

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51121-2015

---

# 风力发电工程施工与验收规范

Code for construction and acceptance of  
wind power project

2015-12-03 发布

2016-08-01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

# 风力发电工程施工与验收规范

Code for construction and acceptance of  
wind power project

**GB/T 51121-2015**

主编部门:中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2 0 1 6 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2015 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1004 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《风力发电工程施工与验收规范》的公告

现批准《风力发电工程施工与验收规范》为国家标准，编号为 GB/T 51121-2015，自 2016 年 8 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2015 年 12 月 3 日

## 前 言

本规范根据住房城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2009〕88 号)的要求,由中国长江三峡集团公司会同有关单位共同编制完成。

在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了近年来国内外风力发电工程施工与验收的经验,以多种方式广泛征求了全国有关单位的意见,对主要问题反复讨论和研究,最后经审查定稿。

本规范共分为 9 章,主要内容包括总则、术语、施工准备、施工交通运输、土建工程施工、设备安装、调试与试运行、职业健康安全与环境保护、工程验收。

本规范由住房城乡建设部负责管理,由中国电力企业联合会负责日常管理,由中国长江三峡集团公司负责具体技术内容的解释。在执行本规范的过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,随时将有关的意见和建议寄给中国长江三峡集团公司中国三峡新能源有限公司科技环保部(地址:北京市西城区白广路二条 12 号,邮政编码:100053),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:**中国电力企业联合会

中国长江三峡集团公司

**参 编 单 位:**龙源电力集团股份有限公司

深圳大学

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

中国三峡新能源有限公司

武汉大学

中国水利电力对外公司  
中国水利水电第七工程局有限公司  
上海电气风电设备有限公司  
葛洲坝集团电力有限责任公司

**主要起草人:**钱锁明 刘 建 吴启仁 张宝全 赖 旭  
吴朝月 陈先明 刘 玮 赵海洋 刘 琦  
姚卫星 梅华贵 张 斌 郑主平 贝耀平  
黄永民 高鹏飞 黄春林 左 剑 代振峰  
**主要审查人:**王斯永 杨校生 许松林 汪 毅 杨孝森  
张文忠 李艳龙 王金亮 汪海燕 姜世平  
秦初升 程泽和 柴建云 王志新 刘永前  
迟永宁 于合春 翟 宸 许茂生 杜广平  
田 峰 金宝年

# 目 次

1	总 则 .....	(1)
2	术 语 .....	(2)
3	施工准备 .....	(3)
3.1	一般规定 .....	(3)
3.2	技术准备 .....	(3)
3.3	现场准备 .....	(4)
4	施工交通运输 .....	(6)
4.1	一般规定 .....	(6)
4.2	进场道路和场内交通 .....	(6)
4.3	设备运输 .....	(6)
5	土建工程施工 .....	(8)
5.1	一般规定 .....	(8)
5.2	重力基础 .....	(8)
5.3	混凝土预制桩基础 .....	(10)
5.4	钻孔灌注桩基础 .....	(12)
5.5	岩石锚杆基础 .....	(14)
5.6	升压站、中控楼及场内集电线路工程 .....	(15)
6	设备安装 .....	(17)
6.1	一般规定 .....	(17)
6.2	风力发电机组安装 .....	(17)
6.3	电气设备安装 .....	(21)
7	调试与试运行 .....	(23)
7.1	一般规定 .....	(23)
7.2	电气设备调试 .....	(23)
7.3	风力发电机组调试 .....	(24)
7.4	风力发电工程试运行 .....	(27)

8 职业健康安全与环境保护 .....	(28)
8.1 一般规定 .....	(28)
8.2 职业健康与安全管理 .....	(28)
8.3 环境保护与水土保持 .....	(29)
9 工程验收 .....	(31)
9.1 一般规定 .....	(31)
9.2 单位工程验收 .....	(31)
9.3 启动验收 .....	(33)
9.4 移交生产验收 .....	(34)
9.5 竣工验收 .....	(35)
本规范用词说明 .....	(36)
引用标准名录 .....	(37)
附:条文说明 .....	(41)

# Contents

1	General provisions .....	(1)
2	Terms .....	(2)
3	Construction preparation .....	(3)
3.1	General requirements .....	(3)
3.2	Technical preparation .....	(3)
3.3	Site conditions .....	(4)
4	Transportation .....	(6)
4.1	General requirements .....	(6)
4.2	Access road .....	(6)
4.3	Equipment and materials transportation .....	(6)
5	Construction of civil works .....	(8)
5.1	General requirements .....	(8)
5.2	Gravity foundation .....	(8)
5.3	Precast concrete pile foundations .....	(10)
5.4	Filling pile foundation .....	(12)
5.5	Anchor foundation .....	(14)
5.6	Transformer, main control building and onsite lines works ...	(15)
6	Equipment installation .....	(17)
6.1	General requirements .....	(17)
6.2	Erection of wind turbine generation system .....	(17)
6.3	Installation of electric equipment .....	(21)
7	Testing and trial run .....	(23)
7.1	General requirements .....	(23)
7.2	Testing of electrical equipment .....	(23)



7.3	Testing of wind turbine generation system .....	(24)
7.4	Trial run of wind farm .....	(27)
8	Health and safety management and environmental protection .....	(28)
8.1	General requirements .....	(28)
8.2	Health and safety management .....	(28)
8.3	Environmental protection and water and soil conservation .....	(29)
9	Project acceptance .....	(31)
9.1	General requirements .....	(31)
9.2	Unit works acceptance .....	(31)
9.3	Operation acceptance .....	(33)
9.4	Handover acceptance .....	(34)
9.5	Final acceptance .....	(35)
	Explanation of wording in this code .....	(36)
	List of quoted standards .....	(37)
	Addition;Explanation of provisions .....	(41)

# 1 总 则

**1.0.1** 为提高风力发电工程施工技术和管理水平,促进风力发电工程施工的规范化,保证施工安全和质量,明确工程验收的内容和要求,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建、改建和扩建的陆上风力发电工程施工与验收。

**1.0.3** 风力发电工程的施工与验收除应执行本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 重力基础 gravity foundation

通过自身重力平衡风力发电机组上部结构及风荷载所产生的水平和垂直荷载的钢筋混凝土基础。

### 2.0.2 混凝土预制桩基础 precast concrete pile foundation

由混凝土预制桩和顶部承台组成的基础。

### 2.0.3 钻孔灌注桩基础 filling pile foundation

由钻孔灌注桩和顶部承台组成的基础。

### 2.0.4 岩石锚杆基础 anchor foundation

由岩石锚杆和顶部承台组成的基础。

### 2.0.5 单位工程验收 unit works acceptance

单位工程完工后,在施工单位自行质量检查评定的基础上,由建设单位组织,设计、监理、施工等单位对单位工程的质量进行抽样复验,根据相关施工验收规范和质量检验标准,以书面形式确认单位工程质量是否合格的鉴定工作。

### 2.0.6 启动验收 operation acceptance

机组安装调试完成且通过不少于 240h 连续无故障并网运行后进行的鉴定工作。

### 2.0.7 移交生产验收 handover acceptance

风力发电工程全部机组、电气工程和其他配套设施全部验收合格后,建设单位向生产单位(部门)进行移交的鉴定工作。

### 2.0.8 竣工验收 final acceptance

在主体工程完工且各专项验收及启动验收通过后,建设单位会同政府主管部门、工程质量监督部门、电网等相关单位,对风力发电工程进行的全面鉴定工作。

## 3 施工准备

### 3.1 一般规定

- 3.1.1 风力发电工程开工前应取得相应的施工许可。
- 3.1.2 风力发电工程施工应配备专用施工设备、机具及检验测试仪器。
- 3.1.3 特种作业人员应取得有效的特种作业操作证。
- 3.1.4 开工前应申办工程质量监督手续。
- 3.1.5 开工前应设立警示标志,并向相关行政主管部门申请发布施工通告。
- 3.1.6 开工前参建单位应建立组织机构,并制定各项管理制度。

### 3.2 技术准备

- 3.2.1 风力发电工程施工应收集下列资料:
  - 1 风向、风速、台风、大风日数、气温、降水量、降雨日数、雷电、冰情和雾等实测资料和统计分析成果;
  - 2 风力发电场区地下水位及土壤渗透系数,不同频率的江湖水位、潮水位、汛期及枯水期的起讫及规律;
  - 3 地基地质柱状图及各层土的物理力学性能、寒冷地区的冰冻期、土壤冻结深度、地质灾害信息、地震、资料等;
  - 4 施工区所涉及的障碍物、文物、地下设施、道路路基保护范围、自然保护区及鸟类迁徙路径等资料;
  - 5 水陆交通运输条件、地方运输能力、物资设备运输路线的状况;
  - 6 主要建筑材料的产地、产量、质量及其供应方式;

7 参与施工的企业和当地制造加工企业可能提供服务的能力；

8 施工区的地形、地物及征(租)地范围内的动迁项目和动迁量；

9 施工水源、电源、油料、通信等可能的供应方式、供给量及其质量状况；

10 地方生活物资的供应状况；

11 风力发电场区域地形图和附近相应的测量控制点；

12 航空通道信息及周边居民的意见。

3.2.2 开工前应收集制造厂家主要设备技术资料。

3.2.3 施工前应进行图纸会审和技术交底。

3.2.4 施工前应编制施工组织设计并获得批准。

3.2.5 施工前应对施工人员进行现场培训。

### 3.3 现场准备

3.3.1 现场施工布置应遵循下列原则：

1 节约用地；

2 利用永久设施,减少临时设施；

3 减少对地面植被的破坏；

4 避开基本农田、林地、民居、电力线路等限制用地的区域；

5 进场道路、场内道路的布置应满足设备运输、安装和运行维护的要求；

6 减少对既有设施和环境的影响。

3.3.2 开工前应建立满足风力发电工程施工要求的施工测量控制网。

3.3.3 风力发电工程施工前应完成进场道路、供电、供水、通信及场地平整等工作。

3.3.4 施工准备阶段应完成临时办公和生活用房、综合加工厂、

混凝土拌和站、砂石料堆场、材料仓库、设备堆场和机械设备检修车间等施工期临建设施和临时排水系统施工。

**3.3.5** 开工前应完成钢筋、钢材、水泥、砂石骨料等物资准备。

## 4 施工交通运输

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 风力发电设备大件运输前,应收集风力发电设备的基本参数,提出路面或桥涵的设计荷载、路面宽度、转弯半径、纵横坡度等参数要求,编制交通运输方案。必要时,应向沿途交通运输管理部门申请协助。

