

# Discussion on the Effective Measures to Reduce the Power Consumption Rate of Coal-fired Generating Units

Zixiang Mo

Shangqiu Yudong Power Generation Co., Ltd., Shangqiu, Henan, 476600, China

## Abstract

The power consumption rate is one of the important operating indicators of coal-fired units, and it is also a representative of the operation and management level of power plants. It has important guiding significance for energy saving and carbon reduction and production cost saving. With the influence of the gradual aging of coal-fired units in operation, frequency modulation, the installed capacity of new energy and other factors, the load rate of units is low for a long time, the utilization hours decrease year by year, and the power consumption rate shows a trend of increasing year by year. Therefore, how to effectively reduce the power consumption rate is one of the severe situations faced by power plants. This paper expounds the causes of the power consumption rate of coal-fired units, deeply analyzes the influencing factors of the power consumption rate of domestic coal-fired units, puts forward the corresponding methods and measures, and calculates the economic benefits of coal-fired units combined with the operating cost of coal-fired units.

## Keywords

coal-fired generating units; station service power consumption rate; methods measures

## 燃煤机组降低厂用电率有效措施的探讨

莫紫翔

商丘裕东发电有限责任公司, 中国 · 河南 商丘 476600

## 摘要

厂用电率是燃煤机组重要的经营指标之一,也是反映机组技术先进水平的风向标,代表发电厂的运行及管理水平,对于节能降碳,节约生产成本有着重要的指导意义。随着在运燃煤机组设备逐渐老化,调频调峰,新能源装机容量逐年提高等因素的影响,机组负荷率长期偏低,利用小时数逐年下降,厂用电率呈现逐年升高的趋势。因此,如何有效降低厂用电率,是电厂面临的严峻形势之一。论文阐述了燃煤机组厂用电率产生的成因,针对国内燃煤机组,深入分析厂用电率的影响因素,提出相应的方法措施,并结合燃煤机组经营成本测算其经济效益。

## 关键词

燃煤机组; 厂用电率; 方法措施

## 1 引言

厂用电率,是指电厂在电力生产过程中,一个时间段内自身消耗的电量占发电总量的百分比。

计算公式:

$$\eta(\%) = W_f - W_{sw} / W_f$$

式中,  $W_f$  为单位时间内的发电量;  $W_{sw}$  为单位时间内的上网电量。

降低厂用电率,实际就是减少发电厂自身用电量,提高上网电量,降低生产成本。据初步调查了解,目前国内燃煤机组厂用电率: 300MW 机组 7%~9%, 600MW 机组 5%~7%, 1000MW 机组 3%~5%。

## 2 影响厂用电的因素及分析

首先,在设计上燃煤机组辅机设计裕量相对偏大,同时随着“节能降碳”,除尘、脱硫、脱硝的大量环保改造工作,给辅机运行带来新的不平衡。

其次,随着电力市场的政策变动,尤其是新版“两个细则”实施以后,受调峰,一次调频,进相运行等因素影响,机组长期低负荷运行,厂用电率趋势逐年增大。

最后,煤炭市场价格忽高忽低,以 2022 年为例,电煤价格全年居高不下,“五大发电集团”亏损严重,部分火电厂为了降低经营成本,采购低热值煤,如末煤、中煤,更有甚者掺烧煤泥,这些情况严重偏离设计煤种,给锅炉的安全性造成很大隐患。随着新能源装机容量逐年增高,对火电机组的挤压更甚,在运机组不断突破深调的下限,随之带来的是更高的厂用电。

【作者简介】莫紫翔(1990-),男,中国河南永城人,本科,助理工程师,从事电气工程研究。

### 3 厂用电率的影响因素

#### 3.1 间接因素

①机组的效率，包括锅炉效率、汽轮机效率、发电机效率，据调查统计数据表明，燃煤电厂的能量转化效率约40%，热效率仅有35%~45%<sup>[1]</sup>。锅炉和汽机的能量损失主要为热损失，尤其以汽轮机排汽热量损耗，锅炉排烟热量损耗，管道输送热量损失占比最高，这会间接影响厂用电。

②机组的运行情况和运行方式，例如钢球磨煤机的装球量，风机的风门开度，风烟系统含氧量，一次风和二次风的配比，除尘系统、输灰系统的阻力，备用变压器负载情况等，这些因素也会影响厂用电。

#### 3.2 直接因素：常用转动辅机的耗电

电厂辅机系统，如锅炉风烟系统、制粉系统、给水、循环水系统、油系统、脱硫系统、电除尘系统的大功率电机，化学水处理设备、燃料上煤设备、供热时期的各种运转设备等，是主要消耗用电的设备<sup>[2]</sup>。以常见的给水泵、引风机为例：300MW机组的给水泵功率在5000kW以上，引风机功率在3000kW以上；1000MW机组的给水泵功率普遍在10000kW以上，引风机功率在5000kW以上。

