

付费会员制视频平台的供应链模式选择与定价策略^①

蒋忠中^{1,2*}, 李坤洋^{1,2}, 张迎香³, 何娜^{1,2}

(1.东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110167;

2.东北大学 行为与服务运作管理研究所, 辽宁 沈阳 110167;

3.上海财经大学 商学院, 上海 200433)

摘要: 在线视频行业的发展产生了新的盈利模式(付费会员制)与供应链模式(分账模式), 以传统零售制视频平台与买断模式为核心的现有视频定价理论与方法无法指导新实践。为此, 本文研究两种不同供应链模式下付费会员制视频平台的定价策略, 并分析其供应链模式选择策略。研究发现: 随着视频质量增加, 付费会员制视频平台在买断模式下将依次采用“会员免费”、“会员优惠”和“对称定价”定价策略, 而分账模式下仅会采用“会员优惠”和“对称定价”定价策略; 付费会员制视频平台的供应链模式选择策略主要由视频质量决定, 质量较低(高)时, 应选择买断(分账)模式。此外, 本文亦发现, 付费会员制视频平台并不从普通用户处直接获取点播收入, 其收入结构由现有会员占比决定; 分账模式在一定条件能够激励其引进高质量视频。通过将模型拓展至会员专享视频情形, 证明了本文主要结论的稳健性。本文为付费会员制视频平台的经营决策与在线视频行业发展提供了有益管理启示。

关键词: 在线视频; 视频平台; 付费会员制; 供应链模式; 双渠道定价

中图分类号: F272 **文献标识码:** A **文章编号:**

0 引言

伴随行业变迁, 中国主要视频平台的盈利模式经历了从免费到付费的重大转变。2010年以前, 以优酷网和土豆网为代表的视频平台主要通过免费向用户提供视频节目而从广告商处收取广告费用的方式盈利^[2]。广告投放是视频平台在该阶段面临的主要问题, 部分学者从双边市场视角对此进行研究^[3,4]。2010年之后, 在内容成本上涨、用户广告厌恶程度增大与居民可支配收入上升等多种因素作用下, 中国诸多视频平台陆续开启以付费业务为代表的进一步商业化探索^[2], 付费会员制便由此诞生并逐步成为视频平台最主要且最具代表性的盈利模式。2018年8月, 爱奇艺发布财

报称其会员收入首次超过广告收入成为第一大收入来源, 随后于2019年6月宣布其付费会员数量突破1亿。腾讯视频亦于2020年11月发布业绩报告称其付费会员数量突破1.2亿^②。

以是否拥有会员资格为标准, 付费会员制视频平台的用户可分为会员用户(拥有会员资格的用户)与普通用户(无视频平台会员资格的用户)两类, 前者通常享有价格折扣与高级视听效果等优惠, 后者则无法享有此种待遇, 但可通过付费购买会员资格成为会员用户^③。例如, 优酷视频2021年上线播出的电影《正义联盟: 扎克·施耐德版》^④非会员价格为12元, 会员价格为6元, 普通用户最高只能使用720P清晰度, 而会员用户

^① 收稿日期: ; 修订日期:

基金项目: 国家自然科学基金项目(71971052); 中央高校基本科研业务费优秀青年人才项目(N2006006)。

通讯作者: 蒋忠中(1979—), 男, 湖南祁阳人; 东北大学工商管理学院教授, 博士生导师; 研究方向: 行为与服务运作管理、物流与供应链优化; Email: zzjiang@mail.neu.edu.cn。

^② 参见媒体资讯: <https://www.ithome.com/0/400/731.htm>; <https://tech.huanqiu.com/article/9CaKrnK15ps>; <https://tech.sina.com.cn/roll/2019-12-28/do-c-iihnzakh0500158.shtml> (访问日期: 2022年5月11日)。

^③ 付费会员制下, 以普通用户观看视频是否需要付费(浏览广告)为标准, 可将视频平台的盈利模式进一步划分为“付费”与“免费+广告”两类。鉴于“免费+广告”模式因不存在视频定价问题而超出了本文研究范围, 本文仅将“付费”模式作为研究对象。

^④ 数据来源于优酷视频客户端(访问日期: 2021年5月20日)。

可以将清晰度设置为 1080P 以上。

与传统零售制视频平台相比,付费会员制视频平台的定价决策具有双渠道定价特征,即后者需同时决定视频节目的会员价格和非会员价格。因此,付费会员制视频平台的定价决策比采用统一定价方式的传统视频平台更为复杂。此外,付费会员制视频平台的总收入包含点播收入(用户为观看视频向视频平台支付的费用)与会员费收入(用户为购买会员资格向视频平台支付的费用)两部分,且二者相互影响。具体地,若增大会员折扣力度(视频节目会员价格和非会员价格的相对差额),可吸引更多普通用户支付会员费转为会员用户,从而提高平台的会员费收入,但会导致普通用户直接购买视频节目的需求降低,由此可能降低点播收入。同理,减小会员折扣力度则存在降低会员费收入的风险。上述会员费收入与点播收入的相互作用使付费会员制视频平台定价策略的复杂性进一步加剧。综上,付费会员制视频平台该如何面向会员用户和普通用户进行差别定价?哪一用户群体是付费会员制视频平台主要的收入来源?本文将对上述问题进行探讨。

另一方面,付费会员制普及的同时,分账模式作为一种新型在线视频供应链模式出现并得到迅速发展^[10]。与传统以版权交易为核心的买断模式相比,分账模式下视频平台的内容成本与视频点播人数挂钩。具体地,买断模式下,视频播出收益归视频平台独有,而分账模式下,视频平台需要按单位需求的分账价格与影视公司共享视频播出收益。鉴于上述差异,买断模式与分账模式下付费会员制视频平台的定价策略存在何种区别?两种供应链模式的适用条件分别是什么?供应链模式对付费会员制视频平台的需求、利润及收入结构具有何种影响?本文将回答上述问题。此外,一些媒体报道表示,视频版权成本过高会对在线视频行业发展带来不利影响,对视频平台造成巨额亏损^⑤,而分账模式的出现源于影视剧版权费用的上涨,并声称分账模式能够缓解视频平台成本压力^⑥。本文将对上述观点进行理论验证。

1 文献综述

视频定价是与本文最密切相关的研究领域。

在线视频平台出现之前,已有部分学者在研究电视台等传统影视行业从业主体的竞争与分销等问题时提及视频定价问题^[5,6]。其中,Armstrong^[5]在对付费电视企业的竞争策略进行研究时分析了使企业利润最大化的定价策略。Gal-Or 和 Duker^[6]在探究电视台差异化策略的同时分析了电视台的价格竞争。2005 年以后,YouTube 与土豆网等现代意义上的视频平台相继诞生。然而,早期视频平台普遍采用与报刊及杂志等媒体企业相似的“双边市场”商业模式,因而这一时期的相关研究主要从媒体平台切入^[3-4],缺少关于视频平台的针对性研究。随着行业发展,视频平台的商业模式和运营方式逐渐显示出自身特性,其定价问题吸引较多学者关注。Cheng 等^[7]从消费者选择行为视角研究视频平台定价决策,且揭示了定价与广告的相关性。Xu 和 Ling^[8]分析了垄断视频网站采用付费、免费和混合三种商业模式的条件。考虑正负交叉网络外部性,易余胤和李贝贝^[2]探究了两个彼此竞争的视频平台在对称免费、对称付费和不对称免费三种竞争模式下的定价策略。鉴于 UGC 视频与版权视频的差异,尹鹏等^[9]研究了 UGC 视频平台的定价策略,并分析不同竞争条件对平台定价的影响。蒋忠中等^[10]则在分析视频平台定价决策时考虑了在线视频供应链模式的影响。此外,部分学者在研究视频定价时考虑了视频试看的影响,例如,李子庆和谭德庆^[11]研究指出高质量运营商提供节目试看时应采用收费模式,此时低质量运营商应采用免费模式。在此基础上,李志鹏等^[12]引入 Bass 模型,揭示了用户关于网络视频的口碑扩散过程对视频节目定价的影响。王文怡等^[13]则分析了视频免费试看对平台收益及免费或付费策略选择的影响,并进一步考虑了正负试看效应、消费者学习成本等因素的作用。

由于视频平台同时兼有媒体平台和在线内容平台的特性,关于媒体平台与在线内容定价的研究亦与本文相关^[3-4,14-21]。一些学者从双边市场视角探讨媒体平台定价,例如,朱振中和吕廷杰^[3]分析了具有负交叉网络外部性的媒体平台之间寡头垄断竞争时的定价策略,指出企业对消费者的定价与媒体企业的相互替代性负相关。相似地,考虑负交叉网络外部性,程贵孙^[4]探究了单边收费

^⑤ 参见媒体资讯: <http://news.sohu.com/20110801/n315142781.shtml>; <https://www.chinairn.com/news/20170925/150430356.shtml> (访问日期: 2022 年 5 月 11 日)。

^⑥ 参见媒体资讯: <http://www.dvbcn.com/p/84654.html>; <https://www.chyxx.com/industry/201907/753845.html> (访问日期: 2022 年 5 月 11 日)。

与双边收费模式下垄断媒体平台的最优定价决策。此外, Godes 等^[14]研究指出竞争通常会降低媒体企业定价。部分学者探讨了在线内容平台的定价策略, 例如, Pauwels 和 Weiss^[15]实证分析了在线内容提供者将盈利模式从“免费”调整为“免费+付费”对企业收入和用户增长的影响。Lambrecht 和 Misra^[16]探讨了在线内容提供商的收费时机, 利用分析模型和实践数据证明企业在需求高峰期应提供更多的免费内容, 而在需求低迷时提供更多的付费内容。Xu 和 Duan^[17]研究了提供订阅服务和广告服务的在线内容提供商在参考价格效应下如何设定最优订阅价格。Jiang 等^[18]研究了消费者多归属行为对两个彼此竞争的在线内容分销商定价策略的影响。此外, Shiller 和 Waldfogel^[19]与 Danaher 等^[20]使用实证方法研究了数字音乐的最优定价策略。Li 等^[21]对比分析了所有权、订阅制和混合定价模式三种在线音乐定价策略。

综上所述, 关于视频定价的现有研究已取得一定成果, 部分关于媒体平台与在线内容定价的研究也在一定程度上为视频平台的定价决策提供了理论支撑与实践启示。然而, 由于付费会员制视频平台的盈利模式与传统零售制视频平台相比具有多元性与复杂性, 上述文献均无法回答付费会员制视频平台如何面向会员用户与普通用户进行差别定价这一关键问题。与此同时, 虽然该问题与目前已得到较多研究的双渠道定价问题具有相似性, 然而关于双渠道定价的现有研究主要关注双渠道问题中以两个市场为特征的市场结构的影响^[22-25], 对本文所关注的对于定价主体存在渠道收益(即会员费收入)的特殊双渠道缺乏研究, 故现有双渠道定价的研究成果亦无法指导付费会员制视频平台的定价决策。本文主要贡献即是通过数学优化模型刻画出付费会员制特征, 揭示付费会员制视频平台面向会员用户和普通用户的差别定价策略。

此外, 少数学者围绕在线视频供应链模式进行了研究^[26-28]。Stennek^[26]研究指出独家分销可以激励内容提供商投资高质量内容, 从而迫使竞争对手降价。D'Annunzio^[27]探讨了媒体市场的垂直整合如何影响优质内容投资。Kim 和 Mo^[28]利用博弈论方法分析了在线视频供应链中直接分销渠道商业化的影响。同时, 一些关于其他行业的现有研究亦表明供应链模式是影响供应链成员决策与利润的重要因素^[29-33]。与本文最相关的是文

献^[10], 其构建了买断模式与分账模式下零售制视频平台与影视公司的 Stackelberg 博弈, 对比分析了供应链模式对视频平台与影视公司最优决策及利润的影响。与其相比, 本文以付费会员制视频平台为研究对象, 构建优化模型而非博弈模型, 探讨视频平台在视频质量给定时的供应链模式选择与定价策略, 且考虑了用户结构与会员特权等因素。

综上所述, 本文创新地将付费会员制特征纳入视频平台定价优化模型, 分别研究两种供应链模式下付费会员制视频平台的定价策略, 探讨两种供应链模式的适用条件, 并进一步揭示供应链模式、视频质量与会员特权等因素对视频平台定价、利润、需求与收入结构的影响。研究成果将丰富并发展在线视频运营管理理论、供应链模式理论及双渠道定价理论, 同时对视频平台、在线视频及其相关行业的实践具有现实意义。

2 模型假设

2.1 问题描述

考虑一个垄断付费会员制视频平台(除有特别说明处外, 下文中的“视频平台”即代指该平台), 根据爱奇艺和腾讯视频等视频平台的付费会员制运作方式, 假设其向会员用户和普通用户提供差异化价格与服务, 会员用户在观看视频时通常享有优惠价格, 且拥有高清晰度、高级声音效果、高品质缓存等专属特权, 普通用户可在支付会员费 m 购买会员资格后成为会员用户。因本文关注短期内单个视频的定价策略, 故假设会员费为外生参数。由于本文旨在优化给定会员特权时视频平台从单个视频中获得的收益, 故假设视频平台提供会员特权的成本为 0。

视频平台通过播出付费视频获得点播收入和会员费收入。考虑一个质量为 q 视频节目 V , 视频平台需决定其会员价格 p_m 与非会员价格 p_n ($p_n \geq p_m$), 以最大化总收入(点播收入+会员费收入)。其中, 质量 q 代表视频的商业价值, 它是综合剧情、演技、场景、特效、音效、艺术性与价值观等多种元素吸引消费者的能力。同时, 在关于在线视频以及其他在线内容的运营管理研究中, 假设视频平台与消费者对内容质量有一致评价是一种较为普遍的处理方法, 可参见 Jiang^[18]等、Dey 等^[35]、Wu 等^[36]的论文。此外, 假设视频平台在引

进该视频节目时可采用买断模式或分账模式，两种模式将在下一节详细讨论。

2.2 市场结构

假设市场潜在用户规模为1，其中 $\beta(0 < \beta < 1)$ 比例的用户在视频 V 播出时为会员用户（即现有会员用户占比为 β ），其余 $1 - \beta$ 比例的用户为普通用户。为简化模型并聚焦主要问题，假设会员用户的会员资格足以持续到其看完该视频，即本文不存在会员资格的失效问题。会员用户和普通用户对视频节目分别具有异质性偏好（即支付意愿） θ_m 与 θ_n ，鉴于两类用户面对同一视频，而用户类型与用户对视频的偏好是两类相互独立的属性，故假设 θ_m 与 θ_n 服从同一 $[0,1]$ 均匀分布。

