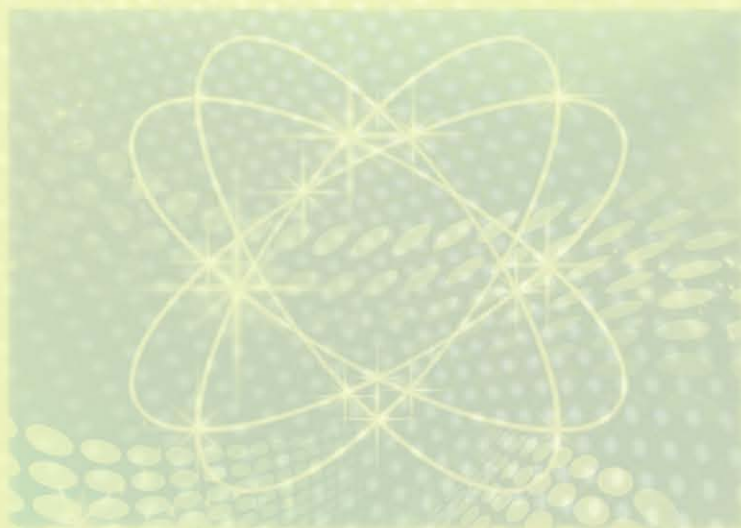


风力发电场风力机监督技术标准





中国华能集团公司
CHINA HUANENG GROUP

中国华能集团公司风力发电场技术监督标准汇编
Q/HN—1— 0000.08.008—2012

技术标准篇



风力发电场风力机技术监督技术标准

2012 - 07 - 01 发布

2012 - 07 - 01 实施



目 次

前言	177
1 范围	178
2 规范性引用文件	178
3 总则	179
4 设计审查监督	179
5 制造监督	190
6 安装监督	200
7 现场调试、试运行、预验收、最终验收	203
8 运行监督	206
9 检修监督	209
附录 A（规范性附录） 定期运行维护项目及要 求	211
附录 B（规范性附录） 风力发电机组振动状态监测	214
附录 C（规范性附录） 风力发电机组日常运行监视项目	215

前 言

本标准是根据风力发电场风力机设计、制造、安装、调试、试运行和验收、运行、检修维护方面的国家和行业技术标准、规范，以及中国华能集团公司风力发电场的管理要求，结合国内外风力发电的新技术、经验编制的。标准规定了中国华能集团公司风力发电场风力机监督的范围、项目、内容及相应的技术要求。

本标准是中国华能集团公司所属风力发电场风力机技术监督工作的主要技术依据，是强制性企业标准。

本标准由中国华能集团公司安全监督与生产部提出。

本标准由中国华能集团公司安全监督与生产部归口并解释。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、华能新能源股份有限公司、上海电气风电设备有限公司、东方汽轮机有限公司、华锐风电科技（集团）股份有限公司。

本标准主要起草人：刘丽春、屠劲林、张国军、牛振鸣、赵大文、刘麒祥、周游。

本标准审定：中国华能集团公司技术工作管理委员会。

本标准批准人：胡式海。

风力发电场风力机监督技术标准

1 范围

本标准规定了中国华能集团公司（以下简称“集团公司”）所属风力发电场风力机监督相关的技术标准内容。

本标准适用于集团公司风力发电场的单机容量 1.5MW 及以上水平轴风力机技术监督，1.5MW 容量以下机组参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 6404.2 齿轮装置的验收规范 第 2 部分：验收试验中齿轮装置机械振动的测定

GB/T 18451.1 风力发电机组 设计要求

GB/T 19069 风力发电机组 控制器 技术条件

GB/T 19072 风力发电机组 塔架

GB/T 19073 风力发电机组 齿轮箱

GB/T 19568 风力发电机组装配和安装规范

GB/T 19960.1 风力发电机组第 1 部分：通用技术条件

GB/T 19963 风电场接入电力系统技术规定

GB/T 20319 风力发电机组 验收规范

GB/T 23479.1 风力发电机组 双馈异步发电机 第 1 部分 技术条件

GB/T 25383 风力发电机组 风轮叶片

GB/T 25385 风力发电机组运行及维护要求

GB 25389.1 风力发电机组 低速永磁同步发电机 第 1 部分 技术条件

GB/Z 25427 风力发电机组 雷电防护

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50026 工程测量规范

DL/T 586 电力设备监造技术导则

DL/T 666 风力发电场运行规程

DL/T 797 风力发电场检修规程

DL/T 5191 风力发电场项目建设工程验收规范

DL/T 5383 风力发电场设计技术规范

FD 003 风电机组地基基础设计规定（试行）

JB/T 10300 风力发电机组 设计要求

JB/T 10425.1 风力发电机组 偏航系统 第 1 部分：技术条件
 JB/T 10425.2 风力发电机组 偏航系统 第 2 部分：试验方法
 JB/T 10426.1 风力发电机组 制动系统 第 1 部分：技术条件
 JB/T 10427 风力发电机组一般液压系统
 NB/T 31004 风力发电机组振动状态监测导则
 NB/T 31012 永磁风力发电机制造技术规范
 NB/T 31013 双馈风力发电机制造技术规范
 NB/T 31017 双馈风力发电机组主控制系统技术规范
 NB/T 31018 风力发电机组电动变桨控制系统技术规范
 中国华能集团公司 风电场工程设计导则
 中国华能集团公司 风电场安全性评价标准
 中国华能集团公司 风电工程设备监理大纲

