国家标准《风力发电机组用橡胶弹性元件通用技术条件》

编制说明 （征求意见稿）

1. 概述

风能做为一种清洁的可再生能源，在我国的蕴量巨大。受全球气候变化、空气污染、能源变革等因素的影响，风电产业获得了快速发展，技术日趋成熟。目前，我国风电产业已经进入了平稳发展阶段，截止2014年底，中国累计装机达到11476.339万千瓦。伴随着风电产业的发展，风力发电机组整机的质量可靠性也越来越受到各方面的重视。

风力发电机组用橡胶弹性元件通常用于齿轮箱（增速箱）、发电机、控制柜、机舱罩等关键部件的支撑与联接，适用于高频减振及弹性缓冲。机组运行过程中，外界环境恶劣，风况载荷多变，零部件维护成本高昂，对橡胶弹性元件的使用提出了苛刻的要求。至今我国尚无统一的风力发电机组用橡胶弹性元件的产品标准，各单位生产的橡胶弹性元件使用寿命长短不一，测试及验收标准存在差异，因此，为确保产品质量，保证风力发电设备安全，急需制定国家标准《风力发电机组用橡胶弹性元件通用技术条件》。

1. 工作简况

2.1 任务来源

根据国标委综合页（2014）67号“关于下达2014年第一批国家标准制修订计划的通知”的要求，由全国橡标委橡胶杂品分会负责组织《风力发电机组用橡胶弹性元件通用技术条件》国家标准的制定工作（计划项目编号：20140497-T-606），株洲时代新材料科技股份有限公司负责起草。

2.2 协作单位

新疆金风科技股份有限公司、国电联合动力技术有限公司、浙江运达风电股份有限公司、上海电气风电设备有限公司及南车株洲电力机车研究所有限公司。

2.3 主要工作过程

2015年3月，全国橡标委橡胶杂品分会在杭州的工作会议上对《风力发电机组用橡胶弹性元件通用技术条件》标准草案稿进行了逐条讨论，对标准相关内容的调整提出了中肯的意见。会后标准起草小组根据会议意见对标准草案进行了修改及细化，形成了标准征求意见稿。

1. 标准编制原则

本标准是本着积极推进风力发电机组用橡胶弹性元件的发展创新，提升产品的总体质量，力求促进监管客观公正，确保终端用户满意的原则进行编制。

1. 主要内容的确定

4.1 范围

本标准规定了风力发电机组橡胶弹性元件的符号、分类和坐标系定义，产品特性要求，试验方法，检验规则，标志、包装、贮存与运输等。本标准适用于200kW及以上的水平轴风力发电机组齿轮箱、发电机、机舱罩、控制柜等使用的起缓冲、减振作用的橡胶弹性元件。水平轴风力发电机组功率小于200kW的机组及垂直轴风力发电机组用橡胶弹性元件可参照执行。本标准不适用于聚氨酯及密封类橡胶制品。

4.2 符号、分类和坐标系定义

橡胶弹性元件根据在风力发电机组中安装使用位置的不同，分为齿轮箱用弹性元件、发电机用弹性元件、控制柜用弹性元件、机舱罩用弹性元件以及其他弹性元件。

风力发电机组中有叶片坐标系、塔架坐标系及轮毂坐标系，详见JB/T 10300 《风力发电机组 设计要求》。橡胶弹性元件除控制柜用弹性元件外坐标系皆采用轮毂坐标系，便于与各主机厂的技术规格书统一。

经第一次标准工作会讨论确认：1）风力发电机组用橡胶弹性元件主要以垂向及横向承载工况为主，删除本标准中扭转载荷部分的相关内容；2）考虑到不同产品的加载载荷不同，无法界定最小加载载荷*F0*的数值，因此，本标准中删除该符号；3）因橡胶弹性元件多安装于风机机舱内，所以坐标系由轮毂坐标系更改为塔架坐标系，且删除引用标准号。

4.3 供需双方应提供的文件

经第一次标准工作会讨论确认，本部分内容为技术协议或合同中规定，本标准中不对该部份内容进行规定，删除该部分内容。

4.4 运用温度环境

风力发电机组通常运行环境为-30℃～+40℃，生存温度为-40℃～+50℃。目前有主机厂对橡胶弹性元件的温度提出苛刻的要求，低温达到-50℃，而高温达到+70℃。在本标准中，按照通常的运行环境进行规范，如采用更为苛刻的环境要求，由供需双方协商确定。

