



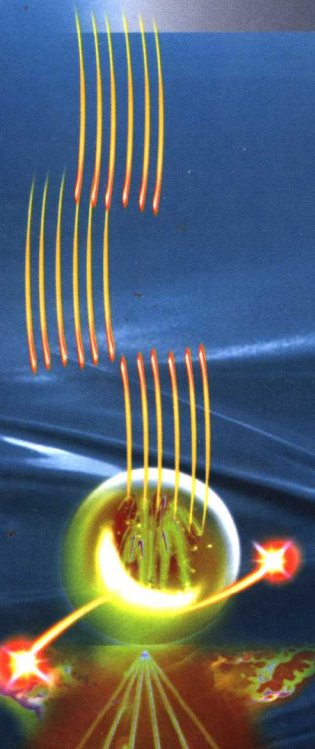
先进制造模式与管理丛书

本书受 国家自然科学基金重大项目课题 (编号: 59990470-4) 共同资助
教育部 跨世纪人才基金项目

工业生态制造

—剩余物质的管理

肖忠东 孙林岩 著



西安交通大学出版社

先进制造模式与管理丛书

工业生态制造 ——剩余物质的管理

肖忠东 孙林岩 著

本书受 国家自然科学基金重大项目课题(编号:59990470-4) 共同资助
教育部 跨世纪人才基金项目

内容简介

随着人类社会的不断发展和环境问题的日益加剧,工业生产制造不仅进入一个灵捷制造的时代,更进入一个智能化的时代,而生态制造正成为职能制造的主要形式。

本书梳理了工业制造模式的发展历程和影响因素,针对现有制造模式中产生的剩余物质进行了最小化管理的最优模式分析;结合生态学关于物质循环的理论对现代工业制造的经济模式进行了分析,提出在工业制造中进行封闭的物质循环的战略;通过非均衡模式重点研究了工业制造中生产厂商的地域性集群;提出工业食物链(网)的理论,运用控制理论研究了整合后的生产厂商在物质剩余管理上的动力机制;运用优化模型讨论了工业生态系统的均衡;用生态系统的基本特征和原理,分析了经济系统中种种困境的主要原因在于现有价值规律促使人们追求经济系统的正反馈;重点探讨了经济系统的调整方向——嫡价值观的树立,以此适应生态系统自然规律的稳态的循环经济模式以及对这种模式的实施。

本书观点新颖、体系完善、逻辑结构严谨、思路清晰,可供制造企业的流程工程师、管理人员以及管理科学与工程专业科研人员参考,并且是EMBA, MBA, MPA 以及相关专业研究生的指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

工业生态制造——剩余物质的管理/肖忠东,孙林岩著.
西安:西安交通大学出版社,2002.12
(先进制造模式与管理丛书)
ISBN 7-5605-1623-8

I. 工… II. ①肖… ②孙… III. 工业生产-物质
循环-生产管理-经济模式-研究 IV. F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 095555 号

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市兴庆南路 25 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668315)
蓝田立新印务有限公司印装
各地新华书店经销

*

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:9.875 字数:246 千字
2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷
印数:0001~2 000 定价:26.80 元

发行科电话:(029)2668357,2667874

总 序

制造业是国民经济的支柱产业,是直接创造社会财富的基础。本世纪初福特开创的大批量制造模式,不仅促使制造业进入了辉煌时期,而且极大地促进了世界经济的发展。然而随着人们生活水平的日益提高、科技创新速度的加快和市场的国际化,制造业市场环境发生了巨大变化,需求日益个性化、多样化并且快速变化,这使得倡导标准化和批量化的大批量制造模式陷入了前所未有的困境。

为了改变这种状况,最初人们希望通过技术的改进和物流管理方法的创新来解决问题。先进制造技术就是在这种背景下提出来的,许多国家(特别是工业发达国家)的政府与实业界都作了诸多努力,使先进制造技术的研究与应用得到了长足的进展。但不得不遗憾地承认,先进制造技术的应用所取得的实际效果并不如意,巨额投资与实际效果极不相称,尤其以柔性制造系统(FMS)应用推广的教训最为深刻。究其原因,人们依传统思维仅仅从技术方面来改进大批量制造模式,而忽视了人与组织的主导作用,更没有从战略的高度认识到,人类生产力的发展已经达到了一个新的水平,产业革命以来形成的传统制造模式从总体上看已经不适应生产力这一新水平,从而迫切要求进行人类制造模式的第二次大变革。作为“否定之否定”,与制造模式第一次大转换倡导的集中化、通用化、标准化、大型化等特征相反,分散化、个性化、专业化、小型化是新的转换目标,它不是对人类社会 development 过程的简单地否定,而是螺旋式地上升到了一个新的阶段的必然结果。

