

团 体 标 准

T/NXJX XXXX—20XX

偏航减速器

Yaw gearbox

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。

20XX – XX – XX 发布

20XX – XX – XX 实施

宁夏机械工程学会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 2

4 型式与基本参数 2

 4.1 型式 2

 4.2 型号 2

 4.3 基本参数 2

5 技术要求 6

 5.1 一般要求 6

 5.2 总体要求 6

 5.3 部件要求 6

 5.4 润滑要求 10

 5.5 密封要求 10

 5.6 装配要求 10

 5.7 防腐要求 11

6 试验方法 11

 6.1 型式试验 11

 6.2 出厂试验 12

7 检验规则 13

 7.1 检验类别 13

 7.2 型式检验 13

 7.3 出厂检验 13

 7.4 检验条件 13

8 标志、包装、运输和贮存 14

 8.1 标志 14

 8.2 包装 14

 8.3 运输 14

 8.4 贮存 14

9 随机文件 14

参考文献 15

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。

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这些专利的责任。

本文件由宁夏机械工业标准化委员会提出。

本文件由宁夏机械工程学会归口。

本文件起草单位：银川威力传动技术股份有限公司、东方电气风电股份有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司风电事业部。

本文件主要起草人：李想、曾志、李秀珍、田广泽、马文广、王林、杨家春、尹萍、任世文、王林焱、张聪。

本文件为首次发布。

偏航减速器

1 范围

本文件规定了偏航减速器的型式与基本参数、技术要求、试验方法、出厂检验、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于风力发电机组偏航系统中的偏航减速器(以下简称减速器)。

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 包装储运图示标志
- GB/T 223.82 钢铁 氢含量的测定 惰性气体熔融-热导或红外法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分: 室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- 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 1348-2019 球墨铸铁件
- GB/T 1356 通用机械和重型机械用圆柱齿轮 标准基本齿条齿廓
- GB/T 1804-2000 一般公差 未注公差的线性角度尺寸的公差
- GB/T 3077-2015 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 3478.1-2008 圆柱直齿渐开线花键 第1部分: 总论
- GB/T 4662 滚动轴承 额定静载荷 (GB/T 4662-2012, ISO 76:2006, IDT)
- GB/T 5216-2014 保证淬透性结构钢
- GB/T 6391 滚动轴承 额定动载荷和额定寿命 (GB/T 6391-2010, ISO 281:2007, IDT)
- GB/T 6394-2017 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6404.1-2005 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 8923.1-2011 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分: 未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB/T 9286-2021 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 9441-2009 球墨铸铁金相检验
- 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 13299-1991 钢的显微组织评定方法
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14231 齿轮装置效率测定方法
- GB/T 17879-1999 齿轮磨削后表面回火的浸蚀检验
- GB/T 30790.2-2014 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第2部分: 环境分类
- GB/T 34904 球墨铸铁件 超声检测
- TB/T 2247-1991 机车牵引齿轮磁粉探伤验收条件
- JB/T 5000.15-2007 重

型机械通用技术条件 第15部分：锻钢件无损探伤
TB/T 2758-1996 机车牵引齿轮喷丸强化技术条件
ISO 4406 液压传动油液固体颗粒污染等级代码 (Hydraulic fluid power-Fluids-Method for coding the level of contamination by solid particles)
ISO 6336-5 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第5部分：材料的强度和质量 (Calculation of load capacity of spur and helical gears-Part 5: Strength and quality of materials)
ISO 6336-6 直齿轮和斜齿轮承载能力计算 第6部分：变载荷条件下的使用寿命计算 (Calculation of load capacity of spur and helical gears-Part 6: Calculation of service life under variable load)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1 太阳轮 Sun gear
与行星轮外啮合，而轴线与主轴线相重合的齿轮。
- 3.2 行星轮 Planet gear
在周转轮系中作自转和公转运动，如同行星一样运动的齿轮。
- 3.3 行星架 Planet carrier
支撑行星轮并使其公转的构件。
- 3.4 内齿圈 Internal ring gear
与行星轮内啮合，而轴线与主轴线相重合的固定构件。
- 3.5 开式齿轮 Output pinion
与风力发电机组偏航轴承齿圈啮合的减速器输出轴齿轮。

