

M701F4 型燃机转子 2 种不同冷却系统 经济性分析

何旭皋

(江苏华电戚墅堰发电有限公司,江苏 常州 213000)

摘 要:采用对照试验法,比较 M701F4 型燃机的两种 TCA 冷却水泵配置方式(单独配置 TCA 冷却水泵供水和高压给水水泵出口供水)在启动过程和正常运行 2 种常见的工况下的耗电量,从经济性和安全性方面分析 2 种配置的优缺点。

关键词:M701F4 型燃机;TCA 冷却水泵;不同工况;经济性

中图分类号:TK 2 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2018)03-0059-03

0 引言

M701F4 型燃机是三菱重工与东电公司合作生产的燃气-蒸汽联合循环机组。它由一个 17 级轴流式压气机、20 个低 NO_x 燃烧器和一个四级燃气轮机组成。压气机转动生产压缩空气,在燃烧器内压缩空气和天然气混合燃烧形成高温高压气体(正常运行时约 1.5 MPa、1 427 ℃)。高温高压气体冲动燃气轮机做功,排出的烟气至余热锅炉。为防止燃气轮机的转子过热,需要用冷却空气来冷却转子。冷却空气来自燃气轮机的压气机排气,由于压气机排气温度较高,专门配置了燃机冷却空气冷却器(即 TCA)来冷却压气机排气,为转子提供冷却空气^[1]。

1 设备概况

TCA 冷却器用温度相对较低的水来冷却压气机高温排气,TCA 冷却水的给水有不同的配置方式。江苏华电戚墅堰发电有限公司(以下简称甲厂)与扬州发电有限公司(以下简称乙厂)各有两台相同型号的 M701F4 型燃气-蒸汽联合循环发电机组,甲厂单独配置 TCA 冷却水泵,冷却水从低压汽包经过 TCA 泵后进入 TCA 冷却器;乙厂 TCA 的冷却水来自高压给水泵出口。具体系统配置如图 1、图 2 所示。

联合循环机组由于启停用时短、排放比较环保等特点,在电网中充当调峰机组使用。通常在每天的用电早高峰八点时开机,到晚高峰二十二点过后停机。每台机组平均每月启动次数在 25 次左右^[2]。在开机准备与开机过程中,TCA 冷却水的不同给水方式的经济性差别尤其突出。

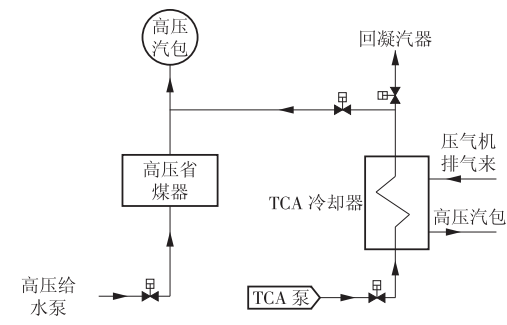


图 1 甲厂 TCA 给水系统

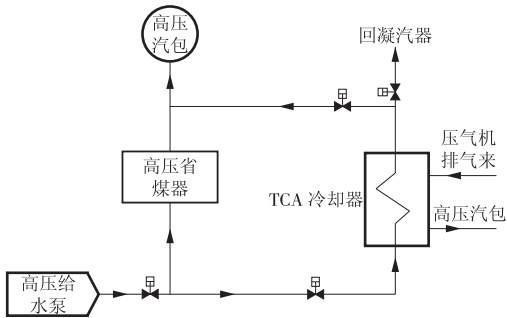


图 2 乙厂 TCA 给水系统

燃机启动前 TCA 冷却水应满足两个条件,即入口温度低于 60 ℃和入口流量正常。机组运行过程中,若 TCA 冷却水流量不足或疏水液位过高将引起保护动作,导致机组跳闸。因此,TCA 给水配置应满足一定的参数要求。

1.1 甲厂 TCA 冷却水给水配置

甲厂单独配置两台 TCA 给水泵,一台运行一台备用。TCA 冷却水泵额定流量 77.76 m³/s,出口设计压力 25 MPa。配置了额定电压 6 kV 的工频电机,电机功率因数 0.84,额定电流 75 A。TCA 给泵和电机参数见表 1。

1.2 乙厂 TCA 冷却水给水配置

乙厂没有单独配置 TCA 冷却水泵,冷却水从高压给水泵出口来直接接入 TCA 冷却器。比较甲、乙

两厂的高压给水泵与电机参数,见表 2。

表 1 TCA 给泵与电机技术规范

设备名称	项目要求	单位	数值
TCA 给水泵	流量	m ³ /s	77.76
	转速	r/min	4360
	运行介质温度	℃	157.2
TCA 给水泵电机	额定电压	V	6000
	额定电流	A	75
	功率因数		0.84
	额定功率	kW	630
	定转速	r/min	1490

