

国家电网公司  
风电场接入电网技术规定  
实施细则

西北电网公司

二〇〇九年十月

## 目 次

1 概述.....	3
2 通用技术条件.....	4
3 开机与停机 .....	4
4 风电场有功功率.....	5
5 风电场无功功率.....	6
6 风电场电压范围 .....	7
7 风电场电压调节 .....	7
8 风电场低电压穿越 .....	7
9 安全与保护 .....	10
10 测报与预测 .....	10
11 调度自动化.....	10
12 电能计量.....	10
13 风电场模型和参数 .....	11
14 风电场通信与信号 .....	11
15 风电场接入电网检测 .....	12

## 1 概述

### 1.1 主题与范围

本实施细则提出了风电场接入电网的技术要求。

本实施细则适用于西北电网公司经营区域内通过 110（35）千伏及以上电压等级线路与电网连接的新建或扩建风电场。

对于通过其他电压等级与电网连接的风电场，也可参照本实施细则。

### 1.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本实施细则的引用而成为本实施细则的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本实施细则；但鼓励根据本实施细则达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本实施细则。

GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差

GB 12326-2008 电能质量 电压波动和闪变

GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波

GB/T 15945-2008 电能质量 电力系统频率偏差

GB/T 15543-2008 电能质量 三相电压不平衡

DL 755-2001 电力系统安全稳定导则

SD 325-1989 电力系统电压和无功技术导则

GB/T 20320-2006 风力发电机组 电能质量测量和评估方法

DL/T 1040-2007 电网运行准则

### 1.3 术语和定义

本标准采用下列定义和术语。

#### 1.3.1 风电机组

wind turbine generator system; WTGS

将风的动能转换为电能的系统。

#### 1.3.2 风电场

wind farm; wind power plant;

由一批风电机组或风电机组群组成的电站。

#### 1.3.3 风电场并网点

point of interconnection of wind farm

与公共电网直接连接的风电场升压站高压侧母线。

#### 1.3.4 风电场有功功率

active power of wind farm

风电场输入到并网点的有功功率。

#### 1.3.4 风电场无功功率

reactive power of wind farm

风电场输入到并网点的无功功率。

#### 1.3.5 功率变化率

power ramp rate

在单位时间内风电场输出功率最大值与最小值之间的变化量。

#### 1.3.6 公共连接点

point of common coupling

电力系统中一个以上用户的连接处。

### 1.3.7 风电机组低电压穿越

low voltage ride through of wind turbines

当电网故障或扰动引起风电场并网点的电压跌落时，在一定电压跌落的范围内，风电机组能够不间断并网运行。

### 1.3.8 风电机组状态

status of wind turbines

运行状态，指风电机组并网发电的状态。

### 1.3.9 待机状态

指一旦风速、风向等气象条件适宜，风电机组即可并网发电的状态。

停机状态

指风电机组需调度人员、现场运行人员操作或自动化系统指令，才能并网发电的状态，且风电机组未布置安全措施。

检修状态

指风电机组出口开关处于分闸状态（或有其他明显电气断开点），且风电机组已布置安措的状态。

## 2 通用技术条件

### 2.1 防雷和接地

风电场和并网点设备的防雷和接地，应符合 IEC 61400-24 风力发电机组防雷中的规定。

### 2.2 电磁兼容

风电场应具有适当的抗电磁干扰的能力，应保证信号传输不受电磁干扰，执行部件不发生误动作。同时，设备本身产生的电磁干扰不应超过相关设备标准。

### 2.3 耐压要求

风电场的设备必须满足相应电压等级的电气设备耐压标准。

### 2.4 抗干扰要求

当并网点的闪变值满足 GB 12326-2008《电能质量 电压波动和闪变》、谐波值满足 GB/T 14549-1993《电能质量 公用电网谐波》、三相电压不平衡度满足 GB/T 15543-2008《电能质量 三相电压不平衡》的规定时，风电场和风电机组应能正常运行。

### 2.5 安全标识

风电场应具备完善的安全标识管理和使用制度。标识的形状、颜色、尺寸和高度参照 GB 2894《安全标志 (neq ISO 3864:1984)》和 GB 16179《安全标志使用导则》执行。

