

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.10.005

# 火力发电厂环保岛供电方案分析

Analysis of a power supply scheme for SRS in a thermal power plant

卢成志<sup>1</sup>,高林涛<sup>1</sup>,林骞<sup>2</sup>

LU Chengzhi<sup>1</sup>,GAO Lintao<sup>1</sup>,LIN Qian<sup>2</sup>

(1. 华电电力科学研究院有限公司,杭州 310007;2. 杭州钱塘电力工程有限公司,杭州 310007)

(1. Huadian Electric Power Research Institute Company Limited, Hangzhou 310007, China; 2. Hangzhou Qiantang Electric Power Engineering Company Limited, Hangzhou 310007, China)

**摘要:**随着环保排放指标的提高,原有火电环保设施已经无法满足新的污染物排放限值,需要对环保设施的供/配电系统进行扩容改造。环保岛电源的引接方案是改造的重点研究方向之一。通过对比、分析某电厂环保岛电源引接方式和脱硫系统改造方案,给出了合理的改造技术方案。

**关键词:**供电方案; 高压脱硫变; 共箱母线; 和电流; 环保岛

**中图分类号:**TM 45      **文献标志码:**A      **文章编号:**1674-1951(2019)10-0020-04

**Abstract:** With the improvement of the environmental emission index, the original environmental protection facilities of thermal power plants have been unable to meet the requirement of new pollutant emission limits. Retrofitting on power supply and power distribution system has to made for environmental protection facilities, in which the power supply connection scheme for the simultaneous removal of multi-pollutant system(SRS) becomes the main research area. Through the comparison and analysis on power supply scheme for SRS and the retrofitting scheme for desulfurization system, a reasonable technical scheme was given.

**Keywords:** power supply scheme; high voltage desulfurizing transformer; nonsegregated phase busbar; cumulative current; simultaneous removal of multi-pollutant system

## 0 引言

截至2017年年底,我国发电装机总容量达 $17.80 \times 10^8$  kW,同比增长7.7%,其中火电装机容量达 $11.06 \times 10^8$  kW,发电量更是占到了全国口径的72.5%<sup>[1]</sup>。火力发电在今后很长时间内仍将是我国电力供应的中坚力量,而火电厂排放的大量烟气已成为我国雾霾天气的一个不容忽视的原因。根据我国环境保护部2011年发布的《火电厂大气污染物排放标准》:2014年7月1日起,现有火力发电锅炉及燃气轮机执行标准规定烟尘、二氧化硫、氮氧化物和烟气黑度排放限值<sup>[2]</sup>,重点地区需要执行特别排放限值,重点行业主要大气污染物排放强度到2017年年底要下降30%以上<sup>[3]</sup>。

而随着电厂来煤渠道日趋复杂,煤炭质量与锅炉设计煤种的偏差较大,实际运行中的燃煤含硫率、灰分等指标远大于环保设施的设计值,现有的环保

设施已无法应对煤种的频繁变化,电厂的排放指标也无法达到新的排放限值,很多电厂不得不对环保设施的瓶颈环节进行升级改造<sup>[4]</sup>。这就导致电厂厂用电率大幅提高,原有的供/配电系统也必须进行相应的升级改造。

## 1 环保岛概述

环保岛(SRS),是对烟气系统进行整体设计、统一优化、合并可共用部分后的污染物协同脱除系统。“环保岛”概念的提出,体现了火电厂环保治理在排放端从点源治理向面源多维管控的拓展,是对火电厂脱硫、脱硝、除尘三大烟气污染治理环节的全方位管理。

## 2 电厂脱硫、脱硝、除尘设施供电方式

### 2.1 脱硫系统工作电源引接方式

(1)脱硫高压工作电源可由高压脱硫变压器(以下简称高压脱硫变)提供<sup>[5]</sup>。脱硫高压备用电源可由电厂启动/备用变压器的低压侧引接。

(2)当脱硫高压工作电源由高压厂用工作母线引接时,其备用电源也可由另一高压厂用工作母线引接<sup>[6-7]</sup>。

## 2.2 脱硝系统电源引接方式

脱硝系统用电负荷一般不大,主要以低压负荷为主,通常由就近的动力中心(PC)或电动机控制中心(MCC)引接。

## 2.3 除尘系统电源引接方式

除尘系统的用电负荷一般较为集中,主要包括电除尘器或布袋除尘器及其配套辅机的用电负荷。除尘变压器(以下简称除尘变)高压侧的电源通常引自厂用高压工作母线或选择就近引接,并在现场设置除尘低压段。

