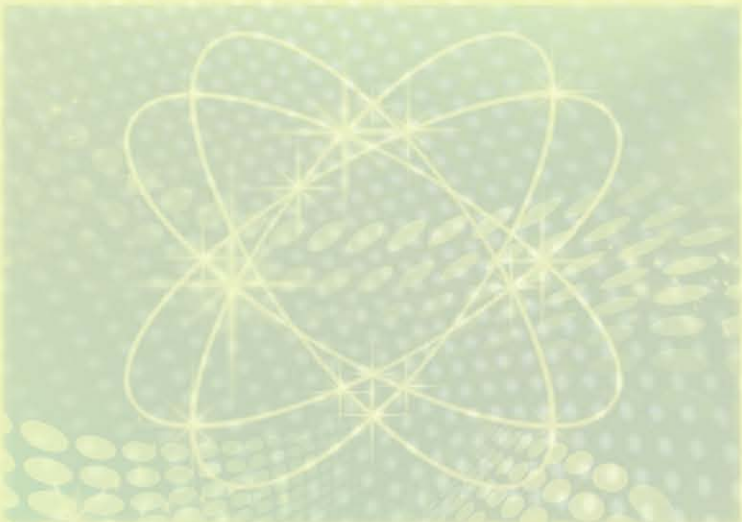
风力发电场金属监督技术标准



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— 0000.08.005—2012

技术标准篇

风力发电场金属监督技术标准

2012 - 07 - 01 发布
2012 - 07 - 01 实施

目　　次

前言 …… 93
1　范围 …… 94
2　规范性引用文件 …… 94
3　总则 …… 95
4　材料及焊接质量的监督 …… 96
5　制造阶段的监督 …… 97
6　安装阶段的监督 …… 102
7　运行阶段的监督 …… 104
8　技术监督档案 …… 107
附录 A（规范性附录）　小于或等于 M30 的高强度螺栓连接副的材料及机械性能，配合使用规定 …… 109

前　言

本标准是根据风力发电场金属部件设计、制造、安装、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新的监督技术、经验制定。标准规定了中国华能集团公司风力发电场金属监督的部件范围、项目、内容及相应的技术标准。

本标准是中国华能集团公司所属风力发电场金属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。

本标准主要起草人：马剑民、屠劲林、姚兵印、赵文忠、张志博、章春香、赵大文、刘麒祥。

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。

风力发电场金属监督技术标准

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”）风力发电场金属监督的部件范围、检验项目、内容及相应的技术要求。

本标准适用于集团公司风力发电场以下金属部件的监督工作：

a） 塔架及附件，包括塔筒、连接法兰、焊缝、爬梯、电缆固定支架、连接用高强度紧固件。

b） 机舱底盘、焊缝、连接用高强度紧固件。

c） 旋转部件，包括传动系统的增速齿轮箱，低速轴（主轴）和高速轴及轴承，风力机轮毂、叶片，刹车装置，偏航制动装置，联轴器，连接用高强度紧固件。

d） 液压装置，包括风力发电机液压站的油箱、管道和管件。

e） 风电场架空输电线路铁塔。

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 150.4 压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓

GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母

GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈

GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件

GB/T 1348 球墨铸铁件

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 2694 输电线路铁塔制造技术条件

GB/T 2970 厚钢板超声波检验方法

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹

GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

GB/T 5117 碳钢焊条

GB/T 5118 低合金钢焊条

GB/T 5293　埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
GB/T 5313　厚度方向性能钢板
GB/T 5779.1　紧固件表面缺陷螺栓、螺钉和螺柱　一般要求
GB/T 5779.2　紧固件表面缺陷　螺母
GB/T 5782　六角头螺栓
GB/T 8110　气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
GB/T 9439　灰铸铁件
GB/T 9445　无损检测　人员资格鉴定与认证
GB/T 11345　钢焊缝手工超声波探伤标准方法和探伤结果分级
GB/T 12470　埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂
GB/T 14977　热轧钢板表面质量的一般要求
GB/T 18451.1　风力发电机组　安全要求
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　安装和装配规范
GB/T 20319　风力发电机组　验收规范
GB/T 25383　风力发电机组　风轮叶片
DL/T 797　风力发电场检修规程
DL/T 991　电力设备金属光谱分析技术导则
DL/T 5191　风力发电场项目建设工程验收规程
JB/T 4730　承压设备无损检测
JB/T 6395　大型齿轮、齿圈锻件　技术条件
JB/T 6402　大型低合金钢铸件
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 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
JB/T 10705　滚动轴承　风力发电机轴承
NB/T 47014　承压设备焊接工艺评定
NB/T 47015　压力容器焊接规程
NB/T 31006　海上风电场钢结构防腐蚀技术标准
中国船级社　风力发电机组规范（2008）
中国华能集团公司　电力工程建设设备监理管理办法
中国华能集团公司　风电工程设备监理大纲

3　总则

3.1　风力发电场金属技术监督的目的：是通过对监督范围内部件的材料质量、焊接质量、部件质量和性能，在设计选材、制造、安装、运行、检修、技术改造过程中进行必要的监督、检验，预防质量和性能不合格及含缺陷部件的使用，从而预防和减少不安全事故的发生，提

