

能源经济与环境政策的理论基础研究

曹建华
张祥建

主 编
王小明

副主编

上海财经大学出版社

上海市重点学科建设项目资助，项目编号B802
上海财经大学『十一五』『211工程』三期重点学科建设项目资助

能源经济与环境政策的理论基础研究

曹建华 主编
张祥建 王小明 副主编

 上海财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

能源经济与环境政策的理论基础研究/曹建华主编. —上海:上海财经大学出版社,2012.5

ISBN 978-7-5642-1325-1/F·1325

I. ①能… II. ①曹… III. ①能源经济学-研究 ②环境政策-研究

IV. ①F407.2 ②X-01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 064817 号

□ 责任编辑 王 昊

□ 书籍设计 钱宇辰

□ 责任校对 胡 芸 赵 伟

NENGYUAN JINGJI YU HUANJING ZHENGCE DE LILUN JICHU YANJIU

能源经济与环境政策的理论基础研究

曹建华 主 编

张祥建 王小明 副主编

上海财经大学出版社出版发行

(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海竞成印务有限公司印刷装订

2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

710mm×960mm 1/16 15 印张 261 千字

定价:32.00 元

前言

能源和环境问题是当今乃至今后相当长一段时期内世界的一个研究热点问题,在能源资源开发利用、保护与管理以及环境的治理与管理过程中涉及诸多的经济问题与经济关系,用经济学的理论与方法分析和处理当今的能源与环境问题,是一个重要的途径。

新中国成立以来,特别是改革开放以来,中国的经济和社会发展取得了令世人瞩目的成就,对世界的影响日渐扩大。但以往的经济和社会发展成就也付出了资源、能源低效率使用和生态环境恶化的代价,能源和环境问题已经成为制约经济与社会进一步发展的瓶颈。今后的经济发展对能源资源需求增加和维护良好生态环境的要求也面临着重大的挑战。我国“十二五”规划纲要指出:坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点。深入贯彻节约资源和保护环境的基本国策,节约能源,降低温室气体排放强度,发展循环经济,推广低碳技术,积极应对全球气候变化,促进经济社会发展与人口资源环境相协调,走可持续发展之路。因此,应对能源与环境问题包括全球气候变化问题,对中国可持续发展至关重要,也需要我国各级政府、企业、社会组织和公众采取行之有效的应对之策。能源经济与环境政策的研究及其成果的应用、人才培养将成为最终解决能源和环境问题的重要手段与途径。

涉及能源与环境经济问题的最终解决,取决于对问题的深刻洞察与透彻的分析,在此基础上制定出解决问题的方案,最终保证方案实施的有效性,达到解决问题之目的,这需要有正确的理论指导。我国的能源与环境问题,既有宏观层面的战略与政策问题,也有微观层面的管理问题,并涉及每个社会成员日常生活与行为方式,对这些问题的认识和解决问题的方案制定与实施,以及获得社会应对能源与环境问题的普遍支持,最终需要依靠全社会具有更为广泛的能源与环境经济知识的专业人才,需要使全社会绿色理念、节约能源和保护



环境、低碳发展的理念深入人心,这样才有助于逐步缓解和消除我们当代所面临的有待解决的能源与环境经济问题。

本书的编写在结合资源(能源)与环境经济学教科书已有基本理论的基础上,侧重于汇总一些较新的理论研究成果。其中可耗竭性资源理论阐述、可再生资源中的森林碳汇经济分析、环境经济分析的效率标准与环境质量福利指标、排污权交易研究的综述、资源与环境规制理论、跨区和跨国污染转移理论等一些相关内容阐述,体现出了本书的一定特色。

本书第一章、第二章、第三章由王小明负责撰写;第四章、第六章、第七章、第八章由曹建华负责撰写;第五章、第九章、第十章、第十一章、第十二章由张祥建负责撰写。其中王婧博士,博士研究生戴嵘、李凤琦、雷晓霆,硕士研究生单婷、陈希梅等人参与了资料收集和整理工作。曹建华负责统稿。本书所反映的研究成果在有些地方还需要进一步梳理、分析和提炼,现在仅是形成了一个系统阐述研究问题的基本框架,需要不断充实和汇总在能源与环境经济领域中的相关新成果,这有待于今后做更进一步的工作。对本书所参阅引用的相关文献的作者表示衷心感谢。

