

地源热泵土壤源换热器的施工技术

程金明, 王巧真

(华北电力大学能源与动力工程学院, 北京 102206)

摘要:地源热泵(Ground Source Heat Pump, GSHP)作为最有发展潜力的热泵技术在各级政府的积极推介下发展迅速,但由于地源换热器施工安装成本高,技术的发展遇到了很大的阻力。探讨了土壤源换热器施工技术和土壤源换热器的热平衡问题,力图提高土源换热器施工技术,降低地源热泵成本,促进该技术的推广应用。

关键词:地源热泵;土壤源换热器;岩土钻掘;施工技术

中图分类号:TU832.1⁺9;P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)07-0025-03

Construction Technology of Soil Source Heat Exchanger of Ground Source Heat Pump/CHENG Jin-ming, WANG Qiao-zhen (North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: GSHP (Ground Source Heat Pump) is one of the most potential technique for heat pump, but the high cost of installation hinders its development. This article discusses the construction technology and the thermal balance of soil source heat exchanger, trying to improve the construction technology of soil source heat exchanger and reduce cost of ground source heat pump.

Key words: ground source heat pump; soil source heat exchanger; rock & soil drilling and tunneling; construction technology

地源热泵(Ground Source Heat Pump, GSHP)是具有广阔发展前景的节能技术。它的起源可以追溯到1912年瑞士人佐伊利(H. Zoelly)提出的关于利用土壤作为热源的专利设想。对地源热泵大规模的应用直到二战结束以后,在欧洲和北美逐渐兴起。近年来,随着化石燃料价格的不断攀升,该技术逐步得以推广应用。地源热泵在我国的研究与应用仅仅几年的时间,但发展形势良好。以北京市为例,市政府为减少一次能源消耗,降低城市污染压力,自2004年起积极推广该技术,计划2006年至2010年每年将500万m²的建筑物改造成地源热泵供暖。但是,制约地源热泵技术推广难度大的主要原因是地源换热器成本高,而且根据不同的地质条件,需采用不同的岩土钻掘技术,成本变动范围很大。地源热泵推广企业主要从事于设备安装,对地源换热器主要涉及的岩土施工技术不太熟悉,也是该技术推广的难点之一。

1 地源热泵及其原理

地源热泵是利用地下土壤、地下水温度相对稳定的特性,冬季通过消耗少量的高位能量(电能)把土壤储存的低品位热能转移到需要供暖的室内;夏

季则将室内的热量转移释放到土壤中,从而达到冬季供暖、夏季制冷的目的。地源热泵不需要燃用化石燃料,可以部分替代传统的锅炉、水冷机组等空调冷热源,达到降低化石燃料消耗量、减少温室气体排放、减轻城市大气污染压力、减少运行成本的目的。地源热泵的工作原理参见图1。

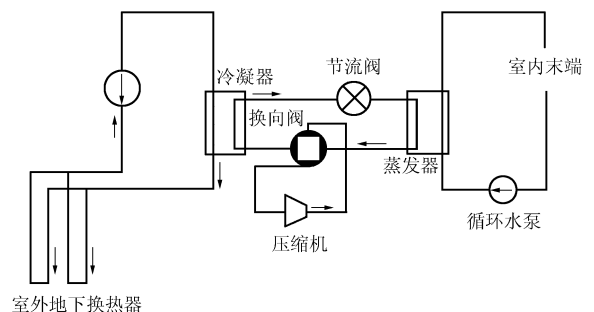


图1 地源热泵系统工作原理

2 土壤源换热器

土壤源换热器(Borehole Heat Exchanger, BHE)是土源热泵系统的关键设备,直接影响系统的初投资、运行成本。土壤源换热器依据埋管型式分为水平埋管式和垂直埋管式。

水平埋管将换热管埋在地表下1.5m左右,换

收稿日期:2007-01-10

作者简介:程金明(1962-),男(汉族),北京人,华北电力大学教研室主任、副教授,工程热物理专业,硕士,从事热能动力工程、暖通空调、岩土工程方面的教研工作,北京市昌平区朱辛庄,(010)80798713,cjm@ncepu.edu.cn。

