

电物能原理

凱列尔 著

湖北省人民委员会工业厅
国家计划委员会办公厅 出版

生物能原理

凱列爾 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

湖北省人民委员会工业厅 译
国家计划委员会办公厅

1958年·北 京

В. Р. Келер

ОСНОВЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ

生物能原理

弗·罗·凱列尔 著

湖北省工業厅 譯
国家計劃委员会办公厅

*

湖北省工業厅 出版
国家計劃委员会办公厅

建筑工程部印刷一厂

新华書店北京分店内部發行組發行

1958年3月第1版

1958年3月北京第一次印刷

印数 1—10,000 字数 48,000 定价: 0.23元

导 言

我国面临着一项重大而艰巨的任务：在最近几年内按人口計算的肉類、牛奶及油脂的生产和消費方面赶上并超过美国。

苏联人民正在采取各种办法完成这项任务。很多人都在努力提高畜牧業产品率，同时也用尽各种方法来增加农田牧場的單位面积产量，因为他们正确地認識到这两者之間的关系。

农業中各种有机廢料經過甲烷發酵可制成一种肥效特別高的肥料。施用这种肥料来提高农業产量，可能是最令人惊異和振奋的一种方法。

就是在那些技术發展較早，人口較密，精耕細作，农業产量已达到高度水平的西欧国家，采用了甲烷發酵肥料以后，也能把农業产量提高15—20%。而在我国，經驗証明，采用这种先进方法，农作物單位面积产量至少可提高25—30%。

提高农業廢料的施肥效果，并不是甲烷發酵的唯一收获。很多科学家，特別是西德及西欧各国的科学家（包括大洋彼岸的科学家）都在这一新方法中寻找另一种东西——甲烷。这是从一个很意外泉源——有机廢料中輕易取得的一种物美价廉气体燃料。不久前發現的这个有机物質加工法除有上述这两大特点以外，还有以下几点好处，例如这种方法能够在某种程度上完成某些农業地段的机械化，附帶地剷除杂草的根源和病菌，并且非常妥善解决各种廢物及垃圾的处理利用問題（把它們变成馬上可用于生产高效能肥料及燃料的宝贵原料）。这样看来，甲烷發酵法的重要性和引誘力就更明显了。然而，不要以为，一旦有人把“灰色煤”作为一个問題提出以后，甲烷發酵

法就会被大家所理解，就会立即得到社会主义农业全体工作人员的同情支持，馬上在国营农場和集体农庄各地推广起来。由于某些领导人員对待一切新鮮事物的保守思想和厭惡心理，情况常常远不是想像的那样。“灰色煤”有它自己的特点，那就是它的使用范围在某些地区，特别是北方地区要受一定的限制。建立較大的廢料醱酵裝置虽算經濟，但造价也不賤，从長远来看，毫無疑問它会被农作物的高产 及其它收益所贖回，但开始时需要的那笔投資却不是每个农庄都負担得了的。不能不提到这样一个情况，就是直到最近，除了全苏农业电气化学研究院梯比里斯分院（現格魯吉亞农业机械化及电气化科学研究所）外，在苏联几乎沒有一个人研究这种新方法。为在实践进行研究而建設的第一批生物能利用裝置，其进度之慢是不能令人容忍的。

但“灰色煤”畢竟是当代的一項重大發現，它定会在我国得到很好的研究和热情的关怀。实际上現在就有这种情况（从很多对我写的文章的来信反映中也可看到这点），但目前从事这项研究的人还不多，将来一定会多起来的。可先在我国南部，东南部及西部地区建設一些生物能利用裝置，并使它在农民的生活中稳固地扎下根来。但我認為，这种裝置最后总会推广到北方去的。农业机械化是完成在主要农产品的生产和消費方面赶上并超过先进资本主义国家这一任务的先决条件，但在目前，如果不对国营农場、集体农庄及牧場的有机廢物进行加工利用，那么要想实现全面的机械化实际上是不可能的。

