

# 600 MW 机组脱硫装置厂用电系统的优化设计

王东亚,张桂平,林镇钰

(广东珠海金湾发电有限公司,广东 珠海 519000)

**摘要:**广东珠海金湾发电有限公司 #3 机组环保升级改造过程中,在充分利用原有设备的情况下,对厂用电系统进行了优化设计,通过厂用电接线方式的改变、厂用电保护的优化设计及负荷调整,实现了脱硫设备的有效备用,极大地提高了脱硫装置的可靠性,保证了烟气旁路取消后机组运行的稳定性。

**关键词:**环保升级改造;厂用电;脱硫

**中图分类号:**TK 26

**文献标志码:**B

**文章编号:**1674-1951(2016)12-0059-03

## 0 引言

广东珠海金湾发电有限公司(以下简称金湾公司) #3, #4 机组( $2 \times 600$  MW 超临界燃煤机组)于 2007 年投产发电,机组投产以来运行稳定。机组脱硫装置原设计燃煤中硫的质量分数为 0.63%,校核燃煤中硫的质量分数 0.80%,锅炉最大连续蒸发量(BMCR)工况下脱硫装置脱硫率保证值大于 90%。但是煤炭市场供应存在不确定性,实际燃用的煤种中硫的质量分数与设计煤种存在一定的偏差,脱硫系统入口  $\text{SO}_2$  质量浓度较高。随着最新大气污染物排放标准的颁布实施<sup>[1]</sup>,净烟气  $\text{SO}_2$  质量浓度已无法满足最新环保排放标准要求,因此,金湾公司决定对环保设施进行综合升级改造,对现有的脱硫装置进行增容提效。

## 1 设备概况

金湾公司原 #3, #4 燃煤发电机组烟气脱硫装置由中电投远达环保工程有限公司承包设计,采用石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺,1 炉 1 塔。本次系统升级改造主要包括抬高吸收塔、合并引风机/增压风机、取消烟气旁路挡板 3 个部分,改造增加的设备电源引接自原有厂用电系统。每台机组设有高压厂用变压器 A、高压厂用变压器 B 和高压厂用工作 A、B、C 段,A、B 段工作电源引自高压厂用变压器 A,C 段工作电源引自高压厂用变压器 B。高压厂用变压器 A 为分裂绕组变压器,容量为  $20 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,高压厂用变压器 B 为双绕组变压器,容量为  $25 \text{ MV} \cdot \text{A}$ 。2 台机组共设 2 台启备变压器(以下简称启

备变), #03 启备变供主机 3A、4A、3C、4C 段, #04 启备变供主机 3B、4B、3C、4C 段,容量均为  $22 \text{ MV} \cdot \text{A}$ 。

## 2 原有脱硫厂用电系统的配置方式

#3 机组脱硫装置设 1 段 6 kV 脱硫母线,6 kV 脱硫段采用单母线接线,由机组的厂用 6 kV C 段引接 2 路电源,2 路电源互为备用,自动切换。

380/220 V 系统采用动力中心(PC)、电动机控制中心(MCC)2 级供电方式。每台机组分别设置 1 台脱硫低压工作变压器(以下简称工作变),低压侧为 1 段 380/220 V 工作 PC 段,向单元脱硫低压负荷供电,工作段之间设联络断路器;2 台锅炉共设置 2 台低压脱硫公用变压器(以下简称公用变),低压侧为 2 段 380/220 V 脱硫公用 PC 段,2 段之间设联络断路器,向脱硫低压公用负荷供电。单台脱硫低压工作变容量为  $1250 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ,单台脱硫公用变容量为  $800 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。

保安负荷由脱硫装置保安 MCC 段供电保安 MCC 段为双电源,正常由脱硫 PC 段供电,事故情况下自动切换至相应机组的 380/220 V 保安段供电。

脱硫装置内设置 1 套 220 V 单相 UPS 系统,用于向脱硫集中控制系统(DCS)及其他一些重要负荷供电。

原 #3 脱硫装置厂用电供电系统图如图 1 所示。

## 3 脱硫装置厂用电系统的优化设计

根据工艺改造方案,脱硫装置增压风机将与引风机合并,每台机组增加 2 台浆液循环泵。因引风机由高压厂用变压器 A 供电,在取消增压风机后,脱硫岛内高压负荷减少  $1286 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ,改造后脱硫高压计算负荷容量为  $12731 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。

