



中德生物天然气先进技术战略联盟项目成果

中德生物天然气先进技术战略联盟项目经验总结报告 —— 设计阶段总结报告 & 沼气行业技术、政策及标准建议

一、项目整体工艺介绍.....	1
二、设计阶段总结报告.....	3
2.1 关于秸秆原料利用设计及总结	3
2.2 关于秸秆原料进料方式优化设计及总结	4
2.3 关于发酵罐尺寸优化设计及总结	6
2.4 关于发酵罐采暖方式优化设计及总结	9
2.5 关于沼气工程防爆区域划分设计及总结	11
2.6 关于沼气脱硫工艺优化设计及总结	14
2.7 关于沼气厂安全防火间距设计及总结	15
2.8 关于沼气厂安全通风换气设计及总结	18
2.9 关于物料粘度监测设计及总结	19
2.10 关于示范项目自控理念设计及总结	21
2.11 发酵罐物料固液分离前热能回收优化设计及总结	22
2.12 关于沼气厂整体供热系统设计及总结	24
2.13 关于沼气厂物料泄露安全防护设计及总结	25
三、沼气行业技术、政策及标准建议	26
3.1 中国沼气行业发展技术篇	26
3.2 中国沼气行业发展市场运营篇	43

一、项目整体工艺介绍



中德生物天然气先进技术战略联盟项目，受德国联邦经济合作与发展部（BMZ）和中国农业农村部（MOA）委托，德国国际合作机构（GIZ）联合智康格罗斯曼工程设计咨询有限责任公司（GICON）、赢创特种化学（上海）有限公司（EVONIK）以及冰得集团（BINDER）于 2018 年 6 月正式开始实施该项目合作。

项目将推广德国先进技术，安装和测试先进的监控系统，提供实时输出数据给农业部，从而为标准、规范和激励措施等的制定与调整提供基础；项目执行期间同时制定政策建议、标准和进行能力建设，提高利益相关方的意识，扩大项目的影响力。



图 1-1：中德生物天然气先进技术战略联盟项目试点工厂运营方式图

项目位于内蒙古乌兰浩特市科右前旗现代农牧业园区，主厂区占地面积 13580 平方米，计划建设 3 座厌氧发酵罐，罐体直径 18.5 米，高 18.5 米（单罐容积 5000 立方米）；购置成套厌氧发酵设备、2500 立方米独立双膜气柜以及 10000 立方米/天沼气膜提纯设备。

项目处理的主要原料包括农作物秸秆、猪粪污等有机固体废弃物，农作物秸秆以及猪粪污通过配比调质后送入 CSTR 厌氧发酵装置，厌氧发酵产生的沼气主要用于三级膜提纯制成生物天然气供给养殖场，沼渣沼液经过固液分离后，固

体部分经过好氧腐熟后作为有机肥料，并制作水稻育苗基质；液体部分通过深度处理后制成液态有机肥以支持中以合作高标准农田的建设，最终用于种植有机水稻及有机果蔬等高端农产品。

项目建成后可年处理养殖场粪污 14.6 万吨、农作物秸秆 1.35 万吨，可年产生物天然气 350 万立方米，年产固态有机肥 1 万吨，项目运行关键指标如下：

-  总效率达到**90%**，生物甲烷产量高于**10,000m³/天**
-  高环保标准：无二次污染
-  国际水准的自动控制系统：运营人员不超过**3人**
-  甲烷损失低，废气中的甲烷含量不超过**1%**
-  生物甲烷项目正常运行时间超过**8,000小时/年**
-  生物甲烷浓度高于**97%**
-  容积产气率达到**1.2m³/m³**

二、设计阶段总结报告



本项目由德国智康公司负责核心厌氧发酵部分的工艺包设计，对于具有多年沼气领域设计施工运营经验的德国智康公司而言，中德生物天然气先进技术战略联盟项目的工艺设计原则是：先进性、安全性、高效性、稳定性、可持续性 & 高度自动化要求。目前已经完成项目的详细设计工作，主要包括物料平衡、能量平衡、介质列表、工艺详述、阀门列表、执行机构列表、厌氧部分平面布置、管道及仪表图、防爆区域划分、危险区域评估、混凝土/防腐/保温技术要求、主体设备选型、工艺管道及设备布置、电气及仪表清单、自控系统理念、自动控制详细要求等和工艺设计相关的技术文件及图纸的编制，根据德方的设计文件和设计理念，从本项目原料处理、总图布置、沼气生产、能源节约到产品利用，我们进行了设计阶段相关的经验总结工作。

2.1 关于秸秆原料利用设计及总结

目前欧洲相当大部分的沼气厂均采用能源作物作为沼气厂原料，因为德国提供的沼气运行补贴，沼气厂厂长会采用发酵效果更好的原料来生产沼气，进而发电并网或者提纯为生物天然气。

对于青贮玉米原料而言，这种原料一般为玉米整株粉碎青贮后提供给沼气厂使用，干物质浓度一般为 30%-40%，这类原料含水率较高，青贮过程已经完成了部分的水解酸化过程，产气速率快、产气效率高；而中国则是利用收获玉米后的秸秆作为发酵原料，相当于玉米的附属产物，所以更加接近于废弃物处理，而非利用能源作物多产沼气为目标。

这种情况在中国也应对不同地域区别对待，目前中国的沼气项目均为建设补贴，而秸秆收购的成本相对较高（尤其是在内蒙地区——养殖业较发达，可以直接把秸秆作为饲料使用），所以运行时采购秸秆再生产沼气经济性极其有限。所以在项目设计时，很多项目拥有者为了拿到更多的建设补贴，往往刻意增加沼气生产规模，而项目的验收往往也只是从建设规模上验收，对于粪污处理能力、沼

气生产能力基本不做要求，这样导致项目往往建设完成后就很难真正投入使用，因为如果要想达到设计的产气能力，往往只能亏损运行。

所以建议在沼气厂建设前一定要对秸秆收集和成本进行充分的核算论证，否则秸秆原料只能作为理论数据，无法真正处理处置，对项目的设计参数产生相当大的影响，尤其是原料的含水率、粘度、产气量发生较大变化后，整体设备的匹配性及微生物活性均会出现较大的问题。

2.2 关于秸秆原料进料方式优化设计及总结

中德生物天然气示范项目主要原料为猪粪以及农作物秸秆，目前项目设计秸秆储存场地位于园区道路东侧，而发酵罐则位于发酵罐西侧，考虑到内蒙地区冬季的低温以及高地大风因素，本项目采用管道泵送方式将秸秆物料输送至发酵罐内，而不是传统的利用运输车将秸秆运输至罐体附近再上料。

由于青贮窖位置距离发酵罐约 200 米，所以对管道及输送泵的要求较高，本项目拟采用秸秆混料泵，同时考虑到冬季低温，采用清液罐内猪粪清液作为混合液，最终泵送至各发酵装置内，对于泵体的选型和设计如下：



混料泵现场实际工况：设备到最远罐体的距离大约为 200 米，爬高 19 米，135°弯头大约 15 个，闸阀 6-7 个，粉碎后秸秆长度不超过 20mm，非防爆区域。建议设备流量约 150m³/h，建议管径为 DN300，经计算设备出口压力约为 4.5bar。根据以往经验，含固量 8-12%秸秆沼液，螺杆泵转速约为每分钟 100 转，设备厂家确认型号为 BIO-MIX 200.2，设备出口口径 DN250，配 55KW SEW 减速电机，变频电机带强冷风扇，F 级绝缘，IP55 防护等级，设过热防潮保护。

设备到混料泵管道长度约为 200 米，无爬高，135°弯头大约 10 个，闸阀 6-7 个，建议设备流量 150 m³/h，经测算设备出口压力大约为 2.5bar。设备出口口径 DN200，配 30KW SEW 减速电机，变频电机带强冷风扇，F 级绝缘，IP55 防护等级，设过热防潮保护。

建议污泥输送管道为口径为 DN300 的管道，同时应尽量减少弯头数量；建议管路上的弯道直径应至少大于或等于管道直径的 4-5 倍，以减少压力损失。

定子材质为高性能耐磨丁晴橡胶 NBRH，具有好的耐磨、耐腐蚀及耐溶胀的特性，较传统的丁晴橡胶 NBR 使用寿命延长 30%以上。传动轴采用高强度铬钢 2Cr13，连接杆及送料器为合金钢，转子为工具钢 Cr12MOV 真空热处理，硬度可达 HRC65-70，耐磨性是传统淬火处理的 3-4 倍，使用寿命延长 3 倍以上。万向节采用十字销万向节，它具有很大的抗扭曲及抗轴向力的能力。泵的靠近驱动端配有轴承箱，采用 SKF 径向推力轴承，具有很好的抗轴向及扭矩的特性。螺杆泵带干运行保护器，防止因干运行引起的发热烧毁定子，设备出口配出口超压保护装置。



由于秸秆非常干燥，导致堆积密度很低，这样需要大量的猪粪水混合（约体积的 5-6 倍）才能泵送出来，这样每天的进料量过大，无法保证发酵周期以及容积产气率，经过计算秸秆的堆积密度需要达到 $0.5\text{t}/\text{m}^3$ 才能满足项目指标，所以德国智康、混料泵厂家和西拓公司都需要共同努力找到最佳的解决方案，提高秸秆吸水能力以保证堆积密度；对于秸秆长距离输送，德方工程师认为秸秆进料后会随着时间的累积而沉降，所以很有必要每次秸秆进料完毕后利用清液冲洗一遍；秸秆输送管和清液管建议采用相同管径，可以互为备用；管道间应设置冲洗联通管及自动控制阀门，建议 30 米距离设置检修井一座；铺设管道时尽量避免使用 90 度弯，转向平缓，降低管损；管道末端应设置三通阀以及快速接头，这样便于后期的人工机械清理或者高压水冲洗，本项目属于国内首例采用长距离输送秸秆上料发酵的沼气工程，对于秸秆混合效果、上料效果及后续发酵效果都需要在后续的调试运行中予以一一验证分析。

2011 年 12 月，全国沼气标准化技术委员及 ISO 沼气技术委员会在北京成立。ISO 沼气技术委员会的成立，标志着国际沼气标准体系建立的开始。

2011 年，我国有关部门按照标准的层次、项目类型及过程要素建立了沼气标准体系表（如图 3 所示）。该表格以不同类型的沼气工程为核心，结合了方法和原理，包括了户用沼气、沼气工程、特殊净化标准以及农村沼气池的设计、施工和运行规范。沼气行业标准体系表的建立为沼气行业标准的制定提供了基础依据。

2.3 关于发酵罐尺寸优化设计及总结

北京西拓公司位于内蒙古自治区乌兰浩特市科右前旗农牧业园区的沼气项目分为两期建设，政府备案项目名称分别为《科右前旗东蒙大地农业科技有限公司日产 20000 立方米大型沼气工程》以及《内蒙古希望蒙能能源环境科技有限公司畜禽粪污资源化利用整县推进项目》(以下简称内蒙园区一期和二期项目，其中二期项目为中德生物天然气先进技术战略联盟项目项目)，一期项目采用中国国内设计院设计，发酵罐罐体直径为 20.5 米，罐体高度 16.05 米，高径比 1:1.28，根据德国智康公司及搅拌器厂家计算，相对能耗及搅拌效果都不是最优，所以在二期中德生物天然气项目上优化为直径 18.5 米，罐高 18.5 米，以满足最优物料发酵效果。在设计阶段可以看出一期发酵罐配套的搅拌器装机功率为 37kw，二期项目发酵罐搅拌器装机功率为 30kw，同样的容积，德方提供的设计思路可以在搅拌能耗上节能接近 20%。由此可知，对于采用顶部中央搅拌的发酵罐，应尽量采用高径比为 1:1 方式，这为西拓后期的沼气项目也提供了较好的设计思路和依据，同时本项目也将在后期施工及运行时对一期和二期项目发酵罐的施工安装及运行能耗进行综合比较分析。

