

火电厂真空泵系统的节能研究与应用

刘东晓

北京国电电力有限公司萨拉齐电厂 内蒙古 包头 014100

摘要: 针对现场存在的问题,从提高真空泵系统的安全性、经济性整体考虑,可设法将进入系统的气体温度降低,同时将气体中的水蒸汽冷凝下来进行回收,这样就需要真空泵形式进行创新研究系统整合,两者融为一套完整的全新形式的水环真空泵系统,以达到节能降耗,回收冷凝水和溢流水的目标,且满足整个系统运行的安全性和经济性要求。

关键词: 水环真空泵;锥体式;冬季启动;防冻

引言: 面对国家对火力发电越来越高的节能降耗要求,必须对影响机组效率的关键设备进行改造研究,以提高机组运行效率,降低发电成本,提高经济效益和社会效益。

1 研究背景和必要性

为达成我国300MW火电机组平均供电煤耗率实现320g/kWh,响应自治区政府“能耗双控”目标,追赶国际先进水平,开展火电机组节能减排势在必行。本课题的主要研究对象为一种全新形式的锥体式水环真空泵系统,在不降低真空度的情况下,以达到节能降耗,节省开支的目的,减少设备的日常维护和检修年限。

2 国内外研究现状和发展趋势

目前使用的为平圆盘式真空泵系统,在实际运行中存在很多的问题。如真空泵能耗高、叶轮断裂、工作液温度过高、噪音大、系统有大量的冷凝液浪费,系统真空度低而需要启动备机等^[1]。

夏季运行时,真空泵母管入口温度跟汽轮机排气温度相差不大,抽吸过来的气体中含水量大,双级平原盘真空泵会吸入大量的高温饱和汽,大量的热进入真空泵使得真空泵内部工作液温度升高,更易发生汽蚀损害。而大量的水进入真空泵,会对真空泵的叶轮产生水击现象,会再次伤害叶轮,容易产生裂纹,情况严重时甚至会发生断裂。

3 设定目标及目标可行性论证

针对现场存在的问题,从提高真空泵系统的安全性、经济性整体考虑,可设法将进入系统的气体温度降低,同时将气体中的水蒸汽冷凝下来进行回收,这样就需要真空泵形式进行创新研究系统整合,两者融为一套完整的全新形式的水环真空泵系统,以达到节能降耗,回收冷凝水和溢流水的目标,且满足整个系统运行的安全性和经济性要求^[2]。

4 提出方案并确定最佳方案

4.1 提出方案

4.1.1 方案一:

在真空泵入口抽气管道上加一个冷却装置,混合气体由下向上流动,冷却水由上向下流动。用25℃左右的水冷却75℃左右的混合气体,将混合气体的温度降低20℃左右。另外增加一个二级分离装置,经过一级冷却分离的气体由二级分离器的下部进入,以螺旋线的方式上升,进行水汽的再次分离。冷凝下来的水流入冷却装置旁边的水箱,在冷凝水箱的入口、出口管路上分别安装有电磁阀和离心排水泵,当冷凝的水位达到上限时,电磁阀关闭,排水泵工作,把冷凝水排回凝汽器,当水位到达下限时,水泵停运,电磁阀打开。冷却水的回水管道上装有带基调仪的气动调节阀,用于调节开式水的流量,以便调节混合气(汽)体的温度。电气控制部分设有触摸屏及PLC等自动控制元件,可对混合气体的温度、冷却水的流量、疏水的液位等进行控制,将混合气体温度控制在最佳的经济合理范围内。增设冷却器可提前进行汽水分离,且降低真空泵入口气(汽)体的温度,改善了真空泵的工作条件;提高了机组运行的真空度,降低真空泵电机的电流,延长真空泵的使用寿命^[1]。(详见图1:水环真空泵入口抽真空管道蒸汽冷却回收装置)

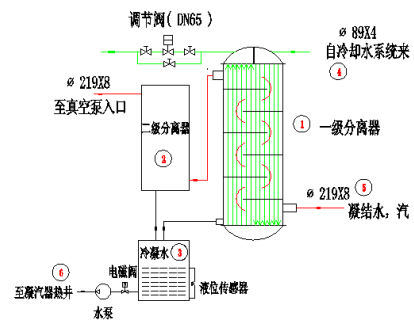


图1

优点:

优点在于通过在直接空冷机组抽真空系统入口管道增加蒸汽冷却回收装置,在不影响机组真空的安全前提下,将这部分没有及时冷却的汽气混合物进行冷却。蒸汽冷却后凝结成水,回收到热井,做为凝结水回收利用,解决了真空泵自循环密封水溢流温度,节约了化学除盐水量。不凝结气体冷却后降低了温度和体积,使得水环真空泵的抽汽体积流量减少,降低了真空泵的电流。同时减少了进入水环真空泵的气体温度,使得真空泵的冷却水量降低。使得水环真空泵达到经济运行的目的。

