



清華大學

Tsinghua University

利用生物质成型燃料实现农村清洁炊事和采暖

Clean Cooking and Heating with Densified Biomass Fuel (DBF)

单明

清华大学建筑学院

清华大学建筑节能研究中心

Ming Shan

Tsinghua University, China

Department of Building Science

2018. 10. 25





内容 Content

I、Background
背 景

II、Clean cooking and heating technology of DBF
生 物 质 成 型 燃 料 清 洁 炊 事 和 采 暖

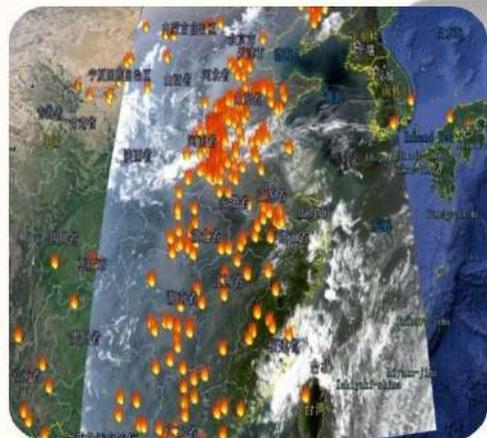
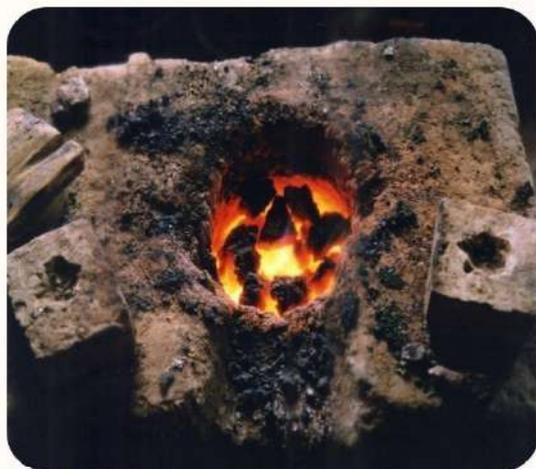
III、Production mode of DBF
技 术

IV、Conclusion
生 物 质 成 型 燃 料 生 产 方 案

总 结

Background 背景

农村固体燃料的非清洁利用造成严重室内外空气污染，影响健康和生态环境
Unclean use of solid fuel causes severe indoor and outdoor air pollution, health and environment problems



Clean cooking measure—New cooking burner with DBF

农村清洁炊事方案—新型生物质颗粒燃料燃烧器



This burner can be integrated with existing facilities without changing the original operating mode and cooking habits, by manual feeding and reasonable semi-gasification combustion to achieve high performance of efficiency and emission.

该燃烧器保证了农户传统的炊事操作方式和使用习惯，继续保留传统柴灶本体、锅具和烟囱等基础设施，实现燃烧器与传统柴灶的燃烧室进行有机结合，通过手动进料和合理的生物质半气化燃烧方式，达到高效清洁的目标。

Technical features 技术特点

- Automatic lighting within 30S;
自动电点火方式，30S点着
- Strong firepower and wide adjustable range;
火力旺，可调性强；
- High cooking thermal efficiency: >35%;
炊事热效高，可达35%以上；
- Simple operation with manually adding fuel ;
手动按需进料，操作简单；
- Easy to clean ash with movable grate;
炉箅子可活动，清灰容易；
- Reduce of pollutant emissions: >90%.
减少污染物排放量90%以上。

独立型炊事生活热水一体炉

Suitable buildings: new rural buildings or old buildings without
适用于无传统灶农户或新建建筑



- Total Efficiency: **> 50%**
Cooking efficiency: **> 40%**
Flue gas heat recovery: **> 10%**
- **200** units were installed in Sichuan Province
- Reported by CCTV in 2016



- 炊事热效率**40%**，生活热水烟气热回收效率**10%**，合计超过**50%**；
- 已在四川省北川县示范村安装**200台**清洁炉具；
- 2016年1月，CCTV2《经济半小时》进行了报导；

