

中国天然气消费需求的影响因素分析及对策研究

高清贵¹, 庄拯², 张雨嫣², 陈广泽², 费晟²

¹福建理工大学LNG产业链研究中心, 福建 福州

²福建理工大学交通运输学院, 福建 福州

收稿日期: 2024年3月26日; 录用日期: 2024年4月25日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

由于我国天然气(Liquefied Natural Gas, LNG)消费需求不确定性受到众多因素的影响, 因此本文首先整理10项影响LNG消费需求不确定性的因素, 再利用灰关联分析从这些影响因素中萃取重要关键因素, 接着再利用TRIZ分析建立LNG消费需求发展战略。本文根据灰关联分析找出影响LNG消费需求不确定性的5项关键因素, 并使用TRIZ建立11项改善策略, 可归纳为三类, 分别为: 环保意识与教育训练策略、供给策略、以及管理优化策略, 同时拟定短、中、长期三阶段战略发展先后顺序, 为LNG能源产业在消费需求的发展战略提供决策支撑。

关键词

天然气, 消费需求, 关键因素, 灰关联分析法, TRIZ分析法

Analysis of Influencing Factors and Countermeasure Research on LNG Consumption Demand in China

Qinggui Gao¹, Zheng Zhuang², Yuyan Zhang², Guangze Chen², Sheng Fei²

¹Key Laboratory of LNG Industry Chain, Fujian University of Technology, Fuzhou Fujian

²School of Transportation, Fujian University of Technology, Fuzhou Fujian

Received: Mar. 26th, 2024; accepted: Apr. 25th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

Due to the uncertainty of LNG consumption demand in China, it is affected by many factors.

文章引用: 高清贵, 庄拯, 张雨嫣, 陈广泽, 费晟. 中国天然气消费需求的影响因素分析及对策研究[J]. 可持续发展, 2024, 14(5): 1294-1306. DOI: 10.12677/sd.2024.145149

Therefore, this paper first sorts out 10 factors that affect the uncertainty of LNG consumption demand. Grey relational analysis is then used to extract important key factors from these influencing factors. Then, TRIZ analysis is used to establish the development strategy for LNG consumption demand. Based on grey relational analysis, this paper identifies five key factors that affect the uncertainty of LNG consumption demand, and then 11 improvement strategies are established by using TRIZ, which can be summarized into three categories: environmental awareness and education and training strategy, supply strategy, and management optimization strategy. Meanwhile, the three-stage strategic development sequence of short, medium and long-term is formulated to provide decision-making support for the development strategy of the LNG energy industry in terms of consumer demand.

Keywords

Liquefied Natural Gas, Consumption Demand, Key Factor, Grey Relational Analysis, TRIZ Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在实现“煤改气”的推动下，我国天然气(Liquefied natural gas, LNG)发展已经形成大势，从而产生对 LNG 巨量的消费需求[1]。因此，LNG 将成为我国能源消费市场的重要来源，这将使得 LNG 行业市场供需不平衡的情况加剧，也势必导致 LNG 价格的暴涨。由于我国 LNG 储量规模较低，因此在 LNG 需求快速增加下，仍需要进口天然气作为补充[2]。而进口天然气因为基础建设的限制，导致其进口量难以在短时间内大幅提升。目前进口 LNG 受制于几个限制条件：必须要修建大型 LNG 接收站、大型 LNG 接收站要有好的港口资源条件[3]。为提升进口天然气的量，LNG 罐箱可以做为 LNG 接收站进口模式的补充措施，LNG 罐箱可以利用原有的集装箱码头的基础设施进口天然气[4]。在 LNG 进口之后，分销的方式主要有两类：LNG 气化进管道、LNG 液化分销[5]。目前我国 LNG 管网基础设施尚在加大力度建设，而液化 LNG 罐箱主要是通过槽车进行运输，具有灵活、高效、安全、低价等特点，有发展的潜力与竞争力。但是，LNG 罐箱通过槽车进行运输也面临一些限制，首先港口是否有能力或是愿意接受罐箱 LNG，其次运输标准需要统一[6]，另外车队和运输公司需要有具备相应的资质条件。

除上述的供给因素会影响 LNG 消费需求之外，另外 GDP 增长水平、产业结构、城镇化、工业化、人口增长率、技术水平、收入水平、能源价格、生活方式等因素也会对 LNG 消费量产生影响，其中 GDP 增长对于能源消费有直接推动作用[7]。从消费需求来看，国内 GDP 增速放缓影响 LNG 消费增长，以及国际油价下行通道的开启、国内电力体制及输配电价格改革的推进等因素也都增加 LNG 消费市场的不确定。此外，对于 LNG 的工业用户，因为工业燃料煤改气进度受制于成本和城市调峰能力，以及化工用气增速缓慢，也提高 LNG 消费需求的不确定性。

由于“煤改气”推动 LNG 消费需求增加，导致 LNG 生产供给、运输、储存的挑战提高。因此，为了制定有效的 LNG 消费需求发展战略规划，建构稳定的 LNG 供需结构，首先需要从众多影响 LNG 消费需求的因素中找到较为关键的影响因素，从而使规划 LNG 消费需求发展战略的决策过程更加精简和有效。其次，除了找到 LNG 消费需求的重要关键影响因素外，尚需进一步发展有利的战略以解决所面临的重要关键影响因素，以此稳健的推动 LNG 消费需求发展。因此本文首先通过相关文献对我国 LNG 消费需求

现状进行了解，并汇整理影响我国 LNG 消费需求不确定性的因素以此建立问卷进行调查，接着再针对回收问卷的数据进行分析，通用灰关联分析(Grey relational analysis)萃取影响 LNG 消费需求不确定性的重要关键因素，并进一步使用 TRIZ 分析建立 LNG 消费需求发展的战略规划，接着建立短中长期战略规划，为建立 LNG 消费需求发展规划提供参考。

