

# 辽河油田地热资源地质开发一体化研究

郑钰茗 邱树立 (中油辽河油田公司勘探开发研究院新能源研究所, 辽宁 盘锦 124010)

**摘要:** “双碳”背景下, 辽河油田公司将新能源业务提升到了与油气业务并重的战略高度, 持续强化新能源发展顶层设计, 加快绿色低碳转型。其中, 地热能作为清洁可再生能源, 开发利用潜力巨大。辽河油田复杂断块地热田主要发育低品位地热资源, 本文通过不同类型低品位地热资源的精准分析, 突破低品位限制, 实现地热井的效益开发, 树立辽河民生工程形象, 发挥良好社会及环境效益。

**关键词:** “低品位”地热资源; 热储预测; 取灌先导试验; 取灌开发方案设计

## 1 引言

辽河凹陷是一个大“热田”, 坳陷莫霍面埋深为30km, 地壳厚度薄, 为地幔热源向上传递提供了良好条件。通过全方位的普查, 目前辽河油田地热资源总量为2937亿方。但放眼全国地热开发项目, 对标相似地热区块, 辽河地热热储资源品质属于低品位地热资源, 即中低渗热水热储(温度高的区块渗透率低)、中高渗温热水热储(渗透率高的区块温度低), 相应开发策略存在局限。

本文针对不同类型的低品位地热资源, 对工作难点展开深入分析。打破僵局, 扛起地热大旗, 支撑油区工业用能替代、民用地热供暖, 辽河凹陷这个“大热田”大有所为。

## 2 研究方法

由于热储资源分布区域均和油田含油气区域无重叠, 且地热资源开发处于初级阶段, 因此缺少热储资料, 研究分析无足够的实际数据支撑。面对这种情况, 无论哪种类型的热储类型, 首先都要对做地热先导试验取数据, 再根据实际数据对不同类型热储资源的开发调整设计参数, 最终实现地热供暖。

### 2.1 先导试验设计

#### 2.1.1 先导试验设计目的

先导试验的设计主要目的是要求取参数来优化后续地热井的实施, 也直接决定了地热资源开发可行性研究成果。主要参数有: 地热井的开采量、回灌量、渗透系数、影响半径等, 通过测定开采量及其与水位下降(降深)之间的关系(Q-S曲线法), 评价地热井的出水及回灌能力。

同时先导试验设计还可以评价地热水水质情况、检测地热水气体组分以及测量不同开采量情况下井口水温变化。所有数据的取得均为评价该地区热储能力的重要依据。

#### 2.1.2 先导试验设计步骤

通常依据供暖需求折算取水量, 再根据同类型热储水藏特征以及该地区其他井的测井解释结果来测算单井取水量, 该取水量的测算就决定了先导试验设计中重要的取灌量参数设定。

开展先导试验时主要步骤为: 洗井至水清砂净, 要求流体中悬浮物含量小于1/200000(质量比), 流体产量与压力下降保持相对稳定(前后比较变化小于10%); 开展试取灌试验, 取灌流量、时间, 依据现场实施情况进行; 开展取水井降压试验, 根据取水量设计三次取水试验, 各个梯度持续时间不少于48h; 开展回灌井的回灌试验, 回灌流量根据设计的单井回灌量进行三次试验, 最大自然回灌量持续时间不少于120h, 其他不少于72h, 期间测取吸水剖面1次; 在实验过程中要同时对动水位、回灌量、取水量、水温及其他参数进行采集。

### 2.2 辽河油田“低品位”地热资源开发对策研究

#### 2.2.1 中低渗热水地热资源开发对策研究

表1 H22块先导试验Q-s关系表

涌水量 Q (m <sup>3</sup> /d)	水位降深 s (m)	取水量 (m <sup>3</sup> /h)	涌水量 Q (m <sup>3</sup> /d)	水位降深 s (m)	取水量 (m <sup>3</sup> /h)
1118	220	46.6	1418	360	59.1
1157	240	48.2	1459	380	60.8
1202	260	50.1	1505	400	62.7
1246	280	51.9	1548	420	64.5
1289	300	53.7	1598	440	66.6
1332	320	55.5	1634	460	68.1
1375	340	57.3			

以 H22 块为例, 该块地层温度为 70℃, 渗透率仅为 187mD, 属于中低渗热水地热资源。先导试验降压试验设计根据已有测井资料、热储层特征设计取水井为直井, 三次取水量分别为 30m<sup>3</sup>/h、40m<sup>3</sup>/h、60m<sup>3</sup>/h, 基于试验结果通过 Q-s 曲线法, 得出该块水位降深和取水量的关系(表 1)。