表 2-1: 不同发酵罐高径比效果比较

比较项目	细高的发酵罐 (高度与直径之比约为 1:1)	宽矮的发酵罐 (高度与直径之比约为 1:1.25)
混合效果	研究、计算和流动模拟表明该方式混合有效、均匀。所有主要商业供应商均使用此类型。	流动模拟和操作经验表明,混合效果明显较差,尤其是在罐侧壁。为了达到等效混合,需要更大的混合器和更多的能量输入。为了实现边缘区域的充分混合,必须在中心区域产生更高的搅拌速度。需要注意的是,发酵罐直径越大,其负面影响越大。
热转换效率	对于要求的物料流动速度更节能,混合越均匀,整个发酵罐的温度就越均匀。	<ul style="list-style-type: none"> 在内部换热器中,由于发酵罐边缘流速较低,传热效率较低。 混合越差,发酵罐内的水平温度梯度越大,温度波动越大。这不利于发酵罐的性能,因为生物学要求恒定的温度和极低的耐受性(0.5 K)才能获得最佳性能。
操作安全性	均匀混合避免了有机酸的局部浓度峰值,从而抑制了生物活性。 有效的混合允许更低的能量输入,因此温和的混合不干扰个别菌株的共生。	较差的混合会导致局部有机酸浓度过高,从而抑制生物和减少沼气生产。如果用较高的搅拌器转速来弥补传热和沉淀的缺点,则发酵罐中心区域的流速将显著提高。发酵罐的性能会受到影响,为了不破坏单个菌株的共生关系,发酵罐的混合工作应该缓慢进行。特别是乙酸形成菌(在乙酸发生中起作用)和产甲烷古菌形成了紧密的生物群落,这对一个未受干扰的沼气形成过程具有重要意义。如果这种生物群落由于剧烈搅拌而受到过度的剪切力破坏,则厌氧降解可能受到负面影响。

<p>可用性</p>	<p>通过更好地混合边缘地区,减少沉降,避免排空以清除沉积物,或延长间隔。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 较宽的发酵罐形状增加沉降。这可能会减少有效发酵罐的体积和(在不利的情况下)内部热交换器的传热。 • 如果沉淀物加剧了热传导,则可以预期发酵罐将必须定期排水。由于基质(玉米秸 1 秆),沙子的输入和沉积是存在的。 • 边缘区域混合不良会促进浮层的形成或基体的膨胀/起泡。
<p>成本控制</p>	<p>运行成本优化</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 搅拌器、电机、齿轮价格较高,搅拌器必须超大,才能达到同等的搅拌效果。 • 更多的材料和发酵罐的成本,因为搅拌器功率较大,从而产生更高的扭矩。这就需要更坚固的屋顶结构来吸收更高的力。罐顶直径的增加加剧了这种影响。

2.4 关于发酵罐采暖方式优化设计及总结

对于发酵罐内部物料采暖方式，内蒙园区一期项目采用的传统发酵罐内部采暖方式，罐内设置 DN80 换热盘管，总计 8 层，从地面标高 2.08 米到 3.50 米，二期中德生物天然气项目计划采用罐外循环加热方式，具体运行数据及换热效果待后期运行再做分析。

表 2-2：发酵罐内部采暖和外部采暖的比较

比较项目	外部热交换器	内部热交换器
热转换效率	<ul style="list-style-type: none"> 定制规格尺寸设计 为传热流动条件优化 在项目整个寿命周期内都能保持最佳状态 	<p>流动模拟和操作经验表明，混合效果明显较差，尤其是在罐侧壁。为了达到等效混合，需要更大的混合器和更多的能量输入。为了实现边缘区域的充分混合，必须在中心区域产生更高的搅拌速度。需要注意的是，发酵罐直径越大，其负面影响越大</p>
发酵罐混合效果	<p>在发酵罐中搅拌良好，没有内部物质干扰流动。泵在底部附近进行额外的搅拌</p>	<p>内热转换器有可能增加发酵罐内的流动阻力</p>
操作安全性	<ul style="list-style-type: none"> 维护、检修非常简单 出现的问题，如结块或机械缺陷，可以在正常运行过程中维护解决 即使主搅拌器出现故障，传热泵底部的循环也能使混合达到一定的最低限度，同时还能保持发酵罐的温度，以便更快地重新启动搅拌过程 在采用自由悬挂式中心搅拌器和外置换热器的发酵罐中，无需对发酵罐进行改造，即可达到 10 - 15 年的运行时间 	<ul style="list-style-type: none"> 很难发现新出现的问题或损坏，因为只有当发酵罐清空时才可能进行检查和预防性维护 为了解决例如结块等问题，需要花费六周左右时间将罐体清空，从而导致大量的生产费用损失。一起类似事故将超过支付任何额外成本的外部热交换器 随着时间的推移，鸟粪石等杂质在热交换器的管道上凝结，可能导致鸟粪石的破裂并进入水泵，造成泵体损伤

		<ul style="list-style-type: none"> • 如果发酵罐搅拌器失效, 加热系统的效率也会显著下降 • 存在管道损坏或破裂的潜在风险
可用性	加热液体的引导回流减少了底部区域的沉积, 从而支撑/补充了主搅拌器。这样可以减少发酵罐物料定期排放	如果强烈的沉淀物影响传热, 发酵罐将必须定期排泥。由于基质(玉米秸秆), 沙子的输入和沉积是存在的
维护条件	在发酵罐正常运行过程中进行清洗	要求在生产停止的情况下排空发酵罐以清洗
投资成本	由于最佳的传热, 可以使用紧凑的热交换器 (例如公称直径为 100 毫米的 30m)	由于效率较低, 必须安装一个大的传热表面(例如 10 个公称直径为 50 毫米的电路)。其成本与外部热交换器相当
维护成本	循环泵、连接线和仪器的额外投资成本 (每个发酵罐大约为 10,000 欧元)	由于效率较低, 必须安装一个大的传热表面 (例如 10 个公称直径为 50 毫米的电路) 。其成本与外部热交换器相当

2.5 关于沼气工程防爆区域划分设计及总结

德国智康初始设计是将配电室放在与发酵罐连接的综合泵房内，因为按照德国的规范泵房并不属于防爆区，但是通过和中国设计院的沟通，目前园区一期项目将此区域划分至防爆区，这是中国沼气行业规范的要求，如果配电室至于防爆区域内，所有的元器件均需采用防爆设施，经过双方讨论最后将二期项目配电室单独设置在防爆区外。

但是就此内容笔者根据《大中型沼气工程技术规范》(GB/T 51063-2014) 附录D 爆炸危险区域等级和范围划分可知，厌氧消化器高度一半以下为非防爆区，由于沼气中可燃气体主要为甲烷，本项目罐体高度为 18 米，而综合泵房顶高为 7.5 米，理论来讲综合泵房不属于防爆区，但是国内设计院从严考虑到化工相关安全规范，将此区域同时考虑为防爆区。

附录 D 爆炸危险区域等级和范围划分

D.0.1 干秸秆粉碎室内环境应按现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 中爆炸性粉尘危险场所的 10 区进行设计。

D.0.2 厌氧消化器外部罐壁上半部外 4.5m 以内，至器顶最高点以上 7.5m 内的范围内，爆炸危险区域应为 2 区（图 D.0.2）。

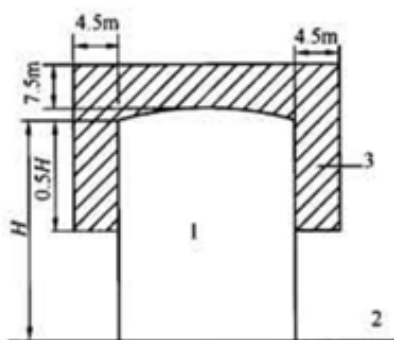


图 D.0.2 厌氧消化器的爆炸危险区域等级和范围划分

1—厌氧消化器；2—消化器基础；3—2 区

图 2-1 爆炸危险区域等级和范围划分图

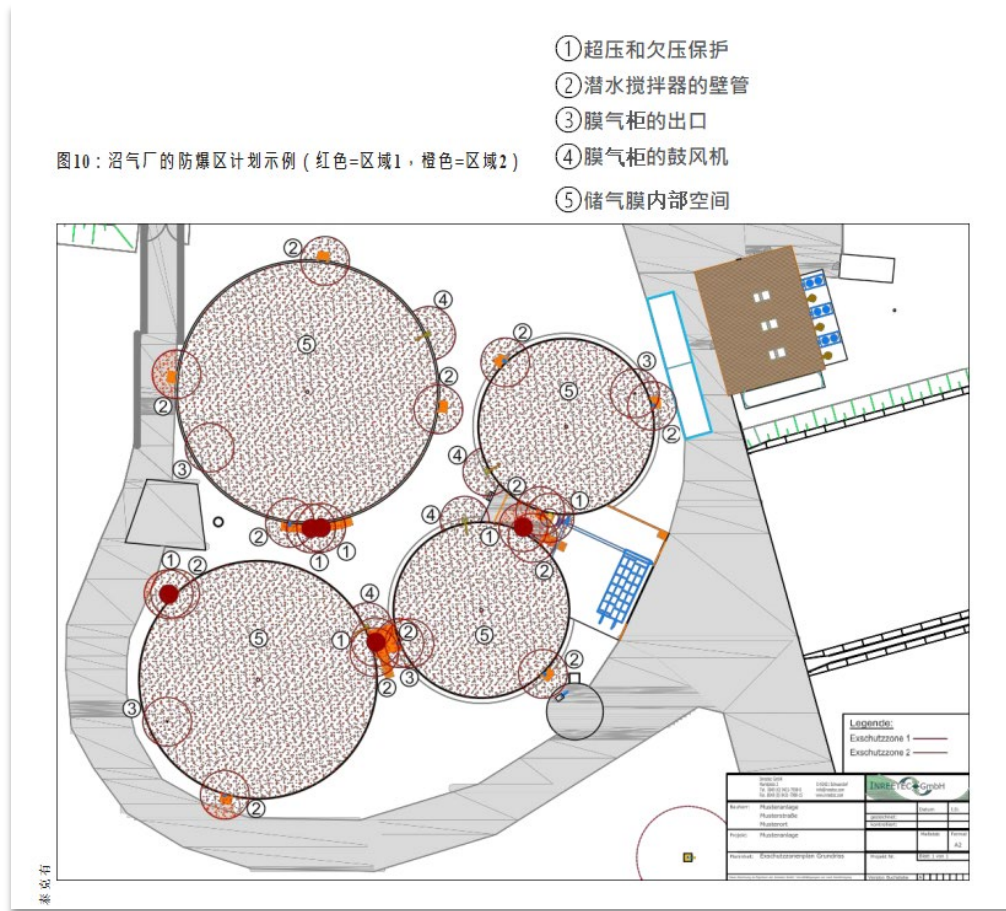


图 2-2 德国某沼气厂防爆区域划分图

从德国沼气安全设计规范来看，沼气厂防爆区域主要集中于发酵罐、正负压保护器、潜水搅拌器壁管、模式气柜的出口及风机、储气膜内部空间等，其中正负压保护器为防爆 1 区，其他相关区域为 2 区。其中正负压保护器又根据潜在爆炸性气体的发生频率和持续时间，正负压保护器排放管口周围设置爆炸区域，其中：

- ❖ 正负压保护器出口在控制平台（检查级）上方至少 3 米处，在储气柜上边缘上方至少 1 米处，排放能力高达 250 立方米/小时；向上或向侧无障碍、安全流出。定期（每天）检查超压和欠压保护装置，以确保其正常工作——不设为防爆区域。
- ❖ 正负压保护器通过自动燃气供给量监测来响应或限制排放气体，用于具有剩余容积储备或负载可变消耗的操作，例如， CHP 装

置具有动力储备，并在正负压保护器响应之前通过额外且持续可用的燃气消耗装置进行燃烧——2 区：排放口 3 米范围内。

- ❖ 正负压保护器通过自动燃气供给量监测来响应或限制排放气体，用于具有剩余容积储备或负载可变消耗的操作，例如，CHP 装置具有动力储备，并在正负压保护器响应之前通过额外且持续可用的燃气消耗装置进行燃烧，但是并非所有这些措施都能实施：
——1 区：1 米范围内为 1 区——2 区：排放口其他 2 米范围内。



图 2-3：正负压保护器

对于正负压保护器本身的要求是当超压发生时，必要时释放的任何气体必须安全地向上或向侧面排放。正负压保护器的排放管必须通向地面或工作面以上至少 3 m、屋顶或储气间边缘上方 1 m 或距离建筑物和公共通行区至少 5 m 的位置。