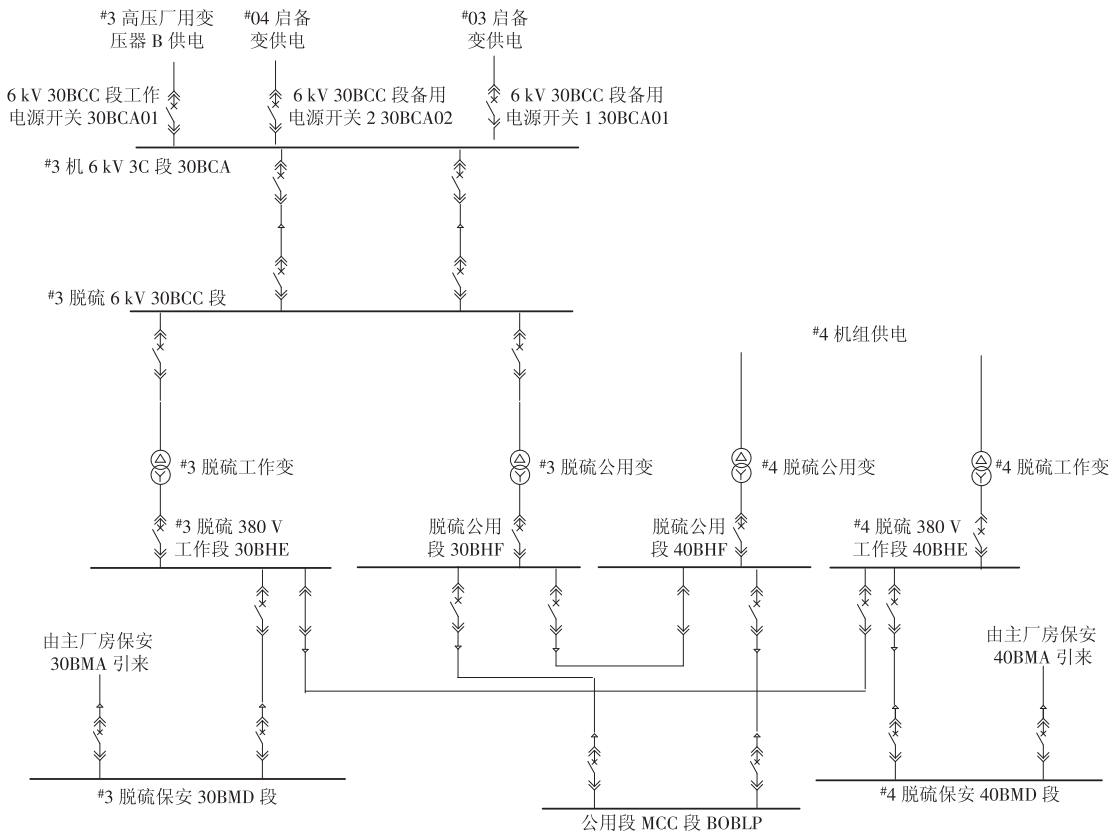


图 1 原脱硫装置厂用电供电系统

依据《火力发电厂厂用电设计技术规定》<sup>[2]</sup> 计算,原高压厂用变压器 B 及脱硫 6 kV 段容量能够满足改造后要求。

依据厂用电接线原则,应保证对厂用负荷可靠和连续供电,且将 2 台机组之间的影响降至最低<sup>[3]</sup>。由于每台机组只设 2 段脱硫 6 kV 段且 2 路进线电源均来自相应机组厂用 6 kV C 段,在运行中存在安全隐患,且取消旁路后对脱硫装置电气系统的可靠性要求更高。本次升级改造决定将脱硫装置 6 kV 备用进线电源改为相应机组启备变供电,具体方案为: #3 机组在启备变封母接入主机 6 kV 3C 段备用电源开关 30BCA05 上端封母处开孔,进行封闭母线 T 形接线<sup>[3-4]</sup>,然后将 T 接封母引到位于主机 6 kV 3C 段 #13 柜的脱硫备用电源开关 30BCA13 柜顶,接入新增的电流互感器箱,再接入脱硫备用电源进线母排。#13 柜和 #14 柜内之间的母排做锯断处理,母线室侧壁加装封板,使其完全隔离。新增保护电流互感器用于 #03 启备变差动保护及后备保护,参照设计规范,新增保护电流互感器的选择与原有 #03 启备变低压侧电流互感器选取一致,主机 6 kV C 段的脱硫 6 kV 备用电源进线开关至脱硫 6 kV 母线电缆经过负荷计算后,可以利用原有设备。

