

风力发电设备可靠性评价规程（试行）

目 次

前言
1 范围
2 基本要求	
3 状态划分	
4 术语和定义	
5 状态转变时间界线和时间记录的规定	
6 评价指标	
7 状态填报的规定	
8 风电机组评价指标	
9 风电场评价指标	
10 基础数据注册	
11 事件数据填写规定	
12 统计评价报告	
附录 A(资料性附录) 风电设备可靠性统计状态中、英文对照表	
附录 B(资料性附录) 风电设备可靠性指标中、英文对照表	
参考文献	

前 言

风力发电设备可靠性评价是电力可靠性管理的重要组成部分。本标准是在《发电设备可靠性评价规程》的基础上，结合风力发电设备的具体情况编写的。本标准经过多次专题会议讨论，征询有关专家的意见，并将专家的多数意见、建议吸收和补充进来。

本规程详细规定了风力发电机组和风电场可靠性统计评价办法和评价指标。

本规程还参考了以下标准：

GB/T 3187-1994，可靠性、维修性术语；

IEC271, 可靠性的基本名词、定义和有关数据；

本规程（试行）的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本规程（试行）由电力可靠性标准化技术委员会提出、归口并负责解释。

本规程（试行）起草单位：中国电力企业联合会电力可靠性管理中心。

1 范围

1.1 本规程规定了风力发电设备可靠性的统计办法和评价指标。适用于我国境内的所有风力发电企业。

1.2 风力发电设备的可靠性统计评价包括风电机组的可靠性统计评价和风电场的可靠性统计评价两部分。

1.3 风电机组的可靠性统计评价范围以风电机组出口主开关为界，包括风轮、传动变速系统、发电机系统、液压系统、偏航系统、控制系统、变桨系统、通讯系统以及相应的辅助系统。

