

我国地热资源及其 开发利用现状

中国地质调查局水文地质环境地质部

前言

中国地调局水文地质环境地质部 2006 年初依据已有资料，组织编制了我国地热资源及其开发利用现状报告。综合分析了我国地热资源的特征，对全国地热资源量做出初步估算，分析我国地热资源开发利用现状，提出地热资源可持续开发利用和保护的建议。目的是为国土资源管理部门管理地热资源提供基础依据和技术支撑。

一 我国地热资源特征

地热资源是指能够为人类经济开发和利用的地热能、地热流体及其有用组分。地球内部热能资源，包括地热流体及其有用组分。地热资源为重要的可再生能源矿产，采取合理开发利用方式，是一种取之不竭、用之不尽的清洁能源，地热也是医疗、旅游、化工资源。

地热资源可分为传导型地热资源和对流型地热资源。地热资源按温度分级，分为高温地热资源（温度 ≥ 150 ）、中温地热资源（温度 < 150 且 ≥ 90 ）和低温地热资源（温度 < 90 ）三级。

我国大陆属欧亚板块的一部分，它的东侧为岛弧型洋—陆汇聚边缘，西南侧为陆—陆碰撞造山带，是由许多不同时期的古板块（如华北、华

南、塔里木、哈萨克斯坦、西伯利亚等)经碰撞、增生和拼接而成的。中国大陆构造演化经历了古生代陆洋分化对立阶段、石炭二叠纪软碰撞转化阶段和中新生代盆山对峙发展阶段,多旋回构造运动与多期盆地叠加塑造出不同的地热田。构造的演化伴随着不同时期的岩浆活动,形成了不同岩性和结构的地层,使得大地热流值的分布具有明显的规律性。西南地区沿雅鲁藏布江缝合带,热流值较高(91—364mW/m²),向北随构造阶梯下降,到准噶尔盆地只有33—44mW/m²。我国东部台湾板块地缘带,热流值较高,为80—120mW/m²,越过台湾海峡到东南沿海燕山期造山带,降为60—100mW/m²,到江汉盆地热流值只有57—69mW/m²。

对沉积盆地型和隆起山地型地热资源分述地热资源特征。

1、沉积盆地传导型中低温地热资源。分布于华北平原、汾渭盆地、松辽平原、淮河盆地、苏北盆地、江汉盆地、四川盆地、银川平原、河套平原、准噶尔盆地等地区,主要热储层为厚度数百米至数千米第三系砂岩、砂砾岩。鄂尔多斯盆地的三叠系和侏罗系砂岩赋存低盐度热水。四川盆地三叠系、侏罗系为热卤水富集层。

松辽盆地的上白垩统为主要的低温热储层。通过断裂传导,在林甸、杜蒙、大庆、哈尔滨、肇源附近,2000-3000m深度地温大于40-56℃。

华北平原为典型的多旋回盆地,形成了新近系低温热水储层,古近系地压型地热储层和裂隙岩溶中、低温热水储层。

淮河盆地的主要热储层是新近系馆陶组和明化镇组。馆陶组的水温为40—65℃,是该区的主要低温热水层。古近系为热卤水,在井深2800m—3200m时井底温度为88—105.7℃。

苏北盆地新近系盐城组是本区的主要低温热水储层,底部有大厚度

的砂砾岩层。古近系砂岩厚度变化大，都为高矿化碱水。基底为巨厚的碳酸岩盐沉积，在凸起和斜坡地带形成古潜山热田，为热卤水。1000m深处的温度为 43—60 。

江汉盆地主要储层是砂岩、砂砾岩，为低温热水储层。新近系热水水温 25—69 ，古近系热卤水水温 60—95 。基底中古生代灰岩是重要的裂隙岩溶型热水储层。

汾渭盆地主要热储层岩性为砂、砾岩和砂岩，奥陶系灰岩顶部在热水溶蚀下形成区域性深部迳流热水系统。银川平原主要热储层是新近系中新统，岩性主要为砂岩。河套平原主要热储层是新近系中、上新统，岩性为砂岩。

2、隆起山地对流型地热资源。高温地热资源主要分布于藏南—川西—滇西和台湾地区，中低温地热资源主要分布于东南沿海地区和胶东、辽东半岛。

(1)喜马拉雅碰撞带为新生代陆内强烈变形带，现代水热活动北弱南强。西藏的地热显示 664 处，包括温泉、热泉、沸泉、沸喷泉、水热爆炸、间歇喷泉等。羊八井钻孔揭露的最高温度超过 250 。云南滇西地区出露的温泉有 296 处，其中高温热泉 98 处，沸泉 7 处，水温为 23—104 。

(2)台湾岛作为西太平洋岛弧系的一部分，为现代的高温热储区。大多属于碳酸盐泉，少数属于硫酸盐泉和氯化物泉。在火山岩区，绝大多数为酸性硫酸盐泉，其它为中、碱性碳酸盐泉，少数为氯化物泉。

(3)东南沿海分属于扬子断块和华南断褶，分布着不同时期的花岗岩和中生代的火山岩，其展布主要受北东向断裂控制，岩浆岩为脆性物

质，深断裂带成为热水运移的通道。74%的温泉出露于岩浆岩断裂带或接触带之中。该区温泉为中低温热水，热储温度一般为 110—130℃，热水循环深度不超过 4km，热田面积最大不超过 10km²。

(4) 胶东半岛已发现水温大于 49℃ 的温泉 14 处，出露于复背斜核部断裂构成的 X 型构造交汇处，温度大于 60℃ 温泉 7 处，温度大于 80℃ 有 2 处，其余的在 49—56℃ 之间。辽东半岛温泉有 19 处，水温 28—72℃。

此外，在其它的山区，也有隆起山地对流型地热资源分布，不少具有很高的开发利用价值。

二 地热资源评价

科学勘查和评价地热资源是规划和合理开发地热资源的基础。地热资源的勘查方法，主要包括：区域地质资料分析，遥感解译，地热地质调查，地球化学调查，地球物理勘查，地热钻探和动态监测。建国以来，国家和社会各方面不断开展了地热地质工作，初步查清了全国地热资源的基本状况，

