



大中型沼气工程现状与未来趋势

农业农村部沼气科学研究所 王登山

2019.11 南京



农业农村部沼气科学研究所

Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

大中型沼气工程现状与未来趋势

Contents 目录

01

取得世界瞩目的成就

02

发展中的困惑及应对

03

未来政策导向

04

发展趋势及建议



农业农村部沼气科学研究所
Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

01

取得世界瞩目的成就

国家领导高度重视 | 工程数量大幅增加 | 保障能力和社会效益显著



习近平总书记

在中央财经领导小组第十四次会议上指出

以沼气和生物天然气为主要处理方向

以就地就近用于农村能源和农用有机肥为主要使用方向

力争在“十三五”时期基本解决大规模畜禽养殖场粪污处理和资源化问题



2008-2017年



中央预算内投资

2017年末



建大中型沼气工程



年产沼气量

摘自《2017年度全国农村可再生能源统计汇总表》

沼气转型升级

2017年已初步建成65座生物天然气及特大型沼气工程，年产生物天然气约5亿M³

创新试点

创新建设组织方式、发挥规模效益、利用先进技术、建立有效运转模式等

四个转变

- ✓ 由主要发展户用沼气向规模化沼气转变
- ✓ 由功能单一向功能多元化转变
- ✓ 由单个环节项目建设向全产业链一体化统筹推进转变
- ✓ 由政府出资为主向政府与社会资本合作转变



山东民和
年产1500万M³生物天然气

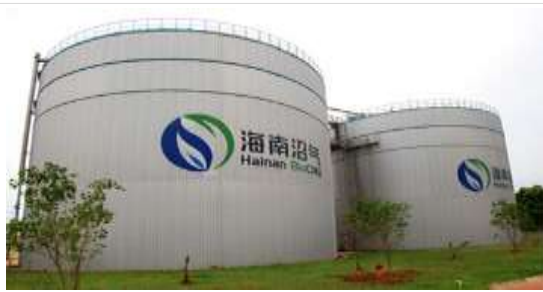


中广核呼图壁
年产800万M³生物天然气



四川荣县
年产400万M³车用压缩天然气

- 建设单位与养殖场第一次分离，大型能源企业和投资集团进入农村畜禽粪污和有机废弃物能源化利用市场。
- 畜禽粪污、秸秆成为商品和资源进入市场流通，沼气工程原料成本不可控、原料保障不可控。
- 规模以天然气10000m³/d为起点，追求工业化规模效应，规模效应与农村自然资源承载力的矛盾日益突出。
- 沼渣沼液总量巨大，如何长期稳定经济地处理利用成为工程成败的基础，经济效益的重要来源。
- 农业对沼渣、沼液等副产品的接受性不足，市场需加快培育



建设单位均为实力雄厚的工业企业，但与原料归属分离，与消纳土地分离

不同模式沼气工程百花齐放

取得世界瞩目的成就



能源--环保处理模式
保护绿水青山



能源--生态处理模式
就地就近种养循环



特大型沼气发电上网工程



“猪沼果”“四位一体”等农村田园综合体处理模式

在相当长的时间里，沼气工程建设与中国畜禽养殖和种植业发展相适应
因地制宜发展沼气，作为传统能源的有效补充，合理的技术应用模式促进了技术进步和推广，取得了较大的成就

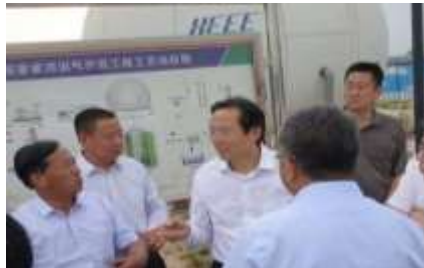
增强了
能源安全保障能力



推动了
农业发展方式转变



助力了
乡村振兴战略实施



促进了
农村生态文明建设





增强了国家能源安全保障能力

2017年

畜禽粪便

秸秆

生活垃圾

近**1.9** 亿吨

沼气年生产能力达到**23**亿M³（不含户用）



全国天然气消费量的**1%**



约**200** 万吨标准煤

摘自《2017年度全国农村可再生能源统计汇总表》

推动了农业发展方式转变



有效解决了畜禽粪便乱排放



减轻了化肥农药过量施用造成的面源污染



促进农业绿色发展



产业兴旺

重点

作为纽带，实现种养循环，促进种养业绿色发展



生态宜居

关键

为农村生产、生活有机废弃物提供厌氧解决方案，助推农村人居环境改善



乡风文明

保障



治理有效

基础



生活富裕

目标



党的十九大报告：建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计 沼气工程建设将为生态文明建设提供更有力的支撑

