

第五届大学生能源经济学术创意大赛 报告书

作品名称：基于 UTAUT 模型的南方地暖推广影响因素研究

作品类别：调研报告类

作者团队：郭华纳 浙江工业大学 公管 1604

胡梦甜 浙江工业大学 公管 1604

指导老师：蒋惠琴 浙江工业大学

2019 年 5 月 30 日

目录

摘要.....	2
第 1 章 导论.....	3
1.1 研究背景.....	3
1.2 研究意义.....	4
1.3 研究思路和方法.....	4
第 2 章 基本概念及文献综述.....	5
2.1 地暖的基本概念.....	5
2.2 地暖的特点.....	6
2.3 国外研究现状.....	7
2.4 国内研究现状.....	8
2.5 总结.....	8
第 3 章 理论模型构建.....	8
3.1 技术接受和使用统一理论（UTAUT）.....	8
3.2 模型建立及研究假设.....	9
第 4 章 实证研究.....	11
4.1 问卷设计及数据搜集.....	11
4.2 数据分析.....	12
第 5 章 研究结论及政策建议.....	16
5.1 研究结论.....	16
5.2 政策建议.....	16
参考文献.....	20
附 录.....	22
地暖的使用意愿影响因素调查问卷.....	22
问卷结果调查报告.....	24

摘要

随着我国经济水平的不断发展，人们生活水平的提高，现在节能减耗已经成为市场经济发展的主题。近年来，受全球气候变化影响，我国南方冬季温度普遍较低，给人们的生活带来不便，因此，南方冬季采暖问题也引起各界的普遍关注。相比于北方而言，南方地区有着供暖周期短，采暖期的空气湿度较大影响采暖效果，管道安装工程浩大等缺点，不适合集中供暖。各式各样的采暖设备的使用也大幅增加了我国的建筑能耗，所以选择一种舒适、节能的室内取暖方式对改善冬季南方人们的居住环境具有重要意义。地暖近年来成为采暖界的一个热点话题，针对这一产品的讨论和研究也逐渐增多。地暖作为现代新型供暖方式，符合舒适、节能的条件，却很少被人们使用，是哪些因素影响了民众对地暖的接受度，从而影响了地暖的推广？本文通过问卷收集数据，借助 SPSS、Amos 等统计软件，基于 UTAUT 模型，建立绩效期望、社群影响、便利条件、价格感知和可替代性五个维度分析其影响因素，最后根据相关结论提出对策建议。

关键词：UTAUT 模型 地暖 影响因素 接受

第 1 章 导论

1.1 研究背景

建国初期,受经济发展水平等条件的制约,我国实行优先满足北方地区集中供暖的战略。改革开放之后,随着经济社会的发展,我国逐渐具备了实行南方集中供暖的经济条件与技术要求,各种有关加快推进南方集中供暖的提案也纷纷被提出。但考虑到政策效率与保障的有限性等社会因素与南方寒冷期相对较短等自然因素,该提案也一直处于被搁置的状态。直到最近几年,受气候变化影响,我国南方部分地区冬季出现极端低温、雨雪、冰冻等天气的次数变多、时间加长。极端天气的出现再次引起了民众对集中供暖的讨论。如全国人大代表周洪宇已连续两年在大会上提出有关南方供暖的议案。2018 年提出“关于我国集中供暖沿长江重新划定供暖分界线的建议”,2019 年提出“建议国家有关部门尽快启动南方供暖问题的研究与实施”的议案。而事实上,不少地区已开始进行集中供暖的尝试。目前,合肥、南京、杭州、扬州、南通等南方城市都已实现部分小区的集中供暖。2018 年 11 月 1 日,扬州市第 23 此常务会议通过了《扬州市市区集中供热管理办法》;武汉市武昌地区在 2006 年 10 月率先启动“冬暖夏凉”工程。这些南方地区对集中供暖进行的探索在一定程度上也向社会反映了南方进行集中供暖的趋势。而与之相对的,就是南方民众对供暖的真实需求问题。近些年来,随着各式各样的供暖设备的使用,我国的建筑能耗逐年增加。城市热力管网的采暖供水温度高达 95℃,导致高品位能源的浪费¹。我国建筑能耗约占社会总能耗的 1/3,其中最大组成部分是采暖和空调能耗,占建筑总能耗的 50%以上²。地板辐射采暖是实现低温采暖、降低供暖能耗的有效手段,其供水温度低至 35℃仍可满足用户室内舒适性需求³。本研究立足于这一研究现状,认为地暖在普及过程中遇到的问题,关键在于找到影响用户接受地暖的影响因素。借助技术接受和使用统一理论分析地暖在南方推行时在个人接受层面所受到的影响因素,并提出相应对策建议,为问题解决建言献策。

¹ CJJ 342010, 城镇供热管网设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社, 2010.

² 梁金, 于江, 顾纯, 等. 建筑环境与空调能耗浅析[J]. 科技信息, 2010, (8): 769.

³ 杨子旭, 张国辉, 石文星, 等. 地板供暖用空气源热泵产品标准关键问题研究[J]. 暖通空调, 2018, 48 (2): 10-17.

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

过去对南方推广地暖的研究多集中在供给层，少有以民众为主的需求层来考虑问题。本文从民众需求的视角研究对于民众来说，到底什么是影响其接受程度的主要因素，为原有研究提供了新的理论研究视角。此外过去对地暖推广影响的研究多集中在定性层面的讨论，少有运用模型进行定量的讨论。以往运用技术接受与统一使用理论分析的问题多为信息技术的接受而非信息的接受。文章将该模型引入南方推广地暖的影响因素研究，在一定层面拓宽了该理论的使用范围。

1.2.2 现实意义

随着我国经济水平的不断发展，人们生活水平的提高，“节能、绿色、创新”等理念成为我国走可持续发展道路的核心理念之一。地暖作为现代新型供暖方式，符合舒适、节能的条件，应得到广泛应用。研究讨论了南方地暖推广最主要的影响因素，并提出相应对策，有利于为更具针对性的政策出台提供参考，也在一定程度上为解决南方冬天取暖难的问题提供现实解决之道。同时研究的框架和方法也为后续研究提供路径参考。

1.3 研究思路和方法

研究遵循“问题导向型”研究思路，在南方现有供暖方式越来越难以满足民众需求的背景下，探究地暖的推广过程受到什么因素的影响。借助 SPSS 和 Amos 等分析软件进行相关因子分析，参考 UTAUT 理论及现实实践，构建结构模型并进行问卷调查。最后提出相应改善方向与部分解决对策。整体研究思路如下图所示。