对于双膜储气柜，空气支撑系统内部为防爆 1 区；空气进出气口 3 米范围内为防爆 2 区；鼓风机内部空间为防爆 0 区；开口处为防爆 1 区；双膜气柜外膜 2 米范围内为 2 类防爆区；单膜气柜膜外部气膜周围 3 米以及向下 45 度 2 米范围为防爆 2 区。

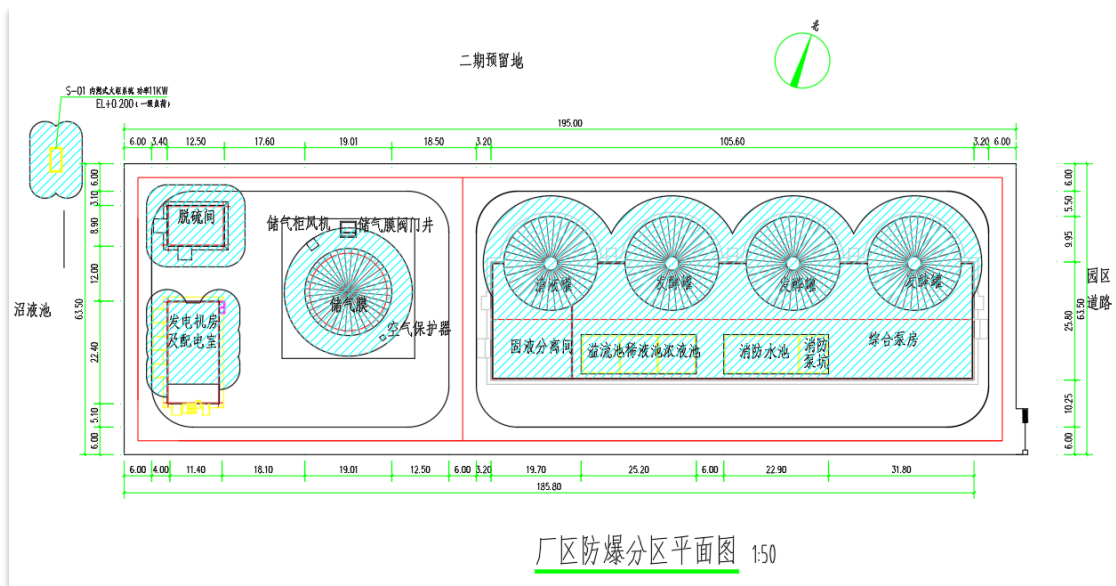


图 2-4 园区沼气厂一期项目防爆区域划分图

本项目根据设计院提供的一期项目防爆区域划分，基本上在发酵罐周围 4.5 米处全部为防爆 2 区，比较简单粗暴，后期我们会根据德国智康提供的二期项目防爆区进行比较。

2.6 关于沼气脱硫工艺优化设计及总结

德方工程师通过和络合铁脱硫工艺的厂家沟通，认为目前项目规模较小，一二期合用一套脱硫工艺将会有效降低运行成本，经过西拓公司的慎重考虑，关于本项目一期二期脱硫统一考虑，按照络合铁主脱硫、干法应急脱硫及活性炭精脱硫方式，并打包给沼气提纯设备厂家统一供应，络合铁主脱硫能力变更为日处理沼气 3.5 万立方米，以保障脱硫效果及产品质量。对于罐内空气吹脱脱硫技术，德方工程师认为不适合本项目，因为罐内脱硫采用的是微氧气吹托技术，产生的脱硫菌需要载体依附，所以更加适合气柜于发酵罐一体的罐体，后续有相关案例再予以实施。

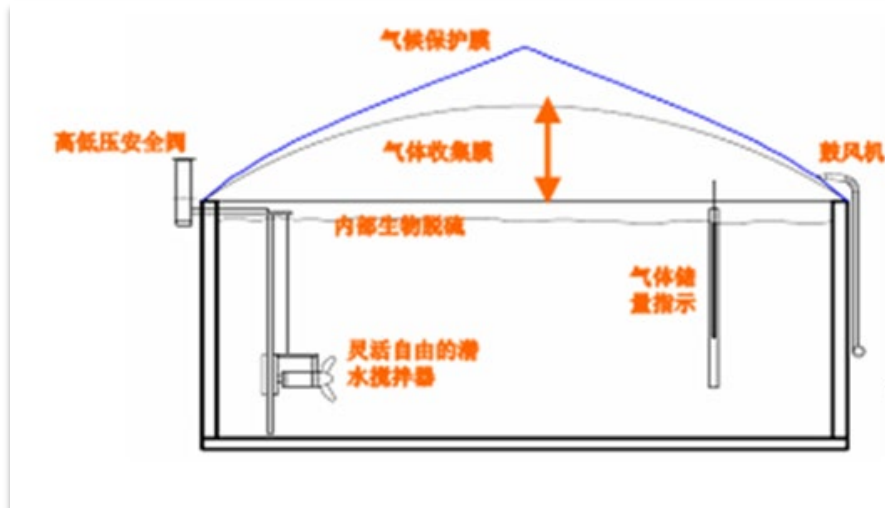


图 2-5 发酵罐内部生物脱硫示意图

国内基本采用外部脱硫，罐内脱硫在德国已经是较为成熟的技术，国内尚属空白。根据德国沼气设计规范，如果往罐内通入空气以进行初步脱硫，通空气系统必须在空间内均匀分布，同时通入的空气量不得大于同一时间的沼气生产量的6%。

2.7 关于沼气厂安全防火间距设计及总结

德国沼气厂安全防火间距，沼气设施存在气体联通则无间距要求（满足检修即可），如果周边是独立建筑（高度低于7.5米时），最少间距为6米。如果一栋建筑物高于7.5米，气体储存或不属于该设施的建筑物，则距离a的公式为： $a = 0.4 \times H + 3$ ；如果有两座高于7.5米的建筑物，气柜或不属于该设施的建筑物，则距离a的公式为： $a = 0.4 \times H1 + 0.4 \times H2$ 。而根据我国大中型沼气工程技术规范，气柜距离周边建构物最低为12米（ $V > 1000\text{m}^3$ ）。

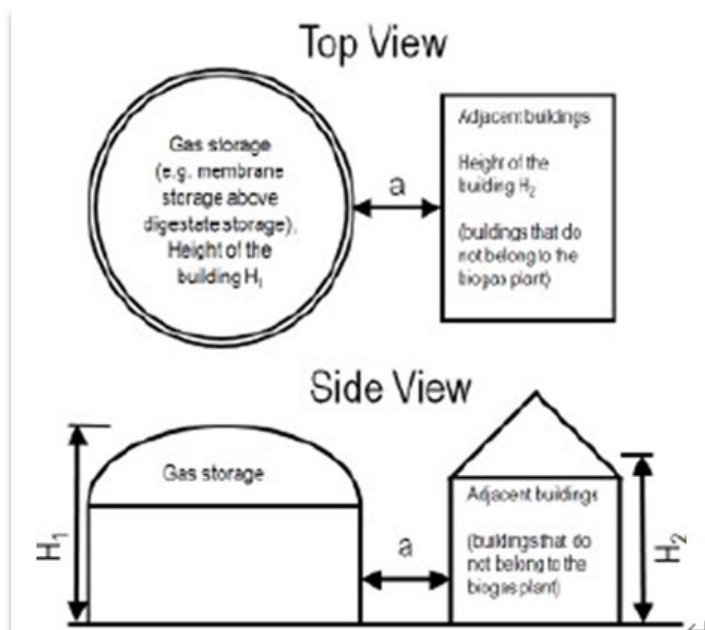


图 2-6 德国沼气厂安全防火间距示意图

表 4.1.5 湿式气柜或膜式气柜与站内主要设施的防火间距 (m)

主要设施	总容积 V (m^3)	
	$V \leq 1000$	$V > 1000$
净化间、沼气增压机房	≥ 10	≥ 12
锅炉房	≥ 15	≥ 20
发电机房、监控室、配电间、化验室、 维修间等辅助生产用房	≥ 12	≥ 15
粉碎间	≥ 20	≥ 25
泵房	≥ 10	≥ 12
管理及生活设施用房	≥ 18	≥ 20
站内道路 (路边)	主要道路	≥ 10
	次要道路	≥ 5

注: 1 防火间距按相邻建(构)筑物的外墙凸出部分、厌氧消化器外壁、气柜外壁的最近距离计算;

2 气柜总容积按其几何容积 (m^3) 和设计压力 (绝对压力) 的乘积计算。

表 2-5 国内沼气厂气柜安全防火间距示意图

德国沼气设计规范规定沼气火炬系统的安装和位置必须确保没有任何人受到气体, 火焰或热零件的危害。竖装燃气火炬系统的方式应是, 当风来自主导风向时, 火焰方向为储气罐、泄压装置、建筑物和公共道路方向的下风向。

气体火炬产生的废气必须在屋顶上方自由流出, 或者通过排气管排出, 排气管必须与建筑物和公共道路至少相距 5 米, 并且必须在离地面至少 3 米处终止。



图 2-7 德国沼气厂火炬安装图

其他特殊操作状态（气柜气体容量波动很大）。在自动气体火炬系统中，建议最低切入压力应确保为 10 hPa (0.01 bar)。如果无法在气体火炬系统的上游获得足够的气体供应压力，则必须提供适当的设备来对其进行增压（例如，气体增压鼓风机，压力保持阀）。

为了在户外进行紧急情况操作和维护工作，必须至少在消耗设备的安装位置附近具备手动切断向火炬系统供气的能力。打开和关闭的位置必须是可识别的或带有标签的。燃气火炬系统必须能够充分可靠地运行，例如，独立于电网供电（离网，例如，配备电池、应急电源或其他机构）。

主要设施		防火间距
厌氧消化器组		≥20
湿式气柜或膜式气柜 总容积 V (m ³)	V ≤ 1000	≥20
	V > 1000	≥25
干式气柜 总容积 V (m ³)	V ≤ 1000	≥25
	V > 1000	≥32
净化间、沼气增压机房		≥20
锅炉房		≥25
发电机房、监控室、配电间、化验室、维修间等辅助生产用房		≥25
粉碎间		≥30
泵房		≥20
管理及生活设施用房		≥25
秸秆堆料场		≥30
站内道路（路边）		≥2

表 2-8 国内沼气厂火炬安全防火间距要求 (m)

德国沼气安全设计规定，来自燃气火炬的废气必须通过自由流出或通过排放管排放到屋顶以上，排放管必须距离建筑物和公共区域至少 5 米，并且必须至少离地面 3 米；而根据我国大中型沼气工程技术规范，火炬或者放散口对于周边建构筑的要求最低为 20 米，这一点可以说是极大的一个区别。

目前中国沼气工程最新的设计规范已经允许发酵罐（不带气柜顶）之间满足最低操作及检修通道即可，但是对于带储气膜的厌氧消化器与气柜及各气柜之间的防火间距不宜小于相邻设备较大直径的 1/2，尤其对于气柜和火炬的要求还是明显严于德国，气柜和火炬是沼气厂不可或缺的设备，由于安全间距的规定，导致沼气厂设计占地明显大于欧洲沼气工程，所以希望可以在后续沼气工程标准的制定建议上可以进一步优化。

2.8 关于沼气厂安全通风换气设计及总结

根据我国大中型沼气工程技术规范规定：锅炉房、进料间和秸秆粉碎间宜采用强制通风，净化间和泵房宜采用自然通风，当自然通风不能满足要求时可采用强制通风，并应符合以下规定：1、当采用自然通风时，通风口总面积应按每平方米房屋地面面积不少于 0.03 平方米计算确定；通风口不应少于 2 个，并应靠屋顶设置；2 当采用强制通风时，正常换气次数不应小于 6 次/h；事故通风时，换气次数不应小于 6 次/h；不工作时，换气次数不应小于 3 次/h。

