

地热能资源的开发和利用

Development and Utilization of Geothermy Resources

任 湘

(中国能源研究会地热专业委员会主任,教授

北京 100000)

地热能,在目前世界新能源年总产值 40 余亿美元中约占 40%。60 年代,意大利、美国、新西兰、日本等工业发达国家相继建成一批大型地热电站,地热直接利用量及应用范围也迅速扩大。地热资源的利用,具有能源、医疗保健、饮用、提取伴生元素等多重性能。人类赖以生存的地球是个大热库,它存在的 45 亿年中,表面逐渐冷却并形成几公里至三四十公里厚的地壳后,仍旧时刻在向地表散发着巨大的热能。据科学家们推算,地球的散热量总计达到每年 1.52 HFU ($1 \text{ HFU} = 4.1868 \text{ 微焦/厘米}^2 \cdot \text{秒} = 41.868 \text{ 毫瓦/米}^2$)。其中:每年全球地壳散热 $10.26 \times 10^{18} \text{ 焦}$;火山喷发散热 $9.21 \times 10^{18} \text{ 焦}$ (O. Kapmane 和 R. Hiner, 1974) 或达 $32.66 \times 10^{18} \text{ 焦}$ (上田诚也,水谷仁等,1978);温泉地热带散热 $20.93 \times 10^{17} \text{ 焦}$;地震释放的能量 $10.05 \times 10^{17} \text{ 焦}$,而地球内部由于放射性元素 (^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K) 衰变产生的热量 $9.92 \times 10^{20} \text{ 焦}$ (相当 1.42 HFU);潮汐摩擦放热 $20.93 \times 10^{18} \text{ 焦}$ 。如此巨大的能量通过各种形式散发出来,形成各类地热资源。正如 1990 年 11 月美国三个协会(全国地热能协会 NGA、地热资源协会 GRC、地球能源协会 EEA)向国会、能源、自然资源委员会的联合听证会所作陈述中提到的:地热能是本土资源(domestic resource),是一种环境优势能源(environmentally advantageous energy),既是开源又是节能的能源。如果在研究、开发方面积极推进,短期内就可获得巨大能量。

根据赋存状态,地热资源可划分为四种类型:水热型(目前主要开发对象)、干热岩型(已在美国试验成功,并在日、英、俄、德等国开始试验)、地压地热型和岩浆热型,总称地球能(Earth energy)。水热型开发深度尚在近地表 3 000 米内,开发量极小。干热岩和地压地热型已引起重视,美国利用干热岩发电试验成功后,又开始了地压地热的开发试验;英国的干热岩取能已初获成效,并在扩大试验;日本将干热岩开发列入新能源利用计划。岩浆能蕴藏

在地壳浅部的岩浆囊中,温度 $800 \sim 1200^\circ\text{C}$,开发难度大,但经科学家们论证,认为开发岩浆能不会引起火山爆发。总之,地热能不仅是一种希望,也是一种现实的具有竞争能力的能源。据美国 GRC 调查,到 1990 年底,世界地热能利用量相当于 1.5 亿桶石油当量(即 2 384.8 万吨石油当量)。其中:地热发电装机容量 5 827.55 兆瓦,大于 100 兆瓦的有 7 个国家。美国 2 770 兆瓦,菲律宾 891 兆瓦,墨西哥 700 兆瓦,意大利 545 兆瓦,新西兰 283.2 兆瓦,日本 214.6 兆瓦,印度尼西亚 142.25 兆瓦,七个国家合计占总装机容量的 95.17%。菲律宾的地热电力占国家总电力的 23%。预计到 1995 年,世界地热发电装机容量将达 8 968 兆瓦。仅 40 余国 1990 年统计,地热非电利用(直接利用)的流体总量为 83 381 公斤/秒,热力装置热功率达 11 385 兆瓦,热能约 359 亿千瓦时。据美国地质调查所计算,美国高温地热发电资源为 23 000 兆瓦·30 年(Muffler, 1979)。地热发电的优势是,不受气候条件影响,平均在线时间最长(地热发电厂平均 97%,达 8 497.2 小时;当时的核电厂为 65%,5 694 小时;煤电厂为 75%,6 570 小时);地热能的环境效应好,其 CO_2 、 NO_x 、 SO_x 粉尘排放量极低,弃水灌入地下,蒸汽中可回收凝结气。每发 1 000 千瓦时电,地热能发电仅排放 0.14 公斤碳,而天然气厂排 128 公斤,燃油电厂(6 号油)排 418 公斤、燃煤电厂排 225 公斤(Goddurd 等,1989),即煤电厂比地热电厂排放的 CO_2 要大 1 600 倍。地热电厂排硫量仅为化石燃料电厂的 1%, NO 排放量也大大低于其它电厂,粉尘排放量比煤、油、生物质能的要少 1 000 倍。同时,地热发电风险小,占地少,地热钻探比钻油气要安全,无火灾危险。因此,利用地热能具有很大优越性。目前开发利用都已具较高水平。

