

基于大基地风光火储锅炉辅机配置的研究

白学云

宁夏电投永利能源有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 本文主要基于大基地风光火储火电机组深度调峰背景下,对锅炉主要的辅机(空预器、一次风机、送风机、引风机)的配置进行经济性、可靠性对比分析,从而确定锅炉辅机的合理配置,以提高大基地风光火储背景下火电机组运行的可靠性、经济性。

关键词: 锅炉辅机;空预器;风机;单列;双列

引言

火电机组作为新能源调峰电源,对火电机组深度调峰要求更加苛刻,尤其对锅炉辅机安全运行可靠性考验非常大。因此,基于大基地风光火储背景下的火电机组深调运行的可靠性、经济性需进一步研究,最大程度挖掘火电机组运行的经济性、可靠性,用以指导火电机组根据实际情况对锅炉辅机单、双列进行配置。

1 锅炉辅机单双列配置对比

1.1 锅炉辅机经济性对比(单台炉)

针对锅炉空预器、一次风机、送风机单双列布置进行经济性测算,初期投资:风机单列布置单台机组可节省初期投资约656万,两台机组可节省初期投资约1312万;运行维护:风机单列布置单台机组可节省费用约138.67万/年,运行30年可节省费用约4160万,两台机组运行30年可节省费用约8320万,详见下表:

(1) 初期投资费用测算

项目	单列价格 (万元)	双列价格 (万元)	价差 (万元)	备注
空预器本体	2350	2500	150	单列空预器比双列空预器价格少约150万。
烟风道	基准	+27	27	咨询哈锅,单列空预器布置烟风道重量相比双列少约60t,价格少约27万。
挡板	基准	+110	120	单列空预器一次风机、送风机出口不设置挡板及联络挡板,可少6个挡板,空预器出口热一次风不设置挡板,可少2个挡板,空预器出口热二次风不设置挡板,可少4个挡板,共计少12个挡板,每个挡板+执行器约10万,共计可减少120万。
保温及外护板	49.8	74.8	25	单列布置的空预器及烟风道保温面积约1200m ² ,双列布置的保温面积约1800m ² ,相差约600m ² ,保温外护1mm单价为95元/m ² ,硅酸铝保温单价约320元/m ² ,保温外护差价约5.7万,保温差价约19.2万,合计差价约25万。
送风机	216	372	156	单列送风机比双列送风机价格少约156万。
送风机开关柜及电缆	31.2	55.2	24	单列送风机开关柜及电缆节省投资约24万。
送风机占地	基准	+1.2	1.2	单列风机基础面积约37m ² ,基础高约6m,双列风机基础面积约28×2m ² ,基础高约5.5m,从土方、耗材、人工方面比较,风机基础每立方米建安费800元,每台炉采用单列风机比双列风机节省土建费用约1.2万。
一次风机	238	356	118	单列一次风机比双列一次风机价格少约118万。
一次风机开关柜及电缆	35.1	63	27.9	单列一次风机开关柜及电缆节省投资约27.9万。
一次风机占地	基准	+6.9	6.9	单列风机基础面积约58m ² ,基础高约6.0m,双列风机基础面积约33×2m ² ,基础高约5.5m,从土方、耗材、人工方面比较,风机基础每立方米建安费800元,每台炉采用单列风机比双列风机节省土建费用约6.9万。
合计			656	单列布置空预器、一次风机、送风机节省初期投资约656万/台炉。

(2) 运行维护成本测算

项目	单列价格 (万元)	双列价格 (万元)	价差 (万元)	备注
送风机日常维护费用	5	8	3	日常维护主要包含风机油站检修、油站补油、风机动叶执行机构检修、执行机构连接簧片及螺栓更换等,单列风机每年的日常维护费用为5万;双列风机每年的日常维护费用为8万,年节约费用3万元,运行30年节约费用90万。
送风机大修设备费用 (分摊至每年)	9	14	5	双列布置的单台送风机转子大修一次费用约26万、电机大修一次约9万,合计约70万;单列布置的送风机转子大修一次约33万、电机大修一次约12万,单列布置的送风机每个大修周期检修节省检修费用约25万,30年6个大修可节省150万。
送风机大修人工费 (分摊至每年)	1.38	2.76	1.38	单双列布置的单台送风机大修人工工时基本一致,单台送风机大修约172个工日,人工费约400元/工日,故单台送风机大修人工费用约6.88万/次,运行30年风机大修6次,单列布置的送风机可节省41.28万。
送风机油站换油 (分摊至每年)	2.93	5.86	2.93	单双列送风机均按2个油站配置,单列布置可减少2个油站,每个油站约400L(需2桶油),进口液压润滑油约2万/桶,故单列布置的送风机换油可节省费用约8万/次,3年换一次油,运行30年需更换10次油,可节省油的费用80万。 单台风机油系统检修约20个工日,人工费约400元/工日,单列布置的送风机可节省人工费0.8万/次,运行30年跟随风机换油需对油系统大修10次,可节省人工费8万。
一次风机日常维护费用	5	8	3	日常维护主要包含风机油站检修、油站补油、风机动叶执行机构检修、执行机构连接簧片及螺栓更换等,单列风机每年的日常维护费用为5万;双列风机每年的日常维护费用为8万。年节约费用3万元,运行30年节约费用90万。
一次风机大修设备费用 (分摊至每年)	9.6	16	6.4	双列布置的单台一次风机转子大修一次费用约30万、电机大修一次约10万,合计约80万;单列布置的一次风机转子大修一次约35万、电机大修一次约13万,单列布置的一次风机每个大修周期检修节省检修费用约32万,30年6个大修可节省192万。
一次风机大修人工费 (分摊至每年)	1.48	2.96	1.48	单双列布置的单台一次风机大修人工工时基本一致,单台一次风机大修约185个工日,人工费约400元/工日,故单台一次风机大修人工费用约7.4万,运行30年风机大修6次,单列布置的一次风机可节省44.4万。
一次风机油站换油 (分摊至每年)	2.93	5.86	2.93	单双列一次风机均按2个油站配置,单列布置可减少2个油站,每个油站约400L(需2桶油),进口液压润滑油约2万/桶,故单列布置的一次风机换油可节省费用约8万/次,3年换一次油,运行30年需更换10次油,可节省油的费用80万。 单台风机油系统检修约20个工日,人工费约400元/工日,单列布置的一次风机可节省人工费0.8万/次,运行30年跟随风机换油需对油系统大修10次,可节省人工费8万。
送风机、一次风机总耗电1	402.93	424.71	21.78	THA工况: 单列送风机、一次风机总耗电率:0.74%,双列送风机、一次风机总耗电率:0.78%,单列布置的总耗电率降低0.04个百分点,年运行小时按3750h、电费按照0.33元、年发电量按16.5亿计算,单列耗电量为1221万kWh,双列耗电量为1287万kWh,单列年节约电费约21.78万,运行30年节约费用约643.4万。
送风机、一次风机总耗电2	38.12	47.19	9.07	50%BMCR工况: 单列送风机、一次风机总耗电率:0.42%,双列送风机、一次风机总耗电率:0.52%,单列布置的总耗电率降低0.1个百分点,年运行小时按625h、电费按照0.33元、年发电量按2.75亿计算,单列耗电量为115.5万kWh,双列耗电量为143万kWh,年节约电费约9.07万,运行30年节约费用约272万。

