

一种寒区地温能高效换热器的研制

李寿臣, 祁福利, 薛 军, 张孟才, 李祥龙

(黑龙江省九〇四水文地质工程地质勘察院, 黑龙江 哈尔滨 150027)

摘要:随着近年来地温能开发利用的不断发展,地源热泵系统关键部分的换热器的形式和种类也在增加。与此同时,在寒区地温能开发利用方面,由于传统换热器在结构设计及使用上的一些缺陷,使寒区地源热泵系统很难达到设计工作目标,急需研制一种适应寒区地温能采集的经济、高效的换热器。因此,根据寒区地质条件特点和对换热器的性能要求,研制了一种寒区地温能高效换热器。介绍了该换热器的结构形式、技术参数、安装应用等情况。

关键词:地温能;换热器;寒区

中图分类号:TU833 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2016)10-0275-03

Development of Geotemperature Energy Heat Exchanger in Cold Regions/LI Shou-chen, QI Fu-li, XUE Jun, ZHANG Meng-cai, LI Xiang-long (Heilongjiang 904 Hydrogeological and Engineering Geology investigation Institute, Harbin Heilongjiang 150027, China)

Abstract: With the continuous development and utilization of geotemperature energy in recent years, heat exchanger, as an important unit of ground source heat pump system, its style and type are increasing rapidly. At the same time, in the field of geotemperature energy exploitation in cold regions, due to some defects of traditional heat exchangers in the structural design and the use, the ground source heat pump system in cold regions can hardly reach the design goal. So it was urgent to develop an efficient and economical heat exchanger suitable for geotemperature energy collection in cold region. On the basis of the geological conditions in cold regions and the performance demands of heat exchanger, an efficient geotemperature energy heat exchanger for cold regions is developed. The paper introduces this heat exchanger about its structural style, technical parameters, installation and application and so on.

Key words: geotemperature energy; heat exchanger; cold regions

0 引言

地温能是一种清洁、环保的绿色能源。近 10 多年来,地温能应用技术在国内外取得了快速的发展,尤其是在利用地源热泵系统开采地温能对建筑物进行供暖和制冷技术领域取得了显著成果。各国政府都出台了一系列鼓励政策,支持地温能应用技术在当地的推广,目前地温能的开发利用也将为我国节能减排做出重要贡献。

地源热泵是一种利用地下浅层地热资源(也称地能,包括地下水、土壤或地表水等)的既可供热又可制冷的高效节能空调系统。地源热泵通过输入少量的高品位能源(如电能),实现低温位热能向高温位转移。因此,近十几年来,地源热泵空调系统在北美如美国、加拿大及中、北欧如瑞士、瑞典等国家取得了较快的发展,中国的地源热泵市场也日趋活跃,可以预计,该项技术将会成为 21 世纪最有效的供热

和供冷空调技术之一。

黑龙江省地处高寒地区,限于自然地理环境采暖期 6~7 个月,能源结构中基本以煤炭资源支撑为主,排放的烟尘和废渣严重污染环境,形成了典型的煤烟型污染的大气环境特点,环保压力巨大。

黑龙江省地温能资源较为丰富,尤其是松嫩平原、三江平原地区,地温梯度达 2.9~3.1 °C/100 m,具有巨大的开发潜力。但由于寒区地温能开采技术的限制,使黑龙江省地温能资源一直未得到有效利用,很多企事业单位进行了尝试,但由于种种原因成功的案例较少。因此,开展寒区地温能应用技术研究,对于改善黑龙江省能源结构,节能减排具有重要的现实意义。

1 问题的提出

传统的地源热泵系统在我国南方地区得到成功

收稿日期:2016-06-25

作者简介:李寿臣,男,汉族,1963 年生,院探矿厂总工,机械设计专业,硕士,从事地质探矿机械设计、制造和技术管理工作,黑龙江省哈尔滨市松北区中源大道 2299 号,sc_lsc@163.com。

的应用,但在黑龙江省并不完全适用,我省传统埋管换热器地温能开发案例证明,在工作区主要岩性为粉质粘土、中粗砂互层,下伏基岩岩性为泥质粉砂岩、泥岩,具有良好的保温隔热作用。受地质条件限制当换热器埋置深度小于200 m时,地温10~12℃,地源热泵系统很难达到设计工作目标。

