



中国环境科学学会 学术年会

论文集

2012【第二卷】

中国环境科学学会 编

 中国农业大学出版社
ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

X-12
20135
2

中国环境科学学会学术年会

论 文 集

(2012)

第二卷

中国环境科学学会 编



中国农业大学出版社
· 北京 ·

2012年6月

图书在版编目 (CIP) 数据

中国环境科学学会学术年会论文集 (2012) / 中国环境科学学会编. —北京: 中国农业大学出版社, 2012.

ISBN 978 - 7 - 5655 - 0554 - 6

I. ①中… II. ①中… III. ①环境科学—学术会议—中国—2012—文集 IV. ①X-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 121128 号

书 名 中国环境科学学会学术年会论文集 (2012)

作 者 中国环境科学学会 编

责任编辑 赵 中 刘耀华

封面设计 东方印艺

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号 邮政编码 100193

电 话 发行部 010 - 62818525, 8625 读者服务部 010 - 62732336

编辑部 010 - 62732617, 2618 出版部 010 - 62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup> e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市登峰印刷厂

版 次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月北京第 1 次印刷

规 格 889 毫米 × 1194 毫米 16 开本 220.25 印张 6196 千字

总 定 价 980.00 元 (全四册)

图书如有质量总是本社发行部负责调换

编委会

主任 任官平

副主任 侯雪松 姜艳萍

主编 姜艳萍 王国清

编委 (按拼音排序)

陈红威 侯雪松 姜艳萍 李向阳 任官平

任彩霞 邵世云 王国清 王少霞 王晓飞



中国农业大学出版社
北京

前 言

国务院《关于加强环境保护重点工作的意见》和第七次全国环境大会，提出了“要坚持在发展中保护，在保护中发展”，“积极探索代价小、效益好、排放低、可持续的环境保护新道路”的战略方针。“十二五”期间，环境保护将以节能减排为主要任务，大力推进环境质量明显改善为着力点，进一步把环境保护作为优化经济发展，转方式、调结构的重要抓手，以节约能源和资源，减少污染排放的倒逼机制，加快促进我国社会经济绿色转型。“十一五”期间，环境科技发展有效保障了结构减排、工程减排和管理减排三大减排工程的实施，有效支撑了节能减排和各项环境保护目标的超额完成。为提升我国环境科技对环境保护中心任务的支撑能力，引领科学研究和环境科技创新发展，交流、展示环境学科研究、开发的最新成果，更好地为“十二五”国家环境保护中心工作和举办地可持续发展服务，经研究，我会2012年学术年会定于2012年6月在广西南宁举办。会议主题为：环境科技创新与绿色转型。会议的主要内容包括：以环境科技创新与绿色转型为主题的学术年会，同时举办绿色转型高峰论坛。此次会议得到了环境保护部、中国科协的领导以及环境、经济和社会学界知名院士、专家学者，各地科研院所、环境监测站、环境信息中心、环境监察支队、地方学会、高等院校以及环境科技企业等各方面的大力支持和积极参与，截至2012年4月10日，组委会共收到来自全国各地环保科技工作者、研究人员以及企业界环保专家等各类论文1082篇。经过中国环境科学学会专家委员会相关专家认真评审，最终评选出600余篇论文予以录用。现将这些论文汇编成册正式出版，以展示国内环保领域专家学者最新研究成果，充分反映现阶段我国环境保护科研现状和水平，更好地为我国环境保护工作提供重要的智力支持。

本次论文集的顺利出版，要特别感谢中国农业大学出版社的大力支持，感谢各位专家和领导的悉心指导和鼎力相助。由于编者能力有限，书中错误、疏漏之处在所难免，恳请专家学者、有识之士不吝赐教，以便今后在工作中不断加以改进。

编者

2012年6月

目 录

天然气水合物开发生态环境影响评价技术要点探讨	舒俭民 刘孝富 胡理乐 等 (886)
矿产资源开采的生态环境承载力评价——以珠海市为例	秦建桥 李朝晖 罗育池 等 (891)
城市规划环评中基本生态控制线的应用	李王锋 吕春英 (897)
对行业规划环评工作的一些思考——以自治区建材工业行业为例	王江涛 程启明 (902)
关于战略环境影响评价的探讨	常高峰 (905)
污泥减量化及其环境安全性评价方法的初步探讨	孔祥吉 张雪梅 鲍林林 等 (908)
某非密封放射性物质工作场所退役环境影响评价	贝新宇 毛玉仙 (912)
房地产建设项目对环境的影响及在审批中存在的几个问题	张晓虹 (918)
如何判定建设项目的环境可行性	张全东 (921)
徐州市农业气象灾害风险评估及区划	曹 杰 周兆基 崔海荣 (924)
化工项目环境风险评价浅析——以聚苯乙烯生产项目为例	李治明 项铁丽 董艳萍 等 (931)
高等级生物安全实验室环境风险与评估系统开发	丁 峰 赵晓宏 王庆改 等 (937)
论环境风险及其规避	王宪民 (941)
长江口表层水总磷污染区域风险分析	刘瑞民 陈亚新 张培培 等 (946)
利用毒性鉴别评价 (TIE) 法表征北京清河沉积物污染	赵艳民 张 雷 秦延文 等 (950)
五、环境信息技术	
智慧环保物联网及技术应用示范	尹晓远 李红华 杨竞佳 (958)
信息化技术在环境统计工作中的应用	王 毅 (964)
全国持久性有机污染物统计工作信息平台研究与设计	尚 屹 胡 昊 朱 琦 等 (968)
全国重点城市集中式饮用水水源地环境保护监管信息系统技术框架设计与研究	朱 琦 胡 昊 尚 屹 等 (974)
GIS 技术在城市环境保护工作中的应用研究	樊小龙 (978)
GIS 在生态环境研究中的应用	王天泽 楚英豪 郭家秀 等 (982)
基于全过程管理的环境应急管理信息化平台研究	曹 茜 谢 涛 屈宝锋 (986)
基于 GIS 的城市空间数据挖掘系统设计与实现	孙艳青 张海燕 王 颖 (991)
基于 GIS 技术的西南纵向岭谷区水土流失动态监测与定量估算	张 鲁 周 跃 (995)
GIS 技术与环境 GIS 应用	谢 喆 (1002)
浅析环保电子政务的发展	李 华 (1011)
基于 GIS 的黄土高原小流域植被格局与地理环境关系研究——以宁夏固原上黄试验区为例	李壁成 方 炫 (1014)
六、核与辐射安全	
对目前辐射环境影响评价相关法规建设问题的一些思考	商照荣 (1020)
一种空气中氚化水 (HTO) 监测用新型蒸馏制样装置研制	钟志京 余卫国 胥全敏 等 (1023)
浅析我国放射性废物管理法法规标准现状	张巧娥 杨丽丽 曲云欢 等 (1029)
浅析小剂量线性无阈模型的适用性	谭承军 商照荣 上官志洪 等 (1034)
核燃料制造设施对环境的影响	申 红 (1039)
日本福岛核事故危害分析与救援回顾	夏治强 (1047)
日本福岛事故土壤放射性污染状况及应对措施	王 亮 王 喆 余少青 等 (1051)

