



高速冲击式粉体改性主机的三维建模与运动仿真

吴翠平, 饶夫刚, 郑水林, 魏鹏杰, 刘贵龙, 郭胜楠

(中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 解剖一台实验室用 HYB-0 高速冲击式粉体表面改性机, 利用 CATIA 软件的建模技术和运动仿真功能, 实现高速冲击式粉体改性主机的三维建模、虚拟装配和运动仿真, 着重讨论 HYB 主机主要部件的建模方法和虚拟装配方法。结果表明: 虚拟装配的顺利完成验证了高速冲击式粉体改性主机所采用三维建模方法的正确性和所建模型尺寸的精确性, 仿真结果能直观、准确地表达出该高速冲击式粉体改性主机的机械结构和运转情况。

关键词: 粉体改性设备; 三维建模; 运动仿真

中图分类号: TH873, TP391.9

文献标志码: A

文章编号: 1008-5548(2011)03-0047-04

Three Dimensional Entity Modeling and Movement Simulation of Surface Modification Machine

Wu Cuiping, Rao Fugang, Zheng Shuilin,
Wei Pengjie, Liu Guilong, Guo Shengnan

(School of Chemical and Environmental, China University
of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The three dimensional entity modeling of an HYB-0 powder surface modification machine was discussed by the help of CATIA software. The three dimensional modeling method of the base parts of the machine was introduced in detail. The virtual assembling and the movement simulation of the three dimensional model in CATIA were also discussed in principle. The results showed that the success of virtual assembling verified that the three dimensional modeling method was correct and the model was precision. The simulation results reproduced the mechanical structure and the movement intuitively and accurately for the real size of HYB-0 hybridizer.

Key words: powder surface modification machine; three dimensional entity modeling; movement simulation

HYB 系统是 HYBRIDIZATION 系统的简称, 由东京理科大学和奈良机械制作所于 1986 年开发成功, 是利用高速气流冲击法对粉体进行干式机械化处理

的材料复合化装置。被处理物料可以是无机物、有机物、金属, 适用于许多行业^[1]。HYB 系统有 NHS-0—NHS-5 共 6 种规格^[2], 其中 NHS-0 是专门为研发部门设计的、适于少量样品进行表面改性处理试验的紧凑机型。本文中模拟对象系 NHS-0 的改进产品, 又称为 HYB-0, 转子直径为 118.3 mm, 转速可达 7 000 r/min。

HYB 系统中最主要的是进行固定、成膜或球形化处理的主机, 通常也简称为 HYB。HYB 主机由高速旋转的转子、定子和循环回路等部分组成^[1-2]。工作时, 物料在转子、定子等部件的协同作用下, 被迅速打散, 同时还不断受到以冲击力为主的包括颗粒间的压缩、摩擦和剪切等诸多力的作用, 在较短时间内(依处理物料, 几分钟到十几分钟不等)完成粉体的表面包覆、成膜或球形化处理。HYB 的加工形式为间歇式, 由位于投料口和排料口的阀门配合实现; 若配以计量供料机及其它自动化装置, 可使间歇处理连动, 实现连续、自动运行。

CATIA (computer-graphics aided three-dimensional interactive application) 作为功能强大的计算机辅助设计、制造、分析一体化软件, 它能提供从概念设计、工业设计、分析计算、工程图生成到最终产品形成的完备的设计能力和宽广的专业覆盖面, 除具备强大的三维实体造型功能外, 还能够直观、准确地反映零件、组件的形状和虚拟装配关系, 并能够在计算机上对机构的实际运动情形与整机装配顺序和过程进行仿真^[3]。CATIA 一般包括如下模块^[3]: 基础结构模块、机械设计模块、曲面造型模块、分析模块、数字模型模块、设备和系统模块、数字程序和加工模块、人机工程设计和分析模块等, 其中强大的曲面造型模块是其最有价值的。借助这些模块, 使用者可以在计算机上实现从第一笔点画到产品生产和厂房布置在内的机械制造的全套操作。

