



联合国  
经济及社会理事会



Distr.  
GENERAL

E/C.13/1994/6  
10 January 1994  
CHINESE  
ORIGINAL: ENGLISH

新能源和可再生能源及利用

能源促进发展委员会

第一届会议

1994年2月7日至18日

临时议程\* 项目3(c)

能源和可持续发展：能源的有效利用

关于向发展中国家转让干净煤炭技术的问题

秘书长的报告

概 要

“干净煤炭技术”是指能够减少烧煤炭的发电厂燃烧时产生的二氧化硫、氮氧化物和粒子数量或减少这些污染物的排出的各种方法。由于排放物造成不健康的空气、导致“酸雨”的形成和导致地面的毒雾的形成以及高空的臭氧损耗，所以必须予以减少。目前可以得到商业上证明干净的煤炭技术将现有的发电厂翻新改进。本报告说明了向发展中国家转让这些技术涉及的一些问题和限制。

\* E/C.13/1994/1。

## 目 录

|                   | <u>段 次</u> | <u>页 次</u> |
|-------------------|------------|------------|
| 导言 .....          | 1 - 9      | 3          |
| 一、干净煤炭技术 .....    | 10 - 20    | 4          |
| A. 燃烧前技术 .....    | 11 - 14    | 5          |
| B. 燃烧和燃烧后技术 ..... | 15 - 19    | 6          |
| C. 转换技术 .....     | 20         | 7          |
| 二、有关技术转让的问题 ..... | 21 - 44    | 7          |
| A. 规划的考虑 .....    | 21 - 28    | 7          |
| B. 技术问题 .....     | 29 - 38    | 9          |
| C. 经济和政策问题 .....  | 39 - 44    | 12         |

## 导 言

1. 自从工业年代开始以来,煤炭就是一项很能够满足人类需要的丰富能源。今天,由于担心煤炭可能使全球升温和造成酸雨,常常批评煤炭是地方、区域和全球一级环境退化的一个主要来源。然而,对于很多发展中国家来说,使用煤炭作为燃料进行其能源和经济发展在可预见的将来是唯一的选择;这些国家提出的问题不是“我们应使用煤炭吗?”,而是“我们应如何使用煤炭?”。

2. 首先必须认识到确定的很多环境问题已得到解决。然而,将无害环境的煤炭技术纳入发展中国家的能源规划需要对煤炭的使用的真正成本和利益作出重新思考,同时对技术转让和能源设施的投资采取更新的办法。公用事业和有关的能源部特别要对国内和海外私人部门的参与制订新的办法。

3. “干净煤炭技术”一词是指新一代先进的、对环境较干净的煤炭使用技术,在很多情况下,这些技术比一般的煤炭使用办法更有效和花费较低。这些新能源和污染控制系统是全世界数以百计的政府和私人试验室经年研究和发展的产品。如日本、美利坚合众国和大不列颠及北爱尔兰联合王国等几个工业发达国家在干净煤炭技术示范和评估方面有持续的研究方案。这些研究方案包括煤炭化学、煤炭燃烧和污染控制。基本的步骤是将试验室试验的标准检查程序的结果转变为商业市场,特别是在发展中国家。如果这样可以证明这些技术的可行性,干净煤炭技术有可能使环境较为干净和降低成本:有助于解决关于酸雨、全球气候变化、未来能源需要和能源安全等问题。

4. 干净煤炭技术包括为减少烧煤炭的发电厂在燃烧时产生的二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、氮氧化物( $\text{NO}_x$ )和粒子的数量以及减少这些污染物排放所发展的方法。联合国采取一个较为广泛的定义,认为能够在整个煤炭燃料周期中减少环境影响的所有技术革新都是干净煤炭技术。除了燃烧前、燃烧、燃烧后和转换技术外,这里还包括采矿和运输活动。

5. 要利用这些技术消除或减少发电厂不良的排放物当初限于硫氧化物(大部分是 $\text{SO}_2$ )、氮氧化物( $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ ,总称为 $\text{NO}_x$ )和排放的粒子。目前已将一氧化碳加入这份清单。美国环境保护署最近规定了其他一些有害的排放物的限制,这些排放物来自煤炭的痕量元素或在燃烧时小量产生,有时候通称为“大气毒物”。

