

国外自然资源考察研究参考资料

第 四 期

国外节约燃料简况

一、美国工业节约燃料的潜力 2

二、日本节约能源的技术政策 10

三、简 讯：

日本节约炼焦煤技术的进展

——提高弱粘结煤和普通煤的配比 ... 15

中国科学院自然资源综合考察组

一九七六年九月

日本矿物燃料资源贫乏，生产和民用所需能源的90%左右依靠进口，所以在主要资本主义国家中，日本是比较注意提高能源利用效率的。而美国，过去对能源的使用极为浪费，第二次世界大战以后，本国石油不能满足需要，最近十年来已经大量进口石油。一九七三年底中东战争爆发以后，阿拉伯产油国以石油为武器，反对帝国主义的掠夺以后，资本主义世界的石油价格上涨几倍，燃料费用支出增加，资本家为了谋取更多的利润，因而对节约燃料消耗的问题比过去重视。下面摘译的材料，是有关美国、日本节约能源的技术措施和研究课题，其中有的可供有关部门参考。

编者 1976.7.15

美国工业节约燃料的潜力 *

美国工业消费的燃料约占全国消费燃料的40%。1968年,工业燃料消费量为8.2亿吨标准燃料(下同),另外有相当于7500万吨的石油和天然气用作化工原料。在工业能源构成中60%为液体和气体燃料,40%为煤炭、水电和核燃料。而在全国的燃料消费结构中,76%为液体和气体燃料,煤炭等燃料仅占24%。在使用象煤炭这样的燃料方面,相对来说,工业部门比其他部门有较好的效果。

工业燃料的最终使用,主要可分为四大类。各大类使用燃料的比例如下:

- | | |
|-------------|-------|
| 1、直接燃烧加热 | 29.0% |
| 2、生产蒸汽 | 44.7% |
| 3、直接电热 | 1.3% |
| 4、电动机、照明、电解 | 25.0% |

工业燃料的大部份(约45%)用于生产蒸汽,而几乎全部工业需电量是靠购买电力解决的。按1968年工业生产水平计算,用生产蒸汽与发电相结合,潜在的燃料节约能力,每年可达1.44亿吨,或相当于该年公用电力事业全部燃料用量的30%。

