

中国可再生能源学会标准

T/CRESXXXX—2024

风力发电机组 整机一阶调谐质量阻尼器

Wind turbines first-order tuned mass damper

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国可再生能源学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 分类和标记	3
6 技术要求	3
7 试验要求	5
8 检验规则	6
9 标志、包装、贮存和运输	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容有可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由XXXXXX等提出。

本文件由中国可再生能源学会归口。

本文件起草单位：XXXXXXXXXXXXXXXXXX。

本文件起草人：XXXXXXXXXXXXXXXXXX。

本文件在执行过程中的意见建议请反馈至中国可再生能源学会标准化工作办公室。

风力发电机组 整机一阶调谐质量阻尼器

1 范围

本文件规定了风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器的术语和定义、总体要求、分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存和运输等。

本文件适用于风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器的设计、测试、验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装运输图示标志

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 18451.1 风力发电机组 设计要求

GB/T 19960.2 风力发电机组 第2部分：通用试验方法

GB/T 37257 风力发电机组 机组载荷测量

GB 50661 钢结构焊接规范

GB 55006 钢结构通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模态 mode

结构系统的固有振动特性，包含固有频率、阻尼比和模态振型。

3.2

整机一阶模态 first-order mode

整机固有频率最低的两个弯曲模态。

注：包括一阶左右、一阶前后模态。

3.3

调谐质量阻尼器 tuned mass damper (TMD)

通过与风力发电机组主结构形成共振从而吸收和耗散结构振动能量，减小风力发电机组结构振动响应的装置。

3.4

被动调谐质量阻尼器 passive tuned mass damper (PTMD)

不需要外界系统提供能量的调谐质量阻尼器。

3.5

主动调谐质量阻尼器 active tuned mass damper (ATMD)

由被动调谐质量阻尼器和传感器、控制器、作动器等组成，可对主结构外部激励和结构响应进行实时监测、控制的调谐质量阻尼器。

3.6

半主动调谐质量阻尼器 semi-active tuned mass damper (STMD)

以被动控制为基础，根据主结构外部激励和振动响应，利用耗能较少的控制元件来主动调节调谐质量阻尼器本体的参数，从而对被动控制的工作状态进行切换，以减小主结构的振动响应。

3.7

混合调谐质量阻尼器 hybrid tuned mass damper (HTMD)

根据实时监测的主结构外部激励和振动响应,可以在被动调谐质量阻尼器和主动调谐质量阻尼器之间进行状态切换,以取得更好振动控制性能的调谐质量阻尼器。

3.8

工作频率 operating frequency

调谐质量阻尼器参与风力发电机组结构振动的主要频率。

3.9

质量元件 mass unit

调谐质量阻尼器中起到惯性作用的元件。

3.10

刚度元件 stiffness unit

调谐质量阻尼器中起到储存势能作用的元件。

3.11

阻尼元件 damping unit

调谐质量阻尼器中起到耗能作用的元件。

3.12

有效质量 effective mass of tuned mass damper

调谐质量阻尼器中参与振动从而吸收和耗散风电机组振动能量的那一部分质量。

3.13

阻尼系数 damping coefficient

对应工作频率工况,调谐质量阻尼器在单位速度条件下输出的阻尼力。

3.14

阻尼比 damping ratio

指阻尼系数与临界阻尼系数之比。

3.15

附加阻尼比 additional damping ratio

将调谐质量阻尼器减振作用等效为风电机组结构阻尼比,计算或实测得到的调谐质量阻尼器提供给机组的阻尼比增量。

4 总体要求

4.1 设计环境条件

调谐质量阻尼器应满足以下环境条件要求:

- a) 运行温度: $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$;
- b) 生存温度: $-40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$;
- c) 相对湿度 $\leq 95\%$;
- d) 需考虑空气中含有沙尘环境;
- e) 需考虑空气中盐雾颗粒;
- f) 项目场址其它环境条件。

4.2 设计寿命

调谐质量阻尼器设计寿命应满足以下要求:

- a) 用于海上风力发电机组,设计寿命不小于25年;
- b) 用于陆上风力发电机组,设计寿命不小于20年;
- c) 客户对设计寿命的特殊要求。

4.3 安全要求

调谐质量阻尼器的设计应满足以下安全要求:

- a) 安全设计应符合GB/T 18451.1中的规定;
- b) 应采用失效-安全保护方案;