本文在下一节基础模型中探讨一般视频，即假设会员用户和普通用户均可观看的视频，第5节将拓展分析会员专享视频，即仅会员用户可观看的视频。以下是一般视频情景下的市场结构。

若会员用户 i 选择观看视频，则其获得效用 $U_m^i = \theta_m^i q(1+k) - p_m$ 。其中， $k(k > 0)$ 代表会员特权，包括但不限于前文提及的高清晰度、高级声音效果与高品质缓存。实践中，会员特权一般体现在视频播放中，故本文假设质量与会员特权存在交互作用，相似假设可参见 Xu 和 Ling^[8] 与 Li 等^[21] 的论文。设 θ_m^0 为会员用户观看和不观看视频效用相等时的无差异点，仅偏好在 $[\theta_m^0, 1]$ 区间的会员用户会观看视频（下文称该群体为老会员用户）。令 $U_m^i = 0$ ，得 $\theta_m^0 = p_m / [q(1+k)]$ ，故老会员用户需求函数为： $D_m(p_m) = 1 - p_m / [(1+k)q]$ 。图1呈现了会员用户的市场细分。

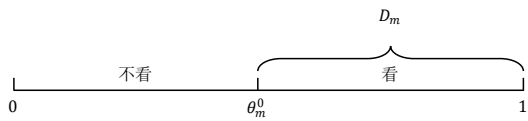


图1 会员用户市场细分

Fig. 1 Market segmentation of users with membership

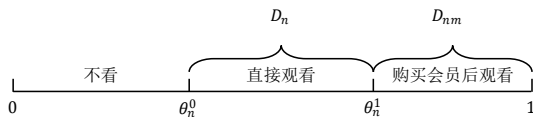


图2 普通用户市场细分

Fig. 2 Market segmentation of normal users

普通用户可选择直接观看视频或购买会员资格后观看视频，前者效用为： $U_n^j = \theta_n^j q - p_n$ ，后者效用为： $U_{nm}^j = \theta_n^j q(1+k) - p_m - m$ 。设 θ_n^0 为直接

观看视频和不观看视频效用相等时的无差异点， θ_n^1 为直接观看视频和购买会员资格后观看视频效用相等时的无差异点。因此，偏好在 $[\theta_n^1, 1]$ 区间的普通用户会选择购买会员后观看视频（下文称该群体为新会员用户），偏好在 $[\theta_n^0, \theta_n^1]$ 区间的普通用户会直接观看视频（下文称该群体为非会员用户），而偏好位于 $[0, \theta_n^0]$ 区间的普通用户不会观看视频。分别令 $U_n^j = 0$ ， $U_n^j = U_{nm}^j$ ，得 $\theta_n^0 = p_n / q$ ， $\theta_n^1 = (m + p_m - p_n) / kq$ 。故新会员用户和非会员用户的需求函数分别为： $D_{nm}(p_m, p_n) = 1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq}$ 和 $D_n(p_m, p_n) = \frac{m + p_m - (1+k)p_n}{kq}$ 。图2呈现了普通用户的市场细分。

基于现实，假设 $D_m(p_m) \geq 0$ ， $D_n(p_m, p_n) \geq 0$ ， $D_{nm}(p_m, p_n) \geq 0$ ，即 $p_m \leq q(1+k)$ ， $(1+k)p_n - p_m \leq m$ ， $p_m - p_n \leq kq - m$ 。同时，由于会员特权能够带来附加效用，故假设当会员价格和非会员价格相等时也存在普通用户购买会员资格后观看视频的情况，即 $kq - m \geq 0$ 。

2.3 符号说明

表1列出了本文模型的符号及其说明。

表1 模型符号及说明

Table 1 Summary of notation

符号	说明
X	上角标， $X \in \{B, S\}$ ，分别代表买断模式和分账模式
Y	下角标， $Y \in \{m, nm, n\}$ ，分别代表老会员用户、新会员用户和非会员用户
p_m	视频节目的会员价格
p_n	视频节目的非会员价格
θ	用户对视频节目的偏好 ($0 \leq \theta \leq 1$)
m	会员费，即用户购买会员资格的费用
w	视频版权费率，即单位质量的版权费
u	分账价格，即分账模式下视频平台每单位需求应付影视公司的费用
u_0	基准分账价格
γ	视频质量对分账价格的影响系数

- k 会员特权，代表会员资格额外对观看视频质量产生的正效应
- β 现有会员占比，即现有会员用户在市场中所占比例 ($0 < \beta < 1$)
- D_Y 用户群体 Y 的需求
- D 市场总需求， $D = D_m\beta + (D_{nm} + D_n)(1 - \beta)$
- q 视频节目的质量 ($q \geq m/k$)

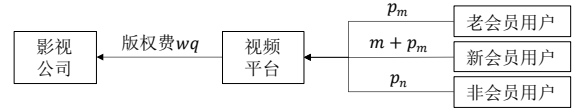


图3 买断模式下视频平台的收支结构

Fig. 3 The income and expenditure structure of the video platform under buyout mode

买断模式下，视频平台向上游影视公司购买视频版权，并根据视频质量向其支付版权费。鉴于实践中版权费与视频质量正相关，且参照现有文献建模方法^[10]，设版权费为线性函数： wq ，其中 w 是视频版权费率，即单位质量的版权费。由于版权费率在现实中往往因行业规范或市场行情的限制而在短期内较为稳定，为聚焦核心问题并简化模型，本文假设其为外生参数。图3展示了买断模式下视频平台的收支结构。结合市场需求函数，买断模式下视频平台的决策优化模型为：

3 视频平台的决策优化模型及分析

考虑视频平台引进视频节目时可采用的两种供应链模式，一是买断模式，即视频平台支付版权费一次性买断视频节目版权，随后独享视频播出收益；二是分账模式，即视频平台按视频需求向上游影视公司支付费用。接下来分别分析两种供应链模式下视频平台的最优定价策略。

3.1 买断模式

$$\max_{p_m, p_n} \Pi = p_m\beta \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] + (p_m + m)(1 - \beta) \left(1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq} \right) + p_n(1 - \beta) \frac{m + p_m - p_n(1+k)}{kq} - wq \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} q(1+k) - p_m \geq 0 \\ m - p_n(1+k) + p_m \geq 0 \\ kq - m - p_m + p_n \geq 0 \\ p_n - p_m \geq 0 \\ p_m \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中，目标函数由4个部分构成，分别是：老会员用户带来的点播收入、新会员用户带来的

点播收入与会员费收入、非会员用户带来的点播收入和视频版权成本。约束条件中，前3项为需求非负约束，第4项确保会员价不高于非会员价，第5项为价格非负约束。构造库恩-塔克条件求解该优化模型，得命题1。

命题1 买断模式下，视频平台存在3种市场均衡（详见表2，证明见附录）。

进一步分析命题1可得推论1至推论4。

表2 买断模式下视频平台的最优定价与利润

Table 2 Optimal pricing and profit of the video platform under buyout mode

定价/利润	质量区间		
	$m/k \leq q < q_1$	$q_1 \leq q < q_2$	$q \geq q_2$
p_m^{B*}	0	$\frac{q(1+k) + 2m(\beta-1)}{2}$	$\frac{m}{k}$
p_n^{B*}	$\frac{m}{1+k}$	$\frac{q(1+k) + 2m\beta}{2(1+k)}$	$\frac{m}{k}$
Π^{B*}	Π_1^B	Π_2^B	Π_3^B

注： $q_1 = \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$ ， $q_2 = \frac{2m[1+k(1-\beta)]}{k(1+k)}$ ， $\Pi_1^B = \frac{m^2(\beta-1)}{q(1+k)} - qw + m(1-\beta)$ ，

$\Pi_2^B = \frac{q(1+k-4w)}{4} + \frac{m^2\beta(\beta-1)}{q(1+k)}$ ， $\Pi_3^B = \frac{m^2[k(2+k)(\beta-1)-1]}{qk^2(1+k)} - qw + m\left(1-\beta+\frac{1}{k}\right)$ 。

推论1 买断模式下，1) 视频质量较低时

($m/k \leq q < q_1$)，视频平台应采用“会员免费”定价策略。2) 质量适中时 ($q_1 \leq q < q_2$)，视频平台应采用“会员优惠”定价策略。3) 质量较高时 ($q \geq q_2$)，视频平台应采用“对称定价”定价策略(证明略)。

推论 1 说明，买断模式下存在 3 种视频平台定价策略：

1) 视频质量较低时，溢价能力有限，点播收入较低，此时视频平台主要依靠会员费收入盈利。由于增大会员折扣能够吸引新会员用户，将会员价格设为 0 能最大化新会员用户需求，由此产生的正效应(会员费收入增加)将超过负效应(老会员用户利润贡献减少)，故视频平台将采用“会员免费”定价策略。

2) 视频质量适中时，一方面，由于质量和价格的上升，视频将产生更多点播收入，同时会员费仍是视频平台的重要收入来源，因而视频平台仍需提供一定会员折扣以吸引新会员用户。另一方面，质量适中的视频在会员特权作用下能够产生一定附加效用，此时视频平台无须提供过高折扣，故采用“会员优惠”定价策略。

3) 视频质量较高时，由于高质量视频的会员附加效用对新会员用户的吸引力已足够高，视频平台已无需向会员用户提供折扣，故此时采用“对称定价”策略。

值得说明的是，“会员免费”与“会员优惠”定价策略已在实践中得到广泛采用。虽然目前的实践中尚未出现采用“对称定价”定价策略的案例，视频平台出于对会员用户公平关切行为的考虑和激烈的行业竞争均是其潜在原因。然而，推论 1 对实践具有理论指导作用。

推论 2 买断模式下，视频质量较低或较高时 ($m/k \leq q < q_1$ 或 $q \geq q_2$)，其会员价格与非会员价格均不受质量影响；质量适中时 ($q_1 \leq q < q_2$)，会员价格与非会员价格均随质量的增大而增加(证明略)。

推论 2 表明，视频质量对价格的影响有限，质量较低和较高时，视频会员价格与非会员价格均不随质量变动而改变，仅当质量适中时，视频价格随着质量的增加而上涨。其原因是：视频质量较低时，会员附加效用较低，视频平台为获取更多的会员费收入，将最大化会员价格与非会员价格的差值以增加新会员用户需求，从而将会员价格设为最低值 0。对于非会员价格，其以会员价

格为参照保持在一个相对较大值，便可引导普通用户选择购买会员后观看。故此时会员价格和非会员价格不受质量影响。

当视频质量增加到一定高度时，会员特权产生的附加效用已具有一定吸引力，通过提高会员价格和非会员价格，并使二者之间保持一定比例的差值以引导普通用户购买会员资格，所产生的正效应(边际利润增加)将超过负效应(老会员用户需求减少)，故此时会员价格和非会员价格将随视频质量的增加而提高。

当视频质量进一步增大至一定阈值时，高质量视频带来的附加效用足以吸引普通用户购买会员资格，此时会员价格与非会员价格的差值将不再具有引导普通用户成为会员用户的作用。由于缺少扩大新会员用户需求的作用，进一步提高会员价格所产生的负效应(老会员用户需求减少)将超过正效应(边际利润增加)，故此时价格会达到上限，不再随质量变化。此外，随着质量的增大，视频的会员价格和非会员价格会趋同。

此外，推论 2 亦指出，总体上，视频会员价格与非会员价格均随视频质量的增大而增加。

推论 3 买断模式下，视频质量对视频平台利润具有非单调影响。质量较低时 ($q < q^{B*}$)，平台利润随质量的增大而增加；质量较高时 ($q \geq q^{B*}$)，平台利润随质量的增大而减少。其中， q^{B*} 的具体表达式参见附录(证明见附录)。

实践中，视频平台普遍热衷于向用户提供尽可能高质量的视频。然而，推论 3 证明，视频平台在采用买断模式时盲目推崇高质量的视频并不明智。这是因为，视频质量所带来的边际收益会随质量增加而减少，当视频质量不够高时，边际收益高于边际成本(版权费率)，此时平台利润随质量的增大而增加；而当视频质量足够高时，边际收益将低于边际成本，此时平台利润随视频质量的增大而减少。

推论 3 提供了如下管理启示：视频平台在采用买断模式时不应盲目追求高质量的视频，应当深入了解市场行情，对版权费率进行认真评估，引进质量最合理的视频节目。

推论 4 高版权费率会阻碍视频平台购买高质量视频，从而对在线视频行业的良性发展将产生负面影响(证明见附录)。

如引言中所述，“高额的版权成本会阻碍在线视频发展”这一观点已经成为了诸多实践者的共

识，本文则首次应用数学模型为该论断提供了理论支撑。如推论 4 所述，由于视频平台所应购买视频的最优质量随版权费率的增大而降低，版权费率越高，视频平台越倾向于购买低质量的视频，高质量视频因此难以得到青睐，从而使上游影视公司降低所制作视频的质量，进而阻碍在线视频行业的健康发展。因此，诚然高质量视频理应得到高版权费回报，但为避免“劣币驱逐良币”现象发生，视频节目的版权费率需控制在合理范围里，实践亦证实了该结论。国家广播电视总局于 2018 年发布《关于进一步加强广播电视和网络视听文艺节目管理的通知》，要求严格控制推高视频制作成本的行为，从而抑制视频版权费的恶性增长，以促进行业高质量发展。

3.2 分账模式

分账模式下，视频平台根据视频节目播出情况向上游影视公司支付费用。实践中，不同视频平台的分账规则存在差异，但按观众数量计算分

$$\max_{p_m, p_n} \Pi = (p_m - u_0 - \gamma q) \beta \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] + (p_m + m - u_0 - \gamma q)(1 - \beta) \left(1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq} \right) + \frac{m + p_m - p_n(1+k)}{kq} (1 - \beta)(p_n - u_0 - \gamma q) \quad (3)$$

$$s.t. \begin{cases} q(1+k) - p_m \geq 0 \\ m - p_n(1+k) + p_m \geq 0 \\ kq - m - p_m + p_n \geq 0 \\ p_n - p_m \geq 0 \\ p_m - u_0 - \gamma q \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

其中，目标函数的 3 个部分分别是：老会员

账收入是分账模式的核心特征^⑦。设 $u(0 < u \leq p_m)$ 为分账价格，即每获得一个观众，视频平台应支付给影视公司的费用。参照腾讯视频等视频平台的分账规则，设分账价格 u 是视频质量 q 的增函数，借鉴 Jain 等^[34]的研究中收益分成系数函数的建模方法，本文采用线性函数对视频质量与分账价格的正相关关系进行刻画，设 $u(q) = u_0 + \gamma q$ ，其中 $u_0(0 < u_0 < p_m)$ 是基础分账价格， $\gamma(0 < \gamma < 1)$ 代表质量对分账价格的影响系数。图 4 展示了分账模式下视频平台的收支结构。

