

# 可持续技术的筛选方法与评价指标体系研究

王明旭,杨建新

(中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085)

摘要:从生命周期评价的角度,界定了可持续技术的内涵;探讨了可持续技术的筛选原则与方法,初步构建了综合评价可持续技术的指标体系,为可持续技术的筛选和应用提供方法论基础。

关键词:可持续技术;筛选;评价指标

中图分类号:G301

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)22-0128-04

可持续技术(Sustainable Technology)是缓解资源环境和经济社会之间矛盾,实现可持续发展的重要基础。目前,关于可持续技术的相关理论国内外还缺乏统一的认识,具体表现为内涵界定不清晰,缺乏规范、统一的筛选标准。本文探讨可持续技术的内涵、筛选原则及评价指标和标准,为筛选和评价可持续技术提供方法指导。

## 1 可持续技术的内涵

随着可持续发展思想在全球的普及和应用的推进,可持续技术的评价和筛选成为一个新的研究焦点。然而,在研究的过程中,研究者对可持续技术的理解并不一样,有人称之为生态技术,有人称为绿色技术,或者无废工艺、环境优先技术等,并没有统一概念内涵。而且单就生态技术而言,对其理解也不一样。吕燕、杨发明<sup>[1]</sup>认为:所有节约资源、避免或减少环境污染的技术统称为生态技术,包括末端技术、生态工艺(强调生产过程)与生态产品(强调全生命周期)层次不同的3类;并对生态技术的经济学内涵进行了探讨。李芳迎等人<sup>[2]</sup>对生态技术侧重生物调控的方法,模仿自然生态系统的食物链网的互利共生或相生相克的原理来提高资源利用效率和减少对环境影响。因此,从狭义的角度讲,生态技术和绿色技术的内涵相仿。而对于无废工艺,1984年联合国欧洲经济委员会将无废工艺定义为:“无废工艺是这样一种产品生产的方法:所有的原料与能源在原料资源—生产—消费—二次原料资源的循环中得到最合理和综合的利用,同时对环境的任何作用都不致破坏它的正常功能。”<sup>[3]</sup>

吕燕、杨发明<sup>[1]</sup>从广义上对生态技术的理解涵盖了环境工程末端治理技术、清洁生产技术和多企业、多部门之间耦合的产业生态技术,没有进行具体区分。从技术角度

看,末端治理不能从根本上解决工业污染问题,只是将污染物在时间和空间上进行了转移;清洁生产虽然通过持续改进生产工艺、设备及产品设计、原材料,从源头预防污染和减少废物产生,但由于仅限于单个企业内部,不能解决区域性的工业污染问题<sup>[4]</sup>。而产业生态学是探讨产业系统与经济系统及其相互关系的跨学科研究,它主要关注未来的生产、使用和再循环技术的潜在环境影响<sup>[5]</sup>。因此吕燕、杨发明的定义混淆了末端技术、清洁生产技术和产业生态学的内涵。而狭义绿色技术又对技术的范围限制太窄;同样,如果将可持续技术仅仅理解为削减污染物的工艺和环境技术也是不全面的。

因此,可持续技术不应仅限于传统的环境工程末端治理技术,而应贯彻源头削减、污染预防的思想,对产品生命周期过程进行控制的原则;同时它又不仅限于单个企业内部的清洁生产控制,还应包括企业之间的横向耦合和纵向延伸,形成生态产业链;强调资源的循环利用,贯彻“零排放”的生态工业理念。综上所述,可持续技术是指为了预防污染和节约资源,考虑产品生命周期过程(资源获取和原料制备,产品制造,产品流通与使用,产品报废后的处置),旨在实现资源利用率最高、环境影响最小的多层次技术。这里的多层次是指可持续技术可以在单个企业内部采用,也可以在多企业、多部门之间联合实施,同时还可以贯穿整个自然—社会—经济复合大系统。它可以是单项技术,也可以是多项技术综合集成。

## 2 可持续技术的筛选

Brealey<sup>[6]</sup>等人探讨了清洁生产技术的选择原则,并指出一项技术如果满足两个条件则可被视为清洁技术:①如果采用此项技术,企业能够以可接受的成本获得相应的经

收稿日期:2008-09-16

基金项目:国家“973”项目(2005CB724206);中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-YW-06-05)

作者简介:王明旭(1984-),男,湖北黄冈人,中国科学院生态环境研究中心硕士研究生,研究方向为可持续技术评价;杨建新(1965-),男,中国科学院生态环境研究中心研究员,研究方向为产业生态学、环境经济与环境管理。

