

ICS 21.200

CCS J17

备案号:

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T XXXXX—XXXX

风力发电机组 变桨齿轮箱

Wind turbine — Pitch gearbox

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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、约定 1

4 使用条件 3

5 基本结构 3

6 技术要求 4

7 整机试验方法 6

8 试验规则 6

9 标志、包装、运输、贮存 7

10 维护检查 8

附录 A（资料性） 齿轮箱主要零件的强度要求 9

附录 B（资料性） 齿轮箱维检项目和推荐周期 10

参考文献 12

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。

本文件由全国齿轮标准化技术委员会（SAC/TC 52）提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

风力发电机组 变桨齿轮箱

1 范围

本文件规定了风力发电机组变桨齿轮箱（以下简称齿轮箱）的使用条件、基本结构、技术要求，以及整机试验、试验规则、标志、包装、运输、贮存和维护检查等要求。

本文件适用于风力发电机组中采用电动机调整叶片迎风角度的三级行星传动机构。

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—2008 包装储运图示标志

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1348—2009 球墨铸铁件

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 3098.1—2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3480（所有部分） 直齿轮和斜齿轮承载能力计算

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 5210—2006 色漆和清漆 拉开法附着力试验

GB/T 6404.1 齿轮装置的验收规范 第 1 部分：空气传播噪声的试验规范

GB/T 6404.2—2005 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 6414—2017 铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量

GB/T 7350—1999 防水包装

GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB/T 10095.1—2008 圆柱齿轮 精度制 第 1 部分：轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值

GB/T 10095.2—2008 圆柱齿轮 精度制 第 2 部分：径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值

GB/T 13452.2—2008 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号

GB/T 14231 齿轮装置效率测定方法

GB/T 19073—2018 风力发电机组 齿轮箱设计要求

GB/Z 18620.4—2008 圆柱齿轮 检验实施规范 第 4 部分：表面结构和轮齿接触斑点的检验

GB/T 39430 高可靠性齿轮毛坯技术要求

JB/T 5000.4 重型机械通用技术条件 第 4 部分：铸铁件

JB/T 5000.6 重型机械通用技术条件 第 6 部分：铸钢件

JB/T 5000.10—2007 重型机械通用技术条件 第 10 部分：装配

JB/T 6395 大型齿轮、齿圈锻件 技术条件

ISO 12944-2:1998 色漆和清漆防护漆体系对钢结构的腐蚀防护 第 2 部分：环境分类(Paints and varnishes—Corrosion protection of steel structures by protective paint systems—Part 2:Classification of environments)

3 术语和定义、约定

GB/T 19073—2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

接口 interface

齿轮箱与风力发电机组连接所采用的型式和尺寸。

[来源：GB/T 19073—2018，3.1.10，有修改]