经第一次标准工作会讨论确认，本部分内容目前尚无相关的试验方法支持，无法得到验证，因此本标准中不对运行温度进行规定，删除该部分内容。

4.5 产品特性要求

4.5.1 尺寸和外观

橡胶尺寸中，删除HG/T 3090标准的引用，并对橡胶弹性元件规定了具体的缺陷要求。

4.5.2 橡胶材料的要求

橡胶材料主要采用综合性能较好的天然橡胶，针对风场运行的环境，及各弹性元件的使用特点，综合分析橡胶材料的指标重点考虑如下：

1）低温脆性及热老化：外界环境温度对橡胶存在影响，在极端温度情况下，橡胶弹性元件不能丧失支撑的功能；

2）压缩永久变形：橡胶弹性元件承受载荷非常大，与其相应的蠕变量也会增加，在设计使用寿命周期内，蠕变量不允许超过一定的限制。因此，胶料材料中的压缩永久变形是一个非常关键的指标；

3）耐磨损性能：橡胶弹性元件在工作状态下，有可能出现橡胶与金属的相互摩擦，因此，耐磨损性能应进行控制；

4）耐臭氧性能：风力发电机组运行时，机舱内有可能会产生臭氧，因此，橡胶的耐臭氧性需进行规范。

橡胶材料部分实测数据参见表1。

4.5.3 金属材料的要求

风机应用环境较为复杂，多应用于高原、高寒、沿海等苛刻环境的地方，外露金属部件需采用可靠的防腐处理，金属的防腐要求应满足技术规范和相关标准要求，根据主机厂技术规格书要求，防腐性能通常应达到GB/T 30790.6 中的C3H级别要求。

4.5.4 产品性能

根据产品的运行工况及载荷特点，对产品的刚度性能、高低温性能、静态蠕变性能、极限性能、热老化性能、疲劳性能要求进行相关规定，并满足相关规范的要求。

1）静态刚度：弹性元件为传动系统的重要组成部分，影响整个风机的可靠性。通常情况下，生产厂家对弹性元件的静态刚度进行检测，作为性能是否合格的判断依据。弹性元件的刚度允许偏差，加严公差为±15%，正常公差为±20%。

2）动态刚度：弹性元件的动态刚度影响传动系统的动态特性，因此，需对该项点进行试验。

3）高低温性能：风力发电机组会经历范围相差很大的温差，而温度的变化对弹性元件的刚度影响较大，因此，需对该项点进行试验。

4）压缩静态蠕变性能：橡胶弹性元件用于齿轮箱和发电机时，不可避免存在蠕变的现象，可能导致齿轮箱及发电机不对中。发电机用弹性元件在*1.5FR*下的静态蠕变量应不超过1mm。

5）极限性能：风力发电机组运行情况复杂，弹性元件要求具有足够的安全余量，以承受极限载荷，在承受极限载荷时，橡胶部分不应出现裂纹，金属部件不应出现塑性变形和裂纹。

6）热老化性能：由于动态承载导致弹性元件内部升温及外界环境的影响，需要评估高温老化对产品性能的影响，热老化后橡胶本体不应出现裂纹，橡胶金属之间不应出现撕裂、脱胶等现象。

7）疲劳性能：该试验用于评估弹性元件的耐疲劳特性，本标准中特别指定疲劳试验后发电机用弹性元件刚度变化率不应超过20%，齿轮箱用弹性元件刚度变化率不超过40%。

4.6 试验方法

4.6.1试验条件

该部分规定了试验设备、试验与硫化之间的时间间隔、环境温度调节及试验环境。经第一次标准工作会讨论确认，调整该部分内容为试验设备和样品调节。其中，1）关于试验与硫化之间的时间间隔是环境调节的必须要求，不需要进行规定；2）不同时间间隔对性能试验结果有影响，但影响应在设计时考虑，不需要在本标准中规定；3）关于特殊温度调节不是通用要求，该部分内容，调整至高低温试验中；4）删除与高低温试验重复的内容。

4.6.2静态刚度

考虑不同行业弹性元件标准中，对静态刚度的取值方法不完全相同，为规范静态刚度测试方法，本标准中规范为预加载卸载连续两次，第三次作为正式加载曲线，正式加载前，停顿时间不少于3min。经第一次标准工作会讨论确认，由于静态刚度性能测试方法篇幅较长，为保证标准结构合理性以及标准使用的便利性，将刚度试验内容作为规范性附录B给出。

4.6.3动态刚度

试验频率、载荷（位移）平均值及振幅根据相关要求而定。如果没有指定试验频率，发电机用弹性元件推荐为发电机额定转速下对应的频率。如果没有指定测试载荷，载荷平均值Favg推荐为额定工作载荷FR、振幅推荐为额定工作载荷FR的±10%、±20%。测试方法分为位移控制、载荷控制和频率控制三种方法。经第一次标准工作会讨论确认，由于动态刚度性能测试方法篇幅较长，为保证标准结构合理性以及标准使用的便利性，将动态刚度试验内容作为规范性附录B给出。因频率控制的测试方法与其它两种方法存在重复的地方，所以删除该测试方法。