**4.1.2** 在风力发电设备大件运输前,应对运输线路进行勘察评估,并应对当地地理和气候环境等进行调研。

**4.1.3** 在风力发电工程大件运输前,应按照相关规范和运输方案要求,对不满足运输要求的路线、桥涵等进行改造、加固。

### 4.2 进场道路和场内交通

**4.2.1** 进场道路和场内交通应满足风力发电设备的运输、装卸、安装以及风力发电工程运行与维护的要求。

**4.2.2** 进场和场内道路的坡度、宽度、承载力和转弯半径应满足运输车辆和安装设备的要求。

**4.2.3** 进场和场内道路宜设置标志和指示牌。

**4.2.4** 风力发电工程机组台数较多时,应根据现场的地形地质条件、风力发电机组机位的布置和场内道路,设置中转场或存储仓库。

### 4.3 设备运输

**4.3.1** 风力发电设备运输前,应根据设备防冲击振动、防潮、抗变形等方面的要求,采用合理的方式进行绑扎固定。

**4.3.2** 风力发电设备运输前,应编制风力发电设备的装车和卸车

作业专项技术方案,作业时应设专人指挥和安全监护。

**4.3.3** 叶片、轮毂运输时,应固定牢靠和设置警示标志;在运输、装卸过程中,应对叶片的薄弱部位、螺栓和配合面加以特别保护。

**4.3.4** 塔架运输应符合下列规定:

1 运输前应核算运输车辆的承载能力,并应根据运输路线核算运输过程中在特定路况下的稳定性;

2 运输前,应采取防止塔架变形的措施;

3 运输时,应固定牢靠;并应在明显部位标上重量、重心位置及警示标志;

4 塔架的涂层及各结合面应有相应的保护措施;

5 露天存放及运输时,应采取防腐蚀措施。

**4.3.5** 机舱运输应符合下列规定:

1 运输前,应核算运输车辆的承载能力;

2 机舱装卸过程中,起吊、卸放应平缓有序;

3 固定工装应牢固;

4 机舱运输过程中应避免机舱内设备进水或受腐蚀介质侵蚀而受损。

**4.3.6** 主变压器运输应按现行国家标准《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148 的有关规定执行,并应符合下列规定:

1 运输前,应核算运输车辆的承载能力;

2 运输前,起吊变压器应平缓有序,变压器的重心应与运输工具的中轴线重合;

3 固定工装应牢固;

4 运输过程中应控制运输工具的速度,转弯时应逐步调整,保持运输工具行驶平稳。



## 5 土建工程施工

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 土建工程开工前,应编制专项施工方案。
- 5.1.2 施工开始直至基础沉降稳定前,应对风力发电机组基础、电气设施及升压站基础进行沉降观测或检测,并做好记录。
- 5.1.3 升压站主要建筑物的沉降观测点布置应按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定执行。
- 5.1.4 风力发电机组安装场地应满足机组设备组装及吊装的要求。
- 5.1.5 土建工程各施工阶段应进行自检、复检和终检,对关键工序及隐蔽工程应进行检验和记录。

### 5.2 重力基础

- 5.2.1 重力基础宜按下列顺序施工:
  - 1 定位测量及放样;
  - 2 土石方开挖;
  - 3 地基验槽;
  - 4 垫层浇筑;
  - 5 基础埋件(基础环或预埋螺栓等)安装及防腐;
  - 6 钢筋绑扎;
  - 7 预埋管和接地网埋设;
  - 8 模板安装及拆除;
  - 9 混凝土浇筑和养护;
  - 10 基础防水防腐;
  - 11 土石方回填;

## **12 环境绿化。**

### **5.2.2 土石方开挖和回填施工应符合下列规定：**

**1** 施工前应详细了解工程地质结构、地形地貌和水文地质条件；在已有建筑物附近开挖时，应采取措施保证原有建筑物的稳定和安全；

**2** 地基承载力应满足设计要求；

**3** 基坑开挖到设计标高后，应进行工程地质检验，并应做好记录；

**4** 基坑开挖时，开挖的土石方应远离基坑边堆放，弃土应运至指定的地点并做好水土保持措施；

**5** 土石方回填前应清除基底垃圾、树根等杂物，排出坑内积水、淤泥；当地下水位较高时，应采取井点降水或其他有效的降水措施；

**6** 填方应从最低处开始，由下向上分层铺填压实；

**7** 基础上部及四周回填土应进行压实，压实系数应达到 0.94；

**8** 回填完毕后，应做好场地临时排水措施。

**5.2.3** 钢筋不宜与基础环接触，钢筋重量不应直接作用在基础环上；其他有关钢筋加工、连接和安装事项应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定和设计要求执行。

### **5.2.4 基础环、基础螺栓安装时应符合下列规定：**

**1** 应检查基础环、基础螺栓型号、尺寸等，且应满足设计要求；

**2** 基础环、基础螺栓安装误差应满足设计要求；

**3** 基础环安装完成后应调平；

**4** 基础环、基础螺栓安装完成后，应按设计要求进行止水作业。

### **5.2.5 预埋管埋设时应符合下列规定：**

1 安装前,应将内部清理干净;管口应光滑平整、无裂纹、毛刺、铁屑等;

2 安装就位后,应使用临时支撑加以固定,钢支撑可留在混凝土中,当预埋管道与临时支撑焊接时,不应烧伤管道内壁;

3 电缆管的进口端及出口端应超出混凝土面;电缆管的弯曲半径不应小于电缆允许弯曲半径。

#### **5.2.6 接地体埋设时应符合下列规定:**

1 接地体顶面埋设深度应满足设计要求,设计文件无规定时,埋设深度不应小于 0.6m;

2 在冻土地区,接地电阻应满足设计要求;

3 接地体焊接后,应在焊接部位及焊痕外 100mm 范围内进行防腐处理;

4 回填土不得有腐蚀性,且不得夹有石块和建筑垃圾,回填时,应分层夯实。

**5.2.7 混凝土施工与养护应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《大体积混凝土施工规范》GB 50496、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 及《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的有关规定执行,并应符合下列规定:**

1 机组基础混凝土应一次连续浇筑完成;

2 混凝土浇筑时,振捣器不得与基础环直接接触,应避免施工机械和人员与基础环发生碰撞;

3 混凝土浇筑完成 12h 内应进行养护;

4 混凝土养护时,应对混凝土内部温度进行监测,当混凝土内外温差超过 25℃时,应加强养护。

### **5.3 混凝土预制桩基础**

**5.3.1 混凝土预制桩的制作应按现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的有关规**

定或工程所在地相关标准执行。

### 5.3.2 混凝土预制桩基础施工应符合下列规定：

1 施工前应根据桩位、桩型、桩径和桩长，复勘场地地质条件和持力层埋藏深度，选择合适的成孔和沉桩施工机具和施工设备；

2 成孔和沉桩设备安装就位应平整和稳固，确保施工中不发生倾斜、移动；在桩架或管桩上应设置用于施工中观测深度和斜度的装置；

3 施工过程中应检查桩的贯入情况、桩顶完整状况、电焊接桩质量、桩体垂直度、电焊后的停歇时间等项目；

4 当采用锤击法沉桩时，宜采用重锤轻击，并应根据不同桩长选择相应锤重或调整落距；沉桩时应选择适宜的桩帽和衬垫，并应有排气孔；

5 接桩宜在桩段顶端距地面 1m 左右进行；上下段桩的中心线偏差不应大于 3mm，节点弯曲矢高不应大于桩段的 0.1%；

6 当采用静压沉桩时，应根据桩基特性和现场条件，选择合适的压桩机，场地应平整，场地地基承载力不应小于压桩机接地压强的 1.2 倍；

7 施工后应对预应力管桩的外露钢圈采取防腐措施；

8 施工过程中应做好沉桩记录。沉桩记录内容应包括：桩号、沉桩开始时间、沉桩结束时间、中途间歇时间、前一半桩长时的锤击数、后一半桩长每 1m 的锤击数、最后 1m 的锤击数；

9 沉桩过程中应观测桩身的垂直度，当桩身垂直度偏差超过 1% 时，应找出原因并设法纠正；当桩尖进入较硬土层后，不得用移动桩架等强行回摆的方法纠偏；

10 沉桩过程中出现贯入度反常、桩身倾斜或位移过大、桩身或桩顶破损等异常情况时，应停止沉桩，在查明原因并进行必要的处理后，方可继续进行施工；

11 终止沉桩的条件应以锤击数和贯入度作为控制条件，不同的桩径和桩锤应对应不同的锤击数和贯入度；

- 12 预应力管桩桩顶与承台应连接可靠,桩顶内应设置托板;
- 13 填芯混凝土浇筑应在风力发电机组基础承台施工 7d 之前进行;浇筑填芯混凝土前,应先将管桩内壁浮浆清理干净;
- 14 预应力管桩不宜截桩,当遇特殊情况确需截桩时,应采用混凝土切割器、液压紧箍式切断机、液压千斤顶式截桩器等机械手段进行,不得采用人工凿桩方法;
- 15 预应力管桩沉桩水平度偏差应小于  $1/6$  桩径且不应大于 100mm,垂直度偏差应小于 0.5%。
- 5.3.3 钢筋混凝土承台施工可按本规范第 5.2 节的相关规定执行。