济效益和环境效益;②从整体上看,采用该项技术能够最有效地实现高水平的环境保护。肖明、张群<sup>[7]</sup>在这一原则的指导下对钢铁工业中的清洁生产技术筛选进行了研究,并提出了筛选程序。任丽、沙凯<sup>[8]</sup>对我国共性技术的筛选标准进行了初步研究,探讨了共性技术筛选标准的构建原则和基本流程,对技术筛选的方法论作出了有益的探索。

### 2.1 可持续技术的筛选原则

技术筛选的原则,源于其定义的内涵。对于可持续技术的筛选,应当从以下几个角度来进行考虑:

(1)贯彻预防为主、源头削减的思想,这是区别末端处理技术的关键。传统的环境工程末端治理技术对污染控制作出了重要贡献;但是,由于在本质上,它只是一种对污染物的时空分布进行迁移的方法,因此没能最终解决环境问题,尤其是全球环境问题。在中国,更由于自身特殊的国情:人口压力大,人均资源稀缺,经济增长快速,如果仅仅依靠末端处理的方法,无法从根本上解决中国快速发展过程中的资源与环境问题。源头削减不仅要关注工业过程污染源,更要关注资源、能源总投入的减少。

(2)关注生命周期全过程控制原则,对技术实施的每个环节都进行控制。末端治理只是其中一个有效的环节;清洁生产技术面向工艺过程,对生产进行持续的改进,因此能够减少工业过程污染物的产生量,但是它只关注单个企业内部的生产工艺的改进和革新,没有考虑多个企业通过互利共生的关系建立横向耦合和纵向闭合的生态产业链,而多个企业之间形成的生态共生网络的技术实施也是可持续技术的范畴。从这个角度讲,清洁生产技术只是可持续技术的一部分。因此,全过程控制原则,不应仅限于单个企业内部,应延伸到多个企业形成的产业链之间。

(3)实现资源的高效、循环利用,只有形成闭合、循环的产业生态链才能从根本上实现资源的可持续利用。这种资源的循环利用又体现为3个层次:一是企业内部的资源循环利用;二是工业部门之间构成闭合的、网状生态产业链,一个部门“废物”输出同时也是其它部门的“资源”输入;三是整个社会大系统物质代谢的大循环。通过不同层次的循环,可持续技术实现了资源的高效率利用。

(4)实现经济、环境、社会三效益统一,无论是贯彻预防为主、源头削减的思想,或是关注生命周期全过程控制的原则,可持续技术应该是实现了经济—环境—社会三者协调发展的技术。

### 2.2 可持续技术的分类

可持续技术贯穿产品生命周期的全过程,包括源头预防、过程控制、末端治理以及循环再利用,同时是涉及单个企业、多企业、多部门的联合,以及整个自然—社会—经济复合系统的多层次技术。

在可持续技术定义的框架内,依据可持续技术的筛选原则,为了反映可持续技术的特点和层次性,将可持续技术作如下分类:

(1)可再生能源开发技术:是指利用可再生能源,来替

代传统的化石原料(煤、石油)获取能量的技术。包括光伏、风能、水能、核能、地热能、氢能、生物质能、海洋能以及太阳能建筑一体化技术等。随着人类能源消费的剧增、化石燃料的匮乏和生态环境的日趋恶化,不得不思考人类社会的能源问题。国民经济的可持续发展,必须保障能源的可持续供给,因此必须研究开发可再生能源新技术。针对中国人均资源稀缺、能源缺口日趋扩大的局面,可再生能源开发技术显得尤为重要。

(2)源头削减技术:源头削减包含资源、原料总投入的减少和污染物的源头削减两方面。首先,源头削减技术包括了节约资源,减少原料消耗的技术;其次是污染物的源头削减,即贯彻预防为主的思想,从源头上遏制和减少污染物的产生,也包括采用无毒害、清洁无污染或对环境影响小的洁净原料,来替代环境不友好材料的洁净原料替代技术。源头削减技术是区别末端控制技术,对减轻资源、环境压力,实现可持续发展具有重要意义的一类技术。

(3)过程优化控制技术:是指通过革新工艺或改进工艺过程,来提高产出获得效率的技术。例如,在选矿工业中开发选矿新工艺来获得较高的成品率;有色金属工业中采用连铸连轧技术,既可以减少金属材料的消耗,又提高了成品获得率;采用超临界燃煤发电技术,来提高发电的能量转换效率等。因此过程优化控制在相同资源投入的情况下,能够获得更多的产品,亦即提高了生产转化效率。

