

# 全国地热产业 可持续发展学术研讨会 论文集

刘时彬 李宝山 郑克棣 主编



化学工业出版社  
环境·能源出版中心

# 全国地热产业可持续发展 学术研讨会论文集

刘时彬 李宝山 郑克棫 主编



化学工业出版社  
环境·能源出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

全国地热产业可持续发展学术研讨会论文集/刘时彬, 李宝山, 郑克棧主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 8

ISBN 7-5025-7567-7

I. 全… II. ①刘…②李…③郑… III. 热-资源利用-可持续发展-学术会议-文集 IV. P314-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 098086 号

---

**全国地热产业可持续发展学术研讨会论文集**

刘时彬 李宝山 郑克棧 主编

责任编辑: 戴燕红 陈志良 郑宇印

责任校对: 王素芹

封面设计: 于 兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
环境·能源出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京彩云龙印刷有限责任公司印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 570 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7567-7

定 价: 80.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 序

20 世纪后半叶,“可持续发展”思想的形成是世界各国对于全球经济、环境进程最深刻的警醒。进入 21 世纪,保护人类生存环境,实施可持续发展战略,已经成为国际社会“和平发展”的重要共识。

中国政府十分重视资源的有效利用和环境保护,并将“可持续发展”确定为国家发展战略,积极开发和利用新能源与可再生能源已成为促进可持续发展的重要措施。中国有比较丰富的地热资源,改革开放以来,地热能的开发利用已在发电、供暖、种植、养殖以及工业生产和人民生活当中发挥着重要作用,并取得一大批创新成果,形成一支从事地热产业的人才队伍。当前中国经济正在快速、持续地增长,与此同时又面临有限的化石能源和生态环境保护的严峻挑战,为此,依靠科技进步,开发利用可再生能源亦成为中国能源发展战略重点之一。

随着中国《可再生能源法》的颁布实施,地热能的开发、利用和产业化将进入一个新的发展阶段。为进一步促进全国地热产业的健康、有序发展,用科学发展观总结所取得的成果、经验,中国能源研究会组织召开全国地热产业可持续发展学术研讨会,并面向全国地热界的专家、学者和科技工作者征集论文,编辑出版《全国地热产业可持续发展学术研讨会论文集》。

论文集共选编论文 62 篇,其中地热可持续发展 18 篇;地热资源勘察、开发和利用 18 篇;地热管理 4 篇;地热技术研究与应用 19 篇;国际地热学会理事邀请论文 3 篇。

出席 2005 年 9 月在北京召开的国际地热协会第 39 次理事会主席伦德(John W Lund)先生和参会理事被邀请出席全国地热产业可持续发展学术研讨会,并就当前世界地热利用现状以及今后可持续发展等专题作大会报告。因此本书既是国内又是国际地热领域学术交流的一本论文集。

石生豪  
2005.8.11.

## 内 容 提 要

本文集收录了来自全国各地的地热工作者及部分国际地热学界知名专家为全国地热产业可持续发展学术研究会撰写的论文 62 篇。内容包括 5 个方面,即地热可持续发展,地热资源勘察、开发和利用,地热管理,地热技术研究与应用以及国际地热学会理事特邀论文。文集针对中国目前地热产业如何实施可持续发展,提出了包括经济、技术、管理等领域的对策措施,同时介绍国内地热技术的研究现状,包括热泵、回灌技术等。文集还收集了 2005 年世界地热能开发利用方面的最新资料。论文集可供全国地热技术科研、管理、企业人员参考。

# 目 录

## 1 地热可持续发展

|                                 |               |    |
|---------------------------------|---------------|----|
| 我国地热产业化发展与资源可持续利用 .....         | 张振国           | 3  |
| 创建可再生、可循环、可持续的地热新能源开发利用模式 ..... | 李春华           | 6  |
| 中国地热可持续发展必须坚持产业化开发的进程 .....     | 郑克桢           | 10 |
| 我国地热产业可持续发展的若干问题探讨 .....        | 蔡义汉           | 14 |
| 科技引领我国地热产业可持续发展 .....           | 刘时彬           | 19 |
| 善待地热资源, 开拓循环经济 .....            | 王万达           | 25 |
| 我国地热资源与可持续开发利用 .....            | 徐军祥           | 29 |
| 遵守规律是可持续发展的必由之路 .....           | 白铁珊           | 33 |
| 扩大地热回灌 保障可持续开发 .....            | 潘小平           | 36 |
| 合理开发, 科学管理, 促进地热资源可持续发展 .....   | 边岩利 李力学       | 41 |
| 山东省鲁北地热田及其可持续开发利用对策 .....       |               |    |
| ..... 赵书泉 周绍智 邹祖光 赵季初 刘桂仪       |               | 47 |
| 盆地传导型地热水资源的开发与可持续利用 .....       | 李福            | 53 |
| 珍惜地热资源 走可持续发展之路 .....           | 冯德利           | 55 |
| 湖北英山县地热资源开发利用可持续发展刍议 .....      | 郭海生 周衍龙 龙雨鹏   | 58 |
| 田园庄饭店地热资源可持续综合利用 .....          | 邵维岩 孙世文 赵林    | 62 |
| 天津地热在可持续利用中的示范作用 .....          | 李俊峰 孙宝成 林建旺   | 66 |
| 山东省地热资源及其开发利用的生态环境意义 .....      | 徐军祥, 刘桂仪, 任书才 | 72 |
| 天津地区地热流体开发利用中的环境质量问题的 .....     | 林黎 孙宝成 赵苏民    | 79 |