## 5.4 钻孔灌注桩基础

### 5.4.1 钻孔灌注桩基础施工应符合下列规定:

- 1 施工前应根据桩位、桩型、桩径和桩长,复勘场地地质条件和持力层埋藏深度,选择合适的成孔施工机具和工艺;
- 2 基桩轴线的控制点和水准点应设在不受施工影响的地方,经复核后应妥善保护并在施工过程中复测;桩位坐标和标高核对无误后方可施工;
- 3 成孔后应立即检查成孔质量,并填写施工记录;应对已成孔的桩位、孔深、孔径、垂直度、泥浆比重、孔底沉渣厚度等进行检验;
- 4 钢筋笼安装前应对钢筋笼制作的质量进行检验;钢筋规格、焊条规格及品种、焊口规格、焊缝长度、焊缝外观和质量、主筋和箍筋的制作偏差等应符合设计要求;
- 5 钢筋笼安装后应对钢筋笼安放的实际位置进行检查,并填写相应的检查记录;主筋的混凝土保护层厚度应满足设计要求;
- 6 水下灌注的混凝土应具有良好的和易性,配合比应通过试验确定,坍落度宜为 180mm~220mm,混凝土的充盈系数宜大于或等于 1.05;

**7** 水下混凝土的灌注应连续进行,不得中断;开始灌注混凝土时,导管底部至孔底的距离宜为 300mm~500mm;应有足够的混凝土储备量,导管埋入混凝土深度宜为 2m~6m,不得把导管底端提出混凝土面;应控制最后一次灌注量,超灌高度宜为 0.8m~1.0m;凿除泛浆高度后应保证暴露的桩顶混凝土强度满足设计要求;

**8** 桩头和纵向主筋嵌入承台的长度应满足设计要求;桩头嵌入承台内的长度对中等直径桩不宜小于 50mm,对大直径桩不宜小于 100mm;纵向主筋嵌入承台的锚入长度不宜小于 35 倍纵向主筋直径;对于抗拔桩,桩顶纵向主筋的锚固长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定执行;

**9** 灌注桩基础混凝土强度检验应以试块为依据;直径大于 1m 或单桩混凝土量超过  $25\text{m}^3$  的桩,每根桩桩身混凝土应留 1 组试件;直径不大于 1m 的桩或单桩混凝土量不超过  $25\text{m}^3$  的桩,每个灌注台班应至少留 1 组试件;每组试件应留 3 件;

**10** 钻孔灌注桩沉桩水平度偏差应小于  $1/3$  桩径或  $1/3$  边长,垂直度偏差应小于 1.0%。

**5.4.2** 钻孔灌注桩允许偏差应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

**5.4.3** 钻孔灌注桩的抽检数量、桩身完整性检测、单桩竖向抗压承载力静载试验、单桩竖向抗拔和水平承载力检测等应按设计要求进行。

**5.4.4** 钻孔灌注桩基础完工后,应及时进行验收。验收不合格的,不得进行上部承台和上部结构的施工。

**5.4.5** 钢筋混凝土承台施工可按本规范第 5.2 节的相关规定执行。

## 5.5 岩石锚杆基础

**5.5.1** 开工前,应掌握工程地质、地形和水文地质条件,检查原材料和施工设备的主要技术性能,并应做好岩面清理工作。

**5.5.2** 岩石锚杆基础施工应符合下列规定:

- 1 施工前应合理选用成孔设备;
- 2 锚杆孔距误差不应大于 100mm,钻孔轴线偏斜率不应大于锚杆长度的 2%,钻孔深度不应小于设计长度,且不宜大于设计长度 500mm;
- 3 钻孔后,应检查成孔质量,进行根开校正,并应使用专用封孔器材将锚孔封堵;
- 4 锚杆安放前,应将孔内岩粉和土屑清洗干净,并检查锚杆的加工质量,并应按设计要求进行防腐处理;
- 5 锚杆安放时,应利用支架将锚杆垂直插入锚孔,避免磕碰孔口四周,应防止将杂物带入孔内;
- 6 注浆材料应根据设计要求确定,不得对锚杆产生不良影响;
- 7 锚杆注浆时,注浆管的出浆口应插入距孔底 300mm~500mm 处,浆液应自下而上连续灌注,且应确保从孔内顺利排水、排气;
- 8 注浆设备应有足够的浆液生产能力和所需的额定压力,每根锚杆应保证在 1h 内完成全部注浆工作;
- 9 注浆完成后应对锚杆外露部分采取保护措施,浆液初凝后至达到设计强度前不得摇晃锚杆。

**5.5.3** 岩石锚杆检测应符合下列规定:

- 1 锚杆检测应采用抽检方式进行,抽检的数量不应少于锚杆总数的 5%,且每台风力发电机组基础不应少于 3 根,有特殊要求时,可增加检测锚杆的数量;
- 2 单根锚杆试验应分级加荷,初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计

值的 0.10 倍,分级加荷值宜取锚杆轴向拉力设计值的 0.50、0.75、1.00、1.20、1.33、1.50 倍,每级荷载均应持续 5min~10min;

**3** 锚杆的最大试验荷载应能达到锚杆轴向拉力设计值的 1.5 倍,并应持续 10min。

**5.5.4** 钢筋混凝土承台施工可按本规范第 5.2 节的相关规定执行。

## **5.6 升压站、中控楼及场内集电线路工程**

**5.6.1** 土石方开挖和回填应按现行国家标准《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定执行。

**5.6.2** 混凝土工程施工应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2、《混凝土质量控制标准》GB 50164 及《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定执行。

**5.6.3** 砌体工程施工应按现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203、《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210 的有关规定执行。

**5.6.4** 建筑装饰工程施工应按现行国家标准《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210、《屋面工程质量验收规范》GB 50207、《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209、《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206、《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 及《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定执行。

**5.6.5** 升压站室内建筑消防给水、卫生设备给水、排水系统工程的埋管、埋件部分以及室外建筑消防给水、卫生设备给水、排水系统工程的施工应按现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 及《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的



有关规定执行。

**5.6.6** 集电线路工程的土建部分施工可按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209 的有关规定执行。

## 6 设备安装

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 风力发电机组安装前应对基础、接地、电缆管、基础环进行复查,且应满足安装要求。
- 6.1.2 风力发电机组安装前应对塔架、机舱、轮毂和叶片进行检查,应无变形或损伤。
- 6.1.3 风力发电机组安装前应编制并批准安装方案,并应配置相应的安装机械、专用工具和辅助材料。
- 6.1.4 风力发电机组安装前,安装作业人员应接受制造厂家的安装培训。
- 6.1.5 当风速大于制造厂家的规定时,不得进行塔架、机舱、风轮、叶片等部件的吊装作业。制造厂家未规定安装风速的,叶片和风轮安装风速不宜超过 8m/s,塔架、机舱安装风速不宜超过 10m/s。
- 6.1.6 风力发电机组吊装作业应符合国家现行标准《起重机械安全规程 第 1 部分:总则》GB 6067.1、《履带起重机安全操作规程》DL/T 5248 和《汽车起重机安全操作规程》DL/T 5250 的有关规定。
- 6.1.7 风力发电机组安装作业应按现行行业标准《风力发电场安全规程》DL/T 796 的有关规定执行。

### 6.2 风力发电机组安装

- 6.2.1 风力发电机组的装配和连接应按制造厂家技术要求执行。
- 6.2.2 塔底电气设备安装应符合下列规定:
  - 1 吊索的固定应采用设备顶部吊环;无吊环设备吊索的固定

采用四角主要承力结构,吊索长度应保持一致,并应采取措施防止设备柜体变形损坏;

2 塔底电气设备安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 的有关规定。

#### 6.2.3 塔架安装应符合下列规定:

1 安装前应检查基础环、塔架无污损,漆膜无缺损,螺栓孔外侧应均匀涂密封胶;

2 塔架吊点选择及吊具安装应符合制造厂家要求;

3 塔架起吊前应检查所有固定构件无松动和遗漏;

4 塔架吊装宜采用两台吊车配合翻身,单台吊车吊装就位,起吊时应平缓;

5 底段塔架就位后,塔架门方向应满足设计要求;螺栓、垫圈和螺母应正确安装;应分多次对称拧紧螺栓至规定力矩;

6 上段塔架与机舱应连续安装,特殊情况不能连续安装的,应采取安全措施防止塔架共振;

7 塔架吊装时应安装临时安全控制拉绳和防坠装置,攀爬无临时防坠装置的塔架应采用双钩安全绳交替固定;

8 底段塔架与接地网连接应在塔架安装完成后立即进行,塔架间及塔架与机舱接地导线的连接应在相应设备安装完成后立即进行;

9 每段塔架安装后应检查其安装位置和垂直度,塔架中心线的垂直度应满足设计要求;

10 塔架间爬梯、安全滑轨等附件连接应满足制造厂家要求。

#### 6.2.4 机舱安装应符合下列规定:

1 安装前应保持内外清洁,电缆捆扎牢固;测风装置、航空灯和避雷针等附件安装应正确;

2 机舱吊具安装应符合制造厂家要求;应进行机舱调平试吊,机舱纵向和横向应水平,吊链应均匀受力;