作 者

1957年8月20日莫斯科

目 录

导 言

第一章	第三种能量儲藏庫	1
第二章	“灰色煤”	5
第三章	增加收成的泉源	16
第四章	生物能利用站的工作情况	21
第五章	裝置的組成部分	29
	进料庫	29
	醱酵池	30
	卸料庫	33
	貯料室(醱酵物貯藏庫)	34
	貯气罐	35
	輸送管道	35
	唧筒室	37
	压縮气体的制取	38
	热电站	39
第六章	这是任何集体农庄都能办得到的事	42
附 录	实驗裝置的設計示例	50
参考文献		60

第一章 第三能量儲藏庫

“動力資源業已消耗殆盡”，“人類將要回到石器時代”！五、六十年前某些評論家，經濟學家，甚至許多科學家們都這樣感嘆過，當時已大致地証實了世界上天然的燃料資源儲量是有限。而且已初步地意識到，這些燃料儲量不斷減少和其需要不斷增長之間的矛盾。

對燃料消耗問題無憂無慮的時代業已過去。隨之而來的是令人沉思的年代。燃料危機的魔影已籠罩着城市的上空。

巨大的動力庫——煤炭、石油、木材等已不是過去設想那樣取之不尽用之不竭的了。過去在人們的心目中，從來也不會相信過（也毫無根據），無原料的能源，例如日光的幅射能（黃色煤）、潮水能（藍色煤）以及風力能（青色煤）等等，可以實際應用。

但在1919年，正當在俄國的土地上國內戰爭炮火連天的時候，英國物理學家艾爾納斯特·廖邱爾福爾特用氦核第一次打破了原子核，於是可見可觸的物質世界（所謂“大世界”）和不可捉摸的奇異的微粒世界（“小世界”）之間不可逾越的絕壁就被推倒了，為人類开辟了探索另一個最雄厚的能源——原子能的途徑。

人們必竟幸運的成了這種大量的能力原料的所有者。乍一看來，這種能源似乎可以完全解決動力問題了。然而事實並非如此。看來，那怕在遙遠的將來，即使發現更強大的能源，也很難實現。

首先，人們對能量的需要的增長，絲毫也不慢於隨着技術進步而發現的動力資源的增長，估計到2000年，地球上各種能量的消耗量約比1947年大9倍。

其次，生產原子能所需材料（原子燃料）的儲量是十分有限的。這一點與地球上其它各種由原料資源所產生的能量的儲量完全一樣。

最後第三個原因，能源問題，看來永遠也不會得到解決，因為人們的希望不僅是向大自然索取大量的財富，而且要从這些財富中挑選出最有價值的東西來。

也許就是這種希望，促使人們再去探索第三種重要能量的儲藏庫，即燃氣的泉源。

燃氣很早以前也曾偶然地被使用過。但對這種氣體真正有所理解還是近代的事情，也就是我們這個時代的事情，這個時代稱得起是真正發現第三種能量儲藏庫的時代。

各種燃料均有其缺點。就拿石油、煤炭和木柴來說，它們的缺點就是有煙灰、價錢高、不便運輸、不易貯藏，同時燃燒時需要大型的裝置。再就原子能燃料來說，也有裝置笨重，價錢貴，要求有高度的安全設備，生產過程複雜等缺陷。

只有一種燃氣沒有以上這些缺點，它應用起來各个方面都近乎理想。

燃氣在燃燒時既無煙，又無剩餘物（如灰燼、渣子等），且便于貯藏和運輸。安裝燃氣管道的費用比修建任何其它運轉干綫都要便宜，同時這種燃氣管道接到哪里都可以。如將它壓縮或液化裝入貯氣瓶中，可以毫不費力地運送到那些不可能或不便安裝燃氣管道地方去。如液化後的燃氣，只佔氣體整個體積的百分之一，因此用一個小容器就可運輸或貯藏大量的燃氣。