## 2 地热资源勘察、开发和利用

|                                       |                     |     |
|---------------------------------------|---------------------|-----|
| 我国地热资源开发利用状况、存在问题与建议 .....            | 姜建军 陶庆法 胡杰          | 85  |
| 广东省地热资源现状及开发前景 .....                  | 李德荣                 | 92  |
| 奥运公园地区地热资源赋存状况分析论证 .....              | 徐光辉                 | 99  |
| 日本国际协力机构(JICA)援助西藏羊八井地热资源开发计划调查项目情况分析 |                     |     |
| 之一——调查井(CJZK3001)的钻探 .....            | 宫崎真一 曾毅 蒋勇 王大宏      | 107 |
| 苏中地区地热资源开发利用前景 .....                  | 王高 郑俊 沈兵            | 113 |
| 南宁盆地地热地质条件与地热资源开发前景评价 .....           | 孔繁业 梁礼革             | 116 |
| 云南腾冲北海是地热电力开发的最佳热田 .....              | 张兆兴 段亚东             | 131 |
| 广州市及其南部周边地热资源潜力探讨 .....               | 王军 任大国 王渊           | 136 |
| 济南地热田地热地质特征及开发利用建议 .....              | 付英 姜春永 任书才 武羽晓      | 141 |
| 重庆市地热资源开发利用前景 .....                   | 曾云松 白建华 陈光海 王治祥 曾德贵 | 147 |
| 广西南宁地热田特征与地热资源开发利用 .....              | 吴少斌 梁礼革 钱小鄂         | 151 |

|                                |             |     |
|--------------------------------|-------------|-----|
| 塘沽地压型地热田研究初探 .....             | 杨玉新 林建旺     | 161 |
| 华北平原地区主要热储层的水文地质条件及水化学特征 ..... | 高宝珠         | 166 |
| 天津地区蓟县系雾迷山组热储地热流体化学特征 .....    | 程万庆 林建旺 李俊峰 | 175 |
| 河南省鹤壁市新区地热资源特征及利用前景分析 .....    | 邓晓颖         | 179 |
| 综合开发利用 建设牛驼地热产业区 .....         | 杨逾通 冯华      | 185 |
| 河南省鲁山县下汤地热田地热资源评价 .....        | 吕志涛 韩书记     | 189 |
| 抓住机遇,大力发展地热发电及综合利用(电热联产) ..... | 吴方之 王涛      | 198 |

### 3 地热管理

|                                 |            |     |
|---------------------------------|------------|-----|
| 勘察开采地热、矿泉水和地下水资源的监督管理 .....     | 陶庆法        | 203 |
| 西安市地热资源管理的经验、教训及亟待解决的关键问题 ..... | 王润三 王战 周鼎武 | 209 |
| 北大港地区地热资源开发利用与管理现状 .....        | 邹红丽        | 215 |
| 天津大港油田地热技术标准现状及设想 .....         | 邹红丽 莫中浩 甄华 | 220 |

