

辅助车间控制网络结构与监控方式的优化研究

罗颖坚

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 随着电力系统改革的进一步深入, 保证设备优质高效的运行, 提高劳动生产率, 提高经济效益成了电厂发展的目标。辅助车间热工自动化是全厂热工控制的重要组成部分, 其自动化水平直接影响全厂运行的经济效益。本文是在目前辅助车间所采用的集中监控系统的基础上, 对其控制系统网络结构与监控方式进行深入一步的优化研究, 为电厂辅助车间控制系统提供一种符合国情、安全可靠的监控方式。

关键词: 辅助车间; 控制网络; 优化

中图分类号: TM621

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)S1-0143-04

Optimization Study on Control Net Structure and Control Mode of BOP

LUO Yingjian

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: With the deepening of electric system reform, keeping equipment operating efficiently, enhancing labor productivity, increasing economic benefits have turned to be target of power plant development. The automation level of the Balance of Plant (BOP) has a direct influence on plant's economic benefits, as BOP's process automation plays a crucial role in the whole plant. Basing on current BOP centralized control system, whose net structure and control mode has been elaborated studied and optimized, a reliable control mode with national conditions is proposed in this paper.

Key words: balance of plant (BOP); control net; optimization

为了提高电厂的生产效率, 降低发电生产成本, 目前国内发电厂都着眼于提高设备的自动化水平, 以减员增效。随着热工自动化技术的发展, 主厂房内大部分设备早已采用分散控制系统(DCS)进行集中监控^[1-5], 控制自动化程度高, 生产人员已大幅减少, 但辅助车间(balance of plant, BOP)生产人员多、劳动效率低的问题比较突出, 成为发电厂提高自动化水平、减员增效的重点对象。

1 辅助车间控制方式发展过程

火力发电厂辅助车间控制系统是发电厂热工自动化的一个重要组成部分, 辅助车间的热工自动化水平, 直接关系到电厂辅助车间(系统)运行的安全

性和可靠性, 也影响到电厂运行的经济效益。

1.1 辅助车间的范围

火力发电厂辅助车间各个工艺系统按其物理属性, 通常划归为水处理、灰渣、脱硫和输煤四大部分。

1) 水处理部分: 包括锅炉补给水处理系统、凝结水精处理系统、净水处理系统、工业废水处理系统、生活污水处理系统、含油污水处理系统、脱硫废水处理系统、循环冷却水处理(加药)系统、制氢系统等。

2) 灰渣部分: 包括除灰系统、除渣系统、电除尘系统等。

3) 脱硫部分: 包括烟气吸收系统、石灰石制浆系统、石膏脱水系统、脱硫废水处理系统等。

4) 输煤部分: 包括燃油储存系统、输煤系统(包括码头、储煤场、碎煤机、煤仓间、皮带转运设备及煤泥水处理设备)等。

1.2 辅助车间工艺的特点

火力发电厂辅助车间工艺系统有下面一些特

收稿日期: 2015-11-05

作者简介: 罗颖坚(1964), 男, 广东东莞人, 高级工程师, 硕士, 主要从事电厂热工自动化设计研究的工作(e-mail) luoyingjian@gedi.com.cn。

点:

1)重要性:通俗地说辅助车间就是电厂的“能量供给”(水、煤、油)系统和“排废”(灰、渣、尘)系统,要求电厂正常运行必须保证其“供”“排”系统正常运行,一旦出现问题必须尽快进行处理,否则将影响全厂的安全经济运行。

2)分散性:辅助车间各系统的地理位置十分分散,遍布全厂各角落。

3)非连续性:各系统大都属于间歇式运行,每个运行周期均可按某特定规律设计为顺序自动控制。

4)控制方式简单:辅助车间各系统的过程控制基本上为开关量控制。

5)独立性:辅助车间各个工艺系统都不一样,控制要求和控制规律都各不相同,各个系统之间也没有什么联系。

1.3 辅助车间控制方式发展过程

1.3.1 就地控制方式

直到上世纪70年代至80年代,辅助车间仍以就地控制方式为主,每个工艺车间设有就地控制室,并相应配备固定的运行值班人员,控制系统由常规仪表、操作开关和继电器组成。

随着电子技术的飞速发展,以及对电厂自动化控制水平的要求越来越高,在上世纪90年代初,辅助车间控制系统开始采用可编程控制器(PLC)和数字仪表或显示操作员站来代替常规仪表、操作开关和继电器,但因为运行值班员仍在就地监视和操作,我们仍称为就地控制方式。

