文章编号：1009-6094(2006)05-0088-04

中国经济增长对碳排放的影响分析*

王中英[1,2]，王礼茂[1]
(1 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101；
2 中国科学院研究生院，北京 100039)

摘　要：通过相关分析探讨了中国国内生产总值(GDP)的增长与碳排放量的关系。结果表明，二者有明显的相关性($R^2 = 0.958\ 1$)。进一步研究认为，由于中国投资率在 35%～40%以上，且工业增加值占 GDP 的比重超过 50%，因此中国过分依赖投资的经济增长方式和以第二产业(工业)为主的经济结构在很大程度上是导致温室气体排放量增加的主要原因。未来在全球化背景下，经济增长可转变为更多地依靠科技创新、技术进步和制度的改进，因此，调整经济增长方式和产业结构，可以在保持发展经济的同时，使碳排放强度呈逐渐下降的趋势。

关键词：生态经济学；经济增长；产业结构；碳排放
中图分类号：F062.2　　**文献标识码**：A

0 引　言

大气中 CO_2 等温室气体的含量增多，导致温室效应增强，气温升高，对自然、经济、社会产生深远影响。据政府间气候变化专门委员会(IPCC)研究发现，自工业化时期以来，人类通过燃烧化石燃料向大气中排放的 CO_2 占全球 CO_2 排放总量的 95%以上，是引起大气增温的主要原因。1992 年，各国共同签署了《联合国气候变化框架公约》，在此基础上达成“共同但有区别的责任”原则，目的是“将大气中温室气体浓度稳定在一个水平上，使气候系统免受危险的人为干涉”[1]，在此原则下制定并实施了由大部分国家签署的《京都议定书》，这标志着人类为减少温室气体排放迈出了重要一步。由于《京都议定书》没有为发展中国家规定第一阶段的减排责任，因此遭到美国等部分发达国家的反对，使《京都议定书》的实施效果被大打折扣。目前，围绕后京都时代各国减排责任分担的谈判已经开始，发展中国家面临着极大的减排压力。中国作为发展中国家，没有承担第一阶段的减排责任，但面临的形势严峻。

中国(主要指中国内地，下同)温室气体排放量已居世界第二，且中国刚进入工业化发展的中期阶段，工业化和城市化进程加快，未来温室气体的排放量还将继续增加，预计到 2025 年前后，中国的温室气体排放量很可能超过美国，成为全球温室气体排放第一大户[2]。另一方面，从人均来看，由于人口众多，1997 年中国的人均温室气体排放量不到世界平均水平的 60%，仅相当于美国的 1/7[2]。目前的首要任务是发展经济。因此，选择合理的经济增长方式和工业化发展道路，对中国减少未来温室气体排放和参与全球气候变化谈判具有重要意义，并可为中国下一阶段的发展奠定良好的基础。

徐玉高等[3]用计量经济学的方法探讨了人均 GDP 与人均 CO_2 排放的关系，认为人均 GDP 的增加是人均碳排放增加的主要来源；张雷[4]用多元化指数的方法分析了经济发展对碳排放的影响，认为经济结构的多元化和能源消费结构的多元化会导致国家从高碳燃料为主向低碳为主的转变。本文在这些研究基础上，用相关分析方法进一步分析经济增长对碳排放的影响，探讨中国碳排放随经济增长的变化规律，并提出以低碳排放为目标的经济增长途径。

1 中国碳排放随经济增长的变化

经济增长通常是指一个国家或地区在一定时期内，由于生产要素投入的增加或效率的提高等原因，经济规模在数量上的扩大，即商品和劳务产出量的增加。其衡量指标有国内生产总值、国民收入等总量指标。

近 20 年是中国经济增长最快的时期。根据经验数据测算，中国经济年平均增长速度为 9.4%[3]。从表 1 可以看出，中国 GDP 增长水平总体高于发达国家和其他发展中国家。

这一时期，中国碳排放总量也呈现较快增长的态势。从图 1 可以看出，1980－1997 年间中国经济增长的快速时期，碳排放量增长也很快，到 1997 年后才逐渐降低。