6.  $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 排放物是降低大气质素、破坏植被和加剧呼吸病的污染物;它们也是形成酸雨的先质,而干净煤炭技术目的就是减少酸雨。对于减少 $\text{CO}_2$ 的拟议方法算不算是干净煤炭技术目前有一些争论( $\text{CO}_2$ 是一种“温室气体”,它通过吸收反射的紫外线辐射可以造成地球气候升温)。

7. 应当指出,干净煤炭技术的起源是因为对当时商业上采用的废气脱硫系统( $\text{FGD}_s$ ,一般称为净气器)高昂的费用和较差的性能普遍不满意。然而,“干净煤炭技术”一词目前的用法包括了定立的干净煤炭技术方案要取代或改良的废气脱硫系统、湿的和干的石灰/石灰石系统。

8. 很多选择作研究的干净煤炭技术尚未得到证明。如管内吸附剂注射法等其他技术虽然仍在初步的示范阶段,看来很有希望,而且由于它们预计成本低,应用较为简单,应当可以轻易地转让给发展中国家。

9. 如电力除尘器和集尘过滤器等在干净煤炭技术方案开始时已有的粒子控制系统有时候包括在干净煤炭技术目前的广泛定义内。由于这些系统的设计和功能在标准的工程教科书中已有说明,本文不再赘述;然而,本文将讨论其他干净煤炭技术对其性能的影响。

## 一、干净煤炭技术

10. 下文简要说明的技术可以依照他们应用的阶段分为:燃烧前、燃烧、燃烧后和转换技术。附表提供了一份所有干净煤炭技术的清单。

## A. 燃烧前技术

11. 煤炭洁净是可以用来减少煤炭中的灰烬和硫含量的一项有益的燃烧前技术。开采出来的煤炭含有各种形式的碳和硫、水份、可燃气体、氮、常常还含有钠和钾、燃烧后多数产生灰烬的惰性物质以及各种不良原素,例如可以在灰烬中找到的或在燃烧时挥发的水银等。当初用煤炭洁净减少炼钢时所用的煤炭惰性物质以及减少煤炭长途运输的费用;也提高烧煤炭的锅炉的效能和减少维修。用水洗煤炭是洁净煤炭的最常用方法;没有水时可以用空气。相当重要的是,水洗煤炭可以清除煤炭中大部分的二硫化铁( $\text{FeS}_2$ )。煤炭可以进行不同程度的洁净。

12. 煤炭洁净最近发展到了包括各式各样的先进技术,其中包括加进化学剂(化学煤炭洁净)或其他形式的能源。实验室和私人公司目前正在研究选择性结块和高级浮渣浮选等方法。这些方法可应用于企图将煤炭转化成液态或气态燃料的程序;这些方法能源密集,而且成本相当高因此不在本文讨论。

13. 人们早已认识到煤炭的物理洁净对于减少排放物和提高烧煤的发电厂的性能所带来的好处。减少煤炭中常见的惰性物质最后可以提高锅炉的性能、降低维修费用和减少对雾化器的需求。灰烬可以造成设备损耗和管道的侵蚀,如果累积在管道上,可能妨碍传热,因此,减少灰烬可以降低对除尘器和对灰烬管理的需求。

14. 尽管正在不断发展设备和继续改良旧设备,煤炭的物理洁净早在最近重视干净煤炭技术之前已经建立基础。然而,直到最近还没有充分了解到煤炭洁净对减少发电厂排放物的贡献。原因之一可能是煤炭的物理洁净只去除煤炭中的二硫化铁所带的硫磺,但没有去除“有机的”硫磺。显然尚未了解到黄铁矿硫的广泛存在、造成大量 $\text{SO}_2$ 排放物及清除较为容易。在世界上很多地区可以发现黄铁矿硫煤炭;事实上,黄铁矿硫煤炭占了主导地位,并且是造成 $\text{SO}_2$ 排放物的主要因素。美国的情况就是这样:1983年,美国环境保护署的一项研究确定,在发电能力超过5 00兆瓦的24家发电厂,如果烧得煤超过1%的硫和没有废气脱硫系统,洗煤平均可以减少29%的硫