(4)废物循环再利用技术:主要是指通过合理地设计产业链将一个生产过程产生的“废物”当成下一个工艺的“原料”输入,实现资源的高效循环利用。这类技术包含3个层次:一是指在企业内部的生产过程中提高资源循环利用的闭合度,比如下脚料重新进入企业自身的生产过程,即“小循环”;二是通过企业间的耦合来实现,即“中循环”。这类技术在生态工业园区内得到了很好的体现。例如,国际著名的丹麦卡伦堡生态工业园,以发电厂、炼油厂为中心,包括生物制药厂、硫酸厂、水泥厂、养鱼厂和居民区供热,通过在园区内企业间实现废物和能量交换,实现了物质的循环利用和能量梯级利用;国内有广西贵港、南海、包头等国家生态工业园区;三是在区域或整个社会尺度上,各种产业模块之间实现废物循环交换的“大循环”。废物循环利用技术超越了传统的环境工程末端技术,使生产排放物重新进入产业链,实现了资源高效率的利用,是实现资源可持续利用的重要途径。

(5)污染物无害处理技术:是指对生产中产生的无法再利用的废水、废气、废渣等物质进行无害化处理,降低其对环境的影响的技术,也包括对终端废物、特殊废弃物比如城市生活垃圾、医疗垃圾、核废料和其它有毒有害特殊物质进行处理的相关技术。由于中国当前面临着巨大的环境压力,生产过程前端控制不够严格,这类传统的环境工程的末端治理技术,在相当长的一段时间内仍将发挥不可替代的作用,主要包括大气尾气污染控制、污水处理、固体废物和各种终端废物处理技术。

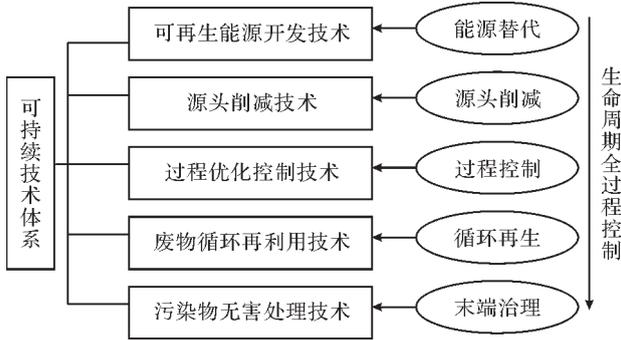


图1 可持续技术的分类

### 3 可持续技术的评价指标体系

在筛选原则的指导下,建立可持续技术的评价指标体系,对同类、具有竞争性的可持续技术进行综合评价。对可持续技术,应当综合考虑其经济效益、环境效益和社会效益。只有当技术的经济—环境—社会效益达到平衡时,才能真正实现可持续发展。

(1)经济效益:可持续技术实施的动力来自于企业采用此项技术能获得经济效益,如果技术从经济学的角度看缺乏吸引力,其生命力就会受到挑战。因此必须从经济学的角度对技术实施进行分析,通过建立相关指标来定量考查它在企业中的实施状况。如果此项技术涉及到多个企业,则应该评估关联企业的总体效益和成本,如果总体上是可行的,那么这项技术也就是可行的,再对关联企业内部处在劣势的企业给予补贴和补偿。

(2)环境效益:环境效益是可持续技术的重要特征之一。根据可持续技术的筛选原则,环境效益主要包括提高资源利用率(减少资源消耗、相同资源消耗下提高产品获得率、资源循环再利用)和削减污染物两方面,这也是选择评估可持续技术环境效益的指标的重要依据。

(3)社会效益:可持续技术的实施必须能对社会带来福利。在整个自然—社会—经济的复合生态系统中,经济—环境—社会共同构成可持续发展的基础,只有这三者互相平衡发展时才能支撑整个地球生态系统健康的发展。因此,对技术的社会效益要与经济、环境效益作同等重要的考虑。

根据经济—环境—社会三效益统一的思想,将可持续技术的评价指标分为4类:经济效益、资源与能源消耗、环境影响、二次利用效率。每类指标下面再设若干子指标,可持续技术的评价指标体系如表1所示。

在指标量化后,再对每个指标赋予相应的权重(客观赋权法、主观赋权法、组合权重法),采用数学模型(模糊综合评价、灰色关联度等)对各指标进行集成,得出技术的综合得分,记为技术的可持续度。并对其进行排序,筛选出可持续度高的技术。