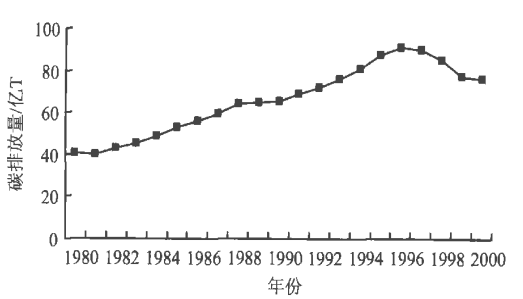
由于碳排放受社会、经济、自然、生态、技术等多方面的影响，因此，通过研究各主要因素对碳排放的影响，可分析未来中国的碳排放趋势，并选择合理的温室气体减排途径。据徐

表 1　1980－2004 年中国和部分国家 GDP 增长率比较　%

Table 1　Comparison of GDP growth rate between China and other countries in 1980－2004

国别	1980 年	1985 年	1990 年	1995 年	2000 年	2004 年
美国	－0.4	3.1	1.2	2.0	3.8	4.4
日本	3.5	3.4	2.3	0.9	2.8	2.6
德国	1.0	1.8	4.9	1.9	2.9	1.7
英国	－2.2	3.8	0.4	2.4	3.1	3.1
韩国	－2.7	7.2	9.7	9.0	9.3	4.6
新加坡	9.7	－1.6	8.7	8.9	9.4	8.4
泰国	5.0	4.7	11.7	8.7	4.6	6.1
印尼	7.9	2.6	7.0	8.1	4.9	5.1
印度	6.7	5.4	5.2	6.8	5.4	7.3
俄罗斯	4.4	2.5	－3.4	－4.0	9.0	7.1
中国	7.9	12.9	3.9	10.5	8.0	9.5

注：数据根据《国际统计年鉴》(1995－2005 年)整理而成。



注：数据来源于美国橡树岭国家实验室 CO_2 数据(主要是燃料和水泥等工业)。

图 1　1980－2000 年中国碳排放量的变化

Fig.1　Carbon emission of China in 1980－2000

* 收稿日期：2006-05-22
作者简介：王中英，硕士研究生，从事资源经济学研究；王礼茂，博士，研究员，从事资源经济与资源安全研究。
基金项目：中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01-18)；国家自然科学基金项目(70473103)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

玉高等[3]分析中国 1970－1994 年间各因素对碳排放的影响，经济增长是中国 20 多年来碳排放迅速增加的最主要因素，仅此一项引起的碳排放变化占总量的 94％以上。采用相关分析方法对中国 1980－2000 年 GDP 和碳排放数据进行拟合，结果见图 2。可以看出，1980－2000 年间中国碳排放量的变化和 GDP 的增长呈显著相关（$R^2 = 0.9581$）。

在影响经济增长的各因素中，中国经济增长对投资的依赖较大，与其他国家相比，投资在中国经济增长中所占比重较大(图 3)，这与中国刚进入工业化发展的中期阶段并长期以来实行的重工业发展战略相关。这一方面造成经济增长对投资的依赖增加，投资的增加加快了重工业的发展，引起对能源、交通的需求也增加，碳排放随之增加；其次，由于经济的增长，人均 GDP 增加，人们的生活质量提高，对碳排放的需求也增加，尤其在一些相对贫困的地区，工业化、城市化刚刚起步，碳排放增加速度很快；最后，由于一些地方片面追求经济增长，造成大片森林被砍伐，环境破坏，使得碳排放量随经济增长而增加。

但是，经济增长到一定阶段会引起技术、制度的变革和经济结构的演进，由此引起的经济发展可能使碳排放量在一定时期减少。张雷[4]研究了国家经济发展对碳排放的影响，结果表明，经济结构多元化发展导致国家能源消费需求增长减缓，而能源消费结构的多元化发展则导致国家碳排放水平下降，两者结构多元化的演进最终促使国家发展完成从高碳燃料为主向低碳为主的转变。因此，为研究中国未来碳排放量随经济增长的变化趋势，需要从经济结构和能源消费结构出发，更深入地分析经济增长各因素对碳排放的影响。

2　中国经济增长影响碳排放的原因

2.1　经济结构的影响

经济发展包含经济增长，但经济增长不等于经济发展。经济增长着眼于短期经济总量的增长，重视经济增长的效率，而忽视经济增长的质量和增长的可持续性，使得经济增长的效率低下，结果是对资源、环境形成无形的巨大压力。分析中国的经济结构可以发现，尽管改革开放以来中国经济取得高速发展的成就，但经济结构并未取得明显改进，工业所占比重约为 40％～50％，服务业(即第三产业)仅占 33％，服务业比重低于巴西约 20％，并低于发达国家约 35％～40％(图 4)。因此，中国的经济结构依然是比较低下的。这与中国经济过分依赖投资，并一度强调重工业发展战略不无关系，而重工业的特点决定了中国经济目前仍为外延型和粗放型的增长，说明中国经济增长方式的转变还要走漫长的道路，未来经济的发展对能源和 CO_2 排放的需求还很大。

