

化工蒸汽余热余压回收汽电同轴双驱综合利用研究

秦玉波
(山东能源集团兖矿能源榆林能化有限公司 山东 邹城 273500)

摘要: 在工业生产中,按余热余压资源回收利用的应用,企业余热余压资源应用普及程度和成熟性仍较低。因此,进一步推广普及,同时不断提高能源利用效率是其未来发展的主要方向。动力系统是企业重要的能源加工转换环节,负责各类能源介质的供配,同时其在能源加工转换过程中也产生大量余热余压资源,这部分余热余压资源的回收利用往往被企业所忽视,仍未得到广泛的回收利用,具有很大的发展潜力和空间。

关键词: 余热余压; 能源消耗; 科技创新

0 引言

富余蒸汽作为品质较高且稳定、回收利用可行性高的余热余压资源,在现代工业的余热余压回收利用中已经相当广泛,蒸汽动力同轴驱动并发电机组的应用在我国的化工企业中已有一定的应用。

1 主要研究、试验内容及关键技术

兖矿能源榆林能化有限公司原有一台 50MW 汽轮发电机组(型号: C50-8.83/0.98),目前已将原来的单抽汽凝汽式汽轮机改造为抽汽背压式机组,改造完成后产生压力 0.25 ~ 0.45MPa、温度 180 ~ 235℃ 左右的背压排汽富余蒸汽(正常工况为 90.6t/h,最大工况 112.53t/h,最小工况为 60.61t/h)。为不影响汽机机组的正常运行,暂时将汽机排汽通过减温减压器排至空冷器冷却回收凝结水,产生较大的能源浪费。此项研究旨在有效回收利用此部分富余蒸汽,结合蒸汽富余情况及工艺设备用能情况,采用蒸汽驱动方式新建一座空压站替代空分装置为全厂提供压缩空气,新增一台锅炉汽动给水泵替代电动锅炉给水泵。根据蒸汽情况及设备的选型情况,采用同轴机组模式,在驱动机组的同时,富余功率可通过电动机对电网馈电,达到节能降耗的目的。主要研究内容及关键技术如下:

1.1 主要研究内容

(1) 同轴机组技术研发

机组中富余蒸汽变化较大,机组工况变化较多,主要对机组变工况技术研发,尤其是驱动和发电工况变换过程中对机组的影响性研究。

(2) 余热回收安全性研发

将各个采用新技术的装备联合运转、融合现有系统,进行安全性研究,

(3) 余热最大化回收利用研发

创新余热回收方式方法,研究利用老旧系统中的空冷装置和水冷凝汽器进行乏汽冷却和凝液回收。

1.2 关键技术

(1) 富余蒸汽馈电一同轴驱动技术

与传统的凝汽机组回收蒸汽发电技术相比,富余蒸汽馈电-同轴驱动技术采用“凝汽式拖动汽轮机+电动/发电机+驱动设备”模式,具有结构紧凑、符合国家节能政策等优点。同时,该技术利用富余蒸汽的压差能量损失,将发电、负载调速、热能压差能量损失三者高效结合在一起,在满足驱动设备安全运行的工况要求下,实现稳定、安全的柔性电能回馈。同时,同轴驱动技术在有效回收工艺管网富余蒸汽的同时,可确保工艺压缩机组/给水泵的安全稳定运行。

(2) 电动/发电机调峰控制技术

应用电动/发电机作为富余蒸汽回收式凝汽机组的功率调节器,在机组启动时,电动/发电机作为电动机模式,带动空压机或给水泵到工作转速,加载,升负荷,同时并入工艺(即带负荷运行),此过程和普通电动机一样已在并网运行,不存在电压、相角、频率等并网问题。运行稳定后,富余蒸汽驱动汽轮机达到设计转速,带动电机及负荷(空压机或给水泵),汽轮机的额定功率为除去空压机或给水泵的轴功率后,剩余的功率即作为发电量,向电网输送电功率,达到发电机运行方式。

