

甜高粱乙醇产业生态系统优化与效益分析

郭颖, 胡山鹰, 李有润, 陈定江, 朱兵

(清华大学化学工程系生态工业研究中心, 北京 100084)

摘要: 非粮生物乙醇是我国可再生能源的发展方向。建立了包括种植、粗乙醇、精乙醇生产等环节在内的分布集中式甜高粱燃料乙醇产业生态系统, 优化了不同种植集中度下粗乙醇和精乙醇企业的最优规模。系统优化结果表明: 精乙醇的最优规模为 5 万 t/a 的系统, 每年可减排 CO₂ 超过 15 万 t, 可取得显著的经济、环境和社会效益。

关键词: 乙醇; 甜高粱; 产业生态系统; 优化

中图分类号: F062.9; TQ-9

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2008)10-0079-05

Optimization and analysis on eco-industrial system of sweet sorghum

GUO Ying, HU Shan-ying, LI You-run, CHEN Ding-jiang, ZHU Bing

(Center for Industrial Ecology, Department of Chemical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Bioethanol from non-food crops is an important trend for renewable energy in China. A distributed eco-industrial system of fuel ethanol from sweet sorghum is constructed, which contained following processes: sweet sorghum planting, crude ethanol production, refined ethanol production and byproduct utilization. Production scales of crude ethanol and refined ethanol, under different planting density, are optimized. The optimal scale of the refined ethanol is 50 kt/yr. In this fuel ethanol eco-industrial system, more than 13 300 ha non-cultivated land will be utilized, and more than 25 000 countryside labors can be employed. The planting production value is about 71 million RMB Yuan and the ethanol production value is about 117 million RMB Yuan. More than 150 kt CO₂ emission will be reduced. Obvious economic, social and environmental benefits can be obtained.

Key words: ethanol; sweet sorghum; eco-industrial system; optimization

生物乙醇作为液体燃料可以替代汽油, 成为备受关注的生物能源, 但是使用粮食生产乙醇的问题日益突出, 受到各方面的质疑和限制^[1]。为同时应对能源紧张和燃料乙醇与人争粮的问题, 我国《可再生能源中长期发展规划》中规划到 2010 年增加非粮原料燃料乙醇年利用量 200 万 t^[2]。甜高粱由于具有诸多优势成为我国发展非粮乙醇的重要原料之一。而且甜高粱乙醇在我国已有了一定的发展, 在种植、发酵、仓储等各个环节都有研究和改进。

把甜高粱茎秆转化成乙醇有固态发酵和液态发酵 2 种方法。液态发酵是将甜高粱茎秆压榨提取含糖汁液后发酵产出乙醇^[3], 该法发酵速度快、产量高, 但投资也大。固态发酵法在我国有上千年的历史, 近 30 年左右该法逐渐应用到甜高粱茎秆发酵方面^[4-5]。固态发酵法虽然机械化程度低, 但具有设

备简单、操作容易、投资少、污染小、易于推广等优点, 而且还可以提供大量的就业机会。

近年来, 已有部分学者对甜高粱乙醇产业系统开展了研究。张管生^[6]定性提出甜高粱乙醇加工模式以及综合利用副产物的途径; 黎大爵^[7]提出建设农、酒、牧、副、渔业共同发展的可持续甜高粱农业生态系统; 赵景阳等^[8]分析了黄河三角洲甜高粱产业一体化综合开发的模式; Nguyen^[9]讨论了以甘蔗和甜高粱为原料液态发酵法生产乙醇的最优企业规模; Gnansounou 等^[10]考察了在我国东北以甜高粱为原料液态发酵法生产乙醇的 4 种产业链的特点, 并比选出最优的原料利用方式。

本文将在上述研究的基础上, 结合我国农村特点, 选择固态发酵法, 提出发展农工一体化的分布集中式甜高粱燃料乙醇产业生态系统。从宏观层面

收稿日期: 2008-07-01

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(20436040)及“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAC02A17)

作者简介: 郭颖(1981-)女, 博士生; 胡山鹰(1965-)男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事生态工业方面的研究, 通讯联系人, 010-62794513-

12, hxr-dce@mail.tsinghua.edu.cn。

进行产业系统设计、优化,把种植、发酵、精馏、资源综合利用等环节进行有机整合,用系统工程方法对分布集中式甜高粱燃料乙醇系统主生产环节进行建模,定量确定乙醇最优规模,并分析系统的经济、社会和环境效益。该系统有望对解决能源短缺,提供燃料乙醇、增加农民的收入和就业的同时,促进我国农村发展。