2. 文献综述

关于影响国内天然气消费需求不确定的因素可以从经济发展、成本供给、环保意识等方面来看，详细内容整理于表 1。

Table 1. Uncertain factors affecting domestic LNG consumption demand

表 1. 影响国内天然气消费需求不确定的因素

因素名称	因素内容	文献来源
b1. GDP 增长水平	能源是一个国家经济发展的基础，而 GDP 的增长水平显示经济发展水平，未来 LNG 消费市场的主要增长潜力来自于天然气发电、工业燃料煤改气以及城市、交通用气的发展，这可以为产业的生产力提供基础，带动经济发展。因此 GDP 增长水平与 LNG 能源需求有着密不可分的关系。	[7]
b2. 产业结构	第二产业对于的能源消耗较大，第一与第三产业相对来说对于的能源消耗较小；但是目前来看，第一产业比重在逐渐下降，第三产业比重不断增加，当产业结构发生明显变化时，就有可能影响能源的消费需求。	[8]
b3. 环保政策	在目前环保压力下，煤改气需求潜力巨大，因此可能影响 LNG 能源消费需求。	[9]
b4. 替代能源成本	由于工业燃料煤改气增加替代成本，可能影响工业用户使用 LNG 能源意愿。	[10]
b5. 城镇化	城镇化代表人口向城市集中，导致对能源消费需求的增加。	[11]
b6. 人口规模增长率	一般来说人口规模与市场需求量成正比，因此人口规模越大，LNG 消费需求也就越大，反之亦然。	[12]
b7. 技术水平	提升技术水平，扩大供气规模，提高 LNG 使用的方便性与可靠性。	[13]
b8. 收入水平	一般来说，收入与需求是正相关的，当收入越高，生活水平也随之提高，对于物质的需求也越来越多，这是因为较高的收入代表较高的购买能力和支付能力，因此收入水平可能会影响消费者对于 LNG 的需求与支付意愿。	[14]
b9. LNG 能源本身价格	根据需求法则，在其他条件不变的情况下，某一商品的价格越低，消费者对该商品的需求量越大；反之则越小。因此，LNG 能源本身价格是影响其消费需求的重要因素。	[15]
b10. 低碳生活方式	低碳意识越来越受 LNG 消费端青睐，很多国家、企业与一般大众都将 LNG 列为首选能源，因此带动 LNG 消费需求的增加。	[16]

首先,在经济发展方面:“b1. GDP 增长水平”显示经济发展水平,而能源是一个国家经济发展的基础,而能源消耗与“b2. 产业结构”有关,因此 LNG 能源消费需求与 GDP 增长水平以及产业结构有着密不可分的关系。同时,经济发展也使得“b8. 收入水平”得以改善,带动“b6. 人口规模增长率”与“b5. 城镇化”的发展,这都将带动对能源的消费需求。其次,在成本供给方面:根据需求法则,在其他条件不变的情况下,某一商品的价格越低,消费者对该商品的需求量越大;反之则越小。因此,“b9. LNG 能源本身价格”是影响 LNG 消费需求的重要因素。此外,随着“b7. 技术水平”的提升,增加气源的供应,也可保障 LNG 消费需求。最后,在环保意识方面:我国规划预计在 2030 实现碳达峰,并且预计在 2060 实现碳中和目标,因此相关的“b3. 环保政策”也陆续出台,这使得具备清洁环保性质的 LNG 在能源消费市场上产生一定的优势,而这样的“b10. 低碳生活方式”也将是未来趋势。然而,伴随着 LNG 绿色能源的使用,势必会增加企业以及民生消费的能耗成本增加,因此其他的“b4. 替代能源成本”就有可能影响 LNG 能源消费需求选择。

3. 萃取影响 LNG 消费需求不确定性的的重要因素

萃取影响 LNG 消费需求不确定性的的重要因素可使规划 LNG 消费需求发展战略的决策过程更加精简和有效。因此,本文透过问卷调查探讨影响 LNG 消费需求不确定性之的重要因素,用以规划 LNG 消费需求发展战略。

根据表 1 所汇整的影响 LNG 消费需求不确定的因素作为研究问卷的问项,问卷采用 Likert 五点量表 [17],受访者对问卷的每一个因素问项的重要性进行回答,其中最高分为 5 分,表示该因素问项非常重要,最低分为 1 分,表示该因素问项非常不重要,问卷在线填答的网址为 <https://www.wjx.cn/vm/tvWAFtj.aspx>。由于受访者具有专业性且数量有限,因此使用滚雪球抽样方式(Snowball sampling),根据受访者提供的信息寻下一个受访者填答问卷,以此收集问卷。接着,根据问卷回收的数据利用灰关联分析萃取影响 LNG 消费需求不确定性的的重要因素。

3.1. 灰关联分析

本文将根据灰关联分析的执行步骤萃取影响 LNG 消费需求不确定性的的重要因素,分析结果列于表 2,分析步骤 [18]说明如下:

Step 1. 定义差序列值 $\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$, 其中 x_i 为比较序列且 $x_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\}$, 表示为第 i 个受访者对问卷第 k 个因素问项重要性的回答分数;而 x_0 为参考序列且 $x_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)\} = 5$, 因此 $\Delta_{0i}(k)$ 表示因素问项重要性的回答分数与重要性最高分数 5 分的绝对差距。