## 3 电厂脱硫改造电源引接方案分析

新增用电负荷的大小对改造方案的影响至关重要。在工程设计中,应严格按照厂用电负荷计算方法进行计算,并参照电厂电气控制系统(ECS)中各电源馈线数据,特别是高压厂用工作变压器(以下简称高厂变)或高压脱硫变运行的历史数据进行分析,确定其最大负荷、最大负荷的持续时间、高厂变/高压脱硫变的油温和绕组温度<sup>[8]</sup>,复核原有设备的备用容量是否可以满足改造后新增用电负荷的要求。

若新增负荷不大,高厂变或高压脱硫变的容量可以满足新增负荷的要求,改造工作量不大、投资少、工期短;若新增负荷较大,原有高厂变或高压脱硫变容量无法满足新增负荷的要求,则应根据原有厂用电系统引接方式确定合理的电源引接改造

方案。

### 3.1 脱硫系统增容改造案例

以贵州某4×600 MW火电厂环保岛的脱硫系统增容改造方案为例:在保持原有脱硫系统不变的基础上,每台机组新增1座脱硫吸收塔(B),2个采用串联式布置的脱硫吸收塔烟气系统的工艺流程如图1所示,厂用电系统如图2所示。

该方案需对原有增压风机进行增容,新建脱硫塔设置2台浆液循环泵(1/2E,1/2F),3台氧化风机(1/2D,1/2E,1/2F),以及制浆和石膏脱水系统,新增电负荷的计算见表1。

### 3.2 脱硫系统增容改造供电方案

脱硫6 kV A段和B段只有增压风机功率由3900.0 kW增容为6000.0 kW,其他馈线负荷均不变。脱硫6 kV A段和B段新增计算负荷(换算系数为0.85) $=2 \times (6000.0 - 3900.0) \times 0.85 = 3570.0$  (kW)。脱硫6 kV C段和D段新增计算负荷 $=7251.5 + 7251.5 - 3065.0 = 10898.0$  (kW)。脱硫系统增容改造新增计算负荷 $=10898.0 + 3570.0 = 14468.0$  (kW)。

每台机组原设置2台31.5 MV·A高厂变和1台25 MV·A高压脱硫变,其备用容量均无法满足新增用电负荷的要求,需要新增或更换高压脱硫变。根据主厂房A排柱外电气设备布置情况,已经没有安装变压器的空间,因此只能采取更换原有高压脱硫变的方案<sup>[9-11]</sup>。根据DL/T 5153—2014《火力发电厂厂用电设计技术规定》相关条文:“高厂变的容量宜按高压、低压厂用电的计算负荷之和选择”<sup>[12]</sup>。更换后的高压脱硫变容量(S)按原有高压脱硫变容