3 总则

- 3.1 风力机技术监督包括风力发电机组风轮叶片、轮毂、机舱、塔架、基础、发电机、传动系统、控制系统、液压系统、制动系统、变桨系统、偏航系统等系统及设备的监督工作。
- 3.2 风力机技术监督应对设计、制造、安装、调试、试运行及运行、检修、技术改造的全过程进行监督和管理。

4 设计审查监督

4.1 总则

在规定外部条件、设计工况和载荷情况下，应保证风力发电机组在其设计使用寿命期内安全正常地工作。设计寿命应至少 20 年。风力发电机组设计审查监督依据 GB/T 25383、GB/T 19072、GB/T 19073、DL/T 5383、NB/T 31018、JB/T 10300、JB/T 10426.1 JB/T 10425.1 等技术标准及《中国华能集团公司风电场工程设计导则》，主要对以下内容进行监督。

4.2 叶片

4.2.1 气动设计

叶片气动设计是整个风力发电机组设计的基础，推荐根据使用地区的风资源特点，进行优化分析。

4.2.2 结构设计

4.2.2.1 叶片结构设计应考虑实际运行环境条件的影响，在规定的运行环境条件和设计寿命期内，叶片应具有足够的强度和刚度。设计时应充分考虑盐雾、冰冻、雷电、沙尘、辐射、湿度等对叶片的影响，同时应考虑叶片噪声对当地居民的安全和环境产生的不利影响。叶片雷电防护系统按照 GB/Z 25427 标准要求进行设计。

4.2.2.2 叶片的设计安全系数应大于等于 1.15。

4.2.2.3 当采用动态或气弹的方式进行叶片变形计算时，叶片在所有运行工况下的最小间隙应不小于叶片在自由状态下与机组其他零部件间隙的 30%。

4.2.2.4 叶片的固有频率应与风轮的激振频率错开，避免发生共振。

4.2.2.5 为避免叶片中的冷凝水积聚，叶尖应设计有排水孔，排水孔大小和位置应满足使用

要求。

4.2.3 公差要求

叶片长度公差、弦长公差、扭角公差、翼型公差、表面粗糙度、叶片成套重量互差、叶片成套静距互差设计应符合 GB/T 25383 中 6.3 规定。

4.2.4 材料要求

4.2.4.1 总则

- a) 叶片所用材料应满足设计使用要求，材料的性能指标和化学成分应符合现行有效标准或其他有关技术规范要求；
- b) 材料供应商应提供材料的合格证、材料数据单、检验单、安全数据单和使用说明书；
- c) 主要材料和用于重要零部件的材料进厂后应进行性能复检，试验类型和范围按技术文件和质量管理体系相关规定进行。

4.2.4.2 纤维增强塑料

- a) 树脂。
 - 1) 复合材料叶片所用的基体树脂根据其化学性质不同分为环氧树脂、不饱和聚酯树脂、乙烯基树脂等；
 - 2) 基体树脂在固化状态下有好的防潮性和高的防老化性能，能够满足叶片在不同地点运行所承受的温度变化、紫外线老化、海水环境腐蚀等要求和足够的抗水解能力。
- b) 增强材料。
 - 1) 复合材料叶片常用的增强材料有玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维和其他有机或无机材料纤维及其制品；
 - 2) 纤维表面应有浸润剂，纤维表面浸润剂的种类应与基体树脂匹配。
- c) 夹芯材料。
 - 1) 闭孔结构的硬质泡沫塑料可作为夹层板的芯材，应能与所选用的基体树脂和胶黏剂匹配；
 - 2) 夹芯材料应具有防老化、防海洋环境腐蚀和工业环境影响的能力及低吸水性；
 - 3) 用作芯材的木材应进行防腐和杀虫处理，并进行消毒、均化和烘干，其平均水分含量不大于 12%。
- d) 胶粘剂。
 - 1) 纤维增强塑料间或与其他材料间的黏接，应使用无溶剂的胶粘剂，应使用双组分反应型胶粘剂。如果可能，应使用与产品相同性质的树脂。
 - 2) 层合板只能在固化状态下相互黏接。使用热固性胶黏剂时胶黏剂的放热峰值不能超过层合板的许用温度值。
 - 3) 胶黏剂应具有良好的抗潮湿和抗老化能力。温度对其强度的影响应尽量小，应能在 60℃ 以上的环境温度中长期使用。
- e) 预浸料。