1 HYB 粉体改性设备主机的三维建模

从机械角度来看, HYB 设备主机主要由基座、机身、转轮、封盖 4 大部分及循环管、投料口和排料口等零碎部件构成(见图 1)。为得到设备的三维实体模

收稿日期: 2011-02-21。

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目, 编号: 2008BAE60B01。

第一作者简介: 吴翠平(1968-), 女, 副教授, 博士研究生, 研究方向为计算机在矿物加工工程中应用。电话: 010-87905729, E-mail: wcuip@vip.sina.com。

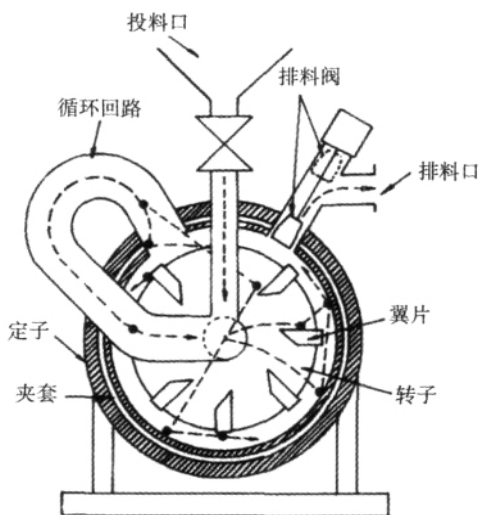


图1 HYB主机结构示意图

Fig.1 Structure scheme of HYB

型,需要对各个零件分别绘制,由CATIA机械设计模块下的零件设计模块实现。先在草图绘制界面完成零件轮廓线的绘制,然后通过拉伸、旋转、开槽、挖孔等功能实现建模。对于复杂零件,需要应用形状模块中的创成式外形设计等命令实现。

1.1 基座部分

HYB主机基座的作用是通过法兰固定机身,并通过圆柱把整个主机固定在放置于地面的机架上(模型中未画机架)。转轮部分的转轴将装在圆柱内部,电动机的能量由转轴输入至改性主机。主机基座部分的建模结果见图2,圆柱和法兰经由3个均布的肋连接。本部分需应用零件设计模块中的拉伸、凸台、旋转、挖槽、倒角等命令完成。



图2 基座部分建模结果

Fig.2 Model of pedestal

1.2 机身部分

HYB主机机身部分由前法兰盘、后法兰盘、中间筒体以及循环管出段和排料管构成,是粉体改性的作用场所。其中,后法兰盘与基座法兰相连,起固定作用;前法兰盘用于连接封盖部分,中间装有垫片,起密

封作用。机身部分的建模结果见图3,应用了零件设计模块中的拉伸、凸台、旋转、挖槽、倒角等命令。特别地,循环管与出料管本身为圆管,但它们与机身中间筒体的连接口均为长方形,所以圆管与筒体连接部分的实体需要用创成式外形设计子模块完成。首先定义3个截面,然后应用创成式外形设计子模块中的多截面曲面命令直接生成所需曲面,之后再应用厚曲面命令,完成所需实体。

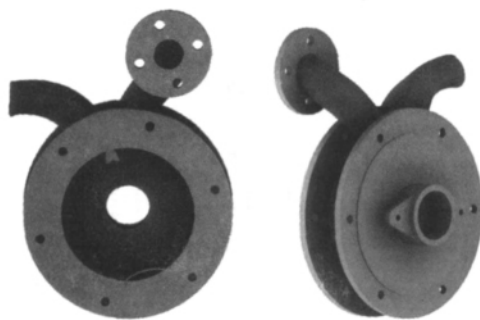


图3 机身部分的建模结果

Fig.3 Model of body

1.3 转轮部分

HYB主机转轮部分主要由叶轮和连接叶轮的转轴构成。电动机能量通过转轴传递后带动叶轮转动以形成旋转气流。转轮部分的建模结果见图4,该部分零件通过简单的拉伸、圆形阵列等命令即可实现。