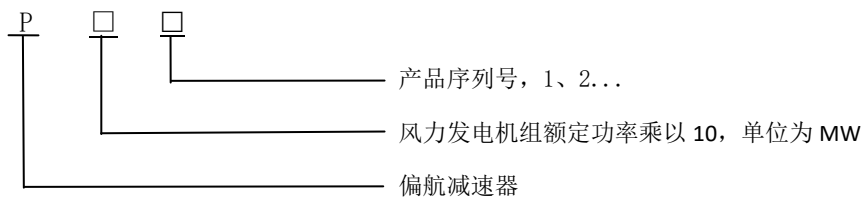
4 型式与基本参数

4.1 型式

减速器采用多级行星齿轮传动，每级传动由太阳轮、行星轮、行星架和内齿圈等构成。在电机驱动下，末级行星架带动开式齿轮输出，减速器可根据风向变化正反向旋转。

4.2 型号

减速器型号表示方法如下：



示例：
风力发电机组额定功率为3.0MW，产品序列号为8的偏航减速器，其标记为：
P308 偏航减速器

4.3 基本参数

- 4.3.1 减速器齿轮模数宜采用表1规定的模数。
- 4.3.2 减速器低法兰结构的技术参数见表 2，减速器低法兰结构的外形尺寸见表 3 和图 1。
- 4.3.3 减速器高法兰结构的技术参数见表 4，减速器高法兰结构的外形尺寸见表 5 和图 2。
- 4.3.4 减速器齿轮的基本齿廓应符合GB/T 1356的规定。

表1 齿轮模数

行星级数	第一、二级	第三级	第四级	
模数	1.5、2*、2.5*	3、3.5、4*	4	5.5、6*
*为优先选用模数。				

表 2 低法兰结构技术参数

型号	减速器主要参数				开式齿轮主要参数				电机主要参数			
	传动比	额定输出 扭矩 N.m	极限输出扭 矩 N.m	重量 kg	模数	齿数	齿宽 mm	变位 系数	额定功率 kW	额定电压 V	额定转速 rpm	制动力矩 N.m
P205	1451.5	22130	60000	315	16	z=13	b=130	+0.5	2.2	690/Y	1410	30
P253	1718.8	35000	103000	635	20	z=14	b=210	+0.5	2.5	400/△	940	40
P3017	1642.3	46500	122000	700	22	z=13	b=200	+0.5	4	690/Y	960	60
P3516	1607.7	36450	125000	684	20	z=14	b=210	+0.5	3.5	400/△	940	65
P353	1665.2	35500	147000	850	24	z=14	b=205	+0.5	3.5	400/△	940	60
P406	1412.8	37775	138000	820	24	z=14	b=210	+0.5	4	400/Y	960	80
P458	1451.5	23000	55000	318	16	z=13	b=130	+0.5	1.5	400/△	940	30
P453	1665.2	35800	167000	892	24	z=14	b=245	+0.5	4	400	960	75
P508	2044.0	48530	120000	610	20	z=14	b=170	+0.5	2.2	400	940	45
P803	1665.2	25120	167000	940	24	z=14	b=245	+0.5	4	400	960	75
注：开式齿轮的压力角为20°。												

表 3 低法兰结构外形尺寸

单位为mm

型号	L	L1	L2	L3	L4	L5	D1	D2	D3	D4	D5	D6	B	d
P205	1189.5	802.5	213	20	20	176	φ 208	φ 254.5h9	φ 320f7	φ 370	φ 400	1.5	130	20-φ 17 均布
P253	1386	964	342	44	18	153.5	φ 280	φ 338h11	φ 410h7	φ 450	φ 490	2.5	210	24-φ 22 均布
P3017	1530	1070	350	50	50	154.5	φ 286	φ 352h11	φ 410f7	φ 450	φ 495	2.5	200	24-φ 26 均布
P3516	1495	1030	325	40	30	176	φ 280	φ 338	φ 410f7	φ 450	φ 495	2.5	210	24-φ 26 均布
P353	1531.5	1051.5	302	50	50	213.5	φ 336	φ 408	φ 450h8	φ 500	φ 550	2.5	205	24-φ 26 均布
P406	1826	1136	400	70	18	175	φ 336	φ 408h9	φ 420f7	φ 455	φ 500	2	210	24-φ 22 均布
P458	1192.5	802.5	213	20	20	176	φ 208	φ 254.5	φ 320f7	φ 370	φ 400	1.5	130	20-φ 17 均布
P453	1641	1147	342	50	50	254.5	φ 336	φ 408	φ 450h8	φ 500	φ 500	2.5	245	24-φ 26 均布
P508	1396	976	345	37	20	239.5	φ 280	φ 335h11	φ 410f7	φ 450	φ 490	2.5	170	24-φ 21 均布
P803	1671	1151	335.5	52.5	60	258.5	φ 336	φ 490	φ 490h8	φ 570	φ 500	2.5	245	24-φ 26 均布

