

“高效瓦特”:电气化对能源和环境的影响

在美国,电气化工艺在提高能源效率和减少温室气体方面作出了贡献

Mark P. Mills

按照传统的观点,美国各地的公用事业公司、能源规划者和公用事业委员会,正在执行旨在减少电力消耗或将电力消耗减至最低的各种计划——典型的“需求方管理”(DSM)。在90年代,打算通过DSM节约相当于将近25000兆瓦的资源。高效节能灯泡已成了寻求更高的电效率——或者更通俗地说,寻求“负瓦特”(negawatts)——会给人们带来好处的象征。这种追求是无可非议的,也是实实在在的。以一盏亮度相同的15W高技术灯泡取代60W的普通灯泡,减少了能源消耗,因而每使用30小时就可少产生2磅二氧化碳(CO₂)。对于能有效地降低电力的费效比又不会产生社会所不希望的副作用的计划,人们是不会有什么争议的。

但是,专心致志于节电已使许多规划者和预测者对下面这个基本事实熟视无睹:即使将生产电力所需要的能源考虑在内,以电力替代化石燃料也能节省能源。这一事实在当今条件下,似乎成了一种异端邪说。能源的节省就等于CO₂排放量的减少(CO₂是造成全球变暖的“罪魁”之一)。由燃料转换成的支持节能(economy)和改善生物圈(ecosphere)的那部分电力,可称为“高效瓦特”(ecowatts)。

能源规划者是同意把社会应当开展使能源的总体效率最高的活动作为基本准则的,但在通过何种途径实现这一目标方面意见不一。某些预测者认为,由于发电厂在把热能转变成电力时损失能量,因而首要目标是减少电力使用量。有些人总是在说,电力的能源效率好比“杀鸡用牛刀”。这种认为电力是不经济的荒诞说法,是由于忽视了电力实际使用时的高效率,以及在大街上使用燃料时的低效率。

例如,最好的发电厂能将所消耗能量的40%左右转换成电力,但电动机能将90%的电力转换成有用的运动。与此相比,即使效率最高的汽车,也只能将不到20%的燃料能量转换成驱动传动轴的动力。换言之,电力使用时的高效率能绰绰有余地补偿电力生产时的低效率。同时,化石燃料的使用效率在多数实用场合下特别低,而且根据物理学的基本定律,这种使用效率本来就是有限的。

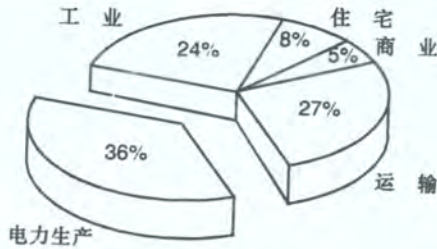
因此,用煤电炼钢比用烧煤的常规平炉炼钢所用的能源少,因而CO₂排放量也少。包括生产电力所需的能源和所产生的CO₂在内,这一转变使能源使用量减少70%以上,每炼制1磅钢约少排放2磅CO₂。(诚然,驱使所有炼钢厂改用电炉炼钢的因素是此种工艺的经济性和生产率优势——这种刺激因素对于多数电气化工艺来说是典型的。)

总的趋势

当前,公用事业公司规划者的实际做法,如同童话中的荷兰男孩那样,试图用往堤坝中插入一个手指头的办法将各方来的

本文取材于题为《高效瓦特:清洁的转换器》的一篇分析报告。作者Mills先生是科学思想有限公司总经理。该公司是美国首都华盛顿的一家研究咨询和出售战略思想的公司。分析报告的全文可向科学思想公司(Science Concepts, Inc., 2 Wisconsin Circle, Suite 470, Chevy Chase, Maryland 20815 USA)索取。

1990年按大部门分列的燃料使用量



注：为生产提供给其它部门的电力所需的燃料列入“电力生产”部门。

潮水堵住。美国的电力消耗量一直在增长，持续时间如此之长，如此地不可抗拒，似乎成了现代化社会的一个基本标志。

美国电力消耗量的增长速度超过了整个能源消耗量的增长速度，导致用于生产电力的能源在美国全部能源中的份额从1950年的14%增加至1970年的24%，目前已达到36%。这就不难理解，为什么电力部门成了节能和环境保护计划引人注目的（即使不说成必然的）对象。现在，用于生产电力的燃料比社会上别的任何活动消耗的都要多。（见上图。）运输部门位居第二，而且差距相当大。

