

海上油气田岸电应用设计要点分析

高璇, 刘国锋, 李雪

(中海油研究总院有限责任公司, 北京 100028)

摘要: 随着海上油气田开发的不断推进, 油田群用电规模也不断增大。无论是从节能减排, 还是从供电可靠性和经济性等角度, 探索海上油气田供电的新方式都具有重要的意义。提出了由陆地电网为海上油气田开发工程供电的新思路, 探讨了岸电的设计原则和设计要点。最后以具体岸电工程设计案例为例, 总结了岸电方案设计的关注点及岸电与传统的海上自发电的不同点, 形成了海上油气田岸电工程的设计方法, 为今后海上油气田岸电工程提供了借鉴。

关键词: 岸电应用; 海上油气田电力系统; 电源接入点

Analysis of shore power application in offshore oil and gas field

GAO Xuan, LIU Guofeng, LI Xue

(China National Offshore Oil Corporation Research Institute Co., Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: With the development of offshore oil and gas fields, the power consumption scale of offshore oilfields is increasing. It is of great significance to explore new ways of power supply for offshore oil and gas fields from the perspectives of energy conservation and emission reduction, as well as power supply reliability and economy. A new idea which uses power from shore to supply for offshore oil and gas fields is proposed, and the design principles and key points of shore power application are discussed. Finally, a specific shore power engineering as an example is taken and the focus points of shore power application design and its difference from traditional offshore power generation scheme are summarized, which forms design method of shore power application in offshore oil and gas field and provides reference for shore power application engineering in offshore oil and gas fields.

Key words: shore power application; offshore oil and gas field power system; power access point

0 引言

海上平台的电力供应是保障海上平台持续安全运行的动力源。国内海上平台传统的供电方式为自建电站形式, 通过海底电缆给周边井口平台集中式供电; 或者通过电力组网技术实现多个平台电站联网供电。目前, 海上平台自建主电站效率偏低, 且需支付高

昂的保养维护费用, 同时长期依赖国外厂家的技术支持。此外, 海上平台电站一般以油田伴生气作为燃料。部分油气田因缺少天然气而需采用敷设气管线从周边油气田购气的方式来发电, 或者利用原油发电, 大幅增加发电成本, 影响经济效益。因此, 探索海上油气田新型供电方式具有重要的意义。

陆上电网发展成熟，电源容量庞大，供电可靠性高，电能质量优^[1]，陆地电网为海上油气田开发供电，将实现现有海上油田群电网从“内部网络供电”向“海陆电网一体化联网供电”的转变，成为海上油气田开发的优质电源点，从而实现多渠道海上平台供电，提升电网的整体效率与可靠性。

国外已有通过岸电为海上油气田供电的先例，如挪威TROLL项目^[2]，但国内陆上电网为海上平台供电仍处于起步阶段。在实现供电可靠性和经济性的要求下，研究岸电工程应用方案将成为国内海上油气田供电方式的一次突破。

1 岸电设计要点

1.1 设计基础

(1) 设计规模

油田区域规划负荷是决定岸电工程规模的重要因素。适当考虑规划负荷，并根据油田配产评估油田生产运营时所需电力负荷，开展供配电设备的选型。

(2) 电源接入点

陆地电源点的选择应符合较高供电可靠性、足够供电容量以及较好经济性的原则。根据油田地理位置择近选择登陆点，进而选择较近的陆地变电站作为电源接入点。电源接入点的选择需要与当地供电部门协商沟通，并对当地电网进行全面了解，对供电方案进行技术和经济比选分析，例如供电可靠性、供电质量、当地变电所和外电源线路情况、施工条件、建设周期以及扩建余地等。同时以供电协议形式对推荐供电方案进行确认，主要涉及接入点能够满足工程用电需求、购电电价、外电源工程建设、投资界面及用户电能质量考核指标等。