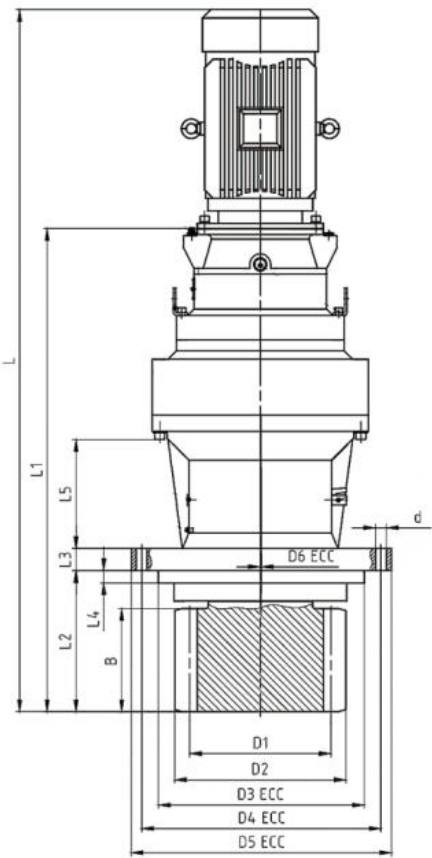


图1

表4 高法兰结构技术参数

型号	减速器主要参数				开式齿轮主要参数				电机主要参数			
	传动比	额定输出 扭矩 N. m	极限输出 扭矩 N. m	重量 kg	模数	齿数	齿宽 mm	变位 系数	额定 功率 kW	额定 电压 V	额定转 速 rpm	制动力矩 N. m
P2011	2025.0	22000	64568.6	480	20	z=14	b=140	+0.5	1.5	690/Y	940	32
P208	1234.8	23475	66000	495	18	z=14	b=125	+0.5	3.0	400	940	55
P258	1743.6	45220	100000	621	20	z=14	b=180	+0.5	3.0	400	940	45
P288	1746.8	53310	120000	660	20	z=14	b=205	+0.5	3.0	400	940	55
P308	1743.6	45220	100000	634	20	z=14	b=205	+0.5	3.0	400	940	45
注：开式齿轮的压力角为20°。												

表5 高法兰结构外形尺寸

单位为mm

型号	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	B	d
P2011	1281	886	480	30	15	216	64	φ 280	φ 338h9	φ 350f7	φ 425f7	φ 460	φ 500	1.5	140	18-φ 20 均布
P208	1398.5	918.5	475	40	15	210	70	φ 252	φ 304.6h10	φ 330h8	φ 425h8	φ 460	φ 500	2	125	18-φ 20 均布
P258	1487	1007	528	40	15	267	71	φ 280	φ 335	φ 400h8	φ 425h8	φ 470	φ 510	2.5	180	30-φ 20 均布
P288	1524.5	1034.5	553	40	15	307	86	φ 286	φ 347	φ 400h8	φ 425h8	φ 490	φ 530	2.5	205	30-φ 20 均布
P308	1512	1032	553	40	15	292	71	φ 280	φ 335	φ 400h8	φ 425h8	φ 470	φ 510	2.5	205	30-φ 20 均布

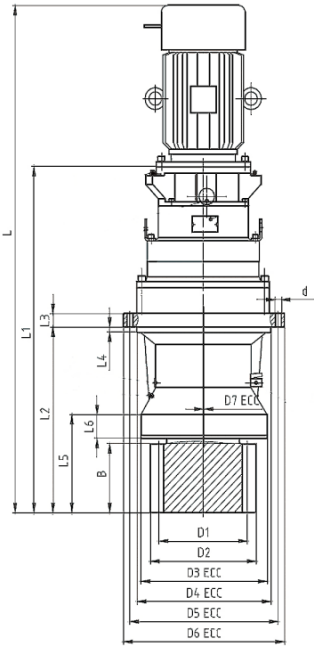


图 2

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 减速器的设计、制造应充分考虑风机运行的实际工况和需求。
- 5.1.2 减速器的生存环境温度为-40℃～+60℃，工作环境温度为-30℃～+50℃。
- 5.1.3 减速器环境的相对湿度应不大于 95%。
- 5.1.4 减速器要考虑能在海上或沙尘天气持续运行。