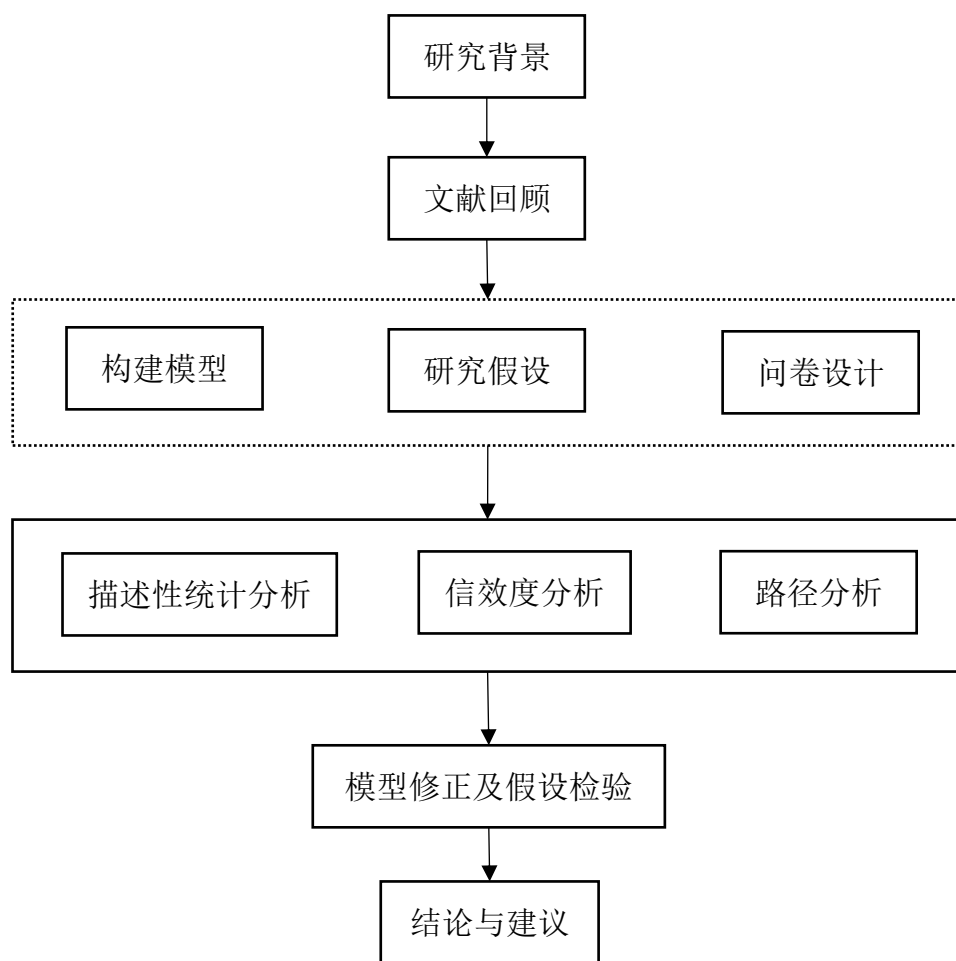


图 1-1 研究思路图

第 2 章 基本概念及文献综述

2.1 地暖的基本概念

地暖是地板辐射采暖(Radiant Floor Heating)的简称,是以整个地面为散热器,通过地板辐射层中的热媒,均匀加热整个地面,利用地面自身的蓄热和热量向上辐射的规律由下至上进行传导,来达到取暖的目的。

地板辐射采暖技术有着悠久的发展历程,早在公元前 60 年的古罗马时代,地板采暖就以“地火”的形式出现,在我国古代也曾广泛采用这种采暖方式。例如,始建于明代的北京故宫就在多处采用了大面积地坑,利用烟道从较远处热源输送热烟气来加热地面。东北地区沿用至今的火坑,都是地板辐射的早期形式。地板辐射功能技术早在上世纪三十年代就在发达国家开始使用,由于当时管材的限制,

因此未能普及推广。随着化学工业的飞速发展,出现了聚乙烯、交联聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯等抗老化、耐高温、耐高压、易弯曲的各种高性能塑料管,为低温地板辐射功能提高了可靠的材料保证。后来随着 PE-X 管这一新型管材的研发,使得地板辐射供暖得到发展。有资料表明,发达国家地暖占总供暖面积的 65%~85%,韩国住宅约 85%,加拿大 65%,丹麦约 80%。⁴而我国的地板供暖起步较晚,与发达国家相比,发展速度缓慢,地暖的使用率也不高。

2.2 地暖的特点

2.2.1 舒适度高

水地暖以低温热水(温度不高 60°C 的热水)为热媒,使其在埋置于地面以下填充层中的加热管内循环流动,均匀加热整个地面,利用地面自身的蓄热和热量向上辐射的规律由下至上进行传导,来达到室内空间取暖的目的⁵。电地暖是以低温发热电缆为热源,加热地暖,通过辐射和对流的方式向室内供热。地暖的供热效果符合足部比头部温度高 3~5 度时人体最舒适的中医健康理论和西医研究结果,可改善血液循环,促进新陈代谢。西安交通大学能源与动力工程学院的马良栋等对低温地板辐射供暖房间进行了数值模拟,并分析了室内温度分布特征及流动特性,得出了室内温度分布随室内高度的变化关系、围护结构表面温度及热流的分布特性,数值结果表明了在室内主流区空气温度分布均匀,其温差在 1°C 左右,从而说明了低温地板辐射供暖舒适性的原因⁶。同时辐射传热的方式相对减少了空气对流,无风吹感,不易造成空气污浊。

而传统采暖方式主要以对流和传导为主,热空气因密度小而上升,冷空气因密度大而下沉,从而在室内形成环状热对流,使得高温区域多集中在室内空间的上部和中部,而人体所处的位置尤其是脚部温度最低,从而出现了头热脚冷的现象,时间久了就会增加患腿部及关节疾病的几率。

2.2.2 节能性强

地暖由于散热面积大,供水水温一般在 50°C~60°C,而散热器取暖水温一般在 60°C~85°C,这样一来地暖的热源加热就比散热器采暖热量小。根据相关理论和实验所证明,地板供暖可节能 30%⁷。这也是地暖最大的优势之一。

2.2.3 美观度高

⁴ 郭世敏. 浅谈低温地板辐射采暖技术的应用与发展[J]. 工程质量, 2003(10):17-19.

⁵ 楚军田, 申连喜. 水地暖与电地暖应用对比研究[J]. 建筑节能, 2014, 42(11):20-23.

⁶ 马良栋, 陶文铨, 戴颖, 孙德兴. 室内低温地板辐射采暖的温度分布及湍流流动数值模拟[J]. 工程热物理学报, 2005(03):501-503.

⁷ Yost PA, Barbour CE, Watson R. An Evaluation of Thermal Comfort and Energy Consumption for a Surface Mounted Ceiling Radiant Panel Heating System. ASHRAE Transactions. 1995, 101(1):1221~35

地暖的安装是将全部的管道埋在地板下，在外看不到任何管道。而不管是空调还是暖气片，都会占据一定的空间，影响美观。使用地暖可以省去安装暖气片和暖气管道所占的空间，增加使用面积 2%-3%。通过在地板下方安装发热电缆的电地暖也同样拥有这个优势，且发热电缆采暖是从欧洲引进的成熟技术，在国内已经成功地大面积应用 10 年以上，技术工艺发展成熟，可以放心使用⁸。

2.2.4 热稳定性强

采暖设备的取暖效果好，同时也需要较好的保温效果，减少热量的流失。地暖的铺设会设置保温层，地面层和混凝土层蓄热量大，热稳定性强，即使是在间歇供暖的条件下，室内的温度变化也是非常缓慢。采用辐射产热而非传统散热器如空调般的局部加热，可以做到房屋整体供暖、室温均匀⁹。

