

# "地热能+"供暖技术研究与应用

汇报人：张馨予

甘肃省建材科研设计院有限责任公司西安分公司



# 目录

## CONTENTS

01

地热能简介

INTRODUCTION OF GEOTHERMAL

02

中深层地岩热供暖技术

MIDDLE-DEEP STRATA GEOTHERMIC HEATING TECHNOLOGY

03

工程案例

APPLICATION CASE

04

发展前景

PROSPECT



# 地热能简介

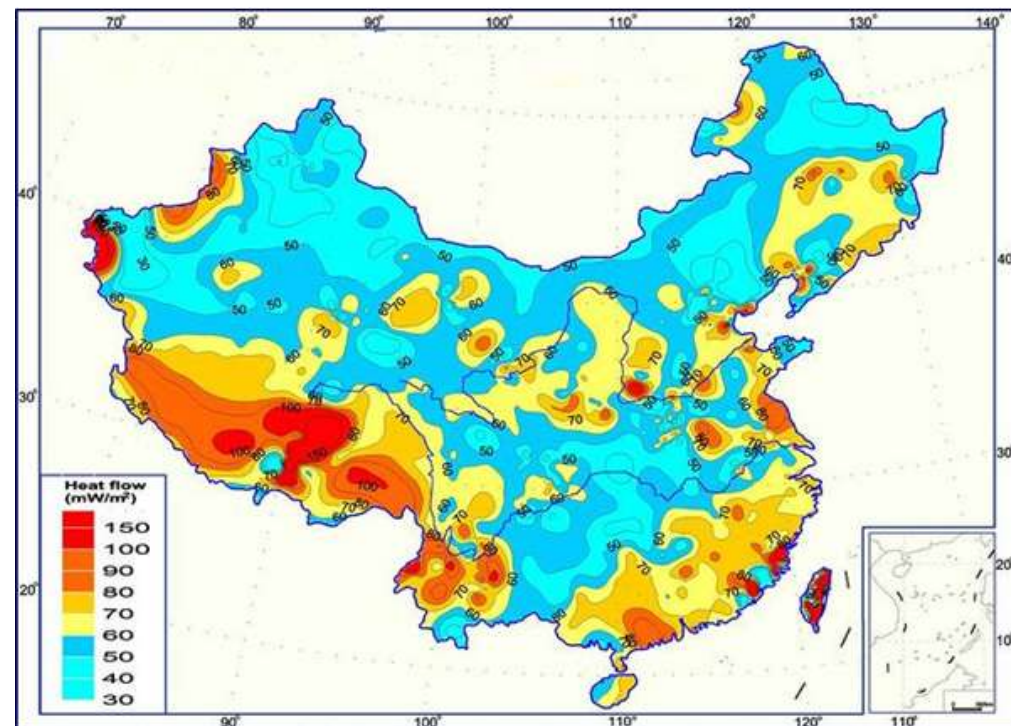
INTRODUCTION OF GEOTHERMAL

- 前中国地质部部长李四光在1970年指出：  
“地下是一个大热库，是人类开辟自然能源的一个新来源，就像人类发现煤炭、石油可以燃烧一样”。



- 地热能资源量：我国陆域地热资源量为856万亿tce，可开采量约为2015年全国能源消耗总量的4000倍。  
(中国地质科学院)

取之不尽，用之不竭

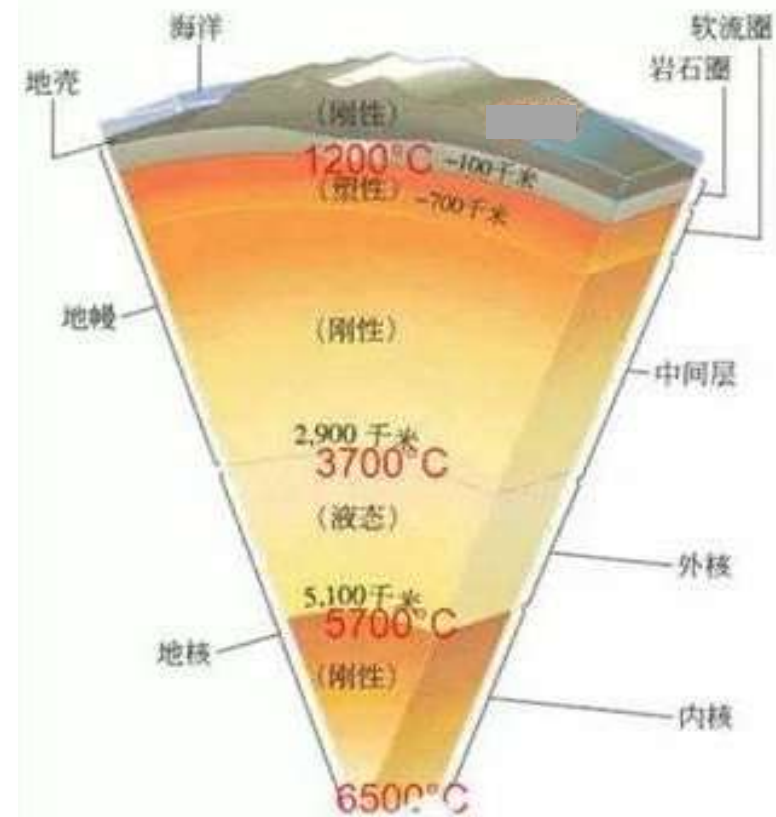
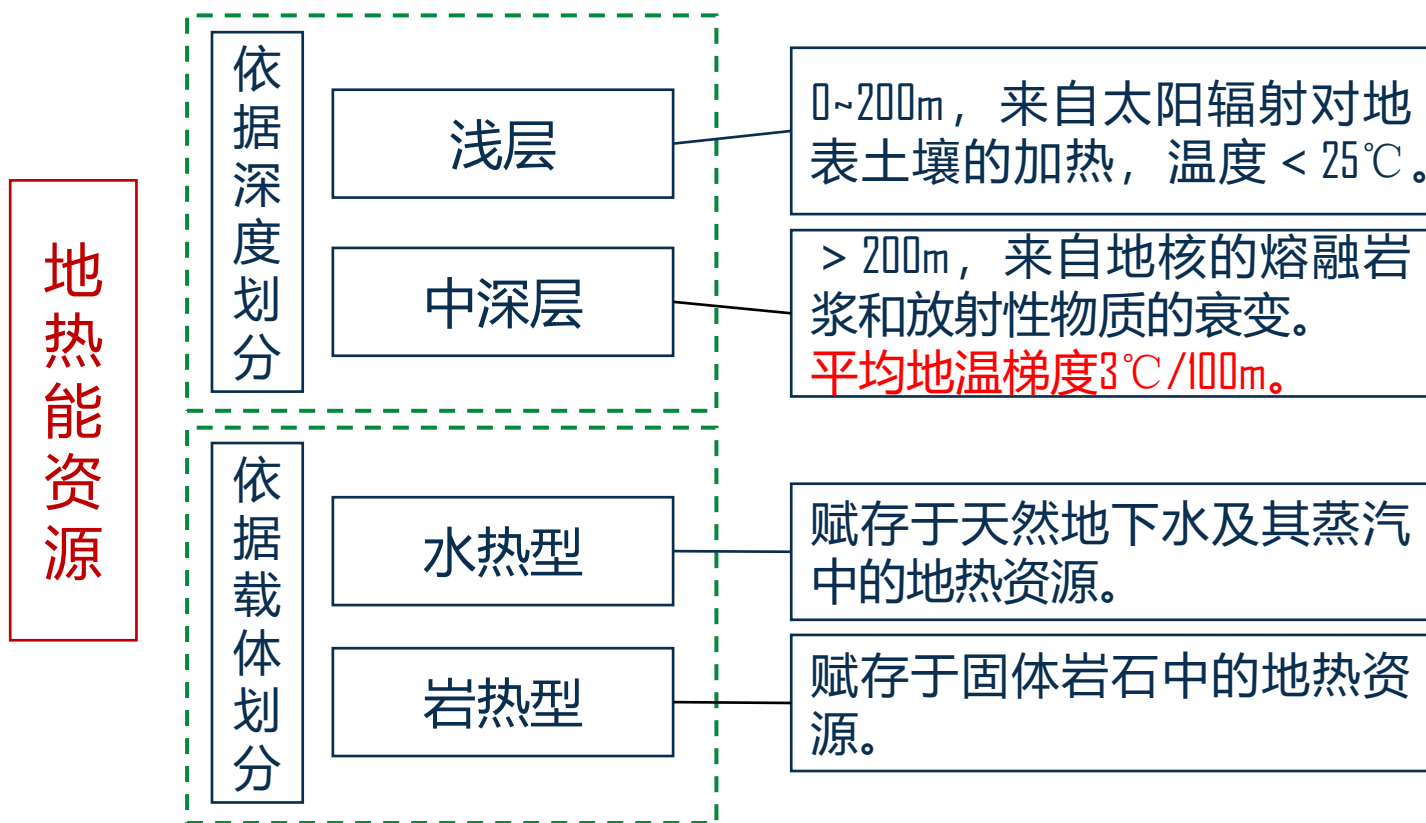


