

“双碳”目标下地热标准体系建设思考

曹倩¹ 刁海燕^{1*} 苏春梅²

(1.中国石油勘探开发研究院; 2.中国石油油气和新能源分公司)

摘要: 地热作为绿色低碳的可再生能源,“双碳”目标下在能源领域具有重要意义。地热产业标准体系建设能够有效指导地热产业规模化成长,推动地热开发技术进步。本文通过梳理地热产业发展现状和发展趋势,分析地热标准体系现状和存在问题,通过技术、产业和标准相结合,提出应提高标准与地方政策的融合性、标准的国际性和现场技术标准转化率3方面建议,进一步完善地热标准体系建设,为地热产业发展提供支持。

关键词: 地热标准,地热开发,地热政策,标准体系,地热

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.10.011

Consideration of Geothermal Standards System Construction under Carbon Peak and Neutrality Goals

CAO Qian¹ DIAO Hai-yan^{1*} SU Chun-mei²

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development;
2. PetroChina Oil & Gas and New Energy Company)

Abstract: Geothermal energy, as a green and low-carbon renewable energy, is of great significance in the energy field under the carbon peak and neutrality goals. The establishment of geothermal standards system can effectively guide the growth of geothermal industry on a large scale and drive the technological progress of geothermal development. By sorting out the status quo and development trend of geothermal industry, this paper analyzes the status quo and existing problems of geothermal standards system, combines technology, industry and standards, and puts forward the suggestions on improving the integration with local policies, the internationalization of geothermal standards and the conversion rate of on-site technical standards in order to improve the geothermal standards system and provide support for the development of geothermal industry.

Keywords: geothermal standard, geothermal development, geothermal policy, standards system, geothermal

基金项目: 本文由中国石油油气和新能源分公司科技项目“地热开发利用技术研究与试验”(项目编号:2022KT2601)和中国石油集团科技项目“公司发展战略与科技基础工作决策支持研究”下属课题“集团公司新能源新业务标准体系及重点标准规划研究”(课题编号:2022DQ0108-20)资助。

作者简介: 曹倩,硕士研究生,工程师,研究方向为新能源开发利用。

刁海燕,通信作者,博士研究生,高级工程师,研究方向为石油工业标准化。

0 引言

加快能源转型、发展清洁能源已成为各国应对气候变化的重要选择，地热作为储量大、分布广、绿色低碳、运行稳定的可再生能源，将发挥重要作用，目前全球超过88个国家和地区利用地热进行发电和供暖^[1]。标准对产业具有规范引领作用，完善标准体系建设，有助于推动产业规模化发展。本文调研分析了国内外地热产业发展现状和特性，剖析了国内外地热标准体系建设情况和存在的问题，将标准体系建设和产业发展现状相结合，提出了3点建议，为完善我国地热标准体系建设提供支持。

1 国内外地热开发情况

地热资源分为浅层地热资源、水热型地热资源和干热岩型地热资源，开发利用主要分为发电和直接利用两种方式，直接利用包括地热供暖、工业生产用热、医疗保健、温泉洗浴、农业温室用热等方面。国外地热利用方式主要以高温地热发电为主，受到资源品位限制，我国主要以地热供暖为主，地热发电项目仅集中在四川、云南、西藏等高温地热资源分布地区^[2]。

1.1 国外主要以地热发电为主

截至2020年年底，全球地热发电国家共30个，地热发电装机容量15.95吉瓦，相比2015年增长约27%，排名前五的国家分别为美国、印度尼西亚、菲律宾、土耳其和肯尼亚^[4]。据国际能源署（IEA）预测，2040年全球地热直接装机容量将达到650吉瓦。直接利用主要集中在欧洲区域，法国、德国、匈牙利等国应用温度高于100℃的地热资源进行供暖，目前法国地热直接利用装机容量524兆瓦，德国460兆瓦，匈牙利319兆瓦。据Rystad Energy预测，受能源危机影响，至2030年欧盟各国将钻探约1100口地热井用于区域供暖^[5]。