《经济参考报》记者先后深入四川6个市州17个县(市、区)实地调研了解到，四川连续50年坚持办沼气，不仅在推进农村能源革命方面发挥了巨大作用，而且在新时代对推进农村厕所革命、生态环境革命，也发挥着不可估量的作用，对全国绿色发展、生态文明建设等方面均具有重要意义。



中国沼气技术沿“一带一路”走向世界

取得世界瞩目的成就



沼科所成立四十年来，依托联合国粮农组织认定的FAO培训参考中心
为“沼气外交”提供了中国技术和方案



与100多个国家
建立合作关系

举办120期
国际培训班

培训130多个国家
3000多名学员



老挝第一口户用池点火成功



农村能源发展战略规划
部级官员班



国际学员实践沼气池建设



中国援建坦桑尼亚沼气工程



农业农村部沼气科学研究所
Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

02

发展中的困惑及应对

发展中的困惑 | 亟需普及基本知识 | 现状分析 | 技术观点



普遍现象	调查现状	技术观点	市场观点
● 大部分国民对现代沼气生产技术和利用方式的认知停留在户用沼气池 ● 没有真正认可和接受沼气技术	● 大中型沼气工程闲置率、废弃率高，有效利用率低 ● 生物天然气工程建成使用率偏低，稳定运行难度极大	● 大中型沼气工程寒冷季节和低温条件下不产气，没有用 ● 大中型沼气工程产生沼渣沼液量大，在解决畜禽粪污、秸秆等有机废弃物资源化利用上收效不明显	● 农村生产生活方式转变，已经不需要沼气，也不需要建设沼气工程。 ● 沼气工程没有经济性，不能脱离补贴长期运行



- ✓ 厌氧发酵是指有机物质（如畜禽粪污、秸秆、尾菜、污水、有机垃圾等）在一定的水分、温度和厌氧条件下，通过各类微生物的分解代谢，最终实现有机物充分降解，生成甲烷和二氧化碳等可燃性混合气体的复杂的生物化学过程
- ✓ 厌氧发酵技术广泛应用于固体、液体有机废弃物无害化处理，是畜禽粪污、生产生活污水、秸秆、餐厨废弃物、生活垃圾等无害化处理的关键环节
- ✓ 户用沼气是最为人熟知和认可的厌氧发酵技术应用，但不是厌氧技术的唯一应用途径



粪污堆肥厌氧堆沤



污水达标处理厌氧工序



大型沼气发电及生物天然气工程

大中型沼气工程是高效利用还是闲置废弃,关键取决于 是否给建设业主带来经济效益,或影响切身利益

案例一：成都某养鸡场因沼气工程稳定运行效果良好，避免因环保关门，同时发电完全满足生产需求，形成良性循环。

案例二：成都某餐厨废弃物处理单位，采用高温厌氧沼气+达标处理（三级）工艺处理脱油废水。沼气可替代天然气消耗，同时厌氧处理后废水COD大幅降低70%，降低了后续好氧达标处理难度和成本。业主积极推广。



青白江源聚养鸡场粪污处理沼气发电工程（建成14个月，平均每天运行12小时，维护良好）

现状分析：沼气工程闲置废弃率存在明显差异

发展中的困惑及应对



沼科所对开展技术支撑的2015-2016年云南大中型沼气工程项目回访调查

工程正常运行19家，占比达82%

2015-2016年云南沼气工程项目运行情况汇总

序号	项目名称	地方验收	时间	沼气用途(发电/供气/热水)	厌氧发酵容积(m³)	是否正常运行	运行状况备注	异常原因
1	雷兰石林	通过		发电、供气、锅炉、食堂用气	1000	正常	目前未向农户供气，锅炉、食堂用气正常	未供气是因为村子里无人管理
2	景谷顺远	通过	2016.3	供气	800	正常运行	正常运行	
3	万谷永坤	通过	2017.2	供气、热水	800	正常		
4	西畴惠牧	通过		发电、生活用	1000	是	正常	
5	永胜宏德	通过	2016.12	烧锅炉	800	是	正常	
6	红河红枫	通过		发电、供气	18000	食堂用气正常，检修发电机组	2000	猪存栏数只有1.4万左右，发电机银气缸问题
7	昆明金水优	通过		发电及烧锅炉	1000	是	正常	发电机不正常业主改为烧锅炉保温
8	泸西牛丰	通过	2017.11	发电、热水	2000	检修	0	连续操作，液液分离器支架断裂
9	峨山鑫农鑫	通过	2017.11	供暖保温	1000		正常	
10	普洱顺发	通过	2017	烧锅炉	500	是	正常	
11	麻栗发神农	通过	2017.9	发电	800	是	正常	
12	德宏任远	通过	2017.11	发电、锅炉、食堂用气	1000			
13	凤庆洛党	通过		发电	1500	正常运行	专人管理、运行良好	
14	个旧中红	通过	2018.9	保温、生活用	1000	否	没有原料	
15	建水和源	通过	2018.3	发电、热水	1000	正常	500m³/d	
16	昆明荣盛	通过		发电	1200	是	正常	
17	文山万道香	通过	2017.12	发电、生活用	1000	是	正常	
18	寻甸兴平	通过		发电	2500	是	正常	
19	宣威吉隆			发电	1000	是	不正常	产气不正
20	盈江浦盈	通过	2017.10	发电、锅炉、食堂用气	1000	正常	目前运行正常	管理人员变更
21	峨山源天	通过	2017.11	发电、供气	1500	食堂用气正常，检修发电机组	600m³/d	猪存栏数减半
22	沾益九往	待验收		发电	1500	是	正常	
23	寻甸振坤	通过		发电	1000	是	正常	发电机不正常

