

核电厂运行业绩指标评定标准

(2019版)

第一章 总 则

第一条 依据《中国核能行业协会核能优质工程评选办法》及《核能优质工程评选工作实施细则》，为规范核电厂运行业绩评定，统一业绩指标定义和统计，确保评优公平公正，特制定本标准。

第二条 核电厂运行业绩指标统计时间从具备商运条件至首次大修机组与电网解列为止。

第三条 核电厂运行业绩指标统计数据由各评优申报单位按照本标准在评优申请时向中国核能行业协会报送。数据应真实准确，与公开发布的（如中国核能行业协会、WANO）数据保持一致。

第四条 核电厂运行业绩指标以 WANO 指标为主体，WANO 指标是世界核电界普遍采用的，可评价、衡量核电机组运行业绩的指标体系。WANO 指标用量化的方式反映核电厂在核安全、设备可靠性、运行的有效性等方面性能状况。

第二章 核电厂运行业绩指标定义及计算公式

第五条 参照 WANO 标准，选取 9 项指标作为评优工程核电厂运行业绩指标，即：

机组能力因子 (UCF)

强迫能力损失率 (FLR)

7000 临界小时非计划自动紧急停堆次数 (UA7)

高压安注系统 (SP1)

辅助给水系统 (SP2)

应急交流电源系统 (SP5)

化学指标 (CPI)

燃料可靠性 (FRI)

集体剂量 (CRE)

第六条 机组能力因子（%）：在定义为给定时间内可用发电量与同一时间内额定发电量的比率，用百分比表示。这两项发电量均为参考环境条件下的发电量。可用发电量：在参考环境条件下，以及在考虑电厂管理控制（即对电厂设备、人员及工作的管理控制）的范围内因素后所能够产生的发电量。参考发电量：在参考环境条件下机组满功率连续运行所能够产生的发电量。参考环境条件：以该机组环境条件的年平均值（或典型）为代表。

某一时间段的机组能力因子（UCF）的计算如下：

$$\text{UCF} \% = \frac{\text{REG} + \text{PEL} - \text{FEL} - \text{OEL}}{\text{REG}} \times 100\%$$

其中： REG =该时间段内的参考发电量

PEL =该时间段内的计划性发电量损失总和

FEL = 该时间段内非计划强迫发电量损失总和

OEL =该时间段内计划性停机后非计划延期发电量损失总和

第七条 强迫能力损失率（%）：一定时期内，非计划强迫能量损失与额定发电量减去计划能量损失及非计划大修延长能量损失之差的比值。

强迫损失率=非计划强迫能量损失÷（额定发电量—计划能量损失—非计划大修延长能量损失）×100%

第八条 7000 临界小时非计划自动紧急停堆次数（UA7）：每 7000 小时反应堆临界运行时由于反应堆保护系统逻辑动作而引起的非计划自动紧急停堆次数。反映电站通过减少那些可能导致非计划自动停堆的热工水力瞬态和反应性瞬态事件来改善安全性能方面的成就。临界表示反应堆停堆前处于有效增殖系数基本为 1 的稳定状态；7000 小时代表大多数机组每年的临界运行时数；反应堆非计划自动停堆次数为由于反应堆负反应性的快速引入（如由控制棒系统或液体注入停堆系统等）所引起的反应堆自动停堆次数。

7000 临界小时非计划自动紧急停堆次数=临界运行时非计划自动紧急停堆次数×7000 ÷ 临界运行小时数

第九条 安全系统性能（SPX）：安全系统性能指标用于评估重要安全系统在异常事件或事故工况下完成其既定安全功能的可用程度。在安全系统系列不

可用管理中，本指标间接检验了运行和维修活动的有效性。指标值较低表示在安全上有较大的裕度，可以防止反应堆堆芯损坏，并且在发生事故时因安全系统故障而延长停堆的机会也较小。

