

中国大中型沼气工程 考察文集

中 国 沼 气 协 会 编
农牧渔业部农村能源环保办公室

能源出版社

中国大中型沼气工程 考察文集

中国沼气协会 编
农牧渔业部农村能源环保办公室

能源出版社

1 9 8 5

中国大中型沼气工程考察文集

中国沼气协会 编
农牧渔业部农村能源环保办公室

能源出版社出版
《中国沼气》编辑部发行
成都市崇庆县印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 9.6印张 250,000字
1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数 0—8,000

书号 13277·51 定价 1.60元

前 言

随着我国城镇建设的发展,能源需求量的不断增加和国家对环境保护要求的进一步提高,建造大中型沼气工程,运用厌氧消化技术处理城镇生产和生活污水及有机废物的重要意义,已被越来越多的人所认识。各地已先后建造了一批大中型沼气工程。这些工程在取得能源和治理污染方面已获得良好的效果,显示出应有的生命力。

为了了解我国当前大中型沼气工程技术发展的状况和效益,中国沼气协会和农牧渔业部农村能源环保办公室一九八四年邀请了管理与经济分析、发酵装置、发酵工艺、沼气能利用、沼气残留物利用、环境卫生等六个专业学组及有关单位的十六名专业科技人员,组成全国大中型沼气工程效益考察组,对八省一市的酒厂(酒精厂)、食品厂、禽畜厂、城粪处理厂等四个行业的沼气工程进行了考察。考察组采取现场调查,座谈讨论,分析资料和技术测定等方法,对二十七个沼气工程(其中酒厂、酒精厂九个,屠宰场四个,禽畜场八个,城粪处理厂、站六个)的厌氧消化工艺、装置、输配气系统、沼气能和残留物利用、环卫效果以及运行管理、工程投资、经济效益等方面的经验与问题,进行了系统的考察,得到了大量的第一手材料。

通过这次考察,对我国大中型沼气的现状,技术水平,存在的主要问题及其发展趋势,有了比较全面的了解,对工程技术的综合效益作出了比较科学的评价。经过反复讨论,分析研究,整理出了十个专题报告和一个综述材料。这本书就是这些报告和综述材料的文集。

这次考察和书的编写工作中,崔璇、黄志杰、谢志恒、薛斌奎等同志作了具体指导。中国科学院—国家经委能源所、农牧渔业部成都沼气科学研究所和中国农业工程设计院、上海市工业微生物

研究所、北京公用事业研究所、四川省医学科学院寄生虫病防治研究所、湖北省农科院土肥所、上海市农科院土肥所等单位派人参加了考察工作。河南、湖北、上海、四川、广东、江苏、辽宁、山东、吉林等省、市有关领导和省地沼气办公室（农村能源办公室）以及被考察单位，对考察工作给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平的限制，这本书的错误和不当之处肯定难免，殷切地希望读者批评指正。

编 者

1985年1月

目 录

我国大中型沼气工程考察综述·····	彭芳春(1)
酒厂(酒精厂)沼气生产利用考察报告·····	何德昭(42)
屠宰场(厂)沼气生产利用考察报告·····	彭武厚(70)
禽畜场沼气生产利用考察报告·····	姚爱莉(84)
城粪处理工艺及环卫效果考察报告·····	赵锡惠(105)
我国大中型沼气工程生产装置现状及评价·····	鄢凌汉(121)
我国大中型沼气工程发酵工艺现状及评价·····	彭武厚(148)
沼气的利用现状及发展方向·····	张榕林(173)
城镇有机废物厌氧发酵残留物的利用·····	沈瑞芝(220)
城粪处理工艺及环卫效果评述·····	赵锡惠(242)
大中型沼气工程系统的效益分析·····	李俊峰(270)
附录:全国大中型沼气工程效益考察组名单	

