

# 浅谈圆筒形 FPSO 主发电机系统的组成及安装

施 磊

(启东中远船务工程有限公司 海工研发中心, 江苏 启东 226251)

摘 要:文章对圆筒形 FPSO 的主发电机的主要组成部分进行了介绍,重点分析了主发电机的工作系统、控制系统及安装,为我国 FPSO 主发电机系统的应用研究提供了借鉴。

关键词:浮式生产储油;圆筒形;主发电机;废热锅炉

中图分类号:U671.91

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2016)03-0045-05

## 0 引言

海上浮式生产储油外输平台(Float Production Storage Offload,以下简称“FPSO”)是海洋工程中不可缺少的重要组成部分,是油田开发过程中不可缺少的核心单元。FPSO 通常与钻井平台或者海底采油系统组成一个完整的采油、原油处理、成品油的储存和卸油外输系统,把来自油井中的原油经海底管线、单点或多点输油管线输送至 FPSO 上的油、气、水处理工艺模块,经去除渣滓、脱水、脱气处理后的合格原油储存在货油舱中,然后再经由油船的定期靠泊将加工后的成品油运输到陆地上的炼油厂,最后提供给用户使用。与船型 FPSO 相比,圆筒形 FPSO 除了具有抗风能力强、适应水深范围广、储油卸油能力大等优点外,还具有更高稳定性及能适应更恶劣海洋环境,因此广泛应用于远离海岸的深海海域开发。<sup>[1-3]</sup>主发电机作为整个 FPSO 平台的主要发电设备,其技术和生产水平的高低,直接决定了 FPSO 平台的先进程度。圆筒形 FPSO 采用的是西门子 SGT-400 型转子发电机,并配有热量循环回收装置。

## 1 主发电机系统的主要组成部分

本文对主发电机系统的主要组成部分进行相关分析。主发电机系统的基本布置图如图 1 所示,显示了

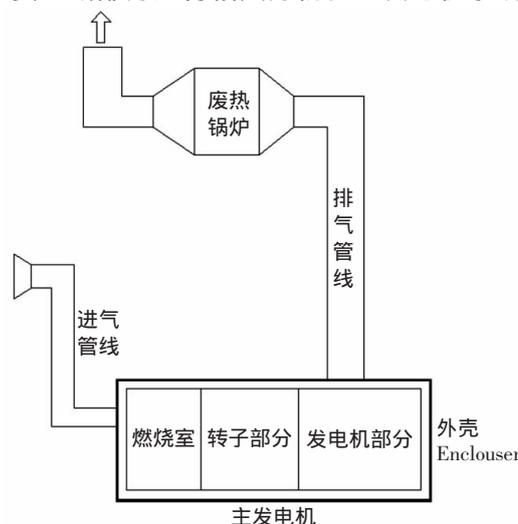


图 1 主发电机系统的基本布置图

收稿日期:2016-04-25

作者简介:施磊(1982—),男,江苏南通人,启东中远船务工程有限公司海工研发中心工程师,硕士。

整个主发电机系统的基本组成。主发电机系统主要由主发电机、废热回收装置组成。除了主发电机和废热回收装置这两个主要部分,主发电机系统还包含了进气、排气、透气、管路等其它的相关连接和控制部件,这些部件对于主发电机系统来说也很重要,如果没有这些连接部件,主发电机也无法正常运行。

### 1.1 主发电机

圆筒形 FPSO 使用的是转子发电机,类似航空发动机的结构,包括燃烧室、转子、齿轮箱、发电机等。此类型发电机的优点在于机械部件少,发电能力强。它是通过燃烧室产生高温高压的气体,冲击转子带动后面的齿轮箱转动,从而发电。不同于普通的柴油发电机,此发电机只有一个燃烧室,结构相对简单,燃烧效率高,发电能力强。因此,此类型发电机广泛用于 FPSO 等先进石油平台上,主发电机的总体布置如图 2 所示。