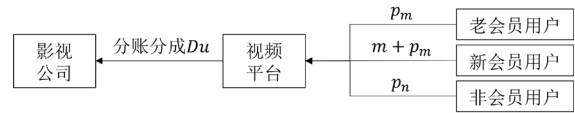


图 4 分账模式下视频平台的收支结构

Fig. 4 The income and expenditure structure of the video platform under account sharing mode

结合市场需求函数，视频平台的决策优化模型为：

用户带来的净点播收入、新会员用户带来的净点播收入和会员费收入、非会员用户带来的净点播收入。约束条件中的前 4 个与买断模式中的一致，第 5 个用以确保视频定价不超过分账价格^⑧。构造库恩-塔克条件求解该优化模型，可得命题 2。

命题 2 分账模式下，视频平台存在三种市场均衡（详见表 3，证明见附录）。

表 3 分账模式下视频平台的最优定价与最优利润

Table 3 Optimal pricing and profit of the video platform under account sharing mode

定价/利润	质量区间		
	$m/k \leq q < q_3$	$q_3 \leq q < q_4$	$q \geq q_4$
p_m^{S*}	$u_0 + \gamma q$	$\frac{(1+k+\gamma)q + 2m(\beta-1) + u_0}{2}$	$\frac{m}{k}$
p_n^{S*}	$\frac{m + u_0 + \gamma q}{1+k}$	$\frac{q}{2} + \frac{2m\beta + u_0 + \gamma q}{2(1+k)}$	$\frac{m}{k}$
Π^{S*}	Π_1^S	Π_2^S	Π_3^S

^⑦ 参见爱奇艺、腾讯视频与优酷视频分账规则介绍网页：<https://www.iqiyi.com/common/wangdahz.html>；https://mp.v.qq.com/cooperation/net_film；<https://om.youku.com/home/detail?openCategory=96>（访问日期：2021 年 5 月 25 日）。

^⑧ 易证放宽该假设将出现补贴现象，即会员费收入补贴点播收入，同时本文主要结论依然成立。

$$\text{注: } q_3 = \frac{2m(1-\beta)+u_0}{1+k-\gamma}, \quad q_4 = \frac{2m[1+k(1-\beta)]-ku_0}{k(1+k+\gamma)}, \quad \Pi_1^s = \frac{m(\beta-1)[m-q(1+k-\gamma)+u_0]}{q(1+k)},$$

$$\Pi_2^s = \frac{[q(1+k+\gamma)-u_0]^2+4m^2\beta(\beta-1)}{4q(1+k)}, \quad \Pi_3^s = \frac{(1+k)(kq-m)[m+k(m-u_0-\gamma q)]-km\beta\{k[q(1+k+\gamma)+u_0]-m(2+k)\}}{qk^2(1+k)}.$$

对命题 2 进行分析可得推论 5 至推论 7。

推论 5 分账模式下, 1) 视频质量较低 ($m/k \leq q < q_4$) 时, 视频平台将采用“会员优惠”定价策略。2) 视频质量较高 ($q \geq q_4$) 时, 视频平台将采用“对称定价”定价策略 (证明略)。

推论 5 说明, 视频平台采用分账模式时拥有 2 种定价策略:

1) 视频质量较低时, 视频平台为会员用户提供折扣, 使其能够比非会员用户用更低的价格观看视频。其原因和买断模式下的定价策略相似, 低质量视频为用户带来的效用较低, 视频平台无法通过高溢价获取利润, 会员费便成了主要的收入来源, 而降低会员价格可以吸引更多的新会员用户, 从而增加会员费收入。

2) 视频质量较高时, 视频平台将制定相同的会员价格和非会员价格。这是由于高质量视频的会员附加效用对新会员用户的吸引力已经足够大, 视频平台已无需向会员用户提供优惠折扣。

与买断模式下的定价策略有所不同, 分账模式下由于分账价格的存在, 视频平台将不会向会员用户提供免费视频, 仅会采用“会员优惠”策略。然而实践中, 鉴于视频平台推广分账模式的考虑与行业竞争等因素的影响, 亦存在分账模式下采用“会员免费”定价策略的情况。同时, 与买断模式一致, 由于实践中存在消费者行为因素等非理性行为, 目前的实践中尚未出现采用“对称定价”, 但该推论仍具有重要的理论价值。

推论 6 分账模式下, 视频质量较低时 ($m/k \leq q < q_4$), 会员价格与非会员价格均随质量的增大而增加; 质量较高时 ($q \geq q_4$), 会员价格与非会员价格均不受质量影响 (证明略)。

推论 6 指出, 分账模式下视频会员价格与非会员价格在总体上均随其质量的增大而增加, 但视频质量对价格的影响有限, 即质量较高时, 视频价格不受质量影响。产生这一现象的原因与推论 2 相似, 二者的主要区别在与分账模式存在价格下限, 故在此不再赘述。

推论 7 分账模式下, 1) 视频质量较低 ($m/k \leq q < q_4$) 时, 视频平台利润随质量的增加

而单调递增。2) 视频质量较高 ($q \geq q_4$) 时, 若质量对分账价格的影响系数较低 ($\gamma < \gamma_1$), 视频平台利润随视频质量增加而增大; 反之, 若质量对分账价格的影响系数较高 ($\gamma \geq \gamma_1$), 则视频平台利润随视频质量增加而减少。3) 视频质量对分账价格的影响系数较低时, 分账模式能够激发视频平台购买高质量视频的积极性, 弥补买断模式不足 (证明见附录)。其中,

$$\gamma_1 = \frac{m\{m+ku_0[k(\beta-1)-1]-km(2+k)(\beta-1)\}}{k^2q^2(1+k)}.$$

推论 7 揭示了分账模式区别于买断模式的一个重要性质: 在特定条件下, 视频平台有动机引进尽可能高质量的视频节目。具体地, 视频质量较低时, 随着质量增加, 视频定价、市场需求和分账价格均会上涨, 但由于前两者带来的利润增量高于成本增长, 视频平台最终利润会随质量增加而单调递增。视频质量较高时, 此时价格与质量无关, 因而视频质量增加仅会使市场需求和分账价格上升, 若视频质量对分账价格的影响系数较低 (高), 市场需求增加所带来的利润增量能够 (无法) 覆盖分账价格上升所导致的成本上涨, 视频平台最终利润随质量增大而增加 (减少)。

因此, 由于买断模式下视频平台应始终避免购入过高质量的视频, 而分账模式下, 若视频质量对分账价格的影响系数较低, 视频平台应当尽可能引进高质量的视频, 故在该条件下分账模式能够激发视频平台购买高质量视频的积极性, 从而对在线视频行业具有积极意义。这在一定程度上解释了分账模式在 2015 年前后版权费率高涨的环境下得到快速发展的现象。

实践中, 腾讯视频等视频平台的分账规则均对分账价格设置了上限, 即当视频质量高于一定水平时, 分账价格并不会增加, 这意味着此时视频质量对分账价格的影响系数为 0, 从而使视频平台能够在引进高质量视频的情况下仍然获利, 这可视作推论 7 在实践中的体现。同时, 采用分账模式的影视剧质量正在不断提升, 展现出良好

的发展态势^⑨，这亦在一定程度上印证了该性质。

需要说明的是，分账模式作为新兴事物，且尚未得到传统大型影视公司和知名制片人的青睐，从而使目前采用分账模式的影视剧质量在总体上和采用买断模式的影视剧相比还存在差距，但本文从理论上证明了分账模式应用价值，并预测了分账模式的发展潜力。

进一步分析推论 1 和推论 4，基于付费会员制视频平台定价策略视角，得到结论 1。

结论 1 付费会员制视频平台的定价策略主要由视频质量决定，一方面，会员价格与非会员价格均随质量的增加而单调不减，另一方面，会员价格与非会员价格的相对差额，即会员折扣，随质量的增加而单调不减。

结论 1 表明付费会员制视频平台向会员用户和普通用户提供差异定价时，视频质量越低，二者的差额越大，即会员用户享有的折扣越大，当视频质量达到一定阈值时，会员价格和非会员价格将不存在差异。与此同时，随着视频质量的增加，会员价格和非会员价格的绝对大小均单调不减。基于结论 1，可得以下管理启示：视频平台在定价时，应对视频质量进行合理评估，使会员价格与非会员价格总体上与质量保持正相关，且为低（高）质量视频提供较大（小）会员折扣力度。

4 对比分析与数值算例

前文对买断模式和分账模式下视频平台的定价策略进行了研究，与此同时，两种供应链模式的适用条件，以及供应链模式对视频平台利润、

定价、需求和收入结构的影响亦是本文关注的重点问题。基于命题 1 与命题 2，对视频平台在两种模式下的利润、定价、需求和收入结构进行对比分析，可得命题 3 至命题 6、观察 1 与观察 2。

命题 3 视频质量较低 ($m/k \leq q < q_5$) 时，视频平台应选择买断模式；视频质量较高 ($q \geq q_5$) 时，视频平台应选择分账模式。其中， q_5 的具体表达式参见附录（证明见附录）。

命题 3 表明，视频质量对视频平台的供应链模式选择策略具有决定性作用。买断模式更适用于低质量视频，而分账模式更适用于高质量视频。其原因是，虽然两种模式下视频质量增长产生的边际收益均会降低，但买断模式下视频质量的边际成本为固定值，而分账模式下视频质量边际成本会因市场需求增加所产生的正效应而在一定程度上得到抵消，进而使分账模式下质量增长产生的边际净利润下降速度慢于买断模式，因此，视频质量达到一定阈值后，采用分账模式比采用买断模式所获得的利润更高。此外，当质量足够高时，买断模式下视频平台的利润可能为负，而分账价格始终不超过视频会员价格的性质确保了分账模式下视频平台的利润始终不会为负，从而使超高质量视频采用分账模式更具优势。

虽然现实中存在较多采用买断模式的高质量视频，但与命题 3 并不冲突。因为命题 3 揭示了视频平台占据供应链主导地位时的供应链模式选择策略，而实践中亦存在供应链上游影视公司占主导地位的情况，后者常发生于高质量视频上。

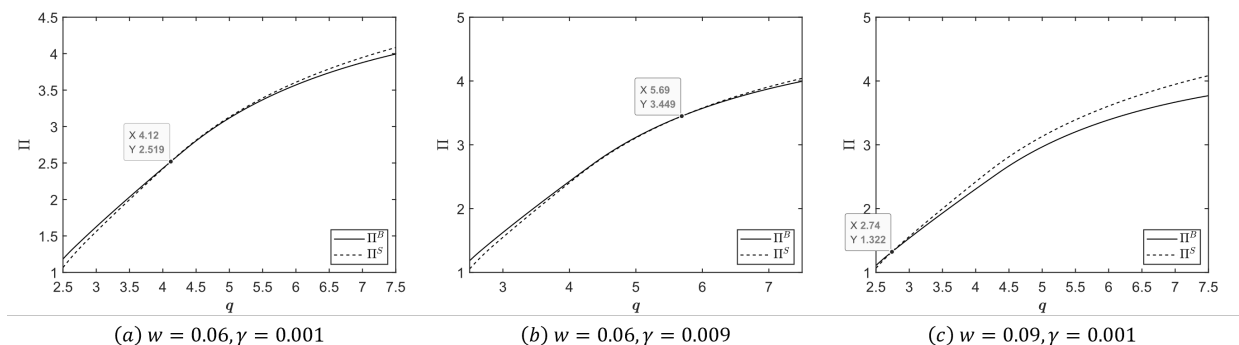


图 5 两种供应链模式下视频平台利润对比 ($m = 5, k = 2, \beta = 0.2, u_0 = 0.5$)

Fig. 5 The comparison of the video platform's profits under two supply chain modes ($m = 5, k = 2, \beta = 0.2, u_0 = 0.5$)

图 5 呈现了两种供应链模式下视频平台利润的数值分析结果。如图 5 所示，买断模式下的利

润曲线和分账模式下的利润曲线存在唯一交点，当视频质量高于该临界质量时，分账模式下的利

^⑨ 参见媒体资讯：<http://industry.people.com.cn/n1/2020/0814/c413883>

-31822345.html（访问日期：2022 年 5 月 12 日）。

润高于买断模式下的利润，反之，则买断模式下的利润高于分账模式下的利润，这与命题 3 一致。与此同时，通过对比图 5 (a) 和图 5 (b) 可知，视频版权费率不变时，视频质量对分账价格的影响系数的增加将导致临界质量变大。同样地，对比图 5 (a) 和图 5 (c) 可知，视频质量对分账价格的影响系数不变时，版权费率的增加将导致临界质量变小。因此，版权费率和视频质量对分账价格的影响系数亦是影响视频平台模式选择策略的重要因素。

命题 4 对于特定质量的视频，1) 视频平台应在版权费率较低时 ($0 \leq w < w_0$) 选择买断模式，版权费率较高时 ($w \geq w_0$) 选择分账模式。2) 买断模式的适用区间随视频质量对分账价格的影响系数的增加而增大，分账模式的适用区间随视频质量对分账价格的影响系数的增加而减小。其中， w_0 的具体表达式参见附录 (证明见附录)。

如命题 4 所述，对于给定质量的视频节目，版权费率和视频质量对分账价格的影响系数是影响视频平台模式选择策略的重要因素，其主要原因是买断模式和分账模式下的视频成本分别主要由版权费率和视频质量对分账价格的影响系数决定，当其他条件一致时，应当采用成本较低的模式。虽然该结论较为直观，但其从理论上解释了分账模式出现的必要性。回顾分账模式的发展历程可以发现，自在线视频诞生以后，虽然视频版权费一直呈上涨趋势，但 2015 年至 2018 年间涨幅尤其突出^⑩，爱奇艺等视频平台由此承担巨额内容成本^⑪，而分账模式的出现一度被视作这一难题的解决方案。该命题在理论上解释了 2015 年之后分账模式的出现，并在一定程度上为视频平台的实践提供了理论支撑。

图 6 给出了视频质量给定时的供应链模式选择策略，图中 5 条曲线代表 5 个不同质量的视频 (分别属于 w_0 的 5 个质量区间)。如图 6 所示，当视频质量给定时，若版权费率较低，视频平台应采用买断模式，反之则采用分账模式。当质量和版权费率一定时，若质量对分账价格的影响系数较低，视频平台应采用分账模式，反之则采用

