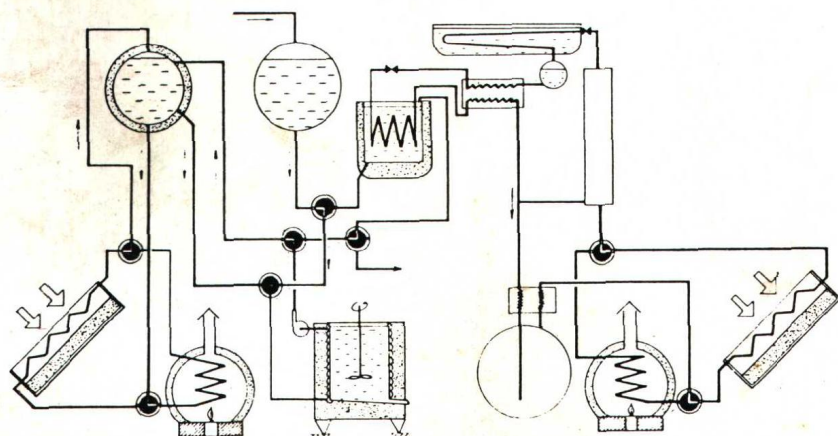


太阳能在小型牛奶收集和加工系统中的应用

粮农组织
畜牧生产和卫生

文 集

39



中 国

农业科技出版社

太阳能在小型牛奶收集 和加工系统中的应用

中国农业科技出版社

根据同

联合国粮食及农业组织

作出的安排出版

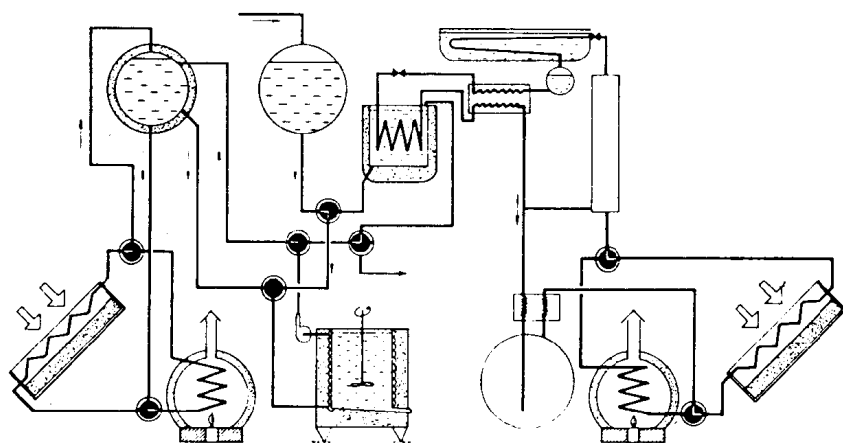
中国农业科技出版社出版 (北京海淀区白石桥路30号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国农业科学院科技文献信息中心印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16印张: 8; 字数153千字

1987年12月第一版 1987年12月第一次印刷

印数: 1-2000册 定价: 3.00元

ISBN 7-80026-042-9/S·30



本书原为联合国粮食及农业组织
作为其畜牧生产和卫生文集(39)出版

序 言

人类营养问题在大多数发展中国家是一个极为值得重视的问题。在许多情况下这一问题由于各种社会及医学上的原因已变得更难解决。牛奶是人类营养的基础，是所有哺乳动物类的初生期食物。人类很幸运，在人的一生中许多家畜的奶都可做为他的饮食中的重要一部分。

牛奶是一种易腐食物，因为它是能引起腐败的微生物生长的最好物质，这一问题可采用各种保鲜措施来解决；有传统的也有由现代技术发展起来的，即使是在最适中的规模内操作，这些加工工作也是需要能源的。在发展中国家推广牛奶收集与加工项目时除了遇到一些困难以外，能源也是一个大的问题，目前常规能源愈来愈昂贵。可是在这些国家取之不尽、不花钱的太阳能却极为丰富，这种能源的费用主要花在收集和转换太阳能所需的设备上。

