

沼气的产生与收集概念
填埋场评估和沼气潜力评估
中国填埋气估算模型
沼气收集系统的设计概论
沼气的处理和利用

全球甲烷行动合作计划(GMI) 中国讲座 2011

要点

- **基本:** 垃圾填埋。填埋气(沼气)是什么? 为什么要控制/收集填埋气?
- **技术:** 如何控制/收集填埋气? 收集到的填埋气如何处理/利用? 有什么潜在效益?

概览 - 1

沼气的产生与收集概念

- 现代城市生活垃圾填埋场简介
- 沼气的产生原理
- 沼气作为资源 - 能源回收
- 沼气的收集概念

垃圾填埋场评估和沼气潜力评估

- 第一阶段：书面评估
- 第二阶段：实地评估
- 第三阶段：抽气测试

中国填埋气估算模型

概览 - 2

沼气收集系统的设计概论

➤ 沼气收集系统的种类

- 垂直采气井
- 水平采气井

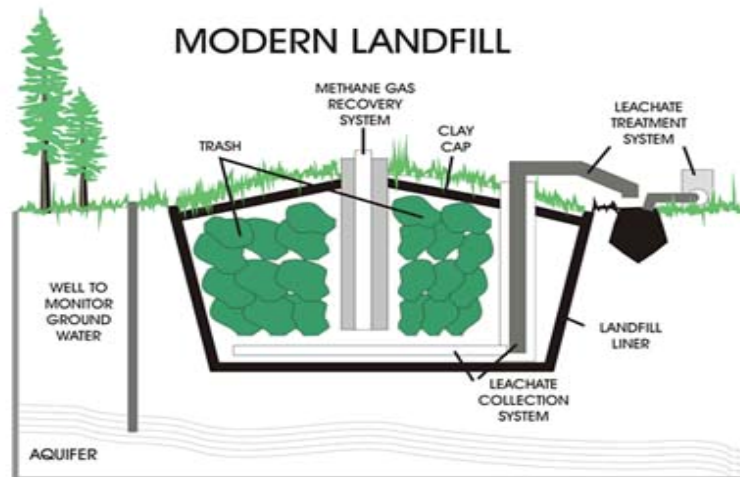
➤ 设计考虑

沼气的处理和利用

- 沼气的处理一些方法
- 沼气的利用(再生能源)

什么是城市生活垃圾卫生填埋场？

- 接受城市生活垃圾
- 每日掩盖倾倒后的垃圾以杜绝臭味与飞蝇
- 填埋场以环保的方式来运作
- 填埋场停止接收垃圾后仍需维护三十年 (美国环保署要求)

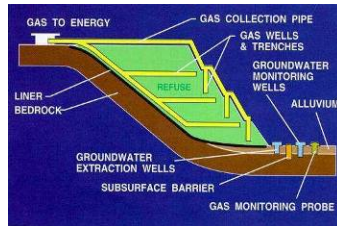


现代城市生活垃圾填埋场之主要要素

城市生活垃圾的收集与处理



现代城市生活垃圾卫生填埋场



现代城市生活垃圾卫生填埋场



(美国)城市生活垃圾的主要成分

城市生活垃圾的主要成分	% (以重量计)
纸张	33.3
玻璃	3.7
金属	12.3
塑料	15.0
餐厨垃圾	23.1
落叶及杂草	6.7
院落剪枝	3.6
树枝	0.5
混杂垃圾	1.7

什么是沼气(填埋气)?

- 形成于生活垃圾中的有机物在厌氧环境中的降解
- 混合了：大约 50% 甲烷，
大约 50% 二氧化碳，
少于 1% 非甲烷有机物
- 一种潜在的燃料
(大约 **18.6 - 37.2** MJ/立方米的热值)

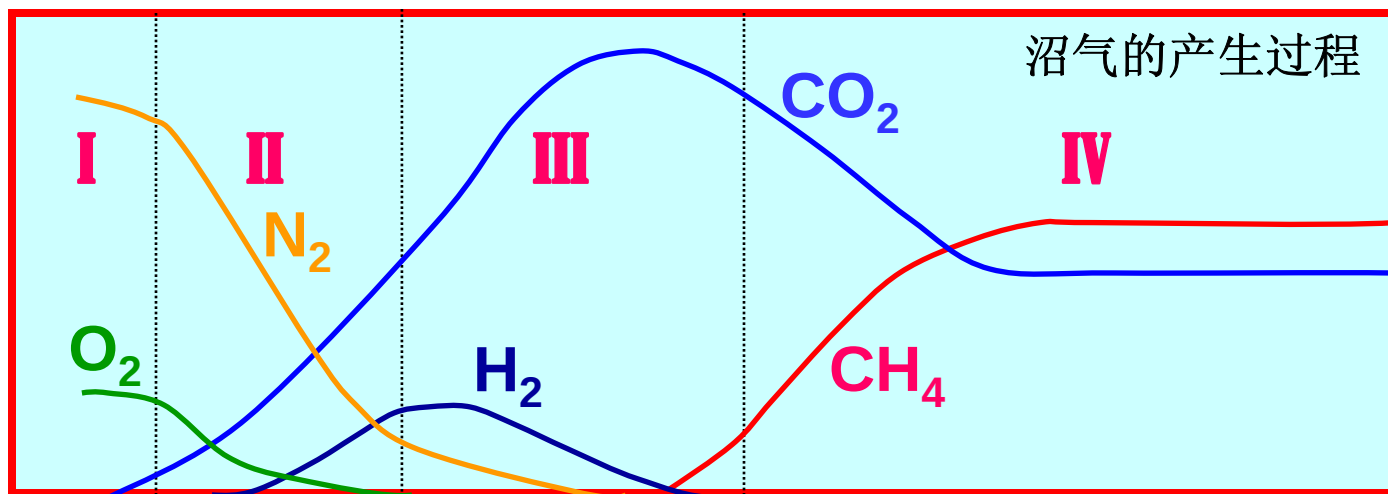
沼气产生的四个阶段

有氧阶段 (I)

纤维素 (Cellulose) $\rightarrow$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{热}$ ($55^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}$)

过渡阶段 (II) - 发酵过程

厌氧阶段 (III, IV)



