



GR 绿色乡源 Green Rural



源起

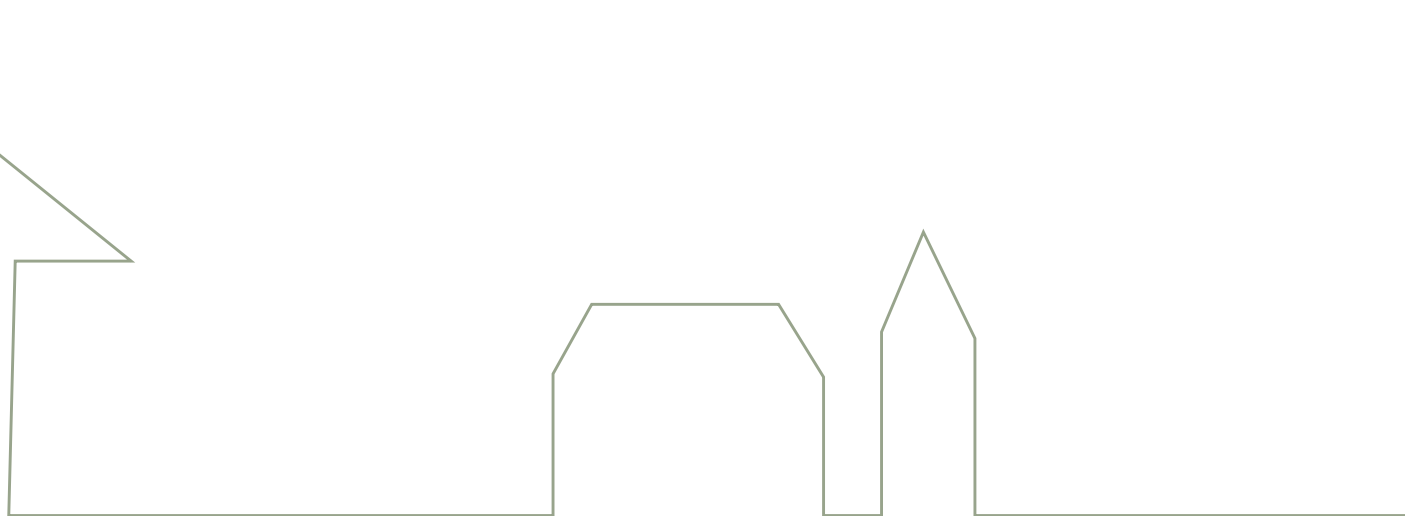
中国陕北农村，村民冬季取暖多采用传统方式。传统取暖方式依赖固体燃料（煤、薪柴等），造成大量室内烟尘排放，对人体健康危害极大。在冬季，大气本身扩散条件差，污染承载力小；加之中国北方和中东部部分地区的供暖需求，大气污染防治工作面临严峻挑战。

王石作为 2010 年联合国基金会启动的“全球清洁炉灶联盟”的中国理事，推动清洁炉灶项目在中国的实施。2017 年，在万科公益基金会和万科名誉主席办的支持下，C Team 项目团队在陕西 8 个自然村 500 试点户推动农村居民使用清洁炉灶，解决因炊事炉灶和燃料不清洁带来的健康和环境问题。2018 年，C Team 总结清洁炉灶项目的相关经验，回应更为突出的取暖需求和社区环境挑战，实施“绿色乡源”计划，关注乡村清洁能源和社区发展，使中国乡村更加绿色、宜居。

多方协作

“绿色乡源”计划及前期的清洁炉灶项目得到了万科公益基金会的持续资助（2017-2020）。2019年，联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划支持“绿色乡源”计划开展了“陕北农村清洁能源示范及社区发展项目”。

为了项目实施过程中的专业性和本地化，C Team 联合技术支持方中关村创蓝清洁空气产业联盟和本土团队陕西妇源汇性别发展中心，以陕西省延安甘泉县石门镇南沟门村为试点，探索因地制宜的清洁取暖方案，支持社区自组织建设，开展环境友好型生计和环保教育活动，为中国其他类型社区开展清洁取暖和环境改善提供参考和借鉴。







万科公益基金会是由万科企业股份有限公司 2008 年发起，由国家民政部主管的全国性非公募基金会。万科公益基金会以“面向未来，敢为人先”的理念，关注对未来影响深远的议题，以“可持续社区”为目标，推动环境保护和社区发展。



