



散煤治理 与清洁取暖工作指南

——基于京津冀清洁能源改造项目研究

清洁空气创新中心
北京市环境保护科学研究院

2017年11月

作者：

清洁空气创新中心(清洁空气联盟秘书处)

解洪兴 李连飞 何 新

北京市环境保护科学研究院

王军玲 张增杰 钱文涛

鸣谢：

北京市环境保护局

能源基金会(中国)

免责声明：

本指南仅代表作者的观点，不代表相关支持机构、清洁空气联盟及其成员的观点。清洁空气创新中心不保证本指南中所含数据的精确性，而且对使用这些数据所产生的任何后果不承担责任。在注明来源的前提下清洁空气联盟鼓励出于个人和出于非商业目的对本指南所含信息进行印刷或复制。本指南由清洁空气创新中心(柯灵爱尔(北京) 环境技术中心) 所有，未经同意，使用者不得出于商业目的销售、传播或制作相关衍生作品。

前言

2016年入冬，京津冀及周边地区连续出现大气重污染过程，影响范围大、持续时间长、污染程度重。燃煤是主要污染因素之一，包括燃煤锅炉、居民散烧和燃煤电厂等排放。燃煤锅炉在排放治理措施不得当的情况下，会造成大量的空气污染物排放。而居民散烧燃煤除了排放近地面的空气污染物，不完全燃烧还会产生CO，威胁居民健康，同时会产生大量黑碳，而黑碳的温室效应潜势值高达910，是气候变化的推手之一。

治理燃煤散烧污染，不但可以缓解冬季大气重污染，改善空气质量，而且是应对气候变化的重要手段，而解决燃煤散烧污染的最核心方法就是推动清洁取暖技术的应用。中央和地方各级政府高度重视清洁能源改造工作。2016年12月21日，习近平总书记主持召开中央财经领导小组第十四次会议，指出“推进北方地区冬季清洁取暖，关系北方地区广大群众温暖过冬，关系雾霾天能不能减少，是能源生产和消费革命、农村生活方式革命的重要内容。要按照企业为主、政府推动、居民可承受的方针，宜气则气，宜电则电，尽可能利用清洁能源，加快提高清洁供暖比重。”2017年3月5日，在第十二届全国人民代表大会第五次会议上，李克强总理做政府工作报告，指出“要加快解决燃煤污染问题，全面实施散煤综合治理，推进北方地区冬季清洁取暖，完成以电代煤、以气代煤300万户以上，全部淘汰地级以上城市建成区燃煤小锅炉。”

近年来，京津冀地区散煤治理与清洁取暖工作取得了积极成效。各地能源消费量统计数据显示，截至2015年底，北京市、天津市和河北省分别实现煤炭净削减1104.82万吨、759.17万吨和2415.87万吨。但是，在散煤治理与清洁取暖的推进过程中，也出现了各种问题与挑战：一些地方政策出台比较仓促，没有充分考虑各种潜在可应用的清洁取暖技术，技术选取较为单一；部分地区在制定清洁取暖改造方案时对不同技术的适用性考虑不足，技术应用缺乏可持续性；个别地区清洁能源改造方案的资金机制不完善，缺乏有效的激励约束，出现了居民复烧燃煤的现象。分析原因，主要是由于选用技术与当地实际情况及需求的不匹配造成的。此外，散煤治理与清洁取暖是一个系统性问题，在制定具体技术路线时，不仅要考虑改造技术本身的技术性能和适用条件，还需综合考虑城乡规划、电网和天然气管网等基础设施的需求、能源和自然资源的可持续供应、二次污染等因素。本指南意在支持地方开展清洁取暖工作，并提供参考解决以上问题。

2016年初，根据北京市环境保护局的工作需要，在能源基金会（中国）的支持下，清洁空气创新中心（清洁空气联盟秘书处）与北京市环境保护科学研究院共同开展了“京津冀区域清洁能源改造典型案例分析及政策建议项目”。经过一年多的资料分析、调研评估和多次专家评审会，项目产出了《京津冀区域清洁能源改造典型案例分析及政策建议研究报告》、《散煤治理与清洁取暖工作指南》和《散煤治理与清洁取暖技术与案例集》。本指南提出了清洁取暖以及散煤治理的相关技术路线、实施原则与方案，以支持相关部门开展清洁取暖工作。



目录

1 指南介绍	5
1.1 指南目标	5
1.2 指南内容	5
1.3 适用范围	5
1.4 参考文件	6
1.5 编制单位	6
2 清洁取暖工作实施原则	7
2.1 环境效益优先	7
2.2 因地制宜地开展资源分析与长远规划	8
2.3 清洁取暖要有经济可持续性	9
2.4 重视技术示范与评估	10
2.5 加强宣传教育	11
2.6 关注民生取暖保障	13
3 清洁取暖工作实施流程	14
3.1 基础情况调研	14
3.2 设定目标	16
3.3 开发实施方案	16
3.4 组织实施	17
3.5 信息发布与共享	19
4 技术路线分析	20
4.1 按能源来源形式分类	20
4.2 用能侧设施的主要技术要求	21
4.3 典型技术介绍	22
4.4 供能技术的运行周期	23
4.5 不同地域应如何选择技术路线	23
5 局限性	26
附件 1 清洁取暖与散煤污染防治技术与案例清单	27
附件 2 技术与案例评估展示模板	28

