石, 是上世纪我国石材工业中“三石”, 即花岗石、大理石、水磨石中的重要一员。前些年由于天然石材的大发展使得水磨石产量减少。而近两年基于综合利用、节能节材, 和水磨石技术的发展, 如薄型水磨石、防静电水磨石、现制水磨石, 构件水磨石的出现, 以及使用真空、单层技术, 使得水磨石呈快速增长趋势。据介绍, 现

在上海地铁、香港地铁、北京数码大厦等多个高档建筑都使用了水磨石, 粗略计算, 现在全国每年约有 2000 万平方米的使用量。为此, 原 1993 年制定的《建筑水磨石制品》标准已经老化, 需要进一步修订。由于水磨石主要用于建筑装饰领域, 专家们建议应改为《建筑装饰用水磨石》更为贴切。对标准有意见的可向苏州混凝土水泥制品研究院提出, 索取标准文本电话: 0512-68639109; 电子信箱: tanyongquan@126.com; 联系人: 谈永泉; 手机: 13606138600。 (侯建华)

国家恢复出口退税, 加速了福建多棱钢砂出口

目前已基本恢复到金融危机前水平

3月7日厦门国际石材展期间, 在福建多棱钢砂举行的客户答谢宴会上, 公司董事长王新辉介绍说, 由于前一、二年金融危机以及国家对钢材出口取消了退税政策的影响, 公司石材专用钢砂出口受到了严重影响, 最低的时候仅为生产能力的 40%。在最为困难的时候, 中国石材协会和有关部门为企业所急, 积极为企业奔走呼吁, 为多棱钢砂争取到了出口退税的新政, 使企业迅速摆脱了危机。去年下半年以来, 公司钢砂出口已经恢复到金融危机前的 90% 水平, 现在国际市场 70%, 国内市场都为多棱钢砂所占领, 而且还在继续扩大。

为什么市场上会如此青睐多棱钢砂呢? 笔者认为主要有三

点: 一是专利, 在多棱钢砂试制成功后, 即申请了专利, 有效地进行了知识产权的保护; 二是占领技术管理的制高点, 去年成功完成了《石材加工用钢砂》行业标准的制定; 三是有一支很好的工作团队。

从目前天然花岗石大板加工工艺上看, 近些年虽然不断有新的设备和工艺出现, 如多绳锯、大直径圆盘组合锯等, 但加工花岗石大板的主流设备仍然是大砂锯。所以, 可以肯定地说, 钢砂的需求未来一段时间里, 还是要呈现出刚性需求和稳步上升的势头, 这也为多棱钢砂的发展展现出了更多的机遇。

(侯建华)