1.3.2 集中控制方式

近年来,随着国内大型(单机容量600 MW~1 000 MW)火电厂的出现,电厂自动化水平已经提高到了一个相当的高度,对辅助车间的控制和管理水平自然提出了更高的要求,辅助车间集中控制是将电厂全部或部分辅助生产系统集中在同一控制室监视和操作,能够减少监控点,减少值班人员,降低运行成本,因而成为当今辅助车间监控的主要方式。

2 辅助车间集中控制的网络结构

在国内大型火力发电厂中,为了实现辅助车间集中控制,均设有全厂辅助车间控制网(BOP网),该网通过数据通讯网络将辅助车间各自独立的、位

于就地的控制系统连接在一起,BOP网的显示操作终端设在机组控制室内,通过该终端,运行值班员可以对辅助车间的各个工艺系统进行监视和控制操作,实现集中控制的目的。

2.1 控制网络结构现状

绝大多数的大型火力发电厂是根据《大中型火力发电厂设计规范》(GB 50660—2011)的要求进行设计。

2.1.1 子网

设计中,将同类型、同性质的辅助生产系统的控制设备连成一个计算机网络,通称为子网—子网,一般分为水网、煤网、灰网、脱硫网,在就地相应设置水、煤、灰、脱硫集中控制室,各个控制室都设有固定的运行值班人员,他们通过子网的显示操作终端集中监视和控制各工艺系统的运行。

通常各子网所包括的辅助车间如下划分:

1)水网连接的辅助车间有:锅炉补给水处理系统、凝结水精处理系统、净水处理系统、工业废水处理系统、生活污水处理系统、含油污水处理系统、循环冷却水处理(加药)系统、制氢系统等,其操作员站布置在水集中控制室。

2)灰网连接的辅助车间有:除灰系统、除渣系统、电除尘系统等,其操作员站布置在灰集中控制室。

3)煤网连接的辅助车间有:燃油储存系统、输煤系统等,操作员站布置在输煤集中控制室。

4)脱硫网连接的辅助车间有:烟气吸收系统、石灰石制浆系统、石膏脱水系统、脱硫废水处理系统等,操作员站布置在脱硫集中控制室。

2.1.2 总网

在水、煤、灰、脱硫集中控制网基础上,通过数据通讯方式又连成辅助车间控制网(BOP网)—总网,总网的操作员站布置在机组集中控制室,多用作运行监视,便于机组运行人员了解辅助车间的运行情况,远期可发展在机组集控室控制的功能。网络结构示意图详见图1。

