Frontier of Environmental Science
December 2014, Volume 3, Issue 4, PP.142-146

The New Renewable Energy Application Mode in Alpine Pastoral Areas

Ling Tan[1#], Hongquan Li[2] , Zemin Lai[3] , Nanyang Yu [1]

1. The Department of mechanical engineering, Southwest Jiaotong University, 610031, China

2. Grassland science research institute of Sichuan province, 611731, China

3. Tian Hui Energy Technology Company Limited of Sichuan province, 610031, China

[#]Email: sunnytling@gmail.com

Abstract

The alpine pastoral areas in China have a feature of high altitude and cold weather, and it is lack of life using energy. The traditional energy-using mode of herders is burning combustible materials such as cattle dung, shrubs and coal. This method can be very low thermal efficiency and seriously damage the local grassland ecological environment. To this end, using the cryogenic methane fermentation in alpine pastoral areas as the mainline of research and development, with the technology of biological control as well as the complementary advantages of solar, wind and biogas, we integrated a set of new renewable energy application mode including eight parts. It can change the energy utilization structure, support enough energy for local herders' daily life, and provide a new reference for the development of China's eco-efficiency grassland animal husbandry.

Keywords: Alpine Pastoral Areas; Cryogenic Methane Fermentation; Renewable Energy

高寒牧区可再生能源应用新模式

谭玲 [1]，李洪泉 [2]，赖泽民 [3]，余南阳 [1]

1. 西南交通大学，四川 成都 610031

2. 四川省草原科学研究院，四川 成都 611731

3. 四川省天惠能源科技公司，四川 成都 610031

摘　要：中国高寒牧区海拔高，气候严寒，生活能源匮乏，牧民传统用能方式以焚烧牛羊粪、灌丛和煤炭等可燃物为主。该用能方式不仅热效率低，也严重破坏草原生态环境。为此，以高寒牧区低温沼气高效发酵为生产研发主线，通过生物调控技术，以及太阳能、风能与沼气优势互补，集成一套“八位一体”的高寒牧区可再生能源应用新模式，以改变高寒牧区能源利用结构，解决高寒牧区牧民的生活用能问题，为我国生态效益型的草地畜牧业发展提供一种全新参考。

关键词：高寒牧区；低温沼气发酵；可再生能源

引言

高寒牧区，海拔高，气候严寒，生活能源匮乏。牧民大多采用焚烧牛羊粪、灌丛和煤炭等可燃物的方式进行炊饮和取暖。这种传统的用能方式，不仅能源利用效率低，也严重破坏了牧区的生态环境[1]。近年来，我国沼气发展突飞猛进，以沼气为纽带的能源生态模式成为环境保护的重要措施，并逐步成为一些地区新的经济增长点[2]。高寒牧区生物质能、太阳能、风能等可再生能源丰富。但由于沼气池产气量与温度成正比，高海拔地区寒冷的气候条件，使得沼气的推广和应用受到极大限制[3]。因此，进行可再生能源互补优化的系统集成，对解决能源短缺问题，保护牧区生态环境，改变能源结构，实现高寒牧区的可持续发展具有重要意义。目前，对于低温沼气池的发酵技术，在保温增温方面，除了常见的保温技术，还出现了多种能源利用的方式：电热膜增温、太阳能增温、化石能源热水锅炉增温、沼气锅炉增温、太阳能联合沼气锅炉增温、

沼气锅炉余热增温、沼气发电余热增温、燃池式增温和地源热泵式增温等；在生物调控方面，也有许多学者对于培育优选低温菌种，添加促进剂等进行了系统研究[4]。在能源综合利用模式也进行了一些探究，典型的有北方“四位一体”生态农业模式[5]。但由于国内外的寒冷地区往往采用单一或其中几项技术，不能与高寒牧区的生产生活方式相适应、相配套，不能最大限度地发挥综合效益。本文以高寒牧区低温沼气高效发酵为生产研发主线，通过生物调控技术，以及太阳能、风能与沼气优势互补，集成一套“八位一体”的高寒牧区可再生能源应用新模式，为我国生态效益型的草地畜牧业发展提供一种全新参考。

1 “八位一体”模式结构

本文所构建的高寒牧区“八位一体”模式以沼气生产为纽带，集结了沼气池、暖棚、厕所、风力发电机、太阳灶、光伏板、水井、蔬菜园八个功能单元来构建高寒牧区低温环境下沼气高效稳定生产技术体系。其模式结构如图 1 所示。

