

基于仿真机的集控运行值班员技术培训的探讨

邱乐

国能黄金埠发电有限公司, 江西 上饶 334000

[摘要]近几年来,我国发电机组开始向高参数、大容量方向不断发展,对集控运行值班员提出更高要求,如果继续使用传统的跟班式培训模式,极易引发安全问题。使用仿真机培训方式,可重塑集控运行值班员技术培训体系。所以,本文将基于培训需求分析,讨论基于仿真机的集控运行值班员技术培训价值,最后提出培训策略,包含设计模块化内容、分层递进式教学、多维度考核,希望提高培训体系科学性、实用性,使集控运行值班员的培训工作得到深化。

[关键词]仿真机;集控运行;值班员;技术培训

DOI: 10.64635/ja.2026.1177

中图分类号: TM621

文献标识码: A

Discussion on Technical Training for Centralized Control Operation Duty Operators Based on a Simulator

Qiu Le

Guoneng Huangjinbu Power Generation Co., Ltd., Shangrao, Jiangxi 334000, China

Abstract: In recent years, power generation units in China have been developing toward higher parameters and larger capacity, which has placed higher requirements on centralized control operation duty operators. If the traditional on-the-job shadowing training model continues to be used, safety risks may easily arise. Simulator-based training can reshape the technical training system for centralized control operation duty operators. Therefore, based on an analysis of training needs, this paper discusses the value of simulator-based technical training for centralized control operation duty operators, and finally proposes training strategies, including the design of modular training content, hierarchical and progressive teaching, and multidimensional assessment. The aim is to improve the scientific and practical nature of the training system and further deepen the training work for centralized control operation duty operators.

Keywords: simulator; centralized control operation; duty operator; technical training

引言

发电机组的集控运行属于多系统协同技术操作,包含锅炉、汽轮机、发电机、辅机等系统,需要值班员具有良好监视分析能力、参数调节能力、异常识别能力、紧急情况判断与处置能力。在传统的培训模式中,多会使用师徒制、跟班方式,值班员虽然可以在实际运行环境中逐步积累经验,但无法亲自操作核心设备,也不能对低频次、高风险的异常工况进行在岗训练。通过使用高精度仿真机,值班员可在虚拟空间中进行沉浸式操作练习。可以看出,对基于仿真机的集控运行值班员技术培训策略进行研究,可加快人才队伍建设水平,提高企业安全生产能力,具有重要意义。

1 基于仿真机的集控运行值班员技术培训需求

1.1 正常工况下的监盘与调整

在机组稳定运行过程中,值班员要持续监控界面内的

数百参数,熟练掌握不同系统的运行裕度、参数之间的耦合关系,还要依据调度指令、设备状态灵活调节负荷、温度、压力、水位等变量参数。例如,在电网调峰过程中,值班员要稳定控制汽温汽压、炉膛氧量、风煤比,其会基于热工控制逻辑、对象动态响应构建精准的心内模型。在实际培训时,为保障安全性,值班员仅可观看他人操作,无法亲自体验、反复验证^[1]。使用仿真机后,可为值班员的培训提供与时机情况相同的监控、操作界面,确保其在虚拟环境中基于不同工况亲自完成参数调试、观察系统反馈,逐渐对机组运行规律产生正确认知。通过这种方式,可满足值班员技术培训的高密度自主训练需求。

1.2 异常、事故状态下的判断与处置

在电力生产过程中,可能会出现设备故障、参数越限等情况,具有很强的突发性、紧急性,值班员需要在短时

间内捕捉征兆、判断原因、精准干预,如果存在延误、失误操作,极易引发机组跳闸、设备损坏问题。但是从日常运行情况来看,极少会出现异常工况,如“四管”泄漏、汽轮机进水、发电机定子接地、重要辅机跳闸等,大部分值班员在工作中根本无法经历。同时,如果上述异常、事故出现,值班员若未能使用恰当的处置方法,将会造成极为严重的后果。如果培训仅为值班员灌输理论知识,出现异常、事故后其无法完成精准动作。使用仿真机进行技术培训,可按照培训需求注入故障代码,如设定凝汽器真空缓慢下降、润滑油压突降、锅炉灭火等,还可灵活调节故障烈度、组合模式,让值班员反复训练,从而掌握快速检索报警信息、精准识别主矛盾与次生风险、按事故规程执行对应操作等方法^[2]。

1.3 大型操作训练

大型操作主要包含机组冷态启动、滑参数停机、重要辅机切换、电气母线倒闸等,需要值班员具有良好的跨系统协同操作能力,同时也要理解复杂操作指令、严格掌控时间节点。由于机组运行计划带来的限制,值班员在岗期间无法获得较多的全程参与学习、主要操作等机会,无法在值班或培训中持续积累操作熟练度。使用仿真机进行训练,可突破时间、工况限制,随时进行全过程推演,如点火、升温生压、冲转等,值班员可多次扮演主要操作角色,依据规程调整阀门开度、匹配给水流量、切换旁路等,同时还可解决暖机参数控制、振动监视等典型问题。通过这种具有可重复性、完整性的操作预演培训,可帮助值班员构建更具规范性的动作链,对大型操作形成良好的全局掌控能力。