买断模式。

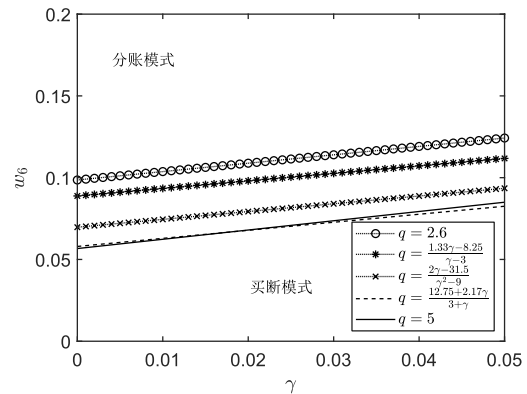


图 6 给定视频质量时的视频平台模式选择策略 ($m = 5, k = 2, \beta = 0.2, u_0 = 0.5$)

Fig. 6 Mode selection strategy of the video platform when video quality is given ($m = 5, k = 2, \beta = 0.2, u_0 = 0.5$)

除视频质量外，会员特权亦是本文关注重要因素，由于数学解析存在困难，本文利用数值方法¹²，对满足模型约束条件的不同参数组合中会员特权对视频平台利润及模式选择策略的影响进行分析 (见图 6)，并得到观察 1。

观察 1 1) 会员特权对两种供应链模式下视频平台利润的影响相似：视频质量较低或适中时，利润均随会员特权的增大而增加；质量较高时，利润随会员特权的增大而先增后减。2) 视频质量较低或较高时，会员特权不影响视频平台的模式选择策略；质量适中时，若会员特权较小，视频平台应选择分账模式，反之则选择买断模式。

如图 7 (a) 和图 7 (b) 所示，视频质量较低或适中时，两种供应链模式下视频平台利润均随会员特权增大而增加。图 7 (c) 则表明，视频质量较高时，会员特权对平台利润的影响具有非单调性。其原因是，视频质量不够高时，增大会员特权将带来需求增加与视频会员价格上涨 (根据命题 1 与命题 2 易证该结论)，平台利润得以增加。然而，质量足够高时，增大会员特权则会提高需求，降低视频会员价格，由于会员特权产生的边际需求随特权增大而递减，若会员特权处于较低 (高) 区间，前者产生正效应能够 (无法) 弥补后者带来的负效应，由此产生平台利润随会员

^⑩ 参见媒体报道：<http://www.msweekly.com/show.html?id=67503>；<http://www.ytsports.cn/news-5548.html> (访问日期：2022 年 5 月 12 日)。

^⑪ 参见媒体报道：http://news.youth.cn/sh/201709/t20170925_10778914.htm (访问日期：2021 年 9 月 25 日)。

¹² 与其他参数相比，视频质量最易变动，故本文重点考虑质量在会员特权灵敏度分析中的影响。作者尝试绘制多个不同质量条件下的函数图像，从中选择 $q = 3, 5, 10$ 分别代表低/中/高质量。同时，受约束 $q \geq m/k$ 影响，不同质量条件下横坐标轴的左端点存在差异。

特权先增加后减少情况。

图 7 (a) 与图 7 (c) 表明, 视频质量较低或较高时, 会员特权不影响视频平台的模式选择策略, 且与命题 3 所述相符, 即视频质量较低(高)时, 买断模式下的平台利润高(低)于分账模式下的利润。图 7 (b) 则反映出, 视频质量适中时, 两种模式下的利润曲线存在唯一交点。若会员特权较小(大), 分账模式下的视频平台利润高(低)于买断模式下利润。其原因是, 会员特权的增大

会提高用户需求与会员价格, 由于分账模式下的视频成本与用户需求正相关, 而买断模式下的视频成本与用户需求无关, 当会员特权较小时, 需求增加和视频价格上涨产生的正效应超过了成本上升的负效应, 此时分账模式下的平台利润较高。当会员特权较大时则相反, 成本上涨的负效应限制了分账模式下视频平台的利润增加, 此时买断模式的平台利润较高。

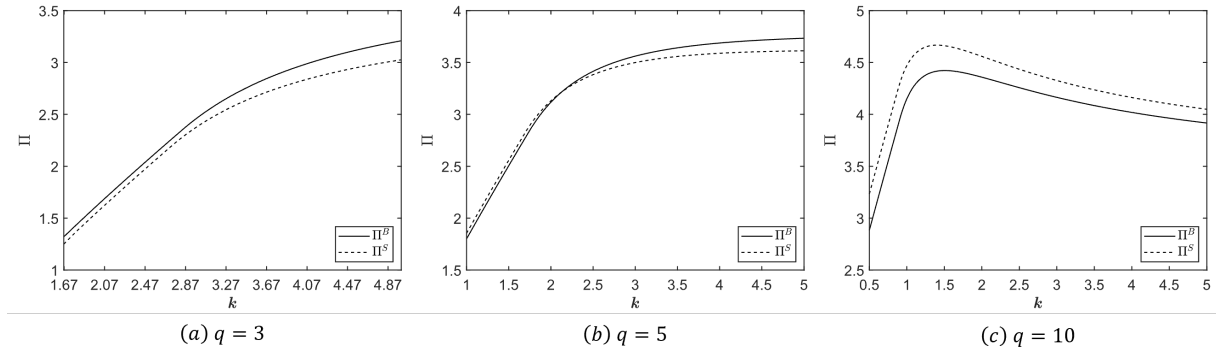


图 7 会员特权对视频平台利润的影响 ($m = 5, \beta = 0.2, w = 0.06, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

Fig. 7 The impact of Membership privilege on the video platform's profit ($m = 5, \beta = 0.2, w = 0.06, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

进一步分析命题 3、命题 4 与观察 1, 基于付费会员制视频平台供应链模式选择策略视角, 得到结论 2。

结论 2 付费会员制视频平台的供应链模式选择策略主要由视频质量决定, 质量较低(高)时, 视频平台应选择买断(分账)模式。同时, 会员特权、版权费率和视频质量对分账价格的影响系数均会影响视频平台的供应链模式选择策略。

基于结论 2, 得以下管理启示: 付费会员制视频平台应基于视频质量、会员特权、版权费率和视频质量对分账价格的影响系数等指标选择最优供应链模式。具体地, 对于低(高)质量视频采用买断(分账)模式。同时, 对于质量适中的视频, 应考虑会员特权的大小, 若会员特权较小(大), 视频平台应选择分账(买断)模式。此外, 视频平台应在版权费率较低(高)时选择买断(分账)模式。

命题 5 视频质量较低 ($m/k \leq q < q_2$) 时, 买断模式下的视频定价低于分账模式下的定价; 质量较高 ($q \geq q_2$) 时, 两种模式下的定价相同(证明见附录)。

命题 5 说明: 供应链模式仅影响低质量视频定价, 不影响高质量视频定价。这是因为, 视频质量较低时, 买断模式下视频平台定价不会受成

本(版权费率)影响, 而分账模式下的定价会受到成本(分账价格)影响, 且存在溢价现象, 故此时买断模式下的视频定价相对较低。视频质量较高时, 两种供应链模式下的定价均达到相同价格上限(见推论 2 与推论 6)。

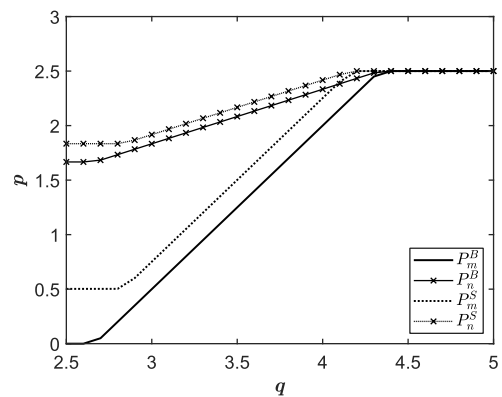


图 8 两种供应链模式下最优定价对比

($m = 5, k = 2, \beta = 0.2, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

Fig. 8 Comparison of the optimal pricing under two supply chain modes ($m = 5, k = 2, \beta = 0.2, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

图 8 展示了两供应链模式下视频平台最优定价的数值分析结果。如图 8 所示, 视频质量较低时, 分账模式下的定价高于买断模式下的定价, 而当质量达到一定阈值时, 两种模式下的定价相同。同时, 无论是何种模式, 其会员价格和非会

员价格之间的差额均随视频质量的增加而减小。

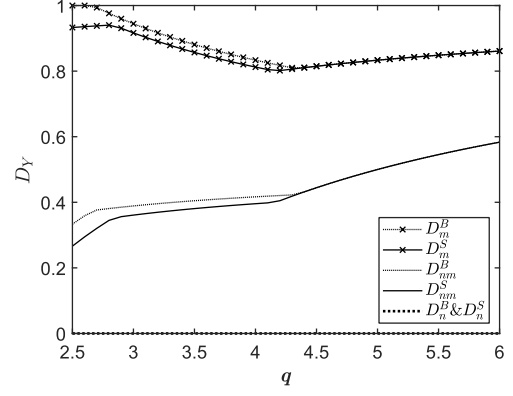
命题 6 1) 两种供应链模式下的非会员用户需求均恒为 0。2) 视频质量较低 ($m/k \leq q < q_2$) 时, 买断模式下的老会员用户需求、新会员用户需求和市场总需求均高于分账模式下的需求, 且两种模式下需求的差额随视频质量的增加而减小; 质量较高 ($q \geq q_2$) 时, 两种模式下的老会员用户需求、新会员用户需求和市场总需求分别相等 (证明见附录)。

一般观点可能认为, 由于非会员价格相对较高, 视频平台会希望通过非会员用户获取尽可能多的点播收入。而本文从理论上证明, 视频平台会将新会员用户而非将非会员用户视作为主要的盈利来源。这是因为, 虽然非会员价格高于会员价, 但新会员用户除了支付会员价格外还会支付会员费, 且二者总和高于非会员价格, 进而使新会员用户为视频平台带来的收益高于非会员用户, 这正是付费会员制视频平台定价问题区别于一般双渠道定价问题的特征。因此, 视频平台定价时将以新会员用户作为主要盈利来源, 从而使均衡状态下非会员用户的需求恒为 0。

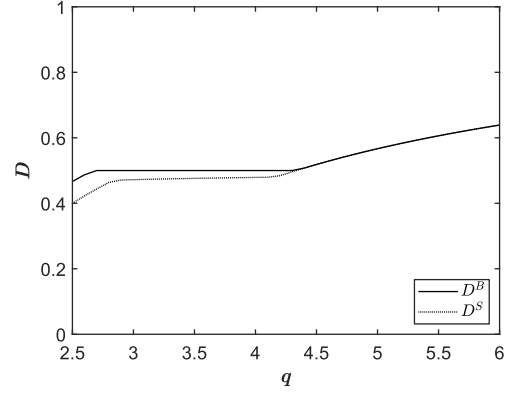
命题 6 亦表明, 视频质量较低时, 供应链模式对视频平台吸引观众的能力有影响, 采用买断模式能够吸引更多用户观看视频。同时, 买断模式下的会员优惠程度更高, 故采用买断模式更有利于获取新会员用户。若视频平台以获得更多的观众以及新会员用户为目标, 应当采用买断模式。

图 9 呈现了两种供应链模式下视频平台各用户细分群体需求和市场总需求的数值分析结果。如图 9 所示, 两种供应链模式下的非会员用户需求均恒为 0, 即不会有普通用户选择直接支付非会员价格观看视频。视频质量较低时, 买断模式下的老会员用户需求、新会员用户需求和市场总需求均高于分账模式下的需求。同时, 两种模式下新会员用户需求和市场总需求均随视频质量的增加而增大。虽然买断模式下质量过高的视频会对视频平台的利润带来不利影响, 但是提高视频质量可以增大新会员用户需求, 期望扩大会员用户群体的视频平台依然会播出高质量的视频。这也在一定程度上解释了现实中视频平台即便面临巨额亏损仍要花费巨资购买头部影视剧的版权的现象。值得注意的是, 存在一个质量区间, 使两种供应链模式下的老会员用户需求随质量的增加而下降。其原因是, 在这一区间内, 质量上升给

会员用户带来的正效应低于价格上升所带来的负效应。视频质量较高时, 由于定价相同, 两种模式下的老会员用户需求、新会员用户需求和市场总需求均分别相等。



(a) 视频质量对各细分群体需求的影响



(b) 视频质量对市场总需求的影响

图 9 两种供应链模式下的需求对比

($m=5, k=2, \beta=0.2, u_0=0.5, \gamma=0.001$)

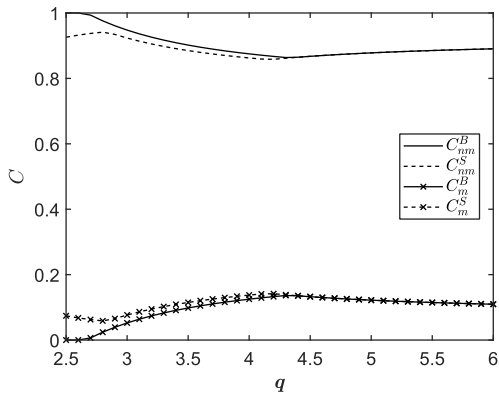
Fig. 9 Comparison of the demand under two supply chain modes ($m=5, k=2, \beta=0.2, u_0=0.5, \gamma=0.001$)

除各用户群体需求外, 各群体为视频平台收入的贡献程度, 即视频平台收入结构亦是值得关注的问题。设新会员用户为平台带来的收入在平台总收入中所占比例为新会员贡献度 C_{nm} 。由命题 6 知, 均衡状态下两种供应链模式中非会员用户需求均恒为 0, 故老会员贡献度为 $C_m = 1 - C_{nm}$ 。由该式可知, 分析新会员贡献度所得结论易推出老会员贡献度规律, 不失一般性, 下文着重分析新会员贡献度。 C_{nm} 具体地的表达式为:

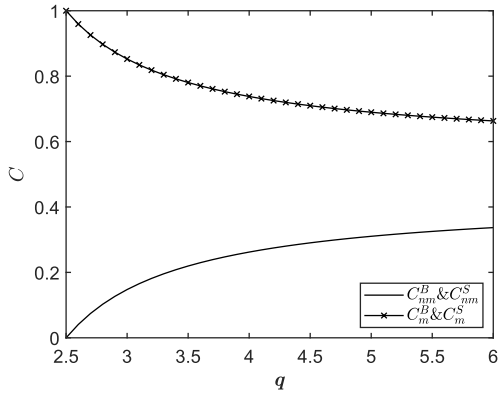
$$C_{nm} = \frac{(p_m + m)(1 - \beta) \left(1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq} \right)}{p_m \beta \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] + (p_m + m)(1 - \beta) \left(1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq} \right)}$$