目前地热资源评价的依据是国家标准《地热资源地质勘查规范》GB11615-89。资源计算针对热储层储存的地热能和地热流体，同时计算热储中的储存热量(J)、储存地热流体量(m³)、地热流体可开采量(m³/d 或 m³/a)及其可利用的热能量(J)。山区泉(井)口温度≥25℃，为地热资源评价的温度下限，低于上述标准的泉(井)点不予计算评价。平原区地温梯度≥3℃/100m 的地区，圈定的地热(田)异常区进行地热资源计算。计算 2000m 以浅的热储地热资源量和热水资源量。根据该规范，

估算全国主要沉积盆地储存的地热能量为 $73.61 \times 10^{20} \text{J}$, 相当标准煤 2500 亿吨。全国地热水可开采资源量为每年 68 亿 m^3 , 所含热能量为 $963 \times 10^{15} \text{J}$, 折合每年 3284 万吨标准煤的发热量。其中 : 对流型山区地热水可开采资源量为每年 19 亿 m^3 , 热能量为 $335 \times 10^{15} \text{J/a}$, 折合每年 1142 万吨标准煤的发热量。以消耗储存资源量为主, 传导型平原区地热水近期可开采量为每年 49 亿 m^3 , 热能量为 : $628 \times 10^{15} \text{J/a}$, 折合每年 2142 万吨标准煤的发热量。山区和平原区地热水可开采水量分别占总量的 28 % 和 72 %, 山区和平原区可开采热量分别占全国地热能可利用量的 35 % 和 65 %。

由于浅层地热能总量目前尚无评价标准, 埋深大于 2000 米的地热资源和地温梯度非异常区的地热资源均没有进行过计算, 以上所估算的地下热水资源量仅为我国地热资源的一部分。全国地热资源总量还没有确切的数据, 计算评价方法还不完善, 需要进一步对全国地热资源进行论证, 作出较为符合实际的总体评价。

表 1 地下热水可采资源量估算表

地区	面积 (万 km ²)	山 区			平原 (盆地)			合 计		
		可采热水 (万 m ³ /a)	含热量 (' 10 ¹² kJ)	折合标煤 (万吨/a)	可采热水 (万 m ³ /a)	含热量 (' 10 ¹² kJ)	折合标煤 (万吨/a)	可采热水 (万 m ³ /a)	含热量 (' 10 ¹² kJ)	折合标煤 (万吨/a)
北京	1.68	31.2	0.026	0.089	8728.3	9.757	33.29	8759.5	9.783	33.379
天津	1.1	34.5	0.036	0.123	6351	13.56	46.27	6385.5	23.596	46.393
河北	19	887.6	1.003	3.423	42990	73.796	251.8	43877.6	74.799	255.223
山西	15	952.5	0.758	2.585	10350	10.833	36.96	11302.5	11.591	39.545
内蒙	110	2125.8	2.973	10.143	117400	113.052	385.74	119525.8	116.025	395.883
辽宁	15	1875	2.473	8.437	7500	7.85	26.79	9375	10.323	35.227
吉林	18	307.8	0.366	1.249	23220	24.304	82.93	23527.8	24.67	84.179
黑龙江	46	909.9	0.762	2.573	47010	49.205	167.89	47919.9	49.967	170.49
江苏	10	907.5	1.227	4.188	11850	19.349	66.02	12757.5	20.576	70.208
上海	0.58				1740	2.55	8.7	1740	2.55	8.7
浙江	10	750	0.55	1.875				750	0.55	1.875
安徽	13	1221	1.125	3.837	14580	20.144	68.73	15801	21.269	72.567
福建	12	10800	18.087	61.714				10800	18.087	61.714
江西	16	7200	5.667	19.337				7200	5.667	19.337
山东	15	1278	1.68	5.733	19440	42.73	145.8	20718	44.41	151.533
河南	16	1830	1.908	6.51	29700	39.791	135.77	31530	41.699	142.28
湖北	18	7743.8	5.025	17.147	9750	14.287	48.75	17493.8	19.312	65.897
湖南	21	11025	5.862	20.003				11025	5.862	20.003
广东	18	12705	23.937	81.675	3180	7.19	24.53	15885	31.127	106.205
广西	23	2062.5	2.176	7.425	1000	0.314	1.07	2312.5	2.49	8.495
海南	3.4	2610	3.923	13.386	3000	3.14	10.71	5610	7.063	24.096
四川	48	2936.7	6.037	20.599	46110	77.221	263.49	49046.7	83.258	284.089
重庆	8.23	1680	1.02	3.48	7890	9.91	33.81	9570	10.93	37.29
贵州	17	1530	1.185	4.044				1530	1.185	4.044
云南	38	34139.7	38.021	129.73	1000	1.005	3.43	34739.7	39.026	133.16
西藏	120	72000	191.722	654.171				72000	191.722	654.171
陕西	19	1365	1.52	5.187	29700	36.683	125.16	31065	38.203	130.347
甘肃	39	1573.8	1.252	4.272	6385	6.683	22.8	7958.8	7.935	27.072
青海	72	1753.8	2.078	7.09	6770	6.519	22.24	8523.8	8.597	29.33
宁夏	6.6	123	0.103	0.351	1250	1.308	4.46	1373	1.411	4.811
新疆	160	2511	2.86	9.757	38150	36.737	125.35	40661	39.597	135.107
港、澳	0.111									
台湾	3.6	3780	9.401	32.076				3780	9.401	32.076
合计		190650.1	334.763	1142.236	493894.3	627.918	2142.49	684544.4	972.681	3284.726

三 地热资源开发利用现状

3.1 国外地热资源开发利用现状

从 1904 年首次地热发电成功，地热能的商业性开发利用已有一个世纪历史。到 2005 年，全世界已有 24 个国家利用地热发电，有 72 个国家直接利用地热，地热发电总量 56.95TWh/a，地热直接利用 75.94TWh/a。由于地热热泵技术的采用，使热源的可利用温度低至 12℃，过去所谓“地热资源在分布上有局限性”的观念将被改变，这为地热能的开发利用打开了一个新窗口。特别指出的是，只要开发利用技术和管理得当，地热能可以认为是一种无污染的清洁能源。因此，国际上的地热能开发利用极为迅速。