## 3 开机与停机

### 3.1 开机

风电机组开机并网时，除了需考虑风电机组本身的并网条件以外，还需考虑风电场的当前状态、自动化指令及来自电网调度机构的指令。

风电机组开机并网时应确保输出的有功功率变化不超过所设定的最大功率变化率。

### 3.2 停机

除发生电气故障或接受到来自于电网调度机构的指令以外，风电场同时切除的功率应在电网允许的最大功率变化率范围内。

### 3.3 恢复并网

风电场应有相关技术及管理规定，保证风电场及风电机组在紧急状态或故障情况下退出运行（或

通过安全自动装置切除)后,不得自行并网,须在电网调度机构的安排下有序并网恢复运行。

## 4 风电场有功功率

### 4.1 基本要求

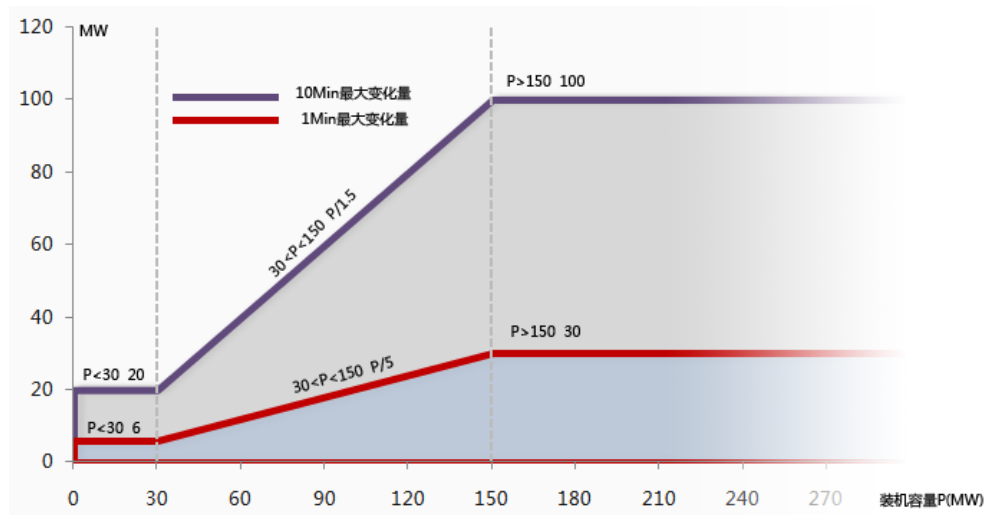
风电场必须具有功率调节能力,并能根据电网调度部门指令控制其有功功率输出。为了实现风电场有功功率的控制,风电场需安装有功功率控制系统,能够接收并自动执行调度部门远方发送的有功出力控制信号,确保风电场最大输出功率及功率变化率不超过电网调度部门的给定值。

### 4.2 最大功率变化率

风电场应限制输出功率的变化率。最大功率变化率包括 1min 功率变化率和 10min 功率变化率,具体限值可参照表 1。

表 1 风电场最大功率变化率推荐值

风电场装机容量 (MW)	10min 最大变化量 (MW)	1min 最大变化量 (MW)
<30	20	6
30-150	装机容量/1.5	装机容量/5
150-250	100	30
>250	视接入系统情况而定	视接入系统情况而定



装机容量 250MW 以上风电场,若最终汇入的 330kV (220kV)汇集点风电装机容量小于 500MW,则 10min 最大变化量允许值为 160MW,否则视最终汇入的 330kV (220kV)汇集点风电装机容量另行商定。

在风电场并网以及风速增长过程中,风电场功率变化率应当满足此要求。这也适用于风电场的正常停机,但可以接受因风速降低(或超出最大风速)而引起的超出最大变化率的情况。风电场最大功率变化率的确定也可根据风电场所接入系统的状况、其他电源的调节特性、风电机组运行特性等,由电网运营企业和风电场开发运营企业共同确定。