1.2 中国地热产业主要以直接利用为主

我国地热能资源丰富，开发利用空间广阔。全国336个主要城市浅层地热能年可采资源量折合

标煤7亿吨，中深层地热能年可采资源量折合标煤18.65亿吨，干热岩地热能资源潜力巨大^[6]。我国地热产业已形成地热供暖等直接利用为主、发电为辅的格局，直接利用装机容量长期保持世界第一，2020年直接利用装机规模40,610兆瓦，占世界总装机的37.7%。地热供暖是除地源热泵之外中国最重要的地热利用方式，年利用热量约占世界总用量的55.6%，2022年供暖面积超13亿平方米^[7]。受资源禀赋限制，中国地热发电装机容量较小，约53兆瓦^[8]。目前正持续攻关经济性中低温地热发电和干热岩发电技术，打造地热能全产业链^[9]。

1.3 国内外油气公司纷纷涉足地热开发领域

地热开发和油气开发技术高度重合，依托油气开发的勘探、储层评价、钻完井等技术和资料优势，近年来国内外油气公司都在积极涉足地热领域。中国石油集团2021年出台了“十四五”地热业务专项规划，截至2022年年底，累计地热供暖面积约2500万平方米，并在肯尼亚开展了高温钻井服务。中石化业务已辐射9个省市的50余个城市，累计建成供暖能力8000万平方米^[10]。

美国前五大钻井承包商都已涉及地热业务，美国油服公司Archer投入825万美元收购冰岛钻探公司50%的股份，在地热发电和欧洲区域供暖市场获得立足点；在地热领域拥有40多年经验的贝克休斯公司（Baker Hughes）投资地热初创企业GreenFire Energy；斯伦贝谢（Schlumberger）在2010年收购了地热咨询公司GeotherEx，今年也加快了地热领域的发展；挪威公司Sintef正在开发用于恶劣环境的测井工具，凭借着丰富的油气工业仪表经验，希望可以开发出用于300摄氏度井下温度的测井工具^[11]。

1.4 各国政府出台政策积极推动地热产业发展

因初期投资高，对资源选区和开发技术要求较高等原因，地热产业的发展离不开政府的支持，为推动能源转型和地热发展，各国都针对地热出台了强有力的政策。2020年“双碳”目标提出后至今，我国发布多份文件推动地热产业发展。2021年9月国家发改委等8部门联合发布《关于促进地热能开发利用的若干意见》，提出到2025年地热能供暖

(制冷)面积将比2020年增加50%;到2035年,地热能供暖(制冷)面积及地热能发电装机容量力争比2025年翻一番。2022年6月国家发展改革委等9部门联合印发《“十四五”可再生能源发展规划》,积极推进地热能规模化开发是规划中的重要内容^[12]。

美国针对地热推出了减税的政策优惠,印尼政府规定国营电力公司必须以固定价格收购地热电力,土耳其公布了新的可再生能源补贴机制,肯尼亚颁布了新能源法案允许独立电力生产商(IPP)以预先确定的电价向接受方出售可再生能源,日本在2022-2023财政年度预算中拨款1.66亿美元用于勘探和开发新的地热资源,丹麦政府引入新的定价模式以支持地热区域供暖项目^[13-16]。

2 国内外地热能开发利用标准现状

2.1 国外地热标准体系尚不完善

经检索,目前国际标准化组织(ISO)有1000余项标准直接贡献于气候行动,包括环境管理体系、温室气体量化和报告、温室气体管理和气候行动、能源管理体系、绿色金融等ISO国际标准,其中涉及到地热的是制冷和空气调节技术委员会空调热泵测试评定分技术委员会(ISO/TC 86/SC6),颁布地热相关国际标准26项,主要为热泵相关标准,涉及热泵的安全与环境要求、关键零部件、性能测试方法,风冷式空调器和空气-空气热泵系统的季节性能系数的试验和计算方法,热泵热水器的性能试验和额定值等^[17]。ASTM地热相关标准8项,涉及地热流体取样、相关设备的检验方法和环境影响评价等,主要是用于规范地热能发展相配

套的设备材料等,尚没有地热利用工程技术领域的标准,详见表1。

2.2 我国能源领域初步建立地热标准体系

能源行业地热能专业标准化技术委员会(NEA/TC 29)成立于2016年,由国家能源局批准组建并主管,负责能源行业地热能专业标准的归口管理。近几年按照基础通用、地热资源勘查与评价、地热钻完井工程、地热供暖与制冷、地热发电和采出水综合利用与资源保护等6大领域开展了标准化工作(如图1所示),制定了52项中华人民共和国地热能行业标准,纳入国标和其他行标72项^[18]。

