

文章编号:1673-2049(2007)04-0091-04

地层新能源工程原理及其应用

何满潮^{1,2}, 屈晓红^{1,2}

(1. 中国矿业大学 力学与建筑工程学院, 北京 100813; 2. 长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054)

摘要:为了综合利用地层能源,达到优化资源的目的,提出了地层新能源的概念;并提出了地层新能源利用工程的系统构成及原理,指出该系统由保存和提供能量的储能系统,从储能系统中提取地层能供使用的提能系统,将能量传输到需要场合释放的释能系统,以及监测系统运行效果的自动监测系统构成,其中关键技术是地层储能技术和提能技术。最后,用工程实例验证了地层新能源工程原理的可行性。

关键词:地层新能源工程;储能系统;提能系统;释能系统;监测系统;综合费用

中图分类号:TU833.3

文献标志码:A

Principle of Stratal New Energy Engineering and Its Application

HE Man-chao^{1,2}, QU Xiao-hong^{1,2}

(1. School of Mechanics and Architectural Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100813, China; 2. School of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Stratal new energy was a kind of new conception of geothermal and cool energy. A suit of stratal new energy project by excellent resource and design could optimize the resource when it run. The principle of stratal new energy project was proposed. As while, authors pointed out that this system was made of four parts which were energy storage system for saving energy, energy advanced system for distilling and supplying energy, energy emanating system for transferring and releasing energy in the locus, and surveying system for surveying the system running effect. Meanwhile, the key technology was stratal energy storage and supplying energy. In the end, the principle of stratal new energy is validated in an engineering practice.

Key words: stratal new energy engineering; energy storage system; energy advanced system; energy emanating system; surveying system; integrated fare

0 引言

中国中低焓地热能的利用经历了三代技术^[1]。第3代技术突破了地热的狭义概念,即可利用的地热资源的绝对温度界限不再存在,强调利用地层温度与地面温度的相对温度差为地面建筑物供暖,地层中不仅存在相对温度高的热能,同时,在夏季,地

层中还存在相对温度低的冷能。使用传统空调导致城市建筑物群出现热岛效应加重的问题也同样困扰着大中城市:①寻找低能耗、环保的城市建筑物冷源也是当今城市运行发展面临的紧迫问题;②为满足发展需要,笔者提出了利用浅部地层中冷热能作为夏季制冷与冬季供热的冷热源,并根据用户要求提出地层新能源的能源概念。

收稿日期:2007-11-06

基金项目:国家自然科学基金重大项目(50490207);国家自然科学基金创新研究群体科学基金项目(50221402)

作者简介:何满潮(1956-),男,河南灵宝人,教授,博士生导师,工学博士,E-mail:hemancho@263.com。

地层新能源是一个广义的概念,是指与地层有关的赋存于地表和地下岩层中能直接利用的,且无环境污染的热能与冷能。目前,已经完成的供暖工程对热源地热能的品位要求是大于或等于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$,而对制冷冷源地层能的要求是小于或等于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

1 工程原理

基于地层新能源概念,提出地层新能源工程非线性一体化设计理念^[2],即面向工程对象,综合考虑资源状况和用户需求状况,整合地上工程与地下工程,注重资源利用过程优化,实现资源、工艺与设备的最优化组合。

在该理念下,地层新能源工程为一套设备,两种工况,冬季供暖,夏季制冷,而且一套资源条件良好、设计优良、运行正常的地层新能源工程系统,其运行过程中与环境的能量交换可以优化地层能源,使储能系统出现冷源更冷、热源更热的优化趋势,这样使得运行系统更加节能,从而提高了经济效益,这是其他地热工程所不曾有的。