1 指南介绍

1.1 指南目标

为贯彻执行《大气污染防治行动计划》，落实“调整能源结构，控制煤炭消费总量，加快清洁能源替代利用”要求，促进京津冀地区有效开展燃煤治理与清洁取暖工作，解决区域冬季灰霾污染问题，实现改善空气质量、保障人民健康目标，制定《散煤治理与清洁取暖工作指南》。

通过应用本指南，可帮助我国北方地区贯彻执行清洁取暖任务，推进清洁能源取暖改造工作，支持相关部门从改造技术的适用性、有效性、经济性和环境性等方面进行评估，选取适合自身需求的技术路线，有序开展清洁取暖工作，从而系统有效的推进中国的空气质量改善工作。

1.2 指南内容

本指南总结介绍了6项清洁取暖工作的实施原则，并将清洁取暖的具体工作按5个模块进行了总结。指南还针对不同区域特征，提出了的清洁取暖技术路线选取方法。

此外，指南还可配合《散煤治理与清洁取暖技术与案例集》进行使用。案例集共收集燃煤锅炉改造的8项技术9个案例，以及民用散煤改造的9项技术与4个案例。在技术和案例的介绍分析中，采用了一致性的评价指标，突出了技术性、经济性、环境性以及适用条件等因素，方案制定者可以先对不同技术案例进行了解，再根据实施路径的指导逐步开展工作。

1.3 适用范围

本指南适用于以京津冀地区为代表的北方地区，根据各地不同的自然资源条件、基础设施和开发情况等要素，针对燃煤供热锅炉和散户燃煤供暖，为包括城县建成区、城乡结合部、农村地区、边远农村地区在内的不同区域提供制定清洁取暖工作方案的参考和技术支持。

1.4 参考文件

本指南编制过程中参考了以下技术文件与标准：

- 《民用煤大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》
- 《热泵热水机（器）能效限定值及能效等级》（GB 29541-2013）
- 《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）
- 《水（地）源热泵机组能效限定值及能效指标》（GB 30721-2014）
- 《燃气采暖热水炉》（GB 25034-2010）
- 《余热利用设备设计技术规定》（YB/T 4483-2015）
- 《电采暖散热器》（JG/T 236-2008）
- 《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》（GB/T 18431-2001）
- 《家用燃气快速热水器和燃气采暖热水炉能效限定值及能效等级》（GB 20665-2015）
- 《户式空气源热泵系统应用技术规程》（DB11/T 1382-2016）
- 《生物质直燃常压热水锅炉》（DB13/T 2078-2014）
- 《家用太阳能光伏电源系统技术条件和试验方法》（GB/T 19064-2003）

1.5 编制单位

本指南由清洁空气创新中心和北京市环境保护科学研究院联合编制。

在指南的编制过程中，还得到了北京市环保局、北京市农委、国务院发展研究中心、中国国际工程咨询公司、中国节能协会、中国可再生能源学会等机构多位专家的大力支持。



2 清洁取暖工作实施原则

基于相关政策以及国内外经验的分析，并结合研讨会、调研、走访等研究成果，指南总结归纳了六项清洁取暖工作的实施原则。

<p>环境效益优先</p> <p>在选择方案时，应考虑长期环境效益。将方案中其他潜在的污染物排放做综合考量，将整体环境效益放在第一位。</p> 	<p>重视技术示范及评估</p> <p>实践出真知，新技术的应用需要有科学的示范和评估，才能真正检验其是否具有可行性，减少不必要的弯路。</p> 
 <p>因地制宜地开展资源分析与长远规划</p> <p>充分结合当地资源，因地制宜选择适用方案。</p>	 <p>加强宣传教育</p> <p>方案实施后需加强宣传教育，让改造方充分掌握使用方法、安全性相关知识。</p>
<p>改造方案的经济可持续</p> <p>选择方案时既要考虑初始投入成本，也要考虑长期运行成本，确保方案可持续运行。</p> 	<p>关注民生保障</p> <p>清洁取暖工作是环境问题，也是民生问题。能源供给的持续性和稳定性才能真正惠及用户。</p> 

2.1 环境效益优先

国家提出清洁能源改造着力解决目前北方地区尤其是京津冀地区面临的严重空气污染问题，主要的驱动因素是保障区域内全体民众的环境效益，同时也要兼顾其他协同因素。确保清洁取暖改造工作实现环境效益最优化改善，应以环境的改善作为对比衡量各项技术路线的主要指标。

优先环境性体现在以下几个方面：

- 从环境效益最大化角度考虑，应优先选择余热的利用，其次是可再生能源的使用，然后是清洁能源的使用。

余热资源：尤其是低品位工业余热，如不充分利用，直排会造成浪费和外界热污染。因此，从环境性角度，可优先选用余热利用供暖，同时其成本相对较低。

可再生能源：可以反复利用，在处理得当的情况下，能实现环境影响最小化。

清洁能源：煤改气在本地依然会产生污染物 NO_x 的排放，需保证达标排放；煤改电，发电端依然有部分依靠化石能源，需通过超低排放集中治理，使污染物达标排放。

- 技术路线的选择应满足环境改善要求的前提，要率先开展方案的环境效益评估。
- 技术路线的选择要充分考虑运行能效及二次污染问题，避免增加生态环境成本。

不同技术方案在解决空气污染问题的同时，如有废水、固废、噪音等污染排放的情况，也应该符合相关标准。

- 在技术路线选择时，需要关注供给侧和用能侧的能源消耗，包括能源的梯级利用，提升建筑能效，选择优化的末端散热方式等。

2.2 因地制宜地开展资源分析与长远规划

对能量供给侧与用能侧都应提出提高能效的要求。

- 供给侧应该充分挖掘和利用不同品位能源的价值，实现能源的梯级利用：例如针对天然气，可以考虑优先选用热、电、冷三联供，同时用于支持供暖、供冷和其他需求。
- 用能侧可采用加强建筑保温、改善建筑采光，同时室内采用高效换热散热的形式，并在能源利用机制上做到灵活调控，有效减少过量供热。