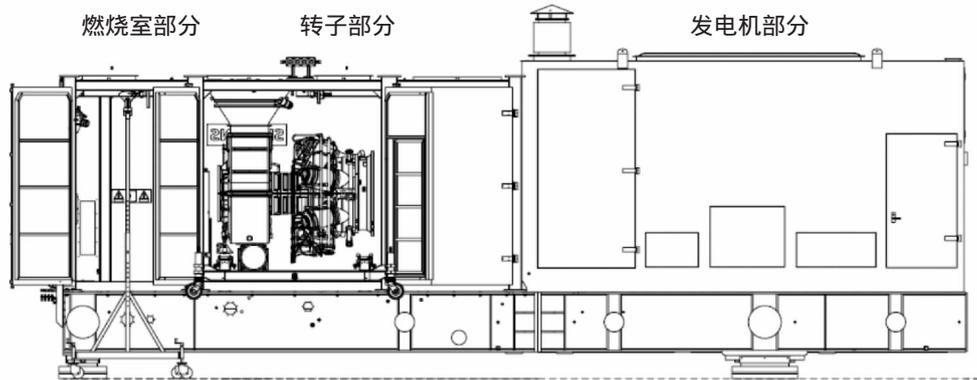


图 2 主发电机的总体布置图

### 1.2 废热回收装置

圆筒形 FPSO 还带有独有的废热回收装置,又称为废热锅炉。此装置就是利用燃烧室排出的高温废气加热 FPSO 需要提前预热的系统介质,从而达到废热回收利用,提高生产效率和降低成本的目的。

废热锅炉的外形和内部结构如图 3 所示。废热锅炉的主要组成部分是热交换部分、紧急排出通道和风闸。热交换部分的作用是利用废气加热所需要的介质;紧急排出通道的作用是在非正常的工作状态下,将废气直接排出,而不经过热交换部分;风闸的作用是控制废气的使用路径。

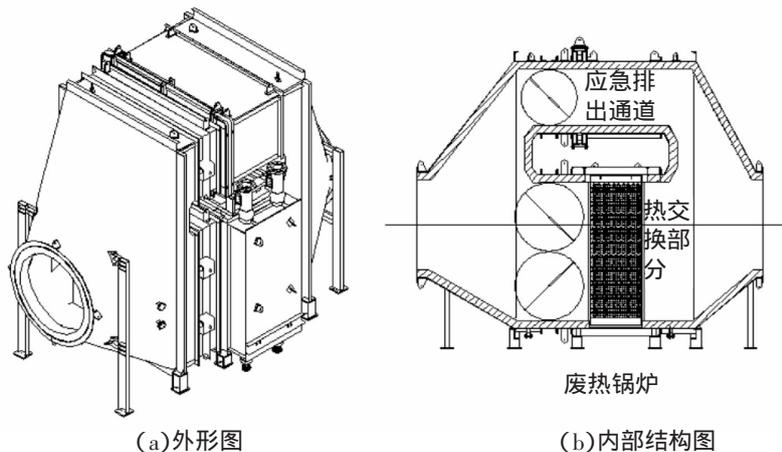


图 3 废热锅炉的外形和内部结构图

## 2 主发电机的主要工作系统

### 2.1 丙烷启动系统

相较于普通的柴油发电机,圆筒形 FPSO 主发电机的启动方式比较特殊,需要使用丙烷气体进行辅助,助燃柴油或者燃气,从而使发电机点火成功。整个丙烷系统由一组丙烷瓶(丙烷瓶数量根据丙烷启动用量决定)、控制板、管线、阀等组成,如图 4 所示,主要为发电机启动提供辅助燃烧。此系统一般只在发电机启动时才进行工作,正常运行时不需要此系统。由于丙烷是危险气体,所以在设计系统时,需要考虑启动后的隔离和安全工作。丙烷启动系统的工作原理是:

- (1) 当主发电机需要启动时 ,由控制系统控制丙烷瓶组释放丙烷气体 ;
- (2) 经由工艺管线到达丙烷控制板 ,由丙烷控制板控制主发电机所需要的丙烷气量 ;
- (3) 经过丙烷控制板释放的丙烷气体 ,到达主发电机模块 辅助发电机的启动 ;
- (4) 当主发电机启动完成 ,关闭丙烷系统的相应阀门 ,并由丙烷控制板处的透气系统 ,将残留在系统中的丙烷启动 排放到指定的安全区域 ;
- (5) 完成以上四步操作系统后 ,整个丙烷系统处于待激活状态 ,以应对备用发电机的启动或者主发电机的临时停车。

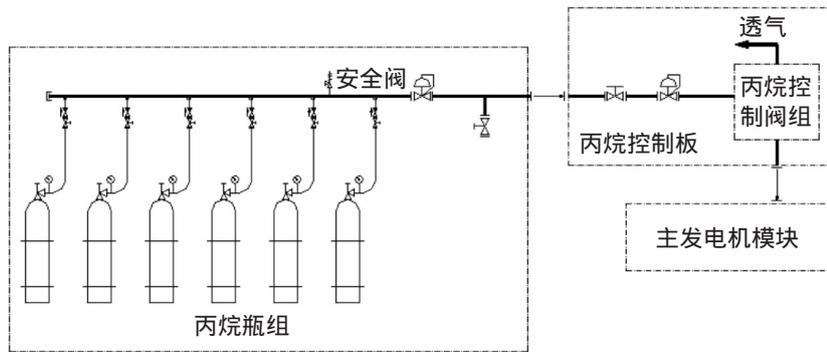


图 4 丙烷启动系统图

## 2.2 燃油系统

圆筒形 FPSO 主发电机对燃烧物所适用的类型相当宽泛 ,正常工作下燃烧的是燃油 ,也可以燃烧天然气。由于 FPSO 一般在深海工作 ,并且在生产过程中产生的都是燃油和天然气 ,所以一般情况下发电机工作时都是使用燃油。整个燃油的供应系统如图 5 所示 ,其工作原理是 :