2.2.5 降低噪音

现在居民楼之间存在许多噪音扰民事件，中国楼板一般选用预制板或现浇板，隔音效果差，楼下的人经常能听到楼上的动静。地暖的铺设会在地板的基础上增加 10cm 左右的厚度，同时地暖设置的保温层有良好的吸音效果，可以降低噪音污染，减少了楼层间的干扰噪音¹⁰。

2.2.6 可维修性差

因为地暖属于隐蔽性过程，维护工作比较复杂，对于选材、施工等环节的要求较高。这是其有待进一步完善和发展的一方面，但总的来说它还是节能舒适的理想采暖方式。

2.3 国外研究现状

土耳其的 Kilkis 利用计算机建立了分析扩散模型，模型研究了地板供暖系统的传热过程，对该模型的基本原理进行了总结，并对算法进行了说明，并将其与有限元素解进行了比较，加深了人们对地板供暖的了解¹¹。Als Hasan 等人将低温水加热系统分别与三种传统散热器和地板供暖系统结合时，对系统舒适性的模拟结果进行了比较，结果表明，低温水加热系统性能良好，能够在一定的温度范围内保持区域温度，采用供暖辐射地板作为末端，效果良好¹²。Ling 等人研究了基

⁸ 徐立新. 中国地暖使用手册[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 2014, 8: 137

⁹ 王艳彬, 李秀明, 孙旭东. 空调器维修入门 150 问[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006, 9: 36

¹⁰ 王凯乐. 地暖供热的发展空间和应用[J]. 林业科技情报, 2013, 45(03): 42-43.

¹¹ I. B. Kilkis, S. S. Sager, M. Uludag. A simplified model for radiant heating and cooling panels[J]. Simulation Practice & Theory, 1994, 2(2): 61-76.

¹² Ala Hasan, Jarek Kurnitski, Kai Jokiranta. A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating[J]. Energy and buildings. 2009(41), p470-479

于热舒适性规则的地板辐射采暖设计方法¹³。这些研究使人们对地暖的认识更深一步，保证了地暖系统的设计和安全可靠的运行。

2.4 国内研究现状

国内关于地板辐射采暖的研究相比于国外尚不成熟。王艳伟、孙伟圣等人根据发热地板表面实木材料的要求与特点，对其材料进行了研究，并总结处了几种实木材料的改性方式¹⁴。石发恩等利用 CFD 模拟对比研究赣南地区的低温地板辐射国内与空调供暖，研究表明，相比空调供暖，低温地板辐射供暖室内热环境更加舒适，更节能环保¹⁵。王峥等利用 CFD 模拟技术研究补贴热水参数对低温地板辐射采暖系统的影响，揭示了低温地板辐射采暖系统的传热规律¹⁶。

2.5 研究述评

从以上研究现状可以看出，目前国内外对于地面辐射供暖的研究大都集中于地暖材料、加热源、铺设方式、新型供暖方式等方面。这些研究和探索加大了民众对地暖的认识，也为地暖的发展起到了促进和指导作用。但除了技术方面的探索，还需对民众的需求进行正确把握。本文将在这些研究的基础上，对地暖的推广影响因素进行分析。

第 3 章 理论模型构建

3.1 技术接受和使用统一理论（UTAUT）

基于理性行为理论（Theory of Reasoned Action, TRA）¹⁷、计划行为理论（Theory of Planned Behavior, TPB）¹⁸和技术接受模型（Technology Acceptance

¹³ M. D. Fling J. M. Deffenbaugh. Radiant Heating Systems Based Design Strategies for Low-Temperature on Thermal Comfort Criteria. ASHRAE Transaction. 1990, 96(1): 1296~1305

¹⁴ 王艳伟, 孙伟圣, 徐立, 等. 地采暖用实木地板的研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2013 (6): 8-10.

¹⁵ 石发恩, 付奇, 肖梅, 赵运超. 赣南地区低温地板辐射采暖效果研究[J]. 有色金属科学与工程, 2016, 7(02): 124-129.

¹⁶ 王峥. 低温地板辐射采暖系统的数值模拟与参数优化[D]. 华北电力大学(河北), 2007.

¹⁷ Fishbein, M., and Ajzen I. Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research[M]. Addison-Wesley, Reading, 1975.

¹⁸ Ajzen, I. The theory of planned behavior[J]. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1991, 50(2): 179-211

Model, TAM)¹⁹等理论, Venkatesh、Morris 等人在 2003 年提出技术接受和使用统一理论(Unified Theory of Acceptance and Use of Technology)²⁰。UTAUT 包含四个核心维度: 绩效期望(Performance expectancy), 指个人感知到的使用系统对工作帮助的程度; 努力期望(Effort expectancy), 指个人感知到的使用系统所需付出努力的多少; 社群影响 (Social influence)指个人所感受到的受周围群体影响的程度; 便利条件(Facilitating conditions), 是指个人感受到组织在相关技术以及设备方面对系统使用的支持程度²¹。

除了以上四个核心变量之外, UTAUT 模型中还引入了在以往模型中没有系统提出的几个约束变量, Venkatesh 等人认为经验、年龄、性别和使用自愿性对以上四个核心变量产生调节作用, 而且调节效果明显²²。得出的 UTAUT 具体的模型如下图所示。

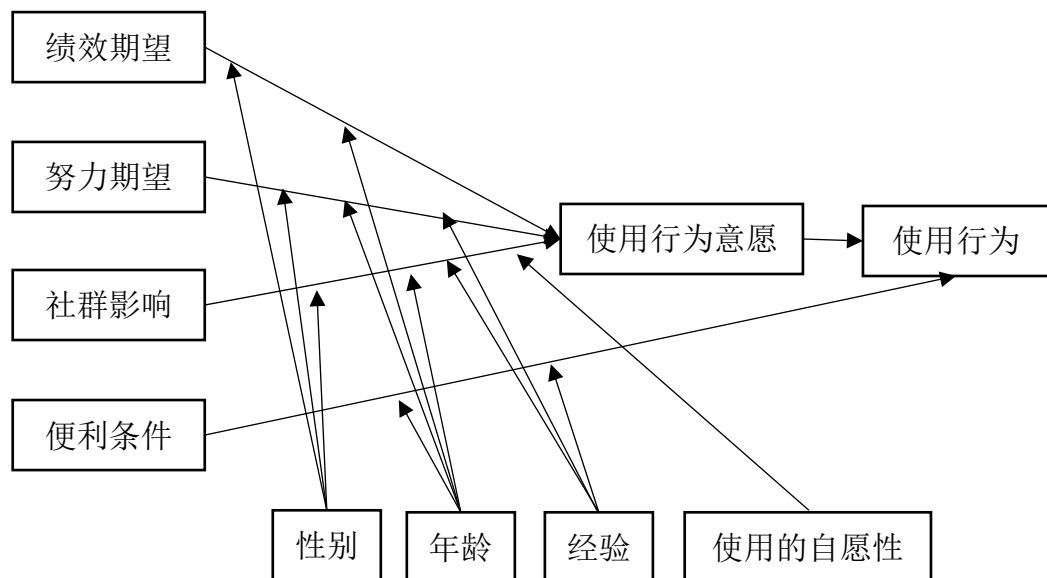


图 3-1 UTAUT 模型示意图

3.2 模型建立及研究假设

本研究将以 UTAUT 模型作为主要参考模型, 根据 UTAUT 模型中对核心变量的定义来设置适合本研究探索需要的模型变量。保留原 UTAUT 模型中影响使

¹⁹ Davis, F.D., and Venkatesh, V. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies[J].Management Science, 2000, 46(2):186-204

²⁰ Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, et al. User acceptance of information technology: toward a unified view[J]. MIS Quarterly, 2003,27 (3): 425-478.