本书探讨了太阳能应用于小型牛奶项目的可能性，并推荐一些简单加工技术，那些对贫穷国家的健康负有社会及行政责任的人士很快就可掌握。本书还提供太阳能利用技术并为工作在这一领域的专家们提供了必要的基本资料。本书所建议的方案只限于每天最大产量为 1 600 升的规模，主要适用于农村地区。这可能正是需要为之作出新的努力并使有关国家得到最大效益的生产规模。

希望本书将使那些关心发展中国家促进牛奶生产、收集与加工计划实施的人士感兴趣。希望本书提供的资料将有助于利用外资与技术援助的开发项目。

目 录

	页 次
第一章 引 言	1
第二章 现有牛奶收集与加工厂的能源	2
2·1 总 论	2
2·2 收 集	3
2·2·1 现代工业	3
2·2·2 小型工厂	3
2·3 加 工	4
2·3·1 现代工业	4
2·3·2 小型工厂	5
2·4 小 结	11
第三章 作为能源的太阳能	15
第四章 小型系统的展望	33
4·1 生产能力、加工过程与技术	33
4·2 能 源	37
4·2·1 需求量	39
4·2·1·1 加热与冷却	39
4·2·1·2 井 水	44
4·2·1·3 动 力	47
4·2·2 需用能量	50
4·2·2·1 热 能	50
4·2·2·2 机械能	55
第五章 试点工程计划	58
5·1 概 述	58
5·2 标准设备的规范	59
5·2·1 牛奶收集与计量设备	59
5·2·2 牛奶罐	60
5·2·3 小罐装牛奶热处理箱	60
5·2·4 手工牛奶搅拌器	60
5·2·5 牛奶加工大罐	61
5·2·6 牛奶质量检测设备	61

5·2·7	洗涤槽	62
5·2·8	水 罐	62
5·2·9	水处理装置	63
5·2·10	牛奶小罐滚轴式传送带	63
5·2·11	井水泵	63
5·2·12	管道与安装	63
5·2·13	室外设备的支撑结构	64
5·2·14	燃油式水加热器	64
5·2·15	带贮冰的吸收式制冷机	64
5·2·16	太阳能洗涤水加热系统	65
5·2·17	太阳能水加热装置	66
5·2·18	吸收式制冷机中的太阳能解吸加热器	66
5·2·19	机械能或电力	67
5·2·20	人工操作的带蓄电池的发电机	67
5·2·21	牛奶接收漏斗	67
5·2·22	人工操作的牛奶分离器	68
5·2·23	奶油搅乳器	68
5·2·24	黄油罐	68
5·2·25	黄油操作台	68
5·2·26	黄油揉制机	68
5·2·27	黄油包装机	69
5·2·28	凝乳搬运车	69
5·2·29	奶酪模	69
5·2·30	奶酪压制机	69
5·2·31	盐水罐	69
5·2·32	奶酪模架	69
5·2·33	瓶子清洗和装瓶设备	69
5·3	项目计划	70
5·3·1	加 热 牛 奶的牛奶收集中心站	70
5·3·2	冷却牛奶的牛奶收集中心站	71
5·3·3	用巴氏法消毒过的液态牛奶加工厂——小罐运送	81
5·3·4	用巴氏法消毒过的液态牛奶加工厂——瓶装分送	81
5·3·5	用巴氏法消毒过的牛奶制作瓶装发酵奶制品饮料	101

5·3·6 奶酪和黄油生产	103
5·4 成本估算	109
参考书目	123

第一章

引言

在发展中国家实施牛奶收集与加工新项目遇到的许多问题中最重要的就是缺少所需资金，另外，很难把所有花费保持在足够低的水平上。收集、运输与加工的成本异常的昂贵是由于牛奶的供应不足，以致使安装的机器很难充分利用。个体生产者提供少量的牛奶，生产地区与市场之间路途遥远、道路条件差、环境温度较高，这些因素都使得发展牛奶工业的任务非常艰巨。

在这些国家，牛奶业发展政策的制定通常要依据国外模式，包括建立一些收集中心站和加工车间，它们的基本特色是采用工业化国家普遍流行的技术。显然，此技术对发展中国家市场而言，加工费用太高，就当地现有技术来说，机器太复杂，设备的容量通常大大超过牛奶的供应量，特别是在发展的初级阶段。