2.2 存在问题

2.2.1 在网络结构方面

它是一个三级网络,网络层次多,结构复杂,网络设备多,由此故障率较高。

2.2.2 在投资方面

由于这种多层网络结构型式及相应设置水、

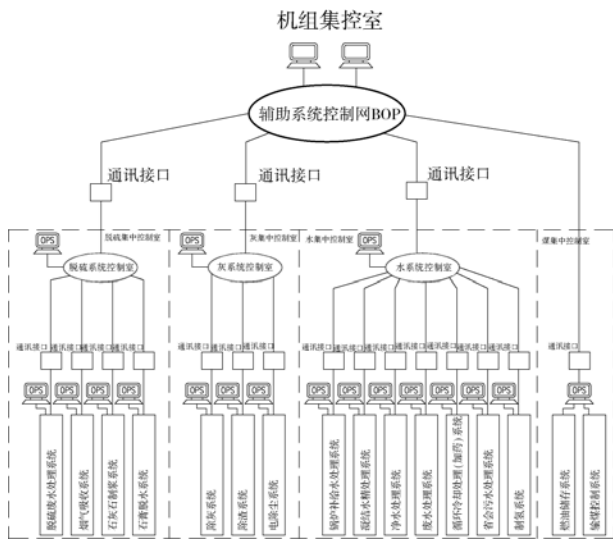


图 1 三级网络结构示意图

Fig. 1 Three-level Network Structure Diagram

煤、灰、脱硫监控点控制室，不单增加了网络设备投资，也增加了相应控制室的土建、电气照明、空调等土建、设备运行费用。

2.2.3 在日常运行及人员配置方面

在原设计投产初期可按各辅助车间所属专业配置运行人员，逐渐过渡日后配置辅助车间全能运行人员在机组控制室内对全厂辅助车间(系统)进行集中监视和控制。但实际上，对于这种三级网络的运行方式要实行起来并不容易，因为集中程度每提高一次，运行方式就会变化一次，而在电厂特别看重安全、稳定运行的要求下，这种运行方式的改变并不容易，因而到目前为止，能最终实现在机组控制室内对全厂辅助车间(系统)进行集中监视和控制的电厂几乎没有，所有专业都配置有运行值班人员。

2.3 控制网络结构的优化

为了改进当前大型火力发电厂辅助车间控制网(BOP网)网络结构复杂、投资高、运行值班人员多、自动化水平不高等问题，拟进行以下的工作。

2.3.1 统一全厂各个主要辅助车间就地监控的硬件设备为同一生产厂家、同一系列的产品，以便于统一通讯协议和数据库的格式。

2.3.2 优化网络结构

在各个辅助车间(工艺系统)监控硬件统一的基础上[以下以采用可编程控制器(PLC)为例]，将各个辅助车间的监控系统连接为星形拓扑结构的以太网。

星形以太网中，采用两台功能足够强大互为冗余的服务器作为中心节点，用来存储和处理网络上的信息，通过双缆和冗余的主交换机，与各个辅助车间就地监控系统进行数据通讯，读取所连接控制系统(其它节点)的I/O信息，通过服务器生成包括所连接系统的全部监控画面，并把所有实时数据存放在服务器的数据库中。显示操作终端以C/S结构方式访问控制网络的服务器，并对所连接的辅助车间控制系统进行监视及控制。控制指令经交换机传至各辅助车间监控系统，实现对所有设备的遥控。辅助车间控制网(BOP网)的操作员站布置在机组集控室内，现场只设运行巡检维护站，实现全厂集中监控，具体网络结构示意图详见图2。

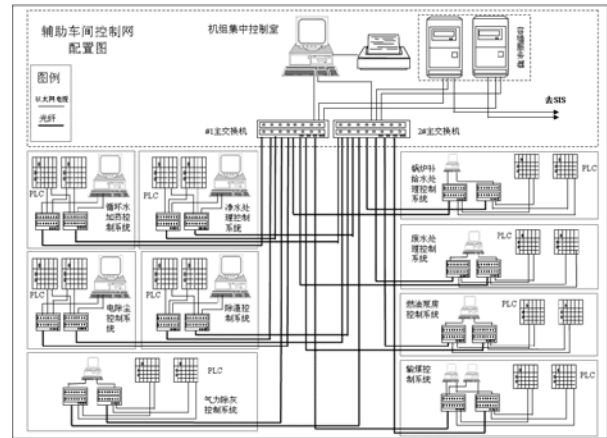


图 2 二级网络结构示意图

Fig. 2 The Secondary Network Structure Diagram

优化后的 BOP 网具有以下优点：

1) 取消了子网级，由三级网络改为二级网络，结构简化、网络设备减少、故障率降低。

2) 由于网络内各个辅助车间监控系统分别单独通过交换机连接到中央节点(服务器)，结构简单，便于管理，其中任何一个监控系统(连接点)发生故障，都很容易检测出来并排除，不会影响其它监控系统的正常工作，点对点的信号传输方式使得网络信号传输速度快，网络设备少、延迟小、造价低，特别适用于网络内各个节点独立性强、相互关联少的辅助车间监控系统，且节点的扩充和撤销都很方便。

3) 由于不再设有水、煤、灰、脱硫集中控制网，因此也没有水、煤、灰、脱硫监控点及相应控制室，节省了土建和在这些控制室内为运行人员提供舒适工作环境配套的电气照明、空调等设备费

用。

新的监控系统对辅助车间运行人员要求高,要求在电厂投运时配备有全面熟悉各个辅助生产系统的全能运行值班员,只有通过投运前的严格培训,才能保证运行人员素质,避免产生对辅助车间安全运行的影响。

2.4 优化前后两个控制网络的比较

总的看来,优化前后两个网络均能满足各单个辅助车间控制系统分别设计、分别招标采购、分别施工安装和分别调试的要求,且控制方式灵活、切换方便。当辅助车间控制网发生故障时,各辅助车间仍能以车间就地监控方式继续运行。