除地热能专业标准化技术委员会以外,我国涉及地热标准化的组织还有全国自然资源与国土空间规划标委会(SAC/TC93)、全国能源基础与管理标委会/新能源和可再生能源分委会(SAC/TC 20/SC6)、全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC355)、全国电力监管标委会(SAC/TC,296)/电力行业标委会和国土资源标委会也发布了地热相关标准,详见表2。

2.3 我国地热标准化现状分析

(1) 资源勘察评价相关标准需进一步和开发相结合

现有地热行业标准体系从勘察方法、勘察技术、资源评价、热储评价等方面形成了12项相关标准,涉及方向较全面,但存在评价精度不够的问题。地热资源勘察评价涉及到水文地质学、构造地质学、岩石学等多个学科,目前仅水文地质相关标准较成熟。地热供暖项目需保证50年以上的稳定运行,需根据具体项目进行评价,合理确定热储评价边界,结合开发方式和开采条件确定回灌条件下的可利

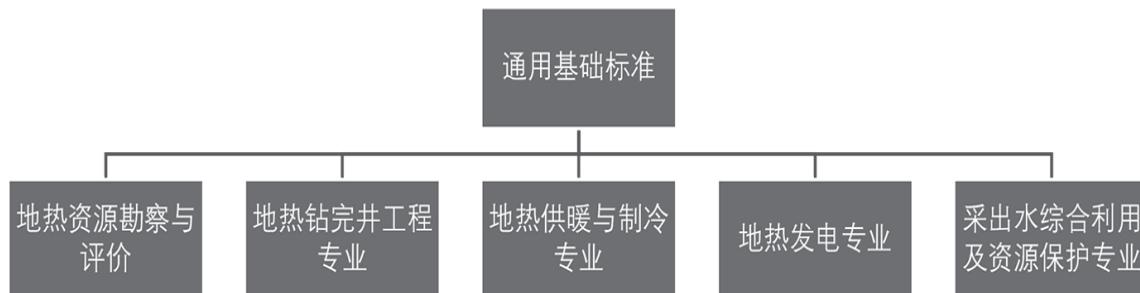


图1 能源行业地热标准体系结构图

表1 国际地热开发相关标准

发布机构	标准名称	编号
ASTM	化学分析用两相地热流体的取样规程	ASTM E1675-2004 (2012)
	阀体安装、检修及保养的规程 地热和其他高温液体设备卸压法	ASTM E1008-2003 (2009)
	有关地热能名词的定义	ASTM E957-2003 (2011) e1
	地热能装置的热性能规定指南	ASTM E974-2000 (2006)
	用浸入模拟地热试验液体法测试非金属密封材料的试验方法	ASTM E1068-1985 (2009)
	在密封压力下用于地热和高温的测试聚合密封材料的试验方法	ASTM E1069-1985 (2009)
	化学分析用单相地热液体或蒸汽的取样规格	ASTM E947-1983 (2007)
DIN 德国标准	区域供暖管道 直接埋地热水网络的预绝热复合管道系统 监督系统	DIN EN 14419-2009
NF 法国标准	水和地热钻井-垂直地热探头-第 3 部分: 交联聚乙烯(PE-X)探针循环	NF X10-960-3-2013
JIS 日本标准	火力发电术语 汽轮机、地热发电设备和附属装置	JIS B0127-2012

表2 国内地热开发相关标准化组织

标准类型	归口单位
基础通用	能源行业地热标委会
资源勘探与评价	全国国土资源标委会、能源行业地热标委会
钻完井	能源行业油标委、能源行业地热标委会
发电	全国电力监管标委会、全国汽轮机标委会、电力行业标委会、能源行业地热标委会
供暖与制冷工程	全国能源基础与管理标委会、工程建设标委会、城市建设行业标准、全国城镇供热标准技委会、油标委、有色金属标委会、能源行业地热标委会等
采出水综合利用与资源保护	全国国土资源标委会、能源行业地热标委会