使用换热器,可以回收工业燃烧过程的余热。例如,同流换热器能减少辐射管热处理炉燃料消耗的30%。又如尾部循环兰金机从柴油机、燃气轮机或各种炉子排出的370℃以上的余热中生产电能。

~~~~~  
\* 本文是《美国工业的燃料潜力》一书前半部份的主要内容。该书是伊·普·盖弗托保洛斯等人1974年向福特基金能源政策计划组织提出的专业报告。

## (一) 生产蒸汽与发电相结合

凡需要制造蒸汽的地方，都有以小量燃料消耗生产电力的可能。例如，为生产汽压 14 公斤/公分<sup>2</sup>、温度 195℃ 蒸汽，可以有下面几种方案：① 利用燃气轮机的排气生产蒸汽。② 生产汽压高于 14 公斤/公分<sup>2</sup> 的蒸汽，从蒸汽轮机中抽取汽压为 14 公斤/公分<sup>2</sup> 的蒸汽。③ 上述两者的结合（如图一所示）。

电力生产如果作为热能的付产品来考虑，应该负担超过直接生产蒸汽所消耗燃料的部分。蒸汽与电能相结合，生产每度电能所消耗的燃料，大约相当于 150-160 克燃料。这些数字换算为效率约为 0.79-0.8。而最好的中心电站的效率仅为 0.38-0.39。这说明，电力生产的燃料消耗可以减少一半。

若付产电力的效率为 0.79，每公升燃料油的价格为 3.7 美分，则每度电的燃料费用约为 0.41 美分，考虑到付产电力而增加的资本费用为 0.33-0.6 美分/度，合计为 0.74-1.01 美分/度。上面是按能源危机前的燃料费用计算的，假如燃料费用增长，则对付产电力就更为有利。

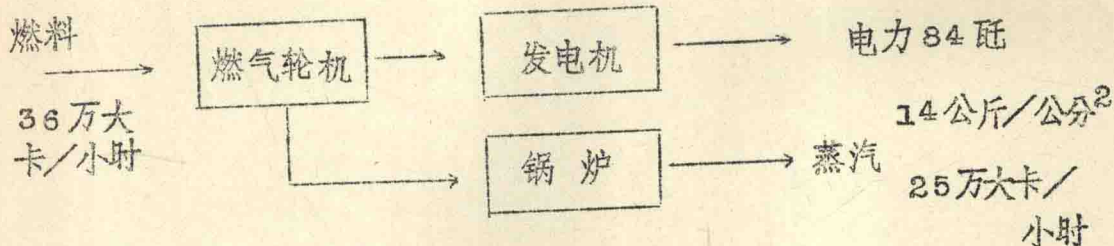
蒸汽动力与燃气轮机相比，能使用质量较低的燃料。因此，对于低压蒸汽，汽轮机比燃气轮机可取。对于高压蒸汽，汽轮机的经济性要小得多，而燃气轮机对生产低压蒸汽和高压蒸汽，所发出的电力都是一样的。

工业过程需要的每 25 万大卡/小时蒸汽，平均大约能得到 70 瓩的付产电力。1968 年，美国工业用于生产蒸汽的燃料约为 3.8 亿吨，而只生产了一千亿度付产电力。而全部蒸汽量能够提供七千亿度付产电力，这个数量相当于该年美国总发电量的 53%。如果全部实现付产电力，可节约燃料 1.44 亿吨，约占全部发电用燃料的 30%。

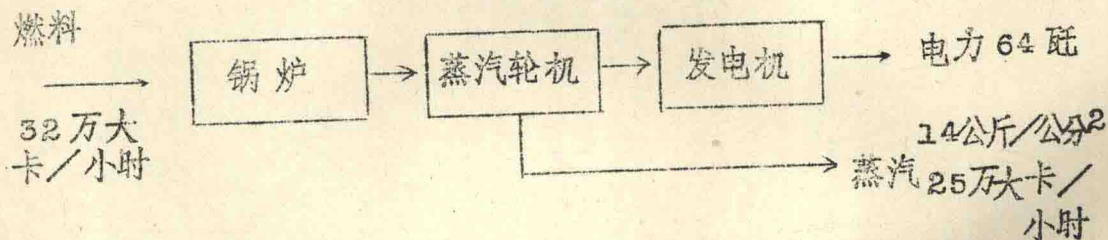
图一、 生产蒸汽与发电相结合三种方案

(蒸汽压力 14 公斤/公分<sup>2</sup>、热量为每小时 25 万大卡)

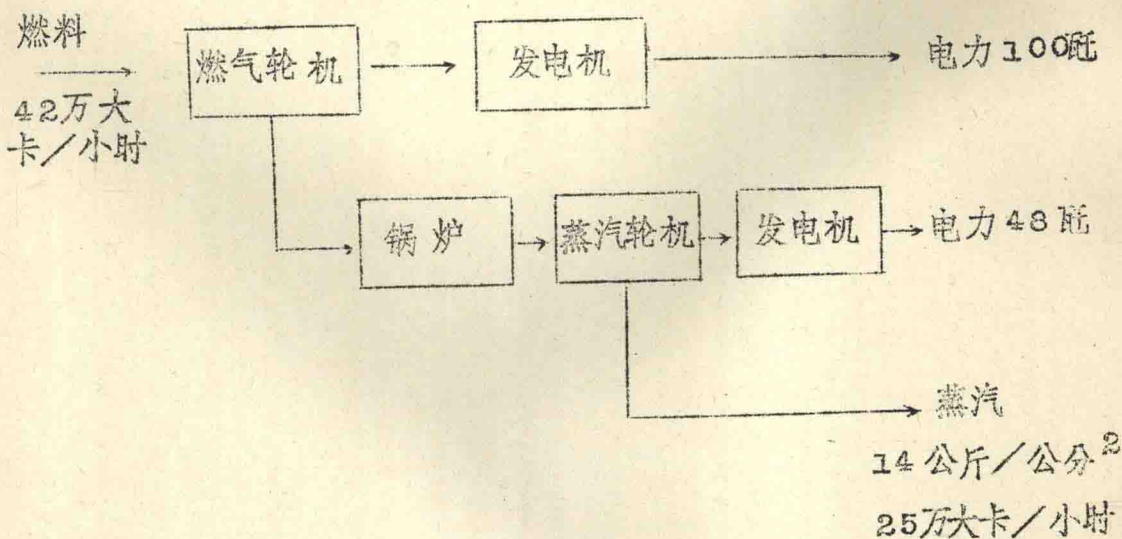