5.2 总体要求

- 5.2.1 减速器的设计、制造应满足风力发电机组设计寿命要求。陆上减速器的设计寿命应不少于 20 年，海上减速器的设计寿命应不少于 25 年。具体设计寿命应在订货技术文件中明确。
- 5.2.2 减速器齿轮的接触强度和弯曲强度安全系数应符合表 6 规定。

表 6 齿轮强度安全系数

名称	齿轮接触强度安全系数 S_H	齿轮弯曲强度安全系数 S_F
疲劳强度	≥ 1.0	≥ 1.15
静强度	-	≥ 1.1

- 5.2.3 减速器图样上未注加工公差应符合 GB/T 1804-2000 中 m 级的规定。未注铸件尺寸公差应符合 GB/T 6414-2017 中 DCTG10 级规定，未注铸造壁厚公差应符合 GB/T 6414-2017 中 DCTG11 级规定。
- 5.2.4 减速器齿轮和花键的精度等级应不低于表 7 的规定。

表 7 齿轮和花键精度

名称	太阳轮	行星轮	开式齿轮	内齿圈	花键
精度等级	7 级	7 级	8 级	8 级	内花键 7 级、外花键 6 级
标准号	GB/T 10095.1-2008				GB/T 3478.1-2008

5.3 部件要求

5.3.1 锻件

- 5.3.1.1 锻件可采用 42CrMoA、20CrMnMo，材料化学成分和力学性能应符合 GB/T 3077-2015 的规定。箱体和行星架可选用 42CrMoA，调质硬度 270HBW～305HBW。齿轮可选用 20CrMnMo，齿轮渗碳淬火，齿面硬度 58HRC～62HRC，芯部硬度 32HRC～40HRC。行星轴可选用 42CrMoA，调质硬度 269HBW～293HBW。
- 5.3.1.2 锻件材料的化学成分见表 8，机械性能见表 9。允许采用力学性能相当或更高的材料。

表 8 材料化学成分

牌号	化学成分（质量分数%）				
	C	Si	Mn	Cr	Mo
42CrMoA	0.38～0.45	0.17～0.37	0.50～0.80	0.90～1.20	0.15～0.25
20CrMnMo	0.17～0.23	0.17～0.37	0.90～1.20	1.10～1.40	0.20～0.30
注：材料牌号中的“A”表示高级优质钢。					

表 9 材料机械性能

牌号	试样毛坯尺寸 mm	抗拉强度 R _m ≥MPa	屈服强度 ReL ≥MPa	断后伸长率 A ≥%	断面收缩率 Z ≥	冲击吸收能量 KU ₂ ≥J	钢材退火或高温回 火供应状态硬度 ≤HBW
42CrMoA	25	1080	930	12	45	63	229
20CrMnMo	—	1180	885	10	45	55	217
注：材料牌号中的“A”表示高级优质钢。							

5.3.1.3 锻件材料中的含氢量应不大于 2ppm，含氢量按 GB/T 223.82 的方法测定。

5.3.1.4 锻件材料中的 P(磷)、S(硫)的含量应不大于 0.030%。

5.3.1.5 锻件材料的酸浸低倍组织应不大于 GB/T 3077-2015 中高级优质钢的规定。

5.3.1.6 锻件材料的淬透性应符合 GB/T 5216-2014 中 H 带的规定。

5.3.1.7 锻件中的带状组织应不大于 GB/T 13299-1991 中 2 级的规定。

5.3.1.8 锻件毛坯的锻造比应不小于 4。

5.3.1.9 锻件热处理后表面硬度应均匀,应符合图纸和技术要求。

5.3.1.10 锻件热处理后的晶粒度等级按 GB/T 6394 的方法测定。

5.3.1.11 锻件热处理后应按 JB/T 5000.15 进行超声波检验。

5.3.1.12 硬度检测按 GB/T 231.1 的规定执行。

5.3.2 铸件

5.3.2.1 铸件材料可采用 QT400-18L、QT500-7、QT600-3、QT700-2，材料力学性能应符合 GB/T 1348-2019 的规定。铸件材料的力学性能及冲击功见表 10，拉伸试验按照 GB/T 228.1 的规定执行,冲击试验按照 GB/T 229 的规定执行。