3 机舱吊装时作业人员不得在机舱内；  
4 机舱与塔架对接时应缓慢平稳，不得碰撞，方向应满足风轮对装要求；

5 机舱和塔架连接螺栓、螺母、垫片安装应正确，应分多次对称拧紧螺栓至规定力矩。

**6.2.5 风轮组装应符合下列规定：**

1 组装前轮毂应保持清洁，安装平台应放置水平；  
2 轮毂与安装平台可靠固定后方可进行风轮叶片组装，叶片吊点应设在叶片起吊标示位，并应有护椽措施；

3 叶片根部的 0 度标记位与轮毂叶片轴承的 0 度标记位应保持一致；

4 叶片连接螺栓、螺母、垫片安装应正确，应分多次对称拧紧螺栓至规定力矩；

5 叶片安装后应采用专用支架支撑叶片，支持点应在支撑标示位；

6 风轮组装后不能立即安装的应有防倾覆、防位移措施。

**6.2.6 风轮安装应符合下列规定：**

1 风轮吊装前应检查吊具与风轮固定牢靠；  
2 当风轮吊离地面约 1.5m~1.8m 时，应安装风轮定位导向销；

3 吊装风轮时，应在叶尖设置导向绳，防止发生转动、磕碰受损，导向绳的长度和强度应满足制造厂家要求；

4 轮毂法兰对正后，应按要求安装好连接螺栓，并应紧固至设计力矩。

**6.2.7 螺栓紧固扭矩扳手和螺栓拉伸器使用前应标定；螺栓连接应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。**

**6.2.8 塔架内提升机安装应符合下列规定：**

1 横梁、预埋件和导向梯等安装应符合制造厂家要求；

2 工作钢丝绳、安全绳上端应固定在横梁吊点上,下端穿过提升机后应固定;

3 导向绳安装应符合制造厂家要求,绳的张力应满足设计要求;

4 收缆筒、导向环、电缆安装应符合制造厂家要求,电缆应能正确收放。

#### **6.2.9 塔架母线槽安装应符合下列规定:**

1 安装前应检查塔架内安装螺柱的同心度,母线槽不得受潮和变形,绝缘应良好;

2 安装时应保持段间连接装置表面清洁,调整母线槽同心度,进行连接接头器螺栓的紧固,连接器螺栓紧固后应进行标记;

3 母线槽固定支架的连接应在母线槽接头器紧固后进行;

4 母线槽两端应通过电缆接线箱与电缆进行连接;

5 母线槽安装完成后测试相间、相对地的绝缘电阻值应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150的有关规定。

#### **6.2.10 塔架内助爬器安装应按制造厂家说明书进行。**

#### **6.2.11 风力发电机组其余电气设备安装应符合下列规定:**

1 电气接线和电气连接应可靠,所有连接件应满足电压、电流、内部受热、外部受热、抗拉、抗压、抗弯、抗扭和振动的要求;

2 母线、导电和带电的连接件,不得发生过热松动或变形;

3 风力发电机组组装时,应标明发电机转向及出线端的相序,按标号接线,相序正确;

4 控制电缆及电力电缆应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的有关规定;

5 电气盘柜安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171、《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254 及《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》GB 50147 的有关规定;

6 各部位接地系统应符合现行国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 的有关规定；

7 箱变设备安装应按现行国家标准《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148 的有关规定和制造厂家安装说明书的要求进行；

8 电气设备试验应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150 的有关规定。

### 6.3 电气设备安装

6.3.1 升压站电气设备安装应符合下列规定：

1 电气设备安装程序和工艺应按制造厂家要求进行；现场制作、安装的附属装置应符合设计要求；

2 电气连接应可靠，所有的连接件如接插件、连接线、接线端子等应能满足当地环境条件和运行条件；

3 站内、站外电缆安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的有关规定；

4 低压盘柜、控制柜安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171、《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254 的有关规定；

5 高压组合电气设备、高压盘柜安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》GB 50147 的有关规定；

6 母线安装应按现行国家标准《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》GB 50149 的有关规定执行；

7 电力变压器、电抗器、互感器等安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148 的有关规定；

8 接地系统安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程

接地装置施工及验收规范》GB 50169 的有关规定；

**9** 照明系统安装应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定；

**10** 工业电视监控系统安装应符合现行国家标准《民用闭路监控电视系统工程技术规范》GB 50198 的有关规定；

**11** 火灾自动报警系统安装应符合现行国家标准《火灾自动报警系统施工及验收规范》GB 50166 的有关规定；

**12** 站内起重设备电气装置安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》GB 50256 的有关规定；

**13** 爆炸和危险环境电气装置安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》GB 50257 的有关规定；

**14** 电气设备试验、验收应符合现行国家标准《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

**6.3.2** 集电线路工程电气设备安装、试验、验收应符合现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233、《电气装置安装工程 66kV 及以下架空电力线路施工及验收规范》GB 50173、《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168及《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169的有关规定。

## 7 调试与试运行

### 7.1 一般规定

7.1.1 调试与试运行人员应经过专业技术培训和风力发电工程安全工作规程培训。

7.1.2 调试与试运行前应编制风力发电工程调试与试运行工作计划表。

7.1.3 调试与试运行前应编制风力发电机组调试指导手册和试运行考核办法。

7.1.4 调试与试运行前风力发电工程内电气设备和风力发电机组应安装验收合格。

7.1.5 调试宜分为电气设备调试和风力发电机组调试。电气设备调试应包括设备单体调试、站内分系统调试、设备启动投运调试和升压站综合自动化系统调试；风力发电机组调试应包括机组离网调试、并网调试和中央监控系统调试。

### 7.2 电气设备调试

7.2.1 电气设备调试前，应按国家现行标准《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150、《继电保护和电网安全自动装置检验规程》DL/T 995、《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》GB 26860 及《电能计量装置技术管理规程》DL/T 448 的有关规定和电气设备厂家提供的设备资料制定调试方案。

7.2.2 电气设备单体调试应包括下列项目：

- 1 断路器、隔离开关、负荷开关及高压熔断器等开关设备调试；
- 2 电力变压器、电抗器及消弧线圈、互感器、避雷器等电器设



备调试；

- 3 接地装置、绝缘装置调试；
- 4 继电保护及安全自动装置调试；
- 5 电能计量装置、电测量指示仪表调试；
- 6 低压配电装置和馈电线路、高压电力线路调试。

7.2.3 站内分系统调试应包括下列内容：

- 1 站用电系统调试；
- 2 工作及事故照明系统调试；
- 3 直流系统、不间断电源系统调试；
- 4 主变压器、高压母线系统受电调试；
- 5 集电系统调试。

7.2.4 设备启动投运调试应包括下列内容：

- 1 一、二次回路定相、核相调试；
- 2 同期装置检测调试；
- 3 主变压器和各母线差动保护调试；
- 4 无功补偿装置(电抗器、电容器组)自动投切调试。

7.2.5 升压站综合自动化系统调试应包括下列内容：

1 站内网络系统、网络状态监测系统和计算机监控系统调试；

- 2 继电保护系统、二次系统安全防护调试；
- 3 远动通信系统、电能量信息管理系统调试；
- 4 全站同步对时系统调试；
- 5 不间断电源系统调试；
- 6 采样值系统调试。

7.2.6 电气设备调试完成后应编写调试报告。

### 7.3 风力发电机组调试

7.3.1 风力发电机组受电前，塔架内部动力电缆连接和箱式变电站动力电缆连接的相序应保持一致且相序色标清晰；三相电缆之

间的绝缘和电缆对地的绝缘应符合设计要求。

**7.3.2** 风力发电机组受电后,应检查塔架内部照明、防雷接地系统、起吊装置、测风装置、电气接线和电气参数整定值等,且应符合设计要求。

**7.3.3** 风力发电机组离网调试应包括基本功能调试和安全链保护功能调试。

**7.3.4** 风力发电机组基本功能调试宜符合表 7.3.4 的规定。

**表 7.3.4 风力发电机组基本功能调试**

调试项目	检查内容	具体要求
液压系统	液压站油位	启动液压泵,测试各元件应正确动作,调整各部分液压压力至规定值
冷却系统	主控、变流器和发电机等系统的冷却回路	手动启动各冷却回路,检查功能
润滑系统	变桨、偏航等系统的润滑回路	手动启动润滑泵,测试润滑系统的功能
偏航系统	偏航计数器工作状态	机组处于正常停机状态,手动操作使偏航系统分别向顺时针方向和逆时针方向偏航,观察偏航过程中偏航的平稳性,并检查偏航计数器工作状态;手动操作使偏航系统偏航到满足对风的触发条件,恢复自动偏航,机组应能自动对风
变桨系统	叶片在各种情况下的变桨速度和叶片的同步性能	手动变桨,整定每片叶片的零度角;检查叶片自身的蓄能装置应满足在电网失电的情况下快速顺桨的要求
自动解缆	风力发电机组自动解缆功能	手动操作使机组偏航到满足初期解缆和终极解缆的触发条件,恢复自动偏航,触发终极解缆时风力发电机组应停机解缆
测风装置	风速仪、风向标	调节风向标传感器零度位置和机舱零度位置

续表7.3.4

调试项目	检查内容	具体要求
主控系统	风力发电机组传感器系统到主控的信号和控制柜之间的通信	主控发送的指令应能被机组执行机构正确执行
刹车系统	风力发电机组的气动刹车功能和机械刹车功能	人为触发正常停机和紧急停机,观察紧急停机时两种刹车系统的投入顺序和投入过程,应与设计要求一致

**7.3.5 风力发电机组安全链保护功能调试**应符合表 7.3.5 的规定。

表 7.3.5 风力发电机组安全链保护功能调试

调试项目	具体工作
紧急停机	风力发电机组正常运行时,按下紧急停机按钮,机组应执行紧急停机
振动模块	模拟一个振动信号并使该信号超过厂家设定值,检查控制器应记录并执行紧急停机指令
过速保护	手动操作使风力发电机组的转速超过过速模块的速度设定值,机组应执行过速保护动作
扭缆保护	手动操作使偏航系统偏航到满足扭缆保护的触发条件,机组应执行紧急停机
电网失电保护	模拟电网失电,机组应能按照设计执行紧急停机
变桨保护	触发变桨保护动作,检查桨叶顺桨情况以及安全链状态

**7.3.6 风力发电机组并网调试**应包括下列项目:

1 手动并网测试:将变流器置于调试模式,按照变流器生产厂商提供的调试手册手动调试机组并网,检查主控与变流器之间的并网通讯功能;

2 自动并网测试:将变流器置于自动模式,在满足风况的条件下让机组自动并网运行,检查机组的自动并网能力;