预浸料应满足制造组件的要求并适于保存。
- f) 外部涂层。
 - 1) 外部涂层应具有较好的防紫外线老化性能、抗海洋环境腐蚀性能，并具有良好

- 的附着力、耐磨性、高弹性和低吸水性；
- 2) 油漆和胶衣都可用于叶片表面防护的外部涂层；
- 3) 填加的颜料应不受气候的影响，可由无机或光照不褪色的有机染料组成；
- 4) 当使用胶衣时应验证其与基体树脂的匹配性。
- g) 纤维增强塑料层合板试验方法。

纤维增强塑料性能的测试方法推荐按照 GB/T 25383 中 7.2.7 所列标准进行，测试试件个数最少 6 个。

4.2.4.3 金属材料

- a) 应根据具体使用要求选择适当的金属材料。
- b) 应采用适当的方法控制和排除金属材料的制造缺陷；同时，应采用适当的表面处理和热处理工艺提高金属材料的使用性能和耐环境能力。
- c) 金属材料性能、化学成分应符合国家标准或其他有关技术条件。

4.3 齿轮箱

齿轮箱设计依据 GB 19073。

4.3.1 齿轮箱通用技术要求

4.3.1.1 旋向

除有特殊要求外，宜选择顺时针方向，即面对低速轴输入端看，低速轴的旋向为右旋。

4.3.1.2 机械效率

在额定工况下，对于三级平行轴或一级行星+两级平行轴齿轮传动的齿轮箱，机械效率应不小于 97%。

4.3.1.3 环境温度

齿轮箱工作环境温度为 $-30^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，生存环境温度范围不超过 $-40^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 。

4.3.1.4 工作温度

齿轮箱油池最高温度不得高于 85°C 。在连续运转时轴承外圈温度不得超过 95°C 。当轴承外圈温度连续 1h 运转超过 105°C 达 10min，或油池温度在 1h 连续运行中超过 85°C 达 10min，则应停机检查。

4.3.1.5 噪声

齿轮箱应运转平稳，不允许出现异常响声。按照 GB/T 6404.1 的规定测定齿轮箱的噪声，额定功率 1MW 以下的齿轮箱应不大于 90dB (A)，额定功率大于或等于 1MW 的齿轮箱应不大于 100dB (A)。

4.3.1.6 机械振动

- a) 在齿轮箱工作转速范围内，传动轮系、轴系应不发生共振。
- b) 在试验台架上齿轮箱在额定功率下运转时，按照 GB 6404.2 的规定测定齿轮箱的机械振动，频率在 0Hz~200Hz 范围内，齿轮箱连接面（弹性支撑处）的最大振动速度不应超过 1.5mm/s；更高频率时不应超过 0.8mm/s。

4.3.1.7 齿轮箱雷电防护

齿轮箱设计中的雷电防护应依据 GB/Z 25427。

4.3.2 齿轮箱主要零件的设计

齿轮箱的设计应结构简单，易加工且便于使用和维护。

4.3.2.1 齿轮箱的重要零部件，如齿轮、轴、键、花键、轴承、箱体以及紧固件，应能承受风力发电机组的极限负荷而不会产生永久变形，并且能满足预定寿命要求。供需双方应依据主机的实际需要进行协商，确定相关零件的几何尺寸和强度计算标准。

4.3.2.2 齿轮箱的全部外露表面应做防护处理，机械加工表面以外应涂防护漆，涂层应薄厚均匀，表面平整、光滑、颜色均匀一致。对油漆的防腐要求和颜色由供需双方在技术协议中规定。

4.3.2.3 齿轮箱输入、输出轴与壳体之间应具有良好的动密封性，不应有渗、漏现象，并能避免水分、尘埃及其他杂质进入箱体内部。齿轮箱内腔各构件的连接面必须密封，连接必须可靠，确保风力发电机组在各种环境及运行条件下不因连接件松动而导致漏油。

4.3.2.4 齿轮箱上应设有观察窗口、内窥镜检查孔、油标和油位监控及报警装置、油压表和油压报警装置、空气滤清器、透气塞、带磁性垫的放油螺塞（放油阀）以及起重用吊耳等。

4.3.2.5 齿轮箱应装有润滑和加热/冷却装置，且应提供相应装置，包括：润滑油泵，冷却器，加热器（视环境温度定），滤油器，监视齿轮箱油位、齿轮箱油温、齿轮箱油压、齿轮箱润滑油过滤器前后压差等变化的传感器，用于维护的加油口、放油口、通气口、油位观察窗等装置及用于检查轮齿的活动口盖等。在齿轮箱具有循环润滑系统的情况下，应在散热器后和进入齿轮箱前设置润滑油温度和压力监控装置。在油池和重要轴承的外圈应设置温度传感器。