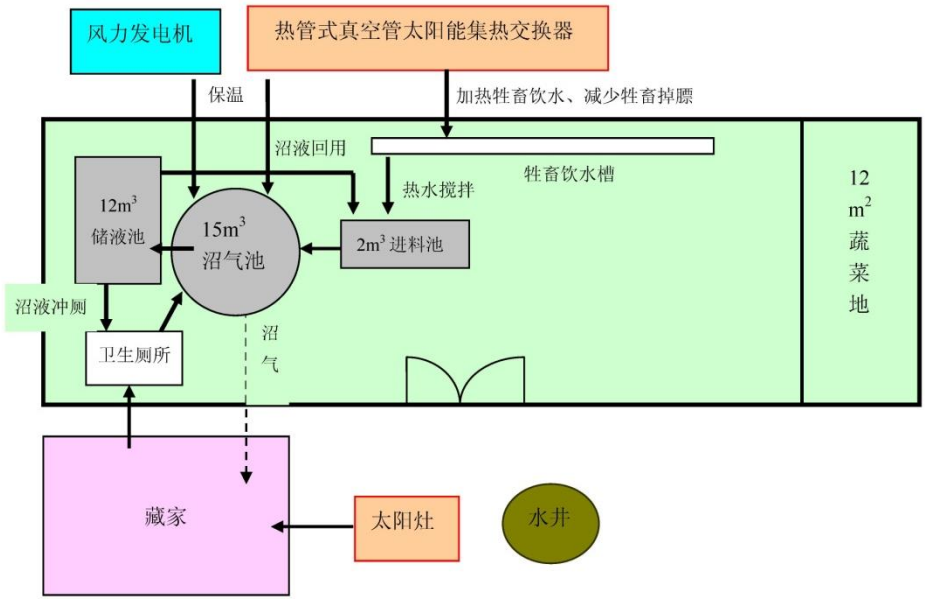


图 1 高寒牧区可再生能源利用关键技术集成创新与示范“八位一体”模式示意图

1.1 结构功能

与“四位一体”生态农业模式[5]类似，沼气池作为模式的核心，提供牧民生产和生活所需的沼气、沼液和沼渣。畜舍和蔬菜园是牧民的生产功能单元，与沼气池和厕所一起建在暖棚中，形成全封闭或半封闭状态。暖棚产生温室效应，以利于沼气池的发酵，促进牲畜和温室作物生长。此外，本模式中所涉及的风力发电机、光伏板和太阳能集热器等能量收集和转化装置，与沼气池共同构成能源系统，为牧民提供生产和生活用能。

1.2 能源的综合利用方案

被动用能方面，通过建筑布局和建筑构造等被动式的方式利用太阳能，采用适合高寒牧区的建筑保温工艺，对热工性能差的围护结构进行节能改造，减少热损失。

主动用能方面，生物质能、太阳能和风能是高寒牧区三大可再生能源。

（1）生物质能。生物质能主要来源于牲畜粪便、厕所和餐厨剩余物，通过发酵产生的沼气，沼液和沼渣。沼气提供牧民生活用的电能和热能；沼渣一部分作为肥料，供给蔬菜园，另一部分和沼液一起反施给草原，以提高草原肥力，增加牧草产量，保护草原生态。

（2）太阳能。太阳能通过暖棚、太阳能集热器、太阳灶和光伏板等设备进行能量的收集和转化。产生

的热能一部分作为采暖等生活用能，一部分为沼气池内的料液增温，还有部分用于加热牲畜饮水。产生的电力可供给部分生活用电。

（3）风能。风能通过风力发电机进行能量的转化，产生电力，和太阳能光伏板产生电力一起，通过蓄电池进行储能，供给牧民生活用电。此外，风力发电机夜间的富余电力可用来加热沼气池内原料。