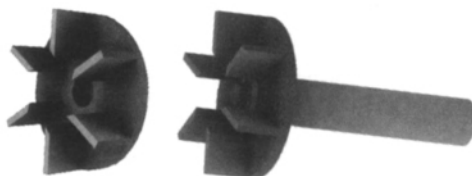


图4 转轮部分的建模结果

Fig.4 Model of rotary

1.4 封盖部分

HYB主机封盖部分主要由圆盘以及循环管入段和入料管(图中较细的圆管)构成。圆盘与机身部分的前法兰盘连接,以便与机身、转轮一起形成密闭空间,构成改性腔体;循环管入段和机身部分的循环管出段由法兰密封连接,构成HYB主机的循环通路;入料管经入料阀与加料漏斗连接,形成改性物料的投入通道。入料阀的作用是在投入物料后封闭投料通道,以实现HYB的间歇处理。封盖部分的模拟结果见图5(入料阀未画出)。与循环管出段的绘制一样,循环管入段的绘制也需要应用形状模块中的创成式外形设计子模块才能完成。具体为,先在草图编辑器模式下绘制管道的截面圆,然后再绘制出管路通过的线路,执行创成式外形设计子模块工具中的扫掠命令,轮廓选取管道的截面圆,引导曲线选取管路通过的路线,

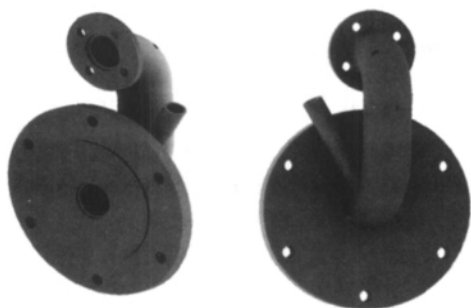


图5 封盖部分的建模结果

Fig.5 Model of cover plate

即可得到所需曲面;之后再应用厚曲面命令,使其达到循环管的厚度。另外,循环管壁上两个小孔(用途为疏通循环管道)的绘制方法为,先定义小孔所在的平面,然后在草图编辑器下按小孔半径绘制圆,再通过零件设计模块中的挖槽命令即可实现。

1.5 其它小零件

HYB 主机构成零件中,除主体部分外还有诸如油封、垫片、漏斗等零件,这些零件通过零件设计模块中的常用绘制命令就能容易实现。小零件建模结果见图6。

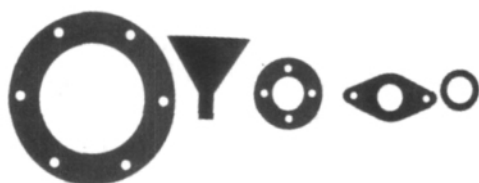


图6 小零件的建模结果

Fig.6 Model of some small parts

2 虚拟装配

虚拟装配^[3-4]是实际装配过程在计算机上的本质再现,即在计算机中实现 HYB 主机全部零部件的装配建模,并进行计算机装配和干涉分析。假如在装配过程中发现有碰撞或者实际装配不能完成等情况,就可以在计算机中直接修改零件尺寸,或改动设计,这样就可以虚拟实现机械零件的制造与装配的多次协调,直至最终装配成功,可以做到设计与制造、装配的一体化。虚拟装配可以省去大量反复性设计、制造、装配工作所消耗的人力、物力,节约设计成本和设计周期,能大幅提高设计效率。

HYB 主机的虚拟装配采用 CATIA 机械设计模块中的装配设计子模块实现。首先将之前绘制的各个零部件导入,然后利用该模块中相合约束、接触约束、偏移约束、角度约束等命令分别对零件进行约束,并且通过装配约束管理对实体模型间的几何关系进行控制和管理,以保证零件的正确平行、共轴或共面。考虑实际装配的需要,在虚拟装配过程中必须加入机

械标准零件如螺钉、螺母等;当螺钉的长度不满足要求时,可以应用机械设计模块中的零件设计子模块进行适当修改。HYB 主机的装配结果见图7。为更好地展示装配成品,可以应用该模块下的爆炸命令;为在有限视野中看到尽量多的细节,可以采用不完全爆炸方式。HYB 主机的主机不完全爆炸图见图8。