其主要原因是目前的寒区地源热泵系统,由于其换热器结构设计缺陷,普遍存在换热器与岩土接触不紧密,换热面积小,循环液软管易破损的问题,造成埋管强度低(小于1.6 MPa)、埋置深度浅(小于200 m)、换热效率低。制约了寒区地温能的开发利用和推广。

为此,我院创新研究寒区地温能采集系统,针对寒区地源热泵系统现行埋管换热器导热性能差、换热效率低、与岩土接触的换热面积小、下管深度较小、循环液软管易破损、占地面积大等问题。通过改变换热器结构、材料、流体循环模式等方式,在大量实验的基础上研发出一种适应寒区地温能采集的经济、高效的换热器。该换热器具有抗压强度大、换热效率高、便于安装、可修复等优点,解决了困扰我省地温能开发的技术“瓶颈”,并组织研究采用新型的钻探设备及工艺,使其具有成本低、钻进速度快、灵活便捷的特点,为地温能应用技术推广提供了经济方面的支撑。弥补了传统技术的不足,对寒区地温能开发利用具有十分重要的意义。

2 设计要求及技术参数

2.1 设计要求

地下埋管换热器是地源热泵系统的关键组成部分,其选择的形式是否合理,设计得是否正确,关系到整个地源热泵系统能否满足要求和正常使用。主要设计要求如下:

- (1) 满足寒区地温能提取要求,适应中深层地温能开采;
- (2) 提高换热效率,减少孔数和占地面积,降低造价;
- (3) 具有高效、安全、可修复和适应性强的特点。

根据以上要求及黑龙江省地质情况,经过调研论证,当深度达到400 m时,哈尔滨地区地温为16~18℃。结合目前国内埋管成井施工特点,寒区地温能高效换热器设计目标主要是针对基于埋管深

度大于400 m的换热器。

2.2 主要技术参数

换热器主要设计参数为:设计深度≥400 m,换热管径114 mm,内芯管径50 mm,单孔取热能力20~25 kW,工作介质为纯净水,循环方式为正/反循环。

寒区冬季地温低,地下埋管进水温度一般较低,因此一般均可根据需要使用防冻液(①盐类溶液——氯化钙和氯化钠水溶液;②乙二醇水溶液;③酒精水溶液等)。

2.3 单孔换热功率估算

本换热器主要是将6℃的水体沿外管内壁灌入地下,再由内管抽取循环至地上换热系统中,然后将冷却的水体循环灌入地下换热系统中,形成一个循环的换热系统。

根据《浅层地热能勘查评价规范》(DZ/T 0225—2009)中地热能计算公式:

$$Q_h = q_w \Delta T \rho_w C_w \times 1.16 \times 10^{-5}$$

式中: Q_h ——换热功率,kW; q_w ——地下水换热利用量,取120 m³/d; ΔT ——地下水利用温差,对于400 m取热孔,注水温度6℃,出水温度以14℃计(取200 m地温12℃和400 m地温16℃的平均值得),温差为8℃,具体出水温度,应根据实际试验温度予以给定; ρ ——水的密度,取1000 kg/m³; C_w ——水的比热容,取4.180 kJ/(kg·℃)。

经计算得:单孔换热功率为61.09 kW。按照能量换热率为40.39%进行计算,换热功率为24.67 kW。项目实际具体的换热流量和温度应根据热响应试验予以确定。

3 总体结构及安装

3.1 总体结构

寒区地温能高效换热器为采用垂直埋管套管型埋管换热器,总体结构形式为外壁管为金属管螺纹连接,内芯管采用具有一定保温性能的塑料管(PB)热熔连接。工作介质为纯净水,正/反循环,并适应循环水泵的扬程和功率。

换热器外壁管螺纹设计是基于API5CT和API5B标准的要求进行的,主要技术参数参照石油套管技术参数确定,其基本技术参数为:

- (1) 外壁管规格为 $\varnothing 114 \text{ mm} \times 6.35 \text{ mm}$,管端螺纹为API短圆螺纹;

(2)管体材质为 20 无缝钢管,热处理为供货状态,20 钢的屈服强度 $\sigma_s \geq 245$ MPa,拉伸强度 $\sigma_b \geq 410$ MPa,许用应力与材料强度接近 API5CT H40 钢级的水平;

(3)接箍手紧紧密距牙数 $A = 3$;