這種燃氣可隨時使用。燃燒的工具簡便、安全，並且容易

掌握。而且这种气体是最便宜的一种燃料。例如，在莫斯科，燒天然气比燒木柴要經濟11—12倍，比燒煤油也要經濟6—7倍。

总的看来，燃气的这些特性可归納为一个惊人的性能，这种性能無疑是任何一种其它燃料所不具备的。那就是它能够深刻而完美地改变它的使用領域（如工業、动力、城市公用事業、農業、運輸業以及人們的生活等方面）的面貌。

假若我們能够看到15—20年以后的情景的話，那么我們就会認不得自己的城市和乡村了。

首先，那时將哪里也不会再冒烟，也沒有塵垢和烟，簡直会使我們惊奇。我們將不再看見燃料燃燒的任何痕跡，尽管人們那时無疑將消耗更多的燃料。汽車行駛时所噴出的那股气味也將消失。甚至在那些淨燒煤免不了有塵烟的矿区，空气也会变得更加新鮮和清晰。孩子們將不知道煤气是什么味兒了。

住宅前面林蔭路旁的栗树和菩提树綠蔭如盖，大自然的爱好者，再不会因看到树木凋萎，而感到扫兴。將來甚至在化学工厂附近也不会有枯萎的树木了。綠叶上的气孔再也不会被塵埃充塞。树木也將同人們一样自由而輕松地呼吸了。

化学工厂、冶金工厂、金屬加工工厂及其它工業部門的爐子，制造食品、蔬菜和其他产品所需要的干燥設備，玻璃工厂，食品工業企業，金屬加工工厂車間等等，都將改用甲烷。將來这些生产部門的特点：是生产文明，清潔衛生，产品优良，有效系数大和劳动效率高。

汽車、內燃機車、內燃汽輪、固定式內燃机的动力裝置等等大部分也將改用壓縮气体或液化气体來發动，这样他們的外表將會变得更加整潔和美观，操作起来更加容易，保險可靠。

“但这些只不过是幻想而已”。过于謹慎的讀者会这样

說。難道我們真能找到这么多燃气嗎？1956年在我國燃料平衡表中天然氣比重只佔2.5%。要知道，仅一百万輛汽車改用燃气，每年就需要120亿立方米燃气，在最近十年內我國对優質燃气的需要量每年約为1500—1700亿立方米左右。

“从哪里取得这么多的燃气呢？且滿足工業、动力、運輸業、城市公用事業、農業及日常生活的一半需要吧。”

对于很多提这样問題的人的答案可能是出乎意料的：“我國的燃气的儲藏实际上是取之不尽，用之不竭的。”燃气供应的来源已为人们所知。建立富足的气体燃料基地，对我们來說，主用問題不在原則，而在時間。

在前几年还認為，气体燃料的主要来源只有二，一种是在开采和利用石油时获得天然气，即所謂“副产品”；第二种是从低質固体燃料（褐煤及其它等）热处理和殘渣油（如含硫很高的重油及石油瀝青）处理时提取瓦斯。

在最近几年，又發現了一种热量很高的和經濟的易燃气体的泉源，就是農業有机廢料。如稻草、糞便、杂草、馬鈴薯莖叶、榨油厂和屠宰場的廢料和其他东西等。提取这种生物气的方法，与提取燃气的其它方法截然不同。生物气是有机廢物在密閉的裝置中經過甲烷發酵所得的产品。

气体燃料新来源的特点，在于它是地道的農業来源，并且可指望它在一定程度上（假如不是全部的話）解决农村燃料这一重大而复杂的問題。

第二章“灰色煤”

“农村的燃料問題”，誰不知道這句話所包含的意思呢？这就是为农場和住家采伐木柴，老远地給机器运送燃料油，这就是漫长的、不易通行的道路，是汽車、車庫、修理場、倉庫；这就是申請單、預算、大笔的杂項开支；这就是各种难以預料的原因所造成的供应中断現象；这就是显著地減少本可用于工業和城市需要的燃料。