地热能资源分布图

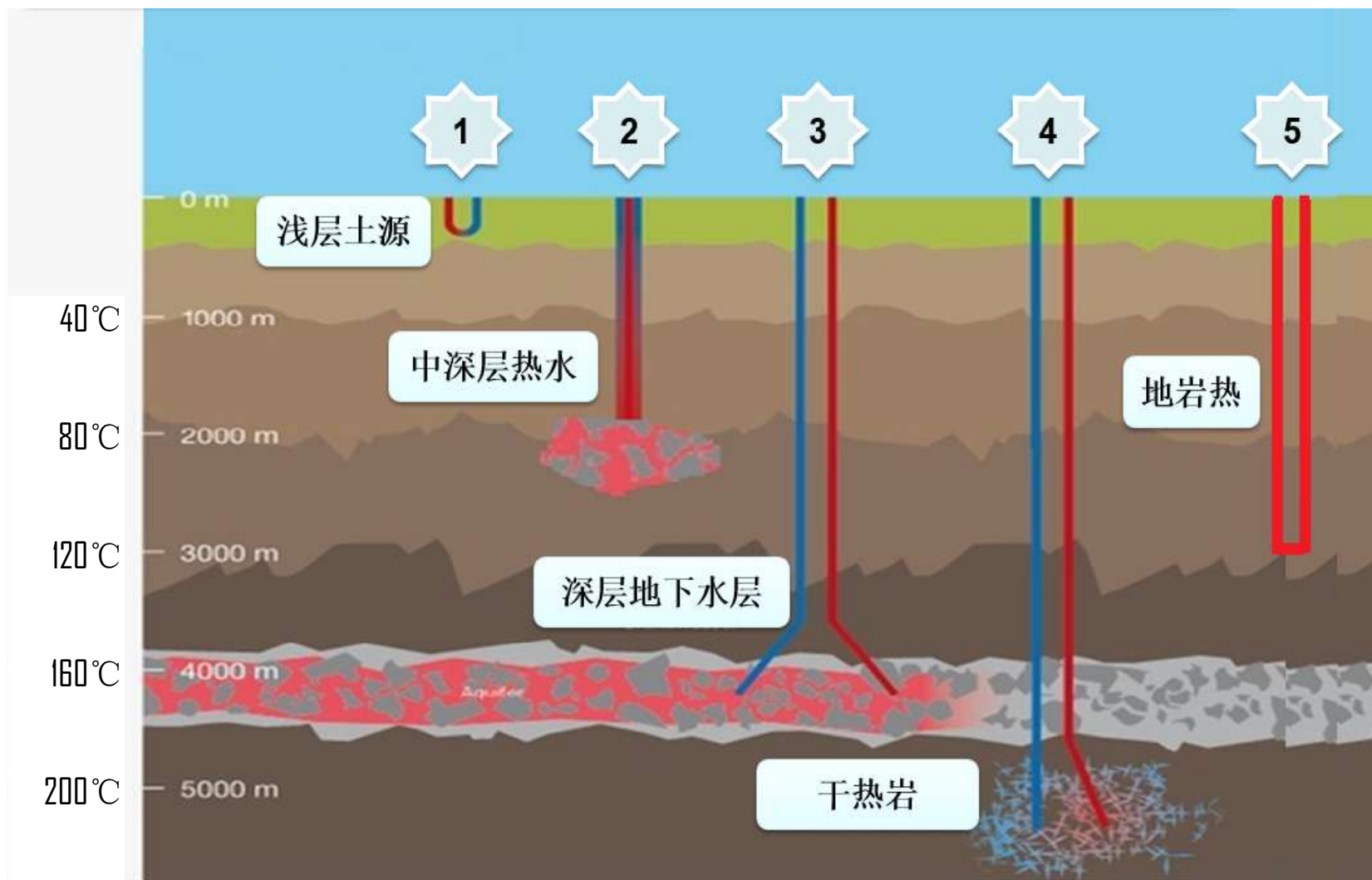


➤ 地热能是指赋存于地球内部岩土体、流体和岩浆体中，能够为人类开发和利用的热能。

(《地热能术语》NB/T 10097-2018)



# ■ 地热能利用技术分类



## 地热能利用技术比较

能源/技术	特点	成本
浅层土壤源热泵	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 施工深度浅, 技术成熟</li> <li>× 温度低 (<math>\leq 25^{\circ}\text{C}</math>), 供热效果受热堆积效应影响大, 使用不当存在热衰减</li> <li>× 施工作业面大, 在高密度建筑区域无法应用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 投资成本较低</li> <li>× 运行成本较高</li> <li>✓ 环境成本较低</li> </ul>
浅层水源热泵	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 技术成熟</li> <li>× 水源温度低</li> <li>× 浅层地下水是重要的城镇水源, 该技术回灌过程中污染水源, 政策已禁止使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 投资成本较低</li> <li>× 运行成本较高</li> <li>× 环境成本高</li> </ul>
中深层热水	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 直接取用地下高温热水 (<math>70\sim 90^{\circ}\text{C}</math>), 供热效果好</li> <li>× 仅能在有地下热水资源地区使用, 不具普遍性; 不可再生, 国家已严格限制开采</li> <li>× 不合理开采导致地下水枯竭, 城市局部沉降; 回灌难度大, 且可能导致地下水资源污染</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>× 废井率高, 投资风险大</li> <li>✓ 运行成本低</li> <li>× 环境成本高</li> </ul>
中深层地岩热	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 利用封闭式系统间接换热, 对地下环境无影响</li> <li>✓ 利用地温梯度原理, 2000~3000m深处可达<math>60\sim 90^{\circ}\text{C}</math>, 资源具有普遍性</li> <li>✓ 技术和施工成熟, 供热效果好, 有大量成功案例</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>× 投资成本较高</li> <li>✓ 运行成本低</li> <li>✓ 环境成本低</li> </ul>

## ■ 中深层地岩热利用

与浅层和水热型地热资源相比，中深层岩热型地热具有储量大、可再生、对环境友好等特点，已上升为一种面向未来的国家战略能源，与煤炭、石油、天然气具有同等重要性。







# 中深层地岩热供暖技术

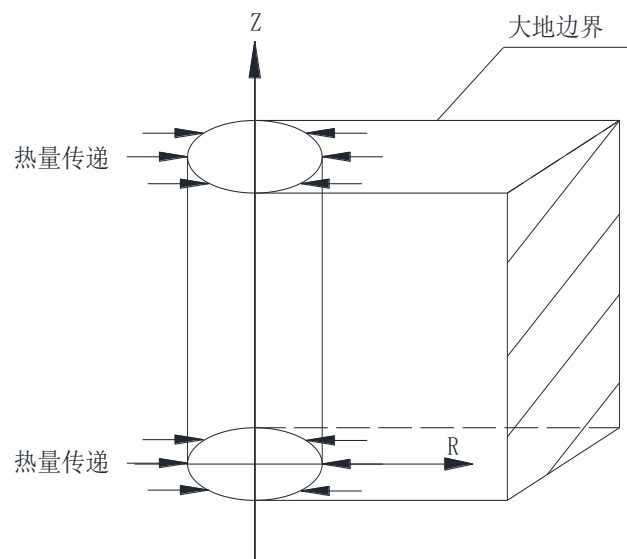
MIDDLE-DEEP STRATA GEOTHERMIC HEATING TECHNOLOGY

## ■ 溯源

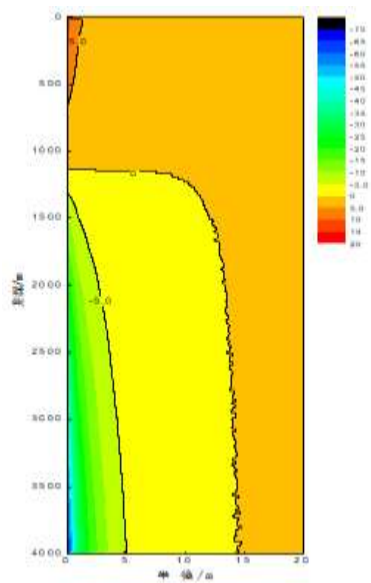
- 2009年，前中国工程院副院长徐德龙院士团队提出了“井下换热、取热不取水”的技术理念，开创了中深层地岩热利用新领域。
- 徐院士团队针对中深层地下岩层热能蕴含量、换热井间距、地下温度恢复时间等主要问题进行了开创性研究。



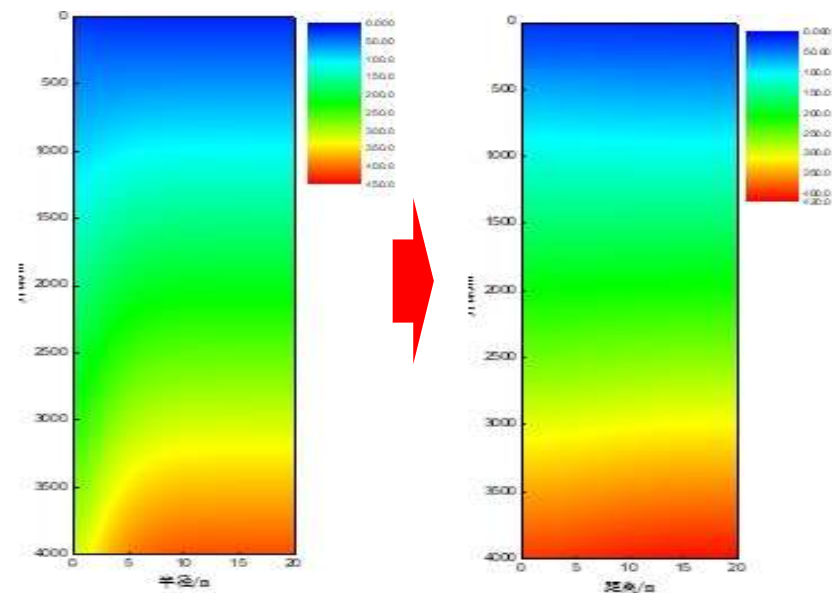
地下热能是否够采暖所需?