改造后的接线图如图 2 所示。

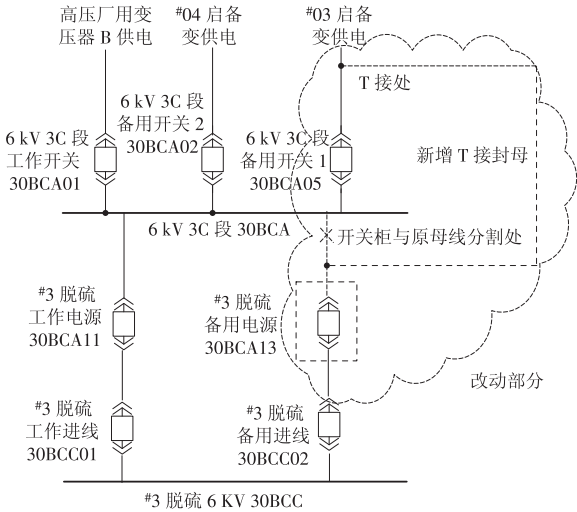


图 2 #3 脱硫装置 6 kV 厂用电改造接线

4 启备变 T 形接线后的分支保护设计

#03 启备变保护采用是 GE 保护 T35 装置,由于 T35 装置已无备用电流通道且不能再增加电流插件,所以怎么实现新增 T 形接线分支的保护成为研究的重点。

根据二次保护设计规定<sup>[5-6]</sup>,经过多种方案的研究,决定实施以下设计方案。

(1)在开关柜 30BCA13 上方增加保护电流互感器,将新增分支和原 30BCA05 分支经由 #03 启备变低电压保护装置 F35 实现分支过流保护,取消 #03

启备变分支 30BCA05 的分支过流保护。

(2) #03 启备变保护低压侧分支 40BCA05 电流和新增 40BCA13 分支电流先经启备变保护低电压保护装置 F35 汇流后进入 #03 启备变保护装置 T35, 实现 #03 启备变差动保护。

(3) 由于原来启备变保护出口箱的出口继电器已经饱和, 所以将原来 #03 启备变过负荷启动风扇回路改由经 T35 直接出口至启备变冷控柜, 在启备变冷控柜安装一个中间继电器, 由中间继电器启动风扇。空出两个出口用于新增分支开关的跳闸回路。

(4)原开关 30BCA13 的保护装置 AREVE 的 P141 保留,实现开关下侧的保护。

这种设计方案实现了原来分支和新增分支的全面可靠保护,消除了保护死区,极大地节省了改造费用<sup>[7]</sup>。

## 5 负荷优化调整

由于<sup>#</sup>3机组脱硫装置6 kV及380 V工作段各只有一段母线,虽然脱硫装置厂用电接线方式经过调整,大大提高了6 kV母线的可靠性,但在母线失电等极端情况下,机组排放无法满足排放限值的要求,故需要对脱硫装置负荷进行优化调整。原脱硫装置6 kV段布置了3台浆液循环泵、2台氧化风机。吸收塔加高后,浆池区增加9 m,第3层喷淋层与除雾器之间抬高4.6 m,浆池容积由1 471 m<sup>3</sup>增加到2 942 m<sup>3</sup>,浆液循环停留时间为3.84 min。保留第1层、第2层6 500 m<sup>3</sup>/h喷淋层,第3层增加到11 000 m<sup>3</sup>/h,并新增2层11 000 m<sup>3</sup>/h的喷淋层,改造后总喷淋体积流量达到46 000 m<sup>3</sup>/h,液气比(L/G)为22.12 L/m<sup>3</sup>,3台浆液循环泵进行了更换。改造后5台循环泵电源功率分别为630,630,1 000,1 120,1 250 kW。对5台浆液循环泵与2台氧化风机进行优化组合,分段布置,确保即使一段6 kV母线失电,二氧化硫的排放质量浓度也能达到排放限值的要求,从而保证机组正常运行。经分析计算,系统选择<sup>#</sup>1,<sup>#</sup>2,<sup>#</sup>4浆液循环泵与<sup>#</sup>3,<sup>#</sup>5浆液循环泵分段运行,分配达到最优。要达到环境保护部、国家发展和改革委员会、国家能源局下发的《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》里面二氧化硫出口质量浓度(标态)35 mg/m<sup>3</sup>的要求,机组不同负荷情况下、“超低排放”对相应吸收塔入口二氧化硫质量浓度限值见表1。

