

JMAG 介绍

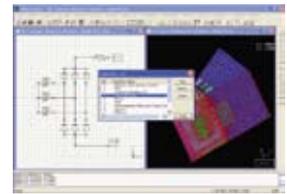
JMAG是由株式会社日本总研（JRI）开发的功能齐全，应用广泛的电磁场分析软件。软件可以对各种电机及电磁设备进行精确的电磁场分析，为用户提供设计上的帮助，降低用户产品的开发周期，取得竞争优势。

JMAG自从1983年商业化以来，在日本的市场占有率始终保持第一的位置。在日本电机领域分析了大量各种类型的电机，经历了时间和实践的检验。同时在每年至少一次的软件升级中不断吸收日本电机厂家的先进经验。平时加强与众多客户的紧密联系，通过定期的技术交流共同进步。目前JMAG的国内用户不断增加，在业界取得了较高的知名度。

CDAJ是JMAG软件在中国的独家代理商。

统一清晰的操作界面

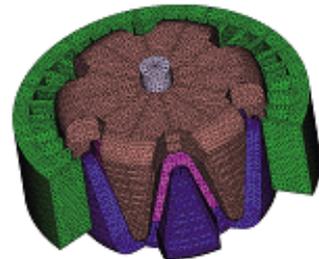
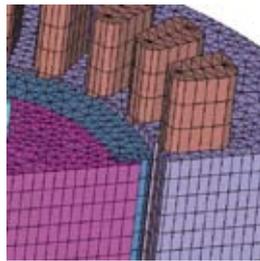
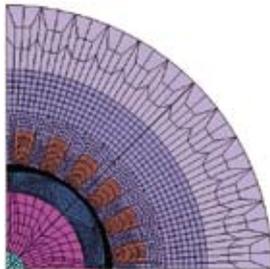
JMAG的操作界面充分体现人性化，把前后处理与运算界面结合在一起，使得用户操作相当简单，极易上手。经过短时间的培训，用户可以迅速地进行电机基本性能的模拟，节约大量的人力和时间，特别适合工厂的实际情况。



统一清晰的操作界面

简单高效的网格剖分

网格质量的好坏直接影响到最后结果的准确性。JMAG根据不同用户的实际需要，提供不同的网格剖分功能，均能达到足够的精度。



- 各区域手动剖分网格
- 设置简单的单元尺寸，软件自动剖分各区域网格

上述两种方法，都不需要手动生成形状比较复杂的气隙网格。对于气隙网格，JMAG自动根据圆周分段数生成网格，其中中间一层采用矩形，保证了形状大小的一致，并且计算时采用气隙网格滑移。不需要每一步重新生成网格。提高了计算速度。

- 自适应方法生成网格

该方法配合网格重构技术，通过控制计算精度来生成高质量的网格。用户不需要设置任何网格参数，完全自动进行。

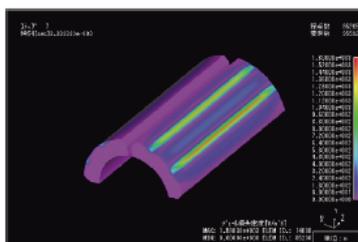
- 三维网格剖分

JMAG的三维模型网格剖分与二维一样可以即可以采用手动剖分加气隙网格滑移功能，也可以采用自适应剖分。对于叠片间的绝缘层，JMAG只需在材料设定时选中绝缘选项，即可避免剖分该细薄层时带来的畸形网格问题。

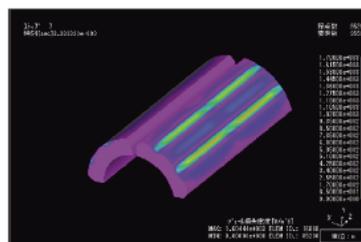
- 导入网格文件

JMAG支持直接导入由其他软件剖分的网格文件（如NASTRAN格式）

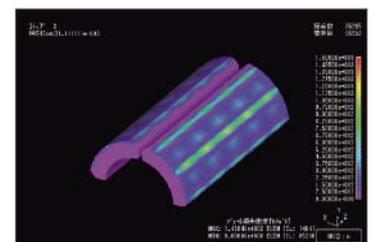
下图是不同分段数时永磁体内的涡流损耗



不分段（ $2.16e-4W$ ）



分两段（ $2.06e-4W$ ）



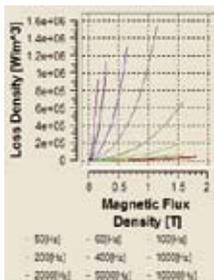
分五段（ $1.76e-4W$ ）

灵活多样的材料数据库

JMAG提供日本各大厂商的几乎全部材料数据库，包括各型号电工钢磁化曲线与损耗曲线，各型号永磁体的退磁曲线。对于特殊材料，如铁粉材料，磁滞材料以及非常规型号等，用户可自行输入曲线数据，JMAG均能据此进行仿真。