作为新能源大家族中的一员，地热能与太阳能、风能、生物质能一样，除个别国家之外，目前在整个能源结构中的地位可以说是微乎其微。若将太阳能、风能、潮汐能与地热能加以比较，因为地热的品位最高，是目前新能源家族中最为现实的热源。据 1999 年国际地热协会（IGA）报导，上述四类新能源比较见表 2：

表 2 四类新能源对比表

新能源名称	装机容量		年产能值	
	MWe	%	GWh/a	%
地热能	8900	52.0	42053	79.6
风能	6050	44.7	9933	18.8
太阳能	175	1.3	229	0.4
潮汐能	264	2.0	602	1.2
总计	13538	100	52817	100

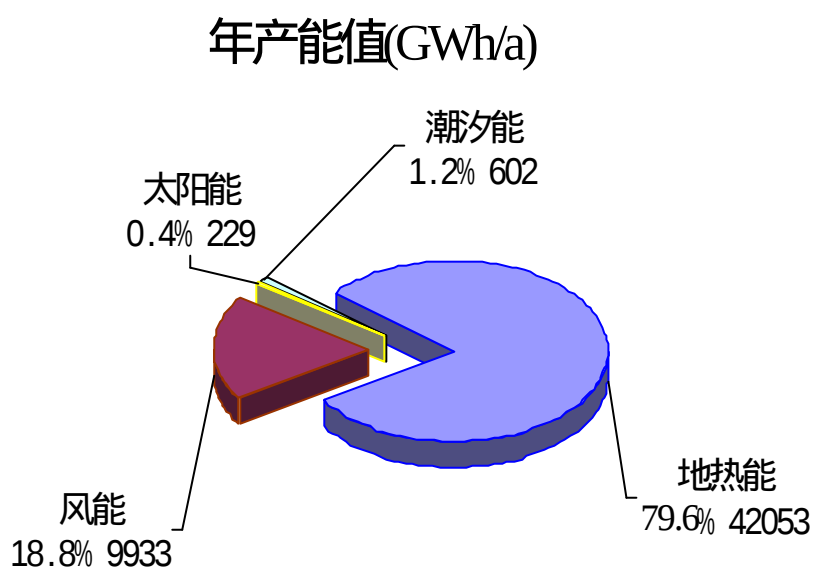
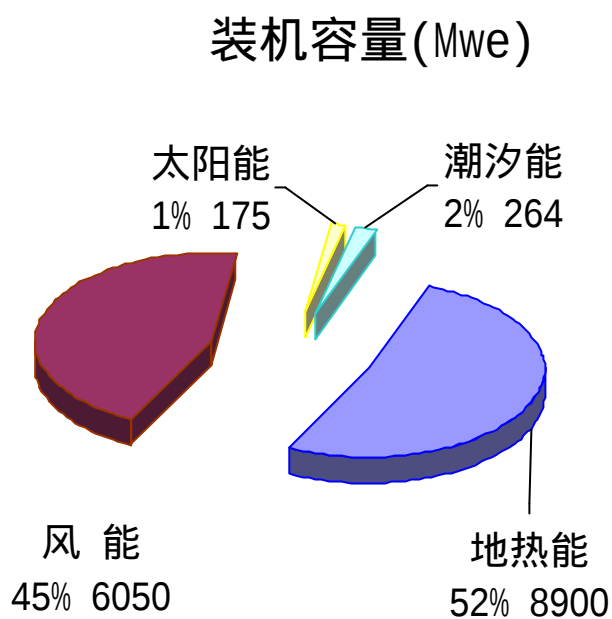


图 1 四类新能源对比图

从世界范围来看，利用温泉洗浴已有数千年历史，但只是在 20 世纪地热能才大规模用来发电、供暖和进行工农业利用，地热利用的步伐在 70 年代初开始加快。据统计，1975—1995 年的 20 年间，全球范围内地热发电每年大约以 9% 速率增长，地热直接利用的增长率约为 6%。

此后,地热发电的发展速度增长不大,但地热直接利用 1995-2000 年每年累进增长 9.6%, 2000-2005 年每年累进增长 12.9%。

表 3 2005 年世界地热利用统计表

地区 或国家	地热发电				直接利用			
	装机容量		总产量		设备容量		总产量	
	(MWe)	%	GW · h/a	%	(MWt)	%	GW · h/a	%
欧洲								
西欧、北欧	1024.2	11.5	6942.7	12.2	9915.5	35.6	27322	36.8
中欧、东欧					1797.1	6.5	6061.5	8.2
其它	79	0.9	85	0.1	705.4	2.5	3812.6	5.1
美洲								
北美	3487	39.2	24122	42.5	8443.1	30.3	9922.2	13.4
南美					540.7	1.9	2167	2.9
中美	424	4.8	2594.7	4.6	4.6		29.8	
亚洲	3311.3	37.2	19173.5	33.8	5811	20.9	21361.5	28.8
非洲	134	1.5	1088	1.9	189.7	0.7	762.7	1.0
大洋洲	441.2	5.0	2791.5	4.9	417.7	1.5	2793.3	3.8
总计	8900.7	100.	56797.4	100.	27824.8	100.0	74232.6	100.

到 2005 年,全世界地热发电总装机容量 8900 MWe,利用地热发电所生产的电力达 56800GWh,地热直接利用设备容量为 27828 MWt。目前,美国、日本、意大利、冰岛、新西兰、印度、菲律宾等世界上地热资源丰富且开发利用好的国家,地热在整个国民经济中也已起到了一定作用(见表 3)。如冰岛全国 87%供暖全部靠地热,仅此一项每年可节约 1.3 亿美元;2002 年地热在菲律宾电力供应中已占 21%。

中低温地热资源的开发利用,若考虑到热泵技术,将会大大提高整个地热在能源系统中的地位。如美国在 1997 年底,已有 30 万台地热热泵在运转,每年可提供 8000-11000 GWh 功率于供暖或空调;瑞士是一个传统意义上没有地热资源的国家,但采用热泵技术后,到 1995

年已可提供 228GWh/a 的热功率于地热采暖。目前,全世界热泵利用已占地热直接利用的 33%。近十年全球地热直接利用类型比例见表 4 及图 2。表明,当今世界地热直接利用中地热直接供暖明显减少,地热热泵供暖和空调快速发展;水产养殖显著减少;温室利用也减少;但洗浴、游泳极大增长。