技术观点一：沼气工程不应存在低温条件

- ✓发酵工艺条件：高温55℃，中温35℃，常温20℃，这是沼气工程应该保障的温度！不应出现低温
- ✓设计时通过严格的能量衡算保证极限环境温度下工艺温度稳定：良好的保温和合理的增温！
- ✓施工时严格按照设计要求施工，保证保温质量。德国沼气工程冬季极寒条件下保持稳定运行。



在气温最低的1月,原料化冻升温及厌氧消化罐增温保温,需最大热量为 $Q=Q_{\text{原料}}+Q_{\text{厌氧}}=43.99165-408.99\text{GJ/d}$
发电余热所能回收的总热量 $Q_{\text{余热}}=424.274\text{ GJ/d}$
 $Q_{\text{余热}}-Q=15.28\text{GJd}$,折合636MNJ/h,约0.42t前述60℃热水。

以上计算中考虑换热效率和热损失,系数为0.7,未考虑生产生活暖通供给。

通过电热水锅炉或沼气锅炉进行补偿,补偿量根据最终暖通需求进行核算。

吉林省榆树市特大型生物天然气及发电上网工程雪季稳定产气发电（3MW）

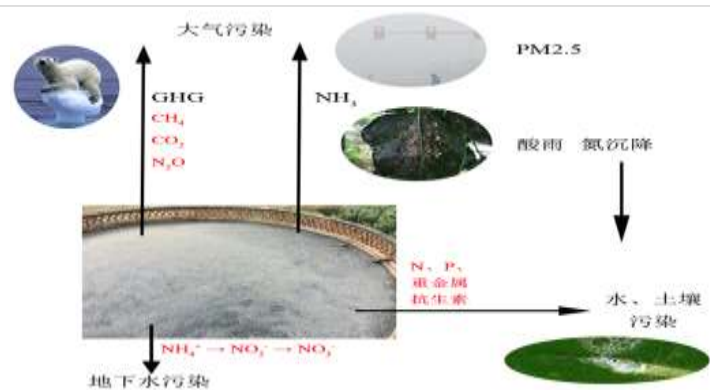
沼渣
分离难

沼液
利用难

稳定
运行难



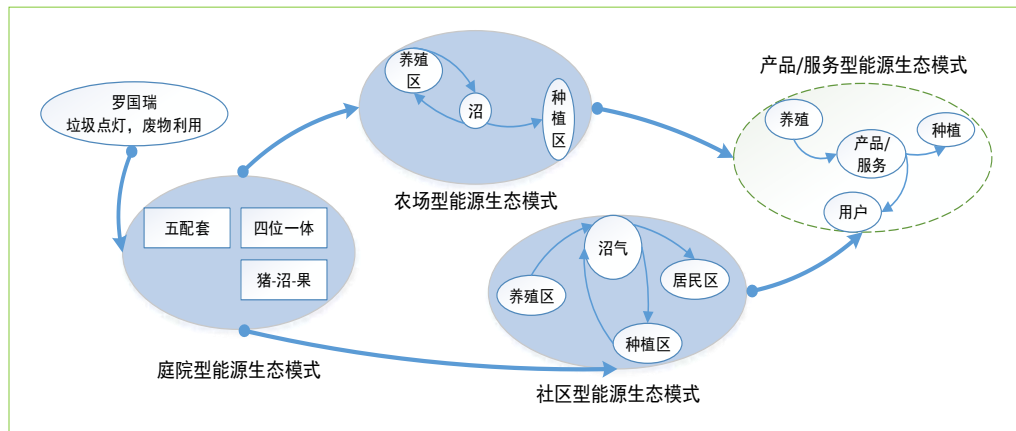
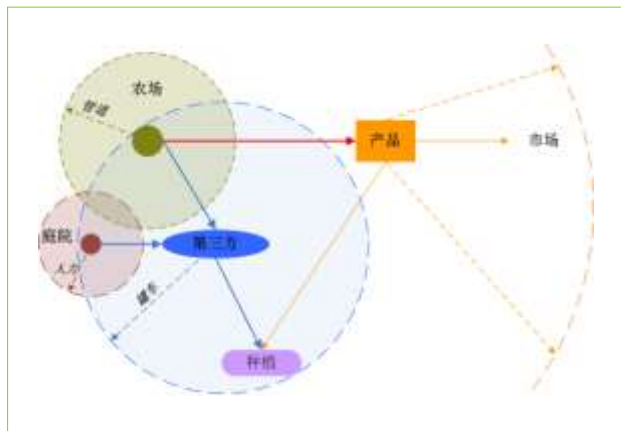
- 高悬浮物、黑褐色液体
- 物质组成受原料和发酵条件的影响，变化较大
- 不方便运输，环保隐患多