### 4.3 紧急控制

在电网紧急情况下,风电场应根据电网调度部门的指令来控制其输出的有功功率,并保证风电场有功控制系统的快速性和可靠性。

电网故障或特殊运行方式下要求降低风电场有功功率,以防止输电设备发生过载,确保电力系统稳定性。降低风电场有功功率速度应到达 20%总装机容量/分钟。

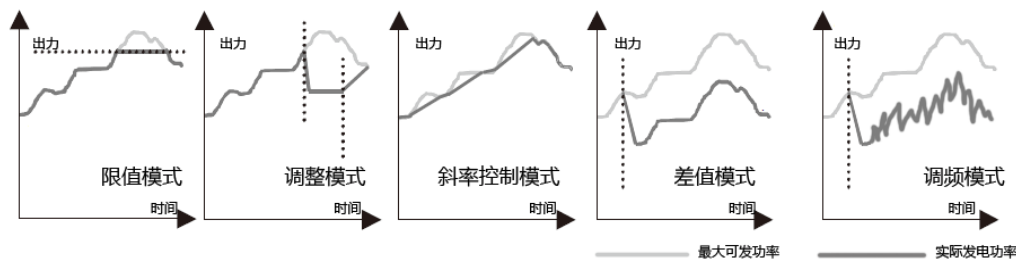
当电网频率高于 50.5Hz 时,依据电网调度部门指令降低风电场有功功率,严重情况下可以切除整个风电场。

在事故情况下,若风电场的运行危及电网安全稳定,电网调度部门有权暂时将风电场解列。事

故处理完毕，电网恢复正常运行状态后，应尽快恢复风电场的并网运行。

#### 4.4 控制模式

风电场有功控制系统应具备必须的调整模式，包括但不限于：限值模式、调整模式、斜率控制模式、差值模式、调频模式。



##### 4.4.1 限值模式

此模式投入时，风电场有功控制系统应将全场出力控制在预先设定的或调度机构下发的限值之下，限值可分时间段给出。

##### 4.4.2 调整模式

此模式投入时，风电场有功控制系统应立即将全场出力按给定的斜率调整至给定值（若给定值大于最大可发功率，则调整至最大可发功率），当命令解除时，有功控制系统按给定的斜率恢复至最大可发功率。

##### 4.4.3 斜率控制模式

此模式投入运行时，风电场有功控制系统应将功率上升（或下降）斜率控制在给定值之内，风速变化引起的风电场切入切出及故障等非可控情况除外。

##### 4.4.4 差值模式

此模式投入时，风电场有功控制系统应以低于预测最大可发功率 $\Delta P$ 的出力运行，差值 $\Delta P$ 为预先设定值或调度机构下发值。

##### 4.4.5 调频模式

此模式投入时，风电场在差值模式的基础上，根据系统频率或调度机构下发的调频指令调整全场出力。

##### 4.4.6 模式的投入

风电场有功控制系统的模式选择，即可现场设置，亦可调度机构远端投入，各种模式即可单独投入，亦可组合投入。模式投入退出以调度机构下发的自动化信号及调度指令为准，调度规程规定的可不待调令执行的除外。

#### 4.5 试验

风电场投运前，应完成有功控制系统控制指令核对工作，并完成有功控制系统开环试验，当接入同一并网点的风电场装机容量超过40MW时，需向调度机构提交场内测试报告（包括有功控制系统性能指标），调度机构审核后风电场应申请有功控制系统闭环试验，并协同调度机构完成闭环试验；累计新增装机容量超过40MW，则需要重新提交正式检测报告并试验。

风电场全场的调节精度<sup>1</sup>，暂定为不大于1WM和增减负荷的5%两者的最大值。

## 5 风电场无功功率

### 5.1 无功电源

风电场应具备协调控制机组和无功补偿装置的能力，能够自动快速调整无功总功率。风电场的

<sup>1</sup> 风电场有功控制系统的调节精度，是指风电场机组出力稳定之后，实际值和目标值之间的偏差。  
调节精度=|命令目标值-实际出力值|

无功电源包括风电机组和风电场的无功补偿装置。首先充分利用风电机组及分散式无功补偿装置的无功容量及其调节能力，仅靠风电机组的无功容量不能满足系统电压调节需要的，在风电场集中加装无功补偿装置。