4.3.2.6 齿轮箱应具有良好的润滑条件，采用飞溅润滑或强制润滑方式。采用飞溅润滑时，油池油位高度至少浸满低位齿轮的两倍全齿高。采用强制润滑时应配置必要的电动或机动泵站、配油器、滤油器等装置，润滑油供油装置可设置在齿轮箱上，也可以利用风力发电机组配备的主油站供油。

4.4 主轴

4.4.1 主轴应能承受所规定的极限限制状态载荷，包括静载荷和动载荷。所有转动部件在其工作转速范围内，传动轮系、轴系应不发生共振产生过大的振动。

4.4.2 主轴必须装配牢固、拆卸方便，并避免装配中应力过于集中。

4.4.3 主轴材料应具有强度、塑性、韧性三方面较好的综合力学性能。

4.4.4 风力发电机组主轴轴承设计时应考虑防雷电保护措施，设计依据 GB/Z 25427。

4.5 塔架

塔架的设计主要依据 GB/T 19072。

4.5.1 设计原则

- a) 塔架应在全部设计载荷情况下，稳定、安全地支撑风轮和机舱（包括发电机和传动系统等部件）；
- b) 塔架应具有足够的强度，承受作用在风轮、机舱和塔架上的静载荷和动载荷，满足风力发电机组的设计寿命；
- c) 应通过计算分析或试验确定塔架（在整机状态下）的固有频率和阻尼特性，并进行共振计算分析，使其固有频率避开风轮旋转频率及叶片通过频率；
- d) 应根据安全等级确定载荷局部安全系数及按构件失效后果选取重要性局部安全系数；
- e) 通过塔架设计、材料选择和防护措施减少外部条件对塔架安全性和完整性的影响；
- f) 塔架设计应考虑防雷接地要求。

4.5.2 设计条件

- a) 应给出以下设计条件：
 - 1) 设计载荷；
 - 2) 使用寿命；
 - 3) 环境条件；
 - 4) 工作温度。
- b) 应给出塔架的下列数据：
 - 1) 塔架分段；
 - 2) 塔架顶部直径、顶部法兰上的螺栓孔分布和尺寸；
 - 3) 塔架底部直径的确定需考虑塔架的强度和经济性以及运输等条件；
 - 4) 门框的尺寸要求。

4.5.3 设计要求

4.5.3.1 塔架计算分析

塔架静强度分析、疲劳分析、固有特性分析、涡激振动分析等所有计算应以设计条件为基础。

- a) 塔架静强度分析应符合 GB/T 18451.1 的规定；
- b) 塔架的固有特性分析应符合 GB/T 19072 中 5.1.2.2 的规定；
- c) 塔架的疲劳分析应符合 GB/T 18451.1 的规定；
- d) 塔架的涡激振动分析应考虑塔架安装或维修时可能产生的涡激振动对塔架的影响，并进行计算分析。

4.5.3.2 法兰与螺栓强度分析

- a) 法兰极限强度分析应符合 GB/T 19072 中 5.2.1 的规定；
- b) 法兰连接螺栓极限强度和疲劳强度分析应符合 GB/T 19072 中 5.2.2 的规定。

4.5.3.3 塔架门框开口强度分析

塔架门框开口强度分析应符合 GB/T 19072 中 5.3 的规定。

4.5.3.4 塔架内部部件

塔架内部部件的设计和安装应满足使操作人员能够安全地进行安装、维修和进入机舱。塔架内部应设有：

- a) 必要的防坠落装置等安全保护设施；
- b) 导电轨及电缆固定设施；
- c) 梯、栏；
- d) 安全平台；
- e) 照明及电气设备安装附件；
- f) 门；
- g) 必要时应设有助爬器、提升机、电梯等。

附件尽量设计成多功能，减少附件安装支耳与筒体的焊接。

4.6 轮毂

4.6.1 设计要求

- a) 轮毂材料可选用铸铁，宜选用球墨铸铁，也可选用 HT250 以上的普通铸铁或其他具



有等效力学性能的材料（如铸钢等）；

- b) 叶片与轮毂必须采用高强度的螺栓连接，并有防止松动的措施。

4.6.2 设计载荷

轮毂的设计载荷应考虑叶片可能承受的最大离心载荷、气动载荷、惯性载荷、重力等，对于焊缝还要考虑风轮的交变应力。

4.6.3 强度计算

必须按叶片可能承受的最大离心载荷和其他载荷对轮毂钢板进行静强度计算，且对其焊缝进行疲劳强度计算，其强度计算方法按有关规定。

4.7 发电机

4.7.1 总则

应按照风电场整体规划设计来选用发电机的型式。双馈异步发电机的设计选型主要应依据 GB/T 23479.1、NB/T 31013。低速永磁同步发电机的设计选型主要应依据 GB 25389.1、NB/T 31012。