²¹ Yuan S, Ma W, Kanthawala S, et al. Keep Using My Health APPs: Discover Users Perception of Health and Fitness APPs with the UTAUT2 model[J].Telemedicine and e-Health, 2015, 21 (9): 735- 741.

²² 严安. 基于 UTAUT 的百度产品用户使用行为影响因素研究[J]. 现代情报, 2012, 32(11):100-104+122.

用意愿的 2 个核心变量——绩效期望和社群影响，并根据研究所需，增加了便利条件、价格感知和可替代性 3 个研究变量。对于原 UTAUT 模型中的 4 个调节变量——性别、年龄、经验和自愿性，认为其对地暖的使用意愿没有明显的影响作用，因此未纳入本研究模型。根据以上讨论，设计出地暖用户接受模型，如下图所示。

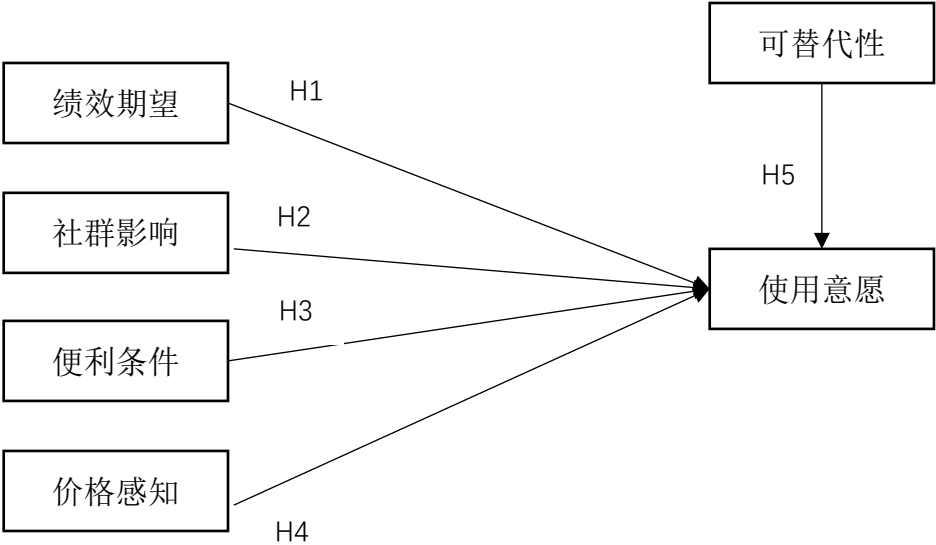


图 3-2 地暖用户接受模型

便利条件(Facilitating Conditions)是指用户在使用地暖过程中是否获得便利，当用户在使用过程中觉得使用地暖很麻烦，将会对使用意愿产生影响。价格感知(Price Perception)是用户对地暖的使用过程产生的价格的感受，如果地暖的价格是可接受的，那么用户将会愿意使用地暖。可替代性是指用户对于地暖是否可以被其他同类设备代替的感知，用户对地暖的接受程度会受到同类产品的影响。

根据以上模型，针对用户对地暖的接受影响因素研究目标，提出以下假设：

表 3-1 问卷假设内容

假设	假设内容
H1	绩效期望对地暖的使用意愿有正向作用
H2	社群影响对地暖的使用意愿有正向作用
H3	便利条件对地暖的使用意愿有负向作用
H4	价格感知对地暖的使用意愿有正向作用
H5	可替代性对地暖的使用意愿有负向作用

第4章 实证研究

4.1 问卷设计及数据搜集

基于图 3-1 的理论模型，将地暖的使用意愿影响因素划分为绩效期望、社群影响、便利条件、价格感知和可替代性 5 个维度，共设计 17 个问题。加上 4 个基本信息问题，共供 21 个问题。所有态度变量的问项均采用 5 级李克特量表进行测量，选项分别设置为非常不同意、比较不同意、一般、同意、非常同意。具体问卷设置如下表所示。

表 4-1 问卷量表设置

变量名称	编号	问卷题目
绩效期望	PE1	地暖的使用更节能
	PE2	我认为使用地暖足暖头凉，符合健康的要求
	PE3	使用地暖比同类产品（如空调、暖气片等）更舒适
	PE4	安装地暖比同类产品（如空调、暖气片等）更美观
社群影响	SI1	我会受身边人的影响决定是否使用地暖
	SI2	如果周围的人使用地暖，我也想尝试
	SI3	我周围的人认为使用地暖是以后的趋势
便利条件	FC1	FC1:我认为地暖的安装很麻烦
	FC2	FC2:我认为地暖的维护很麻烦
价格感知	PR1	我认为地暖的安装费用是合理的
	PR2	我认为地暖的使用费用是可以接受的
	PR3	我认为地暖维护的价格是合理的
可替代性	ST1	我认为地暖并不优于同类设备（如空调、暖气片等）
	ST2	我认为同类设备（如空调、暖气片等）可以实现地暖的功能
使用意愿	UI1	如果政府提供补贴，我愿意使用地暖
	UI2	将来我愿意继续使用或开始使用地暖
	UI3	我愿意把地暖推荐给我的朋友使用

通过问卷星、微信、链接等方式进行问卷发放，共回收问卷 353 份，其中有效问卷 336 份，回收率达 95.18%。对问卷结果进行描述性统计分析，其中受访者的个体统计特征如表 4-2 所示。

表 4-2 样本个体特征描述

特征变量	类型	被调查者数	比率	特征变量	类型	被调查者数	比率
年龄	18 岁及以下	18	5.36%	性别	男	132	39.29%
	18-30 岁	249	74.11%		女	204	60.71%
	31-40 岁	54	16.07%	受教育程度	未上过学	0	0%
	41-50 岁	15	4.46%		小学	6	1.79%
	50 岁以上	0	0%		初中	9	2.68%
月收入情况	2000 元以下	111	33.04%		高中	30	8.93%
	2001-4000 元	72	21.43%		大学专科	42	12.5%
	4001-6000 元	78	23.21%		大学本科	207	61.61%
	6001-8000 元	42	12.5%		研究生及以上	42	12.5%
	8000-10000 元	33	9.82%				
	10000 元以上	0	0%				

4.2 数据分析

3.2.1 信度分析

信度 (Reliability) 分析是对问卷测量结构可靠性进行审核的一种基本方法。一般以 Cronbach 系数作为考察依据的方法, Cronbach 系数是指量表所有可能的项目划分方法的得到的这信度系数的平均值, 它最先被美国驾驭学家 lee Cronbach 在 1951 年命名。也就是说, Cronbach 系数通常是用来检验测量同一变量的组题是否具有真正的系列性与高度相关性的检验指标。

