صنعت نفت
Oilindustry.ir
CLICK HERE

# LNG آینده گاز طبیعی

تهیه و تنظیم : تحریریه سفیرامید
باهمکاری مهندس صدرا

## تاریخچه

برای اولین بار میشل فارادی (Michael Faraday) دانشمند انگلیسی درقرن ۱۹ میلادی اقدام به مایع‌سازی گازها، ازجمله گاز طبیعی نمود، در سال ۱۸۷۳ میلادی مهندس آلمانی کارل لینده (Karl Von Linde) در قرن ۱۹ میلادی اولین کمپرسور را جهت ماشین سردکننده(نظیر یخچال) ساخت. در ادامه در سال ۱۹۱۲ میلادی، ساخت اولین مجتمع LNG در ویرجینیای غربی آغاز شد و در سال ۱۹۱۷ میلادی به بهره‌برداری رسید. اولین مجتمع تولید تجاری LNG در سال ۱۹۴۱ میلادی در اوهایو آمریکا شروع به فعالیت نمود. در ژانویه سال ۱۹۵۹ میلادی اولین کشتی تانکر LNG با نام Methane Pioneer به آب انداخته شد. از این زمان به بعد به دلیل مناسب و اقتصادی بودن انتقال گاز طبیعی به شکل LNG، این فناوری به سرعت توسعه یافت، به طوری که در سال ۲۰۰۴ میلادی ۷ درصد از گاز طبیعی از این طریق حمل گردیده است. پروژه‌های متعدد LNG و ساخت کشتی‌های حمل آن، به سرعت در حال اجراء می‌باشند، به نظر می‌رسد با بهره‌برداری از این پروژه‌ها و کشتی‌های حمل LNG در آینده نزدیک درصد بیشتری از بازار انتقال گازطبیعی به این روش اختصاص یابد. ارزش حرارتی LNG در حدود ۶۰ درصد سوخت دیزل (Diesel Fuel) می‌باشد. LNG بعد از تبخیر شدن در ترمینال مقصد به صورت گازطبیعی قابل استفاده می‌باشد. اما برخی از ماشین‌آلات راه‌سازی، اتوبوس‌ها و اتومبیل‌ها امکان استفاده مستقیم از LNG را دارا می‌باشند. اخیراً امکان استفاده مستقیم از LNG در موتور(توربین) هواپیماهای مختلف نظیر آنتونوف و توپولوف مورد آزمایش قرارگرفته است.

## گازطبیعی چگونه منتقل می‌شود؟

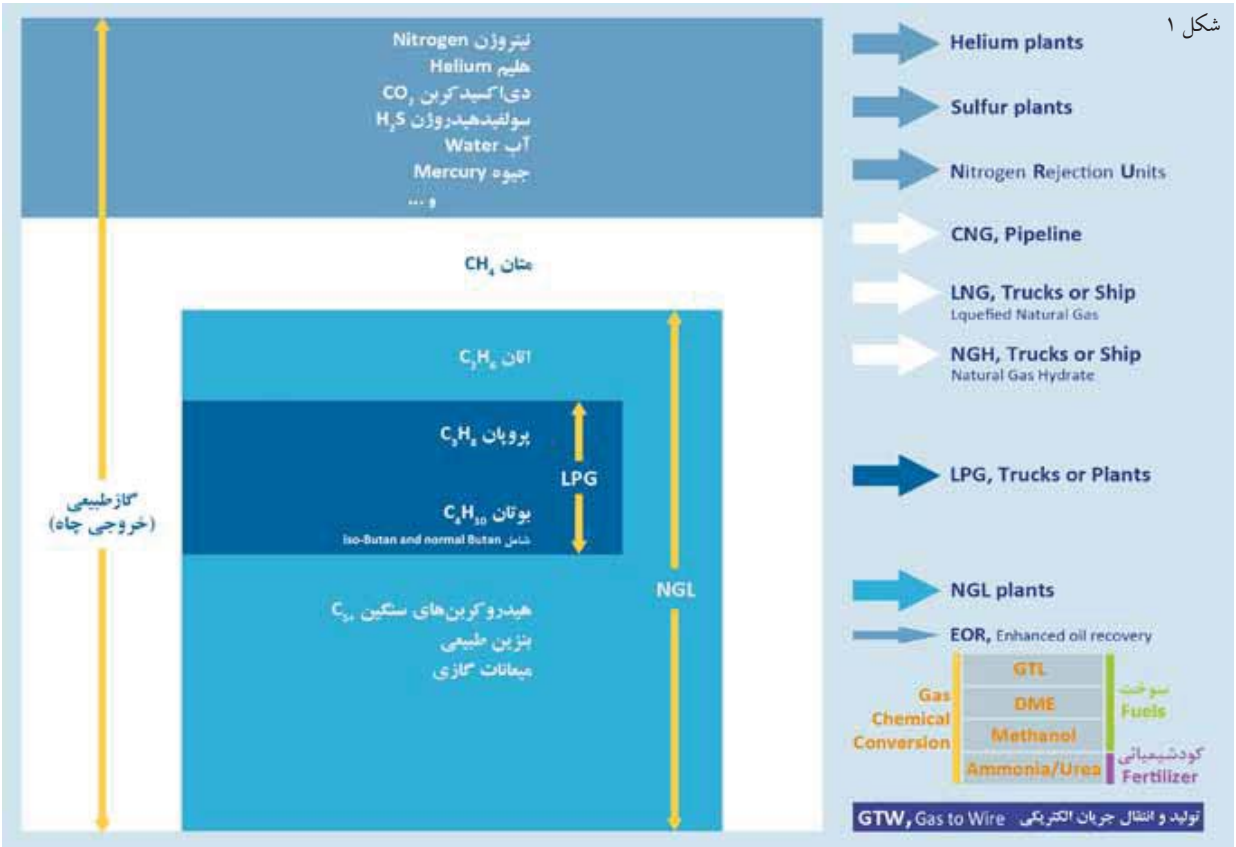
انتقال گازطبیعی به دوصورت مستقیم و غیرمستقیم امکان‌پذیر است. در این قسمت به تشریح این دو روش و مزایای هرکدام نسبت به دیگری می‌پردازیم:

**الف- روش مستقیم؛** در روش مستقیم، گاز به حالت‌های مختلف(گاز، مایع و جامد) قابل انتقال می‌باشد، حالت اول، انتقال گاز به صورت فشرده CNG[Compressed Natural Gas] می‌باشد. در این حالت با

توجـه بـه حداکثر فشـار قابل تحمل لولـه و تجهیـزات، می‌توان حجـم گاز را تـا حـدود ۱/۲۰۰ کاهش داد.
حالت دوم، انتقال به شـکل مایع می‌باشـد. مایعات همراه گاز طبیعی NGL[Natural Gas Liquids] یک نوعی از شـکل مایع گازطبیعی می‌باشد، ترکیب NGL شامل مایعات گازی (هیدروکربن‌های سنگین‌تر از C5 ، این برش‌ها بنزین‌طبیعی را تشـکیل می‌دهند) + پروپان، بوتان و اتان می‌باشد. نوع دوم؛ به گازمایع (LPG) معروف است، LPG از گذشـته به صورت کپسول جهت مصارف صنعتی وخانگی کاربرد داشـته است، گاز مایع متشکل از پروپان و بوتان می‌باشـد و ممکن اسـت مقدار بسیارکمی اتان و همچنین پنتان نیز در ترکیب LPG وجود داشته باشد. نسبت پروپان و بوتان در گاز مایع در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد. این ترکیب در زمستان و تابستان نیز متفاوت اسـت، در تابستان میزان بوتان و در زمستان برای تبخیر بهتر و به‌سوزی میزان پروپان بیشتر می‌باشد. نوع سوم؛ گاز طبیعی مایع شـده LNG[Lquefied Natural Gas] می‌باشـد. بخش اصلی ترکیب LNG را متان تشـکیل می‌دهد، اگرچه امکان تولید LNG با ترکیب در حد ۱۰۰ درصد متان امکان پذیر است، اما اغلب به همراه متان به میزان کمی اتان، پروپان و ترکیبات سـنگین‌تر نیز دیده می‌شـود. متان تحت دمای ۱۶۲°C- و فشـار اتمسـفر به مایع تبدیل می‌شود. در این حالت حجم متان ۶۰۰ بار کاهش می‌یابد با این کاهش حجم انتقال مایع حاصل شده در مسافت‌های بالای ۲۵۰۰ کیلومتر و تقاضای ۱/۵ تا ۶ میلیاردمترمکعب گاز درسـال توسـط کشتی اقتصادی می‌باشد. گاهی به دلیل وجود فاصله‌های طولانی دریائی نظیر فاصله قاره آمریکا از قاره‌های دیگر، در عمل امکان احداث خط لوله وجـود نـدارد و انتقـال به صـورت LNG توجیه بیشـتری دارد. بخـش عمـده‌ای از بـازار LNG از طریق تبخیر Regasification پوشش داده می‌شود، اما برخی از ماشین‌ها امکان مصرف مستقیم این سوخت را دارا می‌باشند.
حالت سـوم، تبدیل گازطبیعی به شـکل جامد(هیدرات) می‌باشـد، این فرایند با عنـوان GTS[Gas to Solid] یا NGH[Naural Gas Hydrat] شـناخته می‌شـود. دراین فرایند، از هیدرات گازی برای ذخیره گازطبیعی در شبکه بلوری و ۳ بعدی آن اسـتفاده می‌شـود. تقریبـاً هر تن هیدرات، می‌تواند ۱۶۰ متر مکعـب گاز(متان، اتان و مقدار کمتری پروپان) را ذخیره نماید. تولید این هیدرات با مخلوط گازی در شرایط ۱۰۰ to ۸۰ bar و دمای ۱۰°C to ۲ امکانپذیر می‌باشـد. نگهداری این هیدرات در زمان انتقال نیاز به فشار یا برودت کمتر نسبت به LPG یا LNG دارد و همچنین ایمنی حمل NGH بسـیار بالاتر می‌باشـد. اما باید دقت داشت که باید هزینه تولید NGH و آب‌زدائی از آن در مقصـد را باید به مجموع هزینه‌ها اضافه نمود. شـکل ۱ ، گازها و مواد موجود در گازطبیعی و شـکل‌های مختلف انتقال گازطبیعی و همچنین موارد استفاده از این گاز و مواد را نشان می‌دهد.

**ب- روش غیرمسـتقیم**، گازطبیعـی را در نزدیکـی پالایشـگاه می‌توان به شـکل دیگری از حامل انرژی تبدیل نمود. انرژی الکتریکی و هیدروژن از نوع منابع انرژی‌های ثانویه می‌باشـند. این نوع انـرژی اغلب به عنـوان حامل انرژی مـد نظر می‌باشـد. در مورد گاز طبیعی در برخی از کشـورها به ویژه کشـورهائی که فاصله دریا تا نقاط داخلی آنها به بیش از ۲۵۰۰ کیلومتر می‌رسـد(نظیر آمریـکا)، تبدیل گازطبیعـی به جریان الکتریکـی(در نیـروگاه) و انتقال جریـان الکتریکی اقتصادی‌تـر می‌باشـد. همچنین انتقال انرژی توسـط هیدروژن نیز مد نظر قرار گرفته است. زیرا از یک سو می‌توان با اسـتفاده از گازطبیعی، هیدروژن تولید نمود و آن را به صورت سـوخت مصرف نمود و از سـوی دیگر می‌توان از گازطبیعی در پیل‌سـوختی اسـتفاده نمود. درسـال‌های اخیر اسـتفاده از ایـن پیل‌ها برای برخی از مصارف، اقتصادی شده است.
تبدیل شـیمیائی گازطبیعی (Chemical Conversion) روش دیگری برای انتقال گازطبیعی می‌باشـد. از میان روش‌های تبدیل‌شـیمیائی GTL[Gas to Liquid] ، DME[Di Methyl Ether] و متـانـول Methanol می‌توانند بازار مصرف سـوخت را کاملاً تحت شعاع قـرار دهند. GTL بـه عنوان سـوخت هواپیما کارکرد آزمایشـی خـود را آغازکرده اسـت و این بـه عنوان سـوخت خودرو نیز از مزیت کافی برخوردار اسـت.