5.3.2.2 铸件材料的金相组织见表 11，金相检验按 GB/T 9441-2009 的规定执行。

5.3.2.3 箱体材料可选用 QT400-18L，行星架材料可选用 QT500-7、QT600-3、QT700-2，材料热处理见表 12。允许采用力学性能相当或更高的材料。

表 10 力学性能和冲击功

材料牌号	铸件壁厚 t mm	抗拉强度 Rm ≥MPa	屈服点 Rp0.2 ≥MPa	断后伸长率 A ≥%	夏比 V 型缺口最小冲击功	
					AKV J/cm ²	
					低温 (-20° C±2° C)	
					三个试样平均值	单个值
QT400-18L	t≤30	400	240	18	12	9
	30<t≤60	380	230	15	12	9
	60<t≤200	360	220	12	10	7
QT500-7	t≤30	500	320	7	—	—
	30<t≤60	450	300	7	—	—
	60<t≤200	420	290	5	—	—
QT600-3	t≤30	600	370	3	—	—
	30<t≤60	600	360	2	—	—
	60<t≤200	550	340	1	—	—
QT700-2	t≤30	700	420	2	—	—
	30<t≤60	700	400	2	—	—
	60<t≤200	650	380	1	—	—
注：字母“L”表示低温。						

表 11 金相组织

牌号	金相组织
QT400-18L	主要基体组织为铁素体基体，铁素体含量应≥90%，渗碳体应≤1%，磷共晶应≤1%，石墨大小应不低于 V 级，球化率应≥90%。
QT500-7	主要金相组织为铁素体+珠光体，主要基体组织为铁素体基体，珠光体应≥35%，渗碳体应≤1%，磷共晶应≤1%，石墨大小应不低于 V 级，球化率应≥90%。
QT600-3	主要金相组织为珠光体+铁素体，主要基体组织为珠光体基体，珠光体应≥55%，渗碳体应≤1%，磷共晶应≤1%，石墨大小应不低于 V 级，球化率应≥90%。
QT700-2	主要金相组织为石墨+珠光体+少量铁素体，主要基体组织为珠光体基体，珠光体应≥75%，渗碳体应≤1%，磷共晶应≤1%，石墨大小应不低于 V 级，球化率应≥90%。

表 12 材料热处理

材料牌号	热处理	硬度
QT400-18L	正火	120HBW~175HBW
QT500-7	正火	170HBW~230HBW
QT600-3	正火	190HBW~270HBW
QT700-2	正火	225HBW~305HBW
注：字母“L”表示低温。		

5.3.2.4 铸件加工后，应按照GB/T 34904进行超声波检验。

5.3.2.5 铸件硬度检测按 GB/T 231.1 的规定执行。

5.3.3 齿轮

5.3.3.1 齿轮采用锻件，材料力学性能应不低于 GB/T 3077-2015 规定的 20CrMnMo 的要求。齿轮渗碳淬火，齿面硬度 58HRC~62HRC，芯部硬度 32HRC~40HRC。硬度检测按 GB/T 230.1 的规定执行。

5.3.3.2 齿面硬度在齿顶检测，按 120°三等分选三齿，以齿宽中部为检测点。芯部最小硬化层深度按 ISO 6336-5 的规定执行。

5.3.3.3 太阳轮、行星轮锻件正火后进行超声波探伤，齿轮部位应达到 JB/T 5000.15-2007 规定的 I 级要求，其他部位应达到 II 级要求。

5.3.3.4 开式齿轮热处理质量等级应达到ISO 6336-5中渗碳淬火钢MQ级别的要求。

5.3.3.5 开式齿轮锻件正火后进行超声波探伤，应达到 JB/T 5000.15-2007 规定的 I 级要求。

5.3.3.6 齿轮渗碳淬火后，按 TB/T 2758-1996 对齿根部进行喷丸处理，喷丸表面覆盖率应达到 100%~200%，喷丸强度 0.4A~0.5A，喷丸部位表面粗糙度应不大于 Ra3.2μm。