由于无法通过数学解析求得新会员贡献度和老会员贡献度与视频质量的相关关系，故本文利用数值方法，对满足模型约束条件的不同参数组合（由于现有会员占比是影响会员用户和普通用户数量最大的参数，本文重点考虑现有会员占比在视频平台收入结构分析中的影响）中视频质量对新会员贡献度和老会员贡献度的影响进行分析（见图 10），得到观察 2。

观察 2 1) 现有会员占比较低时，新会员贡献度高于老会员贡献度，新会员贡献度总体上随视频质量的增加而先减后增。2) 现有会员占比较高时，老会员贡献度高于新会员贡献度，新会员贡献度随视频质量的增加而单调递增。



(a) $\beta = 0.2$



(b) $\beta = 0.8$

图 10 视频质量对视频平台收入结构的影响
($m = 5, k = 2, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

Fig. 10 The impact of video quality on the revenue structure of the video platform ($m = 5, k = 2, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

如图 10 所示，现有会员占比较低时，新会员贡献度高于老会员贡献度，而现有会员占比较高时，老会员贡献度高于新会员贡献度。从图 10(a) 可知，现有会员占比较低时，买断模式和分账模式下视频质量对新会员贡献度和老会员贡献度的

影响存在差异，即视频质量较低时，买断模式下新会员贡献度高于分账模式下的贡献度。除此之外，两种供应链模式下视频质量对新会员贡献度的影响相同，随着视频质量的增加，会员价格将上涨，进而抑制新会员用户的需求及其产生的会员费收入；当质量高于一定程度时，会员价格将达到上限，此时质量的增加将不会伴随抑制新会员用户需求的负效应，故能够带来会员费收入的新会员的贡献度将随质量的增加而增大。同时，从图 10(a) 和图 10(b) 可知视频质量较高时或现有会员占比较高时，由于定价相同（由命题 1 和命题 2 可知，现有会员占比的提高会降低视频平台采用“对称定价”策略的质量阈值，从而使图 10(b) 所描述的质量区间处于“对称定价”所对应区间），两种供应链模式下的新会员贡献度和老会员贡献度分别相同。

5 模型拓展：会员专享

前文的探讨中，假设会员用户和普通用户均可直接购买视频（下文称一般视频），但二者存在效用与价格差异。实践中，存在大量仅会员用户才可观看的视频节目（下文称会员专享视频），普通用户仅在购买会员资格后才能够购买观看。本文将探究付费会员制视频平台针对会员专享视频的供应链模式选择与定价策略。

5.1 视频平台的决策优化模型构建与求解

对于会员专享视频，市场假设与基础模型一致，会员用户效用函数与需求函数均与前文相同，即老会员用户需求函数为： $D_m^O(p_m) = 1 - \frac{p_m}{q(1+k)}$ 。

普通用户无法选择直接观看视频，仅能选择购买会员资格成为会员后再观看视频（下文简称观看视频）或不观看视频，选择观看视频的普通用户效用为： $U_{nm}^j = \theta_n^j q(1+k) - p_m - m$ 。设 θ_n^2 为观看视频和不观看视频效用相等时的无差异点。偏好在 $[\theta_n^2, 1]$ 区间的普通用户会观看视频（下文称该群体为新会员用户），偏好在 $[0, \theta_n^2]$ 区间的普通

用户不会观看视频。令 $U_{nm}^j = 0$ ，得 $\theta_n^2 = \frac{p_m + m}{q(1+k)}$ ，

故新会员用户需求函数为 $D_{nm}^O(p_m) = 1 - \frac{p_m + m}{q(1+k)}$ 。

基于现实，假设 $D_m(p_m) \geq 0$ ， $D_{nm}(p_m) \geq 0$ ，即

$q(1+k) - m - p_m \geq 0$ 。此外，会员专享视频可通过买断模式或分账模式引进视频节目，相关假设与前文相同。

买断模式下视频平台的决策优化模型为：

$$\begin{aligned} \max_{p_m} \Pi &= p_m \beta \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] \\ &+ (p_m + m)(1 - \beta) \left[1 - \frac{p_m + m}{q(1+k)} \right] - wq \\ \text{s.t.} &\begin{cases} q(1+k) - p_m - m \geq 0 \\ p_m \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

分账模式下视频平台的决策优化模型为：

$$\begin{aligned} \max_{p_m} \Pi &= \beta(p_m - u_0 - \gamma q) \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] \\ &+ (1 - \beta)(p_m + m - u_0 - \gamma q) \left[1 - \frac{p_m + m}{q(1+k)} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

表 4 买断模式下会员专享视频的最优定价与最优利润

Table 4 Optimal pricing and profit of member-only videos under buyout mode

		质量区间	
β 区间	定价/利润	$\frac{m}{1+k} \leq q < \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$	$q \geq \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$
$0 < \beta < \frac{1}{2}$	p_m^{B*}	0	$\frac{q(1+k)}{2} + m(\beta - 1)$
	Π^{B*}	$m(1-\beta) \left[1 - \frac{m}{q(1+k)} \right] - wq$	$\frac{q(1+k-4w)}{4} + \frac{\beta m^2(\beta-1)}{q(1+k)}$
		质量区间	
β 区间	定价/利润	$\frac{m}{1+k} \leq q < \frac{2m\beta}{1+k}$	$q \geq \frac{2m\beta}{1+k}$
$\frac{1}{2} < \beta \leq 1$	p_m^{B*}	$(1+k)q - m$	$\frac{q(1+k)}{2} + m(\beta - 1)$
	Π^{B*}	$m\beta \left[1 - \frac{m}{q(1+k)} \right] - wq$	$\frac{q(1+k-4w)}{4} + \frac{\beta m^2(\beta-1)}{q(1+k)}$

表 5 分账模式下会员专享视频的最优定价与最优利润

Table 5 Optimal pricing and profit of member-only videos under account-sharing mode

		质量区间	
β 区间	定价/利润	$\frac{m+u_0}{1+k-\gamma} \leq q \leq \frac{2m(1-\beta)+u_0}{1+k-\gamma}$	$q \geq \frac{2m(1-\beta)+u_0}{1+k-\gamma}$
$0 < \beta < \frac{1}{2}$	p_m^{S*}	$u_0 + \gamma q$	$\frac{u_0 + 2m(\beta-1) + q(1+k+\gamma)}{2}$
	Π^{S*}	$m(1-\beta) \left[1 - \frac{m+u_0+\gamma q}{q(1+k)} \right]$	$\frac{4\beta m^2(\beta-1) + [u_0 + q(\gamma-1-k)]^2}{4q(1+k)}$
		质量区间	
定价/利润		质量区间	

$$\text{s.t.} \begin{cases} q(1+k) - p_m - m \geq 0 \\ p_m - u_0 - \gamma q \geq 0 \end{cases} \quad (8)$$

公式 (5) — 公式 (8) 各项含义与基础模型相似。构造库恩—塔克条件求解上述两个优化模型，可得命题 7。

命题 7 对于会员专享视频，买断模式和分账模式下分别存在四种市场均衡（详见表 4 和表 5，证明见附录）。

由命题 7 可知，与一般视频类似，质量亦是会员专享视频定价策略的主要影响因素，总体上，两种供应链模式下的视频定价均随质量的增大而增加，推论 2 与推论 6 的稳健性由此得到验证。但与前文有所不同的是，现有会员用户占比会影响区分视频高低质量的阈值。

β 区间	$\frac{m+u_0}{1+k-\gamma} < q \leq \frac{u_0+2m\beta}{1+k-\gamma}$	$q \geq \frac{u_0+2m\beta}{1+k-\gamma}$
$\frac{1}{2} \leq \beta < 1$	$p_m^{S^*} \quad (1+k)q - m$	$\frac{u_0+2m(\beta-1)+q(1+k+\gamma)}{2}$
	$\Pi^{S^*} \quad \frac{m\beta[q(1+k-\gamma)-m-u_0]}{q(1+k)}$	$\frac{4\beta m^2(\beta-1)+[u_0+q(\gamma-1-k)]^2}{4q(1+k)}$

5.2 均衡分析与数值算例

对命题 7 进行分析可得推论 8 和推论 9。

推论 8 对于会员专享视频, 1) 买断模式下, 若视频质量较低 ($\frac{m}{1+k} \leq q < \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$) 且现有会员占比较低 ($0 < \beta < 1/2$), 视频平台将采用“免费”策略; 若质量较高 ($q \geq \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$) 或现有会员占比较高 ($1/2 \leq \beta < 1$), 视频平台将采用“付费”策略。2) 分账模式下, 视频平台始终采用“付费”策略 (证明略)。

推论 8 表明, 现有会员占比较低时, 会员专享视频的定价策略与前文推论 1 及推论 5 所述一般视频的定价策略一致 (仅针对会员价格), 即视频质量较低时, 若采用买断模式, 则免费播出, 若采用分账模式, 则按分账价格售出; 质量较高时, 则提高视频定价, 两种供应链模式下均付费播出。对于会员专属视频, 分账模式下, 视频平台始终采用“付费”策略, 且分账模式下的定价高于买断模式下的定价, 这与一般视频具有相同性质。

与一般视频不同的是, 现有会员占比较高时, 无论何种质量的视频在两种供应链模式下均采用“付费”策略。同时, 对于低质量视频, 现有会员用户占比较高时的定价高于现有会员用户占比较低时的定价, 而对于高质量视频, 其定价不受现有会员用户占比影响。由于现有会员占比在一定程度上代表了视频平台的发展阶段, 故该推论提供了以下管理启示: 对于高质量视频, 无论视频平台处于何种发展阶段, 且无论采用何种供应链模式, 均应采用“付费”策略, 而对于低质量视频, 在发展初期会员用户较少时应定低价, 而随着会员用户的增加, 应逐步提高定价。

推论 9 1) 买断模式下, 视频质量对视频平台利润的影响具有非单调性, 质量较低 ($q < q^{BO*}$) 时, 平台利润随质量的增大而增加, 质量较高

($q \geq q^{BO*}$) 时, 平台利润随质量的增大而减少; 2) 分账模式下, 视频平台利润随质量的增加而单调递增。其中,

$$q^{BO*} = \begin{cases} \left. \begin{cases} 2m\sqrt{\frac{\beta(\beta-1)}{(1+k)(1+k-4w)}}, & 0 \leq w < \frac{1+k}{4(1-\beta)} \\ m\sqrt{\frac{1-\beta}{k(1+w)}}, & w \geq \frac{1+k}{4(1-\beta)} \end{cases} \right\} & 0 < \beta < \frac{1}{2} \\ \left. \begin{cases} 2m\sqrt{\frac{\beta(\beta-1)}{(1+k)(1+k-4w)}}, & 0 \leq w < \frac{1+k}{4\beta} \\ m\sqrt{\frac{\beta}{k(1+w)}}, & w \geq \frac{1+k}{4\beta} \end{cases} \right\} & \frac{1}{2} \leq \beta < 1 \end{cases}.$$

(证明与推论 3 与推论 7 类似, 故省略)。

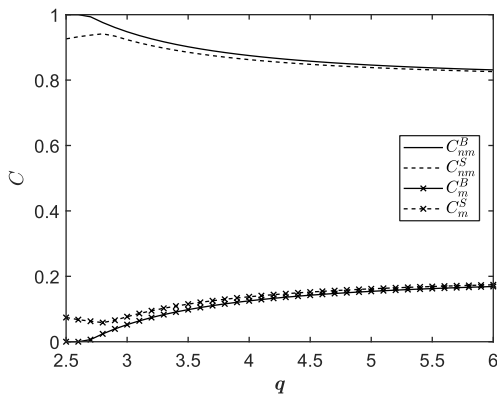
推论 9 表明, 对于会员专享视频, 买断模式下视频质量对平台利润的影响与前文中一般视频质量对利润的影响一致, 而在分账模式下二者则存在差异。其原因是, 会员专享视频在分账模式下的定价始终与质量正相关, 而一般视频在质量较高时的定价独立于质量。推论 9 在验证推论 3 和推论 7 稳健性的同时提供了以下管理启示: 对于会员专享视频, 视频平台可以通过分账模式尽可能引进高质量视频, 而不必像引进一般视频那样考虑视频质量对分账价格影响系数较高时潜在的负面作用。

与前文一致, 采用数值方法分析不同用户结构下视频平台的收入结构 (见图 12), 得到观察 3。

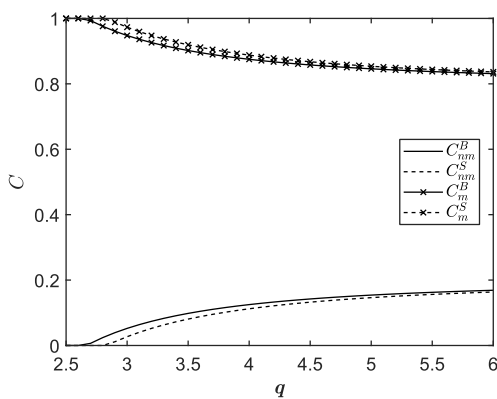
观察 3 1) 现有会员占比较低时, 新会员贡献度高于老会员贡献度, 且新会员贡献度总体上随视频质量的增加而降低; 2) 现有会员占比较高时, 老会员贡献度高于新会员贡献度; 新会员贡献度总体上随视频质量的增加而增大。

如图 12 所示, 与一般视频不同之处在于, 一方面, 随着质量增加, 现有会员占比较低时, 两种供应链模式下会员专享视频的新会员贡献度总体上呈下降趋势, 而一般视频的新会员贡献度会随质量增加而总体上先减后增。其原因在于两类视频定价决策的差异, 会员专享视频的会员价格

并不存在一般视频中所呈现的价格上限，即当视频质量较高时，会员专享视频的会员价格仍旧随质量的增加而增大（一般视频在质量较高时的定价不受质量影响，见推论 2 与推论 6），进而抑制新会员用户的需求及其产生的会员费收入，故新会员贡献度随质量的增加而减小。另一方面，对于会员专享视频，买断模式下新会员贡献度始终高于分账模式下的贡献度，但两种供应链模式下新会员贡献度随质量增加而趋同。与一般视频一致，现有会员占比较低（高）时，会员专享视频的新会员贡献度高（低）于老会员贡献度。同时，现有会员占比较低时，买断模式和分账模式下视频质量对新会员贡献度和老会员贡献度的影响存在差异，其表现与原因均与一般视频一致。



(a) $\beta = 0.2$



(b) $\beta = 0.8$

图 12 会员专享视频质量对视频平台收入结构的影响
($m = 5, k = 2, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