JMAG包含七种类型的材料：

- 空气（默认）
- 线圈。
- 非磁性材料（例如鼠笼条，可以通过设置电阻率或者电导率考虑涡流效应）。
- 各向同性电工钢材料（实心电磁钢，例如轴）。
- 永磁体（可以考虑涡流效应、端部的衰变以及温度和形变的影响。内含日本几乎所有型号的永磁体退磁曲线，也可以自定义退磁曲线）。
- 各向同性电工钢叠片（可以设置叠层、叠装方向以及叠片系数，内含日本几乎所有材料厂商的磁化曲线及损耗曲线，也可以自定义曲线库）。
- 各向异性电工钢叠片（例如变压器的铁心）。



某一型号电工钢的铁损曲线 永磁体磁化方向的设定 各大日本厂商牌号 新日铁（Nippon Steel）的材料型号库

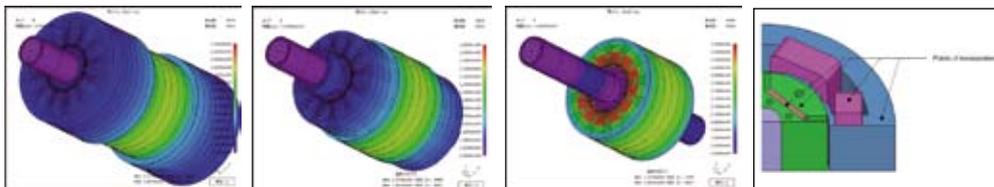
强大的耦合计算功能

电机是一个包含电磁、机械、热、噪音等的多物理场。最大限度模拟电机实际物理变化过程是现代电机分析的发展趋势。JMAG提供了强大的耦合计算功能例如磁场分析/热分析，磁场分析/结构分析，为电机仿真构建了一个最为完善的物理模型。

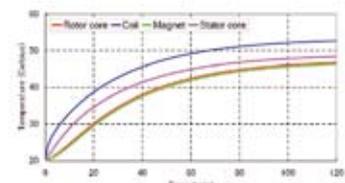
磁场—热耦合分析

为了获得电机的温度分布与温升，必须研究电机的发热源。因此JMAG首先进行磁场分析得到铁损耗与铜损耗，以此作为热分析模块的热源。

JMAG的静态分析用于分析电机的稳态温度分布。瞬态分析用于分析电机瞬态运行时的温度分布和温升。



电机不同部分的温度分布



电机不同部分的温升曲线（2小时）

磁场—结构耦合分析

采用磁场分析结果，可以进行压力分析，振动分析，离心力分析，接触力分析。也可以在磁场分析的时候根据压力分析结果考虑变形问题。

JMAG 的结构模块通过线形静态分析、固有频率（特征值）和频率响应分析等方法来研究对象的结构受力与振动问题。

线形静态分析：

- 当加上结构静载荷时，计算位移和压力
- 载荷也能考虑温度效应。通过对结构分析数据添加温度数据，模拟温度与结构的相互影响

固有频率（特征值）：

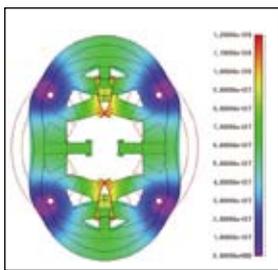
- 通常用来计算结构的特征值和特征向量

频率响应分析：

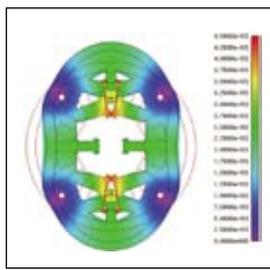
- 这通常用来计算结构对瞬态激励的响应
- 分析方法是模态频率响应方法
- 输出结果是位移，速度，加速度，和在任意频率的压力

噪音分析

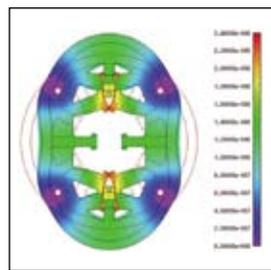
电机的噪音由电磁和机械两方面产生。JMAG利用磁场—噪音耦合计算功能综合模拟电机的噪音分布与大小。