- 体量大、氨氮浓度高
- 相对于肥料而言浓度低；相对于废水而言浓度高
- 不利于储存，储存过程养分减少

打通种养循环之路，解决沼渣沼液处理利用难

发展中的困惑及应对



沼气工程应在农业微循环(家庭)、小循环(农场)、中循环(乡镇)和大循环(县域)中合理规划定位
发挥纽带作用促进种养循环，满足土壤承载力要求，根本解决沼渣沼液出路



沼渣沼液处理利用是沼气工程应直面解决的难题，需要在政策引导下，用技术和市场手段解决技术上应面向需求，大力协作开展技术创新，攻关克难，尽快解决沼液这个重中之重

沼液
减量化技术

沼液回流工艺
干发酵工艺

沼液
无害化技术

低成本运行的
沼液达标处理工艺

沼液资源化
利用技术

沼液肥生产输送利用技术
及沼液功效判定

**沼气工程技术关注点在产气率之外
应尽快取得产业链“卡脖子技术”的突破**



TS（15~35%）的干发酵技术研究处理鸡场、牛场粪污

干发酵工艺使发酵浓度TS达到15~30%，与传统厌氧发酵工艺（TS低于12%）相比，沼液产生量最多可降低60%，适用于产生污水较少的鸡、牛等粪污处理。如适当调节鸡牛粪与秸秆的比例，可实现无沼液产生，沼渣制有机肥，养殖场粪污全部资源化利用。开发完善适合中国的干发酵工艺和装备！！



牛粪干发酵实验装置



车库式干发酵装置

重点解决：

原料流动性差、进出料困难
氨氮累计、酸化对产甲烷抑制严重
解决发酵时间长，效率偏低问题

短程硝化-厌氧氨氧化技术(高氨氮污水“红菌”自养脱氮技术)处理废水、沼液

- 沼气所经实验室和中试研究，处理污水水质氨氮含量达 2500~3500 mg/L，最大负荷达 $5.4\text{kg-N}/\text{M}^3/\text{day}$;总氮去除率 $>70\%$ 。
- 适用于每天产生污水较多的猪场污水厌氧处理，使沼液回流周期延长1倍,针对不同养殖场粪污处理，沼液产生量可减少25~50%。