风电场无功补偿装置能够实现动态的连续调节以控制并网点电压，其调节速度应能满足电网电压调节的要求。

## 5.2 无功容量

风电场在任何运行方式下，应保证其无功功率有一定的调节容量，该容量为风电场额定运行时功率因数 0.98（超前）~0.98（滞后）所确定的无功功率容量范围，风电场的无功功率能实现动态连续调节，保证风电场具有在系统事故情况下能够调节并网点电压恢复至正常水平的足够无功容量。

百万千瓦级及以上风电基地，其单个风电场无功功率调节容量为风电场额定运行时功率因数 0.97（超前）~0.97（滞后）所确定的无功功率容量范围。

通过风电汇集升压站接入公共电网的风电场，其配置的容性无功补偿容量能够补偿风电场满发时送出线路上的无功损耗；其配置的感性无功补偿容量能够补偿风电场空载时送出线路上的充电无功功率。

风电场无功容量范围在满足上述要求下可结合每个风电场实际接入情况通过风电场接入电网专题研究来确定。

## 5.3 试验

风电场投运前，应完成无功控制系统控制指令核对工作，并完成有功控制系统开环试验，当接入同一并网点的风电场装机容量超过 40MW 时，需向调度机构提交场内测试报告（包括有功控制系统性能指标），调度机构审核后风电场应申请有功控制系统闭环试验，并协同调度机构完成闭环试验；累计新增装机容量超过 40MW，则需要重新提交正式检测报告并试验。

风电场全场的调节精度和调节速度应满足相关技术规定。

# 6 风电场电压范围

## 6.1 电压偏差

当风电场并网点的电压偏差在  $-10\% \sim +10\%$  之间时，风电场内的风电机组应能正常运行。

## 6.2 运行要求

当风电场并网点电压偏差超过  $+10\%$  时，风电场的运行状态由风电场所选用风电机组的性能确定。

# 7 风电场电压调节

7.1 风电场应配置无功电压控制系统，根据电网调度部门指令控制并网点电压。

7.2 风电场应当能够在其容量范围内，控制风电场并网点电压在额定电压的  $-3\% \sim +7\%$ 。

7.3 风电场参与电压调节的方式包括调节风电场的无功功率和调整风电场升压变电站主变压器的变比；风电场变电站的主变压器应采用有载调压变压器。分接头切换可手动控制或自动控制，根据电网调度部门的指令进行调整。

# 8 风电场低电压穿越

## 8.1 基本要求

图 1 为对风电场的低电压穿越要求。风电场并网点电压（三相）在图中电压轮廓线及以上的区域时，场内风电机组必须保证不间断并网运行；并网点电压（任一相）在图中电压轮廓线以下时，场内风电机组允许从电网切出。

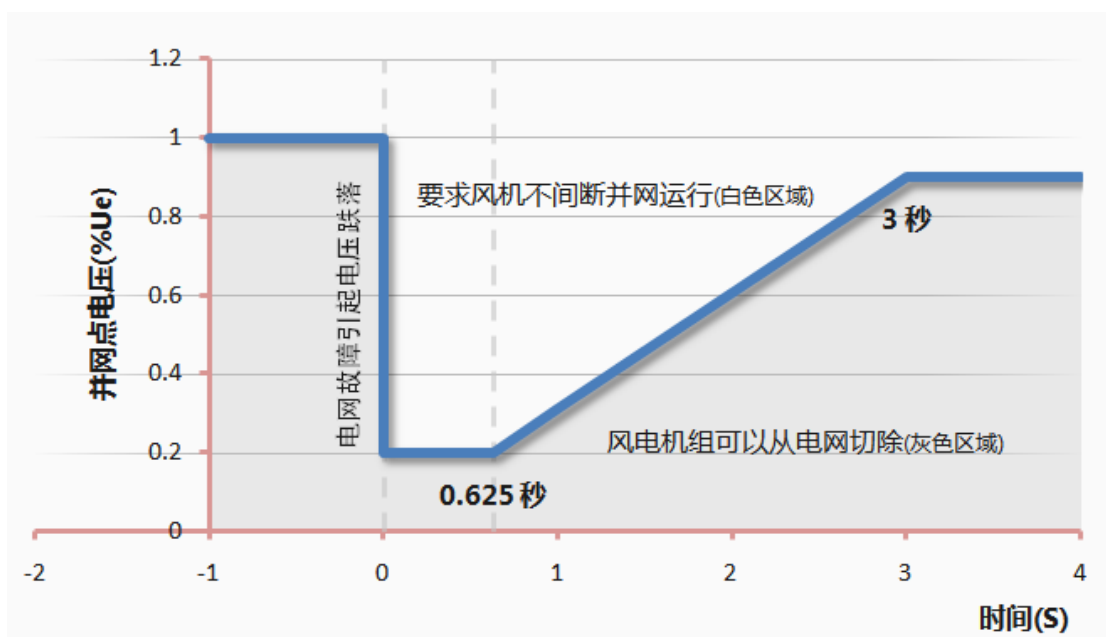


图 1 风电场低电压穿越要求的规定

规定的风电场低电压穿越要求为：

a) 风电场内的风电机组具有在并网点电压跌至 20%额定电压时能够保持并网运行 625ms 的低电压穿越能力；

b) 风电场并网点电压在发生跌落后 3s 内能够恢复到额定电压的 90%时，风电场内的风电机组保持并网运行。对于目前尚不具备低电压穿越能力且已投运的风电场，应积极开展机组改造工作，以具备低电压穿越能力。

### 8.2 有功恢复

对故障期间没有切出电网的风电场，其有功功率在故障切除后快速恢复，以至少 10%额定功率/秒的功率变化率恢复至故障前的值。

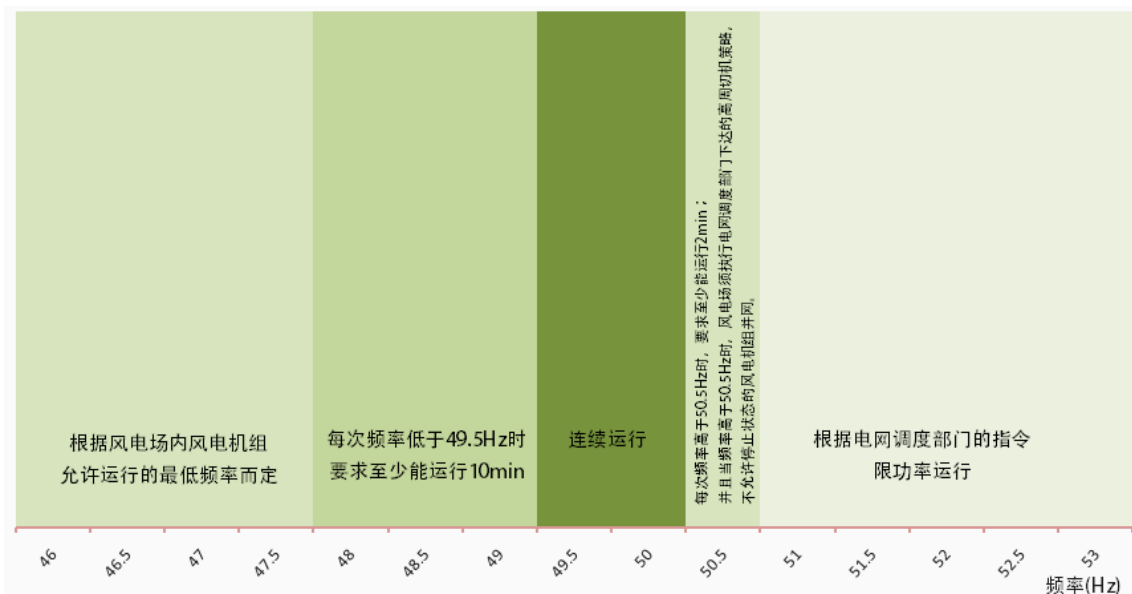
### 8.3 风电场运行频率

风电场可以在表 2 所示电网频率偏离下运行：

表 2 风电场频率异常允许运行时间

电网频率范围	要求
低于 48Hz	根据风电场内风电机组允许运行的最低频率而定。
48Hz—49.5Hz	每次频率低于 49.5Hz 时要求至少能运行 10min。
49.5Hz—50.5Hz	连续运行。
50.5Hz—51Hz	每次频率高于 50.5Hz 时，要求至少能运行 2min；并且当频率高于 50.5Hz 时，风电场须执行电网调度部门下达的高周切机策略，不允许停止状态的风电机组并网。
高于 51Hz	根据电网调度部门的指令限功率运行。