4.1.2 方案二:

(1) 将现有的平圆盘结构改为锥体结构,增加吸排气面积,在不降低效率的前提下,允许吸入更多的不凝气和工液^[3]。(2) 以目前的材料科学技术情况,还没有任何一种性价比高的材料能抵抗气蚀。所以本项目的研究重点放在减少或防止气蚀发生的方向。气蚀的是汽泡在叶轮表面爆破,汽泡破裂产生的冲击力作用在了叶轮上,从而产生了侵害。只需将汽泡及时排出泵体内部即可减少气蚀伤害。(3) 水环泵是叶轮在圆筒的泵体内,偏心安装,使容积产生变化来工作。目前平圆盘式水环泵一般都是叶轮上偏心,采用上吸上排结构,在泵运转时,压缩力由上而下,也就是轴及轴承所承受的力是压缩力和叶轮的自身重力相加,降低了轴及轴承的寿命。若将泵改为下偏心结构,工作液位可适当的降低,以减少启动时的叶轮受到的冲击力,降低瞬时功耗,这样电机的功率也可降低一部分。同时压缩力和叶轮自身的重力相抵消,减少轴承受力,延长轴承使用寿命。(4) 真空母管上增加前置冷凝器,以便于回收一部分冷凝液。在真空系统的入口处增加喷淋系统,结合锥体技术,在抽气效率不降低的前提下使进入真空泵系统的气体体积进一步减小,最终达成节能降耗的目的(如图2)。

预期目标和成果^[3]

- 1.相比现有技术节能60%以上。
- 2.有效增加吸排气面积,在增加喷淋系统时,有大量液体进入泵体内部时,真空泵的抽吸效率不降低。
- 3.在不降低凝汽器背压的前提下,适当降低进入真空泵混合气体积。
- 4.整合前置冷凝器,入口喷淋系统,锥体技术,开发出全新形式的锥体式水环真空泵系统,满足系统运行需求;
- 5.全新形式的锥体式水环真空泵系统整个使用寿命周期内,抽吸效率不得明显降低,实际检修维护周期必需满足4~5年以上,每年只需做简单的维护保养即可。

技术经济指标

- 1.在严密性合格情况下,相比现有技术节能50%以上,系统运行电流由220A左右降低到75A左右;
- 2.真空系统可实现冷凝水的回收;
- 3.保证全年连续运行8000小时无维护,大修周期为3~5年,减少维修费用和人工投入。

创新型工作内容

锥体设计,可有效防止气蚀侵害,在不降低工作效率和增加能耗情况下允许更多的气液进入泵体内部,并能及时排出;

侧排气设置,减少轴承受力,延长轴承使用寿命,减少维护保养工作量;

入口加装喷淋系统,结合锥体设计,大大降低可凝气的体积,降低能耗;

真空母管增加前置冷凝器,减小入口体积,回收除盐水^[1]。

成果

- 1.系统运行电流由220A左右降低到75A左右。
- 2.真空系统可实现冷凝水的回收。

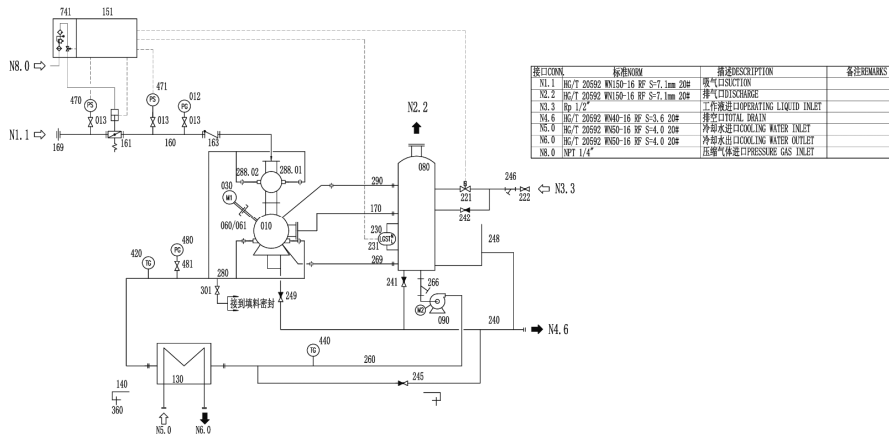


图2

4.1.3 方案三:

为了节约除盐水,减少机组补水量,降低机组水耗,不改变真空泵系统的基础上直接回收该真空泵溢流水。改造方案为:将该溢流水通过自动补水箱采用自动浮球控制回收到排汽装置,该自动补水箱的可靠性已在定冷水PH值自动控制装置得到验证,可以可靠避免机组漏真空的现象。