1.4 风电场的可靠性统计评价范围包括风电场内所有发电设备，除了风电机组外，还包括箱变、汇流线路、主变等，及其相应的附属、辅助设备，公用系统和设施。

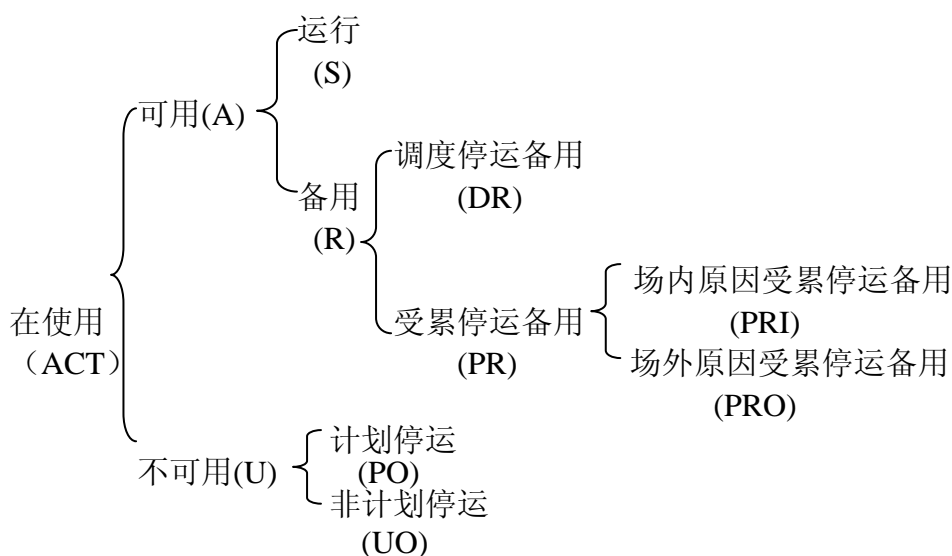
2 基本要求

2.1 本规程中指标评价所要求的各种基础数据报告，必须尊重科学、实事求是、严肃认真、全面而客观地反映风力发电设备的真实情况，做到准确、及时、完整。

2.2 与本规程配套使用的“风电设备可靠性管理信息系统”软件及相关代码，由中国电力企业联合会电力可靠性管理中心（以下简称“中心”）组织编制，全国统一使用。

3 状态划分

风电机组（以下简称机组）状态划分如下：



4 术语和定义

4.1 在使用 (ACT) —— 机组处于要进行统计评价的状态。在使用状态分为可用 (A) 和不可用 (U)。

4.2 可用 (A) —— 机组处于能够执行预定功能的状态，而不论其是否在运行，也不论其提供了多少出力。可用状态分为运行 (S) 和备用 (R)。

4.2.1 运行 (S) —— 机组在电气上处于联接到电力系统的状态，或虽未联接到电力系统但在风速条件满足时，可以自动联接到电力系统的状态。机组在运行状态时，可以是带出力运行，也可以是因风速过低没有出力。

4.2.2 备用 (R) —— 机组处于可用，但不在运行状态。备用可分为调度停运备用 (DR) 和受累停运备用 (PR)。

4.2.2.1 调度停运备用 (DR) —— 机组本身可用，但因电力系统需要，执行调度命令的停运状态。

4.2.2.2 受累停运备用 (PR) —— 机组本身可用，因机组以外原因造成的机组被迫退出运行的状态。按引起受累停运的原因，可分为场内原因受累停运备用 (PRI) 和场外原因受累停运备用 (PRO)。

a) 场内原因受累停运备用 (PRI) —— 因机组以外的场内设备停运（如汇流线路、箱变、主变等故障或计划检修）造成机组被迫退出运行的状态。

b) 场外原因受累停运备用 (PRO) —— 因场外原因（如外部输电线路、电力系统故障等）造成机组被迫退出运行的状态。

4.3 不可用 (U) —— 机组不论什么原因处于不能运行或备用的状态。不可用状态分为计划停运 (PO) 和非计划停运 (UO)。

4.3.1 计划停运 (PO) —— 机组处于计划检修或维护的状态。计划停运应是事先安排好进度，并有既定期限的定期维护。

4.3.2 非计划停运 (UO) —— 机组不可用而又不是计划停运的状态。

4.4 额定容量 (INC) —— 指一机组的铭牌额定容量 (INC)。

4.5 实际发电量 (GAG) —— 指机组在给定期间内实际发出的电量。

4.6 运行小时 (SH) —— 机组处于运行状态的小时数。

4.7 备用小时 (RH) —— 机组处于备用状态的小时数。

用公式可表示为:

$RH=DRH+PRH=DRH+PRIH+PROH$, 其中:

4.7.1 调度停运备用小时 (DRH) —— 机组处于调度停运备用状态的小时数。

4.7.2 受累停运备用小时 (PRH) —— 机组处于受累停运备用状态的小时数。受累停运备用小时又可分为下列 2 类:

a) 场内原因受累停运备用小时数 (PRIH) —— 机组处于场内原因受累停运备用状态的小时数。

b) 场外原因受累停运备用小时数 (PROH) —— 机组处于场外原因受累停运备用状态的小时数。

4.8 计划停运小时 (POH) —— 机组处于计划停运状态的小时数。

4.9 非计划停运小时 (UOH) —— 机组处于非计划停运状态的小时数。

4.10 统计期间小时 (PH) —— 机组处于在使用状态的日历小时数。

4.11 可用小时 (AH) —— 机组处于可用状态的小时数。

可用小时等于运行小时与备用小时之和, 用公式表示为:

$AH=SH+RH$

4.11 不可用小时 (UH) —— 机组处于不可用状态的小时数。

不可用小时等于计划和计划外停运小时之和或统计期间小时与可用小时之差。用公式表示为:

$UH=POH+UOH=PH-AH$

4.12 统计台年 (UY) —— 为一台机组的统计期间小时数或多台机组的统计期间小时数之和除以 8760h, 即

对一台机组 $UY= \frac{PH}{8760}$

对多台机组 $UY= \sum \frac{PH}{8760}$

4.13 利用小时 (UTH) —— 指机组实际发电量折合成额定容量的运行小时数。

$$UTH = \frac{GAG}{INC}$$

5 状态转变时间界线和时间记录的规定

5.1 状态转变时间的界线

5.1.1 运行转为备用或计划停运或非计划停运:以发电机在电气上与电网解列时间为界。

5.1.2 备用或计划停运或非计划停运转为运行:以发电机在电气上与电网并列时间为界。

5.1.3 计划停运或非计划停运转为备用:以报复役的时间为界。

5.1.4 备用或非计划停运转为计划停运:以主管电力企业批准的时间为界。

5.1.5 备用转为非计划停运:以超过现场规程规定的启动时限或预定的并网时间为界;在试运行和试验中发生影响运行的设备损坏时,以设备损坏发生时间为界。

5.1.6 计划停运转为非计划停运:在检修过程中发生影响运行的设备损坏时,以计划检修工期终止日期为界。

5.2 时间记录的规定

5.2.1 设备状态的时间记录采用 24 小时制。00:00 为一天开始,24:00 为一天之末。

5.2.2 设备状态变化的起止时间,以机组的计算机自动统计记录或运行日志为准,运行日志记录要和计算机自动统计记录相一致。

5.2.3 机组非计划停运转为计划停运只限于该机组临近原计划检修的时段。填报按下述规定:自停运至原计划检修开工前或至调度批准转入计划检修前计作非计划停运;或临近原计划检修时近并经申请征得上级生产技术部门同意和调度批准转为计划检修的时段,从原计划开工时起为计划停运。

5.2.4 新建机组可靠性统计评价从 240 小时试运行结束开始统计。

6 状态填报的规定

6.1 运行

6.1.1 设备每月至少应有一条事件记录。否则,此台设备该月被视

为未统计。

6.1.2 机组在全月运行时，只须填写一条运行事件记录（FS）；若当月发生任何停运事件，只需如实填写停运事件，运行事件可不填写。

6.2 备用

6.2.1 机组因电网需要安排停运但能随时投入运行时，记为调度停运备用（DR）。

6.2.2 因机组以外的场内设备停运（如汇流线路、箱变、主变等故障或计划检修）造成停运时，视作场内原因受累停运备用（PRI）。

6.2.3 机组因自然灾害（如冰冻）等不可抗拒原因、电力系统故障等外部原因造成停运时，视作场外原因受累停运备用（PRO）。

6.3 计划停运

6.3.1 在机组计划检修中发生新的设备损坏，且在原来计划检修工期内不能修复时，自计划检修工期终止日期起应转为非计划停运事件。

6.4 非计划停运

6.4.1 机组在非计划停运修复期间，若发生设备损坏或发现新的必须消除的缺陷，除填写原发事件记录外，尚须填写新事件记录。

6.4.2 由于设备（或零部件）多种原因造成机组非计划停运时，对于能够区分先后的，以最先发生的事件视作“基础事件”；对于不能区分先后的，以修复时间最长的事件作为“基础事件”。把机组此次停运状态的时间作为基础事件的记录时间。

对于设备多种原因造成机组非计划停运，除了要填写“基础事件”外，还必须再将“基础事件”和其他所有事件——按实际修复时间进行记录。

7 风电机组评价指标

7.1 计划停运系数（POF）

$$\text{POF} = \frac{\text{计划停运小时}}{\text{统计期间小时}} \times 100\% = \left(\frac{\text{POH}}{\text{PH}} \right) \times 100\%$$

7.2 非计划停运系数（UOF）

$$\text{UOF} = \frac{\text{非计划停运小时}}{\text{统计期小时}} \times 100\% = \left(\frac{\text{UOH}}{\text{PH}} \right) \times 100\%$$

7.3 可用系数 (AF)

$$AF = \frac{\text{可用小时}}{\text{统计期间小时}} \times 100\% = \left(\frac{AH}{PH} \right) \times 100\%$$

7.4 运行系数 (SF)

$$SF = \frac{\text{运行小时}}{\text{统计期间小时}} \times 100\% = \left(\frac{SH}{PH} \right) \times 100\%$$