谈核电厂取排水工程设计与节能减排 张爱玲 汪萍 张琨 (1056)

内陆核电厂液态流出物排放在受纳水体中的氡浓度限制 陈晓秋 李冰 上官志洪 (1059)

福建有色金属矿选矿的放射性调查 王文武 (1066)

海水淡化蒸馏技术用于放射性废水处理的可行性探讨 李鑫 何明清 (1069)

核电厂¹⁴C的排放现状 杨端节 陈晓秋 (1074)

核电厂流出物中氡的管理控制 魏新渝 马鸿宾 杨端节 等 (1078)

核电在节能减排和电力结构调整中的作用 陈方强 王青松 徐海峰 (1084)

核素铀价态分析方法研究 龙素群 丁兰岚 周银行 等 (1088)

加强非核类专业大学生核识教育的重要性 宋刚 冯颖思 富英杰 等 (1094)

CORMIX 软件在美国的应用 张琨 (1099)

物联网技术在放射源监控中的应用 黄国宇 顾伟伟 史宁 等 (1103)

放射源定位追踪管理系统设计思路 陈东兵 (1110)

处理乏燃料的绿色溶剂——离子液体 高思涛 张巧娥 刘婷 等 (1115)

低温金属环境中放射性核素²²Na 半衰期变化的实验研究 王宝祥 (1119)

浅谈铀矿山三废的环境影响及治理对策 徐海峰 商照荣 陈方强 (1126)

氡辐射危害的研究进展 李惟 (1129)

第三章 湖泊流域水环境质量改善与水污染控制技术与措施

一、湖泊流域综合治理技术与措施

2011 年彰武南海水库水资源质量状况分析 郭学士 赵嵩林 (1135)

东江流域水环境实时数字化管理决策支持系统 曾凡棠 张修玉 许振成 等 (1138)

滇池流域生态建设与城市空间发展研究 许申来 李王锋 赵晓飞 (1156)

东江流域水质模型研究 曾凡棠 张修玉 黄生志 等 (1161)

基于“3S”技术的大伙房水库监控预警平台的研究与开发 刘建东 马绍军 张宏 (1171)

海河流域水资源与水环境演变过程初探 郭勇 林超 李文君 等 (1174)

澜沧江下游水生生态环境特征分析 张修玉 许振成 黄生志 等 (1180)

《清洁水法》的水质目标 罗阳 吴耀建 郭晓峰 等 (1188)

福建省闽江流域水环境质量现状和整治对策建议 宋建忠 (1194)

湖泊生态修复技术集成的研究 贾璐颖 (1198)

应用遥感技术对湖州生态环境质量状况分析 林琳 缪丽娜 吴惠英 等 (1202)

基于水质目标的南沙河流域污水处理系统规划 马洪涛 韦明杰 贾海峰 等 (1207)

基于数字模型的辽宁大伙房水库汇水区面源污染空间分布与防治措施 汤洁 卞建民 李昭阳 等 (1214)

涑水河流域水环境问题及其改善治理措施思考 曹醒侨 薛晓光 (1219)

主成分分析法在东渔河水质综合评价中的应用 于光金 商博 王桂勳 等 (1225)

浅析保护溇沱河生态环境对促进经济可持续发展的作用——石家庄市溇沱河流域生态环境状况调查报告 武淑萍 (1229)

水源型流域污染系统控制科技支撑战略 曾凡棠 张修玉 许振成 等 (1232)

太湖无锡饮用水源地枯水期预警浅析 朱文昌 沈建荣 彭宇 等 (1237)

南大洋颗粒有机碳 (POC) 分布 刘子琳 刘艳岚 李宏亮 等 (1242)

基于广义帕雷托分布的珠江流域极端降雨研究 张修玉 黄生志 张强 等 (1249)

溢油污染海岸线生物修复技术规范研究现状 吴亮 李广茹 王新新 等 (1255)

城市景观水体污染防治研究——以牡丹江市南湖水系水体为例 潘保原 马云 康可佳 等 (1260)