1 系统描述

1.1 生产环节

用固态发酵法把甜高粱茎秆转化成燃料乙醇有如下步骤:首先把甜高粱茎秆内的糖分转化成体积分数为 60.0% 左右的“粗乙醇”,然后再经脱水设备制成 99.5% 以上的精乙醇。甜高粱乙醇产业生态系统包括种植、生产粗乙醇和生产精乙醇 3 个主生产环节以及副产物/废弃物综合利用环节(见图 1)。下面分别介绍各环节的特点、用途以及与其他环节的连接关系。

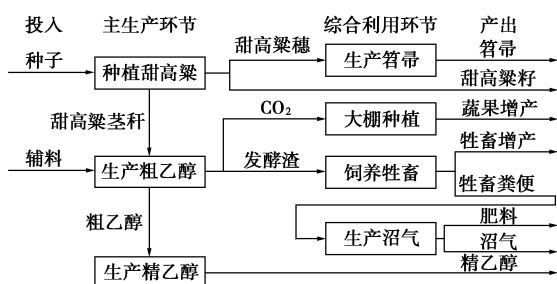


图 1 甜高粱乙醇生产及副产物利用过程

(1) 种植。甜高粱适应能力强,在盐碱地和荒坡地上都可以种植甜高粱。投入的物质和人力包括:种子、化肥、除草剂、农药和耕地播种、管理、收割等。收获的产品包括:甜高粱茎秆、甜高粱籽和高粱穗等。黎大爵等^[7]提出在田间套种木耳等措施,这将进一步提高收益。此外,种植甜高粱可以固定空气中的 CO_2 ,有利于缓解温室效应。

(2) 固态发酵法生产粗乙醇。该方法和我国传统的酿酒方法大体相同,只是物料不同。传统酿酒法的物料是粮食,将粮食中的淀粉先分解成糖,再由糖转化为粗乙醇。该方法的原料是甜高粱茎秆,茎秆中汁液里的糖分经发酵直接转化为乙醇^[11]。工艺流程如下:对收获或收购的茎秆铡碎、揉碎、拌酵母菌、发酵、蒸馏,生产出体积分数为 60.0% 的粗乙醇并出渣。

(3) 精乙醇生产。该环节主要实现精馏的功能,用精馏塔等设备把体积分数为 60.0% 的粗乙醇加

工为体积分数为 99.5% 的精乙醇。对于甜高粱乙醇生产系统,需要以一个或几个精乙醇企业为核心,粗乙醇企业则分散在各种种植地的中心,把粗乙醇运往精乙醇进行集中加工。

(4) 综合利用。该环节主要是针对主环节所产生的副产物/废弃物进行加工和再生产。甜高粱籽可以食用、作饲料或作为酿酒原料;甜高粱叶片富含蛋白,可用作饲料,也可直接还田,改良土壤;高粱穗可加工为笤帚;固态发酵产生的 CO_2 可供大棚种植,发酵所得的糟渣可作为饲料饲养牲畜,可用作造纸原料,也可用以生产改良盐碱地的有机肥料;牲畜粪便可以生产沼气和沼肥,沼气可进一步发电,沼肥可还田,如果能够同时综合利用这些物质将会产生更高的经济效益和环境效益。

1.2 分布集中式甜高粱燃料乙醇产业生态系统

甜高粱燃料乙醇产业生态系统有利于减少 CO_2 排放、增加就业机会,环境效益、社会效益良好,最可能影响系统发展的是经济效益问题,因此本文考虑以经济效益为目标,即以主要生产环节的经济效益最大化为目标,优化相关生产环节的规模。

大约 16 t 甜高粱茎秆才能加工成 1 t 精乙醇,原料和产品数量比过大,如果大规模集中生产精乙醇,仓储和运输的成本和难度都很高,因此应尽可能地 对茎秆实行就地或附近加工,然后由粗乙醇企业集中精馏为精乙醇。根据甜高粱茎秆贮存、运输及加工的特点,笔者提出了分布集中式能源系统:由若干农户向一个粗乙醇企业供应甜高粱茎秆,再由若干粗乙醇企业加工成燃料乙醇,送往精乙醇企业集中精馏。