最近几年在发展中国家应用食品加工技术的新趋势日益明显，包括把一些简单加工较好地服务于这些市场的特殊需要。现在这些想法需要研究与应用试验，主要是建一些试点和示范点以试验其可行性。与此同时出现的另一新趋势是检验用太阳能进行小规模运转的可行性。

尽人皆知的世界能源危机证明，在地处世界上阳光充足的国家积极寻求可替代能源时，太阳能的利用是一项特别有吸引力的选择。如果太阳能的利用是可行的，并可同简单技术结合在一起，那么，减少投资与加工费用的目的就可以实现。

从已知材料得知，传统的矿物燃料就目前消耗趋势预计将延续：

液体燃料 — 20 年

气体燃料 — 40 年

煤 — 250 年

这些预测也许是保守的，因为未来的新发现和更有效的利用方法会使消耗年数延长，由于这些资源是有限的，它们的价格将逐步上涨是确信无疑的。原子能技术目前还处在初级阶段，可是原子能是以自然存在的元素为基础，如铀，它注定会受到同样的局限性。到达地球表面的太阳能则用之不竭，1980 年到达地球表面的太阳能比人类从各种燃料中转换的能量大 20 000 倍。收集太阳能并转化为工业上可利用的形式技术正处于开发、研究和发展阶段。全世界把这一课题的研究放到很重要的地位。现代加工业包括食品加工需要不断的供应能源。当然在太阳能系统利用方面还存在着严重的问题，尤其从本质上说，它仅能在白天聚集能源。太阳能系统在现代工业利用方面还没有引人注目，主要原因在于解决积聚能源储存问题上，使太阳能在必要的情况下能连续供应能量方面有困难。小型工业采用太阳能系统供能要比大型工业使用太

太阳能来得更快。

由于现有设备复杂、昂贵，容量大大超过小工厂的需求量，所以小型企业在应用现代技术方面已经遇到困难。小型企业需要的是新型的较适宜的设计。这些小型企业能源需求量相对来说较小，甚至可以同一些已经开始采用的家用太阳能设备如热水器、空调机相比。

还没有人尝试过对现有的太阳能系统和正在进展着的研究发展工作进行一次全面的评述，但有关这方面的资料的确很多，所以在本书中无需重复，而本书只列了参考书目。本书第三章对太阳能系统的评价仅限于小型牛奶项目可行性研究的基本规则和资料。

第四、五两章为日产 1 600 升的试点项目提出建议。目前，还没有一个理想的解决方法，而只有通过类似这些建议性的项目才能真正得到成功。

第二章

现有牛奶收集与加工厂的能源

2.1 总论

食品加工厂的能源消耗通常是以各种类型使用的消耗率与高峰时需求为指标。在牛奶车间，通常是以蒸气、冷冻、井水、压缩空气与电力等项指标表示的，工厂的各种生产能力或具体乳产品中，在服务方面的需求没有统一标准。这些需求不仅依赖于工厂的总容量与类型，还取决于所利用的能源的供应。

当一个奶酪制造工匠在简陋的烧柴炉上热奶时，仅使用了木材能源的 10%，而 90% 的能源都白白损失掉了。在现代化的燃气蒸气车间，90% 的煤气能都转化为蒸气，最后，煤气中百分之八十多的能源可增加奶的温度，或用于浓缩与烘干加工方面。在现代化牛奶加工厂，平板式热交换器用交流换热法可把额定热需求量减少到五分之一甚至十分之一。现代化多级牛奶浓缩车间需要用的热量不再超过每公斤蒸馏水额定热需求量的百分之二十到百分之四十。因此，以牛奶消毒为例，单位产品在小型手工厂燃烧炉需要的能源是现代化大型牛奶加工厂的约 40 倍之多。

另外，在一些手工作坊对电力的消耗率也许是零，即使有也是微不足道。可在现代化工厂对电力的消耗率相对来说要高得多，即使是在牛奶加工厂的某一车间，需能也会有很大的差别。烘干加工的燃料消耗量大多取决于进气温度。在喷雾加热器中，使用油或煤气加热器加热空气时，燃料消耗较多，而用蒸气加热器则燃料消耗就低。冷冻或炼乳所需的水消耗量，大多取决于井水初始温度和环境空气的湿度，随之，它又影响制冷的需用量。本书所列的能源需求数字