2 技术关键

高寒牧区“八位一体”可再生能源应用模式的技术关键在于：

（1）通过沼气、太阳能、风能等可再生能源的综合互补优化利用技术系统集成研究，解决高寒牧区牧民生活用能，提高牧民的居住环境质量，改善生态环境；

（2）基于菌剂强化和助剂激活作用的沼气发酵过程的生物调控技术，从生物调控角度解决低温沼气发酵过程中产气低、产甲烷速率慢等问题；

（3）通过太阳能、风能与沼气发酵有效耦合，保证沼气发酵在低温环境下的稳定运行；

（3）利用厌氧发酵残余物，提高草地肥力、恢复退化草地植被。

其技术路线如图 1 所示。

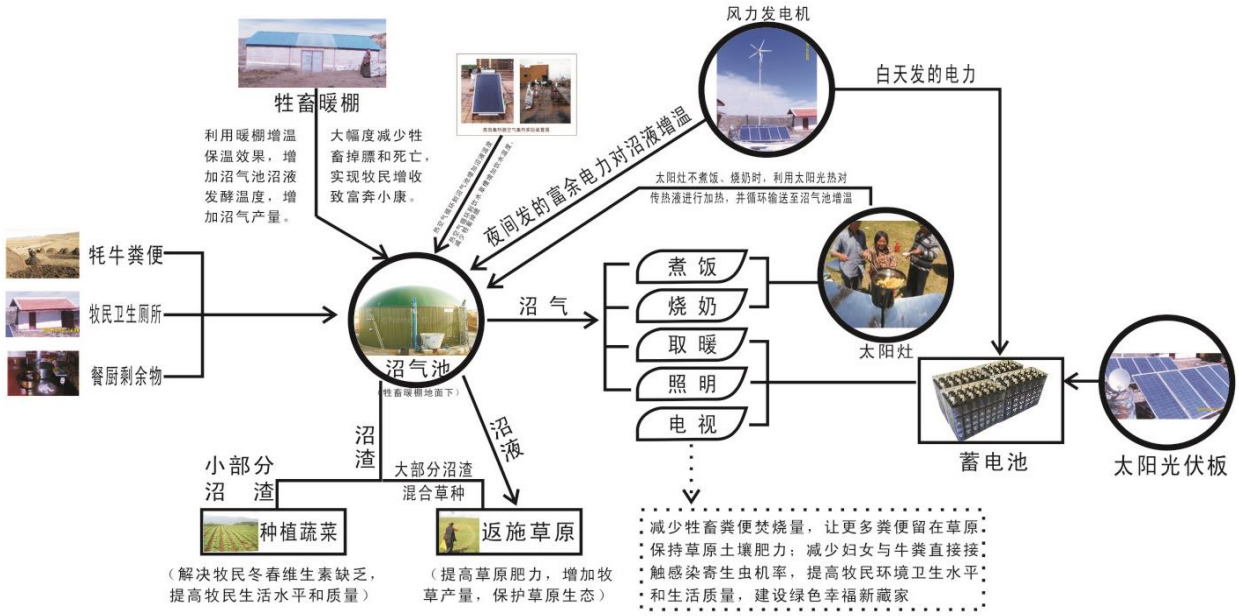


图 2 高寒牧区可再生能源利用关键技术创新与示范技术路线图

高寒牧区“八位一体”可再生能源应用模式采用了多种先进技术，包括沼气池池体保温和增温技术、太阳能光-热技术、风力发电技术、风光发电多能互补技术和多相流生物技术等。太阳能光-热技术、风力发电技术等技术是目前比较成熟的新能源应用技术，在此不作介绍。沼气池作为模式的核心，本文重点介绍针对沼气发酵提出的多相流生物技术[6]。

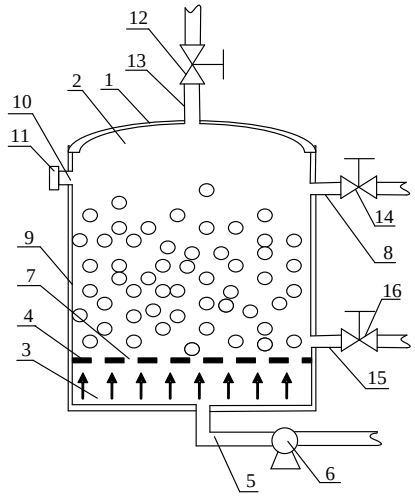
2.1 多相流生物技术应用背景

我国现有的沼气发酵技术常为静态发酵。静态发酵带料液发酵速度慢、分布不均、堵塞、堆积、空洞、进料和除渣困难等一系列问题。为解决此问题，国外的沼气工程多采用机械搅拌的技术[7]；国内也进行了初步研究，探索出自流进料、旋流布料、强回流搅拌、固菌成膜的动态连续发酵工艺[8]。

多相流生物技术是现代前沿的生物技术。生物化学领域，常见的是将流化床反应器应用于是废水处理和生物发酵。在流化床反应器内相间接触面积大、物料混合均匀、传热传质效果好。因此，将多相流引入沼气领域，能极大提高沼气池产气率。

2.2 多相流沼气池结构原理

多相流沼气池[6]利用流化床的传热、传质快、易于流动的特性，用沼液作流化介质，使生物质在流态化下发酵。能量与质量的传递速率大大提高，细菌繁殖和代谢大大加强。解决了物料分布不均、除渣困难、自动化控制和人工清理问题，有利于规模化。沼气池容量、产气率、生物质利用率、寿命等指标都有大幅度提高。实验测得多相流沼气池的单位容积产气率可达到 4~5m³/m³/天，提高沼气池产气率 2~3 倍，提高生物质利用率 20%左右，沼气池容量可达数万立方米，并能实现机械化和自动化，为实现沼气产业的规模化和高效率提供了关键技术。多相流沼气池结构原理如图 3 所示。



1. 沼气池本体，2.发酵间，3.水室，4.分布板，5.进水管，6. 水泵，7. 通孔， 8. 排水管，9. 防腐层，
10. 进料口，11. 给料机，12. 排气阀，13. 排气管，14. 排水阀，15. 出料管， 16. 出料阀。