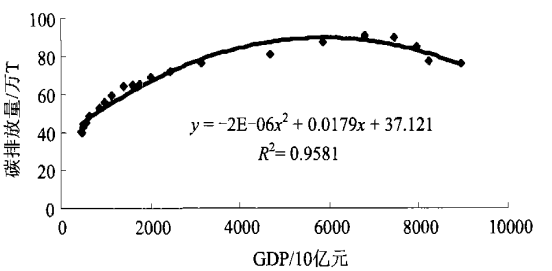
2.2　能源结构的影响

从经济增长必需的能源看，中国以煤为主的能源消费结构并未改变。2001 年，煤炭占中国一次能源消费的 62％，比世界平均水平 24.7％高 37.3％，而其他清洁能源如水能、核能、天然气等所占比重不超过 11％[5]。计算表明，单位标准煤炭燃烧产生的 CO_2 是等标量石油排放的 1.23 倍，是等标量天然气排放的 1.75 倍[3]。由于煤炭所占比重较大，故中国单位能源使用产生的 CO_2 量高于其他国家。

从能源利用效率看，虽然中国在过去 20 年取得了 GDP 翻两番、能源消费仅翻一番的成就，但单位能源消费所产生的 GDP 仍低于其他主要国家(表 2)。因此，改善能源结构和提高能源利用效率以减少碳排放量，中国都将面临极大的挑战。

2.3　经济增长的影响

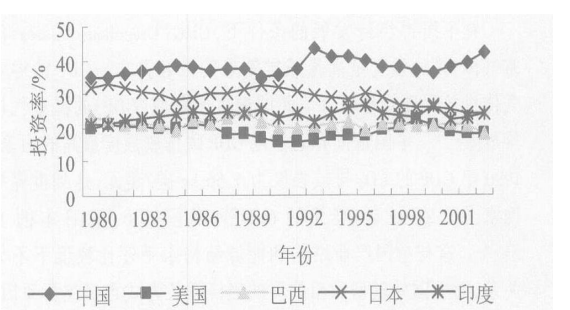
从前面的分析可以看出，中国经济刚进入工业化中期阶段，如果不转变目前高投入和高消耗的经济增长方式，且继续维持目前的经济增长速度，中国的碳排放量在未来还要持续增长，将在全球气候变化谈判中面临日益严峻的挑战。一般来说，根据库兹涅茨(Kuznets)曲线，经济增长与环境恶化间呈倒“U”型曲线关系(EKC 曲线)，说明在经济发展初期，环境会伴随着经济增长而不断恶化，经济发展到一定阶段，环境恶化会得到遏止并伴随着经济的进一步发展而好转[6]。但是，温室气体的排放在本质上是人们的生存需要所决定的，且受人们的消费偏好等因素影响，目前中国的经济水平尚处于由温



注：数据来源于《国际统计年鉴》(1995－2005 年)和美国橡树岭国家实验室 CO_2 数据(主要是燃料和水泥等工业)。

图 2　1980－2000 年中国 GDP 增长与碳排放量变化

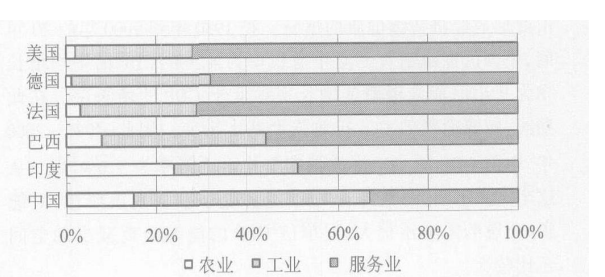
Fig.2　GDP growth and carbon emission of China in 1980－2000



注：数据来源于《国际统计年鉴》(1995－2005 年)。

图 3　1980－2003 年中国和部分国家投资率比较

Fig.3　Comparison of investment rate between China and other countries in 1980－2003