3.1.2

主机厂 wind turbine manufacturer

风力发电机组制造商。

3.1.3

极限输出载荷 extreme output load

运行或非运行工况的所有载荷分量中，具有最大绝对值的输出载荷。

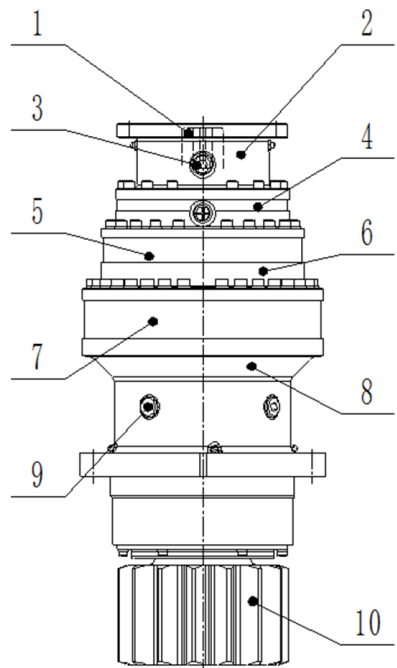
3.1.4

等效输出载荷 equivalent output load

使用规定的寿命指数和循环次数下，与实际的变化载荷造成相同损伤的输出载荷。

3.2 约定

图 1 给出了典型的齿轮箱外露零件的名称。



标引序号说明：

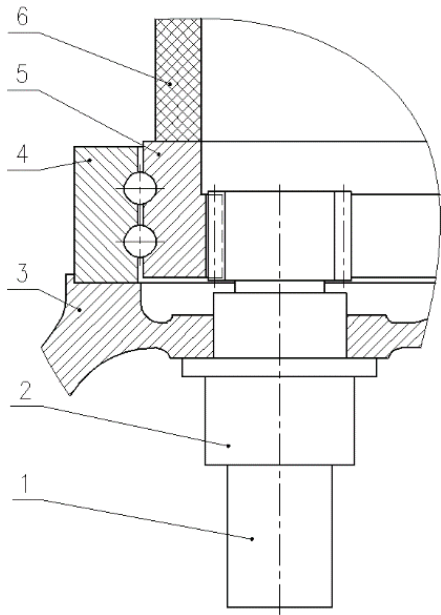
- 1 —— 输入轴；
- 2 —— 上箱体；
- 3 —— 注油装置；
- 4 —— 一级内齿圈；
- 5 —— 二级内齿圈；
- 6 —— 中箱体（可选）；
- 7 —— 三级内齿圈；
- 8 —— 下箱体；
- 9 —— 放油装置；
- 10 —— 输出齿轮轴（可选内花键输出）。

图1 典型齿轮箱外观图

4 使用条件

4.1 安装方式

齿轮箱安装于风力发电机组轮毂上，运行时沿变桨轴承外圈带轮毂公转，示例见图 2。接口及安装要求由制造商和主机厂约定。



- 标引序号说明：
- 1 ——变桨电机；
 - 2 ——变桨齿轮箱；
 - 3 ——轮毂；
 - 4 ——变桨轴承内圈；
 - 5 ——变桨轴承外圈；
 - 6 ——叶片。

图2 变桨系统示例图

4.2 使用环境

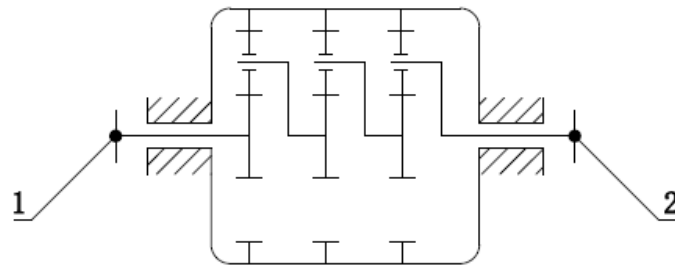
按照环境温度分为常温型和低温型；按照使用位置分为陆上型和海上型。

4.3 润滑油

技术指标由制造商和主机厂约定。
新加注润滑油的清洁度应符合 GB/T 14039—2002 中 -/17/14 的要求。

5 基本结构

传动原理见图 3，由 3 级 NGW 型行星传动机构组成。



标引序号说明：

1——输入轴；

2——输出齿轮轴（可选内花键输出）。

图3 齿轮箱传动原理图

6 技术要求

6.1 整机性能

6.1.1 主要技术参数

6.1.1.1 指标：

- 极限输出载荷：20 000 N·m～100 000 N·m；
- 等效输出载荷：由主机厂给出的载荷谱按照 GB/T 3480.6 换算得到；
- 速比：100～300；
- 变桨电机额定转速：0～2 000 r/min；
- 变桨电机最大转速：2 500～3 500 r/min；
- 输出齿轮轴齿轮模数：12 mm～20 mm；
- 工作旋向：双向。

