

# 地源热泵供暖空调系统施工工艺要点分析

高守胜

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450000

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16067

**[摘要]** 地源热泵供暖空调系统能够有效降低空调能耗和污染,具有更好的节能性和环保性。本文对地源热泵供暖空调系统的施工工艺流程进行详细分析,全面梳理预制PE管的制作与防护、钻孔成井的地质勘察及钻机选用、PE管下管的浮力应对与保护、灌浆回填的材料配比及工艺、水平管沟开挖与回填要求、水平管连接方式、土壤温度数据采集系统设置以及室内热泵机组、水泵、机房通风空调与水系统、保温工程等各环节的施工技术要点,以供参考。

**[关键词]** 地源热泵; 供暖空调系统; 施工工艺; 要点分析

## 引言

建筑制冷、取暖所消耗的能耗在建筑中能耗中的占比将近50%,尤其随着现阶段建筑规模的不断扩大,建筑在夏季和冬季需要消耗大量的电能和热能用于制冷和取暖,这不仅会增加建筑能耗成本,更会污染生态环境。因此,现阶段建筑行业大力发展节能技术。传统锅炉取暖的模式已经难以满足现阶段建筑高效节能供暖需求,而通过对地源热泵供暖空调系统的探索与研究,解决了传统采暖空调模式施工复杂,耗电量大,环境污染严重等问题。结合工程实际应用情况总结形成了该施工工法。

## 1 地源热泵供暖空调系统的原理及特点

地源热泵系统作为当下常用的供暖制冷装置,其实主要是地下浅层地热能和

热泵循环实现供暖、制冷和生活热水的供应,整个制冷和取暖的过程属于热量的转移而非热量的制造。在运行过程中,其通过消耗少量的电能能够将低位热能提升为高位热能;或者反向转移热能热量到土层之中,从而实现制冷的目的。比如在夏季,地源热泵可以通过热泵将室内的热量、热水多余的能耗利用埋地管道排入地下,之后在接触土壤进行热量的扩散;而在冬季,地源热泵能够将土壤中的低温热源在转入到室内用于供热<sup>[2]</sup>。

与传统暖通空调系统相比,地源热泵具有众多优势:

(1) 地源热泵具有高效的能量转化效率,每消耗1KWh的能量,能够换取4KWh以上的制冷或者制热量。

(2) 环境效益显著。地源热泵在运行中基本不会产生任何污染,并且直接建造在居民区内,减少热量传递所产生的热损失。

(3) 地源热泵可以同时用于供暖、制冷、热水供应等多方面的功能需求,能够适用于各种不同类型的建筑场景,代替原有的锅炉和空调系统。

(4) 维护费用低。地源热泵中的大部分构件设置在地下和室内,整体机组紧凑所占据的空间较少,并且机械运动部件也相对较少,整体运行中的自动化程度非常高,运维成本相对较低。

## 2 地源热泵供暖空调系统的施工工艺流程分析

地源热泵供暖空调系统的施工工艺流程主要包括:准备施工机械、材料→钻孔成井→PE管的下管→灌浆和回填→水平管沟开挖→水平管连接→水平管沟保护回填→室内地源热泵系统安装→质量验收。

## 3 地源热泵供暖空调系统的施工操作要点

### 3.1 预制PE管

预制PE管是后续施工的基础和关键,施工前需要先做好PE管与U型弯等连接件的加工,U型弯采用热熔承插的方式,将两个90°角弯连接而成,并且其下端还需要设置保护装置,以免在施工中被破坏;竖直埋地管换热器的U型弯管接头优先选用定型成品件。U型管组的长度一般情况下需要和钻孔长度相一致,这样才能够为后续钻孔和连接施工营造良好条件,并且一般情况下上下管道中间不设置接口。在完成相关管道预制件的制作后,需要通过压力试验检测其密封性,经压力试验检测合格后需要及时对U型管的开口进行密封,以免施工中有杂物进入。

### 3.2 钻孔成井

钻孔成井质量与埋地管的安装精度和换热效果密切相关,施工前需要详细勘察地质条件,准确掌握地下设施的分

布情况,为后续钻孔作业奠定良好基础。在完成测量定位后,使用钻机钻孔,钻机就位前核对孔位并调平,同时开挖泥浆池,各钻孔口开挖明沟与泥浆池形成循环回路,杜绝泥浆在地面散流;引孔时采用直径150mm三叶钻头或岩芯管,通过泥浆护壁方式钻进,钻至基岩30cm后终孔,成孔后检查确认无垮孔情况,拆除钻杆并利用钻机下放 $\phi 146$ 套管至基岩面。引孔完成后,采用潜孔锤钻机进行后续施工,先下压套管检查是否到达基岩面,再在孔周围用木桩或防尘布搭建围栏做好防尘准备,开启中高压空压机,借助110冲击器钻进至设计深度,钻进过程中若有大量灰尘溢出,需向钻杆内加入适量清水控制岩尘飞溢;PE管下管完成后,使用专用拔管机或千斤顶松动原有146-168套管,再用钻机逐一拔出套管并清理干净,为后续工序创造条件。

### 3.3 PE管的下管

在钻孔钻好且孔壁固化后就需要及时下管,避免孔壁坍塌或积水影响下管质量,同时针对不同钻孔条件采取相应保障措施。如果孔壁稳定性较差,必须提前设置套管;而孔内积水含量较高影响管道的下放,则需要提前在U型管内注满水并将其与浆管捆绑在一起,通过有效的措施避免其上浮。下管时在孔口放置麻袋等衬垫物品,防止管道与孔口摩擦受损,影响耐压性能;埋管深度较浅且孔内地下水或泥浆水位较低时,可采用人工下管,下管困难时则借助机械作业,机械下管时需用软质塑料带绑扎U型管底部,避免机械叉直接接触管道造成损坏,且需顺着井口缓慢下放,依靠机械钻杆自重下管,不额外施加外力。当管道下放到管底后,可以通过检查压力表的压力确认下管是否成功,压力不再下降说明成功。上述施工后需要将井口处多出管道卷成圆状,并设置外保护层和警示装置。

### 3.4 灌浆和回填

在完成上述管道的安装后,需要立刻进行灌浆和回填。一般情况下采用膨润土和细砂作为混合浆液进行灌浆,但是如果换热器所处地层岩土体较硬,则需要采用水泥浆进行灌浆,以免空隙中的水在低温环境下出现冻胀低压管道。同时考虑到地层的导热系数,在施工中回填药的导热系数必须超过岩土体。当埋管深度超过40m时,宜采用机械方式进行灌浆回填,整个灌浆过程应保持连续稳定,当喷出的泥浆密度和注入的泥浆密度相同时,则说明灌浆完成。在完成灌浆后,还需要间隔12小时重新检查浆液的饱满程度,如果未达到施

工要求,需要重新人工补浆。

### 3.5 水平管沟开挖

水平沟开挖前需要先按照施工设计要求进行测量放线和找平,然后通过挖掘机开挖到相应的深度并整平,需要注意垫层必须留有相应的坡度。管沟在回填时。应采用对称回填和压实的方式,并且填料必须通过筛网过筛,删除其中的尖锐石块,如果沟槽内存在多排管道,管道的回填压实也需要与管道和槽壁之间的回填压实对称进行,并且在压实过程中高度差应控制在30cm以内;管腋部采用人工回填,回填完成后必须做到填料振捣密实。为了避免压实作业损坏管道,在回填管道两侧和顶部0.5m距离空间时,需要控制夯实的力度,禁止直接将机械设备作用在管道上方。

### 3.6 水平管连接

为了便于检修,在工程中采用非集管式将各水平管进行连接,非集管式既能够实现各管道间的有效连接,将其汇集到检查井集分水器之中,同时还可以在出现能源井泄漏时,直接关闭相应回路,而不影响其他部分的运行。地源热交换器一般宜设置成多个系统接至热泵机房,方便系统检修和调节。水管坡度应坡向土壤换热器集分水器,严禁倒坡。如果工程现场的场地相对有限,管道应采用分层铺设的方式,上下管道间还需要铺垫黄沙作为回填层,厚度在100~200mm之间,以有效避免热短路问题的出现。同时,管道还需要避免上下蜿蜒而引起管道积气,但在水平方向则需要做到蜿蜒铺设,并设置一定的空间,为管道在冷热变换下的形变预留一定空间。

### 3.7 水平管沟保护回填

水平管沟保护回填是保障水平管长期稳定运行、避免管道受外部荷载损坏的关键工序,需结合管道敷设要求与回填材料特性规范操作。在水平管完成连接且试压验收合格后,在水平沟上方铺一层黄沙保护管道,管道连接并试压验收合格再进行回填黄沙,如果在建筑物底埋管或者有其他要求时候,黄沙上面再捣一层素混凝土。回填层必须填充密实,避免出现空隙。

### 3.8 土壤温度数据采集系统的设置与施工

地源热泵系统的运行需要建立在同样温度数据的基础之上,因此需要在管道布设范围内选择相应的位置安装温度采集装置,一般情况下每个选定地点沿垂直方向间隔10m设置一个土壤温度传感器,用于采集土壤温度数据和调控地源热

泵系统的运行。

温度传感器需要固定在待下井的 PE 管段上, 并且还需要通过塑料套管保护传感器的数据线, 以免在施工中对其造成损伤。在完成传感器的定位安装和回填后, 将所有数据采集装置的总线统一连接至指定控制机房的数据接口。

### 3.9 室内地源热泵系统安装

室内地源热泵系统安装涉及多个关键环节, 以下将对各分项工程的安装施工要点进行详细阐述。

#### 3.9.1 热泵机组安装

按照设计图纸进行测量定位和设备基础处理, 然后通过地角螺栓将设备与地基基础相连接。机组找平后浇灌地脚螺栓, 待强度达 75% 以上拧紧, 再查水平度 (需 $\leq 1.0\text{mm/m}$ , 不达标则调整), 随后将垫铁焊为整体, 最后安装机组管道及附属设备材料。

#### 3.9.2 水泵安装

将水泵就位基础, 上好地脚螺栓, 确保水泵中心线与基准线吻合; 用垫铁调平底座, 水平尺检验合格后灌注混凝土。联轴器需找正, 泵与电机轴的同心度、水平度及联轴节端面间隙需符合规范。试运转时, 先单独试电机 (转动无异常、方向正确); 再手动转水泵轴 (灵活无卡阻、杂音), 装联轴器连接螺栓; 启动前关出口阀门, 启动后逐步开阀保工作压力, 检查轴承温度。

#### 3.9.3 机房通风空调系统施工

机房通风空调系统施工中, 各部件安装要求严格。镀锌钢板风管与法兰方面, 空调、新风、排气通风管均采用镀锌钢板制作并以法兰连接; 阀门安装时, 三通调节阀需确保密封与灵活调节, 防火阀、排烟阀按设计规范安装; 风口安装要保证连接严密、外观平整; 消声器设独立支架, 确保安装方向正确<sup>[3]</sup>。

#### 3.9.4 机房水系统施工

机房水系统施工涉及管件、管材管理及管道安装等多环节。管件、管材入库前, 需经监理、业主验收材质、质保书、规格型号, 外观合格后入库并标识, 隐蔽及中间工程需验收签证, 与土建装修交接办好手续。管道安装前清理内部杂物, 施工中断或完毕后封闭敞口; 组装后检查标高、坐标及附件是否符合设计, 连接平行度、垂直度达标, 关键部位做好“五防”。丝扣连接时, 套丝要检查与管件配合度, 螺纹规则, 紧固后外露 2-3 牙, 清理填料并刷防锈漆; 钢管焊接按

GB50236-98 规范, 对口留间隙、开坡口, 保证焊缝质量, 清焊渣后刷两层防锈漆, 法兰连接用 3mm 石棉橡胶垫片。分阶段进行水压试验, 系统完成后全面检查, 拆不宜试压配件换临时短管、封闭开口, 从低处灌水、高处放气, 合格后吹洗至无污垢, 做好吹扫、试压记录。管道支架用无齿锯下料, 刷防锈漆后安装, 保证间距合规、构造合理、埋设牢固, 与管道接触紧密。

#### 3.9.5 保温工程施工

保温工程施工对绝热层和保冷层施工有明确规范。绝热层施工时, 当保温层厚度 $> 100\text{mm}$ 、保冷层厚度 $> 80\text{mm}$ 需分多层, 做到同层错缝、上下压缝, 搭接长度 $\geq 50\text{mm}$ , 水平管纵向接缝避开垂直中心线 $45^\circ$ 内区域, 方形设备/管道四角用绝热制品, 角缝采用封盖式搭缝, 避免垂直通缝, 干拼缝用相近性能材料填严, 湿砌缝用同材质灰浆且需饱满<sup>[4]</sup>。保冷设备/管道的裙座、支座等附件均需保冷, 保冷层长度 $\geq 4$ 倍厚度或至垫木处, 支撑件处保冷层加厚, 伸缩缝处再保冷。除特殊规定外, 管道单独保温, 不覆盖设备铭牌, 可切喇叭形开口并密封<sup>[5]</sup>。保冷支吊托架木垫块浸沥青防腐, 设备振动部位绝热层固定件在壳体有固定螺母时, 螺杆紧固后进行点固焊。

### 结语

地源热泵供暖空调系统在建筑节能降耗中具有良好的应用效果, 能够有效降低建筑的能耗和环境污染排放。未来, 随着绿色建筑理念的深入推进, 地源热泵供暖空调系统有望在更多建筑类型中普及, 而本文总结的施工工艺要点, 也可结合不同地域地质条件与工程需求持续优化, 为推动我国建筑节能事业发展提供参考帮助。

### [参考文献]

- [1] 马明珠. 埋管地源热泵系统在怀柔雁栖镇某项目的应用[J]. 暖通空调, 2022, 52 (S1): 29-32.
- [2] 牛金花, 孙勇, 许慧萱, 等. 地源热泵空调系统在寒冷地区的适应性分析[J]. 区域供热, 2021, (05): 107-113.
- [3] 孙连华. 试论地源热泵供暖空调技术[J]. 中国新技术新产品, 2016, (01): 88.
- [4] 韩宗伟, 阴启明, 张艳红, 等. 严寒地区热泵供暖空调系统主要问题及解决方案[J]. 山西建筑, 2015, 41 (18): 123-125.
- [1] 俞强. 浅层地源热泵热交换系统应用分析[J]. 能源与节能, 2025, (05): 21-25.