



中国地质调查局  
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

# 地热能研究现状进展与趋势

王贵玲

中国地质科学院水文地质环境地质研究所



# 汇报提纲

- 一 地热资源基本概念及分类
- 二 我国地热资源禀赋
- 三 典型地区地热资源勘查开发进展
- 四 深部地热能开发利用前景





# 一、地热资源基本概念及分类

# 1、地热资源的定义

**地热资源**是指：在当前技术和地质条件下，地壳内能够科学、合理地开发出来的岩石中和流体中的热能量。

地热资源具有多种**分类方式**：热储介质、构造成因、热传输方式、温度等、

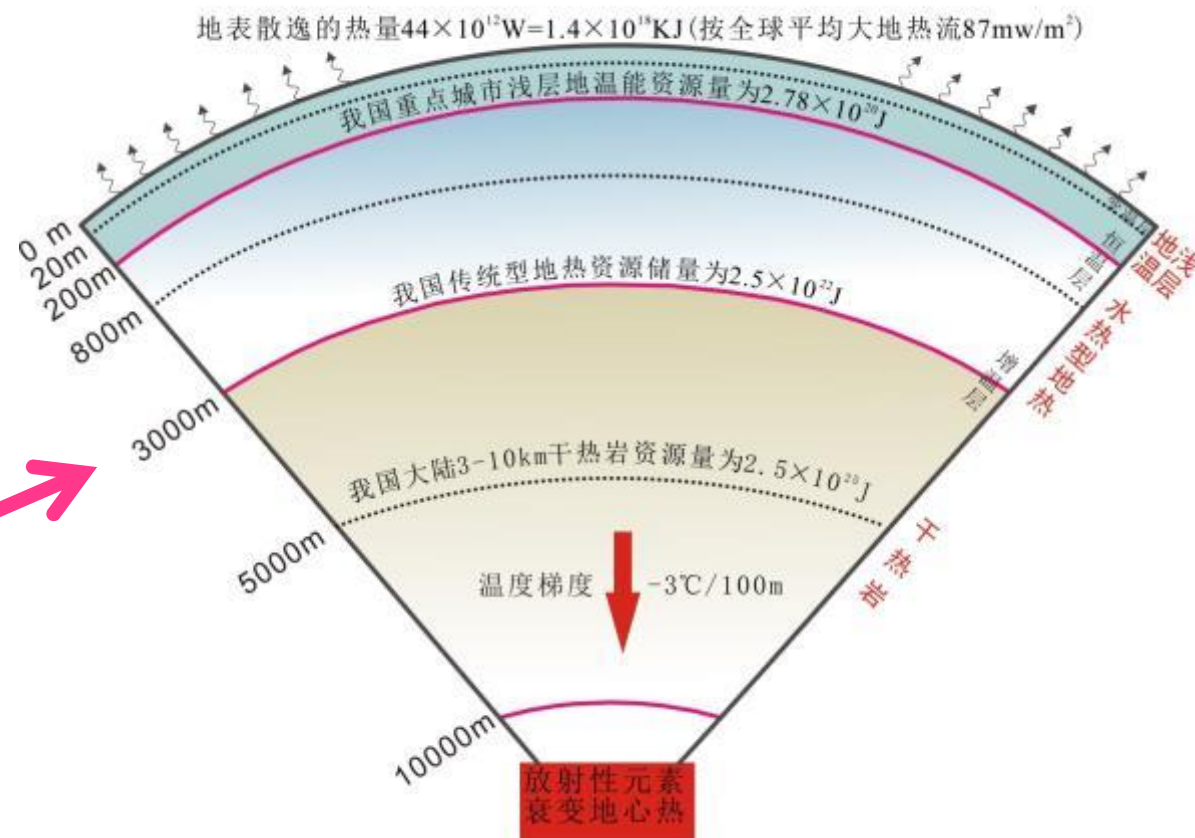
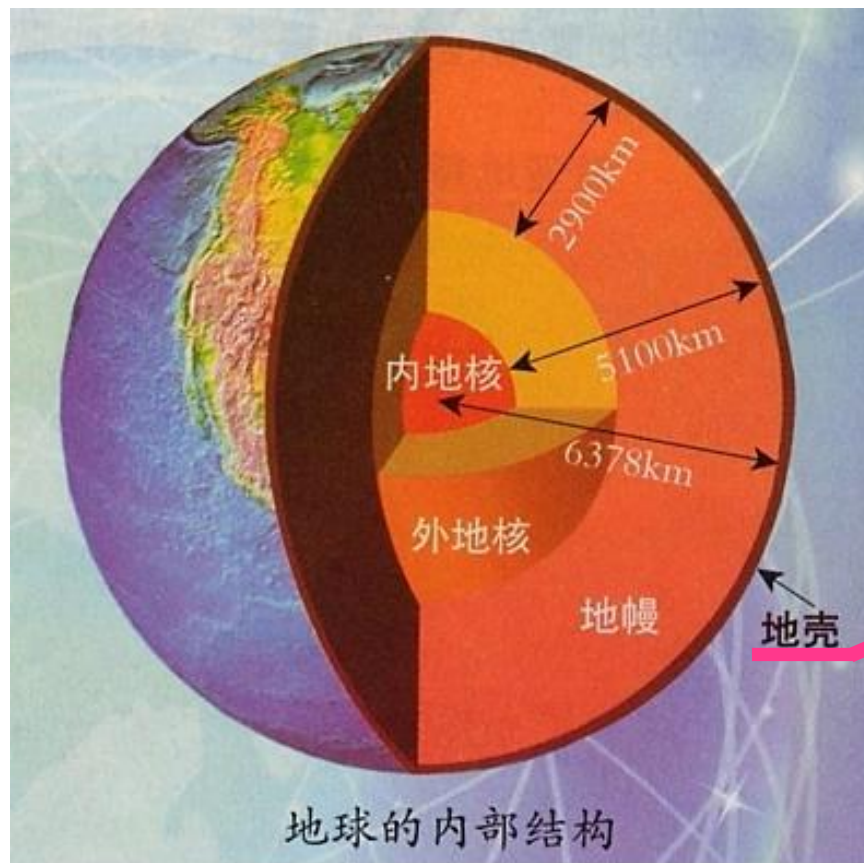




## 2、地热资源的分类

|                | 分类依据<br>Basis of Categories                                                                                     | 分类<br>Categories                                                                                                   |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目前<br>分类<br>方法 | 热储介质<br>Geothermal reservoir                                                                                    | 孔隙型、裂隙型与岩溶裂隙型地热资源<br>Porous, fracture and karst fracture type geothermal resources                                 |
|                | 构造成因<br>Geological genesis                                                                                      | 沉积盆地型和隆起山地型地热资源<br>Sedimentary basins and apophysis mountains geothermal resources                                 |
|                | 热传输方式<br>Hydrothermal transmission                                                                              | 传导型地热资源和对流型地热资源<br>Conductive and convective geothermal resources                                                  |
|                | 温度<br>Temperature                                                                                               | 高温、中温和低温地热资源<br>High-temperature, Moderate-temperature and Low-temperature geothermal resources                    |
| 建议<br>分类       | 地质构造、热流体传输方式、温度以及开发利用方式等<br>Geological features, hydrothermal transmission mode, and resource temperature, etc. | 浅层地热能资源<br>Shallow geothermal resources                                                                            |
|                |                                                                                                                 | 水热型地热资源：高温地热资源、中温地热资源和低温地热资源<br>Hydrothermal Resources (High-, Moderate- and Low-Temperature geothermal resources) |
|                |                                                                                                                 | 干热岩地热资源<br>Hot dry rocks resources                                                                                 |

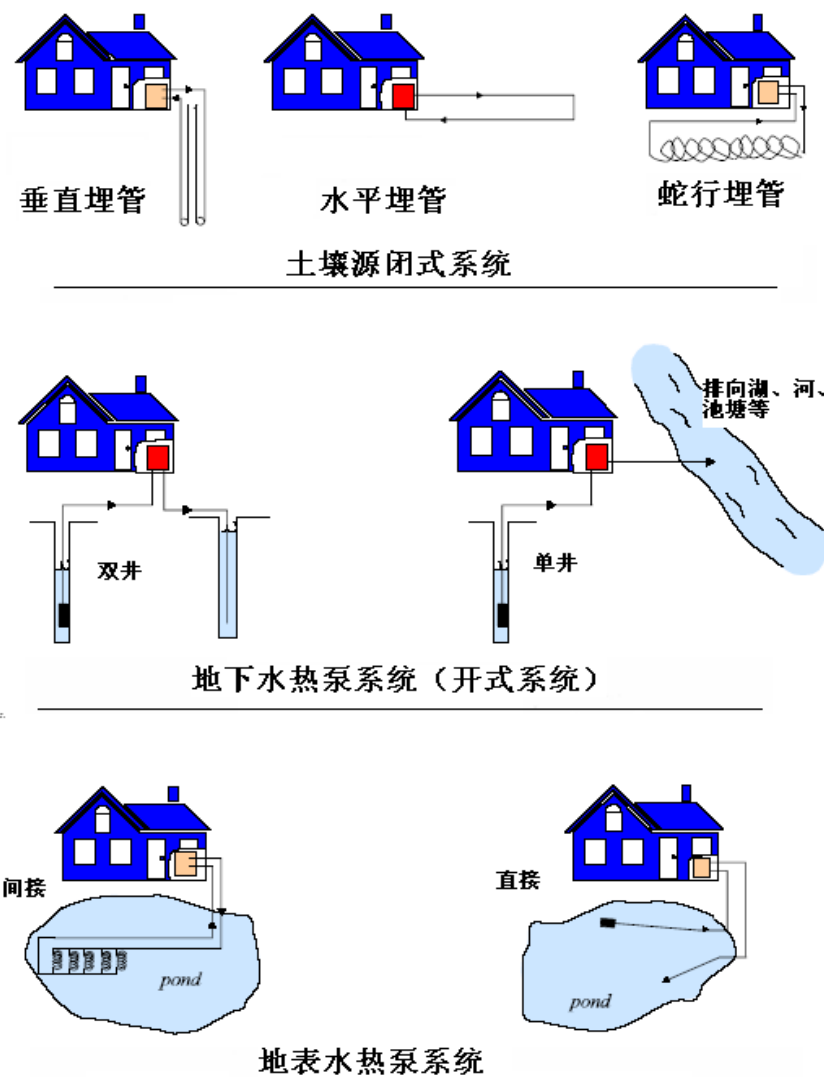
## 2、地热资源的分类



### 3、浅层地热能——定义

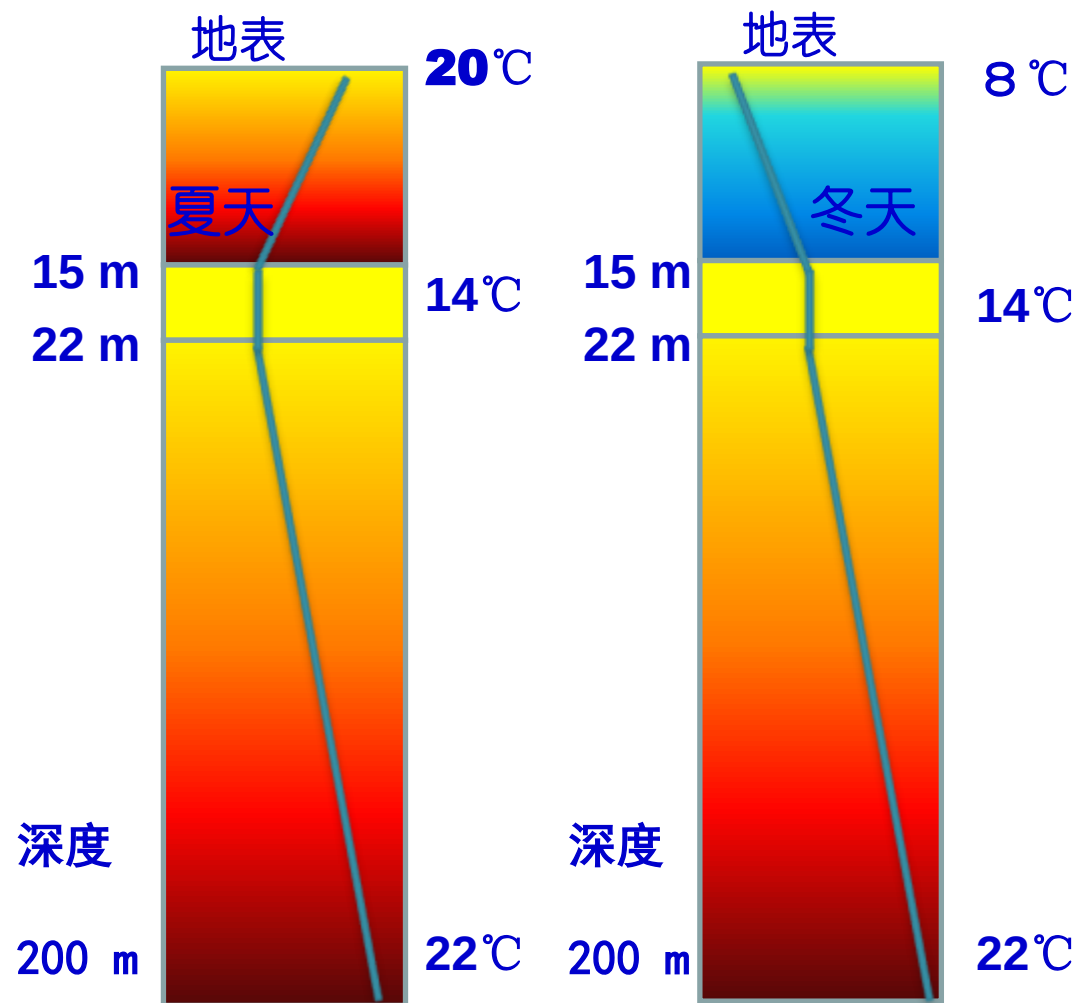
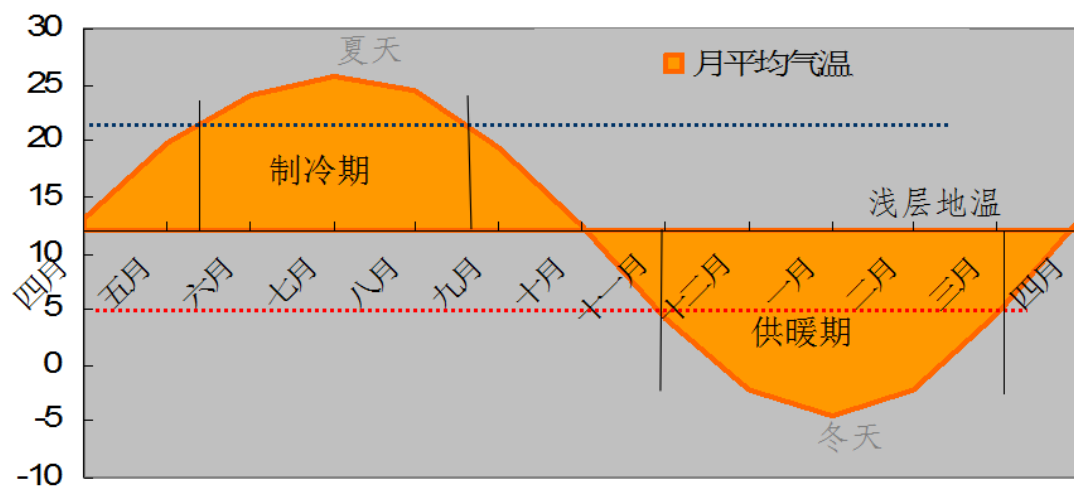
浅层地热能是蕴藏在地表以下一定深度范围内岩土体、地下水和地表水中具有开发利用价值的热能。通常指储存在地表以下200m范围内，温度低于25℃的热能。

通过地源热泵换热技术利用，目前是我国地热资源中利用量最多最广的能源类型。



## 4、浅层地热能——本质

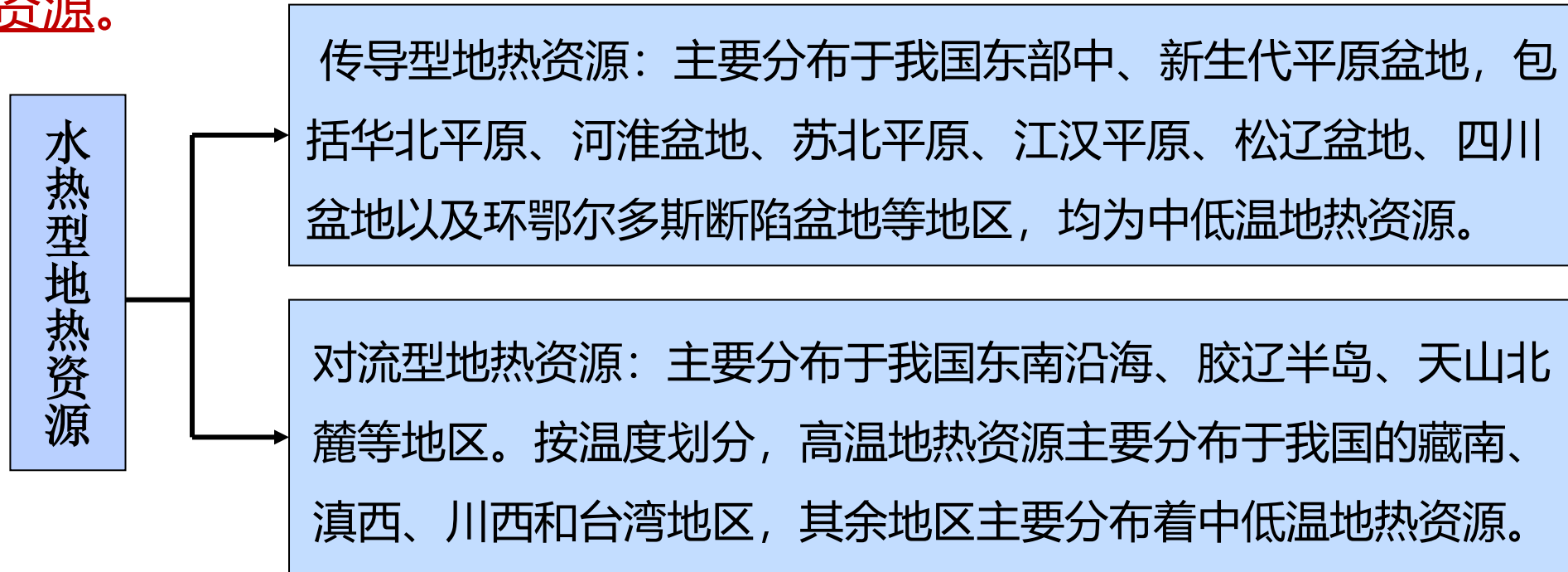
浅层地热能的本质是存在于浅部地质体中(非地热田)的相对稳定的平均地温与冬、夏两季气温之差形成的热潜能。



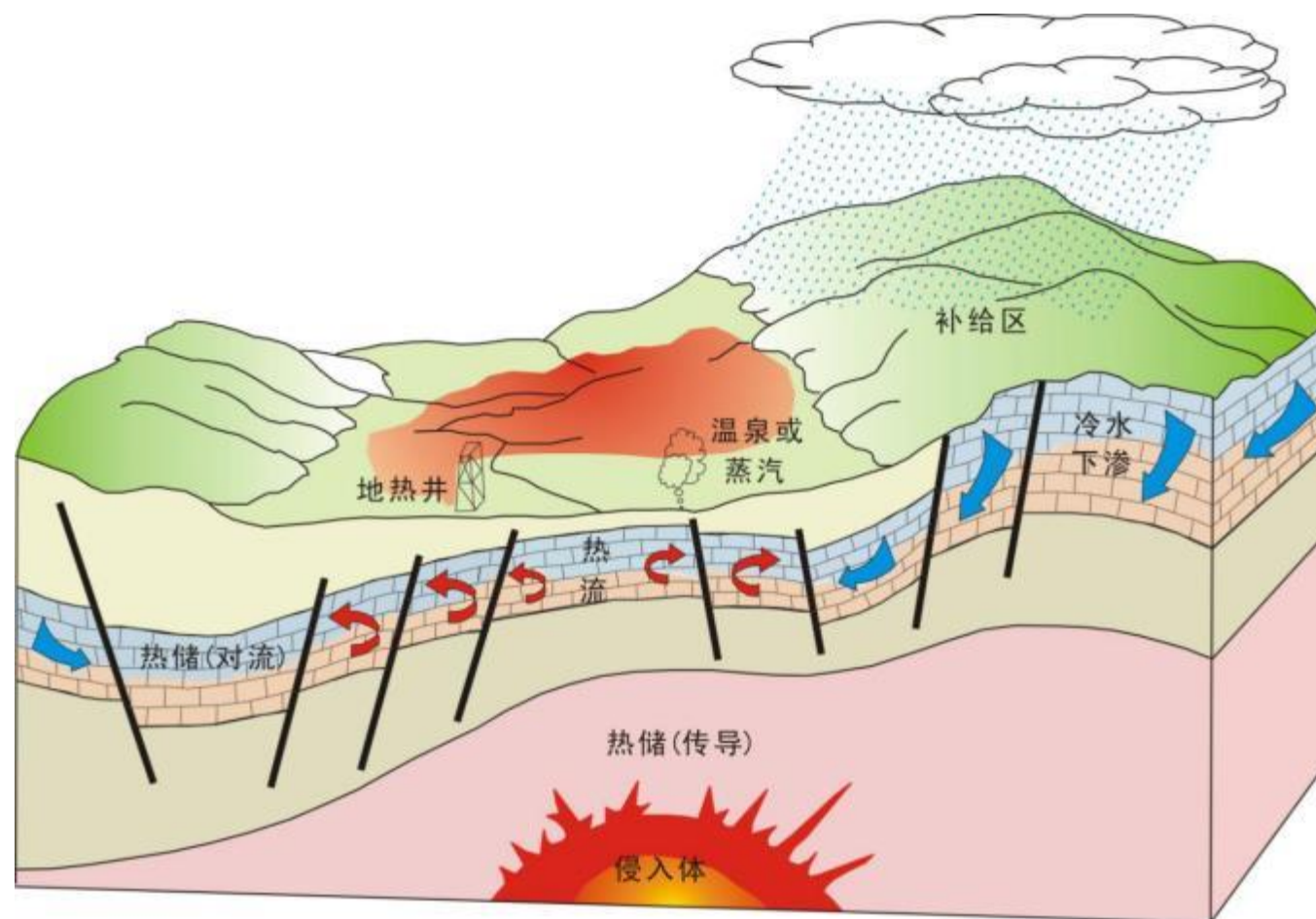


## 5、水热型地热资源——定义

水热型地热资源（即传统的地热资源），系指：地下水在多孔性或裂隙较多的岩层中吸收地热，其所储集的热水及蒸汽，经适当提引后可为经济型替代能源。按照热传输方式分为：传导型地热资源和对流型地热资源。



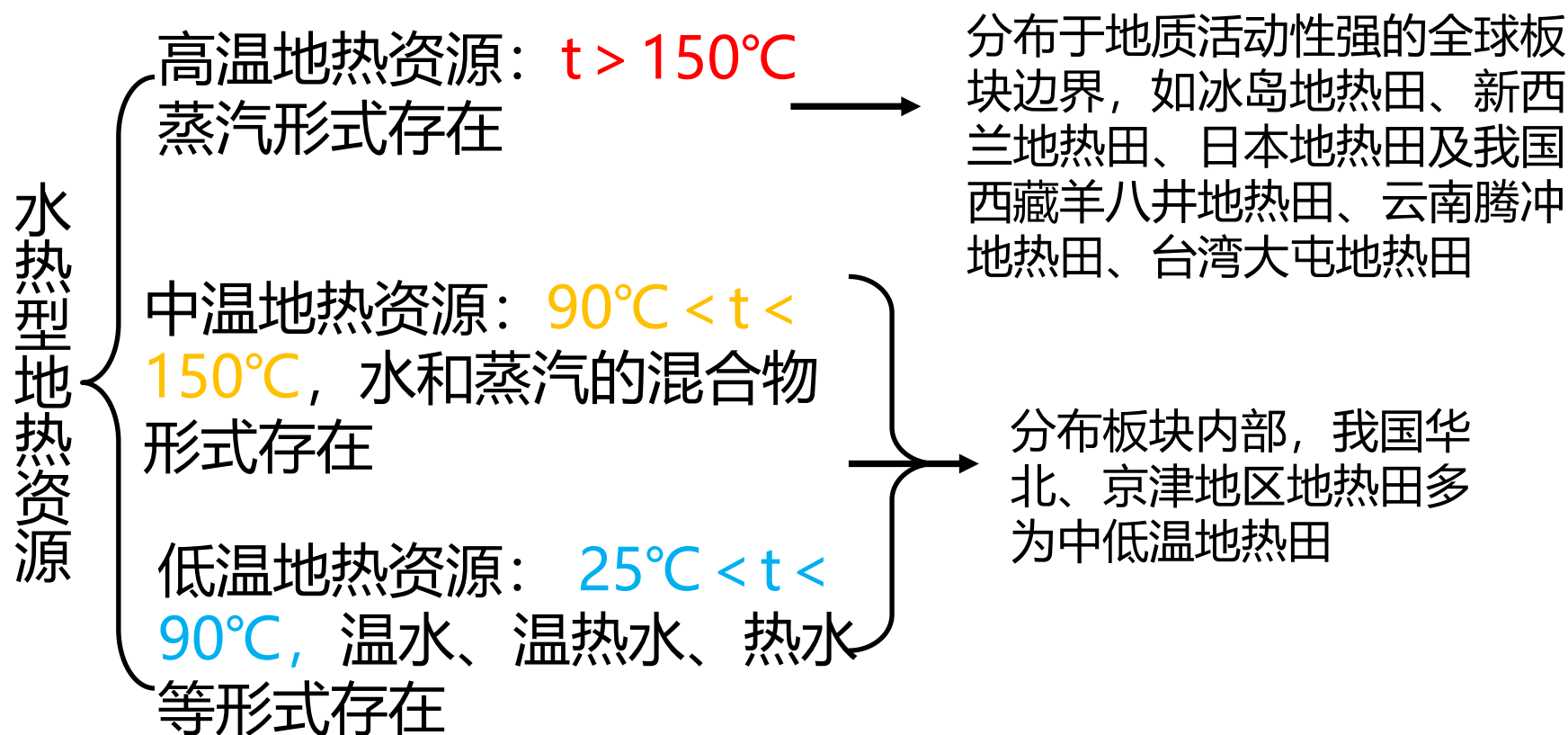
## 5、水热型地热资源——定义



水热型地热资源热传输方式概念模型

## 6、水热型地热资源——分类

水热型地热资源，按照温度，又可以分为**高温地热资源**、**中温地热资源**和**低温地热资源**三类。



## 7、干热岩资源——概念的发展

- 美国最早（1973年）称之为“**热干岩体**”。
- 日本的钻探发现，深层岩体中有发育有较好的天然裂缝体系，并存在有地热水，因而又称作“**热湿岩体**”。
- 在澳大利亚的试验中，地下岩体要经过人工压裂处理，使其生成裂缝体系，因而叫做“**热裂岩体**”。
- 此外，瑞士称作“**深层地热开采**”，
- 国际能源机构1978年发起的研究项目称“**人造地热能利用体系**”。
- 美国在热干岩体实验项目后，对新开发的这种项目统称“**增强地热系统**”。

## 8、干热岩资源——定义

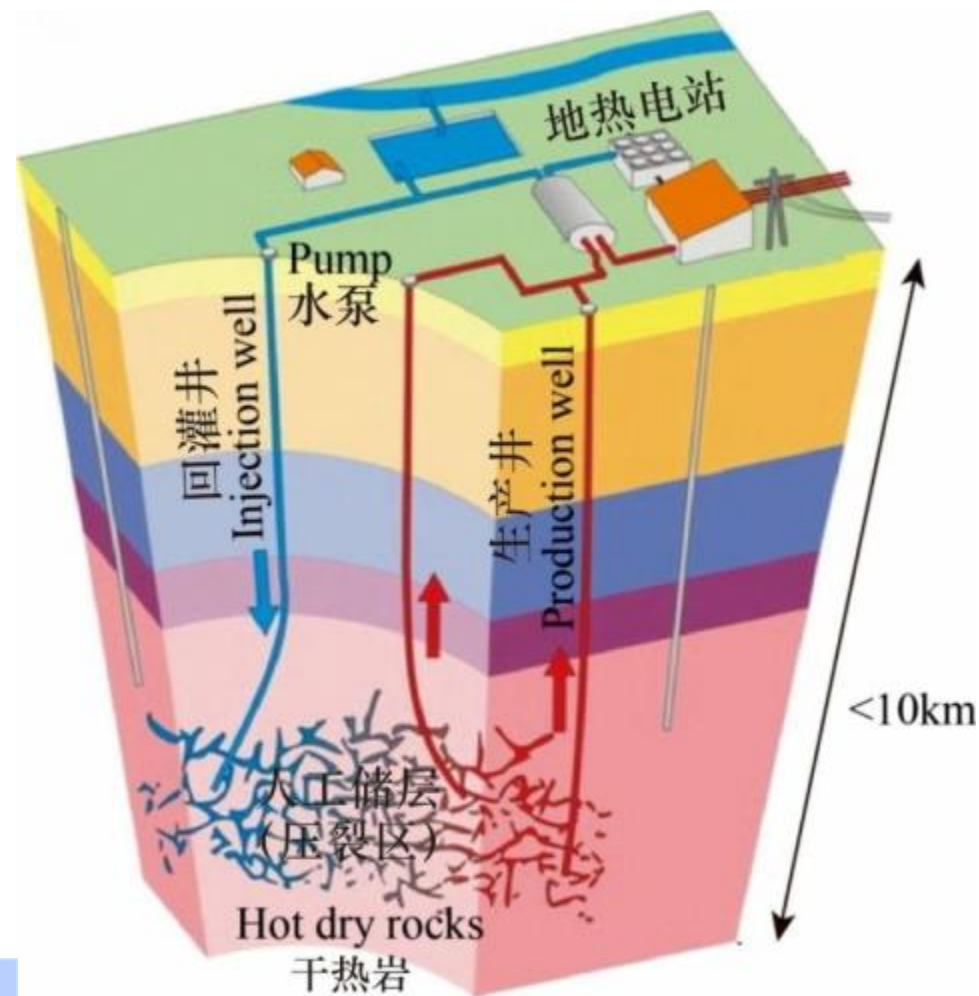
- 美国科学家根据芬顿山的干热岩研究工作认为干热岩是埋藏于距地面2-3km以下、无裂隙、无流体、自然温度达于200°C的岩体。
- 日本科学家根据肘折地区的干热岩研究工作认为只要岩体的温度达到200°C，埋藏深度合理，内含流体不是太多（或者没有）能用干热岩技术来提取岩体中的热量，就把这种岩体称为干热岩。
- 欧洲一些科学家根据法国干热岩研究认为，埋藏于地面1km以下，温度大于200°C的岩体就可称为干热岩。条件无需过于严格。
- 中国国家能源局颁布行业标准《地热能术语》中将干热岩定义为：内部不存在或仅存在少量流体，温度高于180°C的异常高温岩体。