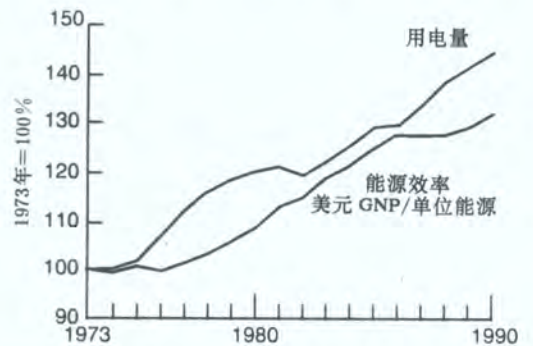
电力部门之所以是节能计划引人注目的对象，还因为别的能源活动都不是将用户和供应商真正联结在一起的。一家电力公司实施的计划，能够直接并同时影响数以百万计用户的能源使用量。对于大街上使用的燃料来说，并不存在这种紧密相联的关系。

电力部门不仅使用的能源最多，而且自1973年第一次石油禁运以来，增加的燃

料消耗量实际全都用于生产电力了。（见左下图。）预计这一趋势还将继续下去。

实际情况是，在电力的生产和使用方面存在大量可提高能源效率的机遇。但是，这一事实不应被解释为使用电力本来就是“不经济的”这种荒谬说法的不言而喻的证据。恰恰相反，正是由于电气装置、电动工具和电加工工艺所固有的优点，才有了很多提高电的利用效率的机遇。促使将燃料首先转换成电力的同样是这些优点。

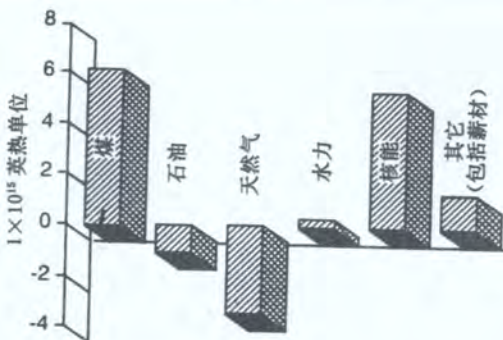
1973—1990年电力部门的燃料使用量和全国能源效率



燃料燃烧时，与燃烧温度有关的物理学基本定律给能源效率设置了一个天然的极限。例如，汽车“发动机”的能源效率就几乎没有可明显提高的余地。汽车燃料效率的提高要靠诸如减轻车体重量和减少空气阻力，降低磨擦和滚动阻力，以及改进传动系统等因素。另一方面，使用电力时，存在着巧妙地控制电子和磁场的极大可能性。例如，滑向停靠站的电动车辆可以反过来驱动电动机发电，为蓄电池充电。世界上却没有一种工程技术能使动能还原成汽油。

从整个国家的总趋势中可以找到电力的应用使能源效率提高的证据。用于生产电力的燃料量的增加，与全国能源效率的提高是同步的。（见上图。）若是让燃料用于生产电力是不经济的，那么电力部门燃料消耗量的增加就会使全国的能源效率降低。事实正好相反。越来越多的经济产出是在一次燃料用量逐渐减少的情况下获得

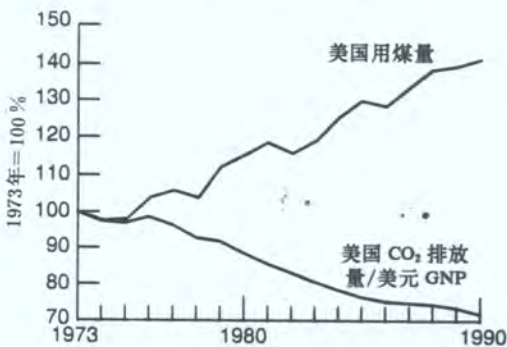
美国1990年的能源消耗量与1973年相比的变化



的。过去 17 年中,电力生产消耗的燃料增加了 50%,同期总的能源效率(计入生产电力消耗的燃料)提高了 40%。

提高能源效率被公认为是减少 CO₂ 排放量的最有效的手段,这种气体是造成全球变暖的主要因素。因此,一个国家在减少全球变暖这个潜在威胁方面是否取得进展的基本标志,将是每单位国民生产总值(GNP)向大气排放的 CO₂ 量。这是表明社会内在效率的关键指标。