虚拟装配能够顺利进行,证明上述 HYB 主机的三维建模方法和尺寸是正确的。

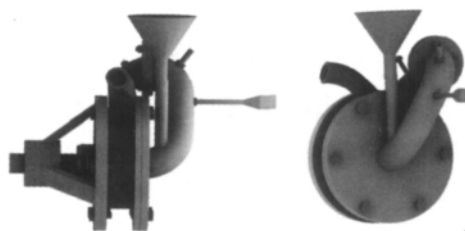


图7 主机虚拟装配结果

Fig.7 Virtual assembled result of main frame

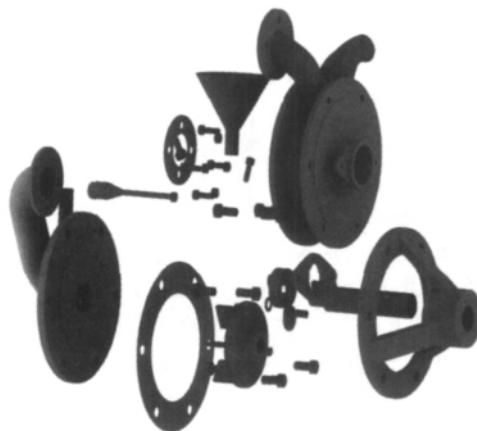


图8 HYB-0 主机三维模型爆炸图

Fig.8 Exploded view of three dimensional model of YHB-0

3 运动仿真

机械零件装配完成之后,可应用 CATIA 中数字化装配模块下的运动机构子模块,对粉体改性主机进行运动状态分析。HYB 主机的运转过程主要是转子和翼片构成的中心叶轮在转轴的带动下高速旋转,因此其运动仿真主要应用运动机构子模块中的旋转结合命令实现。

首先将 HYB 主机三维实体模型导入,应用旋转结合命令依次定义旋转的轴和固定平面,再应用固定零件命令将基座固定,最后应用“使用命令进行模拟”命令来观察叶轮的转动情况。为便于观察,可将部分零件加以隐藏。在运动模拟中隐藏了封盖部分以及部分螺栓,运动仿真结果见图9。

4 结语

本文中在 CATIA 平台上建立了 HYB 高速冲击式

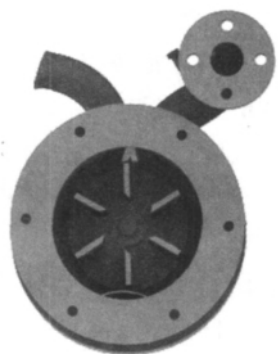


图 9 HYB-0 主机运动仿真结果

Fig.9 Running emulation of main frame

粉体表面改性机实验室用机型的主机三维实体模拟,实现了对所建模型的虚拟装配和运动仿真。对 HYB 系统其它机型主机的模拟同样可以进行,只是尺寸大小和翼片个数不同。

本文中提供了 CATIA 在粉体加工设备领域中三

维建模、虚拟装配、运动仿真的一个实例,又一次验证了 CATIA 在机械制造方面的强大功能和方便高效,不仅可以直观、准确地表达出 HYB 系统改性主机的结构、尺寸和运转情况,也为进一步研究该类设备特殊的改性腔结构及其改性机理打下基础。

致谢:感谢中国矿业大学(北京)大学生创新试验计划项目(编号:091216y)对本研究工作的支持!

参考文献(References):

- [1] 田中贵将,菊地雄二,小野宪次. 高速气流冲击式粉体表面改性装置—HYBRIDIZATION 系统及应用[J]. 化工进展, 1993(7): 10-20
- [2] 郑水林. 粉体表面改性[M]. 2 版. 北京:中国建材工业出版社, 2002
- [3] 曾洪江,黄聪. CATIA V5 机械设计从入门到精通[M]. 北京:中国青年出版社, 2004
- [4] 盛选禹. CATIA 三维模型入门与提高[M]. 北京:机械工业出版社, 2003

(上接第 39 页)

参考文献(References):

