

# 基于风险辨识的变电设备精准运维策略探究

马学林, 池浩

云南电网有限责任公司红河供电局, 云南省红河州蒙自市银河路南延段 661100

## RESEARCH ON ACCURATE OPERATION AND MAINTENANCE STRATEGY OF SUBSTATION EQUIPMENT BASED ON RISK IDENTIFICATION

Xuelin Ma, Hao Chi

Yunnan Power Grid Co., Ltd, Yunnan Mengzi.

**摘要:** 目前, 各基层单位生产运维部门均已常态化开展变电站设备差异化运维工作, 但部分地区运维策略针对性不强导致运维效果不佳。本文提出一种基于风险辨识的变电设备精准运维策略, 能进一步提升设备运维精益管理水平, 减少运维各环节浪费, 提高运维效率和质量, 有效管控设备风险, 提高供电可靠性。

**关键词:** 风险辨识; 变电设备; 运维策略

**ABSTRACT:** At present, the production and operation and maintenance departments of all grass-roots units have normalized the differentiated operation and maintenance of substation equipment, but the operation and maintenance strategy in some regions is not targeted, resulting in poor operation and maintenance results. This paper proposes a precise operation and maintenance strategy of substation equipment based on risk identification, which can further improve the lean management level of equipment operation and maintenance, reduce the waste of various links of operation and maintenance, improve the efficiency and quality of operation and maintenance, effectively control equipment risks, and improve the reliability of power supply.

**KEY WORD:** risk identification; substation equipment; operation and maintenance strategy

### 1 前言

目前, 根据公司要求及在《变电设备运维规程(试行)》的指导下, 变电运行人员已经全面开展了差异化运维。差异化是风险思维在运维工作中的一种体现, 旨在进一步减少运维各环节浪费, 提高运维效率和质量, 管控设备风险。差异化运维的核心是设备状态的评价。设备状态评价是根据设备的重要度和健康度这两个维度进行设备管控等级的确定。然而, 现有的重要度和健康度判定相关标准并不能完全涵盖影响设备运行状态的各个因素, 比如运维数据趋势、运行工况及环境等等。

因此, 要想将差异化运维落实到细节, 将风险思维彻底融入运维工作中, 真正有效管控设备风险, 就应从每个可能的维度对每个设备进行综合性的状态评价, 并根据评价结果形成一批重点关键设备, 然后综合各类生产计划对这些重点关键设备进行定期的全面运维和不定期的针对性运维。只有这样, 才能通过运维精准掌握这些设备

的健康状态和趋势, 将设备风险控制在较低水平。

### 2 基于风险辨识的重点关键设备

#### 2.1 重点关键设备清单

为了减少运维人员设备评价工作量, 重点关键设备清单由两部分组成。第一部分是根据现有设备状态评价规定(重要度和健康度)评价出的四个设备管控等级中的 I 至 III 级设备(或 I 至 II)。第二部分是班组从五个维度对剩余的(IV 级或 III、IV 级)设备进行综合性的状态评价并根据评价分数高低筛选出其中的重要设备。即:

重点关键设备清单 = I、II、III 级管控设备 + 班组综合评价重点设备, 或者

重点关键设备清单 = I、II 级管控设备 + 班组综合评价重点设备

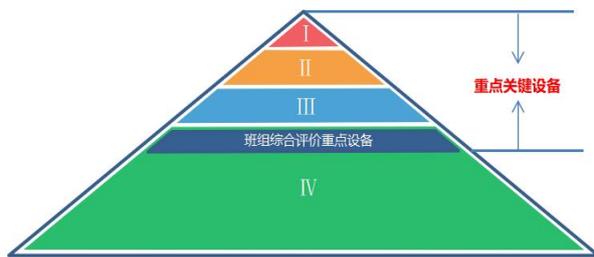


图 1 重点关键设备示意图

## 2.2 局级设备状态评价单

设备状态评价主要是确定设备的健康度和重要度，并按照设备风险矩阵（如图 2 所示）确定设备的管控级别，设备管控级别从高到低分为“ I 级、II 级、III 级和 IV 级”。具体评价细则详见《变电设备运维规程（试行）》

重要度					健康度
关键	II	II	I	I	
重要	III	II	II	I	
关注	III	III	II	II	
一般	IV	III	III	II	
	正常	注意	异常	严重	

图 2 设备风险矩阵

基于风险辨识的精准运维重点关键设备清单取其中的 I、II、III 级管控设备。

## 2.3 班组综合状态评价

设备运维班组综合状态评价是基于风险辨识思维的设备精准评价，是包含了设备的历史运维及检修预试数据分析、重要性、运行工况、环境和气象等的全方位、综合性的评价，是对局级设备状态评价的细化和补充。班组综合状态评价形成每个设备的综合评价指数，公式如下：