- c) 惯性元件应采用行程限位等安全保护措施;
- d) 运动部件应进行外围防护结构设置;
- e) 安全警示标识应符合相关规定要求。

4.4 监测要求

调谐质量阻尼器的监测内容如下:

- a) 监测阻尼器运行频率, 保证阻尼器频率的匹配性;
- b) 监测整机一阶调谐质量阻尼器的运行状态, 包括加速度、相对位移等;
- c) 监测阻尼器关键部件对应的主要参数状态, 包括磨损率、温升等;
- d) 监测风电机组机舱振动状况;
- e) 监测系统应具有实时自动评估阻尼器性能状态的能力, 并在阻尼器性能异常时报警。

4.5 维护要求

调谐质量阻尼器的维护应满足以下要求:

- a) 产品维护周期应不低于风电机组整机维护周期要求;
- b) 依据产品维护手册对阻尼器及其连接接口进行例行检查与维护;
- c) 检修前, 应进行调谐质量阻尼器的运动约束或锁止;
- d) 检查运动副部件装配关系、磨损情况;
- e) 检查关键连接部件可靠性;
- f) 检查关键部件性能, 包括阻尼元件、刚度元件等。

4.6 外观要求

调谐质量阻尼器外观要求包括:

- a) 产品外观没有明显的毛刺、锈蚀、裂痕等现象;
- b) 产品对应安全标识文字及符号要求清楚、整齐、规范、正确;
- c) 铭牌、标记应完整清晰。

5 技术要求

5.1 设计要求

调谐质量阻尼器的设计应满足以下要求:

- a) 设计工作频率宜选取为风力发电机组整机一阶模态频率的0.9-1.05倍;
- b) 有效质量值宜选取为整机一阶模态质量的0.2%以上;
- c) 产品需具备频率调节功能, 频率调整范围宜为 $\pm 10\%$;
- d) 安装位置宜在机舱内部或塔架顶段;
- e) 与机组的连接结构需进行强度校核和疲劳验算, 并符合GB 55006的规定;
- f) 安装位置宜在机舱内部或塔架顶段, 安装位置宜便于施工、维护和更换;
- g) 调谐质量阻尼器的设计需保证运输工况整个系统的安全。

5.2 性能要求

整机一阶调谐质量阻尼器产品应满足风电机组全部设计工况对应附加阻尼比要求。

5.3 安装要求

调谐质量阻尼器的安装要求如下:

- a) 与整机主体结构连接宜采用螺栓连接或焊接方式;
- b) 当采用螺栓连接方式时, 应对螺栓进行防松;
- c) 当采用焊接方式时, 焊接工艺和质量应符合GB 50661的规定;
- d) 安装过程宜采取措施避免破坏结构防腐, 安装完毕后应对防腐情况检查。

6 分类和标记

6.1 分类

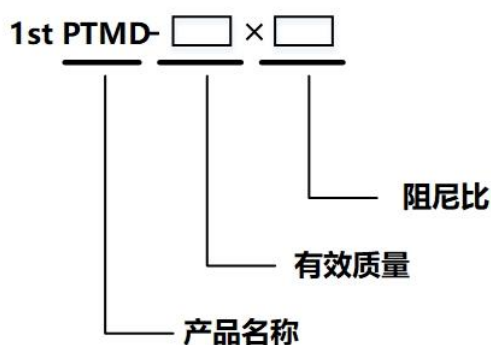
依据整机一阶调谐质量阻尼器工作时是否需要外部能量的输入,可将整机一阶调谐质量阻尼器分为:

- d) 整机一阶被动调谐质量阻尼器;
- e) 整机一阶主动调谐质量阻尼器;
- f) 整机一阶半主动调谐质量阻尼器;
- g) 整机一阶混合调谐质量阻尼器等。

6.2 标记

6.2.1 整机一阶被动调谐质量阻尼器

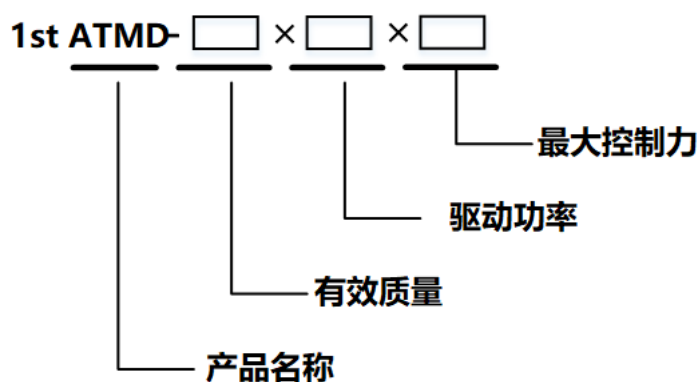
整机一阶被动调谐质量阻尼器标记由产品名称1st PTMD、有效质量 (t)、阻尼比组成。



