

فن آوری مایع سازی شناور؛ فرصت‌ها و چالش‌ها

غلامعلی رحیمی*، تورج دهقانی^۱، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

چکیده

در حال حاضر تعداد قابل توجهی از میادین گازی به دلیل حجم کم ذخیره و دوری از مناطق مصرفی، اکتشاف و بهره‌برداری نشده‌اند. به طور تقریبی برآورد می‌شود که حدود ۱۴۰۰ میدان گازی با حجم ذخیره ۵-۲۵/۰ تریلیون فوت مکعب وجود دارند که از طریق روش‌های استاندارد موجود قابل بهره‌برداری نیستند. گازهای همراه میادین نفتی دریایی که به دلیل پراکندگی و فاصله زیاد از بازار مصرف سوزانده می‌شوند نیز مقادیر قابل توجهی هستند. عمده میادین کوچک با ظرفیت ۳-۵/۰ تریلیون فوت مکعب در منطقه آسیا و خاورمیانه واقع شده‌اند که در آسیا بخش اصلی آن میادین دریایی است و جهت بهره‌برداری از آنها باید از فن آوری‌های مایع‌سازی شناور استفاده کرد. در برخی موارد به دلیل دوری میادین دریایی از تأسیسات خشکی یا عمق زیاد میدان، با توجه به ملاحظات فنی و اقتصادی، انتقال گاز از طریق خطلوله امکان‌پذیر نیست و باید از تأسیسات مایع‌سازی شناور (FLNG) جهت بهره‌برداری اقتصادی از منابع گازی استفاده کرد. به طور کلی استفاده از فن آوری مایع‌سازی شناور LNG شامل موارد زیر است:

بهره‌برداری اقتصادی از میادین گازی دریایی کوچک با حجم ذخیره ۵-۵/۰ تریلیون فوت مکعب، بهره‌برداری اقتصادی از میادین گازی دریایی متوسط دورافتاده که فاصله زیادی از تأسیسات خطوط لوله و خشکی داشته و نیازمند سرمایه‌گذاری زیادی جهت انتقال از طریق خطلوله باشند، بهره‌برداری سریع و بدون نیاز به سرمایه‌گذاری هنگفت در میادین بزرگ دریایی، بهره‌برداری اقتصادی از گازهای همراه میادین نفتی دریایی که سوزانده شده یا دوباره تزریق می‌شوند.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۱۲/۱۰

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۱۱/۱۲

واژگان کلیدی:

گاز طبیعی، LNG، مایع‌سازی شناور، میادین دریایی

مقدمه

میلادی آغاز شد اما تا سال ۲۰۱۱ که شرکت شل اعلام کرد قصد دارد تأسیسات مایع‌سازی شناوری به نام Prelude LNG در دریای تیمور در استرالیا را توسعه دهد، از رشد قابل قبولی برخوردار نبود. پس از آن حدود شش پروژه مایع‌سازی شناور دیگر تأیید شده که عمده‌ی آنها در حال ساخت است (جدول ۱-). در این بین پروژه‌ی LNG شناور کارائیب تکمیل شده و منتظر آغاز بهره‌برداری از میدان گازی مورد نظر جهت تأمین خوراک است. در حال حاضر هیچ‌یک از تأسیسات شناور در حال بهره‌برداری نیستند اما تأسیسات مایع‌سازی شناور Satu در محل میدان مستقر شده و منتظر بهره‌برداری در سال ۲۰۱۷ است.

اولین تأسیسات مایع‌سازی شناور کوچک مقیاس نزدیک ساحل در سال ۱۹۵۹ در لوئیزیانا با موفقیت نصب شده و به بهره‌برداری رسید و اولین صادرات LNG خود را به ترمینال Canvey در انگلیس انجام داد.

توسعه و پایه‌ریزی مفهوم مایع‌سازی شناور در سایه گسترش و رشد چشمگیر واحدهای شناور ذخیره‌سازی و تبدیل به گاز (FSRUs) که در صنعت LNG مورد قبول و تأیید هستند انجام شده است. اولین تأسیسات FSRU در سال ۲۰۰۵ در خلیج مکزیک با موفقیت نصب شده و به بهره‌برداری رسید و تا اواسط سال ۲۰۱۶ تمامی واحدهای FSRU در حال بهره‌برداری به بیش از ۱۹ عدد رسیده و تأسیسات بیشتری نیز در حال ساخت و برنامه‌ریزی هستند. چنین رشدی در فن آوری جدید در صنعت LNG بی‌سابقه بوده و انتظار می‌رود مشابه آن در زمینه فن آوری مایع‌سازی شناور

با ملایم‌تر شدن قیمت گاز طبیعی در مراکز مبادله‌ی (هاب‌ها) اروپا و کاهش قیمت تک‌محموله‌ی LNG در بازار آسیا و به دنبال آن سقوط قیمت‌های نفت خام در بازار جهانی در ادامه‌ی سال ۲۰۱۴، چالش‌های بسیار جدی در صنعت جهانی LNG پدیدار گشت. قیمت‌های کنونی گاز، چه قیمت نقدی و چه قیمت‌های قراردادهای بلندمدت LNG که بر مبنای شاخص قیمت نفت خام هستند، برای توجیه اقتصادی سرمایه‌گذاری در پروژه‌های گاز و LNG قیمت‌های کمی هستند. از سوی دیگر با توجه به افزایش ظرفیت تولید LNG در پروژه‌های در حال ساخت و تحقق تقاضای LNG در سطوح کمتر از پیش‌بینی‌ها، و خامت اوضاع بازار LNG بفرنج‌تر نیز خواهد شد. بر این اساس تا پس از سال ۲۰۲۰ که عمده‌ی ظرفیت‌های مازاد تولید LNG توسط تقاضای فزاینده در آسیا و همچنین به دلیل جریان کاهش تولید گاز در اروپا (و افزایش تقاضای بخش برق) جذب نشود شرایط بازار در حالت رکود باقی خواهد ماند.

