

新时代地热资源勘查开发问题研究

卢予北^{1,2}, 李 艺³, 卢 玮¹, 李贵亮⁴, 陈 莹^{1,2}, 王攀科¹

(1.河南省地矿局第二地质环境调查院,河南 郑州 450053; 2.河南省深部探矿工程技术研究中心,河南 郑州 450053; 3.中国地质科学院勘探技术研究所,河北 廊坊 065000; 4.河南省地矿局第四地质矿产调查院,河南 郑州 450000)

摘要:地热清洁能源的开发利用不仅可以实现节能减排、优化能源结构,而且还可带动相关设备制造、城镇清洁供暖、温泉小镇建设、特色生态农业、理疗休闲度假、旅游等相关产业。国家《地热能开发利用“十三五”规划》的发布,以及治理大气污染的现实需要,地热资源开发利用必将迎来一个快速发展期。因此,实现可持续、科学、合理规划利用是一个新的课题。本文从地热资源管理、开发利用、工程和地热温泉文化建设方面对相关问题进行了研究与思考。建议加强政策引导,规划统一管理,加强监管,并重视宣传和科普,主动作为,以提升新时代地质工作的服务能力和作用地位。技术方面,应加大深井换热系统的技术研究;在地层条件允许情况下优先选择空气钻井(孔)和泵吸反循环钻井工艺;开展高强度、耐腐蚀、导热性好的新型成井管材的研发。

关键词:新时代;地热资源;勘查;开发利用;浅层地热能;水热型地热;干热岩;地热供暖;地热发电

中图分类号:P634;P314 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)03-0001-08

Research on the Exploration and Development of Geothermal Resources in the New Era/LU Yu-bei^{1,2}, LI Yi³, LU Wei¹, LI Gui-liang⁴, CHEN Ying^{1,2}, WANG Pan-ke¹ (1.No.2 Institute of Geo-environment Survey of Henan, Zhengzhou Henan 450053, China; 2.Henan Engineering Research Center of Deep Exploration, Zhengzhou Henan 450053, China; 3.The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 4.No.4 Institute of Geological & Mineral Resources Survey of Henan, Zhengzhou Henan 450000, China)

Abstract: The development and utilization of clean geothermal energy can not only achieve energy saving & emission reduction and optimize energy resource structure, but also drive related equipments manufacturing, urban clean heating, hot spring town building, characteristic ecological agriculture, physical therapy and leisure vacation, tourism and other related industries. With the issuance of “The development and utilization of geothermal energy ‘13th Five-year’ Plan” as well as the practical needs of controlling air pollution, there will be a rapid development period of geothermal resources development and utilization. Therefore, sustainable, scientific and reasonable planning utilization of energy will be a new topic. This paper studies the related issues in geothermal resources management, development and utilization, engineering and hot springs cultural construction. It is suggested by strengthening policy guidance and supervision, carrying out unified management and paying attention to publicity and science popularization to enhance the service ability and role of geological work in the new era. In terms of technology, the technology research should be strengthened on deep well heat exchange system, air drilling and pump suction reverse circulation drilling technologies should be preferred under the permissible geological conditions, development of new type tubing with high strength, corrosion resistance and good thermal conductivity should be carried out.

Key words: new era; geothermal resource; exploration; development and utilization; shallow geothermal energy; hydrothermal geothermal; hot dry rock; geothermal heating; geothermal power generation

0 引言

地热资源是指能够经济地被人类所利用的地球内部的地热能、地热流体及其有用组分,目前可利用的地热资源主要包括天然出露的温泉、通过热泵技

术开采利用的浅层地热能、通过人工钻井直接开采利用的地热流体以及干热岩体中的地热资源^[1]。地热资源主要分为浅层地热能(200 m 以浅)、中深层水热型地热(1000~3000 m)和干热岩(3000~6000

收稿日期:2018-01-26

基金项目:河南省地勘基金项目“河南省干热岩资源潜力调查评价”(编号:2017-22);河南省地质科技项目“河南省典型地区浅层地热能开发热失衡问题研究”(编号:2015-1992-11)

作者简介:卢予北,男,汉族,1964年生,教授级高级工程师,地质工程专业,博士,从事地热资源勘查开发与深部钻探技术研究、管理工作,河南省郑州市南阳路56号,lu-yubei@263.net。

m)3种类型。其中,水热型地热是目前勘查开发的主要类型,它具有分布广泛、热流密度大、热物性参数稳定、可直接利用等特征^[2],是一种集“热、矿、水”为一体的特种矿产资源^[3]。

与传统化石类煤、石油、天然气等相比,地热资源属于可再生清洁能源,在建筑物供暖、工业烘干、农业种植养殖、温泉理疗等领域可以起到替代作用;在发电方面与太阳能、风能、生物质能相比,地热能不受季节和昼夜变化的影响,系统运行稳定,并且利用率高。据联合国《世界能源评估》报告显示:地热能发电利用系数可达74%以上,是太阳能(14%)的5.2倍、风能(21%)的3.5倍和生物质能(52%)的1.42倍^[5-6]。