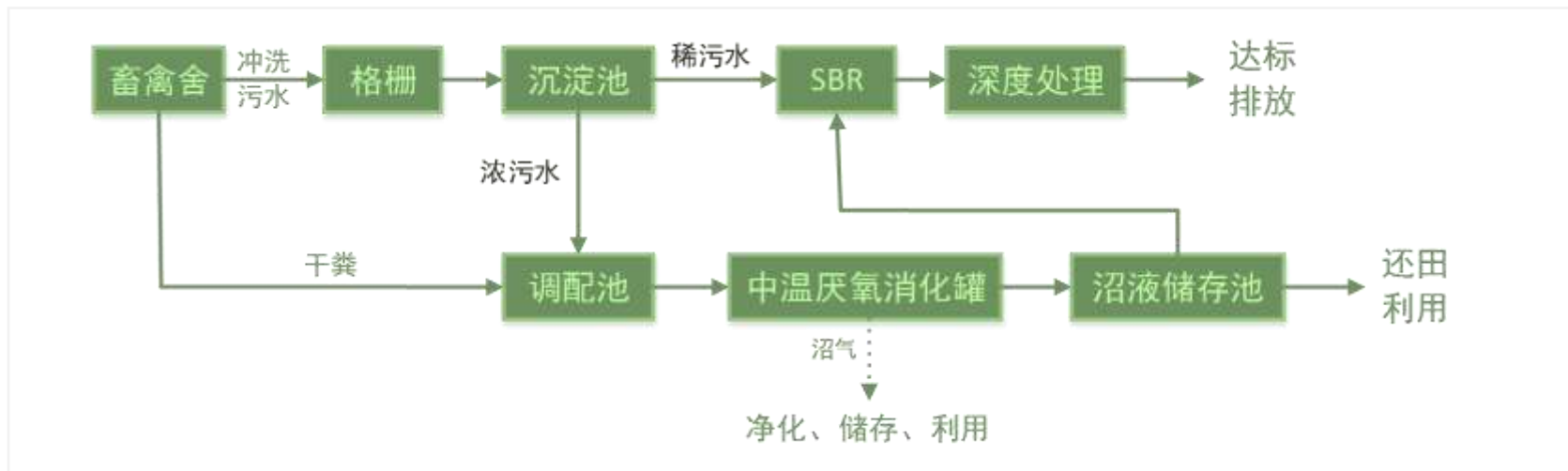


20M³反应器已用于四川眉山某养猪场100t/d污水处理



低成本沼液达标处理工艺，养殖场污水和沼液无害化处理:

- 适合中低浓度畜禽粪污处理与资源化利用的第三代厌氧-好氧处理工艺，通过沼液原水回流，实现厌氧-好氧处理系统碳源、碱度与加热能量自平衡，避免外加碱液，大幅降低运行成本，处理效率高。
- 适合于有严格环保要求的生猪养殖场或奶牛养殖厂，对经过干湿分离的污水进行处理。

