2考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链定价决策**[[1]](#footnote-1)**

吕泽琴, 刘云志, 肖条军

（南京大学工程管理学院，南京 210093）

摘 要 针对由一个制造商和一个零售商组成的双渠道供应链，在考虑企业社会责任和搭便车行为的基础上，分别分析制造商、零售商承担社会责任情形下供应链成员的定价决策，并着重探讨企业的社会责任关注行为和搭便车者比例对企业决策和利润（效用）以及制造商双渠道销售的影响。研究表明：若零售渠道消费者的忠诚度较高，则产品的直销价格随着制造商的社会责任关注度的提高而增加，且产品的零售价格随着制造商（零售商）的社会责任关注度的提高而增加（降低）；在制造商承担社会责任情形下，产品的直销（零售）价格随着搭便车者比例的增加而增加（降低）；搭便车者数量在一定条件下会随着搭便车者比例的增加而减少；若零售渠道消费者的忠诚度适中，则搭便车者比例的增加使供应链成员同时获益；制造商（零售商）的社会责任关注度的提高在一定条件下可促进制造商双渠道销售，同时搭便车者比例的减少将促进制造商双渠道销售。

关键词 供应链管理；双渠道供应链；企业社会责任；搭便车行为；博弈论

中图分类号：F224 文献标识码：A

**Pricing decisions in a dual-channel supply chain with corporate social responsibility and free-riding behavior**

LV Zeqin, LIU Yunzhi, XIAO Tiaojun

(School of Management and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract** For a dual-channel supply chain with corporate social responsibility and free-riding behavior, the price decisions of channel members are investigated under the manufacturer (retailer) exhibiting social responsibility. Moreover, we examine the effects of both the corporate’s social responsibility behavior and the proportion of free-riding consumers on firms’ decisions and profits (utilities) as well as the manufacturer’s dual-channel sale. The main results can be obtained as follows: if the [loyalty](javascript:;) of the retail-channel consumers is relatively high, then the direct-sale price increases with the manufacturer’s socially responsible attention, and the retail price increases (decreases) with the manufacturer’s (retailer’s) socially responsible attention; under the manufacturer exhibiting social responsibility, the direct-sale (retail) price increases (decreases) with the proportion of free-riding consumers; the number of free-riding consumers decreases with the proportion of free-riding consumers under certain conditions; if the [loyalty](javascript:;) of the retail-channel consumers is medium, then both channel members benefit from the increase of the proportion of free-riding consumers; the increase of the manufacturer’s (retailer’s) socially responsible attention has a positive impact on the manufacturer’s dual-channel sale under certain conditions, and the decrease of the proportion of free-riding consumers also has a positive impact on the manufacturer’s dual-channel sale.

**Keywords** supply chain management; dual-channel supply chain; corporate social responsibility; free-riding behavior; game theory

1. 引 言

由于企业单纯地追求经济和利润的高速增长，从而对自然环境和人类社会产生了较为严重的不良影响。众多利益相关者期望企业能够对其商业活动承担起相应的责任。无论对于企业管理者还是学术研究者而言，企业社会责任已成为一个重要的研究课题。现今，企业社会责任不再是个体组织的内部议题，其影响已经扩展到了相关的供应链成员企业[1]。为更好地实现可持续发展，供应链成员需在追逐经济利益的同时承担相应的企业社会责任，其中主要包括对利益相关者（消费者、企业员工、社区、供应链成员等）的关注行为。例如，大型零售商特斯科通过建立生产质量管理系统来确保食品安全，同时通过完善各项制度来保护消费者权益，并为员工提供安全保障和岗位培训[2]。虽然企业的形象和商誉在很大程度上取决于企业社会责任，但企业是以利润最大化为目标的组织，其在供应链中承担社会责任时会综合考虑责任成本和企业利润，这将影响供应链成员间的博弈，并进一步影响相应的企业决策。此外，许多知名企业（如联想、戴尔、海尔等）不仅通过零售渠道来进行产品的销售，还开通了相应产品的线上直销渠道[3]。一方面，企业采用双渠道模式顺应了时代发展的需求，并改变了消费者的消费习惯和传统商业规则，进而创造了新的商业机遇[4]。另一方面，由于直销渠道产品的直销价格往往低于零售渠道产品的零售价格，故消费者往往会在零售渠道接受相关产品的销售服务后转移到直销渠道完成最终消费[5]。搭便车（消费）者的出现将会引起零售渠道与直销渠道的冲突，这也将影响供应链成员间的博弈，并进一步影响相应的企业决策。综上所述，企业社会责任和搭便车行为均会对供应链成员决策产生重要影响。因此，从供应链视角出发，针对考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链定价决策进行深入研究具有一定的理论价值和实践意义。