因此,大力发展地热清洁能源勘查开发,促进地热资源科学、高效、综合开发利用,对优化我国能源结构、节能减排、环境保护和减少雾霾具有积极意义,也是促进生态文明建设的重要举措。

2017年初,发改委、能源局、国土资源部联合颁发了《地热能开发利用“十三五”规划》,这也是从国家层面上首次把地热资源开发利用正式列入国家的

发展规划。所以,预测未来10年,地热清洁能源勘查开发将迎来黄金发展期,也将成为新时代地质工作转型发展的重要机遇。

1 我国地热资源潜力与节能减排分析

地热能源主要来自地球深处,资源量巨大、分布广泛。每年自然释放的地热能相当于全球耗电量的5倍。藺文静等(2012)和 Wang et al.(2013)估算了我国大陆3~10 km干热岩资源量约为 2.5×10^{25} J,相当于860万亿t标准煤,按2%的可开采资源量计算,相当于我国目前能源消耗总量的5200倍左右^[4]。王贵玲等(2017)对我国浅层地热能和中深层水热型地热资源潜力进行了潜力评价并提出:全国336个地级以上城市浅层地热能资源每年可开采量折合标准煤7亿t,可替代标准煤11.7亿t/a,节煤量4.1亿t/a;水热型地热资源量折合标准煤12500亿t,每年地热资源可开采量折合标准煤18.65亿t,发电潜力为996万kW^[1]。目前已查明全国出露温泉2334处,备案地热开采井5818眼(参见图1)。

据统计和测算:1t煤炭燃烧平均会产生11kg

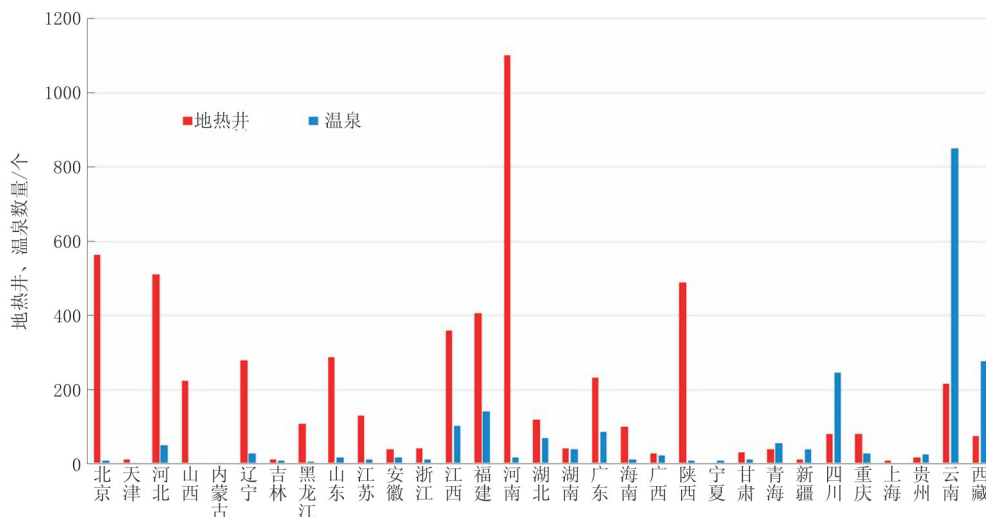


图1 全国地热井和温泉统计(数据来源:中国地质调查局,2016年度)

烟尘、8.5 kg 二氧化硫、7.4 kg 氮氧化物^[7]。我国每年煤炭能源消耗量为36.1亿t,煤田火区自燃消耗资源量为3000万t,总计每年消耗煤炭资源量36.4亿t。产生的烟尘、SO₂、NO_x 污染物分别为4000.4万t、3094万t、2693.6万t。

地热资源开发利用可以减少温室气体排放,节能减排效果显著。据相关公式和经验测算:10000 m² 公用建筑物采用地热能供暖,每季可减少CO₂

排放350~400t;减少SO₂排放2~4t;减少氮氧化物排放0.9~1.2t;减少粉尘排放1.0~1.5t。按照目前中国地热资源量计算(不包括干热岩):每年可减少CO₂排放量高达24亿t,其中浅层地热能开发利用可减少CO₂排放6亿t,中深层水热型地热资源开发利用可减少CO₂排放18亿t^[1]。

开发利用深部地热资源,不但可以替代传统化石类能源、节能减排,更重要的是可以有序控制地下

能量的释放(地震、火山喷发及地气无序溢出),起到减震防灾作用^[8]。

2 地热资源应用领域

目前,浅层地热能主要用于建筑物供暖制冷,中深层水热型地热资源主要用于城镇供暖、温泉度假、种植养殖等。图 2 是中国不同领域(行业)中深层水热型地热资源开发利用所占比例,从图 2 可以看出:我国水热型地热资源多数情况用于温泉度假、种植养殖和生活热水,用于建筑物供暖占 32.7%,地热发电仅占 0.5%。在地热发电和城镇供暖方面所占比例远远低于欧美地热发达国家。

