

塑料管材用于干式地板供热、供冷的可行性研究

邱 林

(北京建筑工程学院, 北京 100044)

摘要 根据塑料管材的力学性能, 针对其应用于地板供热、供冷时应注意的问题, 从塑料管材使用条件、管材的选择、管壁厚度的确定、地板结构、介质作用温度及供热、供冷运行方式等方面对塑料管材应用于供热、供冷的可行性进行了探讨, 提出了一些相应措施和技术方案, 并给出了实例。

关键词 塑料管材 地板 供热 供冷 可行性 作用温度

随着塑料工业的发展, 各种耐老化、耐高温、耐高压、易弯曲和加工方便的塑料管材应运而生。塑料管材用于输送介质, 具有阻力小、便于施工安装、使用寿命长、能耗低等优点。前几年国家建设部、经贸委、质量技监局及建材局就联合下达了“关于在住宅建设中淘汰落后产品的通知”, 要求自 2000 年 6 月 1 日起, 逐步禁止镀锌钢管, 推广“以塑代钢”。此后, 各类新型管材在住宅及其它建筑中的应用越来越广, 特别是地板塑料管供热、供冷系统对低焓能源利用的独到之处, 已引起了国内有关行业的广泛关注。在地板供热、供冷系统中, 不论采用回字型还是蛇形盘绕等配管方式, 都要求布置在地板下垫层的管道有较长的使用寿命和较为简便的安装, 避免在垫层内有连接管件和管道渗漏、锈蚀及结垢现象, 塑料管是较为理想的管材。目前国内地板采暖工程几乎都用塑料管材作为通水管, 据典型工程推算, 每平方米建筑面积的管材使用量约为 $3 \text{ m}^{[1]}$ 。在地板供热、供冷中, 通水塑料管的性能和质量是至关重要的, 它直接影响着供热、供冷的实施。笔者从分析塑料管材在地板供热、供冷应用中应注意的问题入手, 探讨了管材使用条件、地板结构、介质作用温度及供热、供冷运行方式等方面对塑料管材性能的影响, 并给出实例。

1 塑料管材用于地板供热、供冷时应注意的问题

在建筑工程中, 通常要求塑料管的使用寿命达到 50 a(自然年)。塑料管的寿命取决于自身的力学性能特别是应力特性。输送压力流体的管道由于内压力的存在, 其管壁要承受环向应力(切向应力)、轴向应力和径向应力等三向应力, 处于复杂受力状态, 其中环向应力为主应力。将这三种应力综合后得到的最大应力乘以安全系数即为实际使用最大应力, 也称为许用应力。通常许用应力与管壁厚度、管径及可承受压力之间的关系为:

$$\sigma = \frac{PD}{2e} \quad (1)$$

式中: σ ——许用应力, MPa;

P ——管内压力, MPa;

D ——管径, mm;

e ——管壁厚, mm。

从塑料管材在不同温度下的环向应力等应变蠕变特性曲线可见^[2], 许用应力会随作用时间的增加而下降, 随作用温度的升高而急剧下降; 在承受相同的环向应力时, 温度越高, 寿命越短。使用寿命与温度对管材的积累破坏作用有关, 温度每降低 10°C , 使用寿命约增加 2.5 倍, 热作用使环向应力逐步下降导致发生蠕变, 以致不能满足使用压力而破坏。

管材在其使用期内不可能始终处于同一温度, 如供暖管材在非供暖期内会因水温调节而受不同温度的作用; 在供暖季节中, 水温是随室外气温变化的, 各种水温出现的时间是不相同的。因此无法从曲线上找出环向应力值, 需先按不同使用条件的温度作用频率, 合理地确定使用条件分级。根据使用条件不同将温度的综合热作用分级, 采用积累破坏计算方法得出确保塑料管材使用 50 a 的许用应力。

使用条件分级是按特定地区气候和典型使用条件计算所得的推荐性标准。ISO 10508 标准为一般压力冷热水管的使用条件建立了一个分级体系, 即将各种复杂使用情况进行统计, 用正常操作温度 t_0 、最大操作温度 $t_{\max}$ 和异常温度 t_m 3 个温度—时间分布归纳成 5 种常用的使用条件, 同时要求每一级别必须适用于输送 20°C 、操作压力 1.0 MPa 的水, 达到 50 a 的使用寿命。

再者是管材的纵向线性膨胀问题。管材受热有较大纵向膨胀时, 管道就会变形, 纵向膨胀受限就会

产生内应力,故在强度计算时需考虑安全系数。

几种地板供热、供冷常用塑料管材的主要性能比较见表 1。

表 1 几种常用塑料管材主要性能比较

管材	许用环向应力	线胀系数	导热系数
交联铝塑复合 (XPAP) 管	4	1	4
聚丁烯 (PB) 管	3	2	1
交联聚乙烯 (PE-X) 管	2	4	3
无规共聚聚丙烯 (PP-R) 管	1	3	2

注:表中数字从小到大表示性能从弱到强。

2 塑料管材用于地板供热、供冷的可行性探讨

2.1 使用条件分级的确定

按照 ISO/DIS 10508 中的使用条件分级标准^[3],对于北京地区一般的低温热水地板辐射供暖工程,确定为 4 级(见表 2),即在 50 a 使用周期中,运行温度 40℃共历时 20 a、60℃共历时 25 a、70℃共历时 2.5 a、100℃的意外运行条件不超过 100 h,显然是十分安全可靠的。

表 2 地板采暖塑料管材使用条件

使用条件分级	正常工作条件		最高工作条件		故障工作条件		应用范围
	$t_0/℃$	时间/a	$t_{max}/℃$	时间/a	$t_m/℃$	时间/h	
4 级	40	20	70	2.5	100	100	地板采暖
	60	25					

地板采暖塑料管用于夏季降温,主要是从提高设备利用率、节约能源、共用热泵为冷热源等方面考虑,为避免结露,地板供冷时水温不能太低,一般在 15~20℃,因此,供冷对塑料管材没有特殊要求。

2.2 管材选用与管道结构尺寸的确定

在工程中,选用的管材并不是环向应力越高就越好,而是应根据具体的使用情况,按分级标准选择合适的管材。通常环向应力越高的管材,价格也越贵。当使用温度、工作压力不高时,可以选用许用应力较小的管材,既满足要求又节省资金。

管道壁厚的确定主要取决于管壁承受的应力。由(1)式看出,在壁厚的选择中,主要是计算 D/e 值。当管道承受同样的环向应力时, D/e 值越大,承压能力越小,即外径相同时,壁厚与承压能力成正比;壁厚相同时,外径与承压能力成反比。管材的壁厚太大时则不易弯曲,太小则说明还有选择耐温性差管材的余地。另外还要考虑施工和运输等不利因素,管壁厚度可留有一定的余地。

2.3 地板供热、供冷的结构

在地板结构方面,国内外现行地板供热、供冷多

采用将管道埋设在地面混凝土内的湿式做法。为了探索适应我国各类建筑的需要,考虑采用将塑料管直接暴露在结构层中的干式做法^[4]。由于干式地板结构取消了混凝土填埋层,可缓解管材纵向膨胀转化的内应力,对管材使用寿命有利,同时,还可以避免因加热造成填埋层出现的开裂问题。

2.4 介质作用温度与运行

介质作用温度越高对塑料管材的许用应力越不利,因此在满足供热、供冷要求的前提下,供热时一般以 40~55℃为宜,供冷时一般以 15~20℃为宜。

从供热、供冷运行情况看,适宜地调控间歇采暖方式,不仅节约能源,而且有利于延长管材的使用寿命。从使用寿命的角度讲,采用改变循环水量的量调节方式更好些。量调节可保持恒定的水温,适于集中供热。对于独立采暖的用户来说,宜采用改变供水温度与改变水量相结合的调控方式。对于改变循环水温,设定的温度既要避免间歇供暖电磁阀的频繁开启又要尽量减小温度波动,以减弱温度急剧变化对管材带来的负面作用。

3 实例

试验采用冷水或热水作介质,工作压力较低,要求管材的许用应力不高,综合各种因素,选择 PE-X 管材,其性能参数见表 3,根据许用环向应力 4 级确定管材壁厚。

表 3 交联聚乙烯管参数

公称外径 / mm	壁厚 / mm	密度 / $g \cdot cm^{-3}$	导热系数 / $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	线胀系数 / K^{-1}	弯曲弹性模量 / GPa
20	2	0.96	0.41	0.20	0.6

注:许用环应力为 4 级。

在地板结构方面,采用一种将通水管直接置于地面基层保温层、托梁与地面装饰层之间,管路周围不填充任何混凝土的封闭夹层干式地板结构。地板铺设方式见图 1。

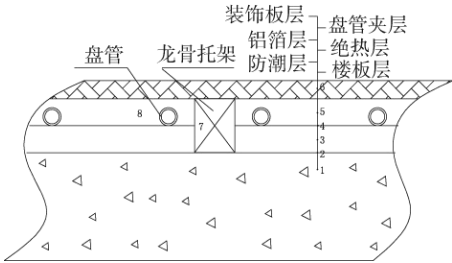


图 1 地板供热、供冷结构示意图

在楼板基层上先用水泥砂浆找平,按要求等间距铺设规格为 40 mm×60 mm、经干燥的实木制龙骨托梁,在龙骨之间添置高强度、密实性好、厚度为

20 ~30 mm、导热系数为0.04 W/(m·K) 的聚苯乙烯绝热板(板上表面复合一层合金铝箔反射层), 然后将每根长度大于 50 m、外径 20 mm、壁厚 2 mm、导热系数 0.41 W/(m·K)、密度大于 0.94 g/cm³ 的 PE-X 管按双回字型方式(见图 2)布置于绝热层上及龙骨凹槽中,用塑料卡钉将盘管与保温层固定在一起。最后将带锁扣的实木(竹木)装饰板覆盖在龙骨托梁上。

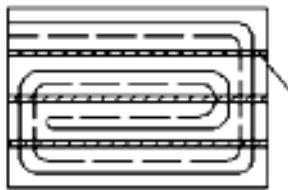


图 2 地板盘管盘绕方式示意图

实验系统主要由冷、热源系统,测试、计量和调控系统,水力系统及试验段等组成。采用间歇采暖运行模式,利用可切换的多通道数据采集系统进行全天 24 h 的数据处理。在供热水温 40 ~60℃、供冷水温 15 ~18℃、供水流量 3 ~7 L/min 的若干不同情况下进行了试验测试^[5],部分测试数据见表 4。供水温度对地板表面温度的影响见图 3。间歇采暖运行温度变化曲线见图 4^[6]。

表 4 部分试验测试数据

项 目	测试序号				
	1	2	3	4	5
管间距/mm	130	260	130	130	260
流量/L·min ⁻¹	7	7	5	7	5
室外温度/℃	-6.84	-5.48	-6.14	-5.82	-5.91
室内温度/℃	17.3	17.6	20.2	19.4	18.9
供水温度/℃	40	50	55	50	60
回水温度/℃	35.9	49.4	49.1	44.6	53.3
地板表面温度/℃	21.7	22.5	24.9	24.4	23.8
墙面平均温度/℃	16.7	17.2	19.3	18.9	18.4

4 结论

管材的选用不是采用环向应力越高、壁厚越厚的就越好,而是应按使用温度确定的许用应力选择

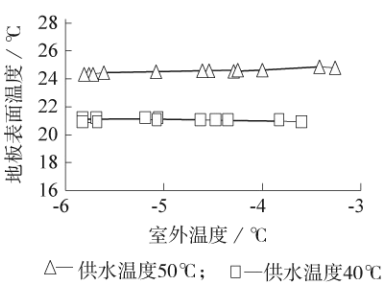


图 3 供水温度对地板表面温度的影响

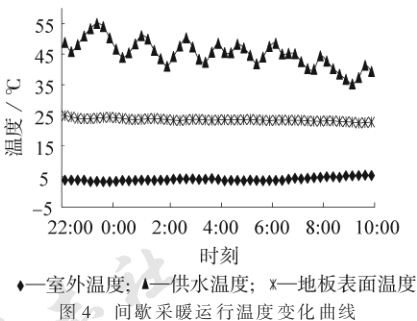


图 4 间歇采暖运行温度变化曲线

管材并计算所需壁厚,以确保承压和使用寿命。干式地板结构可避免填埋层因长期加热而引起的开裂,便于安装和维修。因此,建议有适合条件的地方及一些特殊需求的场合可采用干式地面结构,以使地板供热、供冷这一隐蔽性工程有更好的质量保障。

合理的供热运行模式、适当的供热介质温度范围,可以减少热作用对管材的不利影响。

参考文献

1 张锡虎,钟京湘.塑料类管材用作住宅热介质管道的若干问题.暖通空调,2002,32(1):98
2 曹越,万水娥.热水用塑料管材的选用方法.暖通空调,2002,32(1):52
3 低温热水地板辐射供暖应用技术规程 DBJ/T01-49-2000.
4 Woodson R D. Radiant Floor Heating. New York: McGraw-Hill Book Company, 1999.
5 邱林,王文海,游旻昱.干式低温热水地板辐射采暖系统的实验研究.全国暖通空调会议学术论文集.北京:中国建筑工业出版社,2004.
6 邱林,郑树伟,王文海.地板采暖系统运行调控的实验研究.中国住宅设施,2004,28(7):18

STUDY ON THE FEASIBILITY OF PLASTIC TUBES FOR FLOOR HEATING AND COOLING

Qiu Lin

(Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China)

ABSTRACT Based on the mechanical properties of plastic tubes and the problems when they are used for floor heating and cooling, the feasibility is discussed, including the aspects such as usage condition, selection of tube, tube wall thickness, floor structure, service temperature and running modes of floor heating and cooling. Some relative measures and projects are proposed, and a actualization example is given.

KEYWORDS plastic tube, floor, heating, cooling, feasibility, service temperature