高设备安全运行的可靠性和使用寿命。

3.2 金属技术监督是风力发电场技术监督的重要组成部分，是保证风力发电机组安全运行的重要措施，应按照集团公司《电力技术监督管理办法》的规定，在风力发电机组的设计选材、制造、安装、运行、检修、技术改造各个阶段，实施全过程技术监督和技术管理。

3.3 金属技术监督必须按照集团公司《电力技术监督管理办法》的规定，贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，以及“超前预控、闭环管理”的原则。

3.4 风力发电场应建立、健全金属技术监督档案。

3.5 风力发电场应根据本标准制订本企业的金属技术监督管理制度和实施细则。

4 材料及焊接质量的监督

4.1 材料的监督

4.1.1 材料选择和质量应符合相应的国家、行业标准，进口部件的材料选择和性能应符合合同规定的有关技术标准要求。

4.1.2 受监范围内部件（备品、配件）应有相应的材料质量保证书（或合格证书），保证书应标明相应标准规定的材料牌号、化学成分、机械性能等相关数据。对有热处理和无损检测要求的部件，应随产品提供热处理和无损检测报告。

4.1.3 监督范围部件发生材料代用情况时，代用材料的性能应不低于原设计材料，并应履行相应的审批手续。对代用情况应做好记录并存档，同时应在相应的图纸、资料上注明。

4.1.4 备品、配件入库前，应按照订货合同、协议和相关标准要求，对质量保证书（合格证书）、外观、尺寸和质量进行验收，并建立验收记录存档。外观和尺寸验收不合格时不准入库，并退货处理；当无材料质量保证书（合格证书），或材料质量保证书（合格证书）有问题（如检验项目不全、性能不符合要求），以及对材料质量有怀疑时，应进行资料补充或补充检验合格后，方可入库，否则做退货处理。

4.1.5 受监范围内备品、配件应分类挂牌存放，并应采取必要的措施防止发生腐蚀、变形、损伤。

4.2 焊接质量的监督

4.2.1 风力机塔筒及附件、底盘、架空输电线路铁塔、特种设备等的焊接工作，必须由取得国家授权的相关部门颁发的资格证书的人员担任，并且焊工焊接的钢材种类、焊接方法和焊接位置等均应与焊工本人考试合格的项目相符。

4.2.2 监督范围内金属部件焊缝质量无损检测的相关要求如下：焊缝的无损检测方法主要包括：目视检测（VT）、超声检测（UT）、磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）、射线检测（RT）。从事无损检测的人员，应持有按 GB/T 9445《无损检测　人员资格鉴定与认证》标准的规定，经考核取得所从事的无损检测项目有效的（VT 或 UT、MT、PT、RT）Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级资格证书。其中Ⅱ、Ⅲ级资质人员可独立进行操作，Ⅰ级资质人员应在Ⅱ、Ⅲ级资质人员的监督指导下操作。用于无损检测的设备应按相关标准进行定期校验和检测。无损检测前，应由Ⅱ、Ⅲ级无损检测资质人员，根据设计技术规范编制相关无损检测工艺。

4.2.3 监督范围内部件的焊接材料（焊条、焊丝、焊剂）应与母材匹配，并符合 GB/T 5117《碳钢焊条》、GB/T 5118《低合金钢焊条》、GB/T 5293《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》、GB/T 8110《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》、GB/T 12470《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》等

相关标准和设计要求。

4.2.4 塔架及附件、底盘焊接前，应根据设计图样和有关技术规范的要求，以及 NB/T 47014《特种设备焊接工艺评定》、NB/T 47015《压力容器焊接规程》的规定编制焊接工艺规程，焊接工艺规程应包括焊缝布置图、相关焊缝的焊接工艺、焊缝返修和表面补焊工艺及相关检验内容的要求。

4.2.5 塔筒筒体焊缝以及与筒体相焊的焊缝（包括门框）、底盘焊缝，应按照 NB/T 47014《特种设备焊接工艺评定》的规定进行焊接工艺评定，编制焊接工艺评定报告，焊接工艺评定报告中应有所使用材料的质量证明书。返修焊缝和全焊透的角焊缝的焊接工艺应单独评定。

4.2.6 焊缝的无损检测工作应在焊接变形矫正和所要求的热处理完成后进行。

4.2.7 受监范围内部件焊缝应按相关标准要求进行 100%的外观质量检验，外观质量检验不合格时，不允许进行其他项目的检验工作。

4.2.8 焊缝及母材表面缺陷应按工艺要求进行修复，焊缝内部超标缺陷应按照评定合格的焊接返修工艺执行，同一部位返修次数不允许超过两次。

5 制造阶段的监督

5.1 制造阶段应按照集团公司《电力工程建设设备监理管理办法》、《风电工程设备监理大纲》的规定和要求，对监督范围内部件的设计选材和制造质量进行监督检查。

5.2 风力发电机组塔架、风轮叶片、齿轮传动装置、偏航系统、轴承、机械刹车装置和锁定装置、联轴器、液压系统和机舱的强度设计，应满足 JB/T 10300《风力发电机组设计要求》、GB/T 18451.1《风力发电机组 安全要求》、JB/T 10425.1《风力发电机组 偏航系统第 1 部分：技术条件》、JB/T 10426.1《风力发电机组 制动系统第 1 部分：技术条件》、GB/T 25383《风力发电机组 风轮叶片》、GB/T 19072《风力发电机组 塔架》、GB/T 19073《风力发电机组 齿轮箱》等标准的规定。