德国沼气安全规范要求对于所有沼气厂生产设施的室内均应设置强制通风，强制通风系统的尺寸必须确保最大可能的气体体积被稀释到安装室内最大气体浓度为 20%LEL。在室内空气中的警报阈值为 20%LEL (0.9%v / v 甲烷) 时，响应应为视觉和听觉警告，以及 100%功率下的进气或抽气。在室内空气中的 LEL 为 40% (v / v 甲烷为 1.8%) 时，响应应为视觉和听觉警告，以 100%的功率进气或抽气，并自动关闭安装在室外的燃气供应阀门。气体警报设备在超过第二警报阈值（即未关闭）之后继续运行通风。如果安装了技术通风系统，则必须确保从天花板区域排出废气，废气必须直接排入大气，强制通风系统必须达到稀释最大气体浓度 20%LEL 时的换气量。

对于原料的接收箱/接收池于室内时必须设置适宜的排气单元（例如防爆保护），保障最低每小时 5 次的换气量以及流量报警监测，以防止通风系统失效时报警；对于沼气工程维护控制中心以及阀门、搅拌器、泵送和冲洗设备的控制设

施应始终位于地面以上，如果位于地下，则必须提供每小时至少 5 次的通风换气量。

从安全通风换气的设计理念来看，德国的沼气厂会根据封闭空间内部的气体考虑强制通风换气，主要是通过在线的甲烷报警器来控制强制通风换气系统，当甲烷体积浓度达到 0.9% 时，报警送气同时往外抽气，当甲烷体积浓度达到 1.8% 时，报警不送气直接往外抽气，直至浓度降至 0.9% 以下；而我国沼气工程技术规范仅仅是对通风次数进行限定，应补充对于可能包含甲烷泄露区域的燃气检测报警及通风系统流量监测报警。

2.9 关于物料粘度监测设计及总结

国内对于物料浓度监测目前暂时没有更好的解决方案，德国智康担心对于秸秆有可能由于没有足够的浸润导致发酵罐内物料浓度过高，会产生管道堵塞以及搅拌器失效的风险，所以在正式运行时一定要实时监测搅拌器电流，同时绘制时间曲线，找到规律，控制罐内物料浓度 500-700mpas。

对于本项目搅拌器主要设计参数包括：

物料密度：1.2t/m³；动力粘度 Max：3000 mPa.s；温度 33.7°C-40.3°C；压力：3mbar-5mbar。

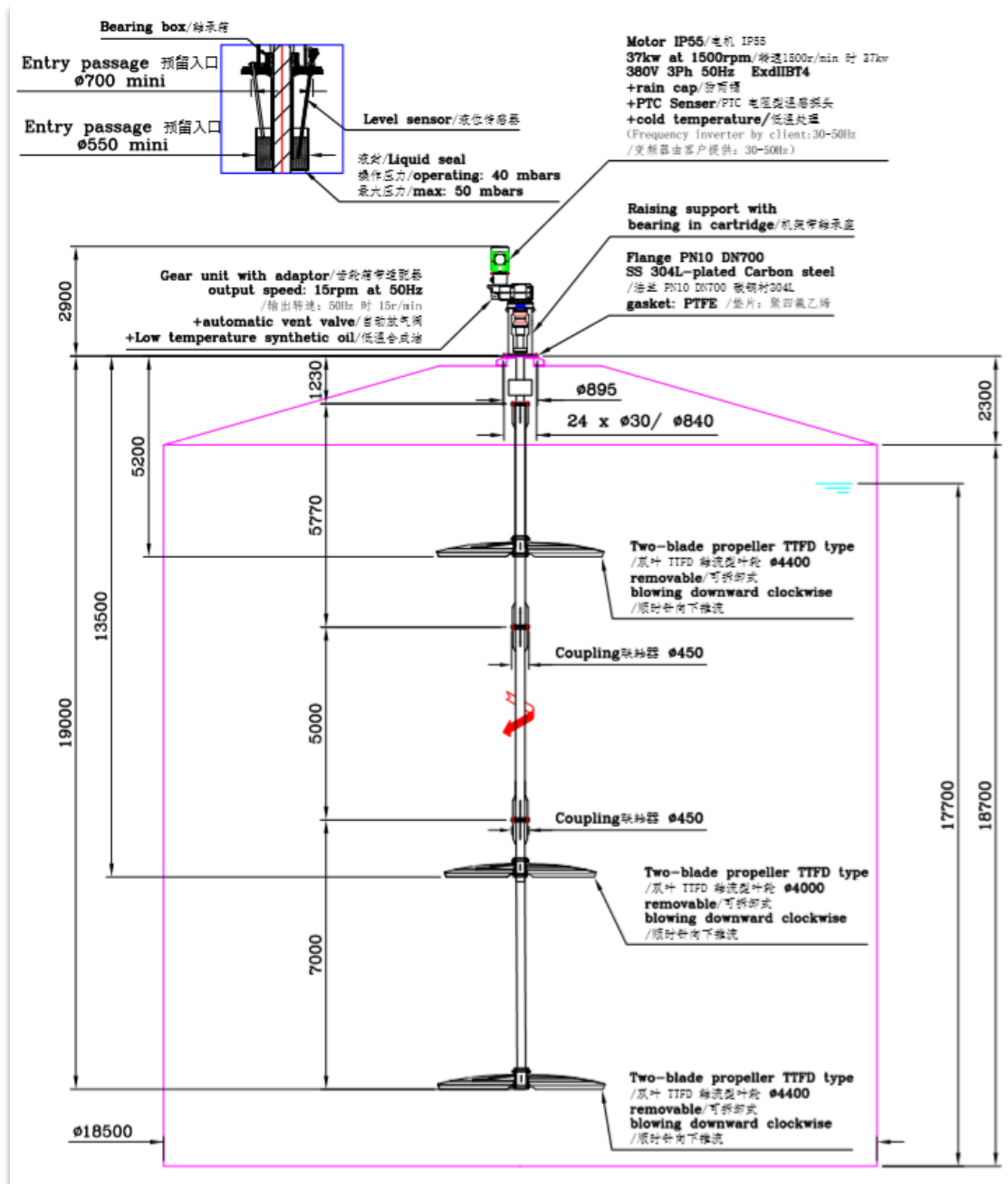


图 2-8 发酵罐内部搅拌器外形尺寸图

本项目将根据德方工程师的建议，将此电流曲线监测系统集成至整体控制系统内，在调试运行期将进行持续监测，以确定物料粘度变化及电流变化之间的规律。

2.10 关于示范项目自控理念设计及总结

中德合作示范项目自控系统分为三部分：1.SCADA 监控系统；2.自控系统；3.测量及传感，自控系统整体架构与中国传统沼气项目架构基本一致，一期沼气项目自控测点约为 40 点，而二期项目测量点则扩充至约 160 点，除传统的沼气项目温度、压力、流量、液位等外，主要扩充了包括物料流量、搅拌器转速、水封液位、热水流量、热水压力、净水流量、仪表风压力等监测点，这些增设的监测点为项目后期高度的自动化及无人值守提供了相应的基础。

中德合作示范项目也对于沼气自控编程的设计也做出了相应的详细流程控制要求，以进料系统为例，采用两条进料线，均设置为自动控制，控制流程分为：1、控制目标；2、流程要求；3、控制启动前置参数要求；4、流程启动及显示；5、启动时监测点状态；6、故障时自动流程；7、错误结束流程；9、正常结束流程；10、循环量及循环次数输入；11、自控界面显示参数；12、自控界面信号传输及上层控制系统通讯。除进料外另外对搅拌、加热、水封、固液分离等各类自控操作均做出了详细的说明，根据前期的监控点设置到后期的编程要求提出了非常规范可行的方案。

德国智康在中德沼气示范项目自控设计逻辑严谨，当然也在某种程度上增加了项目自动控制系统的固定资产投资，为了实现沼气工程或者生物天然气工程迈向更高层次以及更高稳定性的运营目标发展，对于我国沼气工程的前期设计及自控理念的提高都有较好的借鉴作用。



2.11 发酵罐物料固液分离前热能回收优化设计及总结

根据德方设计师的计算，设定废弃物原料接收温度为 5°C，需加热至发酵罐温度 40°C(数量根据性能模式而定)：

表 2-3：粪污需热量计算表

粪污加热计算				
粪污初始温度	5	°C		
粪污结束温度	40	°C		
温差	35	K		
流量	16,7	m ³ /h		
比热	4,18	kJ/(kg/K)		
需热量	677	kW		
甲烷热值	10	kW/Nm ³		
甲烷消耗量	68	Nm ³ /h		
沼气消耗量	122	Nm ³ /h	2939	Nm ³ /d
占比	16%			

经计算，需要利用生产出 16%的沼气来把原料加热到所需的工艺温度。热量如果从沼液热回收提供：假定将水用于热回收回路，可以将粪污加热到 20°C(粪污接收池内大的换热面，待定)，从而将水冷却到 21°C。沼液从 40°C冷却到 26°C，水从 21°C 加热到 35°C：

表 2-4: 沼液回收热量计算表

从沼液中回收热量				
沼液起始温度	40	°C		
沼液末端温度	26	°C		
温差	14	K		
流量	17,3	m ³ /h		
比热	4,18	kJ/(kg/K)		
热量	281	kW		
沼气热值	10	kW/Nm ³		
甲烷量	28	Nm ³ /h		
沼气量	51	Nm ³ /h	1218	Nm ³ /d
占比	7%			

如果从沼液中回收热量，而不是将其散失到环境中，我们可以节省 7%的沼气产量。我们还有一个额外的好处，就是在固液分离期间和之后减少了气味的排放(该项目的立项要求就是避免/减少气味的排放)。

根据德方对能量回收量的计算，利用沼液余热每天可回收热量换算成沼气约为 1200 立方米，每年为 43.8 万立方，对于热量回收装置而言，投资回收效果明显，所以西拓公司将在中德生物天然气示范项目上采用此方案回收热量，具体运行数据及换热效果待后期运行再做分析。

2.12 关于沼气厂整体供热系统设计及总结

沼气厂一般采取中温或者高温厌氧发酵，对于农业废弃物最常见的发酵温度是 35°C-40°C，中德合作示范项目位于内蒙古乌兰浩特，属于北方高寒地区，冬季室外温度可达到零下 30°C 以上，为了保障项目稳定的热源供应及最低的热量损耗，本项目将综合泵房与阳光房结合，充分利用了太阳能减少了室内的温度损失。

正如前文所示，德国智康利用换热系统对固液分离前的沼渣沼液进行了余热回收，同时采用罐外换热的方式对发酵物料进行增温，对于整体换热系统德国智康设计了一套非常高效可行的方案，具体包括下述几条值得借鉴的设计理念：

1

对于循环水设计温度按照 20°C、40°C、90°C 三个阶梯考虑，同时设施 3 座 5m³ 储水罐，分别对应不同循环水温

2

对于发酵罐换热器进回水温度按照 90°C-40°C 考虑，同时在罐前设置三通调节阀（利用回水调整进水温度至 58°C），这样可以实现最大的换热效率，同时减少对菌种的伤害

3

对于固液分离物料余热回收系统，设置进回水温度为 20°C-40°C，最大限度将沼渣沼液中的热量换出

4

对于发酵罐换热器进回水温度按照 90°C-40°C 考虑，同时在罐前设置三通调节阀（利用回水调整进水温度至 58°C），这样可以实现最大的换热效率，同时减少对菌种的伤害

2.13 关于沼气厂物料泄露安全防护设计及总结

德国沼气安全设计对于沼气厂物料泄露风险的规定：在沼气厂内，考虑到由于操作失误导致的物料泄露而建设四周围护墙是有必要的，维护容积应达到最大储罐的容积为宜。这条不适用于固态发酵原料，围护墙不需要完全封闭，可以考虑利用挡土墙形式储存事故泄露的物料，围墙内地面应采用混凝土或沥青处置。



图 2-9 沼气厂泄露事故图

目前我国沼气工程设计规范未严格要求对于物料泄露风险的规定，可以参考德国的安全防护设计规范，也可单独设置应急池解决此问题。

通过对设计阶段的总结可以看出，目前中德在沼气设计规范方面有较大的差异性，尤其是对于沼气工程设计影响较大的安全间距问题，对于不带气柜的发酵罐间距=检修通道，已经通过最新的沼气工程设计规范进行修订，但是对于带气柜发酵罐间距 $\geq 1/2D$ ；气柜间距未考虑建筑物高度；火炬间距未考虑空间因素；防爆区域划分未精细考虑泄漏点；通风换气设定未考虑燃气层级因素；正负压保护器/放散口/搅拌器接口应多加考虑安全性；沼液存储未考虑甲烷排放因素等诸多细节问题都值得在下一步的规范升级优化上予以考虑；另外对于发酵罐的高径比、是否采用罐外换热、高寒地区沼渣沼液的余热回收这些设置上，我们都将采纳德国智康的设计理念，后续在具体建设和运营阶段会进行进一步的对比分析，以提供更加详实可靠的总结数据。