شکل ۱

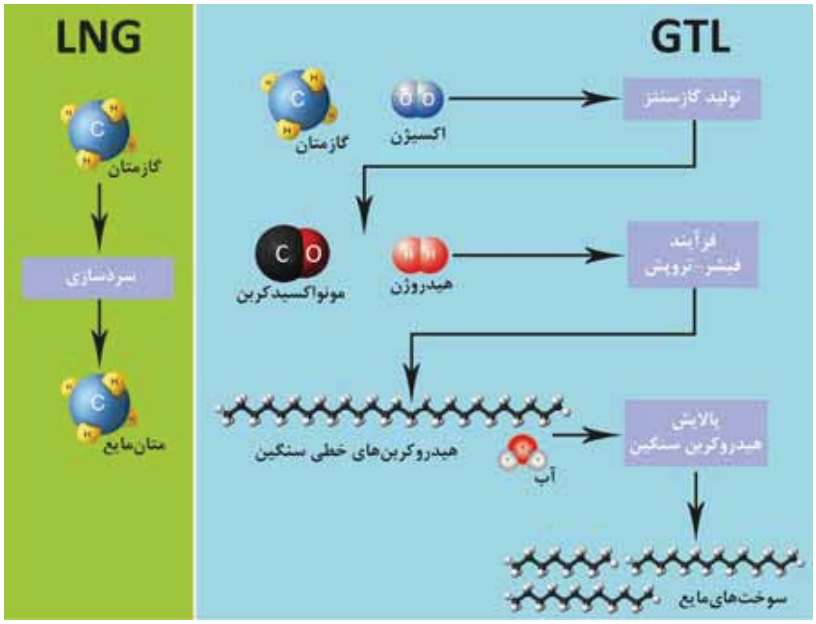


شکل ۲ : سوختن آرام هیدرات

استفاده آزمایشی از DME نیز در نیروگاه‌های برق آغاز شده و متانول در کنار اتانول نیز کاندیدای جایگزین شدن به جای سوخت خودروها می‌باشد و در بازار آمریکا درحال گسترش می‌باشد. حسن استفاده از سوخت‌های اشاره شده، حجم پائین، ارزش حرارتی بالا و پاک بودن و تولید گازهای آلاینده کمتر، آینده بسیار خوبی را برای این سوخت‌ها ترسیم کرده است. در روش تبدیل شیمیائی، آمونیاک و اوره/Ammonia Urea نیز مطرح می‌باشند. این دو محصول اگرچه سوخت محسوب نمی‌شوند، اما موادی با ارزش افزوده بالاتر نسبت به ارزش سوختی گازطبیعی می‌باشند.

## کدام حالت از گازطبیعی بهتر است؟

پاسخ به این سوال مانند پاسخ به این سوال است که آب بهتر است یا هوا؟ واضح است که این سوال پاسخ مشخصی ندارد؛ در مورد حالت‌های گاز طبیعی نیز پاسخ به همین شکل می‌باشد. در واقع نوع حالت گازطبیعی بستگی به شرایط و کاربرد آن دارد. NGL به عنوان خوراک مجتمع‌های پتروشیمی یا پالایشگاه‌ها استفاده می‌گردد. NGL، مناسب مصرف خانگی، صنعتی یا سوخت خودرو نمی‌باشد؛ زیرا که این مایع دربرگیرنده محدوده وسیعی از هیدروکربن‌های مایع می‌باشد. در این محدوده وسیع هر هیدروکربن دارای ارزش حرارتی متفاوتی نسبت به هیدروکربن دیگرمی‌باشد. سوختن این مایع مشابه سوختن ترکیبی از بنزین، نفت‌کوره، گازوئیل و ... می‌باشد. اگرچه این ۳ سوخت اشاره شده هرکدام در کاربرد مناسب خود، سوخت مناسبی محسوب می‌گردند، اما نتیجه سوختن آنها در یک




