

水电集控中心运行值班人员监盘效率提升策略

胡志亮

国能新疆阿克苏水电开发有限公司, 新疆 阿克苏 843000

摘要: 水电集控中心是负责流域梯级电站群统一监控的部门, 值班人员监盘效率关系到电力生产安全。现有集控模式存在信息过载和人员疲劳并存的问题, 在这种情况下, 监盘行为本身也处于一种混乱状态。从认知负荷理论出发, 结合流域梯级水电站实际情况, 分析监盘任务结构和信息呈现逻辑, 找出值班轮换制度存在的行为偏差, 通过信息层级优化、建立动态预警机制、完善技能训练体系等手段, 提高运行本质安全度。

关键词: 水电集控中心; 监盘效率; 运行值班

1 监盘效率的理论基础

1.1 认知负荷理论解释监盘行为

监盘行为是一种接收信息、加工信息和作出决策的过程。值班人员需要面对监控系统显示的大量数据信息, 而其工作记忆容量是有限的。根据认知负荷理论, 如果外部信息输入量超过了个人能力处理, 则会造成认知资源的无效消耗, 并可能导致重要信号的漏判。水电集控中心的值班人员需要同时监视多个电站, 每一个电站都有包括机组状态、水位、电气参数等多个方面的信息, 因此认知负荷很容易达到饱和状态。当认知负荷过载时, 人们往往会借助启发式策略进行简化判断, 这一策略在正常工况下还能维持正确性, 但是, 在电站出现异常的情况下, 简化判断会大大增加误判的概率。尽管对认知负荷难以准确量度, 但是其外在表现却是可以识别的, 例如: 反应速度较低、操作顺序错乱、信息重访次数增多等, 都是用来衡量监盘效率的重要依据。基于此认知负荷理论启发下对监盘效率改善可不要一味强调提高个人能力而是应该从源头上减少外部信息输入数量或者对信息呈现方式改进达到降低认知负荷的目的。

1.2 注意力资源配置具有有限性

注意力是值班人员监盘活动的重要资源, 根据单通道注意力模型, 人同时只能对有限的信息源进行深度处理。水电集控中心的监控画面有几十个子窗口, 每一个窗口都在实时更新信息, 值班人员需要不断地分配注意力, 既要看这个窗口的内容, 又要看别的窗口的内容。这样就会造成注意力的分散和集中之间的反复切换, 而多次反复就会耗尽精力, 容易造成注意残留, 即上一次的任务信息会对当前任务的信息造成干扰。还要维持注意力, 就需要保持警觉, 但警觉是呈非线性衰减的, 因此, 在连

续监盘2个小时之后, 个人对异常信号的识别敏感度开始大幅降低。由于注意力资源是有限的, 决定了监盘效率是存在天然极限的, 不管如何提高监盘效率, 均要在注意力资源有限性的制约下展开。另外, 还需要知道影响注意力分配的因素还包含情绪状态、动机水平等, 压力大的情况下注意力更难以集中, 此规律同样可以为值班环境的设计提供依据。

2 水电集控中心监盘现状分析

2.1 监盘任务呈现结构特征

目前水电集控中心监盘工作的特点是高度复合化, 以国内某大型流域集控中心为例, 该中心接入9座电站、41台机组, 总装机容量达1100万千瓦以上, 值班人员需要监视7000余种机电设备流式数据, 监盘内容包括机组启停状态、有功无功出力、库坝水位、闸门开度、辅机系统运行参数等。每值只有2~3人, 承担着很大的监控负荷。监盘工作任务具有显著的节律性特征, 在汛期来水集中时期, 机组启停较多, 负荷调节指令较多; 在枯水期设备检修集中时期, 操作票数量较多。值班负荷存在峰谷差, 一般值班配置按照peak负荷配置, 因此存在忙闲不均的现象。由于监盘工作的复合化和节律性的叠加, 使得值班人员长期处于高负荷工作状态, 工作效率较低。有些集控中心已经尝试通过智能辅助的方式减轻监盘的压力, 但是仍然没有实现集控系统智能程度和现场设备自动化水平之间的完美匹配。

2.2 信息过载形成运行困境

该流域集控中心2023年各月日均告警信号数量维持在24000~36800条左右, 汛期峰值接近37000条; 2024年经过信号整治后, 日均告警数量降至3400~5600条, 降低了85%以上。但是目前每天仍有不少于几千条的告警量,