目前，关于双渠道供应链管理的研究主要包括无搭便车行为的双渠道供应链管理和考虑搭便车行为的双渠道供应链管理。前者主要关注定价和服务决策[6]、协调策略[7]、渠道优先供给策略[8]等。后者主要关注定价和服务决策[9]、定价和促销水平决策[10]、协调策略[11-13]等。例如，李建斌等[10]在考虑双向搭便车行为的基础上，研究了双渠道供应链成员的定价和促销水平决策；丁正平等[13]在考虑搭便车行为的基础上，研究了四种双渠道结构下各供应链成员的定价决策，并进一步探讨了相应的供应链协调策略。这里需要指出的是，参考丁正平等[13]的研究，本文考虑了产品的直销和零售价格以及搭便车者比例对市场需求的影响；不同于丁正平等[13]的研究，本文将企业社会责任纳入到企业的决策目标中。此外，关于考虑企业社会责任的供应链管理的研究主要关注采购策略[14]、定价和社会责任承担水平决策[15]、协调策略[16-18]等。例如，Modak等[17]在制造商承担社会责任情形下，研究了双渠道供应链成员的定价决策，并进一步探讨了相应的供应链协调策略；Panda[18]分别分析了零售商、制造商承担社会责任情形下的供应链定价和协调问题。这里需要指出的是，参考Modak等[17]和Panda[18]的研究，本文将企业社会责任刻画为部分消费者剩余；不同于Modak等[17]的研究，本文考虑了搭便车行为。

综上所述，不同于已有的考虑搭便车行为的双渠道供应链定价决策的研究（如丁正平等[13]），本文则是将企业社会责任纳入到企业的决策目标中，进而探讨企业的社会责任关注行为对供应链成员的定价决策和制造商双渠道销售的影响；同时，不同于已有的考虑企业社会责任的双渠道供应链定价决策的研究（如Modak等[17]），本文则是在考虑搭便车行为的基础上，研究供应链成员的定价决策和制造商双渠道销售与搭便者比例的关系。具体地，针对由一个制造商和一个零售商组成的双渠道供应链，在考虑企业社会责任和搭便车行为的基础上，分别分析制造商、零售商承担社会责任情形下供应链成员的定价决策，并进一步探讨企业的社会责任关注行为和搭便车者比例对企业决策和利润（效用）以及制造商双渠道销售的影响。

1. 问题描述与基本假设

首先对文中相关符号进行说明，然后对考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链进行描述并给出相关研究假设。

* 1. 相关符号与说明

下标“”和“”分别表示零售商和制造商；同时，上标“”和“”分别表示制造商、零售商承担社会责任情形下双渠道供应链模型。此外，相关符号说明如下：

 潜在市场规模，；

 零售渠道消费者的忠诚度（消费者对零售渠道的偏好程度），且为直销渠道消费者的忠诚度（消费者对直销渠道的偏好程度），；

 单位产品的生产成本，；

 单位直销渠道产品的销售成本，；

 单位零售渠道产品的销售成本，；

 社会责任关注度（消费者剩余关注度），；

 搭便车者比例，；

 直销价格和零售价格的交叉影响系数，；

 单位产品的批发价格，；

 产品的直销价格，；

 产品的零售价格，；

 直销渠道产品的需求量（销售量）；

 零售渠道产品的需求量（销售量）；

 搭便车者数量（在零售渠道接受相关产品的销售服务后转移到直销渠道完成最终消费的消费者数量）；

 消费者剩余；

 利润函数；

 效用函数。

* 1. 系统描述与研究假设

考虑由一个制造商和一个零售商组成的双渠道供应链，且制造商和零售商共享供应链信息。在该双渠道供应链中，制造商或零售商承担相应的社会责任。依据Goering[19]以及Lambertini和Tampier[20]，将企业社会责任刻画为部分消费者剩余；同时，由于产品的直销价格低于零售价格，进而导致搭便车者会在零售渠道接受相关产品的销售服务后转移到直销渠道完成最终消费，且零售商承担相应的销售服务成本。此外，各供应链成员按照批发价格契约进行交易，具体地，制造商将生产的产品批发销售给零售商，然后，零售商将产品销售给顾客；同时，制造商也可以通过直销渠道将产品直接销售给顾客。综上所述，双渠道供应链结构如图1所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| a 制造商承担社会责任 | b 零售商承担社会责任 |