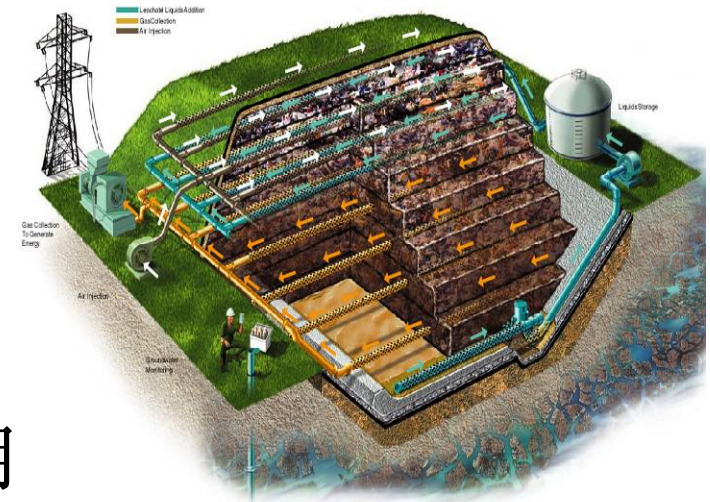
有利于产生沼气的条件

- 足够的湿(水)份
- 适当的温度 (**$30^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$**)
- 厌氧和无毒的条件下
- 有足够的养分
- 相对中性的酸碱度 (**$\text{pH} = 6.7 \sim 7.2$**)

加快垃圾的降解

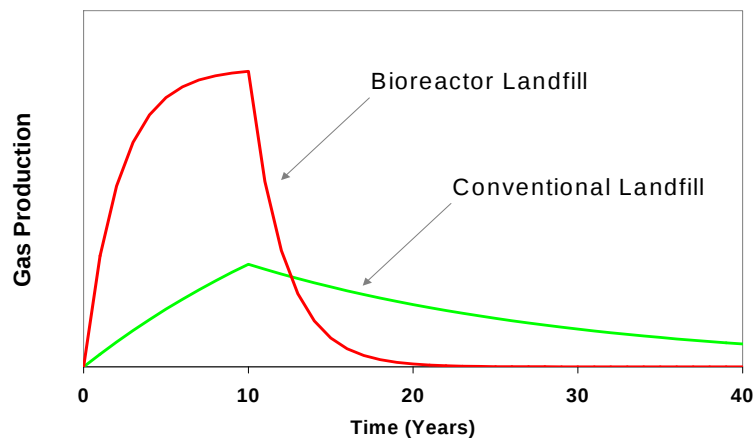
生物反应器型垃圾填埋场 (*Bioreactor Landfill*)

- 强化垃圾的生物裂解过程
 - 加入液体
 - 垃圾场渗透液循环回灌
- 使湿(水)份达到饱和状态
- 加快沼气的能源回收再利用



生物反应器型垃圾填埋场的优点

- 缩短沼气和填埋场渗透液产生的“生命周期”
- 减少填埋场关闭后的“保养周期”
- 减少填埋场渗透液的浓度
- 增强沼气能源回收的潜力
 - 增加能源销售的收入
- 减少垃圾填埋场的运作周期及费用
- 节省垃圾场的填埋空间(\$)



沼气的的重要性

- 甲烷可观的能源回收潜力
- 甲烷是重要的温室气体
(甲烷变暖潜能是二氧化碳的**21-25倍**)
- 甲烷的可爆可燃性
- 对人体健康有害
- 臭味
- 地下水污染

沼气是资源

➤ 能源回收潜力

(甲烷的热值为 500 ~ 1000 Btu/立方英尺)

- 高热值 - 可直接管道输送的燃气
- 中热值 - 可直接销售作工业燃料
- 直接在现场作发电用途
- 压缩天然气/液态天然气

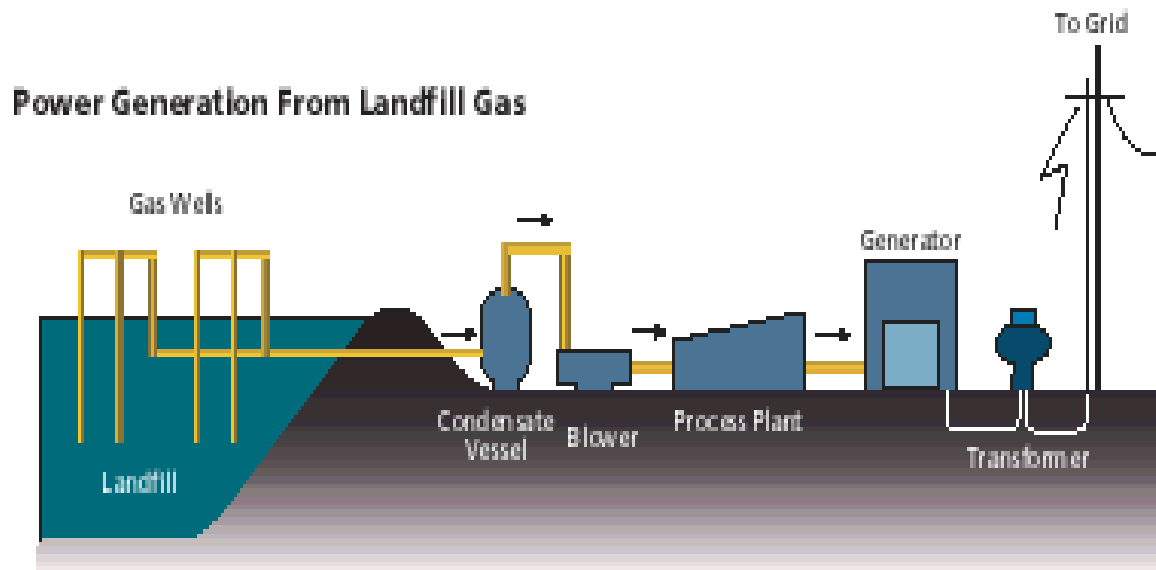
沼气收集系统的设计目标

- 控制地表排放
- 控制臭味
- 控制沼气迁移
- 尽量减少引起爆炸的条件
- 加大沼气收集能源回收
- 遵守法规条例

沼气采集系统的概念

- 沼气收集系统：

- 竖井
- 横井（坑）
- 连结管道



填埋场评估和沼气潜力评估

问题???

- 你怎么知道你的垃圾填埋场可以有多好的回收沼气？拿到多少减排？
- 你的垃圾填埋场需要多大的填埋场气体收集管和怎样的气体控制系统？

答案.....