表 4 地热直接利用能量分类统计

	1995 年	2000 年	2005 年
供暖	33%	37%	20.1%
洗浴、游泳	15%	22%	28.8%
水产养殖	13%	7%	4.2%
热泵	12%	14%	33.2%
温室	12%	12%	7.5%
工业	10%	6%	4.2%
农业	1%	1%	0.8%
融雪空调	1%	1%	0.7%
其它	3%		0.4%

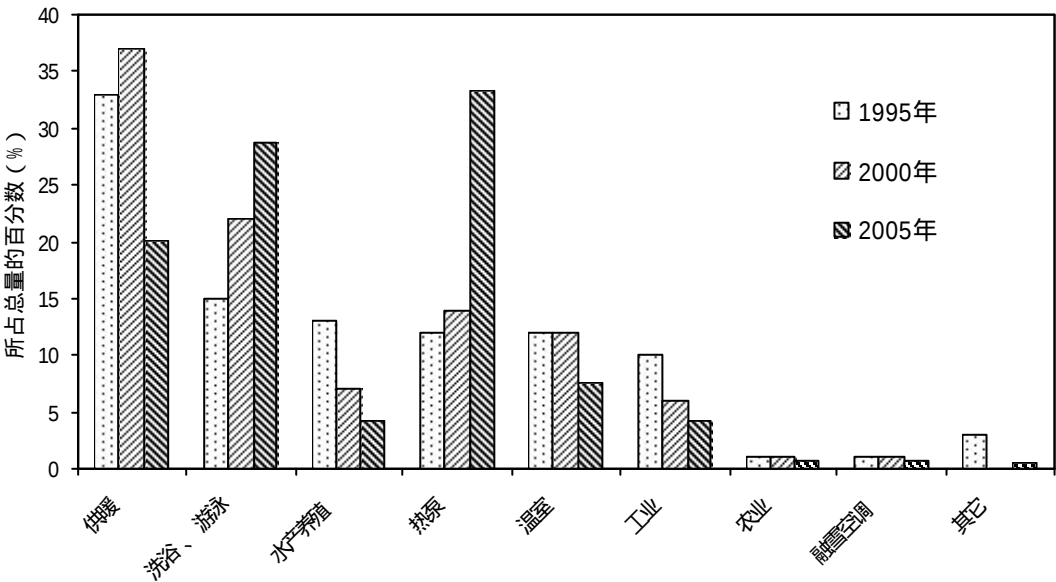


图 2 地热直接利用能量分类统计图

3.2 我国开发利用地热历史与现状

据史料记载,我国开发利用地热已有 2000 多年的悠久历史,是世界上利用地热资源较早的国家之一。早在公元前 500 ~ 前 600 年的东周

时代，孔子的弟子就有记载。我国历史上对地热资源的开发利用大多限于对温泉的直接利用上，且主要用于医疗和洗浴方面。中华人民共和国成立以后系统进行了地热资源勘查与开发，国家重视人民的医疗保健事业，在 20 世纪 50 年代先后建立了 160 多家温泉疗养院。20 世纪 70 年代初期，我国开始勘查与开发隐伏地热资源。在地质部第一任部长李四光的积极创导、推动和直接指导下，以北京、天津地区开展隐伏地热田资源的普查勘探为先导，相继在天津市近郊、北京城东南地区 1 000m 左右深度内打出了温度在 40~90 的地热水，随即在城市地区开始了地热供暖、医疗洗浴、水产养殖、工业洗涤等方面的应用，带动了全国地热资源的勘查工作，由此将我国的地热资源勘查与开发工作推向了一个新阶段。进入 20 世纪 80 年代，地热资源开发利用进入快速发展阶段。地热资源勘查开发工作中的国际合作与科技交流得到加强，引进了一些先进地热科技理论和勘探技术方法，开展了对地区经济发展有影响的地热田勘查评价和区域地热资源评价，对我国地热资源的分布、形成与开发利用条件等有了一些规律性认识。重视了开发利用地热资源发展当地经济，发展地热养殖，开办集医疗、娱乐、旅游于一体的温泉旅游渡假村及不同形式的地热综合利用中心等。尤其是 20 世纪 90 年代以来，在市场经济需求推动下，地热资源开发利用得到更加蓬勃发展，地热开发最大深度超过 4000 米。目前，全国各省（自治区、直辖市）都进行了地热资源勘查与开发，应用范围日益广泛。

据中国能源研究会地热专业委员统计，到 2005 年，我国直接利用地热资源的热能为 12604.6GWh，设备容量 3687MWt，分别居世界第一和

第三位。我国地热开采利用量以每年 10%的速度增长。2005 年世界上地热直接利用前 10 名国家见表 5 和图 3。

表 5 世界地热直接利用前 10 位国家一览表

序号	国名	年产能 GWh
1	中国	12604.6
2	瑞典	10000.8
3	美国	8678.2
4	冰岛	6615.3
5	土耳其	5451.3
6	奥地利	2229.9
7	匈牙利	2205.7
8	意大利	2098.5
9	新西兰	1968.5
10	巴西	1839.7