在发生富余蒸汽不足以承担空压机或给水泵负荷的情况时,电动/发电机自动切换发电机模式至电动机模式,自适应调节驱动功率,补足回收式凝汽机组的功率缺口。

2 目标及主要技术经济指标

2.1 目标

项目实施完成后,50MW 汽轮机改造后产生压力 0.25 ~ 0.45MPa、温度 180 ~ 235℃ 左右的背压排汽富余蒸汽(正常工况为 90.6t/h,最大工况 112.53t/h,最小工况为 60.61t/h)将被全部回收利用。汽轮机输出功率小于给水泵/空压机正常运行所需功率时,汽轮机与电动机同轴驱动给水泵/

空压机机组；汽轮机输出功率大于给水泵 / 空压机运行所需功率时，富余功率可通过电动机对电网馈电。

2.2 主要经济技术指标

项目实施完成后，汽轮机驱动锅炉给水泵机组及汽轮机驱动空压机组达到如下技术指标：

- (1) 汽轮机驱动锅炉给水泵机组
- ①给水泵扬程：1660m。
- ②给水泵流量：≥ 300t/h。
- ③电动 / 发电机功率：≥ 4500kW。
- (2) 汽轮机驱动空压机组
- ①供气量：17000Nm³/h（偏差不超过 ± 5%）；其中仪表空气 12000Nm³/h，压缩空气 5000Nm³/h。
- ②供气压力：0.7 ~ 0.75MPa（G）
- ③供气温度：40±5℃
- ④仪表空气质量：无油；含尘量 ≤ 1.0mg/m3；露点 ≤ -40℃。
- ⑤电动 / 发电机功率：≥ 4500kW。

3 达到的技术水平，经济、社会效益及推广应用的前景

3.1 达到的技术水平

该项目采用富余蒸汽回收驱动负荷后的多余功率驱动发电机馈电的方法，实现发电、负载调速、热能压差能量损失高效结合，在满足驱动设备安全运行的工况要求下，实现稳定、安全的柔性电能回馈，该项目研发的余热余压蒸汽回收利用同轴驱动技术，达到了国内蒸汽热电联产节能改造和余热余压回收驱动领域的先进水平。

3.2 经济和社会效益

蒸汽余热余压回收利用项目的实施，解决了富余蒸汽无法利用、浪费严重的问题，使余热余压进行充分地利用，实现经济效益、环境效益和社会效益相统一。

(1) 经济效益：研究实施后，年节电 5236.8 万 kWh，年节电收益 2461 万元，年总成本费用 470 万元，年净效益为 1991 万元。

(2) 社会效益：富余蒸汽的回收实现了能源的合理利用，节约了用电成本，是降低生产成本、增强企业竞争力的重要举措，是建设环境友好型、资源节约型企业的必然选择，具有重大的经济和社会意义。

3.3 推广应用前景

该项目采用了余热余压蒸汽回收利用汽电同轴驱动技术，具备国内蒸汽余热余压回收利用驱动行领域的先进指标，符合国家发改委和国家能源局发改能源 [2019]431 号的政策要求。

4 采用的研究、试验方法和技术路线

4.1 汽轮机驱动锅炉给水泵机组的研究、试验方法和技术路线

采用凝汽式汽轮机回收富余蒸汽热能，富余蒸汽在汽轮机中做功输出功率。本项目拟新建一套锅炉给水泵机组，用汽轮机输出功率驱动锅炉给水泵机组。

考虑到富余蒸汽有一定的富余量和不稳定性，为确保工艺设备的安全稳定运行，本项目考虑采用同轴机组的模式用于驱动给水泵机组，机组配置为：汽轮机 + 离合器 + 电动 / 发电机 + 液力耦合器 + 给水泵。

此技术路线采用凝汽式汽轮机回收富余蒸汽热能，项目现有汽机房外已有空冷岛，因此本项目采用空冷凝汽方式。富余蒸汽进入汽轮机做功，机组最大凝汽量 56.25t/h，空冷凝汽设备利用原有的空冷系统。汽轮机排汽经过排汽装置后，进入空冷管束进行冷凝变成凝结水，再经过原有凝结水泵送入工艺除盐水系统。

