

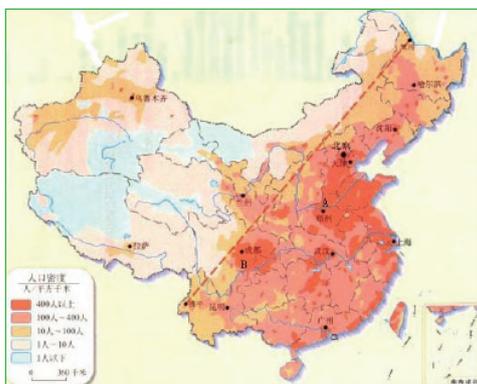
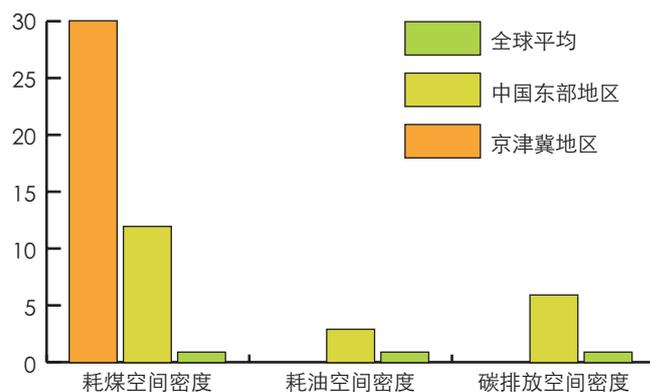
# 一、城市及区域能源系统开发与实践

## (一) 工商企业助力地热资源高效利用

导读：我国地热资源十分丰富，在可再生能源中占有重要位置。当前，实现节能减排、提高清洁能源占比任务艰巨，如何充分开发利用地热资源，统筹考虑、科学领先、趋利避害、永续利用。工商企业具有这方面的成熟技术，专业人才和优良的业绩，可为地热资源的有效利用贡献解决方案。

### 一、背景介绍

**能源与环境** 我国人均环境容量远低于全球平均水平，80%的人口居住在爱辉 - 腾冲线以东的国土上，东部的土地面积约为全球陆地总面积的不到 1/30，每年消耗全球煤炭的 40%，即在东部的单位国土面积上消耗的煤炭（称为“耗煤空间密度”）是全球平均值的 12 倍。“碳排放的空间密度”是全球平均值的 6 倍。京津冀地区则更为严重，是我国东部地区平均值的 2.5 倍，是全球平均值的 30 倍之多！显而易见，导致东部雾霾如此严重的原因，除了机动车和工业等，分散的燃煤供暖也是重要原因。



我国人口分布图

### 1. 地热发展的氛围亟待升温

近十年，尽管地热作为一种非常重要的可再生能源，也取得了长足的进步，但是与风电、太阳能发电的发展速度相比还有较大差距。目前地热资源在我国能源结构中不足 0.5%，地热发电也仅占世界地热发电的 0.35%，发展态势亟待升温。

我国能源发展战略和能源规划指出，到 2020 年，非化石能源比例要从 2014 年的 11% 提高到 15%，2030 年可再生能源在

终端能源消费中的比例将达到 20%。

## 2. 中国地热资源开发利用概况

我国地热资源的开发利用可分为发电和直接利用两个方面。高温地热资源主要用于发电；中温和低温地热资源则以直接利用为主；对于 25℃ 以下的浅层地热能，可利用地源热泵进行供暖和制冷。

### (1) 浅层地热能供暖 / 制冷

到 2015 年底，全国浅层地热能供暖 / 制冷面积达到 3.92 亿平方米，实现年替代标煤 1160 万吨，年减排二氧化碳 3000 万吨。

### (2) 中深层地热能直接利用

到 2015 年底，全国中深层地热供暖面积达到 1.02 亿平方米，实现年替代标煤 290 万吨，减排二氧化碳 750 万吨。

### (3) 地热发电

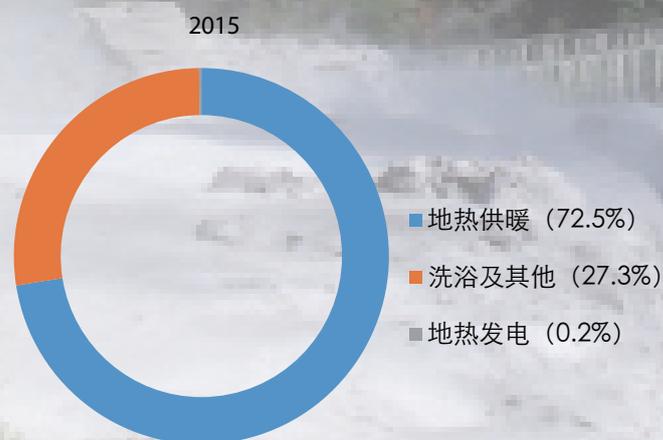
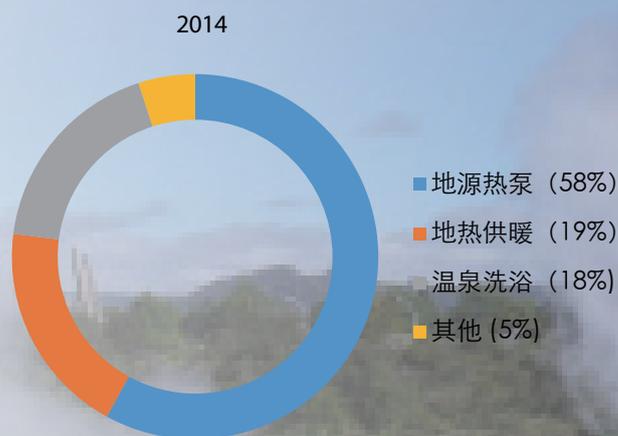
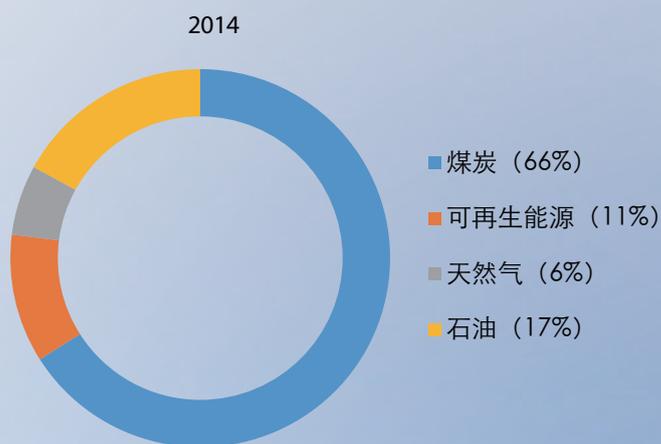
2015 年底，我国地热发电总装机容量仅为 27.88MW，共发电 1.35 亿千瓦时，实现替代标煤 4.13 万吨，减排二氧化碳 10.73 万吨，地热发电相对滞后。

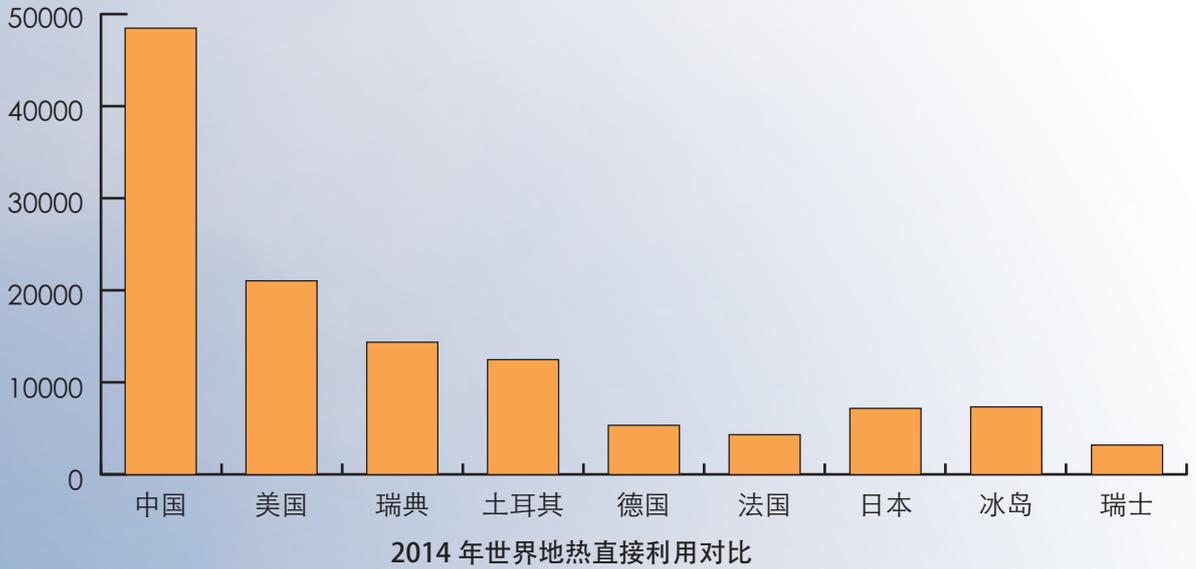
经过多年的地热资源开发，尽管我国直接利用地热资源量连续多年位于世界首位，但地热利用占比仍然亟待提高。2015 年，我国地热开发利用合计共替代标煤 2000 万吨，占我国一次能源消费的 0.465%。其中，地热供暖 72.5%，洗浴及其他 27.3%，地热发电 0.2%。

## 3. 重新认识地热在雾霾治理中的作用

### (1) 地热在未来一次能源特别是可再生能源消费中的贡献

按照《国家能源十三五规划》，我国可再生能源占比从 2015 年的 12% 提高到 2020 年的 15%，增长 3 个百分点。根据《中国“十三五”地热产业发展规划》，到 2020 年，累计达到地





热供暖 / 制冷面积 16 亿平方米, 加上发电、种植、养殖、洗浴等, 共可实现替代标煤 7210 万吨, 占 2020 年我国能源消费总量 48 亿吨标煤的比例将达到 1.5 个百分点, 比现在的 0.465 个百分点提高达 1 个百分点, 也就是说到 2020 年, 在可再生能源 3 个百分点增量中, 地热资源增量占三分之一, 与水电、风电、太阳能发电等其他可再生能源相比, 贡献一目了然。

### (2) 开发地热对当前治理雾霾具有更加突出的现实意义

现在社会对治理雾霾越来越关注, 我国已经发布了“大气污染治理 10 条”, 各级政府也出台了各种政策、措施。对于雾霾主要原因的认识越来越清晰, 多数观点趋向认为燃煤采暖锅炉和散煤燃烧是造成雾霾的重要诱因。

按照《锅炉大气排放标准》(GB13271-2014), 采暖锅炉二氧化硫、氮氧化物和粉尘分别是电厂锅炉的 4 倍、4 倍和 2.5 倍。按照中国政府正在推动的燃煤电厂超低排放改造工程, 要求电厂排放的二氧化硫、氮氧化物和烟尘接近天然气电厂的水平, 分别达到  $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、5 或  $10\text{mg}/\text{m}^3$ , 采暖锅炉排放

超标倍数将更大。

另外,散煤燃烧是影响雾霾的主要原因之一,农村量大面广且低空排放的散煤燃烧已成为重要的大气污染源之一。据测算,1吨散煤直燃的污染物排放量是1吨工业燃煤经集中减排后污染物排放量的十几倍。

## 二、成效和案例

### 零碳县地热模式——雄县

雄县 524 平方公里区域内,下辖 6 镇 3 乡 223 个行政村,总人口约 38 万。

中石化在河北雄县,经过 6 年的建设,建成供暖能力 385 万平方米,城区基本实现了地热集中供热全覆盖,成为我国第一个“无烟城”,成功打造了技术可复制、经验可推广的“雄县模式”。

咸阳、太原、辛集等一批相同模式项目已经建成或部分建成,替代的就是燃煤供暖锅炉。

目前正在与县政府一起本着“绿色低碳、环境友好”的新农村地热开发理念,开展黄湾村、胡家台村、北营新村、西安各庄新村等 9 个新农村小区的地热供暖试验、示范建设,签约地热供暖面积 65 万平米,建成地热供暖能力 48 万平米。签约面积全部建成后年可替代标煤 1.89 万吨,减排二氧化碳 5 万吨;已实现供暖 30.9 万平米,年替代标煤 0.896 万吨,减排二氧化碳 2.33 万吨,减排二氧化硫 0.021 万吨。

#### 雄县地热供暖先进技术

在雄县的地热资源开发利用中,采取了先进的热储评价、采灌均衡、定向钻井、间接换热等技术,大大提高了热利用效率,降低了运营成本。

#### (1) 热储评价技术

根据地热井测温数据,绘制了高精度的地温梯度图和大地热流分布图,指导区域开发。通过示踪剂实验,确定井间距和合理开采规模,防止热突破,保持热储温度和水量动态稳定,确保可持续开发。

#### (2) 采灌均衡技术

成功运用“一采一灌”、“三采两灌”等先进技术,实现了 100% 同层回灌,使水位快速下降的问题得到有效遏制,实现了

保护环境、清洁发展、资源可持续利用。水位有望快速恢复。

### (3) 定向井技术

在指定钻井场地施工地热井,定向开发所需热储层资源,解决了地热井合理间距与城市布井的矛盾。

### (4) 间接换热技术

通过中间换热器提取地热水中的热能,实现地热和供暖独立运行,解决了地热水受污染及管网、末端腐蚀问题。

## 工商业界联合开发地热模式——咸阳

咸阳地热资源主要分布在辖区内南部的秦都、渭城、武功、兴平、三原、泾阳等县市区,面积约 3000 平方公里,为大型中低温地热田。远景地热水储量约 3450 亿立方米,地热能约 35050 万亿千卡,相当于标准煤约 50 亿吨。多年的开发利用实践证明,咸阳地热资源具有温度高、压力大、水量丰、品质优等显著特点,富含氟、锶、碘、偏硅酸、偏硼酸、偏硼酸等多种对人体有益的矿物质和微量元素,达到优质医疗热矿水的标准,为中国西部地区乃至全国所罕见。

工商业界联手合作地热开发。地热开发结合环境治理、医疗热矿水利用等通过采暖带动房地产业发展。咸阳位于西部地区,冬季供暖、生活用热水的需求量很大。用地热水采暖不烧煤,无污染,可保持室内温度的昼夜恒定和舒适,不仅节省燃煤、减少运输、占地等,而且可大大改善城市的空气质量和环境状况,虽初期投资较高,但运行费用低,相当于燃煤锅炉的三分之一,经济和社会效益均十分明显。截至 2014 年底,全市已开发地热井 80 余眼(其中包括回灌试验井 6 眼),2014 年全市地热水开采量 650 万立方米,实现地热供暖面积 570 余万平方米,占全市集中供热总面积的 30%,温泉入室 2 万余户,全市地热产业从业人员约 1.5 万人(含间接从业人员)。根据测算,仅 2014 年全年可减少标煤燃烧 17.7 万吨,减少二氧化碳排放 41.4 万吨、二氧化硫 3670 吨、煤灰渣 2 万吨、粉尘 1668 吨。地热资源的开发利用,为当地带来了明显的生态效益、经济效益和环境效益,极大地提升咸阳城市品位,提高了咸阳城市知名度和影响力,带动了当地经济社会的全面和谐发展。

### 三、问题和解决方案

#### 1. 问题

近几年的地热资源开发过程中,个别地区的地热开发项目或多或少出现了一些问题,开发企业积极寻求解决办法,以期达到地热资源的可持续开发与高效利用。

##### (1) 地热勘察亟待加强

很多地区的地热资源尚未进行勘察和评价,状况不甚清晰。为减少资源的浪费,降低开发的风险性,正规的地热勘查工作必须先行。

##### (2) 地热开发水平低,浪费资源

地热开发利用的模式相对较为单一,只利用一个温度阶段的能量,荒废了其他阶段的温度,缺乏梯级利用、综合利用,地热资源利用效率低,浪费大,甚至出现地热水一次利用后就地排放现象,既污染了环境,又造成地下水位下降。

##### (3) 完善地热开发科学规划和指导

地热资源同蓄电池,在开采过程中,需要合理布局,长远规划,保持可再生能力,防止由于过度集中开采导致水位下降,水温降低。

##### (4) 地热开发技术有待提高与推广

目前我国浅层地温能的开发有了一定的进展,利用浅层地温能进行供暖和制冷也有了一定的成效,而热泵市场对于地源热泵的采用仍旧处于观望状态,需要提升技术,降低成本,提高效率,发挥能源自身特点和优势,取得市场的认可,得到进一步推广。

#### 2. 工商业界的专业公司为地热资源有效利用提供了解决方案

工商业界的专业公司具有这方面的优势,成熟的技术、专业的人才、专用的设备、优良成功的业绩,可为地热资源的有效利用贡献诸多解决方案:

可以承担开展地热资源的勘查工作,为地热开发提供详尽的资料。

可以根据当地具体情况编制地热资源开发利用的规划、计划和方案。

可以根据地热品位情况,实现地热资源梯级利用。地热资源梯级利用主要包括:地热发电、建筑高效供热制冷、工农业生产和温泉沐浴等,可大幅度提高地热能的转化与利用效率。

可针对不同的深度、地层和岩性,完成不同热储类型的井身结构优化设计。(比如中石油联合中石化在肯尼亚 Olkaria 地区施工了一批高温地热井,最高地层温度达到 350 摄氏度。)

可以实现地热尾水回灌。地热尾水回灌是实现地热资源可持续发展的有力措施,世界各

国已获得广泛应用。在地热资源保护、减少资源浪费、延长生产井寿命以及减少环境污染等方面具有重要作用。

在开发利用地热过程中,如果没有回灌就会造成二次污染,地下会面临被掏空的危险;而一旦利用好回灌技术,地热资源则取之不尽,用之不竭。

在我国,中石化在开展回灌技术研究和应用方面走在前列,实现了灰岩热储层 100% 回灌,砂岩底层回灌取得阶段性成果。比如山东商河、乐陵试验井回灌率超过 80%,陕西咸阳正在进行回灌试验:文林 2 号井回灌系统已经取得国家专利局颁发的“砂岩地热尾水经济回灌系统”技术专利,自然回灌量连续两个采暖季保持在每小时 100 立方米以上,最大瞬间回灌量达到每小时 148 立方米,回灌率达到 100%。

此外,地热开发利用的技术还有蓄能技术,比如冰蓄能、水蓄冷、蓄热等,还有循环技术、高效的灌热技术以及地下水的防冻技术。

#### 四、总结与思考

我国地热资源丰富,占全球地热资源量的六分之一。据初步估算,全国 287 个地级以上城市每年浅层地温能资源量相当于 95 亿吨标准煤,在现有技术条件下,可利用热量相当于每年 3.5 亿吨标准煤。如果有效开发利用,扣除电能消耗,每年可节约标准煤 2.5 亿吨,减排二氧化碳 5 亿吨。应该说地热资源利用前景广阔,大有可为。

地热利用要秉持科学发展观,统筹考虑、合理开发、循环往复、物尽其用、趋利避害、科学发展。

工商企业具有这方面的成熟技术、专业人才和优良的业绩,可为地热资源的有效利用贡献众多解决方案。

总之,地热资源是一种可再生的清洁能源,储量大、分布广,具有清洁环保、用途广泛、稳定性好、可循环利用等特点,与风能、太阳能等相比,不受季节、气候、昼夜变化等外界因素干扰,是一种现实并具有竞争力的新能源。