中国某600MW机组2023年度辅机耗电量占比统计见图1。

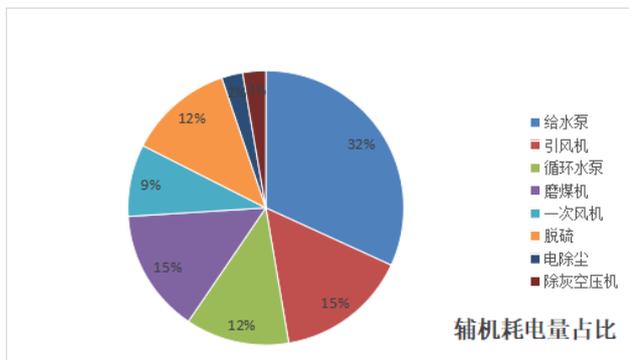


图1 国内某600MW机组2023年度辅机耗电量占比统计

给水泵、引风机占比47%，接近全年耗电量的一半；循环水泵、磨煤机、一次风机占比36%，也是耗电大户；脱硫系统占比12%，不容忽视。

此外，给水泵、循环水泵及引风机、送风机的严密性、调门开度，各类泵的效率及运行人员的调整操作，也会影响电机的耗电量。

### 4 降低厂用电的方法措施

#### 4.1 减少能量损耗和热损失

加强循环水系统、泄水系统，化学水处理系统等管道腐蚀及漏水的治理，减少系统补水量，从而减少各类水泵的启停操作；加强锅炉风烟系统漏风治理，巡视时重点关注锅炉的冷灰斗周边、水封、关断门、人孔门、看火孔、风烟挡板的法兰面和门轴、防爆门等部位，发现漏洞及时封堵；空

预器随着长期运行受热不均及热应力影响，普遍存在漏风现象，可采用柔性密封、接触式密封等技术进行修复；此外保温缺失及破损区域的修复，可有效减少热损耗，提高锅炉的效率，间接降低燃煤机组的能耗。据统计数据表明，厂用电率每下降1%，可降低3.5%的供电煤耗。

#### 4.2 优化机组的运行方式

##### 4.2.1 制粉系统

①优化磨煤机运行方式。根据煤质及每台磨煤机特性，尽可能保证磨煤机最大出力运行，根据负荷变化及时启、停磨煤机，此外磨煤机应对比长期负荷工况，选择最佳钢球装载方案，如长期低负荷工况运行则适当减少钢球装载量，从而降低磨煤机电耗。

②提高磨煤机出、入口温度，监视冷风门的严密性，运行中尽可能保证每台磨入口风门在较大的开度，减少风门节流损失；可加装一次风冷却器降低磨煤机入口风温，加强空预器换热，降低排烟温度；或采用一次风压母管压力调节的方式，可有效降低一次风机电耗。

##### 4.2.2 风烟系统

①严格氧量控制。过剩空气系数是造成风机流量增加的原因之一，不同煤种和负荷对应不同的过剩空气系数，可通过试验并结合煤质情况优化确定各工况氧量控制参数，从而优化送风机、引风机电流及一次风和二次风的配比。

②引风机与增压风机单耗合并监测、分析与调整<sup>[3]</sup>。开展引风机与脱硫增压风机不同负荷下的试验，在维持增压风机入口微正压的前提下，选取总耗电量的最小点工况，设立最佳运行曲线。

③降低系统运行阻力。空预器、除尘器、脱硫除雾器、脱硫GGH、脱硝催化剂、低温省煤器等普遍设置差压监测装置，发现差压有增大趋势及时进行吹灰、吹扫或冲洗，保证较低压差运行，降低系统运行阻力。

##### 4.2.3 除尘系统

①电除尘设备治理，如保持合适的极板间距、治理极板弯曲变形、阴极线脏污、振打装置缺陷等。针对电袋除尘器，可以采用优化袋区的喷吹时间及间隔，合理控制好布袋的压差，既降低了引风机电耗还能延长布袋的使用寿命。以河南省某300MW机组为例，2023年8月份更换除尘器布袋，并调整喷吹时间后，当月的厂用电率由10.2%降至7.8%。

②电除尘智能集中节能自动控制。自动管理和控制电除尘器高低压等各设备的运行，通过工况特性分析及反馈控制，自动选择高压供电的间歇供电占比和运行参数，使设备始终运行在功耗最小、效率最高的理想状态。