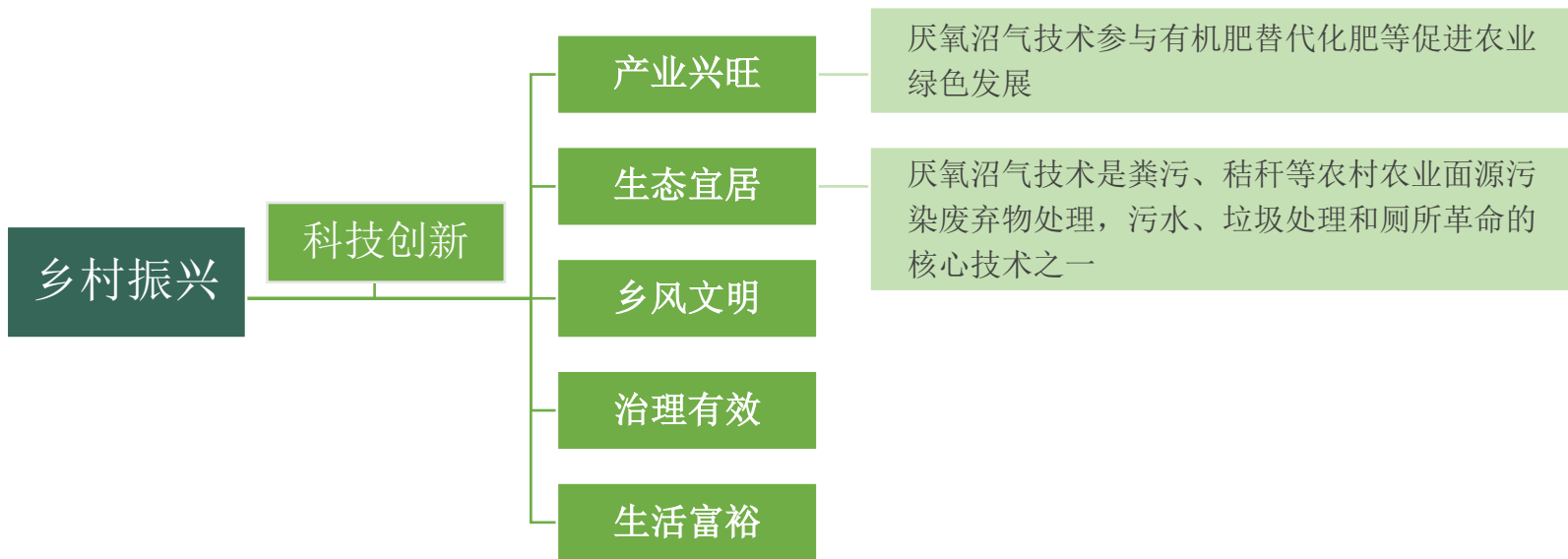


市场观点一：乡村振兴战略下 沼气技术大有可为

发展中的困惑及应对

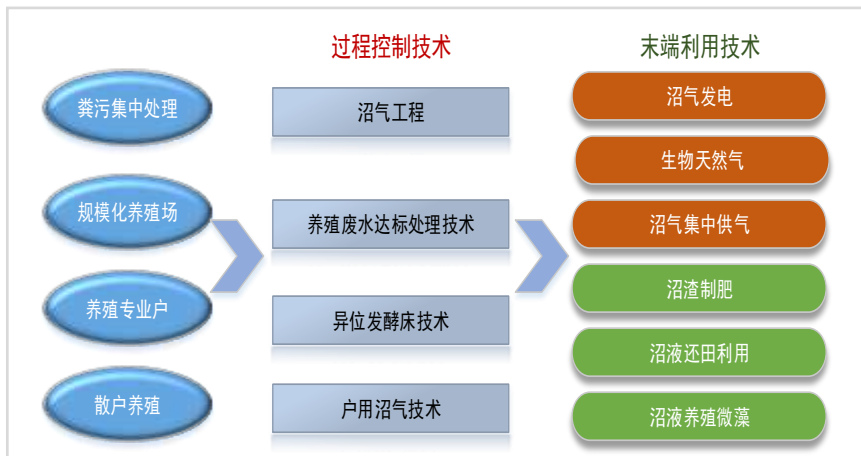


党的十九大明确提出实施乡村振兴战略，加快推进农业农村现代化
厌氧沼气技术迎来更广阔的战场，应努力成为乡村环境整治和生态宜居建设的主力军
同时寻求解决沼渣沼液利用的有效途径





- 针对不同规模畜禽粪污处理的需求，厌氧技术作为纽带与多种技术协同，可以形成多途径、全面的畜禽粪污处理利用技术体系，为“整县推进畜禽粪污资源化利用”提供科学的解决方案和技术支撑
- 因地制宜建设大中型沼气工程仍是粪污集中处理和规模化养殖场粪污处理的最有效方式



- 习近平总书记在中央财经领导小组第十四次会议上要求普遍推行垃圾分类制度，进行减量化、无害化、资源化处理
- 国家发改委、住建部《生活垃圾分类制度实施方案》发布，要求全国46个城市先行实施生活垃圾强制分类，2020年底，包括厨余等易腐垃圾的回收利用率达35%以上。分类回收后的有机垃圾需要有效处理利用
- 厌氧沼气技术是处理有机垃圾废弃物有效手段之一，具有无添加、可再利用、建设和运行费用低的独特优势





沼气工程长期受以下因素制约 成本与收益无法预期，经济性差

- 生产所需原料具有多重属性：废弃物、生产资料、农户私有财产，价值与价格确定依据不定；
- 生产原料没有确定的交易途径和规则；
- 原料交易对象是中国最广泛最基层的农业农村农户，不是传统的市场经营主体；
- 沼气及其衍生产品，包括电及生物天然气，缺乏确定的交易途径和规则
- 沼气工程长期在市场化运作与公益性行为的矛盾中发展，无法象污水处理厂、垃圾填埋场等类似工程根据成本议价。



个人观点

在政策引导和短期扶持下，
明确畜禽粪污、秸秆等生产原料属性和处置规则，
明确将沼气工程定位为环保产业和新能源产业的混合体，
通过技术创新控成本，市场机制调价格，多管齐下建立沼气（生物天然气）产业链规则和产业发展规划，按市场规律办事。



农业农村部沼气科学研究所
Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

03

未来政策导向

国家发展改革委 | “十三五”规划的指导思想 | 国家能源局综合司



01.国家生物质能发展“十三五”规划

发展目标

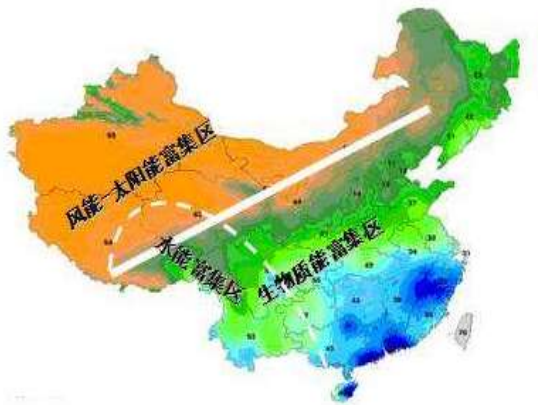
到2020年，沼气发电50万千瓦；生物天然气年利用量80亿立方米

发展布局

大力推动生物天然气规模化发展 到2020年，初步形成一定规模的绿色低碳生物天然气产业，年产量达到80亿立方米，建设160个生物天然气示范县和循环农业示范县

建设重点

推动全国生物天然气示范县建设，加快生物天然气技术进步和商业化，建立县域生物天然气开发建设专营机制，建立健全产业体系





02.全国农村沼气发展“十三五”规划

指导思想

加快规模化生物天然气和规模化大型沼气工程建设，大力推动果（菜、茶）沼畜种养循环发展，巩固户用沼气和中小型沼气工程建设成果，促进沼气沼肥的高值高效综合利用，实现规模效益兼顾、沼气沼肥并重、建设监管结合，开创农村沼气事业健康发展的新局面，为建设农村生态文明、转变农业发展方式、优化国家能源结构、改善农村人居环境作出更大的贡献

发展目标

沼气规模化水平显著提高。新建规模化生物天然气工程 172 个、规模化大型沼气工程 3150 个，认定果（菜、茶）沼畜 循环农业基地 1000 个，供气供肥协调发展新格局基本形成。