注：数据来源于世界银行 1987－2004 年《世界发展报告》数据。

图 4　2000 年中国和部分国家国民经济各产业增加值占 GDP 比重

Fig.4　Comparison of three industrial proportions to GDP between China and other countries in 2000

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 1980－2004年中国和部分国家单位能源利用产生GDP比较 国际元/kg标准油

Table 2 Comparison of the ratio of GDP to the energy sources used between China and other countries in 1980－2004

国别	1990年	1995年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年
中国	2.06	3.05	3.2	3.5	3.7	4.23	4.57	4.56
印度	3.96	4.21	4.9	4.1	4.3	4.75	4.91	5.01
巴西	7.17	7.15	6.5	6.1	6.0	6.75	6.85	6.85
日本	6.44	6.18	5.8	5.7	5.7	6.32	6.38	6.36
法国	5.52	5.55	4.9	5.1	5.2	5.79	5.72	5.84
美国	3.69	3.86	3.8	3.8	3.8	4.18	4.30	4.35

注：数据来源于《国际统计年鉴》(2003－2005年)。

饱向小康过渡的阶段，地区增长不平衡，满足基本发展需求是第一位的，碳排放的需求仍很大，因此，经济增长远没有达到库兹涅茨曲线的阈值点，碳排放还会随经济增长而增加。在分析各国统计数据的基础上，钱振为[7]探讨了能源消费与经济增长的关系，认为在21世纪前20年，中国正处在能源需求增长较快的时期，单位GDP的能源消费难以大幅度下降，提高单位能源产生GDP的空间并不大，说明未来碳排放量还将继续增长。

据Birdsall和Shafik以及Bandyopadhyay等人用更多的时序数据和截面数据估计，人均碳排放与经济增长间的Kuznets曲线关系是很微弱的；或者，人们接受转折点远远高于现实经济发展水平的Kuznets曲线，那么经济发展达到转折点时，人类排放的温室气体已远远超过了生态系统所能承受的水平[3,8,9]。2003年，中国人均GDP为1 090美元，仅为世界平均水平的19%，未来中国经济的快速发展仍需要巨大的碳排放空间。尽管1997年后中国碳排放量有所减少，但要达到Kuznets曲线的碳排放量大幅下降的阶段，仍然有一段距离。

在不损害经济发展的条件下，GHG(Greenhouse Gases，温室气体)排放强度是衡量减排效果的最好方法。GDP的温室气体排放强度指每百万美元国内生产总值(GDP)的温室气体排放量[10]。中国是世界上单位GDP碳排放强度最高的国家，1990年GDP的CO_2排放强度为1.56 kg碳/美元，达到世界平均水平0.24 kg碳/美元的6.5倍，美国的6倍，日本的16倍[11]。这与中国产业结构和能源结构水平还比较低下不无关系，而中国外延型和粗放型的经济增长方式也是主要原因。但随着经济的增长，技术会得到改进，经济增长依赖于大量投资和能源消耗的现状会得到改善，在改进人们消费偏好的基础上，选择一条低碳发展的路径，经济增长的速度会高于能源消耗的速度，CO_2的排放强度总体上会呈现逐渐下降的趋势，由此形成经济持续健康的增长。在1980年到2000年的20年间，中国的能源消费平均年增长率为4.3%，GDP的平均增长率为9.6%，能源消费的增长率远低于GDP的增长率。在此期间，能源消费的CO_2排放强度基本未变。因此，1980－2000年，中国GDP的CO_2排放强度平均年下降率为5.6%[12]。从这个意义上看，尽管未来中国经济处于较快发展阶段，对能源、交通的需求还很大，但单位GDP的能源消耗减少的空间还比较大。

3 结 论

按照目前的经济增长和消费模式，中国碳排放量将随经济增长而增加，其中尤以工业增长排放CO_2最为显著。根据国际经验，一国经济进入工业化快速发展阶段，城市化进程加快，交通、能源的消费需求增加，碳排放量将很快增长。如果不改变目前的经济增长方式，继续沿着一些发达国家的老路去发展，中国未来的可持续发展将面临巨大挑战。