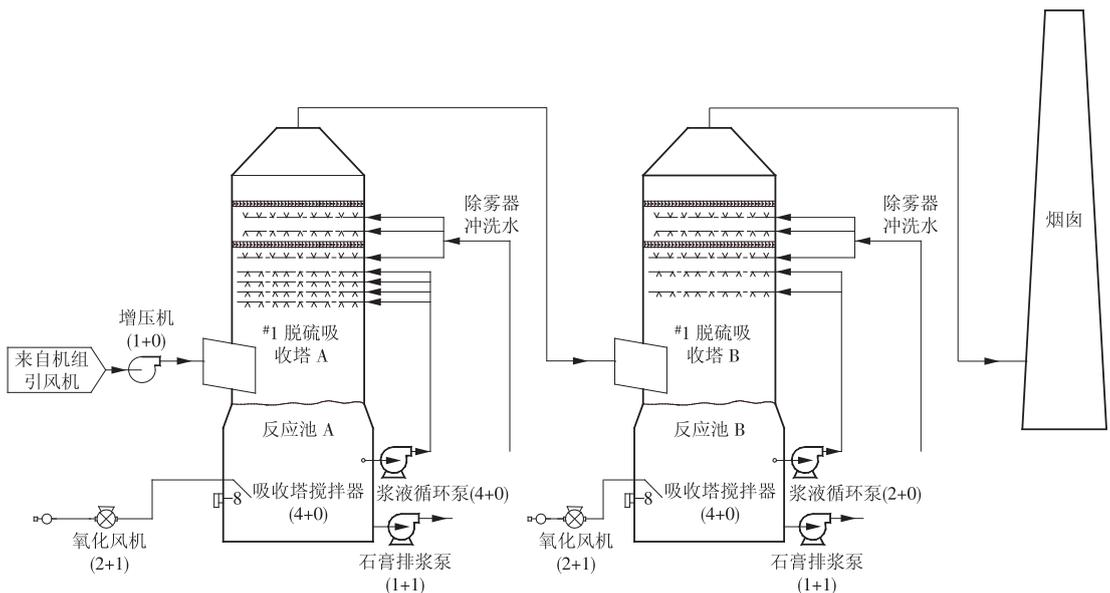


图 1 脱硫塔工艺流程

Fig.1 Technological process of desulfurization towers

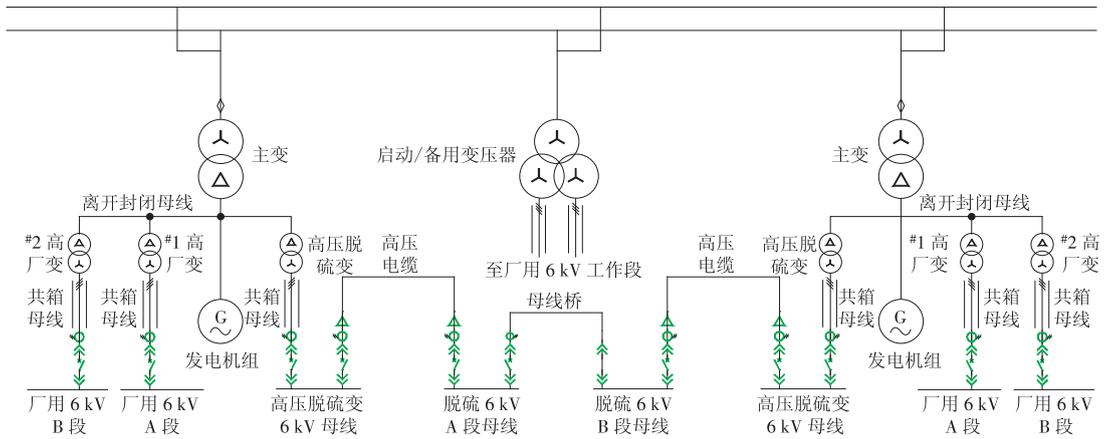


图 2 厂用电系统图

Fig. 2 Diagram of power supply system for station

表 1 新增用电负荷

Tab. 1 New electrical load

设备名称	电压等级/kV	额定容量/kW	换算系数	脱硫 6 kV C 段母线			脱硫 6 kV D 段母线			重复计算容量/kW
				安装台数	工作台数	计算容量/kW	安装台数	工作台数	计算容量/kW	
1E,2E 浆液循环泵	6	900.0	0.85	1	1	765.0	1	1	765.0	
1F,2F 浆液循环泵	6	1000.0	0.85	1	1	850.0	1	1	850.0	
1B,2B 湿式钢球磨煤机	6	1300.0	0.85	1	1	1105.0	1	1	1105.0	1105.0
1B,2B 真空泵	6	450.0	0.85	1	1	382.5	1	1	382.5	0
1D,1E,1F 氧化风机	6	970.0	0.85	3	2	1649.0	0	0	0	
2D,2E,2F 氧化风机	6	970.0	0.85	0	0	0	3	2	1649.0	
#0B 低压脱硫变	6	2500.0	1.00	1	1	2500.0	0	1	2500.0	2500.0
合计						7251.5			7251.5	3065.0