5.3.3.7 齿轮磨齿后应进行齿面检测，不允许有灼伤或微裂纹。灼伤按 GB/T 17879-1999 进行检测，开式齿轮验收等级为 FA，太阳轮和行星轮验收等级为 FB2。

5.3.3.8 齿轮应进行磁粉探伤，按 TB/T 2247-1991 对齿轮进行探伤，不允许有裂纹。

5.3.3.9 齿轮齿顶沿齿长方向倒圆 R=0.1m_n，齿轮两端面倒圆 R=1mm。

注：m_n为齿轮法向模数。

5.3.3.10 齿轮齿向修形可根据减速器实际情况计算获得。

5.3.3.11 齿轮表面粗糙度：太阳轮、行星轮、开式齿轮为 Ra≤1.6μm，内齿圈为 Ra≤3.2μm。

5.3.4 轴

5.3.4.1 行星轴可采用 42CrMoA，调质硬度 269HBW~293HBW。接套可采用 40Cr，调质硬度 241HBW~269HBW。行星轴和接套材料的力学性能应不低于 GB/T 3077-2015 的规定，硬度检测方法按 GB/T 231.1 的规定执行。

5.3.4.2 轴热处理后应按 JB/T 5000.15 进行超声波检验。成品不允许有脱碳、软点、裂纹及变形。

5.3.5 轴承

5.3.5.1 轴承的设计应符合 GB/T 4662 和 GB/T 6391 的规定。轴承的设计寿命应与减速器寿命相匹配。

5.3.5.2 减速器输入端轴承可选用进口轴承，输出端轴承可选用国产轴承。

5.3.6 辅助装置

5.3.6.1 放油螺塞

放油螺塞用于减速器换油时排出箱体內的废油。放油螺塞应位于减速器油池的最低点。放油螺塞宜选用磁性堵塞。

5.3.6.2 加油螺塞

加油螺塞用于加注减速器润滑油，其位置应方便减速器加注润滑油。

5.3.6.3 油标

油标用于观察减速器箱体内润滑油面的位置。油标与减速器连接处应可靠密封。减速器出厂时，室温（20℃）情况下，减速器油位应位于油标 1/2~2/3 的位置。

5.3.6.4 加脂螺塞

加脂螺塞用于加注开式齿轮的轴承润滑脂，其位置应方便减速器加注润滑脂。

5.4 润滑要求

5.4.1 减速器齿轮传动部分采用浸油润滑方式，开式齿轮输出端轴承采用脂润滑方式。推荐按表 13 选用润滑油和润滑脂。

5.4.2 减速器新加入和试验用的润滑油的清洁度应不低于ISO 4406中-/18/15的要求。

表 13 润滑脂和润滑油选用表

类型	温度	粘度
润滑脂	-	460
润滑油	低温	150
	常温	320

5.5 密封要求

5.5.1 减速器应有良好的密封性，不应有渗漏油现象，并能避免水分、尘埃及其它杂质进入箱体内部。

5.5.2 减速器密封件应在工作压力、工作温度范围内具有良好的密封性能。

5.5.3 减速器密封件应与它相接触的润滑油脂、邻近的材料相容。

5.5.4 减速器密封件为易损件，应定期或根据使用情况进行更换，密封件的更换周期应不小于 5 年。

5.6 装配要求

5.6.1 检验记录齐全，经检验合格的零件方可装配。

5.6.2 零件必须在专用清洗机内清洗后方可装配。装配前零件表面应干净、无污物、无腐蚀、无损伤。

5.6.3 装配时，零件不允许有磕、碰、划伤和锈蚀。

5.6.4 装配时，应确认滚针数量，不允许漏装滚针。

5.6.5 装配时外接合面应涂密封胶，所有紧固螺栓应涂防松胶，防松胶为厌氧性且应防油腐蚀。

- 5.6.6 低速输出轴处的轴承使用润滑脂进行润滑，出厂前应保证加满规定的润滑脂。下机体注脂孔装配前应清洗干净。
- 5.6.7 装配轴承时，轴承内圈端面应紧贴轴肩或定距环，用 0.05mm 塞尺检查不得塞入。低速轴两轴承的轴向间隙靠圆螺母进行调整，其间隙应符合图样或工艺文件规定。
- 5.6.8 齿轮副有效工作面接触斑点，沿齿高方向应不小于 60%，沿齿长方向应不小于 80%。用着色法检查齿轮啮合工作表面接触斑点。
- 5.6.9 减速器箱体外部螺纹连接部分的计算应符合GB/T 16823.1的有关规定，螺栓的强度等级应不低于GB/T 3098.1-2010中8.8级要求，螺纹连接应有防松要求。螺栓的拧紧力矩应符合表14的规定。