安全系统性能指标监控的系统具体界定为具备下述安全功能的系统：

- 在丧失冷却剂后维持反应堆冷却剂装量的系统；
- 在瞬态或事故后用于短期和长期排出余热的系统；
- 在失去厂外电源后提供应急交流电的系统。

在一些电厂，上述安全功能可能由不同的系统提供，对于压水堆和重水堆机组，安全系统性能指标监控的系统如下，其他堆型机组参照选取：

- 高压安注系统（SP1）：本指标用于监督重要的安全系统之高压安注系统性能（SP1 - RIS&RCV001/002/003P0）在响应异常事件或故障时能否执行特定功能的准备状态如：监督安全系统的可用性；保证反应堆以及电厂的安全裕度。
- 辅助给水系统（SP2）：本指标用于监督重要的安全系统之辅助给水系统性能（SP2 - ASG）在响应异常事件或故障时能否执行特定功能的准备状态如：监督安全系统的可用性；保证反应堆以及电厂的安全裕度。
- 应急交流电系统（SP5）：指标用于监督重要的安全系统之应急交流电源系统性能（SP5 - Emergency AC Power (LHP/Q)）在响应异常事件或故障时能否执行特定功能的准备状态如：监督安全系统的可用性；保证反应堆以及电厂的安全裕度。

1) 定义：因设备不可用而导致的列平均不可用率。具体定义为某一时期内系统的所有设备（或应急交流电系列）因各种原因所导致的不可用率的总和除以该系统的列数，无单位，精确到小数点后四位。

2) 计算公式： $SP1/2/5 = \frac{\text{设备不可用时间}}{\text{系统要求可用时间} \times \text{列数}}$ ； $SPX = SP1 + SP2 + SP5$

其中：设备不可用时间和系统要求可用时间，均用小时数表示。

第十条 化学指标 (CPI)：将指定的杂质和腐蚀产物的浓度参数同相应的限值进行比较，每个参数都除以它相应的限值，产生一个比值，这些比值的总和再除以所选参数的个数（化学指标的最低值是 1.0）。压水堆电站主要选择二回路的化学参数。

$$CPI = (SG \text{ Na/LV} + SG \text{ Cl/LV} + SG \text{ SO}_4/\text{LV} + FW \text{ Fe/LV} + FW \text{ Cu/LV}) / 5$$

第十一条 燃料可靠性 (FRI)：该指标定义为稳态下一回路冷却剂中 I-131 的活度 (Bq/g)，经过残留铀贡献和功率水平的修正，并归一到公共净化因子上，目的是监督燃料包壳的完整性和监测反应堆冷却剂的活度。

$$FRI = [(A_{131})_N - k(A_{134})_N] \times [(L_n/LHGR) \times 100 / P_o] / 1.5$$

第十二条 集体剂量 (man · Sv)：在某一给定时间间隔内，核电站所有现场人员（包括承包商与参观人员）所受到的内外照射全身剂量的总和，包括电子剂量计系统数值和内照射估算值。

注：集体剂量用于比较各核电站在减少工作人员受照剂量方面所实施的辐射防护计划的功效，反映电站系统设备状态，及在执行辐射防护程序和降低电站员工辐射剂量方面的有效性。

第三章 核电厂运行业绩指标综合统计

第十三条 综合指数：用于衡量对核电机组整体运行业绩水平。

- a) 定义：一台机组的综合指数是指依据机组换料周期的不同，把指标中的 11 项指标经加权处理后整合成的一个最大值为 100 的单一指数，数值越大表明机组整体性能越好。
- b) 计算公式：通过指标评分标准表的函数关系将单项性能指标值量化为一个介于 0-100 之间的指数点，再把该指数点乘上一个预定的权重因子，得到单项指标的分值，然后把单项指标分值相加即得到机组的综合指数。无单位，精确到小数点后两位。
- c) 对于换料周期不同，部分单项指标的周期值也有不同，即反应堆换料周期是 12 个月或 24 个月，或者是重水堆，采用 2 年周期值；如果堆换料周期是 18 个月，采用 18 个月周期值。