4.7.2 双馈异步发电机

4.7.2.1 运行条件

- a) 现场运行条件。
- 1) 海拔不超过 1000m。
 - 2) 最高环境空气温度，不超过 +40℃。
 - 3) 如发电机指定海拔超过 1000m 或最高环境空气温度高于或低于 40℃ 的条件下使用时，应按 GB 755 的规定执行。
 - 4) 最低环境空气温度：当采用滚动轴承时为 -15℃，当采用滑动轴承时为 0℃，当以水作为初级或次级冷却介质时为 0℃。
 - 5) 冷却器水温：对于 SKYFKS 系列发电机，冷却器入口处冷却水温不能高于 +25℃，也不能低于 +5℃。
 - 6) 空气相对湿度：最湿月的月平均最高相对湿度为 90%，同时该月月平均最低温度不高于 +25℃。
- b) 电气运行条件。
- 1) 在额定电压允差为 ±10% 或额定频率允差为 ±2% 的电网供电条件下，发电机应能正常工作。
 - 2) 变频器供电时尖峰电压 V_{PEAK} 及电压变化率 dv/dt 在下列极限以内

$$V_{PEAK} \leq 3U_N$$

$$dv/dt \leq 1500\Delta/\mu s$$

注：当发电机需要在超出上述一个或多个限值条件下运行时，其特殊要求可以由用户和制造厂协商。

4.7.2.2 一般性能

- a) 发电机的一般性能应符合 GB/T 23479.1 中 6.2.2~6.2.4 的规定；
- b) 电机金属电镀件和化学处理件的外观应不低于 JB/T 4159 中三级要求；
- c) 发电机表面油漆外观和附着力应不低于 GB/T 12351 中二级要求；
- d) 发电机中塑料零部件的外观应不低于 JB/T 4159 中三级要求。

4.7.2.3 超速

发电机在空载情况下，应能承受提高转速至其最大工作转速的 1.2 倍，历时 2min 而不发生有害变形。

4.7.2.4 振动

发电机在试验台上作空载运行，在整个工作转速范围内均应运转平稳。在额定转速运行时，其振动速度、加速度、位移的限值应不大于 GB 10068 的规定。

注：振动试验时电机如需要柔性安装，与用户协商确定。

4.7.2.5 发电机轴承处应设计有润滑脂收集装置

4.7.3 低速永磁同步发电机

4.7.3.1 使用条件

- a) 海拔不超过 1000m。
- b) 最高环境空气温度不超过 40℃，最低环境空气温度不低于-30℃。

注：如发电机在海拔超过 1000m 或环境空气温度高于 40℃ 的条件下使用时，应按 GB 755 规定执行。

- c) 运行地点最湿月月平均最高相对湿度为 90%，同时该月月平均最低温度不超过 25℃。
- d) 对特殊要求由用户与制造商协商确定。

4.7.3.2 轴承温度

永磁风力发电机在额定工况下，其轴承最高温度（采用埋置检温计法测量）应不超过下列数值：对于滚动轴承为 90℃；对于滑动轴承瓦温为 80℃。

4.7.3.3 振动

永磁风力发电机的振动限值应符合 GB 10068 的规定。

4.7.3.4 超速

永磁风力发电机在设计上应能承受 1.2 倍最高转速的运行，而不发生损坏或有害变形。

4.8 其他

4.8.1 液压系统

4.8.1.1 液压系统设计应符合 JB/T 10427 的要求。液压系统设计时应考虑合适的组件（泵、管路、阀门、驱动器、蓄能器）尺寸，以保证停机、自检、启动、并网运行、制动过程中其所需的时间响应、速度响应和作用力，满足液压系统动作及时、准确的要求。

4.8.1.2 液压缸（如风轮制动机构、叶片变桨机构）仅在具有压力时才能实现其安全功能，液压系统应设计成在动力供给失效后能使机组保持在安全状态的时间不少于 5 天。液压缸设计时，应对其行程、负载和装配条件充分考虑，以防活塞杆在外伸时产生不正常的弯曲而导致卡涩和失灵。