در این شرایط یکی دیگر از عواملی که طی سال‌های آتی بر شرایط بازار LNG اثرگذار خواهد بود ظهور فن آوری مایع‌سازی شناور (FLNG) است که با این فن آوری، بهره‌برداری از میادین گازی دریایی دورافتاده که تا کنون توجیه اقتصادی نداشتند، مقرون به صرفه خواهد شد.

۱- معرفی فن آوری مایع‌سازی شناور

مطالعات در زمینه فن آوری مایع‌سازی شناور از اواسط دهه‌ی ۷۰

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (alirahimigh2000@yahoo.com)

فن آوری مایع سازی شناور پتانسیل قابل توجهی جهت اثر گذاری قوی بر صنعت جهانی LNG دارد؛ دقیقاً به همان شیوه ای که فن آوری تولید، ذخیره سازی و بارگیری شناور نفت خام (FPSOs) نقش مناسبی برای بهره برداری اقتصادی میادین نفتی دریایی دورافتاده ایفا کرده است. پتانسیل اجاره ای تأسیسات مایع سازی شناور توسط مالکان تجهیزات FSRU و FPSO این فرصت را برای شرکت های مستقل کوچک انرژی فراهم کرده تا بدون سرمایه گذاری اولیه ای قابل توجهی برای تأسیسات مایع سازی شناور، این تأسیسات را اجاره کرده و در محل پروژه های تولید گاز خود مستقر کنند؛ مثل پروژه ای مایع سازی Fortuna در گینه ای استوایی. این فرآیند همچنین می تواند کمک مناسبی برای شرکت های بزرگ و مطرح انرژی در این زمینه، همزمان با کاهش قابل توجه قیمت های نفت خام و محدودیت توان سرمایه گذاری آنها باشد. در حال حاضر بسیاری از شرکت های بزرگ انرژی تأسیسات FPSO را اجاره می کنند و این فرآیند می تواند برای تأسیسات مایع سازی شناور LNG نیز استفاده شود.

کشتی های مایع سازی شناور از جنبه ای موقعیت استقرار به دو دسته ای نزدیک ساحل (inshore/nearshore) و آب های آزاد/عمیق (offshore/open ocean) تقسیم می شوند. تأسیسات نزدیک ساحل در شرایط نسبتاً آرام دریایی واقع شده و از پشتیبانی بندری نیز برخوردارند و در معرض شرایط نامساعد اقیانوسی نیستند. نمونه ای از تأسیسات نزدیک ساحل در شکل ۱- ارائه شده که در آن کشتی مایع سازی در اسکله ای بندر گاه لنگر انداخته است. در این ساختار معمولاً گاز خوراک از طریق خط لوله از میادین دریایی یا خشکی به تأسیسات مایع سازی منتقل می شود.

تأسیسات مایع سازی شناور دریایی (دور از ساحل) در آب های عمیق و آب های آزاد اقیانوسی واقع شده و با شرایط نامساعد دریایی در محل استقرار مواجه است. نمونه ای از این تأسیسات در شکل ۲- ارائه شده است. برای آب های

نیز به وقوع پیوندد. در حال حاضر بیش از ۲۴ پروژه ای مایع سازی شناور در جریان است که از این تعداد ۷ پروژه در حال ساخت است و ۱۷ پروژه نیز در مرحله ای برنامه ریزی/طراحی مهندسی قرار دارند.

تأسیسات مایع سازی شناور در مقایسه با تأسیسات خشکی مزایای متعددی دارند که عبارتند از:

- می توانند در محل میادین دریایی مستقر شده و مانع از سرمایه گذاری پرهزینه برای احداث خطوط لوله ای دریایی انتقال گاز شوند.
- در اسکله های کشتی سازی ساخته شده اند، در مقایسه با ساخت تأسیسات ساحلی بهره وری بیشتری دارند و نیروی انسانی کمتری نیاز دارند.
- می توان برای خودداری از صرف هزینه های فراوان سرمایه گذاری اولیه آنها را اجاره کرد.

- قابلیت جابجایی از یک میدان به میدان دیگر را دارند و با کاهش تولید یک میدان می توان آنها را جابجا کرد و در میدان دیگری جهت بهره برداری اقتصادی مستقر نمود. در حالی که در تأسیسات ساحلی این امکان وجود ندارد و در صورت کاهش تولید میدان باید تجهیزات مربوطه اسقاط شوند.

- بیش از ۹۰ درصد عملیات مربوط به راه اندازی تأسیسات می تواند در شرایط قابل کنترل کارخانه ای کشتی سازی و قبل از نصب تأسیسات در محل میدان انجام شود.