### 4 地热技术研究与应用

|                               |                       |     |
|-------------------------------|-----------------------|-----|
| 深层地热、浅层地源与热泵技术的利用 .....       | 陈建平 丁良士               | 227 |
| 石油行业开展地热能节能的发展前景 .....        | 王社教 闫家泓 黎民            | 232 |
| 高温水源热泵在大港油田的应用 .....          | 邹红丽 孟富春               | 239 |
| 热泵型原油加热系统可行性研究 .....          | 王洪星 潘丽萍 刘玉娥 刘杰 张法河 尹兴 | 242 |
| 地热井可开采量及布井间距的确定 .....         | 沈俊超 王朝晖               | 245 |
| 储气库建设与地热资源开发的关系 .....         | 李建东 邹红丽 徐维霞           | 250 |
| 天津地区基岩地热定向井施工工艺探讨 .....       | 马忠平 林黎 鲍卫和            | 254 |
| 地热工程中的调峰措施应用 .....            | 穆浩 齐金生 马恩成            | 258 |
| 沉积岩相地热水中亚硝酸盐增高机理探析 .....      | 王心义 袁振丽 韩鹏飞           | 263 |
| 天津地热回灌研究现状及面临的主要问题 .....      | 孙宝成 林建旺 程万庆 李俊        | 269 |
| 中国东北高寒地区地热供热综合技术措施经济性浅析 ..... | 齐学玲 齐金生 马恩成           | 276 |
| 天津地热开采动态及回灌状况分析 .....         | 李俊 曾梅香 田光辉            | 282 |
| 热泵式原油伴热系统及方案分析 .....          | 孟富春 邹红丽               | 288 |
| 北京圣世苑培训中心地热+热泵供暖系统 .....      | 董明 孟富春 王羿 张长海 程海河     | 293 |
| 影响地热潜水电泵使用可靠性的关键技术 .....      | 马恩成 齐金生 柴秀强           | 302 |
| 同位素示踪技术在地热对井回灌系统中的运用 .....    | 曾梅香                   | 305 |
| 我国地热科技论文的统计、定量分析与研究 .....     | 司士荣 马建秋               | 310 |
| 聚合物防塌钻井液在天津地热定向井的应用 .....     | 鲍卫和 马忠平 孙秀军           | 314 |
| 河南省濮阳市地热采暖可行性浅析 .....         | 张国建                   | 317 |

### 5 国际地热学会理事邀请论文

|                      |                     |     |
|----------------------|---------------------|-----|
| 2005 年世界地热能利用 .....  | 约翰·伦德               | 321 |
| 地热资源的可持续利用 .....     | 瓦尔加多·史蒂芬森 古德尼·阿克塞尔森 | 333 |
| 墨西哥 20 个州的地热储量 ..... | 依朵阿多·意格利西亚斯 鲁道夫·特瑞斯 | 346 |

# Proceedings of Chinese Symposium of Sustainable Development of Geothermal Industrialization CONTENTS

## 1 GEOTHERMAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT

|                                                                                                                                         |                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----|
| Geothermal industrialization development and sustainable utilization in China .....                                                     | ZHANG Zhenguo                                                 | 3  |
| Establish a renewable, recycling and sustainable model for development and utilization of<br>geothermal new energy .....                | LI Chunhua                                                    | 6  |
| Geothermal sustainable development in China has to follow the course of industrialization<br>development .....                          | ZHENG Keyan                                                   | 10 |
| Discussions on sustainable development of geothermal industry in China .....                                                            | CAI Yihan                                                     | 14 |
| Sustainable development of geothermal industry in China is led by science and technology .....                                          | LIU Shibin                                                    | 19 |
| Treat geothermal resources friendly and exploit cyclic economy .....                                                                    | WANG Wanda                                                    | 25 |
| Geothermal resources and its sustainable development and utilization in China .....                                                     | XU Junxiang                                                   | 29 |
| Sticking to the rule is the only way for sustainable development .....                                                                  | BAI Tieshan                                                   | 33 |
| Enlarge geothermal reinjection, secure sustainable development .....                                                                    | PAN Xiaoping                                                  | 36 |
| Exploit reasonably, manage scientifically, promote geothermal sustainable development .....                                             | BIAN Yanli, LI Lixue                                          | 41 |
| Northern Shandong Geothermal Field and its countermeasures for sustainable development and utilization<br>.....                         | ZHAO Shuquan, ZHOU Shaozhi, ZOU Zuguan, ZHAO Jichu, LIU Guiyi | 47 |
| Development and sustainable utilization for geothermal resources of basin conduction type .....                                         | LI Fu                                                         | 53 |
| Cherish geothermal resources, take the way of sustainable development .....                                                             | FENG Deli                                                     | 55 |
| Discussion on sustainable development of geothermal resources exploitation and utilization in<br>Yingshan County, Hubei Province .....  | GUO Haisheng, ZHOU Yanlong, LONG Yupeng                       | 58 |
| Geothermal resources sustainable and comprehensive utilization of at Tianyuanzhuang Hotel .....                                         | SHAO Weiyen, SUN Shiwen, ZHAO Lin                             | 62 |
| The model function of Tianjin geothermal for sustainable utilization .....                                                              | LI Junfeng, SUN Baocheng, LIN Jianwang                        | 66 |
| Geothermal resource and its ecological and environmental significance of development and<br>utilization in Shandong Province .....      | XU Junxiang, LIU Guiyi, REN Shucui                            | 72 |
| Environmental quality problems occurred during the process of exploitation and utilization of<br>geothermal fluid in Tianjin area ..... | LIN Li, SUN Baocheng, ZHAO Sumin                              | 79 |