该块的经济极限降深为 140m, 从表 1 可以看出, 取水量 46m<sup>3</sup>/h 时降深就已经达到 220m, 远远大于经济极限降深。而该地区单井取水量至少为 100m<sup>3</sup>/h 才能达到供暖条件。于是可以看出该中低渗地区采用直井供暖是无法实现的。

直井取灌模式无法实现供暖, 可转换思路, 应用水平井取灌模式。采用物模建模数模一体化研究, 通过模型建立(图 1、图 2), 预计单井取水量 150-200m<sup>3</sup>/h, 单井回灌量 100-150m<sup>3</sup>/h。

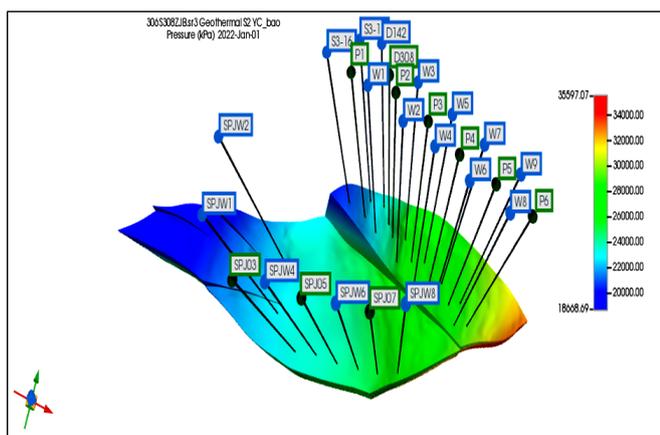


图 1 三维地质模型

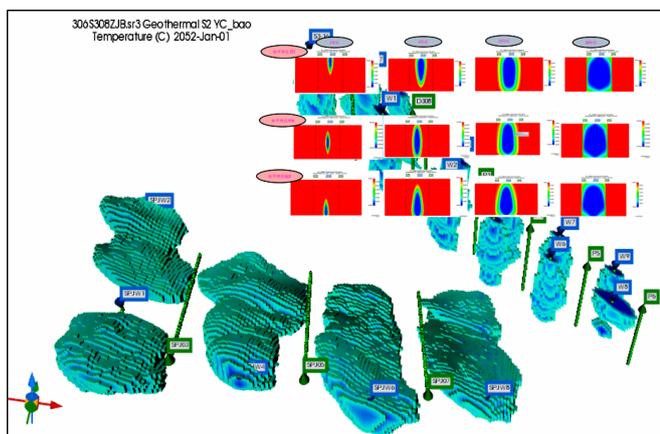


图 2 60℃ 温度扩散三维图

根据模型结果显示, 中低渗中低渗资源开发单井

取灌能力有望达到“直井”3-5 倍。据此, 在 H22 块重新部署了 6 取 13 灌, 其中 2 口取水井、3 口回灌井为水平井设计, 可支撑供暖面积 78 万平。同时沿用这个思路在 D3 块部署设计了 3 取 4 灌, 均为水平井, 可支撑供暖面积 130 万平。整体部署方案较理想, 预计可实现经济效益。

## 2.2.2 中高渗温热水地热资源开发对策研究

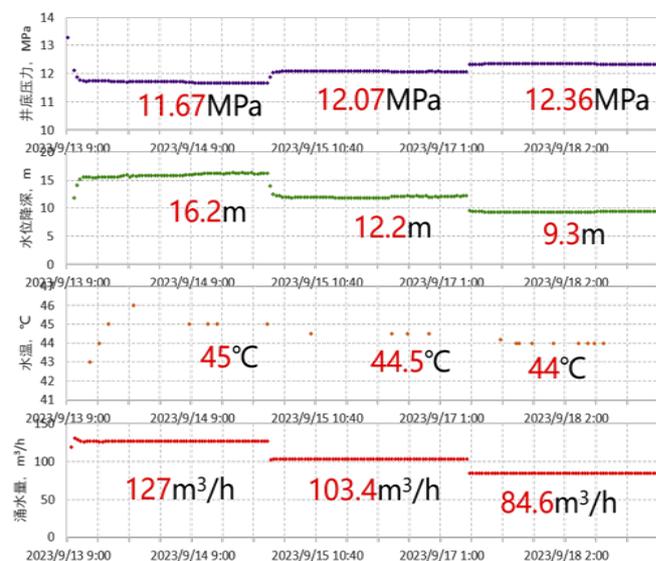


图 3 降压试验记录



图 4 回灌试验记录

以 S502 块为例, 该块地层温度为 47℃, 渗透率为 2000mD, 属于中高渗温热水地热资源。先导试验降压试验设计根据已有测井资料、热储层特征设计取水井为直井, 降压试验三次取水量分别为 80m<sup>3</sup>/h、100m<sup>3</sup>/h、120m<sup>3</sup>/h, 回灌试验三次回灌量分别为 60m<sup>3</sup>/h、80m<sup>3</sup>/h、100m<sup>3</sup>/h。试验结果如图 4、图 5。同样基于