清洁能源取暖的方案制定和技术路线选择需要考虑当地的资源禀赋特点，同时兼顾考虑地区规划、未来的建设搬迁计划等因素。

因地制宜，重点考察本地区资源的空间与时间分布特点和城乡未来发展、产业规划布局：

- 从空间上，要注重本地资源分析，结合自身电网、天然气管网等基础设施及可再生能源的分布情况进行技术路线的选择。

资源的分布、应用潜力与是否能持续稳定供应，都会深刻影响技术路线的成本和选择。电网与天然气管网等能源基础设施的建设水平不仅是煤改电、煤改气项目的重要保障，其建设投入也是构成煤改电、煤改气项目经济成本的主要部分，因此，财政支持力度是决定工作难易程度的主要因素。

- 从时间上，技术路线的选取要充分结合本地区的远景规划，考虑技术路线在本地城乡规划期内的运行时间，避免在有拆迁和移民计划的地区选用成本回收期过长的技术路线。
- 关于产业规划，在考虑余热利用等工业热源利用时也需要充分论证提供热源的企业市场竞争力和技术优势，确保其符合本地区的产业规划。避免在管网建立后出现热源企业由于种种原因难以正常运行的情况。

2.3 清洁取暖要有经济可持续性

改造方案应当具备经济可持续性，考虑方案的全生命周期成本，力争运行成本不会大幅波动，避免用户受高运行成本影响而返回到散煤供暖的方式。

- 在改造方案的选择上，以项目整体年度需要花费的政府和居民的总成本作为衡量各种技术路线的一种方法。

通过清洁取暖改造治理散煤燃烧引起的空气污染，受益方包括农村和城市居民。为平衡改造新增的取暖成本，政府在项目实施初期采取财政补贴政策予以支持是合理的方式之一。在选择改造方案时，应当将财政补贴、建设投入、居民费用等纳入总成本进行成本投入和效益产出的对比。

- 结合本地居民收入水平和地方财政情况，制定适用的补贴措施，才能保证改造工作的顺利进行和持续性。同时，要充分调动市场的力量，确保补贴或价格优惠等财政扶持政策退出后，项目仍能在有效的市场机制下持续运行。

例：2016年，北京市对于煤改空气源热泵项目，市、区两级财政每户最高补贴合计不超过2.4万元，同时，在实施低谷电价（0.3元/kWh）的基础上，市、区两级财政各补助0.1元/kWh，最高补贴1万度。

- 培养居民清洁取暖习惯，让其感受清洁取暖的便利、卫生和劳动力节约，以便在将来逐步调整补贴措施。

2.4 重视技术示范与评估

通过技术示范，确保改造技术的有效性。

- 选择的技术应当经过或参考必要的示范和评估过程，来保证改造方案的可行性。在方案制定过程中，把影响方案实施的因素和应对措施充分考虑在内。
- 示范评估的过程可以邀请第三方或专业团队进行过程控制和数据分析，以保证公平公开。

随着清洁取暖技术的不断发展，对于新技术的应用需要提前进行示范评估，并将评估结果公开。同时，将试点过程中的问题和解决办法公布，让更多地方参考。

例：北京市早期煤改电采用的直热电采暖设备在农村应用过程中发现电费花费大，效果不佳，因此，在后期煤改电过程中，经过有效示范，开始采用空气源热泵补充一部分蓄热式电暖器的模式，并取消了直热式电采暖的补贴。在开展煤改空气源热泵的过程中，部分改造地区农户认为费用高，基层政府部门通过组织农户向技术示范村了解情况，逐渐认识并接受了优秀的示范技术。

- 通过评估示范帮助和支持优秀的技术产业快速良性发展。

2.5 加强宣传教育

对于参与改造的用户以及未来有可能参与改造的用户，进行新技术的宣传和教育工作。

- 确保用户能够正确安全地使用并适应新的取暖方式。

完成清洁能源改造后，应确保厂家对于用户进行充分的培训，保证用户了解基本使用方法和安全注意事项。

- 介绍散煤取暖的环境污染和对居民的健康影响，增强用户实施清洁取暖改造的获得感。

燃煤供暖不仅带来空气污染，其燃烧产生的污染物排放如CO及颗粒物等对于使用方的健康影响也是巨大的。通过煤改电、煤改气等方式开展清洁取暖改造，不仅提高了居民生活的健康效益，还能提高农户生活的舒适程度，避免填煤铲灰的劳动付出。

- 提高居民用户的参与和认同。

居民的认同不仅能让清洁取暖工作顺利开展，而且在补贴逐步退出后，仍可以让居民对新的便捷采暖有支付意愿。

清洁供暖的其他协同效益

随着清洁取暖工作的深入开展，越来越多的技术正在被广泛使用。以清洁取暖作为抓手，正在促进包括基础设施建设在内的各项工作的开展。

• 支持电力消纳

我国已经出现电力过剩的现象，电力的消纳成为电网公司以及发电公司的一个重点方向。随着产业转型的升级，过去依靠重工业发展的路径正在不断被转换。如何保证发电机组的上网小时数，给电力消纳一个更好的用途？