## 9、干热岩资源——开发利用技术

**干热岩 (HDR)**，内部不存在或仅存在少量流体，温度高于 $180^{\circ}\text{C}$ 的异常高温岩体。

**增强型地热系统 (EGS)** (称工程型地热系统)：在高温但无水或无渗透率的热岩体中，通过水力压裂等方法制造出一个人工热储，将地面冷水注入地下深部获取热能，通过在地表建立高温发电站来实现深部地热能的有效利用。



干热岩是一种资源  
增强型地热系统是一种技术

## 10、干热岩资源——发展优势

热能连续性好：不间断的  
电力供应

经济实惠：商业价值可观

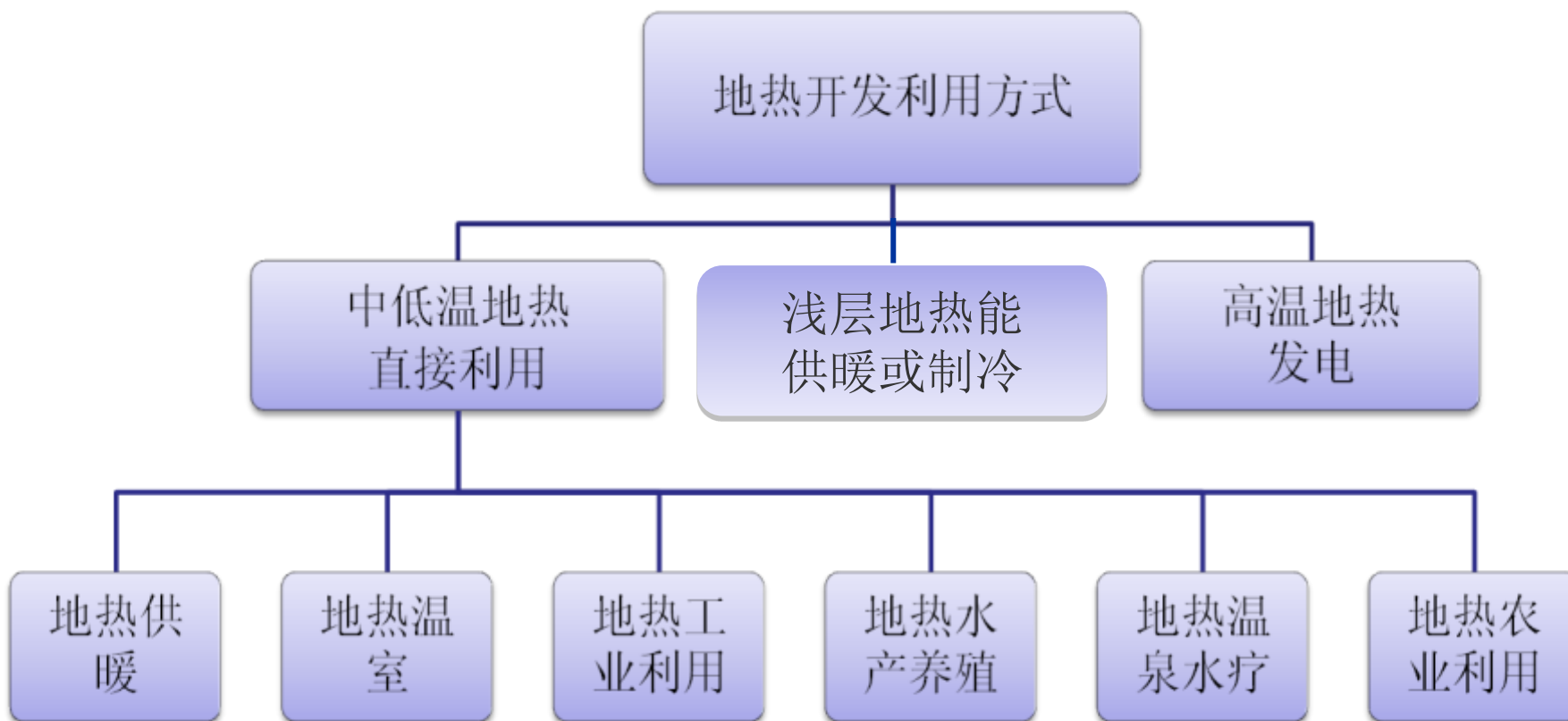


几乎为零排放：无废气和  
其他流体或固体废弃物

开发系统安全：没有爆炸  
危险或伤害性污染

## 11、地热资源的利用途径

地热资源的开发利用可分为发电和非发电两个方面。**高温地热资源**（150 °C 以上）主要用于发电；**中温**（90 ~ 150 °C）和**低温**（25 ~ 90 °C）的地热资源以直接利用为主，对于 **25 °C 以下的浅层地温**，可利用地源热泵进行供暖或制冷。



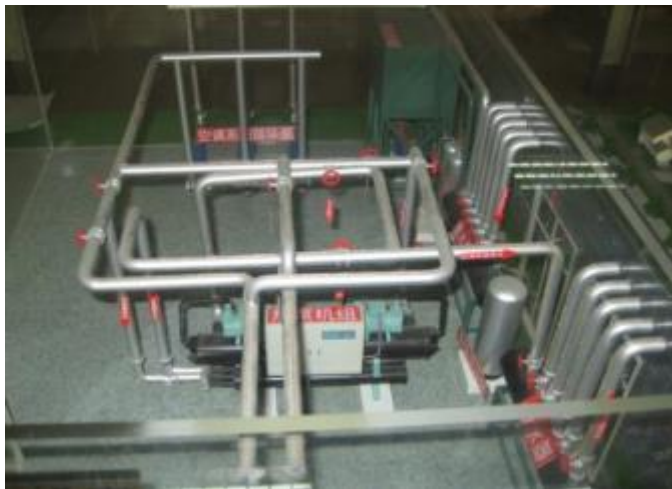
## 11、地热资源的利用途径



高温地热发电



温室大棚



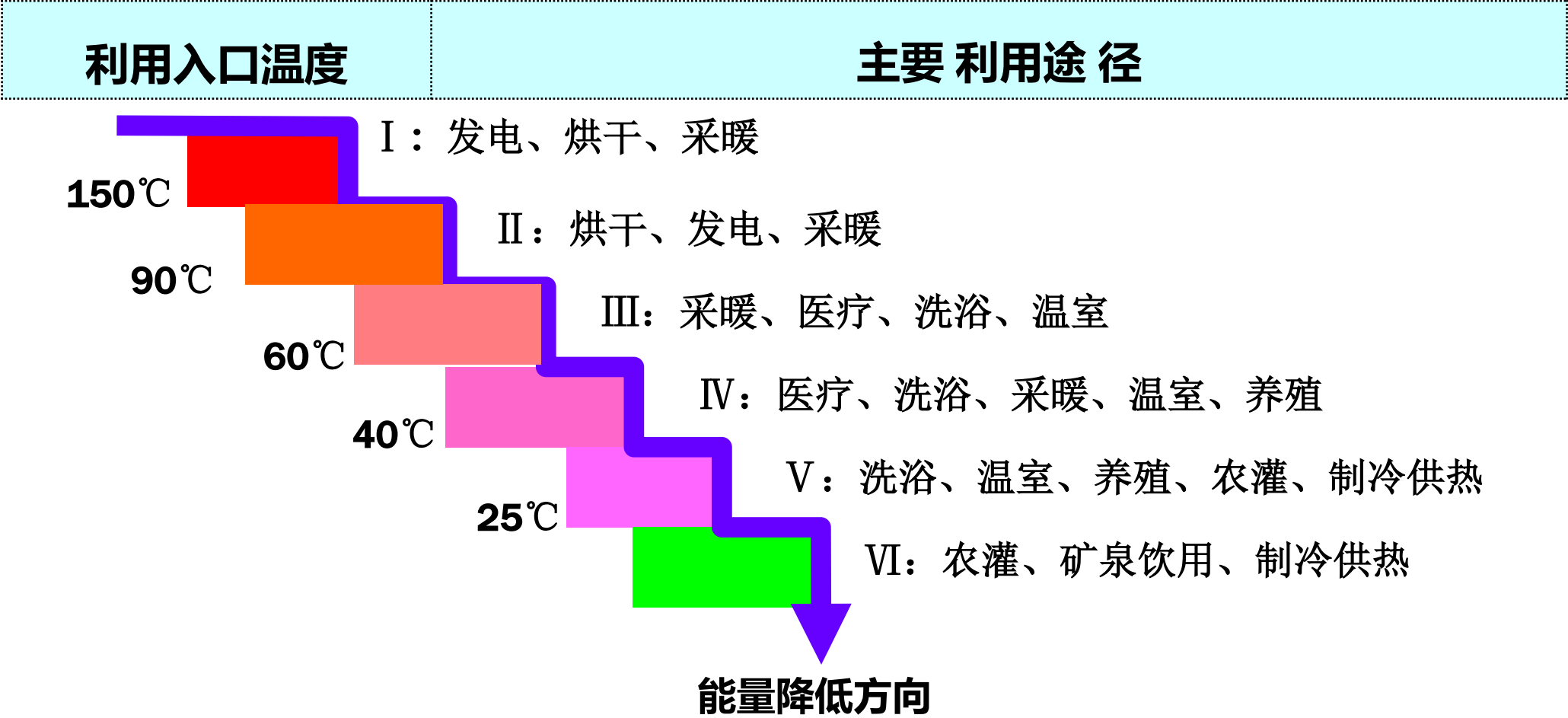
地热供暖



温泉疗养

# 11、 地热资源的利用途径

不同温度的地热流体的主要利用途径不同：







## 二、我国地热资源禀赋



# 1、世界地热资源分布

就全球来说，地热资源的分布是不平衡的。全球高温地热资源基本沿大地构造板块边缘的狭窄地带展布，形成了著名的环球地热带根据板块界面的力学性质及其地理分布，可把全球划分为4个大的地热带：

- 环太平洋地热带
- 地中海—喜马拉雅地热带
- 大西洋中脊地热带
- 红海—亚丁湾—东非裂谷地热带

# 1、世界地热资源分布



全球已知高热异常分布图

## 2、中国地热资源禀赋良好

地处环太平洋地热带、地中海-喜马拉雅地热带两大地热带的交接部位；中新生代沉积盆地发育。

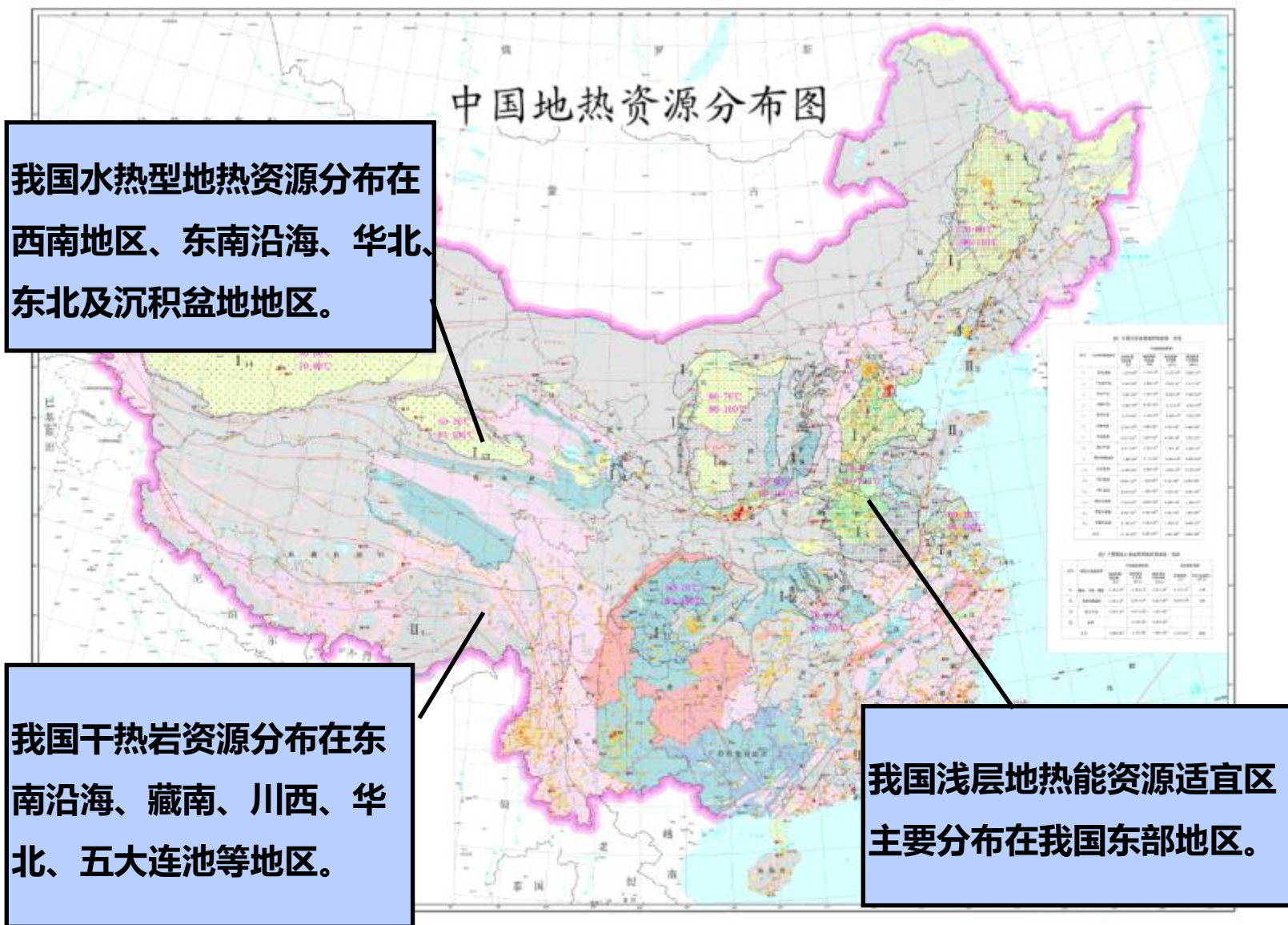
- 336个地级以上城市浅层地热能资源年可开采量折合标准煤7亿吨，可实现建筑物供暖制冷面积320亿平方米。
- 我国水热型地热资源年可开采量折合标准煤19亿吨。
- 我国干热岩型地热能总量初步评估达856万亿吨标准煤。





### 3、中国地热资源分布与地质背景关系密切

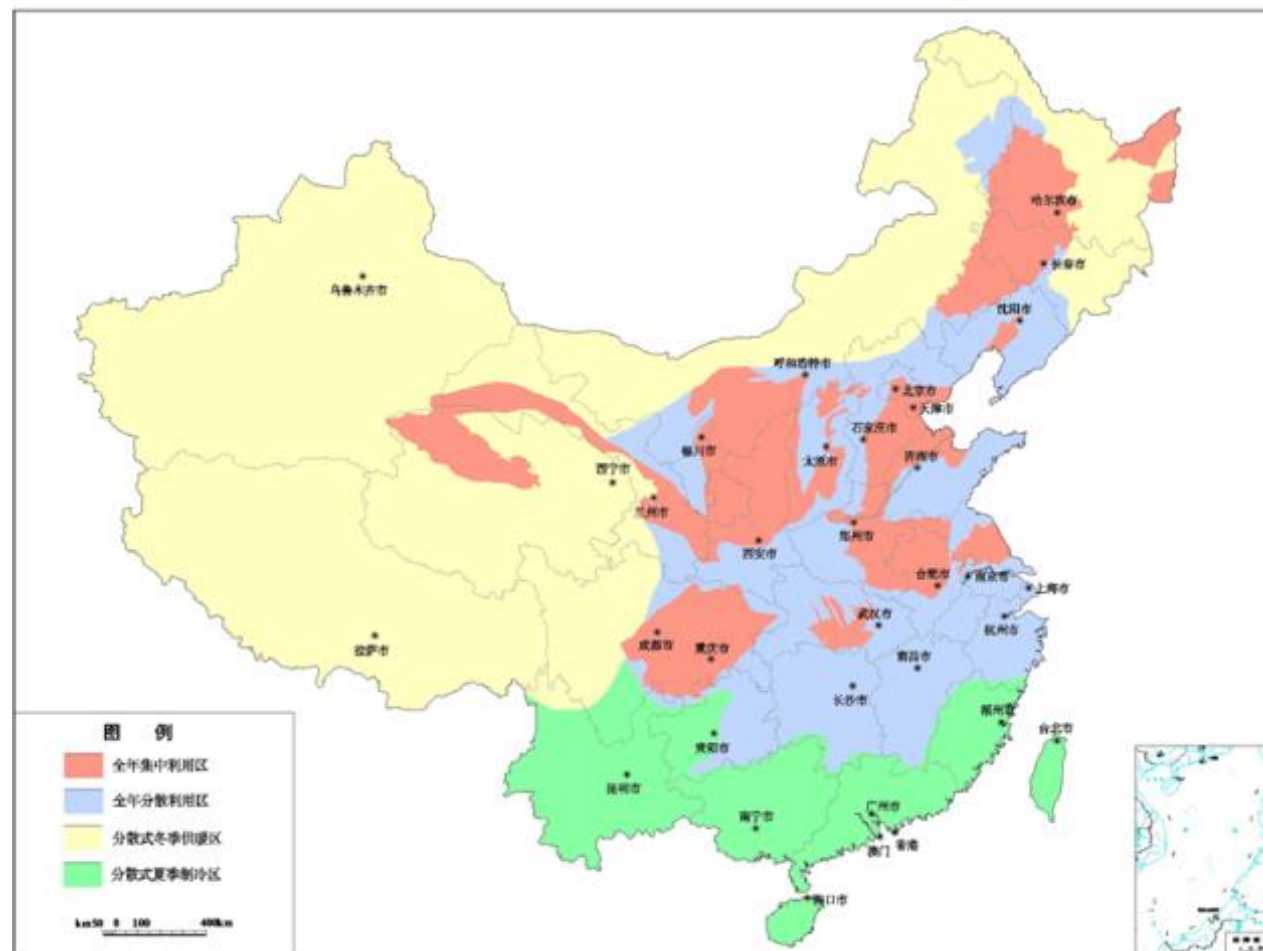
我国地热资源分布广泛，资源种类繁多，资源量相对较为丰富，但受构造、岩浆活动、地层岩性、水文地质条件等因素的控制分布具有明显的**规律性**和**地带性**。



## 4、我国东部地区浅层地热能应用前景广阔

我国中东部共143个地级以上城市，是最适宜开发利用浅层地热能的地地区。

年可开采量折合标准煤4.6亿吨，可实现建筑物供暖制冷面积210亿平方米，可基本满足地区供暖制冷需要。



中国浅层地温能开发利用区划图

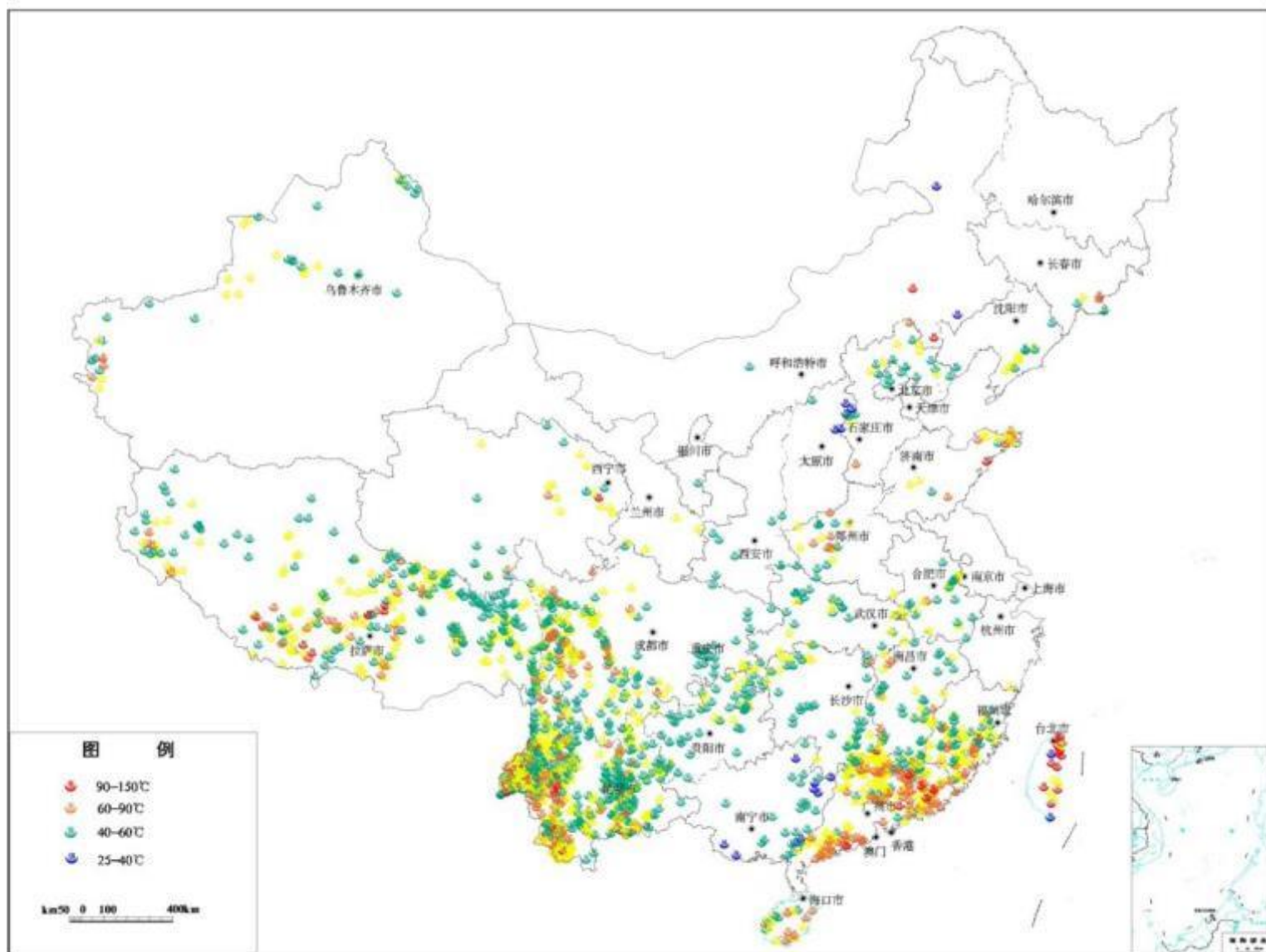


## 5、高温和中低温水热型地热资源分布差异明显

我国水热型地热资源以中低温为主，高温为辅。

中低温水热型地热资源主要分布在华北、松辽、鄂尔多斯、苏北、江汉等盆地及东南沿海、胶辽半岛等山地丘陵地区。

高温水热型地热资源主要分布于我国台湾和藏南、滇西、川西等地区。



# 6、隆起山地高温地热资源集中在西南部，发电潜力712万千瓦

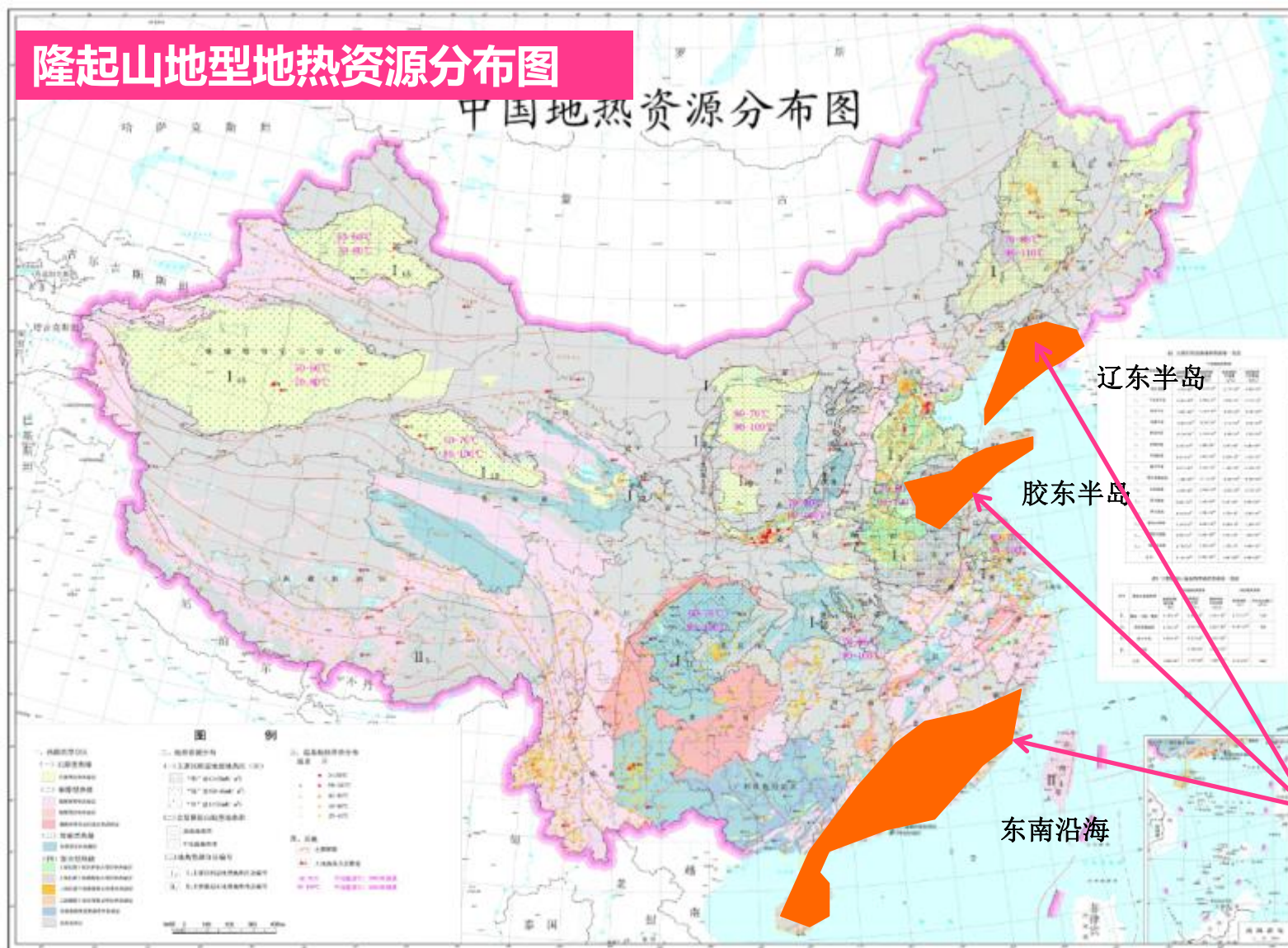
我国大陆高温地热资源主要集中在**西南地区**。西南地区水热型地热资源年可开采量折合标准煤**1800万吨**，高温地热资源发电潜力为**712万千瓦**。