曹建华

2012年1月写于上海财经大学

目录

前言	1
第一章 导论	1
第二章 能源与环境经济研究的方法初步	4
第一节 最优化方法	4
第二节 一个简单的污染控制模型	7
第三章 可耗竭性资源经济理论	11
第一节 能源的开采与市场结构	11
第二节 垄断与不可再生资源	19
第三节 开采成本与不可再生资源	23
第四节 不确定性下的资源开采和利用	27
第四章 可再生资源——渔业与森林资源经济分析	33
第一节 可再生资源概论	33
第二节 渔业资源的经济分析	43
第三节 森林资源的经济分析	52
第五章 资源规制理论	61
第一节 规制与资源利用	62

能源经济与环境政策的理论基础研究

第二节 资源规制相关理论	71
第六章 环境经济学的一般理论	79
第一节 环境经济学概述	79
第二节 环境经济学的一般理论	83
第七章 市场失灵与环境问题	101
第一节 国内外最新环境问题	101
第二节 市场失灵是产生环境问题的根源	107
第三节 市场失灵的治理	120
第八章 排污税与排污权交易理论	126
第一节 排污税与排污收费制度	126
第二节 排污权交易	133
第九章 环境定价理论与方法	145
第一节 环境价值与定价概述	145
第二节 环境定价的基本原则、基础和标准	149
第三节 环境价值的评价方法	153
第四节 耗竭性自然资源的可持续价值模型	160
第十章 跨区与跨国污染理论	166
第一节 跨国污染转移的概念和基本类型	166
第二节 跨国污染转移的原因分析	169
第三节 产业跨国转移中污染转移的相关理论	172
第十一章 环境规制与激励理论	181
第一节 环境规制与贸易及产业竞争力	181
第二节 环境规制对贸易的影响效应	183
第三节 环境管制与企业竞争力关系	187

第四节 政府间环境规制竞争	192
第十二章 资源和环境的可持续发展理论	197
第一节 可持续发展的概念和内涵	197
第二节 可持续发展的理论	200
第三节 可持续发展的微观经济分析	203
第四节 3E 系统理论	212
参考文献	216

当今世界,我们所面对的严峻的四大问题是人口危机、粮食危机、能源危机和环境危机。本书分析的是能源和环境问题。

能源与环境密切相关,过度的开采必然会破坏当地的生态环境。落后地区为了发展经济,在人力资源缺乏的情况下,只能引进高能耗与高污染的项目。污染之后再治理的模式,在地方官员的思想中根深蒂固。官员行为的短期化成为我国能源和环境经济问题中一个比较独特的现象。利用好中国的能源、保护好中国的环境,应该成为今后政府与社会关注的热点问题。

关于能源,按照《科学技术百科全书》给出的定义,能源是可从其获得热、光和动力等能量的资源。凡是可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源;反之,则称为非再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源;煤、石油和天然气等是非再生能源。核能是未来能源系统的支柱之一。

从全球的角度看,能源价格将高位宽幅震荡。自 21 世纪以来,国际油价屡创新高,廉价能源的时代已经过去,能源价格在相对的高位上宽幅震荡将是今后全球能源价格的主要特征。全球的能源供应持续短缺。发达国家不断存储原油,而新兴的市场经济国家原油的对外依存度则不断升高。能源作为一种稀缺性越来越强的产品,长期中相对短缺的问题将持续存在。另外,全球对新能源的投入将不断增大。新能源的研发和生产将是各国政府和企业聚焦的一个领域,这关系到国家的安全和民族的未来。

作为一个人口最多的发展中国家,并且也是经济增长速度最快的国家之一,中国所面临的能源问题尤其严重。一方面,能源的总量比较丰富。化石能源资源中的煤炭占世界第三;水力资源的蕴藏量相当于全世界的 12%,占世界第一。另一方面,中国的人均能源拥有量与其他国家相比则很低。以煤炭和水力资源为例,中国的人均拥有量也只是世界平均水平的 50%,石油、天然气的人均数量则更低,仅为世界平均水平的 1/15 左右。



能源经济与环境政策的理论基础研究

中国能源供给以煤炭为主体,以电力为中心,石油天然气和可再生能源综合发展,我国建成了一批千万吨级的特大型煤矿以及大庆、胜利、辽河、塔里木等大型石油生产基地,电力的装机容量和发电量已经达到了世界第二的水平。