为简化问题便于建模,对主要生产环节的地理分布进行假设:①系统中只有一个精乙醇企业, N 个粗乙醇企业;②精乙醇企业位于均匀长满甜高粱的圆形土地的中心,粗乙醇企业则均匀分布在这个大圆内;③每个粗乙醇企业位于向它提供甜高粱茎秆的土地的中心,这块土地也假设为圆形。

按上述假设,粗乙醇企业的规模与精乙醇企业的规模无关,因此先优化粗乙醇成本和规模,再把粗乙醇模型优化后的成本作为基础,进一步优化精乙醇企业规模。

2 模型优化

2.1 乙醇优化模型

从运输成本考虑,规模越小越利于运费的节约;但规模越小,单位产品固定投资的折旧费越高。

因此需要建模优化乙醇企业的规模,综合考虑各项成本,使乙醇各部分成本之和最小。乙醇生产环节的成本由如下几部分构成:原料费、原料从产地到加工点的运输费、初始固定投资折算到每年的折旧费用、以及日常运行管理及其他等费用。对于粗乙醇加工,原料贮存一直是瓶颈之一,但采用延长收获期技术,可以实现分批收割加工,加工周期为1~2个月,原料基本不必储存,在此不计存储费用。

以年为单位,模型的优化目标和约束条件为:

$$\min C_i = (C_{i,1} + C_{i,2} + C_{i,3} \times k_{i,3,3} + C_{i,4})/A_i$$

$$s.t. \begin{cases} A_i = \pi \times R_i^2 \times k_{i,2}/k_{i,1,2} \\ C_{i,1} = k_{i,1} \times A_i \\ C_{i,2} = \frac{2}{3} \pi R_i^3 \times k_{i,2} \times v_i \times \mu_i \\ C_{i,3} = k_{i,3,1} \times A_i^{k_{i,3,2}} \\ C_{i,4} = k_{i,4} \times A_i \\ k_{i,1} = k_{i,1,1} \times k_{i,1,2} \\ k_{i,2} = k_{i,2,1} \times k_{i,2,2} \end{cases}$$

式中 C_i 为单位产品成本(元/t), $i=1$ 粗乙醇, $i=2$ 精乙醇; $C_{i,1}$ 为原料成本(元), $C_{i,2}$ 为运输成本, $C_{i,3}$ 为初始投资, $C_{i,4}$ 为运行及其他费用; A_i 为规模(折合成精乙醇)(t/a), $k_{i,1}$ 为单位产品的原料成本(元/t), $k_{i,1,1}$ 为原料单价(元/t), $k_{i,1,2}$ 为单位产品所需的原料数量(t/t); R_i 为提供原料的半径(km), $k_{i,2}$ 为单位面积产量(t/km²), v_i 为运费[元/(t·km)], μ_i 为运输距离修正系数。 $k_{i,2,1}$ 为种植集中度为1.0时的产量(t/km²), $k_{i,2,2}$ 为种植集中度(单位土地上有有效种植甜高粱的比例), $k_{i,3,1}$, $k_{i,3,2}$ 为固定投资系数, $k_{i,3,3}$ 为固定投资年折旧系数, $k_{i,4}$ 为运行及其他费用系数(元/t)。

在上述计算式中,各参数均可在实际生产中获得相关数据,对于粗乙醇模型,成本表达式中唯一未知数为种植半径 R_1 ,在 R_1 可以取得实际意义的范围内,尽量使乙醇成本最低,从而确定粗乙醇规模。与粗乙醇优化类似,优化精乙醇企业的规模。以粗乙醇模型中得到的最优成本作为基础,精乙醇模型的其他各参数均可在实际生产中获得相关数据,因此唯一未知数为精乙醇所在大圆的半径 R_2 ,在 R_2 可以取得实际意义的范围内,尽量使乙醇成本最低,从而确定精乙醇规模。

2.2 粗乙醇规模优化

根据文献[12-13]相关数据,得到粗乙醇企业初始投资和规模的关系:

$$C_{1,3} = 3000 \times A_1^{0.75}$$

各参数值如表1所示。

表1 粗乙醇模型参数

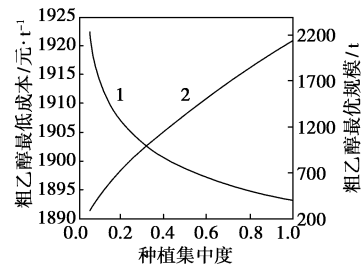
	模型	参数
$k_{1,1,1}$	甜高粱茎秆价格/元·t ⁻¹	160
$k_{1,1,2}$	每生产1t精乙醇需要甜高粱量/t	16
v_1	茎秆吨公里运费/元·(t·km) ⁻¹	1.5
$k_{1,2,1}$	种植集中的田地上甜高粱茎秆产量/t·km ⁻²	6000
$k_{1,2,2}$	种植集中度	0~1.0
μ_1	运输距离修正系数	1.5
$k_{1,3,3}$	固定投资年折旧率	0.1
$k_{1,4}$	运行及其他费用系数/元·t ⁻¹	520