**图1** 双渠道供应链结构

依据Kurata等[21]以及Huang和Swaminathan[22]，假设直销渠道和零售渠道的市场需求分别为

 (1)

 (2)

由式(1)和(2)，可知由零售渠道转移到直销渠道的消费者数量为，这部分消费者可进一步分成两部分，一部分是消费者直接转移到直销渠道完成最终消费，另一部分则是搭便车者在零售渠道接受相关产品的销售服务后转移到直销渠道完成最终消费，且这部分搭便车者数量为[13]

 (3)

进一步，依据Modak等[17]和Panda[18]，制造商和零售商承担的社会责任可分别表示为和，其中和分别为直销渠道和零售渠道的消费者剩余，且





若，则制造商（零售商）是以经济利益最大化的企业；若，则制造商（零售商）是以社会福利最大化的企业。

在双渠道供应链中，制造商为领导者，零售商则是追随者，各供应链成员的决策顺序为：第一阶段，制造商决定产品的批发价格和直销价格；第二阶段，在观察到制造商的决策后，零售商决定产品的零售价格。

1. 模型分析

在考虑企业社会责任和搭便车行为的基础上，分别对制造商、零售商承担社会责任情形下双渠道供应链的均衡解进行分析，并着重探讨企业的社会责任关注行为和搭便车者比例对企业决策和利润（效用）以及制造商双渠道销售的影响。

* 1. 制造商承担社会责任情形下考虑搭便车行为的双渠道供应链

在制造商承担社会责任情形下考虑搭便车行为的双渠道供应链中，零售商决定产品的零售价格，以最大化其利润；制造商则决定产品的批发价格和直销价格，以最大化其效用。零售商的利润为

 (4)

其中，是零售商为搭便车者所提供的销售服务成本。制造商的利润和效用分别为

 (5)

 (6)

其中，为制造商所关注的消费者剩余。

利用逆向归纳法，可得到命题1。这里需要说明的是，所有命题（推论）所涉及的阈值如表1所示。

**命题1** 制造商承担社会责任情形下考虑搭便车行为的双渠道供应链的均衡价格为：













其中。

**证明** 依据式(4)，有，即为关于的严格凹函数。因此，由，可得到



进而，将代入式(6)，可得到。进一步，可得到关于的海塞矩阵，即

由于

故海塞矩阵负定。因此，由和，可得到和。最后，将和代入，可得到。

此外，有，其中

进一步，有，即为关于的严格减函数。由于，故当且仅当，其中。因此，若，则恒成立。**证毕。**

这里需要指出的是，确保了产品的直销价格低于零售价格（），进而说明了搭便车者存在的合理性，且若无特殊说明，在本节的分析中不再重复强调这一假设。命题1表明：制造商的社会责任关注行为不影响产品批发价格的制定，这是因为制造商的社会责任关注行为仅与直销渠道消费者相关。

依据命题1，可得到均衡状态下，直销渠道产品销售量、零售渠道产品销售量、搭便车者数量、零售商利润、制造商利润以及制造商效用。此外，依据命题1，可得到推论1。

**推论1** （，，，）当且仅当；若，则当且仅当；若，则当且仅当；；；；；；；；当且仅当；当且仅当；当且仅当；当且仅当。

**证明** 依据命题1，有，其中

进一步，有，即为关于的严格增函数；，即为关于的严格增函数。因此，若，则。进一步，由于，故当且仅当，其中。同理可证，若，则当且仅当，其中。其余结论类似可证。**证毕。**