再生水回用于景观水体的富营养化问题分析	任丽艳 甘庆午 (1264)
永定河流域雨水集蓄利用技术简介	王 欣 项铁丽 王亮才 等 (1267)
人类活动影响下永定河水环境质量变化趋势分析	董彭旭 刘花台 (1270)
山东省小清河流域水质现状及变化特征分析	王 洋 毛 欣 夏传真 等 (1275)
天津临港工业区围海造陆工程对周围海域浮游动物群落的影响	杨慧立 (1279)
基于改进集对分析法的北方水源地水库富营养化评价	李文君 暴 柱 邢焕政 等 (1287)
一体化膜生物反应器处理低碳氮比受污染河水的研究	李旭宁 赖梅东 刘 欢 等 (1293)
吉林省图们江流域水环境调查研究	赵 青 包丽艳 李 贺 (1299)
汾河水环境问题及其改善措施思考	马一方 薛晓光 (1305)
辽河石佛寺水库库区水环境生态建设实施可行性研究	张 成 吴 荣 (1310)
临江市头道沟河流域环境治理、生态保护与水体环境质量改善	李 玺 (1315)
浏阳河长沙段水质变化趋势及污染控制对策	彭 珂 董晓钢 (1320)
流域水资源综合开发问题研究	张 雷 吴映梅 (1325)
尹府水库营养盐时空特征分析	姜友秀 林国庆 丁吉东 等 (1334)
南大港湿地水生态现状调查	张 浩 郭 勇 李文君 (1339)
流域水环境突发事件应急处置技术体系研究	许振成 (1344)
防治畜禽养殖引起仙女湖富营养化的对策	喻生根 (1354)
过去 20 年东江水质演变趋势与现状特征研究	曾凡棠 张修玉 黄生志 等 (1357)
基于 DPSIR 模型梁子湖流域生态安全评估	王玲玲 (1366)
基于 EFDC 模型的深圳前海湾水文水质数值模拟研究	梅立永 吴属连 秦华鹏 等 (1372)
特大型水库水面资源利用探讨——以三峡水库为例	惠二青 李勇泉 (1378)
监控与监管相结合的渭河流域水污染防治及监控预警系统	张 林 王向天 王师杨 (1382)
苏南太湖水体恶化的历史演化及其污染防治战略的转变	沈 玲 许纲熙 (1385)
北方寒冷地区水体生态修复对浮游植物群落结构影响研究	马 云 李 晶 叶 珍 等 (1389)
星云湖水体及表层沉积物磷特性研究	吴献花 刘淑娟 彭廷纯 等 (1394)
三峡库区消落区落干期沉积物磷分布特征	曹 琳 (1401)
太湖湖滨带兼性厌氧菌的筛选及优势菌种性质的鉴定	张 蕊 曹 蓉 叶 春 等 (1407)
唐山市南湖中央生态公园水质质量监测、风险源预警及识别	李 君 佟俊旺 刘 楠 等 (1415)
贵州红枫湖沉积物内源磷释放特征	王敬富 陈敬安 杨永琼 等 (1420)
基于环境学习曲线的吉林省 COD 排放及减排潜力分析	朱昱梅 王 媛 (1426)
微电流电解对铜绿微囊藻的持续抑制研究	林 莉 李青云 黄 茁 等 (1431)
太湖竺山湾水沉积物界面污染物释放规律的研究	唐兆民 贾海峰 (1437)
不同水文特征下长江口沉积物中多环芳烃时空分布特征	冯成洪 李宝华 李 雪 等 (1446)
水华发展的生态空间与水华控制的生态割草工艺	关卓今 (1451)
改性粉煤灰作为湿地基质的静态吸附实验研究	郭孟飞 刘 熹 宁存鑫 等 (1458)
土壤固砷处理砷污染水体应用研究初探	吴文铸 郭 敏 石利利 等 (1462)
营养盐限制下东海原甲藻与塔玛亚历山大藻的种间竞争	由希华 丁 君 宋毅倩 等 (1470)
藻类水华暴发影响因子研究综述	杨 霞 胡兴娥 陈 磊 等 (1477)
治理“三湖”蓝藻爆发总体思路	朱 喜 (1484)
塔山水库蓝藻污染危害及防治对策的探讨	董淑阁 (1492)
太湖(五里湖)蓝藻水华种类及其演替规律研究	张军毅 朱冰川 (1495)
九龙江拟多甲藻水华预警和应急处置的初步研究	边归国 杨建明 (1500)
钢渣修复海洋生态系统的安全性评价	王 军 夏娜娜 史云娣 等 (1507)

利用比值法和主成分分析研究浙江近岸沉积物中多环芳烃来源 邓 伟 李先国 李胜勇 等 (1511)

南黄海表层沉积物正构烷烃的分布特征及来源研究 李胜勇 李先国 邓 伟 等 (1519)

加强湿地、候鸟保护 维护生态平衡——江西省都昌县湿地、候鸟保护的实践与思考 吕承华 胡华喜 付新民 (1525)

加强自然保护区建设与管理 促进人与自然和谐发展——江西省都昌候鸟自然保护区建设与管理与实践与思考 吕承华 胡华喜 彭宝竹 (1527)

复合垂直流人工湿地净化海水养殖外排水效果与影响因素分析 崔正国 曲克明 马绍赛 等 (1530)

湖滨缓冲带高产蔬菜地初雨径流的净化工艺研究 叶晓红 吴 磊 吕锡武 等 (1537)

二溴海因对微囊藻毒素去除效果的研究 钮伟民 何恩奇 周伟杰 等 (1543)

水体中壬基酚光降解机理研究 李艳霞 李先国 段晓勇 等 (1547)

胶州湾水域的石油分布 杨东方 石 强 张爱君 等 (1553)

蓝藻微囊藻毒素对胃黏膜 AGS 细胞作用的比较蛋白组学分析 吴庆刚 钮伟民 何恩奇 (1558)

卧螺离心机在城市湖泊污泥脱水干化中的应用 郑世华 陈海斌 (1563)

庙湖沉积物中污染物释放的模拟方法研究 沙 茜 汪海涛 张维昊 (1568)

闽浙沿岸泥质区表层 PCBs 分布规律及异构体分馏研究 段晓勇 李先国 李艳霞 等 (1575)

固城湖河蟹养殖区向水体排放氮磷研究初探 赵红叶 孔一江 (1581)

