

相关技术

基于天然气的电-油-汽三联供系统在化纤行业的应用

班银银, 卫冬生, 赵红恩, 刘建中, 王胜寒, 伍浩坪

(七一一研究所, 上海 201108)

摘要: 针对化纤行业面临的环保技术升级的问题, 基于化纤行业的用能需求特点, 提出了基于燃气轮机的电-油-汽三联供能源系统。以某化纤企业为例, 分别从能源需求、方案设计原则、主要设备选型及经济环保效益等方面介绍了设计中的电-油-汽三联供能源系统, 可为化纤企业能源方案优化提供参考。

关键词: 能源; 电-油-汽三联供系统; 天然气; 余热利用

中图分类号: TK115 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2021)01-0049-03

The Application of Natural Gas Based Electric-Oil-Steam Energy Supply System in the Chemical Fiber Industry

Ban Yinyin, Wei Dongsheng, Zhao Hongen, Liu Jianzhong, Wang Shenghan, Wu Haoping

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108)

Abstract: As the chemical fiber industry are facing the challenge of upgrading the environmental protection technology, based on the energy requirement characteristics of the chemical fiber industry, the electric-oil-steam energy supply system based on gas turbine is put forward. A certain chemical fiber manufacturer was chosen as an example to introduce the electric-oil-steam energy supply system in design, including energy requirement, program design principles, main equipment selection and the economic and environmental protection benefit, which offers reference for the energy program optimization of chemical fiber manufacturers.

Key words: energy; electric-oil-steam energy supply system; natural gas; waste-heat utilization

0 引言

化纤行业是一个高能耗和高水耗的行业, 因生产工艺的特殊性, 有导热油加热的需求。目前化纤生产企业普遍采用燃煤型有机载体(导热油)锅炉, 虽经济性较好, 但不符合日益严格的低碳环保要求。因此, 急需一种适应行业用能特点又经济环保的能源供应系统。

本文基于对化纤行业能耗的分析, 提出一种基于天然气的电-油-汽三联供能源系统。

1 化纤行业能耗分析

化纤行业为高能耗产业, 其主要特点为^[1]:

(1) 电力和热能等能源负荷稳定, 全年波动很小; 因工艺特殊性, 有导热油加热的需求; 电-油-汽总费用占生产总成本的 50% 以上(如图 1)。

(2) 不同产品类型的企业, 电力、导热油和蒸汽成本的占比稍有不同, 但热(蒸汽与导热油需求)电比相对稳定, 热需求稍大于电需求, 而蒸汽能源需求和电需求大致相当。

(3) 蒸汽通常由煤电厂或小煤炉供应, 导热油由燃煤热媒锅炉供应。为响应国家节能减排政策, 普遍存在“煤改气”的需要。企业希望在少增加或不增加总能源支出的前提下, 实现“以气代煤”。

收稿日期: 2019-08-06; 修回日期: 2019-10-12

作者简介: 班银银(1989—), 工程师, 主要研究方向为分布式能源系统优化, banyin_3626@163.com。

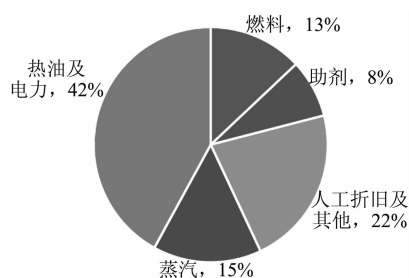


图 1 生产成本比例分布图

2 电-油-汽三联供能源系统

基于天然气的电-油-汽三联供能源系统是以天然气作为燃料带动燃气轮机组发电，而机组的高温排烟通过余热锅炉加热导热油并生产蒸汽，即烟气高品位段加热导热油，低品位段生产蒸汽，使能量得到阶梯利用，从而形成电、导热油、蒸汽三联供基本框架。

该系统由燃气轮机发电系统、供配电系统、余热回收利用系统、蒸汽供应系统、导热油供应系统和自动化控制系统等子系统组成。电力供应以燃气轮机发电为主，电网外购作为补充；导热油供应由余热回收利用系统和天然气导热油锅炉共同提供；蒸汽供应由余热回收利用系统提供，天然气蒸汽锅炉作为备用；自动化控制系统对电-油-汽三联供系统进行数据采集、分析、控制，确保电、油、汽及时并可靠供应。具体流程图如图 2 所示。