4.6.4 高低温性能

参考国内外风机认证规范，橡胶弹性元件至少应完成-20 ℃、23 ℃和50 ℃下的静态刚度性能试验。试验前应按照相应的温度进行环境调节，把被测试样件分别放到高、低温环境箱中，调节时间不应少于24 h，环境箱内部不同位置的温度差应在±2 ℃以内。试验应在高低温箱内完成，同一试样做多种温度条件下的试验时，应从室温到高温，再从室温到低温的顺序进行。经第一次标准工作会讨论确认，因高低温试验不在试验箱中完成，数据差异比较大，失去高低温性能试验的意义。因此，确认高低温试验应在高低温试验箱中完成，删除“发电机用弹性元件”字样。

4.6.5压缩静态蠕变性能

对样件施加静态载荷FC并保持恒定，从0到FC的加载时长不应超过30 s，加载过程中应防止载荷过冲。试验过程中记录样件高度随时间的变化，记录变形从（1.0±0.2） min内开始，在前2h内每隔10 min记录一次，以后每隔2 h记录一次，或采用自动装置连续记录时间—位移曲线。并提供蠕变试验稳定性的判断方法。经第一次标准工作会讨论确认，产品使用寿命周期内的蠕变预测是理论预测，不放置在本标准中。

4.6.6极限性能

对样件连续加载三个循环，载荷范围为零至极限载荷FE，推荐的试验速度按附录B.1.2执行，第三个循环加载极限载荷FE，载荷保持5 min，记录载荷-位移曲线。经第一次标准工作会讨论确认，由于极限性能试验仅进行三个循环，高度变化很小，删除高度变化内容。

4.6.7热老化性能

热空气老化箱应满足GB/T 3512-2001 中第4章试验装置相关要求。热老化性能试验前，测试常温静态刚度。然后将样件放置到(70±2) ℃的环境箱中热老化336 h，检查表面状态。检查完毕后，把样件放置于常温环境内不少于24 h，然后测试热老化后的静态刚度。

4.6.8疲劳性能

试验载荷及循环次数应保持与客户提供的等效疲劳载荷谱一致，允许对疲劳载荷谱进行强化，强化后的次数不应少于2×106次，疲劳试验方案应获得客户的认可。试验时，模拟样件的实际使用工况，对样件施加一定振幅的交变载荷或变形，采用正弦波的振动波形。在试验过程中，当产品表面温度超过40 ℃时，可以进行风冷处理或者降低试验频率。完成规定试验循环次数或产品超过产品技术规范规定的破坏要求后，立即停止试验。样件在常温环境温度（23±2） ℃下恒温时间不少于24 h后，测试常温静态刚度并计算刚度变化率。

4.7 检验规则

本标准中规范了出厂检验及型式检验的相关内容。

4.8 标志、包装、贮存与运输

本标准中规范了产品的标志、包装、贮存与运输相关的要求。

1. 主要技术的内容分析和预期达到的经济效果

本标准中技术参数及指标是根据风力发电机组用橡胶弹性元件的要求，并结合生产使用中的经验、国内外整机认证需求、试验验证结果进行了相应的设定。通过本标准的制定，能够提高风力发电机组用橡胶弹性元件在实施应用过程的有序化程度，并对质量的可靠性及检验手段进行系统规范提升，推动橡胶弹性元件的发展。

1. 重大分歧意见的处理经过和依据

无

1. 标准属性和标准水平

按标准属性和级别划分原则，本标准属性为推荐性国家标准。

本标准所制定的胶料性能指标，产品性能及试验方法、各橡胶弹性元件检测项点等技术要求，均是经过多年的经验积累及试验验证得出，并广泛应用于风电行业中。本标准的制定有利于规范我国风力发电机组用橡胶弹性元件，促进该弹性元件的通用化、规范化和标准化。对指导风力发电机组用橡胶弹性元件的生产制造有非常重大的指导意义。因此，认为本标准达到国内先进水平。

1. 贯彻标准的要求和措施建议

随着我国风力发电行业的稳定发展，技术水平不断提升，各生产厂家及使用单位技术人员对橡胶弹性元件的认识水平也存在一定的差距。因此，要尽快出台本标准，做好标准的宣传工作，让生产厂家及使用单位熟悉本标准，促进并完善风力发电机组用橡胶弹性元件的质量，使其能高标准的应用在风力发电机组上，为产品的可靠应用打下坚实的基础。