注:1B,2B 湿式钢球磨煤机为公用系统,运行方式为 1 用 1 备;#0B 低压脱硫变为 2 台机组公用。

量加脱硫改造新增负荷之和来选取,  $S = 25\,000 + 14\,468 = 39\,468 \text{ (kV} \cdot \text{A)}$ 。因此更换后的高压脱硫变容量确定为  $40\,000 \text{ kV} \cdot \text{A}$ ,主变压器(以下简称主变)型号为 SF - 40000/22 kV,变比为  $(22 \pm 2 \times 2.5\%) \text{ kV}/6.3 \text{ kV}$ ,低压绕组电压( $U$ )为  $6.3 \text{ kV}$ ,短路阻抗电压  $U_k\% = 14\%$ ,连接组别 D, Yn1。新更换的高压脱硫变低压侧电流  $I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = 40\,000 \div (\sqrt{3} \times 6.3) = 3\,666 \text{ (A)}$ 。

QF1 开关的额定电流  $3\,150 \text{ A}$ ,短路开断能力  $50 \text{ kA}$ ;电流互感器 2 (CT2) 的变比为  $3\,000/5$ ;共箱母线额定电流为  $3\,150 \text{ A}$ 。因此原有的共箱母线、QF1 开关和 CT2 均无法满足改造后的要求。根据上述分析,有以下 2 种电气改造方案。

(1)方案 1:将 QF1 更换为  $4\,000 \text{ A}$  的真空断路器,CT2 更换为变比  $4\,000/5$  的电流互感器,共箱母线更换为额定电流  $4\,000 \text{ A}$  的共箱母线,如图 3 所示。

(2)方案 2:保留原有 QF1 开关柜和共箱母线,新增 QF2 开关和 CT3,新增  $2\,000 \text{ A}$  共箱母线,如图 4

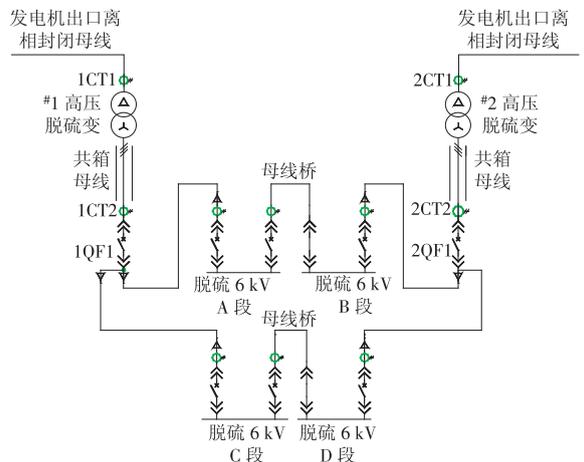


图 3 电气改造方案 1

Fig. 3 Electrical renovation scheme 1

所示。

二次系统改造,保持原高压脱硫变保护装置及接线不变,高压脱硫变差动保护接入高压侧 CT1 电流,低压侧将 CT2,CT3 二次电流合并接入高压脱硫变保护屏,以“和电流”接入高压脱硫变差动保护装

置和低压侧后备保护装置,  $I_2$  和  $I_3$  分别为高压脱硫变低压侧 2 支分支回路电流,  $I_1 = I_2 + I_3$ 。1CT3 和 2CT3 为新增脱硫 6 kV C 段和脱硫 6 kV D 段的电源进线 CT。以上 2 种改造方案进行经济技术比较, 见表 2。

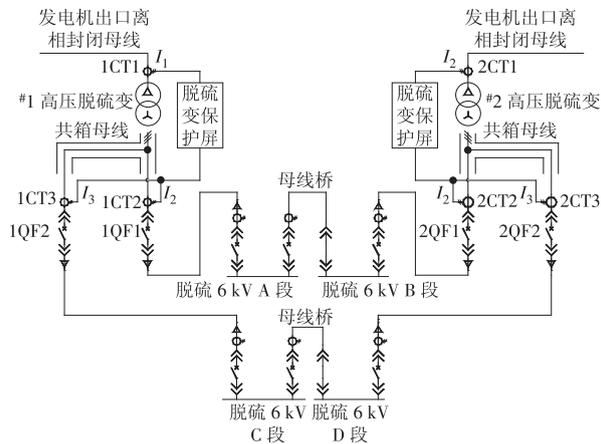


图 4 电气改造方案 2

Fig. 4 Electrical renovation scheme 2

表 2 技术经济比较

Tab. 2 Technical and economic comparison

项目	设备名称	规格型号	数量	总价/万元
方案 1	共箱母线	4000 A, 铜导体	50 m	60
	6 kV 开关柜	4000 A, 50 kA	1 台	20
	合计			80
方案 2	共箱母线	2500 A, 铜导体	50 m	35
	6 kV 开关柜	2500 A, 50 kA	1 台	15
	合计			50