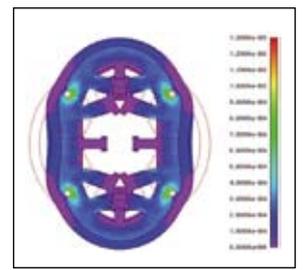
位移 [m]



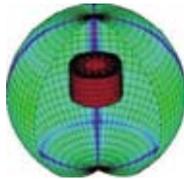
速度 [m/sec]



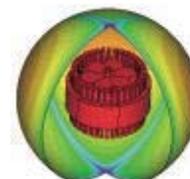
加速度 [m/sec²]



应力 [Pa]



噪音分析模型

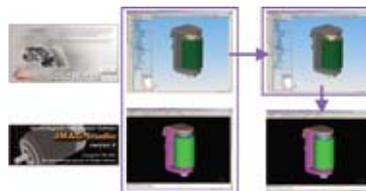


噪音仿真结果

JMAG与其他软件接口

与绘图软件的接口

JMAG提供多种格式(model)导入功能。常用格式有DXF、GDF、SAT、IGES、NASTRAN、CATIA等。特别是对于SolidWorks，JMAG可以与其并行操作。



与SolidWorks的接口

与电机设计软件的接口

- JMAG自带的电机设计模板

为了方便电机设计人员，JMAG提供了大部分电机设计模板。有永磁无刷电机、直流电机、感应电机、串激电机、磁阻电机等。只需输入电机基本尺寸和定义材料参数，便可自动建立JMAG有限元模型。



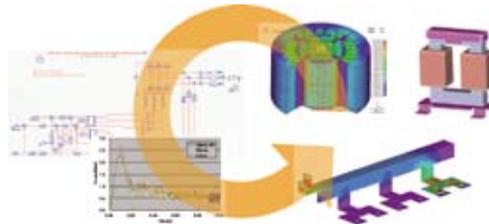
● 与SPEED软件连接

SPEED软件是英国格拉斯哥大学（University of Glasgow）开发的基于磁路法的电机设计软件。软件具有交互式的图形界面，拥有200余种电机模板，可以快速调节各种参数，计算时间迅速，几秒钟即可得到结果。但是由于基于磁路法原理，其计算精度较为粗略。

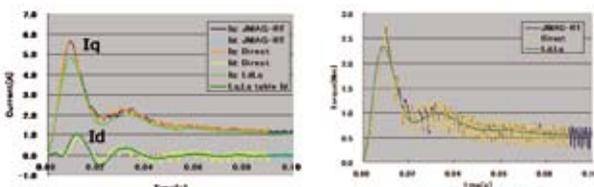


与驱动电路软件的接口

JMAG自带的电路设置窗口含有绝大部分的电路元件，如电阻、电感、电容、电源、绕组、整流-逆变器、电刷等，能够满足一般的驱动电路连接。如果用户需要考虑功率管损耗或者加载高级控制策略，例如PWM调制、矢量控制等，JMAG提供与专业电路仿真软件PSIM、SIMULINK、PSPICE的接口，进行实时仿真。



有限元与控制电路软件进行实时仿真，可以更精确的描述电机的非线性特性，但是由于每一步都交换数据，仿真过程非常耗时。为此，JMAG专门开发了RT模块，基于表格计算的原理使得在保证精度的前提下大大缩短仿真时间。



电流仿真结果

转矩波形仿真结果

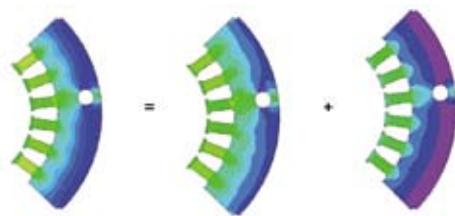
| JMAG-RT | 简化模型 | 直接连接 |
|---------|------|------|
| 10秒 | 10秒 | 8時間 |