5.3 塔架、机舱底盘、轮毂、齿轮箱、轴承、高强度螺栓等制造商必须通过 ISO 9001 质量体系认证，并配备必要合格的材料或焊接质量检测、试验及热处理的设备和人员，从事焊接、检测、试验的人员资格应符合本标准 4.2 条的要求。

5.4 塔架材料和质量要求

5.4.1 按照 GB/T 19072《风力发电机组 塔架》的要求，塔架主体（包括筒体、法兰、门框）用钢应考虑塔架的强度、使用环境温度、材料的焊接及制造工艺以及经济性，可根据 GB/T 700《碳素结构钢》和 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》的相关规定选择使用。非塔架主体用钢与塔架主体焊接时，应与塔架主体材料匹配。

5.4.2 塔架用钢板的尺寸、外形及允许的偏差应符合 GB/T 709《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》的规定，钢板表面质量应符合 GB/T 14977《热轧钢板表面质量的一般要求》的规定。材料的性能应符合 GB/T 700《碳素结构钢》或 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》的规定。如钢板厚度方向有性能要求，应符合 GB/T 5313《厚度方向性能钢板》的规定。如钢板有超声波探伤要求，应符合 GB/T 2970《厚钢板超声波检验方法》的规定。

5.4.3 塔架材料的订货内容、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、质量证明书等，应符合 GB/T 3274《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》的规定。

5.4.4 塔架制造所用钢材的各项性能指标应符合设计文件要求。若采用代用材料时，应由制

造单位提出申请，并通过取样检验，所采用的代用材料满足设计要求时，经设计单位确认后方可执行。

5.4.5 拼焊法兰毛坯不宜超过六片拼接，且螺栓孔不能在焊缝上。环锻法兰按照相关国家标准执行，法兰使用的钢材质量等级应等于或高于塔架筒体使用钢材的质量等级。

5.4.6 按照 GB/T 19072《风力发电机组 塔架》的规定，焊缝的质量要求：

5.4.6.1 目视检测：对所有焊缝表面应进行 100%的目视检测，并在检验合格后才能进行其他方法的无损检测。检测结果应无明显咬边、裂纹、夹渣、气孔等缺陷；

5.4.6.2 磁粉或渗透检测：应按照 JB/T 4730.4《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》或 JB/T 4730.5《承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测》的规定进行，合格级别为Ⅰ级；

5.4.6.3 超声波检测：塔架主体对接焊缝应按照 JB/T 4730.3《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》的规定进行 100%的超声检测。各部位焊缝合格级别分别如下：

a） 合格级别为Ⅰ级的焊缝：
   1） 筒节与筒节焊接的环焊缝；
   2） 门框与筒体焊接的焊缝；
   3） 筒节与法兰焊接的环焊缝（包括基础段筒节与上法兰的环缝）；
   4） 筒节的纵焊缝；
   5） 法兰的拼接焊缝（不包括基础段底法兰拼接焊缝）；
   6） 钢板卷制的门框对接焊缝。

b） 合格级别为Ⅱ级的焊缝：
   基础段筒节与基础段底环法兰焊接的 T 型焊缝。

c） 合格级别为Ⅲ级的焊缝：
   基础段底法兰的拼接焊缝。

5.4.6.4 射线检测：设计有要求时，或对 UT 检测有疑问时应进行射线检测。射线检测应按照 JB/T 4730.2《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》执行，合格级别按照设计要求执行。

5.4.6.5 复检：对焊缝进行 VT、UT、MT、PT、RT 检测发现的超标缺陷，应进行返修处理，并对返修部位采用原检测方法进行检测，直至合格为止。

5.4.6.6 对设计要求为抽检的焊缝，若发现超标缺陷，应按设计要求增加检测数量。

5.5 机舱底盘材料和质量要求

5.5.1 铸造成型底盘的材料可按照 GB/T 1348《球墨铸铁件》和 GB/T 9439《灰铸铁件》的规定选用铸铁材料，宜选用球墨铸铁材料，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）。

5.5.2 焊接成型底盘的材料应依据环境温度而定。可根据 GB/T 700《碳素结构钢》，选择使用 Q235B、Q235C、Q235D 结构钢，或根据 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》选择使用 Q345B、Q345C、Q345D、Q345E 低合金高强度结构钢。

5.5.3 焊接成型底盘用钢板的尺寸、外形及允许的偏差应符合 GB/T 709《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》的规定，钢板表面质量应符合 GB/T 14977《热轧钢板表面质量的一般要求》的规定。材料的性能应符合 GB/T 700《碳素结构钢》或 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》的规定。如钢板厚度方向有性能要求，应符合 GB/T 5313《厚度方向性能钢

