

SOLIDWORKS Motion 在动平衡设计仿真中的应用

撰文 / 达索析统（上海）信息技术有限公司 彭军

回转机械设备由于旋转离心力的存在，其动平衡设计是不可回避的重要内容。本文阐述了动平衡设计仿真的基本原理和方法，使用 SOLIDWORKS Motion 对电机转子结构进行了动平衡刚体动力学仿真，并对结构尺寸进行了优化，得到了较好的设计方案。

一、引言

有统计研究表明，回转设备的振动问题有 30% 以上是由转子动不平衡引起的。转子两端通常由轴承支承，如果转子本身是动不平衡的，转子旋转引起的离心压力将会传递到机器上，引起机器振动，或者机器工作时出现噪声。

常见的回转设备有车轮、发动机曲轴、电机轴、机床主轴、风机和汽轮机等。导致结构动不平衡的原因有很多，如结构几何本身设计不平衡、铸造或机加工导致结构不平衡、安装导致不平衡等。本文主要讨论如何使用三维设计软件从产品设计角度进行动平衡设计和仿真优化，从产品初期设计阶段确保结构本身处于动平衡状态。对于加工工艺或安装导致的动不平衡，更多依赖实验手段来进行配重或调整，不在本文的讨论范围内。

二、问题及模型描述

图 1 所示为一个典型的发电机转子装配体，其中转子材料为铝合金，其结构部分本身不属于轴对称部件；点火导条是延性铁材料，三个导条是锻制红铜材料。显然三种材料的密度不一样，需要考虑旋转过程中动平衡的影响。

三、动平衡仿真

SOLIDWORKS Motion 是一款功能强大的内嵌于

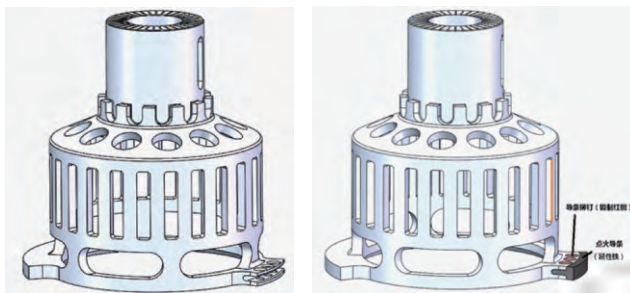


图 1 发电机转子

SOLIDWORKS 中的机构运动仿真软件，SOLIDWORKS 三维装配体中的材料和装配关系可以直接传递到 Motion 中。首先，为了进行动平衡机构动力仿真，在装配体模型中间创建一个轴，轴两端创建几何体代表轴承支承，如图 2 所示。

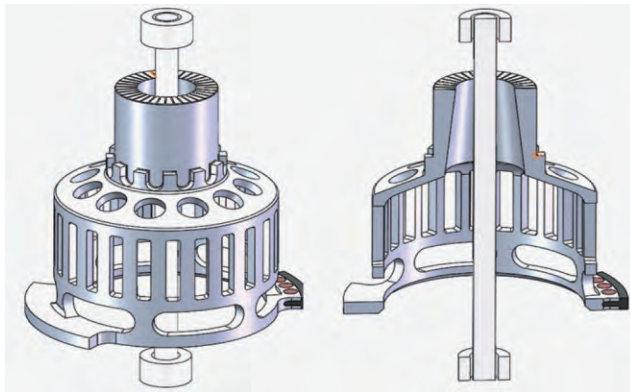


图 2 整体装配体

为了消除 Motion 中机构运动的冗余约束，将转子、点火导条和导条铆钉部件在 SOLIDWORKS Motion 中添加到新刚性组（图 3）。同时，在装配过程中，将轴承和中间圆柱轴端部做基准点与基准轴的配合，并将轴承作为固定部件（图 4）。其它装配关系，如电机转子与旋转轴之间的关系可以采用基准平面之间的重合配合进行装配。