#### 8.4 风电场电能质量

风电场电能质量的相关要求主要依据引用文件制定。如果风电场供电区域内存在对电能质量有特殊要求的重要用户，可提高对风电场电能质量的相关要求。

#### 8.5 电压偏差

风电场接入电力系统后，并网点的电压正、负偏差的绝对值之和不超过额定电压的 10%，一般应为额定电压的  $-3\% \sim +7\%$ 。限值也可由电网运营企业和风电场开发运营企业根据电网特点、风电场位置及规模等共同确定。

#### 8.6 电压变动

风电场在公共连接点引起的电压变动  $d$  (%) 应当满足表 3 的要求。

表 3 电压变动限值<sup>2</sup>

r, h-1	d (%)
$r \leq 1$	3
$1 < r \leq 10$	2.5
$10 < r \leq 100$	1.5
$100 < r \leq 1000$	1

#### 8.7 闪变

风电场所接入的公共连接点的闪变干扰值应满足 GB12326—2008《电能质量电压波动和闪变》的要求，其中风电场引起的长时间闪变值  $P_{1t}$  按照风电场装机容量与公共连接点上的干扰源总容量之比进行分配。

#### 8.8 谐波

应配备长期的电能质量监测设备，委托有资质单位定期测试，以满足电压质量指标。

当风电场采用带电力电子变换器的风电机组或无功补偿设备时，需要对风电场注入系统的谐波电流作出限制。

风电场所在的公共连接点的谐波注入电流应满足 GB/T14549—1993《电能质量公用电网谐波》的要求，其中风电场向电网注入的谐波电流允许值按照风电场装机容量与公共连接点上具有谐波源

<sup>2</sup> r 表示电压变动频度，指单位时间内电压变动的次数（电压由大到小或由小到大各算一次变动）。同一方向的若干次变动，如间隔时间小于 30ms，则算一次变动。

的发 / 供电设备总容量之比进行分配。

#### 8.9 直流分量

风电场并网运行时，向电网馈送的直流电流分量不应超过其交流电流值的 0.5%。

### 9 安全与保护

为保障人身和设备安全，风电场应配置继电保护装置。继电保护的配置及技术指标应符合《继电保护和自动装置技术规程》(GB/T 14285) 要求，并与电网侧协调一致。

风电机组控制系统应具备各种安全保护和电气保护功能，切实保障风电机组安全。电气保护主要包括机组的过流、过压、欠压、频率过高、频率过低等保护。

### 10 测报与预测

#### 10.1 基本要求

风电场应根据自身情况及调度机构要求，配备与风电场规模相适应的实时风能监测系统、风电功率预测系统及相应的自动化和通信装置，保证其正常运行，并达到规定的技术要求。

#### 10.2 风电功率预测系统

风电功率预测系统应能通过专网向调度机构上报相关数据，应至少具备日前预报功能和超短期预报功能，于每日 12 时之前向调度机构申报次日日前风电功率预测曲线，根据超短期预测结果，滚动调整 2 小时以后的风电功率预测曲线。

风电功率预测系统应具备记录历史预测数据和历史实际功率数据的功能。

#### 10.3 实时风能测报系统

实时风能测报系统应能通过专网向调度机构上报实时风能测报数据，包括但不限于风速、风向、气压等，并根据风电机组和风电场模型提供对应测报数据下最大可发功率。

实时风能测报系统应具备记录历史风能数据的功能。

### 11 调度自动化

#### 11.1 基本要求

风电场自动化数据应按照符合国家标准或行业标准的传输规约传送至电网调度机构的调度自动化系统。风电场运行设备实时信息的数量和精度应满足国家有关规定和电网调度机构的运行要求。风电场计算机监控系统及风电场接入调度自动化系统及设备应符合《电力二次系统安全防护总体方案》(国家电监会 5 号令)。风电场运行集中监控系统能够准确接受并执行电网调度机构下发的有功、无功调整及机组投切等指令信号。场端自动化设施技术要保证与调度端一致。风电场应遵守电力系统调度规程及调度自动化系统有关规程运行维护自动化设备，不得随意退出或停用。