Step 2. 根据式(1)计算灰关联系数(Grey relational coefficient; r), 其中 Δ_{\min} 和 Δ_{\max} 分别为 $\Delta_{0i}(k)$ 的最小值与最大值, 因此 r 值介于 [0, 1], 而 ζ 为辨识系数(Distinguished coefficient), 用于显示 x_i 与 x_0 之间的对比, 一般取其值为 0.5 [19]。当 r 值趋近于 1 时, 表示 $\Delta_{0i}(k)$ 接近 Δ_{\min} , 也就是说参考序列 x_0 与比较序列 x_i 的绝对差距越小, 表示因素问项重要性的回答分数越接近最高分数 5 分;反之 r 值趋近于 0 时, 表示 $\Delta_{0i}(k)$ 接近 Δ_{\max} , 也就是说参考序列 x_0 与比较序列 x_i 的绝对差距越大, 表示因素问项重要性的回答分数越接近最低分数 1 分。

Step 3. 根据式(2)计算灰关联度(Grey relational degree), 即为 r 的平均值, 因此其值也介于 [0, 1], 用以代表参考序列 x_0 与比较序列 x_i 之间的关联程度 [20]。当问卷问项的灰关联度越大, 代表问卷问项所对应因素的重要性程度也越高。

Step 4. 将 $\gamma(x_0, x_i)$ 由大到小进行排序, 即可得灰关联序(Grey relational sequence), 排序前面的因素即为越重要之因素, 藉此即可找出影响 LNG 消费需求不确定性的的重要因素。

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta \max} \quad (1)$$

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k), x_i(k)) \quad (2)$$

3.2. 重要因素萃取

根据表 2 中 $\gamma(x_0, x_i)$ 数值通过 k-平均算法(k-means clustering)进一步将影响 LNG 消费需求不确定的因素进行分群, 结果分为 5 群(图 1), 再根据 Daniel 原则[21]选择 3 至 6 项的成功关键因素。图 1 中可知前 3 群共计 5 项因素, 若再加入第 4 群包含的 2 项因素, 则会超出 Daniel 原则。因此共萃取 5 项重要因素, 分别为: “b4. 替代能源成本”(灰关联度数值为 0.6915)、“b3. 环保政策”(灰关联度数值为 0.6296)、“b1. GDP 增长水平”(灰关联度数值为 0.6217)、“b2. 产业结构”(灰关联度数值为 0.6058)以及 “b5. 城镇化”(灰关联度数值为 0.6053)。

Table 2. Grey relational degree and grey relational sequence
表 2. 灰关联度与灰关联序

因素编号	灰关联度	灰关联序	组别
b4	0.6915	1	1
b3	0.6296	2	2
b1	0.6217	3	2
b2	0.6058	4	3
b5	0.6053	5	3
b7	0.5972	6	4
b9	0.5926	7	4
b10	0.5349	8	5
b8	0.5048	9	6
b6	0.4907	10	7

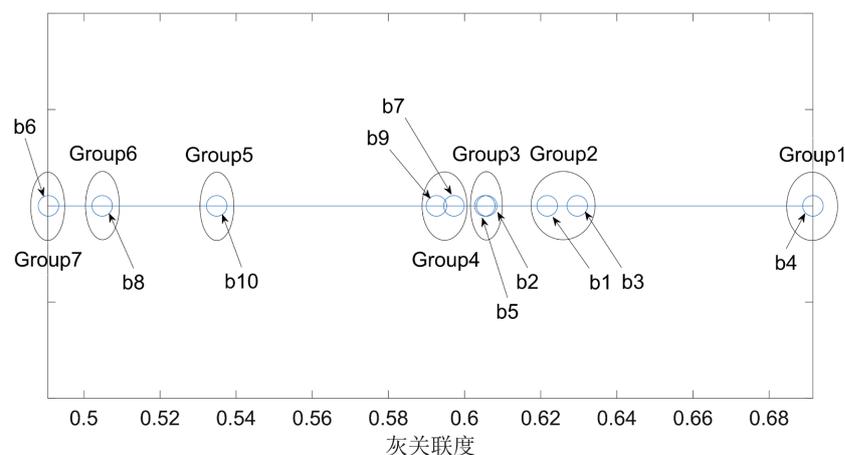


Figure 1. Number line of grey relational degree
图 1. 灰关联度值数线图

4. 对策分析

根据上述萃取出的 5 项重要关键因素(b4、b3、b1、b2、b5)分别采用 TRIZ 分析法提出对应的改善对策。

4.1. 拟定策略

首先针对“b4. 替代能源成本”问题, 根据 TRIZ 分析法 4 个步骤来拟订改善策略[22]。

4.1.1. 叙述问题内容

LNG 与其他替代能源(例如柴油、电、动力煤、或是汽油)在能源市场上是相互竞争的, 例如石油价格在 2014 年时是相对高点, 当时布伦特原油每桶价格为 108.66 美元, 而到了 2015 年与 2016 年时, 布伦特原油每桶价格分别降为 52.39 美元与 43.73 美元[23]。由于石油价格的大幅降价, 使得部分国家因此出现“油代气”的情况。另一方面, 低油价对以天然气作为生产和加工原料的石化行业造成一定冲击影响, 导致其用气需求也相应减少。因此, 替代能源的低成本, 可能影响用户使用 LNG 能源意愿。