西南地区水热型地热资源利用以**发电、旅游疗养**为主。地热发电装机容量多年未增加。





## 7、隆起山地中低温地热资源分布在我国东部，以直接利用为主



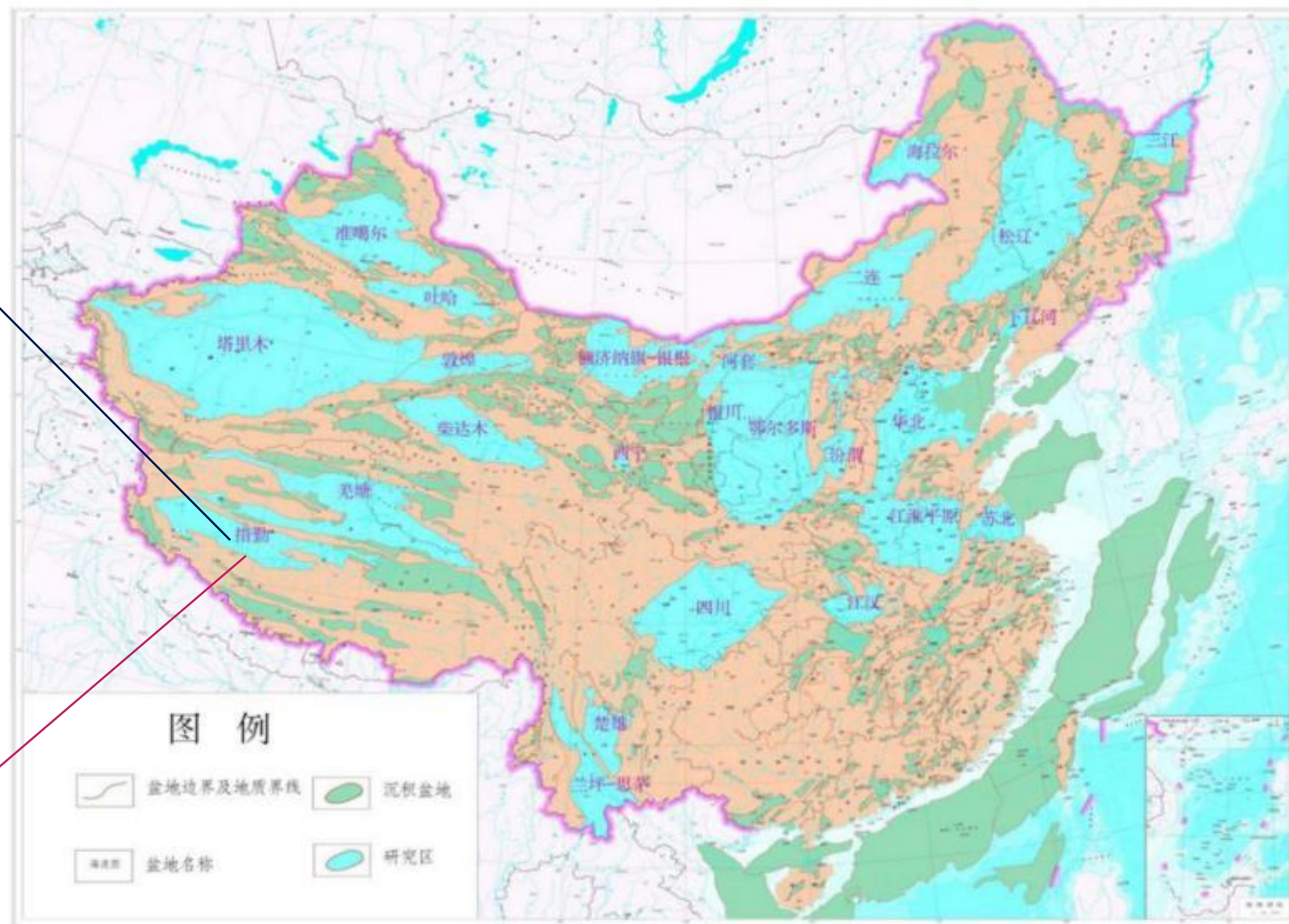
我国隆起山地型中低温地热资源主要分布于东南沿海、胶东、辽东半岛等地区。

东南沿海、胶东、辽东等中低温地热资源利用主要用于供暖、种植、养殖和旅游疗养等。

## 8、沉积盆地水热资源主要分布于东部，以供暖、种植养殖和旅游疗养为主

我国沉积盆地水热型地热资源主要分布于我国东部中、新生代平原盆地，包括华北平原、江淮平原、苏北平原、松辽盆地、四川盆地以及环鄂尔多斯断陷盆地等地区。

沉积盆地区水热型地热资源利用以供暖、旅游疗养、种植和养殖为主。



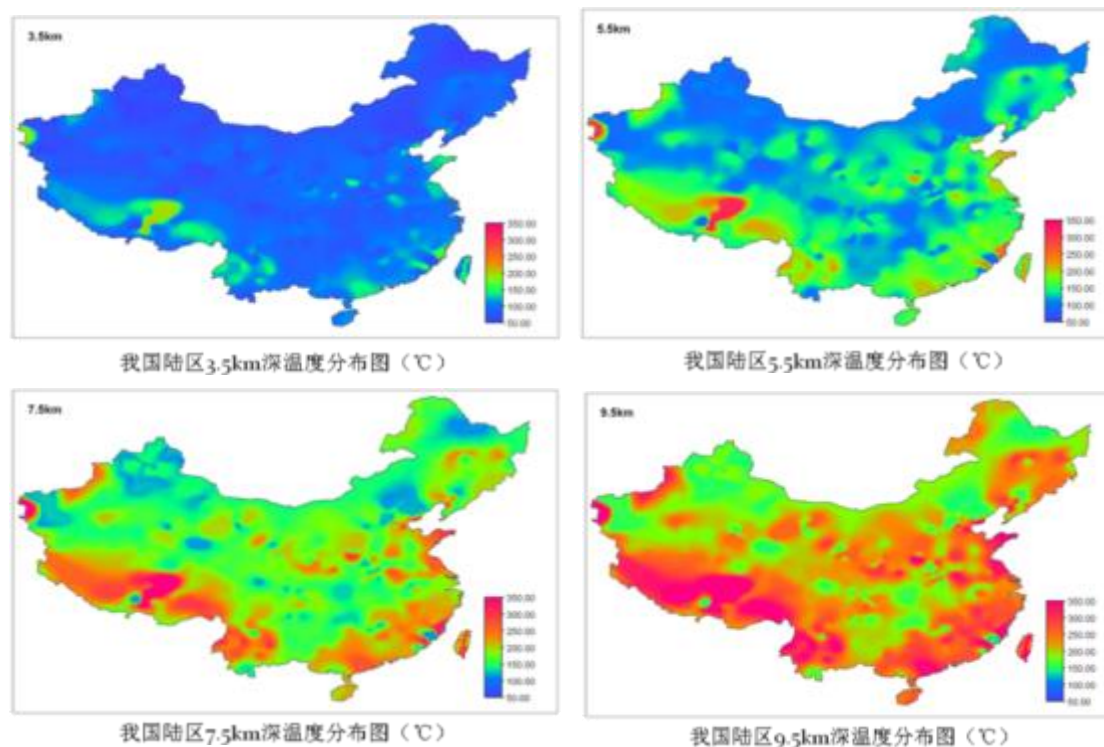


## 9、我国干热岩型地热能潜力巨大，分布受大地构造控制作用显著

干热岩型地热能潜力巨大，是未来能源中最具可能的接替能源。目前，应在全国潜力评价的基础上，建立开发示范工程，积累技术，降低成本，追踪国际技术。

- 我国大陆3.0 km至10.0 km深处干热岩型地热能总计约为**856万亿吨**标煤，按2%的可开采资源量计算，相当于我国2017年能源消耗总量的**3800多倍**；5.5 km以浅的干热岩型地热能折合**106万亿吨**标煤；

- 四类**干热岩资源
- 十二处**有利目标区



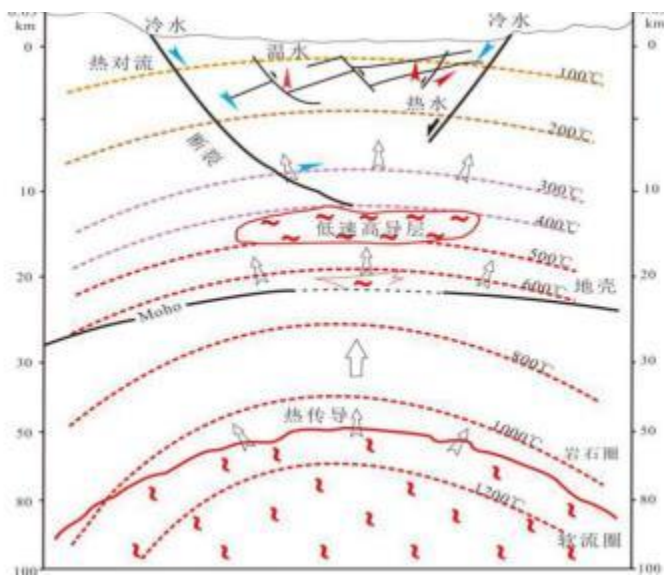
中国陆区不同深度温度分布图



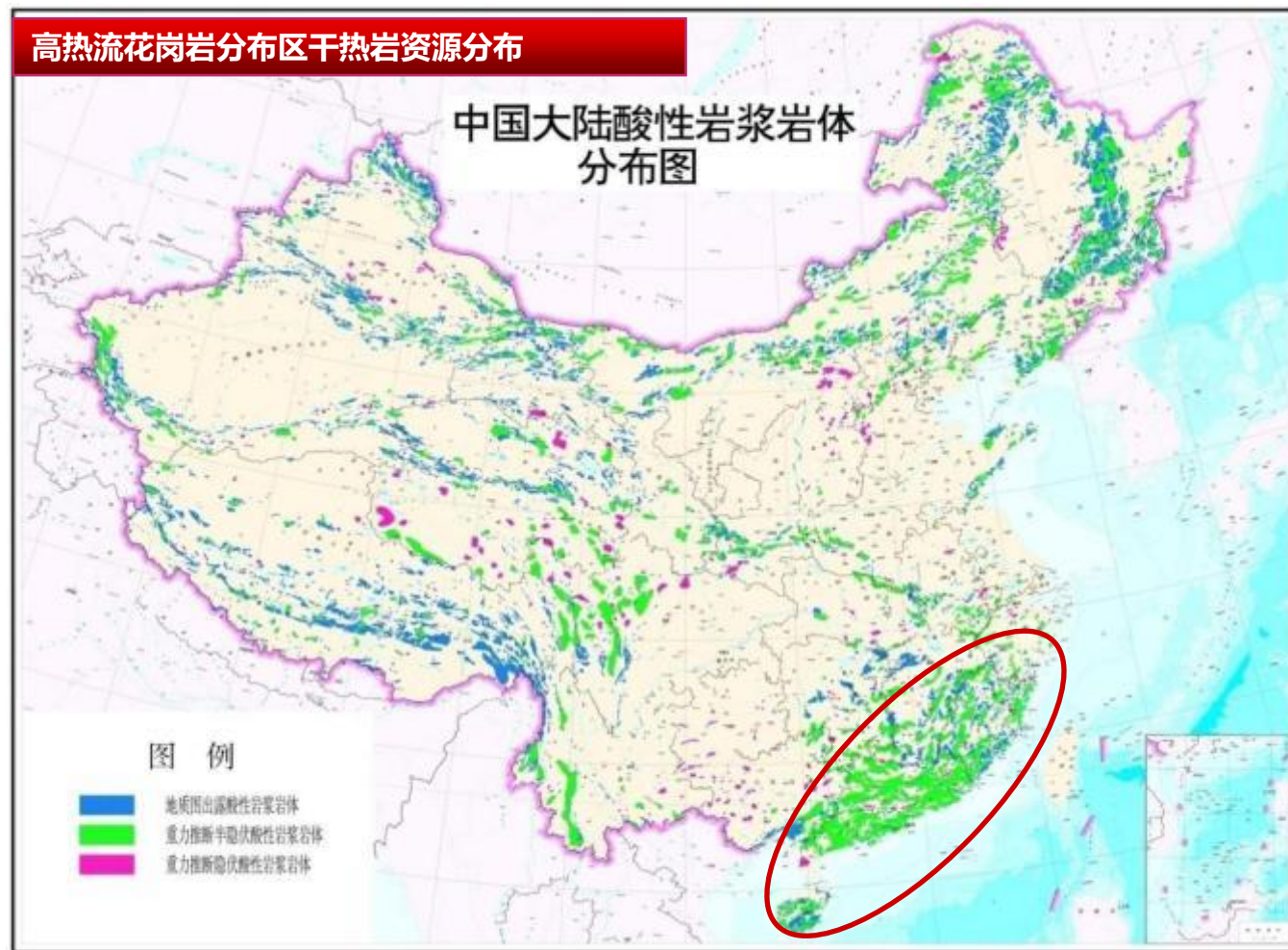
# 10、干热岩资源分类与成藏模式

## 高热流花岗岩型干热岩资源

高热流花岗岩型干热岩资源主要集中在我国东南沿海地区，以燕山期形成的大范围酸性岩体为赋存体形成的干热岩有利目标区。



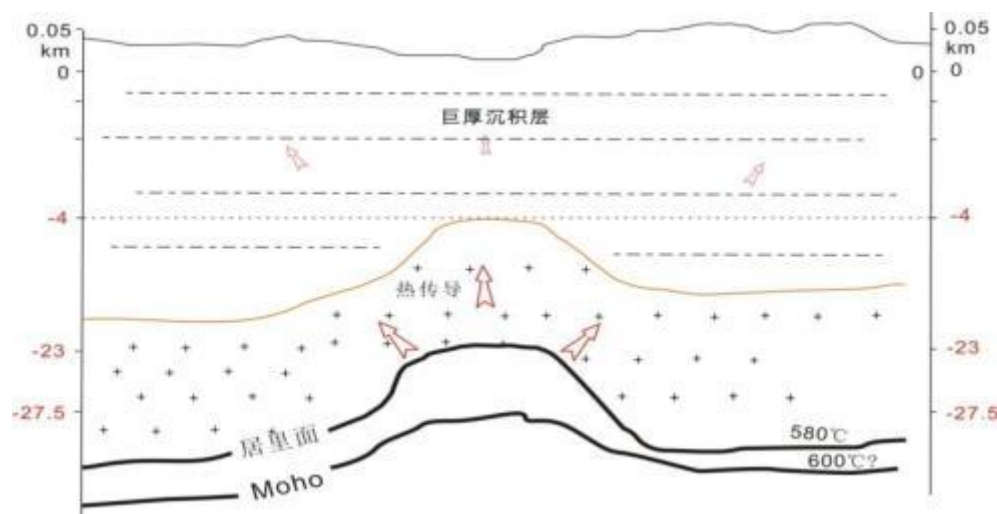
高热流花岗岩型干热岩成因模式



# 10、干热岩资源分类与成藏模式

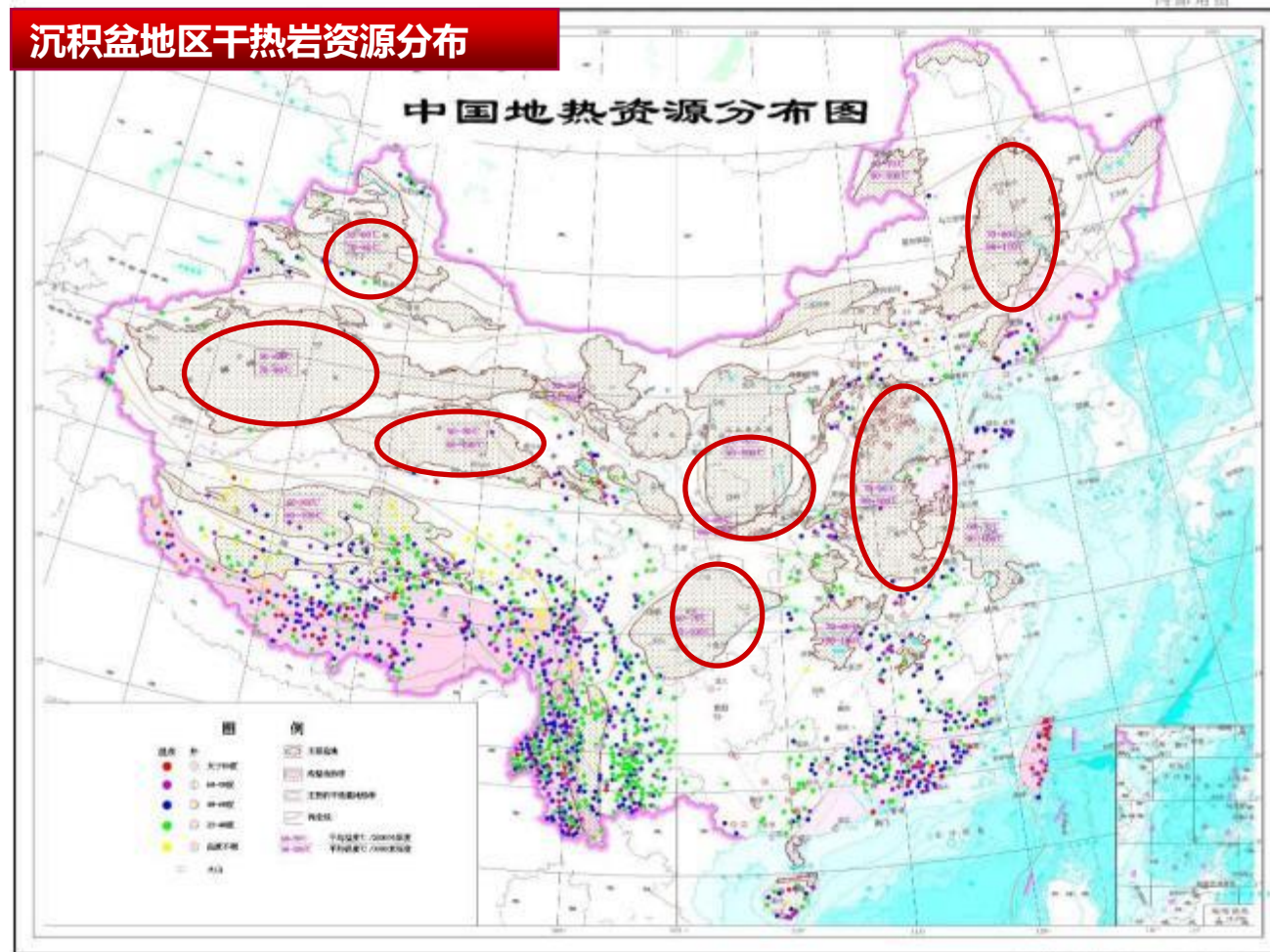
## 沉积盆地型干热岩资源

沉积盆地型干热岩资源主要分布在关中、咸阳、贵德、共和、东北等白垩系形成的盆地下部，由于覆盖层具有较高的地温梯度，通常与水热型地热田共生。



沉积盆地型干热岩资源成因模式

沉积盆地干热岩资源分布

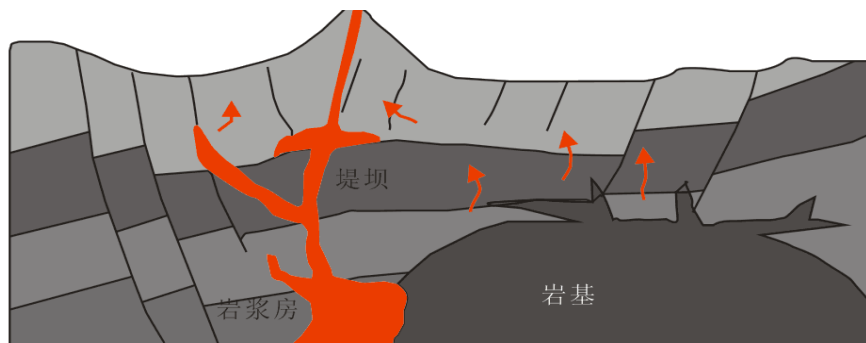




# 10、干热岩资源分类与成藏模式

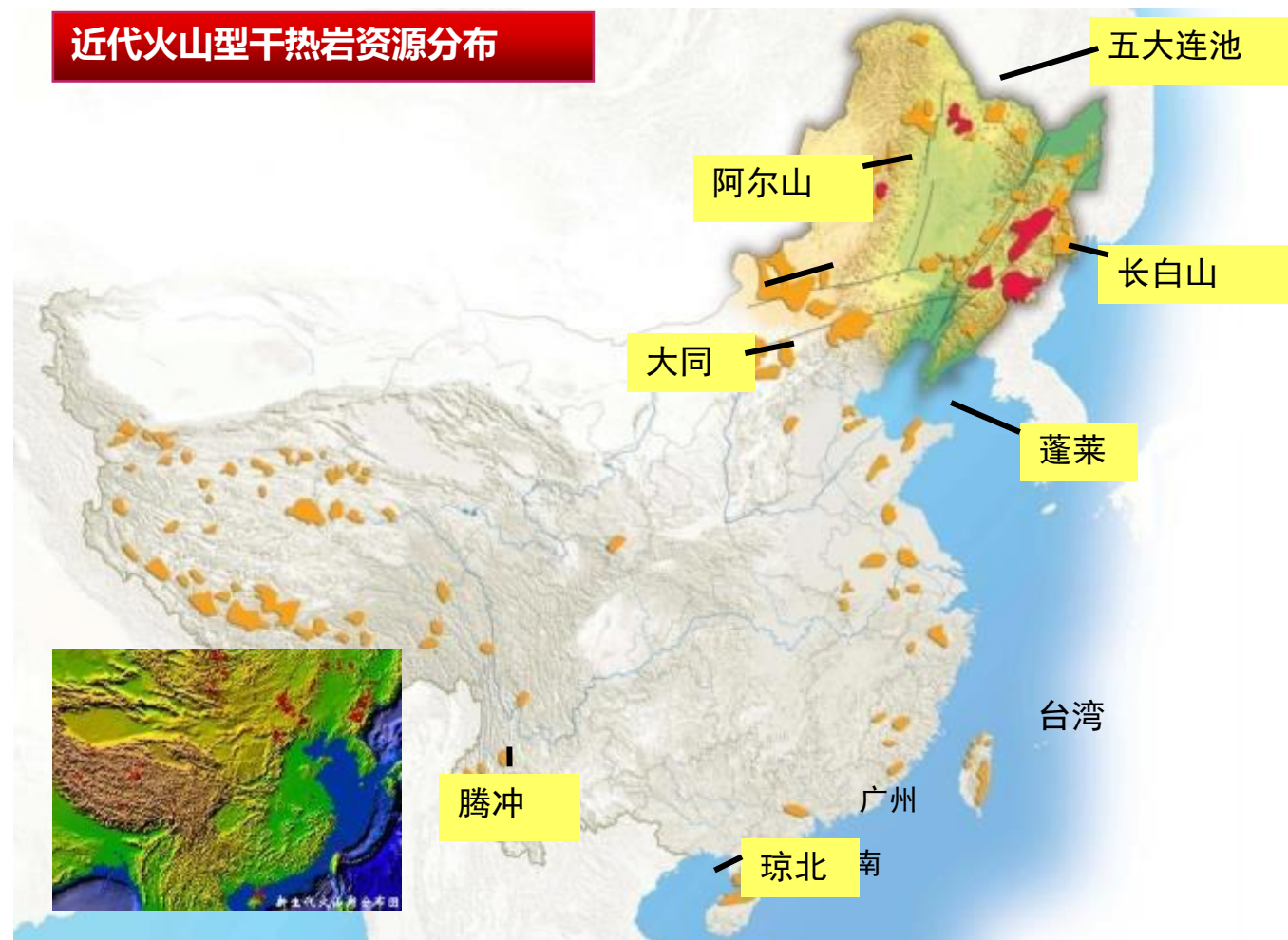
## 近代火山型干热岩资源

近代火山型干热岩资源分布在我国腾冲、长白山、五大连池等地区。其热源特征与底部岩浆活动历史和岩浆活动特征密切相关。



近代火山型干热岩资源成因模式

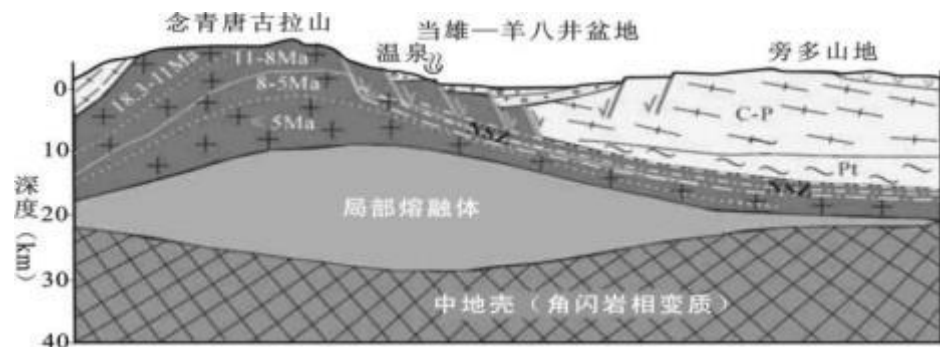
### 近代火山型干热岩资源分布



# 10、干热岩资源分类与成藏模式

## 强烈构造活动带型干热岩资源

强烈构造活动带型干热岩资源主要分布在我国青藏高原地区。受到亚欧板块和印度洋板块的挤压，新生代以来我国青藏高原逐渐隆升，局部有岩浆底侵的存在，在这些区域可能形成理想的干热岩资源。



