

浅层低温地热资源的利用

——单井循环换热技术的实例研究

徐生恒 和 Ryach 教授

北京恒有源科技发展有限公司, 北京海淀区杏石口路 102 号 100093

苏黎士 GTH 地球物理研究所, CH-8093 Zuurich, Swithtzerland

摘 要

浅层低温地热分布广, 蕴藏量丰富, 是很有前途的可再生能源。北京恒有源科技发展有限公司发明的单井循环换热技术大面积的开发利用这一能源为建筑物供暖、供冷和制取生活热水。这一新系统利用浅层地下的温度远比冬季空气温度高, 远比夏季空气温度低的特性来实现高效率、不消耗水的供暖和制冷作用。该系统自 2001 年问世以来, 已得到用户的认可和政府多方面的关注。本文以北京地区的一个工程实例来论述该系统的工作原理和节能环保的效果。另外还有很多成功的实例在全国范围内推广应用。

关键词 浅层低温地热 地下水 空间制冷和取暖

一、简介

所谓浅层低温地热指的是在地表以下某一深度内(如 100 多米以内)所蕴藏的热量。在中国的大部分地区, 上述深度处于恒温带, 即温度基本不受四季变化的影响, 保持在 $10^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间。开发和利用这部分低温地热为建筑物供暖、制冷和提供生活用水, 一次性投入和运行成本都比传统的方式低。但是, 由于浅层低温地热能量密度小, 大面积开发技术难度较大。本文以在中国北京的一个工程实例——北京市海淀区外国语实验学校来介绍以“单井循环换热系统”的运行原理。在这一工程实例中, 浅层低温地热被用来在冬季为建筑物提供热源, 在夏季则将热量排入地下。

二、实例应用

北京海淀外国语实验学校位于北京市西北部, 是一个建筑面积约 6 万平方米的建筑群, 包括食堂、教学楼、体育馆和游泳馆等 9 个建筑。各建筑物的设计冷热负荷等情况如表 1。北京地区属寒冷地区, 冬冷夏暖, 其室外气象参数如表 2。

学校的 9 个建筑无一例外地全部采用了浅层低温地热作冬季供暖的热源。

三、单井抽灌技术的运行原理

北京海淀外国语实验学校 9 个建筑物的周围(一般 10 米之处)打了 9 口井, 每口井深约 80 米, 口径为 500 毫米。用潜水泵将井水(约 15°C)以 $100\text{m}^3/\text{h}$ 的流速注入热泵机组, 井水在热泵机组内放热, 温度降为 10°C , 井水所放出的热量经热泵提升至 50°C 以后, 通过风机盘管将热量放入室内达到采暖的目的。放

热后的井水被送回同一口井内，通过井内的土壤换热装置与周围土壤换热，水温恢复后再次被潜水泵吸入并注入机组。

单井循环换热取热：

装置结构为用隔板 1 把井分成两部分，即吸水腔和回水腔。当潜水泵运行时，水被抽送至井口换热器释放完热量后，返回到回水腔。水通过井壁排放到土壤中换热，换热升温后的水再一次被抽送到井口换热器释放热量，如此反复循环达到取热目的。

为了使回水更通畅，换热效果更好，在静水位以下再安装一隔板 2，这时回到隔板 1 和隔板 2 间的水就带有压力，可以促使回水的范围更大、更远，换热更充分，效果更理想。

由于地下水是流动的，降温后的土壤随着水的流动把热量不断补充给土壤，达到取热和补热平衡。

通常出水 $100\text{m}^3/\text{h}$ 的井可提取 500kW 以上的热，总量可供 700kW 左右的热量。

由于取水和回灌水是在同一口井，所以上述技术被叫做单井循环换热技术。与传统的地下取热技术相比，它具有如下优点：

- 1、初始投资少，在北京地区，是同样功能的地热系统的 $1/3\sim 1/4$ ；
- 2、不破坏地下水的分布，不改变地下水的水体质量；
- 3、没有任何污染物排放。

四、运行情况

系统于 2001 年投入运行，至今运行情况良好。冬季和夏季的室内温度全部达到了设计要求。运行费用相当于政府规定的用煤取暖的费用。学校冬季供暖运行费用见表 3。表 3 中食堂的运行费用中尚包括了为 1000 人提供膳食的炊事用电，体育馆的运行费用中尚包括了游泳馆里利用同样的技术为池水加热的费用。

北京市水利局的水环境监测中心在过去的三年中对井水水体质量进行了跟踪监测，其中 9 个月对井水进行了集中监测，并对水体的 21 项指标进行了分析，确认水体质量 21 项指标在出水和回灌水中除水温外均没有明显的变化，单井抽灌回灌水未对地下水质量造成影响。

地下水水温变化不大，并不能影响系统的运行，而且这一温度变化在离水井一定的径向距离逐渐消失。

五、其他的工程实例

单井抽灌这一新技术自 2001 年在北京推出以来很受用户认可并迅速推广。现在已经推广到西藏、四川甘孜等边远省份和地区，计 100 多个项目，总建筑面积超过 1,000,000 平方米，包括普通建筑，如宾馆、居民楼、商厦、办公楼、学校和体育场馆及特殊建筑如医院、档案馆、厂房和景观建筑，如中国国家大剧院等。表 4 是部份主要的工程实例。