4.1.2. 定义问题的改善与恶化参数

根据“b4. 替代能源成本”问题的定义可知, 由于替代能源成本的影响, 会影响 LNG 的消费意愿, 若可以增加 LNG 价格在市场上的竞争力, 当 LNG 的价格一旦产生竞争力时, 便可能刺激消费用户用其替代其他能源, 如石油、电、动力煤、或是汽油等, 这样还可通过减少碳排放为环境带来环保效益。因此改善参数(Improving parameter)可从 39 个工程参数[26]中对应选择为“35. 适合性—系统或物体外在条件改变后, 仍能运作的的能力”, 也就是希望国际 LNG 价格能够适应外界因素改变, 维持其价格稳定的竞争力。然而, 当 LNG 价格长期处在一个稳定的水平时, 可能导致 LNG 供给市场缺乏活力, 因此恶化参数(Worsening parameter)可从 39 个工程参数中对应选择为“39. 生产性—单位时间内完成操作的次数”。

4.1.3. 根据改善与恶化参数找出对应的创新原则

根据改善参数“35. 适合性—系统或物体外在条件改变后, 仍能运作的的能力”与恶化参数“39. 生产性—单位时间内完成操作的次数”, “b4. 替代能源成本”因素对应矛盾矩阵的创新原则[26]为“原则 6: 普遍性(Universality)”、“原则 28: 替代机械(Mechanics Substitution)”、“原则 35: 改变参数(Parameter Change)”、以及“原则 37: 热膨胀(Thermal Expansion)”等四项。

根据创新原则意义的解解, 针对“b4. 替代能源成本”因素所选择的合适创新原则有“原则 6: 普遍性(Universality)”、“原则 35: 改变参数(Parameter Change)”、以及“原则 37: 热膨胀(Thermal Expansion)”。

4.1.4. 根据创新原则的内涵拟定改善策略

首先, “原则 6: 普遍性(Universality)”的解释是使物体或结构能执行多项功能。因此, 针对“b4. 替代能源成本”所拟定策略(B1)为采用弹性合约, 合理掌控国际 LNG 价格的趋势变化, 进而有效的控制 LNG 采购成本, 确保 LNG 价格在市场上的竞争力。

其次, “原则 35: 改变参数(Parameter Change)”的解释是改变物体或系统的物理状态, 因此针对“b4. 替代能源成本”所拟定策略(B2)可以通过建立一个有效的 LNG 价格预测模型预测 LNG 价格未来趋势的变化, 藉此可以了解未来 LNG 价格在市场上的变动及其幅度, 掌握 LNG 价格变动对其竞争力的影响, 并可以此拟定 LNG 采购策略, 保障 LNG 价格在上场上的竞争力。

最后, “原则 37: 热膨胀(Thermal Expansion)”的解释是若是热膨胀已被使用, 则使用不同膨胀系数的多重材料。因此, 针对“b4. 替代能源成本”所拟定策略(B3)为寻找其他廉价成本的再生能源搭配使用, 除了可以降低替代能源成本对 LNG 消费的影响, 也可以为再生能源的发展创造有利的条件, 保障能

源供给的多源性。

4.2. 策略汇总

除了“b4. 替代能源成本”问题之外，剩余的 4 项关键因素的改善策略拟订说明如下。首先，关于“b3. 环保政策”问题主要在于如何积极落实。图 2 是我国一次能源消费量占能源消费总量的比例[23]，图 2 中煤炭的比例还是占比为最高，但是近年来煤炭的消费量呈现下降的趋势，而 LNG 与其他再生能源(水电、核电、风力)虽然比例还是较低，但是近年来确是呈现上升的趋势。由于煤炭会造成环境严重的污染，因此全球皆在推动节能减碳。LNG 作为高效的清洁能源，在环保压力下，煤改气需求潜力巨大，从而影响 LNG 能源消费需求。由于节能减碳已是趋势，我国也承诺努力在 2060 年实现碳中和，相关环保政策必须要积极落实，努力减少碳排放为环境带来环保效益。因此，选择改善参数(Improving parameter)为“17. 温度 - 物体或系统之热量情况”，也就是希望环保政策工作能够积极的落实。然而，在推进环保政策的落实过程中，有可能会造成企业的生产成本增加，使得获利减少，进而影响对环保政策的接受度，因此选择恶化参数(Worsening parameter)为“21. 动力 - 系统在执行功能时之能量使用率”。

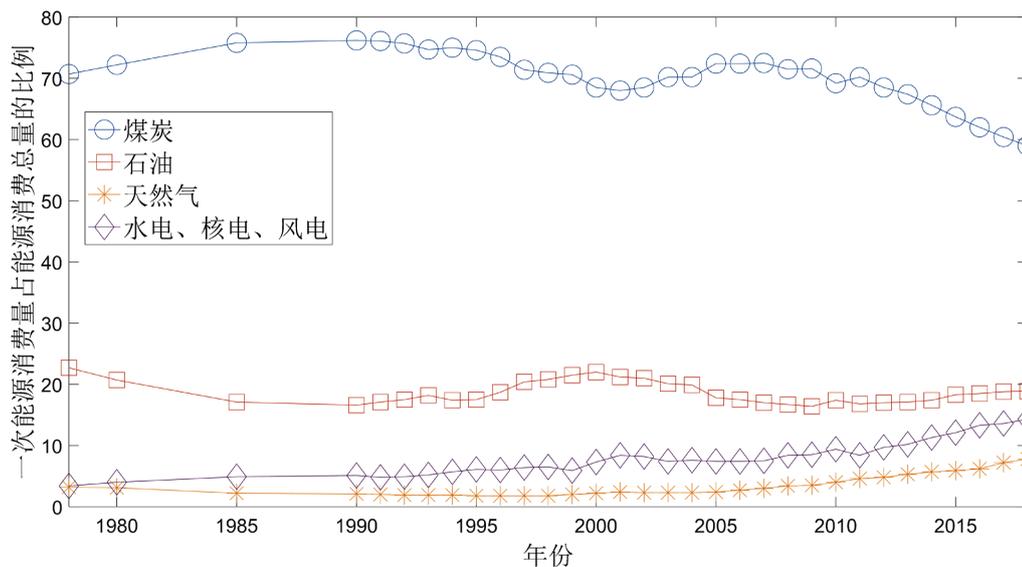


Figure 2. Consumption and structure of primary energy in China
图 2. 我国一次能源消费量及结构[23]