4.2 汽轮机驱动空压机组的研究、试验方法和技术路线

采用凝汽式汽轮机回收富余蒸汽热能，富余蒸汽在汽轮机中做功输出功率。本项目考虑新建一套空压机组，为工艺提供压力为 0.7 ~ 0.75MPa（G）的仪表压缩空气，用汽轮机驱动空压机组。

考虑到富余蒸汽有一定的富余量和不稳定性，为确保工艺设备的安全稳定运行，本项目考虑采用同轴机组的模式用于驱动空压机组，机组配置为：汽轮机 + 离合器 + 电动 / 发电机 + 变速箱（如果有）+ 空压机。

此技术路线采用凝汽式汽轮机回收富余蒸汽热能，项目现有汽机房外已有空冷岛，因此本项目采用空冷凝汽方式。富余蒸汽进入汽轮机做功，机组最大凝汽量 56.25t/h，空冷凝汽设备利用原有的空冷岛。汽轮机排汽经过排汽装置后，进入空冷器进行冷凝变成凝结水，再经过现有凝结水泵送入工艺除盐水系统。

5 技术路线

5.1 主要富余蒸汽具体研究参数指标

具体研究参数指标见下表。

工况	项目	单位	数值
正常工况	蒸汽压力	MPa（G）	0.25 ~ 0.45
	蒸汽温度	℃	180 ~ 235℃
	富余量	t/h	90.6
最大工况	蒸汽压力	MPa（G）	0.4
	蒸汽温度	℃	221.04
	富余量	t/h	112.5
最小工况	蒸汽压力	MPa（G）	0.4
	蒸汽温度	℃	231.38
	富余量	t/h	60.6