- صرفه جویی در هزینه های سرمایه ای تا حدود ۴۰ درصد به دلیل عدم نیاز به احداث برخی تأسیسات نظیر سکوها ای دریایی تولید گاز، خط لوله ای دریایی انتقال گاز تولیدی به ساحل و نیز تأسیسات مایع سازی خشکی با تجهیزات جانبی دریایی مورد نیاز آن

- امکان بهره برداری و اقتصادی کردن سریع تر میادین گازی دورافتاده

- پیچیدگی کمتر تأسیسات مایع سازی شناور در مقایسه با تأسیسات خشکی

۱ | پروژه های در حال ساخت مایع سازی شناور در جهان

Project	mtpa	Start up	Location	Operator	Contractor
Caribbean PFLNG	0.5	2016	TBA	Exmar	Exmar/Wison/B&V
PFLNG Satu	1.2	2016	Kanowit Field Sarawak Malaysia	Petronas	Technip/DSME
Prelude	3.6	2017	Timor Sea Australia	Shell	Technip/Samsung
Kridi	1.2	2017	Cameroon	SNH/Perenco	Golar/Keppel/B&V
Speculative	0.6	2017	TBA	TBA	Exmar/Wison
Fortuna	2.2	2018	Equatorial Guinea	Ophir Energy	Golar/Keppel/B&V
Pflng 2	1.5	2020	Rotan Field Sabah Malaysia	Petronas	JGC/sAMSUNG

Country	Developer	Project	mtpa	Start-Up
Australia	ExxonMobil	Scarborough/Thebe	6.5	TBA
Australia	Woodside	Browse FLNG1	3.6	TBA
Australia	Woodside	Browse FLNG2	3.6	TBA
Australia	Woodside	Sunrise	4.0	TBA
Cameroon	NewAge/Euroil/Lukoil	Etinde	1.0	TBA
Canada	Altagas/EDFT/Idemisu	Exmar Kitimat	0.6	2018
Canada	Orca LNG	Orca LNG	4.0	2020
Canada	Altagas	Triton	2.0	2020
Indonesia ⁷⁶	NewAge/SNPC	BLNG	1.0	2019
Israel	Inpex/Shell	Abadi	7.5	On hold
Mozambique	Noble Energy	Tamar	3.4	TBA
Tanzania	EMI	Coral South	2.5	2020
USA ⁷⁷	Ophir/BG/Statoil	Mzia/Chaza/Jodari	2.5	TBA
USA	Excelerate Energy	Lavaca Bay	4.4	On hold
USA	Delfin	Defin LNG	5.0	TBA
USA	McMoran Exploation	Main Pass Energy	4.0	TBA
USA	Cambridge Energy	CE FLNG	2.5	TBA
Total			58.1	

که شرایط ایمنی و استانداردها برای استفاده از بازوهای تاندونی اثبات گردد. در واقع مهم‌ترین مزیت تأسیسات شناور آنست که با قرار گرفتن تأسیسات FLNG روی میادین گازی، توسعه‌ی ذخایر گازی در محل میدان فراهم می‌شود که این موضوع از طریق عدم نیاز به ایستگاه‌های تقویت فشار گاز، خطوط لوله‌ی طویل زیردریایی، اسکله جهت بارگیری کشتی‌ها و تأسیسات خشکی مانند: جاده و مخازن ذخیره‌سازی گاز سبب کاهش هزینه‌ها خواهد شد. توسعه‌ی پروژه‌های LNG در خشکی اغلب حدود چهار سال به طول می‌انجامد اما با اجرای پروژه‌های FLNG، سرمایه‌گذاران امیدوارند زمان و هزینه‌های توسعه‌ی این پروژه‌ها را کاهش دهند.

تأسیسات FLNG طوری طراحی شده که در برابر طوفان‌های شدید از جمله مقاومت در برابر نیروی پنج طوفان با سرعت ۱۵۵ مایل در ساعت (۲۵۰ کیلومتر در ساعت) هم قابلیت خود را از دست نداده و پایداری خود را حفظ کند. این فن آوری باعث تغییر فرآیند استخراج گاز طبیعی شده و محدوددهی فعالیت‌های مربوط به استخراج و تولید گاز طبیعی را گسترده‌تر کرده است.

آرام (مثل پروژه‌ی Prelude در استرالیا) LNG تولیدی از طریق بازوهای ثابت تعبیه شده (OLAF^o) در دو طرف کشتی مایع‌سازی به کشتی‌های انتقال LNG منتقل می‌شود. در شرایط نامساعد دریایی نظیر پروژه‌ی دورافتاده‌ی Carnarvon Basin در استرالیا از تجهیزات بارگیری دوطرفه‌ی تاندونی^۶ مثل تجهیزات بارگیری تأسیسات FPSO استفاده می‌شود.

پروژه‌ی Prelude در شرایط عادی و نرمال دریایی قرار دارد. با این حال تأسیسات باید به گونه‌ای طراحی شوند که در مواقع اضطراری در آن منطقه تحمل شرایط سخت دریایی را داشته باشند.

محدودیت اصلی برای مکان استقرار تأسیسات مایع‌سازی، سیستم بارگیری LNG است. سیستم بارگیری بازوهای ثابت فقط تأییدیه‌ی ایمنی برای بارگیری LNG در شرایط دریایی آرام و با ارتفاع امواج تا حدود ۲/۵ متر مثل شرایط پروژه‌های واقع در دریای تیمور، غرب آفریقا، شرق آفریقا و مالزی را دارد. بهره‌برداری از تأسیسات مایع‌سازی در شرایط سخت دریایی نظیر آبهای عمیق برزیل (آتانتیک جنوبی) فقط در صورتی امکان‌پذیر است

۲- چشم‌انداز فن آوری مایع‌سازی شناور

با وجود نگرانی‌های موجود در زمینه‌ی کاهش شدید قیمت‌های گاز طبیعی و LNG در بازار انتظار می‌رود روند سرمایه‌گذاری‌ها در صنعت LNG شناور صعودی بوده و طی دوره‌ی ۲۰۲۲-۲۰۱۶ به بیش از ۴۱/۴ میلیارد دلار افزایش یابد. در این میان سهم واحدهای مایع‌سازی شناور حدود ۶۰ درصد یعنی معادل ۲۴/۷ میلیارد دلار بوده و سهم ترمینال‌های واردات شناور نیز در حدود ۱۶/۷ میلیارد دلار خواهد بود.