Performance comparison of typical stoves

典型炉具性能对比



炉具 Stoves	热效率 Thermal efficiency		排放因子 Emissions				价格 Price
			PM2.5		CO		
	大火 (%) High power	ISO 评级 ISO Tier	大火(g/MJ _d) High power	ISO 评级 ISO Tier	大火(g/MJ _d) High power	ISO 评级 ISO Tier	
3-stone	14.9	0	1.350	0	15.1	1	
Philips HD4012 fan	38.4	3	0.062	3	1	4	89\$
Oorja stove	34.7	2	0.075	3	2	4	120\$
本炉具	41	3	0.038	3	2.2	4	120\$
国内品牌1	30	2	0.290	2	57.9	0	170\$
国内品牌2	14	0	1.150	0	52.9	0	150\$
国内品牌3	14.3	0	0.850	1	71.9	0	150\$

- The performances of thermal efficiency, PM2.5 and CO emissions are at the top level.
在同类产品中，热效率、PM2.5 和CO排放均处于国际领先水平
- Price is significantly lower than other similar stoves
价格优势较明显，明显低于其他性能较优的炉具

Cooking and heating stoves using biomass pellet fuel

生物质颗粒燃料炊事采暖炉

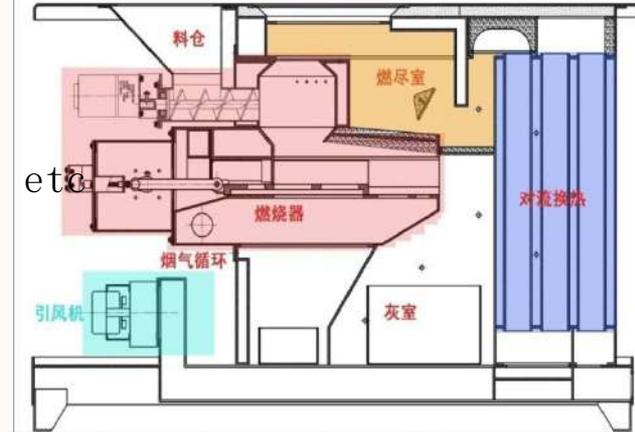


能提供约15kW左右功率，为面积约100-150m²左右的房屋供热

Output Power: 15kW. Service area: 100~150m².

Advantages: 主要优点

- Function: Cooking and heating
- Automation: Ignition, fuel supply and combustion, One-button operation.
- Energy-efficient: heating thermal efficiency > 80%
- Low pollution : PM2.5, CO, NO_x, SO₂
- Two modes of operation : Manual or Automatic
- Real-time monitoring : Various temperatures, running mode, etc



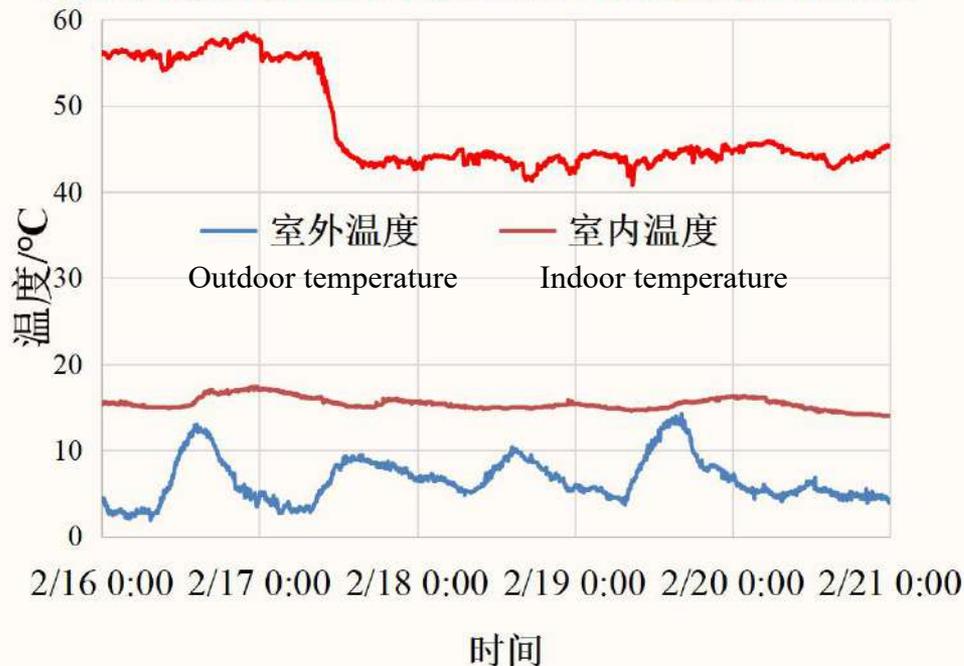
- **功能多样化**: 能同时满足炊事和采暖需求，一炉多用。
- **自动化程度高**: 点火、下料和燃烧均通过控制程序控制相关部件实现，能达到一键运行的效果，过程进料通过炉膛温度传感器和水温温度传感器控制
- **高效节能**: 炉具采暖热效率超过80%
- **污染排放低**: 炉具密封好，在未安装任何烟气处理装置时，其烟气中颗粒物、一氧化碳、二氧化硫和氮氧化物的排放浓度已低于环保标准要求
- **运行模式多样化**: 具有手动运行（进料和炉排运行间隔控制）、自动运行等选择
- **实时监测**: 可实时监测炉膛、进出口水温温度，了解采暖系统运行状态