仅供参考。

2.2 收集

2.2.1 现代工业

牛奶收集系统目前流行的型式包括从牧场挤奶和成桶收集后直接制冷。用装在罐上的表计算奶量。目前,也使用一些冷却系统,牛奶可以在大罐里由冰库送来的冷水通过水套进行冷却或者用直接蒸发冷藏系统,可以用管道水、制冷水或乙二醇在板式换热器上进行预冷,然后,贮存在大罐内,用或不用。直接蒸发制冷用来对付不断的增热。用致冷水通常会增加每吨水所需要的总能源吨小时数,可是,减少了吨的需求量,所以,在这种情况下一般宁用较大的设备。清洗用水较少,牛奶制冷用水可估算为 0.15 立方米/吨或更少一些。对于成批罐来说,通常采用就地冷却清洗,此法特别适用于冷库冷却系统。

尚未运到牛奶加工厂之前,冷却牛奶需要的总能源量估计为 $25-30$ 吨小时/吨净输入, $85-105$ 吨小时/吨毛输入。总需求量指的是电力,包括制冷部分,牛奶搅拌器,就地冷却清洗系统(CIP)的供水、加热、抽水所需动力。

除去众所周知的这一事实即:生产优质产品的主要因素其中之一就是牛奶的速冷,牛奶加工厂也需要较低的能源输入。挤奶后和在加工过程中不制冷大约需要 $25-30$ 吨小时/吨的能源净输入,以完成部分牛奶加工操作。

2.2.2 小型工厂

生产者用小桶(数量多少取决于牧场产量)向收集中心站运送牛奶是小型牛奶收集系统的主要特点。一般是在 0.5 升到 100 升范围内变动,奶运到收集中心站时的温度比挤奶时稍低。

对于一些简单系统来说,只有数量计量,然后,一批批地倒入小罐中,并在中心车间清洗。这种工厂的奶处理不消耗能源。在小型牛奶收集中心站安装制冷机一般来说是下一个发展步骤,有时在小型牛奶收集中心站配有简单的牛奶分离设备。在一些负责清洗小罐的收集中心站,能源消耗同现代化系统差不多。由于设备能力利用较低,热损耗较高,现有数据表明要高三分之一,估计为 $35-40$ 吨小时/吨净输入, $105-135$ 吨小时/吨毛输入。

在许多国家,从生产地区到牛奶加工厂路途遥远,就需要两级牛奶收集系统。生产者把牛奶输送到一个简单收集点,牛奶不经过初级处理就从收集点装成小罐输送到装备有制冷机械与洗罐设备的第二级收集站。这样的收集站一般都配有蒸气锅炉、洗涤机,有时,冷却后的产品

被抽到奶罐车上。

此种可以制冷的收集中心站，把搅拌，抽奶加在一起，它对电能的净需求量可估计为 40 瓩小时/吨。还要再加上清洗（包括供水与加热）需要的能量。也许这种估算差别很大，但对属于这一分组的大多数收集中心站，蒸气的需求比可估算为 10 公斤/吨，相当于每吨奶蒸气的能量需求量为 7 瓩小时，水的总需求量上升到 0.3 立方米/吨，总的纯需求量可算为每吨收集牛奶约耗能 47 瓩小时/吨，用燃料炉毛需求量的相应数字可算为：15 瓩小时/吨，用发电机为 140 瓩小时/吨，这样总数为 155 瓩小时/吨。无疑，这些数字之高令人吃惊，可如果要想在奶加工厂中生产优质产品，鲜奶质量的早期保护是一项必备的措施。

还应一提的是在某些国家，把奶或奶油的温度增加到 60℃，并且在将奶运往加工中心站或客户时保持这一温度，这是一种传统的保证奶质的方法。这一方法至今在一些非洲国家如马里仍很流行。虽然某些人对于用这样的奶生产某些产品的可行性持反对态度，可是当考虑到牛奶销售的便宜方法时，这一方法不应忽视，因为此种系统不需要投入很高的资金。有关能源需要量即使较高些，可以用当地现有的低廉燃料来代替。