(4)螺距 $P = 3.175$ mm,螺距累计误差 $\nabla \pm 0.15$ mm;

(5)在每端 1.5 m 长度范围内的偏离距离 $\nabla 3.18$ mm;

(6)接箍上紧,除订单上规定或单独运输外,所有套管接箍应上紧到管体上,拧紧前,应在接箍或管子螺纹的整个啮合面表面上涂上螺纹脂;

(7)当管子带螺纹和接箍供货时,现场端和接箍应带上螺纹保护器。

寒区地温能高效换热器总体结构如图 1 所示。

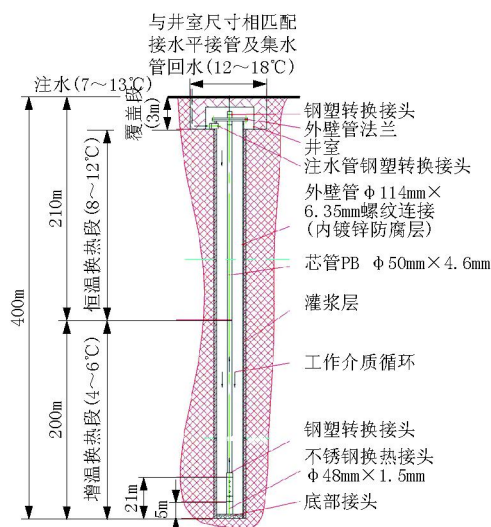


图 1 寒区地温能高效换热器总体结构图

3.2 高效换热器的安装

室外高效换热器埋管系统是保证机组系统平稳运行的一项基本条件,施工之前应首先做好现场勘查工作。根据现场地质勘查资料、换热器技术资料及业主对工程的要求制定安装方案。

3.2.1 放线、钻孔

将地热换热器设计图纸上的钻孔的排列、位置逐一落实到施工现场,孔径要适当,必要时孔壁应固化。到达设计深度后随即冲孔排渣,直到孔内岩粉岩屑排除干净,此时已具备提钻下管条件。

3.2.2 下管

提吊外壁管,外壁管采用丝扣连接,依照顺序将

外壁管逐根连接牢固后下入。保证外壁管两端中心同轴,确保连接牢固,不渗水,连接牢固并保证轴心同线,并采取防止上浮的固定措施。

3.2.3 下芯管与清洗

内芯管在现场组装后下入外壁管内,下管后应对高效埋管换热器进行冲洗。然后将芯管两个端口密封,以防杂物进入。

3.2.4 试压

下完外壁管及芯管之后必须进行试压,确保无泄露。试验压力为 1 MPa,在试验压力下,稳压至少 2 h,压力不降,不渗不漏,则认为合格。另外,高效埋管换热器与环路集管装配完成后,回填前应进行第二次水压试验。

3.2.5 回填

封井材料为膨润土、细砂和水泥的混合浆,坚硬岩石宜采用水泥基料灌浆。回填物中不得有大粒径的颗粒,回填过程必须缓慢进行,以保证充实度,减小传热热阻。

3.2.6 井室安装

管口法兰紧固后,安装预制井室。应预留外接管、集水管接口。水平连接管为 PE 管外加保温层。热熔或电熔连接。

3.2.7 连接分、集水管

连接水平接管,埋地高效换热器管环路之间应并联且同程布置,换热器抽、回水管两端应分别与原系统的供、回水管路集管相连接。连接完成后进行系统清洗。

3.2.8 回填覆盖层

上述工作完成后需对照设计图纸对系统进行检查,发现问题及时整改,合格后回填覆盖层。

4 应用情况

寒区地温能高效换热器在完成了产品结构设计后,参照标准《套管和油管规范》(API5CT)和《套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范》(API5B)的相关要求,进行了小批量试生产,经检验换热器各项技术指标均能满足设计要求。

近期,受黑龙江省地质矿产局委托,我院在黑龙江省哈尔滨市松北区规划路 36 号与规划路 157 号交汇处南侧的 2477 m² 的范围内,将要开展寒区

(下转第 286 页)

2016年1月5日进行了第二次修正,标志着我国矿山地质环境保护已经走上了法制化道路,但是实际执行过程中,是否真正做到“有法可依,有法必依,执法必严,违法必究”,还有待于验证。

4 结语

随着时间的推移,平邑石膏矿地面大直径钻孔救援的轰轰烈烈的救人场面,早已归于沉寂,被困人员成功升井的那一幕激动人心的画面,也总有一天会慢慢从人们的脑海中淡化远去,留给人们的是无尽的思考。亡羊补牢也好,未雨绸缪也罢,对于大直径钻孔救援技术的探索,应该永不停止;对于救援设备不断地研发、改进,应该永不停止;对于矿山应急救援体系的标准化建设,应该永不停止;对于矿山地质环境灾害如何更好地进行预防、治理的研究,更应该永不停止。我国矿山具有基础差、分布广、种类多的特点,由于管理、技术、效益等方面尚未成熟,在矿产开发过程中存在较多的安全隐患,特别是闭矿后留下的矿坑、尾砂库和采空区塌陷等问题严重威胁了周边居民人身财产安全。因此,对矿山地质灾害这种人为带来的安全隐患必须高度重视,地灾防治需从根本上治理,才能防患于未然。将资源开发与环境保护、矿山安全与环境科学两两相结合,采用岩

土工程、采矿工程的新技术、新理论、新方法,完善采矿工艺和安全措施,才能有效降低地质灾害隐患,避免安全事故和生态破坏,为“绿色矿山”早日实现做出应有的贡献。

参考文献:

- [1] 刘建伟.我国近十年来矿山环境保护的回顾与思考[J].水文地质工程地质,2009,(6).
- [2] 高树志,丁继新,初娜.矿山地质灾害评估与治理工作思路探讨[J].中国矿业,2014,(8).
- [3] 岳境,姜国虎,张元彩.矿山开采引发的地质灾害及其治理方案初探[J].资源环境与工程,2006,(10).
- [4] 蒋德献.我国矿山应急救援体系的建设现状及对策[J].中国高新技术企业,2014,(22).
- [5] 李亮.旋挖钻机在平邑石膏矿坍塌事故大直径救生孔钻进中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5).
- [6] 李亮,石燕霞.建筑桩基技术规范修订实施以来的若干思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5).
- [7] 李亮,王天放,曲守全.旋挖成孔工艺在黔东某电厂桩基工程中的实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(9).
- [8] 李亮.关于桩与深基础施工技术发展创新的思考[J].地质装备,2015,(6).
- [9] 中国地质调查局.水文地质手册(第二版)[M].北京:地质出版社,2012.
- [10] 刘文峰,肖卫国.山东梁山石灰岩矿区矿山地质环境保护与恢复治理[J].山东国土资源,2015,(5).

(上接第277页)

地温能应用技术研究示范工程项目。本项目工程包括钻探施工、成井工艺、套管换热器安装、井口处理等。其中换热器将采用我院研发的寒区地温能高效换热器。

该换热器已获得国家知识产权局授予的实用新型专利,专利号:ZL 2015 2 0583140.6。

5 结语

研制的寒区地温能高效换热器,给出了一种寒区地温能开发利用的较简单实用的能量采集系统解决方案。采用该寒区地温能高效换热器设计安装方案,可以满足换热器总体设计原则和寒区地温能采集的实际需求。在技术上是可行的。目前,该方案在管材和钻孔成本等方面,尚存在资金投入较高、资金回收期较长的问题,还有待采取相应的措施进一步降低成本。

下一步将通过开展寒区地温能应用技术与示范工程项目的实施,进一步改进优化,使研制的寒区地温能高效换热器结构参数更加合理,成为一种满足寒区地温能采集的经济、高效的换热器。

参考文献:

- [1] 李悦,关铎.我国地热资源开发利用优势对比分析[J].水文地质工程地质,2011,(6):1-3.
- [2] 丁勇,李百战,卢军,等.地源热泵系统地下埋管换热器设计[J].暖通空调,2005,35(3):86-89.
- [3] 王欣,俞亚男,高庆丰.地源热泵垂直套管式换热器传热研究[J].暖通空调,2005,35(6):16-19.
- [4] API spec 5CT,套管和油管规范[S].
- [5] API SPECIFICATION 5B,套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范[S].
- [6] GB 50366—2009,地源热泵系统工程技术规范[S].
- [7] DZ/T 0225—2009,浅层地热能勘查评价规范[S].
- [8] 张燕立,张新发,由世俊.埋管地源热泵系统设计中几个问题的看法[J].制冷与空调,2007,7(5):74-77.