## 2 GEOTHERMAL RESOURCES EXPLORATION, EXPLOITATION AND UTILIZATION

|                                                                                                                                                                   |                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Status, problem and suggestion for geothermal resources development and utilization in China .....                                                                | JIANG Jianjun, TAO Qingfa, HU Jie                                   | 85  |
| Geothermal resources status and its development prospect in Guangdong Province .....                                                                              | LI Derong                                                           | 92  |
| Analysis and demonstration of geothermal occurrence in Olympic Park area .....                                                                                    | XU Guanghui                                                         | 99  |
| Analysis of the JICA aided project of geothermal resources development plan in Yangbajain, Tibet-CJZK3001 investigation well drilling .....                       | Shin-ichi Miyazaki, ZENG Yi, JIANG Yong, WANG Dahong                | 107 |
| Prospect of geothermal resources development and utilization in the middle area of Jiangsu Province .....                                                         | WANG Gao, ZHENG Jun, SHEN Bing                                      | 113 |
| Geothermal geological conditions and assessment of geothermal resources exploitation prospect of Nanning basin .....                                              | KONG Fanye, LIANG Lige                                              | 116 |
| Tengchong Hot Sea Geothermal Field in Yunnan Province is the best one for power generation .....                                                                  | ZHANG Zhaoxing, DUAN Yadong                                         | 131 |
| Discussions on geothermal resources potential in Guangzhou city and its southern adjacent area .....                                                              | WANG Jun, REN Daguo, WANG Yuan                                      | 136 |
| Geothermal geological conditions of Jinan Geothermal Field and suggestions on its development and utilization .....                                               | FU Ying, JIANG Chunyong, REN Shucai, WU Yuxiao                      | 141 |
| Prospects of geothermal resources development and utilization in Chongqing city .....                                                                             | ZENG Yunsong, BAI Jianhua, CHEN Guanghai, WANG Zhixiang, ZENG Degui | 147 |
| Characteristics of Nanning Geothermal Field, Guangxi Province and its development and utilization .....                                                           | WU Shaobin, LIANG Lige, QIAN Xiaoe                                  | 151 |
| Primary study of Tanggu Geothermal Field of geopressure type .....                                                                                                | YANG Yuxin, LIN Jianwang                                            | 161 |
| Hydrogeological conditions and hydrochemical features of major reservoirs in the North China Plain .....                                                          | GAO Baozhu                                                          | 166 |
| Chemical characteristics of geothermal fluid in the reservoir of Wumishan Group, Jixian System in Tianjin area .....                                              | CHENG Wanqing, LIN Jianwang, LI Junfeng                             | 175 |
| Characteristics of geothermal resources in the New District of Hebi City, Henan Province and analysis of its utilization prospects .....                          | DENG Xiaoying                                                       | 179 |
| Comprehensive exploitation utilization and establishment of Niutuo Geothermal Industrial Area .....                                                               | YANG Yutong, FENG Hua                                               | 185 |
| Assessment of geothermal resources of Xiatang Geothermal Field in Lushan County, Henan Province .....                                                             | LU Zhitao, HAN Shuji                                                | 189 |
| Catch hold of the opportunities, vigorously develop geothermal power generation and comprehensive utilization (combined production of electricity and heat) ..... | WU Fangzhi, WANG Tao                                                | 198 |

## 3 GEOTHERMAL MANAGEMENT

|                                                                                                                     |                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| Supervision and management of exploration and exploitation of geothermal water, mineral water and groundwater ..... | TAO Qingfa                          | 203 |
| Experiences, lessons and key problem of geothermal management in Xi'an City .....                                   | WANG Runsan, WANG Zhan, ZHOU Dingwu | 209 |
| Current status of geothermal exploitation and management in north area of Dagang .....                              | ZOU Hongli                          | 215 |

|                                                                                             |                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|
| Current status and plan of geothermal technical standards in Tianjin Dagang Oil Field ..... | ZOU Hongli, MO Zhonghao, ZHEN Hua | 220 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|