总之，农村的燃料問題是国民經济的重要問題之一。人們沒有天天談論這個問題，并不是因为在統一高压电网、在电子計算机和噴气式飞机的时代里，可以不注意這個問題，只是以为对那些不可能有根本改进的事物又有什么可談的呢。

任何一个农業領導者在考虑燃料問題时，都能理直气壯地說“这里發明不出原子能”。但是，事实上农業生产中也有自己的“原子能”。

这种“原子能”蘊藏在农業廢料的取之不尽的能量中，換句話說，农業廢料的能量的泉源一打开，就足以使农業在頗大程度上不必求助于外来的燃料，从而保證农業在动力方面高度的独立性。

用句在动力学家們之間流行的話來說，这些有机廢物是一种特殊的“煤”，是农業的“灰色煤”。

这种煤的重大价值就在于它的儲藏量每年都是源源不絕的。

强力而有益的太陽能不断地照射着地面。植物的叶片貪婪

地吸收新鮮的陽光。在綠色的自然界實驗室里陽光的放射能奇妙地轉變成化學能。這種化學能，在自然界中可以保存幾千年。

保存這種察覺得到的太陽能有一個特性：保存愈久，能量就愈集中，也愈容易取得並能使其轉化為有益於人體的熱。經過燃燒從植物精選體中取得能量是一種直接的方法，幾年以前幾乎還是人類實踐中使用唯一的方法。在隔絕空氣的地方用製造甲烷的特殊微生物“甲烷黴菌”使有機物發酵，是一種最新的、間接的、從難以開發的有機能源中取得內在能量的方法。

本世紀初俄羅斯微生物學家弗·帕·奧密良斯基最先研究甲烷發酵的問題，然而應該承認這個現象的“最初發現者”是農村的小孩，他們早就知道，用根本棍掏一掏沼澤的底，水面上就冒出奇妙的气泡，氣味像剛割下的草一樣。這種氣體燃燒時帶有藍色火焰，使小孩們很感興趣，特別在夜間。“最初發現者”只是不知道從沼澤底升起的那種有趣的气泡，就叫甲烷（沼氣）。

可燃氣體是有機物發酵的產物，城市生物淨化（提純）站獲得這種燃氣較早，遠在第一次世界大戰前意大利、法國和菲洲就作了從各種廢物中提取生物氣的初步試驗。

但從前的生物氣提煉裝置，大部分都非常簡陋，就是一個或幾個發酵池。發酵池中裝滿了已在空氣中稍經分解的有機廢物，然後把發酵池封閉三個月。

這種簡陋裝置的燃氣產量很低，滿足不了城市對燃氣的需要。而冬季就根本無法使用這種裝置。

有機物質並不是隨便怎樣發酵都會產生甲烷的。在有空氣的情況下分解這些物質，則這些物質的碳就會完全氧化為二氧

化碳 (CO_2) 及水 (H_2O), 并分泌出热态能。(圖/a. 原文手稿中暫缺, 下同——譯註)。为了制取甲烷, 醱酵过程必須在与空气隔絕, 即嫌气的情况下进行。在这种情况下, 醱酵时很大部分的碳 (达60—65%) 就变成甲烷 (CH_4), 仅剩下一小部分变成二氧化碳 (圖/B)。

混合气体总量中只有1%是氮气和氫气, 以及極少量的其他气体, 如氧气和硫化氫。

在曝气醱酵过程中分泌热損耗大于嫌气醱酵过程, 这一点非常主要。

后来断定, 在实验或正式生产时要使甲烷醱酵过程正常进行, 必须具备下列条件: 醱酵池完全密閉保証价質的中性反应, 严格控制固定的溫度 (不低于 30°C), 为甲烷菌准备足够数量的矿物食料 (包括每公升不少于100毫克的氮型氮), 把有机物質研碎, 最后还要仔細攪拌醱酵液体。