板》的规定。如钢板有超声波探伤要求，应符合 GB/T 2970《厚钢板超声波检验方法》的规定。

5.5.4 焊接成型底盘焊缝的质量要求：

a） 所有焊缝应进行 100%的目视检测，检测结果应无明显咬边、裂纹、夹渣、气孔等缺陷；

b） 底盘钢结构焊缝的无损检测方法和质量要求，应按照设计施工图样上的要求执行。施工图样上没有注明时，无损检测方法和质量要求也可参照 5.4.6 条的规定执行。

5.6 齿轮箱材料和质量要求

齿轮箱材料和质量应按照 GB/T 19073《风力发电机组　齿轮箱》的规定，满足如下要求：

a） 齿轮箱箱体。

1） 箱体的毛坯应根据结构形式选用球墨铸铁或铸钢件，也可选用其他具有等效力学性能的材料制作，在寒冷地区使用的箱体应具有耐低温性能；

2） 箱体类零件均应进行消应力处理。

b） 行星架。

1） 宜选用 QT700-2A、42CrMoA、ZG34Cr2NiMo 等材料，其力学性能应分别符合 GB/T 1348《球墨铸铁件》、GB/T 3077《合金结构钢》、JB/T 6402《大型低合金钢铸件》标准的规定，也可使用其他具有等效力学性能的材料；

2） 行星架如采用焊接结构，应对其焊缝进行超声波探伤，焊缝的检验等级应符合 GB/T 11345《钢焊缝手工超声波探伤标准方法和探伤结果分级》规定的 B 级要求。

c） 齿轮、内齿圈、齿轮轴、轴。

1） 齿轮、齿轮轴、轴宜采用优质低碳合金钢制造，如 20CrMnMo、17CrNiMo6 材料制造，其力学性能应分别符合 GB/T 3077《合金结构钢》、JB/T 6395《大型齿轮、齿圈锻件　技术条件》等相关标准的规定，也可使用其他具有等效力学性能的材料；

2） 内齿圈宜采用与齿轮相同的材料或 42CrMoA、34Cr2Ni2MoA 等材料制造，经渗碳、渗氮处理或其他方式的热处理，其力学性能应分别符合 GB/T 3077《合金结构钢》、JB/T 6395《大型齿轮、齿圈锻件　技术条件》等标准的规定，也可使用其他具有等效力学性能的材料。

5.7 轮毂、低速轴（主轴）、轴承材料和质量要求

5.7.1 轮毂材料可按照 GB/T 1348《球墨铸铁件》和 GB/T 9439《灰铸铁件》的规定选用铸铁材料，宜选用球墨铸铁材料，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）。

5.7.2 铸造轮毂毛坯表面不得有裂纹、缩孔、缩松、砂眼等缺陷，并且均应进行退火和时效处理。轮毂加工完成后，加工部位表面不允许有裂纹。

5.7.3 低速轴（主轴）的材料可选择 42CrMoA（42CrMo4）、40CrNiMoA（34CrNiMo6），其力学性能应符合 GB/T 3077《合金结构钢》等标准的规定，也可使用其他具有等效力学性能或更优的材料。

5.7.4 偏航、变桨转盘及传动系统轴承的选型应按照 JB/T 10300《风力发电机组设计要求》、

中国船级社《风力发电机组规范（2008）》、JB/T 10705《滚动轴承　风力发电机轴承》的规定执行，轴承的材料及质量要求应满足 JB/T 10705《滚动轴承　风力发电机轴承》的规定。其中部分质量和性能要求如下：

a） 轴承体的硬度应大于或等于 55HRC，其中偏航、变桨转盘轴承套圈调质后硬度为 229HB～269HB，滚道表面淬火后硬度为 55HRC～62HRC。

b） 偏航、变桨转盘轴承套圈探伤应不低于 GB/T 7736—2001 中的Ⅱ级要求。

c） 偏航、变桨转盘轴承套圈的低温冲击功要求为：–20℃时的 A_{KV} 不小于 27J，冷态下 –30℃时的 A_{KV} 由供需双方协商确定。

5.8　液压系统材料和质量要求

5.8.1　按照 JB/T 10427《风力发电机组一般液压系统》的规定，管件材料可以采用钢管、胶管、尼龙管、铜管，采用钢管时宜选用 10 号、15 号、20 号钢管。

5.8.2　按照 JB/T 10427《风力发电机组一般液压系统》、JB/T 10425.1《风力发电机组　偏航系统　第 1 部分：技术条件》的规定，液压管路采用钢管时，应选用无缝钢管。