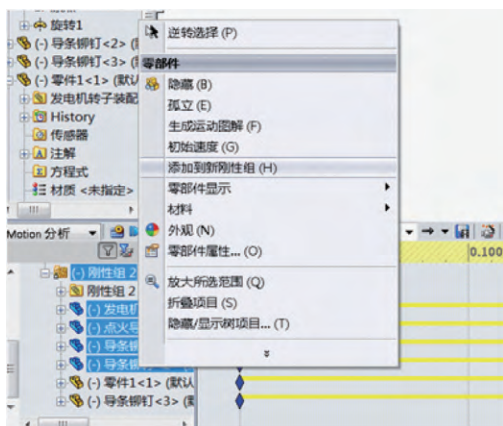


图 3 刚性组添加

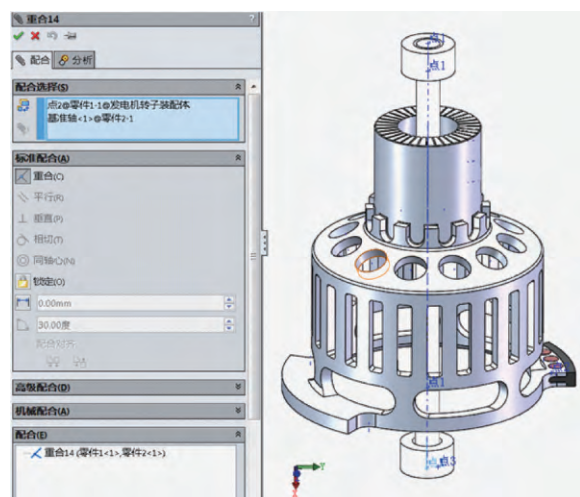


图 4 装配关系

该电机模型最高转速为 8000r/min，在 Motion 中添加等速马达作为驱动载荷，如图 5 所示；仿真分析时间设为 0.2 秒，为保证该机构运动仿真中有足够的采样精度进行结果曲线的输出，对运动算例属性中的每秒帧数设为 1500（图 6），该数值可以按照转速大小进行对应调整。

四、结果输出项

结构旋转的动不平衡力来自于结构本身的离心力，反

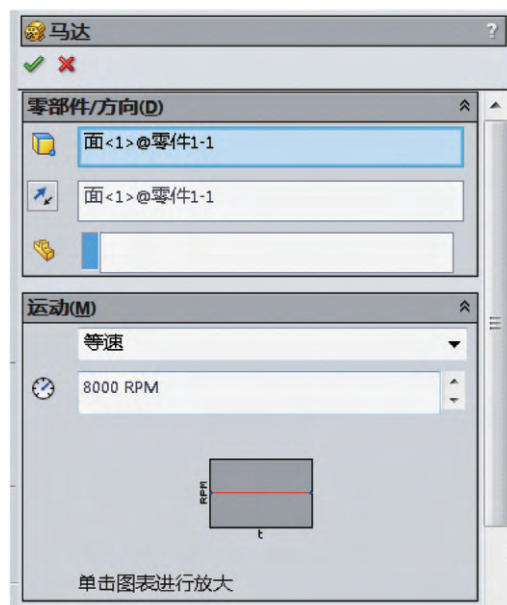


图 5 等速马达

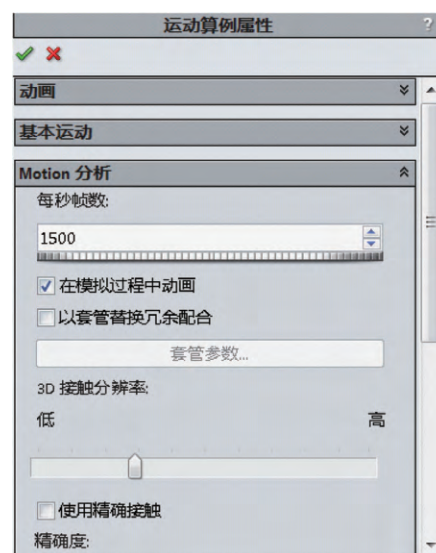


图 6 每秒帧数设置

应到结构装配体上就是轴承支撑部分的反作用力，因此我们提取两端轴承基准点与基准轴重合装配关系的 Y 向（或 Z 向）反作用力作为输出项，如图 7 所示。

五、设计方案与动平衡仿真结果对比

电机转子初始设计方案中，R45 和 57°（图 8）为图 9 中红圈部分的尺寸，该设计方案经过 Motion 动平衡仿真得到的轴承两端不平衡反力分别为 108.7N 和 23N，该数值