طی سال‌های اخیر رشد اقتصاد جهانی محرک اصلی رشد تقاضای جهانی انرژی بوده است. در این میان تقاضای LNG نیز به دلیل تلاش‌ها جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و جایگزینی زغال‌سنگ با گاز طبیعی، روند فزاینده‌ای داشته است. همچنین با توجه به تداوم روند صنعتی شدن در مناطقی مثل آفریقا، آسیا و آمریکای لاتین انتظار می‌رود تقاضا برای احداث و بهره‌برداری از ترمینال‌های دریافت LNG افزایش یابد.

با این وجود شرایط کنونی بازار گاز موجب کاهش جذابیت پروژه‌های LNG برای توسعه‌دهندگان و سرمایه‌گذاران شده و بنابراین انتظار می‌رود پس از بهره‌برداری از تأسیسات Prelude LNG در استرالیا و GoFLNG در کامرون تا سال ۲۰۱۸، روند سرمایه‌گذاری‌ها در این صنعت طی دوره‌ی ۲۰۲۰-۲۰۱۹ روندی نزولی داشته باشد. اگرچه روند کوتاه‌مدت این صنعت اندکی نگران‌کننده است اما انتظار می‌رود روند بلندمدت آن مثبت و فزاینده باشد و بنابراین با افزایش تقاضای جهانی LNG در بلندمدت حجم سرمایه‌گذاری‌ها در صنعت LNG شناور نیز با افزایش مواجه خواهد شد. بنابراین با توجه به اینکه سهم عمده‌ای از ذخایر گازی توسعه نیافته در مناطق دورافتاده دریایی واقع شده‌اند سهم صنعت مایع‌سازی شناور از تمامی سرمایه‌گذاری صنعت LNG روند فزاینده‌ای خواهد داشت.

آفریقا بیشترین سهم سرمایه‌گذاری در تأسیسات مایع‌سازی و دریافت شناور را به خود اختصاص داده است. در این میان تأسیسات مایع‌سازی شناور شامل پروژه‌های Coral شرکت Eni، Fortuna FLNG شرکت Ophir Energy و GoFLNG شرکت Perenco در آفریقا بوده و ترمینال‌های شناور نیز شامل Golar Tundra در غنا، Ain Sokhna در مصر و ترمینال Sahdanha است.

طی چند سال آتی و تا سال ۲۰۲۲ آسیا یکی از مناطق کلیدی و مهم در توسعه‌ی تأسیسات مایع‌سازی شناور و همچنین واحدهای ذخیره‌سازی و تبدیل مجدد به گاز شناور (FSRU و FSU) خواهد بود. بر اساس مطالعه‌ی Douglas-Westwood سهم این منطقه در هزینه‌های سرمایه‌ای تا سال ۲۰۲۲ حدود ۲۱ درصد پیش‌بینی شده است. تأسیسات مایع‌سازی شناوری که انتظار می‌رود طی دوره‌ی مذکور در این منطقه بهره‌برداری شوند عبارتند از: پروژه‌ی مایع‌سازی شناور شرکت پتروناس (Satu)، و پروژه‌ی Rotan FLNG.

استرالیا دومین کشور در صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری در تأسیسات مایع‌سازی شناور در دنیا طی دوره‌ی ۲۰۲۲-۲۰۱۶ بوده و سهم آن حدود ۲۲ درصد برآورد می‌گردد. این سرمایه‌گذاری‌ها از جانب پروژه‌ی Prelude FLNG شرکت شل است که در سال ۲۰۱۸ به بهره‌برداری خواهد رسید.

البته با بهبود قیمت نفت و به‌دنبال آن قیمت گاز طبیعی و LNG در بازارهای جهانی بیش از پنج پروژه‌ی مایع‌سازی دیگر نیز در این منطقه برنامه‌ریزی شده که به جریان خواهند افتاد.

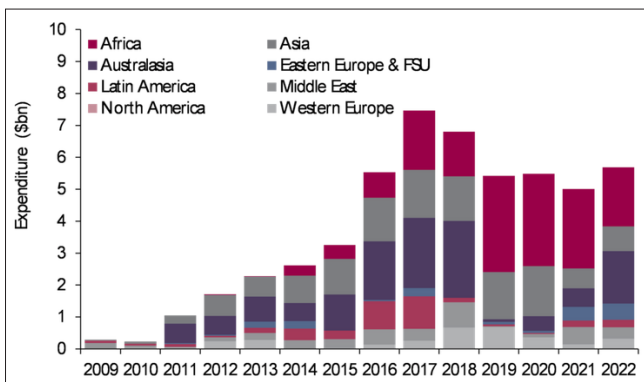
سهم منطقه‌ی اروپای شرقی و FSU از هزینه‌های سرمایه‌ای LNG شناور حدود ۳ درصد برآورد می‌شود که فقط مربوط به ترمینال‌های ذخیره‌سازی و تبدیل به گاز شناور بوده و جهت متنوع‌سازی منابع واردات گاز این منطقه برنامه‌ریزی شده است. شرکت گاز پروم نیز قصد دارد واحد FSRU خود با عنوان Kaliningrad را تا پایان سال ۲۰۱۷ به بهره‌برداری برساند.

سهم منطقه‌ی آمریکای لاتین در هزینه‌های LNG شناور هم شامل تأسیسات مایع‌سازی شناور و هم ترمینال‌های شناور LNG بوده و طی دوره‌ی مذکور حدود ۶ درصد تخمین زده می‌شود. اگرچه ممکن است تأسیسات Exmar FLNG که ابتدا برای استقرار در این منطقه برنامه‌ریزی شده بود به مکان دیگری خارج از این منطقه انتقال یابد.