6.1.1.2 详细信息见制造商产品样本。有特殊要求时，允许主机厂与制造商协商。

6.1.2 设计寿命

陆上型应不低于 20 y，海上型应不低于 25 y。

计算方法见附录 A。

6.1.3 外观

应满足下列要求：

- 无锐边，无铁屑、油污、锈斑等污渍；
- 油漆涂层应厚薄均匀、平整、光滑，颜色均匀一致，无气泡、裂纹、脱落、流挂、漏涂等缺陷；
- 未涂漆表面应做防锈处理。

6.1.4 密封

不应有渗漏油现象。

6.1.5 附带润滑油清洁度

齿轮箱出厂时应符合 GB/T 14039—2002 中 -/19/16 的要求。

6.1.6 噪声

在额定转速下，按照 GB/T 6404.1 检测齿轮箱空载噪声应小于等于 82 dB(A)。

6.1.7 效率

在额定转速、等效输出载荷条件下，单级行星平均机械效率应大于等于 97%。

6.1.8 温升

在空载试验时，箱体外表面最高值应小于等于 50 K。

6.1.9 齿面接触斑点

应符合 JB/T 5000.10—2007 表 11 的规定。当齿轮有特殊修形时可另作规定。

6.1.10 防腐

应符合 ISO 12944-2:1998 的规定。防腐等级：陆上型应不低于 C3 级，海上型应不低于 C4 级。

6.2 零件技术要求

6.2.1 箱体、箱盖

6.2.1.1 材料可选用 QT400-18L，应符合 GB/T 1348—2009 的规定。

6.2.1.2 各轴承孔的端面跳动、同轴度、圆跳动公差等级应不大于 GB/T 1184—1996 的 7 级。

6.2.1.3 箱体铸造公差等级应符合 GB/T 6414—2017 的 DCTG11 级；机械加工余量等级应符合 GB/T 6414—2017 的 DCTG8-RMA (RMAG H) 级。

6.2.2 行星架

6.2.2.1 材料宜采用 40Cr、42CrMo、ZG42CrMo、QT500-7A，且应符合 GB/T 3077、JB/T 5000.6 或 GB/T 1348 的规定。

6.2.2.2 钢制行星架应调质处理，硬度范围 260 HB~320 HB。硬度检测方法应符合 GB/T 231.1 的规定。

6.2.3 齿轮、内齿圈、输出齿轮轴

6.2.3.1 行星轮和太阳轮

基本要求如下：

- a) 材料宜采用 20CrMnMo、20Cr2Ni2MoA、15Cr2Ni2、17Cr2Ni2Mo；
- b) 毛坯宜采用锻件，且应符合 GB/T 3077、JB/T 6395、GB/T 39430 的规定；
- c) 齿面应渗碳淬火，齿面硬度应不低于 58 HRC，心部硬度应不低于 30 HRC，硬度检测方法应符合 GB/T 230.1 的规定；
- d) 齿轮精度宜不低于 GB/T 10095.1—2008 及 GB/T 10095.2—2008 规定的 7 级。

6.2.3.2 内齿圈

基本要求如下：

- a) 材料宜采用 42CrMo、40CrNiMo；
- b) 毛坯宜采用锻件；
- c) 应进行调质或调质加表面硬化处理，整体硬度范围 260 HB~320 HB，表面氮化硬度应不低于 550 HV，硬度检测方法应符合 GB/T 231.1 和 GB/T 4340.1 的规定；
- d) 齿部精度宜不低于 GB/T 10095.1—2008 及 GB/T 10095.2—2008 规定的 8 级。

6.2.3.3 输出齿轮轴材料

基本要求如下：

- a) 材料宜采用 20CrMnMo、17Cr2Ni2Mo、18CrNiMo7-6、42CrMo；
- b) 毛坯宜采用锻件；

- c) 20CrMnMo、17Cr2Ni2Mo、18CrNiMo7-6 齿面应渗碳淬火，硬度不宜低于 58 HRC；42CrMo 齿面应感应淬火，硬度不宜低于 56 HRC；硬度检测方法按 GB/T 230.1 的规定；
- d) 齿轮精度不宜低于 GB/T 10095.1—2008 及 GB/T 10095.2—2008 规定的 8 级。

6.3 装配技术要求

- 6.3.1 所有零件应经检验合格后方可装配，装配前应将零件清洗干净。
- 6.3.2 齿面接触斑点应符合 JB/T 5000.10—2007 中表 11 的规定。当齿轮有特殊修形时可另作规定。
- 6.3.3 紧固螺栓连接必须可靠，具有防松措施，可采用螺纹锁固胶。
- 6.3.4 螺栓性能等级应不低于 GB/T 3098.1—2010 的 8.8 级，预紧力矩由制造商自定。

7 整机试验方法

7.1 密封

对齿轮箱内加压应不低于 0.1 N/mm²，保压不少于 2 min 后检测齿轮箱的气压泄漏量。

7.2 空载

应使齿轮箱在变桨电机额定转速下空载正、反运转，时长由制造商设定。

7.3 加载

空载试验合格后，应使齿轮箱正、反转逐级加载至等效载荷，总时长由制造商和主机厂协商：

- a) 在正常运转情况下，每隔 15 min 测定并记录一次转速、载荷（转矩），以及输入端、输出端轴承外壳、内齿圈外壳温度；
- b) 在变桨电机额定转速和等效载荷下，按照 GB/T 6404.1 规定的方法检测齿轮箱的噪声；
- c) 在变桨电机额定转速和等效载荷下，按照 GB/T 6404.2—2005 规定的方法检测齿轮箱的振动；
- d) 在变桨电机额定转速和等效载荷下，按照 GB/T 14231 规定的方法检测齿轮箱的效率；
- e) 按 GB/Z 18620.4—2008 中 A.6 的方法检测齿轮啮合接触斑点。