中国的大部分地区，在室外气温不高于 35℃ 时，不开动热泵直接利用井水冷却也可以使室内温度控制在 28℃ 以下，达到了降温的目的，而每平方米的平均电耗只有 2W 以下。

六、结 论

- 1、浅层低温地热是一个巨大的冷热源，分布广且蕴藏丰富，极有开采利用价值；
- 2、单井抽灌技术是开发和利用浅层地下低温地热的捷径。它以地下水为介质与土壤换热，初始投资和运行成本都比较低。
- 3、本文所论述的系统是全部封闭的，在运行过程中不排放任何气态、固态和液态的污染物。广泛采用这一系统不但大大提高了能源的利用率，而且节约了可观的环保投资。

表 1 北京海淀外国语实验学校的各个建筑的设计冷热负荷

序号	建筑物名称	建筑面积 (m ²)	设计冷负荷		设计热负荷		冬季室内温度℃	夏季室内温度℃
			冷指标 W/m ²	冷负荷 kW	热指标 W/m ²	热负荷 kW		
1	食堂	4455	80	285	76	338	18~24	22~28
2	男生宿舍	6296	110	554	76	478	18~24	22~28
3	女生宿舍	6296	110	554	76	478	18~24	22~28
4	中学楼	8047	85	547	76	611	18~24	22~28
5	小学楼	8897	80	567	76	676	18~24	22~28
6	办公室	6009	90	433	76	457	18~24	22~28
7	科技楼 体育馆	5248	70	294	76	399	18~24	22~28
		5603	65	291	76	426	18~24	26~28
8	游泳馆					26~28		
9	教师宿舍	12000	110	1056	76	912	18~24	22~28
	总计	62851	—	4581	—	4775	—	—

注：计算冷负荷时考虑同时使用系数 0.8

表2 北京室外气象参数

1	地名			北京
2	台站位置	北纬		39° 48'
		东经		116° 28'
		海拔 (m)		31.2
3	大气压力 (kPa)	冬季		102.04
		夏季		99.86
4	年平均温度℃			11.4
5	室外计算(干球)温度(℃)	冬季	采暖	-9
		夏季	空调	33.2
6	夏季空调室外计算湿球温度(℃)			26.4
7	最热月平均温度(℃)			25.8

表3 学校冬季供暖运行费用

号	名称	满负荷测试时间段 (2001.12.15-2002.1..11) 计27天			正常运行时间段(2002.1.12-2003.3.31)						室内平均温度 (℃)
		系统耗电(度/日)			系统耗电(度/日)			折算冬季供暖费 (4个月计120天) (元/平方米)			
		机房日 平均用 电量	风机盘管日 平均用电量	合计	机房平 均用电 量	风机盘 管日平 均用电 量	合计	按实交 电费标准 0.53元/度 计算	按原规定 电费标准 0.393元/度 计算	按新优惠 电费标准 0.2元/度 计算	
1	食堂	2000	100	2100	1070	54	1124	16.2	12.0	6.1	23
2	男生宿舍	2585	129	2714	1976	99	2075	20.9	15.5	7.9	23
3	女生宿舍	2459	123	2582	1710	86	1796	18.1	13.4	6.8	23
4	中学楼	2081	104	2185	1300	65	1365	13.8	10.2	5.2	22
5	小学楼	2763	138	2901	1363	68	1431	9.9	7.3	3.7	22
6	办公楼	2296	115	2411	1258	63	1321	12.5	9.3	4.7	22
7	科技楼	1389	70	1459	686	34	720	8.6	6.4	3.3	19
8	体育馆 (层高13米)	2573	129	2702	2347	117	2464	28.5	21.1	10.8	游泳馆28 体育馆28
9	教师宿舍	3800	198	3998	3150	152	3302	17.5	12.97	6.60	21

表 4 其它部分行业工程实例

序号	名称	用途	建筑面积m ²	地址	备注
1	苹果园金泰阁	住宅	14130	北京市石景山区苹果园	单体建筑
2	海淀区人民政府楼	办公	57400(单体)	北京市海淀区	单体建筑
3	海淀外国语实验学校	学校	62851	北京市海淀区	
4	星明湖度假村	宾馆	14000	北京市大兴区	
5	某档案馆	档案馆	13065	北京市	单体建筑
6	中关村科技会展中心	展览馆	10000	北京市海淀区万柳	单体建筑
7	金四季购物中心	商业	116000(单体)	西北四环	单体建筑
8	北京老年病医院	医院	28300	北京市海淀区温泉镇	
9	久智光电子材料科技有限公司	工厂	16700	河北省廊坊市	
10	国家大剧院	景观	30000	人民大会堂西侧	景观水池温控
11	昌平污水处理厂	污水热能综合利用	4551	北京市昌平区	
12	西藏商住楼	办公、住宅	13394	西藏拉萨	