三、 沼气行业技术、政策及标准建议



中德生物天然气先进技术战略联盟项目截止 2021 年 10 月，目前已经实施超过 3 年时间，项目工程建设仅完成 3 座发酵罐的罐体施工，尚需要建设进出料车间、购置工艺设备及后续管道电气等安装工程，目前由于新冠疫情及政府资金迟迟无法到位等问题，项目进展缓慢，2022 年 5 月能否建设完成尚不乐观，基于中德生物天然气先进技术战略联盟项目现状，我们对中国沼气行业发展历程进行了初步的总结，并分析了目前中国传统湿发酵沼气工程的主要问题，同时对于干发酵技术及主要案例进行了剖析，最后提出了沼气行业盈利需要重点关注的相关政策及建议。

3.1 中国沼气行业发展技术篇

3.1.1 废弃物资源情况

中国可用于沼气废弃物资源潜力巨大，包括农作物秸秆、畜禽粪便、农产品加工剩余物、果蔬剩余物、有机生活垃圾（厨余垃圾/易腐垃圾）、工业有机废水等。

目前全国可用于沼气生产的废弃物资源总量约 111.7 亿吨，其中农业农村有机废弃物约 42.7 亿吨；城市有机废弃物约 3.6 亿吨；工业有机废水约 65.4 亿吨，废弃物总沼气生产潜力可达到 5000 亿立方米，碳减排潜力可达 9.6 亿吨。

3.1.2 沼气行业发展情况

中国沼气起始于 50 年代四川省及陕西省农村地区，农户建设小型户用沼气池，利用自家养殖的牲畜粪污生产沼气；自 2003 年起，国家开展国债项目用以支持农村沼气发展，结合农村户用沼气池，提出南方“猪沼果菜”模式、北方“四位一体”模式、西北“五配套”等小型循环农业模式；由于规模化养殖场逐年增加，畜禽粪便污染日趋严重，大中型沼气工程迎来了第一个快速发展期，2007-2015 年，中央先后启动了养殖小区和联户沼气、大中型沼气工程项

目建设，累积中央投资 100 多亿元，由中央和地方投资的规模化沼气工程超过 10 万处；2015-2018 年，中央投资 62 亿元，支持建设生物天然气项目 64 处，规模化沼气工程 1500 多处；2018 - 2020 年，农业农村部开始推进畜禽粪污资源化利用整县推进项目，在 586 个畜牧大县中，通过竞争性比选，到 2020 年完成 200 个以上整县推进任务。项目建成后，项目县畜禽粪污综合利用率达到 90%以上，规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 100%，形成整县推进畜禽粪污资源化利用的良好格局，循序渐进推动全国农业废弃物综合利用目标的实现。

3.1.3 沼气行业厌氧发酵技术及存在问题

沼气工程主要技术包括原料预处理技术、厌氧发酵技术、沼气净化利用技术、沼渣沼液后处理技术等，工程核心技术为厌氧发酵技术，本文不对其他技术进行阐述，主要对厌氧发酵主流技术进行分析。

沼气厌氧发酵技术可以按照物料干物质浓度分为湿发酵和干发酵，湿发酵一般发酵物料干物质浓度低于 13%，包括完全混合式厌氧反应器（CSTR）、升流式厌氧固体反应器（USR）、升流式厌氧污泥床（UASB）、内循环厌氧反应器（IC）、厌氧颗粒污泥膨胀床（EGSB）、高浓度推流式厌氧反应器（HCPF）以及竖式推流反应器（VPF）；干发酵一般发酵物料干物质浓度高于 15%，包括车库式厌氧干发酵技术（GICON、BEKON）、横推流干发酵技术（KOMPOGAS）、竖向推流干发酵技术（DRANCO）。

正如前文所述，尽管中国目前已有大量规模化沼气工程建设实施，但是运行良好的项目及其稀少，极大部分依托于畜禽养殖场的沼气工程由于养殖场经营问题而导致项目停产；东北高寒地区项目则由于冬季运营成本过高停产；南方沼气工程运行过程中产生的大量沼液没有足够多的土地消纳，也是项目无法正常运行的主要原因。

从沼气行业国家政策支持层面来看，无论是联户沼气还是规模化沼气工程，以及后续的生物天然气工程及整县推进项目，农业农村部主要按照工程投资额一定百分比提供建设资金补助，而没有对工程质量及后续运营有相关的要求，这样导致大量项目在获取政府建设补助资金后不重视工程建设质量，不考虑项目运营维护成本，这也是大量沼气项目建设完就无法推进的主要原因。

3.1.4 沼气行业厌氧发酵技术比较

不同厌氧发酵技术的优缺点比较如下：

	序批式干发酵（车库式）	连续式干发酵（竖式、卧式）	湿式发酵（竖式、卧式）
发酵原料	原料适应性强，对于粗糙物料和重金属等成分耐受性强	原料适应性较强，对物料预处理要求较高，预处理后需达到可泵送状态	原料适应性较强，适宜有较高的含水率，较低含杂率
发酵周期	2-3 周	3-4 周	3-4 周
进料方式	序批式	连续式	连续式
反应级别	两相厌氧	单相厌氧	单相/两相厌氧
搅拌要求	无机械搅拌	发酵装置内部机械搅拌	厌氧发酵装置内部机械或水力搅拌
沼气成分	可控，沼气中甲烷含量最高可达 75%以上	不可控，根据物料产甲烷潜力决定	不可控，根据物料产甲烷潜力决定
沼液产量	发酵原料 TS 浓度高，沼液产量极低	发酵原料 TS 浓度较高，沼液产量较车库式干发酵多	发酵原料 TS 浓度很低，产生大量沼液
酸化风险	多反应器，易调节	存在	存在
沼渣处理	出仓沼渣可直接堆肥	出料需要固液分离处理	出料需要固液分离处理，鸡粪及餐厨类原料固液分离难度较大
建设投资	低	较高	较低
运营成本	无机械磨损，系统消耗的能耗仅为系统产能的 5~8%，稳定性很高，运营成本低	进料泵及机械搅拌器运营维护成本高	搅拌设备及固液分离设备耗能高，运营维护成本一般

干发酵技术与湿发酵技术最大的区别在于进料干物质浓度及后续沼液产量，传统湿发酵主要针对均质性较好的高含水物料，厌氧发酵系统及工艺设备比较成熟稳定，也是国内绝大部分沼气工程的主流技术，在项目规划时要着重考虑后续沼液消纳问题；干发酵技术近年从欧洲开始兴起，国内也有部分省市在尝试产业化推广应用，选择适宜的干发酵技术及装备时着重考虑原料的特性。

3.1.5 沼气行业干发酵及湿发酵技术典型案例

截止 2020 年年底，以农业有机废弃物为原料的各类中小型沼气工程和大型及超大型沼气工程分别为 9.49 万处和 7737 处，项目以传统湿发酵为主，超大型沼气工程典型案例包括：

(1) 江西新余市南英沼气发电项目

江西新余市南英沼气发电项目采用“政府引导、企业主导，市场运作”的方式，以县域为范围，整合上游 N 家养殖企业和下游 N 家种植企业，构建一条绿色循环产业链。项目旨在解决新余市渝水区年出栏 60 万头生猪产生的粪污和病死猪；项目 2016 年开始建设，于 2017 年 12 月全面投产；发酵容积 20000m³，发电装机 3MW，有机肥年产 3 万吨。



图 3-1 江西新余市南英沼气发电项目

江西正合集团商业模式主要是利用粪污综合处理中心处理项目周边覆盖全县的一百余家养殖场产生的粪污，利用企业自建第三方粪污收运系统收集原料；当地政府出台相关政策，养殖场不允许私自处理粪污，必须由第三方运输至粪污集中处理中心，同时按照运距补贴粪污处理费，其中 10KM 范围内每吨粪污补贴 10 元，10KM-20KM 范围内补贴 20 元；粪污综合处理中心利用厌氧发酵工艺生产沼气，目前产气能力为 2 万立方米/天，沼气全部发电并网，年可发电 1540 万度；厌氧发酵产生的沼渣沼液均用于生产有机肥料，主要销售给项目周边果园，当地农业以种植桔子为主产业，所以非常适合有机肥的消纳；同时正合集团在当地流转了 1500 亩农田，流转费用约 800 元/亩，企业利用流

转农田种植巨菌草并消纳部分有机肥料，巨菌草亩产可达 10 吨以上，并以 200 元/吨售价直接出售给当地养殖企业。

(2) 龙游县全域生态循环畜禽粪污资源化利用项目

龙游县全域生态循环畜禽粪污资源化利用项目收集范围涵盖浙江兴泰农牧科技有限公司（生猪养殖规模 3 万头）和龙游县境内 350 家畜禽养殖场，衢江、兰溪、建德等地部分养殖场的粪污也在收集范围内，收集量占全县的 95%。政府鼓励全县规模养殖场建设集粪池，并在猪粪收集、运输等方面给予一定的补贴。



图 3-2 龙游县全域生态循环畜禽粪污资源化利用项目

该项目沼气发电上网享受每度 1.1 元的补贴，同时该模式也得到了世界银行的项目资金补助，年可减排 COD 2700 吨、SO₂ 14.08 吨、NO_x 64 吨、磷 126 吨，年产固体有机肥 3 万吨，液体有机肥 7 万吨，年可替代氮肥、磷肥共计 897 吨。

(3) 洱海流域规模化生物天然气工程试点项目

2019 年年底，洱海流域内奶牛存栏达 109540 头，生猪存栏达 369995 头，羊 66911 只。这些畜禽每年产生的粪便（包括尿液）超过 300 万吨，由于数量巨大，且十分分散，不易收集，每到雨季，大量废污随雨水直接流入洱海，治理难度很大。洱海流域规模化生物天然气工程试点项目是国家发展和改革委员会、农业农村部重点支持的云南省第一个特大型生物天然气工程试点项

目。项目总投资概算 3.3 亿元，包括：生物天然气生产线，液态有机生物菌肥生产线、固态有机肥生产线、液态有机肥生产线及其附属设施。项目建成运营后每年可处理洱海流域畜禽粪便、餐厨垃圾、农作物秸秆、公厕粪便、水生植物、污泥等各种混合型废弃物 35 万吨。



图 3-3 洱海流域规模化生物天然气工程试点项目

项目工程厌氧发酵装置总体容积为 48000 立方米，日产沼气 57800 立方，提纯后日生产生物天然气 30000 立方。可年生产固态有机肥 16.9 万吨，液态有机肥 13.2 万吨，可发展近 60 万亩绿色生态农业种植。实现近 5 亿元的年销售收入，近 3000 万元的利税，可解决近 150 人的就业。

(4) 京安公司沼气发电及生物天然气项目

河北京安生物能源科技股份有限公司沼气发电及生物天然气项目以猪场畜禽粪便为主要原料，年发电 1512 万度，年提纯天然气 700 万立方米，年产有机肥 5 万吨，年处理畜禽粪污 30 万吨。项目按照“废弃物+清洁能源+有机肥料”三位一体的技术路线，以养殖场粪污高效厌氧发酵制备沼气实现“气、电、热、肥”联产的典型模式，将养殖、沼气、沼渣、沼液和种植技术进行优化结合。