Fig. 12 The impact of the quality of member-only videos on the revenue structure of the video platform
($m = 5, k = 2, u_0 = 0.5, \gamma = 0.001$)

进一步分析观察 2 和观察 3，基于付费会员制视频平台目标用户定位视角，得到结论 3。

结论 3 现有会员用户占比较低时，视频平台

应将新会员用户作为主要收入来源；现有会员用户占比较高时，视频平台应将老会员用户作为主要收入来源。

虽然结论 3 较为直观，但本文首次基于数学模型为视频平台实践提供了理论支撑。基于结论 3，可得以下管理启示：付费会员制视频平台在发展不同阶段的目标用户应具有差异。在发展初期，现有会员用户占比较低时，应以获取新会员用户，以从中获得会员费收入为目标；在后期，现有会员用户占比较高时，应以提高会员用户付费意愿，从会员用户处直接获取点播收入为目标。

此外，经过对比分析，会员专属视频的供应链模式选择策略前文中一般视频在定性上一致，仅存在阈值上的差异，即质量较低（高）时，视频平台应选择买断（分账）模式。同时，会员特权、视频版权费率和视频质量对分账价格的影响系数均是影响视频平台的模式选择策略的重要因素。此外，视频质量对需求的影响、供应链模式对需求的影响均与一般视频的分析结论相似，在此不再赘述。

6 结束语

付费会员制作为视频平台主流盈利模式之一，在我国得到广泛采用。然而，付费会员制视频平台如何面向会员用户和普通用户进行差别定价，如何在两种供应链模式（分账模式与买断模式）之间进行选择等重要问题尚未得到解答。鉴于此，本文利用数学优化模型，揭示了买断模式和分账模式下付费会员制视频平台的定价策略，提出了两种供应链模式的选择策略，讨论了供应链模式、视频质量与会员特权等因素对视频平台定价、利润、需求与收入结构的影响，最后将基础模型中的一般视频拓展至会员专享视频，结果验证了本文结论的稳健性。本文主要研究结论如下：

1) 付费会员制视频平台的定价策略由视频质量决定，会员价格与非会员价格均随质量的增加而单调不减，而二者相对差额，即会员折扣，随质量的增加而单调不增。供应链模式仅影响低质量视频的定价策略，不影响高质量视频的定价策略。随着视频质量增加，视频平台在买断模式下将依次采用“会员免费”、“会员优惠”和“对称定价”定价策略，而分账模式下仅采用“会员优惠”和“对称定价”定价策略。

2) 付费会员制视频平台的供应链模式选择策

略主要由视频质量决定，质量较低（高）时，视频平台应选择买断（分账）模式。同时，会员特权、视频版权费率和视频质量对分账价格的影响系数均会影响视频平台的模式选择策略。

3) 付费会员制视频平台并不从普通用户处直接获取点播收入。具体地，现有会员用户占比较低（高）时，视频平台将新（老）会员用户作为主要收入来源。同时，供应链模式仅影响低质量视频的市场需求。

4) 买断模式下，引进高质量视频可能造成付费会员制视频平台亏损，而分账模式在一定条件能够激励视频平台引进高质量视频。

5) 基于一般视频得到的结论大多数亦适用于会员专享视频。二者不同之处在于：现有会员占比会影响会员专享视频的定价策略，即现有会员占比较高时，无论何种质量的视频均不存在“会员付费”策略；分账模式下，付费会员制视频平台利润随视频质量的增加而单调递增。

本文主要管理启示如下：

1) 付费会员制视频平台在定价时，应对视频质量进行合理评估，使会员价格与非会员价格总体上与质量保持正相关，且为低（高）质量视频提供较大（小）会员折扣力度。

2) 付费会员制视频平台应基于视频质量、会员特权、版权费率和视频质量对分账价格的影响系数等指标选择最优供应链模式。具体地，对于低（高）质量视频采用买断（分账）模式。同时，对于质量适中的视频，应考虑会员特权的大小，若会员特权较小（大），视频平台应选择分账（买

断）模式。此外，视频平台应在版权费率较低（高）时选择买断（分账）模式。

3) 相较于非会员用户，新会员用户对于付费会员制视频平台更具有价值，视频平台应将普通用户发展成为新会员用户作为定价决策的目标。同时，付费会员制视频平台在发展不同阶段的目标用户应具有差异。在发展初期，现有会员用户占比较低时，应以获取新会员用户，以从中获得会员费收入为目标；在后期，现有会员用户占比较高时，应以提高会员用户付费意愿，从会员用户处直接获取点播收入为目标。

4) 高版权费率会降低视频平台购买高质量视频的积极性，对在线视频行业的良性发展将产生负面影响。政府部门和行业协会应当积极采取措施，对视频版权费的无序上涨进行有效干预，进而引导行业健康发展。

此外，虽然本文的研究基于在线视频平台展开，然而付费会员制亦存在于在线音乐等其他行业。因此，本文的研究结论可在一定程度上指导其他行业的管理实践。

本文假设市场中仅有一个垄断视频平台，虽然大部分独播视频节目可视为该情境的体现，但是现实中亦存在大量非独播视频节目，此时市场中便会呈现竞争特征，故在未来的研究中可对竞争视频平台的定价策略和模式选择进行探究。与此同时，实践中的分账模式可以进一步细分，因而考虑不同特征分账模式间的具体差异可作为未来研究的可行问题。此外，对本文结论进行实证分析亦是值得探索的潜在方向。

参考文献

- [1] 中国互联网络信息中心. 第 49 次中国互联网络发展状况统计报告 [R]. 北京: 中国互联网络信息中心, 2022. China Internet Network Information Center. The 49th statistical report on internet development in china [R]. Beijing: China Internet Network Information Center, 2022. (in Chinese)
- [2] 易余胤, 李贝贝. 考虑交叉网络外部性的视频平台商业模式研究 [J]. 管理科学学报, 2020, 23 (11): 1-22. Yi Yuyin, Li Beibei. Video platform business model with positive and negative cross-network externalities [J]. Journal of Management Science in China, 2020, 23 (11):1-22. (in Chinese)
- [3] 朱振中, 吕廷杰. 具有负的双边网络外部性的媒体市场竞争研究 [J]. 管理科学学报, 2007 (6): 13-23. Zhu Zhenzhong, Lu Tingjie. Study on media competition based on two-sided market theory [J]. Journal of Management Science in China, 2007 (6): 13-23. (in Chinese)
- [4] 程贵孙. 单边收费还是双边收费: 双边市场中媒体定价模式选择 [J]. 管理工程学报, 2011, 25 (1):203-208. Cheng Guisun. One-sided or two-sided fee: The choice of pricing modes in media two-sided markets [J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2011, 25 (1): 203-208. (in Chinese)

- [5] Armstrong M. Competition in the pay-TV market [J]. *Journal of the Japanese and International Economies*, 1999, 13 (4): 257-280.
- [6] Gal-Or E, Dukes A. Minimum differentiation in commercial media markets [J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2003, 12 (3): 291-325.
- [7] Cheng X, Mu L, Sun Y, et al. Optimal pricing decisions for the online video platform under customer choice [J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2018, 35 (1): 1850002.
- [8] Xu S, Ling L. Which is the optimal commercial mode for a video site: Paid, free, or hybrid? [J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2020, 37 (5): 2050022.
- [9] 尹鹏, 丁栋虹, 豆国威. 视频平台用户生成内容投资和定价决策 [J]. *管理科学学报*, 2020, 23 (10): 116-128.
Yin Peng, Ding Donghong, Dou Guowei. User generated content investment and pricing decisions in online video markets [J]. *Journal of Management Science in China*, 2020, 23 (10): 116-126. (in Chinese)
- [10] 蒋忠中, 李坤洋, 何娜. 在线视频供应链的模式选择与优化决策研究 [J]. *管理工程学报*, 2022, 36 (6): 221-232.
Jiang Zhongzhong, Li Kunyang, He Na. Mode selection and optimal decision for online video supply chains [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2022, 36 (6): 221-232. (in Chinese)
- [11] 李子庆, 谭德庆. 节目试看对网络视频运营商市场策略影响研究 [J]. *中国管理科学*, 2019, 27 (1): 143-152.
Li Ziqing, Tan Deqing. Effect of the online video operator free trail on marketing strategy [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27 (1): 143-152. (in Chinese)
- [12] 李志鹏, 解婷, 陈莎. 口碑效应下网络视频定价与广告投放最优决策 [J]. *中国管理科学*, 2022, 30 (3): 230-239.
Li Zhipeng, Xie Ting, Chen Sha. Optimal pricing and advertising decisions for online video services considering word of mouth [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, 30 (3): 230-239. (in Chinese)
- [13] 王文怡, 王顺洪, 郭强. 正负试看效应下网络视频平台的内容提供策略选择 [J]. *管理工程学报*, 2021, 35 (2): 130-142.
Wang Wenyi, Wang Shunhong, Guo Qiang. Provision strategy choices of the network video platform under the positive and negative effect of the free trial [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2021, 35 (2): 130-142. (in Chinese)
- [14] Godes D, Ofek E, Sarvary M. Content vs. advertising: The impact of competition on media firm strategy [J]. *Marketing Science*, 2009, 28 (1): 20-35.
- [15] Pauwels K, Weiss A. Moving from free to fee: How online firms market to change their business model successfully [J]. *Journal of Marketing*, 2008, 72 (3): 14-31.
- [16] Lambrecht A, Misra K. Fee or free: When should firms charge for online content? [J]. *Management Science*, 2017, 63 (4): 1150-1165.
- [17] Xu J, Duan Y. Subscription price and advertising space decisions for online content firms with reference effect [J]. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2018, 30: 8-24.
- [18] Jiang B, Tian L, Zhou B. Competition of content acquisition and distribution under consumer multipurchase [J]. *Journal of Marketing Research*, 2019, 56 (6): 1066-1084.
- [19] Shiller B, Waldfogel J. Music for a song: An empirical look at uniform pricing and its alternatives [J]. *The Journal of Industrial Economics*, 2011, 59 (4): 630-660.
- [20] Danaher B, Huang Y, Smith M D, Telang R. An empirical analysis of digital music bundling strategies [J]. *Management Science*, 2014, 60 (6): 1413-1433.
- [21] Li S, Luo Q, Qiu L, et al. Optimal pricing model of digital music: Subscription, ownership or mixed? [J]. *Production and Operations Management*, 2020, 29 (3): 688-704.
- [22] Esenduran G, Lu L X, Swaminathan J M. Buyback pricing of durable goods in dual distribution channels [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2019, 22 (2): 412-428.
- [23] 毛照昉, 刘鹭, 李辉. 考虑售后服务合作的双渠道营销定价决策研究 [J]. *管理科学学报*, 2019, 22 (5): 47-56.

- Mao Zhaofang, Liu Lu, Li Hui. Pricing decision of a dual channel under after-sales service cooperation [J]. *Journal of Management Science in China*, 2019, 22 (5): 47-56. (in Chinese)
- [24] Jiang J, He C. Low-price guarantees in a dual channel of distribution [J]. *Marketing Science*, 2021, 40 (4): 765-782.
- [25] Guo X, Kouvelis P, Turcic D. Pricing, quality, and stocking decisions in a manufacturer-centric dual channel [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2022, published online, <https://doi.org/10.1287/msom.2021.1077>.
- [26] Stennek, J. Exclusive quality – Why exclusive distribution may benefit the TV-viewers [J]. *Information Economics and Policy*, 2014, 26: 42-57.
- [27] D'Annunzio, A. Vertical integration in the TV market: Exclusive provision and program quality [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2017, 53: 114-144.
- [28] Kim Y, Mo J. Pricing of digital video supply chain: Free versus paid service on the direct distribution Channel [J]. *Sustainability*, 2019, 11 (1): 46.
- [29] 熊中楷, 王凯, 熊榆. 经销商从事再制造的闭环供应链模式研究 [J]. *管理科学学报*, 2011, 14 (11): 1-9.
Xiong Zhongkai, Wang Kai, Xiong Yu. Research on the closed-loop supply chain that the distributor engages in remanufacturing [J]. *Journal of Management Science in China*, 2011, 14 (11): 1-9. (in Chinese)
- [30] Zhao X, Stecke K E, Prasad A. Lead time and price quotation mode selection: Uniform or differentiated? [J]. *Production and Operations Management*, 2012, 21 (1): 177-193.
- [31] Yang L, Hu Y, Huang L. Collecting mode selection in a remanufacturing supply chain under cap-and-trade regulation [J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 287 (2): 480-496.
- [32] Cachon G P, Lariviere, M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations [J]. *Management Science*, 2005, 51 (1): 30-44.
- [33] Yang H, Chen W. Retailer-driven carbon emission abatement with consumer environmental awareness and carbon tax: Revenue-sharing versus cost-sharing [J]. *Omega*, 2018, 78: 179-191.
- [34] Jain T, Hazra J, Cheng T C E. Illegal content monitoring on social platforms [J]. *Production and Operations Management*, 2020, 29 (8): 1837-1857.
- [35] Dey D, Kim A, Lahiri A. Online piracy and the “longer arm” of enforcement [J]. *Management Science*, 2019, 65 (3): 1173-1190.
- [36] Wu D, Nan G, Li M. Optimal piracy control: Should a firm implement digital rights management? [J]. *Information Systems Frontiers*, 2020, 22 (4): 947-960.

Supply chain mode selection and pricing for paid membership video platforms

JIANG Zhong-zhong^{1,2*}, LI Kun-yang^{1,2}, ZHANG Ying-xiang³, HE Na^{1,2}

1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110167, China;

2. Institute of Behavioral and Service Operations Management, Northeastern University, Shenyang 110167, China;

3. College of Business, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China

Abstract: A new profit model (paid membership) and a new supply chain mode (account sharing mode) were emerged in the recent years. However, the existing online video pricing theories and methods based on the traditional retail video platform and buyout mode cannot guide the new practice. Therefore, we study the pricing strategy for the paid membership video platform under two different supply chain modes, whose supply chain mode selection strategy are also analyzed. The results show that: the video paid membership platform will adopt “free to members”, “discount to members” and “symmetrical pricing” successively with the increase of video quality in the buyout mode, while only “discount to members” and “symmetrical pricing” will be adopted

successively with the increase of video quality in the account sharing mode. Meanwhile, the selection strategy of the optimal supply chain mode is mainly determined by video quality. When the quality is low (high), the buyout (account sharing) mode should be selected. In addition, we find that the paid membership video platform does not directly obtain VOD revenue from ordinary users, and its revenue structure is determined by the proportion of existing members. We also find the sharing mode can encourage the paid membership video platform purchase high-quality video under certain conditions. The results by extending the model to member-only videos prove the robustness of the main conclusions of the paper. The conclusion of the study can provide useful management implications for paid membership video platforms and online video industry.