我国将地热资源作为能源系统评价和开发利用从 70 年代初开始。经 20 余年的努力,目前对我国地热资源特点及分布规律有了较深入的了解。按

照大地构造和岩浆活动特点,我国可划分成四个地热带:东南沿海以对流型为主的中低温地热带、西南对流型高中温地热带、华北、东北和西北大型沉积盆地传导型中低温地热区以及台湾高温地热区。它们的分布与地壳内活动构造密切相关。

中国的地热泉、井遍布全国,已发现温泉点3 000余处,打成地热井2 000余口,经勘查评价的地热点达300处(至1993年初)。所勘查的地热田中:高温(150℃以上)有西藏羊八井和羊易两处,并探出200℃以上的热流体;中温(90~150℃)9处;低温(60~90℃)的80处,60℃以下209处。“八五”以前,除个别高温热田外,主要勘查区在人口稠密、经济较发达的东部和华北地区。通过勘查探明的可利用热能量为:A级41.72兆瓦,占1.5%;B级982.55兆瓦,占35.4%;C级648.93兆瓦,占23.4%;D级1 102.97兆瓦,占39.7%。研究程度高的高级储量很少。

据不完全统计,中国地热泉、井(指自流井)的天然放热量总计每年 1.04×10^{14} 千焦,相当于355.95万吨标准煤。已探明地热资源总量每年 925.72×10^{14} 千焦,相当于 31.58×10^8 吨标准煤,远景地热资源量每年 $39\,649.7 \times 10^{14}$ 千焦,相当于 $1\,353 \times 10^8$ 吨标煤。另外,遍布全国的数百个断陷盆地中亦蕴藏着丰富的传导型中低温地热资源。10大盆地2 000米深度内可采资源量为每年 5.4853×10^{18} 千焦,相当于 $1\,871.6 \times 10^8$ 吨标煤(表5)。合计可采储量为每年 49.18×10^{18} 千焦,相当 $3\,373.31 \times 10^8$ 吨标煤,这是根据当前技术经济条件的可采储量(郑灼华等,1992)。此外,计算出暂难利用的尚有每年 27.13×10^{18} 千焦,相当于 $1\,851.5 \times 10^8$ 吨标煤。并在北京、天津、西安、福州、昆明、济南等148个城市打成了一批地热井,为城市利用提供了条

件。

自70年代作为能源对待以来,地热利用飞速发展,年递增7~12%。至今,已建成一批小型地热试验电站(表1)。中低温发电技术虽然过关,但终因成本过高而大部停发,只留下用92℃热水通过中介质发电的湖南灰汤、广东丰顺两处在断续运转。唯水温150~172℃、井口压力3个大气压的羊八井地热电站,从1兆瓦试验开始,已发展到25.1兆瓦(1992),已成为占拉萨供电40%的主力电站(表2)。此时,全国地热发电装机总计才28.6兆瓦。全国已查明的分布在藏南、滇西、川西、台湾的高温地热系统(热储>150℃)170余处,发电潜力7 000兆瓦。从以上看,我国地热发电事业进展缓慢。