表 14 螺栓拧紧力矩

螺栓公称直径 d (mm)	M10 ^a (8.8 级)	M12 ^a (8.8 级)	M12 ^a (10.9 级)	M14 (8.8 级)	M16 ^a (10.9 级)
拧紧力矩 T _a (N.m)	50±10%	90±10%	120±10%	120±10%	300±10%
^a 为优先选用的螺栓。					

5.7 防腐要求

- 5.7.1 减速器的防腐寿命应与减速器的设计寿命相一致。
- 5.7.2 减速器的防腐设计应不低于 GB/T 30790.2-2014 中的 C3 级要求。
- 5.7.3 减速器喷涂底漆前应进行表面除锈处理，除锈等级应达到 GB/T 8923.1-2011 中 Sa2.5 级的要求。
- 5.7.4 减速器全部外露的机加工配合表面应按规定涂刷防锈油。
- 5.7.5 减速器漆膜的附着力应符合 GB/T 9286-2021 中的 2 级规定。
- 5.7.6 减速器涂料的颜色应保持一致。

6 试验方法

6.1 型式试验

6.1.1 型式试验经双方协商由供方进行试验，但试验过程及结果必须经需方见证，试验按 ISO 6336-6 的规定执行，供需双方确定《型式试验大纲》，并经双方会签认可。

6.1.2 型式试验包括以下内容。

6.1.2.1 气密性试验

装配完成后，对整机输入 1bar~2bar 的压缩空气。保压 5min，压力应保持不变。

6.1.2.2 空载试验

减速器在额定转速下做空载试验。空载试验时，减速器正反转时间应各不少于 30min。空载试验时，应满足以下要求：

- a) 连接件、紧固件不松动；
- b) 密封处、接合处不漏油、不渗油；
- c) 运转平稳、无冲击。

6.1.2.3 传动效率测试

减速器在额定转速下，运转达到热平衡 10min 后，开始测量转速和扭矩。试验过程中应记录各档的转速、扭矩、效率，做出扭矩-效率曲线。

6.1.2.4 加载试验

减速器在额定转速下，按要求加载正反向运转。在正常运转情况下，每隔 10min 测定并记录一次时间、转速、负载、温度。

6.1.2.5 静载试验

减速器加载至极限承载扭矩后，正反向运转时间各 10 秒。

6.1.3 减速器型式试验结束后，全面拆检，其完好性指标应符合表 15 的规定。

表 15 型式试验拆检指标

序号	检测项目	检测要求
1	拆除各级螺栓时所用的力矩值	符合要求
2	齿面接触率	符合要求
3	齿面点蚀	目测无点蚀
4	齿轮齿面磨损量	在齿根附近测量，应不超过齿轮模数值的 4%。
5	作为滚道面的齿轮内孔及行星轴外径	目测无点蚀、无凹坑。
6	主要零部件	目测无折断、无裂纹、无塑性变形、无损伤。
7	轴承	目测滚道接触均匀、无损伤、无异常。
8	效率	各级效率应不低于 97%。效率检测按 GB/T 14231 的规定执行。
9	噪声	额定转速下空载噪声≤75dB, 加载试验噪声≤85dB。 噪声检测按 GB/T 6404.1 的规定执行。
10	振动	型式试验过程中，减速器表面的振动应不超过 8mm/s。 振动检测按 GB/T 6404.2 的规定执行。
11	油温	减速器箱体最高温升应不大于 80℃。
12	密封	型式试验过程中，减速器各密封处不应渗、漏油。

6.2 出厂试验

出厂试验内容见表 16。

表 16 出厂试验

序号	项目名称	试验内容	要求
1	气密性试验	装配完成后，对整机输入 1bar~2bar 的压缩空气。	保压 5min，压力应保持不变
2	空载试验	按试验大纲在额定转速下，做空载运转试验，正反转各 3min。	1、连接件、紧固件不松动。 2、密封处、接合处不漏油、不渗油。 3、运转平稳、无冲击。