2 基于仿真机的集控运行值班员技术培训价值

2.1 安全性高,反复操作

使用仿真机对集控运行值班员进行技术培训,可将培训、机组运行互相关联,无论值班员出现怎样的错误操作,都不会对真实设备产生危害,也不会出现人身伤害、经济损失。由于具有极强安全性,可让集控运行值班员的技术培训环境更为宽容,使值班员敢于尝试不同操作方案,反复对比后果,从而深化其对操作规程、技术原理的理解成都。比如,值班员可使用仿真机对相同操作进行数十次训练,直至形成肌肉记忆,确保其在应急处置中维持稳定心态、规范操作^[3]。

2.2 复现低频次高风险事故

应用仿真机进行集控运行值班员技术培训,可得到精确的数学模型支撑,使呈故障发生、演变、保护联动的全过程得到逼真呈现。在实际培训中,值班员可在训练中经

历多种极端场景,如全厂失电后的应急处理、汽轮机超速保护动作后的恢复尝试、锅炉炉膛爆燃紧急处置等。通过使用仿真机完成高密度事故预演,让事故处置训练获得可控、可编排、集中化的呈现,让值班员逐渐积累出丰富的应急处置经验,如果真实出现突发事故,值班员也可自信、从容应对。

2.3 操作过程回放与精细评价

在值班员的现场实际操作中,无法精准追溯细节、操作动作,培训效果评价也会多依赖于经验判断、主观印象。通过使用仿真机,可随时分析完整记录数据,还可对值班员的训练操作进行逐帧回放,完整捕捉整体操作细节,如鼠标点击、指令输入、参数变化、报警确认时间等,使操作轨迹得到直观呈现。通过这种方式,让评价更具深度、更为真实,保障值班员的操作顺序达到最优,也可确保关键操作节点的反应时间满足规程要求。此外,利用数据分析、操作回放,还可让教练员细致分析值班员的决策逻辑,掌握其处置花费的时间,与标准作业流程之间进行对比,制定更具操作性、实效性的培训建议。可以看出,通过仿真机的使用,可为值班员的技术培训与评价提供数据支持,有效提高培训反馈效果与针对性。

3 基于仿真机的集控运行值班员技术培训策略

3.1 设计模块化培训内容

为使用仿真机做好集控运行值班员的技术培训,需要设计模块化培训内容,将值班员所需的能力分解为若干个独立训练模块,并确保其得到有机整合。同时,还要依据不同模块设计与其对应的仿真训练场景、训练标准,使培训计划更具灵活性、递进性。

具体来说,应做好以下几点工作:第一,基础知识与运行规程模块。该部分的仿真训练营将理论知识作为基础,结合保护逻辑、联锁条件、运行规程关键条款等核心内容,设计与之对应的仿真任务。例如,让值班员在训练中对锅炉主燃料跳闸保护内的信号动作阈值、动作结果进行逐条验证,或是模拟改变闭锁条件、观察系统应答情况。通过这种方式,可将规程条文转化成可视、可操作的动态过程,加深值班员对运行规则的理解程度,防止其死记硬背不会灵活应用。第二,正常运行监视、参数调节的专项实训模块。在设置改培训模块时,可依据正常运行工况设定训练目标。例如,基于给定负荷变化率,确保主蒸汽参数允许区间范围内;在燃煤热值波动状态下,为稳定炉膛压力应优化磨煤机组合^[4]。值班员通过反复调节配风、给水、减温水等参数,深刻掌握系统的耦合特征,逐

渐养成持续巡视参数、提前预判趋势的良好技术习惯。第三，机组启动、停运全过程的仿真模块。使用仿真机将机组启动、停运全过程划分成不同阶段，包含冷态启动、温态启动、热态启动、正常停机、紧急停机等，值班员可结合自身练习需求完成递进练习，确保每一个环节都严格依据规程认真执行，如启动前系统检查、辅助系统投运、锅炉点火、升温升压、汽轮机冲转、降负荷、解列、冷却等。通过全过程的仿真训练，值班员可彻底熟悉操作流程，还可掌握不同阶段的参数变化情况、操作裕度，有效提高值班员的统筹协调能力。第四，典型事故与故障分析处理演练模块。在技术培训开展前，可全面收集历史事故案例、潜在风险数据，精准提炼典型故障场景资源库，并覆盖全部主要系统。例如，高压加热器的泄漏导致水位异常升高、引风机跳闸触发炉膛压力波动、发电机冷却水中断引发温度报警等。应用仿真机培训过程中，需要首先注入故障代码，值班员要识别故障现象、判断原因、制定干预计划，使值班员在面对异常故障时快速做出正确判断。完成训练后，值班员可在教员的引导下对决策过程进行复盘，使判断逻辑得到持续优化。第五，多专业协同应急仿真训练模块。在真实的事故中，机、炉、电各岗位间需得到紧密协作。所以，在仿真机技术训练中，要科学设置跨专业综合场景，如汽动给水泵跳闸、磨煤机故障同时发生，要求不同岗位值班员依据本专业的参数变化立即作出响应，并由值长统一指挥，让其明确负荷分配、恢复操作。通过这种训练方式，可保障值班员在事故处置中做好信息传递、任务衔接等工作，进一步增强技术训练的实效性^[5]。