（资料来源：世界地热大会报告，2005）

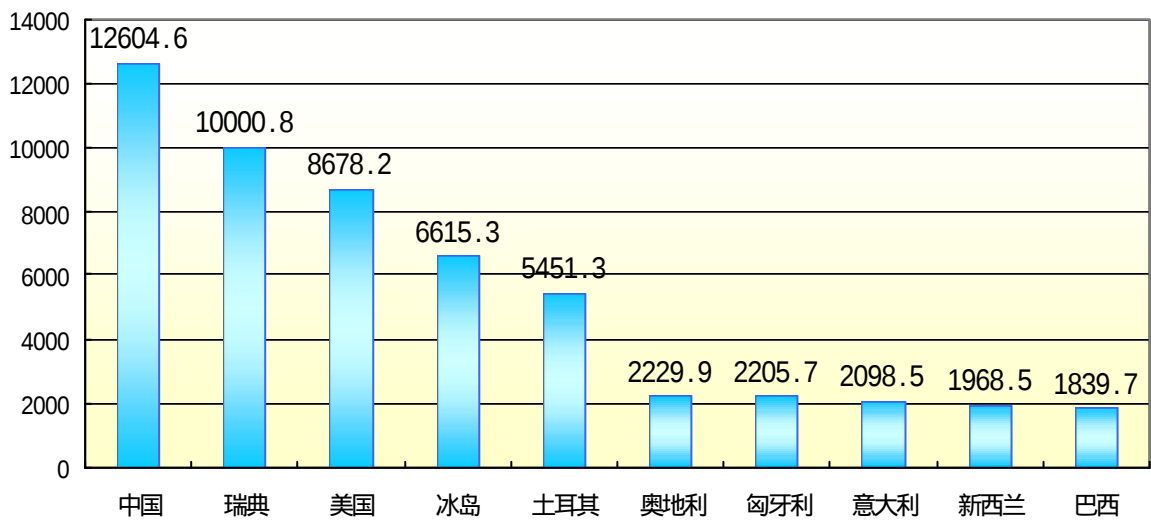


图 3 世界地热直接利用前 10 位国家产能情况

目前，我国地热资源主要应用于以下方面：

1、 高温地热发电

我国拥有 150 以上高温水热系统的温泉区近百处，主要集中分布于藏滇地热带和台湾地热带。藏南、滇西、川西和台湾北部是我国开

发利用高温地热能资源最有远景的地区。

20 世纪 70 年代先后曾经在广东邓屋、湖南灰汤、江西宜春、广西象州、山东招远、辽宁熊岳、河北怀来等地建立了地热发电试验电站。由于温度偏低，经济效益不佳。目前除广东邓屋、湖南灰汤两地热电站有时发电外，其余均已停用。

20 世纪 70 年代后期，我国开始利用高温地热资源发电，先后在西藏羊八井、郎久建工业性地热发电站，总装机容量 28.18MW。其中羊八井地热热电站装机容量 25.18MW，利用每年 $1.095 \times 10^7 \text{m}^3$ 流量、温度 130-170 的水汽，实际发电稳定在 18.5MW，约占拉萨电网全年供电量的 40%，冬季超过 60%。到 1999 年底，包括台湾在内的我国地热电站总装机容量达到 32.08MW（表 6），但目前实际运行的只有西藏羊八井、朗久、广东丰顺、湖南灰汤四座，实际生产电力装机容量为 25.78MW。

表 6 我国地热电站装机容量一览表

地点	名称	机组数	装机容量（MW）	实际利用量（MW）
西藏	羊八井	9	25.18	24.18(出力 18.5)
	那曲	1	1	2000 年停产
	朗久	2	2	1(出力 0.4)
广东	丰顺	1	0.3	0.3
湖南	灰汤	1	0.3	0.3
台湾	清水	1	3	1995 年停产
	土场	1	0.3	停产
总计			32.08	25.78(出力 19.5)

（资料来源：中国能源研究会地热专业委员会调查统计）

据中国能源研究会地热专业委员会统计资料，西藏地热资源总计可开采约 2.99 亿 kW，在喜马拉雅地热带共有高温地热系统 255 处，30 年内发电潜力约 5800MW。目前，西藏目前仍有无电县 22 个，其中大部分地区有高温地热资源，若能在这些无电县当中发展小功率的模块式

地热电站，将是一条切实可行的消灭无电县的路子。

高温地热发电成本较低，如羊八井地热电厂上网电价 0.41 元/kWh，具有较强的商业竞争力。但用于发电的地热流体要求温度较高，一般要求在 180 甚至 200 以上才更经济。由于发电所使用的地热蒸汽因分离不彻底而含水，因而具有较高的含盐量，易导致设备的腐蚀与结垢，且大量 80 废水排放地面，造成热储内液体的严重亏空诱发地面沉降，需要建立回灌开发系统。羊八井和朗久的地热发电因采取了相应技术措施，解决了这些问题。目前，羊八井地热发电是采用的单级和二级扩容地热发电厂系统。

2、中低温地热直接利用

我国中低温地热直接利用主要在地热供暖、医疗保健、洗浴和旅游度假、养殖、农业温室种植和灌溉、工业生产、矿泉水生产等方面。并逐步开发了地热资源梯级利用技术、地下含水层储能技术等。目前，在全国地热水利用方式中，供热采暖占 18.0%，医疗洗浴与娱乐健身占 65.2%，种植与养殖占 9.1%；其他占 7.7%。

（1）地热供暖。集中在北方的北京、天津、西安、郑州、鞍山等大中城市以及黑龙江大庆、河北霸州、固安、牛驼镇等油区城镇，开发利用 60-100 的中低温地热水、热尾水和浅层地热能。一些有温泉出露的地区，尤其是北方，都在不同程度上利用地热采暖，已取得良好效果。据统计，在 1990 年，全国地热供暖面积 190 万 m^2 ，到 2000 年就发展到 1100 万 m^2 ，目前连同地源热泵供暖面积已接近 2000 万 m^2 ，增长速度很快。见表 7。天津市 2004 年地热水开采量已达 2468 万 m^3 ，供热面积达 947 万 m^2 ，占全国地热供热面积近一半。

华北石油管理局建成了多处利用脱油热水供暖示范工程，解决了当地油田基地供暖问题，每年节约燃料、电力等费用数百万元。充分利用废油井，开发利用油田地热资源，是资源枯竭油田经济结构调整的方向之一。

表 7 地热供暖情况表

类 别	1990 年	1999 年	2005 年
地热供暖面积 (万 m ²)	190	800	1270
地热供生活热水 (万户)	1	20	30
二氧化碳减排 (吨)	3087	12999	20635
氮氧化物减排 (吨)	1158.65	4878.5	7744.6