03.中央财经领导小组会议



2016年12月
中央财经领导小组第十四次会议

加快推进畜禽养殖废弃物处理和资源化利用，要坚持政府支持、企业主体、市场化运作的方针，以沼气和生物天然气为主要处理方向，以就地就近用于农村能源和农用有机肥为主要使用方向，力争在“十三五”时期，基本解决大规模畜禽养殖场粪污处理和资源化问题。

2018年4月2日
中央财经委员会第一次会议

要调整能源结构，减少煤炭消费，增加清洁能源使用。要调整农业投入结构，减少化肥农药使用量，增加有机肥使用量。



04.农业农村部

■ 将畜禽养殖废弃物处理和资源化作为农业面源污染治理的重中之重

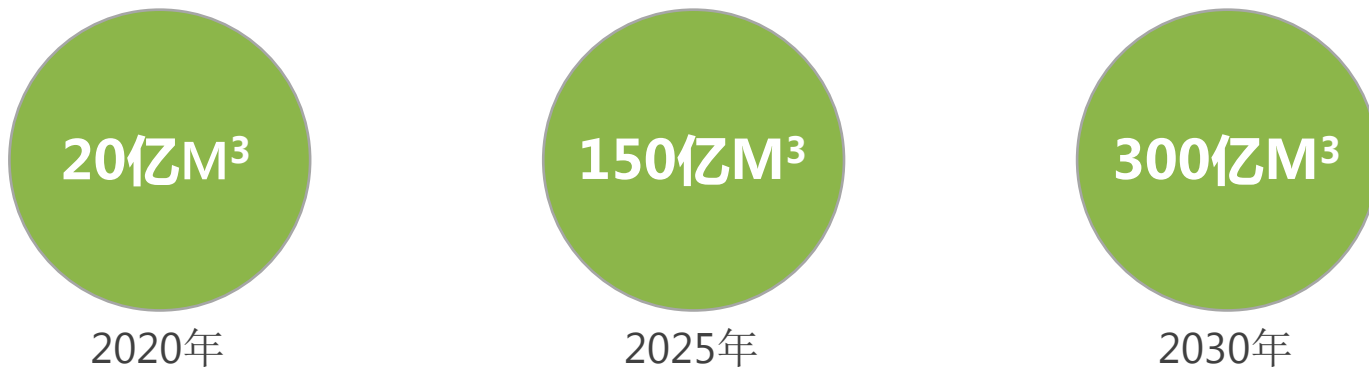
坚持问题导向，按照一年试点、两年推广、三年大见成效、五年全面完成的目标，着眼规模养殖场、养殖大县、制定标准、依法治理和督促检查，全力以赴抓好畜禽粪污处理和资源化工作

■ 提出了“一控两减三基本”和**五大绿色发展行动计划**



05.国家能源局综合司《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》

中国的生物天然气年产量



分别相当于**606**、**4545**和**9090**个日产1万方生物天然气项目



06.国家发改委签署发布29号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》

农村可再生资源综合利用

农作物秸秆综合利用

生物质能工程和设备等与沼气相关的产业全领域

进入鼓励类目录

2018年，中国天然气对外依存度已达到44.3%

2030年，天然气需求将达到6000亿M³，缺口约3000亿M³

生物天然气是减少对外依存度

解决北方地区冬季清洁供暖的重要手段



农业农村部沼气科学研究所
Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

04

发展趋势及建议

德国发展启示 | 未来发展趋势及建议 | 适应现代农业发展需求

德国沼气工程发展经验启示

未来发展趋势及建议



德国现有建成的沼气工程已超过1万个，发酵容积多为5000m³以内，95%以上发电上网并盈利，7-8年收回成本。

德国是沼气工程建设质量和运行效果是全世界最好的国家

除了技术和装备因素

更重要的是政策与市场。

启示1

健全相关法律、政策体系

当前我国可再生能源立法比较分散，体例结构不够完善，涉及可再生能源的具体内容也较少。我国《可再生能源法》2006年颁布，2009年底出台了修正案，十年未修订过

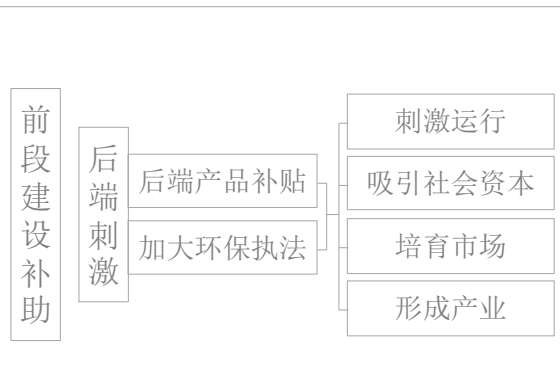
启示2

立足国情发展沼气工程

根据农村人均耕地资源、畜牧业发展状况发展不同规模的沼气工程，首先解决当地生产生活的需求，其次进一步发展为城市输送能源。适度规模，确保原料供给，确保产品（气、肥、电）出路。