در خاورمیانه نیز برخی تأسیسات مایع‌سازی شناور مثل ایران و ترمینال‌های شناور مثل بحرین، لبنان و امارات برنامه‌ریزی شده که سهم آن از کل هزینه‌های سرمایه‌ای LNG شناور جهان حدود ۷ درصد خواهد بود.

منطقه‌ی آمریکای شمالی سهمی در هزینه‌های سرمایه‌گذاری تأسیسات مایع‌سازی و ترمینال‌های واردات شناور طی دوره‌ی ۲۰۲۲-۲۰۱۶ نخواهد داشت. این منطقه به‌دنبال توسعه‌ی منابع غیرمرسوم گاز شیل از یک واردکننده‌ی خالص گاز طبیعی به صادرکننده‌ی گاز تبدیل شده و سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی را در تأسیسات مایع‌سازی ساحلی (خشکی) انجام داده است. انتظار می‌رود این منطقه طی چند سال آینده به یکی از صادرکنندگان اصلی LNG جهان تبدیل شود. سهم منطقه‌ی اروپای غربی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری LNG شناور حدود ۶ درصد پیش‌بینی شده که تمامی این هزینه‌ها مربوط به ساخت ترمینال‌های دریافت LNG شناور می‌شود.

به‌طور کلی می‌توان دو سناریو برای چشم‌انداز فن آوری مایع‌سازی شناور متصور بود. در سناریوی اول فن آوری شناور فقط در برخی شرکت‌های انرژی برای حل مشکلات خاص آنها استفاده شده و فن آوری غالب همچنان مایع‌سازی ساحلی (خشکی) خواهد بود. این سناریو در صورتی محقق خواهد



۱ | چشم‌انداز سرمایه‌گذاری در صنعت LNG شناور طی دوره‌ی ۲۰۲۲-۲۰۰۹
Source: Douglas-Westwood, World FLNG Market Forecast 2016-2022

۲-۴- کاهش اثرات زیست محیطی

تأسیسات مایع سازی شناور نیازمند احداث خطوط طولانی زیر دریا، زهکشی و لایروبی اسکله و بندر و زیرساخت ها و جاده های ساحلی نیست. همچنین در مصرف سوخت جهت فشرده سازی گاز در خطوط انتقال به ساحل صرفه جویی می شود. پس از استقرار تأسیسات در محل پروژه تقریباً به سادگی امکان جابجایی و استفاده از آن در مکان دیگری وجود دارد.

۲-۵- امکان تحویل ارزان تر و سریع تر پروژه های مایع سازی

به دلیل ساختار مدولار و پکیچرچهی فن آوری مایع سازی شناور و همچنین عدم نیاز به زیرساخت های اسکله و بندر و نیز زیرساخت های جاده ای مورد نیاز تأسیسات ساحلی، هزینهی ساخت و راه اندازی و مدت زمان ساخت تأسیسات مایع سازی شناور در مقایسه با تأسیسات ساحلی کمتر است. در تأسیسات ساحلی هزینهی سالانهی لایروبی اسکله رقم قابل توجهی خواهد بود که این هزینه در تأسیسات شناور وجود ندارد.

۲-۶- جلوگیری از تشدید هزینه ها در صورت توسعهی همزمان چند پروژه

در یک مکان

در مواقعی که کشوری به طور همزمان در حال توسعهی چندین پروژه در یک منطقه است به دلیل کمبود نیروی کار متخصص و نیروی کار محلی هزینه های پروژه افزایش بی دلیل خواهد داشت. مثلاً با توسعهی همزمان چندین پروژه در استرالیا این کشور در صورت عدم استفاده از تأسیسات مایع سازی شناور با افزایش هزینه ها مواجه خواهد بود. در صورت استفاده از تأسیسات مایع سازی شناور این تأسیسات در مجتمع های کشتی سازی کره ای جنوبی ساخته شده و استرالیا با کمبود نیروی کار متخصص و محلی مواجه نبوده و هزینه ها تعدیل خواهند شد.

۲-۷- افزایش بهره وری و کارآیی نیروی کار و تکنسین طی دورهی ساخت

تأسیسات مایع سازی

با نگاهی به مسائل لجستیک در تأسیسات مایع سازی در سراسر جهان می توان به وضوح دریافت که استخدام و حفظ نیروی کار متخصص در تأسیسات مایع سازی یکی از چالش های مهم این صنعت به شمار می رود. در فن آوری مایع سازی شناور، تأسیسات مورد نیاز در کارخانه های کشتی سازی ساخته می شود و تعداد نیروی کار متخصص و ماهر بسیار بیشتر است (۳۵۰۰۰-۲۵۰۰۰ نفر). بنابراین برنامه های آموزش و کسب مهارت با نظم و جدیت بیشتری دنبال شده و بهره وری و کارایی نیروی کار بیشتر است.

۲-۸- امکان استفاده از سایر روش های تأمین مالی

تأمین مالی پروژه های مایع سازی شناور هنوز در مراحل اولیهی توسعه قرار دارد و ممکن است با توسعهی پروژه های جدید روش های نوآورانهی جدیدتری نیز مثل روش اجاره ابداع و استفاده شود. با توجه به تفاوت ماهیت میادین گازی دورافتاده و کوچک مقیاس در مناطق مختلف جهان، محرک توسعهی فن آوری مایع سازی شناور در هر

شد که اولین واحدهای در حال ساخت مایع سازی شناور با مشکلات هزینه ای یا عملیاتی مواجه شوند یا اینکه هزینهی تأسیسات مایع سازی ساحلی به دنبال فروکش کردن جریان طوفانی ساخت واحدهای مایع سازی جدید، با کاهش قابل توجهی مواجه شوند. در این صورت برای میادین گازی دریایی کوچک، استفاده از فن آوری CNG و GTL شناور می تواند گزینه ای مناسب و رقابتی باشد. در سناریوی دوم با موفقیت پروژه های در حال ساخت مایع سازی شناور در جهان این فن آوری به عنوان راه حل استاندارد برای حل مشکلات صنعت گاز شناخته شده و محدودی استفاده از آن گسترده تر شده و توسط شرکت های انرژی بیشتری و برای میادین گازی بیشتری استفاده خواهد شد. همچنین توسعهی ترمینال های شناور دریافت LNG موجب دسترسی به بازارهای گازی کوچک تر شده و گسترش روش های جدید قیمت گذاری و پروژه های تبدیل منابع گازی غیرمرسوم به LNG موجب تحركات بیشتر و انعطاف پذیری بیشتر صنعت جهانی LNG خواهد شد.