在能源利用方面,尽管中国的人均能源占有量远低于世界平均水平,但是中国的单位产品能耗远远高于世界的平均水平,能源的利用效率较差。以德国为例,德国的商品出口总额和中国比较接近,但德国的能源消耗总量只有中国的1/7。从利用的比例看,中国的煤炭消耗量约占全部使用数量的70%,排放了大量的二氧化碳和二氧化硫等有害物质,加重了中国的环境污染,也增加了治理污染的难度。我国的《可再生能源发展“十二五”规划》明确指出,“十二五”期间,全国商品化可再生能源占全部能源消费总量的比重需达到9.5%以上,这就表明我国的风电等新能源需要更大的发展。但是,新能源生产的经济性问题势必成为重点,因为任何一个长期依赖政府补贴的产业都是很难维系的。

与能源问题相比,环境问题则要复杂一些,因为影响环境的因素比较多。已经威胁人类生存并已被人类认识到的环境问题主要有:全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、淡水资源危机、能源短缺、森林资源锐减、土地荒漠化、物种加速灭绝、垃圾成灾、有毒化学品污染等。

就中国而论,资源的价格与环境的成本一直处于严重扭曲的局面,两者都很低,国外大量的“两高一资”型产业向中国转移。高能耗和高污染的制造业加剧了我国能源的供给压力和环境的恶化程度。环境的恶化将制约我国经济的进一步发展,客观上将对我国重化工业的发展和经济结构升级造成明显的需求约束,影响我国的可持续发展路径。

因此,我们必须选择构建资源节约型、环境友好型社会。整个产业要开展环境治理模式从末端治理转向源头和全过程的控制。中国的经济结构要做战略性的调整,改变粗放型的传统增长方式,加速现代服务业和金融业的发展,走新型的现代化之路。绝不能再以重化工业为今后的发展重点,否则中国的能源与环境问题无法从根本上得到解决。在法制建设方面,中国需要完善法律法规体系和监督监管机制。目前我国在环境资源方面的立法总量与水准严重落后于经济的发展水平。

在“十二五”期间,我们需要展开全面的能源节约和环境保护工作。首先政府的施政要改变考核的标准,摒弃仅仅追求GDP的政绩观,将能源和环境的要求量化到官员的政绩考核中。改革目前软弱无力的环保执法监督体制,强化环保执法的独立性与环保执法的力度,建立完备的环保执法监督体系。

中国有待加强与其他国家在资源环境问题上的合作。中国作为一个发展中国家,在全球能源与环境战略中,应该选择正确的能源合作重点区域,搞好与主要能源出口地区和国家经济合作,与周边国家开展环境方面的合作,构建集体安全的环境与能源保障体系。

能源与环境经济 研究的方法初步

第一节 最优化方法

在研究能源开采和环境保护问题时,经济学家常用的工具是最优控制理论。最优控制理论肇始于维纳创立的经典控制论。1948年维纳发表了题为《控制论——关于动物和机器中控制与通信的科学》的论文,第一次科学地提出了信息、反馈和控制的概念,为最优控制理论的诞生和发展打下了基础。

在最优控制理论中,我们研究一个受控的动力学系统或运动过程,借助数学分析的方法,从一组备选的控制方案中找出最优的一个,目的是使系统在由初始状态转移到某个状态时,我们关注的一个或者多个目标最优化。在经济学中,我们通常要求解最优消费与最优投资的问题,目标是促使一国或者多国的经济稳定而快速地增长。在能源问题上,我们也关注这样的问题:为了保障一国的GDP增长水平,该国应该采取什么样的能源政策?至于环境领域,现在研究得较多的课题都是在不同的目标(可以是社会福利水平最高,也可以是人均收入水平最高)下,确定最优的污染排放水平。

求解最优控制问题,常见的方法是贝尔曼于1956年提出的动态规划,以及苏联学者庞特里亚金于1958年提出的最大值理论和经典的变分法。在本章中,我们介绍极大值原理,因为在能源与环境领域,控制变量通常要受到约束与限制并且时间连续。

一个一般性的最优控制问题可以表述为:

$$\max_x \int_0^T e^{-\rho t} U(K, x, t) dt \quad \text{s. t. } \dot{K} = A(K, x, t)$$



式中,时间 T 可以是有限的,也可以是无限的。 x 是共态变量,我们用 K 表示状态变量。因此, x 是问题的控制变量。 x 与 K 可以是单变量,也可以是多变量或者向量。