排出物。

## B. 燃烧和燃烧后技术

15. 燃烧和燃烧后技术可以根据其控制的污染物而分成若干类:例如 $\text{SO}_2$ 控制技术、 $\text{NO}_x$ 控制技术或 $\text{SO}_2/\text{NO}_x$ 合并技术。

16.  $\text{SO}_2$ 控制技术主要包括废气脱硫系统。它们通过与燃烧后喷入气流的碱性吸附剂(一般是石灰或石灰石)的化学作用而去除硫。废气脱硫系统又称为“净气器”,因为在意识上是将燃烧气体“清洗”或“洗擦”。净气器可以将燃烧含硫量高的煤炭的发电厂废气中的 $\text{SO}_2$ 去除90%以上;使用加强试剂可以达到95%以上的去除率。

17.  $\text{NO}_x$ 控制技术包括低 $\text{NO}_x$ 炉子、分阶段燃烧、再燃烧(用天然气或煤炭)、选择性催化减少和选择性非催化减少。上游 $\text{NO}_x$ 控制方法包括燃烧的调整,即在燃烧期间的不同阶段加进燃烧空气减少 $\text{NO}_x$ ,因而产生了“分阶段燃烧”;或在燃烧时的不同阶段加入燃料,从而产生“燃料的分阶段”。也使用“燃料再燃烧”和其他方法。每种方法单独使用一般能够使 $\text{NO}_x$ 最多减少50%,与其他方法合并最多可减少90%。测量和控制燃烧和空气流动以及测量温度和 $\text{NO}_x$ 的正确仪器是 $\text{NO}_x$ 控制成功所必需的。可以通过各种方法减少下游的 $\text{NO}_x$ 。有一项方法--选择性非催化减少法是按照适当浓度和温差幅度将混合的氨、尿素或另一种氮化合物注入废气流。另一项方法--选择性催化减少法也使用氮化合物的注入,可以把 $\text{NO}_x$ 的减少大部分在钒、铂、或钛等催化剂的下游矩阵中进行。

18.  $\text{SO}_2/\text{NO}_x$ 合并控制技术包括流态化床燃烧(具体是指大气流态化床燃烧或大气流态化床燃烧锅炉)。循环流态化床燃烧(循环流态化床燃烧锅炉)和加压流态化床燃烧(加压流态化床燃烧锅炉)以及煤炭洁净和辅助技术。除了它们能够以不同特性的低级煤炭作为燃料外,流态化床燃烧锅炉还有产生很少 $\text{NO}_x$ 和消除净气器的必要这些优点;在燃烧过程中向化床材料加进吸附剂可以去除 $\text{SO}_2$ ,因为吸附剂可以吸收

燃烧时形成的 $\text{SO}_2$ 。

19. 干净煤炭技术又称为“改型”或“重新匹配动力”技术。改型技术减少排放物,但不能大量增加发电厂的能力,而重新匹配动力却可以使发电厂的功率比以前增加。

### C. 转换技术

20. 某些工序在燃烧之前的一个中级阶段将煤炭转换成液态或气态“干净”燃料——即不包含硫或氮的燃料——或去除硫或氮成分。这些工序包括各种专利的转换工序、液态或气态燃料产品的一些洁净工序和一些“综合气化联合周期”工序,在这项工序中通过注入蒸气的燃烧将煤炭转换成英热量单位含量低至高的气体燃料(如果需要高的英热量单位含量,则使用氧气而不用空气)。在综合气化联合周期工序方面,合成气体不储存或运输,而是在以后步骤中洁净并立即燃烧燃气轮机发电,综合了气化和发电步骤,以便尽量减少气化通常带来损耗是。这些工序已得到充分的研究,可以商业化。

## 二、有关技术转让的问题

### A. 规划的考虑

21. 选择一种干净煤炭技术来翻修一个现有的发电厂并不是一个直截了当的过程,因为它涉及许多经济和技术的因素,不能单单考虑特定的发电厂和可利用的干净煤炭技术的范围,孤立地作出决定。通常这种决定是在一般所谓“服从环境的战略”的范围内作出的,以期满足立法或其他协定所规定的各种来源的特定排放限度或某一段时期内的全面区域排放率。最低限度,应该考虑到任何特定发电厂在该国的发电组合和排放程度中所占的份额。譬如,如果一个发电厂不是经常操作的,那么从技术的角度来看,洗涤器可能是干净煤炭技术方面的一个适当选择。但这样做的