در این راستا دلایل شکوفایی احتمالی آتی فن آوری مایع سازی شناور و انتخاب این فن آوری توسط شرکت های فعال در زمینهی انرژی عبارتند از:

۲-۱- بهره برداری از میادین و منابع گازی کوچک مقیاس

پروژهی ۳/۶ میلیون تنی Prelude در استرالیا در مقایسه با استانداردهای واحدهای مایع سازی این کشور نسبتاً کوچک به شمار می رود. همچنین پروژهی ۱/۵ میلیون تنی FLNG-1 برای میدان Kanowit در ساراواک مالزی و پروژهی ۰/۵ میلیون تنی Pacific Rubiales در کلمبیا مقیاس کوچکتری دارند. بهره برداری از این میادین با فن آوری مایع سازی ساحلی غیراقتصادی بود. میزان تولید گاز همراه نفت در میادین نفتی بزرگ مثل برخی میادین برزیل نیز قابل توجه بوده و می توان از فن آوری مایع سازی شناور جهت بهره برداری اقتصادی استفاده کرد.

۲-۲- دسترسی به میادین گازی دورافتاده

برخی میادین گازی مثل میدان Browse استرالیا در فاصلهی بیش از ۴۲۵ کیلومتری از نوار ساحلی واقع شده اند و انتقال آنها به ساحل نیازمند خطوط لولهی طولانی و پرهزینه است. در سپتامبر ۲۰۱۳ سهامداران پروژهی سرمایه گذاری مشترک Browse شامل وودساید، شل، بی پی، پتروچاینا و میتسوبیشی تصمیم گرفتند برای این پروژه از تأسیسات مایع سازی شناور استفاده کنند که ممکن است شامل سه کشتی مایع سازی مثل پروژهی Prelude باشد. در سپتامبر همان سال دو شرکت BHP Billiton و اکسون موبیل نیز توافق کردند برای بهره برداری از میدان گازی Scarborough خود در اعماق ۱۰۰۰ متری آبهای غرب استرالیا که در فاصلهی ۲۰۰ کیلومتری از نوار ساحلی واقع شده از تأسیسات مایع سازی شناور استفاده کنند.

۲-۳- اجتناب از احداث تأسیسات مایع سازی در سواحل توریستی و مسکونی

به دلیل جلوگیری از بروز مشکلات اجتماعی و فرهنگی، ایمنی و عدم نیاز به اخذ مجوزهای زمان بر مورد نیاز برای تحصیل زمین نباید این تأسیسات در سواحل توریستی و مسکونی احداث شوند.

تأسیسات ساده حدود ۸۰۰-۷۰۰ دلار در هر تن ظرفیت مایع‌سازی سالیانه تخمین زده می‌شود که تقریباً مشابه تأسیسات خشکی در حال ساخت در آمریکاست و نشان‌دهنده‌ی میزان بهره‌وری هزینه‌ای کارخانه‌های کشتی‌سازی است.

غیر از مزایای مذکور فن‌آوری مایع‌سازی شناور برخی معایب و محدودیت‌هایی نیز دارد. محدودیت اصلی این فن‌آوری در بارگیری و تخلیه‌ی LNG تولیدی از تأسیسات مایع‌سازی شناور به کشتی‌های انتقال LNG و نوع بازوهای بارگیری مورد نیاز است. در حال حاضر با توجه به استفاده از بازوهای بارگیری و تخلیه‌ی ثابت، بارگیری در شرایط جوی بسیار نامساعد که ارتفاع امواج بیشتر از ۲/۵ متر باشد امکان‌پذیر نیست. از دیگر معایب این پروژه‌ها استفاده‌ی محدود از نیروی کار محلی در این پروژه‌هاست؛ چراکه تأسیسات اصلی آن در محل کارخانه‌ی کشتی‌سازی در مکانی دیگر ساخته شده و سپس به محل استقرار انتقال می‌باید. بنابراین میزان اشتغال محلی در این پروژه‌ها که عمدتاً مدنظر سیاستمداران است اندک می‌باشد.