班组综合评价指数 = 历史运维数据及检修预试数据分析分数 × 运行工况分数 × 重要性分数 × 环境分数 × 气象分数（或相加）

设备综合评价指数 = 1，为班组 D 类管控设备；

设备综合评价指数 = 2，为班组 C 类管控设备；

设备综合评价指数 = 4 或 8，为班组 B 类管控设备；

设备综合评价指数  $\geq 16$ ，为班组 A 类管控设备；

设备运维班组将上述 A、B 类管控设备，纳入班组重点关键设备清单。

根据上文 2.1 部分，班组综合评价只针对局 IV 级设备（或 III、IV 级设备）。

### 2.3.1 历史运维及检修预试数据分析分数

历史运维及检修试验数据分析分数是根据该设备近几次运维及检修预试数据数据趋势判断出的在将来一段时间内该设备健康度的可能变化而评估出的分数。须排除季节或负荷等因素影响。

表 1 历史运维及检修预试数据分析分数

趋势	基本不变	缓慢变差	急剧变差
分数	1	2	4

### 2.3.2 重要性分数

重要性分数是根据该设备在重要电力用户、特殊电网接线、异常运行方式中的重要程度评估出的分数。

表 2 重要性分数

重要性	一般	关注	重要
分数	1	2	4

### 2.3.3 运行工况分数

运行工况分数是根据该设备目前所处的运行状态、运行方式、长期负荷水平、设备质量隐患、跳闸及异常发生次数等因素评估出的分数。

表 3 运行工况分数

运行工况	基本稳定	运行较差	运行不稳定
分数	1	2	4

### 2.3.4 环境分数

环境分数是根据该设备所处的对设备健康有影响的周边环境（如粉尘、震动、潮湿）恶劣程度评估出的分数，一般比较固定。

表 4 环境分数

所在环境	无影响	有一定影响	有严重影响
分数	1	2	4

### 2.3.5 气象分数（或不纳入评价维度，因为变化太频繁，根据变化开展动态运维即可）

气象分数是根据该设备所处的对设备健康

有影响的气象情况（如冰冻、雷暴、屋顶漏雨）恶劣程度评估出的分数，随着时间、季节呈动态变化。

表 5 气象分数

当前气象	无影响	有一定影响	有严重影响或上级预警
分数	1	2	4

利用设备运维班组综合设备状态评价表对 IV 级管控设备进行综合性评价，表格自动计算出综合指数并按高低排列，对于不同的综合指数值以不同颜色自动标记区分，如下图。图中是对 220kV 某变电站所有 IV 级管控隔离开关进行综合状态评价后的结果。

变电站	名称及编号	历史运维及	运行工况分	环境分	气象分	重要性分数	班组设备综合
220kV 某变电站	110kVxx 线 II 组母线侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	4	6
220kV 某变电站	110kVxx 线线路侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	4	8
220kV 某变电站	35kVxx 线母线侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	2	4
220kV 某变电站	35kVxx 线线路侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	2	4
220kV 某变电站	110kVxx 线线路侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	2	4
220kV 某变电站	110kVxx 线 I 组母线侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	1	2
220kV 某变电站	110kVxx 线旁路母线侧 xx 隔离开关	1	1	2	1	1	2

图 3 设备综合评价指数表图

## 2.4 年度评价和动态评价

### 2.4.1 年度评价

班组综合状态年度评价和局设备状态年度评价同时开展。局设备状态年度评价从电网管理平台中流转并评价出结果。然后，班组将已评价出的 IV 级（或 III、IV 级）管控设备用于班组综合状态年度评价，并得出班组综合评价重点管控设备清单。最后，形成班组重点关键设备清册。

### 2.4.2 动态评价

因缺陷、电网风险、反措要求等导致重要度和健康度发生变化的设备，根据现行标准在电网管理平台中开展动态评价，并根据评价结果调整设备管控等级。若设备由 IV 级管控经动态评价变为 III，则将该设备纳入班组重点关键设备清册；若设备由 III 级管控经动态评价变为 IV 级，则再次对该设备进行班组综合状态评价，并根据评价结果决定是否将该设备移除班组重点关键设备清册。

若设备不是因为重要度和健康度发生改变（缺陷、电网风险、反措等），而是其他因素（数据趋势、运行工况、气候等）发生变化的 IV 级设备，则采用班组综合设备状态评价方法对设备进行综合评价，并根据评价结果的变化调整班组重