运用 SPSS 22.0 版本进行数据分析, 得出问卷中各个关键变量的信度分析结果如下表所示。

表 4-3 模型信度检验

变量		Cronbach α 系数
PE	绩效期望	0.727
SI	社群影响	0.675
PC	便利条件	0.753
PR	价格感知	0.772
ST	可替代性	0.601
UI	使用意愿	0.778

在 Alpha 系数法中, 如果 α 系数高于 0.8, 则说明信度高; 如果此值介于

0.7~0.8 之间；则说明信度较好；如果此值介于 0.6~0.7；则说明信度可接受；如果此值小于 0.6；说明信度不佳。从上表可以看到，本研究各变量的 Cronbach α 系数均大于 0.6，问卷有较好的信度，说明本研究调研结果是可信的，满足进行下一步分析的条件。

4.2.2 效度分析

效度 (validity) 分析是对测量结果进行分析的另一项必要过程，它反映了测量结果的准确程度，效度越高说明测量结果越能反映对象的正确特性。同样使用 SPSS 22.0 的因子分析功能对问卷进行效度分析，用到 KMO 样本测度及 Bartlett 球形检验两种方式来进行验证。

表 4-4 KMO 与 Bartlett 球形检验结果

Kaiser-Meyer-Olkin	测量取样适当性。	.720
Bartlett 的球形检定	大约 卡方	687.093
	df	136
	显著性	.000

根据结果显示，样本数据总体的 KMO 值为 0.7，远大于 0.5，说明十分适合进行因子分析；Bartlett 球形检验的近似卡方值为 687，自由度为 136，达到显著 (sig. = .000)，说明样本适合进行因子分析。

4.2.3 模型验证及假设检验

(1) 初始模型构建

本文利用 Amos22.0 进行结构方程模型验证。研究变量为绩效期望 (PE1-PE4)、社群影响 (SI1-SI3)、便利条件 (FC1-FC2)、价格感知 (PR1-PR4) 与可替代性 (ST1-ST2) 初始假设模型如图 4-1 所示。

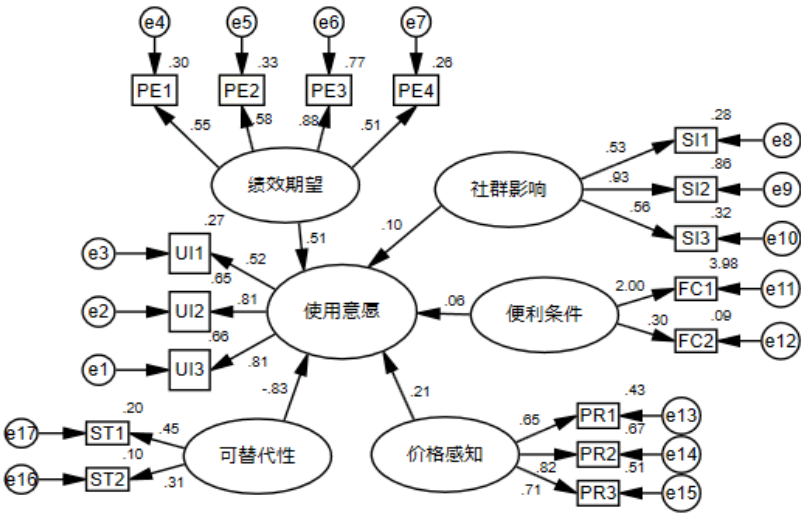


图 4-1 初始假设模型

（2）初始模型评估

对初始假设模型进行分析，若各项指标达到要求，进行后续分析。若各指标未达到要求，说明需要对模型进行修正。

表 4-5 初始模型拟合度指标检验表

统计检验量	适配的指标	检验结果	模型适配判断
CMIN	越小越好	264.039	
CMIN/df	<3	2.296	是
RMR	<0.05	0.116	否
RMSEA	<0.08	0.108	否
GFI	>0.7	0.802	是
AGFI	>0.7	0.736	是
NFI	>0.7	0.638	否
NNFI(TLI)	>0.7	0.703	是
IFI	>0.7	0.758	是
CFI	>0.	0.749	是

由表 4-5 可知，初始模型的 CMIN 值为 264.039；其余各项仅通过 CMIN/df 检验，初始模型拟合度不理想，需要对模型进行修正，提高拟合度。

（3）初始模型修正

表 4-6 部分模型修正指标

	修正指标
价格感知 <--> 社群影响	4.398
绩效期望 <--> 社群影响	18.286
绩效期望 <--> 价格感知	8.857
e16<-->e17	14.132

由表 4-6 可知，建立价格感知和社群影响、绩效期望和社群影响、绩效期望和价格感知的共变关系可以分别减少 4.398、18.286、8.857 的卡方值。建立测量误差间的共变关系也能减少 14.132 的卡方值，并且这些指标的修正不违反假定，也不与原假设模型矛盾，可作为参考。

经过以上修改，得到修正后的模型，如下图所示。

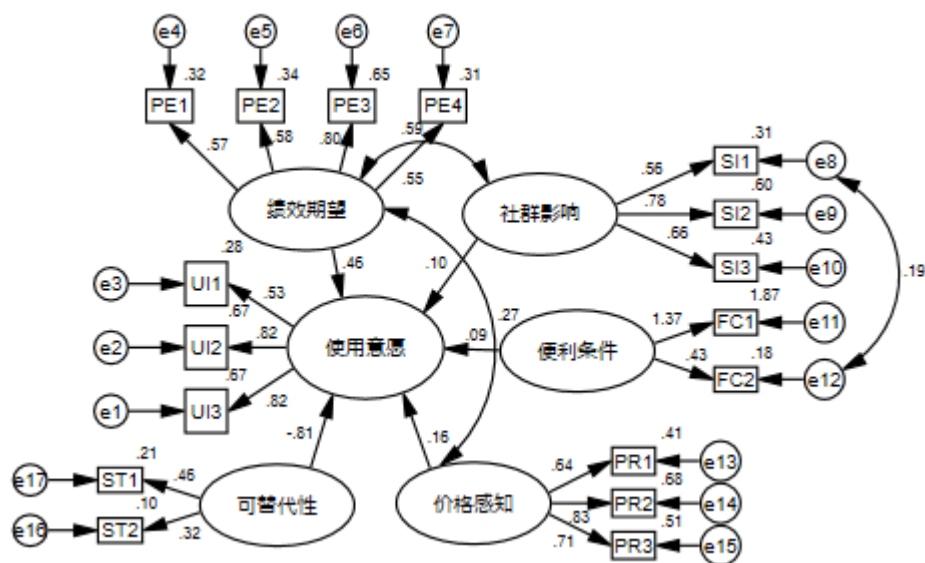


图 4-2 修正后模型

(4) 假设检验

以 UTAUT 为基础，进行检验分析，得出以下结果。

表 4-7 验证结果

假设	假设内容	假设结果
H1	绩效期望对地暖的使用意愿有正向作用	通过
H2	社群影响对地暖的使用意愿有正向作用	通过
H3	便利条件对地暖的使用意愿有负向作用	通过
H4	价格感知对地暖的使用意愿有正向作用	通过
H5	可替代性对地暖的使用意愿有负向作用	拒绝