از لحاظ تجاری فن‌آوری مایع‌سازی شناور این فرصت را در اختیار شرکت‌های کوچک انرژی قرار داده تا تأسیسات مایع‌سازی را از طریق سیستم اجاره‌ای از پیمانکاران واحدهای FSU و FPSO در اختیار بگیرند. در این روش نیازی نیست که شرکت‌های انرژی فرآیند مختص به خود را توسعه دهند و می‌توانند از تأسیسات استاندارد سایر شرکت‌های بزرگ در این زمینه استفاده کنند. همچنین شرکت‌های کوچک انرژی نیاز به صرف هزینه‌های هنگفت برای سرمایه‌گذاری در تأسیسات مایع‌سازی شناور ندارند و می‌توانند این تأسیسات را از شرکت‌های بزرگ و مطرح در این زمینه اجاره کنند. در حال حاضر استفاده از سیستم اجاره‌ای برای واحدهای FSRU رایج بوده و موفقیت این شیوه به اثبات رسیده اما صنعت منتظر است ارزیابی کند که این سیستم برای تأسیسات مایع‌سازی شناور نیز موفق خواهد بود یا خیر. در این راستا شرکت Golar LNG اخیراً اعلام کرده که قصد دارد جهت احداث پروژه‌ی مایع‌سازی شناور One LNG سرمایه‌گذاری مشترکی با شرکت Schlumberger انجام دهد و از منابع گازی کم‌هزینه، تجارب مهندسی، فن‌آوری توسعه‌یافته‌ی چاه‌های دریایی و توان مدیریت تولید شرکت مذکور استفاده کند. این روش برای شرکت‌های کوچک انرژی که منابع مالی و توان مهندسی محدودی دارند مفید است.

بسیاری از صاحب‌نظران و تحلیل‌گران از فن‌آوری FLNG به‌عنوان عاملی کلیدی و بسیار اثرگذار^۷ در بهره‌برداری از میدان‌های گازی دریایی و صنعت جهانی LNG نام می‌برند. همان‌طور که واحدهای FPSO تأثیر به‌سزایی در تولید و تجارت نفت خام در آب‌های عمیق دنیا داشته‌اند. در هر حال این موفقیت به کارایی پروژه‌های در حال ساخت تأسیسات مایع‌سازی شناور و اثر آنها در مدت زمان تکمیل و راه‌اندازی پروژه‌ها و همچنین کاهش هزینه‌های تولید LNG بستگی دارد.

به‌طور کلی مزایا و ضرورت کاربرد فن‌آوری FLNG شامل موارد زیر است:

■ با افزایش تقاضای جهانی گاز طبیعی و LNG ماهیت و جغرافیای تولید

منطقه با مناطق دیگر متفاوت است. در سواحل غربی آمریکای شمالی (کانادا) باید از تأسیسات مایع‌سازی شناور نزدیک ساحل (Near shore) استفاده کرد. در حالی که برای سواحل شرقی آن تأسیسات فراساحلی مناسب است. محرک اصلی توسعه‌ی تأسیسات مایع‌سازی شناور در این منطقه، هزینه‌ی زیاد ساخت تأسیسات ساحلی (خشکی) مایع‌سازی است. در آمریکای لاتین (برزیل) دلایل استفاده از مایع‌سازی شناور عبارتند از: وجود مقادیر قابل توجه گازهای همراه، مشکل بودن تحصیل زمین، میادین دورافتاده و آب‌های عمیق.

در استرالیا به‌دلیل وجود میادین متعدد دورافتاده دریایی، حساسیت نسبت به ساخت تأسیسات در ساحل و هزینه‌ی زیاد ساخت تأسیسات ساحلی، استقرار تأسیسات مایع‌سازی شناور اقتصادی و مقرون به‌صرفه است. در آفریقا به‌دلیل مسائل امنیتی و وجود میادین دورافتاده‌ی متعدد و آب‌های عمیق، استفاده از فن‌آوری مایع‌سازی شناور توصیه می‌شود.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

استفاده از فن‌آوری FLNG مزایای متعددی در بهره‌برداری اقتصادی از میادین دورافتاده‌ای دارد که در حال حاضر تولید از آنها مقرون به‌صرفه نیست. در مناطقی مثل استرالیا که هزینه‌های احداث تأسیسات در خشکی بسیار زیاد است از تأسیسات شناور استفاده می‌شود. نمونه‌ی این نوع تصمیم‌گیری اخیراً توسط شرکت Woodside اتخاذ شده و بر اساس این برای میدان‌های Browse در استرالیا، به‌جای احداث تأسیسات مایع‌سازی در خشکی تأسیسات مایع‌سازی شناور در نظر گرفته شده است. هر چند ساخت این تأسیسات به‌دلیل قیمت‌های کم انرژی به حالت تعلیق درآمده است. به‌طور مشابه شرکت Eni نیز تأسیسات مایع‌سازی شناور برای موزامبیک در نظر گرفته است. دلیل اصلی این تصمیمات آنست که ساخت تأسیسات خشکی بسیار پرهزینه بوده و مدت زمان ساخت تأسیسات شناور نسبت به تأسیسات خشکی کوتاه‌تر است. علاوه بر این اعتماد و تکیه به برنامه‌ی زمان‌بندی جهت تکمیل پروژه در تأسیسات مایع‌سازی شناور بیشتر از تأسیسات خشکی است؛ چراکه در پروژه‌های شناور، تأسیسات مایع‌سازی در محل کارخانه‌ی کشتی‌سازی ساخته و تکمیل شده و سپس به محل نصب انتقال می‌باید و بنابراین بهره‌وری آن بیشتر از تأسیسات خشکی است که معمولاً به‌دلیل دورافتاده بودن و مشکلات مربوط به نیروی کار و تخصص محلی با تأخیرات مکرر مواجه می‌شوند. مدت زمان ساخت و راه‌اندازی تأسیسات یکی از عوامل کلیدی در اقتصاد پروژه‌های LNG بوده و می‌تواند بر تصمیم سرمایه‌گذاران اثرگذار باشد.

استفاده از تأسیسات مایع‌سازی شناور در نزدیکی ساحل نیز نسبت به تأسیسات خشکی مزیت‌های متعددی دارد؛ چراکه در برخی موارد به‌دلیل در دسترس نبودن زمین مناسب یا نیاز به کسب مجوزهای متعدد و پرهزینه برای تحصیل زمین، احداث تأسیسات مایع‌سازی خشکی بسیار پرهزینه بوده و مدت زمان ساخت و راه‌اندازی تأسیسات نیز زیاد خواهد بود. هزینه‌ی سرمایه‌ای تأسیسات مایع‌سازی شناور برای

هزینه‌های تولید، قابل رقابت با واحدهای خشکی تولید LNG بوده و به‌ویژه در صورت استخراج گاز از میادین دور از ساحل، هزینه‌ی تمام شده حتی ارزان‌تر خواهد بود.