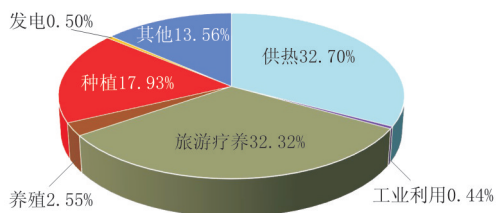


图 2 中深层水热型地热资源开发利用所占比例^[1]

地热清洁能源供暖制冷将替代传统的化石类(煤炭、石油、天然气)供暖方式,不但可以加速能源结构调整和优化、节能减排,还可以推进新型的能源产业发展。

浅层地热能开发利用方面,美国、瑞典、瑞士、德国、加拿大、奥地利、法国和荷兰等欧美国家发展迅速,并且效果显著。在地热供暖方面,冰岛 74% 以上建筑物实现地热直接供暖,受惠人口占全国的 85%^[9],土耳其 30% 以上建筑物也全部采用地热供暖。

浅层地热供暖制冷系统,需要大量的热泵机组、金属和新型塑料管材及辅助设备安装。同时,地下能源交换系统需要水文地质勘查和大量的钻井(钻孔)工程。地热产业发展同时,势必会带动适合 200 m 左右轻便钻机和中深层地热钻机及配套设备、钻具等制造产业的快速发展。

中深层水热型地热水质中富含各种矿物质,特别是河南省多数地区地热水中富含锶、硒、偏硅酸等。在地热资源梯级或综合开发利用中,常常用地热水种植养殖特色农产品和水产品。冬季地热尾水可大面积用于大棚室内种植养殖,形成新型的特色农业和观光农业产业,如富锶和富硒瓜果蔬菜、冬季大棚蔬菜花卉种植养殖和观赏。

地热水质富含锶、偏硅酸、氟、氡、铁等几十种对人体有益的矿物质,具有一定的疗养、治疗功能和保健作用。目前世界各地均在利用地热温泉作为品牌带动当地旅游、度假、养老、房地产和餐饮等产业。在我国各省发展不均衡,普遍存在着资源浪费(无序排放)和单一利用,缺少品牌和地热(温泉)文化。

地热发电方面,根据世界地热大会报告数据,全球地热资源利用方式中,地热发电利用占利用总量的 17%。2012 年全球地热发电装机容量为 11446 MW,中国仅为 24 MW,截至 2015 年底,我国地热发电总装机容量也仅为 27.88 MW,居全球第 18 位,占全球地热发电装机容量的 0.2%,可见与地热发达国家相比有较大差距^[10]。20 世纪 70 年代初,我国先后在广东丰顺、山东招远、辽宁熊岳、江西温汤、湖南灰汤、广西象州、河北怀来等地建成中低温试验性地热站,但目前除广东丰顺地热站外,其余均停止运行。高温地热发电方面,西藏羊八井地热发电站是唯一亮点,在国家的大力扶持下,该高温地热发电站 20 世纪 70 年代顺利建成投产并运营至今。

3 地热资源勘查开发利用将迎来黄金发展期

地热资源的开发利用正在受到广泛的关注并成为热点,严峻的环境污染现实需求、国家和各级政府的高度重视、相关核心技术的进步和突破等,可以预示,地热清洁能源勘查开发将迎来黄金发展期,也将成为新时代地质工作转型发展的重要机遇。

3.1 改善环境和大气污染的现实需要奠定了基础

目前中国是全球温室气体排放量最大国之一,约占全球的 1/4^[11]。二氧化碳(CO₂)和臭氧(O₃)是大气中最重要的温室气体,据最新数据统计,我国的消耗臭氧层物质和二氧化硫(SO₂)排放量位居世界第一位,二氧化碳(CO₂)排放量居世界第二位,仅次于美国,氮氧化物和其他粉尘颗粒污染物的排放量也居世界前列^[12]。由此可以看出,我国环境与大气污染形势依然严峻,问题也比较突出,并出现了由经济发达地区向欠发达地区和偏远地区转移的新的特征。

人类的过量活动(燃煤、汽车尾气、农业施肥等)及地质作用(地球排气、火山喷发、地震、煤田地火等)诱发的大气污染和雾霾已逐渐形成共识^[13-15]。

应对气候变化,治理大气与环境污染,改善能源结构势在必行,而与风能、太阳能等清洁能源

相比,地热能的稳定性和平均利用系数都是前者无法比拟的。

3.2 国家层面的高度重视是关键

党的十九大报告明确中国特色社会主义进入了新时代,并在报告中指出:要加快建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向,建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。构建市场导向的绿色技术创新体系,发展绿色金融,壮大节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业。