仿真时间比较

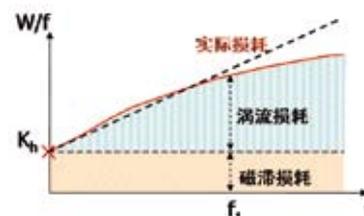
专题分析工具

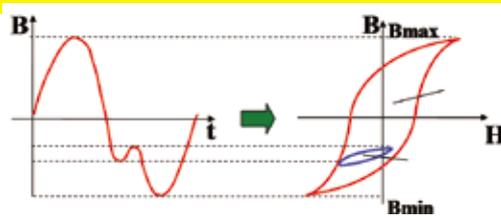
铁损耗计算工具

损耗是影响电机效率的主要因素，其中除了导线中的电流发热损耗外，铁磁材料中的铁损耗占主要部分。因此准确计算铁损耗具有非常重要的意义。JMAG根据磁场计算后的电机磁密分布，提供多种方法计算铁损耗，包括分别计算磁滞损耗与涡流损耗。

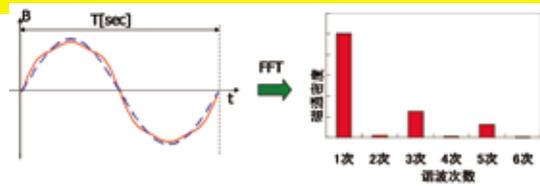


$$\text{铁损耗} = \text{磁滞损耗} + \text{涡流损耗}$$





根据多值磁滞回线来计算磁滞损耗



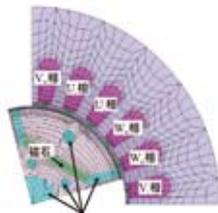
涡流损耗及其谐波分析

电感计算工具

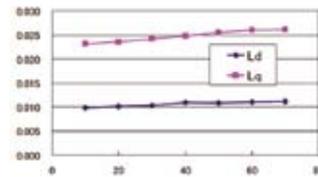
JMAG的电感计算功能非常强大，用于满足更高要求的电机及其它电磁装置的设计要求。电感计算主要包括以下三个内容：

● 永磁电机电感 (PM Inductance)

基于有限元磁场计算你的交、直轴电感计算，由于考虑了材料的饱和特性及齿槽效应，计算结果具有较高的精度。



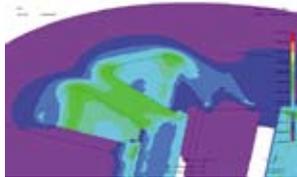
IPM电机结构图



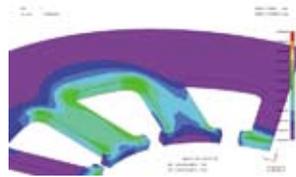
交、直轴电感计算结果

● 线圈电感 (Coil Inductance)

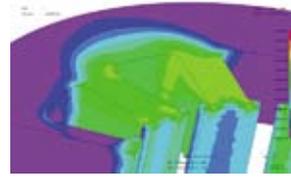
根据磁链计算结果，JMAG可以计算线圈的自电感与互电感。需要指出的是由于线圈端部存在漏磁通，因此如果电机轴向厚度较短或者电流较大磁密饱和时，二维模型的计算误差会增大。



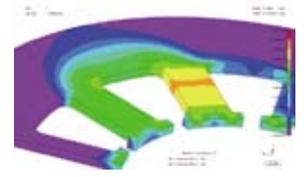
积厚30[mm]，电流3[A]



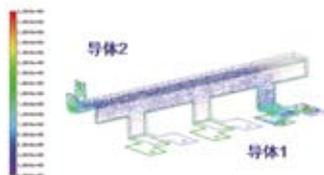
积厚3.75[mm]，电流3[A]



积厚30[mm]，电流7[A]



积厚3.75[mm]，电流7[A]



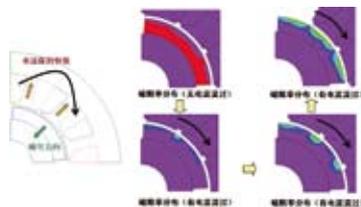
| | |
|--|--|
| $L_{11}=3.66 \times 10^{-8} \mu\text{H}$ | $M_{12}=3.03 \times 10^{-8} \mu\text{H}$ |
| $M_{21}=3.03 \times 10^{-8} \mu\text{H}$ | $L_{22}=3.70 \times 10^{-8} \mu\text{H}$ |

● 导条电感 (Busbar Inductance)

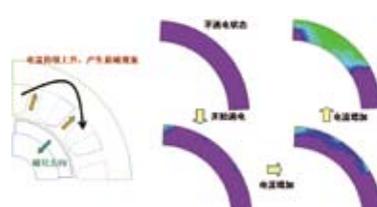
根据磁链计算结果，JMAG可以计算导体的电感，包括自电感与互电感，并且考虑导体的集肤效应。