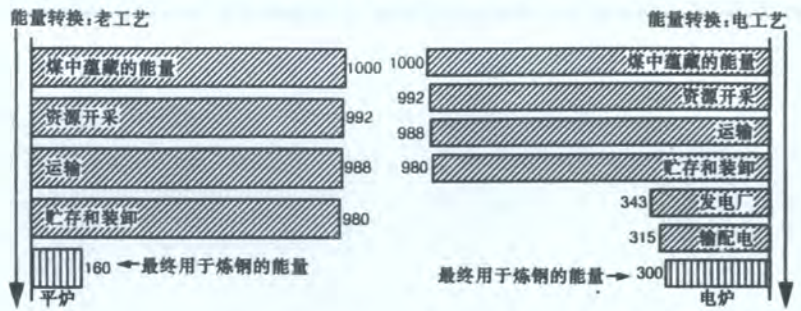
1973—1990 年美国的用煤量和每美元 GNP 的 CO₂ 排放量



在这方面,一直存在着一种振奋人心但实际上被忽视的趋势。(见上图。)美国经济活动对全球变暖的总影响一直在下降——这是指每单位 GNP 的 CO₂ 排放量一直在下降。1973 年,每美元 GNP 排放的 CO₂ 为 4 磅;到 1990 年,每美元 GNP 排放的 CO₂ 只有 2.34 磅。考虑到自 1973 年以来电力生产消耗的燃料大量增加,而且电力部门增用的全部燃料中 60% 是煤,这一成就是相当惊人的。烧煤与烧别的任何燃料相比,产生单位能量所排放的 CO₂ 量要多。虽然 1973 年到 1990 年期间美国煤的年消耗量增加了 3.8 亿吨,但每单位 GNP 排放的 CO₂ 量却逐年下降。

整个数据有力地表明,电力(或是用煤发电或用其他燃料发电)是与能源效率的提高和 CO₂ 效率的提高——即降低对全球变暖的影响——联系在一起。美国经济活动中 CO₂ 效率的提高并不能完全归功于

能量转换步骤:标准炼钢法和电炉炼钢法



非燃烧型燃料(具体地说是核能)使用量的增加以及汽车燃料利用效率的提高。自 1973 年以来,美国汽车大军燃料效率的提高和核能使用量的增加虽然两者都减少 CO₂ 排放量,但只分别占全国 CO₂ 效率全部提高量的 11% 和 12%。显然,还有别的因素在提高 CO₂ 效率。这可以用某些具体的电气化工艺及其对整个能源使用量和 CO₂ 排放量的影响来说明。

利用高效瓦特减少 CO₂ 排放量

电炉炼钢是最明显和最引人注目的利用电力减少能源使用量和 CO₂ 排放量的实例之一。电熔化工艺基本上把所有能量直接输入需要能量的熔体内,在使用点实际没有浪费任何能量。生产电力时所损失的能源远少于典型的平炉所浪费的能量。(见上图。)这两种工艺之间的差别类似于用火烧开水和将电极直接插入一大杯水中之间的差别。

美国每年生产的钢超过 2000 亿磅。用电力炼钢,每生产一磅钢可少排放 2 磅 CO₂。这一计算考虑了平炉的燃料循环中本来要烧掉的煤和排放的 CO₂,并假设仅靠烧煤生产必要的电力。

利用电力生产 1 磅钢可少产生 2 磅 CO₂,这为探讨其它方面实现电气化的机遇提供了有意义的启示。因此,本项分析工作研究了可从使用燃料转向使用电力的各种具体工艺(包括炼钢)。这里未曾打算预测完全改用电气化工艺的总效果,只是想通

“高效瓦特”工艺的实例

在使用点以电力取代烧燃料	活动	节能量	减少的 CO ₂
炼钢 用电弧炉取代平炉	生产 1 磅钢	50%	~2 磅
烹调 用微波炉取代煤气炉	烘烤 2 磅肉卷	90%	~2 磅
油漆烘干 用紫外线烘干法取代煤气加热	烘干一辆新汽车的油漆	90%	~2 磅
杂志印刷 用紫外线烘干法取代煤气加热	烘干 40 本杂志各页的油墨	60%	~2 磅
炼铜 用电感应炉取代熔炉	生产 10 磅铜	40%	~2 磅
飞往附近城市 用高速磁浮火车取代飞机	运送 2 人·英里	75%	~2 磅
用冷冻法浓缩牛奶 用电气冷冻蒸馏取代加热和蒸发	处理 55 磅牛奶	40%	~2 磅
安全处置有毒废物 用电力玻璃固化取代挖掘/运输/掩埋	隔离 1 磅废物	20%	~2 磅
生产玻璃瓶 用电炉取代燃料炉	生产 12 只瓶	65%	~2 磅

注：计算“节能量”时考虑了生产电力消耗的能量和燃料循环中损失的所有能量。计算“减少的 CO₂”时考虑了电力生产排放的 CO₂，并假设使用被电气技术替下的那种燃料生产电力。