表 2 高压给水泵与电机技术规范

设备名称	项目要求	单位	甲厂	乙厂
高压给水泵	流量	m ³ /s	287.2	360
	扬程	m	1613	1718
	转速	r/min	2976	2980
高压给水泵电机	额定电压	V	6000	6000
	额定电流	A	200	248
	功率因数		0.9	0.88
	额定功率	kW	1800	2200
	额定转速	r/min	50~2976	300~3000

2 不同工况下经济性分析

不同工况下,TCA 给水配置不同,耗电量也有很大差别。下面分析机组启动过程和正常运行两种工况下,两厂 TCA 不同配置的经济性。

2.1 机组启动过程中经济性分析

机组的启动过程所需时间因状态不同而有所区别,从发出启动指令到机组满负荷,冷态需 240 min,温态需 160 min,热态需 130 min^[3]。为了满足启动条件,TCA 给水需要提前开启。以热态为例,从开机准备到满负荷,一般需要 3 小时。

将甲厂 TCA 泵和高压给水泵总耗电量与乙厂高压给水泵耗电量作比较。给水泵电量计算公式为:

$$W = \sqrt{UIt\cos\theta}, \tag{1}$$

式中, W 为电量, U 为线电压, I 为实测电流, t 为运行时间, $\cos\theta$ 为功率因数。启动过程中,甲厂高压给水泵为变频泵,其电流随负荷上升而不断变化,TCA 泵电流随流量升高而变化,两者无法精确计算,可按照高压给水泵的电量表读数来计算。乙厂高压给水泵虽然是变频泵,但是为了满足 TCA 给水压力稳定,高压给水泵需要将出口水压稳定在 15 MPa 左右,此时线电压 U 为 6.3 kV,电流 I 为 154.3 A。代入公式(1)计算的结果见表 3。

表 3 启动过程中耗电量

时间	甲厂 TCA 泵电量/(kW·h)	甲厂高压给水泵电量/(kW·h)	乙厂高压给水泵电量/(kW·h)
4:00~5:00	340	100	1481.6
5:00~6:00	595	506	1481.6
6:00~7:00	596	1186	1481.6
合计	1531	1792	4445

启动过程中,甲厂总耗电量为 3 323 (kW·h),乙厂总耗电量为 4 445 (kW·h),比甲厂多耗电 1 121 (kW·h),即 33.72%。

2.2 正常运行中经济性分析

正常运行每天从 7:00~23:00,负荷随省调 AGC 指令略有升降。选取同一天相同天气,400 MW 负荷时,两厂给泵参数。甲厂高压给水泵线电压 U 为 6.42 kV,电流 I 为 87 A,功率因数 $\cos\theta$ 为 0.9。TCA 泵线电压 U 为 6.42 kV,电流 I 为 56 A,功率因数 $\cos\theta$ 为 0.84。乙厂高压给水泵线电压 U 为 6.3 kV,电流 I 为 150.6 A,功率因数 $\cos\theta$ 为 0.88。将参数代入公式(1)计算的结果见表 4。

表 4 正常运行中耗电量

时间	甲厂 TCA 泵电量/(kW·h)	甲厂高压给水泵电量/(kW·h)	乙厂高压给水泵电量/(kW·h)
8:00~23:00	7846.107	13060.17	21692.02

按一天运行 15 个小时计算,甲厂总耗电量为 20906.28 (kW·h),乙厂总耗电量为 21 692.02 (kW·h),比甲厂多耗电 785.74 (kW·h),即 3.76%。

3 存在问题的对比分析

3.1 乙厂开机过程耗电量大

以热态为例,从开机准备到满负荷,一般需要 3 小时。这 3 个小时内,为满足 TCA 启动条件,乙厂的高压给水泵需要一直运行且保持较高的出力。而甲厂 TCA 泵开启后就能满足启动条件,高压给水泵可以至点火后再开启,可以少运行一个多小时。且甲厂点火后,高压给水泵仍可根据负荷需要调整出力,点火初期所需的出力都比较小。

3.2 乙厂操作难度加大

开机过程中,乙厂高压给水泵较早开启,而高压系统给水压力较高,高压下给水调整门容易内漏,高压汽包水位上涨特别快。开机后受热膨胀,汽包水位又将上涨。加大了运行人员开机过程的操作难度。

3.3 甲厂系统复杂

甲厂增加两台泵,系统配置变复杂,增加的设备的日常管理任务,加大了维护的难度。

4 结论

本文根据对比,得出以下结论:

(1)单独配置 TCA 泵,在开机过程中可以节约大量电能,经济性比较好,正常运行中耗电量差距比较小。

(2)单独配置 TCA 泵,系统变复杂,增加了日常管理和维护的难度。

参考文献:

[1]潘宏娟,彭丽丽. 大型燃气 - 蒸汽联合循环发电技术丛

书[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

[2]林伟. GTCC(燃气 - 蒸汽联合循环发电机组)电站与电网的关系研究报告[R]. 北京:中国华电集团公司,2008.