2017年初,国家发展改革委、能源局、国土资源部联合颁发了《地热能开发利用“十三五”规划》,对地热资源发展目标、关键技术研发等做出了明确规划,明确提出:“十三五”期间要掌握地热产业关键核心技术,形成比较完备的地热能开发利用设备制造体系、突破干热岩开发钻井工程关键技术等。这是从国家层面上首次把地热资源开发利用正式列入国家的发展规划。对于这一个提振信心的政策出台,中国科学院汪集暘院士认为:“十一五”风能被写进能源规划,结果风能装机翻了好几番;“十二五”把太阳能写进能源规划,据说太阳能装机增长了100多倍。以目前地热的基础和发展状况,翻番甚至十几倍是值得期待的^[16]。

近年来,国家部委还相继出台了一些关于支持地热清洁能源开发利用的政策和文件。

2016年,《中国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中指出:建设现代能源体系,加快发展生物质能、地热能,加快推进地热能利用等技术研发。

2016年12月20日国土资源部《我国地热探测与地热能利用方案》指出:到2030年,建立地热能探测与规模开发成套技术,突破干热岩高效利用核心技术,为地热资源占国家一次能源消费总量达3%提供支撑。

2017年4月18日,国家能源局下发《关于可再生能源供热的意见》,要求到2020年全国地热开发利用规模达到16亿 m^2 ,同时大力发展浅层地热能水源热泵、工业供热、种植养殖,折合标准煤93000万t/a。

《国土资源“十三五”科技创新发展规划》提出:在“十三五”期间,将重点开展万米以浅地热资源探测重大科学技术研究;继续扩大浅层地温能调查评价范围;开展重点地区干热岩调查,圈定靶区,评价开发利用潜力,利用3~5年时间,初步建成2~3个

干热岩勘查开发示范基地等工作。

2017年12月29日,国家发展改革委、国土资源部、环境保护部、住房和城乡建设部、水利部、国家能源局联合出台了《关于加快浅层地热能开发利用促进北方采暖地区燃煤减量替代的通知》(发改环资[2017]2278号),要求因地制宜加快推进浅层地热能开发利用,推进北方采暖地区居民供热等领域燃煤减量替代,提高区域供热制冷能源利用效率和清洁化水平。

3.3 各级政府的大力扶持是保障

地热资源的勘探开发利用同样得到各级地方政府的鼓励和扶持。河北、陕西、河南、山东、贵州、上海、安徽等省市继北京和天津之后,也相继出台了地方地热资源开发利用“十三五”规划或相关支持政策。列举部分如下:

2017年1月4日,河南省发布了《河南省“十三五”能源发展规划》,提出“十三五”期间,新增地热供暖制冷面积3000万 m^2 ,累积达到5500万 m^2 ;

2017年3月15日,上海市人民政府印发《上海市能源发展“十三五”规划》,“十三五”期间力争新增地热能利用面积500万 m^2 ;

2017年4月25日,河北省住房和城乡建设厅印发《河北省城镇供热“十三五”规划》,力争到2020年,地热能供热能力累积达到1.3亿 m^2 ,替代标煤337万t,减排二氧化碳800万t;

2017年4月30日,安徽省人民政府办公厅印发《安徽省能源发展“十三五”规划》,规划指出要积极发展可再生能源,推广热泵系统、冷热联供等技术应用,扩大地热能和空气能利用;

2017年5月3日,山东省发展和改革委员会印发《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划(2016—2030)》,力争2020年底,山东省地热能总供暖(制冷)面积达到1.4亿 m^2 。到2030年底,山东省地热能总供暖(制冷)面积达到3亿 m^2 ;

2017年5月8日,贵州省发展和改革委员会、贵州省能源局联合印发《贵州省能源发展“十三五”规划》,到2020年能源消耗总量11800万t标准煤,其中非化石能源2400万t标准煤;

2018年1月8日,陕西省发布《关于发展地热供热的实施意见》,提出了建设地热能供热规模化应用试点示范区3~5个,发展地热能供热800万 m^2 以上的发展目标,力争到2020年建筑地热供暖应用

比例占新增建筑供热的 10%。

3.4 相关核心技术的创新突破提供了支撑

地热资源的开发利用是一个大的产业链,涉及到多学科领域。近年来,随着国家在新型洁净能源方面科研投入力度的加大,众多相关的关键技术取得了进展和突破。仅就钻井完井技术而言,耐 240℃ 高温的水基钻井液^[17]、超高温测温仪、涡轮钻具等研制成功,一批智能化、电驱动的升级换代地热专用钻机陆续推出,使找到并利用更深的地热资源变成了可能。此外,水平定向钻进技术、非开挖铺管技术等技术的日益完善,可以提高地热能的利用效率,降低开采成本。

3.5 产业活力增强,吸引资本投入,为产业的发展提供动力

2017 年以来,地热行业进入了空前的活跃期,各类地热资源勘探开发相关的学术研讨、培训及交流活动频繁。在人才培养方面,相关高等院校积极加强新能源和地热学科建设,如中国石油大学(北京)提出“新能源科学与工程”(地热、天然气水合物、先进能源材料)一流学科建设方案;成都理工大学在“新能源科学与工程”专业设置了地热方向;河北地质大学成立了地热学院,加强地热学科建设。