- (1) 由 FPSO 工艺模块处理完的燃油 ,注入燃油舱 ;
- (2) 主发电机工作时 ,通过燃油泵从燃油舱抽取燃油 ;
- (3) 由于燃油存储在燃油舱 ,在经过相应管线时 ,有被污染或者达不到燃烧标准的可能 ,所以抽取的燃油需要经过特殊的燃油滤器模块 ,以保证其主发电机燃烧的效率等 ;
- (4) 主发电机燃烧工作时 ,对燃油的温度有特定的要求 ,所以在进入主发电机前需要对燃油进行加热处理 ,并带有循环加热系统 ,在燃油温度达到燃烧要求以后 ,再注入主发电机燃烧系统。

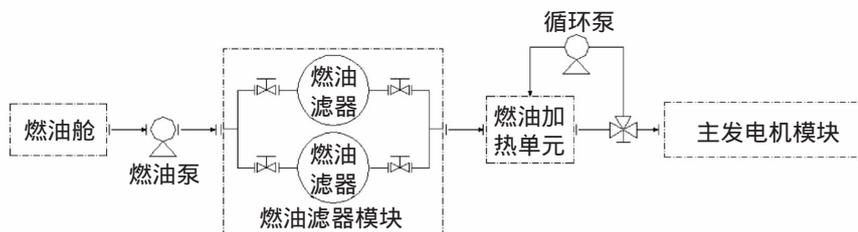


图 5 燃油系统图

## 2.3 消防系统

由于圆筒形 FPSO 主发电机在工作时处于高温高压的状态 ,所以主发电机系统还配有独立消防系统。消防系统包含消防水单元、消防探测模块和喷洒系统。在主发电机发生紧急情况时 ,消防系统可以自动喷洒水雾 ,以覆盖主发电机的主要部件 ,以防止发生进一步的爆炸伤害。

消防系统完全独立于其它系统 ,主要由各种探头、喷头、报警等组件组成 ,是防止主发电机受到进一步损伤的重要保护系统。整个消防系统如图 6 所示 ,其工作原理是 :

- (1) 在主发电机运行过程中 ,由消防探测模块检测主发电机模块内的烟雾、火焰情况 ;
- (2) 当消防探测模块检测到危险源时 ,发送启动信号给消防水单元 ;
- (3) 消防水单元接受到启动信号后 ,释放氮气和水变成汽水混合物 ,输送到主发电机喷洒系统 ;
- (4) 主发电机内部分布有水雾喷洒喷头 ,由消防水单元输送来的氮气和水的混合物 ,经由喷头均匀的覆

盖整个发电机的主要部件,以起到防护作用。

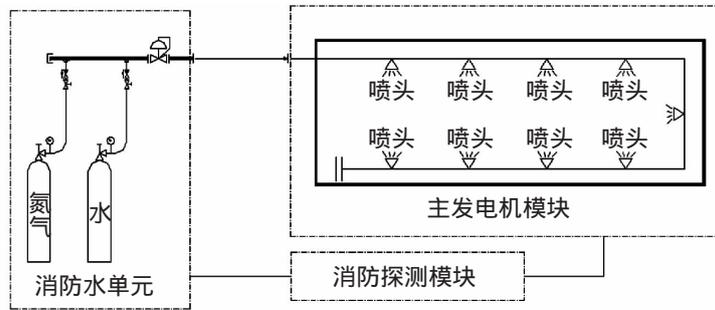


图6 消防系统图

### 3 控制系统

主发电机控制系统采用 Siemens Simatic S7 400 Programmable Logic Controller (PLC),并大量使用集成电缆网络,以减少主发电机周围的电缆,避免干扰。机械和电气硬件采用模块化组件设计。在所有传感器和执行器连接到本地输入/输出(I/O)节点上,各节点通过高速数据传输网络接入/出 PLC。两种总线网络(DP1和DP2)用来收集发电机和相关辅助系统 I/O 参数。拆分的网络允许两种模式来控制发电机,分别是较快的网络速度(DP1@1.5 Megabaud)和较慢的网络速度(DP2<=1.5 Megabaud)。