## 4 RESEARCH

|                                                                                                                                       |                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Application of deep geothermal and shallow ground source heat pump technique .....                                                    | CHEN Jianping, DING Liangshi                                      | 227 |
| Development prospects of geothermal energy conservation in petroleum industry .....                                                   | WANG Shejiao, YAN Jiahong, LI Min                                 | 232 |
| Application of high temperature heat pump to Dagang Oil Field .....                                                                   | ZOU Hongli, MENG Fuchun                                           | 239 |
| Feasibility study on crude oil heating system of heat pump type .....                                                                 | WANG Hongxing, PAN Liping, LIU Yue, LIU Jie, ZHANG Fahe, YIN Xing | 242 |
| Determination of extractable quantity and intervals of geothermal wells .....                                                         | SHEN Junchao, WANG Zhaohui                                        | 245 |
| Relationship between establishment of gas reservoir and development of geothermal resources .....                                     | LI Jiandong, ZOU Hongli, XU Weixia                                | 250 |
| Technology of geothermal directional drilling in bedrock in Tianjin area .....                                                        | MA Zhongping, LIN Li, BAO Weihe                                   | 254 |
| Application of peak load adjusting in geothermal engineering .....                                                                    | MU Hao, QI Jinsheng, MA Encheng                                   | 258 |
| Study on mechanism of increasing nitrite concentration in geothermal water in sedimentary rocks .....                                 | WANG Xinyi, YUAN Zhengli, HAN Pengfei                             | 263 |
| Research status and major problems of geothermal reinjection in Tianjin .....                                                         | SUN Baocheng, LIN Jianwang, CHENG Wanqing, LI Jun                 | 269 |
| Analysis of the economical feasibility of geothermal heating comprehensive technical methods in paramos area in Northeast China ..... | QI Xueling, QI Jinsheng, MA Encheng                               | 276 |
| Analysis of geothermal exploitation regime and reinjection status in Tianjin .....                                                    | LI Jun, ZENG Meixiang, TIAN Guanghui                              | 282 |
| Scheme analysis of crude oil warming system of heat pump .....                                                                        | MENG Fuchun, ZOU Hongli                                           | 288 |
| Geothermal & heat pump heating system of Beijing Shengshiyuan Training Center .....                                                   | DONG Ming, MENG Fuchun, WANG Yi, ZHANG Changhai, CHENG Haihe      | 293 |
| Key technologies which affects the reliability of geothermal submersible pumps .....                                                  | MA Enchang, QI Jinsheng, CHAI Xiuqiang                            | 302 |
| Application of isotope tracing technology to geothermal doublet reinjection system .....                                              | ZENG Meixiang                                                     | 305 |
| Quantitative analysis and research for statistics of Chinese geothermal scientific papers .....                                       | SI Shirong, MA Jianqiu                                            | 310 |
| Application of polymeric anti-collapse drilling fluid to geothermal directional drilling in Tianjin .....                             | BAO Weihe, MA Zhongping, SUN Xiujun                               | 314 |
| Analysis of geothermal heating feasibility in Puyang City, Henan Province .....                                                       | ZHANG Guojian                                                     | 317 |

## 5 INVITED PAPERS FROM IGA BOARD OF DIRECTORS

|                                                    |                                        |     |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-----|
| Worldwide geothermal development .....             | John Lund                              | 321 |
| Sustainable use of geothermal resources .....      | Valgardur Stefansson, Gudni Axelsson   | 333 |
| Geothermal reserves of twenty Mexican States ..... | Eduardo R. Iglesias, Rodolfo J. Torres | 346 |

# **1 地热可持续发展**



# 我国地热产业化发展与资源可持续利用

张振国

(中国能源研究会, 北京 100045)

**摘要** 通过对我国地热资源特性的分析和认识, 使地热工作者清楚地意识到, 地热产业必须依靠高技术, 建立起良性循环的地热开发体系, 是实现可持续发展必由之路。

**关键词** 地热资源, 地热开发体系, 高科技, 可持续发展

当今世界, 地热能已成为新能源家族的重要成员, 它洁净、污染环境少, 又称绿色能源。如果把太阳能、风能、地热能、生物质能和海洋能等加在一起, 可统称“新能源和可再生能源”。

在中国, 地热资源作为能源矿产被人们所认知尚不足 30 年历史, 但是, 这一新型矿种被列入《矿产资源法》的矿产资源目录, 是经过了长期开发实践和科学论证的。首先, 1969 年在广东丰顺利用  $90^{\circ}\text{C}$  的地热流体建成了我国有史以来的第一座 200kW 的地热试验电站, 随后又在湖南宁乡、江西宜春、河北怀来、辽宁熊岳等地建成了 50~300kW 的地热试验电站; 1976 年在世界屋脊西藏羊八井海拔 4300m 的盆地, 建成了  $140\sim 150^{\circ}\text{C}$  的高温地热电站。目前羊八井地热电站装机已达 25MW, 年发电 1 亿度左右, 约占拉萨电网发电量的 20%, 为西藏社会经济发展、人民生活质量的提高做出了重要贡献。这些实例也在理论和实践上充分证明了地热可以作为能源矿产资源被经济开发利用。它近有实效远有前景。