Field demonstration of cooking and heating 生物质颗粒燃料炊事采暖炉实际运行效果



河南鹤壁示范农户连续测试结果

Continuous Test Results-Henan Province



- 农宅供暖面积80m², 24cm砖墙, 单层玻璃
- 室外平均温度6.6°C, 室内平均温度15.4°C
- 测试期间, 生物质炉由中火状态改为小火状态, 暖气片热水平均温度由56°C下降到44°C
- 平均每天消耗30kg木质颗粒燃料
- 折合采暖能耗 60W/m²



- Demo house : 80m², 24cm-brick wall, single layer glass
- Outdoor/Indoor temperature : 6.6°C/15.4°C
- Running mode: Medium fire changed to small fire, radiator hot water temperature dropped from 56 °C to 44°C
- Fuel consumption: ~30kg/d
- Space heating load: ~60W/m²

Comparison of clean heating technologies in rural areas

农村清洁采暖技术对比



Typical building: $\sim 80\text{m}^2$, Indoor temperature: 16°C , Envelop structure: with insulation layer

Average heating load: $23.5\text{W}/\text{m}^2$, Annual cumulative heating consumption: 6040kWh
 选典型农宅进行供暖, 采暖面积 80m^2 , 在保证农宅室内温度维持约 16°C 下, 围护结构有保温, 农宅采暖季热负荷指标为 $23.5\text{W}/\text{m}^2$, 全年累计热负荷为 6040kWh , 约合 $2.17 \times 10^4\text{MJ}$ 。

对比项目 Comparison	散煤采暖炉 Bulk coal	型煤采暖 Briquette coal	燃气壁挂炉 Natural Gas	热风型低温空气源热泵 Air-to-air heat pump	热水型低温空气源热泵 Air-to-water heat pump	太阳能热水+热水型低温空气源热泵 Solar hot water + Air-to-water heat pump	生物质采暖炉 DBF stove
设备初投资 (万元)	0.11-0.15	0.15-0.2	0.5-1	0.9-1.2	1.3-1.8	4.0-4.8	0.3-0.4
使用年限	10	10	8	15	15	20 (15)	10
末端设施	散热器	散热器	地板辐射	-	地板辐射	地板辐射	散热器
初投资 (万元)	0.15-0.25	0.15-0.25	0.4-0.5	-	0.4-0.5	0.4-0.5	0.15-0.25
使用年限	20	20	30	-	30	30	20
投资折算 年值 (元/ m^2)	2.7-4.0	3.3-4.7	12.6-20.0	8.8-11.8	15.0-20.5	35.8-43.6	3.6-5.8
年运行费 (元/ m^2)	34.0	21.7	24.6	11.0	14.7	10.0	17.8
费用年值 (元/ m^2)	36.8-38.1	25.0-26.4	37.3-44.7	19.8-22.8	29.7-35.2	45.8-53.6	19.9-21.2