首先,我们用经典的拉格朗日函数来分析上述的问题:

$$L(K, x, t; \lambda) = U(K, x, t) + \lambda(t)A(K, x, t) + \dot{\lambda}(t)K - \rho\lambda K$$

注意一点:前两项 $U(K, x, t) + \lambda(t)A(K, x, t)$ 是汉密尔顿函数。如果我们按照经济学的符号来理解上述的拉格朗日方程,就会得出一些有趣的直觉性理解:

- (1) 第一项代表当前消费的效用;
- (2) 第二项代表资本的边际效用(资本未来的收益);
- (3) 第三项是当期资本的资本利得;
- (4) 最后一项是放弃当期的消费所形成的资本损失。

接下来,我们求解最优的 λ 。

引理: 对于任何一个函数 $\lambda(t)$,下式都成立:

$$\int_0^T e^{-\rho t} U(K, x, t) dt = \int_0^T e^{-\rho t} L(K, x, t; \lambda) dt - e^{-\rho T} \lambda(T)K(T) + \lambda(0)K(0)$$

证明: 根据 L 的定义,可得:

$$L(K, x, t; \lambda) = U(K, x, t) + \lambda(t)A(K, x, t) + \dot{\lambda}(t)K(t) - \rho\lambda K$$

两边同时积分:

$$\begin{aligned} \int_0^T e^{-\rho t} U(K, x, t) dt &= \int_0^T e^{-\rho t} L(K, x, t; \lambda) dt + \int_0^T e^{-\rho t} [\lambda(t)A(K, x, t) \\ &\quad + \dot{\lambda}(t)K(t) - \rho\lambda K] dt \end{aligned}$$

代入约束条件:

$$\int_0^T e^{-\rho t} [\lambda(t)A(K, x, t) + \dot{\lambda}(t)K(t) - \rho\lambda K] dt = \int_0^T e^{-\rho t} [\lambda(t)\dot{K} + \dot{\lambda}(t)K(t) - \rho\lambda K] dt$$

求解上述方程:

$$\begin{aligned} \int_0^T e^{-\rho t} [\lambda(t)\dot{K} + \dot{\lambda}(t)K(t) - \rho\lambda K] dt &= \int_0^T e^{-\rho t} \frac{d}{dt} [\lambda(t)K(t)] dt \\ &= \lambda(0)K(0) - e^{-\rho T} \lambda(T)K(T) \end{aligned}$$

为了求解最优的路径,我们关注下列三项:

- (1) 经典拉格朗日函数的积分;
- (2) 不受 x 影响的 $\lambda(0)K(0)$ 值;
- (3) $e^{-\rho T} \lambda(T)K(T)$ 的值。

最后一项除非为零,否则解起来很麻烦。此时,我们引入下列横截性条件:

在时间有限的情形中, $e^{-\rho T}\lambda(T)=0$; 在时间无限的情形中, $\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t}\lambda(t)=0$ 。

接下来, 我们分析可以解决下列最优化问题的充分条件:

$$\int_0^T e^{-\rho t} L(K, x, t) dt$$

第一组充分条件为:

(1) 如果满足横截性条件;

(2) 如果存在一条可能的路径 $(K^*(t), x^*(t))$, 使得下式成立:

$$L^* \equiv L(K^*(t), x^*(t)) \geq L(K(t), x(t))$$

那么可行的 $K^*(t), x^*(t)$ 就是最优的路径。

证明:

因为 $\int_0^T e^{-\rho t} U(K^*(t), x^*(t), t) dt \geq \int_0^T e^{-\rho t} U(K(t), x(t), t) dt$ 对于所有其他可行的路径 $(K(t), x(t))$ 都成立, 则:

$$\begin{aligned} \int_0^T e^{-\rho t} U(K^*(t), x^*(t), t) dt &= \int_0^T e^{-\rho t} L(K^*(t), x^*(t), t) dt + \lambda(0)K(0) \\ &\quad - e^{-\rho T}\lambda(T)K^*(T) \\ &\geq \int_0^T e^{-\rho t} L(K(t), x(t), t) dt + \lambda(0)K(0) \\ &\quad - e^{-\rho T}\lambda(T)K^*(T) \end{aligned}$$

根据第二个条件,

$$\int_0^T e^{-\rho t} U(K^*(t), x^*(t), t) dt = \int_0^T e^{-\rho t} L(K(t), x(t), t) dt + \lambda(0)K(0)$$