3.2 培训流程与教学方法

为充分发挥仿真机应用优势，加强集控运行值班员技术培训效果，应制定科学培训流程，采用合理教学方法。在该过程中，可采用分阶段递进式培训方法。可将技能形成规律作为基础，使整个培训过程被划分成认知阶段、熟练阶段、强化阶段。在认知阶段培训中，要重点对值班员的基础操作规程进行培训，包含仿真界面、系统结构、保护逻辑等，可提供具有步骤指引的操作辅助。在熟练阶段，应为值班员安排大量重复性训练，并结合单系统调节、常见异常故障需求，使值班员的动作速度、精准性共同获得提升。在强化阶段，应在仿真机内植入叠加故障、复杂故障场景、全值应急演练等内容，使值班员的应变能力、抗压能力得到提升。在不同阶段的训练完成后，值班员考核合格后才可进入下一阶段，确保其能力得到逐层提升。

此外，还可使用案例引导、沉浸式互动教学。为做好

技术培训，应突破传统模式的局限，积极使用真实案例结合仿真机实操的沉浸式教学方式。例如，仿真机可为值班员提供某次异常工况报警画面、参数趋势，让其独立诊断并制定处置方案，最后由全体值班员进行讨论，对比不同方案的优劣。教员还要适时提出思考问题：“如果这时同时发生另一种故障，如何调整操作顺序？”利用这种互动形式，可大幅提高值班员的分析能力，使处置经验逐步构成能力体系。另外，不同的值班员具有差异化基础知识储备、操作习惯、心理素质，且不同岗位的侧重能力也各有不同。在仿真技术培训中，可结合模块化设计内容为值班员定制个性化训练包。例如，对于技术水平较低的值班员，可增加训练的重复频率，或设置高难度边界条件。对于即将晋升的主值，要重点培养其在异常工况初期的决策能力、全局视野。对于值长后备人选，要重点培训指挥协调、风险优先级排序、对外等能力，确保不同岗位的值班员技术水平得到精准补齐。

3.3 考核与评价

为保障培训效果，应做好考核与评价。在培训评价中，不能仅依靠终结性考试，而是要重视训练过程中的实时行为数据。应用仿真机进行值班员技术培训，在每次仿真训练结束后，系统会自动生成评分报告、操作步骤统计、参数越限记录等，可将其作为过程性评价的数据，并纳入值班员个人成长档案。在终结性考核中，应科学设置标准化典型场景组合，对值班员的综合技术能力形成全方位评判。通过二者有机融合，可充分展现出值班员的培训成果，也可彰显出个人的真实技术水平。另一方面，还要构建多维度的技能评价指标。在构建指标过程中，应设置多维框架，包含操作规范性、判断准确性、处置时效性、安全意识等。在操作规范性方面，重点考查值班员的动作序列是否符合规程、安全作业要求，是否含有危险指令；在判断准确性方面，可使用故障辨识正确率、误判次数数据对值班员的能力进行衡量。在处置时效性评价方面，要重点关注值班员的干预指令延迟时间、平息事故所用时长。在安全意识方面，需要考核值班员在训练操作中是否采用风险预控措施。通过使用多维度的评价方式，可有效提高考核效果，还可让未来的技术培训更具针对性。

4 结语

使用仿真机，可彻底优化集控运行值班员技术培训体系，彻底解决高风险场景无法训练、缺少大型操作机会、无法精准评价操作细节等问题。为基于仿真机的集控运行值班员技术培训，应基于培训需求设置模块化内容、

采用分阶段递进式的教学方法,同时还要结合过程性评价、终结性评价,才让值班员的技术水平、综合能力得到持续提升。相信在未来的发展过程中,伴随数字化、智能化技术不断进步,可在仿真机中融入知识图谱、运行数据等技术,使集控运行值班员的技术培训得到坚实的数智化支持,从而进一步提高技术培训质量。

[参考文献]

- [1]关志成,姜胜.集控值班员新员工仿真实操培训相关问题探讨[J].中国电力教育,2021(07):25-26.
- [2]秦晓彬.提高火电厂集控运行人员事故处理能力[J].设

备管理与维修,2021(07):3-5.

[3]张永清.基于仿真机的集控运行值班员技术培训的探讨[J].电力设备管理,2021(03):97-98+127.

[4]秦睦友.集控模式下水电站优化运行的途径[J].水电站机电技术,2021,44(03):101-102.

[5]雷鸣雳,李珩,何厉,等.国网陕西电力培训中心:危地马拉 JAGUAR 电厂 2×150MW 机组集控运行值班员培训[J].中国电力教育,2018(09):41-43.

作者简介:邱乐(1991.11—),男,汉族,本科,南昌大学,热能与动力工程专业。