SGP The GEF
Small Grants
Programme



联合国开发计划署是联合国系统为终止贫困、不平等和气候变化而工作的主要机构。与全球 170 多个国家的专家和伙伴组成的广泛网络合作，联合国开发计划署帮助各国建立人与地球和谐的综合性和持续性解决方案。

四十多年来，作为联合国从事发展的全球网络，联合国开发计划署充分利用其全球发展经验，支持中国制定应对发展挑战的解决之道，并为中国开展南南合作和参与全球发展提供协助。联合国开发计划署目前在中国的重点工作领域为：减少贫困、善治、危机预防与恢复及能源与环境。

小额赠款计划成立于 1992 年，是全球环境基金的共同项目，由联合国开发计划署负责实施。小额赠款计划在全球 125 个国家，向当地民间组织，特别是原住民、妇女、青年实施的可持续发展项目提供资金，以促进基于社区的创新、能力建设和赋能。小额赠款计划在全球已经支持了 20000 多个社区项目，工作领域包括保护生物多样性、减缓和适应气候变化、防止土地退化、保护国际水域、以及减少化学品的影响，同时发展可持续的生计。



中关村创蓝清洁空气产业联盟
BLUETECH CLEAN AIR ALLIANCE

中关村创蓝清洁空气产业联盟是一个致力于通过开展技术转移、技术评估与示范、投资服务、专利保护、政策研究等工作，推动清洁空气的技术与产业发展，加速全球空气质量改善的非营利社团。



陕西妇源汇性别发展中心，是由国内知名的妇女发展组织陕西省妇女理论婚姻家庭研究会申请于 2008 年 8 月在陕西省民政厅注册的社会服务机构；社会组织等级评估 4A 级单位，陕西首批慈善组织。



南沟门村位于陕北延安市甘泉镇。该镇该县人口 8.9 万，是典型农业县，农村人口老龄化和空心化严重，居民收入水平不高，财政资金紧张。这里居住房屋多为窑洞，一户三口比较普遍，采用室内炉灶燃烧玉米芯配合燃煤进行取暖和做饭，会排放大量空气污染物和温室气体。



清洁取暖

通过推动落实延安清洁取暖试点项目，优选适合延安农村地区的清洁取暖相关技术路线，并验证评估相关技术措施所带来的环境效益，推动技术路线在延安以及陕西其他地区的进一步应用。本项目评估的环境效益为空气污染治理和温室气体减排的双重效益，以支持环境空气质量的改善和应对全球气候变化。



大环境和小生态

项目点地处中国陕北延安农村，村民冬季取暖多采用传统方式，取暖时的烟尘排放对人体健康危害极大。

延安位于陕西省北部，地处黄河中游，黄土高原的中南地区。截至 2016 年底，全省城乡建筑取暖总面积约 9.2 亿平方米，清洁取暖率约 50%。陕西取暖使用能源以燃煤（59%）和天然气（37.3%）为主。

民用散煤燃烧会排放大量空气污染物黑碳。

据统计，中国民用散煤燃烧排放的黑碳占全国黑碳排放量一半以上。黑碳通过吸收太阳辐射，产生温室效应加热大气；当黑碳沉降在冰雪上时，会改变其表面的反照率，从而加速冰雪融化。黑碳的全球增温潜势是二氧化碳的 900 倍。因此黑碳减排也成为了减缓气候变化的重要措施。

作为资源大省，陕西省是全国首个提出气化全省概念的省份，2009 年就提出了“气化陕西”的战略目标并开始实施“气化陕西”工程。2018 年 6 月，陕西省发布了《陕西省冬季清洁取暖实施方案（2017-2021 年）》。

综上所述可以看出，省内相关政策已经到位，但在具体的实施层面，因各种条件约束，情况并不理想。

项目点南沟门村农户的房屋多为窑洞式住宅，农户冬季采暖仍然多采用室内炉灶燃烧玉米芯、薪柴配合无烟 / 有烟煤进行取暖与做饭，达不到清洁取暖要求。

当地已连续十年进行电网升级，乡村电网已经进行改造，可容纳较大功率设备，具备较好的电力基础翻新。但甘泉县还没有针对民用电的峰谷电价补贴，且空气源热泵等电采暖方式用电量较大，农户很少使用，只有部分居民购买了电热取暖器，因此全面“煤改电”在南沟门村条件还不够成熟。

大道应对气候变化促进中心（C Team）是王石等企业领袖和环保公益人士于 2017 年发起的民间非营利组织，致力于推动绿色创新与变革，探索绿色低碳发展模式，促进可持续发展和生态文明建设。