经济增长方式的转变首先要提高经济增长效率和能源利用效益，大力发展资源节约型产业。提高能源利用效率，减少单位GDP所消耗的能源，这是实现经济可持续发展和减少未来碳排放量的首要选择。中国以煤为主的能源结构是单位能源消费碳排放强度大的主要原因，这一方面是中国的自然社会因素造成的，另一方面和中国的能源利用技术落后有关，因此，吸收国内外先进的能源利用和碳减排技术，改进中国的生产和消费方式以减少单位产出的能源消费和碳排放，在中国具有重要的现实意义。

应调整产业结构、大力发展高新技术产业和第三产业。中国以第二产业为主的产业结构将在很长的时期内一直保持下去，但随着信息化、知识化的浪潮席卷全球，一国经济增长可以更多地依靠人才和科技创新以及制度的改进，不断提高资源配置效益和产出效益，从而促进产业结构的提升。而明显地，以服务业为主的第三产业的发展，可以大大减少工业对碳排放的需求，并逐步改善人们的消费需求偏好，降低单位产值的碳排放量，保护环境。

在现有研究基础上，本文用相关分析方法探讨了中国经济增长与碳排放间的关系，认为二者有显著的相关性，与现有研究结论基本一致。中国在现阶段，随着经济增长，碳排放将有所增加。同时，本文又从经济结构、能源利用结构和经济增长方式的角度进一步探讨了中国碳排放增加的深层原因，说明了调整产业结构、提高能源利用效率和转变经济增长方式等可在一定程度上减少碳排放量的增加，这为我国应对全球气候变化的挑战提供了政策参考。但由于影响经济增长和碳排放的因素非常复杂，如消费偏好和一些地区的资源环境状况等，因此，后续研究可以放在宏观和微观经济层面。

References(参考文献)：

[1] *Striding towards 21st century: literature compilation of United Nations Conference on Environment and Development* [M]. China Environment New, tran. Beijing: China Environmental Science Press, 1992: 33-51.

[2] IEE of Japan. *Handbook of energy & statistics in Japan* [M]. International Association for Energy Economics, 2000.

[3] XU Yugao(徐玉高), GUO Yuan(郭元), WU Zongxin(吴宗鑫). Economic development, carbon emission and economic evolvement [J]. *Progress in Environmental Science* (环境科学进展), 1999, 7(2): 54-64.

[4] ZHANG Lei(张雷). Economic development and its bearing on CO_2 emission [J]. *Journal of Geographical Sciences* (地理学报), 2003, 7(4): 629-637.

[5] LANG Yihuan(郎一环), WANG Limao(王礼茂), WANG Dongmei(王冬梅). International experience of the rational energy use and CO_2

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

emission reduction [J]. *Progress in Geography* (地理科学进展), 2004, 7(4): 28-34.

[6] ZHANG Peng(张鹏), MA Xiaohong(马小红). Research on the relationship of China economy development and circumstance pollution[J]. *Journal of Hunan University of Science and Engineering* (湖南科技学院学报), 2005, 5(5): 264-268.

[7] QIAN Zhenwei(钱振为). Energy consumption per GDP and economy growth pattern[J]. *China Energy* (中国能源), 2005, 5(5): 10-14, 40.

[8] BIRDCALL N. *Another look at population and global warming* [M]. WPS1020 World Bank, Washington D.C., 1992.

[9] SHAFIK N, BANDYOPADHYAY S. *Economic growth and environmental quality*? [M]. Time Series and Cross-Country Evidence, WPS, World Bank, Washington D.C., 1992.

[10] HE Jiankun(何建坤), LIU Bin(刘滨). Analysis of Carbon emission intensity as the main index for greenhouse gas emission mitigation commitments [J]. *Journal of Tsinghua University: Science and Technology* (清华大学学报: 自然科学版), 2004, 44(6): 740-743.

[11] HE Jiankun(何建坤), SU Mingshan(苏明山). Global climate change and China energy development strategy in the 21st century [J]. *China Environmental Protection Industry* (中国环保产业), 2002, 1(2): 30-31, 33.

[12] LIU Bin(刘滨). Primary research into scenario on carbon emission intensity [J]. *Climate Change Newsletter* (气候变化通讯), 2003, 6(4): 20-21.