3 功率控制测试:将功率分别设定为额定功率以下的某一定值,机组功率应能稳定在设定值上。

7.3.7 风力发电机组调试完毕后,机组的并网电能质量应符合现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549、《电能质量 电压波动和闪变》GB/T 12326 和《电能质量 三相电压不平衡》GB/T 15543 的有关规定。

7.3.8 风力发电工程的光缆熔接质量应符合现行国家标准《光纤光缆接头》GB/T 16529 的有关规定和风力发电机组制造厂家的要求,并出具熔接质量报告。

7.3.9 风力发电机组中央监控系统调试应符合下列规定:

- 1 应检查风力发电工程通信网络,且应符合设计图纸;
- 2 中央监控系统与每台风力发电机组应通讯正常;
- 3 中央监控系统应正确展示机组的实时数据、历史数据和统计数据;
- 4 报表功能、图表功能应满足设计要求;
- 5 单机和风力发电工程启动、复位、停止控制功能应正常;
- 6 单机和风力发电工程有功功率、无功功率控制功能应满足设计要求;
- 7 中央监控系统与风力发电工程综合自动化系统通讯功能应正常。

7.3.10 风力发电机组调试的过程与结果应记录在调试报告中。

## 7.4 风力发电工程试运行

7.4.1 风力发电机组在并网调试后应及时进行试运行测试工作,并应做好试运行测试记录。

7.4.2 当风力发电工程的风力发电机组数量较多时,可分批次进行试运行,试运行的每台机组应连续无故障运行不少于 240h,在此期间没有达到满功率的,应补做满功率试验。

## **8 职业健康安全与环境保护**

### **8.1 一般规定**

**8.1.1** 参建单位应制定职业健康安全、环境保护与水土保持管理计划；应设立专职管理部门或专职人员负责职业健康安全、环境保护与水土保持管理工作。

**8.1.2** 发生生产安全、环境事故时，应按规定程序进行报告和调查处理。

**8.1.3** 施工现场应采取废气、噪声控制措施；废气排放应符合现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB 16297 的有关规定，环境噪声应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096 和《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的有关规定。

**8.1.4** 风力发电工程施工应制定应急预案。

**8.1.5** 风力发电工程施工应制定节能减排措施。

### **8.2 职业健康与安全管理**

**8.2.1** 职业健康与安全管理计划应包括下列内容和措施：

- 1 职业健康与安全施工教育培训制度；
- 2 职业健康与安全施工绩效管理以及责任人制度；
- 3 安全生产、职业健康安全技术交底制度；
- 4 风力发电工程作业安全应急预案；
- 5 风力发电工程起重机吊装作业安全要求；
- 6 风力发电工程作业疏散程序；
- 7 针对极端气象条件，编制防风、防雾、防冰、防雪等措施；
- 8 职业健康与安全管理报告制度与程序；
- 9 岗位安全分析及风险响应策略。

**8.2.2** 施工单位应对风力发电工程作业人员进行职业健康与安全 and 专业技术培训。

**8.2.3** 施工单位应在施工组织方案中编制职业健康与安全施工措施。

**8.2.4** 施工单位应制定施工现场安全进、退场措施。制定安全措施时,应考虑安全区限、交通量、结构承重、现场设备的移动、起吊设备以及其他运输工具的进入路线。

**8.2.5** 施工人员应配备安全器具,施工现场应配置急救设施,并应标明其位置。

**8.2.6** 参建单位消防管理应符合下列规定:

- 1 消防设计方案应报消防部门审查通过;
- 2 消防设备和器材合格证及检测报告应齐全,且通过设备、材料报验工作;
- 3 应按照国家有关规定配置消防设施和器材、设置消防安全标志和疏散标志;
- 4 消防设施应满足施工全过程的整体消防安全需要;
- 5 应建立消防管理体系,实行消防安全责任制;应设置专职消防机构或专职消防人员,负责消防管理工作;
- 6 应制定消防管理制度、消防安全操作规程;
- 7 应制定灭火和应急疏散预案,定期组织消防演练;
- 8 应制定易燃品和工程用火管理措施。

**8.2.7** 危险区域、危险装置、危险材料、紧急出口等应有警告牌或标志牌。

### **8.3 环境保护与水土保持**

**8.3.1** 施工环境管理计划应包括下列内容和措施:

- 1 明确组织结构、利益相关者的职责与义务;
- 2 明确污染物、废弃物来源;
- 3 制定环境事故应急预案;

- 4 建立完善风力发电工程环境管理检测计划；
  - 5 建立风力发电工程环境管理培训计划；
  - 6 进行风力发电工程环境相关风险分析，并制定风险响应策略。
- 8.3.2** 风力发电工程施工应控制固体废弃物和废水的排放。
- 8.3.3** 风力发电工程施工应按风力发电工程水土保持报告书的要求及行政主管部门对水土保持报告书的批复意见实施工程的水土保持工作。
- 8.3.4** 水土保持工程施工应符合现行国家标准《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433 的有关规定。

## 9 工程验收

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 风力发电工程验收应分单位工程验收、启动验收、移交生产验收和竣工验收四个阶段进行。

**9.1.2** 竣工验收前,宜对风力发电机组基础稳定性进行观测与检测。

**9.1.3** 各阶段验收应组建相应的验收组织机构。

### 9.2 单位工程验收

**9.2.1** 风力发电工程单位工程验收可分为风力发电机组基础与安装工程、风力发电工程建筑工程、升压站设备安装调试工程、场内电力线路工程、交通工程五类进行。

**9.2.2** 在各分部工程验收合格后,施工单位应向建设单位提出单位工程验收申请。

**9.2.3** 风力发电机组基础与安装工程应包括风力发电机组基础、风力发电机组安装、监控系统、箱式变电站、防雷接地网等内容,验收时应包括下列工作内容:

1 检查各分部工程验收记录、报告及有关施工中的关键工序和隐蔽工程检查、签证记录等资料;

2 检查风力发电机组及其他设备的规格型号、技术性能指标及技术说明书、试验记录、合格证件、安装图纸、备品配件和专用工具、器具及其清单等;

3 提出缺陷处理意见;

4 验收签证,并给出评定意见。

**9.2.4** 风力发电工程建筑工程应包括升压站电气设备基础、中控



楼和生活设施等工程,各分部工程应符合施工设计图纸、设计更改联系单及施工技术要求,验收时应包括下列工作内容:

- 1 检查风力发电工程建筑工程;
- 2 检查各分部工程施工记录及有关材料合格证、试验报告等;
- 3 检查各主要工艺、隐蔽工程验收记录,检查施工缺陷处理情况;
- 4 政府管理部门要求的专项验收应按相关规定组织报验并取得批复;
- 5 对检查中发现的遗留问题提出处理意见;
- 6 验收签证,并给出评定意见。

**9.2.5** 升压站设备安装调试工程应包括升压站主变压器、高压电气设备、直流系统、通信系统、图像监控系统、火灾报警系统、低压配电系统、接地装置、电力电缆等内容,验收时应包括下列工作内容:

- 1 检查电气安装与调试工程,各分部工程应符合设计要求;
- 2 检查制造厂提供的产品说明书、试验记录、合格证件、安装图纸、备品配件和专用工具及其清单;
- 3 检查安装调试记录和报告、各分部工程验收记录和报告及施工中的关键工序检查签证记录等资料;
- 4 提出缺陷处理意见;
- 5 验收签证,并给出评定意见。

**9.2.6** 场内电力线路工程可分为架空电力线路、电力电缆线路或架空线和电缆混合电力线路,各分部工程应符合设计要求,验收时应包括下列工作内容:

- 1 检查电力线路工程;
- 2 检查施工记录、中间验收记录、隐蔽工程验收记录、各分部工程自检验收记录及工程缺陷整改情况报告等资料;
- 3 在冰冻、雷电严重的地区,应重点检查防冰冻、防雷击的安

全保护设施；

- 4 提出缺陷处理意见；
- 5 验收签证,并给出评定意见。

**9.2.7** 交通工程应包括路基、路面、排水沟、涵洞、桥梁等内容,各分部工程质量应符合设计要求,验收时应包括下列工作内容:

- 1 检查施工记录、分部工程自检验收记录等有关资料;
- 2 提出工程缺陷处理要求;
- 3 验收签证,并给出评定意见。

### **9.3 启动验收**

**9.3.1** 启动验收可分为单台机组启动验收和整套启动验收。单台机组启动试运行工作结束后,应及时组织单台机组启动验收,当风力发电机组数量较多时可分批次进行。工程最后一台风力发电机组启动验收结束后,应及时组织工程整套启动验收。

**9.3.2** 单台机组启动验收应包括下列工作内容:

- 1 检查风力发电机组的调试记录、安全保护试验记录及不少于 240h 连续并网运行记录;
- 2 按照合同及技术说明书的要求,核查风力发电机组各项性能技术指标;
- 3 检查风力发电机组自动、手动启停操作控制状况;
- 4 检查风力发电机组各部件温度;
- 5 检查风力发电机组的滑环及电刷工作情况;
- 6 检查齿轮箱、发电机、油泵电动机、偏航电动机、风扇电机工作情况,各部件应转向正确、运行正常、无异声;
- 7 检查控制系统中软件版本和控制功能,各种参数设置应符合运行设计要求;
- 8 检查各种信息参数,确保显示正常;
- 9 对验收检查中的缺陷提出处理意见;
- 10 签署启动验收意见。

### **9.3.3 工程整套启动验收应包括下列工作内容：**

- 1 审议工程建设总结报告及设计、监理、施工等总结报告，检查各阶段质量监督检查提出问题的闭环处理情况；**
- 2 工程资料应齐全完整，并按相关档案管理规定归档；**
- 3 检查历次验收记录与报告；抽查施工、安装调试等记录，必要时进行现场复核；**
- 4 检查工程投运的安全保护设施与措施；**
- 5 各台风力发电机组遥控功能测试应正常；**
- 6 检查中央监控与远程监控工作情况；**
- 7 检查设备质量及各台风力发电机组不少于 240h 试运行结果；**
- 8 检查历次验收所提出的问题处理情况；**
- 9 检查水土保持方案落实情况；**
- 10 检查工程投运的生产准备情况；**
- 11 检查工程整套启动情况；**
- 12 协调处理启动验收中有关问题，对重大缺陷与问题提出处理意见；**
- 13 确定工程移交生产期限，并提出移交生产前应完成的准备工作；**
- 14 对工程作出总体评价；**
- 15 签发工程整套启动验收鉴定书，并给出评定意见。**