我国是一个制造业大国。制造业作为国有工业经济的主要构成部分,国家长期以来投入了大量的人力、物力和资金,使得我国的制造业在较长时期内保持着较高的增长速度。但由于种种原因,特别是受制造业市场急剧变化及制造业是夕阳工业的影响,我

国制造企业,尤其是国有企业面临严峻的困难,许多国有企业严重亏损,而且这一趋势还在扩大。我国制造业所面临的问题固然和由计划经济向市场经济过渡的特定历史环境密切相关,但世界性制造模式变革的大环境影响也是一个重要方面。

鉴于上述原因,国家自然科学基金委、国家科技部、教育部等部门资助了有关“先进制造模式与管理”方面的研究,旨在通过技术与管理的有机结合,深入研究先进制造模式与管理,解决我国企业适应市场快速多变及国际竞争的生产组织方式与企业经营机制。通过组织创新与管理创新,实现制造资源的快速有效集成,大幅度地提高先进制造技术的效益。在资金投入和技术水平有限的情况下,提高企业开发具有国际竞争力新产品的能力,并盘活资产,提高我国制造业的整体效益。

经过课题组全体成员3年来认真扎实的潜心研究,该课题目前已经取得了丰硕的阶段性的研究成果,为了促进研究成果迅速转化为现实的生产力,现将部分研究成果整理成丛书正式出版,以供有关人员参考。

由于先进制造模式与管理研究涉及到的学科领域非常广泛,且实践性和前瞻性均较强,因此短期内的研究成果不可能是非常完善的。因此我们殷切希望这套书的出版能引起关心中国制造业命运的政府、企业、学术界同仁的广泛关注与思考,并提出宝贵意见,为早日振兴中国制造业献计献策。

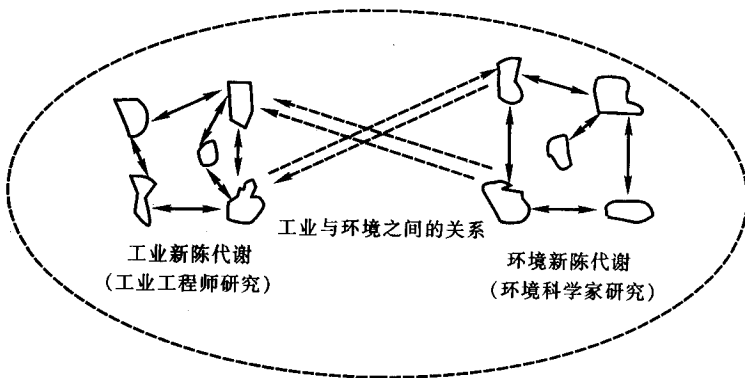
汪应洛 孙林岩

2002年3月

前言

没有一个企业生存在真空中。每个工业行为都连结着成千上万个与环境侵害有关的交易和行为。它们制造和提供给千百万消费者单个产品,每个产品都具有消费者的需求特性和文化特性。自然每个消费者将不同地利用各自的产品,然而使用和拥有产品将可能是一种对环境潜在的侵害(如汽车用油)。

相比优化其自身的物质预算约束,工业生态均衡的内涵要大得多。因为它与环境之间的关系要求必须以环境学为指导,下图说明了二者之间的关系。



不规则的形状表示自然界中物质和固体流动的线路;

虚线表示二者概念和信息共享

工业生态均衡的基本要素图

图中左边显示工业新陈代谢的关系:那些有关连的供给者与供给、制造商和顾客的关系等。图中右边显示环境新陈代谢的关系:生物圈与大气之间的关系、河水与海水的关系等。当工程师们在为效率 and 生产系统中的外部关系最小化努力时,一个基本的工

业生态均衡由此产生。当他们在环境科学家的指导下对这两个领域进行综合考虑时,一个稍微复杂的图表产生了。这样,工业生态均衡具体表达了工业活动与环境科学之间的链接,其目的在于使现代工业决策至少能够考虑到以后 20 到 30 年。

工业流程与产品之间的相互影响具有许多不同的体制,设计工程师必须用一种非常广义的方式来解释这种大众化的概念。这一概念自然包括地方利益,诸如城市空气和自然生活环境,地表水和降水量(包括化学酸雨)等区域资源也包括在内。“全球共有”呼唤了其他一些必须关注的体制:深海(石油溢出或者深海垃圾处理)、南极洲(在没有环境控制的情况下 30 年的国际性科学考察留下不确定的遗留物)和大气(臭氧层和天气变化)。工业生态学家必须更远地考虑一步——近太空环境。在近太空中存在着近 10 年来因人类探索太空而产生的残骸的威胁,这些残骸给太空飞船和调查研究带来了非常昂贵的碰撞,比较明智的设计能够将残骸的产生减少到最小程度,并且能够按预期的回收,以便再利用。

基于以上的种种认识,1989 年 9 月,在美国科普月刊 Scientific American 的“地球的管理”主题专刊中,Robert A. Frosch 和 N. Gallopoulos 合作发表的《可持续工业发展战略》标志着现代工业生态理论的建立。经过 10 多年的发展,工业生态学已经成为未来工业发展不可缺少的重要理论指导。

受这一理论的启发,作者以国内外文献资料和应用效果为背景,在作者博士学位论文的基础上,结合国家自然科学基金重大项目——“先进制造模式与管理研究”(599947—4)课题组近几年的阶段研究成果完成了该书的写作。作为一种观念上生态制造中的剩余物质管理,本书强调一种观念上的更新,通过一种与传统制造截然不同的理念,试图探讨未来工业制造的模式——与环境协调的生态制造模式,而在这一模式中,对于工业生产剩余物质的管理成为这一观念的核心,也成为这一模式的关键。有鉴于此,本书重点探讨工业制造过程中剩余物质的优化管理,通过单一厂商和厂

商集群两个层次的研究,力求使工业剩余物质在数量上最小,在质量上无害。

全书共分为 10 章,第 2 章到第 5 章分别研究工业生产方式的变迁、生产剩余物质的最小化管理、单个厂商层次物质优化管理、基于产品生命周期的产品设计。这一系列研究的核心在于从管理的角度解决单个厂商剩余物质管理的基本原理(非纯物理性研究),并通过数学模型进行定性与定量相结合的分析。

本书第 6 章专门研究生产厂商在非规模经济推动下的集群原理和途径,试图解决生产厂商集群的动态理论,最终为单个厂商不能解决的生产剩余物质寻找更大范围的解决办法。本书第 7,8 两章主要解决厂商集群规模上生产剩余物质的管理。通过产业在时间、空间上的整合,实现人类活动与自然环境的协同发展。

第 9 章展开与上述研究相对应的经济理论研究。

本书在编写过程中力求文字通顺、通俗易懂。在阐述各种理论的同时,注重结合具体实例,并通过框图和表格方式直观地表达内容。

本书在写作过程中,西安交通大学管理学院副院长王刊良教授、西安交通大学教务处副处长苏秦教授、管理学院工业工程系副主任徐青川副教授、西安交通大学名誉教授汪慕红老师等抽出宝贵的时间在本书写作以及研究方法上给予了关键性的提示和修正。作者还要感谢西安交通大学出版社的李志丹等同志,没有他们的帮助,本书是难以出版的。

工业生态理论的研究才十几年的历史,整个理论体系尚处于发展之中,还需不断完善;加之作者的理论水平和所掌握的资料有限,作为工业剩余物质优化管理等领域的初步探索,本书的缺点和错误在所难免,敬请各位专家和读者批评指正。

肖忠东

2002 年 10 月 28 日

目 录

总序

前言

第1章 绪论

1.1 研究背景	(1)
1.1.1 现实紧迫性	(1)
1.1.2 理论发展的趋势	(9)
1.2 理论综述	(12)
1.2.1 关于工业制造的宏观理论	(12)
1.2.2 关于工业制造的微观理论	(17)
1.2.3 总结	(25)
1.3 本书框架	(26)
1.3.1 本书逻辑思路与基本结构	(26)
1.3.2 拟解决的问题	(28)
1.3.3 研究方法与步骤	(30)
参考文献	(31)

第2章 物质剩余的起源——工业制造模式比较研究

2.1 工业生产历史回眸	(35)
2.1.1 工业生产经验分析	(35)
2.1.2 工业生产理论分析	(40)
2.2 工业制造模式比较研究	(43)
2.2.1 工业制造模式界定	(43)
2.2.2 工业制造模式比较	(45)
2.2.3 3种制造模式综合比较	(53)
2.3 增量制造的展望	(55)

2.3.1 增量制造的必要性——制造业的挑战·····	(55)
2.3.2 增量制造可行性(Ⅰ)——制造技术发展前沿·····	(57)
2.3.3 增量制造可行性(Ⅱ)——微型(纳米)制造系统 ·····	(63)
2.4 本章结论·····	(67)
参考文献·····	(67)

第3章 剩余物质管理模式比较研究

3.1 工业剩余物质管制·····	(69)
3.1.1 剩余物质管制的理论基础·····	(69)
3.1.2 剩余物质管制的弊端·····	(70)
3.1.3 剩余物质管制的层级·····	(72)
3.2 管理模式的变迁——工业预防·····	(73)
3.2.1 预防与工业预防·····	(73)
3.2.2 工业预防理论基础——工业生态理论·····	(75)
3.2.3 工业预防的主观化·····	(76)
3.2.4 工业预防的层级与整合·····	(77)
3.2.5 两种剩余物质管理模式的经济比较·····	(82)
3.2.6 清洁生产的操作路径·····	(83)
3.2.7 清洁生产模式的动力与阻力·····	(88)
3.3 工业预防管理战略模式——剩余物质最小化·····	(90)
3.3.1 剩余物质最小化·····	(90)
3.3.2 剩余物质最小化原理研究·····	(96)
3.4 剩余物质最小化推广的动力与阻力·····	(104)
3.4.1 动力·····	(104)
3.4.2 阻力·····	(105)
3.5 本章结论·····	(107)
附录1:巨化集团剩余物质管理的成功案例·····	(107)
附录2:单一企业物质循环中剩余物质递减证明·····	(109)

附录 3:单一企业剩余物质最小化求解模型程序	(110)
参考文献	(111)

第 4 章 物质剩余治理——封闭的物质循环

4.1 工业资源展望	(113)
4.1.1 工业经济行为与资源	(113)
4.1.2 资源短缺的解决途径	(115)
4.1.3 结论	(117)
4.2 自然生态均衡——一个系统的描述	(118)
4.3 工业经济系统的均衡分析	(121)
4.3.1 非均衡的工业经济	(121)
4.3.2 均衡的工业经济	(130)
4.3.3 3 种工业经济模式的比较	(135)
4.4 均衡的物质循环流程	(136)
4.4.1 均衡物质的流程分析	(136)
4.4.2 均衡物质循环的阶段分析	(140)
4.5 封闭流程的物质管理	(142)
4.5.1 封闭流程的物质管理	(142)
4.5.2 封闭的物质流程实现的经济机理	(145)
4.6 本章结论	(149)
参考文献	(149)

第 5 章 物质剩余的战略管理——基于 LCM 的产品设计

5.1 生命周期评估(LCA)概述	(151)
5.1.1 生命周期评估理论背景	(151)
5.1.2 生命周期评估理论	(156)
5.1.3 生命周期评估对于产品的要求	(160)
5.2 基于 LCA 产品资源设计——“绿色采购”	(161)
5.2.1 环境成本最小的资源设计	(162)

5.2.2 成本最小的资源设计——资源再生性	(164)
5.3 基于 LCA 产品性能设计——“绿色设计”	(165)
5.3.1 针对“废物最小化”的产品设计	(165)
5.3.2 针对“生态化”的产品设计	(166)
5.4 本章结论	(167)
参考文献	(168)

第 6 章 多个生产厂商集群的动态研究

6.1 厂商集群	(169)
6.1.1 厂商集群的概念及基本特征	(169)
6.1.2 厂商集群增长	(177)
6.1.3 厂商集群之间的相互关系	(185)
6.2 厂商地缘性集群理论	(194)
6.2.1 厂商地缘性集群概念与基本特征	(194)
6.2.2 厂商地缘性集群结构	(196)
6.2.3 厂商地缘性集群的演替	(198)
6.3 本章结论	(199)
参考文献	(199)

第 7 章 多个生产厂商的生态整合

7.1 KALUNDBORG 产业共生体系研究	(201)
7.1.1 厂商生态整合特征	(204)
7.1.2 产业共生体系启示	(211)
7.1.3 Kalundborg 产业共生体系的反思	(213)
7.1.4 小结	(217)
7.2 生产厂商生态整合的纽带——工业食物链理论	(219)
7.2.1 工业食物链研究	(219)
7.2.2 工业食物网理论	(225)
7.3 多个生产厂商的生态整合	(228)

7.3.1 生态整合的实践	(228)
7.3.2 生态整合的模式	(232)
7.4 本章结论	(234)
参考文献	(234)

第8章 多个厂商的生态协同——工业生态系统

8.1 厂商生态协同——工业生态系统	(235)
8.1.1 工业生态系统定义	(236)
8.1.2 工业生态系统结构	(243)
8.1.3 工业生态系统中的产业	(246)
8.2 工业生态系统的自我调节	(247)
8.2.1 系统内部单一产业的自我调节	(247)
8.2.2 系统内部产业群的反馈控制	(249)
8.3 工业生态系统的稳定性	(250)
8.3.1 工业生态系统稳定性	(250)
8.3.2 产业多样性与系统稳定性	(254)
8.4 工业生态系统的动态均衡	(257)
8.4.1 工业生态系统生命周期理论	(257)
8.4.2 工业生态系统的动态均衡理论	(261)
8.5 工业生态系统静态均衡定量分析	(262)
8.5.1 问题	(262)
8.5.2 假设	(263)
8.5.3 单目标线性优化模型	(264)
8.5.4 模型求解	(265)
8.6 本章结论	(265)
参考文献	(265)

第9章 物质剩余的经济基础——稳态的循环经济

9.1 经济系统与生态系统的比较	(266)
------------------------	-------

9.1.1 经济系统与生态系统的相同之处	(267)
9.1.2 经济系统与生态系统的不同之处	(268)
9.2 经济系统的困境	(271)
9.2.1 经济系统的内部困境	(271)
9.2.2 经济系统的外部困境	(273)
9.2.3 经济困境释疑	(275)
9.2.4 小结	(276)
9.3 经济系统的调整	(276)
9.3.1 确立新经济价值标准——物理价值“熵”	(277)
9.3.2 确立新的经济系统——稳态的循环经济	(279)
9.4 稳态循环经济系统的运用——环境价值	(288)
9.5 本章结论	(289)
参考文献	(290)

第 10 章 结束语

10.1 本书结论	(292)
10.2 提高资源生产力的战略	(294)
10.3 未来的展望	(300)

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

美国国家冰雪数据中心专家于 2002 年 3 月 19 日宣布:南极洲东海岸附近一块面积为 $3\,250\text{ km}^2$ 的拉森陆缘冰 B 冰架经过 35 天的时间,已经完全瓦解。该中心警告说,随着炎热夏季的即将到来,其他冰架也将濒临瓦解边缘。这预示着南极洲的冰河流量将增加,全球海平面将上升,对低地地区将造成危害。该中心还表示,造成冰架分裂的原因是该地区气候变暖。据称,该地区的气候以每 10 年增加约 0.5°C 的速度变暖,这一趋势至少可以追溯到 20 世纪 40 年代^[1]。

联合国环境规划署与尼泊尔国际高山综合发展中心经过长达 3 年的观察发现在尼泊尔及不丹境内,最少有 44 个高山湖泊的水位正在迅速上升,且已到达泛滥的警戒线。自 20 世纪 70 年代中期以来,当地气温上升了近 1°C ,而且每年以 0.06°C 持续上升,高温令高山积雪和冰川融化,流入高山湖中,直接危及到近 20 亿人的生命财产安全。研究人员还警告,如果冰川以目前速度融化,许多江河湖泊将很快干涸,威胁人类淡水资源^[2]。

