

北京鉴衡认证中心认证技术规范

CGC/GF144: 2019

特定场址风力发电机组增寿技术规范

Technical specifications for lifetime increase of
wind turbines in specific site

2019-12-02 发布

2019-12-31 实施

北京鉴衡认证中心 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号和缩写	2
4.1 符号和单位	2
4.2 缩写	2
5 通用要求	3
5.1 概述	3
5.2 评估方法	3
6 安全性	3
6.1 概述	3
6.2 机组设计条件	3
6.3 场址环境	4
6.5 控制及保护	4
6.3 载荷计算	4
6.4 结构安全	4
6.6 防腐	5
6.7 电气部件	5
6.7.1 发电机	5
6.7.2 变流器	6
6.7.3 电力变压器（绝缘结构和强度）	6
6.7.4 电缆（电老化影响）	6
6.7.5 防雷（电应力影响）	6
6.7.6 接地系统（腐蚀影响）	7
6.7.7 备用电源（包含 UPS）	7

6.7.8 低压开关设备（包含主控、变桨）	7
6.8 运维方案	7
7 经济性	7
7.1 概述	7
7.2 经济性评价参数	8
7.3 经济性评价指标	8
7.3.1 平准化度电成本（LCOE）	8
7.3.2 满足基准收益率的上网电价	8
7.3.3 财务内部收益率	8

前 言

为规范风力发电机组特定场址增寿的技术要求，特制定本规范。

本规范按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本规范由北京鉴衡认证中心有限公司提出并归口。

本规范由北京鉴衡认证中心有限公司负责解释。

本规范主要起草人：符鹏程、杨洪源、李鹏、宗川翔、周新亮、王丹丹、赵志斌、李浩然、张金峰、邹文尧、马小萍、万宇婷、李晨、韩炜、谢园奇、徐洪雷。

特定场址风力发电机组增寿技术规范

1 范围

本规范适用于已依据 IEC61400-22 获得型式认证的的水平轴风力发电机组（以下简称“机组”），依据特定场址的实际情况，增加其原有的设计寿命。

本规范规定了机组在特定场址的实际情况下的增寿的安全性要求以及经济性要求。

本规范的言语形式规定如下：

- a) “应”表示必须遵守的要求（等同于英文标准中的“shall”）；
- b) “宜”表示推荐的要求（等同英文标准中的“should”）；
- c) “可以”表示在本文档限定范围内允许（等同英文标准中的“may”）；
- d) “规范性”表示必须遵守的附录（等同于英文标准中的“Normative”）；
- e) “资料性”表示提供附录（等同于英文标准中的“Informative”）。

2 规范性引用文件

下列引用文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注有日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订版）适用于本规范。

GB 7260.1:2016 不间断电源设备 第1-1部分：操作人员触及区使用的UPS的一般规定和安全要求

GB/T 2900.53 电工术语 风力发电机组

GB/T 4662:2012 滚动轴承 额定静载荷（ISO 76:2006，IDT）

GB/T 6391:2010 滚动轴承 额定动载荷和额定寿命（ISO 281，IDT）

GB/T 18451.1:2012 风力发电机组 设计要求（IDT IEC 61400-1:2005）

GB/T 18710:2002 风电场风能资源评估方法

GB/T 31517:2015 海上风力发电机组 设计要求（IDT IEC 61400-3:2009）

GB/T 25383:2010 风力发电机组 风轮叶片

GB/T 25384:2018 风力发电机组 风轮叶片 全尺寸结构试验

GB/T 17948.3:2017 旋转电机 绝缘结构功能性评定 成型绕组试验规程 旋转电机绝缘结构热评定和分级

GB/T 17948.4:2016 旋转电机 绝缘结构功能性评定 成型绕组试验规程 电压耐久性评定

GB/T 17948.5:2016 旋转电机 绝缘结构功能性评定 成型绕组试验规程 热、电综合应力耐久性多因子评定

GB/T 17948.6:2018 旋转电机 绝缘结构功能性评定 成型绕组试验规程 绝缘结构热机械耐久性评定

GB/T 8871:2001 交流接触器节电器

GB/T 14048.6:2016 低压开关设备和控制设备 第4-2部分：接触器和电动机起动器 交流电

GB/T 15164:1994 油浸式电力变压器负载导则

GB/T 7260.4:2008 不间断电源设备 第1-2部分：限制触及区使用的UPS的一般规定和安全要求

GB/T 14715:2017 信息技术设备用不间断电源通用规范

GB/T 2423.18:2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变(氯化钠溶液)