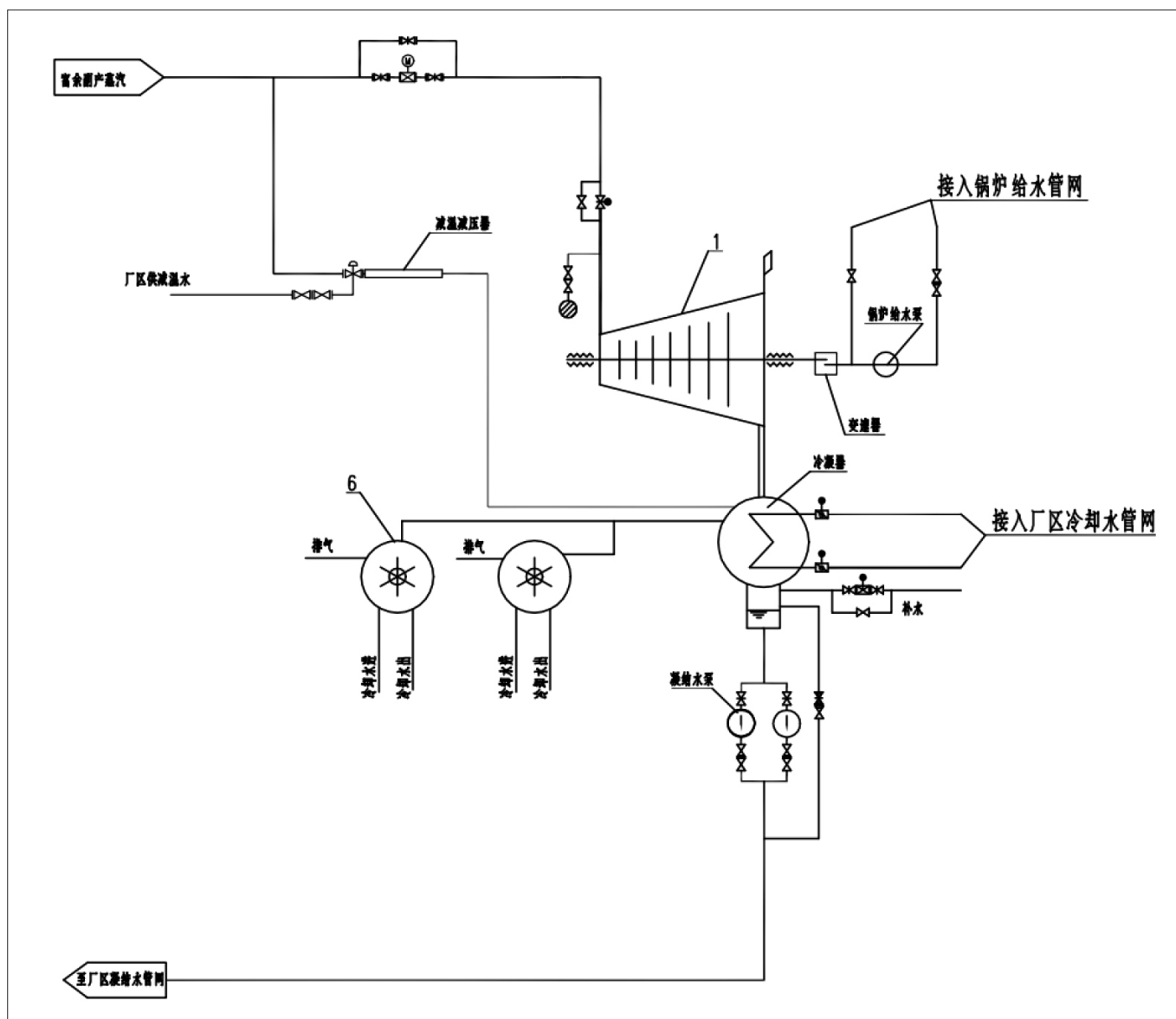


图 1 热力系统原理图

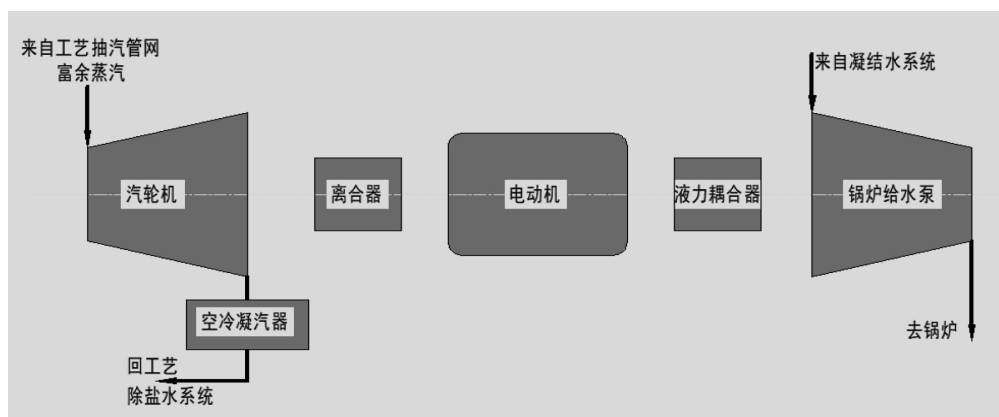


图 2 汽轮机驱动锅炉给水泵机组技术路线图

5.2 热力系统原理图

热力系统原理图如图 1。

5.3 汽轮机驱动锅炉给水泵机组技术路线图

技术路线图如图 2。

5.4 汽轮机驱动空压机机组

技术路线图

技术路线图如图 3。

6 效能试验

6.1 试验地点

山东能源集团兖矿能源榆
林能化有限公司

6.2 试验规模

本项目采用蒸汽驱动方式新建一座空压站替代空分装置为全厂提供压缩空气（供气量：

17000Nm³/h，其中仪表空气 12000Nm³/h，压缩空气 5000 Nm³/h)，新增一台锅炉汽动给水泵（给水流量≥ 300t/h）替代电动锅炉给水泵。根据蒸汽情况及设备的选型情况，