用电力执行清洁取暖任务是对于减少本地排放一个不错的选项。同时，随着电网可再生能源发电量不断增加，目前的电网建设可以为以后利用更清洁的电能做好支撑。

• 清洁取暖拓展支持农村清洁用能

随着清洁空气管理工作的深入，除了清洁取暖外，将会不断涌现更多清洁用能的需求。

清洁取暖推动了包括电网、天然气管网以及本地可再生能源供暖等在内的基础设施建设，不仅为农村地区开展清洁用能做好了铺垫，还为农业生产类（如农产品生产加工，粮食烘干等）用电设施以及其他大容量电动设备（如电动车）的推广应用做好支持。

• 农村数据统计支持政策制定

通过电量和天然气用量消耗数据，可以分析农村实际居住人口数量与情况，为今后开展规划和政策制定做好基础工作。

2.6 关注民生取暖保障

保障民生仍然是北方地区冬季供暖的重要前提。

- 在选定技术路线的过程中，要充分考虑能源供给的持续性和设备的稳定性。
- 确保在极寒天气下能满足用户供暖需求。
- 需要具备极端天气和设备故障情况下的备用能源保障预案。

清洁取暖不仅是环境问题，也是民生问题。不仅要选择科学合理的技术路线，后期维护和保养工作也必须严抓落实。要做好应急预案以应对极寒天气或者能源供给设备故障等情况，让用户有信心持续采用清洁方式供暖。



3 清洁取暖工作实施流程

散煤治理与清洁取暖是关系民生的重要工程，在实施过程中涉及地方基本情况分析（各地资源条件和基础设施条件各不相同），多种能源资源类别选择，多部门协同努力以及政府政策的支持。因此，地方城市村镇在开展散煤治理与清洁取暖工作时，需要一套科学的工作流程，制定出切实可行的实施方案。本章基于前述的实施原则，介绍了地方城市村镇如何制定散煤治理实施方案的工作路径，指导地方政府制定出兼顾民生需求、资源禀赋和地区规划的清洁取暖方案。

在开展工作时，应确定牵头单位和配合部门，明确农委、住建委、发改委、电网公司、天然气公司等各部门分工，各司其职，协同推进。本指南建议按下图所示路径，分5个模块开展实际工作。



3.1 基础情况调研

制定散煤治理和清洁取暖实施方案前需要对地方城市村镇的供暖现状、能源结构和

城镇规划等进行调研，充分了解城市村镇的基本情况，提出目标明确、具有针对性的实施方案。此阶段工作主要目的是在启动制定实施方案前，通过全面的调研为之后的方案制定提供数据支持。

※ 步骤一：本地区供暖基本情况调研

- ◆ 通过各级地方政府机构包括街道、村委会等部门调查统计本地区供暖房屋类型（平房、老旧小区或新小区）和目前的供暖方式（散烧煤、集中供暖、空调、电暖、气暖等）。
- ◆ 根据住建、农委等相关部门数据和遥感数据（如可用），获取上述各种房屋类型在地区内的分布情况、面积占比以及平均住户密度，了解供暖面积及集中度等信息。
- ◆ 根据不同的取暖方式和供暖技术能耗参数指标，统计本地区上一年度供暖总能源需求量。
- ◆ 利用调研与文献数据交叉比对，统计本地区散煤及其他能源的使用量及其分布情况，得到供暖能源需求平衡表。

※ 步骤二：污染物的排放贡献分析

- ◆ 根据本地区散煤煤质和使用量，核算散煤燃烧各种污染物的排放量。
- ◆ 利用已有研究成果，初步分析散煤燃烧产生的污染物排放对当地空气污染的贡献。

※ 步骤三：本地区可利用资源情况调研

- ◆ 通过工信、发改、能源等部门收集相关信息和资料，分析本地区清洁能源禀赋条件，了解清洁能源（地热、工业余热、电力、天然气、生物质、太阳能等）的分布和可获得情况。
- ◆ 分析本地区清洁能源供给基础设施的建设情况，了解基础设施是否能够满足清洁能源改造技术的使用需求，为散煤治理方案的可行性提供支持。

※ 步骤四：本地区规划情况调研

- ◆ 收集本地区土地规划、拆迁计划、能源规划以及环境规划等。
- ◆ 将各规划中对散煤治理有影响的内容（如房屋类型构成、房屋拆迁项目、可再生能源规划、环境规划的禁燃区等）进行梳理，确保散煤治理实施方案满足各方规划的要求。

※ 步骤五：国家及本地区政策情况调研

- ◆ 收集整理国家关于散煤治理的要求和政策导向，国家环保行政主管部门发布的散煤治理执行方案以及重点地区散煤治理目标。
- ◆ 收集整理本地区散煤治理的要求，明确本地区散煤治理的目标、重点对象、技术建议和时间节点。
- ◆ 调研国家关于散煤治理的保障措施以及本地区的实际情况，帮助制定本地区的资金保障政策和部门协同方案。

3.2 设定目标

设定合理的目标对实施方案来说是非常重要的。此阶段基于之前调研获得的城市村镇散煤使用情况、清洁能源的资源条件情况以及城市村镇发展规划等信息，设定合理的散煤治理与清洁取暖目标。

※ 步骤一：设定目标

- ◆ 基于第一步的基本情况调研结果，充分考虑本地区空气质量改善目标，设定合理的散煤治理与清洁取暖目标。
- ◆ 结合清洁能源技术的环境改善效率，合理设定清洁能源改造的具体工作任务，并将任务分解落实到各个相关部门（城规、环保、住建、财政等）。