湖泊沉积物中多环芳烃的强化生物降解研究 晏再生 江和龙 (1586)

二、水污染治理技术与措施

绿色技术在水处理中的应用 孙晓明 乔 琦 刘景洋 (1592)

水污染防治 BAT 技术的评估测试 秦 琦 宋乾武 姜 萍 等 (1597)

污水处理行业温室气体排放特征的实证分析 付加锋 侯贵光 马 欣 等 (1602)

一体式 A/O 反应器中不同碳硫比对除碳脱臭效率的影响研究 姜丹妮 吴忆宁 (1610)

灰水处理过程中典型内分泌干扰物的去除研究 马德华 陈吕军 (1616)

一种高效快速去除矿井水悬浮物的技术 易 洋 张 科 王吉白 (1622)

基于成组生物毒性测试方法评价某城市污水厂排水的安全性 薛银刚 许 霞 邹叶娜 等 (1628)

菏泽市水污染防治工作的基本经验做法 刘银生 (1632)

浅谈污水处理厂在治理区域水体污染中所起的作用 张志强 林 博 (1636)

印染企业中水回用处理工程的实践探索 杨蕴敏 (1640)

制浆造纸废水深度处理 王 俊 唐 启 崔俊峰 等 (1645)

综合利用的温泉废水水质检测——以重庆南温泉公园为例 幸宏伟 孔维平 秦坤蓉 (1649)

广西城镇污水处理厂建设、运行现状分析 成官文 朱宗强 梁宁书 等 (1655)

S-诱抗素生产废水处理工艺改进研究 赵希锦 田庆华 王 维 等 (1662)

表流人工湿地对微污染水脱氮除磷效果中试研究 李志元 张永祥 李维焱 等 (1666)

浅析人工湿地处理电镀废水机理及进展 符秋菊 郭纯青 周 蕊 (1670)

不同曝气条件对黑臭河水处理效果的研究 张保君 叶 春 李春华 等 (1675)

不同填料类型人工湿地的污水处理效果研究 吴文伶 宋中南 石云兴 等 (1681)

吹扫捕集-GC/MS 联用定性分析城镇污水处理厂难降解污染物 王慧荣 梅荣武 韦彦斐 等 (1686)

多孔陶瓷材料在水污染治理中的应用现状 肖冬雪 郭耀广 王兆慧 等 (1692)

畜禽养殖业污染状况及其废水处理技术综述 成西娟 徐 楠 林启才 (1696)

移动床生物膜反应器处理高校食堂废水的实验研究 左 冰 吴 畏 (1700)

应用 MBR 对海水养殖废水进行脱氮处理的研究进展 徐英博 沈 萍 刘亚青 等 (1706)

生物技术在废水处理中的应用概况 黄文清 陆永谋 (1711)

生物流化床处理焦化废水工艺实践及其技术效果分析 吴海珍 刁春鹏 冯春华 等 (1716)

湿式催化氧化/膜分离组合工艺处理阳离子红 GTL 染料废水的研究 李晓祎 许 银 孙德智 (1728)

离子交换纤维用于含六价铬电镀废水的治理 李建博 刘 雄 梁春波 等 (1734)

利用再生粉煤灰深度处理生活污水的试验研究 郭柱生 田志宏 (1741)

漂染工业废水处理工程实例 闫韶娟 崔青安 谢永霞 (1753)

印染废水的絮凝-辐照处理研究 刘秀华 梁 霞 邓 义 (1758)

干法腈纶生产废水 Fenton 法预处理技术研究 赵 乐 魏 健 宋永会 等 (1765)

天然气水合物开发生态环境影响评价技术要点探讨

舒俭民 刘孝富 胡理乐 范俊韬

中国环境科学研究院

摘 要 天然气水合物开发所引起的能源与环境问题是 21 世纪的前沿研究领域。本文在回顾天然气水合物储藏、分布的基础上; 归纳了天然气水合物分解产生的综合生态环境效应以及不同开采模式下潜在的环境问题; 从分类分期环境污染识别、碳排放与温室效应估算、区域生态风险评估与预警三个方面提出了天然气水合物开发生态环境影响评价技术要点, 为实现天然气水合物环境友好型开发提供了理论支持。

关键词 天然气水合物 环境影响评价 温室效应 生态风险

天然气水合物是天然气和水在特定条件下混合而成的一种固态结晶物质, 其主要化学成分是甲烷和水分子, 因外观与冰相似, 可被直接点燃, 故又称可燃冰。在标准状态下, 1m^3 的天然气水合物中可含有 164m^3 的甲烷, 且燃烧后几乎不产生废弃物, 是世界公认的新型高效清洁能源, 有望成为煤炭、石油的替代能源。天然气水合物在世界范围内分布广泛, 但到目前为止世界上还没有哪个国家进行大规模的开采, 除了技术和资金问题外, 其核心原因在于其潜在的生态环境问题尚未得到充分的认识和解决。天然气水合物生态环境效应问题已成为 21 世纪能源与环境领域研究的前沿和重点内容之一^[1]。

天然气水合物环境友好型的开采与利用, 是缓解日益严峻的能源危机重要途径。在当前试探性开采或者未来大规模开采过程中, 开展生态环境影响评价, 对于防预防环境风险, 保障开采区生态安全具有重要意义。本文阐述了天然气水合物开发潜在的生态环境问题, 从不同的角度探讨了开发过程中生态环境影响评价的技术要点, 对未来的研究重点与方向提出了建议。