退磁现象仿真工具

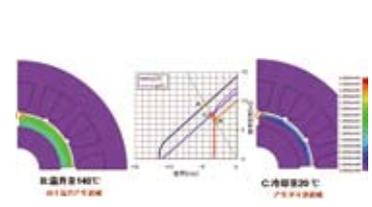
当退磁电流增加或者温度上升时，永磁体工作点会下移，产生退磁现象，从而降低电机的性能。因此，准确评估永磁体的退磁现象显得非常重要。JMAG内含日本各主要磁钢厂商的退磁数据，能够对此类现象进行评估。



恒定电流运行下的永磁体退磁现象



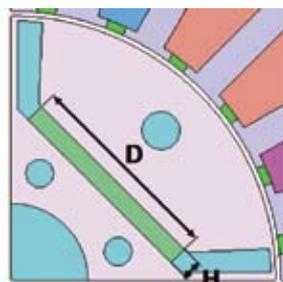
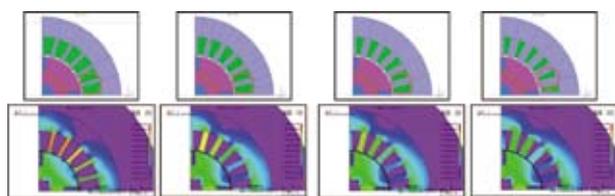
电流持续上升时的永磁体退磁现象



由于温升造成的永磁体不可逆退磁现象

参数化工具

JMAG的参数化分析 (Parametric Analysis) 工具能够在特定的对话框中, 通过定义几何形状或者条件参数, 自动进行一系列近似计算, 不需要重新设置材料和条件。通过结果的比较就可以发现方案的优劣。这一点对于设计者来说尤为重要。



运用参数化工具也可以微调永磁体的长, 宽等尺寸。结合脚本编程功能, 将大大提高电机设计的效率。

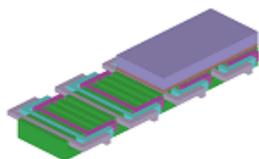
运用参数化工具改变定子齿宽后的计算结果比较

脚本编程

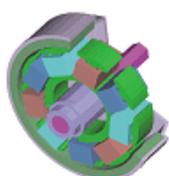
使用JMAG 的Script编程功能可以进一步提高软件操作的简易性与灵活性, 并且可以实现某些特殊的要求, 例如磁滞材料 (多值磁滞特性) 的模拟, 特殊磁化方向 (非同心圆充磁) 的模拟。

- 调用预先编写好的Script程序或者从以往操作历史中调用能极大地提高工作效率。
- 定义变量, 使用循环、条件、转移等功能语句。语法格式与Basic类似。
- 利用Script可以依次进行前处理、过程操作、后处理的计算。
- 可以与参数化分析、自动分析、第三方软件进行嵌入式运算。

电机及电磁设备分析实例



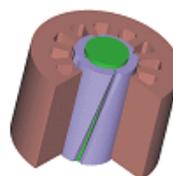
直线电机



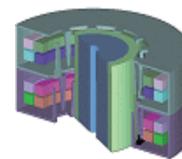
主轴电机



盘式电机



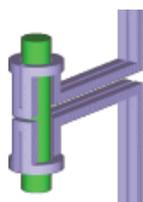
斜极电机



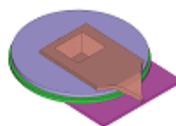
永磁步进电机



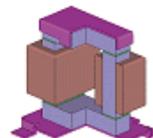
螺线管



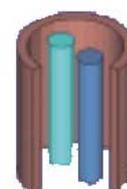
感应加热器



磁头



电抗器



无损探伤检测

| 运行环境: | |
|--|---|
| 操作系统 (OS) | Windows 2000 或者 Windows XP Professional |
| 处理器 (CPU) | Pentium III 1GHz 以上 |
| 内存 (RAM) | 最小512M |
| 硬盘 (Hard Disk) | 最小40GB |
| 其余 (Others) | OpenGL compatible graphic board, 最小65, 536色, 网卡 |
| 运行环境如有变更, 请参考JRI网页, 恕不另行通知。 | |
| 声明: | |
| 此资料所使用的图象及内容, 其著作权皆属株式会社日本总研究所有限公司所有。SolidWorks、SPEED、PSIM、Simulink等分别是美国SolidWorks公司, 英国格拉斯哥大学Speed实验室, 美国Powersim公司, 美国Mathworks公司的注册商标。 | |