شکل ۳ : مقایسه سادگی فرآیند تولید LNG با فرآیند GTL

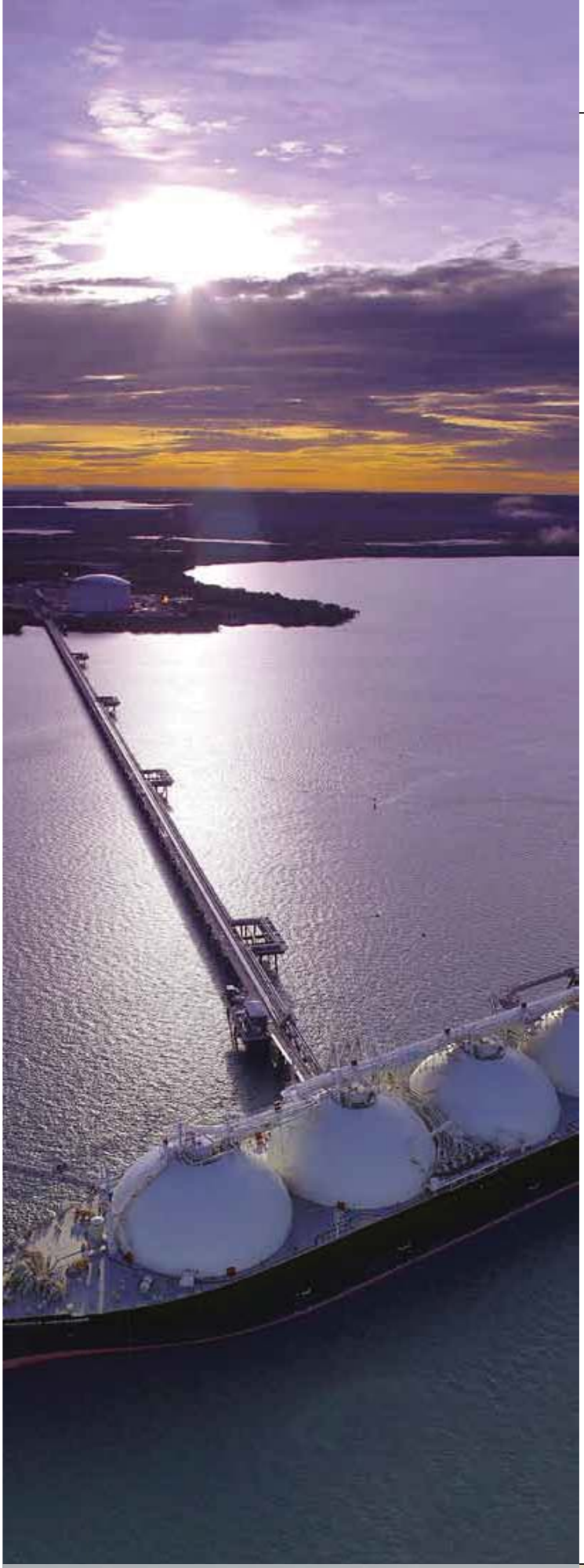
محفظه احتراق تولید مقدار زیادی گاز آلاینده و هدر دادن انرژی می‌باشد. از طرف دیگر برخی از هیدروکربن‌های موجود در NGL دارای ارزش حرارتی بسیار پائین می‌باشند، اما همین هیدروکربن‌ها، خوراک با ارزش و مناسبی برای صنایع پتروشیمی می‌باشند.

LPG دارای دانسیته انرژی بالاتری نسبت به سوخت‌های گازی می‌باشد. با این سوخت می‌توان مسافت بیشتری با مخزن کوچک‌تر نسبت به مخزن CNG طی نمود. سرعت سوختگیری LPG نسبت به CNG بسیار بالاتر می‌باشد، به نحوی که در خودروهای بزرگ زمان سوختگیری حدود ۴ الی ۶ دقیقه می‌باشد (۱۰ الی ۴۰ گالن در دقیقه). در این سوخت، ارزیابی و کنترل ترکیب سوخت با دقت بالایی امکان‌پذیر است.

بیش از ۹۵ درصد حجم LNG را گاز متان تشکیل می‌دهد. متان نسبت به پروپان و بوتان دارای ارزش حرارتی پائین‌تر می‌باشد؛ از طرف دیگر مخزن ذخیره آن دارای فناوری بالاتر و هزینه بیشتر می‌باشد. سوخت‌گیری LNG نسبت به CNG و LPG مشکل‌ترمی‌باشد(شیلنگ و تجهیزات انتقال باید به میزان کافی سرد شوند تا LNG تبخیر نشود) اما با همه این مسائل استفاده از LNG به عنوان سوخت ماشین‌آلات سنگین شروع شده و به تدریج شاهد استفاده از این سوخت در خودروهای سبک می‌باشیم.

شکل جامد گازطبیعی NGH هنوز به صورت جدی به عنوان یک حامل اقتصادی مورد استفاده واقع نشده است و استفاده مستقیم به عنوان سوخت نیز مطرح نمی‌باشد، اما با توجه به ایمنی بسیار بالای آن و عدم امکان انفجار

شکل ۴ : مقایسه انواع روش‌های انتقال با توجه به مسافت و حجم گاز



هیدرات، می‌توان پیش‌بینی کرد اســتفاده از آن به تدریج گسترش یابد. استفاده از شــکل‌های تغییر یافته شــیمیائی نظیر GTL ، DME و متانول از گذشته شروع شــده و به سرعت در حال گسترش می‌باشد. شکل ۴ ، اقتصادی بودن روش‌های مختلف را برحســب فاصله پالایشــگاه تا بازار مصرف و همچنین حجم تقاضــا نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌نمائید که هر کدام از روش‌های انتقال در یــک بازه مشــخص از حجم و فاصله، بــر روش‌دیگر مزیــت دارد و در برخی ناحیه‌ها نیز همپوشــانی دارند . شــرکت‌های ملی و بین‌المللی فعال در زمینه گاز اغلب علاوه بر بررســی مزایای فنــی، هزینه‌های اجرای ایــن طرح و طرح‌های توســعه، نگاهی ویژه به منافع ملی و شــرایط سیاســی نیز دارنــد. گاهی اهمیت اقتصادی یک طرح انتقال گاز می‌تواند با اهمیت سیاسی برابری کند.