(3) 陆上输电线路

陆上输电线路应结合当地市政规划，确定线路路由，与当地相关部门协商沟通并确认。

(4) 海上路由选择

根据油田区域开发规划，海底电缆路由在尽量避开自然保护区、船舶航道、港口锚地、农渔业区以及军用区等的前提下，选择距离最短路由。

1.2 设计原则

1) 为保证海上油田供电的可靠性，一般采用双通道并联输电方案，设置两套相对独立的海上变电站或换流站。

2) 设计冗余度一般按 $2 \times 100\%$ 考虑，即任意一回路故障时，另一回路应保证油田100%的用电负荷，以降低停电对油田生产的影响。

3) 海上油田的集中控制系统、仪表系统和消防泵负荷等为一级负荷，天然气处理装置区生产负荷为二级负荷，办公区及其他负荷等级均为三级负荷。根据GB 50052—2009《供配电系统设计规范》：一级负荷应由两个电源供电，当一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损害；二级负荷宜由两回线路供电。

设计过程中宜尽量满足以上原则。若油田经济效益较差，可以适当降低设计冗余度来兼顾效益。

1.3 技术方案

采用合适的电力传输方式，实现岸电向海上油气田的传输是岸电设计的关键。可接入的陆地变电站现状、海上油气田开发规模及海陆之间海底电缆的路径是决定技术方案的主要因素。根据工程实际情况，本着电力系统安全、稳定、可靠和灵活的原则，通过校核海底电缆的容量、压降以及容性电流水平等进行交直流输电的比选、电压等级的选取以及变电站/换流站、海底电缆和变电站等电气设备的选型。

1.4 经济效益比选

岸电方案是否经济占优，不仅要看海底

电缆、变电站/换流站等设备投资,还需要结合海上油气田开发整体方案进行综合评估。岸电的实施必然会带来工艺、水、消防、机械和总图等多个工程专业的方案变化,此外,还需要考虑电价、气管线/气价(若有伴生气需要处理或外卖)等间接费用。

1.5 设计关注点

与海上平台自建电站方案不同,岸电方案还需要与地方政府、地方供电部门等进行沟通。与地方电网的接口包括电源点、购电价格、用户电能质量和岸电建设工程界面等。接口差异会直接影响岸电方案技术可行性及经济性。

2 岸电工程案例

2.1 工程概述

为开发涠洲区域某油田A,一期新建一座井口平台WHPA和一座陆地终端。井口平台上设有井口设施、生活楼和模块钻机等。陆地终端设有油气水处理设施、原油与天然气外输设施。海上井口平台所产物流通过24 km海底油气水混输管道输送至陆地终端进行油气水分离、原油脱水及稳定、LPG回收和污水处理。陆地终端和海上平台用电均来自当地电网。

2.2 岸电方案设计

本案例主电源引自周边一座110 kV变电站,该变电站由装机容量为 $2 \times 40 \text{ MV} \cdot \text{A}$ 的110/35/10 kV的三绕组变压器组成。海上平台35 kV主电源从110 kV变电站主变压器的35 kV系统引出,经陆地电缆至陆地终端35 kV开闭所,再通过一条35 kV、 $3 \times 400 \text{ mm}^2$ 及24 km海底电缆为海上平台供电。正常情况下,海上平台主电源由工业园内一台主变压器供电。当该电源故障时,工业园内35 kV母联开关经检无压、检无流后自动投入,由另一路非故障电源为海上平台供电。

由于受经济效益的限制,且本工程一期

用电规模较小、输电距离较近,陆地终端至海上平台的海底电缆采用单回路。为满足海上平台上的重要应急设备及系统的用电要求,设置1台1 100 kW柴油发电机作为应急电源。

由于该油田周边存在潜力油田,二期工程开发时考虑新建另外一条从陆地变电站至二期海上平台的35 kV回路,从而实现整个油田区域的双回路供电。

本工程案例供电示意图如图1所示。

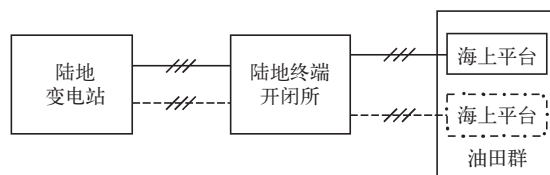


图1 岸电工程案例供电示意图

Fig. 1 Schematic diagram of power supply in shore power engineering

2.3 与海电工程量差异

海上平台常规的供电方式是利用天然气或者原油作为燃料,通过涡轮发电机或者原油发电机发电为整个平台用电负荷供电^[3](以下简称海电),同时需要设立相应的辅助系统来对伴生气或者原油进行处理,以达到发电机燃料要求。在海电方案的设计中,发电机的选型与布置、辅助系统的配置以及电气设备选择与布置是重点要考虑的问题。因此,供电方式不仅影响电气设备本身,还会影响平台的工艺处理、设备配置、总图布置和消防等方案,进而影响整个工程方案及其投资。