我国地热资源十分丰富, 类型齐全, 中低温地热资源分布广泛, 因此到目前为止非电的地热直接利用装置总量已达 3056 MW, 居世界首位。进入 21 世纪后, 随着国家现代化建设及社会主义市场经济的发展, 以及全面建设小康社会的需要, 地热产业化发展方兴未艾。地热与其他新能源和可再生能源必将成为我国国民经济的新兴产业, 在能源安全、环境保护和可持续发展战略上发挥重要作用。

## 1 地热资源开发与潜力评估

根据国际能源市场的战略考虑和全球环境保护要求, 我国今后将大力发展太阳能、风能和地热能等新能源和可再生能源, 到 2015 年开发总量将达到 4300 万吨标准煤当量, 约占当时能源消耗总量的 2%, 新能源和可再生能源将成为强劲的新兴产业, 对减少大气污染, 改善环境质量将起到明显作用, 预计可减少温室气体  $\text{CO}_2$  3000 多万吨, 减排  $\text{SO}_2$  200 多万吨以上。全球化石燃料的逐渐耗竭, 以及它对环境负面效应, 必将促进和大大加快新能源和可再生能源的开发力度, 预计到 2020 年, 我国实现了全面小康社会, 新能源供应将是我国能源消耗的重要支撑, 大力开展地热能的勘察与开发研究应是国土资源发展战略的重要选择。

通过 30 多年地热地质调查, 全国已发现地热区 3200 多处, 已完成的大、中型地热田勘察 50 多处, 主要分布在京津冀、东南沿海、内陆盆地和藏滇地区。其中大于  $150^{\circ}\text{C}$  的高温地热系统, 即直接可以用于发电的有 255 处, 总发电潜力 5800MW/30a; 中低温地热系统可用于非电直接利用的 2900 多处, 开发潜力在 2000 亿吨标准煤当量以上。目前我国总体上开发利用不到资源保有量的千分之一, 地热资源保证程度相当好。

随着我国市场经济快速稳定发展和全面建设小康社会, 城市化程度将大大加强, 人民对

于生活质量、环境质量要求将大大提高,地热市场的需求会更加强劲。如我国北方比较寒冷地区,大力开发地热以解决城市供暖、热供水,现代化农业温室种植养殖;我国中部温带地区开发地热以矿泉疗养、温泉旅游为主的利用;南方亚热带开发地热以空调制冷、休闲度假为主的利用前景广阔。总之,地热开发结合地区的地理环境,经济特点,以市场为导向,以科技为基础,不断创新,要求上水平、上档次,形成产业化规模,定将达到社会经济、环境效益最优化。

## 2 地热资源的可持续利用

由于地热是矿产资源,所以要深刻认识地热资源再生性、耗竭性和开发利用的两重性,这样才能把节约资源、保护资源、保护环境放在重要地位,才能使地热资源可持续利用。

**2.1 地热资源的不可再生性** 从地质学的观点,地热资源的生成是一种地质事件。首先地热资源的生成有区、带特征,如全球地热富集带主要分布在现代板块碰撞边缘和板块开裂部位,以及现代裂谷带之中,除此之外的其他地区很难找到高温、高品位的地热资源。调查研究资料还充分表明,地热资源的生成是地壳运动、岩浆活动在一定地质构造条件下产物,是一种地质过程,因此只有用地质学及其相关的理论和方法才能研究清楚。

作为地热资源,如果离开了地热田则毫无意义。只有用正确的地热地质理论与方法查明了地热田并科学地开采地热储中的热能,地壳中聚集的热量才会有经济价值,通过热储工程体系才能把地下热能转化成商品,地热能才成为地热资源。

地热系统在地质历史过程中是动态的,它遵循能量守恒和质量守恒原理。地热资源在地质时间尺度上也是变化的,一个地热系统有它发生、发展和衰亡的过程,比如古代的高温地热系统,在它衰亡之后就演变成了现代矿床,从矿床学的角度来看,现代高温地热系统它是正在生成的热液矿床。西藏羊八井地热系统正在生成硫磺矿,并在岩石的裂隙中还发现有辉锑矿等。

综上所述,地热资源有明显的矿产资源属性,同时它是不可再生的。现代地热田通过同位素研究其年龄至少有几十万年,就盆地型地热流体来说其碳同位素年龄也有2万年左右或者2万年以上。