相对而言,三级网络简化为二级网络,网络结构简单,减少了网络设备,安全性较高。

两个网络结构型式的比较综合如表1所示:

表1 网络结构型式综合表
Table 1 List of Network Structure

项目	优化前	优化后
网络结构	三层网络,结构复杂,网络设备多,信息传递效率低,响应时间长。	二层网络,网络结构简单,网络设备少,投资低,故障隔离和检测容易,信息传输延迟小。
子网控制室	有,共3个。	无
控制方式	近期在子网控制室集中监控,远期在机组集控室内监控,但至今未有电厂实现。	机组集控室内监控。
控制室合计面积	80 m ²	20 m ²
运行人员数量	40人	10人
运行费用(人工费)	~200万元/年	~50万元/年
网络设备费用	~60万元	~15万元
集控室空调、电气照明等投资费用	~500元/m ² (80 m ² =4万元)	~500元/m ² (20 m ² =1万元)
集控室土建投资费用	~2000元/m ² (80 m ² =16万元)	~2000元/m ² (20 m ² =4万元)

3 某电厂辅助车间监控系统介绍

广东某新建电厂,安装了两台1000 MW国产超超临界燃煤发电机组,并预留扩建两台1000 MW国产超超临界燃煤发电机组的余地。

辅助生产系统有:压缩空气系统、锅炉补给水处理系统、凝结水精处理系统、淡水供应系统、工业废水处理系统、生活污水处理系统、含油污水处

理系统、循环冷却水加药系统、供氢系统、除灰系统、除渣系统、电除尘系统、燃油储存系统、输煤系统、海水脱硫系统、启动锅炉等。

在机组168 h试运行开始,除输煤系统、启动锅炉在运行期间有临时就地值班员外,其余辅助车间均实现就地无人值班,实现了在集控室集中监控,为电厂带来较大的经济效益。

设计该工程时,经过对全厂各个辅助生产系统的运行规律和管理方式的分析研究,将全厂辅助车间归纳为四种类型,分别采用四种不同的监控设备和运行监控方式:

1)与每台单元机组运行密切相关的辅助系统(如凝结水精处理系统、循环水系统、海水脱硫系统)均为单元制的辅助系统,纳入机组分散控制系统(DCS)控制,通过单元机组的操作员站,由单元机组运行值班员监控。

2)机组公用的辅助系统(如凝结水精处理再生系统、压缩空气系统、回水系统、气化风机系统)。

为机组公用的辅助系统,在1号、2号单元机组控制系统(DCS)间建立的公用控制网控制,运行值班员通过设在机组集控室内的1号机组或公用控制网的操作员站对这些辅助系统进行集中监控。

3)其它主要辅助系统(包括锅炉补给水处理系统、淡水供应系统、工业废水处理系统、生活污水处理系统、含油污水处理系统、除灰系统、除渣系统、电除尘系统、燃油储存系统、输煤系统)。

这些辅助系统生产过程相对独立,它们的控制系统都比较繁杂,主要的控制设备为可编程控制器(PLC),统一采用美国AB公司生产的Controllogix L60系列产品。采用星形以太网网络的结构形式,将这些控制系统联结成一个辅助车间控制网(BOP网),专职的BOP网运行值班员通过在机组集控室内的两台BOP网显示操作终端和一台大屏幕显示器对这些辅助系统进行集中监控。

4)其它次要辅助系统(包括循环冷却水加药系统、供氢系统、灰库系统、启动锅炉)。

由于该工程循环水加药系统是采用汽机槽车卸至贮药罐,通过加药泵输送到循环水泵取水前池,其系统短期运行方式,故采用在循环水加药间内就地控制方式。

(下转第177页 Continued on Page 177)