热管可以串联、并联,也可以是螺旋方式。水平埋管施工简单,成本低廉,但受外界气候的影响较大,需要占用较大的场地,适宜场地开阔的项目。在城区,水平埋管式土壤源换热器的使用受到了很大限制。

垂直埋管换热器换热管一般埋置深度 50~100 m,基本不受大气环境的影响,占地面积小,使用寿命长,无运行维护费用。但其设计受所在场地地质水文条件的影响较大,施工前需进行场地的水文地质条件勘察,针对不同地质条件制定相应的钻孔技术路线。视水文地质条件不同,施工安装费用较高且变化较大。本文主要介绍垂直埋管换热器。

垂直式热交换器主要有单 U 形管和 U 形管两种构造型式,图 2 给出了其中几种。几种集中构造中最普通的是图 2(a)所示的每个竖井中布置单根 U 形管热交换器,各 U 形管作并联同程连接。另一种构造方式是每个竖井中布置 2 根 U 形管热交换器,如图 2(b)所示。图 2(c)表示的是一种由 2 个竖井组成一个环路的布置方式。在预布置时,各竖井间的间距定为 6~8 m,是为了保证在大多数情况下各竖井间的相互热干扰和长时间后的热积聚可以忽略不计,也可以保证此后确定的竖井的各种条件满足设计要求。

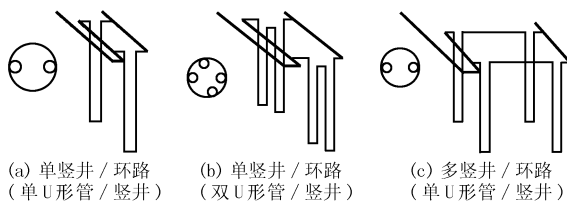


图 2 垂直式热交换器典型环路构造

虽然双 U 形管/竖井构造的热交换器比单 U 形管/竖井构造的热交换器每冷墩需要更多的管道,但是,因少钻井而节省的费用完全可以补偿管道数量加倍导致的费用增加。并联管路垂直式热交换器与串联管路垂直热交换器相比,U 形管管径可以更小,从而可以降低管路费用、防冻液费用。由于较小的管路更容易制作,人工费用也可能减少。如果 U 形管管径的减小使竖井直径也相应变小,钻孔费用也能相应降低。并联管路热交换器同一环路集管连接的所有竖井的传热量是相同的,而串联管路热交换器每个竖井的传热量是不同的。

3 地源热泵发展的困境

地源热泵无疑是低污染、低运行成本的建筑节能技术,虽经各方努力,但它的发展速度缓慢。制约

地源热泵技术的发展“瓶颈”有:(1)初投资高,主要是地源换热器施工成本高(占总成本的 20%~40%),尤其是在地质条件复杂的场地;(2)需依据不同的地质条件制定相应的岩土钻掘施工技术;(3)地源换热器施工周期长,施工受环境影响较大;(4)热泵供暖热水温度较低(热泵供暖出水温度高时不但导致压缩机进排气压差大,导致压缩机噪声增大、寿命降低,而且系统 COP 值低,经济上不合理),末端不易采用散热器。总之,研发高效低成本的地源换热器岩土施工技术是促进地源热泵发展的根本方向。

4 地源热泵的施工技术

地源换热器的施工技术的关键是依据不同的水文地质条件制定相应的施工工艺、选择合理的施工设备,进行垂直孔($\varnothing 130 \sim 150$ mm,深 80~100 m)的成孔、注浆。

地源换热器垂直孔的施工和传统的岩土工程施工目的不同,不能照搬岩土工程中现成的施工技术。岩土工程中施工这种规格的钻孔的目的主要是在岩土勘察领域,目的是查清所在场地的地质条件,钻孔过程中主要进行取样、标贯试验、水位测试工作,终孔后该孔即废弃。

依据目前国内外岩土钻掘施工设备、技术水平,结合近年来我们在岩土工程领域和土源热泵的施工经验,笔者根据不同的场地水文地质条件,将土源换热器成孔技术归纳如下。

(1)第四系沉积层、海相沉积层:以粘性粉土、粉性粘土为主,夹杂细~粗砂层土、粒径较小且较薄的砂卵石地层。

建议采用的工艺为泥浆护壁成孔正循环钻进;钻具宜采用硬质合金钻头;施工设备可选择水文水井钻机,XY-1、XY-2 型地质钻机,锚固钻机等。

施工中注意的问题:在这类地层中,一般情况下施工速度较快,应视地层情况控制循环泥浆的密度在 1.1~1.25 kg/L,泥浆密度太小容易塌孔,过大则易造成缩孔而使换热管不能顺利插入的事故。