表1 我国地热电站一览表

序号	地 点	建站时间	水温 (℃)	装机容量 (千瓦)	电站现状	发电方式
1	西藏羊八井	1977.9	152	25180	运行	扩容
2	西藏朗久	1984.8	104	1000	间歇运行	扩容
3	西藏那曲	1991.	113	1000	建设中	双工质
4	湖南宁乡灰汤	1975.10	90	300	运行	扩容
5	广东丰顺邓屋	1970.10	91	100	运行	扩容
6	台湾清水		226	3000	运行	
	合 计			30580		
7	江西宜春温汤	1971.9	67	50	停	双工质
8	广西象州热水村	1974.	77	100	停	扩容
9	山东招远	1973.	90~92	200	拆除	扩容
10	河北怀来	1971.9	85	200	停	双工质
11	辽宁盖县熊岳	1977.9	72~84	100	停	双工质
	合 计			650		

表2 西藏发电一览表

	1985		1986		1987		1988		1989		1990		6年总计	
	发电量 (万度)	占总量 (%)	发电量 (万度)	占总量 (%)	发电量 (万度)	占总量 (%)	发电量 (万度)	占总量 (%)	发电量 (万度)	占总量 (%)	发电量 (万度)	占总量 (%)	发电量 (万度)	占总量 平均(%)
水 电	5584.23	43.42	5123.75	39.47	5129.05	50.19	6073.20	53.00	7464.33	58.58	8783.19	57.53	38157.75	50.52
地 热	3640.52	28.31	4955.01	38.17	4373.48	42.80	4268.90	37.25	4766.55	37.41	6059.59	39.69	28064.05	37.15
火 电	3636.34	28.27	2904.00	22.36	716.88	7.01	1117.39	9.75	511.55	4.01	424.50	2.78	9310.66	12.33
合 计	12861.09		12982.76		10219.3		11459.49		12742.43		18067.28		75532.46	

分布面很广的中低温地热直接利用,以平均12%的速度递增,开发量已跃居世界第二。利用领域十分宽广,从工业加工、烘干、制冰、种植、养殖、浴疗、旅游、地震预报到提取其中有益组分等20余项,1 101处,年开发热量为 $89\,485.96 \times 10^{12}$ 千焦,相当于302万吨标煤。

我国地热发电和直接利用,到1990年底,总计

折合347万吨标煤的替代能力(为全国一次能耗的0.34%)。

为对我国地热资源进行评估,20年来共投入2.5亿元,另研究经费近1 000万元。有10余个省市地矿局有专业地热勘查队伍。至1991年上半年,打成的地热井1 767眼(不包括石油等部门打成的700余眼),总进尺58.9万米。成立了中国能源研究

会地热专业委员会学术团体,包括 28 省市、40 余个专业的 644 名会员。全国还有 14 个地热研究所(室)和上百个开发利用企业。总之我国已具备承担资源勘查评价,区划制订,热田开发可行性论证,地下和地面工程和热储工程开发,资源勘查和利用的软件开发等任务的能力。地热开发利用已向着工业化、系列化、标准化迈进。

我国目前开发的只是浅层水热型地热资源中的极少一部分,前途很大的干热岩型地质资源尚未进行研究。石油部门在南海北部已发现蕴藏有丰富的地压地热资源。莺琼盆地的地温梯度高达 4.25℃/100 米,如乐东一个孔,在 3 000 米处出现异常高压,5 021 米处压力梯度达 19.2 千帕/米,并有 9 个含气层(天然气存于水中)。这一巨型地热资源的发现扩大了我国开发远景。