- 专业有经验人士, 利用累积的经验和适当的工具进行评估
 - 工具包括电脑模拟（例如中国填埋气模型）
 - 监测仪器
 - 耐心的观察
 - 适当的分析

评估工作的步骤

- 第一阶段：书面评估
 - 利用问卷收集填埋场一般资料
- 第二阶段：实地评估
 - 核实数据
 - 访问填埋场人员
 - 进行实地监测/观察
- 第三阶段：抽气测试
 - 实地进行沼气抽取测试, 以调整第二阶段评估结果

填埋场评估第一阶段 书面评估 (Desktop Studies)

需要资料

- 需要填埋场提供资料
 - 垃圾成分
 - 垃圾进入量
 - 填埋场启用和封场年份（预计）
 - 目前垃圾填埋量
 - 填埋工艺
 - 填埋气管理
 - 填埋覆盖系统
 - 地表水管理
 - 渗滤液管理
- 所有以上潜力评估需要的资料都综合在一份填埋场问卷中

问卷资料分析

- 需要的简单的分析
 - 每一年垃圾进入量和已经填埋垃圾量作出核对
 - 已经填埋垃圾量与体积分析，确定垃圾密度（判断垃圾的压实程度）
 - 分析垃圾成分与城市的发展是否相对应

书面评估的优和劣

- 优点

- 评估需要时间短，分析程序简单

- 缺点

- 没能全面了解填埋场情况，结果或流於片面
- 数据由填埋场提供，未能得到专业的分析
- 数据缺乏时，需要作出一定的假设

如果需要更准确的分析填埋场情况，需要进行【第二阶段】的填埋场实地评估

填埋场评估第二阶段

实地评估

(Landfill Site Assessment)

实地评估

■ 观察及审核填埋场运作情况

- 审核填埋场文件，
例如：进场记录及垃圾监测成果
- 观察垃圾车进场频率及垃圾重量



Microsoft Excel - 20100323-1FTH516-Well data

菜单栏 编辑 格式 工具 窗口 视图 说明 A40je PDF

Calibri 11 B I U 100% 中文简繁转换 安全性

N10										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1 Model	GA2000Plus	Serial No	GA11822							
2 MCERTS certified instrument										
3 Date downloaded	3/23/2010 16:27									
4 Computer & User Info	SCC-PC	SCC								
5 Date of last user calibration	12/11/2009									
6 Date of last factory calibration	6/26/2009									
7 Next service due	7/18/2010									
8 Date of last Gas Check	6/26/2009									
9 Security code	[1FA537D5]									
10										
11 ID	DATE	CH4	CO2	O2	3L PRESSURE	CO	H2S	H2	Valve open	%
12	%	%	%	%	mb	ppm	ppm	ppm	before	after
13 516CM001	3/23/2010 8:52	69.5	41.7	0.2	-54.6	19	36	LOW	100	100
14 516CM002	3/23/2010 8:53	60.4	37.8	2	-48.22	27	31	LOW	100	100
15 516CM003	3/23/2010 9:08	62.4	40.3	1.6	-36.43	75	190	LOW	-	-
16 516CM004	3/23/2010 9:33	67.8	40.7	0.5	-14.06	74	24	LOW	-	-
17 516CM005	3/23/2010 9:51	65.6	39.4	0.7	-22.15	103	22	LOW	-	-
18 516CM006	3/23/2010 9:55	63.9	38.7	1.1	-31.6	93	14	LOW	-	-
19 516CM007	3/23/2010 10:38	58.6	35.2	3.5	-26.05	104	13	LOW	-	-
20 516CM008	3/23/2010 10:57	52.6	32.2	3.8	-32.59	91	21	LOW	-	-
21 516CM009	3/23/2010 11:05	43.5	26.2	6.2	-34.6	86	2	LOW	-	-
22 516CM011	3/23/2010 16:17	70.6	42.1	0.3	-14.44	80	4	LOW	100	100
23 516CM013	3/23/2010 14:10	58.6	37.6	2.8	-9.85	38	23	LOW	-	-
24 516FL001	3/23/2010 8:40	68.9	41.5	0.5	-53.9	16	5	LOW	50	50
25 516FL002	3/23/2010 8:42	60.8	37.5	2	-54.33	27	3	LOW	100	100
26 516HV001	3/23/2010 8:55	70.7	40.1	0.2	-47.82	27	37	LOW	100	100
27 516HV002	3/23/2010 8:58	70.7	45.9	0.2	-30.04	60	18	LOW	100	100
28 516HV003	3/23/2010 9:02	70.8	41.3	0.1	-36.12	41	2	LOW	100	100
29 516HV004	3/23/2010 9:07	70.4	41	0	-37.5	57	2	LOW	100	100
30 516HV005	3/23/2010 9:11	69.9	41.5	0	-32.41	70	11	LOW	100	100
31 516HV006	3/23/2010 9:20	69.3	41.8	0	-31.56	70	18	LOW	100	100
32 516HV007	3/23/2010 9:29	69.4	41.4	0	-25.48	65	47	LOW	100	100

日期: 2009年01月14日

车辆进场记录表

序号	来源	车号	清运单位	垃圾种类	重量(吨)	总重(吨)	备注
20090114001	石景山转运站	京AA6258	生活	06:55:17	30.64	15.28	
20090114005	石景山转运站	京AA6260	生活	07:10:02	30.50	15.14	
20090114006	石景山转运站	京AA6259	生活	07:11:26	31.40	16.20	
20090114009	石景山转运站	京AA6261	生活	07:35:32	30.54	15.42	
20090114010	石景山转运站	京AA5810	生活	07:37:57	31.16	16.02	
20090114012	石景山转运站	京AA5809	生活	07:54:39	30.66	11.46	
20090114014	石景山转运站	京AA6258	生活	08:17:01	30.66	15.30	
20090114015	石景山转运站	京AA5808	生活	08:17:50	31.30	16.16	
20090114016	石景山转运站	京AA5815	生活	08:42:51	29.04	13.90	
20090114018	石景山转运站	京AA6259	生活	08:52:40	31.20	16.08	
20090114019	石景山转运站	京AA6260	生活	08:53:10	32.60	17.14	
20090114020	石景山转运站	京AA6260	生活	08:59:16	31.90	16.54	
20090114022	石景山转运站	京AA5809	生活	09:11:54	30.58	15.44	
20090114023	石景山转运站	京AA5810	生活	09:16:19	30.28	15.14	
20090114024	石景山转运站	京AA5808	生活	09:25:22	30.68	15.54	
20090114027	石景山转运站	京AA6258	生活	09:33:54	31.44	16.08	
20090114029	石景山转运站	京AA5815	生活	09:53:34	29.52	14.38	
20090114032	石景山转运站	京AA6260	生活	10:01:55	29.22	13.86	
20090114033	石景山转运站	京AA6261	生活	10:13:56	30.68	15.46	
20090114035	石景山转运站	京AA5810	生活	10:27:29	31.10	15.96	
20090114037	石景山转运站	京AA5808	生活	10:36:20	30.56	15.42	
20090114038	石景山转运站	京AA6259	生活	10:49:29	29.30	14.16	
20090114040	石景山转运站	京AA5809	生活	11:03:04	31.74	16.60	
20090114043	石景山转运站	京AA5815	生活	11:18:06	30.08	14.94	
20090114046	石景山转运站	京AA6258	生活	11:50:57	29.08	13.72	
合计		25			761.60	381.38	

填表人: 负责人:

实地评估

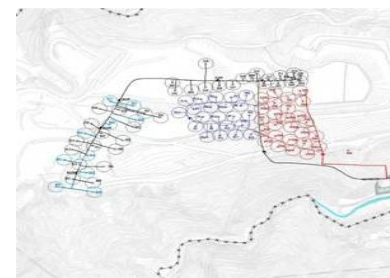
- 观察及审核填埋场运作情况
 - 观察垃圾成分及垃圾堆放工艺
 - 观察填埋场运作方式
 - 填埋气抽取及取样
 - 填埋气情况（是否有气体排出）



实地评估 填埋气回收潜力

■ 收集效率:

- 覆盖半径
- 面积覆盖率
- 填埋场内的渗滤液深度
- 覆盖情况/裂缝
- 填埋场地形 (浅或深的填埋场)
- 填埋场火灾



实地评估的优和劣

■ 优点

- 能真实了解填埋场实际的运作情况
- 准确利用场地特征评估影响场地沼气潜力的因素

■ 缺点

- 分析时间需时
- 没有实在分析场地实际可以抽取的沼气量

如果需要更准确的分析填埋场沼气潜力，需要进行【第三阶段】的填埋场抽气测试

填埋场评估第三阶段 抽气测试 (Landfill Pump Test)

抽气测试 - 目的

- 准确评估受测试覆盖的范围 沼气储存量
- 根据测试的结果，估计整个填埋场的潜在气体可抽取量
- 调整填埋气估算模型的结果

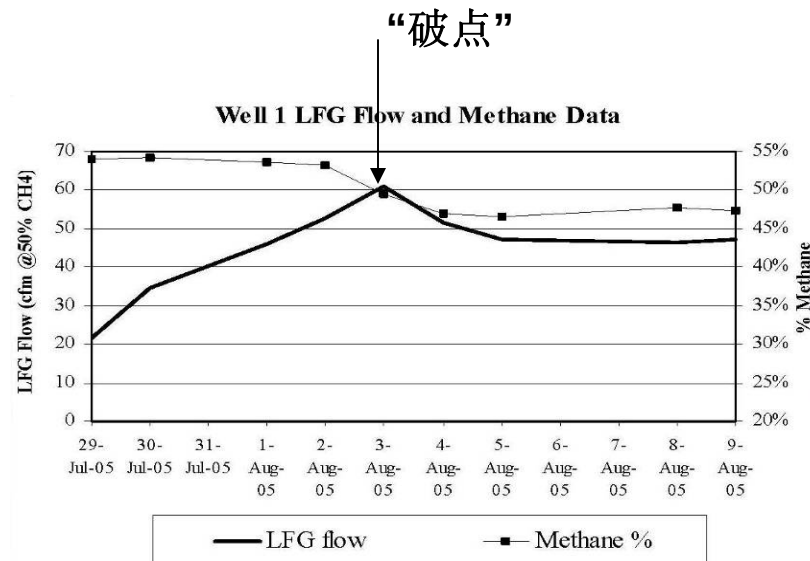
抽气测试

- 测试地点的代表性
- 周边预先覆盖压实
- 抽气井和9压力监测井
- 对各井的流量和甲烷/氧气浓度变化进行监测



抽气测试 – 测试项目

- 气井压力，气体浓度（甲烷、氧气、二氧化碳）
- 监测井压力，气体浓度（甲烷、氧气、二氧化碳）
- 每小时压力变化
- 气体流量



小结

- 评估填埋场之可回收甲烷：
 - 分为**3**个阶段，每阶段有它的目的和优缺点
 - 实际进行那个阶段按填埋场短期甲烷产生潜力和其他相关因素决定

中国填埋气估算模型

中国填埋气估算模型

版本1.1

开发目的 - 为填埋场业主、运营方和潜在开发商提供一套符合实际的工具，让他们可以初步评估回收和利用填埋气量，用以估算产生的能量和潜在收益

➤ 已经存放在美国环保署的网站，并可以下载：

<http://www.epa.gov/lmop/international/china.html>

- 依据美国环保署**LandGEM**模型和**IPCC**(联合国政府间气候变迁问题小组) 提出的指引
- **Excel**® 试算表模型，以一阶衰减方程式为基础

中国填埋气估算模型

版本1.1

- 模型开发时参考了中国的气候、垃圾特征、垃圾填埋方式、填埋场特征等
- 估计中国现在和将来的填埋场潜在填埋气产生率和回收率
- 可获得的减排量
- 直接利用项目或发电项目可以产生的能量
- 模型的成果帮助进行初步的项目财务分析

中国填埋气估算模型

版本1.1

- 要求用户输入以下填埋场相关信息：
 - 填埋场开始营运及封场年份
 - 填埋场地理位置 (所处气候区域)
 - 垃圾中煤灰的大概含量
 - 填埋场火灾历史
 - 某些决定收集效率的填埋场特征 (包括填埋气收集系统的覆盖率)
 - 垃圾堆放率

中国填埋气估算模型

版本1.1

基本公式:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_o \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$$

- 甲烷产生率 (k)
- 最终甲烷产生潜力(Lo)
- 每一年垃圾输入量(Mi)

中国填埋气估算模型

版本1.1

- 根据用户输入的信息，模型会为下列参数提供推荐值：
 - 甲烷产生率 (k)
 - 最终甲烷产生潜力 (Lo)
 - 火灾折扣因子
 - 收集效率
- 模型利用推荐值或用户指定值，及输入的垃圾量计算填埋气产生率及回收率。

中国填埋气估算模型

版本1.1

- 模型参数的推荐值是根据下列中国数据得出的：
 - 中国各个气候区域，以温度和湿度划分（并符合联合国指引）
 - 中国不同区域一般垃圾的成分
 - 评估工作中得出的垃圾填埋处理习惯
 - 实际填埋作业情况
- 允许用户自行输入参数（例如：Lo, k, 收集效率）
替代模型推荐参数
（建议在充分了解填埋场情况下才替代推荐值）

中国气候区域

寒冷对炎热:

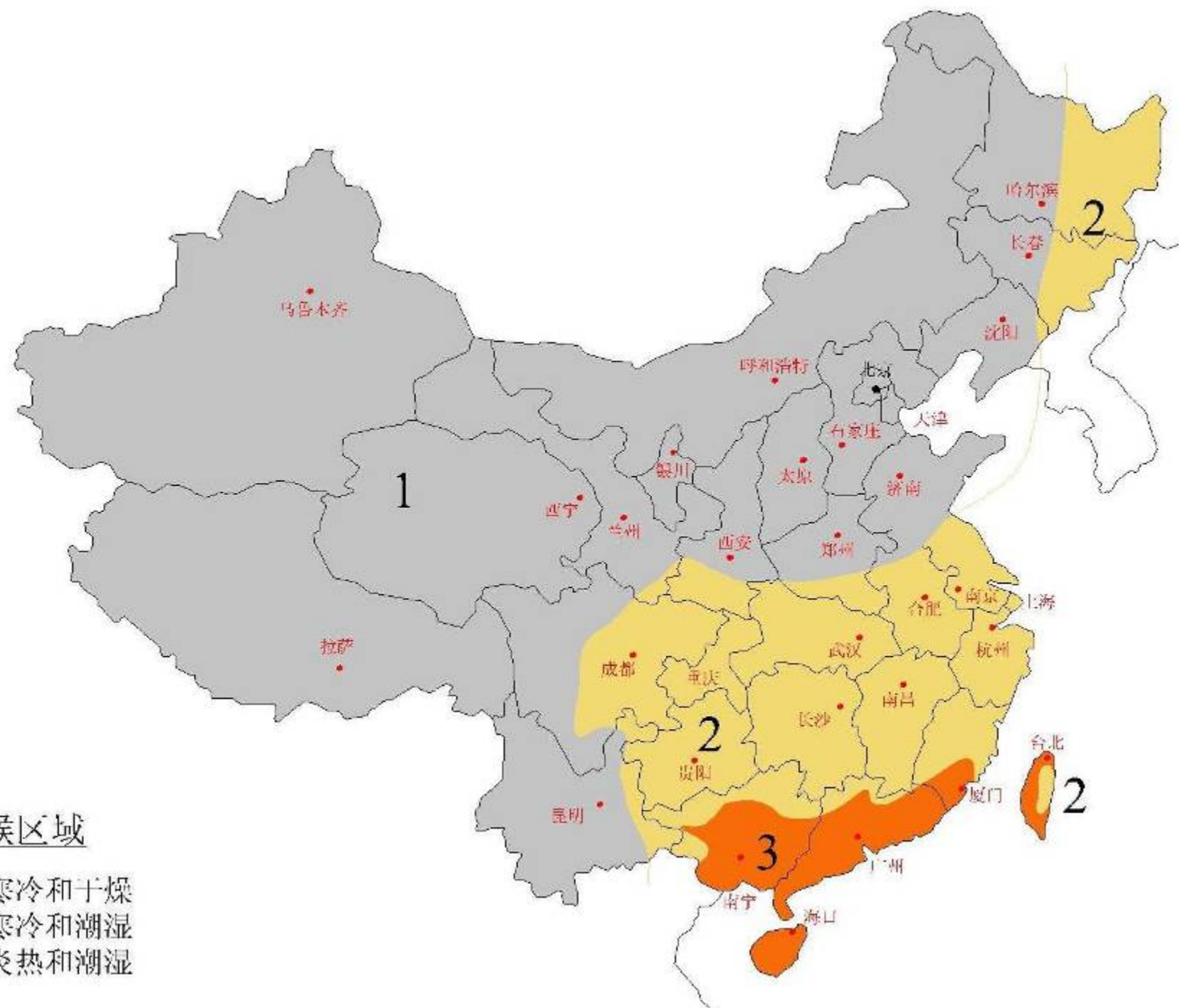
- 如年均气温 $< 20^{\circ}\text{C}$ 为“寒冷”区域
- 如年均气温 $> 20^{\circ}\text{C}$ 为“炎热”区域

干燥对潮湿 :

- 在”炎热“区域,
 - 年降水量 (MAP) $< 1,000$ 毫米属于”干燥“区域
 - 年降水量 (MAP) $> 1,000$ 毫米属于”潮湿“区域
- 在”寒冷“区域,
 - 如年平均降水量与潜在蒸发量比 < 1 属于”干燥“区域
 - 如年平均降水量与潜在蒸发量比 > 1 属于”潮湿“区域

中国气候区域

- 根据上述两项标准，中国的每个地理位置均在下列三种气候区域之中：
 - 区域 **1** : 寒冷和干燥
 - 区域 **2** : 寒冷和潮湿
 - 区域 **3** : 炎热和潮湿
- 中国并没有炎热和干燥的区域



气候区域

- 1 寒冷和干燥
- 2 寒冷和潮湿
- 3 炎热和潮湿

甲烷产生率 (k)

- 三个气候区域的推荐平均甲烷产生率值

气候区域	甲烷产生率 (每年)
寒冷和干燥	0.04
寒冷和潮湿	0.11
炎热和潮湿	0.18

最终甲烷产生潜力 (L_0)

三个气候区域的最终甲烷产生潜力推荐值：

气候区域	最终甲烷产生潜力(立方米/吨)	
	煤灰含量 <30%	煤灰含量 >30%
寒冷和干燥	70	35
寒冷和潮湿	56	28
炎热和潮湿	56	42

火灾折扣因子

- 如用户说明当前或曾经发生填埋场火灾，模型则会在进行填埋气回收估算时采用一个默认火灾折扣因子（有机物减少30%）



收集效率

- 收集效率是衡量填埋气收集系统表现的重要指标

收集效率

$$= (85\% - x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7) \times ACF$$

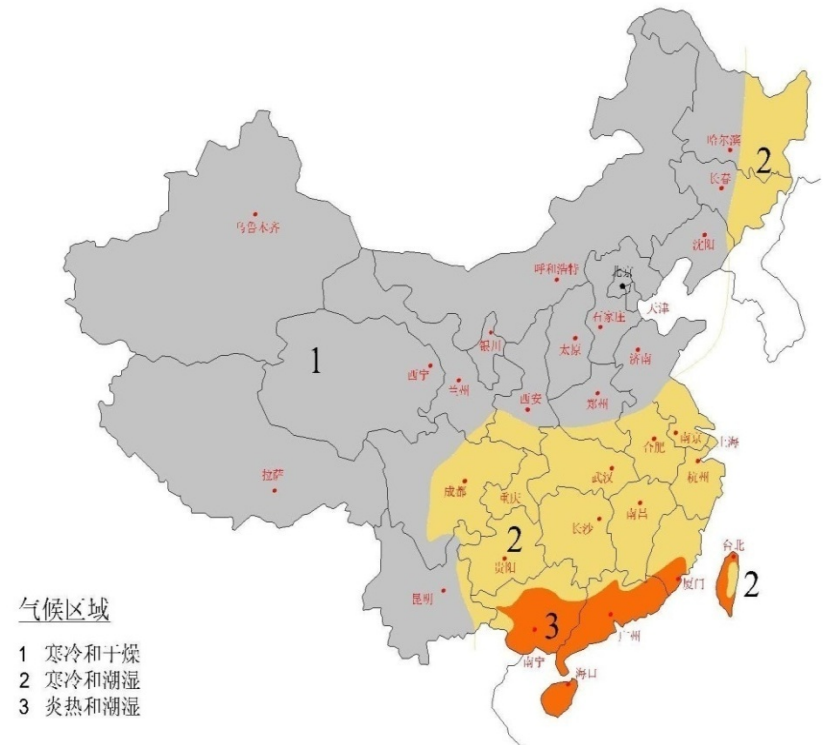
其中:

- x_1 至 x_7 是根据填埋场建设及运行特征得出的折扣率
- **ACF** 为面积覆盖因子, 由填埋气体系统区域覆盖面积百分率决定
- 详见<用户手册>

<http://www.epa.gov/lmop/international/china.html>

中国填埋气估算模型

- 提高国际填埋场评估能力
- 运用一阶衰减式来估计废物分解和产生填埋气的速度
- 应用有区域或国家特征的气候数据
- 把中国各地按气温和降雨量分成三个区域（与IPCC标准符合）
- 考虑到垃圾的煤灰成分



<http://www.epa.gov/lmop/international/china.html>

沼气收集系统的设计概论

沼气收集系统的功能

- 控制迁移 – 避免沼气离开填埋场范围
- 控制臭味 – 减轻沼气臭味外溢
- 控制地表排放 – 减少向大气排放沼气
- 地下水资源保护
- 能源回收 – 收集沼气作发电和资源回收

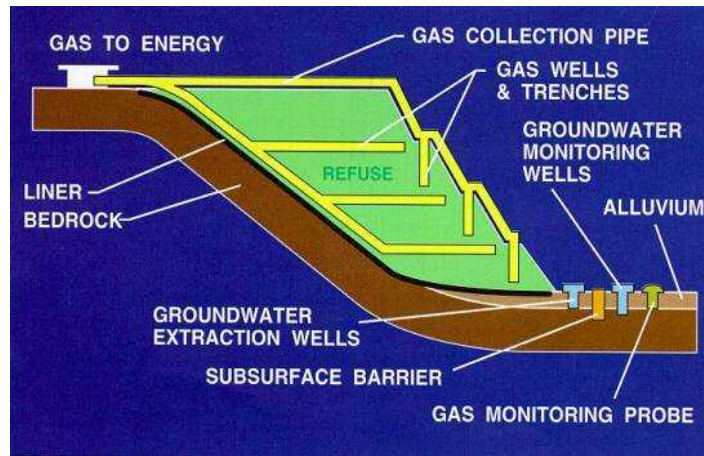
沼气的收集与管理

- 沼气排放的控制方式
 - 被动排放
 - 主动收集
- 一系列的沼气排放控制监测网路及周边控制系统

主动型的沼气收集系统之要素

- 沼气收集系统
- 收集方式：
 - 垂直采气井
 - 水平采气井
 - 地表采气系统

沼气收集系统简图



纵横交错的沼气收集系统



沼气收集系统的设计

沼气收集系统的种类:

- 垂直采气井:
 - 在垃圾填埋后安置
- 水平采气井:
 - 在垃圾填埋过程中就可安置

设计考虑:

- ◆ 间距 - 采气井的影响范围 (或, 影响半径)
- ◆ 地点 - 地形地貌、垃圾年份、垃圾类型, 及采气系统的演变
- ◆ 深度 - 垃圾深度、填埋场渗透液的聚集情形, 垃圾填埋块的建造
- ◆ 采气井 - 材料、井深及管料



横井 与 竖井 的比较

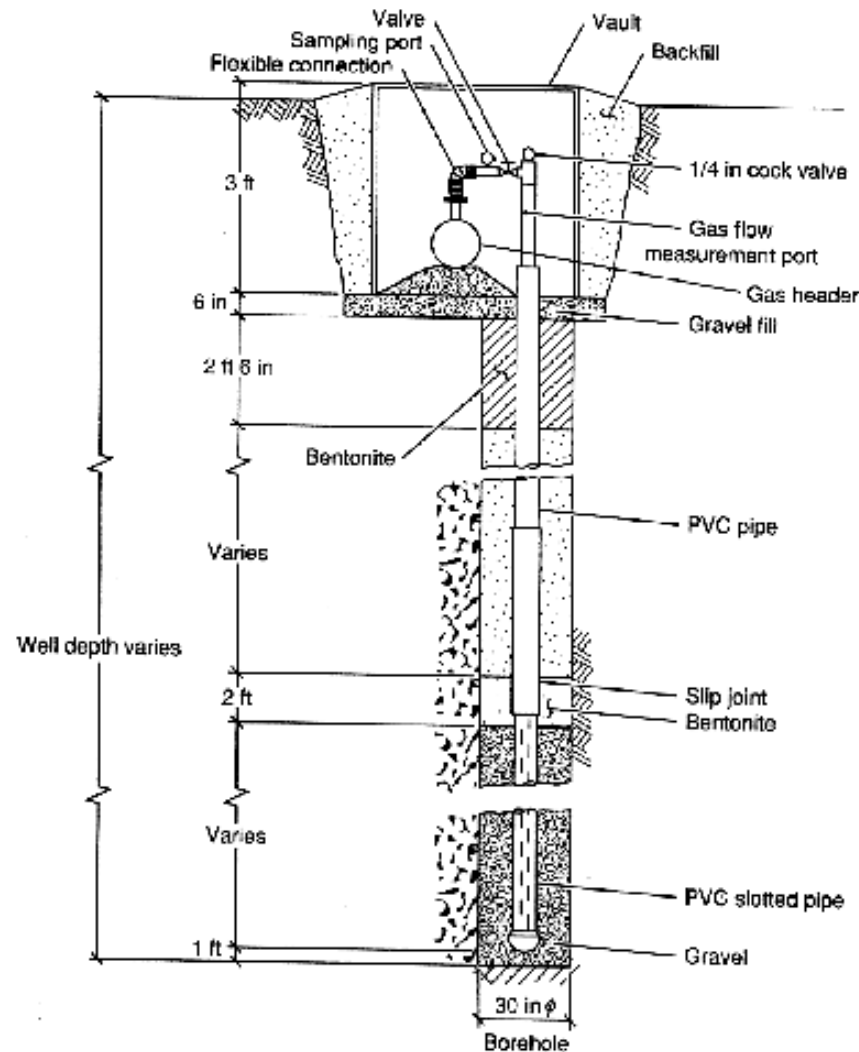
- 减少对垃圾填埋场日常运作的互相干扰
- 可较早开始收集沼气
- 水平采气井在垃圾填埋区仍在填埋中就可建造
- 影响半径不如垂直采气井
- 在填埋场有较好的更广泛的吸气负压
- 只能在垃圾填埋板块填埋完后才能安置
- 在垂直采气井周围填埋垃圾要注意采取保护措施

沼气收集速率

可收集的沼气量取决于：

- 有多少沼气已产生
- 采气系统的收集效率
- 是否有空气深入 (覆盖是否有效)
- 垃圾填埋场的地形地貌
- 垃圾的渗透率
- 采气井的间距

垂直采气井的设计



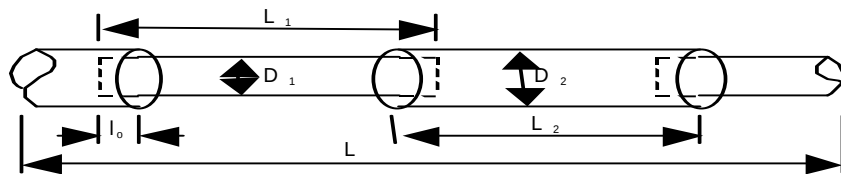
(Ref. Park, 1998)

采气井的设计

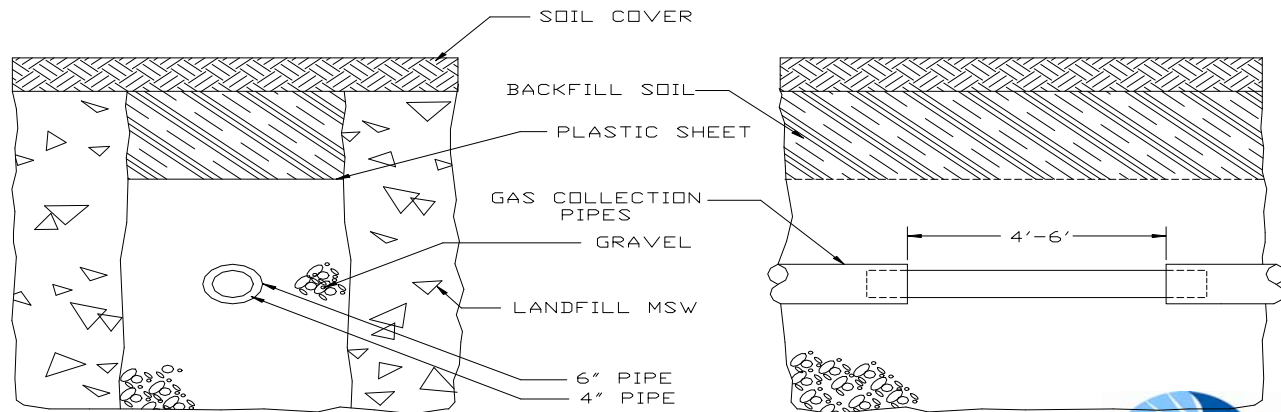
竖井(Vertical Wells)

间距	45 ~ 60 米，典型：60米(200尺)
井深	至少 17米 (55尺)
吸气口深度	至少 6米(20尺)，典型：9米(30尺)
吸气口长度	井深 < 27米(90尺)， 井深 减去 6米(20尺)
	井深 $\geq$ 27米(90 尺)， 管壁的最下面21米(70 尺)
管材及尺寸	15厘米 (6寸) 高强度聚乙烯管 或 不锈钢管
井口密封	至少最上面3米 (10 尺) 用压实的回填土
吸气口设计	长度与宽度分别为5厘米 (2寸)和0.3厘米(1/8寸)

水平采气井的设计



$$L_1 = L_2 = 3 \text{ 米(10 feet)}, I_0 = 60\text{cm (24 inches)}$$



采气井的设计

横井

间距	45米 (150尺)
最上一层水平采气井距地表距离	地下12米 (40尺)
离斜坡最小水平距离	从斜坡到井:18米 (60尺)
水平采气井管材料	皱纹型的钢管
水平采气井管尺寸	30/38厘米 及 38/46厘米皱纹型的钢管
连结支管尺寸	20厘米 (8寸) 高强度聚乙烯管

沼气的处理和利用

填埋气处理/利用选项

- 火炬焚烧
- 发电
- 提纯
- 直接利用
- 热电联产

火炬焚烧

火炬种类

- 气井火炬；太阳能火炬
- 开放式火炬：低成本，低燃烧效率 (~50%)
- 封闭式火炬：高成本，高燃烧效率 (99%+)

作为后备，当其他利用设备未能或不能运作（如起动，维修）时用

气井火炬/太阳能火炬



开放式火炬



封闭式火炬



封闭式火炬和预处理设备



火炬焚烧

优点

- 可以有效地减低甲烷排放
- 最低的预处理要求 (脱水)

缺点

- 浪费可以使用或销售的能源
- 只有火炬燃烧设备的填埋场，不能参与清洁发展机制(CDM)项目

发电

发电机种类

- 内燃机
- 燃气涡轮
- 蒸汽涡轮
- 微型燃气涡轮

填埋气发电项目

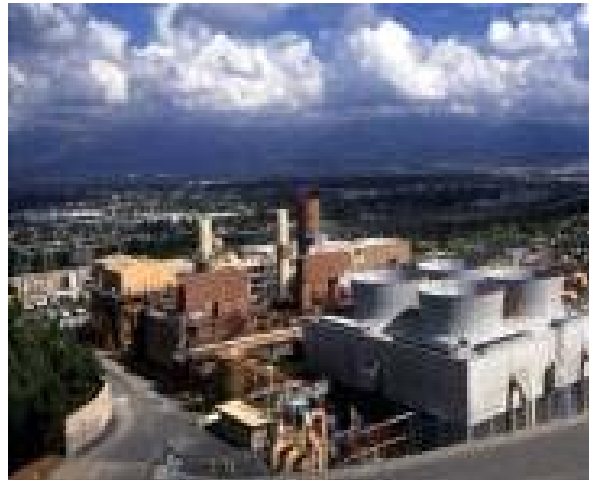
项目使用技术	项目数量 (美国) *
内燃机	279
燃气涡轮	28
电热联产	26
蒸汽涡轮	14
微型燃气涡轮	13
混合循环	6
史特林引擎	2

*根据填埋场甲烷推广计划2010年资料库资料

发电案例—美国洛杉矶朋地岗填埋场

填埋场容量: **1亿2千多万立方米**
开始填埋: **1957** (2013年11月封场)
现有垃圾: 约一亿三千万吨
日进垃圾: 13,000吨
填埋气收集量: >每小时**50,000**立方米

- 机组容量 (**50兆瓦**)
- 发电上网
- 可供十万户家庭用电



发电案例一—深圳下坪填埋场

填埋场容量: **4千7 百万立方米**

开始填埋: **1997 (运作期30年)**

现有垃圾: **1千3 百万吨**

日进垃圾: **3000~3500吨**

填埋气收集量: **>每小时9000立方**

- 机组容量 **(7.5兆瓦+)**
- 发电上网



发电案例一北京高安屯填埋场

填埋场容量: **8百92万立方米**

开始填埋: **2002 (运作期20年)**

现有垃圾: **6百50万吨**

日进垃圾: **1000吨 (曾达3200吨)**

填埋气收集量: 每小时**2500立方**

- 机组容量 **(2.5兆瓦+)**
- 场内渗滤液处理厂和办公室用电



发电

美国最常用的填埋气利用方式

- 在运行项目**250**个，机组容量 **1100** 兆瓦

优点

- 电力可以现场利用，或售卖给附近的客户，社区或电网

缺点

- 填埋气需要预处理
- 上网可能程序复杂，费用高昂
- 成本比直接利用高（但比提纯低）

提纯

技术

- 把甲烷浓度从 **50%** 提高到 **97- 99%**
- 主要步骤：把二氧化碳分开脱离

产品

- 压缩天然气 (**CNG**)
- 管道质量气体
- 液化天然气 (**LNG**)