2.3 加工

2.3.1 现代工业

大型现代化牛奶加工厂在工业化国家很为流行。每个工厂的日加工能力通常输入奶要超过 100 吨，可是即使在一些日进奶量约为 30 吨的小厂，一般也都配有先进机器。由于小厂不能从规模的效果获益，它们的需能比与大型工厂相差无几，虽然大厂需能稍高。

为了给今后小规模操作的设想提供一些基本材料，我们对近 30 个欧洲奶加工厂的数据进行了分析。从此，对 9 组产品典型的能源需求量进行了估计，见表 1，图 1-6。在计算这些数字时作了某些基本的假设。如：

- (1) 水的需求比估计为：每加工一吨牛奶需 3 立方米水，与工厂的加工能力和加工内容无关。这一能源消耗可相当于 0.4 瓩小时/立方米的电能。另外，还包括较低的，压缩空气消耗需要的能量。
- (2) 大型牛奶加工厂以冷凝蒸气来计算所有的需热量，在所有的计算中用 1 公斤标准蒸气为 0.66 瓩小时的有效热量系数计算。对于全部清洗加工厂来说，总的需热量增加了约三分之一，相当于增加耗电十分之一。
- (3) 在现代化奶加工厂所有的能源需求中，制冷起着一个非常重要的作用，经常占电能总消耗的 40% 以上。在能源消耗比中估算有关制冷的数据分以下两个部分表示：(a) 作

为总能源当量(加工过程中从产品中排出的热量和从冷库的空气中排出的热量)。(b)制冷设备消耗的电能。

必须忽略不计下列因素,如向市政自来水总管道购水,用工厂自备的发电机发电。另外还有直接用燃料加热和运转不同效率机器的部分需热量。所有估算都是按“净需求量”和“毛需求量”算的。净需求量包括在加热奶中焐的增值或机械中通过冷凝蒸馏得到的能量,或由于电机带动加工机械时产生的能量。毛需求量代表炉子燃料产生的能量及用来产生有效“净需求量”当量时发动机燃料产生的能量。

对于所有拥有现代化设备的奶加工厂来说,(大型和小型)蒸气汽化的牛奶加工工厂的热效系数取 0.8 ,而用蒸气锅炉的其他加工厂的热效系数取 0.5 。不用蒸气作为中介的牛奶加热率估计为 0.1 。为了估算电能消耗量当量的“毛需热量”,用 3.5 的系数乘以“净需求量”,此系数用中型发电机的能源输入/输出量画出。应当记住,同从更有效装置获取电能的现代工业相比较,此应用系数更好地反映出小型加工厂电力的“毛需求量”。

所有的消耗值都以千瓦时(kwh)表示($1\text{ kwh} = 3.6 \times 10^3 \text{ kJ}(\text{千焦}) = 860 \text{ kcal}(\text{千卡})$)。

编图1至图6的目的是便于对加工程序的能源需求进行估算,包括表1所列的任何或全部9种产品。表2所表示的是一个工厂每天把160吨奶加工成4种产品的实例。

发展趋势显示出在许多现代化工厂里,能量的总需求量正在增加,这主要是由于耗电的增加,而热能消耗比实际上不变。这一趋势是由于不断增加的机械化和自动化的结果,便在加工线上需用更多的设备,特别是在贮存方面。可以从奶罐上安装的阀门来看此趋势。使用人工阀门的工厂,一个奶槽装5-7个阀门,而自动化操作同样的奶槽则要12-15个气阀,同时还要有压缩空气。

2.3.2 小型工厂

已收集了不同发展中国家中有关日加工量为1到几吨的小型奶加工厂能量利用的数据,可把这些工厂分为下列三组:

(1) 既无电又无蒸气的车间。

配有当地制造最简陋设备的手工作坊,包括罐、缸、工作台、模子、简单的奶酪压制机等。这些加工中心站通常是在产酸奶酪和奶酪的中东及中东附近一些地区。一般酸奶酪在城里制作,而奶酪在乡村制作。在这些作坊里,能量仅用来使牛奶加热到发酵(酸奶酪)或粗制凝乳(奶酪)温度,用简陋炉灶烧木柴、煤、煤气或液态矿物燃料产生热量,其能源转换率在10%-15%之间。