图 3-4 京安公司沼气发电及生物天然气项目

“京安模式”依托裕丰京安公司年出栏 20 万头肉猪的养殖场建设了一期日产沼气 2 万立方米、二期日产沼气 3 万立方米的大型沼气项目，本项目同时也享受到了当地整县推进 4500 万元的建设补贴，同时企业自建第三方秸秆及粪污收运公司，对于项目周边收集的秸秆，政府每吨秸秆原料补贴 100 元；对于收集的粪污，政府给与收运及处理补贴，其中 10KM 以内为 10 元/吨，10KM-20KM 为 20 元/吨，20KM-30KM 为 30 元/吨，项目所产生沼气主要用于发电、提纯及供户，其中沼气用户数目前为 8600 户，剩余沼气一期用于发电并网，二期沼气提纯为生物天然气后利用自有燃气管网直接输送；秸秆除了厌氧发酵外也进入生物质直燃电厂，秸秆燃烧产生的草木灰和厌氧发酵产生的沼渣混合制作固态生物有机肥，沼液则通过浓缩净化制成冲施肥对外销售。

(5) 德国 BEKON 干发酵工艺案例

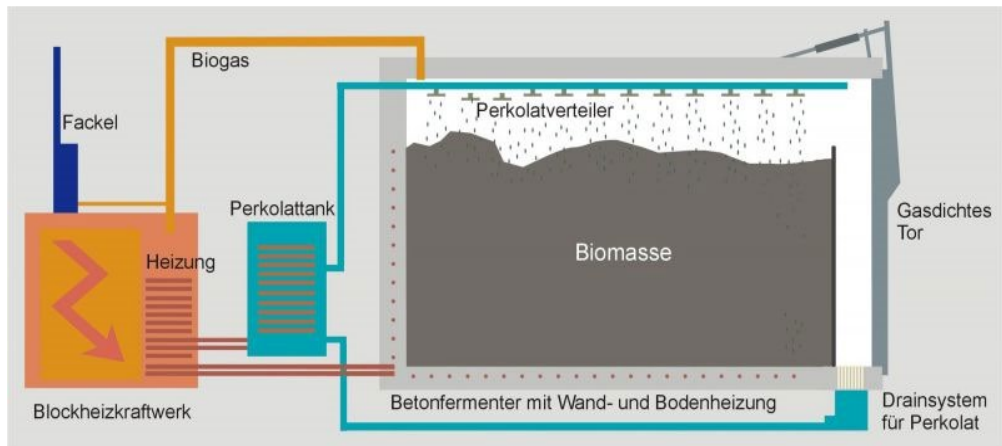


图 3-5 BEKON 公司干发酵工艺

BEKON 公司车库型干发酵厌氧反应器采用混凝土制成，发酵原料与旧料混合后利用铲车送入仓内，混凝土墙壁和地板加入地热管以实现原料的增温过程，密封门采用液压或者气压门，门和墙体之间采用气囊密封，发酵仓顶部两侧设置喷淋管，底部两侧设置溢流槽，完成渗滤液循环回用过程。



处理能力	25.000 t/a	建设时间	11/07
发电能力	570 kW	建设地址	München



处理能力	20.000 t/a	建设时间	11/07
发电能力	1050 kW	建设地址	Saalfeld

(6) 德国 BIOFERM 干发酵工艺案例



图 3-6 BIOFERM 公司干发酵工艺

BIOFERM 公司车库型干发酵厌氧反应器与 BEKON 最大的不同就是反应器密封方式不一样，其密封门为双开或者单开门，一般为手动门，采用螺栓及胶条密封，储气一般采用气袋，气袋位于发酵仓顶部。



处理能力	28.000 t/a	建设时间	10/06
发电能力	910 kW	建设地址	Nachwachsende



处理能力	4,500 t/a	建设时间	10/06
发电能力	190 kW	建设地址	Landschaftspflegematerial

(7) 德国 LOOCK 干发酵工艺案例

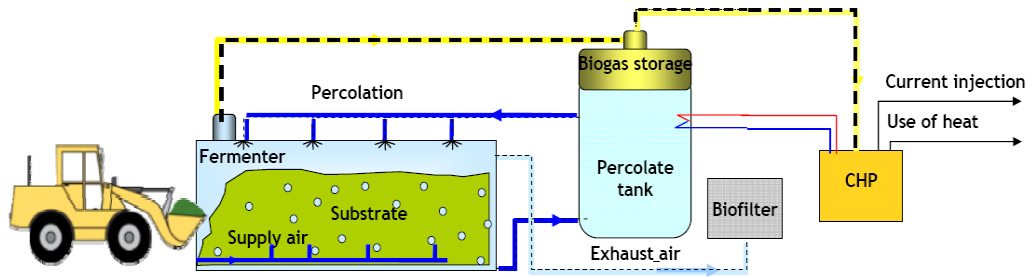


图 3-7 LOOCK 公司干发酵工艺

LOOCK 公司车库型干发酵厌氧反应器与 BEKON 公司基本上一致，但是两者最大的不同在于 LOOCK 公司采用好氧通风结合厌氧处理方式，这样可以快速为原料增温，后期排废气时可以从底部进气更加合理，另外，LOOCK 工艺设计较大的沼液储存罐作为主要产气源。



处理能力	10.000 t/a	建设时间	12/07
发电能力	420 kW	建设地址	Brandholz



处理能力	6.000 t/a	建设时间	06/07
发电能力	265 kW	建设地址	Olderupfeld

(8) 德国 GICON 两相干发酵工艺案例

德国智康专利干式发酵工艺（独立的水解产酸+固定床工艺）由科特布斯市的布兰登堡科技大学与智康公司共同研发，并在世界范围内成功申请多国技术专利，包括德国、美国和中国等国家专利。该工艺尤其适用于成分复杂的垃圾原料，因此各种类型的垃圾原料如厨余垃圾、固体废物垃圾、农业垃圾、园林垃圾都可采用智康专利工艺进行处理。该工艺已在多个实际项目中成功应用。

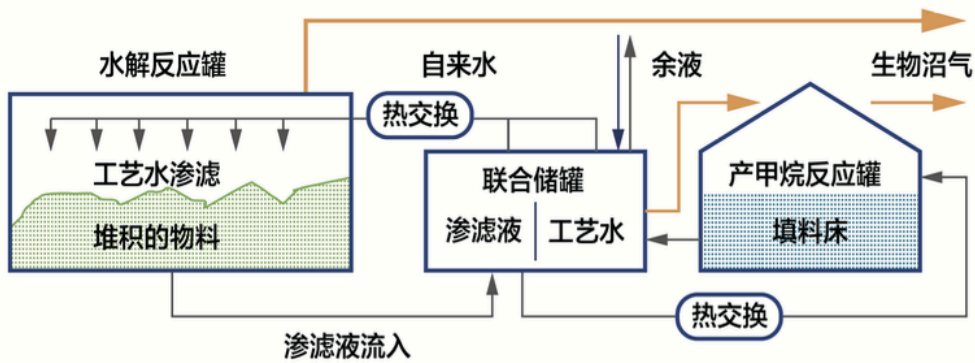


图 3-8 GICON 公司干发酵工艺

GICON 公司车库型干发酵厌氧反应器实际上属于厌氧发酵阶段中的水解反应器，主要产甲烷过程均在带填料床的反应罐中进行，该工艺的合理之处在于对干发酵反应器的要求更低，而且不需要接种，产品气中的甲烷含量更是高达 70% 以上。

科特布斯沼气生产和技术服务中心
(智康工艺沼气厂,发电功率900 kW)



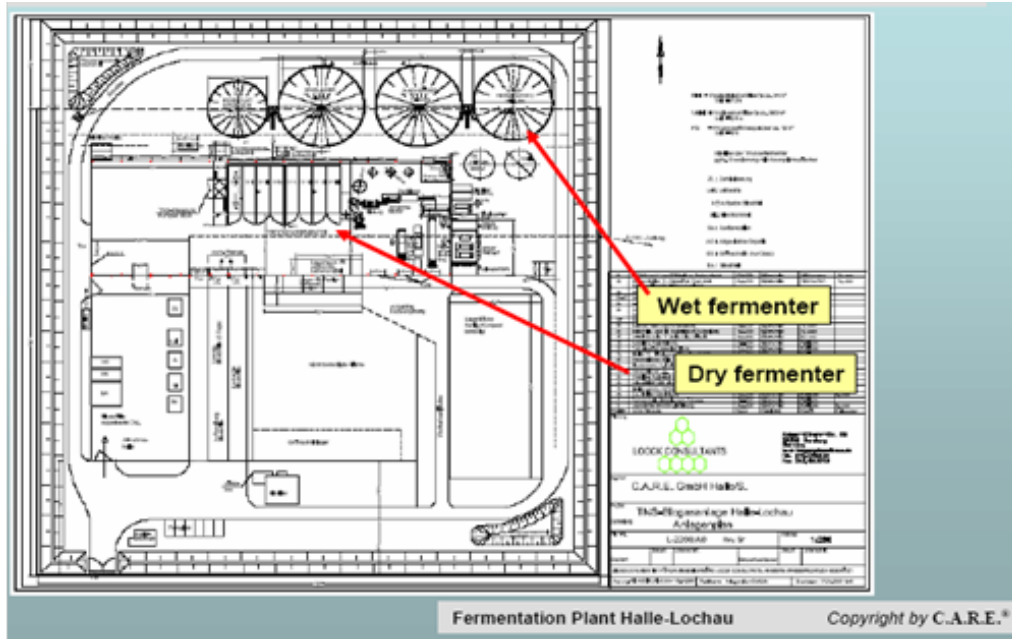
处理能力	8.000 t/a	建设时间	08/09
发电能力	900 kW	建设地址	Cottbus



处理能力	30.000 t/a	建设时间	08/12
发电能力	1000 kW	建设地址	Vancouver

(9) 德国 C.A.R.E 干发酵工艺案例

C.A.R.E 公司车库型干发酵厌氧反应器与其他反应器基本一样，但是该公司反应器一般在室内建设，而且采用干发酵和湿发酵结合的方式。



处理能力	50.000 t/a	建设时间	08/09
发电能力	1052 kW	建设地址	Halle-lochau

(10) 国内车库型干发酵工艺案例

国内最早一家车库型干发酵产业化项目由黑龙江龙能伟业环境科技股份有限公司实施，该项目结合了 BEKON 公司及 LOOCK 公司的先进工艺，不仅采用地热及壁热方式对原料进行采暖，换气方式采用更为合理的底部进气，同时采用了随时可更换的喷淋头，系统设置的全自动液压门密封，对操作人员的安全有了极大的提升。2011 年开始建设，2013 年建成运行。



废弃物处理车间

预处理车间



提纯车间

控制中心

处理能力	43.800 t/a	建设时间	08/13
发电能力	5000 m ³ /d	建设地址	哈尔滨市

南京多元废弃物车库式干式厌氧发酵项目位于常熟市白卯村，由农业部南京农业机械化研究所建设实施，建设 2 座 10m*4*3m 车库式干式厌氧发酵仓，总库容 156m³，2012 年投产，主要处理玉米秸秆，共运行 2 个批次。项目自 2012 年中试投产后，后期分别在宜兴及海门建设了车库式干式厌氧发酵产沼气工程，可年处理秸秆 8000 多吨，年产沼气 70 万 m³；甘肃省陇康源有机农业科技开发有限公司肃州区规模化大型沼气工程项目设置 4 座干式厌氧发酵库，总体积 2000m³ 对外购的粪便及预处理后的农作物秸秆进行干式厌氧发酵；上海电气投资的农业废弃物资源化综合利用项目，利用粪污和秸秆进行沼气发电和生产有机肥，猪粪来自临近的上海明珠湖农业科技有限公司生猪养殖场，秸秆来自崇明岛内农田，项目处理猪粪 73,000 吨/年，秸秆 40,000 吨/年，年发电量 1256 万 kW·h/年，年生产半成品有机肥 71,000 吨；华电集团投资的河北丰宁干湿耦合农业废弃物沼气项目尚在建设中，项目主要处理农作物秸秆及畜禽粪便，预计 2022 年 6 月正式投入生产。

(11) 比利时 DRANCO 干发酵工艺案例



图 3-9 DRANCO 公司干发酵技术

该技术为源自比利时 DRANCO 公司,采用半干式厌氧(含固量 15%—25%)发酵,垃圾经过精分选后,粒径小于 40mm 的物料通过泵或液体将物料打入发酵罐的 3-4 跟投料管内,物料在罐内由上至下移动到下端,通过阀门控制部分回流,部分排放。适合有一定流动性有机废弃物,实际运行过程中进料含固量 15% 左右。采用该工艺的有杭州天子岭餐厨垃圾处理和重庆餐厨垃圾处理一期,另外宁波首创厨余垃圾干式厌氧发酵项目也是采用的该工艺技术。