其次，由于能源是一个国家经济发展的基础，而 GDP 的增长水平显示经济发展水平。因此，“b1. GDP 增长水平”问题主要在于人均 GDP 较高的国家，其人均一次能源消费量也相对高(图 3) [23]。未来 LNG 消费市场的主要增长潜力来自于天然气发电、工业燃料煤改气以及城市、交通用气的发展，这可以为产业的生产力提供基础，带动经济发展。因此 GDP 增长水平与 LNG 能源需求有着密不可分的关系。也就是说，GDP 的增长带动 LNG 能源需求的成长，为了保障 LNG 的需求，需要确保 LNG 能源的供给，因此选择改善参数(Improving parameter)为“26. 物质数量 - 制造 - 系统所需的组件数目”。然而，LNG 能源供给的增加，会使能源成本费用的增加，因此选择恶化参数(Worsening parameter)为“23. 物质浪费 - 对系统工作没有贡献所消耗的物质”。

接着，产业结构可以分为第一、第二与第三产业，其中第一产业是指农、林、牧、渔产业，第二产业主要指加工制造产业(或指手工制作业)，第三产业则是指除了第一与第二产业之外的部分，如服务业与

商业。第二产业对于的能源消耗较大, 相较而言, 第一与第三产业相对来说对于的能源消耗较小。因此, 在推动产业结构转型的过程中, 应该积极对高耗能的第二产业, 如钢铁、石化、化工等高耗能的行业进行升级转型, 积极发展第三产业。目前来看, 第一产业比重在逐渐下降, 第三产业比重不断增加, 2019年第三产业占比约为 53.9%, 未来到了 2035 年与 2050 年, 预测第三产业占比分别为 70% 与 80% [23], 因此当产业结构发生明显变化时, 就有可能影响能源的消费需求。因此, “b2. 产业结构” 问题主要在于应该控制第二产业能源消耗的强度, 优化产业结构, 提高能源利用效率(Efficiency of energy utilization), 因此选择改善参数(Improving parameter)为“26. 物质数量 - 制造一系统所需的组件数目”。然而, 控制能源消耗会减少生产, 因此选择恶化参数(Worsening parameter)为“39. 生产性 - 单位时间内完成操作的次数”。

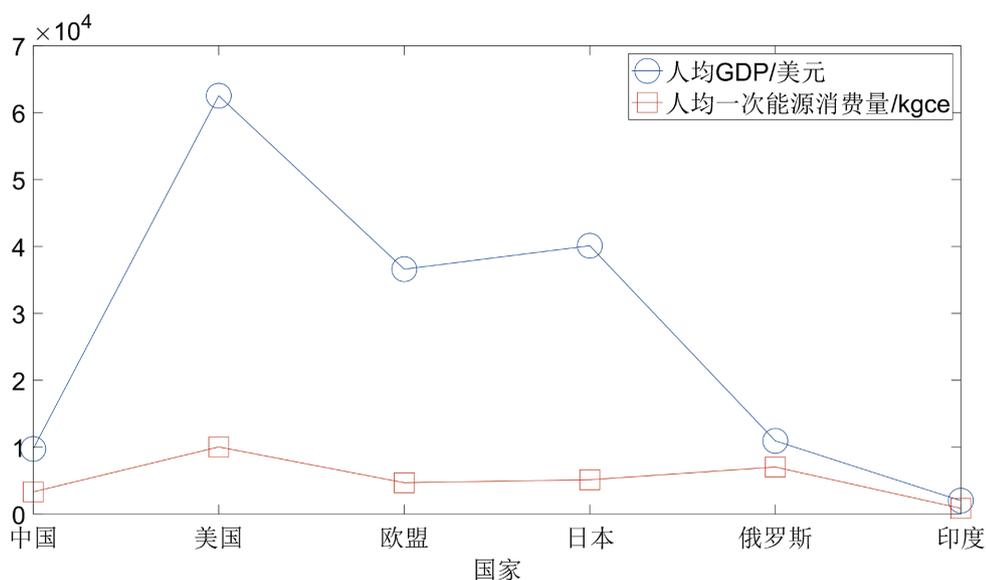


Figure 3. Per capita GDP and per capita primary energy consumption in various countries [23]

图 3. 各国人均 GDP 及人均一次能源消费量[23]

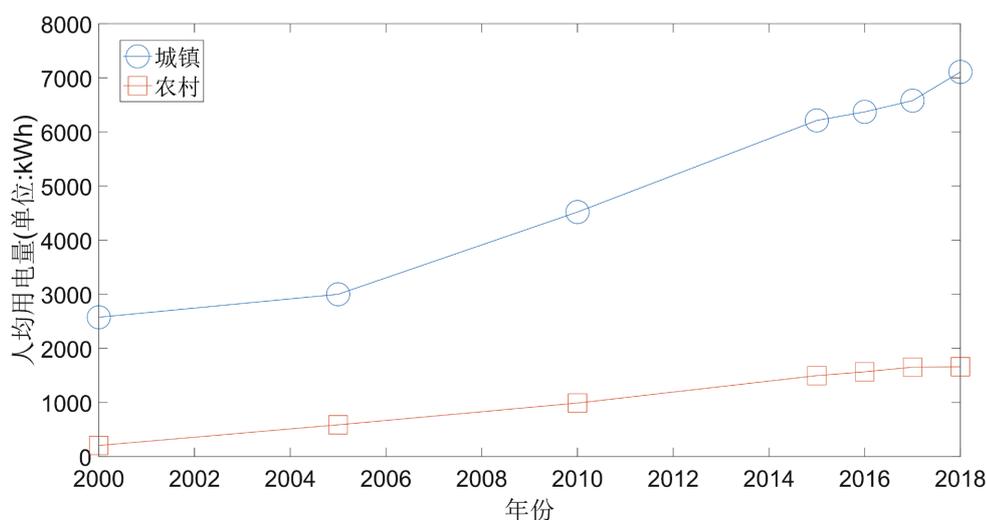


Figure 4. Per capita electricity consumption in urban and rural areas of China [23]