- 2008(5): 61-64.
- [5] JOHN Bean, KEVIN Dunlap. Energy Efficient Cooling for Data Centers: A Close-Coupled Row Solution [J]. American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE) White Paper, 2008(10): 36-42.
- [6] JOHN Niemann, KEVIN Brown, VICTOR Avelar. 热通道与冷通道气流遏制对数据中心的影响[EB/OL]. APC 白皮书第 135 号, 2008.
- [7] NEIL Rasmussen. Cooling Strategies for Ultra-High Density Racks and Blade Servers [EB/OL]. American Power Conversion White Paper 46, 2005.
- [8] HANNAFORD P. Ten Steps to Solve Cooling Problem Caused by High Density Server Deployment [EB/OL]. American Power Conversion White Paper 42, 2007.
- [9] KEVIN Dunlap, NEIL Rasmussen. 数据中心房间级、行级和机柜级制冷方式的选择 [EB/OL]. APC 白皮书第 130 号, 2014.
- [10] GB 50174—2008, 电子信息系统机房设计规范 [S].
- [11] 辛建华. 基于气流组织优化技术的数据中心机房节能减排运用 [J]. 广东通信技术, 2015(2): 49-54, 59.
- [12] 翁振邦. 从某机房能耗评估浅谈如何有效降低在用机房 PUE 值 [J]. 邮电设计技术, 2015(1): 12-15.
- [13] 郑贤清, 葛昌荣. 某高密度数据中心散热解决方案设计 [J]. 电子质量, 2015(8): 35-37, 41.
- [14] APC. 利用 InRow 精确制冷解决方案最大限度提升效率 [J]. 通信世界, 2009(23): B14.
- [15] 深圳市英维克科技有限公司. 数据中心制冷解决方案探讨 [J]. 智能建筑与城市信息化, 2013(11): 35-36.
- [16] JIM V G, WENDY T. 仅使用行级制冷方式对整个数据中心进行制冷 [EB/OL]. APC 白皮书第 139 号, 2014.

(责任编辑 林希平)

(上接第 146 页 Continued from Page 146)

供氢系统是采用汽机槽车减压至氢气贮存罐, 然后减压输送到发电机组, 也因属于短期运行, 故采用在供氢车间内就地控制。

启动锅炉由于属于短期运行, 故在启动锅炉房内就地控制; 灰库卸灰在灰库内控制。

该电厂“辅助车间集中监控、就地无人值班”的成功实现, 说明除了优化辅助车间控制网(BOP网)的网络结构之外, 还必须优化辅助车间的运行、管理模式, 将部分与单元机组有关的辅助系统的控制操作交由单元机组 DCS 系统或 DCS 系统间的公用网络控制, 由单元机组运行值班员负责监控, 使得 BOP 网络的监控范围缩小, 减少辅助车间全能运行值班员的压力, 使之更容易适应新的岗位要求。

4 结论

辅助车间及辅助系统监控方案的优化不仅需要依靠科技进步和设计转变思想, 还需要电厂转变思想实行新的运行和管理模式。本介绍的优化方案, 使全厂整体生产过程的监控全部集中, 单元机组和辅助车间的控制网络结构上完全分开, 优化后的辅助车间控制网结构简单、投资省及安全可靠, 既将为电厂的自动化水平大大提高了一

步, 而控制网络又得到了简化, 能给电厂带来较大的经济效益, 特提供火力发电厂在辅助车间自动化方面作参考。

参考文献:

- [1] 孙瑜, 张金祥, 刘明佳, 等. 国产 DCS 在 600 MW 超临界机组辅助车间控制一体化中的应用 [J]. 中国电力, 2008, 41(8): 76-79.
- SUN Yu, ZHANG Jinxiang, LIU Mingjia, et al. Application of Domestic DCS in the Integrated BOP Control System of 600 MW Supercritical Power Units [J]. Electric Power, 2008, 41(8): 76-79.
- [2] 杨金芳, 张玉柱, 徐同社. 火电机组辅控一体化集中监控网络方案及配置 [J]. 电力勘测设计, 2012(4): 33-37.
- YANG Jinfang, ZHANG Yuzhu, XU Tongshe. Network Plan and Assignment of Integrative Centralized Control of Auxiliary Control in Heat-Engine Units [J]. Electric Power Survey & Design, 2012(4): 33-37.
- [3] 夏俊利. 300 MW 火电机组辅助系统控制网络的组建 [J]. 现代电力, 2005(2): 30-35.
- [4] 钱培峻. 超超临界机组主辅控一体化控制的设计研究 [J]. 华东电力, 2010(7): 21-25.
- [5] 耿晓峰, 刘卫国. 辅助车间集中控制网在发电厂中的应用 [J]. 浙江电力, 2010(11): 36-39.

(责任编辑 张春文)