续表:

项目	单列价格 (万元)	双列价格 (万元)	价差 (万元)	备注
送风机、一次风机 总耗电3	136.1	217.8	81.7	30%BMCR工况: 单列送风机、一次风机总耗电率: 0.30%, 双列送风机、一次风机总耗电率: 0.48%, 单列布置的总耗电率降低0.18个百分点, 年运行小时按3125h、电费按照0.33元、年发电量按13.75亿计算, 单列耗电量为412.5万kWh, 双列耗电量为660万kWh, 年节约电费约81.7万, 运行30年节约费用约2451万。

单列配置风机的效率稍高于双列风机效率, 在低负荷运行时效率优势更加明显。其中在THA工况下高0.5%; 在75%负荷工况下高2.8%; 在50%负荷工况下高3.4%。

1.2 锅炉辅机可靠性对比

风机、空预器采用双列设置, 机组日常运行期间, 单侧风机发生故障可降低负荷进行检修。

单侧空预器发生故障时, 由于烟气温度高无法进入内部检查、检修, 仍需停机处理。

运行中启动第二台风机时, 操作不当可能造成两台风机发生“抢风”情况, 甚至发生喘振, 损坏风机。某电厂曾发生并联一次风机时操作不当, 风机发生喘振“冒烟”的情况。

根据实际运行调研, 由于风机启停操作风险大, 大部分电厂在锅炉负荷低于50% BMCR时, 仍维持两台风机运行, 以避免风机启停带来的风险。

若引风机采用单列布置, 电机功率将高达13000kW, 启动电流非常大, 对厂变容量要求非常高。某厂单列引风机(功率为12500kW)布置, 曾出现引风机启动时将启备变拉跳, 导致单台机组全部失电的情况。

1.3 近两年新建机组锅炉辅机配置情况

根据调研, 为提高锅炉风机运行可靠性, 近两年各集团新建火电机组一次风机、送风机、引风机及空预器大多采用双列布置, 部分锅炉采用单列布置^[3]。

2 单双列配置优缺点

2.1 风机单列配置

优点: 设备简洁, 布置方便, 系统简单, 控制部件少, 运行操作简单; 烟气系统流程简化; 风机运行电耗

低; 风机维护成本低。

缺点: 可靠性低, 机组因风机故障非停机率大。

2.2 风机双列布置

优点: 可靠性高, 机组运行期间单列风机故障可停运风机检修, 机组因风机故障非停机率低; 双列辅机设计、制造经验丰富, 技术成熟。

缺点: 风机维护成本相对单列高; 风机厂用电率高; 设备、系统、运行操作复杂, 烟风道布置较复杂。

结束语

经济性方面: 风机单列布置两台机组可节省初期投资约1312万; 两台机组运行30年可节省费用约8320万, 合计节省费用约9432万。

安全性、可靠性方面: 风机双列布置可靠性优于单列布置, 更适用于频繁深度调峰机组。

综合考虑经济性、安全性、可靠性, 作为大基地风光火储背景下的火电机组更多的是调峰电源, 对于机组的可靠性要求比较高, 因此基于大基地风光火储背景下的火电机组建议锅炉空预器、一次风机、送风机、引风机按照双列配置。

参考文献

- [1]熊小鹤,丁鹏,谭厚章,等.某中储式锅炉水冷壁高温腐蚀特征分析[J].锅炉技术,2024,55(6):12-19.
- [2]豆中州,王行,姚莹莹,等.储热-火电耦合系统孤网运行电热特性研究[J].节能技术,2024,42(1):88-92.
- [3]张占国.储热设备用于火电机组顶尖峰运行分析[J].百科论坛电子杂志,2021(11):3207-3208.