图 4. 我国城镇与农村的人均用电量[23]

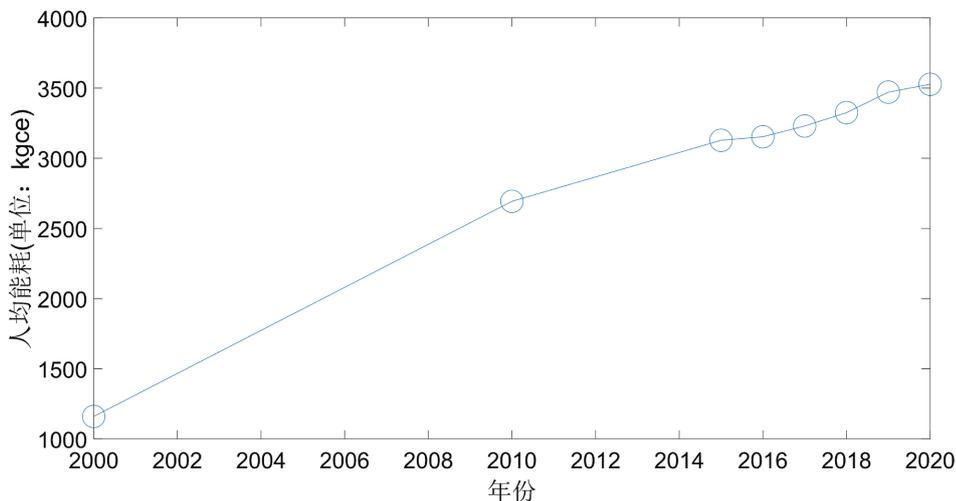


Figure 5. Per energy consumption in China [23] [24] [25]

图 5. 我国人均能耗[23] [24] [25]

最后，城镇化代表人口向城市集中，导致对能源消费需求的增加。图 4 显示我国城镇与农村的人均用电量近年来皆呈现成长趋势，且城镇的人均用电量大幅高于农村的人均用电量；图 5 也显示人均能耗近年来皆呈现成长趋势[23]。以江苏省为例，2010 年全省城镇化率约为 60.6%，到了 2017 年全省城镇化率增加 8.2%，而能源消费总量从 2010 年到 2017 年由 2.58 亿吨标准煤增加至 3.14 亿吨标准煤，在这期间共增加 0.56 亿吨标准煤，因此可知从 2010 年到 2017 年江苏省平均每增加 1% 的城镇化率，则能源消费的增长量约为 690 万吨标准煤[27]。因此，“b5. 城镇化”问题主要在于城镇能源消费需求的增加，须保障能源的需求供给，因此选择改善参数(Improving parameter)为“26. 物质数量 - 制造一系统所需的组件数目”。然而，保障城镇能源的需求供给时，城镇能源消耗量增加下，也将产生相对的浪费与污染，因此选择恶化参数(Worsening parameter)为“31. 有害的副作用 - 作用于系统的内部影响力，造成系统品质降低”。综上所述，将 5 项重要关键因素所有的改善策略汇总于表 3。

Table 3. Improvement strategies

表 3. 改善策略

关键核心问题	改善参数	恶化参数	创新原则	策略规划
b4. 替代能源成本	35. 适合性	39. 生产性	原则 6: 普遍性	B1: 采用弹性合约，合理掌控国际 LNG 价格的趋势变化，进而有效的控制 LNG 采购成本，确保 LNG 价格在市面上的竞争力。
			原则 35: 改变参数	B2: 通过建立一个有效的 LNG 价格预测模型预测 LNG 价格未来趋势的变化，藉此可以了解未来 LNG 价格在市面上的变动及其幅度，掌握 LNG 价格变动对其竞争力的影响，并可以此拟定 LNG 采购策略，保障 LNG 价格在上场上的竞争力。
			原则 37: 热膨胀	B3: 寻找其他廉价成本的再生能源搭配使用，除了可以降低替代能源成本对 LNG 消费的影响，也可以为再生能源的发展创造有利的条件，保障能源供给的多源性。