提纯案例(CNG)—美国洛杉矶朋地岗填埋场

填埋场容量: **1亿2千多万立方米**
开始填埋: **1957** (2013年11月封场)
现有垃圾: 约一亿三千万吨
日进垃圾: 13,000吨
填埋气收集量: >每小时**50,000立方米**

- 填埋气提纯为 **97%+** 甲烷并压缩成 **CNG**(每天>**4000立方米 CNG**)
- 供场内汽车使用

LNG

CNG



*www.lacsd.org

提纯案例(CNG)－深圳下坪填埋场

填埋场容量: **4千7 百万立方米**
开始填埋: **1997 (运作期30年)**
现有垃圾: **1千3 百万吨**
日进垃圾: **3000~3500吨**
填埋气收集量: **>每小时9000立方**

- 每小时**500立方**填埋气提纯为 **90%+** 甲烷并压缩成 **CNG**
- 供场内汽车使用



提纯案例(管道质量气体)—— 纽约市清流填埋场 (Fresh Kills)

运作年期: **1948-2001**

现有垃圾: **>1亿吨**

日进垃圾: 曾达**1万3千吨**

填埋气收集量: 每小时**8000立方**

- 每小时**8000立方**填埋气提纯为 **4000立方** 高热能气体
- 直接进入高压天然气管道
- 前世界最大填埋场
- 转化为公园让民众进行体育活动和游乐



提纯案例(LNG)一

美国加州Altamount 填埋场

现有垃圾: **3千6百80万吨**
LNG项目启动: **2009年**
填埋气收集量: 每小时
3500立方

- 每天**8万5千立方**填埋气提纯为 **4万9千公升 LNG**
- 为**300台**垃圾货车提供燃料



提纯

优点

- 产品直接进入管道
- 甲烷可以用作工业原料
- 减少耗费化石能源

缺点

- 管道/用户对产品质量要求偏高
- 大型项目才具备经济效益
- 要大量预处理去剔除甲烷以外所有其他成分
- 费用高，规模大，运营维修要求高

直接利用

- 把填埋气用管道送到场内或附近用户，直接应用。
- 在美国有超过**100**个项目。
- 最适合持续不断的燃料需求。
 - 锅炉，窑炉，火炉
 - 渗沥液预处理,生产过程所需热能
 - 垃圾焚烧辅助燃料
 - 创新应用：
 - 温室
 - 红内线暖炉
 - 陶瓷窑炉
 - 渗沥液蒸发

直接利用案例一北京高安屯填埋场

填埋场容量: **8百92万立方米**
开始填埋: **2002 (运作期20年)**
现有垃圾: **6百50万吨**
日进垃圾: **1000吨 (曾达3200吨)**
填埋气收集量: 每小时**2500立方**

- 锅炉容量 **(700千瓦)**
- 生产热水供场内使用



直接利用

渗沥液预处理

- 利用沼气将渗滤液加热
- 脱去氨及挥发性有机化合物
- 减少渗沥液处理厂的负荷，提高处理能力



直接利用

温室

- 用填埋气直接取暖，或使用发电后的余热
- 二氧化碳可以在温室内用来提高农作物产量
- 在美国有**6**个项目（在运行或建设中）



直接利用

红内线暖炉

- 为储藏室或维修间供热
- 少量沼气便可以把大的空间热起来
- 安装简单
- 在美国有4个项目在运行中



直接利用

窑炉

- 在陶窑或玻璃火炉里作为燃料
- 为工业和艺术家们节省大量开支
- 在美国有**2**个项目在发展中



直接利用

渗滤液蒸发:

- 利用沼气蒸发渗滤液及相关有害污染物
- 减少95%+渗滤液体积
- 技术普及可行
- 有多个项目在各国运行；在美国有20个



渗滤液蒸发案例一北京安定填埋场

填埋场容量: **3百56万立方米**
开始填埋: **1996 (运作期14年)**
现有垃圾: **>4百20万吨**
日进垃圾: **800~2000吨**
填埋气收集量: **>每小时400立方**

- 渗滤液蒸发器设计容量: 每日**40立方**
- 中国第一个获批的 **CDM** 项目
- 在中国的**第一个渗滤液蒸发项目**



直接利用

优点:

- 预处理要求低（脱水为主）
- 原有传统设备只需要小规模改造
- 锅炉对微量成分不敏感
- 成本和运营维修费用相对较低

缺点:

- 用户与填埋场的距离必须较低
- 要小心防止产品被填埋气污染

提纯 / 直接利用项目一览

项目使用技术	项目数量（美国）*
锅炉	54
直接供热	42
转化为高热能燃料	22
渗滤液蒸发	16
温室使用	6
替代能源（压缩天然气 或液态天然气）	3
转化为中热能燃料直接 送到天然气管道	1

*根据填埋场甲烷推广计划2010年资料库资料

热电联产

- 大型工业
- 微型燃气涡轮应用
- 优点
 - 回收废热，总能源转化效率较高 – 高达 **80%**
 - 专门的热电系统普及可用
 - 有弹性：可以用回收的热能提供热水或蒸汽
- 有额外费用

电热联产- 美国南卡州

- 管道**9.5**英里长
- **4** 个涡轮机改用填埋气
- **4.8** 兆瓦 = 工厂电力需求的**25%**
- 每小时**76GJ** = 工厂热能需求的**80%** (热水, 取暖, 空调)
- **BMW** 每年节省**1**百万美元



电热联产- 美国伊利诺州

- 第一个在学校的填埋气电热联产项目
- **12**微型燃气涡轮，
总容量 **360**千瓦
- 废气产热每小时
306MJ
- 学校估计每年节省
十万美元



为什么要使用填埋气

- 本地可用的能源
- 可再生能源
- 容易收集和利用
- 供应平稳 – 每天**24**小时, 每周**7**日
- 技术可靠 – 运作时间比例**>90%**
- 不用的话, 能源会被浪费 (不能储藏)
- 减少甲烷排放, 绿化环境

填埋气能源项目优点

- 清除甲烷和其他填埋气内有机成分
- 减免非再生能源的消耗
- 每一兆瓦的容量：
 - 减排：相当于种植**4,900**公顷的树林，或减免**9,000**辆汽车的二氧化碳排放
 - 节能：相当于每年少用**99,000**桶石油，减免**200**火车卡的煤炭，或为**650**家居提供能源

总结

填埋气是个宝！



*www.lacsd.org



全球甲烷行动合作计划(GMI) 中国讲座 2011

谢谢大家！

江东

dungkong@yahoo.com

