



# WED

## 中国-丹麦风能发展合作项目研究报告

项 目 名 称 : 风电并网标准和国家并网导则修订的研究

报 告 名 称 : 修订版的国家并网导则(草稿)

报 告 编 号 : WED-QR-C01-C-06

报告编制单位 : 中国电力科学研究院

编 写 日 期 : 2009-07



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

## 前 言

中丹风能发展项目（英文简称 WED）是中国和丹麦两国政府在可再生能源领域开展的为期三年的技术援助项目，通过双边合作介绍丹麦风电技术及风电经验，加强中国风电机构能力建设，提高风电开发和运行管理水平，推动中国风电技术进步，促进中国风电的健康发展。项目于 2006 年 6 月正式启动，项目经费由丹麦政府提供援助，中国政府提供相应配套。

项目主要由四部分组成：风资源评估、风电规划和风电项目评估、风电并网研究以及相关能力建设的培训，项目分别由中国气象局、中国水电工程顾问集团公司、中国电力科学研究院和项目管理办公室负责牵头执行。

项目指导委员会为项目的最高决策机构，项目指导委员会由国家发改委、国家商务部和丹麦驻华大使馆成员组成。项目管理办公室负责项目的协调、管理及监督等工作，项目管理办公室由国家发改委能源研究所管理。

本技术报告是中丹风能发展项目中国电力科学研究院风电并网子项目 C01 分项目的研究成果，由中国电力科学研究院新能源所完成，主要内容为中国风电并网标准的研究及其修订。

本报告的编写过程中，得到了国家电网公司、东北电网公司、黑龙江省电力有限公司、吉林省电力有限公司、辽宁省电力有限公司的大力支持，得到了 Balslev、Risoe/DTU、CET/DTU、Energinet.dk、Dong Energy、Aalborg University 的积极配合，在此向对本项目做出贡献和提供支持的各界专家领导和同仁们表示诚挚的谢意。由于时间仓促，本研究报告的疏漏之处，欢迎读者不吝指正。

**本报告中的内容仅为项目研究单位的观点，不代表丹麦和中国政府的任何意见。**

项目执行单位网址：[www.epri.ac.cn](http://www.epri.ac.cn)

中丹风能发展项目网址：[www.dwed.org.cn](http://www.dwed.org.cn)



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 中丹风能发展项目 (WED)

修订版的国家并网导则（草稿）

项目 C01: 风电并网标准和国家并网导则修订的研究

中国电力科学研究院

2009年7月



**国家电网**  
**STATE GRID**

**中国电力科学研究院**  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

<b>中方参与单位:</b>	中国电力科学研究院	国家电网公司
	东北电网公司	黑龙江电力公司
	吉林省电力公司	辽宁电力勘测设计院
<b>外方参与单位</b>	BALSLEV Co	DONG Energy
	Energynet.dk	Risoe/DTU
	CET/DTU	
<b>工作时间:</b>	2007 年 12 月至 2009 年 7 月	
<b>项目负责人:</b>	王伟胜 迟永宁	
<b>中方工作人员:</b>	中国电力科学研究院	东北电网公司
	胡学浩 赵海翔 戴慧珠 刘长浔	郭象容
	李汉香 陈默子 林海雪 刘 纯	
	张学春 石文辉 李 琰 王 真	
	王跃峰 张 梅	
	国家电网公司	黑龙江电力公司
	吕 健	吕鸣镝
	吉林江省电力公司	辽宁电力勘测设计院
	吴祚江	胡大龙
<b>外方工作人员:</b>	<b>BALSLEV Co</b>	<b>DONG Energy</b>
	Henrik Rosenber, Helena Segerberg	Ole Holmstrom
	Jarle Nedkvitne	<b>Risoe/DTU</b>
	<b>Energynet.dk</b>	Poul Sorensen
	Hans Abildgaard	
	<b>CET/DTU</b>	
	Zhao Xu	
<b>报告编写:</b>	迟永宁 石文辉 李 琰 王 真	
	王跃峰 张 梅	



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

## 目 录

1	范围 .....	1
2	规范性引用文件 .....	1
3	术语和定义 .....	1
4	风电场有功功率 .....	3
5	风电场无功功率 .....	4
6	风电场电压范围 .....	4
7	风电场电压调节 .....	5
8	风电场低电压穿越 .....	5
9	风电场运行频率 .....	6
10	风电场电能质量 .....	7
11	风电场模型和参数 .....	8
12	风电场通信与信号 .....	8
13	风电场接入电网检测 .....	9



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

# 风电场接入电力系统技术规定

(修订草稿)

## 1 范围

本规定提出了风电场接入电力系统的技术要求。

本规定适用于通过 110 (66) 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,也可参照本规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规定的引用而成为本规定的条款。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规定;但鼓励根据本规定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规定。

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

## 3 术语和定义

本标准采用下列定义和术语。

### 3.1



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

---

风电机组 wind turbine generator system; WTGS

将风的动能转换为电能的系统。

### 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。

### 3.3

风电场并网节点 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。

### 3.4

风电场有功功率 active power of wind farm

风电场输入到并网节点的有功功率。

### 3.5

风电场无功功率 reactive power of wind farm

风电场输入到并网节点的无功功率。

### 3.6

输出功率变化 power output change

在单位时间内（1 分钟或 10 分钟）风电场输出功率最大值与最小值之间的变化量。

### 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节点的电压跌落时，在一定电压跌落的范围内，风电机组能够不间断并网运行。



## 4 风电场有功功率

### 4.1 基本要求

风电场具有有功功率调节能力，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 风电场输出功率变化限值

风电场应限制输出功率变化。输出功率变化包括 1min 功率变化和 10min 功率变化，具体限值可参照表 1。

表 1 风电场输出功率变化限值

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	100	30

在风电场并网以及风速增长过程中，风电场输出功率变化应当满足此要求。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）而引起的超出最大输出功率变化的情况。