**2.2 地热资源是耗竭性资源** 地热田中的地热流体通过优化的“热储工程”进行开发,地热田中的热能量和质量将会在一段时间过后失掉平衡,能量、质量和相关参数将随时间而衰减。因此,国际上和我国现行规范规定,高温地热田服务年限为30年,中低温地热田服务年限为100年,超过这些年限后,地热田的出力将达不到设计要求,可采储量将逐渐消耗,从此明显看出地热资源是一种耗竭性资源。

**2.3 地热资源开发利用的两重性** 在论证了地热资源的不可再生性和矿产资源属性以及它的耗竭性之后,再论证地热资源开发利用的两重性就十分简单了。人类利用地热已有二、三千年历史,但在20世纪以前,那只不过是利用地热资源的天然露头——温泉。但已观测到地热田的温度、压力、流量的衰减现象,感觉到了地热资源的耗竭过程。这就促使人们一方面要勘察发现新的地热田,同时研究和试验减缓资源耗竭的措施,努力实现延长地热田寿命,达到长期、稳定开发的目的。这个目标是能够实现的。

## 3 依靠高科技,建立良性循环地热开发体系是实现可持续发展必由之路

可持续发展不仅是奉行资源、环境政策,而且是一项现代化战略。在贯彻实施可持续发

展的思想中蕴藏着巨大的经济、环境和社会的革新潜力。我们应当认识到改变老的落后理念，转变传统的生产模式和经济结构，适应新的生产力发展，是一场深刻的社会变革。因此，坚持可持续发展是创新的动力。具体到地热行业，由于先进科学理论和先进科学技术的引入，可以使地热产业化走向新的高点，依靠高科技，搞科技创新，达到地热开发体系的最优化，一定会使地热行业现代化水平大大提高，为国家现代化建设发挥应有作用。

当前，地热热泵、地热回灌技术和三维动态资源信息管理，已是我国地热开发利用和产业化中的热点问题。它是依靠高科技建立起来的节约资源，合理用能、延长地热田寿命，保护环境从而形成良性循环地热开发体系，也是地热行业贯彻执行可持续发展战略的重要举措。良性循环地热开发体系可以有效地保证原来可以用 100 年的地热资源，就可以延长 200~300 年或者更长。

我们认为，建立良性循环地热开发体系，开展热储环境工程研究，是地热开发与保护资源、保护环境的结合点。

#### 4 结语

地热开发技术的创新要落实到地热产品的开发上，具有特色的地热产品才能保持创新的活力。地热行业的规范化、标准化体系健全和完善是地热可持续发展的技术支撑，其他更重要的还有政策、法规的健全和完善，以及经济规律的作用，这些因素综合起来才能确保地热事业发展与资源可持续利用，使新能源产业逐渐发展壮大，为国家现代化做出更大贡献！

# 创建可再生、可循环、可持续的地热新能源 开发利用模式

李春华

(天津市规划和国土资源局地热管理处, 天津 300070)

温家宝总理在省部级领导干部“树立和落实科学发展观”专题研究班结业式上的讲话中提出:坚持可持续发展,就要统筹人与自然和谐发展,处理好经济建设、人口增长与资源利用、生态环境保护的关系;特别是随着经济建设快速增长和人口的不断增加,能源、水、土地、矿产等资源不足的矛盾越来越尖锐,生态环境的形势十分严峻。高度重视资源和生态环境问题,增强可持续发展的能力,是全面建设小康社会的重要目标之一,也是关系中华民族生存与长远发展的根本。

## 1 能源形势分析

能源相当于城市的血液,它驱动着城市的运转。现代化程度越高的城市对能源的依赖越强,因为能源在维系以下重要功能:照明、交通、餐饮、供暖、降温、自动化管理系统。

不少人把美国的经济模式看成是一种成功的发展模式。然而美国的环境科学家 Daniel Botkin 和 Edward Keller 在他们 1995 年撰写的《环境科学》一书中坦率地指出了美国社会对三大化石燃料的依赖问题,并指出了美国社会对能源的使用存在很大的浪费(约有 50% 的能源被浪费掉了)。因此,从建立可持续发展城市的角度来看,照搬美国现有的城市模式可能会带来很大的能源消耗负效应。

1994 年,国务院发布了 21 世纪人口、环境和发展白皮书,标志着国家级水平的可再生能源开发迈出了第一步,它是中国的可再生能源开发中长期战略实施的指南。

基于白皮书上列出的大纲性指南,1995 年发布的“1996~2010 新能源和可再生能源开发项目”为中国的可再生源开发设置了一个清晰的发展规划,中国目前的一次能源消费主要依靠煤炭(75%)和石油(18%)。为改变这一能源结构,扩大可再生能源技术的应用,成为国家整体发展战略的一个重要部分。尽管开发可再生能源可以减轻能源消费对环境产生的危害,并且中国在为偏远地区提供可再生能源服务方面已有一定能力,开发可再生能源的活动也日益得到国内和国际上的支持,但是目前在中国仍然存在着一些推广应用可再生能源技术的障碍。