## **9.4 移交生产验收**

**9.4.1 移交生产前的准备工作完成后，建设单位应及时向生产单位进行移交。根据工程实际情况，移交生产验收可在工程竣工验收前进行。**

### **9.4.2 移交生产验收应包括下列工作内容：**

- 1 检查工程整套启动验收中所发现的设备缺陷消缺处理情况，设备状态应良好；**

- 2 检查设备、备品配件、专用工器具；
- 3 检查图纸、资料记录和试验报告；
- 4 检查安全标示、安全设施、指示标志、设备标牌，各项安全措施应落实到位；
- 5 检查设备质量情况；
- 6 检查风力发电机组实际功率特性和其他性能指标，确保符合相关要求；
- 7 检查生产准备情况；
- 8 对遗留的问题提出处理意见；
- 9 对生产单位(部门)提出运行管理要求与建议；
- 10 签署移交生产验收交接书。

## 9.5 竣工验收

9.5.1 竣工验收应在主体工程完工且各专项验收及启动验收通过一年后内进行。

9.5.2 竣工验收工作应包括下列内容：

- 1 按批准的设计文件检查工程建成情况；
- 2 检查设备状态，核查各单位工程运行状况；
- 3 检查移交生产验收遗留问题处理情况；
- 4 检查工程档案资料完整性和规范性；
- 5 检查各专项验收完成情况；
- 6 检查工程建设征地补偿和征地手续处理情况；
- 7 审查工程建设情况、工程质量，总结工程建设经验；
- 8 审查工程概预算执行情况和竣工决算情况；
- 9 对工程遗留问题提出处理意见；
- 10 签发竣工验收鉴定书，并给出评定意见。

## 本规范用词说明

**1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
- 《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》GB 50147
- 《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148
- 《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》GB 50149
- 《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》GB 50150
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《火灾自动报警系统施工及验收规范》GB 50166
- 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168
- 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169
- 《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171
- 《电气装置安装工程 66kV 及以下架空电力线路施工及验收规范》GB 50173
- 《民用闭路监控电视系统工程技术规范》GB 50198
- 《土方与爆破工程施工及验收规范》GB 50201
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《木结构工程施工质量验收规范》GB 50206
- 《屋面工程质量验收规范》GB 50207
- 《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209

《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210  
《110kV ~ 750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233  
《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242  
《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254  
《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》  
GB 50256  
《电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》GB 50257  
《给排水管道工程施工及验收规范》GB 50268  
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300  
《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303  
《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433  
《大体积混凝土施工规范》GB 50496  
《电能质量 电压波动和闪变》GB/T 12326  
《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523  
《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476  
《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549  
《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2  
《电能质量 三相电压不平衡》GB/T 15543  
《大气污染物综合排放标准》GB 16297  
《光纤光缆接头》GB/T 16529  
《电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》GB 26860  
《声环境质量标准》GB 3096  
《起重机械安全规程 第 1 部分:总则》GB 6067.1  
《电能计量装置技术管理规程》DL/T 448  
《风力发电场安全规程》DL/T 796  
《继电保护和电网安全自动装置检验规程》DL/T 995  
《履带起重机安全操作规程》DL/T 5248  
《汽车起重机安全操作规程》DL/T 5250

《建筑变形测量规范》JGJ 8

《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104



中华人民共和国国家标准

# 风力发电工程施工与验收规范

**GB/T 51121-2015**

条 文 说 明

## 制 订 说 明

《风力发电工程施工与验收规范》GB/T 51121—2015,经住房和城乡建设部 2015 年 12 月 3 日以第 1004 号公告批准发布。

本规范制订过程中,编制组进行了充分的调查研究,总结了近年来国内外风力发电工程施工的实践经验和研究成果,同时参考了国外先进技术。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《风力发电工程施工与验收规范》编制组按章、节、条顺序编写了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

1	总 则 .....	(47)
2	术 语 .....	(48)
3	施工准备 .....	(49)
3.1	一般规定 .....	(49)
3.2	技术准备 .....	(50)
3.3	现场准备 .....	(51)
4	施工交通运输 .....	(52)
4.1	一般规定 .....	(52)
4.2	进场道路和场内交通 .....	(52)
4.3	设备运输 .....	(53)
5	土建工程施工 .....	(55)
5.1	一般规定 .....	(55)
5.2	重力基础 .....	(55)
5.3	混凝土预制桩基础 .....	(56)
5.4	钻孔灌注桩基础 .....	(56)
5.5	岩石锚杆基础 .....	(57)
5.6	升压站、中控楼及场内集电线路工程 .....	(57)
6	设备安装 .....	(58)
6.1	一般规定 .....	(58)
6.2	风力发电机组安装 .....	(58)
7	调试与试运行 .....	(60)
7.1	一般规定 .....	(60)
7.3	风力发电机组调试 .....	(60)
7.4	风力发电工程试运行 .....	(60)
8	职业健康安全与环境保护 .....	(61)
8.1	一般规定 .....	(61)

8.2	职业健康与安全管理 .....	(61)
8.3	环境保护与水土保持 .....	(61)
9	工程验收 .....	(63)
9.1	一般规定 .....	(63)
9.2	单位工程验收 .....	(63)
9.3	启动验收 .....	(66)
9.4	移交生产验收 .....	(66)
9.5	竣工验收 .....	(67)

# 1 总 则

**1.0.1** 本规范明确了风力发电工程施工与验收阶段各参与方应尽的责任和义务、工作范围、工作内容和方法。主要包括施工准备、施工交通运输、土建工程施工、设备安装、调试与试运行、职业健康安全与环境保护、工程验收等。前述内容针对设置在陆地上的风力发电工程编写。

**1.0.2** 对于设置在滩涂、水库和湖泊的风力发电工程,施工环境与陆地相似的工程,参照本规范执行。需水上作业的风力发电工程,参照《海上风力发电工程施工规范》GB/T 50571 执行。

## 2 术 语

本规范仅定义了与本规范密切相关的术语,未定义的术语参见《电工术语 风力发电机组》GB/T 2900.53、《风力发电机组设计要求》GB/T 18451.1、《海上风力发电工程施工规范》GB/T 50571及其他相应的国家标准。

## 3 施 工 准 备

### 3.1 一 般 规 定

#### 3.1.1 风力发电工程开工前具备的条件包括：

- (1)可行性研究报告已经批准；
- (2)项目法人已组建；
- (3)项目申请报告已经有关主管部门核准批复；
- (4)依法必须招标的,已完成招标；
- (5)建设资金已落实；
- (6)现场施工准备和征地移民拆迁等建设外部条件能够满足主体工程开工需要,并已获得有关土地使用计划或使用权的批准文件；
- (7)主管部门批准的工程开工行政许可。

**3.1.3** 由国家安全生产监督管理总局对于特殊行业实行准入备案制度所颁发的证书,可证明持证人受过专业安全技术、法律法规、职业道德的培训,并已在地方安监局备案注册。

根据《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》规定,特种作业人员必须按照国家有关规定经过专门的安全作业培训,并取得特种作业操作资格证书后,方可上岗作业。

专门的安全作业培训,是指由有关主管部门组织的专门针对特种作业人员的培训,也就是特种作业人员在独立上岗作业前,必须进行与本工种相适应的、专门的安全技术理论学习和实际操作训练。经培训考核合格,取得特种作业操作资格证书后,才能上岗作业。

风力发电工程特种作业人员包括:电工作业、起重机械作业、登高架设作业、爆破作业等。

**3.1.6** 开工前制定的管理制度主要有技术质量责任制度、工程技术档案管理制度、施工图纸会审制度、技术交底制度、人员岗位责任制度、工程材料和构件检查验收制度、工程质量检查验收制度、材料及备品备件出入库制度、安全操作制度、设备机具使用保养制度等。

## **3.2 技术准备**

**3.2.4** 风力发电工程施工组织设计的主要内容包括以下方面:施工条件,组织机构及管理措施,人力资源及施工设备配备,施工总布置,风力发电设备和物资材料供应计划,交通运输方案,风力发电机组基础施工方案,风力发电机组设备安装及电缆敷设技术方案,升压站电气设备安装及建筑工程技术方案,施工进度计划、质量、安全和环境措施及管理体系。

根据工期要求、施工条件、施工设备配备、材料、构件和机具的供应,以及能够投入的劳动力数量等条件编制风力发电工程施工组织设计方案。主要包括以下部分:

(1)根据风力发电机组基础地质条件、基础结构型式、施工设备及劳动力配备、施工条件等编制相应的基础施工方案;

(2)根据构件和设备的技术参数及吊装要求、吊装设备的能力、气象条件等制定吊装方案;

(3)根据变压器的技术参数和吊装设备的能力,制定变压器的安装方案;

(4)由于风力发电工程的基础布置较分散,基础点位多,所以基础施工和设备安装宜采取流水作业的方法。根据施工方案,确定合理施工工序,将各个施工工序衔接起来,使同一工种的施工班组连续施工;

(5)应根据气象条件、设备的技术条件和施工设备的作业工况,确定风力发电机组基础施工及设备安装的有效施工时段及施工天数;制定相应的安全技术措施,并应根据工期要求、设备到货