我国大中型沼气工程考察综述

彭 芳 春

本文是根据全国大中型沼气工程效益考察组的四个行业（酒厂、屠宰场、畜牧场、城镇粪便处理厂）报告和六个专业（生产装置、发酵工艺、热能利用、残留物利用、环境卫生、效益分析）报告，利用其中的材料、重要论点和结论性意见综合而成的。文章就大中型沼气工程技术的发展水平、效益、存在问题、发展趋势及建设方向等问题进行了论述。

我国大中型沼气工程技术发展现状

一、沼气工程的意义及规模划分

沼气生产或建设中的项目，通常均称为沼气工程。例如，正在建设的发酵装置和输配气系统，正在运行的农村家用沼气池，沼气村，城镇生活、工业污水和粪便处理厂以及农牧场的沼气池等。

本报告规定以单池容积、总池容积和日产气量三个指标作为划分沼气工程规模的依据，并规定这三项指标中，只要有一项达到需要，即属于这类沼气工程。如表1所示。本次考察27个工程中，单池和总池容积、日产气量均大于50米³的中型工程占18个，大型工程有9个。

表 1 沼气工程规模的确定 单位：立方米

规 模	单池容积	总池容积	日产气量
小 型	<50	<50	<50
中 型	50—500	50—1000	50—1000
大 型	>500	>1000	>1000

二、大中型沼气工程发展概况

近十年来，全国已建立的大中型沼气池有1000多处，主要分布在农村的乡、队。据不完全统计，全国已建沼气动力站541处，目前有44处运行；沼气发电站1074处，442处运行。城镇的沼气工程主要是用于生活和工业污水、城镇粪便处理等。例如西安、北京、天津和太原的城镇污水处理工程，青岛、烟台和本溪的粪便处理工程，南阳、乐至和蓬莱的酒糟液厌氧消化处理工程，等等，都是如此。

酒厂生产沼气，日本始于1955年，我国始于1967年。首先是南阳酒精厂建成了两个2000立方米的大型沼气池，至今已运行17年，日产沼气8000—10000立方米。1978年荣县酒厂也建起了沼气池，并获得了较好的效益。接着乐至、沈阳、蓬莱、通城等酒厂都成功地建起了沼气池，对我国酿造业发展厌氧消化技术带来了很大的影响。

数以万计的屠宰场排出的污水，水质发臭，孳生苍蝇，严重污染环境。当阳县冷冻厂、常熟县吴市食品站、川沙县孙小桥屠宰场于八十年代初先后建立了沼气池，大大地减轻了环境污染，同时为生产提供了能源。

为了解决职工和农民兴办沼气的困难，出现了集中供气的沼气工程。这种工程首先在四川省绵阳地区农科所和四会县下布种畜场创办，继后上海市川沙县、上海县及崇明县等地乡村、农场纷纷建立起来，使农民和职工一年四季能够获得稳定可靠的优质生活能源。

总之，我国大中型沼气工程已由农村向城镇发展，速度较快。从工程规模和发酵工艺来看，已经具备相当的水平。

三、大中型沼气工程的特点

- 1、发酵原料种类多、数量大、较集中

城镇生活和工业污水、粪便、生活垃圾及工业有机废渣等，许多都可作为厌氧发酵原料，但原料类型不同。例如酒厂，有以红薯干、玉米、高粱等粮食为原料的，有以梨、苹果、葡萄等水果为原料的；其酒糟成分也各不相同，可分成液体酒糟和固体酒糟两类。禽畜场，有粪便和秸秆两类有机废物。城镇有机废物，还有两个特点，一是数量较多，二是比较集中，因而利用方便。例如，南阳酒精厂，年产酒精2.5万吨、白酒5000吨，年排放酒糟液53万吨，每日排放1500吨，目前仅利用三分之一。崇明县东风农场有奶牛750头，每日排出粪便22.5吨。

2、发酵工艺参数和条件相对稳定，容易控制和管理

由于沼气工程具有一定的规模，工程设计比较正规，系统配置齐全，所以厌氧消化过程的基本参数容易控制。例如酒厂，有热源条件，可按高温发酵（53—55℃）的要求控制温度，糟液浓度、负荷率、滞留期等，也可按设计要求进行控制和管理，并且便于实现工程机械化和自动化，使生产保持稳定。