启示3

转变建设补助方式





个人观点

➤ 沼气技术和沼气工程未来发展应面向的主战场：乡村振兴战略

党和国家高度重视实施乡村振兴战略，强调以“绿水青山就是金山银山”理念为指引，开展农村环境整治，建设美丽宜居乡村，保住绿水青山，促进绿色高品质循环农业发展，收获金山银山。实现农业强，农村美，农民富。

➤ 沼气产业定位：环保产业和新能源产业构成的生态产业

十九大报告指出“加快建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。”坚持产业生态化，生态产业化的发展方向。沼气工程处理畜禽粪污、秸秆等废弃物，应响应国家关于环保产业的相关政策导向；沼气工程最终产品沼气、生物天然气属于国家新能源产业的相关规划。

➤ 沼气工程发展趋势：强化环保工程市场属性，遵照新能源行业发展规划



现代农业发展需要物化生产要素的大规模增量投入，劳动力资源向人力资本转变。沼气行业为适应现代农业发展需求，应在观念上进行深层次转变

- 从低成本、低收益认知，转变为技术密集型、资本密集型产业化概念
- 从传统的生活能源供给，转变为现代农业产业能源供给
- 从单一的循环农业纽带，转变为实现农业多功能性的整体解决方案



规模化畜禽养殖场粪污资源化利用需要厌氧沼气技术做纽带

未来发展趋势及建议



沼气技术应用目的

开展粪污资源化利用
促进种养循环

工程建设单位

养殖场
有机肥生产企业

技术需求

选择粪污处理装置类型、规格
用技术规范保障处理能力与养殖规模匹配



大部分生猪、肉牛养殖场

建设厌氧发酵池、污水贮存池等设施，污水肥料化



部分生猪养殖场

建设异位发酵床，利用垫料和微生物进行发酵分解处理粪污



蛋鸡、肉兔、肉羊养殖场

建设储粪场，采用固体粪便堆肥利用方式处理粪污



肉鸡养殖场

采用粪污全量收集还田利用的方式处理粪污。

规模化生物天然气和沼气发电上网工程以新能源高产出为目标



沼气技术应用目的	工程建设单位	技术需求	整体规划设计
开发新能源 区域性粪污处理中心	大型能源企业 和投资集团	高质量厌氧沼气技术体系， 突破现有试点项目技术瓶颈 （稳定产气效率、沼液三化 处理技术）	原料保障稳定 产气效率高 沼液消纳利用好

抓住环保产业发展对厌氧沼气技术的需求

未来发展趋势及建议



沼气技术应用目的

降解有机质
提供新能源
降低达标处理成本



工程建设单位

市政及环保行业



城市垃圾分类后
有机垃圾处理需要沼气发酵技术

技术需求

在污水、餐厨、污泥等达标处理工艺中增加厌氧沼气工程，强化厌氧段，确保达到环保标准要求



餐厨、污水、垃圾等
处理增加厌氧沼气技术



完善沼气工程 相关机制与政策	因地制宜 科学合理规划布局	走“沼气工程+” 融合发展之路	立足技术创新 重视技术储备
1. 坚持政府支持、企业主体、市场化运作的方针 2. 将生物天然气和沼气纳入政府能源和生态战略 3. 以新发展理念推进沼气和工程建设和运营市场化 4. 财政资金前段补助转变到后端刺激 5. 建立原料多元化的政策保障体系 6. 建立生物天然气配额制度	1. 因地制宜，适用不同建设方案和模式 2. 根据原料和销路情况适度规模发展沼气和工程 3. 经济可行和技术方案同等重要	沼气和工程建设应紧跟国家重大需求，紧跟时代潮流，不断与时代热点相融合，如“沼气和+PPP”“沼气和+三产融合”“沼气和+互联网”“沼气和+公厕”等多种发展新路径。 1. 沼气和工程与农村人居环境治理深度融合 2. 将沼气和工程的厌氧技术和环保产业紧密结合 3. “沼气和工程+物联网和区块链技术”使后端产品补贴成为可能	充分利用各种形式的废弃物，研发基于不同发酵材料的沼气和工程，例如固态粪便与秸秆混合发酵，液体粪便与秸秆的混合发酵，生活污水处理的污泥沼气和工程等。为了充分利用沼气和发酵过程中产生的余热及解决沼液沼渣$\text{NH}_4^+\text{-N}$过量及运输问题，研发利用余热生产固体沼渣有机肥及脱氮技术，确保农田施肥安全。

谢谢大家



农业农村部沼气科学研究所
Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs