

doi: 10.11830/ISSN.1000-5013.201605024



大型电站分散控制系统人机界面的设计与实现

蒋满群¹, 高炜²

(1. 无锡太湖学院 艺术学院, 江苏 无锡 214001;
2. 华电江苏能源有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 设计 2 台 1 000 MW 超超临界发电机组中央控制室和基于 maxDNA 控制系统的人机界面. 中央控制室包含 6 个功能分区, 基于 maxDNA 控制系统的人机界面包含标示区、控制区、输入输出区、信息区, 并首次应用于 1 000 MW 发电机组. 结果表明: 设计的中央控制室和人机界面遵循了机组运营要求、岗位功能分区、人机工程要求、高安全等级的原则, 系统运行至今效果良好, 并应用于国内 6 家电厂.

关键词: 中央控制室; 分散控制系统; 人机界面; 电站

中图分类号: TB 47 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2016)05-0645-04

Design and Application of Man-Machine Interface for Distributed Control System of Power Plant

JIANG Manqun¹, GAO Wei²

(1. College of Art, Taihu University of Wuxi, Wuxi 214001, China;
2. China Huadian Corporation Jiangsu Branch, Nanjing 210000, China)

Abstract: Design two sets of 1 000 MW ultra supercritical generating units of the central control room and based on maxDNA control system which used the man-machine interface. The central control room contains 6 function zones. The man-machine interface of the maxDNA control system includes the marking area, the control area, the input/output area and the information area, and also it is the first application in 1 000 MW power generating. The results show that: the design of the central control room and man-machine interface both follow these principles, including the requirements of the unit operation, the position of functional partition, the man-machine engineering requirements, and a high level of security, the operation has good result and applying in 6 domestic power plant so far.

Keywords: centralized control room; distributed control system; man-machine interface; power plant

电站中央控制室作为全厂监视和控制中心,是人与设备信息交换的主要场所,要求宽敞、明亮、舒适,便于人对设备的集中监视和处理. 控制室在厂房内的布局随着工业设计、建筑设计的发展有所差异,但其主要功能未产生变化,即对机组运行进行监视. 分散控制系统(distributed control system, DCS)出现于 20 世纪 70 年代,并迅速得到推广. DCS 主要由数据采集系统、汽轮机数字电液调节系统、炉膛安全控制系统和发电机控制系统组成^[1]. 国内某新建 2 台 1 000 MW 等级超超临界发电机组,其中央控制室设计在两台机组设备的中央区域以节约建造成本. 该机组首次将 maxDNA 系统应用于 1 000 MW 等

收稿日期: 2016-06-21

通信作者: 蒋满群(1979-),女,讲师,博士,主要从事工业设计与产品设计的研究. E-mail:sheep_jiang@163.com.

基金项目: 中国华电集团公司科技项目(CHDKJ15-01-16); 无锡太湖学院教改项目(JGYJ2015030)

级的发电机组机,进行集中控制.本文以该电厂施工过程为背景,利用人机工程学原理和方法,设计一套基于 maxDNA 系统的人机界面.

1 系统设备概况

该新建 1 000 MW 等级超超临界发电机组主要由汽轮机、锅炉、发电机和其他辅机构成.锅炉为东方电气集团生产的 1 000 MW 超超临界直流锅炉,型号为 DG3024/28.35-Ⅱ1.汽轮机为上海汽轮机厂与西门子联合制造的超超临界 HMN 型 1 000 MW 等级汽轮机,最大出力可达 1 030 MW.

2 中央控制室及人机界面设计

2.1 设计要求

目前,大型发电机组均采用中央控制室方式进行机组运行状态监控.电站中央控制室是对机组启停、调整及事故处理的枢纽.人机界面是值班员监视机组运行工况,并对现场设备及运行状态进行调整的主要信号反馈通道^[2].中央控制室和人机界面有以下 3 个特点.

- 1) 受控设备多.根据同类型火力发电机组设备信息统计比较发现,300 MW 机组设备总数约 4 500 个,而 1 000 MW 等级发电机组设备总数约 15 000 个.
- 2) 调节过程慢.根据超超临界发电机组的运行情况分析,人机界面之间的信息传递时间约为 5 s, maxDNA 系统计算周期为 500 ms,这就使得该系统的人机信息交换时间更长.
- 3) 智能化要求高.人机界面在完成信息传递的同时,还会提醒机组安全和经济效益指标.人机界面的软件设计应满足 GB/T 20527.1—2006《多媒体用户界面的软件人类工效学》标准的要求;重要操作应提供反馈信息并要求确认等^[3].

2.2 设计流程和原则

中央控制室、人机界面的设计复杂而严谨,涉及热控、建筑、电气、人机工程、通讯等学科.控制室的布局主要依据电站控制室的功能需求,遵循相关国家标准设计原则,严格遵循设计法规和人机工程原理,结合设备特点和电站生产要求,并进行科学评价和验收^[4].设计流程,如图 1 所示.

中央控制室的总体设计在满足各方需求的前提下,依据 GB/T 22188.3—2010《控制中心的人类工效学设计》、GB/T 14774—1993《工作座椅一般人类工效学要求》等技术规范进行设计.控制室及人机界面设计原则如下.

- 1) 机组运营要求.在保证设备运行所要求的前提下,控制室设计应满足设备布局要求、值班员操作空间要求、发电设备检查和维护空间要求.
- 2) 岗位功能分区.中央控制室要按照机组运行、重大操作情况下的人员配置进行设计,以满足不同岗位人员不同操作内容、等级的需求,如值班长、级组长、值班员之间的岗位差异造成的操作指令不同.
- 3) 人机工程要求.大型电站中央控制室应满足人机工程学原理,确保控制室内设备配置、环境舒适度等满足心理学要求.
- 4) 高安全等级.不同设备对应不同的安全等级.控制室在配置不同设备时,必须进行可靠的物理隔离,尤其在重要信合通讯设备周围应进行有效的电磁隔离.

2.3 中央控制室设计

该电厂新建的两台 1 000 MW 等级超超临界机组,是典型的单厂双机配置.

根据该厂运行及设备选型要求和 maxDNA 厂家提供的技术参数,初步设计中央控制室的功能分区为值班员区、冗余操作区、按钮区、消防装置区、值班长装置区和工程师站.

- 1) 值班员区.值班员是机组正常运行的核心人员保证,在正常及重大操作过程中对机组运行工况、

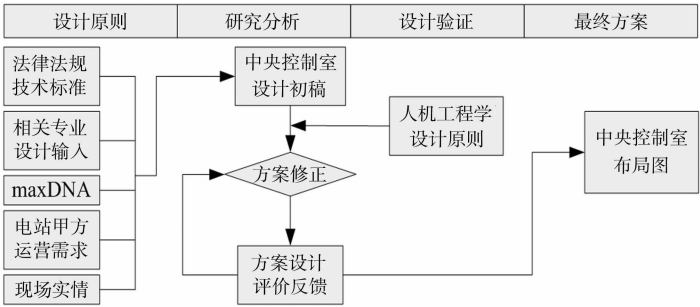


图 1 设计流程图
Fig. 1 Design flow chart

设备操作等负责. 值班员区具体分为 1 号机组值班员区 2 人, 2 号机组值班员区 2 人, 脱硫值班员区 1 人, 网控值班员区 1 人. 每人配置 3 台工业计算机.

2) 消防装置区. 根据《消防法》规定, 消防装置区应为 24 h 监视, 但电厂建设方受到人员数量限制, 无专人对消防装置进行监视. 因此, 中央控制室设计消防装置集中自动监视装置, 镶嵌于值班员值班区左墙内部, 尺寸为 1.6 m×2.0 m×0.2 m.

3) 值班长区. 值班长对 2 台机组总体运行工况负责, 包括机组负荷、燃料情况等, 同时, 负责与上级电网调度沟通, 确定机组运行方式. 值班长 1 人, 值班长区设置 4 台计算机, 4 部电话, 2 台打印机. 值班长区设置于值班员区中央后方 5 m 处.

4) 工程师站. 根据机组独立原则, 每台机组设置一座工程师站, 同时, 2 台机组设置一座公用辅助工程师站. 工程师站主要完成机组 DCS 参数优化、控制回路校正、参数报警值修改等任务. 辅助工程师站主要完成辅助系统参数优化和控制回路校正, 如视频监控、暖通系统监视等.

其他区域如值班员区按钮盘面、视频监控等, 由电站人员自行根据实际需要进行设计改造. 该电厂中央控制室设计图, 如图 2 所示.