GB/T 7260.3:2003 不间断电源设备(UPS) 第3部分：确定性能的方法和试验要求

GB/T 19826:2014 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求

GB/T 19826:2014 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求

IEC 61400-23:2014 风力发电机组 第23部分 风轮叶片全尺寸结构测试
IEC 61400-4:2012 风力发电机组 第4部分 风力发电机组齿轮箱设计要求
IEC 61400-13:2015 风力发电机组第13部分 机械载荷测量
IEC 61400-12-1:2017 风力发电机组 第12-1部分 功率特性测试
IEC 61400-22:2010 风力发电机组 第22部分 符合性测试和认证
IECRE OD-501:2018 IEC可再生能源应用设备标准认证体系（IECRE System）型式和部件认证
IEC 61400-24:2010 风力发电机组 第24部分 雷电保护
IEC 62305-3:2010 雷电防护-第3部分：建筑物的实体损害和生命危险
IEC 61439（所有部分） 低压开关和控制装置
IEC 61800-4 调速电气传动系统 第4部分 一般要求 交流电压1000V以上但不超过35kV的交流调速电气传动系统额定值的规定
IEC 62477-1:2012 电力电子变换器系统和设备的安全要求 第1部分 通则
JB/T 10522:2005| 小容量交流接触器可靠性试验方法
DL/T 621:1997 交流电气装置的接地
ISO/IEC 17025 测试和校准实验室能力的一般要求
ISO/IEC 17020 执行检查的各类机构的操作通用标准
ISO 2394:2015 结构可靠性的基本原则
ISO 4354 风对建筑物的作用

3 术语和定义

GB/T 2900.53 和 GB/T 18451.1—2012 界定的术语和定义适用于本规范。

3.1

设计寿命 design lifetime

产品设计时，预计不失去使用功能的日历时间（通常以年计），是强度校核考虑的时间长度。

3.2

增寿 lifetime increase

依据机组在实际特定场址条件下将经历的实际情况，在机组原有设计寿命的基础上增加其设计寿命。

3.3

平准化度电成本 Levelized Cost of Energy

是指在风电场全生命周期内，建设以及运营风电项目单位千瓦时的成本。

4 符号和缩写

4.1 符号和单位

GB/T 2900.53 和 GB/T 18451.1-2012 界定的术语和定义适用于本规范。

4.2 缩写

WF 风电场

WTG 风力发电机组

CMS 状态检测系统

SCADA 数据采集与监视控制系统

LCOE 平准化度电成本

IRR 财务内部收益率

5 通用要求

5.1 概述

机组在设计等级下的设计寿命通常为 20 年。如果需要依据特定场址的实际情况增加其设计寿命，则应对其进行增寿评估。

机组增寿除满足本规范要求外，还需满足国家现行相关标准规范的要求。

5.2 评估方法

机组在特定场址的实际情况下进行增寿，需要先确定特定场址的具体环境条件以及机组的设计情况及使用情况，确定机组增寿的方式，通过分析评估机组的安全性，包括：控制与保护系统、载荷、结构、防腐、绝缘、运维方案，以确定该特定场址下的特定机组是否具备增寿条件。同时应针对增寿的经济性进行评估，以确定该特定场址下的特定机组是否适合增寿。