点关键设备清册。

同时，由于气象因素的变化是短时的且涉及设备较多，故值班人员只需根据《变电设备运维规程（试行）》中动态运维要求开展运维，而不需要调整班组重点关键设备清册。其次，因各类保供电要求造成设备重要度发生变化时，值班人员也只需根据保供电相关要求开展运维，不需要调整班组重点关键设备清册。

## 3 运维策略及方法的优化

为了真正有效管控设备风险，变电运行人员除了依据局设备状态评价结果开展定期的差异化运维之外，还应针对班组综合评价出的重点关键设备开展不定期的运维，真实掌握这些重点关键设备的健康状态及趋势。

### 3.1 定期运维

定期运维，即是变电运行人员目前已经开展的定期差异化运维。一次设备按照《关于印发 xx 局 xx 年设备主要风险及重点维护策略的通知》执行，二次设备按照《xx 电网有限责任公司生产运行管理办法变电二次设备运维标准》执行。

### 3.2 不定期运维

不定期运维，即是变电运行人员对班组重点关键设备进行不定周期的针对性运维。不定期运维可结合其他生产工作在该设备两次定期运维期间的空档期开展，运维次数与设备综合评价指数值得高低相关。需要注意的是，单一因素导致被纳入重点关键设备清册的设备，不定期运维可只开展针对该因素相关的运维作业类别，比如，设备只是频繁过负荷，则只增加红外测温。

### 3.3 运维方法的优化

#### 3.3.1 运维时机的选择

变电站设备多种多样。这些设备的运行特性与许多不断变化的内在或外在因素密切相关。因此，无论是定期（定周期）运维还是不定期运维，变电运行人员应根据运维作业类型选择最佳的时机进行运维。这样不仅能让运维结果反映设备的真实特性，还能及时发现因相关因素变化导致的设备特性变化。

##### 3.3.1.1 设备红外测温

发热缺陷大多是电流致热型缺陷。而通过设备的电流是随着负荷、季节等因素呈现出较大的波动。由发热量  $Q = I^2 \times R \times t$  可知，设备发热温度与负荷电流高度相关。因此，设备的红外测温作业的最佳时机是负荷高峰期。表 6 是根据 2021 年度负荷变化曲线统计出的 xx 巡维中心各站大致的负荷高峰期。那么，表中的时段就是开展红外测温作业的最佳时机。

表 6 xx 巡维中心变电站负荷高峰期统计

序号	变电站	上午高峰	下午高峰	数据来源
1	220kVxx 变	09 时—12 时	16 时—22 时	2021 年负荷曲线
2	110kVxx 变	09 时—13 时	16 时—22 时	2021 年负荷曲线
3	110kVxx 变	09 时—12 时	12 时—23 时	2021 年负荷曲线
4	35kVxx 变	10 时—13 时	16 时—20 时	2021 年负荷曲线
5	35kVxx 变	10 时—12 时	16 时—20 时	2021 年负荷曲线

### 3.3.1.2 充气、充油型设备

SF6 电压互感器、液压机构的断路器、变压器等充气、充油型设备的气压、油压也是随着当地气温、大气压力等因素不断变化。因此，开展这些设备的气压、油压、油位的抄录运维时也因选择最佳的时机，一般是在当地气温、大气压力变化较大后立即开展。这样才能及时发现这些设备的漏气或漏油情况，避免漏气或漏油到报警值甚至闭锁值。

### 3.3.1.3 避雷器阻性电流测试

《云南电网有限责任公司生产运行管理办法 2018 版》中规定避雷器阻性电流测试周期为半年一次。为了发现避雷器内部绝缘受潮、老化等缺陷，保证避雷器在雷雨季节对站内设备发挥正常的保护作用，变电运行人员开展避雷器阻性电流测试的最佳时机是雷雨季节之前。

## 3.4 运维数据分析

目前，变电运行班组在设备红外测温等常规的 5 类运维数据上采用了专用的数据分析表。在定期运维的基础上增加不定期运维后，重点关键设备的运维数据就得到了一定的增加。为了利用好这些不定期运维数据，更加贴近实际还原出重点关键设备的健康趋势，变电运行班组应将不定期运维数据纳入设备数据分析。同时，班组根据数据分析结果实时开展班组综合评价。

## 4 运维计划的优化调整

由于多种原因，目前变电运行主要的运维作业与其他作业是独立开展的，并没有从综合效率、行车风险等角度进行深度的计划融合。同时，对于重点关键设备的不定期运维来说，专项安排人员来开展也是非常不切实际的。因此，运维作业计划（包括定期与不定期运维）与其他作业计划需要协同考虑、综合安排，以此提升运行人员作业效率，减少行车风险。