强烈构造活动带型干热岩资源成因模式

## 构造活动带型干热岩资源分布





## 11、干热岩资源有利目标区

我国干热岩资源分布于东南沿海、藏南、滇西、川西、青藏高原东北缘、关中、华北、松辽、塔什库爾干、大同、长白山和阿尔山等地区。



# 12、我国地热资源总量

我国336个地级以上城市浅层地温能资源年可开采量折合标准煤7亿吨。

我国水热型地热资源年可开采量折合标准煤19亿吨。

我国干热岩资源总计约为856万亿吨标煤。

我国地热资源年可开采量折合标准煤26亿吨,年开采量折合标准煤仅2100万吨，我国干热岩资源总量初步评估折合标准煤达856万亿吨，开发利用潜力巨大。



我国地热资源主要用于旅游疗养、供暖制冷、种植、养殖等，2015年产值约7500亿元，超过同年GDP的1%。





### 三、我国典型地区地热资源勘查开发进展

---

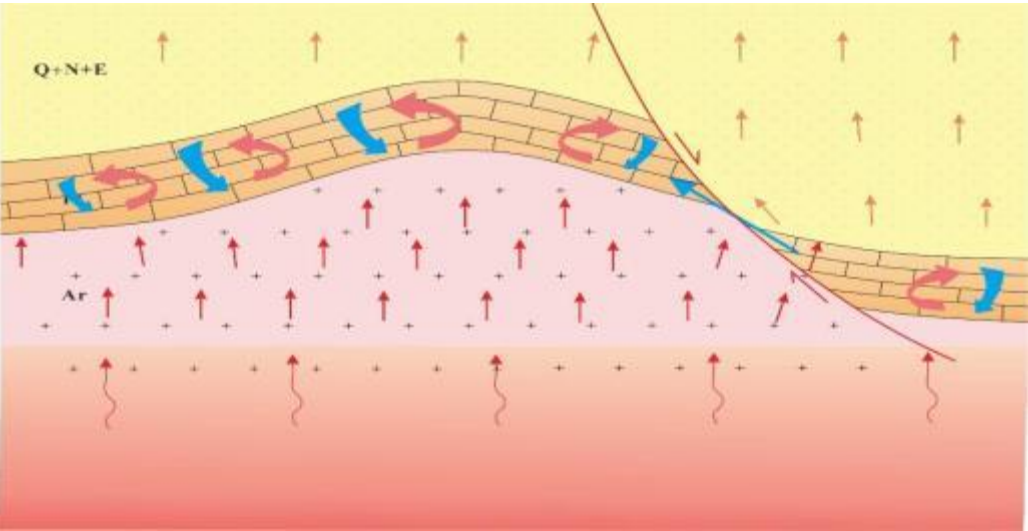
## （一）京津冀地区地热资源勘查进展



# 1、从热源机制上阐释了华北平原区“三元”控热模式

## 调查发现：

- 区域热流分布异常？
- 地温梯度非线性特征？
- 局部地温倒转？



华北地区控制机制示意图

克拉通破坏  
岩石圈减薄

储层高热导  
盖层低热导

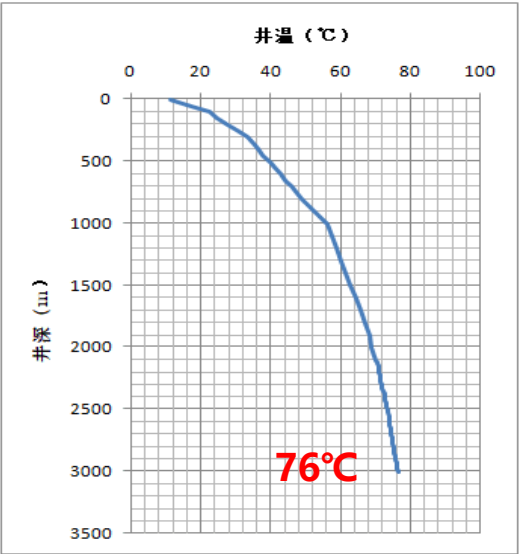
导水通道

深部热传导+浅部热对流+构造控热

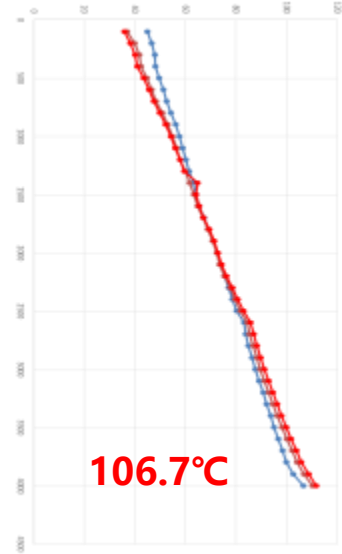
热补给

热分配

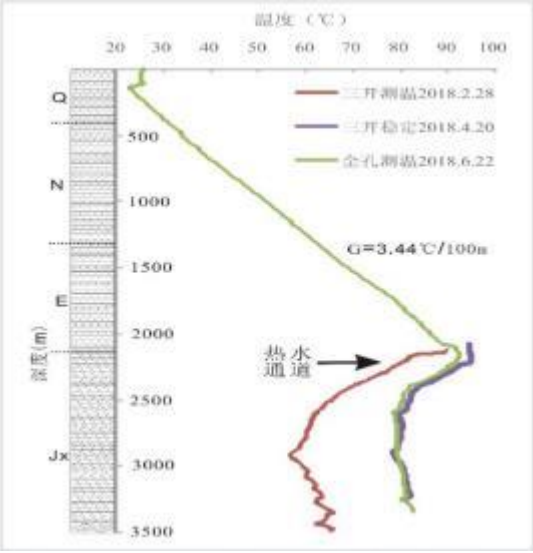
热异常



D16



D17



D18

## 2、创新思路：碳酸盐岩热储层深浅联用，提高了场地地热产能，增加了开采量

- (1) 实现了雾迷山组和高于庄组**两段热储**联用；

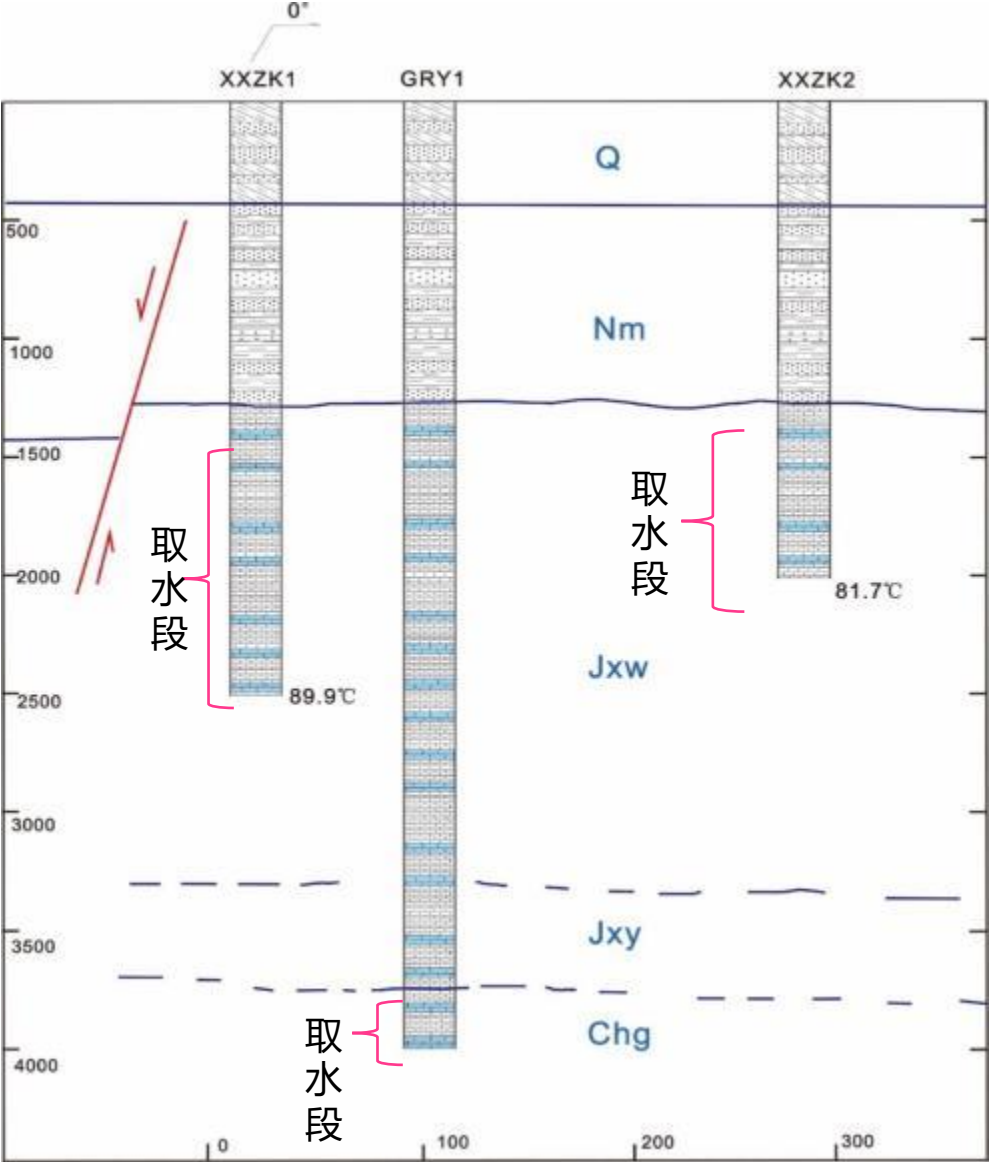
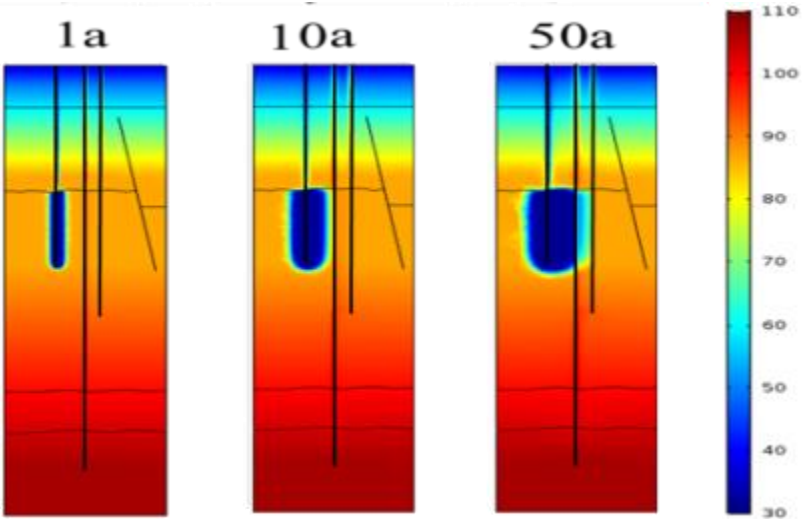
(2) 回灌示踪试验实现**100%回灌**，预测了采灌均衡条件下50年开采的温度场变化情况

| 井号         | GRY1    | XXZK-1  | XXZK-2 |
|------------|---------|---------|--------|
| 终孔深度 (m)   | 4025.82 | 2500.18 | 2004   |
| 终孔层位       | 高于庄组    | 雾迷山组    | 雾迷山组   |
| 出水温度 (℃)   | 103.5   | 83      | 83     |
| 涌水量 (m³/h) | 70      | 109.29  | 100    |
| 水位 (m)     | 49.98   | 44.12   | 42.14  |

水量平衡

+

温度场平衡



### 3、创新模式：建立中低温地热发电+建筑物供暖的两级梯级开发的“献县模式”

献县科研基地首次在京津冀钻获中温高于庄组热储，4000米温度107度，并实现碳酸盐岩热储地热**发电、供暖**两级利用，技术经济可行。

#### 第一级利用：地热发电

- 有机朗肯循环（ORC）发电机组，首期装机容量为**280千瓦**，供科研基地和梅庄洼农场日常用电。地热发电效率超过**10%**，达到**国际先进水平**。

#### 第二级利用：建筑物供暖

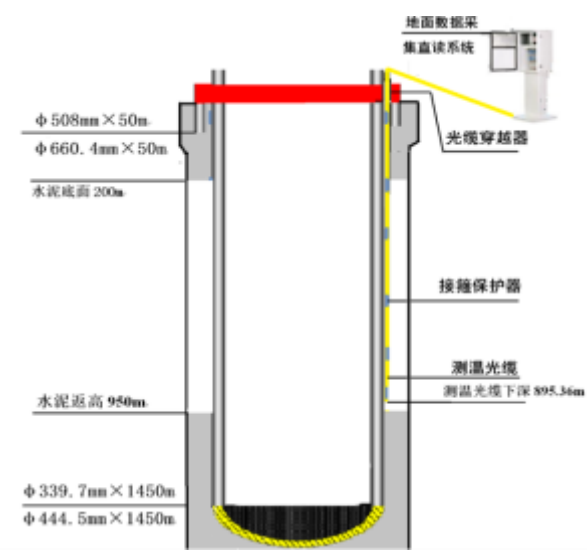
- 供暖面积**3万平方米**，地热尾水通过水处理后回灌。

建设投产后年发电与供暖的运行收入608万元，静态回收期为9.72年，内部收益率9.64%，按配套费40元/平方米收取，则可一次性收取1200万元，此时，**静态回收期将缩短至7.75年**，内部收益率将升高至12.16%。“科研基地”静态投资回收期低于10年，内部收益率高于8%的行业基准收益率，说明该系统具有良好的经济效益。

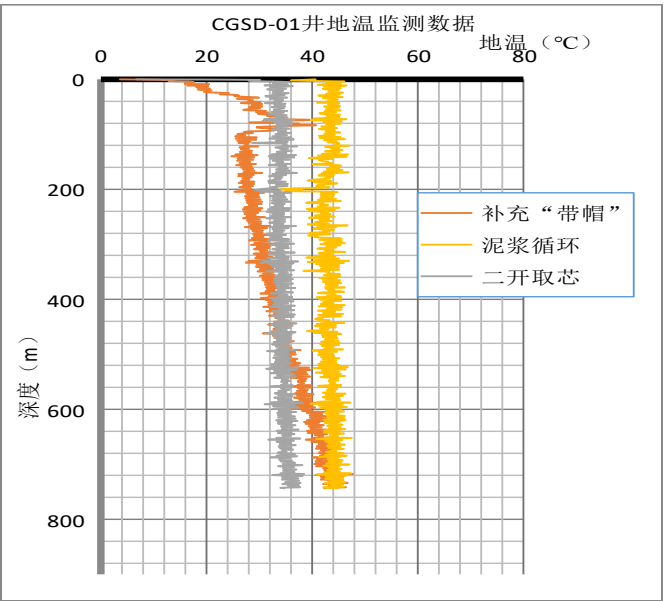


# 4、创新技术：建立了分布式光纤长期动态监测

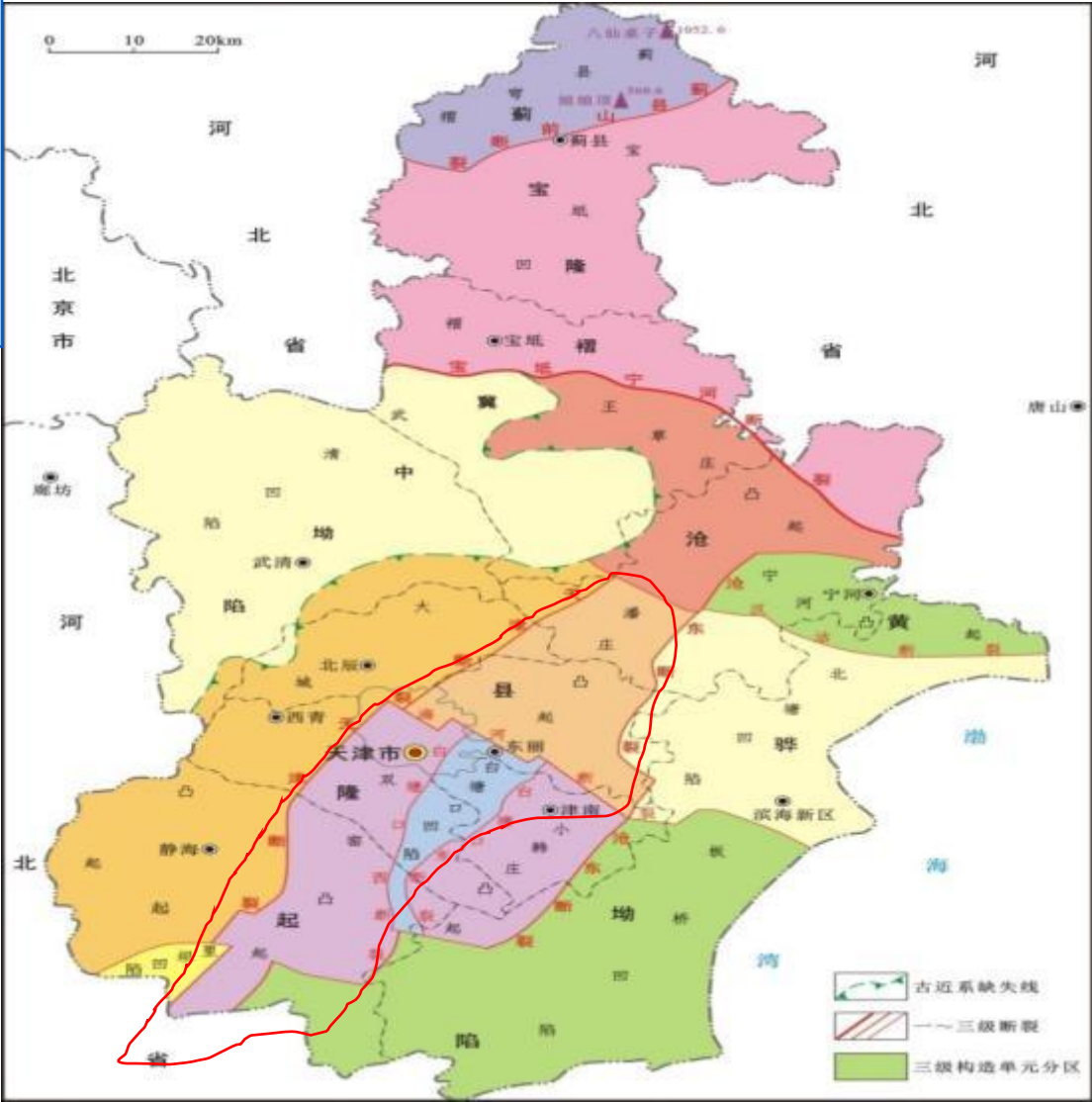
- 攻克了恶劣环境下连续测温的难题，改变了以往热敏电阻、留点温度计电子压力计测温方法耗时与漏测的不足。
- 自主研发中深层地热井井壁分布式长期地温监测系统及配套装置；



地热井井壁分布式长期地温监测系统及其配套装置示意图



天津东丽湖CGSD-01井地温变化曲线图



## 5、多处钻获高产能地热井

01

**雄安新区深层第一热储层（雾迷山组）钻获京津冀地区产能最大地热孔，井口温度93℃**

深层第一热储层单井供暖潜力翻倍



02

**容东安置区RD01井，1803米，井口温度61℃，单位涌水量10m<sup>3</sup>/h·m，支撑服务安置区供暖规划**

783m进入雾迷山组地层，（温度、流量）优于容城县城



03

**东丽湖钻探进入雾迷山组二段，实现深部雾迷山组二、三、四段精细划分，井底温度突破100℃**

完钻深度4051.68米



04

**承德地热调查实施的CD02地热井在600米深处，钻获58℃地热水，自流量约18.4m<sup>3</sup>/h，为当地自流量最大的地热井**

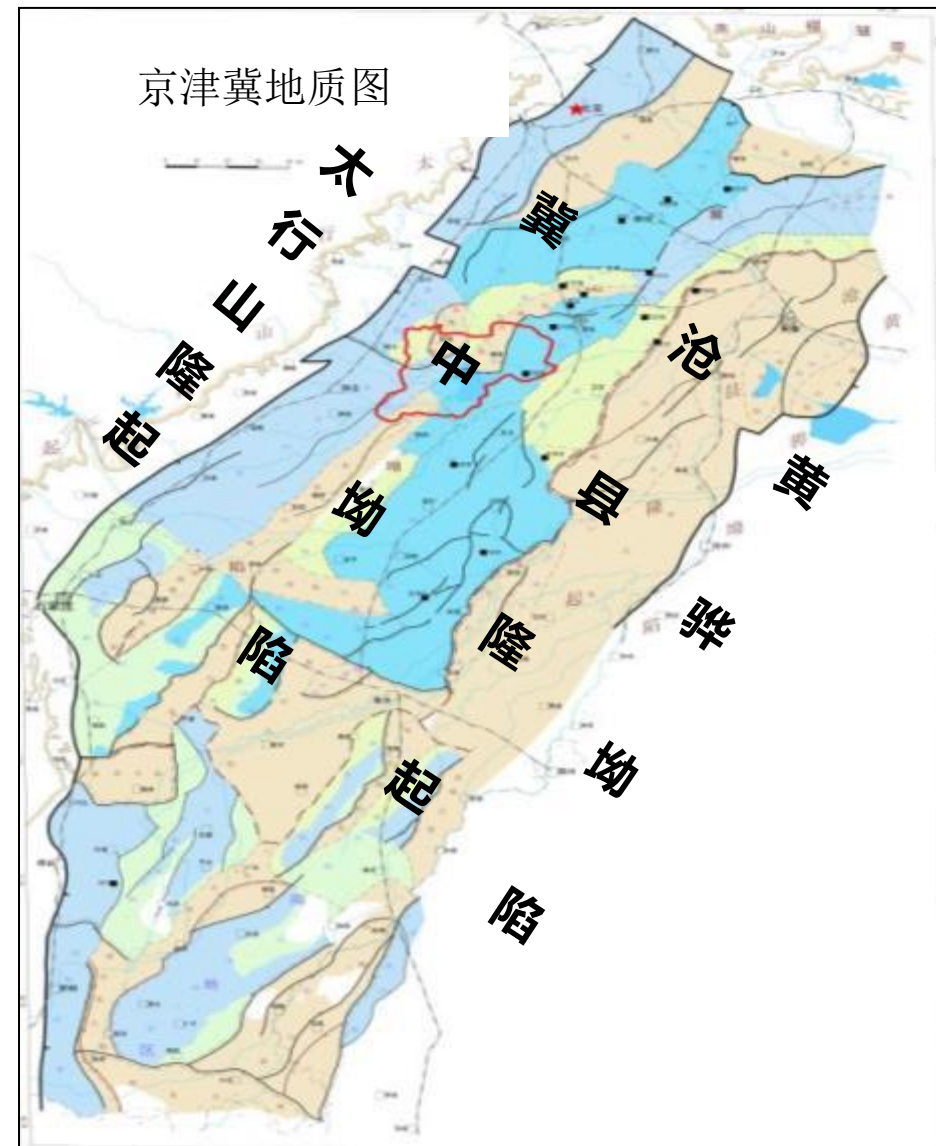
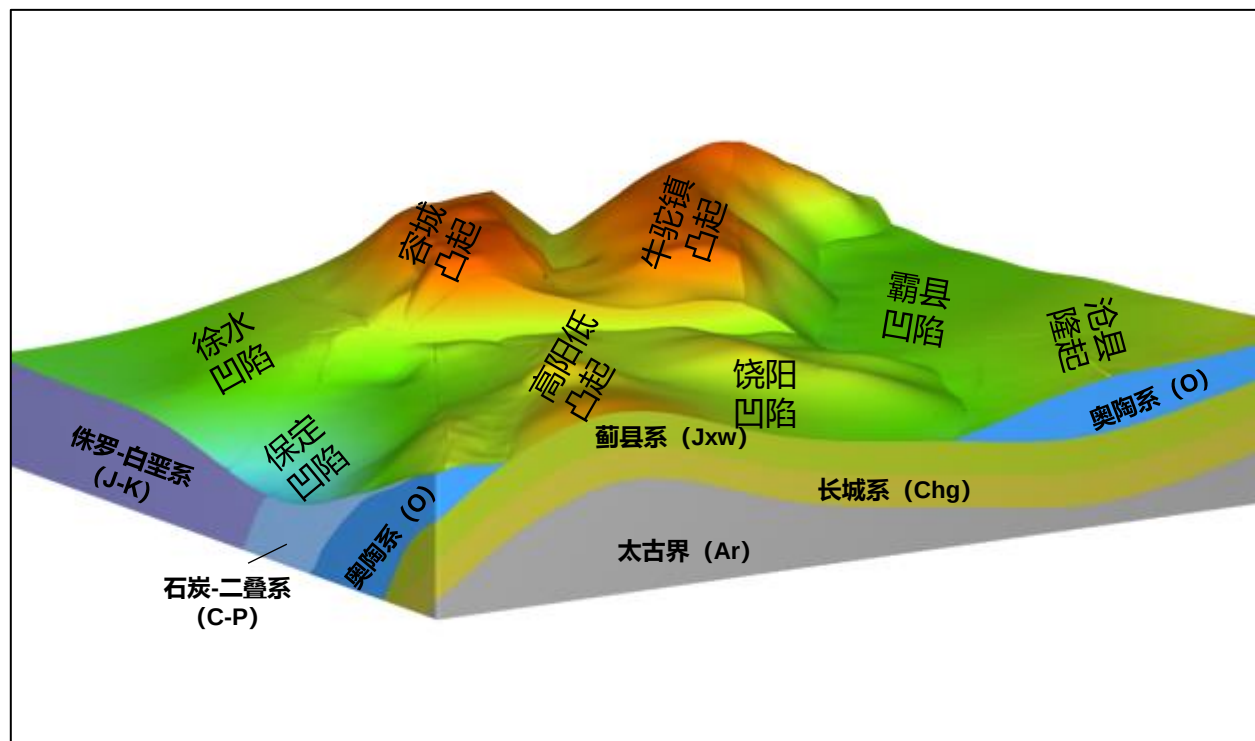
钻孔位于隆化县七家镇



## (二) 雄安新区地热勘查进展

# 1、独特的地质构造为地热资源的形成提供了良好的富集空间

雄安新区位于冀中坳陷中部，牛驼镇凸起、容城凸起、高阳低凸起等IV级构造单元交汇处。





## 2、水热型地热资源得天独厚，具备六大优势

分布广

01

储量大

02

温度高

03

埋藏浅

04

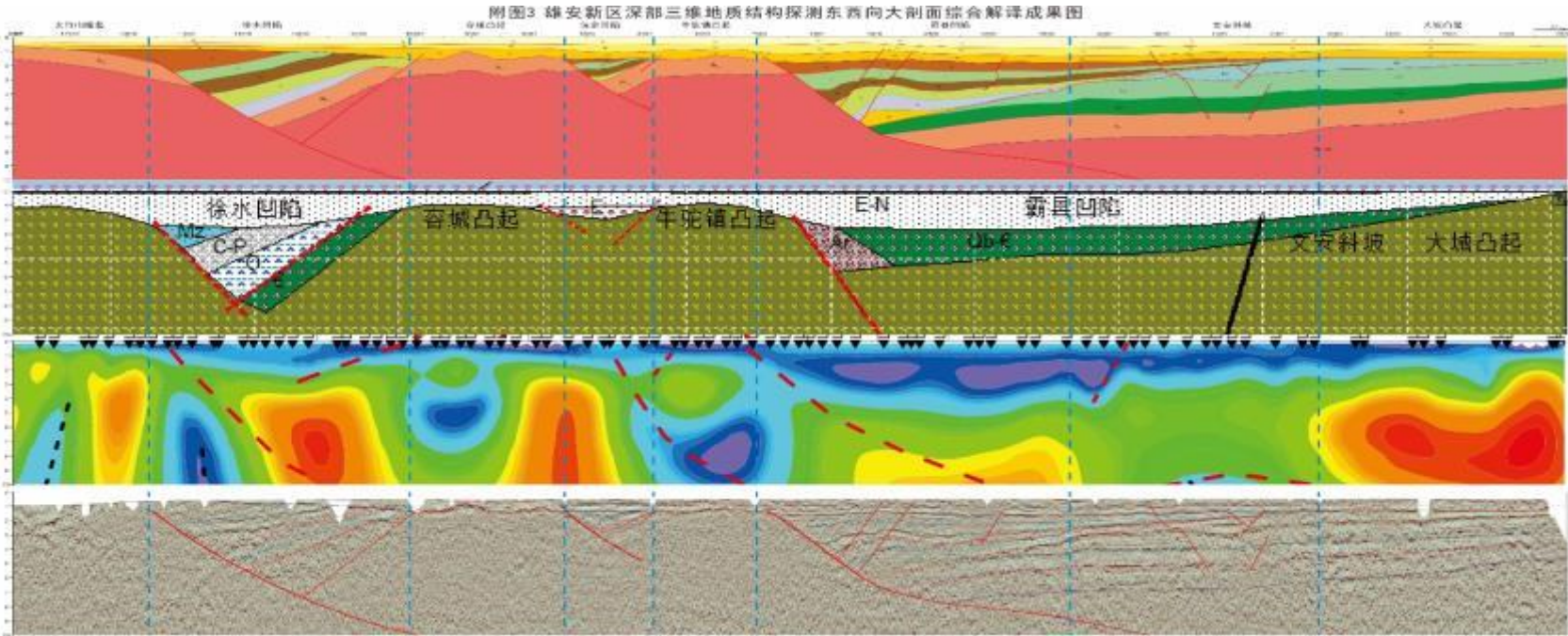
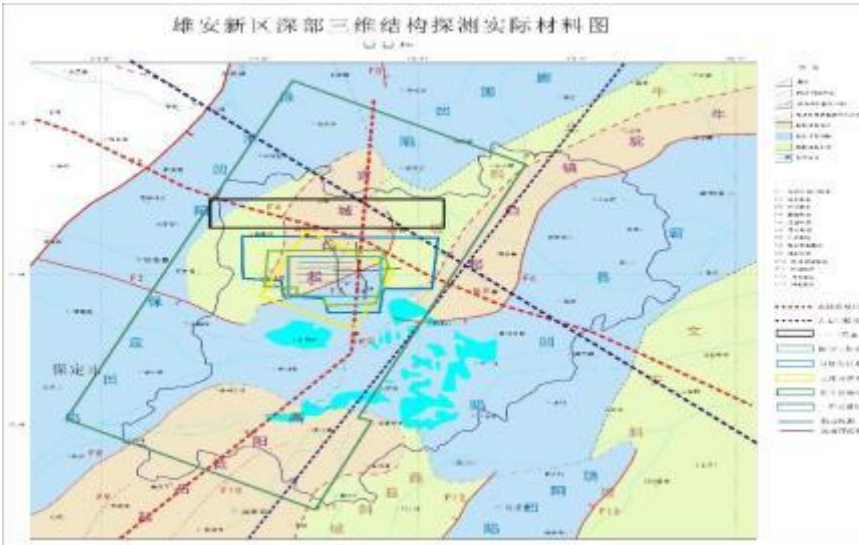
水质优

05

易回灌

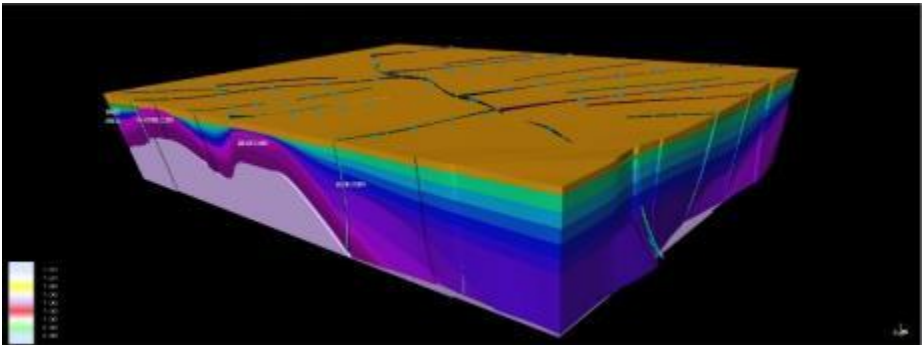
06

### 3、地球物理技术探测雄安新区热储空间结构



重震电综合解译成果图

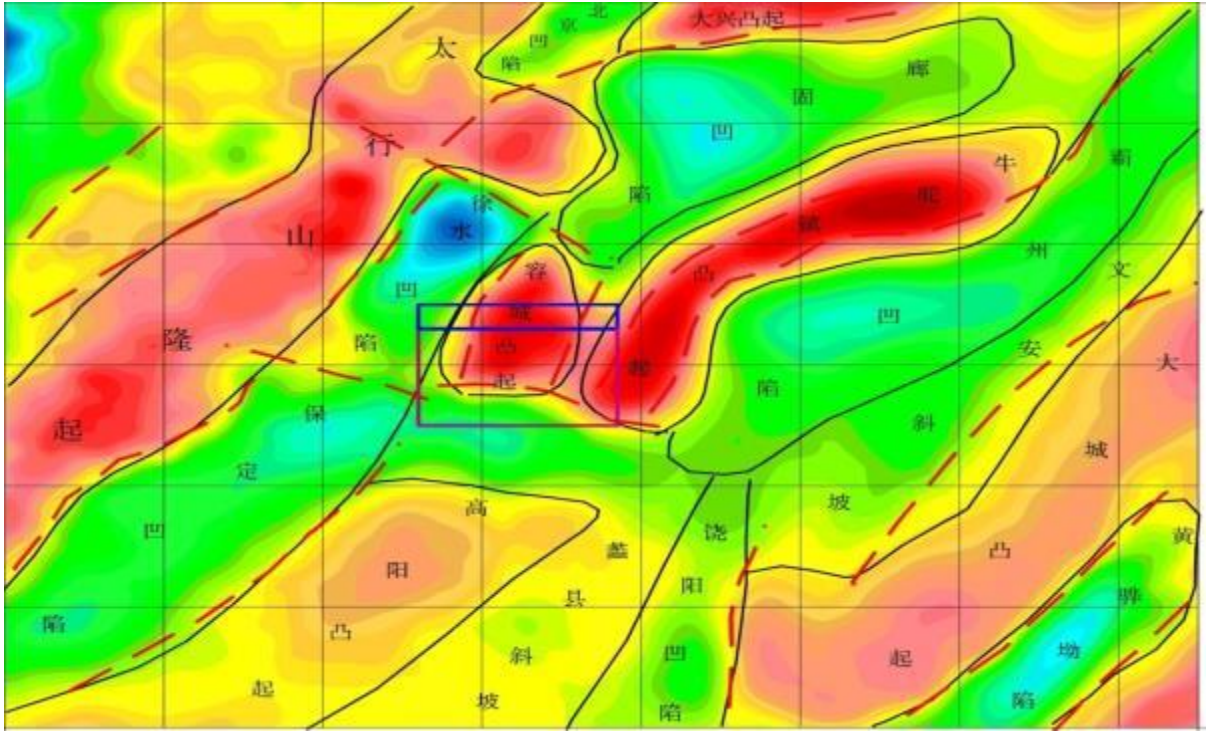
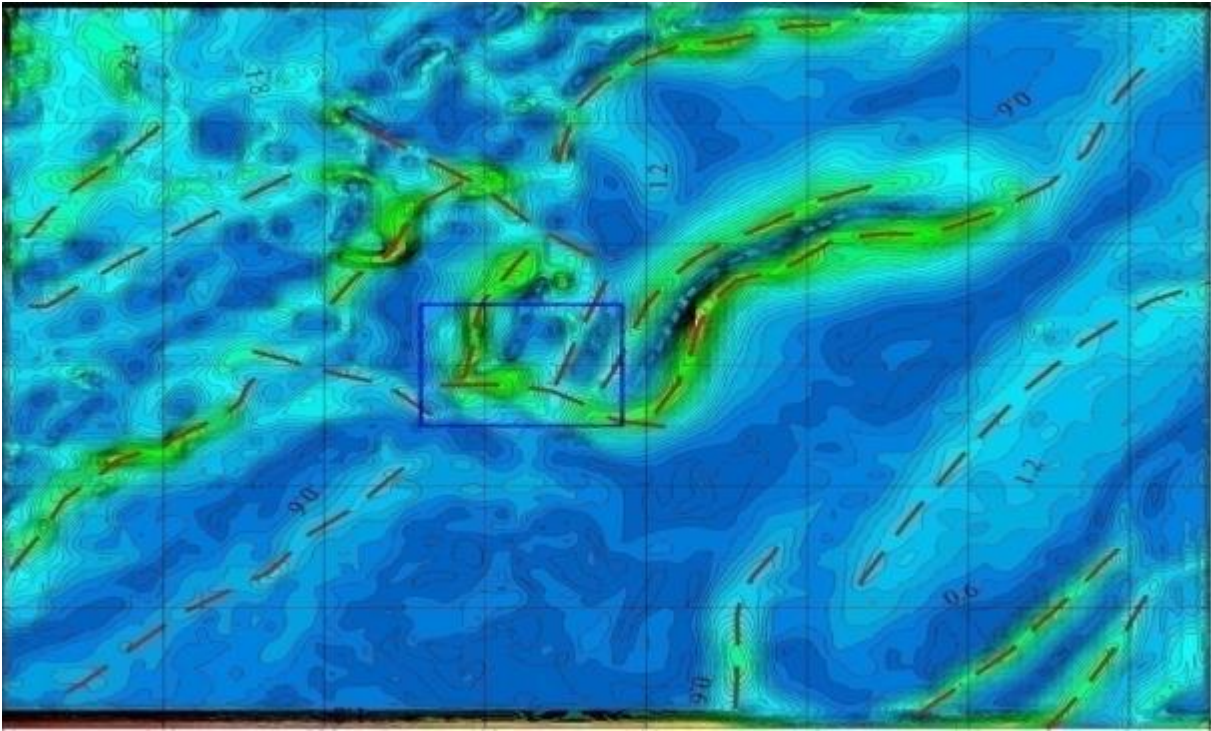
协同作战，基于综合地球物理探测技术，揭示深部热储的空间分布格局