进度、施工条件、配备的施工设备及劳动力情况，编制施工进度计划。

### **3.3 现场准备**

**3.3.4** 临时排水系统包括施工营地、道路以及风力发电机组基础部位的排水系统。

## 4 施工交通运输

### 4.1 一般规定

**4.1.2** 运输线路的勘察评估主要包括以下五个方面的内容：

(1)公路勘察:1)了解风力发电设备大件运输所经路段的公路等级、公路桥梁的设计荷载标准;2)查验路基是否坚实牢固;查明运输沿途立交、隧道、线缆、牌架、收费站、建筑等对电力大件运输通行尺寸的限制要求;3)对可能发生滑坡、山崩、塌陷、落石等不良地质灾害的路段,了解其易发时段、发生概率和影响程度;

(2)水路勘察:1)了解风力发电设备大件水路运输所经航道的类别和等级,航道各段的水深与障碍状况,航道水位变化规律及沿途船闸关口、码头及泊位的情况;2)校验船舶通过能力;

(3)铁路勘察:将风力发电设备大件运输参数、图纸提交铁路部门,了解铁路运输线路状况、桥涵、隧道通行能力,由铁路部门提供是否可以承运的结论或相应整改要求和通行措施;

(4)装卸现场勘察:1)查验装卸现场是否满足大件运输车辆、船舶停靠以及进出通行要求;2)装卸现场是否具备装卸作业要求;

(5)其他:1)了解运输沿途地理环境、气象条件,选择符合要求的停靠补给点;2)查明运输途经地的海拔高度、地形特征;3)运输期间有无洪水、暴雨、浓雾、冰雪、大风浪等特殊气候及其影响程度;4)预选运输途中合适的加油、停靠、补给、住宿地点。

### 4.2 进场道路和场内交通

**4.2.1** 场内运输方式分为水平运输方式和垂直运输方式两大类。垂直运输方式和永久建筑物施工场地、各生产系统内部运输组织,一般由各专业施工设计考虑。场内交通规划主要考虑场区之间的

水平运输方式。由于公路运输方式具有方便、灵活、适应性强以及运输量大的优点,因此风力发电工程一般采用公路运输作为场内主要水平运输方式。

#### **4.2.2 进场公路设计一般考虑下列因素:**

- (1)自然条件:地形、土壤地质、水文、气候等;
- (2)人工构造物(如桥、涵、渡口、码头等)的影响;
- (3)避免追求长直线而不顾纵坡起伏,以及片面追求平缓纵坡而不顾平面过于弯曲。

场内道路可按《公路工程技术标准》JTG B01 规定的四级公路标准施工,荷载按公路Ⅱ级标准执行;最小转弯半径和最大纵坡满足运输车辆和安装设备的要求。

### **4.3 设备运输**

#### **4.3.2 风力发电设备大件卸车作业主要注意下列事项:**

- (1)风力发电大件卸车作业应设专人指挥和安全监护,统一信号,作业人员严格按运输作业方案与技术交底内容执行;
- (2)遇有大雪、大雾、雷雨、大风等恶劣气候,或夜间照明不足、视线不清,不得进行电力大件卸车作业;
- (3)风力发电大件卸车,只可在设备指定许可部位进行顶升、吊装、顶推、牵拉作业,未经允许,不得擅自变换位置。

**4.3.3~4.3.5** 塔架、机舱和叶片等的运输,要根据施工进度、组装完成情况及组装后重量尺寸,选择合适的运输车辆,制定合理的进度计划。

(1)装卸、运输过程中应按设备制造厂家的要求,采取恰当的保护措施,防止设备受损。运输前,应根据所选用的运输设备及路况条件核算车辆运输过程中的稳定性;

(2)起吊前,应根据起吊风力发电设备的重量和尺寸选择合适的吊具、吊点及吊装方式,并确保吊装过程中结构所受的动、静应力均在可控制的范围内;

(3)塔架一般长约数十米,且重量较重,为方便运输作业,一般宜选用大型运输工具进行运输作业。运输过程中,除应固定牢固,防止因发生滚动、磕碰受损外,还应采取特殊措施对其结合面、螺栓孔等连接部位进行保护,防止受损;

(4)机舱是风力发电机组最核心的设备,体积较大,重量较重,需通过大型起吊设备转运机舱至运输车辆舱板上,然后通过大功率运输车辆运至风力发电工程。

## 5 土建工程施工

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 风力发电工程土建工程主要包括风力发电机组基础、场内道路、升压站、中控楼及场内集电线路工程。风力发电机组基础主要分为重力基础、混凝土预制桩基础、钻孔灌注桩基础和岩石锚杆基础。

**5.1.2** 每台风力发电机组基础上一一般布置 4 个沉降观测点。

(1) 观测基准点可引自施工测量控制网,观测单位应单独设置观测基准点,并负责观测期的维护;

(2) 观测基准点应尽量靠近观测点位置,但应在基础沉降影响范围之外;

(3) 观测基准点的设置应以保证其稳定、可靠、不被破坏和方便施测为原则;

(4) 当沉降稳定时,可终止观测,一般的当某一台风机沉降速率小于  $0.02\text{mm/d}$  时,可认为该风机基础沉降已稳定,可终止观测,但总观测时间尚应满足不小于 12 个月的要求。

### 5.2 重力基础

**5.2.1** 重力基础主要适用于内陆平原、海岛及山地地形。按地域不同,南方地区和北方地区在施工过程中选料和施工方法有所不同。混凝土施工完成后可按设计要求实施环境绿化。

**5.2.2** 土石方工程包括表土、黏土、粉砂、河砂、卵(砾)石、松散坍塌体及软弱风化岩石的开挖。

**5.2.4** 基础预埋件包括调节螺栓和基础环等预埋安装工程。有些风力发电机组不含基础环,直接由预埋螺栓和塔架连接。基础

环安装完成后,一般需做两道止水。第一道止水是在基础环与混凝土的接缝处,第二道止水指上层的止水措施。一般采用两层复合土工膜止水。

5.2.5 预埋管埋设包括电缆管、光缆管等安装工程。电缆管和光缆管一般采用镀锌钢管。电缆管水平坡度按《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 第 3.0.9 条执行。

5.2.7 根据陆上风力发电工程施工经验,基础混凝土浇筑时间不宜超过 12h。

5.3 混凝土预制桩基础

5.3.3 钢筋混凝土承台施工与重力基础施工相似,可参照本规范第 5.2 节重力基础相关规定执行。

5.4 钻孔灌注桩基础

5.4.2 灌注桩成孔施工的允许偏差如表 1 所示。

表 1 灌注桩成孔施工允许偏差

成 孔 方 法		桩径 偏差 (mm)	垂直度 允许偏 差(%)	桩位允许偏差(mm)	
				1~3 根桩、条形桩 基沿垂直轴线方向 和群桩基础中的边桩	条形桩基沿轴 线方向和群桩 基础的中间桩
泥浆护壁 钻、挖、冲孔桩	$d \leq 1000\text{mm}$	$\leq -50$	1	$d/6$ 且不大于 100	$d/4$ 且不大于 150
	$d > 1000\text{mm}$	-50		$100+0.01H$	$150+0.01H$
锤击(振动)沉管 振动冲击 沉管成孔	$d \leq 500\text{mm}$	-20	1	70	150
	$d > 500\text{mm}$			100	150
螺旋钻、机动洛阳 铲干作业成孔灌注桩		-20	1	70	150
人工挖孔桩	现浇混凝土护壁	$\pm 50$	0.5	50	150
	长钢套管护壁	$\pm 20$	1	100	200

注:1 桩径允许偏差的负值是指个别断面;

2  $H$  为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离; $d$  为设计桩径。

钢筋笼制作允许偏差如表 2 所示。

表 2 钢筋笼制作允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
主筋间距	±10
箍筋间距	±20
钢筋笼直径	±10
钢筋笼长度	±100

5.5 岩石锚杆基础

5.5.2 钻孔是岩石锚杆基础的关键工序,不但控制着基础工程的工期,而且花费最大。应根据不同的岩土条件,选用不同的钻机和钻孔方法,认真组织施工,确保工程质量和工程进度。

5.6 升压站、中控楼及场内集电线路工程

5.6.5 升压站的土建工程主要包括:

- (1)升压站的场地平整(土石方开挖、土石方回填、砌体结构施工、站区绿化等);
- (2)升压站内建筑物(如生产综合楼、生产辅助楼、SVC 室、油品库、水泵房、消防水池、消防设备间、污水处理装置、电缆沟)的建筑、结构、给排水、接地、电气埋管、暖通等工程;
- (3)建筑装饰工程;
- (4)临时建筑物的建造与拆除工程。

## 6 设备安装

### 6.1 一般规定

**6.1.5** 本条规定风速不宜超过  $8\text{m/s}$  和  $10\text{m/s}$ , 均指  $10\text{m}$  高度处的风速。

### 6.2 风力发电机组安装

**6.2.7** 螺栓拉伸器使用前应计算油压, 以免工作压力过大, 超出螺栓的承受能力而使螺栓发生塑性变形; 在加压的过程中, 应均匀加压, 以避免过大的冲击拉力, 影响螺栓的预紧效果; 在拉伸过程中, 注意拉伸器的最大设计行程; 分步预紧多个螺栓时, 应合理地安排螺栓预紧的次序与拉伸力。

使用扭矩扳手时, 应平衡缓慢地加载, 切不可猛拉猛压, 以免造成过载; 在达到预置扭矩后, 应停止加载; 不得在扭矩扳手尾端加接套管延长力臂, 以防损坏扭矩扳手; 根据需要调节所需的扭矩, 确认调节机构处于锁定状态才可使用; 选用的扭矩扳手的开口尺寸应与螺栓或螺母的尺寸相符合。

使用高强度螺栓连接副注意下列事项:

(1) 螺栓、螺母和垫圈应有合格证, 其连接副扭矩系数的保证期自出厂之日起应不超过六个月;

(2) 螺栓应无裂纹、伤痕、毛刺、弯曲、铁锈、螺纹磨损等缺陷, 且不得被水浸透或雨水淋湿过;

(3) 不同批号的螺栓不得混用;

(4) 终拧后螺栓头应露出螺母端面  $2\sim 3$  扣螺纹;

(5) 已使用过的高强度螺栓和螺母不得使用;