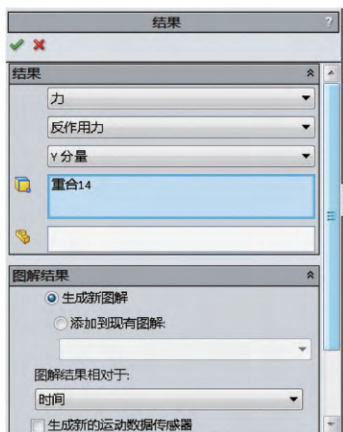


图7 结果输出项

偏大，需要修改设计尺寸。经过多次尝试调整尺寸，在设计空间允许的条件下最终将这两个尺寸分别调整为 R49 和 77° ，动平衡仿真得到的不平衡反力分别为 3.11N 和 5N，得到了明显改善（图 10）。

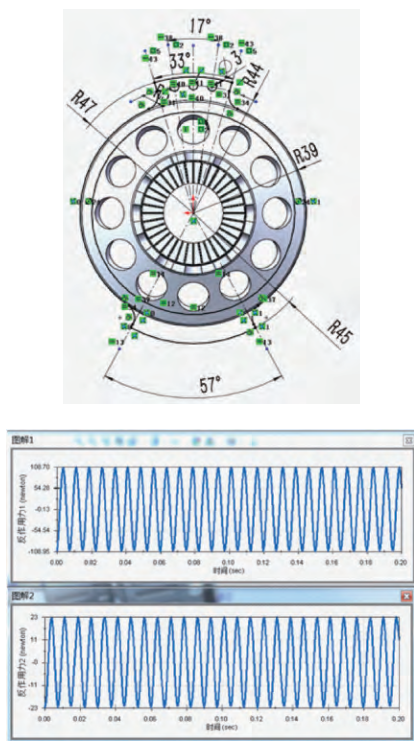


图8 初始设计方案及结果输出

六、结语

动平衡仿真结合机械结构设计的文献较少，或文献表述过于繁琐晦涩。本文通过使用 SOLIDWORKS Motion

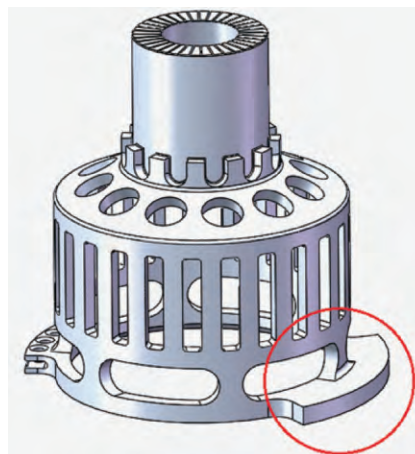


图9 转子关键结构部位

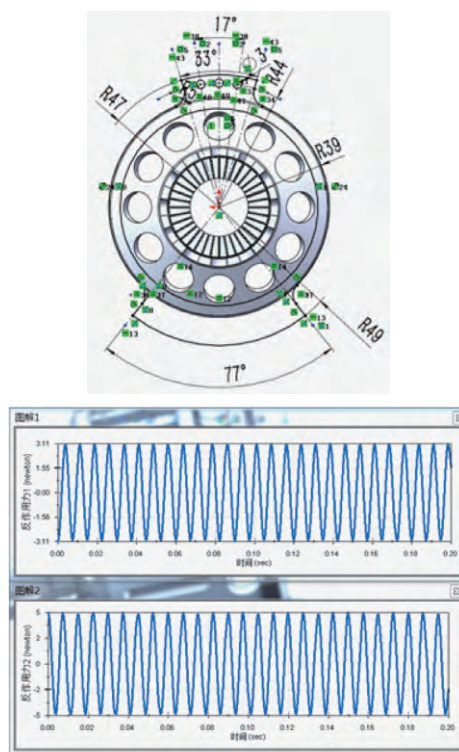


图10 修改后设计方案及结果输出

进行简单机械结构的动平衡运动仿真，阐述了动平衡设计问题在 Motion 中的基本解决思路，同时 SOLIDWORKS Simulation 软件作为设计和验证工具在帮助工程师进行快速方案选型和优化设计方面得到了完美体现。需要说明的是，在系统级的动平衡仿真中，可能还需要考虑诸如活塞连杆作用力、爆发压力、阻尼和摩擦等其他作用力的影响。IM