#### 11.2 风电场运行集中监控系统

风电场运行集中监控系统是风电场用以监视、控制风电机组及其他场内设备运行状态；接受并执行调度机构下发的有功、无功功率调整、风电机组开停等指令；上传风电机组及公用系统运行状态、参数等信息；上报实时风能监测系统、风电功率预测系统数据；申报检修计划、风电功率申报曲线等的集中式计算机监视、控制、信息系统。风电场运行集中监控系统的月可用率应不低于 99%。

### 12 电能计量

#### 12.1 计量点

风电场接入电网前，应明确上网电量和用网电量计量点。计量点原则上设置在产权分界的风电场并网点。

每个计量点均应装设电能计量装置，其设备配置和技术要求符合 DL/T448《电能计量装置技术管理规程》，以及相关标准、规程要求。

#### 12.2 电能表要求

电能表采用静止式多功能电能表，技术性能符合 GB/T 17883《0.2S 和 0.5S 级静止式交流有功电度表》和 DL/T 614《多功能电能表》的要求。电能表至少应具备双向有功和四象限无功计量功能、事件记录功能，配有标准通信接口，具备本地通信和通过电能信息采集终端远程通信的功能，电能表通信协议符合 DL/T 645《多功能电能表通信协议》。采集信息应接入电网调度机构的电能信息采集系统。

风电场的同一计量点应安装同型号、同规格、准确度相同的主、副电能表各一套。主、副表应有明确标志。

电能计量装置应在并网前按要求安装完毕，并结合电能信息采集终端与主站系统进行信道、协议和系统调试；由具有相应资质的电能计量检测机构对电能计量装置完成相关检测，出具完整检测报告，施加封条、封印或其他封固措施；电能计量装置投运前，应由电网企业和风电场产权归属方共同完成竣工验收。

### 13 风电场模型和参数

#### 13.1 风电场模型

风电场开发商应提供风电机组、电力汇集系统及风电机组/风电场控制系统可用于系统仿真计算的模型及参数，用于风电场接入电力系统的规划、设计及调度运行。

#### 13.2 参数变化

风电场应跟踪风电场各个元件模型和参数的变化情况，并随时将最新情况反馈给电网调度部门。

### 14 风电场通信与信号

#### 14.1 基本要求

风电场的二次设备及系统应符合电力二次部分技术规范、电力二次部分安全防护要求及相关设计规程。

风电场与电网调度部门之间的通信方式、传输通道和信息传输由电网调度部门作出规定，包括提供调度电话、自动化数据、继电保护及安全自动装置信号等信息的传输通道，提供信号的方式和实时性要求等。

#### 14.2 正常运行信号

在正常运行情况下，风电场向电网调度部门提供的信号至少应当包括：

- a) 单个风电机组运行状态；
- b) 风电场实际运行机组数量和型号；
- c) 风电场并网点电压；
- d) 风电场高压侧出线的有功功率、无功功率、电流；
- e) 高压断路器和隔离开关的位置；
- f) 风电场的实时风速和风向。

#### 14.3 故障信息记录与传输

在风电场变电站需要安装故障记录装置，记录故障前 10s 到故障后 60s 的情况。该记录装置应该包括必要数量的通道，并配备至电网调度部门的数据传输通道。

## 15 风电场接入电网检测

### 15.1 基本要求

风电场在申请接入电网检测前需已具备并提供土地、质检和环保等部门出具的审批证明以及风电机组的设计模型、参数、特性和控制系统等资料。

风电场接入电网检测由具备相应资质的机构进行，并在检测前 30 日将检测方案报所接入电网调度部门备案。

当接入同一并网点的风电场装机容量超过 40MW 时，需要向电网调度部门提供正式检测报告；累计新增装机容量超过 40MW，则需要重新提交正式检测报告。

风电场应当在全部机组并网调试运行后 3 个月内向电网调度部门提供有关风电场运行特性的检测报告。

调度运行部门要求的其它并网调试项目。

### 15.2 检测内容

有功/无功控制能力检测。

电能质量检测，包含电压变动、闪变与谐波。

风电场低电压穿越能力的验证。