## مقایسه ارزش سوخت

انــــرژی ویژه ســــوخت و چگالی ســوخت، دو پارامتــر بــا اهمیت در انتخاب ســوخت، می‌باشــد. پارامتــر اول میزان انــرژی قابل آزادســازی از هر کیــلوگرم ســوخت را نشــان می‌دهد و بالا بودن عــدد آن نشــان‌دهنده ارزش حــرارتــی بهتر ســوخت در واحد وزن می‌باشــد. عدد دوم نشــان‌دهنده انرژی ســوخت در واحد حجم می‌باشد. واضح است ســوختی بهتر است که در واحد وزن و حجم کمتر، دارای ارزش سوختی بالاتــری باشد. در برخی از کاربــردها نظیــر خودروها و هواپیمــاها، این مســئله کاملاً جدی اســت، امــا در برخی از کاربردها نظیر ســــوخت دیزل یا توربوژنــراتورهــا، ارزش حــرارتی در واحد وزن و چــگالی سوخت به نسبت اهمیت کمتری دارد.

| ردیف | نوع سوخت | Specific Energy MJ/kg | Energy Density MJ/l |
|---|---|---|---|
| ۱ | سوخت جت | ۴۳/۲ | ۳۴/۹ |
| ۲ | بنزین | ۴۶/۰۸ | ۳۴/۲ |
| ۳ | سوخت دیزل | ۴۵/۳۶ | ۳۸/۱۶ |
| ۴ | کروسین | ۵۰ | ۵۰ |
| ۵ | GTL | ۴۴/۲ | ۳۳/۶ |
| ۶ | CNG @ 200bar | ۵۰ | ۸/۲۸ |
| ۷ | LPG | ۴۶ | ۲۴/۵۷ |
| ۸ | LNG | ۵۰ | ۲۱/۲ |
| ۹ | هیدروژن مایع | ۱۲۰ | ۸/۴ |
| ۱۰ | متانول | ۱۹/۹ | ۱۵/۹ |
| ۱۱ | اتانول | ۲۷/۲ | ۲۱/۶ |
| ۱۲ | بیودیزل | ۳۸/۹ | ۳۳/۹ |
| ۱۳ | ذغال سنگ | ۲۹/۵۲ | ۲۷/۳۶ |
| ۱۴ | چوب | ۱۵/۱۲ | ۱۰/۸ |
| ۱۵ | باتری لیتیوم-یون | ۱/۹۸ | ۶/۰۸ |

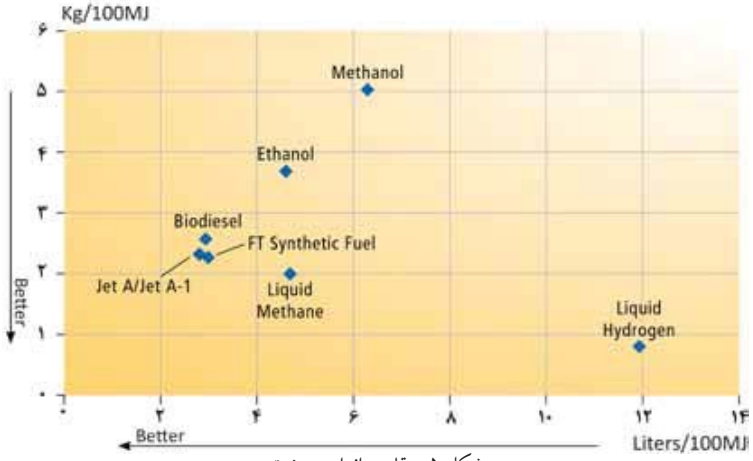
جدول ۱

جدول ۱ برای ۱۵ ســوخت مختلف، مقایســه ارزش سوختی و چگالی انرژی را نشان می‌دهد. با بررسی مقادیر ارائه شده، مشاهده می کنیم ارزش سوختی CNG LPG و LNG بســیار خــوب و در حد بنزین و ســوخت‌های دیزل می‌باشــد، اما چگالی انرژی این ســوخت‌ها درCNG خیلی پائین‌تر از بنزین و در LNG و LPG

حدود ۶۰ درصد بنزین می‌باشد. از سوی دیگر GTL علاوه بر اینکه دارای ارزش سوختی نزدیک به بنزین و سوخت‌جت می‌باشد، چگالی انرژی آن نیز در حد بنزین است. بنابراین استفاده از GTL به جای بنزین کاملاً توجیه دارد. از طرف دیگر GTL گازهای آلاینده کمتری تولید می‌کند. در حال حاضر استفاده از GTL به عنوان سوخت هواپیما در حال آزمایش است و سازمان هواپیمائی کشوری، اجازه داده در هواپیماهای ۴ موتوره، در ۲ موتور آن به صورت آزمایشی از GTL استفاده شود. با نگاه مجدد به جدول ۱ می‌بینیم. متانول هم دارای ارزش سوختی پائین‌تر و هم چگالی انرژی آن از سوخت دیزل و بنزین کمتر می‌باشد؛ به همین دلیل استفاده از اتانول که دارای وضعیت بهتری است توجیه بیشتری دارد. در جدول ۱ ارزش و چگالی انرژی باتری لیتیوم یون را در برابر سوخت‌های فسیلی و غیرفسیلی مشاهده می‌نمائید. اگرچه درحال حاضر باتری‌ها و پیل‌های سوختی، قدرت رقابت با سوخت‌ها را ندارند، اما در آینده نزدیک وضعیت اینچنین نخواهد بود.

شکل ۵، مقایسه چند سوخت مختلف توسط شرکت شورون Chevron را نشان می‌دهد. این شرکت سرمایه‌گذاری زیادی برای بدست آوردن سوخت جایگزین سوخت‌های فسیلی برای هواپیماها نموده است. برای مصرف سوخت در هواپیما، هم چگالی انرژی و هم انرژی ویژه سوخت اهمیت دارند.