4.8.1.3 液压系统和润滑油系统设计应严密，避免液压油和润滑油渗漏。应设计有液压油位、油温与油压的测点。

4.8.1.4 液压系统运行过程应无异常响声。

4.8.2 主控制系统

4.8.2.1 风力发电机组控制系统的控制和保护功能应符合 GB/T 19069 及 GB/T 18451.1 的要求。

4.8.2.2 在自检、启动、软切入、电启动、并网运行、停机、维修状态时，控制系统的指令应能准确、有效、及时地发出。

4.8.2.3 控制系统应能自动、手动调整风轮的方位。

4.8.2.4 在故障情况下，控制系统应能及时保护停机并显示相应的故障类型及参数。主要保护功能见 GB/T 19069 表 1。

4.8.2.5 控制系统控制柜设计应满足塔筒、机舱内的安装维护要求，并有相应的减振措施。

4.8.2.6 主控系统能采集或生成下述数据信息，主控系统人机界面或中央监控系统能够显示、浏览下列数据：

- a) 风速、风向、风轮转速、发电机转速、机舱位置、扭缆角度、桨距角；
- b) 机组当前状态（待机、并网、停机等）；
- c) 液压系统压力、机舱振动、机舱温度、发电机温度、齿轮箱油温度等；
- d) 三相电压、三相电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率、发电量等。

4.8.2.7 电气和控制系统的雷电防护设计依据 GB/Z 25427 等相关技术标准。

4.8.3 偏航系统

4.8.3.1 偏航系统应符合 JB/T 10425.1 和 GB/T 18451.1 的相关设计规定，且应采用失效安全设计。

4.8.3.2 并网型风力发电机组宜采用主动偏航系统。并网型风力发电机组的偏航系统应采用齿轮驱动形式。齿轮驱动形式的偏航系统应由偏航轴承、偏航齿轮及减速装置和驱动电动机（或液压马达）及偏航制动器组成。机舱偏航由驱动电动机或液压马达驱动，驱动力由偏航轴承传至塔体。

4.8.3.3 偏航系统应设有自动解缆和扭缆保护装置。对重要控制功能，如电缆扭绞检测和解缆等，为保证安全应采用冗余设计。

4.8.3.4 偏航系统必须设置有润滑装置，以保证驱动齿轮和偏航环形圈的润滑。应设有适当的集油装置，以收集从偏航齿轮和机舱轴承处及主齿轮箱处泄漏的润滑油。

4.8.3.5 偏航阻尼力矩应设计合理，以保证偏航平稳、定位准确。

4.8.4 变桨系统

4.8.4.1 变桨系统设计依据 NB/T 31018 规定，应具备同步变桨功能（自动变桨功能和远程手动变桨功能）。

4.8.4.2 变桨系统在电网掉电、通信故障、安全链断开等情况下应能自动完成安全顺桨。

4.8.4.3 变桨系统的机械性能要求

- a) 系统应能承受 GB/T 11287 中规定的严酷等级为 I 级的振动响应试验；
- b) 系统应能承受 GB/T 11287 中规定的严酷等级为 I 级的振动耐久试验；
- c) 系统应能承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 I 级的冲击响应试验；
- d) 系统应能承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 I 级的冲击耐久试验；
- e) 系统应能承受 GB/T 14537 中规定的严酷等级为 I 级的碰撞试验。

4.8.5 制动系统

4.8.5.1 本部分适用于由空气制动装置联合传动系统中机械制动装置组成的制动系统，以及由传动系统中低速轴机械制动装置联合高速轴机械制动装置组成的制动系统。

制动系统设计依据 JB/T 10426.1。

4.8.5.2 制动系统组成形式。

- a) 对定桨距风力发电机组，制动系统一般采用下列形式之一：

- 1) 叶尖制动联合传动系统中的高速轴机械制动;
- 2) 传动系统中的低速轴机械制动联合高速轴机械制动;
- 3) 叶尖制动联合传动系统中的低速轴机械制动。

注: 推荐采用 1) 类形式。

- b) 对变桨距风力发电机组, 制动系统一般采用下列形式之一:
 - 1) 顺桨制动联合传动系统中的高速轴机械制动;
 - 2) 顺桨制动联合传动系统中的低速轴机械制动。

注: 推荐采用 1) 类形式。

4.8.5.3 制动系统性能要求。

制动系统设计时应重点提出以下性能要求:

- a) 控制系统应具有实效保护功能, 当出现重大故障或驱动机构的能源装置失效时, 制动系统能够使风力发电机组处于安全制动状态。
- b) 制动系统应采用冗余控制方式, 至少应设计有制动系统的正常控制逻辑和安全控制逻辑, 并应规定各种控制逻辑的触发条件。
- c) 制动系统应设定工作方式类型, 至少应设计有正常制动方式和紧急制动方式, 并应规定各种工作方式下制动装置的投入顺序。
- d) 制动系统应适应操作模式选择, 风力发电机组一般设有人工操作模式和自动控制模式, 并可根据需要随时切换操作模式。
- e) 在任何条件下不能同时起动不同的工作方式, 一个制动过程在同一时刻只能采用多种工作方式中一种特定的工作方式。
- f) 解缆状态下不应解除制动状态, 应在解缆状态结束并且相关的条件满足后方可解除制动状态; 在制动状态下方可进入解缆过程。
- g) 在风力发电机组正常偏航状态下, 满足条件时应可进入制动状态, 在风力发电机组制动状态下, 满足条件时应可进入偏航状态。
- h) 制动系统的额定静态制动力矩应大于风力发电机组的所需最小静态制动力矩, 所需最小静态制动力矩应以极限工况为准。
- i) 在制动系统具有多个摩擦副的情况下, 同一级制动装置各个摩擦副之间的最大静态制动力矩的差值不应大于 10%。
- j) 制动系统的额定动态制动力矩应大于风力发电机组的所需最小动态制动力矩并小于风力发电机组最大许用制动力矩。
- k) 在制动系统具有多个摩擦副的情况下, 同一级制动装置各个摩擦副之间的动态制动力矩差值不应大于 5%。
- l) 制动系统的制动力矩在正常工作方式下宜采用柔性加载方式, 也可采用半刚性或阶梯形加载方式。
- m) 气动制动(叶尖制动或顺桨制动)联合机械制动的制动系统, 气动制动装置应作为风力发电机组的一级制动装置, 机械制动装置作为二级制动装置。
- n) 低速轴机械制动联合高速轴机械制动的制动系统, 低速轴机械制动装置应作为一级制动装置, 高速轴机械制动装置作为二级制动装置。
- o) 制动系统应符合 GB/T 18451.1 的相关条款的规定。



4.8.5.4 制动系统设计要求。

- a) 制动系统的总体设计应符合 JB/T 10300 相关条款的规定。
- b) 制动系统的设计性能指标应根据系统的组成按相关标准进行计算并验证。
- c) 制动系统零部件的设计应符合制动系统的设计要求和使用条件，并符合相关标准。
- d) 制动系统的设计或选型应以风力发电机组的下列参数为依据：
 - 1) 设计环境温度；
 - 2) 运行环境湿度；
 - 3) 额定机械功率；
 - 4) 风轮转速；
 - 5) 制动盘转速；
 - 6) 制动盘最大转速；
 - 7) 制动盘的规格尺寸及材料要求；
 - 8) 所需最小动态制动力矩；
 - 9) 所需最小静态制动力矩；
 - 10) 许用最大动态制动力矩；
 - 11) 正常停机制动时间；
 - 12) 紧急停机制动时间；
 - 13) 超速停机制动时间；
 - 14) 制动器最大响应时间；
 - 15) 风轮及传动系统、发电机转子的转动惯量；
 - 16) 装配空间限制条件及装配尺寸要求；
 - 17) 驱动装置的形式及接口要求。

4.8.5.5 制动装置结构形式。

- a) 制动装置一般采用气动制动装置和机械制动装置。
- b) 气动制动装置分为叶尖制动装置和叶片顺桨制动装置。
- c) 机械制动装置宜采用钳盘式制动装置，并应具有力矩调整、间隙补偿、随位和退距均等功能。

4.8.5.6 制动装置性能要求。

- a) 制动装置可根据需要进行选型设计，并应符合相关的技术标准。
- b) 制动装置的制动性能指标应满足风力发电机组的设计要求。
- c) 制动装置的零部件应具有足够的强度和刚度。
- d) 制动装置应具有失效保护功能。
- e) 钳盘式机械制动装置的制动钳数量一般不应少于两个，以确保制动的安全可靠。
- f) 机械制动装置的额定静态制动力矩应根据系统额定静态制动力矩和设计结构确定。
- g) 机械制动装置的额定动态制动力矩应根据系统额定动态制动力矩和设计结构确定。
- h) 机械制动装置应允许将制动力矩调整至（0.7~1）倍的额定值范围内使用。
- i) 机械制动装置的响应时间应不大于 0.2s。
- j) 摩擦副应进行热平衡计算，给出连续两次制动的最小时间间隔，并满足风力发电机组的各种设计工况。

- k) 对电磁驱动的机械制动装置, 在 50% 的弹簧工作力和额定电压的条件下, 按驱动装置的额定操作频率操作, 应能灵活地闭合; 在额定制动力矩时的弹簧力和 85% 的额定电压下操作, 制动装置应能灵活地释放。
- l) 对液压驱动的机械制动装置, 在 50% 的弹簧工作力和额定液压压力条件下, 按驱动装置的额定操作频率操作, 应能灵活地闭合; 在额定制动力矩时的弹簧力和 85% 的额定液压压力下操作, 制动装置应能灵活地释放。
- m) 在额定工作压力和制动衬垫温度在 250℃ 以内的条件下, 制动装置的制动力矩应满足风力发电机组所需最小动态制动力矩的要求。
- n) 空气制动装置的设计按 JB/T 10300 的相关条款进行。
- o) 叶尖制动和顺桨制动装置动作应及时准确、灵活可靠、协调一致。
- p) 空气制动装置的叶尖或叶片转角一般应小于 90°。
- q) 制动盘应符合 JB/T 7019 的规定。
- r) 制动弹簧应符合 GB/T 1239.4 的规定。
- s) 摩擦材料应符合 JB/T 3063 的规定。
- t) 摩擦衬垫的许用磨损量应予以规定, 超过规定值时应及时更换。
- u) 制动钳和制动盘的固定应采用高强度螺栓, 固定力矩应符合设计要求。

4.8.5.7 机械制动装置的精度要求。

- a) 在制动状态下, 摩擦副工作面的贴合面积应不小于有效面积的 80%。
- b) 在非制动状态下, 摩擦副的调整间隙在任何方向上均应在 0.1mm~0.2mm 之间。

4.8.5.8 驱动机构的结构形式。

- a) 驱动机构的选型和设计应易于实现风力发电机组制动系统的自动控制功能。
- b) 驱动机构的力学性能应与制动系统的设计要求一致。
- c) 驱动机构的形式宜采用电磁驱动机构或液压驱动机构。

4.8.5.9 驱动机构的性能要求。

- a) 驱动机构产生的推力值的变化不应超过额定值的 5%。
- b) 如果没有特别说明, 驱动机构的响应时间不应大于 0.2s。
- c) 驱动机构中传递力和力矩的零部件应有足够的强度和刚度。
- d) 液压驱动机构的管路连接和密封部位应具有可靠的密封性能。
- e) 驱动机构的动作应灵活可靠、准确到位。
- f) 电磁驱动机构, 其电器外壳的保护等级不应低于 GB/T 4942.1 中规定的 IP54 级。

4.8.6 风力发电机组基础

4.8.6.1 风力发电机组塔架地基基础设计原则和方法应符合 GB 50007、GB 50026、FD003 等相关技术标准的规定。基础沉降观测点设置应满足风电场工程设计、施工、验收、使用要求。

4.8.6.2 基础沉降观测。

应在施工期及运行期进行基础沉降变形观测。

4.8.6.3 基础沉降观测点设置要求。

- a) 沉降观测点应沿风力发电机组基础底座周边与基础底座轴线相交的位置布点, 每台风力发电机组设置沉降观测点不得少于 4 个, 对每个观测点均需观测和记录。

- b) 基准点宜用双金属标（或钢管标），若用基岩标应成组设置，每组不得少于 3 个水准标石，并宜采用深埋标志。工作基点应设在距风力发电机组基础较近处，采用基岩标、岩石标。风力发电机组基础上的测点宜采用地面标志；风力发电机组基础外的测点宜采用岩石标。各测量标点的设置应符合 GB 50026 中相关要求。
- c) 监测基准网，由基准点和部分工作基点构成，监测基准网应当每半年复测一次，按 II 等垂直位移监测基准网布置，往返或环线闭合差应小于 $0.3\sqrt{N}$ mm（ N 为测站总数）；当对变形监测成果发生怀疑时，应随时检核监测基准网。
- d) 水准工作基点应尽量靠近观测点位置，但应在基础沉降影响范围之外，即距风力发电机组基础边线至少应大于 80m，基准点一般不少于 3 个。

4.8.7 振动状态监测

风力发电机组振动状态监测系统的设计依据附录 B。

5 制造监督

5.1 总则

风力发电设备制造应符合 GB/T 25383、GB/T 19073、GB/T 19960.1、DL/T 586 及《中国华能集团公司风电工程设备监理大纲》等标准规范的规定。

5.2 叶片

5.2.1 生产作业文件

5.2.1.1 生产作业文件依据设计图样和材料特性编制。

5.2.1.2 生产作业文件必须明确叶片所有零件的全部制造过程。

5.2.1.3 生产作业文件至少应包括材料清单、工具清单、操作要求、检验项目和操作检验记录单等内容。

5.2.2 控制内容

5.2.2.1 叶片材料控制

按照《中国华能集团公司风电工程设备监理大纲》规定，油漆、叶片原材料应进行入厂复检，原材料控制按 GB/T 25383 中 7.1 要求进行。

5.2.2.2 叶片制造控制

a) 叶片制造记录文件应跟随生产过程，并纳入叶片档案；

b) 对于影响叶片性能和工艺控制的主要材料，应随叶片制造过程同时制作足够的试样并进行保存；

c) 玻璃纤维增强塑料固化度和树脂含量应进行现场见证检验，每批次 20% 的叶片应进行注胶过程中的树脂和黏胶检验；

d) 应现场见证叶片重心标记和零刻度标记检查。

5.2.2.3 叶片成品质量检验

a) 应对部件的加工过程及完成的叶片成品进行目视检验，应特别注意气泡、夹杂、分层、变形、贫胶等；

b) 对叶片及部件内部缺陷可采用目测、敲击、X 射线或超声波等无损检验方法来检验，检验标准可由设计、工艺、检验部门共同制定或确定一标准样件作为判据。