Key words: Online video; Video platform; Paid membership; Supply chain mode; Dual-channel pricing

附录

命题 1 证明 根据公式 (1), 通过 Hessian 矩阵易证目标函数 Π 为凹函数。结合本文假设精简公式 (2): 由 $p_n - p_m \geq 0$ 得, $m - p_n(1+k) + p_n \geq m - p_n(1+k) + p_m \geq 0$, 故 $m - kp_n \geq 0$, 即 $p_n \leq m/k$, 又由假设 $kq - m \geq 0$ 可知, $q \geq m/k$, 故 $p_n \leq q$, 结合条件 $p_n - p_m \geq 0$, 得 $q - p_m \geq 0$, 进而可知 $q(1+k) - p_m \geq 0$, 即约束条件 1 冗余, 故舍去。由假设 $kq - m \geq 0$, 结合约束条件 4 可知: $kq - m - p_m + p_n \geq 0$, 即约束条件 3 冗余, 故舍去。经过化简, 公式 (2) 所述约束条件精简为: $m - p_n(1+k) + p_m \geq 0$ 、 $p_n - p_m \geq 0$ 与 $p_m \geq 0$ 。采用库恩-塔克条件求解该约束优化问题, 构造拉格朗日函数如下:

$$L(p_m, p_n, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = p_m \beta \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] + (p_m + m)(1-\beta) \left(1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq} \right) + p_n(1-\beta) \frac{m + p_m - p_n(1+k)}{kq} - wq \\ + \lambda_1 [m - p_n(1+k) + p_m] + \lambda_2 (p_n - p_m) + \lambda_3 p_m$$

该优化模型需满足以下库恩塔克条件: $\partial L / \partial p_m = 0$; $\partial L / \partial p_n = 0$; $\lambda_1 [m - p_n(1+k) + p_m] = 0$; $m - p_n(1+k) + p_m \geq 0$; $\lambda_2 (p_n - p_m) = 0$; $p_n - p_m \geq 0$; $\lambda_3 p_m = 0$; $p_m \geq 0$; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \geq 0$ 。由于该问题有 3 个拉格朗日乘子, 故存在以下 8 种情况: 1) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$, $\lambda_3 = 0$: $p_m^* = \frac{2m(\beta-1) + q(1+k)}{2}$, $p_n^* = \frac{q(1+k) + 2m\beta}{2(1+k)}$, $\Pi^* = \frac{q(1+k-4w)}{4} + \frac{m^2\beta(\beta-1)}{q(1+k)}$, 此

时要求 $\frac{2m(1-\beta)}{1+k} \leq q \leq \frac{2m[1+k(1-\beta)]}{k(1+k)}$ 。2) $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 = 0$, $\lambda_3 = 0$: 同“1)”。3) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 \geq 0$, $\lambda_3 = 0$: $p_m^* = p_n^* = \frac{m}{k}$,

$\Pi^* = \frac{m^2[k(2+k)(\beta-1)-1]}{qk^2(1+k)} - qw + m\left(1-\beta+\frac{1}{k}\right)$, 此时要求 $q = \frac{2m[1+k(1-\beta)]}{k(1+k)}$ 。4) $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 \geq 0$, $\lambda_3 = 0$: $p_m^* = \frac{m}{k}$,

$p_n^* = \frac{m}{k}$, $\Pi^* = \frac{m^2[k(2+k)(\beta-1)-1]}{qk^2(1+k)} - qw + m\left(1-\beta+\frac{1}{k}\right)$, 此时要求 $q \geq \frac{2m[1+k(1-\beta)]}{k(1+k)}$ 。5) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$, $\lambda_3 \geq 0$:

$p_m^* = 0$, $p_n^* = \frac{m}{1+k}$, $\Pi^* = \frac{m^2(\beta-1)}{q(1+k)} - qw + m(1-\beta)$, 此时要求 $q \leq \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$ 。6) $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 = 0$, $\lambda_3 \geq 0$: 同“5)”。

7) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 \geq 0$, $\lambda_3 \geq 0$: 无解。8) $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 \geq 0$, $\lambda_3 \geq 0$: 无解。由于模型假设 $q \geq m/k$ 中的质量下限 m/k 可能位

于区间 $\left[0, \frac{2m(1-\beta)}{1+k}\right)$ 、 $\left[\frac{2m(1-\beta)}{1+k}, \frac{2m[1+k(1-\beta)]}{k(1+k)}\right]$ 及 $\left[\frac{2m[1+k(1-\beta)]}{k(1+k)}, +\infty\right)$ 中任意一个, 鉴于 $q \geq m/k$ 是使用模型

的前提, 而令 m/k 位于区间 $\left[0, \frac{2m(1-\beta)}{1+k}\right)$ 时拥有最广质量可行域 (其余两种情形下的质量可行域均是其子集), 且涵盖

全部三种定价策略, 此时的分析涵盖利润函数全部的三个分段, 具有全局性。其余两种情形舍弃了利润函数第一段或前两段, 因而仅具有局部性质, 故为避免琐碎分析且聚焦关键问题, 在不影响论文结论的前提下, 本文仅呈现 m/k 位于区

间 $\left[0, \frac{2m(1-\beta)}{1+k}\right)$ 时的情形。证毕。

推论 3 证明 由命题 1 易知, 买断模式下视频平台的均衡利润是关于质量的分段函数, 且在分段点处连续。利润函数各段分别对质量求二阶偏导得: $\partial^2 \Pi_x^q / \partial^2 q < 0$ ($x=1,2,3$), 故该分段函数各段均是关于质量的凹函数。分别对三段函数

求极值点, 并设各段函数的极值点位于其可行域中, 令 $\frac{\partial \Pi_1^B}{\partial q} = 0$, 得 $q_1^{B*} = m \sqrt{\frac{(1-\beta)}{k(1+w)}}$; 令 $q_1^{B*} \leq q_1$, 得 $w \geq \frac{1+k}{4(1-\beta)}$ 。令

$\frac{\partial \Pi_2^B}{\partial q} = 0$, 得 $q_2^{B*} = 2m\sqrt{\frac{(\beta-1)\beta}{(1+k)(1+k-4w)}}$; 令 $q_1 \leq q_2^{B*} < q_2$, 得 $\frac{(1+k)^3 - k(1+k)(2+k)\beta}{4(1+k-k\beta)^2} \leq w < \frac{1+k}{4(1-\beta)}$ 。令 $\frac{\partial \Pi_3^B}{\partial q} = 0$,

得 $q_3^{B*} = \sqrt{\frac{m^2[1+k(2+k)(1-\beta)]}{k^2(1+k)w}}$; 令 $q_3^{B*} \geq q_2$, 得 $0 \leq w < \frac{(1+k)^3 - k(1+k)(2+k)\beta}{4(1+k-k\beta)^2}$ 。因此, 买断模式下视频平台的利润

函数仅同时存在唯一极值点, 且存在以下 3 种情况: 1) $0 \leq w < \frac{(1+k)^3 - k(1+k)(2+k)\beta}{4(1+k-k\beta)^2}$ 时, q_3^{B*} 存在, 当 $q < q_3^{B*}$ 时,

$\frac{\partial \Pi_x^B}{\partial q} > 0$, 反之, $\frac{\partial \Pi_x^B}{\partial q} < 0$; 2) $\frac{(1+k)^3 - k(1+k)(2+k)\beta}{4(1+k-k\beta)^2} \leq w < \frac{1+k}{4(1-\beta)}$ 时, q_2^{B*} 存在, 当 $q < q_2^{B*}$ 时, $\frac{\partial \Pi_1^B}{\partial q} > 0$ 且 $\frac{\partial \Pi_2^B}{\partial q} > 0$,

反之, $\frac{\partial \Pi_2^B}{\partial q} < 0$ 且 $\frac{\partial \Pi_3^B}{\partial q} < 0$; 3) $w \geq \frac{1+k}{4(1-\beta)}$ 时, q_1^{B*} 存在, 当 $q < q_1^{B*}$ 时, $\frac{\partial \Pi_1^B}{\partial q} > 0$, 反之, $\frac{\partial \Pi_x^B}{\partial q} < 0$ 。综上, 当 $q < q^{B*}$

时, 买断模式下的视频平台均衡利润是关于质量的增函数; 当 $q > q^{B*}$ 时, 买断模式下的视频平台均衡利润是关于质量的

减函数。其中,

$$q^{B*} = \begin{cases} \frac{m}{k} \sqrt{\frac{1+k(2+k)(1-\beta)}{w(1+k)}}, & 0 \leq w < \frac{(1+k)^3 - k(1+k)(2+k)\beta}{4(1+k-k\beta)^2} \\ 2m \sqrt{\frac{\beta(\beta-1)}{(1+k)(1+k-4w)}}, & \frac{(1+k)^3 - k\beta(1+k)(2+k)}{4(1+k-k\beta)^2} \leq w < \frac{1+k}{4(1-\beta)} \\ m \sqrt{\frac{(1-\beta)}{k(1+w)}}, & w \geq \frac{1+k}{4(1-\beta)} \end{cases}。证毕。$$

推论 4 证明 由推论 3 可知, 视频平台引进视频的最佳质量即为 q^{B*} , 且 q^{B*} 是关于版权费率 w 的分段函数。进一步地,

q^{B*} 对版权费率 w 求偏导, 得 $\frac{\partial q_x^{B*}}{\partial w} < 0$ ($x=1,2,3$)。同时, 当 $w = \frac{1+k}{4(1-\beta)}$ 时, $q_1^{B*} = q_2^{B*}$; 当 $w = \frac{(1+k)^3 - k(1+k)(2+k)\beta}{4(1+k-k\beta)^2}$

时, $q_2^{B*} = q_3^{B*}$, 故 $q_3^{B*} \geq q_2^{B*} \geq q_1^{B*}$, 即视频平台引进视频节目的最佳质量随版权费率的增加而降低。证毕。

命题 2 证明 根据公式 (3), 同命题 1, 易证目标函数 Π 为凹函数。结合命题 1 的证明, 原约束条件, 即公式 (4), 可精简为: $m - p_n(1+k) + p_m \geq 0$ 、 $p_n - p_m \geq 0$ 及 $p_m - u_0 - \gamma q \geq 0$ 。采用库恩-塔克条件求解该约束优化问题, 构造拉格朗日函数如下:

$$L(p_m, p_n, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = (p_m - u_0 - \gamma q)\beta \left[1 - \frac{p_m}{(1+k)q} \right] + (p_m + m - u_0 - \gamma q)(1-\beta) \left(1 - \frac{m + p_m - p_n}{kq} \right) \\ + \frac{m + p_m - (1+k)p_n}{kq} (1-\beta)(p_n - u_0 - \gamma q) + \lambda_1 [m - p_n(1+k) + p_m] + \lambda_2 (p_n - p_m) + \lambda_3 (p_m - u_0 - \gamma q)$$

与命题 1 同理, 该模型存在以下 8 种情况: 1) $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = 0$: 无解。2) $\lambda_1 \geq 0, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = 0$:

$p_m^* = \frac{2m(\beta-1) + q(1+k+\gamma) + u_0}{2}$, $p_n^* = \frac{2m\beta + q(1+k+\gamma) + u_0}{2(1+k)}$, $\Pi^* = \frac{[(1+k-\gamma)q - u_0]^2 + 4\beta m^2(\beta-1)}{4q(1+k)}$, 此时要求

$\frac{2m(1-\beta) + u_0}{1+k-\gamma} \leq q \leq \frac{2m[1+k(1-\beta)] - ku_0}{k(1+k+\gamma)}$ 。3) $\lambda_1 = 0, \lambda_2 \geq 0, \lambda_3 = 0$: 无解。4) $\lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0, \lambda_3 = 0$: $p_m^* = \frac{m}{k}$,

$p_n^* = \frac{m}{k}$, $\Pi^* = \frac{(1+k)(kq-m)[m+k(m-u_0-\gamma q)] - km\beta\{k[q(1+k+\gamma)+u_0] - m(2+k)\}}{qk^2(1+k)}$, 此时要求 $\frac{2m[1+k(1-\beta)] - ku_0}{k(1+k+\gamma)} \leq q \leq \frac{m - ku_0}{k\gamma}$ 。

由于实践中分账模式对视频质量并未设置上限, 同时为保证两种供应链模式的可比性, 故假设 $(m - ku_0)/k\gamma$ 充分大, 即 $m - ku_0 \gg k\gamma$ 。同时, 鉴于现实中的视频质量可在有限范围内量化, 故 $(m - ku_0)/k\gamma$ 亦可视作视频质量上限, 故在本文

的分析中忽略该上限约束。5) $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 0, \lambda_3 \geq 0$: 无解。6) $\lambda_1 \geq 0, \lambda_2 = 0, \lambda_3 \geq 0$: $p_m^* = u_0 + \gamma q$, $p_n^* = \frac{m + u_0 + \gamma q}{1+k}$,

$\Pi^* = \frac{m(\beta-1)[m - (1+k-\gamma)q + u_0]}{q(1+k)}$, 此时要求 $q \leq \frac{2m(1-\beta) + u_0}{1+k-\gamma}$ 。7) $\lambda_1 = 0, \lambda_2 \geq 0, \lambda_3 \geq 0$: 无解。8) $\lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0,$

$\lambda_3 \geq 0$: 无解。与命题 1 同理, 本文仅呈现 m/k 位于区间 $\left[0, \frac{2m(1-\beta) + u_0}{1+k-\gamma}\right)$ 时的情形。证毕。

推论 7 证明 根据命题 2, 分账模式下视频平台的均衡利润对质量求一阶偏导, 得 $\frac{\partial \Pi_1^S}{\partial q} > 0$, $\frac{\partial \Pi_2^S}{\partial q} > 0$; 当

$\gamma < \gamma_1 = \frac{m\{m + ku_0[k(\beta-1)-1] - km(2+k)(\beta-1)\}}{k^2q^2(1+k)}$ 时, $\frac{\partial \Pi_3^S}{\partial q} > 0$; 当 $\gamma \geq \gamma_1$ 时, $\frac{\partial \Pi_3^S}{\partial q} < 0$ 。证毕。

命题 3 证明 根据命题 1 和命题 2, 令 $\Delta_\Pi = \Pi^{B*} - \Pi^{S*}$ 。由 $u_0 + \gamma q \geq 0$, 易证: $q_1 \leq q_3 \leq q_4 \leq q_2$ 。因此 Δ_Π 的取值存在以下