تا اینجا وضعیت انواع فراوردهای پالایشگاهی گاز طبیعی را بررسی کردیم و مشاهده کردیم که LNG دارای وضعیت مناسبی از نظر ارزش سوختی می‌باشد. از طرف دیگر میزان گازهای




شکل ۵: مقایسه انواع سوخت

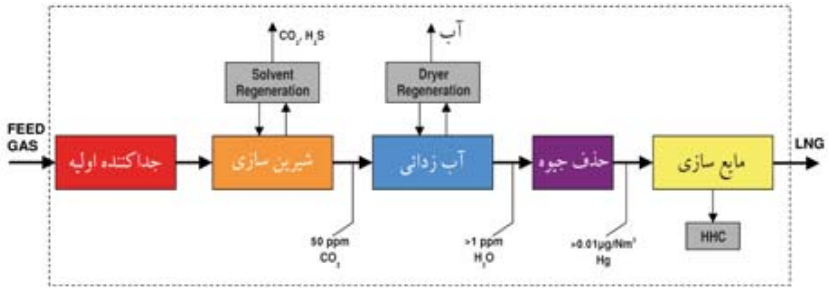
آلاینده ناشی از سوختن LNG بسیار کم می‌باشد و همچنین قیمت آن هم از بنزین و سوخت جت کمتر می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد در آینده نزدیک LNG بخش قابل توجهی از بازار انرژی را بدست آورد. برای بررسی بهتر وضعیت LNG در ادامه بحث به نحوه تولید و هزینه‌های تولید LNG می‌پردازیم. شکل ۶، مراحل مختلف تولید، انتقال و ذخیره LNG در مقصد را نشان می‌دهد. در این شکل به طورتقریبی، هزینه هر مرحله نیز نشان داده شده است.

## تولید و مصرف LNG

گازطبیعی پس از خروج از دهانه چاه وارد جداکننده‌های ابتدائی می‌شود. پس از آن گازطبیعی، که مقدارزیادی آب و املاح مختلف را به همراه خود دارد، وارد جداکننده ۳ فازی نظیر Slug Catcher می‌شود. در این مرحله فاز گاز از فازهای آب و هیدروکربن‌های مایع جدا می‌شود. هیدروکربن‌های