设备网络变换器的总线用于允许 DP1 连接到气体燃料节点。通常 DP2 连接到设备包以外,如电动机控制中心(MCC)和电池充电器。总线/设备网络的连接失败,通常会导致发电机停止运行。

通讯总线用来收集消防系统的非重要数据,并且用于发电机系统的诊断目的。PLC 通过以太网连接到一个操作站,可以兼容额外的操作站,也可以扩展到其他工厂的分布式控制系统。此控制系统配置的优点是:减少电缆连接,预连接/测试模块,减少设备包调试时间。

### 4 主发电机的安装

#### 4.1 发电机的安装

此发电机的底座采用三点式基座垫块安装方式,如图7所示。三个垫块都采用弹性调节方式,以确保发电机壳体能够保证在应有的水平度上。每一个垫块都可以在三个方向上进行相应的调节。在吊装发电机壳体前,这三个垫块就需要焊接到 FPSO 的相应主发电机基座垫板上,然后通过机械加工、调平等工作,以确保满足发电机的安装要求。三个基座垫块,对于水平表面平整度的要求一般控制在  $0.2^\circ$  以内,对于高度距中心线的距离控制在  $\pm 5\text{mm}$  以内。如不能满足此要求,就需要对整个基座进行机加工等工艺来达到安装条件。

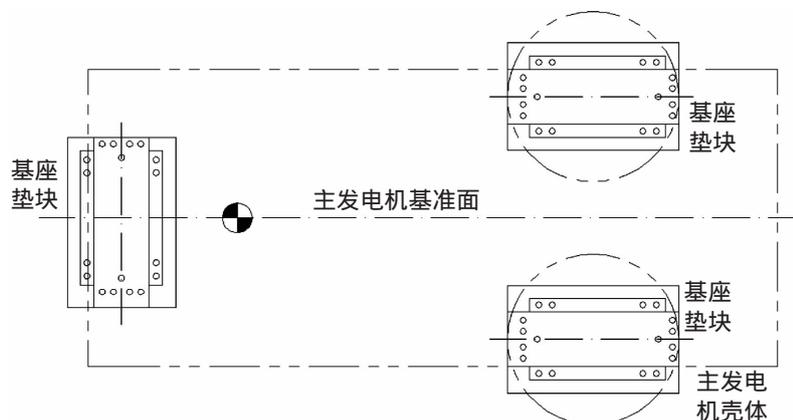


图7 主发电机基座安装图

#### 4.2 废热锅炉的安装

废热锅炉相较于发电机,属于静态设备,所以没有发电机类似的弹性减震块,通过 12 个支撑腿,与 FPSO 相应的支撑位使用螺栓连接。安装过程中,需对于 12 个垫块的水平度进行严格的检测和控制,以防止出现某些支撑腿无法连接的情况。如果确实无法保证水平度,一般会采用部分位置加垫板或缩短支撑腿的方式以满足安装要求。

#### 4.3 管路系统的安装

发电机及废热锅炉安装完成后,接着安装相应的连接管路和管路附件及电气接线箱、控制箱等辅助系统的设备。管路安装最主要的安装要求是管路的对中,管路对中的防止在整个系统运行过程中,产生应力及过大的震动损坏重要的设备原件。现场安装过程中,需要对所有管路的安装进行检测和记录。

#### 5 结束语

圆筒形 FPSO 的主发电机作为整个生产平台的重要设备,其布置、设计、原理的合理性和先进性,直接决定了 FPSO 的稳定性和先进性。现有的涡轮发电机和废热锅炉技术都掌握在少数几个大公司手中,希望本文可以抛砖引玉,为我国的 FPSO 主发电机的研究、设计、制造提供一定的借鉴。

#### 参考文献:

- [1]刘海霞.深海半潜式钻井平台的重量控制探述[J].中国海洋平台,2011(6):9-15.
- [2]徐志海.海洋平台建造中重量、重心控制的意义和基本方法[J].船舶设计通讯,2011(127):12-15.
- [3]宋立新,刘广辉.海洋浮式生产设施的重量控制办法[J].中国造船,2014(S1):69-74.

## Composition and Installation of Main Generator Module for Cylindrical FPSO

SHI Lei

(Oceanic Engineering Research & Development Center, COSCO (Qidong) Offshore Co., Ltd.,  
Qidong 226251, China)

**Abstract:** This article introduces the major components of the main generator of cylindrical FPSO and analyzes its working system, control system and installation, which is expected to serve as a reference for the application study of this field.

**Key words:** Floating production storage platform; Cylindrical shape; Main generator; Waste heat recovery unit