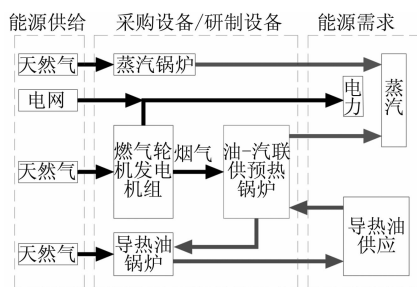


图 2 电-油-汽三联供系统流程图

电-油-汽三联供能源系统适用于同时有电力、导热油、蒸汽需求的化纤企业。电-油-汽三联供能源系统对于化纤企业的用能，包括电力、导热油、蒸汽都有双路供给，且配备了高度自动化的控制系统，是安全可靠、绿色经济的能源供给系统。

3 应用案例

本文以设计中的某浙江化纤企业用电-油-汽三联供能源系统为例，介绍并分析该企业的能源需求、能源系统方案设计原则、主要设备选型及经济、环保效益等。

3.1 能源需求分析

该企业原用能情况是：电力公司供给电力，附近的燃煤热电厂向其供给蒸汽；而导热油由企业本身的导热油炉供给。根据该企业提供的 2017 ~ 2018 年电费缴纳单、热电公司的蒸汽缴费单以及天然气缴费单，整理分析得出该企业的用能需求和特点：

(1) 同时具有电力、导热油、蒸汽能源需求；全年 335 天用能，每天 24 h 不间断。

(2) 电力需求相对稳定：平均负荷 3 586 kW，最小负荷 3 071 kW、最大负荷 3 964 kW。

(3) 导热油能源需求品位较高，负荷相对平稳，供油温度为 320 ℃，回油温度为 298 ℃。导热油由天然气导热油锅炉供给，根据天然气用量计算得出导热油平均负荷 4 659 kW，最小负荷 4 504 kW，最大负荷 5 132 kW。

(4) 蒸汽需求相对稳定：蒸汽压力 1.0 MPa，温度 220 ℃，平均负荷 5.04 t/h，最小负荷 4.35 t/h，最大负荷 6.78 t/h。

该企业的能源需求汇总情况如表 1 所示。

表 1 某化纤企业的能源需求表

种类	平均值	最小值	最大值	备注
电力/kW	3 586	3 071	3 964	供电公司供应
蒸汽/(t·h ⁻¹)	5.04	4.35	6.78	热电厂供应
导热油/kW	4 659	4 504	5 132	供油 320 ℃ 回油 298 ℃

3.2 方案设计原则

基于该企业能源需求分析，结合国家政策、地方政策和示范项目要求，用于该企业的电-油-汽三联供能源系统的设计原则如下：

(1) 在发电机组的选型设计上，以“自发自用、并网不上网”为原则，并尽可能减少网购电量。

(2) 满足项目蒸汽供应需求，并解决原有的蒸汽温度不稳定的问题；蒸汽供应系统按双压蒸汽供应设计。

(3) 导热油供应必须满足项目实际需求，供油温度 320 ℃，回油温度 298 ℃，温度波动不超过 ±1.5 ℃，流量保持稳定，维持在 560 t/h 左右，不得低于 400 t/h。

(4) 煤改气工程实施后，应能满足环保要求，氮氧化物排放不得超过当地环保标准。

(5) 必须考虑能源供应系统的运行连续性，连续、稳定运行时间应不小于 6 个月，为此须设置备用设备。

(6) 系统应有完整的自动、保护、联锁、顺控、报警及事故处理等控制策略，保障系统安全、

稳定、高效运行。并有友好的数据显示、操作界面，灵活、完整的数据记录、查询、统计、分析及上传等功能。

3.3 主要设备选型

主机设备选型配置是否合理对项目能源利用效率、运行方式和经济性影响较大。机组选型偏大则设备利用率低、经济性差、示范效果差；过小则项目单位造价上升，同时高附加值的电力自供应比例下降，项目经济性变差。因此须要通过合理的计算和设计，选择最佳装机方案。

