

上海市船舶与海洋工程学会 2019 年学术年会轮机专场论文专栏

中海油文昌 13-2 平台原油电站系统集成设计研究

钟 兵, 焦联合国, 李策略

(陕西柴油机重工有限公司, 陕西 兴平 713105)

摘 要: 从原油发电机组、辅助系统及控制系统三方面介绍了中海油文昌 13-2 平台原油电站系统的集成设计。电站系统原油发电机组模块、各辅助系统撬块和控制系统均已完成出厂性能试验。试验数据表明:性能满足设计要求,机组工作状态良好。目前,该电站系统已取得 CCS 船级社产品检验证书,并交付用户,验收合格。

关键词: 海洋平台;原油电站;发电机组;控制系统

中图分类号: TM31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2020)02-0021-04

Research on the Integration of CNOOC Wenchang 13-2 Platform Crude Oil Power Station System

Zhong Bing, Jiao Lianguo, Li Celyue

(Shaanxi Diesel Heavy Industry Co., Ltd., Shaanxi Xingping 713105)

Abstract: The integration of CNOOC Wenchang 13-2 platform crude oil power station system is introduced from the aspects of crude oil gensets, auxiliary system and control system. The module of power station system crude oil gensets, packaged auxiliary systems, and control systems have passed performance factory test. The test data showed that the performance could meet with the design requirements, and the working condition of the gensets was good. The power station system has got the CCS products inspection certificate, delivered to the customer and passed the acceptance.

Key words: offshore platform; crude oil power station; gensets; control system

0 引言

石油钻井平台远离陆地,每个平台都必须自备独立电站,以供平台作业和人员生活用电。原油电站可以直接燃用经简易处理后的原油,经济性好,使用方便,目前已被广泛应用在渤海和南海海域的海洋油田开采平台上。原油电站系统成本占海洋工程配套设备成本的比重较大,一般约占海洋平台全部配套设备总成本的 20% ~ 25%,是附加值相对较高的设备。然而,现阶段海洋平台原油电站系统基本依赖进口,关键技术、主要零部件供给以及运营服务均受制于国外,导致设备采购费用和运行维护费用居高不下、逐年上涨,且服务响应速度缓慢,这些严重制约了我国海洋工程装备的发展与海

洋资源的开发。

为了打破国外的技术垄断,缩短原油电站设备建造周期,降低电站设备生命周期费用,陕西柴油机重工有限公司积极开展海洋平台装备的研发和产业化,从单一的发电机组供货商向原油电站系统集成商转变。在文昌 13-2 海洋平台原油电站项目中,针对该项目要求自动化程度高、运行模式多样、设备防爆、撬块化集成设计等特点,并综合考虑海洋平台的使用环境和维修条件,最终成功完成设计并交付用户。

1 原油电站系统集成设计

原油电站系统包括原油发电机组、外围辅助设备及控制系统三部分。该系统配置 2 套额定功率

收稿日期: 2019-10-08

作者简介: 钟兵(1982—), 高级工程师, 主要研究方向为柴油机设计与制造, 船舶与海洋工程动力系统集成设计, zhongbing@sxinfo.com.cn。

5 600 kW 的原油发电机组, 通常采用 1 用 1 备的工作方式, 提高了供电可靠性; 在大排量钻井工况下两台机组也可同时投入运营, 满足设备对电能的需求。外围相关辅助设备包括: 原油分离撬、原油增压撬、柴油增压撬、燃油循环撬、滑油分离撬、滑油补充撬、中央冷却水撬、压缩空气撬, 膨胀水箱、机械辅助设备和机组接口柜、辅助柜、控制柜以及辅机公共盘等电气辅助系统。其中, 滑油冷却撬、燃油过滤撬集成在原动机机体辅助箱 (frame auxiliary box, FAB) 模块中, 滑油补充撬集成在滑油储油箱。控制系统包括原油电站系统的启动、停车、安保和模式切换控制系统等。原油电站系统布置如图 1 所示。

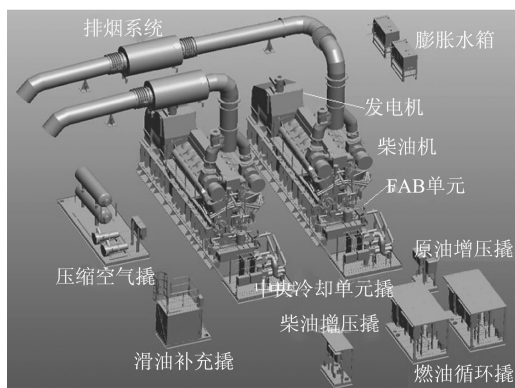


图 1 原油发电机组系统布置三维图

原油电站系统在设计时充分考虑了动力性、安全性、操作方便性等要求, 其主要特点如下:

(1) 该电站系统仅须在机组启动和停车的初始 30 min 内使用柴油, 之后可切换至原油运行模式, 长期运行经济性好。

(2) 原油发电机组可与应急发电机组并网运行, 当主电网失电后, 可先启动应急发电机组给电网关键设备供电, 再启动原油发电机组为平台所有设备供电。

(3) 2 套原油发电机组共用一套原油处理系统, 原油分油机采用一用一备冗余设计。

(4) 2 套机组共用一套燃油增压系统, 每套机组配置一套独立的燃油循环撬。

(5) 每套机组配置一套独立的润滑系统, 由 FAB 模块和滑油分离撬组成。

(6) 每套机组配置一套独立的淡水中央冷却撬, 高、低温水泵为柴油机机带泵。

(7) 2 套机组共用一套启动、控制压缩空气系统。

1.1 原油发电机组

原油发电机组主要由柴油机、发电机、高弹、公共底座、弹性减振块、排气管系等组成。柴油机

型号为 SXD-MAN12V32/40, 额定功率 6 000 kW, 额定转速 750 r/min, 配备 ABB 发电机, 额定功率 5 600 kW, 额定电压 6.3 kV, 额定频率 50 Hz, 功率因素 0.8 (滞后)。柴油机和发电机通过弹性联轴节连接, 弹性减振块固定在公共底座上; 公共底座与平台通过合成树脂刚性连接; 柴油机与辅助系统管道采用弹性连接; 发电机组自由端带 FAB。原油发电机组组成如图 2 所示。

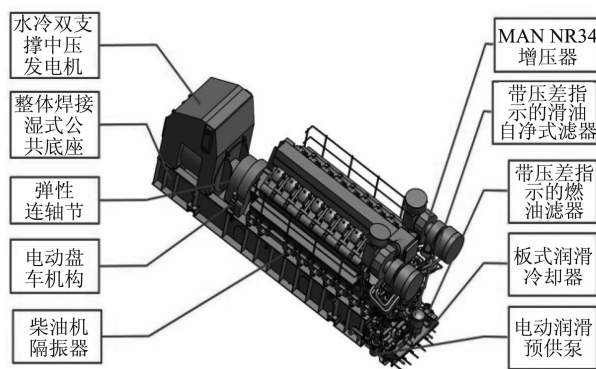


图 2 原油发电机组组成

机组特点如下:

(1) 该柴油机配置电子调速器, 可满足机组对负载变化快速响应的要求。

(2) 利用机外辅助系统对滑油/高温水进行加热保温循环, 以保证各主要零部件的润滑, 使柴油机处于热备机状态。

(3) 柴油机设有超速保护装置, 超速门限设定为额定转速的 112% ~ 115%。

(4) 设有滑油油压过低停机保护; 高温水出机温度过高停机保护; 滑油进机温度过高停机保护。

另外, 每套机组拥有独立的柴油机控制系统, 能够进行就地操作, 并通过 MODBUS 总线和遥控系统连接到主控制板, 集中远程监测和控制; 每套机组有独立的励磁和发电机保护系统, 机组同期、并网、负荷分配通过电源管理系统 (power manager system, PMS) 集中控制; 机组发出的电经中压配电系统输出, 两套机组通过同期并网在母线上, 经母线联络开关连接, 再由馈线开关柜输出, 供平台设备使用。

1.2 辅助系统设计

1.2.1 燃油系统设计

燃油系统的作用是为柴油发电机组提供足量的燃料。该系统主要由沉降罐、原油分油机、原油日用柜、柴油日用油柜、柴油增压撬、燃油增压撬、燃油循环撬等组成。系统原理如图 3 所示。原油沉降罐用来存储经生产工艺系统处理合格后的原油,

原油经沉降罐沉降分离, 再通过离心式分油机进一步去除原油中的水分和相应杂质, 最终满足发动机燃料要求的原油被储存至原油日用罐。原油日用罐内的原油经燃油增压撬增压, 再经燃油循环撬稳压、加热等处理, 最后经燃油滤器进入主机。

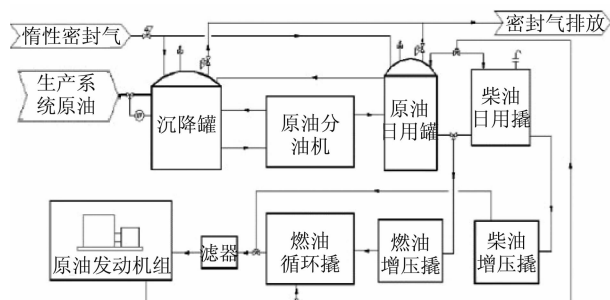


图3 燃油处理及供给系统原理图

2 台机组共用一套柴油增压撬和燃油增压撬, 其流量满足 2 台机 MCR 工况下的设计流量要求; 每机一套燃油循环撬, 流量满足单台机 MCR 工况下油耗的 3 倍要求; 增压泵、循环泵冗余设计, 一用一备; 燃油进机压力、黏度满足柴油机要求。