最初费用很高,这显示,最好的做法可能是关闭该发电厂或是以煤气或含硫低的石油等最好的,高价格的干净燃料来进行操作(非经常地)。洗涤器对于一个相当新的基底负载烧煤发电厂可能是比较好的,它的持续大量发电将能降低安装洗涤器每千瓦小时的增加费用。

22. 在选择干净煤炭技术方面另一个使问题复杂的因素是,在一个比较老的发电厂里,在翻修的时候人们会发现最好同时整修发电厂(或可能提升它质量),从而延长它的作业寿命。没有理由安装价格昂贵的,最好的干净煤炭技术,除非它的费用可以在发电厂作业的时间里分若干年支付。

23. 此外,就若干发电厂满足地区性的排放水平的而言,在少数几个最大的基底负载的发电厂内安装洗涤器,而不翻修其他的发电厂,让它们像以往一样在没有排放控制装置的情况下继续作业的做法可能是急剧减少SO<sub>2</sub>排放量最经济的办法。如果在当地能廉价取得质地优良的吸着剂(石灰或石灰石),洗涤器则能以合理的价格以百分之98的效率,清除烟道气内的SO<sub>2</sub>管内射入吸着剂系统安装价格比洗涤器为低,但排除SO<sub>2</sub>的效率也比较低。但牵涉到若干发电厂时,工程经济分析(不管其他因素)可以变得相当复杂,最好靠计算机,用总分析表来进行,以便可以不断调整和变动各项投入。

24. 不过,服从环境通常还不只涉及整个供电系统基础上的经济和技术分析。减少发电厂的排放量的战略会对一国的经济发生严重的影响。例如,在利用质量很差的当地煤炭资源的不发达国家里,改用质量较好(较不污染)的煤炭或其他燃料不但会造成宝贵的外汇的开支,而且会使当地的煤矿关闭,造成大量失业。

25. 因此减少排放战略的规划是一个多方面的复杂问题。其中不仅应考虑到一国的燃料资源,发电和工业各部门(它们的成长预测),还应考虑到运输和住宅和商业取暖和冷却等部门。通常为每一个部门采取适当方法的全面方案都能比各部门孤立的方案更低的费用,大量减少全面的排放量。

26. 具体立法的规定对于一国将选择哪一种干净煤炭技术(以及一个减少排放

量的方案的全面费用)是非常重要的。这些规定可能包括如何测量,记录排放量,如何计算它的时间平均数值,适用排放限制的锅炉的年龄和大小,如何计算排放量的地区平均数值等等。例如,以月平均或年平均来表示排放量将可以带来相当大的节省,因为这样可以省去一个发电厂为满足以小时或日平均为基础的排放限度所必须要有有的多余设备。

27. 因为发电厂排放的气体可以自由跨越国家边界,因此应该在区域的基础上规划减少排放量的方案(和立法)。不然的话,一国费用昂贵的排放量减少方案可能使下风的邻国获益,而自己的空气仍然受到上风国家对排放量没有良好控制的影响。

28. 目前美国和德国一些关于发电厂允许的排放量的规定如下:美国现有发电量超过100兆瓦的发电厂的SO<sub>2</sub>排放量到1995年时将降低到每百万英国热单位的热量投入在2.5磅以下,到2000年每百万英国热单位热量投入在1.2磅以下。到1995年时这些发电厂都应重新安装了低NO<sub>x</sub>的燃烧器。视煤中的硫含量而定,新的美国发电厂应使SO<sub>2</sub>的排放量减少百分之70至90。德国是欧洲环境法律最严格的国家,那里发电量在110兆瓦或以上的发电厂每百万英国热单位的热量投入的SO<sub>2</sub>排放量应低于.3磅,NO<sub>x</sub>的排放量应低于体积的百万分之100。

#### B. 技术问题

29. 因为在大部分情况下,实际清洗煤炭本身不能排除足够的硫以满足目前发达国家内的排放标准,因此没有受到太多注意。但是,它特别适合目前利用煤炭来发电而又负担不起洗涤器的高度费用的发展中国家和东欧国家。实际清洗煤炭是一个简单的,低成本的,使用当地可以制造的低技术设备的方法。虽然它不及洗涤器有效,但它可以减少足够的排放量,使当地的煤炭资源可以继续受到利用,而利用其他的干净煤炭技术将是不经济的。此外,当结合其他低成本的干净煤炭技术,例如像在流动化炉床内燃烧煤炭清洗厂的排出气流或在燃烧前或燃烧后注入吸着剂将可以使