将参数代入成本计算式后,得到:

$$C_1 = 2560 + 24 \times R_1 + 51 \times k_{1,2,2}^{0.25} \times R_1^{-0.5} + 520$$

由该计算式可知,成本是关于半径的增函数与减函数的加合。不同集中度下,粗乙醇成本都随着生产规模的增加先减小后增大,有全局最优点。这和前文对运输费与规模成本的矛盾分析相一致:规模越大,分担在单位产品的原料运输费用越高、初始投资折旧费越低。

求解不同集中度下最低成本,并计算相应的最优生产规模,结果见图2。



1—粗乙醇最低成本;2—粗乙醇最优规模

图2 不同集中度下粗乙醇最低成本及相应的规模

由图2可知,集中度越低,粗乙醇最低成本越高,对应的生产规模越小。

2.3 精乙醇规模优化

根据文献[12-13]相关数据,得到精乙醇企业初始投资和规模的关系:

$$C_{2,3} = 24000 \times A_2^{0.7}$$

各参数如表2所示。

将参数代入成本计算式后,得到:

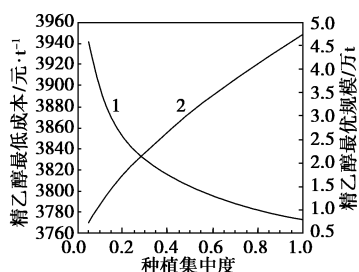
$$C_2 = 1.67 \times k_{2,1,1} + 9 \times R_2 + 288 \times k_{2,2,2}^{0.3} \times R_2^{-0.6} + 150$$

求解不同集中度下精乙醇最低成本,并计算相应的生产规模,结果见图3。

表 2 精乙醇模型参数

模型	参数
$k_{2,1,1}$ 粗乙醇价格/元·t ⁻¹	由粗乙醇成本计算 ^①
$k_{2,1,2}$ 吨精乙醇需要粗乙醇量/t	1.67
v_2 粗乙醇吨公里运费/元·(t·km) ⁻¹	4
$k_{2,2,1}$ 种植集中度为 1.0 时的粗乙醇产量/t·km ⁻²	625
$k_{2,2,2}$ 种植集中度	0~1.0
μ_2 运输距离修正系数	2
$k_{2,3,3}$ 固定资产投资折旧率	0.1
$k_{2,4}$ 运行及其他费用系数/元·t ⁻¹	150

注:①分别取不同集中度下粗乙醇最优成本,乘以 1.1(假设粗乙醇环节的成本利润率为 10%)作为粗乙醇 $k_{2,1,1}$ 的价格。



1—精乙醇最低成本;2—精乙醇最优规模

图 3 不同集中度下精乙醇最低成本及相应的规模

由图 3 可知,集中度越低,精乙醇最低成本越高,对应的生产规模越小。

3 效益分析

前文优化了粗乙醇、精乙醇企业的规模。种植集中度为 1.0 时,粗乙醇企业最优规模为 2 000 t/a 左右,精乙醇企业为 5 万 t/a 左右。根据优化结果确定由 1 个 5 万 t/a 的精乙醇企业、42 个 2 000 t/a 的粗乙醇企业以及相关综合利用环节构成的系统为分析对象,该系统对应的总种植面积为 13 300 公顷左右。分析系统的经济、社会和环境效益。

3.1 经济效益

种植、粗乙醇加工、精乙醇加工、副产品加工等环节的成本、产值和利税如表 3 所示。副产品加工环节仅考虑经简单加工后可直接产生经济效益的笤帚加工和饲养牲畜 2 个环节。

对于饲养牲畜一项,饲养牲畜需要精饲料和粗饲料(多是青贮玉米秆等),发酵渣可以等量替代粗饲料,但是不能替代精饲料。计算该环节的效益时从 2 个方面考虑:①发酵渣替代粗饲料,使饲料成本减少;②发酵渣的适口感和营养都高于普通粗饲料,