推论1表明：若零售渠道消费者的忠诚度较高（），则随着制造商的社会责任关注度的提高，制造商（零售商）会提高产品的直销（零售）价格，直销（零售）渠道产品销售量减少（增加），搭便车者数量减少；若单位产品的生产成本较低（）且零售渠道消费者的忠诚度较低（），则零售商利润会随着制造商的社会责任关注度的提高而增加；若单位产品的生产成本较高（）且零售渠道消费者的忠诚度较高（），则零售商利润会随着制造商的社会责任关注度的提高而增加；随着制造商的社会责任关注度的提高，制造商利润减少而其效用增加；随着搭便车者比例的增加，制造商会提高产品的批发价格和直销价格，零售商会降低产品的零售价格，直销（零售）渠道产品销售量减少（增加）；若零售渠道消费者的忠诚度较低（），则搭便车者数量会随着搭车者比例的增加而减少，这与一般直觉（搭便车者数量会随着搭便车者比例的增加而增加）相违背，产生这种情况的原因是产品的直销和零售价格差随着搭便车者比例的增加而减少，进而导致搭便车者数量的减少；若零售渠道消费者的忠诚度较低（），则零售商利润会随着搭便车者比例的增加而增加，这与一般直觉（搭便车者比例的增加会导致零售商利润减少）相违背，产生这种情况的原因是随着搭便车者比例的增加，零售商会降低产品的零售价格来刺激需求，进而导致其利润的增加；若零售渠道消费者的忠诚度较高（），则制造商利润（效用）会随着搭便车者比例的增加而增加。这里需要指出的是，若零售渠道消费者的忠诚度适中（），则搭便车者比例的增加可使供应链成员同时获益。

**命题2** 若且，则。

**证明** 依据命题1，有，其中

进一步，有，即为关于的严格减函数。由于，故当且仅当，其中。

同时，依据表1，有

其中

进一步，有

即为关于的严格增函数。由于

故当且仅当，其中。

综上，若且，则。**证毕。**

命题2表明：若搭便车者比例较低（）且零售渠道消费者的忠诚较低（），则制造商可进行双渠道销售。此外，依据命题2，可得到推论2。

**推论2** 当且仅当；当且仅当；；。

**证明** 依据表1，有，其中

进一步，可得到，即为关于的严格增函数。由于，故当且仅当，其中。其余结论类似可证。**证毕。**

推论2表明：若单位产品的生产成本适中（），则制造商的社会责任关注度的提高将促进其双渠道销售；同时，搭便车者比例的减少将促进制造商双渠道销售。

* 1. 零售商承担社会责任情形下考虑搭便车行为的双渠道供应链

在零售商承担社会责任情形下考虑搭便车行为的双渠道供应链中，零售商决定产品的零售价格，以最大化其效用；制造商则决定产品的批发价格和直销价格，以最大化其利润。零售商的利润和效用分别为

(7)

(8)

制造商的利润为

(9)

利用逆向归纳法，可得到命题3。

**命题3** 零售商承担社会责任情形下考虑搭便车行为的双渠道供应链的均衡价格为：

其中。

**证明** 依据式(8)，有，即为关于的严格凹函数。因此，由，可得到

进而，将代入式(9)，可得到。进一步，可得到关于的海塞矩阵，即

由于，，故海塞矩阵负定。因此，由和，可得到和。最后，将和代入，可得到。

此外，有，其中

进一步，有，即为关于的严格减函数。由于，故当且仅当，其中。因此，若，则恒成立。**证毕。**

这里需要说明的是，与的含义一致，故这里不再赘述，且若无特殊说明，在本节的分析中不再重复强调这一假设。命题3表明：由于制造商具有先动优势，故零售商的社会责任关注行为不影响产品的批发价格和直销价格的制定；同时，产品直销价格的制定与搭便车者比例无关。

依据命题3，可得到均衡状态下，直销渠道产品的销售量、零售渠道产品的销售量、搭便车者数量、零售商利润、零售商效用以及制造商利润。类似于推论1的分析，可得到一些相似的结论，故这里不再赘述。此外，依据命题3，可得到推论3。