5 种情况: 1) $q \geq q_2$ 时,

$$\Delta_{\Pi} = \Pi_3^B - \Pi_3^S = \frac{m^2[k(2+k)(\beta-1)-1]}{qk^2(1+k)} - qw + m\left(1 - \beta + \frac{1}{k}\right) - \frac{(1+k)(kq-m)[m+k(m-u_0-\gamma q)] - km\beta\{k[q(1+k+\gamma)+u_0] - m(2+k)\}}{qk^2(1+k)},$$

$\Delta_{\Pi} > 0$, 得 $q < q_5^a$; 令 $\Delta_{\Pi} < 0$, 得 $q > q_5^a$; 令 $q_5^a \geq q_2$, 得 $0 \leq w < w_1$ 。同理可证: 2) $q_4 \leq q < q_2$ 时, 令 $\Delta_{\Pi} > 0$, 得 $q < q_5^b$; 令 $\Delta_{\Pi} < 0$, $q > q_5^b$; 令 $q_4 \leq q_5^b < q_2$, 得 $w_1 \leq w < w_2$ 。3) $q_3 \leq q < q_4$ 时, 令 $\Delta_{\Pi} > 0$, 得 $q < q_5^c$; 令 $\Delta_{\Pi} < 0$, 得 $q > q_5^c$; 令 $q_3 \leq q_5^c < q_4$, 得 $w_2 \leq w < w_3$ 。4) $q_1 \leq q < q_3$ 时, 令 $\Delta_{\Pi} > 0$, 得 $q < q_5^d$; 令 $\Delta_{\Pi} < 0$, 得 $q > q_5^d$; 令 $q_1 \leq q_5^d < q_3$, 得 $w_3 \leq w < w_4$ 。

5) $\frac{m}{k} \leq q < q_1$ 时, 令 $\Delta_{\Pi} > 0$, 得 $q < q_5^e$, 令 $\Delta_{\Pi} < 0$, 得 $q > q_5^e$ 。令 $m/k \leq q_5^e < q_1$, 得 $w_4 \leq w < w_5$ 。此外, 易证 $w \geq w_5$ 时, $\Delta_{\Pi} \leq 0$ 恒成立。综上, 两种供应链模式下视频平台的利润函数仅同时存在唯一交点 q_5^y ($y = a, c, b, d, e$), 当 $q < q_5^y$ 时, $\Delta_{\Pi} > 0$, 当 $q > q_5^y$ 时, $\Delta_{\Pi} < 0$ 。其中,

$$q_5^a = \frac{k^2 u_0 - m\gamma + k[u_0 + m\gamma(\beta-1)] + \sqrt{4kmu_0(1+k)(w-\gamma)[k(\beta-1)-1] + \{ku_0(1+k) + m\gamma[k(\beta-1)-1]\}^2}}{2k(1+k)(w-\gamma)},$$

$$q_5^b = \frac{2km(1+\gamma) - 2k^3[u_0 + m(\beta-1)] - 2k^2\{u_0 + m[\beta + \gamma(\beta-1) - 2]\}}{-2k\sqrt{\{ku_0(1+k) + m[k(\beta-1)-1](1+k+\gamma)\}^2 - m(1+k)\{ku_0 + m[k(\beta-1)-1]\}[k(\beta-1)-1](1+k-4w+4\gamma)}},$$

$$q_5^c = \frac{u_0}{1+k-\gamma-\sqrt{(1+k)(1+k-4w)}}, \quad q_5^d = \frac{2\{m(1-\beta)(1+k-\gamma) - \sqrt{m(\beta-1)\{u_0(1+k)(1+k-4w) + m(\beta-1)[4w(1+k) + \gamma(\gamma-2-2k)]}\}}{(1+k)(1+k-4w)},$$

$$q_5^e = \frac{m\gamma(1-\beta) + \sqrt{m(\beta-1)[m\gamma^2(\beta-1) - 4u_0w(1+k)]}}{2w(1+k)}, \quad w_1 = \frac{k^2 u_0 + 2m\gamma + k[u_0 - 2m\gamma(\beta-1)]}{4m(1+k-k\beta)},$$

$$w_2 = \frac{2k^3\{2mu_0[3+2\beta(\gamma-1)-2\gamma] + 4\gamma m^2(\beta-1)^2 - 3u_0^2\} - k^4 u_0[3u_0 + 4m(\beta-1)] - 4m^2\gamma(\gamma-2) + 4km\{u_0 - 2u_0\gamma + 2m\gamma[3+\beta(\gamma-2)-\gamma]\} + k^2\{4mu_0[3-4\gamma+\beta(2\gamma-1)] - 3u_0^2 - 4m^2\gamma(\beta-1)[6+\beta(\gamma-2)-\gamma]\}}{4(1+k)\{ku_0 + 2m[k(\beta-1)-1]\}^2},$$

$$w_3 = \frac{(1+k)^2[u_0^2 - 4mu_0(\beta-1)] + 4\gamma m^2(\beta-1)^2(2+2k-\gamma)}{4(1+k)(2m\beta - 2m - u_0)^2}, \quad w_4 = \frac{u_0(1+k)}{4m(1-\beta)} + \frac{\gamma}{2}, \quad w_5 = \frac{k(1-\beta)(ku_0 + m\gamma)}{m(1+k)}。令$$

$$q_5 = \begin{cases} q_5^a, & 0 \leq w < w_1 \\ q_5^b, & w_1 \leq w < w_2 \\ q_5^c, & w_2 \leq w < w_3 \\ q_5^d, & w_3 \leq w < w_4 \\ q_5^e, & w_4 \leq w < w_5 \\ m/k, & w \geq w_5 \end{cases}。证毕。$$

命题 4 证明 与命题 3 同理, 根据命题 1 和命题 2, 令 $\Delta_{\Pi} = \Pi^{B*} - \Pi^{S*}$, 以版权费率 w 为关键阈值分析即得, 当 $0 \leq w < w_6$ 时, $\Delta_{\Pi} > 0$, 当 $w > w_6$ 时, $\Delta_{\Pi} < 0$ 。 w_6 对 γ 求偏导, 易证 $\partial w_6 / \partial \gamma > 0$ 。其中,

$$w_6 = \begin{cases} \frac{m(u_0 + \gamma q)(1-\beta)}{q^2(1+k)}, & \frac{m}{k} \leq q < q_1 \\ \frac{q^2(1+k)^2 + 4m[q(1+k-\gamma) - u_0](\beta-1) + 4m^2(\beta-1)^2}{4q^2(1+k)}, & q_1 \leq q < q_3 \\ \frac{[2q(1+k) - u_0 - \gamma q](u_0 + \gamma q)}{4q^2(1+k)}, & q_3 \leq q < q_4 \\ \frac{k^2 q(1+k)[q(1+k+4\gamma) + 4u_0] + 4km[q(1+k+\gamma) + u_0][k(\beta-1)-1] + 4m^2(1+k-k\beta)^2}{4q^2 k^2(1+k)}, & q_4 \leq q < q_2 \\ \frac{[(kq-m)(1+k) + km\beta](u_0 + \gamma q)}{kq^2(1+k)}, & q \geq q_2 \end{cases}。证毕。$$

命题 5 证明 根据命题 1 和命题 2, 令 $\Delta_{pm} = p_m^{B*} - p_m^{S*}$, 令 $\Delta_{pn} = p_n^{B*} - p_n^{S*}$ 。因会员价格和非会员价格均是关于质量的分段函数, 故分区间讨论。当 $\frac{m}{k} \leq q < q_1$ 时, 易证: $\Delta_{pm} = 0 - u_0 - \gamma q \leq 0$, $\Delta_{pn} = \frac{m}{1+k} - \frac{m+u_0+\gamma q}{1+k} \leq 0$ 。同理, 易证: 当 $q_1 \leq q < q_2$ 时, $\Delta_{pm} \leq 0$ 且 $\Delta_{pn} \leq 0$; 当 $q \geq q_2$ 时, $\Delta_{pm} = \Delta_{pn} = m/k - m/k = 0$ 。证毕。

命题 6 证明 1) 根据命题 1 和命题 2, 将两种供应链模式下的均衡定价代入其非会员用户需求函数 $D_n^{B^*}$ 和 $D_n^{S^*}$, 易证 $D_n^{B^*} = D_n^{S^*} = 0$ 恒成立。

2) 根据命题 1, 当 $m/k \leq q < q_1$ 时, $D_m^{B^*} = 1$, $D_{nm}^{B^*} = 1 - \frac{m}{q(1+k)}$, $D^{B^*} = 1 + \frac{m(\beta-1)}{q(1+k)}$; 当 $q_1 \leq q < q_2$ 时, $D_m^{B^*} = \frac{1}{2} + \frac{m(1-\beta)}{q(1+k)}$, $D_{nm}^{B^*} = \frac{1}{2} - \frac{m\beta}{q(1+k)}$, $D^{B^*} = \frac{1}{2}$; 当 $q \geq q_2$ 时, $D_m^{B^*} = 1 - \frac{m}{kq(1+k)}$, $D_{nm}^{B^*} = 1 - \frac{m}{kq}$, $D^{B^*} = 1 + \frac{m[k(\beta-1)-1]}{kq(1+k)}$ 。根据命题 2, 当 $m/k \leq q < q_3$ 时, $D_m^{S^*} = 1 - \frac{u_0 + \gamma q}{q(1+k)}$, $D_{nm}^{S^*} = 1 - \frac{m + u_0 + \gamma q}{q(1+k)}$, $D^{S^*} = 1 + \frac{m(\beta-1) - u_0 - \gamma q}{q(1+k)}$; 当 $q_3 \leq q < q_4$ 时, $D_m^{S^*} = \frac{1}{2} + \frac{2m(1-\beta) - u_0 - \gamma q}{2(1+k)q}$, $D_{nm}^{S^*} = \frac{1}{2} - \frac{u_0 + \gamma q + 2m\beta}{2q(1+k)}$, $D^{S^*} = \frac{1}{2} - \frac{u_0 + \gamma q}{2q(1+k)}$; 当 $q \geq q_4$ 时, $D_m^{S^*} = 1 - \frac{m}{kq(1+k)}$, $D_{nm}^{S^*} = 1 - \frac{m}{kq}$, $D^{S^*} = 1 + \frac{m[k(\beta-1)-1]}{kq(1+k)}$ 。令 $\Delta_{Dm} = D_m^{B^*} - D_m^{S^*}$, $\Delta_{Dnm} = D_{nm}^{B^*} - D_{nm}^{S^*}$, 令 $\Delta_D = D^{B^*} - D^{S^*}$ 。因需求是关于质量的分段函数, 故分区间进行讨论。易证: $m/k \leq q < q_2$ 时, $\Delta_{Dm} \geq 0$, $\Delta_{Dnm} \geq 0$, $\Delta_D \geq 0$; $q \geq q_2$ 时, $\Delta_{Dm} = \Delta_{Dnm} = \Delta_D = 0$ 。证毕。

命题 7 证明 1) 买断模式, 根据公式 (5), 由 $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial^2 p_m} = \frac{-2}{q(1+k)} < 0$, 知目标函数 Π 为凹函数。采用库恩-塔克条件求解该约束优化问题, 构造拉格朗日函数如下:

$$L(p_m, \lambda_1, \lambda_2) = p_m \beta \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] + (p_m + m)(1-\beta) \left[1 - \frac{p_m + m}{q(1+k)} \right] - wq + \lambda_1 [q(1+k) - p_m - m] + \lambda_2 p_m$$

与命题 1 及命题 2 同理, 存在下述 4 种情况: 1) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$: $p_m^* = \frac{q(1+k)}{2} + m(\beta-1)$, $\Pi^* = \frac{q(1+k-4w)}{4} + \frac{\beta m^2(\beta-1)}{q(1+k)}$,

此时要求: $0 < \beta < \frac{1}{2}$ & $q \geq \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$ 或 $\frac{1}{2} < \beta \leq 1$ & $q \geq \frac{2m\beta}{1+k}$ 。2) $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 = 0$: $p_m^* = (1+k)q - m$,

$\Pi^* = m\beta \left[1 - \frac{m}{q(1+k)} \right] - wq$, 此时要求: $\frac{1}{2} < \beta \leq 1$ & $\frac{m}{1+k} \leq q < \frac{2m\beta}{1+k}$ 。3) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 \geq 0$: $p_m^* = 0$,

$\Pi^* = m(1-\beta) \left[1 - \frac{m}{q(1+k)} \right] - wq$, 此时要求: $0 < \beta < \frac{1}{2}$ & $\frac{m}{1+k} \leq q < \frac{2m(1-\beta)}{1+k}$ 。4) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$: 无解。证毕。

2) 分账模式, 根据公式 (7), 由 $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial^2 p_m} = \frac{-2}{q(1+k)} < 0$, 知目标函数 Π 为凹函数。采用库恩-塔克条件求解该约束优化问题, 构造拉格朗日函数如下:

$$L(p_m, \lambda_1, \lambda_2) = \beta(p_m - u_0 - \gamma q) \left[1 - \frac{p_m}{q(1+k)} \right] + (1-\beta)(p_m + m - u_0 - \gamma q) \left[1 - \frac{p_m + m}{q(1+k)} \right] + \lambda_1 [q(1+k) - p_m - m] + \lambda_2 (p_m - u_0 - \gamma q)$$

同上, 存在下述 4 种情况: 1) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$: $p_m^* = \frac{u_0 + 2m(\beta-1) + q(1+k+\gamma)}{2}$, $\Pi^* = \frac{4\beta m^2(\beta-1) + [u_0 + q(\gamma-1-k)]^2}{4q(1+k)}$,

此时要求: $0 < \beta < \frac{1}{2}$ & $q \geq \frac{2m(1-\beta) + u_0}{1+k-\gamma}$ 或 $\frac{1}{2} < \beta \leq 1$ & $q \geq \frac{u_0 + 2m\beta}{1+k-\gamma}$ 。2) $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 = 0$: $p_m^* = (1+k)q - m$,

$\Pi^* = \frac{m\beta[q(1+k-\gamma) - m - u_0]}{q(1+k)}$, 此时要求: $\frac{1}{2} < \beta \leq 1$ & $\frac{m + u_0}{1+k-\gamma} < q \leq \frac{u_0 + 2m\beta}{1+k-\gamma}$ 。3) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 \geq 0$: $p_m^* = u_0 + \gamma q$,

$\Pi^* = m(1-\beta) \left[1 - \frac{m + u_0 + \gamma q}{q(1+k)} \right]$, 此时要求: $0 < \beta < \frac{1}{2}$ & $\frac{m + u_0}{1+k-\gamma} \leq q \leq \frac{2m(1-\beta) + u_0}{1+k-\gamma}$ 。4) $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 0$: 无解。证毕。