地层新能源工程由 4 个部分构成(图 1),分别为储能系统、提能系统、释能系统和运行监测系统。

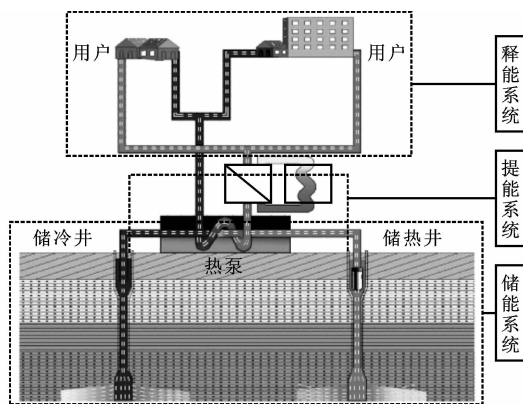


图 1 地层新能源系统工作原理

Fig. 1 Work Principle of Stratal New Energy System

(1) 储能系统:通过保存经过能量提取和置换的水源水,以保存由地面带入地下的热量和冷量作为系统来年运行的冷热源。它由储能层、储能井和水质处理设备构成。

(2) 提能系统:利用水源热泵机组将水源中所包含的能量(热量和冷量)采集出来,送到释能系统加以利用。它由热泵机组、水源水输水管道系统构成。

(3) 释能系统:将提能系统提取的能量传递到需要的场合。它由热交换设备、空调水循环设备和末端能量释放设备构成。

(4) 监测系统:由系统各个技术关键部位的温度

测点和自动化温度数据采集仪构成,专门监测记录系统运行的有关数据,以供系统运行效果分析,并提供后期运行方案依据,为今后的优化设计提供基础数据。

储能技术和提能技术是地层新能源工程的核心技术^[3-5]。储能系统是整个工程的主要能量来源,它不仅使地层新能源得到利用,而且可以将一定量的夏季热能和冬季冷能储为工程之用,其设计和运行依赖于系统所在地的水文地质和工程地质条件以及回灌技术。提能系统则实现了低品位地层能向高品位转化的过程,以满足用户释能系统要求,其实现依赖于热泵技术。

2 工程实例

根据第 1 节中地层新能源工程原理,利用面向对象非线性一体化设计技术方法,对空军指挥学院离职干部休养所进行设计和改造,取得了良好的工程效果。

2.1 工程概况

某干休所建筑面积为 $2.5 \times 10^4\text{ m}^2$,2 栋多层砖混结构建筑物,最高层数为 4 层,一栋是办公楼,另一栋是家属楼。

干休所始建于 20 世纪 70 年代末,随着建筑面积逐步增加,供暖管线仅做了局部改造,与整个系统不相匹配,原来使用的锅炉故障率较高,脱硫除尘效果较差,产生一定污染。用户区也有严重的热力失调,个别用户的个别房间的暖气从来没有热过。

鉴于这种情况,业主委托笔者对原热力系统进行改造,放弃燃煤锅炉,将该单位供暖热源改造为地层新能源工程,由于暂时不能对室内末端进行改造,该工程暂时没有启用制冷功能。

根据建筑物性质和气象资料,采暖热负荷指标取 $60\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,建筑面积为 $2.5 \times 10^4\text{ m}^2$,冬季总热负荷估算为 $1\,500\text{ kW}$ 。

2.2 储能系统

该项目区第四系回灌量大于 $3\,120\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。以设计热负荷,采水量为 $3\,120\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,一采一灌的方式可以满足采能储能要求,因此,该项目储能系统由一采一灌两个 100 m 深对井和 110 m 隔水层以上的第四系含水层构成。

由钻探资料可知地层主要岩性为:砂砾石、砂卵石含漂石、黏砂。根据地层情况,做出干休所浅部地层三维示意图,见图 2,其中,KGS-1、KGS-2 分别为采能井和储能井。

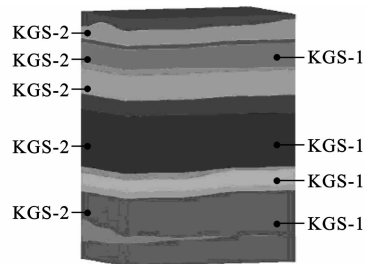


图 2 浅部地层

Fig. 2 Stratal of Superficial Part

2.2.1 模型尺寸

模型平面尺寸为 140 m×210 m。垂直埋深为 −109~−17 m。图 3 为储能模型计算平面示意图,图 4 为储能模型网格剖面。

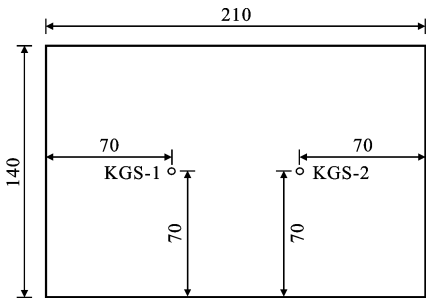


图 3 储能模型计算平面(单位:m)