**推论3**  当且仅当；；；；当且仅当；当且仅当。

**证明** 依据命题3，有，其中

进一步，有，即为关于的严格减函数。由于，故当且仅当，其中。其余结论类似可证。**证毕。**

推论3表明：若零售渠道消费者的忠诚度较高（），则零售商会随着其社会责任关注度的提高而降低产品的零售价格，这一结论与零售商会随着制造商的社会责任关注度的提高而提高产品的零售价格的结论是不一致的；随着零售商的社会责任关注度的提高，制造商利润增加，零售商利润减少而其效用增加；若零售渠道消费者的忠诚度较低（），则搭便车者数量会随着搭便车者比例的增加而增加，这一结论与制造商承担社会责任情形下搭便车者数量会随着搭便车者比例的增加而减少的结论是不一致的；若零售渠道消费者的忠诚度较低（），则零售商效用会随着搭便车者比例的增加而增加。

**命题4** 若且，则。

**证明** 依据命题3，有，其中

进一步，有，即为关于的严格减函数。由于，故当且仅当，其中。

此外，依据表1，有，其中

进一步，有，即为关于的严格增函数。由于，故当且仅当，其中。

综上，若且，则。**证毕。**

命题4表明：若搭便车者比例较低（）且零售渠道消费者的忠诚度较低（），则制造商可进行双渠道销售。类似于推论2的分析，可知在零售商承担社会责任情形下，搭便车者比例的减少同样会促进制造商双渠道销售。此外，依据命题4，可得到推论4。

**推论4** 当且仅当。

**证明** 依据表1，有，其中

进一步，有，即为关于的严格减函数。由于，故当且仅当，其中。**证毕。**

推论4表明：若单位产品的生产成本较高（），则零售商的社会责任关注度的提高会促进制造商双渠道销售，这一结论与制造商的社会责任关注度的提高对其双渠道销售产生负面影响的结论是不一致的。

* 1. 社会责任承担情境对均衡结果的影响

依据命题1和2，可得到命题5。

**命题5** 假定且。；当且仅当；当且仅当。

**证明** 依据命题1和2，有，其中

进一步，有，即为关于的严格增函数。由于，故当且仅当，其中。其余结论类似可证。**证毕。**

命题5表明：在制造商和零售商承担社会责任情形下，制造商将始终采用统一的批发价格；若单位产品的生产成本较低（），则与制造商承担社会责任情形相比，在零售商承担社会责任情形下，制造商（零售商）采用更低的直销（零售）价格。

为了更好地理解制造商、零售商承担社会责任情形下企业利润之间的关系，进行相应的数值实验且实验结果如图2和3所示，其中相关参数的取值为：、、、、、、、。这里需要指出的是，这些参数取值均满足上文提及的研究假设，即。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **图2** 零售商利润和零售渠道消费者的忠诚度 | **图3** 制造商利润和零售渠道消费者的忠诚度 |

由图2和3可知，与制造商承担社会责任情形相比，在零售商承担社会责任情形下，零售商在零售渠道消费者的忠诚度较低（）时获得更多的利润，且制造商获得更多的利润。

1. 结束语

由于企业社会责任和搭便车行为对双渠道供应链成员决策产生重要影响，故考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链管理的重要性日益凸显。鉴于此，针对由一个制造商和一个零售商组成的双渠道供应链，在考虑企业社会责任和搭便车行为的基础上，分别研究制造商、零售商承担社会责任情形下供应链成员的定价决策，并着重探讨企业的社会责任关注行为和搭便车者比例对企业决策和利润（效用）以及制造商双渠道销售的影响。通过研究得到以下管理启示：1) 若零售渠道消费者的忠诚度较高（较低），则随着制造商的社会责任关注度的提高，制造商应提高（降低）产品的直销价格，零售商应提高（降低）产品的零售价格，而随着零售商的社会责任关注的提高，零售商应降低（提高）产品的零售价格；2) 若单位产品的生产成本适中，则制造商应适当提高其社会责任关注度以促进其双渠道销售；3) 随着搭便车者比例的增加，在制造商承担社会责任情形下，制造商应提高产品的批发价格和直销价格，零售商应降低产品的零售价格，而在零售商承担社会责任情形下，制造商应提高产品的批发价格，零售商应降低产品的零售价格。

本文仍存在一些局限性，今后需要进一步开展的研究工作为：1) 研究考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链协调；2) 研究不同渠道领导力下考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链定价决策与协调；3) 研究不完全信息情境下考虑企业社会责任和搭便车行为的双渠道供应链定价决策与协调。