※ 步骤二：开展目标可达性分析

- ◆ 污染物减排测算：基于基准年的大气污染物排放清单，初步核算完成散煤治理目标情景下的污染物减排量，简单分析环境效益。
- ◆ 技术可达性分析：分析清洁取暖各种技术的适用性、成熟度等指标，评估其能否满足散煤治理的技术要求，实现既能减少散煤使用量，降低污染物排放，又能保证居民的供暖效果，解决民生问题。
- ◆ 配套政策：评估地方政府的配套政策，完善价格机制和补贴机制，从供给侧、用能侧同时推进清洁取暖改造、落后炉具的淘汰、社会化投资的使用等。

3.3 开发实施方案

※ 步骤一：开展技术适用性及成本效益分析

- ◆ 适用性分析：根据地方的基础情况和设定的改造目标，对一些重要的改造技术进

行适用性评估，因地制宜、因城施策地选择改造技术。

- ◆ 成本效益分析：评估各适用技术的经济投入、环境效益、执行要点等（相关技术的具体指标及案例参考本指南案例），为制定实施方案提供数据支持。
- ◆ 保障要求：将地方政府能够采取的保障措施分析汇总，如价格优惠、补贴、基础设施建设、部门分工协作等。

※ 步骤二：实施方案制定

- ◆ 根据当地基础情况调研结果、设定的清洁能源改造目标以及改造技术的分析，制定城市村镇清洁取暖改造的初步实施方案，并将改造任务明确分配给相应的执行部门。
- ◆ 组织相关部门（如发改、财政、国土、环保等）充分发挥职能作用，对实施方案中涉及的资源、政策等开展会商与讨论，明确本部门任务与职责，修改并完善实施方案。
- ◆ 通过专家研讨会等形式，对实施方案进行论证和审核并最终确定。

3.4 组织实施

※ 步骤一：按照实施方案开展工作

- ◆ 根据已经通过的实施方案，各负责部门按照任务分配开展工作。

※ 步骤二：开展清洁取暖技术示范、评估

- ◆ 根据实施方案，分析当地清洁取暖的技术需求。
- ◆ 根据技术需求，组织技术对接活动。
- ◆ 开展技术示范与评估工作。

※ 步骤三：方案的实施与推进

- ◆ 技术方案明确后，组织技术方案落地执行。

※ 步骤四：对方案执行效果进行实时评估与反馈

- ◆ 技术方案执行过程中实时评估，建立反馈机制，确保各部门有效开展工作。
- ◆ 对清洁取暖项目的问题、经验与效果进行回顾性评估。

3.4.1 实施保障

※ 组织保障

- ◆ 基于改造目标和实施方案，确定清洁取暖改造任务分工，确保职责分配落到实处。强化政府监督，相关部门各负其责。
- ◆ 开展工作时各部门之间要保持协调，共同推进完成清洁取暖工作。
- ◆ 主要部门要牵头做好资源审批整合，要确保资源高效利用，不产生污染问题。要防止多部门监管带来审批困难，阻碍清洁取暖工作推进。

※ 资金保障

- ◆ 确定重点措施的资金需求（改造工程、补贴等），由相关部门负责落实。
- ◆ 政府确定资金保障需求时，首先，应考虑工作方案与技术路线推进的顺利性。因为较低的运行成本可以减少清洁能源改造工作推进中的难度，获得居民的认可。其次，应避免规划变更对长期投资的浪费。对于有拆迁规划的地区，政府可以考虑选择初期成本低，运行成本高的方案，并有针对性地提高项目运行期补贴力度。
- ◆ 通过动态的资金保障机制设计，引导居民养成节能环保的生活习惯，合理使用能源，从能源使用侧降低使用强度，减少污染排放。

※ 质量保障与运维监管

- ◆ 联合电力、环保、质检等相关部门，制定并发布清洁取暖改造技术规范，严格设备准入门槛，为改造用户提供产品质量保障的同时，确保清洁取暖改造项目的总体效果。
- ◆ 电力公司、燃气公司、技术提供方等相关企业积极配合，提供保障支持。
- ◆ 明确技术提供企业对改造后设备的运营维护和质量保障责任，技术提供企业应配套提供运维及保障方案。
- ◆ 对补贴、价格优惠等政策的执行情况进行跟踪，并对散煤复烧进行监察，确保清洁取暖工作开展的有效性。
- ◆ 方案实施后期，可以探索供暖服务模式的转变。当技术设备企业的运营渐趋稳定成熟时，在充分的地区市场调研的基础上，尝试由单纯的技术设备提供向供暖服务模式过渡。供暖服务模式不仅可以为企业拓宽业务范围、提高经济效益，还能够简化地区内清洁能源供暖的供应链结构，实现政府和企业的良好对接。



3.4.2 相关培训

※ 清洁取暖改造技术方案宣传

- ◆ 根据清洁取暖实施方案的部署，在需要进行改造的地区，开展改造技术方案宣传，使当地居民了解新技术的优点。

※ 环保理念宣传

- ◆ 树立环保先锋意识，对清洁取暖的环境效益进行宣传，推动改造对象的观念转变。
- ◆ 通过提供试用服务、表彰奖励、效果展示等多种手段，积极推动清洁取暖改造工作。
- ◆ 促进居民养成节能环保的生活习惯，提升居民对环保工作的参与度与获得感。

※ 运维和安全操作培训

- ◆ 实施清洁取暖改造后，由技术提供企业对相关使用人员进行运维和安全操作等相关知识的培训，确保设备能够安全稳定运行，在保证取暖效果的同时，实现清洁能源的环境和经济效益。