7.4 超载

在变桨电机额定转速下：

- a) 按 120% 等效载荷加载运行正、反转各 1 min；
- b) 按 150% 等效载荷加载运行正、反转各 1 min；
- c) 按 180% 等效载荷加载运行正、反转各 0.5 min。

7.5 极限载荷

对齿轮箱输出端加载极限输出载荷，保持时间不低于 10 s。

7.6 漆膜

7.6.1 厚度检测方法应符合 GB/T 13452.2—2008 的规定。

7.6.2 当厚度小于 250 μm 时，应按照 GB/T 9286—1998 的规定，用划格法检测漆膜附着力；当厚度大于等于 250 μm 时，应按照 GB/T 5210—2006 的规定，用拉开法检测漆膜附着力。

8 试验规则

8.1 试验类型分为出厂试验和型式试验。

8.2 除另有规定外，出厂试验和型式试验的检验项目和检验方法应符合表 1 的规定。

表1 试验检验项目和检验方法

序号	检验项目	型式试验	出厂试验	指标要求	检验方法
1	外观	△	△	6.1.3	目测
2	密封	△	△	齿轮箱气压泄漏量低于保压量的 5%	7.1
3	清洁度	△	/	6.1.5	6.1.5
4	噪声	△	△	6.1.6	7.3 b)
5	效率	△	/	6.1.7	7.3 d)
6	齿面接触斑点	△	/	6.1.9	7.3 e)
7	温升	△	△	6.1.8	
8	振动	△	△	不超过 GB/T 6404.2—2005 附录 D 中的 C 级	7.3 c)
9	漆膜	△	—	主机厂要求	7.6
10	空载	△	△		7.2
11	加载	△	/		7.3
12	超载	/	/		7.4
13	极限载荷	/	/		7.5
注：标有“△”者为必须进行检验；标有“—”者为抽检；标有“/”者由制造商与主机厂协商。					

8.3 有下列情况之一时应进行型式试验：

- a) 新产品试制定型鉴定；
- b) 产品设计和工艺有重大改变；
- c) 用户质量监督或认证机构有要求；
- d) 使用中出现重大偏差时；
- e) 产品停产半年恢复批量生产时。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