煤炭的实际清洗更进一步地减少SO<sub>2</sub>的排放量。

30. 发展中国家内能源部门的规划人员和电力公司所有者和操作人员通常必须在安装新的发电能力(以干净煤炭技术为基础)和重建现有的设备(可能以干净煤炭过程控制进行翻修)之间作出选择。《21 世纪议程》指出,促进可持续能源发展的活动应该“特别注意发电系统的重建和现代化,尤其要注意发展中国家”。<sup>1</sup>从技术和财政的角度看来,特别是在短期内,通过更好地利用现有的发电能力,以提高能源效率来代替发电能力的扩建(即使后者是“干净”的技术)对电力公司来说是一个具有吸引力的选择办法。不仅改善效率所增加的费用比建立新的发电能力为低,而且延长现有发电厂的寿命或它的重建也可以在比较短的时间内完成。必须根据环境影响评价和可以利用的资源的情况来对干净煤炭过程控制的翻修的做法进行评价。

31. 目前正在以假想情况,随机最优化,财政评价和战略性风险综合等其他办法来补充,或在有些情况下取代传统最廉价的规划标准。虽然其中许多规划工具本身具有将环境问题纳入决策过程的能力,但不能提供充分的环境基线数据可能会使人无法对环境的费用和利益作出完整的评价。在这种情况下,可能无法以适当的方式评价针对环境标准和(或)准则而发展的干净煤炭技术。

32. 虽然发展并使用了越来越先进的模式来分析各种利弊,包括把环境费用和利益纳入规划过程的各种模式,但发展中国家发电部门对它们的利用却很有限。限制它们的利用有三个因素:取得充分而有力的数量资料的费用;使用“加权”方面的各种主观因素;政策规划人员不能接受。

33. 在过去,数量资料指的是设备的技术规格,包括资本和预期的作业费用,技术的效率,和预测的燃料费用。虽然现在发展中国家比以往更容易得到这方面的资料,现在人们更加重视取得可测量的(因此在理论是可以数量化的)环境基线数据。很少国家有能力调查或保持详细的环境清查资料。当利用这些资料时,人们怀疑相对它们的费用来说它们有什么用处。对估计“选择”标准和替代标准以及数量方法等采取统一的环境评价办法对于能源规划人员,投资者,设备供应商和其他的公共代

理人将是有益的。

34. 在管制条例不确定,包括因针对全球增温而订立的国际气候公约可能会征收碳税的情况下,电力公司是不会愿意作出开头时有大量开支的投资决定的。虽然不能立刻提出答案,这一点说明需要把不确定的因素纳入预测和财政分析。

35. 在发展中国家和在工业化国家里,发电工业本质上都是一个十分保守的工业,取得可靠的电力供应是其最主要的目标。因此,新的技术在吸引到电力业者或投资者的兴趣之前必须建立起已经得到证明的良好记录。在很大的程度上,这是一个风险的认识问题,人们必须得到保证,新技术在任何地方都是可行的。一个解决办法是由开发人或供应商首先在一个发达国家内充分证明该技术,并加长向接受国引进的“转移时间”。对于私营部门,首先应在控制比较严格的情况下证明该技术,从而避免昂贵的“示范”方案失败,这是一种比较省钱和风险较少的做法。

36. 干净煤炭技术决策的技术基础本质上是十分复杂的,并且还需要在项目财政评价方面接受全面训练。但是,在许多发展中国家里技术和专业人员得到这种训练往往是相当困难的。首先,人们不认为能源是一个“令人羡慕”的领域,而且人们关心,受过训练的专业人员更可能会离开他们的工作,接受别处收入更高机会更多的工作。此外,高级工作人员往往没有时间接收长期的训练方案。虽然正在推行某些创新的办法,例如允许训练机构同接受组织之间调换工作,或正在采用新的训练工具(例如远距离现场电视和对象明确的录象带),但应该更加注意向电力公司或部门本身传达训练的各种好处。