换热井的最小井间距?



能否恢复?

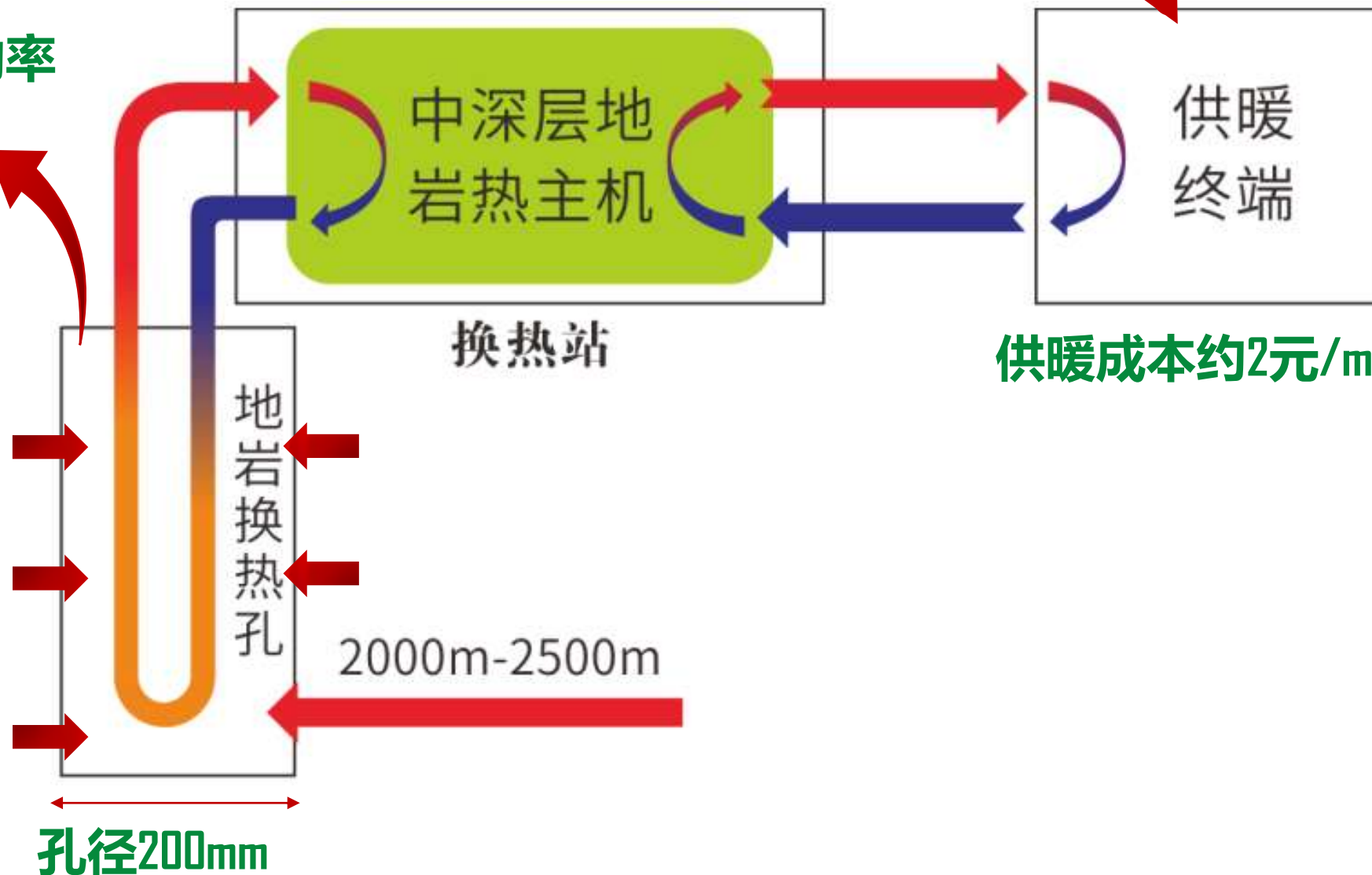


# ■ 供暖原理

单井供热面积1.5~2万m<sup>2</sup> (节能居住建筑)

单井输出功率  
500~700kW

闭循环  
换热



供暖成本约2元/m<sup>2</sup>·月

## ■ 制冷原理



- 地岩热主机通过工作介质与冷源端换热制备冷冻水。
- 冷冻水在建筑物内与空气换热后返回主机。

## ■ 技术特点



不受地域条件限制



无人值守、安全可靠



对自然环境无干扰



经济适用、运行成本低



自主供热、无需市政管网接入



系统寿命与建筑寿命相同



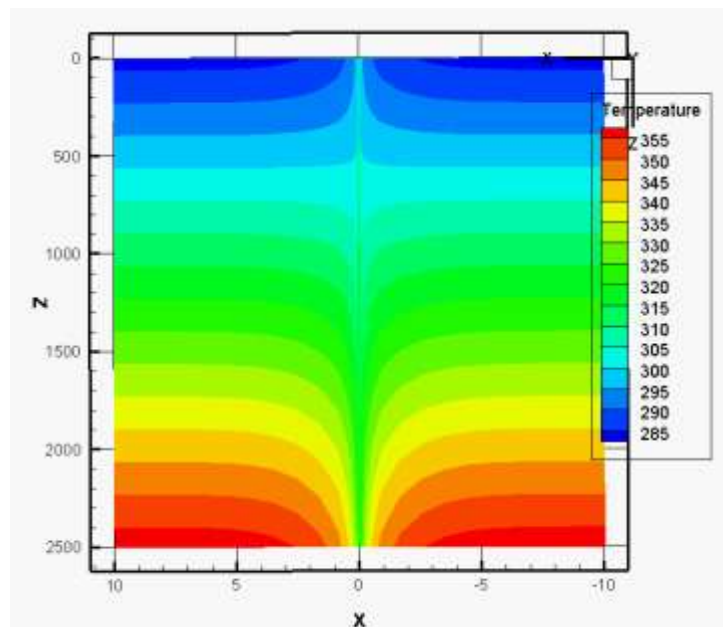
绿色低碳零排放



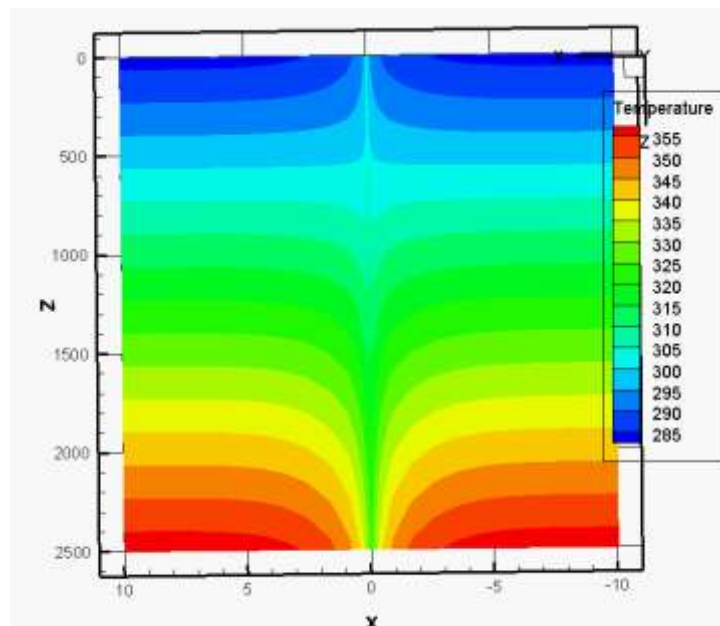
## ■ 技术验证研究

➤ 我公司与上海交通大学动力与能源工程系主任代彦军教授团队合作开展研究和实测验证，结果显示：

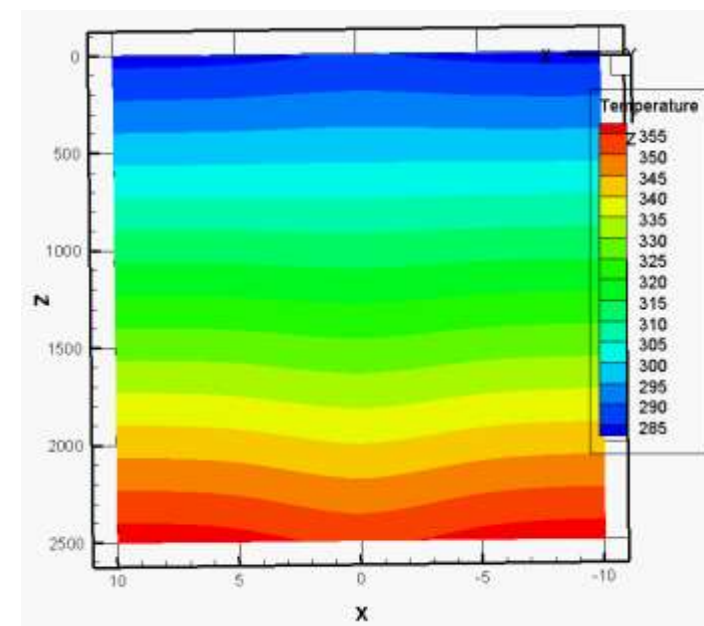
地热井的热影响半径为8m，地温恢复期为25d。因此中深层地岩热供暖系统的地热井温度在非采暖季能够完全恢复，不会出现冷堆积/热衰减现象。



热影响半径



0d



25d

恢复期

## ■ 技术经济对比 (兰州地区10万平米节能居住建筑不同供暖方式对比)

供热方式	建设投资 (万元)	运行成本 (元/月·m <sup>2</sup> )	维保/安、检人工费 (万元)	经济对比	技术特点	使用寿命
中深层地岩热	~2400	<b>-1.75</b>	9.10	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 利用封闭式系统间接换热, 对地下地上环境无干扰</li> <li>✓ 利用地温梯度原理, 2000~3000m深处可达60~90℃, 资源具有普遍性</li> <li>✓ 技术和施工成熟, 供热效果好, 有大量成功案例</li> <li>✓ 自动化程度高, 无人值守, 维保费用低</li> </ul>	地下部分与建筑物同寿命, 地上部分约20年
空气源热泵	~1300	<b>~5.50</b>	37.10	中深层地岩热初始投资比空气源热泵高出1100万元, 但每年运行费用降低216万元, 约 <b>5.1年</b> 收回增量投资	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 安装位置灵活, 安装简便</li> <li>✓ 可自动控制, 调节方便、无污染</li> <li>✓ 自动化程度高</li> <li>× 受气候影响大, 寒冷地区易结霜, 可靠性差</li> <li>× 露天安装, 维保费用高</li> </ul>	10年
电锅炉	~210	<b>~10.00</b>	20.65	中深层地岩热初始投资比电锅炉高出2190万元, 但每年运行费用降低424万元, 约 <b>5.2年</b> 收回增量投资	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 系统可自动控制, 调节方便, 自动化程度高</li> <li>× 将高品位电能转化为低品位热能, 浪费大</li> <li>× 用电负荷大, 需建设专用供配电设施</li> <li>× 维保费用较高</li> </ul>	10年
LNG天然气锅炉	~350	<b>~8.80</b>	18.90	中深层地岩热初始投资比LNG天然气锅炉高出2050万元, 但每年运行费用降低362万元, 约 <b>5.7年</b> 收回增量投资	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 热值高、自动化程度较高, 维保费用较低</li> <li>× 气源、气价受国际市场影响较大</li> <li>× 对大气环境有一定污染</li> </ul>	15年
市政集中供暖	~1400	<b>~5.00</b>	2.10	中深层地岩热初始投资比市政集中供热高出1000万元, 但每年运行费用降低156万元, 约 <b>6.4年</b> 可收回增量投资	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 技术成熟、施工简单</li> <li>✓ 系统稳定, 供热效果好, 维保费用较低</li> <li>× 市政管网未通达区域, 不能使用</li> <li>× 自动化程度较低</li> </ul>	15年

注: 1.10万m<sup>2</sup>节能居住建筑, 热指标35W/m<sup>2</sup>, 供暖热负荷3500kW。  
 2.电费价格0.5元/度; LNG天然气价格3.4元/m<sup>3</sup>。  
 3.供热接口费60元/m<sup>2</sup>, 市政设施配套费80元/m<sup>2</sup>。

4.建设投资不包含锅炉房、专用供配电设施等配套建设费。  
 5.地岩热、空气源热泵、市政供暖安排1人巡检, 需1人; 电锅炉、LNG燃气锅炉安排1人值班, 需4人。  
 6.人工工资3500元/月, 每个采暖季工作6个月。

## ■ 国家政策



2016年12月

《能源发展“十三五”规划》



清洁低碳，绿色发展。把发展清洁低碳能源作为调整能源结构的主攻方向。



2016年12月

《可再生能源发展“十三五”规划》



要加快地热能开发利用，加强地热能开发利用规划与城市总体规划的衔接，将地热供暖纳入城镇基础设施建设，在用地、用电、财税、价格等方面给予地热能开发利用政策扶持。



2017年1月

《地热能开发利用“十三五”规划》



在“取热不取水”的指导原则下，进行传统供暖区域的清洁能源供暖替代，采用“采灌均衡、间接换热”或“井下换热”的工艺技术，实现地热资源的可持续开发。在“十三五”时期，地热能供暖（制冷）面积达到11亿平方米，其中甘肃1000万平方米。

## ■ 陕西省政策

- ◆ 陕西省省建设厅、发改委、财政厅、国土厅、环保厅、水利厅关于印发《关于发展地热能供热的实施意见》的通知（陕建发〔2018〕2号）

---

把中深层地热能供热作为城镇冬季清洁采暖的重要方式.....

- ◆ 西安市发改委关于印发《西安市地热能供暖开发利用实施方案（2017-2020年）》的通知（市发改发科〔2017〕536号）

---

支持在西安各区县深入开展中深层地岩热供热技术的研发和建设示范工程。



## ■ 甘肃省政策

### ◆ 《甘肃省“十三五”循环经济发展规划》

---

要**加快地热能开发利用**，加强地热能开发利用规划与城市总体规划的衔接，将地热供暖纳入城镇基础设施建设，在**用地、用电、财税、价格**等方面给予地热能开发利用政策扶持。

### ◆ 甘肃省发改委、省建设厅、省环保厅、省农牧厅关于联合印发《甘肃省冬季清洁取暖总体方案（2017-2021年）》的通知（甘发改能源〔2018〕337号）

---

“科学推进地热能供暖，.....**开展中深层地岩热等技术示范**”

### ◆ 甘肃省住建厅关于印发《甘肃省冬季清洁取暖城镇供热系统优化和建筑能效提升实施方案（2017-2021年）》的通知（甘建科〔2018〕370号）

---

“在兰州、天水等地开展中深层**地岩热等技术试点工作**。”



## ■ 周边省份政策

### ◆ 《河北省自然资源厅、河北省水利厅关于加强地热开发利用管理的通知》 (冀自然资规〔2019〕2号)

针对**水热型**地热供暖工程，做出以下规定：

(1) 开凿地热井应取得凿井批准文件。必须取得取水许可证，进行环境影响评价，获得地热探矿权、采矿权审批。

(2) 强力实施并严格落实地热水回灌，不实施同层回灌的地热项目，不予批准；无回灌措施的既有地热井，限期补打回灌井，或彻底关闭。

受此影响，今年河北省面临关停的地热井保守估计达到1000眼，占比达80%，所涉及供暖面积高达5000~6000万平方米。



**中深层地岩热供暖工程不存在回灌问题，不受影响。**



## ■ 适用场景

	<b>宾馆和酒店</b> 提供24小时洗浴热水 冬季保障供暖需求 夏季保障制冷需求		<b>工业</b> 为工业生产及加工提供 中低温热源		<b>农业</b> 为植物工厂、设施农业、 温室种植和渔业家禽养 殖提供热源
<b>商场和写字楼</b> 保障供暖需求 保障制冷需求		<b>住宅和公寓</b> 提供24小时生活热水 冬季提供供暖需求 夏季提供制冷需求		<b>游泳馆和娱乐 设施</b> 提供可靠稳定的恒温 热水热源	

□ 区域/分散型用户

□ 居住/公共/工业建筑

□ 热网和天然气无法到达或成本过高

□ 建设成本有保障，运行成本要求低（中小学校）



# 工程案例

APPLICATION CASE

## ■ 产业发展现状

中深层地岩热供暖产业发展迅速，已成功在陕西、甘肃、山东、北京、内蒙等地实施并取得良好效果。

目前国内最大的中深层地岩热供暖项目位于陕西省西咸新区，已实现200万m<sup>2</sup>建筑供暖。



## ■ 实施案例

序号	地点	项目名称	供暖面积 (万m <sup>2</sup> )	供热井数 (孔)	投入使用时间	供暖成本 (元/m <sup>2</sup> ·月)
1	兰州市皋兰县	甘肃德龙生态建材公司综合楼	1	1	2015年11月	1.09
2	兰州市西固区	兰州西固区达川棚户区改造一期工程	3	2	2016年11月	—
3	兰州新区	兰州新区路港物流有限责任公司	2	2	2016年11月	1.8
4		兰州新区甘肃省经济社会发展展览馆（供热、制冷）	2.1	2	2019年7月	—
5	天水市武山县	武山县城关五小；洛门二小和中心幼儿园；安康嘉园、福康嘉园、渭滨佳苑	13.7	10	2017年11月	1.9
6	兰州市榆中县	兰州市人民警察学校	2.2	2	2018年10月	2.1
7	兰州市高新区	兰州国家生物产业基地创新园（一期）	7	6	2018年11月	2.3
8	定西市通渭县	通渭县姜家滩小学	1.5	2	2019年11月	0.9



## ■ 实施案例

### 案例一：太阳能-地热互补供热

太阳能平板集热器与停车设施一体化，实现太阳能与无干扰地岩热互补供暖

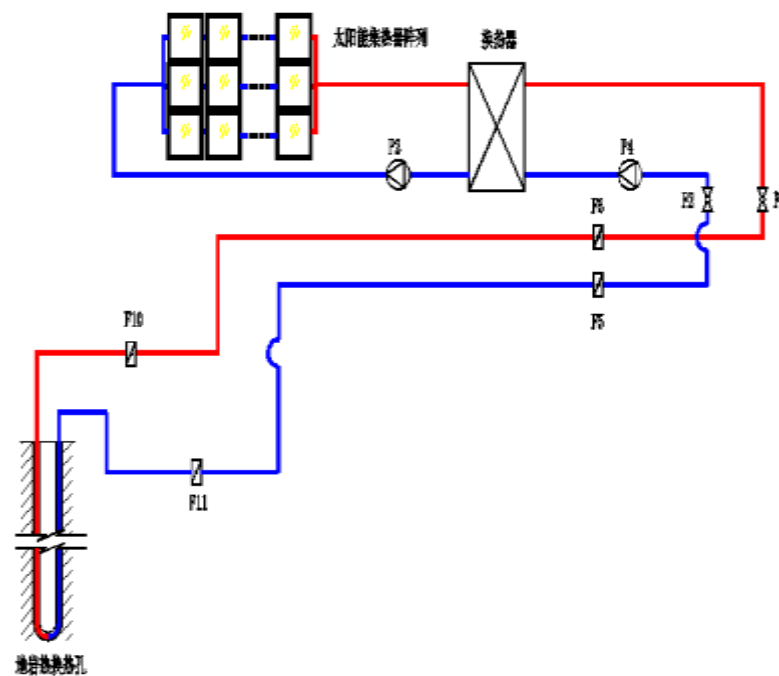
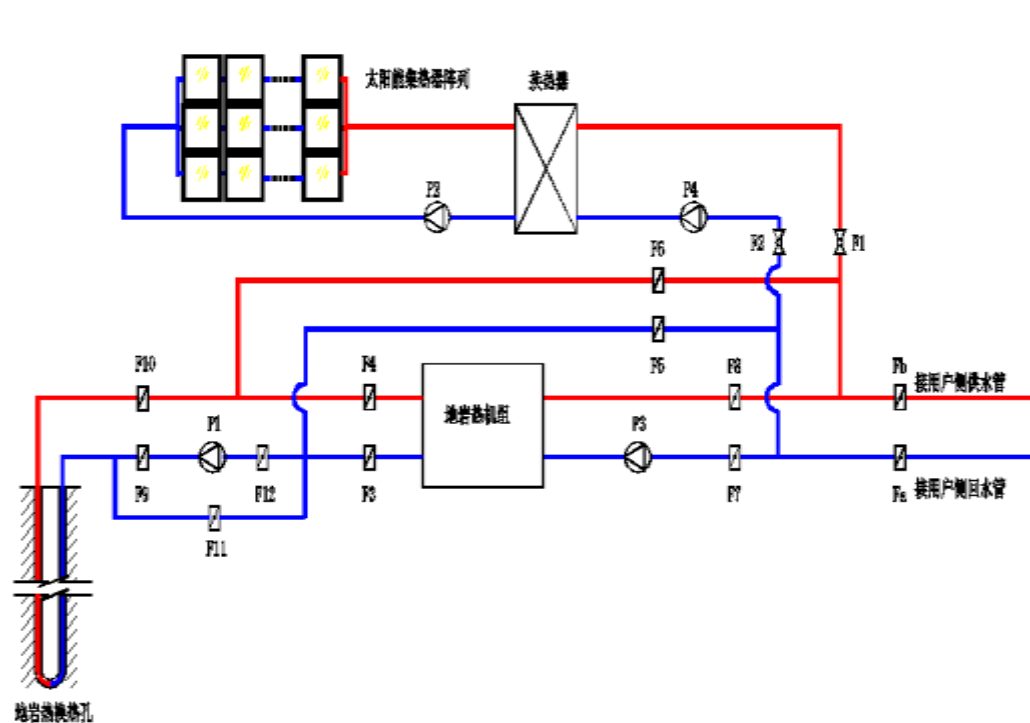
工程建设：2017.10-2017.11

工程运行期：2017年12月至今



## ■ 实施案例

六种运行模式：太阳能单独供热、地岩热井单独供热、地岩热机组供热、太阳能+地岩热井供热、太阳能+地岩热机组供热、太阳能联合地岩热井蓄热。



通过控制F1、F2、F5、F6、F9、F10开启，F7、F8、Fa、Fb关闭，实现太阳能系统向地岩井内补热蓄热，从而将太阳能跨季蓄存于地岩层中，为下一采暖季供暖提供更好的基础。

## ■ 实施案例

### 太阳能热利用系统的集热效率测试结果

经初步测试结果表明：冬季供暖期间倾斜面太阳平均辐照量为 $11.8\text{MJ}/\text{m}^2$ ，太阳能集热系统集热效率约为30%。

序号	环境温度 (°C)	水平面太阳辐照量 (MJ/m <sup>2</sup> )	水平面太阳辐照量 (MJ/m <sup>2</sup> )	倾斜面太阳辐照量 (MJ/m <sup>2</sup> )	集热系统太阳总 辐照量 (MJ)	集热系统得热 量 (MJ)	集热系统效 率 (%)
	气象站2测得		气象站1测得				
1	-8.0	4.2	4.6	7.8	1572.5	457.2	29.1
2	-7.9	6.7	6.8	11.6	2338.6	738.1	31.6
3	-8.6	9.8	9.9	15.9	3205.4	939.6	29.3
平均值	-8.2	6.9	7.1	11.8	—	—	30.0





## 案例二： 兰州理工大学彭家坪体育中心

项目地点：兰州市七里河区

建筑面积：3.4万m<sup>2</sup>

供热需求：泳池及淋浴热水

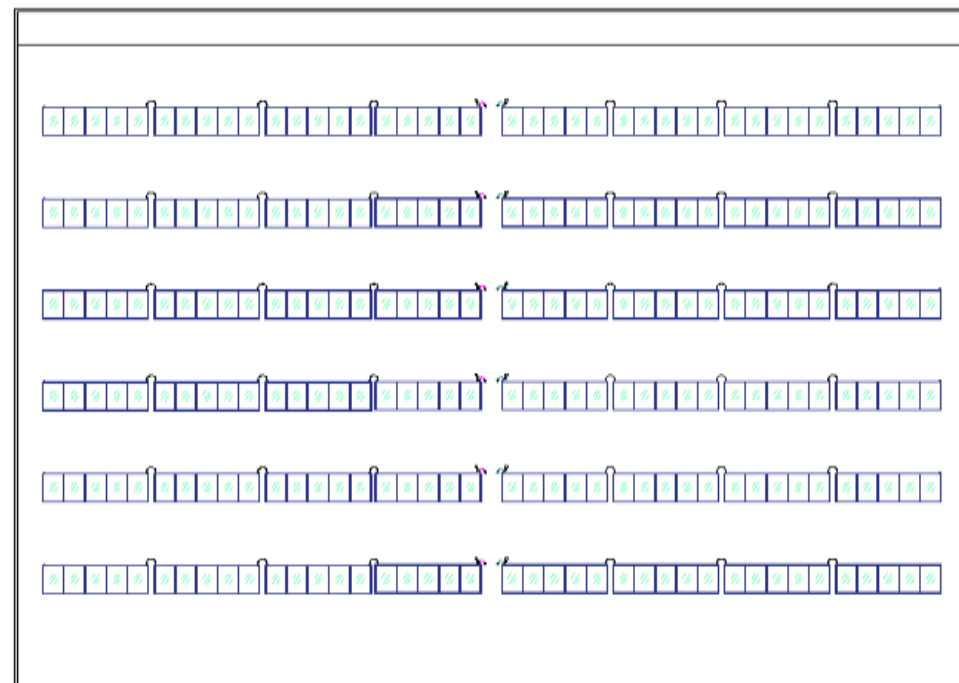
总热水负荷：1691.8 kW

解决方案：2孔地岩热井+1000m<sup>2</sup>平板太阳能+153kW余热回收系统



## 方案特点:

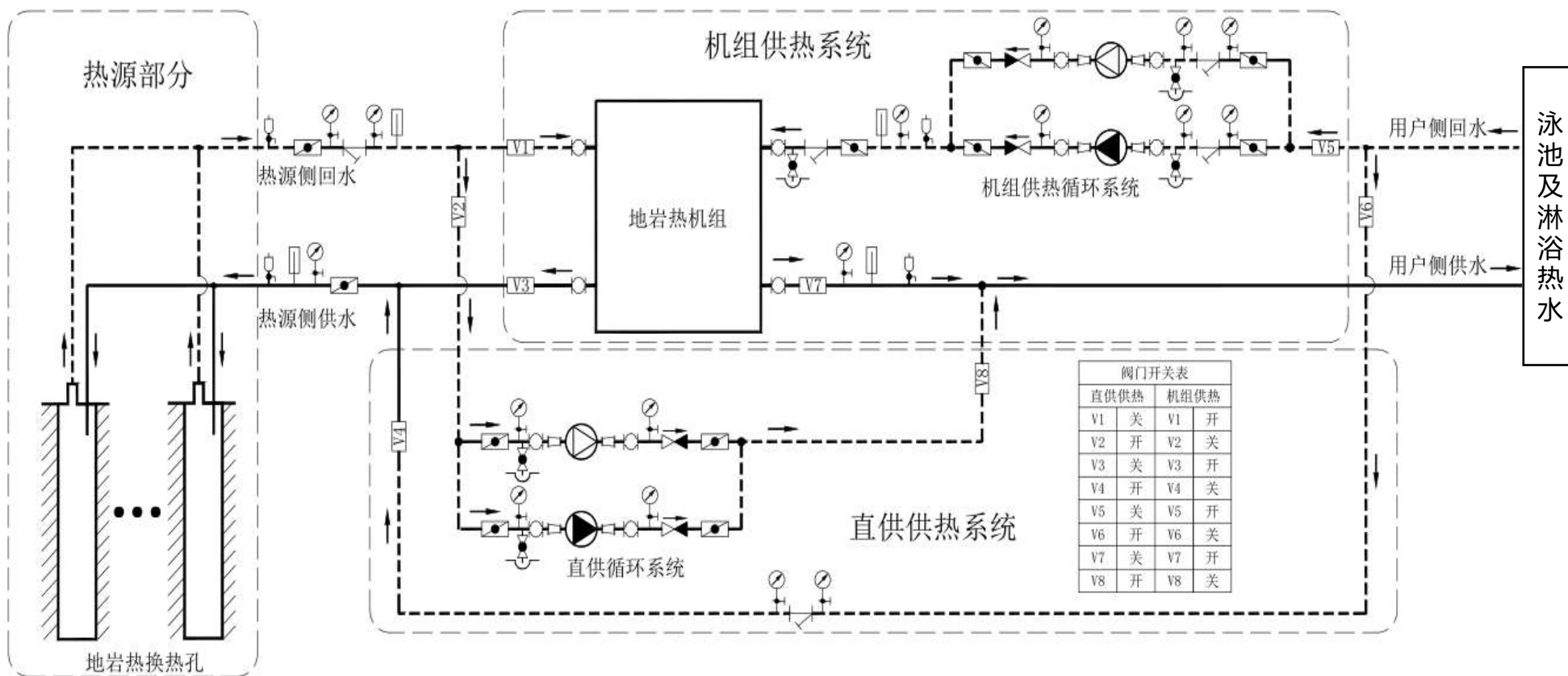
1. 太阳能资源较好时，只需运行1口地热井；太阳能系统检修或日照不足时，同时运行2口地热井。这一运行方式经济性最优。且使2口地热井得到轮休，避免热水全年取热导致的地下热衰减。
2. 利用污水源热泵系统实现泳池和淋浴废水余热的回收再利用，充分节约能源、降低成本。



## 兰州理工大学体育中心中深层地岩热+太阳能+余热系统主要设备配置

序号	名称	参数	数量
<b>一</b>	<b>中深层地岩热部分</b>		
1	中深层地岩热换热孔	有效深度约2000~2500m	2口
2	中深层地岩热换热器	孔径约200mm	2套
3	地岩热热水机组	$Q_R=1225\text{kW}$ , $P_R=224\text{kW}$	1台
<b>二</b>	<b>太阳能集热部分</b>		
1	太阳能平板集热器	电镀黑铬膜或铝基材磁控溅射蓝膜, 单块尺寸2m*1m	500块, 1000m <sup>2</sup>
2	板式换热器	换热面积80m <sup>2</sup>	1台
<b>三</b>	<b>余热回收系统</b>		
1	污水源热泵	$Q_R=153\text{kW}$ , $P_R=26.4\text{kW}$	1台
2	板式换热器	换热面积50m <sup>2</sup>	1台
3	污水过滤系统	出水流量15m <sup>3</sup> /h	1套

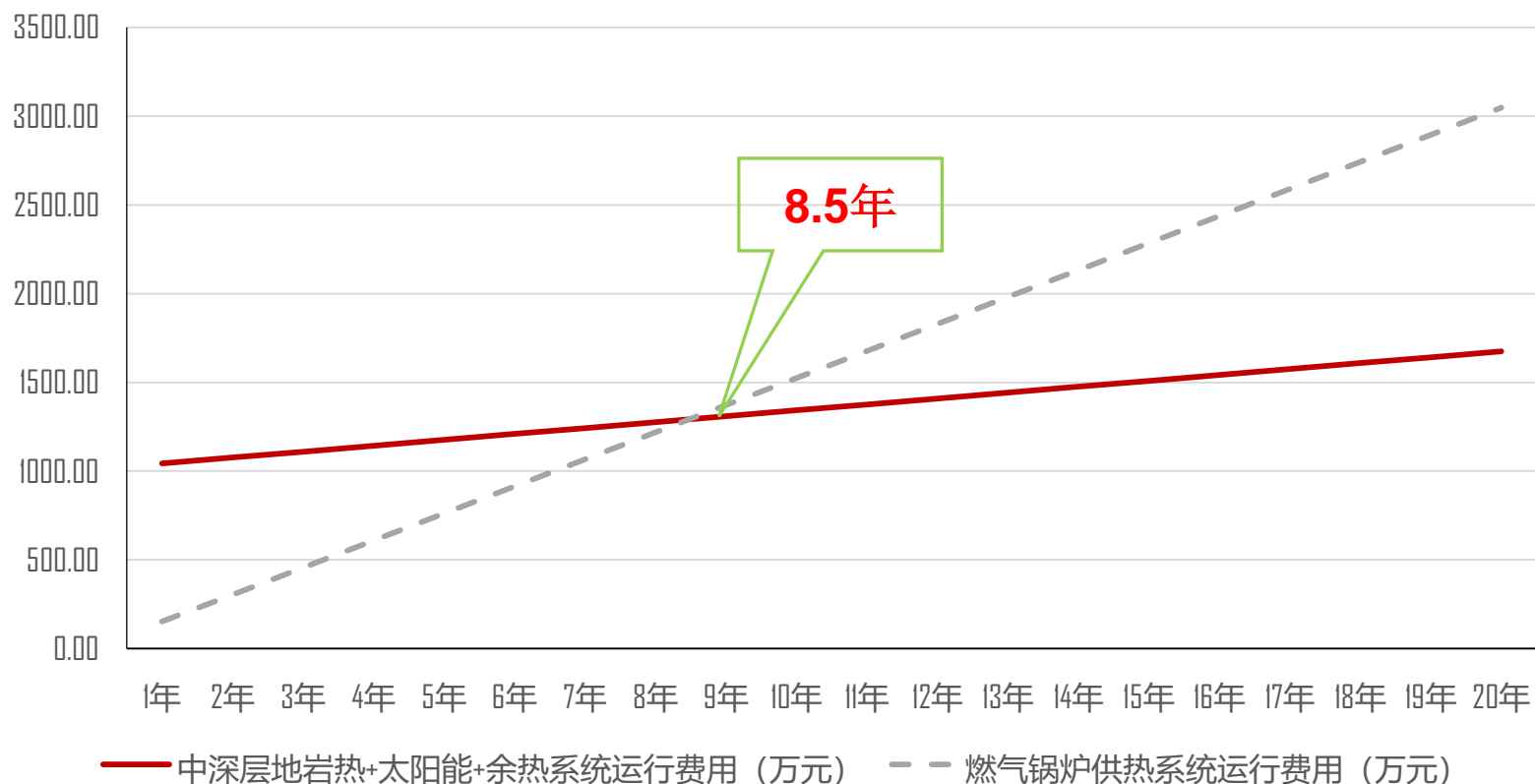
## 兰州理工大学体育中心中深层地岩热系统图



## 与燃气锅炉方案技术经济对比

技术方案	中深层地岩热+太阳能+余热回收	燃气锅炉
供热量(万kWh/年)	423.8	423.8
消耗电能(万kWh/年)	62.9	/
消耗燃气 (m <sup>3</sup> /年)	/	65.1
运行费用 (万元/年)	33.3	152.4
热水单价[元/kWh·年 (供热量) ]	0.08	0.36
主要设备寿命	中深层地岩热系统：地下部分50年，主机20~25年	燃气锅炉使用寿命约10~15年
效益	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 运行成本低</li> <li>✓ 清洁环保</li> <li>✓ 资源可再生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>× 气源、气价受国际市场影响较大，运行成本较高</li> <li>× 对大气环境有一定污染</li> <li>× 资源不可再生</li> </ul>

- 经济性对比：中深层地岩热+太阳能+余热系统运行成本33.3万元/年，热水单价0.08元/kWh（供热量），仅为燃气锅炉方案的22%，相比燃气锅炉每年可减少费用支出119.11万元。
- 8.5年后中深层地岩热+太阳能+余热供热方案的收益将超过燃气锅炉供热方案。考虑到主要设备的使用寿命，从建筑全寿命周期看，采用中深层地岩热+太阳能+余热供热方案的经济效益更加明显。







### 案例三： 天水市职教园区

项目地点：天水市

供热需求：供暖及制冷

总冷负荷：19933kW

建筑面积：50万m<sup>2</sup>

总热负荷：28759 kW

地岩热井数：32孔

## 整体设计 统筹建设 分期供热

整个园区东西长约2.3km、南北最窄处约260m，西侧主要为教学区，东侧为生活区及附属小学





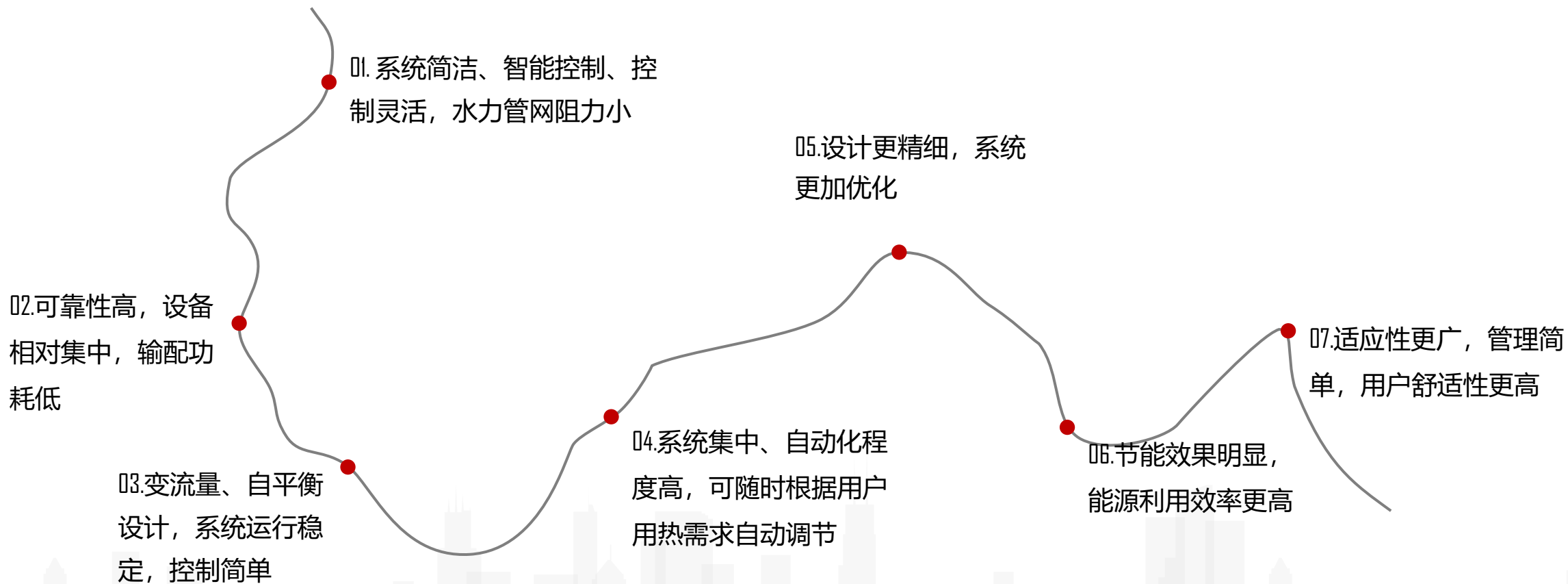
## 区域分布式供热&制冷系统

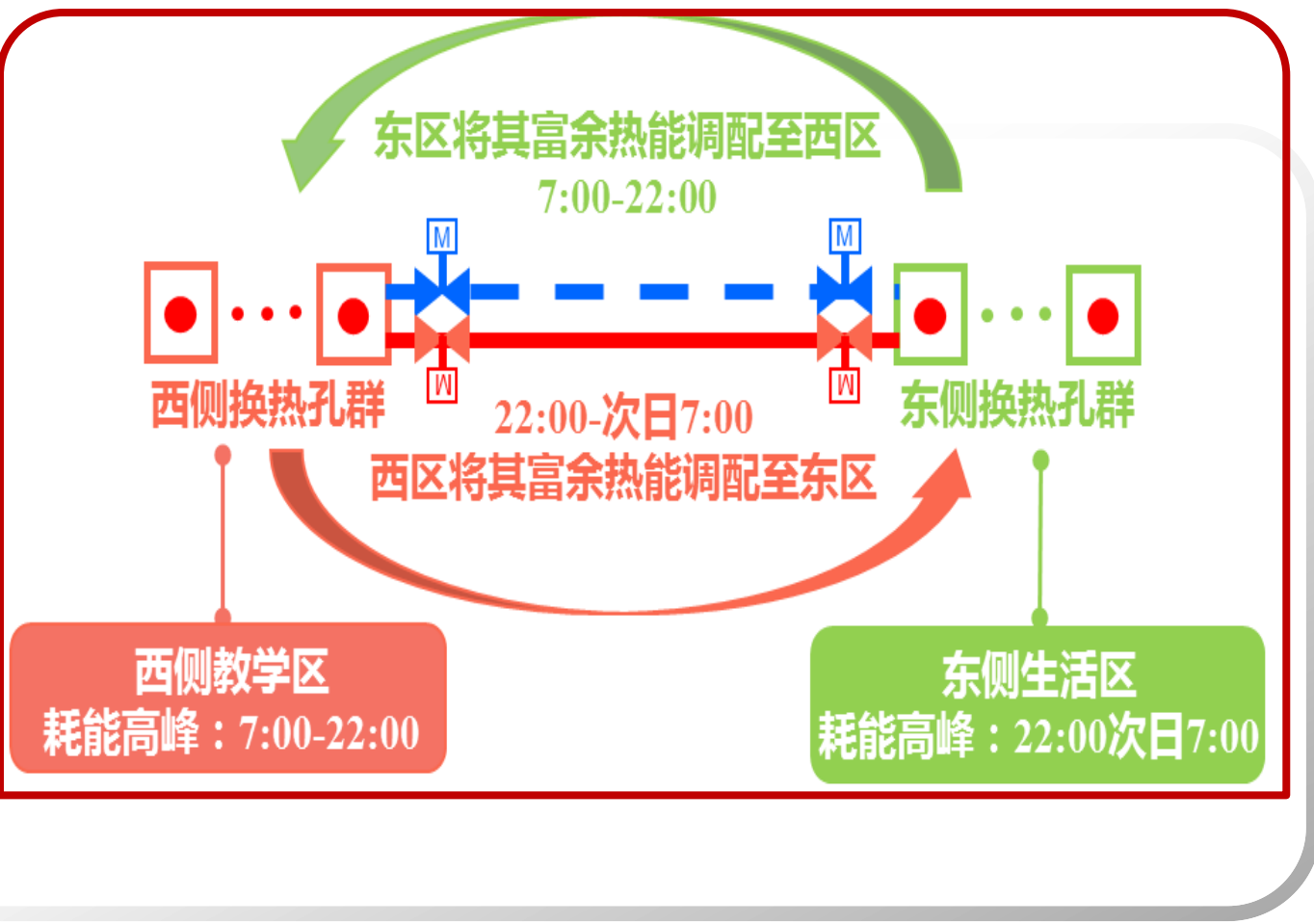


项目规划设计指标表

动力中心	机房占地面积	供热&制冷总面积	供热负荷	制冷负荷	中深层地岩热换热孔	机组配置
1#动力中心	684 m <sup>2</sup>	230769m <sup>2</sup>	17329.72kW	17678.19kW	20口	6台冷热双制地岩热机组
2#动力中心	630 m <sup>2</sup>	240081m <sup>2</sup>	9970.5kW	/	10口	5台单制热地岩热机组
3#动力中心	108 m <sup>2</sup>	22107m <sup>2</sup>	1459.06kW	2254.91kW	2口	1台冷热双制地岩热机组