对于每个班仅有2~3人的值守人员来说是十分巨大的工作量,同时由于信息过载原因使得信号甄别困难,在大量的告知类信号中很难找到异常信号,多次误报也容易使运行人员麻痹大意,产生狼来了效应,使得运行人员对告警信号失去敏感性,从而有可能会延误真实故障的发生。而且由于频繁告警消耗掉大量的时间精力,导致运行人员没有更多的时间精力去分析其它情况,只能处于被动应付的状态,无法实现对前期设备状态进行判断。虽然部分集控中心已经上线智能告警系统,但是由于数据模型的覆盖率和精准度的问题以及部分信号仍需人工监盘,因此完全依赖于人工去发现并处理问题。

2.3 人员疲劳产生累积效应

白班时段运行人员响应准确率为96.5%~98.3%,波动较小;而夜班时段响应准确率明显下降,凌晨4~6时降至89.5%,低于95%的警戒值,主要是由于生物钟节奏使人体在夜间的工作效率较低,此时人体的核心体温较低,褪黑素分泌增多,因此觉醒程度本就较低。同时,水电集控中心大部分都使用四值三运转或者五值三运转的排班方式,也就是说每个职工都会有频繁的夜班,加上每个班次要完成的工作任务较多,很容易造成职工的疲劳累积,在白天休息时不能得到完全的恢复,长期下来还会造成职工的昼夜节律的混乱,从而导致慢性疲劳。并且因为疲劳的累积,会使其在值班期间的即时反应能力、情景意识等都有所下降,对于设备运行趋势的感觉会变得不灵敏。有些集控中心开始尝试减少单个班次的时长或者是增加调休的次数,但是由于人员编制的原因,并不能做过多的变动。并且夜班时间段刚好是电网负荷的低谷期,在这个时期如果出现了设备的异常情况,值班人员的处置能力也是比较低的。

3 监盘效率提升策略构建

3.1 信息呈现层级需要优化

优化信息呈现层级有助于降低认知负荷。通过建立信号分级过滤机制,将告警信号按照严重程度分为事故、异常、越限、变位、告知5类,只有事故和异常两类信号才能进入值班人员主要监视窗口,告知类信号则转入后台日志,以此来实现信号分流,值班人员实际面对的信号量可以减少70%以上;其次,可通过图形化展示的方式呈现信息,将机组运行状态、库水位、负荷曲线等重要的参数通过可视化的形式集中展现,而不是单一的数字扫描,以此来降低认

知消耗;再次,可通过智能辅助提示的方式,在存在趋势性异常的情况下做出预判,并在相应的区域加趋势箭头,指出可能存在的问题,并且,在界面的右边会出现红色提示框,告知人员及时处理。信息呈现优化要尊重个人习惯,满足个性化需要,但值班人员可以任意移动和自定义部分的信息应当仅限非核心安全信息,核心安全信息应固定展现。信息呈现优化应把值班人员从数据汪洋大海中解救出来,让他们第一时间获得做出决策的信息,而不是一直在数据的汪洋大海里自己去寻找,并且要采取渐进式优化的方式,不要一次性改动太多。

3.2 值班轮班制度亟待重构

为了从源头上防范疲劳累积,在值班轮班上进行革新,现行四值三运转模式下,每人每年平均需要值120多天夜班,而且生物钟混乱是无法避免的,可以采用弹性轮班的方式,将每次连续值班的时间由8个小时减为6个小时,在夜间加班时由四组人员调换为六组人员进行调换,减少每个人员需要值夜班的次数。同时要建立值班前的状态评估制度,使用简单量表或者可穿戴设备监测值班人员在上班之前的警觉程度,如果该名职工存在睡眠不足或是身体不适的情况,则安排他进行其他的岗位工作。值班的重新建构还要伴随着为值班人员提供良好的休息环境,对于集控中心而言应该设置符合人体工学的休息舱,保证夜班之间的睡眠质量。而在此期间应当建立跨值支援机制,在汛期高峰期或是异常情况多发期,启用备班人员前去增援,切忌让当值人员一直处在超负荷的工作状态。对于值班轮班制度的重构应当正确处理人员编制成本和运行安全收益二者的关系,在短期之内可能会出现人力投入增加的现象,但是从长期来看能够减少由于疲劳所引起的误操作带来的损失。对于轮班方案的更改应该听取值班人员的意见,充分考虑每个人的生物钟存在差异性,切忌用同一种方式管理所有的员工。