37. 技术转让也需要对发展中国家内的项目的体制环境和各实质方面取得了了解。在这个意义上,技术不只是硬件和软件,还包括支持性的体制安排和动机结构。在理想的情况下,对干净煤炭技术的评价应根据它们的业务能力和它们的法定需求来确认所有相关的体制和研究组织。通过技术和管理工作人员的训练进行长期的能力建立的工作也必须要有这项资料。

38. 对干净煤炭技术作出明确的评价的能力的根本在于对煤炭化学和煤炭燃烧

物理学具有清楚的了解。不过,在大部分的发展中国家进行所需的基础研究受到了缺乏资金和基础结构的限制。作为一种代替办法,需要根据北南对话的路线,在发展中国家和发达国家之间建立更有建设性的安排。应制定全面方案来评价适当的,以煤炭为基础的能源技术;从技术的角度来看,这将是一个政府间的或区域性的联合经营过程。这种方案的一个可能结构包括以下部分:技术的确认;评价;等级评定;挑选;研究和开发;原型示范;商业化;推广。

### C. 经济和政策问题

39. 对任何发展中国家,特别是迅速工业化的经济体来说一个越来越重要的问题是,通过多样的发电种类,包括化石燃料和可再生能源来保证能源的安全。应该在考虑到这一因素的情况下对干净煤炭技术进行评价。下表显示了工业化国家最近几年日益需要减少发电厂的排放量以及新发电厂排放量控制的费用相对应的增加(超过了总费用的百分之30)的情况。对现有发电厂进行翻修并操作干净煤炭技术的费用甚至更高,往往超过了原来发电厂的成本。应该指出,这项额外但必须的投资并没有带来可以出售的额外产品;它只是提高了发电的费用。

40. 在过去,传统的筹资结构和各种管制使政府成了项目发展方面所有权和控制的中心。干净煤炭技术的新筹资办法将为政府创造出新的角色;在有些情况下,这项作用将限于项目的技术性和操作性阶段。除了这方面意味着必然失去某些控制外,新的结构在管理和雇员的层面上都可能产生结构性的反对力量。

41. 管理和政治上一个重要的问题是,当采用新的煤炭技术时如何同雇员和工会共同工作。提高效率必然会导致有关设施劳动力的减少。当然这不完全是发展中国家的问题;美国去年发电部门的劳动力减少了百分之25,而且预期还将进一步减少。但是,许多新技术在工人安全方面带来的改善,连同工人“买下”的方案,重新安置,或甚至由雇员购买公司都能在减少反对力量方面发挥很大的作用。干净煤炭技术的开发者最好试图把当地的合伙人包括在私营部门的联合投资内,以期帮助确

定长期战略问题,并把注意力集中在那些问题上。

42. 私营电力倡议和独立的电力生产者可以在扩大发电能力之外提出在财政上和环境上具有吸引力的其他办法,并鼓励国营和半国营电力公司修改现有的税收结构和操作程序。即使政府所有或半国营电力公司选择补助人口中的某特定部门,在干净煤炭技术的财政评价中也应该把边际成本价格包括进去。

43. 根据使该部门具有信贷价值的边际成本价格进行的最后税务改革应该是国家能源战略的一部分。它们比任何其他单独一个因素都更能鼓励在情况适当时采用干净煤炭技术。但是,来自发达国家的可能发展伙伴和设备供应商也需要确认到,个别国家内有各种不同的政治,经济,和社会条件,这显示出需要采取符合各国特定条件的做法。

44. 在许多情况下,各国政府不是同独立的电力生产者联合就是在它们之外,已经采取了积极的私营化政策。一般来说,独立的电力生产者或私营化设施的操作者都能利用到本身具有能源效率的干净煤炭技术。因为能源效率可以转换成所有人和(或)操作者的经济推动力,所有各方都可以因此获益。同样地,岸外投资界在项目评价中也日益确认各项国际环境准则;符合国家内现有管制条例成为了满足投资者的一项基本要求。