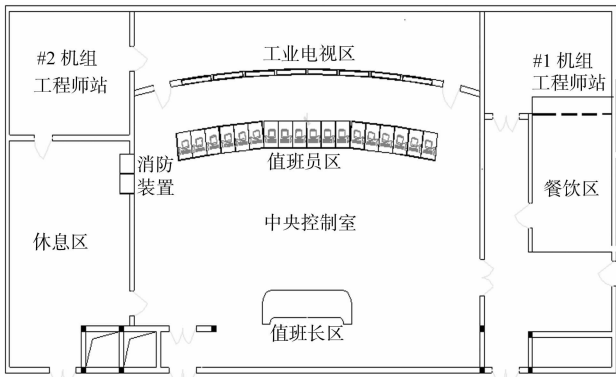


图 2 中央控制室设计图

2.4 人机界面设计

基于人机工程学的人机界面设计主要处理人体相关问题. 人机界面设计前, 收集值班员、值班长人体形态特征参数、年龄分级特征、心理表现特征等^[5]. 人机界面设计在考虑道人机工程的同时, 也应满足人机交互性原理要求, 包括交互技术、交互设备、交互界面等^[6-7]. 电站控制室人机界面工作原理, 如图 3 所示.

Fig. 2 Flow chart of central control room

人机界面显示方式的组合与选择应按照如下原则^[8-9]: 重要操作及报警消息设计; 显示的数值及开关信息应基于具体的显示媒体、语言设计, 如表格、柱状图的显示等; 对于关联性较强的数值应突出其关联性和差异性; 对重要保护装置应借助图像等流媒体; 关键参数及重要事件等应在显著位置设计声光报警.

界面舒适度主要指界面对眼睛、大脑的刺激程度, 且设计界面能否满足操作需求, 尤其在事故工况下的画面快速切换等. 人眼在观察事物时, 获得的亮度感觉与背景亮度有较大关系, 且人眼察觉亮度变化的能力有限, 称为亮度遮蔽特性^[10].

不同操作界面, 应该设计、配置相同的功能位置, 用于用户快速进行页面切换及重要信息获取, 并且相同功能位置布置在相同的区域. maxDNA 人机界面功能分布^[11], 如图 4 所示.

maxDNA 人机界面, 如图 5 所示. 该界面为电站发电机组总貌图. 每个界面图上部均为机组重要参数标示功能区, 标示区下方为输入/输出功能区, 控制区占用最大面积用于重要信息获取及命令执行, 界面底部为信息区, 主要用于信息获取、查询等. 在界面的最右侧上方为 DCS 时间, 下方为机组重要操作反馈及报警信息显示.