表 1 现代化奶加工厂的能量需求比

供给类型		单 位	加工一吨牛奶 (包括就地清洗) 所需的能量										
			瓶装液体产品		单程集装箱的液体产品		脱脂奶粉 和 黄 油	全脂奶粉	熟化奶粉		汽化奶及炼乳		
			巴氏灭面法	消 毒	经巴氏灭面	超高温			无乳清加工	有乳清加工			
净需求量													
蒸 气		公斤/吨	250	300	100	150	880	830	190	700	440		
制冷总能量当量		瓦时/吨	50	40	50	40	60	45	70	70	45		
用于制冷的电力需求量		瓦时/吨	20	16	20	16	24	18	28	28	18		
加 热		瓦小时/吨	165	200	70	100	585	530	125	460	295		
电力 (总需求量)		瓦小时/吨	55	70	50	90	90	80	75	100	60		
总净需求量		瓦小时/吨	220	270	120	190	675	610	200	560	355		
毛需能量													
加热 (炉子燃料)		瓦小时/吨	205	250	90	125	730	660	155	575	370		
电力 (发动机燃料)		瓦小时/吨	195	250	180	315	315	280	265	750	210		
总的毛需求量		瓦小时/吨	400	500	270	440	1 045	940	420	925	580		
蒸气在总需能量中的百分比		%	75	74	58	53	87	84	63	82	83		
炉子能量在总需求量中的百分比		%	51	50	33	28	70	70	37	62	64		