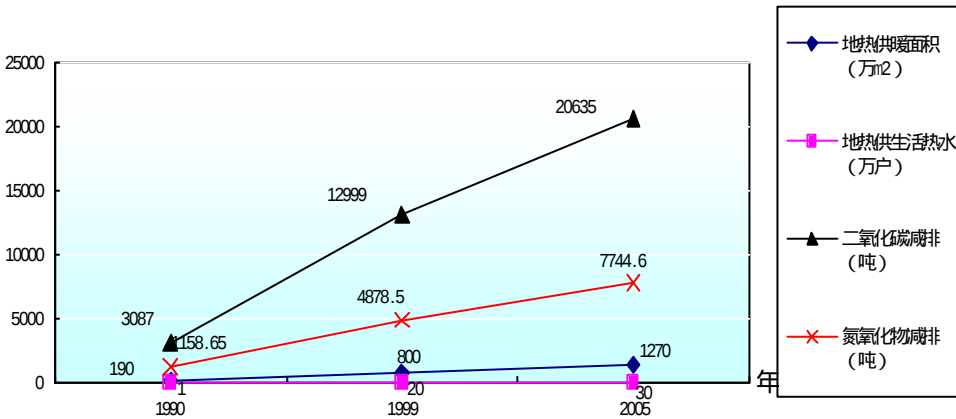


图 4 地热供暖发展情况

利用地热水供暖，以其清洁、对大气污染极小、运行成本低、资源综合利用收益高等优点，再加上热泵技术，在常规能源比较短缺有条件开发地热资源的地区，受到了普遍重视，并收到了明显经济效益，其发展前景广泛。据统计，在同比条件下，地热供暖成本比锅炉供暖低约 30%。

(2) 医疗保健。地热流体中具有较高的温度、含有特殊的化学成分与气体成分、少量生物活性离子及放射性物质等，人体各系统器官功能调节具有明显的医疗和保健作用。在各温泉疗养院中，利用地热可以进行水疗、气疗和泥疗等。随着经济发展和人民生活水平提高，全国相继在许多地区建立了一批集医疗、洗浴、保健、娱乐、旅游度假于一体的“温泉度假村”或“医疗康复中心”。据统计，用于医疗保健的地热田在全国已有 126 处，遍及全国 20 多个省（区、市）。

(3) 洗浴和旅游度假。利用地热水进行洗浴，几乎遍及全国各省（区、市）。据不完全统计，全国已建温泉地热水疗养院 200 余处，突出医疗利用的温泉浴疗有 430 处。除疗养院外，在已经开发利用的地热田中，全部或部分用于洗浴方面约占热田总数 60%以上。全国现有公共温泉浴池和温泉游泳池 1600 处。以北京开发利用地热水用于洗浴的水量占全市地热水总用水量的比例推算，全国开发地热水用于洗浴的水量估计每年约 1.38 亿 m^3 ，利用地热能 716.45MW，即每年相当于节约或减少了 77.1 万吨标准煤用量，为 6.88 亿人次提供了地热水洗浴。

我国许多温泉区既是疗养地，又是旅游观光区，一些温泉区在历史上就建有专供王室游乐之地。如北京小汤山建有供慈禧专用的亭池，陕西的临潼建有华清宫，河南林如温泉建有供武则天专用的武后池、八卦楼等……。解放后，我国在不少温泉区建立了职工疗养院。近年来，随着我国旅游业的发展，温泉疗养和旅游业的发展尤为迅速，同时在不少温泉区开展了勘探工作，即扩大了资源量，又达到了增温效果，为人们提供了越来越多的供疗养康复和旅游观光场所。

我国藏南、滇西、川西及台湾一些高温温泉和沸泉区，不仅拥有

高能位地热资源，同时还拥有绚丽多彩的地热景观，为世人所瞩目。如云南省腾冲是我国大陆唯一的一处保存完好的火山温泉区，拥有罕见的火山、地热景观及珍贵的医疗矿泉水价值；台湾省的大屯火山温泉区也是温泉疗养和旅游观光胜地。

目前，我国地热旅游开发常见形式有：利用奇特的地热景观来发展旅游，如当地有喷泉、间隙喷泉、沸泉、沸泥塘、喷气孔等奇特的地热地质现象；利用当地地热资源及秀丽的山水景色开发以温泉浴、度假村、娱乐为一体的地热旅游项目；利用现代大型地热温室中人工山水和奇花异草设置茶座或构成生态园餐厅；利用现代大型农业地热温室，开发高科技农业参观、购物；利用地热水产养殖和现代化高密度水产养殖技术，开发包括垂钓在内的地热水产；利用著名温泉文化开发旅游等。经估算，我国温泉每年利用的热量大体上只相当于 10-15 万吨标准煤的热量，大量热能尚未得到有效利用。

（4）养殖，北京、天津、福建、广东等地起步较早，现已遍及 20 多个省（区、市）的 47 个地热田，建有养殖场约 300 处，鱼池面积约 445 万 m^2 。全国水产养殖耗水量约占地热水总用水量的 5.7% 左右，主要养殖罗非鱼、鳗鱼、甲鱼、青虾、牛蛙、观赏鱼等以及鱼苗越冬。由于各地温泉养殖业迅速发展，新鲜成鱼畅销海内外，取得显著经济效益。此外，还有地热孵化禽类、地热烘干蔬菜、地热水加温沼气池与牲畜洗浴池等，也取得良好效果。

（5）农业温室种植和灌溉。地热是一种复合型资源，非常适合生物的反季节、异地养殖与种植。利用地热能可以为温室供暖，利用地热水可以进行温带水生物的养殖，地热水中的矿物质还可以为生物提

供所需的养分。在我国北方，地热主要用于种植较高档的瓜果类、菜类、食用菌、花卉等，在南方，主要用于育秧。据统计，全国现共有地热温室和大棚 133 万 m^2 ，其中仅河北省就占 47 万 m^2 。利用地热水进行农业种植灌溉，不仅可以促进早熟，而且还有明显的增产效果。目前，我国温室种植开采利用地热资源折合标准煤 21.5 万吨/a, 占地热资源年开采总量的 3.4%。

(6) 工业生产。目前主要用于纺织印染、洗涤、制革、造纸与木材、粮食烘干等，其中温泉区地下热水在纺织工业及化工工业方面均获得较好的利用和效益。同时，部分地热水还可提取工业原料，如腾冲热海硫磺塘采用淘洗法取磺，洱源县九台温泉区挖取芒硝和自然硫，台湾自明清以来就已经在大屯火山温泉区开采自然硫等。华北油田利用封存的油井深部奥陶系进行地热水伴热输油，完全替代了锅炉热水伴热输油，取得了明显的经济、社会效益。