3.3 动态预警机制应当建立

动态预警是提高监盘前瞻性的主要方式,不同于传统的基于固定阈值的告警,当参数超限才产生信号,造成被动响应,无法发现设备性能劣化前期的异常,而是通过设备状态感知模型,对机组振动、温度、压力等多源数据进行关联分析,达到趋势预警的目的,将预警等级分为四级,一级预警为参数正常波动,只记录不报警;二级预警为趋势偏离,提醒值班人员注意;三级预警为异常状态,责令值班人员查明原因并做好预案;四级预警为紧急状态,启动自动处置或强制人工干预,预警阈值不可

一成不变,要结合设备运行年限、季节特点、负荷水平等进行调整。预警机制要建立大量的历史数据基础,集控中心应当汇总各电站设备台帐和运行记录,建立流域设备健康库;预警信息应分级别发布,高严重等级预警采用声光

报警,低严重等级预警采用静默提示方式,不要干扰值班人员工作。把运行人员从事后的应急处置,变成事前的防范控制,发挥运行人员的主观能动性。

表1梯级水电站告警信号分级处置标准

预警等级	信号类型	触发条件	响应时限	处置要求
一级	告知信号	参数正常波动	无时限	自动记录,无需人工响应
二级	关注信号	趋势偏离基线 10%	30 分钟	值班员核实并标记状态
三级	异常信号	趋势偏离基线 20% 或参数超限	10 分钟	主值班员制定处置预案并上报值长
四级	事故信号	设备故障或保护动作	即时	值长启动应急预案,必要时远程操作停机

数据来源为电力行业调度规程和流域集控中心运行管理实践。

3.4 技能训练体系有待完善

优化技能培训体系是保证监盘效率长期稳定的重要的基础性工作。现部分集控中心培训停留在粗放阶段,陷入形式主义泥潭,纸上谈空话多过实质内容多,软件实操培训少于硬件实操培训。要构建分层分类技能训练体系,对于新入职员工重点在于帮助其掌握设备原理及系统操作技能;对于老员工重点在于提升其异常处理能力以及决策判断能力。可通过引入仿真培训平台的方式,虚拟各种各样的故障情形,让值班人员在完全不会产生风险的情况下先行一遍故障处理流程,提高自身的故障处理经验。仿真培训要尽量覆盖到大部分(超过 80%)常见故障种类,并且要时常补充新的案例进来。同时还应该建立技能认证制度,将监盘效率的相关指标放入到岗位能力评价内,对响应的准确度、信息甄别速度、异常处置的时效等都量化考核。

4 结语

提高水电集控中心监盘效率是个多方面的问題,包括技术优化、制度重构、人员发展等,而信息过载和人员疲劳是目前影响监盘效率的主要问题,不能仅仅靠增加人员来解决。利用提高信息呈现层次、值班倒班制度重组、建立动态预警、完善技能训练等手段,在现有条件的基础上就能有效提升监盘效率;在未来,人工智能智能告警、辅助决策等功能可进一步降低值班人员的认知负荷,人仍然是运行安全的最后一道防线。因此,在提高水电集控中心监盘效率的过程中要处理好人机协同的问题,在技术赋能的基础上进行人本管理,在进行技术和人的相互匹配中,开展人机协同的新型运行管理模式。同时要看到流域水电开发规模越来越大是不可逆的,集控中心运行管理的精细化程度将逐渐成为衡量一个企业的核心技术竞争力的标准。

参考文献:

- [1] 徐洪聪,曾城.水电站集控监控系统智能化改造及效益分析[J].红水河,2026,45(3):38-43.
- [2] 朱升萍.无人值班变电站运维管理模式分析[J].通讯世界,2026,33(5):94-96.
- [3] 覃战,李守军,次旺旦增,等.某水电集控中心运行值班优化措施[J].云南水力发电,2026,42(5):181-183.
- [4] 费国森,王代春,王仲昌,等.流域梯级水电厂远程集控中心调度指令防误操作管理模式构建与实践[J].班组天地,2026,(8):4-7.
- [5] 刘海洋,王斌,熊照,等.抽水蓄能电站“群集控、无人值班、ON-CALL 全面应急”运行管理模式的探索与实践[J].大坝与安全,2026,(1):27-32.

作者简介: 胡志亮(1995.10—),男,汉族,宁夏吴忠人,本科,助理工程师,研究方向:水电站方面。