用资源量^[19]，这就对评价技术提出了更多的要求，在无法实施物化探区域如何快速高效识别地下高温热源也对勘察技术提出了更多要求，亟待出台更多相关标准。

(2) 钻井标准需针对地热开发特性进一步完善地热行标体系中，编制地热钻井行业标准14项，纳入油气行业标准18项。钻井是地热开发中最重要的一个环节，也是投资较大环节，钻井效果对项目的可行性、经济性和可持续性都有很大的影响。浅层地热井深一般为200米以内，难度较小，目前相关规范足够使用。中深层水热型地热井深一般为2000~3000米，温度60~110摄氏度左右，对钻井工程质量要求更高。钻井工程相关规范应涉及前期设计、工艺、钻井液、钻具、测井、录井、固井、完井等多个方面^[20]。目前纳入的油气钻井标准在安全性、防腐选材等方面不契合地热开发实际，会提高地热项目的投资；行业相关标准则主要适配于1000~2000米左右的地热井，随着地热井深度的

增加、储层温度的增加和目的层复杂程度的增加，行业标准在可行性、可操作性、安全性、经济性等方面并不完全适用。地热发电和干热岩开发也对高温钻完井技术提出更高要求，如何将油气钻井技术和地热井技术相结合^[21]，不断优化地热钻井工艺，降低钻井投资，形成相关的可操作性更强的标准规范，是地热钻井标准下一步的研究方向。

(3) 亟待开展综合/梯级利用相关标准研究

现有城镇供暖和地面工程部分基本采用暖通行业相关标准，技术和建设规范较成熟。地热供暖项目存在着初期建设投资大、用热周期短、民生工程经济效益偏低的问题，目前行业内正在探索梯级利用和综合利用等方向，纵向上探索地热资源梯级利用，横向上探索中低温水热型地热资源制冷、“地热+风光”综合利用、“地热+提锂提氦”综合开发等^[22]。如何科学化开展项目评价、规范化开展项目建设，是亟待攻关的内容，相关标准也亟待同步进行研究。

(4) 需编制地热在工业领域利用相关标准

“双碳”目标下,地热开始广泛应用于工业生产中,传统的工业生产用热主要是利用天然气和煤炭等化学燃料提供,用地热替代天然气、煤炭等燃料,不仅可以降低操作成本,还可以助力碳减排,给企业带来环保方面的效益,提高企业的社会形象。中国石油和中国石化在地热替代油田生产能耗方面均取得了很好的效果,但目前仅有《油田采出水余热利用工程技术规范》1项标准,如何科学计算替代化石能源量和碳减排量、地热开发和原有供热流程如何结合、工业领域供热相关设施如何选型、如何利用油田废弃井和煤炭废弃矿洞等方面,都需要出台相关标准进行指导和规范。

(5) 需开展项目运行管理相关标准研究

地热项目需要精细化管理,在运行中对回灌情况、热储情况、地热水温度和水质进行监测,对可能出现的回灌能力下降、水位变化、水温降低、水质变化等情况进行分析和处理^[23],目前仅有动态监测、水质检验等方面的标准,在项目运行管理、储层解堵、地热井修护等方面并无相关标准。

3 地热标准体系发展建议

(1) 将地热标准和政府相关政策相融合

因地热开发涉及地方发改委、住建部、自然资源部门、水利等部门,存在多头管理的问题,因相关立法和管理体系存在不足,导致开发混乱,影响了地热产业发展。将地热相关标准融入到政府政策中,例如:矿权申请严格按照规范要求编制勘察报告等,可以提高标准的适用性,发挥标准的规范引领作用,推动地热产业科学有序发展。

(2) 加强地热标准国际化建设

2022年7月国家标准化管理委员会下达《2022年碳达峰碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划的通知》,批准外文版计划共44项,其中涉及地热的仅有GB/T 4272-2008《设备及管道绝热技术通则》和GB/T 28185-2011《城镇供热用换热机组》。全球能源危机背景下,近两年我国热泵企业出海渐入佳境,欧洲和肯尼亚等地地热市场发展空间大,未来我国地热服务公司出海前景广阔,需要国际认可的地热标准支撑产业发展。

(3) 提高现场技术转化为标准的能力

“十三五”以来地热产业进入快速发展期,各大能源公司和地矿部门进入地热领域,在中低温地热发电、水热型集中式规模化地热供暖、干热岩开发、热储改造等方面进行了大量探索,许多项目也取得了良好的成果。目前标准和现场存在融合性不强的问题,如何提高现场技术转化标准的能力,加强标准和产业的融合度,对提高地热标准体系的完整性和系统性具有重要意义。