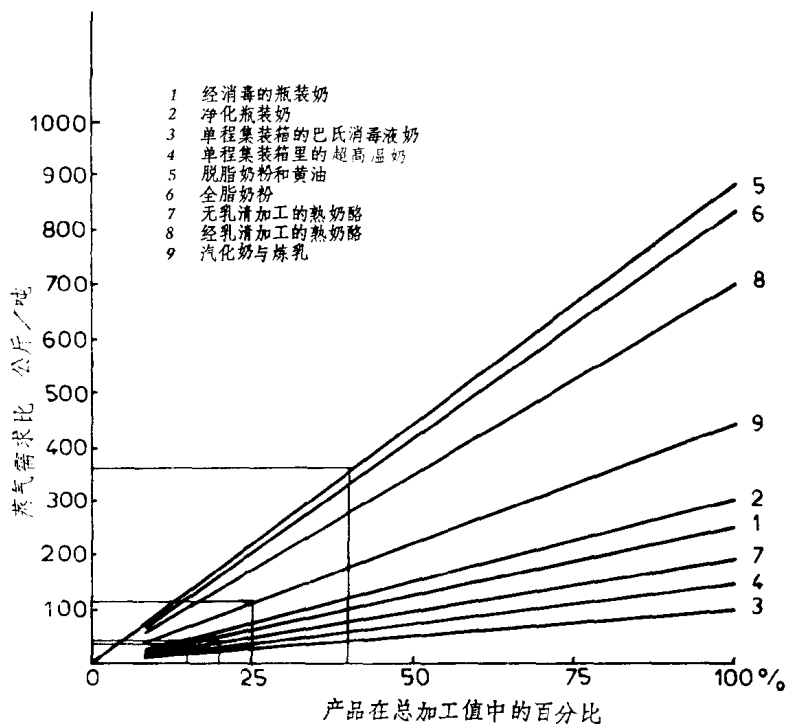


图 1 净蒸气需求比

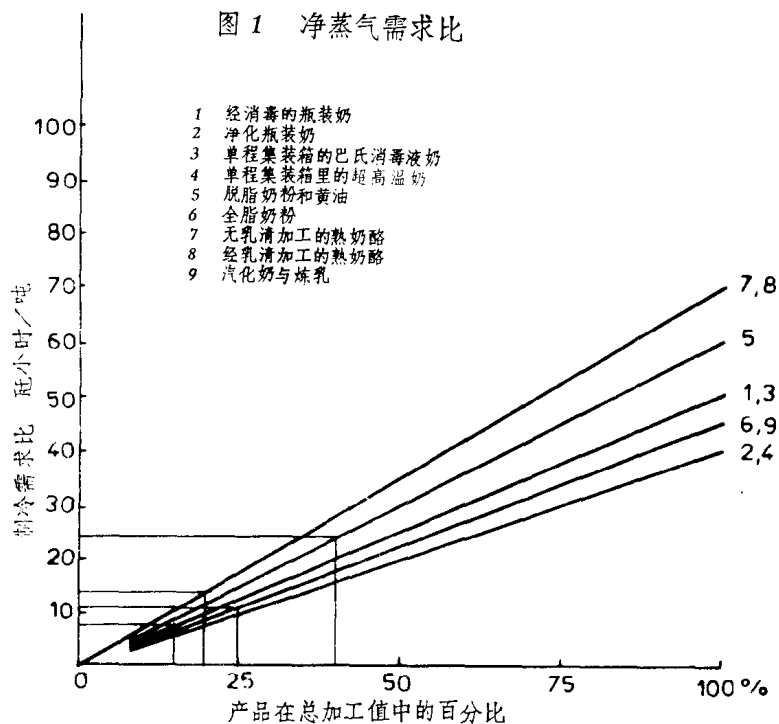


图 2 净制冷需求比

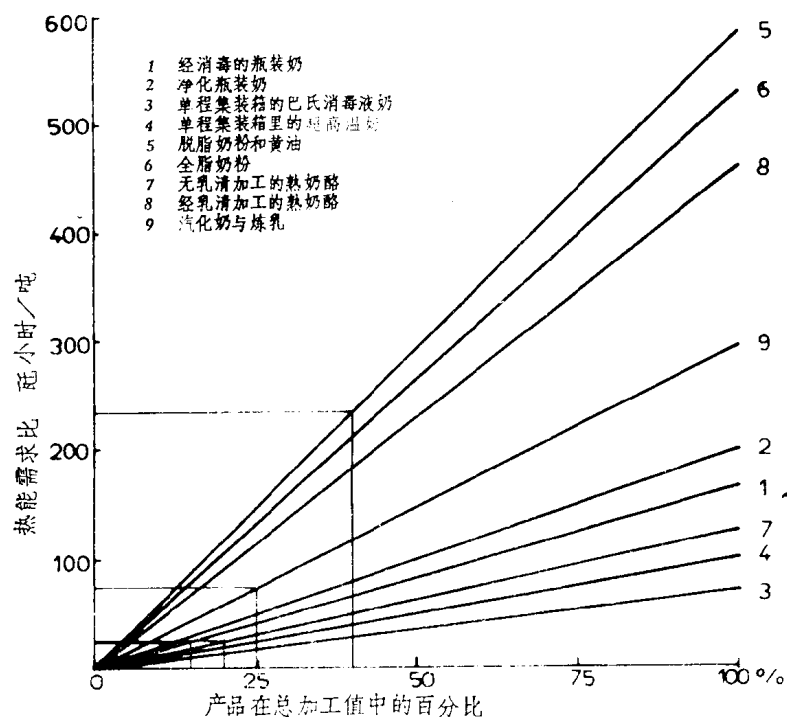


图3 净热能需求比