一、天然气水合物分布及储量

天然气水合物在自然界的赋存主要受控于四个基本条件, 即温度低、压力大、沉积物孔隙水盐度小、气源充足^[2], 地球上 27% 的陆地和 90% 的大洋水域是天然气水合物潜在储藏区。从已发现的天然气水合物实证看, 天然气水合物主要存在于海洋水深 300 ~ 500m 海底沉积层和永冻区地层中。海域储藏区包括环太平洋近岸海域, 大西洋海域中的美国东海岸、墨西哥湾、加勒比海、南美东海岸、非洲西海岸, 印度洋海域中的阿曼海湾, 北极地区的巴伦支海和波弗特海, 南极地区的罗斯海和威德尔海等^[3]。三大著名的永冻带储藏区包括北极冻土区 (加拿大麦肯齐三角洲)、西伯利亚冻土区 (俄罗斯的麦索亚哈)、阿拉斯加北部斜坡区 (美国普拉德霍湾)^[4]。据估算, 全球天然气水合物资源量约 $2 \times 10^{16}\text{m}^3$, 相当于 2×10^5 亿 t 石油当量, 含于其中的碳量达 $2 \times 10^4\text{Gt}$, 是全球常规燃料总碳量的 2 倍^[5], 其中约 98% 天然气水合物产在近海, 2% 产在永冻带中^[6]。

我国大陆拥有 1.84 万 km 海岸线, 300 万 km^2 海域以及超过 200 万 km^2 冻土区, 天然气水合物形成和存储前景广阔。2007 年, 有学者结合陆域天然气水合物形成的热力学条件, 应用 GIS 平台对天然气水合物可能的存储区进行了研究, 结果表明青藏高原姜塘盆地西北部天然气水合物储量较为可观^[7]。目前, 我国已在南海北部神狐海域和青藏高原祁连山一带发现天然气水合物实证^[8]。2008 年, 专家预测我国天然气水合物远景资源量 2000 亿 t 油当量以上。其中南海海域储量约 700 亿 t 油当量, 青藏高原和黑龙江省冻土区储量约为 1400 多亿 t 油当量^[9]。2009 年, 专家估计青藏高原天然气水合物远景储量 350 亿 t 油当量^[10]。但到目前为止, 我国天然气水合物储

量还没有明确定论, 国家计划再用十年时间完成天然气水合物的普查和开发工作。

二、天然气水合物开发潜在生态环境问题

(一) 天然气水合物分解综合生态环境效应

众多学者认为, 天然气水合物的分解存在三个主要的生态环境效应, 一是加剧温室效应; 二是引发地质灾害; 三是破坏海洋生物种群^[11-14]。

天然气水合物既是能源的载体, 也是影响全球环境的重要因素。一方面天然气水合物是地球系统中重要且巨大的碳储库^[15], 在全球碳循环中起着重要作用; 另一方面天然气水合物具有极大的脆弱性和不稳定性, 所含的主成分—甲烷增温效果明显, 如果开采过程不当造成甲烷大量进入大气, 会进一步加剧全球的温室效应^[16]。有研究表明, 在过去几十年里, 全球气候变暖已经使冻土区平均气温明显上升^[17-20], 这将促使多年冻土融化, 从而释放出更多封存的甲烷, 加速温室效应, 最后导致气候变暖呈失控性增强^[21], 全球生态环境有可能发生突变。

天然气水合物分解涉及到的另一个环境问题是引起地壳变动和海底滑坡。由于开采或气候变暖造成水合物分解, 释放出气体而留下水, 即固态的水合物变为液态的水, 这可能导致沉积物物理性质(如剪切强度和流变性等)、地球物理性质(如地震波速和电导性)以及地球化学性质(如孔隙流体成分)的明显变化, 地层物化性质的进一步变化有可能引起地壳的变动及海底滑塌^[22]。

海底沉积物中的天然气水合物分解甲烷进入水体中, 可与海洋中的溶解氧发生反应, 导致海水溶解氧浓度较低, 同时全球气候变暖又会使水体温度升高, 导致溶解氧进一步降低, 使海水物种缺氧而死。天然气水合物引发的地质灾害会间接影响到陆地和海洋中的生物种群。天然气水合物引起的气候变化也会影响到动物、植物的生长演化^[11]。

此外, 天然气水合物分解可使油气管道堵塞, 从而造成油气泄漏事故, 引起环境污染^[23]。海底天然气水合物的分解可在海面上形成强大的水动力流、涡流和气旋, 有可能吞并“误入其境”的飞机、轮船等^[24], 但这一效应还需得到进一步证实。

(二) 天然气水合物不同开采方式潜在环境问题

天然气水合物分解除了综合的生态环境效应外, 还可能由于开采方式的不同而带来不同的负面效应。目前, 有五种试探性或实验性的天然气水合物开采方法, 分别是热激法、化学试剂法、CO₂ 置换法、水力提升法、降压法^[25], 当前还没有哪种方法被证明既经济适用, 又安全可靠且环境污染最小。

热激法是将蒸汽、热水或其他热流体从地面泵入天然气水合物地层, 或直接使用电磁、微波加热使天然气水合物地层温度上升, 水合物分解而形成天然气。这种方法不但热损失大、效率低, 还可能带来热污染和电磁辐射污染。

化学试剂法是以某些化学试剂(如甲醇、乙醇、乙二醇、盐水、氯化钙等)改变水合物形成的相平衡条件, 降低水合物的稳定温度, 促进水合物分解。这些化学试剂具有较强的挥发性, 长期使用势必会对地表植被土壤或地下冻土层造成影响, 其危害可能是不可逆的。进入海水中的化学物质会导致海洋污染, 并通过生物蓄积进入食物链危害人类健康。

CO₂ 置换法的原理是 CO₂ 进入到天然气水合物中, 与水形成水合物, 同时所释放的热量可用于分解天然气水合物。这种方法只停留在理论和实验研究阶段, 被认为是天然气水合物最绿色的开采方式^[26]; 但即便这种方法获得成功也需考虑由此带来的碳酸效应和 CO₂ 释出泄露问题。