示例: 整机一阶被动调谐质量阻尼器有效质量10t, 阻尼比0.2, 标记为1st PTMD-10×0.2。

6.2.2 整机一阶主动调谐质量阻尼器

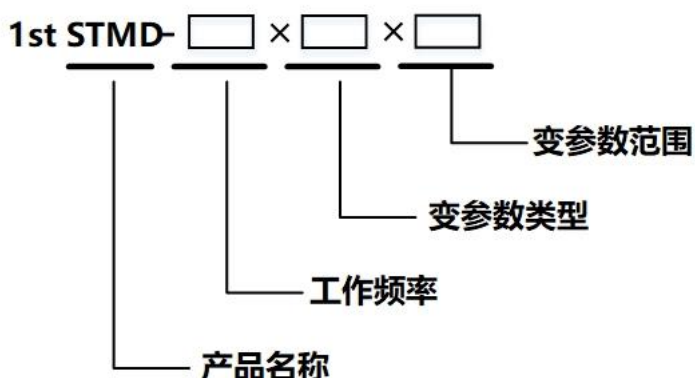
整机一阶主动调谐质量阻尼器标记由产品名称1st ATMD、有效质量 (t)、驱动功率 (kW)、最大控制力 (kN) 组成。



示例: 整机一阶主动调谐质量阻尼器有效质量 3t, 驱动功率 3kW, 最大控制力为 120KN, 标记为 1st ATMD-3×3×120。

6.2.3 整机一阶半主动调谐质量阻尼器

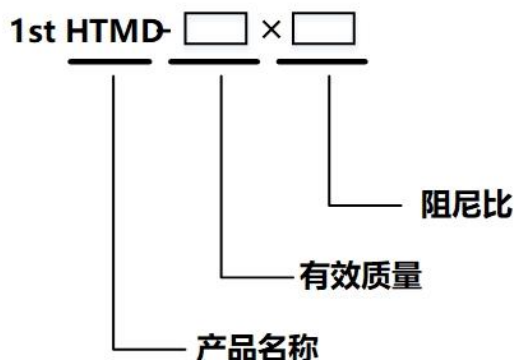
整机一阶半主动调谐质量阻尼器标记由产品名称1st STMD、工作频率(HZ)、变参数类型(有效质量 (t)、刚度 (N/m)、阻尼比)和变参数范围组成。



示例：整机一阶半主动调谐质量阻尼器工作频率 0.2HZ，阻尼可调，对应范围为 0.1~0.25 阻尼比 0.25，标记为 1st STMD-0.2× ξ × (0.1~0.25)。

6.2.4 整机一阶混合调谐质量阻尼器

整机一阶混合调谐质量阻尼器标记由产品名称1st HTMD、有效质量（t）、阻尼比组成。



示例：整机一阶混合调谐质量阻尼器有效质量 7t，阻尼比 0.25，标记为 1st HTMD-7×0.25。

7 试验方法

7.1 试验类别

风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器的试验类别宜包括：

- a) 部件级试验
 - 1) 刚度元件试验；
 - 2) 阻尼元件试验。
- b) 产品级试验：整机一阶调谐质量阻尼器系统的试验；
- c) 整机级试验：风力发电机组的试验。

7.2 试验种类

7.2.1 部件试验

- a) 刚度元件宜获取位移-刚度曲线及疲劳循环次数，依据选取刚度元件类型，应按照供需双方形成的订货技术要求进行相关测试；
- b) 阻尼元件宜获取速度-阻尼系数曲线及阻尼比，应按照供需双方形成的订货技术要求进行相关测试；

7.2.2 产品试验

整机一阶调谐质量阻尼器频率以及阻尼比的测试宜采用自由衰减方法。

7.2.3 整机试验

整机一阶调谐质量阻尼器应进行设计工况开启、关闭状态下机组运动特征状态、关键部位载荷的测试和采集,获取整机一阶调谐质量阻尼器附加阻尼比,应符合GB/T 19960和GB/T 37257中的相关要求。