(6) 不得污染连接结合面;



(7)组装高强度螺栓连接副时,螺母带圆台面的一侧应朝向垫圈有倒角的一侧;对于大六角头高强度螺栓连接副,螺栓头下垫圈有倒角的一侧应朝向螺栓头;

(8)安装高强度螺栓时,严禁强行穿入螺栓;不能穿入时,应用机械方式进行修整;修孔前应将四周螺栓全部拧紧,使连接板密贴,以防止铁屑落入板缝中;

(9)安装高强度螺栓时,构件的摩擦面应保持干燥清洁,不得在雨中作业;

(10)拧紧高强度螺栓时,应只在螺母上施加扭矩;

(11)高强度螺栓的拧紧分为初拧、复拧和终拧,初拧或复拧后的高强度螺栓应在其螺母上涂上标记,并用专用扳手进行终拧;

(12)高强度螺栓的初拧、复拧和终拧宜在同一天完成;

(13)在高强度螺栓拧紧检查验收合格后,连接处板缝应及时用腻子进行封闭;

(14)经检查合格后的高强度螺栓连接处,防腐、防火应按设计要求涂装。

## 7 调试与试运行

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 调试与试运行人员的专业技术培训一般由风力发电机组供货商组织,风力发电工程安全注意事项培训一般由风力发电机组供货商和风力发电工程运行单位联合组织。

**7.1.2** 风力发电工程调试与试运行工作计划表一般由风力发电机组供货商和风力发电工程运行单位共同制订。包括人力资源状况、机组送电时间、调试工期计划、试运行计划等内容。

**7.1.3** 风力发电机组调试指导手册包括调试流程、调试项目、调试内容等。试运行考核办法包括试运行条件、试运行周期和试运行期间异常情况的处理等。

**7.1.5** 离网调试是指风力发电机组发电主回路与电网未形成电气联接状态下的调试;并网调试是指风力发电机组发电主回路与电网形成电气联接状态下的调试。

### 7.3 风力发电机组调试

**7.3.3** 安全链是指将可能对风力发电机组造成致命伤害的故障节点串联成一个回路,当回路中任意节点出现故障时,都将导致回路断开,触发紧急停机。

### 7.4 风力发电工程试运行

**7.4.1** 风力发电工程试运行测试记录包括试运行申请函和试运行期间的风速、故障处理情况、备品配件使用情况和机组停机时间等。

## 8 职业健康安全与环境保护

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 环境保护与水土保持管理计划按《环境管理体系 要求及使用指南》GB/T 24001 规定制定。较大的风力发电工程,施工单位可设置一名环境与水土保持管理经理和若干名管理员,负责环境与水土保持管理的事务,并在各利益相关者之间进行协调。制定环境与水土保持管理计划时,需要考虑施工过程对建筑环境以及自然环境的影响。

施工单位的职业健康与安全管理体系按《职业健康安全管理体系 要求》GB/T 28001 认证要求的内容设置。较大的风力发电工程,施工单位可设置一名职业健康与安全管理经理和若干名管理员,负责管理与职业健康及安全管理相关的事务,并在各利益相关者之间进行协调。制定职业健康与安全管理计划时,需要考虑施工人员及其他相关人员的健康与安全问题。

**8.1.5** 施工过程中采用节能措施,能有效地提高能源使用效率和减少温室气体排放。

### 8.2 职业健康与安全管理

**8.2.2** 现场作业人员以及参与风力发电工程建设的人员均需进行定期或不定期的职业健康与安全管理方面的培训,并建立监管制度。未经培训的人员,不得进入施工现场作业。

**8.2.5** 安全设备包括安全帽、安全靴、安全背心、安全带、安全眼镜等。急救设施包括急救箱、担架等。

### 8.3 环境保护与水土保持

**8.3.1** 现场作业人员以及参与风力发电工程建设的人员均需进

行定期或不定期的环境管理方面的培训,并建立监管制度。没有参加培训的人员,不得进入施工现场作业。

**8.3.2** 施工时应配备防污设备与器材,施工过程中产生的垃圾应进行现场分类,鼓励建筑垃圾的回收再利用,规定分包商的建筑垃圾管理义务。施工产生的污水以及生活污水在进入排水渠之前应进行分类,并进行适当的处理,以满足《地表水环境质量标准》GB 3838和《污水综合排放标准》GB 8978 的要求。

## 9 工程验收

### 9.1 一般规定

**9.1.3** 单位工程验收小组由建设、设计、监理、质监、施工、安装、调试等有关单位负责人及有关专业技术人员组成。单位工程验收小组可组建相应专业验收组。

启动验收委员会由建设单位、政府主管部门、电网公司协商组建，一般由建设、质监、监理、设计、调试、当地电网调度、生产等有关单位和投资方、工程主管、政府有关部门等代表、专家组成。组成人员名单由建设单位与相关单位协商确定。施工、制造厂家等参建单位列席工程整套启动验收。启动验收委员会一般由启动试运行组、专业检查组、综合组和生产准备组等职能小组组成。

工程竣工验收委员会由政府相关主管部门、电力行业相关主管部门、建设单位、生产单位、银行(贷款项目)、审计、环境保护、消防、质量监督等行政主管部门及投资方等单位代表和有关专家组成。工程设计、施工、监理单位作为被验收单位不参加验收委员会，但应列席验收委员会会议，负责解答工程竣工验收委员会的质疑。

### 9.2 单位工程验收

**9.2.1** 单位工程可分为若干个分部工程，分部工程又可分为若干个分项工程。

**9.2.3** 每台风力发电机组基础与安装工程为一个单位工程，一般由风力发电机组基础、风力发电机组安装、监控系统、箱式变电站、防雷接地网等分部工程组成。检查项目包括：

(1)风力发电机组基础:

1)基础尺寸、钢筋规格、型号、钢筋网结构及绑扎、混凝土试块试验报告及浇注工艺等应符合设计要求,施工过程中应做好相关签证,在进行单位工程验收时一并提交;

2)风力发电机组安装时,基础的混凝土试块强度不应低于设计强度的 75%;

3)基础埋设件应与设计相符;

4)基础整体沉降应满足设计要求。

(2)风力发电机组安装:

1)塔架材质、规格型号、外形尺寸、垂直度、端面平行度、防腐涂层等应符合设计要求;塔架、法兰焊接应经探伤检验并符合设计标准;塔架所有对接面的紧固螺栓强度应符合设计要求;各段塔架法兰结合面应接触良好,符合设计要求;

2)风轮、传动机构、增速机构、发电机、偏航机构、气动刹车机构、机械刹车机构、冷却系统、液压系统、电气控制系统等部件、系统应符合合同要求;

3)液压系统、冷却系统、润滑系统、齿轮箱等无漏、渗油现象,且油品符合要求,油位应正常;

4)机舱、塔内控制柜、电缆等电气连接应安全可靠,相序正确;接地应牢固可靠;应有防振、防潮、防磨损等安全措施。

(3)监控系统:

1)各类控制信号传感器等零部件应齐全完整,连接正确,无损伤,其技术参数、规格型号应符合合同要求;

2)机组与中央监控、远程监控设备安装连接应符合设计要求。

(4)电缆:

1)在验收时,应按《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的要求进行检查;

2)电缆外露部分应有安全防护措施。

(5)箱式变电站：

1)箱式变电站的电压等级、铭牌出力、回路电阻、油温应符合设计要求；

2)绕组、套管和绝缘油等试验均应遵照《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150 的规定进行；

3)部件和零件应完整齐全，压力释放阀、负荷开关、接地开关、低压配电装置、避雷装置等电气和机械性能应良好，无接触不良和卡涩现象；

4)冷却装置运行正常，散热器及风扇齐全；

5)主要表计、显示部件完好准确，熔丝保护、防爆装置和信号装置等部件应完好，动作可靠；

6)一次回路设备绝缘及运行情况良好；

7)变压器本身及周围环境整洁、无渗油，照明良好，标志齐全。

(6)防雷接地网：

1)防雷接地网的埋设、材料应符合设计要求；

2)连接处焊接牢靠，接地网引出处应符合要求，且标志明显；

3)接地网接地电阻应符合风力发电机组设计要求。

**9.2.5 升压站设备安装调试工程**一般包括主变压器、高压电气设备、母线盘柜及二次回路接线、直流系统、通信系统、图像监控系统、火灾报警系统、低压配电系统、接地装置、电力电缆等的安装调试分部工程。检查项目包括：

(1)主变压器应参照《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148 执行；

(2)高压电器设备应参照《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》GB 50147 执行；

(3)母线盘柜及二次回路接线应参照《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》GB 50149 和《电气装置安装工程 盘、柜

及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 执行；

(4)直流系统应参照《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》GB 50172 执行；

(5)通信系统：

1)检查施工与设计是否相符；

2)检查各终端电话与中央控制室的信号畅通；

3)重点检查中央控制室与电力调度之间的电话录音、一键通等功能。

(6)图像监控系统应参照《安全防范工程技术规范》GB 50348 执行；

(7)火灾报警系统应参照《火灾自动报警系统施工及验收规范》GB 50166 执行；

(8)低压配电系统应参照《电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范》GB 50254 执行；

(9)接地系统应参照《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169 执行；

(10)电力电缆应参照《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168 执行。

### **9.3 启动验收**

**9.3.1** 单台启动验收工作由单位工程验收小组进行；工程整套启动验收工作由启动验收委员会进行；启动验收委员会在首批风力发电机组启动并网前组建。

### **9.4 移交生产验收**

**9.4.1** 工程移交生产前的准备工作完成后，建设单位应及时向生产单位进行移交。若建设单位既承担工程建设，又承担投产后运行生产管理，则由建设单位工程建设管理部门向运行管理部门移交。



## **9.5 竣 工 验 收**

**9.5.1** 专项验收一般包括环境保护、水土保持、消防、劳动安全与工业卫生、电能质量检测、工程档案和工程竣工财务决算、节能等验收。