(2)一般第四系沉积层:以粘性粉土、粉性粘土为主,夹较厚的砂卵石地层。

建议采用的工艺为泥浆护壁、套管护壁钻进;可选用牙轮钻头或金刚石钻头;施工设备可选择水文水井钻机,XY-1、XY-2 型地质钻机。

这类地层的施工难点是如何顺利穿过砂卵石层。用牙轮钻头虽然成孔速度较快,但施工成本高,

牙轮易损坏,泥浆密度控制不好易发生钻具埋在孔内难以提出的事故。金刚石钻头套管钻进需分级开孔,钻进效率较低。

(3)一般覆盖层、强风化基岩。

宜采用牙轮钻进、金刚石钻进或气动潜孔锤钻进;施工设备可选用水文水井钻机、地质钻机、锚固钻机、高风压空压机。

当岩石风化程度大时,尽量采用消耗小、成本低的牙轮钻进。也可以在开孔时采用普通钻具钻进,入岩后用牙轮或风动潜孔锤钻进。

(4)一般覆盖层、弱风化、微风化基岩。

宜采用气动潜孔锤钻进。施工设备选用水文水井钻机、地质钻机、锚固钻机、高风压空压机。

这种地层下,开孔时要下护孔套管,进入到稳定地层后,再采用气动潜孔锤钻进。当孔较深时,需采用排气压力 1.5~2.0 MPa 的高风压空压机,配套使用高风压潜孔钻具。钻进时要控制进尺速度,保持孔内钻渣的顺利排出,防止卡钻、掉钻事故发生。当地下水位较高时,慢开慢关风阀,防止钻渣进入到潜孔锤内,损伤潜孔锤内活塞。

当砂卵石层含砂率低、密度高、粒径大时,无论是采用金刚石钻进还是牙轮钻进,钻进效率都较低,而且材料消耗大。当覆盖层松散或岩石中孔隙较大时,易发生塌孔、钻杆折断、钻具脱落、漏风、漏浆等

钻进事故。上述两种情况将导致施工成本急剧增大,施工周期增长。

5 结语

综上所述,地源换热器孔径小、孔较深,目前使用的钻探设备主要是勘察和水文水井钻机,勘察设备以取心为主,钻进能力较弱,水文水井钻机以大口径水井为主,设备笨重。因此需开发适用于地源换热器成孔的高效钻探设备和配套的钻具,提高工效、降低工程造价。其次,所在场地的水文地质条件不但影响地源换热器的设计,更对其成本影响甚大,在项目决策过程中要加以重视。最后,在复杂的水文地质条件下,土源换热器施工成本将大幅度增加,降低施工成本是地源热泵推广关键之一。

参考文献:

- [1] 徐伟,等译.朗四维,校.地源热泵工程技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [2] 郑秀华,程金霞,郑伟龙.地源热泵技术应用及施工方法的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(3).
- [3] 李元旦,张旭.土壤源热泵的国内外研究和应用现状及展望[J].制冷空调与电力机械,2002,(1).
- [4] 庄迎春,孙友宏.地源热泵地下直埋式换热器的施工[J].探矿工程,2002,(3).



中国桩机钻机网和多家媒体均建立了信息共享合作关系,涵盖国内最完整的设备制造商,各基础工程施工单位信息资料数据库体系,收录行业发展情况,政策,服务和行业动态信息等。

- 地质勘探机械
- 工程及钻井机械
- 非开挖设备
- 桩工机械
- 石油钻井机械
- 隧道掘进机械

<http://www.zjzjcn.com>

地址:北京朝阳区南磨房路37号华腾北塘商务大厦2308室

电话:010-51908782/3

传真:010-51908780

E-mail: alanzjzjcn@163.com; nvday@163.com

加入中国桩机钻机网

多一条交易渠道,多一份收获!