7.3 试验报告

整机一阶调谐质量阻尼器试验报告包括试验报告编号、试验名称、编制报告单位、试验日期、试验负责人、报告撰写人、校对人员、审核人、批准人等,报告内容宜包括:

- a) 试验类别:整机试验—风力发电机组;产品试验—整机一阶调谐质量阻尼器;部件试验—刚度元件,阻尼元件;
- b) 试验机组:对应整机试验需明确风力发电机组配置以及测试工况;
- c) 试验设备:包括仪器、仪表、装置名称、型号、规格、精度、检验日期等;
- d) 试验目的;
- e) 试验方法;
- f) 试验条件、数据、结果;
- g) 试验结论。

8 检验规则

8.1 检验类别

风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

- 8.2.1 每台产品都应进行出厂检验。一台中有一项性能不符合要求,即为不合格,允许返修后复试,复试一次仍不合格,则为检验不合格。检验合格后,填写检验记录表并且出具合格证方能出厂。
- 8.2.2 风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器零部件技术性能应满足设计要求,并应按照供需双方形成的订货技术要求进行检验。
- 8.2.3 整机一阶调谐质量阻尼器安装前应对每个子系统和零部件先进行单独测试,再进行联合测试检验,检验合格后方可使用。
- 8.2.4 整机一阶调谐质量阻尼器抽样检验数量不应少于阻尼器数量的20%,且不应少于2个;当只有1个时,取1个。
- 8.2.5 当整机一阶调谐质量阻尼器或者主被动混合调谐质量阻尼器等的质量块较大,无法在安装前对振动控制系统整体性能进行检验时,应首先进行系统零部件检验,安装后应对阻尼器整体性能进行现场测试。

8.3 型式试验

- 8.3.1 当有下列情况之一时,应进行型式检验:
 - a) 新产品鉴定时;
 - b) 当质量元件、刚度元件、阻尼元件中的任何一项发生变化并对产品性能产生影响时;
 - c) 正式生产后,结构、材料、工艺有较大改变,对产品性能产生影响时;
 - d) 正式生产时,每两年检验一次;
 - e) 产品停产一年及以上,恢复生产时;
 - f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。
- 8.3.2 进行型式检验的样品,应在经过出厂试验合格的一批中抽样,抽样的数量应不小于2台。

8.4 判定规则

- 8.4.1 整机一阶调谐质量阻尼器的频率和阻尼比应按下列规定进行检测,检测合格率应为100%:
 - a) 整机一阶调谐质量阻尼器的实测频率与设计值的相对误差应小于3%;
 - b) 整机一阶调谐质量阻尼器的实测阻尼比与设计值的相对误差应小于10%;
- 8.4.2 型式检验项目应符合产品的技术要求,全部合格则判定为合格;有一项不合格,则判定该产品不合格。

9 标志、包装、贮存和运输

9.1 标志

整机一阶调谐质量阻尼器的适当位置应有铭牌。铭牌内容包括：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 基本参数；
- d) 出厂编号；
- e) 制造日期；
- f) 制造厂名。

9.2 包装

9.2.1 随同产品供应的技术文件

风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器随同产品供应的技术文件包括：

- a) 装箱清单；
- b) 产品使用维护说明书；
- c) 安装说明书；
- d) 产品质量合格证书；
- e) 出厂检验记录；
- f) 电气原理图；
- g) 电气接线图；
- h) 交货明细表；
- i) 保修卡；
- j) 用户意见调查表。

9.2.2 产品包装

- a) 产品所有发货件应喷涂或系挂相应的发货标志和储运标志。发货标志应符合GB/T 6388的有关规定，储运标志应符合GB/T 191的规定。
- b) 对于重量超过3t或接近3t的货物，需喷涂起吊位置和重心。

9.3 贮存

风力发电机组整机一阶调谐质量阻尼器的贮存条件包括：

- a) 贮存地点避免雨、雪的浸入；
- b) 防止盐雾、危险性气体、腐蚀性液体等的侵蚀；
- c) 防止啮齿动物侵入；
- d) 防止霉菌侵蚀。

9.4 运输

- a) 机械部件与电气部件不应相互挤压，贴近处用隔离层、垫等柔软物将其隔离；
 - b) 运输过程各部件不能有碰撞、位移和晃动；
 - c) 吊装过程应平稳，各部件不应有摔打、撞击和倒置现象；
 - d) 运输过程要防潮、防雨，不允许淋湿。
-