(12) 国内卧式干发酵工艺案例

有机废弃物卧式干式厌氧发酵工艺在国内主要以中持绿色环保 (SG-Danas 干式厌氧发酵反应器)、上海济兴能源环保有限公司 (DH 型干法厌氧发酵) 等为代表的公司在国内进行推广应用。

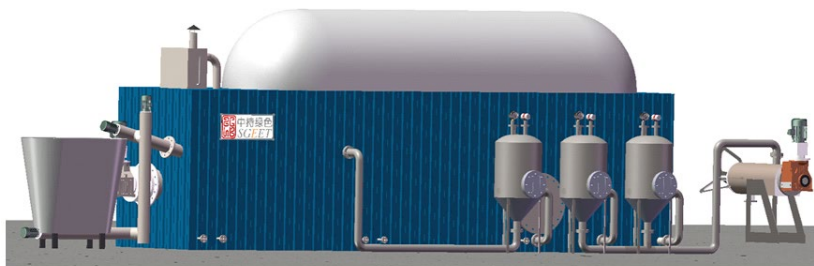




图 3-10 中持绿色能源环境公司干发酵技术

中持绿色能源环境公司 SG-Danas 干式厌氧发酵反应器可以应用于含固率 15-25%的市政（污泥、餐厨垃圾等、粪便、园林绿化垃圾、过期食品等）、农业（畜禽粪便、秸秆等）和工业（食品加工废渣、酿造废渣、造纸污泥等）等各类有机固体废弃物的处理。

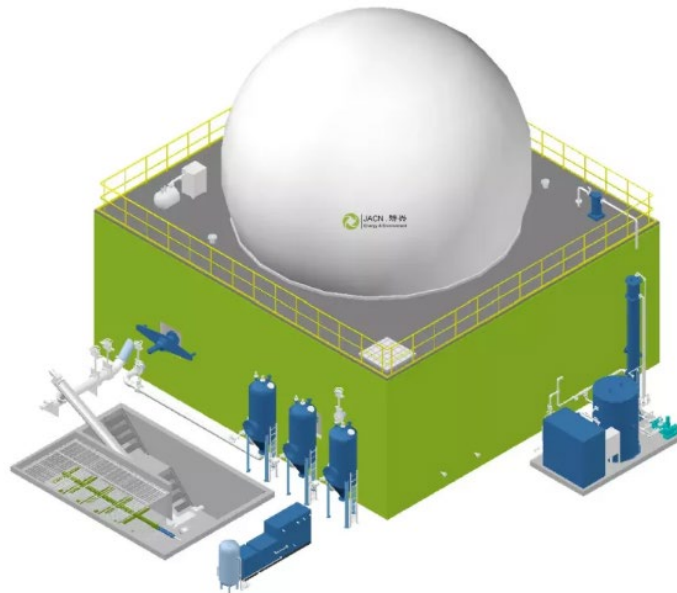


图 3-11 上海济兴能源环保公司干发酵技术

上海济兴能源环保公司的 DH 型干法厌氧发酵技术：DH 型干法厌氧发酵技术采用平推流反应器，机械搅拌，可处理物料浓度 15%~35%有机废弃物的处理。

3.2 中国沼气行业发展市场运营篇

3.2.1 项目建设期政策分析

(一) 用地政策

一是地方政府要将工程建设所需用地纳入土地利用总体规划，在土地利用年度计划中优先保障；《自然资源部 农业农村部关于设施农业用地管理有关问题的通知》（自然资规〔2019〕4号），明确将原料预处理、储存场地，沼渣沼液储存设施等工程配套设施用地，确定为设施农用地附属设施用地，减少工程建设用地面积，降低企业用地成本；三是根据《地方土地相关招商引资政策》，对于环保企业，建设用地上地出让价格可以适当降低。

(二) 建设补贴

根据《全国畜禽粪污资源化利用整县推进项目工作方案（2018-2020年）》文件，涉及大型沼气工程，按每立方米厌氧消化装置容积中央投资补助1500元，补助比例不超过该项目投资额的35%，最高补贴额度为3000万元。2021年整县推进项目目前正处于项目储备阶段，可参考《关于做好2021年中央预算内投资畜禽粪污资源化利用整县推进项目前期储备工作的通知》，项目申报后可享受的建设补贴额度同2018-2020年工作方案文件。

2021年9月，国家发改委等四部委发布《农业绿色发展中央预算内投资专项管理办法》。《办法》表示，农业绿色发展专项，是指使用中央预算内投资支持建设的畜禽粪污资源化利用整县推进、长江经济带和黄河流域农业面源污染治理等项目。并明确规定了支持范围与方式。包括：畜禽粪污资源化利用整县推进项目限定在生猪存栏量10万头以上或猪当量20万头以上的符合条件的县（市、区）。中央预算内投资重点支持畜禽粪污收集、贮存、处理、利用等环节的基础设施建设。除西藏地区外，中央预算内投资支持地方项目的比例不超过核定总投资的50%，每个县不超过3000万元。长江经济带和黄河流域农业面源污染治理项目限定在长江经济带中西部地区和黄河流域，并集中用于流域水环境敏感区域。中央预算内投资重点支持农田面源污染、畜禽养殖污染、水产养殖污染防治基础设施项目建设。中央预算内投资支持地方项目的比例不超过核定总投资的50%，每个县不超过5000万元。农业面源污染项目县与畜禽粪污资源化利用项目县原则上不重复安排。

2021年5月发改委发布了《污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理

办法》，本专项重点支持污水垃圾处理等环境基础设施建设、节能减碳、资源节约与高效利用、突出环境污染治理等四个方向。污水处理、污水资源化利用项目、城镇生活垃圾分类和处理项目，按东、中、西和东北地区分别不超过项目总投资的 30%、45%、60%、60%控制，单个项目支持金额原则上不超过 5000 万元，重大创新示范项目除外。资源综合利用项目支持秸秆综合利用及收储运体系建设项目，以及农林剩余物为主的农业循环经济项目。秸秆（农林剩余物）综合利用项目按不超过项目总投资 30%控制。

在农村整体生态环境改善，人居环境整治等大背景下，农村范围内环保工程已由单原料环保工程向多原料协同资源化利用中心方向发展，如农村畜禽粪污，农作物秸秆，厕所粪污，及餐厨垃圾等原料协同处理，也同时涉及到大型沼气工程及有机肥厂的建设，单个资源化利用中心的处理规模一般较大，在单个项目的投资补贴限额上根据项目情况做适当调整。

(三) 建设补贴资金拨付

对于整县推进项目，当地人民政府应按照农业农村部整县推进专项资金管理办法，推行资金管理报账制，根据项目实施进度拨付资金。对于已完成项目前期工作且自筹资金到位 30%的项目，在实施方案审批后，开工即拨付 30%中央投资、主体完成后再拨付 50%中央投资、工程竣工验收后拨付剩余的 20%中央投资。

对于农业绿色发展中央预算内投资专项项目，农业农村部负责汇总各省份年度农业投资建设需求，分省分类别向国家发展改革委提出年度投资计划申请及绩效目标，并同步在投资在线平台（国家重大建设项目库）中推送相关信息。国家发展改革委衔接平衡后，分省分类别将年度投资计划及绩效目标同时下达农业农村部 and 省级发展改革部门。农业农村部收到中央投资计划和绩效目标后，于 20 个工作日内分解下达至具体项目，并通过投资在线平台（国家重大建设项目库）将投资计划分解落实到具体项目。

(四) 其他建设期支持事项

当地人民政府负责项目土地的“四通一平”（水、电、路、通信、建设用地平整）等事项，待立项审批后，签订书面协议；当地人民政府负责协助项目公司办理项目相关审批手续，包括但不限于项目核准、环境评价、土地征用、沼气发电并网手续办理、工程建设与竣工验收等，并负责做好项目公司建设期的协调服务工作。

3.2.2 项目运营期政策分析

(一) 用电政策

一是落实已有用电优惠政策。根据国务院 2013 年 11 月 11 日发布的《畜禽规模养殖污染防治条例》第三十条第二款规定：畜禽养殖场、养殖小区的畜禽养殖污染防治设施运行用电执行农业用电价格。二是扩大农业生产用电优惠政策适用范围，明确工程运行用电执行农业生产用电价格。

(二) 税收政策

根据财政部 国家税务总局关于印发《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》的通知（财税[2015]78 号）规定，以餐厨垃圾、畜禽粪便等包括利用上述资源发酵产生的沼气为原料生产的电力、热力、燃料可以享受增值税即征即退 100% 的优惠。同时，根据国家税务总局 2020 年 6 月下发的《支持脱贫攻坚税收优惠政策指引》文件规定，从事沼气综合开发利用享受企业所得税“三免三减半”优惠政策，自项目取得第一笔生产经营收入所属纳税年度起，第一年至第三年免征企业所得税，第四年至第六年减半征收企业所得税。

工程满足以下条件 1. 单体装置容积不小于 300 立方米，年平均日产沼气量不低于 300 立方米/天，且符合国家有关沼气工程技术规范的项目。2. 废水排放、废渣处置、沼气利用符合国家和地方有关标准，不产生二次污染。3. 项目包括完整的发酵原料的预处理设施、沼渣和沼液的综合利用或进一步处理系统，沼气净化、储存、输配和利用系统。4. 项目设计、施工和运行管理人员具备国家相应职业资格。5. 项目按照国家法律法规要求，通过相关验收。6. 国务院财政、税务主管部门规定的其他条件，应享受上述税收优惠政策。《支持脱贫攻坚税收优惠政策指引》中，还明确自 2008 年 6 月 1 日起，纳税人生产销售和批发，零售有机肥产品免征增值税。

(三) 原料保障优惠政策

各地政府鼓励以畜禽粪便、农作物秸秆和园艺等多种农业有机废弃物作为发酵原料。确保建设地点周边 20 公里范围内有数量足够、可以获取且价格稳定的有机废弃物，其中半径 10 公里以内核心区的原料要保障整个工程原料需求的 80% 以上。

确定合理的配比结构后与原料供应方签订协议，建立完善的原料收储运体系，并考虑原料不足时的替代方案。根据《畜禽养殖污染防治管理办法》第十一条规

定：畜禽养殖场排放污染物，应按照国家规定缴纳排污费；向水体排放污染物，超过国家或地方规定排放标准的，应按规定缴纳超标排污费。要出台相关具体文件，倒逼不具备粪污处理能力的养殖企业向周边可消纳粪污的生物天然气工程免费提供畜禽粪污，并缴纳一定数额的粪污处理费用，以此保障发酵原料供应，降低工程运营成本。

农作物秸秆综合利用上，部分省份如安徽省对于秸秆肥料化，能源化利用方面出台了相关政策，按照利用秸秆的种类及用量给予相应的补贴。

(四) 沼气发电并网补贴

为深入贯彻习近平总书记关于推动能源生产和消费革命的重要论述，加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系，促进可再生能源开发利用，依据《中华人民共和国可再生能源法》《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》，决定对各省级行政区域设定可再生能源电力消纳责任权重，建立健全可再生能源电力消纳保障机制。

对电力消费设定可再生能源电力消纳责任权重。可再生能源电力消纳责任权重是指按省级行政区域对电力消费规定应达到的可再生能源电量比重，各省级行政区域规定应达到的最低可再生能源电力消纳责任权重，按超过最低消纳责任权重一定幅度确定激励性消纳责任权重。

根据当地绿色发展电价政策的通知确定发电并网价格，例如浙发改价格〔2019〕305号，自2019年7月1日起，利用畜禽养殖废弃物制取沼气发电上网收购价统一调整为沼气发电项目上网电价，即每千瓦时0.666元。

(五) 有机肥补贴政策

农业农村部印发的《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》提出，以发展生态循环农业、促进果菜茶质量效益提升为目标，推进畜禽养殖废弃物及农作物秸秆资源化利用，加快有机肥替代化肥。随后在北京、河北、辽宁等省市开展有机肥补贴试点，购买商品有机肥的农户每亩土地施用量达到250公斤的，每亩给予补贴100元，即购买使用每吨补贴400元，收到了较为满意的效果，使用沼肥要享受有机肥相应优惠政策。