③优化输灰系统运行方式。根据机组负荷、输送系统的运行情况来设定输灰系统仓泵进料时间，减少空压机能耗。

##### 4.2.4 脱硫系统

①优化浆液循环系统运行。湿法脱硫工艺中，在确保

浆液密度合理前提下,停运一台浆液循环泵而保证脱硫效率不降低;合理控制脱硫吸收塔液位,既可提高反应区浓度,也可以有效降低浆液循环泵和氧化风机运行时长。

②采用脱硫添加剂。添加脱硫增效剂,可以减少浆液泵全容量运行时间,提高反应能力,降低浆液泵运行时长,节省电耗。

③加强GGH吹灰管理。对于具有GGH的脱硫装置,必须加强吹灰管理,可加装蒸汽吹灰装置,降低GGH系统的阻力。

#### 4.2.5 循环水系统

①大部分燃煤机组均采用了动叶可调式或采用高低速循环水泵的运行方式,应通过试验明确循环泵台数与循环水温度、排汽压力对应最佳运行曲线,严格执行。

②循环水系统节水。根据水源水质及深度节水要求,试验确定循环水处理工艺,采用循环水浓缩倍率自动控制,减少循环水补充水。

③优化开式水运行方式。根据现场实际情况,减少开式水泵运行时间,采用开式水出入口门全开(或加装旁路),依靠循环水压力冷却。

#### 4.2.6 其他系统

①凝结水系统。应设法减小凝结水系统管道阻力,避免采用调节阀调节流量,应根据负荷调整凝结泵出口压力,可通过改造增加机械密封泵替代,当给水泵采用凝结水作为机械密封水时,能有效降低凝泵电耗。

②输煤系统。做好原煤仓料位监测,优化输煤程控方式,严格控制输煤皮带空载运行时间,尽量保证输煤皮带尽可能大负荷连续运行。

③化水系统。通过水平衡试验,掌握电厂用水现状和各水系统用水量之间的定量关系,减少系统补水量、废水排放量,寻找节水的潜力。在制水系统在满出力下运行时,膜处理系统按设计回收率运行,减少膜系统污堵,缩短制水时间,减少制水次数。

#### 4.3 设备的技术改造

①增设碎煤机,减轻给煤机和磨煤机的磨损,可降低2%~5%的磨煤机电耗。

②优化风机运行曲线,在常用负荷区间,风机并不在最佳效率曲线,可以考虑咨询厂家或其他电厂进行动叶切削或拆除部分动叶的技术改造,结合等级检修前效率试验,或专门安排主要风机效率及烟风道阻力试验,明确动、静叶开度与风机效率的关系,优化运行调整,确保风机处于高效运行区,可有效降低风机的出力<sup>[4]</sup>。

③开展引风机与脱硫增压风机不同负荷工况下的优化运行试验,选取总耗电量的最小点工况,有稳定可靠的热用户,联合风机可选择背压式汽轮机驱动,可大幅降低厂用电。

④循环水泵高速改低速,通过试验明确循环泵台数与循环水温度、排汽压力对应最佳运行曲线,优化运行方式,

实现夏季一机双泵、冬季一运一备,改善启停频繁的状态;可将二台机循环水出入口管道联络,以便实现两台三台循环水泵的运行方式,从而降低泵的电耗。以安徽某600MW机组为例,通过循泵高速改低速,全年可节省厂用电约900万度,减少开支约360万元。

⑤电除尘器高频电源改造,可在除尘器一、二电场采用高频电源,大幅增强烟尘的荷电量,减少空气电离消耗的能量,既能提高除尘效率,又能减少电耗。

⑥供油泵、凝结水泵变频改造,例如凝泵变频改造后,电机可节约电约20%,以600MW机组测算,全年可节约电约300万度,减少开支约120万元。

⑦除灰空压机、仪用空压机在确保安全前提下,考虑进行连通合并改造,可在灰用空气系统加过滤器,代替仪用空调系统运行,实现仪用空压机停备。当机组备用或检修时,具备条件后应及时隔离停备机组的仪表或专用空气系统。

⑧变压器轻载运行或冷备用,单机运行或检修时,可结合机组和电网的安全性,调整或切换燃料、照明、检修、热网等厂用变压器负荷,停止次要厂用变压器的运行或对其冷备用;此外可采取技术改造,如通过6KV厂用母线互联的方式,减轻高压备用变压器的用电负荷,可有效降低厂用高价电。以某电厂300MW机组为例,单机运行期间,通过互联可减少高压厂用电1万度/天,同比可节省电费约1300元/天。

#### 4.4 管理制度创新

在运燃煤机组,普遍设置指标竞赛,按照厂用电率排名进行考核,调动生产人员对厂用电调整的积极性,此外还需要每月对厂用电进行横向或纵向对比分析,广泛征集建议或搜集相关论文,对标其他同类先进电厂,引进先进的管理方式和经验,制定并实施降低厂用电的措施,探索出适合自身的高效运行模式。

### 5 结语

随着电力行业制度不断完善,“两个细则”对深度调峰、一次调频要求越来越高,“容量电价”实施和“电力现货市场”的试运行,或多或少都会影响到厂用电。燃煤机组要有清醒深刻的认识,降低厂用电不仅是减少经营成本的方式之一,也是电力行业发展的必然趋势,只有不断摸索、分析、总结,结合自身机组参数和设备技改、管理制度创新,兼顾机组运行的安全性,才能安全、科学、有效降低机组厂用电,提高机组的上网电量,获得更多的经济收益。

#### 参考文献

- [1] 王凤茹.火力发电厂节能降耗分析及对策[J].华北电力技术,2011(2).
- [2] 蒋明昌.火电厂能耗指标分析手册[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [3] 高建.火力发电厂锅炉燃煤节能措施分析[J].中国新技术新产品,2012(23).
- [4] 黄万峰.火力发电厂锅炉节能降耗的对策与措施探究[J].低碳世界,2014(9).