目前,地热产业也吸引了大量民营资本的进入。地美特新能源科技有限公司董事长陈泽民是三全食品的创始人,他退休后重新创业,投资地热发电,从研发、钻井到前期试验,先后投入了上亿元资金,2018 年 1 月 13 日,位于云南瑞丽的地美特地热发电站分布式地热发电项目发电试验成功。该地热发电站规划装机 10 MW,目前净发电能力 1.2 MW。虽然目前还是处于“烧钱”状态,但陈泽民信心满满:“烧钱只是前期的,如果后续能够发展壮大,能够有政策支持,实现像光伏一样的规模化建设,地热发电的成本是可以不断下降的,未来有能力和光伏、风电甚至是火电竞争”^[18]。

政府重视支持,产业活力十足,大量资本投入,地热产业发展的“春天”已经到来了。

4 主要问题研究与思考

4.1 政策引导及观念问题

尽管目前出台了許多支持地热清洁能源开发利用的政策和文件,但是在许多地方对地热资源的认识还处于一个一知半解的状态,认为地热开发会造

成地面沉降、建筑物裂缝等。由于惯性思维,目前电仍然是供暖制冷的主要能源。电是怎么来的?许多地方为了减少雾霾和煤的消耗,把燃煤电厂改造成天然气热电联产,大力推广并实行“煤改气”行动。2013 年 11 月,中国工程院院士、中国能源学会会长倪维斗在“空气质量管理国际研讨会”上提出:燃气热电联产排放的主要成分是 NO_x ,对雾霾 $\text{PM}_{2.5}$ 贡献较大。

在目前技术经济条件下,地热资源开发利用基本都实现了密闭状态下的供暖制冷,达到了“取热不取水”,地下钻孔和钻井仅仅是热交换的空间,从而不会造成地下水位下降、地下水水质变化、地面沉降等地质环境问题。地热资源具有资源储量大、分布广泛、开发利用便利、开发成本低、系统运行稳定可靠等特点。在初期投资方面略高于燃煤锅炉和燃气锅炉,但是,后期运行费用则是所有供暖方式中最低的。根据郑州市发改委相关数据显示,郑州市集中供暖目前收费标准 0.19~0.28 元/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),而地热(浅层和中深层)供暖运行费用仅 0.08~0.12 元/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$)。无论是燃煤还是燃气供暖均排放大量的粉尘、 CO_2 、 NO_x 、 SO_2 等污染物,而地热清洁能源供暖制冷则是零排放,绿色环保、环境效益显著。

4.2 地热资源管理问题

地方政府在地热洁净能源前期勘查投入不足,地热地质基础资料不详实、不全面,地热地质基础工作较差。特别是地热能开发属于哪个部门监管和审批,都没有明确规定。许多地方把地热资源列入地下水资源进行管理,从而出现了不回灌、回灌困难、乱排放等诸多问题。另外,大部分地方缺乏地热清洁供暖统一规划,各地在制定供暖规划中仍较少考虑地热清洁能源供暖。如河南就没有真正意义上实行统一管理,出现了乱批、乱采和无序现象。所以,目前急需解决的问题是:明确地热资源属性和地热资源开发利用监管部门,规范地热资源勘查与开发市场;制定地热能开发利用发展规划和立法,制定相关规范标准,出台相关优惠政策、措施,鼓励地热清洁能源的勘查与开发。

4.3 水热型地热资源综合利用问题

图 3 是国内最为常见的水热型地热供暖示意图。多数地区地热水使用单一,没有综合和梯级利用,从而造成宝贵资源的浪费。特别是温泉洗浴的尾水(温度 38~42℃ 左右)全部白白排放,不但造成

热能的浪费,同时还导致热污染和地下水环境的破坏。真正的地热资源综合利用理念是把地热供暖、工业烘干、温泉疗养、度假、种植养殖(观光农业)等一体化整体规划开发,这样才可能形成地热产业化,其经济效益、社会效益和环境效益更为显著。