改造后真空泵汽水分离器的溢流水通过溢流水箱控制可以到排汽装置,实现完全回收利用。当溢流水箱水位高的时候通过自动浮球控制实现排水至排汽装置(该自动浮球控制装置已经在定冷水PH控制系统使用可靠性不存在问题)

如果溢流水箱设计的大一些的话还可以回收6.3米的化学取样间的取样凝结水达到取样间疏水的零排放,估计取样间的凝结水一天流量可达20~40t/24h

但是存在一个问题是:原真空泵溢流水经过化验水质,发现TOC超标,有可能会影响机组凝结水氢电导超标。

4.1.4 方案四:

增加一套真空泵溢流水装置,回收至脱硝稀释水箱。通过现场研究,发现真空泵溢流水完全符合脱硝间稀释水和厂内热网补水水质要求,脱硝间稀释水一天最少需要80t/h的除盐水,而真空泵溢流水一天有50t,可以代替部分除盐水,降低除盐用水量。

改造内容:

经过现场勘测,在凝泵坑即热井底部增加一个2m*2m*1.5m的不锈钢水箱,水箱有液位计和溢放水管道及手动门,配有两台回收水泵,水泵出口压力0.5MPa、流量60t/h,一个液位自动控制箱,增加至脱硝间管径为50MM的管道,同时引出一路至厂内热网补水箱,如果脱硝除盐水箱满水可切换至厂内热网补水。将该溢流水通过回收水箱采用液位自动控制回收水泵启停,回收到脱硝间除盐水箱。

4.2 确定最佳方案

将方案二和方案四结合。真空母管上增加前置冷凝器,和一套真空泵溢流水回收装置,可以便于回收冷凝液和分离器溢流水。同时在真空系统的入口处增加喷淋系统,结合锥体技术,在抽气效率不降低的前提下使进入真空泵系统的气体体积进一步减小,最终达成节能降耗的目的。

5 制定对策

5.1 在现有凝汽器抽真空母管至#3真泵入口管道上增设前置真空冷凝器。

5.2 拆除旧有的#3真空泵,#1、#2真空泵保留,在原有的#3真空泵基础上更换一台新的双级锥体真空泵。

5.3 在凝泵坑即热井底部增加一个2m*2m*1.5m的不锈钢水箱,水箱有液位计和溢放水管道及手动门,配有两台回收水泵,水泵出口压力0.5MPa、流量60t/h,一个液位自动控制箱,增加至脱硝间管径为50MM的管道,同时引出一路至厂内热网补水箱,如果脱硝除盐水箱满水可切换至厂内热网补水。将该溢流水通过回收水箱采用液位自动控制回收水泵启停,回收到脱硝间除盐水箱。

6 效果检查

6.1 经济效益

6.1.1 节电

电流从220A降低到75A左右,降低了145A,年运行小时按照8000h考虑,电源电压0.38KV,年节省的电量为:

$$1.732 \times 0.38 \times 145 \times 8000 = 76.35 \text{ 万度电}$$

电费按照0.2772元/kWh考虑,那么年节省的电费:
76.35×0.2772=21.16万元

6.1.2 节水

增加一套回收装置后按照每小时回收凝结水1吨,按照年平均4000小时计算,每吨除盐水25元

$$1 \text{ 吨} \times 4000 \times 25 \text{ 元} = 10 \text{ 万元。}$$

6.2 综合效益

在不计算设备可能会降低汽轮机背压、维修费用的情况下,每年节约费用31.16万元左右。

6.3 社会效益

符合国家节能减排目标,响应《内蒙古自治区煤电节能降耗及灵活性行动计划》

每发1kW/h的电大约消耗0.35千克标准煤,产生0.9kg左右二氧化碳当量的温室气体,每年可节约用煤300吨,减少二氧化碳的温室气体排放772.4吨。净化了空气,节约了能源,每年看见环保的社会效益是惊人的。

减少水资源的浪费,降低生产成本,为企业带来可观的经济效益。同时减少废水的排放量,利于生态环境的改善,具有良好的环境效益。能为企业带来更多的社会声誉,既提高了企业形象,又带来了社会效益。

参考文献

- [1]宋义乐.火电机组凝汽器抽真空系统节能优化改造[J].河南电力,2021(6):45-48.
- [2]谢尉扬,居文平,李素芳,等.火力发电机组凝汽器抽真空系统节能改造优选方案研究[J].热力发电,2020,49(8):102-108.
- [3]程永峰,李衍平.罗茨水环真空泵在火电厂的节能改造分析[J].电站系统工程,2022,38(3):76-79.