

竞赛理论研究综述：均衡策略与激励设计

冯欣 焦倩 吕景峰*

摘要：竞赛理论研究个体或集体为争夺特定奖励（如职位、市场份额等）而展开的策略性竞争。因在寻租、晋升、专利研发等场景的广泛应用，该理论已成为微观经济学的核心领域。本文以经典模型为起点，系统梳理该领域国内外主要文献与研究进展。重点回顾了均衡分析与激励机制设计的相关文献，深入探讨奖励分配、参赛者异质性及预算约束等关键议题。最后，本文总结了该理论的实证应用现状，并对其未来发展与潜在拓展方向进行了展望。

关键词：竞赛理论；均衡分析；激励设计

DOI：10.13821/j.cnki.ceq.2026.02.01

一、引言

竞争是人类社会最基本、最普遍的活动之一。从远古时代的生存狩猎，到现代社会的市场博弈，个体与组织之间围绕有限资源的争夺从未停歇。作为驱动自然演化与人类社会发展的基本动力，竞争已渗透到经济、政治、科技乃至个体生活的方方面面。在当今这个由全球化、数字化和技术加速迭代所定义的新时代，竞争的形态、烈度与复杂性达到了前所未有的高度。从国家间的科技战略博弈，到数字平台巨头的生态系统之争，再到个体在职业生涯中的自我超越，对竞争现象的深刻理解已不仅是企业或政府的专属议题，也是关乎组织生存与个人发展的核心议题。如何将这种看似纷繁复杂的竞争行为，置于一个统一、严谨的分析框架下进行理解、预测与设计，长期以来都是社会科学领域的核心挑战。

在上述背景下，竞赛理论（contest theory）将竞争抽象为一场“竞赛”：在既定的规则和激励结构下，参与者通过投入不可逆转的资源（如努力、时间、金

* 冯欣，南京大学商学院；焦倩，中山大学岭南学院；吕景峰，新加坡国立大学经济系。通信作者及地址：焦倩，广东省广州市海珠区新港西路 135 号中山大学岭南学院，510275；电话：020-84111976；E-mail: jiaoq3@mail.sysu.edu.cn。本研究得到国家自然科学基金面上项目（72273063、72373171）的资助。感谢匿名审稿人和期刊主编的宝贵建议，感谢蔡夷川、陈波、陈博、陈俾琼、方大炜、傅强、高磊、邝仲弘、刘斌、马洪坤、沈波、施贤文、孙祥、王哲伟、吴泽南、肖俊、徐进、张军、张永超、郑捷、周立学在本文写作过程中给予的建设性意见。如有错漏，文责自负。

钱),来争夺一个或多个有限的、预先设定的“奖品”。该理论具有强大的解释力与广泛的适用性。诚如 Rosen(1986)所阐述的,从微观层面组织内部的雇员选拔、薪酬设计,企业间的专利竞争、市场份额争夺、寻租与诉讼,再延至宏观层面的选举政治乃至国际冲突,均可被置于竞赛理论的分析范畴之内。作为博弈论的一个重要分支,竞赛理论已成为经济学、管理学和公共政策研究中分析激励与冲突的有力工具。

竞赛理论的学术思想可追溯至 20 世纪中后期,并逐渐从分散的洞见汇聚成一个成熟的理论体系。其发展脉络清晰地体现在几位开创性学者的工作中:Tullock(1967,1980)在其关于寻租行为的开创性研究中,首次为投入与获胜概率之间的关系建立了数学模型(即后来的“塔洛克模型”),为竞赛理论奠定了分析基石。Krueger(1974)正式提出了“寻租”概念,并量化了其社会成本,证明了竞争性的寻租行为会造成额外的社会福利损失。Lazear and Rosen(1981)将竞赛理论引入劳动经济学,构建了著名的“Lazear-Rosen model”。他们创造性地将企业内部的晋升与薪酬体系解释为一场“锦标赛”(即具有额外噪声的排名比赛, Rank-Order Tournament with Additive Noise),为理解相对绩效评估、高管天价薪酬等劳动力市场现象提供了全新的视角。与此同时, Rosen(1986)和 Dixit(1987)等人进一步将竞赛理论拓展至产业组织、军事冲突等领域,极大地拓展了其应用边界。

竞赛理论分析的焦点并非仅限于竞争本身,学者们同样关注塑造竞争结果的规则与激励机制。这一核心视角将我们由被动的观察者转变为主动的机制设计者。通过系统地设计信息披露策略、奖金结构、竞赛形态与选拔机制,我们能够有效引导参与者的努力投入、有效调控竞争的激烈程度,并最终提升社会资源的配置效率。在当今这个高度竞争化、绩效导向的时代,这种“设计者”视角进一步凸显了竞赛理论的重要价值。

关于竞赛的理论、实验与实证研究文献卷帙浩繁。学界长期致力于发展竞赛博弈理论,以深入揭示参赛者间的策略互动。对这些策略行为的深刻理解,又进一步催生了关于“最优竞赛设计”的丰硕成果。面对这一广阔的研究领域,现有文献综述通常选择某个特定方向进行梳理与总结。Konrad(2009)系统梳理了竞赛理论的发展脉络,其重点在于那些具有普适性、可广泛应用的理论贡献。Corchón and Serena(2018)则是在《博弈论与产业组织手册》(*Handbook of Game Theory and Industrial Organization*)中以专章形式对竞赛理论进行了扼要介绍。Fu and Wu(2019)概述了基于不同优胜者遴选机制的主流建模框架,并广泛探讨了基准模型在多种情境下的衍生变体。Beviá and Corchón(2024)的最新教材系统介绍了竞赛理论及其前沿应用。而在中文学界,王哲伟(2012)是一篇早期的、具有代表性的系统性综述。

鉴于竞赛理论文献的浩瀚,本文无意进行全面综述。对该领域全貌感兴趣的读者,可参考上文提及的综述与教材。本文的核心聚焦于剖析竞赛中的策略互动机制,并在此基础上探讨竞赛的最优设计问题。为系统性地展开论述,本文将从以下三个方面回顾与梳理相关研究进展。①经典模型与均衡分析:第二部分与第三部分将分别介绍三种基础竞赛模型及其均衡解,并梳理主要拓展模型的均衡结果。②激励机制设计:第四部分将深入探讨竞赛中的激励问题,分析如何通过机制设计有效激发参赛者努力。③理论应用:第五部分将简要梳理竞赛理论在国内外的应用研究现状,同时展望未来的研究方向。

二、基准模型及其均衡

竞赛理论的分类体系在文献中多维并存。为聚焦核心议题,本文采纳一种主流划分方法,深入探讨三种极具代表性的竞赛模型:全支付拍卖(all-pay auction)、塔洛克竞赛(Tullock contest)以及具有额外噪声的排名竞赛(rank-order competition)。在这些研究中,竞赛获胜函数(Contest Success Function, CSF)被用来刻画参赛者的业绩与获胜概率之间的关系:它依据业绩能否完全决定胜负,构成了竞赛机制的根本性差异。基于此,Hillman and Riley(1989)根据参赛者的努力水平能否被精准评估提出了一个基础性的二分法:完全识别型竞赛(perfectly discriminating contests)和不完全识别型竞赛(imperfectly discriminating contests)。前述三种经典竞赛模型均可被纳入这一框架,从而为理解不同竞赛机制下的激励结构与资源配置效率提供了坚实的理论基础。

竞赛理论的基本分析框架如下:在考虑一场包括多名参赛者且奖励唯一的竞赛中,每位参赛者 $i \in \{1, \dots, n\}$ 在竞赛中投入努力 $x_i \geq 0$,产生对应的努力成本 $C_i(x_i)$ 。同时获取一个业绩指标,进而争夺某一个特定的奖励。所有参赛者的努力程度由向量 $x \equiv (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示,各参赛者 i 的获胜概率 $p_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 由竞赛获胜函数决定。奖励对参赛者 i 的价值为 v_i (因参赛者异质性可能不同)。因此,给定努力向量 x ,参赛者 i 的期望收益为

$$\pi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = p_i(x_1, x_2, \dots, x_n) v_i - C_i(x_i). \quad (1)$$

基准竞赛模型通常采用单阶段静态博弈框架。在该框架下,所有参与者同时选择努力水平,其努力通过竞赛获胜函数转化为获胜概率,并依此分配奖项。现有文献围绕不同的信息结构、参与者人数及其异质性,对均衡的存在性、唯一性、解析形式及其性质进行了广泛而深入的探讨。本部分将系统阐述三类经典竞赛模型及其变体在单阶段同时行动博弈中的均衡策略。具体而言,完全信息下的均衡对应纳什均衡,而不完全信息下则对应贝叶斯纳什均衡。

(一) 完全识别型竞赛:全支付拍卖/竞赛

在完全识别型竞赛(即全支付拍卖/竞赛, all-pay auctions/contests)中, 参赛者的业绩等于其投入的努力水平, 可被精准评估, 不存在随机扰动, 因此付出最高努力的参赛者以 100% 概率获胜。具体而言, 参赛者 i 的获胜概率为:

$$p_i(x_1, \dots, x_n) = \begin{cases} 1, & x_i > \max_{j \neq i} \{x_j\} \\ \frac{1}{m}, & x_i \text{ 在 } \{x_j\}_{j=1}^n \text{ 中为最高的 } m \text{ 个值之一(存在并列)}. \\ 0, & x_i < \max_{j \neq i} \{x_j\} \end{cases} \quad (2)$$

换言之, 奖项授予努力水平最高的参赛者, 若多个参赛者努力水平并列最高, 则奖项在他们之间等概率分配。全支付拍卖的特点是所有参赛者, 无论是否获胜, 均需承担其努力成本。

在上述基准模型框架下, 经典文献 Hillman and Riley(1989)和 Baye et al.(1996)证实了采用赢者通吃(winner-take-all)机制的全支付拍卖不存在纯策略纳什均衡, 仅存在混合策略纳什均衡。

在完全信息的框架下, 基于 Baye et al.(1996)对多名参与人均均衡策略的刻画, Che and Gale(1998)对出价上限对全支付拍卖均衡的影响进行了深入研究, 分析了其在拍卖结果中的作用及机制。Kaplan and Wettstein(2006)在此基础上探讨了竞拍者之间的不对称性对均衡结果的影响。Che and Gale(2003)构建了一个研发竞赛模型, 该模型中买家试图从两个竞标者中采购创新产品, 并将胜利判给能够提供更高买家剩余的竞标者。Chen et al.(2017)在 Baye et al.(1996)的模型中纳入异质性风险厌恶参与者, 他们给出了给定活跃参与者的均衡存在的充分必要条件, 并且解出了任意严格递增效用函数的均衡策略的显示解。

部分文献从外部性的角度拓展了完全信息下的全支付拍卖模型。Baye et al.(2012)提出了一个统一框架, 用于刻画排名依赖外部性的双人完全信息竞赛。Klose and Kovenock(2015a, 2015b)分别在 2015 年的两项研究中探讨了身份依赖外部性的影响: 前者发现不同均衡下参与者的预期收益可能不同, 挑战了收益等价的传统观点; 后者分析了偏好分布对均衡行为的影响。此外, Konrad(2006)和 Fu and Lu(2013)研究了交叉持股这一特殊形式的身份依赖外部性对拍卖模型的影响。上述所有能够确定的均衡都是唯一的。

不完全信息下的全支付拍卖的研究主要集中在识别单调均衡存在的充分条件, 以及构建算法来确定均衡。Amann and Leininger(1996)构建了一种算法, 用于解决具有连续类型和独立私人信息(independent private values)的非对称双人全支付竞标中的单调均衡问题。Lu and Parreiras(2017)进一步扩展了他们的研究, 允许投标人的类型具备相关性以及互相依赖的估值。Siegel

(2014b)研究了双人的全支付拍卖(对称或非对称),其中竞标者具有互相依赖的估值且只存在有限种类型。他们提出了单调均衡存在的充分条件,并给出了计算均衡的具体方法。与之不同的是,Rentschler and Turocy(2016)在 Siegel (2014b)的基础上假定竞标者类型间存在强相关性,提供了对非单调均衡的算法。Liu and Chen(2016)探究了具有二元类型和相关信息结构的双人全支付拍卖,构建了单调和非单调对称贝叶斯纳什均衡。Gelder et al.(2022)和 Kovenock and Roberson(2012)提出了一种允许平局的二人全支付拍卖模型,竞标者若未能以最低差额超过对手,将按规则分享奖金。Kaplan et al.(2002)则研究了奖品价值内生于竞标者决策的模型,将竞标策略与奖品价值关联,为动态竞争分析提供了新视角。Gavious et al.(2002)、Olszewski and Siegel(2019)和 Chen(2019)则是研究了在超过两名参与人的全支付拍卖中,固定出价上限对全支付拍卖均衡的影响。Chi et al.(2019)研究了具有关联性二元信号的全支付拍卖中的均衡状态。

全支付拍卖的结果是确定性的,因为投标的微小差异即可确保投标者获胜。在现实中,参赛者的努力水平很难被准确衡量,获胜的概率不仅与自身努力有关,还受到评估体系和其他不确定因素的影响。例如,地方政府官员晋升、高校教师职称晋升、企业员工业绩评估,以及学生在标准化考试中的成绩,都会受到诸多不确定因素的影响。在这类竞赛中,即使某个参赛者付出的努力高过其他人,他也无法确保获胜;而其他参赛者只要稍加努力,依旧存在获胜的机会。这类竞赛被称为不完全识别型竞赛。Tullock(1967,1980)和 Lazear and Rosen(1981)分别提出了相关分析框架,这些框架在学术界有广泛应用。下面两个子小节将分别介绍这两类具有噪声的赢家选择机制的竞赛的均衡,它们分别是塔洛克优胜者选拔机制和具有额外噪声的排名比赛。

(二) 塔洛克竞赛

最广泛采用的允许噪声影响选择机制的建模方法是假设比值形式的竞赛获胜函数的方法,其中由戈登·塔洛克(Gordon Tullock)在1980年提出的塔洛克竞赛模型是最经典的模型:给定 $n \geq 2$ 位参赛者各自的努力 $(x_1, \dots, x_n) \geq (0, \dots, 0)$,那么任意一个竞赛者 i 获胜的概率为:

$$p_i(x_1, \dots, x_n) = \begin{cases} \frac{(x_i)^r}{\sum_{j=1}^n (x_j)^r}, & (x_1, \dots, x_n) \neq (0, \dots, 0) \\ \frac{1}{n}, & (x_1, \dots, x_n) = (0, \dots, 0) \end{cases}. \quad (3)$$

式(3)中的 $p_i(x_1, \dots, x_n)$ 即为塔洛克竞赛获胜函数(Tullock Contest Success Function)。根据式(3)我们可以看出,在给定其他参赛者努力水平的情况下,参赛者 i 获胜的概率随着他自己努力水平的增加而增加。在文献中,式(3)

中的 r 通常被解读为竞赛评价体系中对每个参赛者的业绩评估精确度,或称之为竞赛识别能力。可以看出当 $r=0$ 时,参赛者取胜的概率与其努力程度完全无关;当 $r=1$ 时,参赛者取胜的概率类似于彩票抽奖(lottery)。并且式(3)中令 $r=\infty$ 即可得到式(2),因此全支付拍卖竞赛可以被认为是塔洛克竞赛在极限时的情形。关于参数 r 的比较静态分析可以揭示业绩评估精确度(或竞赛识别能力)对于竞赛及其相关设计起到的作用。

Tullock(1980)利用该模型分析参赛者通过投入资源来争夺租金的行为,并探讨了租金耗散(rent dissipation)的问题。Skaperdas(1996)系统地研究了竞赛获胜函数的性质,将塔洛克竞赛的均衡条件进行了公理化表达。进一步地, Baye and Hoppe(2003)、Fu and Lu(2012b)阐释了该模型的微观理论基础。

在完全信息下有 n 个人参与的对称的塔洛克竞赛中,只有当竞赛识别能力较弱时(即 $r \leq n/(n-1)$ 时)存在唯一的纯策略纳什均衡,此时租金没有完全耗散(总努力程度支出小于奖励价值)。当 r 趋近于无穷大时,竞赛收敛于全支付拍卖,因为出价的微小差异将决定竞赛的结果。然而,当竞赛识别水平处于中间值时,即 $r > n/(n-1)$ 时,纯策略均衡不再存在。在离散策略空间中, Baye et al.(1994)证明了双人塔洛克竞赛存在完全耗散租金的混合策略均衡,但他们未能给出均衡的显式解。Alcade and Dahm(2007)进一步证明,在多人的塔洛克竞赛中,只要满足 $r \geq 2$ 就一定存在全支付拍卖均衡,且租金完全耗散。Ewerhart(2015)探究了此类竞赛的混合策略均衡的结构性质。

在完全信息框架下,关于两名异质性参赛者竞赛的均衡策略研究取得了一系列进展。Ewerhart(2017a)的研究发现,当竞赛与全支付拍卖的关联性较弱时,可能出现收益不等价的多重均衡。Wang(2010)则刻画了在某些较大 r 值下,两名非对称参与者的均衡显示表达式。当 $1 < r < 2$ 时,Ewerhart(2017b)和 Feng and Lu(2017)运用不同方法证明了此均衡的唯一性。Ewerhart(2025)进一步拓展了该结果,证明 $r > 2$ 时双人非对称混合策略均衡的唯一性。具体而言,当 r 较小时,竞赛受噪声扰动较大,竞争相对缓和,参与者无需过度投入,此时存在唯一的纯策略纳什均衡,双方均获得正收益;当 r 处于中间范围时,竞争激烈程度适中,纯策略均衡不复存在,仅存在一种半纯策略均衡(semi-pure strategy equilibrium),即实力较强的参与者采取纯策略并获得正收益,实力较弱的参与者采取混合策略且收益为零;当 $r \geq 2$ 时,双方采取类似全支付拍卖的混合策略均衡,此时强者可通过出价略高于弱者的估值来确保获胜并取得正收益,而弱者收益为零。在上述所有非对称情形中,租金均未完全耗散;只有当参赛者对称且 $r \geq 2$ 时,租金完全耗散。

在不完全信息框架下,Ewerhart(2014)证明了,当参与者的自身类型为私有信息且呈连续型分布,同时独立同分布时,在不同利益相关方为了获得经济

租金而进行的寻租竞赛中存在唯一的纯策略纳什均衡。随后, Ewerhart and Quartieri(2020)进一步研究了当参与者掌握竞赛基本要素的私人信息(如竞赛技术、奖品估值、成本函数或预算限制)时, 不完全信息竞赛在何种条件下能够确保唯一的纯策略纳什均衡的存在性。

(三) 具有额外噪声的排名比赛

不完全识别型竞赛的另一个分支由 Lazear and Rosen(1981)提出。他们提出了一个基于锦标赛理论(tournament theory)的模型, 用以解释和设计最优劳动力合同。参赛者最后可以被核实或观测到的业绩 y_i 由两部分组成: 竞赛者做出的真实业绩 x_i 和一个随机扰动变量 ϵ_i , 也就是 $y_i = x_i + \epsilon_i$ 。其中随机扰动项 ϵ_i 独立同分布, 均值为 0, 方差为 σ^2 。在一场有两个人组成的竞赛中, 竞赛者 i 获胜的概率为:

$$p_i(x_i, x_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_i + \epsilon_i > x_j + \epsilon_j \\ \frac{1}{2}, & \text{if } x_i + \epsilon_i = x_j + \epsilon_j \\ 0, & \text{if } x_i + \epsilon_i < x_j + \epsilon_j \end{cases} \quad (4)$$

这种伴随着随机扰动项的锦标赛机制又称作“具有额外噪声的排名比赛”(Rank-Order Tournament with Additive Noise)。企业采用锦标赛式的激励机制, 即员工的薪酬和晋升取决于他们在工作中的相对表现, 而不是绝对表现。^①

假设所有参赛者是同质的(homogeneous contestants), 参与者在给定奖励结构和竞争环境下, 选择最优努力水平以最大化自身期望效用。Lazear and Rosen(1981)证明了在一定条件下, 锦标赛可以作为一种最优的劳动合同形式。他们分析了员工在锦标赛中的努力水平, 并比较了锦标赛与固定工资合同的效率。该模型后续被许多研究采用和扩展: Green and Stokey(1983)将锦标赛与基于绝对绩效的线性合同(如计件工资)进行比较, 强调了信息结构对激励机制选择的重要性。Nalebuff and Stiglitz(1983)提出了一个更一般的框架, 将锦标赛和奖金制度纳入统一的模型, 分析了多参与者、多奖项情况下的激励机制设计, 探讨了激励机制对风险分担、努力水平和效率的影响。

Lazear and Rosen(1981)假设员工是同质的, 但现实中员工的能力和成本函数可能不同。Rosen(1986)研究了员工能力差异对锦标赛结果的影响。他们发现高能力员工在竞赛中具有优势, 可能导致低能力员工退出竞赛。Meyer(1991)分析了员工在竞赛中通过观察他人表现来调整自身策略的行为。Ryvkin

^① 英文文献中的“tournament”和“contest”虽分别译为“锦标赛”和“竞赛”, 但由于其本质均符合“竞赛”的定义, 在下文中统称为“竞赛”。

and Drugov(2020)扩展了 Lazear and Rosen(1981)的经典锦标赛模型,引入了运气的分布特性。他们在一般化的设置中提供了广泛的比较静态分析,研究了锦标赛中的竞争水平(即竞标者数量)如何影响个人和集体努力。

文献同样不乏对带有平局的具有额外噪声的排名比赛的研究,Lazear and Rosen(1981)、Nalebuff and Stiglitz(1983),以及 Imhof and Kräkel(2014, 2016)在排名竞赛的框架下提出了更严格的要求,即只有当某一参与者的表现超过对手的最小差额时,该参与者才能获胜。这种设定进一步拓展了竞赛的理论研究,强调了竞争中的表现门槛和胜负条件的差异化。

不同于传统的三类竞赛模型,Bastani et al.(2022)在不完全信息的一般化产出技术的竞赛框架下研究了对称均衡,假设两名参与者的个人技能分布存在差异。在这一模型中,技能与努力相结合,旨在揭示竞赛要素之间的相互作用如何影响参与者的决策。Tullock(1980)和 Lazear and Rosen(1981)的经典模型可视为该一般化模型的特例。

最后,表1总结了在 n 名异质性参赛者同时争夺单一奖项的框架下,三类经典竞赛模型的均衡性质。

表1 三类经典模型的均衡

	完全识别型竞赛 (不存在噪声)	不完全识别型竞赛 (存在噪声)		
	全支付拍卖	塔洛克竞赛		具有额外噪声的 排名比赛
完全信息	仅存在混合策略纳什均衡(包括对称均衡和非对称均衡)。仅有同质性参与人的对称均衡的租金是完全耗散的。	<p>n 名同质性参与人:</p> <p>$r \leq \frac{n}{n-1}$, 唯一的纯策略纳什均衡,租金没有完全耗散;</p> <p>$r > \frac{n}{n-1}$, 没有纯策略纳什均衡;</p> <p>$r \geq 2$, 全支付混合策略纳什均衡,租金完全耗散。</p>	<p>两名异质性参与人:</p> <p>$0 < r \leq \bar{r}$, 唯一的纯策略纳什均衡;</p> <p>$\bar{r} < r < 2$, 一人纯策略,一人混合策略;</p> <p>$r \geq 2$, 非对称混合策略纳什均衡。租金没有完全耗散。</p>	当随机扰动项的方差 σ^2 足够大时,存在纯策略纳什均衡。
不完全信息	识别单调均衡存在的充分条件,通过构建算法来确定均衡。	存在唯一的纯策略纳什均衡		无相关研究

三、拓展模型及其均衡

经典竞赛理论多莫基于“赢者通吃”的单阶段同步博弈框架。为提升理论对现实世界的解释力,本部分将重点梳理对这一基准框架进行延伸的拓展性文献。这些拓展主要沿两个维度展开:一是静态维度的结构泛化,即在静态设定下引入多名赢家/多重奖项(multi-winner/multiple prizes)以及多场次竞赛(multi-battle contests);二是动态维度的时序延伸,即将模型从单阶段推演至多阶段,重点考察动态竞赛(dynamic contests)中的跨期策略互动。本部分的具体内容与逻辑脉络归纳如图1:

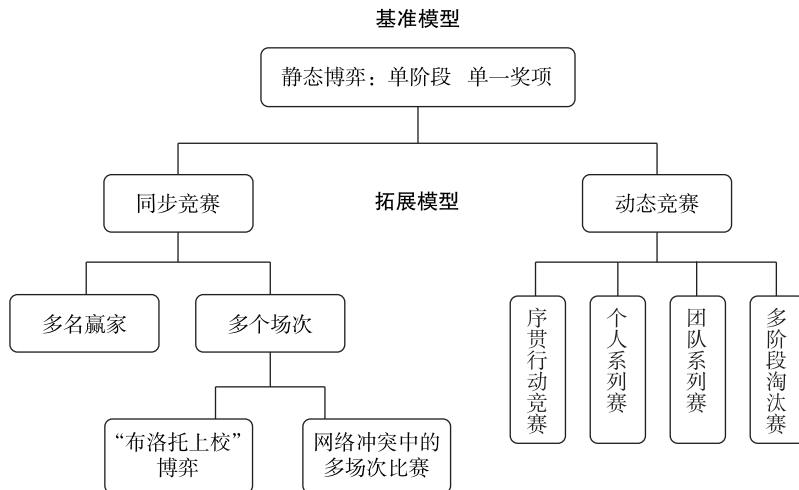


图1 拓展模型框架

(一) 同步竞赛的均衡

标准的竞赛模型通常假设是同步策略互动:参赛者同时付出各自的努力,优胜者选拔机制将他们的努力程度转化为各自的获胜概率,并据此分配奖项。本小节将基于上面的均衡分析,在同步竞赛(simultaneous contest)的框架下,将基准模型进行拓展,分别探讨同步竞赛中①多名赢家的比赛,②“布洛托上校”博弈(Colonel Blotto game)以及③网络冲突中的多场次比赛。

1. 多名赢家的比赛

在许多实际场景中,竞赛的奖励不仅限于单一奖项。例如,企业中多名员工可能同时获得奖励或晋升机会,体育比赛中除金牌外还设有银牌和铜牌分别授予亚军和季军。

在塔洛克竞赛模型框架下,Clark and Riis(1996,1998a)提出了一种一般化

的多奖品塔洛克竞赛模型,称之为多赢家嵌套式竞赛(multi-winner nested contests)。在该模型中, n 名参赛者,编号为 $i=1,2,\dots,n$,同时付出努力,形成努力水平向量 $(x_1,\dots,x_n)\geq(0,\dots,0)$,通过序贯式抽签过程(sequential lottery process)来竞争 m 个奖品。该过程由一系列独立的抽签组成,每轮抽签选出一位获奖者。一旦某位参赛者被选中获得一个奖品,其立即退出竞争,不再参与剩余奖品的争夺。令 S_k 为第 k 轮抽签时仍在竞争中的参赛者集合, $x(S_k)$ 为集合 S_k 中所有参赛者的努力水平向量。那么,参赛者 i 在未被前 $k-1$ 轮选中的情况下,获得第 k 个奖品的概率为:

$$p_{ik}(x(S_k);S_k)=\begin{cases} \frac{(x_i)^r}{\sum_{j\in S_k}(x_j)^r}, & x(S_k)\neq 0 \\ \frac{1}{n-k+1}, & x(S_k)=0 \end{cases} \quad (5)$$

该奖品对于参赛者 i 的价值为 v_{ki} 。该过程持续进行,直到所有 m 个奖品都被分配完毕。

尽管多赢家嵌套式竞赛可以阐释为多奖品按顺序分配,但Fu and Lu (2012a)给出了其基于一次性排名的微观基础。该选拔机制可以看作一系列条件独立的单赢家“彩票抽奖”:所有参赛者同时做出一次性努力决策,因此该竞赛仍属于同时行动博弈。该竞赛模型作为不完全识别型竞赛中用于选拔多个获胜者的主流机制,其合理性进一步在Lu and Wang(2019)的公理化研究中得到了理论支持。

在全支付拍卖的框架下,一系列的研究探讨了完全信息下的多奖品竞赛。经典文献包括Clark and Riis(1998b)、Barut and Kovenock(1998)、Bulow and Levin(2006)、Siegel(2009,2010,2014a)等。Barut and Kovenock(1998)在同质性参与人下刻画了唯一的对称均衡和连续的非对称均衡,并表明在最低位次奖励固定的情况下,改变奖励结构对总的努力投入期望水平值没有影响。Siegel(2009)探讨了每位参赛者通过选择自身的“得分”来争夺多个同质奖品的一类广义的“全支付竞赛”,并提供了参与者的均衡收益的明确解析表达。Siegel(2010)进一步探讨了全支付竞赛中的均衡行为,并开发了一种独特的算法来构建该博弈的唯一均衡。Xiao(2016)将Siegel(2010)中同质性奖品的假设拓展至奖品序列呈凸性分布的全支付竞赛,着重分析风险中性参赛者的行为。Xiao(2018a)则进一步证明了Siegel(2010)的方法适用于含异质奖品的竞赛,并刻画了唯一混合策略纳什均衡的性质。Xiao(2018b)在Siegel(2009,2010)的基础上假设一个参与者在竞赛中的表现可能会影响另一个参与者的努力成本。Fang et al.(2020)在Barut and Kovenock(1998)线性成本的基础上考虑了凸成本,他们发现更加不平等的奖励结构会减少努力投入的期望水平。在近期研究中,Fu

et al.(2022,2023a)解决了多赢家嵌套式竞赛的均衡存在性和唯一性问题,并将其扩展至不完全信息情境;Lu et al.(2023)则考虑多个非单调的奖品,他们发现该竞赛或存在对称二元混合策略均衡,即参赛者以正概率选择努力或放弃。这些研究显著拓展了学者对多奖项竞赛中行为和决策的理解。

2. “布洛托上校”博弈

“布洛托上校”博弈是一种经典的资源分配博弈模型,由埃米尔·博雷尔(Émile Borel)在20世纪20年代提出(Borel,1921),最初用于研究军事实力分布问题,后广泛应用于政治竞选、市场竞争、军事防御等领域。该博弈的核心思想是,两个或多个玩家需要在有限的资源约束下将资源分配到若干个战场(battlefields)。每个战场的胜利者是投入资源最多的玩家,同时每个玩家的目标是最大化在所有场地上的获胜总数或总价值。对于采用塔洛克竞赛获胜函数的“布洛托上校”博弈,其均衡求解相对容易(Friedman,1958)。Xu and Zhou(2018)和Li and Zheng(2022)刻画了双人彩票型“布洛托上校”博弈中的纳什均衡。在塔洛克竞赛机制下,当所有战场的竞赛识别参数较小($r \leq 1$)时,无论奖品价值和预算如何,均存在唯一纯策略纳什均衡;反之,若竞争对手较强,某个战场的奖品价值不高且竞赛识别参数较为精准($r > 1$),那么实力较弱的一方会把资源投入奖品价值较高的战场以获取更大的收益,进而促使实力较强的竞争对手调整其在多个战场中的资源分配策略。在这种情况下,可能无法构造出纯策略纳什均衡。相较之下,若采用全支付拍卖作为竞赛获胜函数,通常只能求解均衡中单变量的边际分布(Roberson,2006)。^①

对于有连续的竞争场地的“布洛托上校”博弈,Kovenock and Roberson(2021)考虑了最一般化的情形,他们允许战场估值不同、参与人之间的异质性以及参与人的不对称资源约束,探讨了如何在参数空间的子集上刻画相应的均衡。Hwang et al.(2023)提出了一种系统性方法来刻画均衡分配策略,并证明参与人的任何均衡策略都将导致对手在“约束调整后的收益”方面保持无差异。

Ewerhart and Kovenock(2021)研究了关于赛场价值具有不完全信息的 n 名参与人的“布洛托上校”博弈。在满足 $m \geq n + 1$ 个赛场的情况下,他们确定了对特定赛场的资源分配严格单调地依赖于该战场的价值评估的贝叶斯-纳什均衡。不同于前面的研究假设参与人的策略空间是连续的,Hart(2008)考虑了离散策略空间中的“布洛托上校”博弈,他证明了可以将单个战场上的边际分布选择为基本均匀分布。Ewerhart and Kaźmierowski(2024)在具有灵活平局

^① 在完全信息框架下更多的关于该博弈相关均衡的研究,可以参考Kovenock and Roberson(2021)中对文献的梳理总结。

处理规则的模型中构建了均衡,特别是在 Arad-Rubinstein 博弈^①中。他们找到了 Hart(2008)最初设定的均衡在修改平局规则的博弈中依旧存在的条件。

3. 网络冲突中的多场次竞赛

当我们用竞赛框架来刻画参与人之间的冲突时,参与人往往在同一时期内需要面临不止一场冲突。也就是说,冲突各方必须同时应对不同冲突中的多个对手。这类多场次竞赛通常借助网络结构(networks)加以建模。

作为网络冲突中的多场次竞赛的开创性文献,Franke and Öztürk(2015)首先研究了双边冲突网络中参与人的竞争行为。他们假设每场双边冲突为标准彩票型竞赛($r=1$),并分析了网络结构对冲突强度的影响。在二元网络框架下,Jiao et al.(2019)拓展了 Franke and Öztürk(2015)的研究。他们使用更一般化的塔洛克竞赛并引入规模技术回报,发现更高的规模回报可能减少冲突强度。Huang et al.(2023)在规则的冲突网络(regular conflict networks)框架下深化了研究,发现规模技术回报对参与人行为的影响显著依赖于参与人之间的成本不对称。Dziubiński et al.(2021)构建了一个研究战争冲突的理论框架,分析了战争技术、资源以及毗邻网络这三个要素在冲突形成过程中的作用。Xu et al.(2022)允许参与人同时参与多个异质化冲突,且每场冲突的参与人数量不受限制。他们采用超图表示冲突结构,并引入了一般化的成本函数形式。研究表明,在满足特定假设下(竞赛生产函数严格递增且凹、成本函数递增且凸),参与人的净收益函数(payoff function)在其策略空间中是凹的,纯策略纳什均衡必然存在且均衡集为凸集;若成本函数满足强单调性,则无论冲突结构如何,均衡均唯一。这是由于每位参与者会同时参与多场冲突,且各场冲突的对手和收益均不相同,参与者必须在多场冲突之间权衡边际成本与边际收益。当某场冲突的获胜概率较低而成本较高时,参与人可能策略性地放弃该场比赛,从而导致均衡中出现角点解,并可能引发多重均衡。然而,若成本函数具有强递增性质,均衡将始终位于严格单调的空间内,从而保证均衡的唯一性。在此基础上,Dziubiński et al.(2024)进一步假设参与者在不同冲突中的努力行为存在溢出效应,并探索了相应的均衡特征。他们发现参与人的均衡收益、总支出及单个冲突获胜概率均与溢出效应无关。这是因为虽然溢出网络的变化会改变从直接投资到有效投资的转化系数,但参与人会策略性地同步调整直接投资的总量和分配方式,使得双方在每个冲突中的有效投资比例保持不变。而零次齐次的竞赛获胜函数意味着获胜概率仅依赖于双方有效投资的相对比例,与网络结构无关。

^① Arad-Rubinstein 博弈是由阿亚拉·阿拉德(Ayala Arad)和阿里尔·鲁宾斯坦(Ariel Rubinstein)于2012年设计的一个双人博弈实验,用于研究参与人的“层级推理(level-k reasoning)”能力。

（二）动态竞赛的均衡

许多竞赛的最终结果并非由参赛者单次同期的努力决定,而是依赖于参赛者在竞赛过程中的持续性投入和整体表现。本小节聚焦动态竞赛模型,重点讨论以下四种类型:序贯行动竞赛、个人系列赛、团队系列赛和多阶段淘汰赛。完全信息框架下对应的均衡为子博弈完美均衡,不完全信息框架下对应的均衡为完美贝叶斯均衡。

1. 序贯行动竞赛

在序贯行动竞赛(sequential move contest)中,参与者依次做出努力决策,后行动者可以观察前行动者的努力水平。Dixit(1987)首次将序贯行动寡头竞争模型引入竞赛理论,并通过标准竞赛获胜函数推导出双人序贯竞赛中先行者的受益条件。他们发现能力较强的先行者在序贯竞赛中投入更高努力,而能力较弱的先行者则投入较低努力。Leininger and Yang(1994)进一步研究了塔洛克竞赛获胜函数,发现当参数 $r > 2$ 且参与者对称时,唯一的子博弈完美均衡中,先行者能够迫使后行者选择零努力。Konrad and Leininger(2007)则在完全信息框架下刻画了具有一般凸型成本函数的全支付拍卖的均衡,他们发现在任何均衡中,只有努力成本最低的参赛者能够获得正的收益。Segev and Sela(2014)刻画了私有成本参数下序贯行动全支付拍卖中的完美贝叶斯均衡,并分析了参赛者数量及其类型对参赛者预期最大努力水平的影响。

后续研究将焦点转向行动时机的内生选择。Dixit(1987)首先探讨了参赛者行动时机的内生化问题,Baik and Shogren(1992)、Leininger(1993)和Konrad and Leininger(2007)通过不同模型证明低能力参赛者的最优策略是选择率先发动以抢占先机,高能力参赛者总是选择后行动。这些研究表明,参赛者的不对称性会影响参赛顺序。Morgan(2003)进一步指出,即使事前对称的参与者在均衡中也可能选择序贯竞赛。

从信息结构的角度来看,竞赛更多集中于完全信息假设。Fu(2006)将视角扩展至不完全信息,证明不知情的参与者在唯一均衡中存在占优策略。Ludwig(2012)比较了同时行动与序贯行动、公开信息与私有信息,发现序贯行动不仅是竞赛设计者的偏好选择,还具有帕累托优势。

Kahana and Klunover(2018)与 Hinnosaar(2024)在 $r = 1$ 和 n 名对称竞争者的塔洛克竞赛中刻画了子博弈完美均衡。Hinnosaar(2024)进一步发现,在 $n \geq 3$ 个对称玩家下,掌握其他参赛者努力水平的信息能够提高整体努力水平,因此序贯竞赛在最大化总努力方面优于同时行动竞赛。Gao et al.(2025)研究了更一般的双人序贯竞赛,包含塔洛克选择机制和参赛者能力异质性,提供了在高能力者领先和低能力者领先竞赛中先发制人均衡存在的充分必要条件。

2. 个人系列赛

个人系列赛是指两个独立个体作为竞争双方先后进行多轮比赛。此类竞赛模式在 Harris and Vickers (1987)、Klumpp and Polborn (2006)、Konrad and Kovenock (2009, 2010)、Malueg and Yates (2010)、Sela (2011)、Gelder (2014)、Feng and Lu (2018)、Möller and Beccuti (2025) 等文献中已有充分的讨论。Harris and Vickers (1987) 考察了专利竞赛中双人系列赛的场景。Klumpp and Polborn (2006) 用序贯进行的多场次竞赛来刻画美国总统选举, Malueg and Yates (2010) 从理论和实证两方面考察了三局两胜制比赛中的参赛者行为。上述研究均探讨了个人动态系列赛中的惯性效应 (momentum effect), 也称为挫折效应 (discouragement effect)^①。具体地, 当竞争双方进行多轮同时进行的比赛时, 每位参与人在均衡状态下会在每一轮采取统一的策略: 若获胜识别系数 r 较小, 则采用纯策略; 若 r 较大, 则采用混合策略。区分这两种策略的临界值 r 小于单场比赛情形, 且该临界值随比赛场次的增加而递减。这是因为比赛场次增加提升了比赛的区分度。在序贯比赛中, 惯性效应会导致后续轮次的比赛呈现不对称性, 那些在早期战役中积累了优势、更接近胜利的参与者拥有更高的“有效奖金” (effective prize), 这种正向激励促使他们投入更多的努力, 从而进一步巩固优势。

在全支付拍卖的框架下, Konrad and Kovenock (2009) 完整刻画了有中间奖励的多局比赛中的子博弈精炼纳什均衡。Konrad and Kovenock (2010) 进一步允许投标人的类型在不同时期发生变化, 从而缓和惯性效应带来的影响。Sela (2011) 则比较了三局两胜赛制和单阶段赛制。Gelder (2014) 通过考察动态比赛中的“决胜局”, 来探究因为失败带来的损失和收益的滞后如何影响惯性效应。在塔洛克竞赛框架下, Feng and Lu (2018) 考察了三局两胜制下个人序贯竞赛中的最优奖励机制, 他们发现最优奖励分配取决于业绩评估的精确度。Klumpp et al. (2019) 证实了在连续多数党“布洛托上校”博弈中, 竞争者的预算限制也可能消除惯性效应。Möller and Beccuti (2025) 在更一般化的锦标赛框架下, 假设赛后奖金的价值对于参赛双方都是私有信息, 他们刻画了具有私人信息的三局两胜个人系列赛中唯一的对称纯策略精炼贝叶斯均衡。

“拔河游戏” (Tug-of-War Games) 也是一类常见的个人系列赛动态竞争模型。两位参与者通过不断投入资源 (如努力、金钱或时间) 来尝试将竞赛状态朝有利于自己的方向拉动。当且仅当某一方累积到预定的领先优势时, 比赛结束并决出胜者。此文献包括 Harris and Vickers (1987)、Agastya and McAfee (2006) 以及 Konrad and Kovenock (2005) 等。他们分析了竞争者在此类动态框架下的行为特性及竞争策略。

^① 所谓惯性效应 (挫折效应), 是指在三局两胜制系列赛中, 由于各场比赛之间的互补性, 首轮比赛结束后的领先者更有动机去赢得第二场比赛, 落后者更无畏第二场比赛的失败。

3. 团队之间的多场次竞赛（团队系列赛）

多场次系列赛也可以发生在两个团队之间。参与比赛的团体由相同数量的众多独立个体组成，每场比赛参与双方各派出一名成员捉对厮杀。所有比赛的胜负结果的累积决定团队的胜负，获胜团队成员按约定规则共同分享奖项。Fu et al.(2015)将这一模式定义为“多场配对对决的团队竞争”，并得出了历史独立性、顺序独立性和时间结构独立性（信息披露方式独立性）三个中性结论。这一理论洞见的核心在于：每一场比赛的均衡都可以被视为具有有效奖金的独立单场竞赛。在这种结构下，每一局的参赛选手只需专注于自身所在场次的对决，其最优努力水平的选择无需考虑其他队友的参赛成本或表现。各场次在战略意义上相互独立，无论比赛是同时进行还是依次进行，均衡结果保持不变。

Häfner(2017,2022)将“拔河游戏”的模型扩展至团队竞赛场景。Barbieri and Serena(2022)将获胜球队作为研究对象并发现同时进行的多场次比赛可以最大限度地提高获胜者的努力程度，而Konishi et al.(2022)分析了团队系列赛中队员排序对比赛结果的影响。此外，Barbieri and Serena(2024b)探讨了赛事组织形式（依次进行或部分同时进行）对获胜者总努力投入的影响。Cai(2025)考虑三局两胜团队竞赛中的最优匹配策略。研究发现，最优策略并非总是让实力相近的选手对决。

4. 多阶段淘汰赛

除了上述提到的个人系列赛和团队系列赛外，在涉及多名选手的比赛中，获胜者往往不是通过一轮比赛决定的，而是通过多轮淘汰赛逐步选拔出来的。常见的多阶段淘汰赛形式包括集中淘汰赛和分组淘汰赛。其中集中淘汰赛的每一轮选拔是将所有参赛者放在一起进行选拔，筛选出多位候选人进入下一轮。相关研究包括Clark and Riis(1996, 1998a)、Amegashie(2000)、Yates and Heckelman(2001)以及Fu and Lu(2012a)。分组淘汰赛是将参与人进行分组，每组选出一位成功晋级下一轮的候选人；然后再在下一轮进行相同的操作。相关研究包括Rosen(1986)、Gradstein and Konrad(1999)、Amegashie(1999)、Jiao et al.(2025)。Rosen(1986)率先考察了 2^N 位参与人的 N 轮淘汰赛，在每一轮将参与人两两配对然后淘汰其中之一。Gradstein and Konrad(1999)将淘汰机制内生，竞赛组织者可以决定比赛进行多少轮、每一轮淘汰多少人。Amegashie(1999)考察了两阶段寻租博弈，并将两阶段竞争与单阶段全局性竞赛（即所有参赛者参加一场大型竞赛）作比较。Chen and Jin(2023)在一个两阶段淘汰赛中，探讨了选手间的合谋问题，并重点分析了赛事主办方将合谋者分在同组或异组的策略选择。Jiao et al.(2025)则是在上述文献的基础上聚焦于更一般的树状结构分组淘汰规则。

上述拓展模型的均衡研究,构成了后续竞争机制设计的底层逻辑,为后续竞争机制的设计奠定了坚实的理论基础。有关动态竞赛中的分组方法、淘汰规则、奖金分配问题,将在第四部分详述。

四、竞赛中的激励设计问题

前文的均衡分析揭示了在既定规则下,参赛者如何根据自身特征与外部环境选择最优策略以最大化期望收益。本部分将视角从“参赛者”转向“竞赛设计者(contest designer)”,探讨设计者如何通过内生化竞赛模型的关键参数,引导均衡结果趋向其预设目标。

在激励机制设计中,设计者(principal)的核心任务是通过调控基准模型中的参数,诱导代理人(agents)付出期望的努力水平。文献中通常关注两类主要的设计目标:

(1) 最大化总努力(total effort):这是文献中最主流的设计目标。其核心逻辑在于,设计者受益于所有参与者的贡献总和。例如,在教育情境中,大学的声誉依赖于全体学生的综合学术成就;在企业管理中,公司的整体价值取决于全体员工的绩效总和,而非仅依靠个别明星员工的突出表现。

(2) 最大化最高努力(highest effort):此类目标在“赢者通吃”的竞争环境中尤为关键,例如技术研发与创新竞赛。在这类场景下,只有最顶尖的成果具有决定性价值,因此设计者的关注点从“广度”转向“高度”,致力于激励参与者产出突破性的最优成果。

经典均衡分析虽提供了坚实框架,但是当竞争从单次静态博弈演变为多阶段、多主体的动态博弈时,设计问题将变得更为复杂。在团队竞赛或跨期竞赛中,参与者的异质性与信息不对称等因素对机制设计提出了严峻挑战。鉴于此,本部分将重点回顾并评述相关文献如何应对这些挑战,探讨激励与信息机制在复杂竞赛环境中的最优设计与效能。为了实现上述目标,我们将依次介绍激励设计的三个核心维度:关于奖励结构的设计(奖励设计)、关于竞赛获胜函数的设计(竞争规则设计)以及关于信息结构的设计(信息设计)。

(一) 奖励设计:针对资金参数 V

竞赛激励设计的核心在于奖励分配与结构配置,其目标是通过构建合理的机制来诱导参赛者付出最优努力。正如式(1)所刻画,奖励的存在性及其额度直接决定了参赛者的策略选择。以 Lazear and Rosen(1981)的经典二人竞赛模型为例,设计者通过向高产出者提供奖励来激励双方投入努力,即利用奖金级差(prize spread)来调控参赛行为。

后续的研究进一步探讨了多参赛者、预算约束、风险偏好、异质性、入场成本、信息不完全以及动态竞赛等复杂情境下的奖励机制设计问题。本文接下来将系统梳理三类框架下的文献脉络：多人同步竞赛（完全信息与不完全信息）、个人系列赛以及团队系列赛，并归纳不同情境下的最优激励设计方案。

1. 同步竞赛中的奖励结构设计

根据参赛者所处的信息环境，同步竞赛^①可进一步划分为完全信息竞赛与不完全信息竞赛。在完全信息下，所有参赛者的能力、努力成本等参数为竞赛设计者和其他参赛者所共知；而在不完全信息下，个体的关键特征往往为其私有信息，竞赛设计者在激励参赛者付出努力的同时还要兼顾识别参赛者的能力。接下来，我们将分别梳理这两类同步竞赛中奖励结构设计的代表性研究成果。

(1) 完全信息下的最优奖励结构设计。Drugov and Ryvkin(2020)在 Lazear and Rosen(1981)的基础上进一步探讨了多参赛者的竞赛机制，重点分析了在完全信息条件下，风险中性且对称的参赛者在单次比赛中的竞争策略，特别是如何在固定奖品预算下设计最优的奖品分配方案。他们的研究发现，当噪声分布较轻时，“赢者通吃”的奖励结构能够实现最优效果；而当噪声分布较重时，设置多个奖品可以更有效地激励参赛者，进而最大化总努力水平。这一发现与 Fang et al.(2020)在没有噪声的竞赛环境下研究出的最优奖励结构是一致的。Letina et al.(2023)讨论了多个风险厌恶的参赛者在竞赛中的行为，特别是在没有固定奖品预算的情况下，设计者如何通过优化奖品结构来激励更高的努力水平。Barbieri and Serena(2024a)在预算约束下考虑分组竞赛，即将所有参赛者分组，每组内只产生一个获胜者，他们的主要结论是：全局性竞赛最大化总努力，这一发现与 Fu and Lu(2009)的结论相一致。Fu et al.(2015)研究考虑了有入场参赛成本的竞赛设计，进一步完善了研究完全信息下最优奖励分配的这支文献。Lu et al.(2022)研究了在双人塔洛克竞赛中使用基于身份的奖励来实现最优偏倚的情况。他们发现，只有在竞赛足够嘈杂的情况下，以最大化总努力量为目标的竞赛设计者才应该向能力较强的参与人提供更高的奖励。这一结果完善了关于在不对称玩家竞赛中为实现努力最大化而平衡竞争环境的传统见解。Drugov and Ryvkin(2025)在噪声分布未知，仅知其香农熵(Shannon entropy)上限的不确定环境下研究了稳健性锦标赛设计问题，旨在找出能够最大化参与者最低努力程度的奖金分配方案。他们的研究发现，最优的稳健奖金方案是为除最后一名外的所有名次都设置正奖金，其中设有一个最高奖。并且，随着参与人数的增加，该奖金分配会渐近地遵循调和级数。

^① 同步竞赛在有些文献中也被称为静态竞赛(static contest)。

(2) 不完全信息下的最优奖励结构设计。Moldovanu and Sela(2001)是研究不完全信息下最优奖励分配的经典文献。该文主要在参赛者具有私有信息(能力)且参赛者的能力是独立同分布的假设下,分别针对参赛者线性或非线性努力成本的情况分析了最优奖励分配问题。具体而言,文章考虑共有 n 人参加竞赛,竞赛技术为全支付拍卖(或称业绩完全识别型)。竞赛者 i 付出努力 x_i 所产生的成本为 $c_i\gamma(x_i)$,其中 $\gamma:R_+\rightarrow R_+$ 是严格递增函数且 $\gamma(0)=0$, c_i 是竞赛者 i 的个人能力。文章假设个人能力 c_i 是竞赛者 i 的私有信息,且所有竞赛者的能力参数 c_i 独立服从在区间 $[m,1]$ 上的同一分布 F 。他们考虑在总预算约束下如何分配奖励,奖励结构可由 n 维的一个向量所描述 (V_1, V_2, \dots, V_n) ,其中 $\sum_j V_j = V$ 且 $V_1 \geq V_2 \geq \dots \geq V_n \geq 0$,付出努力程度最高的竞赛者获得头奖 V_1 ,付出努力程度次高的竞赛者获得二奖 V_2 ,以此类推。当竞赛者 i 获得 j 奖励时,他的收益为 $V_j - c_i\gamma(x_i)$ 。在这些模型假设下,他们的研究发现,如果参赛者的成本函数是线性或凹函数,赢家通吃的奖励规则可以最大化总努力程度;如果参赛者的成本函数是凸函数,则设置两个或更多奖项可能是最优的。

同样考虑不完全信息下最优奖励分配的还有 Moldovanu et al.(2012)和 Chawla et al.(2019)等。其中, Moldovanu et al.(2012)研究竞赛中的最优奖惩机制,他们发现奖励优胜者与惩罚末位者哪个更有效取决于参赛者能力分布的特征。Chawla et al.(2019)将众包竞赛建模为以最大化最高努力为目标的全支付拍卖模型。该研究不仅构建了类似于经典拍卖理论中“虚拟价值(virtual valuation)”的理论框架,为最优竞赛设计提供了理论基础,还量化了众包竞赛与传统采购方式的效率差异,证明了简单的赢者通吃竞赛的成效可以达到常规采购方案的二分之一。在此基础上, Stouras et al.(2022)在创新竞赛分析中引入了参赛成本,研究结论表明,在多数情况下,设置多个奖项是最优选择。

后续许多研究工作对不完全信息下的奖励分配问题进行了更深入的分析。这类文献大致可以分为三支:第一支文献主要考虑从结构上进行扩展,例如, Moldovanu et al.(2007)在 Moldovanu and Sela(2001)的模型基础上考虑了一个通过分级考试来最大化总努力水平的方案。其中,参赛者的奖金取决于其在排名中的位置。他们发现,在最优情况下,顶级类别只有一个名额,并且每个等级类别只有一个参赛者(前提是能力分布具有递增失败率)。第二支文献主要考虑内生进入对不完全信息下奖励结构设计的影响。Liu et al.(2018)运用机制设计的方法,研究线性成本下允许负奖金的最优竞赛机制。他们发现最大化总努力的奖项分配规则取决于一个努力阈值;当竞赛者中的最高努力水平超过该阈值时,其他竞赛者获得负奖金,而付出最高努力的竞赛者赢得所有奖励,即总预算与其他竞赛者的负奖金的总和;否则,所有竞赛者平分初始预算或其中一部分。当负奖金可任意大时,设计者甚至可以无限接近所有参赛者能力均达

到顶峰这一理想环境下的努力水平。同样考虑负奖金的存在, Liu and Lu (2023)则研究了在仅依赖排名信息的奖金分配规则下,设计者应如何通过奖励与惩罚机制最大化总努力。惩罚的存在使得低能力的参赛者不愿参与,因此实际参赛人数是内生取决于竞赛规则的。他们发现最优的奖惩机制仅包含一个奖金和一个惩罚。奖金等于竞赛组织者的预算,而惩罚的大小则由最优的参赛能力阈值所决定。Hammond et al.(2019)假设参赛报名费可以纳入奖金的奖池中。他们发现报名费减少了参赛者数量,但可以提高努力水平。实验证据证实了这一发现。Liu and Lu(2019)则在 Moldovau and Sela(2001)的分析中引入参赛者的参赛机会成本。他们发现,即便允许奖金分配规则随实际参赛人数变化而调整,最优方式仍为“赢者通吃”。第三支文献主要考虑关于参赛者成本的不同假设对最优奖励结构设计的影响,例如, Olszewski and Siegel(2020)研究了大规模竞赛的情形,其中参赛者具有异质性能力,且效用函数与成本函数可为线性或非线性,发现此类竞赛可通过单一代理模型近似刻画。其主要结论是,最优奖品结构可能在零和奖品上限处存在质量点,而中间部分的密度可以为正。Zhang(2024)进一步研究了凸成本下的竞赛,提出了赢者通吃的必要和充分条件;如果该条件不成立,奖品应呈递减分配,并对最优奖品分配规则进行了刻画。Correa and Yildirim(2024)考虑了凸努力成本和职业声誉驱动的多人竞赛模型。他们发现设计者在固定预算下设立非负奖品以最大化总表现,发现最佳机制是全员参与并设多个奖励,而市场压力下的选手不倾向参与赢家通吃的比赛。

2. 动态竞赛中的奖励结构设计

认识到动态竞赛与静态同步框架存在本质差异,众多研究已转向探索动态环境下的激励设计问题,具体包括竞赛机制与奖励结构的优化。在塔洛克竞赛选拔机制的框架下, Gradstein and Konrad(1999)研究了最优竞赛结构设计,他们发现如果业绩评估精确度(影响函数的幂 r)小于1,则反向二项树结构是最优的;如果幂 r 大于1,则单阶段全局性竞赛是最优的。考虑动态竞赛中奖励机制的文献还有 Clark and Riis(1998b)、Moldovanu and Sela(2006)、Fu and Lu(2012b)、Feng and Lu(2018)、Jiao et al.(2025)等。其中, Clark and Riis(1998b)研究了多个风险中性的同质竞争者在固定的边际成本下进行的比赛。竞赛设计者拥有多个奖品可以在不同阶段进行分配,每个阶段获得奖励的参与者将被排除在下一轮的选拔中。他们发现,为了激发所有人的总的努力水平,每个阶段仅分配一个奖品并排除获奖者最优。Moldovanu and Sela(2006)研究了多阶段的分组淘汰赛,即是将所有的参赛者均分成若干组,分别决出一名最优秀的参赛者,然后进入第二轮的决赛。他们证明了最优的竞赛结构和奖金分配方式取决于竞赛组织者的目标以及努力成本的凸性。Fu and Lu(2012b)在

多阶段金字塔比赛架构下,研究了嵌套式汇总比赛。竞赛组织者可以将固定的奖金预算分配给各个阶段的晋级参赛者。他们发现当影响函数的幂 r 小于1时,无论竞赛结构如何(包括阶段数量和每个阶段晋级的参赛者数量),赢家通吃的全序列金字塔比赛结构是最优的。Lu et al.(2017)则研究了反向彩票竞赛,发现即使在纯策略均衡下,赢家通吃的全局性竞赛结构也是最优的。Feng and Lu(2018)研究了两名参赛者之间三局两胜制的多场次个人系列赛,竞赛设计者根据每人所胜场次合理分配固定预算来最大化总努力水平。他们发现当影响力参数 r 较低时,赢家通吃最优;在中间范围内,最优奖励结构从赢家通吃转变为比例分配;而在高范围内,很多奖励结构都能提取全部剩余。最优奖品结构可通过中间奖励和总奖励实现。Lu et al.(2022)比较了多阶段嵌套塔洛克竞赛中的“赢家离开”和“输家离开”两种奖励分配机制,发现当正奖同质时,输家离开机制在正奖数量较少时激励更高总努力,而正奖数量较多时赢家离开机制更优;当正奖异质时,输家离开机制在特定条件下可能更优。Jiao et al.(2025)则聚焦于树状结构多阶段分组淘汰赛的最优竞争机制设计问题,深入探讨了竞赛架构与奖励结构的协同优化机制。他们发现在既定竞赛架构下,若目标是最大化参赛者的总投入水平,则最优奖励机制应将全部奖金预算集中配置于某一特定比赛(即关键局)。特别地,当竞赛架构呈对称性时,关键局必然位于决赛阶段。

3. 团队竞赛中的奖励分配设计

除了把奖金颁发给参赛者个体,团队竞赛中的奖励分配问题也广受关注,如Konishi et al.(2024)、Kobayashi et al.(2024)和Feng et al.(2024)等。Konishi et al.(2024)研究了团队竞赛中的最优奖品分配,发现最优规则通常不具有单调性,成员赢得奖品的概率不一定随着团队获胜奖品数量的增加而递增。Kobayashi et al.(2024)在完全信息和标准塔洛克竞赛框架下研究了团队竞赛,他们的研究表明,团队中更重要或更具成本效益的成员会获得更大的奖品份额,以最大化激励效果。Feng et al.(2024)研究了两支队伍的团队系列赛,设计者根据获胜场次在两队之间分配奖励以最大化参赛者的总努力。他们发现最优设计方案是在给每场比赛都分配一定的得分的前提下,为较弱队伍设置先发优势的多数得分制。

(二) 竞赛规则与技术设计:针对竞赛获胜函数结构

除了奖励机制之外,竞赛机制本身也会直接影响参赛者的策略选择。以基准模型为例,其竞赛规则体现在其竞赛获胜函数的设定上,具体形式如式(2)——(4)所示。关于竞赛技术设计的文献可大致分为两支:一支文献考虑如何选择竞赛机制中选拔优胜者的评估精确度,例如塔洛克竞赛中的影响力参数 r ;另一

支则关注竞赛中的最优偏袒设计(Optimal Favoritism)。具体地,设计者可以通过调整参赛者的起始优势(head start)或设定障碍(handicap)来操纵竞赛的偏倚程度,差异化地对待参赛者。在这些文献中,竞赛组织者通过调整竞赛规则,影响参赛者之间的竞争平衡,从而更有效地实现竞赛设计者的目标。^①大多数研究发现,竞赛的效果在很大程度上取决于参赛者之间的竞争平衡性;相对公平的竞赛环境往往能够激发更为激烈的竞争行为。

1. 优胜者选拔的评估精确度设计

Wang(2010)在能力不对称的竞赛中,发现如果参赛者的能力差异足够大,竞赛设计者总是存在一个最优的评估精确度水平 r ,并且随着能力差异的增大,最优评估精确度水平会降低。Ewerhart(2017b)发现在不对称的两方塔洛克竞争中,当参数 $r \leq 2$ 时存在一个独特的均衡。作者利用这一发现,推导出了收益排序结果,表明一个以最大化努力为目标的设计者总是倾向于选择对应更高 r 值的竞赛机制。Fu et al.(2015)在文章中探讨了仅通过选择竞赛中适当的参数 r 来设计最优竞赛机制,以实现预期总努力的上限。Letina et al.(2023)的研究深入探讨了竞赛设计,其中委托人可以同时优化奖励结构和奖励分配规则。他们发现,最优竞赛的特点是奖励结构具有最小竞争性(即 $n-1$ 个相同正奖励和1个零奖励),以及竞赛获胜函数具有中等竞争程度。当对代理人努力的观测噪声不太大时,最优结果可以通过带有上限的全支付竞赛(all-pay contest with a cap)来实现。如果努力能够被完美观测,嵌套式塔洛克竞赛(nested Tullock contest)也能达到最优。

2. 出价上限的设计

出价上限(bid caps)是在各种竞争活动中,为限制过度支出而设立的制度性约束或规定。Fu et al.(2023b)研究了在含有随机噪声的竞赛(noisy contests)中何种出价上限为最优。其核心结论为:能产生税收的“弹性上限”总是优于“刚性上限”,但如果唯一目标是最大化总出价额,那么“自由放任”(即不设上限)才是最佳政策。Hwang et al.(2023)研究了在预算受限的情况下,双方如何在多场次竞赛中进行资源分配,研究发现,对称的预算限制反而可能导致总支出超过没有限制时的情况,但如果预算与各自的获胜价值成比例地不对称分配,这种反常效应就会消失。

3. 同步竞赛下的偏倚设计

早期文献发现参赛者能力差异过大往往会打击弱者的积极性,同时使强者失去努力的动力,例如Baye et al.(1996)在一个全支付拍卖模型中发现,当某位参赛者拥有过大的优势时,排除这位参赛者反而可能会提高竞赛的总收益。

^① 这里所说的“竞争不平衡”来自参赛者之间的能力差异。

Brown(2011)通过分析职业高尔夫比赛的实证数据,发现当超级明星参赛时,其他参赛者的表现会显著下降。^① 这些发现引发了后续对基于类型/身份依赖型竞赛规则的研究。这一系列研究旨在通过操控竞赛机制,调整竞赛者间的不均衡从而诱导更优的均衡行为。Konrad(2002)和 Siegel(2009,2014a)分别在全支付拍卖模型中分析了这些规则如何影响竞赛结果。研究发现,适度的偏袒能够激励所有参赛者加大努力,但过度的偏袒反而会导致整体努力的下降。

偏倚设计(Biased Design)在同步竞赛环境中得到了广泛研究,相关文献包括 Li and Yu(2012)、Franke et al.(2013,2014)、Drugov and Ryvkin(2017)、Franke et al.(2018)、Fu and Wu(2020)以及 Deng et al.(2021)等。其中,Clark and Riis(2000)、Konrad(2002)、Siegel(2009)、Kirkegaard(2012)、Siegel(2014a)等文献关注竞赛中的加法型起始优势(additive headstart)。另一些研究则主要关注乘法型的偏倚歧视(multiplicative bias),如 Franke et al.(2014)和 Franke et al.(2018)。Drugov and Ryvkin(2017)和 Fu and Wu(2020)则同时考虑了加法型起始优势和乘法型的偏倚歧视。尽管普遍观点认为对称参赛者情况下无偏竞赛通常最优,Drugov and Ryvkin(2017)在两人竞赛模型中发现,适度偏倚在某些目标下(如最大化总努力或提高更强者胜出的概率)可能是最优的选择。Fu and Wu(2020)则是在多人竞赛的模型中提出了一种新的技术方法,能够在不显式求解均衡的情况下,对广泛的目标函数进行分析并刻画最优竞赛设计。这些文献主要在静态模型下探讨了如何通过不同形式的偏倚设计,影响参赛者的激励和竞赛结果。

4. 动态竞赛下的偏倚设计

关于动态竞赛中的偏倚设计也有许多研究,例如 Meyer(1991,1992)和 Ederer(2010)等。Meyer(1991,1992)在多阶段竞赛中提出了“有利于领先者”的结果,即最后阶段的最佳偏倚机制倾向于当前的领先者。在两阶段竞赛中,Clark et al.(2012)、Möller(2012)等人探讨了第一阶段胜者在第二阶段竞赛中获得优势的情形。Fu and Wu(2022)则探讨了两阶段淘汰制竞赛中的偏向设计,组织者可以根据决赛选手的中期排名来调整第二阶段的竞赛。此外,Barbieri and Serena(2022)在三局两胜制的竞赛中分别分析了基于胜利依赖和非依赖的偏倚设计,他们的研究表明,在最优非依赖的偏倚设计下,由于动量效应的影响,参赛者在不同阶段的胜率并不总是相同。这些研究为理解动态竞赛中的偏向设计提供了重要的理论基础。

上述文献共同揭示了在不同竞赛环境下,通过适当的偏倚设计,竞赛组织者能够有效激励参赛者的努力,最大化竞赛的总效用或收益。然而,偏倚设计

^① 参考 Fu and Wu(2019)中第 25 页“*Asymmetric Contests and Optimal Favoritism*”一节。

并非总是有益的。在某些情形下,过度偏袒可能破坏参赛者之间的竞争平衡,降低整体效率。因此,最优偏袒设计的核心在于找到适度的偏倚水平,既能够激发竞争,又不会对竞赛结果产生负面影响。

(三) 竞赛中的信息结构设计:针对信息集

信息结构是决定竞赛激励效果的另一核心维度。在典型竞赛情境中,参赛者往往处于不完全信息(incomplete information)环境,对竞赛规则细节、自身及对手的真实能力缺乏完全掌握。此时,参赛者的策略选择依赖于其对不确定因素的信念与预期。因此,竞赛设计者可以通过信息披露机制来调控参赛者的信念,进而影响其努力程度。^①

早期相关文献主要集中在完全披露与完全隐瞒这两种极端的信息披露政策的比较上。例如,Wärneryd(2003)、Fu et al.(2014)、Denter et al.(2014)以及Chen et al.(2017)的研究。随着信息设计理论的发展,越来越多的研究开始采用Kamenica and Gentzkow(2011)提出的贝叶斯劝说(Bayesian persuasion)框架,探索部分信息披露策略的激励效果。将信息设计方法引入竞赛设计的文献发现,在多种竞赛模型中,适度的信息披露往往能够显著增强参赛者的努力动机。接下来,我们将根据竞赛模型的不同框架,对相关文献进行分类整理与评述。

1. 同步竞赛中的信息设计

在同步竞赛中,信息披露主要围绕参赛者类型、参赛人数及竞赛机制参数等展开,设计者可通过披露这些信息影响参赛者的策略选择与竞赛结果。

(1) 塔洛克竞赛中的信息设计。竞赛理论中的信息披露问题受到广泛关注,尤其是关于如何披露参赛者类型的研究。Zhang and Zhou(2016)以及Serena(2022)等研究使用塔洛克竞赛来探讨信息设计。Zhang and Zhou(2016)采用贝叶斯劝说方法研究了一侧不完全信息的塔洛克竞赛,发现当状态是二元时,最佳披露策略是完全披露或完全隐瞒,而当状态超出二元时,部分披露可能是最佳策略。Serena(2022)研究了类型依赖的确定性信息披露策略,发现部分披露可以提升预期的总努力。Lim and Matros(2009)、Feng and Lu(2016)、Chen et al.(2017)考虑如何最优披露参赛者人数信息。Feng(2020)则探讨了披露竞赛优胜者选拔机制的准确性(塔洛克竞赛中的影响力参数 r)对参赛者决

^① 除了由设计者主导的信息披露机制外,还有一部分文献关注参赛者之间的自愿信息共享行为。例如,Kovenock et al.(2015)、Wu and Zheng(2017)、Chen(2021)、Lu et al.(2023)以及Ewerhart and Lar-eida(2024)分析了在竞赛或博弈环境中,个体基于策略性考虑自愿共享信息的动因及其对博弈结果的影响。此外,另一类相关研究聚焦于参赛者主动获取信息的行为。例如,Morath and Münster(2013)和Chen(2025)分别研究了参与者获取关于自身或关于对手信息的动机及其在均衡中的作用与后果。这些研究揭示了信息结构对竞赛行为、均衡努力水平及胜负概率的重要影响。

策行为的影响。Xu et al.(2025)探讨参赛者(entrant)在不确定自身实力时,应选择获取多少信息对自己最有利,他们的研究发现,如果参赛者与老将(incumbent)的实力相当,完全了解自身情况是最佳策略;但如果参赛者预期自己更强,则保持未知可能更有优势,因为这可以降低竞争的激烈程度。

(2) 全支付竞赛中的信息设计。在传统的全支付拍卖框架下,Fu et al.(2014)、Kovenock et al.(2015),以及 Lu et al.(2018)表明,完全隐瞒参赛者的私人信息可以在独立同分布的情况下最大化预期总努力。Chen(2020)研究在参与者人数随机的竞赛中,披露实际参与人数的影响,其结论表明竞赛组织者选择完全不披露该信息时对自己最有利,此结论在参与者可自行决定是否参赛时也同样适用。Chen(2021)则是在独立分布的假设下考虑如何通过公开信号来促进信息的交换,研究发现当参赛者在事前足够异质时,最优信号通过信息租金渠道促进有效配置的竞赛;而当参赛者在事前足够同质时,最优信号则通过不平等的竞争环境导致不对称竞赛。Chen and Serena(2023)在设有“出价上限”的情况下研究最优信息披露策略,他们发现为获取最大化收益,组织者的最优策略通常是完全不披露信息或仅向强者披露,而非完全披露所有信息。Chen and Chen(2024)和 Kuang et al.(2024)进一步允许类型分布相关,发现部分披露可能是最优的。其中 Chen and Chen(2024)研究了具有单边私有信息和相互依赖估值的全支付拍卖中的最优信息披露,结果显示最优披露接近完全披露,即未掌握信息的竞标者可将有信息竞标者的类型缩小至两种,以增强竞争和最大化收益。Kuang et al.(2024)则发现适度相关的后验可实现高效均衡和最大盈余,而高度正相关的后验则导致剥削,参赛者的均衡收益为零。囿于技术困难,许多研究主要聚焦于公共披露政策,即所有参赛者能观测到同样的信息。

2. 动态竞赛中的信息设计

Chen et al.(2022)研究了动态多代理人竞赛中的信息披露设计,发现当奖品内生选择时,公共披露政策可以实现竞赛组织者的最优研究计划,并在无限期竞赛中被证明是最优的披露策略。Fu and Wu(2022)研究了一个两阶段竞赛,其中只有一部分参赛者进入决赛。他们探索了在初赛结束后披露参赛者中期状态的最优策略。研究发现最优策略取决于竞赛的设计目标:当信息设计者的目标是最大化总努力水平时,隐瞒信息表现优于披露信息,而当目标是最大化预期胜者的总努力时,披露则占优。Lemus and Marshall(2021)通过对线上竞赛平台的相关数据进行实证分析,深入探讨了实时公共排行榜对参赛者行为和竞赛结果的影响。研究发现,公共排行榜能有效激励高能力参赛者持续投入,同时促使低能力参赛者更早退出,从而显著提升竞赛的最终表现。Ely et al.(2022)探讨了在设计者通过粗略的、二元信号(如泊松成功,Poisson successes)

来监测努力且奖品固定的情况下,如何设计最优动态竞赛以最大化激励并缩短竞赛时间的问题。

五、竞赛理论的应用与研究展望

竞赛理论不仅有精妙的数学结构,更具有强大的现实解释力。本部分将从国外实证、中国理论应用及中国实证检验三个层面,对相关文献进行归类整理与梳理。

(一) 国外实证研究概况

尽管竞赛理论模型层出不穷,但受限于现实中参赛者“努力”水平难以被精确观测与度量,相关实证研究相对滞后。为克服这一数据瓶颈,国外实证研究主要遵循两条核心路径:

第一,基于体育赛事数据的实证分析(Field Experiments)。职业体育赛事因其具备清晰的奖励结构与精确的绩效记录,成为检验竞赛理论的天然实验室。例如,Brown(2011)利用高尔夫PGA巡回赛数据证实了“超级明星效应”,即当泰格·伍兹(Tiger Woods)参赛时,其他选手的成绩显著下降。这一发现有力地支持了异质性模型的理论预测:当能力差距过大时,弱势的一方会降低努力投入。此外,Malueg and Yates(2010)利用职业网球三局两胜制的数据,证实了动态竞赛中的“惯性效应”,验证了多阶段博弈中早期胜利对后续努力的激励作用。

第二,基于受控环境的实验室实验(Laboratory Experiments)。这类研究主要关注在控制干扰因素的条件下,检验纳什均衡的预测效力。正如Dechenaux et al.(2015)在其综述中指出的,大量实验揭示了一个稳健的“程式化事实”:参赛者的实际努力水平往往显著高于风险中性纳什均衡的预测值,即存在“过度投入(over-dissipation)”现象。这一现象常被归因于非货币性效用(如获胜带来的心理满足)、有限理性或对相对表现的关注等行为因素,从而推动了行为竞赛理论的进一步发展。

(二) 中国情境下的理论及其应用

中国学者创造性地将竞赛理论应用于解释独特的制度现象,形成了具有国际影响力的文献。在政府治理领域,周黎安(2004,2007)提出的“政治锦标赛”理论是最具代表性的成果。他将Lazear and Rosen(1981)的锦标赛模型创造性地应用于中国地方官员的治理模式,指出以GDP增长为核心指标的相对绩效考核,在地方官员之间构建了一个高强度的排序锦标赛,从而成功解释了中国

经济增长的激励源泉。陈志俊和邱敬渊(2003)将代理人合谋行为引入竞赛模型,论证了组织通过设计倾斜性政策以抑制合谋行为的可能性,为中国传统“分而治之”的治理智慧提供了博弈论的理论支持。寇宗来(2004)基于创新经济学视角,利用竞赛理论分析了专利保护宽度在累积创新环境下对企业信息披露行为的影响,进一步丰富了竞赛理论在知识产权领域的应用。

在政策与市场分析方面,竞赛理论也提供了重要的理论支撑。夏晓华和王美今(2009)在全支付竞赛的框架下研究了一类非对称竞赛活动的最优奖励问题。周权雄和朱卫平(2010)从竞赛视角解释国有企业竞争行为,提供了理论和实证支持;闫仲勇和陈波(2012)以军备竞赛为背景,考察国防实力平衡下的最优竞赛策略;周鹏等(2014)运用竞赛模型分析奢侈品消费税的影响机制,揭示了税收政策在高端消费领域的行为激励作用。此外,在教育与组织方面,陈昊等(2015)通过构建一个融合教学理念、分班制度与学生异质性的激励模型,探索不同教育制度对学生努力水平与成绩表现的影响;在企业管理层面,马洪坤和李仲飞(2019)基于不完全信息下的全支付竞赛模型,研究了信息披露机制对员工努力程度的调节作用,为企业激励设计提供了理论支持。

(三) 中国情境下的实证检验

近年来,随着微观数据的丰富,国内针对竞赛理论的实证检验逐渐增多,主要集中在政府治理与创新竞赛两大领域。在政府治理领域,周黎安等(2005)、杨其静和郑楠(2013)、杨瑞龙等(2013)、Li et al.(2019)以及梁平汉和高楠(2020)等学者,结合锦标赛理论与我国官员晋升数据,深入揭示了政府治理体系中的隐性激励机制与晋升博弈规则。张红等(2016,2017)则基于企业微观数据,系统研究了企业内部晋升机制的经济学逻辑,拓展了竞赛理论在组织经济学领域的应用边界。在创新与众包竞赛实证方面,胡锋等(2018)和毕功兵等(2021)利用众包平台和设计大赛的数据,实证检验了奖金结构、提交策略对创新绩效的影响。卢新元等(2018)也对众包竞赛中接包方的创新绩效影响因素进行了探究。此外,闫威等(2012)采用实验研究的方法,分析创新竞赛中锦标赛和拍卖两种激励机制对员工努力水平及收益的影响。闫仲勇和陈波(2012)以军备竞赛为背景,通过实证分析考察了国防实力平衡下的最优竞赛策略。这些研究为竞赛理论提供了来自中国新兴市场的微观证据,进一步证实了理论模型在指导现实机制设计中的有效性。

(四) 研究展望

尽管竞赛理论的本土化研究已取得丰硕成果,但面对快速迭代的经济现实,其理论解释力与应用边界仍有广阔的拓展空间。

一方面,鉴于现实竞争的长期性与复杂性,未来的理论演进应更加关注多阶段、跨周期的动态竞赛机制。特别是在信息不对称环境下,深入探讨设计者如何利用信息披露策略动态调控参赛者的信念与行为,这将是连接理论模型与现实决策的重要桥梁。

另一方面,技术变革与产业升级也为竞赛理论提供了全新的应用场景。随着数字经济与绿色转型的深入,研究者应当走出传统的锦标赛框架,积极探索新兴领域的竞争逻辑:从数字平台中算法主导的“赢者通吃”效应,到“双碳”背景下绿色创新的协作竞争机制,再到人工智能时代的算力竞赛与资源配置效率。上述新场景的涌现,要求我们将视线回归至理论内核展开针对性研究:例如,剖析数字平台的实时数据反馈如何重塑“信息披露”下的博弈均衡,或探究大模型研发的高不确定性如何对“动态激励”的有效性提出新挑战。这些前沿议题的探索,将极大地丰富竞赛理论的现实内涵。

总而言之,通过持续深化动态机制设计并拓展新兴应用边界,竞赛理论不仅是解释中国发展模式的分析透镜,更将成为新时期优化制度设计、推动高质量发展的有力工具。

参 考 文 献

- [1] Agastya, M., and R. P. McAfee, “Continuing Wars of Attrition”, Working Paper, 2006, Available at SSRN; <https://ssrn.com/abstract=935970>.
- [2] Alcalde, J., and M. Dahm, “Tullock and Hirshleifer: A Meeting of the Minds”, *Review of Economic Design*, 2007, 11(2), 101-124.
- [3] Amann, E., and W. Leininger, “Asymmetric All-Pay Auctions with Incomplete Information: The Two-Player Case”, *Games and Economic Behavior*, 1996, 14(1), 1-18.
- [4] Amegashie, J. A., “The Design of Rent-Seeking Competitions, Committees, Preliminary and Final Contests”, *Public Choice*, 1999, 99, 63-76.
- [5] Amegashie, J. A., “Some Results on Rent-Seeking Contests with Shortlisting”, *Public Choice*, 2000, 105, 245-253.
- [6] Baik, K. H., and J. F. Shogren, “Strategic Behavior in Contests: Comment”, *American Economic Review*, 1992, 82(1), 359-362.
- [7] Barbieri, S., and M. Serena, “Biasing Unbiased Dynamic Contests”, *Games and Economic Behavior*, 2022, 136, 1-30.
- [8] Barbieri, S., and M. Serena, “Centralized Assignment of Prizes and Contestants”, *Social Choice and Welfare*, 2024a, 62(1), 117-152.
- [9] Barbieri, S., and M. Serena, “Winners’ Efforts in Team Contests”, *Games and Economic Behavior*, 2024b, 145, 526-556.
- [10] Barut, Y., and D. Kovenock, “The Symmetric Multiple Prize All-Pay Auction with Complete Information”, *European Journal of Political Economy*, 1998, 14(4), 627-644.

- [11] Bastani, S., T. Giebe, and O. Gürtler, “Simple Equilibria in General Contests”, *Games and Economic Behavior*, 2022, 134, 264-280.
- [12] Baye, M. R., and H. C. Hoppe, “The Strategic Equivalence of Rent-Seeking, Innovation, and Patent-Race Games”, *Games and Economic Behavior*, 2003, 44(2), 217-226.
- [13] Baye, M. R., D. Kovenock, and C. G. De Vries, “The Solution to the Tullock Rent-Seeking Game when $R > 2$: Mixed-Strategy Equilibria and Mean Dissipation Rates”, *Public Choice*, 1994, 81(3-4), 363-380.
- [14] Baye, M. R., D. Kovenock, and C. G. De Vries, “The All-Pay Auction with Complete Information”, *Economic Theory*, 1996, 8(2), 291-305.
- [15] Baye, M. R., D. Kovenock, and C. G. De Vries, “Contests with Rank-Order Spillovers”, *Economic Theory*, 2012, 51(2), 315-350.
- [16] Beviá, C., and L. Corchón, *Contests: Theory and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2024.
- [17] 毕功兵、丁苗苗、徐扬、马雯琦, “众包竞赛中提交策略对接包方创新绩效的影响”, 《管理学报》, 2021 年第 4 期, 第 539—548 页。
- [18] Borel, E., “La Théorie du Jeu et les Équations Intégrales à Noyau Symétrique”, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 1921, 173, 1304-1308; “The Theory of Play and Integral Equations with Skew Symmetric Kernels”, *Econometrica*, 1953, 21(1), 97-100.
- [19] Borel, E., and J. Ville, *Application de la Théorie des Probabilités aux Jeux de Hazard*. Paris: Gauthier-Villars, 1938.
- [20] Brown, J., “Quitters Never Win: The (Adverse) Incentive Effects of Competing with Superstars”, *Journal of Political Economy*, 2011, 119(5), 982-1013.
- [21] Bulow, J., and J. Levin, “Matching and Price Competition”, *American Economic Review*, 2006, 96(3), 652-668.
- [22] Cai, Y., “Optimal Matching in Best-of-Three Team Contests”, *Economics Letters*, 2025, 112505.
- [23] Chawla, S., J. D. Hartline, and B. Sivan, “Optimal Crowdsourcing Contests”, *Games and Economic Behavior*, 2019, 113, 80-96.
- [24] Che, Y. K., and I. L. Gale, “Caps on Political Lobbying”, *American Economic Review*, 1998, 88(3), 643-651.
- [25] Che, Y. K., and I. L. Gale, “Optimal Design of Research Contests”, *American Economic Review*, 2003, 93(3), 646-671.
- [26] Chen, B., “On the Effects of Bid Caps in All-Pay Auctions”, *Economics Letters*, 2019, 177, 60-65.
- [27] Chen, B., “Disclosure Policies in Research Contests with Stochastic Entry”, *Economics Letters*, 2020, 191, 109122.
- [28] Chen, B., and B. Chen, “Optimal Disclosure in All-Pay Auctions with Interdependent Valuations”, *Games and Economic Behavior*, 2024, 143, 204-222.
- [29] Chen, B., B. Chen, and D. Knyazev, “Information Disclosure in Dynamic Research Contests”, *The RAND Journal of Economics*, 2022, 53(1), 113-137.
- [30] Chen, B., X. Jiang, and D. Knyazev, “On Disclosure Policies in All-Pay Auctions with Stochastic Entry”, *Journal of Mathematical Economics*, 2017, 70, 66-73.
- [31] Chen, B., and S. Jin, “Elimination Contests with Collusive Team Players”, *Journal of Public Eco-*

- conomic Theory*, 2023, 25(1), 61-89.
- [32] Chen, B., L. Ma, Z. Zhu, and Y. Zhou, "Disclosure Policies in All-Pay Auctions with Bid Caps and Stochastic Entry", *Economics Letters*, 2020, 186, 108805.
- [33] Chen, B., and M. Serena, "Disclosure Policies in All-Pay Auctions with Bid Caps", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2023, 209, 141-160.
- [34] 陈昊、郑捷、钟笑寒, "基于竞赛模型的分层教学激励机制研究", 《经济学报》, 2015 年第 2 卷, 第 36—61 页。
- [35] Chen, Z., "Optimal Information Exchange in Contests", *Journal of Mathematical Economics*, 2021, 96, 102518.
- [36] Chen, Z., "Know Thy Enemy: Information Acquisition in Contests", *European Economic Review*, 2025, 177, 105051.
- [37] Chen, Z., D. Ong, and E. Segev, "Heterogeneous Risk/Loss Aversion in Complete Information All-Pay Auctions", *European Economic Review*, 2017, 95, 23-37.
- [38] 陈志俊、邱敬渊, "分而治之: 防范合谋的不对称机制", 《经济学》(季刊), 2003 年第 3 卷第 1 期, 第 195—216 页。
- [39] 陈志俊、张昕竹, "科研资助的激励机制研究——分析框架与文献综述", 《经济学》(季刊), 2004 年第 4 卷第 1 期, 第 1—26 页。
- [40] Chi, C. K., P. Murto, and J. Välimäki, "All-Pay Auctions with Affiliated Binary Signals", *Journal of Economic Theory*, 2019, 179, 99-130.
- [41] Clark, D. J., T. Nilssen, and J. Y. Sand, "Motivating over time: Dynamic Win Effects in Sequential Contests (No. 28/2012)", Memorandum, 2012.
- [42] Clark, D. J., and C. Riis, "A Multi-Winner Nested Rent-Seeking Contest", *Public Choice*, 1996, 87(1-2), 177-184.
- [43] Clark, D. J., and C. Riis, "Competition over More Than One Prize", *American Economic Review*, 1998a, 88(1), 276-289.
- [44] Clark, D. J., and C. Riis, "Influence and the Discretionary Allocation of Several Prizes", *European Journal of Political Economy*, 1998b, 14(4), 605-625.
- [45] Clark, D. J., and C. Riis, "Allocation Efficiency in a Competitive Bribery Game", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2000, 42(1), 109-124.
- [46] Corchón, L. C., and M. Serena, "Contest Theory", in L. C. Corchón and M. A. Marini (eds.), *Handbook of Game Theory and Industrial Organization, Vol. II: Applications*. Cheltenham: Edward Elgar, 2018, 125-146.
- [47] Correa, A. J. N., and H. Yildirim, "Multiple Prizes in Tournaments with Career Concerns", *Journal of Economic Theory*, 2024, 215, 105778.
- [48] Dechenaux, E., D. Kovenock, and R. M. Sheremeta, "A Survey of Experimental Research on Contests, All-Pay Auctions and Tournaments", *Experimental Economics*, 2015, 18(4), 609-669.
- [49] Deng, S., Q. Fu, Z. Wu, and Y. Zhu, "Sequential Contests and the Later-/Earlier-Mover Advantage", Working paper, 2021.
- [50] Denter, P., J. Morgan, and D. Sisak, "Where Ignorance is Bliss, 'Tis Folly to Be Wise': Transparency in Contests", Available at SSRN 1836905, 2014.
- [51] Dixit, A., "Strategic Behavior in Contests", *American Economic Review*, 1987, 77(5), 891-898.

- [52] Drugov, M., and D. Ryvkin, "Biased Contests for Symmetric Players", *Games and Economic Behavior*, 2017, 103, 116-144.
- [53] Drugov, M., and D. Ryvkin, "Tournament Rewards and Heavy Tails", *Journal of Economic Theory*, 2020, 190, 105116.
- [54] Drugov, M., and D. Ryvkin, "Robust Tournaments", arXiv preprint arXiv:2507.16348, 2025.
- [55] Dziubiński, M., S. Goyal, and D. E. N. Minarsch, "The Strategy of Conquest", *Journal of Economic Theory*, 2021, 191, 105161.
- [56] Dziubiński, M., S. Goyal, and J. Zhou, "Interconnected Conflict", Cambridge Working Papers in Economics CWPE2408, 2024.
- [57] Ederer, F., "Feedback and Motivation in Dynamic Tournaments", *Journal of Economics & Management Strategy*, 2010, 19(3), 733-769.
- [58] Ely, J., G. Georgiadis, S. M. Khorasani, and L. Rayo, "Optimal Feedback in Contests", *Review of Economic Studies*, 2022, 89, 1-25.
- [59] Ewerhart, C., "Unique Equilibrium in Contests with a Continuum of Types", *Economics Letters*, 2014, 125(1), 115-118.
- [60] Ewerhart, C., "Mixed Equilibria in Tullock Contests", *Economic Theory*, 2015, 60(1), 59-71.
- [61] Ewerhart, C., "Contests with Small Noise and the Robustness of the All-Pay Auction", *Games and Economic Behavior*, 2017a, 105, 195-211.
- [62] Ewerhart, C., "Revenue Ranking of Optimally Biased Contests: The Case of Two Players", *Economics Letters*, 2017b, 157, 167-170.
- [63] Ewerhart, C., "On the Uniqueness of the Mixed Equilibrium in the Tullock Contest", *Economics Letters*, 2025, 247, 112166.
- [64] Ewerhart, C., and S. Kaźmierowski, "Colonel Blotto with Discrete Strategy: An Equilibrium Analysis of the Arad-Rubinstein Game", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2024, 226, 106696.
- [65] Ewerhart, C., and D. Kovenock, "A Class of N-Player Colonel Blotto Games with Multidimensional Private Information", *Operations Research Letters*, 2021, 49, 418-425.
- [66] Ewerhart, C., and J. Lareida, "Voluntary Disclosure in Asymmetric Contests", *Review of Economic Studies*, 2024, 91(6), 3402-3422.
- [67] Ewerhart, C., and F. Quartieri, "Unique Equilibrium in Contests with Incomplete Information", *Economic Theory*, 2020, 70, 243-271.
- [68] Fang, D., T. Noe, and P. Strack, "Turning Up the Heat: The Discouraging Effect of Competition in Contests", *Journal of Political Economy*, 2020, 128(5), 1940-1975.
- [69] Feng, X., "Information Disclosure in the Contest Mechanism", *Journal of Mathematical Economics*, 2020, 91, 148-156.
- [70] Feng, X., Q. Jiao, Z. Kuang, and J. Lu, "Optimal Prize Design in Team Contests with Pairwise Battles", *Journal of Economic Theory*, 2024, 215, 105765.
- [71] Feng, X., and J. Lu, "The Optimal Disclosure Policy in Contests with Stochastic Entry: A Bayesian Persuasion Perspective", *Economics Letters*, 2016, 147, 103-107.
- [72] Feng, X., and J. Lu, "Uniqueness of Equilibrium in Two-Player Asymmetric Tullock Contests with Intermediate Discriminatory Power", *Economics Letters*, 2017, 159, 61-64.

- [73] Feng, X., and J. Lu, "How to Split the Pie: Optimal Rewards in Dynamic Multi-Battle Competitions", *Journal of Public Economics*, 2018, 160, 82-95.
- [74] Franke, J., C. Kanzow, W. Leininger, and A. Schwartz, "Effort Maximization in Asymmetric Contest Games with Heterogeneous Contestants", *Economic Theory*, 2013, 52, 589-630.
- [75] Franke, J., C. Kanzow, W. Leininger, and A. Schwartz, "Lottery versus All-Pay Auction Contests: A Revenue Dominance Theorem", *Games and Economic Behavior*, 2014, 83, 116-126.
- [76] Franke, J., W. Leininger, and C. Wasser, "Optimal Favoritism in All-Pay Auctions and Lottery Contests", *European Economic Review*, 2018, 104, 22-37.
- [77] Franke, J., and T. Öztürk, "Conflict Networks", *Journal of Public Economics*, 2015, 126, 104-113.
- [78] Friedman, L., "Game-Theory Models in the Allocation of Advertising Expenditures", *Operations Research*, 1958, 6(5), 699-709.
- [79] Fu, Q., "Endogenous Timing of Contest with Asymmetric Information", *Public Choice*, 2006, 129 (1-2), 1-23.
- [80] Fu, Q., Q. Jiao, and J. Lu, "Contests with Endogenous Entry", *International Journal of Game Theory*, 2015, 44, 387-424.
- [81] Fu, Q., and J. Lu, "The Beauty of 'Bigness': On Optimal Design of Multi Winner Contests", *Games and Economic Behavior*, 2009, 66, 146-161.
- [82] Fu, Q., and J. Lu, "Micro Foundations of Multi-Prize Lottery Contests: A Perspective of Noisy Performance Ranking", *Social Choice and Welfare*, 2012a, 38(3), 497-517.
- [83] Fu, Q., and J. Lu, "The Optimal Multi-Stage Contest", *Economic Theory*, 2012b, 51, 351-382.
- [84] Fu, Q., and J. Lu, "Competitive Effects of Cross-Shareholdings in All-Pay Auctions with Complete Information", *International Journal of Industrial Organization*, 2013, 31(3), 267-277.
- [85] Fu, Q., J. Lu, and Y. Pan, "Team Contests with Multiple Pairwise Battles", *American Economic Review*, 2015, 105(7), 2120-2140.
- [86] Fu, Q., J. Lu, and Z. Wang, "Reverse Nested Lottery Contests", *Journal of Mathematical Economics*, 2014, 50, 128-140.
- [87] Fu, Q., and Z. Wu, "Contests: Theory and Topics", in *Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance*. Oxford: Oxford University Press, 2019.
- [88] Fu, Q., and Z. Wu, "On the Optimal Design of Biased Contests", *Theoretical Economics*, 2020, 15(4), 1435-1470.
- [89] Fu, Q., and Z. Wu, "Disclosure and Favoritism in Sequential Elimination Contests", *American Economic Journal: Microeconomics*, 2022, 14(4), 78-121.
- [90] Fu, Q., Z. Wu, and Y. Zhu, "On Equilibrium Existence in Generalized Multi-Prize Nested Lottery Contests", *Journal of Economic Theory*, 2022, 200, 105377.
- [91] Fu, Q., Z. Wu, and Y. Zhu, "On Equilibrium Uniqueness in Generalized Multi-Prize Nested Lottery Contests", *Games and Economic Behavior*, 2023a, 139, 180-199.
- [92] Fu, Q., Z. Wu, and Y. Zhu, "Bid Caps in Noisy Contests", *American Economic Journal: Microeconomics*, 2023b, 15(3), 426-473.
- [93] Gao, L., J. Lu, and Z. Wang, "Move Orders in Contests: Equilibria and Winning Chances", *Games and Economic Behavior*, 2025, 150, 436-468.

- [94] Gavious, A., B. Moldovanu, and A. Sela, "Bid Costs and Endogenous Bid Caps", *RAND Journal of Economics*, 2002, 33(4), 709-722.
- [95] Gelder, A., "From Custer to Thermopylae: Last Stand Behavior in Multi-Stage Contests", *Games and Economic Behavior*, 2014, 87, 442-466.
- [96] Gelder, A., D. Kovenock, and B. Roberson, "All-Pay Auctions with Ties", *Economic Theory*, 2022, 74, 1183-1231.
- [97] Gradstein, M., and K. A. Konrad, "Orchestrating Rent Seeking Contests", *Economic Journal*, 1999, 109(458), 536-545.
- [98] Green, J. R., and N. L. Stokey, "A Comparison of Tournaments and Contracts", *Journal of Political Economy*, 1983, 91(3), 349-364.
- [99] Häfner, S., "A Tug-of-War Team Contest", *Games and Economic Behavior*, 2017, 104, 372-391.
- [100] Häfner, S., "Eternal Peace in the Tug-of-War?", *Economic Theory*, 2022, 74(2), 1057-1101.
- [101] Hammond, R. G., B. Liu, J. Lu, and Y. E. Riyanto, "Enhancing Effort Supply with Prize-Augmenting Entry Fees: Theory and Experiments", *International Economic Review*, 2019, 60(3), 1063-1096.
- [102] Harris, C., and J. Vickers, "Racing with Uncertainty", *Review of Economic Studies*, 1987, 54(1), 1-21.
- [103] Hart, S., "Discrete Colonel Blotto and General Lotto Games", *International Journal of Game Theory*, 2008, 36, 441-460.
- [104] Hillman, A. L., and J. G. Riley, "Politically Contestable Rents and Transfers", *Economics & Politics*, 1989, 1(1), 17-39.
- [105] Hinnosaar, T., "Optimal Sequential Contests", *Theoretical Economics*, 2024, 19, 207-244.
- [106] 侯琨、张岚、卢远瞩, "总体努力水平约束下的 Tullock 竞赛与最优约束机制设计: 总体约束、个体约束还是无努力水平约束?", 《经济学》(季刊), 2014 年第 14 卷第 1 期, 第 395—416 页。
- [107] 胡锋、高扬、赵红、刘超, "文化维度特征对创新竞赛绩效的影响: 基于设计类创新竞赛的实证研究", 《管理科学》, 2018 年第 3 期, 第 100—111 页。
- [108] Huang, Y., Q. Jiao, B. Shen, and X. Sun, "Conflicts in Regular Networks", *Journal of Mathematical Economics*, 2023, 106, 102827.
- [109] Hwang, S., Y. Koh, and J. Lu, "Constrained Contests with a Continuum of Battles", *Games and Economic Behavior*, 2023, 142, 992-1011.
- [110] Imhof, L., and M. Kräkel, "Tournaments with Gaps", *Economics Letters*, 2014, 122(2), 211-214.
- [111] Imhof, L., and M. Kräkel, "Ex Post Unbalanced Tournaments", *RAND Journal of Economics*, 2016, 47(1), 73-98.
- [112] Jiao, Q., Z. Kuang, Y. Liu, and Y. Yu, "Optimal Tree Contest Design and Winner-Take-All", *Games and Economic Behavior*, 2025, 151, 1-23.
- [113] Jiao, Q., B. Shen, and X. Sun, "Bipartite Conflict Networks with Returns to Scale Technology", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2019, 163, 516-531.
- [114] Kahana, N., and D. Klunover, "Sequential Lottery Contests with Multiple Participants", *Economics Letters*, 2018, 163, 126-129.

- [115] Kamenica, E., and M. Gentzkow, "Bayesian Persuasion", *American Economic Review*, 2011, 101(6), 2590-2615.
- [116] Kaplan, T. R., I. Luski, A. Sela, and D. Wettstein, "All-Pay Auctions with Variable Rewards", *Journal of Industrial Economics*, 2002, 50(4), 417-430.
- [117] Kaplan, T. R., and D. Wettstein, "Caps on Political Lobbying: Comment", *American Economic Review*, 2006, 96(4), 1351-1354.
- [118] Kirkegaard, R., "Favoritism in Asymmetric Contests: Head Starts and Handicaps", *Games and Economic Behavior*, 2012, 76(1), 226-248.
- [119] Klose, B., and D. Kovenock, "The All-Pay Auction with Complete Information and Identity-Dependent Externalities", *Economic Theory*, 2015a, 59(1), 1-19.
- [120] Klose, B., and D. Kovenock, "Extremism Drives Out Moderation", *Social Choice and Welfare*, 2015b, 44(4), 861-887.
- [121] Klumpp, T., K. A. Konrad, and S. Adam, "The Dynamics of Majoritarian Blotto Games", *Games and Economic Behavior*, 2019, 117, 402-419.
- [122] Klumpp, T., and M. K. Polborn, "Primaries and the New Hampshire Effect", *Journal of Public Economics*, 2006, 90(6-7), 1073-1114.
- [123] Kobayashi, K., H. Konishi, and K. Ueda, "Prize-Allocation Rules in Generalized Team Contests", *Economic Theory*, 2024, 78, 1-29.
- [124] Konishi, H., C. Pan, and D. Simeonov, "Equilibrium Player Choices in Team Contests with Multiple Pairwise Battles", *Games and Economic Behavior*, 2022, 132, 274-287.
- [125] Konishi, H., N. Sahuguet, and B. S. Crutzen, "Allocation Rules of Indivisible Prizes in Team Contests", *Economic Theory*, 2024, 78(1), 69-100.
- [126] Konrad, K. A., "Investment in the Absence of Property Rights: The Role of Incumbency Advantages", *European Economic Review*, 2002, 46(8), 1521-1537.
- [127] Konrad, K. A., "Silent Interest and All-Pay Auctions", *International Journal of Industrial Organization*, 2006, 24(4), 701-713.
- [128] Konrad, K. A., *Strategy and Dynamics in Contests*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- [129] Konrad, K. A., and D. Kovenock, "Equilibrium and Efficiency in the Tug-of-War", Working Paper, 2005, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=844644>.
- [130] Konrad, K. A., and D. Kovenock, "Multi-Battle Contests", *Games and Economic Behavior*, 2009, 66(1), 256-274.
- [131] Konrad, K. A., and D. Kovenock, "Contests with Stochastic Abilities", *Economic Inquiry*, 2010, 48(1), 89-103.
- [132] Konrad, K. A., and W. Leininger, "The Generalized Stackelberg Equilibrium of the All-Pay Auction with Complete Information", *Review of Economic Design*, 2007, 11(2), 165-174.
- [133] 寇宗来, "专利保护宽度和累积创新竞赛中的信息披露", 《经济学》(季刊), 2004 年第 3 卷第 3 期, 第 743—762 页。
- [134] Kovenock, D., F. Morath, and J. Münster, "Information Sharing in Contests", *Journal of Economics & Management Strategy*, 2015, 24(3), 570-596.
- [135] Kovenock, D., and B. Roberson, "Coalitional Colonel Blotto Games with Application to the Economics of Alliances", *Journal of Public Economic Theory*, 2012, 14(4), 653-676.

- [136] Kovenock, D., and B. Roberson, "Generalizations of the General Lotto and Colonel Blotto Games", *Economic Theory*, 2021, 71, 997-1032.
- [137] Krueger, A., "The Political Economy of the Rent-Seeking Society", *American Economic Review*, 1974, 64(3), 291-303.
- [138] Kuang, Z., H. Zhao, and J. Zheng, "Ridge Distributions and Information Design in Simultaneous All-Pay Auction Contests", *Games and Economic Behavior*, 2024, 148, 218-243.
- [139] Kvasov, D., "Contests with Limited Resources", *Journal of Economic Theory*, 2007, 136(1), 738-748.
- [140] Lazear, E. P., and S. Rosen, "Rank-Order Tournaments as Optimum Labor Contracts", *Journal of Political Economy*, 1981, 89(5), 841-864.
- [141] Leininger, W., "More Efficient Rent-Seeking—A Munchhausen Solution", *Public Choice*, 1993, 75(1), 43-62.
- [142] Leininger, W., and C. L. Yang, "Dynamic Rent-Seeking Games", *Games and Economic Behavior*, 1994, 7(3), 406-427.
- [143] Lemus, J., and G. Marshall, "Dynamic Tournament Design: Evidence from Prediction Contests", *Journal of Political Economy*, 2021, 129(2), 383-420.
- [144] Letina, I., S. Liu, and N. Netzer, "Optimal Contest Design: Tuning the Heat", *Journal of Economic Theory*, 2023, 213, 105616.
- [145] Li, S., and J. Yu, "Contests with Endogenous Discrimination", *Economics Letters*, 2012, 117(3), 834-836.
- [146] Li, X., C. Liu, X. Weng, and L. A. Zhou, "Target Setting in Tournaments: Theory and Evidence from China", *Economic Journal*, 2019, 129(623), 2888-2915.
- [147] Li, X., and J. Zheng, "Pure Strategy Nash Equilibrium in 2-Contestant Generalized Lottery Colonel Blotto Games", *Journal of Mathematical Economics*, 2022, 103, 102771.
- [148] 梁平汉、高楠, "相对绩效考核、地方领导社会关系与地方政府", 《经济学报》, 2020 年第 7 卷第 1 期, 第 211—246 页。
- [149] Lim, W., and A. Matros, "Contests with a Stochastic Number of Players", *Games and Economic Behavior*, 2009, 67(2), 584-597.
- [150] Liu, B., and J. Lu, "The Optimal Allocation of Prizes in Contests with Costly Entry", *International Journal of Industrial Organization*, 2019, 66, 137-161.
- [151] Liu, B., and J. Lu, "Optimal Orchestration of Rewards and Punishments in Rank-Order Contests", *Journal of Economic Theory*, 2023, 208, 105594.
- [152] Liu, B., J. Lu, R. Wang, and J. Zhang, "Optimal Prize Allocation in Contests: The Role of Negative Prizes", *Journal of Economic Theory*, 2018, 175, 291-317.
- [153] Liu, Z., and B. Chen, "A Symmetric Two-Player All-Pay Contest with Correlated Information", *Economics Letters*, 2016, 165, 6-10.
- [154] Lu, J., Y. Lu, Z. Wang, and L. Zhou, "Winner-Leave versus Loser-Leave in Multi-Stage Nested Tullock Contests", *Games and Economic Behavior*, 2022, 132, 337-352.
- [155] Lu, J., H. Ma, and Z. Wang, "Ranking Disclosure Policies in All-Pay Auctions", *Economic Inquiry*, 2018, 56(3), 1464-1485.
- [156] Lu, J., H. Ma, and Z. Wang, "Information Sharing Decisions in All-Pay Auctions with Correlated

- Types”, *Journal of Mathematical Economics*, 2023, 107, 102867.
- [157] Lu, J., and S. O. Parreiras, “Monotone Equilibrium of Two-Bidder All-Pay Auctions Redux”, *Games and Economic Behavior*, 2017, 104, 78-91.
- [158] Lu, J., B. Shen, and Z. Wang, “Optimal Contest Design Under Reverse-Lottery Technology”, *Journal of Mathematical Economics*, 2017, 72, 25-35.
- [159] Lu, J., Z. Wang, and L. Zhou, “Optimal Favoritism in Contests with Identity-Contingent Prizes”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2022, 196, 40-50.
- [160] Lu, J., Z. Wang, and L. Zhou, “Nested Tullock Contests with Nonmonotone Prizes”, *International Journal of Game Theory*, 2023, 52, 303-332.
- [161] 卢新元、黄河、李梓奇、卢泉, “众包竞赛中接包方的创新绩效影响因素研究”, 《管理学报》, 2018 年第 5 期, 第 750—758 页。
- [162] Ludwig, S., “Contests—A Comparison of Timing and Information Structures”, *Public Choice*, 2012, 153(3-4), 341-355.
- [163] 马洪坤、李仲飞, “基于不完全信息竞赛理论的员工激励机制研究”, 《系统工程理论与实践》, 2019 年第 39 卷第 10 期, 第 2535—2548 页。
- [164] Malueg, D., and A. Yates, “Testing Contest Theory: Evidence from Best-of-Three Tennis Matches”, *Review of Economics and Statistics*, 2010, 92(3), 689-692.
- [165] Meyer, M. A., “Learning from Coarse Information: Biased Contests and Career Profiles”, *Review of Economic Studies*, 1991, 58, 15-41.
- [166] Meyer, M. A., “Biased Contests and Moral Hazard: Implications for Career Profiles”, *Annales d'Économie et de Statistique*, 1992, 165-187.
- [167] Moldovanu, B., and A. Sela, “The Optimal Allocation of Prizes in Contests”, *American Economic Review*, 2001, 91(3), 542-558.
- [168] Moldovanu, B., and A. Sela, “Contest Architecture”, *Journal of Economic Theory*, 2006, 126(1), 70-96.
- [169] Moldovanu, B., A. Sela, and X. Shi, “Contests for Status”, *Journal of Political Economy*, 2007, 115(2), 338-363.
- [170] Moldovanu, B., A. Sela, and X. Shi, “Carrots and Sticks: Prizes and Punishments in Contests”, *Economic Inquiry*, 2012, 50(2), 453-462.
- [171] Möller, M., “Incentives versus Competitive Balance”, *Economics Letters*, 2012, 117(2), 505-508.
- [172] Möller, M., and J. Beccuti, “Fighting for Lemons: The Balancing Effect of Private Information on Incentives in Dynamic Contests”, *Economic Journal*, 2025, 135(669), 1641-1676.
- [173] Morath, F., and J. Münster, “Information Acquisition in Conflicts”, *Economic Theory*, 2013, 54, 99-129.
- [174] Morgan, J., “Sequential Contests”, *Public Choice*, 2003, 116(1-2), 1-18.
- [175] Nalebuff, B. J., and J. E. Stiglitz, “Prizes and Incentives: Towards a General Theory of Compensation and Competition”, *Bell Journal of Economics*, 1983, 14(1), 21-43.
- [176] Olszewski, W., and R. Siegel, “Bid Caps in Large Contests”, *Games and Economic Behavior*, 2019, 115, 101-112.
- [177] Olszewski, W., and R. Siegel, “Performance-Maximizing Large Contests”, *Theoretical Economics*, 2020, 15(1), 57-88.

- [178] Rentschler, L., and T. L. Turocy, "Two-Bidder All-Pay Auctions with Interdependent Valuations. Including the Highly Competitive Case", *Journal of Economic Theory*, 2016, 163, 435-466.
- [179] Roberson, B., "The Colonel Blotto Game", *Economic Theory*, 2006, 29(1), 1-24.
- [180] Roberson, B., and D. Kvasov, "The Non-Constant-Sum Colonel Blotto Game", *Economic Theory*, 2012, 51(2), 397-433.
- [181] Rosen, S., "Prizes and Incentives in Elimination Tournaments", *American Economic Review*, 1986, 76(4), 701-715.
- [182] Ryvkin, D., and M. Drugov, "The Shape of Luck and Competition in Winner-Take-All Tournaments", *Theoretical Economics*, 2020, 15(4), 1587-1626.
- [183] Segev, E., and A. Sela, "Multi-Stage Sequential All-Pay Auctions", *European Economic Review*, 2014, 70, 371-382.
- [184] Sela, A., "Best-of-Three All-Pay Auctions", *Economics Letters*, 2011, 112(1), 67-70.
- [185] Serena, M., "Harnessing Beliefs to Optimally Disclose Contestants' Types", *Economic Theory*, 2022, 74(3), 763-792.
- [186] Siegel, R., "All-Pay Contests", *Econometrica*, 2009, 77(1), 71-92.
- [187] Siegel, R., "Asymmetric Contests with Conditional Investments", *American Economic Review*, 2010, 100(5), 2230-2260.
- [188] Siegel, R., "Asymmetric Contests with Head Starts and Nonmonotonic Costs", *American Economic Journal: Microeconomics*, 2014a, 6(3), 59-105.
- [189] Siegel, R., "Asymmetric All-Pay Auctions with Interdependent Valuations", *Journal of Economic Theory*, 2014b, 153, 684-702.
- [190] Skaperdas, S., "Contest Success Functions", *Economic Theory*, 1996, 7(2), 283-290.
- [191] Stouras, K. I., J. Hutchison-Krupat, and R. O. Chao, "The Role of Participation in Innovation Contests", *Management Science*, 2022, 68(6), 4135-4150.
- [192] Strumpf, K. S., "Strategic Competition in Sequential Election Contests", *Public Choice*, 2002, 111(3-4), 377-397.
- [193] Thomas, J. P., and Z. Wang, "Optimal Punishment in Contests with Endogenous Entry", *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2013, 91, 34-50.
- [194] Tullock, G., "The Welfare Costs of Tariffs, Monopolies, and Theft", *Economic Inquiry*, 1967, 5(3), 224-232.
- [195] Tullock, G., "Efficient Rent Seeking", in J. Buchanan, R. Tollison, and G. Tullock (eds.), *Toward a Theory of the Rent-Seeking Society*. College Station: Texas A&M University Press, 1980.
- [196] Wang, Z., "The Optimal Accuracy Level in Asymmetric Contests", *B.E. Journal of Theoretical Economics*, 2010, 10(1), 1-18.
- [197] 王哲伟, "竞赛理论研究的最新进展", 《经济学动态》, 2012 年第 7 期, 第 105—110 页。
- [198] Wärneryd, K., "Information in Conflicts", *Journal of Economic Theory*, 2003, 110(1), 121-136.
- [199] Wu, Z., and J. Zheng, "Information Sharing in Private Value Lottery Contests", *Economics Letters*, 2017, 157, 36-40.
- [200] 夏晓华、王美今, "竞赛中的最优奖励: 一个拍卖分析框架", 《经济学》(季刊), 2009 年第 1 期, 第 3 页。

- [201] Xiao, J., "Asymmetric All-Pay Contests with Heterogeneous Prizes", *Journal of Economic Theory*, 2016, 163, 178-221.
- [202] Xiao, J., "Equilibrium Analysis of the All-Pay Contest with Two Nonidentical Prizes: Complete Results", *Journal of Mathematical Economics*, 2018a, 74, 21-34.
- [203] Xiao, J., "All-Pay Contests with Performance Spillovers", *Mathematical Social Sciences*, 2018b, 92, 35-39.
- [204] Xu, J., Y. Zenou, and J. Zhou, "Equilibrium Characterization and Shock Propagation in Conflict Networks", *Journal of Economic Theory*, 2022, 206, 105571.
- [205] Xu, J., and J. Zhou, "Discriminatory Power and Pure Strategy Nash Equilibrium in the Lottery Blotto Game", *Operations Research Letters*, 2018, 46, 424-429.
- [206] Xu, S., Z. Lian, and J. Zheng, "Entrant-Optimal Learning in a Contest Game", *Journal of Mathematical Economics*, 2025, 120, 103157.
- [207] 闫威、罗雨鹤、刘智慧, "创新竞赛中锦标赛与拍卖激励机制的比较研究: 实验的方法", 《经济管理》, 2012 年第 3 期, 第 133—143 页。
- [208] 闫仲勇、陈波, "国防实力视角下军备竞赛实证分析", 《世界经济与政治论坛》, 2012 年第 2 期, 第 129—139 页。
- [209] 杨其静、郑楠, "地方领导晋升竞争是标尺赛、锦标赛还是资格赛", 《世界经济》, 2013 年第 12 期, 第 130—156 页。
- [210] 杨瑞龙、王元、袁辉华, "'准官员'的晋升机制——来自中国央企的证据", 《管理世界》, 2013 年第 3 期, 第 23—33 页。
- [211] Yates, A. J., and J. C. Heckelman, "Rent-Setting in Multiple Winner Rent-Seeking Contests", *European Journal of Political Economy*, 2001, 17(4), 835-852.
- [212] 张红、周黎安、梁建章, "公司内部晋升及其影响——来自公司人事数据的实证研究", 《管理世界》, 2016 年第 4 期, 第 127—188 页。
- [213] 张红、周黎安、梁建章, "内部员工优势——来自企业人事数据的实证证据", 《管理世界》, 2017 年第 12 期, 第 141—158 页。
- [214] Zhang, J., and J. Zhou, "Information Disclosure in Contests: A Bayesian Persuasion Approach", *Economic Journal*, 2016, 126(597), 2197-2217.
- [215] Zhang, M., "Optimal Contests with Incomplete Information and Convex Effort Costs", *Theoretical Economics*, 2024, 19(1), 95-129.
- [216] 周黎安, "晋升博弈中政府官员的激励与合作——兼论我国地方保护主义和重复建设问题长期存在的原因", 《经济研究》, 2004 年第 6 期, 第 33—40 页。
- [217] 周黎安, "中国地方官员的晋升锦标赛模式研究", 《经济研究》, 2007 年第 7 期, 第 36—50 页。
- [218] 周黎安、李宏彬、陈烨, "相对绩效考核: 中国地方官员晋升机制的一项经验研究", 《经济学报》, 2005 年第 1 卷第 1 期, 第 83—96 页。
- [219] 周鹏、燕浩珍、张思杰, "奢侈品消费: 一种地位排名的竞赛", 《经济研究》, 2014 年增刊 1, 第 168—188 页。
- [220] 周权雄、朱卫平, "国企锦标赛激励效应与制约因素研究", 《经济学》(季刊), 2010 年第 9 卷第 2 期, 第 571—596 页。

A Review of Contest Theory: Equilibrium Strategies and Incentive Design

FENG Xin

(Nanjing University)

JIAO Qian*

(Sun Yat-sen University)

LYU Jingfeng

(National University of Singapore)

Abstract: Contest theory, the study of strategic competition for specific rewards, has become a core field in microeconomics. Starting from classical models, this review systematically sorts out the main literature and research progress in the field. With a focus on reviewing the relevant literature on equilibrium analysis and incentive mechanism design, it delves into key issues such as reward allocation, participant heterogeneity, and budget constraints. It also summarizes empirical applications and outlines future research directions and potential expansions.

Keywords: contest theory; equilibrium analysis; incentive design

JEL Classification: D72, D74, D82

* Corresponding Author: JIAO Qian, Lingnan College, Sun Yat-sen University, No. 135 Xingangxi Road, Guangzhou, Guangdong 510275, China; Tel: 86-20-84111976; E-mail: jiaoq3@mail.sysu.edu.cn.