岸电方案考虑从陆地电网引电,设计的重点转移到陆地电源点的接入和电能从陆地到海上的传输与变换。通常采用海底电缆向海上平台输送陆地电能,其采用的是交流还是直流以及电压等级、截面积的选取需要根据具体项目进行研究分析。若采用交流输电方案,设计中还要考虑无功补偿设备来解决交流海底电缆容性无功的补偿问题。

相比于海电方案,岸电方案中海上平台不设电站及其辅机系统,但需要考虑海上变

电站或者海上换流站的布置以及其对平台总图、结构等的影响,还有伴生气的处理以及其他工艺流程的变化。

此外,岸电方案中,陆地变电站或者换流站的设计也是接入系统设计的重点。

2.4 与海电电力系统差异

(1) 系统接地

海电方案中,中性点接地方式一般根据系统的电压等级、过电压水平、接地电容电流的大小和继电保护的设置等,并着重考虑供电的连续性、安全性、可靠性和绝缘水平进行比选确定。

而岸电方案中,海上平台属于用户终端站,其电力系统的接地方式应以所接系统站接地方式为依据,征求当地供电部门意见,与当地供电部门协商确定。本项目中,陆地变电站的35 kV系统采用消弧线圈接地,且上级变电站在设计时已考虑本项目的接入,故本项目35 kV系统无须额外考虑接地。

(2) 电能质量

在岸电工程中,海上平台电力系统的电能质量不仅需要满足油田生产设备的用电需求,还要满足地方电网对于用户在电能质量方面的考核指标。为保证海上平台电力系统功率因数达到地方电网要求及以上,同时补偿海上平台轻载工况下较大的海底电缆无功功率,本案例在海上平台上设置了1个35 kV、2 Mvar的SVG,可以实时根据需要发出或吸收所需的无功功率,从而快速动态地调节无功。补偿后35 kV侧功率因数不低于0.95。

(3) 能量管理

在海电方案中,为了实现电网安全稳定、经济高效的运行,海上平台设置了一套电源管理系统,对全网进行实时自动监控和管理。该系统应具备发电机组管理和调节、有功与无功分配和综合调度、热备用管理、负载管理与优先脱扣、电网关键参数实时监控及电网安全性评测等功能。

在岸电工程中,海上平台电力系统属于接

入变电站电力系统的一部分。为保障电网运行稳定性及供电可靠性,其电源管理系统需要实现海上平台电力系统所有的保护、控制、监视、测量、报警和事故分析等功能,并采集变电站重要信息。海上平台电源管理系统一体化监控不仅需要具备同上级电网的数据接口,实现与地方电网电调中心电力调度数据通信,而且要服从于当地电网的统一调度,实施严格的35 kV操作票制度,要避免实施电力系统低频减载时一次性将海上平台退出电网。

3 结束语

本文提出了由陆地电网为海上油气田开发工程供电的新思路,从岸电设计原则、设计要点、技术方案和经济效益等各方面将岸电与传统的海电方案进行对比,分析了岸电在海上油气田开发工程中的应用的可行性。文中以具体的工程案例呈现了岸电的设计思路,并论述了岸电与海电的不同点,形成了海上油气田岸电工程的设计方法,为今后海上油气田岸电工程提供了借鉴。

参考文献

- [1] 李雪,高璇,魏澈.海上石油平台引入岸电的应用探讨[J].自动化应用,2018(2):125-126.
- [2] 李强,魏澈,洪毅,等.海上油气田柔性直流输电系统关键技术及应用方案[J].中国海上油气,2016,28(2):156-160.
- [3] 李强,李鑫,魏澈.海上油气田群电力组网技术[J].中国造船,2011,52(增刊1):218-223.

作者简介



高璇

高璇(1987—),女,硕士,工程师,现从事海上油气田电力系统研究与分析。

(收稿日期:2019-07-16)EA