[3]章提,任鑫,程途,薛丽华,等. S109FA 燃气 - 蒸汽联合循环机组控制系统研究技术总结报告[R]. 北京:中国华电集团公司,2007.

(本文责编:陆华)

作者简介:

何旭皋(1991—),男,江苏宜兴人,助理工程师,工学学士,从事燃机集控运行方面的工作(E-mail:784498391@qq.com)。

《华电技术》征稿启事

《华电技术》是经国家新闻出版总署批准,由中国华电集团公司主管,华电郑州机械设计研究院有限公司、中国华电科工集团有限公司主办,国内外公开发行的技术性期刊。国内统一连续出版物号 CN41 - 1395/TK,国际标准连续出版物号 ISSN 1674 - 1951。《华电技术》是中国核心期刊(遴选)数据库源刊和中国学术期刊综合评价数据库源刊,已加入《中国学术期刊(光盘版)》、“中国期刊网”、“万方数据——数字化期刊群”及美国《乌利希期刊指南(UPD)》等期刊文献数据库,是中国电力优秀期刊。

本刊以技术前瞻性、学术性、应用性为先导,面向电力行业的各级管理人员、专家学者、工程技术人员、科研人员、电力一线人员和电力客户以及相关科研教学机构、学术组织等,为广大电力科技工作者及关心电力发展的有志之士提供自由的技术交流平台。主要栏目有:“专家论坛”“专题综述”“研究与开发”“技术交流”“节能与环保”“新能源”等。

来稿要求:

- (1)文章主题明确,材料真实,结构严谨,文字简明准确,符合创新性、科学性、实用性原则,学术类、专题类、综述类论文一般不超过 5000 字,其他文稿 4000 字以内为宜。
- (2)文章题目不超过 20 字,提供 5 ~ 8 个中文关键词,200 ~ 300 字的中文摘要,并翻译成英文;同时还需提供作者单位及英文名称,作者姓名及汉语拼音,城市名及邮政编码。
- (3)摘要内容包括目的、方法、结果、结论四要素,要求用词准确,简明扼要;关键词应紧扣主题,并符合电力主题词表要求等。
- (4)文稿应正确使用国家法定计量单位及符号,对文中首次出现的非公知公用的缩略语要在括号中注明全称,对外文字母、数学符号要区分其大小写、正斜体、上下角标。
- (5)插图要有图序和简洁的图题,并将图序、图题、图注等标在相应图框下方。
- (6)参考文献仅著录作者亲自阅读过并在文稿中直接引用的公开发表的文献,在引文处标注序号。参考文献表中所列专著和论文应标明:作者、文献题名、出版社、出版地、出版年和页码,或者期刊名称、年号、期次、页码,并在题名后标注文献类型标志:[M]图书;[C]会议录;[G]汇编;[N]报纸;[J]期刊;[D]学位论文;[R]报告;[S]标准;[P]专利;[DB]数据库;[CP]计算机程序;[EB]电子公告;[A]档案;[CM]舆图;[DS]数据集;[Z]其他。
- (7)国家、省部级重大科研攻关项目及基金资助项目,请注明项目名称及项目编号。
- (8)文稿请提供 word 电子文档,文中图片可以以单独电子文档提供(文档格式:. dxf,. dwg,. eps 等矢量图格式)。请勿一稿多投,不论采用与否,恕不退稿。30 天内未接到本刊录用通知,作者可自行处理。
- (9)作者需提供:姓名、出生年、性别、民族、籍贯、职务、职称、学位、研究方向、有效联系电话、电子邮箱、通信地址、邮编等。

欢迎登录《华电技术》网站(www. hdpower. net) 进行网上投稿。

《华电技术》编辑部联系方式:

地址:河南省郑州市郑东新区龙子湖湖心岛 E2 - 3 - 01 邮编:450046 咨询电话:0371 - 58501042/1058

广告部电话:0371 - 58501038 传真:0371 - 58501055

E - mail:hdjs - chd@ vip. 163. com hdjs@ chec. com. cn