①



②



③



显然，许多需要蒸汽的工业规模很小，不利于付产电力的生产。因此，上述潜力并不能全部实现，但还是存在着节约大量燃料的可能。

## （二）利用太阳能生产蒸汽

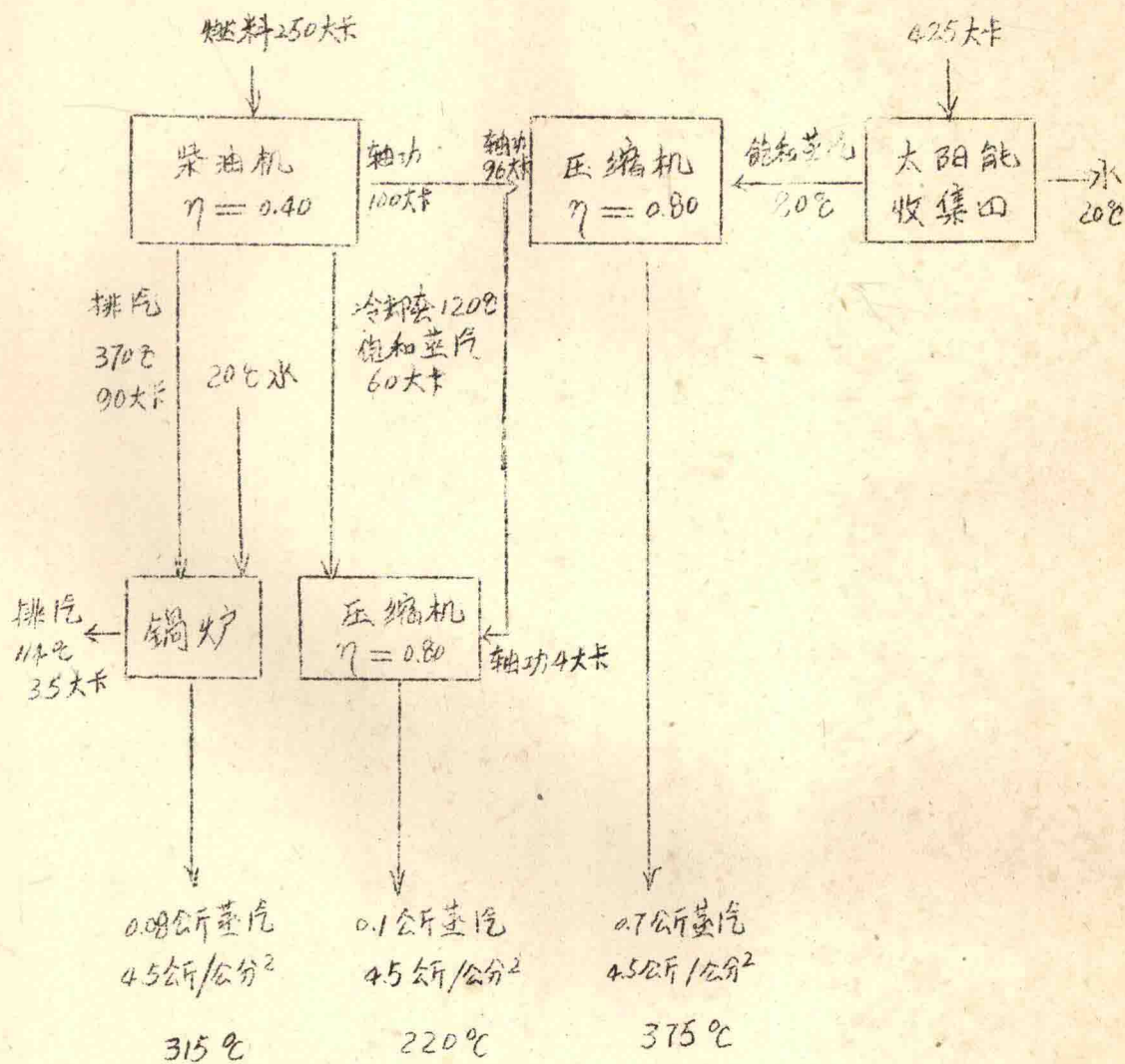
涂有特种涂料层的简易平板太阳能收集器，依靠射入的太阳能通量，把流体加热到 $80-140^{\circ}\text{C}$ 。这样一个收集器能生产温度约 $80^{\circ}\text{C}$ 和汽压 $0.5$ 公斤/公分<sup>2</sup>的饱和蒸汽。然后，用高效率的压缩机进行压缩和过热，每单位燃料消耗能够取得三倍于直接燃烧单位燃料生产的蒸汽量。

在图二所示的循环中，有一台柴油机作为原动机，每250大卡发热量的燃料能提供 $355^{\circ}\text{C}$ 、 $4.5$ 公斤/公分<sup>2</sup>的蒸汽 $0.87$ 公斤。在这里柴油机的排气、冷却的热量均用于生产蒸汽。而效率为 $0.85$ 的锅炉，每250大卡热量的燃料只能生产 $0.3$ 公斤蒸汽。需要高压蒸汽的地方，柴油机——太阳能体系的经济性将降低。例如，柴油机——太阳能体系的经济性，在蒸汽压力为 $4.5$ 公斤/公分<sup>2</sup>时相当于直接燃烧燃料体系的三倍，当蒸汽压力为 $1.5$ 公斤/公分<sup>2</sup>时，只相当于直接燃烧燃料体系的两倍。

但太阳日照是间歇的和不可靠的，需要用普通的热能体系作为备用。因为普通锅炉的资本费用相对来说较燃料费用低。

对于柴油机——太阳能体系（以普通锅炉备用，但没有热能储备装置），以每日工作八小时，对初次投资费用和年运行费用进行估算。当太阳能收集器的初次投资费用为 $5.4$ 美元/米<sup>2</sup>时，柴油机——太阳能体系每单位蒸汽的费用，大约是普通锅炉的两倍。当太阳能收集器初次投资费用为 $2.7$ 美元/米<sup>2</sup>时，柴油机——太阳能体系生产蒸汽的经济均衡点出现在燃料费用为 $1.3$ 美元/25万大卡时，这个费用略高于能源危机前的燃料费用。

图二、 柴油机—— 太阳能体系蒸汽生产循环



总蒸汽量 = 0.88 公斤

蒸汽压力 = 4.5 公斤/公分<sup>2</sup>

平均温度 = 357 °C

### (三) 使用换热器回收余热

在许多工业过程中，燃料的使用效率可以通过回收有用热能改进。现在，这些热能或是作为废气，或是在材料加工过程中作为显热损失掉。换热器能够把这些热能的一部分送回生产过程，减少燃料消耗。利用这些换热设备，以废气予热燃烧气体。