生物气具有很高的發热量: 在正常条件下, 即在一个大气压、溫度 20°C 的情况下, 每标准立方米有5200—5900大卡。这个發热量高于1公斤煤的發热量 (4000—5000大卡/公斤), 稍低于一公升汽油的發热量 (10000大卡/公升)。有些研究工作者經過計算后認為 1 M^3 生物气相等于0.75公升 (等于0.56公斤——譯註) 汽油。

生物气在强大的压力下通过水可以“洗掉”它的二氧化碳, 气体的發热量可立即提高到9,000—5,200大卡/ M^3 。甲烷中硫化氫的含量一般不多, 每平方米中約有2克, 原料不同含量也不等。但把生物气用作發动机燃料时, 这些小量的硫化氫也会促进腐蝕作用。硫化氫是一种不良的杂质, 应从混合同化气体中排除掉。在簡單的过滤器中, 用鉄水化合物过滤生物气, 便能完全除去硫化氫, 防止腐蝕。

到目前为止，已分析出五种能引起甲烷醱酵的微生物，其中有的是在所謂中溫，即在溫度 32° — 34°C 的情況下可實現醱酵过程。有的如奧密良斯基細菌，是在高溫，即在溫度 50° — 60°C 的情況下實現醱酵过程。

兩種过程哪一種好？通常高溫醱酵过程产生的生物气要多些。表 1 所列的材料表明聶福次基路卡（捷克斯洛伐克）生物能利用實驗裝置在高溫醱酵时生物气产量的增長情况。生物气的产量按每公斤干燥物質产生的公升数計算。

表 1

醱 酵 溫 度 $^{\circ}\text{C}$	每公升干燥物質所产生物气的数量 (公升)
10	450
15	530
20	610
25	710
30	760

德国人頗黑建造了一个裝有醱酵桶（容量 3M^3 ）的半工厂式裝置，他在同样的工作量和不同的醱酵条件下測量了气体的产量。他測量的結果表明溫度在 30°C 时每立方米醱酵池容积每天出产 820 公升气体，而在 52°C 时几乎增加了一倍，即 1570 公升。

但是，研究工作者根据热力学計算和實驗材料，得出的結論是：在实际生活中采用高溫醱酵过程并不經濟。反对采用这种过程的主要理由是：为使高溫醱酵中的腐爛物保持固定的溫度，必需化大量經費去安裝价格昂貴的絕緣裝置。

根据諾依林格的材料：在中溫醱酵过程中，除去供裝置加热和其他損耗的热量，还有74%的热量可加利用（即热量有效系数）。而在加高溫醱酵过程中这种数值則下降为52%。由此可見，中溫过程的烘暖設備所消費的热量約为21%，而高溫过程中所耗的热量則要大一倍多，即43%左右。

为使腐爛物保持必要的溫度，要損耗大量热能；而安置价格昂貴的絕緣裝备又需要大笔經費，因此高溫醱酵裝置在生产率（出气率）方面的优点就化为烏有了。

为了尽可能减少热能的損耗，醱酵池应設置一种可靠的保温層，这种保温層要保証醱酵池甚至在冬天沒有加热的情况下，一晝夜內下降的溫度不超过一度。为此，在醱酵池的混凝土牆壁中应用玻璃棉做隔層，因玻璃棉的傳热系数仅为混凝土傳热系数的1/25。

就燃料損耗來說，大的醱酵池比小的有利，因为前者外表和体积之間的比例小于后者。計算証明：有效体积为100和8立方米的醱酵池不裝置保温層时，其混凝土牆的厚度应为1.29和2.99米。采用玻璃棉隔層后。就可大大减少其厚度，但是大池和小池牆壁厚度之間的比例仍旧不变。

