

我易通

用户名:

密码:

忘记密码

2008 第四届中国(成都)分布式能源国际研讨会

——推广分布式能源，促进节能减排，加强区域能源供应安全

2008年10月30-31日 四川·成都

- ### 论文分类
- 综合
 - 能源政策
 - 节能新能源
 - 热电与供热
 - 石油天然气
 - 循环流化床
 - 煤炭
 - 暖通空调
 - 能源环保标准
 - 项目方案
 - 环境保护
 - 电力工业
 - 水利水电
 - 燃气轮机
 - 核能
 - 化工
 - 统计
 - 其它

新书推荐



暂无图片

[2007中国新能源产业年度报告](#)



暂无图片

[2007-2008年中国仪器仪表行业分析及投资咨询报告](#)



[《国家支持项目申报指南》\(电子版\)](#)



[太阳能干燥技术](#)

简析LNG接收站与发电厂的一体化建设

中国科学院工程热物理研究所 蔡睿贤 院士 金红光 研究员 张 娜 博士 [] 2004-05-08

蔡睿贤 院士 金红光 研究员 张 娜 博士

(中国科学院工程热物理研究所)

一、概述 近年来，我国的经济和社会正在快速发展，人民生活水平也在日益提高。要持续这种快速发展，同时改善环境污染状况，关键问题之一在于优化能源结构并且发展高效、低污染的能源利用系统。广东省液化天然气(LNG)试点工程项目标志着我国能源环境事业正在走向国际先进水平和开拓出同时解决能源与环境问题的新方法。天然气经压缩、液化，其密度大大地增加(约600倍)，有利于长距离运输。液化后的天然气温度约为 -160°C ，处于超低温状态。这种冷能()从能源品位来看，具有较高的利用价值。除了这些热物理性质外，LNG的化学性质、成分决定着LNG低污染的特点。天然气经过深冷过程，由于硫的成分以固体形式析出、分离，LNG就不含有硫化物。也就是说，在燃料前根除了产生 SO_x 的生成源，这是与天然气的不同之处。与煤相比，LNG不含灰分， NO_x 的排放量仅为煤的20%， CO_2 的排放量仅为1/2。因为LNG具有如上对能源利用与环境方面有利的特点，正在引起国际上的关注。特别是日本，每年引进约5000万吨LNG，共建20多座LNG发电厂，总装机容量约为4万MW，占全国发电容量的22%^[1]。

二、日本LNG电站及LNG冷能利用概况 LNG是最干净的化石燃料，而且是单位质量“热值”(有效能)最高的常规燃料(因为它在制备过程中还已输入大量功使之压缩、冷冻而液化，通俗的说除化学热值外还具有冷能)。所以，能源缺乏的先进工业国家(例如日本)大量进口以供国内之需。其中日本所用LNG量占全世界一半以上，在LNG接收站与电厂一体化建设及LNG冷能利用方面有许多可资借鉴的成熟经验。1999年6月，中国科学院工程热物理研究所的科学家赴日本参加学术会议之余到东京天然气公司访问了解：日本LNG进口量约每年5000万吨，约占日本能源供应的11%(其份额比例还将逐步增加)，其中72%供发电用，27%供民用，1%供钢铁厂用。日本现有LNG接收(上岸)港19个中，可分成四类：完全用于供民用，完全用于供发电厂用及两者兼供的共有6个，另外还有一个是兼供发电和钢铁厂之用。凡是有供发电厂用的接收港，总把发电厂与港口放在一起共同建设，以减少投资，有利共用设备，较好相互配合组成总能系统，利用冷能。中方科学家曾在访日期间就LNG接收站与发电厂一体化问题与东京天然气公司及日本中央电力研究院专家进行过探讨，结论是：如果接收站的LNG有用于发电的，则必然有一个电厂要与LNG接收站一体化建设。由于LNG是最好的燃料，可用于任何热机，所以近年来利用LNG的电厂无一不利用目前最先进的热机 燃气轮机-蒸汽轮机联合循环，其供电效率已达到55%左右，最好的装置效率已逼近60%。本世纪末就会有完全商业化的60%效率的联合循环供应市场。据我们所知，现在日本只有30年前首建的根岸LNG发电厂仍沿用常规蒸汽轮机发电。LNG的生成(液化)需要消耗不少功，当将它重新气化时，这些能量应该予以回收。目前日本在这方面的工作是世界领先的。按他们的见解^[2]除与发电厂相配合使用外，LNG冷能(严格说，是冷的)利用可分为直接和间接利用方法。LNG直接利用有冷能发电(朗肯循环方式和天然气直接膨胀方式)，液化分离空气(液氧、液氮)、冷冻仓库、液化碳酸、干冰、空调、BOG再液化等；间接利用有冷冻食品，低温粉碎废弃物处理，冻结保存，低温医疗，食品保存等。冷能的利用不仅要看其能量的回收大小，更为重要的是品位()的利用。在经济合理安全可靠的情况下，要符合温度对口、梯级利用的总能