根据横截性条件, 有:

$$\begin{aligned} \int_0^T e^{-\rho t} U(K(t), x(t), t) dt &= \int_0^T e^{-\rho t} L(K(t), x(t), t) dt + \lambda(0)K(0) \\ &\quad - e^{-\rho T}\lambda(T)K(T) \\ &= \int_0^T e^{-\rho t} L(K(t), x(t), t) dt + \lambda(0)K(0) \end{aligned}$$

用严格的数学表达, 如果:

(1) $f(x)$ 在 x 上是凹的;

(2) $f'(x)=0$, 当 $x=x^*$ 。

那么 x^* 就是极大值。

在最优控制问题上, 我们也有类似的充分条件:

(1) $L_K(K^*(t), x^*(t), t; \lambda) = 0, t \in [0, T]$;

(2) $L_x(K^*(t), x^*(t), t; \lambda) = 0, t \in [0, T]$;

(3) $L(K(t), x(t), t)$ 在 K 和 x 上是凹函数;

(4) $\lambda(t) \geq 0$ 。

那么 $L(K^*(t), x^*(t), t) \geq L(K, x, t)$, 其中 $(K^*(t), x^*(t))$ 是最优的路径。

第二节 一个简单的污染控制模型

首先,我们表述一个简单的最优污染控制模型^①(Keeler, Spence 和 Zeckhauser, 1971)。在这个经济模型中,劳动是生产所需要的基本生产要素,我们假设全部的劳动配置在两种生产活动中,一种生产我们所需要的粮食,另外一种则生产 DDT(一种杀虫剂)。一旦生产出了 DDT,它就成了一种污染源,只能在自然界中慢慢地分解。由于现在虫害较严重,DDT 又成为第二种生产要素,它与劳动结合在一起,确定粮食的产量。对于整个社会而言,我们的目标是最大化粮食产生的效用扣除 DDT 引起的负效用之后的净现值。

模型的设定如下:

L = 全部的劳动力,为了简便,我们假设它是不变的;

v = 生产 DDT 所使用的劳动的数量;

$L - v$ = 生产粮食所使用的劳动的数量;

P = t 时的污染存量;

$a(v)$ = DDT 的产出率; $a(0) = 0$; 在 $v \geq 0$ 时, $a' > 0, a'' < 0$;

δ = DDT 污染在自然界中降解的速度;

$C(v) = f(L - v, a(v))$ 是生产粮食的量; $C(v)$ 是凹函数, $C(0) > 0, C(L) = 0$; $C(v)$ 在 $v = V > 0$ 时获得一个最大的值,如图 2-1 所示。

我们应该注意一点, $C(v)$ 是严格凹函数的充分条件是 $f_{12} \geq 0$, 当然 f 为凹函数和单调函数所需要的条件也要满足;

$g(C)$ = 消费者的效用水平; $g'(0) = \infty, g'(0) \geq 0, g'' < 0$;

$h(P)$ = 生产的负效用; $h'(0) = 0, h' \geq 0, h'' > 0$;

针对上述设定,我们将问题表述为下列含约束条件的最优控制问题:

$$\max \left\{ J = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} [g(C(v)) - h(P)] dt \right\}$$

$$\text{s. t. } \dot{P} = a(v) - \delta P, P(0) = P_0, 0 \leq v \leq L$$

^① Keeler, Emmett & Spence, Michael & Zeckhauser, Richard. 1971. The optimal control of pollution, *Journal of Economic Theory*, vol. 4(1), pp. 19-34, February.

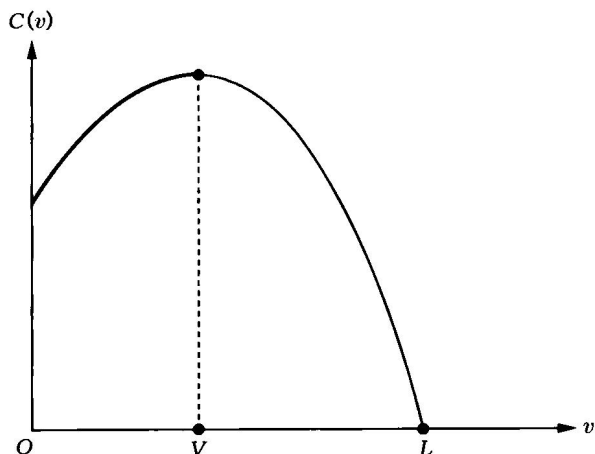


图 2-1 生产函数 $C(v)$

怎么解上述问题呢?