Fig. 3 Calculation Plane of Energy Storage Model(Unit:m)

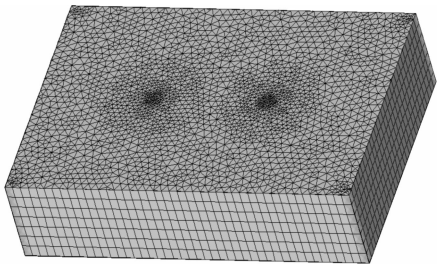


图 4 储能模型网格剖面

Fig. 4 Grid Section of Energy Storage Model

2.2.2 模拟条件

- (1)初始条件:水头为 −27 m;水温为 14.5 ℃;KGS-1 与 KGS-2 相距 70 m。
- (2)边界条件:水头为 −27 m;水温为 14.5 ℃。

2.2.3 模拟时段与模拟工况

模拟时段供热期 150 d,模拟工况见表 1。

2.2.4 模型参数

模型的含水层水力学与热力学参数见表 2。

2.2.5 模拟结果与分析

为了分析储存于含水层的水体在供热一段时间后温度场的变化(图 5),针对供热计算模型中 KGS-1 号井开采量为 130 m³·h^{−1},KGS-2 号井回灌量为

表 1 模拟工况

Tab. 1 Simulation Work Condition

开采量/(m ³ ·h ^{−1})	回灌量/(m ³ ·h ^{−1})	模拟时间/d
200	200	150

表 2 模型的含水层水力学与热力学参数

Tab. 2 Aquifer Dynamics and Thermodynamics

Parameters of Model

参 数	取 值
渗透系数/(10 ^{−4} m·s ^{−1})	1.0
孔隙度	0.3
固体骨架可压缩系数/(10 ^{−4} m ^{−1})	1.0
固体骨架热容量/[kJ·(m ³ ·℃) ^{−1}]	2.52
固体骨架导热系数/[J·(s·m·K) ^{−1}]	3
纵向弥散度/m	5
横向弥散度/m	0.5

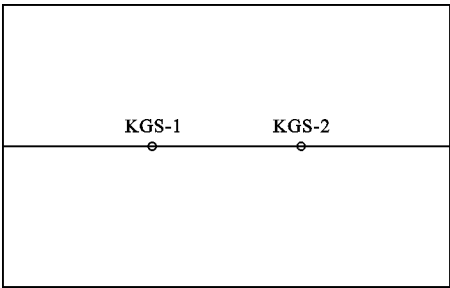


图 5 储能模型剖面

Fig. 5 Energy Storage Model Section

130 m³·h^{−1},回灌水温为 10 ℃的工况,研究其在供热 90、150 d 后含水层中等温面的变化,其结果如图 6、7 所示。

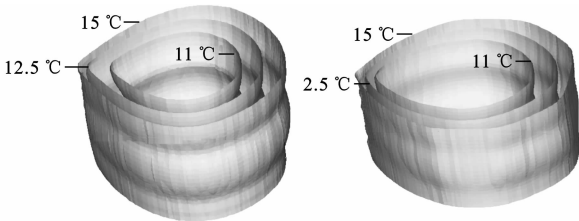


图 6 供暖期第 90 d 等温面

Fig. 6 Isothermal Surface After 90 d

图 7 供暖期第 150 d 等温面

Fig. 7 Isothermal Surface After 150 d

由图 6、7 可知,供暖期内,回灌井中的各等温线所包围的冷水体的体积在不断增加,但从最外层的 15 ℃的等温面影响范围可以看出,冷水体不会影响到抽水井,故不会与抽水井之间产生热激穿,从而不会影响抽水井在供暖期内从地层中正常提取热能。

3 系统运行效果

冬季供暖期间室内外温度变化曲线见图 8(供

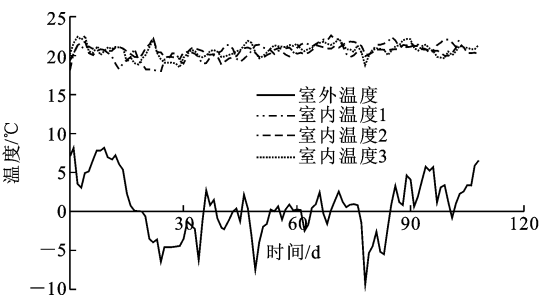


图 8 冬季室内外温度变化

Fig. 8 Temperature Changes of Indoor and Outdoor in Winter

暖期为 2005 年 11 月 16 日至 2006 年 3 月 4 日)。由图 8 可知,当室外温度不断变化(日平均最低温度为 $-9.42\text{ }^{\circ}\text{C}$)时,室内温度变化范围为 $18.69\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 22.12\text{ }^{\circ}\text{C}$,因此,能够满足工程供暖要求。