3.5 信息发布与共享

完成以上工作后，定期对已开展的工作进行总结和回顾，不断更新总结居民反馈与解决问题的经验教训，积极建立示范试点，共享工作成果，为本地区及其他地区开展清洁取暖工作提供支持。

4 技术路线分析

清洁取暖技术并不是某一项或几项单一的技术，而可能是多种设备、多项技术的有机组合。在技术的应用过程中，也会根据不同地域气候特征、资源禀赋、城乡规划、空气质量改善的迫切程度等因素的差异有不同的应用情景。因此，本章将针对技术的分类、用能侧的要求、典型技术类别，以及在不同地区如何选择技术方向等内容进行分析和介绍。

4.1 按能源来源形式分类

能源来源	能源形式	能源利用方式
发电厂	热能	集中供热
	电能	蓄热式电采暖
		碳纤维电热膜
		电极热水锅炉
		电阻丝热水锅炉
天然气	燃烧	低氮冷凝燃气锅炉
		分户燃气壁挂炉
		分布式燃气冷热电三联供
可再生能源	中深层地热	地热井供暖
	浅层地热	土壤源热泵
		水源热泵
	空气能	空气源热泵
	太阳能	太阳能光伏
		太阳能光热
	生物质能	生物质成型燃料锅炉
		沼气燃烧
生物质燃气		
余热利用	低品位余热利用	吸收式热泵
	移动余热利用	相变储热
清洁煤	清洁煤	清洁炉具

通过上表可以看出，清洁取暖不仅包含利用清洁能源采暖（如利用可再生能源中的太阳能，空气能等），也包括利用传统能源通过更清洁的方式取暖（如热电联产集中供热、天然气锅炉壁挂炉、清洁煤等），还包括利用余热资源进行供暖。

从能源的来源和供给的角度来看，能源供应的稳定性、可靠性，以及能源的价格因素等十分重要，会对清洁取暖能否有效进行产生重要影响。当地能源来源稳定，价格合理，选取技术路线的能源转化效率高，是有效实施清洁取暖的必要手段。

4.2 用能侧设施的主要技术要求

做好房屋节能保温改造

房屋节能保温改造可以有效减少对能源的需求，从而有效降低能耗，减少供给端能源使用量，并相应减少污染物的排放。

独立可调节的采暖模式

灵活的采暖模式相较于集中供暖更有利于减少能源浪费，有针对性的满足供暖需求。对于非居住类建筑，如学校，商城等，若能够通过适应用户用能习惯，实现定时定向供暖，可达到降低能源消耗、减少污染物排放的目标。



4.3 典型技术介绍

4.3.1 热泵类技术

热泵类技术可以对空气能、浅层地热能、低品位工业余热进行充分挖掘利用。该类技术不仅能效水平高，而且运行可靠，已经通过了实际工程的验证，是目前高效清洁采暖的核心技术之一。

热泵技术是通过部分高品位能源驱动，抽取热媒带来更多的可用热能，其技术特点决定了其相比直热式电采暖具有显著的效率优势。

4.3.2 蓄能类技术

解决时间的不匹配问题：

蓄能类技术能够实现能量供应不稳定及价格不一致时的能量储备。如蓄热式电暖器或电锅炉可利用夜间的低价谷电，在夜间进行储能，在白天利用。

解决空间的不匹配问题：

蓄能类技术与运输方式结合（移动余热利用）可以解决热能远距离输送不便的问题，机动灵活解决用能侧的供暖要求。

解决效率的不匹配问题：

光热、光伏等可再生能源供暖设备的输出功率会随环境和时间而变化，蓄能装置能够及时进行能量的储存和释放，保证供暖应用和储备需求。

蓄能技术也能将不同品位的能源进行汇聚，整体调整后再外输统筹供给所需要的能源品质。

4.3.3 高效低排放燃烧技术

高效低排放燃烧技术，以低氮冷凝锅炉、壁挂炉和分布式燃气冷热电三联供为例，通过控制燃烧方式、提高燃烧效率可以减少污染物的排放。同时，能效的提高意味着污

染物排放总量的进一步减少，实现相对清洁的供暖。

另外，清洁煤的使用过程需要与清洁炉具配合，在有效监管情况下，对减少污染排放也具有一定效果。

4.4 供能技术的运行周期

能源的总量是守恒的，通过能源阶梯利用，能够让高、低品位能源供暖功能的发挥得到最大化。

取暖需要大量的基础工程建设，例如电网改造、天然气管网铺设，以及大型设备的安装施工等。因此，必须保证用能端有足够的、稳定的使用需求，才能在一个相对合理的成本回收期内将投资收回。如果有拆迁和移民规划，选择一些相对灵活，可再利用的取暖方式会更加节约。

4.5 不同地域应如何选择技术路线

清洁取暖是一件地域性极强的工作，根据各地不同的自然资源禀赋、基础设施和开发情况等条件，可做如下区域划分并选择相应的技术路线。

4.5.1 城县建成区

取暖的排放主要来自于燃煤供热锅炉。

- (1) 集中居住的住宅小区或办公场所，可优先考虑热电联产集中供热；
- (2) 对于集中供热未覆盖地区，根据资源分析情况，可通过整体利用工业余热、中深层地热、浅层地热能进行小区供暖；
- (3) 燃气管网覆盖小区可选择采用天然气分户壁挂炉供暖；
- (4) 在学校、商场、办公场所等处，可考虑采用可分区、分时的电供暖（蓄热式电锅炉）或冷凝式天然气锅炉供暖。