续表

b3. 环保政策	17. 温度	21. 动力	原则 2: 去除	B4: 知识管理案例库, 将推广环保政策发展具有成效经验或知识萃取出有用的部分并加以整理、整合成数据库, 有助于未来面临有关或是相似问题时的运用。
			原则 17: 其他构面	B5: 建立第三方环保服务, 为企业或组织在落实环保政策时, 提供环保咨询、规划方案、以及绩效评估等服务。
			原则 25: 自我服务	B6: 建立品管圈(Quality Control Circle), 在企业或组织在落实环保政策时, 可以由相同、相近或互补性质的人员组成一个团体, 由团体成员相互合作、脑力激荡、集思广益, 按照一定的活动程序来解决落实环保政策时可能面临的问题, 以此持续不断进行改善。
b1. GDP 增长水平	26. 物质数量	23. 物质浪费	原则 10: 初步的动作	B7: 规划 LNG 海外探勘投资计划, 保障 LNG 气源的供给。 B8: 建立 LNG 需求预测模型, 评估 GDP 增长、LNG 需求量与 LNG 供给量之关系, 以此规划未来的 LNG 采购模式与供给量。
			原则 24: 中介	B9: 通过第三方物流或是自建 LNG 的船舶运力, 连接 LNG 供应链上下游, 以此建立一个稳定的 LNG 供应链。
			原则 27: 短命廉价物体	B10: 建立能耗数字化管理系统, 通过系统对能源消耗量进行连续监控和调整, 掌握能源使用情况, 并且通过数据挖掘技术进行能耗分析, 优化能源的使用。
b5. 城镇化	26. 物质数量	31. 有害的副作用	原则 40: 复合架构	B11: 能源结构进行调整与优化, 形成煤炭、石油、LNG、核能、新能源以及再生能源合理比例且可持续的能源供应体系, 以提升能源开发与利用整体效益的目的。

4.3. 建立短中长期策略规划

根据表 3, 本文共发展出 11 项的创新改善策略, 根据这 11 项策略的内容本文将其归纳为三类, 分别为: 环保意识与教育训练策略、供给策略、以及管理优化策略。同时, 为使这 11 项策略能有效使用, 以下将针对 11 项策略以短、中、长三阶段说明策略发展的先后顺序。透过实行策略耗费的时间长短, 执行难易, 为天然气消费需求的发展划归纳出在各阶段使用的策略, 如表 4 所示。

Table 4. Short, medium, and long-term strategic planning
表 4. 短中长期策略规划

	短期	中期	长期
环保意识与教育训练策略	B5: 建立第三方环保服务, 为企业或组织在落实环保政策时, 提供环保咨询、规划方案、以及绩效评估等服务。	B6: 建立品管圈(Quality Control Circle), 在企业或组织在落实环保政策时, 可以由相同、相近或互补性质的人员组成一个团体, 由团体成员相互合作、脑力激荡、集思广益, 按照一定的活动程序来解决落实环保政策时可能面临的问题, 以此持续不断进行改善。	B4: 知识管理案例库, 将推广环保政策发展具有成效经验或知识萃取出有用的部分并加以整理、整合成数据库, 有助于未来面临有关或是相似问题时的运用。
供给策略	B1: 采用弹性合约, 合理掌控国际 LNG 价格的趋势变化, 进而有效的控制 LNG 采购成本, 确保 LNG 价格市场上的竞争力。 B3: 寻找其他廉价成本的再生能源搭配使用, 除了可以降低替代能源成本对 LNG 消费的影响, 也可以为再生能源的发展创造有利的条件, 保障能源供给的多源性。	B2: 通过建立一个有效的 LNG 价格预测模型预测 LNG 价格未来趋势的变化, 藉此可以了解未来 LNG 价格市场上的变动及其幅度, 掌握 LNG 价格变动对其竞争力的影响, 并可以此拟定 LNG 采购策略, 保障 LNG 价格在上场上的竞争力。 B8: 建立 LNG 需求预测模型, 评估 GDP 增长、LNG 需求量与 LNG 供给量之关系, 以此规划未来的 LNG 采购模式与供给量。	B7: 规划 LNG 海外探勘投资计划, 保障 LNG 气源的供给。
管理优化策略	B9: 通过第三方物流或是自建 LNG 的船舶运力, 连接 LNG 供应链上下游, 以此建立一个稳定的 LNG 供应链。	B10: 建立能耗数字化管理系统, 通过系统对能源消耗量进行连续监控和调整, 掌握能源使用情况, 并且通过数据挖掘技术进行能耗分析, 优化能源的使用。	B11: 能源结构进行调整与优化, 形成煤炭、石油、LNG、核能、新能源以及再生能源合理比例且可持续的能源供应体系, 以提升能源开发与利用整体效益的目的。

第一, “环保意识与教育训练策略”共有 3 项策略, 分为 B4、B5、以及 B6。为了建立天然气消费意识, 短期策略应该考虑建立第三方环保服务, 为企业或组织在落实环保政策时, 提供环保咨询、规划方案、以及绩效评估等服务。接着, 中期策略应该建立品管圈(Quality Control Circle), 在企业或组织在落实环保政策时, 可以由相同、相近或互补性质的人员组成一个团体, 由团体成员相互合作、脑力激荡、集思广益, 按照一定的活动程序来解决落实环保政策时可能面临的问题, 以此持续不断进行改善。最后, 长期策略则是建立知识管理案例库, 将推广环保政策发展具有成效经验或知识萃取出有用的部分并加以整理、整合成数据库, 有助于未来面临有关或是相似问题时的运用。

第二, “供给策略”共有 5 项策略, 分为 B1、B2、B3、B7、以及 B8。为了保障天然气生产消费, 短期策略应该考虑采用弹性合约进行 LNG 的采购, 并积极寻找其他廉价的再生能源搭配使用。接着, 中期策略应该建立 LNG 价格预测模型与 LNG 需求预测模型, 以此拟定 LNG 采购策略, 保障能源供给的稳定性。最后, 长期策略则是应该规划 LNG 海外探勘投资计划, 保障 LNG 气源的供给。

第三, “管理优化策略”共有 3 项策略, 分为 B9、B10、以及 B11。为了保障天然气生产消费, 短期策略应该通过第三方物流或是自建 LNG 的船舶运力, 连接 LNG 供应链上下游, 以此建立一个稳定的