- [1] 蔡艳华,彭汝芳,楚士晋,等. 超音速气流粉碎技术应用研究新进展[J]. 化工进展, 2008, 27(5): 672-676
- [2] 李珍,彭继荣,沈上越,等. 机械力化学改性硅灰石/聚丙烯性能的研究[J]. 塑料工业, 2003, 31(9): 35-37
- [3] 吴翠玲,吴伟端,赵煌. 机械力化学改性层状硅酸盐矿物填料对橡胶力学性能的影响[J]. 非金属矿, 2003, 26(3): 12
- [4] 叶菁,李宏敏. 滑石超细改性气流粉碎研究[J]. 非金属矿, 2004, 27(1): 40-41
- [5] 宋功保,彭同江,张宝述,等. 矿物超细粉碎改性一体化实验研

究[J]. 非金属矿, 1999, 22: 54-55

- [6] CAI Yanhua, PENG Rufang, CHU Shijin. Synthesis of Schiff bases derived from p-aminobenzoic acid by novel solvent-free reaction using improved jet milling[J]. Asian J Chem, 2010, 22(8): 5 835-5 840
- [7] CAI Yanhua, PENG Rufang, CHU Shijin. Preparation of ultra-fine calcium carbonate by a solvent-free reaction using supersonic airflow and low temperatures[J]. South Afr J Chem-Suid-Afr Tydskr Chem, 2008, 61: 112-114
- [8] 蔡艳华,彭汝芳,楚士晋,等. 超音速气流低热固相反应合成对羟基苯甲醛缩对氨基苯甲酸 Schiff 碱[J]. 现代化工, 2007, 27(11): 43-44

(上接第 46 页)

3 结论

通过以上研究可以得出下面的结论:

1) 球磨机中钢球、钢段对水泥熟料的粉磨遵循一级粉磨动力学方程,钢段的破碎速率高于钢球的破碎速率,在 $>1.70\sim 2.00$ mm 粒级达到最大值,进一步提高水泥熟料的粒级,破碎速率呈降低趋势。

2) 利用非线性拟合法,对破碎分布函数进行回归,对所得参数进行比较,发现钢球和钢段对破碎分布参数的影响没有明显差异,仅取决于进料粒度的大小。

3) 破碎分布函数 ϕ 值和 β 值随粒级的增大而提高, γ 值随粒级的增大而减小。

参考文献(References):

- [1] 张文生,郭随华,王宏霞,等. 硅酸盐水泥熟料的易磨性及其影响因素[J]. 水泥工程, 2004(1): 11-18
- [2] JANKOVIC A, VALERY W, DAVIS E. Cement grinding

optimization[J]. Minerals Engineering, 2004, 17(11-12): 1 075-1 081

- [3] 韩仲琦. 粉体技术在水泥工业中的应用[J]. 中国粉体技术, 2000, 6(6): 26-35
- [4] 乔彬,乔岭山. 钢球与钢段在水泥粉磨中的作用性能对比试验[J]. 水泥, 2009(12): 3-18
- [5] 戴少生,王旦容,陆洁,等. 研磨体的形状、材质对粉磨效率的影响[J]. 水泥工程, 2005(2): 66-68
- [6] KOTAKE N, DAIBO K, YAMAMOTO T. et al. Experimental investigation on a grinding rate constant of solid materials by a ball mill-effect of ball diameter and feed size[J]. Powder Technology, 2004(143-144): 196-203
- [7] CHOI W S, CHUNG H Y, YOON B R. et al. Applications of grinding kinetics analysis to fine grinding characteristics of some inorganic materials using a composite grinding media by planetary ball mill[J]. Powder Technology, 2001(115): 209-214
- [8] YEKELER M, OZKAN A, AUSTIN L G. Kinetics of fine wet grinding in a laboratory ball mill[J]. Powder Technology, 2001(114): 224-228
- [9] TOUIL D, BELAADI S, FRANCES C. The specific selection function effect on clinker grinding efficiency in a dry batch ball mill[J]. International Journal of Mineral Processing, 2008, 87: 141-145