APP-Remote monitoring system for stoves 生物质清洁取暖设备的远程监控体系-APP



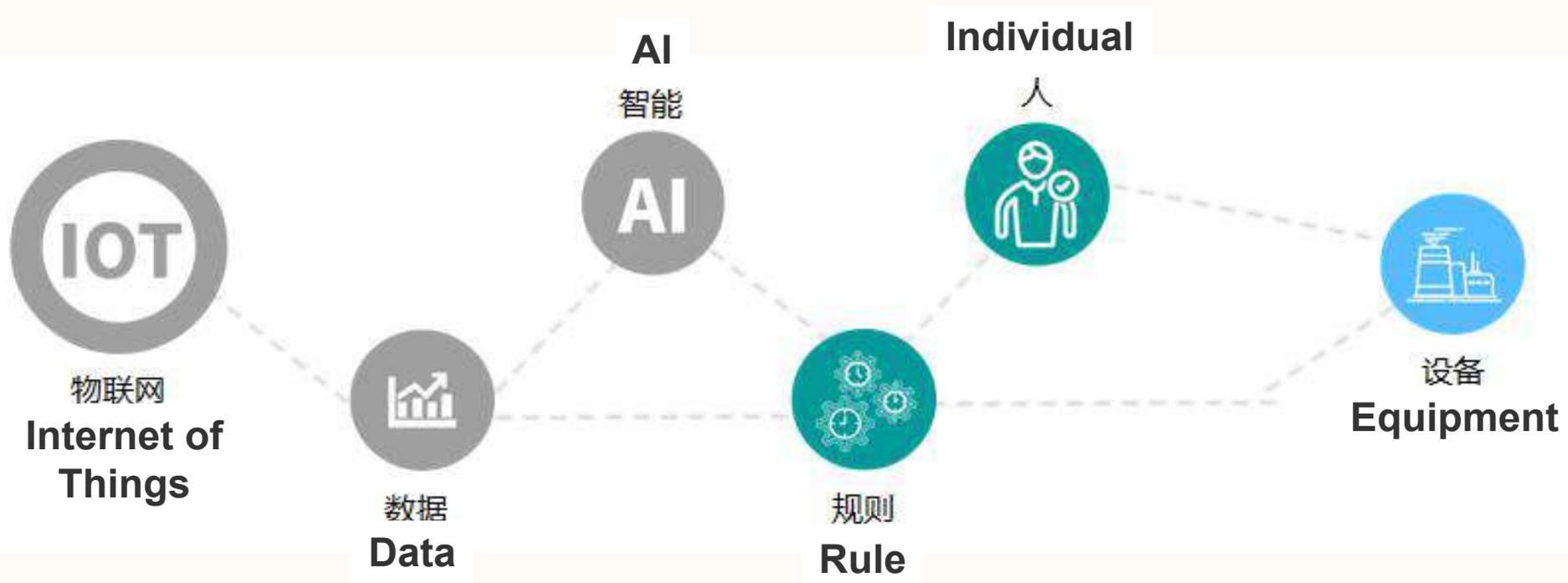
Integrated network for clean space heating of DBF

基于生物质的清洁取暖综合技术路径



Big data application for clean space heating

用大数据为清洁取暖整体方案赋能





Innovation of sustainable development mode

农村可持续发展模式创新

Supply mode of DBF

生物质能源利用—成型燃料供应模式

四川北川石椅村 “一村一厂” 生物质颗粒燃料示范项目

“One Village, One Factory” -

Demonstration Project in Sichuan Province

Operating mode:

- Plant area: 200-300m²
- Processing equipment investment: ¥200,000
- Manager: village residents
- Production capacity: ~500kg/h
- Workers: 2~3 people
- Production cost: ~300yuan/t