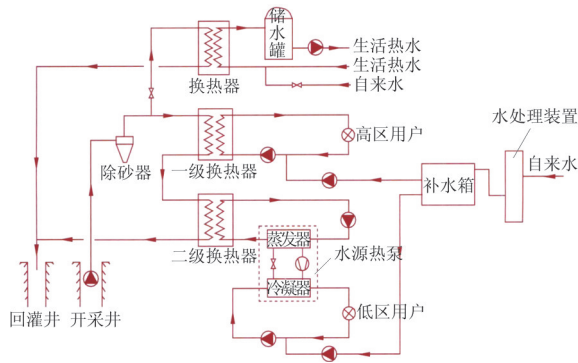


图3 国内常见水热型地热供暖示意图

在中深层水热型地热供暖方面,国内主要是采取对地热水循环取热后进行回灌。这种方式换热效率和能源利用系数高,每延米换热功率 $>1000\text{ W}$,且技术相对成熟和成效显著。但是,有些地层回灌率低不能实现 100% 回灌,或者回灌水是否全部进入原储层中?长期大量低温水回灌是否会引区域地质环境变化和冷热失衡?这些都是新的课题和面临的挑战。目前,地热供暖市场出现了一种“取热不取水”深井内套管换热技术,其换热效果和冷热失衡问题,还需要实际工程和应用的检验。实际上该项“取热不取水”换热技术早在1995年德国、瑞士、美国等西方国家就开始使用,据统计:井底温度 $45\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$,每延米换热功率仅 $43\sim 67\text{ W}$,换热功率 80

$\sim 150\text{ kW}^{[19]}$ 。深部地热钻井工程投资较大,如果这么低的换热功率,势必会增加初期投资和运行过程的能耗。但是,“取热不取水”换热技术是未来发展方向。所以,针对不同地区地热地质条件,加大深井换热系统的技术研究和应用具有一定的现实意义。该系统应该涉及耐腐蚀、导热性好的换热套管或循环管线新型材料的研发、密闭环路中低沸点循环介质选择、回填材料的选择及地下环境冷热平衡的监测等,目的是提高安全、稳定、耐用的换热系统和换热功率。

4.4 浅层地热能开发方式问题

图4是浅层地热能开发利用的几种方式,最为常见的是地下水源热泵和土壤源热泵方式。从项目投资、能源利用效率、使用维护和运行质量方面来看,几种方式各有优点和缺点。其中,地下水源热泵供暖制冷相对是个优先选择的方式,但是,在地下水埋深浅和丰富的细颗粒地层中,循环系统地下水回灌困难是一个突出问题。有些施工单位为了解决回灌问题和偷工减料,把回灌井与城市市政管网连接,长期过程必然造成区域地下水位下降和地面不均匀沉降,其后果严重。所以,一方面要加大监管和监测,另一方面加大浅层地热能勘查评价,详细确定划分浅层地热能开发利用地下水源和土壤源适宜区。在粗颗粒卵砾石、岩溶和构造发育好的地层,且地下水丰富的地区,优先发展地下水源热泵开发浅层地热能;在细颗粒回灌困难地层,则可优先考虑土壤源热泵开发浅层地热能。

4.5 地热资源动态监测和监管问题

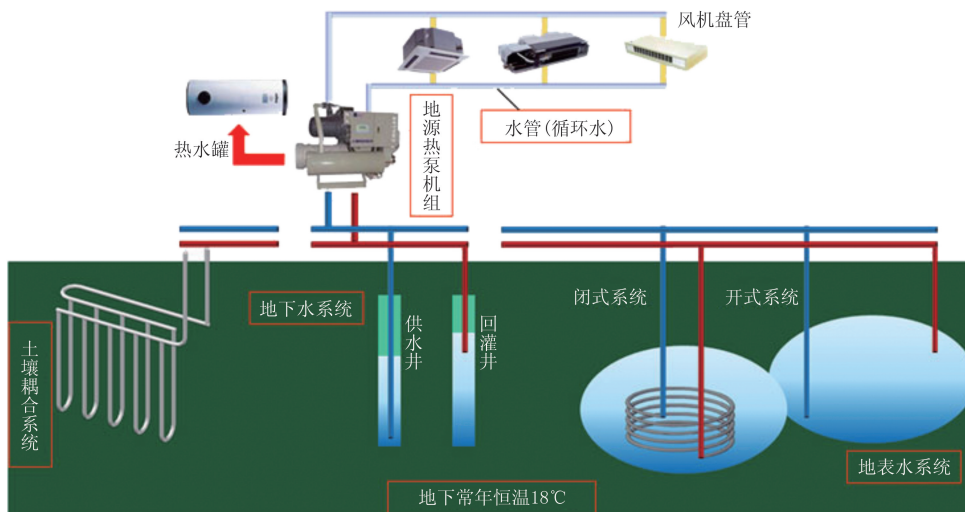


图4 浅层地热能开发主要方式

新时代地热资源开发利用势必会进入一个新的快速发展期。在这个机遇和挑战并存的时期,地热资源量、开发利用可持续性、回灌率、钻井工程质量、地下水位和水质变化、地层冷热平衡等问题,都需要具备专业能力的第三方进行动态监测和处置预案。否则,地热资源处于一个大规模无序、不可掌控的开发状态,其带来的系列问题将严重影响着区域地质环境和建筑物安全。所以,在地热资源开发进入高潮的同时,政府和专业部门应加大地热资源开发的事前、事中和事后监管。事前监管是对地区地热资源开发实施方案、可行性报告的审查、审批;事中监管主要是对地下能源采集系统工程设计、施工、质量进行全覆盖监管和验收;事后监管主要对换热效率、运行状态、能耗、回灌率、地下水水位和水质、冷热平衡等进行实时监测和评价,并利用互联网形成大数据库,为地热资源科学、合理、持续开发利用决策提供技术支撑。