实践証明，甲烷菌对溫度的波动都非常敏感，溫度降低或或升高2—3°C，就会明显地减少或增加甲烷的产量。为了保証技术操作过程的正常进行，当生物能利用裝置在工作时，特別要注意控制适当的固定的溫度。

在我国特別需要考虑这个特点，尤其在北方寒冷，醱酵池的溫度可能突然下降几度，这样会严重地破坏技术操作程序，醱酵池溫度只要从30°C降到27°C，也就是說只要降3度，就会完全停止提供外部需要的气体（如果醱酵池需用这种气体加热的話）。

事实上，醱酵液体的热容量約等于1（即等于水的热容量），而每立方米醱酵池体积所生产的生物气，如下所述，平均为0.75立方米，我們可以算出，为預防温度下降 3°C （这样能使每立方米的醱酵物損耗3,000大卡的热）而需消耗在醱酵池加热上的全部气体为： $0.75 \times 5500 \times 0.73 = 3000$ 大卡（5500大卡/ m^3 为生物气發热量，0.73为醱酵池大致的有效系数）。

是的，德国人認為具有良好的保温層时，醱酵池的温度达 20° 后，温度的下降的幅度就不会大了。同时，除加热所需的气体外，尚有25%的生物气，可供其他需要。某些苏联研究工作者認為，在俄国中部地带假如具有良好的保温層，那么为了补偿气体热量損耗所需温度：冬季10—12%，夏季4—5%就够了，但是这些論点还須經過实践証明。

應該說，醱酵池的位置对热能損耗有很大影响，潮湿的环境中的热能損耗比干燥的环境多；設在潮湿土壤中的醱酵池的热能損耗比設在地面上的醱酵池多。

土地有很大的热容量和傳热性，因此把醱酵池全埋在地下也不能解决隔热問題。只有干燥的土地，特別是砂地才是最好的隔热層。把醱酵池設置在这种地底下能使热能損耗达到最低限度。

压力的影响程度比温度小，但是醱酵池內的压力对醱酵进程有一定的影响。專門研究这种影响的德国人頗黑証明：在水銀柱700毫米的压力下，气体的析出量最大。

关于醱酵物体中干燥的固体物質和液体物質之間的比例問題目前还有分歧意見。一部分研究工作者認為：醱酵物体中所含干燥物質太高会阻碍醱酵；但另一些研究工作者却得出相反的實驗結果。他們實驗表明，如果要說随着干燥物質的增加（如增加禾稻）气体产量略有变化的話，那也只能說有增加的

趋向。(12)(见表2)。

表 2

干燥物质百分比	甲烷产量 (毫克)
6·9	221
14·2	206
18·0	248
20·0	238

关于醱酵池内物质的潮湿程度，可用唧筒汲出样品加以确定，非常方便。

常常有人这样问：什么农业废料最适合于甲烷发酵？关于这个问题我们已经谈到一些，但不妨更明确地说说：任何有机废物都可作生物能发酵的原料，如菜叶、粪便、野草、禾稻、树叶、芦苇、屠宰场、榨油厂及酵母菌制造厂的废料、小粒种籽的皮壳、亚麻和大麻加工后的废物及糠等等。利用上述各种农业废料能大大地增加农业中“绿色煤的”储量。下面这个例子可说明甲烷发酵的原料来源是多种多样的。在克尼亚和唐加拉卡（非洲）为许多燃料来源有困难的分散的农场建筑了生物能利用装置。选择当地有机废物作原料，如西查拉（СИЗАЛЬ—这是一种加过工的美洲草芦纤维）废料。后来证明西查拉废料是甲烷菌发酵的好原料：一吨西查拉废物可以生产400立方米甲烷，比畜粪产生的甲烷多。

克尼亚和唐加拉的每个中等农场每天能拨出大约10吨西查拉废物，也就是说这个农场每天能够生产将近4000立方米甲烷。显然大大超过了农场的（包括电能）全部需要量。