根据经济性的比选, 该工程采用了方案 2, 共箱母线改造布置如图 5 所示。

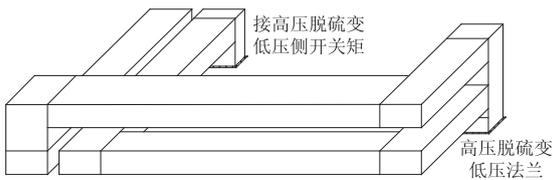


图 5 共箱母线改造布置

Fig. 5 Renovation layout of nonsegregated phase busbar

## 4 改造中应注意的主要问题

(1) 采用“和电流”的 2 组 CT 的变比必须一致, 并来自同厂家、同批次, 保证其伏安特性的一致性, 接线时还需特别注意 2 组 CT 的极性必须保持一致。

(2) 应对电厂主变、启动/备用变压器、高厂变、高压脱硫变的连接组别进行合理规划, 确保高压脱硫变、启动/备用变压器和高压厂用变压器的 6 kV 侧是同相位, 具备变压器瞬时并列运行的条件。

(3) 高压脱硫电源切换应采用厂用电快速切换

装置, 确保电源切换时机组不跳机。

## 5 结论与建议

通过对火力发电厂环保岛电源引接方案的分析, 并针对脱硫系统供电增容改造方案做了详细论证, 得出以下结论。

(1) 环保岛电源的引接和用电负荷的连接, 应与机务专业充分沟通、合理规划, 同时满足安全性与经济性。

(2) 如果原有厂用电系统设置有高压脱硫变, 可考虑更换高压脱硫变或新增 1 台高压脱硫变的方案。

如果原有厂用电系统未设置高压脱硫变, 厂用电系统采用 1 台双分裂高压厂用变压器, 并新增 1 台高压脱硫变; 厂用电系统采用 2 台高厂变, 可考虑更换 1 台高厂变或新增 1 台高压脱硫变。

(3) 系统改造时应通过技术经济比选确定供电方案, 并尽量利用原有设备, 以降低工程造价。

## 参考文献:

- [1] 国家能源局. 2017 年全国电力可靠性年度报告[R/OL]. (2018-06-06) [2019-05-01]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/auto79/201806/t20180606\\_3191.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/auto79/201806/t20180606_3191.htm).
- [2] 火电厂大气污染物排放标准: GB 13223—2011[S].
- [3] 薛永明. 燃煤热电企业环保升级改造技术[J]. 能源研究与利用, 2015(5): 53—55.
- [4] 马良, 陈超. 常规燃煤电厂超低排放技术路线分析[J]. 山西建筑, 2014, 40(28): 218—219.
- [5] 赵朝阳. 火电厂烟气脱硫装置高压供电方式的分析[J]. 电工技术, 2010(10): 51—52.
- [6] 莘守亮. 火力发电厂无旁路烟气脱硫电气系统设计[J]. 华电技术, 2013, 35(3): 70—73.
- [7] 刘洋, 李霞. 600 MW 级机组启动/备用电源引接方式优化[J]. 能源与环境, 2007(5): 50—52, 56.
- [8] 韦浩. 六安电厂 2 × 1000 MW 机组高压厂用电接线方案研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2017.
- [9] 朱月涌, 史朝晖, 许卫东. 论脱硫系统 6 kV 接线[J]. 水利电力机械, 2007(9): 42—46.
- [10] 白德龙. 火力发电机组环保设施改造厂用电源的选择及其优化[J]. 电力设备管理, 2016(2): 77—79.
- [11] 丁益民, 程琳, 丁柱元. 600 MW 级机组厂用电系统优化设计及方案比较[J]. 华电技术, 2012(4): 18—22, 76.
- [12] 火力发电厂厂用电设计技术规程: DL/T 5153—2014[S].

(本文责编: 陆华)

## 作者简介:

卢成志(1978—), 男, 吉林省磐石人, 高级工程师, 从事发、变电设计和新能源发电领域的研究工作 (E-mail: 44524889@qq.com)。