试验结果通过 Q-s 曲线法，得出该块水位降深和取水量的关系（表 2）。

表 2 S52 块 Q-s 关系表

取水强度 (m <sup>3</sup> /d.m)	渗透系数 (m/s)	影响半径 (m)	水位降深 (m)	可开采量 (m <sup>3</sup> /h)
39.41	1.01	501.50	50	290
33.47	1.04	408.50	40	246
32.92	1.05	400.04	39	242
27.18	1.09	314.41	30	200
24.42	1.12	274.69	26	180
21.75	1.14	237.41	22	160
20.37	1.16	218.57	20	150
19.03	1.18	200.59	19	140
17.66	1.19	182.46	17	130
17.27	1.20	177.39	16	127
16.32	1.21	165.19	15	120
14.03	1.25	136.38	12	103
13.61	1.26	131.18	12	100
11.50	1.30	105.97	9	85
10.86	1.31	98.52	9	80

该块的经济极限降深为 100m，从表 2 可以看出降深均少于 100m，可以达到经济效益。但试验中测得的取水温度仅为 46℃，低于方案设计时的经济测算效益的 51℃。如果在全油田开展中高渗热水地热资源，那么必须解决温度低时如何实现有经济效益的地热供暖。

于是在该区块采用大斜度井设计同时规避射热储层中顶部高渗低温层的对策。该区块为单斜构造，大斜度井设计向地层深部设计，这样不仅加大了取水井和地下水的接触面积，同时加深了取水层的深度，保证了取水温度；规避高渗低温热储层，也可以减少低温水对取水温度的影响，同时在设计取灌井对时，顶部高渗层井距的设计要大于底部低渗层井距，这样也减少了渗透率差异对取灌效果的影响（图 5）。

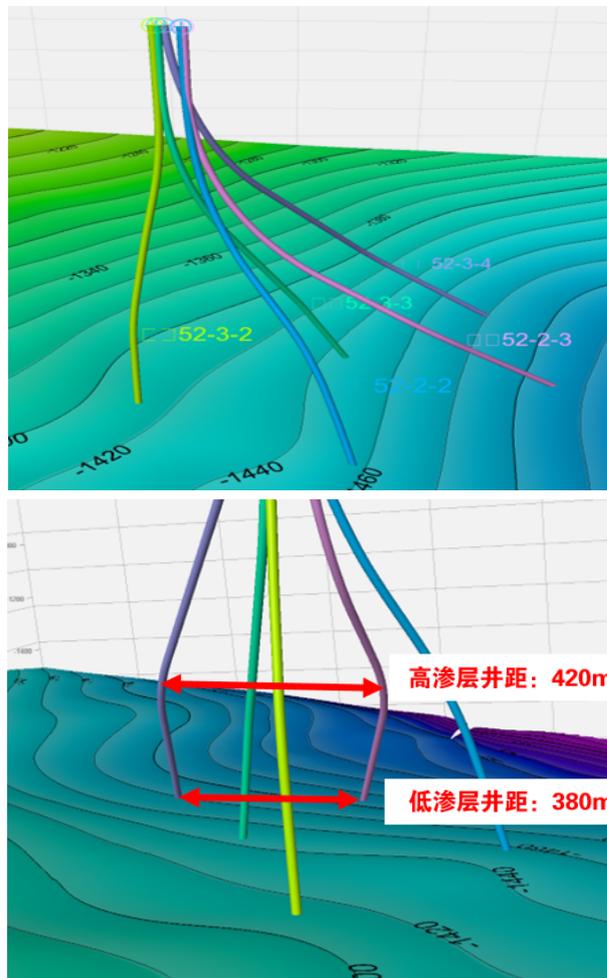


图 5 大斜度井部署设计模型

通过以上研究在该区块部署了两取三灌，其中两口取水井、一口回灌井为大斜度井，支撑供暖 42 万平。

### 3 结论及认识

辽河油区主要发育低品位地热资源，针对不同类型的地热资源可解放思想、更换思路解决当下难点。持续科技攻关，创新开发方式，不断突破“低品位”资源限制，将本文提到的应对策略沿用到油区内相似热储区块，突出精细热储描述、精准取灌井分析，可大大推动地热供暖进程。

#### 参考文献：

- [1] GB/T11615-2010. 地热资源地质勘查规范 [S]. 中国国家标准化管理委员会, 2011.
- [2] 姚华. 我国北方地区清洁供暖技术现状与问题探讨 [J]. 科技与社会, 2020:1177-1188.
- [3] 柳广第. 石油地质学 (第五版) [M]. 北京: 石油工业出版社, 2018:39-40.