# 4、区域地球物理探测技术揭示基底构造和热异常

区域重力、航磁等技术推断基底的起伏与断裂，推断地热异常区



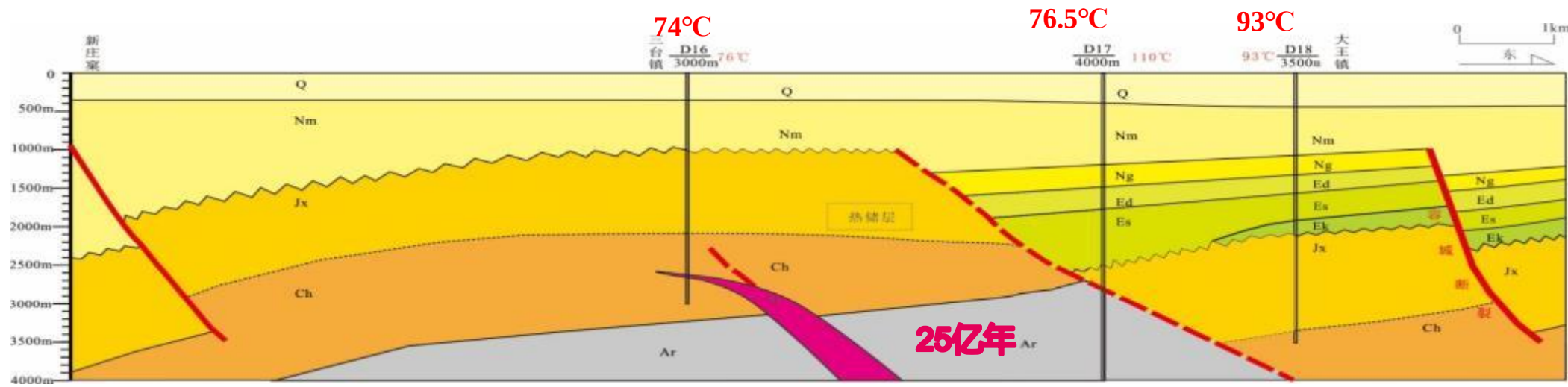
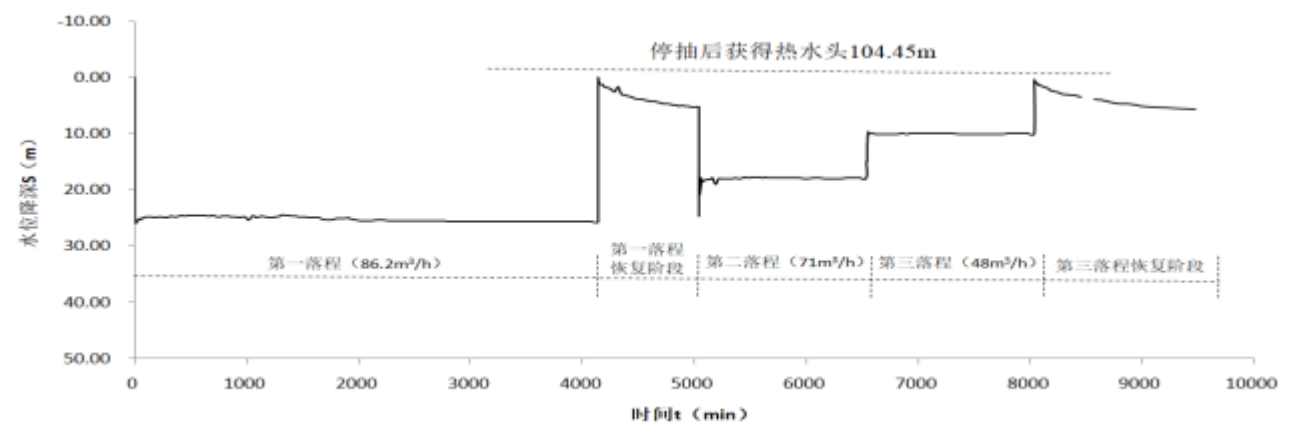
重力水平梯度模及推断断裂分布图

剩余重力异常图

# 5、钻穿强破碎带，探获京津冀地热资源勘查开发的第二空间，可作为后备资源勘查利用

- (1)三台镇地热孔（D16孔）是整个雄安新区首个探入深层第二热储层（高于庄组）的地热勘探孔。
- (2)深层第二热储层（高于庄组）埋藏深度2000-3300米，热水温度74℃以上，地热流体可开采热量折合标准煤约**246万吨/年，占雄安新区总地热资源量的36%**。
- (3)热储第二空间仍具有较大的地热开发潜力，可作为地热供暖的后备资源。

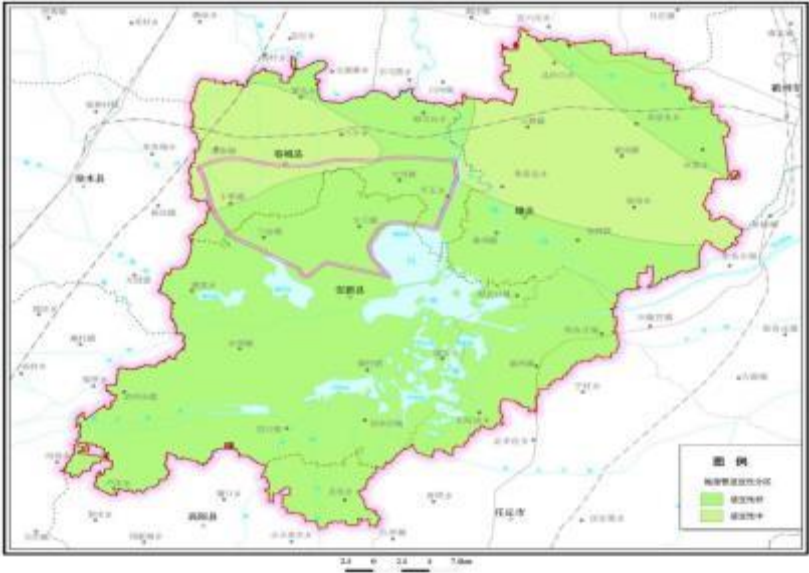
D16钻孔揭露高于庄组热储层顶板埋深2078m，抽水结果，单位涌水量：3.3m³/h·m



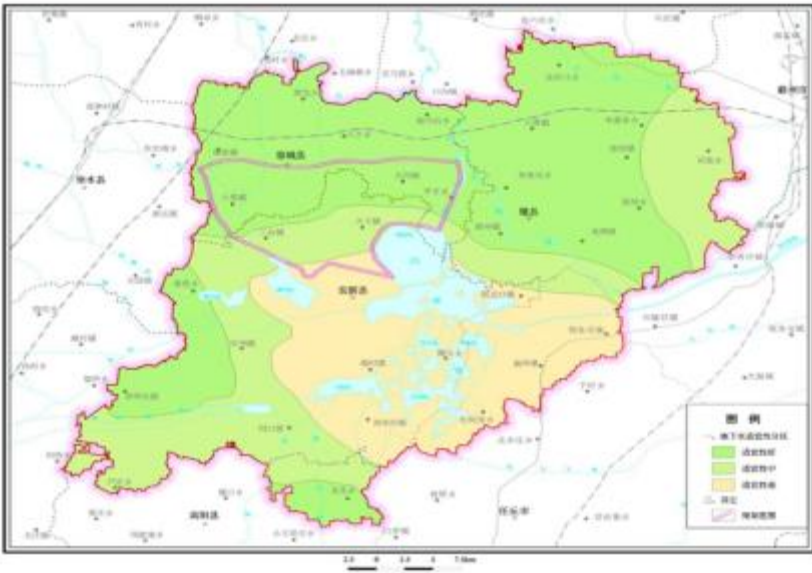


# 6、雄安新区浅层地温能资源潜力巨大，全区可满足约1亿平方米建筑物供暖制冷需要，且普遍适宜，在服务新区清洁供暖上大有可为（首选公共建筑和农村），土建比1:3.5

| 规划区 | 面积 (km <sup>2</sup> ) | 综合换热功率                    |                                                |                                          |                                          |
|-----|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|     |                       | 冬季Qq (10 <sup>4</sup> KW) | 夏季Qq (10 <sup>4</sup> KW)                      | 冬季可供面积 (10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ) | 夏季可供面积 (10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ) |
| 核心区 | 192                   | 35.82                     | 44.62                                          | 639.64                                   | 544.15                                   |
| 全区  | 1770                  | 552                       | 983                                            | 9313                                     | 10920                                    |
| 备注  | 居住及工矿企业用地按照0.128计算    |                           | 综合换热功率：地埋管适宜区与地下水适宜区重合区域按照地埋管2/3、地下水1/3的比例进行计算 |                                          |                                          |



地埋管热泵适宜性分区



地下水源热泵适宜性分区

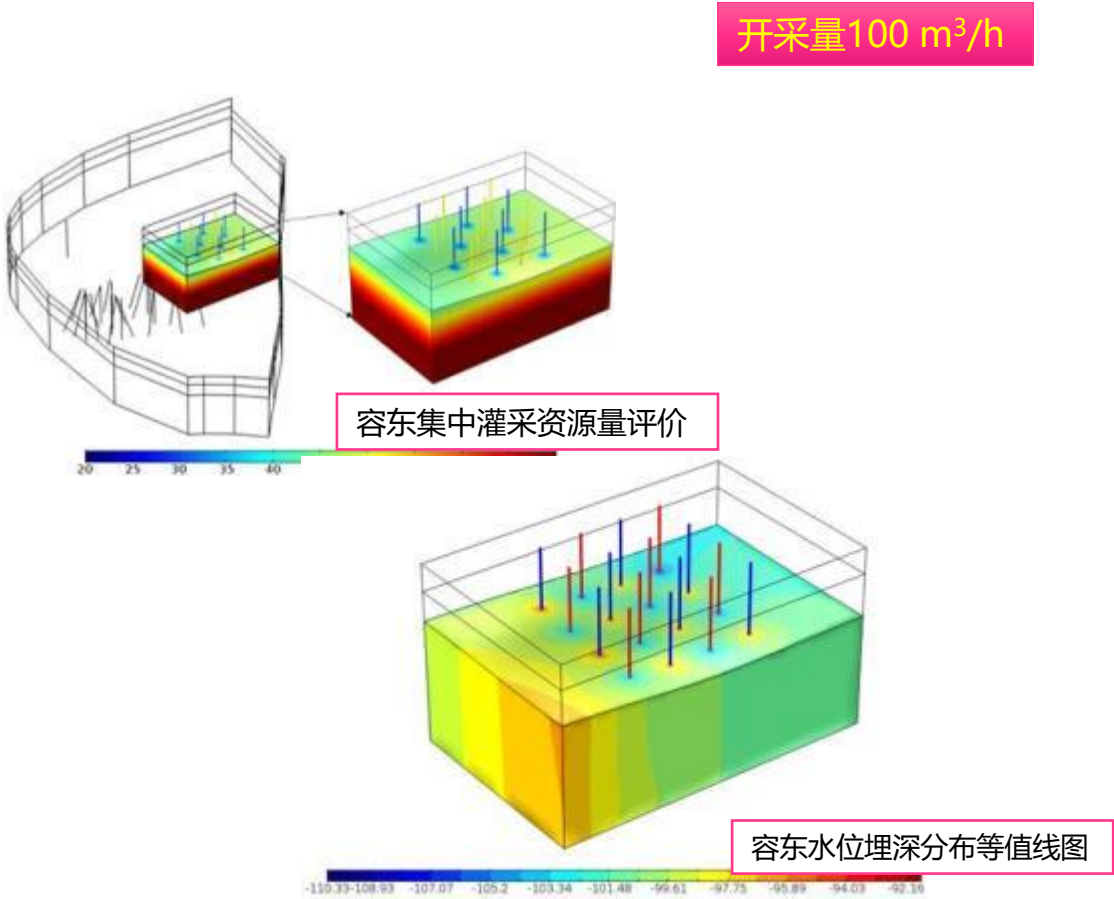
7、探索新方法：提出采灌均衡条件下资源评价准则，基于准则计算，容东安置区在集中采灌与分散式采灌模式下地热流体可开采资源量折合标准煤7.27万t/a

容东安置区水热型地热资源赋存条件较好，年可采量折合标准煤3.71万吨，建议采用大区块集中采灌模式科学开发利用。

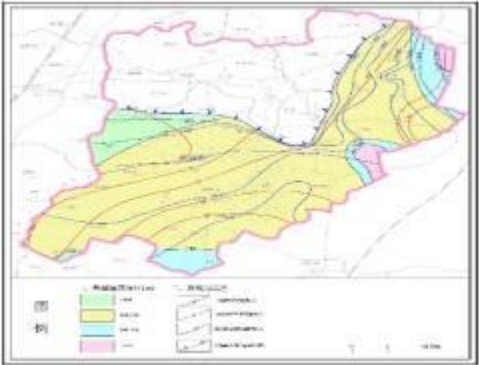
评价  
准则

- 区块内地热水回灌率达到90%;
- 10年地下水水位下降小于5m;
- 单井地下水水位不低于150m;
- 开采井100年水温下降小于2℃;

建议容城地热田设立8个地热矿区，其中容东安置区涉及2个地热矿区，单个矿区集中开采井数宜控制在20眼以内，开采井间距不小于500米，单井开采量不超过110方/小时。



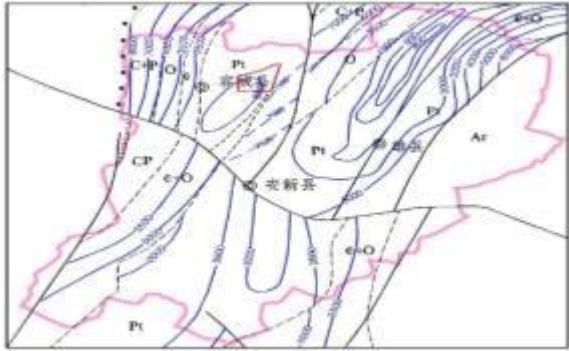
# 8、修正参数，重新评价了雄安新区4个热储层地热资源潜力，采灌均衡条件下，地热流体可开采热量折合标煤675万吨



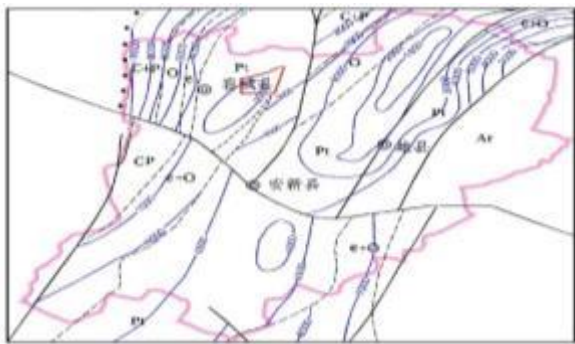
馆陶组热储低界埋深及温度等值线



寒武奥陶系热储顶界埋深等值线



蓟县系热储顶界埋深等值线



长城系热储顶界埋深等值线

| 热储层  | 实际面积    | 地热 资源量<br>(10 <sup>16</sup> J) | 可采地热资<br>源<br>(10 <sup>16</sup> J) | 有效利用地<br>热资源<br>(10 <sup>16</sup> J) | 地热流体储存<br>量 (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 地热流体可开<br>采量 (采灌均<br>衡)<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d) | 地热流体可开<br>采热量 (采灌<br>均衡) 10 <sup>16</sup> J/a | 折合标准煤<br>(万吨) |
|------|---------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------|
| 馆陶组  | 1210.05 | 1471.98                        | 368.00                             | 267.40                               | 388.71                                        | 33.56                                                          | 1.95                                          | 66            |
| 寒武奥陶 | 358.83  | 1002.60                        | 150.39                             | 129.72                               | 18.71                                         | 15.25                                                          | 1.68                                          | 57            |
| 雾迷山组 | 1150.59 | 5340.88                        | 801.14                             | 689.89                               | 96.00                                         | 80.17                                                          | 8.95                                          | 305           |
| 高于庄组 | 1080.12 | 4259.16                        | 638.88                             | 544.19                               | 78.78                                         | 69.33                                                          | 7.22                                          | 246           |
| 合计   |         | 12074.62                       | 1958.40                            | 1631.19                              | 582.20                                        | 198.31                                                         | 19.79                                         | 675           |

## 9、地质调查工作主动服务于国家、地区规划建设需求

- **参与完成中国地热能发展白皮书，于2018年能源大转型高层论坛上发布**



- **支撑雄安新区地热开发利用若干意见的编写**

统一部署、超前发展。统筹兼顾、协同发展。  
示范为先、创新发展。市场导向、高效发展。





## 10、建立了多兵种作战模式，提高勘查质量

- 建立了中国地质调查局、雄安新区管理委员会、河北省国土资源厅、河北省地质矿产勘查开发局四方协调机制。
- 形成了地调局统一部署，中石化、中石油等协作参与，统一要求，统一标准实施地热勘查；
- 建立了现场协调机制，对所有地调局部署工作统一提前与新区协调对接；
- 建立了钻探监理机制，对施工质量跟踪管理；



# 11、提出了雄安新区地热开发利用全球样板的指标，明确地热利用样板的要求

采灌平衡、深浅连用、清洁高效、永续开发。

- 地热开发利用的规模化
  - 地热利用的可持续性
  - 开发技术的先进性
  - 建筑物供暖制冷比例高
- 空间配置的优化性
  - 地热资源的智能感知系统建设
  - 运行管理方式的科学性



横向：建立供暖体系，实现区块间资源调配

## 12、建立了雄安新区动态水位监测网络，强化新区地热开发利用监测

动态水位监测网络的监测井覆盖雄安新区容城地热田，对蓟县系雾迷山组热储层地下水水位进行长期动态监测：

- 流量监测
- 温度监测
- 水位监测系统

对新区地热资源的利用实时管控，确保地热资源可持续开发利用



雄安新区监测井



雄安新区监测井



# 13、初步建立了雄安新区地热基础数据库，为地质云建设提供有效补充

## 1、地热井数据

- 位置、深度
- 地层、结构
- 水位、水温、水质
- 抽水试验参数

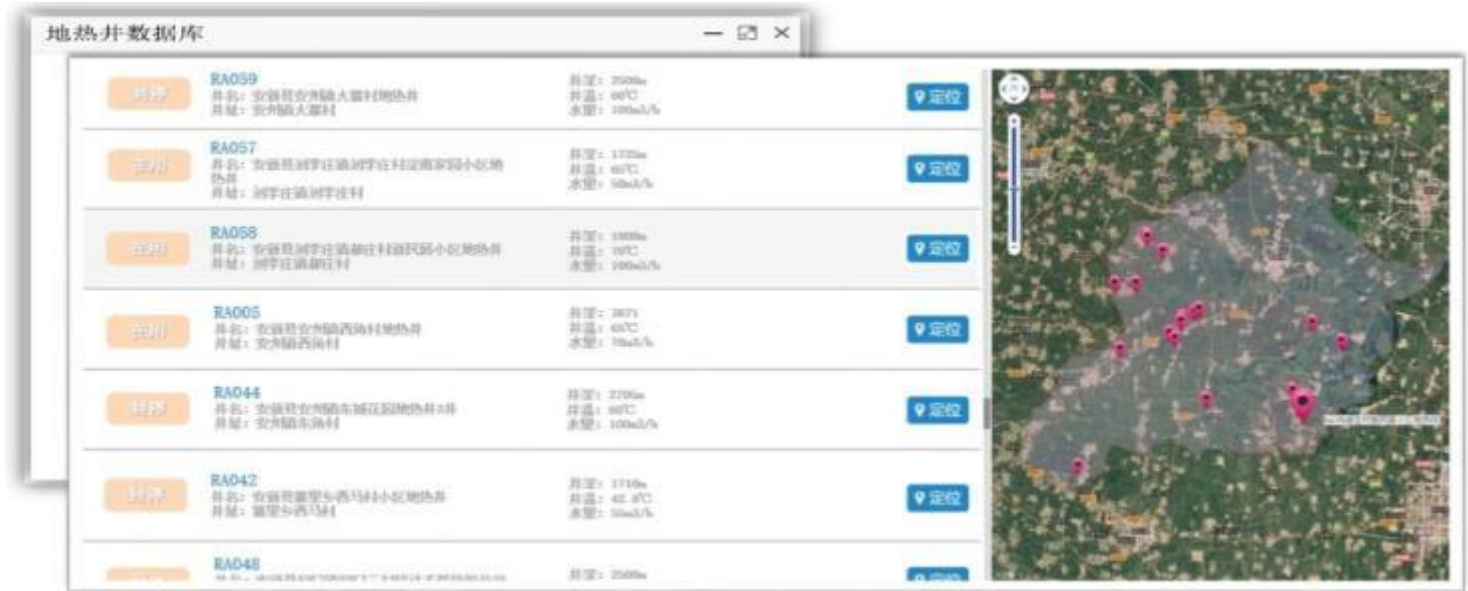
## 2、开发利用数据

- 利用时间
- 流量
- 水位、水温
- 供暖面积

## 3、长期观测数据

- 水位、水温
- 利用方式

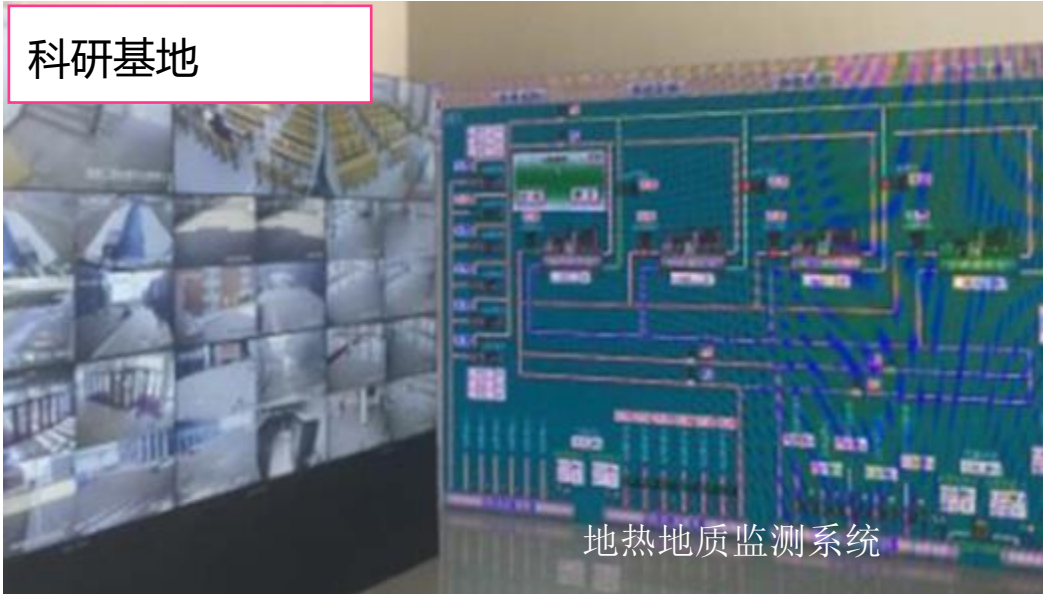
| 序号 | 野外编号 | 地热井名称                      | X          | Y         | Z     | 地理位置   | 水温 (°C) | 水量 (m³/h) | 利用热储层 | 利用段 (m-m)     | 地层                                                                                                                  | 埋深 (m)                                                                                | 井深 (m)  |
|----|------|----------------------------|------------|-----------|-------|--------|---------|-----------|-------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1  | RA38 | 安新县寨里乡增庄村地热井1井 (增庄村新民居小区)  | 4313142.98 | 394271.38 | 10.18 | 寨里乡增庄村 | 41.00   | 80.00     | Ng    | 15.23-1388.0  | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed) (未穿)<br>平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es) (未穿) | 260.0<br>900.0<br>1370.0<br>1405.0<br>520.0<br>980.0<br>1210.0<br>1250.0<br>2331.0    | 1405.00 |
| 2  | RA39 | 安新县寨里乡增庄村地热井2井 (增庄生态种植观光园) | 4312941.36 | 394427.96 | 6.30  | 寨里乡增庄村 | 60.00   | 40.00     | Es    | 1186-2310     | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es) (未穿)                                                      | 980.0<br>1210.0<br>1250.0<br>2331.0                                                   | 2330.90 |
| 3  | RA41 | 安新县寨里乡三合村地热井 (马腾飞)         | 4311451.17 | 396048.20 | 9.17  | 寨里乡三合村 | 44.00   | 61.85     | Ng    | 023.7-1406.0  | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng) (未穿)                                                                               | 364.0<br>1023.7<br>1520.0                                                             | 1503.14 |
| 4  | RA42 | 安新县寨里乡西马村小区地热井             | 4308362.60 | 391170.98 | 8.06  | 寨里乡西马村 | 42.80   | 55.00     | Ng    | 950-1090      | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng) (未穿)                                                                               | ?<br>?<br>?                                                                           | 1710.00 |
| 5  | RA40 | 安新县寨里乡东马村地热井               | 4308403.84 | 393251.64 | 8.83  | 寨里乡东马村 |         |           |       |               | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es)<br>孔店组 (Ek)<br>新县系雾迷山组 (Jxw)                              | 300.0<br>1198.0<br>1537.0<br>1980.0<br>3210.0<br>3471.0<br>3671.0                     |         |
| 6  | RA5  | 安新兴泰房地产开发有限公司安州镇西角村地热井     | 4303380.88 | 396492.99 | 7.52  | 安州镇西角村 | 65.00   | 70.00     | Ng    | 1573.0-3470.0 | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es)<br>孔店组 (Ek)<br>新县系雾迷山组 (Jxw)                              | 300.0<br>1198.0<br>1537.0<br>1980.0<br>3210.0<br>3471.0<br>3671.0                     | 3671.00 |
| 7  | RA47 | 安州镇石塚村小区地热井                | 4302846.12 | 397000.13 | 4.67  | 安州镇石塚村 |         |           |       |               | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es)<br>孔店组 (Ek)<br>新县系雾迷山组 (Jxw)                              | 350.0<br>1250.0<br>1520.0<br>2120.0<br>3410.0<br>3580.0<br>3830.0<br>3930.0<br>4200.0 | 3000.00 |
| 8  | RA43 | 安新县安州镇东城花园地热井1井            | 4304542.14 | 397587.46 | 6.47  | 安州镇东角村 | 98.00   | ?         | Jx    | 2034.6-4200.0 | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es)<br>孔店组 (Ek)<br>铁岭组<br>洪水庄组<br>新县系雾迷山组 (Jxw)               | 350.0<br>1250.0<br>1520.0<br>2120.0<br>3410.0<br>3580.0<br>3830.0<br>3930.0<br>4200.0 | 4200.00 |
| 9  | RA44 | 安新县安州镇东城花园地热井2井            | 4304547.50 | 397605.40 | 6.44  | 安州镇东角村 | 58.00   | 80.00     | Ng    | 044.4-1953.0  | 平原组 (Q)<br>明化镇组 (Nm)<br>馆陶组 (Ng)<br>东营组 (Ed)<br>沙河街组 (Es)<br>孔店组 (Ek)<br>新县系雾迷山组 (Jxw)                              | ?<br>?<br>?<br>?<br>?<br>?<br>?                                                       | 2000.00 |





