

黑龙江省典型地区民用和农用散煤综合治
理技术策略及商业模式研究

结题技术报告

**Study on the technical strategies and
business models of the comprehensive
management of civilian and agricultural
scattered coal in the typical areas of
Heilongjiang Province Conclusive
Technology Report**

清华大学

2023.12.15

Tsinghua University

December 12, 2023

关于作者

杨旭东，清华大学建筑学院副院长、教授 xyang@tsinghua.edu.cn

荣杏，清华大学建筑学院科研助理 rongxing27@tsinghua.edu.cn

何馨，清华大学硕士研究生 hxin2327@163.com

ABOUT THE AUTHORS

Xudong Yang, Professor, Tsinghua University, xyang@tsinghua.edu.cn

Xing Rong, Assistant researcher, Tsinghua University, rongxing27@tsinghua.edu.cn

Xin He, Graduate Student, Tsinghua University, hxin2327@163.com

致谢

本研究由清华大学统筹撰写，由能源基金会提供资金支持。

本研究是能源基金环境管理项目组下的课题。

在本项目研究过程中，研究团队得到了齐齐哈尔市人民政府、而是住房与城乡建设局、齐齐哈尔市生态环境局、齐齐哈尔市发展与改革委员会、齐齐哈尔市能源局、齐齐哈尔市农业农村局的大力支持，在此向他们表示诚挚感谢。

研究团队同时感谢以下专家在项目研究过程中作出的贡献：

段洁仪	北京北控能源投资有限公司
李景明	农业农村部农业生态与资源保护总站/中国沼气协会
陈潇君	生态环境部环境规划院
谭羽非	哈尔滨工业大学
邓琴琴	中国建筑科学研究院有限公司
张建国	国家发展和改革委员会能源研究所
张大勇	中国产业发展促进会
任彦波	中国农村能源行业协会民用清洁炉具专业委员会

ACKNOWLEDGEMENT

This report is a product of Tsinghua University and is funded by Energy Foundation China.

This report is part of the research project under Energy Foundation China's Environment Management Program

The team is grateful for the generous support it received throughout this research from Qiqihar

Municipal People's Government, Qiqihar Housing and Urban-Rural Construction Bureau, Qiqihar Ecological Environment Bureau, Qiqihar Development and Reform Commission, Qiqihar Energy Bureau, Qiqihar Agriculture and rural Bureau.

The team would like to thank the following experts for their contribution to this research:

Jieyi Duan	Beijing Beikong Energy Investment Co., Ltd.
Jinming Li	Rural Energy Environment Agency, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/ China Biogas Society
Xiaojun Chen	Chinese Academy of Environmental Planning
Yufei Tan	Harbin Institute of Technology
Qinqin Deng	China Academy of Building Research
Jianguo Zhang	National Development and Reform Commission Energy Research Institute
Dayong Zhang	China Association for The Promotion of Industrial Development
Yanbo Ren	China Rural energy Industry Association civil clean stove professional committee

-----报告正文-----

免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。
- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

Disclaimer

- Unless otherwise specified, the views expressed in this report are those of the authors and do not necessarily represent the views of Energy Foundation China. Energy Foundation China does not guarantee the accuracy of the information and data included in this report and will not be responsible for any liabilities resulting from or related to using this report by any third party.
- The mention of specific companies, products and services does not imply that they are endorsed or recommended by Energy Foundation China in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

目录

1 项目背景.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究方法及技术路径.....	1
1.2.1 文献与实地调研.....	1
1.2.2 实测与模拟研究.....	2
1.2.3 研究技术路线.....	2
2 齐齐哈尔市能源资源现状.....	3
2.1 齐齐哈尔市能源供给现状.....	3
2.1.1 电力供给现状.....	3
2.1.2 燃气供给现状.....	6
2.1.3 市政热力供应现状.....	7
2.2 齐齐哈尔市能源消费现状.....	10
2.2.1 能源消费种类.....	10
2.2.2 煤炭用量分布.....	10
2.2.3 建筑取暖能耗.....	11
2.3 齐齐哈尔市可再生能源资源及开发现状.....	11
2.3.1 太阳能资源.....	11
2.3.2 生物质资源.....	13
2.3.3 风力资源.....	17
2.3.4 水能资源.....	19
2.3.5 地热资源.....	19
3 齐齐哈尔市空气质量现状.....	19
3.1 齐齐哈尔市 2019 -2021 年主要污染物浓度变化规律.....	20
3.1.1 PM _{2.5} 浓度变化情况.....	20

3.1.2 SO ₂ 浓度变化情况	21
3.1.3 NO ₂ 浓度变化情况	21
3.1.4 PM ₁₀ 浓度变化情况	22
3.1.5 CO 浓度变化情况	22
3.1.6 空气质量综合指数 (AQI) 变化情况	23
3.2 齐齐哈尔市 2021 年供暖季与非供暖季空气质量指标对比	24
3.3 齐齐哈尔市各区县 2021 年主要污染物浓度变化规律	25
4 齐齐哈尔市散煤治理现状	25
4.1 齐齐哈尔市冬季取暖现状	25
4.1.1 城区取暖现状	26
4.1.2 县城取暖现状	26
4.1.3 农村取暖现状	27
4.2 齐齐哈尔市散煤治理整体进展	28
4.3 散煤治理存在的问题	29
4.3.1 清洁低碳热源占比少, 能耗强度高	29
4.3.2 农村清洁取暖率低, 既有建筑能耗高	29
4.3.3 未因地制宜利用本地资源	30
4.3.4 未采用经济高效的“煤改电”技术	30
5 齐齐哈尔市散煤治理综合方案遴选	30
5.1 齐齐哈尔市典型村落现状	30
5.1.1 吉斯堡村基本概况	31
5.1.2 吉斯堡村用能设施基本情况	32
5.1.3 吉斯堡村农户采暖特征	34
5.1.4 调研小结	35
5.2 齐齐哈尔市农村散煤替代技术路径	36
5.2.1 散煤替代模式	36

5.2.2 农房围护结构节能改造技术	36
5.2.3 农村地区散煤治理典型技术	43
5.3 齐齐哈尔农村散煤替代综合技术方案	48
5.3.1 典型农房基本信息	48
5.3.2 农房围护结构改造技术方案数据库	49
5.3.3 农房清洁供热技术方案数据库	52
5.3.4 菜单式农房建筑节能和清洁供热技术方案	54
5.4 齐齐哈尔市农村散煤治理可持续发展路径	56
5.4.1 农村散煤治理的路径选择	56
5.4.2 农村可再生能源替代路径需解决的关键问题	57
5.4.3 农村可再生能源开发关键技术	58
5.5 齐齐哈尔市散煤治理效益	61
5.5.1 改善民生方面	61
5.5.2 节能减排方面	61
5.5.3 拉动经济方面	63
6 齐齐哈尔市散煤治理商业模式	63
6.1 散煤治理商业模式中责任主体定位	63
6.1.1 利益定位	63
6.1.2 决策定位	65
6.1.3 角色定位	69
6.2 可再生能源替代下的散煤治理模式	72
6.3 分布式光伏商业模式	73
6.3.1 分布式光伏商业相关主体	74
6.3.2 分布式光伏商业模式影响因素	74
6.3.3 分布式光伏潜在开发主体对比分析	76
6.3.4 分布式光伏总体商业模式	76

6.4 分布式生物质能源站商业模式.....	79
6.4.1 生物质成型燃料商业模式.....	79
6.4.2 分布式秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热商业模式.....	82
7 总结与建议.....	86
7.1 总结.....	86
7.2 建议.....	86

1 项目背景

1.1 研究背景

农村能源革命是中国碳达峰碳中和战略的必要组成部分，也是全面推进乡村振兴战略的必然要求。实施清洁取暖工程、加速散煤淘汰是农村能源生产和消费、农村生产生活方式革命的重要内容，是推进减污降碳提升空气质量的重点突破口。

在国家清洁取暖试点行动的整体布局下，我国民用散煤治理工作正在快速推进。2017-2021年期间，京津冀大气污染通道重点区域及其他区域共有88个城市经过竞争进入中央财政支持的冬季清洁取暖试点行动计划。截止2021年底，清洁取暖试点城市累计完成散煤治理约3500万户左右，理论减少散煤约6200万吨。其中京津冀及周边地区、汾渭平原清洁取暖率达80%以上，北京和天津平原地区基本实现了无煤化。上述工作对京津冀地区大气环境改善起到了明显的效果。

黑龙江省处于严寒地区，年煤炭消耗总量7476万吨，污染物排放量75.81万吨。其中民用散煤消耗总量约956万吨，贡献了近60%的燃煤污染物排放量，成为影响空气质量的重要因素之一。另一方面，黑龙江省处于经济发展较为落后的地区，其气候特点、资源禀赋、居民生活习惯等都与其他北方地区存在较大差异。京津冀地区散煤治理成功的模式和技术方案不能简单复制。从2021年开始，黑龙江省已陆续有城市入选北方地区冬季清洁取暖试点城市，冬季清洁取暖改造工作即将全面展开。

因此，急需深入研究黑龙江省民用和农用散煤综合治理技术路径。本项目将重点针对黑龙江省典型地区开展民用和农用散煤量、能源消费现状、可再生能源（太阳能、生物质等）资源量以及利用现状等方面调研，并对散煤治理详细技术方案研究，争取摸索出适合典型地区特点的散煤综合治理技术策略和商业模式。

1.2 研究方法及技术路径

1.2.1 文献与实地调研

本项目采用文献调研与实地调研相结合的方法进行，从技术和政策两方面分析黑龙江省典型地区散煤治理的现状和存在的问题。通过对政府部门、企业及行

业、媒体、民众等不同主导或参与方的发布相关政策、技术文件、意见建议等进行收集和整理,获取黑龙江省典型地区散煤治理的政策、实施效果与问题等情况。

通过与政府部门的座谈,了解典型地区散煤治理工作总体进展、已有散煤治理政策、已实施的散煤治理方案、遇到的问题以及“十四五”规划等;同时选取齐齐哈尔市富裕县吉斯堡村进行整村实地调研,通过入户调研的方式,了解农户建筑性能、负荷需求、资源状况、供热技术、应用效果与问题等基层现状。

1.2.2 实测与模拟研究

根据调研数据,提炼出齐齐哈尔市农村典型农房户型图及供热需求特性,对不同类型的典型户进行实测和模拟分析;分析不同供热方式下农房围护结构节能技术实际效果、存在的问题等;探索农房围护结构合理的改造方式、清洁供热方式、能源消耗、室内热舒适度、经济性等之间的关系;通过典型户型模拟,总结出符合典型农村地区的“菜单式”散煤治理综合技术方案。

1.2.3 研究技术路线

本课题研究技术路线如图 1-1 所示。首先梳理目前齐齐哈尔市农村地区建筑能耗现状,散煤治理技术现状、散煤治理推进现状,并对相关工作实施效果、存在的主要问题进行分析。其次,通过广泛深入的调研研究农村住宅特性和实际供热需求特征,以农房基本特点和用户使用需求为出发点,结合用户侧能效提升和热源侧清洁供能两方面,对典型散煤治理技术方案进行综合评价分析。在上述基础上,提出不同使用模式下的农房围护结构保温基本原则和清洁供热设备选用原则,形成齐齐哈尔市农村地区“菜单式”散煤治理综合技术方案,并对未来齐齐哈尔市散煤治理工作提出建议。

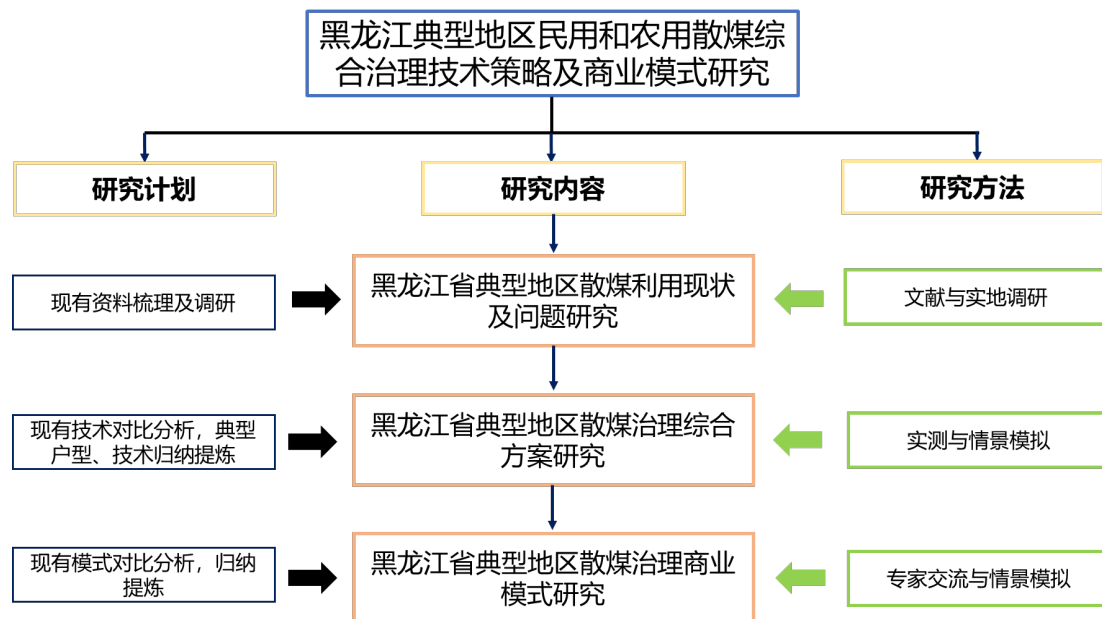


图 1-1 研究技术路线

2 齐齐哈尔市能源资源现状

截止到 2022 年底，黑龙江省 3 市入选清洁取暖试点城市。佳木斯作为黑龙江省首个入选城市尚未全面启动清洁取暖改造行动，未能给其它城市提供经验。2022 年，齐齐哈尔市和哈尔滨市同时入选，但是哈尔滨市城市人口较多，改造任务量主要集中在城市。齐齐哈尔市坐落于黑龙江省嫩江平原，是国家重要的老工业基地、商品粮基地和畜牧业基地，第一批国家新型城镇化综合试点地区，先后荣膺中国绿色食品之都、中国魅力城市、中国优秀旅游城市、共和国六十年最具投资潜力城市、“全国节能减排财政政策综合示范”优秀城市等诸多荣誉称号。并且作为严寒地区中型城市代表，农村人口占比高，可再生能源资源丰富，尤其是生物质资源。因此，本项目以齐齐哈尔市作为典型试点研究。

2.1 齐齐哈尔市能源供给现状

2.1.1 电力供给现状

(1) 电力装机及发电情况

截止到 2021 年底，齐齐哈尔地区共有电厂 55 座，装机总容量 4407.15MW，全年累计发电量 108.7 亿千瓦时；而全社会最大负荷为 1546MW，全社会用电量 105.1 亿千瓦时，在满足本地区电力需求的基础上，盈余电力全部外送，外送电

力主要以 500 千伏省间通道和鲁固直流这两种方式为主。齐齐哈尔市的电力装机及发电用电情况如表 2-1 所示。

表 2-1 齐齐哈尔市电力装机及发电用电情况

类别	数量（座）	装机容量（MW）
火电厂	8	2585.5
生物质电厂	9	346
垃圾发电厂	1	15
风电场	13	745
水电厂	3	5.75
光伏发电	21	709.9
合计	55	4407.15
全年累计发电量（亿千瓦时）	108.7	
全年累计用电量（亿千瓦时）	105.1	

（2）电网建设情况

目前，齐齐哈尔电网围绕主城区已形成以 500 千伏冯屯变、华民变为枢纽，以 7 座 220 千伏变电站及富拉尔基发电总厂、富拉尔基热电厂、华电齐热电厂为主要电源支撑的 220 千伏双环网结构，县域电网形成链式或者双辐射网架结构。作为省网的重要组成部分，齐齐哈尔电网通过 6 回 500 千伏线路与蒙东相联；通过 5 回 500 千伏线路和 4 回 220 千伏线路与大庆电网相联；通过 2 回 220 千伏线路与黑河电网相联。齐齐哈尔主网架结构坚强，能够有效保障电网安全稳定运行。如图 2-1 所示。



图 2-1 2021 年底齐齐哈尔市电网地理接线示意图

2021 年，齐齐哈尔市全社会用电量达到 105.1 亿千瓦时，综合供电可靠率 99.82%，综合供电电压合格率 99.84%，户均配变容量为 2.615 kVA/户，为“煤改电”奠定了良好的基础。整体及县级供电情况如表 2-2 所示。

表 2-2 2021 年齐齐哈尔市供电现状

区域		供电面积 (万 m^2)	全社会用 电量 (亿 kWh)	供电可靠 率	综合电压 合格率	户均配电 容量 (kVA)
全市		4411494	105.10	99.82%	99.84%	2.62
区域		供电面积 (万 m^2)	供电人口 (万人)	售电量 (亿度)	供电可靠 率	户均配电 容量 (kVA)
龙沙区	城区	12300	22.80	7.32	99.98	4.00
	农村	7000	0.20	0.02	99.87	2.00
建华区	城区	8000	13.22	4.10	99.99	6.00
	农村	1000	0.60	0.60	99.97	6.00
铁锋区	城区	292000	24.70	6.31	99.99	4.00
	农村	150000	2.30	0.50	99.89	2.00
富拉尔基区	城区	30000	12.50	19.44	100.00	4.00
	农村	7500	7.80	0.90	99.94	4.00
昂昂溪区	城区	60000	2.91	9.45	100.00	6.00
	农村	15300	1.04	0.30	99.98	6.00
碾子山区	城区	26000	5.60	1.35	100.00	4.60
	农村	10000	2.50	0.12	99.80	4.30

梅里斯区	城区	42500	1.20	0.62	100.00	2.40
	农村	165300	4.03	0.70	99.72	1.20
讷河市	城区	38464	18.44	3.02	100.00	1.23
	农村	426357	49.05	1.83	99.82	1.23
龙江县	城区	1550	11.90	1.60	100.00	2.12
	农村	617500	16.08	5.57	99.81	1.83
依安县	城区	9600	9.10	0.90	100.00	2.10
	农村	340000	24.60	1.71	99.79	1.50
泰来县	城区	2520	8.28	1.56	100.00	2.30
	农村	366600	21.46	3.40	99.84	2.03
甘南县	城区	41760	4.45	1.61	100.00	2.59
	农村	437440	11.62	2.52	99.81	1.84
富裕县	城区	6697	11.40	1.67	100.00	2.24
	农村	395903	16.00	1.92	99.85	2.05
克山县	城区	4840	15.80	1.40	100.00	2.74
	农村	327160	11.70	1.20	99.78	2.04
克东县	城区	6667	5.70	1.76	100.00	2.07
	农村	201636	21.48	1.50	99.76	1.71
拜泉县	城区	15500	10.62	1.42	100.00	2.29
	农村	344400	17.58	1.56	99.79	1.41

(3) 电力结构情况

截止到 2021 年底，齐齐哈尔市全社会发电量 108.7 亿 kWh。其中太阳能光伏发电量 10.62 亿 kWh，风电发电量 10.92 亿 kWh，秸秆生物质发电量 6.29 亿 kWh，火电发电量 68 亿 kWh，水电发电量 0.2 亿 kWh。如图 2-2 所示，火电依然是电力的主导。

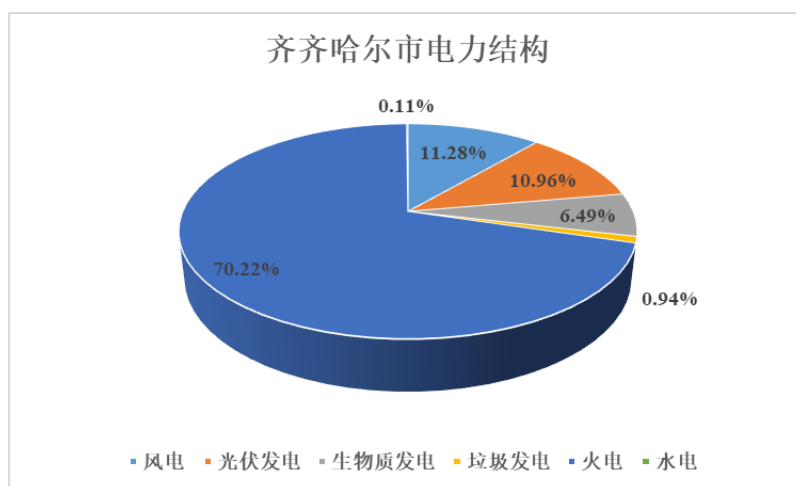


图 2-2 齐齐哈尔市电力结构图

2.1.2 燃气供给现状

(1) 天然气供给状况

齐齐哈尔市城区目前取得燃气经营资质的燃气企业共有 39 家。其中：管道燃气经营企业 1 家、压缩母站 1 座、液化石油气经营企业 14 家、天然气汽车加气站 29 座。气源来自大庆油田“徐深气田”，天然气输气管道由红岗集气站至齐齐哈尔市昂昂溪区末站，管线长度 1395 公里，设计输气压力 2.4 MPa，设计输气能力 8 亿 m^3 /年，最大输气能力 12 亿 m^3 /年。截止 2021 年底，市城区供气管道总长度 1395 公里，储气能 10 万 m^3 ，用气户数 52.12 万户，最高日供气量 106 万 m^3 ，2020 年供气量 2.70 亿 m^3 ，中心城区气化率已达到 99%。

9 个市辖县（市）均建设了管道燃气，新建 6 座加气站，较好地保证了城镇建设的快速发展和人民群众的生产生活需要。

(2) 燃气管网布局

齐齐哈尔市及县城以热电联产集中供热为主，但基本未辐射农村地区。齐齐哈尔市燃气普及率 80%。齐齐哈尔市管网布局现状如图 2-3 所示。

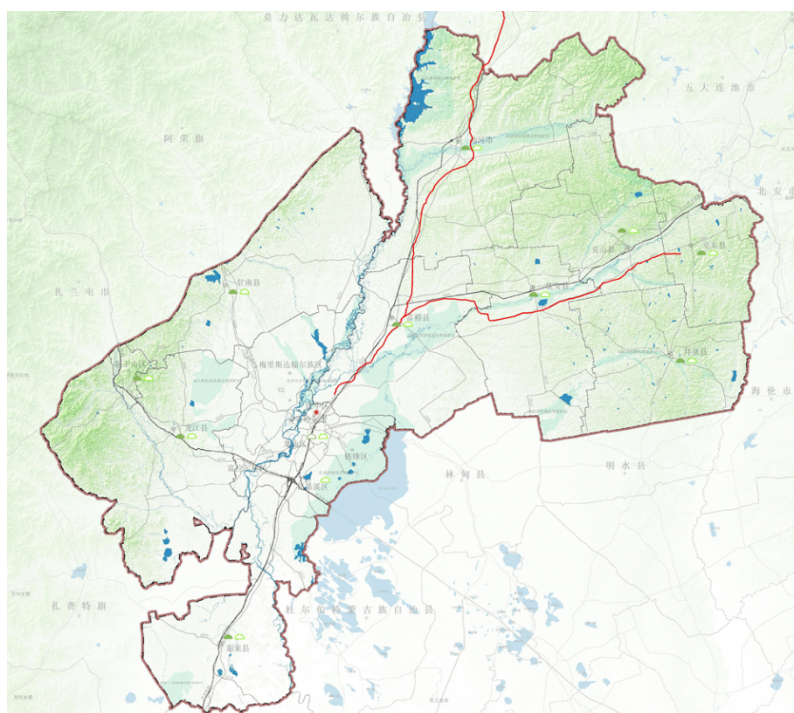


图 2-3 齐齐哈尔市燃气管网布局现状图

2.1.3 市政热力供应现状

(1) 中心城区热力供给情况

中心城区燃煤集中供热面积 3027 万平方米，分散清洁能源取暖面积 225 万平方米。中心城区供热分区划分为北部供热分区、西南供热分区和东南供热分区。

中心城区热源及换热站情况如表 2-3 所示。

表 2-3 齐齐哈尔市中心城区热源及换热站

序号	供热单位名称	供热面积 (万平米)	锅炉房名称	锅炉台数、吨位	换热站座数 (座)	
					区域 锅炉	热电 联产
1	万星供热公司	541.17	南苑锅炉房	2 台 130 吨、2 台 40 吨	33	
			安居锅炉房	1 台 40 吨、2 台 20 吨	7	
			新工锅炉房	2 台 40 吨	5	
			曙光锅炉房	3 台 20 吨		5
2	万熹供热公司	520.98				30
3	万吉供热公司	467.44	青云锅炉房	1 台 40 吨、2 台 15 吨	3	13
			百悦居锅炉房	2 台 100 吨	5	
4	万达供热公司	458.7				23
5	万佳供热公司	467.15	万佳锅炉房	1 台 160 吨、1 台 130 吨、2 台 50 吨、3 台 40 吨	33	
6	昱锋供热公司	390.88	昱锋锅炉房	1 台 160 吨、2 台 130 吨、2 台 40 吨	27	
7	华电齐热力	355.00				13
8	富发供热公司	343.71	安智锅炉房	2 台 20 吨	2	5
			糖厂锅炉房	1 台 40 吨	2	
			一营锅炉房	2 台 40 吨、1 台 20 吨	7	
9	东南热力公司	264.40	纺织锅炉房	2 台 65 吨、1 台 20 吨	19	
			曙光锅炉房	1 台 130 吨、1 台 40 吨		
10	鹤城热力物业	183.77	厂区锅炉房	2 台 100 吨	6	
11	龙建供热公司	154.52	南市场锅炉房	2 台 20 吨、1 台 65 吨、1 台 80 吨	13	
12	华能济南供热	119.2	华能锅炉房	2 台 40 吨	19	
13	亨达供热公司	86.08				3
14	光明供热公司	81.00	联通锅炉房	2 台 20 吨	3	
			鹤乡新城锅炉房	3 台 20 吨	2	
15	二厂供热公司	81.20	厂内锅炉房	4 台 20 吨	直供	

16	运建供热公司	79.75				5
17	日新供热公司	72.64				2
18	南苑供热公司	68.20	南苑锅炉房	3台20吨	7	
19	华阳供热公司	41.16	汽贸城锅炉房	2台20吨	3	
20	新天地热力	31.70	新天地锅炉房	2台40吨	直供	
21	鸿通热力	27.60	场直锅炉房	2台20吨	直供	
22	全福供热公司	21.30			1	
23	龙富供热公司	19.23	赵园锅炉房	1台20吨	直供	
24	鹤城热网公司		东市场锅炉房	3台20吨	调峰	
			湖西锅炉房	1台100吨	调峰	
合计		5795.00		72台		

北部供热分区。北部供热分区由华电齐齐哈尔热电厂 2×C250/N300 型 300MW 供热机组+6×32.26MW 热泵+1×116MW 超低排放热电联产供热，供热能力为 883 兆瓦，热电联产清洁取暖面积 1945 万平方米。同时，还具有调峰锅炉房 2 座，分别为湖西锅炉房和东市场锅炉房，热水锅炉 4 台，供热能力为 112 兆瓦。供热面积 2768 万平方米，该区域还有分散清洁能源取暖面积 80 万平方米。

西南供热分区。西南供热分区内现无集中供热热电厂，西南供热分区现有 19 座区域锅炉房，锅炉 50 台，集中供热面积为 2515 万平方米，无分散小锅炉房。西南供热分区现无集中供热新能源，现有小型电取暖、天然气取暖新能源热源 5 处，供热面积约 211 万平方米。

东南供热分区。东南供热分区内现无集中供热热电厂，现有 5 座区域锅炉房，锅炉 12 台，集中供热面积为 375 万平方米，无分散小锅炉房。东南供热分区现无集中供热新能源，现有小型电取暖、天然气取暖新能源热源 6 处，供热面积为 175 万平方米。

(2) 县城热力供给情况

9 个县市共有 15 家供热企业，总供热面积为 3060 万平米，其中节能建筑面

积为 2358 万平方米，见表 2-4。

表 2-4 各县市基本情况统计表

市县名称	供热企业数量	锅炉台数及吨位	供热面积 (万 m ²)	节能建筑面积
讷河市	1	4×40+1×34+1×100+3×110	542.8	135.7
龙江县	3	1×130+2×40+1×100+2×40+1×80+1×40	485.05	383.13
依安县	2	4×100+2×20	406	308
泰来县	2	2×80+3×75	307	303.2
甘南县	2	3×80+2×40	310	215
富裕县	1	2×80+1×130+3×35	371.68	223.01
克山县	2	240×3+2×20+20+1×15	355	232
克东县	1	3×80	292	163.4
拜泉县	1	3×100	395	395
	15		3060	2358

2.2 齐齐哈尔市能源消费现状

2.2.1 能源消费种类

2021 年，全社会能源消费总量为 942 万 tce，比 2016 年增长 13.2%。各类能源消费总量如表 2-5 所示。

表 2-5 齐齐哈尔市近五年全市能源消费总量 (万 tce)

类别	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
煤炭	691.18	907.01	929.36	907.01	848.34
石油	0.97	1.22	1.26	1.36	1.21
天然气	1.18	1.77	1.66	2.43	2.64
生物质	23.26	20.30	19.40	18.67	23.34
电	45.04	53.45	61.60	64.82	66.50
总量	761.63	983.74	1013.28	994.29	942.03

2021 年齐齐哈尔市全社会能源消费 942 万吨标煤，煤炭依然处于消费的主导地位，占 90%以上。

2.2.2 煤炭用量分布

2021 年，齐齐哈尔市全社会煤炭消耗量约为 848.34 万吨标准煤，其中规上工业企业消耗占比最大，约占煤炭消耗总量的 75%，农用煤炭消耗总量约 140 万吨标准煤，主要用于农产品的烘干，占比约 9%。民用煤炭消耗总量约 228 万吨标准煤，主要用于城乡冬季采暖，占比约 16%。

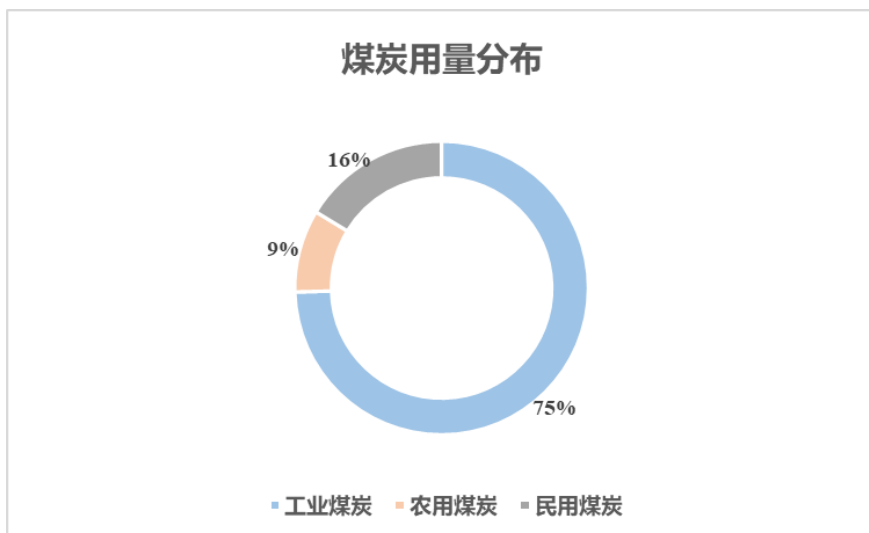


图 2-4 煤炭用量分布

2.2.3 建筑取暖能耗

2021 年，全社会建筑取暖能耗为 373 万吨标煤，占全社会总能耗的 39.5%；平均单位面积采暖能耗为 18.1 公斤标准煤/平方米。不同采暖方式排放水平存在显著差异，区域燃煤锅炉供暖单耗在 22.72~41.18 公斤标准煤/平方米之间；热电联产供暖单耗在 11.61~16.72 公斤标准煤/平方米之间。农村散煤供暖单耗高于集中供热。

2.3 齐齐哈尔市可再生能源资源及开发现状

齐齐哈尔市可再生能源及其他清洁能源利用主要分为发电、供热等方面。齐齐哈尔市地处东北地区，是我国粮食产业基地，因此生物质能、风能、地热源等清洁能源种类多、资源丰富，尤其是生物质能。

2.3.1 太阳能资源

齐齐哈尔市太阳能资源十分丰富，大部分地区年辐射值在 5040~5760MJ/m² 之间，年日照时数在 2600~2800 小时之间，日照百分率达 60%。根据《太阳能资源评估办法》中关于太阳能资源丰富程度评估的标准，本地区总体属于我国太阳能资源 B 类“很丰富”区。依据我国气象台统计，全国各地日照率，按月份平均出现的峰值时间，齐齐哈尔主峰值出现在冬季（12-2 月）。齐齐哈尔的地理纬度高，冬季太阳高度角低，南向垂直面上的太阳辐射强度大，这一特点适合严寒地区的采暖用能，太阳能热水器的应用潜力有待开发。

目前，齐齐哈尔市辖区内已建成光伏发电项目 20 个，装机总规模 709.9 兆瓦，项目建设情况如表 2-6 所示。

表 2-6 齐齐哈尔市已建成光伏发电项目统计表

序号	项目名称	实施主体	总投资	装机容量 (MW)	建成 时间	年发电小时 数 (h)	年发电量 (万 kWh)
			(亿元)				
1	泰来汤池 光伏发电 项目	三峡集团	1.1	9.9	2013.12	1445.0	1430.54
2	富裕(友 谊)光伏 发电项目	三峡集团	2.0	20	2017.06	1526.1	3052.26
3	甘南县龙 旸光伏发 电项目	博耳能源 江苏有限 公司	2.1	20	2016.1	1526.1	3124.26
4	讷河市兴 旺光伏发 电项目	讷河齐能 光伏电力 有限公司	1.7	20	2017.06	1585.3	3170.57
5	讷河市金 阳光光伏 发电项目	讷河金阳 光伏电力 有限公司	-	40	2017.06	1380.3	5521.3
6	华润泰来 胜利光伏 发电项目	华润集团	1.5	20	2016.01	1597.9	3195.84
7	新天哈电 泰来宁姜 光伏发 电项目	泰来新天 绿色能源 有限公司	1.0	10	2017.06	1485.5	1485.52
8	新天哈电 泰来立志 光伏发 电项目	泰来新天 绿色能源 有限公司	0.9	10	2017.06	1485.5	1485.52
9	新天双胜 光伏发 电项目	泰来新天 绿色能源 有限公司	1.4	20	2018.06	1485.5	2971.05
10	中电投泰 来光伏发 电项目	国家电投	0.9	10	2017.06	1507.5	1507.49
11	泰来环球 光伏发 电项目	融合电力	0.9	10	2017.06	1593.2	1593.16

12	中电泰来双兴光伏发电项目	泰来中电双兴光伏发电有限公司	0.8	10	2017.06	1778.0	1777.97
13	泰来立志光伏发电项目	九州能源集团	0.9	10	2017.06	1642.8	1642.83
14	泰来好新光伏发电项目	国家电力	1.4	20	2018.06	1756.1	3512.15
15	齐齐哈尔祥鹤光伏发电项目	中广核	1.6	40	2018.12	1422.9	5691.58
16	富裕县昌盛日电富裕光伏（一、二期）项目	富裕元盛日电太阳能科技有限公司	3.0	40	2019.06	36.5	145.95
17	泰来九洲明月光伏发电项目	九洲集团股份有限公司	5.1	100	2021.04	1220.6	12206.00
18	泰来九洲新清光伏发电项目	九洲集团股份有限公司	5.0	100	2021.03	1164.1	11640.60
19	黑龙江金海光伏	中广核集团	4.7	100	2021.04	1621.3	16213.10
20	龙江日泽光伏发电项目	阳光电源	5.0	100	2021.12	59.9	598.86
	合计		40.85	709.9			81966.55

2.3.2 生物质资源

齐齐哈尔市生物质资源非常丰富，进行秸秆或树枝等生物质资源回收利用，加工生产成生物质颗粒后，用于生物质颗粒燃烧的专用环保炉具进行采暖，具有清洁、便利、经济的优点。

齐齐哈尔拥有耕地 3470 万亩，主要农作物是玉米、水稻、大豆、高粱、谷子、薯类和杂豆等，各区县生物质资源利用情况见表 2-7 所示。2021 年，全市秸秆产生量为 1202 万吨，其中燃料化用量为 145.31 万吨，占总量的 12.09%；饲料化利用量 191.36 万吨，占总量的 15.92%，肥料化利用量 27.60 万吨，占总

量的 2.30%。我市“五化”利用达到 365.99 万吨，除去 7 个集中生物质项目约 145 万吨，尚有 718 万吨余量，加上林业废弃物、畜禽粪污等，我市可利用生物质资源量约 480 万吨标煤，若能燃料化利用，除满足农村自身生活用能需求外，还可反哺城市。

但是目前全市生物质秸秆资源综合利用不够，秸秆焚烧仍是导致春季出现重污染天气的主要原因。2019 年-2021 年连续三年春季，由于秸秆焚烧，齐齐哈尔市细颗粒物最高值超过 2000 微克/立方米，严重影响区域环境空气质量。未来可积极利用秸秆等进行生物质颗粒置换，在保障民生的同时也可实现供暖清洁化。

表 2-7 齐齐哈尔市 2021 年秸秆综合利用情况

市、县	可收集量 (万吨)	“五化”利用量								合计(万 吨)	剩余可能源化量 (万吨)
		肥料化利用		饲料化利用		基料化利用		燃料化利用			
		利用量	利用率	利用量	利用率	利用量	利用率	利用量	利用率		
龙沙区	2.15	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.86	40.00%	0.86	1.29
建华区	1.54	0.00	0.00%	0.07	4.55%	0.00	0.00%	0.48	31.45%	0.55	0.92
铁锋区	4.08	0.10	2.45%	1.19	29.20%	0.00	0.00%	0.30	7.35%	1.59	2.45
富拉尔基区	10.07	0.70	6.95%	2.27	22.58%	0.00	0.00%	0.45	4.47%	3.42	6.04
梅里斯区	74.35	0.00	0.00%	21.05	28.31%	0.00	0.00%	2.00	2.69%	23.05	44.61
昂昂溪区	10.12	0.00	0.00%	3.00	29.64%	0.00	0.00%	0.34	3.36%	3.34	6.07
碾子山区	7.70	0.00	0.00%	5.00	64.94%	0.15	1.95%	0.32	4.12%	5.47	1.54
泰来县	134.52	1.50	1.12%	6.00	4.46%	0.00	0.00%	32.86	24.42%	40.36	80.71
龙江县	240.95	6.00	2.49%	44.00	18.26%	0.00	0.00%	22.29	9.25%	72.29	144.57
甘南县	123.61	0.30	0.24%	14.00	11.33%	0.00	0.00%	22.78	18.43%	37.08	74.17
讷河市	167.70	15.00	8.94%	16.56	9.87%	0.75	0.45%	18.00	10.73%	50.31	100.62
富裕县	87.04	0.00	0.00%	24.00	27.57%	0.02	0.02%	2.09	2.40%	26.11	52.22
依安县	128.46	0.00	0.00%	24.00	18.68%	0.00	0.00%	14.54	11.32%	38.54	77.08
克山县	71.00	4.00	5.63%	11.50	16.20%	0.80	1.13%	5.00	7.04%	21.30	42.60
克东县	50.01	0.00	0.00%	3.00	6.00%	0.00	0.00%	12.00	24.00%	15.00	30.01
拜泉县	89.05	0.00	0.00%	15.72	17.65%	0.00	0.00%	11.00	12.35%	26.72	53.43
合计	1202.35	27.60	2.30%	191.36	15.92%	1.72	0.14%	145.31	12.09%	365.99	718.33

截止到 2021 年底，全市已建成生物质发电项目 9 个，装机总规模 346MW，年消耗生物质量约 145 万吨，项目建设情况如表 2-8 所示；在建项目 9 个，装机总规模 360 MW，总投资 35.41 亿元，项目建设情况如表 2-9 所示。

表 2-8 齐齐哈尔市已建成生物质发电项目统计表

序号	项目名称	实施主体	总投资 (亿元)	装机容量 (MW)	建成时间	年发电量(万 kWh)
1	富裕绿能生物质发电项目	桑德集团有限公司	2.77	30	2017.02	-
2	国能龙江生物质发电项目	国能生物发电有限公司	2.74	30	2010.05	22082.9
3	克东县生物质热电联产项目(一期)	克东县恒诚生物质能源综合利用有限公司	1.58	15	2018.12	23118.3
4	克东县生物质热电联产项目(二期)	克东县恒诚生物质能源综合利用有限公司	1.72	15	2020.12	11626.5
5	泰来县兴发生物质能热电联产项目	泰来兴发生物质能热电有限公司	3.6	36	2016.12	21295.8
6	富华锦河生物质发电项目	黑龙江富华锦河环能科技有限公司	6.56	60	2020.12	6403.6
7	梅里斯生物质热电联产项目(一期)	齐齐哈尔九洲环境能源有限公司	3.67	40	2020.12	5939.5
8	梅里斯生物质热电联产项目(二期)	齐齐哈尔九洲环境能源有限公司	3.67	40	2021.09	5939.5
9	泰来县九洲兴泰生物质热电联产项目	泰来九洲兴泰生物质热电有限责任公司	7.15	80	2020.12	-
	合计		33.46	346		96406.1

表 2-9 齐齐哈尔市在建生物质发电项目统计表

序号	项目名称	实施主体	总投资 (亿元)	装机容量 (MW)	拟建成时间
1	富裕县生物质热电联产项目（一期）	九州集团	4.28	40	2022.10
2	富裕县生物质热电联产项目（二期）	九州集团	3.20	40	2022.10
3	碾子山区生物质热电联产项目	九州集团	4.20	40	2023.06
4	龙江县生物质热电联产（一期）项目	九州集团	5.03	40	2023.06
5	龙江县生物质热电联产（二期）项目	九州集团	3.77	40	2023.06
6	依安县九洲生物质热电联产项目	九州集团	5.00	40	2022.10
7	依安县洁龙农林生物质热电联产项目	依安县洁龙环境能源有限公司	3.51	40	-
8	讷河九洲生物质热电联产（一期）	九州集团	3.21	40	2023.06
9	讷河九洲生物质热电联产（二期）	九州集团	3.21	40	2023.06
	合计		35.41	360	

2.3.3 风力资源

齐齐哈尔市风力资源丰富。讷河、龙江、泰来等地 50 米高度年平均风功率密度在 300 瓦/平方米以上，年平均风速在 6.4 米/秒以上，有效风速时数在 7400 小时以上。其他地区包括西南的大部分地区 50 米高度年平均风功率密度在 250

瓦/平方米以上，年平均风速大部分在 6.0 米/秒以上，有效风速时数在 7200 小时以上。嫩江两岸的风能资源尤为丰富，风能等级在 3 级以上。据调查，齐齐哈尔市可开发利用的风资源储量达 2100 万千瓦，根据现有技术，地面 50~100 米的风力资源均可开发利用，适于建设大型风电场，且全市行政区域总面积为 4.23 万平方公里，而丰富的土地资源为大规模建设风电项目提供了优越的地理条件。

截止到 2021 年底，全市已建成风电项目 11 个，装机总规模 745MW，项目建设情况如

表 2-10 所示。

表 2-10 齐齐哈尔市已建成风电项目统计表

序号	项目名称	实施主体	总投资 (亿元)	装机容量 (MW)	建成 时间	年发电小时 数 (h)	年发电量 (kWh)
1	富裕风电项目（一期）	国华风电有限公司	5.27	49.5	2008.01	2823.3	13975.53
2	富裕风电项目（二期）	国华风电有限公司	4.36	99	2011.05	1444	14295.9
3	碾子山风电项目	大唐黑龙江新能源开发有限公司	4.35	49.5	2012.05	2478	12265.96
4	中广核哈拉海风电	中广核风力发电有限公司	7.80	99	2013.03	2327.2	23039.3
5	克山县龙源曙光风电项目	国家能源集团	4.45	49.5	2011.01	919.8	4553.06
6	克东县龙源爱华风电项目	国家能源集团	4.83	49.5	2012.05	878.3	4347.40
7	泰来宏浩风电项目	融合电力	4.10	49.5	2018.06	3016.6	14932.38
8	泰来广源大新风电项目	泰来广源大新风电场有限公司	4.90	49.5	2019.07	2323.7	11502.48
9	铁峰祥鹤平价网电项目	中广核新能源有限公司	11.17	150	2021.11	403.0	6045.57

10	龙江风电平价项目	远景能源	3.94	50	2021.11	775.1	3875.75
11	富裕中和风电平价上网项目	中国三峡	6.00	50	2021.12	-	-
	合计		61.17	745			108833

2.3.4 水能资源

齐齐哈尔市水力资源不充足，水资源的主要补给来源是大气降水，多年平均降水量 450 毫米，年降水量变化在 400~550 毫米之间，水量年内分布不均，4~5 月份仅占全年降水的 10%，7~9 月份占全年降水的 70%左右，春旱夏涝，使原来比较少的水能难以充分利用。目前，齐齐哈尔境内共有水电站 3 座，即甘南县音河水电站装机 1 兆瓦龙江县龙宝水电站装机 1.6 兆瓦，齐齐哈尔尾水发电站装机 3.15 兆瓦，总容量 5.75 兆瓦，部分水电站具备增容扩建条件，但可供新建电站资源不足。

2.3.5 地热资源

齐齐哈尔市位于松嫩平原西北部，为松嫩盆地型地热田的一部分，具有丰富的地热资源，热储埋深较大。嫩江以东地区由西向东，由西北向东南，由盆地边缘向盆地中心热储埋藏深度逐渐增加，地温梯度增大，地热流体温度增高，最低温度 26 摄氏度，最高 54 摄氏度。市内嫩江以东地区地热地质条件较好，嫩江以西地区地热资源匮乏（包括梅里斯区、富拉尔基区、碾子山区、龙江县、甘南县、泰来县西部区）。北部克山、克东地区赋存地热资源，依安、富裕地区地热水温优势明显。

目前，齐齐哈尔市境内共有 18 眼地热井，有 6 眼井已开发利用，主要用于温泉旅游、洗浴、游泳馆用水、供热供暖等。

3 齐齐哈尔市空气质量现状

齐齐哈尔市大气环境质量在黑龙江省 13 个地级市排名长期靠后。2020 年，齐齐哈尔市细颗粒物（PM_{2.5}）平均浓度为 31μg/m³，比全省平均浓度高 10%，排

名全省倒数第 3；可吸入颗粒物（PM₁₀）平均浓度为 54μg/m³，比全省平均浓度高 10%，排名全省倒数第 3；环境质量综合指数为 3.34，排名全省倒数第 3。

2021 年，齐齐哈尔市主要污染物浓度指标及同比变化分别为：细颗粒物（PM_{2.5}）20μg/m³，同比下降 35.5%；可吸入颗粒物（PM₁₀）44μg/m³，同比下降 18.5%；二氧化硫（SO₂）15 μg/m³，同比下降 6.2%；二氧化氮（NO₂）16μg/m³，同比下降 5.9%；一氧化碳（CO）0.9mg/m³，同比下降 25.0%，臭氧（O₃）113μg/m³，同比增高 2.7%。2021 年齐齐哈尔市空气质量综合指数为 2.78，同比改善 16.8%，排名全省倒数第 5。

3.1 齐齐哈尔市 2019 -2021 年主要污染物浓度变化规律

3.1.1 PM_{2.5} 浓度变化情况

2019-2021 年齐齐哈尔市 PM_{2.5} 浓度变化情况如图 3-1 所示。2019 年，采暖季内 PM_{2.5} 浓度变化范围为 18~77μg /m³，平均浓度为 43.3μg/m³，非采暖季内 PM_{2.5} 浓度变化范围为 12~19μg/m³，平均浓度为 13.5μg/m³。2020 年，采暖季内 PM_{2.5} 浓度变化范围为 14~92μg /m³，平均浓度为 35.3μg/m³，非采暖季 PM_{2.5} 浓度变化范围为 10~14μg/m³，平均浓度为 13.2μg/m³。2021 年，采暖季内 PM_{2.5} 浓度变化范围为 10~14μg/m³，平均浓度为 13.2μg/m³。2021 年，采暖季内 PM_{2.5} 浓度变化范围为 13~31μg /m³，平均浓度为 24.8μg /m³，非采暖季内 PM_{2.5} 浓度变化范围为 10~16μg /m³，平均浓度为 13μg /m³。2020 年采暖季，齐齐哈尔市的 PM_{2.5} 浓度在黑龙江省 13 个城市排名倒数第 2。

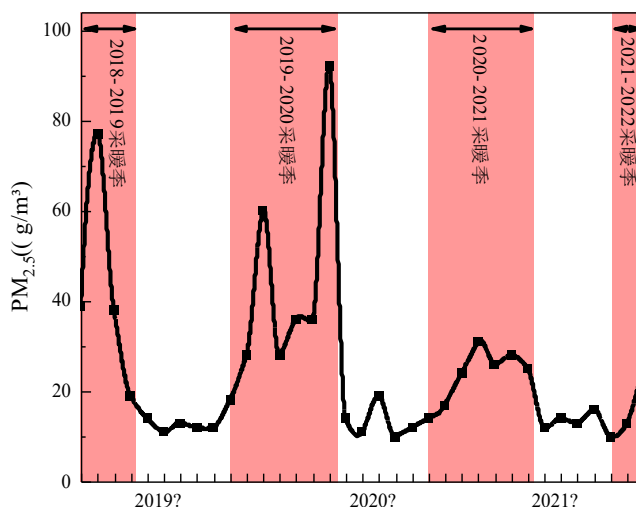


图 3-1 齐齐哈尔市 PM_{2.5} 浓度变化情况（2019-2021 年）

3.1.2 SO₂ 浓度变化情况

2019-2021 年齐齐哈尔市 SO₂ 浓度变化情况如图 3-2 所示。2019 年采暖季内 SO₂ 浓度变化范围为 20~44μg/m³，平均浓度为 28μg/m³，非采暖季内 SO₂ 浓度变化范围为 5~10μg/m³，平均浓度为 6.8μg/m³。2020 年，采暖季内 SO₂ 浓度变化范围为 15~25μg/m³，平均浓度为 19.7μg/m³，非采暖季内 SO₂ 浓度变化范围为 5~15μg/m³，平均浓度为 6.7μg/m³。2021 年，采暖季内 SO₂ 浓度变化范围为 24~31μg/m³，平均浓度为 24.7μg/m³，非采暖季内 SO₂ 浓度变化范围为 5~9μg/m³，平均浓度为 5.7μg/m³。2021 年，齐齐哈尔市的 SO₂ 浓度在黑龙江省 13 个城市排名倒数第 2。

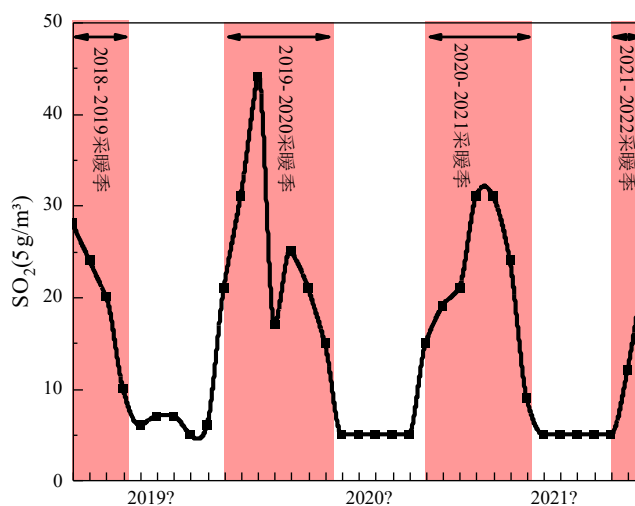


图 3-2 齐齐哈尔市 SO₂ 浓度变化情况（2019-2021 年）

3.1.3 NO₂ 浓度变化情况

2019-2021 年齐齐哈尔市 NO₂ 浓度变化情况如图 3-3 所示。2019 年采暖季内 NO₂ 浓度变化范围为 20~32μg/m³，平均浓度为 23μg/m³，非采暖季内 NO₂ 浓度变化范围为 12~15μg/m³，平均浓度为 13.3 μg/m³。2020 年采暖季内 NO₂ 浓度变化范围为 14~21μg/m³，平均浓度为 17.3μg/m³，非采暖季内 NO₂ 浓度变化范围为 10~15μg/m³，平均浓度为 11.8μg/m³。2021 年，采暖季内 NO₂ 浓度变化范围为 16~22μg/m³，平均浓度为 19.2μg/m³，非采暖季内 NO₂ 浓度变化范围为 10~13μg/m³，平均浓度为 12μg/m³。

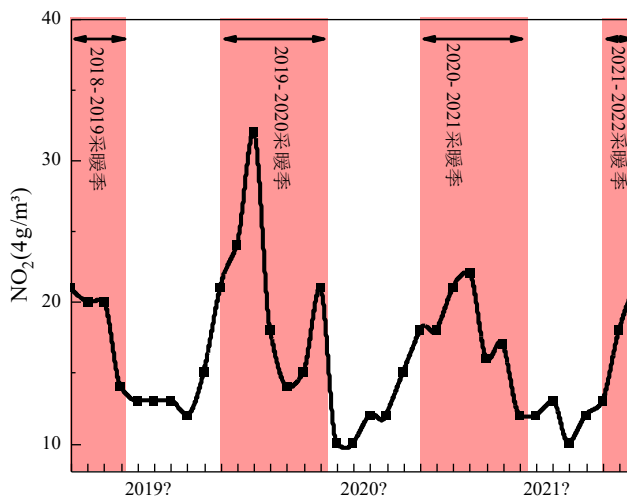


图 3-3 齐齐哈尔市 NO₂ 浓度变化情况（2019-2021 年）

3.1.4 PM₁₀ 浓度变化情况

2019-2021 年齐齐哈尔市 PM₁₀ 浓度变化情况如图 3-4 所示。2019 年，采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 42~99µg/m³，平均浓度为 65µg/m³，非采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 28~47µg/m³，平均浓度为 34.4µg/m³。2020 年，采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 43~123µg/m³，平均浓度为 60.4µg/m³，非采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 27~42µg/m³，平均浓度为 35.2µg/m³。2021 年，采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 27~42µg/m³，平均浓度为 35.2µg/m³。2021 年，采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 43~62µg/m³，平均浓度为 52.3µg/m³，非采暖季内 PM₁₀ 浓度变化范围为 29~38µg/m³，平均浓度为 31.8µg/m³。

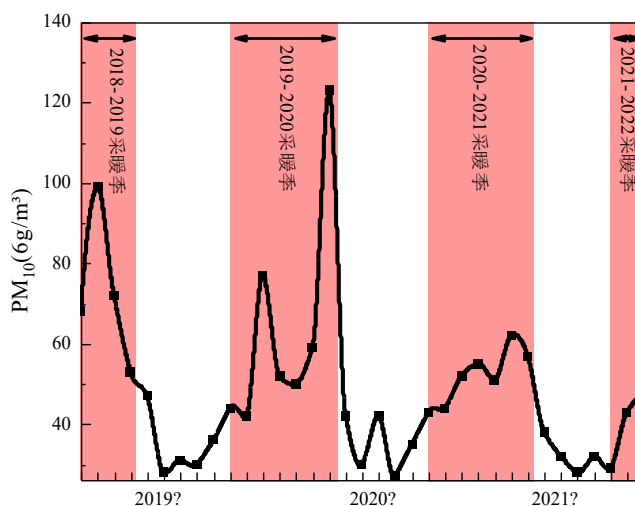


图 3-4 齐齐哈尔市 PM₁₀ 浓度变化情况（2019-2021 年）

3.1.5 CO 浓度变化情况

2019-2021 年齐齐哈尔市 CO 浓度变化情况如图 3-5 所示。2019 年，采暖季

内 CO 浓度变化范围为 $0.8\sim 2.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均浓度为 $1.25\text{mg}/\text{m}^3$ ，非采暖季内 CO 浓度变化范围为 $0.6\sim 0.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均浓度为 $0.65\text{mg}/\text{m}^3$ 。2020 年，采暖季内 CO 浓度变化范围为 $0.8\sim 2.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均浓度为 $1.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，非采暖季内 CO 浓度变化范围为 $0.6\sim 0.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均浓度为 $0.68\text{mg}/\text{m}^3$ 。2021 年，采暖季内 CO 浓度变化范围为 $0.7\sim 1.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均浓度为 $0.98\text{mg}/\text{m}^3$ ，非采暖季内 CO 浓度变化范围为 $0.6\sim 0.8\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均浓度为 $0.65\text{mg}/\text{m}^3$ 。

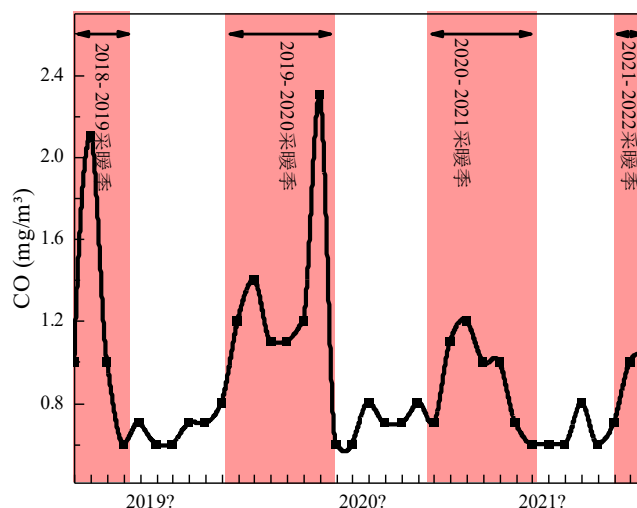


图 3-5 齐齐哈尔市 CO 浓度变化情况（2019-2021 年）

3.1.6 空气质量综合指数（AQI）变化情况

2019-2021 年齐齐哈尔市空气质量综合指数(AQI)变化情况如图 3-6 所示。2019 年，采暖季内 AQI 变化范围为 $2.73\sim 5.58$ ，平均值为 3.98 ，非采暖季内 AQI 变化范围为 $1.87\sim 2.6$ ，平均值为 2.19 。2020 年，采暖季内 AQI 变化范围为 $2.28\sim 6.51$ ，平均值为 3.45 ，非采暖季内 AQI 变化范围为 $1.82\sim 2.22$ ，平均值为 2.09 。2021 年，采暖季内 AQI 变化范围为 $2.22\sim 3.40$ ，平均值为 3.00 ，非采暖季内 AQI 变化范围为 $1.84\sim 2.97$ ，平均值为 2.27 。

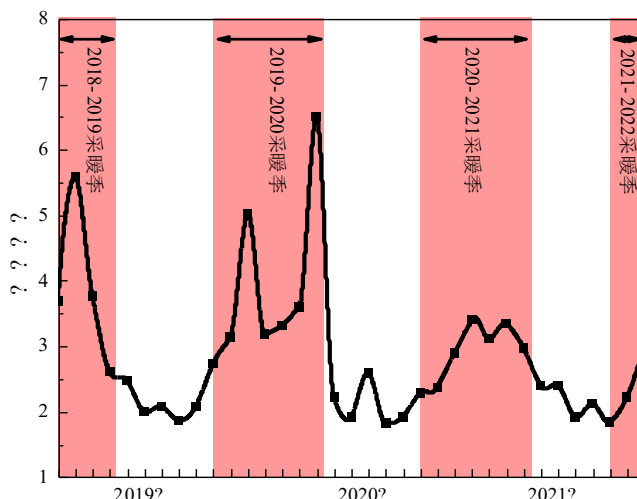


图 3-6 齐齐哈尔市空气质量综合指数变化情况（2019-2021 年）

3.2 齐齐哈尔市 2021 年供暖季与非供暖季空气质量指标对比

以齐齐哈尔市生态环境局提供的 2021 年齐齐哈尔市逐月空气质量数据为基础，分析供暖季和非供暖季污染物浓度变化。以 2021 年 1~4 月和 2021 年 10~12 月数据作为供暖季数据统计口径，5~9 月作为非供暖季数据统计口径。指标对比如表 3-1 所示。

表 3-1 齐齐哈尔市 2021 年供暖季与非供暖季主要空气质量指标

污染物	非供暖季	供暖季	供暖季/非供暖季
PM _{2.5} (μg/m ³)	13.0	24.8	1.91
PM ₁₀ (μg/m ³)	31.8	52.3	1.64
SO ₂ (μg/m ³)	5.7	24.7	4.33
NO ₂ (μg/m ³)	12.0	19.2	1.60
CO (mg/m ³)	0.7	1.0	1.51
O ₃ (μg/m ³)	67.3	120.3	1.79
空气质量综合指数 (AQI)	2.3	3.0	1.32

进入供暖期后，各项空气污染物指标明显变差（臭氧除外）。其中，供暖季 SO₂ 浓度为 24.7μg/m³，是非供暖季浓度的 4.33 倍。供暖季 PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂、CO 的浓度分别是非供暖季浓度的 1.91 倍、1.64 倍、1.60 倍、1.51 倍。总体来看，供暖季空气质量综合指数（3.0）是非供暖季空气质量综合指数（2.3）的 1.32 倍。

3.3 齐齐哈尔市各区县 2021 年主要污染物浓度变化规律

对 2021 年齐齐哈尔市各区县 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 等空气主要污染物浓度进行了统计,分析供暖季和非供暖季污染物浓度变化。从表 3-2 可以看出,齐齐哈尔市各区县非供暖季的空气质量指标均优于供暖季的空气质量指标。齐齐哈尔市多数区县采暖季 PM_{2.5} 未达到国家二级标准。

表 3-2 齐齐哈尔市各区县 2021 年供暖季与非供暖季主要空气质量指标

区 (县)	时段	SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	CO (mg/m ³)
依安县	供暖季	10.7	14.3	26.7	48.7	1.0
	非供暖季	5.2	10.5	12.0	25.0	0.3
克东县	供暖季	25.7	14.0	32.8	38.5	1.2
	非供暖季	18.5	7.5	17.7	23.7	1.0
克山县	供暖季	41.3	5.7	44.5	62.2	0.6
	非供暖季	13.3	6.5	12.7	29.5	0.2
富裕县	供暖季	12.3	14.3	44.8	69.8	1.0
	非供暖季	6.0	10.5	23.8	48.3	1.0
拜泉县	供暖季	16.5	16.8	44.7	60.0	0.8
	非供暖季	13.0	7.3	13.3	31.5	0.2
昂昂溪 区	供暖季	9.7	16.5	30.0	60.3	0.5
	非供暖季	6.7	10.0	15.2	41.2	0.0
梅里斯 区	供暖季	11.2	17.7	29.2	52.5	0.8
	非供暖季	7.3	13.5	10.8	34.7	0.0
泰来县	供暖季	11.4	19.8	31.3	59.3	0.2
	非供暖季	4.5	24.2	2.3	34.7	0.0
碾子山 区	供暖季	15.3	12.0	30.2	56.0	1.3
	非供暖季	57.0	8.5	34.5	34.8	1.8
讷河市	供暖季	9.2	9.0	22.7	45.3	1.3
	非供暖季	23.7	12.2	18.8	32.0	1.0
龙江县	供暖季	27.7	22.7	14.3	52.3	0.7
	非供暖季	7.7	11.7	8.5	44.0	0.7

4 齐齐哈尔市散煤治理现状

4.1 齐齐哈尔市冬季取暖现状

全市取暖建筑 10710 万平方米,热电联产集中供热面积 2050 万平方米,占总取暖面积的 19.14%;清洁能源取暖(不包括热电联产)面积 1465 万平方米,占总取暖面积的 13.68%;燃煤锅炉供热面积 5585 万平方米,占比 52.15%;散煤

及分散生物质取暖面积 1610 万平方米，占比 15.03%。

4.1.1 城区取暖现状

齐齐哈尔市城区总取暖面积 5795 万平方米，城区清洁取暖率 38.54%。从图 4-1 中可以看出，齐齐哈尔市城市集中供热基本形成了以热电联产、区域锅炉房集中供热为主，清洁能源和可再生能源供热为补充的热源格局。其中热电齐齐哈尔热电厂，装机容量为两台 300MW 热电机组，已完成超低排放改造，总供热面积 2050 万平方米；区域燃煤锅炉房 72 座，总供热面积 3567 万平方米；污水源热泵、电采暖、燃气采暖清洁能源取暖面积 178 万平方米。

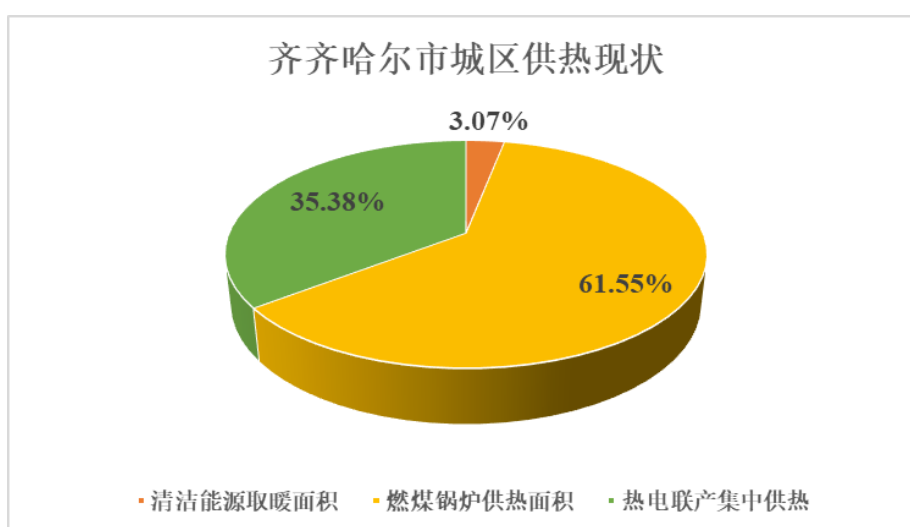


图 4-1 齐齐哈尔市城区供热现状结构图

4.1.2 县城取暖现状

齐齐哈尔市县城取暖面积 3060 万平方米，县城清洁取暖率 34.05%。如图 4-2 所示，县城供热方式以集中燃煤锅炉为主，供热面积 2018 万平方米；局部以生物质锅炉、电采暖、燃气采暖等清洁能源供热，供热面积 1042 万平方米。

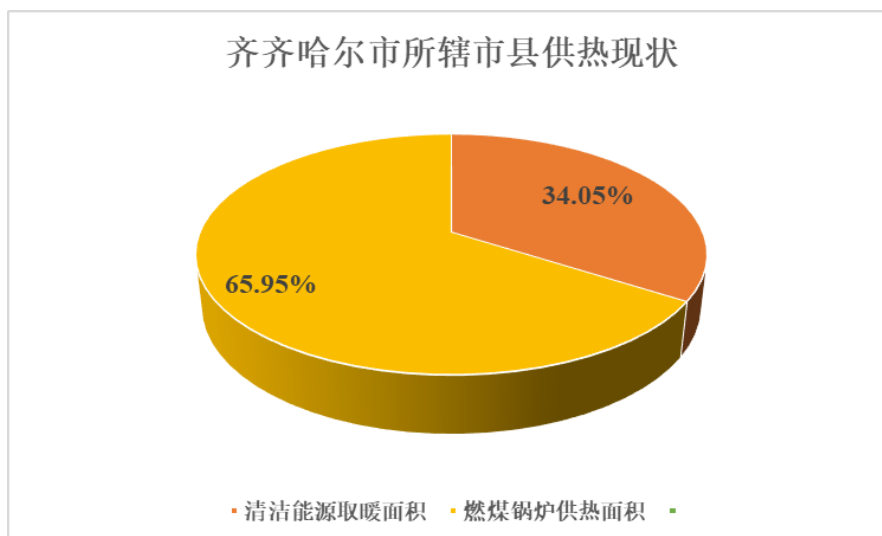


图 4-2 齐齐哈尔市所辖市县供热现状结构图

4.1.3 农村取暖现状

齐齐哈尔市农村地区既有房屋建筑面积 2861 万平方米，其中，取暖面积 1855 万平方米，**清洁取暖率 13.21%**。如图 4-3 所示，农村供热方式主要以秸秆散烧供热为主，散煤及分散生物质取暖面积 1610 万平方米；部分乡镇采用了生物质成型燃料集中供热锅炉、生物质成型燃料分户炉具供热、电锅炉等清洁能源供热，清洁能源供热面积 245 万平方米。

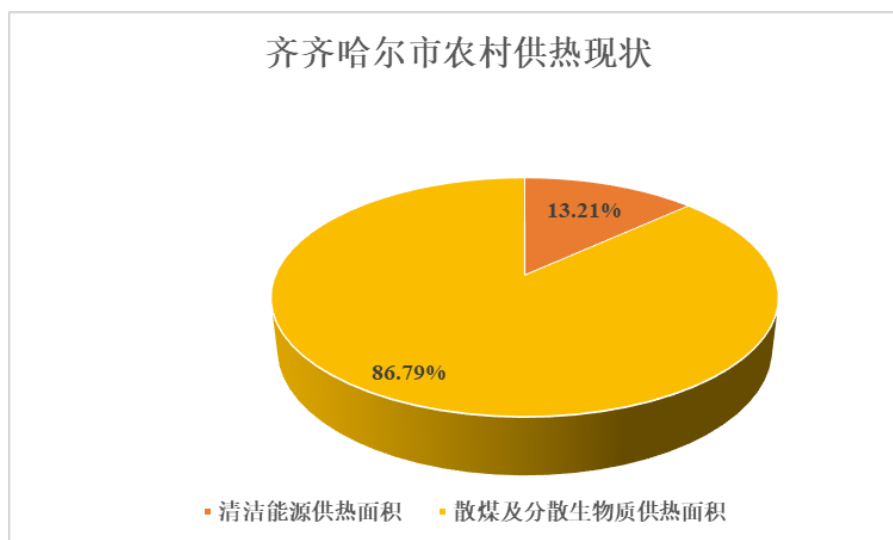


图 4-3 齐齐哈尔市农村供热现状结构图

据统计，农村地区散煤及分散生物质取暖比例约 86.79%，其中，散煤使用户约为 13.01 万户，占农村用户的 36.5%，采暖季使用散煤量约 32 万吨/年，散煤分布如图 4-4 所示。秸秆散烧用户约 11.8 万户，占比约 33%。



图 4-4 齐齐哈尔市农村散煤分布图

4.2 齐齐哈尔市散煤治理整体进展

结合大气污染防治专项行动，齐齐哈尔市以改善环境空气质量、改善民生为核心，坚持因地制宜、分类施策，深入实施以清洁集中供热为主，其他清洁能源替代为辅，在散煤治理工作上取得了一定的成绩。

按照国家和黑龙江省煤电节能升级改造、大气污染防治和煤炭消费压减的要求，加快既有热源的节能升级和环保超低排放改造，淘汰和关停落后产能。2016年以来，全市 1284 台 10 蒸吨/小时及以下燃煤锅炉全部“清零”。华电集团三家电厂 11 台在产机组全部进行超低排放改造，每年减少排放烟尘 73.89 吨，二氧化硫 3135.25 吨，氮氧化物 1944.67 吨。开展辖区内的燃煤锅炉的详细的摸底调查，并对保留的 66 台燃煤供热锅炉全部进行脱硫脱硝改造。深入开展大气污染防治攻坚，同时建立空气质量监测监控平台，实现对空气污染“防”、“治”两手抓，全市空气质量持续改善。

同时齐齐哈尔市开展了农村清洁取暖试点示范项目，在梅里斯区开展了生物质清洁炉具改造 1.1 万户，电锅炉采暖 500 户，同时在各区县开展生物质直燃供热项目 19 处，供热面积 134.73 万平方米，供热农户 6952 户。

4.3 散煤治理存在的问题

齐齐哈尔在长期的散煤治理工作中，抓住了当地“丰富的生物质资源”这一特点，大力生物质资源的开发利用，例如在梅里斯区打造了以生物质热电联产、生物质打捆直燃供热等项目为基础的生物质产业链。同时积极推动了户用生物质成型燃料使用、农房节能保温改造工程，全方位提高村容村貌，改善群众生活品质。在实际调研中，依然存在以下问题：

4.3.1 清洁低碳热源占比少，能耗强度高

在热源结构方面，清洁热源和低碳热源占比少。齐齐哈尔市集中供热热源主要是区域燃煤锅炉和热电联产，按照供热面积分别占比，城区分别是 49%和 44%，县城分别为 72%和 10%。在能源强度方面，齐齐哈尔区域燃煤锅炉供热能耗为 29.82 公斤标煤/平方米，《民用建筑能耗标准》（GBT 51161-2016）中黑龙江省建筑供暖能耗为 20.5 公斤标煤/平方米，燃煤小锅炉能耗高于该标准能耗。

在能源结构方面，目前各种热源生产相同热力所耗费的一次能源量（供热能耗）存在明显差距，工业余热利用的供热能耗是燃煤锅炉的 13%~63%，热电联产集中供热生产热能的煤耗是区域锅炉房的 50%~65%，热泵供热的供热能耗是燃煤锅炉的 65%左右。在可再生能源利用方面，乡镇集中供热发展滞后，可再生能源利用与发达国家存在显著差距。

4.3.2 农村清洁取暖率低，既有建筑能耗高

目前，齐齐哈尔市农村清洁取暖率仅为 3.36%，对照 2017 年国家十部委发布的《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021）》中提出的到 2021 年农村清洁取暖率达到 40%的目标差距较大。特别是在大气污染攻坚战和“碳达峰碳中和”工作持续推进的情况下，预计十四五期间北方农村清洁取暖率还会提出更高的要求。

目前齐齐哈尔市农村地区大多数取暖用户仍依赖传统的秸秆烧炕、煤炉等供暖方式满足取暖要求。农村清洁取暖较城市难度更大。农村住宅比较分散、地域广，且地理位置偏远、负荷密度低、许多地方集中供热管线难以到达或经济性差，难以进行集中改造。另外农村住宅由于围护结构保温性能较差，供热环境质量低，能耗较高。同时，齐齐哈尔市地区农村的电网、天然气管网设施对大规模实施燃

煤替代的支撑也不够充分，因此必须寻找一条成本低、资源足、环境效益好、老百姓易于接受的清洁采暖方式。

4.3.3 未因地制宜利用本地资源

齐齐哈尔市生物质资源几位丰富，还有大量的工业有机废弃物可供回收利用，生物质总量和人均占有量是其它城市不可比拟的。近年来齐齐哈尔市凭借资源优势，在国家政策的支持和引导下，开始合理规划大力发展生物质能产业，在生物质发电、生物质气化供气、生物质固定体燃料等方面初具规模，但生物质整体利用规模较小、效率低，并且还未形成一个完整且规范的收集加工利用体系，这也造成了数量庞大的生物质能未能得到有效利用。虽然当地大部分农户采用了玉米芯作为炊事和取暖的主要能源，但是并未配套高效的生物质成型燃料炉具，且秸秆多以焚烧为主，并未将其加工成燃料自用或以商品能形式输出。

4.3.4 未采用经济高效的“煤改电”技术

目前市场上使用的“煤改电”取暖设备初投资差别较大，所需配套电网改造容量和费用也随之不同。直接电热取暖尽管设备初投资较低，但是没有充分利用电能的高品位，所需电网改造费及取暖费用都很高，给政府、农户和电网公司都带来较大的经济负担，不宜作为农房取暖的主要方式。蓄热式电暖器尽管可以利用夜间低谷电进行储热取暖，但仍属于高能低用，其能源转化效率低，总电耗大，需要政府补贴维持运行。根据前期的调研，齐齐哈尔市农村地区散煤治理推进试点工程均以直热式电暖气、电锅炉、电热炕等低效“煤改电”技术为主，而未采用高效适用的热泵技术。

5 齐齐哈尔市散煤治理综合方案遴选

5.1 齐齐哈尔市典型村落现状

综合考虑到齐齐哈尔市农村地区经济水平、资源分布、农户改造意愿等因素，项目组选取了富裕县塔哈镇吉斯堡村作为典型村落，进行了整村入户调研，获取每户的建筑围护结构、用能负荷特性、经济水平、用户用能习惯、建筑空间利用率等信息。

5.1.1 吉斯堡村基本概况

吉斯堡村位于齐齐哈尔市富裕县塔哈镇，以达斡尔族为主的少数民族村，总户数 603 户，常住户 163 户。耕地面积 38819 亩，户均耕地面积 80 亩，以种植玉米、大豆为主。居住建筑较为集中，户均建筑面积 80 平方米。常住人口以老人和小孩为主，户均常住人口 2~3 人，经济收入主要靠种植和养殖。



图 5-1 吉斯堡村行政区划图吉斯堡村农房基本情况

项目组对吉斯堡村 154 户进行了详细的入户调研。结果显示，吉斯堡村农房绝大部分为坡顶平房，建筑面积较小，大部分农房建筑面积小于 80 m^2 ，共有 9 种户型，三间半式和两间半式为主要户型，分别占比 44%和 16%，如图 5-2 所示。一半农房为 2000 年以后翻新或新建，农房结构均为砖混结构，60%以上墙体材料为 50cm 实心砖，极少量土坯房。



图 5-2 吉斯堡村典型农房

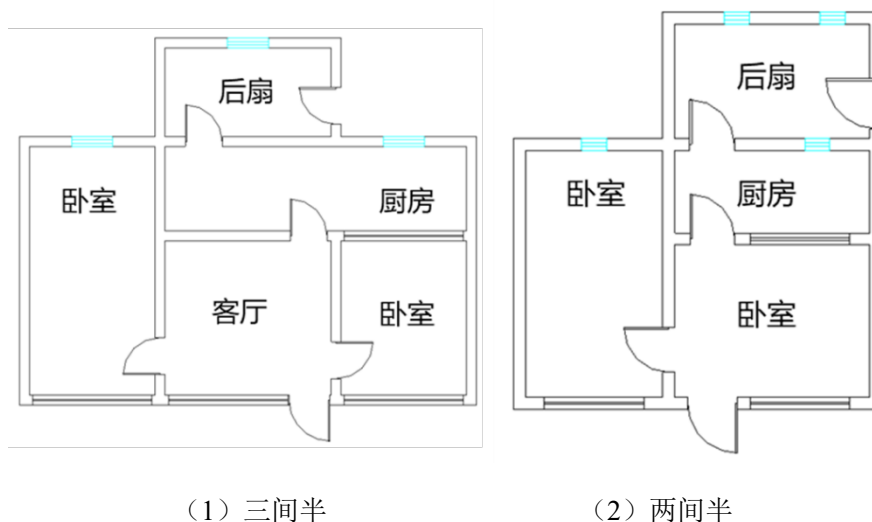


图 5-3 吉斯堡村典型农房户型图

部分农房有保温措施，北墙敷设保温板占比约 42%，南墙敷设保温板占比约 36%，东西墙敷设保温板占比约 40%，四面墙均敷设保温板占比约 33%，保温板材料以膨胀聚苯板为主。70%以上窗户为塑钢双玻窗双层窗，少量三层窗，冬季部分农户在南向窗户敷设塑料薄膜，占比约 17%。屋顶材料均为泥棚+抹灰的保温结构，部分农户敷设珍珠岩保温层，占比约 30%。农户节能意识较强。



图 5-4 吉斯堡村典型保温方式

5.1.2 吉斯堡村用能设施基本情况

吉斯堡村农户采暖以燃煤炉+暖气片、玉米芯+燃煤炉+炕为主，兼顾冬季炊事，如图 5-5 所示。全村仅 1/3 农户完全用煤采暖，全年用煤量 2~3 吨，年采暖费约 4000 元。绝大部分农户采用玉米芯采暖，极寒天气烧煤，冬季室内平均温度为 18℃ 以上。



图 5-5 吉斯堡村农户冬季采暖设施

2021 年该村推进“煤改电”工程，改造户数约 30 户，改造后的采暖设备为电锅炉和直热式电暖气，如图 5-6 所示。采暖季实施阶梯电价，白天 0.425 元/kWh，晚上 0.289 元/kWh。调研农户认为“煤改电”可控、干净，在有补贴的情况下采暖费较之前烧煤便宜。



图 5-6 吉斯堡村农户电采暖设备

该村农户炊事以散烧玉米芯、电炊事为主，少部分农户采用液化气。全年需烧炕。



图 5-7 吉斯堡村农户炊事设备

5.1.3 吉斯堡村农户采暖特征

该村农房实际采暖面积主要集中在 30~60 m²，为防止冬季温度太低导致冻管，因此农户采暖模式以部分时间部分空间采暖为主。采暖房间数主要为 1~2 间，冬季绝大部分农户主要在 1 间有炕的卧室活动，占比约 70%。

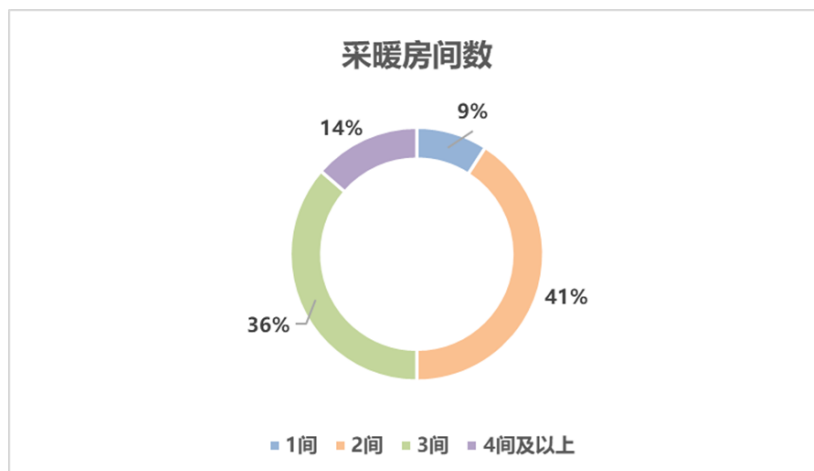


图 5-8 吉斯堡村采暖房间数分布

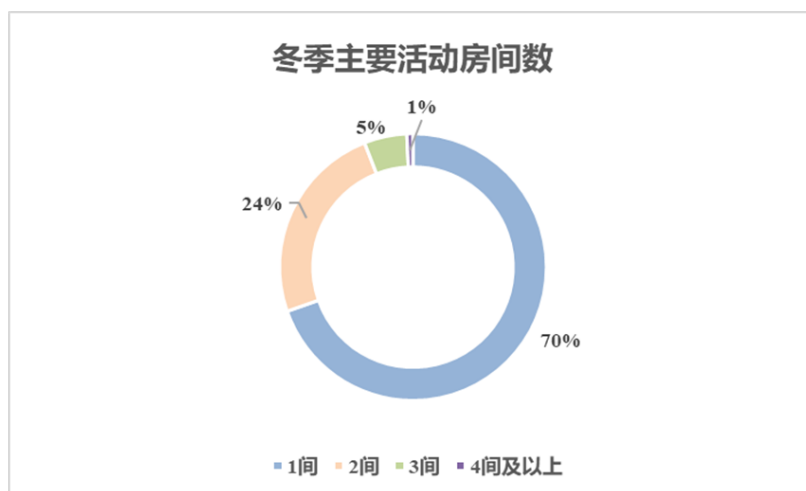


图 5-9 吉斯堡村农户冬季主要活动房间数分布

齐齐哈尔市冬季室外平均温度较低-24℃左右，吉斯堡村农房围护结构较差，并且由于绝大部分农户习惯烧炕，主要燃料为玉米芯，玉米芯不花钱，农户不会考虑节能问题，因此整体能耗较高，如图 5-10 所示。

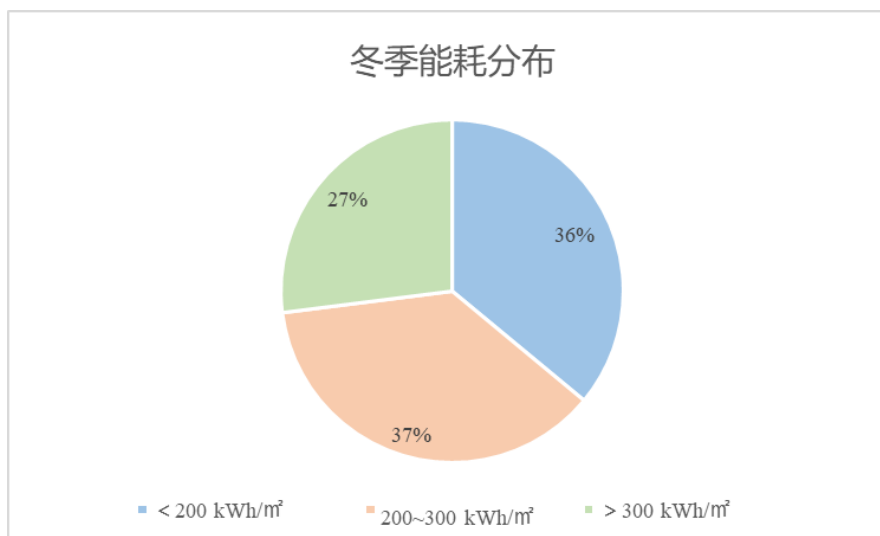


图 5-10 吉斯堡村农房冬季能耗分布

5.1.4 调研小结

(1) 齐齐哈尔市农村空心率较高，基本在 60%以上。农户普遍收入水平较低。常住人口以老人和小孩为主，户均常住人口 2~3 人。

(2) 农房建筑面积较小，房间数较少。建筑面积 60~80 m²，房间数 2~4 间，实际采暖面积较小，约 30~60 m²，采暖房间数多为 1~2 间，占 60%以上，有些人少的住户甚至不到 30 m²。

(3) 农房以三间半式和两间半为主，约占 60%以上。绝大部分农房墙体厚度为 50cm，门窗以塑钢或铝合金双玻为主，部分为塑钢双窗双玻。部分农户对农房外墙进行了保温，大部分屋顶有保温措施。冬季部分农户还会对窗户敷设塑料薄膜。

(4) 清洁取暖改造尚未全面系统推广。农区绝大部分农户使用高污染散煤和玉米芯散烧进行采暖，少量改为电锅炉、电热炕采暖，但未采用高效的热泵设备。采暖能耗较高，在间歇采暖的情况下，农区户均 3~4 吨煤。

(5) 采暖时长较长，全年烧炕。冬季农户绝大部分时间待在屋内，采暖需求大，对室温要求较高，绝大部分农户要求室温在 20℃以上。因室外温度较低，为防止冻管，农房以部分时间部分空间采暖模式为主。

(6) 可再生能源利用率较低。农村生物质资源以粗放燃烧为主，未实现生物质资源商品化输出，少量农房房顶敷设了光伏。

5.2 齐齐哈尔市农村散煤替代技术路径

目前齐齐哈尔市农村地区清洁取暖改造行动尚未大规模开展，改造技术路径以生物质清洁取暖炉具为主，但并未使用清洁高效的生物质成型燃料，依然以玉米芯、散煤作为主要燃料。但玉米芯并不清洁，会产生大量粉尘，严重污染环境并影响农民健康。同时农房围护结构节能改造也未实施。齐齐哈尔市散煤替代应走可持续发展的“四一”模式，科学的选择技术路径。

5.2.1 散煤替代模式

针对近年来在推进北方清洁取暖工作中存在的主要问题，清华大学从初投资、使用要求、取暖运行费和区域整体规划等多个维度来综合考虑，提出适合我国农村实际情况的“四一模式”，并在河南鹤壁及山东省商河县进行了试点示范。2018年7月和2019年3月，上述两地分别召开了农村清洁取暖示范项目现场会，现场专家和领导一致认为：“该模式思路正确、组织有力、工作扎实、农民满意、效果良好，值得在全国推广”。“四一模式”总结起来是：初投资每户平均不超过一万元、无补贴的年取暖运行费每户不超过一千元、设备一键式智能化操作，并整体建立在一个合理顶层规划之上（图 5-11）。

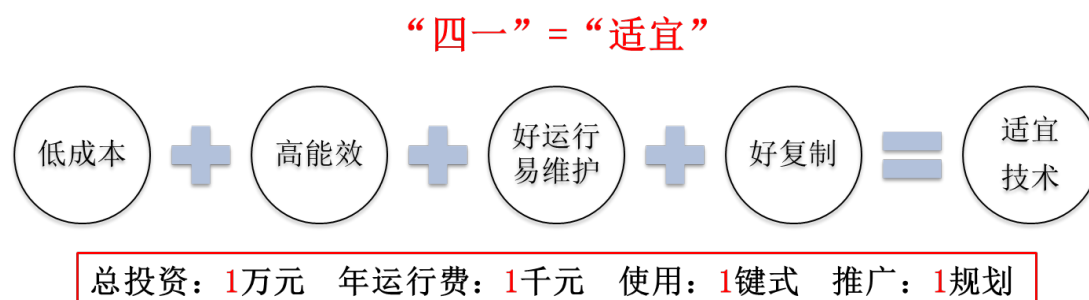


图 5-11 农村清洁取暖“四一”模式示意图

5.2.2 农房围护结构节能改造技术

农村地区不同农户的供热需求在时间和空间分布上具有多样性，对于不同供热特征和经济状况的农户，应制定不同的围护结构保温改造方案。针对齐齐哈尔市农房实际，确定农房保温改造方案如下。

5.2.2.1 被动式太阳能暖廊改造方案

对于新建建筑或农房南墙有足够空间的农户，适合采用加设被动式太阳能暖廊的改造方式。被动式太阳能暖廊是指在农房的南墙建设阳光间的一种设计，让

玻璃和墙相互间的空气夹层有所加宽，构成一个能够运用的空间。阳光间能够因为阳光照射适当加热，能够将其储存，供给房间。同时在夜晚也可以当作缓冲区，将房间的热损失减少。其采暖原理如图 5-12 所示。

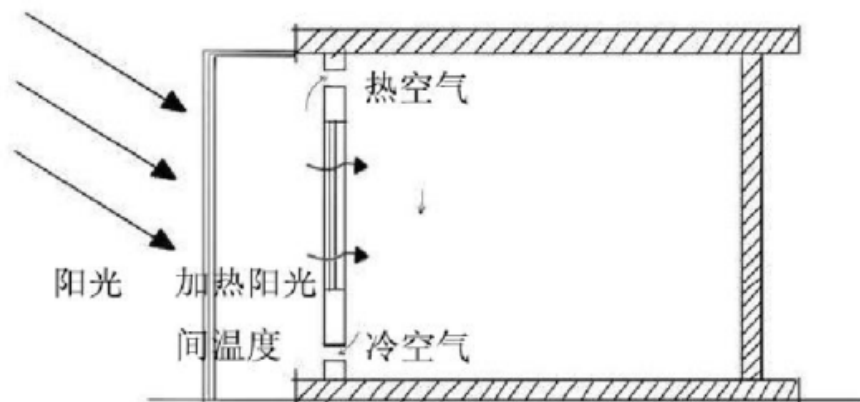


图 5-12 太阳能阳光间采暖工作原理

阳光间立面的材料主要有断桥铝单玻/双玻、塑钢单玻/双玻、铝合金单玻/双玻，封顶材料主要有玻璃、彩钢板。阳光间保温性能好，同时还起到了美观的效果。但改造成本较高，铝合金费用在 200~280 元/m² 左右，断桥铝费用在 520~600 元/m²，塑钢费用在 320~360 元/m²。封顶玻璃 680 元/m² 左右，彩钢板 150 元/m² 左右。具体的技术介绍如图 5-13 所示。

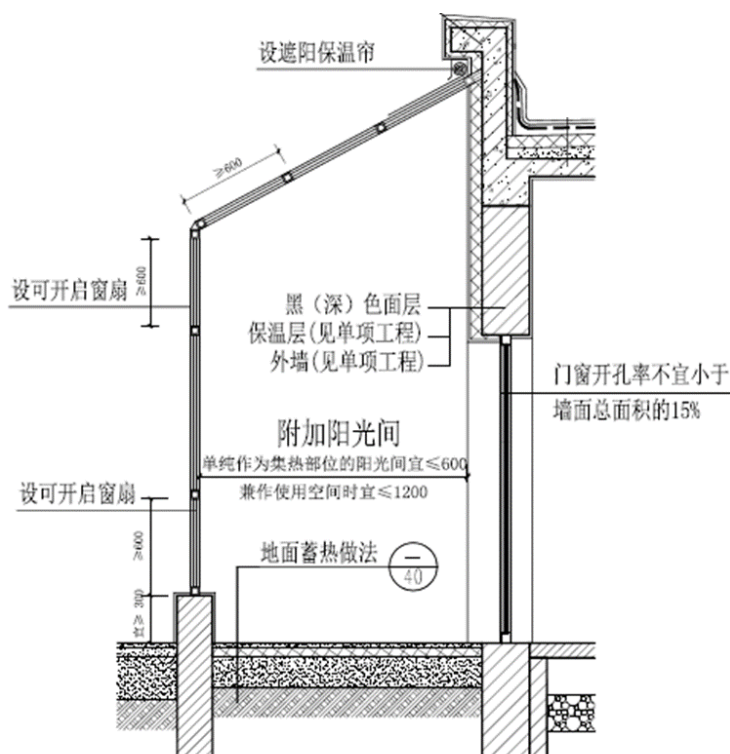


图 5-13 阳光间构造

5.2.2.2 简易阳光房

对于农房建筑面积较小，且南墙有足够空间的农户，适合采用加设建议阳光房的改造方式。简易阳光房是指在农房的南墙建设塑料阳光棚的一种设计，和墙相互间的空气夹层有所加宽，构成一个能够运用的空间。阳光房能够因为阳光照射适当加热，能够将其储存，供给房间。其采暖原理与被动式太阳房相同，如图 5-14 所示。



图 5-14 简易阳光房

阳光房立面的材料主要有塑料薄膜、透明塑料板。阳光房保温性能好，同时还起到了挡风的效果。其改造成本较低，塑料薄膜费用在 30 元/m 左右，钢架费用在 500~800 元，总体造价大约为 1000 元左右。

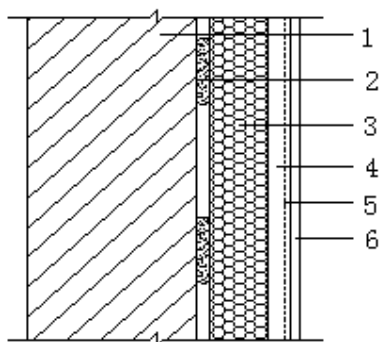
5.2.2.3 整体保温改造方案

对于新建建筑且供热房间多、有连续供热需求的农户，适合采用围护结构整体保温改造方案，即对整个墙体、门窗和屋顶进行保温改造。这种整体改造方案节能效果最好，但改造成本最高，外墙改造费在 125 元/m² 左右，外窗改造费用在 320 元/m² 左右，屋顶改造费用在 50 元/m² 左右。整体保温改造的具体技术简介如下。

外墙外保温改造

对外墙主要采取外保温的形式。外墙外保温是指在墙体外侧增加保温层，如图 5-15 所示。其技术的优点：① 无须设置隔气层，不易形成冷桥，保温效果稳定。② 提高墙体的防水和气密性，降低含湿量。③ 保护住宅主体结构，增强结构的耐久性，延长使用寿命。④ 适用范围广。缺点：① 施工时间受到限制。② 对材料和施工的质量要求较为严格。③ 造价相对较高。外墙外保温能够消除热桥的影响，不占用有效建筑使用面积，施工时不会影响住户正常使用。外墙外保

温所用材料主要有膨胀聚苯板（EPS）和挤塑聚苯板（XPS），厚度根据所在地区的气候特点，以经济性和节能效果为目标进行优化。



1-墙体；2-粘接砂浆；3-聚苯板；
4-抗裂砂浆；5-网格布；6-装饰面层

图 5-15 聚苯板外墙外保温

外墙外保温的工艺流程包括：基层清理、刷专用界面剂、配专用聚合物粘结砂、预粘板边翻包网络布、粘贴挤塑板、钻孔安装固定件、挤塑板打磨找平及清洁、中间验收、拌制面层聚合物砂浆、抹面层聚合物抗裂砂浆、挂找平外墙腻子、弹涂、面涂、验收。

门窗保温改造方案

门窗型材特性和断面形式是影响门窗保温性能的重要因素之一。框是门窗的支撑体系，可由金属型材、非金属型材或复合型材加工而成。金属与非金属的热工特性差别很大，表 5-1 给出了五种窗框材料的导热系数，木、塑材料的导热系数远低于金属材料，保温隔热性能优良。塑料具有良好的保温、隔热、隔声、耐腐蚀、美观等综合性能，PVC 塑料型材有推广价值。

表 5-1 几种材料的导热系数

材料	木材	塑料	玻璃钢	钢材	铝合金
导热系数 ($W/(m \cdot k)$)	0.14-0.29	0.10-0.25	0.4-0.5	58.2	203.5

整体保温改造主要采用的门窗技术方案为双层中空塑钢窗或者断桥铝合金窗，一般情况塑钢窗造价较低，而断桥铝合金造价较高。窗户安装流程包括：测量确定门窗安装位置、弹安装线、窗框就位、窗框固定、窗扇安装、清洁、交验。

屋顶保温改造方案

新建建筑的屋顶保温可以采用坡屋顶泥背结构保温层。双坡屋顶是北方农房常见的一种屋顶形式。结构形式一般是沿房屋进深方向，用柱子支撑大梁，大梁

上再放置较短的梁，这样层层叠置而形成梁架。梁架上的梁层层缩短，每层之间垫置较短的蜀柱及驼峰。最上层梁上板的中部，立蜀柱或三角形的大叉手，形成一个类似三角形屋架的结构形式。在这一层层叠置的梁架上，再在各层梁的两端，及最上层梁上的短柱上架设中等粗细的檩子，在檩间架设更细的椽子，然后在椽子上依次铺设望板，做泥背，挂屋面防水构件，从而形成一个双坡屋顶的建筑物。屋面防水构件可以采用瓦片或瓦楞铁等，如图 5-16 所示。



(a) 瓦片屋面

(b) 瓦楞铁屋面

图 5-16 采用不同屋面材料的坡屋顶

5.2.2.4 经济型保温改造方案

由于很大一部分农户的活动空间集中在一到两个房间，因此这些常用房间有供热需求。相比于整体保温改造方案，仅对常用房间进行围护结构节能改造，能大幅度降低改造成本，兼顾保温效果和经济性。北墙、门窗和屋顶是围护结构的薄弱环节，加强这些部分保温性能可在节约成本的同时达到较好的保温效果。

(1) 吊顶保温技术

农房主要以坡屋顶为主，层高较高，因此可以通过增加吊顶，降低层高，减少上部无效热量损失。对于已有龙骨吊顶的农房，可以充分利用农户原有吊顶龙骨，裁剪与原有吊顶板相同尺寸的保温材料，拆卸原有吊顶进行更换（图 5-17）。对已有吊顶，也可使用保温隔热包保温，其具体做法与上述整体保温改造方案中相同。



图 5-17 已有吊顶更换保温材料流程

对于没有吊顶的农房，需要新增吊顶。在屋顶内侧直接新增吊顶，可采用木龙骨支撑，覆盖合适尺寸的保温板，并采用铝合金条固定（图 5-18）。保温板可采用带饰面 3cm 厚的高分子树脂保温板或 2cm 厚带反射膜的橡塑保温层。高分子树脂保温板的导热系数约为 $0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，防火性能 B1 级。材料价格约 35 元/ m^2 ，改造费用低。



图 5-18 新增自保温吊顶施工流程

(2) 外墙内保温技术

由于经济型保温方案是针对某个常用房间进行围护结构保温改造，因此外墙改造适合采用内保温方式。

外墙内保温是在外墙内壁面粘贴保温材料，保温房间的选择和施工比较灵活。由于北墙背向阳光，且面积最大，是墙体散热的主要部分，约占墙体散热量的二分之一。因此，在实施墙体内保温技术时，北外墙最为优先，东西向外墙兼顾。内保温可采用高分子树脂保温板和壁纸自保温贴。采用高分子树脂保温板时，墙体内侧可用木龙骨做支撑，覆盖高分子树脂保温板，做法与采用高分子树脂板进行吊顶保温类似（图 5-19）。采用壁纸自保温贴时，对于不掉粉墙面，表面清理浮尘油污即可直接粘贴；对于掉粉墙面，应先清理墙面，然后刷底漆或腻子，晾至大于 12h 后可粘贴。内保温施工简单，改造面积小，费用较低，约 45 元/ m^2 。



图 5-19 外墙内保温技术施工

(3) 门窗保温帘

除了整体保温改造方案中更换门窗材料的改造技术外,通过在门窗内侧设置保温帘也可达到一定的保温效果。外窗内保温帘是在外窗内侧增加一层带有边框的 EVA 透光材质的内保温帘,边框固定在窗洞内表面的四周(图 5-20),可通过上部卷轴做伸缩调整。保温帘与边框紧密连接,可显著增加外窗密闭性,降低冷风渗透热损失,同时保温帘与原有窗户之间形成约 3~10cm 的空气层,有效减少夜间长波辐射和温差传热损失,可提高 10%左右的节能率。该技术施工简单,成本约 60 元/m²,远低于双层塑钢窗或铝合金窗改造技术,且用户可以根据个人喜好选用不同颜色。



窗框清理 → 上卷膜框固定 → 边框固定 → 膜帘卷拉调整

图 5-20 外窗内保温帘施工流程

外门保温帘采用磁性 PVC 自吸门帘(或布制棉帘等),将其悬挂在外门内侧或外侧(图 5-21),人员进出及时闭合与门窗缝隙覆盖,可以极大降低冷风入侵与渗透,减少外门频繁敞开的热量损失,提高室内热舒适。



图 5-21 外门保温帘

以上各项经济型保温技术可根据供热房间实际情况、供热需求和经济情况进行组合，达到“大用大保，小用小保，不用不保”的针对性高效保温效果。

5.2.3 农村地区散煤治理典型技术

适合农房的独立分布式清洁供热技术，主要可分为两大类：燃烧型和非燃烧型，燃烧型主要包括燃气壁挂炉供热系统、户用生物质成型燃料供热炉系统等，对于镇等相对集中的房屋取暖，还可以采用生物质成型燃料集中供热系统、生物质打捆直燃集中供热系统；非燃烧型主要包括电直热/电蓄热、低温空气源热泵热水机、低温空气源热泵热风机和分布式太阳能供热系统和户用地源热泵供热系统等形式，如图 5-22 所示。

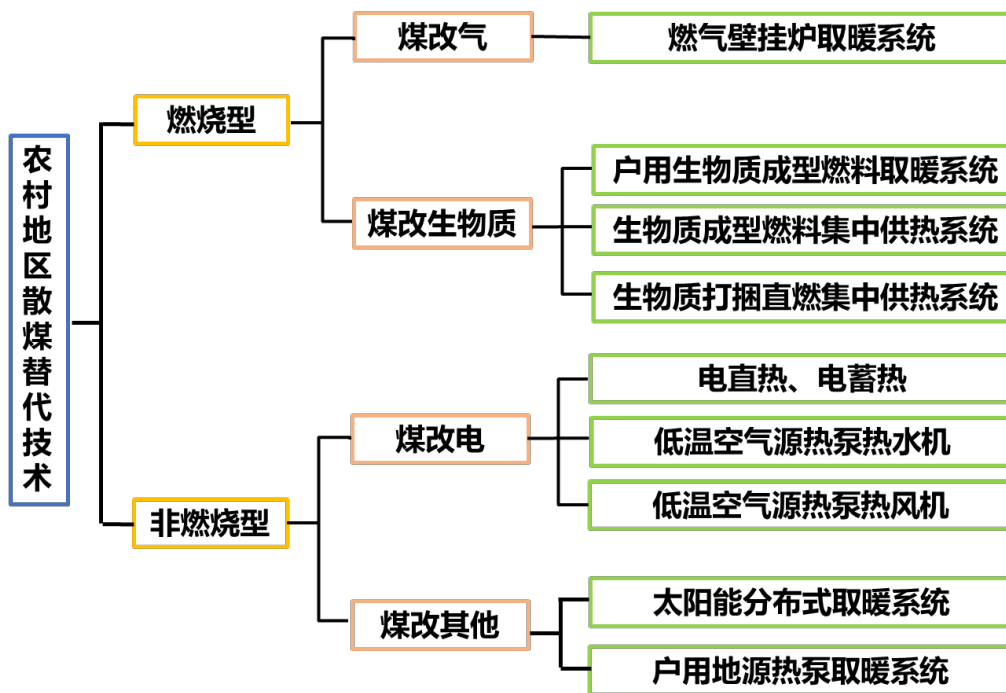


图 5-22 农村地区散煤治理典型技术分类

由于齐齐哈尔市大部分为高寒地区,冬季温度低,采暖需求高,采暖时间长,生物质资源总量多,集中加工利用价值较高。因此,根据其资源情况特点,技术路径应以“煤改电”、“煤改生物质”为主。

5.2.3.1 低温空气源热泵热风机

低温空气源热泵热风机设备安装形式与家用分体式空调器类似(如图 5-23 所示),可按取暖房间单独安装,独立调节,用户可以采用部分空间、部分时间的方式运行。同时,温度设定操作简易,用户可以灵活调控室温,最大限度发挥行为节能潜力。但与一般的冷暖空调产品相比,该产品从技术形式到实际效果都有了革命性的改变,特别是其适用范围扩展到 -30°C 的低温室外环境,低环境温度下的制热能力相较于普通的空气源热泵机组提高 50%~100%,能效提高 20% 左右,且可以迅速提高房间内的温度。



(a) 室内机

(b) 室外机

图 5-23 低温空气源热泵热风机

低温空气源热泵热风机在我国寒冷地区的冬季平均运行能效系数(COP)可达 3 左右,在黑龙江及蒙古乌兰巴托等严寒地区也有成功的应用。每输入 1 kWh 的电,可以得到 3 kWh 的热。因此,其运行电耗仅为电热直接转换型取暖设备的三分之一,再结合分时间、分空间的行为节能运行,实际测试表明每户 60~80 平方米取暖面积冬季运行总电耗不高于 2000 kWh,年运行费(无补贴)1000 元左右。而且对外电源容量需求较小,只要能安装常规空调就能安装热泵热风机,因此适合广大农村的实际情况和需求。

5.2.3.2 低温空气源热泵热水机

空气源热泵通过电能驱动,吸收室外空气中的低品位热能,将其转化为较高温度热能,并以直接加热室内空气的形式,向建筑供暖。低温空气源热泵热水机

可以在 -20°C 的环境温度下正常工作，提供 $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的供热热水，与地板辐射盘管或散热器组成供热系统给整户农宅供热，提供稳定的供热室温（图 5-24）。



图 5-24 低温空气源热泵热水机系统

传统空气源热泵采用单级压缩循环（图 5-25 左），在中国北方地区较低的室外环境温度下，制热量急剧下降，还会因为压缩机排气温度过高等问题而停止运行。低温空气源热泵热水机采用准双级压缩循环（图 5-25 右），系统主要由带辅助进气口的涡旋压缩机、蒸发器、冷凝器、膨胀阀以及经济器等部件构成。主回路制冷剂经过经济器过冷，进入压缩机经过一段封闭压缩后，与来自辅助回路的制冷剂蒸汽混合，继续进行一段封闭压缩。与相同工况下的单级压缩相比，压缩机排气温度降低，压缩比减小，可以在更低的环境温度下运行，提高系统的制热量。

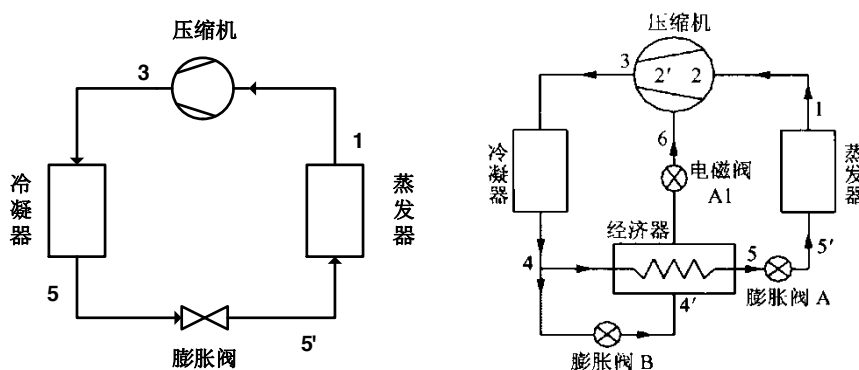


图 5-25 系统循环原理图

低温空气源热泵热水机使用电能供热，农宅在当地不会产生 $\text{PM}_{2.5}$ 排放。传统空气源热泵运行的环境温度极限为 -7°C ，无法用于北方寒冷地区农宅的冬季供热。低温空气源热泵热水机采用准双级压缩热泵循环，可以在 -20°C 的环境温度下运行。

低温空气源热泵热水机与暖气片或地暖等水系统连接，需要全天开启，防止冻管风险。由于 COP 较高，耗电量比电直热和电蓄热小，对电网增容需求比电直热和电蓄热小，可减少电网升级投资。

5.2.3.3 生物质成型燃料炊暖炉具

近几年在国家节能减排和治理雾霾的大背景下，多地逐渐开始探索利用生物质成型燃料对农村散煤取暖进行有效压减和替代。生物质成型燃料加工技术逐渐得到发展，该技术是将秸秆、稻壳、锯末、木屑等生物质废弃物，用机械加压的方法，使原来松散、无定形的原料压缩成具有一定形状、密度较大的固体成型燃料。这种技术克服了生物质自身密度低、体积大的问题，压缩后体积仅为原来的 1/10~1/5，解决了生物质存储时间短、空间浪费大等诸多问题。采用与生物质成型燃料相匹配的户用取暖炉能够提升燃烧效率，降低污染排放。生物质成型燃料燃烧产物仅有少量的草木灰可以及时还田，不存在生成物后处理的问题。因此，探寻适合农村地区的生物质成型燃料发展模式，并配套相应的户用生物质成型燃料取暖炉，是推动农村地区生物质清洁取暖的关键。

生物质成型燃料的结构特征决定了其燃烧炉具的特殊性，这类炉具一般利用生物质燃料的半气化燃烧原理，一次风从炉排底部进入，与生物质燃料在炉膛里发生化学反应，使炉膛内的生物质燃料从下往上依次形成氧化层、还原层和热解层，下层的燃料边燃烧边释放出一些可燃物质，为了增加燃烧效率，在炉具上部火焰出口处需要增加二次风喷口，将固体生物质燃料和空气的气固两相燃烧转化为单相气体燃烧，这种半气化的燃烧方法使燃料得到充分的燃烧，可以做到不冒黑烟，把焦油、生物质炭渣等完全燃烧殆尽，明显地降低颗粒物和一氧化碳等污染物的排放。燃烧木质颗粒的 $PM_{2.5}$ 排放因子可低至 0.3 g/kg 干燃料，燃烧秸秆颗粒的 $PM_{2.5}$ 排放因子约为 0.8 g/kg 干燃料，远低于散煤和清洁煤，燃烧木质颗粒的 $PM_{2.5}$ 排放水平甚至接近燃煤电厂采用除尘设备后的水平，因此户用生物质成型燃料取暖炉污染物排放低，能达到明显的减排效果。现有的户用生物质成型燃料取暖炉热效率较高，能达到 80% 以上，远高于散煤炉热效率，具有较好的节能潜力。

考虑到农村的炊事需求，一些生物质成型燃料取暖炉加入了炊事功能，在取暖的同时解决农户的炊事问题。目前针对取暖炉长时间连续运行以及白天夜间的

火力需求不同问题，智能型户用生物质成型燃料取暖炉逐步得到发展（图 5-26 智能型生物质清洁取暖炉）。智能型户用生物质成型燃料取暖炉能实现生物质颗粒自动控制入炉、分阶段燃烧、火焰温度控制。通过智能控制系统协同控制，可保证作物秸秆、木质成型燃料清洁高效燃烧。这类炉具还能通过程序设置，实现超温报警、超压保护以及自主防冻等多种安全保护措施。



图 5-26 智能型生物质清洁取暖炉

户用生物质成型燃料炊暖两用炉能很好地消纳当地秸秆、林木剩余物及家具加工边角料等生物质资源，有效减少资源浪费与污染物排放，燃尽后的灰尘可作为肥料还田，形成良好的生物质资源的循环利用链。该炉具还可有效利用用户原有散热器或地板辐射取暖末端，同时解决生活用热水问题，提高了农村生活质量，而且每户自成系统，不涉及外网改造，不增加电网负担，每户独立控制运行，能很好调动用户行为节能积极性。

户用生物质成型燃料炊暖两用炉的取暖末端除采用传统散热器外，还能与农村地区居民广泛使用的火炕相结合，可保留农户的生活习惯。



图 5-27 生物质取暖炉-对流炕系统

5.3 齐齐哈尔农村散煤替代综合技术方案

5.3.1 典型农房基本信息

根据依 0 节所述，吉斯堡村三间半式农房占比 44%，为主要户型，因此本节选取某三间半式农房作为典型户进行建筑节能及清洁供热技术方案的研究。典型农房的平面图如图 5-28 所示。建筑主体为一厅两卧室加厨房的“三间半式”结构，外墙为 500mm 实心砖墙，其后有用 370mm 实心砖砌成的后扇，主要用于储物；外窗为塑钢双玻窗，建筑屋顶采用木檩条承重，其上覆盖苇帘和水泥，并加一层彩钢板封顶。该农户在 12 月~2 月期间常住 4 人，平日常住 1 人，采暖季为两个卧室和客厅采暖，采暖方式为燃煤炉和火炕，燃料为散煤和玉米芯。散煤使用时间为 12 月~2 月，使用量在 1.5 吨左右，其余时间靠燃烧玉米芯取暖，使用量为 60 亩地，大约 7 吨。建筑的详细信息如表 5-2 所示。

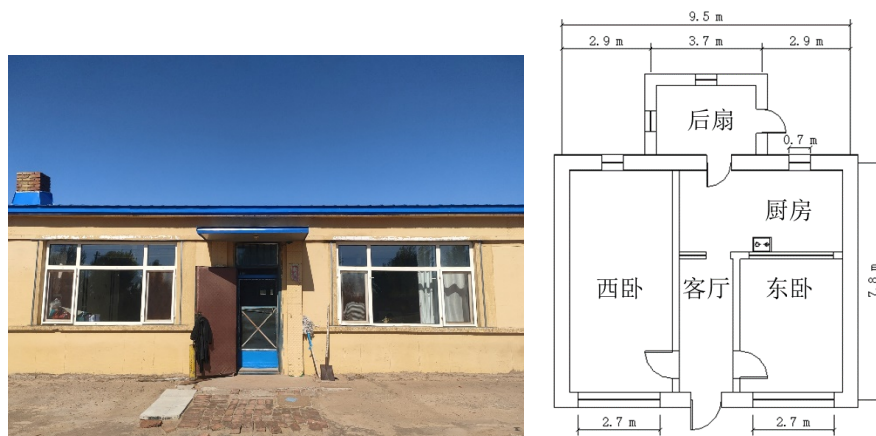


图 5-28 典型农房平面图

表 5-2 典型农房信息表

建筑信息		
采暖房间	东西卧室、客厅	66 m ²
采暖时间	10月15日 – 次年4月15日	
采暖模式	部分空间连续采暖	
采暖季室内设计温度	14°C	
围护结构		
外墙	500mm 实心砖墙	1.20W/(m ² ·K)
内墙	240mm 实心砖墙	2.0W/(m ² ·K)
外窗	塑钢双玻窗	2.2W/(m ² ·K)
屋面	彩钢板+灰泥+苇帘+木檩条+钙塑板吊顶	0.88W/(m ² ·K)
建筑能耗		
采暖季能耗指标	174.8 kWh/m ²	
采暖季耗热量指标	39.3 W/m ²	

注：经过一个采暖季的室温测试发现，该户每日室温在 10~18°C 之间浮动，因此在用 DeST 模拟计算时，可设置室温 14°C。

表中外墙及屋顶的传热系数是课题组通过实际测试得到的，其与《农村居住建筑节能设计标准 GB/T50824-2013》（以下简称《标准》）中规定的参数相比分别高出 140% 和 110%。如表 5-3 所示。

表 5-3 实测与《标准》围护结构传热系数 K 对比 单位:W/(m²·K)

	外墙	屋面	南向外窗	其他向外窗
实测	1.20	0.88	2.2	2.2
《标准》	0.30	0.25	2.2	2.0

利用 DeST 建立典型农宅的物理模型，输入实测的模型参数，包括围护结构热物性参数、室内设定温度等得到该典型农宅的采暖季能耗指标为 174.8 kWh/m²；而若按照《标准》中的围护结构热物性参数，该农宅的采暖季能耗指标为 149.2 kWh/m²。由此可见，该农宅的至少需要节能 17% 才能符合标准。

5.3.2 农房围护结构改造技术方案数据库

调研发现，齐齐哈尔市农村当地居民冬季会采用搭建简易阳光房的方式进行保温，如图 5-29 所示。阳光房大都建于建筑南向，形状类似于北方地区的塑料大棚，利用钢管作为支撑，上面覆盖一层塑料薄膜。简易阳光房一方面提高了农宅的气密性，另一方面通过温室效应实现了很好的增温效果。



图 5-29 齐齐哈尔市某农宅简易阳光房

图 5-30 为 2023 年 3 月 23 日某农户阳光间及室外温度的实测数据图，可以看到阳光房白天最高温度可达到近 30°C ，其最低温度也在 0°C 以上，高出室外温度 $3\sim 26^{\circ}\text{C}$ 。经模拟计算，得到采用该种简易阳光房的方式可实现农宅 $10\%\sim 16\%$ 的节能效果。

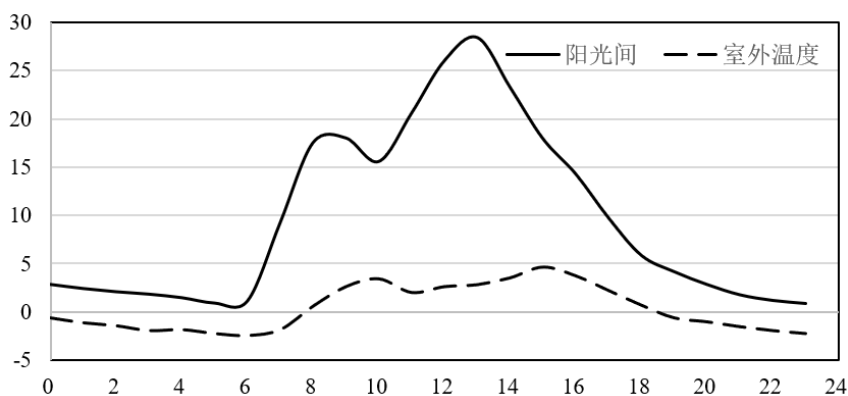


图 5-30 简易阳光房与室外温度对比

根据“大用大保、小用小保、不用不保”的原则，农房的围护结构节能改造主要针对外墙、门窗及屋顶三个比较薄弱的地方。针对这三处各提出不同的改造方案(图 5-31)并进行全年能耗动态模拟，得到该农宅围护结构改造方案数据库，如表 5-4 所示（部分方案）。

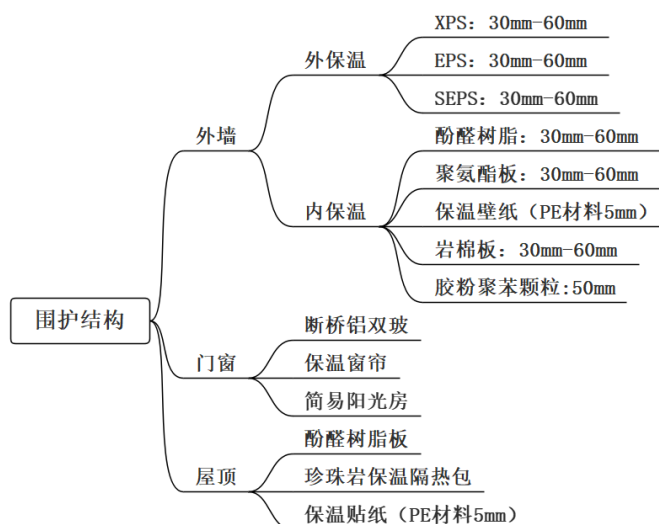


图 5-31 农房围护结构改造技术方案

表 5-4 典型农宅围护结构改造方案数据库（部分方案）

单项保温改造方案		能耗指标 (kWh/m ²)	节能率 (%)	年均单价 (元/m ² ·年)	改造费用 (元)
无保温		174.8	0	0	0
屋顶	EPS 保温 30mm	155.4	11.1	2.4	3044
	EPS 保温 40mm	151.4	13.4	2.7	3419
	XPS 保温 30mm	151.4	13.4	2.8	3548
	XPS 保温 40mm	146.8	16.0	2.9	3709
	岩棉板保温 30mm	155.4	11.1	1.5	2864
	岩棉板保温 40mm	151.4	13.4	1.6	3161
	聚氨酯保温 30mm	145.1	17.0	3.3	4193
	聚氨酯保温 40mm	140.4	19.7	3.9	4967
	酚醛保温 30mm	148.6	15.0	2.4	3096
	酚醛保温 40mm	144.0	17.6	2.5	3225
外墙	北墙 EPS 外保温 30mm	169.4	3.1	3.4	1154
	北墙 EPS 外保温 40mm	168.5	3.6	3.7	1253
	北墙 EPS 外保温 50mm	168.0	3.9	4.0	1350
	北墙 EPS 外保温 60mm	167.5	4.2	4.3	1447
	北墙 SEPS 外保温 30mm	169.0	3.3	3.5	1197
	北墙 SEPS 外保温 40mm	168.2	3.8	3.9	1310
	北墙 SEPS 外保温 50mm	167.5	4.2	4.2	1422
	北墙 SEPS 外保温 60mm	167.1	4.4	4.5	1535
	北墙 XPS 外保温 30mm	168.5	3.6	3.8	1287
	北墙 XPS 外保温 40mm	167.8	4.0	3.9	1329
	北墙 XPS 外保温 50mm	167.1	4.4	4.2	1423
	北墙 XPS 外保温 60mm	166.6	4.7	4.7	1610
外窗	简易阳光房	146.8	16.0	3.3	1200
	保温窗帘	164.3	6.0	10	552

5.3.3 农房清洁供热技术方案数据库

根据 5.2.3 节所述，齐齐哈尔市地处严寒地区，采暖需求高，采暖时间长，生物质资源总量多，技术路径应以“煤改电”、“煤改生物质”为主。下表为常见的几种“煤改电”和“煤改生物质”供热技术方案。

表 5-5 “煤改电”和“煤改生物质”供热技术方案

设备名称	实物图	单价 (元/台)	功率 (kW)	供热面积 (m ²)	能效
空气源热泵热风机		6000	2.0	18~20	1.5-2.0
空气源热泵热水机		12000	5	60~80	1.2-1.8
油汀式电暖器		300	2.2	5~20	0.95

碳晶电采暖		1580	2.5	20~30	0.95
踢脚线式电暖器		350	2.2	21~30	0.95
壁挂式电采暖炉		2500	10	80~100	0.95
暖风机		500	2.1	15~25	0.95
生物质成型燃料炊事供热两用炉		4500	-	80~90	0.84

齐齐哈尔市属于东北地区最冷的城市之一，年平均气温为 3.9℃，冬季室外采暖温度为-23.8℃，采暖期长达 6 个月左右。在此条件下，空气源热泵热水机需要全天 24h 连续运行，适合经济条件较好的农户；油汀式电暖器、碳晶电采暖、踢脚线式电暖器和暖风机均为电直热技术，在电功率、能效等方面相近，在此仅

以踢脚线式电暖器为例进行方案的对比研究；壁挂式电采暖炉也是一种电直热技术，通过加热热水的方式为用户供暖，调研发现本村已有 30 户改为该供热技术，因此也将其纳入对比方案中进行研究。

5.3.4 菜单式农房建筑节能和清洁供热技术方案

菜单式农房建筑节能和清洁供热技术方案的过程按照图 5-31 中的步骤进行。首先利用 DeST 模拟得到农宅外墙、屋顶、外门窗的单项保温改造方案数据库，如表 5-4 所示。此时，各单项改造方案相当于一个个独立的“系列菜品”；各“系列菜品”间可以随意组合，从而形成不同的“套餐”，每个套餐都有相对应的成本及节能率信息；通过线性规划算法寻优，可得到不同预算成本下的最佳改造方案，即“推荐套餐”；接下来是供热技术的选择，各个“推荐套餐”可以与不同的供热技术相匹配，按照用户的实际采暖模式（连续采暖或者间歇采暖），可得到一系列供热技术方案数据库。最后根据成本约束及实施条件，可以确定最为合适的综合改造方案。

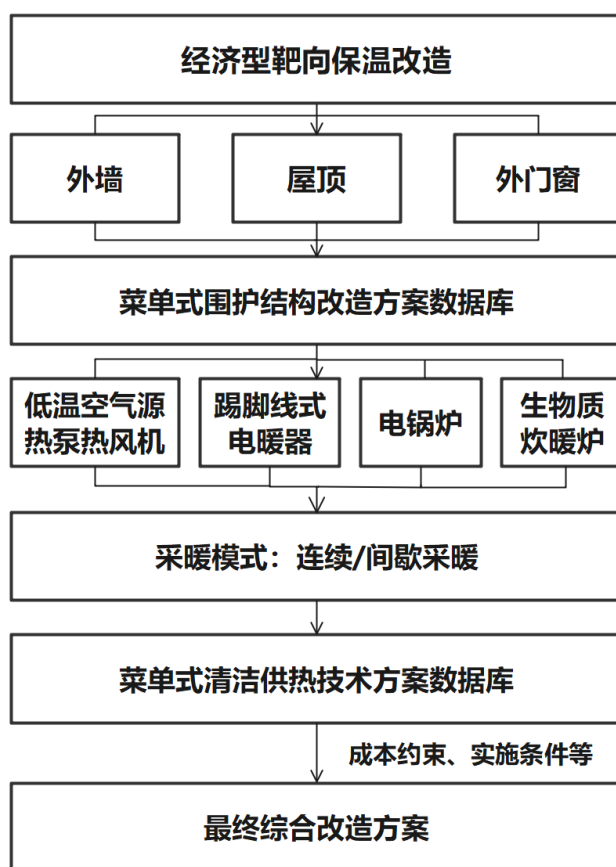


图 5-32 菜单式农房建筑节能和清洁供热技术方案流程

按照上述方法，对前述典型农房进行方案设计，得到节能率在 10%~50%之间的 5 种经济性较高的围护结构节能改造方案，如表 5-6 所示。

表 5-6 典型农宅围护结构节能改造方案

	保温措施	节能率 (%)	初投资 (元)	能耗指标 (kWh/m ²)
原始/对照	不保温	0%	0	174.8
方案一	简易阳光房	16%	1200	146.8
方案二	北外墙 XPS 外保温 4cm+简易阳光房	20%	2529	139.8
方案三	简易阳光房+屋顶酚醛板保温 3cm	31%	4296	120.6
方案四	东西北外墙 XPS 外保温 4cm+简易阳光房	38%	5970	108.4
方案五	西卧北墙+东卧东墙聚氨酯板内保温 4cm+简易阳光房+屋顶酚醛板保温 4cm	44%	7281	97.9

由上表可见，五个方案均包括简易阳光房，说明该做法经济性较高；当保温投入 6000 元，即采取东西北三面外墙 XPS 外保温 4cm 加简易阳光房的做法，可实现 38%的节能率，能耗指标达到 108.4 kWh/m²。

在上表围护结构节能改造方案的基础上，加入清洁供热技术以及采暖模式的考量，并计算各综合方案的年计算费用，计算公式如下：

$$\text{年计算费用} = \frac{\text{总成本}}{\text{寿命周期}} + \text{年运行费 (元/年)}$$

年计算费用越低，表示该方案在寿命周期内的经济性越好。按照年计算费用将所有综合方案从低到高排列，得到如图 5-33 所示的综合菜单式方案图。

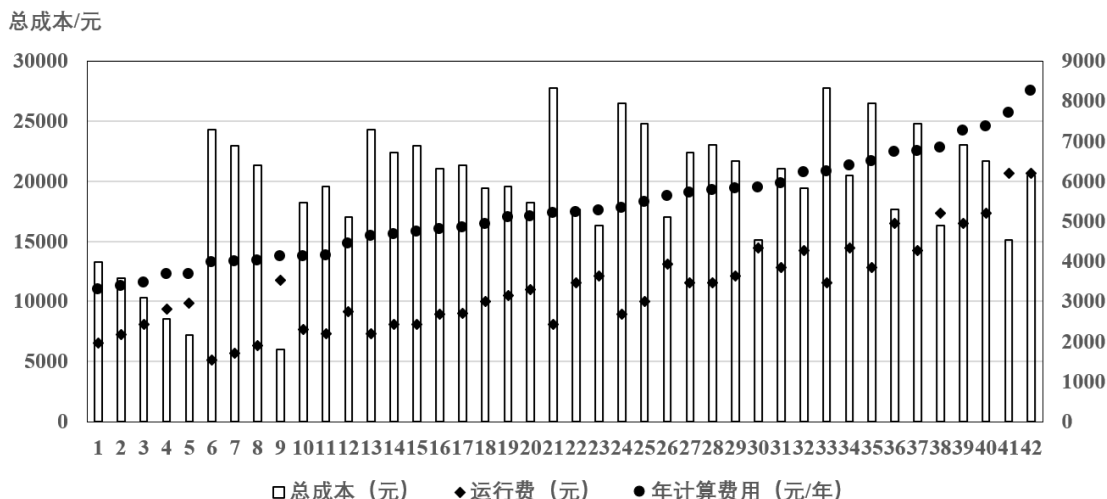


图 5-33 综合菜单式改造方案图

图中横坐标的数字代表某一种综合改造方案，左边纵坐标为相应的改造总成本，右边纵坐标为运行费及年计算费用。若按年计算费用来看，方案 1（西卧北墙+东卧东墙聚氨酯板内保温 4cm+简易阳光房+屋顶酚醛板保温 7cm；生物质成型燃料炊暖炉；连续采暖）为最佳改造方案，改造总成本为 13281 元，每年运行费为 1971 元。值得注意的是，方案 1~方案 5 均为生物质成型燃料炊暖炉供热技术，方案 6~方案 8 均为低温空气源热泵热风机供热技术，前者靠低成本取胜，后者则靠低采暖运行费取胜。踢脚线式电暖器供热技术在方案 14 之后才开始出现，电锅炉供热技术在方案 21 之后才开始出现，说明在此农宅条件下这两种供热方式的经济性不如生物质炊暖炉和热泵热风机。

5.4 齐齐哈尔市农村散煤治理可持续发展路径

5.4.1 农村散煤治理的路径选择

农村能源未来的发展路径面临选择问题。如图 5-34 所示，主要有四种路径：第一种是维持现状路径，仍将产生大量的碳排放，严重污染环境并影响农民健康，同时洁净煤价格高，因此这一路径是完全不可行的；第二种是目前通过“煤改气”替代高污染能源路径，这一路径会产生较高的基础设施投资，气网的改造，而且运行费用较高农户难以承受。此外，天然气并非零碳能源，无法实现低碳；第三种是“煤改电”，采用分户高效的热泵替代，避免电直热、集中空气源热泵机组等方式，未来若全部使用绿电，将有助于实现农村碳中和；第四种是大力发展农

村丰富的可再生能源，主要包括太阳能、生物质能、小水电等，但该路径目前投资高，产业链较长，农户不熟悉，但能够有效促进农村碳中和，也是可持续发展。

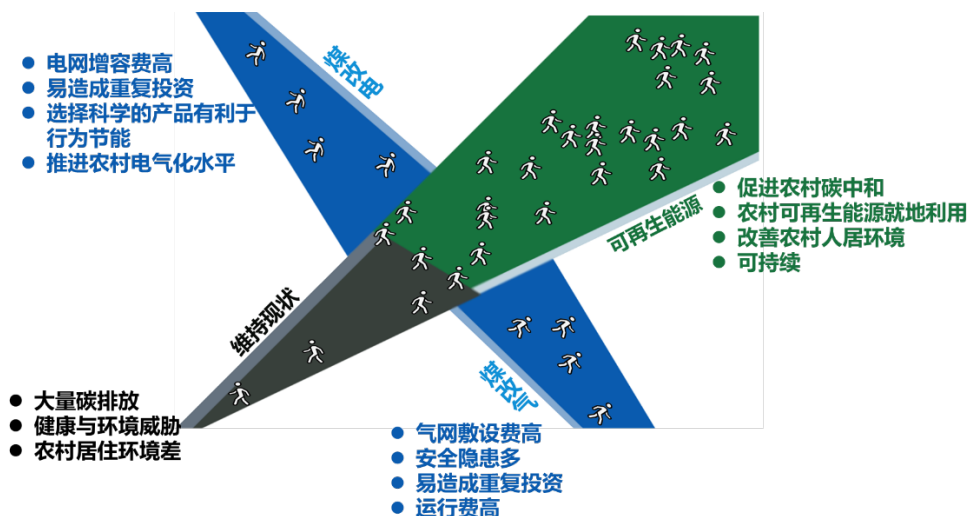


图 5-34 农村能源面临发展路径的选择

5.4.2 农村可再生能源替代路径需解决的关键问题

上述提出的可再生能源替代发展路径，与当前农村能源系统有本质的区别。从 2021 年 6 月能源局发布《关于整县屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》后，至 2022 年 3 月期间，各部委密集发文推进农村可再生能源发展，助力乡村振兴。

随着太阳能光伏组件效率的显著提升和成本的持续下降，分布式光伏发电已具备良好的应用场景，同时太阳能光伏发电系统简单高效，运行维护要求较低，是农村可再生能源开发利用的主要技术选择之一。从单个用户来看，户均光伏装机容量至少为 10kW/户，投资 3~4 万元/户，年发电量 8000~12000kWh/户，这在技术和经济性上都具有可行性。而户均生活用电量仅 1500~2000kWh/户，光伏发电除覆盖日常用电、采暖用电等在内的居民生活用电，仍有很大余量。余电目前绝大部分上网，部分地区试点储电，但电能储存价格昂贵，传输与转化过程中存在损耗。因此难以消纳与并网是乡村分布式光伏发展的主要障碍。

生物质能作为唯一的“零碳”能源，便于储存，便于运输，即可就近消纳，也可作为商品化燃料向外输出。但目前生物质能的应用主要以发电利用为主，非电利用为辅。受传统生物质能（土灶台燃烧薪柴）“脏乱差”影响，整个社会，特别是各级政府对发展生物质能重要性认识不足，甚至个别地方把生物质燃料当

作仅次于散煤的高污染燃料，采取限制发展政策。一线城市均把生物质成型燃料认定为高污染燃料，在所属行政区域内禁止使用。生物质清洁供热至今不能享受与“煤改电”、“煤改气”相同支持力度的政策。亟需探索生物质能新的发展模式和关键技术。

5.4.3 农村可再生能源开发关键技术

(1) 季节自适应性集热器供热系统

季节自适应性集热器供热系统如图 5-35 所示，由真空管与非对称复合抛物面聚光器的组合构成。非对称复合抛物面聚光器以百叶的形式嵌入横向排列真空管的缝隙之间。通过调整管间距和安装倾角调整上下两排真空管的相对位置，在夏季，上排真空管所对应的 ACPC 反射板能对下排真空管能实现与建筑外遮阳类似的效果。即在太阳高度角低时让辐照照射至真空管上，在太阳高度角高于一定角度时为下真空管遮挡部分太阳辐照。

因此，对于上下两排真空管，中间的反射板能根据太阳高度角变化实现双重功能：在冬季太阳投影高度角低于临界接受角时，非对称复合抛物面反射板作为聚光器，将入射至反射板上的辐射全部聚焦在上排吸热管上，最大程度提升光学性能；而在夏季投影太阳高度角高于临界接受角时，ACPC 反射板不再具备聚光功能，同时对于下排吸热管，反射板遮挡了本应照射至其上部分太阳辐射，从而起到了遮阳板的作用。

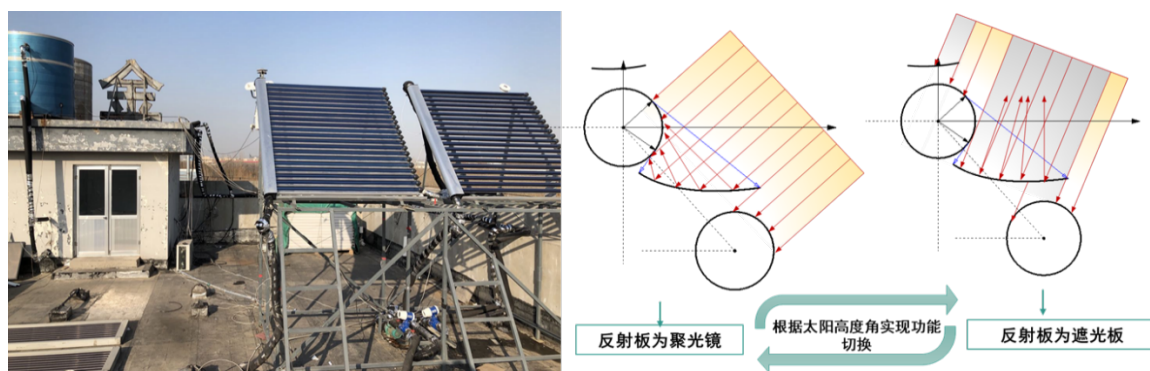


图 5-35 季节自适应性集热器供热系统图

该系统在冬季发挥较高的集热性能。而在夏季，通过反射板遮挡作用将集热器的热效率有目的降低，从而有效降低夏季由于集热过剩产生的系统过热的风险。但此类系统的初投资成本较高，系统维护成本较高。因此，此类系统在农村地区的应用还应在保证供热效果的同时降低初投资，并对后期运行维护进行科学合理

规划。

(2) 太阳能光伏直流驱动供热系统

以光电为主要能源的直流微网系统能够很好地满足未来农房对电力的需求，充分利用农房闲置的屋顶资源，安装光伏板，按照农户屋顶的面积大小设计光伏装机容量。屋顶光伏由电直热光伏和电器用光伏两部分组成，系统设计如图 5-36 所示。电直热光伏主要保障电热膜冬季采暖所需的电力，在初末寒期热负荷较低时或非采暖季可采用手动开关由供热模式切换为输电模式；电器用光伏只负责农房内电器的电力负荷，电动汽车和电动三轮车具有大容量储能电池，可与户内蓄电池并联，共同承担电力保障和需求响应功能。

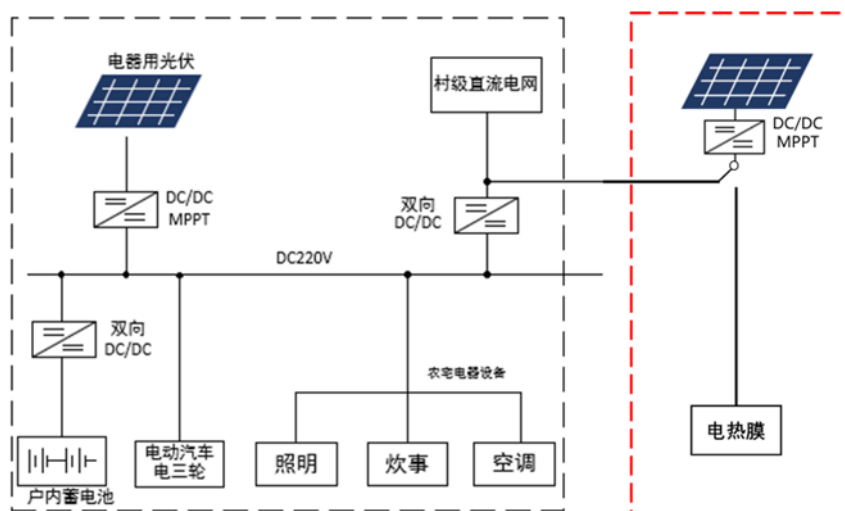


图 5-36 光储直柔配电系统示意图

对于室内侧，首先对外墙进行保温改造，然后铺设电热膜，之后砌一定厚度的蓄热墙体，最后装饰用水泥砂浆和漆面完成改造，如图 5-37 所示。取暖铺设的光伏板白天所产生的电力直接驱动电热膜发热，经蓄热墙体向室内供暖，电热膜温度可达 70℃以上，可将蓄热墙体加热至 30~40℃，所蓄存的热量在夜晚释放满足取暖需求。

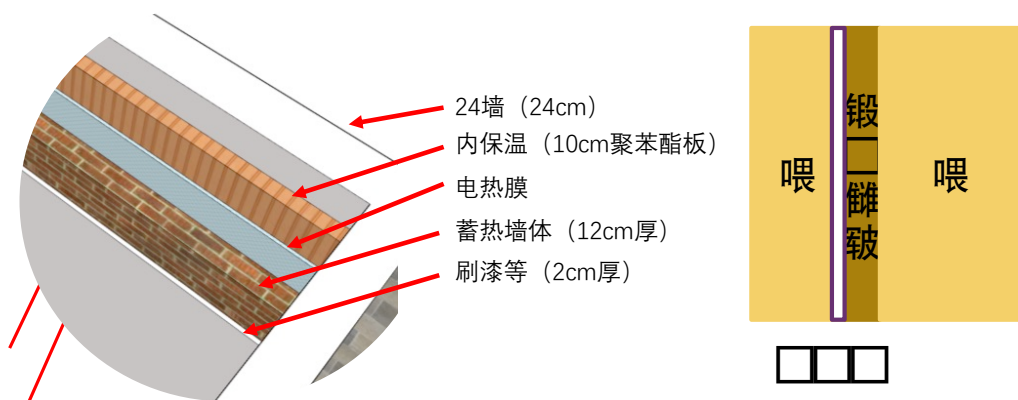


图 5-37 室内侧改造示意图

相较于传统的太阳能光热系统，系统操作简单、采暖末端成本较低。该系统在实现了闲置屋顶资源化的同时，既解决了取暖问题，还能帮农户增收，同时助力我国实现碳中和目标。此类技术的主要缺点是需要配合屋顶光伏适用，系统初投资高，并且需要解决非取暖季的光伏上网问题。

（3）生物质成型燃料集中供热系统

秸秆成型燃料清洁供暖是把秸秆压缩成块状、棒状、颗粒状等成型燃料，具有点火方便、燃烧快、灰渣少、烟气清洁等特点，热效率可达 80%以上。对于距离供热管网较远的县城、农村集中楼房区域以及医院、养老院等公建设施，鼓励通过集中生物质成型燃料锅炉作为清洁热源，进行散煤取暖替代。对于容积率较高，人员密度较大的住区，生物质成型集中供热锅炉效率显著高于分散式取暖设备，经济效益和环境效益也较为明显。

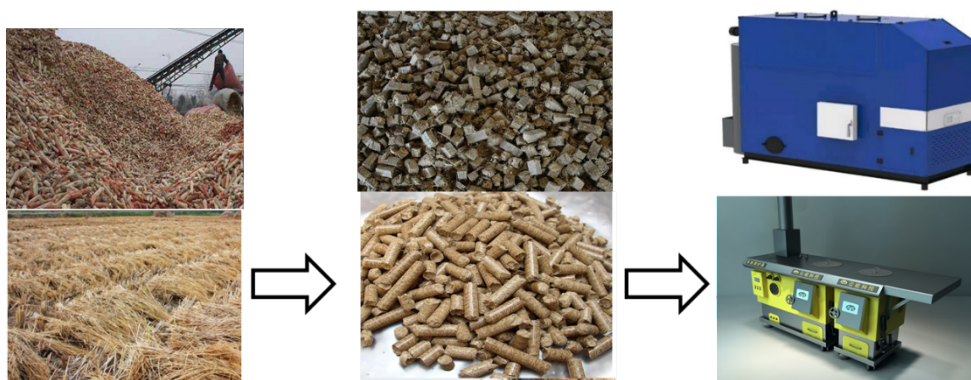


图 5-38 生物质成型燃料集中供热技术

（4）生物质打捆直燃集中供热系统

秸秆打捆直燃集中供暖是将打成捆的秸秆在专用锅炉内直接燃烧替代燃煤进行供热，具有原料适应性强、处理量大，秸秆收获期与采暖期吻合、利用效果好、替代燃煤锅炉经济效益好等优点。生物质锅炉集中供热模式主要适用于区域集中供暖，从几千平方米到数十万平方米均可，乡镇政府、医院、学校、养老院等村镇公共设施供暖也可使用。同时生物质打捆直燃锅炉还可用于粮食烘干、中草药烘干、农产品烘干等。



图 5-39 生物质打捆直燃供热系统

5.5 齐齐哈尔市散煤治理效益

推进散煤治理有利于促进齐齐哈尔市社会经济发展、合理利用资源、减少环境污染损失及提高人民群众生活水平和质量，对经济发展、建设、环境的改善将起到积极的作用，具有良好的社会效益、环境效益和综合经济效益。

5.5.1 改善民生方面

当前齐齐哈尔市农村清洁取暖率不到 4%，广大农村地区基本依靠秸秆和散煤燃烧取暖。在此基础上，本着因地制宜的原则，推进城区及县城清洁能源集中供暖、农村分散式清洁取暖，减少散煤使用，通过调整能源结构，推动农村生产和生活方式革命，改善农村生活环境，在确保广大群众温暖过冬的同时，减少污染物排放，降低大气污染，切实提高群众幸福指数。

5.5.2 节能减排方面

(1) 节能减排测算依据

以《综合能耗计算通则》(GB/T2589-2020)为依据，参考《中国建筑节能年度发展报告 2021》确定各个供暖方式的发展现状，作为齐齐哈尔市各种清洁能源取暖的测算支撑，估算各供暖方式的单位面积煤耗如表 5-7 所示。

表 5-7 齐齐哈尔市供暖能耗估算结果

供暖方式	单位面积供暖煤耗 (kgce)
分散供暖	30.7
热电联产	13.31
区域锅炉	29.82

排放系数取自《关于发布〈民用煤燃烧污染综合治理技术指南（试行）〉与〈

民用煤大气污染物排放清单编制技术指南（试行）的公告》（环保部公告 2016 年第 66 号）、《关于发布计算污染物排放量的排污系数和物料衡算方法的公告》（环保部公告 2017 年第 81 号）。

（2）节能减排量

热源清洁化方面，城区和县城目前非清洁采暖面积主要为燃煤锅炉房，根据热力公司数据，目前区域燃煤锅炉房平均热耗在 26.98 公斤标煤/平方米，改造为热电联产后可降至 13.31 公斤标煤/平方米，节约煤炭量 16.51 公斤标煤/平方米。农村目前非清洁采暖面积主要是秸秆燃烧和散煤，根据全国主要村镇取暖期建筑物耗热量、取暖耗煤量指标，齐齐哈尔市农村地区现状分散供热能耗按照 30.7 公斤标煤/平方米计算，通过生物质、电等清洁供热改造后，节约煤炭量 30.7 公斤标煤/平方米。

建筑能效提升方面，根据城镇地区建筑节能改造建筑调查，城镇每年节约标煤约 5.6 公斤标准煤/平方米；农村地区通过节能改造的建筑，每年节约标煤约 7.47 公斤标准煤/平方米。依据环保部颁布的公告 2014 年第 55 号、公告 2014 年第 92 号、公告 2016 年第 66 号、公告 2017 年第 81 号相关规定，采用排放系数法测定实施方案的消减排放量。二氧化硫排放系数取 0.0165，氮氧化物排放系数取 0.0156，烟尘排放系数取 0.0096。采用最新国家温室气体清单煤炭排放因子为 2.66 吨二氧化碳/吨标准煤，天然气为 1.56 吨二氧化碳/吨标准煤。

根据齐齐哈尔市清洁取暖改造目标，经过测算，实施清洁取暖改造后，通过各类清洁替代，预计全市可减少用煤量折合标煤约 206 万吨，其中农村标煤减少量为 104 万吨；全市每年可减少二氧化碳排放 549 万吨，减少二氧化硫排放 3.41 万吨，减少氮氧化物排放量 3.22 万吨，减少烟尘 1.98 万吨。各清洁取暖工程标准煤节约量及污染物减排量见表 5-8。

表 5-8 清洁取暖工程节煤量和污染物减排量

区域	改造类型	供暖面积 (万平方米)	标煤节省量 (万吨/年)	二氧化硫 减排量 (吨/年)	氮氧化物 减排量 (吨/年)	烟尘减 排量 (吨/年)	二氧化 碳减排 量(万 吨/年)
城区	能源清洁化改造	3162	52.20	8613.76	8143.92	5011.64	138.86
	建筑能效提升	322.8	1.81	298.27	282.00	173.54	4.81

县城	能源清洁化改造	2864	47.28	7801.97	7376.40	4539.33	125.78
	建筑能效提升	120.96	0.68	111.77	105.67	65.03	1.80
农村	能源清洁化改造	3126	95.97	15834.75	14971.04	9212.95	255.28
	建筑能效提升	1106	8.26	1363.20	1288.84	793.13	21.98

5.5.3 拉动经济方面

通过推广农村生物质采暖，带动生物质资源化利用和产业发展，实现农村生物质清洁取暖全域产业化，符合国家乡村振兴战略的方针，对农村经济建设起到重大推动作用。规划布局上，按照“政府引导、市场运作、生态循环、惠及民生”的原则，结合各乡镇的自然条件、资源禀赋、经济水平、发展基础，规划建设“生物质资源化基地”，在齐齐哈尔市梅里斯区、龙江县、拜泉县、富裕县等地建设生物质锅炉加工厂、生物质炉具生产厂、生物质成型燃料中心加工厂、生物天然气工程、生物质热电联产、科研基地和培训中心等，通过政府推动、政策补贴、税收优惠等措施吸引国电、中建科技等大型央企投资，预计可拉动社会投入 50 亿元以上，形成产值 100 亿级生物质产业群，打造振兴齐齐哈尔乃至东北地区经济的发展模式。

6 齐齐哈尔市散煤治理商业模式

6.1 散煤治理商业模式中责任主体定位

在散煤治理工作推进中，各方参与者之间的相互关系和定位尤为重要。无论是以政府为主，还是企业为主，或是居民为主，都需要理清楚清洁取暖中参与者在实施过程中的相互关系以及定位，这样才能真正实现多方共赢、持续发展的目标。

6.1.1 利益定位

散煤治理项目的责任主体有：政府（各级政府）、企业、居民。三者之间利

益定位情况如图 6-1 所示。

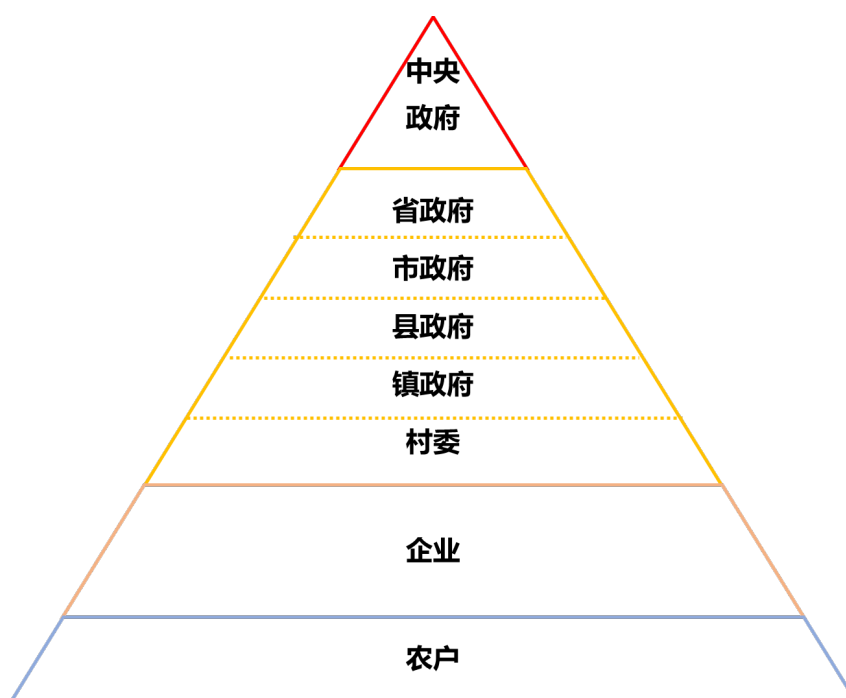


图 6-1 散煤治理中各责任主体利益定位情况

政府位于金字塔的顶端，其中中央政府位于金字塔的“最顶端”，主要职责是制定散煤治理任务目标，发布政策，相对于其他方有完全主动权。然后是地方政府，省级政府其主要职责是根据中央政府文件组织各市申报散煤治理项目，制定符合本地实际的总体目标和配套政策，属于上传下达的角色。市级政府相对于省级政府有一定的主动权，主要职责是以省级政府发布的政策为基础，确定符合本市实际经济情况、资源禀赋、农户实际的技术路径以及补贴政策，确定具体的改造户数，然后上报给省级政府，并根据补贴激励政策下发补贴。之后是县级政府，相对于其他两级政府基本处于完全被动的状态，但相对于企业有组织开展治理工作的主动权，其主要职责是组织实施清洁取暖改造工作并下发规定的补贴资金，若自身资金有限的话，可补贴一部分资金，剩余资金由居民承担。镇政府和村委相对于省、市、县三级政府而言，基本处于执行任务阶段，村委主要的职责为摸清本村基本情况、确定改造户数，上报镇政府，镇政府根据村委上报数据上报至县政府。各级政府的利益诉求基本一致，以社会效益为主。

其次是企业，不同的清洁取暖方式会对应着不同类型的企业，总体上可划分为设备制造公司、能源服务公司、运营公司三种企业，由于这三种企业在清洁取暖实施中均会获得经济效益，所以他们都拥有一定的主动权。表 6-1 对其利益情况进行定性分析，并用星的个数表示各企业的获利机会和风险机会。

表 6-1 散煤治理中不同企业利益情况表

清洁取暖方式	企业名称	获利机会	风险机会
煤改气	燃气公司	★★	★★★★
	燃气壁挂炉设备公司	★★★★★	★
煤改电	电网公司	★★	★★★★
	各类电采暖设备公司	★★★★★	★
煤改太阳能	太阳能采暖设备公司	★★★★★	★
	光伏组件生产及安装公司	★★★★★	★
煤改生物质	生物质炉具设备公司	★★★★★	★
	生物质燃料生产供应公司	★★★	★★
——	运营企业	★★★★★	

由表 6-1 可以看出，运营企业的获利机会大于设备企业，其原因在于运营企业为政府委托的第三方管理公司，为政府和企业搭建沟通桥梁，前期无投资。设备企业的获利机会大于能源供应企业，前者通过售卖设备已经获利，后者需要前期投入基础设置建设，后期通过运行逐渐回收成本，这就需要考虑投资回收期时长，若时间较长，一些不确定因素可能会影响企业的利润，如燃气公司前期投入大量的管网建设费用，运行过程中因上游冬季气价上涨，出现气价倒挂现象，同时因为气价较高，农户弃用，前期投入可能无法回收。

最后，位于金字塔“最底层”的是农户，他的利益是最容易被其他三方忽视的，随着政策的改变，农户几乎是完全被动地接受散煤治理改造，但因散煤治理可使农户生活得到改善，农户的态度也可化被动为主动。改造前，由于散煤治理时间紧、任务重，多数政府缺乏对政策和技术路径的宣传，农户对散煤治理设备没有深入的了解，所以基本处于被动接受状态。改造后，在使用过程中，农户的态度也发生了改变。一是在国家、地方政府的补贴政策激励下，居民只需负担很少一部分费用就可以实现清洁取暖；其二是清洁取暖设备操作简单，与烧散煤相比，室内外环境变好，部分设备更省钱了。基于以上原因，农户从被动接受转变为主动改造。

6.1.2 决策定位

对散煤治理中几方参与者的决策定位也很重要。在清洁取暖改造工作中，各方参与者均根据自身的需求，决策实际可行的方案，其中，由于中央政府、省级政府主要的职责是发布政策、确定目标、改造执行过程中的监督和验收，不参与后期的决策过程，所以在对几方参与者决策定位时，只考虑市、县政府、企业和农户。

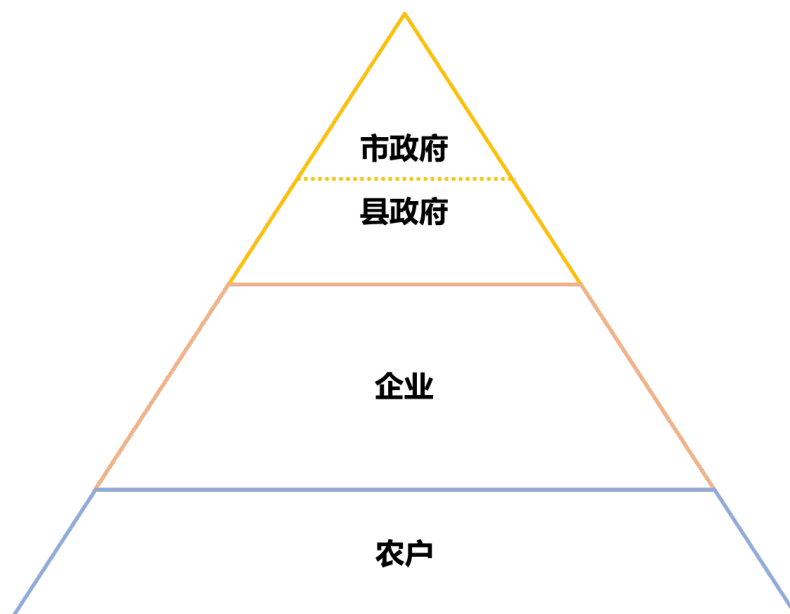


图 6-2 散煤治理中各方参与者决策定位情况

从图 6-2 可以看出，在决策方面，市政府位于金字塔的“最顶端”，其根据中央政府、省政府规定的任务目标，决策实际可行的、能指导全局的散煤治理任务目标以及技术路径；县政府则是以市政府确定的技术路径为基础，决策具体的改造户数，上报市政府，组织开展改造工作，决策具体的实施方案，并向乡镇政府下达具体工作任务。其次是企业，根据县级政府确定的改造方案，及时落实改造工作，相对而言，几乎没什么决策权。最后是居民，由于信息的不对等，他们对不同的清洁取暖技术路径不太熟知，所以，基本是被动地配合改造工作，但改造后使不使用的决策权在他们。

在决策过程，有两个主要的因素影响各方参与者的决策权，分别是补贴和技术路径。为了更进一步探究某个因素对各方参与者决策权的影响，建立了稳定状态和动态两种模型，其中，稳定状态指的是有补贴且决策的技术路径合适的状态，而动态指的是有无补贴或者选择的技术路径是否合适的两种状态。

6.1.2.1 稳定状态下的决策过程

为了更形象地描述某个因素对各方参与者决策权的影响，模拟了他们的具体

的决策过程，稳定状态下的决策过程如图 6-3 所示。

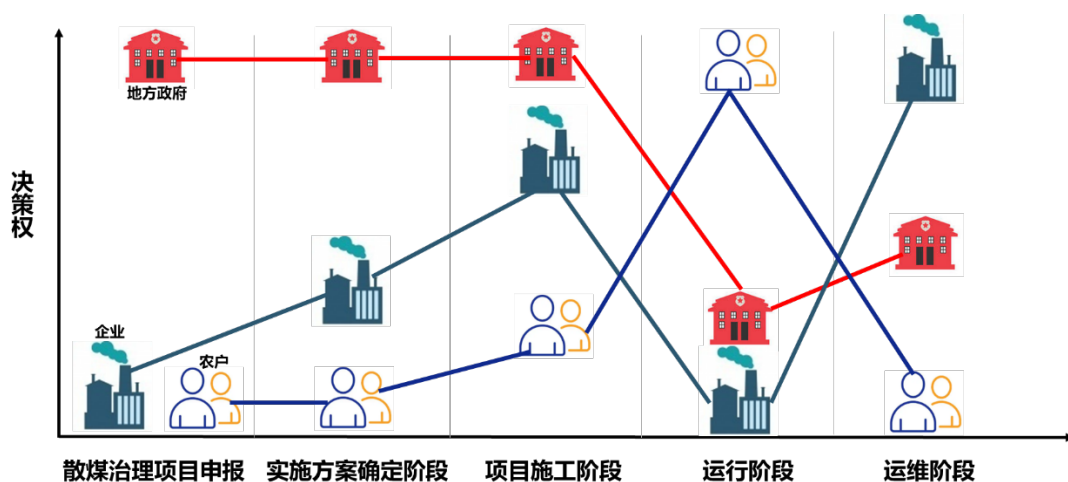


图 6-3 稳定状态下各方参与决策过程情况

散煤治理的整个实施过程分为五个阶段，分别是提出散煤治理项目申报、实施方案确定、项目实施、运行和运维。在提出申请阶段，主要的参与者是地方政府，他决策是否实施散煤治理项目并向中央政府提出申请。在实施方案确定阶段，市政府基于中央政府的总体方针策略，结合本地经济水平、资源禀赋、农户用能特性等，制定合适的实施方案。项目实施阶段，县级政府组织开展改造工作，决策具体实施方案，同时在此阶段，企业充当的角色是主要工程的实施者，而农户的角色是配合实施工作，三个主体利益方均拥有一定的决策权，但由于他们地位不同，其决策权大小也不同的，具体排序为：县政府>企业>居民。运行阶段，该阶段主要是指取暖设备的使用，农户作为使用者，该阶段决策权最高。运维阶段，农村以老人和留守儿童居多，文化程度普遍较低，对于一些复杂的取暖系统，农户无法自行维修，需由企业派专业人士上门维修，所以，企业在该阶段的决策权最高，同时考虑到地方政府可通过合同等约束企业提供售后服务，则地方政府也拥有一定的决策权。

6.1.2.2 动态状态下的决策过程

(1) 有无补贴激励政策

经济成本是农户关注的首要因素。2021 年，城镇居民人均可支配收入 47412 元，农村居民人均可支配收入 18931 元，低收入组人均可支配收入 8333 元，根据课题组前期的调研显示，农户可承受的初投资不超过 5000 元，运行费不超过 2000 元。为了提高农户的使用意愿，政府运用财政补贴政策作为“药引子”，建立良好的市场环境，满足农户基本需求，使散煤工作顺利进展。但补贴只有三年

期限，一旦补贴停止，农户该如何承担高于自身承受能力的清洁取暖成本，其使用意愿会不会大幅度降低，这成了目前各方最为关心的话题。为了分析各方参与者在有无补贴激励政策条件下决策权的变化，同样模拟了他们的决策过程。

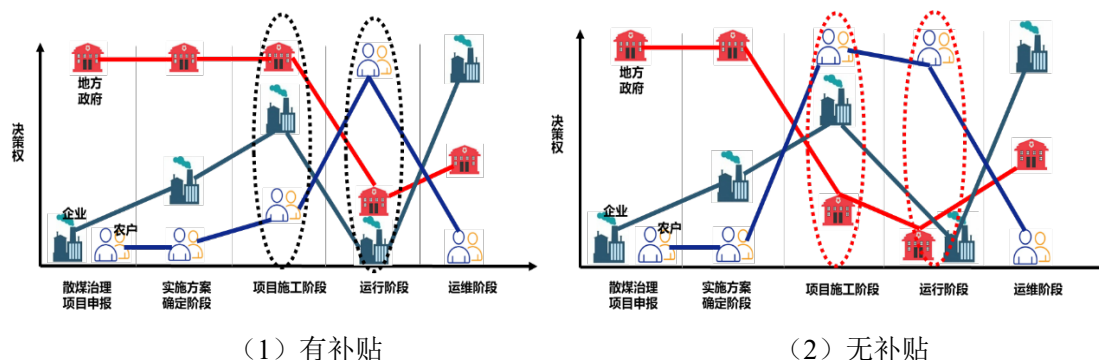


图 6-4 有无补贴情况下各方参与者决策过程对比

由图 6-4 所示，有无补贴激励政策，基本不会影响散煤治理项目的申报和实施方案确定两阶段，主要影响改造工作实施阶段和运行阶段各方参与者的决策权。补贴在散煤治理中发挥着比较核心的作用，主要是调动企业的积极性和提高居民使用意愿，若不再补贴，企业的积极性和居民使用意愿就会降低。某调研结果显示，以山西省为例，约 86% 的受访者表示愿意使用清洁能源取暖的前提是政府提供足额补贴，而无补贴情况下愿意改造的用户数量仅占 4.8%。所以，在改造工作实施阶段，地方政府不再拥有最高的决策权，反而是农户拥有最高的决策权，其次是企业，最后是地方政府，企业需在权衡利弊后，认为该工程可获得经济效益，再开展实施工作。而在运营阶段，农户同样拥有最高决策权，可根据改造后运行非得高低决定是否使用设备，企业和地方政府这个阶段基本没有决策权利。

补贴固然重要，但不同的参与者对补贴真正意义的理解不同，以政府角度来看，给予企业补贴是为了激励企业提高产品质量，降低成本。给予农户补贴是为了让农户以低的价格使用高效清洁的取暖设备，既提升舒适度，又减少了能耗，降低取暖成本。以企业角度来看，为了追求利益最大化，大多数企业并没有将政府补贴用于产品研发和质量提升上，而只是为了获得补贴带来的经济利益，这就导致市场上的设备良莠不齐，农户的使用意愿低。以农户角度来看，一部分农户用补贴购买了低价清洁取暖设备，但并不会使用，根据《中国散煤综合治理研究报告 2021》数据显示，“改而不用”现象突出。以煤改电为例，部分地区改而未用、基本不用、低水平使用的用户，约占总改造户数的七至八成，有些地区甚至出现农户以低价购买清洁取暖设备，验收过后就将设备卖掉。因此补贴并不是一

件完全的“好事”，有时也会起到反作用，造成不必要的浪费。

(2) 技术路径是否合理

散煤治理工作必须“坚持从实际出发，宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热，确保北方地区群众安全取暖过冬”。散煤治理技术路径是整个散煤治理工程的核心内容，若选择的技术路径不合适，有可能会阻碍散煤治理工作的推进，具体决策过程如图 6-5 所示。

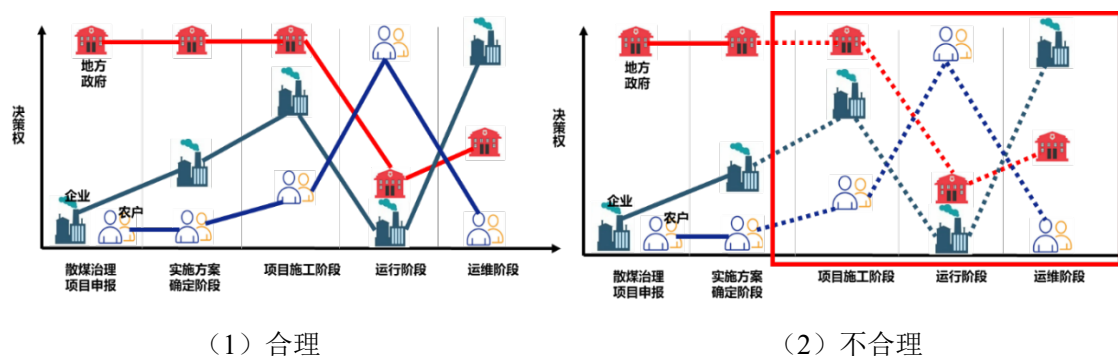


图 6-5 技术路径选择是否合适情况下各方参与者决策过程对比

由图 6-5 可知，若地方政府决策的散煤治理技术路径不合适，那么在实施方案确定这一阶段后，散煤治理工作就可能无法继续推进下去，但如果政府愿意给予更多的激励资金，在足够的经济驱动下，散煤治理工作也可能可以继续推进。

6.1.3 角色定位

中央财经领导小组第十四次会议中，国家发改委发布了《关于北方地区清洁取暖价格政策的意见》。文件指出，要按照“企业为主、政府推动、居民可承受”的方针，遵循因地制宜、突出重点、统筹协调的原则，宜气则气，宜电则电，建立有利于清洁取暖价格机制，综合运用完善峰谷价格、阶梯价格，扩大市场化交易等价格支持政策，促进北方地区加快实现清洁取暖。但是目前散煤治理工作仍然以政府主导，企业和农户配合为主，企业为主的模式尚未形成。

6.1.3.1 政府主导

基于前面的分析，各级政府利益诉求以社会效益为主，在顶层规划和政策制定方面有绝对的决策权。中央政府主要的职责制定顶层规划、资金支持、后期考核验收。省政府基于中央政策，制定相应的规划及政策。散煤治理工作推进主要在市县两级政府。市县将任务下放至基层，导致很多地方项目实施过程中基本是依靠补贴或强制手段推行，技术方案并不符合实际，很多地方也出现了二次改造

的情况，费钱且费力。

若以地方政府为主，为达到“企业能创新，居民能承受”的目标，地方政府必然会选择给予企业和居民一定的财政补贴，来提高他们的散煤治理改造意愿。但就目前来看，资金有限是最突出的矛盾，在有限的资金情况下，如果这些钱非但未能充分发挥应有作用，反而被频繁浪费，那么便会加重国家和地方政府的负担。因此散煤治理不应以政府为主。

6.1.3.2 企业主导

企业一般是指以盈利为目的，运用各种生产要素，向市场提供商品或服务，实行自主经营、自负盈亏、独立核算的法人或其他社会经济组织。也就是说，企业的目标是追求自身利益最大化。那么未来散煤治理是否以企业为主，以什么样的企业为主需要深入探究。

(1) 设备生产或销售企业

若以设备生产或销售企业为主，各企业为了自己获得更大的市场份额，必然会开始一场企业与企业的“价格战”，而参与价格战的企业都会追求自身利益最大化。同类产品企业都是足够理性的，为了获得更多的市场份额和利益，他们必然会选择降低价格，来谋取更大的市场份额和利益，那么，同类企业在经过互相之间轮番降价竞争后，价格会降到贴近成本再也没有下降的空间，这时对企业来说往往意味着危机的到来，企业缺乏资金积累，无法实现持续发展，最终就形成一种类似“两败俱伤”的局面。

但对于企业而言，他们是不可能希望这样的事情发生的，于是，他们在面对价格战带来的利益受损的同时，不得不做出另一种方式来弥补——降低成本。企业缩减产品的成本也是有选择的，固定成本的存在必然导致企业只能从单位变动成本着手，比如降低产品的生产、检验流程，减少产品用料和用量，是最直接的缩减单位变动成本的途径。所以，在恶性循环的价格战影响下，企业开始削减产品的成本，降低产品质量，力图让自己在这场产品价格战中立于不败之地，而看似最得意的消费者（农户），却成了这场战争的最终牺牲者，同时市场也遭到了严重的损害。所以，散煤治理以不能以设备生产或销售企业为主。

(2) 能源供应企业

我国能源供应企业以国有企业和中央企业为主，它们承担了 90%以上的油

气供应、60%以上的电力供应及 25%以上的煤炭供应。相对于民营企业，国有企业和中央企业具备承担社会责任的能力，比如居民电价，长期以来都维持在较低的水平，尽管电厂可能因此利润受到较大影响，但是作为关乎国计民生的居民电价来说，牺牲企业的利益，实际就是一种企业的社会责任。其次国有企业和中央企业的融资能力非民企可敌，它们与政府、银行有着天然的“亲缘”关系，大部分国有企业在银行的授信额度、贷款的利率水平都好于民营企业。这一属性让国企在许多高投入、大规模的行业中有着无与伦比的先天优势。自 2017 年北方冬季清洁取暖试点行动以来，部分地方采用了引进能源供应企业的方式推进工作，并取得了良好的社会效益。如石家庄蓝天环境治理产业转型参与石家庄农村“煤改气”项目，通过蓝天基金投资控股燃气主管网，管网建设、终端运营引入中国燃气、新奥燃气等全国性燃气运营商，解决投资资金不足、管网建设“散乱少”、后期运营安全性差等问题。

因此，若以能源供应企业为主，那么既可以保障能源供应，还能为散煤治理项目解决融资难的问题，但各类能源企业需形成合力，避免散煤治理变成单一能源替代。

（3）综合服务运营企业

不同于设备生产、销售企业、能源供应企业，综合服务运营企业提供的是管理服务，包括散煤治理项目的全生命周期管理、投融资等服务。这类企业上对政府，下对企业、农户，成为了政府、企业、农户间的桥梁。对政府，这类企业提供了全过程技术咨询、确村确户、实施方案把控、招投标、搭建数据管理平台、推广宣传、投融资等服务，减轻政府繁琐的工作，帮助政府省心、省力、专业全面系统完成散煤治理工作。对企业，这类企业拥有专业的技术人才，可对各类设备进行筛选和质量把控，从而提高产品市场门槛，保证优质产品进入市场。对农户，这类企业可进行入户宣传，提供专业的产品宣传和讲解，让农户更深入的了解各类散煤治理的产品和技术。

因此，若以综合服务运营企业为主，既可为政府制定科学合理的技术路径，同时还可提供投融资服务，解决散煤治理改造基础设施投入大、资金难的问题。但需由国企或央企组成的综合运营服务企业，而非民营企业。

6.1.3.3 农户主导

若以农户为主，一方面农村散煤治理是重大民生工程和民心工程，与各地农村的资源禀赋、生活习惯、经济条件等现实基础有很大关系，所以在“因地制宜多能互补”的基础上应该具体落实到每家每户，充分尊重每户居民的经济承受能力和实际需求，让居民有自主选择适宜自身需求取暖设备的权力；另一方面散煤治理的主要服务对象是农户。理想状态下是农户对不同的散煤治理技术熟知后根据自身需求和经济承受能力，选择适合自己的散煤治理设备。但往往散煤治理工作，时间紧、任务重，农户并没有充分的时间了解各类技术路径，施工单位也不太可能一户一方案。

另外，大部分农户看到优惠的政策补贴，积极的参与进来，但是完全是看到了经济性和从众性，在意识上仍认为传统燃煤是最经济实用的取暖方式，出现享受了政策但是依旧不放弃燃煤，甚至考虑方便性，私自订购未经质检的散煤。因此，农户不能作为散煤治理推进的主导。

6.2 可再生能源替代下的散煤治理模式

在国家清洁供暖政策的引领下，黑龙江省积极谋划部署，同步制定了一系列清洁供暖改造实施方案，在本省的清洁供暖工作推进过程中起到了举足轻重的作用。2017年9月，省委办公厅印发了省内的首个秸秆成型燃料利用政策《加强农村秸秆压块燃料化利用工作实施方案》，指出要落实秸秆压块加工执行农用电电价政策，在全省60个产粮大县开展秸秆压块站建设试点。2018年7月，黑龙江省办公厅发布了《哈尔滨市、绥化市和肇州县、肇源县秸秆综合利用三年行动计划》，对“两市两县”新建秸秆压块站、户用生物质炉具、离田机具等进行补贴，并且明确了补贴标准，对购置和安装户用生物质炉具的农户，按照每台2100元的标准，政府最高给予70%的补贴。在“三年行动计划”的基础上，从2019年10月，省委办公厅又印发了《2019年黑龙江省秸秆综合利用工作实施方案》，开始规划布局全省秸秆综合利用方案，将秸秆的燃料化供暖列为重要的利用方案。2020年8月，省委办公厅又出台《散煤污染治理“三重一改”攻坚行动实施方案（2020~2022年）》，要求突出重点地区、重点时段、重点问题，推进散煤替代改造，对秸秆压块加工用电电价、秸秆压块站建设补贴等提供持续保障。基于此，齐齐哈尔市未来农村散煤治理应依托生物质、太阳能资源开发，打破以往“政

府为主、企业为辅”的格局，形成“以生态保护为目标，企业为主、政府推动、农户参与”的良性发展模式，如图 6-6 所示。

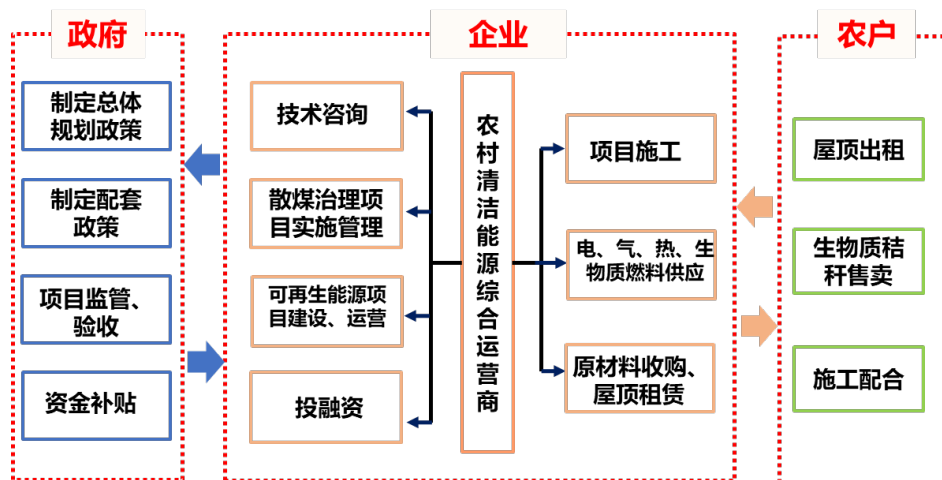


图 6-6 可再生能源替代下的散煤治理模式

散煤治理项目公益性强、盈利性差，应将散煤治理项目与可再生能源开发组合、肥瘦搭配，拓宽项目的收益来源，提高企业投资积极性。同时发挥头部企业的作用，以其作为主体，设立农村清洁能源综合运营商，建立以区域、县为单位整体同步实施散煤治理、可再生能源开发。

地方政府以区域、县市为单位，将散煤治理和可再生能源开发打包成散煤治理综合项目，通过招投标形式选择农村清洁能源综合运营商承接。对散煤治理综合项目进行整体把控并给予资金补贴

农户主要参与和配合散煤治理综合项目的实施。

6.3 分布式光伏商业模式

随着太阳能光伏组件效率的显著提升和成本的持续下降，分布式光伏发电已具备良好的应用场景，同时太阳能光伏发电系统简单高效，运行维护要求较低，是可再生能源建筑应用的主要技术选择之一，农村“光储直柔”将成为分布式光伏的主战场。因此立足于齐齐哈尔市丰富的太阳能资源，齐齐哈尔市可再生能源开发以分布式光伏为主，同步推进农村微电网建设。

目前，我国光伏发电项目投资多元化，投资驱动力复杂化，应用较为普遍的商业模式主要有三种，即统购统销模式、用户自发自用模式和合同能源管理模式。但现行的商业模式更多地受到监管和政策因素的驱动，而非技术因素。光伏政策与市场及产业既相互促进又相互制约。在推进农村屋顶光伏革命过程中，要着力

避免光伏政策与市场及产业间的不良互动，应通过合理的模式设计，促进光伏产业与市场的良性互动发展。

6.3.1 分布式光伏商业相关主体

分布式光伏商业模式相关主体主要包括投资开发商、用户和融资的金融机构，除此之外还包括其他推动光伏式发电项目良性运营的相关主体，包括政府、电网公司、光伏设备厂商等相关机构。

其中，投资开发商对分布式光伏产业起着引领作用，投资主体一般分为个人和企业两种，个人作为投资主体来说模式较为简单，项目建设的复杂度较小，需协调的相关方较少。相较而言，企业作为投资开发商，一般建设的项目复杂、数量较大，运营过程中需要大量协调政府、金融机构的相关关系。用户一般相当于消费者，是分布式能源的受益者之一，是电能的最终使用者，也是商业模式利益来源的主体。融资的金融机构主要负责建设资本提供和筹集，是整个分布式光伏项目的资金来源渠道，决定着商业模式中资金周转的有效性，其决定着商业模式是否能正常开展。政府主要负责制定并出台相关政策、行业发展规范，开展市场监管，准和发放各类补贴，同时出台相关的法律对其他的市场主体行为进行约束，化解市场中出现的争端和冲突，为分布式光伏发展营造良好市场氛围。电网公司主要负责分布式光伏并网、电力输送，同时现阶段电网公司还需要负责电量、电费及补贴等的计量与结算，其对辅助分布式光伏发展具有重要作用。光伏设备厂商是分布式光伏系统设备的提供者，其提供的光伏组件对项目质量有着决定性的影响，从长远角度来看，分布式光伏发电效率的提升主要依赖于技术发展，而设备厂商则主要肩负着系统技术研发的重任。

6.3.2 分布式光伏商业模式影响因素

分布式光伏商业模式经济性影响因素主要分为外部影响因素与内部影响因素两大类，二者共同影响着商业模式的内部收益率、动态投资回收期和投资回报率等经济性指标。其具体影响关系如图 6-7 所示。

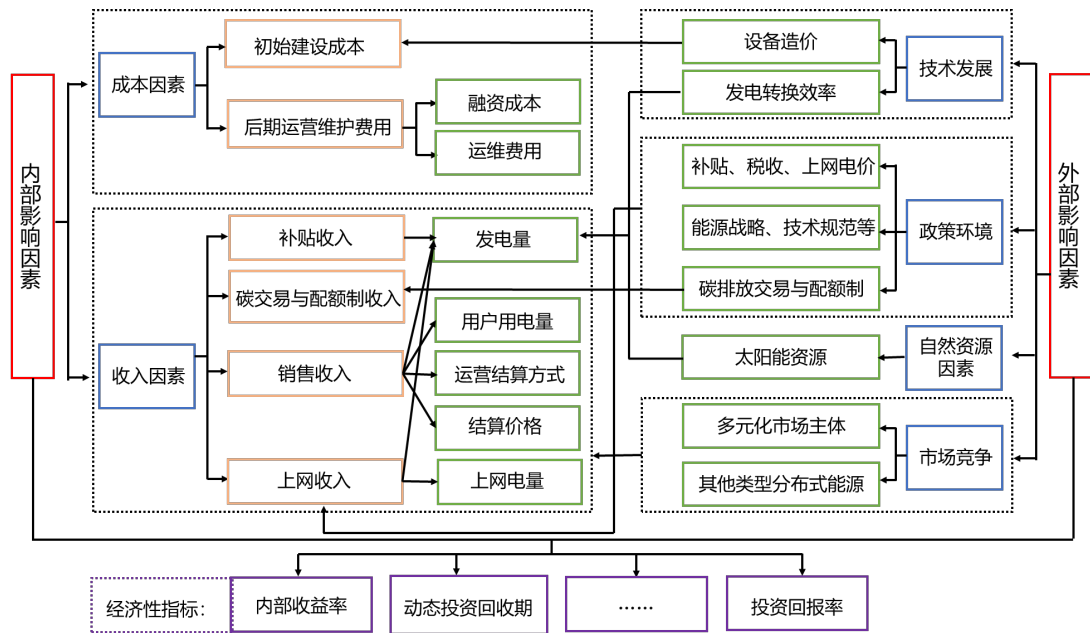


图 6-7 分布式光伏商业模式影响因素

分布式光伏商业模式影响因素中成本因素和收入因素是分布式光伏商业模式经济是否可行的关键，其与外界因素之间相互影响，相互作用。其中成本因素主要受到企业融资能力和外界技术水平的影响，收入因素又与外部政策因素、自然资源等方面紧密联系，其各自变化将动态地对模式经济性指标产生影响。

技术发展对分布式光伏商业模式经济性影响主要体现在系统发电转换效率和设备造价两个方面，其中系统发电转换效率通过系统发电量影响模式收入，设备造价通过影响初始投资成本，进而影响商业模式经济性。

政策对分布式光伏商业模式经济性影响主要包括两方面，一是国家和地方补贴、税收、电价等一系列财政政策和环境政策对分布式光伏项目收入的直接影响，二是国家发展战略、技术规范等辅助政策对分布式光伏发展的间接影响。

分布式光伏产业带有强烈的国家导向特点，现阶段国家在相关政策上都给予分布式光伏较大优惠。目前从税收政策来看，国家分别在增值税、企业所得税两个方面对分布式光伏发电项目给予优惠；从电价政策来看，对于分布式光伏不征收并网费、备用费和各类附加基金；从补贴政策来看，国家对“自发自用，余电上网”类型的分布式电源采用的是度电补贴的形式，补贴水平一般会占到总体电价的一半左右。除此之外，地方为扶持当地分布式光伏的发展还在国家补贴的基础上，增加了地方补贴，各省份补贴水平不一。

市场竞争因素对分布式光伏商业模式经济性的影响因素主要来源于两个方

面，一是不同市场投资主体之间的竞争，二是不同种类分布式能源之间的竞争，其主要通过影响收入进而影响项目经济性。

6.3.3 分布式光伏潜在开发主体对比分析

随着电力体制改革逐步深化，售电侧逐步放开，越来越多社会资本开始走进电力市场进行投资。基于前期的调研和走访发现，在分布式光伏产业中，由于分布式光伏系统一次性初始投资大、融资困难，普通用户或者小型企业即使有需求也难以承担较大的资金压力直接进行电站建设，这样将直接限制了分布式光伏的发展。因此，项目组对分布式光伏开发的潜在主体竞争力比较，结果如表 6-2 所示。

表 6-2 分布式光伏开发主体对比分析

开发主体	投资方面	运营方面
电网企业	资金雄厚，投资能力强、融资成本低	具有电网和终端系统的建设和运营优势，便于协调、调度和结算；但管理流程繁琐，服务种类单一
发电企业	投资能力强，拥有丰富的能源工程建设经验，具有技术优势，降低建成本	技术能力强，缺少电网和终端系统的支持
用户	投资能力较弱但政策支持力度大	缺乏技术支持和专业人才，多为自发自用，项目规模受到限制
新能源和技能服务公司	投资能力相对不强，政策支持力度较强	具有一定的客户基础，运营灵活性强，服务种类丰富，但缺乏晚上的结算体系
售电公司	投资能力相对不强	具有一定的客户基础，运营管理灵活，具有完备的服务体系，结算和交易便捷，缺少分布式能源供应系统技术运营经验
供水供热供气等公共服务行业	地方政府关系密切，投资能力较强	具有完备的服务网络、服务渠道、服务人员，了解客户需求，但对电力行业缺乏经验

基于以上分析，为保证分布式光伏可持续发展，其开发主体应以电网企业和发电企业等头部企业为主，用户为辅。

6.3.4 分布式光伏总体商业模式

从分布式光伏产业链中可以看到，其开发利用过程主要涉及到投资、融资、设备采购、建设与运行。主要商业模式主要有三种：农户独立投资开发、企业独立投资开发、企业合作投资开发三种方式。

6.3.4.1 农户独立投资开发模式

农户独立投资开发模式是指农户作为独立投资者进行分布式光伏系统投资建设，独立拥有分布式光伏系统所有权、经营权的一种方式，如图 6-8 所示。农户独立投资开发模式资金由农户自筹，经济条件较好的地区，一般为农户自有资金，少部分农户通过银行绿色贷款或传统银行贷款的手段获得资金。此种模式下，农户的自主性较高，可以自行决定项目后期的运营方式，而且权责清晰，不涉及利益的分配问题，但在后期运行过程中需独立承担政策影响、自然灾害等不可抗力所带来的各种风险，同时还需要自行维护。

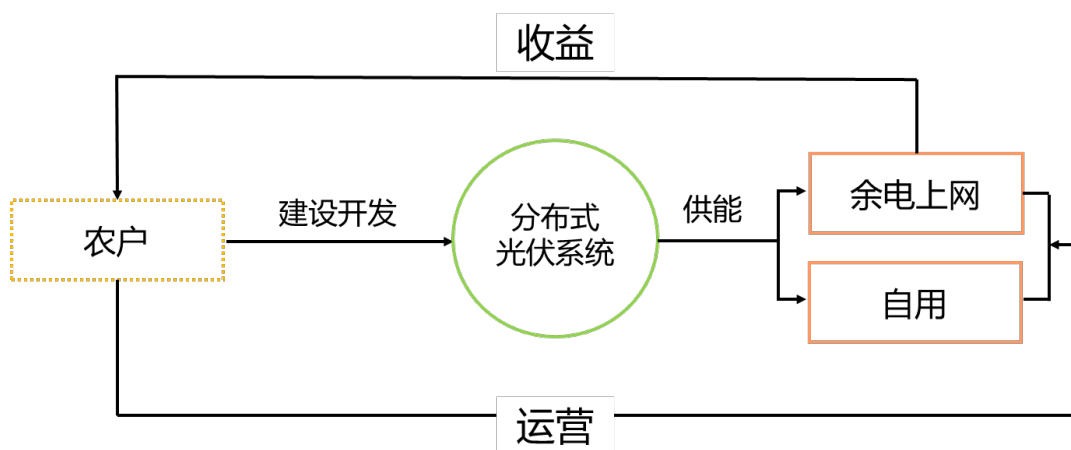


图 6-8 农户独立投资开发模式

随着经济发展和城乡一体化的提高，农村居民家用电器种类逐渐接近城镇居民，户均光伏装机 10kW 在冬季可基本实现就地消纳。光伏余电问题主要出现在夏季，目前通过“光伏+”的模式解决，且已在农村部分地区有很好的试点和应用。未来碳指标、碳交易等政策和制度成熟后，农户还可参与碳交易，成为“卖碳翁”，获得额外的收益，加快投资回收。

6.3.4.2 企业独立开发模式

企业独立投资开发模式是指分布式光伏开发企业作为独立投资者进行分布式光伏系统投融资、建设和运营，独立拥有分布式发电系统全部所有权、经营权的一种方式，如图 6-9 所示。企业独立投资开发模式一般除企业自有资金外，其余资金普遍采用绿色贷款或融资的手段获得。在此类投资方式中投资主体自主性较高，可以自行决定项目后期的运营方式，而且投资者权责清晰，不涉及利益的分配问题，但在前期建设阶段大量的资本投资会造成投资方的投资压力较大，后期运行过程中需独立承担资金周转困难、自然灾害等不可抗力所带来的各种风险。

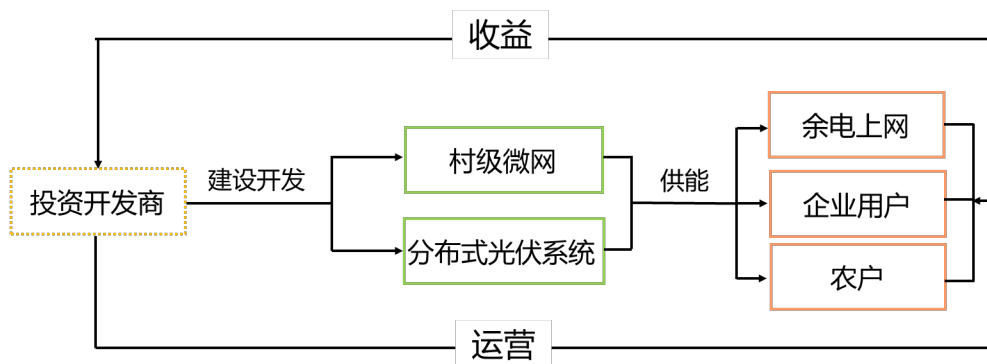


图 6-9 企业独立开发模式

该种模式独立投资主体的责任比较大，因此企业在分布式光伏开发建设过程中需要达到技术、投资周转资金等多方面的要求，运营经验要比较丰富，投资开发商需要拥有较好的企业资质和能力。因此，该模式投资主体应为头部企业，如电网公司、发电企业等。该模式中开发商租赁农户屋顶，农户、企业优先消纳光伏电，余电通过村级微网统一上网，降低户用光伏电不稳定，减少对电网的冲击。

6.3.4.3 企业合作开发模式

合作投资开发模式是指两个或多个投资主体合作进行分布式光伏开发建设，并负责后期运营管理的一种投资方式，该模式的具体运行方式如图 6-10 所示。各主体之间可以形成合作联盟共同进行分布式光伏开发，共担风险、共享利润，对分布式光伏系统享有共同所有权，共同决定项目后期运营方式。企业间的合作的方式简单分为以下两种，一是按照不同投资主体所提供资本的比例为标准进行效益分配，合作主体共同负责项目运营；二是从技术、设备、管理经验等角度其他角度加强战略合作，按照约定比例进行收益分配，进而提高合作主体在市場中的综合竞争实力。在该模式下建立对应的项目开发与运营账户，账户主要负责整个分布式项目的资金的流入与流出管理，便于各主体进行成本及效益分摊。

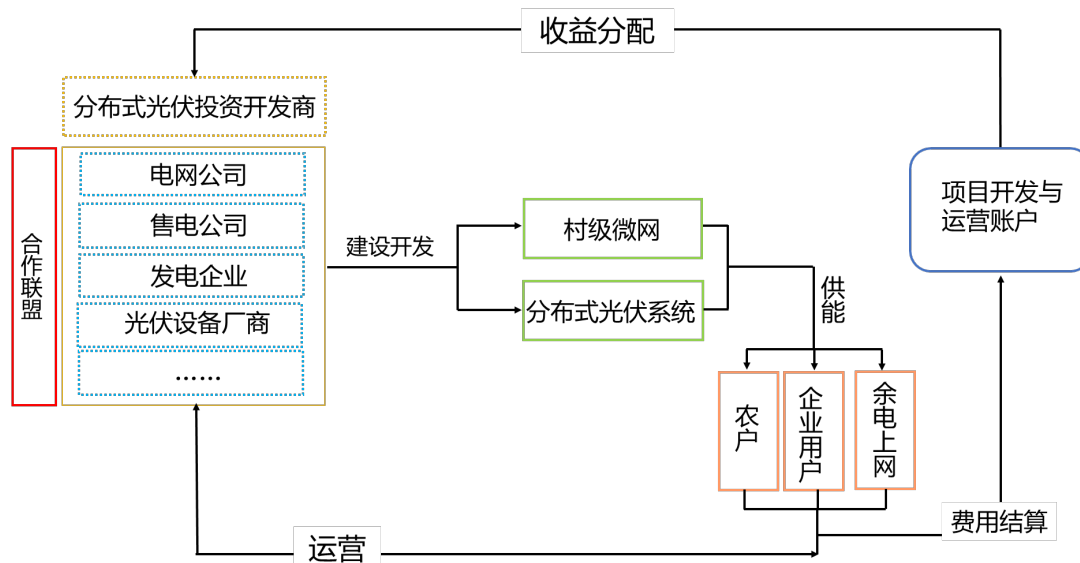


图 6-10 企业合作开发模式

企业合作投资开发模式通过建立合作联盟来达到放大融资能力、分担投资风险的作用，并且各合作主体也可以有效将技术、人才、资金、客户群体等不同特长或优势相结合，优势互补，优化合作。并且也从宏观角度来说，通过对各类资源的整合将有利于促进分布式光伏商业模式的进一步的发展。模式整体效益不变，但是该模式涉及利益分割，各个投资主体获得的收益相比较独立投资开发模式相比会减少。若初期合同签署的利益分配方法不明确，易引起资金纠纷，合作主体彼此之间存在较强的依赖性，一旦一方撤资或者不继续进行合作将直接导致资金链断裂，项目将难以持续，造成企业的巨大风险。

因此，该种模式依然以行业头部企业作为合作主体，并且在投资过程中需要对项目的管理工作进行一定程度的协调。

6.4 分布式生物质能源站商业模式

生物质能利用的最终产品有气态、液态、固态三种形式，生物质成型燃料是固体形态的典型代表。同其它生物质能相比较，生物质成型燃料生产过程简单、运输及燃烧方便，较其它产品更具有推广优势。近几年，秸秆打捆直燃技术作为一项重要的秸秆能源化技术逐渐兴起，在缓解秸秆焚烧压力、有效替代煤炭、缓解能源短缺和大气污染压力等方面展现出积极的作用。因此本节主要介绍生物质成型燃料和打捆直燃集中供热商业模式。

6.4.1 生物质成型燃料商业模式

6.4.1.1 生物质成型燃料商业相关主体

生物质成型燃料商业模式相关主体主要包括投资开发商、用户和融资的金融机构，除此之外还包括其他推动生物质成型燃料产业良性运营的相关主体，包括政府、供热公司、电力公司、生物质成型燃料加工设备厂商等相关机构。

其中，投资开发商对生物质成型燃料起着引领作用，投资主体一般分为农村合作社和企业两种，农村合作社作为投资主体来说模式较为简单，项目建设的复杂度较小，需协调的相关方较少。相较而言，企业作为投资开发商，一般建设的项目复杂、数量较大，运营过程中需要大量协调政府、金融机构的相关关系。

农户一般相当于消费者，是生物质成型燃料加工厂的受益者之一，是燃料的最终使用者，也是商业模式利益来源的主体，农户向投资开发商售卖原材料同时购买燃料。

融资的金融机构主要负责建设资本提供和筹集，是整个生物质成型燃料加工项目的资金来源渠道，决定着商业模式中资金周转的有效性，其决定着商业模式是否能正常开展。

政府主要负责制定并出台相关政策、行业发展规范，开展市场监管，准和发放各类补贴，同时出台相关的法律对其他的市场主体行为进行约束，化解市场中出现的争端和冲突，为生物质成型燃料产业发展营造良好市场氛围。

热力公司、电力公司主要生物质成型燃料的消费者，或者也可以成为投资主题。其对辅助生物质成型燃料的发展具有重要作用。

生物质成型燃料加工设备厂商是设备的提供者，其提供的加工设备对项目质量有着决定性的影响，从长远角度来看，加工设备质量和效率的提升主要依赖于技术发展，而设备厂商则主要肩负着系统技术研发的重任。

6.4.1.2 生物质成型燃料总体商业模式

目前生物质成型燃料加工产业主要是通过市场机制运作，从生物质成型燃料产业链中可以看到，其开发利用过程主要涉及到投资、融资、设备采购、建设与运行。主要商业模式主要有三种：农村合作社开发、企业独立开发、企业合作开发三种方式。

(1) 农村合作社开发模式

农村合作社投资开发模式是指农户筹资成立农村合作社，作为投资主体进行

生物质成型燃料加工厂投资建设，合作社拥有生物质成型燃料加工厂所有权、经营权的一种方式，如图 6-11 所示。

生物质成型燃料加工厂的建设和运行资金由农户自筹或农村合作社申请绿色贷款，对于经济条件较好的地区，一般为农户自有资金。经济条件一般的地区由农村合作社通过银行绿色贷款或传统银行贷款的手段获得资金，农户自愿承担相应的贷款额度作为投资额。农户为合作社的股东，农村合作社享有优先获得生物质秸秆原材料的权利，且原材料的质量相对有保障。

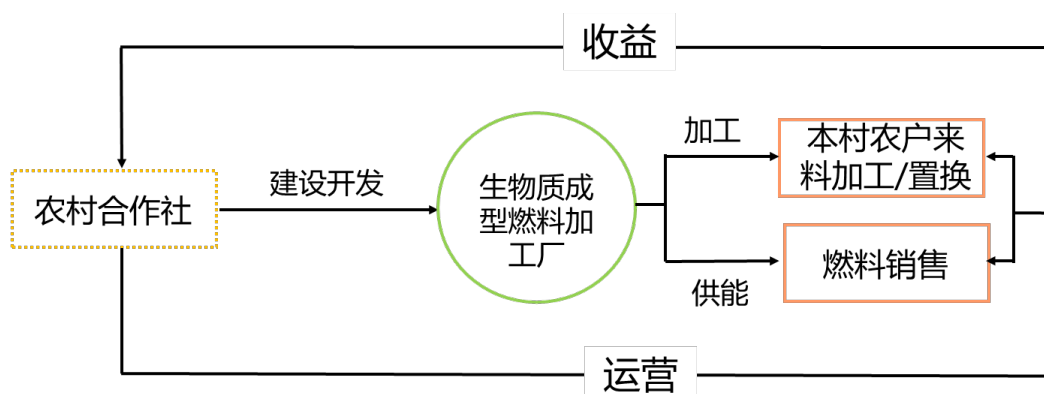


图 6-11 农村合作社开发模式

此种模式下，农户的自主性较高，农村合作社成员共同决定项目后期的运营方式，而且权责清晰，利益分配按照投资额度比例分配，在可以满足本村或本区域农户生活采暖燃料需求，但剩余燃料的销售需自行开拓市场，且这种方式生物质成型燃料加工厂规模较小，风险相对也较小。随着清洁取暖的持续推进以及国家双碳战略目标的背景下，生物质能的应用将逐渐形成规模，目前已在农村部分地区有很好的试点和应用，如山东省滨州市阳信县探索推行生物质燃料+专用炉具分散式取暖、生物质燃料+锅炉机组分布式取暖、生物质热电联产集中供暖三种模式，已成为北方冬季取暖典型试点示范项目。未来碳指标、碳交易等政策和制度成熟后，农户还可参与碳交易，成为“卖碳翁”，获得额外的收益，加快投资回收。

(2) 企业开发模式

企业投资开发模式是指生物质成型燃料开发企业作为投资者进行生物质成型燃料加工厂的投融资、建设和运营，独立拥有生物质成型燃料加工厂全部所有权、经营权的一种投资方式，如图 6-12 所示。企业投资开发模式中，项目建设资

金一般除企业自有资金外，其余资金普遍采用绿色贷款或融资的手段获得。在此类投资方式中投资主体自主性较高，可以自行决定项目后期的运营方式，而且投资者权责清晰。企业投资可以为企业独立投资开发，也可以是多家企业联合投资。企业在生物质成型燃料开发建设过程中需要达到技术、投资周转资金等多方面的要求，运营经验要比较丰富，投资开发商需要拥有较好的企业资质和能力。因此企业应以热力公司或电力公司等头部企业为主。

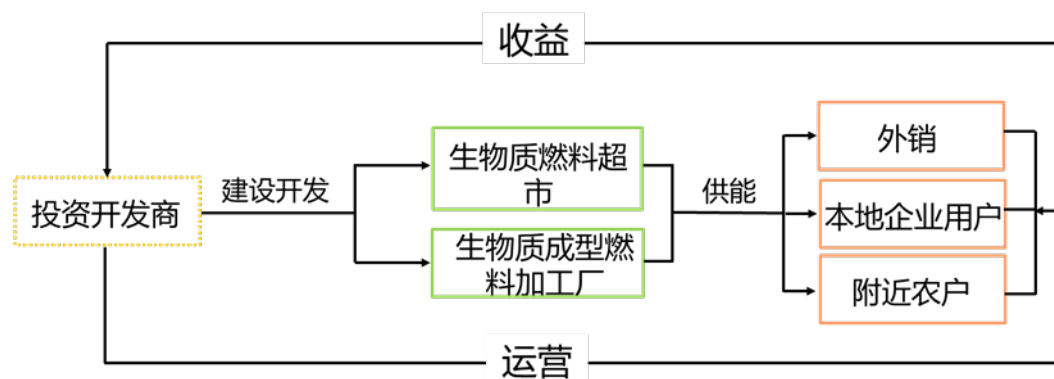


图 6-12 企业开发模式

此种模式下，企业可以以村、镇、县或市为单位签订秸秆原材料合同，定期收购原材料，省去与千千万万农户沟通协调，保证原材料的供应充足。农户完全作为消费者购买燃料。随着生物质成型燃料利用范围不断扩大，企业应以县、市为单位建立生物质能源超市网络，让生物质燃料供应如水站一样，可实现网上下单、配送功能，扩大生物质燃料的市场规模，增加企业收益。未来，碳指标、碳交易等政策和制度成熟后，企业还可参与碳交易，成为“卖碳翁”，获得额外的收益，加快投资回收。

6.4.2 分布式秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热商业模式

6.4.2.1 秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热商业相关主体

秸秆打捆直燃集中商业模式相关主体主要包括投资开发商、供热公司、生物质成型燃料加工企业、用户和金融机构，除此之外还包括其他推动生物质打捆直燃集中供热产业良性运营的相关主体，包括政府、秸秆直燃供热设备厂商等相关机构。

其中，投资开发商对生物质成型燃料起着引领作用，投资主体一般分为农村合作社、村集体和企业三种，农村合作社、村集体作为投资主体来说模式较为简

单，项目建设的复杂度较小，需协调的相关方较少。相较而言，企业作为投资开发商，一般建设的项目复杂、数量较大，运营过程中需要大量协调政府、金融机构的相关关系。

农户一般相当于消费者，是秸秆打捆直燃集中供热项目的受益者之一，是热源的最终使用者，也是商业模式利益来源的主体，农户向投资开发商售卖原材料同时购买供热服务。

融资的金融机构主要负责建设资本提供和筹集，是整个秸秆打捆直燃项目的资金来源渠道，决定着商业模式中资金周转的有效性，其决定着商业模式是否能正常开展。部分项目不需要金融机构的支持。

政府主要负责制定并出台相关政策、行业发展规范，开展市场监管，准和发放各类补贴，同时出台相关的法律对其他的市场主体行为进行约束，化解市场中出现的争端和冲突，为秸秆打捆直燃集中供热产业发展营造良好市场氛围。

热力公司主要为秸秆打捆直燃供热热源的消费者，或者也可以成为投资主体。其对辅助秸秆打捆直燃集中供热产业的发展具有重要作用。

秸秆打捆直燃锅炉设备厂商是设备的提供者，其提供的加工设备对项目质量有着决定性的影响，从长远角度来看，锅炉设备质量和效率的提升主要依赖于技术发展，而设备厂商则主要肩负着系统技术研发的重任。

6.4.2.2 秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热总体商业模式

目前秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热产业主要是通过市场机制运作，从供热产业链中可以看到，其开发利用过程主要涉及到投资、融资、设备采购、建设与运行。主要商业模式主要有四种：农村合作社开发、村集体开发、企业独立开发、企业合作开发三种方式。

(1) 农村合作社开发模式

农村合作社投资开发模式是指农户筹资成立农村合作社，作为投资主体进行秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热项目投资建设，合作社拥有项目所有权、经营权的一种方式，如图 6-11 所示。农村合作社负责原材料的收集、建厂、设备维护，为用户统一提供一体化的供暖服务。

项目的建设和运行资金由农户自筹或农村合作社申请绿色贷款，对于经济条件较好的地区，一般为农户自有资金。经济条件一般的地区由农村合作社通过银

行绿色贷款或传统银行贷款的手段获得资金，农户自愿承担相应的贷款额度作为投资额。农户为合作社的股东，农村合作社享有优先获得生物质秸秆原材料的权利，且原材料的质量相对有保障。

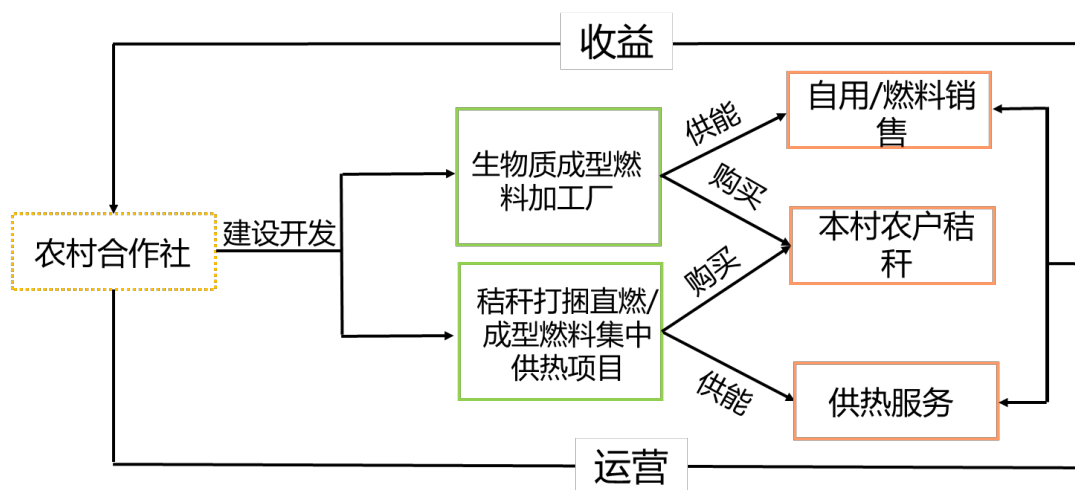


图 6-13 农村合作社开发模式

此外，该模式可以充分利用农村合作社原有固定运输的拖拉机车辆，不需要另外购置秸秆运输车辆，降低了秸秆原材料收集成本，同时，解决部分农村剩余劳动力，增加农民收入。农户的自主性较高，农村合作社成员共同决定项目后期的运营方式，而且权责清晰，利益分配按照投资额度比例分配，在可以满足本村或本区域农户采暖需求，但剩余燃料或者多余的热量销售需自行开拓市场。

（2）村集体开发模式

村集体开发模式是指村集体作为投资者进行秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热项目的投融资、建设和运营，独立拥有项目全部所有权、经营权的一种投资方式，如图 6-14 所示。村集体投资开发模式中，项目建设资金农户自筹或村委自筹，通常此类项目规模较小，风险较小。

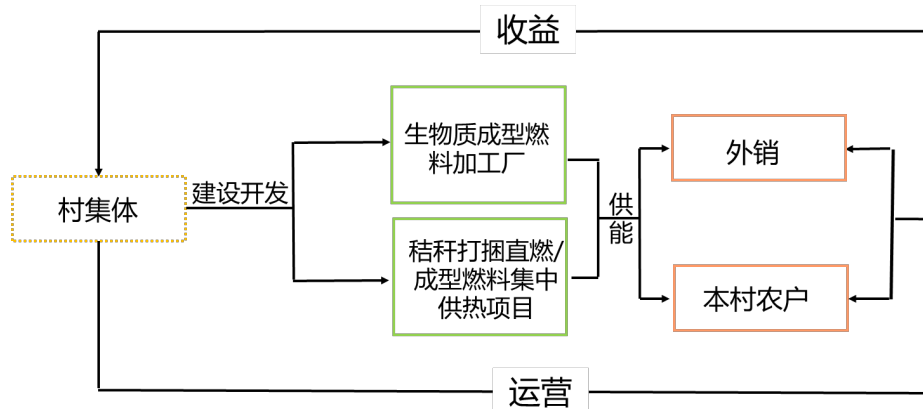


图 6-14 村集体开发模式

该种模式下，农户作为项目的股东其积极性较高，同时该种模式通常秸秆收集半径较小，秸秆收集方便，解决了本地秸秆焚烧问题，降低了原材料收集成本，为一部分农村剩余劳动力提供就业机会。

(3) 企业开发模式

企业投资开发模式是指企业作为投资者进行秸秆打捆直燃/成型燃料集中供热项目的投融资、建设和运营，独立拥有项目全部所有权、经营权的一种投资方式，如图 6-12 所示。企业投资开发模式中，项目建设资金一般除企业自有资金外，其余资金普遍采用绿色贷款或融资的手段获得。在此类投资方式中投资主体自主性较高，可以自行决定项目后期的运营方式，而且投资者权责清晰。企业投资可以为企业独立投资开发，也可以是多家企业联合投资。企业在项目开发建设过程中需要达到技术、投资周转资金等多方面的要求，运营经验要比较丰富，投资开发商需要拥有较好的企业资质和能力。因此企业应以本地热力公司为主。

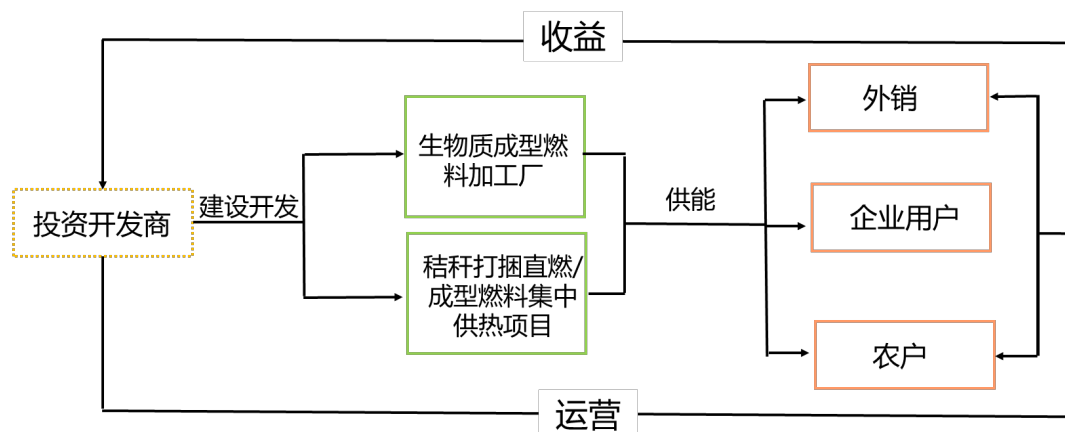


图 6-15 企业开发模式

该种模式下，企业可以以村、镇、县或市为单位签订秸秆原材料合同，定期

收购原材料，省去与千千万万农户沟通协调，保证原材料的供应充足。同时企业可以通过合同能源管理模式与本地签订直接供暖合同，农户仅作为供热服务购买者。

7 总结与建议

7.1 总结

项目组通过政府座谈和入户调研，分析齐齐哈尔市能源生产与消费、清洁取暖、民用散煤、农用散煤、资源禀赋等现状和问题，为齐齐哈尔市散煤替代的发展奠定了基础，并得出以下结论和建议：

(1) 齐齐哈尔市能源消费以煤炭为主，占比超过 90%，煤炭消费主要集中在规模以上工业企业，能源转型任务艰巨，应首先实现民用散煤及农用散煤清零。

(2) 齐齐哈尔市冬季采暖能耗为 373 万 tce，主要为煤炭及生物质直接燃烧，采暖碳排放强度为 $69.7\text{kgCO}_2/\text{m}^3$ ，碳排放强度较高。

(3) 齐齐哈尔市城市取暖以燃煤锅炉集中供热和热电联产为主，清洁取暖率达到 98%，农村地区大多数取暖用户仍依赖传统的秸秆烧炕、煤炉等供暖方式满足取暖要求清洁取暖率仅为 3.36%。

(4) 齐齐哈尔市农村地区建筑面积较小，大部分集中在 $40\sim 80\text{ m}^2$ ，采暖面积较小，大部分在 $30\sim 60\text{ m}^2$ ；墙体以 50cm 墙为主，部分 2000 年以前的农房为 37cm。绝大部分农房内外墙无保温。门窗以塑钢双玻为主，屋顶基本有保温措施。

(5) 齐齐哈尔市农村地区采暖市场较长约 4.5 个月，绝大部分为部分时间部分空间采暖，全年烧炕。仅 1/3 农户冬季采暖以煤炭为主，绝大部分农户以玉米芯作为采暖主要燃料。

(6) 齐齐哈尔市农村屋顶光伏装机潜力为 2380 万 kW，年发电潜力为 283 亿 kWh，可利用生物质资源量约 480 万吨标煤，可再生能源开发利用潜力较大。

7.2 建议

(1) 推动既有农房建筑节能改造，全面提升用户侧能效

根据调研结果显示，齐齐哈尔市农村地区建筑绝大部分未做节能保温改造，能耗较高，室内温度较低，应积极开展农村地区建筑节能改造。农房建筑节能改

造应坚持经济、适宜、本地化的原则，科学制定和评估节能潜力，推广“菜单式”经济型靶向节能保温改造，坚持“大用大保，小用小保，不用不保”的建筑围护结构保温理念，避免不顾建筑实际使用特性，“一刀切”地对整个建筑进行保温的做法。采用菜单式节能方案进行保温优化，户均投资 5000 元左右，降低取暖能耗需求到低于 100 kWh/m²。

（2）着力推动“四一模式”在农村散煤治理中的应用

以“四一”模式为指导，结合齐齐哈尔市实际，本研究提出符合齐齐哈尔市农村实际的“四一”模式，即“初投资每户 1 万元左右，无补贴的年采暖费 2000 元左右，设备一键式智能化操作，并整体建立在一个顶层规划”。项目的研究表明“四一”模式在齐齐哈尔市是可行的。齐齐哈尔市应率先在农村地区建立示范户、示范村，总结相关经验和教训，进而在农村地区广泛推广。

（3）以散煤治理为抓手，探索“零碳乡村”建设

目前，齐齐哈尔市散煤治理技术方案以电、生物质炉具简单替代为主，实现清洁取暖的目的，但未实现“低碳”甚至“零碳”，因此农村地区应以低碳发展为目标，以建设低碳村为抓手，同步推进散煤替代+低碳发展+乡村振兴的“三合一”技术路径，并在 2028 年前实现散煤清零。同时探索建设太阳能及生物质能开发利用及电气化为主要标志的零碳示范乡村，为黑龙江省乃至东北地区提供可复制样本。

（4）提高可再生能源利用水平，推进农村全面电气化

齐齐哈尔市农村地区具有丰富的生物质能资源，并且长期以来广大农村地区有着很好的利用可再生能源的传统，充分发挥农村丰富的生物质资源优势，因地制宜的推广生物质炊事取暖炉，同时建设分布式生物质成型燃料加工厂，保障农村生物质能的供应。建设以分布式生物质能源站为主体的能源系统，在实现农村自给自足的情况下，可反哺城市。

同时发展以屋顶光伏为基础的“优先自发自用，余电有序上网”、充分挖掘农村的储能资源的分布式光储直柔电力系统，推进农村炊事、采暖、生产、交通等全面电气化和民用散煤替代。

（5）注重可再生能源规模化开发，助力乡村振兴

充分发挥齐齐哈尔市丰富的生物质“零碳”能源的作用，大力开发生物质、屋

顶光伏等可再生能源，实现农村土地粮食和生物质能源“双生产双输出”、闲置屋顶资源化，促进农业增效、农民增收。同时通过市场化运行，助力乡村振兴，形成农村可再生能源新产业，带动社会资本投入，破解未来资金、减污降碳等难题。实现农用民用及农用散煤替代，助力乡村振兴和低碳。

（6）建立“企业主导、政府推动、农户配合”的新机制

目前，散煤治理项目依然是“政府主导，企业配合”的局面，导致“市场失灵”和“政府失灵”的问题凸显，未来农村散煤治理应建立“企业主导、政府推动、农户配合”的新机制，示范先行，克服多重阻力。政府的补贴仅仅起到“药引子”的作用，刺激社会资本投入，引导头部企业设立农村清洁能源综合运营商，以资金源动力带动体制和机制创新，打破各种部门和利益集团约束，形成持续创新能力，真正发挥市场在资源配置中的决定作用和政府的引导作用。以市场的方式，在突破体制、完善市场、整合资源等方面形成独立平台，在技术支撑、模式创新、产业发展方面形成原动力。