表 3 为该干休所采用地层储能中温水源热泵技术与热力厂集中供热、燃气锅炉供热方案的综合投资及运行成本比较。

表 3 综合费用
Tab. 3 Integrated Fare

供热方案	初投资		运行成本	
	总投资/ 万元	投资指标/ (元 $\cdot\text{m}^{-2}$)	年运行 费用/万元	运行指标/ (元 $\cdot\text{m}^{-2}$)
本方案供热	263.86	105.5	38.04	15.2
热力厂供热	225.00	90.0	60.00	24.0
燃气锅炉供热	207.50	83.0	75.00	30.0

图 9 为各种方案综合费用(初投资和运行成本)比较。由图 9 可以看出,与热力厂集中供热相比较,本方案供热的平衡点为 1.8 a(不包括建设期的 1 a),并且 5 a 节省费用 70.97 万元,10 a 节省费用 180.74 万元;与燃气锅炉供热相比较,本方案供热的平衡点为 1.5 a,并且 5 a 节省费用 128.44 万元,10 a 节省费用 313.24 万元。

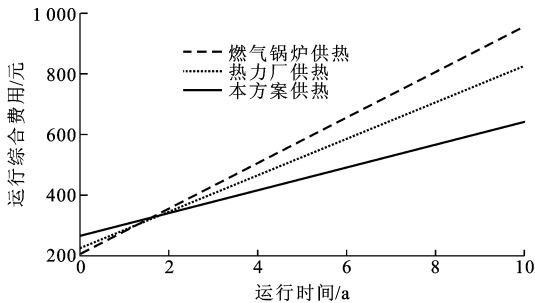


图 9 综合费用比较

Fig. 9 Comparison of Integrated Fare

4 结 语

(1)传统地热能概念局限了低品位地层能源的利用范畴,对工程技术的发展和工程管理带来不便。

(2)地层新能源及其工程原理的提出,开拓了能源利用的新理念,为浅部地层低品位地热能的综合高效利用奠定了基础。

(3)资源条件良好、设计合理的地层新能源可以达到资源优化运行的效果。该干休所地层新能源系统由于暂时未进行散热系统改造,尚没有使用制冷系统,但其地层新能源工程供暖效果良好,长远投资效益明显,得到用户好评。

参考文献:
References:

[1] 何满朝,李春华,徐能雄,等.中国中低焓地热工程技术[M].北京:科学出版社,2004.
HE Man-chao, LI Chun-hua, XU Neng-xiong, et al. The Technology of Medium-low Enthalpy Geothermal Engineering in China[M]. Beijing: Science Press, 2004.

[2] 何满朝,许能雄.非线性一体化设计理论及工程应用[J].太阳能学报,2005,26(5):684-690.
HE Man-chao, XU Neng-xiong. Intergrated Non-linear Design and Applications of Geothermal Engineering [J]. ACTA Energiæ Solaris Sinica, 2005, 26(5): 684-690.

[3] 乾增珍.深部地层储能反季节循环利用原理研究及其应用[D].北京:中国矿业大学,2005.
QIAN Zeng-zhen. Research on the Principle of Seasonal Aquifer Thermal Energy Storage and Its Application [D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2005.

[4] 何满朝,乾增珍,朱家玲.深部地层储能技术与水源热泵联合应用工程实例[J].太阳能学报,2005,26(1):23-27.
HE Man-chao, QIAN Zeng-zhen, ZHU Jia-ling. Analysis and Project of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) with Heat Pump[J]. ACTA Energiæ Solaris Sinica, 2005, 26(1): 23-27.

[5] 霍小平,葛翠玉.建筑室内热环境测试与分析[J].建筑科学与工程学报,2005,22(2):75-78.
HUO Xiao-ping, GE Cui-yu. Analysis and Test of Thermal Environment Data in Buildings[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2005, 22(2): 75-78.