从热力学观点看，同流换热器和交流换热器都是服务于同一个目的。它们利用不同的热转换装置，运用于不同的系统。同流换热器是废气和燃烧气体之间的一个直接的热交换器。而交流换热器则是一个蓄热装置它是一个名为控制器的缓慢转动的多孔圆盘，或是一个固定的砖制型片。这个控制器从废气中得到热能，并把热能传输给进来的燃烧气体。

交流换热器能够耐高温，适用于象炼焦炉、平炉和鼓风炉等高温腐蚀环境。与同流换热器相比较，交流换热器的缺点是：费用较高和由于冷热变化造成的热效率损失。转轮空气予热交流换热器，通常用作锅炉和燃气轮机的大容量予热系统。

同流换热器用于一定类型的加工炉和焚化炉的热回收装置。金属隔板的氧化作用限制它们应用于温度在 $1100^{\circ}\text{C}$ 以下的烟道气。

附在辐射管热处理炉的同流换热器，利用从 $1000^{\circ}\text{C}$ 的烟道气中回收的热能，把燃烧气体予热到 $480^{\circ}\text{C}$ ，可以节省燃料23%。假定热处理炉每年运行6000小时，燃料费用每25万大卡为0.6-1.2美元，计算表明：燃料费用的节省，能比得上资本费用的增加。

### (四) 回收余热的尾部循环机

许多工业通常排出的是 $150-370^{\circ}\text{C}$ 的低温余热。这些余热也可以用同流换热器回收送回工业过程，或是利用它生产蒸汽。但不是因

为经济上不合理，就是因为现场不需要蒸汽，因而这些低温热能往往没有加以利用。

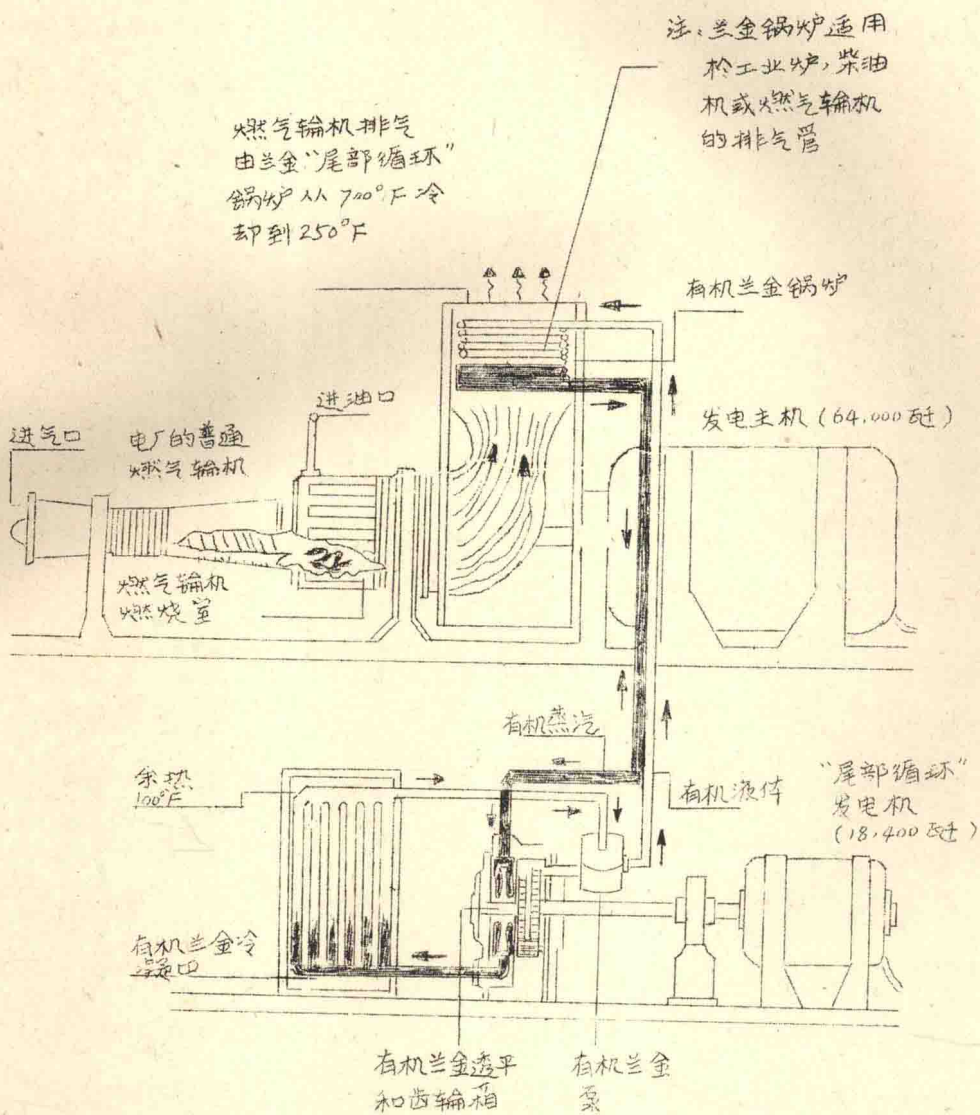
一个引人注意的把余热转换为电能或机械能的方法，是使用于尾部循环的有机介质兰金机来实现的。这种机器目前正大力研究，几年内即可为工业使用。有机介质兰金机具有利用低温余热的能力，装置的型式和规模可以从几马力到几千马力，机器可以同发电机结合，也可同其他工作机械：如泵、压缩机、鼓风机、输送设备和滚轧机等相结合。

目前在美国，燃气轮机已为公用电力事业广泛用以解决尖峰负荷的电力需要，和被某些工业用于现场发电。图三是为回收燃气轮机余热的尾部循环机的典型图解。对于GEFG7791R型燃气轮机的尾部循环体系，经计算证明：整个效率可从37%提高到47%，轴功在不增加燃料消耗的情况下可提高29%。

尾部循环机和柴油机配合，可得到更高的效率。有机介质尾部循环体系能从370℃的排气，和气缸壁冷却废热中吸取热能。柴油机与尾部循环机结合的效率超过49%，而单独柴油机的效率仅39%。

有机介质尾部循环体系相对来说是比较简单的。有机介质透平只需要一个单级的轴向气流推动透平。这是因为有机介质有较高的分子量和热焓落差，以及有机流体的喷速相应较低。

由于简易的透平设计和有机介质的不腐蚀性，用炭素钢是合适的。有机介质尾部循环体系的资本支出费是低的。因为是中温和带有完整润滑系统的密封设计，其运行费也是低的。根据计算，一台18400瓩的典型尾部循环发电装置，能回收排气为370℃的余热，建设费每瓩为150美元，不要燃料费，而烧可燃矿物的电厂，建设费为每瓩300美元，还要燃料费用。所以尾部循环机的经济性是极为明显的。



图三 为回收余热的有机介质兰金尾部循环系统

## 日本节约能源的技术政策

日本研究对能源的政策如下：

- (1) 开展节约能源的工作；
- (2) 研究新能源的利用技术；
- (3) 生产结构向节约能源的方向转变。

上述(1)项可以立即发挥作用。下面是以各调查研究机关关于开展节约能源的报告材料为基础，就节约能源技术的现状和未来加以介绍。

很多能的形式，是在能源燃烧过程形成的，其形态瞬时便消失于大气中。不象其他资源，作为生活的必需品，以一定的形式存在时，可连续发挥作用，并通过再循环体系还能够再生。

能源目前几乎绝大部分依赖于矿物燃料，就其中最方便、亦是大量使用的石油，按现在的水平继续消费，估计约30年就可能用完。为此，应当开展节约能源的工作，开发新能源，直至能够确保能源的稳定供给。

大气污染的绝大部分，是因为燃料燃烧而产生的。因而发生煤尘、亚硫酸气体、氧化氮等问题。今后，估计还将发生大气中的碳酸气增加，热污染等问题。

据计算，射向地球的太阳能为 $5.5 \times 10^{24}$ 焦耳，其中三分之二到达地面，有 $1.2 \times 10^{22}$ 焦耳的能量变成风和波的形式。这部分能量相当于全世界消费能量的60倍。因此，如果消费的能量达到现在的60倍，破坏了气象平衡，就有产生热污染的可能。目前，在日本单位面积上的能量消耗，相当于世界平均的70倍，可以说已处于极

限状态，可能是由于四面环海而幸免灾难。

现在的煤尘、亚硫酸、氧化氮等问题，再加有热污染的问题，所以从环境问题上，也必须实施能源的节约，以应付这些问题。

据综合能源调查的汇报，预计1980年日本最少需供能量  $563 \times 10^{13}$  千卡（换算石油为5.9亿千立升），1985年为  $919 \times 10^{13}$  千卡（换算石油为7.7亿千立升）。

以往，与国民经济总产值相比，能源增长率为1.15倍，如果实现了节约能源，这个数值有可能成为0.8-0.9倍。节约能源是日本经济发展不可缺少的政策。

过去、现在和将来，节约能源的技术，一般认为有七个阶段。

第一阶段，是消费能量时应该考虑的基本条件的准备。如防止热损失的绝热、注意密封、安装空气予热器，同时测定温度、流量、压力等，实行自动控制。这是1945-1955年代的技术。

第二阶段是1955-1965年代。这方面的代表技术是采用大型化、高压化，达到合理的规模来节约能源。

第三阶段是对制造的设备，从节约能源的观点出发，找到提高能源利用效率的操作点。这是最近成果最显著的技术之一，收效也最快。另外，由于进一步实行严格的管理，可望取得切实的成果。

第四阶段是引入节约能源的工艺，改变整个工艺流程，以达到节约能源。如钢铁的连续浇铸、水泥的新悬浮予热、电力的燃气与蒸汽联合循环系统等。这些是当前起着重要作用的新技术。

第五阶段是现在正在研究、试制中的技术。这里包括新能源技术及太阳能计划达到实际应用的技术。

第六阶段是以2000年为目标太阳能计划，与完成核聚变的技术。从而达到能源取之不尽的供给体系。

最后的第七阶段，是向节约能源型式的生产结构过渡。这不仅是因为能源问题，同时也是由于劳动力不足而进行的转变。

节约能源的新技术，在供给、消费和管理的各个方面都是同样重要的。首先，有关供给的新技术，是能源的多样化，转换效率的提高，以及贮藏、输送技术；有关消费的，如高效率热交换器的研制等；管理方面是以再循环为中心，加强管理。

这些新技术的实现，可能达到大幅度能源的节省。例如，与现在的发电效率约40%相比，燃料电池的效率有可能达到80%。

各部门节约能源技术的主要课题。在技术方面，短期内的主要问题有：改进工艺、改善操作、回收余热、加强管理四方面。未来节约能源的新技术有：新工艺的研究、高效率的热交换器、工艺的联合、活性催化剂、燃料电池等。

各部门今后主要的节约能源的技术为：

（一）电力工业——目前的发电方式，发电效率已近极限，所以今后的节约能源技术，向燃气——蒸汽联合循环；磁流体发电与蒸汽透平联合运行，高温氢气透平等新技术发电技术方向发展。为了提高输电效率，正在研究100—150万伏超高压输电，超导输电，超低温输电等新技术。另外，如高扬程抽水蓄能发电等解决负荷变动的技术，也是主要的课题。

（二）煤气工业——煤气的稳定供应是重要因素，因为制造煤气的原料问题将列为重点。当前主要是向天然气发展，其次是合成天然气技术的付诸实施。将液化天然气气化时形成的低温，有效地利用于冷藏库、冷冻、低温破碎等的技术也将被实际应用。

（三）钢铁工业——近期积极实行高炉顶压回收透平、干法熄焦等节约能源的措施，并进一步推广节约能源的连续铸锭工艺。在轧钢

方面将采用直接轧钢。远景将研究利用原子能直接炼铁技术。

(四) 炼铝工业——最有希望的新技术有托斯法和阿尔考法。采用氯化铝电解的阿尔考法，估计能节约能耗30%；以锰还原的托斯法预计能节约能耗20%。

(五) 水泥工业——从1963年以来，已采用了热效率高的有悬浮予热器的水泥窑。为了进一步节约能耗，还研制了喷焰炉。但现有设备的热效率仅为60%，所以还需要进行余热回收和产品显热的回收。

(六) 石油精炼——石油精炼设备已采用了节约能源的工艺流程。今后的问题是减压残油作为燃料的有效利用技术，研制更好的催化剂，并使流程的温度降低。

(七) 石油化学工业——与石油精炼一样，消耗能量少的工艺流程、催化剂的研制是重点。石油化工产品的原料是动能资源，应积极推行以塑料为首的城市垃圾作为燃料动力的工作。

(八) 化肥工业——和上述一样，主要的问题是工艺的改进和催化剂的研制。但目前品种数量多，能源消费量大，需要整理统一。

(九) 造纸工业——机械浆料的成品率比化学浆料高得多，应增加它的生产数量。其次，从减少能量消耗的观点出发，对纸的洁白度、重量、厚度等质量标准应重新评价。另外，要考虑提高排泥浆的脱水率，而作为燃料加以利用。

(十) 化纤工业——将生产过程连续化是个很大的课题，其代表性的有直接喷丝技术、直接纺纱技术和直接织布技术等。

概略推测各工业部门可能削减能源消耗的数值如表一所示。由于环境保护和自动化等原因，能源消耗虽有部份增加，但推测在中、短期内，能源消耗可能减少3—25%。从长期看，由于新技术的采用，

将能达到更大的省能效果。

就节约能源的长期性来看，进行制造工艺的革新，将能实现大量的能源节约。近期，则以改善工艺、改进操作、回收余热、加强管理为重点来减少能量的消耗。

表一 各部门省能效果预测（单位：%）

| 部门   | 目 前  | 短期（5年以内） | 中期（10年以内） |
|------|------|----------|-----------|
| 电力   | ~1   | ~2       | ~3        |
| 煤气   | 2-3  | 3-5      | 10        |
| 钢铁   | 2    | 5        | 9         |
| 铝    | 10   | 13       | 27        |
| 水泥   | 1.7  | 7.7      | 13        |
| 石油精炼 | -    | 2.9      | 6.7       |
| 石油化工 | 1-3  | 3-8      | 3-10      |
| 化肥   | 1-3  | 3-8      | 3-10      |
| 造纸   | 0.6  | 3.1      | 5.5       |
| 纺织   | 5.5  | 5.1      | 7.5       |
| 橡胶   | 3.5  | 5.7      | 12.7      |
| 汽车   | 9.2  | 9.5      | 18.3      |
| 造船   | 14.1 | 19.1     | 22.6      |

## 日本节约炼焦煤技术的进展

### ——提高弱粘结煤和普通煤的配比

日本炼铁用炼焦煤的年使用量达7000万吨，其大部份由美、澳、加等国输入。进口价格1973年以来的三年中增长了一倍以上。为了减少炼焦煤的消耗，把炼焦煤和弱粘结煤、普通煤混合制造成型煤，再把它装入焦炉炼焦的成型煤配合炼焦技术正在得到发展。

新日本钢铁公司在八幡已建成日产2300吨的设备，1976年2月预计在君津成日产2700吨的设备，在大分日产2500吨能力的新设备正在建设中。“新日铁式”成型煤设备，是1974年研究成功的，其优点是：1）将强粘结煤使用率，由原来的约70%降到55%左右；2）在强粘结煤使用比率中，不可缺少的低挥发分强粘结煤，由原来最少10%，降低到4%以下；3）使过去不能作为炼焦煤使用的非粘结性普通煤，能够混合使用到最多达20%。

日本钢管厂于去年九月在福山建成了日产3000吨能力的设备，以及正在扇岛建设的设备，均将使用弱粘结煤，并能混合使用6—8%的普通煤。

住友金属公司于1975年4月在和歌山新建日产能力1600吨的设备，在鹿岛正在建设日产4250吨的大型设备，这些设备将使用混合普通煤炼焦的新技术。普通煤将从加拿大进口，价格平均为每吨33.2美元，只相当于强粘结煤价格的一半。

神户钢铁厂在加古川建设能力为3000吨的设备，预计1976年

10月建成。成型煤生产由新日本钢铁厂供给技术，结合剂用脱沥青青石。

川崎钢铁厂进行独自的技术发展已取得成功，但还没有应用于生产。

节约炼焦资源的另一种措施，是新日本钢铁厂自西德引进的技术：予热方式。该方式是将原料煤以约200℃的温度予热处理，以达到缩短炼焦时间，提高焦炭质量，並能够使用一部分普通煤。〔摘译自〔日文〕《エネルギー》1976年1期〕

〔情报组供稿〕