水力提升法指在海底用集矿机对天然气水合物进行收集, 并利用海面的高温海水对固体水合物进行分解并获得气体。这种方法不仅是对海底生态系统的极大破坏, 也可能造成大范围的海洋环境污染, 海洋生物可能遭受毁灭性的打击, 严重影响海洋生态安全。

降压法是指通过钻探等方法降低天然气水合物层下面的游离气聚集层位的平衡压力,破坏水合物气藏的稳定性,使水合物分解而析出天然气。这种方法一般不单独使用,因为它需要用其他方法来打破游离层的平衡压力,虽然成本较为经济,但不可避免也会带来一些污染。

三、天然气水合物开发生态环境影响评价技术要点

生态环境影响评价是保障天然气水合物的勘探、试验性开采、工业化开采等过程生态安全的重要途径,可为天然气水合物的安全开发提供有效的环境保护方案。鉴于天然气水合物环境效应的渐变性和突变性、开采方式的多样性、以及存储环境的生态敏感性,在开展天然气水合物开发生态影响评价时,需重点把握三个要点:一是根据开发的不同阶段和所采取不同开采方式正确识别环境污染问题;二是针对全球气候变暖,估算甲烷漏气及其他因素带来的温室效应;三是针对冻土区和海洋区的特点,建立土壤、植被、生物破坏及地质灾害风险评估与预警体系。

(一) 分类与分期环境污染识别

天然气水合物开发全过程包括勘探、开采、储运,在具体的开发过程中勘探方式、开采方式、储运方式都不可能只使用一种。鉴于不同的勘探、开采技术和天然气水合物的储运技术具有不同的影响对象、影响途径和影响强度,因此有必要对地震勘探法、测井法、地球化学法、钻孔取芯法、标型矿物法、可控源电磁法等勘探技术,和热激法、降压法、化学试剂法、CO₂置换法、水力提升法等开采方式,按照环境影响的类型、途径、强度以及后果进行系统分类。同时,也要识别储量评估、试验性开采、商业化开采、服务后等不同开采时期的环境污染源,环境影响类型、途径、强度以及环境影响后果。

(二) 碳排放与温室效应估算

天然气水合物分解有可能使全球气候变暖进入恶性循环,因此在每一次开发过程中都必须密切关注有可能引起温室效应的阶段和过程。在生态环境影响评价过程中,首先应分析天然气水合物开发过程中哪些环节或者哪些技术问题容易引起温室气体泄露,在泄露不可避免的情况下,应根据天然气水合物的成分估算温室气体排放量。其次,天然气水合物的开发使其角色由“碳汇”向“碳源”转变,因此应根据开采的规模和时间,计算天然气水合物开发、使用所产生的碳排放量,为全球范围内温室效应的评估以及国家节能减排政策的制定提供数据支撑。第三,应根据历史数据,对开发区海水、冻土演变过程进行回顾性评价,研究全球气候变化与海水温度、冻土层厚度及结构的响应关系,预测局部增强的温室效应是否会使海水温度显著升高、冻土层快速融化,从而使天然气水合物出现“井喷”现象。第四,如果CO₂置换法得到证实、鉴定和应用,则需评估用于置换的原材料CO₂和天然气水合物利用新产生的CO₂是否平衡,如果新产生的CO₂更多,那么这种方法也不能称之为真正意义上的“绿色”。

(三) 区域生态风险评估与预警

天然气水合物所储存的近岸海域和冻土区,生态环境较为脆弱和敏感,海底珊瑚礁生态系统和陆域植被土壤生态系统一旦被破坏就难以得到恢复。我国青藏高原冻土区是天然气水合物的潜在靶区,同时也是三江源自然保护区的所在地,具有水源涵养、气候调节等重要的生态服务功能,其战略地位尤为明显。因此在开发天然气水合物过程中,必须开展生态风险评估和预警研究,以保障区域生态安全。

天然气水合物所处的环境具有高压、低温的特点,加上天然气水合物的勘探、开采、储运等过程的特殊性,使得天然气水合物开发工程的生态风险评价与现有传统的评价指标体系、预测方法、评价方法有所不同。我国目前尚未颁布生态风险评价指南,因此应针对高寒地区特殊的土壤、植被、生物多样性以及海底沉积物、生物、珊瑚礁系统等生态环境特点,建立适用于天然气水合物开发工程工艺特点的生态风险评价方法。这些方法包括天然气水合物勘探、开采、储运等

过程的生态风险源识别,如开发活动对冻土层及高原脆弱生态系统的破坏,对海底珊瑚礁生态系统、珍惜海洋生物生境的破坏等;在此基础上,分析潜在的评价受体、敏感的生境、传输途径及媒介等。此外,还需对天然气水合物所可能引起的地壳变化和海底滑坡进行模拟,对地壳变化的形式、影响的范围以及所波及的人口进行预测;对海底滑坡直接影响的范围、受影响的海洋生态系统和海洋生物物种、以及滑坡带来的“小地震”及其对海岸带的影响进行预测。

在完成风险评估的基础上,应根据风险等级建立一套完整的永久冻土区和海洋天然气水合物开发生态风险预警体系,预警的内容包括风险发生的方式、发生的时间、地点、范围、受影响的人口以及处理方式、应急管理对策等。

四、我国实施天然气水合物开发生态环境影响评价对策与建议

天然气水合物开发为缓解我国日益严峻的能源危机,保障我国经济的持续发展、快速发展、均衡发展、维护社会稳定、突破能源瓶颈均具有重要意义。为更好的促进我国天然气水合物环境友好型开发,本文针对我国天然气水合物开发生态环境影响评价提出以下建议。

(一) 陆地环评过渡到海洋环评

从国际天然气水合物勘探开发史可以看出,勘探开发技术、工艺等科技的突破,一般最先发生在陆地上,即先在陆地永久冻土带天然气水合物勘探开发实行试开采试验,积累必要开采利用的技术经验,为海域天然气水合物勘探开发以及将来全面的天然气水合物利用提供技术支撑^[27]。因此,天然气水合物生态环境影响评价也应遵循先易后难的原则,即先在陆地冻土区开展天然气水合物环境影响评价,再逐渐过度到海洋天然气水合物环境影响评价。在我国应优先选择青藏高原天然气水合物试点探勘、开采区,设置专项课题,拨付专项经费用于开展生态环境影响技术、标准和体系研究。