3、工艺和装置的类型较多

大中型沼气的发酵工艺和装置，由发酵原料的性质确定，因而具有发酵工艺及装置类型较多的特点。处理城镇粪便、屠宰污水与处理禽畜场混合原料所采用的工艺和装置，显然不同。处理北京和杭州肉联厂的污水，分别试用了厌氧污泥床和过滤器，而崇明县前进农场和丹东市种畜场采用了地下水压式沼气池。

4、工程用途比较广泛

城镇办沼气，总的来说可以取得治理污染、生产能源和综合利用三个方面的效益，但是由于行业和部门不同，不是三条效益都可以同样取得，因此在建立工程时，其目的不完全一样。有的行业和部门建立沼气工程，治污、产能和综合利用三个目的并重。比如

酒厂、酒精厂，由于糟液数量大，料源稳定，热源条件好，这一类行业办沼气工程，可同时取得治污、产能和综合利用三方面的显著效益。

有的行业和部门建立沼气工程，以治污为主。比如城镇粪便厂、屠宰场的污水污物，浓度稀，有机物含量少，但对环境的危害严重，在这类行业办沼气工程，应以治理污染为主要目标，取得能源为次要要求。

有的行业和部门建立沼气工程以取得能源为主。比如农场、禽畜场，粪便和作物秸秆丰富，来源稳定，通过厌氧发酵可生产大量沼气，满足职工生活燃料和生产用能需要，同时取得治理环境和综合利用的效果。所以可以认为，在这些部门办沼气工程，应该以开发能源为主要目的。

无论是以治污还是以产能为主的工程，均须达到良好的环保效益，因而要求所建的工程是一个工艺完整、工程可靠的系统。

四、发酵工艺及装置的类型

附表列出了四个行业的发酵工艺及其装置情况。按发酵原料，大中型沼气工程大致可分为四类，如表2所示。过稀原料类是指城市的生活污水，从下水道排出，化学耗氧量一般小于 1000 mg/l 。在我国，目前生活污水利用耗氧生化法处理。本次考察的酒厂、屠宰场、禽畜场及城镇粪便处理厂是属于稀原料、稠原料和过稠原料类型。

发酵原料浓度与其装置的关系十分密切。酒厂、酒精厂的酒糟液或分离后的酒糟液，浓度一般为 $20000\text{--}50000\text{ mg/l COD}$ ，干物浓度 $2\text{--}5\%$ ；南阳、乐至、蓬莱酒厂采用长条形遂道式（或称塞流式）发酵池处理这种废液。青岛、烟台和本溪的粪便处理工程，处理的粪便干物浓度为 $4\text{--}6\%$ ，采用地下长方形、椭圆形发酵池和地上圆柱形、仿锤形发酵罐。屠宰污水上清液浓度为 2000 mg/l COD 左右，采用厌氧污泥床、过滤器装置处理；这种污水

的处理工艺，已分别在北京、杭州肉联厂通过了中间实验。目前利用厌氧污泥床、过滤器，或者两种装置相结合的有沈阳长白酒厂、英达酒厂、湖北通城酒厂、辽宁龙泉酒厂和广东平沙糖厂，这些厂的酒精液，浓度为20000—50000 mg/l COD。

表2 发酵原料及装置类型

原料类型	形态	浓 度		装置类型	原料来源	考察单位
		TS (%)	COD (mg/l)			
I 过稀原料	液态	<0.1	<1000	/	城镇生活污水	/
II 稀原料	液态	>0.1	>1000	厌氧滤器，污泥床，地上发酵罐，地下水池	槽液或分离液，屠宰液，清液，城镇粪尿	南阳酒精厂 北京肉联厂 青岛粪便处理厂等
III 稠原料	液、固态混合	5—15	/	地上发酵罐，地下水压力池	畜禽粪便，作物秸秆	崇明前进农场，四会种畜场，锦阳地区农科所
IV 过稠原料	液、固态混合	>15	/	地下料气分离池	粪便、秸秆	丹东种畜场 龙井吉兴大队