根据表 1 计算结果,参照 #3 机组正常运行情况,将 #1 氧化风机和 #1, #2, #4 浆液循环泵电源移至主机 6kV C 段供电。分段运行时,即使脱硫装置 6kV 母线失电且机组运行在最大负荷,系统也能保

表 1 #3 机组不同负荷情况下 6kV 母线单段运行二氧化硫质量浓度限值

| 机组负荷<br>(600 MW) | 单段运行浆<br>液循环泵 | “超低排放”要求/<br>( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) | 对应吸收塔入口/<br>( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |
|------------------|---------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 50%              | #1, #2, #4    | 35                                               | 1 260                                           |
| 75%              | #1, #2, #4    | 35                                               | 1 100                                           |
| 100%             | #1, #2, #4    | 35                                               | 975                                             |
| 50%              | #3, #5        | 35                                               | 1 060                                           |
| 75%              | #3, #5        | 35                                               | 930                                             |
| 100%             | #3, #5        | 35                                               | 842                                             |

证相应的吸收塔入口二氧化硫质量浓度满足“超低排放”的要求,降低了事故发生的概率,极大地提高了机组的安全性。

本次改造同样对 380 V 低压负荷进行了优化设计,每台机组新增加一台脱硫工作变,由主机 6 kV C 段供电,与原机组脱硫工作段负荷互为备用。将原 #3, #4 机组的脱硫工作段之间的母联开关拆除,消除两台机组脱硫装置厂用电之间的影响,提高脱硫装置 380 V 系统的安全、稳定性。改造后的 #3 机组脱硫装置厂用电接线图如图 3 所示。

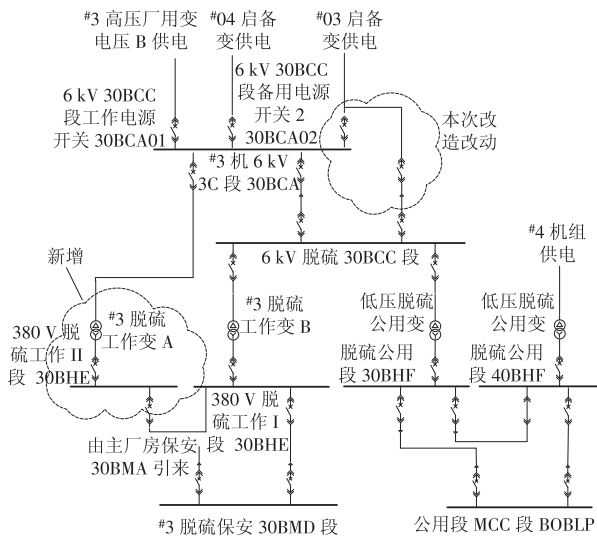


图3 改造后的#3脱硫装置厂用电接线

## 6 结束语

由于环保要求日趋严格,各个电厂都在进行升级改造,但许多机组由于设计时未考虑系统负荷的重要性,所以厂用电配置方面不是很完善。系统进行增容改造时,在保证安全的前提下对厂用电进行优化设计,既可节省改造资金,又能达到资源最优配置。本文所述改造设计方案是在前期可行性研究过程中层层筛选后的结果,改造结果符合预期,极大地节省了改造成本。

(下转第 72 页)

到标么化后的功率值,见表 5。

表 5 #15, #22 风机功率标么值

| 风速区间/<br>( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | #15 风机                                    |           | #22 风机                                    |           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|-----------|
|                                             | 风速/<br>( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 功率标<br>么值 | 风速/<br>( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 功率标<br>么值 |
| 2.75 ~ 3.25                                 | 3.01                                      | 0.02      | 3.00                                      | 0.02      |
| 3.25 ~ 3.75                                 | 3.52                                      | 0.05      | 3.51                                      | 0.04      |
| 3.75 ~ 4.25                                 | 4.04                                      | 0.07      | 4.03                                      | 0.08      |
| 4.25 ~ 4.75                                 | 4.55                                      | 0.11      | 4.53                                      | 0.11      |
| 4.75 ~ 5.25                                 | 5.02                                      | 0.15      | 5.01                                      | 0.17      |
| 5.25 ~ 5.75                                 | 5.53                                      | 0.21      | 5.59                                      | 0.28      |
| 5.75 ~ 6.25                                 | 5.99                                      | 0.27      | 6.00                                      | 0.32      |
| 6.25 ~ 6.75                                 | 6.50                                      | 0.31      | 6.48                                      | 0.40      |
| 6.75 ~ 7.25                                 | 7.00                                      | 0.37      | 6.98                                      | 0.47      |
| 7.25 ~ 7.75                                 | 7.44                                      | 0.48      | 7.48                                      | 0.57      |
| 7.75 ~ 8.25                                 | 7.97                                      | 0.60      | 8.01                                      | 0.71      |
| 8.25 ~ 8.75                                 | 8.50                                      | 0.66      | 8.49                                      | 0.77      |
| 8.75 ~ 9.25                                 | 9.01                                      | 0.76      | 8.88                                      | 0.80      |
| 9.25 ~ 9.75                                 | 9.48                                      | 0.83      | 9.45                                      | 0.90      |
| 9.75 ~ 10.25                                | 10.00                                     | 0.93      | 10.03                                     | 0.96      |
| 10.25 ~ 10.75                               | 10.51                                     | 0.99      | 10.54                                     | 0.98      |
| 10.75 ~ 11.25                               | 11.01                                     | 0.99      | 10.99                                     | 0.99      |