风电场最大输出功率变化限值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。

- a) 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。



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

- b) 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。
- c) 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。

## 5 风电场无功功率

### 5.1 无功电源

- a) 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。
- b) 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

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。

## 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。



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

## 6.2 运行要求

- a) 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。
- b) 当风电场并网点的闪变值满足国家标准 GB 12326—2008《电能质量 电压波动和闪变》、谐波值满足国家标准 GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》、三相电压不平衡度满足国家标准 GB/T 15543—2008《电能质量 三相电压不平衡》的规定时，风电场内的风电机组应能正常运行。

## 7 风电场电压调节

- a) 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。
- b) 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%~+7%。
- c) 风电场变电站的主变压器应采用有载调压变压器。风电场具有通过调整变电站主变压器分接头控制场内电压的能力，确保场内风电机组在 6.1 所规定的条件下能够正常运行。

## 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。风电场并网点三相电压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；当并网点至少有一相电压低于或部分低于图中电压轮廓线时，场内风电机组允许从电网切出。

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。

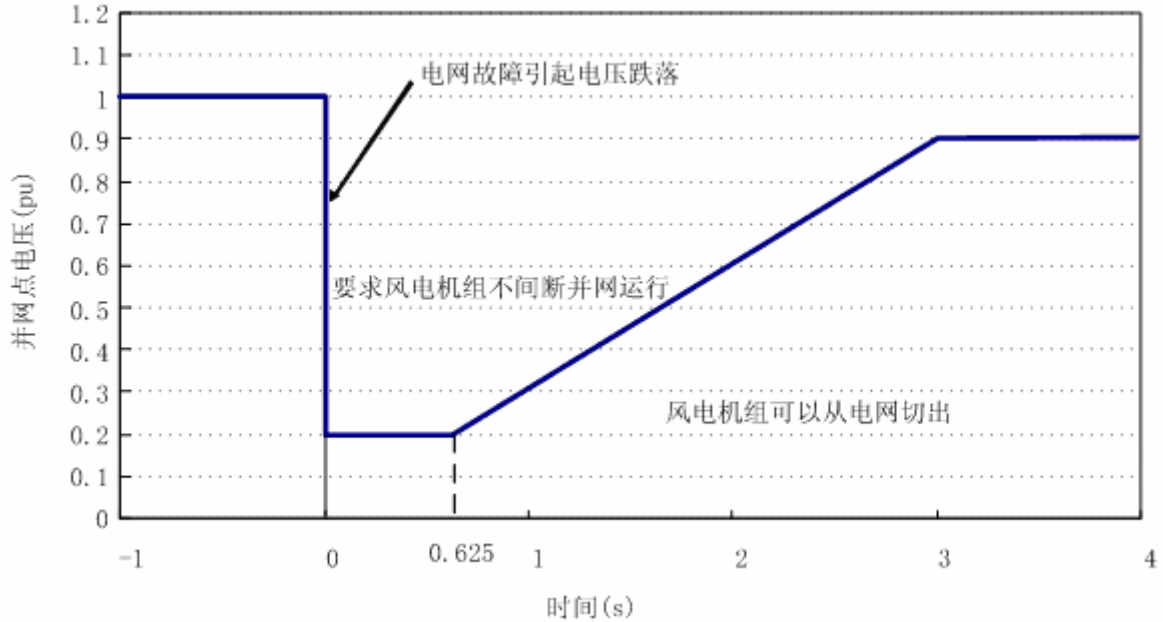


图 1 风电场低电压穿越要求的规定

## 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。

## 9 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



**国家电网**  
STATE GRID

**中国电力科学研究院**  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

	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。

## 10 风电场电能质量

### 10.1 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。

### 10.2 电压变动

风电场在并网点引起的电压变动  $d$  (%) 应当满足表 3 的要求。

表 3 电压变动限值

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

注： $r$  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。

### 10.3 闪变



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

China Electric Power Research Institute (CEPRI)  
15 Xiaoying East Road, Qinghe  
Beijing 100192, P.R.China  
北京清河小营东路 15 号中国电力科学研究院  
邮编:100192

Tel: +86 (10) 82812415  
Fax: +86 (10) 82812415  
Web: www.epri.ac.cn

风电场所接入的并网点的闪变干扰值应满足 GB 12326—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  $P_{lt}$  按照风电场装机容量与并网上的干扰源总容量之比进行分配。

#### 10.4 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。

风电场所在的并网点的谐波注入电流应满足 GB/T 14549—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并网点上具有谐波源的发 / 供电设备总容量之比进行分配。

### 11 风电场模型和参数

#### 11.1 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。

#### 11.2 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。

### 12 风电场通信与信号

#### 12.1 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，包括提供遥测、遥信信号以及其他安全自动装置的种类，提供信号的方式和实时性要求等。



## 12.2 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。

## 12.3 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。

## 13 风电场接入电网检测

### 13.1 基本要求

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 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。
- e) 调度运行部门要求的其它并网调试项目。

### 13.2 检测内容

- a) 有功/无功控制能力检测。
- b) 电能质量检测，包含电压变动、闪变与谐波。
- c) 单个风电机组低电压穿越能力的测试，及基于仿真的风电场低电压穿越能力的验证。