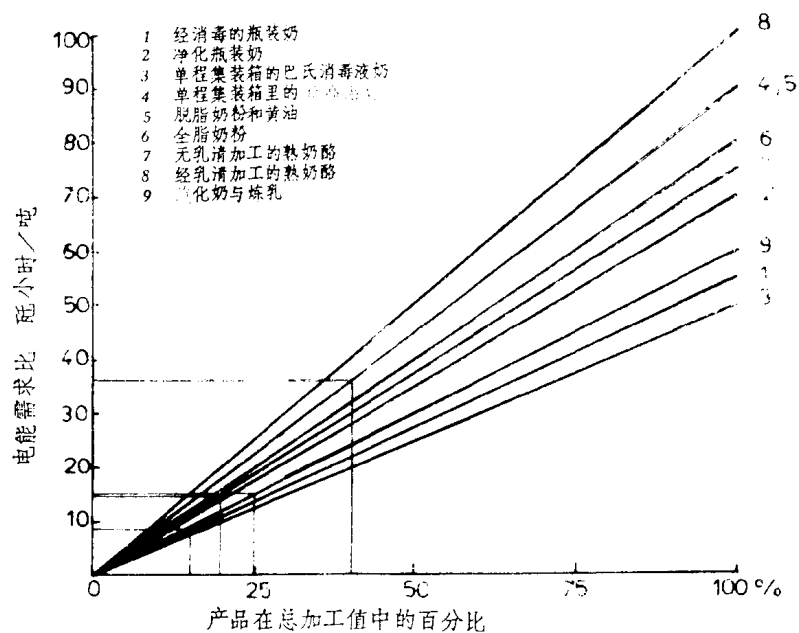


图4 净电能需求比

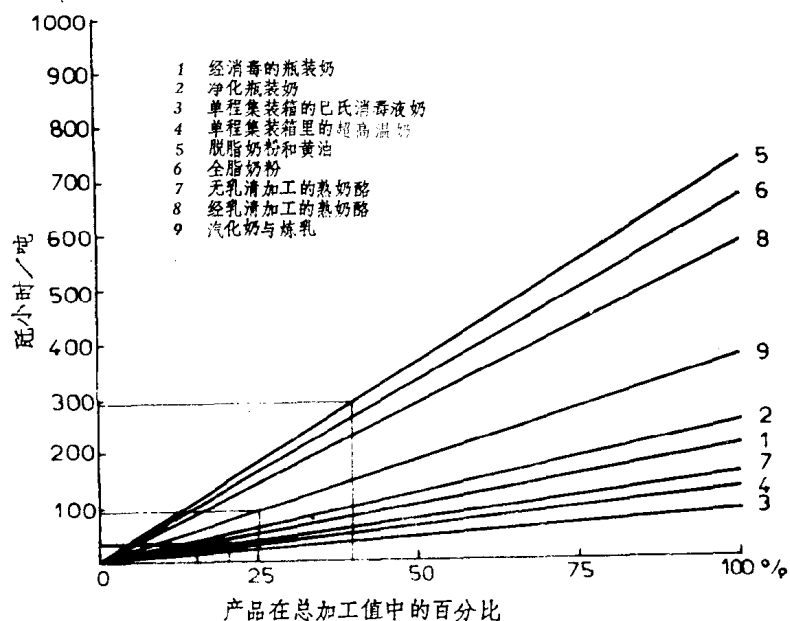


图5 毛热能需求比(炉子燃料)

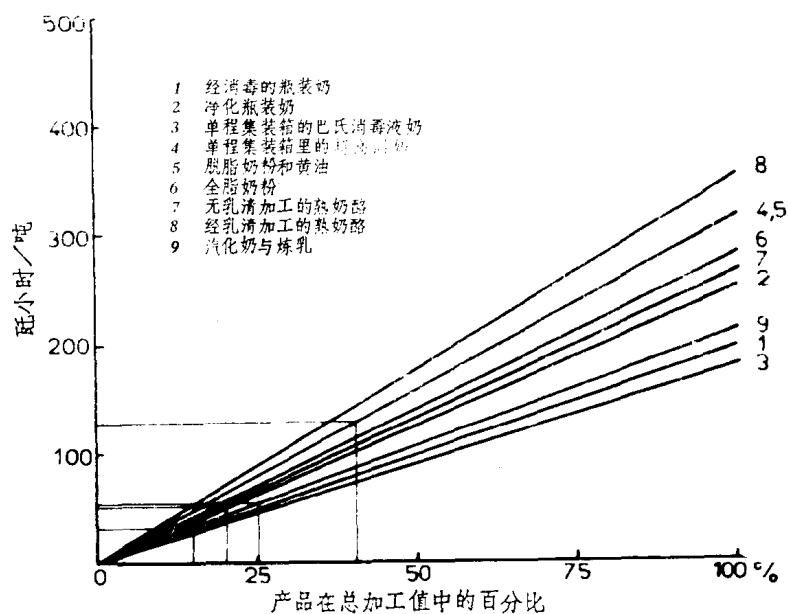


图6 毛电能需求比(发电机燃料)