表3

常 规 与 高 效 工

发酵装置类型	发酵温度	指 标		发酵装置	原 料	浓	
		单 位				COD (mg/l)	
常规 工艺 装置	高温	(1) 南阳酒精厂		地下长方池	酒糟液	50000	
		(2) 乐至县酒厂		"	"	19000	
		(3) 蓬莱县酒厂		"	"	54800	
		(4) 青岛市城粪二厂		地下椭圆池	粪尿液	—	
	中温	(5) 本溪市城粪厂		地上仿锤形罐	粪尿液	—	
		近中温	(6) 无锡南站种畜场		地上圆柱罐	猪 粪	—
			(7) 龙井县吉兴大队		地下长方池	混 合	—
		常温	(8) 崇明县前进农场		地下削球池	混 合	—
高效 工艺 装置	高温	(9) 通城县酒厂		厌氧过滤器	酒糟液	45000	
		中温	(10) 龙泉县酒厂		污泥床 组合罐	酒糟液	45000
	(11) 平沙糖厂			"	"	30000	
	常温	(12) 北京肉联厂		厌氧污泥床	屠宰污水	1900	

艺 装 置 的 生 产 效 率

度	日(吨 投料/天)	滞留期 (天)	负荷率 (kg/m ³ ·天)	产气率 (m ³ /m ³ ·日)	备 注
T S (%)					
4.5	500	8	6.25 COD	2.5	原料浓度低, 负荷不饱满
5	130	15	1.24 COD	1.1—1.6	
3.8	250	12	5.0 COD	2.5	
6	30	13	2.25 TS	0.8—1	
6	—	12—15	—	0.8—1	试运转
5	4	40	0.51 TS	0.6	外加热源 外加热源
15—18	批量	半年	—	0.3—0.35	
17.3	65	100	4.33 TS	0.1—0.2	
4.1—4.5	—	8	5.4 COD	2.5	试运转
3.5—4	6	5	9.0 COD	3.3	中试
—	129	3.3	10.5 COD	3.49—3.7	通过中试
—	50	0.38	4.5 COD	0.5—0.7	通过中试

表3列出了常规和高效发酵工艺及装置运行状况、发展水平的几项指标。从正常运行的南阳酒精厂和蓬莱酒厂来看,这两个厂采用高温发酵,前者已稳定运行17年,后者也稳定运行2年,其产气率均达到 $2.5 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{日}$,日负荷率为 $5-6.25 \text{ kg} / \text{m}^3 \text{ COD}$,滞留期为8—12天。说明这种常规装置稳定可靠,并能得到较高的生产水平。同时还可以看出,如缩短滞留期,其生产水平还可以提高。通城县酒厂采用了厌氧过滤器处理酒糟液,于1984年5月才启动,还看不出各项指标的情况。

龙泉酒厂和平沙糖厂采用中温发酵工艺,同南阳、蓬莱酒厂比较,滞留期减少一半多,负荷率和产气率提高了大约50%。北京肉联厂在常温条件下,采用厌氧污泥床处理 $1900 \text{ mg} / \text{l COD}$ 低浓度的屠宰污水,滞留期只有9小时,产气率达到 $0.5-0.7 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{日}$,效果很好。无锡南站种畜场利用发电余热和延吉龙井吉兴大队利用玻璃大棚收集太阳能,以提高发酵温度,使产气率提高到 0.6 和 $0.3 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 。采用常温发酵、利用常规发酵装置的崇明县前进农场,其产气率仅维持到农村家用沼气池的生产水平。

五、沼气及残留物的利用

1、沼气的利用

沼气是大中型沼气工程的主要产品之一。由于有数量较大、来源连续的发酵原料,以及采用了比较可靠的工艺和装置,从而得到了连续、稳定的沼气产量。表4列出了几个厂的沼气生产量及利用情况。所生产的沼气主要用于烧锅炉、发电、民用,此外还可用于开汽车、作化工原料等。各行业沼气的用途各异,但是每个行业都有一定的利用方向。