6 安全性

6.1 概述

对机组在特定场址条件下进行增寿的安全性评估，其目的在于：确定是否具备增寿的必要条件。

安全性评估包含对控制与保护系统、载荷、结构、防腐、绝缘、运维方案的评估。

安全性评估除满足本规范要求外，还需满足国家现行相关标准规范的要求。

应首先依据 GB/T 1845.1:2012 中的第 11 章的“特定场址条件的风力发电机组评估”对增寿后的机组进行结构完整性评估。

6.2 机组设计条件

进行增寿的机组，应按照国家现行相关标准规范完成型式认证。

在特定场址条件下进行机组增寿，主要有如下两种方式：

- a) 机组在原有设计基础上，不做任何更改，依据特定场址的实际情况进行增寿；采用该方式进行增寿，应依据以下章节进行安全性及经济性分析；
- b) 机组在原有设计基础上，进行一定的设计更改，再依据特定场址的实际情况进行增寿；采用该方式进行增寿，除依据以下章节进行安全性及经济性分析外，还应对具体的设计更改进行针对性分析，并按照国家现行相关标准规范确定是否需要型式测试。

6.3 场址环境

对已完成型式认证的机组，在特定场址条件下进行增寿，需要获取特定场址可靠的环境条件参数，确保推算的长期环境条件的有效性。

应严格按照现有标准及规范测量、计算得到特定场址的环境条件。同时应保证机组安装之后，测风设备依旧存在，且保留 3 年以上，并定期依据标准及规范（引用）进行测风设备的标定，以验证风资源计算的有效性。若出现较大偏差，应重新进行增寿机组安全性分析。

同时建议，在机组安装初期，建立机组的机舱传递函数，后期可依据各个机位处机舱风速，校验风资源计算的有效性。

6.5 控制及保护

机组常用的增寿方式，通常通过修改控制及保护策略予以实现，若机组通过该种方式进行增寿，应依据标准对机组控制及保护的更改进行评估。

同时应对该种方式带来的机组特定载荷的降低幅度、发电量损失情况予以分析。

若机组的保护策略进行了更改，应确认机组进行安全功能测试是否需要补充验证。

6.3 载荷计算

对计划增寿机组进行特定场址条件下的载荷计算，以确定机组在特定场址条件下的载荷情况。

载荷计算主要针对寿命增加带来的疲劳载荷进行，应依据将要增加的年限，增加机组将要承受的疲劳载荷。同时考虑一定的安全系数。

增寿后的机组，在相比原有设计寿命的基础上，发生极限破坏的概率有所上升。极限载荷应考虑一定的安全系数。20-25 年考虑在原有标准的基础上采用 1.02 的系数，25-30 考虑采用 1.05 的系数，30-35 考虑采用 1.1 的系数。

6.4 结构安全

若增寿后机组在特定场址条件下的载荷不超过机组的原设计载荷，应考虑增寿后运行时间增长带来的疲劳载荷变化，需要重新评估增寿后机械和结构部件疲劳寿命是否满足，若增寿后的载荷不超过机组原设计载荷，且疲劳寿命满足要求，则机组的结构满足安全性需求，但若低于原设计载荷过多，则不满足后续的经济性需求，应进一步进行增寿分析，以获取合适的寿命增加量。

若增寿后机组在特定场址条件下的载荷超过机组的原设计载荷，则应依据标准（引用）对超过的位置进行结构安全性复核。确定机组满足结构安全性要求，否则应重新进行增寿设计。

增寿后的结构安全应还评估整个生命周期内齿轮啮合部位的磨损量。

6.6 防腐

对风力发电机组的腐蚀状况进行巡视检查，确认关键部件如叶片、发电机、塔架等防腐效果良好。

应建立定期巡检制度，巡检周期不长于 5 年，检测应查明部件腐蚀程度、评价防腐效果并制定处理措施和意见。

6.7 电气部件

疲劳计算的方法不适用于电气系统，对电气系统需要进行单独的检查，以确认功能及保护系统的完好性。延寿的目的除了保证机组结构完整性外，还要保证机组能够正常发电，电气系统的检查是必不可少的。