LNG 供应链。接着，中期策略应该建立能耗数字化管理系统，通过系统对能源消耗量进行连续监控和调整，掌握能源使用情况，并且通过数据挖掘技术进行能耗分析，优化能源的使用。最后，长期策略则是应该对能源结构进行调整与优化，形成煤炭、石油、LNG、核能、新能源以及再生能源合理比例且可持续发展的能源供应体系，以提升能源开发与利用整体效益的目的。

5. 结论

本文的目的在于对我国 LNG 消费需求的现状进行分析，找出影响 LNG 消费需求不确定的重要影响因素，并根据重要影响因素建立相应的改善策略，以此建立 LNG 消费需求发展战略规划。首先根据文献汇整 10 项 LNG 消费需求不确定的影响因素，并通过灰关联分析法萃取出 5 项重要关键因素，分别为 b4. 替代能源成本、b3. 环保政策、b1. GDP 增长水平、b2. 产业结构、以及 b5. 城镇化。最后，利用 TRIZ 分析法定制的 11 项改善策略，并将其归纳为三类，分别为：环保意识与教育培训策略、供给策略、以及管理优化策略，接着拟定短、中、长期三阶段战略发展先后顺序，为 LNG 能源产业在消费需求的发展战略提供决策支撑。

基金项目

本文受国家社科基金项目“大数据背景下 LNG 能源产业转型与发展战略问题研究”(19BGL013)的资助。

参考文献

- [1] 李振宇, 黄格省, 黄晟. 推动我国能源消费革命的途径分析[J]. 化工进展, 2016, 35(1): 1-9.
- [2] 贾蕾, 沈晓悦, 侯东林, 冯雁, 梁经咸. 从优化能源消费结构看解决“气荒”长久之策[J]. 环境与可持续发展, 2018(5): 74-76.
- [3] 闫青, 张云峰, 赵敏伟, 宋宁, 高辉, 周静. LNG 接收站大跨距补偿平台的可行性分析[J]. 化工进展, 2023, 42(S1): 158-165.
- [4] 格隆汇, 王晨晨. IDG 能源: 当能源成中美贸易突破口, 布局美国 LNG 资产正当时[EB/OL]. <https://finance.ifeng.com/c/7dU05RnC9IV>, 2018-06-05.
- [5] 红王. LNG 接收站项目投资分析[J]. 工程技术研究, 2022, 4(2): 177-179.
- [6] 杨鑫. 沿海港口槽罐加注车加注 LNG 燃料作业的风险和安全管理建议[J]. 水运管理, 2022, 44(8): 13-15.
- [7] 李润生, 瞿辉. 我国 LNG 产业发展面临的不确定性因素[J]. 战略论坛, 2015, 23(3): 1-4.
- [8] 孙赵勇, 史耀波, 于睿. 中国能源消耗与废气排放关系研究[J]. 西安理工大学学报, 2012, 28(4): 494-499.
- [9] 熊标, 华贲, 徐文东. LNG 汽车在我国的发展优势及其产业链分析[J]. 天然气工业, 2006, 26(6): 1-2.
- [10] 谢丹. 国内天然气定价方式对 LNG 进口的影响[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 1-3.
- [11] 华贲. 城镇化与能源革命[J]. 中外能源, 2006, 18(4): 13-18.
- [12] 王长建, 张虹鸥, 汪菲, 叶玉瑶, 吴康敏, 徐茜, 杜志威. 城市能源消费碳排放特征及其机理分析——以广州市为例[J]. 热带地理, 2018, 38(6): 1759-770.
- [13] 邹才能, 李君, 杨慎, 杨智, 何东博, 位云生, 李剑, 贾爱林, 陈建军, 赵群, 李易隆, 李君, 杨慎. 常规-非常规天然气理论、技术及前景[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(4): 575-587.
- [14] 刘传庚, 盛玲玉. 山东省农村家庭生活能源消费结构的优化——以 896 个农户调查为例[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2020, 22(1): 9-17.
- [15] 李振宇, 黄格省. 推动我国能源生产革命的途径分析[J]. 化工进展, 2015, 34(10): 3521-3529.
- [16] 李娜. 践行低碳生活方式[J]. 经营与管理, 2014(12): 24-25.
- [17] Likert, R. (1932) A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, **140**, 1-55.
- [18] Kao, C.K., Sun, M., Tang, Z.B., Luo, Y.P. and Zeng, F. (2020) Green Manufacturing Strategy of E-Commerce Express

- Packaging in China. *The International Technology Management Review*, **9**, 11-26.
<https://doi.org/10.2991/itmr.k.200304.001>
- [19] Deng, J.L. (1989) Introduction to Grey System Theory. *Journal of Grey System*, **1**, 1-24.
- [20] Deng, J.L. (1997) A Novel GM(1,1) Model for Non-Equigap Series. *The Journal of Grey System*, **9**, 111-116.
- [21] Daniel, D.R. (1961) Management Information Crisis. *Harvard Business Review*, **39**, 111-121.
- [22] Savransky, S.D. (2002) Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving. Taylor & Francis, Abingdon.
- [23] 王庆一. 2019 能源数据[M]. 北京: 绿色创新发展中心, 2019.
- [24] 王庆一. 2020 能源数据[M]. 北京: 绿色创新发展中心, 2020.
- [25] 王庆一. 2021 能源数据[M]. 北京: 绿色创新发展中心, 2021.
- [26] Kao, C.K. and Chen, A.P. (2018) Service Blueprint Development for China's College Campus Express Delivery Based on Grey Relational Analysis and TRIZ. *Journal of China Studies*, **21**, 217-247.
<https://doi.org/10.20288/JCS.2018.21.4.217>
- [27] 江苏省工程咨询中心. 能源消费总量控制在转型升级中的作用和措施研究报告[M]. 南京: 江苏省工程咨询中心, 2020.