4 结语

近几年在“双碳”目标下,我国在地热能开发方面成绩显著,开发技术和装备制造能力突飞猛进,在政策引导和市场推动下,直接利用装机规模多年居世界第一。在产业蓬勃发展时期,标准将发挥关键性的引领作用,加强我国地热标准体系建设,可以进一步规范、推动我国地热产业高质量发展。我国能源领域标准体系已初步建立,但仍需进一步加强标准对政策的引领性、对项目建设的指导性以及国际化水平。

参考文献

- [1] Huttner, G. W. Geothermal Power Generation in the World 2015–2020 Update Report[C]. In World Geothermal Congress; International Geothermal Association: Reykjavik, Iceland, 2020.
- [2] 王贵玲,杨轩,马凌,等. 地热能供热技术的应用现状及发展趋势[J]. 华电技术, 2021,43(11):15–24.
- [3] 全球地热产业现状与技术发展趋势[J]. 世界石油工业, 2020,27(1):53–57+73.
- [4] 马冰,贾凌霄,于洋,等. 世界地热能开发利用现状与展望[J]. 中国地质, 2021,48(06):1734–1747.
- [5] 中国石化新闻网.[EB/OL].(2020-10-15)[2023-8-15].<http://www.nengyuanjie.net/article/41427.html>.
- [6] 王贵玲,张薇,梁继远,等. 中国地热资源潜力评价[J]. 地球学报, 2017,38(04):449–450.
- [7] 汪集暘,庞忠和,孔彦龙,等. 我国地热清洁取暖产业现状与展望[J]. 科技促进发展, 2020,16(Z1):294–298.
- [8] 卫魏,易辉. 我国地热资源开发利用情况——尤以西藏地热为例[J]. 西藏科技, 2022(06):14–19.
- [9] 郭世博. 分析地热发电技术及其应用前景[J]. 电气技术与经济, 2023(01):136–138.
- [10] 饶松,高腾,肖红平,等. 中国油区地热开发利用进展[J]. 科技导报, 2022,40(20):65–75.
- [11] 中国石化新闻网.[EB/OL].(2021-3-8)[2023-8-15].http://www.sinopecnews.com/news/content/2021-03/03/content_1846225.html.
- [12] 贾科华. 人民日报.[EB/OL].(2021-10-11)[2023-8-15].http://paper.people.com.cn/zgnybwap/html/2021-10/11/content_25883228.html.
- [13] 新浪财经.[EB/OL].(2022-8-1)[2023-8-15].<https://finance.sina.com.cn/roll/2022-08-01/doc-imizmscv4378222.shtml>.
- [14] 杨震,徐婷,方朝合,等. 国内外地热产业政策法规梳理与思考[J]. 国际石油经济, 2017,25(08):22–28.
- [15] 智慧能源之窗. [EB/OL].(2023-8-11)[2023-8-15].<https://business.sohu.com/a/657545770-121175516>.
- [16] 国际新能源网. [EB/OL].(2023-3-23)[2023-8-15].<http://www.hdxhe.com/news/44459.html>.
- [17] 赵丰年,马春红,向烨. 地热能开发技术标准体系研究进展[J]. 当代石油石化, 2015,23(05):27–31.
- [18] 向烨,赵丰年,马春红. 能源行业地热能标准体系解析及高质量发展建议[J]. 山东化工, 2021,50(08):165–169+174. DOI:10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2021.08.062.
- [19] 曹倩,方朝合,李云,等. 国内外地热回灌发展现状及启示[J]. 石油钻采工艺, 2021,43(02):203–211. DOI:10.13639/j.odpt.2021.02.011.
- [20] 邹红丽,莫中浩,甄华. 天津大港油田地热技术标准现状及设想[C]//中国能源研究会地热专业委员会.全国地热产业可持续发展学术研讨会论文集. 北京: 化学工业出版社, 2005:4.
- [21] 巩亮,韩东旭,陈峰,等. 增强型地热系统关键技术研究现状及发展趋势[J]. 天然气工业, 2022,42(07):135–159.
- [22] 蔡美峰,马明辉,潘继良,等. 矿产与地热资源共采模式研究现状及展望[J]. 工程科学学报, 2022,44(10):1669–1681. DOI:10.13374/j.issn2095-9389.2022.08.24.001.
- [23] 王贵玲,陆川. 碳中和目标驱动下地热资源开采利用技术进展[J]. 地质与资源, 2022,31(03):412–425+341. DOI:10.13686/j.cnki.dzyz.2022.03.017.