图 3 多相流沼气池结构原理图

在本模式中，将围绕多相流沼气池，结合高寒牧区的环境条件，通过沼气生产、风力发电、太阳能光伏发电，太阳能空气加热器及太阳灶的耦合作用，研发出配套的增温保温技术。

3 预期效益

在经济效益方面：高寒牧区“八位一体”模式在采取暖棚保温、增加防寒保温处理的基础上，利用风力发电的富余电力和真空管太阳能集热交换器对池内沼液原料进行增温，保持池内沼液发酵温度，提高产气率，供给牧民清洁而充足的生活用能，实现可再生能源互补和综合循环利用。可再生能源替代焚烧牛粪煮饭、取暖，一方面减少了牧民购买、运输煤炭等生活能源的经济支出；一放面减少了牲畜粪便的捡拾量，有助于草原土壤肥力提高，从而增加草原牧草产量，减少牲畜冬春缺草造成的牲畜掉膘和死亡。同时，暖棚的温室效应也提高了牲畜和温室作物的生长，经测算年可为牧民户均增加收入达 2500 元以上，将为牧民增收奔小康奠定坚实基础。

在生态效益方面：可再生能源应用模式替代牧区传统用能模式，能有效减少牧区植被的砍伐量，降低因焚烧煤炭等化石燃料产生的温室气体的排放量；沼气发酵剩余的沼渣与牧草种子混合撒播到草原，能有效增加牧草产量和植被盖度，减轻草原退化，保护长江、黄河上游草原生态环境，增强草原防风固沙、涵养水源能力，以及草原的固碳能力，有助于构建长江、黄河上游草原生态屏障。

在社会效益方面：可再生能源的应用将大幅度减少牧民与牛粪直接接触感染寄生虫的机会，提高家庭环境卫生水平，减少妇女捡粪、晒粪等劳动时间和劳动强度，为牧民自我发展创造条件，改善牧区居民的精神面貌，促进牧区社会文明进步。冬春缺草是牧区牲畜死亡的重要原因。草原肥力提升，草地生产能力提高，能增强草原抵御自然灾害的能力。同时，结合牲畜暖棚的保温防寒效果，将大幅度减少牲畜冬春发

病、掉膘和死亡，减少了抗灾救灾的投入。利用沼渣在暖棚内种植蔬菜，丰富了牧民的菜篮子，有助于牧民健康生活。因此，社会效益十分显著。

4 结语

高寒牧区“八位一体”可再生能源应用模式以低温沼气高效发酵生产为研发主线，系统集成基于菌剂强化和助剂激活作用的沼气发酵过程的生物调控技术、沼气池保温技术、太阳能和风能互补耦联沼气池增温技术，构建高寒牧区低温环境下沼气高效稳定生产技术体系，为我国高寒牧区以及北方严寒地区沼气技术推广提供技术支撑。在促进农民脱贫致富、农业生产结构调整和农业与农村经济的可持续等方面都起到了重要作用。目前该模式还在初步研究阶段，有待通过实验进行进一步论证。

REFERENCES

[1] Y J Yang, C R L B, J X Li, et al. Introduction about traditional life using energy substitutes of Tibet [J]. Tibet’s Science and Technology, 2008, 8: 32−35

[2] S S Wu, Z J Yao, L Shen. Rural biomass energy utilization and measures of sustainable development in Tibet from low carbon perspective [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(7): 10356−10358

[3] G S Liu. The study on rate of gas production of biogas pool with temperature and warmth change [J]. Renewable Energy Resources, 2006, 6: 56−57

[4] L L li, Y Guo, N N Qin, et al. Progress in research on the biogas heating [J].Environmental Engineering, 2011, 29(4): 125−129

[5] J C Li, J J Qiu, T Z Ren, et al. Study on analysis of function and benefit of “Four in One” ecological agriculture mode [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2009, 30(3): 46−50

[6] Z M Lai. A multiphase flow biogas pool [P]. China: CN202157071U, 2012-03-07

[7] L W Deng, Z A Chen. The Current State of Biogas Engineering in Europe [J]. China Biogas, 2007, 5: 23-31

[8] L Qiu, L Y Wang, P Yang. Control of the dynamic fermentive technology of rural biomass project [J]. Renewable Energy Resources, 2005, 1: 47-49

【作者简介】



[1] 谭玲（1991-），女，民族，在读硕士研究生，研究方向为节能技术。
Email: sunnytling@gmail.com

[2] 李洪泉（1967-），男，汉族，硕士，研究员，研究方向为畜牧生态。

[3] 赖泽民（1957-），男，汉族，硕士，高级工程师。

[4] 余南阳（1961-），男，汉族，博士，教授，现主要研究方向为节能技术。Email: rhinos@126.com