Economic growth and its effects on carbon emission in China

WANG Zhong-ying[1,2], WANG Li-mao[1]

(1 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: This paper intends to present the authors' analysis of the relationship between the GDP growth and carbon emission in China today with the correlative analytical method ($R^2 = 0.958\ 1$). The authors' conclusion is that the present economic development pattern mainly dependent on the investment and structural expansion of secondary industry has strong impact on the emission increase of greenhouse gas. The investment rate of China exceeds 35% – 40% of GDP during the period of 1980 to 2003, which is higher than other countries. As a result, China has brought about tremendous development of its heavy industry with ever increasing consumption of energy resources. Such a consequence, on the one hand, has led to higher proportion of secondary industry to the whole macro-economy (over 50%). On the other hand, its energy consumption has to be dependent heavily on coal (over 60%), which emits large amounts of gases than oil or natural gas. Thus, it will be inevitable to consume more energy and increase the emission of greenhouse gases in future. However, under the background of globalization, our economic growth should depend more on technological improvement, scientific and institutional innovation. With the high efficient use of renewable energy and environment-friendly technology, China can and is sure to make contributions to global efforts to prevent global warming. Therefore, it can be predicted that the carbon emission intensity will gradually slow down with the economic development and the adjustment of its industrial structural system.

Key words: ecological economics; economic growth; the structure of industries; carbon emission

CLC number: F062.2 **Document code**: A

Article ID: 1009-6094(2006)05-0088-04

文章编号: 1009-6094(2006)05-000-03

城市天然气工程环境风险评价*

刘芳文[1], 韩保新[1], 颜 文[2]

(1 国家环境保护总局华南环境科学研究所, 广州 510655;
2 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

摘 要: 结合广州、深圳、东莞、佛山等城市的天然气工程情况, 对城市天然气工程的环境风险评价进行了讨论, 并采用穆尔哈斯(Moorhowse)和普里恰特(Prichard)提出的热辐射预测模式和爆炸冲击波预测模式对城市天然气工程进行了风险评价。结果表明, 如果发生天然气泄漏并引起火灾, 假设在10 min以内, 城市门站、调压站和城市高中压管道的火球对建筑物和设备的严重损害范围(*A*级)最远距离分别为35.8 m、18.0 m和28.7 m, 爆炸冲击波严重损害范围(C_1级)分别为距事故处54.8 m、27.8 m和44.4 m。最后从城市门站、调压站选址及输气管道选线、安全防范距离、作业过程中的风险控制与管理以及事故应急对策四方面提出了风险事故的防范措施与对策。

关键词: 安全管理工程; 环境风险评价; 风险控制; 事故应急对策; 天然气

中图分类号: X932 **文献标识码**: A

0 引 言

自20世纪80年代开始, 天然气(LNG)就是世界上发展最快的燃料之一, 年贸易增加率为8%[1]。引进LNG对改善城市的能源结构, 提高用能水平、特别是用能安全性, 减少环境污染, 加快城市发展具有极为重要的意义。但液化天然气属于甲类易燃、易爆危险品, 在输送、储存、使用等过程中, 有可能发生泄漏, 当泄漏数量较大、达到天然气在空气中的爆炸极限或遇明火时就会发生爆炸[2], 给周围环境和生产、生活设施造成严重的破坏。因此, 城市天然气工程运行的可靠性直接影响该城市的经济发展。在天然气利用工程的规划、选址、施工和使用过程中, 必须注意天然气风险事故的环境影响和安全性。

广东LNG项目于1999年底经国务院批准立项, 一期工程将建设370万T/a的LNG接收站以及广州、深圳、东莞、佛山等四城市的天然气工程项目, 其气源供应方为澳大利亚西北大陆架天然气项目(NWS)。

本文旨在结合广州、深圳、东莞、佛山等四城市利用广东LNG项目情况, 对城市天然气工程的环境风险进行评价。

1 工程概况

1.1 天然气组分及物化特性参数

广州、深圳、东莞、佛山等四城市天然气均来源于广东LNG项目, 液化天然气因产地不同, 其组分也有所不同, 典型LNG及广东LNG项目推荐组分的物化特性参数见表1。

1.2 城市天然气工程内容及工艺流程

城市天然气工程主要包括城市门站、调压站、城市高中压管道等, 其工艺流程见图1。

1.3 危险物质识别

城市天然气工程的主要工艺是在密闭的系统内输送易燃易爆的天然气, 工艺过程涉及物料明确, 整个过程中存在着大量的易燃品——天然气, 其危险性主要包括储存过程中的沸

* 收稿日期: 2006-04-17

作者简介: 刘芳文, 硕士, 工程师, 从事海洋环境科学和环境影响评价研究。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net