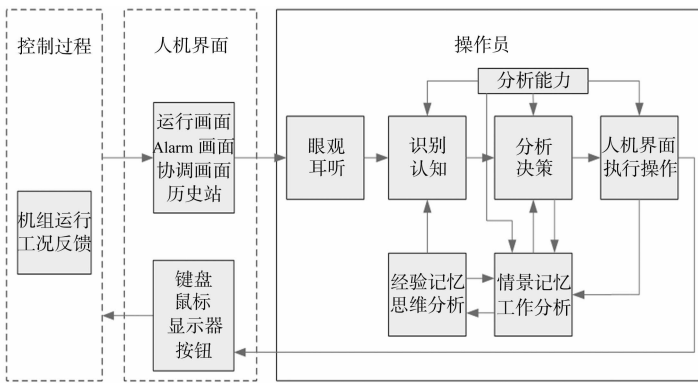


图 3 人机界面工作原理

Fig. 3 Working principle of man-machine interface



图 4 maxDNA 人机界面功能分布

Fig. 4 MaxDNA functional distribution of man-machine interface

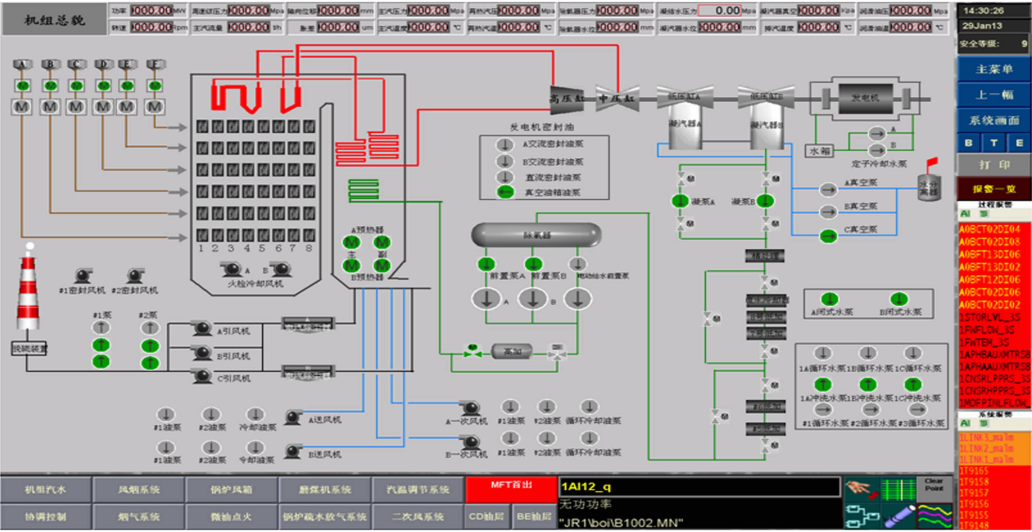


图 5 maxDNA 人机界面
Fig. 5 Man-machine interface of maxDNA

3 结束语

依据人机工程学,对某新建电站设计一套中央控制室及基于 maxDNA 控制系统的人机界面. 设计的中央控制室分为值班员区、冗余操作区、按钮区、消防装置区、值班长装置区和工程师站等 6 大区域. 同时,单厂双机配置的设计为同类机组中央控制室的建造提供了借鉴和参考^[12-13]. 该控制室占地面积小、适应性强,能够满足人体主观要求及舒适度要求. 基于 maxDNA 控制系统的人机界面设计了标示区、输入/输出区、信息区、控制区以满足人机信息交换要求,设计充分考虑了运行需求、亮度遮蔽特性等,设计的人机界面为值班员提供了高效、便捷、舒适的操作界面,运行至今效果良好. 中央控制室及人机界面已于 2013 年 1 月投入使用. 目前,该控制室及人机界面已经应用于国内 6 家同类发电机组.

参考文献:

[1] 夏春艳,颜声远,李庆芬,等. 核电厂主控室人机界面评价实验研究[J]. 中国安全科学学报,2008,18(8):109-114.
[2] 肖伯乐. 微机集散控制系统在火电厂的应用[J]. 发电设备,1992(11):9-12.
[3] 刘立坤. 智能型船舶电站控制器的研究[D]. 大连:大连海事大学,2010:36.
[4] 王富强,李晓理,张秋生,等. 直流锅炉超超临界机组协调系统多变量预测控制方法[J]. 热力发电,2016(4):48-53.
[5] 高智彦,张学刚. 核电厂主控室数字化运行画面的设计策略[J]. 核科学与工程,2010(增刊 1):62-67.
[6] 李鹏程,张力,戴立操,等. 核电厂数字化人-机界面特征对人因失误的影响研究[J]. 核动力工程,2011,32(1):48-52.
[7] 朱海岩. 600MW 等级燃煤示范电厂主厂房的设计[J]. 吉林电力,2001(2):16-18.
[8] 方卫宁,徐媛媛,田生彩. 基于工效学的机车显示、控制器界面计算机辅助优化设计[J]. 铁道学报,2004,26(6):20-24.
[9] 李迎梅. 基于工业控制网络的水处理监控系统设计与实现[D]. 武汉:武汉理工大学,2006:33-37.
[10] 王玮,石胜辉. 人类视觉特性的数字水印新方案[J]. 华侨大学学报(自然科学版),2016,37(3):304-307.
[11] 何滔,张宇飞. MaxDNA 集散控制系统在火力发电厂中的应用[J]. 工业控制计算机,2013,26(7):6-7.
[12] 王林. 安庆电厂 1# 机组 DCS 系统升级改造[J]. 轻工科技,2013(9):55-56.
[13] 庄义飞. maxDNA 集散控制系统 DPU 通信故障分析及优化[J]. 仪器仪表用户,2014(6):68-70.

(责任编辑:黄晓楠 英文审校:崔长彩)