5.8.3　按照 JB/T 10427《风力发电机组一般液压系统》的规定，液压系统油箱和管路焊接质量要求如下：

a） 开式矩形油箱内壁应采用满焊连续焊缝；开式圆形油箱内壁焊缝应高出内壁，高度应符合相关规定。

b） 压力式油箱的焊接应符合 GB 150.4《压力容器　第 4 部分：制造、检验和验收》的规定。

c） 管路焊接接口应做到内壁平齐；对于工作压力小于 6.3MPa 的管道，内壁错边量不大于 2mm；对于工作压力大于等于 6.3MPa 的管道，内壁错边量不大于 1mm。

d） 钢管管路应采用全氩弧焊焊接或氩弧焊打底后，焊条电弧焊填充、盖面；管路对接焊缝的内壁焊缝应高出内壁；管路对接焊缝同一部位返修次数不得超过两次。

5.9　高强度紧固件材料和质量要求

5.9.1　按照 GB/T 19072《风力发电机组　塔架》的规定，用于塔架连接的紧固件用钢及性能等级由设计单位根据 GB/T 5782《六角头螺栓》、GB/T 3098.1《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》、GB/T 3098.2《紧固件机械性能　螺母　粗牙螺纹》、GB/T 1228《钢结构用高强度大六角头螺栓》、GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》等标准进行选用，并在设计文件中明确其性能。考虑到塔架的使用工况，塔架附件用螺母宜采用自锁螺母。

5.9.2　按照 JB/T 10425.1《风力发电机组　偏航系统　第 1 部分：技术条件》、JB/T 10426.1《风力发电机组　制动系统　第 1 部分：技术条件》的规定，偏航系统和制动系统固定用高强螺栓、螺母、垫圈应分别符合 GB/T 1228《钢结构用高强度大六角头螺栓》、GB/T 1229《钢结构用高强度大六角螺母》、GB/T 1230《钢结构用高强度垫圈》的规定。

5.9.3　对小于等于 M30 的紧固件技术条件执行 GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》。对大于 M30 紧固件技术条件执行 GB/T 3098.1《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》、GB/T 3098.2《紧固件机械性能　螺母　粗牙螺纹》，塔筒用紧固件制作尺寸可按照 DIN6914～6916 标准执行。

5.9.4　常用小于等于 M30 的高强螺栓连接副的材料及机械性能、配合使用规定，应按

GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的要求执行，具体内容见附录 A。

5.9.5 小于等于 M30 的高强紧固件连接副的材料及机械性能、配合使用规定，应按 GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的要求执行，具体内容见附录 A。

5.9.6 高强度紧固件的制造质量检验要求如下：

5.9.6.1 制造厂应对高强度紧固件原材料进行化学成分检验，检验结果应符合GB/T 3077《合金结构钢》等相关标准的规定。

5.9.6.2 高强度紧固件的无损检测要求如下：

a） 高强度紧固件［包括螺栓（螺柱）、螺母］涂层处理前，螺栓、螺母应分别按照 GB/T 5779.1《紧固件表面缺陷螺栓、螺钉和螺柱特殊要求》、GB/T 5779.2《紧固件表面缺陷　螺母》的要求，进行 100%的目视检测，检测结果应无毛刺、机械损伤、凹陷、锈蚀、裂纹等缺陷。

b） 对大于等于 M30 的螺栓涂层处理前，应按照 JB 4730.3《承压设备无损检测　第 3 部分：超声检测》或 GB/T 4162 进行 100%的超声波检测，合格等级为 JB 4730.3 的Ⅰ级或 GB/T 4162 的 AAA 级。

c） 螺栓涂层处理前，应按 JB/T 4730.4《承压设备无损检测　第 4 部分：磁粉检测》的Ⅰ级进行 100%的磁粉检测，检测结果应符合 GB/T 5779.1《紧固件表面缺陷螺栓、螺钉和螺柱特殊要求》的要求，应无裂纹、白点和任何横向缺陷显示。

d） 螺栓涂层处理前，应按照 GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》等标准的要求，对螺栓、螺母、垫圈的尺寸和形位公差进行抽样检验，检验结果应符合设计要求，并应符合 GB/T 3103.1《紧固件公差　螺栓、螺钉、螺柱和螺母》和 GB/T 3103.3《紧固件公差　平垫圈》中有关 C 级产品的规定。

5.9.6.3 高强度紧固件的机械性能检验要求：

a） 螺栓应每批次（每批次最大数量不超过 3000）抽样 3 个，加工拉伸试样进行拉伸性能试验。同时根据用户要求，对大于或等于 M16 的螺栓，应抽样加工 3 组试样（每组 3 件）进行常温冲击试验。试验方法和结果应符合 GB/T 3098.1《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》、GB/T 3098.2《紧固件机械性能　螺母　粗牙螺纹》、GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》等标准的规定。小于或等于 M30 的螺栓加工试样机械性能合格值参见本标准附录 A 的表 A.3 和表 A.4。

b） 对大于等于 M20 的螺栓，每批次（每批次最大数量不超过 3000）抽样加工 6 组试样（每组试样为 3 件），按照 GB/T 229《金属材料　夏比摆锤冲击试验方法》进行夏比 V 型缺口低温冲击试验。其中 8.8 级螺栓在–40℃冲击功平均值不小于 37J，一组试件中允许有一件冲击功小于 27J，但不得小于平均值的 70%；10.9 级螺栓在–45℃冲击功平均值不小于 27J，一组试件中允许有一件冲击功小于 19J，但不得小于平均值的 70%。

c） 螺栓应每批次（每批次最大数量不超过 3000）抽样 8 个进行实物楔负载荷或拉力载荷（或芯部硬度）机械性能试验，试验方法和结果应符合 GB/T 3098.1《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》、GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的要求。小于或等于 M30 的螺栓硬度合格值参见本标准附录 A