7 检验规则

7.1 检验类别

产品检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 型式检验

7.2.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 产品的设计、工艺等方面有重大改变时；
- c) 国家质量监督机构要求进行型式检验时；
- d) 定期对产品进行抽检时；
- e) 在使用中出现重大偏差时；
- f) 客户有特殊要求时。

7.2.2 减速器型式检验项目见表 17。型式检验时，如各检验项目全部符合本标准的规定，则判定该产品的型式检验合格，否则判定该产品的型式检验不合格。

7.2.3 对于成批生产的减速器，应定期或不定期抽检。对同一类型尺寸的减速器应抽检 10%，如检验不合格时应加倍抽样进行复检，若复检仍不合格则应全部进行检验。不足 10 台时应抽检一台。

7.3 出厂检验

7.3.1 每台减速器均应经制造厂质量检验部门检验合格后方能出厂，并应附有产品合格证。

7.3.2 每台减速器均应进行出厂检验，出厂检验项目见表 17。

表 17

序号	检验项目	检验分类	
		出厂检验项目	型式检验项目
1	减速器油位	+	+
2	减速器外观及包装	+	+
3	气密性试验	+	+
4	空载试验	+	+
5	传动效率试验	-	+
6	加载试验	-	+
7	静载荷试验	-	+
注：“+”为必检项目，“-”为免检项目。			

7.4 检验条件

7.4.1 检验人员应是专职质量管理人员、质检员和试验员。

7.4.2 检测用具、仪器及设备应符合计量检定和质量检测要求，应能提供精确可靠的检测数据。

7.4.3 从事无损检测的人员必须经过技术培训并取得相应的资质证书。

7.4.4 需方有权对原材料进行抽样检验和定期检验。

7.4.5 需方要求参加供方检验时，双方共同商定检验程序。

7.4.6 需方不定期对铸件金相组织和力学性能进行抽检。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标牌应固定在减速器的明显部位，标牌型式和尺寸应符合 GB/T 13306 的规定，并标明下列内容：

- a) 产品名称和型号；
- b) 产品主要技术参数；
- c) 出厂编号；
- d) 制造日期；
- e) 制造商名称；
- f) 润滑剂类型和牌号；
- g) 制造商商标。

8.1.2 产品旋向箭头也应固定在减速器的显著部位。

8.2 包装

8.2.1 减速器的包装应符合 GB/T 13384 的规定，包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.2 减速器的包装材料应清洁、干燥，缓冲衬垫应采用不吸湿的或吸湿性小的材料。

8.2.3 减速器包装必须具有防水、防潮功能，应能防止雨水、风雪、冰雹的侵蚀。

8.2.5 减速器装箱时应尽量使其重心居中靠下。重心偏离中心较明显的产品应采取相应的平衡措施。

8.2.6 减速器的包装应满足承重要求，应保证减速器在包装箱内固定可靠。

8.2.7 减速器的包装箱上应标明以下内容：

- a) 减速器名称、型号；
- b) 包装箱重量和体积；
- c) 收货单位和地址。

8.3 运输

8.3.1 减速器在运输过程中，应紧固在包装箱内，避免大的碰撞及振动，应保证包装物完好无损。

8.3.2 减速器在运输过程中应采取必要的防震、防撞、防潮措施。运输工具应清洁、干燥，避免碰伤、雨淋和有害气体的侵蚀。

8.4 贮存

8.4.1 减速器应用防潮柔性材料包裹放在包装箱内，贮存在清洁、通风、防雨、防雪、防水、无腐蚀性介质的地方，不允许在阳光下长期暴晒。包装应能保证包装物的完好无损。

8.4.2 减速器贮存期间，应定期检查，以防损坏。

9 随机文件

每台减速器出厂必须提供随机文件。随机文件至少应包括以下内容：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用维护说明书；
- c) 检验报告单。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3480-1997 渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法
 - [2] GB/T 4857-2008（所有部分） 包装 运输包装件基本试验
 - [3] JB/T 5000.10-2007 重型机械通用技术条件 第10部分：装配
 - [4] JB/T 5558-2015 减（增）速器试验方法
 - [5] JB T 6502-2015 NGW行星齿轮减速器
 - [6] IEC 61400-1 风力发电机 第1部分：设计要求（Wind turbines,Part 1:Design requirements）
-