电阻、电流若失控，会产生热量，导致火灾，甚至爆炸。变流器和滤波器应给予重点关注，包括一些设备的断路器。

如果变压器位于机舱内，则可能存在风险，在增寿时应进行考虑。

滤波器、变流器、断路器由于长期的磨损、老化，其电气故障的可能性大大增大。

火灾最可能的起源是老旧电容器，预防和检测对于降低电容器失火可能很重要，尤其较老的系统。

断路器操作次数越多，越容易老化，需要予以考虑。

干式变压器，内部线圈的绕组，避免接地，高压和低压端注意对地的电弧放电。

高风险电容器的老化从外观难以发现，因此，无法进行检查以确定潜在的损坏。可以检查断路器以测量磨损。

检查局部放电、冷却通道的灰尘、连接件的弯头连接。

失效的电气系统可能严重损坏机组，特别是在安全系统的情况下，例如发电机短路，变流器烧毁等可能导致机舱起火。在采取任何延长寿命的决定之前，必须对电气故障的可能性进行量化。

定期更换滤波器、变流器、断路器。

电弧检测是必要的。

6.7.1 发电机

6.7.1.1 热评定和分级

热评定和分级依据成型绕组试验规程，采用与待评绝缘结构相同的规程对基准绝缘结构进行试验性能测试，并比对结果，绝缘结构热评定及分级满足标准 GB/T 17948.3:2017 的要求。

6.7.1.2 电压耐久性评定

依据成型绕组试验规程，采用与待评绝缘结构相同的规程对基准绝缘结构进行试验性能测试，并比对结果，电压耐久性应满足标准 GB/T 17948.4:2016 的要求。

6.7.1.3 热、电综合应力耐久性多因子评定

依据成型绕组试验规程，采用与待评绝缘结构相同的规程对基准绝缘结构进行试验性能测试，并比对结果，热、电综合应力耐久性多因子评定应满足标准 GB/T 17948.5:2016 的要求。

6.7.1.4 热机械耐久性评定

依据成型绕组试验规程，采用与待评绝缘结构相同的规程对基准绝缘结构进行试验性能测试，并比对结果，热机械耐久性评定应满足标准 GB/T 17948.6:2018 的要求。

6.7.2 变流器

6.7.2.1 断路器

对断路器进行机械/电气寿命试验，测试结果满足 GB/T 14048 系列相关标准的设计要求。

6.7.2.2 接触器

对接触器进行机械/电气寿命试验，测试结果满足 GB/T 8871:2001、GB/T 14048.6:2016 及 JB/T 10522:2005 等标准的设计要求。

6.7.2.3 IGBT

对 IGBT 进行老化试验（功率循环试验或加速老化试验），测量模块焊接层热阻及模块饱和压降 V_{ce} 的变化趋势，在功率循环试验中，测试结果要求相邻失效的循环周期数差值应小于 100，失效周期数对应的热阻值与前后的热阻值差值应小于 0.1，将测试数据导入 IGBT 寿命预测模型，估算最终寿命

6.7.2.4 电抗器

电抗器绝缘材料进行寿命老化试验（常规老化法或热重点斜法或热重割线法等），评估其短时耐热性能及长期耐热性能，通过平均寿命评估模型，计算电抗器最终寿命

6.7.2.5 电容器

通过电容器的参数及运行环境参数，如电容内核温升、实际运行内核温升、实际运行纹波电流，额定纹波电流，额定运行寿命、最高额定工作环境温度、实际工作环境温度等参数，来估算电容的使用寿命。

6.7.3 电力变压器（绝缘结构和强度）

为变压器进行高温循环试验，获得高化学降解速率，每个试验周期内短路实验和电解质试验一同完成，依据 GB/T 15164:1994 中规定的计算方法，对变压器寿命进行计算，但应考虑污染、潮湿、富氧、电压应力等环境因素，在使用公式计算式应加入适当的安全系数

6.7.4 电缆（电老化影响）

电缆应通过型式试验的全部测试，且流出足够余量，型式试验中扭绞测试，应考虑机组控制逻辑以及每天可能达到的最大扭绞次数。

6.7.5 防雷（电应力影响）

雷击风险评估应满足 IEC61400:24 的标准要求，增加接闪器、接闪系统的耐受雷电能力，降低防雷系统的过度电阻，优化机组的基地极，在满足 IEC62305:3:2010 标准要求上，留有足够余量。

6.7.6 接地系统（腐蚀影响）

风电机组接地导体会随着土壤中盐碱元的腐蚀发生变化，在初始设设计时，接地导体的尺寸留出足够余量，确保在风机的使用寿命期限内，被腐蚀后的接地导体尺寸依然满足 DL/T 621:1997 的标准要求。