7.5 容量系数 (GCF)

$$GCF = \left[\frac{\text{实际发电量}}{(\text{统计期间小时} \times \text{最大容量})} \right] \times 100\% = \left[\frac{GA}{(PH \times GMG)} \right] \times 100\%$$

7.6 利用系数 (UTF)

$$UTF = \left(\frac{\text{利用小时}}{\text{统计期间小时}} \right) \times 100\% = \left(\frac{UTH}{PH} \right) \times 100\%$$

7.7 出力系数 (OF)

$$OF = \left[\frac{\text{实际发电量}}{(\text{运行小时} \times \text{最大容量})} \right] \times 100\% = \left[\frac{AG}{(SH \times GMG)} \right] \times 100\%$$

7.8 非计划停运率 (UOR)

$$UOR = \left(\frac{\text{非计划停运小时}}{\text{非计划停运小时} + \text{运行小时}} \right) \times 100\% = \left(\frac{UOH}{UOH + SH} \right) \times 100\%$$

7.9 非计划停运发生率 (UOOR) (次/年)

$$UOOR = \left(\frac{\text{非计划停运次数}}{\text{可用小时}} \right) \times 8760 = \left(\frac{UOT}{AH} \right) \times 8760$$

7.10 暴露率 (EXR)

$$EXR = \frac{\text{运行小时}}{\text{可用小时}} \times 100\% = \frac{SH}{AH} \times 100\%$$

7.11 平均连续可用小时 (CAH) (h)

$$CAH = \frac{\text{可用小时}}{\text{计划停运次数} + \text{非计划停运次数}} = \frac{AH}{POT + UOT}$$

7.12 平均无故障可用小时 (MTBF) (h)

$$\text{对于机组: } MTBF = \frac{\text{可用小时}}{\text{非计划停运次数}} = \frac{AH}{FOT}$$

7.13 检修费用 (RC) (万元) ——一台机组一次检修的费用 (包括材料费、设备费、配件费、人工费用等子项)。

7.14 非计划停运或受累停运备用电量损失 (EL) ——机组在非计划停运或受累停运备用期间的发电量损失估计值, 按停运小时和停运期间其它状况相似的风电机组平均出力的乘积来计算。

8 风电场评价指标

8.1 风电场评价指标按机组指标的容量加权平均值进行计算。

8.2 当统计风电场指标时, 把因场内原因受累停运备用状态 (PRI) 的机组视为不可用, 其受累停运备用小时 (PRIH) 计入不可用小时。这时的机组可用小时 (AH₁) 等于运行小时、调度停运备用小时和场外原因受累停运备用小时之和。用公式表示:

$$AH_1 = SH + DRH + PROH$$

8.3 风电场可用系数 (AFs)

计算公式为:

$$AFs = \left[\frac{\sum (AH_1 \times GMC)}{\sum (GMC \times PH)} \right] \times 100\%$$

8.4 风电场非计划停运系数 (UOFs)

计算公式为:

$$UOFs = \left[\frac{\sum ((UOH + PRIH) \times GMC)}{\sum (GMC \times PH)} \right] \times 100\%$$

8.5 风电场利用小时 (UTHF)

计算公式为:

$$UTHF = \frac{\Sigma GAG}{\Sigma INC}$$

9 基础数据注册

9.1 所有机组均应按规定代码、编号进行注册。

9.1 机组注册内容、机组主设备注册内容按表 1~2 要求进行填报。

10 事件数据填写规定

10.1 事件代码是描述设备故障及其原因的特殊标识符，是基础数据的重要组成部分，所有代码应遵循“中心”对风电设备的有关要求填写。机组的所有计划和计划外或非计划或受累停运备用事件，都应填写相应的事件代码。