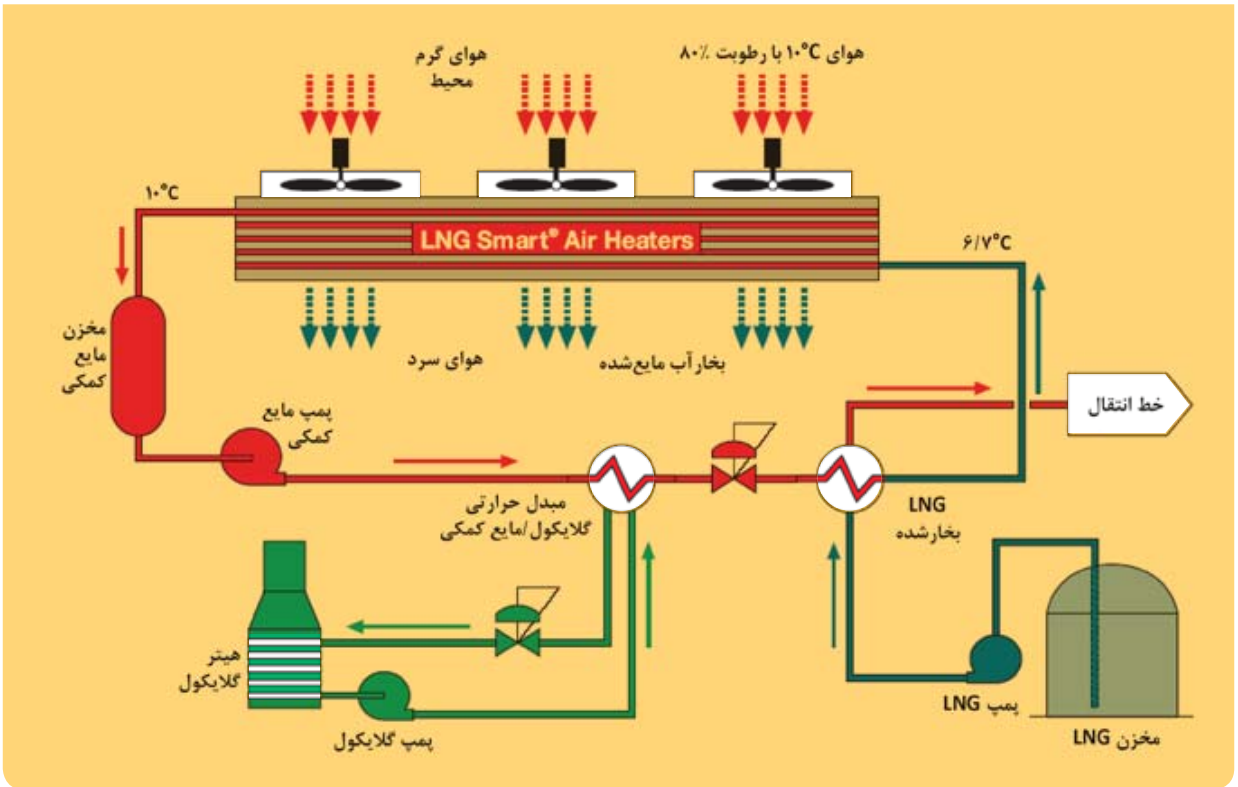
شکل۶

مایع تحت عنوان میعانات Condensate) گازی از فراورده‌های با ارزش گازطبیعی محسوب می‌گردند. این میعانات پس از جداسازی و پالایش، در مخازن سقف شناور مخصوص ذخیره شده و برای ادامه فرآورش به واحدهای دیگر یا مجتمع‌های پتروشیمی ارسال می‌شوند. گاز جدا شده از مایعات، اغلب به میزان قابل توجهی $CO_2$ و $H_2S$ همراه خود دارد. به این گاز در اصطلاح گاز ترش Sour gas می‌گویند. در مرحله بعد، در واحد شیرین‌سازی، گازهای یاد شده از گازطبیعی جدا می‌شوند. در مرحله بعد آب همراه گازطبیعی نیز از آن جدا می‌شود. اغلب در همین واحد، جیوه نیز جدا می‌گردد. با جدا شدن میعانات گازی و مواد زائد، بخش اصلی گازفرایند را متان، اتان، پروپان و بوتان تشکیل می‌دهند. اتان، که کاربرد فراوانی در صنایع پتروشیمی دارد در این مرحله از گاز فرایند جدا می‌گردد و در ادامه پروپان و بوتان نیز از فرایند جدا شده و در مخازن LPG ذخیره می‌گردند. بیش از ۹۵ درصد ازحجم گاز باقی‌مانده را متان تشکیل می‌دهد. در این مرحله می‌توان گاز را متراکم کرد و از طریق خط لوله منتقل و به فروش رساند، یا با مایع‌سازی از طریق سردنمودن گازمتان، LNG تولید نمود. این مایع در مخازن ویژه ذخیره و از طریق کشتی‌های تانکر یا تانکرهای جاده‌ای به مقصد حمل می‌شود. در




شکل ۷: پالایش و مایع سازی گازطبیعی

سال‌های اخیر تقاضا برای LNG بسیار بالا رفته است؛ به همین دلیل در حال حاضر پروژه‌های متعددی در خاورمیانه، آفریقا، شرق دور، آمریکا و اروپا در حال انجام می‌باشند. به واسطه ارزش افزوده و درآمد پروژه‌های LNG ، واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های بزرگ نفتی و برخی از شرکت‌های تازه وارد، با برنامه‌ریزی فشرده به دنبال راه حل‌هائی برای کاهش هزینه‌های مایع سازی و همچنین حمل LNG می‌باشند. از طرف دیگر، علیرغم آنکه شرکت‌های فعال در حوزه LNG به دنبال استفاده مستقیم از LNG به صورت مایع می‌باشند، اما در حال حاضر بخش قابل توجهی از LNG به صورت تبخیر مجدد Regasification به مصرف می‌رسد. بنابراین یکی از برنامه‌های شرکت‌های فعال در این حوزه، ساخت و توسعه تاسیسات ورودی(ترمینال ورودی) و واحد تبخیرسازی LNG می‌باشند. آنچه که بیش از همه مد نظر این شرکت‌ها می‌باشد، این است که آنها به دنبال ساخت تاسیساتی هستند که با صرف انرژی کم و ایمنی بالا بتواند میزان تقاضای گاز را پاسخگو باشند. شکل ۸، نشان‌دهنده یکی از این فناوری‌ها است که توسط Mustang Engineering به نام Smart LNG®, ارائه شده است. این فناوری علاوه بر بخش تبخیر LNG شامل فناوری مایع‌سازی، ذخیره‌سازی افقی نیز می‌باشد، که می‌توان از آن در تاسیسات مبداء استفاده نمود. شکل ۸ به خوبی نشان می‌دهد، که فرایند تبخیرکردن LNG تنها توسط یک دستگاه مبدل حرارتی انجام می‌شود. آنچه که در سیستم‌های تبخیر اهمیت دارد، انتقال سرمای موجود در گازمایع می‌باشد.

