

大型风力发电机传动链工装强度测试分析与研究

关武
(新疆维吾尔自治区计量测试研究院 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要：大型风力发电机传动链的装配是整机装配的核心环节，装配效果直接影响到整机的质量。本文基于 ANSYS 软件对大型风力发电机传动链工装进行强度对比计算，得出应力敏感结构部位板厚与其强度的关系，为后续的工装设计优化提供了数据支撑。

关键词：大型风力发电机；电机传动链工装；有限元分析；结构优化

0 引言

大型风力发电机传动链的装配是整机装配的核心环节，装配效果直接影响到整机的质量，对于传动链的支撑需要在一定刚度的基础上尽可能减轻重量。本文基于 ANSYS 软件对大型风力发电机传动链工装进行强度对比计算，对大型风力发电机传动链工装进行结构优化及强度计算，得出应力敏感结构部位板厚与其强度的关系。

1 传动链工装有限元分析

1.1 概述

计算基于线弹性理论，进行结构的静态分析，通过结构离散化，选择位移模式，计算等效结点力，集合所有单元的刚度方程，最终建立整个结构的平衡方程为 $\{F\}=[K]\{\delta\}$ 。式中： $\{F\}$ 是载荷向量； $[K]$ 是整体结构的刚度矩阵； $\{\delta\}$ 是节点位移向量。利用上述方程并引入几何边界条件，解出未知节点位移及等效应力。工装及其装配体 CAD 模型结构见图 1、图 2。

1.2 有限元建模

传动链工装结构为焊接结构，主体由工字钢和板材

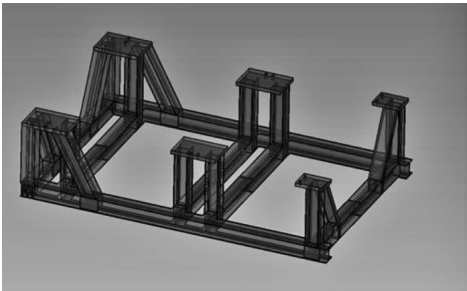


图 1 传动链工装几何模型

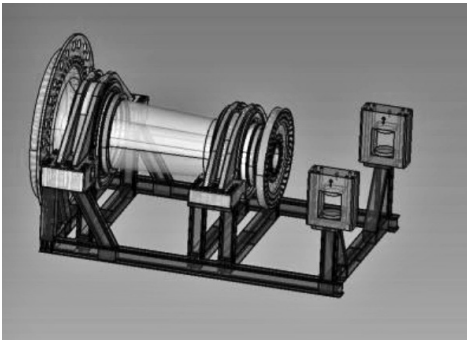


图 2 传动链工装装配几何模型

组成，由于厚度一致性较好，有限元建模时候主要采用 shell281 单元，其他零部件则用实体单元建模，其单元类型见表 1。为了对比厚度对其强度的影响，建立了两种不同厚度的模型，分别为模型 1、模型 2，根据厚度的不同，将板材编号为 1、2、3、4 四组，编号如图 3 所示，模型 1、模型 2 两组单元的厚度的设置如表 2 所示。

表 1 各部件采用的单元类型

部件	单元类型	单元数量
传动链工装	SHELL281	127414
轴承座、弹性支持	SOLID185	156231
过渡连接	Rigid	1

表 2 各部件采用的单元类型

钢板编号	Shell281 单元实常数设置	
	模型 1	模型 2
1	12mm	10mm
2	10mm	8mm
3	15mm	10mm
4	50mm	40mm

1.3 材料属性

传动链工装材料为 Q235E，参考 GB/T1591-2008，材料参数见表 3。

1.4 边界条件与载荷

传动链工装的工装状态分为放置和运输两种状态，由于其运输过程受力情况比放置时候更为复杂，其分析以运输过程进行强度分析。传动链工装约束工装和汽车底板接触部分的 x、y、z 方向位移自由度，约束如图 4 所示。传动链工装的载荷为重力载荷，其总重量 70241.5kg，根据 IEC61400

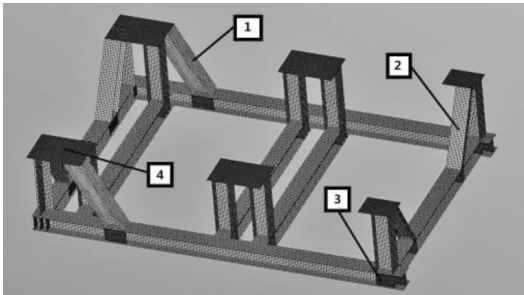


图 3 传动链工装有限元模型

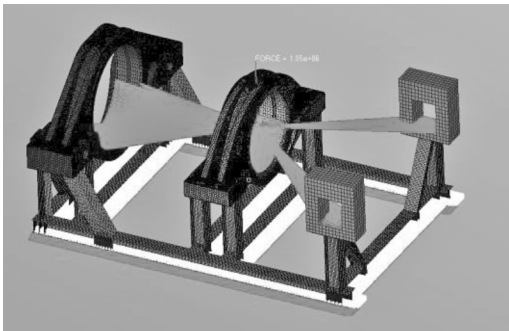


图 4 传动链工装有限元分析模型

表 3 各部件采用的单元类型

项目	杨氏模量	泊松比	屈服极限	轴承座材料	杨氏模量	泊松比	屈服极限
参数	2.1E11N/m ²	0.3	2.35E8N/m ²	QT350	1.69E11N/m ²	0.275	2.00E8N/m ²