(二) 重视基础研究成果到环境影响评价技术的转化

我国对天然气水合物的研究非常重视,863 课题和 973 计划项目有不少课题研究了天然气水合物生态环境效应,另外我国已对青藏高原的冻土、生态环境等进行了多年的研究,为我国开展陆地冻土区开展天然气水合物环境影响评价积累了丰富的资料。目前至少有 40 多个国家,针对天然气水合物展开了国家级的资源调查和研究工作,其中美国、日本、德国、挪威等国家开展了大量的天然气水合物环境响应,我国在开展天然气水合物环境影响评价过程中,应注意吸取国内外的基础研究成果和经验,以提高评价结果的科学性和客观性。

(三) 设立监测点,注重天然气水合物开发累积生态环境效应

气候变暖是全球性的问题,也是决定人类未来生存发展而无法回避的问题。毋庸置疑,局地或分散式的温室气体排放会对全球气候变暖做“贡献”,虽然从技术角度上讲,局地或分散式贡献率多少还不得而知,但是世界不同区域排放的温室气体累积效应是巨大的,人类必须采取措施来预防、阻止和全球气候变暖进一步发展,对全球气候变化进行预警。因此有必要在开展天然气水合物环境影响后评价或者跟踪评价过程中,在每个开采区域应设立监测点,密切注意永冻层和海水温度的变化,防治天然气水合物的临界稳定状态大面积失衡而对全球生态环境构成致命威胁。

参 考 文 献

- [1] 孙成权,朱岳年. 21 世纪能源与环境的前沿问题—天然气水合物 [J]. 地球科学进展, 1994, 9: 49-52.
- [2] 姚永坚,黄永祥,吴能友,等. 天然气水合物的形成条件及勘探现状 [J]. 新疆石油地质, 2007, 28 (6): 668-672.
- [3] 宋岩,柳少波,洪峰,等. 天然气水合物的研究进展及分布 [J]. 当代石油化工, 2006, 14 (10): 17-20.

- [4] 吴青柏, 程国栋. 多年冻土区天然气水合物研究综述 [J]. 地球科学进展, 2008, 23 (02): 111-119.
- [5] Kvenvolden K A. Gas hydrate as a potential energy resource - A review of their methane content. In Howell, D. G. ed. The future of energy gases; U. S. Geological Survey Professional Paper 1570 [M]. Washington: United States Government Printing Office; 1993.
- [6] 张秋明. 自然界中的天然气水合物 [J]. 国土资源情报, 2001, 8: 48.
- [7] 库新勃, 吴青柏, 蒋观利. 青藏高原多年冻土区天然气水合物可能分布范围研究 [J]. 天然气地球科学, 2007, 18 (04): 588-592.
- [8] 祝有海, 张永勤, 文怀军, 等. 祁连山冻土区天然气水合物及其基本特征 [J]. 地球学报, 2010 (01): 7-16+130.
- [9] 王智明, 曲海乐, 菅志军. 中国可燃冰开发现状及应用前景 [J]. 节能, 2010 (5): 4-6.
- [10] 陈雪骅. 青海发现可燃冰 [J]. 国土资源导刊, 2009, 10: 37-39.
- [11] 翁焕新, 许赞溢, 楼竹山, 等. 天然气水合物的稳定性及其环境效应 [J]. 浙江大学学报 (理学版), 2006, 33 (5): 588-593.
- [12] 高德民, 吴强, 徐锋. 天然气水合物的灾害效应 [J]. 工业安全与环保, 2010, 36 (11): 29-30.
- [13] 赵治宇, 向丹波, 诸林. 天然气水合物开采的方法及对环境的影响 [J]. 中外能源, 2009 (4): 33-36.
- [14] 徐文世, 于兴河, 刘妮娜, 等. 天然气水合物开发前景和环境问题 [J]. 天然气地球科学, 2005, 16 (5): 680-683.
- [15] Kvenvolden K A. Methane hydrate in the global organic carbon cycle [J]. Terra Nova, 2002, 14 (5): 302-306.
- [16] Severinghaus J P., Sowers T., Brook EJ, et al. Timing of abrupt climate change at the end of the Younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice [J]. Nature, 1998, 391: 141-146.
- [17] Bruch AHL, Marshall B V. Changing climate: Geothermal evidence from permafrost in the Alaskan Arctic [J]. Science, 1986, 234: 689-696.
- [18] Zhang T., Osterkamp T E., Stamnes K. Effects of climate on the active layer and permafrost on the north slope of Alaska, USA [J]. Permafrost and Periglacial Process, 1997, 8: 45-67.
- [19] Smith S L., Burgess M., Riseborough D., et al. Recent trends from Canadian permafrost thermal monitoring network sites [J]. Permafrost and Periglacial Processes, 2005, 16: 19-30.
- [20] V. Pavlov A. Permafrost climate monitoring of Russia: Analysis of field data and forecast [J]. Polar Geography, 1996, 20 (1): 44-64.
- [21] 张莉, 丁一汇. 地球生物化学过程可能加速气候变暖 [J]. 气候变化研究进展, 2006, 2: 139.
- [22] 罗艳托, 朱建华, 陈光进, 等. 天然气水合物资源的开发利用及环境保护 [C]. 第九届全国化学工艺学术年会. 北京; 2005: 1648-1652.
- [23] 胡高伟, 张剑, 业渝光, 等. 天然气水合物勘探-开发-储运-环境响应研究新进展—第五届天然气水合物国际会议简介 [J]. 地质科技情报, 2006, 25 (4): 33-41.
- [24] 褚庆忠, 徐杨可. 百慕大魔鬼三角区可能蕴含着丰富的天然气水合物 [J]. 科学技术与工程, 2007, 7 (6): 1157-1160.
- [25] 梅平, 刘华荣, 陈武, 等. 天然气水合物的勘探、开采及环境效应研究进展 [J]. 化学与生物工程, 2007, 24 (10): 1-4.
- [26] 李臻, 王欣. 绿色开采天然气水合物技术研究 [J]. 钻采工艺, 2010, 33 (6): 71-74.
- [27] 陈志豪, 吴能友. 国际多年冻土区天然气水合物勘探开发现状与启示 [J]. 海洋地质动态, 2010, 26 (11): 36-44.