农业农村部鼓励沼肥商品化生产，要加大沼肥应用的宣传推广力度，增加种植业主和农户对沼肥的认可和接受程度，鼓励农民购买沼肥，同时扩大补贴范围，实现沼肥补贴制度全覆盖，促进沼气及生物天然气产业良性发展。

(六) 废弃物处理特许经营权

可协商当地政府授予项目公司一定行政区域范围内畜禽粪污、餐厨垃圾、厕所粪污、病死动物无害化处理、生物天然气及农作物秸秆综合利用项目特许经营权，项目公司注册成立后的 60 个工作日内，当地人民政府应与项目公司签署关于《区域畜禽粪污、餐厨垃圾、厕所粪污、病死动物无害化处理、生物天然气及农作物秸秆处理特许经营合同》。

(七) 其他运行政策支持

当地人民政府负责联络本辖区内农业、市政用肥单位，在市场同等条件下，优先使用本项目产品（固态有机肥料）；当地人民政府应结合国家“土壤修复”“水肥一体化灌溉”“高标准农田建设”等政策协调消纳沼气工程项目生产的全量沼液。

3.2.3 项目运营期政策分析

(一) 固定资产奖补资金

根据省市县固定资产投资建设补助政策性文件，项目建设完成经过固定资产审计后，可申请相关固定资产投资奖补资金。

例如《辽宁省发展改革委 省财政厅关于印发加快突破辽西北发展项目和资金管理暂行办法的通知》第二章第八条，战略性新兴产业项目固定资产补助比例不高于 20%，补助上限不超过 3000 万元；投资建设的沼气工程项目属于国家发展改革委《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录（2016 版）》7.3.8 条——“农林废物资源化无害化利用”产业，建设项目固定资产投资额为 1.5 亿元，可给予项目建设单位 3000 万元固定资产补助。

(二) 其他中央及地方奖补资金

项目投产后当地人民政府协助项目公司结合各年度国家政策文件进行项目奖补资金申报，例如 2021 年度“乡村振兴”“人居环境整治”“生态环境改善”“城乡融合发展”等政策。涉及项目建设奖补资金和项目运营相关的以奖代补资金及相关配套奖励资金的，项目公司按国家相关标准享有优先享受权，在资金分配上给予倾斜；申请国家专项资金、政府补助等资金到位后专款专用并及时拨付，当地人民政府不得以任何理由占用挪用相关项目资金

(三) 项目投产后产业链延伸

项目投产后可结合沼气及有机肥项目进行上下游产业链延伸，包括上游的规

模化畜禽养殖、生态有机农业种植及下游的城镇居民集中供气、生态农业观光园建设、有机农产品深加工等，均可在项目投产后根据当地的实际情况进行上下游产业链整合。

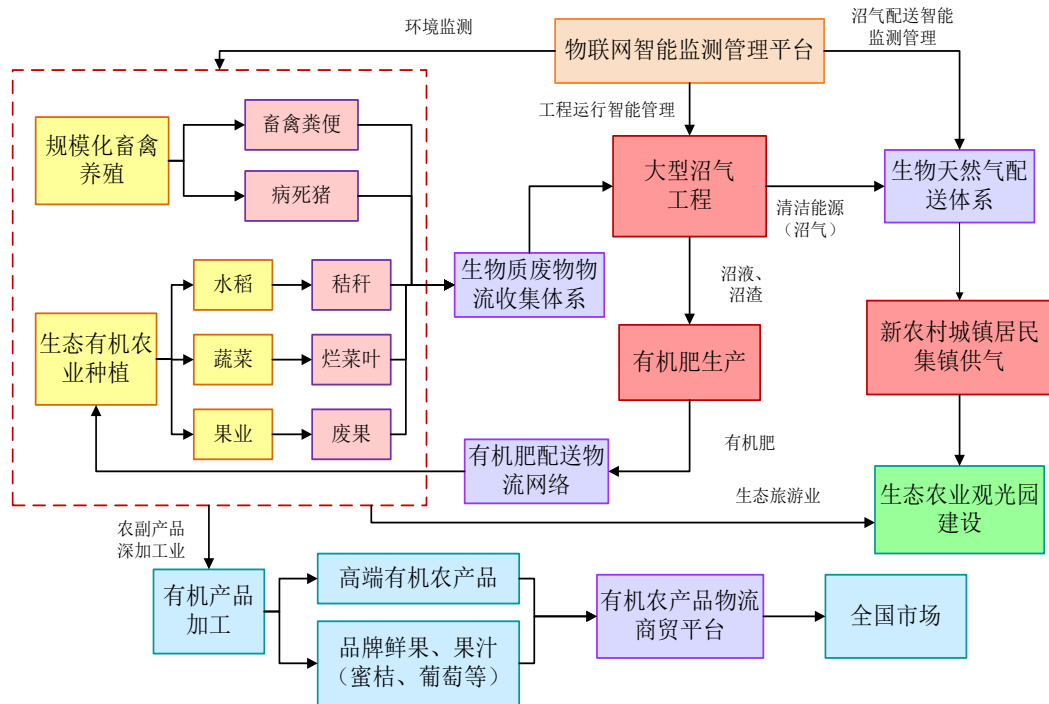


图 3-12 沼气工程上下游产业链

3.2.4 沼气行业政策及标准建议

尽管我国沼气行业发展至今已有数十年历史，农业农村部对行业支持力度不可谓不大，国家 3060 目标也属于行业发展重大利好，但从沼气工程产业化实施情况来看却不容乐观，项目建设周期过长、不注重工程质量、建设完毕即废弃现象比比皆是，为促进我国沼气行业良性发展，笔者提出几点行业政策及标准建议：

(1) 农业农村部可考虑从传统沼气行业建设补贴调整为产品补贴，尽管产品补贴周期较长，对我国现有财政系统有较大挑战，但是可以结合现有建设补贴进行 5 年期或者 10 年期核算，例如现有整县推进项目建设补贴为 4000 万元，如实施沼气工程规模为日产沼气 2 万立方米项目，假定每立方米沼气产品补贴额度为 0.5 元，则每年最大产品补贴额度为 365 万元（沼气产量 730 万立方米/年），可通过农业部实施的 NY/T3239-2018《沼气工程远程监测技术规范》对项目运行情况进行检测计量，如果补贴额度十年不变的情况，4000 万建设补贴至少可以支持该沼气项目运行产品补贴费 10 年，10 年后项目运行良好，农业农村部可再根据实际情况，申请中央财政专项产品补贴资金。通过该产品补贴政策，沼气工程拥有者在项目建设期一定会更加注重工程质量及主要设备选型，以最大

限度降低运营成本，提高项目收益率。

(2) 沼气工程作为上游承接各类废弃物生产企业、下游链接高品质有机农业的重要核心，其环保属性、能源属性、农业属性均对区域整体生态良性循环有着至关重要的作用，沼气行业从户用沼气发展至超大型沼气工程，整体方向和决策没有任何问题，但是目前最需要关注的是区域性闭环，这个区域性可以根据地方政府整体规划，对养殖业和生态农业有一个良好的定位，例如在各类种养大县，以 10 公里或者 15 公里为半径划定闭环区域，在该区域范围内选择合理的位置进行沼气工程建设，沼气工程原料可包括区域内的养殖废弃物、果蔬垃圾、厨余垃圾、厕所粪污、农作物秸秆、餐厨垃圾等各类有机废弃物，实现不同废弃物的协同处置，废弃物厌氧发酵生产沼气可享受沼气产品补贴的同时，制定相关有机肥产品政策，保障区域范围内优先支持该项目生产的有机肥料，实现区域整体生态良性循环、可持续发展。

(3) 沼气行业由于物料的差异性衍生了各类厌氧发酵技术，时至今日大量沼气工程无法稳定运营的重要原因在于沼液的无法消纳问题，并非传统湿发酵技术有问题，重要的在于项目立项期末对区域整体情况进行统一规划，区域土地在一定时间内无法增长的事实往往与地方追求经济发展相悖，地方政府应根据现有土地承载力确定养殖上限规模，只有养殖及种植的匹配的大前提才能实现区域的生态循环，目前我国大量沼气工程无法正常运营也正是由于沼液无法进入区域农田进行资源化利用，建议可以根据区域各类废弃物情况及远期发展规划选定适宜的发酵技术，例如养殖业的猪粪、餐厨垃圾等含水率较高的物料适宜采用湿发酵；养殖业的牛粪、农作物秸秆、厨余垃圾等含水率低可堆积的物料适宜采用干发酵；养殖业的鸡粪及羊粪等由于高氨氮适宜直接好氧发酵生产有机肥，所以在项目立项实施前应实事求是考虑项目运营可能存在的最大风险，最大限度提高项目生产效率，在技术层面减少沼液的产量。

农业农村部自 2017 年以后开始推进畜禽粪污资源化利用整县推进项目，主要根据该养殖大县生猪存栏当量来分配整县推进建设补贴资金，具体实施方式由各县级人民政府具体实施，目前有大部分养殖大县采用养殖场分散补贴，购置固液分离机或者建设集污池方式改善养殖场粪污收集模式，但是成效并不明显，没有根本解决问题，无法达到农业农村部整县推进项目实施发文的主要目标，对于各养殖场而言，粪污的出处是制约养殖场发展的主要难题，目前由于部分农业落后地区还采用传统沤粪方式生产农家肥，所有有些小型养殖场风干后的畜禽粪便并非无法消纳，至少免费送给农户或者收取少量费用也有出

处，养殖废水则是最大难题，偏远地区往往偷排偷漏，极难监管；各类养殖企业主要是生猪养殖的废水量最大，消纳难度最高，这类企业对于第三方环保治理需求最大；对于大型或超大型养殖场，为了解决粪污产生的环保压力，他们也希望在项目建设期可以和环保治理企业建立合作，并可以支付一定数量的粪污处置费以转移环保压力，所以在这些大背景之下，建议政府把资金落到实处，以区域生态良性循环为基础、以沼气及有机肥产品政策支持为导向、以最适区域厌氧发酵技术及装备为核心，提升沼气工程战略定位，大力推进沼气行业更好更快发展。

沼气的盈利性，沼气作为沼气工程的产品之一，可以根据项目地理位置，周边配套等情况选择发电，直接供气，提纯为生物天然气或者提供热水及蒸汽，在乡村振兴，人居环境整治等的大背景下，沼气的多元化利用空间增大，但在基础设施建设及后期运营维护中，相应的投资及运行费用也会增加，与传统功能方式相比，完全市场化运营条件下，对于沼气工程投资及运行方压力还是比较大，现发电并网会有一定的运行补贴，建议在沼气的多元化利用方面，制定明确的建设或者运营补贴标准，以缓解沼气工程投资者及运营方压力，同时制定相应监管制度，集合各方力量，助力农村生态环境提升。

中德生物天然气先进技术战略联盟

中国能源需求日益扩大，为实现国家气候目标，确保能源安全，清洁能源的重要性愈发凸显，其中，生物天然气是备受关注的可行替代方案。生物天然气是沼气的提纯产品，其甲烷含量可高达 97%以上，化学成分上天然气相似，成为极具优势的能源替代方案。但由于生物天然气的提纯需要先进精细的技术，这就增加了其应用难度。如果处理不当，生物天然气的生产将会对环境造成严重损害。

为攻克这一难关，德国国际合作机构（GIZ）受德国经济合作与发展部（BMZ）委托，在 DeveloPPP 合作模式框架下，联合三伙伴企业：智康-格罗斯曼工程设计咨询有限责任公司、赢创特种化学（上海）有限公司及德国冰得工程有限公司，成立中德生物天然气先进技术战略联盟。该项目获资 84 万欧元，旨在为生物天然气的有效应用提供技术和系统支持。项目执行期间，GIZ 将携手企业伙伴，聚焦中国生物天然气技术，推动可再生能源在中国的应用发展。

中德生物天然气先进技术战略联盟
德国国际合作机构（GIZ）

北京市朝阳区亮马河南路 14 号
塔园外交办公楼 2-5

联系人：侯靖岳
邮箱：jingyue.hou@giz.de
网站：www.sino-german-biogas.org

关注我们

网站



微信公众号