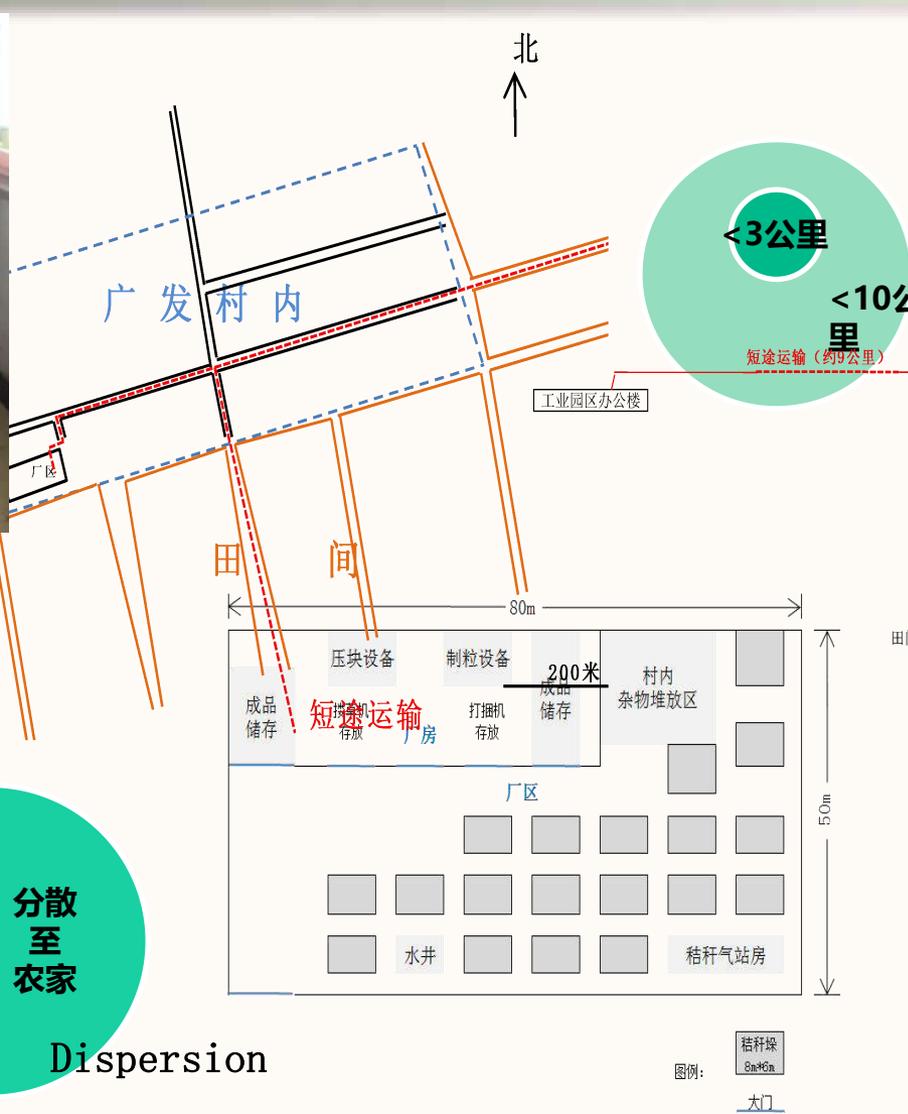
运行方案:

- 厂房面积: 200-300m²。
- 设备投资: 约20万元。
- 管理方: 村委会承包给个人。
- 生产能力: ~500kg/h。
- 运行人员数量: 2-3个人。
- 加工成本: ~300元/t, 其中工人工资约占50%、设备电费约占30%, 维修费约占20%。

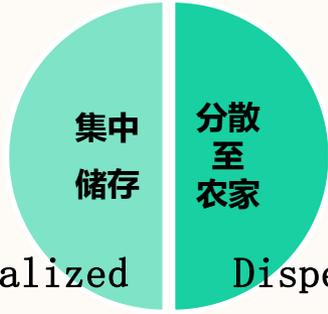




吉林“村镇一体”能源模式



Fuel storage
燃料储存:



Centralized Dispersion

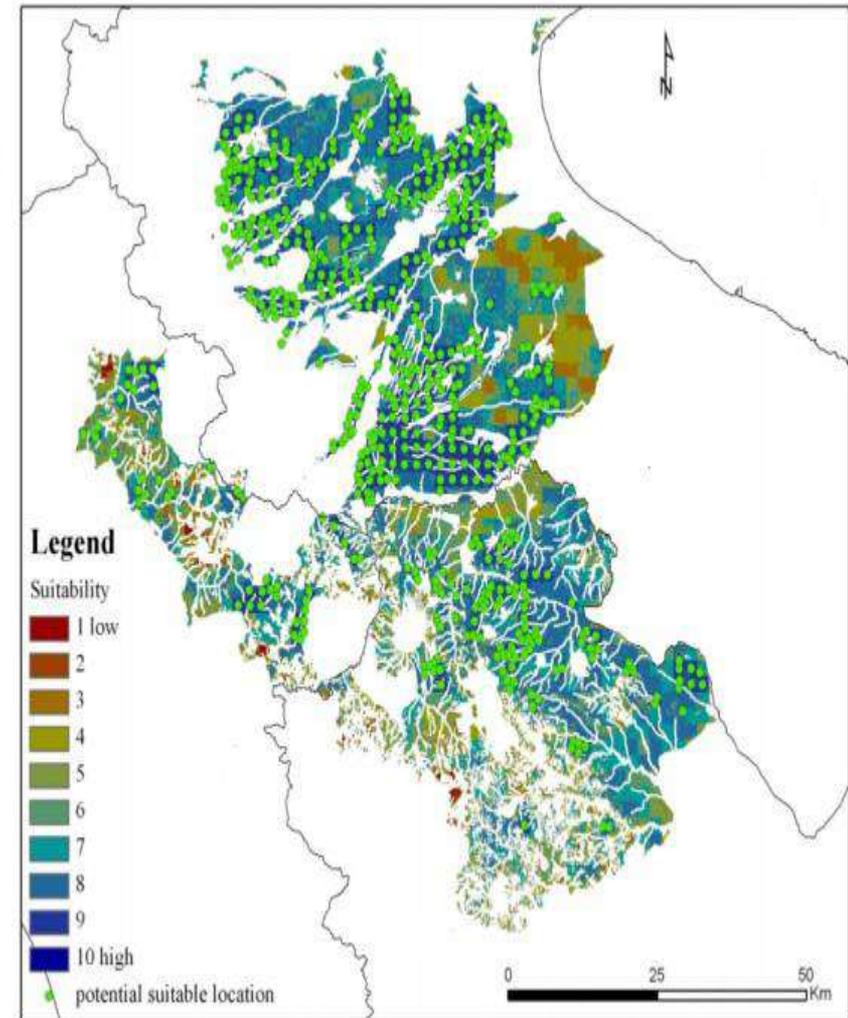
Regional energy planning based on drone mapping

基于无人机测绘的区域能源规划

Operating plan

运行方案

- After the drone mapping, the space heating topographic map is drawn
利用无人机测绘，绘制供暖区域内的供暖规划地形图
- Design the best size and location of fuel processing plants based on field data
利用数据规划设计燃料加工的最佳位置



Suitability map of the study area for the position of plant locations.



Summary 总结

- At present, rural people in China mainly rely on the unclean combustion of solid fuel, which is one of the main causes of serious indoor and outdoor air pollution.
我国农村生活用能目前主要以固体燃料的非清洁燃烧为主，是造成严重室内外空气污染的主要原因之一
- In order to improve efficiency and reduce pollution, the clean utilization of biomass should be fully exploited due to the abundant biomass resources in rural areas.
农村地区生物质资源丰富，应充分挖掘其清洁利用，因地制宜、提高效率、降低污染
- In the village and town areas, using densified biomass fuel to replace raw coal is the best way to maximize various benefits, and the potential technology and mode have been proposed.
将秸秆加工成为成型燃料，用于替代村镇地区散煤是一种可以实现各种效益最大化的最佳方式，且技术和模式都已具有可推广性
- The distributed processing measure of “one village, one factory” coupled clean stoves is an effective mode in rural areas.
“一村一厂”分布式代加工配合清洁炉具是实现生物质成型燃料在农村地区规模化利用的有效模式



清華大學

Tsinghua University

谢谢!

THANKS

清华大学建筑学院 建筑技术科学系
Department of Building Science

单明 Ming Shan
mshan@tsinghua.edu.cn