4.5.2. 城乡结合部

取暖的排放同时来自于燃煤供热锅炉和散户燃煤供暖。

- (1) 充分考虑城乡规划的有关要求，对于城中村优先考虑拆迁，之后进行集中供暖；
- (2) 对于有拆迁计划的区域，应避免过多建设基础设施造成投资浪费，以采用过渡期技术为佳：如即将拆迁的老旧小区，可以通过移动余热车采集附近工业余热进行供暖；对于平房等没有供热管网的散户，可以采用蓄热式电采暖、电热膜等技术路线。过渡期技术初始设备投资相对较小，拆迁后，设备可转移再利用；
- (3) 对于人口长期稳定居住的小区，可以参考城建区的技术路线选择顺序；
- (4) 对于长期不会拆迁的散户居民，可考虑采用可分区、分时的电供暖（蓄热式电锅炉）或冷凝式天然气锅炉供暖。

4.5.3. 农村地区

取暖的排放主要来自于散户燃煤供暖。

- (1) 如果农村地区有丰富的地热资源，可以采集中深层地热分户供暖；
- (2) 适宜扩充电网的农村地区，可以考虑空气源热泵技术路线及分户式浅层地热能供暖；
- (3) 农村地区距离城市燃气管网较近的，可以考虑接入燃气管网，利用天然气分户壁挂炉供暖；
- (4) 如果是比较富裕且光照条件较好的农村地区，可以探索使用分布式光伏配合蓄能类技术，利用空气源热泵、太阳能光热等多种能源互补的方式供暖。

4.5.4. 边远农村地区

主要供暖排放污染来自散户燃煤供暖。考虑到电、天然气及可再生能源成本可能对边远农村地区低收入农户带来的压力，可推广利用洁净型煤或优质煤供暖。

通过政策的大力支持和市场的培育，清洁取暖技术得到了前所未有的发展，新技术不断涌现，然而，追根溯源，仍是对几类核心技术的组合与应用。下一章所介绍的是目前已经有实际应用、成熟度相对较高的一些技术及其应用案例。相信未来通过不断的技术创新，会有更多的技术通过示范和试点获得认可。



5 局限性

技术类型限制

清洁取暖工作的方向包括煤改气、煤改电、煤改再生能源及清洁煤替代等。随着新技术不断创新，更多优秀的技术正在不断涌现，需要在以后指南更新版中不断列入。

地理空间限制

本指南调研的主要区域在京津冀及周边地区，适用的环境主要为燃煤排放对空气质量影响严重的华北地区。

案例数量有限

由于时间限制，本指南调研的案例主要通过专家推荐，是各个领域技术领先的技术案例。

附件 1 散煤治理与清洁取暖技术与案例清单

类别	技术路线	典型应用案例	类型
燃煤锅炉改造	工业余热综合利用	河北迁西钢厂余热利用供暖项目	余热利用
	移动余热利用	河北省邢台宾馆项目	余热利用
	燃气锅炉	北京顺义区供热站项目	煤改气
		山东济南大学一体式低氮冷凝锅炉项目	煤改气
	蓄热式电锅炉	河北廊坊新动批电极锅炉项目	煤改电
		北京延庆八达岭经济开发区项目	煤改电
	地热能利用	北京昌平永旺国际商城项目	可再生能源
		河北雄县某村地热供暖项目	
	生物质锅炉	河北石家庄生物质锅炉供暖项目	可再生能源
	分布式燃气冷热电三联供	-	煤改气
醇基锅炉	-	-	
民用散煤改造	热水型空气源热泵	北京房山区某村煤改电项目	煤改电
	蓄热式电暖器	北京通州区某村煤改电项目	煤改电
	太阳能光伏	北京亦庄经济开发区项目	可再生能源
	燃气壁挂炉	北京通州区某村煤改气项目	煤改气
	浅层地热能热泵	-	可再生能源
	太阳能热泵	-	可再生能源
	碳纤维电采暖	-	煤改电
	被动式能源建筑	-	-
	洁净型煤	-	-