从目前情况来看,酿酒行业沼气产量较大,供应连续,主要用于补充生产缺能,同时满足职工家属生活用能。南阳酒精厂烧锅炉用气 180 万米^3 ,占60%;用作化工原料 90 万米^3 ,占30%;而150户职工生活用气 30 万米^3 ,只占10%。乐至酒厂年产沼气 84 万米^3 ,

烧锅炉、发电、民用各占三分之一。

青岛和烟台粪便处理厂生产的沼气，用于烧锅炉，以提高发酵温度。其产气量，夏季自给有余，冬季略感不足。

禽畜场和农场，生产的沼气主要满足职工生活用能的需要。禽畜场一般位于城市郊区，职工生活水平较高，优质燃料供应比较困难。但是禽畜场内粪便、秸秆资源十分丰富，便于搜集和管理，可为大中型沼气工程提供稳定的发酵原料，为发展沼气解决生活燃料问题提供了良好的条件。崇明县前进农场约8000人，2万亩土地，养猪6000头，是一个农工商生产的联合体。该场计划投资120万元，于1987年实现全场2000户沼气化。迄今为止，有65个50立方米的群池已投入生产，提供720户全年生活燃料。上海县新泾乡程桥大队也有一个实现全大队664户沼气化的计划。目前该大队高家塔生产队利用2.6万只鸡的粪便，投资2.4万元，建池 6×50 立方米，供应69户全年生活用气。

2、残留物的利用

①作猪饲料。

直接喂猪。用酒厂糟液喂猪，因过稀、过酸，不够理想。沈阳农学院基础部以厌氧消化后未浓缩的残留物为饲料，对沈阳花白猪的实验结果表明，其与浓度高三倍的果糟液喂猪的效果相当。

②作肥料。

残留物中大部分养分被保留下来，是一种优质的有机肥料。据南阳酒精厂测定，每立方消化液中氮、磷、钾的含量为2.1、0.72、0.35斤，相当于7.7公斤复合肥料。该厂委托当地农科所实验，施用残留物可使小麦增产。现在，南阳酒精厂的沼气发酵残留物已供200多个生产队做肥料施用。

③综合利用。

经过厌氧处理的禽畜粪便，在很大程度上减少了寄生虫卵和病菌，目前开始广泛用于养鱼，培育蘑菇，养蚯蚓等。

表4

各厂沼气产量

单 位	沼气生产量		锅炉用气 (万立方米)
	日产量 (立方米)	年产量 (万立方米)	
一、酒厂、酒精厂			
(1) 南阳酒精厂	8000—10000	300	200
(2) 乐至县酒厂	2800	84	32
(3) 蓬莱县酒厂	5000	150	150
(4) 长白酒厂	120—180	4.5	—
二、食品站、屠宰场			
(5) 吴市食品站	48	2.5	1.3*
(6) 当阳冷冻厂	40	1	—
三、粪便处理场			
(7) 青岛市城粪处理二厂	570—900	21	21
(8) 烟台城粪处理场	250—280	7.5	7.5
四、禽畜场			
(9) 绵阳地区农科所	102	3.7	—
(10) 上海程桥鸡场	90	3	—
(11) 崇明县前进农场	260—520	19.5	—
(12) 无锡南站种畜场	150	2.8	—

及 用 途 分 类

发 电		民 用		其它用气	备 注
用气量 (万立方米)	发电量 (万度)	用气量 (万立方米)	供应 户数 (户)	(万立方米)	
—	—	10	150	90	发电机组已坏
26.4	25.6	25.6	80	—	
—	—	—	—	—	
4.5	5.5	—	—	—	
1	1.5	0.15	食堂	—	*屠宰热水用气
—	—	1	45—60	—	
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	
—	—	3.7	99	—	
—	—	3	69	—	
—	—	19.5	720	—	
0.95	1	1.5	食堂	0.35	