绩效期望对地暖的使用意愿有正向影响，与原始假设相符合，说明地暖的用户接受行为符合这一规律。用户对地暖的使用效果、性能较为关注。如果用户对一项产品感知到它可带来的有益之处，可以对生活进行一定的改进，年末他们会更愿意去接受这项产品。

社群对地暖的使用意愿有正向影响，与原始假设相符合。用户在选择时经常会受他人的评价所影响。所处的环境中若是对地暖都持有积极态度、有较好的评价，就会增加其使用意愿。尤其是在接受一种全新的技术的情况下，只能通过他人使用过的经验来决定是否接受。

便利条件对地暖的使用意愿有负向影响，与原始假设相符合。一项产品的好坏有很大程度是由使用时的感受所决定的。因为地暖的安装需要撬开整个地板，这对于已装完地板的家庭来说是一项大工程，且维修也一样麻烦，这就对地暖的使用意愿产生了负面影响。

价格感知对地暖的使用意愿有正向影响，与原始假设相符合。说明价格会直

接影响用户对地暖的使用意愿。如果消费者感知到地暖的价格是合理的，就会对其持乐观态度，便愿意接受和使用地暖。

可替代性对地暖的使用意愿有正向影响的假设不成立。说明空调、暖气片等同类产品的存在不会对地暖的推广造成太大的影响。即使是有相类似的性能，还是会更关注产品之间的不同之处，进而选择更适合的产品。这也在一定程度上说明地暖是有发展的潜力。

第 5 章 研究结论及政策建议

5.1 研究结论

本文经过对地用户使用意愿的影响因素的归纳，设计了验证模型，并通过问卷获取相关数据，在借助 SPSS、AMOS 等分析软件进行数据分析之后，对模型的各个假设进行了验证和解释。现得出以下结论。

1. 影响用户接受地暖的因素中，绩效期望、社群影响和价格感知对地暖的使用意愿有正向作用。消费者在选择一项新的产品时，会更关注它所能带来的效益，也会考虑接受该产品所该付出的价格是否合理，且会受所处环境中的社会群体的影响。

2. 影响用户接受地暖的因素中，便利条件会对使用意愿产生负向作用。使用便捷、操作简单的产品会更受用户欢迎。

3. 影响用户接受地暖的因素中，可替代性不会对用户的使用意愿产生负面影响。用户不会因为既有产品的相似功能的产品而拒绝新产品，这与用户对新事物积极的尝试心态有一定关联。

从以上结论可以看出，地暖的推广需要更加完善地暖的性能，为用户提供高价值的服务，同时带来便捷的使用体验，从绩效期望方面提高用户的使用意愿。同时，需控制市场价格，降低消费者的使用成本。

5.2 政策建议

地暖在南方的推广，需要多方努力来共同实现。需要政府提供相应政策倾斜，需要企业保质保量的完成承包任务，需要民众积极建言献策。需要至上而下、从内到外构建一个资源统筹、多元协同、网络互通的地暖推广支持体系。示意图如下所示。

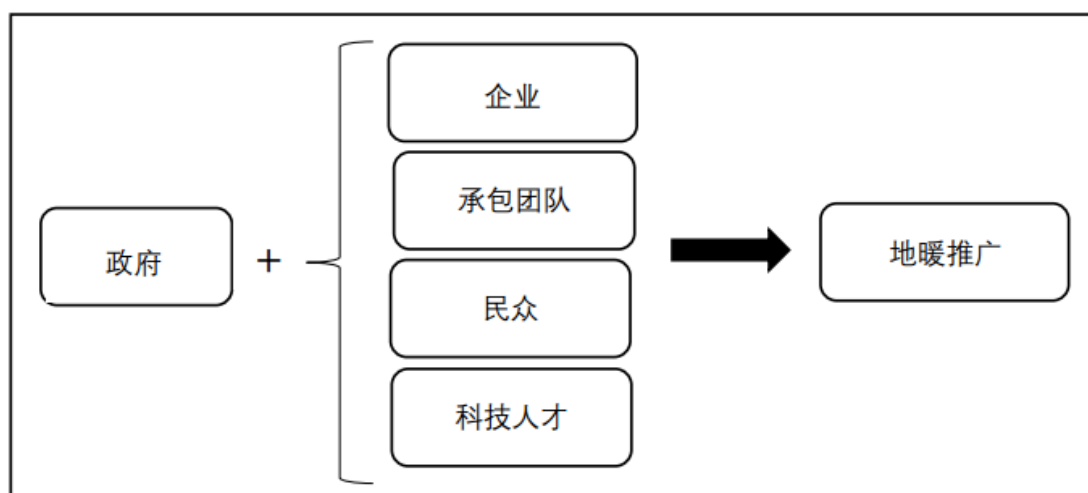


图 5-1 地暖推广示意图

当调整南方现有不合理的供暖体系成为民众普遍需求时，如何使得更为节能舒适的地暖进入原有体系从而打破现有僵局本身已不再是一个简单的市场问题，当它成为一个普遍性的公共问题后，政府就应当在其中发挥作用。针对问卷分析结果，我们对作为公共管理主体的政府提出以下要求。内部部门联动，完善南方地暖推广及使用的相关规则，使地暖相关建设有“法”可依；政企联动，健全激励机制，支持企业进行新技术的研发与地暖生产并鼓励企业间进行联动合作。政社联动，建立沟通平台，该平台主要实现监督反馈与资源链接两个功能。

5.2.1 部门联动规范地暖推广

当地暖推广成为改善南方不合理供暖体系任务中重要的一部分之后，原有建立在简单的行业规章上的地暖相应规则将不再适用。政府应在原有一般性行业规章基础上与围绕地暖产品本身的生产企业代表一起讨论修订针对性较强的南方地暖建设规则。这一部分的规则更多是关于安全生产以及地暖生产技术性内容的规则。同时政府需召集住建部门、房产部门、能源部门、工商部门以及水利水电公司等不从事地暖直接生产但在地暖安装及后期使用中涉及的部门对地暖的一些具体相关事宜进行明确规定。首先应将原有相关地暖推广与使用的相关文件与法律规章进行梳理与整合，修正其中矛盾与重复的部分，使相关制度间能够衔接的更为顺利。并举办听证，收集各方意见最终形成规范性文件。并在此之后，进行文件的相应解释工作，并编写权威的建议手册，方便民众等相关人员的阅读与理解。

5.2.2 政企联动健全激励机制

政府对企业的扶持是解决目前存在的地暖价位与预期不符的关键措施，较少的客户与较高的成本成为企业定价较高的原因，政府对企业的帮扶，尤其是对于技术研发的支持如地暖管材料的耐候性和耐久性的研究、新能源地暖的开发等，

都将成为打破僵局的关键一步。绩效期望对地暖的使用意愿有正向作用,说明用户对地暖的实用性和使用效果较为关注,研发更为高质安全、使用期限长、舒适节能的产品,同时也是目前居民普遍的呼声。问卷数据显示,分别有 58.94%、21.43%的受访者对如果政府提高补贴将愿意选择使用地暖表示同意和完全同意。政府应对地暖的生产及研发环节进行补贴,给予地暖相关企业一定的优惠政策,例如税收减免、财政支持等,降低其生产成本,从根源上降低使用成本。同时对消费者的使用给予一定的补贴,提高其使用意愿。