的表 A.4。

d） 螺母应每批次（每批次最大数量不超过 3000）抽样 8 个进行保证载荷、硬度机械性能试验，试验方法和结果应符合 GB/T 3098.2《紧固件机械性能　螺母　粗牙螺纹》、GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的要求。小于或等于 M30 的螺栓用螺母硬度合格值参见本标准附录 A 的表 A.4。

e） 垫圈应每批次（每批次最大数量不超过 3000）抽样 8 个进行硬度试验，试验方法和结果应符合 GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》等标准的要求。小于或等于 M30 的螺栓用垫圈硬度合格值参见本标准附录 A 的表 A.4。

f） 螺栓应每批次（每批次最大数量不超过 3000）抽样 3 个进行螺纹脱碳层深度、低倍缺陷、非金属夹杂物、微观组织金相检验。脱碳层深度检验方法和结果应符合 GB/T 3098.1《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》，低倍缺陷应符合 GB/T 3077《合金结构钢》的规定，非金属夹杂物应小于等于按 GB/T 10561《钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检验法》标准评定的 2 级，金相组织中索氏体含量应大于 90%。

5.10　高强度紧固件和钢结构的防腐要求

5.10.1　高强度紧固件的涂覆层，应按照 GB/T 10125《人造气氛腐蚀试验　盐雾试验》规定的方法进行盐雾试验，涂覆层的试验防腐寿命应达到 1000h。

5.10.2　陆地风力发电机组塔架内外表面的防腐，应符合 GB/T 19072《风力发电机组　塔架》的规定。

5.10.3　海上风力发电场钢结构的防腐，应符合 NB/T 31006《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》的规定，海边风力发电场钢结构的防腐蚀措施和质量要求也可参照执行。

5.11　风电场架空输电线路铁塔材料和质量要求

5.11.1　铁塔用钢材的质量应符合 GB/T 2694《输电线路铁塔制造技术条件》的规定。其中钢材的表面质量不得有裂缝、折叠、结疤、夹杂和重皮等缺陷；表面有锈蚀、麻点、划痕时，其深度不得大于钢材厚度允许负偏差值的 1/2，且累计误差应在负允许偏差范围内。

5.11.2　铁塔焊缝质量等级设计为一、二、三级的，应符合 GB/T 2694《输电线路铁塔制造技术条件》的规定，设计未注明焊缝质量等级的按照 GB/T 2694《输电线路铁塔制造技术条件》规定的三级执行。

5.11.3　铁塔使用的紧固件的规格、等级及防腐形式按设计文件选用，其产品质量应符合 GB/T 3098.1《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》、GB/T 3098.2《紧固件机械性能　螺母　粗牙螺纹》、GB/T 41《六角螺母 C 级》、GB/T 5780《六角螺栓 C 级》、GB/T 95《平垫圈 C 级》、GB/T 805《扣紧螺母》、DL/T 764.4《输电线路铁塔及电力金具紧固用冷镦热浸镀锌螺栓与螺母》的规定。

5.11.4　铁塔的防腐应符合 GB/T 2694《输电线路铁塔制造技术条件》的规定。

6　安装阶段的监督

6.1　安装阶段，应委托有资格的第三方对高强度紧固件螺栓、螺母和垫圈进行以下试验检测并合格：

a） 按照 5.9.6.1、5.9.6.3 条的相关规定，对同批次、同规格高强度紧固件的螺栓加工试样进行拉伸和低温冲击性能、脱碳层深度、低倍缺陷、非金属夹杂物、微观组织、化学成分的试验检测，以及实物楔负载荷、芯部硬度机械性能的试验检测；对螺母进行保证载荷、硬度试验检测；对垫圈进行硬度试验检测；

b） 对同批次螺栓抽查 10 件，分别按照 5.9.6.2 条中 b)、c）的规定，分别进行超声波和磁粉检测；

c） 对同批次、同规格螺栓，抽样 2 个进行化学成分检验，检验结果应符合 GB/T 3077《合金结构钢》等相关标准的规定。

6.2 风力发电机组安装期间，安装单位、监理单位应按照 GB/T 19568《风力发电机组安装和装配规范》的规定，开展以下监督工作：

a） 检查连接紧固件应有质量保证书、热处理报告和检验报告，塔筒、机舱底部构架、底板等制造焊缝应有质量保证书和无损检验报告，齿轮箱、叶片等部件应有质量保证书或合格证书。

b） 所有连接螺栓、螺母安装前应经宏观检查无裂纹、机械损伤，安装后应无严重的表面机械损伤。

c） 有预紧力矩要求的紧固件，应按安装说明书规定的方法和力矩紧固；未规定预紧力矩的紧固件在装配时也要严格控制和进行力矩检查。

d） 塔筒、机舱底部构架、底板、爬梯等可见焊缝应进行 100%的目视检测，检测结果应焊接牢靠、无宏观裂纹等超标缺陷。

6.3 安装过程中，对受监金属部件的母材、焊缝质量检查有怀疑时，除采取目视检测方法外，可采用磁粉、超声波检测法进行检查。磁粉检测按照 JB/T 4730.4《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》的规定执行，合格级别为Ⅰ级；超声波探伤按照 JB/T 4730.3《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》的规定执行，合格级与制造阶段要求相同。