过这些例子清楚地说明，确实存在着无数个可通过改用电力减少 2 磅 CO₂ 的机遇。(见上表。)这些例子有助于解释如前所述的全国能源效率发展趋势是怎样得来的。

选择这些工艺，目的是想说明在各种各样的活动中都能找到例证。在某些情况下，不同的假设会得出稍微不同的结果，但增加电气化而使 CO₂ 排放量减少的这个总趋势决不会改变。计算能源使用量的减少及 CO₂ 排放量的相应减少时有两种情况：

- 使用点消耗的燃料被替下的同一种燃料生产的电力所取代(也就是说，如果用微波炉替代天然气炉，则假设电力是用天然气生产的)。

- 使用点消耗的燃料被按目前全美国的燃料构成(即 56% 的煤炭，19% 的核能，10% 的水电，8% 的天然气，6% 的石油)生产的电力所取代，因而 CO₂ 排放量也按这种构成计算。

以下是对已经算出可以减少多少 CO₂ 的一些高效瓦特工艺的考察结果。

油漆烘干。使用紫外(UV)线取代燃气炉来烘干油漆，提供的能源效益与微波炉的情况类似。不过，使用 UV 线烘干油漆的

推动力并不在于降低能源消耗和减少 CO₂ 排放，而是因为 UV 线烘干法的烘干速度更快(最快 10 倍)，并能得出更加均一因而质量更好的外观。

油墨烘干(杂志印刷)。UV 线也可用于烘干纸张上的油墨。这里也是追求此工艺的生产率、产量和经济效益。其能源和环境效益是“额外收获”。UV 线烘干法可用于印刷工业、电子工业电路板保护层、木屑板工业以及无蜡地板涂层固化等多种活动。

磁浮列车。空中运输一般被认为是不可电气化的。但磁浮列车可以在高出铁轨几英寸的磁场上以 300 英里/小时以上的速度“飞行”。磁浮列车是避免在陆地城市之间的空中旅行中直接使用化石燃料的出路。使用磁浮列车不仅可以改善城市之间沿密集空中走廊旅行的状况，而且可以减少对一般位于或临近城市中心的机场和城市四周“歇息地带”的污染。

有毒废物处置。对于被有毒化学废物污染地区的清理，一般是先挖出被污染的土壤，用卡车将其运至遥远的指定处置场地，在处置场挖掘一些壕沟，沟内衬上粘土和(或)塑料以防废物渗漏，最后将受污染

的废物埋在这些壕沟内。整个活动涉及到动用能耗密集的重型挖土设备和卡车。电力去污法就是直接将电极插入被污染的土壤中,使土壤玻璃化或玻璃固化,使废物变成惰性、安全和不渗漏的。这种工艺避免了许多能耗密集和排放 CO₂ 的活动,并带来一系列附带的安全和经济效益。

玻璃器皿生产。玻璃可以用类似于生产金属的流程利用电力生产。玻璃器皿的生产可以全部电气化,或者采用称作电力增温的工艺实现部分电气化。用电力生产玻璃器皿有许多优点,如:改善产品质量、设施规模较小(相应的资本费用、材料费用及厂房占地费用都随之降低)和环境影响小。附带的好处是它使用的能源和产生的 CO₂ 也都较少。

轻便铁路。电动机控制设备和信息处理机方面所取得的进展,已经进一步增强了电力驱动的节能优点。增加轻便铁路使用量的趋势将会减少总的能源使用量,但是,或许更重要的一点是将减少对人口稠密的市区的污染。

化肥。可以利用电弧工艺提取空气中的氮并将其制成肥料。在需要化肥的地方就地生产这种肥料,总的能源费用将低于常规化肥生产的能源费用。

电子束焊。如同激光一样,电子束可以焊接各种材料。由于电子束的电荷能够精确地加以控制,因而与常规气焊相比,焊接质量更好,生产率更高。一辆标准汽车有 180 多条焊缝要使用电子束焊。这样的焊缝不仅焊接得快,质量好,而且每焊接一英寸焊缝所需的能源只有原来的 1/10。

新的机遇

限制全球变暖的目标不应忽视高效瓦特的效益。当许多工艺改用高效瓦特而不是燃烧燃料时,净污染量就减少。算出这些节能量时已计入生产电力所消耗的燃料。高效瓦特是电气化工艺和装置固有的高效率的必然产物。

随着技术的发展,高效瓦特的新机遇将会不断涌现。



在美国,更多地使用电力提高了能源效率并减少了 CO₂ 的总排放量。