政府介入企业合作并不意味着对原有市场进行控制,适度敢于建立培育机制反而有利于企业间形成良好合作。如政府在哪些企业需要实行合作的问题上不需要多加干涉,但可以适当的安排部分大公司承担起行业领头人的责任组织对部分规范性欠缺的公司进行工人培训,这在一定程度上也有利于大公司的产业转型与小公司的承接。

同时要加强对地暖市场的监管、审查和认证。我国的地暖质量良莠不齐,近几年来关于地暖质量问题的案例频频发生,市场中的低质产品的出现都直接体现出政府管理部门在这些方面的管理疏忽,使民众失去了信心。要加强对地暖市场的监管,加大对劣质企业的处罚力度,提升质量认证体系的权威性和适用性。

5.2.3 政社联动建立沟通平台

信息不对等是各种寻租行为得以产生与发展的重要原因。形成政府监督部门、企业组织、工会、民众个人、媒体等其他社会主体相结合的多元沟通网络将对打破这种信息不对等起到一定作用。

现在人们对于地暖的了解并不完全,要借助电视、互联网等宣传平台向民众科普地暖的重要性,提高民众对地暖的认知水平。建立一个沟通平台,充分发挥社群影响力,通过激发大众讨论的热情,让消费者成为地暖推广的媒介,影响身边其他的消费者。建立使用反馈机制,使用户在决定是否使用时可以根据他人的评价进行衡量,同时以此加强售后服务体系建设,及时解决用户在使用过程中问题,提升民众的信任度。提供平台给消费者讨论相关话题,也可发布相关最新研究产品的介绍,提升民众的认可度。

该平台实现的两个功能监督反馈与资源链接,不同于过去由上至下或由下至上的单一线性关系来实现,而是在各主体间编织了一张互通关系网。以信息平台为载体,给予民众一个及时的反馈通道,这个反馈通道不仅能够将民众的意见向上反映使之被察觉,并可以在此基础上直接通过参与的平台主体解决民众的问题,这其中的过程与程序都可被清晰地查阅。

我国每年有一部分财政支出用于北方供暖的补贴,在未来也将有一大笔资源下放到南方供暖的领域。如何更好的利用这笔资源、更好的理清参与主体之间的

关系是贯穿地暖推广、接受和使用全方位的问题。文章所找出的影响推广的因素只是回答这一系列问题中最基本的一个环节而已,更多的仍需后续研究者进一步探索。

参考文献

- [1] CJJ 342010, 城镇供热管网设计规范[S]. 北京:中国工业出版社, 2010.
- [2] 梁金, 于江, 顾纯, 等. 建筑环境与空调能耗浅析[J]. 科技信息, 2010, (8):769.
- [3] 杨子旭, 张国辉, 石文星, 等. 地板供暖用空气源热泵产品标准关键问题研究[J]. 暖通空调, 2018, 48 (2):10-17.
- [4] 郭世敏. 浅谈低温地板辐射采暖技术的应用与发展[J]. 工程质量, 2003(10):17-19.
- [5] 楚军田, 申连喜. 水地暖与电地暖应用对比研究[J]. 建筑节能, 2014, 42(11):20-23.
- [6] 马良栋, 陶文铨, 戴颖, 孙德兴. 室内低温地板辐射采暖的温度分布及湍流流动数值模拟[J]. 工程热物理学报, 2005(03):501-503.
- [7] Yost PA, Barbour CE, Watson R. An Evaluation of Thermal Comfort and Energy Consumption for a Surface Mounted Ceiling Radiant Panel Heating System. ASHRAE Transactions. 1995, 101(1):1221~35
- [8] 徐立新. 中国地暖使用手册[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 2014, 8: 137
- [9] 王艳彬, 李秀明, 孙旭东. 空调器维修入门 150 问[M]. 北京: 中国工业出版社, 2006, 9: 36
- [10] 王凯乐. 地暖供热的发展空间和应用[J]. 林业科技情报, 2013, 45(03):42-43.
- [11] I. B. Kilkis, S. S. Sager, M. Uludag. A simplified model for radiant heating and cooling panels[J]. Simulation Practice & Theory, 1994, 2(2):61-76.
- [12] Ala Hasan, Jarek Kurnitski, Kai Jokiranta. A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating[J]. Energy and buildings. 2009(41), p470-479
- [13] M. D. Fling J. M. Deffenbaugh. Radiant Heating Systems Based Design Strategies for Low-Temperature on Thermal Comfort Criteria. ASHRAE Transaction. 1990, 96(1):1296~1305
- [14] 王艳伟, 孙伟圣, 徐立, 等. 地采暖用实木地板的研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2013 (6):8-10.
- [15] 石发恩, 付奇, 肖梅, 赵运超. 赣南地区低温地板辐射采暖效果研究[J]. 有色金属科学与工程, 2016, 7(02):124-129.
- [16] 王峥. 低温地板辐射采暖系统的数值模拟与参数优化[D]. 华北电力大学(河北), 2007.
- [17] Fishbein, M., and Ajzen I. Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research[M]. Addison-Wesley, Reading, 1975.
- [18] Ajzen, I. The theory of planned behavior[J]. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1991, 50(2):179-211
- [19] Davis, F.D., and Venkatesh, V. A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies[J]. Management Science, 2000, 46(2):186-204

- [20] Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, et al. User acceptance of information technology: toward a unified view[J]. MIS Quarterly, 2003, 27 (3): 425-478.
- [21] Yuan S, Ma W, Kanthawala S, et al. Keep Using My Health APPs: Discover Users Perception of Health and Fitness APPs with the UTAUT2 model[J]. Telemedicine and e-Health, 2015, 21 (9): 735-741.
- [22] 严安. 基于 UTAUT 的百度产品用户使用行为影响因素研究 [J]. 现代情报, 2012, 32 (11): 100-104+122.

附 录

地暖的使用意愿影响因素调查问卷

1. 您的年龄是

①18 岁以下 ②18-30 岁 ③31-40 岁 ④41-50 岁 ⑤50 岁以上

2. 您的性别是

①男 ②女

3. 您的受教育程度是

①未上过学 ②小学 ③初中 ④高中 ⑤大学专科 ⑥大学本科 ⑦研究生及以上

4. 请问您的月平均收入是

①2000 元以下 ②2001-4000 元 ③4001-6000 元 ④6001-8000 元 ⑤8001-10000 元 ⑥10000 元以上

PE1 地暖的使用更节能

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

PE2 我认为使用地暖足暖头凉，符合健康的要求

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

PE3 使用地暖比同类产品（如空调、暖气片等）更舒适

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

PE4 安装地暖比同类产品（如空调、暖气片等）更美观

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

SI1 我会受身边人的影响决定是否使用地暖

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

SI2 如果周围的人使用地暖，我也想尝试

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

SI3 我周围的人认为使用地暖是以后的趋势

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

FC1 我认为地暖的安装很麻烦

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

FC2 我认为地暖的维护很麻烦

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

PR1 我认为地暖的安装费用是合理的

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

PR2 我认为地暖的使用费用是可以接受的

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

PR3 我认为地暖维护的价格是合理的

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

ST1 我认为地暖并不优于同类设备（如空调、暖气片等）

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

ST2 我认为同类设备（如空调、暖气片等）可以实现地暖的功能

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

UI1 如果政府提供补贴，我愿意使用地暖

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

UI2 将来我愿意继续使用或开始使用地暖


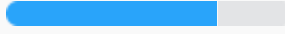
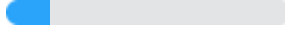
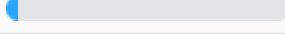
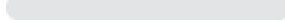
①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