暂无图片

2008中国投资论坛会
议光盘



能源规划
环境影响评价

中国能源网论文库是中国最大的能源专业论文库，现收集论文几千篇，涉及到能源政策、环境保护、电力工业、热电冷联供、燃气轮机、石油天然气、节能与新能源、循环流化床等多个方面。

敬候读者对我们的工作提出宝贵意见。

希望作者与我们联系，我们可以免费为作者建立个人主页。

版权声明

系统原则。据所知，目前日本有26台独立（与电厂无直接关系）的冷能利用设备。其中7台空气分离装置，其处理能力大致各为每小时一、两万标准立方米；三台制干冰装置，出力大致各为每天100吨；1台深度冷冻仓库，容量为33200吨；15台低温朗肯循环独立发电装置，出力大致各为几千千瓦。较详细情况可见文献[3]。三、LNG电厂的特点及厂址的选择 LNG燃料具有冷能和极为清洁的特性，因此与常规天然气电厂相比，在厂址的选址及系统方面的考虑上也有所不同。由于LNG是优质高价燃料，且目前其来源都是从海上运输，所以首先决定其选址应该在我国沿海的经济特别发达地区，而且有良好的港口条件以便大型LNG运输船靠岸。当然，其它具体还要考虑的因素很多，关键之一就是与用户位置的匹配。目前国际上LNG的主要用户是电站，所以要考虑与电站选址的匹配。LNG管道输送时，需要低温的特殊材料，输送距离过长，建设费用会大大增加，经济上不适宜。另外，输送已气化的LNG，因管道阻力会引起LNG的压力下降与温度上升，致使不能充分利用低温冷能。所以，若离开LNG接收站建LNG电站，将冷能和电站分开，既降低能源利用效率，又增加管线投资，原则上是不合理的。除非在LNG站另有大量利用LNG冷能的用户，例如大型空气分离制氧、制氮厂。故此，LNG发电厂原则上设在LNG接收站附近。而LNG接收站选址时，也要考虑设在LNG大用户的附近。在LNG接收站附近应建多大规模的电站是另外一个问题，例如需根据附近用电负荷，电网规划，厂址条件等回素决定。但从能源利用水平考虑，最好是LNG接受站附近的用户（如电厂）能把LNG的冷能全部利用上为宜，否则气化LNG要冷却海水，浪费能源，还会恶化生态平衡。在此基础上，若在天然气输送线上还需要建设新电厂，可作另行考虑。事实上，日本的LNG的电厂的选址也是基于此原则的。总之，LNG的电厂和LNG的接收站从能源有效利用和经济性来看，均要求两者成为一个能源系统（总能系统）。两者的整体化可取长补短、有机结合，提高综合效益，有着多方面的优越性。四、LNG电厂和LNG接收站整体化建设的优越性 如上所述，LNG燃料既清洁又具有高品位的冷能。在天然气液化过程中，1吨LNG已消耗动力约380kWh，而1吨到岸LNG可利用的冷能约为250kWh，就年接受300万吨的LNG接收站规模而言，年可利用的冷能为7.5亿kWh。整体化建设具有以下优点：