### 4.1 定期运维计划

运行人员在编制定期运维计划时，宜与其他作业计划的编制同时开展，并考虑到作业必要时间、人员资质和技能水平等因素，将部分运维计划与其他作业计划融合。若定期运维计划的编制与其他计划的编制不同步，但需要合并开展时，可在 4A 系统中对定期运维计划走计划变更流程，将作业时间变更为与其他类型的作业时间相同。

同时，在编制定期运维计划时，计划开展时间范围可以适当加长，以便于统筹调整与其他作业同时开展。

### 4.2 不定期运维计划

由于不定期运维作业只是针对重点关键设备的某些特性开展运维，必要作业时间短，作业风险低，作业人员技术技能要求低。同时，变电运行班组也存在着大量的必要作业时间短的计划性或临时性的非运维作业，比如许可三种票或异常信号检查复归。因此，变电运行人员应灵活调整，将不定期运维作业与这些作业安排在一起开展，在实现了精准运维的同时还提升了作业的综合效率，也减少了行车风险。

根据现行的计划相关的文件要求，不定期运维作业若采用临时增加的方式开展，则需要走临时计划流程。或者，运行人员也可以在编制月计划时对每个站增加一条时间跨度为一个月的不定期运维计划。在每次开展不定期运维时，只需在该条计划下增加相应的表单。

## 5 合理搭配作业人员

运行班组应根据值班人员岗位和资质，结合技术技能、应急处置能力、设备熟悉程度等因素对班组成员进行综合能力评估，并根据综合能力

由高到低分为四个层级（A、B、C、D）。比如，A 层次值班人员为班组长、技术技能专家等。

班组应根据各类作业需要的资质和难易程度，结合综合能力层级、设备主人来合理安排、搭配作业人员，保证作业高效率开展、风险可控。比如 220kV 主变停送电，班组宜安排 A、B、C 层级各 1 名共 3 名员工，而 35kV 主变停送电则可安排 B、C 层级各 1 名共 2 名员工。对于重点关键设备上的作业或风险较高的作业，则可适当调整所安排人员的综合能力层级。

## 6 基于风险辨识的运维计划延期或取消机制

影响运维作业开展的因素有很多，特别是目前对作业管控、行车风险管控的要求较高，并且变电运行人员数量与负责的业务量相比，缺口较大，部分作业可能仓促开展或冒高风险开展，使变电人员、设备承受着较大的安全风险。

基于风险辨识的运维计划延期或取消机制就是要求运行人员结合风险思维，从作业风险（区域内、外及固有风险）、设备综合评价指数方面对作业进行综合判断、评估后延期或取消作业计划。

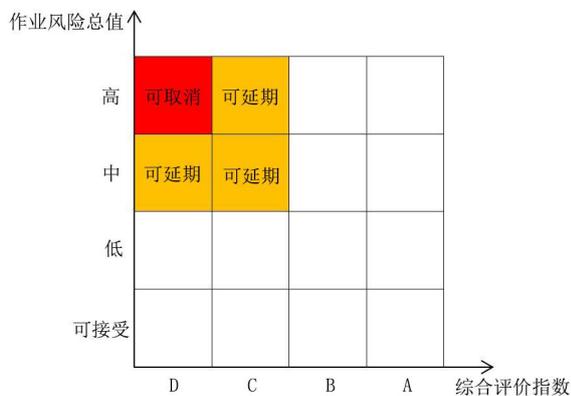


图 4 作业评判矩阵

其中，作业风险总值=区域外风险值+区域内风险值+固有风险值

注：区域外风险值包括行车风险、气象风险等

在作业评判矩阵红色区域的作业，班组可以取消作业计划；在作业评判矩阵黄色区域的作业，班组可以延期作业计划；在作业评判矩阵白色区域的作业，必须按计划开展并落实好风险控制措施。

### 致谢

在本文的编写、基于风险辨识设备状态的维度、制定精准运维策略过程中，十分感谢部门领导、同事的帮助，从多维度、多角度、全面分析和制定设备运维策略，有效减少运维各环节浪费，提高运维效率和质量，有效管控设备风险。

### 参 考 文 献

- [1] 《变电设备运维规程(试行)》2018 年
- [2] 《公司电力事故事件调查规程》
- [3] 《供电局设备风险评估应用管理业务指导书(2019)》
- [4] 《关于印发供电局 2022 年设备主要风险及重点维护策略的通知》

收稿日期：2022 年 08 月 05 日

作者简介：

马学林（1991-06），男，云南曲靖，本科，工程师，变电运行