燃气轮机选型有两种方式：“以电定热”和“以热定电”。本案例蒸汽需求平均为 5.04 t/h，导热油热量需求平均为 4 659 kW，总热量需求折合蒸汽需求约为 11.3 t/h。如按“以热定电”进行选型，根据表 2，可选择 3.5 MW 级机组。本项目电力需求平均为 3 586 kW，如按“以电定热”进行选型，根据表 2，可选择 3.5 MW 级机组。本项目热电比适中，两种方式选型结果为同一机型。燃气轮机排烟温度高有利于电-油-汽三联供分布式能源

系统的应用，因此本项目最终选择 SGT-3-2 的 3 451 kW 机组。

油-气联供余热锅炉的蒸汽供应能力应能满足项目需求。根据市场调研及数据分析，余热锅炉蒸汽供应能力按额定负荷 5.04 t/h、最小负荷 3.3 t/h、最大负荷 6.8 t/h 设计，以满足项目蒸汽需求。

导热油锅炉选型时考虑既可单独使用，又可与余热锅炉组合使用，额定容量设定为 7 000 kW。原有的导热油锅炉（约 8 000 kW）作为备用炉。

备用蒸汽锅炉选择负荷为 8 t/h、2.0 MPa 的天然蒸汽锅炉。

3.4 经济、环保效益分析

该企业应用电-油-汽三联供能源系统后，预计年使用天然气量约为 $1.176\ 6 \times 10^7\ \text{m}^3$ ，以火电机组发电标准煤耗 0.4 kg/（kW·h）以及燃煤蒸汽锅炉煤耗 0.167 t 标煤/t 蒸气折算，再按 8% 扣除输电损失计，可节省约 19 219 t 标煤，减少：粉尘排放约 13 069 t，二氧化碳排放约 28 742 t，二氧化硫排放约 1 441 t，氮化物约 360 t。经济、环保效益显著。

表 2 常规燃气轮机设备选型

型号	电功率输出/ kW	发动机输入 总热量/kW	天然气量/ (Nm ³ ·h ⁻¹)	发电效率/ %	满载排烟温度/ ℃	排烟流量/ (kg·h ⁻¹)	烟气余热产气量/ (t·h ⁻¹)
Centaur 40	3 515	12 605	1 327	27.89	435	67 004	8.13
Centaur 50	4 600	15 677	1 650	29.34	509	68 680	11.30
Mercury50	4 600	11 949	1 258	38.50	377	64 700	5.70
Taurus 60	5 670	17 994	1 894	31.51	510	78 280	12.92
Taurus 65	6 300	19 154	2 016	32.89	549	75 949	14.29
Taurus 70	7 965	23 242	2 447	34.27	511	96 775	16.03
Mars 90	9 500	29 819	3 139	31.86	468	143 400	20.14
Mars 100	11 350	34 476	3 629	32.92	485	153 245	23.04
Titan 130	15 000	42 633	4 488	35.18	496	179 125	28.09
Titan 250	21 745	55 933	5 888	38.88	465	245 660	34.07
SGT-3-1	3 086	11 500	1 210	26.84	602	45 720	10.06
SGT-3-2	3 451	12 161	1 280	28.38	582	49 320	10.25
SGT-6	6 530	20 842	2 194	31.33	488	100 080	15.22
SGT-8	8 500	24 855	2 616	34.20	520	105 840	18.10
SGT-10	10 500	36 108	3 801	29.08	488	170 640	25.96
SGT-12	12 500	40 938	4 309	30.53	520	105 840	18.10
SGT-16	16 300	44 857	4 722	36.34	481	202 536	29.98
SGT-25	25 000	65 963	6 943	37.90	500	281 880	44.87

4 结论

本文提出的电-油-汽三联供能源系统具有能源利用效率高、环保效益显著、安全可靠等特点，对化纤、印染等具有导热油加热需求的行业而言具有显著的经济效益和社会效益，在国家大力提倡节能

环保的形势下，具有广阔的市场应用前景。

参考文献

[1] 班银银, 卫冬生, 赵红恩, 等. 油-汽联供余热锅炉设计以及在化纤行业的应用研究 [J]. 应用能源技术, 2019 (10): 31-35.