我们按照极大值原理来求解:

$$L = g[C(v)] - h(P) + \lambda[a(v) - \delta P] + \mu v$$

$$\dot{\lambda} = (\rho + \delta)\lambda + h'(P)$$

$$\mu \geq 0, \mu v = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial v} = g'[C(v)]C'(v) + \lambda a'(v) + \mu = 0$$

因为汉密尔顿函数是凹的, 那么 $\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(t) = \bar{\lambda}$ 即为常数, 就是最优化的充分条件。

相位图分析:

由于 $h'(0) = 0, g'(0) = \infty$, 并且 $v > 0$, 那么在均衡的时候, 经济体需要生产一定的 DDT, 即 $\bar{\mu} = 0$ 。模型中均衡值 $\bar{P}, \bar{\lambda}$ 与 $\bar{v}$ 如下所示:

$$\bar{P} = \frac{a(\bar{v})}{\delta}$$

$$\bar{\lambda} = -\frac{h'(\bar{P})}{\rho + \delta} = -\frac{g'[C(\bar{v})]C'(\bar{v})}{a'(\bar{v})}$$

借助以上最后一式以及我们前面所作的关于 g, C 与 a 的导数的假设, 可得 $\bar{\lambda} < 0$ 。据此, 可知 $\lambda(t)$ 总是负的。这一现象的经济解释是, $-\lambda$ 是污染所产生的成本。设 $v = \Phi(\lambda)$ 表示 $\mu = 0$ 时上式的解, 则:

$$v^* = \max[0, \Phi(\lambda)]$$

从我们对 λ 的经济解释中可知,当 λ 增大时,污染所导致的成本将减少,这一点证明了随着 DDT 产量的增加,粮食的产量也随之增加。因此,我们可以合理地假设:

$$\frac{d\Phi}{d\lambda} > 0$$

λ^c 的性质则保证, $\Phi(\lambda^c) = 0$; $\lambda < \lambda^c$ 时 $\Phi(\lambda) < 0$; $\lambda > \lambda^c$ 时 $\Phi(\lambda) > 0$ 。

以下画出了 $\dot{P} = 0$ 与 $\dot{\lambda} = 0$ 的相位图,见图 2-2:

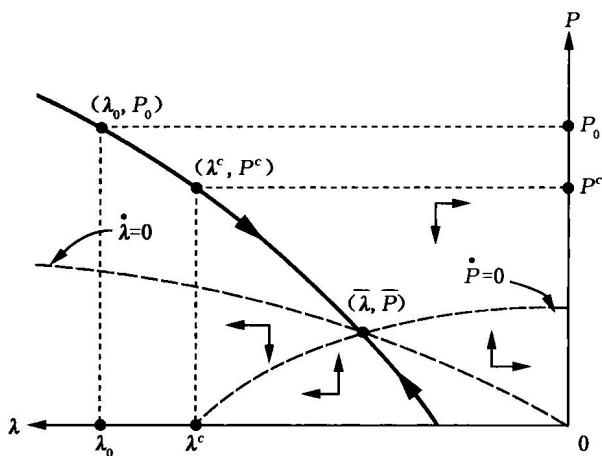


图 2-2 相位图

$$P = \frac{a(v^*)}{\delta} = \frac{a[\max\{0, \Phi(\lambda)\}]}{\delta}$$

$$h'(P) = -(\rho + \delta)\lambda$$

$h'(0) = 0$ 表明 $\dot{\lambda} = 0$ 这条线应该穿过原点。对上列方程求关于 λ 的导数并且借助前面的式子,我们可得:

$$\frac{dP}{d\lambda} = \frac{a'(v)}{\delta} \frac{dv}{d\lambda} > 0$$

$$\frac{dP}{d\lambda} = -\frac{(\rho + \delta)}{h''(P)} < 0$$

既然 λ^c 与 $\dot{P} = 0$ 曲线相交, P^c 的存在告诉我们:

如果现有的污染存量大于 P^c , 那么最优的控制方案就是 $v^* = 0$, 这说明不会生产任何数量的 DDT。

如果 $P_0 > P^c$, 如图 2-2 所示, 那么 $v^* = 0$ 直至污染存量的自然降解使得