UI3 我愿意把地暖推荐给我的朋友使用

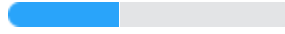

①完全不同意 ②不太同意 ③一般 ④同意 ⑤完全同意

问卷结果调查报告

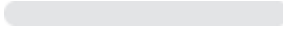
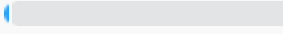
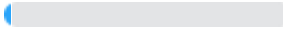
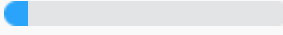
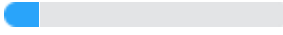
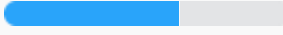
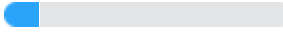
1. 您的年龄是

选项	比例
18 岁以下	 5.36%
18-30 岁	 74.11%
31-40 岁	 16.07%
41-50 岁	 4.46%
50 岁以上	 0%


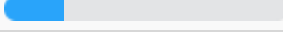
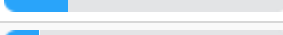
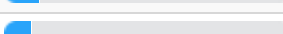
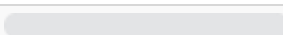

2. 您的性别是

选项	比例
男	 39.29%
女	 60.71%

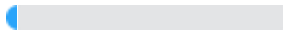
3. 您的受教育水平是

选项	比例
未上过学	 0%
小学	 1.79%
初中	 2.68%
高中	 8.93%
大学专科	 12.5%
大学本科	 61.61%
研究生及以上	 12.5%

4. 您的平均月收入是

选项	比例
2000 元以下	 33.04%
2001-4000 元	 21.43%
4001-6000 元	 23.21%
6001-8000 元	 12.5%
8001-10000 元	 9.82%
10000 元以上	 0%

PE1 我认为地暖的使用比同类产品（如空调，暖气片）更节能

选项	比例
完全不同意	 3.57%

不太同意		14.29%
一般		45.54%
同意		35.71%
完全同意		0.89%

PE2 我认为使用地暖足暖头凉，符合健康的要求

选项	比例
完全不同意	2.68%
不太同意	10.71%
一般	32.14%
同意	43.75%
完全同意	10.71%

PE3 使用地暖比同类产品（如空调、暖气片等）更舒适

选项	比例
完全不同意	1.79%
不太同意	6.25%
一般	29.46%
同意	51.79%
完全同意	10.71%

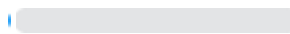
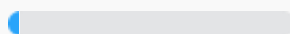
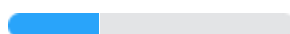
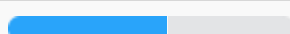
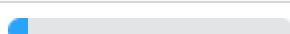
PE4 安装地暖比同类产品（如空调、暖气片等）更美观

选项	比例
完全不同意	1.79%
不太同意	6.25%
一般	27.68%
同意	42.86%
完全同意	21.43%

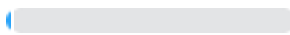
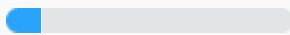
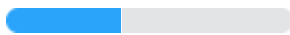
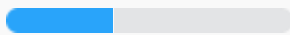
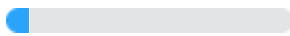
SI1 我会受身边人的影响决定是否使用地暖

选项	比例
完全不同意	2.68%
不太同意	15.18%
一般	41.96%
同意	33.93%
完全同意	6.25%


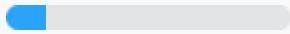
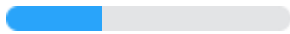
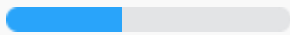
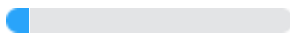
SI2 如果周围的人使用地暖，我也想尝试

选项	比例
完全不同意	 0.89%
不太同意	 3.57%
一般	 32.14%
同意	 56.25%
完全同意	 7.14%

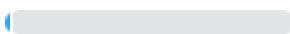
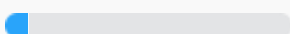
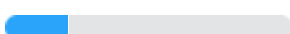

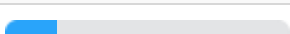
SI3 我周围的人认为使用地暖是以后的趋势

选项	比例
完全不同意	 1.79%
不太同意	 12.5%
一般	 40.18%
同意	 37.5%
完全同意	 8.04%

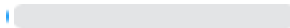
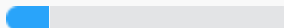

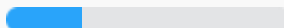
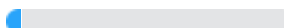
PC1 我认为地暖的安装很麻烦

选项	比例
完全不同意	 2.68%
不太同意	 14.29%
一般	 33.93%
同意	 41.07%
完全同意	 8.04%

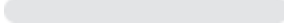
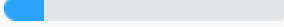
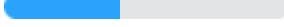
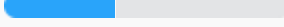
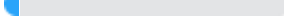
PC2 我认为地暖的维护很麻烦

选项	比例
完全不同意	 1.79%
不太同意	 8.04%
一般	 22.32%
同意	 49.11%
完全同意	 18.75%

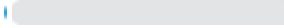
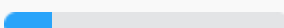
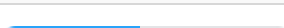
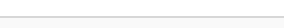
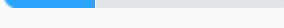
PR1 我认为地暖的安装费用是合理的

选项	比例
完全不同意	 0.89%
不太同意	 15.18%
一般	 51.79%
同意	 26.79%
完全同意	 5.36%

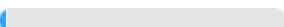
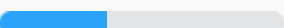
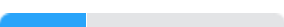
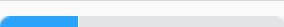
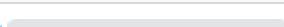
PR2 我认为地暖的使用费用是可以接受的

选项	比例
完全不同意	 0%
不太同意	 14.29%
一般	 41.07%
同意	 39.29%
完全同意	 5.36%

PR3 我认为地暖维护的价格是合理的

选项	比例
完全不同意	 0.89%
不太同意	 16.96%
一般	 48.21%
同意	 32.14%
完全同意	 1.79%

ST1 我认为地暖并不优于同类设备（如空调、暖气片等）

选项	比例
完全不同意	 2.68%
不太同意	 38.39%
一般	 30.36%
同意	 27.68%
完全同意	 0.89%

ST2 我认为同类设备（如空调、暖气片等）可以实现地暖的功能

选项	比例
完全不同意	2.68%
不太同意	17.86%
一般	32.14%
同意	44.64%
完全同意	2.68%

UI1 如果政府提供补贴，我愿意使用地暖

选项	比例
完全不同意	0.89%
不太同意	5.36%
一般	14.29%
同意	58.04%
完全同意	21.43%

UI2 将来我愿意继续使用或开始使用地暖

选项	比例
完全不同意	0%
不太同意	5.36%
一般	35.71%
同意	45.54%
完全同意	13.39%

UI3 我愿意把地暖推荐给我的朋友使用

选项	比例
完全不同意	0%
不太同意	13.39%
一般	34.82%
同意	41.07%
完全同意	10.71%