第十四条 指标评分标准表如下：

| 指标 | 权重 | 评分标准 | | | | | |
|-----|------|---------|-----|------------------|------------------------|--------|----|
| | | 满分 | | 量化得分 | | | 零分 |
| UCF | 0.15 | ≥92% | 100 | 80%<UCF<92% | (UCF-80) × 8.333 | ≤80% | 0 |
| FLR | 0.15 | ≤1% | 100 | 1%<FLR<8% | (8-FLR) × 14.29 | ≥8% | 0 |
| UA7 | 0.15 | ≤0.5 | 100 | 0.5<UA7<1.5 | (1.5-UA7) × 100 | ≥1.5 | 0 |
| SP1 | 0.10 | ≤0.020 | 100 | 0.020<SP1<0.030 | (0.030-SP1) × 10000 | ≥0.030 | 0 |
| SP2 | 0.10 | ≤0.020 | 100 | 0.020<SP2<0.030 | (0.030-SP2) × 10000 | ≥0.030 | 0 |
| SP5 | 0.10 | ≤0.025 | 100 | 0.025<SP5<0.035 | (0.035-SP5) × 10000 | ≥0.035 | 0 |
| FRI | 0.10 | ≤5.0E-4 | 100 | 5.0E-4<FRI<0.005 | (0.005-FRI) × 22222.22 | ≥0.005 | 0 |
| CPI | 0.05 | ≤1.01 | 100 | 1.01<CPI<1.2 | (1.2-CPI) × 526.32 | ≥1.2 | 0 |
| CRE | 0.10 | ≤60 | 100 | 60<CREP<120 | (120-CREP) × 1.66667 | ≥120 | 0 |

其中，上表中 FRI 单位为 $\mu\text{Ci/g}$ 、CRE 单位为人•rem。

($1\mu\text{Ci/g}=3.7\text{E}+4\text{Bg/g}$, $1\text{人}\cdot\text{rem}=0.01\text{人}\cdot\text{Sv}$)

d) 统计频度与序列：WANO 官网按季度统计和发布，最小统计序列为机组，机组平均值为电厂值。

e) 统计说明：

1) 有效指标的最低数量：计算综合指数时，有效的指标至少要有 5 个（安全系统性能指标看作一个指标，三个系统中至少要有一个系统的指标可用才认为安全系统性能指标有效）。

2) 个别指标不可用时的处理：如果在计算综合指数时，有个别指标不可用，必须对综合指数进行归一化处理。归一化后的综合指数=综合指数/ (1—不可用指标的权重系数之和)，例如：机组的综合指数在归一化前为 56.0，计算中有一个权重系数为 0.08 的指标不可用，则归一化后的指数= $56.0 / (1 - 0.08) = 60.9$

3) 个别采用电厂值的指标的处理：应急交流电系统是一个电厂值。在多机组电厂中，计算机组综合指数值时使用这两项指标的电厂值。

4) 多机组电厂的电厂综合指数值：电厂综合指数值是机组综合指数值的平均值。例如，一个两机组的电厂，机组综合指数值分别为 67.4 和 53.8，则电厂综合指数值= $(67.4 + 53.8) / 2 = 60.6$ 。可以使用机组综合值来确定组织综合指数值。

5) 单机组电厂的电厂综合指数值：对于单机组电厂，机组综合指数值就是电厂的综合指数值。

6) 综合指数得满分的条件主要有如下几点：

-18个月内大修不超约 40 天或 24 个月内不超约 55 天。

-18 个月内强迫损失不超约 5 天或 24 个月内不超约 6.5 天。

-24 个月内自动紧急停堆次数不超过 1 次。

-近一年内燃料可靠性不超过 19Bq/g。

-集体剂量在 18 个月值和 2 年值不超过 0.6 人. Sv。

第十五条 指标得分统计如下表：

| 序号 | 运行业绩指标 | | 实得分 |
|------|----------------------------|----------------|-----|
| 1 | 机组能力因子 (UCF) | | |
| 2 | 强迫能力损失率 (FLR) | | |
| 3 | 7000 临界小时非计划自动紧急停堆次数 (UA7) | | |
| 4 | 安全系统性能 | 高压安注系统 (SP1) | |
| 5 | | 辅助给水系统 (SP2) | |
| 6 | | 应急交流电源系统 (SP5) | |
| 7 | 燃料可靠性 (FRI) | | |
| 8 | 化学指标 (CPI) | | |
| 9 | 集体剂量 (CRE) | | |
| 综合得分 | | | |