1.1.1 现实紧迫性

1. 全球及中国自然环境的退化

(1) 全球自然环境现状

总部设在华盛顿的世界观察研究所 2001 年《世界情况报

告》^[3]宣称,新世纪全球环境发展到了一个危险的十字路口。

① 临界危险。科学证据表明,全球很多生态系统正接近危险的临界状态,北极地区冰盖已经减少 42%,全球 27% 的珊瑚礁遭到破坏,这意味着地球上主要生态系统正在退化。环境退化的同时也导致了严重的自然灾害,在过去 10 年,这些自然灾害对世界造成 6 080 亿美元的损失——相当于此前 40 年的损失总和。最新气候模型表明,除非人们减缓使用矿物燃料,否则到 2100 年,地球温度将比 1990 年上升 6℃,会导致水资源极度缺乏,食品生产减少和诸如疟疾、登革热等致命疾病的扩散。

② 环境退化的沉重代价。环境退化使人类付出巨大代价。今天仍然有 12 亿人无法获得洁净水,数亿人不能呼吸清新空气。该报告作者之一珍妮特·阿布拉莫维茨说:“环境变坏使很多自然灾害更为严重。仅仅在 1998 至 1999 年间,12 万人在自然灾害中死亡,数百万人流离失所,这些人主要分布在印度和拉美等地区。”

(2) 中国的自然环境现状

伴随着中国庞大的人口基数和经济的高速增长,中国的自然环境压力越来越大,主要体现在两个方面。

① 自然环境污染的现状^[4]是:

大气污染:由于我国主要能源为煤,因此造成我国大气污染属煤烟型污染。由此形成的酸雨、SO₂ 和烟尘危害最为严重,长期的酸雨导致农业生态环境急剧恶化,加速土壤酸化过程。在全国 600 多个城市中,大气环境质量符合国家一级标准的城市不到 1%,一些大城市空气中的颗粒物和 SO₂ 浓度已经超过世界卫生组织及国家标准的 2~5 倍。

水污染:工业废水排放量的不断增加,使我国江河湖库水域普遍受到不同程度的污染:78% 的城市河段不适宜作饮用水源,50% 的城市地下水受到污染。

固体废物污染:目前城市生活垃圾以每年 10% 的速率增长。工业固体废物贮存量已达 6.49 亿 t,占地面积 5.17 hm²。

② 环境污染造成的经济损失。世界银行^[5]1997年对中国环境问题进行研究后指出,由于中国环境污染加剧,使得与环境污染密切相关的恶性肿瘤和呼吸系统疾病发病率上升:

- 中国每年有 17.8 万人因大气污染过早死亡;
- 室内空气污染每年约造成 11.1 万人早亡;
- 每年因污染致病而造成工作日损失达 740 万人。

自然环境的污染导致中国经济损失呈不断上升的态势:

- 1983 年环境污染损失 380 亿元,占 GNP 的 6.75%^[6];
- 1990 年环境污染损失 367 亿元,占当年 GNP 的 2.1%^[7];
- 1992 年环境污染损失 1 096.5 亿元,占当年 GNP 的 4.5%^[8];
- 1993 年环境污染损失 1 085.1 亿元,占当年 GNP 的 3.16%^[9];
- 1997 年世界银行统计,仅中国每年空气和水污染造成的经济损失高达 540 亿元,占当年 GDP 的 3%~8%^[10]。

2. 资源濒临枯竭

(1) 全球资源的消耗速度

美国《全国科学院学报》刊出的一篇研究论文指出:人类消耗自然资源的速度将超出地球的再生能力。研究发现,地球需要 14 个月的时间才能再生出人类 12 个月所消耗的资源。自 20 世纪 80 年代以来,人类活动已经远远超出了生物圈的生产能力^[11],致使各国经济赖以发展的自然生态系统减少 1/3。世界自然基金会和联合国环境规划署联合发表的《2000 年地球生态报告》^[12]也显示,人类若以目前速度消耗地球资源,地球上所有自然资源会在 2075 年前耗尽。

(2) 中国资源现状分析

① 资源现状。中国自然资源数量和品种居世界前列,但相对于中国人口数量而言,在数量上自然资源显得相对稀少。从自然资源的质量比较,我国自然资源的质量在资源品位、资源分布的均