### 注

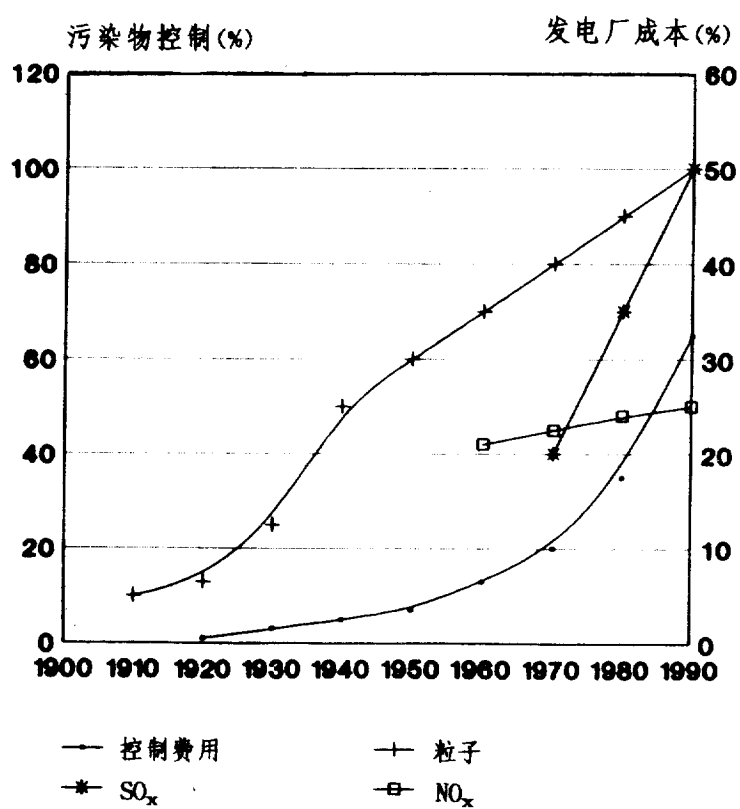
<sup>1</sup> 《联合国环境与发展会议的报告,1992年6月3至14日,里约热内卢》(联合国出版物,销售品编号: C.93.I.8 和更正)第一卷,“环发会议通过的决议”,决议1,附件二,第二部分,第9.12(c)段。

表. 干净煤碳技术

| 燃烧前净化                                                             | 干净燃烧                                                                                                 | 燃烧后净化                                                                                                                                                           | 转 变                                                                                     | 其 他                              |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 物理<br>细磨<br>(微粒化)<br>预先渣滓漂浮<br>重煤介旋转<br>同碳石共同微粒化<br>微气泡漂浮<br>预先烘干 | 燃烧室/燃烧器型<br>排渣式燃烧室<br>注入石灰石<br>多级燃烧器<br>煤气再燃烧<br>先进低NOx燃烧器<br><br>燃料类型<br>煤-水浆<br>煤-瓦斯共燃<br>煤-水-瓦斯共燃 | 管内注入<br>及着剂注入<br>催化减少<br><br>燃烧后装备<br>锅炉注入/水活化反应剂<br>液炉床吸收<br>注入吸着剂/高温沉渣室<br><br>先进洗涤器/FGD装置<br>喷射干燥器<br>可回收洗涤器<br>双重碱洗涤器<br>电子束洗涤器<br>离子交换膜FGD<br>大型强迫氧化石灰石洗涤器 | 轻微气化<br><br>通过甲醇生产气化<br><br>地下煤气化<br>直接<br>间接<br><br>煤/石油共处理<br><br>气化综合循环<br><br>燃料室气化 | 磁流体动力学<br><br>直接燃烧涡轮<br><br>燃料电池 |
| 化学<br>苛性熔液淋洗<br>有机溶剂                                              | 大气层流动化炉床燃烧<br>循环炉床<br>起泡炉床<br><br>加压流动化炉床燃烧<br>循环炉床<br>起泡炉床                                          | 排除粒子<br>沉淀器电极预充电增强<br>高温沉渣室/附加剂<br><br>洗涤器<br>氧化抑止剂<br>缓冲器<br><br>选择性催化减少                                                                                       |                                                                                         |                                  |
| 微生物<br>生物淋洗                                                       |                                                                                                      |                                                                                                                                                                 |                                                                                         |                                  |

来 源: “发展中国家可用的干净煤炭技术”(TCD/NRED/E.19)。

图. 服从环境的费用增长



来源: “发展中国家可用的干净煤炭技术”(TCD/NRED/E.19)。