燃油系统主要有如下功能: 柴油与原油切换控制; 柴油冷却; 原油加温、分水、分杂; 燃料存储、供给等。

1.2.2 滑油系统设计

滑油系统的作用是对发动机运动部件进行润滑、清洁并带走发热部件的热量。该滑油系统由滑油补充撬和滑油供给系统组成。滑油补充撬主要用于滑油补充、储油及加注; 2 台原油发电机组公用 1 套。滑油供给系统主要用于滑油的加压供给、冷却、过滤和分离。其中, 滑油的加压供给、冷却、过滤设备集成在机带 FAB 单元上, 而分离设备由独立的滑油分离单元组成; 滑油供给系统为每机组 1 套。滑油系统原理如图 4 所示。

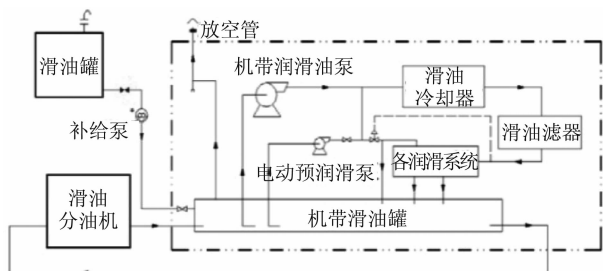


图4 滑油系统原理图

滑油罐集成设计在公共底座上, 设计时充分考虑了平台的纵倾、横倾、纵摇和横摇对滑油供给系统的影响, 可满足任何工况下滑油供给需求; 滑油循环泵选用螺杆泵, 流量和压力满足单台发电机组

使用要求; 滑油冷却器采用淡水闭式循环板式换热器; 过滤器选用连续交叉流动反冲洗式 30 μm 自动过滤器, 可在不停机的情况下更换滤器滤芯。

1.2.3 冷却系统设计

每套发电机组采用独立的冷却水系统, 冷却方式为冷却水闭式循环冷却。冷却水系统由高温冷却水系统和低温冷却水系统组成。高温水冷却缸盖、缸套和一级空冷器; 低温水冷却滑油和二级空冷器。冷却水系统采用机带高、低温水泵, 高、低温水混流系统。每套机组配置一套独立的淡水中央冷却单元。柴油机高温水控制、增压空气温度控制、流量压力控制阀均集成于 FAB 中。每套机组设置一套独立的膨胀水箱, 位于主机舱顶部。冷却水系统如图 5 所示 (其中虚线框内为机组附带的部件)。

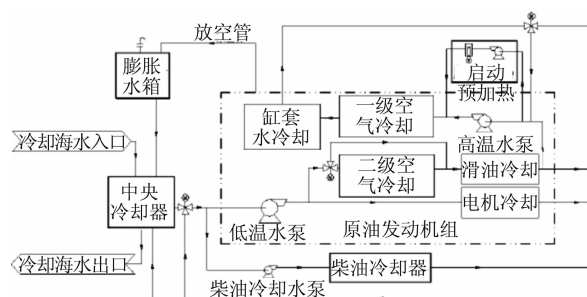


图5 冷却水系统原理图

1.2.4 压缩空气系统设计

压缩空气系统主要用于为柴油发电机组提供启动空气和控制空气。该系统由启动空压机、启动气瓶和减压阀组等部件组成。启动气瓶 2 只, 容积可满足单台机组启动 6 次的要求; 空压机 2 台, 容量满足单台空压机 1 h 内将气瓶从 0 MPa 充气至 3.0 MPa 的使用要求。压缩空气系统原理图如图 6 所示。

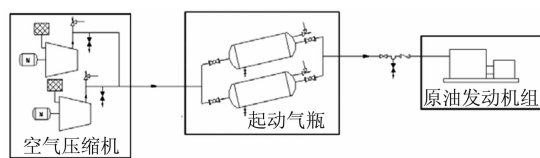


图6 压缩空气系统原理图

1.3 控制系统

每套机组具有独立的控制系统, 分为就地控制和远程控制两个系统, 既能进行机旁就地操作, 也可实现集控室远程监控。机旁就地控制系统通过以太网连接到集控室的远程控制系统, 集中监测和控制; 每套机组有独立的励磁和发电机保护系统, 机组同期、并网、负荷分配通过 PMS 单元集中控制; 机组发出的电能由中压配电系统分配输出, 两套机组通过同期并网在母线上, 经母线联络开关连接,