绿色乡源项目清洁取暖版块的目标是探寻适合延安地区的农村清洁取暖方式，改善农户室内空气质量和减缓气候变化；推动政府支持相关解决方案在甘泉县石门镇更大范围内推广使用；优化形成因地制宜可复制推广清洁取暖方案。

工作内容包括对延安当地的取暖情况以及资源禀赋进行调研评估，设计符合当地情况的清洁取暖技术路线，选取试点户开展技术应用和评估。

项目试点地南沟门村所属延安市甘泉县，是典型的农业县，农村人口老龄化和空心化比较严重，居民收入水平不高，全县财政收入 1 亿多元，而支出达到 3 亿元，财政资金比较紧张。南沟门村的居住房屋多为窑洞，普遍采用传统方式取暖和做饭。

技术路线

项目选择了 17 户试点户开展三种技术示范以及评估工作，

5 户试点户进行光伏发电 + 水暖炕试点，

2 户进行太阳能光热 + 被动房改造，

10 户进行生物质颗粒燃料适配炉具。

光伏发电 + 水暖炕

利用太阳能光伏板产生电力，在炕的上方加装水暖盘管的取暖设备——水暖炕。水暖炕中的水用电加热。太阳能光伏板产生的电补贴一部分电费。



太阳能光伏施工和完成图

太阳能光热 + 被动房改造

屋顶安装太阳能热水器，在卧室的室内墙面安装水循环散热器。对卧室相连房间进行门窗和外墙改造，加强密闭性，降低热负荷指标，提高保温性能，避免热能散失，实现被动房效果。



太阳能热水器



被动房改造：改造加强门窗和外墙的密闭性，
提高了保温性能。

生物质颗粒燃料适配炉具

用生物质炉具匹配生物质成型燃料进行燃烧供热取暖。生物质燃料由当地玉米秸秆和废弃树枝制成，现在由当地村民负责燃料加工工作。



生物质炉具适配生物质燃料的取暖方式适合在延安甘泉等生物质资源丰富的地区推广使用。生物质燃料是一种可再生能源，可减少温室气体排放，项目试点的 10 户一个取暖季减少温室气体 46.4 吨。此外，生物质炉具的使用方式与传统燃煤或者柴火取暖炉取暖方式类似，利于当地村民接受和掌握，而且生物质炉具及生物质燃料的费用，和本项目的光伏和光热技术路线比起来成本较低，易于推广。



生物质是指由光合作用而产生的各种有机体，主要包括农林剩余物、薪柴、秸秆、人畜粪便、城镇生活垃圾等。生物质成型燃料是把生物质经过机械压缩制成燃料块，可以在锅炉或炊事灶具中直接燃烧利用，是一种温室气体零排放的清洁可再生能源。成型颗粒料可替代散煤的优质环保燃料。

在万科公益基金会和联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划的支持下，项目点南沟门村已在当地尝试生产和供应生物质成型燃料。当地村民按照 1:1 提供玉米秸秆和废弃树枝，在加工车间进行粉碎和压实加工，村民提供原材料加工至 500 斤的生物质燃料，并签署炉具领用单，承诺继续提供原材料换取生物质燃料，替代烧煤，可以免费领用一个生物质炉具。2020-2021 取暖季，新增 30 户家庭参与回收秸秆加工计划。

生物质成型燃料的本地生产供应，布局灵活，适应性强，可实现就近收集原料、就地加工转换、本地消费，并有助于解决当地村民私下露天焚烧秸秆问题，在乡村推广低碳环保的生活理念，同时也适当带动本地的劳动力就业，是一个一举多得的模式。

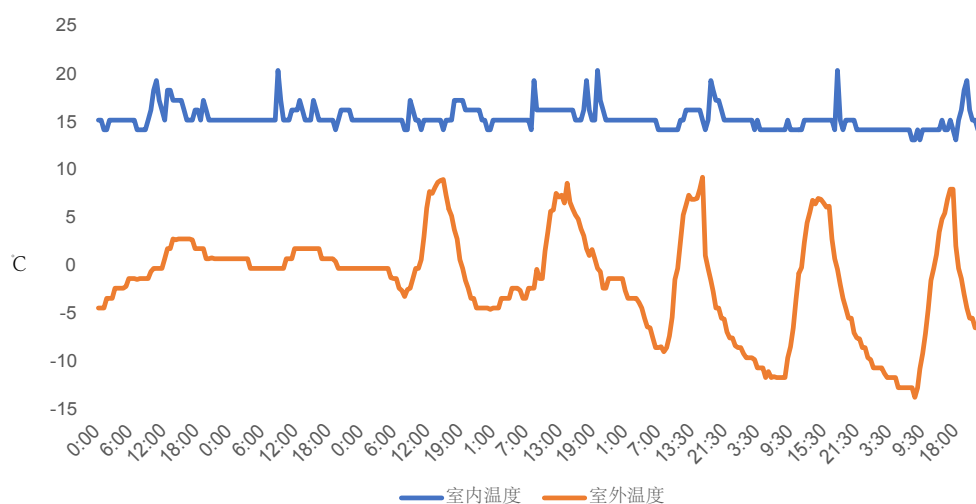
实施效果分析

项目组通过监测仪器对取暖效果、环境效益和温室气体减排效益等进行了监测与测算。

取暖效果如何？

1 光伏发电 + 水暖炕试点户

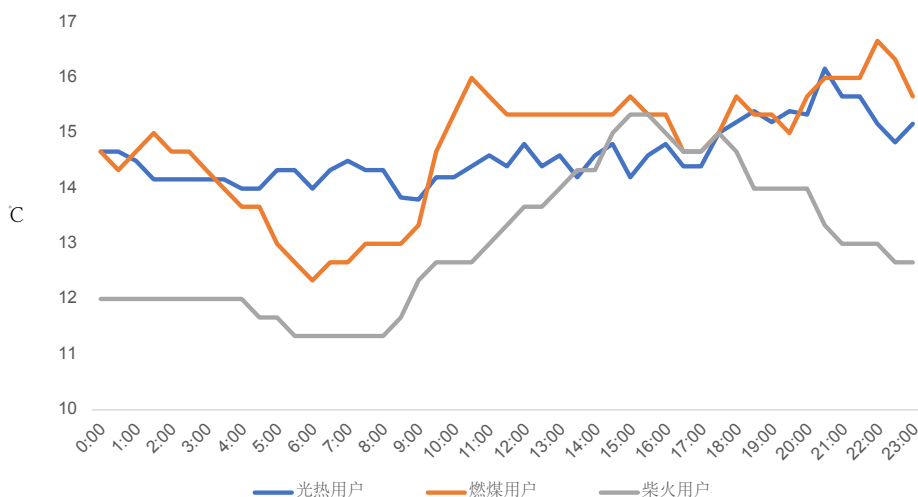
下图是光伏 + 水暖炕试点户的室内温度与室外温度对比。



光伏发电 + 水暖炕各时段取暖各效果

光伏试点户室内主要的取暖工具是水暖炕。试点户给予了水暖炕较高的认可，认为水暖炕可以较好的提升夜间睡眠舒适度。原火炕只能维持 5-6 小时的温度，在凌晨时基本降至常温。而水暖炕可以整晚维持在恒定的温度，并且温度可以调节，睡眠舒适度较高。

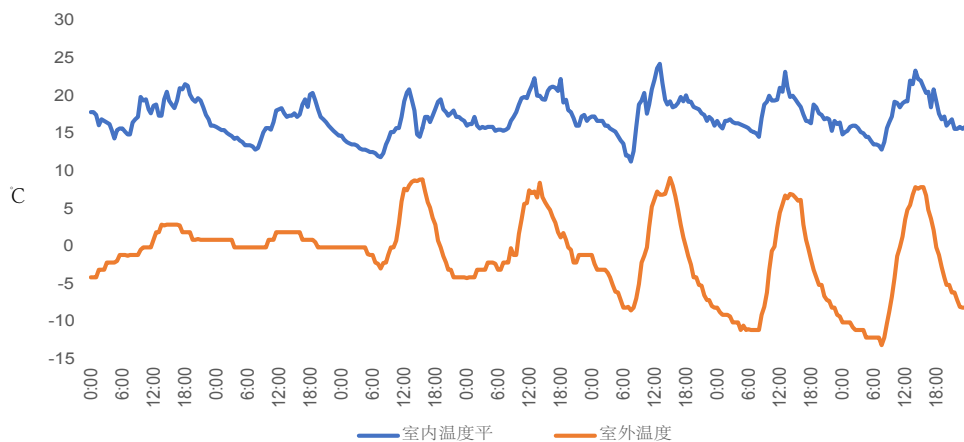
2 太阳能光热 + 被动房改造试点户



太阳能光热 + 被动房改造用户取暖期与燃煤用户、柴火用户温度对比

与光伏试点户的情况类似，光热试点户的室内热源较少，结合热源热值等情况因素导致光热试点户的室内温度与燃煤相比略低，但略好于柴火用户。光热试点户同样居住于窑洞内，较好的房屋保温效果使室内温度基本维持在 15°C 左右。

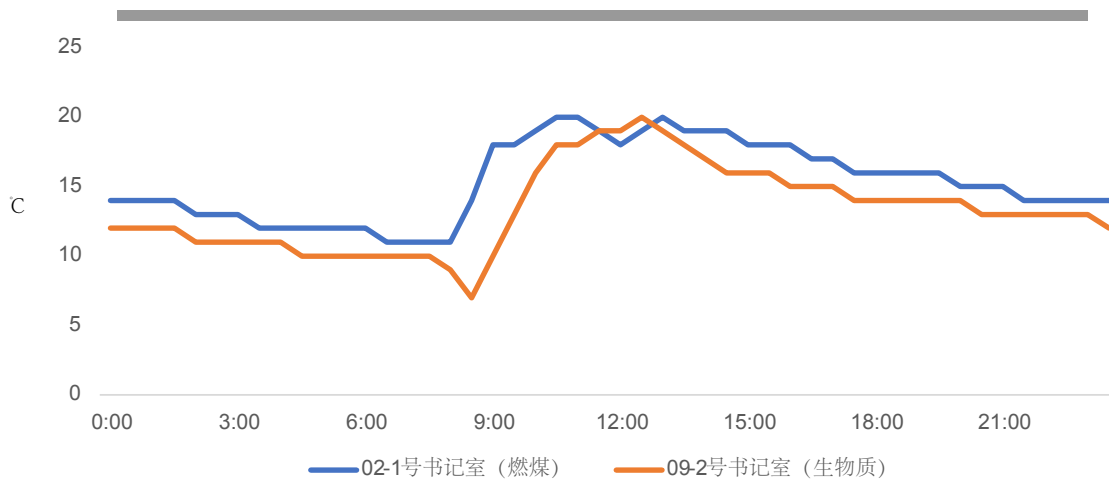
3 生物质颗粒燃料适配炉具试点户



生物质颗粒燃料适配炉具试点户各时段取暖效果

生物质与燃煤对比：

南沟门村委会 2 号书记室安装了一台生物质炉具，同时 1 号书记室有一台传统燃煤炉具。两间房屋结构相同，炉具的使用习惯基本相似，以下为两书记室 24 小时数据对比。从图示可以看出，两种取暖方式取暖效果不相上下。

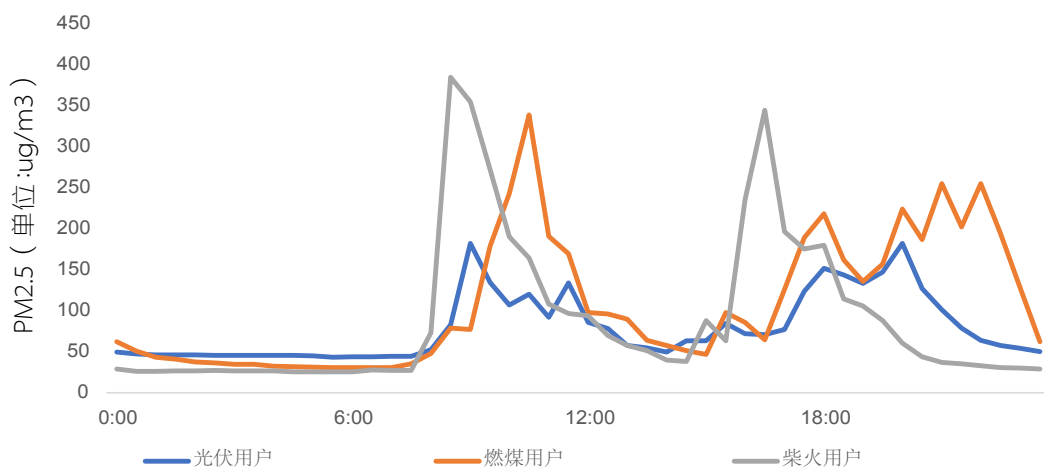


典型户各时段温度

环境效益如何？

1 光伏发电 + 水暖炕试点户

通过室内外在线监测仪器采集的空气质量数据监测数据进行分析，分析对比评估不同取暖形式对空气质量的影响，同时计算温室气体减排情况。



光伏用户与燃煤用户、柴火用户 PM2.5 浓度周平均值各时段对比

光伏试点户室内没有其他燃烧形式的取暖设备，室内 PM2.5 情况良好。在早晨及傍晚有一些升高趋势，一是室外背景空气质量在这两个时间段内有上升，二是这两个时段会生火做饭带来一定的 PM2.5 排放。

● 温室气体排放

光伏发电 + 水暖炕技术路线本身不排放任何温室气体。实施方法上，试点户光伏发电并入国家电网，农户使用来自电网的电量。因此在最终计算减排量的时候，需要基于产电量和用电量的差值进行减排量的测算。本项目于 2020 年 2 月 28 日完成并网，统计数据如下。

试点户	日均发电量 3月16日-7月12日	发电量 截至7月12日	预计 年发电量	预计水暖炕 冬季用电量
曹师傅	8.8kWh	1195	平均 4500kWh	平均 175kWh
贺师傅	15.1kWh	2013		
温师傅	14.9kWh	1988		
李师傅	15.0kWh	1982		
高师傅	9.5kWh	1238		

光伏发电统计

每户每年可以发电 3000-5000kWh, 预计 5 户试点户平均每年可以产生 2.25 万度清洁电力，同时每年减少使用 10 吨燃煤进行冬季取暖。

● 污染物及温室气体减排计算

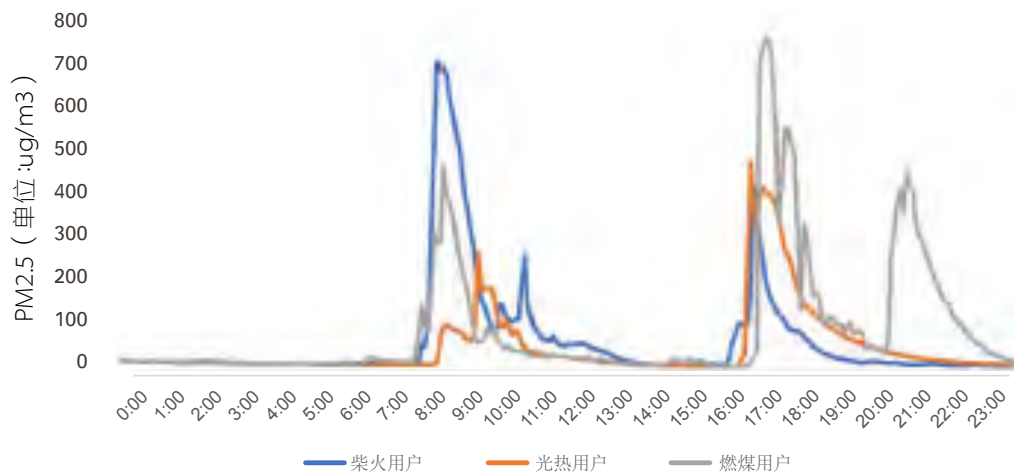
光伏发电可以全年运行，因此带来了额外的电网清洁电力减排，可以实现更多的温室气体减排。

每年减排				
减排污染物	5 户燃煤替代减排	5 户发电减排	5 户合计	400 户合计
温室气体 (CO ₂) 减排量 (吨)	26.2	23.6	49.8	3984.0
NO _x 减排量 (kg)	16.0	65.7	81.7	6536.0
SO ₂ 减排量 (kg)	74.0	71.1	145.1	11608.0
PM _{2.5} 减排量 (kg)	243.0	7.2	250.2	20016.0
污染物减排量合计 (kg)	333.0	144.0	477.0	38160.0

光伏发电 + 水暖炕替代燃煤取暖情景下减排量计算

每户每年可以发电 3000-5000kWh, 预计 5 户试点户平均每年可以产生 2.25 万度清洁电力, 同时每年减少使用 10 吨燃煤进行冬季取暖。

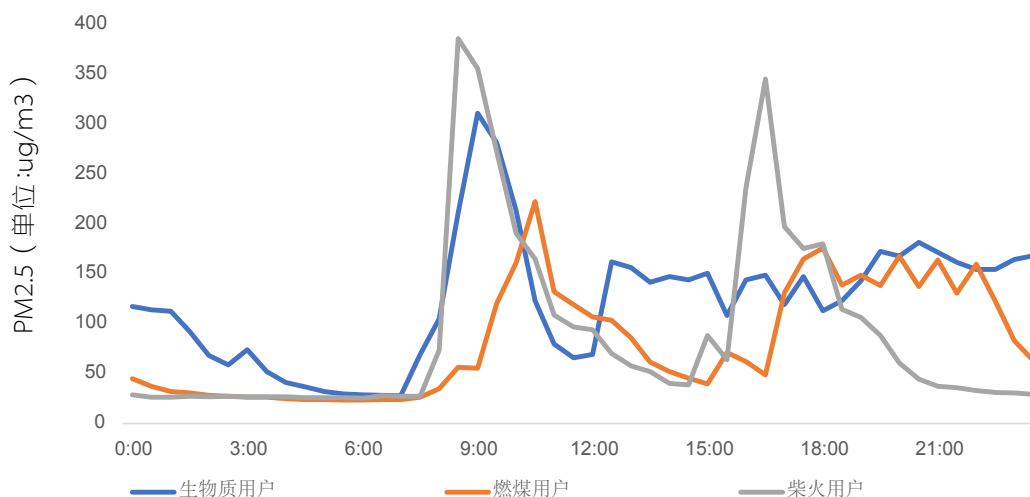
2 太阳能光热 + 被动房改造试点户



光热用户与燃煤用户、柴火用户 PM_{2.5} 浓度对比图

由上图可以看出与燃煤和柴火取暖方式相比, 光热取暖总体上对颗粒物的排放较少, 其室内空气质量相对于燃煤用户以及柴火用户在各个时段的室内 PM_{2.5} 情况都是最好的。在早晨及傍晚有一些升高趋势, 考虑到这两个时段会进行炊事活动, 有一定的 PM_{2.5} 排放。

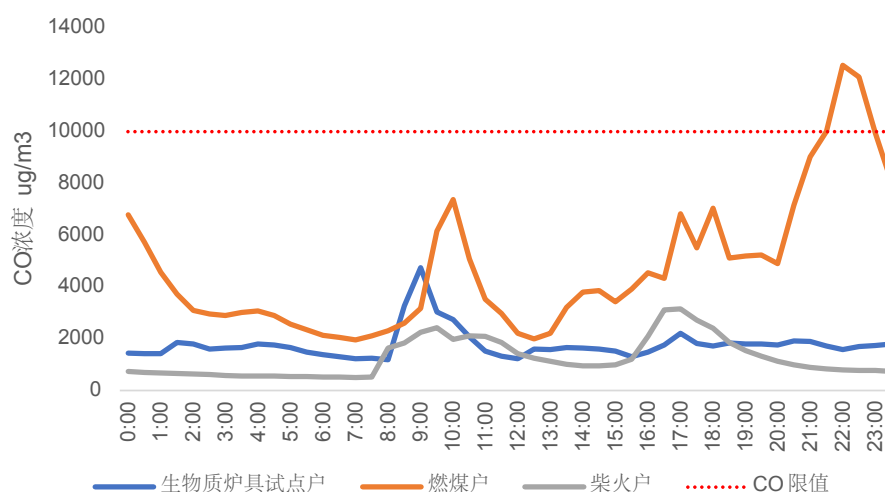
3 生物质燃料适配炉具取暖农户



生物质用户与燃煤用户、柴火用户 PM2.5 浓度周平均值对比

三种取暖方式室内 PM2.5 情况基本相同，每天上午和下午生炉子点火过程中会形成污染峰值。因此建议村民在点火以及灭火的过程中增加通风，并避免使用报纸、小树枝、干杂草等传统方式引燃启动炉具。

● 一氧化碳



生物质用户与燃煤用户、柴火用户一氧化碳浓度周平均值各时段对比图

CO 限值参考《室内空气质量标准》(GB/T 18883-2002)

光伏发电可以全年运行，因此带来了额外的电网清洁电力减排，可以实现更多的温室气体减排。

● 污染物及温室气体减排：

项目组对生物质炉具 10 户试点户以及推广至全村 400 户每年的减排量进行了计算。由于生物质炉具通常具有 10 年以上的使用寿命，项目组也推算了未来 10 年的减排量。10 户试点户每年可以减排污染物 2350.5kg，减排温室气体 46.4 吨；若推广至全村 400 户未来 10 年可以减排污染物 959.9 吨，减排温室气体 18560 吨。

	每采暖季减排量		10 年减排量		
	项目	试点 10 户	推广全村 400 户	试点 10 户	推广全村 400 户
温室气体	CO ₂ (t)	46.4	1856	464	18560
	BC(黑碳) (kg)	2.8	112	28	1120
污染物	NO _x (kg)	56.6	2264	566	22640
	SO ₂ (kg)	103.9	4156	1039	41560
	CO (kg)	1911.0	76440	19110	764400
	PM (颗粒物) (kg)	279.0	11160	2790	111600
	合计污染物减排 (kg)	2350.5	95988	23997	959880

生物质取暖替代普通无烟煤情景下排放量计算

GR 社区发展



绿色乡源项目还邀请了陕西妇源汇性别发展中心（下简称“妇源汇”），在南沟门村开展社区自组织培育和社区环境教育宣讲。

项目组经过在南沟门村的调研、动员，并召开村民代表会议，由村民代表选举出南沟门村社区基金管委会成员3人（下称妇女骨干），共同拟定了适合当地的“社区发展基金操作章程”，设立了每户可贷2万至4万的贷款额度，并规定资金的使用范围是发展农业。

妇源汇对三名妇女骨干开展相关专业知识和辅导，并组织社区活跃成员赴陕西渭南参访邻村社区发展基金并开展财务培训，以及赴四川遵道参观学习社区垃圾分类的经验和经验。在联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划下，社区骨干赴云南丽江参加内生式社区发展工作坊，探讨学习如何获取可持续发展的社区资源。

目前，三位妇女骨干按照社区发展基金管委会制定的流程共管理 16 万元，累计发放了 7 笔贷款，16 万元已经全部贷出，利息收入 4100 元。贷款主要用于发展大棚蔬菜和养殖业。其中，发展养殖业的村民共购置了十余头猪崽现已全部出栏，还获得收益 3 万余元。

通过开展 8 场环境保护宣传教育和实践活动，例如主题文化活动、夏令营、全村垃圾大清扫等，累计参与村民 500 余人次，提高了社区村民对社区环境的认识、关注，提升村民的环境保护意识，促进村民环境友好的生活方式转变，提升了整个社区的环境卫生水平。

在垃圾分类回收方面，社区环保小组联合村两委设计了村爱心超市可回收物兑换标准，目前村民参与兑换的可回收物主要以饮料瓶（塑料瓶）为主，兑换标准是一个饮料瓶 1 分，村民根据积分选择想要的商品，商品包括洗衣粉、洗衣液、香皂、食用油、面粉、牙膏牙刷等。目前参与兑换的以 60 岁以上的老人为主。



GR 利益相关方评价

| 中关村创蓝清洁空气产业联盟主任解洪兴主任：

农村能源的清洁化是我国实现“2060 碳中和”目标的关键任务之一，而其中，清洁取暖又是重中之重。延安清洁取暖项目不但成功的示范了因地制宜的清洁取暖技术方案，还积极探索了让农户受益的可持续商业化解解决路径，在实现空气污染减排、温室气体减排双重环境效益的同时，还可帮助农民创收，这也为未来农村能源工作提供了新的思路。

| 南沟门村村民、生物质燃料试点户李凯：

往年冬季取暖都是火炉子，烧的是煤炭，不但花费大，而且空气污染也大。自从用了项目免费发放的生物质炉具，不仅节省了家里的一笔花销，还解决了秋收后秸秆无法处理的问题，非常适合农村使用。

| 南沟门村村民、生物质燃料加工负责人高亮：

生物质炉具燃料加工项目，不仅减少了农民焚烧玉米秸秆以及过冬取暖燃烧煤炭对空气造成的污染，还解决了一部分村民的经济负担。我希望周边的村子也可以参与进来，为乡村环境保护尽一点微薄之力。

| 南沟门村社区发展基金会会计罗云

我们村子的社区发展基金切实高效的解决了一部分农户资金匮乏的问题，促进了村里农产业的发展。收回的利息也是取之于民用之于民，获得了村民的一致好评。希望能有更多的村民在社区发展基金的帮助下把小日子过的红红火火。

| 陕西妇源汇性别发展中心，社区发展部统筹杨扬

绿色乡源项目通过社区环境基础设施改善、环境整治和宣传教育活动，以及支持社区发展基金和社区环保协会等社区组织，提高村民环保意识和行为改变，协助村民提高生产技能和经济收入，推动社区发展环境友好的生计项目。

大道应对气候变化促进中心 (C Team)

感谢下列机构对“绿色乡源清洁取暖”项目的支持：

万科公益基金会

联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划

中关村创蓝清洁空气产业联盟

中国农业大学农业农村部可再生能源清洁化利用技术研究中心

中国农业大学国家级生物质能科学与技术国际联合研究中心

隆基绿能科技股份有限公司

烟台尚美丽家新能源有限公司

华能生态科技有限公司

皇明太阳能有限公司

北京莱恩创科纳米科技有限公司

山东诺方电子科技有限公司

陕西妇源汇性别发展中心

凤凰卫视

GR 绿色乡源
Green Rural



扫码了解更多