4.6 钻井工艺方面问题

国内中深层水热型地热和浅层地热能水源热泵、土壤源热泵地下换热系统,其钻井(孔)工艺普遍采用正循环泥浆钻进工艺,这也是最传统最常用的工艺方法。该工艺方法存在的首要问题是钻井液污染和堵塞地层,直接影响整个钻井工程质量、单井出水量和地下换热效率。其次是钻遇漏失地层需要大量的水、钻井液材料和处理剂等,将增加钻井成本,特别是埋管钻孔,钻至设计深度下入 U 形 PE 管后随即进行回填,而无法洗井,这样就会造成常规钻孔过程中孔壁泥皮无法清除,阻碍了地层温度与 U 形管内循环介质的热快速传导,从而影响地下的热交换效率。

所以,为了保证钻井(孔)质量,提高地下换热效率,在地层条件允许情况下优先选择空气钻井(孔)和泵吸反循环钻井工艺。同时,设备制造业加大对小口径泵吸反循环钻机或轻便、移动快速其它钻机及配套钻具、钻头的研发。

4.7 地下管材腐蚀结垢问题

目前,在中深层水热型地热钻井采用的成井管材多数为石油套管,1500 m 以浅的水热型地热成井管材还有许多地区使用普通无缝或有缝钢管,地下水源热泵开发浅层地热能的抽水井和回灌井多数采用水泥管材或普通金属管材。据理论研究和实际应用情况可知:金属管材普遍存在腐蚀和结垢问题,特

别是在 20~30 °C 地下环境中,铁细菌(好氧菌)和硫酸盐还原菌(厌氧菌)将大量繁殖生长,这些微生物大量繁殖在金属表面或缝隙处产生结垢的同时,其分泌物产生“微生物粘泥”与其他固体物混合粘附在井壁上而形成胶结物^[20],这些都是抽水量和回灌率逐年减小的基本原因。金属结垢与腐蚀伴生,结垢可以形成垢下腐蚀(缝隙腐蚀),在其它电偶腐蚀、应力腐蚀、溶解氧浓差腐蚀等基础上更加快速使金属管材腐蚀破裂。所以,对地热腐蚀性较强情况下,其成井管材的研发和应用研究是一个重要的课题。

浅层地热能土壤源热泵系统,目前国内最为常用的管材是聚乙烯(PE),其优点是不存在腐蚀结垢、使用寿命长等特点,但其主要问题是导热系数仅 0.4 W/m·k 左右,与金属材料相比相差 80~110 倍。另外,随着中深层“取热不取水”换热技术的发展,高强度、耐腐蚀、导热性好的新型材料研发同样是一个重点方向。

4.8 热泵机组及循环系统安装问题

当前,国内的热泵机组和整个循环系统的安装几乎都是在现场狭窄场地进行安装和焊接,安装时间长,而且各种管路的焊接和保暖处理完全靠人工完成,需要大量的现场施工人员,造成现场管理和文明施工不利、成本增加和质量标准难以统一等问题。所以,未来的发展趋势应该是将各系统在工厂进行模块化生产,送到现场进行现场组装,这样不仅可以实现快速文明施工,而且还可以衍生出一个新型的产业。

4.9 地热资源宣传方面的问题

地热是大自然馈赠给人类的宝贵资源和清洁能源,具有资源储量巨大、分布广泛、开发利用方便、系统运行稳定安全等特征。然而目前还有许多人认为地热资源开发会造成地面沉降、地下水位下降、建筑物倾斜等。形成这种错误观念主要是因为对地热资源的宣传和科普力度不够,或对某些个别出现的问题无限夸大宣传等。所以,各省地矿局或相关单位应该承担起科普或宣传义务和责任,使政府决策部门和社会深入了解地热资源,只有这样才能得到全社会的认可,才可能使地热资源开发利用走向正常发展之路。如河南省地矿局针对地热资源开发利用存在的问题和新时代地热清洁能源发展趋势,提出了服务政府、服务社会、服务市场“三个服务”新理念,主动作为,多渠道交流和宣传,2017 年,局长亲

自组织职能处室和专家编制相关地热资源图册和汇报材料,向省政府、省发改委(省能源局)和省人大多次汇报并进行相关的工作交流、座谈。最终在11月14日,《河南省人民政府办公厅关于印发河南省推进能源业转型发展的通知》(豫政办[2017]134号)中明确:积极稳妥推进河南省地热供暖,由国土资源厅和省地矿局牵头、省发改委、财政厅、住房与城乡建设厅、水利厅和河南能监办配合,负责并启动重点地区地热资源潜力勘查与评价,研究制定地热能开发利用指导意见。按照文件要求,2018年持续推进全省地热资源潜力勘查与评价,摸清资源底数,不断完善地热能开发利用政策体系和管理方式,总结地热能供暖区域连片推进开发利用模式,将地热供暖纳入城镇基础设施范围,统一规划,有序开发,在具备条件的地方,以城镇新规划区、公共建筑和新建住宅小区为重点进行复制推广。到2020年,全省地热供暖面积累计达到11700万 m^2 。为彰显地质工作的服务能力和作用地位以及地勘队伍的持续稳定发展奠定了基础。