根据我国地热资源潜力和开发利用现状,我国地热发电和非电利用在关键技术上仍处攻关实验阶段。但从总体上看,到 2000 年可达到工业利用和市场化程度。地热能源将以其可补充(开发的动储量)、清洁、稳定(不受季节干扰)、占地少、无废渣等特点,良好的经济、社会、环境效益,必将为保护和替代异常珍贵的基础化工原料——日趋枯竭的常规能源做出应有的贡献。因此,我们必须用战略眼光重视和扶持它。

预测中国地热发电和非电利用(见表 3、4、5),到 2000 年开发量将相当于 876.14 万吨标煤,2010 年预计超过 1 530.9 万吨标煤,2050 年达 14 218.34 万吨标煤,即常规能源衰亡之日就是地热能开发兴旺之时。

表 3 我国地热发电潜力预测(兆瓦)

	1992	1995	2000	2010	2050
西藏	25.18	30	45	65	100
滇西	0	3	10	20	50
其它地区	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
小计	28.58	36.4	58.4	88.4	153.4
相当标煤(万吨)	61.34	78.62	126.14	190.9	331.34

(上接第 64 页)

低温、耐酸碱的特点。该项目注册资本 50 万美元。投资比例中方 60~70%,外方 30~40%。

BY-4 台湾某公司欲建合资厂,生产新型多层 PP/PE 编织布、牛皮纸袋,并根据国内外市场的需要不断推出新产品,项目注册资本 130 万美元,投资比例外方 30~40%,中方 60~70%。

BY-5 台湾某公司愿提供设备技术合资生产各类医用胶布如:创可贴、氧化锌胶布、伤湿止痛膏、麝香药,产品部分外销,总投资 35 万美元。

表 4 地热直接利用潜力预测(万吨)

年	1995	2000	2010	2050
标煤	510	750	1340	13887

表 5 地热发电和直接利用总计潜力预测(万吨)

年	1995	2000	2010	2050
标煤	588.62	876.14	1530.9	14218.34

当前主要问题和对策:

1. 地热能将与地球共存亡,人们对其潜力、可“再生”性和发展前景认识不足,对科学利用的稳定性、可靠性还有疑虑,从而影响了地热能源事业的发展。因此对地热资源的开发利用必须从战略高度加以重视。

2. 我国对地热资源基础研究差,技术手段落后,先进仪器设备少,高温地热钻探和开发技术不配套,国家所投经费极少。难以满足经济发展的需要。

3. 藏南、滇西、川西高温地热分布区,又是经济落后的少数民族聚居的边远地区,为发展经济、文化,保护生态环境,应当将地热一小水电联发互补,作为能源发展方针,统一规划。

4. 东南沿海和内地中低温地热资源丰富,必须统一计划,合理利用,保护资源,提高利用档次,采用新技术提高热能利用率。将有些浴疗场所建设成风景优美的旅游区,如广东中山温泉,陕西临潼,海南的兴隆、三亚、兰洋,河北的白洋淀温泉城等。

5. 北方有地热资源的城镇,可有计划地用于采暖供热,以减少燃煤对环境的污染,减少不必要的运煤除渣压力。

6. 地热开发一次性投资较大,地热能源开发事业急需政府从政策上给予支持,从经济上给予一定的保证,为基础研究和长远发展创造条件,并根据全国地热区划做好全面规划。

(责任编辑 蔡德诚)

BY-6 台湾某公司欲建合资厂生产 OPP 封箱胶带、电气绝缘胶带、商标纸胶带、双面胶带等产品,以满足国内外市场的需求。项目总投资 130 万美元,产品部分外销。

BY-7 台湾某公司是制造皮塑制品的专业厂家,该公司愿意利用他们在此行所拥有丰富经验、先进适用的技术和设备,与大陆企业合资生产高档 PU、PVC 革及新型涂塑尼龙布。计划年产量为 720 万米,总投资 250 万美元。中方出资 70%,台方出资 30%。外商负责 50%以上产品外销。