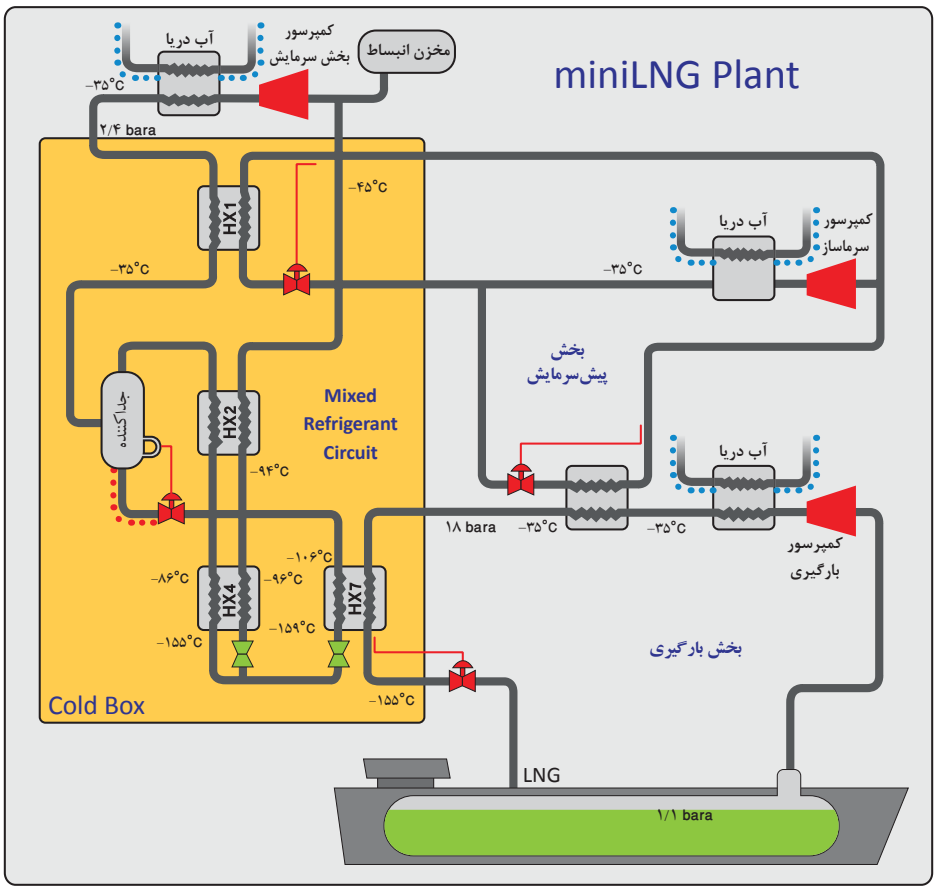



شکل ۸: تبخیر LNG و ارسال آن به خط انتقال

زیرا از یک طرف انتقال این حجم زیاد از برودت به محیط امکانپذیر نمی‌باشد و از سوی دیگر این انتقال این حجم از برودت، مشکلات خاص زیست محیطی را ایجاد خواهد نمود. مسئله مهم دیگر این است که آیا می‌توان به جای اتلاف این حجم زیاد از انرژی گرمائی(برودتی) از آن استفاده نمود. علاوه بر شرکت مهندسی ماستانگ که به آن اشاره کردیم، شرکت‌های APCI, Black & Veatch, Linde و همچنین شرکت‌های بزرگ نفتی Statoil, Shell و ConocoPhilips نیز هرکدام روش‌های مناسبی برای تبخیر LNG ارائه نمودند. برخی روش‌ها نظیر روش ارائه شده توسط شرکت Kobelco ژاپن، از تبادل حرارتی ساده با هوا و آب دریا استفاده می‌کند و در فناوری دیگر روش LNG Smart® Air Vaporization توسط ماستونگ پیشنهاد شده که دارای قابلیت‌های فنی بالاتری می‌باشد. حوزه فناوری مایع‌سازی و تبخیر LNG بسیار متنوع، جذاب و در حال توسعه می‌باشد. به همین دلیل سعی خواهیم کرد در شماره‌های بعد نشریه، مطالب کامل‌تر و شامل اطلاعات فنی و فناوری‌های جدید در زمینه مایع‌سازی، ذخیره سازی، حمل زمینی و دریائی، تبخیر و تبدیل نمودن به گاز، شبکه توزیع محلی و ایستگاه‌های(پمپ فروش)کوچک فروش مستقیم LNG و همچنین موتورهای LNG سوز، ارائه کنیم.

## miniLNG چیست؟

ساخت تاسیسات مایع سازی گازطبیعی دارای هزینه بالا و زمان ساخت طولانی می‌باشد. در برخی از موارد، ذخیره نهائی مخزن یا دبی گاز قابل استحصال، مناسب احداث تاسیسات نرمال LNG نمی‌باشد. به همین دلیل ما غالباً شاهد هستیم که گاز همراه نفت در فلرها می‌سوزد. تعدادی از سازندگان تجهیزات LNG نظیر شرکت Hangzhou FORTUNE Group اقدام به طراحی ایستگاه‌های کوچک تولید LNG نموده‌اند. این ایستگاه‌ها از تجهیزات قابل جابجائی ساخته شده‌اند و در کمترین زمان نصب می‌شوند. لذا علاوه بر هزینه پائین ساخت، به دلیل امکان جابجاکردن آنها در صورت اتمام ذخیره گاز مصرفی، می‌توان این ایستگاه را به محل دیگری منتقل و بهره‌برداری را به سرعت در مکان جدید شروع نمود. البته هدف اصلی از طراحی این واحدهای کوچک، جابجائی آنها نیست، بلکه هدف اصلی همان پائین بودن دبی گاز یا ذخیره مخزن گاز می‌باشد. از دیگر اهداف miniLNG زمان کوتاه طراحی، ساخت و بهره‌برداری از این نوع واحد فرایندی می‌باشد. شکل ۹، فرایند یکی از این تاسیسات را نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌نمائید این فرایند شامل پیش‌سرمایش، سرمایش نهائی(مایع‌سازی) و بارگیری می‌باشد و فرض شده است که این Plant، گاز دریافتی خود را به صورت پالایش شده دریافت می‌کند. برخی از سازندگان miniLNG از




شکل ۹: مایع‌سازی گازطبیعی در miniLNG Plant

واحدهای کوچک جهت حذف $CO_2$ و $H_2S$ نیز در مجموعه پیشنهادی ارائه می‌نمایند، در این صورت می‌توان از miniLNG برای بازیافت گازفلر در نزدیکی چاه‌های نفت، صنایع پتروشیمی و پالایشگاه‌های گازی نیز با بازده مناسب استفاده نمود.

## microLNG چیست؟

گسترش استفاده از LNG به خودروهای سنگین راه‌سازی، دیزل و توربوژنراتورها و تاسیسات ساختمان‌های بزرگ، اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و خودروهای سبک نیاز به احداث ایستگاه‌های بسیارکوچک LNG را مطرح نموده است. میزان گازمایع مصرفی ماشین‌آلات راه‌سازی از حداقل تولید یک واحد miniLNG بسیار کمتر می‌باشد. برای پاسخ به این تقاضا برخی از سازندگان تجهیزات گازمایع، ایستگاه‌های microLNG را طراحی و معرفی نموده‌اند. این ایستگاه‌ها به صورت ثابت یا قابل حمل و انتقال Mobile station ساخته شده و از آنها استفاده می‌شود. این ایستگاه‌ها به میزان مصرف محلی می‌توانند LNG تولید نمایند. از این ایستگاه‌ها همچنین می‌توان در بحث بازیافت گازهای فلر نیز استفاده نمود. به دلیلی کاربرد شهری و صنعتی در ابعاد کوچک برخی از سازندگان، ایستگاه‌هایی مبتنی بر سیستم LCNG را ارائه نموده‌اند که در آنها همزمان علاوه بر امکان ارائه سوخت‌مایع (LNG) امکان ارائه CNG را نیز دارا می‌باشند.

منابع :

1: Handbook of natural gas Transmission and Processing Saeid Mokhatab, William A. Poe, James G. Speight
2: LNG Smart®Technologies paper by Mustung company
3: LNG journal
4: Technip LNG technology paper
4: BP LNG technology paper
5: LNG Technology Dr. S. Madhavan Global Director, Plant Services Kellogg Brown & Root (KBR), Inc. Houston, TX, USA