# 14、河北献县建成地热研究、试验、科普、教学基地，实现“政产学研用”综合性示范

科研基地



产业示范基地



• 地热发电

• 地热供暖

教学实习基地



科普基地

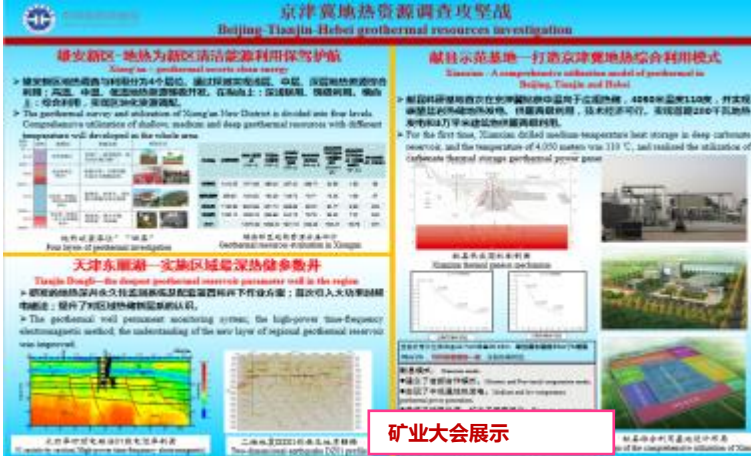




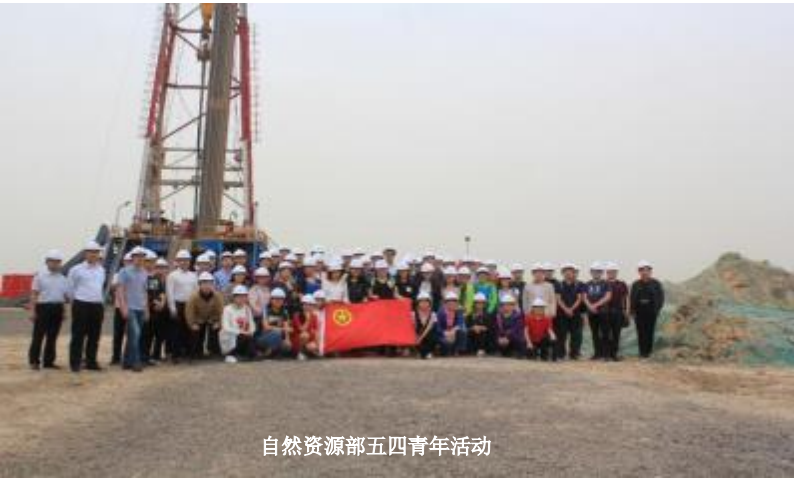
# 15、开展科学普及活动，加强绿色清洁能源宣传，完成《地热那些事》科普宣传片



地球日科普活动



矿业大会展示



自然资源部五四青年活动



中央电视台宣传片



---

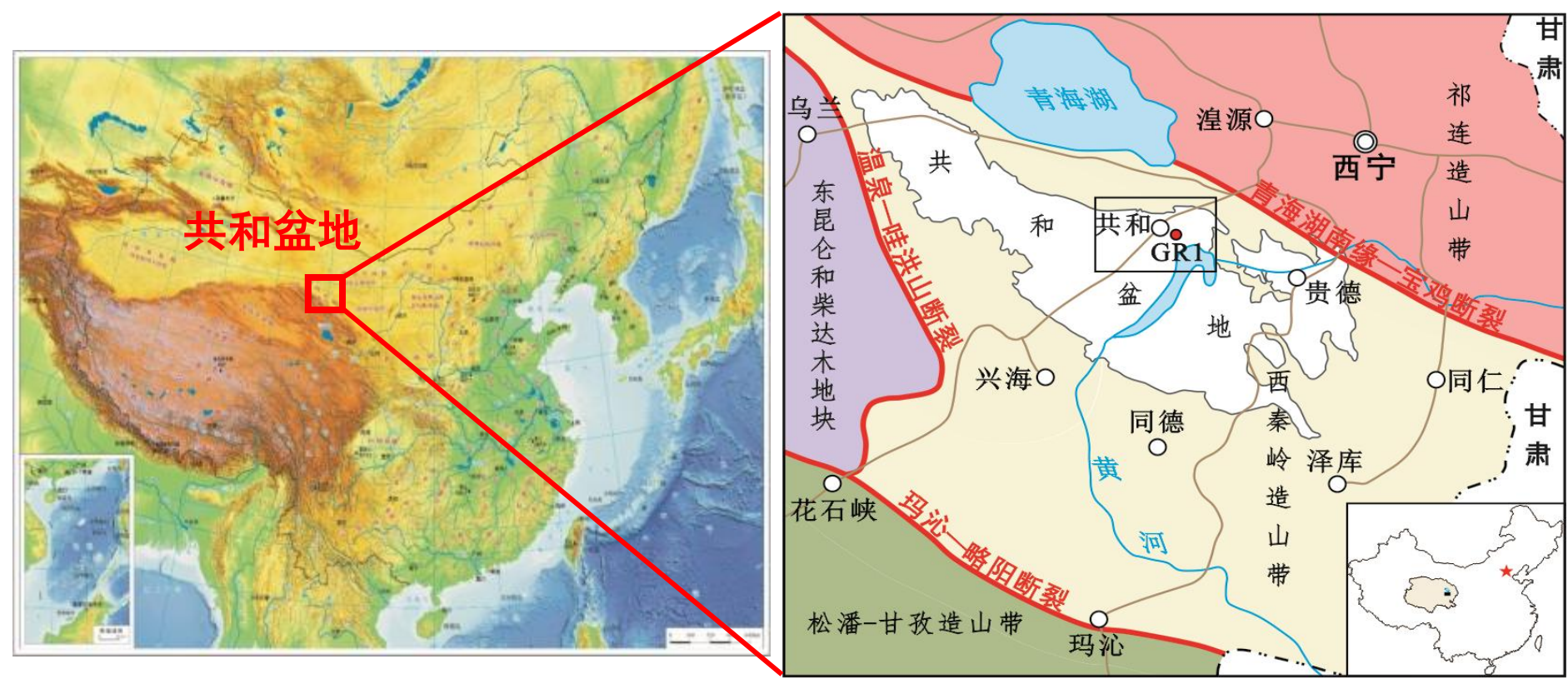
### (三) 共和盆地干热岩资源勘查进展



# 1、区域地热地质条件

共和盆地位于青藏高原东北缘，四周被断裂、褶皱隆起带围限，其内第四纪和新近纪地层厚度达900-1440 m，侵入岩主要是印支—燕山期的以花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩和斑状花岗岩等。

恰卜恰地热区位于共和盆地东北部，在区域尺度上位于秦祁昆造山带，处在祁连、东昆仑、西秦岭等构造接合部。该区地热能属**传导型地热**，**热源来自地下深处，与壳幔结构中的热异常有关。**

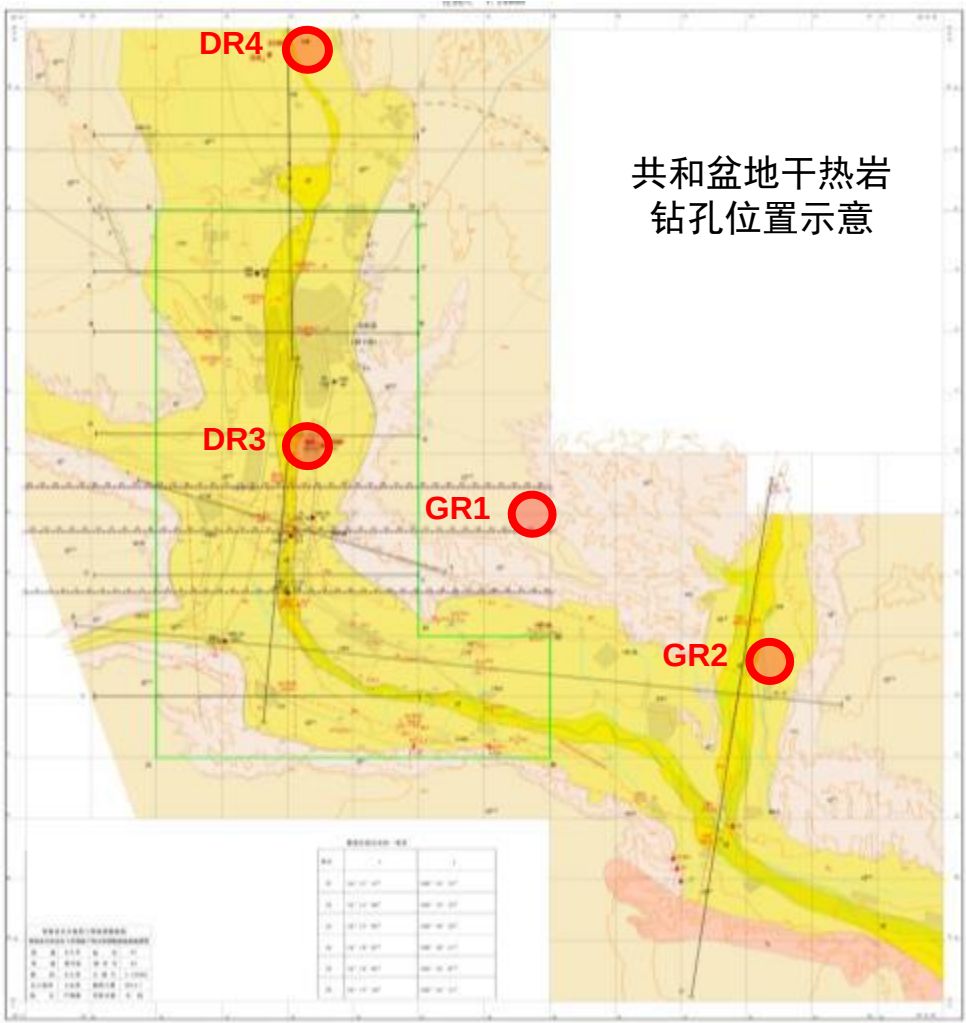


## 2、在共和盆地洽卜洽地区成功探获236℃高温干热岩体

在青海共和盆地及贵德盆地成功施工5眼干热岩勘探孔，孔深在2927-3705米，井底温度达151-236℃，5眼勘探孔均钻获干热岩体。

自2013年以来通过20余家科研院所（校）合作，2017年5月在共和县完井的GR1干热岩勘探孔，在3705m的孔底温度高达236℃，根据国际标准，属高品质干热岩体，实现了我国干热岩勘探的重大突破。

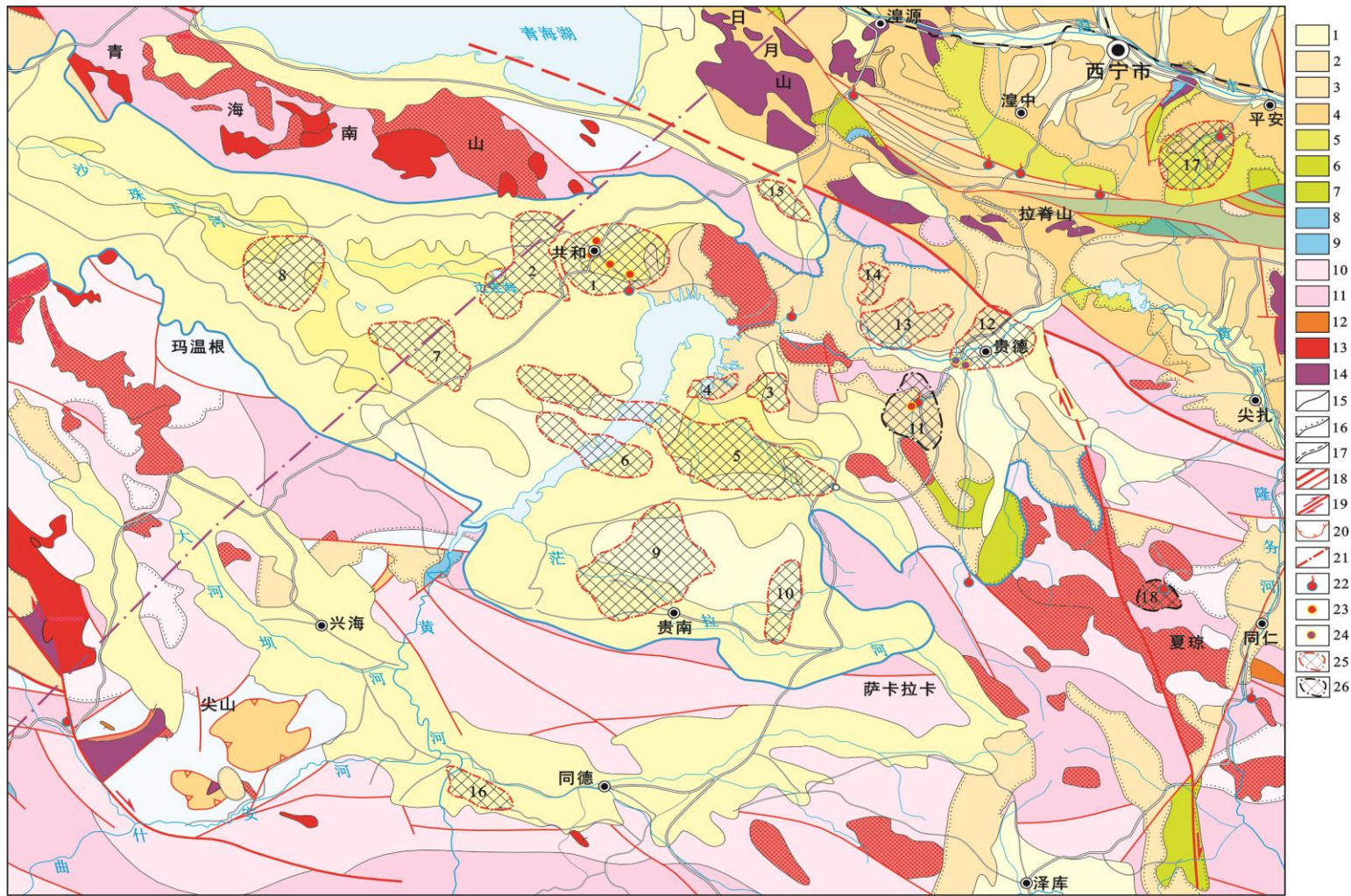
| 序号 | 钻孔编号 | 钻孔深度 | 孔底温度   | 平均地温梯度 | 地理位置   |
|----|------|------|--------|--------|--------|
| 1  | DR3  | 2927 | 180.27 | 6.00   | 共和恰卜恰镇 |
| 2  | DR4  | 3102 | 182.32 | 5.88   | 共和恰卜恰镇 |
| 3  | GR1  | 3705 | 236    | 6.37   | 共和恰卜恰镇 |
| 4  | GR2  | 3003 | 182    | 6.06   | 共和恰卜恰镇 |
| 5  | ZR1  | 3050 | 151.34 | 4.72   | 贵德扎仓沟  |





### 3、在共和盆地及其外围圈定出18处干热岩体

利用1：5万高精度航磁测量数据，结合地热地质、综合地球物理勘查、地球化学与放射性γ能谱调查，在共和盆地及其外围圈定出18处干热岩体，总面积达3092平方千米。

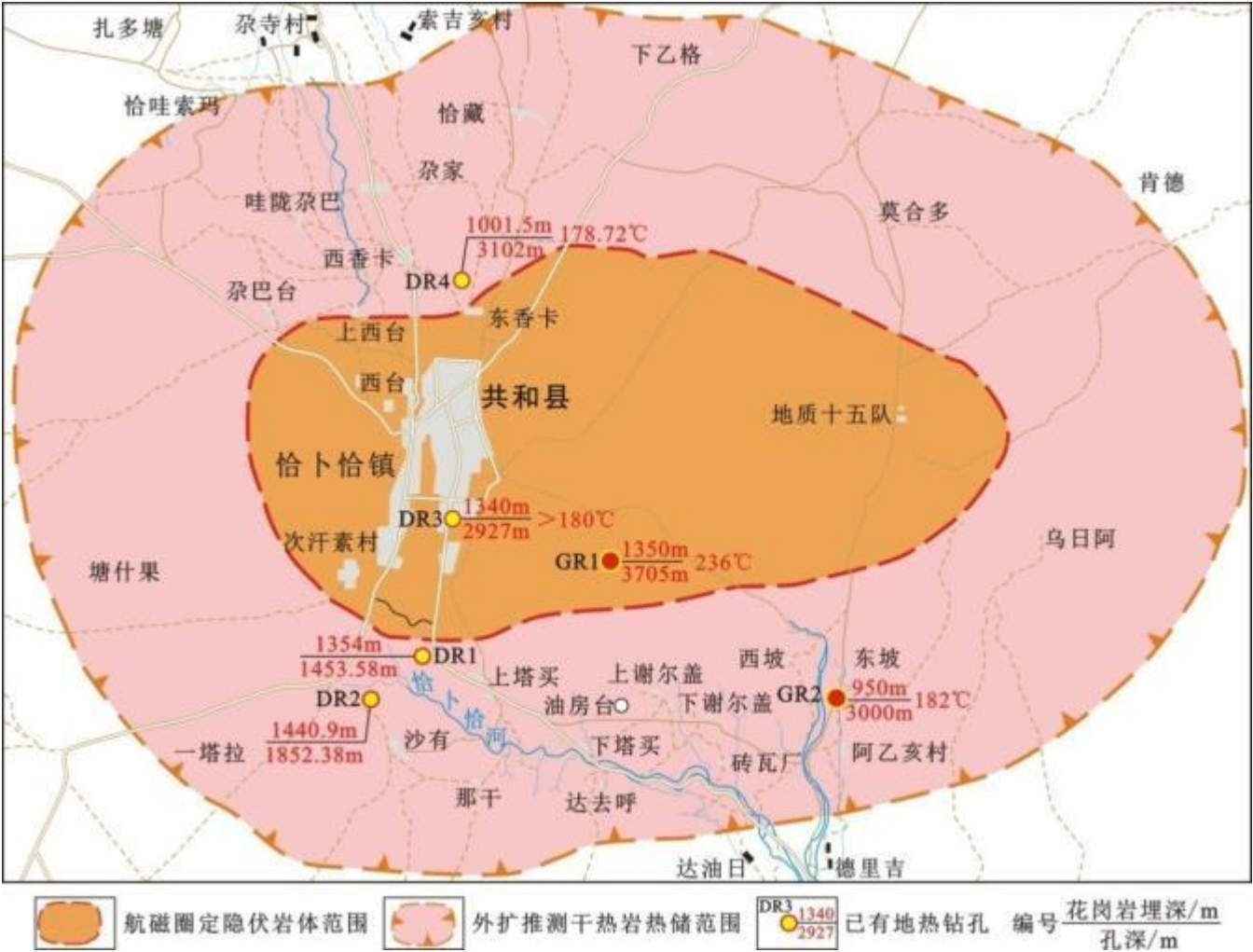


共和盆地及外围18处干热岩体分布图



## 4、初步探明的恰卜恰干热岩体面积为246.90km<sup>2</sup>

利用1：5万航磁测量数据二次开发利用结果表明，共和隐伏花岗岩体，分布在共和县恰卜恰镇—上塔迈村一带，呈椭圆形。在航磁测量数据圈定的干热岩体范围的基础上，合理外扩。据此确定出共和干热岩体在平面上呈东西向展布的椭圆形，东西长21.2km，南北宽14.3km，面积246.90km<sup>2</sup>。

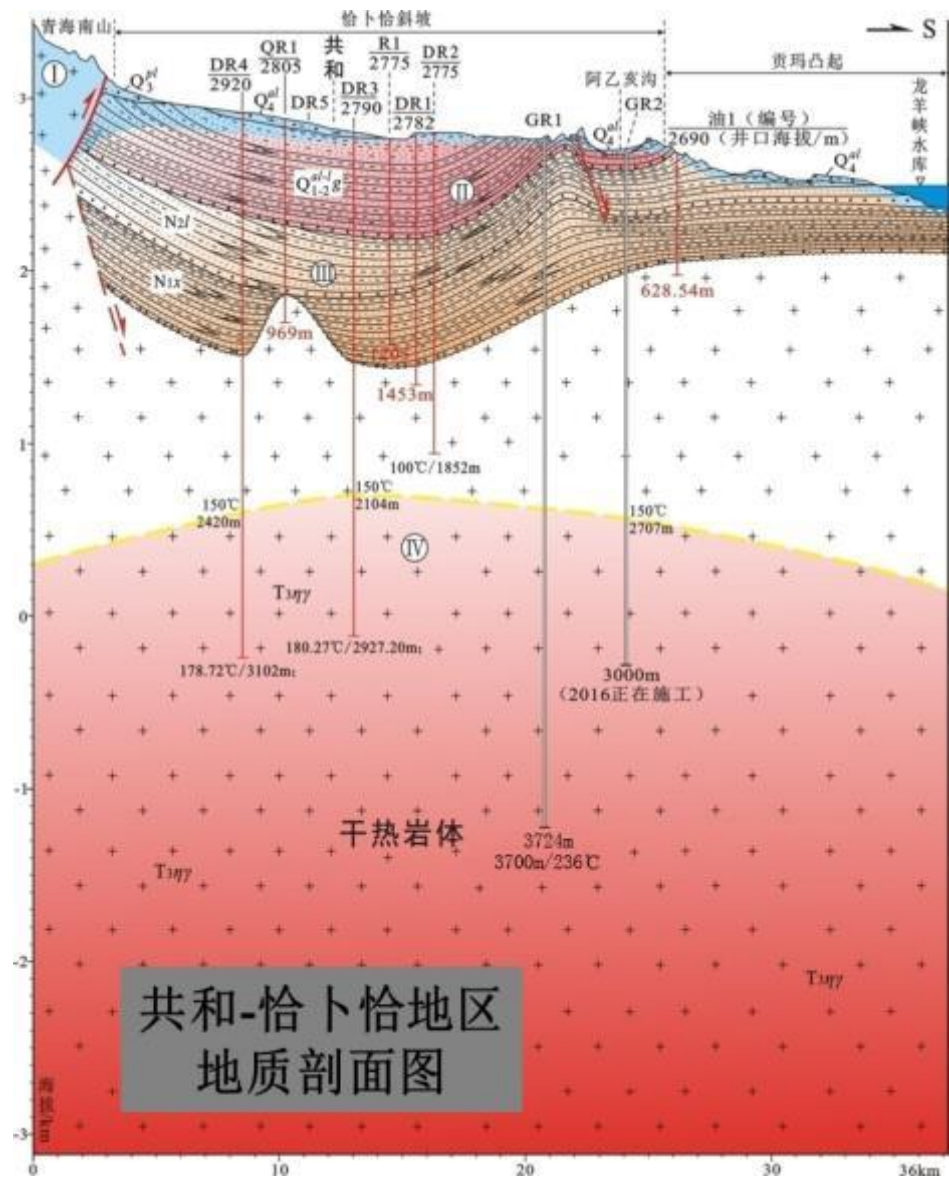


共和隐伏干热岩体分布图

# 5、提出了以青海共和盆地为代表的青藏高原东北缘干热岩热能聚集模式

根据共和盆地深部地质构造、天然地震背景噪声层析成像和大地电磁测深（MT）勘查，初步认为共和盆地干热岩热能聚集模式为：以发育于地下8~32千米，东西向长约50千米的部分熔融层供热，中晚三叠世花岗岩储热，大厚度新生代泥质岩类沉积盖层二次聚热。

资源评价结果表明，恰卜恰干热岩体总资源量为1640EJ，折合标煤560亿吨，以其2%为可采资源量折合标煤11亿吨。





## 四、深部地热能开发利用前景

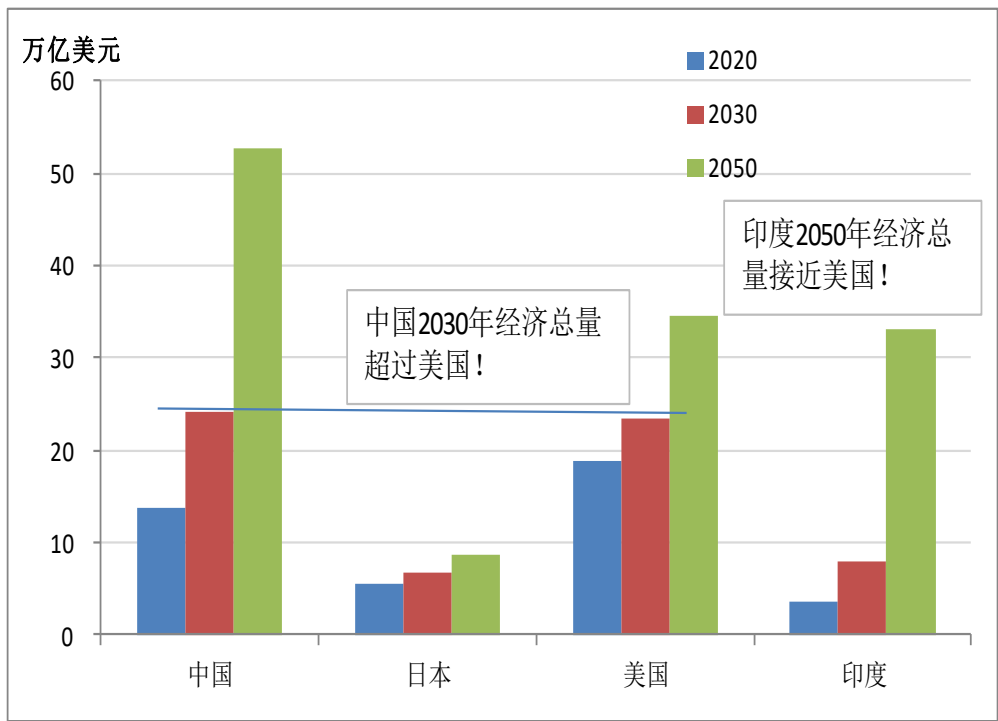
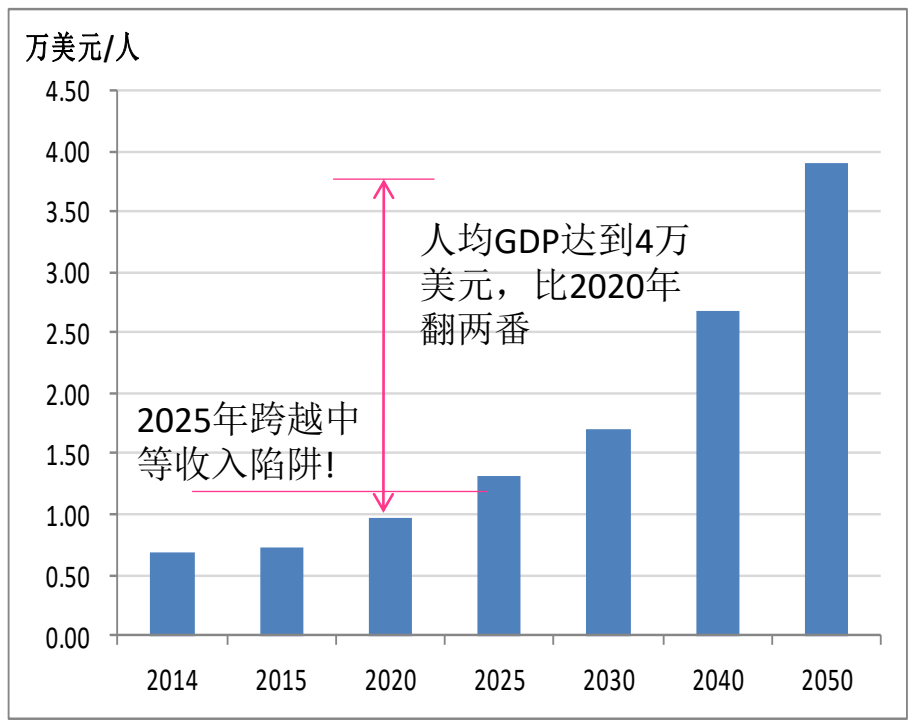