(7) 矿泉水生产。我国开发地热水生产饮用天然矿泉水始于 20 世纪 80 年代后期，据统计，全国利用地热水生产饮用天然矿泉水有近 50 处，主要分布在北京、天津、安徽、广东、广西、重庆、贵州、云南、陕西、青海等省（自治区、直辖市）。以利用矿化度 0.6g/L 以下、温度 50 以下的地热水为主。

此外，中低温地热资源被开发利用为温泉休闲娱乐和洗浴医疗受到广大消费者的青睐，也引发了围绕房地产开发、旅游业等的地热开发热潮。在开发利用方式上，各地根据不同需求使地热开发各具特色。如北京温泉旅游业新秀辈出，带动了房地产业发展；天津地热区域供暖成为我国的典范，也使京津冀地热区域供热已形成规模产业，正在

带动着北方地热区域供热的发展；广东等地推出的“中国温泉之乡”品牌吸引国内外宾客。同时，我国建立了静海县、雄县、新郑县和福州市等四处地热水梯级利用的农业利用示范点，取得了显著综合效益，并在全国得到推广。同时，地热农业利用示范，其地热能的广泛利用活跃了农村经济，也带动了全国县乡以及少数民族地区的经济发展。

在地热利用技术上，为解决地热尾水排放温度高、资源利用率低与环境热污染问题，目前逐步开发了地热资源梯级利用技术，多级次地从地热水中提取热能，多层次地利用地热能。地热梯级利用工艺充分发挥了地板辐射采暖、地热热泵的优势，在烘干工艺、加热汽化、蒸馏、洗涤、盐析取、化学萃取等方面得到应用；采用地热回灌技术总结推广地下含水层储冷和储热技术，实现了“夏灌冬用”进行供热，“冬灌夏用”解决制冷，循环利用能源，形成城市封闭性供热与制冷系统。

3.3 浅层地温能利用技术

我国浅层地温能的开发利用起步较晚，20 世纪 90 年代开始推广和研究地源热泵系统浅层地热能的开发利用技术。2000 年以来浅层地下热能开发利用的热泵技术在全国得到普遍推广，京津地区发展最快。

浅层地温能开发利用的最大优点是节能。利用浅部地层进行反季节储能，即冬天利用地热源向建筑物供热，将建筑物交换后的冷源回灌入地层中，夏季取出地层中的冷源向建筑物供冷。同时，将建筑物交换后的热能又回灌到地层中储存。目前，我国已经建立了比较完善的开发利用浅层地热能的工程技术、机械设备、监测和控制系统，但回灌技术尚在进一步研究中。

浅层地温能开发工程技术，按冷热源工程分类可分为土壤源热泵系统和地下水源热泵系统。其中，土壤源热泵系统是在浅层地层中设置人工管道，通过循环水在管道中的运行来实现同地层的冷热源转换，土壤源热泵系统又分为水平盘管系统、桩中埋管系统和竖埋管系统；地下水源热泵系统即是利用井孔开采地下水，冬灌夏用，夏灌冬用，实现同地层冷、热源交换和反季节储能。根据井群类型地下水源热泵系统分为同层对井系统、异层采灌系统、井组对井系统、单井多层采灌系统、单井多层成井对井采灌系统等。

热泵是先进的热能利用与节能设备，能有效地利用空气、水体和土壤中蕴藏的低温热能。利用热泵可以从低温地热尾水中提取热量，从而降低地热尾水的排放温度，增大地热利用温差。天津市华馨小区在地热供热系统中使用了地热热泵，尾水最低排放温度达到 10℃，利用温差达 80℃，地热资源得到了充分利用。

目前，根据对北京、天津等地区各类浅层地温能工程研究，已经逐步建立起了各类地下水源热泵系统的水源井施工技术和质量要求，井群设计计算方法、水质评价和处理方法、环境影响评价方法等。回灌技术中回灌水质控制和回灌对储层及用水管的影响评价，堵塞井的处理技术，土壤热泵系统对井群采灌系统温度场、化学场和压力场的模拟计算方法，参数采集方法等尚在研究之中。

北京市从本世纪初开始成规模地应用以浅层地温为冷、热源的热泵集中采暖、制冷工程。每年以 15%—20% 的速度增长。目前全市采用这种技术的供暖建筑面积已超过 500 万 m^2 。在“十一五”期间，北京市计划再增加 3000 万 m^2 浅层地热供暖建筑面积。

3.4 地热水资源开发利用量

根据国土资源部地质环境司组织全国各省、自治区、直辖市国土资源部门开展的“中国地热资源开发利用规划”提供的资料，全国现有温泉数为 2710 处，已开发利用的约 700 余处。用于发电的有四处，其余主要用于采暖、洗浴、医疗、旅游、养殖和种植。

据不完全统计，全国现有地热田约 275 余处，地热井约 2239 余眼，主要分布在华北盆地、关中盆地、汾渭盆地、昆明盆地、东南沿海等地区。根据 1999 年“中国地热资源开发利用规划”统计资料和部分最新补充资料，全国地热水开采量约 3.5 亿 m^3/a ，详见表 7。

四 地热资源勘查和开发中存在的问题

1、全国地热资源勘查评价程度低。国家对地热资源勘查投入严重不足，全国大部分地区尚未开展地热资源勘查，特别是我国西部地区的中低温地热资源，基本未开展正规的地热勘探。全国地热资源总量是个概数，至今尚未取得公认的统一数据。经过资源储量管理部门审批可作为进一步勘查或开发利用规划的地热田 103 处，约占已发现地热田的 1/3。勘查评价滞后于开发利用，影响地热资源勘查开发规划的制定、资源的利用以及地热产业发展。尤其是自 20 世纪 90 年代以来，国家在地热资源勘查方面基本上没有投入。