矿产资源开采的生态环境承载力评价

——以珠海市为例

秦建桥 李朝晖 罗育池 朱祉熹 侯锦湘 陈邦雄 林伟彪

广东省环境科学研究院 广东广州

摘要 用层次分析法,从生态弹性力、资源—环境承载力、矿产资源开采压力三个方面,建立了矿产资源开采环境影响综合评价模型,并以广东省珠海市为例,对主要规划矿区的生态环境承载力差异作出了评价,对科学制定矿产资源资源开发战略具有重要的指导意义。

关键词 矿产资源开采 生态环境承载力 评价模型 层次分析法

一、引言

随着能源需求的不断增加,矿产资源被大规模的开发利用,矿产资源开采带来的环境污染与破坏日益严重,防治环境污染、改善矿区环境已受到普遍重视^[1,2]。由于矿产资源开采过程以及所造成的环境污染与破坏极其复杂,尽管国内外许多专家对此做过大量的研究,但尚未形成普遍认可的评价方法体系,尤其是对于矿产资源资源开采的生态环境承载力差异的定量研究几乎尚未涉及^[3,4]。为此,笔者基于矿产资源开采特征,提出生态环境承载力评价模型,并以广东省珠海市为例,根据《珠海市矿产资源总体规划(2008—2015)》,对主要规划矿区的生态承载力差异作出评价,以期科学制定矿产资源开发战略提供理论依据。

二、生态环境承载力评价模型的建立

(一) 综合评价指标体系的建立

基于生态环境影响评价的理论与方法,应用层次分析法,建立了矿产资源开采的生态环境承载力综合评价指标体系(表1)。

该指标体系共有三个层次,即目标层、准则层、指标层。其中,目标层是评价对象,包括生态弹性力、资源—环境承载力和矿产资源开采压力三个部分^[5,6]:①生态弹性力,是环境承载力的支持条件,即在当前自然条件下,生态系统的稳定程度大小,作为环境承载力的第一层涵义;②资源—环境承载力,资源承载力反映资源的丰富程度及赋存状态,环境承载力是污染物承载力及其抗逆承载力的概括,由于资源和环境是彼此关联的,组成一个资源—环境承载力评价准则层,作为环境承载力的第二层涵义;③矿产资源开采压力,生态系统包括承载体和承载对象,承载体能力的大小即为承载力,也就是第二层的资源—环境承载力,承载对象的开发利用则表现为压力,即矿产资源开采压力,看作环境承载力的第三层涵义。

(二) 指标权重的确定及赋值

指标权重的确定必须遵循既减少主观性、提高客观性,又兼顾灵活性、可操作性的原则,以层次分析法(AHP)为基础,广泛征求专家的意见,结合评价区的实际情况,确定各评价指标的权重^[7,8]。各指标的权重见表1所示。

指标的赋值,对于有具体数据的指标,根据相关标准进行分类;对没有标准的指标,以理想值或目标期望值作为参考标准,采用下式计算确定:

$$C_i = F_i / F_o \times 100$$

式中: C_i 为 i 因子的分值; F_i 为实际值; F_o 为标准值或理想值。

表1 生态环境承载力综合评价指标体系

目标层	准则层	权重	指标层	权重
生态弹性力 A1	地质地貌 B1	0.045	地貌类型 C1	0.009
			地质灾害易发程度 C2	0.036
	气候 B2	0.143	年降雨量 C3	0.107
			年降水变率 C4	0.036
	水文 B3	0.241	水文地质条件 C5	0.241
	植被 B4	0.366	森林覆盖率 C6	0.244
			植被类型 C7	0.122
	土地 B5	0.128	土壤侵蚀强度 C8	0.064
			土地利用类型 C9	0.064
	人文地理 B6	0.076	人口密度 C10	0.019
			区位优势 C11	0.057
资源~环境承载力 A2	水资源 B7	0.441	水资源保证程度 C12	0.353
			水质条件 C13	0.088
	土地资源 B8	0.155	耕地面积比重 C14	0.129
			耕地生产潜力类型 C15	0.026
	矿产资源 B9	0.329	矿产资源储量 C16	0.208
			工程地质条件 C17	0.035
			矿区构造条件 C18	0.086
	大气环境 B10	0.075	TSP 浓度 C19	0.062
空气质量状况 C20			0.013	
矿产资源开采压力 A3	土地压力 B11	0.230	地面塌陷率 C21	0.192
			固体废弃物压占率 C22	0.038
	水压力 B12	0.648	水资源破坏率 C23	0.540
			废水排放量 C24	0.108
	大气压力 B13	0.122	废气排放量 C25	0.098
			粉尘排放量 C26	0.024

对于没有具体数据的指标,按照指标分类进行划分,对不同的类型赋予不同的分值。例如工程地质条件可以划分为简单、复杂、极复杂,可以分别赋予不同的等级分值。

(三) 等级划分标准及含义

生态弹性力分值越高,生态系统的稳定性越好;资源—环境承载力分值越高,现实承载力越大;矿产资源开采压力分值越高,生态系统所受的压力越大。各等级的划分标准及含义如表2所示。