- LNG电厂和接收站整体化，可利用接收站的气化冷能来冷却燃气轮机电厂入口空气温度。燃气轮机是对进口空气温度非常敏感的动力机械，根据文献[4]初步估算，从30℃冷却到达5℃，可增加电厂出力约20%，电厂效率相对提高约4~5%。亦即如用3台MS9001FA，则可增加功率约20万kW；节约能耗约4万kW，相当年节约标准煤4万吨（已考虑冬季节能较少）。如果LNG站规模是300万吨/年，则其冷能用来作上述冷却是绰绰有余的。另外，根据文献[5]，美国内布拉斯加州林肯市的MS7001B的燃气轮机电厂，以冷水通过换热器冷却进口空气降温34K，可增大出力25%，相对提高效率约4%，数据与上述文献[4]的相近。他们的燃气轮机是老一代的，故提高略少一些。为增加进气冷却装置以提高效益的投资，按文献[5]给出为\$165/每增加kW。附带说一句：冷却作为循环冷却水用的海水来提高燃气轮机联合循环功率及效率的余地是大大不如冷却进口空气的。还有，文献[6]提出了向进口空气喷极细冷水雾，降温8K即可提高功率15%（因还有压气机内部间冷效应），投资为\$100/每增加kW，但这是EPRI的专利技术，且应用也没上述冷却空气的成熟。

上述各优点在LNG站与电厂相隔较远时就不可能存在。因现在准备气化后再由管道运输，LNG气化时如没有合适用户就把它的大部分冷能（ ）白白消耗掉了。

- 电厂可作为接收站的动力源。LNG接收站中，海水泵、LNG泵、BOG压缩机等用电设备平均用电约1万kW（按天然气的输气压力而有所变化），也可由电厂直接供给。
- LNG接收站的储罐中LNG的蒸发气体（BOG），一般可利用BOG压缩，再冷凝处理。过多时则火炬放空。与LNG电厂整体配合情况下，火炬放空部分可在电厂中直接利用，可减少能源消费。
- 整体化建设比分别建设的投资小，无需两者之间的长距离输气管的投资。由于出力增加，电厂效率的提高等，可使电厂的运行成本降低。

五、LNG电厂利用冷能提高性能在我国的可行性 LNG电厂在LNG接收港附近有大量冷源可资利用以改善燃气轮机联合循环的性能。在国际上，已有大量机组附有进气冷却设备，比较多的是用在夏天降温以避免因大气温度升高而降低出力。我国自70年代就开始在燃气轮机上进行进气喷水降温的尝试，近几年从国外进口燃气轮机中有些就已经配置了采用压缩机制冷降温的进气系统^[7]。国际上已实用的可行例子太多，不能赘述，下面仅举国内自行建造的例子以说明其可行。最简单的办法是用海水加热LNG，海水变冷后用以作为联合循环冷凝器循环水，这样海水温度可保持变化