## 2 传统能源利用问题分析

随着我国国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,人们的日常生活以及大、中、小型企业对能源的需求迅速增长,而且基本依赖化石燃料。这大量能源消费的同时,不仅加大了环境污染,也造成了大量的能源浪费。在这些能源十分短缺的形势下,能源利用方式及其造成的负面影响是与国民经济发展极不适宜的。一方面,现代城市人口密集,家庭中大量使用制冷空调,在给家庭带来凉爽的同时,也把热能排放到城市大气中。据测算:一座面积 50000m<sup>2</sup> 的现代建筑,废热排放就高达 6500kW,其结果必然形成城市的“热岛效应”,造成城市气温升高,给城市环境带来了严重的热污染。除了制冷空调外,还有大量的工业废

水、城市污水、湖水以及地热尾水等低品位热源被闲置或直接排放,也给城市环境带来热污染。另一方面,这些能量的直接排放,而不通过先进技术加以利用,也是对能源及资源的极大浪费,比如,如果能把 1000 多座面积  $50000\text{m}^2$  的现代建筑的废热排放完全加以利用,那就相当于一座大中型的水电站。

当城市的能源主要依靠燃烧化石燃料(煤炭、石油、天然气)而获取时,能源消耗越高,越会影响城市的可持续发展。一是因为大量燃烧化石燃料会带来多种环境问题(尤其是气候变化问题),二是由于化石燃料不可再生,资源终将枯竭。

目前,循环经济理论已受到国内外学者重视,在能源方面,逐渐由高开采、低利用、高排放向低开采、高利用、低排放转化。

### 3 地热清洁能源技术的创新与发展

中、低温地热水的开发利用,在利用工艺技术和循环利用模式方面都有了许多新进展,现今已发展到在更广泛的区域和领域使用,并同时解决供热与制冷问题。诸如“开发的深部地层储能反季节循环利用技术”;“地热资源梯级、循环利用技术”;“多水源联动运行空调技术”等都成为清洁能源利用的成熟技术。不仅可利用更多的清洁能源,而且因其无污染和可再生特性成为 21 世纪最有开发价值的绿色环保新能源之一,属于清洁能源系统。

特别提出利用地层储能,实行反季节循环利用技术及工艺,不仅能够降低大气的热(冷)污染,而且可极大地提高能源的利用效率,有利于保护环境,节约能源,是循环经济的典型模式,具有重要的社会价值和经济价值。

地层储能技术的应用,并不是单一地为解决能源问题,还有增加地下水补给量,抬高地下水位,控制地面沉降,改善地下水水质等多种目的。我国含水层储能的储水构造具有多种类型,既有坚硬岩层的岩溶裂隙含水层,又有松散层的孔隙含水层。储能管井的回灌方法,除上海采用压力回灌外,其他城市大都采用真空回灌,回灌水的水源北方多为地下水,南方则采用地表水、地下水和工业过滤回水。为提高储能井的储能量和能量利用率,我国许多城市还创造了一些经济合理的含水层储能回灌技术。

### 4 不同资源条件下地热新能源利用模式

作为一种清洁的新能源,地层能源的开发利用具有广阔的发展前景。它的开发利用,不仅是经济发展的新型能源,而且在利用的同时对环境不带来新的污染。不仅有较好的经济效益,更重要的是具有明显的环境效益和社会效益。更多地利用新能源会缓解常规能源的消耗给环境带来的污染。正因为它能替代其他的常规能源,在某种意义上也增强了常规能源的开发利用潜力。地层能源的开发利用,在许多行业 and 部门已发挥了较大作用,应用领域日渐扩大,利用技术不断创新,显示了强劲的发展势头。

**4.1 地层储能反季节循环利用空调技术示范工程** 在城市供热与制冷问题中,通常存在着夏季为了制冷而同时向大气排热的问题,冬季为了供暖而同时向大气排冷的问题,即为单向能源利用方式,能源被消耗的同时,带来了严重的环境污染。针对这种现象,研究提出了“深部地层储能反季节循环利用技术”。基本思路是:在夏季把热能储存于深部地层热能库中,冬季把冷能储存于深部地层冷能库,通过地表建筑物热泵空调系统,在冬季把热水源抽出来供暖,在夏季把冷水源抽出来制冷,实现“夏灌冬用”进行供热,“冬灌夏用”解决制冷的反季节循环利用,即可循环、可再生模式。这项技术具有供热、制冷、供应生活水的单