和粗饲料相比,提高了牲畜产肉量,进而使产值增加。此处以养牛为例^[14]进行计算,饲养环节增加的成本为发酵渣费用,减少的成本为粗饲料费用,2 项相减视为成本的变化;使用发酵渣比使用粗饲料增加的牛肉价值,视为产值的变化;产值的变化减去成本的变化得到该环节由于使用发酵渣带来的利税的变化。

表 3 甜高粱乙醇产业生态系统的经济效益 百万元

生产环节	成本	产值	利税
种植甜高粱(1.33 万 hm ²)	66	185	71
生产粗乙醇(8.33 万 t)	157.75	213.55	55.8
生产精乙醇(5 万 t)	188.65	250	61.35
加工副产品			
笤帚	9	12	3
饲养牲畜	-80	6	86
合计	389.4	666.55	277.15

3.2 社会效益

由于系统的副产物主要在其他已有的生产系统中实现利用,因此社会效益仅分析主生产环节就业人口以及人均产值和利税,结果如表 4 所示。

表 4 甜高粱乙醇产业生态系统的社会效益

生产环节	规模	工人数/ 人	产值/ 百万元	利税/ 百万元	人均 产值/ 元	人均 利税/ 元
种植甜高粱	13333 hm ²	20000	185	71	9250	3550
生产粗乙醇	83333 t	5000	213.55	55.8	42710	11160
生产精乙醇	50000 t	200	250	61.35	1250000	306750
合计	—	25200	648.55	188.15	—	—

3.3 环境效益

对种植甜高粱生产燃料乙醇、发酵产 CO₂ 送往蔬菜大棚、牲畜粪便产沼气、产沼气后的粪肥还田等环节的环境保护方式和效益进行分析和计算,如表 5 所示。

表 5 甜高粱乙醇产业生态系统的社会效益

相关生产环节	环境保护的方式及效益
种植甜高粱生产燃料乙醇	减排 CO ₂ 约 15 万 t
发酵产 CO ₂ 送往蔬菜大棚	促进蔬菜增产,减少大棚供暖
牲畜粪便产沼气	替代煤、柴油等能源,若全部用来发电可发电 600 万 kWh
产沼气后的粪肥还田	节省种植环节的肥料费用支出,减少化肥的使用。提供的肥料相当于硫酸铵 2.4 万 t、过磷酸钙 0.75 万 t、硫酸钾 0.38 万 t

4 结论

甜高粱属于非粮、非耕地作物,作为燃料乙醇的原料之一,不与人争粮、不与粮争地,可以在我国广大的盐碱地、荒坡地等土地上种植,从黑龙江到海南岛的地域之间皆可种植。发展甜高粱乙醇产业不仅可提供大量可再生能源取代汽油、缓解能源约束,减排 CO₂、减缓气候变暖,而且可以增加农民就业、促进我国的农村建设。

本文基于固态发酵法构建农工一体化的甜高粱产业生态系统,通过分层优化,以单位成本最低为目标,优化粗乙醇和精乙醇 2 个主生产环节的规模,并进行系统综合效益分析。结果表明,建立的以 5 万 t 精乙醇企业为中心的分布集中式甜高粱燃料乙醇系统可取得利税 2.77 亿元,解决 25 000 多人就业,减排 CO₂ 约 15 万 t,而且副产物综合利用环节也可创造显著的经济和环境效益。

当前我国甜高粱制乙醇尚无大规模的工业化生产,大多还处于实验室或中试阶段,其中涉及技术、政策等诸多方面因素。要实现甜高粱乙醇的大规模利用,还需要在甜高粱种植、原料储存、发酵技术和工艺、资源综合利用以及产业政策支持等方面继续深入研究,进一步完善提高。

参考文献

[1] 许晓菁,王祥河,晋明芬,等.甜高粱生产燃料乙醇的研究进展[J].现代化工,2008,28(3):17-21.

- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.可再生能源中长期发展规划[EB/OL].<http://ghs.ndre.gov.cn/ghwb/115zxgh/P020070929518283229841.doc>,2007-09-28.
- [3] 王锋,成喜雨,吴天祥,等.甜高粱茎秆汁液酒精发酵及其经济可行性研究[J].酿酒科技,2006(8):41-44.
- [4] 曹文伯.国外开发利用新能源的一个重要途径:发展甜高粱生产[J].世界农业,1983(8):48-50.
- [5] 甜高粱制取燃料酒精课题组.甜高粱茎秆制取燃料酒精及其利用的研究[J].沈阳农业大学学报,1986(17):4-10.
- [6] 张管生.甜高粱茎秆制燃料乙醇工程路线探讨[J].中外能源,2006,11(4):104-107.
- [7] 黎大爵.甜高粱可持续农业生态系统研究[J].中国农业科学,2002,35(8):1021-1024.
- [8] 赵景阳,米庆华.黄河三角洲甜高粱产业一体化综合开发探索[J].中国糖料,2007(1):54-57.
- [9] Nguyen M H, Prince R G H. A simple rule for bioenergy conversion plant size optimization: Bioethanol from sugar cane and sweet sorghum [J]. Biomass and Bioenergy, 1996, 10(5/6):361-365.
- [10] Gnansounou E, Dauriat A, Wyman C E. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: Economic trade-offs in the context of North China [J]. Bioresource Technology, 2005, 96:985-1002.
- [11] 郑士梅,李原有,吴利兴,等.利用甜高粱茎秆加工粗乙醇(原酒)技术之一:简易固体发酵法技术要点[J].酿酒,2007,34(4):45-47.
- [12] 襄阳兆银科技有限公司.甜高粱秆加工燃料乙醇的方案[EB/OL]. [2008-04-20] <http://user.99114.com/47046/Service-438820.html>
- [13] 肖明松,杨家象.甜高粱茎秆固态发酵制乙醇产业示范工程[J].农业工程学报,2006,22(s1):207-210.
- [14] 马文健,刘洪贵,杨广营.饲用甜高粱引种及其饲喂肉牛效果试验[J].中国牛业科学,2006,32(s1):207-209. ■

科德宝集团为中国发起的绿色革新

科德宝是一家源于德国的国际化家族企业,该集团致力于向客户提供技术上具有开拓性的产品和服务。汽车行业是科德宝最大的客户群,其销售额占集团总销售额的40%,紧随其后的是通用行业。科德宝集团在密封件和避震控制件技术方面声誉卓著,其汽车空调滤清器产品在业内处于领先地位。集团还为汽车地毯、引擎箱隔音板和汽车顶棚提供原料。此外,科德宝的润滑剂和脱模剂也被普遍地使用在汽车和其他行业领域。纺织品和服装是科德宝集团的另一核心业务。科德宝集团还有部分产品直接面向最终消费者,其中最为知名的是行销全球的微力达®家居产品。集团业务已经进入世界各个主要市场,与合作伙伴一起在全球53个国家的170个城市设有生产和销售公司。集团年销售收入超过530亿人民币,在全世界有约34500名雇员。

科德宝集团与中国已拥有100多年的密切联系。与其长期合作伙伴一起,在中国35个地区大约8800名员工的共同努力下,该集团2007年实现了超过35亿元人民币的销售收入。中国是该集团最重要的市场之一,市场年增长率达到35%到70%。

科德宝集团认为,环境保护是许多产品和生产工艺需要考虑的重要因素。对资源的有责任利用,避免污染从而保护环境,科德宝致力于保护环境以及保护员工,并在营运

所在国家及地区里成为一名尽责的企业公民。除此之外,该集团通过向客户提供智能、创新并有效的解决方案来实现经济和生态的双赢。因此,科德宝集团位于苏州的绿色工厂得到了中国政府的多次嘉奖。科德宝集团新落成的青浦工厂所生产的高性能合成润滑油有助于中国工业降低润滑油消耗,提高生产效率,同时还保护环境。另外,该集团还为中国客户提供了另一种更环保的用水性胶粘涂料代替含溶剂的易燃产品。这样既不会影响干性润滑剂的优点,还可以控制溶剂的废气排放。科德宝在江苏省南通工厂生产的纺织业专用内衬产品均符合知名的国际纺织品生态研究和检测协会(Öko-Tex)标准,可确保中国消费者购买的纺织品远离任何健康危害。同时,科德宝集团长期承诺,不断改进对环境管理,所有科德宝工厂都获得了ISO 14001证书。科德宝在中国的所有生产设施上都引进了德国标准来治理废水及减少废气排放。例如,青浦新建的润滑油生产厂采用废气洗淋塔系统净化生产釜中排出的废气。将清洗液喷洒到废气流中,污染物被液滴俘获并从废气中过滤出来。废水或经过处理后返回水循环中,或由污水处理厂进行适当处理。这只是科德宝为进一步推进在中国的环境保护所采用的技术之一。(康理雅)