---

## (一) 能源消费与能源结构转型需求

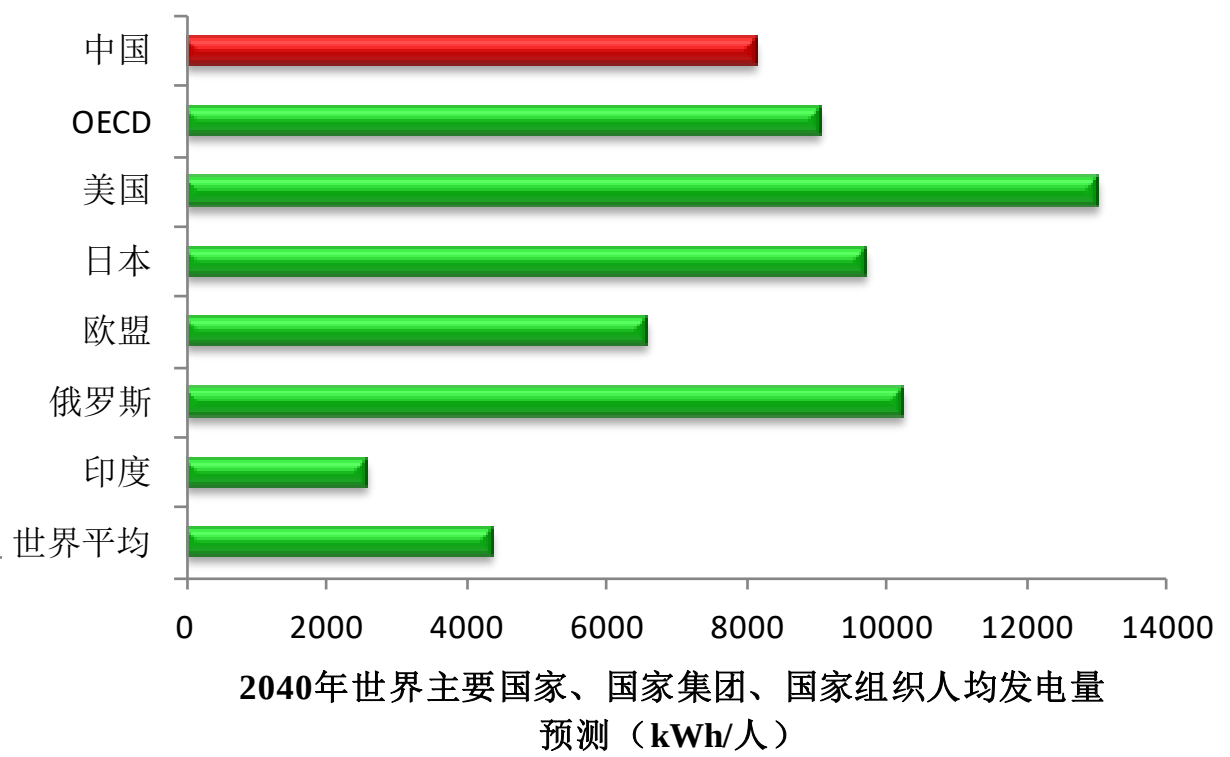
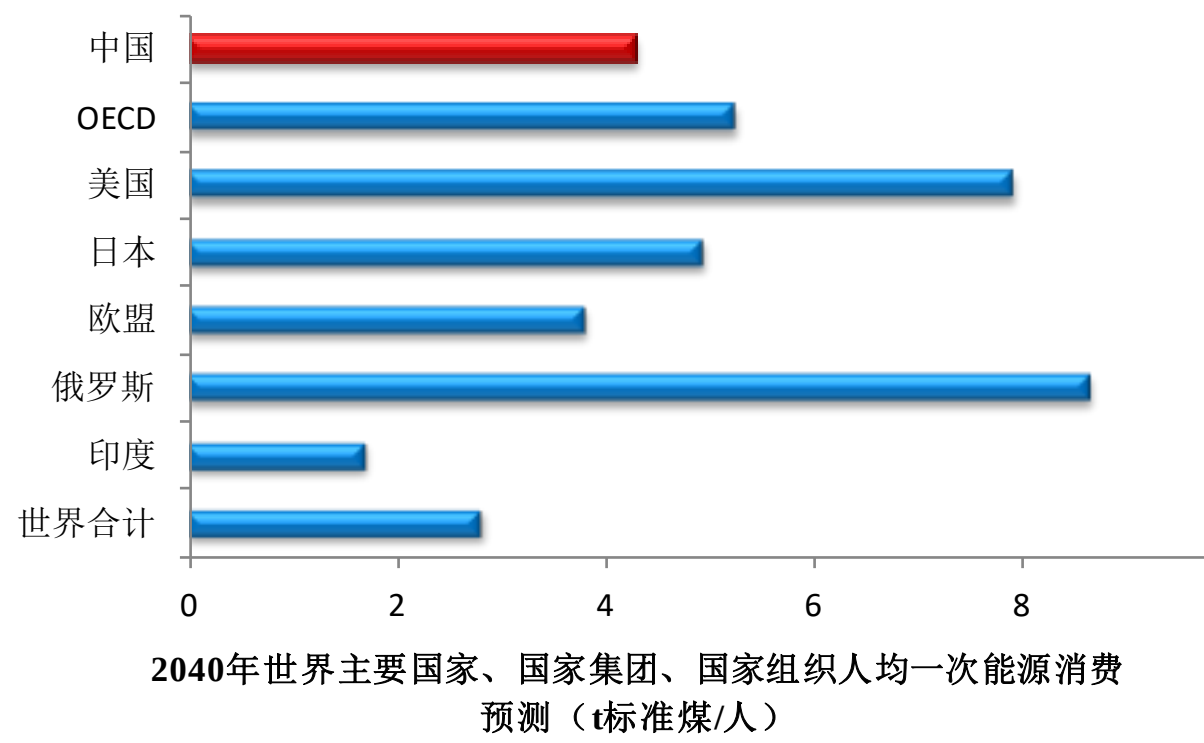
# 1、我国能源结构调整迫切需要非化石能源的快速发展

➤ 2025年跨越中等收入陷阱；2030年经济总量超过美国；2050年人均GDP达到4万美元，比2020年翻两番。



## 2、我国未来能源需求量巨大

➤ 与IEA的世界能源展望结果相比，我国2050年人均能源消费量与欧盟及日本的2040年平均水平接近；人均用电量接近OECD国家2040年平均水平接近。

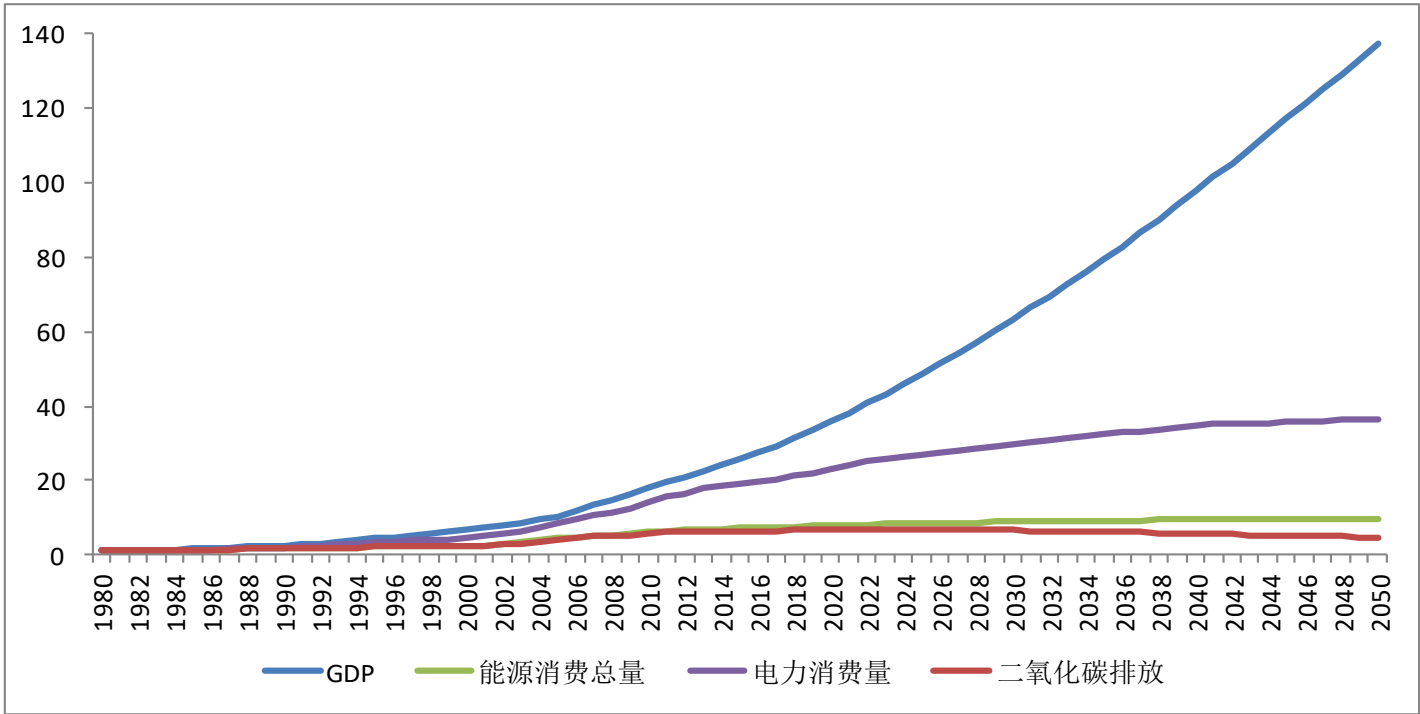


数据来源：世界各国的2040年结果来自IEA《世界能源展望2015》



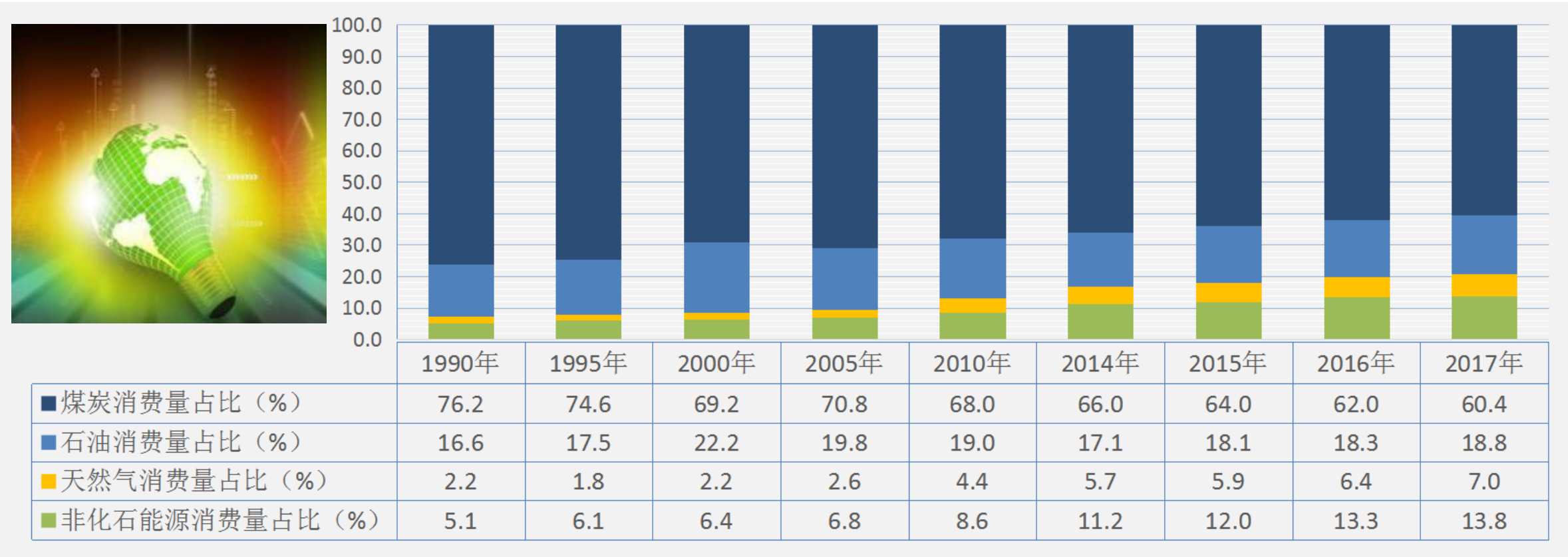
### 3、要求碳排放降低25%以上，压力较大

- 本世纪上半叶，我国将成功实现能源消费与经济增长脱钩。2016-2050年能源消费总量和电力消费总量的增幅仅为GDP增幅的19%和39%。二氧化碳排放量在2021-2030年处于峰值期，在不考虑碳捕获技术大规模应用的前提下，2050年较2015年下降25%以上。



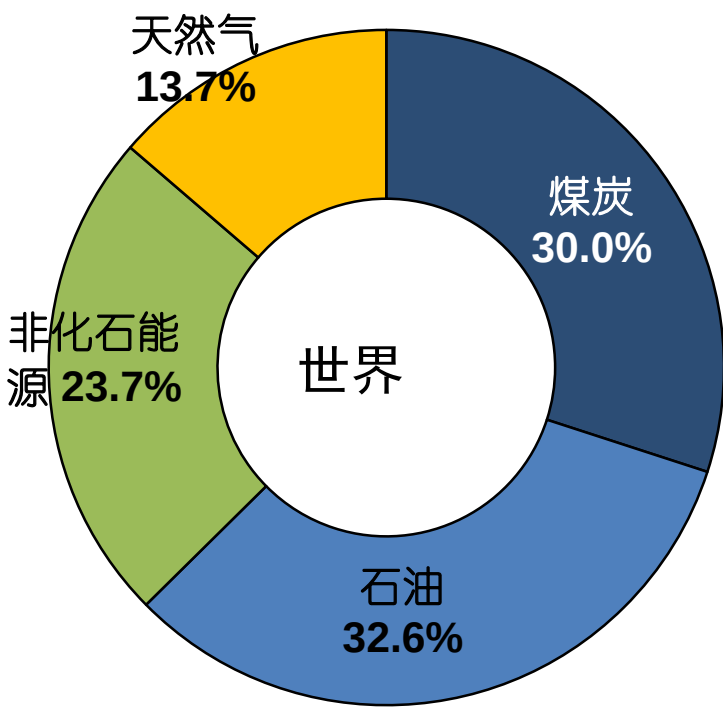
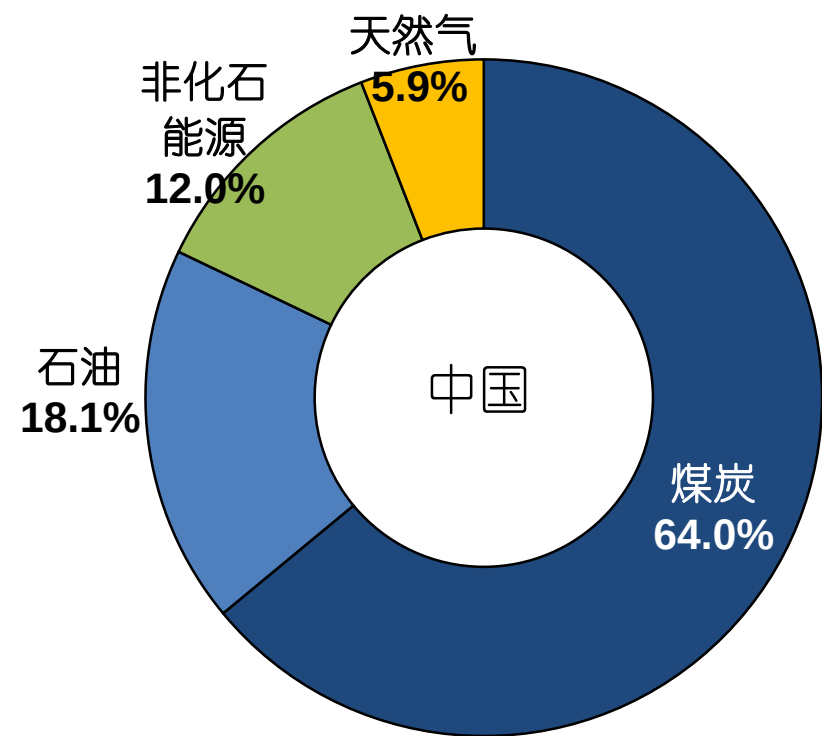
注：以1980年值为1

## 4、现在非化石能源消费占比上升，仍旧较低



数据源于国家统计局历年《中国统计年鉴》

# 5、中国非化石能源消费占比为世界平均的一半



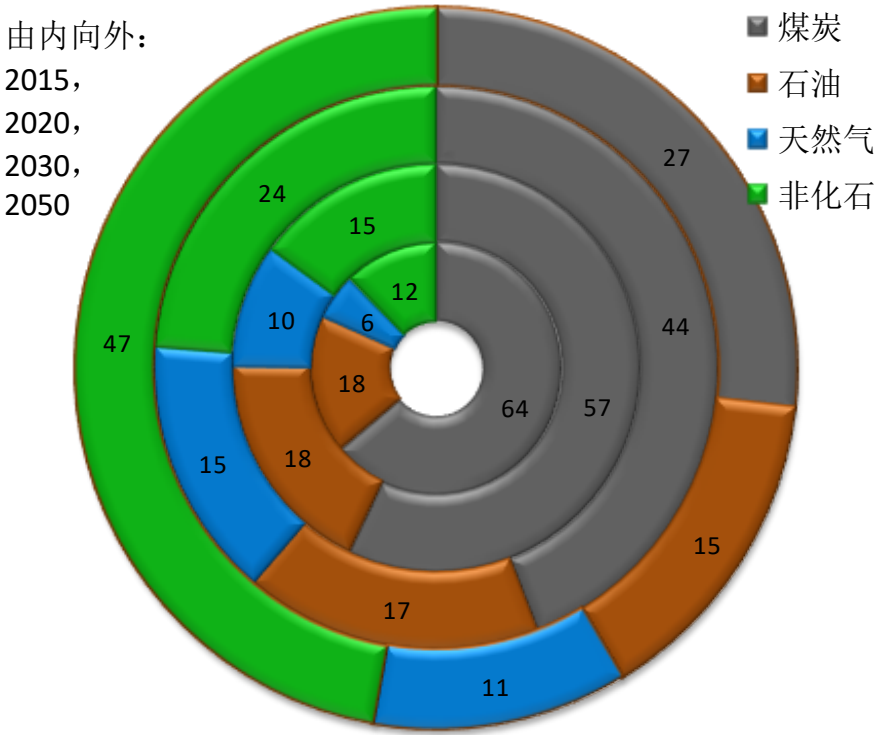
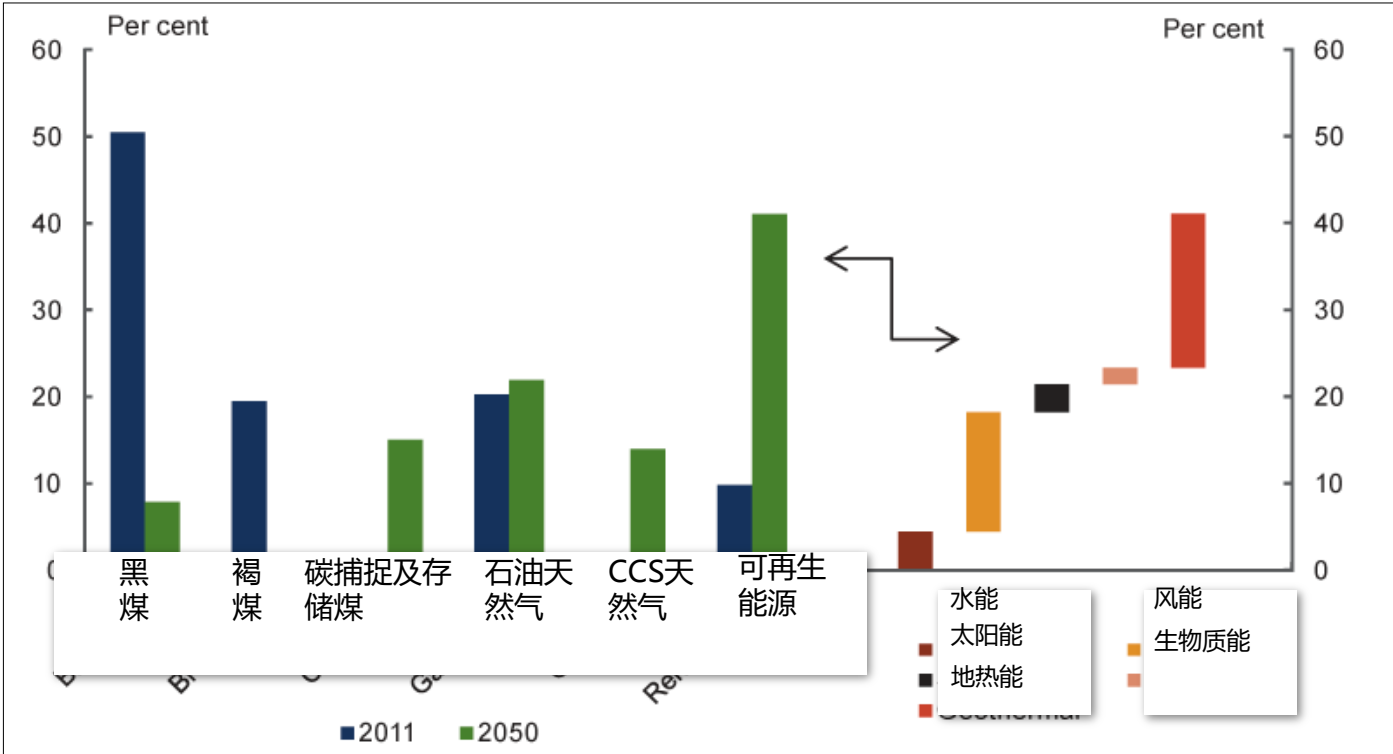
中国为2015年数据，根据《2015年国民经济和社会发展统计公报》测算；  
世界为2014年数据，源于《BP世界能源统计2015》



## 6、大幅提升非化石能源消费比重，地热贡献50%

➤ 预计到2050年，传统煤炭消费占比降低至10%以下。非化石比重持续升高，到2050年占能源消费总量比重超过45%。

➤ **地热**能贡献量约占可再生能源总量的50%。



# 7、地热能可在我国未来能源结构调整后发挥重要作用

从资源国情出发 两个轮子一起转

传统能源/新能源并举：清洁利用/加速发展

传统矿物原料/新材料兼顾：节约集约/开发创新

《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》

2020年地热能利用规模达到5000万吨标准煤

《中国“十三五”地热产业发展规划》征求意见稿》

2020年地热能利用将占到我国一次能源消费的1.5%。大力开发利用地热新能源，对于优化我国能源结构具有重要的现实意义。

➤ 我国地热资源潜力巨大，目前开发利用量不足1%。



我国地热资源每年可开采量相当于2015年煤炭消耗的70%。



目前全国地热资源利用量仅占我国能源消耗总量的0.6%。

---

## (二) 深部地热能开发利用前景



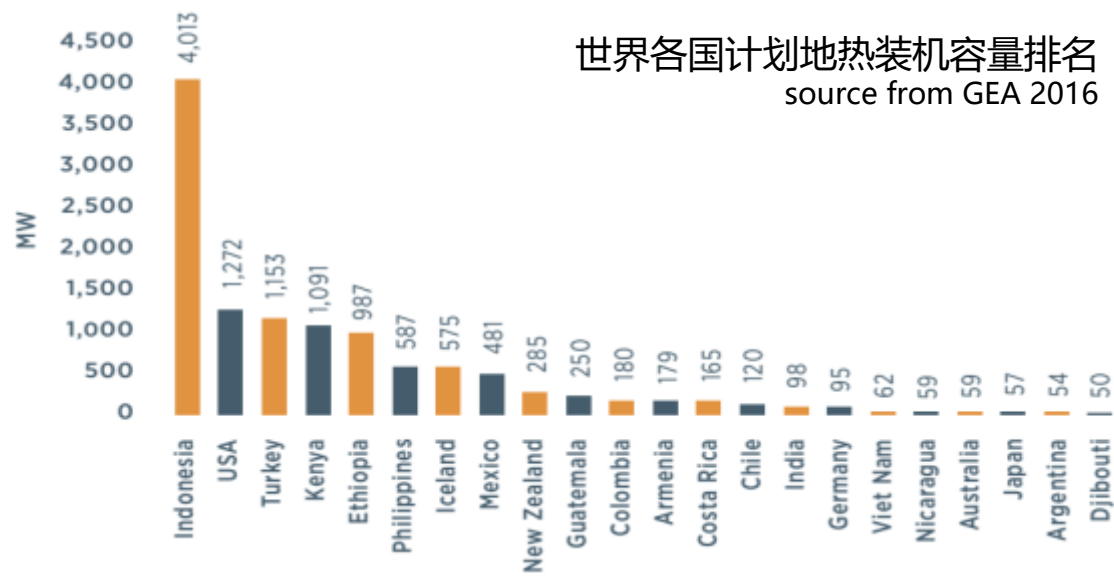
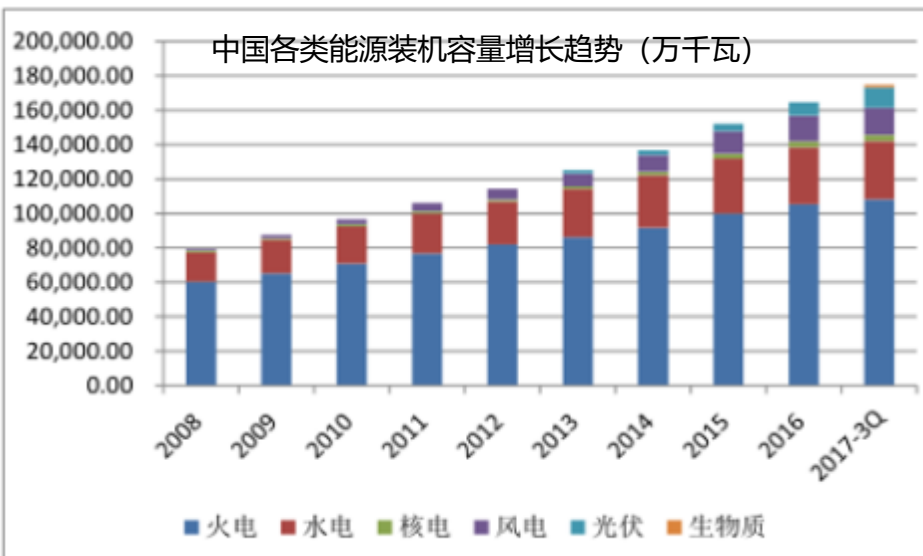
# 1、水热型地热资源发电潜力大

我国电力增长与消费增长强劲，可再生能源装机容量逐年提高；

世界各国大力发展地热发电，我国高温地热发电潜力7120MW，目前开发不足30MW

地热发电相比其他绿色能源优势：

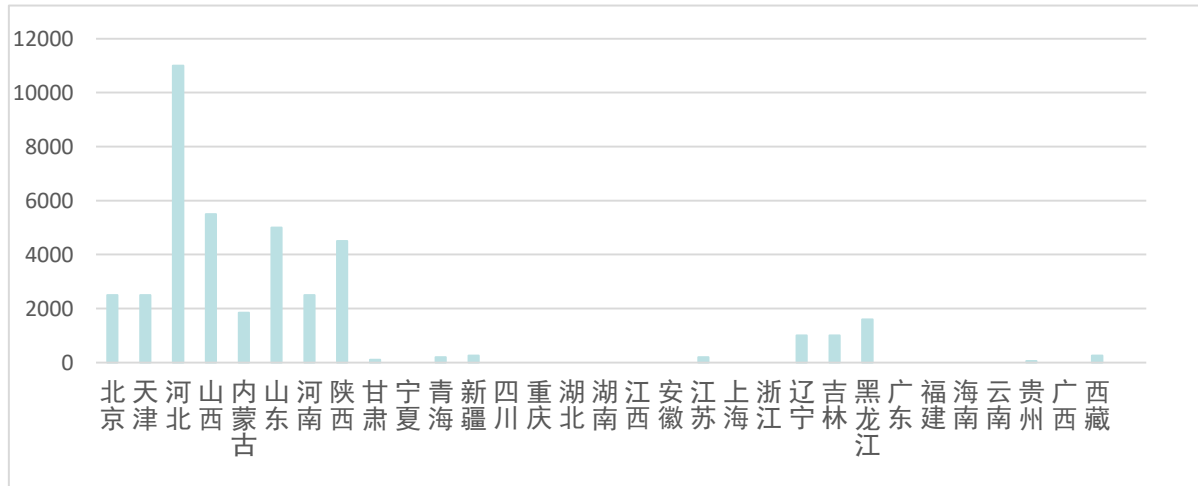
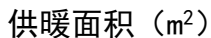
- 转换效率最高
- 持续无间断
- 基本零排放
- 开发系统安全



## 2、水热型地热资源在区域供暖发挥重要作用

水热型地热在供暖方面发挥重要作用（如华北地区），通过科学规划可实现供暖、种植养殖、疗养的**梯级利用**

## “十三五规划” 新增水热型地热供暖面积4亿平方米



“十三五规划”全国31个省（市）新增水热型地热能供暖面积柱状图

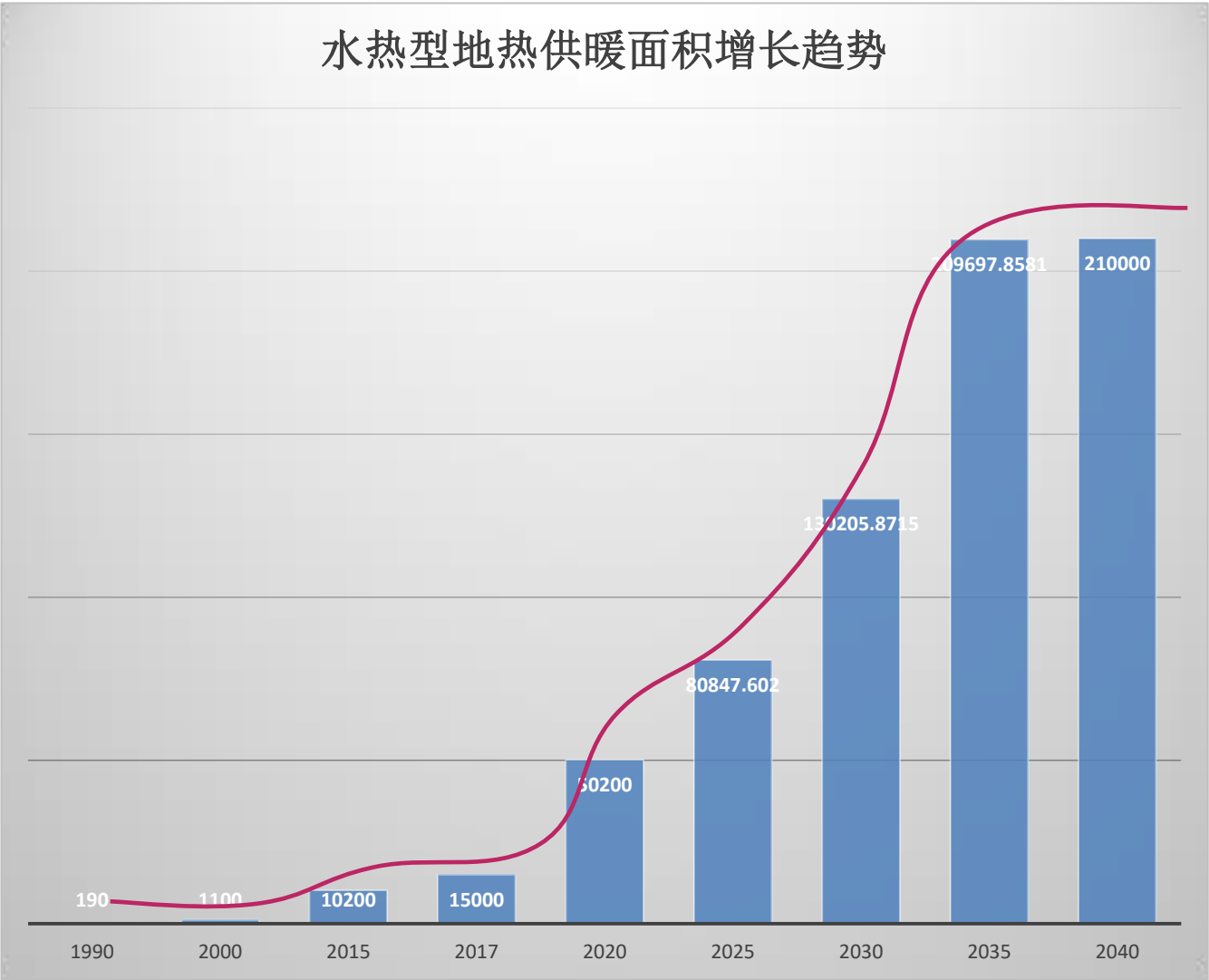


### 3、2035年之前水热型地热供暖持续增长

#### 水热型地热供暖面积预测

- 1990年 190万 平方米
- 2000年 1100万 平方米
- 2015年 1.02亿 平方米
- 2017年 1.5亿 平方米
- 2020年 5.02亿 平方米