6.7.7 备用电源（包含 UPS）

6.7.7.1 交流 UPS

交流输出 UPS 一般安全要求应满足 GB 7260.1:2016 和 GB 7260.4: 2008，UPS 具有抗振性能，振动适应性应满足 GB/T 14715:2017 标准要求，当 UPS 安装位置为沿海或海上时，应符合 GB/T 2423.18:2012 标准要求。交流输出 UPS 性能需满足 GB 7260.3:2003 表 D.1 规定的 VFI:SS:111 级，并按 GB 7260.3:2003 表 3 提供型式试验报告

6.7.7.2 直流 UPS

直流输出 UPS 一般安全要求应满足 GB/T 19826:2014 的要求，UPS 具有抗振性能，振动适应性应满足 GB/T 14715:2017 标准要求，当 UPS 安装位置为沿海或海上时，应符合 GB/T 2423.18:2012 标准要求。直流输出 UPS 性能需满足 GB/T 19826:2014 要求，并按 GB/T 19826:2014 表 15 提供型式试验报告

6.7.7.3 后备电源

后备电源需性能满足 GB/T 19638.1:2014 等标准的相关要求，并提供型式试验报告。后备电源应具有抗振性能，振动适应性应满足 GB/T 14715:2017 标准要求，当安装位置为沿海或海上时，应符合 GB/T 2423.18:2012 标准要求。

6.7.8 低压开关设备（包含主控、变桨）

低压开关设备应进行机械/电气寿命试验，测试结果满足 GB/T 8871:2001、GB/T 14048.6:2018 及 JB/T 10522:2005 等标准的设计要求。

6.8 运维方案

应适当增加原设计寿命之后增寿期间，检查的频次。

增寿期间，应针对风力发电机组的各部件制定运维计划，例如增加油品检测频率等。

7 经济性

7.1 概述

增寿后的项目在进行经济性评价时应按照《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）的要求，从项目的角度出发，计算项目范围内的财务收益和费用，分析项目的盈利能力和清偿能力，评价项目在财务上的可行性。机组进行增寿后所对应的项目经济性应优于机组设计寿命对应的项目经济性。

7.2 经济性评价参数

当机组运行年限由二十年增寿至更长年限时，应考虑采取增寿措施与不采取增寿措施的收益对比（有无对比），项目经济性评估基本原理保持不变，但是具体参数会有所调整，可调整的参数包括：

- a) 项目运行年限
- b) 融资方式、融资年限；
- c) 土地征收年限、土地占用费；
- d) 年发电量；
- e) 上网电价；
- f) 折旧、摊销（年限、折旧方式、残值率等）；
- g) 运维费用（修理维护费、材料费等）；
- h) 其他参数。

7.3 经济性评价指标

经济性评价指标主要包括：平准化度电成本（LCOE）、满足基准收益率的上网电价、财务内部收益率（IRR）。

7.3.1 平准化度电成本（LCOE）

平准化电力成本（LCOE）是指在风电场全生命周期内，建设以及运营风电项目单位千瓦时的成本。分析平准化电力成本 LCOE 时不仅要注意选取参数的一致性，也要明确计算的折现时点的一致性。LCOE 模型在构建时，应考虑以下参数：

- a) 项目的初始投资，包括设备及安装工程费用、建筑工程费用、其他费用及建设期利息等；
- b) 项目的运营期的经营成本，包括工资及福利费用、修理维护费用、材料费用、保险费用、财务费用及其他费用等；
- c) 风电项目年发电量；
- d) 风电项目运营寿命；
- e) 固定资产增值税抵扣额及抵扣年限；
- f) 回收资产残值。

7.3.2 满足基准收益率的上网电价

满足基准收益率的上网电价应不高于国家规定的风电上网指导电价，不低于当地燃煤机组标杆上网电价。

7.3.3 财务内部收益率

财务内部收益率 IRR 指能使项目计算期内净现金流量现值累计等于零时的折现率。只有当采用增寿措施所实现的财务内部收益率大于要求的最低报酬率时，增寿才是可取的。