**表1 风力发电机组用橡胶弹性元件胶料检测数据汇总**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | | **单位** | **检测数据** | | | | | |
| 1 | 硬度 | | ShoreA | 50 | 53 | 55 | 56 | 57 | 59 |
| 2 | 拉伸强度 | | MPa | 21.5 | 25.6 | 27.5 | 26.4 | 26.7 | 25.3 |
| 3 | 拉断伸长率 | | % | 586 | 542 | 508 | 497 | 482 | 447 |
| 4 | 无割口直角撕裂强度 | | kN/mm | 43.6 | 53.4 | 60.7 | 62.4 | 58.6 | 67.9 |
| 5 | 金属橡胶粘接强度 | | MPa | 7.80 | 9.63 | 11.02 | 10.04 | 10.20 | 10.31 |
| 6 | 低温脆性 | | ℃ | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 |
| 7 | 恒定压缩永久变形（70℃×24h，A型） | | % | 18 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 |
| 8 | 回弹性 | | % | 66 | 64 | 64 | 60 | 59 | 55 |
| 9 | 耐磨损性能，相对体积磨耗量 | | mm3 | 167 | 164 | 163 | 160 | 160 | 156 |
| 10 | 热老化性能（70℃×72h） | 硬度变化 | Shore A | +4 | +3 | +3 | +2 | +3 | +2 |
| 拉伸强度变化率 | % | -3 | -7 | -4 | -8 | -10 | -11 |
| 拉断伸长率变化率 | % | -11 | -9 | -12 | -6 | -7 | -5 |
| 11 | 耐臭氧老化性能（40℃×24h，臭氧浓度50×10-8体积分数，相对湿度≤65%，预伸长20%） | | | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 |

**表1 风力发电机组用橡胶弹性元件胶料检测数据汇总（续）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | | **单位** | **检测数据** | | | | | |
| 1 | 硬度 | | ShoreA | 60 | 62 | 63 | 65 | 67 | 69 |
| 2 | 拉伸强度 | | MPa | 25.3 | 26.1 | 26.4 | 27.9 | 25.2 | 22.9 |
| 3 | 拉断伸长率 | | % | 426 | 413 | 397 | 379 | 371 | 362 |
| 4 | 无割口直角撕裂强度 | | kN/mm | 64.1 | 71.4 | 68.3 | 76.7 | 80.9 | 81.8 |
| 5 | 金属橡胶粘接强度 | | MPa | 10.24 | 11.13 | 10.97 | 10.62 | 9.97 | 10.17 |
| 6 | 低温脆性 | | ℃ | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 |
| 7 | 恒定压缩永久变形（70℃×24h，A型） | | % | 17 | 19 | 19 | 20 | 18 | 21 |
| 8 | 回弹性 | | % | 56 | 53 | 53 | 50 | 49 | 47 |
| 9 | 耐磨损性能，相对体积磨耗量 | | mm3 | 151 | 147 | 144 | 147 | 142 | 143 |
| 10 | 热老化性能（70℃×72h） | 硬度变化 | Shore A | +3 | +4 | +2 | +3 | +3 | +3 |
| 拉伸强度变化率 | % | -4 | -9 | -7 | -11 | -10 | -8 |
| 拉断伸长率变化率 | % | -11 | -7 | -8 | -10 | -11 | -4 |
| 11 | 耐臭氧老化性能（40℃×24h，臭氧浓度50×10-8体积分数，相对湿度≤65%，预伸长20%） | | | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 |

**表1 风力发电机组用橡胶弹性元件胶料检测数据汇总（续）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | | **单位** | **检测数据** | | | | | |
| 1 | 硬度 | | ShoreA | 70 | 71 | 71 | 73 | 75 | 75 |
| 2 | 拉伸强度 | | MPa | 24.3 | 23.0 | 22.4 | 23.4 | 22.3 | 22.9 |
| 3 | 拉断伸长率 | | % | 352 | 327 | 336 | 315 | 261 | 274 |
| 4 | 无割口直角撕裂强度 | | kN/mm | 80.9 | 84.7 | 83.1 | 86.5 | 89.2 | 88.6 |
| 5 | 金属橡胶粘接强度 | | MPa | 10.72 | 9.41 | 8.47 | 8.69 | 9.14 | 9.75 |
| 6 | 低温脆性 | | ℃ | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 | ≤-50 |
| 7 | 恒定压缩永久变形（70℃×24h，A型） | | % | 19 | 21 | 22 | 20 | 22 | 23 |
| 8 | 回弹性 | | % | 48 | 46 | 47 | 45 | 42 | 43 |
| 9 | 耐磨损性能，相对体积磨耗量 | | mm3 | 137 | 140 | 142 | 128 | 149 | 151 |
| 10 | 热老化性能（70℃×72h） | 硬度变化 | Shore A | +4 | +2 | +3 | +1 | +3 | +3 |
| 拉伸强度变化率 | % | -7 | -10 | -12 | -5 | -9 | -10 |
| 拉断伸长率变化率 | % | -6 | -9 | -4 | -14 | -11 | -16 |
| 11 | 耐臭氧老化性能（40℃×24h，臭氧浓度50×10-8体积分数，相对湿度≤65%，预伸长20%） | | | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 | 无龟裂 |