(据十三五规划)



地热发电为27.28MW，“十三五”期间计划增长至530MW

# 4、全球干热岩型地热能发电12.2MW

目前开展干热型地热能开发利用研究国家

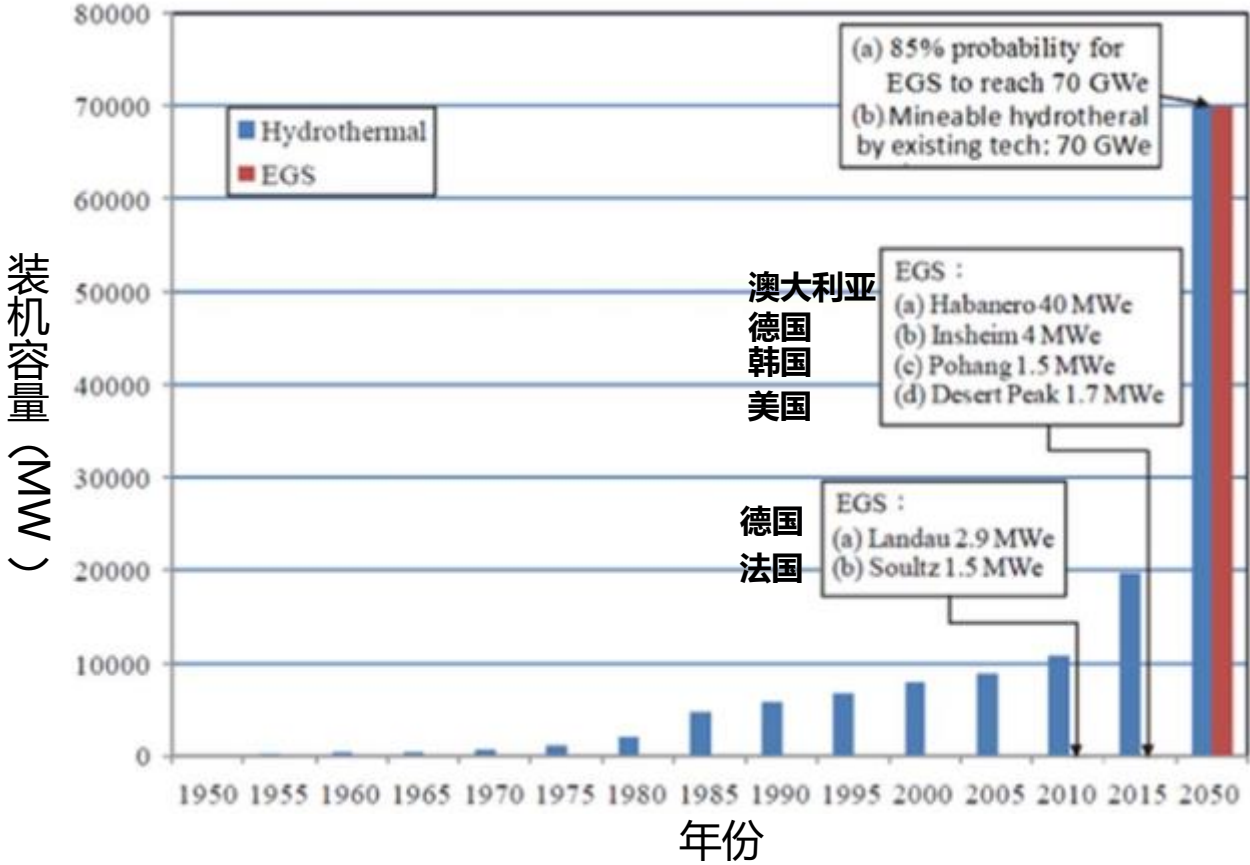


- 干热岩领域**先进国家**已开展20-40年探索，在干热岩勘查评价、热储改造和发电试验方面取得重要进展。
- **我国**干热岩勘查目前处于起步阶段。



## 5、2050年干热岩型地热资源发电站地热发电总量的50%

EGS技术发展迅猛，学者估计至2050年EGS开发利用量可达到70GWe，与  
水热发电持平。



## 6、干热岩发展的挑战

### ■ 挑战：二复杂、四高

- 地热系统复杂：多场耦合，预测和描述困难，
- 工程地质条件复杂：构造复杂、热破裂、水岩作用
- 高温、高硬、高应力、高致密

### ■ 五项工程技术难题

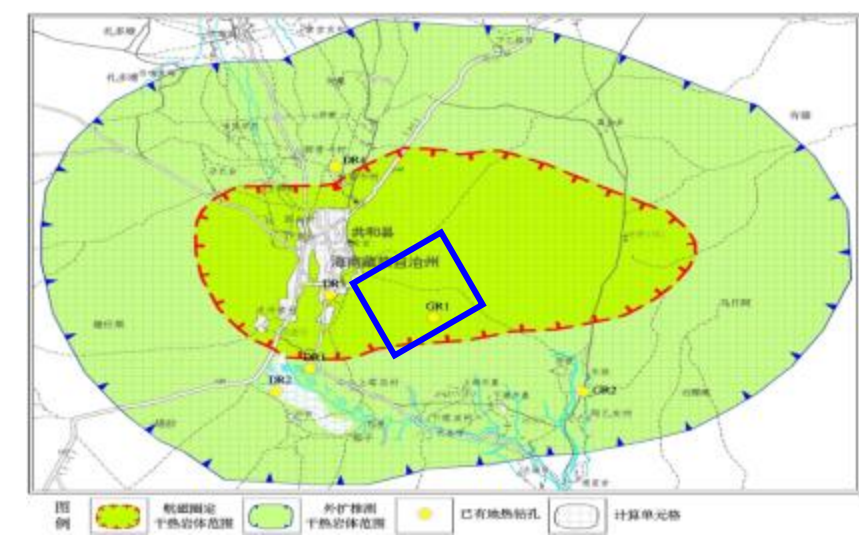
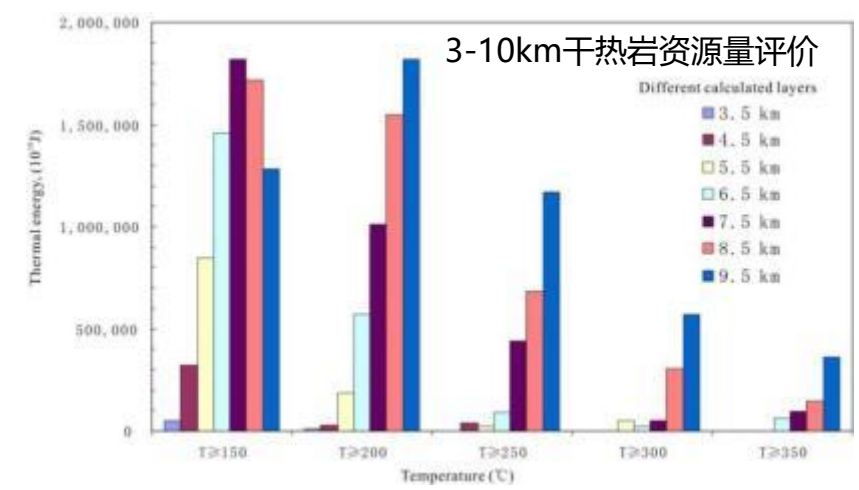
选区选址聚焦难度大  
热储建模-数模一体化技术缺乏  
超高温高硬度复杂条件安全快速成井困难  
高导流压裂热储改造难度大  
地面综合利用存在多方面问题

### ■ 技术路线

- ✓ 开展干热岩勘查开发关键技术**预研究**，攻关形成热储改造和监测技术系列。
- ✓ 选择**共和盆地、羊八井**等地区作为干热岩资源开发及增强型地热系统试验场地，实施热储建造、裂隙监测、试验开采等，掌握干热岩开发的核心技术。
- ✓ 建成**中国首个、世界领先的干热岩开发示范区**。

# 7、2035年之前，干热岩型地热资源开发有望获得突破

- “十二五” 期间，统计全国陆区资源量，埋深在 3000-10000米的干热岩资源量折合 856 万亿吨标准煤
- “十三五” 时期，开展干热岩开发试验工作，建设干热岩示范项目。突破干热岩资源勘查开发技术瓶颈
- 预计2035年获得快速发展



青海共和干热岩开发试验区

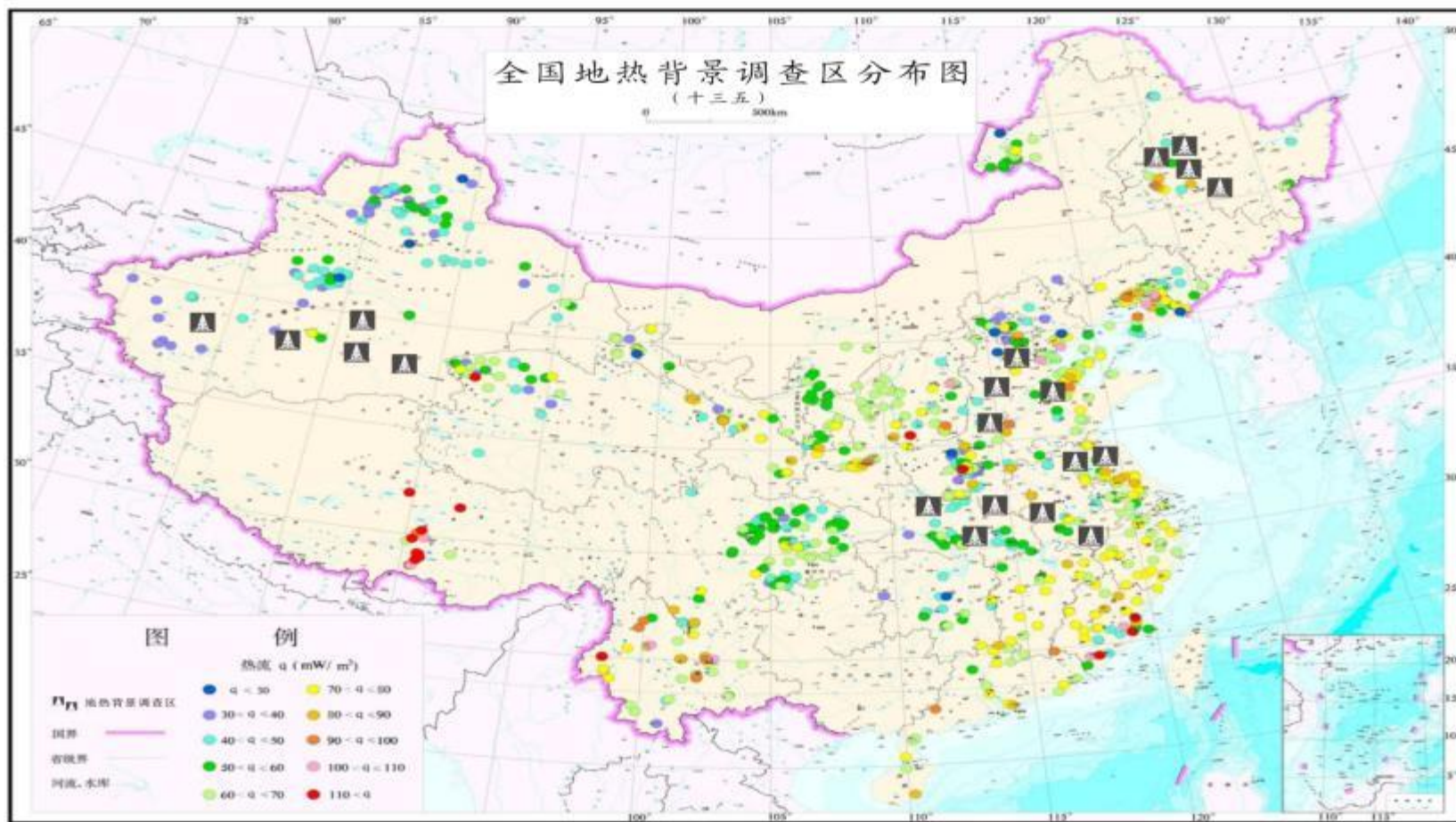
### (三) 应进一步加强的工作





# 1、基础研究

开展区域性地热测量，探寻区域性地热资源形成的构造-热机制；形成不同类型地热资源成因机理的理论体系。



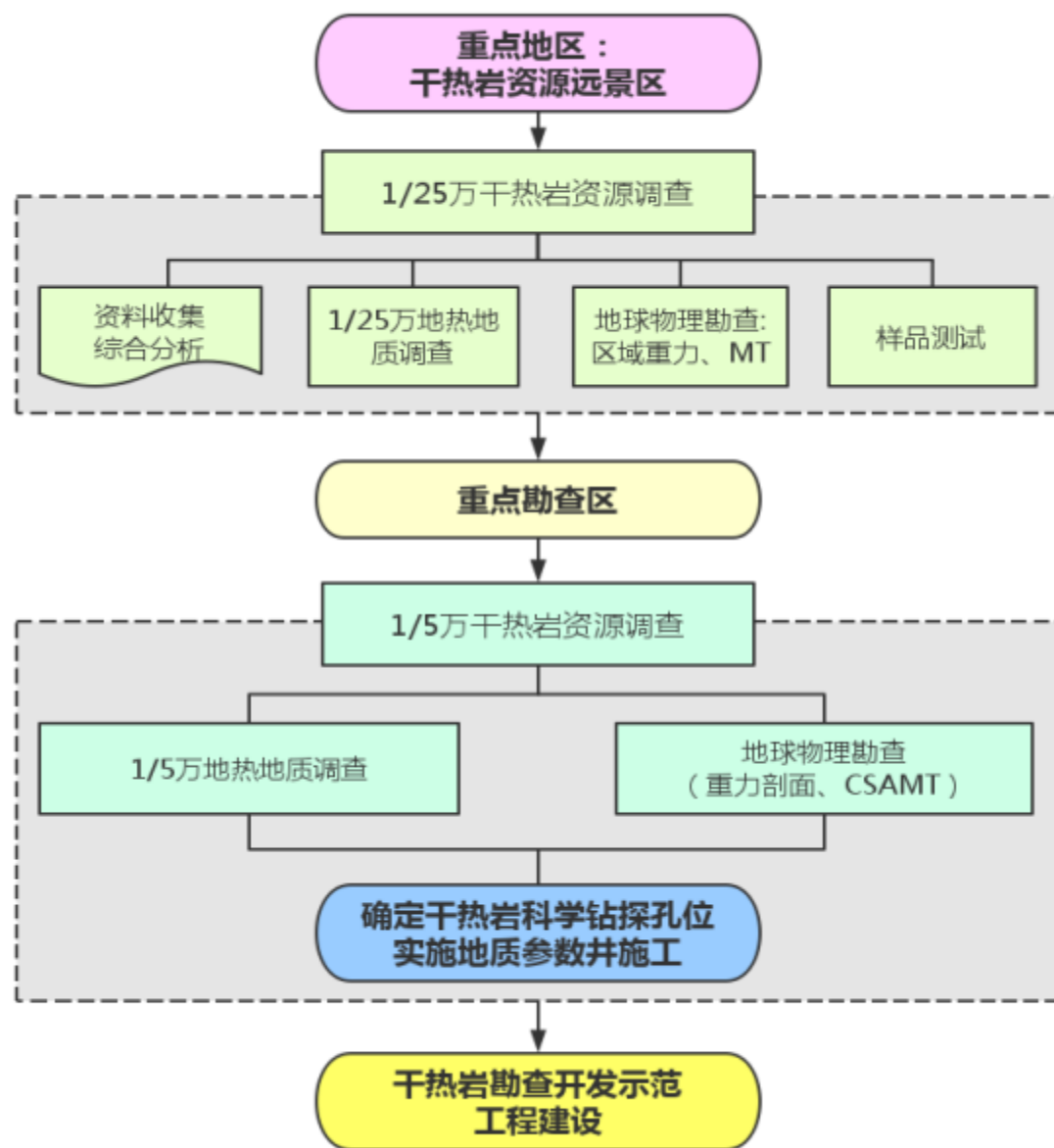
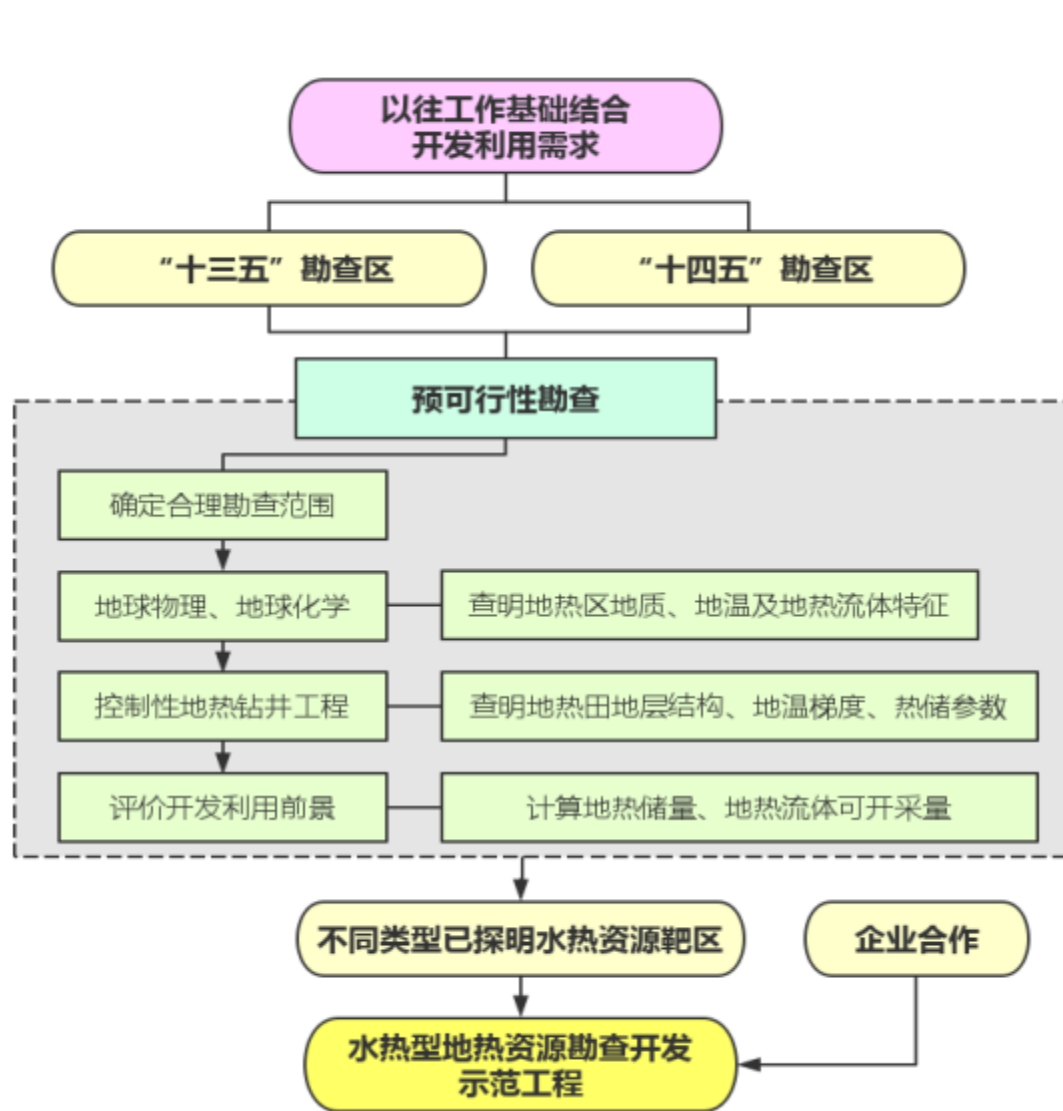
## 2、区域调查

提高我国地热资源的探测深度和精度，分区、分层、分级、分类评价重点地区地热资源潜力。

**水热型地热资源调查评价**查明地热田的地层结构、热储特征，评价开发利用前景，提出地热资源预可行性勘查报告。

**干热岩资源调查评价**以物探、钻探（参数井）、测井为手段，获取深部高温岩体的物性特征，开展储层建造及试采模拟，评价干热岩资源量。

## 2、区域调查



### 3、关键技术

- 攻坚？

- 采灌均衡技术，深部地热资源探测技术。

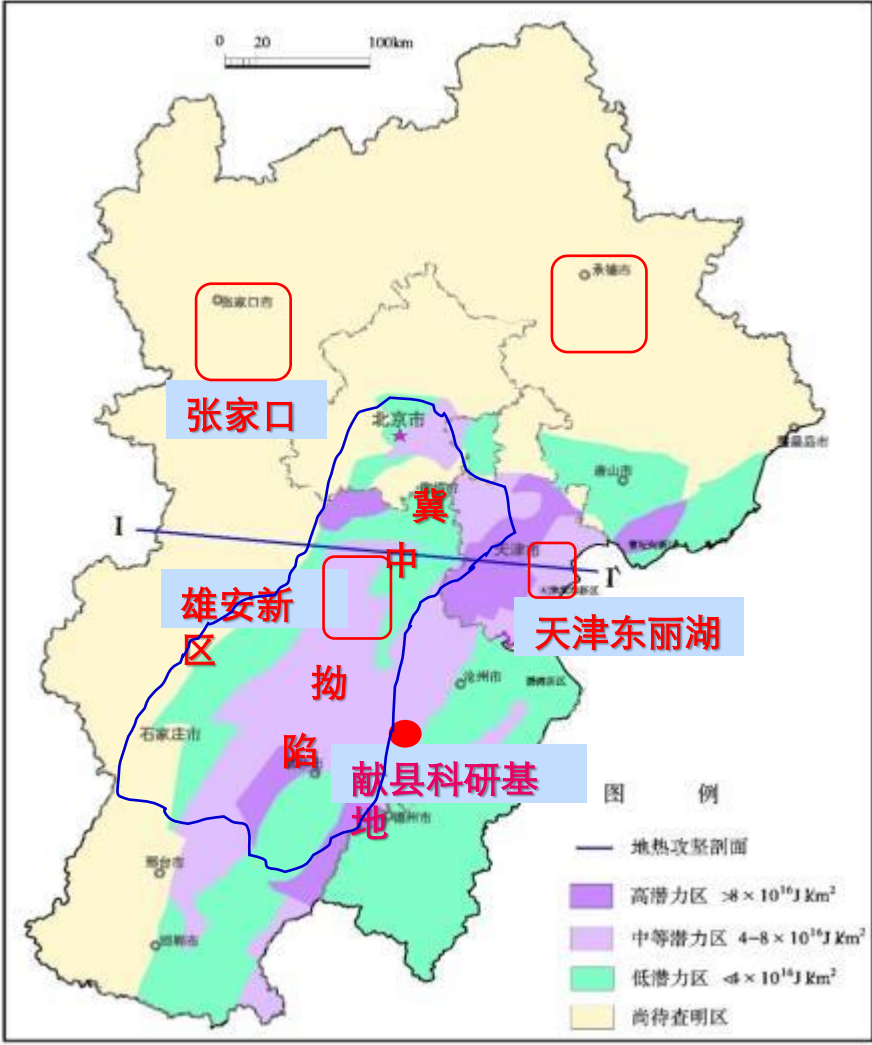
- 目标？

- 开辟地热资源第二空间，形成采灌均衡技术。

重点突破采热和换热核心技术，形成地热资源高效开发技术系列



### 3、关键技术



- 三区 ➤ 雄安新区、张承地区、天津东丽湖地区
- 一点 ➤ 献县科研基地
- 一线 ➤ 太行山-渤海地壳热结构断面
- 四层 ➤ 浅层地热能、砂岩热储、深部第一热储、深部第二热储

# 4、开发示范

## 干热岩勘查开发思路

### 速度

放慢节奏，在认识全国地热背景及地热异常区的地温场特征、构造背景条件的基础上，开展干热岩钻探、试验与开发。

### 区域

东西并举，优先在能源需求旺盛东部部署工作，同时兼顾滇藏、川西地区的民生需求，实现整体评价，协同发展。

### 标准与示范

建立我国不同精度干热岩资源勘查标准及规范；整合资源，建立干热岩勘查开发示范工程，攻关核心技术，形成技术体系。

### 实现

积极稳健，东西并举，实现干热岩勘查开发科学发展

## 4、开发示范

### 干热岩勘查开发“三步走”战略

近期  
(到2020年)

实现2兆瓦级发电，形成较为完善的干热岩勘查开发技术体系。

中期  
(到2025年)

实现50兆瓦级发电，形成完善的干热岩勘查开发技术体系。

远期  
(到2035年)

推广干热岩勘查开发技术，实现干热岩经济发电的总体部署，重点部署2018-2020年工作，对2021-2025年、2026-2035年工作进行详细规划，最终实现我国干热岩勘查开发技术体系成熟，工业规模发电，“领跑”世界干热岩勘查开发的目标。

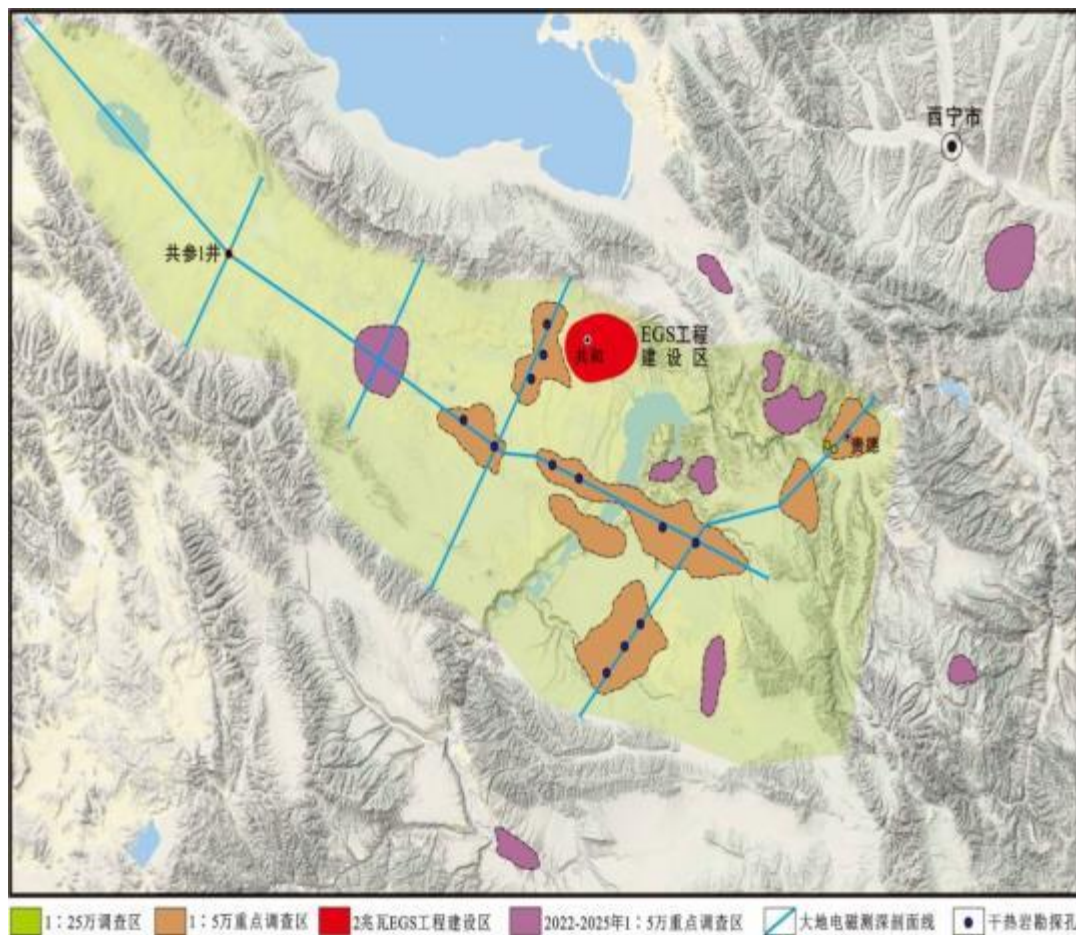
## 4、开发示范

### 青海省共和盆地干热岩资源勘查开发示范

- 中国地质调查局和青海省国土资源厅共同组织实施的青海共和盆地干热岩勘查，在孔深3705米深钻获236℃的高温干热岩体，取得重大突破，引起社会广泛关注，得到部、局领导高度重视。
- 自2017年12月下旬以来，地调局紧锣密鼓组织有关人员形成“方案编写组”，最终形成青海省共和盆地干热岩资源勘查开发示范实施方案，项目实施周期为2018年-2035年。
- 本项目的实施对推动我国干热岩勘查开发理论与工程技术进步，实现干热岩勘查开发与技术装备自主创新，有力服务支撑国家能源结构调整等方面具有重要意义。



# 青海干热岩攻坚战



## 干热岩地质

- 岩浆囊探测（深部地球物理探测与解释，地球化学测量分

## 试验模拟

- 不同矿化度循环液水岩反应机理研究、结垢、腐蚀与化学刺激方案
- 不同注入温度流体岩石热破裂机理研究与热刺激方案

## 储层建造

- 长周期冷水热破裂储层建造技术(形成网状裂缝)

谢谢!