6.4 安装过程中，监督范围内的金属部件检查发现缺陷或开裂、断裂失效时，应及时查明原因，并采取以下处理措施：

a） 塔筒、机舱底板母材和焊缝，以及轮毂、紧固件等受监范围内金属部件检查发现裂纹等其他超标缺陷时，应及时安排进行返修处理；并按照相关标准规定或根据具体情况扩大检查范围，检查方法除选择目视检测外，也可以选择磁粉检测、超声波检测方法。

b） 紧固件安装前或安装过程中，如发生螺栓断裂情况时，应对同批次螺栓全部暂停安装使用。待取断裂螺栓，以及同批次的同类型规格、不同类型规格未断裂螺栓各一根进行原因试验分析后，如确定为材质原因时，则应对同批次的同类型规格所有螺栓连接副进行更换处理，否则只对断裂螺栓连接副作更换处理。

6.5 现场安装焊接或焊接修复工作应按照 4.2、5.4.6 条的规定或其他相关标准规定执行。

6.6 陆地风力发电机组塔架等要求防腐处理的结构表面，应根据环境条件采用金属喷镀或喷漆处理，防腐层表面经宏观检查应均匀，无起皮、漏涂、缝隙、气泡等缺陷。

6.7 海上风力发电场钢结构的防腐蚀措施和质量检查，应符合 NB/T 31006《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》的规定。海边风力发电场钢结构的防腐蚀措施和质量要求也可参照执行。

6.8 风电场架空输电线路铁塔安装质量应符合 GB 50173《电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范》、GB 50233《110～500kV 架空送电线路施工及验收规范》的规定。

7 运行阶段的监督

7.1 风力发电机组运行（包括试运行阶段）期间，应加强对机组运行状态的监测和巡检，当听到异常噪声，或发生叶片断裂、振动超标、齿轮箱油温超标、油位偏低情况时，应立即停机检查、分析和处理，防止转动部件的损伤扩大。

7.2 风力发电机组投运第一年，应根据风场风能资源的季节变化（风速、风密度）进行运行优化，确定不同风能资源情况下的最低启动风速，以减少风力机的启停次数，提高风力机转动部件的使用寿命。

7.3 风电场在风机经历设计极限风速 80%工况后，或在风力机遭受其他非正常受力工况后，应抽查 5%的风电机组，对基础环焊缝进行 100%的目视检查无裂纹，对基础环螺栓抽查 10%进行紧固力矩检查合格，检查方法按照 7.12.2 条的规定执行。

7.4 螺栓备品、配件，应严格按照 4.1.4 和 5.9 条的规定进行验收并符合相关标准规定。螺栓防腐要求应满足 GB/T 1231《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》的规定。常用小于等于 M30 的钢结构高强度螺栓连接副的材料及机械性能、配合使用规定见附录 A。

7.5 风电场架空输电线路的金具、铁塔（杆塔）、基础应每月巡检一次，每年最强风季节（或台风）前、后应进行巡检，并建立巡检记录。检查内容和结果应符合 DL/T 741《架空送电线路运行规程》的规定，对发现的问题应及时安排处理。

7.6 监督范围内部件发现缺陷或失效时，应进行原因分析，并采取必要的措施预防失效事故的再次发生。

7.7 风力发电机组金属监督范围内部件，在运行、检修期间的定期检查、维护工作，应按照 DL/T 797《风力发电场检修规程》的要求执行，并建立相应的记录。金属监督范围内各部件检查项目、内容、周期和要求见表 1。

表 1 风力发电机组金属监督范围内部件的定期检验项目

检查部位	检查内容	宏观检查	功能性检查	检查周期和时机	合格标准
叶片	叶片表面检查	裂缝、针孔、雷击	—	一年	应无裂缝、针孔
	叶片上螺栓	外观及腐蚀情况	20%抽样检查螺栓紧固	一年	应无明显腐蚀，螺栓紧固力矩符合设计要求
导流罩	导流罩	有无损坏	—	一年	应无开裂
	紧固螺栓		有无松动	一年	应无松动
轮毂	轮毂表面	有无腐蚀、裂纹	—	一年	应无明显腐蚀、裂纹
	主轴法兰与轮毂装配螺栓紧固	外观及腐蚀情况	20%抽样检查螺栓紧固	一年	螺栓紧固力矩符合设计要求