再由馈线开关柜输出,供平台上设备使用。

控制系统包括机旁控制柜 (SaCosOne)、发电机组控制柜 (GCP)、就地控制柜 (LCP)、辅机控制柜 (ACP) 和发电机保护柜等,主要实现系统和设备监测报警、安全保护、逻辑控制 (启动、停止、励磁和同期并网等) 以及电能管理等功能。

机组控制柜 (GCP) 和辅机控制柜 (ACP) 采用 PLC + 信号采集模块组成控制系统,采用以太网模块和以太网建立网络通讯系统,与辅助系统撬块、机旁控制柜 (SaCosOne) 之间进行数据交换,并集成了人机交互界面 (HMI),集中显示系统参数和设备状态、故障报警信息等。

1.3.1 机旁控制柜 (SaCosOne)

机旁控制柜是安装在原油电站近旁的机组监控系统,包括控制单元 (CU)、机旁操作面板 (LOP)、接口柜 (IC) 和远程操作面板 (ROP 可选),主要实现机组的运行操作、监测报警和逻辑控制等功能。

机旁控制柜集成两个 PLC 控制系统,分为安全保护单元和报警控制单元,两个单元相互独立,并通过网络连接,实现信息交互,以确保机组安全、可靠运行。

1.3.2 机组控制柜 (GCP)

机组控制柜布置在集控室,作为远程控制系统集中监测机组及辅助系统所有设备的运行状态、工艺参数,具备故障报警、安全保护和运行操作等功能。集成了人机界面 (HMI)、励磁调节单元 (AVR)、振动监测单元、同期和负荷分配单元及 PMS,可实现以下功能:

(1) 原油电站的监测报警、安全保护、逻辑控制和操作;

(2) 负荷分配单元接口 (有功/无功调节);

(3) 机组励磁调节;

(4) 发电机轴承振动监测;

(5) 自动/手动同期功能接口 (机组并网调速/调压);

(6) PMS 电源管理系统;

(7) 原油发动机辅助系统及设备监控。

1.3.3 辅机控制柜 (ACP)

主要用于各个辅助系统控制单元和传感器、执行机构等设备信号接入,并与机组控制柜 PLC 系统进行通信连接,数据交换。通过按钮、指示灯、蜂鸣器等元件实现对以下各系统撬块设备运行状态的指示、报警和运行操作。

(1) 燃油系统:燃油分离撬、原油分离撬、

燃油循环撬、柴油增压撬;

(2) 滑油系统:滑油分离撬、滑油补充撬;

(3) 中央冷却水系统:中央冷却水单元撬、膨胀水箱撬;

(4) 压缩空气系统:压缩空气撬。

1.3.4 就地控制柜 (LCP)

就地控制柜与机旁控制柜安装在一起,用于在机旁集中监测、报警和操作各辅助系统设备。集成了人机界面 (HMI) 和声光报警器、按钮、指示灯等元件,可机旁查看各辅助系统设备运行状态、工艺参数和报警信息,并实现相关操作。

2 试验验证

该项目原油发电机组模块、各辅助系统撬块和控制系统均已完成出厂性能试验,取得 CCS 船级社产品检验证书,并交付用户验收合格。机组性能试验验证参数如下:

(1) 单台机组 100% 负荷时有功功率为 5 610 kW,电压 6 320 ~ 6 330 V,频率 50 ~ 50.6 Hz,稳态电压调整率 $\leq \pm 2.5\%$,电压波动率 $\leq \pm 1\%$,各项指标均满足设计要求。

(2) 单台机组启动次数大于 6 次,单次启动时间最长为 3.43 s (规范要求 ≤ 10 s)。

(3) 安全保护和报警功能完整;静态试验和动态试验工作正常。

(4) 瞬时调速率最大值为 3.7% (规范要求 $\leq 10\%$),稳态调速率 $\leq 5\%$,稳定时间 ≤ 5 s。

(5) 转速波动率最大值为 0.13% (设计要求 $\leq 0.5\%$)。

3 总结

试验验证表明:该原油电站系统性能参数满足设计要求,机组工作状态良好,满足规范和业主的各项要求。该原油电站的成功开发为公司继续拓展海洋平台原油电站系统集成奠定了基础,积累了经验。

参考文献

- [1] 曹士峰. 钻井平台柴油发电机组辅助系统设计 [J]. 中国海洋平台, 2015, 30 (3): 23-26.
- [2] 刘冬冬, 李汪洋. 海洋石油平台应急发电机组控制系统优化设计 [J]. 石化技术, 2016 (1): 166-167.
- [3] 张慧敏. 柴油发电机组辅助系统模块化设计 [J]. 轨道交通装备与技术, 2015 (4): 12-14.
- [4] 闫甲良. 船用柴油发电机组设计 [J]. 柴油机, 2015, 37 (1): 31-34.