不大，对生态也有好处。这是最低级的利用，可以说没有任何技术问题，也不需要多少附加投资，只需要电站建在LNG接收港附近。不足的是这样利用冷能的水平很低，能够相对提高联合循环的功率、效率一般均不足1%。比较有效而又完全可行的方案是通过进气冷却换热器来间接冷却燃气轮机进口空气。这种方案还可以有很多不同的办法：例如可用气化LNG所得的冷水来作为换热器的冷流体。此换热器就放在燃气轮机进口滤清器之前或之后，而这种换热器就是最常规的品种，国内都能大量生产。这样的冷却燃气轮机进气系统国内已有多个厂家在使用。例如深圳金岗电厂自力更生，完全自行设计，并用国产设备，就成功开发了此一系统，已运转一年，实现进气温降10多度，相对提高出力近10%，相对提高效率过2%，投资回收期为两年多^[7]。因为他们没有LNG，投资中约90%是用在余热利用制冷设备上以得出冷水。如有LNG，可利用接收港蒸发LNG所得的冷水，只需要增加一台进气换热器，则效益更有数量级的增加。作者曾现场到金岗电厂参观，该换热器就是常规的，系统发电运转正常。更先进点的办法可以用LNG直接通过换热器冷却燃气轮机进口空气，这样在热力学上更为合理，但在国内还没有先例。这种换热器在材质、设计、运转上还有一些具体技术工作要做（但没有多少科研问题）。还有一种是LNG先用朗肯循环发电，然后再用来直接或间接（通过水）冷却燃气轮机进口空气。这样冷能利用效率就更高。但国内也还未有这种发电装置。国外则已有多台在运转。另外一种方案是气化LNG所得干净冷水（一般不用海水）在燃气轮机进口处喷雾直接冷却进口空气。这也有不同的办法：低级点的相当于在进气滤清器前加一层水幕，对热力性能效果不是最好，但中国也已有具体自行建造、运转的成功经验（如深圳福田热电厂），投资也很低，实施可行性也是没问题的。至于在进口喷极细水雾已同时达到压气机内间冷的效果，性能提高较多^[6]，但国内尚未有经验，可行性较低，要近期实行只能靠进口了。六、结论与建议

1. LNG站址应与能够利用LNG冷能（ ）的装置合建，以符合总能系统的节能原则。否则仅用海水气化会浪费大量宝贵的 及影响生态。如果接收站的LNG有用于发电的，则必然有一个电厂要与LNG接收站一体化建设。
2. 按能量品位利用原理与实际情况，利用LNG冷能比较理想的是大型空气分离装置。但与燃用LNG的联合循环发电装置相结合也有很好的效果。而且还有相互匹配建设与运行的好处。
3. 如果电厂是由3台MS9001FA组成的联合循环装置，则靠LNG冷却进气，约可提高出力20万千瓦及效率绝对值2%。年节约3万吨左右的LNG。
4. 进气冷却在夏季热天作用较大，特别适宜用于南方调峰。

参考文献

- [1] 田树吉章：“LNG火力发电”，日本エネルギー学会志，Vol. 75, No. 829, pp. 302-307, 1996. [2] 久角喜德：“LNG冷热利用と今后课题”，Ibid, pp. 308-315, 1996. [3] 蔡睿贤、金红光、张娜：“日本LNG冷能利用现状”，中国科学院工程热物理研究所出国报告，1999. [4] Zhang Na & CAI Ruixian: “Analytical Solutions and Typical Characteristics of Part-load Performance of Single Shaft Gas Turbine and its Cogeneration”, Proceedings of ECOS' 99, Tokyo, Japan, June, 1999. [5] de Piolenc M.: “LES 'Iced' Inlet Net Utility Another 14MW of Peaking at Zero Fuel Cost”, Gas Turbine World, Vol. 22, No. 1, pp. 20-25. 1992. [6] Stambler I.: “Spray Cooling Inlet and Compressor Flow Increases Hot Day Plant Rating”, Ibid, Vol. 27, No. 3, pp. 37-42, 1997. [7] 庞勃：“溴化锂制冷技术在燃气轮机发电机组中的应用”，深圳金岗动力有限公司报告（即将发表在刊物上），1999。

燃气轮机设备推荐

招聘栏目开通

能源行业投资咨询报告

Copyright © 1999-2006 Falcon Power Ltd. All rights reserved. 群鹰公司 版权所有

地址：北京市海淀区北蜂窝8号中雅大厦A座14层 邮政编码：100038

电话：010-51915010,30 传真：010-51915237 Email: china5e@china5e.com

支持单位： 中国企业投资协会|中国动力工程学会|中国电机工程学会|中国城市燃气协会 承办单位：群鹰公司 免责声明

京ICP证040220号