表 1（续）

检查部位	检查内容	宏观检查	功能性检查	检查周期和时机	合格标准
主轴	主轴部件检查	有无破损、磨损、腐蚀、裂纹	100%紧固轴套与机座螺栓，有无异常声音	一年	应无破损、磨损、腐蚀、裂纹，螺栓紧固力矩符合设计要求
	轴承（前端和后盖）罩盖	有无异常情况	—	一年	应无开裂
机械制动系统	制动块	磨损程度多少	必要时接厂家规定的标准进行更换	一年	剩余厚度应符合厂家规定的标准
	制动盘	是否松动	如果需要更换，按厂家规定标准执行	半年	应无松动，剩余厚度应符合厂家规定的标准
	机械制动器相应螺栓	—	100%紧固螺栓力矩	一年	螺栓紧固力矩符合设计要求
齿轮箱	齿轮箱噪声	有无异常声音	—	每月	应无异常噪声
	齿轮箱与机座螺栓		100%紧固螺栓力矩	一年	螺栓紧固力矩符合设计要求
	齿轮及齿面磨损及损坏情况	目视检查是否正常	—	一年	应无点蚀、断裂
弹性联轴器	万向节螺栓	目视检查是否正常	—	半年	应无松动
发电机	发电机与底座紧固螺栓	—	100%紧固螺栓力矩	半年	螺栓紧固力矩符合设计要求
偏航系统	塔顶法兰螺栓	—	20%抽样检查螺栓紧固	半年	螺栓紧固力矩符合设计要求
	偏航系统螺栓	—	100%紧固螺栓力矩	半年	螺栓紧固力矩符合设计要求
	偏航齿圈、齿牙	有无损坏，转动是否自如	必要时需做均衡调整	半年	应无断裂
塔架	中法兰和底法兰螺栓	—	20%抽样检查螺栓紧固	半年	螺栓紧固力矩符合设计要求
	塔门和塔壁	焊缝有无裂纹	—	半年	应无裂纹
	梯子、平台、电缆支架焊缝等	有无开裂	—	半年	应无裂纹
	塔身喷漆	有无脱漆、腐蚀	—	半年	应无明显脱漆、腐蚀

7.8 对海上风电场钢结构的腐蚀状况及防腐蚀效果，应按照 NB/T 31006《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》的规定进行定期巡视检查和定期检测。巡视检查周期宜为三个月，内容

主要包括大气区、浪溅区涂层老化破坏状况及结构腐蚀状况，全浸区阴极保护电位；定期检测周期一般为 5 年，可根据巡视检查结果的腐蚀状况适当缩短检测周期。检测应查明结构腐蚀程度，评价防腐蚀系统效果，预估防腐蚀系统使用年限，提出处理措施和意见。海边风电场的防腐检查可参照执行。

7.9 在定期检查过程中，如发现以下缺陷或问题时，应及时进行处理：

a） 叶片有裂纹时，应立即安排进行修复处理；叶片有断裂时，应立即停机进行更换处理。

b） 螺栓预紧力抽查时，如发现螺栓预紧力偏差明显，应对该螺栓连接副全部更换；同时应对同一法兰面所有螺栓进行预紧力检查。

c） 如发生螺栓断裂情况时，则应对同一法兰面螺栓连接副全部更换。

d） 齿轮有断裂情况时，应立即停机安排对齿轮箱进行更换处理。

e） 焊缝检查有裂纹时，应对该风机同类可见焊缝进行 100%的目视检测，有疑问时，可采用磁粉、超声方法进行检测，同时对裂纹部位及时安排修复处理。焊接修复和磁粉、超声波检测工作应按照 4.2、5.4.6 条的相关规定进行，并符合设计规定。

f） 钢结构防腐层脱落，同时基体金属明显外露时，应对防腐层进行修复，修复质量应符合原标准的要求。对海上风电场钢结构的腐蚀速率明显大于 NB/T 31006《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》的规定时，应查明原因，采取措施降低腐蚀速率。

7.10 在机组质保期满移交前，双方应按照 GB/T 20319《风力发电机组 验收规范》、DL/T 5191《风力发电场项目建设工程验收规程》的规定，进行以下项目的检查验收，并符合相关标准或设计规定。

7.11 检查项目、内容、合格标准见表 2。

表 2 机组质保期满移交生产前验收检查项目

序号	检查部件	检查内容	合 格 标 准
1	风轮/叶片	表面损伤、裂纹和结构不连续、螺栓预紧力	无表面损伤、裂纹和结构不连续，螺栓紧固力矩符合设计要求
2	轴类零件	异常噪声、振动、腐蚀、螺栓预紧力、齿轮状态	无异常噪声、异常振动、明显腐蚀，螺栓紧固力矩符合设计要求
3	机舱及承载结构件	腐蚀、裂纹、异常噪声、螺栓预紧力	无腐蚀、裂纹、异常噪声，焊缝表面无裂纹，螺栓紧固力矩符合设计要求
4	液压、气动系统	损伤、防腐、泄漏、裂纹	无明显损伤、腐蚀（防腐层完好）、泄漏、裂纹
5	塔架和基础	表面损伤、裂纹、变形和腐蚀、螺栓预紧力	表面防腐层应完好无锈色，焊缝表面无裂纹，螺栓紧固力矩符合设计要求
6	刹车装置	损伤	应无明显损伤

7.12 螺栓连接应按照 GB/T 20319《风力发电机组 验收规范》规定的以下检查内容、方法和要求执行：

7.12.1 检查内容

a） 对螺栓表面的锈蚀情况进行检查；