#### 3.1 指标解释

(1)内部收益率指项目投资实际能达到的收益率。实质上,它是能使技术工程项目的净现值等于零时的折现

表1 可持续技术的评价指标

目标层	准则层	因子层	指标层	
技术可持续度	经济效益	收益	内部收益率	
		成本(可选指标)	投资费用 运行费用	
	资源与能源消耗	资源消耗	原材料消耗	新鲜水消耗
			土地占用	煤耗
			能量消耗	油耗 天然气消耗 电力消耗
	环境影响	环境排放	气体排放	废水排放
			固体废物排放	技术故障率
			技术可靠性	技术安全性
	二次利用效率	资源循环利用率	水循环利用率	固体废物综合利用率
			能量再利用效率	能量回收利用率

率,内部收益率越高,反映该技术的经济效益越好。

(2)经济效益中的成本(包括投资费用和运行费用)为可选指标;当某类技术(例如城市垃圾填埋,污水处理)无法获得直接的经济收益时,内部收益率不再适合评估此类技术的经济效益,而用投资费用和运行费用来衡量。

(3)资源消耗包括原材料消耗和新鲜用水消耗,以及占用的土地面积。对于原材料,在涉及到具体的某类技术评估时,选取其主要的具体原材料作为考查对象。

(4)能量消耗中的油耗、煤耗和电力消耗均可按能量转换系数折算成标准煤消耗。

(5)环境排放主要包括气体排放(包括GHG、NO<sub>x</sub>和SO<sub>2</sub>等,其中温室气体GHG均折算成CO<sub>2</sub>当量)、废水排放、固体废物排放。

(6)技术可靠性包括两方面:设备故障率(设备发生故障或其它故障因素造成设备停止运转的时间除以应当正常运行的总时间)和技术安全性能(表示技术对人身安全和人体健康的影响,按影响大小分为4个等级,进行等级判定)。

(7)二次利用效率反映的是资源的循环利用情况以及能量回收再利用情况,用3个指标来衡量:水循环利用率、固体废物综合利用率和能量回收利用率。

在针对具体的不同的技术分类评价时,再根据技术特点,对指标进行适当调整。使指标体系准确、全面地反映技术的综合性能。

### 4 结语

可持续技术的筛选和评价属于技术评价中一个新兴的领域,目前的研究还处在初级阶段。本文从生命周期评

价的角度探讨了可持续技术的内涵,在此基础上建立了可持续技术的筛选原则和分类方法,将可持续技术分为5类:可再生能源开发技术、源头削减技术、过程优化控制技术、废物循环再利用技术、污染物无害处理技术;并从经济—环境—社会3个方面初步建立了综合评价可持续技术的指标体系,为下一步建立合适的模型定量评价可持续技术提供了重要基础。

#### 参考文献:

- [1] 吕燕,杨发明.有关生态技术概念的探讨[J].生态经济,1997(3):47-49.
- [2] 李迎芳,秦福兴,曹建廷.生态技术在湖泊水质管理中的应用[J].海河水利,2006(2):51-53.
- [3] United Nations Economic Commission for Europe.International conference about non-waste technology[R].Tashkent,1984.
- [4] SUREN ERKMAN.Industrial ecology [M].Translated by XU XINGYUAN.Beijing:Economy Daily Press,1999.
- [5] 杨建新,王如松.产业生态学的回顾与展望[J].应用生态学报,1998,9(5):555-561.
- [6] BREATEY R A,MYERS S C.Principles of corporate finance [M].New York:McGraw-Hill,1996.
- [7] 肖明,张群.钢铁工业清洁生产筛选机制中的成本评价[J].北京科技大学学报,2001(6):212-215.
- [8] 任丽,沙凯.我国共性技术筛选标准研究[J].北京机械工业学院学报,2006(9):74-76.

(责任编辑:王尚勇)

## Research on the Filtration Method and Evaluation Index System of Continuable Technology

Wang Mingxu, Yang Jianxin

(State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

**Abstract:**This paper clearly defines the connotation of continuable technology from the perspective of life cycle evaluation.In order to help to select the continuable technology, some filtration principle and methods are discussed. A set of index system for the comprehensive evaluation of continuable technology is developed, which will be helpful for the filtration and application of continuable technology.

**Key Words:**Continuable Technology;Filtration; Evaluation Index