规定，运输、吊装取 1.5 重力安全系数，重力加速度 10m/s²，载荷为竖直向下的力 1053622.5N，重心位置如图 5 所示，此外在水平方向考虑其加速度为 2m/s²。

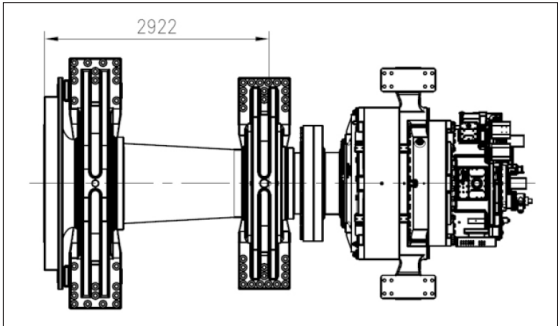


图 5 传动链工装的重心位置

1.5 有限元分析结果

按照 GL 规范，取 1.1 的材料安全系数，工装的许用应力为 213MPa，传动链工装的最大等效应力为 97.1MPa，安全余量为 2.2，有限元分析结果见图 8 和图 7。

2 结论

① 取 1.5 重力安全系数，工装最大等效应力为模型 1：

表 4 极限有限元分析结果

零部件	最大位移 (mm)	最大 Mises 应力 (MPa)	许用应力 (MPa)	安全余量
模型 1	0.0168	95.7	213	2.22
模型 2	0.0191	139	213	1.53

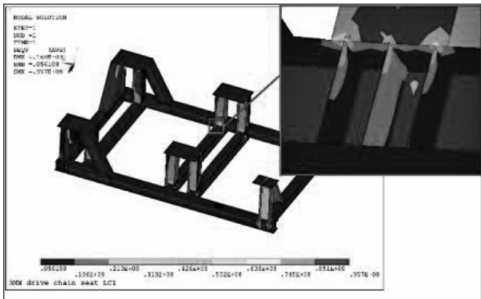


图 6 模型 1 最大等效应力为 95.7MPa

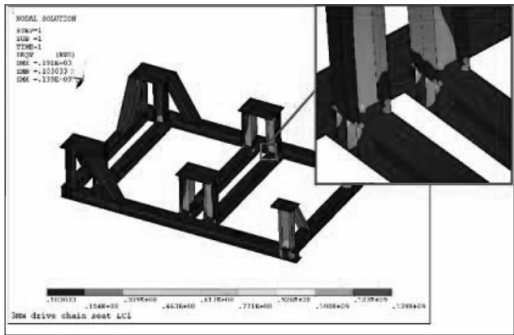


图 7 模型 2 最大等效应力 139MPa

95.7MPa；模型 2：139MPa，最大应力位置为后轴承座支撑结构的辅助肋板处。

②通过对比工况的分析可知，应力偏大的位置基本相同，均为图 6 所示筋板附近，该筋板的厚度与应力的关系如图 8 所示，随着板厚的增加其应力值递减，呈线性关系，除了几处高应力区域，工装架的整体应力较低（<200MPa）。

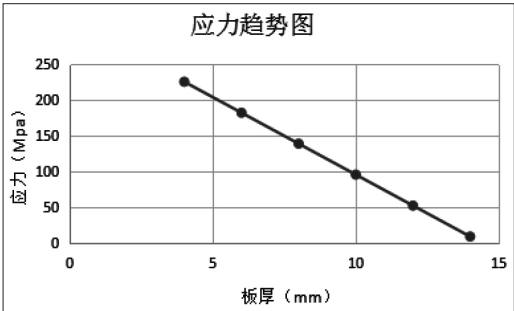


图 8 筋板的厚度与应力的关图

③采用 Shell 单元网格对工装离散化、Rigid 单元来模拟各装配零件网格模型之间的连接，利用 ANSYS 求解器对工装进行了求解分析，得出应力敏感结构部位板厚与其强度的关系，为后续的工装设计优化提供了数据支撑。

参考文献：

[1] 王勖成. 有限单元法 [M]. 北京：清华大学出版社，2003.
[2]GB/T1591-2008, 低合金高强度结构钢 [S].2008.
[3]IEC 61400-13-2015,Wind Turbines-Part 13: Measurement Of Mechanical Loads[S].2015.
[4]Edition.Guideline for the Certification of Offshore[M].Wind Turbines:Edition,2012.
[5] 李戈操. 重箱吊具力学性能有限元分析与研究 [EB/OL]. Altair 2011 HyperWorks 技术大会论文集 ,2011.

作者简介：关武（1984-），男，汉族，甘肃白银人，高级工程师，研究方向：理化计量和能源计量等。