■ با رشد تعداد شناورهای تولید LNG، چالش‌های سیاسی و امنیتی ساخت واحدهای تولید LNG در خشکی کاسته خواهد شد. پیش‌بینی می‌شود که در سال‌های آینده، این شناورها جایگزین پالایشگاه‌های خشکی به‌ویژه در کشورهایی با شرایط خاص امنیتی مثل لبنان، رژیم اشغال‌گر قدس و قبرس شوند.

براساس آمارهای بانک جهانی، مقایسه‌ی میزان گازهای مشعل در ایران با کشورهای منطقه در سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد کشورمان از منظر مقدار گازهای سوزانده شده در رده‌ی اول قرار دارد. همچنین در بین کشورهای جهان، ایران از لحاظ سوزاندن گازها بعد از کشورهای روسیه، نیجریه و آمریکا در رده‌ی چهارم قرار گرفته است. بخش قابل توجهی از این گازهای سوزانده شده از میادین گازی دریایی است که می‌توان با استفاده از فن‌آوری FLNG مانع سوزاندن آنها شده و از آنها بهره‌برداری اقتصادی کرد. ■

گاز نیز تغییر کرده و نیاز به بهره‌برداری از میادین گازی متوسط و کوچک و همچنین میادین گازی دریایی دورافتاده که در شرایط حاضر جذابیت اقتصادی قابل توجهی ندارند، افزایش می‌یابد.

■ از فن‌آوری مایع‌سازی شناور همچنین برای کاهش هزینه‌های تولید LNG و کوتاه کردن مدت زمان ساخت و بهره‌برداری در میادین دریایی بزرگ مثل پروژه‌ی Prelude نیز استفاده می‌شود.

■ در تأسیسات شناور تولید LNG نیازی به زیرساخت‌های مورد نیاز تأسیسات خشکی مثل جاده نبوده و اثرات زیست‌محیطی نیز کاهش می‌یابد. همچنین درگیری‌های مربوط به تملک زمین برای احداث تأسیسات نیز کاهش می‌یابد.

■ این شناورها در مقایسه با طرح‌های تولید LNG در خشکی ایمن‌تر و ارزان‌تر هستند، در مدت زمان کمتری راه‌اندازی می‌شوند و برای برداشت از میادین دور از خشکی و پراکنده‌ی کوچک، اقتصادی هستند.

■ با بهره‌برداری از شناورهای تولید LNG، راه توسعه‌ی میادین کوچک و پراکنده فراهم شده و حتی امکان به‌کارگیری هم‌زمان چند شناور در یک میدان بزرگ گازی نیز وجود دارد. به‌علاوه انتقال آسان شناور از یک میدان به میدانی دیگر، مزیت بزرگ دیگر آن به‌شمار می‌رود. بنابراین

پانویس‌ها

- | | | |
|--|---|---------------------------------|
| 1. dehghani576@yahoo.com | 4. Floating Production Storage and offloading Unit (FPSO) | 6. andem offloading arrangement |
| 2. Floating LNG | 5. Offshore Loading Arm Footless (OLAF) | 7. Game Changers |
| 3. floating storage and regasification units (FRSUs) | | |

منابع

- [1] an economic analysis of floating liquefied natural gas (flng), phillip christian marmolejo, massachusetts institute of technology, june 2014
- [2] a breakthrough for natural gas development, technip & floating lng, july 5, 2011.
- [3] field size and economy of scale in floating lng production, norwegian university of science and technology, department of petroleum engineering and applied geophysics, november 24th 2011.
- [4] floating liquefaction (flng): potential for wider deployment, oxford institute for energy studies, 2016.
- [5] floating lng: revolution and evolution for the global industry? kpmg global energy institute, 2015.
- [6] floating lng — developing and implementing floating regasification and liquefaction projects, baker botts (uk) llp.
- [7] floating lng: a review of the forces driving the development of flng, challenges to be overcome, project structures and risk allocation in a viable flng project, john white, partner, baker botts (uk) llp.
- [8] flng – floating liquefied natural gas, an evolutionary way to unlock stranded and marginal gas fields, norwegian university of science and technology, november 2013.
- [9] floating lng, david k. jordan, clarkson research service limited, 27 may 2014.
- [10] current status & strategies for natural gas development using flng, seminar on offshore activities for natural resources, japan international transport institute (jiti), 25 february 2015.
- [11] flng compared to lng carriers, requirements and recommendations for lng production facilities and re-gas units, master of science thesis, erik aronsson, department of shipping and marine technology, division of marine design, chalmers university of technology, gothenburg, sweden, 2012.
- [12] near shore flng concept evaluations, martin corneliusen, eirik samnøy, norwegian university of science and technology, department of energy and process engineering, june 2015.
- [13] flng / lng fsru terminals— risk and insurance issues, paul nicholson, marsh lng practice leader, leg construction seminar, london 7th july 2015.
- [14] current myths about lng, christopher caswell, technology manager – lng and flng, charles durr, lng and flng technology, heinz kotzot, technology manager – lng, david coyle, technology manager – lng, kbr.
- [15] flng outlook – pioneering export facility arrives; while regasification units increase, mark adeosun, douglas-westwood | 10 august 2016.
- [16] floating lng: the challenges of production, systems and well fluids management, frederic mollard, technip france, april 19, 2013.