## 区域分布式供热&制冷





## 热源互通

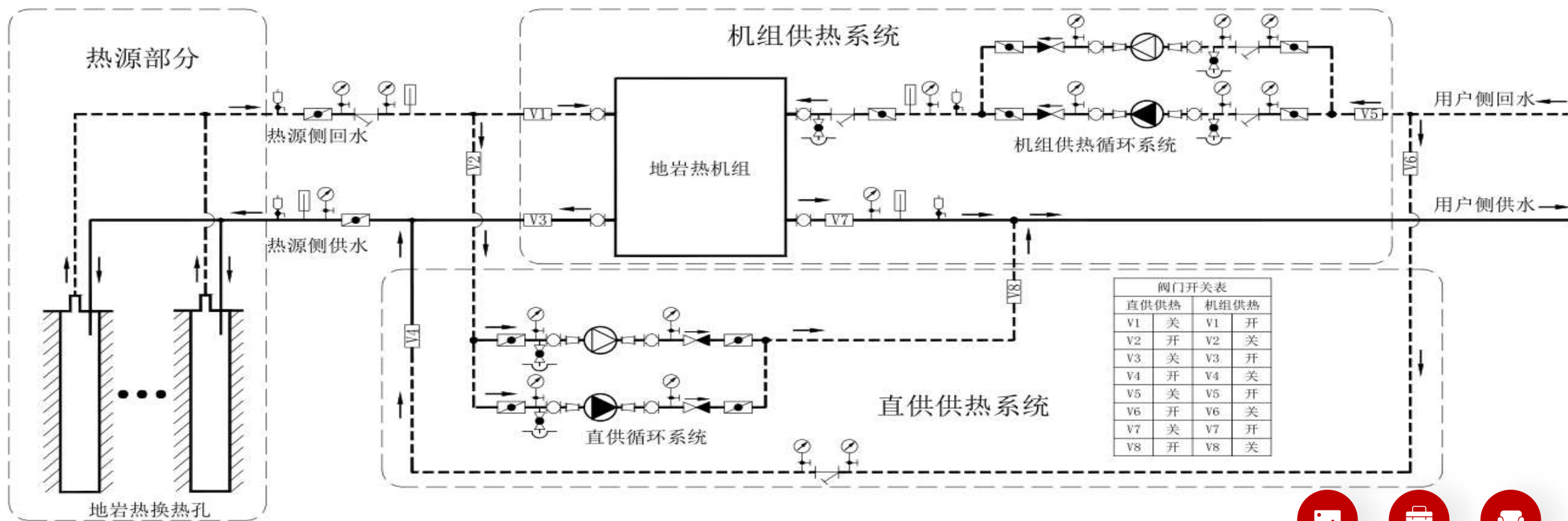
## 热源互补

- 1#动力中心供暖耗能高峰为每日7:00~22:00时段，其余时段供暖需求低
- 2#动力中心供暖耗能高峰为每日22:00~次日7:00时段，其余时段供暖要求低
- 通过智能能源管理系统实现热能自动调配、自动互补，提高地热资源利用率和系统运行的可靠性，而且也降低了项目建设投资



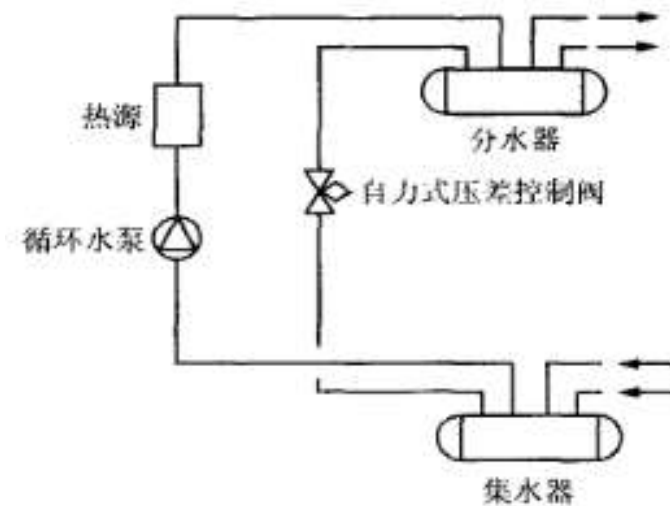
## 地热直供

供暖需求较低的月份（10月、3月），使用直供系统供暖。直供系统运行时，仅有用户侧循环泵在工作，地岩热机组处于停机状态，电能消耗大大降低，运行费用十分低廉。



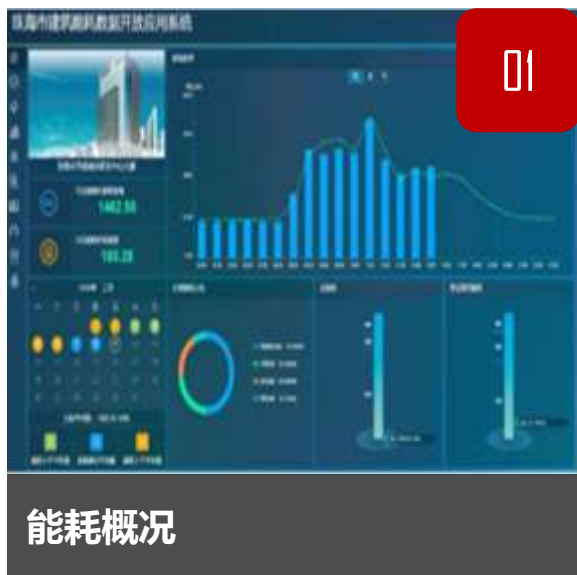
每个动力中心都设计了多台地岩热主机，主机热源侧循环泵、压缩机均采用变速控制系统，使系统调节更加灵活、可靠与稳定。同时将每个动力中心换热孔群合理分组，在热源侧、用户侧均增加了自平衡设计。从根本上保证了系统调节的灵活性、可靠性与系统运行的稳定性。

## 多主机、变流量 自平衡设计



### 智能能源管理

以“互联网+”、智慧校园等为基础，由无线智能测量系统、供热信息管理系统、智能控制调度系统组成的能源综合管理平台。





**发展前景**

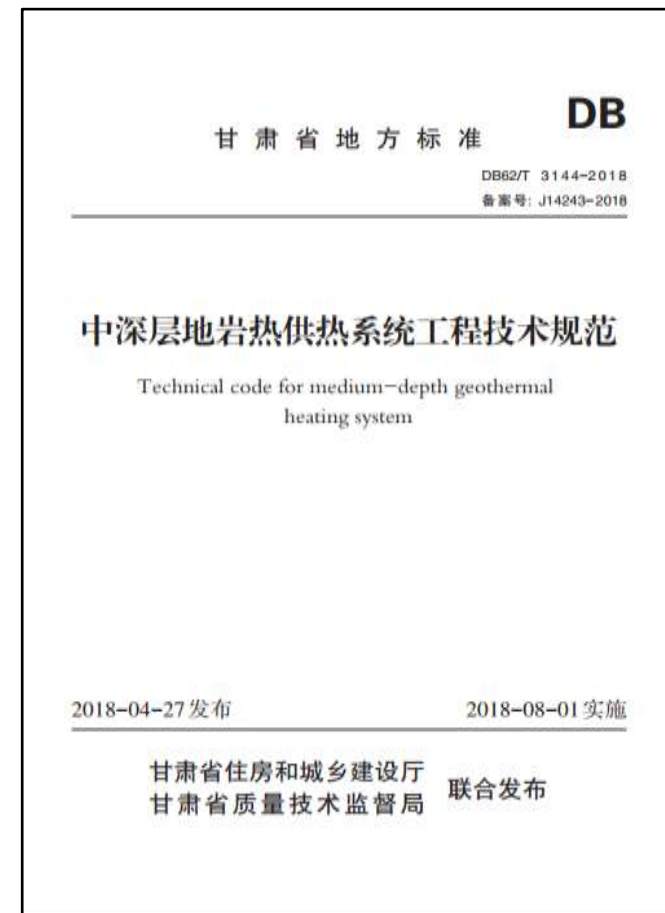
PROSPECT

# ■ 技术支撑

## ➤ 《中深层地岩热供热系统工程技术规范》

(DB62/T 3144-2018)

- 该领域全国首部规范
- 主编单位：甘肃省建材科研设计院有限责任公司
- 2018年8月1日起实施





## ■ 技术支撑

➤ 已申请中深层地热技术相关专利29项，获得授权13项。其中申请国际发明专利2项。

序号	专利名称	发明人	专利类型	状态
1	中深层地下岩热型供热系统	邵继新等	实用新型	已授权
2	一种太阳能与中深层无干扰地岩热联合供热系统	邵继新等	实用新型	已授权
3	保温管及地下中深层岩土热交换装置	邵继新等	实用新型	已授权
4	一种混凝土储热材料	田斌守等	发明	已授权
5	一种利用深层地热能的直接供热系统	徐德龙等	实用新型	已授权
6	一种利用中深层无干扰地岩热换热孔作冷热源的系统	徐德龙等	实用新型	已授权
7	一种新型中深层地热能间接供热系统	徐德龙等	实用新型	已授权
8	强化换热的地下深层岩层换热系统	徐德龙等	实用新型	已授权
9	<b>中深层地下岩热型供热系统及供热方法</b>	<b>邵继新等</b>	<b>国际发明</b>	<b>已受理</b>
10	<b>堵漏方法</b>	<b>邵继新等</b>	<b>国际发明</b>	<b>已受理</b>
11	一种利用中深层地岩热井储热的系统	邵继新等	发明	已受理
12	传热介质和地下中深层岩土热交换装置	邵继新等	发明	已受理
13	堵漏材料及其制备方法	邵继新等	发明	已受理
14	一种增强换热的方法	邵继新等	发明	已受理
15	一种增强换热的换热管	邵继新等	实用新型	已受理
16	一种自密增强保温管	邵继新等	实用新型	已受理
...	...	...	...	...





# 地岩之热 厚德共享

Thanks for your attention!

地址：甘肃省兰州市城关区段家滩路1372号

联系人：司双龙

电话：13919071956