4.10 地热(温泉)文化建设方面问题

中国的温泉文化可追溯到五千年前的“神农”时代,人们发现常泡温泉可以治愈许多皮肤、风湿和筋骨方面的疾病。如《本草纲目》中关于温泉理疗保健作用提出:“诸风筋挛缩,及肌皮顽痹,手足不遂,无眉发、疥癣诸疾,取泉断之”。随即出现了第一代“洗浴”温泉文化、第二代“疗养”温泉文化、第三代“泡汤”温泉文化和现在的第四代“特色”温泉文化。现代所谓的第四代温泉文化多数是增加温泉酒店、水上娱乐、人工瀑布等,形式上比传统的温泉文化增加了一些服务项目,真正意义上的文化没有得到传承和发展。地热温泉具有“热、矿、水”三位一体特征,怎样综合用好“热”?不同类型的“矿和水”对人体和农渔牧业的理疗保健和特色种植养殖效果不同。所以,真正意义上的地热温泉文化是综合开发利用、打造不同矿水理疗保健和种植养殖的品牌,在清洁供暖、温泉理疗、地热科普教育、温泉度假旅游、特色生态农业和养殖等产业方面形成特色小镇或温泉之乡,促进生态文明建设,实现绿水青山就是金山银山的目的。

5 结语

地热是大自然馈赠给人类的宝贵资源和清洁能

源,在生态文明建设和大力推进清洁能源开发利用新的形势下,开发利用地热清洁能源不仅可以优化我国的能源结构、实现节能减排、减少雾霾和污染,而且还可加速钻井和供暖制冷设备制造业、各类监测仪器和仪表业、特色生态农业、旅游度假休闲等产业的发展。新时代大力开发利用地热清洁能源意义重大,与此同时,怎样在保护中科学、合理、持续开发利用也是目前亟待解决的问题和新的课题。

参考文献:

- [1] 王贵玲,张薇,梁继运,等.中国地热资源潜力评价[J].地球学报,2017,38(4):449-459.
- [2] 韩再生,冉伟彦,佟红兵,等.浅层地热能勘查评价[J].中国地质,2007,34(6):1115-1121.
- [3] 杜立新,杨燕雄.秦皇岛地热能梯级利用状况与前景分析[J].中国环境管理干部学院学报,2010,20(2):23-25.
- [4] 蔺文静,刘志明,马峰,等.我国陆区干热岩资源潜力估算[J].地球学报,2012,33(5):807-811.
- [5] 李德威,王焰新.干热岩地热能研究与开发的若干重大问题[J].地球科学—中国地质大学学报,2015,40(11):858-1869.
- [6] 马伟斌,龚宇烈,赵黛青,等.我国地热能开发利用现状与发展[J].中国科学院院刊,2016,31(2):199-207.
- [7] 梅燕雄,马建明,叶锦华,等.透过雾霾看矿业发展[J].中国矿业,2014,23(11):1-3.
- [8] 卢予北,吴烨.雾霾及地下水土壤污染的地质作用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):1-9.
- [9] Lund J W, Freeston D H, Boyd T L. Direct utilization of geothermal energy: 2010 worldwide review [C]//Proceedings of World Geothermal Congress 2010. USA,2010: No.0007.
- [10] 戴宝华.我国地热资源开发利用与战略布局思考[J].石油石化绿色低碳,2017,2(1):6-12.
- [11] 郑爽,张昕,刘海燕,等.对构建我国碳市场MRV管理机制的几点思考[J].中国经贸导刊,2016,(14):9-10.
- [12] 刘明远,庞家馨.从雾霾现象分析我国大气污染现状及法律对策[J].法制与社会,2016,1(下):174-175.
- [13] 卢予北,李艺,周春华,等.地质灾害与地质科学问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):1-8.
- [14] 杜天乐.从新世纪独联体有关地球排气和油气成因理论进展所得到的启示[J].岩性油气藏,2009,21(4).
- [15] 李德威,郝海健,刘娇,等.华北热灾害链的结构、成因及强震趋势分析[J].地学前缘,2013,20(6):102-108.
- [16] 陈相国.地热开发利用迎来了第二春[J].节能与环保,2017,(10).
- [17] 本刊编辑部.2017年探矿工程十大新闻[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):1-3.
- [18] 姚金楠.地热发电:“星火”难“燎原”[N].中国能源报,2018-1-22.
- [19] 孔彦龙,陈超凡,邵玄冰,等.深井换热技术原理及其换热量评估[J].地球物理学报,2017,60(12):4741-4752.
- [20] 卢予北.地热井常见主要问题分析与研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2):43-47.