将上表绘制成图,如图 2 所示。

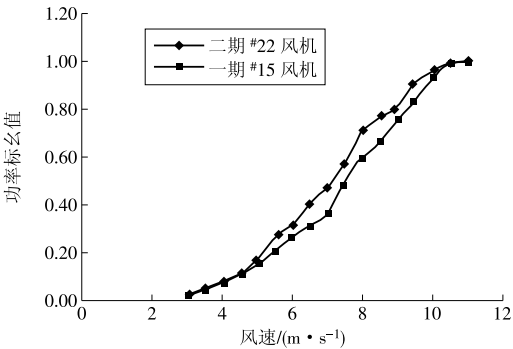


图 2 #15, #22 风机功率标么值对比

由图 2 可知,将功率标么化处理,二期 #22 风机在 2 ~ 5 m/s 和 10 m/s 以上风速段的功率曲线与一期 #15 风机功率曲线差异较小;5 ~ 10 m/s 风速段

(上接第 61 页)

参考文献:

[1] 火电厂大气污染物排放标准:GB 13223—2011[S].  
[2] 火力发电厂厂用电设计技术规定:DL/T 5153—2014[S].  
[3] 周鹤良. 电气工程师手册[M]. 北京:中国电力出版社, 2008:891—893.  
[4] 谭鹏展. 环保改造中厂用电系统调整方案的确定[J]. 华电技术, 2015, 37(9): 63—64.  
[5] 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程: DL/T

内,二期 #22 风机功率曲线优于一期 #15 风机。由于本次测试的结果可以直观地进行对比,故不做 AEP 对比,AEP 计算方法可参考 IEC 61400—12—1—2015 标准。

3 结束语

风机功率曲线测试广泛应用于风机性能评估、质保结束前验收和健康运行中,难点在于如何精准地测量功率曲线并进行不同型号风机功率曲线的对比分析。

采用具有多普勒效应的激光雷达测风仪并参考 IEC 61400—12—1—2015 标准对风机进行功率曲线测试,将测试所得功率曲线进行功率标么化处理,可非常直观地进行不同型号风机功率曲线对比分析,可为风电场机组优化选型提供数据支撑。

参考文献:

[1] 尹子栋,付德义. 激光雷达测风仪在风电机组功率曲线测试中的应用[J]. 可再生能源, 2013, 31(4): 100—102, 106.  
[2] 张秋生. 风力发电机组功率曲线考核初探[J]. 风力发电, 2004, 20(3): 27—29.  
[3] 易雯岚. 风电机组选型及风电场优化设计研究[D]. 北京:华北电力大学, 2011.  
[4] Wind turbines part 12—1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines: IEC 61400—12—1—2015[S].  
[5] 潘宁. 基于激光雷达测风仪的风电机组功率曲线测试方法研究[J]. 节能技术, 2013, 31(2): 112—115.  
[6] 马东. 激光雷达测风仪在风电机组偏航误差测试中的应用研究[J]. 应用能源技术, 2015(11): 5—7.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

雷阳(1989—),男,江西九江人,工程师,工学硕士,从事新能源检测诊断技术、大数据分析、风资源分析、振动分析与故障诊断技术等方面的研究(E-mail: leiyangcn@126.com)。

5136—2012[S].

[6] 电力装置的继电保护和自动装置设计规范: GB/T 50062—2008[S].  
[7] 毛锦庆. 电力系统继电保护汇编[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

王东亚(1983—),男,河南商丘人,工程师,从事电厂检修管理工作(E-mail: dongya\_2000@163.com)。