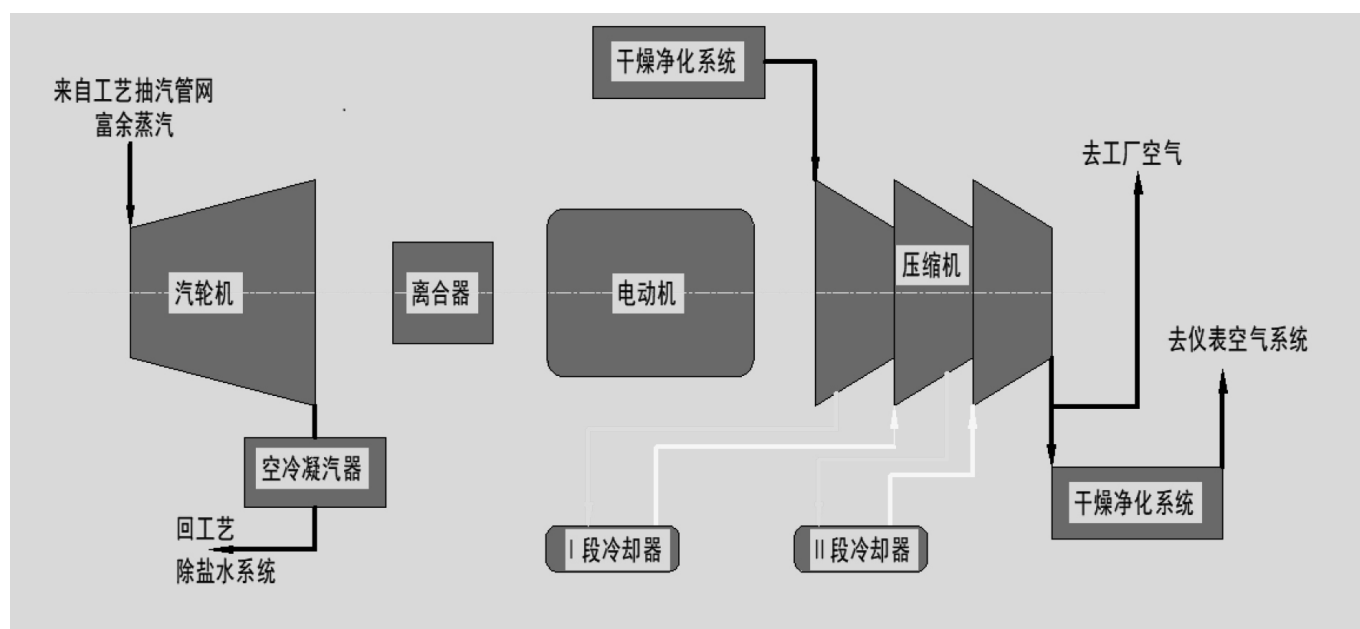


图3 汽轮机驱动空压机机组技术路线图

采用同轴机组模式，在驱动机组的同时，富余功率可通过电动机对电网馈电。

6.3 试验效果

满足性能要求，达到预期效果。

7 结语

利用化工系统副产蒸汽回收开发的新工艺、新技术应用，解决了副产低等级蒸汽过剩放空所造成浪费的问题，提高了能源利用效率，回收了凝结水，节约了运行成本。经对比分析，课题在汽电双驱并发电的锅炉给水泵及空压机同轴机组余能回收利用领域具备一定的创新性。适合我国能源发展的基本国情，具有较高的推广价值。

参考文献：

- [1] 江姗姗. 化工行业蒸汽余热余压回收利用的节能改造[J]. 现代化工, 2018, 38(5): 191-193.
- [2] 孔祥杰, 朱跃华, 任继才. 火力发电厂汽电双驱引风机

应用分析[J]. 能源与节能, 2018, 0(6): 59-61.

[3] 吕凯, 王妍, 王春燕, 刘向阳, 马汀山, 何茂刚. 基于“汽电双驱技术”的大型燃煤发电机组优化方法[J]. 热科学与技术, 2021(4): 372-379.

[4] 孟继军, 吴沛佳, 朱安安. 首套国产化汽电双驱空增压一体机组的研制与应用[J]. 通用机械, 2019(4): 42-44.

[5] 林加伍, 李朝兵, 竺有刚. “汽电双驱”引风机系统技术特点及关键技术分析[J]. 电力科技与环保, 2019(12): 57-59.

[6] 杨亚钊, 周聪勇, 刘拥军, 等. 汽电双驱并发电的循环水泵同轴机组余能回收利用装置: CN207960700U[P]. 2018-10-12.

作者简介: 秦玉波(1980.04-)男, 汉族, 山东邹城人, 本科, 中级职称, 研究方向: 机电节能环保。