10.2 跨月事件必须拆成两条记录，迄于上月末记录和始于下月初记录。两条记录必须保持时间连续、状态、代码等一致。

10.3 机组计划检修以及非计划检修事件，应填写检修工日和费用。

10.4 当机组发生非计划停运或受累停运备用时，除了要填写事件代码外，还应填写电量损失值（EL）。

11 统计评价报告

11.1 可靠性基础数据报告，分为四种（表 1~4）：即机组注册内容报表、机组主设备注册内容、机组月度发电量报表、机组月度事件数据报表。

11.2 机组可靠性基础数据由发电企业记录和统计，并按《电力可靠性监督管理办法》规定的报送时间和审核程序上报。

11.3 报告若需修改，必须以文件形式逐级上报，说明更改内容和变更原因；各级主管部门对上报的报告必须认真核实后进行转报；修改已报出“基础数据”须下次报告时一并完成。

11.4 报送“中心”的可靠性基础数据报告为 100kW 及以上容量的风电机组。

11.5 记录和报告均应采用可靠性术语。

表 1 机组注册内容报表

序号	风电场名称	机组编号	铭牌容量(kW)	风电机制造厂家	投运日期年/月/日	统计日期年/月/日	主要部件制造厂家				备注
							发电机	齿轮箱	风轮叶片	控制系统	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

单位：

主管：

填表：

填表日期： 年 月 日

表 2 机组主设备注册内容

序号	机组编号	风电机型号	额定功率 (kW)	额定风速 (m/s)	切入风速 (m/s)	切出风速 (m/s)	安全风速 (m/s)	风轮直径 (m)	风轮转速 (r/m)	风轮质量 (t)	机舱质量 (t)	轮毂高度 (m)
	主刹车系统 (叶尖刹车、叶尖顺浆等)	功率控制 (失速、变浆等)	发电机				齿轮箱			叶片		
			额定功率 (kW)	出口电压 (V)	冷却方式	出厂编号	输出功率	传动比	出厂编号	长度 (m)	出厂编号	

单位：

主管：

填表：

填表日期：

年

月

日

表 4 机组月度事件数据报表

序号	事件状态起止时间								事件状态	状态持续时间	检修情况		事件编码	损失电量值 (kW·h)	事件原因补充说明
	起始时间				终止时间						检修工日	检修费用 (万元)			
	月	日	时	分	月	日	时	分							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	
1															
2															
3															

单位：

主管：

填表：

填表日期：

年

月

日

附录 A

(资料性附录)

风电设备可靠性统计状态中、英文对照表

中文	英文	缩写
在使用	active	ACT
可用	available	A
运行	in service	S
备用	reserve shutdown	R
调度停运备用	dispatching reserve shutdown hours	DRH
受累停运备用	passive reserve shutdown hours	PRH
场内原因受累停运备用	passive reserve shutdown inside hours	PRIH
场外原因受累停运备用	passive reserve shutdown outside hours	PROH
不可用	unavailable	U
计划停运	planned outage	PO
非计划停运	unplanned outage	UO

附录 B

(资料性附录)

风电设备可靠性指标中、英文对照表

指标名称	英文全称	英文缩写
计划停运小时	planned outage hours	POH
非计划停运小时	unplanned outage hours	UOH
可用小时	available hours	AH
不可用小时	unavailable hours	UH
运行小时	service hours	SH
备用小时	reserve hours	RH
统计期间小时	period hours	PH
毛实际发电量	gross actual generation	GAG
毛最大容量	gross maximum capacity	GMC
利用小时	utilization hours	UTH
计划停运次数	planned outage times	POT
非计划停运次数	unplanned outage times	UOT
平均无故障可用小时	mean time between failures	MTBF
平均连续可用小时	continuously available hours	CAH
检修费用	repairing cost	RC
计划停运系数	planned outage factor	POF
非计划停运系数	unplanned outage factor	UOF
电量损失	Energy loss	EL
统计台年数	unit years	UY

指标名称	英文全称	英文缩写
运行系数	service factor	SF
可用系数	available factor	AF
毛容量系数	gross capacity factor	GCF
利用系数	utilization factor	UTF
出力系数	output factor	OF
非计划停运率	unplanned outage rate	UOR
非计划停运发生率	unplanned outage occurrence rate	UOOR
暴露率	exposure rate	EXR

参 考 文 献

- [1] GB/T3187-1994, 可靠性、维修性术语
- [2] IEC271, 可靠性的基本名词、定义和有关数据