产品铭牌应固定在齿轮箱的显著部位，其内容包括：

- a) 制造商名；
- b) 产品型号；
- c) 出厂编号；
- d) 产品主要技术参数。

9.2 包装

9.2.1 要求整机整体包装。

9.2.2 包装应结构合理、安装牢固、外形美观。包装箱内应衬有防潮纸或塑料罩，防水按照 GB/T

7350—1999 的规定执行；包装箱上图示标志应符合 GB/T 191—2008 的规定。

9.3 运输

齿轮箱在运输时应采用必要的防震措施，并应避免碰伤、雨淋和有害气体的侵蚀。

9.4 贮存

9.4.1 齿轮箱应贮存在清洁、通风、防雨雪和水侵袭的地方，不允许在阳光下长期暴晒。

9.4.2 在室内贮存的情况下，齿轮箱及其备件、附件、工具的有效防蚀期自出厂之日起不应少于六个月。

10 维护检查

项目和推荐周期见附录 B。

附 录 A
(资料性)
齿轮箱主要零件的强度要求

A.1 使用系数 K_A

A.1.1 当采用载荷谱计算时, K_A 取 1.0。

A.1.2 当无法得到载荷谱时, K_A 宜取 1.3。

A.1.3 极限载荷下进行强度分析(静强度计算)时, K_A 取 1.0。

A.2 强度计算

A.2.1 齿轮

A.2.1.1 疲劳强度

参见 GB/T 3480(所有部分)的规定。

A.2.1.2 极限载荷

以材料的静强度为计算基础。

A.2.2 轴

A.2.2.1 同时进行疲劳强度和静强度分析。

A.2.2.2 疲劳强度计算按载荷谱进行。

A.2.2.3 强度计算方法见 DIN 743。

A.2.3 箱体

可只针对下箱体。宜采用有限元进行静强度和疲劳强度分析,疲劳载荷宜采用马尔科夫矩阵或时序载荷。

A.2.4 行星架

宜采用有限元进行静强度和疲劳强度分析,疲劳载荷宜采用马尔科夫矩阵或时序载荷。

A.2.5 滚动轴承

应计算校核所选轴承的寿命和静载荷的可靠性。

计算方法见 GB/T 4662 和 GB/T 6391 的规定,或按轴承制造商的计算指南进行。

A.2.6 其它联接件

A.2.6.1 联接件(如过盈、花键)可仅进行静强度计算,计算载荷为极限载荷。

A.2.6.2 过盈联接计算宜采用 GB/T 5371 和 DIN 7190 进行。

A.2.6.3 花键联接计算宜采用 GB/T 17855 进行。

A.2.6.4 螺钉联接强度计算宜采用 VDI 2230-1 进行。

附 录 B
(资料性)
齿轮箱维检项目和推荐周期

B.1 齿轮箱维检项目和推荐周期表见表 B.1。

表B.1 齿轮箱维检项目和周期推荐表

项目		检查部位	要求	维护方法/异常处理方案	推荐维检周期（月）				日常巡检
					6	12	24	≥36	
外观	油漆	箱体表面	无脱落	补漆					★
	油污		干净	擦拭					★
	锈蚀	输出齿轮轴	无锈蚀	除锈，涂抹润滑脂					★
润滑	油位	油标	当环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 时，应可见油位	有泄露时应确认并解决泄漏，然后补充润滑油					★
	油样观察	润滑油	无乳化、变色现象	取样观察。如有异常，应放空箱内润滑油，用新油串洗，再加注足量新油	★				
	油样检测		理化指标无异常。检测判据见表 B.2	运行约 500 h 后应进行第一次换油。其后，每年应对油样进行抽样分析，再次换油的时间根据分析结果决定		★			
	润滑脂	黄油嘴		应从黄油嘴处加注。加脂量和更换周期由齿轮箱制造商提供				★	
电气接线		变桨电机接线盒	电机接线牢固,外表绝缘层良好	检查接头是否松脱,线外皮有无磨损,并及时修复和处理					★
输出齿轮轴与变桨轴承	啮合和润滑情况		啮合正常,润滑良好	磨损结合面有异物时,应立即清理,润滑不够时,应重新涂油脂等润滑材料					★
	啮合侧隙		按主机厂装配时要求	对啮合侧隙进行检查,是否符合技术要求。调整侧隙时应注意最大偏心位置的标识,可据此作为参照调整		★			
密封		结合面,各螺塞,各油封处	无渗漏油	及时处理漏油位置,并添加润滑油					★
螺栓		螺栓	无松动	首次检查用力矩扳手,后用划线方法做标识。有松动时按要求力矩拧紧		★			

B.2 润滑油检测结果判读简表见表 B.2。

表B.2 润滑油检测结果判读简表

检测项目	单位	警戒	高行动值
粘度（40℃）	cSt	±15%	±20%
水分	%	0.05	0.1
酸值	mgKOH/g	1.5	2.0
Fe	ppm	150	300

表B.2 润滑油检测结果判读简表（续）

检测项目	单位	警戒	高行动值
Cu	ppm	50	75
由于齿轮箱的运行温度、年运行小时以及出力峰值等运行指标不尽相同，在不同的运行环境下，单以时间为限作为齿轮箱润滑油更换的条件，不一定能够保证齿轮箱经济、安全地运行。维护操作人员进行维护保养作业时，收集整理机组的各项运行数据，确定符合自己风电场运行特点的油品更换周期。			

参 考 文 献

- [1] GB/T 4662 滚动轴承 额定静载荷
 - [2] GB/T 5371 公差与配合过盈配合的计算和选用
 - [3] GB/T 6391 滚动轴承 额定动载荷和额定寿命
 - [4] GB/T 17855 花键承载能力计算方法
 - [5] DIN 743 轴的负载能力计算(Calculation of load capacity of shafts and axles)
 - [6] DIN 7190 过盈配合 计算原理和设计规则(Interference fits—Calculation and design rules)
 - [7] VDI 2230-1 高强度螺栓连接计算(Systematic calculation of high duty bolted joints Joints with one cylindrical blot)
-