参考文献：

1. Ashby A, Leat M, Hudson-Smith, M. Making connections: A review of supply chain management and sustainability literature [J]. Supply Chain Management, 2012, 17(5): 497-516.
2. 戴 勇. 食品安全社会共治模式研究: 供应链可持续治理的视角[J]. 社会科学, 2017, 38(6): 47-58.
3. Cao E. Coordination of dual-channel supply chains under demand disruptions management decisions [J]. International Journal of Production Research, 2014, 52(23): 7114-7131.
4. Liu Y, Fan C, Ding C, et al. Pricing and channel structures selection considering free-riding behavior [C]//Control And Decision Conference (CCDC), 2017 29th Chinese. IEEE, 2017: 4653-4659.
5. Zhou Y W, Guo J, Zhou W. Pricing/service strategies for a dual-channel supply chain with free riding and service-cost sharing [J]. International Journal of Production Economics, 2018, 196: 198-210.
6. 李 伟, 李 凯, 安 岗. 考虑渠道势力与服务负溢出效应的双渠道供应链决策研究[J]. 管理学报, 2017, 14(5): 767-774.
7. 王先甲, 周亚平, 钱桂生. 生产商规模不经济的双渠道供应链协调策略选择[J]. 管理科学学报, 2017, 20(1): 17-31.
8. Xiao T, Shi J J. Pricing and supply priority in a dual-channel supply chain [J]. European Journal of Operational Research, 2016, 254(3): 813-823.
9. Zhou Y W, Guo J, Zhou W. Pricing/service strategies for a dual-channel supply chain with free riding and service-cost sharing [J]. International Journal of Production Economics, 2018, 196: 198-210.
10. 李建斌, 朱梦萍, 戴 宾. 双向搭便车时双渠道供应链定价与销售努力决策[J]. 系统工程理论与实践, 2016, 36(12): 3046-3058.
11. Pu X, Gong L, Han X. Consumer free riding: coordinating sales effort in a dual-channel supply chain [J]. Electronic Commerce Research & Applications, 2017, 22: 1-12.
12. Xing D, Liu T. Sales effort free riding and coordination with price match and channel rebate [J]. European Journal of Operational Research, 2012, 219(2): 264-271.
13. 丁正平, 刘业政. 存在搭便车时双渠道供应链的收益共享契约[J]. 系统工程学报, 2013, 28(3): 370-376.
14. Carter C R, Jennings M M. The role of purchasing in corporate social responsibility: A structural equation analysis [J]. Journal of Business Logistics, 2004, 25(1): 145-186.
15. 应佩佩, 刘 斌. 考虑企业社会责任缺失的双渠道供应链决策模型[J]. 中国管理科学, 2016, 24: 626-633.
16. 范建昌, 倪得兵, 唐小我, 等. 企业社会责任与供应链产品质量选择及协调契约研究[J]. 管理学报, 2017, 14(9): 1374-1383.
17. Modak N M, Panda S, Sana S S, et al. Corporate social responsibility, coordination and profit distribution in a dual-channel supply chain [J]. Pacific Science Review, 2014, 16(4): 235-249.
18. Panda S. Coordination of a socially responsible supply chain using revenue sharing contract [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2014, 67: 92-104.
19. Goering G E. Corporate social responsibility and marketing channel coordination [J]. Research in Economics, 2012, 66(2):142-148.
20. Lambertini L, Palestini A, Tampieri A. CSR in an asymmetric duopoly with environmental externality [J]. Southern Economic Journal, 2016, 83(1): 236-252.
21. Kurata H, Yao D Q, Liu J J. Pricing policies under direct vs. indirect channel competition and national vs. store brand competition [J]. European Journal of Operational Research, 2007, 180(1): 262-281.
22. Huang W, Swaminathan J M. Introduction of a second channel: Implications for pricing and profits [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 194(1): 258-279.

**附 录**

**表1 阈值说明**

|  |  |
| --- | --- |
| 命题（推论） | 阈值 |
| 命题1 |  |
| 推论1 |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 命题2 |  |
| 推论2 |  |
|  |  |
| 命题3 |  |
| 推论3 |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 命题4 |  |
| 推论4 |  |
| 命题5 |  |

1. **收稿日期：**2018-09-xx

   **基金项目：**中国博士后科学基金项目(2017M621724); 国家杰出青年科学基金项目(71425001). [↑](#footnote-ref-1)