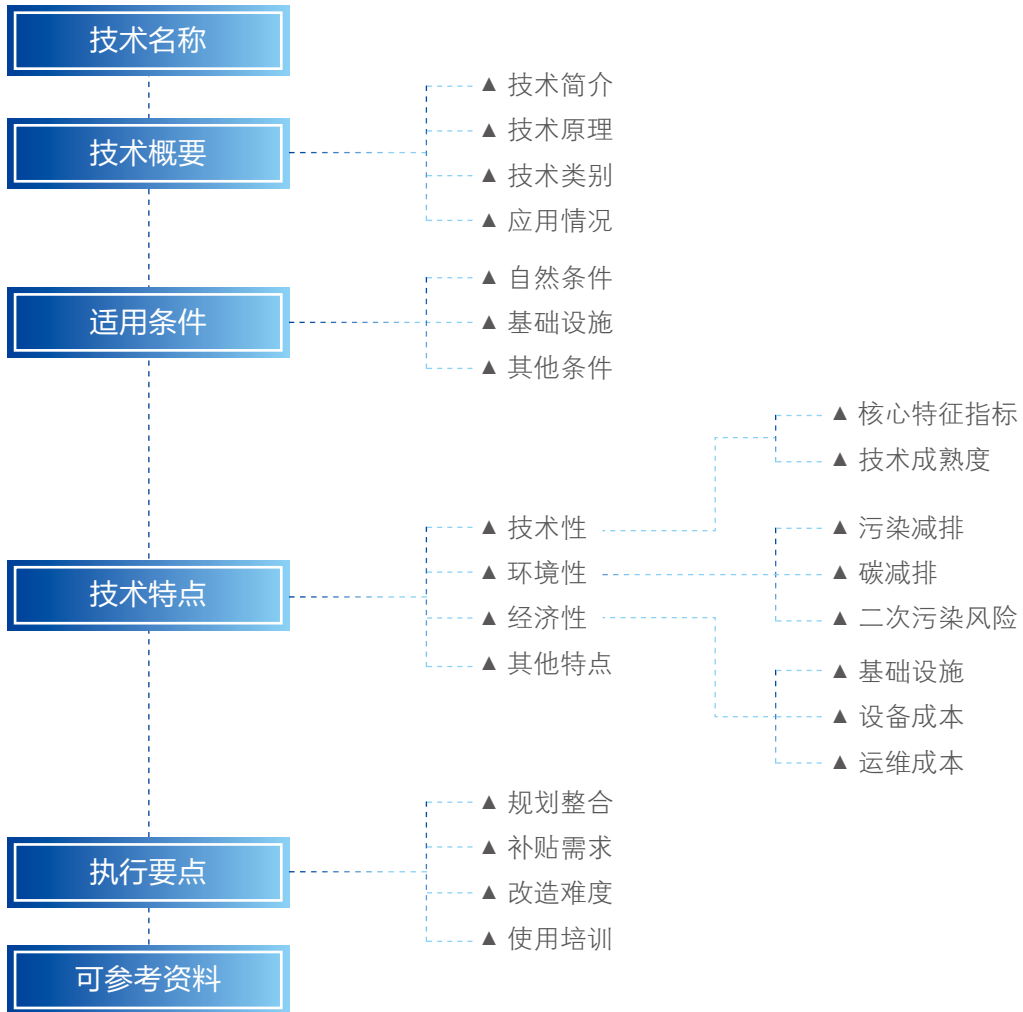
附件 2 技术与案例评估展示模板

散煤治理与清洁取暖的原则与实施方案相辅相成，核心目的是选取有效的技术路线，并稳步推行下去，在取得理想效果的同时，从更多维度促进环境与人民生活质量的提升。

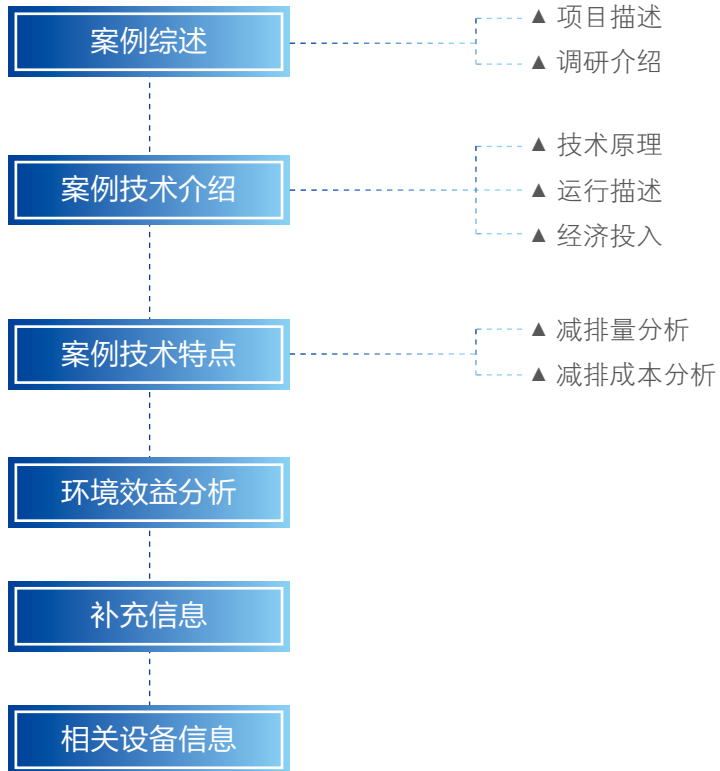
技术与案例集将着重介绍各种可采取的技术路线，并对其进行剖析与解读，意在为有关部门开展清洁取暖工作给予支持。

案例集对于项目组调研和考察的案例进行了归纳总结与分析，突出强调了技术性、经济性和环境性分析，重点核算了所调研技术案例的吨煤减排成本、单位大气污染物当量减排成本等指标。经济成本核算中，包括了一次投资、用户使用成本等投入。

技术介绍与技术评价要点如下所示：



案例介绍与评价主要指标如下所示：



清洁空气联盟

清洁空气联盟由十家中国清洁空气领域的核心科研院所共同发起，拟为中国的省市提供一个有效的平台，一方面以推广国内外先进的理念、经验、技术、工具；另一方面，加强省、城市以及科研机构之间的交流协作。联盟的目标是支持中国的省和城市改善空气质量，减少空气污染对公共健康的危害。联盟的参与方包括科研院所、相关省市、以及关注清洁空气的公益机构和相关企业等。

十家发起机构包括：清华大学、环境保护部环境规划院、环境保护部环境工程评估中心、复旦大学、南京大学、北京师范大学、中国环境科学研究院、北京大学、环境保护部机动车排污监控中心、中国人民大学



清洁空气创新中心（联盟秘书处）

北京市朝阳区建外大街甲24号东海中心709

电 话：+86-10-65155838

电子邮箱：cleanairchina@iccs.org.cn