表 7 中国地热水开发利用现状一览表

省、区、市	温泉数 (处)	热水井数 (眼)	地热田或地热 异常区(处)	地热水开发利 用量(万 m ³ /a)	备注
北京	3	300	10	1000.0	
天津	0	251	10	2467.9	2004
河北	25	200	30	2119.6	
山西	7	220	27	1937.2	
内蒙古	6	1	5	66.7	
辽宁	36	10	2	1104.0	
吉林	6	5	5	49.1	
黑龙江	0	18	6	17.5	
江苏	5		7	260.8	
上海	0		3	0	
浙江	6			108.2	
安徽	18			318.1	
福建	172	94	12	891.4	
江西	82	22	4	1202.3	
山东	17	100	32	684.3	
河南	23	300	20	1032.4	
湖北	53		7	980.9	
湖南	130	76	8	2066.4	
广东	282	15	20	1416.5	
广西	35	10	6	23.0	
海南	35	60	10	383.3	
四川	305	3	3	422.9	
重庆				811.1	
贵州	72	40	18	231.3	
云南	822	230	9	7569.5	2004
西藏	306	60	3	5373	
陕西	14	186	8	1835	
甘肃	14	3	1	60.3	
青海	44	10	4	255.5	
宁夏	2	2	1	8.6	2004
新疆	62	8	2	632.8	
港澳台	128	15	5	47	台湾 2004
合计	2710	2239	278	35376.6	

近年来地热勘查开发是由各种所有制经济主体参与和推动，基础地热地质勘查工作薄弱，后备资源不足，地热市场供需矛盾日益突出。因市场机制追求的是直接经济利益，对于服务于各级政府的地热资源规划的评价、论证和区域性地热田资源勘查评价等基础性、区域性、全国性勘查工作，单凭市场无法解决。地热资源开发是高风险、高投入、高收益的产业，如果不将区域资源论证清楚，把地热资源的地质基础做好，就不能正确地引导地热资源开发利用，政府管理部门不可能做到科学管理。部分地热田已打成地热井数十眼，形成相当的开发规模，但整个地热田资源状况尚未进行评价，开发管理缺乏科学依据，处于盲目开采状态。

2、地热资源开发利用水平低，资源浪费现象严重。地热资源开发利用规模化、产业化水平不高，热能利用率低、资源浪费比较严重。相当一部分天然温泉水没有充分利用，被白白浪费；井采地热水回收率低，利用方式单一，弃水量大、温度高。由于梯级开发利用和“一采一灌”的开采回灌制度没有得到普遍实施，废弃了大量的高温、高矿化度地热水，不仅造成资源浪费，还由此产生了周围环境和地下水的污染和化学污染。在一些采取直供、直排供暖方式的单位，其热能利用率仅为 20%-30%，严重浪费了地热资源。

3、一些地区地热井过于集中，过量开采现象严重，只采不补，造成地热水位持续下降，严重影响地热资源的可持续利用，局部地区还出现地面沉降等问题。根据天津塘沽、大港的监测资料，地热开采造成的地面沉降约为 6-10mm/a。因此，必须加强热矿水开发的论证和勘查工作，对地热井进行合理布局，限量开采，有效保护，持续发展。

4、地热资源管理体制不顺、职责不清，对地热资源开发利用的监督管理力度不够。地热资源应由国土资源地矿行政主管部门统一管理。但在有些地区，地热管理设在其它部门。有些地区把地热资源混同于普通水资源进行管理，重复发证，造成地热资源管理的混乱。目前，全国仅有北京、天津等市在国土资源部门设立了专门的地热管理处，负责对地热资源进行统一监管。有相当一部分地区的地热管理工作偏重于发证和收费，而对地热资源的科学开采和合理利用方面的监管不力。

5、缺少全国统一的地热资源信息系统，管理手段落后，信息反馈不灵，管理自动化和信息化程度较低。急需建立全国性的地热资源信息数据库和管理系统，为科学规划与指导我国地热资源勘查开发有序发展提供基础资料。

5、水源热泵和地源热泵技术研究和应用推广有待加强。存在于地下岩土空间的地热温度能，是一种可再生能源，无任何污染。可利用水或其他流体作为载体运输和利用地温能，不仅可以供热、取暖，还可用来制冷，应鼓励开发利用浅层地热能。在利用地温能的过程中，地源热泵消耗 1 度电的能量，可以得到相当于 4 度电左右的热量或冷量，其采暖运行费用比传统能源利用方式低 60%以上。据 2000 年统计资料，在全世界地热直接利用中，热泵利用已占地热利用的 56.5%，而我国热泵应用还处于起步阶段。在当今能源十分紧张的状况下，大力开发利用浅层地热能，具有极其重要的现实意义和广阔的发展前景。国家应在政策、资金等方面，引导和支持企业、单位及个人积极开发利用浅层地热能。

五 地热资源可持续开发利用和保护的建议

1. 在资源论证的基础上，编制中国地热资源规划，将地热资源开发利用规划纳入国家“十一五”能源规划。

2. 依据《矿产资源法》针对地热资源特点，制定一套合理的地热资源监督管理办法。组织制订地热资源管理条例，健全地热资源管理体制。由于地热资源的特征、开发方式和开采主体与固体矿产和油气资源明显不同，研究制定地热资源开发的矿权管理办法十分必要。为鼓励开发利用可再生能源，需要制定地热资源开发的优惠政策。

3. 开展全国地热资源评价和区划。目前地热资源勘查评价程度低，全国地热资源总量不清，计算评价方法还不完善，难以为地热资源规划和管理提供可靠支撑，迫切需要对全国地热资源进行调查论证。进行全国地热资源区划，在重点地区开展地热资源勘查，作出较为符合实际的地热资源评价。

4. 加强地热开发利用技术的研究和推广，推广浅层地热能利用和地热水回灌技术。采用热泵技术开发利用浅层地热能，用于供暖和制冷，具有良好的经济和环境效益，应予以推广。为了保护地热资源和环境，达到可持续利用，扭转地热水的消耗性开采，地热水回灌是必须采取的措施，应加强研究不同地质条件下的地热水回灌技术，鼓励应用。

5. 建立一批地热开发利用示范区（点）。加强地热开发利用技术研究，研究地热水回灌技术应用，以防止地热水的枯竭。研究热泵应用技术，提高地热能的利用率。针对地热利用的某个方面，在不同类型

的地区进行地热资源开发利用示范，保证地热资源的可持续开发利用。在浅层地热能热泵技术利用、地热水回灌、地热集中供暖、地热梯级利用、利用油田井开发地热、利用地热发展高效农业等方面分别进行典型的开发示范。利用新技术，通过示范促进地热资源的可持续利用和高效开发。